

NUEJ

NARESUAN

UNIVERSITY ENGINEERING JOURNAL

July-December 2025 Vol.20, No.2

ISSN : 2651-1568



Editorial Team

Editorial Advisory Board

Prof. Dr. Somchai Wongwises	Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi
Assoc. Prof. Dr. Sarintip Tantane	President of Naresuan University
Assoc. Prof. Dr. Uraya Weesakul	Faculty of Engineering, Thammasat University
Asst. Prof. Dr. Kumpon Subsomboon	Faculty of Engineering, Naresuan University

Editor-in-Chief

Asst. Prof. Dr. Ananchai U-kaew	Faculty of Engineering, Naresuan University
---------------------------------	---

Associate Editor

Assoc. Prof. Dr. Thawatchai Mayteevarunyoo	Faculty of Engineering, Naresuan University
Asst. Prof. Dr. Korakod Nusit	Faculty of Engineering, Naresuan University
Asst. Prof. Dr. Jirawadee Polprasert	Faculty of Engineering, Naresuan University

Editorial Board

Prof. Dr. Kosin Chamnongthai	Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi
Prof. Dr. Juntaraporn Palagongun	Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Prof. Dr. Pradit Terdtoon	Faculty of Engineering, Chiang Mai University
Prof. Dr. Songphol Kanjanachuchai	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Prof. Dr. Puangrat Kajitvichyanukul	Faculty of Engineering, Chiang Mai University
Prof. Dr. Paisarn Muneesawang	Faculty of Engineering, Naresuan University
Prof. Dr. Wanida Jinsart	Faculty of Science, Chulalongkorn University
Prof. Dr. Vatanavongs Ratanavaraha	Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
Prof. Dr. Virote Boonamnuyvitaya	Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi
Prof. Dr. Sampan Rittidej	Faculty of Engineering, Mahasarakham University
Prof. Dr. Sumrerng Jugjai	Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi
Prof. Dr. Apinunt Thanachayanont	Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Prof. Dr. Issarachai Ngamroo	Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Editorial Board

Prof. Christian Hicks

Assoc. Prof. Dr. Kamchai Nuithitikul

Assoc. Prof. Dr. Koonlaya Kanokjaruvijit

Assoc. Prof. Dr. Chalermraj Wantawin

Assoc. Prof. Dr. Tanyada Pannachet

Assoc. Prof. Dr. Nipon Theeraumpon

Assoc. Prof. Dr. Ninlawan Choomrit

Assoc. Prof. Dr. Nivit Charoenchai

Assoc. Prof. Dr. Panus Nattharith

Assoc. Prof. Dr. P pong Pongcharoen

Assoc. Prof. Dr. Mathanee Sanguansermisri

Assoc. Prof. Dr. Yodchanan Wongsawat

Assoc. Prof. Dr. Lunchakorn Wuttisittikulki

Assoc. Prof. Dr. Watcharin Pongaen

Assoc. Prof. Dr. Wassanai Wattanutchariya,

Assoc. Prof. Dr. Virasit Imtawil

Assoc. Prof. Sanguan Patamatamkul

Assoc. Prof. Dr. Sdhabhon Bhokha

Assoc. Prof. Dr. Sombat Chuenhooklin

Assoc. Prof. Dr. Samorn Hirunpraditkoon

Assoc. Prof. Dr. Suchart Yammen

Assoc. Prof. Dr. Suwit Kiravittaya

Assoc. Prof. Dr. Athikom Roeksabutr

Assoc. Prof. Dr. Apichai Ritvirool

Assoc. Prof. Maetee Boonpichetvong

Assoc. Prof. Dr. Vo Ngoc Dieu

Asst. Prof. Dr. Kaokanya Sudaprasert

Asst. Prof. Dr. Tanikan Thongchai

Asst. Prof. Dr. Narumon Seeponkai

Asst. Prof. Dr. Pajaree Thongsanit

Asst. Prof. Dr. Panu Buranajakorn

Asst. Prof. Dr. Supawan Ponpitakchai

Asst. Prof. Dr. Somlak Wannarumon Kienlarova

Newcastle University, United Kingdom

Faculty of Engineering, Walailak University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, King Mongkut's

University of Technology Thonburi

Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Faculty of Engineering, Chiang Mai University

Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

Faculty of Engineering, Chiang Mai University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Mahidol University

Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Department of Teacher Training in Mechanical

Engineering, King Mongkut's

University of Technology North Bangkok

Faculty of Engineering, Chiang Mai University

Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Faculty of Engineering, Mahanakorn University of

Technology

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Ho Chi Minh City University of

Faculty of Engineering, King Mongkut's

University of Technology Thonburi

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Faculty of Engineering, Naresuan University

Editorial Board

Asst. Prof. Dr. Sasikorn Leungvichcharoen	Faculty of Engineering, Naresuan University
Asst. Prof.Dr. Sutanit Puttapanom	Faculty of Engineering, Naresuan University
Dr. Salisa Veerapun	Faculty of Engineering, Naresuan University
Dr. Ivan Lee	School of Information Technology and Mathematical Sciences, University of South Australia, Australia
Dr. Sasidharan Sreedharan	University of Hawaii, USA

Aims and Objectives

The primary objective of the Naresuan University Engineering Journal (NUEJ) is to publish high-quality research articles presenting contemporary developments in theory, design, and applications in all areas of Engineering, Science, and Technology, including research in Civil, Environmental, Mechanical, Electrical, Computer, Industrial, Chemical, and Material Engineerings. NUEJ covers all multidisciplinary research in associated areas, such as Mechatronics, Energy, Industrial and Engineering Design, Manufacturing Technology, Engineering Management, and Medical Engineering.

Journal Policies

Naresuan University Engineering Journal (NUEJ) is open access system which uses Double-blind peer review journal, According to broaden the Engineering and Technology develop the NUEJ has for Thai society and global. “No Charge policy of any publication fee”, regularly published with 2 issues per year (January – June, and July – December). Submissions must be original, unpublished works, and not currently under review by other journals. NUEJ will consider only submitted works which respect research ethics, including confidentiality, consent, and the special requirements for human and animal research. All research articles dealing with human or animal subjects must attach an approval certificate from the appropriate Ethics Committee. Additionally, the research articles dealing with human subjects must provide evidence of informed consent

Editorial board of NUEJ reserves the right to decide whether the submitted manuscript should be accepted for publication. The final decision of the editorial board cannot be appealed.

The submitted manuscript has to be written in English only, and can be in Microsoft Word (doc or docx) or PDF file format. The corresponding author is required to register and submit the manuscript at <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/nuej>

ISSN : 2651-1568 (Online)

Electronic journal Has been service since issue number 13, issue 2, July - December 2018 henceforward

Editorial board of Naresuan University Engineering Journal (NUEJ)
Faculty of Engineering, Naresuan University
Phitsanuloke, 65000 Thailand
Tel. +66(0)55 963951
Fax. +66(0)55 964000
Email: nuej@nu.ac.th

Editor's Note

Editorial for Naresuan University Engineering Journal (NUEJ) Engineering Innovation for Entrepreneurial Society

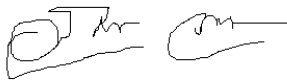
Welcome to this edition of the *Naresuan University Engineering Journal (NUEJ)*, where we unite engineering ingenuity with entrepreneurial foresight to forge a future of innovation-driven development. Guided by our vision, "Innovation for Entrepreneurial Society," this publication serves as a platform for ideas, research, and technologies that transcend traditional academic boundaries to create tangible societal and economic impact.

This issue features contributions from diverse disciplines that align with our vision. From groundbreaking technologies that redefine sustainable practices to entrepreneurial case studies that illuminate pathways to market success, the articles underscore the role of engineering as a catalyst for societal transformation. By integrating academic rigor with a focus on practical implementation, NUEJ aims to inspire a new generation of engineers and researchers to take bold steps toward innovation.

As we navigate an era defined by rapid technological advancement and global challenges, the need for entrepreneurial engineers has never been more critical. Solutions to climate change, resource management, and digital transformation demand not just technical expertise but also the entrepreneurial mindset to adapt, scale, and sustain innovations. NUEJ aspires to be a beacon for this mindset, encouraging engineers and researchers to think beyond laboratories and embrace opportunities for impactful implementation.

Thank you for your continued support of *Naresuan University Engineering Journal*. Let us move forward with a shared commitment to innovation and entrepreneurship.

Sincerely,



[Assist Prof. Dr. Ananchai Ukaew]
Editor, Academic Journal of the Faculty of Engineering
Naresuan University Engineering Journal

Research Articles

การพยากรณ์เปรียบเทียบจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทย: กรณีศึกษาที่มีและไม่มีผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 <i>อารีรัตน์ เนื่อสีจัน และ ทวีศักดิ์ แตงกระโทก</i>	1
การศึกษาผลของใบมีดจอบหมุนเชิงเลียนแบบธรรมชาติต่อขนาดของก้อนดินในแปลงนา <i>วิษยากร บัวเผียน และ รัตนา การุญบุญญานันท์</i>	11
Benchmarking ROI Strategies for Real-Time Chicken Counting Using YOLOv8 and LLM-Assisted Development in Industrial Slaughterhouses <i>Panu Buranajarukorn, Somsakul Thongtab, Jiraporn Virunbut Itsariyaporn Luanghan and Phisut Apichayakul</i>	20

การพยากรณ์เปรียบเทียบจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทย:
กรณีศึกษาที่มีและไม่มีผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19
A Comparative Forecast of Road Traffic Fatalities in Thailand:
A Case Study with and without the Impact of COVID-19

อารีรัตน์ เนื่อสีจัน*, ทวีศักดิ์ ตะกระโทก
Nuarseejun, A*, Taekrattok, T.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

* Corresponding author e-mail: areerat_nu@hotmail.com

(Received: 25 May 2025, Revised: 25 August 2025, Accepted: 15 October 2025)

บทคัดย่อ

อุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยเป็นปัญหาหลักที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ปัจจุบันมีแผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2565–2570 เป็นแนวทางหลักในการดำเนินงาน โดยกำหนดค่าเป้าหมายจากสถิติในปี 2563 ซึ่งเป็นช่วงที่ประเทศไทยและหลายประเทศทั่วโลกใช้มาตรการควบคุมการระบาดของโรคโควิด-19 จึงส่งผลกระทบต่อสถิติอุบัติเหตุทางถนน การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน โดยแบ่งการพยากรณ์ออกเป็น 2 กรณี คือ การพยากรณ์ภายใต้สมมติฐานที่มีและไม่มีผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิต ปี 2554–2566 จากฐานข้อมูลผู้เสียชีวิต 3 ฐาน ของกระทรวงสาธารณสุข ใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยวิธีของวินเทอร์ โดยพยากรณ์แยกรายจังหวัด 77 จังหวัดทั่วประเทศ โดยใช้ข้อมูลผู้เสียชีวิตจริงในปี 2565–2566 สำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (RMSE) และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ผลการวิเคราะห์พบว่า การพยากรณ์ภายใต้สมมติฐานที่ไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 มีความแม่นยำสูงกว่าทั้งสองปี โดยในปี 2565 มีค่า RMSE และ MAPE ต่ำกว่าถึง 122.04 และ 5.77 ส่วนในปี 2566 ค่า RMSE และ MAPE ต่ำกว่าถึง 143.52 และ 9.16 ตามลำดับ สะท้อนว่าการตัดช่วงเวลาผิดปกติออกจากชุดข้อมูลส่งผลให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปปรับปรุงค่าเป้าหมายของแผนแม่บทฯ ให้สอดคล้องกับบริบทแต่ละพื้นที่ต่อไป

คำสำคัญ: อุบัติเหตุทางถนน, ข้อมูลผู้เสียชีวิต 3 ฐาน, ผลกระทบจากโควิด-19, การพยากรณ์อนุกรมเวลา, แผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2565 – 2570

Abstract

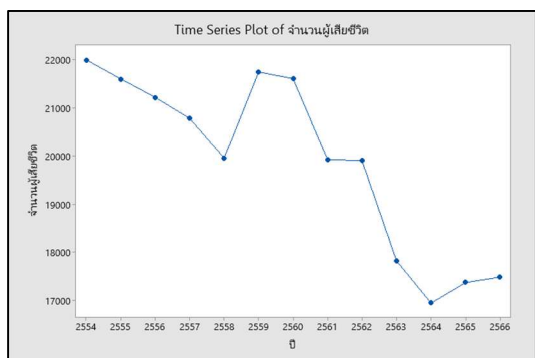
Road traffic accidents in Thailand remain a major issue, causing significant loss of life and property. The current Road Safety Master Plan (2022–2027) serves as a key strategic framework, with targets set based on data from the year 2020, a period when Thailand and many other countries implemented strict measures to control the COVID-19 pandemic, which consequently affected road accident statistics. This study aims to analyze and predict the number of fatalities caused by road traffic accidents under two scenarios, with and without the impact of the COVID-19 pandemic. The analysis uses mortality data from 2011 to 2023, obtained from three national mortality databases maintained by the Ministry of Public Health. Time series analysis is employed using the Winter's Exponential Smoothing Method, with forecasts generated for each of Thailand's 77 provinces. The actual death data from 2022 and 2023 are used to evaluate forecasting accuracy using Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results indicate that the analysis under the assumption of no COVID-

19 impact yields significantly higher accuracy for both years. In 2022, the RMSE and MAPE values were below 122.04 and 5.77, respectively, while in 2023, these values were below 143.52 and 9.16. These findings suggest that excluding anomalous periods from the dataset leads to more accurate results, making the analysis more suitable for refining the target indicators of the Road Safety Master Plan in alignment with local contexts.

Keywords: COVID-19 impact, Thailand Road Safety Master Plan 2022 - 2027, Road traffic accidents, Three-source fatality database, Time Series Analysis.

1. บทนำ

อุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและเศรษฐกิจในระดับโลก จากรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2023) ระบุว่า ในปี 2023 มีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนทั่วโลกมากกว่า 1.35 ล้านคนต่อปี และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับที่ 8 ของโลก ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก อัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 32.7 คนต่อประชากรแสนคน ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยโลกอย่างมาและจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีอัตราการเสียชีวิตสูงสุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (World Health Organization, 2023)



รูปที่ 1 จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนปี 2554–2566

ที่มา : ข้อมูลการบูรณาการจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน 3 ฐานกระทรวงสาธารณสุข

สถิติอุบัติเหตุทางถนน ในปี 2554 – 2566 จากฐานข้อมูลการบูรณาการจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน 3 ฐานกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 พบว่าผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2564 และจำนวนผู้เสียชีวิตในภาพรวมกลับมาเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ในปี พ.ศ. 2565 – 2566 นอกจากนี้จากรายงานของคณะกรรมการจัดทำรายงานสุขภาพคนไทย (2565) ระบุว่าแนวโน้มของอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยมีสาเหตุมาจากมาตรการควบคุมการเดินทาง เช่น

มาตรการล็อกดาวน์ มาตรการการทำงานที่บ้านและมาตรการการปิดสถานบันเทิง อย่างไรก็ตามแนวโน้มดังกล่าวเริ่มกลับมาเพิ่มสูงขึ้นภายหลังจากมีการผ่อนคลายมาตรการในปี 2565 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Tongpradubpetch และ Kanitpong (2024) ที่พบว่ามาตรการเคอร์ฟิวและมาตรการการปิดสถานบันเทิงมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของจำนวนอุบัติเหตุจากการขับรถเร็วและเมาแล้วขับในช่วงเวลากลางคืน

นอกจากนี้ ไม่เพียงแต่ประเทศไทยเท่านั้นที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ต่อแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุทางถนน หลายประเทศทั่วโลกต่างประสบกับสถานการณ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะในช่วงที่มีการบังคับใช้มาตรการล็อกดาวน์และมาตรการการจำกัดการเดินทางอย่างเข้มงวด ตัวอย่างเช่น ประเทศออสเตรเลียพบว่าจำนวนอุบัติเหตุลดลงมากถึง 50% ในช่วงเวลาที่มีมาตรการควบคุมการเดินทาง (Chand et al., 2021) ในขณะที่ประเทศโปแลนด์มีจำนวนอุบัติเหตุและผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนลดลงประมาณ 30% (Frej & Zuska, 2023) อย่างไรก็ตามในบางประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา แม้ว่าจำนวนอุบัติเหตุโดยรวมจะลดลง แต่กลับพบว่าระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุกลับเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากพฤติกรรมเสี่ยงของผู้ขับขี่ เช่น การขับรถเร็วเกินกฎหมายกำหนดและการไม่คาดเข็มขัดนิรภัย เป็นต้น (Tefft, 2024; Ferencak, 2025) สถานการณ์ดังกล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า แม้ปริมาณการเดินทางของประชาชนจะส่งผลให้ปริมาณการจราจรลดลงในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 แต่อุบัติเหตุทางถนนยังคงเกิดขึ้นโดยลักษณะและความรุนแรงเปลี่ยนแปลงไปตามบริบทเฉพาะของแต่ละประเทศ

สำหรับประเทศไทย โดยศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนนได้จัดทำแผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2565 – 2570 โดยกำหนดเป้าหมายการลดจำนวนผู้เสียชีวิตให้เหลือเท่ากับ 12 คนต่อประชากรแสนคน หรือจำนวน 8,478 คน ในปี พ.ศ. 2570 ทั้งนี้ แผนแม่บทฯ ได้กำหนดให้ปี พ.ศ. 2563 เป็นปีฐานในการคำนวณโดยมีเป้าหมายหลักเพื่อลดอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนให้เหลือไม่เกิน 12 คนต่อประชากรแสนคน หรือคิดเป็นจำนวน

ผู้เสียชีวิต 8,478 คน ภายในปี พ.ศ. 2570 โดยประเมินจากสถิติผู้เสียชีวิตในปีฐานนั้นและกระจายเป้าหมายไปยังแต่ละจังหวัดอย่างแตกต่างกันตามระดับความรุนแรงของแต่ละพื้นที่ (ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน, 2565)

อย่างไรก็ตาม การกำหนดค่าเป้าหมายดังกล่าวอาจมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากปี พ.ศ. 2563 เป็นช่วงเวลาในประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 อย่างชัดเจน ส่งผลให้สถิติผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนลดลงต่ำกว่าความเป็นจริง การกำหนดมาตรการในการป้องกันและลดอุบัติเหตุทางถนนอย่างยั่งยืน จึงจำเป็นต้องอาศัยการกำหนดเป้าหมายที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ถูกต้องและมีความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติได้จริง การนำข้อมูลในช่วงเวลาที่ผิดปกติจากสถานการณ์วิกฤตดังกล่าวมาใช้เป็นฐานในการกำหนดค่าเป้าหมายฯ โดยขาดการพิจารณาปรับแก้ อาจนำไปสู่การวางแผนที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

ดังนั้น ความสำคัญของการวิจัยนี้ ได้มีการศึกษาเพื่ออธิบายถึงการใช้อยู่ที่ที่เหมาะสม สามารถอธิบายและนำผลที่ได้จากการศึกษานี้ไปสนับสนุนการกำหนดแนวทางการป้องกันและลดอุบัติเหตุทางถนนในระยะยาว โดยเน้นการใช้ข้อมูลที่สะท้อนสถานการณ์ปกติโดยตัดผลกระทบช่วงเวลาที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ออกจากกระบวนการวิเคราะห์และการพยากรณ์ เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำมากยิ่งขึ้นและสามารถสนับสนุนการดำเนินงานตามเป้าหมายของแผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2565-2570 ได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามบริบทของแต่ละพื้นที่

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน

2.1 การพยากรณ์สถิติการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยและต่างประเทศ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า การวิเคราะห์และพยากรณ์ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนมีการใช้เทคนิคที่หลากหลาย โดยมีการเลือกเครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งได้มีการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้เทคนิคขั้นสูงมากขึ้น เช่น การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูล

ในประเทศไทย Ratanawimon และ Tanawongsuwan (2024) ได้ศึกษาการพยากรณ์ระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง กับข้อมูลจำนวน 81,735 รายการจากกระทรวงคมนาคมและพบว่าสามารถทำนายระดับความรุนแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการกำหนดมาตรการเชิงนโยบายในระดับประเทศ

ในบริบทของต่างประเทศ Mannering และ Bhat (2014) ได้เสนอแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนโดยใช้แบบจำลองทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซอง (Poisson Regression) และ แบบจำลองทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Models) เพื่อทำความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและสนับสนุนการออกแบบนโยบายด้านความปลอดภัยทางถนน ขณะที่ Khasawneh et al. (2022) ได้นำแบบจำลองอนุกรมเวลามาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์จำนวนอุบัติเหตุในประเทศที่กำลังพัฒนา พบว่าแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของการใช้ข้อมูลในอดีตเพื่อวางแผนมาตรการป้องกันล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ งานวิจัยหลายชิ้นได้ให้ความสำคัญกับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 เช่น Jurkovic et al. (2022) ที่ศึกษาข้อมูลจากประเทศโปแลนด์และประเทศสโลวาเกีย โดยใช้แบบจำลองแนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend Models) และแบบจำลองที่ไม่มีแนวโน้ม (Model Without Trend) พบว่าช่วงที่มีการกำหนดมาตรการล็อกดาวน์ส่งผลให้จำนวนอุบัติเหตุลดลง ขณะที่ Zhang et al. (2022) ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของประเทศจีนโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบย้อนกลับค่าความคลาดเคลื่อน (BP Neural Network) พบว่าอุบัติเหตุลดลงในช่วงที่มีมาตรการควบคุมเข้มงวด แต่กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายหลังการผ่อนคลามาตรการควบคุมการเดินทาง สำหรับประเทศกรีซ Sekadakis et al. (2021) ได้นำการวิเคราะห์อนุกรมเวลามาใช้กับข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี พบว่าแม้จำนวนอุบัติเหตุลดลงในช่วงที่มีมาตรการล็อกดาวน์ แต่อัตราความรุนแรงของอุบัติเหตุกลับเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาดังกล่าว

สรุปได้ว่า แนวทางการพยากรณ์อุบัติเหตุทางถนนในงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา ในการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มและมีฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนของ

ประเทศไทย ซึ่งสามารถนำไปใช้สนับสนุนการวางแผนเชิงนโยบายด้านความปลอดภัยทางถนนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 การใช้เทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา ในการพยากรณ์แนวโน้มข้อมูลในอนาคต ด้วยโปรแกรม Minitab Statistical Software (Minitab)

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา ในการพยากรณ์แนวโน้มข้อมูลในอนาคต โดยอาศัยรูปแบบของข้อมูลในอดีตเพื่อสร้างแบบจำลองทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab เป็นเครื่องมือเฉพาะทาง ที่สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานนำไปคาดการณ์กับข้อมูลที่มี โดยเฉพาะข้อมูลที่มีรูปแบบลักษณะเป็นแนวโน้มและฤดูกาล (Solution Center Minitab, 2023)

การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา โดยเลือกใช้วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยวิธีของวินเทอร์ (Winter's Method) ในการพยากรณ์แนวโน้มจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน ซึ่งสามารถอธิบายรูปแบบของการพยากรณ์ได้ดังสมการ

$$D_t = (L_t + T_i)C_t + \epsilon_t \quad (1)$$

D_t คือ ค่าที่ต้องการพยากรณ์ ณ เวลา t

L_t คือ ค่าระดับหรือจุดตัด ณ เวลา t ที่ไม่มีดัชนีฤดูกาล (Level)

T_i คือ ค่าองค์ประกอบแนวโน้มหรือความชัน (Trend)

C_t คือ ตัวคูณดัชนีฤดูกาลในช่วงเวลา t (Seasonality)

ϵ_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ (Error)

การวิเคราะห์ในครั้งนี้เลือกใช้การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยวิธีของวินเทอร์ เนื่องจากลักษณะ ของข้อมูลผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยที่ใช้ในการศึกษา เป็นการใช้อยู่ข้อมูลผู้เสียชีวิตในอดีตในการพยากรณ์ซึ่งมีลักษณะเป็นแนวโน้มและแตกต่างกันไปตามบริบทพื้นที่ของแต่ละจังหวัด โดยคำนึงถึงระดับข้อมูลพื้นฐาน แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี และรูปแบบฤดูกาลที่เกิดขึ้น ซึ่งมีผลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตและแตกต่างจากวิธีอื่น เช่น วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย (Simple Exponential Smoothing) หรือวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) เนื่องจากไม่สามารถรองรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นฤดูกาลได้ และไม่สามารถตอบสนองต่อแนวโน้มระยะยาวของข้อมูลได้

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ การแบ่งช่วงเวลาสำหรับการพยากรณ์และวัตถุประสงค์ของการศึกษา ในครั้งนี้ ซึ่งมุ่งเปรียบเทียบความแม่นยำของการพยากรณ์ในแต่ละบริบทพื้นที่ของจังหวัด การเลือกใช้วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยวิธีของวินเทอร์ จึงเป็นทางเลือก

ที่เหมาะสมที่สุดทั้งในแง่ของความสามารถในการจับแนวโน้มและฤดูกาล ตลอดจนความสามารถในการตอบสนองต่อความแปรปรวนของข้อมูล

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพในการการวิเคราะห์ครั้งนี้ เลือกใช้ใช้ค่าดัชนีชี้วัดความคลาดเคลื่อน 2 ค่าหลัก ได้แก่

1. ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Squared Error: RMSE) อธิบายได้ดังสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (2)$$

2. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) อธิบายได้ดังสมการ

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right| \quad (3)$$

โดยที่ Y_i คือ ค่าจริง, $\hat{Y}_i$ คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์, และ n คือ จำนวนจังหวัด (77 จังหวัด)

ค่าทั้งสองนี้เป็นดัชนีสำคัญที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นหอนุกรมเวลา ทั้งนี้ แบบจำลองที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าจะถือว่ามีความแม่นยำสูงกว่าและเหมาะสมต่อการนำไปใช้วางแผนเชิงนโยบายในระดับพื้นที่และระดับประเทศ

3. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้ข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน จากการบูรณาการข้อมูลการตายจากแหล่งข้อมูล 3 ฐาน โดยจากการจัดเก็บข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลหลักที่มีข้อมูลจำนวนการผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนความครอบคลุมมากที่สุด โดยมีการจัดเก็บจาก 3 แหล่งข้อมูลหลักที่น่าเชื่อถือ ได้แก่ 1.ข้อมูลจากการแจ้งทำใบมรณบัตรและหนังสือรับรองการตาย 2.ข้อมูลจากระบบการบันทึกข้อมูลคดีของตำรวจ (Police Information System: POLIS) และ 3.ข้อมูลจากระบบบันทึกข้อมูลสำหรับเบิกจ่ายค่าสินไหมทดแทน ของบริษัทกลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรถจักรยานยนต์ (Electronic Claim: E-Claim) โดยทั่วไปเป็นที่รู้จักกันในชื่อ “ข้อมูล 3 ฐาน” ซึ่งข้อมูลทั้งสามแหล่งนี้ถูกรวบรวมเพื่อให้ได้ฐานข้อมูลที่มีความครอบคลุมและน่าเชื่อถือสูงสุดสำหรับการวิเคราะห์ในครั้งนี้ ประกอบกับเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการกำหนดค่าเป้าหมายของแผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2565 - 2570

การวิจัยครั้งนี้ ใช้ข้อมูลผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนครอบคลุมทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทย ในช่วงระหว่างปี 2554 – 2562 รวมทั้งสิ้น 11 ปี เพื่อใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลผู้เสียชีวิต ปี 2565 -2566 จากนั้นใช้ข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริงในปี 2565 -2566 สำหรับนำมาทดสอบประสิทธิภาพของผลการพยากรณ์

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

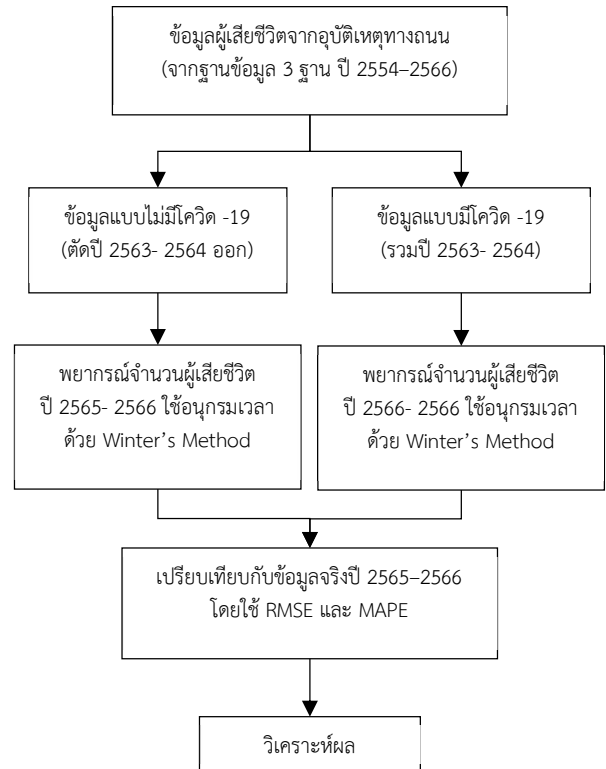
การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ผลการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยภายใต้สองสมมติฐานหลัก ได้แก่ สมมติฐานที่ 1 กรณีไม่มีการระบาดของโรคโควิด-19 และสมมติฐานที่ 2 กรณีที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554–2564 จากการบูรณาการข้อมูลผู้เสียชีวิตทางอุบัติเหตุทางถนน 3 ฐาน ของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งครอบคลุมข้อมูลทั้งหมด 77 จังหวัดทั่วประเทศ

การวิจัยนี้วางกรอบแนวคิดบนพื้นฐานของการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ในสองกรณี สามารถอธิบายโดยละเอียด ดังนี้

กรณีที่ 1 การพยากรณ์ข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตในปี 2565 และ 2566 โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังระหว่างปี 2554–2564 ซึ่งตัดข้อมูลในช่วงปี 2563–2564 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19

กรณีที่ 2 พยากรณ์ข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตในปี 2565 และ 2566 โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังระหว่างปี 2554–2564 ซึ่งรวมข้อมูลในช่วงปี 2563–2564 เพื่อสะท้อนสถานการณ์จริงในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์จากทั้งสองกรณี มาเปรียบเทียบกับจำนวนผู้เสียชีวิตจริงในปี 2565–2566 เพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง โดยใช้เกณฑ์ค่าชี้วัด RMSE และ MAPE เพื่อพิจารณาว่าสมมติฐานใดให้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด เพื่อนำไปสู่การวางแผนและกำหนดมาตรการในการป้องกันและลดอุบัติเหตุทางถนนให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากกรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้ เริ่มจากการจัดเตรียมชุดข้อมูลผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนที่ผ่านการบูรณาการจากฐานข้อมูลหลักของกระทรวงสาธารณสุข (ข้อมูล 3 ฐาน) จากนั้น ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลภายใต้สมมติฐานที่แตกต่างกันสองกรณี คือ กรณีที่มีและไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยวิธีของวินเทอร์ เพื่อพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตในช่วงปี พ.ศ. 2565–2566 และเปรียบเทียบผลการพยากรณ์กับข้อมูลจริงในช่วงเวลาเดียวกัน ด้วยการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้ค่าดัชนีชี้วัด RMSE และ MAPE ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดนโยบายด้านความปลอดภัยทางถนนในระดับพื้นที่และระดับประเทศ

5. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา ทั้งในด้านเครื่องมือ สมการแบบจำลอง และเกณฑ์ประเมินผล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย คือ จำนวนผู้เสียชีวิต (คน) จากอุบัติเหตุทางถนน ในรูปแบบจำนวนรายปีและรายจังหวัดระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2566 ลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการบูรณาการจาก 3 ฐานข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ 1. ข้อมูลจากมรณบัตร/หนังสือรับรองการตายข้อมูลคดีจากระบบ 2. ข้อมูลจากระบบการบันทึกคดีของตำรวจ 3. ข้อมูลประกันภัยจากรถ ของบริษัทกลางฯ การใช้ข้อมูลจากทั้งสามแหล่งร่วมกันจึงช่วยให้ฐานข้อมูลมีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น สำหรับวิธีการนับหากบุคคลเดียวกันปรากฏในหลายฐานข้อมูล จะไม่นับซ้ำ แต่จะเก็บไว้เพียงครั้งเดียว โดยใช้ข้อมูลจากใบมรณบัตรเป็นหลัก ตามด้วยระบบการบันทึกคดีของตำรวจ และระบบประกันภัยฯ เพื่อตรวจสอบและยืนยันความถูกต้อง เพื่อให้ได้จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนที่ถูกต้องที่สุด

โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มีเป้าหมายหลักในการพยากรณ์แนวโน้มจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในปี 2565 และ ปี 2566 ภายใต้ 2 สมมติฐาน คือ กรณีมีและไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในปี 2563 และปี 2564

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 19 ในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณแบบอนุกรมเวลาด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยวิธีของวินเทอร์ ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีความแปรผันตามฤดูกาลและแนวโน้มในระยะยาว โปรแกรมนี้สามารถรองรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อนได้ดีและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล (ปรัชญา พลพะพันธุ์, 2560)

5.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ มีการกำหนดสมการและตัวแปรสำคัญที่ใช้ในแบบจำลองเพื่อให้สามารถพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.3.1 สมการที่ใช้ในแบบจำลองปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลโดยวิธีของวินเทอร์ มีรูปแบบสมการที่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ได้ดังนี้

$$\hat{D}_t = (L_t + T_t)C_t + \epsilon_t \quad (4)$$

$\hat{D}_t$ คือ จำนวนผู้เสียชีวิตที่พยากรณ์ได้ ณ เวลา t

t คือ ช่วงเวลาที่ศึกษา (ปี 2565 และ 2566)

D คือ จำนวนผู้เสียชีวิตจริงในปี 2565 และ 2566

การเปรียบเทียบค่าต่างๆ โดยกำหนดและอธิบายสัญลักษณ์ดังนี้ $\hat{D}_1$ คือ จำนวนผู้เสียชีวิตจากการพยากรณ์กรณีที่ไม่มีการระบาดของโรคโควิด-19 ให้ $\hat{D}_2$ คือ จำนวนผู้เสียชีวิตจากการพยากรณ์กรณีที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 และกำหนดให้ D คือ จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนที่เกิดขึ้นจริง เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบว่าแบบจำลองใดให้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า ซึ่งสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในเชิงนโยบายเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลในการวางแผนความปลอดภัยทางถนนในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.2 การประเมินประสิทธิภาพ

การประเมินความแม่นยำของค่าพยากรณ์ โดยการนำค่าดัชนีเพื่อชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดังนี้

1. ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - \hat{D}_i)^2} \quad (5)$$

2. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE)

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{D_i - \hat{D}_i}{D_i} \right| \quad (6)$$

โดยที่ D_i คือ ค่าจริง, $\hat{D}_i$ คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์, และ n คือ จำนวนจังหวัด (77 จังหวัด)

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนภายใต้สองสถานการณ์ ได้แก่

- สถานการณ์ที่ไม่มีการระบาดของโรคโควิด-19 โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554–2562 ในการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตในปี พ.ศ. 2565–2566 (กำหนดเป็น $\hat{D}_1$) โดยตัดข้อมูลปี พ.ศ. 2563–2564 ออก

- สถานการณ์ที่มีการระบาดของโรคโควิด-19 โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554–2564 ในการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตในปี พ.ศ. 2565–2566 (กำหนดเป็น $\hat{D}_2$)

การพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตในปี พ.ศ. 2565 และ 2566 ทั้งนี้ ได้ดำเนินการในระดับรายจังหวัด ครอบคลุมทั้ง 77 จังหวัดทั่วประเทศ เพื่อให้เห็นแนวโน้มเฉพาะในเชิงพื้นที่อย่างชัดเจน เนื่องจากแต่ละจังหวัดมีบริบทที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านพฤติกรรมการใช้ถนน ความหนาแน่นของประชากร ลักษณะทางภูมิศาสตร์และการบังคับใช้กฎหมาย ซึ่งอาจส่งผลต่อแนวโน้มของการเกิดอุบัติเหตุที่แตกต่างกันไป

ผลการพยากรณ์จากทั้งสองกรณี ได้นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2565–2566 เพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง โดยใช้เกณฑ์วัดค่าความคลาดเคลื่อน 2 ตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ RMSE ใช้ประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่าพยากรณ์จากค่าจริง และค่า MAPE ใช้วัดค่าความคลาดเคลื่อนในรูปเปอร์เซ็นต์จากค่าจริง โดยแบบจำลองที่ให้ค่า RMSE และ MAPE ต่ำกว่าจะมีความแม่นยำมากกว่า ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้สนับสนุนการวางแผนเชิงนโยบายในระดับพื้นที่และระดับประเทศต่อไป

6. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ผลการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทย ด้วยการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในปี 2565 และปี 2566 โดยเปรียบเทียบแบบจำลอง สองรูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองที่ 1 กรณีไม่รวมช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_1$) ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลังระหว่างปี 2554–2562 โดยตัดข้อมูลปี 2563–2564 ออกและแบบจำลองที่ 2 กรณีรวมช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_2$) ซึ่งใช้ข้อมูลย้อนหลังระหว่างปี 2554–2564 การพยากรณ์ดำเนินการในระดับรายจังหวัดครอบคลุม 77 จังหวัดทั่วประเทศ แล้วนำแบบจำลองทั้ง 2 กรณีมาเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในปี 2565 และ 2566 กับข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริง (D) โดยใช้ค่าดัชนี RMSE และ MAPE เพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าพยากรณ์ การเปรียบเทียบ

ค่า $\hat{D}_1$ (กรณีไม่มีโควิด-19) และ $\hat{D}_2$ (มีโควิด-19) กับข้อมูลจริง D

ปี	ค่าจริง D	$\hat{D}_1$	$\hat{D}_2$	$\hat{D}_2 - D$	$\hat{D}_1 - D$
2565	17,379	18,841	14,868	1,462	-2,511
2566	17,497	18,118	15,633	621	-1,864

ตารางที่ 1 แสดงผลการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในปี พ.ศ. 2565–2566 โดยเปรียบเทียบค่าจำนวนผู้เสียชีวิตจริง (D) กับค่าพยากรณ์จากสองกรณี ได้แก่ กรณีไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_1$) และกรณีมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_2$) ผลการวิเคราะห์พบว่า ในปี 2565 จำนวนผู้เสียชีวิตจริง (D) อยู่ที่ 17,379 ราย ขณะที่ผลการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_1$) มีจำนวนผู้เสียชีวิต 18,841 ราย หรือมากกว่าค่าจริง (D) 1,462 ราย ส่วนจำนวนผู้เสียชีวิตที่ได้จากการพยากรณ์กรณีมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_2$) พยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตอยู่ที่ 14,868 ราย หรือต่ำกว่าจำนวนผู้เสียชีวิตจริง (D) -2,511 ราย แสดงว่าแม้จำนวน

ผู้เสียชีวิตกรณีไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_1$) ซึ่งสูงกว่าค่าจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริง (D) แต่มีความใกล้เคียงมากกว่าจำนวนผู้เสียชีวิตที่ได้จากการพยากรณ์กรณีมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_2$) ที่ประเมินต่ำเกินไปค่อนข้างมาก สำหรับปี 2566 ค่าจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริง (D) อยู่ที่ 17,497 ราย ขณะที่ผลการพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_1$) มีจำนวนผู้เสียชีวิต 18,118 ราย สูงกว่าค่าจำนวนผู้เสียชีวิตจริง (D) เพียง 621 ราย ขณะที่จำนวนผู้เสียชีวิตที่ได้จากการพยากรณ์กรณีมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_2$) พยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตที่จำนวน 15,633 ราย ต่ำกว่าค่าจำนวนผู้เสียชีวิตจริง (D) ถึง -1,864 ราย สะท้อนว่าการไม่นำข้อมูลช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 มาใช้ในการพยากรณ์ ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริงมากกว่าอย่างต่อเนื่องทั้งปี 2565 และปี 2566 อีกทั้งความคลาดเคลื่อนของจำนวนผู้เสียชีวิตที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธีข้างต้น ยังลดลงจาก 1,462 รายในปี 2565 เหลือเพียง 621 รายในปี 2566 แสดงถึงความเสถียรและความแม่นยำของแบบจำลองภายใต้ภาวะปกติ ในทางตรงกันข้ามกรณีที่น่าข้อมูลช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 มาใช้ในการพยากรณ์ มีแนวโน้มจำนวนผู้เสียชีวิตต่ำกว่าค่าจำนวนผู้เสียชีวิตจริงทั้งสองปี เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากข้อมูลช่วงได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่จำนวนผู้เสียชีวิตลดลงผิดปกติจากมาตรการล็อกดาวน์ จึงทำให้ค่าพยากรณ์ต่ำกว่าความเป็นจริงอย่างชัดเจน

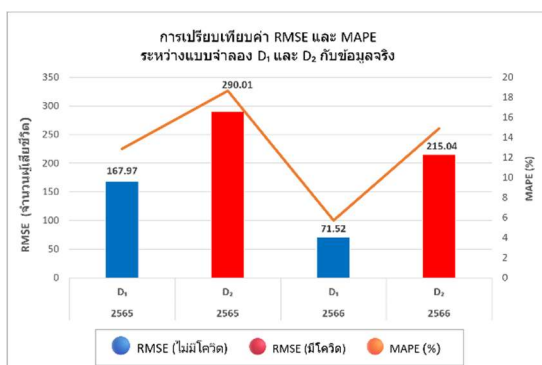
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าพยากรณ์ การเปรียบเทียบค่า $\hat{D}_1$ และ $\hat{D}_2$ กับข้อมูลจริง D

ปี	แบบจำลอง	RMSE	MAPE (%)	ข้อสังเกต
2565	$\hat{D}_1$	167.97	12.87	คลาดเคลื่อนน้อย
	$\hat{D}_2$	290.01	18.64	คลาดเคลื่อนมาก
2566	$\hat{D}_1$	71.52	5.73	คลาดเคลื่อนน้อย
	$\hat{D}_2$	215.04	14.89	คลาดเคลื่อนมาก

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าพยากรณ์ของปี 2565 และ 2566 ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองการพยากรณ์ในปี 2565 พบว่าจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_1$) กับจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริง (D) มีค่า RMSE = 167.91 และ MAPE = 12.87% ซึ่งต่ำกว่าแบบจำลองจำนวนผู้เสียชีวิตที่ได้จากการพยากรณ์กรณีมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\hat{D}_2$) กับจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริง (D) ที่มีค่า RMSE =

290.01 และ $MAPE = 18.64\%$ อย่างชัดเจน โดยกรณี
ที่พยากรณ์ข้อมูลผู้เสียชีวิตภายใต้สถานการณ์ไม่มีการแพร่
ระบาดของโรคโควิด - 19 ให้ค่า RMSE และ MAPE ต่ำกว่า
122.04 และ 5.77% ตามลำดับ สะท้อนว่าแบบจำลองที่ไม่รวม
ช่วงเวลาการระบาดของโรคโควิด- 19 สามารถพยากรณ์
ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่าในปี 2565

และสำหรับในปี 2566 เช่นเดียวกับผลการวิจัยของปี 2565
จำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\bar{D}_1$)
กับจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริง (D) มีค่า $RMSE = 71.52$
และ $MAPE = 5.73\%$ ซึ่งต่ำกว่าแบบจำลองจำนวนผู้เสียชีวิต
ที่ได้จากการพยากรณ์กรณีมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19
($\bar{D}_2$) กับจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริง (D) มีค่า $RMSE =$
215.04 และ $MAPE = 14.89\%$ สำหรับปี 2566 กรณี
ที่พยากรณ์ข้อมูลผู้เสียชีวิตภายใต้สถานการณ์ไม่มีการแพร่
ระบาดของโรคโควิด - 19 ให้ค่า RMSE และ MAPE ต่ำกว่า
143.52 และ 9.16% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง
ที่ตัดข้อมูลช่วงเวลาผิดปกติออกไป ยังคงให้ผลที่มีความแม่นยำ
มากกว่าต่อเนื่องในปีถัดมา



รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE และ MAPE ระหว่าง
แบบจำลอง $\bar{D}_1$ และ $\bar{D}_2$

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นแนวโน้มของค่าความคลาดเคลื่อน
RMSE และ MAPE ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างจำนวน
ผู้เสียชีวิตกรณีที่มีและไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19
($\bar{D}_1$ และ $\bar{D}_2$) โดยในปี 2565 และปี 2566 แบบจำลองกรณี
ที่ไม่นำข้อมูลที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรค
โควิด-19 มาใช้ในการพยากรณ์ ($\bar{D}_1$) โดยได้ตัดข้อมูลช่วงมีการ
แพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ออก พบว่ามีความคลาดเคลื่อน
ที่ต่ำกว่าแบบจำลองที่การพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลในช่วงมีการแพร่
ระบาดของโรคโควิด-19 ($\bar{D}_2$) อย่างต่อเนื่อง

กราฟแท่งแสดงค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ของ
แบบจำลองทั้งสองในปี พ.ศ. 2565 และ 2566 จะเห็นได้ว่า
แบบจำลองกรณีไม่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ($\bar{D}_1$)
ให้ค่า RMSE ต่ำกว่าแบบจำลองการพยากรณ์กรณีมีการแพร่

ระบาดของโรคโควิด-19 ($\bar{D}_2$) ทั้งสองปี โดยเฉพาะในปี 2566
ค่า RMSE ต่างกัน 143.52 สะท้อนว่าแบบจำลองที่ไม่รวมข้อมูล
ช่วงเวลาผิดปกติสามารถจับแนวโน้มข้อมูลได้แม่นยำกว่า

กราฟเส้นแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบเปอร์เซ็นต์
MAPE พบว่าแบบจำลองกรณีไม่มีการแพร่ระบาดของโรค
โควิด-19 ($\bar{D}_1$) ยังคงให้ค่า MAPE ต่ำกว่าเช่นกัน โดยในปี 2566
MAPE ของแบบจำลองการพยากรณ์กรณีมีการแพร่ระบาด
ของโรคโควิด-19 ($\bar{D}_2$) สูงกว่าถึง 9.16% ขณะที่ในปี 2565
สูงกว่า 5.77% เส้นกราฟแนวโน้มของค่า MAPE ที่มีแนวโน้ม
สูงขึ้นในกรณีพยากรณ์โดยนำข้อมูลช่วงที่มีการแพร่ระบาด
ของโรคโควิด-19 ($\bar{D}_2$) มา ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นอย่าง
ชัดเจน จากการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นข้อมูลที่สนับสนุน
ได้ว่าการใช้ข้อมูลช่วงเวลาปกติในการพยากรณ์ส่งผลให้
แบบจำลองมีความแม่นยำมากกว่าในทุกกรณี

7. สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจน ถึงการเลือก
ช่วงเวลาของข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์มีผลต่อความแม่นยำ
ของแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลในช่วงเวลาปกติ
ซึ่งไม่รวมปีที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากสถานการณ์
การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 (ปี 2563-2564) สามารถ
ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าทั้งในรูปของค่าเฉลี่ยกำลังสอง
ของความคลาดเคลื่อน (RMSE) และค่าเปอร์เซ็นต์ความ
คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เมื่อเปรียบเทียบกับ
แบบจำลองที่รวมข้อมูลจากช่วงเวลาที่มีการแพร่ระบาดของ
โรคโควิด-19 นำไปวิเคราะห์ในการพยากรณ์ข้อมูลด้วย

ลักษณะของข้อมูลผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน
ในประเทศไทยมีความต่อเนื่องตามแนวโน้มระยะยาว
และมีความผันแปรตามฤดูกาล ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการ
ใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา อย่างไรก็ตามในช่วงปีที่มี
มาตรการล็อกดาวน์และมาตรการจำกัดการเดินทาง ส่งผลให้
จำนวนผู้เสียชีวิตลดลงอย่างผิดปกติ จึงอาจส่งผลให้
การพยากรณ์แนวโน้มของข้อมูลไม่สามารถสะท้อนสถานการณ์
จริงและมีผลให้การพยากรณ์ในระยะยาวมีความเบี่ยงเบน
จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์สะท้อน
ว่าการตัดข้อมูลจากช่วงเวลาที่ผลกระทบจากการแพร่ระบาด
ของโควิด-19 ออกจากชุดข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์
ช่วยให้สามารถจับแนวโน้มที่แท้จริงของข้อมูลได้อย่างแม่นยำ
มากขึ้น ทั้งในระดับรายจังหวัดและระดับประเทศ

เมื่อพิจารณาจากผลการเปรียบเทียบ สามารถอธิบายได้ว่า
แบบจำลองที่ไม่รวมข้อมูลช่วงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19
สามารถให้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่าอย่าง

ต่อเนื่องในทั้งสองปี คือ ปี 2565 และ ปี 2566 ขณะที่แบบจำลองที่รวมข้อมูลช่วงมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 มีแนวโน้มประเมินต่ำกว่าความเป็นจริง ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าเหตุการณ์พิเศษอย่างการแพร่ระบาดส่งผลให้ข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวไม่เป็นตัวแทนของสภาวะปกติและหากนำมาใช้โดยไม่มีการพิจารณา อาจส่งผลให้พยากรณ์แนวโน้มของข้อมูลที่บิดเบือนและนำไปสู่การวางแผนที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์จริง การค้นพบนี้จึงตอกย้ำความสำคัญของการคัดเลือกข้อมูลที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเป้าหมายของการพยากรณ์ข้อมูล สำหรับการสร้างความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ในเชิงนโยบายและการวางแผนด้านความปลอดภัยทางถนน

นอกจากนี้ ข้อค้นพบดังกล่าวยังสอดคล้องกับเป้าหมายสำคัญของแผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2565–2570 ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่สะท้อนสถานการณ์จริงในการกำหนดเป้าหมายและจัดทำนโยบาย ซึ่งการนำข้อมูลพื้นฐานเริ่มต้นที่ใช้ในการกำหนดเป้าหมายมีความคลาดเคลื่อนอาจนำไปสู่การวางแผนที่ไม่เหมาะสม

ดังนั้น ในภาพรวมงานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความสำคัญของการเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดมาตรการต่างๆ โดยเฉพาะในบริบทของการวางแผนด้านความปลอดภัยทางถนนที่ต้องการความแม่นยำและเชื่อถือได้ เพื่อใช้ในการติดตามประเมินผลและปรับปรุงเป้าหมายในเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงกับสภาพการณ์จริงในแต่ละช่วงเวลาอย่างแท้จริง

8. ข้อเสนอแนะ

แผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2565–2570 ได้กำหนดให้มีการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องในทุกไตรมาส ช่วงกลางแผน (Mid-term) และเมื่อสิ้นสุดแผน รวมถึงการพิจารณาทบทวนและปรับปรุงเกณฑ์ตัวชี้วัดตามความเหมาะสมในช่วงกลางแผน โดยอิงจากสถานการณ์และความเป็นไปได้ด้านความปลอดภัยทางถนนในแต่ละช่วงเวลา (ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน, 2565)

ดังนั้น ผลการวิจัยนี้จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการประเมินความเหมาะสมของค่าเป้าหมาย ตลอดจนการปรับปรุงตัวชี้วัดหรือมาตรการต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง โดยเฉพาะในช่วงทบทวนแผนระยะกลาง ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินงานด้านความปลอดภัยทางถนนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเท่าทันสถานการณ์

9. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ทวีศักดิ์ ตะกระโทก ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัย สำหรับคำแนะนำอันทรงคุณค่า และการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของบทความนี้

10. เอกสารอ้างอิง

- คณะทำงานจัดทำรายงานสุขภาพคนไทย. (2565). โควิด-19 กับการลดลงของอุบัติเหตุและการสื่อสารออนไลน์ที่เพิ่มขึ้น (ตอนที่ 2). สืบค้นจาก https://www.thaihealthreport.com/th/articles_detail.php?id=112
- ปรีชา พลพัฒน์. (2560). *คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab* (ฉบับมืออาชีพ). กรุงเทพฯ: บริษัท ไอทีซีพีริเมียร์ จำกัด.
- ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน. (2566). *แผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2565–2570*. กรุงเทพฯ: ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน.
- Chand, S., Yee, E., Alsultan, A., & Dixit, V. V. (2021). A descriptive analysis on the impact of COVID-19 lockdowns on road traffic incidents in Sydney, Australia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11701. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111701>
- Ferenchak, N. N. (2025). US road safety during COVID-19: Motorist, pedestrian and bicyclist fatality trends. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 16(2), 193–208. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-09-2022-0091>
- Frej, D. P., & Zuska, A. (2023). The impact of the COVID-19 pandemic on the frequency of vehicle accidents in Poland. *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji*, 99(1). <https://doi.org/10.14669/AM/162666>
- Getahun, K. A. (2021). Time series modeling of road traffic accidents in Amhara Region. *Journal of Big Data*, 8(102). <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00493-z>

- Jurkovic, M., Gorzelanczyk, P., Kalina, T., Jaros, J., & Mohanty, M. (2022). Impact of the COVID-19 pandemic on road traffic accident forecasting in Poland and Slovakia. *Open Engineering*, 12, 578–589. <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0370>
- Khasawneh, M. A., Al-Omari, A. A., & Ganam, B. (2022). Forecasting traffic accidents in developing countries using time series analysis. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 16(1), 54–70.
- Mannering, F. L., & Bhat, C. R. (2014). Analytic methods in accident research: Methodological frontier and future directions. *Analytic Methods in Accident Research*, 1, 1–22.
<https://doi.org/10.1016/j.amar.2013.09.001>
- Ratanawimon, S., & Tanawongsuwan, P. (2024). Prediction of severity level of road traffic accident in Thailand using machine learning. In *Proceedings of the 10th World Congress on Electrical Engineering and Computer Systems and Sciences (EECSS'24)*, Barcelona, Spain, August 19–21, 2024 (Paper No. CIST 179).
<https://doi.org/10.11159/cist24.179>
- Sekadakis, M., Katrakazas, C., Michelaraki, E., Kehagia, F., & Yannis, G. (2021). Analysis of the impact of COVID-19 on collisions, fatalities and injuries using time series forecasting: The case of Greece. *Accident Analysis and Prevention*, 162, 106391.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106391>
- Tefft, B. C. (2024). Traffic safety impact of the COVID-19 pandemic: Fatal crashes in 2020–2022 (Research Brief). *AAA Foundation for Traffic Safety*.
<https://doi.org/10.21949/1526056>
- Tongpradubetch, A., & Kanitpong, K. (2024). Impact of COVID-19 on road crashes in Thailand. *IATSS Research*, 48, 230–244.
<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.04.001>
- Zhang, Y., Zhang, H., Hu, C., Chen, F., & Wan, Z. (2022). The impact of COVID-19 on road traffic accidents: A case study of severely affected city in China. *2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 3429–3434.
<https://doi.org/10.1109/ITSC55140.2022.9922248>

การศึกษาผลของใบมีดจอบหมุนเชิงเลียนแบบธรรมชาติต่อขนาดของก้อนดินในแปลงนา Effect of Biomimetics Rotary Tiller Blade on Soil Clod Size in a Paddy Field

วิทยากร บัวเฟียน และ รัตนา การุญบุญญานันท์*
Wichayakorn Buaphian and Rattana Karoonboonyanan*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 65000
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

* Corresponding author e-mail: rattanakar@nu.ac.th

(Received: 17 September 2025, Revised 10 October 2025, Accepted 17 October 2025)

บทคัดย่อ

เครื่องพรวนจอบหมุนนิยมใช้ในการเตรียมดินแต่มีข้อจำกัดที่แปลงต้องเป็นดินแห้งหรือมีน้ำขัง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาใบมีดจอบหมุนสำหรับทำงานในแปลงดินชื้น โดยดัดแปลงพื้นผิวของใบมีดจอบหมุนแบบผสมด้วยการเลียนแบบธรรมชาติของสัตว์ในการขุดดิน พัฒนาใบมีดจอบหมุน 4 รูปแบบ คือ 1) แบบลิ้มด้านหน้าใบมีด 2) แบบลิ้มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด 3) แบบตุ่มด้านหน้าใบมีด และ 4) แบบตุ่มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด ทดสอบการพรวนดินด้วยใบมีดจอบหมุนที่พัฒนาเปรียบเทียบกับใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้โดยทั่วไป ในแปลงนาชนิดดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt Loam) ที่มีค่าขีดจำกัดพลาสติก 18.95 เปอร์เซ็นต์ และค่าขีดจำกัดเหลว 34.13 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบที่ความชื้นดิน 28.36, 31.52 และ 34.43%db. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 1.10 เมตรต่อวินาที ความเร็วรอบเพลาลูกเบี้ยวใบมีด 231.60 รอบต่อนาที พิจารณาร้อยละขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช พบว่า ใบมีดจอบหมุนแบบลิ้มด้านหน้า โดยลิ้มมีลักษณะเป็นแท่งหน้าตัดครึ่งวงรี ขนาดลิ้มกว้าง 10 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ปลายลิ้มด้านล่างลาดเอียงแนวเดียวกับคมของใบมีด เป็นรูปแบบที่พรวนดินได้ละเอียดกว่ารูปแบบอื่น พบว่ามีขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร 49.48 และ 32.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าใบมีดแบบผสม 9.73 และ 17.30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำงานในแปลงที่มีความชื้นดิน 28.36 และ 31.52%db. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ใบมีดจอบหมุนดัดแปลงแบบลิ้มด้านหน้าเหมาะสมสำหรับพรวนดินในแปลงนาที่มีความชื้นดินช่วง 28.36-31.52%db. ซึ่งเป็นช่วงความชื้นดินที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช ช่วยลดการใช้น้ำและต้นทุนการผลิตพืชได้

คำสำคัญ: ใบมีดจอบหมุน, ดินชื้น, ขนาดก้อนดิน, การเลียนแบบธรรมชาติในเชิงเทคนิค

Abstract

Rotary tillers are a popular tool for soil preparation but are limited to working in dry or flooded fields. This research aimed to develop a rotary tiller blade specifically for use in moist soil by modifying the mixed-type blade surface. The modifications were inspired by biomimetic principles, specifically by mimicking the soil-excavating techniques of animals. Four new blade designs were developed: 1) Front-wedge blade, 2) Front-and-rear-wedge blade, 3) Front-stud blade, and 4) Front-and-rear-stud blade. The tillage performance of these modified blades was compared to a conventional mixed-type blade design. The tests were conducted in a silt loam field, plastic limit of 18.95% and liquid limit of 34.13%, at three different soil moisture contents: 28.36%, 31.52%, and 34.43% (dry basis, db.). With the tractor speed of 1.10 m/s, and the blade shaft rotational speed of 231.60 rpm. The optimal blade was considered from the percentage of soil clod size in the 0-20 mm size range, which is suitable for seed germination. The results showed that the front-wedge blade was the most effective design for producing fine soil clod size. This blade featured a semi-elliptical cross-section wedge with a width of 10 mm, a thickness of 3 mm, and a length of 50 mm. The lower tip of the wedge was angled to align with the blade's cutting edge. This modified blade produced 49.48% and 32.05% of soil clod size in the 0-20 mm size range, and these values

represent a significant improvement over the conventional mixed-type blade by 9.73% and 17.30%, when working in fields with soil moisture content of 28.36 and 31.52%db. , respectively. These results indicate that the modified front-wedge blade is suitable for tillage in silt loam soils with moisture content ranging from 28.36 to 31.52%db., which is the ideal range for plant seed germination. Consequently, the implementation of this developed blade has the potential to facilitate reduced water consumption and crop production costs.

Keywords: Rotary blade, Moist soil, Soil clod size, Biomimetics

1.บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ในปี 2567 มีพื้นที่การเพาะปลูกข้าวนาปีและนาปรัง รวม 72.08 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2568) โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนา ซึ่งจะมีส่วนของฟางข้าวที่ถูกปล่อยทิ้งออกจากรถเกี่ยวนาและวางอยู่บนตอซึ่งฟางข้าวนี้มีความยาวเฉลี่ย 56.4 เซนติเมตร (รัตน, 2563) ส่งผลให้เครื่องมือไถเตรียมดินไม่สามารถทำงานได้สะดวก ฟางข้าวที่ยาวจะไปพันกับเครื่องมือไถเตรียมดิน ความยาวฟางข้าวที่เครื่องมือไถเตรียมดินโดยทั่วไปสามารถทำงานได้คือความยาวน้อยกว่า 12 เซนติเมตร (ไพโรจน์ และคณะ, 2561) ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่จำเป็นต้องเผาฟางข้าวก่อนการเตรียมดิน การเผาตอซังและฟางข้าว จะทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ที่ส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและปัญหาสุขภาพของมนุษย์ ทำลายโครงสร้างดินทำให้ดินแข็งกระด้าง สูญเสียธาตุอาหารในดิน สูญเสียอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารที่อยู่ในฟาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) จากการสำรวจในเบื้องต้นของแปลงนาข้าว ณ วันที่เก็บเกี่ยว พบว่ามีความชื้นดินที่สูงเพียงพอต่อการปลูกพืช โดยความชื้นดินที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพืชคือ 30%db. (ชิตพิทธ์ และคณะ, 2567) ปัจจุบัน เกษตรกรนิยมใช้เครื่องพรวนจอบหมุนในการเตรียมดิน โดยมีลักษณะการทำงาน 2 รูปแบบคือ ทำงานในดินที่แห้งหรือในดินที่มีขังน้ำ จะเห็นได้ว่า การเตรียมดินสำหรับการเพาะปลูกในรอบถัดไปมี 2 รูปแบบคือ จะต้องรอให้ดินแห้งก่อนแล้วทำการไถพรวนดิน หรือสูบน้ำเข้าแปลงให้เพียงพอต่อการไถพรวน ในการเพาะปลูกข้าวต่อฤดูการผลิต พบว่าใช้ปริมาณน้ำ 1,412.85 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (ฉวีวรรณ และปารณีย์, 2559) ทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำเข้าแปลงนาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้น รัตน และธนัชพันธ์ (2561) จึงได้พัฒนาเครื่องมือเพาะปลูกที่สามารถทำงานในแปลงนาที่มีฟางปกคลุมและไม่ต้องเตรียมดินก่อนเพาะปลูก สามารถทำการสับฟาง พรวนดิน หยอดเมล็ดพันธุ์พืช และฟางที่ถูกสับปกคลุมอยู่บนผิวดิน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการเผาฟางในนาข้าว ลดการใช้น้ำ

และลดต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตาม ยังพบปัญหาการทำงานของใบมีดจอบหมุนที่ไม่สามารถทำการพรวนดินในดินที่มีความชื้นสูงได้ดี พบปัญหาดินติดที่ใบมีดจอบหมุน และดินที่ได้จะมีก้อนขนาดใหญ่

การเลียนแบบธรรมชาติในเชิงเทคนิค (Biomimetics) ของสัตว์เพื่อพัฒนาใบมีดจอบหมุน Jin et al. (2005) ได้ศึกษาลักษณะทางเรขาคณิตในส่วนหัวของด้วงมูลสัตว์ตัวเมีย (*Copris ochus* Motschulsky) ที่มีพื้นผิวที่นูนเป็นตุ่มไว้สำหรับขุดและดันดิน Yuwan et al. (2021) ได้ศึกษาการเลียนแบบกรงเล็บทั้งห้าของหนูตุ่นหรืออ้น (*Scaptochirus*, *Talpidae*) ทดสอบในดินที่มีความชื้น 20.82%db. พบว่าสามารถลดการะบิตและลดลึ่มนดินที่ติดบริเวณใบมีดได้ จะเห็นได้ว่า การเลียนแบบพื้นผิวของสัตว์ที่มีความสามารถในการขุดหรือดันดินสามารถลดการะบิตที่กระทำต่อใบมีดและการติดสะสมของดินได้ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ 1) เพื่อพัฒนาใบมีดจอบหมุนรูปแบบผสมด้วยการเลียนแบบธรรมชาติของสัตว์ในการขุดดิน และ 2) การทดสอบการไถพรวนในแปลงนาข้าวเพื่อศึกษาหาผลของการดัดแปลงใบมีดจอบหมุนต่อขนาดก้อนดินเมื่อทำงานไถพรวนดินที่มีความชื้นต่าง ๆ เปรียบเทียบกับใบมีดจอบหมุนรูปแบบผสมที่มีใช้ทั่วไป เพื่อเป็นข้อมูลและทางเลือกให้กับเกษตรกรในการเลือกใช้รูปแบบใบมีดจอบหมุนที่สามารถทำงานในดินชื้นได้ ซึ่งจะช่วยลดการใช้น้ำในการเตรียมแปลง ลดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำเข้าแปลง และสามารถทำการเพาะปลูกได้เร็วขึ้น

2.อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของแปลงนาข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินและฟางข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินและฟางข้าวในแปลงนาเกษตรกร ณ วันที่ทำการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวนา ซึ่งตรงบริเวณช่องว่างระหว่างล้อตันทะขางทั้งสองข้างของรถเกี่ยวนาข้าว แปลงละ 3

ตำแหน่ง การเก็บตัวอย่างดิน เก็บโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน รูปแบบวงแหวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวน 5.58 เซนติเมตร ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 0-10 เซนติเมตร และ 10-20 เซนติเมตร ซึ่งนำหนักดินก่อนอบ จากนั้นนำตัวอย่างดิน ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ASTM D2216-98 (ASTM, 1999) และ ASTM D7263-09 (ASTM, 2009) จากนั้นชั่งน้ำหนักดินหลังอบเพื่อนำไปคำนวณหาค่าความชื้นของดินฐานแห้ง (Dry Basis, %db.) และค่าความหนาแน่นมวลรวมของดิน (Soil Bulk Density) การเก็บตัวอย่างตอซังและฟางข้าว เก็บบนพื้นที่ที่รอบเก็บตัวอย่างขนาด 1 x 1 เมตร แปลงละ 3 ตำแหน่ง ซึ่งน้ำหนักบันทึกผล

2.2 การออกแบบใบมีดจอบหมุนสำหรับดินขึ้น

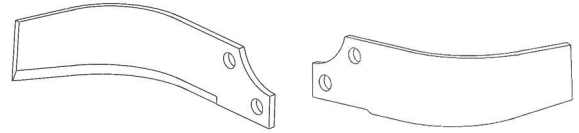
การออกแบบใบมีดจอบหมุนที่ใช้สำหรับดินขึ้นโดยดัดแปลงพื้นผิวของใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้งานทั่วไป ดังรูปที่ 1 ซึ่งใบมีดรูปแบบผสมเป็นการรวมจุดเด่นของใบมีดรูปแบบชนิดตัวซีและชนิดตัวแอลเข้าไว้ด้วยกัน สามารถพรวนดินแข็ง ดินอ่อนและดินที่มีความหนาแน่นของวัชพืชสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สราวุธ, 2546) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพและข้อมูลจำเพาะของใบมีดผสมที่มีใช้งานทั่วไป แสดงดังตารางที่ 1 นำมาพัฒนาพื้นผิวสัมผัสโดยใช้การเลียนแบบธรรมชาติในเชิงเทคนิคของสัตว์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาใบมีดจอบหมุนสำหรับดินขึ้น

ตารางที่ 1 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพและข้อมูลจำเพาะของใบมีด

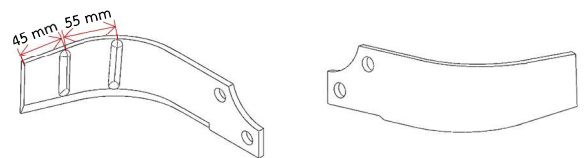
ลักษณะทางกายภาพและข้อมูลจำเพาะ	
ชนิดของใบมีด	รูปแบบผสม
ลักษณะขอบตัดดิน	ขอบตัดดินมีลักษณะโค้ง
ส่วนปลายใบมีด	ปลายใบมีดเรียบเป็นแนวระนาบ
การตัดปลายใบมีด	ตัดตามแนวแกนเฉียง
ชนิดของขอบคม	ขอบคมเดี่ยว
องศาการตัด	125 องศา
รัศมีการตัด	30 มิลลิเมตร
ความกว้างปลายใบมีด	52 มิลลิเมตร
ความหนาของใบมีด	6 มิลลิเมตร
รัศมีการหมุนวัดจากกึ่งกลางเพลาลงถึงปลายใบมีด	220 มิลลิเมตร
ความกว้างของระยะตัดดิน	110 มิลลิเมตร

ใบมีดจอบหมุนที่ทำการพัฒนาพื้นผิวสัมผัสดินด้วยลิ้ม โดยติดลิ้มที่มีลักษณะเป็นแท่งหน้าตัดครึ่งวงรี ปลายลิ้มด้านล่างมีความลาดเอียงสอดรับกับคมใบมีด ขนาดลิ้มกว้าง 10 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร และยาว 50 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2 และใบมีดจอบหมุนที่ทำการพัฒนาพื้นผิวสัมผัสดินด้วยตุ้ม โดยตุ้มมี

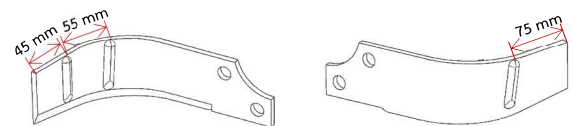
ลักษณะหน้าตัดเป็นครึ่งวงรี ฐานของตุ้มมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3



รูปที่ 1 ใบมีดจอบหมุนรูปแบบผสมที่มีใช้โดยทั่วไป

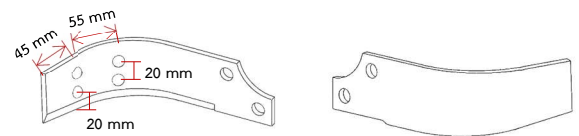


(ก) รูปแบบลิ้มด้านหน้าใบมีด

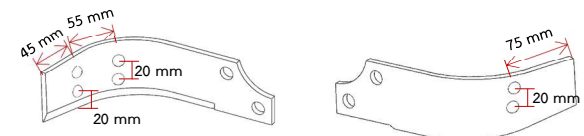


(ข) รูปแบบลิ้มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด

รูปที่ 2 รูปแบบใบมีดจอบหมุนแบบเพิ่มผิวสัมผัสด้วยลิ้ม



(ก) รูปแบบตุ้มด้านหน้าใบมีด



(ข) รูปแบบตุ้มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด

รูปที่ 3 รูปแบบใบมีดจอบหมุนแบบเพิ่มผิวสัมผัสด้วยตุ้ม

2.3 วิธีการทดสอบใบมีดจอบหมุนสำหรับดินขึ้นในแปลงนา

1) ข้อมูลสภาพแปลงทดสอบ

แปลงทดสอบเป็นแปลงนาข้าว ณ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ดินชนิดร่วนปนทรายแป้ง (Silt Loam) มีค่าดินทรายแป้ง (Silt) ร้อยละ 68.67 ดินทราย (Sand) ร้อยละ 17.17 และ

ดินเหนียว (Clay) ร้อยละ 14.16 ค่าขีดจำกัดพลาสติก 18.95 เปอร์เซ็นต์ และค่าขีดจำกัดเหลว 34.13 เปอร์เซ็นต์

2) การจัดเตรียมไ้มัดจอบหมุน โดยนำไ้มัดจอบหมุนทั้ง 5 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบไ้มัดผสมที่มีใช้โดยทั่วไป (ควบคุม) 2) รูปแบบลิ้มด้านหน้าไ้มัด 3) รูปแบบลิ้มด้านหน้าและด้านหลังไ้มัด 4) รูปแบบตุ้มด้านหน้าไ้มัด และ 5) รูปแบบตุ้มด้านหน้าและด้านหลังไ้มัด ประกอบเข้ากับชุดเครื่องพรวนจอบหมุน โดยเรียงลำดับจากทางด้านซ้ายไปด้านขวาของรถแทรกเตอร์ ตามลำดับ โดยใส่ไ้มัดแต่ละรูปแบบจำนวน 6 ไ้มัด 3 ไ้มัด และไ้มัด 3 ไ้มัด หันเข้าหากัน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องพรวนจอบหมุนที่ทำการติดตั้งไ้มัด 5 รูปแบบ

3) วิธีการทดสอบ

เลือกพื้นที่ในแปลงนาทดสอบ โดยเลือกบริเวณที่ดินมีความชื้นที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ทำการพรวนดินโดยใช้เครื่องพรวนจอบหมุนติดรถแทรกเตอร์ขนาด 47 แรงม้า รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่โดยใช้เกียร์ต่ำ Low-3 ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,250 รอบต่อนาที และความเร็วรอบเพลานไ้มัดจอบหมุน 231.60 รอบต่อนาที ทำการจับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์บนระยะทาง 30 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ คำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่และหาค่าเฉลี่ย

4) วิธีการเก็บข้อมูล

หลังการไถพรวน เก็บข้อมูลผลการทำงานของไ้มัดจอบหมุนทั้ง 5 รูปแบบ วัดระดับความลึกดินโดยวัดระยะจากผิวดินลึกจนถึงพื้นดินแข็ง และเก็บตัวอย่างดินหลังการพรวนในพื้นที่การพรวน ยาว 40 เซนติเมตร ลึกจนถึงพื้นดินแข็งที่พรวนไม่ถึง ใส่ถุงพลาสติก รูปแบบไ้มัดละ 3 ซ้ำ นำดินที่ได้มาตากให้แห้ง

5) การวิเคราะห์หาขนาดก้อนดินเฉลี่ย

การวิเคราะห์หาขนาดของก้อนดินเฉลี่ย ทำโดยนำก้อนดินแต่ละก้อนซึ่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ OHAUS SCOUT SPX6201, 6200G × 0.1G ที่มีความละเอียด 0.1 กรัม และบันทึกผล คำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้อนดินจากความสัมพันธ์ของความหนาแน่นมวลรวมของดินกับมวล

ของก้อนดิน คำนวณหาขนาดของก้อนดินเฉลี่ย ได้จากสมการที่ 1 (Smith et al., 1994)

$$\text{Mean soil clod} = \frac{1}{W} \times (5A + 15B + 25C + 35D + 45E + NF) \quad (1)$$

- โดยที่
- A คือ มวลรวมของก้อนดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร, กรัม
 - B คือ มวลรวมของก้อนดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10–20 มิลลิเมตร, กรัม
 - C คือ มวลรวมของก้อนดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20–30 มิลลิเมตร, กรัม
 - D คือ มวลรวมของก้อนดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30–40 มิลลิเมตร, กรัม
 - E คือ มวลรวมของก้อนดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40–50 มิลลิเมตร, กรัม
 - F คือ มวลรวมของก้อนดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 มิลลิเมตร, กรัม
 - N คือ ค่าเฉลี่ยมวลของก้อนดินที่วัดได้บนตะแกรงขนาดใหญ่ที่สุด, กรัม
 - W คือ มวลรวมของก้อนดินทุกขนาด, กรัม

6) การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของข้อมูลความชื้นดิน และขนาดของก้อนดินเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรม Minitab 16[®] สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบความแตกต่างของข้อมูลที่มีนัยสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.05$ ด้วยวิธี One-way Anova Fisher's Least Significant Difference (LSD)

3.ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแปลงนาข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

1) ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินและความชื้นของดิน ณ วันทำการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวนาข้าวจำนวน 3 แปลง ในพื้นที่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก สถานที่เก็บข้อมูล แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ดินในแปลงนาที่ระดับความลึก 0–10 และ 10–20 เซนติเมตร มีค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ย 1.10 และ 1.46 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าความชื้นของดินเฉลี่ย 43.21 และ 33.15%db. ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ข้อมูลสถานที่ที่ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแปลงนาหลังการเก็บเกี่ยว

แปลงที่	สถานที่	พันธุ์ข้าว
1	หมู่ที่ 4 บ้านโป่งหม้อข้าว ต.ท่านางงาม อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก	กข.43
2	หมู่ที่ 4 บ้านโป่งหม้อข้าว ต.ท่านางงาม อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก	กข.43
3	หมู่ที่ 18 บ้านศรีมงคล ต.เทศบาลบางระกำ เมืองใหม่ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก	กข.61

ตารางที่ 3 ข้อมูลความหนาแน่นมวลรวมของดินและความชื้นของดิน

แปลงที่	ความหนาแน่นมวลรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)		ความชื้นของดิน (%db.)	
	ความลึก 0-10 ซม.	ความลึก 10-20 ซม.	ความลึก 0-10 ซม.	ความลึก 10-20 ซม.
1	1.25±0.08	1.61±0.08	45.80±8.63	35.35±4.49
2	1.18±0.08	1.43±0.04	42.65±2.82	34.59±2.19
3	0.86±0.04	1.33±0.04	40.91±1.84	29.52±1.56

2) ผลการศึกษาปริมาณตอซังและฟางข้าว จำนวน 3 แปลง (ตารางที่ 2) แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า มีปริมาณตอซังและฟางข้าวแห้งเฉลี่ย 1,320.6 กิโลกรัมต่อไร่ และเป็นปริมาณฟางข้าวคิดเป็นร้อยละ 62.7 ของปริมาณตอซังและฟางข้าวแห้งทั้งหมด

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณตอซังและฟางข้าวแห้ง ณ วันทำการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนาข้าว

แปลงที่	ปริมาณฟางข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณตอซัง (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณฟางรวม (กิโลกรัมต่อไร่)
1	944.9±69.6	509.7±73.8	1,454.6±26.0
2	755.1±74.3	511.7±40.5	1,266.8±73.0
3	783.1±80.4	457.1±122.8	1,240.2±102.6

3.2 ผลการทดสอบใบมีดจอบหมุนสำหรับดินขึ้นในแปลงนา

1) แปลงนาทดสอบ ณ หมู่ที่ 18 บ้านศรีมงคล ตำบลเทศบาลบางระกำเมืองใหม่ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ดินชนิดร่วนปนทรายแป้ง (Silt Loam) ความชื้นดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า ค่าความชื้นของดินทั้ง 3 แปลงย่อย มีความชื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า แปลงย่อยที่ 1 และ 2 มีค่าความชื้นดินที่สูงกว่าค่าขีดจำกัดพลาสติกคือ 18.95 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังคงต่ำกว่าค่าขีดจำกัดเหลวคือ 34.13 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แปลงย่อยที่ 3 มีค่าความชื้นดินสูงกว่าค่าขีดจำกัดเหลว

ตารางที่ 5 ข้อมูลความชื้นของดินในแปลงนาทดสอบ

แปลงย่อย	ความชื้นดิน (%db.)
1	28.36±0.78c
2	31.52±0.76b
3	34.43±1.78a
P-value	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

2) เครื่องพรวนจอบหมุนที่ติดตั้งใบมีด 5 รูปแบบ ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 47 แรงม้า ทำการทดสอบในแปลงนาพบว่า รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.10 เมตรต่อวินาที หรือ 3.97 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วรอบเพลาลำมีดจอบหมุน 231.60 รอบต่อนาที จากผลการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า รูปแบบใบมีดจอบหมุนไม่มีผลต่อความลึกดินหลังพรวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่า ความชื้นของดินมีผลต่อความลึกดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า ความลึกดินจะแปรผันตามกับความชื้นของดิน ทั้งนี้เนื่องมาจากดินที่มีความชื้นสูงจะอ่อนตัวมากกว่าดินที่มีความชื้นต่ำ ส่งผลให้สปีปรับความลึกของเครื่องพรวนจอบหมุนจมลงไปในดิน เป็นผลให้ใบมีดจอบหมุนตัดดินได้ลึกกว่าการทำงานในบริเวณดินที่มีความชื้นต่ำ

ตารางที่ 6 ข้อมูลความลึกดินหลังพรวนที่ความชื้นดินต่างๆ

ความชื้นดิน (%db.)	ความลึกดินหลังพรวน (เซนติเมตร)
28.36	8.93±0.77c
31.52	9.90±0.90b
34.43	11.98±0.92a
P-value	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

3) ผลการเก็บข้อมูลขนาดก้อนดินเฉลี่ยเมื่อทำการไถพรวนด้วยใบมีดจอบหมุน 5 รูปแบบ พบว่า รูปแบบใบมีดจอบหมุนไม่มีผลต่อขนาดของก้อนดินเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่า ความชื้นดิน และตัวแปรร่วมระหว่างรูปแบบใบมีดจอบหมุนและความชื้นดิน มีผลต่อขนาดของก้อนดินเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขนาดของก้อนดินเฉลี่ยแปรผันตามกับความชื้นดิน เมื่อความชื้นดินสูงขึ้น ขนาดของก้อนดินเฉลี่ยจะใหญ่ขึ้น แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลของความชื้นดินที่มีผลต่อขนาดของก้อนดินเฉลี่ย

ความชื้นดิน (%db.)	ขนาดก้อนดินเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
28.36	28.26±4.74c
31.52	42.96±7.72b
34.43	67.60±8.38a
P-value	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสตรัมที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

ผลของรูปแบบใบมีดจอบหมุนและความชื้นของดินต่อขนาดของก้อนดินเฉลี่ย (ตารางที่ 8) พบว่า ที่ความชื้นดินที่ 28.36%db. รูปแบบของใบมีดจอบหมุนไม่มีผลต่อขนาดของก้อนดินเฉลี่ย แต่พบว่า ที่ความชื้นดิน 31.52 และ 34.43%db. ใบมีดจอบหมุนทั้ง 4 รูปแบบที่ทำการพัฒนาเปรียบเทียบกับรูปแบบใบมีดที่มีใช้โดยทั่วไป มีผลต่อขนาดของก้อนดินเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยรูปแบบลิมด้านหน้าใบมีด ลิมด้านหน้าและด้านหลังใบมีด ตุ่มด้านหน้าใบมีด และตุ่มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด มีขนาดของก้อนดินเฉลี่ยที่เล็กกว่าใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้กันโดยทั่วไป และพบว่า ที่ความชื้นดิน 34.43%db. รูปแบบลิมด้านหน้า และลิมด้านหน้าและด้านหลังใบมีด มีขนาดก้อนดินเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน และพบว่ามีขนาด

ก้อนดินเฉลี่ยเล็กกว่ารูปแบบอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดก้อนดินเฉลี่ย 59.84 มิลลิเมตร

ตารางที่ 8 ผลของรูปแบบใบมีดจอบหมุนและความชื้นของดินที่มีผลต่อขนาดของก้อนดินเฉลี่ย

รูปแบบใบมีด	ขนาดก้อนดินเฉลี่ย (มิลลิเมตร)		
	ความชื้นดิน 28.36%db.	ความชื้นดิน 31.52%db.	ความชื้นดิน 34.43%db.
ใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้โดยทั่วไป	31.35±4.76	53.08±2.52a	80.15±4.30a
ลิมด้านหน้าใบมีด	25.79±4.83	38.76±8.01b	59.37±3.60d
ลิมด้านหน้าและด้านหลังใบมีด	27.88±6.08	39.08±10.69b	60.31±2.98d
ตุ่มด้านหน้าใบมีด	26.41±2.89	41.87±2.06b	66.48±1.39c
ตุ่มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด	29.89±4.67	42.03±2.36b	71.69±2.57b
P-value	>0.05	<0.05*	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสตรัมที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

ตารางที่ 9 ร้อยละของช่วงขนาดก้อนดินเมื่อพรวนดินด้วยใบมีดจอบหมุนรูปแบบและความชื้นดินต่าง ๆ

รูปแบบใบมีด	ร้อยละขนาดของก้อนดิน (เปอร์เซ็นต์)								
	ความชื้นดิน 28.36%db.			ความชื้นดิน 31.52%db.			ความชื้นดิน 34.43%db.		
	0-20 mm	20-30 mm	>30 mm	0-20 mm	20-30 mm	>30 mm	0-20 mm	20-30 mm	>30 mm
ใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้งานโดยทั่วไป	39.75±3.81	0.98±1.45	59.27±4.74	14.75±1.83	0.00±0.00	85.25±1.83	3.27±2.10	0.23±0.46	96.50±1.87
ลิมด้านหน้าใบมีด	49.48±10.31	0.41±0.82	50.11±10.12	32.05±11.62	0.00±0.00	67.95±11.62	4.96±2.23	0.71±0.94	94.33±2.70
ลิมด้านหน้าและด้านหลังใบมีด	40.59±9.68	0.75±0.87	58.66±9.74	29.96±11.56	0.00±0.00	70.04±11.56	3.48±1.74	1.30±1.21	95.22±2.61
ตุ่มด้านหน้าใบมีด	41.46±12.74	3.70±2.71	54.84±10.22	24.55±4.23	0.00±0.00	75.45±4.23	2.33±0.91	0.50±0.60	97.17±0.88
ตุ่มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด	44.79±6.13	0.30±0.61	54.91±6.12	24.47±0.91	0.00±0.00	75.53±0.91	2.95±1.75	0.41±0.54	96.64±1.61

จากตารางที่ 9 เมื่อพิจารณารายละเอียดของช่วงขนาดก้อนดินเมื่อพรวนด้วยใบมีดจอบหมุนรูปแบบต่าง ๆ พบว่า เมื่อความชื้นดินสูงขึ้น มีร้อยละของขนาดก้อนดินที่ใหญ่กว่า 30 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้น ในขณะที่ร้อยละของขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร มีค่าลดลง และร้อยละของขนาดก้อนดินช่วง 20-30

มิลลิเมตร มีค่าที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดก้อนดินช่วงอื่น ๆ ทั้ง 3 ระดับความชื้นดิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีระยะตัดดินของใบมีดจอบหมุนที่ได้จากการคำนวณ 95 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่กว้าง ประกอบกับดินมีความชื้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแปลงที่ความชื้นดิน 34.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความชื้นดินสูง

กว่าค่าขีดจำกัดเหลว ส่งผลให้ดินไม่แยกออกจากกันและจับตัวเป็นก้อนใหญ่

จากผลการศึกษาโดย Yumei et al. (2004) พบว่า ขนาดก้อนดินเฉลี่ยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0-20 มิลลิเมตร เป็นขนาดก้อนดินที่เหมาะสมต่อการงอกของพืช เมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง พบว่า ความชื้นดินมีผลต่อร้อยละของขนาดก้อนดินเฉลี่ยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่วง 0-20 มิลลิเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อความชื้นดินสูงขึ้นขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร มีร้อยละที่ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลของความชื้นดินที่มีผลต่อร้อยละขนาดของก้อนดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่วง 0-20 มิลลิเมตร

ความชื้นดิน (%db.)	ร้อยละขนาดก้อนดิน (เปอร์เซ็นต์)
28.36	43.21±8.88a
31.52	25.16±9.15b
34.43	3.40±1.84c
P-value	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสมรรถที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

ผลของรูปแบบใบมีดจอบหมุนและความชื้นของดินที่มีผลต่อขนาดก้อนดินเฉลี่ยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่วง 0-20 มิลลิเมตร (ตารางที่ 11) พบว่า ความชื้นดินที่ 28.36 และ 34.43%db. รูปแบบใบมีดทั้ง 4 รูปแบบที่ทำการพัฒนาเปรียบเทียบกับใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้โดยทั่วไป ร้อยละของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า ที่ความชื้นดิน 28.36%db. มีขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตรเฉลี่ย 43.21 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินที่มีความชื้นสูง 34.43%db. ซึ่งสูงกว่าค่าขีดจำกัดเหลว ดินจะถูกเฉือนให้ตัดขาดจากกันและไหลกลับมารวมกันเป็นก้อนใหญ่ ส่งผลให้มีขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร เฉลี่ย 3.40 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความชื้นดิน 31.52%db. พบว่า รูปแบบของใบมีดจอบหมุนแบบลิ้มด้านหน้าใบมีด ให้ขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร 32.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับใบมีดจอบหมุนรูปแบบอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างจากใบมีดจอบหมุนแบบลิ้มด้านหน้าและด้านหลังใบมีดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 11 ผลของรูปแบบใบมีดจอบหมุนและความชื้นของดินที่มีผลต่อขนาดก้อนดินเฉลี่ยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่วง 0-20 มิลลิเมตร

รูปแบบใบมีด	ร้อยละขนาดก้อนดิน (เปอร์เซ็นต์)		
	ความชื้นดิน 28.36%db.	ความชื้นดิน 31.52%db.	ความชื้นดิน 34.43%db.
ใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้โดยทั่วไป	39.75±3.81	14.75±1.83b	3.27±2.10
ลิ้มด้านหน้าใบมีด	49.48±10.31	32.05±11.62a	4.96±2.23
ลิ้มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด	40.59±9.68	29.96±11.56a	3.48±1.74
ตุ้มด้านหน้าใบมีด	41.46±12.74	24.55±4.23ab	2.33±0.91
ตุ้มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด	44.79±6.13	24.47±0.91ab	2.95±1.75
P-value	>0.05	<0.05*	>0.05

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสมรรถที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

เมื่อพิจารณาจากร้อยละขนาดของก้อนดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่วง 0-20 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นช่วงขนาดก้อนดินที่เหมาะสมต่อการงอกของพืช พบว่า ใบมีดรูปแบบลิ้มด้านหน้าสามารถพรวนดินได้ละเอียดกว่ารูปแบบอื่น ทั้งนี้เนื่องมาจากรูปแบบลิ้มที่เป็นแนวยาวตลอดใบมีดจะช่วยเฉือนและแยกดินออกจากกัน ในขณะที่รูปแบบตุ้ม ดินจะถูกเฉือนและแยกออกในช่วงสั้น ๆ และดินเคลื่อนที่ไปกระทบกับตุ้มที่สองซึ่งอยู่ในตำแหน่งถัดไป อาจส่งผลให้ดินม้วนกลับและจับตัวกันเป็นก้อนได้ จากผลการทดสอบในตารางที่ 11 พบว่า ในแปลงที่มีความชื้นดิน 28.36 และ 31.52%db. ใบมีดรูปแบบลิ้มด้านหน้า พบร้อยละขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร 49.48 และ 32.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าใบมีดแบบผสม 9.73 และ 17.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใบมีดรูปแบบลิ้มด้านหน้าจึงมีความเหมาะสมต่อการทำงานในแปลงนาชนิดดินร่วนปนทรายแข็ง ที่ดินมีความชื้นช่วง 28.36-31.52%db. ซึ่งเป็นช่วงความชื้นดินที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช

4.สรุป

ผลการศึกษาและเก็บข้อมูลแปลงนาข้าวและผลของการดัดแปลงใบมีดจอบหมุนต่อขนาดของก้อนดิน สามารถสรุปได้ดังนี้

1) แปลงนาหลังการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวนาชนิดข้าว มีปริมาณตอซังและฟางข้าวแห้งเฉลี่ย 1,320.6 กิโลกรัมต่อไร่

ร้อยละ 62.7 เป็นปริมาณฟางข้าว ดินที่ระดับความลึก 0-10 และ 10-20 เซนติเมตร มีความชื้นดินเฉลี่ย 43.21 และ 33.15%db. และความหนาแน่นมวลรวมของดิน 1.10 และ 1.46 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

2) ผลของการตัดแปลงพื้นผิวของใบมีดจอบหมุน 4 รูปแบบ คือ รูปแบบลิ้มด้านหน้าใบมีด รูปแบบลิ้มด้านหน้าและด้านหลัง ใบมีด รูปแบบตุ้มด้านหน้าใบมีด และรูปแบบตุ้มด้านหน้าและด้านหลังใบมีด เปรียบเทียบกับใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้ โดยทั่วไป ทดสอบในแปลงนาชนิดดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt Loam) พบว่า ที่ความชื้นดิน 31.52 และ 34.43%db. ใบมีดจอบหมุนที่ทำการพัฒนาสามารถพรุนดินให้มีขนาดของก้อนดินเฉลี่ยที่เล็กกว่าใบมีดรูปแบบผสมที่มีใช้โดยทั่วไป แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ใบมีดจอบหมุนรูปแบบลิ้มด้านหน้าใบมีด มีความเหมาะสมต่อการทำงานในแปลงนาชนิดดินร่วนปนทรายแป้ง และสามารถทำงานได้ในดินที่มีความชื้นดินช่วง 28.36-31.52 %db. และพบว่า ที่ความชื้นดิน 28.36 และ 31.52%db. พบ ร้อยละขนาดก้อนดินช่วง 0-20 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดก้อนดินที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช 49.48 และ 32.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าใบมีดแบบผสม 9.73 และ 17.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การตัดแปลงใบมีดจอบหมุนให้มีลิ้มด้านหน้า โดยลิ้มมีลักษณะเป็นแท่งหน้าตัดครึ่งวงรี ขนาดลิ้มกว้าง 10 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ปลายลิ้มด้านล่างมีความลาดเอียงแนวเดียวกับคมของใบมีด เป็นรูปแบบใบมีดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชุดพรวนจอบหมุนที่เกษตรกรมีใช้อยู่แล้วให้สามารถทำการพรุนดินที่มีความชื้นช่วง 28.36-31.52%db. ได้ ซึ่งเป็นช่วงความชื้นดินที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้น้ำในการเพาะปลูกพืช ลดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำเข้าแปลงเพื่อเตรียมแปลงเพาะปลูก ทำการเพาะปลูกได้เร็วขึ้น และเป็นแนวทางช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ อย่างไรก็ตาม ควรมีการทดสอบผลของระยะการตัดดินต่อขนาดของก้อนดินเพิ่มเติม

5.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียน ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการสนับสนุนทั้งบุคลากร เจ้าหน้าที่ เครื่องมือในการทำวิจัย ตลอดจนทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2563 ของนายวิษยากร บัวเขียน

6.เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2548). *คู่มือดินเผาต่อซัง สร้างดินยั่งยืน พื้นสิ่งแวดล้อม*. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 สิงหาคม 2568, จาก https://www.ddd.go.th/manual_stump/stump.pdf, 20 หน้า.
- ฉวีวรรณ สุดจิตร และ ปารณีย์ เผ่าภูธร. (2559). การศึกษาการให้น้ำชลประทานแก่ข้าวนาปรังในเขตภาคเหนือ โดยกำหนดระดับน้ำต่ำกว่าผิวดิน 5 เซนติเมตร. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2568, จาก <https://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/omdirw/paper/paper006.pdf>, 6 หน้า.
- ชิตีพัทธ์ นุ่มนวล, ธนพล พูลสุข และ ศิริชัย ฤทธิเนติกุล. (2567). *การพัฒนาชุดหดยอดเมล็ดพันธุ์อย่างแม่นยำ, ปริญญาโท*. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 93 หน้า.
- ไพโรจน์ นะเที่ยง, จันทรเพ็ญ ชุมแสง และ กันต์ อินทวงศ์. (2561). เครื่องตัดสับสำหรับลดขนาดทางกายภาพฟางและตอซังข้าวแบบลากจูง. *วารสารวิชาการด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล (Journal of Engineering and Digital Technology)*, 6(1), 43-48.
- รัตนา การุญบุญญานันท์ และ ธนัชสิทธิ์ พูนไพบุลย์พิพัฒน์. (2561). *การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับปลูกพืชแบบไม่ไถเตรียมดินสำหรับระบบเกษตรอินทรีย์หลังนา*, รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช), 70 หน้า.
- รัตนา การุญบุญญานันท์. (2563). *การพัฒนาชุดสับฟางข้าวสำหรับบรรเทาความเสียหายเพื่อลดการเผาฟางในนาข้าว*, รายงานฉบับสมบูรณ์. โครงการส่งเสริมและสนับสนุนบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการจัดการจากภาครัฐและสถาบันอุดมศึกษาไปปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในภาคการผลิตและบริการ (Talent Mobility), 71 หน้า.
- สราวุธ เหล่าพงศ์สวัสดิ์. (2546). *การศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด*, วิทยานิพนธ์. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 181 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2568). *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2567*. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 สิงหาคม 2568,

จาก <https://www.opsmoac.go.th/chumphon-dwl-files-471091791226>, 228 หน้า.

ASTM. (1999). ASTM D2216-98: Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass. The American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, USA.

ASTM. (2009). ASTM D7263-09: Standard test methods for laboratory determination of density (unit weight) of soil specimens. The American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, USA.

Jin, T., Jiyu, S., Donghui, C. & Shujun, Z. (2005). Geometrical features and wettability of dung beetles and potential biomimetic engineering applications in tillage implements. *Soil & Tillage Research*, 80(1-2), 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.still.2003.12.012>.

Smith, D.W., Sims, B.G. & O'Neill, D.H. (1994). *Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Agricultural Engineering Service, 274 pages.

Yumei, S., Michiaki, I., Hajime, A. & Yoneji, Y. (2004). Effect of soil clod-size on the emergence and growth in some crops. *Japanese Journal of Farm Work Research*, 39(3), 151-156, <https://DOI : 10.4035/jsfwr .39.151>.

Yuwan, Y., Jin, T., Yuxiang, H., Jinguang, L. & Xiaohu, J. (2021). Biomimetic rotary tillage blade design for reduced torque and energy requirement. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2021(3), 1-16, <https://doi.org/10.1155/2021/8573897>.

Benchmarking ROI Strategies for Real-Time Chicken Counting Using YOLOv8 and LLM-Assisted Development in Industrial Slaughterhouses

Panu Buranajarukorn¹, Somsakul Thongtab^{1,*}, Jiraporn Virunbut¹, Itsariyaporn Luanghan³ and Phisut Apichayakul²

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand

² Department of Electrical and Computer Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand

³ Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand

* Corresponding author e-mail: somsakult65@nu.ac.th

(Received: 10 November 2025, Revised: 15 December 2025, Accepted: 30 December 2025)

Abstract

Accurate chicken counting is essential for operational efficiency and compliance in poultry processing. Manual counting methods are prone to error and unsuitable for high-speed production. This study presents the validation of automated chicken counting in an industrial slaughterhouse using YOLOv8 detection with SORT tracking and ROI-based strategies. While the core pipeline follows established computer vision methods, the novelty lies in systematically benchmarking three ROI strategies under high-speed conveyor conditions where occlusion, motion blur, and unstable lighting are major challenges. Tested on real production line footage, the system was evaluated using precision, recall, and F1-score against ground truth counts. Video-based strategies centred on the conveyor line achieved the highest accuracy, with F1-scores up to 0.998 and a Mean Absolute Error (MAE) of 2.30, a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 0.74%, and a Root Mean Square Error (RMSE) of 2.70, while image-based approaches undercounted by up to 13%. Confidence variability was markedly lower in video-based methods ($CV < 9\%$), demonstrating robustness under dynamic production conditions. Beyond methodological integration, this work introduces LLM-driven code generation for rapid development of industrial vision systems. The findings provide practical guidance for camera positioning, threshold settings, and deployment in high-speed slaughterhouse environments, establishing a foundation for scalable, high-accuracy poultry processing automation.

Keywords: Automated chicken counting, Computer vision, Poultry industry, Video-based tracking, YOLOv8

1. INTRODUCTION

Thailand is currently positioned among the top five global exporters of chicken meat. In 2023, the nation's chicken exports were valued at approximately USD 1.54 billion (The Observatory of Economic Complexity, 2025), with more than 57% comprising cooked or processed products (Public Relations Department of Thailand, 2024). This upward trend is projected to continue at an annual growth rate of 3.5–4.5%, driven by increasing global demand for affordable protein sources, expanded access to halal markets in the Middle East, and rising demand from neighboring countries. Additionally, the avian influenza outbreak in Brazil in 2025 presents Thailand with a strategic opportunity to further expand its export market, with projected revenues reaching USD 1.7 billion (Reuters, 2025).

Concurrently, the poultry industry is undergoing a technological transformation through the adoption of Precision Livestock Farming (PLF) technologies. These systems utilize artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), and computer vision to enhance productivity and animal welfare monitoring (Jiang et al., 2023). PLF facilitates improved decision-making in

areas such as animal health, feed efficiency, and traceability (Novus International, Inc., 2025). Within this framework, automated chicken counting has emerged as a critical component in slaughterhouse operations, contributing to consistency, traceability, and compliance with international export standards.

Despite its operational importance, traditional chicken counting methods such as manual tallying and contact-based sensors exhibit several limitations: human error (Wu et al., 2025) due to fatigue and subjective judgment, occlusion (Khanal et al., 2024; Wu et al., 2025) from overlapping carcasses, environmental instability (Feng et al., 2025) affecting detection accuracy, visual complexity (Khanal et al., 2024) from background elements, and scalability (Wu et al., 2025) issues in high-speed processing environments.

Recent advancements in deep learning-based object detection have demonstrated significant potential in addressing these challenges. Okinda et al. (2020) emphasized the potential of deep learning systems across multiple poultry welfare tasks. Among detection-based approaches, the YOLO (You Only Look Once) architecture has demonstrated robust real-time performance (Siriani et al., 2023; Qin et al., 2025).

Specific adaptations for poultry have yielded high results; for instance, Zhu et al. (2022) achieved 95.87% accuracy in dense flocks, while Guo et al. (2023) improved YOLOv5 using attention mechanisms (CBAM) to reach 97.3% precision. More recently, Wu et al. (2025) proposed YOLO-CCA to enhance F1-scores, and comparative studies by Bumbálek et al. (2025) suggest that while YOLOv9c achieves the highest precision, YOLOv11n offers the fastest inference speed.

However, detection alone is insufficient for continuous counting. Tracking algorithms such as SORT (Bewley et al., 2016; Wojke et al., 2017) and DeepSORT are instrumental in maintaining object identity. Yang et al. (2024) demonstrated that combining YOLOv8 with DeepSORT achieved 94% MOTA in cage-free hen monitoring. To further enhance robustness against environmental noise, motion filtering techniques like MOG2 have been validated by Garcia-Garcia et al. (2020) and Iseki et al. (2025), while Stopassola et al. (2021) highlighted that pairing these with optimized thresholds improves precision. Alternatively, for extreme crowding, density-based models like DFCCNet (Lv et al., 2023) and CSRNet (Li et al., 2018) offer effective counting via density maps rather than bounding boxes. Table 1 summarizes these core AI components using real-world analogies.

Table 1 Analogy-based summary of core AI components

Component	Real-World Analogy	Method used
Object Detection	Face scanner or barcode reader	YOLOv8
Object Tracking	Bib number tracking in a race	YOLO + SORT
Motion Filtering	Audio noise cancellation	MOG2
Density Map	Estimating a crowd via drone	DFCCNet, CSRNet
Prompt Engineering	Giving instructions to a smart assistant	ChatGPT + LLMs

Beyond the vision pipeline, Prompt Engineering is emerging as a transformative method for system development. It involves structured input design to guide Large Language Models (LLMs) in executing complex tasks (Chen et al., 2023). Recent work by Xue et al. (2025) showed that LLMs can iteratively optimize system architectures to achieve near-human accuracy. Furthermore, Sahoo et al. (2024) emphasized its strategic value in both vision and language tasks. In this study, LLMs were leveraged to generate initial YOLO pipeline templates, suggest error-handling routines, and assist in debugging integration, effectively democratizing access to advanced AI solutions.

This study aims to develop a robust, real-time chicken counting system for slaughterhouses by benchmarking three ROI-based strategies (Central Box, Midline Crossing, and Left-edge Exit) against industrial

challenges. Built on the YOLOv8 architecture and validated under real production conditions, the system addresses the gap in systematic benchmarking for high-speed conveyor lines. Performance is assessed using precision, recall, F1-score, and regression metrics (MAE, MAPE, RMSE) to identify the optimal configuration for scalable poultry operations.

2. EXPERIMENTAL SETUP AND METHODOLOGY

This study employed a comprehensive pipeline for real-time object detection and counting of poultry in an industrial processing environment. The dataset comprised 5-minute video clips recorded at a resolution of 1280×720 pixels and 30 frames per second, yielding approximately 9,000 frames per clip. On average, each video contained approximately 645 chickens, with an average density of 11 chickens visible per frame depending on the conveyor speed.

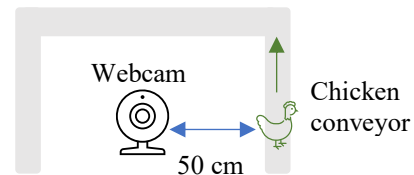


Figure 1 Setup USB webcam to chicken conveyor

Show the experimental data collection was performed using a USB webcam installed in the post-plucking area. The camera was mounted at a height of approximately 120 cm, maintaining a working distance of approximately 50 cm from the suspended chicken carcasses to ensure an optimal field of view (Figure 1). The frontal view was chosen to minimize obscuration between adjacent chicken carcasses, with lighting conditions typical of the processing process. All video processing and inference tasks were executed on a Windows 11 Pro system equipped with an Intel Core i5-12400 CPU (2.50 GHz), 8 GB RAM, and no dedicated GPU. The software stack included Python v3.10.11, OpenCV v4.8.1, and PyTorch v2.7.1 (CPU-only version). Object detection was performed using YOLOv8 (Ultralytics). Video input was captured live from a USB webcam (720p @ 30 FPS), and CUDA acceleration was not available.

The training, validation, and testing of YOLOv8 were conducted on a manually annotated dataset of 200 frames extracted from video recordings of chickens suspended on the processing line. These annotated images were collected across separate recording days to reduce temporal bias and ensure variation in carcass presentation and environmental conditions. The trained YOLOv8 model was then applied to an independent five-minute video clip, recorded on a different day, which was not part of the annotated dataset. This five-minute clip was

used solely for benchmarking real-time counting performance and was not included in the training process.

YOLOv8 was selected for object detection, trained on a custom-labeled dataset of chickens with bounding boxes. A confidence threshold of 0.3 was applied, and Non-Maximum Suppression (NMS) was used to eliminate duplicate detections. Prior studies have shown that YOLOv8 can achieve over 95% detection accuracy in real-world environments (Zhu et al., 2022; Farjon et al., 2023).

To mitigate false positives arising from static background elements such as crate rails and conveyor edges, background subtraction was implemented using the Mixture of Gaussians version 2 (MOG2) algorithm from OpenCV. The algorithm was configured with a history of 100 frames and a variance threshold of 40, following the methodology proposed by Zivkovic and van der Heijden (2006). For multi-object tracking, the Simple Online and Realtime Tracking (SORT) algorithm was employed to maintain consistent object identities across frames. Key parameters included max_age = 30, min_hits = 3, and an Intersection-over-Union (IoU) threshold of 0.3. SORT has been validated for robust tracking in dynamic industrial environments (Bewley et al., 2016; Wojke et al., 2017).

To handle motion blur and temporary occlusions common in high-speed conveyors, the system relies on a multi-stage filtering mechanism rather than aggressive image pre-processing, which could induce latency. First, a confidence threshold of 0.3 was selected to prioritize Recall at the detection stage, ensuring no chicken is missed due to blur or lighting conditions. While this low threshold increases sensitivity, the risk of false positives is mitigated by the subsequent stages. The SORT algorithm acts as a temporal filter, validating detections based on trajectory consistency; transient noise or flickering detections that fail to establish a stable track over consecutive frames are discarded. Subsequently, the ROI counting logic serves as a spatial filter, ensuring that only objects exhibiting linear motion through the defined counting zone are registered. This synergy allows the system to maintain high sensitivity without compromising counting precision.

Three Region of Interest (ROI)-based strategies were developed for counting chickens: (1) the Central Box method, which counted chickens whose bounding box centers remained within a central region for at least two consecutive frames; (2) the Midline Crossing method, which triggered a count when an object's center crossed the vertical midline, with time-based suppression to prevent duplicate counts; and (3) the Left-edge Exit method, which counted objects exiting the left frame boundary, using track IDs to avoid repeated counts.

Detection results were logged in CSV format, with each entry containing the timestamp, object track ID, class ID, confidence score, and bounding box coordinates

(x1, y1, x2, y2). This structured output facilitated subsequent auditing and quantitative analysis (Krizhevsky et al., 2012).

System performance was evaluated using three standard metrics, i.e., Precision, Recall, and F1-score, defined respectively as:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{F1-score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \times 100\% \quad (3)$$

Where:

- TP: True Positives — Correctly detected chickens
- FP: False Positives — Incorrectly detected objects as chickens
- FN: False Negatives — Missed detections of actual chickens

These metrics are widely adopted in poultry detection research (Guo et al., 2023; Pangestu, 2025), with enhancements such as YOLOv5-CBAM shown to improve F1-score (Cheng et al., 2024).

In addition to classification metrics, the system's counting accuracy was rigorously evaluated using regression metrics to quantify performance over time. Specifically, Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and Root Mean Square Error (RMSE) were calculated based on cumulative counts over 30-second intervals.

Prompt engineering techniques were employed to assist in the development of the detection and tracking pipeline using GPT-4. Structured prompts incorporating role definitions, code constraints, and iterative feedback mechanisms were used to generate and refine Python scripts for each subsystem (Brown et al., 2020).

Statistical analysis of counting strategies was conducted using Python libraries statsmodels and scipy. Data normality was assessed via the Shapiro–Wilk test. Depending on the outcome, either one-way ANOVA (for normally distributed data) or the Kruskal–Wallis H-test (for non-normal data) was applied. Post hoc pairwise comparisons were performed using Tukey's HSD following ANOVA or the Mann–Whitney U test with Bonferroni correction following Kruskal–Wallis. Visualization tools included boxplots and kernel density plots of confidence scores, heatmaps of pairwise-adjusted p-values, and dendrograms for hierarchical clustering of counting strategies.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The researcher applied the concept of Prompt Engineering with LLMs to build a real-time system composed of object detection, object tracking, counting, and result logging. The LLM helped modularize the code structure and automatically generated pseudocode or a skeleton pipeline from a single command. For example, changing the counting strategy from “middle-frame counting” to “left-edge counting” could be done by simply adjusting the prompt without altering low-level code or retraining the model. This made iterative system testing and development in a human in the loop format rapid and continuous. This concept aligns with recent studies in LLM-aided design, which show that LLMs can support all phases of system development including conceptualization, prototyping, verification, and optimization without requiring machine learning expertise (Gu et al., 2023; Sahoo et al., 2024). Research by Cruz et al. (2024) and Siriani et al. (2023) also confirms that LLMs can accelerate development, reduce errors, and streamline deployment in vision and object tracking systems.

The automated chicken counting system was evaluated not only for accuracy but also for computational efficiency, a critical factor for "Real-Time" applications. Running on the specified hardware, the system achieved an average inference time of 56.92 milliseconds per frame, translating to approximately 17.57 Frames Per Second (FPS). This performance confirms the system's capability to operate in real-time alongside the conveyor speed.

Object Detection Performance and Regression Metrics To evaluate each strategy, the system's performance was statistically compared using Precision, Recall, F1-score, and Regression Metrics (MAE, MAPE, RMSE) based on a ground truth count of 645 chickens.

3.1 System and Input Data

The system operates as a sequential pipeline where YOLOv8 serves as the primary detection engine (Figure 2), extracting spatial coordinates of poultry from the actual processing line footage. These coordinates are then fed into three distinct ROI-based counting modules (Box Area, Middle Line, and Left Edge), which act as decision triggers to convert raw detections into cumulative counts based on specific spatial rules.

Each processed frame generated structured output consisting of timestamp, Object ID, Class ID, confidence score, and bounding box coordinates (x1, y1, x2, y2), as shown in Table 2.

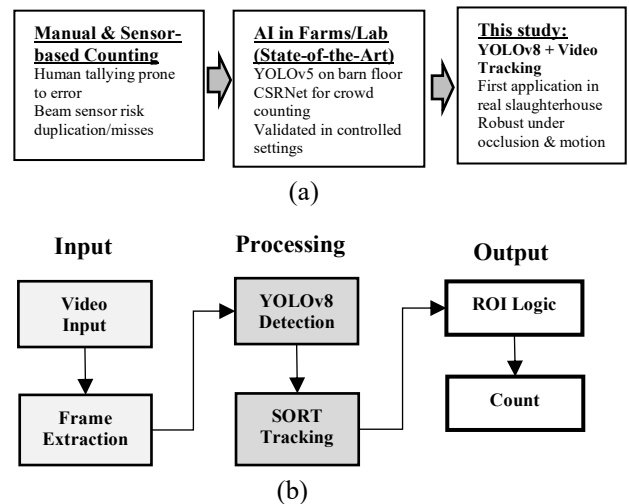


Figure 2 (a) State-of-the-art and (b) chicken counting system developed using YOLOv8

Table 2 Sample structured output per frame

Timestamp	Object ID	Class ID	Confidence	x1, y1 (top-left)	x2, y2 (bottom-right)
12:00:01	01	Chicken	0.83	112, 305	202, 410
12:00:01	02	Chicken	0.76	215, 300	305, 395

3.2 Object Detection Performance

To evaluate each strategy, the system's performance was statistically compared using Precision, Recall, and F1-score, based on a ground truth count of 645 chickens, as shown in Table 3.

Table 3 Accuracy Comparison of Six Strategies

Method	Count	Ground Truth	True Positive	False Positive	False Negative	Precision (%)	Recall (%)	F1 Score
Left edge-webcam	560	645	560	0	85	1.00	0.868	0.929
Middle line-webcam	579	645	579	0	66	1.00	0.898	0.946
Box area-webcam	696	645	645	51	0	0.92	1.000	0.962
Left edge-VDO	602	645	602	0	43	1.00	0.933	0.966
Middle line-VDO	643	645	643	0	2	1.00	0.997	0.998
Box area-VDO	649	645	645	4	0	0.99	1.000	0.997

Regression Analysis of Counting Accuracy to provide a more rigorous evaluation than simple total count comparison, regression metrics were calculated based on 30-second cumulative intervals. Table 4 presents the Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) for all six strategies.

TABLE 4. Regression Metrics Comparison (MAE, RMSE, MAPE)

Strategy	MAE (Count)	RMSE (Count)	MAPE (%)
Line (Video)	2.30	2.70	0.74
Box (Video)	8.00	9.09	2.48
Edge (Video)	25.60	28.05	7.71
Box (Image)	23.10	27.76	5.85
Line (Image)	37.30	41.04	11.43
Edge (Image)	49.40	55.21	14.14

The results unequivocally demonstrate the superiority of video-based processing over static image-based methods. The Line (Video) strategy achieved the best overall performance with an exceptionally low MAPE of 0.74% and an MAE of 2.30, indicating that, on average, the system deviates by only approximately 2 chickens per 30-second interval.

In contrast, image-based strategies showed high volatility. The Edge (Image) strategy performed the poorest, with an MAE of 49.40 and MAPE of 14.14%. Even the best image-based method (Box-Image) had an error rate (MAE 23.10) nearly ten times higher than the best video method. This substantial difference highlights the critical role of temporal information in tracking algorithms (SORT) to resolve occlusions and maintain object identities on high-speed conveyors.

In the detection display, red boxes represent counted chickens, while green boxes are uncounted (Figure 3). Three ROI-based counting strategies are applied to slaughterhouse conveyor footage. Insets highlight typical error sources are (a) Central Box, where partial occlusion leads to missed counts; (b) Midline Crossing, where motion blur during conveyor movement causes inconsistent detection; and (c) Left-edge Exit, where overlapping carcasses at the belt margin increase undercounting.

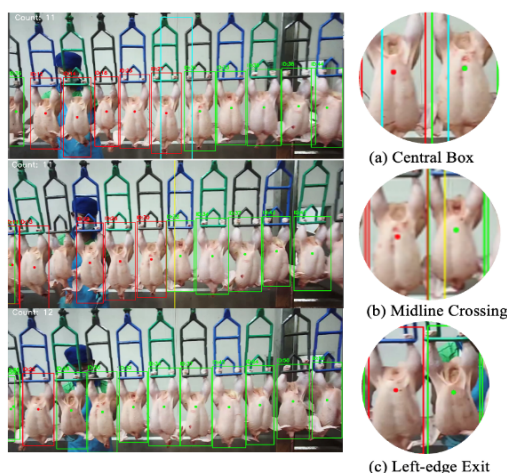


Figure 3 Comparison of three ROI-based counting strategies applied to slaughterhouse conveyor footage

Figures 3. Examples of counting errors observed during slaughterhouse testing, where (a) occlusion within the central ROI caused repeated detections and cumulative overcount, (b) rapid movement and partial occlusion led to missed midline-crossing events and undercount, and (c) object loss near the image boundary resulted in undercount due to incomplete trajectory tracking.

Figures 4 through 5 provide a comprehensive visual analysis of system performance across all six counting strategies. Figure 5 presents a bar chart comparing Precision, Recall, and F1-score, where video-based strategies consistently outperform still-image approaches, particularly in terms of Recall and F1-score. Figure 4 complements this with a line chart that captures the trends and variability of each metric across strategies, enabling clearer interpretation of the trade-offs between detection completeness and precision. Figure 6 further illustrates the absolute number of chickens detected by each method relative to the ground truth (645 chickens), using a horizontal reference line to highlight undercounting and overcounting behaviors.

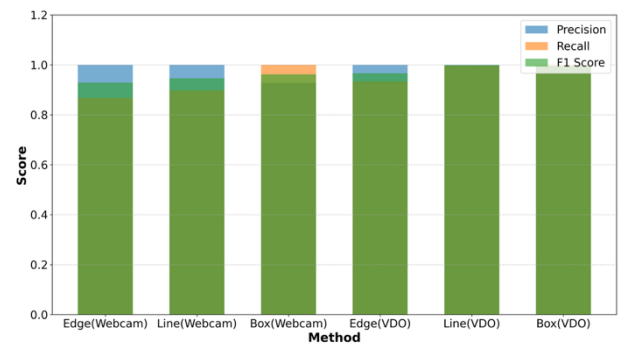


Figure 4 Comparison of Precision, Recall, and F1 Score across all six strategies

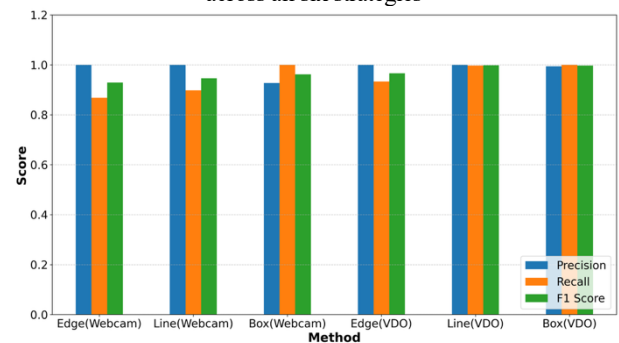


Figure 5 Line chart showing variation in metrics across strategies

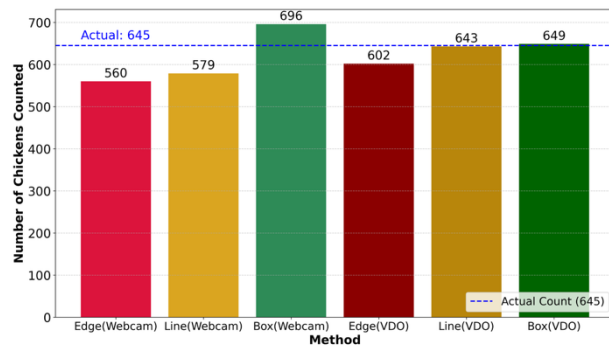


Figure 6 Detected chicken counts per method vs ground truth

Error Analysis and Robustness To address the robustness of the model, specific scenarios such as empty shackles (missing chickens) and foreign objects were analyzed. The model successfully distinguished between chickens and empty shackles, resulting in zero false positives from empty hooks. However, some errors persisted.

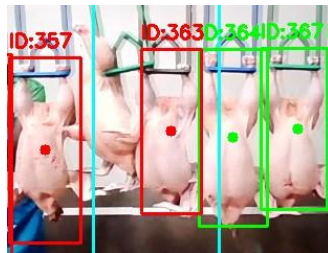


Figure 7 Examples of False Negatives

As shown in Figure 7, False Negatives (FN) primarily occurred due to extreme occlusion where two chickens overlapped significantly, the chickens are not hung properly, or motion blur caused by conveyor vibration. False Positives (FP) were rare but sometimes by double counting of the box area.

The integrated analysis of these visualizations and the corresponding quantitative data reveals that the Middle Line- VDO strategy delivered the highest overall performance across all metrics, followed closely by Box Area-VDO. In contrast, strategies based on still images exhibited the most deviation from the ground truth, particularly in Recall, which reflects missed detections (false negatives). These findings suggest that static image input is less suitable for accurately detecting fast-moving poultry on conveyor lines, where continuous motion and temporal context significantly enhance detection and tracking stability.

From the combined analysis of these figures and the supporting data tables, the Middle Line-VDO strategy yielded the best performance across all metrics, closely followed by the Box Area-VDO strategy. Conversely, still-image-based strategies showed the greatest deviation from the actual count, particularly in Recall, which

reflects the rate of missed detections (false negatives). This suggests that static image input is less suited for fast-moving objects such as chickens on a production line, where motion continuity aids detection and tracking consistency.

3.3 Detection Confidence and Variability

Confidence scores were analyzed using mean, standard deviation (SD), and coefficient of variation (CV%) to assess system stability. Table 4 shows that video-based strategies (Middle Line-VDO and Box Area-VDO) yielded high mean confidence (0.727, 0.718) and low CV (<9%), indicating consistent detection.

In contrast, still image strategies (e.g., Box Area-Webcam and Left Edge-Webcam) had lower mean confidence (0.57–0.59) and higher variability (CV ~17–18%), suggesting less reliable performance.

Table 5 Confidence Statistics and CV% per Strategy

Strategy	Detection (Count)	Mean Confidence (Score)	Std. Dev. (Score)	Coefficient of Variation (%)
Left edge-webcam	560	0.590	0.109	18.46
Middle line-webcam	579	0.590	0.098	16.66
Box area-webcam	696	0.571	0.100	17.44
Left edge- VDO	602	0.574	0.097	16.95
Middle line- VDO	643	0.727	0.062	8.53
Box area-VDO	649	0.718	0.062	8.62

The results from Table 5 highlight the advantages of using video input for object detection on continuously moving production lines. Video-based strategies not only reduce occlusion-related errors, but also provide higher and more consistent confidence scores, contributing to a more stable system when deployed in real-world industrial environments.

The distribution of confidence scores for each strategy was further analysed using boxplots and density plots, as shown in Figures 8 and 9, respectively.

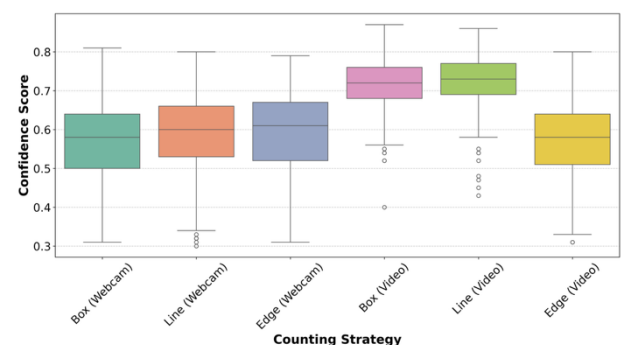


Figure 8 Boxplot showing interquartile range (IQR) and outliers in confidence scores

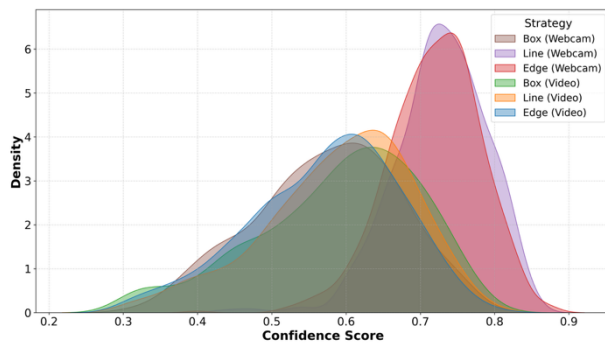


Figure 9 Density plot indicating distribution shape and skewness in confidence scores

The boxplot clearly illustrates the interquartile range (IQR) and identifies outliers in each strategy, providing a concise visualisation of confidence score variability. The density plot reveals the distribution shape, including skewness and the concentration of scores within high or low intervals.

From both figures, it is evident that video-based strategies, such as Line (Video) and Box (Video), exhibit narrower and steeper distributions. This reflects higher consistency in detection, which aligns with their low coefficient of variation (CV%) reported in Table 4. These results reaffirm that video input not only enhances accuracy but also improves the system's robustness and reliability under dynamic production conditions.

3.4 Statistical Significance Testing

The Kruskal–Wallis H-test revealed statistically significant differences in confidence scores among the six strategies ($H = 1576.54$, $p < 0.001$).

Pairwise comparisons using the Mann–Whitney U Test with Bonferroni-adjusted p -values showed that Edge (Video) differed significantly from almost all others, while no significant difference was found between Edge-Webcam and Line-Webcam, see Table 6.

A primary section heading is enumerated by a capital letter and is centered above the paragraph text.

A secondary section (subsection) heading is enumerated by a capital letter followed by a period and is flush on the left of the column. All letters of each important word is capitalized. The text style is italic.

Table 6 Mann–Whitney U Test Results with Bonferroni Adjustment

Strategy 1	Strategy 2	Strategy 3
Edge (Webcam)	Edge (Video)	< 0.001
Line (Webcam)	Edge (Video)	< 0.001
Box (Video)	Line (Video)	< 0.001
Box (Webcam)	Edge (Video)	< 0.001
Line (Webcam)	Edge (Webcam)	0.992

3.5 Structural Analysis of Strategy Differences: Heatmap and Dendrogram

To understand the overall structure of differences between detection strategies, a heatmap was generated using Bonferroni-adjusted p -values from all pairwise comparisons, as shown in Figure 10.

- Dark tones in the heatmap indicate pairs with statistically significant differences ($p < 0.05$).
- Light tones represent pairs with no statistically significant difference.

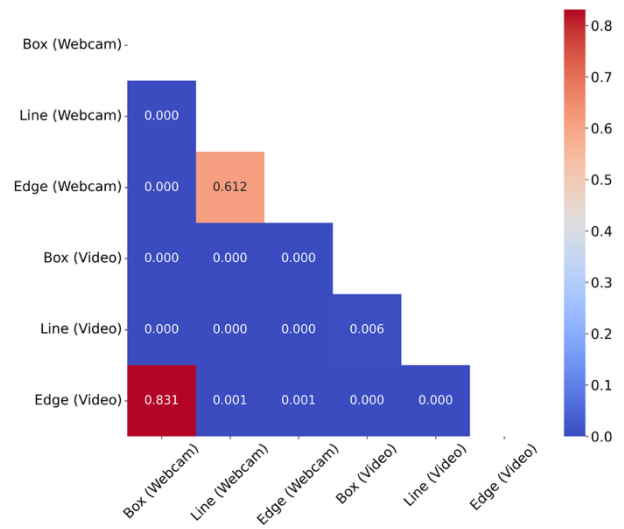


Figure 10 Heatmap of Bonferroni-adjusted p -values between strategies

The heatmap reveals that video-based strategies are clearly distinct from still-image-based strategies, with Line (Video) in particular showing significant differences from nearly all others.

To further illustrate statistical similarity between strategies, hierarchical clustering was performed using the dissimilarity metric ($1 - p_{\text{adjusted}}$). The results are visualized in Figure 11.

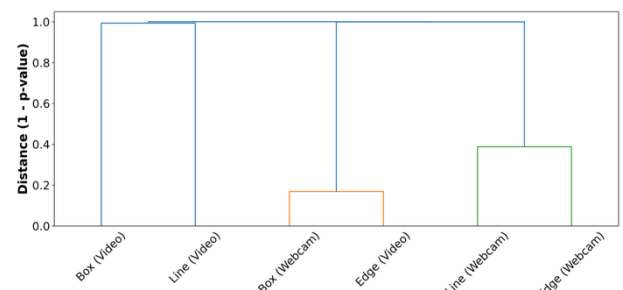


Figure 11 Dendrogram showing grouping of strategies based on statistical similarity

The dendrogram shows that Line (Video) and Box (Video) cluster closely together, reflecting similar detection behavior and high accuracy. In contrast, Edge (Webcam) is positioned far from the others, indicating a distinct and less effective detection pattern. This separation highlights its practical limitations, especially in complex or high-speed environments.

Overall, this structural analysis confirms that video-based strategies not only outperform in detection metrics but also exhibit consistent statistical characteristics, making them more reliable and suitable for industrial deployment compared to image-based approaches.

3.6 Accuracy Assessment vs Ground Truth

A direct comparison with human-labeled ground truth (645 chickens) quantified both absolute and relative errors for each strategy. Table 7 summarizes the results.

Table 7 Ground Truth vs System Count (GT = 645)

Strategy	Counted	Error (±)	Relative Error (%)
Box (Webcam)	696	+51	+7.91
Line (Webcam)	579	-66	-10.23
Edge (Webcam)	560	-85	-13.18
Line (Video)	643	-2	-0.31
Box (Video)	649	+4	+0.62
Edge (Video)	602	-43	-6.67

Video-based strategies showed minimal error, with Line (Video) deviating by only 0.31% (2 chickens), confirming high reliability. Still-image strategies, especially Edge (Image), showed the largest deviation (13.18%).

These findings align with earlier results in confidence scores and CV%, reinforcing that video strategies are more stable and practical in real-world conveyor scenarios.

3.7 Relation to Prior Studies

These findings support prior research by Wu et al. (2025), Zhang et al. (2019), and Cheng et al. (2024), which found that video inputs are superior for detecting fast-moving poultry or pigs in processing lines. Specifically, ROI strategies like Middle Line reduce duplication and occlusion errors.

Additionally, low CV values in video strategies indicate detection stability. Heatmap and dendrogram analysis confirmed statistically distinct behaviors between image- and video-based methods, offering insights for future system design tailored to real-world environments.

3.8 Limitations of the Study

While the proposed system demonstrates high accuracy in a real industrial setting, several limitations must be acknowledged. First, the validation was conducted using a single continuous video sequence from one specific slaughterhouse production line.

Consequently, the system's robustness against significant environmental variations such as drastic changes in lighting, different conveyor speeds, or alternative poultry breeds was not extensively tested. Second, the dataset size used for validation is relatively small compared to large-scale public benchmarks, which may limit the generalization of the findings. These factors suggest that while the current ROI-based strategies are effective for the tested environment, further validation on larger, multi-source datasets is required to ensure broad applicability.

4. CONCLUSION

This study provides the first empirical evaluation of ROI-based automated chicken counting strategies under real slaughterhouse conveyor conditions. Results show that video-based approaches, particularly the Midline and Central Box ROIs, achieved the highest performance. Instead of relying solely on count differences, regression metrics confirmed the precision of the system. The proposed Midline Crossing (Video) strategy achieved a Mean Absolute Error (MAE) of 2.30, a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 0.74%, and a Root Mean Square Error (RMSE) of 2.70, proving its reliability for industrial application. In contrast, edge-based strategies tended to undercount due to occlusion and camera angle limitations, despite their effectiveness in avoiding double counting. Aligning ROIs with the conveyor center and relying on video input instead of static images significantly improved detection stability, as reflected by a low coefficient of variation ($CV < 9\%$). Furthermore, the system demonstrated robust real-time capabilities with an average processing speed of 17.57 FPS (56.92 ms inference time) on standard CPU hardware, confirming its feasibility for continuous monitoring at industrial conveyor speeds without requiring high-end GPU acceleration.

For industrial deployment, cameras should be installed perpendicularly above the conveyor to minimize occlusion, with confidence thresholds set between 0.65 and 0.70 to balance sensitivity and false positives. The integration of advanced tracking algorithms, such as DeepSORT or BoT-SORT, can further enhance recall and identity consistency. Adding feedback mechanisms to flag miscounts and confidence anomalies would also enable iterative model refinement and active learning. While Midline and Central Box ROIs achieved the highest accuracy, qualitative inspection revealed distinct error sources. Undercounting in Edge ROIs often resulted from carcass occlusion at the belt margins, while occasional misclassifications were linked to motion blur during peak conveyor speed, specular reflections from metallic surfaces, and carcasses appearing in abnormal poses. Providing a taxonomy of these error types highlights the operational challenges

that simple ROI placement cannot fully resolve.

This study did not perform a full robustness test; however, several industrial factors are likely to affect performance, including camera height and tilt, LED flicker and banding, water droplets on lenses, and vibration from processing equipment. Future research should systematically vary these conditions to quantify their impact on accuracy and ensure reliable deployment across diverse slaughterhouse environments. Limitations of this study include the relatively small dataset, consisting of only 200 annotated images used for training, validation, and testing. Although these frames were collected across different recording days, the overall sample size remains restricted and may lead to sampling bias or overestimation of performance. In addition, system-level validation relied on a single independent five-minute video clip recorded on a separate day, which, while not part of the training data, still provides limited coverage of operational variability. Other limitations include the absence of robustness testing under variable conveyor speeds, inconsistent lighting, and camera vibration, as well as the lack of ablation studies on LLM-assisted development. While this setup is sufficient for proof-of-concept evaluation, future research should expand data collection across multiple days, shifts, and facilities, supported by larger annotated datasets, to strengthen robustness and generalizability in real slaughterhouse deployment. Future research should therefore expand dataset diversity across multiple clips, production shifts, and slaughterhouse environments; report additional effect size metrics (e.g., Cliff's Delta, mAP); explore domain adaptation techniques for cross-site generalization; and conduct robustness testing across diverse industrial conditions.

In conclusion, the proposed YOLOv8-based chicken counting system demonstrates high accuracy and reliability in real slaughterhouse conditions, offering practical recommendations for deployment and establishing a foundation for future innovation in automated poultry processing. Finally, while this study utilized a fixed confidence threshold of 0.3 to maximize detection recall for the tracker (Wojke et al., 2017), future research will focus on conducting a comprehensive sensitivity analysis. This will involve systematically varying threshold values to quantify their impact on precision-recall trade-offs and F1-scores, thereby fine-tuning the system for varying lighting conditions in slaughterhouse environments.

5. ACKNOWLEDGMENT

This work received support and funding from the Naresuan University Faculty of Engineering Scholarships.

6. REFERENCES

- Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., and Upcroft, B. (2016). Simple online and realtime tracking. In *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2016.7533003>
- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D., Wu, J., Winter, C., and Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *arXiv preprint arXiv:2005.14165*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.14165>
- Bumbálek, R., Umurungi, S. N., Ufitikirezi, J. D. D. M., Zoubek, T., Kuneš, R., Stehlík, R., Lin, H.-I., and Bartoš, P. (2025). Deep learning in poultry farming: comparative analysis of yolov8, yolov9, yolov10, and yolov11 for dead chickens detection. *Poultry Science*, 104(9):105440. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105440>
- Chen, B., Zhang, Z., Langrené, N., and Zhu, S. (2023). Unleashing the potential of prompt engineering in large language models: a comprehensive review. *arXiv preprint arXiv:2310.14735*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.14735>
- Cheng, T., Song, L., Ge, Y., Liu, W., and Wang, X. (2024). Yolo-world: Real-time open-vocabulary object detection. In *2024 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR52733.2024.01599>
- Cruz, E., Hidalgo-Rodriguez, M., Acosta-Reyes, A. M., Rangel, J. C., and Boniche, K. (2024). Ai-based monitoring for enhanced poultry flock management. *Agriculture*, 14(12):2187. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122187>
- Farjon, G., Huijun, L., and Edan, Y. (2023). Deep-learning-based counting methods, datasets, and applications in agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 24(5):1683–1711. <https://doi.org/10.1007/s11119-023-10034-8>
- Feng, Y., Pallerla, C., Lin, X., Sohrabipour, S., Crandall, P., Shou, W., She, Y., and Wang, D. (2025). Synthetic data augmentation for enhanced chicken carcass instance segmentation. *arXiv preprint arXiv:2507.18558*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.18558>

- Garcia-Garcia, B., Bouwmans, T., and Silva, A. J. R. (2020). Background subtraction in real applications: Challenges, current models and future directions. *Computer Science Review*, 35:100204. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.03577>
- Gu, J., Han, Z., Chen, S., Beirami, A., He, B., Zhang, G., Liao, R., Qin, Y., Tresp, V., and Torr, P. (2023). A systematic survey of prompt engineering on vision-language foundation models. *arXiv preprint arXiv:2307.12980*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.12980>
- Guo, Y., Aggrey, S. E., Yang, X., Oladeinde, A., Qiao, Y., and Chai, L. (2023). Detecting broiler chickens on litter floor with the yolov5-cbam deep learning model. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 9:36–45. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2023.08.002>
- Iseki, H., Furukawa, E., Shimasaki, T., and Higaki, S. (2025). Automatic monitoring of activity intensity in a chicken flock using a computer vision-based background image subtraction technique: An experimental infection study with fowl adenovirus. *Smart Agricultural Technology*, 10:100821. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100821>
- Jiang, B., Tang, W., Cui, L., and Deng, X. (2023). Precision livestock farming research: A global scientometric review. *Animals*, 13(13):2096. <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/13/2096>
- Khanal, R., Choi, Y., and Lee, J. (2024). Transforming poultry farming: A pyramid vision transformer approach for accurate chicken counting in smart farm environments. *Sensors*, 24(10):2977. <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/10/2977>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 25. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- Li, Y., Zhang, X., and Chen, D. (2018). Csrnet: Dilated convolutional neural networks for understanding the highly congested scenes. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00120>
- Lv, J., Wang, J., Peng, C., and Huang, Q. (2023). Dfncnet: A dense flock of chickens counting network based on density map regression. *Animals*, 13(23):3729. <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/23/3729>
- Novus International, Inc. (2025). Perspectives on Thailand's poultry industry. Retrieved July 27, 2025 from <https://www.novusint.com/resources/perspectives-on-thailands-poultry-industry/>
- Okinda, C., Nyalala, I., Korohou, T., Okinda, C., Wang, J., Achieng, T., and Shen, M. (2020). A review on computer vision systems in monitoring of poultry: A welfare perspective. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4:184–208. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.09.002>
- Pangestu, G. (2025). Real-time chicken counting system using yolo for FCR optimization in small and medium poultry farms. *Computational Agriculture Review*, 9(1):1–9. <https://doi.org/10.28926/jdr.v9i1.436>
- Public Relations Department of Thailand (2024). Thai chicken exports rise by almost 5 percent in the first 10 months of 2024. Retrieved July 27, 2025, from <https://thailand.prd.go.th/en/content/category/detail/i/d/48/iid/346892>
- Qin, W., Yang, X., Wang, Y., Wei, Y., Zhou, Y., and Zheng, W. (2025). Yolopoul: Performance evaluation of a novel yolo object detectors benchmark for multi-class manure identification to warn about poultry digestive diseases. *Smart Agricultural Technology*, 12:101145. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101145>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., and Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 779–788. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.02640>
- Reuters (2025). Thai poultry industry poised for growth on Brazil bird flu, lower feed costs. Retrieved July 27, 2025, from <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/thai-poultry-industry-poised-growth-brazil-bird-flu-lower-feed-costs-2025-05-30/>

- Sahoo, P., Singh, A., Saha, S., Jain, V., Mondal, S., and Chadha, A. (2024). A systematic survey of prompt engineering in large language models: Techniques and applications.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13032.65286>
- Siriani, A. L. R., Miranda, I. B. d. C., Mehdizadeh, S. A., and Pereira, D. F. (2023). Chicken tracking and individual bird activity monitoring using the bot-sort algorithm. *AgriEngineering*, 5(4):1677–1693.
<https://www.mdpi.com/2624-7402/5/4/104>
- Stopassola, G., de Santana Weizenmann, G., and Costa, M. (2021). Machine vision algorithm for continuous counting of poultry in slaughterhouses. In *Proceedings of the 2021 ABCM International Congress of Mechanical Engineering (COBEM)*.
<https://doi.org/10.26678/ABCM.COBEM2021.COB2021-1707>
- The Observatory of Economic Complexity (2025). Thailand poultry meat trade profile. Retrieved July 27, 2025, from
<https://oec.world/en/profile/bilateral-product/poultry-meat/reporter/tha>
- Wojke, N., Bewley, A., and Paulus, D. (2017). Simple online and realtime tracking with a deep association metric. In *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pages 3645–3649.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.07402>
- Wu, Z., Yang, J., Zhang, H., and Fang, C. (2025). Enhanced methodology and experimental research for caged chicken counting based on yolov8. *Animals (Basel)*, 15(6).
<https://doi.org/10.3390/ani15060853>
- Xue, E., Huang, Z., Ji, Y., and Wang, H. (2025). Improve: Iterative model pipeline refinement and optimization leveraging LLM experts.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.18530>
- Yang, X., Bist, R., Paneru, B., and Chai, L. (2024). Monitoring activity index and behaviors of cage-free hens with advanced deep learning technologies. *Poultry Science*, 103(11):104193.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104193>
- Zhang, L., Gray, H., Ye, X., Collins, L., and Allinson, N. (2019). Automatic individual pig detection and tracking in pig farms. *Sensors*, 19:1188.
<https://doi.org/10.3390/s19051188>
- Zhu, X., Wu, C., Yang, Y., Yao, Y., and Wu, Y. (2022). Automated chicken counting using yolo-v5x algorithm. In *2022 IEEE International Conference on Smart Agriculture and Intelligent Systems (ICSAI)*.
<https://doi.org/10.1109/ICSAI57119.2022.10005522>
- Zivkovic, Z. and van der Heijden, F. (2006). Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction. *Pattern Recognition Letters*, 27(7):773–780.
<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.11.005>