การพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ ด้วย YOLOv8 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับอุบัติการณ์พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ ที่คลังสินค้าแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง

ปฐมพงษ์ หอมศรี[1], ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์[2] และธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์[2]*

Received: October 1, 2024
Revised: January 29, 2025
Accepted: February 3, 2025

บทคัดย่อ

การตรวจจับและการรายงานอุบัติการณ์โดยพนักงานมีปัญหาที่สำคัญ ได้แก่ พนักงานยังขาดการรายงานเหตุการณ์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ปรับปรุงการประมวลผลภาพของโปรแกรม YOLOv8 ด้วยราสเบอร์รี่พาย 5 ในการตรวจจับเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ (Incidents) ของการขับขี่รถโฟล์คลิฟท์ และ (2) เพื่อเปรียบเทียบจำนวนอุบัติการณ์ที่บันทึกได้ระหว่างก่อนและหลังการใช้โปรแกรม YOLOv8 ที่พัฒนาขึ้น มีกระบวนการปรับปรุง คือ (1) ป้อนชุดข้อมูล (Input Dataset) (2) ฝึกโมเดล (Training Model) มี 2 ชุด คือ ห่างไม่เกิน 1 เมตร และห่างระหว่าง 1-3 เมตร และ (3) อัตราการสุ่ม (Sampling Rate) ที่ร้อยละ 15 ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคการประมวลผลภาพ AI มีประสิทธิภาพในการทดสอบความแม่นยำวัตถุ (mean Average Precision: mAP) เฉลี่ยร้อยละ 85.35 ศึกษาอุบัติการณ์ของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ เปรียบเทียบจำนวนอุบัติการณ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Shapiro-Wilk ก่อนและหลังการใช้ AI ในการตรวจจับเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ที่ระดับนัยสำคัญ (p-value < 0.05) และประเมินความพึงพอใจหลังการใช้เทคนิคดังกล่าวอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ในด้านของประโยชน์ที่ได้รับเพิ่มมากขึ้น ความเข้ากันได้ และด้านประสิทธิผลในการใช้งานของโปรแกรม YOLOv8 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์ / การเก็บบันทึกอุบัติการณ์ / รถโฟล์คลิฟท์

* ***ผู้รับผิดชอบบทความ:*** *ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์ ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*
E-mail: teerayut@go.buu.ac.th

[1] *นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*

[2] *Ph.D. ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*

Development of the Artificial Intelligence for Object Detection with YOLOv8 for Increasing Efficiency of Incidents Detection of Warehouse Forklift Operators in Rayong Province

Patomphong Homsri[1], Srirat Lompong[2] and Teerayut Sa-ngiamsak[2]*

Abstract

Detection and reporting incidents by employees are significant issues: employees still lack incident reporting. This study aims to (1) enhance the image processing capabilities of the YOLOv8 program using Raspberry Pi 5 to detect undesirable incidents in forklift operations and (2) compare the number of recorded incidents before and after implementing the improved YOLOv8 program. The improvement process includes (1) inputting the dataset, (2) training the model with two sets: one for distances inside one meter and another for distances between one and three meters, and (3) applying a 15% sampling rate. The research found that the AI-based image processing technique had an average object detection accuracy (mean Average Precision: mAP) of 85.35%. A study of forklift operator events found a statistically significant difference in the number of incidents before and after implementing AI-based incident detection, analyzed using the Shapiro-Wilk test at a significance level of p-value < 0.05. Furthermore, post-implementation user satisfaction was rated at the highest level, particularly in terms of increased benefits, compatibility, and the overall effectiveness of the YOLOv8 program.

Kewords: Artificial intelligence / Incidents record / Forklift

* ***Corresponding Author:*** *Teerayut Sa-ngiamsak, Department of Industrial Hygiene and Safety, Faculty of Public Health, Burapha University, E-mail: teerayut@go.buu.ac.th*

[1] *Master degree in Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Burapha University*

[2] *Ph.D., Department of Industrial Hygiene and Safety, Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Burapha University*

1. บทนำ

งานคลังสินค้าเป็นงานที่จะต้องใช้รถโฟล์คลิฟท์ในการขนถ่ายชิ้นส่วนและมักมีอุบัติการณ์เกิดขึ้น จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับรถโฟล์คลิฟท์เพียงร้อยละ 1 ของอุบัติเหตุที่คลังสินค้าหรือโรงงานทั้งหมดและมีความรุนแรงกว่าเหตุการณ์อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 10 ของการบาดเจ็บทางร่างกายทั้งหมด ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุของสำนักสถิติแรงงานของประเทศอเมริกา (Bureau of Labor Statistics: BLS) ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา พบว่าประเทศสหรัฐอเมริกามีผู้บาดเจ็บโดยเฉลี่ยจำนวน 8,674 ราย และเสียชีวิต จำนวน 87 ราย ปีที่มีผู้เสียชีวิตมากที่สุดเป็นประวัติศาสตร์สำหรับการบาดเจ็บจากรถยก คือ ปี พ.ศ. 2558 ซึ่งมีผู้เสียชีวิตจากขับรถโฟล์คลิฟท์ จำนวน 94 ราย (Grover, n.d.) สำหรับประเทศไทยสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากสำนักงานกองทุนเงินทดแทน ปี 2566 พบว่าในทุกประเภทกิจการมีการประสบอันตรายทั้งหมด จำนวน 81,509 ราย (เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.58) เป็นการประสบอันตรายจากกิจการขนส่งและคลังสินค้า จำนวน 3,241 ราย (เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.14) เฉพาะการกิจการคลังสินค้า พบว่า ประสบอันตรายจำนวน 318 ราย หรือร้อยละ 9.81 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 69.14) ของประเภทกิจการขนส่งและสถานที่เก็บสินค้า และร้อยละ 3.97 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.02) ของการประสบอันตรายทั้งหมดในทุกประเภทกิจการ โดยการเกิดอุบัติเหตุในกิจการคลังสินค้าส่งผลให้เสียชีวิตจากการปฏิบัติงานจำนวน 1 ราย สูญเสียอวัยวะบางส่วน จำนวน 2 ราย บาดเจ็บและหยุดงานเกิน 3 วัน จำนวน 90 ราย และบาดเจ็บแต่หยุดงานไม่เกิน 3 วัน จำนวน 225 ราย (สำนักงานประกันสังคม, 2566) ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปีก่อนหน้า การทำงานของรถโฟล์คลิฟท์จะเป็นการขนย้ายชิ้นส่วนจากรถบรรทุกมาทำการรีแพคเมื่อรีแพคเสร็จจะส่งขึ้นรถบรรทุกเพื่อจัดส่งไปยังโรงประกอบรถยนต์ ในกระบวนการรีแพคจะขนย้ายด้วยรถโฟล์คลิฟท์ไปยังไลน์รีแพคต่าง ๆ ที่ทำด้วยคน ในทุกกระบวนการจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุขึ้น เช่น การขับรถโฟล์คลิฟท์ชนชิ้นส่วนได้รับความเสียหาย และการเฉี่ยวชนพนักงาน เป็นต้น

เหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ (Incident) มักใช้เป็นคำรวมสำหรับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการขาดความปลอดภัย ซึ่งครอบคลุมถึงอุบัติเหตุ เหตุการณ์เกือบอุบัติเหตุ ปัญหาของการเก็บสถิติเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์มีหลายสาเหตุ เช่น การรายงานไม่ครบถ้วน (Under-Reporting) เช่น พนักงานไม่รายงานเหตุการณ์ โดยเฉพาะเหตุการณ์ที่ไม่มีผลกระทบรุนแรง เพราะไม่เห็นความสำคัญ หรือกลัวผลกระทบ กลัวถูกตำหนิ หรือการไม่มีเวลาเป็นต้น ทำให้เป็นภัยคุกคามสำคัญต่อประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบการจัดการความปลอดภัย (Saurin et al., 2015)

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในปัจจุบัน มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเพิ่มมากขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน โดยเฉพาะงานทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย เทคโนโลยีดังกล่าวนี้จะสามารถช่วยป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับคนได้อย่างแม่นยำ รวดเร็วและนำไปสู่การป้องกันแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด อันจะส่งผลดีต่อสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตของพนักงาน รวมถึงประสิทธิภาพในการทำงาน (สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์, 2564) ในต่างประเทศ มีการนำระบบกล้อง AI ใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำมาประยุกต์ใช้การตรวจจับการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) โดยเฉพาะแว่นตานิรภัยและหน้ากากนิรภัยเพื่อป้องกันความเสี่ยงของดวงตาจากการปฏิบัติงานระหว่างคนกับเครื่องจักร (Lee et al., 2023) นอกจากนี้ AI ยังสามารถวิเคราะห์ภาพและวิดีโอจากสถานที่ทำงานเพื่อระบุสภาพที่เป็นอันตราย เช่น การใช้เครื่องมือผิดวิธี หรือสิ่งกีดขวางที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ การวิเคราะห์ปัจจัยด้านการยศาสตร์ (Ergonomics) โดยใช้เซ็นเซอร์และข้อมูลการเคลื่อนไหวเพื่อตรวจหาการเคลื่อนไหวหรือท่าทางที่อาจเสี่ยงต่อการบาดเจ็บระบบแจ้งเตือนพนักงานเพื่อปรับปรุงพฤติกรรมการทำงาน และตรวจสอบการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย เช่น การติดตามตำแหน่งพนักงาน ตรวจจับความเสี่ยงสภาพแวดล้อม และแจ้งเตือนทันทีเมื่อเกิดปัญหา เป็นต้น (Mohamed El-Helaly, 2024)

อัลกอริทึม YOLO (You Only Look Once) เป็นอัลกอริทึมที่ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2016 โดย Joseph Redmon และคนอื่น ๆ ให้มีรูปแบบการทำงานเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวที่สามารถสร้างชั้นของวัตถุและจัดระเบียบกล่องรอบวัตถุเพื่อทำนายความน่าจะเป็นของประเภทวัตถุจากข้อมูลรูปภาพได้อย่างรวดเร็ว YOLO มีหลายรุ่น อัลกอริทึม YOLOv5 มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีกว่า YOLOv4 และ YOLOv3 ที่มีความเร็วในการทำงานใกล้เคียงกับ YOLOv4 แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็น YOLOv8 โดย Glenn Jocher ซึ่งมีประสิทธิภาพในการตรวจจับและจำแนกวัตถุได้ดีกว่า YOLOv5 มีความแม่นยำและรวดเร็วกว่า อีกทั้งยังถูกพัฒนาให้สามารถติดตามวัตถุรวมทั้งทำนายวัตถุแบบแบ่งส่วนรูปภาพด้วยตัวมันเองได้ (อัฐพงศ์ สังข์เพ็ชร และวีระ สอิ้ง, 2566) โปรแกรม YOLOv8 ได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังพนักงานและการรับรู้ความเสี่ยง การตรวจจับภาพพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยและความผิดปกติในขั้นตอนการทำงานแบบเรียลไทม์มีบทบาทสำคัญในการลดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง การชี้บ่งปัจจัยเสี่ยงที่เกิดจากพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของพนักงานในการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) เช่น เสื้อกั๊กนิรภัย หมวกนิรภัย และ สายรัดนิรภัย เป็นต้น (Jankovic et al., 2024)

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีทุกชิ้นส่วน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) และหน่วยความจำการเข้าถึงโดยสุ่ม (RAM) มีการบูรณาการองค์ประกอบทุกอย่างของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไว้ในชิพเพียงตัวเดียว มีช่องสำหรับการแสดงผลอย่างพอร์ตการเชื่อมต่อชนิดที่สามารถทำหน้าที่รับส่งได้ทั้งสัญญาณภาพและเสียงในตัว มีโมดูล Wireless LAN และ WiFi สำหรับเชื่อมต่อเครือข่ายได้ พอร์ตเอนกประสงค์สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตเพื่อต่ออุปกรณ์เซนเซอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างอื่นได้ (เจตนันต์ เจือจันทร์, 2562) Raspberry Pi 5 เป็นรุ่นล่าสุดที่สามารถประยุกต์ร่วมกับ AI ที่มีประสิทธิภาพความเร็วในการประมวลผลที่ดีกว่าทุกรุ่นที่ผ่านมา (Fezari & Al-Dahoud, 2023) ระหว่างการศึกษาครั้งนี้เดือนมิถุนายน – สิงหาคม 2567 ผู้วิจัยเลือกใช้อัลกอริทึม YOLOv8n และ บอร์ด Raspberry Pi 5 เป็นรุ่นที่ทันสมัยที่สุด

จากข้อมูลที่กล่าวมา ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8 มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับอุบัติการณ์ของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ที่คลังสินค้า ให้สามารถป้องกันอันตรายจากความเสี่ยงที่เกิดจากอุบัติการณ์ภายในคลังสินค้าได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อปรับปรุงการประมวลผลภาพของโปรแกรม YOLOv8 ด้วย Raspberry Pi 5 ในการตรวจจับเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ (Incidents) ของการขับรถโฟล์คลิฟท์

2.2 เพื่อเปรียบเทียบอุบัติการณ์ที่บันทึกได้ระหว่างก่อนและหลังการใช้โปรแกรม YOLOv8 ที่พัฒนาขึ้น

2.3 เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจต่อการเก็บบันทึก Incident ด้วย AI ของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย การวิจัยนี้เป็นแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Intervention Research)

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ที่คลังสินค้าแห่งหนึ่งของจังหวัดระยอง จำนวน 3 คน กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาแบบเจาะจง เนื่องจากทางบริษัทมีเพียง 1 กะในการทำงาน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

3.3.1 ระบบกล้องปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Camera System) ใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์อูบุนตู (Linux Ubuntu) เว็บเซิร์ฟเวอร์เป็นแบบโหนดเจเอส (Nodejs) เอนจินเอกซ์ (Nginx) โปรแกรม

ภาษาที่ใช้ เนสท์เจเอส (NestJS) แองกูล่า (Angular) การเรียนรู้เชิงลึกโดยโปรแกรมไพธอน (Deep Learning with Python) และไอออนิก (Ionic) บนฐานข้อมูลมาเรียดีบี (Maria DB)

3.3.2 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 5 (Raspberry Pi 5) ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการเป็นบอร์ดควบคุม (Microcontroller) ภายใต้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์อูบุนตู (Linux Ubuntu) ทำหน้าที่ในการประมวลผลชุดคำสั่ง AI เชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบกล้อง และUSB 4G/5G Router

3.3.3 การประมวลผลระบบคลาวด์ ใช้ Cloud Operating System บนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux Stable Version) โปรแกรมที่ใช้ Docker Engine

3.3.4 จอมอนิเตอร์ขนาด 10 นิ้ว กล้องดิจิทัล AI ความละเอียด 4K ชุดควบคุมสตาร์ทเปิด-ปิด การทำงานของระบบ ไฟหมุนฉุกเฉินสีแดงแบบ LED ขนาด 4 นิ้ว และUSB 4G/5G Router

3.3.5 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลและแบบประเมินความพึงพอใจของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ที่มีต่อการใช้ระบบกล้องดิจิทัล AI ในการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับอุบัติการณ์ที่คลังสินค้า

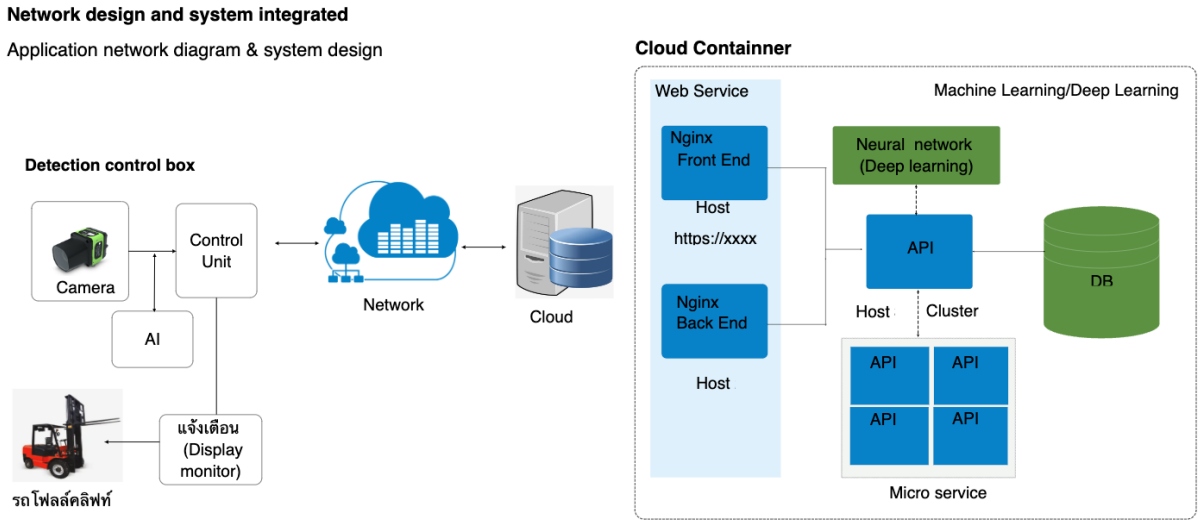
3.4 การหาคุณภาพเครื่องมือ โดยผู้ทรงคุณด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย จำนวน 3 ท่าน สำหรับการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ด้วยความตรงเชิงการพัฒนาระบบกล้อง AI และความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่นำมาใช้ของแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลและแบบสอบถามความพึงพอใจฯ พบว่ามีความเหมาะสม ซึ่งค่า IOC เท่ากับ 0.90, 1.00 และ 0.86 ตามลำดับ โดยทางผู้วิจัยได้นำคำแนะนำมาปรับแก้ไขเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

3.5 จริยธรรมการวิจัย ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา หมายเลขใบรับรองที่ IRB3-018/2567 วันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

3.6 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือและรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 5 ระยะ ดังนี้

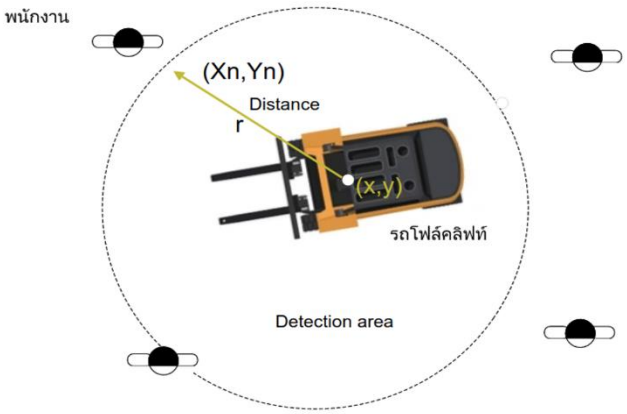
ระยะที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมการ ทำการศึกษาข้อมูลองค์รวมเพื่อใช้ประกอบในการทำวิจัยทั้งหมด ทั้งในส่วนของการศึกษาตำรา บทความทั้งในประเทศและต่างประเทศ ศึกษาขั้นตอนการทำงานของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ รวบรวมข้อมูลจำนวนสถิติการเกิดอุบัติเหตุ ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์บนรถโฟล์คลิฟท์ รวมถึงศึกษาการออกแบบและพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8

ระยะที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรมและพัฒนาโปรแกรม โดยได้ทำการออกแบบในลักษณะเชิงป้องกันอุบัติการณ์ตามกฎระเบียบข้อบังคับด้านความปลอดภัยของโรงงานโดยประยุกต์ใช้ AI แบบการเรียนรู้เชิงลึกและแมชชีนวิชั่น (Balakreshnan, 2020) แสดงข้อมูลบนเว็บแอพลิเคชั่นที่สามารถดูได้จากมือถือ สมาร์ทโฟน และคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ทุกคนสามารถดูข้อมูลการบันทึกอุบัติการณ์ได้ในแต่ละวัน โดยมีเงื่อนไขการออกแบบโปรแกรมว่าเมื่อพนักงานเข้าใกล้รัศมีพื้นที่การทำงานของรถโฟล์คลิฟท์จะแบ่งออกเป็น 2 เงื่อนไข ได้แก่ ระยะรัศมี 0-1 เมตร กำหนดให้เป็นเกิดอุบัติเหตุ และระยะรัศมี 1-3 เมตร กำหนดให้เป็นความเสี่ยงเกิดอุบัติเหตุ มีไฟหมุนฉุกเฉินสีแดงแบบ LED ขนาด 4 นิ้ว กระพริบทำงานแจ้งเตือนว่ามีคนอยู่ในระยะรัศมีดังกล่าว ตามภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมการออกและพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์

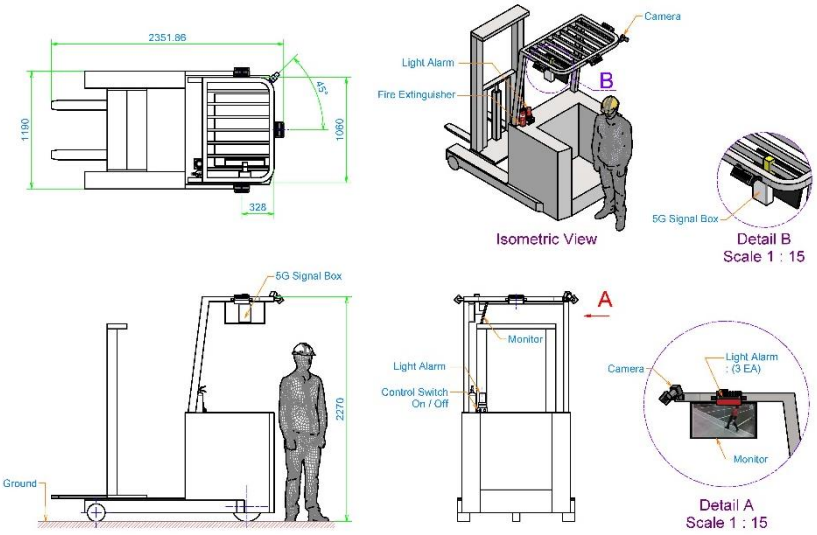
ระยะที่ 3 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ที่รถยกโฟล์คลิฟท์ โดยทำการนัดหมายกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย คณะผู้บริหารของคลังสินค้าแห่งหนึ่งของจังหวัดระยอง เพื่อชี้แจงและการขออนุญาตเพื่อดำเนินการวิจัยรวมถึงรายละเอียดและขั้นตอนของการดำเนินงานต่าง ๆ ระยะเวลาในการวิจัย ประเภทของรถโฟล์คลิฟท์ที่จะนำมาใช้ในงานวิจัย และกำหนดประเภทของรถยกโฟล์คลิฟท์ไฟฟ้าเป็นประเภทยืนขับ (Stacker Truck) เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบกล้องดิจิทัล AI รวมถึงระยะเวลาในการติดตั้งตามภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การกำหนดพื้นที่และเงื่อนไขในการตรวจจับการคำนวณระยะห่างระหว่างคนและรถโฟล์คลิฟท์

ระยะที่ 4 การเขียนโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์และเครื่องมือต่าง ๆ โดยได้เลือกใช้โปรแกรม NestJS Angular Deep Learning with Python และ Ionic มาใช้ในการเขียนโปรแกรม AI มี YOLOv8 หรือ You Only Look Once ที่เป็นอัลกอริทึมการตรวจจับวัตถุเชิงป้องกัน (Isailovic et al, 2021) สำหรับการปรับแต่งโมเดลจะใช้ภาษา Python ทำการปรับแต่งโมเดล YOLOv8 ในการเตรียมข้อมูลสำหรับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์จะใช้เครื่องมือโรโบโฟลว์ (Roboflow) ช่วยให้แอพลิเคชั่นสามารถประมวลผลภาพ เพื่อใช้ในการทำ Data Labelling เพื่อจำแนกประเภทของข้อมูลรูปภาพให้ชัดเจนว่าเป็นข้อมูลประเภทไหน ในที่นี้จะจำแนกเป็นคน และรถโฟล์คลิฟท์ ตามภาพที่ 4

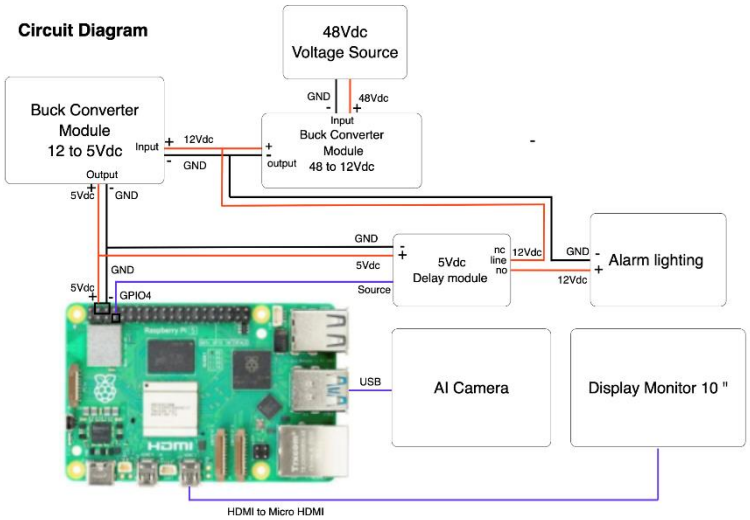
ในส่วนของระบบกล้องดิจิทัล AI จะใช้ OpenCV-Python Library ที่ติดตั้งไว้ใน Raspberry Pi 5 เป็นเป็นบอร์ดควบคุมทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์อูบุนตู (Linux Ubuntu) ทำหน้าที่ในการประมวลผลชุดคำสั่ง AI เชื่อมต่ออุปกรณ์กล้องดิจิทัล AI และUSB 4G/5G Router และเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างชุดอุปกรณ์และ API ที่ติดตั้งไว้ที่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการส่งข้อมูลไปแสดงผลยังระบบเว็บไซต์ สำหรับการเชื่อมต่อกับกล้องดิจิทัล AI จะใช้สาย USB ต่อไปยัง Raspberry Pi 5 และทำการกำหนดระยะจุดติดตั้งกล้องดิจิทัลเพื่อที่จะทำการตรวจจับวัตถุ ให้สอดคล้องกับการทำงานจริง ซึ่งการทำงานจะใช้ VDO Frame แรกที่ตรวจจับได้แล้วทำการส่งไปยังปัญญาประดิษฐ์เพื่อวิเคราะห์ด้วย YOLOv8 แล้วส่งข้อมูลกลับมายัง Open CV แล้วทำการบันทึกและแสดงรูปภาพที่ตรวจจับได้แสดงผลไปยังจอมอนิเตอร์ และเว็บไซต์ กล่องส่งสัญญาณ 5G ไปยังระบบคลาวด์ USB 4G/5G Router เพื่อเชื่อมต่อกับระบบโมบายเน็ตเวิร์ค โดยการส่งข้อมูลไปยังคลาวด์จะประกอบด้วยชุดข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบโครงสร้าง JSON ซึ่งประกอบไปด้วยชุดข้อมูล ตัวอักษร (String) และรูปภาพที่เข้ารหัสเป็น Base 64 โดยการส่งข้อมูลจะทำการส่งผ่านชุดโปรโตคอล TPC/IP และเข้ารหัสข้อมูลให้มีความปลอดภัยโดยใช้ SSL (HTTPS) แบบ RESTful API โดยฝังปัญญาประดิษฐ์ จะทำการส่งชุดข้อมูลที่ตรวจสอบได้ไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ด้วยภาษา Python ทำการร้องขอไปยัง API Endpoint ที่ถูกติดตั้งไว้ที่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งได้ติดตั้ง Node.js ที่ทำหน้าที่เป็น Java Runtime Environment (JRE) เพื่อใช้ประมวลผล API ดังแสดงการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของ USB 4G/5G Router ตามภาพที่ 5



ภาพที่ 3 ออกแบบตำแหน่งติดตั้งกล้องดิจิทัล AI อุปกรณ์ส่งสัญญาณ 5G และจอมอนิเตอร์ที่รถโฟล์คลิฟท์

ภาพที่ 4 การเตรียมข้อมูลสำหรับฝึกปัญญาประดิษฐ์ (Train AI)

ระยะที่ 5 การเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากทำการทดสอบระบบแล้วพบว่าประสิทธิภาพของระบบมีประสิทธิภาพ (mean Average Precision: mAP) ร้อยละ 85.35 และมีแม่นยำในการตรวจจับร้อยละ 100 ซึ่งเป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถจำแนกและบ่งชี้ชนิดของวัตถุได้อย่างแม่นยำ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพโมเดลจนเป็นที่มั่นใจว่าสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว จึงนำไปติดตั้งและทดสอบกับพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ที่คลังสินค้า จำนวน 3 คน หลังจากนั้นเชิญเข้ารับฟังคำชี้แจงโครงการ การพิทักษ์สิทธิ์ และนำผลที่ได้นำมาวิเคราะห์และประมวลผลทำการเปรียบเทียบเชิงสถิติแบบ Wilcoxon Signed Ranks Test



ภาพที่ 5 การเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าที่ใช้กับ Raspberry Pi 5 ในระบบกล้องดิจิทัล AI

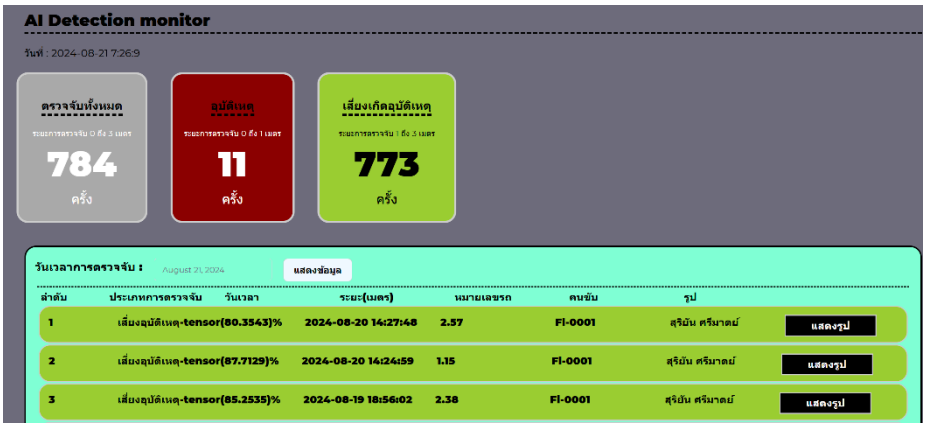
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการปรับปรุงการประมวลผลภาพของโปรแกรม YOLOv8 ด้วย Raspberry Pi5 (ARM) ในการตรวจจับเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ของการขับรถโฟล์คลิฟท์

พบว่าการพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์เมื่อทำการติดตั้งที่รถโฟล์คลิฟท์จะทำให้ประสิทธิภาพการตรวจจับอุบัติการณ์เพิ่มมากขึ้น สามารถมองเห็นพนักงานที่ปฏิบัติงานได้จากจอมอนิเตอร์ขนาด 10 นิ้ว ทำให้การปฏิบัติงานมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น มีสัญญาณแจ้งเตือนไฟหมุนฉุกเฉินสีแดงแบบ LED เมื่อรถโฟล์คลิฟท์มีการขับเข้าใกล้ระยะรัศมีที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่ 0 ถึง 3 เมตร สามารถตรวจจับชี้บ่งและทำการบันทึกภาพ ณ เวลาขณะนั้น มีแสดงผลผ่านเว็บแอพพลิเคชั่นและเก็บข้อมูลบนคลาวด์ ตามระยะรัศมีห่างระหว่างพนักงานและรถโฟล์คลิฟท์ตั้งแต่ 1 ถึง 3 เมตร เป็นความเสี่ยงอุบัติเหตุ ตามภาพที่ 6 ระยะรัศมีห่างน้อยกว่า 1 เมตร เป็นบันทึกอุบัติเหตุ ตามภาพที่ 7 ก่อนทำการติดตั้งกล้องดิจิทัล AI ที่รถจะมีการติดตั้งไฟเตือนที่ด้านข้างทั้ง 2 ข้าง รวมด้านหลัง แต่ก็ยังพบการเกิดอุบัติการณ์และอุบัติเหตุขึ้นจากการขับรถโฟล์คลิฟท์ถือว่าเป็นความเสี่ยงการกระทำที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Act) ทั้งพนักงานขับรถและพนักงานที่ปฏิบัติงานในระยะรัศมีที่ไม่สามารถมองเห็น การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ในครั้งนี้ ทำให้พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์มีความพึงพอใจและรู้สึกขับขี่รถโฟล์คลิฟท์ให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

4.2 ผลการเปรียบเทียบจำนวนอุบัติการณ์ที่บันทึกได้ระหว่างก่อนและหลังการใช้โปรแกรม YOLOv8 ที่พัฒนาขึ้น

การเก็บข้อมูลจำนวนอุบัติการณ์ทางโรงงานได้เก็บบันทึกไว้ในเอกสารบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ ผู้บันทึกจะเป็นหัวหน้างาน จำนวนวันทดสอบรวมทั้งสิ้น 23 วัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบจำนวนอุบัติการณ์ก่อนและหลังติดตั้ง AI พบว่าจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติการณ์หลังการใช้โปรแกรม YOLOv8 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามตารางที่ 1 และนำข้อมูลมาทดสอบการแจกแจงข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk พบว่า ค่านัยสำคัญทางสถิติมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 กำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ร้อยละ 95 เท่ากับ 0.048 สรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นทำการทดสอบเพื่อตั้งสมมติฐานการทดสอบ



ภาพที่ 6 เว็บแอพลิเคชั่นการบันทึกข้อมูลทั้งหมดหลังการติดตั้งระบบกล้องดิจิทัล AI

ภาพที่ 7 พนักงานเข้าใกล้รถโฟล์คลิฟท์ระยะน้อยกว่า 1 เมตร (อุบัติเหตุ)

H_0 : จำนวนอุบัติการณ์เฉลี่ยของพนักงานก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งกล้อง AI ไม่แตกต่างกัน
H_1 : จำนวนอุบัติการณ์เฉลี่ยของพนักงานก่อนติดตั้งแตกต่างจากหลังติดตั้งกล้อง AI

กำหนดระดับนัยสำคัญในที่นี้กำหนดให้ α = 0.05 ใช้การทดสอบแบบ Wilcoxon Signed Ranks Test เนื่องจากค่านัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญที่กำหนด เท่ากับ 0.000 จึงยอมรับ H_1 : $\mu_d \neq 0$ นั้นคือ จำนวนอุบัติการณ์เฉลี่ยของพนักงานก่อนติดตั้งกล้อง AI ค่ากลาง (มัธยฐาน) แตกต่างกันจากหลังติดตั้งกล้อง AI เมื่อมีจำนวนวันทำงานเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือหลังติดตั้งกล้อง AI จะทำให้การตรวจจับจำนวนอุบัติการณ์ของพนักงานเพิ่มขึ้น หรือกล้อง AI มีประสิทธิภาพในการตรวจจับอุบัติการณ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ตามตารางที่ 2 จึงทำให้ผลการบันทึกอุบัติการณ์น้อยกว่าความเป็นจริงเมื่อเทียบกับการบันทึกด้วยระบบกล้อง AI แบบเรียลไทม์

4.3 ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์หลังจากติดตั้งเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8

จากการศึกษาระดับความพึงพอใจของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ จำนวน 3 คน พบว่าภาพรวมมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 5.00 $\pm$ 0.00) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์มีความพึงพอใจมากที่สุดทุกรายข้อเท่ากับ 5.00 จากประโยชน์ที่ได้รับเพิ่มมากขึ้น ความเข้ากันได้ของระบบกล้อง AI และประสิทธิผลในการทำระบบกล้อง AI และหลังจากการนำกล้องดิจิทัล AI มาทำการติดตั้งที่รถโฟล์คลิฟท์ ทำให้โรงงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับอุบัติการณ์ของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ที่เกิดขึ้นภายในคลังสินค้าได้เพิ่มสูงขึ้น ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบจำนวนอุบัติการณ์ก่อนและหลังการพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8

วันที่ทดสอบ	จำนวนอุบัติการณ์ (ครั้ง)		วันที่ทดสอบ	จำนวนอุบัติการณ์ (ครั้ง)	
	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง		ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง
1	17	178	14	19	52
2	12	32	15	20	54
3	28	75	16	19	53
4	16	43	17	16	43
5	15	41	18	18	49
6	17	46	19	27	74

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบจำนวนอุบัติการณ์ก่อนและหลังการพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8 (ต่อ)

วันที่ทดสอบ	จำนวนอุบัติการณ์ (ครั้ง)		วันที่ทดสอบ	จำนวนอุบัติการณ์ (ครั้ง)	
	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง		ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง
7	20	54	20	28	70
8	15	40	21	20	50
9	16	43	22	22	53
10	18	49	23	23	60
11	12	33	Total	432	1,284
12	18	49	$\bar{X}$	18.78	55.83
13	16	43	S.D.	4.42	28.89

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลรวม ค่าเฉลี่ย จำนวนอุบัติการณ์ก่อนและหลังการติดตั้งระบบกล้อง AI โดยใช้ Wilcoxon Signed Ranks Test

ตัวแปร (ครั้ง)	ระยะการทดลอง	Total	$\bar{X}$	S.D.	Z	*p-value (2-tailed)*
จำนวนอุบัติการณ์	ก่อนติดตั้ง	432	18.78	4.42	-4.203[b]	0.000
	หลังติดตั้ง	1,284	55.83	28.89		

b. Based on negative ranks

ตารางที่ 3 ผลความพึงพอใจของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์หลังจากพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8

ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบกล้องดิจิทัล AI	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ
1. ประโยชน์ที่ได้รับเพิ่มมากขึ้น			
1.1 การปฏิบัติงานมีความสะดวก	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 การปฏิบัติงานมีความรวดเร็วมากขึ้น	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 การได้รับความรู้และประสบการณ์ใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 การได้รับประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ความเข้ากันได้ของระบบกล้องดิจิทัล AI			
2.1 ความสอดคล้องกับระบบการทำงานที่มีอยู่เดิมได้	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 ช่วยสนับสนุนระบบการทำงานที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 ช่วยในการทำงานของหน่วยงานให้มีระบบชัดเจนมากขึ้น	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 สามารถนำประสบการณ์การปฏิบัติงานมาประยุกต์อย่างสัมฤทธิ์ผล	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ประสิทธิผลในการทำระบบกล้องดิจิทัล AI			
3.1 เพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 สามารถตรวจจับและแจ้งเตือนได้อย่างแม่นยำ	5.00	0.00	มากที่สุด

ตารางที่ 3 ผลความพึงพอใจของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์หลังจากพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8 (ต่อ)

ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบกล้องดิจิทัล AI	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ
3. ประสิทธิผลในการทำระบบกล้องดิจิทัล AI (ต่อ)			
3.3 มีความรวดเร็วในการตรวจจับและส่งสัญญาณแจ้งเตือน	5.00	0.00	มากที่สุด
3.4 เพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังการเกิดอุบัติการณ์อย่างได้ผล	5.00	0.00	มากที่สุด
สรุปภาพรวม	**5.00**	**0.00**	**มากที่สุด**

5. อภิปรายผล

5.1 การพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับอุบัติการณ์ของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์

การนำเทคนิคดังกล่าวสามารถตรวจจับอุบัติการณ์ได้ เนื่องจากมีการทดสอบระบบก่อนนำมาใช้งานที่ระดับความเชื่อมั่น (Confidential Level) ระหว่างร้อยละ 50-90 เป็นระยะเวลา 2 เดือน ผลลัพธ์ที่ได้สามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นคน (Human Detect Object) ได้เท่ากับร้อยละ 100 ที่ระดับความเชื่อมั่น (Confidential Level) ร้อยละ 90 อัตราการสุ่ม (Sampling Rate) ที่ร้อยละ 15 หลังจากนั้นจึงได้ทำการบันทึกผลลงในระบบ และพบว่า ประสิทธิภาพความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 85.35 ซึ่งเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้ในการประเมินโมเดลการเรียนรู้ของ AI ที่ได้ทำการฝึกและนำมาใช้ในการตรวจจับ สอดคล้องกับงานวิจัยของคนอื่น ๆ เช่น ปาณิสรา หาดขุนทด และคณะ (2566) ได้ทำการศึกษาการตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO พบว่าระบบสามารถตรวจหาช่องจอดรถและผลมีค่าร้อยละความถูกต้อง 67.13 และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์ 32 นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Lee et al., (2023) ได้มีการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรม 3 ประเภท โดยใช้ YOLOv4 ร่วมกับกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) เช่น โรงงานผลิตหน้ากาก โรงงานผลิตชิ้นส่วนที่มีความแม่นยำสูง และโรงงานผลิตโครงสร้างเหล็ก ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับการละเมิดมาตรการความปลอดภัยได้อย่างแม่นยำมากกว่าร้อยละ 95 โดยใช้เวลาตอบสนองและความล่าช้าต่ำกว่า 20 มิลลิวินาที การพัฒนาเทคนิคดังกล่าวนี้สามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นคนได้อย่างแม่นยำเมื่อเข้าใกล้ระยะรัศมีการทำงานตามที่กฎระเบียบข้อบังคับของโรงงานพร้อมแจ้งเตือนพนักงานเป็นไฟสัญญาณฉุกเฉินสีแดงเพื่อให้รับรู้ว่าพนักงานปฏิบัติงานอยู่และเดินเข้าใกล้กับระยะรัศมีที่กำหนดไว้ ทำให้สามารถป้องกันความเสี่ยงอันตรายจากอุบัติการณ์ลงได้และที่สำคัญพนักงานสามารถมองเห็นข้อจำกัดของรถโฟล์คลิฟท์ได้มากยิ่งขึ้นกว่าเดิม

5.2 ความพึงพอใจที่มีต่อการพัฒนาการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับอุบัติการณ์ของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์

หลังจากการประมวลผลภาพปัญญาประดิษฐ์ด้วย YOLOv8 และเก็บข้อมูลเสร็จสิ้น ผลการประเมินความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากได้รับประโยชน์เพิ่มมากขึ้นจากความรู้ และประสบการณ์ใหม่ ๆ มีความเข้ากันได้ของระบบกล้องดิจิทัล AI กับกฎระเบียบและข้อบังคับด้านความปลอดภัยของโรงงาน และมีประสิทธิผลในการตรวจจับและแจ้งเตือนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ สามารถช่วยพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ตรวจจับการเกิดอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นเพิ่มสูงขึ้น AI จึงเป็นเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นการประมวลผลในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้และตัดสินใจ ในขณะที่เซ็นเซอร์เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการรับข้อมูลจากสภาพแวดล้อมเพื่อส่งไปให้กับระบบอื่น ๆ ที่จะทำการประมวลผลหรือใช้งานต่อ ทั้งสองอย่างมักทำงานร่วมกันในระบบที่มีความซับซ้อน เช่น ระบบอัตโนมัติ หรือระบบตรวจจับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากสาเหตุข้อจำกัดในเรื่องการมองเห็น

ในตำแหน่งที่มองไม่เห็นของรถโฟล์คลิฟท์ มีสัญญาณแจ้งเตือนและสามารถดูจากจอมอนิเตอร์ได้ สร้างความปลอดภัยในการขับขี่ได้มากยิ่งขึ้น ลดการบิดลำตัวและชำเลืองเฝ้าระวังพนักงานที่ปฏิบัติงานรวมถึงการเดินผ่านของพนักงานในระยะรัศมี แม้ว่าก่อนหน้าจะมีแสงไฟเตือนของรถโฟล์คลิฟท์ทั้ง 3 ด้านแล้วก็ตาม จึงทำให้พนักงานขับโฟล์คลิฟท์ยอมรับการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ได้ (อภิสรา คชรัฐแก้วฟ้า, 2566) ผลความพึงพอใจต่อการพัฒนาระบบกล้องดิจิทัล AI นี้ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับการเกิดอุบัติการณ์ รักษาความปลอดภัยของคนและสิ่งของ ทั้งยังช่วยให้องค์กรสามารถลดความเสี่ยงและต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุได้ในระยะยาว

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ควรพัฒนาระบบกล้องดิจิทัล AI ให้สามารถบันทึกและวิเคราะห์พฤติกรรมการขับขี่ในเชิงรุก เช่น การแจ้งเตือนเมื่อพบพฤติกรรมเสี่ยงหรือพฤติกรรมผิดปกติที่อาจนำไปสู่ความไม่ปลอดภัย นอกจากนี้การติดตั้งกล้องแบบ 360 องศาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็นจุดอับสายตา ซึ่งเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การจัดการพื้นที่ขนส่ง การบริหารจัดการพื้นที่ที่มีการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร หรือการทำงานในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพโดยรวม

6.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรพัฒนาระบบ AI ให้มีความสามารถในการตรวจจับและแจ้งเตือนพฤติกรรมการขับขี่ที่เสี่ยงในเชิงรุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเตือนเมื่อมีพฤติกรรมเสี่ยงเกิดขึ้นซ้ำหลายครั้งในระยะเวลาสั้น ๆ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาความคุ้มค่าในการใช้งานระบบ AI ในสภาพแวดล้อมและอุตสาหกรรมที่หลากหลาย รวมถึงการสำรวจความเป็นไปได้ในการนำระบบ AI นี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น การจัดการโลจิสติกส์หรือคลังสินค้า เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและยกระดับประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

6.3 ข้อจำกัด

ข้อจำกัดของการวิจัย ประกอบด้วย (1) กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนจำกัด (3 คน) ทำให้ผลลัพธ์อาจไม่ครอบคลุมสำหรับกลุ่มที่ใหญ่กว่า (2) การติดตั้งระบบ AI บนรถโฟล์คลิฟต์เพียงคันเดียว เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ และ (3) ความแม่นยำของระบบอาจลดลงในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยหรือมีการเคลื่อนไหวของวัตถุหลายชนิด แนวทางแก้ไขสำหรับอนาคตอาจรวมถึงการขยายกลุ่มตัวอย่าง การพัฒนาอุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำกว่าและการเพิ่มการทดสอบในสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา คุณชาญวิทย์ แสนปิง หัวหน้า บริษัท อีซูซุ โลจิสติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด คุณสุริยันต์ ศรีมาตย์ วิศวกรปัญญาประดิษฐ์ ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำและให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

เจตนันต์ เจือจันทร์. (2562). *โครงการวิจัยเรื่องระบบตรวจสอบสถานะอุณหภูมิและความชื้นห้องเซิร์ฟเวอร์ด้วย IoT*. มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปาณิสรา หาดขุนทด, ภัครพล อาจอาษา และธนากร แสงกุดเลาะ. (2566). การพัฒนาระบบคัดแยกมะขามหวานด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ. *วารสารวิทยสารสนเทศและเทคโนโลยี, 4*(2), 47-61.

สำนักงานประกันสังคม. (2566). *สถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานจำแนกตามความรุนแรงและประเภทกิจการ ปี 2566*. สำนักงานงานประกันสังคม.

สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์. (2564). เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์กับงานการยศาสตร์. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ, 14*(1), 1-4.

อภิสรา คชรัฐแก้วฟ้า. (2566). *การศึกษาผลกระทบจากการยอมรับใช้งานเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ด้านความพึงพอใจในการทำงานของพนักงานออฟฟิศในประเทศไทย* [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยมหิดล.

อัฐพงศ์ สังข์เพ็ชร และวีระ สอิ้ง. (20 เมษายน, 2566). *ระบบตรวจนับและจำแนกประเภทยานพาหนะแบบอัตโนมัติสำหรับถนนในเขตเมือง ด้วยหลักการโครงข่ายแบบคอนโวลูชัน* [Paper]. การประชุมวิชาการ วิทยาการข้อมูล ครั้งที่ 3 (Proceeding of the 2023 3rd Data Science Conferencr), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Balakreshnan, B., Richards, G., Nanda, G., Mao, H., Athinarayanan, R., & Zaccaria, J. (2020). PPE compliance detection using artificial intelligence in learning factories. *Procedia Manufacturing, 45*, 277-282. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.017

El-Helaly, M. (2024). Artificial Intelligence and Occupational Health anSafety, Benefits and Drawbacks. *Medicina Del Lavoro, 115*(2), e2024014. https://doi.org/10.23749/mdl.v115i2.15835

Fezari, M., & Al-Dahoud, A. (2023, November). *Raspberry Pi 5 : The new raspberry Pi family with more computation power and AI integration*. ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/375552555

Grover, A. (n.d.). *Forklift accident statistics in the U.S*. Injury Claim, https://www.injuryclaimcoach.com/forklift-accident-statistics.html.

Isailovic, V., Djapan, M., Savkovic, M., Jovicic, M., Milovanovic, M., Minovic, M., Milosevic, P., & Vukicevic, A. (2021, December 9-10). *Compliance of head-mounted personal protective equipment by using YOLOv5 object detector* [Paper]. 2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), Cape Town, South Africa. https://doi.org/10.1109/ICECET52533.2021.9698662

Jankovic, P., Protic, M., Jovanovic, L., Bacanin, N., Zivkovic, M., & Kaljevic, J. (2024, May 22-23). *YOLOv8 Utilization in Occupational Health and Safety* [Paper]. 2024 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC), Novi Sad, Serbia. https://doi.org/10.1109/ZINC61849.2024.10579310

Lee, T., Woo, K., Kim, P., & Jung, H. (2023). Design and implementation of industrial accident detection model based on YOLOv4. *Applied Sciences (Switzerland), 13*(18), 10163. https://doi.org/10.3390/app131810163

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (n.d.). *You only look once: Unified, real-time object detection*. Joseph Redmon, http://pjreddie.com/yolo/.

Saurin, T. A., Formoso, C. T., Reck, R. H., Etges, B. M. B. da S., & Ribeiro, J. L. D. (2015). Findings from the analysis of incident-reporting systems of construction companies. *Journal of Construction Engineering and Management*, *141*(10), 05015007. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000988