

การออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า
เพื่อเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพลันโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก

DESIGN AND DEVELOPMENT OF EARLY WARNING SYSTEM
FOR FLASH FLOOD MONITORING USING DEEP NEURAL NETWORKS



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์
ศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลดิจิทัลอัจฉริยะพระจอมเกล้าลาดกระบัง คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2567

KMITL-2024-SC-M-017-055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND DEVELOPMENT OF EARLY WARNING SYSTEM
FOR FLASH FLOOD MONITORING USING DEEP NEURAL NETWORKS



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN DATA SCIENCE AND ANALYTICS
KMITL DIGITAL ANALYTICS AND INTELLIGENCE CENTER SCHOOL OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2024

KMITL-2024-SC-M-017-055
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนล่วงหน้าเพื่อเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพลันโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก
ชื่อนักศึกษา	ทศพล กนกพิพัฒน์วงศ์
รหัสประจำตัว	65056040
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์) ศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลดิจิทัลอัจฉริยะพระจอมเกล้าลาดกระบัง
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาตัวแบบเพื่อตรวจจับและวัดระดับน้ำโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยเฉพาะการตรวจจับวัตถุและการติดป้ายกำกับในแผ่นวัดระดับน้ำ รวมถึงตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำที่มาจากภาพถ่ายบนเว็บไซต์ต่าง ๆ มากกว่า 200 รูป การปรับแต่งภาพ (Image Augmentation) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของตัวแบบ เช่น การปรับความสว่าง การเพิ่มสัญญาณรบกวน เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ตัวแบบที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ YOLOv8 ซึ่งได้รับการฝึกบนชุดข้อมูลที่แบ่งสัดส่วนระหว่างชุดข้อมูลการฝึก (Train Set), ชุดตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Set), และชุดการทดสอบ (Test Set) ในสัดส่วนที่ต่างกัน เช่น 70:15:15 และ 80:10:10 ผลการทดลองพบว่าการแบ่งข้อมูลในสัดส่วน 80:10:10 ให้กราฟที่มีความสม่ำเสมอและค่า mAP50 และ mAP50-95 ที่สูงกว่าในเกือบทุกคลาส โดยเฉพาะคลาสแผ่นวัดระดับน้ำและตัวเลขที่แสดงระดับน้ำ ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยความเที่ยง (Precision) และค่าการเรียกคืน (Recall) พบว่าตัวแบบสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายคลาส อย่างไรก็ตาม คลาสบางคลาสแสดงการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ปกติในกราฟ Precision-Recall ซึ่งอาจเกิดจากการติดป้ายกำกับที่ไม่สม่ำเสมอหรือการจัดวางตำแหน่งของวัตถุที่ไม่แน่นอนในข้อมูลการฝึก งานวิจัยนี้ยังได้มีการพัฒนาระบบแจ้งเตือนระดับน้ำ โดยทางเจ้าหน้าที่ดูแลจะเป็นผู้นำวิดีโอเข้าสู่ระบบ และระบบจะทำการตรวจจับระดับน้ำพร้อมแสดงผลระดับน้ำในรูปแบบเวลาจริง ทั้งนี้การค้นคว้าได้นำเสนอผลการทดลองที่ชี้ให้เห็นว่า การแบ่งข้อมูลในสัดส่วนที่ดีที่สุดช่วยให้ตัวแบบเรียนรู้และทำงานได้ดีขึ้น ส่งผลต่อความแม่นยำในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายอีกด้วย

คำสำคัญ : การตรวจจับวัตถุ การติดป้ายกำกับ การปรับแต่งภาพ ค่าเฉลี่ยความเที่ยง การแจ้งเตือนแผ่นวัดระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study Title	Design and Development of Early Warning System For Flash Flood Monitoring Using Deep Neural Networks
Student Name	Tosspol Kanokpipatwong
Student ID	65056040
Degree	Master of Science (Data Science and Analytics) Kmitl Digital Analytics and Intelligence Center
Year	2024
Independent Study Advisor	Asst.Prof.Dr.Busayamas Pimpunchat

Abstract

This independent research focuses on studying and developing a model to detect and measure water levels using deep learning techniques, particularly object detection and labelling on staff gauges, including numbers captured from over 200 images from various websites. Image augmentation techniques, such as brightness adjustments and noise addition, were applied to enhance the model's learning by simulating real-world conditions. The model, YOLOv8, was trained on datasets with different splits for training, validation, and testing sets, such as 70:15:15 and 80:10:10. The 80:10:10 split produced smoother graphs and higher mAP50 and mAP50-95 across most classes, especially for water gauges and numbers. Precision and recall analysis indicated that the model effectively detected objects across multiple classes. However, certain classes exhibited irregularities in the Precision-Recall curve, possibly due to inconsistent labeling or object positioning in the training data. The research also developed a real-time water level alert system, where videos are uploaded by operators, and the system detects and displays water levels in real time. The findings highlight that proper data split ratios significantly improve the model's accuracy and performance in diverse environments.

Keywords : Object Detection, Image Annotation, Image Augmentation, Mean Average Precision, Notification, Staff Gauge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. บุชยมาส พิมพ์พรรณชาติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของโครงการนี้ ตลอดจนให้ความรู้และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อโครงการ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์อย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ระดับปริญญาโท ในสาขาวิทยาการข้อมูลและการวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้า ภรรยา และครอบครัวภรรยาที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำโครงการนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นาย ทศพล กนกพิพัฒน์วงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 อูทกภัย หรือน้ำท่วม	4
2.1.1 ความหมายของอูทกภัย	4
2.1.2 สาเหตุของการเกิดอูทกภัย	4
2.2 เสาระดับน้ำ หรือเสาวัดระดับน้ำ	5
2.2.1 คำอธิบายและประโยชน์ของเสาระดับน้ำ	5
2.2.2 ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำบนเสาระดับน้ำ	6
2.2.3 วิธีอ่านแผ่นวัดระดับน้ำ	6
2.3 การรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์	7
2.3.1 หลักการและวัตถุประสงค์ของการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์	7
2.3.2 ประโยชน์ของการนำการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์ไปใช้	8
2.3.3 พื้นที่หรือส่วนที่น่าสนใจของการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์	9
2.4 โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks : CNN)	9
2.4.1 YOLO (You Only Look Once)	10
2.4.2 SSD (Single Shot Multibox Detector)	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของตัวแบบการตรวจจับวัตถุ (Evaluate Metrics)	14
2.5.1 ค่าความเที่ยง (Precision)	14
2.5.2 ค่าการเรียกคืน (Recall)	14
2.5.3 ค่าคะแนน F1	15
2.5.4 อัตราส่วนพื้นที่ทับซ้อนต่อพื้นที่รวมทั้งหมด (Intersection over Union : IoU)	15
2.5.5 ค่าความเที่ยงเฉลี่ย (Average Precision)	16
2.5.6 ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ย	17
2.6 ฐานข้อมูล	18
2.6.1 SQLite3	18
2.7 แอปพลิเคชัน LINE	20
2.7.1 บริการแจ้งเตือนข้อความ	20
2.8 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา	23
2.8.1 ภาษาไพทอน (Python)	23
2.9 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ	25
2.9.1 Roboflow	25
2.9.2 Google Colab หรือ Google Colaboratory	28
2.9.3 Visual Studio Code IDE	30
2.9.4 Streamlit	31
2.10 โปรแกรม Snagit	33
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	36
3.1 ผังงานในการดำเนินงาน	36
3.2 รายละเอียดการดำเนินงาน	38
3.2.1 เตรียมฐานข้อมูล	38
3.2.2 เตรียมชุดข้อมูล	45
3.2.3 ฝึกฝนตัวแบบ	57
3.2.4 ทดสอบตัวแบบ	60
3.2.5 นำเข้าและเล่นวิดีโอ	61
3.2.6 ปรับใช้ตัวแบบและตรวจจับระดับน้ำ	63
3.2.7 จัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	70
4.1 การแบ่งชุดข้อมูล	70
4.2 ผลสรุปการตรวจจับวัตถุเบื้องต้นภายหลังจากฝึกฝนตัวแบบ	72
4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ	73
4.4 การอภิปรายผล	89
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	93
5.1 สรุปผลการวิจัย	93
5.2 ข้อเสนอแนะ	94
เอกสารอ้างอิง	95
ภาคผนวก	99
ภาคผนวก ก	100
ภาคผนวก ข	102
ประวัติผู้เขียน	117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบระหว่าง YOLOv8 YOLOv9 และ SSD	12
2.2 การเปรียบเทียบระหว่าง SQLite2 SQLite3 และ MongoDB	19
3.1 วีดีโอ (Video) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับวีดีโอที่ถูกอัปโหลด	40
3.2 ผู้ใช้งานระบบ (User) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้งานระบบหรือเจ้าหน้าที่	40
3.3 สถานีวัดระดับน้ำ (Location) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับสถานีวัดระดับน้ำ	41
3.4 เกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนด (Threshold) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนด	42
3.5 ข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำ (MeterData) แสดงข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับการตรวจวัดระดับน้ำแต่ละครั้ง	42
3.6 ข้อมูลการส่งข้อความแจ้งเตือน (Notification) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการส่งข้อความแจ้งเตือน	43
3.7 บันทึกเหตุการณ์การอ่านระดับน้ำ (EVENT_LOG) แสดงข้อมูลรายละเอียดของวันและเวลาที่บันทึกเหตุการณ์สำหรับการอ่านระดับน้ำ	44
3.8 สูตรการคำนวณหาค่าระดับน้ำ ค่าแกว่งระดับน้ำ	66
3.9 สูตรการคำนวณหาค่าแกว่งหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	67
4.1 ผลลัพธ์การแปลผลเมทริกซ์ความสับสน	83
4.2 สรุปการเปรียบเทียบสัดส่วนการแบ่งข้อมูลแบบ 80:10:10 และแบบ 70:15:15	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผ่นวัดระดับน้ำจากสถานที่จริง	5
2.2 ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำบนเสาระดับน้ำ	6
2.3 วิธีอ่านแผ่นวัดระดับน้ำ	6
2.4 กระบวนการทำงานของ CNN	10
2.5 โครงสร้างของตัวแบบ YOLOv8	11
2.6 Confusion Matrix ค่าความเที่ยง และค่าการเรียกคืน	14
2.7 อธิบายแผนภาพอัตราส่วนพื้นที่ทับซ้อนต่อพื้นที่รวมทั้งหมด	15
2.8 ตัวอย่างอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า IoU กับ Confusion Matrix Precision Recall	16
2.9 การคำนวณ mAP	17
2.10 วิธีการขอรหัสยืนยันบน LINE Notify	21
2.11 ขั้นตอนการสร้างรหัสยืนยันบน LINE Notify	22
2.12 รหัสยืนยันที่ระบบออกให้บนเว็บ LINE Notify	22
2.13 ตัวอย่างกรอบงานทางด้านการพัฒนาเว็บด้วยภาษาไพทอน	24
2.14 หน้าจอเว็บไซต์หลักของ Roboflow	26
2.15 หน้าจอเว็บไซต์หลักของ Google colab	28
2.16 หน้าจอสำหรับเขียนคำสั่งด้วยภาษาไพทอนบนเว็บไซต์ Google colab	28
2.17 หน้าจอเว็บไซต์หลักของ Visual Studio	31
2.18 หน้าจอสำหรับเขียนคำสั่งด้วยภาษาไพทอนบนโปรแกรม Visual Studio Code	31
2.19 หน้าจอเว็บไซต์หลักของ Streamlit	32
2.20 หน้าจอโปรแกรม Snagit	34
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการที่ 1 – 4 สำหรับการเตรียมตัวแบบ	36
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการที่ 5 – 6 สำหรับการอ่านค่าระดับน้ำ	37
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการที่ 7 สำหรับการบันทึกผล และแจ้งเตือน	38
3.4 โครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของระบบ	39
3.5 ฟังก์ชันคำสั่งการสร้างตารางต่าง ๆ ในฐานข้อมูล waterlevel.db	44
3.6 ฐานข้อมูล และตารางข้อมูล ผ่าน DB Browser for SQLite	45
3.7 หน้าจออัปโหลดรูปภาพของเว็บ Roboflow	46
3.8 หน้าจอกำหนดคลาสสำหรับขั้นตอนติดป้ายกำกับใช้ในการตรวจจับ	47
3.9 หน้าจอการทำงานติดป้ายกำกับรูปภาพ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 หน้าจอการติดป้ายกำกับรูปภาพโดยใช้เครื่องมือ	48
3.11 เครื่องมือสำหรับการติดป้ายกำกับรูปภาพ	49
3.12 ขั้นตอนใช้เครื่องมือ Polygon Tool กับคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ (Staff)	49
3.13 หน้าจอ Generate ส่วนที่เก็บรูปภาพ (Source Images)	50
3.14 หน้าจอ Generate ส่วนแบ่งชุดรูปภาพฝึก/ทดสอบ (Train/Test Split)	51
3.15 กล้องแบ่งชุดข้อมูลฝึก/ตรวจสอบ/ทดสอบ หลังกดปุ่มปรับสมดุลข้อมูล (Rebalance) ในส่วนแบ่งชุดรูปภาพฝึก/ทดสอบ	51
3.16 ตัวแบบการทดลองที่ 1 ชุดข้อมูลรูปภาพถูกแบ่งตามสัดส่วน 80:10:10	52
3.17 ตัวแบบการทดลองที่ 2 ชุดข้อมูลรูปภาพถูกแบ่งตามสัดส่วน 70:15:15	52
3.18 หน้าจอ Generate ส่วนเตรียมข้อมูล	53
3.19 กล้องตัวเลือกในการเตรียมข้อมูล	53
3.20 รายการที่เลือกสำหรับส่วนเตรียมข้อมูล	54
3.21 หน้าจอ Generate ส่วนการเสริมข้อมูล	55
3.22 กล้องตัวเลือกในการเสริมข้อมูล	55
3.23 รายการที่เลือกสำหรับการเสริมข้อมูล	56
3.24 หน้าจอ Generate ส่วนสร้างชุดข้อมูล (Create)	57
3.25 หน้าจอคำสั่งใช้ GPU และติดตั้งโปรแกรมที่ใช้งาน	58
3.26 หน้าจอคำสั่งดาวน์โหลดชุดข้อมูลที่ต้องการจาก Roboflow	58
3.27 หน้าจอคำสั่งและพารามิเตอร์ในการฝึกฝนด้วยตัวแบบ YOLOv8	59
3.28 หน้าจอคำสั่งสำหรับประเมินผลตัวแบบกับรูปภาพตัวอย่าง	60
3.29 รูปภาพตัวอย่างประเมินผลลัพธ์โดยใช้ตัวแบบที่ฝึก	61
3.30 หน้าจอเว็บตรวจสอบวัดระดับน้ำโดยใช้ตัวแบบที่ฝึกมา	62
3.31 หน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้งานและอัปโหลดคลิป์วิดีโอ	62
3.32 คำสั่งใช้ตัวแบบที่ถูกฝึกทำนายวัตถุที่ตรวจจับได้	63
3.33 ตัวอย่างภาพอธิบายพิกัด x,y,w,h ที่ตรวจจับวัตถุได้	64
3.34 หน้าจอส่วนแสดงค่าระดับน้ำที่อ่านได้โดยใช้ตัวแบบ	67
3.35 ข้อมูลค่าระดับน้ำแต่ละกรอบภาพในตารางข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำ	68
3.36 ส่วนข้อความแจ้งเตือนไปยังกลุ่มด้วย LINE Notify	69
3.37 ข้อมูลผลการแจ้งเตือนและข้อความในตารางข้อมูลการส่งข้อความแจ้งเตือน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 รายละเอียดชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10	71
4.2 รายละเอียดชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15	72
4.3 รายละเอียดการตรวจจับวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)	73
4.4 ค่าสูญเสียตำแหน่งกรอบวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	74
4.5 ค่าสูญเสียทำนายนกคลาสวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	74
4.6 ค่าสูญเสียปรับปรุงคลาสวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	75
4.7 ค่าความเที่ยงทำนายนกกรอบวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	75
4.8 ค่าการเรียกคืนทำนายนกกรอบวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	76
4.9 ค่าสูญเสียตำแหน่งกรอบวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	77
4.10 ค่าสูญเสียทำนายนกคลาสวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	77
4.11 ค่าสูญเสียปรับปรุงคลาสวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	78
4.12 ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยที่เกณฑ์ IoU เท่ากับ 50 เปรียบเทียบชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	79
4.13 ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยที่เกณฑ์ IoU เท่ากับ 50-95 เปรียบเทียบชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)	79
4.14 เมตริกซ์ความสับสนแบบปกติระหว่างคลาสเปรียบเทียบชุดข้อมูลด้วยสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และ แบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)	80
4.15 เมตริกซ์ความสับสนแบบปรับให้อยู่ในช่วงมาตรฐาน (Normalized) 0 ถึง 1 ระหว่างคลาสเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปบน) และแบบ 70:15:15 (รูปล่าง)	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 F1-Confidence Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)	84
4.17 Precision-Confidence Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)	85
4.18 Recall-Confidence Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10	86
4.19 Recall-Confidence Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15	87
4.20 Precision-Recall Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)	88



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุทกภัยหรือน้ำท่วมเป็นปัญหาร้ายที่เกิดขึ้นในประเทศไทยอย่างบ่อยครั้ง โดยเฉพาะน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก (อ้างอิงประกาศ กองอำนวยการน้ำแห่งชาติฉบับที่ 5/2566) ปัญหานี้มักเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนหรืออาจเกิดจากพายุฝนที่มากขึ้นกว่าปกติ น้ำฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่เกิดน้ำท่วมและบริเวณนี้มักจะไหลลงสู่พื้นที่ต่ำเสมอ เช่น ลำน้ำหรือทะเล ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแม่น้ำหลายแห่ง มีคลองสำคัญ และด้วยแผ่นดินที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำนี้ถูกห้อมล้อมรอบไปด้วยน้ำ ทำให้เกิดน้ำท่วมมากยิ่งขึ้น บางพื้นที่อาจเกิดน้ำท่วมขัง จนเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก อีกทั้งยังมีการตัดต้นไม้และการใช้พื้นที่ที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้น้ำฝนไม่สามารถไหลไปตามธรรมชาติได้เป็นปกติ โดยเฉพาะในเมืองยังมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการและการบำบัดน้ำทิ้งจากขยะ สิ่งปฏิกูลที่กองอุดตันบริเวณปากท่อระบายน้ำทั้งข้างถนน บนถนน หรือในลำคลองที่มีคนทิ้งขยะไม่ถูกต้อง ก่อให้เกิดเชื้อโรคต่าง ๆ มากมาย ส่งกลิ่นเน่าเหม็น มีการสร้างถนนเพิ่มขึ้นมากมาย สร้างทำนบและกำแพงกันริมฝั่งแม่น้ำ เพื่อไม่ให้น้ำท่วมในชุมชน ทำให้ไม่มีที่ลุ่มในการเก็บกักน้ำตามธรรมชาติ ประกอบกับการสร้างถนนบางแห่งมีทางระบายน้ำไม่เพียงพอ และมีการวางผังเมืองไม่เหมาะสมขวางทางระบายน้ำ ทำให้การจัดการระบายน้ำเป็นไปได้ยากลำบาก และใช้เวลานาน

ทั้งนี้ปัญหาข้างต้นส่งผลกระทบต่อทั้งในเรื่องของความเสียหายทางทรัพย์สิน รวมถึงความเสียหายต่อสภาพแวดล้อมและชีวิต และมีความเสี่ยงสูงจากการเกิดอันตรายจากน้ำท่วม ทั้งการกีดขวางทางจราจร การเดินทางผ่านทางน้ำ อันตรายจากสัตว์มีพิษ หรือแม้แต่วัตถุแหลมคมใต้น้ำท่วมที่มองไม่เห็น รวมถึงขยะ สิ่งปฏิกูลที่ปนเปื้อน ปัญหาสำคัญอีกอย่างคือทุกครั้งที่เกิดเหตุการณอุทกภัย ผู้คนต่างต้องติดตามข่าวสารผ่านช่องทางต่าง ๆ กันเอง ทั้งทาง Social Media ต่าง ๆ ทางวิทยุ ทางโทรทัศน์ หรือวิธีเก่าแก่ที่สุด คือ การบอกปากเปล่าจากผู้คนในละแวกนั้น ทำให้เกิดความสับสน ทั้งคนที่ได้รับข้อมูลถูกต้องบ้าง ไม่ชัดเจนบ้าง เข้าใจผิดบ้าง จนผู้คนต้องประสบอุทกภัยโดยไม่ทันตั้งตัว หรือไม่มีเวลาเพียงพอที่จะเตรียมตัวรับมืออุทกภัยนั้นได้อย่างทันทั่วถึง และนอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว สุขภาพอนามัย และความเจริญรุ่งเรืองของพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมอีกด้วย โดยยกตัวอย่างความเสียหายอย่างกรณีเมื่อปี 2554 ได้เกิดมหาอุทกภัยในประเทศไทย ในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยามีมูลค่าความเสียหายทั้งหมดรวม 1.44 ล้านล้านบาท

หน่วยงานที่รับผิดชอบและร่วมกันแก้ปัญหาอุทกภัย คือ กรมชลประทาน กองอำนวยการน้ำแห่งชาติ และสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ พร้อมอ้างอิงแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปีของประเทศไทย (ปี พ.ศ. 2561 – 2580) ได้มองเห็นความสำคัญของปัญหาอุทกภัย ต้องการจัดการ รับมือภัยธรรมชาติ และพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อบรรเทาและแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกทั้งปัจจุบันมีเครื่องมือที่สามารถพยากรณ์อุทกภัยและเตรียมความพร้อมในการรับมืออุทกภัยที่กำลังเกิดขึ้น เช่น แผ่นวัดระดับน้ำ

แผ่นวัดระดับน้ำ (Staff Gauge) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญในการตรวจสอบระดับน้ำที่อยู่ในช่วงน้ำท่วมและฝ่าวาระวังระดับน้ำ โดยสามารถวัดระดับความสูงของน้ำในแม่น้ำ คลอง หรือบ่อน้ำ ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กหรือแผ่นพลาสติกที่มีเกลียวหรือเส้นที่แนบมา ช่วยให้สามารถตรวจสอบระดับน้ำได้อย่างง่ายและแม่นยำ แผ่นวัดระดับน้ำนี้จะถูกติดตั้งตามแนวน้ำให้ระดับน้ำเรียงตามเกลียวหรือเส้นบนแผ่นวัด โดยมักจะมีเกลียวหรือเส้นที่แสดงระดับมากมาย และสามารถอ่านค่าระดับน้ำได้ด้วยการดูที่เกลียวหรือเส้นที่อยู่ใกล้กับระดับน้ำปัจจุบัน การติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำบนลำน้ำหรือคลองที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมสูงจะช่วยให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นั้นรับรู้และติดตามสภาพน้ำได้เร็วขึ้น ทำให้สามารถรับมือและป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมได้ทันเวลา

เนื่องจากปัญหาน้ำท่วมเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และเพื่อตอบสนองนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีในการร่วมจัดการและรับมือปัญหาอุทกภัย จึงได้คิดออกแบบและพัฒนาระบบการใช้อัลกอริทึมตรวจสอบระดับน้ำบนแผ่นวัด ซึ่งควรติดตั้งในที่สูง มองเห็นเสาระดับน้ำได้ชัดเจน และติดตามระดับน้ำโดยอัตโนมัติ ทำให้สามารถได้รับข้อมูลระดับน้ำตามเวลาจริง คอยฝ่าวาระวังน้ำท่วมฉับพลันเพื่อช่วยเหลือคนในพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม รวมถึงแจ้งเตือนให้ทราบในขณะที่น้ำท่วมกำลังเกิดขึ้น ทำให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นลดลง และช่วยให้การรับมือแก้ไขปัญหาน้ำท่วมเป็นไปได้อย่างทันท่วงที ถึงแม้การใช้อัลกอริทึมตรวจสอบระดับน้ำมีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามการใช้งานและการอ่านค่าในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่มีความซับซ้อนและยากลำบาก การอ่านค่าเวลากลางวันกลางคืน และในสภาวะอากาศที่ไม่แน่นอน อาจทำให้เกิดสิ่งรบกวนที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการอ่านค่าระดับน้ำบนแผ่นวัด ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าว จึงเป็นเหตุผลที่ผู้พัฒนาที่มีความประสงค์จะพัฒนาระบบให้ดียิ่งขึ้น ให้สามารถกำจัดสิ่งรบกวนในการใช้อัลกอริทึมตรวจสอบ และอ่านค่าระดับน้ำบนแผ่นวัดได้อย่างแม่นยำ ซึ่งมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากระบบอ่านค่าระดับน้ำบนแผ่นวัดมีบทบาทสำคัญในการจัดการรับมือกับอุทกภัย การวิเคราะห์และตรวจสอบระดับน้ำอย่างแม่นยำจำเป็นสำหรับการวางแผนและการบริหารจัดการรับมือกับอุทกภัยในหลากหลายพื้นที่ การปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการอ่านค่าระดับน้ำบนแผ่นวัดจึงสามารถช่วยเสริมสร้างการตัดสินใจที่ดีในการดำเนินการเกี่ยวกับน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ

นอกจากนี้ ถ้ามีระบบแจ้งเตือนที่สามารถแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำถึงค่าที่ตั้งไว้ตามพื้นที่นั้น ๆ จะช่วยให้การรับมือและเตรียมตัวเพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมเป็นไปอย่างทันท่วงที ทำให้สามารถตอบโจทย์ในการจัดการสถานการณ์เกี่ยวกับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและความรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ออกแบบและพัฒนาระบบจากการนำเข้าด้วยภาพจากกล้องวีดีโอ ประมวลผล และอ่านระดับน้ำบนแผ่นวัด พร้อมแจ้งเตือน ให้มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูง เพื่อช่วยในการเตรียมตัวรับมือและป้องกันปัญหาอุทกภัยฉับพลัน

2) เป็นแนวทางในการวางแผนและบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ โดยใช้ระบบอ่านระดับน้ำบนแผ่นในการจัดการรับมือกับอุทกภัย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของการพัฒนาระบบการใช้กล้องวีดีโอตรวจจับ เพื่อตรวจวัดระดับน้ำ มีการทำงานดังนี้

- 1) ระบบใช้ข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลวีดีโอเป็นหลัก
- 2) ระบบสามารถจัดการกับวีดีโอที่มีสิ่งรบกวนที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการอ่านค่าแผ่นระดับน้ำ เช่น เวลากลางวันกลางคืน และสภาพอากาศที่ไม่แน่นอนได้
- 3) ระบบมีการกำหนดค่าระดับน้ำขั้นต่ำ โดยจะยึดจากแผ่นวัดระดับน้ำด้านบนสุด ตามพื้นที่นั้น เมื่อถึงค่าที่กำหนดจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนได้
- 4) ระบบต้องทำการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถนำไปอ่านค่าแผ่นวัดระดับน้ำจากวีดีโอได้
- 2) เมื่อเกิดปัญหาสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่าน Smartphone ได้
- 3) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและวางแผนป้องกันอุทกภัยได้ล่วงหน้า

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1. เมตรระดับน้ำทะเลปานกลาง (ม.รทก.) หมายถึง ความมาตรฐานที่ใช้สำหรับการวัดความสูงหรือลึกของสถานที่ต่างๆ โดยอ้างอิงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง การอ้างอิงนี้ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบความสูงของภูมิประเทศหรือสิ่งปลูกสร้างได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือไทยใช้สำหรับการทำนายระดับน้ำและการตรวจสอบระดับน้ำท่วมหรือการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในแม่น้ำและทะเล (กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, 2535)

1.5.2. แผ่นวัดระดับน้ำ หมายถึง แผ่นวัสดุ (ส่วนใหญ่ทำจากโลหะที่ไม่เป็นสนิม) ที่มีขีดแบ่งระยะ ติดที่เสา หรือที่ผนังอาคารชลศาสตร์ เพื่อใช้อ่านค่าระดับน้ำ (กรมชลประทาน, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่สองจะอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอุทกภัย ด้วยการอ่านค่าระดับน้ำจากแผ่นวัดระดับน้ำ จากการประมวลผลภาพอ่านค่าระดับน้ำผ่านไฟลด์วิดีโอ บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล พร้อมทั้งหากค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนด แต่ละพื้นที่จะทำการแจ้งเตือนผ่านระบบ LINE Notify เพื่อให้ทางรัฐ และประชาชนสามารถเตรียมพร้อมรับมือกับน้ำท่วมได้ทันการณ์

2.1 อุทกภัย หรือน้ำท่วม

2.1.1 ความหมายของอุทกภัย

อุทกภัย (Flood) คือการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยน้ำในปริมาณมากขึ้นจากปกติ ทั้งน้ำฝนที่ตกหรือน้ำที่ไหลลงมาจากแหล่งน้ำอื่น ๆ เช่น แม่น้ำ ลำธาร หรือทะเล ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทางทรัพย์สิน และความเสียหายทางชีวิตแก่คน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม (กองบริการดิจิทัล อุทยานวิทยา, 2567)

2.1.2 สาเหตุของการเกิดอุทกภัย

การเกิดอุทกภัยสามารถเกิดจากหลายสาเหตุและปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยเดียว หรือมีการรวมกันเพื่อทำให้น้ำท่วมขึ้น ตัวอย่างสาเหตุ เช่น

2.1.2.1 ฝนตกหนักและปริมาณน้ำมาก มีฝนตกหนักในระยะเวลาสั้น ๆ หรือปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอาจทำให้ระบบน้ำไม่สามารถรองรับได้ และน้ำท่วมขังบริเวณพื้นที่ต่างๆ

2.1.2.2 พายุฝน ฝนตกหนักที่เกิดจากพายุสามารถเป็นสาเหตุให้น้ำท่วมได้ พายุอาจทำให้น้ำทะเลสูงเข้ามาบริเวณชายฝั่ง และอาจทำให้น้ำในแม่น้ำและลำธารเต็มไปด้วยน้ำ

2.1.2.3 การท่วมของแม่น้ำและลำธาร ลำธารและแม่น้ำที่มีการไหลลงมาในปริมาณมาก เช่น ในช่วงฤดูฝน อาจทำให้เกิดการท่วมน้ำเมื่อระดับน้ำสูงขึ้น

2.1.2.4 การกั้นทางน้ำด้วยเขื่อนที่แตกหรือเสียหาย การกั้นทางน้ำด้วยเขื่อนหรือรางรับน้ำที่ไม่พร้อมรับน้ำเพิ่ม หรือเมื่อเขื่อนแตกหรือเสียหายอาจทำให้น้ำท่วมล้นทะลักออกมา

2.1.2.5 แผ่นเปลือกโลกที่แตก การเคลื่อนที่และการชนของแผ่นเปลือกโลกที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนของเปลือกโลกบนผิวดิน (Tectonic Plates) อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการสั่นของแผ่นเปลือกโลกในทะเลสาบ และทะเล เกิดการสร้างคลื่นทะเลที่มีขนาดใหญ่และแรงมาก (Tsunami)

2.1.2.6 แผ่นเปลือกโลกมุดตัวกัน การสะสมแรงดันระหว่างแผ่นเปลือกโลกที่แปรผันและอยู่ในเขตมุดตัว อาจเป็นสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว ทำให้น้ำท่วมในพื้นที่ต่ำ

2.1.2.7 สาเหตุจากป่าและการพัฒนาพื้นที่ การตัดไม้ทำลายป่า หรือการพัฒนาพื้นที่ที่

มีน้ำ โครงการพัฒนาที่ดินและอาคาร อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีผลกระทบต่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณเห็นเว็บไซต์นี้ กรุณาอย่าเผยแพร่เอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาต หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต นอกจากนี้ยังขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบน้ำ การไหลของแม่น้ำ และการระบายน้ำฝน ทำให้น้ำไม่สามารถไหลลงสู่แหล่งน้ำได้ และทำให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ต่ำ

2.1.2.8 ปัจจัยธรณีพิบัติ อุทกภัยอาจเกิดขึ้นเมื่อมีธรณีพิบัติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด ทำให้เกิดการกักตุนน้ำในแม่น้ำ และน้ำทะเล สามารถเข้ามาทำให้เกิดความเสียหาย

2.1.2.9 การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ สามารถทำให้เกิดอุทกภัย เช่น ปริมาณน้ำลดน้อยลง และฝนที่ไม่เพียงพอในช่วงเวลานาน อาจทำให้ชายฝั่งแม่น้ำแตกล้นไปเรื่อย ๆ เกิดน้ำท่วมได้

2.2 เสาระดับน้ำ หรือเสาวัดระดับน้ำ

2.2.1 คำอธิบายและประโยชน์ของเสาระดับน้ำ

เสาระดับน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง เครื่องมือนี้เป็นเสาปักหมุดขนาดเล็กที่แข็งแรงมั่นคง ซึ่งนำมาปักไว้ที่ริมตลิ่ง จากนั้นใช้แผ่นไม้หรือเหล็กยึดติดที่เสาปักหมุดเพื่อให้มีพื้นผิวเรียบไว้สำหรับติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำ โดยความสูงของเสาระดับน้ำจะอยู่ที่ 108 – 111 เซนติเมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level : MSL)

เสาต้นหนึ่งจะมีความสูงอยู่ที่ 1 เมตร ชาวบ้านจะติดตั้งเสาระดับน้ำไว้ระดับจากต่ำไปสูงจากตลิ่ง นอกจากนี้หากระดับน้ำสูงเกินกว่า 109 เซนติเมตร ชาวบ้านก็จะทำการเก็บสถิติของระดับน้ำที่วัดได้ไว้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังภัย และสามารถรับรู้เหตุการณ์ได้ก่อนที่จะมีการแจ้งเตือนจากทางการ (เอพีเอทูลส์, 2564)

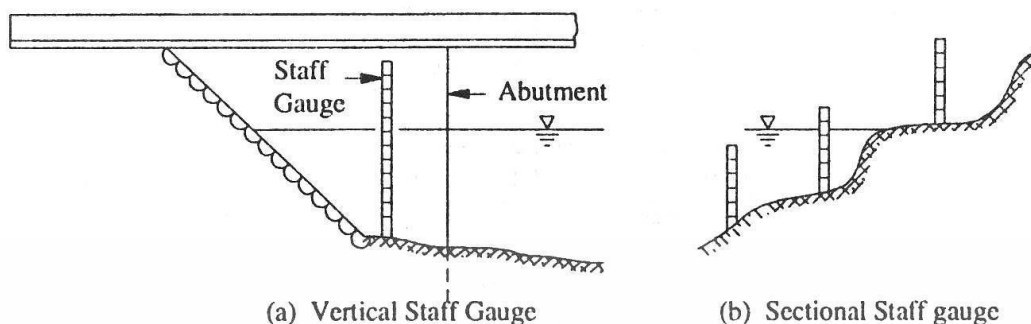


รูปที่ 2.1 แผ่นวัดระดับน้ำจากสถานที่จริง

ที่มา: เอพีเอทูลส์. (2560), สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. (2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำบนเสาระดับน้ำ



รูปที่ 2.2 ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำบนเสาระดับน้ำ

ที่มา: University of Asia Pacific. (2011)

ลักษณะการติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำบนเสาระดับน้ำ (กรมชลประทาน, 2565) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

2.2.2.1 แบบแนวตั้ง (Vertical Staff Gauge) สำหรับติดตั้งติดกับสิ่งปลูกสร้าง เช่น บริเวณเสาใต้สะพาน หรือพื้นที่ที่มีแนวดินทางลาดชันเอียงทางเดียว

2.2.2.2 แบบย่อย (Sectional Staff Gauge) สำหรับติดตั้งกับเสาระดับน้ำ ไม้ที่ริมตลิ่ง หรือพื้นที่ที่มีแนวดินแบบขั้น หรือเป็นชั้น

2.2.3 วิธีอ่านแผ่นวัดระดับน้ำ

สำหรับแผ่นวัดระดับน้ำ จะมีตัวเลขบนมาตรวัดบอกระดับน้ำ แบ่งเป็นช่องใหญ่ ๆ ช่องละ 10 เซนติเมตร (กรอบสี่เหลี่ยมสีแดง) และมีช่องเล็ก คือ 1 เซนติเมตร (กรอบอุทกวิทยา, 2531)



รูปที่ 2.3 วิธีอ่านแผ่นวัดระดับน้ำ

ที่มา: เอพีเอทูลส์. (2565), สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. (2566)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจกรรมเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์

เป็นศาสตร์และเทคโนโลยีการผสมผสานเทคนิคการประมวลผลภาพเข้ากับการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อนำไปใช้ในงานที่ต้องการการวิเคราะห์ภาพหรือวิดีโอ ซึ่งเป็นการทำความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ โดยจะใช้กระบวนการทางเรขาคณิต และสถิติ ทำให้ภาพถูกแปลงเป็นข้อมูลที่เครื่องสามารถเข้าใจได้ และช่วยในการตัดสินใจในสภาพแวดล้อมจริง และมีการตรวจจับวัตถุและการแยกส่วนภาพ เป็นหัวใจสำคัญทำให้คอมพิวเตอร์ "มองเห็น" และ "เข้าใจ" สิ่งที่อยู่ในภาพได้ (Satida Sookpon, 2566)

2.3.1 หลักการและวัตถุประสงค์ของการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์

1) การตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

ใช้การติดป้ายกำกับ (Annotation) และหาเส้นรอบวัตถุในภาพหรือวิดีโอ โดยใช้ตัวแบบการเรียนรู้เชิงลึก เช่น YOLO (You Only Look Once) ซึ่งเป็นตัวแบบสำหรับการตรวจจับวัตถุที่สามารถระบุวัตถุหลายประเภทในภาพได้พร้อมกัน ลักษณะงานมีดังนี้

- การตรวจจับ การแบ่งขอบเขต การระบุตำแหน่ง และการจดจำวัตถุจากภาพ เช่น ใบหน้าของมนุษย์
- การตรวจจับวัตถุจากภาพ หรือการค้นหาวัตถุด้วยภาพ
- การเปรียบเทียบวัตถุในมุมมองต่าง ๆ ของภาพ หรือวัตถุอื่น ๆ

2) การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

เป็นการแยกภาพออกเป็นส่วนต่าง ๆ หรือกลุ่มของจุดสี (Pixel) ที่มีความคล้ายคลึงกัน เช่น การแบ่งส่วนของภาพเพื่อแยกพื้นที่ที่เป็นวัตถุออกจากพื้นหลัง การแบ่งส่วนนี้มีประโยชน์ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น การแพทย์ หรือการวิเคราะห์ภูมิศาสตร์ มีการนำไปใช้ดังนี้

- การประเมินผลสำหรับการแบ่งลักษณะของวัตถุในภาพ (การเปรียบเทียบวัตถุ)
- การเชื่อมโยงมุมมองต่าง ๆ ของรูปภาพ เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติของรูปภาพนั้น ๆ โดยแบบจำลองเหล่านี้จะนำมาใช้ในการสร้างต้นแบบหุ่นยนต์ AI

3) การประมวลผลภาพ (Image Processing)

เป็นขั้นตอนในการจัดการและแปลงข้อมูลจากภาพ เพื่อให้คอมพิวเตอร์เข้าใจ และนำไปวิเคราะห์ต่อได้ ตัวอย่างเช่น การปรับความคมชัดของภาพ (Image Sharpening) การลดสัญญาณรบกวน (Noise Reduction) หรือการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Grayscale Conversion)

4) โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks - CNN)

เป็นหนึ่งในสถาปัตยกรรมของปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในงานการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์ โดย CNN นี้จะทำหน้าที่ดึงคุณลักษณะพิเศษจากภาพ เช่น ขอบ เส้น สี หรือรูปแบบของวัตถุ จากนั้นนำคุณลักษณะเหล่านี้มาวิเคราะห์ เพื่อให้สามารถจำแนก หรือระบุวัตถุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การทำงานของระบบปัญญาประดิษฐ์ และการเรียนรู้เชิงลึก

จากการทำงานของการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์ นั้นจะใช้หลักการเรียนรู้เชิงลึกเป็นพื้นฐาน โดยที่ตัวแบบจะต้องได้รับการฝึกด้วยชุดข้อมูลที่มีการติดป้ายกำกับ (Labeled data) เพื่อให้ตัวคอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้เพื่อที่จะรับรู้วัตถุหรือความแตกต่างในภาพได้ โดยการเรียนรู้เหล่านี้สามารถทำผ่านการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) และจะพัฒนาให้ระบบสามารถตรวจจับหรือจำแนกสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ

6) การนำการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์ ไปใช้จริงในงานต่าง ๆ

การรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์ได้ถูกนำไปใช้ในหลากหลายสาขา ปรับปรุงกระบวนการ ลดขั้นตอน ลดเวลาการทำงาน หรือแม้ด้านความปลอดภัยต่าง ๆ ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม ด้านการแพทย์ สุขภาพและความงาม ด้านการขนส่ง การคมนาคม ด้านการเกษตรกรรม ด้านเกมและสื่อบันเทิงต่าง ๆ และด้านกฎหมาย เป็นต้น

2.3.2 ประโยชน์ของการนำการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์ไปใช้

- 1) ยานยนต์อัจฉริยะ ใช้ในรถยนต์อัจฉริยะช่วยให้รถสามารถตรวจจับและระบุวัตถุที่อยู่ในเส้นทาง และปรับการขับขี่เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ นอกจากนี้ยังช่วยในระบบนำทางอัตโนมัติและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบรถยนต์อัจฉริยะ
- 2) สุขภาพและการแพทย์ ใช้เพื่อวิเคราะห์รูปภาพ X-ray, CT scan และ MRI เพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคและพบความผิดปกติทางการแพทย์
- 3) การจัดการโรงงานและการผลิต ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าที่ผลิต ตรวจสอบข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิต และเพิ่มความปลอดภัยในโรงงาน
- 4) การค้นหาข้อมูล ใช้ในการค้นหาสินค้าหรือข้อมูลในร้านค้าออนไลน์ หรือการค้นหาข้อมูลในสื่อสังคมออนไลน์ด้วยการวิเคราะห์รูปภาพและวิดีโอ
- 5) ความปลอดภัยและการตรวจจับอาชญากรรม ใช้ในการตรวจจับการกระทำที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยเช่น การตรวจจับการบุกรุกที่รั่วไหลจากกล้องวงจรปิด และการค้นหาคนหายหรือตรวจจับอาชญากรรมในวิดีโอ
- 6) การส่งมอบและการขนส่ง ใช้เพื่อช่วยในกระบวนการส่งสินค้า ติดตามสินค้าในระหว่างการขนส่ง และวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของถนนและสภาพการจราจร
- 7) สุขภาพและความงาม ใช้ในอุตสาหกรรมสุขภาพและความงาม การแยกแยะสีผิวหน้า วิเคราะห์โครงสร้างเส้นผมและเซลล์ เพื่อให้บริการทางการแพทย์และความงามที่ดีขึ้น
- 8) เกมและสื่อบันเทิง ใช้ในเกมคอมพิวเตอร์และสื่อบันเทิง เช่น การตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้เล่นในเกมแบบความจริงเสริม (Augmented Reality : AR) หรือการใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อสร้างสรรค์ประสบการณ์สื่อบันเทิงที่มีความสมจริงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) **เกษตรกรรม และปศุสัตว์** ใช้ดูแลผักสามารถนำไปเชื่อมต่อเพื่อสร้างระบบฟาร์มอัจฉริยะที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ปริมาณความชื้น แสงแดด เพื่อให้ผลผลิตผลไม้ต่างถิ่นหรือต่างฤดูกาลสามารถเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพในโรงเรือนอัจฉริยะ

10) **การผลิตหุ่นยนต์** ใช้สร้าง AI โดยจะเป็นการนำการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์มาใช้ในการวางแผนสำหรับระบบ AI เพื่อให้ หุ่นยนต์ AI เหล่านั้นในด้านอุตสาหกรรม

11) **การตรวจจับวัตถุ หรือวิเคราะห์โครงสร้าง** ใช้ตรวจจับใบหน้า หรือการแยกแยะวัตถุต่าง ๆ เช่น วัตถุทรงกลม การตรวจสอบความเคลื่อนไหว และความเร็วของวัตถุ

12) **การพิสูจน์ตัวตน (Identification)** เป็นการวิเคราะห์ลักษณะของวัตถุต่าง ๆ เช่น การจดจำใบหน้า การค้นหาใบหน้าที่คล้ายกัน หรือการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของใบหน้า

13) **การตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุ (Motion Tracking)** เช่น รถที่วิ่งอยู่ และวิ่งไปทางซ้ายหรือขวา การนับจำนวนรถยนต์

2.3.3 พื้นที่หรือส่วนที่น่าสนใจของการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์

พื้นที่หรือส่วนที่น่าสนใจภายในภาพหรือข้อมูลที่ถูกเลือกเฉพาะ เพื่อการวิเคราะห์หรือประมวลผลเพิ่มเติม โดยปกติแล้วจะเป็นส่วนของภาพ หรือข้อมูลที่มีความสนใจมากที่สุด หรือมีความสำคัญในบางประการ

1) **ในด้านกราฟิกและการประมวลผลภาพ** สามารถเป็นส่วนของภาพที่มีสีเฉพาะหรือมีความเข้มข้นที่สูงกว่าที่เหลือ หรือส่วนที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น ตำแหน่งของวัตถุที่ต้องการติดตามใบหน้าของคน เป็นต้น

2) **ในการประมวลผลสัญญาณ** อาจหมายถึงช่วงเวลา หรือข้อมูลที่สนใจซึ่งถูกเลือกเพื่อวิเคราะห์ หรือใช้ในการดำเนินการต่าง ๆ อย่างละเอียด

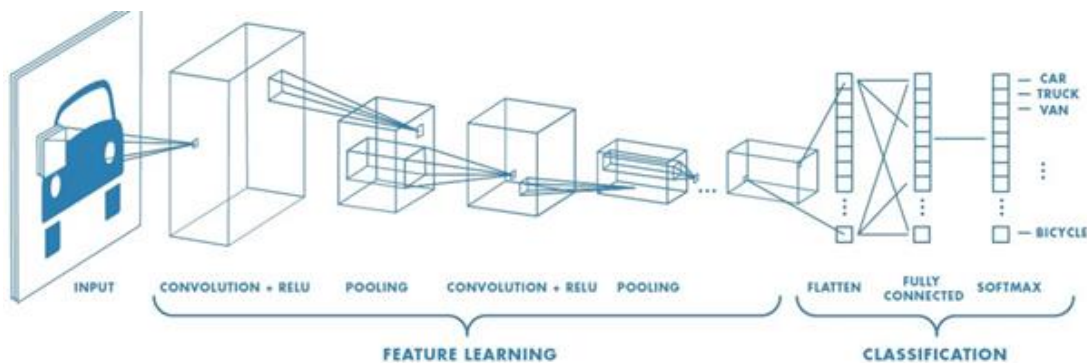
การใช้พื้นที่หรือส่วนที่น่าสนใจ ช่วยลดปริมาณข้อมูลที่ต้องประมวลผลทั้งหมด ทำให้กระบวนการดำเนินการเร็วขึ้น ลดการใช้ทรัพยากร และช่วยให้การวิเคราะห์หรือการประมวลผลเป็นไปได้มากขึ้น

2.4 โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks : CNN)

เป็นการเรียนรู้เชิงลึกชนิดหนึ่ง จะใช้ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นที่มีโครงสร้างเฉพาะตัว โดยถูกออกแบบมาเพื่อการเพิ่มความสามารถในการสกัดเอาคุณลักษณะ (Feature) ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นจากข้อมูล โดย CNN นั้นเหมาะสมอย่างมากกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ (Perceptual Tasks)

CNN นั้นมักจะถูกใช้เพื่อการสกัดคุณลักษณะจากข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง (Unstructured data) อย่างเช่น รูปภาพ เป็นต้น (THAI PROGRAMMER, 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 กระบวนการทำงานของ CNN

ที่มา: THAI PROGRAMMER. (2561)

2.4.1 YOLO (You Only Look Once)

เป็นตัวแบบผ่านการเรียนรู้มาแล้วที่มีขั้นตอนวิธี (Algorithm) ใช้สำหรับการตรวจจับวัตถุ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในด้านความเร็วและความแม่นยำ ขั้นตอนวิธีนี้ถูกพัฒนาให้สามารถทำการตรวจจับวัตถุในภาพโดยทำการแบ่งภาพเป็นช่องตาราง และทำการตรวจหาวัตถุในแต่ละช่องตารางได้ในขั้นตอนเดียว (Single-shot detection) ซึ่งจุดเด่นของ YOLO คือ สามารถทำการตรวจจับได้ในเวลาตามเวลาจริง (Real-time) และเป็นที่ยอมรับใช้งานต่าง ๆ เช่น การจดจำภาพ การตรวจจับวัตถุในวิดีโอ การนำไปใช้ในระบบ AI และรถยนต์ไร้คนขับ เป็นต้น (Zvornicanin, 2024)

YOLOv8 เป็นรุ่นที่พัฒนาเพิ่มเติมจาก YOLO รุ่นก่อนหน้า โดยมีการปรับปรุงหลาย ๆ ด้านเพื่อให้มีความแม่นยำสูงขึ้นและทำงานได้รวดเร็วขึ้น YOLOv8 นั้นยังคงความสามารถหลักของ YOLO เอาไว้ ได้แก่ การตรวจจับวัตถุอย่างรวดเร็ว และการใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำการคำนวณ แต่มีการพัฒนาให้มีคุณลักษณะเพิ่มเติม (Solawetz et al., 2024) ดังนี้

2.4.1.1 มีการปรับปรุงให้มีขนาดตัวแบบเล็กลง แต่ยังคงความแม่นยำที่ดี ทำให้สามารถใช้งานได้ในอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด เช่น อุปกรณ์ IoT หรือมือถือ

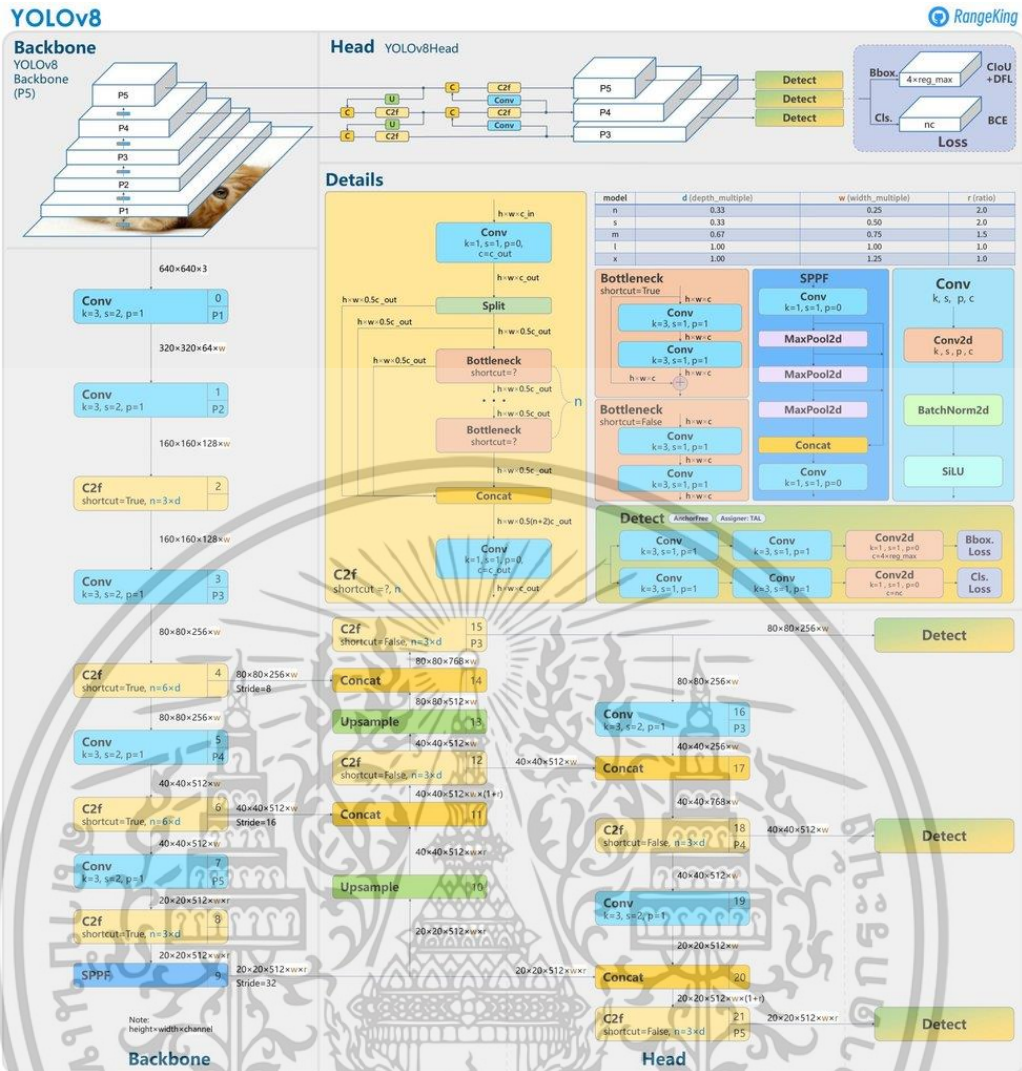
2.4.1.2 รองรับการตรวจจับหลายขนาด (Multi-scale detection) มีการพัฒนาให้สามารถตรวจจับวัตถุหลายขนาดได้ดีขึ้น ทำให้สามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กได้แม่นยำขึ้น

2.4.1.3 การปรับปรุงโครงสร้างภายในของตัวแบบ ทำให้การตรวจจับวัตถุสามารถทำได้เร็วขึ้นกว่า YOLO รุ่นก่อนๆ

2.4.1.4 มีการใช้โครงสร้างหลัก (Backbone) ที่ได้รับการออกแบบมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับงานตรวจจับวัตถุ ตามรูปที่ 2.5

2.4.1.5 สามารถใช้งานได้ยืดหยุ่นมากขึ้นในงานตรวจจับวัตถุทั้งแบบตามเวลาจริงและแบบคงที่ (Static)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของตัวแบบ YOLOv8 ที่มา: King, R. (2023)

สิ่งที่เพิ่มเข้ามาใน YOLOv9 (รุ่นล่าสุด ณ ปี 2024) (Acharya, 2024)

1) โครงสร้างตัวแบบ (Model Architecture)

ใช้เทคนิคใหม่ เช่น กลไกการให้ความสนใจ (Attention Mechanism) เพื่อเพิ่มความสามารถการเน้นในจุดที่สำคัญ ในขณะที่ YOLOv8 ใช้โครงสร้างที่ปรับปรุงจาก YOLO รุ่นก่อน

2) การรองรับงานขนาดเล็ก

สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็กได้แม่นยำกว่า YOLOv8 โดยเฉพาะในฉากที่ซับซ้อน

3) ความเร็วในการฝึกสอน

ได้รับการปรับปรุงให้สามารถฝึกสอนได้เร็วกว่า YOLOv8 และใช้ทรัพยากรน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การรองรับการประมวลผลที่ขอบเครือข่าย (Edge Computing)

ได้รับการออกแบบมาให้เหมาะกับการใช้งานในงานประมวลผลที่ขอบเครือข่ายมากขึ้น ในขณะที่ YOLOv8 ยังเน้นการใช้งานในสภาพแวดล้อมทั่วไป

2.4.2 SSD (Single Shot Multibox Detector)

เป็นขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการตรวจจับวัตถุที่ใช้สำหรับการตรวจหาและทำนายตำแหน่งของวัตถุในภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนวิธีนี้สามารถทำนายกรอบที่ล้อมรอบวัตถุ (Bounding Box) และประเภทของวัตถุได้ในขั้นตอนเดียวโดยไม่ต้องใช้วิธีการทำหลายขั้นตอน เหมือนกับ R-CNN ทำงานโดยแบ่งภาพออกเป็นหลายช่องตาราง (Grid) และตรวจจับวัตถุในทุกช่องตาราง จากนั้นจะสร้างกรอบการตรวจจับจากแต่ละช่องตารางออกมาแล้วทำการคำนวณคะแนนความมั่นใจว่ามีวัตถุอยู่ในกรอบนั้น ทำให้จุดเด่นของ SSD คือ ความเร็วและความสามารถในการตรวจจับวัตถุในหลายขนาด (Multi-scale Object Detection) พร้อมกันได้ดี

จุดเด่นของ SSD

1) ความเร็วสูง

SSD ออกแบบให้ทำงานได้รวดเร็ว จึงเหมาะกับงานที่ต้องการผลลัพธ์แบบตามเวลาจริง (Real-time)

2) สามารถตรวจจับวัตถุได้หลายขนาด

มีการตรวจจับวัตถุในหลายขนาดและระดับในภาพเดียวได้

3) ใช้โครงสร้างของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

SSD ใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเป็นแกนกลางเพื่อทำการตรวจจับวัตถุ

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่าง YOLOv8 YOLOv9 และ SSD

การเปรียบเทียบ	YOLOv8	YOLOv9	SSD
สถาปัตยกรรม	ตัวตรวจจับแบบขั้นตอนเดียว (One-stage Detector)	ตัวตรวจจับแบบขั้นตอนเดียว	ตัวตรวจจับแบบขั้นตอนเดียว
ความเร็ว	เร็วมาก	เร็วขึ้นกว่า YOLOv8	เร็วพอสมควร
ความแม่นยำ	สูง	สูงขึ้นกว่า YOLOv8	แม่นยำดี โดยเฉพาะวัตถุขนาดเล็ก
ความซับซ้อนของตัวแบบ	ปรับปรุงตัวแบบให้ยืดหยุ่นได้	เพิ่มความยืดหยุ่น และการประมวลผล	มีความเรียบง่ายกว่า YOLO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่าง YOLOv8 YOLOv9 และ SSD (ต่อ)

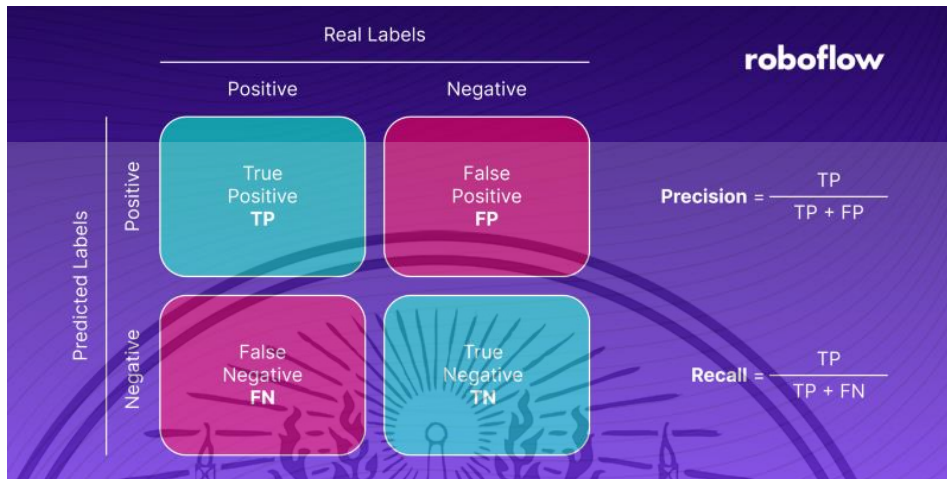
การเปรียบเทียบ	YOLOv8	YOLOv9	SSD
ประสิทธิภาพแบบเวลาจริง (Real-time)	เหมาะกับการตรวจจับตามเวลาจริง	ดียิ่งขึ้นกว่า YOLOv8 ในงานตามเวลาจริง	ดีแต่ไม่เท่า YOLO
คุณลักษณะที่ได้รับจากการปรับปรุง	ปรับปรุงโครงสร้างหลัก, รองรับการติดตามวัตถุ (Object Tracking)	ปรับปรุงทั้งโครงสร้างหลักและการตรวจจับหลายขนาด	ใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้สถาปัตยกรรมพีระมิดในการสร้างคุณลักษณะ (Feature Pyramid Network : FPN) เพื่อจับวัตถุขนาดเล็ก
กรณีการใช้งาน	ใช้ในงานตรวจจับวัตถุทั่วไป งาน AI ทั่วไป	เหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำและความเร็วสูงมาก	ใช้ในงานตรวจจับที่มีวัตถุหลายขนาด
ความต้องการชุดข้อมูลที่ใช้ฝึก	ต้องการชุดข้อมูลขนาดใหญ่พอสมควร	ต้องการชุดข้อมูล และกำลังประมวลผลที่สูงขึ้น	ไม่ต้องการทรัพยากรมากเท่ากับ YOLO
ขนาดของการตรวจจับวัตถุ	ตรวจจับวัตถุขนาดเล็ก-ใหญ่ได้ดี	ตรวจจับวัตถุทุกขนาดแม่นยำยิ่งขึ้น	ตรวจจับวัตถุขนาดเล็กได้ดีกว่า YOLO บางรุ่น
การจัดการความซับซ้อนเบื้องหลัง	ดีเยี่ยม	ปรับปรุงดีกว่า YOLOv8	จัดการเบื้องหลังที่ซับซ้อนได้พอสมควร

จากตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของ YOLOv8 YOLOv9 และ SSD จะเห็นได้ว่า YOLO มีประสิทธิภาพดีกว่า SSD ในแง่ความสามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ได้ดีกว่า ทั้งนี้ YOLO ที่ใช้ในการพัฒนาระบบนี้ได้เลือกใช้ YOLOv8 เนื่องจากช่วงเวลาในการพัฒนาระบบคือปี 2023 ซึ่งเป็น YOLO รุ่นล่าสุดในขณะนั้น อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่นำไปใช้แพร่หลายมากกว่า YOLOv9 ที่เพิ่งออกมาในปี 2024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของตัวแบบการตรวจจับวัตถุ (Evaluate Metrics)

ค่าที่ใช้เพื่อประเมินว่าตัวแบบมีความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุมากน้อยเพียงใดในการตรวจจับวัตถุ (เปเมิกา, 2566) มีดังนี้



รูปที่ 2.6 เมทริกซ์ความสับสน ค่าความเที่ยง และค่าการเรียกคืน
ที่มา: Solawetz, J. (2020)

2.5.1 ค่าความเที่ยง (Precision)

เป็นค่าที่ใช้วัดความถูกต้องของการตรวจจับวัตถุของตัวแบบ โดยแสดงให้เห็นว่าในบรรดาวัตถุที่ตัวแบบตรวจจับได้ มีจำนวนเท่าไรที่ถูกต้องจริง ตามสมการที่ 2.1

$$\begin{aligned}
 \text{Precision} &= \frac{\text{จำนวนวัตถุที่ตัวแบบตรวจจับได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนวัตถุที่ตัวแบบตรวจจับได้ถูกต้อง} + \text{จำนวนวัตถุที่ตัวแบบตรวจจับผิด}} \\
 &= \frac{\text{True Positive (TP)}}{\text{True Positive (TP)} + \text{False Positive (FP)}} \tag{2.1}
 \end{aligned}$$

โดยค่าความเที่ยงจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากมีค่าที่สูงขึ้นหมายความว่าตัวแบบมีความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุ และตรวจจับวัตถุที่ไม่ใช่เป้าหมายน้อยลง

2.5.2 ค่าการเรียกคืน (Recall)

เป็นค่าที่ใช้วัดความสามารถของตัวแบบในการตรวจจับวัตถุที่อยู่ในชุดข้อมูลจริงทั้งหมด (True Positive) ได้อย่างครอบคลุม ตามสมการที่ 2.2

$$\begin{aligned}
 \text{Recall} &= \frac{\text{จำนวนวัตถุที่ตัวแบบตรวจจับได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนวัตถุที่ตัวแบบตรวจจับได้ถูกต้อง} + \text{จำนวนวัตถุที่มีอยู่จริง แต่ตัวแบบตรวจจับไม่เจอ}} \\
 &= \frac{\text{True Positive (TP)}}{\text{True Positive (TP)} + \text{False Negative (FN)}} \tag{2.2}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าการเรียกคืนจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากมีค่าที่สูงขึ้นแสดงว่าตัวแบบสามารถตรวจจับวัตถุได้มาก และครอบคลุม

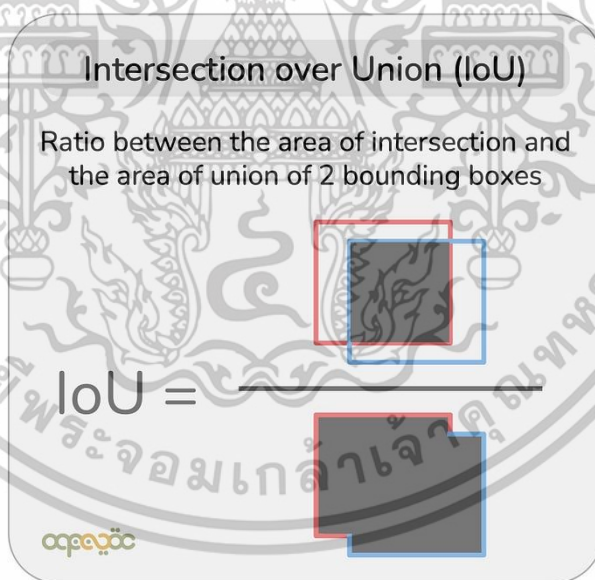
2.5.3 ค่าคะแนน F1

เป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของตัวแบบในการตรวจจับวัตถุ โดยเป็นค่าเฉลี่ยเชิงฮาร์โมนิก (Harmonic Mean) ของค่าความเที่ยง และค่าการเรียกคืน ทำให้เกิดค่าที่สมดุลของทั้ง 2 ค่านี้ ตามสมการที่ 2.3

$$\begin{aligned} \text{F1 Score} &= 2 \times \frac{\text{ค่าความเที่ยง} \times \text{ค่าการเรียกคืน}}{\text{ค่าความเที่ยง} + \text{ค่าการเรียกคืน}} \\ &= 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \end{aligned} \quad (2.3)$$

โดยค่าคะแนน F1 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแบบมีประสิทธิภาพดีมาก สามารถตรวจจับวัตถุที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ และในขณะเดียวกันก็สามารถตรวจจับวัตถุตามเป้าหมายได้อย่างครบถ้วน

2.5.4 อัตราส่วนพื้นที่ทับซ้อนต่อพื้นที่รวมทั้งหมด (Intersection over Union : IoU)



รูปที่ 2.7 อธิบายแผนภาพอัตราส่วนพื้นที่ทับซ้อนต่อพื้นที่รวมทั้งหมด

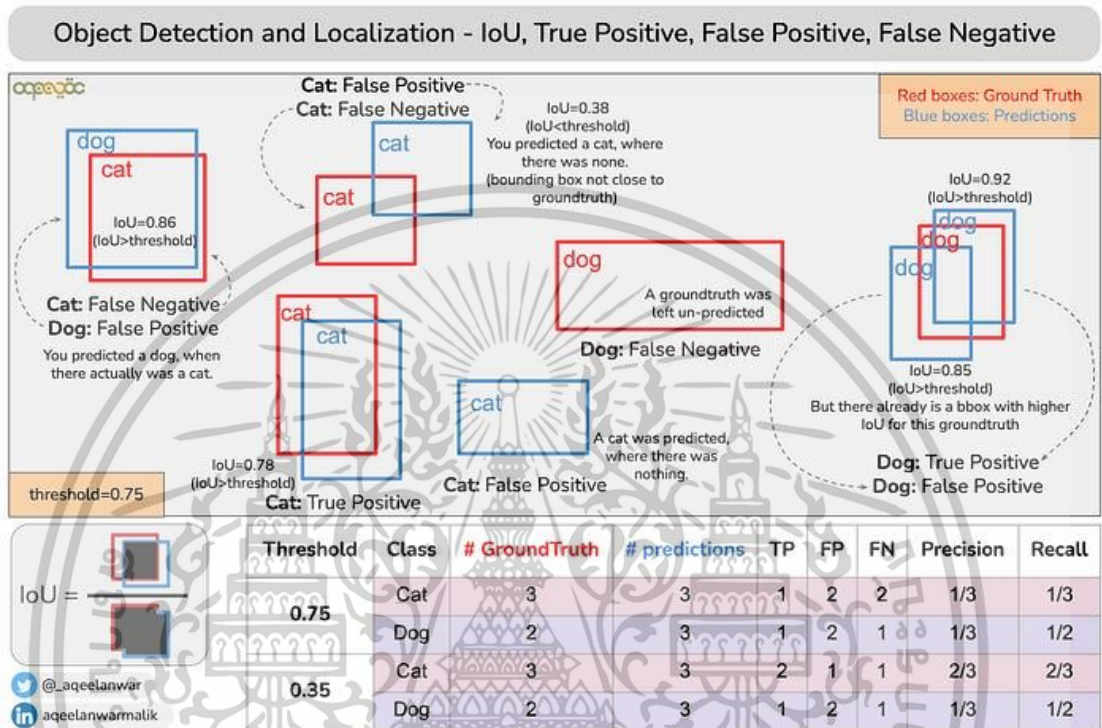
ที่มา: Anwar, A. (2022)

เป็นค่าที่ใช้วัดความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุในรูปภาพ โดยจะคำนวณจากการแบ่งพื้นที่ระหว่างส่วนที่ซ้อนทับกัน (Intersection) ระหว่างกรอบที่ตัวแบบตรวจจับได้ (Predicted Bounding Box) กับกรอบที่ถูกต้องตามข้อมูลจริง (Ground Truth Bounding Box) และพื้นที่ทั้งหมดที่ครอบคลุม (Union) ของทั้งสองกรอบนั้น ตามสมการที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$IoU = \frac{\text{พื้นที่ที่ซ้อนทับกัน}}{\text{พื้นที่รวมของกรอบทั้งสอง}} \quad (2.4)$$

โดยค่า IoU จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากมีค่าที่สูงขึ้นบ่งบอกว่าตัวแบบตรวจจับวัตถุได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากขึ้น



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า IoU กับ Confusion Matrix Precision Recall ที่มา: Anwar, A. (2022)

2.5.5 ค่าความเที่ยงเฉลี่ย (Average Precision)

เป็นค่าเมตริกที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบการตรวจจับวัตถุ โดยเฉพาะในการวัดความแม่นยำของการทำนายตำแหน่งและประเภทของวัตถุในรูปภาพ และเป็นค่าที่คำนวณจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเที่ยง และการเรียกคืน โดยคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ (Area Under Curve - AUC) ระหว่างค่าความเที่ยง และค่าการเรียกคืน ที่ระดับ IoU ที่กำหนดไว้ ตามสมการที่ 2.5 เป็นการวัดความสามารถของตัวแบบในการตรวจจับวัตถุในภาพอย่างแม่นยำในทุกช่วงของการทำนายผล

$$AP_k = \int_0^1 p(r)dr \quad (2.5)$$

โดยที่ p เป็นค่าความเที่ยง

r เป็นค่าการเรียกคืน

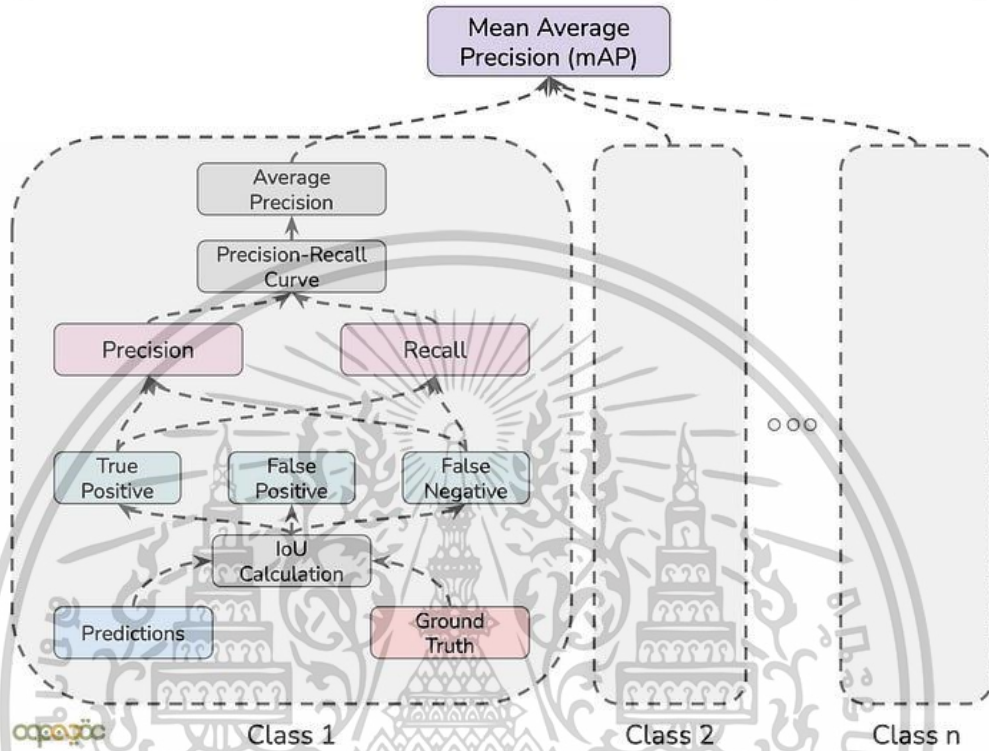
AP_k เป็นค่าความเที่ยงเฉลี่ย (AP) ของคลาส k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าความเที่ยงเฉลี่ย จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งถ้ายังมีค่ามาก หมายถึงตัวแบบสามารถตรวจจับวัตถุได้แม่นยำมากขึ้น

2.5.6 ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ย

How to calculate mean average precision (mAP)



รูปที่ 2.9 การคำนวณ mAP

ที่มา: Anwar, A. (2022)

เป็นค่าที่ ถูกใช้ในการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบของการรับรู้ภาพโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งมาจากค่าความเที่ยงเฉลี่ย (Average Precision) ที่ถูกคำนวณจากทุกคลาสในตัวแบบ เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้เพื่อเปรียบเทียบทั้งระหว่างตัวแบบต่าง ๆ ในงานเดียวกัน หรือระหว่างรุ่น (Version) ต่าง ๆ ของตัวแบบเดียวกัน ตามสมการที่ 2.6

$$mAP = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{k=n} AP_k \quad (2.6)$$

โดยที่ n เป็นจำนวนคลาสทั้งหมด

AP_k เป็นค่าความเที่ยงเฉลี่ย (AP) ของคลาส k

mAP เป็นค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ย

โดยค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ย จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากค่ายิ่งมาก จะหมายความว่าตัวแบบสามารถระบุตำแหน่งของวัตถุในภาพได้อย่างแม่นยำ (ค่าความเที่ยงสูง) และสามารถตรวจจับวัตถุได้ครบถ้วน (ค่าการเรียกคืนสูง) ในหลายประเภทของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ฐานข้อมูล

ข้อมูลในปัจจุบันมีมูลค่าสูง สำคัญต่อทุกองค์กรและทุกธุรกิจ หากมีข้อมูลและนำมาปรับใช้กับธุรกิจได้ย่อมได้เปรียบและทำให้เหนือคู่แข่งได้ ดังนั้นองค์กรทุกองค์กรจำเป็นต้องมีฐานข้อมูลเป็นของตัวเองเพื่อไว้จัดเก็บ จัดการและดูแลข้อมูล นอกจากนี้ยังเป็นการแก้ไขปัญหาแบบครบวงจรสำหรับการเก็บ ค้นหา วิเคราะห์ ข้อมูลขององค์กรได้อย่างเป็นระบบ (Amazon Web Service, 2024)

2.6.1 SQLite3

เป็นไลบรารีที่ถูกสร้างโดยใช้ภาษา C เพื่อเป็นตัวจัดการฐานข้อมูล (Database engine) สำหรับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) ที่มีน้ำหนักเบาและเป็นประเภทฝังตัว (Embedded) ในโปรแกรมโดยไม่ต้องมีการตั้งค่าเซิร์ฟเวอร์ (Zero-configuration) หรือจัดการระบบซับซ้อน และมีความสามารถในการจัดการฐานข้อมูลด้วย SQL อย่างครบถ้วน (Full Features) เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันขนาดเล็กหรือการทดลองที่ไม่ต้องการการประมวลผลซับซ้อน การใช้งานร่วมกับ Streamlit และ YOLO สามารถช่วยให้นักพัฒนาสร้างแอปพลิเคชันที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ โดยไม่ต้องตั้งค่าเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Marupat, 2565)

ความสำคัญของ SQLite3

- 1) ประสิทธิภาพสูงสำหรับโปรแกรมขนาดเล็ก SQLite3 เหมาะกับการเก็บข้อมูลในแอปพลิเคชันที่ไม่ต้องการประสิทธิภาพสูงระดับองค์กร เช่น แอปพลิเคชันเว็บขนาดเล็กที่ต้องจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้หรือผลลัพธ์จากตัวแบบที่ประมวลผลแล้ว
- 2) การติดตั้งและจัดการง่าย เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลฝังตัว ไม่ต้องการการตั้งค่าเซิร์ฟเวอร์หรือการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลภายนอก การใช้งานจึงง่ายและไม่ยุ่งยากในการติดตั้ง
- 3) การเก็บข้อมูลในไฟล์เดียว ข้อมูลทั้งหมดถูกเก็บในไฟล์เดียวที่สามารถคัดลอก ย้ายหรือสำรองข้อมูลได้ง่ายมาก ซึ่งสะดวกต่อการใช้งานในโครงการที่ไม่ต้องการการจัดการฐานข้อมูลที่ซับซ้อน

ประโยชน์ของการใช้ SQLite3

- เหมาะสมกับการพัฒนาโปรแกรมที่เล็กและพกพาได้
- ไม่มีการตั้งค่าเซิร์ฟเวอร์ ไม่จำเป็นต้องตั้งค่าระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่ให้ยุ่งยาก
- เบาและเร็ว ด้วยความเป็นระบบฐานข้อมูลที่ฝังตัว SQLite3 ทำงานได้เร็วสำหรับการทำงานแบบ local และยังใช้ทรัพยากรระบบน้อยมาก
- ใช้งานง่ายในแอปพลิเคชันทดลองหรือการพัฒนา นักพัฒนาสามารถใช้ SQLite3 ในช่วงเริ่มต้นของโครงการได้ง่าย โดยไม่ต้องพึ่งพาฐานข้อมูลขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานร่วมกับ Streamlit

- การจัดการข้อมูลผลลัพธ์ตัวแบบ ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วย Streamlit สำหรับการทำการเรียนรู้ของเครื่อง หรือการประมวลผลตัวแบบ (เช่น YOLO) SQLite3 สามารถใช้เก็บผลลัพธ์จากการคำนวณ หรือข้อมูลที่ใช้กรอกในอินเทอร์เน็ตเพช
- ประหยัดทรัพยากร เนื่องจาก Streamlit เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การสร้างเว็บแอปพลิเคชันเป็นไปได้ง่ายและรวดเร็ว SQLite3 ช่วยเสริมให้แอปพลิเคชันเล็ก ๆ ไม่ต้องการการตั้งค่าระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่

การใช้ SQLite3 กับ Pretrained Model อย่าง YOLO

เมื่อใช้ตัวแบบที่ผ่านการฝึกแล้ว (Pretrained Models) เช่น YOLO สำหรับการตรวจจับวัตถุ อาจต้องการเก็บผลลัพธ์ของการตรวจจับวัตถุในแต่ละภาพหรือวิดีโอ ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

- 1) การเก็บผลลัพธ์การตรวจจับ สามารถใช้ SQLite3 ในการเก็บตำแหน่งกรอบที่ล้อมรอบวัตถุ, คะแนนความมั่นใจ (Confidence score) และข้อมูลอื่น ๆ ของการตรวจจับวัตถุจากตัวแบบ YOLO
- 2) การประมวลผลข้อมูลวิดีโอ เมื่อประมวลผลวิดีโอด้วย YOLO และต้องการเก็บข้อมูลผลลัพธ์การตรวจจับในแต่ละกรอบ SQLite3 สามารถใช้เพื่อเก็บข้อมูลนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพในไฟล์ฐานข้อมูลเดียว

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระหว่าง SQLite2 SQLite3 และ MongoDB

การเปรียบเทียบ	SQLite2	SQLite3	MongoDB
โครงสร้างข้อมูล	ไม่มีการสนับสนุนพีเจอร์ขั้นสูง	รองรับพีเจอร์ขั้นสูงมากขึ้น	อิงตามเอกสาร (Document-based)
รองรับหลายการเชื่อมต่อ	ไม่ดี	ปรับปรุงดีขึ้น	ดี
ACID compliance	ไม่สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
การรองรับพีเจอร์	พื้นฐาน	รองรับการทำงานขั้นสูง เช่น Foreign keys, trigger	รองรับการจัดเก็บข้อมูลแบบ JSON
ความเร็ว	เร็วกว่าในบางกรณี	ปรับปรุงประสิทธิภาพดีขึ้น	เร็วในกรณีที่ใช้ NoSQL
การใช้พื้นที่	น้อย	น้อยมาก	สูงในกรณีข้อมูลเยอะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระหว่าง SQLite2 SQLite3 และ MongoDB (ต่อ)

การเปรียบเทียบ	SQLite2	SQLite3	MongoDB
การปรับแต่ง	จำกัด	ปรับแต่งได้ดีกว่า	รองรับการขยายได้ดี (Scalable)
กรณีใช้งาน	ใช้ในแอปพลิเคชัน ฝั่งตัวง่าย ๆ	ใช้ในแอปฝั่งตัว, แอปพลิเคชันมือถือ	ระบบเก็บข้อมูลที่ไม่ มีโครงสร้าง

2.7 แอปพลิเคชัน LINE

เป็นแอปพลิเคชันตัวหนึ่งที่ใช้ในการติดต่อพูดคุยสื่อสารกับอีกบุคคลหนึ่ง ซึ่งใช้อินเทอร์เน็ตในการพูดคุยติดต่อสื่อสาร สามารถใช้แชท โทร วิดีโอคอลหาผู้อื่นได้ โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ และสามารถโทรได้ตลอดไม่จำกัดระยะเวลา สามารถพูดคุยโดยเห็นหน้าซึ่งกันและกันโดยการเปิดกล้องได้ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของอินเทอร์เน็ต ส่งผลต่อคุณภาพของภาพหรือเสียงที่คุยติดต่อกัน

ในปัจจุบันแอปพลิเคชันไลน์ได้พัฒนามีลูกเล่นต่าง ๆ ตามมามากมาย ไม่ว่าจะเป็นเกมส์ สติกเกอร์ ธีม (Theme) ไลน์ทูเดย์ (LINE Today) ไลน์แมน (LINE Man) ไลน์เพย์ (LINE Pay) และ ไลน์เว็บตูน (LINE Webtoon) เป็นต้น ซึ่งแอปพลิเคชันแต่ละตัวก็มีความสามารถและหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นแอปพลิเคชันไลน์จึงเป็นที่นิยมกันมากทั้งในกลุ่มของวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่หรือวัยกลางคน เนื่องจากไลน์สามารถปกปิดข้อมูลของตนเองได้ดีกว่า Facebook (เฟซบุ๊ก) แต่วัยรุ่นจะนิยมเล่น Facebook มากกว่า เพราะสามารถแสดงข้อมูลของตนเองได้มากกว่า วัยรุ่นส่วนใหญ่จะชอบแสดงตัวตนให้คนอื่นรับรู้ เพื่อดึงดูดความสนใจจากผู้อื่น เนื่องจากกำลังอยู่ในวัยที่ต้องการความรักหรือความสนใจจากผู้อื่น (Sehl, 2021)

2.7.1 บริการแจ้งเตือนข้อความ

บริการที่คุณสามารถได้รับข้อความแจ้งเตือนจากบริการผ่านเว็บ (Web Services) ต่าง ๆ ที่คุณสนใจได้ทาง LINE โดยหลังเสร็จสิ้นการเชื่อมต่อกับทางบริการผ่านเว็บแล้ว คุณจะได้รับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการของ “LINE Notify” ซึ่งให้บริการโดย LINE คุณสามารถเชื่อมต่อกับบริการที่หลากหลาย และยังสามารถรับการแจ้งเตือนทางกลุ่มได้อีกด้วย ซึ่งบริการหลัก ๆ ที่สามารถเชื่อมต่อได้แก่ GitHub, IFTTT หรือ Mackerel เป็นต้น (Tattiphong, 2563)

วิธีใช้งาน

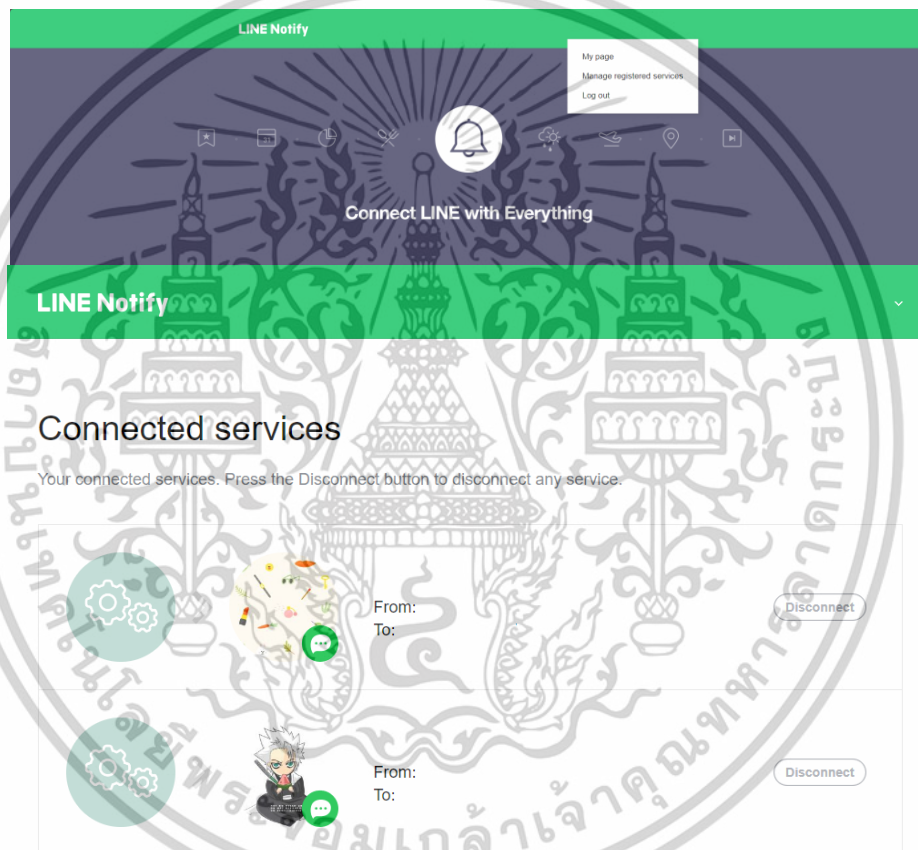
ใช้ LINE notify เพื่อแจ้งสถานะการออนไลน์ไปอีกระบบปลายทางได้ จึงทำให้สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนจากบริการต่าง ๆ หรืออุปกรณ์ใด ๆ ที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต และสามารถเชื่อมด้วย HTTP Post มายังบัญชี (Account) ที่ต้องการได้ ซึ่งการใช้งานโดยรวมของ LINE notify จะมีรูปแบบดังนี้ คือ ต้องสร้างรหัสยืนยัน (Token) ของบัญชีในระบบของ LINE จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

เก็บรหัสยืนยันนี้เอาไว้ แล้วเมื่อต้องการที่จะส่งข้อความแจ้งเตือนต่าง ๆ จะใช้รหัสยืนยันนี้เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านทาง HTTP Post

การขอรหัสยืนยันของ LINE notify

ในการขอรหัสยืนยันจะต้องมีบัญชี LINE ก่อน โดยสามารถสมัครใช้ LINE Notify ได้ที่ <https://notify-bot.line.me/th/> และทำการเพิ่มบัญชี LINE Notify เป็นเพื่อนก่อนด้วยและเมื่อเพิ่มเรียบร้อยแล้ว ตัวบัญชี LINE Notify จะส่งข้อความมาทักทายเราโดยอัตโนมัติ ให้เราเข้าเว็บไซต์ LINE Notify ต่อจากนั้นให้เราเข้าสู่ระบบด้วยบัญชี LINE แล้วเข้าไปเลือกที่ “หน้าของฉัน” แล้วเลือก “ออก Token”



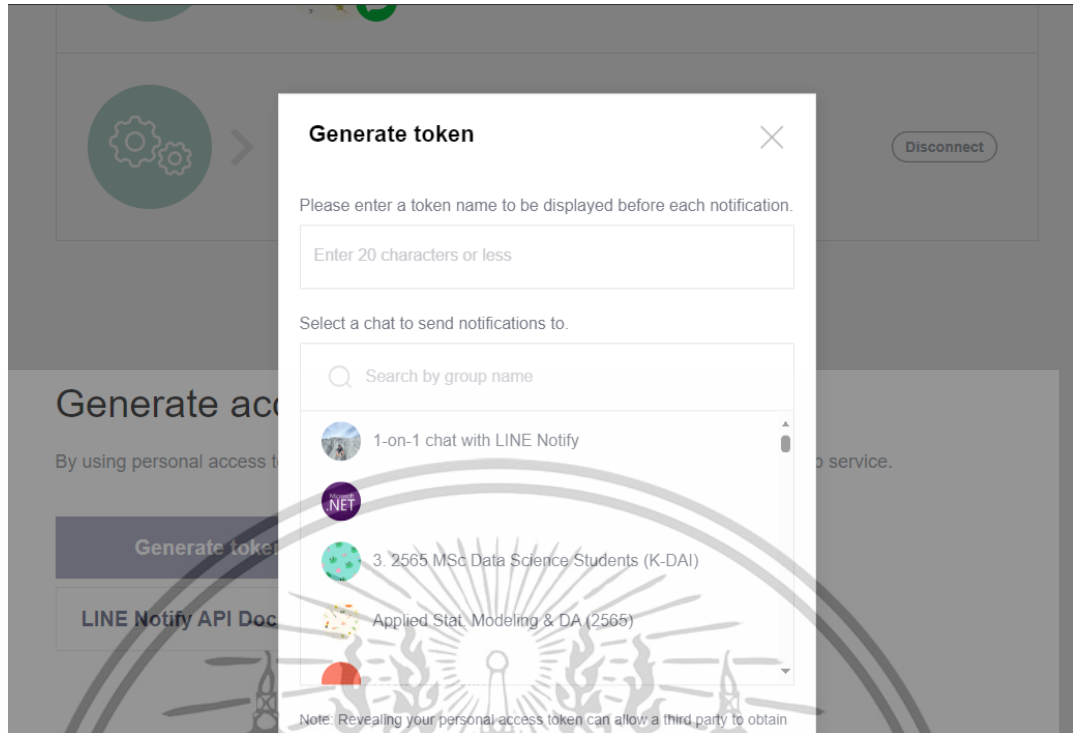
ออก Access Token (สำหรับผู้พัฒนา)

เมื่อใช้ Access Token แบบบุคคล จะสามารถจัดการแจ้งเตือนได้โดยไม่ต้องลงทะเบียนกับเร็นเซอร์วิส



รูปที่ 2.10 วิธีการขอรหัสยืนยันบน LINE Notify

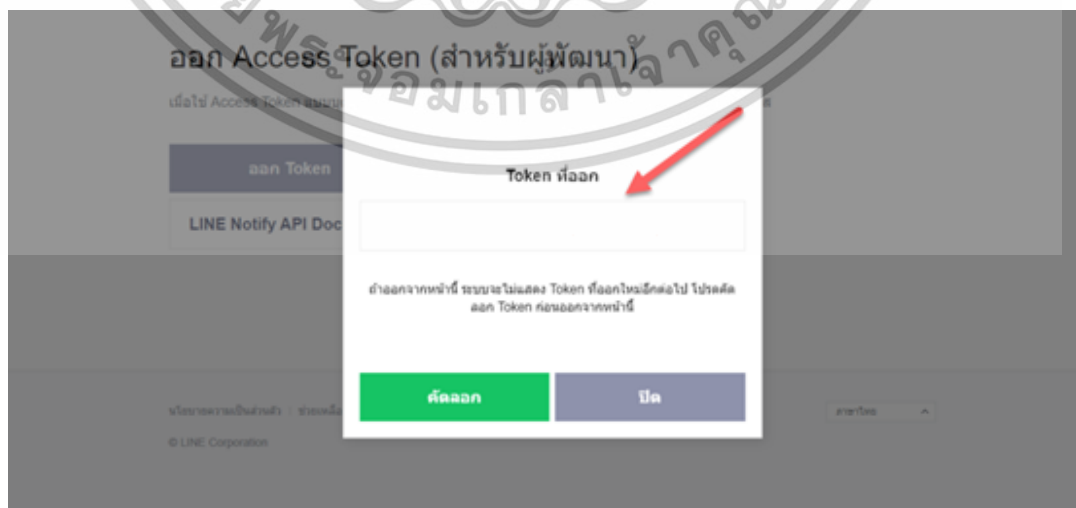
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการสร้างรหัสยืนยันบน LINE Notify

ให้เราใส่ชื่อสำหรับรหัสยืนยัน โดยจะใช้ชื่ออะไรก็ได้ตามสะดวก เช่น หากกรอกว่า แจ้งเตือน เมื่อใช้ API ส่งข้อความว่า “สวัสดีครับ” ข้อความจะขึ้นว่า “แจ้งเตือน: สวัสดีครับ” เป็นต้น ส่วนในห้องพูดคุย สามารถเลือกได้ทั้งแบบโต้ตอบส่วนตัว หรือเลือกโต้ตอบเป็นกลุ่มได้ ถ้าหากมีหลายกลุ่ม LINE จะสามารถออกรหัสยืนยันได้หลายครั้ง

กรณีให้โต้ตอบเป็นกลุ่ม LINE จะต้องเพิ่มบัญชี LINE Notify เข้าไปในกลุ่มด้วย แล้วจึงเลือก “ออก Token”



รูปที่ 2.12 รหัสยืนยันที่ระบบออกให้บนเว็บ LINE Notify

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้รับหส์ยืนยันมา ให้คัดลอกเก็บไว้ เพราะจะไม่สามารถกลับมาเปิดที่หลังได้ โดย บัญชี LINE Notify จะส่งข้อความมาบอกว่าเชื่อมต่อหส์ยืนยันให้แล้วเรียบร้อย จากนั้นจะให้เห็น บริการที่เชื่อมต่อที่สามารถใช้งานได้ ให้เรานำหส์ยืนยันที่ได้ ไปกรอกในหน้าเว็บ หรือส่งให้ผู้พัฒนา เว็บไซต์ที่ต้องการ เป็นอันเสร็จเรียบร้อย

2.8 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา

2.8.1 ภาษาไพทอน (Python)

ภาษาโปรแกรมที่มามีความแข็งแรงมากที่สุดในยุคปัจจุบัน ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1989 โดย Guido Van Rossum นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ชาวเนเธอร์แลนด์ โดยถูกจัดอยู่ในจำพวกภาษาแบบแปล คำสั่งหรือโค้ดขณะรันคำสั่ง (Interpreted Programming Language) ซึ่งเป็นภาษาที่ตรงกันข้ามกับ ภาษาที่คำสั่งต้องถูกแปลงทั้งหมดก่อน ถึงจะรันโปรแกรมได้ (Compiled Language) เช่น C, C++, Java เป็นต้น

ภาษาไพทอนได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีรุ่นใหม่ออกมาอย่างสม่ำเสมอ ซึ่ง ปัจจุบันภาษาไพทอนเป็นหนึ่งในภาษาโปรแกรมที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก โดยมีชุมชน นักพัฒนาขนาดใหญ่นำไปใช้งานได้หลากหลาย รวมถึงการพัฒนาเว็บ (Web Development) การ วิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่อง (AI & Machine Learning) เป็นต้น (DH Team, 2567)

จุดเด่นของภาษาไพทอน

- 1) ไวยากรณ์ (Syntax) ของภาษาอ่านและทำความเข้าใจได้ง่าย มีความตรงไปตรงมา คล้ายคลึงกันกับภาษาอังกฤษ
- 2) สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายด้าน เช่น Web Development, Data Science, AI & Machine Learning, GUI, Automation, Network Systems, Games และ Web Scraping
- 3) มีสังคม (community) ขนาดใหญ่ มีแหล่งเรียนรู้มาก อันเนื่องมาจากความนิยมของ ภาษา
- 4) Python เป็นซอฟต์แวร์แบบเปิด (Open Source) สามารถโหลดใช้งานได้ฟรี ไม่ต้อง มีค่าใบอนุญาต (License) ต่าง ๆ
- 5) มีไลบรารีต่าง ๆ มากมายที่เหมาะสมกับงานที่ต้องการให้เลือกใช้งาน

จุดด้อยของภาษาไพทอน

- 1) ในด้านความเร็ว ถือว่าเป็นภาษาที่มีความเร็วในการประมวลผลช้ากว่าภาษา คอมไพล์ เช่น C, C++, Java เป็นต้น เพราะภาษาไพทอนจะจัดการหน่วยความจำให้อัตโนมัติ ส่วน หนึ่งตอนกำหนดตัวแปร และไม่จำเป็นต้องกำหนด Type ของตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ภาษาไพทอนไม่เป็นที่นิยมสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือ (Mobile Application) โดยเฉพาะ แต่สามารถใช้ทำเป็นอินเทอร์เฟซในการเขียนโปรแกรมประยุกต์ (API) ทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ของแอปพลิเคชันมือถือได้

งานที่ใช้ภาษาไพทอน

2.8.1.1 วิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Science)

เป็นสายงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการจัดการกับข้อมูล เช่น การรวบรวมข้อมูล (Data Manipulation) การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing) การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) และการแสดงผลข้อมูล (Data Visualization) เป็นต้น

สาเหตุที่ภาษาไพทอนได้รับความนิยมในนักวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Scientists) เนื่องจากความสามารถในการอ่านข้อมูล ประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่น และความสะดวกในการใช้งาน รวมไปถึงระบบนิเวศ (Ecosystem) ที่เอื้ออำนวยของภาษาไพทอนที่มีมากกว่าภาษาอื่น ๆ ไลบรารีภาษาไพทอนที่นิยม คือ Pandas, NumPy, SciPy, OpenCV, Matplotlib และ Plotly

2.8.1.2 การพัฒนาเว็บ (Web Development)

ภาษาไพทอนเป็นอีกหนึ่งภาษายอดนิยมสำหรับทำเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน โดยจะทำหน้าที่ในส่วนของหลังบ้านหรือที่มักเรียกกันว่า Back-end หรือฝั่งเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server-side) ซึ่งเป็นส่วนที่ผู้ใช้มองไม่เห็น โดยส่วนของหลังบ้านนี้จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลและติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ รวมถึงการประมวลผลข้อมูลหรือติดต่อสื่อสารกับฐานข้อมูล (Database)



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างกรอบงานทางด้านการพัฒนาเว็บด้วยภาษาไพทอน

ที่มา: DH Team. (2567)

โดยกรอบงานที่ได้รับความนิยมในด้านการพัฒนาเว็บมีอยู่หลายตัว เช่น Django, Flask และกรอบงานใหม่อย่าง FastAPI เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.3 งานด้านปัญญาประดิษฐ์ และการเรียนรู้ของเครื่อง (AI & Machine Learning)

ทั้งการเรียนรู้ของเครื่อง (ML) และปัญญาประดิษฐ์ (AI) เป็นอีกสายงานที่ภาษาไพทอนมีความโดดเด่นเป็นอย่างมาก นำมาซึ่งเครื่องมือต่าง ๆ มากมายให้เลือกใช้ และยังมีไลบรารีและแพ็คเกจต่าง ๆ มากมาย รวมถึงมีบริษัทใหญ่ ๆ ด้านนี้ให้ ตัวอย่างเช่น TensorFlow (Google เป็นผู้พัฒนา) หรือ PyTorch (Meta หรือ Facebook เดิมเป็นผู้พัฒนา) ไลบรารีภาษาไพทอนที่นิยมอื่น ๆ เช่น Keras, Scikit-Learn, Theano เป็นต้น

2.8.1.4 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับแอปพลิเคชันเดสก์ท็อป (GUI)

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน หรือ Graphical User Interface (GUI) สำหรับภาษาไพทอนจะมีไลบรารีด้านนี้อยู่หลายตัว โดยตัวที่เป็นมาตรฐาน (ติดตั้งแล้ว) คือ Tkinter ซึ่งสามารถเขียนครั้งเดียว รันได้ทุกแพลตฟอร์ม (Cross Platform) ไม่ว่าจะเป็น Windows, macOS หรือ Linux และถึงแม้ Tkinter จะใช้งานง่าย แต่มีข้อเสียคืออินเทอร์เฟซส่วนติดต่อผู้ใช้งานอาจดูเก่าโบราณ ดังนั้นอาจจะไม่เหมาะสม จึงมีอีกตัวที่แนะนำ คือ PyQt และ PySide โดยทั้ง 2 ตัวนี้จะมี QT designer มาให้ในตัว และมีส่วนประกอบ (Component) ที่สวยงามมากกว่า Tkinter ด้วย ไลบรารีภาษาไพทอนที่นิยมอื่น ๆ เช่น wxPython, Kivy, PyGUI เป็นต้น

2.8.1.5 การดึงข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ (Web Scraping and automation)

ขั้นตอนการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ หรือเรียกกันว่า Web Scraping โดยภาษาไพทอนมีไลบรารีที่เกี่ยวข้องในงานด้านนี้ที่นิยม เช่น BeautifulSoup เป็นไลบรารีสำหรับจัดการสกัดเอาข้อมูล และ Requests เป็นไลบรารีที่เอาไว้ใช้ในการสร้าง HTTP requests และ Selenium จะเป็นไลบรารีใช้สำหรับกรณีของเว็บที่ต้องการทำการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ที่ใช้ภาษา JavaScript ในการพัฒนา ไลบรารีภาษาไพทอนที่นิยมอื่น ๆ เช่น Scrapy, PyAutoGUI เป็นต้น

2.9 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

2.9.1 Roboflow

เป็นทั้งเว็บเครื่องมือ และแพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นแบบคลาวด์ (Cloud-based) เพื่อช่วยในการจัดการข้อมูลสำหรับงานด้านการรับรู้ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) โดยเฉพาะ มีชุดเครื่องมือที่ทำให้นักพัฒนาและนักวิจัยสามารถเตรียมข้อมูลและจัดการข้อมูลภาพได้ง่าย มีแบบแผน และสะดวกรวดเร็ว เริ่มจากการสร้างชุดข้อมูล การประมวลผลภาพ ไปจนถึงการฝึกตัวแบบเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) โดย Roboflow จะเน้นการสร้างขั้นตอนการทำงาน (Workflow) ที่รวดเร็วและง่าย รวมทั้งสามารถเชื่อมต่อกับตัวแบบยอดนิยมอย่าง YOLO, TensorFlow, PyTorch และ Detectron2 ได้อย่างสะดวก (Jocher et al., 2023)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Everything you need to build and deploy computer vision models.

Used by over 500,000 engineers to create datasets, train models, and deploy to production.

[Get Started](#)

[Get a Demo](#)



รูปที่ 2.14 หน้าจอเว็บไซต์หลักของ Roboflow
ที่มา: Roboflow. (n.d.)

Roboflow รองรับการทำงานแบบครบวงจร ช่วยจัดการข้อมูลตั้งแต่การรวบรวม การติดป้ายกำกับ ไปจนถึงการส่งออกและฝึกตัวแบบในขั้นตอนการทำงาน (Workflow) เดียว ทำให้ลดความซับซ้อนในการใช้หลายเครื่องมือ ใช้งานง่าย มีอินเทอร์เฟซ (Interface) ที่ใช้งานง่าย รวมทั้งรองรับการใช้งานกับตัวแบบต่าง ๆ ได้โดยง่าย Roboflow เป็นเครื่องมือเกี่ยวกับการเสริมข้อมูล (Augmentation) และการเตรียมกระบวนการ (Preprocessing) ช่วยในการปรับข้อมูลให้เหมาะสมกับการฝึกตัวแบบ เช่น การเพิ่มข้อมูลและการจัดการคุณภาพของข้อมูล เป็นต้น รองรับตัวแบบหลายรูปแบบ สามารถส่งออกข้อมูลและตัวแบบในรูปแบบที่เข้ากันได้กับหลากหลายตัวแบบ ทำให้ยืดหยุ่นต่อการใช้งาน

กระบวนการที่เกี่ยวข้อง

1) Data Preprocessing and Augmentation

Roboflow มีเครื่องมือในการจัดการเพิ่มความหลากหลายของข้อมูลฝึกสอน (Data augmentation) ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญ เช่น การหมุนภาพ การพลิกภาพ หรือการปรับสีของภาพ โดยสิ่งเหล่านี้จะช่วยป้องกันการฝึกตัวแบบที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อข้อมูลเพียงบางชุด (Overfitting) และช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของตัวแบบ

2) Annotation Management

การติดป้ายกำกับ (Annotation) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการทำการรับรู้ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ โดย Roboflow จะมีเครื่องมือที่ช่วยให้การติดป้ายกำกับภาพได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ รองรับการทำติดป้ายหลายรูปแบบ ทั้งกรอบสี่เหลี่ยม หรือ Bounding box กรอบหลายเหลี่ยม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ polygon box และการแยกวัตถุย่อยจากวัตถุหลัก เพื่อระบุสิ่งที่ต้องการความเฉพาะเจาะจง (Segmentation masks) เช่น จุดโรคในใบพืช เป็นต้น

3) Model Interoperability and Deployment

Roboflow สามารถส่งออกข้อมูลและตัวแบบในรูปแบบที่รองรับตัวแบบหลายตัว เช่น YOLO, TensorFlow และ PyTorch ทำให้สามารถเชื่อมต่อ นำไปใช้งานได้ง่าย และทำงานร่วมกันได้

4) Streamlined Workflow

Roboflow มีการจัดการขั้นตอนการทำงาน (Workflow) ตั้งแต่กระบวนการรวบรวมข้อมูล การประมวลผลข้อมูลภาพ ไปจนถึงการสร้างและปรับปรุงตัวแบบ ช่วยให้กระบวนการทั้งหมดถูกจัดการได้ในแพลตฟอร์มเดียว ซึ่งเพิ่มความคล่องตัวในการพัฒนาแอปพลิเคชันทางด้านกรรับรู้อภาพด้วยคอมพิวเตอร์อย่างมาก

การเปรียบเทียบกับเครื่องมืออื่น ๆ

1) TensorFlow Object Detection API

เป็น API เิงเน้นการสร้างและปรับแต่งตัวแบบสำหรับการตรวจจับวัตถุ (Object detection) ซึ่งมีข้อดีตรงสามารถรองรับตัวแบบการตรวจจับวัตถุหลายรูปแบบและสามารถปรับแต่งได้อย่างมากมาย แต่มีข้อเสียจากการขาดเครื่องมือในการจัดการข้อมูลภาพและการติดป้ายกำกับ ทำให้ต้องใช้เครื่องมืออื่นในการเตรียมข้อมูล

2) CVAT (Computer Vision Annotation Tool)

เป็นเครื่องมือซอฟต์แวร์เปิด (Open source) สำหรับการติดป้ายกำกับข้อมูลด้านการเรียนรู้ของเครื่องได้ใช้งานฟรีและมีความยืดหยุ่นสูงในการปรับแต่งการติดป้าย แต่ที่ต้องติดตั้งและตั้งค่าด้วยตนเอง ทำให้ไม่สะดวกเท่า Roboflow ที่เป็น Cloud-based solution และไม่มีจัดการข้อมูลหรือตัวแบบในขั้นตอนการทำงานเดียวกันได้

3) SuperAnnotate

เป็นแพลตฟอร์มเช่นเดียวกับ Roboflow แต่เน้นการติดป้ายกำกับข้อมูลเชิงลึกและการจัดการภาพที่มีความซับซ้อน เช่น Segmentation และ 3D annotations ทำให้สามารถรองรับงานที่ซับซ้อนและการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ได้ดี แต่เครื่องมือมีความซับซ้อนและต้องใช้เวลาฝึกฝนนาน และไม่มีเครื่องมือการประมวลผลภาพเท่ากับ Roboflow

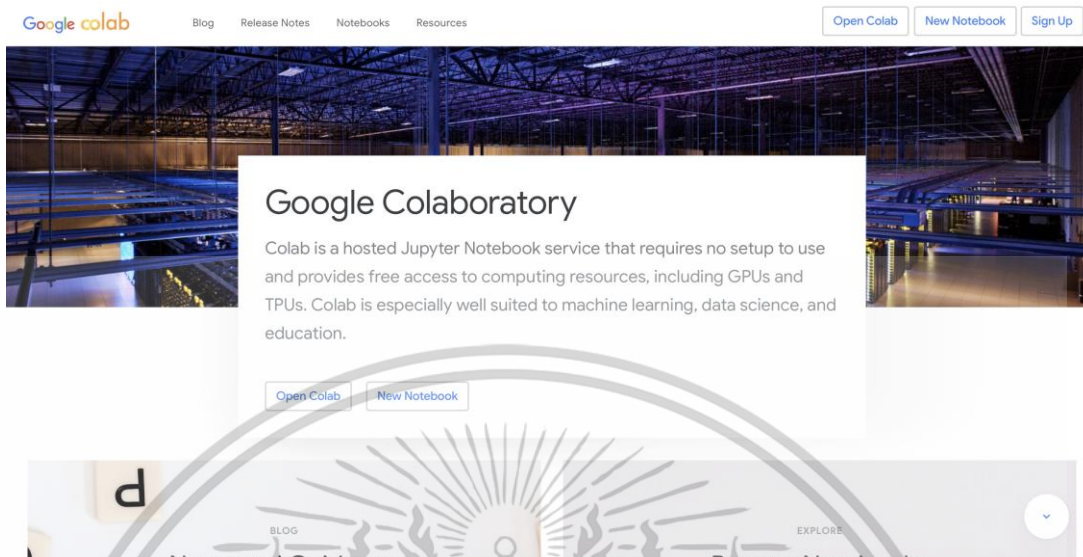
4) Labelbox

เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการจัดการข้อมูลติดป้ายกำกับ ที่เน้นการทำงานร่วมกันระหว่างทีม เช่น การติดป้ายกำกับ (Labeling) และการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลโดยอัตโนมัติ ทำให้มีข้อดีที่เน้นการทำงานร่วมกันเป็นทีมและสามารถตรวจสอบคุณภาพของการติดป้ายกำกับ แต่มีกระบวนการจัดการภาพและการฝึกตัวแบบอาจต้องใช้เครื่องมือภายนอก ทำให้ขั้นตอนการทำงาน

ยุ่งยากกว่า Roboflow

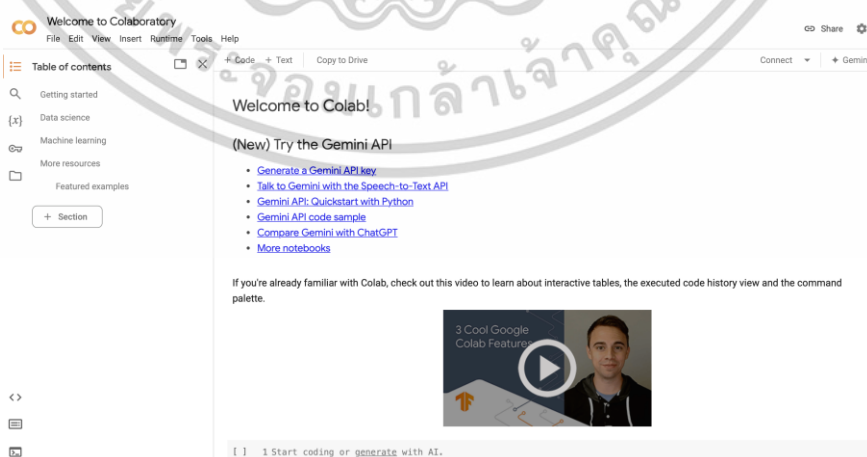
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 Google Colab หรือ Google Collaboratory



รูปที่ 2.15 หน้าจอเว็บไซต์หลักของ Google colab
ที่มา: Google Colab. (2024)

เป็นแพลตฟอร์มที่ให้บริการแบบโน้ตบุ๊กออนไลน์ โดยมีเป้าหมายหลักคือการสนับสนุนการทำงานด้านการวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างตัวแบบ Machine Learning และ Deep Learning โดยไม่ต้องมีการตั้งค่า หรือเตรียมเครื่องมือในเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้เอง Colab ให้ผู้ใช้เขียนโค้ดในภาษาไพทอน (Python) ผ่านอินเทอร์เฟซที่คล้ายกับ Jupyter Notebook และสามารถใช้ทรัพยากรจาก Google เช่น GPU และ TPU เพื่อช่วยในการประมวลผลและฝึกตัวแบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (Thakali, 2020)



รูปที่ 2.16 หน้าจอสำหรับเขียนคำสั่งด้วยภาษาไพทอนบนเว็บไซต์ Google colab
ที่มา: Google Colab. (2024)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ Google Colab

1) ไม่มีค่าใช้จ่ายและพร้อมใช้งาน

ให้บริการฟรี ดังนั้นจึงทำให้ผู้ใช้ทุกคนสามารถเข้าถึงการประมวลผลขั้นสูงได้โดยไม่ต้องลงทุนในฮาร์ดแวร์ที่มีราคาแพง เช่น GPU หรือ TPU ซึ่งปกติใช้ในงาน Deep Learning ได้

2) ทรัพยากรการประมวลผลสูง

กำหนดให้ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องมือประมวลผลที่มี GPU หรือ TPU ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการฝึกตัวแบบขนาดใหญ่ เช่น การทำ Image Classification, Object Detection หรือ Deep Learning ในด้านอื่น ๆ โดยเฉพาะสำหรับการฝึกตัวแบบจากแพลตฟอร์มอย่าง Roboflow

3) เข้าถึงได้จากทุกที่

สามารถทำงานบนคลาวด์ ทำให้ผู้ใช้สามารถเขียนโค้ดและรันงานจากที่ใดก็ได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ และสามารถแชร์โน้ตบุ๊กกับผู้อื่นได้ง่าย เพียงแค่ให้ลิงก์

4) รองรับไลบรารีและฟังก์ชันต่าง ๆ ในภาษาไพทอน (Python) ได้ทันที

มีไลบรารีที่ติดตั้งมาแล้ว เช่น TensorFlow, PyTorch, Keras และ Pandas ผู้ใช้สามารถนำเข้าโค้ดและรันได้ทันทีโดยไม่ต้องติดตั้งไลบรารีเหล่านี้ด้วยตนเอง

5) การเชื่อมต่อกับ Google Drive

ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อ Colab กับ Google Drive เพื่อเข้าถึงไฟล์ต่าง ๆ บนไดรฟ์ได้อย่างง่ายดาย โดยการบันทึกข้อมูลหรือตัวแบบที่เทรนเสร็จแล้วลง Google Drive

6) การทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์

รองรับการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ (Real-time collaboration) ทำให้ผู้ใช้หลายคนสามารถแก้ไขโน้ตบุ๊กพร้อมกันได้

ข้อเสียของ Google Colab

1) จำกัดทรัพยากรการใช้งาน

ถึงแม้ว่าจะให้ GPU และ TPU ฟรี แต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการใช้งานต่อเซสชัน (Session time limits) และยังมีข้อจำกัดเรื่องทรัพยากรการประมวลผล เช่น จำนวนหน่วยความจำ (RAM) และการใช้งาน CPU/GPU นานเกินไปอาจถูกตัดเซสชันได้

2) มีข้อจำกัดในการติดตั้งไลบรารีเพิ่มเติม

แม้ว่าจะรองรับไลบรารีจำนวนมาก แต่การติดตั้งไลบรารีบางตัวอาจเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ในกรณีที่ต้องใช้ทรัพยากรหรือเครื่องมือเฉพาะ

3) ความเป็นส่วนตัวและการรักษาข้อมูล

เนื่องจากเป็นแพลตฟอร์มบนคลาวด์ ข้อมูลและโค้ดทั้งหมดจะถูกเก็บไว้บนเซิร์ฟเวอร์ของ Google ดังนั้นผู้ใช้ที่ต้องการความปลอดภัยสูงหรือความเป็นส่วนตัวมากขึ้นอาจไม่สะดวกใจในการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา

การทำงานต้องใช้การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา ถ้าผู้ใช้ไม่มีการเชื่อมต่อที่เสถียรอาจทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้งานได้

เหตุผลของการเลือก Google Colab เหมาะกับการฝึกตัวแบบจาก Roboflow

เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการฝึกตัวแบบจาก Roboflow เนื่องจากสามารถเข้าถึงทรัพยากรการประมวลผลสูงได้ฟรี มีการเชื่อมต่อกับเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับ Data Science และ Machine Learning โดยเฉพาะ ทำให้การฝึกตัวแบบที่ได้จาก Roboflow มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพ

การเปรียบเทียบกับแพลตฟอร์มอื่น

1) Kaggle Kernels

ฟรีเหมือนกัน และมีทรัพยากรการประมวลผลสูง รองรับ GPU มีการเข้าถึงชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแข่งขันใน Kaggle ได้ทันที แต่อาจมีข้อจำกัดในด้านการตั้งค่าทรัพยากรที่ค่อนข้างน้อยกว่า และเน้นไปที่การทำงานบนแพลตฟอร์ม Kaggle เท่านั้น

2) Amazon SageMaker

รองรับการใช้งานในระดับองค์กร มีความยืดหยุ่นในการปรับขนาด (Scalability) ที่สูงมาก และมีเครื่องมืออัตโนมัติในการเทรนและปรับแต่งตัวแบบ แต่มีปัญหาคือมีค่าใช้จ่ายตามการใช้งาน ทำให้ไม่เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นหรือผู้ที่ต้องการประหยัดงบประมาณ

3) Microsoft Azure Notebooks

มีความคล้ายคลึงกันในการรองรับการประมวลผลในคลาวด์ และเชื่อมต่อกับบริการอื่นของ Azure ได้ดี แต่อาจมีการจัดการและการตั้งค่าค่อนข้างซับซ้อนกว่า และมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

4) Jupyter Notebook (Local)

ผู้ใช้สามารถตั้งค่าเองได้เต็มรูปแบบ และไม่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรในการประมวลผล โดยขึ้นอยู่กับเครื่องของผู้ใช้เอง ไม่มี GPU หรือ TPU สำหรับการประมวลผลขนาดใหญ่ มีข้อยกเว้นว่าถ้าหากมีการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ภายนอกเอง

2.9.3 Visual Studio Code IDE

เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยให้นักพัฒนามีเครื่องมือที่จำเป็นในการเขียน แก้ไข ทดสอบ และการแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรม (Debug) ในตัวเดียวกัน หรือมีสิ่งแวดล้อมสำหรับการพัฒนาแบบเบ็ดเสร็จ (Integrated Development Environment หรือ IDE) เป็น IDE ที่นิยมมากจากค่าย Microsoft โดยมีถึง 3 รูปแบบ คือ Community, Professional และ Enterprise โดยมีจุดเด่นคือ มีไลบรารีสำหรับการพัฒนา หรือส่วนขยายไลบรารีที่มีมากและพัฒนาอยู่ตลอดเวลา และมีฟีเจอร์ Intellisense ซึ่งเป็นจุดเด่นของทางฝั่ง Microsoft เป็น IDE ที่ถือเป็นตัวแปลคำสั่ง (Interpreter) สำหรับหลายภาษา สามารถรันคำสั่งจากภาษาต่าง ๆ ได้หลากหลายภาษา เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม

(Industry Standard) ที่ใช้กันของบริษัทต่าง ๆ มากมาย (Uchendu, 2021)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 หน้าจอเว็บไซต์หลักของ Visual Studio
ที่มา: Microsoft. (2024)



รูปที่ 2.18 หน้าจอสำหรับเขียนคำสั่งด้วยภาษาไพทอนบนโปรแกรม Visual Studio Code
ที่มา: ไทยกลาง. (2562)

2.9.4 Streamlit

เป็นเครื่องมือสำหรับการสร้าง และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่เน้นเชิงวิเคราะห์และการทำการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) แบบเชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive) นักพัฒนาจะใช้ภาษาไพทอนเป็นหลัก ทำให้สร้างเว็บแอปได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาเว็บมาก และมีฟังก์ชันที่ทำให้สามารถสร้างแอปที่สามารถทำงานร่วมกับ Data visualization, Machine learning และการประมวลผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว (Kasidis, 2565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A faster way to build and share data apps

Streamlit turns data scripts into shareable web apps in minutes.
All in pure Python. No front-end experience required.

Try Streamlit now

Deploy on Community Cloud (it's free!)



รูปที่ 2.19 หน้าจอเว็บไซต์หลักของ Streamlit

ที่มา: Streamlit. (2024)

จุดเด่นของ Streamlit

- 1) ใช้แนวทางแบบ Declarative Programming ทำให้นักพัฒนาประกาศเพียงแค่สิ่งที่ต้องการสร้าง เช่น ข้อมูลที่จะนำมาแสดงหรือตัวแบบที่จะรัน แทนที่จะต้องเขียนโค้ดการควบคุมกระบวนการเองทั้งหมด
- 2) การแสดงผลแบบ Interactive Visualization ความเข้าใจในเรื่อง Data Visualization และ Human-Computer Interaction (HCI) นั้นมีส่วนสำคัญกับการทำงานของ Streamlit จึงเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างแอปพลิเคชันที่มีการโต้ตอบกับข้อมูลแบบ Real-time ได้ผ่านการแสดงผลเชิงภาพ (Interactive graphs, Charts, Tables)
- 3) รองรับการใช้งานตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ได้ง่าย ๆ รวมถึงสามารถเชื่อมต่อกับไลบรารีของ Python สำหรับการประมวลผลข้อมูล (Data Science Integration) อย่าง NumPy, Pandas และ Scikit-learn รวมถึงการทำ Machine Learning ผ่าน TensorFlow และ PyTorch
- 4) รองรับการทำงานแบบ Agile Development และ Rapid Prototyping สามารถเป็นเครื่องมือที่เน้นการสร้างแอปพลิเคชันต้นแบบได้อย่างรวดเร็วเพื่อทดสอบความคิดใหม่ ๆ ได้ง่าย

ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ใช้งานง่าย โดยรู้เพียงภาษา Python ก็สามารถสร้างเว็บแอปได้โดยไม่ต้องใช้ HTML, CSS หรือ JavaScript ซึ่งเหมาะสำหรับนักพัฒนา Data Science ที่ไม่เชี่ยวชาญการพัฒนาเว็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) สามารถสร้างแอปต้นแบบได้ภายในเวลาอันสั้น รวดเร็ว ใช้เวลาน้อยในการพัฒนาแอปให้พร้อมใช้งาน
- 3) รองรับการทำงานกับไลบรารีหลักของ Data Science และ Machine Learning ทำให้เหมาะกับการสร้างแอปที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลหรือรันตัวแบบ ML
- 4) สามารถเพิ่ม widgets (ปุ่ม, sliders, text boxes) ที่โต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างง่ายดาย
- 5) รองรับการส่งระบบ (Deploy) แอปผ่านแพลตฟอร์มต่าง ๆ ได้ง่าย เช่น Streamlit Cloud หรือ Heroku

การเปรียบเทียบกับเครื่องมืออื่น ๆ

Dash (Plotly) เป็นเครื่องมือสำหรับการสร้างแอปพลิเคชัน Data Visualization ที่ซับซ้อน โดยเน้นการสร้างแอปด้วย Python และ R ทำให้คล้ายกับ Streamlit โดยมีความสามารถในการสร้างแอปที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดี และมีการควบคุม layout ได้อย่างละเอียด แต่มีความซับซ้อนมากกว่า Streamlit ในการใช้งานเริ่มต้น เพราะต้องมีความรู้ในการใช้งานภาษา HTML และ CSS ในการจัดการรูปแบบ Layout

Flask เป็นกรอบงานขนาดเล็ก (Micro framework) ที่ใช้สำหรับสร้างเว็บแอปพลิเคชัน โดยเน้นการพัฒนาเว็บแอปแบบกำหนดเอง (Custom) ได้ทุกส่วน มีความยืดหยุ่นสูง สามารถปรับแต่งเว็บแอปพลิเคชันได้ทุกรูปแบบตามที่ต้องการ แต่มีปัญหาเดียวกับเครื่องมืออื่น คือ ต้องเขียน HTML, CSS และ JavaScript เอง ทำให้ไม่เหมาะกับการพัฒนาเว็บแอปสำหรับ Data Science ที่ต้องการความรวดเร็ว และไม่ต้องการใช้ความรู้มาก

Jupyter Notebook เป็นเครื่องมือที่เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสามารถรันโค้ดในรูปแบบ Notebook รองรับภาษา Python และภาษา R ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้มีข้อดีคือเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการแสดงผลผลลัพธ์พร้อมกันในการรันโค้ด ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงแบบทันที (Real time) แต่จะไม่เหมาะสำหรับการพัฒนาแอปที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบได้แบบ Interactive หรือการทำเว็บแอปพลิเคชัน

2.10 โปรแกรม Snagit

เป็นเครื่องบันทึกหน้าจอจากโปรแกรมบันทึกหน้าจอ ช่วยให้คุณสามารถบันทึกกิจกรรมบนหน้าจอตลอดจนเว็บแคมและไฟล์เสียง เมื่อต้องการถ่ายรูปแบบรวดเร็ว (Snapshot) แก้ไขภาพ หรือรวมภาพเป็น GIF/วิดีโอ ให้ความเชี่ยวชาญสำหรับทั้งภาพนิ่งและวิดีโอ นอกจากนี้ สามารถแชร์ไปยัง LMS และเว็บไซต์สื่อสังคมออนไลน์อื่น ๆ (Scott, 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 หน้าจอโปรแกรม Snagit

ที่มา: Scott, J. (2566)

ข้อดีของ Snagit

- 1) บันทึกกิจกรรมบนหน้าจอ เช่น ภูมิภาค หน้าต่าง หรือหน้าจอเลื่อน
- 2) จับภาพไฟล์เสียงด้วยไมโครโฟนแยกต่างหากหรือในตัวอุปกรณ์
- 3) ให้คุณสมบัตการแก้ไขเพื่อตัดแต่งวิดีโอ เพิ่มคำอธิบายประกอบ หรือใช้ตราประทับ
- 4) แชร่วิดีโอที่บันทึกไปยังเว็บไซต์สื่อสังคมออนไลน์เป็น MP4 หรือ GIF แบบ

เคลื่อนไหว

ข้อเสียของ Snagit

- 1) มีแนวโน้มที่จะหยุดทำงานเมื่อคุณบันทึกวิดีโอบนหน้าจอขนาดใหญ่หลังจากแก้ไข
- 2) ง่ายเกินไปที่จะขัดเกลาวิดีโอที่บันทึกไว้ด้วยโปรแกรมตัดต่อวิดีโอ Snagit

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Qiao et al. (2022) ศึกษาโครงการเกี่ยวกับการตรวจวัดระดับน้ำ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ไขปัญหาค่าความไม่แม่นยำและการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของเทคนิคการวัดระดับน้ำในปัจจุบัน โดยเฉพาะการวัดที่ใช้งานในสภาวะที่ซับซ้อน เช่น การวัดด้วยตาเปล่าหรือการใช้เซ็นเซอร์ที่มีข้อจำกัดเรื่องความแม่นยำ อายุการใช้งานสั้น และมีค่าบำรุงรักษาที่สูง

โครงการนี้ได้นำเสนอวิธีการวัดระดับน้ำแบบใหม่ที่ใช่วิธีอ้างอิงกับการเรียนรู้เชิงลึก โดยใช้ YOLOv5s ในการตรวจจับแผ่นวัดระดับน้ำจากภาพวิดีโอและประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งของเส้นผิวน้ำ และคำนวณระดับน้ำจากตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำ วิธีนี้มีการประมวลผลล่วงหน้า เช่น การแปลงภาพเป็นระดับสีเทา (Grayscale) การแปลงภาพเป็นแบบขาวดำ (Binarization) และการลดสิ่งรบกวน (Image Denoising) เพื่อให้สามารถตรวจจับได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าผิดพลาดในการวัดระดับน้ำ (mm) และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีที่เสนอมีประสิทธิภาพดีในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ มีความสามารถในการปรับตัวสูง และมีความทนทาน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึกในงานตรวจวัดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bai et al. (2021) ศึกษาโครงการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิธีการตรวจวัดระดับน้ำโดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อแทนที่การวัดด้วยมือและเซ็นเซอร์ที่มีราคาแพง มีจุดมุ่งหมาย คือ การหาวิธีตรวจวัดระดับน้ำที่มีต้นทุนต่ำ ใช้งานง่าย และมีความแม่นยำสูง โดยใช้กล้อง HD และแผ่นวัดระดับน้ำที่มีลักษณะสะท้อนแสง และขั้นตอนวิธี SSD (Single Shot Multibox Detector Algorithm) สำหรับตรวจจับวัตถุและวัดระดับน้ำแบบเรียลไทม์ และวัดประสิทธิภาพด้วยค่าความแม่นยำ NSE และ R2 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความแม่นยำ NSE และ R2 เท่ากับ 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีเดิม

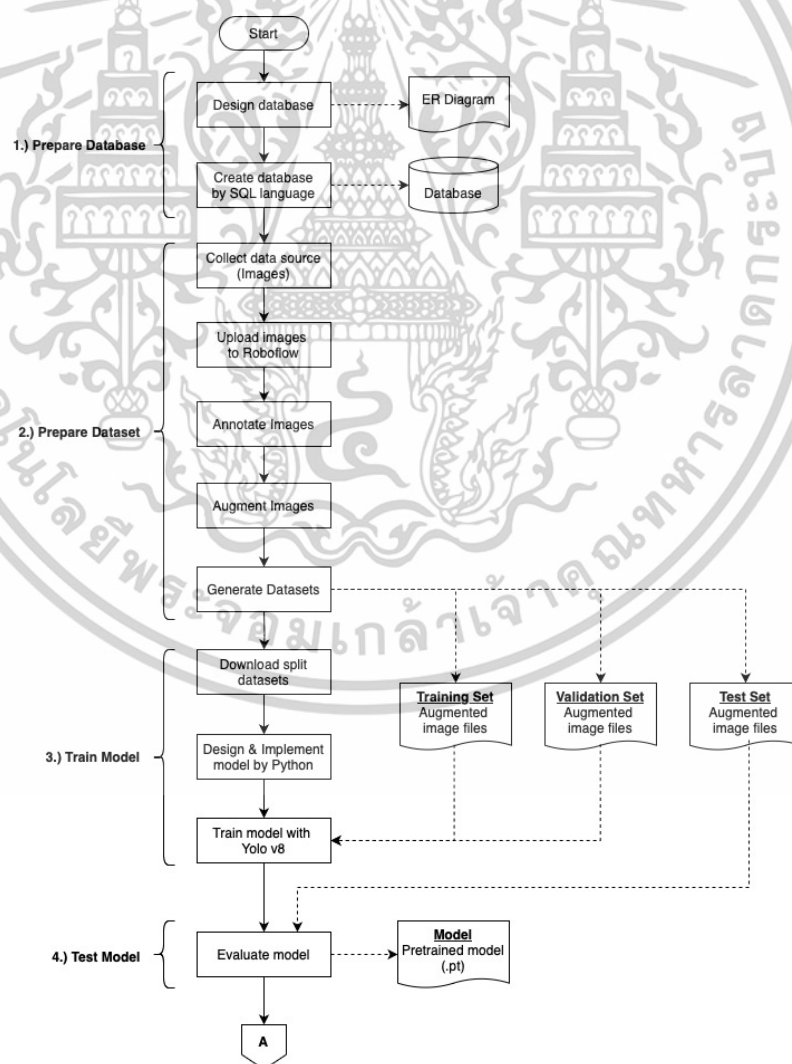
เปมิกา. (2566) ศึกษาการตรวจจับและอ่านค่าวัดระดับน้ำจากภาพกล้องวงจรปิด (CCTV) ผ่านการเรียนรู้ของตัวแบบ YOLOv8m โดยมีการเก็บรวบรวมภาพไม้วัดระดับน้ำจากสถานที่ต่าง ๆ กว่า 200 รูปเพื่อใช้ในการฝึกฝนตัวแบบ งานวิจัยนี้ยังมีการจัดเตรียมข้อมูลด้วยการปรับแต่งภาพ เช่น ปรับความสว่างและเพิ่มสัญญาณรบกวน เพื่อให้ตัวแบบสามารถรองรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ ค่าความเที่ยง (Precision) ค่าเรียกคืน (Recall) และค่าเฉลี่ย (mAP) หลังจากเปรียบเทียบผลจากการทดลองพบว่าการแบ่งข้อมูลบางส่วนให้ผลการทำนายที่แม่นยำที่สุด นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอินเทอร์เฟซสำหรับแสดงผลข้อมูลระดับน้ำจากภาพจริง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เริ่มจากการเตรียมฐานข้อมูล เตรียมชุดข้อมูลและการแบ่งชุดข้อมูล ฝึกฝนตัวแบบ ทดสอบตัวแบบ เพื่อเปรียบเทียบและวัดประสิทธิภาพของตัวแบบจากการแบ่งชุดข้อมูลตามสัดส่วนที่กำหนด และเมื่อเปรียบเทียบจนได้ตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดแล้ว จึงนำตัวแบบนี้ไปใช้ร่วมกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่ออ่านค่าระดับน้ำบนแผ่นวัดระดับน้ำจากคลิปวีดีโอ แล้วบันทึกผลลงฐานข้อมูล และถ้าหากค่าระดับน้ำเกินเกณฑ์ที่สถานีวัดระดับน้ำนั้นกำหนด ให้ระบบทำการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังกลุ่มที่ต้องการ โดยติดตามขั้นตอนได้ที่ผังงานในการดำเนินงานดังนี้

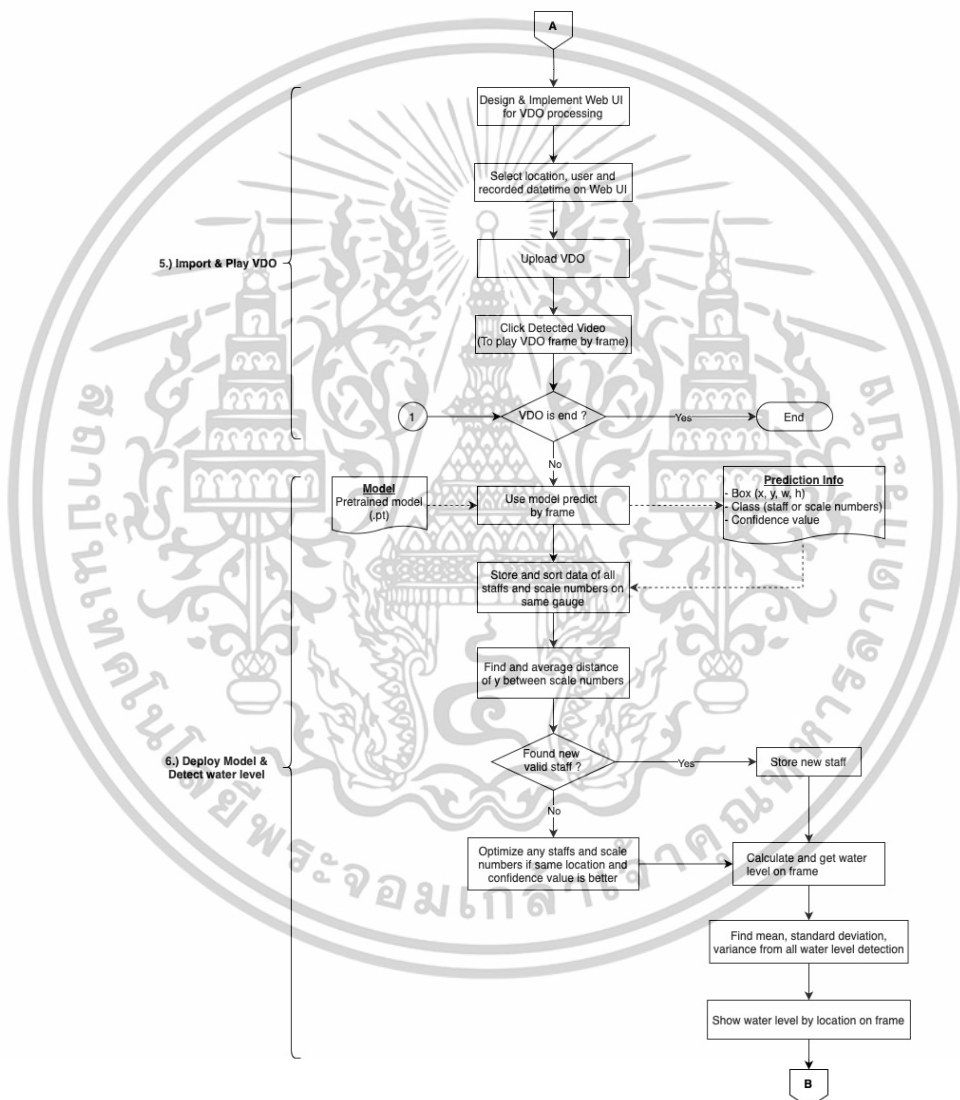
3.1 ผังงานในการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการที่ 1 – 4 สำหรับการเตรียมตัวแบบ

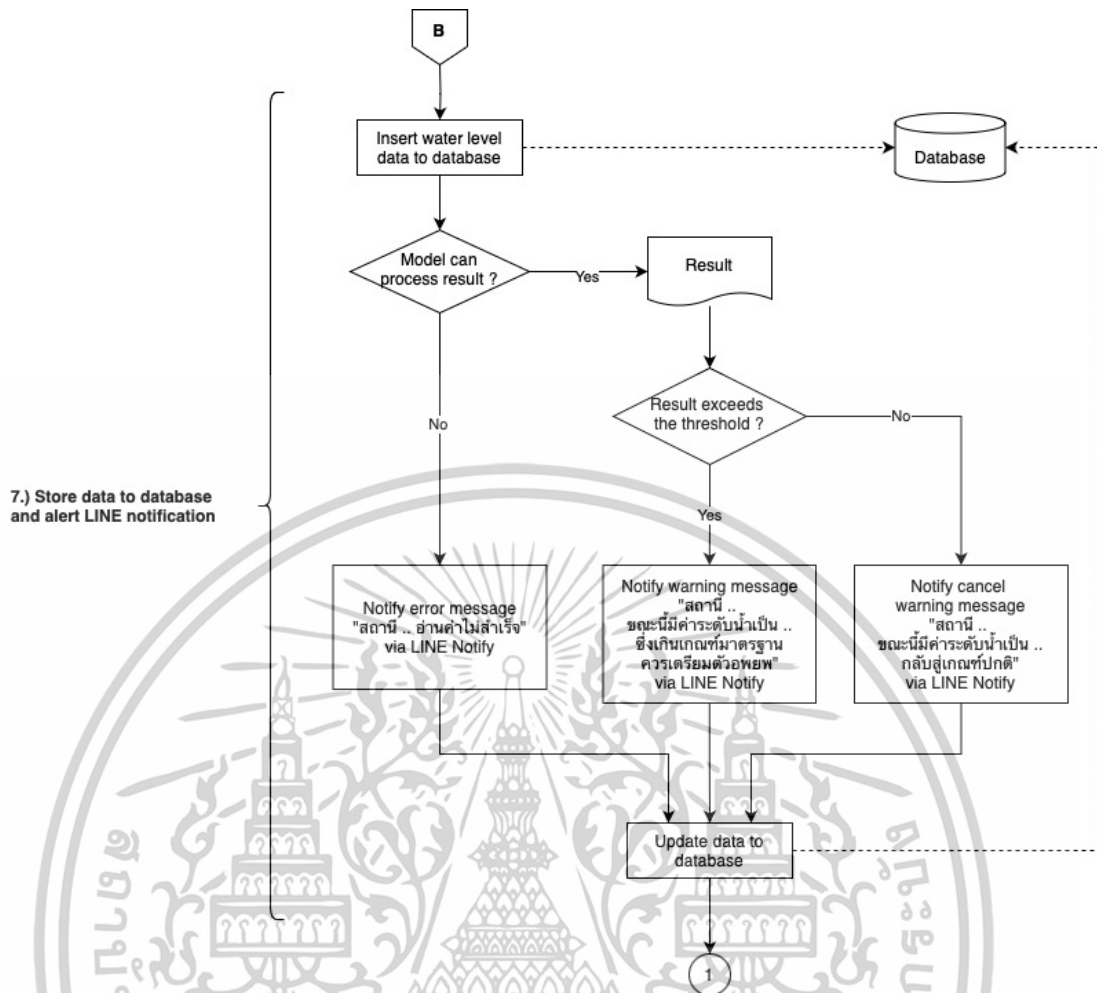
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มจากการเตรียมฐานข้อมูล (Prepare Database) เพื่อนำมาใช้เก็บข้อมูลการอ่านค่าระดับน้ำ จากนั้นเตรียมชุดข้อมูล (Prepare Dataset) โดยนำรูปภาพที่เก็บรวบรวมมาติดป้ายกำกับ (Annotate Images) และทำเสริมข้อมูล (Augment Images) ให้กับรูปภาพ เพื่อช่วยลดเวลาในการฝึกฝน ทำให้ภาพสามารถเรียนรู้แบบจำลองในสภาพแวดล้อมต่างๆ จากนั้นสร้างชุดข้อมูล (Generate Dataset) เพื่อนำไปใช้ฝึกฝนตัวแบบ (Train model) ทำการทดสอบตัวแบบ (Test model) เพื่อประเมินประสิทธิภาพและเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดนำไปใช้งานต่อ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการที่ 5 – 6 สำหรับการอ่านค่าระดับน้ำ

จากรูปที่ 3.2 นำเข้าและเล่นวิดีโอเพื่อประมวลผลและอ่านค่าระดับน้ำโดยใช้ตัวแบบที่ดีที่สุดผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาไว้ โดยระบบจะประมวลผลที่ละกรอบภาพในวิดีโอ นั้น ซึ่งจะดำเนินการจนสิ้นสุดวิดีโอ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการดำเนินการที่ 7 สำหรับการบันทึกผล และแจ้งเตือน

จากรูปที่ 3.3 นำค่าระดับน้ำที่อ่านได้เก็บในฐานข้อมูล และเมื่อระดับน้ำเกินเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE นอกจากนี้ในกรณีระดับน้ำกลับมาสู่สภาวะปกติ ระบบจะยกเลิกการแจ้งเตือน

3.2 รายละเอียดการดำเนินงาน

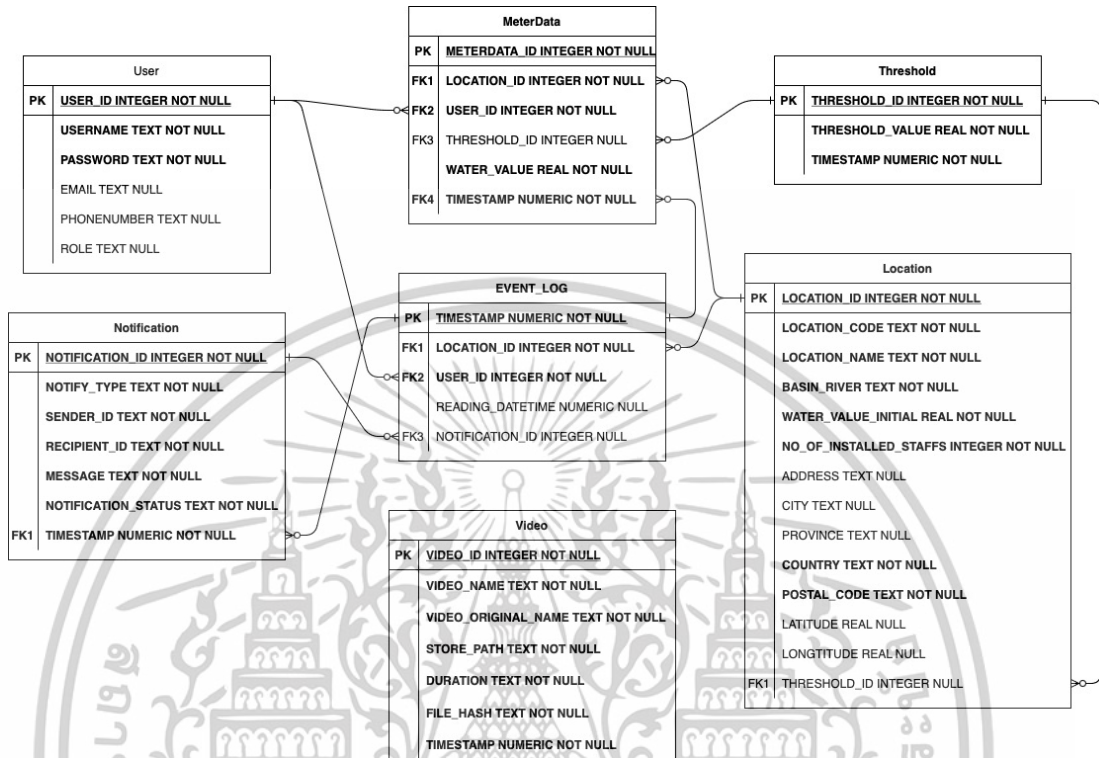
3.2.1 เตรียมฐานข้อมูล (Prepare Database)

3.2.1.1 ออกแบบฐานข้อมูล (Design database)

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากบทที่ 2 และผังงานมาเรียบร้อยแล้ว เราก็จะเริ่มต้นปฏิบัติด้วยการวางแผนออกแบบฐานข้อมูล โดยมีจุดประสงค์หลัก คือ การเก็บข้อมูลค่าระดับน้ำที่ปรากฏบนแผ่นวัดระดับน้ำในคลิป์วิดีโอ (ตาราง Meter Data) และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลสถานีวัดระดับน้ำ (ตาราง Location) ข้อมูลคลิป์วิดีโอ (ตาราง Video) ข้อมูลเกณฑ์วัดระดับน้ำของแต่ละสถานีวัดระดับน้ำ (ตาราง Threshold) ข้อมูลพนักงาน/เจ้าหน้าที่วัดระดับน้ำ (ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User) ข้อมูลแจ้งเตือนและผลลัพธ์ (ตาราง Notification) และข้อมูลติดตามและบันทึกสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในการวัดค่าระดับน้ำ (ตาราง EVENT_LOG)



รูปที่ 3.4 โครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของระบบ

จากรูปที่ 3.4 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตารางที่ออกแบบในฐานข้อมูล มีทั้งคีย์หลัก (Primary Key : PK) ของตารางเพื่อไม่ให้ข้อมูลซ้ำกัน คีย์นอก (Foreign Key : FK) คีย์ที่ใช้อ้างอิงความสัมพันธ์กับคีย์หลักในตารางอื่น และข้อมูลที่จำเป็นต้องระบุ (NOT NULL) รวมถึงแสดงชนิดข้อมูลของ SQLite เช่น INTEGER แทนตัวเลขจำนวนเต็ม, NUMERIC แทนชุดตัวเลข, REAL แทนตัวเลขทศนิยม และ TEXT แทนข้อความ เป็นต้น

- พจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary)

จากความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยข้อมูล (Entity) ของระบบแจ้งเตือนเพื่อเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพลัน นำมาออกแบบพจนานุกรมข้อมูล ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 วิดีโอ (Video) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับวิดีโอที่ถูกอัปโหลด

ชื่อคุณลักษณะ	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	เงื่อนไข
VIDEO_ID	รหัสวิดีโอ	INTEGER	PRIMARY KEY
VIDEO_NAME	ชื่อวิดีโอ	TEXT	NOT NULL
VIDEO_ORIGINAL_NAME	ชื่อเดิมวิดีโอ	TEXT	NOT NULL
STORE_PATH	ตำแหน่งที่เก็บวิดีโอ	TEXT	NOT NULL
DURATION	ระยะเวลาของวิดีโอ	TEXT	-
FILE_HASH	รหัสเข้ารหัสวิดีโอ	TEXT	NOT NULL
TIMESTAMP	วัน/เวลาที่อัปโหลด	NUMERIC	NOT NULL

จากตารางที่ 3.1 ใช้สำหรับบันทึกรายละเอียดของวิดีโอในขั้นตอนนำเข้าและเล่นวิดีโอ และมี การบันทึกรหัสเข้ารหัสวิดีโอเพื่อป้องกันการอัปโหลดวิดีโอซ้ำ

ตารางที่ 3.2 ผู้ใช้งานระบบ (User) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้งานระบบหรือเจ้าหน้าที่

ชื่อคุณลักษณะ	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	เงื่อนไข
USER_ID	รหัสผู้ใช้งาน	INTEGER	PRIMARY KEY
USERNAME	ชื่อผู้ใช้งาน	TEXT	NOT NULL
PASSWORD	รหัสผ่าน	TEXT	NOT NULL
EMAIL	อีเมล	TEXT	-
PHONENUMBER	เบอร์โทรศัพท์	TEXT	-
ROLE	ตำแหน่ง/หน้าที่	TEXT	-

จากตารางที่ 3.2 ใช้สำหรับเลือกชื่อผู้ใช้งานขณะบันทึกข้อมูลรายละเอียดการอ่านค่าระดับ น้ำของวิดีโอที่อัปโหลดในขั้นตอนนำเข้าและเล่นวิดีโอ

ตารางที่ 3.3 สถานีวัดระดับน้ำ (Location) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับสถานีวัดระดับน้ำ

ชื่อคุณลักษณะ	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	เงื่อนไข	อ้างอิงตาราง
LOCATION_ID	รหัสสถานีวัดระดับน้ำ	INTEGER	PRIMARY KEY	-
LOCATION_CODE	รหัสสถานี	TEXT	NOT NULL	-
LOCATION_NAME	ชื่อสถานี	TEXT	NOT NULL	-
BASIN_RIVER	แม่น้ำ/ลำธาร/ห้วย/ หนองที่ตรวจวัด	TEXT	NOT NULL	-
WATER_VALUE_INITIAL	ระดับน้ำทะเลกลาง (รทก.)	REAL	NOT NULL	-
NO_OF_INSTALLED_STAFFS	จำนวนแผ่นวัดระดับน้ำ ที่ติดตั้ง	INTEGER	NOT NULL	-
ADDRESS	ที่อยู่ของสถานี	TEXT	-	-
CITY	เมืองของสถานี	TEXT	-	-
PROVINCE	จังหวัดของสถานี	TEXT	-	-
COUNTRY	ประเทศของสถานี	TEXT	NOT NULL	-
POSTAL_CODE	รหัสไปรษณีย์ของสถานี	TEXT	NOT NULL	-
LATITUDE	ตำแหน่งละติจูดของ สถานี	REAL	-	-
LONGITUDE	ตำแหน่งลองจิจูดของ สถานี	REAL	-	-
THRESHOLD_ID	(อ้างอิง) รหัสเกณฑ์ ระดับน้ำที่กำหนด	INTEGER	FOREIGN KEY	Threshold

จากตารางที่ 3.3 ใช้สำหรับเลือกชื่อสถานีขณะบันทึกรายละเอียดการอ่านค่าระดับน้ำของ
วิดีโอที่อัปโหลดในขั้นตอนนำเข้าและเล่นวิดีโอ โดยมีรายละเอียดของข้อมูลสำคัญในการประมวลผล
เพื่ออ่านค่าระดับน้ำอย่างระดับน้ำทะเลกลาง (ม.รทก.) จำนวนแผ่นวัดระดับน้ำที่ถูกติดตั้ง อีกทั้ง
เชื่อมโยงกับตารางเกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนด (Threshold) สำหรับส่งข้อความแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนด (Threshold) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนด

ชื่อคุณลักษณะ	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	เงื่อนไข
THRESHOLD_ID	รหัสเกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนด	INTEGER	PK
THRESHOLD_VALUE	ค่าเกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนด	REAL	NOT NULL
TIMESTAMP	วัน/เวลาที่บันทึก	NUMERIC	NOT NULL

จากตารางที่ 3.4 ใช้สำหรับนำค่าเกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนดของสถานีวัดระดับน้ำที่ถูกเลือก ขณะบันทึกรายละเอียดการอ่านค่าระดับน้ำของวิดีโอที่อัปโหลดในขั้นตอนนำเข้าและเล่นวิดีโอ ไปใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำในครั้งนั้นเพื่อใช้ในการส่งข้อความแจ้งเตือนระดับน้ำท่วมฉับพลัน

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำ (MeterData) แสดงข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับการตรวจวัดระดับน้ำแต่ละครั้ง

ชื่อคุณลักษณะ	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	เงื่อนไข	อ้างอิงตาราง
METERDATA_ID	รหัสข้อมูลตัวมาตรวัด	INTEGER	PRIMARY KEY	-
LOCATION_ID	(อ้างอิง) รหัสสถานีวัดระดับน้ำ	INTEGER	FOREIGN KEY	Location
USER_ID	(อ้างอิง) รหัสผู้ใช้งาน	INTEGER	FOREIGN KEY	User
THRESHOLD_ID	(อ้างอิง) รหัสเกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนด	INTEGER	FOREIGN KEY	Threshold
WATER_VALUE	ระดับน้ำ	REAL	NOT NULL	-
TIMESTAMP	(อ้างอิง) วัน/เวลาที่อ่านค่าระดับน้ำ	NUMERIC	FOREIGN KEY	EVENT_LOG

จากตารางที่ 3.5 ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลสถานีวัดระดับน้ำ ผู้ใช้งานที่อัปโหลดวิดีโอ ค่าระดับน้ำที่ตรวจจับได้ เกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนดของสถานีวัดระดับน้ำ รวมถึงวันและเวลาที่อ่านค่าระดับน้ำแต่ละครั้งในขั้นตอนการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลและส่งแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลการส่งข้อความแจ้งเตือน (Notification) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการส่งข้อความแจ้งเตือน

ชื่อคุณลักษณะ	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	เงื่อนไข	อ้างอิงตาราง
NOTIFICATION_ID	รหัสการแจ้งเตือน	INTEGER	PRIMARY KEY	-
NOTIFY_TYPE	ประเภทการแจ้งเตือน (E = Error - แจ้งผิดพลาด , W = Warning - แจ้ง เตือน, N = Normal - แจ้งปกติ)	TEXT	NOT NULL	-
SENDER_ID	รหัสผู้ส่ง	TEXT	NOT NULL	-
RECIPIENT_ID	รหัสผู้รับ	TEXT	NOT NULL	-
MESSAGE	ข้อความ	TEXT	NOT NULL	-
NOTIFICATION_STATUS	สถานะการแจ้งเตือน (S = Success - สำเร็จ, F = Failure - ล้มเหลว)	TEXT	NOT NULL	-
TIMESTAMP	วัน/เวลาที่ส่งการแจ้งเตือน	NUMERIC	FOREIGN KEY	EVENT_LOG

จากตารางที่ 3.6 ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลผลการส่งข้อความแจ้งเตือน ทั้งประเภทการแจ้งเตือน ผู้ส่ง ผู้รับ ข้อความที่ส่ง และสถานะการแจ้งเตือนแต่ละครั้งหลังจากบันทึกข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำแล้วในขั้นตอนการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลและส่งแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE

ตารางที่ 3.7 บันทึกเหตุการณ์การอ่านระดับน้ำ (EVENT_LOG) แสดงข้อมูลรายละเอียดของวันและเวลาที่บันทึกเหตุการณ์สำหรับการอ่านระดับน้ำ

ชื่อคุณลักษณะ	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	เงื่อนไข	อ้างอิงตาราง
TIMESTAMP	เวลาที่บันทึก	NUMERIC	PRIMARY KEY	-
LOCATION_ID	(อ้างอิง) รหัสสถานีวัดระดับน้ำ	INTEGER	FOREIGN KEY	Location
USER_ID	(อ้างอิง) รหัสผู้ใช้งาน	INTEGER	FOREIGN KEY	User
READING_DATETIME	วัน/เวลาที่อ่านค่าระดับน้ำ	NUMERIC		-
NOTIFICATION_ID	(อ้างอิง) รหัสการแจ้งเตือน	INTEGER		-

จากตารางที่ 3.7 ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลวันและเวลาทุกเหตุการณ์สำหรับการอ่านระดับน้ำแต่ละครั้งทั้งจากเหตุการณ์ขณะบันทึกข้อมูลตรวจวัดระดับน้ำ และเหตุการณ์ขณะบันทึกผลส่งข้อความแจ้งเตือนในขั้นตอนการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลและส่งแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE

3.2.1.2 สร้างฐานข้อมูล (Create database)

ทำการสร้างฐานข้อมูล และเรียกใช้งานด้วยภาษาไพทอน ซึ่งเราได้เลือกใช้ SQLite3 ที่เป็นฐานข้อมูลที่ติดตั้งง่าย มีขนาดเล็ก และฟังก์ชัน SQL ครบถ้วน จึงทำให้สะดวกในการพัฒนา จะได้ไฟล์นามสกุล .db ออกมาตัวหนึ่ง ให้ตั้งชื่อว่า waterlevel.db

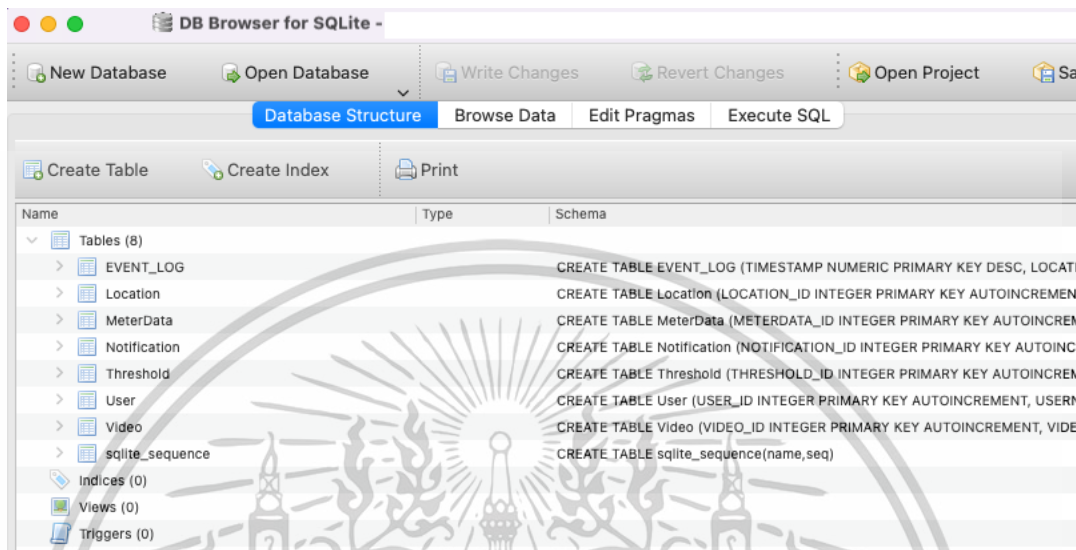
```

def prepare_table_db(cursor, optional = None):
    cursor.execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS Video (VIDEO_ID INTEGER, LOCATION_ID INTEGER, METER_DATA_ID INTEGER, NOTIFICATION_ID INTEGER, EVENT_LOG_ID INTEGER)")
    cursor.execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS User (USER_ID INTEGER, USERNAME VARCHAR(255), PASSWORD VARCHAR(255))")
    cursor.execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS Location (LOCATION_ID INTEGER, LOCATION_NAME VARCHAR(255))")
    cursor.execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS MeterData (METER_DATA_ID INTEGER, LOCATION_ID INTEGER, METER_DATA_VALUE REAL, METER_DATA_TIMESTAMP DATETIME)")
    cursor.execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS Threshold (THRESHOLD_ID INTEGER, THRESHOLD_VALUE REAL, THRESHOLD_TIMESTAMP DATETIME)")
    cursor.execute("CREATE TABLE IF NOT EXISTS EVENT_LOG (EVENT_LOG_ID INTEGER, LOCATION_ID INTEGER, METER_DATA_ID INTEGER, NOTIFICATION_ID INTEGER, EVENT_LOG_TIMESTAMP DATETIME)")
    
```

รูปที่ 3.5 ฟังก์ชันคำสั่งการสร้างตารางต่าง ๆ ในฐานข้อมูล waterlevel.db

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 เป็นฟังก์ชันคำสั่งที่ใช้สร้างตารางต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตาม Data Dictionary (ตารางที่ 3.1 ถึง ตารางที่ 3.7) จากนั้นให้ทำการประมวลผลฟังก์ชันนี้ และเตรียมข้อมูลตั้งต้นไว้ใช้กับระบบ



รูปที่ 3.6 ฐานข้อมูล และตารางข้อมูล ผ่าน DB Browser for SQLite

จากรูปที่ 3.6 เป็นผลลัพธ์หลังจากการประมวลผลคำสั่ง โดยแสดงเป็นโครงสร้างฐานข้อมูลอันประกอบไปด้วยตารางต่าง ๆ ในฐานข้อมูล waterlevel.db

3.2.2 เตรียมชุดข้อมูล (Prepare dataset)

3.2.2.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (Collect data source : Images)

เก็บข้อมูลภาพไม้วัดระดับน้ำ หรือแผ่นวัดระดับน้ำที่ถูกใช้ในประเทศไทย จากเว็บไซต์ต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 225 รูป แบ่งเป็นรูปภาพที่ปรับปรุงภาพแล้ว จำนวน 123 รูป และรูปภาพยังไม่ได้ปรับปรุงใด ๆ จำนวน 102 ภาพ โดยใช้ฟังก์ชันตรวจสอบและเกณฑ์การเปรียบเทียบภาพ ดังนี้

1) ฟังก์ชันตรวจสอบภาพด้วย Error level analysis (ELA) ซึ่งเป็นฟังก์ชันวัดเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับภาพที่ถูกบันทึกใหม่โดยการคำนวณความแตกต่างของแต่ละพิกเซล สามารถกำหนดเกณฑ์ได้เอง กรณีมีค่าเกิน 10

2) เกณฑ์เปรียบเทียบ Metadata ของภาพ ด้วยการตรวจสอบข้อมูล EXIF กรณีมีการเพิ่มข้อมูลรายละเอียดภาพ

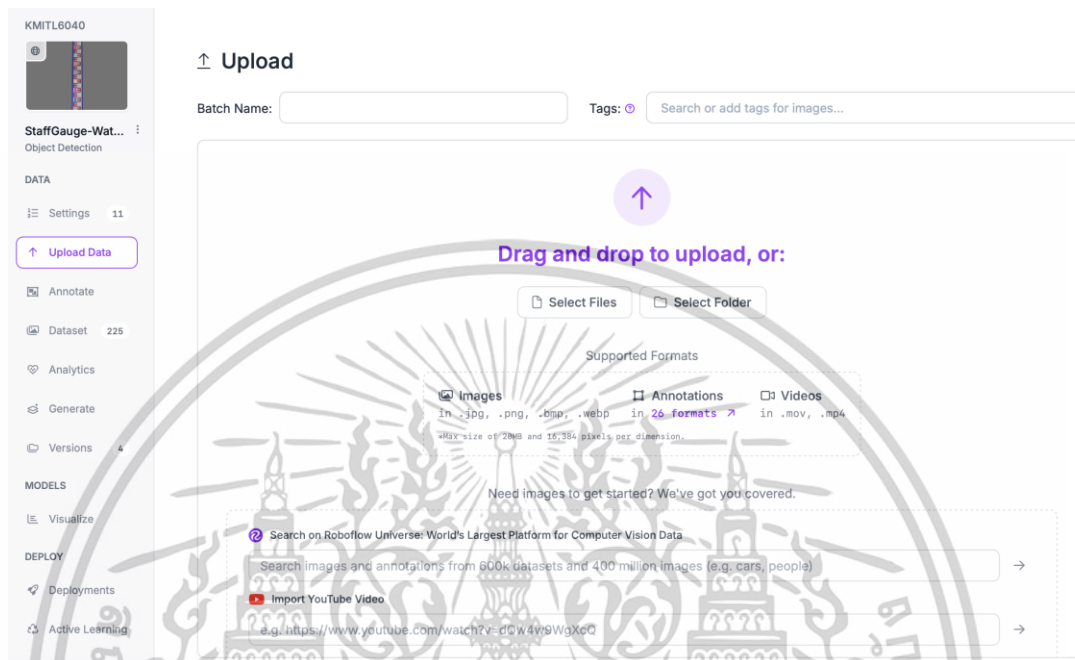
3) เกณฑ์ขนาดภาพ กรณีมีขนาดภาพเกิน 100 KB

จากเกณฑ์ทั้งหมดจะถือว่าเป็นรูปภาพแบบที่ปรับปรุงภาพแล้ว และภาพนอกเหนือจากเกณฑ์ จะถือว่าเป็นรูปภาพแบบที่ยังไม่ได้ปรับปรุงใด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 นำเข้ารูปภาพเข้าเว็บ Roboflow (Upload images to Roboflow)

เป็นขั้นตอนนำรูปภาพที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาอัปโหลดเข้าผ่านทางเว็บแพลตฟอร์ม Roboflow เพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับนำไปใช้ติดป้ายกำกับรูปภาพต่อไป



รูปที่ 3.7 หน้าจออัปโหลดรูปภาพของเว็บ Roboflow

ที่มา: Roboflow. (n.d.)

จากรูปที่ 3.7 เข้ามายังเว็บไซต์ Roboflow จากนั้นเข้าโครงการของงานวิจัย และกดเมนู Upload Data จะแสดงหน้าจออัปโหลดรูปภาพ ให้ทำการนำรูปภาพทั้งหมดที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล

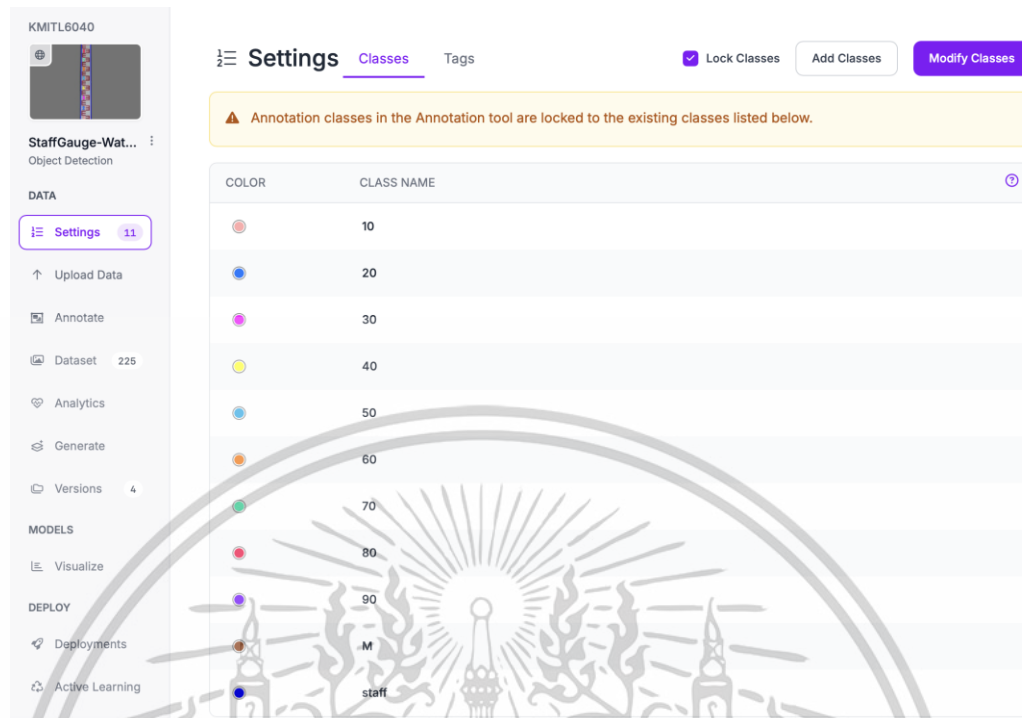
3.2.2.3 ติดป้ายกำกับรูปภาพ (Annotate images)

เป็นขั้นตอนในการติดป้ายกำกับ (Annotate) ลงในภาพแต่ละภาพ เพื่อนำไปใช้ในการฝึกสอนหรือฝึกตัวแบบ จะไปปรากฏเป็นรูปกล่องวัตถุ (Detection box) ใช้ในการตรวจจับ (Detection) ต่อไป โดยเริ่มจากใช้เมนูตั้งค่า (Settings) กำหนด Classes ที่ต้องการในโครงการ (Project) ทำการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเอาไปใช้วัดระดับน้ำบนแผ่นวัดระดับน้ำ คือ

- 1) คลาส Staff แทนแผ่นวัดระดับน้ำ
- 2) คลาสตัวเลข 10, 20, ..., 90 แทนตัวเลขปรากฏบนแผ่นวัดระดับน้ำ (โดย 1 แผ่นวัดระดับน้ำ แทนระดับน้ำ 100 เซนติเมตร หรือ 1 เมตร จะมีตัวเลขแสดงเพียง 10 – 90 เท่านั้น) แต่ถ้าหากแผ่นวัดระดับน้ำเป็นแบบระบบเลขเดียว 1, 2, ..., 9 จะใช้คลาส 10 แทนเลข 1 ไปจนถึง

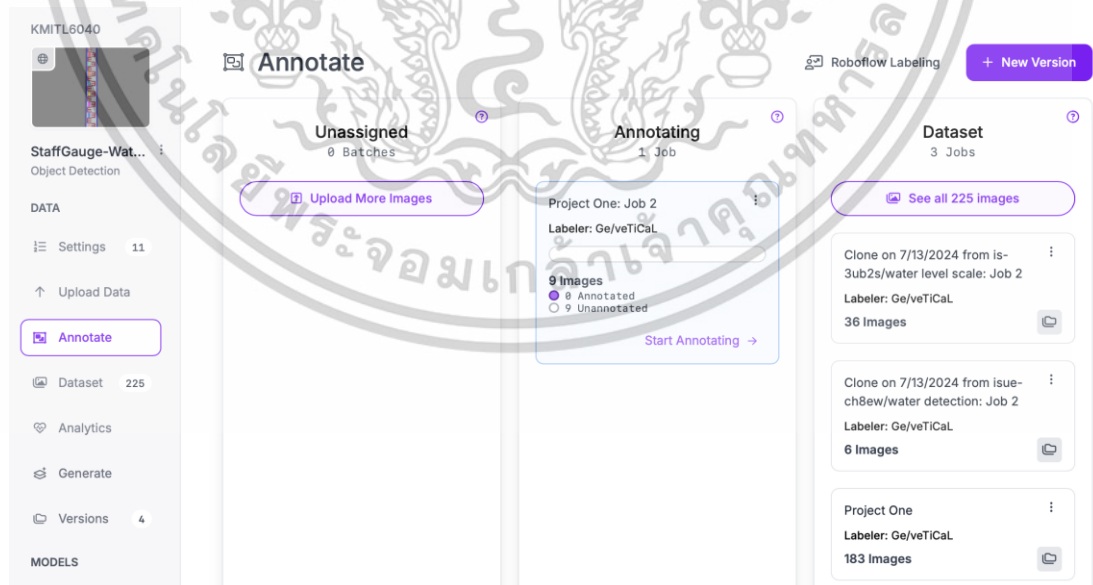
คลาส 90 แทนเลข 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 หน้าจอกำหนดคลาสสำหรับขั้นตอนติดป้ายกำกับใช้ในการตรวจจับ

จากรูปที่ 3.8 เริ่มจากการกำหนดคลาสทั้งหมดประกอบไปด้วยคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ (Staff) และคลาสของตัวเลขระดับน้ำ (10 ถึง 90) เพื่อใช้สำหรับติดป้ายกำกับนำไปใช้ในการฝึกฝนตัวแบบ



รูปที่ 3.9 หน้าจอการทำงานติดป้ายกำกับรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.9 เข้าเมนู Annotate จะแสดงหน้าการทำงานติดป้ายกำกับรูปภาพ (Annotating) จะแสดงกล่อง 3 กล่อง ดังนี้ คือ

1) กล่อง Unassigned (Batches) จะแสดงกล่องชุด (Batch) ทั้งหมดสำหรับชุดรูปภาพที่ยังไม่ได้ถูกติดป้ายกำกับ (Annotated) โดยสามารถอัปโหลดรูปภาพชุดใหม่เพิ่มเติมได้

2) กล่อง Annotating (Job) จะแสดงกล่องงาน (Job) ทั้งหมดสำหรับรูปภาพที่กำลังดำเนินการติดป้ายกำกับอยู่ โดยจะแสดงรายละเอียด ชื่องาน ผู้ที่ได้รับมอบหมาย (Labeler) จำนวนรูปที่ได้รับมอบหมาย แบ่งเป็นจำนวนรูปภาพที่ถูกติดป้ายกำกับแล้ว (Annotated) และจำนวนรูปภาพที่ยังไม่ได้ถูกติดป้ายกำกับ (Unannotated) ในแต่ละงานนั้น

3) กล่อง Dataset (Job) จะแสดงกล่องงาน (Job) ทั้งหมดสำหรับชุดข้อมูลหรือกองรูปภาพที่ใช้สำหรับการติดป้ายกำกับ โดยเราสามารถขออนุญาต หรือนำชุดข้อมูล (Dataset) ของโครงการอื่น หรือของคนอื่นที่เปิดสาธารณะ (Public) มารวมร่วมกับชุดข้อมูลของเราได้

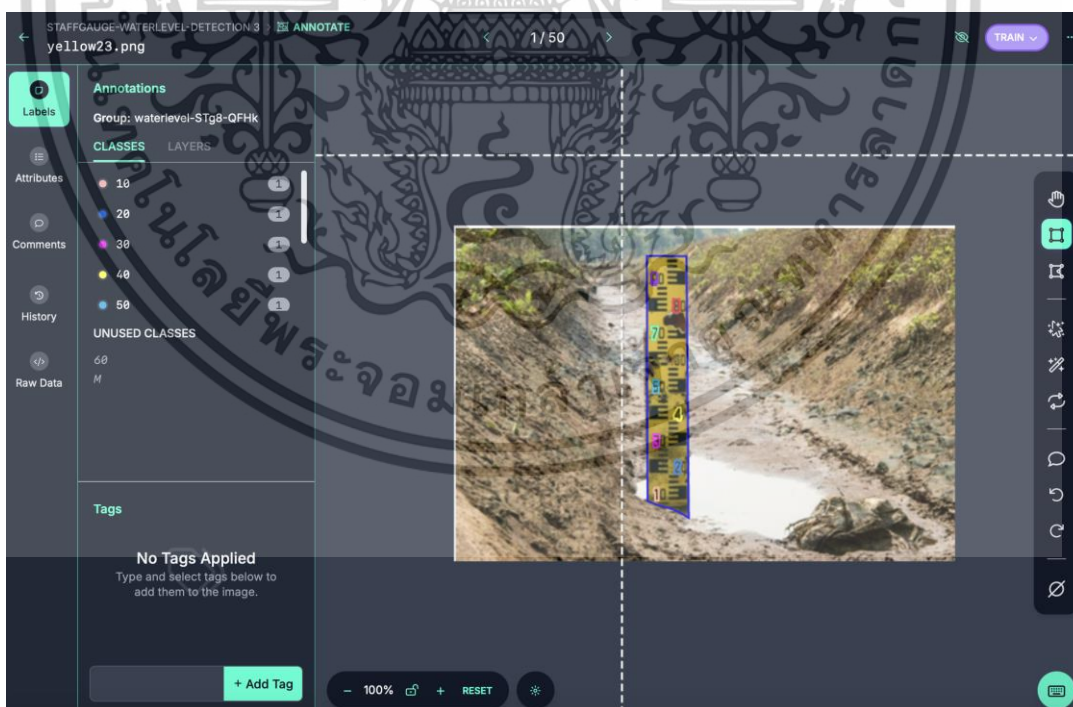
ขั้นตอนการติดป้ายกำกับรูปภาพ มีดังนี้

1) ภายหลังจากนำเข้าภาพแล้ว จะมาแสดงกล่องชุดที่กล่อง Unassigned

2) ทำการมอบหมายงานให้ตนเอง (สามารถมอบหมายให้บุคคลอื่นร่วมทำได้)

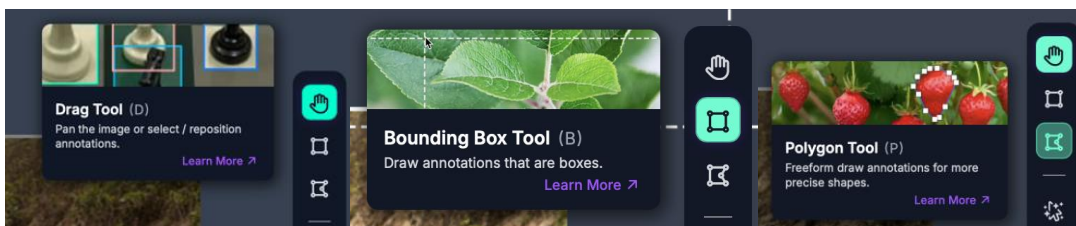
จะมาแสดงที่กล่อง Annotating

3) กดข้อความ Start Annotating สำหรับเริ่มติดป้ายกำกับรูปภาพต่อไป



รูปที่ 3.10 หน้าจอการติดป้ายกำกับรูปภาพโดยใช้เครื่องมือ

จากรูปที่ 3.10 แสดงหน้าจอการติดป้ายกำกับรูปภาพ ทางด้านซ้ายแสดงคลาสที่สร้างไว้ก่อนหน้านี้นี้เพื่อใช้ติดป้ายกำกับ และทางด้านขวามือแสดงเครื่องมือสำหรับจัดการติดป้ายกำกับรูปภาพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 เครื่องมือสำหรับการติดป้ายกำกับรูปภาพ

จากรูปที่ 3.11 แสดงเครื่องมือสำหรับการติดป้ายกำกับ โดยเริ่มจากเครื่องมือ Drag Tool ใช้สำหรับเลือกหรือย้ายตำแหน่งของป้ายกำกับ Bounding Box Tool ใช้สำหรับวาดป้ายกำกับในลักษณะของกล่อง และ Polygon Tool ใช้สำหรับวาดป้ายกำกับอย่างอิสระเพื่อรูปร่างที่แม่นยำยิ่งขึ้น

4) เริ่มติดป้ายกำกับด้วยการใช้เครื่องมือ Drag Tool จับตำแหน่งภาพให้ถนัด แล้วใช้เครื่องมือ Polygon-tool ทำการติกรอบที่ละเอียดตามแผ่นวัดระดับน้ำหรือพื้นที่ที่เราต้องการ จนลากทุกจุดมาบรรจบกันจะแสดงกล่องติดป้ายกำกับรูปภาพ (Annotation Box) เพื่อพิมพ์กรองการค้นหาและเลือกระบุคลาสของกล่องที่เราทำ ในที่นี้คือคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ ต่อจากนั้นให้ทำการติดป้ายกำกับกับคลาสที่ปรากฏบนรูปแผ่นวัดระดับน้ำ เช่น ตัวเลขต่าง ๆ แผ่นวัดระดับน้ำอื่น ๆ เป็นต้น ต่อเนื่องจนครบทุกคลาสที่ต้องการให้ฝึกฝน



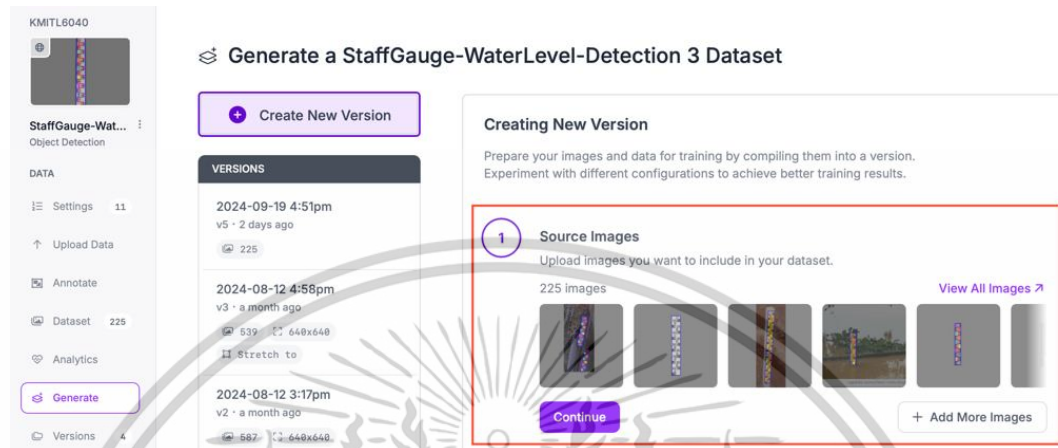
รูปที่ 3.12 ขั้นตอนใช้เครื่องมือ Polygon Tool กับคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ (Staff)

จากรูปที่ 3.12 ตัวอย่างแสดงผลภายหลังทำตามขั้นตอนโดยใช้เครื่องมือ Polygon Tool ลากเส้นเชื่อมป้ายกำกับและกำหนดป้ายกำกับกล่องรูปภาพเป็นคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ

5) ทำการ Annotate รูปภาพอื่นจนครบทุกรูป หรือตามจำนวนที่เราต้องการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

3.2.2.4 เสริมข้อมูลรูปภาพ (Augment images)

เป็นขั้นตอนดำเนินการสร้างชุดข้อมูลที่ต้องการขึ้นมา โดยใน Roboflow มีการสร้างชุดข้อมูลเป็นเลขรุ่น (Version) เพื่อง่ายต่อการปรับปรุงชุดข้อมูล วิธีการสร้างชุดข้อมูล มีดังนี้

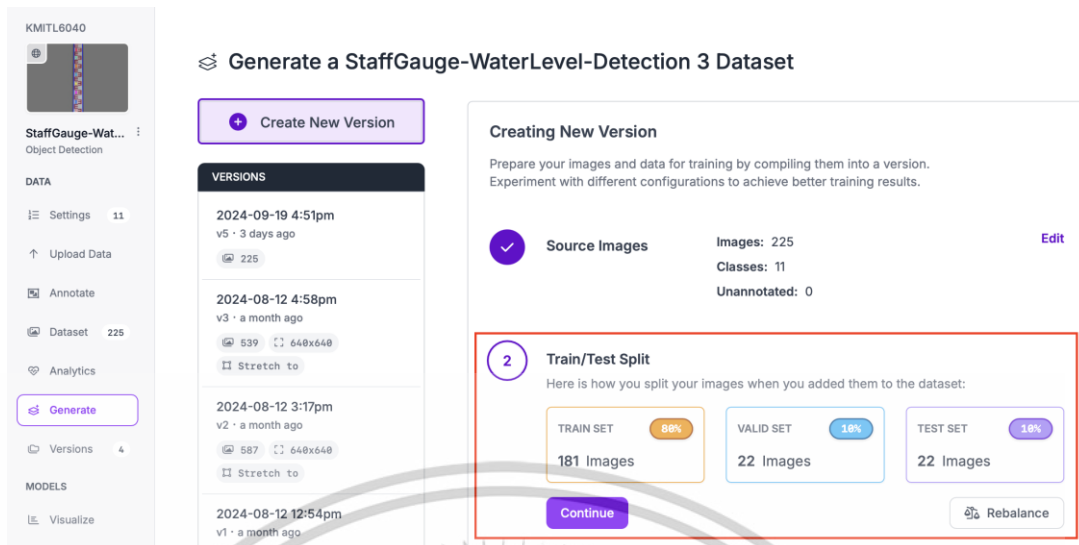


รูปที่ 3.13 หน้าจอ Generate ส่วนที่เก็บรูปภาพ (Source Images)

จากรูปที่ 3.13 หลังจากกดเข้าเมนู Generate จะแสดงหน้าจอสร้างชุดข้อมูล ใช้สร้างเลขรุ่นของชุดข้อมูลใหม่ และขั้นตอนที่ 1 คือ ส่วนที่เก็บรูปภาพที่ถูกอัปโหลดสำหรับใช้เตรียมสร้างชุดข้อมูล สามารถเพิ่มรูปภาพโดยกดปุ่ม Add More Images หรือข้ามไปขั้นตอนต่อไปให้กดปุ่ม Continue

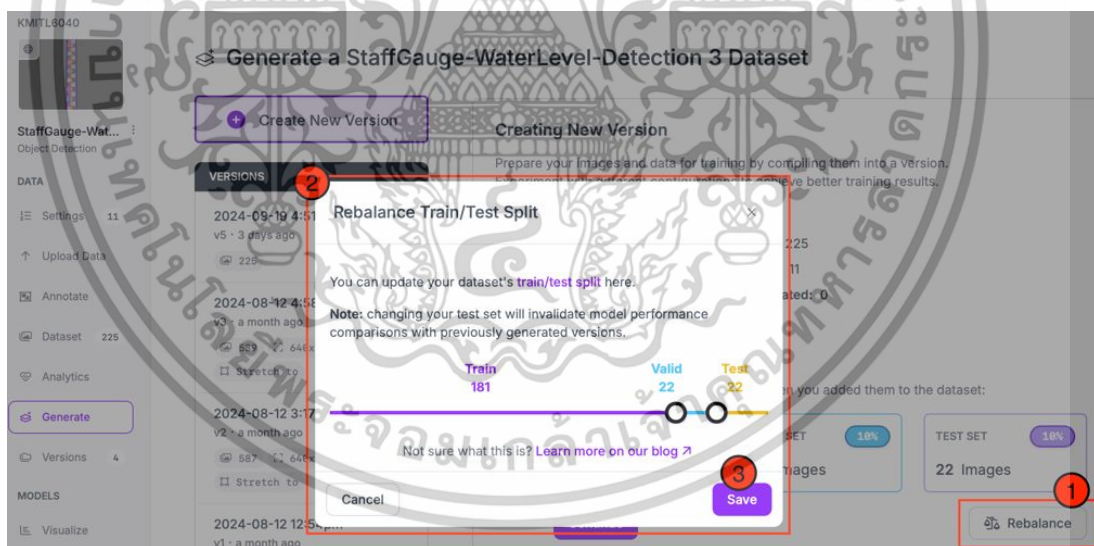
1) ตรวจสอบที่เก็บรูปภาพ โดยสามารถดูรูปภาพทั้งหมด หรือเพิ่มรูปภาพมากขึ้นได้ หากเราจัดการแล้วให้กดปุ่ม Continue

2) หลังจากกดปุ่ม Continue จะมายังส่วนแบ่งชุดข้อมูล (Train/Test Split) ใช้สำหรับแบ่งรูปภาพทั้งหมดเป็นชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝนตัวแบบ หากต้องการแบ่งแบบสุ่มให้ทำการกดปุ่ม Rebalance จะปรากฏกล่องสำหรับการเลื่อนแถบแบ่งชุดข้อมูลตามที่ต้องการ และเมื่อดำเนินการเสร็จแล้วให้กดปุ่ม Save เพื่อบันทึกการตั้งค่า แต่หากเราต้องการกำหนดเองสามารถเลือกชุดข้อมูลที่ต้องการได้ตั้งแต่ตอนติดป้ายกำกับภาพทีละภาพ หลังจากทำขั้นตอนนี้เสร็จ ให้กดปุ่ม Continue ต่อไป ตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.14 หน้าจอ Generate ส่วนแบ่งชุดรูปภาพฝึก/ทดสอบ (Train/Test Split)

จากรูปที่ 3.14 แสดงหน้าจอส่วนแบ่งชุดข้อมูล (Train/Test Split) ใช้สำหรับแบ่งรูปภาพทั้งหมด เป็นชุดข้อมูลฝึก (TRAIN SET) ชุดข้อมูลตรวจสอบ (VALID SET) และชุดข้อมูลทดสอบ (TEST SET)



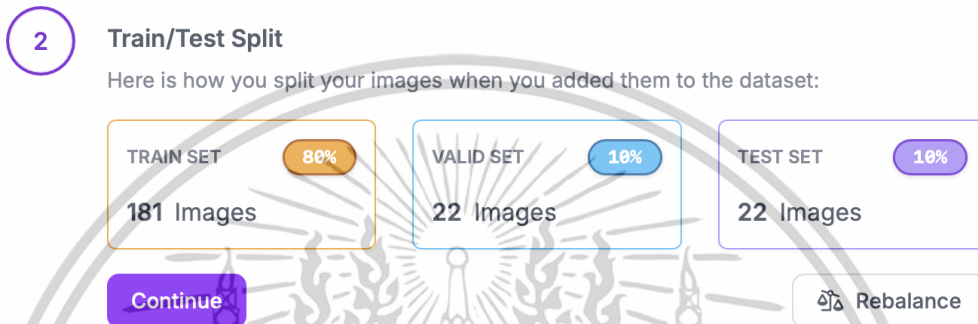
รูปที่ 3.15 กล่องแบ่งชุดข้อมูลฝึก/ตรวจสอบ/ทดสอบ หลังกดปุ่ม ปรับสมดุลข้อมูล (Rebalance) ในส่วนแบ่งชุดรูปภาพฝึก/ทดสอบ

จากรูปที่ 3.15 แสดงกล่องสำหรับการแบ่งชุดข้อมูล โดยใช้วิธีการเลื่อนแถบแบ่งชุดข้อมูลตามที่ต้องการ หากดำเนินการแล้วให้กดปุ่ม Save เพื่อบันทึกการตั้งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขั้นตอนนี้จะเป็นการเริ่มการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวัดประสิทธิภาพแต่ละตัวแบบว่าการแบ่งตามสัดส่วนข้อมูลตัวแบบใดมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน จึงดำเนินการแบ่งตามสัดส่วนข้อมูล Train Set : Valid Set : Test Set เป็น 2 ตัวแบบนี้ คือ

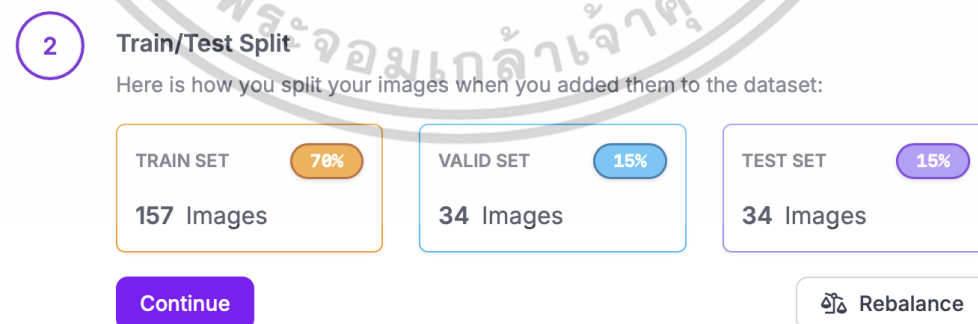
1) **ตัวแบบการทดลองที่ 1 สัดส่วน 80:10:10** โดยแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลฝึก 80% ชุดข้อมูลตรวจสอบ 10% และชุดข้อมูลทดสอบ 10% โดยมีขั้นตอนเตรียมข้อมูล เสริมข้อมูล สร้างข้อมูล กำหนดตัวแบบตั้งต้น จำนวนรอบการฝึกฝน และพารามิเตอร์ในการฝึกฝนในขั้นตอนถัดไปเหมือนกันทั้งหมด



รูปที่ 3.16 ตัวแบบการทดลองที่ 1 ชุดข้อมูลรูปภาพถูกแบ่งตามสัดส่วน 80:10:10

จากรูปที่ 3.16 แสดงภาพการแบ่งชุดข้อมูลตัวแบบทดลองที่ 1 ตามสัดส่วน 80:10:10 บนเว็บไซต์ Roboflow เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบวัดประสิทธิภาพของตัวแบบ

2) **ตัวแบบการทดลองที่ 2 สัดส่วน 70:15:15** โดยแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลฝึก 70% ชุดข้อมูลตรวจสอบ 15% และชุดข้อมูลทดสอบ 15% โดยมีขั้นตอนเตรียมข้อมูล เสริมข้อมูล สร้างข้อมูล กำหนดตัวแบบตั้งต้น จำนวนรอบการฝึกฝน และพารามิเตอร์ในการฝึกฝนในขั้นตอนถัดไปเหมือนกันทั้งหมด

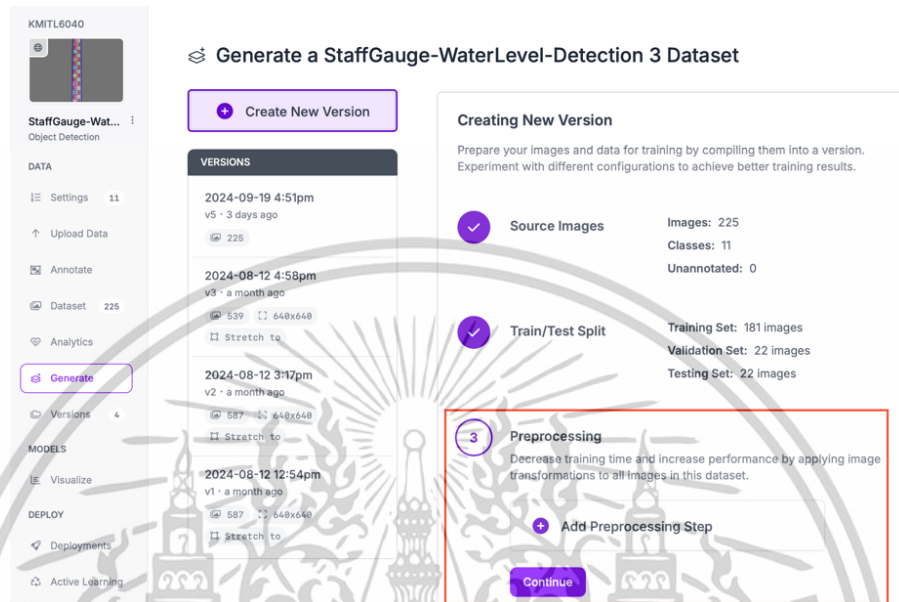


รูปที่ 3.17 ตัวแบบการทดลองที่ 2 ชุดข้อมูลรูปภาพถูกแบ่งตามสัดส่วน 70:15:15

จากรูปที่ 3.17 แสดงภาพการแบ่งชุดข้อมูลตัวแบบทดลองที่ 2 ตามสัดส่วน 70:15:15 บน

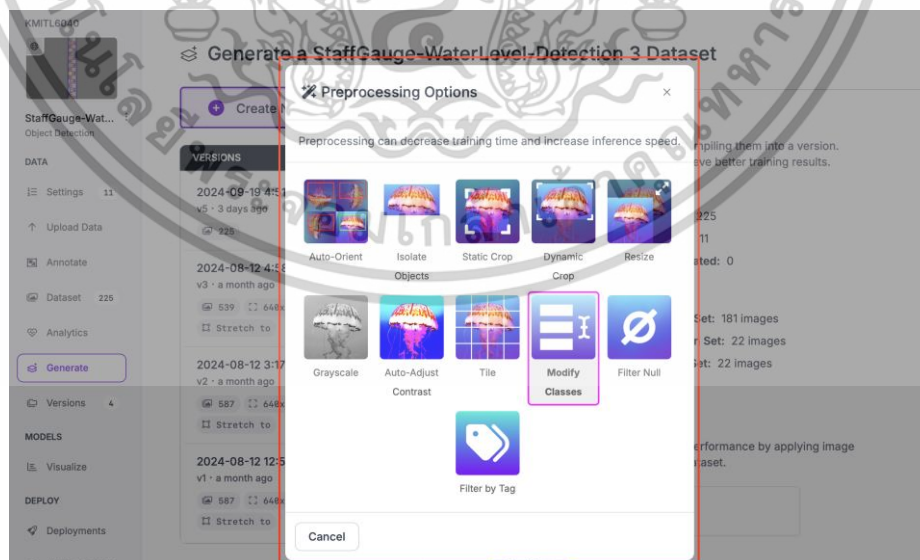
เว็บไซต์ Roboflow เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบวัดประสิทธิภาพของตัวแบบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ต่อมาเป็นการเตรียมข้อมูล (Preprocessing) ทำให้สามารถลดเวลาการฝึก เพิ่มความเร็วในการอนุมาน และเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการนำการแปลงรูปภาพไปใช้กับรูปภาพทั้งหมดในชุดข้อมูลนี้



รูปที่ 3.18 หน้าจอ Generate ส่วนเตรียมข้อมูล

จากรูปที่ 3.18 แสดงส่วนเตรียมข้อมูลในหน้าจอ Generate สามารถเพิ่มขั้นตอนด้วยการกดปุ่ม Add Preprocessing Step

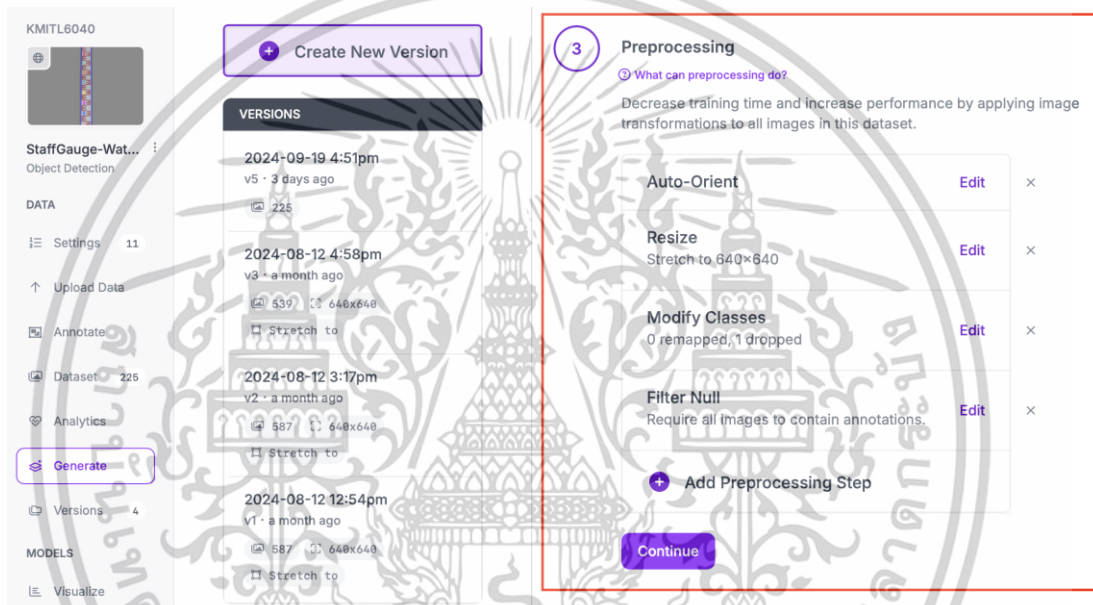


รูปที่ 3.19 กล่องตัวเลือกในการเตรียมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.19 แสดงกล่องตัวเลือกการเตรียมข้อมูลด้วยการปรับรูปภาพทั้งหมดก่อนที่จะป้อนเข้าตัวแบบ เช่น หมุนภาพอัตโนมัติ (Auto-Orient) แยกวัตถุ (Isolate Objects) ตัดเฉพาะส่วนแบบคงที่ (Static Crop) ปรับขนาดภาพ (Resize) แปลงภาพเป็นขาวดำ (Grayscale) เลือกคลาสที่ต้องการ (Modify Classes) และกรองรูปภาพเฉพาะที่มีกล่องวัตถุเท่านั้น (Filter Null) เป็นต้น

ในที่นี้เราจะเลือกหมุนรูปภาพอัตโนมัติ ปรับขนาดรูปภาพโดยกำหนดให้ทุกรูปมีขนาด 640x640 pixels ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานในการฝึกตัวแบบ เลือกคลาสที่ต้องการ และกรองรูปภาพทั้งหมดที่มีค่าเท่านั้นใช้ในตัวแบบนี้ แล้วทำการกดปุ่ม Continue ไปยังขั้นตอนต่อไป ดังรูปด้านล่าง

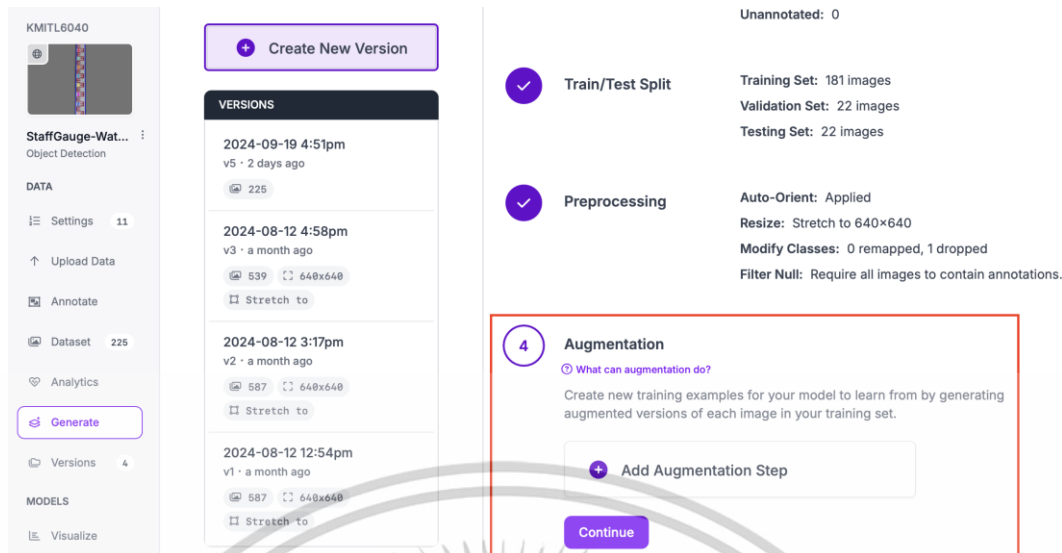


รูปที่ 3.20 รายการที่เลือกสำหรับส่วนเตรียมข้อมูล

จากรูปที่ 3.20 แสดงรายการที่งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกใช้กับรูปภาพที่ถูกแบ่งทุกชุดข้อมูลทั้งหมดในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลรูปภาพ

จากนั้นเป็นขั้นตอนของการเสริมข้อมูล (Augmentation) หรือการเพิ่มชุดข้อมูลสำหรับการฝึกด้วยเทคนิคสมมติต่าง ๆ เพื่อรับมือกับสภาพแวดล้อมจริง เช่น ภาพสว่าง มีด มัว ขาดบางส่วน หรือภาพโดนฝน ฝุ่น ลำแสงซ้อน หมอก คว้น เป็นต้น ในกรณีไม่มีชุดข้อมูลสภาพแวดล้อมนั้นจริงหรือไม่เพียงพอ หากต้องการเพิ่มการเสริมข้อมูลสามารถกดปุ่ม Add Augmentation Step ได้ ตามรูปด้านล่างนี้

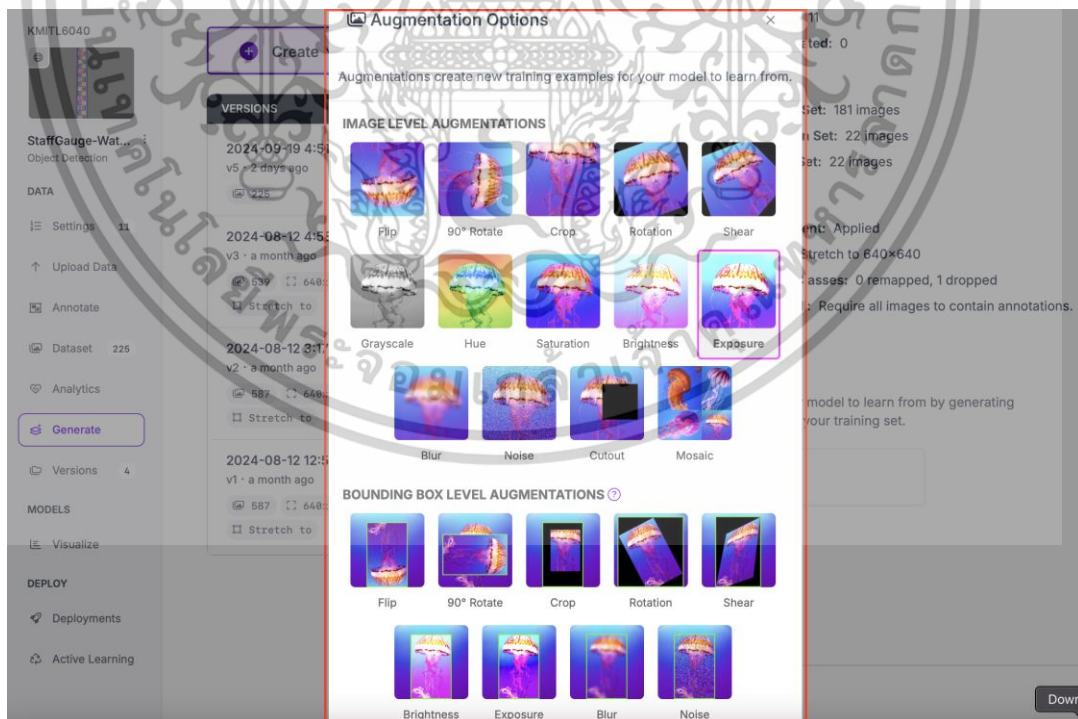
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 หน้าจอ Generate ส่วนการเสริมข้อมูล

จากรูปที่ 3.21 แสดงการเสริมข้อมูลทุกภาพในชุดข้อมูลฝึกฝนในหน้าจอ Generate สามารถเพิ่มขึ้นตอนด้วยการกดปุ่ม Add Augmentation Step

เมื่อกด Add Augmentation Step จะแสดงเทคนิคให้เลือก เพื่อให้ตัวแบบของเราได้ฝึกตามสภาพแวดล้อมสมมติแทน (จำลอง) ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.22 กล่องตัวเลือกในการเสริมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.22 แสดงกล่องตัวเลือกเทคนิคในการเสริมข้อมูลให้กับชุดภาพในชุดข้อมูลฝึกฝน เช่น พลิกภาพ (Flip) หมุนภาพ (Rotation) ขาวดำ (Grayscale) สีเพี้ยน (Hue) มัว (Blur) และมีสิ่งรบกวน (Noise) เป็นต้น

ในงานวิจัย ได้เลือกเสริมข้อมูลเทคนิค ดังนี้

1) Grayscale (ฝึกด้วยระดับสีเทา 25%) สำหรับฝึกตัวแบบใช้การจำลองภาพตอนกลางคืน

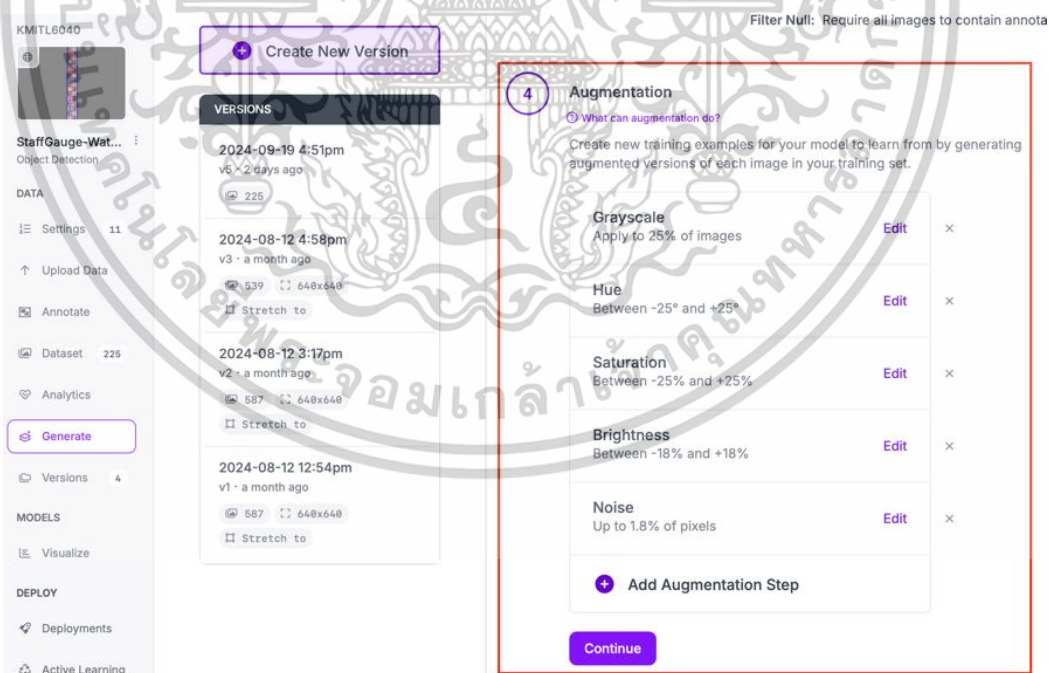
2) Hue (ฝึกด้วยการสุม่ร่งสีในช่วง -25° ถึง $+25^{\circ}$) สำหรับฝึกตัวแบบใช้การจำลองภาพสีเพี้ยน โทนสีไม่ถูกต้อง

3) Saturation (ฝึกด้วยการสุม่ความอึมตัวของสี -25% (ซีดลง) ถึง $+25\%$ (สดขึ้น)) สำหรับฝึกตัวแบบใช้การจำลองภาพสีซีดจาง หรือสดขึ้น

4) Brightness (ฝึกด้วยการสุม่ความสว่างแสง -18% (มืดลง) ถึง $+18\%$ (สว่างขึ้น)) สำหรับฝึกตัวแบบใช้การจำลองภาพมืด หรือสว่างไป

5) Noise (ฝึกด้วยมีจุดรบกวนสุม่ในภาพจำนวน 1.8% ทั่วภาพ) สำหรับฝึกตัวแบบใช้การจำลองภาพที่มีคุณภาพต่ำ แสงน้อย มีฝุ่น คิว้น ผ่น หมอก หรือสิ่งสกปรก สะท้อนแสงหรือเงา หรือกล้องมีปัญหา

ต่อจากนั้นกดปุ่ม Continue



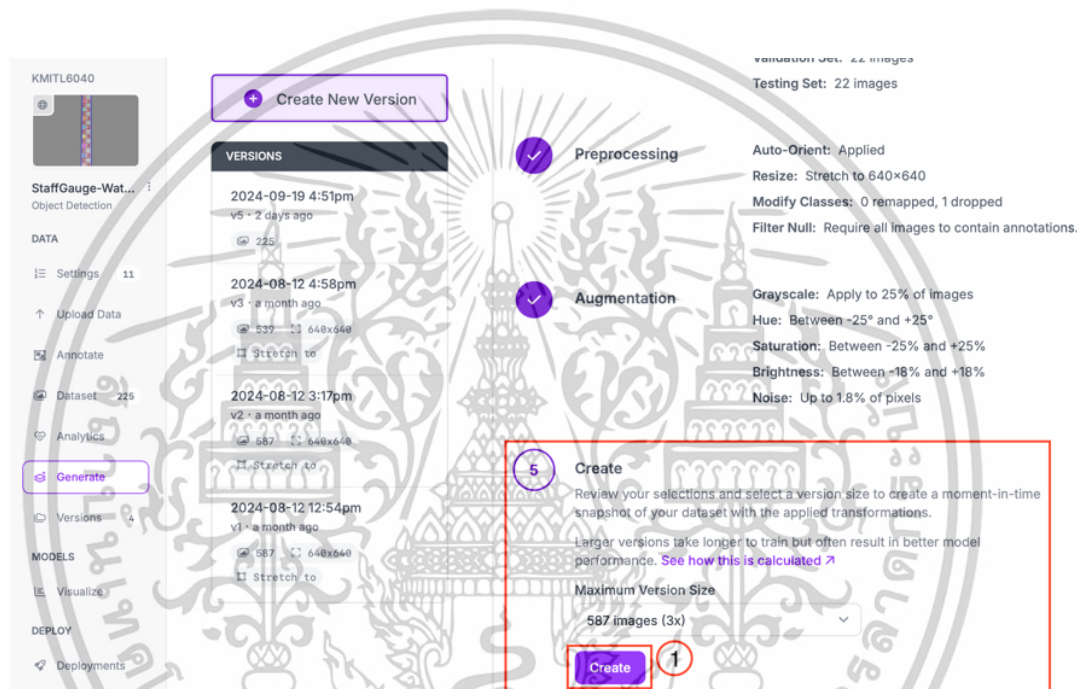
รูปที่ 3.23 รายการที่เลือกสำหรับการเสริมข้อมูล

จากรูปที่ 3.23 แสดงรายการที่งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกใช้กับรูปภาพกับชุดข้อมูลฝึกฝนในขั้นตอนการเสริมข้อมูลรูปภาพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.5 สร้างชุดข้อมูล (Generate datasets)

ขั้นตอนสุดท้าย ตรวจสอบการเลือกที่ผ่านมาทั้งหมด และเลือกขนาดรุ่นเพื่อสร้างภาพรวมของชุดข้อมูลพร้อมการดัดแปลงที่ใช้ ถ้าหากขนาดรุ่นที่ใหญ่ขึ้น จะทำให้การฝึกนานขึ้น แต่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของตัวแบบดีขึ้น กรณีใช้ฟรี จะได้รับภาพฝึกทั้งหมดเพียง 3x หรือ 3 เท่าของชุดข้อมูลที่เก็บรูปภาพเท่านั้น

เมื่อตรวจสอบเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม Create หลังจากนั้นระบบจะแสดงกล่องการรอการสร้าง จนกระทั่งสร้างชุดข้อมูลรุ่นใหม่สำเร็จ ด้วยปี-เดือน-วัน เวลา เลขรุ่นใหม่ และจำนวนรูปที่ถูกสร้าง จะแสดงที่ VERSIONS ทางซ้ายมือ ตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.24 หน้าจอ Generate ส่วนสร้างชุดข้อมูล (Create)

จากรูปที่ 3.24 แสดงส่วนสร้างชุดข้อมูลในหน้าจอ Generate ตัวเลือกกำหนดขนาดสูงสุดสำหรับชุดข้อมูลฝึกฝน และปุ่ม Create สำหรับยืนยันการสร้างชุดข้อมูลเมื่อพิจารณาขั้นตอนต่าง ๆ ที่ผ่านมาเรียบร้อยแล้ว

3.2.3 ฝึกฝนตัวแบบ (Train model)

การฝึกฝนตัวแบบผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือเป็น Google Colab เหมาะกับการฝึกตัวแบบสะดวกเขียน ประมวลผลได้ทุกที่ และสามารถใช้งานหน่วยประมวลผลกราฟิก (Graphics Processing Unit : GPU) ซึ่งประมวลผลได้รวดเร็วกว่าหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) หรือ GPU บนคอมพิวเตอร์ส่วนตัว (Personal Computer : PC) มาก และใช้ภาษาไพทอนในการเขียน หลังจากนั้นให้ติดตั้งไลบรารี Ultralytics สำหรับใช้งานตัวแบบ YOLO และ Roboflow สำหรับใช้ดาวน์โหลดชุดข้อมูล Roboflow ดังรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.26 แสดงหน้าจอคำสั่งดาวน์โหลดชุดข้อมูลที่ถูกรวบรวมในรูปแบบ YOLOv8 ทั้งหมดจากเว็บไซต์ Roboflow ประกอบไปด้วยชุดข้อมูลฝึกฝน ชุดข้อมูลตรวจสอบ ชุดข้อมูลทดสอบ

3.2.3.2 ออกแบบและใช้งานตัวแบบด้วยภาษาไพทอน (Design & Implement model by Python)

เมื่อดาวน์โหลดชุดข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้ลองออกแบบการทดลองด้วยภาษาไพทอนเพื่อให้การฝึกฝนตัวแบบนำไปใช้งานจริงได้ และได้เพิ่มตัวแปรเพิ่มเติมหลังจากแบ่งชุดข้อมูล คือ ตัวแบบตั้งต้นสำหรับการฝึก (model) จำนวนรอบการฝึก (epochs) ขนาดของภาพที่ถูกใช้ในการฝึกฝนตัวแบบ (imgsz) และตัวเลือกที่ต้องการออกรายงานในลักษณะเป็นกราฟหรือภาพแสดงผลค่าประสิทธิภาพต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบหรือไม่ (plots) เป็นต้น

3.2.3.3 ฝึกฝนตัวแบบด้วย YOLOv8 (Train model with YOLOv8)

ให้เริ่มทำการฝึก/ตรวจสอบ/ทดสอบตัวแบบด้วยคำสั่งและกำหนดพารามิเตอร์ในการฝึกฝนตามค่าพารามิเตอร์ดังนี้

- 1) task: ประเภทงาน (detect คือ ตรวจจับวัตถุ)
- 2) mode: วิธีการทำงาน (train คือ ฝึกข้อมูล)
- 3) model: ตัวแบบตั้งต้นสำหรับการฝึก (yolov8n.pt)
- 4) data: ไฟล์ข้อมูลที่ใช้ฝึก ({path}/data.yaml)
- 5) epochs: จำนวนรอบการฝึก (300 คือ 300 รอบ)
- 6) imgsz: ขนาดรูปภาพ (640 คือ 640x640)
- 7) plots: ตัวเลือกออกรายงานกราฟ (True คือ ออกรายงาน)

```
%cd (HOME)
[Errno 2] No such file or directory: '(HOME)'/content

[ ] yolo task=detect mode=train model=yolov8n.pt data={dataset,location}/data.yaml epochs=300 imgsz=640 plots=True

Downloading https://github.com/ultralytics/assets/releases/download/v0.0.0/yolov8n.pt to 'yolov8n.pt'...
100% 6.29M/6.29M [00:00<00:00, 37.4MB/s]
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/ultralytics/nn/tasks.py:567: FutureWarning: You are using 'torch.load' with 'weights_only=False' (the c
return torch.load(file, map_location='cpu'), file # load
New https://pypi.org/project/ultralytics/8.2.102 available 🌟 Update with 'pip install -U ultralytics'
ultralytics: YOLOv8 0.196 Python-3.10.12 torch-2.4.1+cu121 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
engine/trainer: task=detect, mode=train, model=yolov8n.pt, data=/content/Staff@Sage-WaterLevel-Detection-3-3/data.yaml, epochs=300, patience=50,
Downloading https://ultralytics.com/assets/Arial.ttf to '/root/.config/ultralytics/Arial.ttf'...
100% 755k/755k [00:00<00:00, 20.3MB/s]
2024-09-27 06:05:33.591034: E external/local_xla/xla/stream_executor/cuda/cuda_fft.cc:485] Unable to register cuFFT factory: Attempting to regi
2024-09-27 06:05:33.612376: E external/local_xla/xla/stream_executor/cuda/cuda_dnn.cc:8454] Unable to register cuDNN factory: Attempting to reg
2024-09-27 06:05:33.618354: E external/local_xla/xla/stream_executor/cuda/cuda_blas.cc:1452] Unable to register cuBLAS factory: Attempting to r
Overriding model.yaml nc=80 with nc=10

      from  n  params module                                arguments
  0         -1  1     464  ultralytics.nn.modules.conv.Conv          [3, 16, 3, 2]
  1         -1  1    4672  ultralytics.nn.modules.conv.Conv          [16, 32, 3, 2]
  2         -1  1    7360  ultralytics.nn.modules.block.C2f          [32, 32, 1, True]
  3         -1  1   18560  ultralytics.nn.modules.conv.Conv          [32, 64, 3, 2]
  4         -1  2   49664  ultralytics.nn.modules.block.C2f          [64, 64, 2, True]
  5         -1  1   73984  ultralytics.nn.modules.conv.Conv          [64, 128, 3, 2]
  6         -1  2   197632  ultralytics.nn.modules.block.C2f          [128, 128, 2, True]
  7         -1  1   295424  ultralytics.nn.modules.conv.Conv          [128, 256, 3, 2]
  8         -1  1   468288  ultralytics.nn.modules.block.C2f          [256, 256, 1, True]
  9         -1  1   164680  ultralytics.nn.modules.block.SPPF          [256, 256, 5]
 10         -1  1         0  torch.nn.modules.upsampling.Upsample     [None, 2, 'nearest']
 11        [-1, 6]  1         0  ultralytics.nn.modules.conv.Concat        [1]
 12         -1  1   148224  ultralytics.nn.modules.block.C2f          [384, 128, 1]
 13         -1  1         0  torch.nn.modules.upsampling.Upsample     [None, 2, 'nearest']
 14        [-1, 4]  1         0  ultralytics.nn.modules.conv.Concat        [1]
 15         -1  1    37248  ultralytics.nn.modules.block.C2f          [192, 64, 1]
 16         -1  1    36992  ultralytics.nn.modules.conv.Conv          [64, 64, 3, 2]
 17        [-1, 12]  1         0  ultralytics.nn.modules.conv.Concat        [1]
 18         -1  1   123648  ultralytics.nn.modules.block.C2f          [192, 128, 1]
 19         -1  1   147712  ultralytics.nn.modules.conv.Conv          [128, 128, 3, 2]
 20        [-1, 9]  1         0  ultralytics.nn.modules.conv.Concat        [1]
 21         -1  1   493856  ultralytics.nn.modules.block.C2f          [384, 256, 1]
 22        [15, 18, 21] 1    753262  ultralytics.nn.modules.head.Detect        [10, [64, 128, 256]]

Model summary: 225 layers, 3012798 parameters, 3012782 gradients, 8.2 GFLOPs
```

รูปที่ 3.27 หน้าจอคำสั่งและพารามิเตอร์ในการฝึกฝนด้วยตัวแบบ YOLOv8

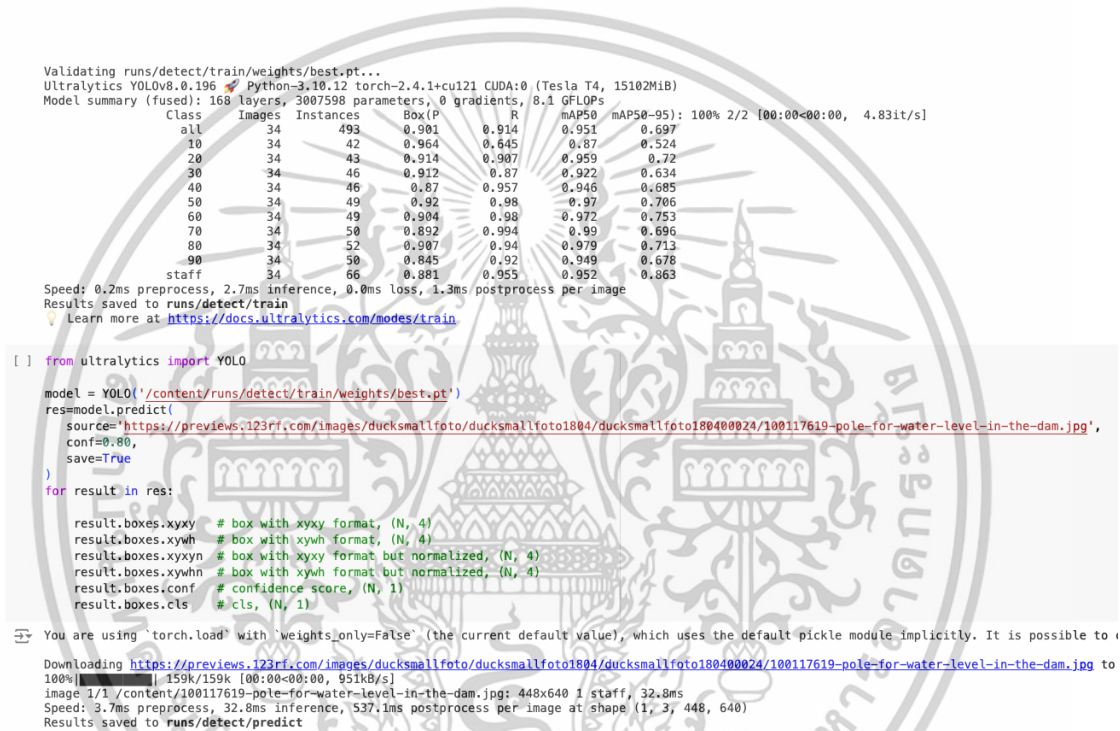
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.27 แสดงหน้าจอลำโพงคำสั่งและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยใช้ในการฝึกฝนตัวแบบด้วยตัวแบบตั้งต้น yolov8n.pt

3.2.4 ทดสอบตัวแบบ (Test model)

3.2.4.1 ประเมินประสิทธิภาพตัวแบบ (Evaluate model)

หลังจากฝึก/ตรวจสอบ/ทดสอบตัวแบบเรียบร้อยแล้ว จะได้รับไฟล์ Pretrained Model (*.pt) เพื่อนำไปใช้จริงต่อไป ถ้าหากนำตัวแบบไปใช้ตรวจจับแผ่นวัดระดับน้ำและตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำจะแสดงผลเป็นกรอบวัตถุ (Bounding Box) และค่าความมั่นใจ (Confidence Score) ว่าพิกัดกรอบที่ได้ตรงกับวัตถุหรือคลาสนั้นจริง ตามรูปด้านล่าง



```

Validating runs/detect/train/weights/best.pt...
Ultralytics YOLOv8.0.196 Python-3.10.12 torch-2.4.1+cu121 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 168 layers, 3007598 parameters, 0 gradients, 8.1 GFLOPs
Class      Images  Instances  Box(P  R      mAP50  mAP50-95)  100% 2/2 [00:00<00:00, 4.83it/s]
all        34      493        0.901  0.914  0.951  0.697
10         34      42         0.964  0.645  0.87   0.524
20         34      43         0.914  0.907  0.959  0.72
30         34      46         0.912  0.87   0.922  0.634
40         34      46         0.87   0.957  0.946  0.685
50         34      49         0.92   0.98   0.97   0.706
60         34      49         0.904  0.98   0.972  0.753
70         34      50         0.892  0.994  0.99   0.696
80         34      52         0.907  0.94   0.979  0.713
90         34      50         0.845  0.92   0.949  0.678
staff      34      66         0.881  0.955  0.952  0.863

Speed: 0.2ms preprocess, 2.7ms inference, 0.0ms loss, 1.3ms postprocess per image
Results saved to runs/detect/train
Learn more at https://docs.ultralytics.com/nodes/train

[ ] from ultralytics import YOLO

model = YOLO('content/runs/detect/train/weights/best.pt')
res=model.predict(
  source='https://previews.123rf.com/images/ducksmallfoto/ducksmallfoto1804/ducksmallfoto18040024/100117619-pole-for-water-level-in-the-dam.jpg',
  conf=0.80,
  save=True
)
for result in res:
  result.bboxes.xyxy # box with xyxy format, (N, 4)
  result.bboxes.xywh # box with xywh format, (N, 4)
  result.bboxes.xyxy # box with xyxy format but normalized, (N, 4)
  result.bboxes.xywhn # box with xywh format but normalized, (N, 4)
  result.bboxes.conf # confidence score, (N, 1)
  result.bboxes.cls # cls, (N, 1)

You are using `torch.load` with `weights_only=False` (the current default value), which uses the default pickle module implicitly. It is possible to
Downloading https://previews.123rf.com/images/ducksmallfoto/ducksmallfoto1804/ducksmallfoto18040024/100117619-pole-for-water-level-in-the-dam.jpg to
100% [████████████████████] 159k/159k [00:00<00:00, 951kB/s]
image 1/1 content/100117619-pole-for-water-level-in-the-dam.jpg: 448x640 1 staff, 32.8ms
Speed: 3.7ms preprocess, 32.8ms inference, 537.1ms postprocess per image at shape (1, 3, 448, 640)
Results saved to runs/detect/predict

```

รูปที่ 3.28 หน้าจอลำโพงคำสั่งสำหรับประเมินผลตัวแบบกับรูปภาพตัวอย่าง

จากรูปที่ 3.28 แสดงหน้าจอลำโพงคำสั่งใช้ตัวแบบที่ฝึกฝนมาแล้วทดสอบกับรูปภาพตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลตัวแบบโดยกำหนดระดับความมั่นใจที่ระดับ 80% ขึ้นไปว่าสิ่งที่ตรวจพบเป็นคลาสที่สนใจ

ผู้วิจัยจึงตัดสินใจนำมาทดสอบกับรูปแผ่นวัดระดับน้ำจริงผ่านคำสั่ง ได้กำหนดเกณฑ์กรองค่าความมั่นใจ (Confidence Threshold) ไว้ที่ระดับ 80% หรือ 0.80 ขึ้นไป และหลังจากประมวลผลคำสั่งแล้ว ตัวแบบจึงได้แสดงผลเป็นกรอบกล่องสี่เหลี่ยมที่ตรวจจับแผ่นวัดระดับน้ำ พร้อมทั้งค่าความมั่นใจว่าเป็นพิกัดกรอบตรงกับแผ่นวัดระดับน้ำจริงที่ 88% หรือ 0.88 ตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.29 รูปภาพตัวอย่าง ประเมินผลลัพธ์โดยใช้ตัวแบบที่ฝึก
ที่มา: Ducksmallfoto. (2024)

จากรูปที่ 3.29 แสดงรูปภาพตัวอย่าง หลังจากประมวลผลคำสั่งโดยใช้ตัวแบบที่ฝึกฝนจากตัวแบบ YOLOv8

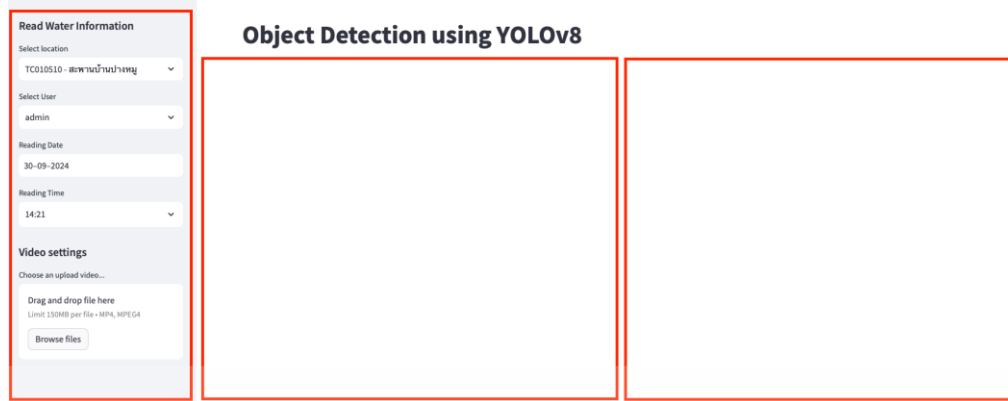
หลังจากผู้วิจัยได้ทำการทดลองฝึกฝนตัวแบบด้วยการแบ่งชุดข้อมูลตามสัดส่วนจนครบทั้งสัดส่วน 80:10:10 และ 70:15:15 รวมถึงเปรียบเทียบผลลัพธ์เรียบร้อยแล้ว จึงได้ตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ สัดส่วนข้อมูล 80:10:10 (ผลการทดลองอ้างอิงบทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล) และได้นำตัวแบบนี้ไปใช้ต่อในส่วนตรวจจับค่าระดับน้ำด้วยการนำเข้าคลิป์วีดีโอและประมวลผลวีดีโอ แจ้างเดือนเพื่อเผ่าระวังน้ำท่วมหากเกินเกณฑ์ระดับน้ำที่กำหนดผ่านเว็บที่ออกแบบไว้ต่อไป

3.2.5 นำเข้าและเล่นวีดีโอ (Import & Play VDO)

3.2.5.1 ออกแบบและใช้งานเว็บสำหรับการประมวลผลวีดีโอ (Design & Implement Web UI for VDO processing)

ออกแบบหน้าจอบางเว็บสำหรับประมวลผลคลิป์วีดีโอ แบ่งส่วนด้านซ้ายเป็นส่วนที่ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ระบุข้อมูลของวีดีโอที่เอามาอัปโหลด ส่วนหน้าจอด้านขวา แสดงวีดีโอต้นฉบับและวีดีโอที่แสดงค่าวระดับน้ำไว้เปรียบเทียบกัน รวมถึงออกแบบส่วนกำหนดค่าต่าง ๆ เริ่มต้นไว้ใช้งานเบื้องหลัง ร่วมกับฐานข้อมูลที่ออกแบบไว้ ด้วยภาษาไพทอนและใช้เครื่องมือ Streamlit ช่วยทำเว็บแบบตอบสนองทันทีกับผู้ใช้งาน (Interactive) และทำการรันเพื่อใช้งานเว็บ ดังรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 หน้าจอเว็บตรวจจับวัดระดับน้ำโดยใช้ตัวแบบที่ฝึกมา

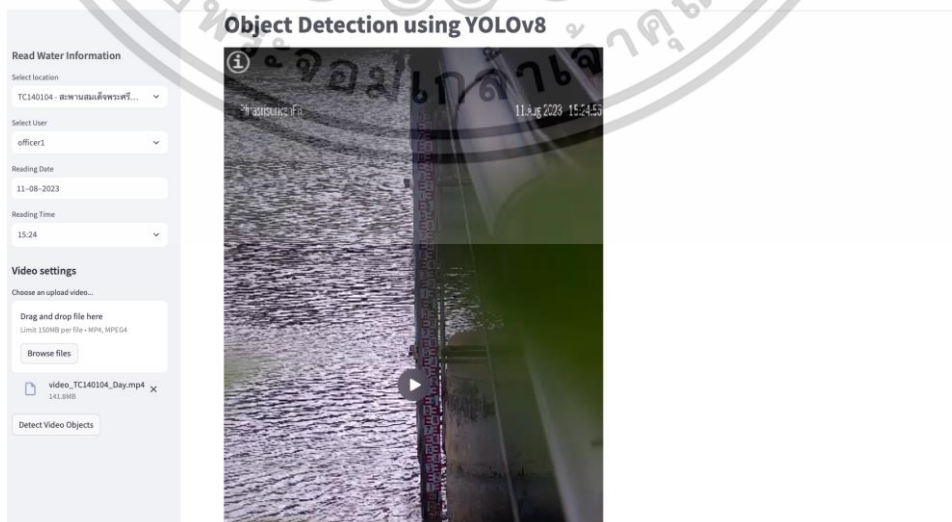
จากรูปที่ 3.30 แสดงเค้าโครงหน้าจอตตรวจจับระดับน้ำโดยใช้ตัวแบบที่ฝึก เพื่อสะดวกในการแสดงผลออกทางเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับตัวแบบที่ฝึก วิดีโอที่อัปโหลด และฐานข้อมูลที่ออกแบบไว้

3.2.5.2 เลือกสถานีวัดระดับน้ำ ผู้ใช้งาน และบันทึกวันเวลาบนเว็บไซต์ (Select location, user and recorded datetime on Web UI)

การใช้งานเว็บ เริ่มจากบันทึกส่วนข้อมูลการอ่านน้ำ เลือกสถานีวัดระดับน้ำ (Location) เจ้าหน้าที่อัปโหลดข้อมูล (User) วัน เวลาที่เริ่มบันทึกอ่านระดับน้ำ (Reading datetime)

3.2.5.3 อัปโหลดวิดีโอ (Upload VDO)

หลังจากนั้นทำการเลือกวิดีโอที่ต้องการอัปโหลด จะปรากฏตัวเล่นวิดีโอตรงกลางสามารถเล่นดูวิดีโอได้เพื่อตรวจสอบว่าเลือกวิดีโอถูกต้อง โดยที่วิดีโอที่ถูกอัปโหลดจะถูกบันทึกเข้าในระบบทุกครั้ง ตัวไฟล์จะมีการเข้ารหัส (Hash) แบบ MD5 เพื่อป้องกันการอัปโหลดไฟล์เดิมซ้ำ ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.31 หน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้งานและอัปโหลดคลิปวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.31 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่บันทึกในหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้งานทางด้านซ้ายมือ และ ส่วนแสดงผลการเล่นวิดีโอหลังจากอัปโหลดคลิปวิดีโอตรงกลางหน้าจอ

3.2.5.4 กดปุ่มตรวจจับวัตถุในวิดีโอ (Click Detected Video)

หลังจากตรวจสอบข้อมูลการอ่านน้ำ และข้อมูลวิดีโอถูกต้องแล้ว ให้ทำการคลิก Detect Video Objects เพื่อให้ระบบเล่นวิดีโอ พร้อมอ่านค่าระดับน้ำจากแผ่นวัดระดับน้ำ ต่อจากนั้นวิดีโอจะเริ่มเล่นโดยอัตโนมัติแสดงภาพทีละกรอบ (Frame)

3.2.5.5 ตรวจสอบวิดีโอจบแล้วหรือยัง (Check VDO is end?)

ตรวจสอบคลิปวิดีโอที่จบแล้วหรือยัง หากวิดีโอจบแล้วจะจบการอ่านค่าระดับน้ำ แต่ถ้าหากวิดีโอยังไม่จบ ระบบจะไปยังส่วนจำลองการใช้งานตัวแบบ และตรวจจับค่าระดับน้ำบนแผ่นวัดระดับน้ำ

3.2.6 ปรับใช้ตัวแบบและตรวจจับระดับน้ำ (Deploy model & Detect water level)

3.2.6.1 ใช้ตัวแบบทำนายตามแต่ละกรอบภาพ (Use model predict by frame)

เขียนคำสั่งใช้ตัวแบบที่ถูกฝึกอ่านค่าระดับน้ำด้วย YOLOv8 แล้วทำนายวัตถุทั้งหมดที่ตรวจจับได้ที่ละกรอบภาพ โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความเชื่อมั่น (conf) และคลาสที่ต้องการตรวจจับ (classes) จะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลการทำนาย สำหรับข้อมูลที่เอามาใช้จากข้อมูลการทำนาย ประกอบด้วยคลาสวัตถุเฉพาะที่ตรวจจับได้ พิกัดของกล่องของคลาสวัตถุนั้นในรูปแบบ x,y,w,h คือ พิกัด x,y อยู่ที่ตรงกลางกล่อง, ความกว้าง (w), ความสูง (h) และค่าความเชื่อมั่นเป็นคลาสวัตถุนั้นจริง (Box's confidence) ดังภาพด้านล่าง

```
# Predict the objects in the image using the YOLOv8 model
res = model.predict(image, conf=conf, verbose=False, classes=settings.MODEL_CLASSES)
```

รูปที่ 3.32 คำสั่งใช้ตัวแบบที่ถูกฝึกทำนายวัตถุที่ตรวจจับได้

จากรูปที่ 3.32 แสดงคำสั่งในการเรียกใช้ตัวแบบที่ถูกฝึกอ่านค่าระดับน้ำด้วย YOLOv8 แล้วทำนายวัตถุทั้งหมดที่ตรวจจับได้ที่ละกรอบภาพ



รูปที่ 3.33 ตัวอย่างภาพอธิบายพิกัด x,y,w,h ที่ตรวจจับวัตถุได้

ที่มา: Abhi25t. (2021)

จากรูปที่ 3.33 แสดงตัวอย่างภาพอธิบายกรอบวัตถุ และพิกัดแบบ x,y,w,h ที่ตรวจจับวัตถุได้ คือ พิกัด x,y กลางกล่อง, ความกว้าง (w), ความสูง (h)

3.2.6.2 จัดเก็บและเรียงลำดับข้อมูลของแผ่นวัดระดับน้ำทั้งหมดและตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำทั้งหมด (Stored and sort data of all staffs and scale numbers on same gauge)

ต่อมานำข้อมูลที่ได้ และเรียงลำดับข้อมูลคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ (Staff) และตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำนั้น (10, 20, ..., 90) โดยเรียงจากค่าพิกัด y ของคลาสแผ่นวัดระดับน้ำนั้นจากน้อยไปมาก ตามโครงสร้างดังนี้

1) 1st Staff (แผ่นวัดระดับน้ำด้านบนสุด) ภายในเรียงคลาสตัวเลข 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10

2) 2nd Staff (แผ่นวัดระดับน้ำถัดลงมา) ภายในเรียงคลาสตัวเลข 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10

...

3) Target Staff (แผ่นวัดระดับน้ำที่อยู่ติดน้ำ) ภายในเรียงคลาสตัวเลข 90, 80, 70, 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6.3 หาค่าและระยะห่างเฉลี่ยของค่า y ของกล่องตรวจจับวัตถุระหว่างตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำ (Find and average distance of y between scale numbers)

เนื่องด้วยข้อมูลคลาสตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำมีค่าความเชื่อมั่น (Box's confidence) ไม่ค่อยดี หรือไม่คงที่ จึงแก้ไขด้วยการคำนวณระยะห่างเฉลี่ยระหว่างตัวเลขเฉพาะตัวที่ติดกัน และเก็บค่าไว้สำหรับช่วยคำนวณค่าระดับน้ำ

3.2.6.4 ตรวจสอบแผ่นระดับน้ำใหม่หรือไม่ (Check found new valid staff?)

ตรวจสอบว่าเป็นแผ่นวัดระดับน้ำอันใหม่ หรือไม่ ด้วยวิธีการจับพิกัด x, y กับแผ่นวัดระดับน้ำที่เก็บข้อมูลไว้อยู่

- If yes, to store new staff

กรณีพิกัด x, y และความกว้าง (w) แตกต่างจากที่กำหนด ถือว่าเป็นแผ่นวัดระดับน้ำใหม่ จะทำการเก็บข้อมูลทั้งแผ่นวัดระดับน้ำใหม่ และตัวเลขข้างในทั้งหมด

- If no, to optimize any staffs and scale numbers if same location and confidence value is better

กรณีพิกัด x, y และความกว้าง (w) ใกล้เคียงกันจากที่กำหนด ถือว่าเป็นแผ่นวัดระดับน้ำที่มีอยู่แล้ว จะตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น ถ้ามากกว่าจะมาแทนที่แผ่นวัดระดับน้ำเดิม ส่วนตัวเลขแผ่นวัดระดับน้ำเดิม และใหม่จะถูกเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่น ถ้าคลาสตัวเลขไหนยังไม่มี จะถูกนับเป็นเลขใหม่ในแผ่นป้าย ส่วนถ้ามีแล้วจะตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น ถ้าคลาสตัวเลขตัวไหนมากกว่าจะใช้ตัวนั้น

ผลสุดท้าย เราจะได้ชุดข้อมูลแผ่นวัดระดับน้ำ และคลาสตัวเลขทั้งหมดที่มีค่าความเชื่อมั่นดียิ่งขึ้น

3.2.6.5 คำนวณและหาค่าระดับน้ำในกรอบภาพ (Calculate and get water level on frame)

นำชุดข้อมูลทั้งหมด มาคำนวณ หาค่าระดับน้ำ ณ กรอบภาพนั้น โดยกำหนดให้มาตราส่วนค่าระดับน้ำต่อแผ่น 100 เซนติเมตร (ซม., cm)

ตารางที่ 3.8 สูตรการคำนวณหาค่าระดับน้ำ ค่าแกว่งระดับน้ำ

ค่าที่ใช้ในการคำนวณ	วิธีการคำนวณ	ตัวอย่าง
ความสูงของแผ่นป้าย (pixels)	ค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างคลาส ตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำ * 10 ช่วง ตัวเลข	10 พิกเซล x 10 = 100 พิกเซล
จำนวนแผ่นวัดระดับน้ำจริง	จำนวนแผ่นวัดระดับน้ำที่ติดตั้งใน สถานีนั้นทั้งหมด - จำนวนแผ่นวัด ระดับน้ำที่ตรวจจับได้	5 แผ่น - 5 แผ่น = 0 แผ่น
อัตราส่วนขนาดเฉพาะ แผ่นวัดระดับน้ำที่ติด กับน้ำ	(ความสูงของแผ่นป้าย (pixels) - ความสูง (h) ของแผ่นวัดระดับน้ำแผ่น ที่ติดกับน้ำ (แผ่นล่างสุด) (pixels)) / ความสูงของแผ่นป้าย (pixels)	= (100 พิกเซล - 12 พิกเซล) / 100 พิกเซล = 0.88
ค่าระดับน้ำ ณ กรอบ ภาพนั้น (ม.รทก.)	ค่าระดับน้ำตั้งต้น + ((มาตราส่วนค่า ระดับน้ำต่อแผ่น (cm) x จำนวนแผ่น วัดระดับน้ำจริง) + (มาตราส่วนค่า ระดับน้ำต่อแผ่น (cm) x อัตราส่วน ขนาดแผ่นวัดระดับน้ำที่ติดกับน้ำ)) x ค่าแปลงหน่วย cm เป็นหน่วย ม. รทก.)	= 0.00 ม.รทก. + (((100 ซม. x 0 แผ่น) + (100 ซม. x 0.88)) x 0.01) ม.รทก. = 0.00 ม.รทก. + ((0 + 88) x 0.01) ม.รทก. = 0.00 ม.รทก. + 0.88 ม.รทก. = 0.88 ม.รทก.

จากตารางที่ 3.8 แสดงค่าและสูตรที่ใช้ในการคำนวณ วิธีการคำนวณ พร้อมทั้งตัวอย่างใน
การหาค่าระดับน้ำ ณ กรอบภาพนั้นมีหน่วยเป็น ม.รทก. หรือเมตรระดับน้ำทะเลปานกลาง

3.2.6.6 หาค่าเฉลี่ย ค่าแกว่งหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการตรวจจับระดับน้ำ ทั้งหมด (Find mean, standard deviation from all water level detection)

เก็บค่าระดับน้ำ ณ กรอบภาพนั้น (ม.รทก.) ในแต่ละรอบของคลิป์วิดีโอั้น แล้ว
เอามาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าแกว่งหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

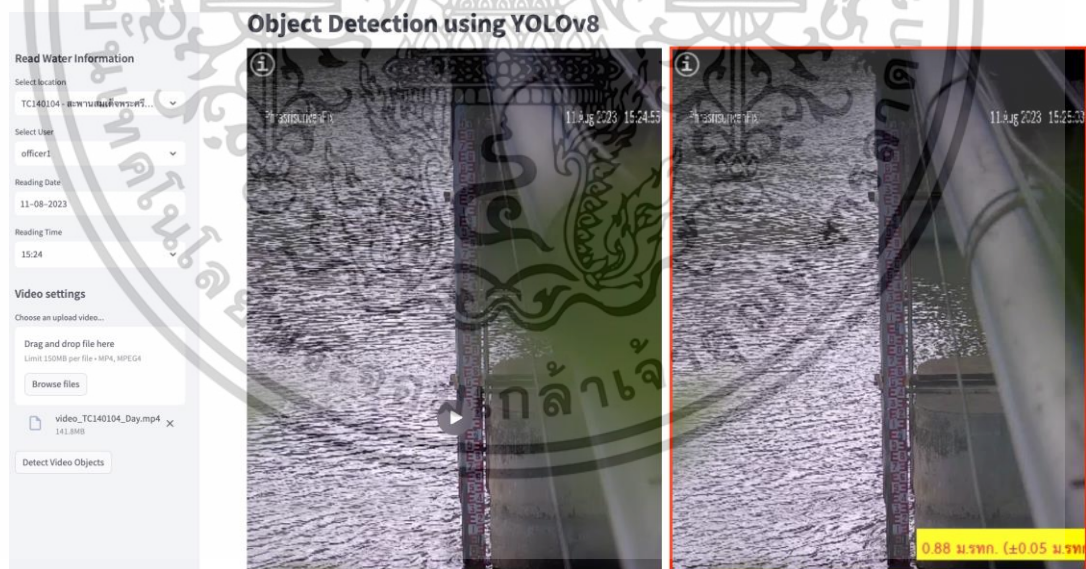
ตารางที่ 3.9 สูตรการคำนวณหาค่าแกว่งหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าที่ใช้ในการคำนวณ	วิธีการคำนวณ	ตัวอย่าง
ค่าเฉลี่ยระดับน้ำ	ผลรวมค่าระดับน้ำ (ม.รทก.) / จำนวนระดับน้ำ = \bar{x}	$(0.93 + 0.88) / 2 = 0.905$
ค่าแกว่งระดับน้ำ ณ กรอบภาพนั้น (ม. รทก.)	= \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) (ม. รทก.) = $\pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$ (ม.รทก.)	= $\pm \sqrt{\frac{(0.93-0.905)^2 + (0.88-0.905)^2}{(2-1)}}$ = ± 0.035 (ม.รทก.)

จากตารางที่ 3.9 แสดงค่าและสูตรที่ใช้ในการคำนวณ วิธีการคำนวณ พร้อมทั้งตัวอย่างในการหาค่าแกว่งหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ณ กรอบภาพนั้นมีหน่วยเป็น ม.รทก. หรือเมตรระดับน้ำทะเลปานกลาง

3.2.6.7 แสดงค่าระดับน้ำ ณ สถานีวัดระดับน้ำในกรอบภาพ (Show water level by location on frame)

ระบบจะแสดงค่าระดับน้ำที่อ่านได้และค่าแกว่งจากระดับน้ำที่แสดงทั้งหมด ณ กรอบภาพนั้น (ม.รทก.)



รูปที่ 3.34 หน้าจอส่วนแสดงค่าระดับน้ำที่อ่านได้โดยใช้ตัวแบบ

จากรูปที่ 3.34 แสดงหน้าจอส่วนแสดงค่าระดับน้ำที่อ่านได้และค่าแกว่งจากระดับน้ำที่แสดงทั้งหมด ณ กรอบภาพนั้นโดยใช้ตัวแบบที่ฝึกฝน ในหน่วย (ม.รทก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 จัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE (Store data to database and alert LINE notification)

3.2.7.1 เพิ่มข้อมูลระดับน้ำลงฐานข้อมูล (Insert water level data to database)

ทำการบันทึกค่าระดับน้ำที่อ่านได้ ณ กรอบภาพนั้น (ม.รทก.) ลงฐานข้อมูล

METERDATA_ID	LOCATION_ID	USER_ID	THRESHOLD_ID	WATER_VALUE	TIMESTAMP
8	9	1	2	1.02379512786865	2024-09-27 03:25:52
9	10	1	2	1.02838265895844	2024-09-27 03:25:53
10	11	1	2	1.02838265895844	2024-09-27 03:25:54
11	12	1	2	1.02725684642792	2024-09-27 03:25:55
12	13	1	2	1.002684878493	2024-09-27 03:25:56
13	14	1	2	0.84451610068912	2024-09-27 03:25:57
14	15	1	2	0.863823096221008	2024-09-27 03:25:58
15	16	1	2	0.882966576029968	2024-09-27 03:25:59
16	17	1	2	0.935464322669865	2024-09-27 03:34:23
17	18	1	2	0.942873610697286	2024-09-27 03:34:24
18	19	1	2	0.931770589217957	2024-09-27 03:34:25
19	20	1	2	0.989928460942079	2024-09-27 03:34:26
20	21	1	2	0.959928460942079	2024-09-27 03:34:27
21	22	1	2	0.882681020042295	2024-09-27 03:34:28
22	23	1	2	0.852516913454001	2024-09-27 03:34:29
23	24	1	2	0.872728340200261	2024-09-27 03:34:30
24	25	1	2	1.02379512786865	2024-09-27 03:34:31
25	26	1	2	1.02838265895844	2024-09-27 03:34:32
26	27	1	2	1.02838265895844	2024-09-27 03:34:33
27	28	1	2	1.02725684642792	2024-09-27 03:34:34
28	29	1	2	1.002684878493	2024-09-27 03:34:35
29	30	1	2	0.84451610068912	2024-09-27 03:34:36
30	31	1	2	0.863823096221008	2024-09-27 03:34:37
31	32	1	2	0.882966576029968	2024-09-27 03:34:38

รูปที่ 3.35 ข้อมูลค่าระดับน้ำแต่ละกรอบภาพในตาราง MeterData

จากรูปที่ 3.35 แสดงผลข้อมูลที่มีการบันทึกค่าระดับน้ำแต่ละกรอบภาพในตาราง MeterData ลงในฐานข้อมูล

3.2.7.2 ตรวจสอบตัวแบบว่าตรวจจับค่าระดับน้ำ ณ กรอบภาพนั้นได้หรือไม่? (Check model can process result?)

ตรวจสอบค่าระดับน้ำที่อ่านได้ ณ กรอบภาพนั้น (ม.รทก.) มีหรือไม่?

- If yes, get result and check result exceeds the threshold?

ถ้ามีค่า จะตรวจสอบว่าค่าระดับน้ำเกินเกณฑ์ระดับน้ำที่ควรเตือน?

➤ If yes, to notify warning message via LINE Notify

ถ้าเกิน จะแจ้งข้อความเตือนผ่านไปยังกลุ่มด้วย LINE Notify ตาม

ข้อความนี้ “สถานี ... ขณะนี้มีค่าระดับน้ำเป็น ... ซึ่ง (ยังคง) เกินเกณฑ์มาตรฐาน ควรเตรียมอพยพ”

➤ If no, to notify cancel warning message via LINE Notify

ถ้าไม่เกิน / เคยเกิน จะแจ้งข้อความเตือนผ่านไปยังกลุ่มด้วย LINE

Notify ตามข้อความนี้ “สถานี ... ขณะนี้มีค่าระดับน้ำเป็น ... กลับสู่เกณฑ์ปกติ”

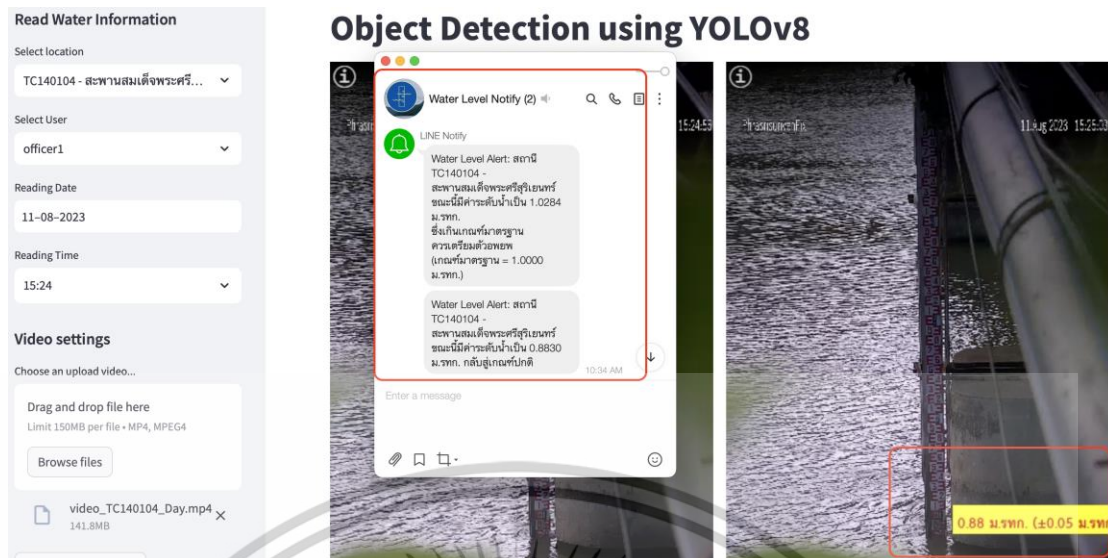
- If no, to notify error message via LINE Notify

ถ้าไม่มีค่า จะแจ้งข้อความผิดพลาดไปยังกลุ่มด้วย LINE Notify ตาม

ข้อความนี้ “สถานี ... อ่านค่าไม่สำเร็จ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 ส่วนข้อความแจ้งเตือนไปยังกลุ่มด้วย LINE Notify

จากรูปที่ 3.36 แสดงตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนเพื่อเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพลันไปยังกลุ่มผู้เกี่ยวข้องในที่นี้ชื่อว่า Water Level Notify บนแอปพลิเคชัน LINE

3.2.7.3 ปรับปรุงข้อมูลฐานข้อมูล (Update data to database)

บันทึกข้อมูลผลการแจ้งเตือนสำเร็จ/ไม่สำเร็จ ลงฐานข้อมูล

NOTIFICATION_ID	NOTIFY_TYPE	SENDER_ID	RECIPIENT_ID	MESSAGE	NOTIFY_STATUS	TIMESTAMP
1	W	Water Level Alert	Water Level Notify	สถานี TC140104 - สะพานสมเด็จพระศรีสุนทรฯ ระดับน้ำขึ้นเป็น 1.0284 ม.รทก.	S	2024-09-27 0...
2	N	Water Level Alert	Water Level Notify	สถานี TC140104 - สะพานสมเด็จพระศรีสุนทรฯ ระดับน้ำขึ้นเป็น 0.8830 ม.รทก. กลับสู่เกณฑ์ปกติ	S	2024-09-27 0...

รูปที่ 3.37 ข้อมูลผลการแจ้งเตือนและข้อความ ในตาราง Notification

จากรูปที่ 3.37 แสดงผลข้อมูลที่มีการบันทึกการส่งข้อความแจ้งเตือนแต่ละกรอบภาพในตาราง MeterData ลงในฐานข้อมูล

จากขั้นตอนทั้งหมดในการดำเนินงานวิจัย ทั้งการเตรียมชุดข้อมูล แบ่งชุดข้อมูลตามเงื่อนไข ทำการฝึกฝนและทดสอบตัวแบบจากชุดข้อมูลที่แบ่งไว้ตามสัดส่วนข้อมูลแบบ 80:10:10 และสัดส่วนข้อมูลแบบ 70:15:15 สุดท้ายจะได้ผลลัพธ์ไว้ใช้เปรียบเทียบในการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบแต่ละตัว ซึ่งจะสามารถติดตามคำอธิบายผลการวิจัยได้ในบทความต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นระบบแจ้งเตือนเพื่อเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพลันที่พัฒนาขึ้น และใช้วิธีการอัปเดตวิดีโอ สร้างตัวแบบที่ถูกฝึกมาจากตัวแบบ YOLOv8 โดยมีเป้าหมายให้สามารถเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพลัน ด้วยการอ่านค่าระดับน้ำจากคลิปวิดีโอ หากระดับน้ำเกินค่าที่กำหนด ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านเครื่องมือ LINE Notify ไปยังกลุ่มผู้ที่เกี่ยวข้องบนแอปพลิเคชัน LINE จึงได้ออกแบบการทดสอบด้วยการแบ่งสัดส่วนชุดข้อมูลในแต่ละแบบ และใช้วิธีการเปรียบเทียบผลการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบ ด้วยค่าผลลัพธ์การตรวจจับวัตถุ (Results) ค่าการแปลผลเมตริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) และค่าประสิทธิภาพของตัวแบบจากค่า F1 ค่า Precision ค่า Recall และ PR Curves สามารถแสดงผลพร้อมการอภิปรายผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้

4.1 การแบ่งชุดข้อมูล

4.2 ผลสรุปการตรวจจับวัตถุเบื้องต้นภายหลังจากฝึกฝนตัวแบบ

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ

4.3.1 ผลลัพธ์การตรวจจับวัตถุ (Loss, Precision, Recall, mAP)

4.3.2 ผลลัพธ์การแปลผลเมตริกซ์ความสับสน

4.3.3 ผลลัพธ์ประสิทธิภาพของตัวแบบ (F1, Precision, Recall, PR Curves)

4.4 การอภิปรายผล

4.1 การแบ่งชุดข้อมูล

จากชุดข้อมูลที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดสำหรับการวิจัยนี้ เราใช้ชุดข้อมูลรูปภาพทั้งหมด 225 ภาพ โดยมีสัดส่วนชุดข้อมูลดังนี้

1) ตัวแบบการทดลองที่ 1 สัดส่วน 80:10:10

ชุดข้อมูลฝึกฝน (Train Set): 80% จะได้จำนวนภาพทั้งหมด 181 รูป (โดยหากเป็นผู้ใช้งานทั่วไป ทาง Roboflow จะเพิ่มรูปภาพในการเสริมข้อมูลให้อีก 2 เท่า รวมเป็น 3 เท่า จะได้รูปภาพสำหรับฝึกรวม 543 รูป)

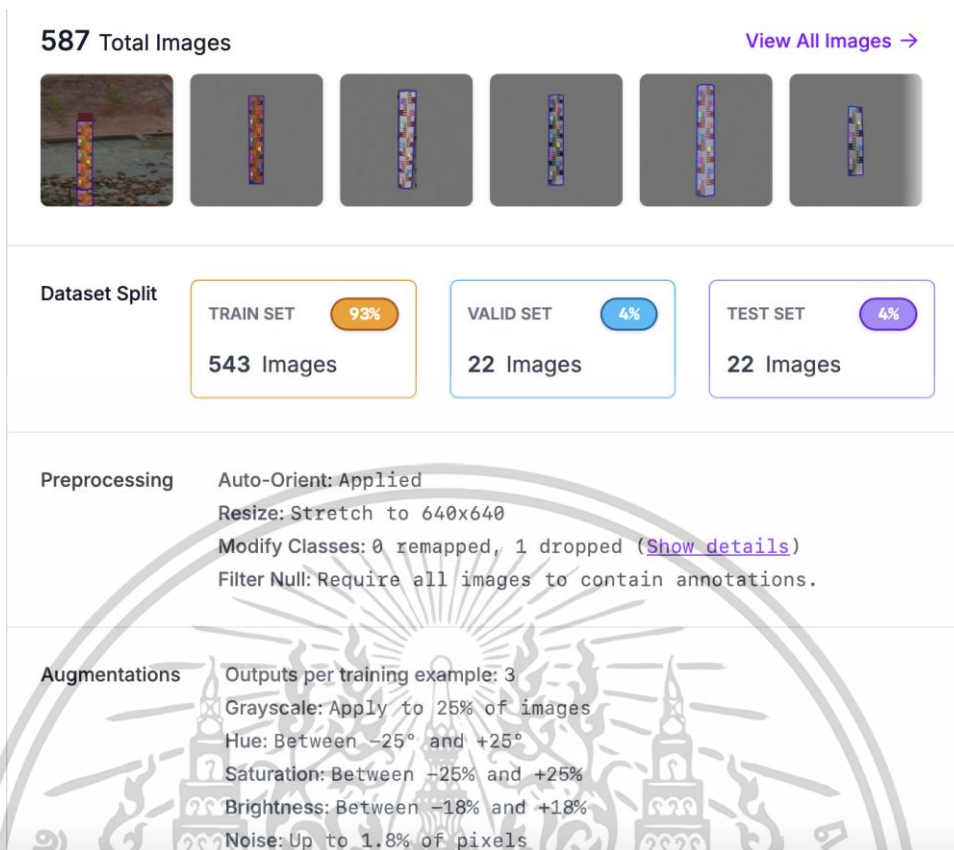
ชุดข้อมูลตรวจสอบ (Valid Set): 10% จะได้จำนวนภาพทั้งหมด 22 รูป

ชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set): 10% จะได้จำนวนภาพทั้งหมด 22 รูป

รูปภาพทั้งหมดได้ผ่านการเตรียมข้อมูล และเสริมข้อมูลแบบสุ่ม จากเงื่อนไขดังกล่าวทั้งหมด จึงทำให้เกิดสัดส่วนชุดข้อมูลใหม่ 93%:4%:4% (อ้างอิงจากการแสดงผลบนเว็บ Roboflow) คำนวณผลรวมได้เกิน 100% คือ 101% อาจเกิดจากคำนวณผลรวมแล้วได้ค่าทศนิยม แต่แสดงผล

เป็นตัวเลขจำนวนเต็มเท่านั้น) ดังรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 รายละเอียดชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10

จากรูปที่ 4.1 แสดงรายละเอียดชุดข้อมูลที่ถูกแบ่งด้วยสัดส่วนแบบ 80%:10%:10% และผ่านการเตรียมข้อมูล และเสริมข้อมูลแบบสุ่ม โดยมีเงื่อนไขดังกล่าวทั้งหมดเหมือนกัน

2) ตัวแบบการทดลองที่ 2 สัดส่วน 70:15:15

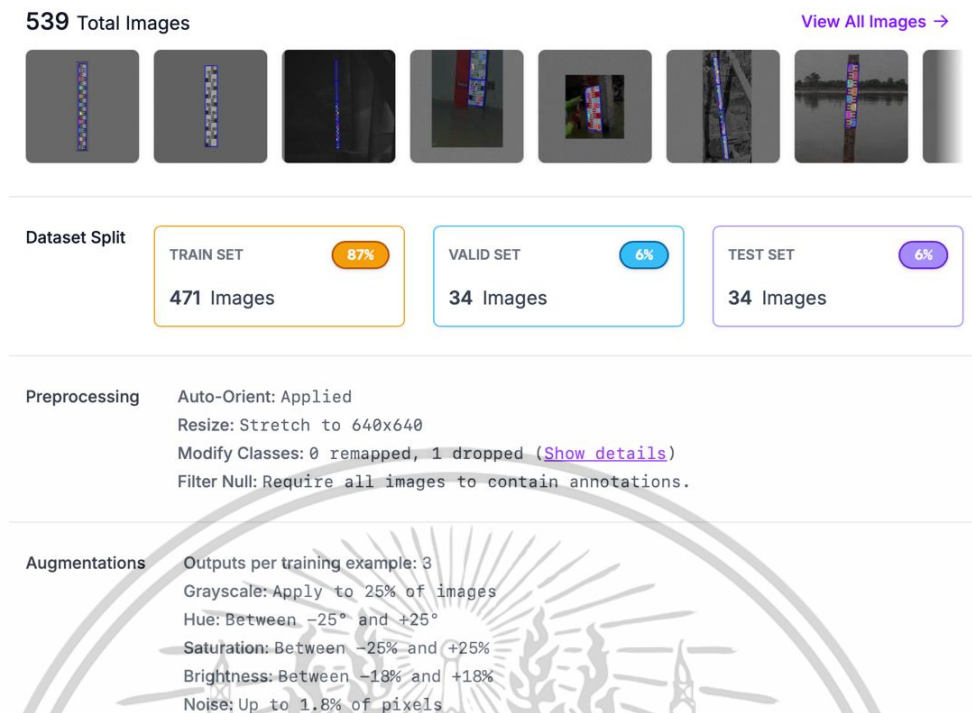
ชุดข้อมูลฝึกฝน (Train Set): 70% จะได้จำนวนภาพทั้งหมด 157 รูป (โดยหากเป็นผู้ใช้งานทั่วไป ทาง Roboflow จะเพิ่มรูปภาพในการเสริมข้อมูลให้อีก 2 เท่า รวมเป็น 3 เท่า จะได้รูปภาพสำหรับฝึกรวม 471 รูป)

ชุดข้อมูลตรวจสอบ (Valid Set): 15% จะได้จำนวนภาพทั้งหมด 34 รูป

ชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set): 15% จะได้จำนวนภาพทั้งหมด 34 รูป

รูปภาพทั้งหมดได้ผ่านการเตรียมข้อมูล และเสริมข้อมูลแบบสุ่ม จากเงื่อนไขดังกล่าวทั้งหมด จึงทำให้เกิดสัดส่วนชุดข้อมูลใหม่ 87%:6%:6% (อ้างอิงจากการแสดงผลบนเว็บ Roboflow คำนวณผลรวมได้ต่ำกว่า 100% คือ 99% อาจเกิดจากคำนวณผลรวมแล้วได้ค่าทศนิยม แต่แสดงผลเป็นตัวเลขจำนวนเต็มเท่านั้น) ดังรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 รายละเอียดชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15

จากรูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดชุดข้อมูลที่ถูกแบ่งด้วยสัดส่วนแบบ 70%:15%:15% และผ่านการเตรียมข้อมูล และเสริมข้อมูลแบบสุ่ม โดยมีเงื่อนไขดังกล่าวทั้งหมดเหมือนกัน

4.2 ผลสรุปการตรวจจับวัตถุเบื้องต้นภายหลังจากฝึกฝนตัวแบบ

ผลลัพธ์ (Output) สรุปการตรวจจับวัตถุเบื้องต้นที่ถูกแสดงภายหลังจากการเรียกใช้คำสั่งของ YOLO เพื่อฝึกฝนตัวแบบด้วยภาษาไพทอนของทั้ง 2 ตัวแบบ มีดังนี้

- คลาส (Class) : all แทนคลาสทั้งหมดรวมกัน คลาสแผ่นวัดระดับน้ำ (staff) และคลาสตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำ (10-90)
- จำนวนรูปภาพสำหรับตรวจสอบผลลัพธ์ระหว่างการฝึก (Images)
- จำนวนป้ายกำกับสำหรับตรวจสอบผลลัพธ์ระหว่างการฝึก (Instances)
- ค่าความเที่ยงของกล่องวัตถุ หรือ Box (Precision : P)
- ค่าการเรียกคืนของกล่องวัตถุ หรือ Box (Recall : R)
- ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยของกล่องวัตถุที่ระดับ IoU = 50 (mAP50)
- ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยของกล่องวัตถุที่ระดับ IoU = 50-95 (mAP50-95)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Ultralytics YOLOv8.0.196 Python-3.10.12 torch-2.3.1+cu121 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 168 layers, 3007598 parameters, 0 gradients, 8.1 GFLOPs
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 3.37it/s]
  all      22      359    0.941 0.927 0.976 0.721
  10      22       31     1.000 0.724 0.975 0.553
  20      22       30    0.981 0.900 0.980 0.753
  30      22       34    0.957 0.882 0.965 0.696
  40      22       34     0.97 0.935 0.977 0.698
  50      22       36     1.000 0.967 0.982 0.701
  60      22       36    0.955 0.972 0.987 0.770
  70      22       37    0.893 0.946 0.982 0.698
  80      22       38    0.916 1.000 0.993 0.766
  90      22       38    0.807 0.947 0.934 0.696
  staff   22       45    0.928 1.000 0.986 0.884
Speed: 0.2ms preprocess, 3.0ms inference, 0.0ms loss, 1.2ms postprocess per image

```

```

Ultralytics YOLOv8.0.196 Python-3.10.12 torch-2.4.1+cu121 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 168 layers, 3007598 parameters, 0 gradients, 8.1 GFLOPs
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 2/2 [00:00<00:00, 4.83it/s]
  all      34      493    0.901 0.914 0.951 0.697
  10      34       42    0.964 0.645 0.870 0.524
  20      34       43    0.914 0.907 0.959 0.720
  30      34       46    0.912 0.870 0.922 0.634
  40      34       46     0.87 0.957 0.946 0.685
  50      34       49     0.92 0.980 0.970 0.706
  60      34       49    0.904 0.980 0.972 0.753
  70      34       50    0.892 0.994 0.990 0.696
  80      34       52    0.907 0.940 0.979 0.713
  90      34       50    0.845 0.920 0.949 0.678
  staff   34       66    0.881 0.955 0.952 0.863
Speed: 0.2ms preprocess, 2.7ms inference, 0.0ms loss, 1.3ms postprocess per image

```

รูปที่ 4.3 รายละเอียดการตรวจจับวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)

จากรูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดผลการตรวจจับวัตถุของชุดข้อมูล จะเห็นได้ว่าผลสรุปตัวแบบนี้มีค่าการตรวจจับวัตถุของกล่องวัตถุของทุกคลาส (all) ในชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.941 ค่าการเรียกคืนเท่ากับ 0.927 ค่า mAP50 เท่ากับ 0.976 และค่า mAP50-95 เท่ากับ 0.721 สูงกว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 70:15:15 และหากพิจารณาเป็นรายคลาสย่อยเกือบทุกคลาส คือ คลาสแผ่นวัดระดับน้ำ คลาสตัวเลขบนแผ่นวัดระดับน้ำ จะมีค่าความเที่ยง ค่าการเรียกคืน ค่า mAP50 และค่า mAP50-95 สูงกว่าแบบ 70:15:15 เช่นเดียวกัน

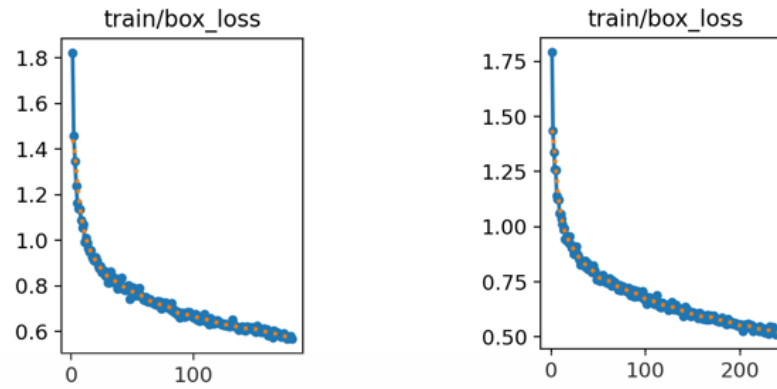
4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ

ผลการประเมินประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุได้รับเป็นรายงานหลังจากการเรียกใช้คำสั่งของ YOLO เช่นเดียวกัน ได้แก่ ค่าผลลัพธ์การตรวจจับวัตถุ (Loss, Precision, Recall, mAP) ผลลัพธ์การแปลผลเมตริกซ์ความสับสน และผลลัพธ์ประสิทธิภาพของตัวแบบ (F1, Precision, Recall, PR Curves) เป็นต้น จะเป็นตัวชี้วัดว่าตัวแบบใดเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด

4.3.1. ผลลัพธ์การตรวจจับวัตถุ

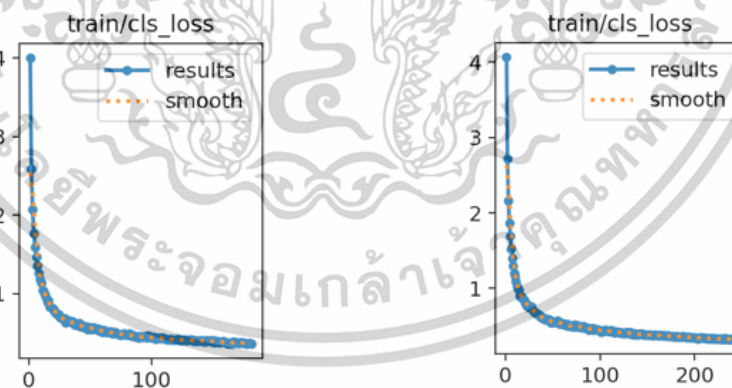
ค่าผลลัพธ์ในการตรวจจับวัตถุที่แสดงใน Output ภายหลังจากการฝึกฝนตัวแบบ YOLO นำไปใช้ตรวจสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบในแต่ละรอบการฝึก และประเมินว่าควรหยุดการฝึกช่วงใด (Early Stopping) เพื่อป้องกันข้อมูลเรียนรู้มากเกินไป (Overfitting) ของตัวแบบ หรือควรปรับแต่งค่าพารามิเตอร์อย่างไรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพตัวแบบให้ดียิ่งขึ้น ได้แก่ ค่า Loss (Train/Valid) ค่าความเที่ยง ค่าการเรียกคืน และค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ย เป็นต้น โดยดูอ้างอิงค่าต่างๆ จากตารางข้อมูลต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ค่าสูญเสียตำแหน่งกรอบวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

จากรูปที่ 4.4 แสดงกราฟค่าการสูญเสีย (loss) ที่เกิดจากการทำนายตำแหน่งของกรอบล้อมวัตถุระหว่างการฝึกฝนตัวแบบของชุดข้อมูลฝึก (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ train/box_loss ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลฝึกฝนสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า train/box_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.50981 และรอบการฝึกที่ 238 จาก 241 รอบ น้อยกว่าชุดข้อมูลฝึกฝนสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า train/box_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.56776 และรอบการฝึกที่ 177 จาก 181 รอบ ซึ่งชุดข้อมูลฝึกฝนสัดส่วนแบบ 70:15:15 บ่งบอกถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการทำนายตำแหน่งวัตถุถึงแม้ว่าจะต้องใช้เวลาในการฝึกนานกว่า

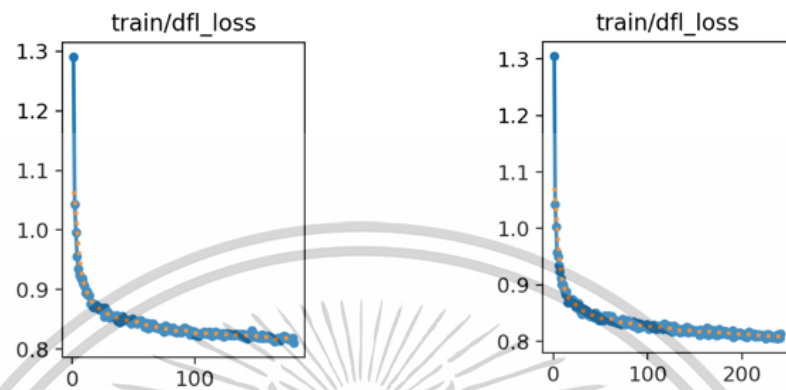


รูปที่ 4.5 ค่าสูญเสียทำนายคลาสวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

จากรูปที่ 4.5 แสดงกราฟค่าการสูญเสีย (Loss) ที่เกิดจากการทำนายคลาสของวัตถุที่ตรวจจับได้ระหว่างการฝึกฝนตัวแบบของชุดข้อมูลฝึก (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ train/cls_loss ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลฝึกฝนสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า train/cls_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.32024 และรอบการฝึกที่ 238 จาก 241 รอบ น้อยกว่าชุดข้อมูล

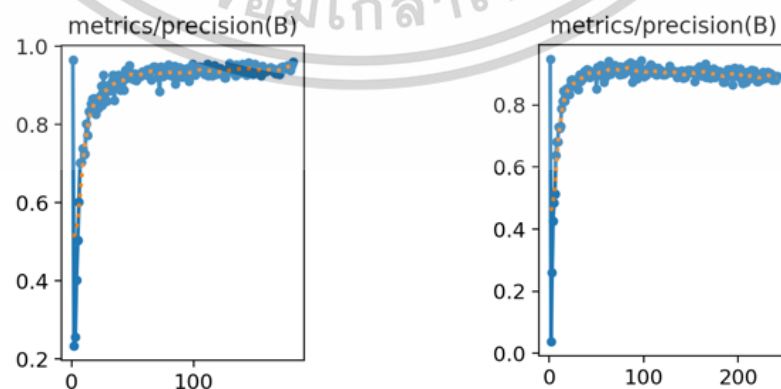
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝึกฝนสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า train/cls_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.35634 และรอบการฝึกที่ 177 จาก 181 รอบ ซึ่งชุดข้อมูลฝึกฝนสัดส่วนแบบ 70:15:15 บ่งบอกถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการจำแนกคลาสของวัตถุถึงแม้ว่าจะต้องใช้เวลาในการฝึกนานกว่า



รูปที่ 4.6 ค่าสูญเสียปรับปรุงคลาสวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

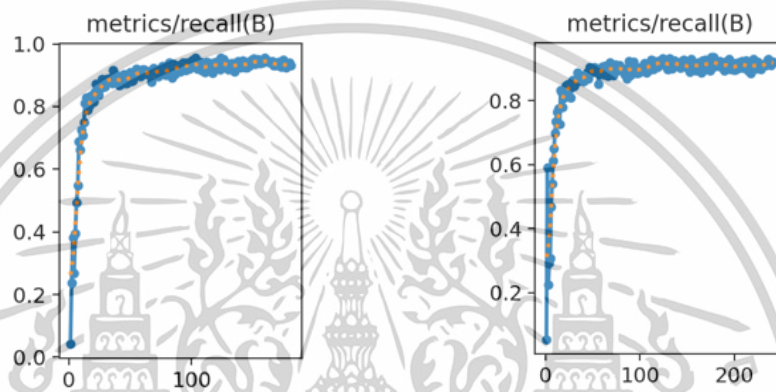
จากรูปที่ 4.6 แสดงกราฟค่าการสูญเสียที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการจำแนกคลาสในตัวแบบการตรวจจับวัตถุโดยเฉพาะในกรณีที่มีการกระจายข้อมูลไม่สมดุลระหว่างการฝึกฝนตัวแบบของชุดข้อมูลฝึก (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ train/df_loss ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลฝึกฝนสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า train/df_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.80462 และรอบการฝึกที่ 225 จาก 241 รอบ น้อยกว่าชุดข้อมูลฝึกฝนสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า train/df_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.81037 และรอบการฝึกที่ 181 จาก 181 รอบ ซึ่งชุดข้อมูลฝึกฝนสัดส่วนแบบ 70:15:15 บ่งบอกถึงความสามารถในการเรียนรู้ที่ดีกว่าในการจำแนกคลาสของวัตถุถึงแม้ว่าจะต้องใช้เวลาในการฝึกนานกว่า



รูปที่ 4.7 ค่าความเที่ยงทำนายกรอบวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

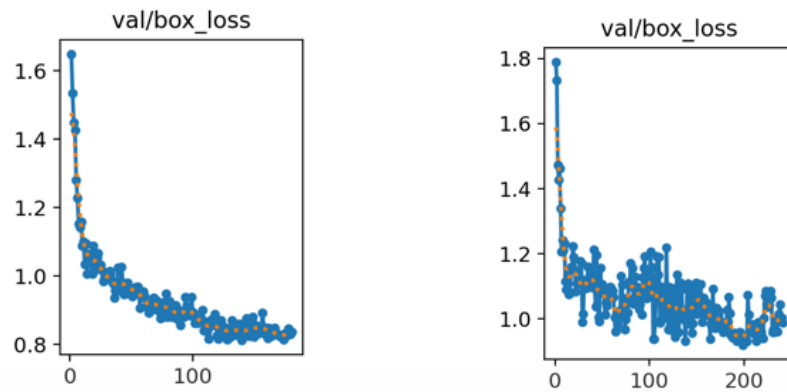
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 แสดงกราฟค่าความเที่ยงที่ใช้ในการประเมินความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุผ่านกรอบทำนายตัวแบบ (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ metric/precision(B) ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า metric/precision(B) สูงที่สุดเท่ากับ 0.96610 และรอบการฝึกที่ 1 จาก 181 รอบ มากกว่าชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า metric/precision(B) สูงที่สุดเท่ากับ 0.94890 และรอบการฝึกที่ 1 จาก 241 รอบ ซึ่งชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 บ่งบอกถึงความแม่นยำที่ดีกว่าในการตรวจจับวัตถุผ่านกรอบที่ตัวแบบทำนายและมีรอบการฝึกน้อยกว่า



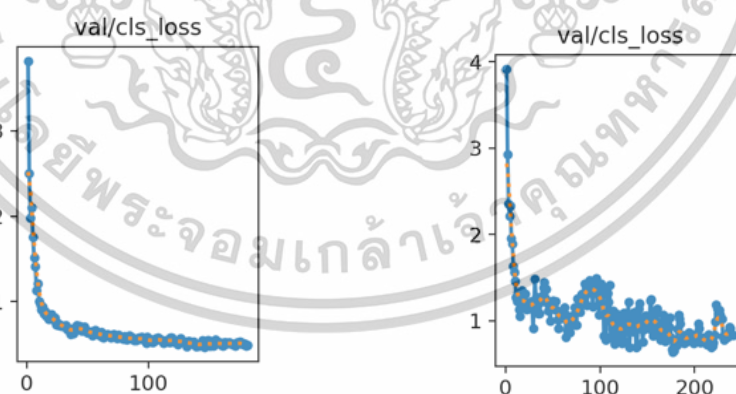
รูปที่ 4.8 ค่าการเรียกคืนทำนายกรอบวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

จากรูปที่ 4.8 แสดงกราฟค่าการเรียกคืนที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการตรวจจับวัตถุผ่านกรอบทำนายตัวแบบได้ครอบคลุม (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ metric/recall(B) ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า metric/recall(B) สูงที่สุดเท่ากับ 0.95617 และรอบการฝึกที่ 124 จาก 181 รอบ มากกว่าชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า metric/recall(B) สูงที่สุดเท่ากับ 0.93686 และรอบการฝึกที่ 176 จาก 241 รอบ ซึ่งชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 บ่งบอกถึงมีความสามารถในการตรวจจับวัตถุในกรอบวัตถุได้ครอบคลุมดีกว่าและมีรอบการฝึกที่น้อยกว่า



รูปที่ 4.9 ค่าสูญเสียตำแหน่งกรอบวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

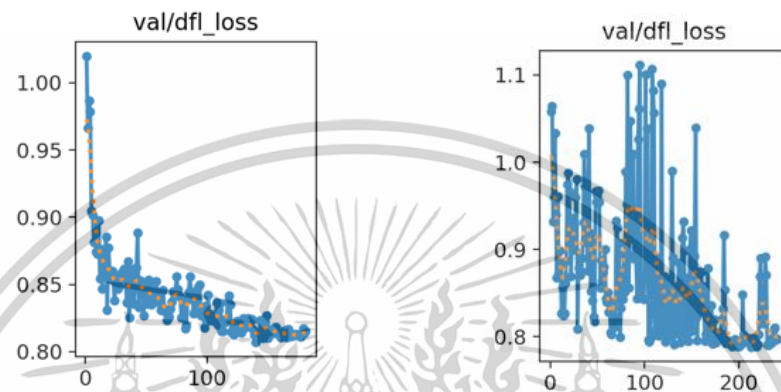
จากรูปที่ 4.9 แสดงกราฟค่าการสูญเสียที่เกิดจากการทำนายตำแหน่งของกรอบล้อมวัตถุ ระหว่างการฝึกฝนตัวแบบของชุดข้อมูลตรวจสอบ (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ val/box_loss ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลตรวจสอบ สัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า val/box_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.81364 และรอบการฝึกที่ 140 จาก 181 รอบ น้อยกว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า val/box_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.91958 และรอบการฝึกที่ 199 จาก 241 รอบ และเส้นกราฟชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีอาการแกว่งมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด สรุปได้ว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 80:10:10 บ่งบอกถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการทำนายตำแหน่งวัตถุและมีรอบการฝึกน้อยกว่า



รูปที่ 4.10 ค่าสูญเสียทำนายคลาสวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

จากรูปที่ 4.10 แสดงกราฟค่าการสูญเสียที่เกิดจากการทำนายคลาสของวัตถุที่ตรวจจับได้ ระหว่างการฝึกฝนตัวแบบของชุดข้อมูลตรวจสอบ (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ val/cls_loss ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

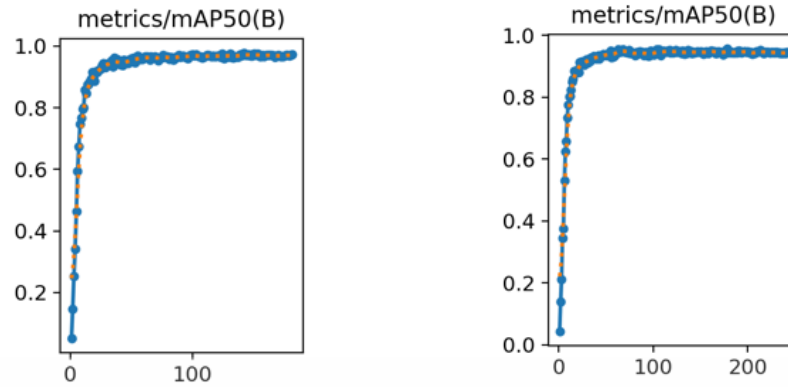
80:10:10 มีค่า val/cls_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.4681 และรอบการฝึกที่ 146 จาก 181 รอบ น้อยกว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า val/cls_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.63922 และรอบการฝึกที่ 177 จาก 241 รอบ และเส้นกราฟชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีอาการแกว่งมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด สรุปได้ว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 80:10:10 บ่งบอกถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการจำแนกคลาสของวัตถุและมีรอบการฝึกน้อยกว่า



รูปที่ 4.11 ค่าสูญเสียปรับปรุงคลาสวัตถุเปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

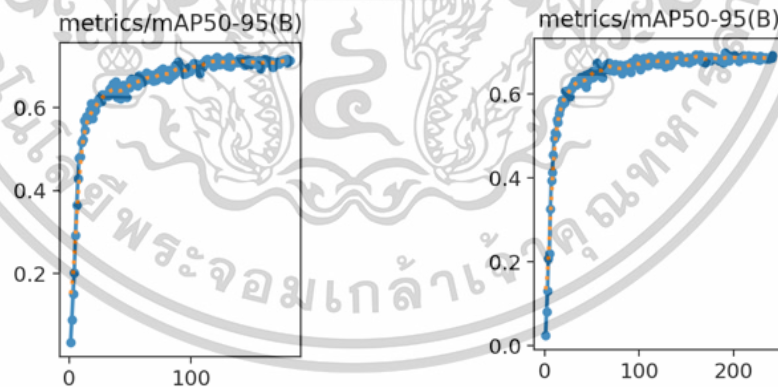
จากรูปที่ 4.11 แสดงกราฟค่าการสูญเสียที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการจำแนกคลาสในตัวแบบการตรวจจับวัตถุโดยเฉพาะในกรณีที่มีการกระจายข้อมูลไม่สมดุลระหว่างการฝึกฝนตัวแบบของชุดข้อมูลตรวจสอบ (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ val/df_l_loss ต่อรอบในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า val/df_l_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.78819 และรอบการฝึกที่ 213 จาก 241 รอบ น้อยกว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า val/df_l_loss ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.80718 และรอบการฝึกที่ 140 จาก 181 รอบ และเส้นกราฟชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีอาการแกว่งอย่างมากอย่างเห็นได้ชัด จึงสรุปได้ว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 บ่งบอกถึงความสามารถในการเรียนรู้ที่ดีกว่าในการจำแนกคลาสของวัตถุถึงแม้จะใช้เวลาในการฝึก (epoch) มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยที่เกณฑ์ IoU เท่ากับ 50 เปรียบเทียบชุดข้อมูลตรวจสอบ สัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

จากรูปที่ 4.12 แสดงกราฟค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยที่เกณฑ์ IoU เท่ากับ 50 ของชุดข้อมูล ตรวจสอบ โดยวัดจากความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุ (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ metrics/mAP50(B) ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูลตรวจสอบ สัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า metrics/mAP50(B) สูงที่สุดเท่ากับ 0.97734 และรอบการฝึกที่ 142 จาก 181 รอบ มากกว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า metrics/mAP50(B) สูงที่สุด เท่ากับ 0.95689 และรอบการฝึกที่ 178 จาก 241 รอบ ซึ่งชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 80:10:10 บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการตรวจจับวัตถุที่ดีกว่าและมีเวลาในการฝึกน้อยกว่า



รูปที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยที่เกณฑ์ IoU เท่ากับ 50-95 เปรียบเทียบชุดข้อมูลตรวจสอบ สัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านซ้าย) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านขวา)

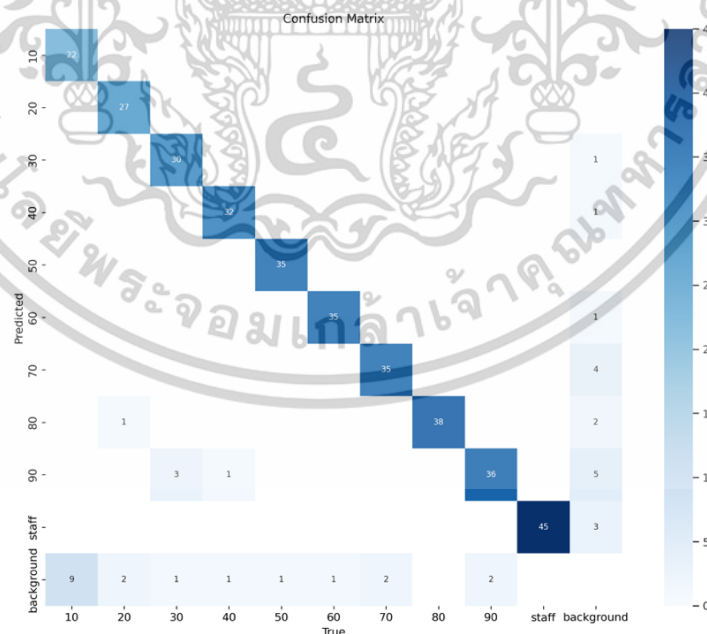
จากรูปที่ 4.13 แสดงกราฟค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยที่เกณฑ์ IoU ตั้งแต่ 50 ถึง 95 ของชุดข้อมูล ตรวจสอบ โดยวัดจากความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุ (กราฟอ้างอิงค่าจากตารางข้อมูลของ metrics/mAP50-95(B) ต่อรอบของทั้ง 2 ชุดแบ่งข้อมูลในภาคผนวก ข) จะเห็นได้ว่าชุดข้อมูล ตรวจสอบสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่า metrics/mAP50-95(B) สูงที่สุดเท่ากับ 0.72207 และรอบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

การฝึกที่ 121 จาก 181 รอบ มากกว่าชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีค่า metrics/mAP50(B) สูงที่สุดเท่ากับ 0.69865 และรอบการฝึกที่ 191 จาก 241 รอบ ซึ่งชุดข้อมูลตรวจสอบสัดส่วนแบบ 80:10:10 บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการตรวจจับวัตถุที่ดีกว่าและมีเวลาในการฝึกน้อยกว่า

จากกราฟผลลัพธ์การตรวจจับวัตถุ (Loss, Precision, Recall, mAP) สรุปได้ว่าการฝึกตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 ดีกว่าชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 ทั้งค่าความเที่ยง (metrics/precision(B)) ค่าการเรียกคืน (metrics/recall(B)) ค่าการลดลงของการสูญเสียของชุดตรวจสอบเฉพาะ รวมถึงค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ย (mAP50, mAP50-95) แสดงว่าตัวแบบมีความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุ ตรวจจับวัตถุได้ครอบคลุม และมีประสิทธิภาพที่ดีในการตรวจจับวัตถุ

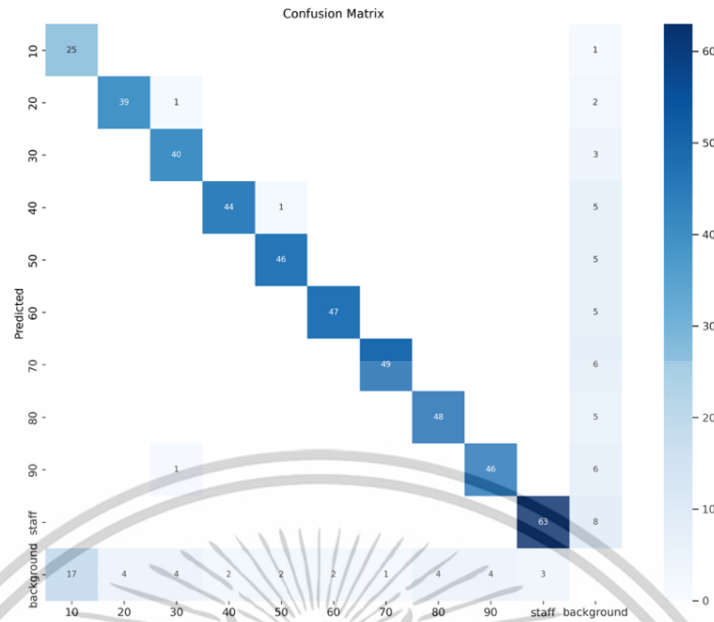
4.3.2. ผลลัพธ์การแปลผลเมทริกซ์ความสับสน

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ตัวแบบทำนาย (Predicted) ปรากฏในแกนตั้งหรือคอลัมน์ และค่าจริง (True) ปรากฏในแกนนอนหรือแถว ซึ่งคลาสในงานตรวจจับวัตถุประกอบไปด้วย คลาสตัวเลขแสดงระดับน้ำบนแผ่นวัดระดับน้ำ (10-90) คลาสแผ่นวัดระดับน้ำ (staff) และคลาสนี้แสดงพื้นที่ว่างหรือไม่มีวัตถุที่สนใจในภาพ ส่วนแกนตั้งด้านขวามือแทนจำนวนที่ตัวแบบทำนายจากสีอ่อนไปยังสีเข้ม ถ้าหากสียิ่งเข้มแสดงว่าจำนวนตัวแบบทำนายได้คลาสนั้นยิ่งมาก โดยแสดงทั้งแบบปกติ และแบบปรับให้อยู่ในช่วงมาตรฐาน คือ 0 ถึง 1 ของทั้ง 2 ตัวแบบชุดแบ่งข้อมูล แสดงดังรูปที่ 4.14 รูปที่ 4.15 และตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์การแปลผลเมทริกซ์ความสับสน



รูปที่ 4.14 เมทริกซ์ความสับสนแบบปกติระหว่างคลาสเปรียบเทียบชุดข้อมูลด้วยสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)

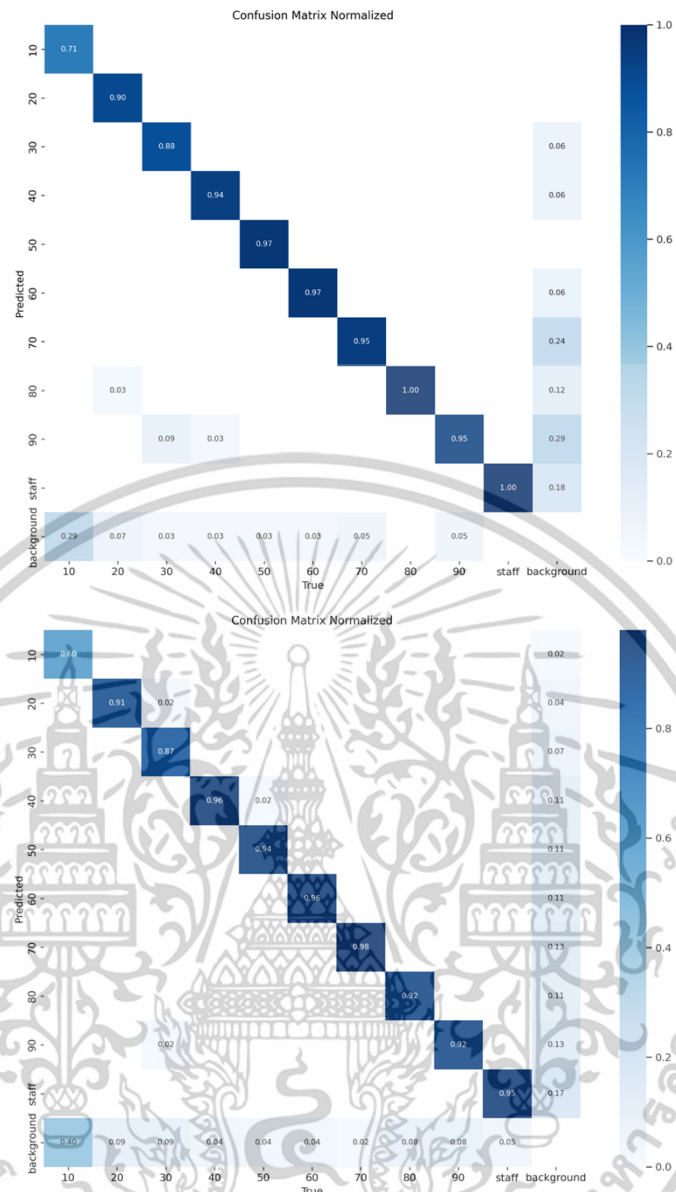
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 เมทริกซ์ความสับสนแบบปกติระหว่างคลาสเปรียบเทียบชุดข้อมูลด้วยสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง) (ต่อ)

จากรูปที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพในการทำนายของตัวแบบแบบหลายคลาสในงานตรวจจับวัตถุแบบปกติ โดยสังเกตเซลล์แนวทแยง จะเห็นได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 สามารถทำนายคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ (staff) ถูกทั้งหมด 45 ตัวอย่าง และยังสามารถทำนายคลาสตัวเลขแสดงระดับน้ำบนแผ่นวัดระดับน้ำ (10-90) ได้ถูกต้องมากกว่า และคลาสที่แสดงพื้นที่ว่างหรือไม่มีวัตถุที่สนใจในภาพมีจำนวนน้อยกว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 เกือบทุกคลาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 เมทริกซ์ความสับสนแบบปรับให้อยู่ในช่วงมาตรฐาน (Normalized) 0 ถึง 1 ระหว่างคลาส เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปบน) และแบบ 70:15:15 (รูปล่าง)

จากรูปที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพในการทำนายของตัวแบบหลายคลาสในงานตรวจจับวัตถุแบบปรับให้อยู่ในช่วงมาตรฐาน 0 ถึง 1 โดยสังเกตเซลล์แนวทแยงเช่นเดียวกันจะเห็นได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 สามารถทำนายคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ (staff) ถูกทั้งหมด 1.00 หรือ 100% และยังสามารถทำนายคลาสตัวเลขแสดงระดับน้ำบนแผ่นวัดระดับน้ำ (10-90) ได้ถูกต้องมากกว่า และในขณะที่คลาสที่แสดงพื้นที่ว่างหรือไม่มีวัตถุที่สนใจในภาพ (background) มีสัดส่วนน้อยกว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 เกือบทุกคลาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์การแปลผลเมทริกซ์ความสับสน

ลำดับที่	คลาส	ทำนายถูกต้อง แบบ 80:10:10 TP/Instances (Ratio)	ทำนายถูกต้อง แบบ 70:15:15 TP/Instances (Ratio)	เปรียบเทียบ ทำนายถูกต้อง ดีกว่า
1	10	22/31 (0.71)	25/42 (0.60)	แบบ 80:10:10
2	20	27/30 (0.90)	39/43 (0.91)	แบบ 70:15:15
3	30	30/34 (0.88)	40/46 (0.87)	แบบ 80:10:10
4	40	32/34 (0.94)	44/46 (0.96)	แบบ 70:15:15
5	50	35/36 (0.97)	46/49 (0.94)	แบบ 80:10:10
6	60	35/36 (0.97)	47/49 (0.96)	แบบ 80:10:10
7	70	35/37 (0.95)	49/50 (0.98)	แบบ 70:15:15
8	80	38/38 (1.00)	48/52 (0.92)	แบบ 80:10:10
9	90	36/38 (0.95)	46/50 (0.92)	แบบ 80:10:10
10	staff	45/45 (1.00)	63/66 (0.95)	แบบ 80:10:10

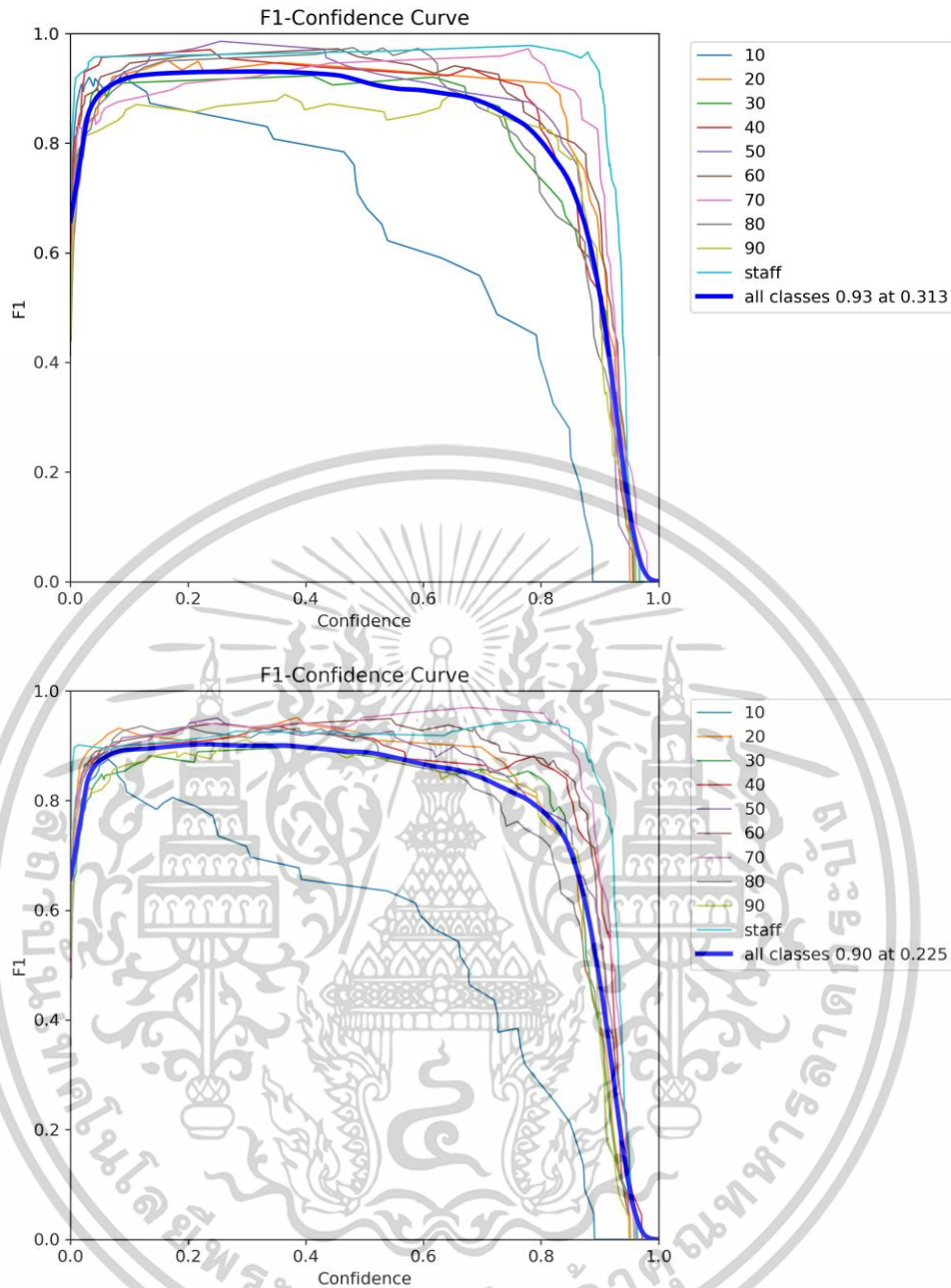
จากตารางที่ 4.1 จึงสรุปได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีประสิทธิภาพในการทำนายได้ดีกว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 แต่มีข้อพิจารณาของทั้ง 2 ตัวแบบ คือ คลาสตัวเลขระดับน้ำ 10 บนแผ่นวัดระดับน้ำที่มีความถูกต้องในการทำนายต่ำสุดในคลาสที่ตรวจจับทั้งหมดคือ 0.71 และ 0.60 ตามลำดับ ควรปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับวัตถุด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น เพิ่มจำนวนรูปภาพ จำนวนตัวอย่างในภาพ เสริมข้อมูล หรือปรับพารามิเตอร์ในการฝึกฝน เพื่อให้ตัวแบบทำนายได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น

4.3.3. ผลลัพธ์ประสิทธิภาพของตัวแบบ

4.3.3.1. ค่าคะแนน F1 กับค่าความเชื่อมั่น

เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นว่าตัวแบบมีค่าคะแนน F1 ปรับตัวอย่างใดเมื่อปรับค่าความเชื่อมั่นเพิ่มสูงขึ้น หมายความว่าตัวแบบสามารถทำนายค่าได้อย่างแม่นยำและไม่พลาดการตรวจจับวัตถุที่ต้องการมากเพียงใดในช่วงค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน และทำให้สามารถเลือกค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานตัวแบบ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



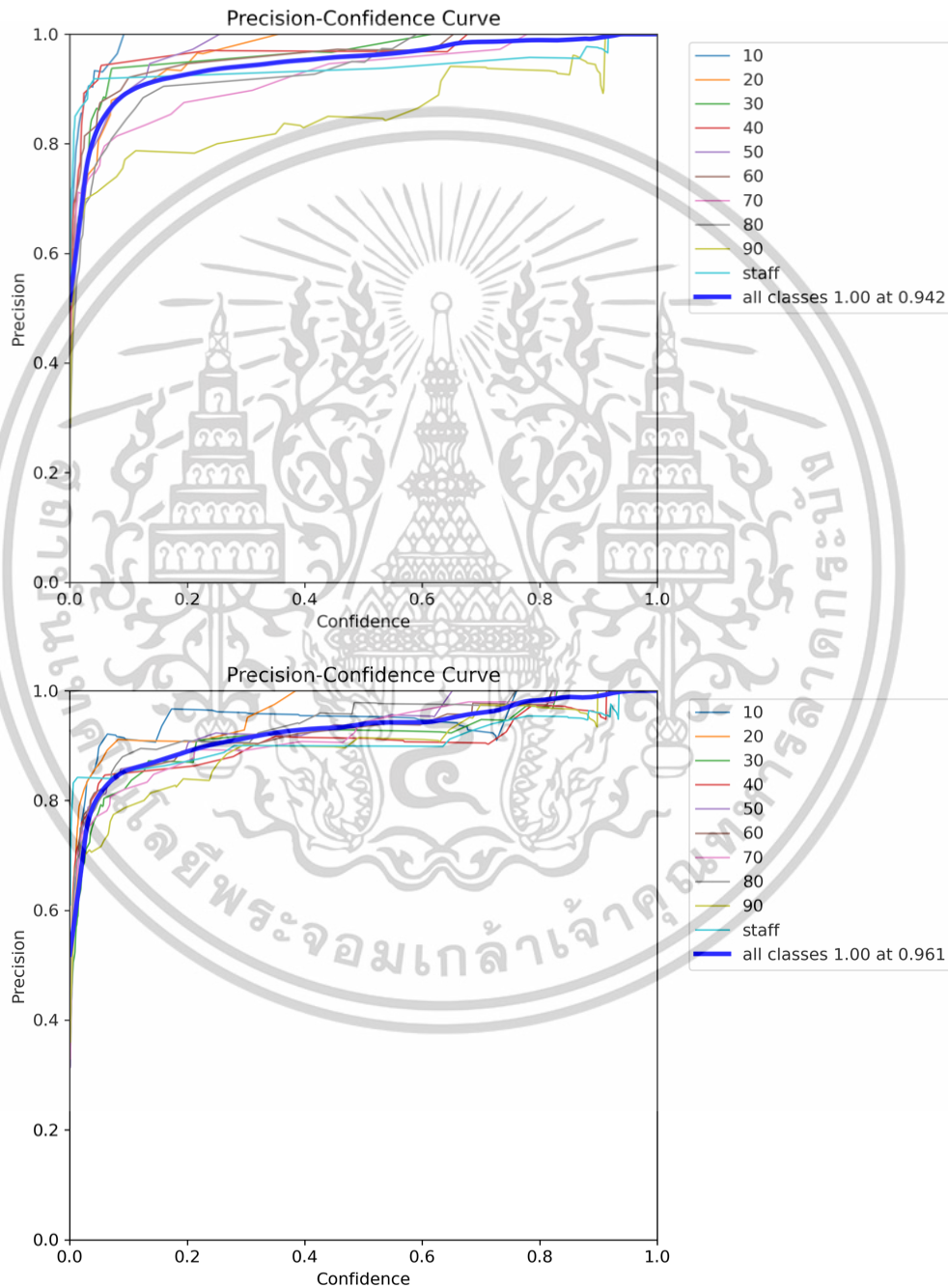
รูปที่ 4.16 F1-Confidence Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)

จากรูปที่ 4.16 ในการวัดประสิทธิภาพตัวแบบจะไม่วัดเฉพาะคลาส แต่ต้องพิจารณาประสิทธิภาพโดยรวมของทุกคลาส โดยสังเกตจากเส้นที่บสีน้ำเงิน (all classes) ในกรอบทางขวามือ จะเห็นได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 จะได้ค่าคะแนน F1 สูงสุดที่ 0.93 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 0.313 ซึ่งสูงกว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 ที่มีค่าคะแนน F1 สูงสุดที่ 0.90 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 0.225 จึงสรุปได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีประสิทธิภาพตัวแบบโดยรวมทุกคลาสดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.2. ค่าความเที่ยง กับค่าความเชื่อมั่น

เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นว่าตัวแบบมีค่าความเที่ยงปรับตัวอย่างไรเมื่อปรับค่าความเชื่อมั่น หมายความว่าตัวแบบสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างแม่นยำมากเพียงใดในช่วงค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน และทำให้สามารถเลือกค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานตัวแบบ เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างการตรวจจับวัตถุและการลดการตรวจจับผิดพลาด (False Positives)



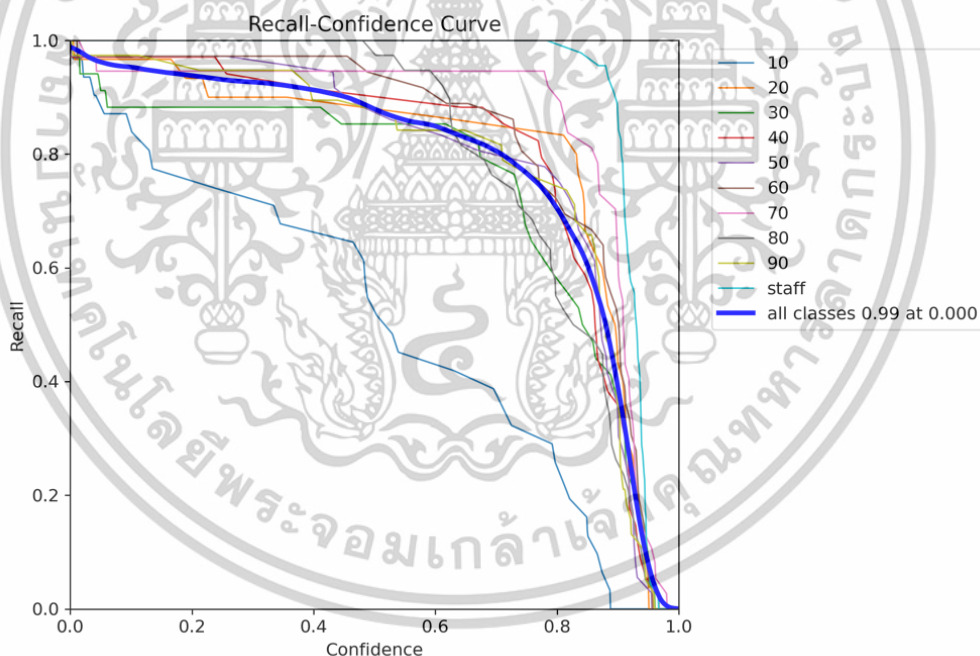
รูปที่ 4.17 Precision-Confidence Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.17 ในการวัดประสิทธิภาพตัวแบบจะไม่วัดเฉพาะคลาส แต่ต้องพิจารณาความแม่นยำโดยรวมของทุกคลาส โดยสังเกตจากเส้นที่สีน้ำเงิน (all classes) ในกรอบทางขวามือจะเห็นได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 จะได้ค่าความเที่ยงสูงสุดที่ 1.00 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 0.942 เท่ากับตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 ที่มีค่าความเที่ยงสูงสุดที่ 1.00 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 0.961 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นของตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 สูงกว่า หมายความว่าเกิดการใช้อ้อมูลที่มากขึ้นหรือมีการเรียนรู้ที่ดีกว่า จึงสรุปได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 มีความน่าเชื่อถือและความมั่นใจในการตัดสินใจของตัวแบบสูงกว่า

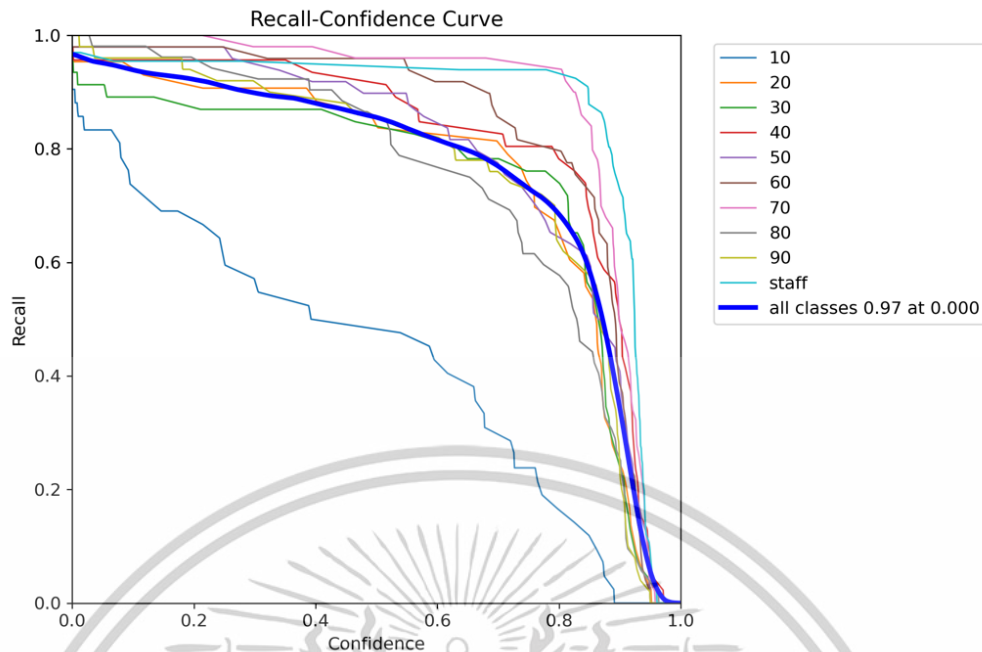
4.3.3.3. ค่าการเรียกคืน กับค่าความเชื่อมั่น

เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นว่าตัวแบบมีค่าการเรียกคืนปรับตัวอย่างใดเมื่อปรับค่าความเชื่อมั่น หมายความว่าสามารถตรวจสอบความสามารถของตัวแบบในการตรวจจับวัตถุในทุก ๆ คลาสในระดับค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน และทำให้สามารถเลือกค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานตัวแบบ เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างการตรวจจับวัตถุและการลดการตรวจจับผิดพลาด (False Negatives)



รูปที่ 4.18 Recall-Confidence Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

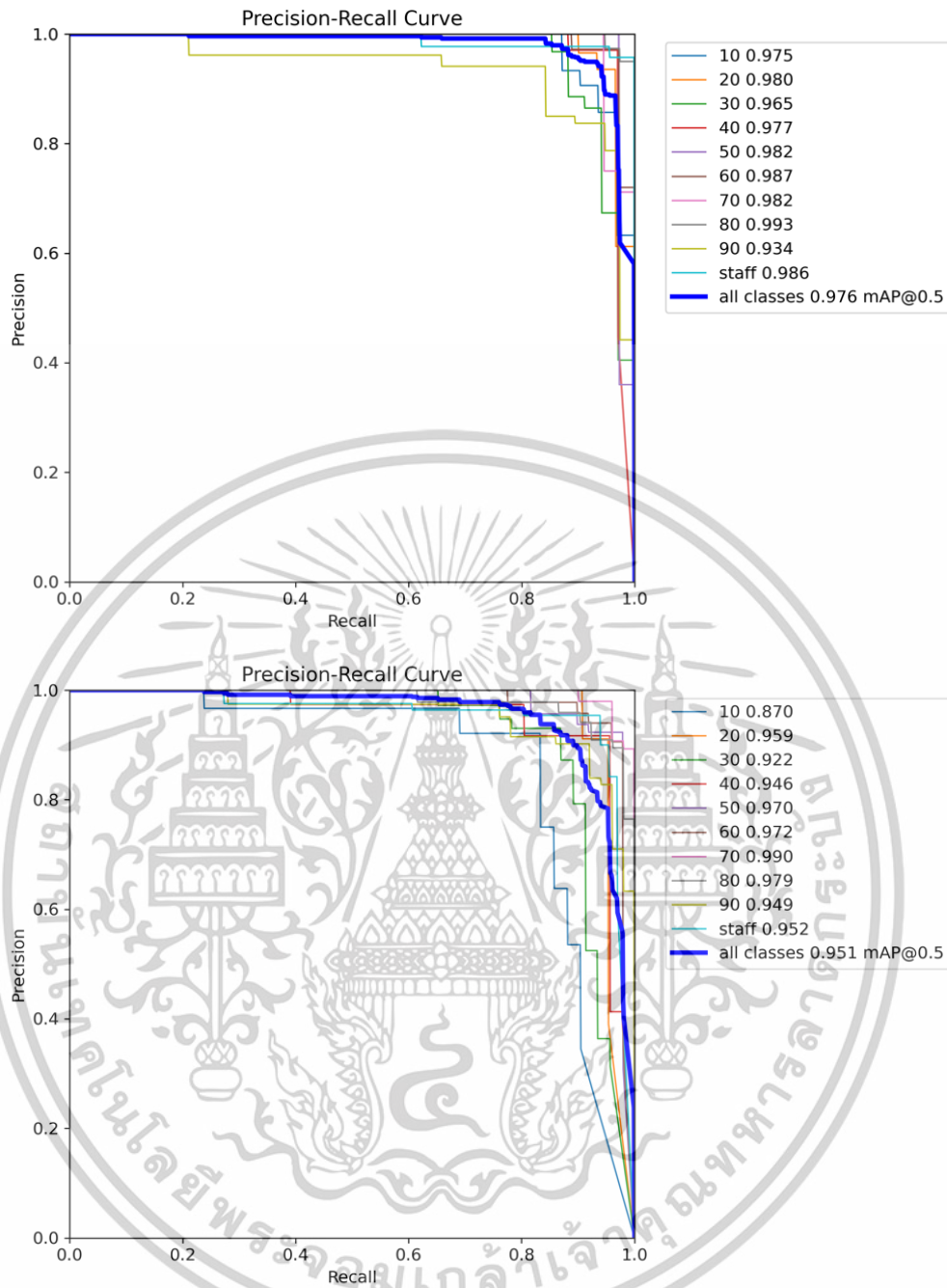


รูปที่ 4.19 Recall-Confidence Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15

จากรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19 ในการวัดความสามารถของตัวแบบในการตรวจจับวัตถุไม่ชัดเจนเฉพาะคลาส แต่ต้องพิจารณาตรวจสอบความสามารถของตัวแบบในการตรวจจับวัตถุโดยรวมของทุกคลาส โดยสังเกตจากเส้นที่บสีน้ำเงิน (all classes) ในกรอบทางขวามือจะเห็นได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 จะได้ค่าการเรียกคืนสูงสุดที่ 0.99 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 0.000 สามารถเรียกคืนข้อมูลได้ครบถ้วนดีกว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 ที่มีค่าการเรียกคืนสูงสุดที่ 0.97 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 0.000 อยู่เล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า แต่ยังคงตรวจสอบกราฟค่าอื่น ๆ ร่วมด้วย เนื่องจากค่าความเชื่อมั่นในการทำนายน้อยมากที่ 0.000 เท่านั้น

4.3.3.4. ค่าความเที่ยง กับค่าการเรียกคืน

เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นว่าตัวแบบมีสมรรถนะในการตรวจจับวัตถุในระดับต่าง ๆ ของความเชื่อมั่น หมายความว่าตัวแบบสามารถสร้างสมดุลระหว่างค่าความเที่ยงและค่าการเรียกคืนได้อย่างไรในแต่ละระดับความเชื่อมั่น และใช้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบ โดยพิจารณาจากพื้นที่ใต้กราฟ (AUC) หากมีพื้นที่ใต้กราฟมากเท่าไร ตัวแบบก็ยิ่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.20 Precision-Recall Curve เปรียบเทียบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 (รูปด้านบน) และแบบ 70:15:15 (รูปด้านล่าง)

จากรูปที่ 4.20 ในการวัดประสิทธิภาพตัวแบบจะไม่วัดเฉพาะคลาส แต่ต้องพิจารณาพื้นที่ใต้กราฟ (AUC) โดยรวมของทุกคลาส โดยสังเกตจากพื้นที่ใต้เส้นที่บสีน้ำเงิน (all classes) และกรอบทางขวามือจะเห็นได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 จะได้ค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเที่ยง และค่าการเรียกคืนที่จุดต่าง ๆ ของค่าความเชื่อมั่นสูงสุดที่ 0.976 ที่เกณฑ์ระดับ mAP50 มากกว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 70:15:15 ที่มีค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างค่าความเที่ยง และค่าการเรียกคืนที่จุดต่าง ๆ ของค่าความเชื่อมั่นสูงสุดที่ 0.951 ที่เกณฑ์ระดับ mAP50 จึงสรุปได้ว่าตัวแบบชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีประสิทธิภาพดีกว่า เนื่องจากสามารถทำนายวัตถุได้แม่นยำกว่าเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเที่ยงและค่าการเรียกคืนในระดับความแม่นยำที่สูงกว่า

4.4 การอภิปรายผล

จากผลสรุปการตรวจจับวัตถุเบื้องต้นภายหลังจากฝึกฝนตัวแบบ พบว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 80:10:10 มีค่าการตรวจจับวัตถุของกล่องวัตถุของทุกคลาส (all) ในชุดข้อมูลสัดส่วนแบบ 80:10:10 มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.941 ค่าการเรียกคืนเท่ากับ 0.927 ค่า mAP50 เท่ากับ 0.976 และค่า mAP50-95 เท่ากับ 0.721 สูงกว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 70:15:15

จากผลการประเมินประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ ได้แก่

ผลลัพธ์การตรวจจับวัตถุ (Loss, Precision, Recall, mAP) พบว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 80:10:10 มีความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุ ตรวจจับวัตถุได้ครอบคลุม และมีประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุที่ดีกว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 70:15:15 ทั้งในส่วนค่าความเที่ยง (metrics/precision(B)) สูงสุดเท่ากับ 0.96610 ค่าการเรียกคืน (metrics/recall(B)) สูงสุดเท่ากับ 0.95617 ค่าการลดลงของการสูญเสียทำนายของชุดตรวจสอบ ทั้งแบบตำแหน่งกรอบวัตถุ (box_loss) ต่ำสุดเท่ากับ 0.81364 และทำนายคลาสวัตถุ (cls_loss) ต่ำสุดเท่ากับ 0.4681 รวมถึงค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ย mAP50 สูงสุดเท่ากับ 0.97734 และ mAP50-95 สูงสุดเท่ากับ 0.72207

ผลลัพธ์การแปลผลเมตริกซ์ความสับสน พบว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 80:10:10 มีการทำนายถูกต้องดีกว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 70:15:15 โดยเฉพาะคลาสแผ่นวัดระดับน้ำ และคลาสตัวเลขระดับน้ำ 80 บนแผ่นวัดระดับน้ำทำนายได้ถูกต้อง 100% ส่วนคลาสตัวเลขระดับน้ำ 10 30 50 60 และ 90 บนแผ่นวัดระดับน้ำทำนายได้ถูกต้องดีกว่าเท่ากับ 71% 88% 97% 97% และ 95% ตามลำดับ และมีข้อพิจารณาเพิ่มเติมของทั้ง 2 ตัวแบบ คือ คลาสตัวเลขระดับน้ำ 10 บนแผ่นวัดระดับน้ำที่มีความถูกต้องในการทำนายต่ำสุดในคลาสที่ตรวจจับทั้งหมด คือ 71% และ 60% ตามลำดับ ควรปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับวัตถุด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น เพิ่มจำนวนรูปภาพ จำนวนตัวอย่าง (Instances) ในภาพ เสริมข้อมูล หรือปรับพารามิเตอร์ในการฝึกฝน เพื่อให้ตัวแบบทำนายได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น

และผลลัพธ์ประสิทธิภาพของตัวแบบ (F1, Precision, Recall, PR Curves) พบว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 80:10:10 มีประสิทธิภาพดีกว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 70:15:15 อย่างค่าคะแนน F1 สูงสุดที่ 0.93 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 0.313 ค่าการเรียกคืนสูงสุดที่ 0.99 ในระดับความเชื่อมั่นที่ 0.000 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นในการทำนายน้อยมากที่สุดที่ 0.000 จึงควรพิจารณาต้องตรวจสอบกราฟค่าอื่น ๆ ร่วมด้วยทั้ง 2 ตัวแบบในค่านี้นี้เหมือนกัน ค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เที่ยง และค่าการเรียกคืนที่จุดต่าง ๆ ของค่าความเชื่อมั่น (Precision-Recall) สูงสุดที่ 0.976 ที่เกณฑ์ระดับ mAP50

ตารางที่ 4.2 สรุปการเปรียบเทียบสัดส่วนการแบ่งข้อมูลแบบ 80:10:10 และแบบ 70:15:15

	การเปรียบเทียบ	ชุดข้อมูลสัดส่วน 80:10:10	ชุดข้อมูลสัดส่วน 70:15:15
1.	การแบ่งข้อมูล	80% สำหรับการฝึกอบรม 10% สำหรับการตรวจสอบ 10% สำหรับการทดสอบ	70% สำหรับการฝึกอบรม 15% สำหรับการตรวจสอบ 15% สำหรับการทดสอบ
2.	ตัวแบบต้นแบบ	YOLOv8n	YOLOv8n
3.	จำนวนรอบที่ใช้ฝึก	300 รอบ	300 รอบ
4.	รอบที่หยุดการฝึก (Early stopping)	181 รอบ	241 รอบ
5.	ค่าความเที่ยงแบบรวมทุกคลาส (Box-Precision)	0.941	0.901
6.	ค่าการเรียกคืนแบบรวมทุกคลาส (Box-Recall)	0.927	0.914
7.	ค่าเฉลี่ยความเที่ยงแบบรวมทุกคลาส (Box-mAP50)	0.976	0.951
8.	ค่าเฉลี่ยความเที่ยงแบบรวมทุกคลาส (Box-mAP50-95)	0.721	0.697
9.	ค่าการสูญเสียตำแหน่งกรอบวัตถุที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึกฝนของชุดข้อมูลฝึก (tran/box_loss)	0.56776 (รอบการฝึกที่ 177 / 181)	0.50981 (รอบการฝึกที่ 238 / 241)
10.	ค่าการสูญเสียทำนายคลาสวัตถุที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึกของชุดข้อมูลฝึก (tran/cls_loss)	0.35634 (รอบการฝึกที่ 177 / 181)	0.32024 (รอบการฝึกที่ 238 / 241)
11.	ค่าการสูญเสียปรับปรุงคลาสวัตถุที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึกของชุดข้อมูลฝึก (tran/dfl_loss)	0.81037 (รอบการฝึกที่ 181 / 181)	0.80462 (รอบการฝึกที่ 225 / 241)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สรุปการเปรียบเทียบสัดส่วนการแบ่งข้อมูลแบบ 80:10:10 และแบบ 70:15:15 (ต่อ)

	การเปรียบเทียบ	ชุดข้อมูลสัดส่วน 80:10:10	ชุดข้อมูลสัดส่วน 70:15:15
12.	ค่าความเที่ยงทำนายกรอบ วัตถุระหว่างการตรวจสอบ ของชุดข้อมูลตรวจสอบ (metrics/precision(B))	0.96610 (รอบการฝึกที่ 1 / 181)	0.94890 (รอบการฝึกที่ 1 / 241)
13.	ค่าการเรียกคืนทำนายกรอบ วัตถุระหว่างการตรวจสอบ ของชุดข้อมูลตรวจสอบ (metrics/recall(B))	0.95617 (รอบการฝึกที่ 124 / 181)	0.93686 (รอบการฝึกที่ 176 / 241)
14.	ค่าการสูญเสียตำแหน่ง กรอบวัตถุที่เกิดขึ้นระหว่าง การตรวจสอบของชุดข้อมูล ตรวจสอบ (val/box_loss)	0.81364 (รอบการฝึกที่ 140 / 181)	0.91958 (รอบการฝึกที่ 199 / 241)
15.	ค่าการสูญเสียทำนายคลาส วัตถุที่เกิดขึ้นระหว่างการ ตรวจสอบของชุดข้อมูล ตรวจสอบ (val/cls_loss)	0.4681 (รอบการฝึกที่ 146 / 181)	0.63922 (รอบการฝึกที่ 177 / 241)
16.	ค่าการสูญเสียปรับปรุง คลาสวัตถุที่เกิดขึ้นระหว่าง การตรวจสอบของชุดข้อมูล ตรวจสอบ (val/dfn_loss)	0.80718 (รอบการฝึกที่ 140 / 181)	0.78819 (รอบการฝึกที่ 213 / 241)
17.	ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยที่ เกณฑ์ IoU เท่ากับ 50 (metrics/mAP50(B))	0.97734 (รอบการฝึกที่ 142 / 181)	0.95689 (รอบการฝึกที่ 178 / 241)
18.	ค่าเฉลี่ยความเที่ยงเฉลี่ยที่ เกณฑ์ IoU เท่ากับ 50-95 (metrics/mAP50-95(B))	0.72207 (รอบการฝึกที่ 121 / 181)	0.69865 (รอบการฝึกที่ 191 / 241)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สรุปการเปรียบเทียบสัดส่วนการแบ่งข้อมูลแบบ 80:10:10 และแบบ 70:15:15 (ต่อ)

	การเปรียบเทียบ	ชุดข้อมูลสัดส่วน 80:10:10	ชุดข้อมูลสัดส่วน 70:15:15
19.	ค่าความถูกต้องในการทำนายแบบปรับให้อยู่ในช่วงมาตรฐาน (Confusion Matrix Normalized)	คลาส staff 100% คลาส 10 71% คลาส 20 90% คลาส 30 88% คลาส 40 94% คลาส 50 97% คลาส 60 97% คลาส 70 95% คลาส 80 100% คลาส 90 95%	คลาส staff 95% คลาส 10 60% คลาส 20 91% คลาส 30 87% คลาส 40 96% คลาส 50 94% คลาส 60 96% คลาส 70 98% คลาส 80 92% คลาส 90 92%
20.	ค่าคะแนน F1 กับค่าความเชื่อมั่น	0.93 (ช่วงความเชื่อมั่น 0.313)	0.90 (ช่วงความเชื่อมั่น 0.225)
21.	ค่าความเที่ยงกับค่าความเชื่อมั่น	1.00 (ช่วงความเชื่อมั่น 0.942)	1.00 (ช่วงความเชื่อมั่น 0.961)
22.	ค่าการเรียกคืนกับค่าความเชื่อมั่น	0.99 (ช่วงความเชื่อมั่น 0.000)	0.97 (ช่วงความเชื่อมั่น 0.000)
23.	ค่าความเที่ยงกับค่าการเรียกคืนที่ mAP50	0.976	0.951

จากตารางที่ 4.2 จะสรุปได้ว่าควรเลือกตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 80:10:10 เนื่องจากผลตรวจจำวัตถุ ผลการทำนายความถูกต้อง และผลประสิทธิภาพการตรวจจำวัตถุที่ดีมากกว่า ในขณะที่มีรอบที่หยุดการฝึก น้อยกว่าตัวแบบที่แบ่งชุดข้อมูลแบบ 70:15:15 เพื่อป้องกันข้อมูลเรียนรู้มากเกินไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การค้นคว้าอิสระนี้ได้มีการพัฒนาตัวแบบโดยใช้ภาพถ่ายบนเว็บไซต์ต่าง ๆ ผ่านเทคนิคการปรับแต่งภาพ (Image Augmentation) เพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของตัวแบบ เช่น การปรับความสว่าง การเพิ่มสัญญาณรบกวน เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง และใช้ตัวแบบที่ผ่านการเรียนรู้มาแล้ว YOLOv8 ซึ่งได้รับการฝึกบนชุดข้อมูลที่แบ่งสัดส่วนระหว่างชุดข้อมูลการฝึก (Train Set) ชุดตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Set) และชุดการทดสอบ (Test Set) ในสัดส่วนที่ต่างกัน โดยมีผลลัพธ์ที่ต้องการคือ ตัวแบบใดมีความแม่นยำในการวัดระดับน้ำ และใช้งานได้จริงมากกว่ากัน ระยะเวลาในการฝึกต้องไม่นานเกินไป รวมถึงมีผลลัพธ์การตรวจจับวัตถุ (Loss, Precision, Recall, mAP) ผลลัพธ์การแปลผลเมทริกซ์ความสับสน และผลลัพธ์ประสิทธิภาพของตัวแบบ (F1, Precision, Recall, PR Curves) ที่ดีและมีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับวัตถุ โดยงานวิจัยนี้ยังได้มีการพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูล มีการอัปโหลดวิดีโอ พร้อมแสดงวิดีโอตรวจจับค่าระดับน้ำ หากค่าระดับน้ำที่ตรวจจับได้เกินค่าระดับน้ำ ม.รทก. ที่กำหนดจะทำการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ไปยังกลุ่มที่ดูแล และผู้เกี่ยวข้องให้เตรียมพร้อมเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพลันอีกด้วย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบในงานตรวจจับวัตถุ และจากผลการทดลองพบว่าการแบ่งข้อมูลในสัดส่วน 80:10:10 ได้ให้กราฟที่มีความสม่ำเสมอ มีค่า mAP50 และ mAP50-95 ที่สูงกว่าในเกือบทุกคลาส โดยเฉพาะคลาสแผ่นวัดระดับน้ำและตัวเลขที่แสดงระดับน้ำ ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยความเที่ยง และค่าการเรียกคืน พบว่าตัวแบบสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายคลาส แต่อย่างไรก็ตาม คลาสบางคลาสแสดงการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ปกติในกราฟ Precision-Recall ซึ่งอาจเกิดจากการติดป้ายกำกับที่ไม่สม่ำเสมอหรือการจัดวางตำแหน่งของวัตถุที่ไม่แน่นอนในข้อมูลการฝึก อีกทั้งมีค่า mAP50 แบบทุกคลาสเท่ากับ 0.976 ค่า mAP50-95 แบบทุกคลาสเท่ากับ 0.721 แสดงว่าผลลัพธ์การตรวจจับวัตถุมีความแม่นยำสูง ผลลัพธ์ความถูกต้องในการทำนายโดยเฉพาะคลาสแผ่นวัดระดับน้ำทำนายได้ถูกต้องเท่ากับ 100% รวมถึงคลาสตัวเลขระดับน้ำบนแผ่นระดับน้ำ และมีผลลัพธ์ประสิทธิภาพของตัวแบบค่าคะแนน F1 สูงสุดที่ 0.93 ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 0.313 ค่าการเรียกคืนสูงสุดที่ 0.99 ในระดับความเชื่อมั่นที่ 0.000 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นในการทำนายน้อยมากที่สุดที่ 0.000 จึงควรพิจารณาต้องตรวจสอบกราฟค่าอื่น ๆ ทั้ง 2 ตัวแบบนี้เหมือนกัน ค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเที่ยง และค่าการเรียกคืนที่จุดต่าง ๆ ของค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเชื่อมั่น (Precision-Recall) สูงสุดที่ 0.976 ที่เกณฑ์ระดับ mAP50 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลลัพธ์วัดประสิทธิภาพทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าตัวแบบมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการสรุปผลการวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 การนำไปใช้

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดระดับน้ำสามารถนำตัวแบบที่ศึกษานี้ไปใช้ในการตรวจจับคาร์ระดับน้ำได้

5.2.2 การเพิ่มประสิทธิภาพของตัวแบบ

- 1) สามารถพัฒนาระบบส่วนของการตรวจจับได้แม่นยำยิ่งขึ้นได้อีก ด้วยการนำข้อมูลภาพแผ่นวัดระดับน้ำที่มีคุณภาพ โดยเฉพาะตัวเลข 1 หรือ 10 บนแผ่นวัดระดับน้ำ
- 2) สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยการนำภาพตามสภาพอากาศ สภาพแวดล้อม หลากหลายจริงมาใช้ในการฝึกฝน
- 3) ใช้ตัวแบบ YOLO รุ่นใหม่ล่าสุดแทน เช่น YOLOv9 มาใช้ฝึกตัวแบบให้มีประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุหลายวัตถุต่อกรอบได้ดีมากยิ่งขึ้น

5.2.3 การวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต

- 1) ปรับปรุงระบบให้เชื่อมต่อกล้องวิดีโอแบบอัตโนมัติ (Real-time) อาจทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ และสามารถแจ้งเตือนเพื่อเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพลันได้ทันเวลามากยิ่งขึ้น
- 2) งานวิจัยนี้เสนอให้มีการศึกษาต่อด้วยตัวแบบอื่น นอกจาก YOLO อาจช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุได้มากยิ่งขึ้น รวมถึงศึกษาวิธีคำนวณระดับน้ำวิธีอื่นเพิ่มเติมให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับคาร์ระดับน้ำมากยิ่งขึ้นได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. (2553). **อภิธานศัพท์เทคนิคด้านการชลประทานและการระบายน้ำ (ฉบับปรับปรุง)**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://anyflip.com/awhu/zjxe>.
- กองบริการดิจิทัลอุตุนิยมหาวิทยาลัย. **อุทกภัย**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://tmd.go.th/info/อทกภย>.
- กองอำนวยการน้ำแห่งชาติ. 2566. **ประกาศ กองอำนวยการน้ำแห่งชาติฉบับที่ 5/2566 เรื่อง ฝักระวังน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <http://www.onwr.go.th/?p=13338>.
- กองอุทกวิทยา. **แผ่นระดับน้ำแบบตั้งและแผ่นตัวเลข**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <http://water.rid.go.th/hydhome/standard/spec/PDF1/DEST3366.pdf>.
- กรมอุทกศาสตร์. กองสมุทรศาสตร์. (2535). **การตรวจข้อมูลระดับน้ำทะเล**. กองทัพเรือ. กรมอุทกศาสตร์.
- ไทยกลาง. 2562. **Visual Studio Code version 1.39 Feature ใหม่ ๆ ของ vscode ในเดือนกันยายน**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://thaiklang.com/tech/2019-10-10-visual-studio-code-version-1-39/>.
- บริษัท เอพีเอทูลส์ จำกัด. 2560. **แผ่นวัดระดับน้ำ (Staff Gauge) ป้าย กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ โรงงาน บ่อบำบัดน้ำเสีย บ่อกัก**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.nana-supplier.com/dasociety/p-191807>.
- บริษัท เอพีเอทูลส์ จำกัด. 2564. **เสายามน้ำคืออะไร? เกี่ยวอะไรกับ Staff Gauge?**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.cstth.com/post/water-level-warning-and-staff-gauge>.
- บริษัท เอพีเอทูลส์ จำกัด. 2565. **แผ่นวัดระดับน้ำอ่านยังไง? ไทน์เล่าซิ!**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.cstth.com/post/staff-gauge>.
- เปมิกา คุณาวิริยะสิริ. 2566. **การวัดค่าระดับน้ำโดยใช้วิธีการตรวจจับวัตถุและการเรียนรู้เชิงลึก**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://opac.lib.kmitl.ac.th/catalog/Bibltem.aspx?BibID=b00292488>.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน). 2566. **แผ่นวัดระดับน้ำ**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.hii.or.th>.
- Abhi25t. 2021. **YOLOv4 Annotations Saves Dimensions In A [0,1] Float Interval**. [Online]. Available : <https://stackoverflow.com/questions/65878002/yolov4-annotations-saves-dimensions-in-a-0-1-float-interval>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Acharya, A. 2024. **YOLOv9: SOTA Object Detection Model Explained**. [Online]. Available : <https://encord.com/blog/yolov9-sota-machine-learning-object-detection-model/>.
- Amazon Web Service. 2024. **What is a database**. [Online]. Available : https://aws.amazon.com/what-is/database/?nc1=h_ls.
- Anantaya Pornwichianwong. 2565. **Computer Vision คืออะไร? รู้จัก 5 ประโยชน์สุดล้ำของ Computer Vision ที่ทำอะไรก็ได้**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.sertiscorp.com/th/post/computer-vision-คืออะไร-รู้จัก-5-ประโยชน์สุดล้ำของ-computer-vision-ที่ทำอะไรก็ได้>.
- Anwar, A. 2022. **What is Average Precision in Object Detection & Localization Algorithms and how to calculate it?**. [Online]. Available : <https://towardsdatascience.com/what-is-average-precision-in-object-detection-localization-algorithms-and-how-to-calculate-it-3f330efe697b>.
- Bai, G. Hou, J. Zhang, Y. Li, B. Han, H. Wang, T. Hinkelmann, R. Zhang, D and Guo, L. 2021. **An Intelligent Water level monitoring method based on SSD algorithm**. [Online]. Available : <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.1110047>.
- DH Team. 2567. **ภาษา Python คือ? ทำอะไรได้บ้าง (ฉบับเต็มปี 2024)**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://devhub.in.th/blog/what-is-python-programming-used-for>.
- Ducksmallfoto. (n.d.). **Pole for water level in the dam**. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.123rf.com/photo_100117619_pole-for-water-level-in-the-dam.html.
- Forson, E. 2017. **Understanding SSD MultiBox -- Real-Time Object Detection In Deep Learning**. [Online]. Available : <https://towardsdatascience.com/understanding-ssd-multibox-real-time-object-detection-in-deep-learning-495ef744fab>.
- Google. (n.d.). **Google Colaboratory**. [Online]. Available : <https://colab.google/>.
- Jocher, G. Noyce, M. Ultralytics Assistant. Munawar, R. M. Qaddoumi, B and Gallagher, J. 2023. **Roboflow**. [Online]. Available : <https://docs.ultralytics.com/integrations/roboflow/>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kasidis Satangmongkol. 2565. **Streamlit เริ่มต้นสร้าง Web App ง่ายๆด้วยภาษา Python โค้ดแค่ 3 บรรทัด**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://datarockie.com/blog/python-streamlit-web-app/comment-page-1/>.
- King, R. 2023. **Brief summary of YOLOv8 model structure**. [Online]. Available : <https://github.com/ultralytics/ultralytics/issues/189>.
- Marupat. 2565. **Database : SQLite : ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์แบบฝังตัวที่มีน้ำหนักเบา**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://marupatnote.home.blog/2022/09/27/what-is-sqlite/>.
- Microsoft. (n.d.). **Visual Studio Best-in-class tools for any developer**. [Online]. Available : <https://visualstudio.microsoft.com/>.
- Mindphp Content Team 30. 2562. **Computer vision คืออะไร ?**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/7059-what-is-computer-vision.html>.
- Padron, E. 2023. **Buiding Your Own Real-Time Object Detection App: Roboflow (YOLOv8) and Streamlit (Part 4)**. [Online]. Available : <https://fulldataalchemist.medium.com/building-your-own-real-time-object-detection-app-roboflow-yolov8-and-streamlit-part-4-16a025c7240c>.
- Python คืออะไร**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://aws.amazon.com/th/what-is/python/>.
- Qiao, G. Yang, M and Wang, H. 2022. **A Water Level Measurement Approach Based on YOLOv5s**. *Sensors* 2022, 22(10), 3714. [Online]. Available : <https://doi.org/10.3390/s22103714>.
- Rizzoli, A. 2023. **13 Best Image Annotation Tools of 2024 [Reviewed]**. [Online]. Available : <https://www.v7labs.com/blog/best-image-annotation-tools>.
- Roboflow. (n.d.). **Upload**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://app.roboflow.com/>.
- Roboflow. (n.d.). **Everything you need to build and deploy computer vision models**. [Online]. Available : <https://roboflow.com/>.
- Satida Sookpong. 2566. **Computer Vision คืออะไร ? ใช้ทำอะไรได้บ้าง???**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://medium.com/@satida.kate/computer-vision-คืออะไร-ใช้ทำอะไรได้บ้าง-78b2c67569a8>.
- Schmitt, M. 2020. **Streamlit vs. Dash vs. Shiny vs. Voila vs. Flask vs. Jupyter**. [Online]. Available : <https://towardsdatascience.com/streamlit-vs-dash-vs-shiny-vs-voila-vs-flask-vs-jupyter-24739ab5d569>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Scott, J. 2566. **Snagit Review - เป็นเครื่องบันทึกหน้าจอและโปรแกรมตัดต่อวิดีโอที่คุ้มค่าหรือไม่?**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.topsevenreviews.com/th/snagit-review/>.
- Sehl, K. 2021. **What Is the Line App? Everything Brands Need to Know**. [Online]. Available : <https://blog.hootsuite.com/line-app/>.
- Solawetz, J. 2020. **What is Mean Average Precision (mAP) in Object Detection?**. [Online]. Available : <https://blog.roboflow.com/mean-average-precision/>.
- Solawetz, J and Francesco. 2024. **What is YOLOv8? A Complete Guide**. [Online]. Available : <https://blog.roboflow.com/what-is-yolov8/>.
- Streamlit, Inc. (n.d.). **Streamlit: The fastest way to build and share data apps**. [Online]. Available : <https://streamlit.io/>.
- Tattiphong Wongsawan. 2563. **สอนใช้ “LINE Notify” สร้างการแจ้งเตือนส่งถึงแชทคุณ!**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://medium.com/artisan-brain-academy/สอนใช้-line-notify-สร้างการแจ้งเตือนส่งตรงถึงแชทคุณ-9a43196756d2>.
- Thakali, N. 2020. **What Is Google Colab?**. [Online]. Available : <https://medium.com/swlh/what-is-google-colab-169d5252e51d>.
- THAI PROGRAMMER. 2561. **Deep Learning คืออะไร?**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://thaiprogrammer.org/deep-learning-คืออะไร/>.
- Uchendu, C. 2021. **Visual Studio Code**. [Online]. Available : <https://www.webopedia.com/definitions/visual-studio-code/>.
- University of Asia Pacific. 2011. **Streamflow Measurement**. [Online]. 2. Fig. 4.1. Available : <https://www.uap-bd.edu/ce/Handouts/CE-363/Lec.34-35.pdf>.
- Volety, R. 2024. **7 Best Object Detection Tools For Computer Vision in 2024**. [Online]. Available : <https://www.labellerr.com/blog/best-object-detection-tool-computer-vision/>.
- Zvornicanin, E. 2024. **What Is YOLO Algorithm**. [Online]. Available : <https://www.baeldung.com/cs/yolo-algorithm>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ชุดคำสั่งสำหรับการฝึกฝนตัวแบบเพื่อเรียนรู้การตรวจจับระดับน้ำ ด้วยตัวแบบ YOLOv8 บนเครื่องมือ Google Colab

Invidia-smi

```
!pip install ultralytics==8.0.196 --quiet
```

```
!pip install roboflow --quiet
```

```
from IPython import display
display.clear_output()
```

```
import ultralytics
ultralytics.checks()
```

```
from ultralytics import YOLO
from IPython.display import display, Image
```

```
from roboflow import Roboflow
rf = Roboflow(api_key="")
project = rf.workspace("").project("")
dataset = project.version(1).download("yolov8")
type(dataset)
```

```
%cd {HOME}
```

```
lyolo task=detect mode=train model=yolov8n.pt data={dataset.location}/data.yaml
epochs=300 imgsz=640 plots=True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งสำหรับทดสอบตัวแบบที่ได้เรียนรู้การตรวจจับระดับน้ำมาแล้ว ด้วยตัวแบบ YOLOv8 บนเครื่องมือ Google Colab

```
from ultralytics import YOLO
```

```
model = YOLO('/content/runs/detect/train/weights/best.pt')
```

```
res=model.predict(
```

```
    source='https://images.jpg',
```

```
    conf=0.80,
```

```
    save=True
```

```
)
```

```
for result in res:
```

```
    result.boxes.xyxy # box with xyxy format, (N, 4)
```

```
    result.boxes.xywh # box with xywh format, (N, 4)
```

```
    result.boxes.xyxy # box with xyxy format but normalized, (N, 4)
```

```
    result.boxes.xywhn # box with xywh format but normalized, (N, 4)
```

```
    result.boxes.conf # confidence score, (N, 1)
```

```
    result.boxes.cls # cls, (N, 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางค่าผลลัพธ์ต่าง ๆ (results) ต่อรอบ (epoch) ของชุดแบ่งข้อมูลแบบ 80:10:10

epoch	train/box_loss	train/class_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/class_loss	val/df_loss
1	1.8225	4.0055	1.2912	0.9661	0.04222	0.05183	0.03505	1.6487	3.8177	1.0197
2	1.4563	2.5896	1.0432	0.23322	0.23717	0.14657	0.08832	1.5358	2.5036	0.96612
3	1.3464	2.0711	0.99645	0.25663	0.38166	0.25326	0.15096	1.4493	1.985	0.98642
4	1.2383	1.7685	0.95591	0.40221	0.26811	0.34185	0.2022	1.4261	2.1035	0.97835
5	1.1637	1.5941	0.93442	0.50421	0.39413	0.46283	0.29286	1.2812	1.7607	0.90447
6	1.1402	1.4698	0.92507	0.60197	0.49278	0.59493	0.36468	1.2291	1.5123	0.90185
7	1.1367	1.3541	0.91847	0.70137	0.54898	0.67449	0.42862	1.1537	1.4102	0.88122
8	1.0886	1.2576	0.91846	0.70305	0.68722	0.74624	0.47814	1.1432	1.1272	0.89302
9	1.0555	1.1813	0.91032	0.73961	0.66166	0.76613	0.48224	1.1582	1.2129	0.874
10	1.0708	1.134	0.9067	0.7225	0.7264	0.79472	0.51707	1.088	1.0027	0.87287
11	0.99055	1.0428	0.89438	0.72552	0.70848	0.80059	0.52354	1.1007	0.9588	0.89769
12	1.0104	1.0277	0.89695	0.80264	0.74852	0.85787	0.56866	1.0347	0.90349	0.85426
13	0.98846	0.98433	0.89103	0.77192	0.8112	0.84735	0.54597	1.0958	0.9379	0.87611
14	0.96553	0.94068	0.88951	0.83432	0.8282	0.87627	0.57899	1.0074	0.85642	0.84682
15	0.95118	0.8938	0.87572	0.83327	0.78939	0.87634	0.57025	1.0622	0.88108	0.86826
16	0.95654	0.90539	0.87728	0.85297	0.80536	0.88451	0.57546	1.0643	0.83088	0.87205
17	0.92474	0.83072	0.87065	0.86545	0.80321	0.89423	0.59408	1.0526	0.81819	0.88547
18	0.91423	0.81879	0.87062	0.86765	0.83444	0.91555	0.60951	1.006	0.79681	0.83106
19	0.91065	0.81543	0.87515	0.86184	0.82298	0.90443	0.57489	1.0896	0.8354	0.87707
20	0.92593	0.79868	0.87312	0.82701	0.81421	0.88664	0.59111	1.0194	0.84846	0.86055
21	0.91223	0.77078	0.86771	0.86467	0.84806	0.91804	0.5942	1.047	0.81582	0.85808
22	0.88796	0.74763	0.8695	0.84315	0.87219	0.9143	0.61236	1.0527	0.78492	0.86014
23	0.87847	0.73391	0.86532	0.87188	0.84306	0.92178	0.61073	1.0666	0.81026	0.85322
24	0.88619	0.73286	0.86935	0.89799	0.83669	0.92385	0.6226	1.0214	0.73106	0.83791
25	0.86011	0.71031	0.86301	0.84975	0.85564	0.92578	0.61665	1.032	0.75382	0.85597
26	0.86357	0.69281	0.85478	0.92652	0.86102	0.93769	0.61516	1.0168	0.72195	0.85318
27	0.86468	0.68678	0.86968	0.88126	0.88756	0.94388	0.63238	0.98561	0.72719	0.84672
28	0.84492	0.66858	0.8569	0.89138	0.86747	0.93464	0.63163	0.99313	0.7149	0.84894
29	0.85388	0.67732	0.86274	0.86021	0.864	0.93152	0.63026	1.0013	0.71774	0.85666
30	0.81502	0.62998	0.85327	0.90074	0.8881	0.94244	0.63163	0.99385	0.71799	0.85876
31	0.81552	0.6438	0.85674	0.8871	0.87817	0.94333	0.62797	0.99953	0.71694	0.85469
32	0.86155	0.65774	0.85642	0.89782	0.88811	0.93687	0.62868	1.0153	0.72068	0.86139
33	0.83715	0.64543	0.85494	0.91038	0.89017	0.94839	0.64443	1.0066	0.67779	0.85853
34	0.82005	0.6402	0.85413	0.92676	0.88808	0.95367	0.64843	0.98626	0.67087	0.83644

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/class_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/class_loss	val/df_loss
35	0.83596	0.64702	0.85358	0.86093	0.87378	0.93298	0.63481	0.97898	0.67784	0.86724
36	0.83296	0.63755	0.85719	0.92351	0.91509	0.96083	0.65791	0.93661	0.61439	0.82556
37	0.80786	0.60613	0.84711	0.91819	0.8927	0.9493	0.64854	0.95914	0.68362	0.83634
38	0.78868	0.60135	0.84638	0.92755	0.88084	0.95662	0.66357	0.95637	0.62517	0.86119
39	0.81792	0.60963	0.84568	0.90424	0.88877	0.94836	0.62512	1.024	0.67322	0.85132
40	0.80212	0.5921	0.85189	0.88779	0.89746	0.94955	0.64044	0.97578	0.67611	0.83537
41	0.83575	0.62227	0.85563	0.90669	0.86762	0.94031	0.64064	0.9807	0.72368	0.85052
42	0.78665	0.57565	0.84799	0.91568	0.88009	0.9425	0.62238	1.0273	0.67709	0.86242
43	0.79067	0.59113	0.84853	0.88855	0.87803	0.93711	0.63497	0.98091	0.71057	0.88863
44	0.78061	0.58111	0.84821	0.93966	0.87447	0.95446	0.65545	0.94623	0.67647	0.83294
45	0.78389	0.57159	0.84893	0.91828	0.90158	0.94749	0.65253	0.96394	0.66077	0.85291
46	0.79908	0.57609	0.84757	0.92635	0.8747	0.94945	0.65062	0.97453	0.65854	0.84823
47	0.80393	0.57865	0.84707	0.95166	0.87393	0.94334	0.62575	0.98054	0.70654	0.84968
48	0.7439	0.54404	0.84268	0.93413	0.8899	0.94824	0.64943	0.95044	0.67953	0.82668
49	0.78078	0.56815	0.85132	0.92922	0.90189	0.95754	0.64839	0.96567	0.65886	0.85072
50	0.79436	0.56381	0.84946	0.91698	0.90837	0.95937	0.66552	0.96476	0.63197	0.84573
51	0.75819	0.54415	0.84493	0.92591	0.88181	0.95246	0.66968	0.94193	0.64429	0.83546
52	0.75765	0.55307	0.84444	0.92972	0.88209	0.96267	0.66061	0.965	0.63204	0.8532
53	0.78671	0.5686	0.84299	0.91194	0.90142	0.9469	0.65589	0.95822	0.64742	0.85251
54	0.757	0.55328	0.84674	0.92932	0.9052	0.96104	0.66318	0.9681	0.60391	0.83517
55	0.77088	0.54498	0.84668	0.92402	0.91918	0.96788	0.65739	0.96975	0.6271	0.8361
56	0.78993	0.54648	0.84848	0.92384	0.90848	0.95802	0.65341	0.96182	0.66768	0.84114
57	0.75865	0.52483	0.84452	0.92964	0.90639	0.95684	0.67694	0.90744	0.62229	0.84598
58	0.75212	0.5406	0.84444	0.93537	0.89548	0.95674	0.66361	0.94439	0.63381	0.85254
59	0.73941	0.51566	0.83727	0.92954	0.91478	0.95802	0.66341	0.93872	0.62762	0.83683
60	0.74174	0.50886	0.83817	0.92985	0.91711	0.96108	0.66166	0.95396	0.60238	0.83961
61	0.75158	0.53201	0.844	0.92608	0.91769	0.96688	0.66937	0.94088	0.63825	0.84302
62	0.7333	0.51205	0.83484	0.94025	0.90811	0.96488	0.67185	0.91102	0.58939	0.8308
63	0.7308	0.50455	0.83924	0.94089	0.91303	0.96706	0.68383	0.91835	0.58178	0.83326
64	0.74304	0.50751	0.84313	0.94051	0.90275	0.96107	0.66842	0.89238	0.60939	0.84553
65	0.7382	0.5146	0.83865	0.91362	0.90464	0.95627	0.67096	0.90514	0.60225	0.83043
66	0.72722	0.50789	0.84337	0.93849	0.90634	0.96537	0.67448	0.90877	0.61448	0.82917
67	0.7314	0.51633	0.83715	0.94767	0.87909	0.96204	0.67967	0.90394	0.61126	0.82333
68	0.72169	0.48973	0.83734	0.94694	0.91136	0.96226	0.6701	0.93791	0.59014	0.82989
69	0.71957	0.49217	0.83613	0.94599	0.92255	0.96731	0.66534	0.92954	0.57854	0.82603
70	0.72719	0.50279	0.83587	0.94483	0.91092	0.96331	0.67111	0.93041	0.60453	0.83192
71	0.73329	0.48656	0.83427	0.92095	0.90991	0.96171	0.66608	0.92511	0.61779	0.83692
72	0.71219	0.48978	0.83515	0.88469	0.91819	0.95211	0.68461	0.89822	0.6043	0.84461
73	0.73093	0.48452	0.83555	0.94751	0.897	0.96148	0.67153	0.91695	0.59292	0.84447

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/cls_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/cls_loss	val/df_loss
74	0.70192	0.47165	0.83085	0.93896	0.91507	0.96104	0.68546	0.87692	0.5721	0.84374
75	0.7037	0.47105	0.82909	0.923	0.91667	0.96189	0.69148	0.92338	0.60786	0.8559
76	0.71263	0.48392	0.83891	0.93725	0.93	0.9697	0.67199	0.91117	0.57546	0.84645
77	0.72882	0.48678	0.83414	0.93558	0.91099	0.96509	0.69485	0.89649	0.57452	0.84119
78	0.70955	0.48755	0.83686	0.94032	0.91196	0.96537	0.67839	0.9493	0.58826	0.84129
79	0.71032	0.46819	0.83539	0.95361	0.90086	0.96627	0.68679	0.88106	0.56052	0.82539
80	0.70873	0.48292	0.8316	0.92693	0.91451	0.9637	0.68088	0.92169	0.59366	0.83859
81	0.69884	0.46809	0.83283	0.92918	0.90229	0.95705	0.66817	0.9279	0.57494	0.83076
82	0.72588	0.48549	0.83642	0.92569	0.94	0.96458	0.69065	0.88116	0.55345	0.81737
83	0.69218	0.46247	0.82957	0.92334	0.92541	0.96111	0.67419	0.89169	0.55785	0.81934
84	0.69783	0.47166	0.83077	0.94926	0.8925	0.95519	0.67592	0.89878	0.59938	0.83879
85	0.68387	0.45733	0.82743	0.90451	0.93541	0.95824	0.68295	0.89095	0.57091	0.84434
86	0.68894	0.45827	0.83107	0.939	0.90265	0.96391	0.68065	0.91577	0.58371	0.85569
87	0.67345	0.4495	0.8309	0.92676	0.92623	0.96399	0.70234	0.87504	0.56266	0.84439
88	0.68449	0.45283	0.83032	0.94574	0.92764	0.96824	0.69589	0.90284	0.54692	0.84122
89	0.66267	0.43391	0.82754	0.93705	0.93018	0.97046	0.71011	0.87934	0.55605	0.82853
90	0.66915	0.43874	0.83325	0.92177	0.92872	0.96384	0.70351	0.85649	0.54611	0.83023
91	0.68124	0.45221	0.83226	0.94179	0.91113	0.96671	0.68846	0.89577	0.56826	0.84518
92	0.67725	0.44894	0.83544	0.92333	0.93363	0.96785	0.69447	0.88587	0.57811	0.83688
93	0.66462	0.44677	0.83189	0.9312	0.93881	0.96727	0.69006	0.8805	0.56395	0.84805
94	0.66765	0.45099	0.8296	0.9241	0.92557	0.96434	0.68021	0.93868	0.58511	0.84977
95	0.68547	0.45451	0.83296	0.94416	0.91629	0.96322	0.68658	0.91384	0.56643	0.82693
96	0.67112	0.43895	0.82455	0.91032	0.94067	0.96002	0.68198	0.91022	0.57142	0.8308
97	0.68478	0.46165	0.83041	0.93751	0.93102	0.96925	0.69539	0.88686	0.54001	0.82661
98	0.67073	0.44112	0.82953	0.93105	0.92066	0.97086	0.69246	0.88421	0.51586	0.81778
99	0.67431	0.44802	0.82965	0.95435	0.92863	0.96912	0.68744	0.93823	0.58267	0.83386
100	0.66094	0.43672	0.82494	0.93248	0.94486	0.97206	0.69882	0.89409	0.55213	0.82697
101	0.66265	0.44263	0.82833	0.92633	0.94836	0.96827	0.69471	0.88892	0.55797	0.84188
102	0.67689	0.43724	0.82361	0.93932	0.93372	0.96987	0.70694	0.86223	0.52619	0.82351
103	0.65262	0.42079	0.82207	0.9486	0.95421	0.97317	0.70384	0.86902	0.52276	0.82773
104	0.66616	0.43315	0.82725	0.93509	0.93754	0.96782	0.70635	0.86355	0.53691	0.8231
105	0.6473	0.42775	0.82567	0.94704	0.91967	0.96636	0.70011	0.87003	0.54095	0.82304
106	0.65804	0.4282	0.82527	0.94491	0.92192	0.96598	0.69554	0.8674	0.56944	0.82646
107	0.66287	0.43586	0.82794	0.93405	0.94189	0.96307	0.68276	0.87784	0.55412	0.82301
108	0.66022	0.42731	0.82932	0.94403	0.91513	0.96176	0.69651	0.90068	0.58059	0.83652
109	0.67764	0.43665	0.82722	0.92806	0.91319	0.96307	0.70745	0.84017	0.56534	0.81949
110	0.66176	0.42687	0.82532	0.93759	0.92653	0.9668	0.69841	0.86257	0.55121	0.83102
111	0.64217	0.41796	0.82702	0.95465	0.90824	0.96823	0.70333	0.86716	0.54448	0.83579
112	0.64579	0.42173	0.82867	0.92551	0.94106	0.97015	0.71536	0.83955	0.5125	0.81522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/cls_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/cls_loss	val/df_loss
113	0.63071	0.41274	0.82486	0.93373	0.9328	0.97005	0.7178	0.81605	0.52158	0.81541
114	0.6582	0.41448	0.82202	0.93936	0.9391	0.96927	0.71078	0.85472	0.54784	0.82403
115	0.65007	0.42064	0.82827	0.92422	0.93223	0.96549	0.70836	0.87266	0.53865	0.82181
116	0.63851	0.41038	0.82533	0.95014	0.93043	0.96609	0.7142	0.85758	0.53253	0.82344
117	0.63532	0.4078	0.82859	0.95044	0.90665	0.96911	0.71265	0.85687	0.5254	0.83708
118	0.63954	0.41188	0.82664	0.92837	0.93931	0.96683	0.69955	0.88829	0.57397	0.84187
119	0.64008	0.41449	0.82483	0.93035	0.92475	0.96623	0.71267	0.86029	0.57996	0.83499
120	0.64988	0.41217	0.82697	0.93067	0.94158	0.96884	0.71903	0.82762	0.54845	0.81471
121	0.63614	0.41473	0.82567	0.9442	0.931	0.9692	0.72207	0.81621	0.53475	0.81565
122	0.64185	0.41445	0.8232	0.93287	0.94367	0.96892	0.70928	0.85164	0.52387	0.81266
123	0.63159	0.39847	0.82649	0.94158	0.91905	0.96438	0.70403	0.87103	0.52963	0.82169
124	0.63013	0.40765	0.82115	0.93145	0.95617	0.97413	0.71502	0.85529	0.50039	0.81777
125	0.62908	0.39853	0.82388	0.92042	0.92418	0.96512	0.70761	0.84817	0.54996	0.82255
126	0.63473	0.41318	0.82681	0.91987	0.95179	0.96049	0.70578	0.82685	0.57282	0.81653
127	0.62633	0.41016	0.82578	0.93218	0.94127	0.96921	0.70603	0.84921	0.52978	0.81897
128	0.62547	0.40457	0.82565	0.93987	0.93597	0.96963	0.71621	0.81431	0.53299	0.81416
129	0.62695	0.40145	0.8227	0.95675	0.93031	0.9701	0.71601	0.84387	0.52817	0.82201
130	0.62332	0.40658	0.82315	0.93578	0.9181	0.96493	0.70152	0.84596	0.52817	0.8246
131	0.63212	0.41114	0.82455	0.9407	0.92763	0.97601	0.72168	0.82296	0.47583	0.81754
132	0.65186	0.40901	0.82376	0.94775	0.93753	0.97176	0.69953	0.87001	0.522	0.8203
133	0.63015	0.40734	0.8231	0.94399	0.93723	0.96298	0.70359	0.86158	0.53754	0.82097
134	0.62087	0.3924	0.82539	0.9246	0.93716	0.965	0.71277	0.83198	0.51436	0.8249
135	0.6219	0.396	0.82519	0.95277	0.91037	0.96458	0.70982	0.82947	0.51494	0.81855
136	0.62012	0.40531	0.82449	0.94523	0.92387	0.96689	0.70956	0.84473	0.50179	0.82426
137	0.60876	0.39078	0.82203	0.93843	0.9348	0.96518	0.71211	0.85006	0.52926	0.82396
138	0.61421	0.39629	0.82299	0.93262	0.94386	0.97139	0.70871	0.86042	0.49321	0.81648
139	0.61346	0.39907	0.82596	0.94856	0.93882	0.97191	0.71669	0.82318	0.47741	0.81255
140	0.62161	0.39614	0.82023	0.9545	0.9253	0.96793	0.71896	0.81364	0.49117	0.80718
141	0.60845	0.40126	0.82459	0.94499	0.93349	0.97599	0.71777	0.82848	0.48373	0.80892
142	0.61207	0.39299	0.82392	0.94009	0.94548	0.97734	0.70752	0.84328	0.48276	0.81013
143	0.60459	0.38734	0.8173	0.92611	0.93937	0.97005	0.71593	0.83584	0.50473	0.81286
144	0.62304	0.40064	0.82368	0.93738	0.92453	0.96977	0.70215	0.87692	0.54459	0.82334
145	0.61466	0.38921	0.82038	0.9591	0.9243	0.97127	0.70758	0.83919	0.49913	0.81299
146	0.61969	0.40502	0.82309	0.95155	0.94136	0.97214	0.71538	0.82487	0.4681	0.81011
147	0.61502	0.39467	0.83186	0.94869	0.9287	0.96888	0.71489	0.84307	0.5176	0.82401
148	0.61947	0.39733	0.82043	0.92882	0.93693	0.96942	0.71026	0.85256	0.54335	0.82114
149	0.60603	0.38553	0.82318	0.93433	0.94846	0.96925	0.70382	0.88002	0.54254	0.82702
150	0.61749	0.40414	0.82341	0.95454	0.93876	0.97452	0.71472	0.82293	0.48433	0.81031
151	0.59771	0.37925	0.81991	0.94869	0.95363	0.9758	0.71006	0.85608	0.4781	0.81463

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/class_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/class_loss	val/df_loss
152	0.62652	0.3953	0.81957	0.94273	0.93561	0.97141	0.70907	0.8534	0.49484	0.81616
153	0.61109	0.39126	0.81934	0.94136	0.94471	0.97501	0.70544	0.85166	0.47824	0.81592
154	0.60481	0.38071	0.81814	0.93132	0.95181	0.97062	0.71243	0.83225	0.50289	0.81351
155	0.59737	0.37792	0.82447	0.92417	0.93892	0.96585	0.7143	0.83906	0.55042	0.81746
156	0.59925	0.38577	0.81847	0.95036	0.9373	0.96728	0.70554	0.85488	0.51318	0.81409
157	0.59709	0.38122	0.82224	0.93586	0.94019	0.97012	0.69468	0.89389	0.51916	0.81836
158	0.61204	0.38887	0.81924	0.93686	0.93907	0.96708	0.70223	0.85073	0.51765	0.814
159	0.61001	0.38069	0.8217	0.9347	0.94806	0.96811	0.70877	0.83164	0.50306	0.8126
160	0.60945	0.37905	0.81897	0.93922	0.95541	0.97121	0.71528	0.84206	0.48617	0.81199
161	0.58422	0.37126	0.82056	0.93921	0.94443	0.97093	0.71786	0.81919	0.47982	0.81053
162	0.5827	0.35928	0.81862	0.9442	0.94551	0.97021	0.70877	0.84973	0.52006	0.81417
163	0.59446	0.37009	0.81877	0.9463	0.94189	0.97122	0.70964	0.83887	0.5193	0.81506
164	0.5902	0.36964	0.81478	0.94268	0.94071	0.97165	0.71273	0.82496	0.50426	0.81283
165	0.57498	0.3618	0.81301	0.94332	0.93892	0.9714	0.7126	0.83613	0.51384	0.81635
166	0.60317	0.38046	0.81677	0.93259	0.9441	0.96888	0.713	0.83298	0.52437	0.81075
167	0.59996	0.38277	0.81633	0.9295	0.93066	0.96362	0.69768	0.84874	0.51261	0.81665
168	0.59258	0.37254	0.8189	0.93707	0.93193	0.96897	0.70587	0.83469	0.50805	0.81439
169	0.59412	0.37666	0.81872	0.936	0.93496	0.96934	0.70916	0.82902	0.50148	0.81138
170	0.5853	0.36348	0.81402	0.92933	0.93469	0.97084	0.70782	0.8291	0.50368	0.81153
171	0.58613	0.36937	0.81762	0.94624	0.94153	0.96926	0.71112	0.82453	0.48253	0.81255
172	0.57708	0.37544	0.82065	0.94451	0.92935	0.96702	0.70546	0.82431	0.50836	0.81195
173	0.58336	0.373	0.82171	0.94715	0.92649	0.9653	0.70952	0.82221	0.51999	0.81308
174	0.59332	0.37833	0.82055	0.9459	0.93418	0.96596	0.71024	0.81536	0.52133	0.81212
175	0.5785	0.36463	0.81902	0.94208	0.94777	0.96898	0.71474	0.8335	0.52838	0.81237
176	0.57706	0.36567	0.81799	0.94554	0.93001	0.97089	0.71621	0.83052	0.50853	0.81277
177	0.56776	0.35634	0.81659	0.95139	0.92519	0.97022	0.71439	0.82661	0.51365	0.81095
178	0.57288	0.36187	0.81669	0.95096	0.9329	0.97034	0.71765	0.84649	0.49881	0.81353
179	0.57809	0.36874	0.81743	0.93968	0.92885	0.96893	0.70832	0.83683	0.50455	0.81699
180	0.57997	0.36459	0.81873	0.95088	0.93884	0.9703	0.71488	0.83061	0.48523	0.81366
181	0.56812	0.36023	0.81037	0.96088	0.93189	0.97296	0.71427	0.83701	0.4872	0.81505

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าผลลัพธ์ต่าง ๆ (results) ต่อรอบ (epoch) ของชุดแบ่งข้อมูลแบบ 70:15:15

epoch	train/box_loss	train/class_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/class_loss	val/df_loss
1	1.7936	4.0698	1.3059	0.9489	0.05303	0.04409	0.02539	1.7894	3.9143	1.0584
2	1.4357	2.7153	1.042	0.03773	0.59039	0.13887	0.08111	1.7324	2.9263	1.0641
3	1.3362	2.1653	1.0031	0.2605	0.22587	0.21262	0.13194	1.472	2.3551	0.93193
4	1.2598	1.864	0.95702	0.42609	0.29211	0.34396	0.20802	1.4278	2.2097	0.95956
5	1.256	1.6959	0.95021	0.48594	0.30747	0.37634	0.22	1.4627	2.3336	1.033
6	1.1398	1.5216	0.93503	0.51392	0.46858	0.53025	0.32684	1.3388	1.9574	0.93989
7	1.1254	1.3995	0.92379	0.63875	0.54088	0.62446	0.39458	1.2069	1.8893	0.86782
8	1.1206	1.2968	0.91214	0.68181	0.61171	0.65765	0.41285	1.2426	1.6314	0.96087
9	1.0606	1.1992	0.90032	0.68259	0.64971	0.73417	0.4558	1.2102	1.5646	0.87284
10	1.0576	1.1686	0.90098	0.73032	0.69818	0.77507	0.49442	1.2304	1.4566	0.89848
11	1.0345	1.0905	0.89512	0.72498	0.73428	0.80146	0.5079	1.1146	1.2731	0.88326
12	1.0112	1.0306	0.89101	0.73186	0.76349	0.80362	0.50394	1.0895	1.2216	0.82692
13	0.98762	1.0022	0.88234	0.78888	0.72693	0.82355	0.53863	1.1344	1.3304	0.85654
14	0.99379	0.98159	0.88819	0.81212	0.77516	0.84968	0.53342	1.1085	1.1325	0.82419
15	0.94419	0.90505	0.86824	0.84489	0.72708	0.85868	0.55296	1.0744	1.0514	0.82631
16	0.93867	0.89168	0.87524	0.81326	0.83241	0.88568	0.56345	1.08	1.2039	0.86181
17	0.94079	0.883	0.87113	0.83039	0.82883	0.88268	0.56845	1.1574	1.3467	0.88741
18	0.95682	0.86919	0.87295	0.85119	0.77973	0.87888	0.58564	1.1591	1.3363	0.97414
19	0.92488	0.84756	0.87038	0.85142	0.80589	0.88246	0.57664	1.2226	1.1864	0.98801
20	0.95565	0.84049	0.87407	0.85132	0.82982	0.88905	0.58624	1.1898	1.2171	0.96694
21	0.91813	0.80913	0.8723	0.83536	0.83718	0.88058	0.57972	1.1496	1.3118	0.93633
22	0.90337	0.77458	0.86672	0.86302	0.84696	0.91322	0.60716	1.0844	1.1275	0.86957
23	0.90299	0.78969	0.87004	0.88072	0.8267	0.91435	0.60198	1.1093	1.189	0.90642
24	0.87496	0.77017	0.85997	0.88163	0.85214	0.91498	0.60878	1.1147	1.1396	0.91754
25	0.87567	0.73964	0.86144	0.88004	0.84558	0.91467	0.60593	1.119	1.2087	0.92877
26	0.88976	0.74341	0.86088	0.87065	0.83808	0.91436	0.60737	1.1083	1.1842	0.89947
27	0.91125	0.75907	0.86722	0.86157	0.80799	0.90356	0.59388	1.1768	1.2235	0.95971
28	0.87258	0.72931	0.85512	0.85951	0.85693	0.91006	0.61148	1.1709	1.1715	0.98075
29	0.86455	0.70896	0.85201	0.87602	0.86301	0.92256	0.61771	0.98971	0.90851	0.80876
30	0.85068	0.68663	0.84754	0.8684	0.84478	0.91626	0.62269	1.0151	1.2218	0.87835
31	0.82678	0.68416	0.85127	0.84874	0.85543	0.91048	0.62404	1.1187	1.4857	0.89042
32	0.84464	0.67252	0.85806	0.89772	0.85957	0.92416	0.63038	1.1186	1.2667	0.87052
33	0.84218	0.67514	0.85655	0.87565	0.85844	0.91551	0.62212	1.0939	1.2739	0.87487
34	0.83596	0.65619	0.85429	0.88093	0.88805	0.92782	0.62531	1.1051	1.0812	0.8902
35	0.83202	0.64527	0.85375	0.89684	0.8767	0.921	0.62653	1.1609	1.2638	0.93121
36	0.8447	0.64252	0.85109	0.88683	0.87488	0.92809	0.63334	1.1566	1.0862	1.0093
37	0.81383	0.61603	0.84639	0.90961	0.86829	0.93264	0.63517	1.1191	1.2207	0.97107
38	0.8371	0.63141	0.84937	0.89744	0.86869	0.92798	0.64021	1.1077	1.2524	0.92131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/cls_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/cls_loss	val/df_loss
39	0.80797	0.61198	0.84494	0.90332	0.87842	0.92869	0.62832	1.1023	1.2964	0.90781
40	0.80435	0.60157	0.84624	0.91464	0.86069	0.92505	0.62749	1.096	1.3807	0.87569
41	0.806	0.59428	0.84462	0.91148	0.86317	0.92829	0.62397	1.2131	1.4468	1.039
42	0.81499	0.59574	0.84716	0.9116	0.87495	0.93423	0.63467	1.1018	1.2573	0.89903
43	0.79464	0.58257	0.84158	0.88947	0.87639	0.92488	0.64614	1.0367	1.3656	0.85239
44	0.79866	0.58761	0.84925	0.89331	0.88681	0.93035	0.61637	1.1958	1.2026	0.91777
45	0.82382	0.59145	0.84995	0.90207	0.86818	0.93365	0.63029	1.0824	1.1163	0.84115
46	0.80339	0.59152	0.84776	0.89933	0.88885	0.93495	0.64136	1.0034	1.1825	0.82291
47	0.7887	0.57144	0.84256	0.90652	0.90398	0.93847	0.64895	0.99147	0.99461	0.81765
48	0.75845	0.54363	0.83673	0.89866	0.88799	0.93511	0.64287	1.1571	1.14	0.9666
49	0.77138	0.54258	0.83682	0.90648	0.896	0.93693	0.65116	1.1073	1.1569	0.95459
50	0.77528	0.56267	0.8433	0.85241	0.89386	0.93439	0.653	1.1071	1.235	0.96194
51	0.762	0.55437	0.83702	0.92067	0.88844	0.93416	0.63901	1.077	1.1943	0.9675
52	0.75173	0.55896	0.84223	0.89626	0.90388	0.9417	0.65526	1.0867	1.1309	0.95423
53	0.75807	0.55106	0.83758	0.89962	0.89659	0.93607	0.64699	1.0129	1.2254	0.85578
54	0.77027	0.54783	0.84255	0.92837	0.88888	0.94478	0.6553	1.0496	1.1205	0.88791
55	0.78094	0.57632	0.84505	0.91217	0.89907	0.94956	0.67487	1.0391	1.0109	0.8637
56	0.7639	0.55513	0.84221	0.92232	0.85209	0.92956	0.65204	1.0609	0.91075	0.87368
57	0.74952	0.52893	0.84058	0.90698	0.89349	0.9408	0.66238	1.068	1.0232	0.87988
58	0.76219	0.5451	0.8457	0.87342	0.88568	0.93155	0.64394	1.0983	1.0715	0.90042
59	0.75427	0.53805	0.83926	0.88933	0.89767	0.93546	0.65798	1.0955	1.0731	0.84383
60	0.74482	0.52484	0.83724	0.91713	0.90547	0.94402	0.66331	1.0867	1.025	0.83965
61	0.76134	0.5392	0.83653	0.91259	0.88027	0.94298	0.63873	1.0856	1.1137	0.85028
62	0.76509	0.52065	0.84434	0.91704	0.9037	0.9449	0.65652	1.0662	1.1549	0.82795
63	0.75244	0.51773	0.83893	0.94045	0.90879	0.95482	0.66366	1.0038	1.0764	0.84042
64	0.73199	0.50883	0.83542	0.908	0.90917	0.94991	0.65875	0.96013	0.81131	0.80479
65	0.75509	0.52456	0.83844	0.89984	0.90834	0.9455	0.67129	0.96167	0.88496	0.80265
66	0.73634	0.50207	0.8341	0.91491	0.87754	0.94917	0.67001	0.98384	0.92501	0.82057
67	0.73063	0.50749	0.8332	0.92281	0.88118	0.95068	0.66936	1.0033	1.0192	0.81481
68	0.74752	0.50081	0.83303	0.9141	0.91801	0.95479	0.67518	1.0182	0.86735	0.81101
69	0.73041	0.50047	0.83447	0.9293	0.9136	0.94972	0.66951	1.0279	0.97573	0.8229
70	0.73262	0.50418	0.83188	0.9101	0.89532	0.94559	0.65731	1.1319	1.0387	0.93248
71	0.71389	0.49307	0.83175	0.92394	0.89791	0.94706	0.66645	1.1046	1.0605	0.92473
72	0.71737	0.49199	0.82946	0.91503	0.8784	0.94647	0.65657	1.0356	0.99346	0.84289
73	0.73532	0.51759	0.83969	0.90861	0.90131	0.94321	0.65537	1.0374	1.1579	0.90721
74	0.71008	0.49313	0.83189	0.89692	0.91278	0.95237	0.66237	0.96761	0.94734	0.79962
75	0.72158	0.49243	0.83639	0.92465	0.89675	0.9485	0.6708	0.99907	0.948	0.8326
76	0.72845	0.50827	0.83765	0.89993	0.89948	0.94275	0.65868	1.065	1.257	0.87608
77	0.72565	0.49892	0.83061	0.92219	0.89334	0.94369	0.66213	1.0183	1.1137	0.84323

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/cls_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/cls_loss	val/df_loss
78	0.71636	0.49632	0.83729	0.90089	0.91141	0.94262	0.66036	1.1124	1.1542	0.89479
79	0.71127	0.48773	0.83146	0.90254	0.90191	0.94399	0.65674	1.0991	1.0959	0.85169
80	0.70725	0.49253	0.83119	0.91353	0.89981	0.94062	0.67032	1.1701	1.3	0.98894
81	0.70298	0.48354	0.8339	0.91766	0.90031	0.93485	0.65476	1.0998	1.314	0.95204
82	0.72352	0.50283	0.83405	0.92738	0.89734	0.93756	0.64918	1.1561	1.2528	1.0998
83	0.70172	0.47941	0.83072	0.93049	0.89903	0.947	0.66814	1.0462	1.3071	0.85595
84	0.68959	0.47572	0.82711	0.924	0.87991	0.94235	0.66563	1.0541	1.4313	0.89417
85	0.71126	0.48674	0.83449	0.92419	0.8926	0.94679	0.66577	1.1297	1.3809	1.047
86	0.70036	0.47213	0.82675	0.93656	0.86786	0.94879	0.66938	1.0824	1.1815	0.9126
87	0.71255	0.4756	0.83276	0.90842	0.88467	0.94248	0.66813	1.0977	1.3168	0.93414
88	0.68386	0.45134	0.83108	0.87415	0.92407	0.94438	0.66928	1.0917	1.433	1.0091
89	0.70902	0.46611	0.83298	0.91936	0.90087	0.94596	0.67078	1.0287	1.4682	0.8896
90	0.68358	0.45301	0.82272	0.93127	0.87876	0.93416	0.66763	1.0432	1.4627	0.94653
91	0.7045	0.45478	0.82959	0.91458	0.90174	0.94483	0.6527	1.0805	1.3747	0.88836
92	0.70665	0.47361	0.83174	0.92251	0.91118	0.94672	0.67692	1.0132	1.1626	0.84349
93	0.68406	0.4485	0.82545	0.88543	0.92161	0.93584	0.67404	1.1266	1.396	1.0264
94	0.68782	0.45302	0.8275	0.8905	0.90383	0.9409	0.67787	1.156	1.358	1.0614
95	0.68221	0.46	0.82829	0.90666	0.88755	0.93312	0.67051	1.1914	1.4539	1.1115
96	0.68081	0.45504	0.82722	0.91827	0.89036	0.94051	0.67264	1.0975	1.495	0.85376
97	0.70598	0.46052	0.82796	0.94441	0.88459	0.9511	0.68513	1.0622	1.1772	0.84507
98	0.67267	0.44852	0.82632	0.90482	0.90195	0.94161	0.66967	1.1404	1.3027	0.86492
99	0.68515	0.44519	0.82951	0.91565	0.88769	0.94213	0.66909	1.1109	1.0663	0.84256
100	0.66395	0.44047	0.82882	0.89125	0.89395	0.93648	0.6656	1.0809	1.3613	0.8673
101	0.64945	0.42123	0.82136	0.9053	0.90329	0.93663	0.6591	1.2055	1.4248	1.1009
102	0.65936	0.44089	0.82733	0.89597	0.90389	0.94106	0.67846	1.116	1.3902	0.92231
103	0.65565	0.43385	0.82413	0.89983	0.89912	0.94374	0.66826	1.1589	1.3055	1.0384
104	0.67975	0.4433	0.8269	0.90525	0.91313	0.95503	0.68312	0.9377	0.82578	0.79676
105	0.65857	0.43951	0.82457	0.90571	0.91749	0.95189	0.6859	0.93796	0.81883	0.79446
106	0.66914	0.44823	0.82891	0.92483	0.90037	0.95551	0.67706	0.98882	0.78007	0.79818
107	0.66558	0.44385	0.82848	0.93141	0.88809	0.94445	0.67712	1.0621	1.017	0.8269
108	0.67184	0.43942	0.82646	0.90353	0.89699	0.93466	0.6674	1.1916	1.3186	1.1067
109	0.64906	0.42992	0.82222	0.92515	0.8936	0.94609	0.67966	1.135	1.2184	1.0824
110	0.6497	0.42634	0.82289	0.9114	0.90716	0.94535	0.66841	1.1894	1.4159	1.0565
111	0.65427	0.4254	0.82306	0.90941	0.91295	0.95091	0.68835	0.98858	0.81119	0.80269
112	0.68966	0.45117	0.82811	0.90525	0.92776	0.94787	0.68353	0.99575	0.79942	0.80732
113	0.65713	0.42506	0.82618	0.89843	0.92478	0.94725	0.68004	1.097	0.9018	0.86097
114	0.65532	0.42736	0.82476	0.8969	0.89842	0.94582	0.68399	1.0439	1.1145	0.89051
115	0.63652	0.41401	0.82525	0.91915	0.9166	0.95093	0.68327	1.004	0.72847	0.80078
116	0.63473	0.41956	0.82202	0.90996	0.91239	0.95023	0.67734	1.0451	0.90201	0.8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/cls_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/cls_loss	val/df_loss
117	0.64399	0.42561	0.82255	0.90596	0.91871	0.95342	0.68409	1.035	0.97548	0.83481
118	0.6561	0.42087	0.83153	0.90371	0.90466	0.94413	0.67179	1.218	1.0761	1.0896
119	0.64265	0.41849	0.82431	0.91186	0.92245	0.94953	0.67778	1.0036	0.8347	0.80565
120	0.64834	0.41381	0.82653	0.89725	0.91395	0.94734	0.67209	0.9665	0.87564	0.80845
121	0.64458	0.42106	0.82154	0.9019	0.91025	0.94393	0.6717	1.097	1.0052	0.86935
122	0.64549	0.41217	0.82048	0.89676	0.92567	0.94549	0.68241	0.96662	0.77944	0.7943
123	0.64078	0.41432	0.82804	0.90193	0.92702	0.94626	0.69208	1.0144	0.73914	0.80433
124	0.62233	0.40693	0.82105	0.90657	0.93108	0.95291	0.68426	1.0932	1.0375	0.84982
125	0.63214	0.4108	0.82393	0.90432	0.92048	0.94702	0.6841	1.0537	1.0906	0.86366
126	0.62793	0.40591	0.81641	0.90891	0.91856	0.94706	0.67511	0.9611	0.76415	0.80035
127	0.64347	0.41347	0.82114	0.92513	0.91851	0.94757	0.67386	0.94418	0.87431	0.79996
128	0.65787	0.42133	0.82718	0.90411	0.91872	0.94828	0.66476	1.0378	1.0062	0.85374
129	0.62887	0.41424	0.82003	0.91335	0.89877	0.94581	0.67519	1.1356	1.0289	0.98974
130	0.62448	0.40379	0.81928	0.90922	0.89825	0.94197	0.67934	1.0667	1.2151	0.89008
131	0.62534	0.39892	0.82332	0.90616	0.93226	0.94984	0.69043	0.95914	0.69471	0.79074
132	0.6461	0.41725	0.82099	0.90865	0.91888	0.94816	0.67794	1.0206	0.89998	0.81448
133	0.62436	0.39521	0.81944	0.90814	0.91002	0.9397	0.6677	1.11	0.97154	0.8219
134	0.63192	0.40673	0.8156	0.90317	0.90095	0.94187	0.673	1.0927	1.068	0.85747
135	0.62154	0.39835	0.81925	0.88809	0.92157	0.94192	0.67609	1.0077	0.87355	0.80323
136	0.61726	0.38822	0.81636	0.89631	0.92588	0.9453	0.68412	1.0268	1.0994	0.88486
137	0.62722	0.40598	0.82185	0.90168	0.91865	0.95205	0.68948	0.99681	0.98889	0.81936
138	0.62247	0.39394	0.81661	0.90914	0.9162	0.95118	0.68913	0.93091	0.69388	0.79299
139	0.6295	0.3961	0.82238	0.90504	0.91703	0.94903	0.68203	1.0151	0.70272	0.80314
140	0.59407	0.38552	0.82256	0.91002	0.90833	0.94823	0.68864	1.0906	0.93925	0.91339
141	0.60658	0.39122	0.82484	0.89192	0.90862	0.94207	0.68265	1.1076	1.1375	0.932
142	0.63551	0.40705	0.8187	0.88578	0.91439	0.94594	0.69087	1.0685	1.1992	0.89853
143	0.61656	0.39619	0.81523	0.89392	0.9011	0.94506	0.69271	0.98246	0.91075	0.80801
144	0.62366	0.40147	0.8228	0.88821	0.92325	0.94375	0.68192	1.0796	0.90018	0.86769
145	0.60385	0.39117	0.81877	0.90312	0.9097	0.94578	0.68151	0.95695	0.75767	0.79539
146	0.61141	0.38705	0.81629	0.90148	0.92646	0.94618	0.67684	0.98608	0.89344	0.79483
147	0.60693	0.38396	0.82034	0.91207	0.90755	0.94786	0.68375	1.037	0.98032	0.80483
148	0.5943	0.38044	0.81666	0.90499	0.91788	0.94526	0.6823	1.0941	1.0599	0.9001
149	0.59746	0.38313	0.81636	0.91365	0.90615	0.94648	0.68184	1.1104	1.0431	0.92195
150	0.61118	0.38778	0.8175	0.90412	0.90109	0.9472	0.6802	1.0143	0.962	0.80673
151	0.60775	0.38263	0.81892	0.91165	0.90135	0.94656	0.68765	1.0229	0.92	0.80977
152	0.59536	0.38388	0.81684	0.90533	0.90222	0.94594	0.68426	1.0582	0.91387	0.87667
153	0.59902	0.38461	0.8192	0.90413	0.89022	0.94037	0.67513	1.1036	1.2309	0.89246
154	0.60606	0.38314	0.81713	0.8757	0.92934	0.94555	0.68418	1.1069	1.2507	1.0394
155	0.59499	0.37752	0.81108	0.90183	0.90299	0.94629	0.68646	1.0432	0.88044	0.82187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/cls_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/cls_loss	val/df_loss
156	0.58299	0.37335	0.82075	0.89467	0.91984	0.94755	0.68646	0.98958	0.82517	0.79539
157	0.60758	0.38569	0.81819	0.9173	0.91263	0.94696	0.67938	1.0657	0.96819	0.86332
158	0.60527	0.38829	0.81473	0.91436	0.90087	0.94173	0.68603	1.0456	1.0708	0.87443
159	0.58359	0.3827	0.81736	0.92309	0.89421	0.94556	0.692	1.0199	0.9646	0.82845
160	0.58775	0.37497	0.81434	0.90399	0.91704	0.9487	0.69455	1.0502	1.1397	0.87419
161	0.5823	0.37378	0.81338	0.9013	0.91112	0.95048	0.69046	1.0132	0.98538	0.84716
162	0.59772	0.37744	0.82007	0.89351	0.91958	0.95047	0.6917	1.0354	0.92025	0.85726
163	0.59134	0.3864	0.82382	0.90352	0.91033	0.94927	0.68695	1.0313	0.84827	0.8333
164	0.57729	0.37481	0.81114	0.90665	0.91934	0.94873	0.69223	0.93829	0.77812	0.79461
165	0.59441	0.37911	0.81408	0.93292	0.88796	0.94812	0.69361	0.98042	0.83766	0.80237
166	0.59904	0.37942	0.81797	0.88907	0.92523	0.94234	0.67705	0.98798	0.79132	0.80428
167	0.57933	0.37421	0.82005	0.9118	0.89335	0.94104	0.68176	1.0919	1.0656	0.87865
168	0.59416	0.37303	0.81907	0.91609	0.89772	0.94707	0.68838	1.0077	1.0131	0.81528
169	0.59616	0.37864	0.81871	0.89682	0.92686	0.94892	0.68134	0.97129	0.76597	0.79907
170	0.58887	0.37042	0.81714	0.88604	0.92411	0.94566	0.67457	0.99194	0.79074	0.80016
171	0.58881	0.37259	0.81867	0.90004	0.91394	0.94562	0.68656	1.0329	0.87631	0.83613
172	0.59492	0.37192	0.81095	0.90225	0.91715	0.94487	0.68861	0.97313	0.82587	0.79202
173	0.57769	0.3678	0.81395	0.89873	0.91881	0.94404	0.68693	1.01	0.92775	0.80687
174	0.58482	0.36513	0.81121	0.91677	0.89324	0.93693	0.68347	1.0237	1.0353	0.81949
175	0.57757	0.36657	0.81313	0.88814	0.92434	0.94104	0.67903	0.99241	0.80731	0.80066
176	0.57248	0.36812	0.82198	0.89169	0.93686	0.95152	0.68979	0.97734	0.66847	0.79365
177	0.57656	0.36568	0.81742	0.91132	0.9044	0.95178	0.68644	0.98728	0.63922	0.7997
178	0.56793	0.35868	0.81527	0.90084	0.93494	0.95689	0.68775	0.95914	0.6534	0.79663
179	0.57529	0.361	0.81293	0.89555	0.92106	0.94402	0.6863	0.95973	0.70463	0.7982
180	0.57743	0.36284	0.81662	0.90846	0.90859	0.94545	0.68528	0.98744	0.75312	0.8049
181	0.58838	0.37027	0.81848	0.90183	0.91761	0.94903	0.68693	0.97853	0.71568	0.80308
182	0.57226	0.36055	0.81861	0.90383	0.90822	0.9429	0.68542	1.0269	0.90464	0.82015
183	0.5662	0.3591	0.8141	0.89114	0.91146	0.94647	0.68252	0.99248	1.0649	0.83199
184	0.57899	0.36105	0.81229	0.87346	0.92336	0.944	0.68124	1.0671	1.0198	0.91652
185	0.57085	0.35628	0.81421	0.87269	0.91824	0.94314	0.67961	1.0175	0.96632	0.85337
186	0.55791	0.35499	0.8119	0.89598	0.91356	0.94631	0.68369	0.95113	0.77884	0.79255
187	0.58006	0.36384	0.81615	0.90256	0.90293	0.9437	0.68067	0.9532	0.77807	0.79471
188	0.56445	0.36721	0.81411	0.89339	0.91697	0.94622	0.6778	0.94241	0.83216	0.79594
189	0.56899	0.35811	0.81645	0.91506	0.89374	0.94332	0.67535	0.95318	0.74041	0.79215
190	0.56839	0.35993	0.81945	0.90679	0.92077	0.95049	0.68775	0.95616	0.75091	0.79162
191	0.56021	0.3506	0.80732	0.90177	0.91432	0.95092	0.69865	0.95236	0.75322	0.79517
192	0.56492	0.35467	0.81166	0.91515	0.90557	0.94742	0.69474	0.93217	0.79633	0.79013
193	0.56194	0.35691	0.81021	0.89188	0.91039	0.94338	0.68574	0.93816	0.8046	0.78886
194	0.55652	0.35166	0.81029	0.86601	0.93025	0.94544	0.68841	0.94125	0.86684	0.78937

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/cls_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/cls_loss	val/df_loss
195	0.56193	0.35337	0.81382	0.89874	0.90552	0.94578	0.68018	0.95773	0.84499	0.79014
196	0.55661	0.34915	0.81369	0.92031	0.89756	0.94816	0.6807	0.95753	0.83682	0.79689
197	0.55091	0.34755	0.81505	0.91484	0.90001	0.948	0.69005	0.95233	0.84105	0.79441
198	0.5512	0.34797	0.81492	0.90424	0.90535	0.94715	0.68755	0.93343	0.77249	0.78932
199	0.55754	0.35158	0.81076	0.90869	0.89558	0.94701	0.68684	0.91958	0.74049	0.78881
200	0.55768	0.35028	0.8124	0.89105	0.91745	0.94801	0.68958	0.93115	0.76452	0.78888
201	0.55494	0.34925	0.81296	0.91207	0.89638	0.94629	0.69212	0.93549	0.82671	0.7911
202	0.54553	0.34234	0.81246	0.9182	0.91104	0.94443	0.68622	0.92977	0.84671	0.79184
203	0.52708	0.33298	0.8085	0.90573	0.90086	0.9455	0.688	0.93138	0.84371	0.79169
204	0.55069	0.34282	0.8114	0.8778	0.9188	0.94148	0.68283	1.0736	0.96244	0.84865
205	0.54172	0.34587	0.80758	0.86917	0.91805	0.9406	0.68212	1.012	0.9146	0.80185
206	0.55754	0.34788	0.81147	0.89608	0.90216	0.94164	0.67852	0.95946	0.74622	0.79398
207	0.54965	0.34877	0.81647	0.87974	0.92198	0.94146	0.68737	0.97015	0.75418	0.79566
208	0.5571	0.35184	0.81241	0.87441	0.92426	0.94447	0.68747	0.98422	0.7982	0.79653
209	0.561	0.34912	0.81352	0.90716	0.90179	0.94808	0.68851	0.98013	0.80224	0.79842
210	0.54259	0.34382	0.81371	0.886	0.91081	0.94702	0.68969	0.95349	0.76924	0.79381
211	0.54821	0.34194	0.81077	0.89108	0.91083	0.94762	0.69283	0.97638	0.80826	0.79537
212	0.5531	0.34284	0.81273	0.88373	0.92437	0.94745	0.68469	0.96043	0.74126	0.79121
213	0.54315	0.33579	0.81336	0.89934	0.9109	0.95211	0.68889	0.93208	0.72406	0.78819
214	0.526	0.33434	0.80797	0.91301	0.89268	0.94982	0.68527	0.96823	0.72213	0.79091
215	0.54534	0.3387	0.81192	0.89006	0.90652	0.94631	0.6914	0.98937	0.83692	0.79876
216	0.53828	0.33458	0.80916	0.89187	0.90511	0.94443	0.6918	0.9667	0.7541	0.79226
217	0.53361	0.33875	0.80831	0.90981	0.88605	0.94176	0.68831	0.98869	0.76845	0.79461
218	0.53822	0.33679	0.81222	0.88807	0.9102	0.9469	0.68643	0.96047	0.6922	0.79119
219	0.53893	0.33174	0.81	0.90201	0.89779	0.94615	0.68815	0.94504	0.70341	0.78875
220	0.52691	0.33806	0.81137	0.87576	0.93007	0.94666	0.69114	0.93887	0.74491	0.79099
221	0.54633	0.33755	0.81078	0.87593	0.91992	0.94617	0.68747	1.0016	0.83352	0.80298
222	0.54045	0.33378	0.80942	0.89561	0.89891	0.94608	0.68573	1.0712	0.99298	0.8691
223	0.52559	0.33408	0.81025	0.88976	0.90015	0.94375	0.68872	1.0849	1.1817	0.89004
224	0.53624	0.32861	0.80758	0.88164	0.9202	0.94445	0.68662	1.043	1.1363	0.82754
225	0.53901	0.33285	0.80462	0.88293	0.91803	0.94613	0.68282	1.0347	1.0798	0.81506
226	0.51926	0.32948	0.81156	0.90659	0.89901	0.94555	0.68712	1.0703	1.1254	0.84497
227	0.5332	0.33219	0.81221	0.8891	0.90461	0.94394	0.68122	1.0416	1.0647	0.81615
228	0.52389	0.32792	0.81127	0.89386	0.89768	0.9453	0.69014	1.0852	1.0284	0.89204
229	0.53143	0.33472	0.81168	0.8871	0.91084	0.94407	0.68889	1.0651	1.0237	0.87062
230	0.5129	0.32312	0.80714	0.90286	0.91161	0.94686	0.68767	0.95929	0.81469	0.79098
231	0.53782	0.33564	0.80721	0.9054	0.9107	0.94553	0.68609	0.96619	0.77425	0.79057
232	0.54756	0.3398	0.80765	0.89405	0.91448	0.94377	0.68517	0.95916	0.8016	0.79093
233	0.53181	0.32816	0.80668	0.89521	0.91069	0.94358	0.68407	0.991	0.79893	0.79291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

epoch	train/box_loss	train/class_loss	train/df_loss	metrics/precision(B)	metrics/recall(B)	metrics/mAP50(B)	metrics/mAP50-95(B)	val/box_loss	val/class_loss	val/df_loss
234	0.52102	0.32342	0.80649	0.90272	0.91013	0.94384	0.68708	0.99227	0.81758	0.79482
235	0.54325	0.33339	0.81019	0.88865	0.92716	0.94266	0.68641	0.96145	0.80584	0.79362
236	0.52606	0.32901	0.80773	0.88057	0.9297	0.94369	0.68447	0.99361	0.87709	0.799
237	0.52132	0.32318	0.80479	0.88157	0.92142	0.94079	0.68479	1.0157	0.92668	0.80861
238	0.50981	0.32024	0.81206	0.88244	0.91848	0.9431	0.68663	1.0431	0.90765	0.81005
239	0.52288	0.32726	0.80848	0.89433	0.91091	0.94442	0.68666	0.99482	0.83738	0.79637
240	0.51672	0.32279	0.80643	0.88022	0.91677	0.94266	0.68532	1.0021	0.83577	0.79762
241	0.5291	0.32908	0.81306	0.89289	0.92029	0.94584	0.69184	0.98718	0.83047	0.79708



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plagiarism Checking Report

Created on 2024-11-03 19:32:04 at 19:32 PM

Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
3997516	Nov 3, 2024 at 19:24 PM	65056040@kmitl.ac.th	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	IS_Flash Flood Monitoring System_65056040 (ทศพล).docx	Completed	0.51 %

Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE
1	The system of temperature and humidity sensing for electrical control room of Sanguan Wongse Industries CO.LTD.	เจริญศิริ, ณัฐรุพล	วารสารวิศวกรรมศาสตร์เทคโนโลยีรัตนโกสินทร์
2	http://occ.sci.dusit.ac.th/oldweb/assets/file/95c93925fdaeb76ae5ec077236f530441461565253.pdf	occ.sci.dusit.ac.th	occ.sci.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXT FROM SUBMITTED DOCUMENT

ต่อกับอินเทอร์เน็ตและสามารถเชื่อมด้วย HTTP Post มาบ่งบัญชี Account ที่ต้องการได้ซึ่งการใช้งานโดยรวมของ LINE notify จะมีรูปแบบดังนี้คือต้องสร้างรหัสยืนยัน Token ของบัญชีในระบบของ LINE จากนั้นเก็บรหัสยืนยันนี้เอาไว้แล้วเมื่อต้องการที่จะส่งข้อความแจ้งเตือนต่างๆจะใช้รหัสยืนยันนี้เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านทาง HTTP Post การขอรหัสยืนยันของ LINE notify ในการขอรหัสยืนยันจะต้องมีบัญชี LINE ก่อนโดยสามารถสมัครใช้ LINE Notify

TEXT FROM SOURCE DOCUMENT(S)

แบบของไฟล์ Zip tar 7z หรือ exe โปรแกรม XAMPP อยู่ภายใต้ใบอนุญาตของ GNU General Public License แต่บางครั้งอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเรื่องของลิขสิทธิ์ในการใช้งานจึงควรติดตามและตรวจสอบโปรแกรมด้วย 124 กฎบัตรเสรีและคณะ 4 LINE Notify คือบริการที่คุณสามารถได้รับข้อความแจ้งเตือนจากเว็บเซอวิสต่างๆที่คุณสนใจได้ทาง LINE โดยหลังเสร็จสิ้นการเชื่อมต่อกับเว็บเซอวิสแล้วคุณจะได้รับแจ้งเตือนจากบัญชีทางการของ LINE Notify ซึ่งให้บริการโดย LINE นั่นเองคุณสามารถเชื่อมต่อกับบริการที่หลากหลายและยังสามารถรับการแจ้งเตือนทางกลุ่มได้อีกด้วยเราใช้ Line notify เพื่อแจ้งสถานะการออนไลน์ไปอีกระบบปลายทางได้จึงทำให้เราสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนจากบริการต่างๆหรืออุปกรณ์ใดๆก็ตามที่สามารถเชื่อมต่อกับ internet และสามารถเชื่อมด้วย http post มาบ่ง Account ของเราได้ซึ่งการใช้งานโดยรวมของ Line notify จะมีรูปแบบดังนี้คือเริ่มแรกเลยเราต้องไปสร้าง token ของ account ในระบบของ Line เสียก่อนจากนั้นเก็บ token นี้เอาไว้แล้วเมื่อเราต้องการที่จะส่งข้อความแจ้งเตือนต่างๆเราจะใช้ token นี้เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านทาง http post นั่นเอง 5 Grafana Grafana คือ open source Dashboard tool เรียกง่ายๆก็คือเครื่องมือในการสร้าง Dashboard ฟรีเนืองโดย Grafana จะทำงานร่วมกับ Data source ต่างๆเช่น Graphite Influx DB OpenBSD หรือ Elasticsearch ฯลฯช่วยให้ users สามารถสร้างและแก้ไข Dashboard ได้อย่างง่ายดายครอบคลุมรูปแบบกราฟหลายประเภทจุดเด่นของ Grafana 6 Blynk Blynk คือ Application สำเร็จรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย ทศพล กนกพิพัฒน์วงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	26 กันยายน พ.ศ.2531
ที่อยู่ปัจจุบัน	130 ตรอกวัดราชวรินทร์ 1 ซอย สมเด็จพระเจ้าตากสิน 21 ถนน สมเด็จพระเจ้าตากสิน แขวงสำเหร่ เขตธนบุรี จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10600
ประวัติการศึกษา	(2011) วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา วิทยาการคอมพิวเตอร์ เกรดเฉลี่ย 2.95 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้