ระบบติดตามและทำแผนที่ความร้อนของบุคคล

นายพันธุ์ธัช ลิขิตบัณฑูร นายรณกร เมฆวิมานลอย

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบโครงงาน

Albt Dhavonght (คร.อาบทิพย์ ธีรวงศ์กิจ)	ประธานกรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
13 <u>)</u> (อ.บวรศักดิ์ สกุลเกื้อกูลสุข)	กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.วราสิณี ฉายแสงมงคล)	กรรมการ
(ผศ.คร.ถวิดา มณีวรรณ์)	กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หนังสือยินยอมให้เผยแพร่ข้อมูลของสถานประกอบการ ในรายงานโครงงานนักศึกษาระดับปริญญาตรีแบบ Work Integrated Learning (WiL)

ตามที่หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ส่งนักศึกษา นายพันธุ์ธัช ลิขิตบัณฑูร รหัสนักศึกษา 1. 63340500040 นายรณกร เมฆวิมานลอย รหัสนักศึกษา 2. 63340500051 เข้าปฏิบัติงานฝึกงานแบบบูรณาการการเรียนรู้ร่วมกับการทำงาน Work Integrated Learning บริษัท ซีพีเอฟ ฟู้ด แอนด์ เบฟเวอร์เรจ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2566 ถึง วันที่ 31 พฤษจิกายน พ.ศ. 2566 โดยมีหัวข้อโครงงานนักศึกษาระดับปริญญาตรีคือ (ภาษาไทย) ระบบติดตามและทำแผนที่ความร้อนของบุคคล (ภาษาอังกฤษ) HEAT-MAPPING PERSON อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ดร อาบทิพย์ รีรวงศ์กิจ พนักงานที่ปรึกษา (พี่เลี้ยง) นายรวมยศ รัตนมงคล ในการนี้ ข้าพเจ้า (ชื่อ - นามสกุล) นายรวมยศ รัตนมงคล ในฐานะตัวแทน (ชื่อหน่วยงาน/บริษัท) บริษัท ซีพีเอฟ ฟู้ด แอนด์ เบฟเวอร์เรจ จำกัด ได้ตรวจสอบเนื้อหาในรายงานโครงงานนักศึกษาระดับปริญญาตรีแบบ Work Integrated Learning (Wil) ของนักศึกษา เป็นที่เรียบร้อยแล้ว 🗹 อนุญาตให้เผยแพร่ข้อมูลของสถานประกอบการตามที่ปรากฏ ในรายงานโครงงานนักศึกษา ระดับปริญญาตรีฉบับนี้ได้ 🗖 ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ข้อมูลของสถานประกอบการ ในรายงานโครงงานนักศึกษาระดับ ปริญญาตรีฉบับนี้ ภายในระยะเวลา 2 ปี นับตั้งแต่วันที่ได้ลงนามในหนังสือยินยอมฉบับนี้ (นายรวมยศ รัตนมงคล)

ตำแหน่ง Senior Engineer

ว/ด/ป 15 Dec 2023

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม หลักสูตรวิศวกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

โทรศัพท์ 0 2470 9715-9716 หรือ อีเมล rommanee.ari@kmutt.ac.th

Institute of Field Robotics, King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Pracha Uthit Rd, Bang Mot, Thung Khru, Bangkok, Thailand 10140 Senior Thesis FRAB (FIBO Robotics and Automation: Bachelor) Copyright © 2021 by FIBO



Bachelor Degree Thesis HEAT-MAPPING PERSON

Phanthat Likitbantoon, 63340500040 ¹ Ronnakon Mekvimanloi, 63340500051¹ Dr. Arbtip Dheeravongkit ^{1,*} Prof. Bawornsak Sakulkueakulsuk ^{1,**}

¹Institute of Field Robotics, King Mongkut's University of Technology Thonburi. 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok, Thailand 10140

Advisor * Co-advisor **

ABSTRACT:

This project focuses on using knowledge of computer vision for object detection and perspective transform techniques to create a heat-mapping model, movement, and work data of personnel in the factory. And presenting the resulting image in a top-view view for easy analysis of work behavior and use to improve the workflow of the production line in the factory.

Keywords: Heat-mapping, Perspective Transformation, Object Detection

Institute of Field Robotics, King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Pracha Uthit Rd, Bang Mot, Thung Khru, Bangkok, Thailand 10140 Senior Thesis FRAB (FIBO Robotics and Automation: Bachelor) Copyright © 2021 by FIBO



วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี

ระบบติดตามและทำแผนที่ความร้อนของบุคคล

พันธุ์รัช ลิขิตบัณฑูร,63340500040 ¹ รณกร เมฆวิมานลอย,63340500051 ¹ ดร.อาบทิพย์ ธีรวงศ์กิจ ^{1, *} อ.บวรศักดิ์ สกุลเกื้อกูลสุข ^{1, **}

สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี 126 ถนนประชา อุทิศ แขวง บางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

อาจารย์ที่ปรึกษา * อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม **

บทคัดย่อ

โครงการนี้มุ่งเน้นการใช้องค์ความรู้เรื่องคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) เพื่อ ทำการตรวจจับตัวบุคคล (Object Detection) เทคนิคการเปลี่ยนมุมอง (Perspective Transformation) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นในการสร้าง โมเดล Heat-Mapping เพื่อแสดงผลข้อมูลการเคลื่อนที่และหน้าที่การทำงานของบุคลากรภายในโรงงานและการ นำเสนอภาพที่ได้ออกมาอยู่ในมุมมอง Top-view เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ พฤติกรรมการทำงานและใช้ในการปรับปรุงแก้ไข Workflow ของสายการผลิตสินค้าใน โรงงาน

คำสำคัญ: Heat-mapping, Perspective Transformation, Object Detection

1. INTRODUCTION

Heat-Mapping เป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์หารูปแบบของพฤติกรรม การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น ซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือตัว บุคคล Heat-Mapping เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และ อธิบายข้อมูลประเภทต่างๆ โดยจะอธิบายออกมาเป็นแผนที่ เช่น แผนที่ภูมิ ประเทศ แผนที่ภูมิอากาศ ความสูงชันของพื้นที่เป็นต้น

เนื่องจากบริษัท ซี.พี.เอฟ ผลิตภัณฑ์อาหารจำกัด มีความต้องการเพิ่ม
ประสิทธิภาพการทำงานในสายการผลิตสินค้าที่มีบุคคลากรกำกับดูแลอยู่ โดย
ใช้เทคนิค Heat-Mapping ร่วมกับ Real-time object detection มาใช้
เป็นเครื่องมือในการสังเกตพฤติกรรมการทำงานและติดตามการเคลื่อนที่ของ
บุคลากร ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการปรับปรุงแก้ไข Workflow ของ
สายการผลิตสินค้า โดยจะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพใน
การทำงานของบุคคลากรเพื่อเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน
ของสายการผลิตสินค้าในโรงงาน และด้วยเทคนิคการนำเสนอภาพที่ได้ออกมา
อยู่ในมุมมอง Top-view จากกล้องหลายตำแหน่ง จะช่วยเพิ่มความแม่นยำใน
การตรวจจับคนที่อยู่ในมุมมองที่กล้องบางตัวไม่สามารถมองเห็น

1.1. Project Objective and Scope

โครงการนี้จัดขึ้นเพื่อมุ่งเน้นพัฒนาโมเดล Heat-Mapping และ การนำเสนอภาพที่ได้ออกมาอยู่ในมุมมอง Top-view เพื่อให้ง่ายต่อการนำไป วิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานและใช้ในการปรับปรุงแก้ไข Workflow ของ สายการผลิตสินค้าในโรงงาน

จดประสงค์ของโครงการ:

- เพื่อสร้างโมเดล Heat-Mapping มาใช้ติดตามการเคลื่อนที่ของ พนักงานและแยกหน้าที่พนักงานตามสีของหมวก ในพื้นที่ทดลอง
- เพื่อนำผลลัพธ์จากโมเดล Heat-Mapping มาเป็นส่วนหนึ่งในการ
 วิเคราะห์การปรับปรุงสถานีการผลิต
- เพื่อศึกษาวิธีการแปลงตำแหน่งพนักงานที่ได้จากล้องในมุมต่างๆให้ อยู่ในมุมมองด้านบน (Algorithm Top-view)
- เพื่อศึกษาการประมานตำแหน่ง จากตำแหน่งของพนักงานในมุมมอง ด้านบน ที่ได้มาจากกล้องมุมต่างๆ

ขอบเขตชองโครงการ:

- ศึกษาและเรียนรู้เทคนิคการทำ Heat Mapping และเครื่องมือที่ ใช้ในการตรวจจับบุคคล
- ศึกษาและเรียนรู้เทคนิคการนำเสนอภาพที่ได้ออกมาอยู่ในมุมมอง
 Top-view จากกล้องหลายตำแหน่งในพื้นที่ทดลอง
- โมเดล Heat-Mapping จะถูกพัฒนาโดยใช้ภาษา python
- โมเดล Heat-Mapping จะถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ร่วมกับการทำงาน ภายในพื้นที่ทดลอง
- โมเดล Heat-Mapping จะถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถทำงานแบบ
 Realtime และ สามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้

ในการพัฒนา โมเดล Heat-Mapping จะถูกพัฒนาโดยให้
ความสำคัญกับข้อมูลการเคลื่อนที่และแยกแยะหน้าที่ของพนักงาน
ตามสีของหมวกภายในพื้นที่ทดลอง

2. RELATED WORK

2.1. Heat-Mapping

Heat-Mapping เป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์หารูปแบบของพฤติกรรม การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น ซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือตัว บุคคล อีกทั้ง Heat-Mapping ยังมีการแสดงผลที่มีประสิทธิภาพโดยการ นำเสนอข้อมูลออกมาเป็นภาพโดยใช้โทนของสีในการบ่งบอกถึงระดับปริมาณ ของค่าต่างๆ เช่น ความหนาแน่น ความถี่ หรือระยะเวลา ขึ้นอยู่กับว่าต้องการ วิเคราะห์กะไร

2.2. การตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

ใช้ในการตรวจจับวัตถุหรือบุคคลในเวลาจริง โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ สามารถระบุตำแหน่งและเคลื่อนไหวของตัวบุคคลหรือวัตถุต่างๆผ่านวิดีโอจาก กล้อง CCTV ได้ โดย โมเดลที่จะนำมาใช้งานคือ YOLOv5 (You Only Look Once) โดยจากการศึกษาใน [1] ตัวโมเดล YOLO มีหลักการทำงาน ดังนี้

2.2.1. การสร้าง Bounding Box

ในหนึ่งเฟรมของวิดีโอ จะมีการแบ่งภาพออกเป็นช่องกริดขนาดเล็กๆ ขนาด \mathbf{n} \mathbf{x} \mathbf{n} ช่อง จากนั้นจะพิจารณาทีละช่องเพื่อหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ (\mathbf{x},\mathbf{y}) ซึ่งเอาต์พุตจากการทำ bounding Box Predictions ประกอบไป ด้วย \mathbf{pc} , \mathbf{bx} , \mathbf{by} , \mathbf{bh} , \mathbf{bw} , $\mathbf{c1}$, $\mathbf{c2}$, ..., \mathbf{cn} โดยที่ \mathbf{pc} คือ label ที่บอกว่า ในกรอบนี้มีวัตถุมีวัตถุอยู่หรือไม่โดยกำหนดเป็น $\mathbf{0}$, $\mathbf{1}$ \mathbf{bx} คือ พิกัด \mathbf{x} ของจุด ศูนย์กลาง Bounding Box \mathbf{by} คือ พิกัด \mathbf{y} ของจุดศูนย์กลาง Bounding Box \mathbf{bh} คือ ความสูงของ Bounding Box \mathbf{bw} คือ ความกว้างของ Bounding Box และ $\mathbf{c1}$, $\mathbf{c2}$, ..., \mathbf{cn} คือ \mathbf{class} ที่จะเป็นตัวบอกว่าวัตถุ นั้นคืออะไร

2.2.2. Intersection Over Union (IOU)

เวลาโมเดลทำนายออกมา อาจจะมีการสร้างหลาย Bounding Box ใน object เดียวกันได้ ดังนั้นจะนำ bounding box prediction ที่ได้มาเทียบ กับผลลัพธ์จริงๆ เพื่อวัดความแม่นของของการ ทำนาย โดยการนำพื้นที่มา intersect กันและหารด้วยพื้นที่ที่ union กันซึ่งต้องกำหนด Threshold แต่ โดยส่วนใหญ่แล้วจะกำหนดค่า IoU>0.5 ซึ่งหมายถึง bounding box prediction มีค่าความมั่นใจสูงว่าจะตรวจจับวัตถุได้และจะเลือกใช้ bounding box นั้นๆ

2.2.3. Non-Max Suppression

ในหนึ่งวัตถุในรูปภาพสามารถสร้าง bounding box ได้หลายอัน เพื่อที่จะเพิ่มแม่นยำในการตรวจจับวัตถุ ทั้งนี้สุดท้ายก็ต้องเลือก bounding box แค่อันเดียวที่สามารถตีกรอบวัตถุได้แม่นยำมากที่สุดเพื่อแสดงถึงวัตถุนั้นๆ โดยมีวิธีการคือ ขั้นตอนแรกทำการคัดเลือก Bounding Box ที่มีค่า confidence สูงกว่าค่า Threshold ที่กำหนดไว้ (เช่น 0.6) จากนั้นจะนำ bounding box นี้เป็นตัวตั้งแล้ว นำไปเทียบกับ bounding box ที่เหลือ

จากนั้นคำนวณค่า IoU ซึ่งต้องกำหนด Threshold เหมือนเดิม โดยทำการ ตัด Bounding Box ที่มีค่า IOU มากกว่าหรือเท่ากับ Threshold ออก เพราะ ยิ่งค่า IoU สูงก็จะมีโอกาสที่ Bounding Box นั้นกำลังตรวจจับ object เดียวกันกับ Bounding box ที่เลือกไว้ มาตอนแรก จากนั้นทำซ้ำ กระบวนการกับทุก Bounding box เพื่อหา Bounding box ที่เหมาะสม ที่สุดในการตรวจจับวัตถุ

2.3. Homography (Perspective Transformation: PT)

จากการศึกษาใน [4] ที่เป็นวิธีการเปลี่ยนลักษณะรูปร่างของรูปภาพหนึ่ง เป็นอีกรูปภาพหนึ่ง ซึ่งในโครงการจะนำมาใช้ในการเปลี่ยนมุมมองและตำแหน่ง ของบุคลากรจากกล้องมุมต่างๆ เป็น Top-view โดยใช้ Homography matrix ที่ได้จากความสัมพันธ์ของตำแหน่งระหว่างภาพ 2 ภาพ

$$\mathbf{s} \begin{bmatrix} \mathbf{x}' \\ \mathbf{y}' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{y} \\ 1 \end{bmatrix} \quad \textbf{(1)}$$
 \mathbf{x} คือ ตำแหน่งก่อน PT ในแนวแกน \mathbf{x} , \mathbf{y} คือ ตำแหน่งก่อน PT ใน

x คือ ตำแหน่งก่อน PT ในแนวแกน x ,y คือ ตำแหน่งก่อน PT ใน แนวแกน y , x'คือ ตำแหน่งหลัง PT ในแนวแกน x , y'คือ ตำแหน่งหลัง PT ในแนวแกน y , H คือ Homography matrix , s คือ Scale factor , h คือ ค่าคงที่ PT [7] โดยเราจะทราบค่าตำแหน่งก่อนและหลัง Perspective Transformation จากการกำหนดในจุดอ้างอิงในภาพจริง

3. IMPLEMENTATION

3.1. เงื่อนไขการออกแบบ

3.1.1. เงื่อนไขการออกแบบระบบ

- ระบบจะต้องสามารถทำงานได้ภายในพื้นที่ทดลอง
- ระบบจะต้องสามารถทำงานแบบ Realtime และสามารถเรียกดู
 ข้อมูลย้อนหลังได้
- ระบบจะต้องสามารถนำเสนอภาพที่ได้ออกมาอยู่ในมุมมอง Topview จากกล้องหลายตำแหน่ง
- ระบบจะต้องสามารถระบุหน้าที่ของพนักงานและสามารถเลือก
 ตรวจสอบดูการเคลื่อนไหวของพนักงานในแต่ละหน้าที่ได้
- ระบบจะต้องสามารถสร้าง Heatmap ที่จะแสดงความถี่การเดิน
 ของพนักงานในแต่ละพื้นที่
- ระบบจะต้องใช้งานรวมกับกล้อง HikVision DS 2CD3056G2-IS (4 mm) ทั้ง 4 ตัว ในพื้นที่ทดลองได้
- ในการวัดผลโมเดล Heat-Mapping จะถูกทดลอง 3 อย่าง ได้แก่ 1. การทดลอง Object detection โมเดล (ไม่มีวัตถุ) 2. การทดลอง Algorithm Top-view (ไม่มีวัตถุ) 3.การทดลอง Heat-Mapping (ไม่มีวัตถุ) โดยทดลองในพื้นที่ทดลอง

3.1.2. เงื่อนไขการออกแบบ Algorithm Top-view

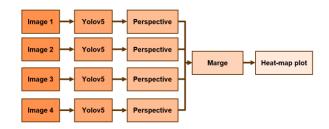
• ผลลัพธ์ Algorithm Top-view หลังจากเปลี่ยนมุมมอง และ หาค่าเฉลี่ยตำแหน่งของบุคคลจากกล้องต่างๆ โดยเฉลี่ยจะต้องอยู่ ในช่วง $\pm 5\%$ ของขนาดพื้นที่ทดลอง หรือ 0.64 เมตรในแกน x 1.2 เมตร ในแกน y โดยไม่มีวัตถุมาขวาง

3.1.3. เงื่อนไขการออกแบบ Object Detection โมเดล

ในกรณีที่ไม่มีวัตถุอื่นมาบดบัง ผลลัพธ์ในการแยกหน้าที่ของ
 พนักงานตามแถบสีของหมวก จะต้องมีความแม่นยำเกิน 90 %

3.2. ภาพรวมของระบบ

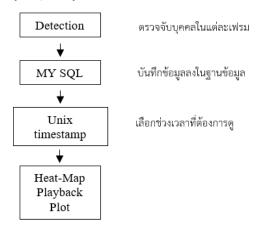
ระบบจะทำการเก็บข้อมูลโดยรับเฟรมจากกล้องทั้ง 4 ตัวที่ติดอยู่ในพื้นที่ ทดลอง แล้วใช้โมเดล Object Detection(Yolov5) ในการตรวจจับ ตำแหน่งของพนักงาน และแปลงตำแหน่งทั้ง 4 กล้องให้อยู่ในรูปแบบ Topview แล้วนำตำแหน่งที่ได้มารวมกันผ่าน Merge เพื่อสร้าง Heatmap ดัง รูปภาพ 1



รูปภาพ 1 แสดงภาพรวมระบบ

3.3. การบันทึกข้อมูล

เพื่อบันทึกข้อมูลจากการตรวจจับพนักงานผ่านกล้องวงจรปิดแบบ realtime,ทางผู้จัดทำเลือกที่จะบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ ในขณะ ที่โปรแกรมกำลังทำการเก็บ ข้อมูลปัจจุบัน ดังรูปภาพ 2



รูปภาพ 2 แสดงภาพรวมการบันทึกข้อมูล

ข้อมูลที่ถูกบันทึกประกอบไปด้วย ID,วันที่และเวลาปัจจุบัน,Unix timestamp, เฟรมจากกล้อง ,ตำแหน่งที่พนักงานยืนอยู่,และสีของหมวกที่ เป็นตัวระบุหน้าที่ของพนักงาน โดยที่ ID ถูกกำหนดให้เป็น Primary key ใช้เพื่อจัดเรียงลำดับและป้องกันการซ้ำกันของข้อมูล โดยในการเรียกใช้ข้อมูล ย้อนหลัง สามารถใช้ค่า Unix timestamp เพื่อเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่ ต้องการได้ และ วันที่ เวลา และ Unix timestamp จะถูกเก็บอยู่ในหน่วย มิลลิวินาที ดังรูปภาพ 3

2023-12-02 08:01:50.490840 2023-12-02 08:01:51.744199 2023-12-02 08:01:52.174943	1701478911744		[[124, 600]]	[] ['No detected']
		1	[[124, 600]]	['No detected']
2023-12-02 08:01:52.174943	1701470012174			1 110 detected 1
	1/014/69121/4	2	[[93, 563]]	['Red']
2023-12-02 08:01:52.597761	1701478912597	3	[[387, 501], [65, 486]]	['Red', 'Red']
2023-12-02 08:01:53.042324	1701478913042	4	[[167, 482], [177, 211]]	['Orange', 'No detected'
2023-12-02 08:01:53.485598	1701478913485	5	[[119, 431]]	['Red']
2023-12-02 08:01:53.905185	1701478913905	6	[[135, 413]]	['Red']
2023-12-02 08:01:54.344241	1701478914344	7	[[140, 406]]	['Red']
2023-12-02 08:01:54.789798	1701478914789	8	[[172, 373]]	['Red']
2023-12-02 08:01:55.239394	1701478915239	9	[[178, 377]]	['Red']
	2023-12-02 08:01:53.042324 2023-12-02 08:01:53.485598 2023-12-02 08:01:53.905185 2023-12-02 08:01:54.344241 2023-12-02 08:01:54.789798	2023-12-02 08:01:52.597761 1701478912597 2023-12-02 08:01:53.042324 1701478913042 2023-12-02 08:01:53.05559 1701478913052 2023-12-02 08:01:53.3055165 1701478913052 2023-12-02 08:01:54.344241 17014789143464 2023-12-02 08:01:54.789798 1701478914789 2023-12-02 08:01:55.293394 1701478914789	2023-12-02 08:01:53.042324 1701478913042 4 2023-12-02 08:01:53.485598 1701478913485 5 2023-12-02 08:01:53.905185 1701478913905 6 2023-12-02 08:01:54.344241 1701478914344 7 2023-12-02 08:01:54.789798 1701478914789 8	2023-12-02 08:01:53.042324 1701478913042 4 [[167, 482], [177, 211]] 2023-12-02 08:01:53.485598 1701478913485 5 [[119, 431]] 2023-12-02 08:01:53.905185 1701478913905 6 [[135, 413]] 2023-12-02 08:01:54.344241 1701478914344 7 [[140, 406]] 2023-12-02 08:01:54.789798 1701478914789 8 [[172, 373]]

รูปภาพ 3 ภาพตัวอย่างข้อมูล

3.4. Heat-mapping plot

ในการแสดง Heatmap จะทำการสะสมปริมาณการเคลื่อนที่จาก ตำแหน่งที่ตรวจจับได้ และแสดงปริมาณที่สะสมไว้ออกมาผ่านโทนของสี โดย เราสามารถกำหนดระยะเวลาหรือจำนวน Frame ที่ต้องการแสดงค่าสีที่สูง ที่สุดได้ผ่านสมการ (2)

$$V = \frac{(l/f)}{t} (2)$$

 $V = rac{(l/f)}{t} \ (2)$ V คือ ค่าคงที่ ที่ใช้ในการสะสม,l คือ ค่าการสะสมที่จะแสดงปริมาณสีที่ มากที่สุด ,f คือ Fps ที่ได้จากกล้อง และ t คือ เวลาที่ในหน่วยวินาที สูงสุดที่ ต้องการจะแสดงปริมาณที่มากที่สุด โดยเราได้กำหนดปริมาณที่จะแสดงค่าสี ดัง ตารางนี้

ช่วงค่าสะสม	র
1-50	blue
51-100	cyan
101-150	green
151-200	yellow
201-255	red

ตาราง 1 ปริมาณที่จะแสดงค่าสี

3.5. กล้องและพื้นที่ทุดลอง

จากการสำรวจพื้นที่ที่ใช้ในการทดลองพบว่า พื้นที่สำหรับใช้ทดลองมี ขนาด 12×6.4 เมตร และมีกล้อง 4 จุดดังรูปภาพ 4

โดยมีการติดกล้องกล้อง HikVision DS-2CD3056G2-IS (4 mm) วีดีโอความละเอียด 1920x1080 (FHD)10 FPS ทั้งหมด 4 ตัวไว้ ตำแหน่งตามที่แสดงในรูปภาพ 6 และให้ผลลัพธ์ของภาพออกมาดังรูปภาพ 7 เมื่อผ่าน Undistort ให้ผลลัพธ์ของภาพออกมาดังรูปภาพ 8



รูปภาพ 4 ภาพ Layout ของพื้นที่การทดลอง



รูปภาพ 5 ภาพกล้อง HikVision DS-2CD3056G2-IS



รูปภาพ 6 ภาพตำแหน่งกล้องทั้ง 4 ตัวในพื้นที่จริง



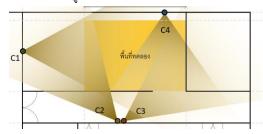
รูปภาพ 7 ภาพจากกล้องทั้ง 4 ตัว



รูปภาพ 8 ภาพหลัง Undistort ทั้ง 4 ตัว

3.6. พื้นที่ Overlap

จากรูปภาพ 8 ที่แสดงภาพของกล้องทั้ง 4 ตัว ทำให้สังเกตเห็นพื้นที่ที่มี การทับซ้อนของกล้องได้ดังรูปภาพ 9



รูปภาพ 9 ภาพแสดงพื้นที่ Overlap

3.7. การแยกหน้าที่ของพนักงาน

ในการทดลองกับพื้นที่ทดลองทางผู้จัดทำได้มีการแยกหน้าที่ของพนักงาน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มประกอบด้วย พนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงินเข้ม พนักงานที่สวมหมวกสีขาวและมีแถบสีต่าง ๆ ที่ติดอยู่บริเวณด้านหน้าของ หมวก ซึ่งประกอบไปด้วย แถบสีเหลือง แถบสีส้ม และแถบสีแดง โดยที่ พนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงิน จะบ่งบอกว่าพนักงานเป็น ฝ่ายช่างพนักงานที่ สวมหมวกสีขาวแถบสีเหลือง จะบ่งบอกว่าพนักงานเป็น ฝ่ายทำความสะอาด พนักงานที่สวมหมวกสีขาวแถบสีส้ม จะบ่งบอกว่าพนักงานเป็น ฝ่ายตรวจสอบ พนักงานที่สวมหมวกสีขาวแถบสีแดง จะบ่งบอกว่าพนักงานเป็น ฝ่ายผลิต ดัง รูปภาพ 10









รูปภาพ 10 ภาพลักษณะชุดของพนักงาน

3.8. การเตรียม Datasets

จากรูปภาพ 10 สามารถสังเกตได้ว่า ในการแยกหน้าที่ของพนักงานเป็น 4 กลุ่ม ตามสีของหมวกโดยใช้โมเดล Object Detection โดยตรงอาจเป็น งานที่มีความท้าทาย เนื่องจากแถบสีบนหมวกของพนักงานที่สวมหมวกสีขาวมี ขนาดเล็กและมีช่วงสีที่คล้ายคลึงกันมาก ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงเลือกแบ่งการ ตรวจจับเพื่อแยกหน้าที่พนักงานออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนแรก ทาง ผู้จัดทำได้เลือกที่จะแยกหน้าที่ของพนักงานตามสีของหมวกว่าเป็นพนักงานที่ สวมหมวกสีขาวหรือสวมหมวกสีน้ำเงิน และในขั้นตอนถัดไปจึงทำการตรวจจับ แถบสีที่ติดอยู่บนหมวกพนักงานสีขาวอีกครั้ง โดยใช้ HSV filter

ซึ่งในขั้นตอนแรก ทางผู้จัดทำจะใช้รูปภาพสำหรับการฝึกฝนโมเดลโดย โดยผู้จัดทำได้บันทึกข้อมูลการเดินของพนักงานในช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลา กลางคืน จากกล้อง HikVision DS-2CD3056G2-IS (4 mm) ทั้ง 4 ตัวที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ทดลอง ต่อมาทางผู้จัดทำจะทำการเพิ่มข้อมูลรูปภาพโดย ใช้วิธี Data Augmentation และใช้ขนาดภาพ 640x640 ซึ่งจะได้รูปภาพ สำหรับใช้ในการฝึกฝนโมเดลประมาณ 17000 ภาพ แบ่งเป็นพนักงานสวม

หมวกสีน้ำเงินจำนวนประมาณ 8000 ภาพ และพนักงานสวมหมวกสีขาว จำนวนประมาณ 9000 ภาพ และมีรูปภาพสำหรับใช้ตรวจสอบความถูกต้อง ของโมเดลจำนวน 1691 ภาพ แบ่งเป็นพนักงานสวมหมวกสีน้ำเงินจำนวน 791 ภาพ และพนักงานสวมหมวกสีขาวจำนวน 900 ภาพ

4. EXPERIMENT

4.1. การ Training โมเดล

ในการฝึกฝนโมเดล Object Detection โดยมีจุดประสงค์คือ ต้อง สามารถแยกแยะหน้าที่ของพนักงาน ตามสีของหมวก โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งประกอบด้วย พนักงานที่สวมหมวกสีขาว และพนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงิน ซึ่งในการฝึกฝนโมเดลครั้งนี้ทางผู้จัดทำได้ทดลองพัฒนาโมเดลขึ้นมา 2 โมเดล ได้แก่ โมเดลสำหรับตรวจจับศีรษะ โดยจะทำการตีกรอบข้อมูลพนักงานตั้งแต่ บริเวณคอขึ้นไปจนถึงเหนือศีรษะ และโมเดลสำหรับตรวจจับร่างกาย ตีกรอบข้อมูลพนักงานตั้งแต่บริเวณเท้าขึ้นไปจนถึงเหนือศีรษะดังรูปภาพ 11 โดยใช้ข้อมูลจาก 3.8 เพื่อเลือกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำมาใช้งานกับระบบต่อไป





รูปภาพ 11 แสดงลักษณะการตีกรอบ

4.2. การประเมินประสิทธิภาพของ Object Detection

เพื่อประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับวัตถุ ทางผู้จัดทำเลือกวัดผลโมเดล โดยรวมโดยใช้ค่าความแม่นยำเฉลี่ย (mAP) , วัดความคลาดเคลื่อนของ Bounding box โดยใช้ค่า CIoU loss และวัดประสิทธิภาพการตรวจจับ พนักงานแต่ละหน้าที่ โดยใช้ค่าความแม่นยำหรือ Accuracy

4.2.1. ค่าความแม่นยำเฉลี่ย (mAP)

ค่าความแม่นยำเฉลี่ย หรือ Mean Average Precision (mAP) เป็นตัววัดที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของการทำ Object Detection ใช้ในการวัดความแม่นยำโดยรวมของตัวโมเดล ค่า mAP คือ ค่าเฉลี่ยของความแม่นยำ (Precision) ที่ถูกคำนวณจากการตรวจจับแต่ละ วัตถุในรูปภาพ โดยคำนวณจาก Precision-Recall curve IOU สำหรับแต่ ละคลาสของวัตถุโดยคำนวณ Precision และ Recall ในแต่ละค่า IOU ในช่วง 0.5 ถึง 0.95 ค่าที่ได้จากการคำนวณนี้จะอยู่ในช่วง 0-1 โดยที่ค่าเข้า ใกล้ 1 แสดงถึงความแม่นยำสูงสุด

โดยในการวัดผลจะนำทั้ง 2 โมเดลที่ได้ มาทำการวัดความแมนยำเฉลี่ยใน การตรวจจับวัตถุ โดยใช้ข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดล จำนวน 1050 ภาพ กับเปาหมายในการตรวจจับ 1691 จุด แบ่งเป็นพนักงาน สวมหมวกสีน้ำเงินจำนวน 791 จุด และพนักงานสวมหมวกสีขาวจำนวน 900 จุด

4.2.2. การคำนวณ CloU loss









รูปภาพ 12 แสดงตวามคลาดเคลื่อนของ Bounding box

CIoU Loss ถูกใช้เพื่อวัดความคลาดเคลื่อนระหว่าง Bounding box ที่โมเดลทำนายและ Bounding box ผลเฉลย ฟังก์ชัน CIoU Loss นี้ทำการคำนวณความคลาดเคลื่อนโดยใช้ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางและ อัตราส่วนของพื้นที่ Bounding box ซึ่งสามารถคำนวณได้ผ่านสมการ (3)

$$L_{CIOU} = 1 - IoU + \frac{d^2}{C^2} + \alpha \nu \tag{3}$$

โดยที่

$$v = \frac{4}{\pi^2} \left(arctan \frac{w^{gt}}{h^{gt}} - arctan \frac{w}{h} \right)^2$$
 (4)

$$\alpha = \frac{\nu}{(1 - loU) + \nu} \tag{5}$$

ซึ่งเนื่องจากฟังก์ชันการตรวจสอบความถูกต้องของ YOLOv5 สามารถ ให้ค่าการสูญเสียรวมที่สะสมระหว่างการประมวลผลชุดข้อมูลทั้งหมด ทาง ผู้จัดทำจึงสามารถคำนวณหาค่า CloU Loss เฉลี่ย ได้โดยการนำค่าการ สูญเสีย Bounding box โดยรวม คูณด้วยขนาดของ batch ที่ใช้ในการ ฝึกฝนโมเดลและหารด้วยจำนวนของ Dataloader เพื่อให้ได้ค่าคลาดเคลื่อน Bounding box โดยเฉลี่ยต่อภาพ ซึ่งเป็นดังสมการ (6)

$$box_loss = \frac{\sum (box_loss) \times batchsize}{\text{$^{\circ}$nun}Dataloader}}$$
 (6)

ในการวัดความคลาดเคลื่อนของ Bounding box ที่ทั้ง 2 โมเดลทำนาย ได้ ทางผู้จัดทำจะใช้ข้อมูลสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดล จำนวน 1050 ภาพ กับเปาหมายในการตรวจจับ 1691 จุด แบ่งเป็นพนักงาน สวมหมวกสีน้ำเงินจำนวน 791 จุด และพนักงานสวมหมวกสีขาวจำนวน 900 จุดมาใช้ในการวัดผล โดยใช้สมการที่ (6) ในการหาความคลาดเคลื่อนของ Bounding box โดยเฉลี่ยต่อภาพ

4.2.3. การวัดประสิทธิภาพการตรวจจับพนักงานแต่ละหน้าที่

เพื่อการประเมินการตรวจจับพนักงานในแต่ละหน้าที่ ของแต่ละโมเดล Object Detection ทางผู้จัดทำได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ดังนี้ การทดลองที่ 1: ในการทดลองนี้จะมีการตรวจจับพนักงานในพื้นที่ทดลองที่ไม่ มีวัตถุ โดยจะทำการตรวจจับกับพนักงาน 2 กลุ่ม คือ พนักงานที่สวมหมวกสี ขาว และ พนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงิน โดยแต่ละกลุ่มจะใช้ข้อมูลทดลองเป็น วิดีโอความยาว 1200 เฟรมที่สามารถเห็นผู้ทดลองได้ในทุกเฟรม จำนวน 2 วิดีโอ โดยแต่ละวิดีโอจะใช้ผู้ทดลองจำนวน 1 บุคคล ที่เดินอยู่ภายในพื้นที่ ทดลอง

การทดลองที่ 2: ในการทดลองนี้จะมีการตรวจจับพนักงานในพื้นที่ทดลองที่มี การวางวัตถุจำลองเป็นเครื่องจักรในโรงงาน โดยจะทำการตรวจจับกับพนักงาน 2 กลุ่ม คือ พนักงานที่สวมหมวกสีขาว และ พนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงิน โดย แต่ละกลุ่มจะใช้ข้อมูลทดลองเป็นวิดีโอความยาว 1200 เฟรมที่สามารถเห็นผู้ ทดลองได้ในทุกเฟรม จำนวน 3 วิดีโอ โดยแต่ละวิดีโอจะใช้ผู้ทดลองจำนวน 1 บุคคล ที่เดินอยู่ภายในพื้นที่ทดลอง





รูปภาพ 13 ภาพพื้นที่ทดลองที่ไม่มีวัตถุ







รูปภาพ 14 ภาพพื้นที่ทดลองที่มีวัตถุมาวางจำลองเป็นเครื่องจักรในโรงงาน

4.3. การตรวจจับแถบสีบนหมวกพนักงาน โดยใช้ HSV filter

ในการตรวจจับแถบสีบนหมวกพนักงาน ทางผู้จัดทำเลือกใช้กระบวณการ Image processing มาช่วยในการตรวจจับโดยใช้ ระบบสี HSV หรือ Hue, Saturation, Value มาใช้กรองหาช่วงสีที่ต้องการ โดยที่ Hue แทน ช่วงของค่าสีในภาพ, Saturation แทนปริมาณความอิ่มตัวของสี, และ Value แทนปริมาณความสว่างของภาพ

หลังจากนั้น ทางผู้จัดทำจะทำการคำนวณพื้นที่ของสีที่ตรวจจับได้ในภาพ ของแต่ละช่วงสีเพื่อใช้ในกระบวนการแบ่งหน้าที่พนักงานตามสีของหมวกต่อไป ซึ่งในกรณีที่คำนวณพื้นที่ของสีออกมาแล้วพบว่า พื้นที่ของทุกช่วงสีมีค่าน้อย กว่าเกณฑ์ที่กำหนด จะระบุให้ว่า "No Detect" ซึ่งหมายความว่าไม่สามารถ ตรวจจับแถบสีบนหมวกได้ ในตำหน่งนั้นๆ

ในการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับแถบสีบนหมวกพนักงานโดยใช้ HSV filter จะทำการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับของแต่ละสี โดยใช้วีดีโอที่มีผู้ทดลอง จำนวน 1 บุคคลสวมหมวกที่มีแถบสีที่ต้องการทดลองแบบรอบหมวก เดิน ภายในพื้นที่ทดลอง โดยจะทดลองแถบสีละ 1 วิดีโอจากกล้องในตำแหน่ง เดียวกัน เนื่องจากการพื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่ที่มีวัตถุบดบัง ทำให้เกิดการสูญ หายของการตรวจจับพนักงาน ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงเลือกนำจำนวนเฟรมที่ โมเดลทำนายถูกในแต่ละสีมาเปรียบเทียบกับจำนวนของเฟรมที่สามารถ ตรวจจับพนักงานทั้งหมดในวิดีโอ ซึ่งจำนวนของเฟรมที่สามารถตรวจจับ

พนักงานทั้งหมดในวิดีโอของแต่ละสีจะถูกแสดงดังตาราง 2

แถบสี	จำนวนของการตรวจจับพนักงานทั้งหมด(เฟรม)
แดง	1101
ส้ม	854
เหลือง	1067

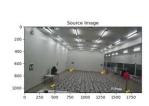
ตาราง 2 ผลรวมของการตรวจจับพนักงานทั้งหมด

4.4. การเปลี่ยนมุมมอง (Perspective)

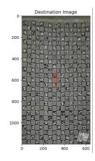
ในการแปลงตำแหน่งที่ได้จากการตรวจจับบุคคล ผู้จัดทำได้นำ Homography มาปรับใช้กับตำแหน่งที่อยู่ในรูปแบบ Pixel ของรูปภาพ ซึ่ง ผู้จัดทำหาสามารถค่า Homography matrix ที่ใช้ในการแปลงตำแหน่งได้ จาก การกำหนดตำแหน่งตั้งต้นและตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการแปลง ผ่าน สมการที่ 1 โดยผู้จัดทำได้กำหนดตำแหน่งตั้งต้นไว้ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ในแต่ละ กล้องเนื่องจากภาพที่ได้หลังจากการ Undistort ดังรูปภาพ 8 มีลักษณะเป็น Projection และพื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่ 4 เหลี่ยมพื้นผ้า และกำหนดตำแหน่ง สุดท้ายเป็นขนาดของพื้นที่จริงโดยมีอัตราส่วนพื้นที่อยู่ 1 เซนติเมตร ต่อ 1 Pixel ตัวอย่างดัง ตาราง 3 รูปภาพ 15 และ รูปภาพ 16

ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งตั้งต้น	ตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการแปลง
	(Pixel)	(Pixel)
1	[764,716]	[0,0]
2	[1270,754]	[640,0]
3	[1682,1058]	[640,1200]
4	[458,968]]	[0,1200]]

ตาราง 3 แสดงตัวอย่างตำแหน่งตั้งต้นและตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการแปลง

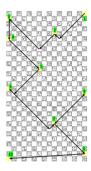


รูปภาพ 15 ภาพตัวอย่างก่อนแปลง ตำแหน่ง



รูปภาพ 16 ภาพตัวอย่างหลังแปลง

โดยวีดีโอที่ใช้ในทดลองจะเป็นวีดีโอในพื้นที่ทดลองทั้ง 4 กล้อง ที่ให้ผู้ ทดลองจำนวน 1 บุคคล เดินตามทิศทางดังรูปภาพ 17



รูปภาพ 17 แสดงเส้นทางการเดิน

กล้อง	ความยาววีดีโอ(นาที)	fps	ตำแหน่งที่เห็น
1	1.55	10	1,2,3,4,5,6,7,8,9
2	2.15	10	7,9,10
3	2.19	10	1,2
4	2.14	10	1,2,3

ตาราง 4 แสดงข้อมูลวิดีโอ

4.4.1. การเตรียม parameter สำหรับ Homography matrix

ผู้จัดทำได้ใช้วิดีโอทดลองสำหรับใช้ในการกำหนด parameter โดยเราได้ กำหนดตำแหน่งที่ผู้ทดลองจะเดินไปยังจุดต่างๆ ทำหมด 10 จุดดังรูปภาพ 18



รูปภาพ 18 ตำแหน่งทดลองทั้ง 10 จุด



รูปภาพ 19 ตำแหน่งคลาดเคลื่อน ในระยะ 0.64 เมตรในแกน x 1.2 เมตร ในแกน y

โดยจะปรับ Parameter สำหรับ Homography matrix ให้ตำแหน่ง ผู้ทดลองที่ได้จาก โมเดล ตรวจจับ ในรูปแบบ Pixel หลังแปลงมีค่าความ คลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.64 เมตรในแกน x ,1.2 เมตร ในแกน y ทั้ง 4 กล้อง

4.5. การประมาณตำแหน่งและแถบสีบนหมวกพนักงานที่ได้จากกล้องทั้ง 4 หลังจากเปลี่ยนเป็น Top-view(Merge)

4.5.1. การประมาณตำแหน่ง

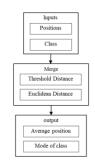
โดยวีดีโอที่ใช้ในทดลองเป็น วีดีโอเดียวกับการทดลองที่ 4.4 การเปลี่ยน มุมมอง(Perspective) รับค่าตำแหน่งหลังจากเปลี่ยนเป็น Top-view ทั้ง 4 กล้อง และแถบสีที่ตรวจจับ ที่ได้จากโมเดล ตัวอย่างดังตาราง 5

กล้อง	ตำแหน่ง	แถบสีที่ตรวจจับได้
1	[(249, 99), (419, 393)]	[Red, Yellow]
2	[(20, 1100),(100, 1100)]	[Yellow, Red]
3	[(630, 1200),(120,1200)]	[Orange, Red]
4	[(201, 53)]	[,Red]

ตาราง 5 ตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งและแถบสี



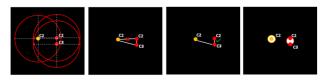
รูปภาพ 20 ตัวอย่างการประมาณ ตำแหน่ง



รูปภาพ 21 ภาพรวมการ Merge

จากรูปภาพ 20 จุดสีขาวคือตำแหน่งที่ได้จากการประมาณจุดสี ที่เป็น ตำแหน่งจากโมเดลหลังแปลงเป็น top-view ของกล้องทั้ง 4 ตัว ตำแหน่งและ แถบสี จะถูกนำมาคำนวณหาระยะห่างระหว่างกล้อง ดังรูปภาพ 21 การ ประมาณตำแหน่ง(Merge) จะคำนวณจากตำแหน่งที่อยู่ในระยะที่กำหนด โดยตั้งระยะห่างสูงสุดที่ต้องการจับ(Thrsehold Distance) ในการคัด ตำแหน่งที่อาจจะเป็นตำแหน่งของบุคคลเดียวกัน และจะไม่คัดตำแหน่งจาก

กล้องเดียวกัน ในกรณีที่มีตำแหน่งมากกว่า 1 ตำแหน่งในกล้องเดียวกัน จะถูก เลือกจากระยะห่างที่ใกล้ที่สุด ดังรูปภาพ 22



รูปภาพ 22 แสดงการจับกลุ่มและประมาณตำแหน่ง

4.5.2. การประมาณแถบสีบนหมวกพนักงาน

ในการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับแถบสีบนหมวกพนักงานที่ใช้ HSV filter โดยใช้กล้องหลายตัวมาตรวจจับร่วมกัน จะทำการวัดประสิทธิภาพการ ตรวจจับของแต่ละสี โดยใช้วีดีโอในพื้นที่ทดลองทั้ง 4 กล้อง ที่มีผู้ทดลอง จำนวน 1 บุคคล สวมหมวกที่มีแถบสีที่ต้องการทดลองแบบรอบหมวก เดิน ภายในพื้นที่ทดลอง โดยใช้กล้องทั้ง 4 ตัว มาช่วยกันตรวจจับแถบสีบนหมวก พนักงาน แล้วนำจำนวนเฟรมทั้งหมดที่โมเดลทำนายถูกในแต่ละสีมา เปรียบเทียบกับจำนวนของเฟรมที่สามารถตรวจจับพนักงานทั้งหมดในวิดีโอ ซึ่ง จำนวนของเฟรมที่สามารถตรวจจับพนักงานทั้งหมดในวิดีโอของแต่ละสีจะถูก แสดงดังตาราง 6

สีของหมวก	จำนวนของการตรวจจับพนักงานทั้งหมด(เฟรม)
ขาวแถบแดง	1182
ขาวแถบส้ม	952
ขาวแถบเหลือง	1193
น้ำเงิน	954

ตาราง 6 ผลรวมของการตรวจจับพนักงานทั้งหมดจากการรวมแถบสี

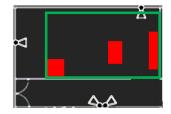
4.6. การเตรียมข้อมูลย้อนหลัง สำหรับ การสร้างภาพรวม Heatmap

ในการสร้างภาพรวม Heatmap มีการพัฒนาฟังก์ชันสำหรับ 3 แบบ ได้แก่ การดูสรุปภาพรวม Heatmap, การดูสรุปภาพรวม Heatmap ของ พนักงานในแต่ละหน้าที่, และการดูสรุปภาพรวม Inverse Heatmap

ในการดูภาพรวม Heatmap และ การดูภาพรวม Heatmap ของ พนักงานในแต่ละหน้าที่, ทางผู้จัดทำได้ใช้วิดีโอในการทดลองเดียวกัน โดยจะ เป็นวิดีโอที่ มีผู้ ทดลอง 2 บุคคล ที่ มีหน้าที่ การทำงานที่ แตกต่างกัน ประกอบด้วยพนักงานที่สวมหมวกสีขาวแถบแถบสีแดง และพนักงานสวมหมวก สีน้ำเงิน โดยให้ผู้ทดลองทั้งสองกลุ่มเดินอยู่ในพื้นที่ทดลองพร้อมกัน โดยบันทึก วิดีโอจากกล้องทั้ง 4 ตัวที่ติดตั้งในพื้นที่ทดลอง ซึ่งแต่ละวิดีโอจะมีความยาว 1080 เฟรม และทำการบันทึกข้อมูลตำแหน่งการเคลื่อนที่, หน้าที่ของ พนักงาน และช่วงเวลาที่บันทึกลงในฐานข้อมูล MySQL

สำหรับการดูภาพรวม Inverse Heatmap เพื่อให้สามารถเห็นถึง พฤติกรรมการเคลื่อนที่ได้ชัดเจน ทางผู้จัดทำใช้วิดีโอทดลองที่มีผู้ทดลอง 1 บุคคล เดินอยู่ในพื้นที่ทดลอง ที่มีการวางวัตถุเอาไว้ไม่ให้ผู้ทดลองเดินเข้าไป ดัง รูปภาพ 23 โดยที่กล่องสีเขียวหมายถึงพื้นที่ทดลอง และกล่องสีแดงหมายถึง

พื้นที่ที่มีการวางวัตถุเอาไว้ เป็นเวลา 30 นาที หรือประมาณ 18000 เฟรมโดย การบันทึกจากกล้องทั้ง 4 ตัวในพื้นที่ทดลอง และทำการบันทึกข้อมูลตำแหน่ง การเคลื่อนที่, หน้าที่ของพนักงาน และช่วงเวลาที่บันทึกลงในฐานข้อมูล MySQL

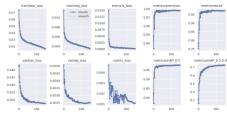


รูปภาพ 23 ภาพลักษณะพื้นที่การทดลอง

5. RESULTS

5.1. ผล Trainning

5.1.1. โมเดลตรวจจับศีรษะ

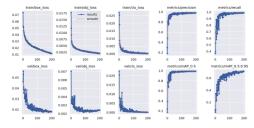


รูปภาพ 24 ผลลัพธ์การฝึกฝนและตรวจสอบของโมเดลตรวจจับศีรษะ

จากรูปภาพ 24 ที่แสดงกราฟการวิเคราะห์ของการฝึกอบรมและการ ตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลในการตรวจจับศีรษะ สามารถสังเกตได้ว่าเมื่อ โมเดลมีการเรียนรู้ไปประมาณ 110 รอบ กราฟ Obj_loss ของการฝึกโมเดล มีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่กราฟ Obj_loss ของการตรวจสอบโมเดล เริ่มแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าว ซึ่งนั้นเป็นสัญญาณของปัญหา Over-fitting แสดงว่าโมเดลจะเริ่มจดจำข้อมูล แทนการเรียนรู้ข้อมูล อย่างไรก็ตาม, เมื่อสังเกตจากกราฟ cls_loss ของการตรวจสอบโมเดลในรอบ เดียวกัน จะพบว่ายังมีค่าที่แกว่งอยู่

ดังนั้นทางผู้จัดทำได้เลือกใช้ Weights ของโมเดลตรวจจับศีรษะในรอบ การเรียนรู้ที่ 150 รอบเนื่องจากให้ค่า cls_loss หรือการสูญเสียในการจำแนก ประเภทวัตถุที่ต่ำที่สุด และก่อให้เกิดปัญหา Over-fitting น้อยที่สุด

5.1.2. โมเดลตรวจจับร่างกาย



รูปภาพ 25 ผลลัพธ์การฝึกฝนและตรวจสอบของโมเดลตรวจจับร่างกาย

จากรูปภาพ 25 ที่แสดงกราฟการวิเคราะห์ของการฝึกอบรมและการ ตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลในการตรวจจับศีรษะ สามารถสังเกตได้ว่าเมื่อ โมเดลมีการเรียนรู้ไปประมาณ 150 รอบ กราฟ Obj_loss ของการฝึกโมเดล มีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่กราฟ Obj_loss ของการตรวจสอบโมเดล เริ่มแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าว ซึ่งนั้นเป็นสัญญาณของปัญหา Over-fitting แสดงว่าโมเดลจะเริ่มจดจำข้อมูล แทนการเรียนรู้ข้อมูล

ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา Over-fitting ทางผู้จัดทำจึงเลือกใช้ Weights ของโมเดลตรวจจับร่างกายในรอบการเรียนรู้ที่ 150 รอบ

5.2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของ Object Detection

5.2.1. ผลลัพธ์ความแม่นยำเฉลี่ย

โดยโมเดลตรวจจับศีรษะได้คาความแม่นยำเฉลี่ย(mAP) โดยรวมอยู่ที่ 71.2% และได้คาอื่นๆตามรูปภาพ 26

Class	Images :	Instances	P	R	mAP50	mAP50-95:
All	1050	1691	0.98	0.989	0.99	0.712
Engineer	1050	791	0.987	0.994	0.995	0.721
Worker	1050	900	0.973	0.984	0.985	0.702

รูปภาพ 26 ค่า Precision, Recall และ ความแม่นยำเฉลี่ยของโมเดล ตรวจจับศีรษะ

และโมเดลตรวจจับร่างกายไดคาความแม่นยำเฉลี่ย(mAP) โดยรวมอยู่ที่ 72.5% และได้คาอื่นๆดังรูปภาพ 27

Class	Images Ir	stances F	•	R	mAP50	mAP50-95:
A11	1050	1691 6	0.99	0.973	0.976	0.725
Engineer	1050	791 6	0.995	0.97	0.979	0.727
Worker	1050	900 6	9.984	0.975	0.974	0.723

รูปภาพ 27 ค่า Precision, Recall และ ความแม่นยำเฉลี่ยของโมเดล ตรวจจับร่างกาย

5.2.2. ผลลัพธ์ความคลาดเคลื่อนของ Bounding box

รูปภาพ 28 ค่าฟังก์ชัน loss จากของโมเดลตรวจจับศีรษะ

จากรูปภาพ 28 ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า โมเดลตรวจจับศีรษะมีค่าความ คลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.277

รูปภาพ 29 ค่าฟังก์ชัน loss จากของโมเดลตรวจจับร่างกาย

และจากรูปภาพ 29 โมเดลตรวจจับร่างกายมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.276

5.2.3. ผลลัพธ์การวัดประสิทธิภาพการตรวจจับพนักงาน

การทดลองที่ 1 ทางผู้จัดทำได้ทำการทดลองตรวจจับพนักงานทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ พนักงานสวมหมวกสีขาว และ พนักงานสวมหมวกสีน้ำเงิน โดยทดลองใน พื้นที่ทดลองที่ไม่มีวัตถุ

วิดีโอ	จำนวน	ทำนายถูก (เฟรม)		* ' '		ıcy (%)
	เฟรม	หมวกสี หมวกสี ขาว น้ำเงิน		หมวกสี ขาว	หมวกสี น้ำเงิน	
1	1200	1150	1167	95.83	97.25	
2		933	908	77.75	75.67	

ตาราง 7 ผลลัพธ์การทดลองที่ 1 โดยใช้โมเดลตรวจจับศีรษะ

วิดีโอ	จำนวน ทำนายถูก (เฟรม) Accuracy (%)			ıcy (%)	
	เฟรม	หมวกสี หมวกสี		หมวกสี	หมวกสี
		ขาว น้ำเงิน		ขาว	น้ำเงิน
1	1200	1183	1184	98.58	98.67
2		1200	1195	100.00	99.58

ตาราง 8 ผลลัพธ์การทดลองที่ 1 โดยใช้โมเดลตรวจจับร่างกาย

จากตาราง 7 และ ตาราง 8 สามารถสรุปได้ว่า ในการทดลองกับพื้นที่ ทดลองที่ไม่มีวัตถุ โมเดลตรวจจับร่างกายมีความแม่นยำในการตรวจจับ พนักงานของทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่าโมเดลตรวจจับศีรษะ โดยที่โมเดลตรวจจับ ร่างกายมีค่าความแม่นยำเกิน 90% ในทั้ง 2 กลุ่ม

การทดลองที่ 2 ทดลองตรวจจับพนักงานทั้ง 2 กลุ่มได้แก่พนักงานสวม หมวกสีขาว และพนักงานสวมหมวกสีน้ำเงิน โดยทดลองในพื้นที่ทดลองที่มีการ วางวัตถุจำลองเป็นเครื่องจักรในโรงงาน

วิดีโอ	จำนวน	ทำนายถูก (เฟรม)		Accuracy (%)	
	เฟรม	หมวกสี	หมวกสี	หมวกสี	หมวกสี
		ขาว	น้ำเงิน	ขาว	น้ำเงิน
1	4.000	1026	494	85.50	41.16
2	1200	1153	508	96.08	42.33
3		821	510	68.41	42.5

ตาราง 9 ผลลัพธ์การทดลองที่ 2 โดยใช้โมเดลตรวจจับศีรษะ

วิดีโอ	จำนวน	ทำนายถูก (เฟรม)		Accuracy (%)	
	เฟรม	หมวกสี	หมวกสี	หมวกสี	หมวกสี
		ขาว	น้ำเงิน	ขาว	น้ำเงิน
1	1200	1183	892	98.58	74.33
2	1200	1183	978	98.58	81.5
3		1040	862	86.67	71.83

ตาราง 10 ผลลัพธ์การทดลองที่ 2 โดยใช้โมเดลตรวจจับร่างกาย

จากตาราง 9และตาราง 10 สามารถสังเกตุได้ว่าในการทดลองกับพื้นที่ ทดลองที่มีวัตถุมาวาง จำลองเป็นเครื่องจักรในโรงงาน พบว่าโมเดลตรวจจับ ร่างกายมีความแม่นยำในการตรวจจับพนักงานทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่าโมเดล ตรวจจับศีรษะ แต่ ในพนักงานที่สวมหมวกสีขาว โมเดลตรวจจับร่างกายมีค่า ความแม่นยำอยู่ในช่วง 85 - 100% และในพนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงินมีค่า ความแม่นยำอยู่ในช่วง 70 - 85% สาเหตุมาจากวัตถุที่อยู่ในภาพมีสีที่

ใกล้เคียงกับพนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงิน ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำในการ ตรวจจับพนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงินโดยตรง



รูปภาพ 30 แสดงวัตถุที่มีสีที่ใกล้เคียงกับพนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงิน

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับพนักงานให้มีค่าที่สู่งขึ้น ทางผู้จัดทำ เลือกใช้วิธีการนำโมเดลตรวจจับศีรษะ และโมเดลตรวจจับร่างกาย มาช่วยกัน ตรวจจับพนักงาน

วิดีโอ	จำนวน	ทำนายถูก (เฟรม)		Accuracy (%)	
	เฟรม	หมวกสี	หมวกสี	หมวกสี	หมวกสี
		ขาว	น้ำเงิน	ขาว	น้ำเงิน
1	1200	1185	1195	98.75	99.58
2		1200	1195	100.00	99.58

ตาราง 11 ผลลัพธ์การทดลองที่ 1 โดยใช้ 2 โมเดลช่วยกันตรวจจับ

วิดีโอ	จำนวน	ทำนายถูก (เฟรม)		Accuracy (%)	
	เฟรม	หมวกสี	หมวกสี	หมวกสี	หมวกสี
		ขาว	น้ำเงิน	ขาว	น้ำเงิน
1	1200	1198	941	99.83	78.41
2	1200	1186	999	98.83	83.25
3		1167	941	97.25	78.41

ตาราง 12 ผลลัพธ์การทดลองที่ 2 โดยใช้ 2 โมเดลช่วยกันตรวจจับ

จากการทดลองนำโมเดลตรวจจับศีรษะ และโมเดลตรวจจับร่างกาย มา ช่วยกันตรวจจับพนักงาน พบว่าการทดลองทั้งในพื้นที่ทดลองที่ไม่มีวัตถุและ พื้นที่ที่มีการวางวัตถุจำลองเป็นเครื่องจักรในโรงงาน ได้รับผลลัพธ์ที่มีความ แม่นยำสูงกว่าโมเดลเดิม โดยการทดลองในพื้นที่ทดลองที่ไม่มีวัตถุในตาราง 11 มีค่าความแม่นยำเกิน 90% ในทั้ง 2 กลุ่ม และการทดลองในพื้นที่ทดลองที่มี การวางวัตถุจำลองเป็นเครื่องจักรในโรงงานในตาราง 12 พบว่าในพนักงานที่ สวมหมวกสีขาว มีค่าความแม่นยำเกิน 90% และในพนักงานที่สวมหมวกสีน้ำ เงิน โมเดลตรวจจับร่างกายมีค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 75 - 85%

5.3. ผลการตรวจจับแถบสีบนหมวกพนักงานโดยใช้ HSV filter

โดยจากตาราง 13 แสดงให้เห็นว่าการตรวจจับแถบสีบนหมวกพนักงาน ผ่าน HSV filter มีความแม่นยำเกิน 90% ทุกสี

র	จำนวนของการ ตรวจจับพนักงาน ทั้งหมด (เฟรม)	ทำนายถูก (เฟรม)	Accuracy (%)
แดง	1101	1077	97.82
ส้ม	854	819	95.90
เหลือง	1067	1045	97.66

ตาราง 13 ผลการตรวจจับแถบสีของแต่ละสี

5.4. ผลการเปลี่ยนมุมมอง (Perspective)





รูปภาพ 31 แสดงตำแหน่งตั้งต้น กล้อง 1

รูปภาพ 32 แสดงตำแหน่งตั้งต้น กล้อง 2



รูปภาพ 33 แสดงตำแหน่งตั้งต้น กล้อง 3



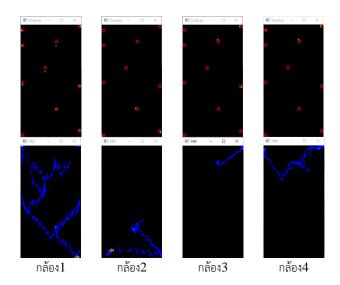
รูปภาพ 34 แสดงตำแหน่งตั้งต้น กล้อง 4

จากรูปภาพที่ 31, 32, 33, 34 กรอบสีเขียวเป็นตำแหน่งตั้งต้นที่ได้จาก การเตรียม parameter ตามตาราง 14 เพื่อนำมาคำนวณหา Homography matrix โดยมีตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการแปลงเป็นขนาดของพื้นที่จริง ดัง ตาราง 3

กล้อง	ตำแหน่งตั้งต้น
1	[779,583],[1276,620],[1879,769],[266,663]
2	[3256,868],[4212,1252],[1080,602],[1952,619]
3	[-648,372],[672,668],[-1104,1590],[-2130,1248]
4	[-416,798],[824,583],[2658,698],[4034,840]

ตาราง 14 แสดงตำแหน่งตั้งต้นแต่ละกล้อง

จากการทดลอง 4.4 พบว่าตำแหน่งที่กำหนดทั้งหมด 10 จุด กล้องแต่ละ มุมสามารถมองเห็นได้ตามตาราง 4 โดยคำนวณจากตำแหน่งที่ได้จากโมเดล หลังจากแปลงเป็นมุมมองด้านบน(Top-view)เทียบกับตำแหน่งจริงในพื้นที่ ในเฟรมที่ผู้ทดลองหยุดในตำแหน่งที่กำหนดดังรูปภาพ 35 พบว่ามีความ คลาดเคลื่อนเฉลี่ยดังตาราง 15



รูปภาพ 35 แสดงความคลาดเคลื่อนที่เกินขึ้น

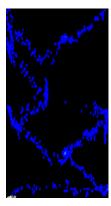
กล้อง	ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแกน	ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแกน Y
	X	
1	0.12 เมตร	0.24 เมตร
2	0.25 เมตร	0.12 เมตร
3	0.06 เมตร	0.01 เมตร
4	0.12 เมตร	0.24 เมตร

ตาราง 15 แสดงความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย

5.5. ผลการประมาณตำแหน่งและแถบสีที่ได้จากกล้องทั้ง 4 ตัวหลังจาก เปลี่ยนเป็น Top-view(Merge)

5.5.1. ผลการประมาณตำแหน่ง

จากการทดลอง 4.5 พบว่าตำแหน่งที่กำหนดทั้งหมด 10 จุด มี ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนสูงสุด ดังตาราง 16 และ ตาราง 17 ตามลำดับ โดยคำนวณจากตำแหน่งที่ได้จากโมเดลหลังจากแปลงเป็น มุมมองด้านบน(Top-view)เทียบกับตำแหน่งจริงในพื้นที่ในเฟรมที่ผู้ทดลอง หยุดในตำแหน่งที่กำหนดดังรูปภาพ 36 และ รูปภาพ 37



■ Overtay - X

รูปภาพ 36 ผลลัพธ์โดยรวม

รูปภาพ 37 ตำแหน่งโดยรวม

ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแกน X	ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแกน Y	
0.07 เมตร	0.12 เมตร	

ตาราง 16 แสดงความคลาดเคลื่อนหลังจากประมาณตำแหน่ง

ความคลาดเคลื่อนสูงสุดแกน X	ความคลาดเคลื่อนสูงสุดแกน Y	
0.18 เมตร	0.41 เมตร	

ตาราง 17 แสดงความคลาดเคลื่อนสูงสุดหลังจากประมาณตำแหน่ง

5.5.2. ผลการรวมแถบสีบนหมวกพนักงาน

โดยจากตาราง 18 แสดงให้เห็นว่าการตรวจจับแถบสีบนหมวกพนักงาน ผ่าน HSV filter หลังการรวมแถบสีมีความแม่นยำเกิน 90% ทุกสี

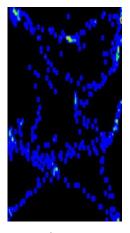
สีของหมวก	จำนวนของการ ตรวจจับพนักงาน ทั้งหมด (เฟรม)	ทำนายถูก (เฟรม)	Accuracy (%)
ขาวแถบแดง	1192	1182	99.16
ขาวแถบส้ม	952	936	98.32
ขาวแถบเหลือง	1211	1193	98.51
น้ำเงิน	954	884	92.66

ตาราง 18 ผลการรวมแถบสี

5.6. การดูสรุปภาพรวม Heatmap โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง

5.6.1. สรุปภาพรวม Heatmap

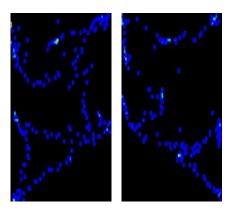
ในการดูสรุปภาพรวม Heatmap จะเป็นการดูภาพรวมของการเคลื่อนที่ ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งจะแสดงผลออกมาเป็นรูปภาพ Heatmap ในมุมมอง Top-view จากการรวมตำแหน่งทั้ง 4 กล้อง ได้อย่าง รวดเร็ว โดยในการเลือกช่วงเวลา เราสามารถเลือกช่วงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด ได้ผ่าน Unix timestamp ที่บันทึกไว้ใน ฐานข้อมูล MySQL



รูปภาพ 38 ผลลัพธ์ภาพ Heatmap 2 บุคคล

5.6.2. สรุปภาพรวม Heatmap ของพนักงานในแต่ละหน้าที่

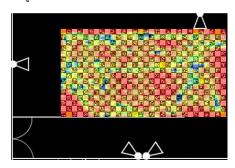
การดูสรุปภาพรวม Heatmap ของพนักงานในแต่ละหน้าที่ จะสามารถ เลือกตรวจสอบดูการเคลื่อนไหวของพนักงานในแต่ละหน้าที่ได้ โดยสามารถ เลือกหน้าที่ที่ ต้องการดู และเลือกช่วงเวลาที่ ต้องการดูผ่าน Unix timestamp ซึ่งสามารถแสดงผลภาพรวมตามช่วงเวลาที่ต้องการในมุมมอง Top-veiw จากการรวมตำแหน่งทั้ง 4 กล้องได้รวดเร็ว โดยจากรูปภาพ 38 จะเป็นภาพที่แสดงการเคลื่อนที่ของพนักงาน 2 กลุ่ม ได้แก่พนักงานที่สวม หมวกสีขาวแถบแดง และพนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงิน ซึ่งจากรูปภาพ 39 จะ เป็นการดูภาพรวมการเคลื่อนที่ของแต่ละหน้าที่ โดยที่ภาพด้านซ้ายมือจะแสดง การเคลื่อนที่ของพนักงานที่สวมหมวกสีน้ำเงิน และภาพด้านขวามือจะแสดง การเคลื่อนที่ของพนักงานที่สวมหมวกสีขาวแถบแดง



รูปภาพ 39 ผลลัพธ์ภาพ Heatmap ของพนักงานในแต่ละหน้าที่

5.6.3. สรุปภาพรวม แบบ Inverse Heatmap

การดูสรุปภาพรวม แบบ Inverse Heatmap จะเป็นการดูพื้นที่ที่มีความถี่ใน การเดินน้อย ดังรูปภาพ 40 ที่จะแสดงพื้นที่ที่มีการวางวัตถุไว้ตามรูปภาพ 23และพื้นที่ที่ผู้ทดลองไม่ได้เดินไปด้วยสีแดง



รูปภาพ 40 ผลลัพธ์ภาพแบบ Inverse Heatmap

6. DISCUSSION

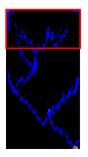
6.1. สรุปผลประสิทธิภาพของ Object Detection

จากการประเมินผลและวัดประสิทธิภาพของโมเดลที่ได้ พบว่าในการ ทดลองกับพื้นที่ทดลองที่ไม่มีวัตถุ โมเดลสามารถให้ค่าความแม่นยำของทั้ง 2 กลุ่มเกิน 90% และผลลัพธ์การตรวจจับแถบสีบนหมวกพนักงานโดยใช้ HSV filter สามารถให้ค่าความแม่นยำเกิน 90% ทุกสี ซึ่งองค์ประกอบที่แตกต่าง กัน เช่น สภาพแวดล้อม สถานที่ มุมมองของกล้อง ล้วนมีผลต่อประสิทธิภาพ ของความแม่นยำทั้งสิ้น ซึ่งถ้าหากนำโมเดล มาใช้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่

สอดคล้องกันกับข้อมูลที่ใช้ฝึกฝน อาจทำให้ประสิทธิภาพของความแม่นยำใน การตรวจจับของโมเดลมีค่าคลาดเคลื่อนได้

6.2. สรุปผลประสิทธิภาพของการเปลี่ยนมุมมอง Perspective

จากการประเมินผลและวัดประสิทธิภาพของ Algorithm พบว่าในการ ทดลองกับพื้นที่ทดลองที่ไม่มีวัตถุ Algorithm มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10% ของพื้นที่ หรือ 0.64 เมตรในแกน x และ 1.2 เมตรในแกน y แต่ เนื่องจากค่า CloU loss ที่เกิดขึ้น 0.27 หรือ 27% ส่งผลให้ในขณะเคลื่อนที่ พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวง่าย หรือ บริเวณที่มีพื้นที่ Pixel ต่อ พื้นที่จริงน้อย จะ ทำให้ตำแหน่งคลาดเคลื่อนไปมาก ดังรูปภาพ 41 เนื่องจากพื้นที่บริเวณส่วน ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มี Pixel ต่อ พื้นที่จริงน้อยกว่า ดังรูปภาพ 42





รูปภาพ 41 พื้นที่คลาดเคลื่อน

รูปภาพ 42 แสดงพื้นที่ก่อนแปลง

6.3. โอกาสในการนำไปพัฒนาต่อ

ในการพัฒนาต่อยอดโครงการ Heatmaping Person ในอนาคต ทาง ผู้จัดทำเห็นความเป็นไปได้ที่นำโครงการนี้ไปพัฒนาได้ 3 ด้านดังนี้

- 1. การพัฒนาสายการผลิต โดยสามารถใช้การวิเคราะห์ข้อมูลการ เคลื่อนที่ของพนักงานและเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อ ค้นหาจุดที่เกิดปัญหาในสายการผลิต
- 2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านธุรกิจ การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนที่ ของลูกค้า จะช่วยในการเข้าใจความต้องการของลูกค้า เพื่อปรับปรุง แผนการตลาด
- 3. การรักษาความปลอดภัย โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการ ติดตามการเคลื่อนที่ของพนักงานและการแจ้งเตือนทันทีเมื่อมีการ เข้าไปในพื้นที่อันตรายหรือพื้นที่ที่ไม่ได้รับอนุญาต

7. References

- [1] You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection[online]
- [2] Homography examples using OpenCV (Python / C ++)
- [3] Basic concepts of the homography explained with code
- [4] Deconstructing the Homography Matrixs
- [5] 3D-Net: Monocular 3D object recognition for traffic monitoring