

ระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุ
แบบเรียลไทม์

สุจิตรา ปิ่นพัฒนพงศ์

TNII

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2565

AUDIENCE ADAPTIVE SYSTEM FOR DIGITAL SIGNAGE BASED ON REAL-TIME OBJECT
DETECTION TECHNOLOGY

Sujitra Pinpattanapong

TNII

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology
Academic Year 2022

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล
โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์

โดย

สุจิตรา ปันพัฒนพงศ์

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.ชัชไชย วรรณบุญ

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร.ชฎาพร เกตุมณี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์)

.....กรรมการ

(ดร.อัฒนา เซนโต๊ะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.ชัชไชย วรรณบุญ)

สุจิตรา ปิ่นพัฒนพงศ์ : ระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ชัชชัย วรรณบูรณ์, 42 หน้า.

ป้ายโฆษณาคือสื่อกลางในการประชาสัมพันธ์สินค้าและบริการที่เรียบง่าย เข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้ไว และมีความชัดเจน ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการประชาสัมพันธ์ของป้ายนั้นคือ สถานที่และเนื้อหาที่ตรงกับกลุ่มเป้าหมาย งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามกลุ่มผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล (Digital Signage) โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุจากกล้องวิดีโอ และนำภาพที่ได้มาประมวลผลในคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก โดยวิเคราะห์จำนวน และกลุ่มประชากรในพื้นที่ เพื่อปรับเปลี่ยนเนื้อหาบนป้ายโฆษณาให้เหมาะสมกับกลุ่มประชากรในพื้นที่ ณ ช่วงเวลานั้นๆ ในการทดลองนี้ ลักษณะของกลุ่มประชากรถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ นักศึกษา และบุคคลทั่วไปภายในสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ซึ่งทำการสร้างชุดข้อมูล (Dataset) สำหรับแบ่งแยกกลุ่มประชากรขึ้นมาใหม่ ทำให้สามารถวิเคราะห์กลุ่มประชากรในพื้นที่เป้าหมายได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นต้นแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพของป้ายโฆษณาดิจิทัลทั่วไปให้สามารถแสดงเนื้อหาที่ตรงกับกลุ่มเป้าหมายมากยิ่งขึ้น ในราคาที่ไม่สูงมากนัก

บัณฑิตวิทยาลัย
สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2565

ลายมือชื่อนักศึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

SUJITTRA PINPATTANAPONG : AUDIENCE ADAPTIVE SYSTEM FOR DIGITAL
SIGNAGE BASED ON REAL-TIME OBJECT DETECTION TECHNOLOGY. ADVISOR :
DR.CHATCHAI WANNABOON, 42 PP.

This paper presents an audience adaptive system for digital signage. A real-Time object detection technology is utilized through a webcam and small computer module in order to classify and analysis the category of audience in the target area. The content of digital signage can be altered based on the type and crowed of the audiences inside the target area. The experimental results of the proposed digital signage indicate a capable of adaptive content using classification between student and regular person in the Thai-Nichi Institute of Technology area. Furthermore, this research provides a potential of cost-effective audience adaptive system for advertisement and marketing applications.

Graduate School
Field of Engineering of Technology
Academic Year 2022

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง “ระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์” สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.ชัชไชย วรรณบุรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งได้ให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำแนวทาง เพื่อนำไปปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้งานสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมทั้งยังช่วยพัฒนาการทำงานของวิทยานิพนธ์ให้เป็นไปอย่างมีคุณภาพ และสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัยนี้ อีกทั้งยังดูแลเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำแนวทาง ปรับปรุงแก้ไข จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ตามขอบเขตที่กำหนดไว้

ขอบคุณนักศึกษาจากสาขาวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเพื่อการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

นอกจากนี้ทางผู้วิจัยขอขอบคุณแรงสนับสนุนจากครอบครัว และคนรอบข้างที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษา จนจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้น

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ และสามารถนำไปต่อยอดกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องได้ อีกทั้งสามารถก่อให้เกิดแนวคิดเพื่อใช้ในการศึกษา หรือเป็นแนวทางการทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอนาคต

สุจิตรา ปิ่นพัฒน์พงศ์

TNI

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 การทบทวนวรรณกรรม.....	13
3 วิธีการดำเนินงาน.....	15
3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	15
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	16
3.3 การออกแบบระบบ.....	17
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	18
3.5 ระบบปฏิบัติการของ YOLOv5.....	18
4 ผลการวิจัย.....	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	23
5.1 สรุปผล.....	23
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	23
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	23
บรรณานุกรม.....	24
ภาคผนวก.....	27
ภาคผนวก ก. โค้ดโปรแกรม.....	28
ภาคผนวก ข. การตีพิมพ์ผลงานวิจัย.....	37
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	42

TNI

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
3.1 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	15
3.2 สรุปอุปกรณ์	18



สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 บอร์ด Raspberry Pi 4.....	5
2.2 พอร์ต GPIO	5
2.3 พอร์ต GPIO Raspberry Pi Model B Rev.2.....	6
2.4 LED แสดงสถานะบอร์ด	7
2.5 ชิพควบคุม LAN (LAN Controller).....	7
2.6 พอร์ต USB.....	8
2.7 พอร์ต HDMI.....	8
2.8 สายเชื่อมต่อสัญญาณภาพ.....	10
2.9 กล้อง Webcam.....	11
2.10 หลักการทำงานของระบบสแกนใบหน้า	12
2.11 โปรแกรมจดจำใบหน้า.....	13
3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน.....	16
3.2 ภาพรวมของระบบ	17
3.3 การติดตั้ง YOLOv5.....	18
3.4 โค้ดที่เปิดใช้งานกล้อง Webcam	19
3.5 การทดลองเปิดใช้กล้อง	19
4.1 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ผ่านกระบวนการ Image Labeling และ Augmentation.....	20
4.2 กราฟแสดงค่า Precision จากการสร้างแบบจำลอง	20
4.3 กราฟแสดงค่า Recall จากการสร้างแบบจำลอง	21
4.4 ภาพรวมการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองการตรวจจับวัตถุ	21
4.5 ภาพจากการเทรนโมเดล	22

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในอดีตจนถึงปัจจุบันการทำสื่อโฆษณาเป็นการลงทุนที่ทำให้ผู้บริโภครู้จักผลิตภัณฑ์ และบริการของธุรกิจนั้นมากยิ่งขึ้น และการทำสื่อโฆษณายังมีหลากหลายรูปแบบให้เลือกในการโปรโมทโฆษณา และหนึ่งในนั้นที่ผู้วิจัยเลือกยกตัวอย่างและการทำวิจัยนี้คือป้ายดิจิทัล ป้ายดิจิทัลเป็นหนึ่งอย่างในการเลือกแสดงภาพของจอแสดงผลอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เพื่อแสดงเนื้อหาหมัลติมีเดีย รวมถึงรูปภาพ วิดีโอ และข้อความในที่สาธารณะ ซึ่งได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในพื้นที่สาธารณะ เช่น ร้านค้าปลีก สนามบิน และสถาบันการศึกษา ข้อได้เปรียบที่สำคัญของป้ายดิจิทัลคือความยืดหยุ่นของเนื้อหา ซึ่งสามารถอัปเดตแบบเรียลไทม์เพื่อสะท้อนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงหรือข้อเสนอส่งเสริมการขาย ซึ่งแตกต่างจากป้ายคงที่แบบดั้งเดิม สิ่งนี้ช่วยให้ธุรกิจสามารถสื่อสารกับลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ป้ายดิจิทัลยังสามารถปรับเปลี่ยนขนาดและรูปร่างได้ง่าย ซึ่งหมายความว่าธุรกิจต่างๆ สามารถปรับแต่งการแสดงผลให้เหมาะสมกับความต้องการและวัตถุประสงค์เฉพาะของตนได้ โดยสามารถเลือกขนาด รูปร่าง และรูปแบบการแสดงผลได้หลากหลาย และสามารถรวมเนื้อหาหมัลติมีเดียประเภทต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อสร้างประสบการณ์ที่น่าสนใจและน่าดึงดูดยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม ป้ายดิจิทัลส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถในการปรับเปลี่ยนเนื้อหาให้เข้ากับผู้ชมที่แตกต่างกัน เนื่องจากจำนวนและประเภทของผู้ชมอาจแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งอาจส่งผลให้การสื่อสารไม่มีประสิทธิภาพและการมีส่วนร่วมลดลง เพื่อแก้ไขปัญหานี้จึงได้เริ่มมีการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) การตรวจจับใบหน้าของผู้ชม แล้ววิเคราะห์ความสนใจของผู้คนที่ผ่านไปมา เพื่อนำไปคำนวณเป็นประสิทธิภาพของสื่อโฆษณาขึ้นนั้นและเริ่มมีการพัฒนาวิธีการตรวจวัดความสนใจของผู้คนทั่วไปต่อสื่อโฆษณาดิจิทัล โดยแบ่งเป็นช่วงอายุและเพศ งานวิจัยส่วนใหญ่ได้เลือกใช้เทคนิคการตรวจจับใบหน้า (Face Recognition) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ช่วงอายุ เพศและระยะเวลาในการให้ความสนใจป้ายดิจิทัลของผู้ชมได้ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวต้องอาศัยการวิเคราะห์ใบหน้าในระยะใกล้ ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่เปิดโล่ง อีกทั้งในบางพื้นที่ผู้คนจำเป็นต้องใส่หน้ากากอนามัย ทำให้การวิเคราะห์ใบหน้าเป็นไปได้ยากมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาระบบการวิเคราะห์ความสนใจเกี่ยวกับสื่อโฆษณาขึ้นมาโดยใช้ ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) ในการตรวจจับติดตามผู้เข้าชมโดยใช้ ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กและมีราคาที่ถูกลงกว่าคอมพิวเตอร์ แต่มีความสามารถเทียบเท่าคอมพิวเตอร์ 데스크ท็อปปกติทำงานได้ทุกอย่าง ราสเบอร์รี่พายนี้จะแสดงผลกับจอคอมพิวเตอร์หรือจอทีวีที่รับรอง

HDMI หรือสามารถต่อเข้าสายวิดีโอปกติได้เช่นกัน ระบบปฏิบัติการพื้นฐานของ รัสเบอร์รี่พายนั้นสามารถเขียนโปรแกรมขึ้นมาได้โดยใช้ภาษา ไพทอน (Python) และใช้กล้องรัสเบอร์รี่พาย เพื่อทำ Face Recognition ทำการจดจำใบหน้า และจำนวนผู้เข้าชม ให้นักวิจัยได้นำผลที่ได้มาวิเคราะห์กับผู้สนใจว่ามีความสนใจกับสื่อนานเท่าไร ชอบสื่อโฆษณาสไตล์ไหน สื่ออะไร ที่ทำให้ผู้เข้าชมสนใจมีการรับชมได้มากกว่า ผู้วิจัยคาดหวังว่าการวิจัยเรื่องนี้สามารถเข้าใจระบบการวิเคราะห์ความสนใจของสื่อโฆษณา เนื้อหาของสื่อโฆษณา และสถานที่ที่ผู้บริโภคสนใจให้ตรงกับสื่อโฆษณาสินค้า

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการวิเคราะห์ความสนใจของผู้บริโภค
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ความสนใจของผู้บริโภคต่อสื่อโฆษณา
- 1.2.3 ออกแบบระบบการวิเคราะห์ความสนใจของผู้บริโภค

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ผู้วิจัยต้องการเก็บข้อมูลที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
- 1.3.2 สร้างสื่อโฆษณาทั้งหมด 3 รูปแบบ เพื่อมาวิเคราะห์ความสนใจ
- 1.3.3 การเก็บข้อมูลจะจัดเก็บเฉพาะตอนกลางวัน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ความสนใจของผู้บริโภค
- 1.4.2 ผู้วิจัยสามารถออกแบบวิเคราะห์สื่อโฆษณาเหมาะกับสถานที่

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เทคนิคประมวลผลด้วยภาพเพื่อการวัดประสิทธิภาพของสื่อโฆษณาดิจิทัล และการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ราชเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)

2.1.2 กล้อง Webcam

2.1.3 เทคโนโลยีการเรียนรู้จดจำใบหน้า (Face Recognition)

2.1.4 ปฏิบัติการ Yolo

2.2 การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ราชเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)

ราชเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีความสามารถเหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ทั้งต่อจอ 모니터 แล่น หรือ Wifi ก็ใช้งานได้หมด หรือจะเอามาทำ Server ก็ได้ ที่ต่างก็เพียงประสิทธิภาพการประมวลผลที่ยังสู้ไม่ได้ แต่คนส่วนใหญ่มักเลือกมาใช้ในงาน IoT (Internet of Things) นั่นก็เพราะว่าเจ้าเครื่องนี้มีสิ่งที่เรียกว่า GPIO (General Purpose input/output) นั่นเองทำให้สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมและรับค่าจากอุปกรณ์ภายนอกไม่ต้องซื้ออุปกรณ์อะไรมาต่อพ่วง เช่น ควบคุม Relay Switch อ่านจากอุปกรณ์ Sensor ต่างๆ และยังมีราคาที่ถูกมาก

Raspberry Pi ทำอะไรได้บ้าง

เนื่องจาก Raspberry Pi เปรียบเสมือนเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ย่อมมีความสามารถคล้ายคอมพิวเตอร์ขนาดปกติที่คอมพิวเตอร์ทำได้ เช่น

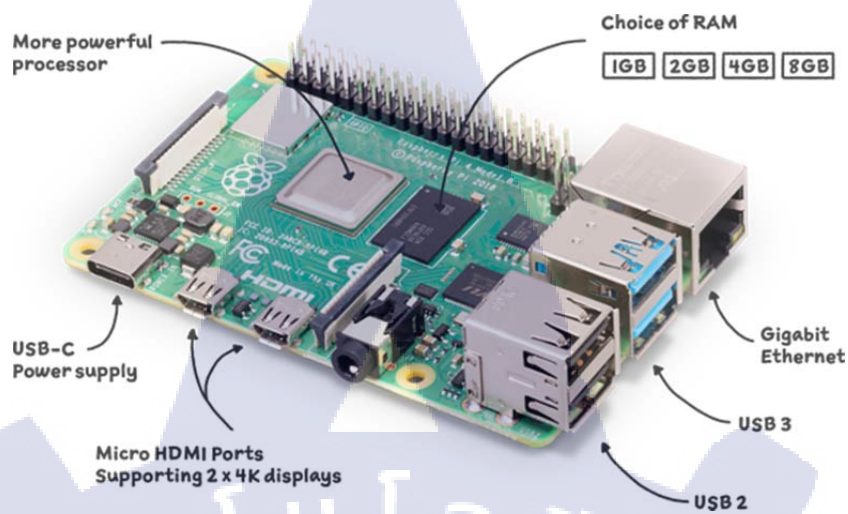
- ใช้เพื่อดูหนัง ฟังเพลง เล่นอินเทอร์เน็ต
- เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ สำหรับเปิดเว็บไซต์ขนาดเล็ก
- ใช้ทำระบบตรวจจับใบหน้า

ส่วนที่นอกเหนือจากที่คอมพิวเตอร์ทั่วไปทำได้ก็คงเป็นการสื่อสาร และควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น

- ระบบเปิด/ปิดหลอดไฟ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ
- ใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ หรือเครื่องจักร
- ใช้ทำประตูไฟฟ้า ล็อค/ปลดล็อคด้วยรีโมท หรือสั่งงานด้วยเสียง
- ใช้ทำสถานีวัดอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ
- ใช้ทำระบบกล้องวงจรปิด

ส่วนประกอบของบอร์ด ประกอบด้วย

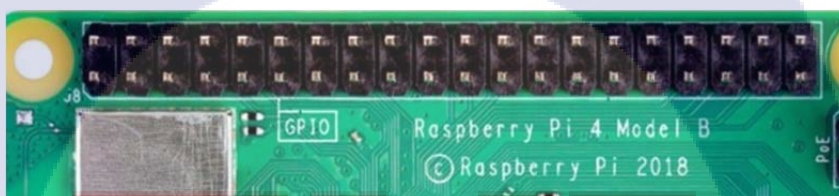
- พอร์ต GPIO
- พอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณภาพ
- จุดเชื่อมต่อสัญญาณเสียง
- LED แสดงสถานะของบอร์ด
- ชิพควบคุม LAN (LAN Controller)
- พอร์ต USB
- พอร์ต RJ LAN
- พอร์ต CSI (Camera Serial Interface)
- พอร์ต HDMI
- ชิพ Broadcom
- พอร์ต Micro USB Power
- พอร์ต DSI (Display Serial Interface)
- ช่องเสียบ SD Card



รูปที่ 2.1 บอร์ด Raspberry Pi 4 [1]

พอร์ต GPIO

คือ ส่วนที่เอาไว้ต่อสัญญาณ Input/Output เข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายนอก การรับส่งสัญญาณจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมสั่งงาน โดยภาษาที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่ Python แล้วก็ยังมีภาษาอื่นๆ ให้เลือกใช้อีก เช่น C/C++, Shell Script และภาษาอื่นๆ สัญญาณที่ใช้รับ/ส่งจะอยู่รูปแบบของแรงดันไฟฟ้า 0V และ 3.3V



รูปที่ 2.2 พอร์ต GPIO [2]

จุดเชื่อมต่อ GPIO

- เชื่อมต่อกับบอร์ด Raspberry pi ผ่านทางคอนเน็กเตอร์ GPIO 40 ขา
- จุดต่อพอร์ต GPIO 40 ขาครบทุกขาเป็นแบบ IDC
- มีจุดต่อแบบ JST 2 มม. 3 ขา จำนวน 10 ขา ประกอบด้วย GPIO2/SDA, 3/SCL, 4/1-wire, 5, 14/TxD, 15/RxD, 24, 25 และ 27
- มีสวิตช์แบบจอยสติ๊ก 4 ทิศทางและปุ่มกดกึ่งกลาง ต่อกับขา GPIO6, 17, 18, 22

และ 23

1²C

GPIO12

- มีจอแสดงผล OLED 0.96 นิ้ว ความละเอียด 128 x 64 จุด ใช้การเชื่อมต่อแบบบัส

- มี LED 3 สี RGB แบบอนุกรมและโปรแกรมได้ เบอร์ WS2812B ต่อกับขาพอร์ต

3.3V	1	2	5V
I2C1 SDA	3	4	5V
I2C1 SCL	5	6	GROUND
GPIO4	7	8	UART TXD
GROUND		10	UART RXD
GPIO 17	11	12	GPIO 18
GPIO 27	13	14	GROUND
GPIO 22	15	16	GPIO 23
3.3V	17	18	GPIO 24
SP10 MOSI	19	20	GROUND
SP10 MISO	21	22	GPIO 25
SP10 SCLK	23	24	SP10 CE0 N
GROUND	25	26	SP10 CE1 N

รูปที่ 2.3 พอร์ต GPIO Raspberry Pi Model B Rev.2 [2]

พอร์ต USB

เป็นพอร์ตเชื่อมต่อมาตรฐานสำหรับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ช่วยเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าด้วยกันและโอนถ่ายข้อมูลดิจิทัลผ่านสาย USB

พอร์ต RJ LAN

เป็นพอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อ LAN และสายโทรศัพท์เพื่อติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.4 LED แสดงสถานะบอร์ด [2]

จุดเชื่อมต่อสัญญาณเสียง

ใช้สำหรับเชื่อมต่อเพื่อนำสัญญาณเสียงออกด้วยสายสัญญาณเสียงขนาด 3.5 มิลลิเมตร

LED แสดงสถานะบอร์ด

เพื่อแสดงสถานะการทำงานของบอร์ดแต่ละสถานะเมื่ออุปกรณ์ทำงาน ดังต่อไปนี้

- ACT คือ ไฟสถานะ SD Card Access (สีเขียว)
- PWR คือ ไฟสถานะ 3.3V Power (สีแดง)
- FDX คือ ไฟสถานะ Full Duplex LAN Model B (สีเขียว)
- LNK คือ ไฟสถานะ Link/Activity LAN Model B (สีเขียว)
- 100 คือ ไฟสถานะ 10/100Mbps LAN Model B (สีเหลือง)



รูปที่ 2.5 ชิปควบคุม LAN (LAN Controller) [2]

ชิปควบคุม LAN (LAN Controller)

เป็นชิปเพื่อควบคุมการทำงานและการรับ/ส่งข้อมูล ซึ่งบอร์ด Raspberry Pi ทุกตัวจะต้องมีชิปตัวนี้และความเร็วในการรับ/ส่ง จะขึ้นอยู่กับยี่ห้อของรุ่นของบอร์ด

พอร์ต CSI (Camera Serial Interface)

เป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อโมดูลกล้อง Raspberry Pi เพื่อที่จะบันทึกภาพจากกล้อง

พอร์ต HDMI

เป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อเพื่อส่งสัญญาณมัลติมีเดียภาพและเสียงในระบบดิจิทัล ซึ่งทำให้ภาพที่ได้มีความละเอียดสูง และคมชัด หลักการของ HDMI ถูกออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้ผู้บริโภคเพื่อให้ได้รับความบันเทิงเต็มรูปแบบทั้งภาพและเสียง



รูปที่ 2.6 พอร์ต USB [2]



รูปที่ 2.7 พอร์ต HDMI [2]

พอร์ต RJ LAN

เป็นพอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อ LAN และสายโทรศัพท์เพื่อติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

พอร์ต CSI (Camera Serial Interface)

เป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อโมดูลกล้อง Raspberry Pi เพื่อที่จะบันทึกภาพจากกล้อง

พอร์ต HDMI

เป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อเพื่อส่งสัญญาณมัลติมีเดียภาพและเสียงในระบบดิจิทัล ซึ่งทำให้ภาพที่ได้มีความละเอียดสูง และคมชัด หลักการของ HDMI ถูกออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้ผู้บริโภคเพื่อให้ได้รับความบันเทิงเต็มรูปแบบทั้งภาพและเสียง

พอร์ต Micro USB Power

ทำหน้าที่เป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรบอร์ด Raspberry Pi สามารถเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟจากพอร์ต USB ของเครื่องได้

ชิพ Broadcom

เป็นชิพเพื่อสร้างตัวควบคุมสำหรับฮาร์ดไดรฟ์ชิพ

พอร์ต DSI (Display Serial Interface)

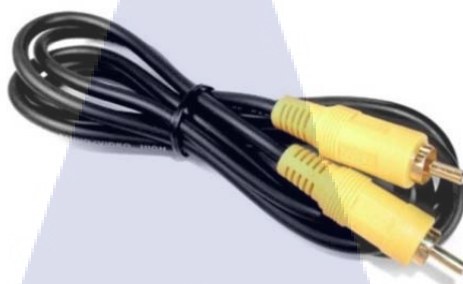
ใช้สำหรับต่อกับจอแสดงผล เช่น จอคอมพิวเตอร์ จอโทรทัศน์ หรือจอ TFT Touch Screen

ช่องเสียบ SD Card

ใช้เสียบการ์ดเพื่อบรรจุข้อมูล หรือโค้ดโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเพื่อให้บอร์ดสามารถนำมาแสดงผลหรือคำสั่งต่างๆ

พอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณภาพ

ใช้สำหรับต่อพอร์ต Output ของบอร์ดเพื่อแสดงผลภาพออกทางจอ เป็นแบบ RCA



รูปที่ 2.8 สายเชื่อมต่อสัญญาณภาพ [2]

ระบบปฏิบัติการของ Raspberry Pi

ระบบปฏิบัติการที่นิยมใช้ของการติดตั้ง Raspberry Pi คือ ระบบปฏิบัติการ Raspbian เพราะเป็นระบบปฏิบัติการที่ถูกสนับสนุนโดยตรงจาก Raspberry Pi Foundation

Raspbian เป็นระบบปฏิบัติการตระกูล Linux ใช้สำหรับติดตั้งใช้งานบนบอร์ดขนาดเล็ก พัฒนามาจากระบบ Debian Linux เหมาะสำหรับนำมาใช้ทำแล็ป และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบคอมพิวเตอร์แบบฝังตัว แต่นอกจากการปฏิบัติการนี้แล้วยังมี ระบบปฏิบัติการอื่นๆ อีกมากมายให้เลือกใช้กัน

Raspberry Pi ถูกออกแบบมาให้มี CPU GPU และ RAM อยู่ภายในชิปเดียวกัน มีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้ผู้ใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ

2.1.2 กล้อง Webcam

เป็นอุปกรณ์เสริมสำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ หรือแล็ปท็อป ใช้เป็นตัวช่วยในการสื่อสารบนโลกออนไลน์รูปแบบวิดีโอคอล ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นในยุคนี้ และเป็นตัวช่วยในการทำงานของผู้คนหลากหลายอาชีพ ทั้งยูทูบเบอร์ สตรีมเมอร์ ตัวเตอร์ ทั้งยังจำเป็นสำหรับการประชุมออนไลน์ และเรียนออนไลน์ในยุคของโรคระบาดอีกด้วยรูปแบบการเชื่อมต่อกล้องเว็บแคมที่ง่ายที่สุด คือ การเชื่อมต่อแบบ Plug-and-Play คือสามารถเสียบแล้วใช้งานได้



รูปที่ 2.9 กล้อง Webcam [3]

ทันที ไม่ต้องติดตั้งไดรฟ์เวอร์หรือลงโปรแกรมให้ยุ่งยาก แต่ก็เชื่อมต่อที่อุปกรณ์ของคุณด้วยเช่นกัน หรือคุณอาจเลือกเป็นกล้องเว็บแคมที่รองรับการเชื่อมต่อผ่าน Bluetooth หรือ Wi-Fi ก็จะสะดวกสบายขึ้น

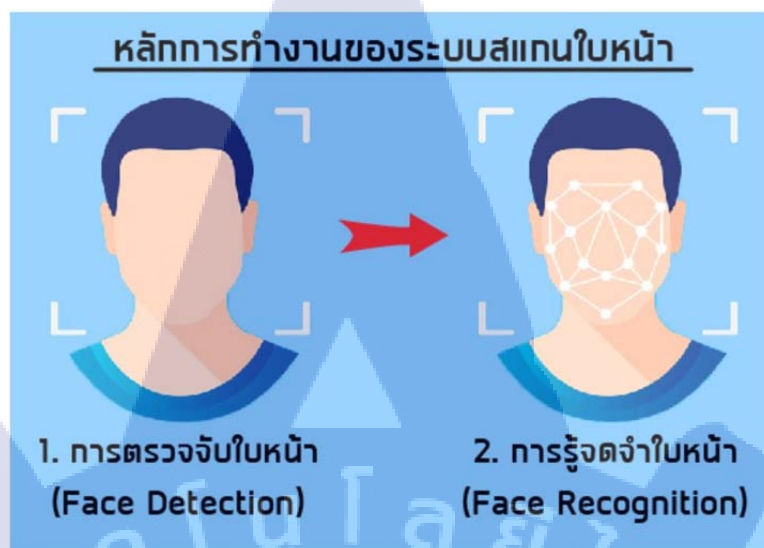
เราสามารถใช้อุปกรณ์ Webcam ที่มีขายตามท้องตลาด มาเชื่อมต่อกับพอร์ต USB ของ Raspberry Pi แล้วจึงจ่ายไฟเข้า Raspberry Pi เปิดโหมดการใช้งานของตัวกล้องให้อยู่ในสถานะพร้อมใช้งาน และต้องติดตั้งโปรแกรม FSWebcam ลงบน Raspberry Pi แล้วบันทึกภาพจากกล้องได้ทันที [3]

2.1.3 เทคโนโลยีการเรียนรู้จดจำใบหน้า (Face Recognition)

ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกได้นำเทคโนโลยีระบบการจดจำใบหน้า (Face Recognition) มาใช้งานในด้านต่างๆ รวมทั้งในด้านระบบการรักษาความปลอดภัย

กระบวนการจดจำใบหน้า จะทำการเปรียบเทียบกับใบหน้าที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่เคยได้ลงทะเบียนไว้ซึ่งในปัจจุบันวิธีที่ง่ายที่สุดในการเก็บข้อมูลคือการถ่าย Selfies เพื่อระบุว่าใบหน้าที่ตรวจจับได้นั้นตรงกับบุคคลใดโดยใช้ Algorithm ในการวิเคราะห์จากองค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่บนใบหน้า ไม่ว่าจะเป็น คิ้ว ตา ปาก เป็นต้น เป็นระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบุ และยืนยันอัตลักษณ์บุคคลด้วยความรวดเร็ว แม่นยำ และสามารถเพิ่มโอกาสในการต่อยอดทางธุรกิจ

หลักการทำงานของ Face Recognition คือ การสร้างโมเดลอ้างอิงขึ้นมาโดยระบบจะวิเคราะห์จากลักษณะเฉพาะต่างๆ บนใบหน้า เช่น โครงหน้า จมูก ตา โหนกแก้ม ความลึกของเบ้าตา ปาก รวมถึงผิวและจุดเด่นบนใบหน้า เป็นต้น จากนั้นระบบจะทำการสร้างจุดเชื่อมโยงบนใบหน้า (Nodal Point) เพื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่เก็บไว้ ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว โดยทั่วไป



รูปที่ 2.10 หลักการทํางานของระบบสแกนใบหน้า [4]

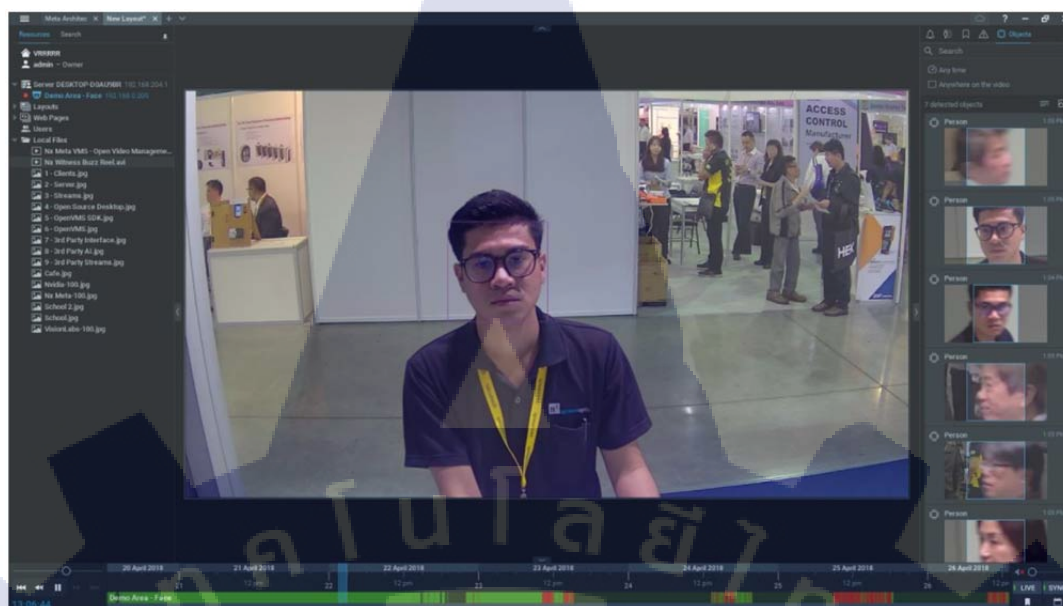
Face Recognition มักถูกนำมาใช้ในขอบข่ายงานที่เข้มงวดเรื่องความปลอดภัย เช่น ระบบตรวจสอบบุคคลเข้า/ออกพื้นที่ และสถานที่ต่างๆ ที่จำเป็นต้องมีการจำกัดสิทธิ์การเข้าถึง รวมถึงการใช้งานควบคู่กับกล้องวงจรปิดเพื่อตรวจสอบใบหน้าของผู้ต้องสงสัย เพื่ออ้างอิงกับฐานข้อมูลอาชญากร

ระบบรู้จำใบหน้าจะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) คือ กระบวนการค้นหาใบหน้าจากภาพหรือวิดีโอ จากนั้นทำการประมวลผลภาพใบหน้าที่ได้สำหรับขั้นตอนถัดไปเพื่อให้ภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้ง่ายต่อการจำแนก

2. การรู้จำใบหน้า (Face Recognition) คือ กระบวนการที่ได้นำภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้และประมวลผลแล้วจากขั้นตอนการตรวจจับใบหน้า มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของใบหน้าที่ตรวจจับได้ตรงกับบุคคลใด ดังนั้นโปรแกรมตรวจจับใบหน้า คือ ระบบที่ทำการวิเคราะห์ตรวจจับใบหน้าที่ได้ในขณะเดินผ่านกล้อง และทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มี เทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้านอกจากจะใช้เพื่อความปลอดภัยแล้วยังนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์การตลาดได้อีกหลายรูปแบบ

เพื่อนำข้อมูล (Big Data) ที่วิเคราะห์ออกมาแล้ว ออกแบบเป็น Loyalty Program เช่น จัดทำโปรโมชั่น นำเสนอให้กับลูกค้า เพื่อทำการจัดสต็อกสินค้าแต่ละประเภท เพื่อการจัดการบริหารสินค้าภายในร้าน [4]



รูปที่ 2.11 โปรแกรมจดจำใบหน้า [5]

2.1.4 ปฏิบัติการ Yolo

Yolo (“You Only Look Once”) หมายถึง เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ Yolo คือเทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุของการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุจากกล้องวิดีโอ เป็นการตรวจจับวัตถุเป็นประเภทของการจัดหมวดหมู่ภาพที่โครงข่ายประสาทเทียมคาดการณ์รายการต่างๆ ในภาพและดึงกรอบล้อมรอบวัตถุเหล่านั้น เป็นวิธีการระบุและจดจำวัตถุแบบเรียลไทม์ในภาพถ่าย

การตรวจจับวัตถุ (หรือที่เรียกว่าการรู้จำวัตถุ) เป็นโดเมนย่อยที่มีความสำคัญของ Computer Vision

2.2 การทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยการหาข้อมูลจากฐานข้อมูลมาตรฐานต่างๆ เช่น จากเว็บไซต์ และทำการหาบทความต่างๆ ที่เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับหัวข้องานวิจัย ซึ่งได้พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปีที่พิมพ์	คณะผู้ทำวิจัย	งานวิจัย
2012	Y. Kuo-cheng et al. [6]	ได้นำเสนอวิธีการ ประเมินประสิทธิภาพของสื่อโฆษณาดิจิทัล โดยใช้หลักการของ การประมวลผลภาพ (Image Processing) ร่วมกับการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) แล้ววิเคราะห์ความสนใจของผู้คนที่ผ่านไปมา เพื่อนำไปคำนวณเป็นประสิทธิภาพของสื่อโฆษณาชิ้นนั้น
2012	K. Yin et al. [7]	งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการตรวจวัดความสนใจของผู้คนทั่วไป ต่อสื่อโฆษณาดิจิทัล โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ, เพศ, สภาพแวดล้อม ผลลัพธ์ที่ได้คือคะแนนเชิงปริมาณข้อสื่อโฆษณาชิ้นนั้น
2013	R. Robert and S. Franc [8]	งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการออกแบบระบบการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อโฆษณาดิจิทัลแบบต้นทุนต่ำ (Low-Cost) ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเป็นตัวแสดงสื่อโฆษณา และเก็บรวบรวมข้อมูลความสนใจของผู้คนส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลาง
2018	W. Yang and Z. Jiachun [9]	ระบบตรวจจับเป้าหมาย YOLO มีความเร็วในการตรวจจับที่รวดเร็วและเหมาะสำหรับการตรวจจับเป้าหมายในสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ เมื่อเทียบกับระบบตรวจจับเป้าหมายอื่นๆ
2020	H. Andrew et al. [10]	การทำป้ายดิจิทัลด้วยราสเบอร์รี่พาย เพื่อลดต้นทุนในการผลิตป้ายโฆษณา
2022	M. Fahad et al. [11]	การตรวจสอบประสิทธิภาพของการเรียนรู้เชิงลึกในสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์โดยใช้ Yolo v5

วิธีการดำเนินงาน

ในการศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมสำหรับ
ป้ายโฆษณาดิจิทัล โดยใช้ Raspberry Pi และเทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ ในการประมวล
ภาพและวิเคราะห์ประมวลผล

งานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีเกี่ยวกับระบบการตรวจจับวัตถุ เข้ามาใช้ในการตรวจจับผู้เข้าชม และความสนใจต่อสื่อโฆษณา นำไปประมวลผล และนำข้อมูลไปเก็บไว้ยังฐานข้อมูล และนำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงรายงานผล โดยเนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

- 3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย
- 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน
- 3.3 การออกแบบระบบ
- 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
- 3.5 ระบบปฏิบัติการของ YOLOv5

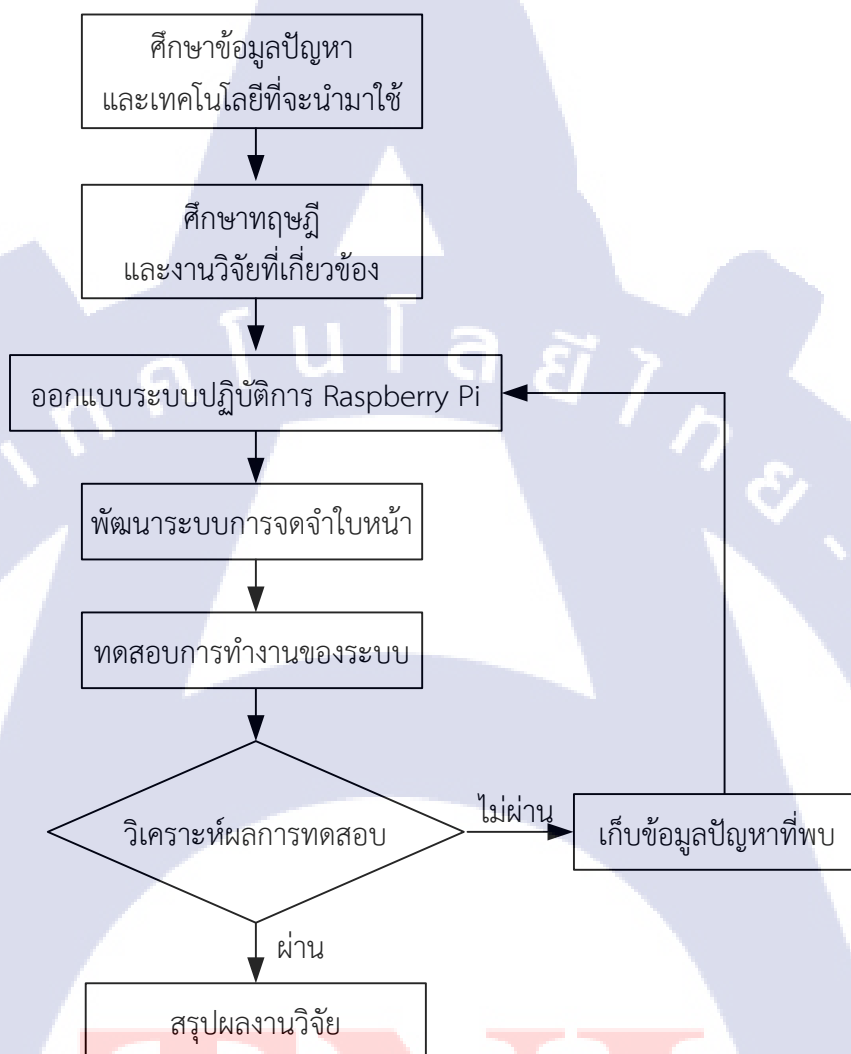
3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 3.1 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน

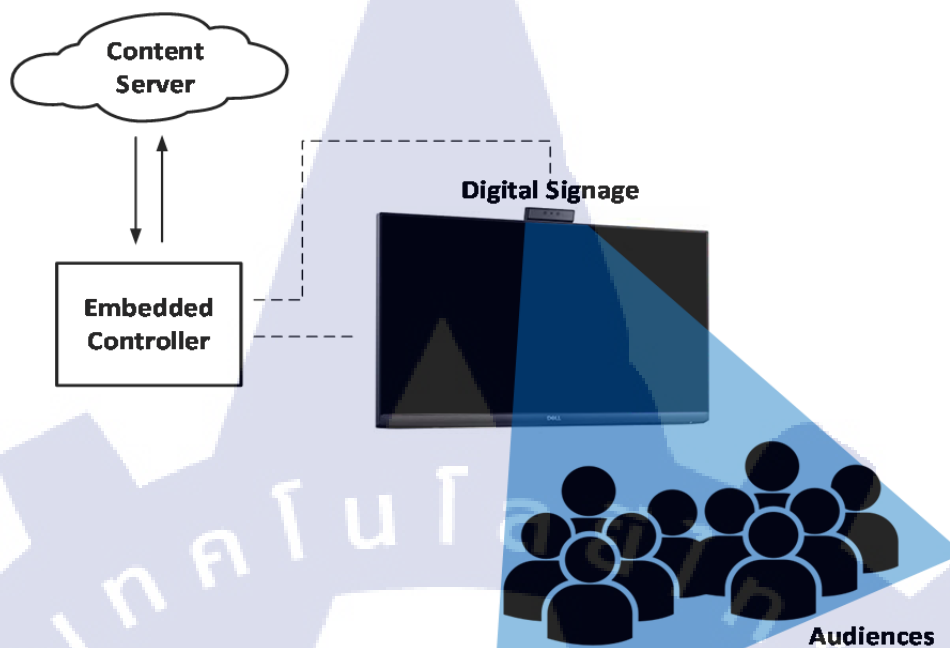
[illegible]

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และหาข้อมูลของงานวิจัย โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.2 ภาพรวมของระบบ

3.3 การออกแบบระบบ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบการตรวจจับผู้เข้าชมแบบเรียลไทม์เพื่อปรับเปลี่ยนเนื้อหาให้ตรงกับผู้เข้าชม โดยการใช้ Raspberry Pi กับกล้อง webcam ในการเก็บข้อมูลและแสดงผลภาพไปที่หน้าจอ เพื่อแสดงเนื้อหาให้กับผู้เข้าชม โดยมีการเก็บข้อมูลที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และให้กล้องตรวจจับนักเรียนที่ใส่ชุดนักศึกษา กับนักเรียนที่ใส่ชุดช็อปนามาเป็นชุดข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำภาพมาวิเคราะห์ทางสถิติเชิงปริมาณ ว่ามีผู้เข้าชมในเฟรมนั้นๆ จำนวนไหนเยอะกว่ากัน และจะนำเสนอการ Content ให้ตรงกับผู้เข้าชม โดยเบื้องต้นเป็นการเก็บฐานข้อมูลเพื่อมาทำการออกแบบระบบ ในการตรวจจับชุดนักศึกษา และชุดช็อป โดยการหารูปภาพจากสื่อต่างๆ เพื่อนำภาพข้อมูลเหล่านี้มาทำการ Image Labeling และ Augmentation เพื่อรู้จำนวนข้อมูลและออกแบบการวิเคราะห์ เพื่อการนำเสนอ Content ให้ตรงกับผู้เข้าชม โดย Content จะแสดงขึ้นบนจอภาพเพื่อให้ผู้เข้าชมได้อ่าน เป็นเวลา 3 นาที และในขณะที่แสดง Content ไปได้ 2 นาที ระบบจะตรวจสอบว่าได้มีผู้เข้าชมกลุ่มใหม่เพิ่มอีกไหม ถ้าไม่มีระบบจะเข้าสู่โหมดสลิป เพื่อประหยัดพลังงาน แต่ถ้ามีผู้เข้าชมใหม่ ระบบจะทำการวิเคราะห์จำนวนผู้เข้าชมและชุดที่สวมใส่ ว่าตรงตามข้อตกลงไหนเพื่อแสดง Content ให้ตรงตามผู้เข้าชมต่อไป

```

1 # pip install -r requirements.txt
2
3 # base -----
4 Cython
5 matplotlib>=3.2.2
6 numpy>=1.18.5
7 opencv-python>=4.1.2
8 Pillow
9 PyYAML>=5.3
10 scipy>=1.4.1
11 tensorboard>=2.2
12 torch>=1.7.0
13 torchvision>=0.8.1
14 tqdm>=4.41.0
15
16 # logging -----
17 # wandb
18
19 # plotting -----
20 seaborn>=0.11.0
21 pandas
22
23 # export -----
24 # coremltools==4.0
25 # onnx>=1.8.0
26 # scikit-learn==0.19.2 # for coreml quantization
27
28 # extras -----
29 thop # FLOPS computation
30 pycocotools>=2.0 # COCO mAP
31

```

รูปที่ 3.3 การติดตั้ง YOLOv5

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การตรวจจับวัตถุจะใช้เครื่องมือ 3 ส่วนหลักๆ คือ Raspberry pi, กล้อง Webcam และหน้าจอแสดงผล ในการตรวจจับจะใช้กล้องเปรียบเสมือนดวงตาในการมองหาวัตถุ และใช้ Raspberry pi ในการบันทึก ประมวลผล และวิเคราะห์ เพื่อแสดงเนื้อหา สู่หน้าจอ

ตารางที่ 3.2 สรุปอุปกรณ์

อุปกรณ์	
กล้องเว็บแคม	Logitech C270
อุปกรณ์ประมวลผล	Raspberry pi Model 4
หน้าจอแสดงผล	LG

3.5 ระบบปฏิบัติการของ YOLOv5

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ Image detection โดยใช้ YOLOv5 ในการตรวจจับและวิเคราะห์ข้อมูลใช้คำสั่ง การเปิดกล้องเพื่อตรวจจับวัตถุ ลำดับแรกในการใช้ YOLOv5 คือติดตั้ง YOLOv5 ใน Raspberry pi ให้เรียบร้อยและเปิดคำสั่งการเปิดกล้องเพื่อเช็คสถานะการใช้งานโดรนใช้คำสั่งดังภาพที่ 3.4 จากที่ติดตั้งและลองใช้งานเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงมาพัฒนาโค้ดเพื่อให้ตรงกับงานวิจัย

```
sudo python3 detect.py -- source 0
```

รูปที่ 3.4 โค้ดที่เปิดใช้งานกล้อง Webcam

การเปิดใช้กล้องจะต้องติดตั้งไลบรารีของระบบให้เสร็จสมบูรณ์จากนั้นเปิดใช้โดยใช้โค้ดดังกล่าว และตรวจสอบความละเอียดและความเร็วในการตรวจจับหรือไม่เพราะเนื่องจากเป็นไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ จึงทำให้มีหลายข้อจำกัดและต้องปรับแต่งโค้ดเพื่อให้ตรงความต้องการของผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.5 การทดลองเปิดใช้กล้อง

นอกจากจะต้องปรับแต่งตามความต้องการของผู้วิจัยแล้วยังต้องออกแบบระบบเพื่อให้ตรงตามหัวข้อวิจัยด้วยโดยต้องนำค่าค่าเซตมาทำการออกแบบระบบ

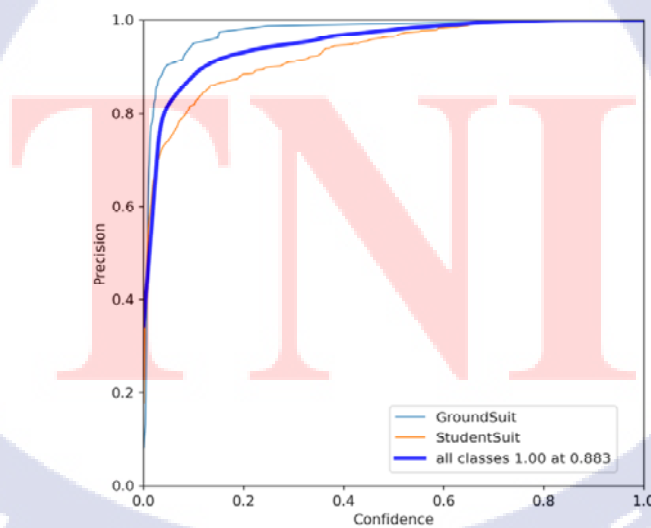
บทที่ 4

ผลการวิจัย

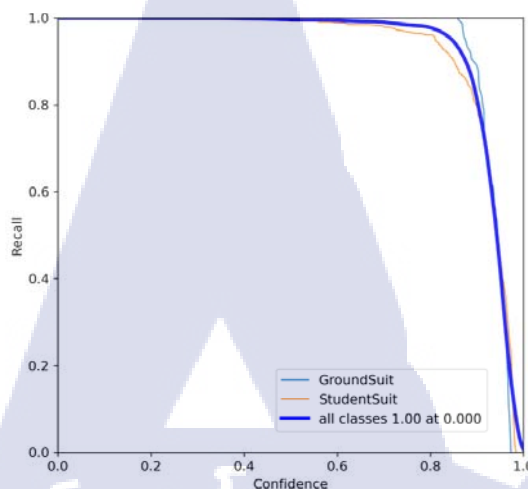
ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ และการศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวกับทฤษฎีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ ทำให้นักวิจัยได้ความรู้เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของสื่อโฆษณาดิจิทัลโดยใช้ระบบเรียลไทม์เพื่อลดต้นทุนในการผลิตป้ายโฆษณาและออกแบบการตรวจจับผู้เข้าชมแบบเรียลไทม์เพื่อปรับเปลี่ยนเนื้อหาให้ตรงกับผู้เข้าชม โดยนำภาพจากที่หามา มาทำดาต้าเซตโดยการทำ Image Labeling และ Augmentation ภาพเพื่อเพิ่มจำนวน ก่อนจะทำการเทรนโมเดลเพื่อให้โมเดลมีความแม่นยำมากขึ้นและเมื่อได้ความแม่นยำแล้วผู้วิจัยได้ทำการใช้ระบบจริงและได้ประสบปัญหาหลายอย่าง เช่นจำนวนวิดีโอที่มีใหญ่ทำให้เวลาตรวจจับมีความกระตุก, การตรวจจับที่ยังไม่ตรงบางจุด, การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับเปลี่ยน Content เนื่องจากการตรวจจับบางจุดยังเกิดความผิดพลาดจึงได้ค่าการวิเคราะห์ที่ผิดพลาด



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการ Image Labeling และ Augmentation



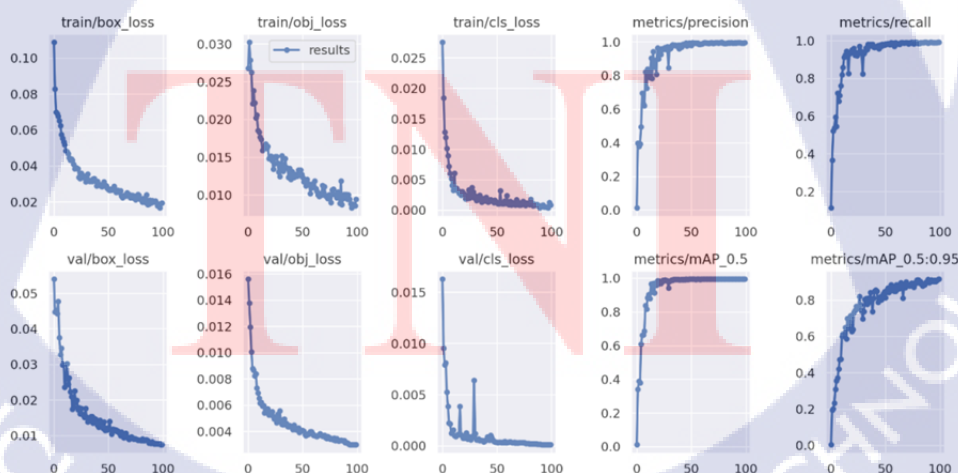
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่า Precision จากการสร้างแบบจำลอง



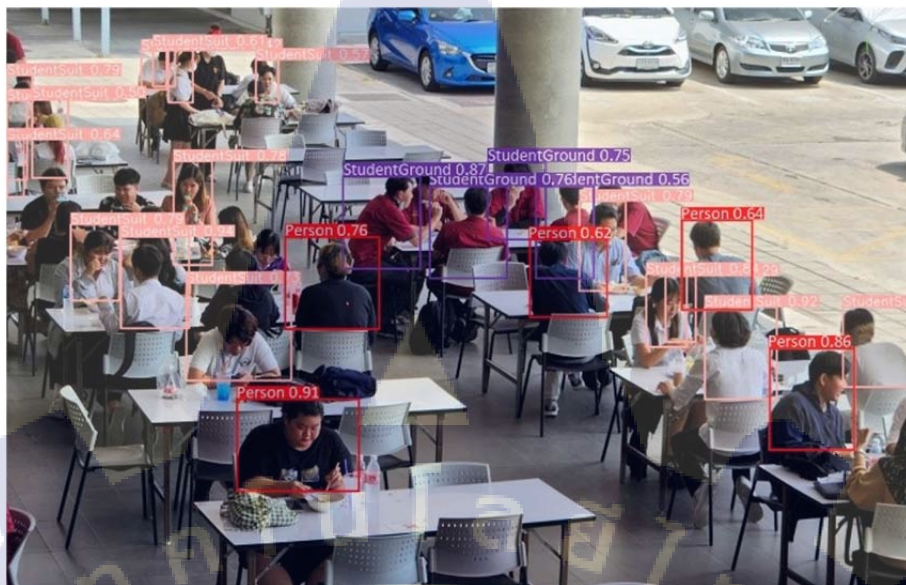
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่า Recall จากการสร้างแบบจำลอง

จากกราฟดังกล่าวด้านบน คือการทำให้ภาพ หรือวิดีโอ มีความแม่นยำและถูกต้องมากที่สุดโดยกราฟทั้งสองจะมีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด

หลังจากที่ทำการรวบรวมเก็บข้อมูลนักศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ทั้งหมด 176 ภาพ แบ่งเป็นภาพชุดนักศึกษา 100 ภาพ และภาพนักศึกษาในเสื้อซ้อป 76 ภาพ จากนั้นจึงทำการกำหนดขอบเขตของวัตถุเป้าหมาย (Annotation) ภายในภาพ หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิค Image Augmentation ในการเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูลและได้ทำการเทรนภาพจากตาต้าเซตที่ได้เพื่อให้ได้ความแม่นยำและความถูกต้อง ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ภาพรวมการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองการตรวจจับวัตถุ



รูปที่ 4.5 ภาพจากการเทรนโมเดล

จากภาพที่ได้จะเห็นว่า การตรวจจับบางส่วนยังมีการผิดพลาดอยู่แต่ก็เป็นส่วนน้อยเนื่องจาก อาจจะเป็นเพราะปัจจัยอื่นๆ เช่น บุคคลภายนอกใส่เสื้อสีขาวกางเกงสีดำ หรือเสื้อสีโทนอ่อน หรือมี สิ่งของบังบางส่วนทำให้ระบบตรวจจับเกิดการผิดพลาด และจากข้อมูลที่ได้มาจะเข้าสู่กระบวนการ วิเคราะห์ทางสถิติเพื่อนำเสนอ content ให้แก่ผู้เข้าชมที่อยู่บริเวณนั้นเป็นเวลา 3 นาที และในขณะที่ นำเสนอข้อมูลอยู่เป็นเวลา 2 นาที ระบบจะตรวจสอบว่ามีผู้เข้าชมกลุ่มใหม่มาเพิ่มอีกไหม ถ้ามีระบบ จะทำการเข้าสู่โหมดสลิฟ เพื่อประหยัดพลังงาน แต่ถ้ามีผู้เข้าชมใหม่ระบบจะทำการวิเคราะห์จำนวน ผู้เข้าชมและชุดที่สวมใส่ ว่าตรงตามข้อตกลงไหน เพื่อแสดงเนื้อหาต่อไป

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 5

บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับแบบเรียลไทม์ให้เหมาะกับผู้ใช้ชมนี้ โดยการใช้การวิเคราะห์ภาพและการเลือกเนื้อหา ซึ่งมีจุดประสงค์ ดังบทที่1 โดยจะสรุปดังนี้

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมป้ายโฆษณาดิจิทัล ด้วยเทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ ภายในพื้นที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ชุดข้อมูลของนักศึกษา และบุคคลทั่วไปได้ถูกสร้างขึ้นใหม่โดยการเก็บรวบรวมภาพลักษณะของกลุ่มประชากร แบ่งเป็น นักศึกษาที่ใส่เครื่องแบบนักศึกษา นักศึกษาที่ใส่เสื้อซ้อป และบุคคลทั่วไป แล้วนำมาสร้างแบบจำลองในการแยกแยะกลุ่มประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ เพื่อการจัดแสดงเนื้อหาโฆษณาได้ตรงตามกลุ่มประชากรเป้าหมายได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยจะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาคำนวณทางสถิติเพื่อให้ระบบออกคำสั่งในการแสดงเนื้อหาตามผู้เข้าชมได้ถูกต้อง ตามผู้เข้าชมบริเวณนั้น นอกจากนี้ระบบที่นำเสนอยังสามารถประมวลผลได้ในอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็ก ต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ทั่วไปและพลังงานที่ต่ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของป้ายโฆษณาดิจิทัลทั่วไปให้สามารถแสดงเนื้อหาได้ตรงตามกลุ่มประชากรที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาได้ดีมากยิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 พบการกระตุกเมื่อทำการตรวจจับวัตถุเนื่องจากไฟล์ภาพที่มีขนาดใหญ่

5.2.2 การตรวจจับบางจุดยังไม่แม่นยำเนื่องจากบุคคลภายนอกอาจจะใส่เสื้อสีขาวหรือแต่งกายใกล้เคียงกับชุดนักศึกษา

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขโค้ดโปรแกรมและพิจารณาปัจจัยแต่ละจุดที่ติดปัญหาใหม่



บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] Raspberry pi, “Benchmarking the Raspberry Pi 4,” [Online]. Available : <https://medium.com/@ghalfacree/benchmarking-the-raspberry-pi-4-73e5afbcd54b>. [Accessed : June 24, 2019].
- [2] Support Thaieasyelec, “บทความการพัฒนาโปรแกรมบน Raspberry Pi ด้วย QT,” [Online]. Available : <https://blog.thaieasyelec.com/raspberry-pi-programming-with-qt-ch1/>. [Accessed : 14 กรกฎาคม 2561].
- [3] P. Palm, “รีวิว กล้องเว็บแคม สำหรับ PC ที่ให้ภาพคมชัดที่สุด,” [Online]. Available : <https://bestreview.asia/best-webcams-pc/>. [Accessed : 2 มีนาคม 2566].
- [4] Klongthom, “เทคโนโลยีการรู้จดจำใบหน้า,” [Online]. Available : <https://klongthomtech.maggang.com/>. [Accessed : 29 พฤษภาคม 2563].
- [5] CCTV, “รู้จักเทคโนโลยีจดจำใบหน้า,” [Online]. Available : <http://cctv.co.th> [Accessed : 29 พฤษภาคม 2565].
- [6] Y. Kuo-cheng et al., “A study on the effectiveness of digital signage advertisement,” *IEEE International Symposium on Computer, ISCI 2012, Kuala Lumpur, Malaysia, June 4-6, 2012*, pp. 617-621.
- [7] K. Yin et al., “Metaheuristic technique for the disassembly line balancing problem,” *Proceedings of the 2012 Northeast Decision Science Institute Conference, NEDSI 2004 Proceedings, New Jersey, USA, June 6-9, 2012*, pp. 223-225.
- [8] R. Robert and S. Franc, “The use of bluetooth for analysing spatiotemporal dynamics of human movement at mass events : A case study of the ghent festivities,” *Applied Geography Journal*, vol. 25, no. 2, pp. 208-220, March 2013.
- [9] W. Yang and Z. Jiachun, “Real-time face detection based on Yolo,” *Journal of Hydrology*, vol. 358, no. 3, pp. 294-303, September 2018.
- [10] H. Andrew et al., “Affordable digital signage with raspberry Pi,” *Advances in Neural Networks and Applications Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 287-291, May-June 2020.
- [11] M. Fahad et al., “Investigating the efficiency of deep learning based security system in a real-time environment using yolov5,” *Sensors 2020 Journal*, vol. 20, no. 3, pp. 694-703, January 2022.

- [12] K. Mishima et al., "Cost effective digital signage system using low cost information device," *IEEE Symposium on Complementary Therapies in Medicine*, ISCI 2016, Las Vegas, USA, March 28-31, 2016, pp. 266-267.
- [13] K. Mishima et al., "Low-cost managed digital signage system with signage device using small-sized and low-cost information device," *International Conference on Intelligence Computation and Applications 2017*, ISICA 2017, Las Vegas, USA, July 23-25, 2017, pp. 573-575.
- [14] Y. Bandung et al., "Design and implementation of digital signage system based on raspberry Pi 2 for e-tourism in Indonesia," *Proceedings of the 2015 Northeast Decision Science Institute Conference, NEDSI 2015 Proceedings*, Bandung, Indonesia, March 27-28, 2015, pp. 135-140.
- [15] J. S. Lee et al., "The implementation of 4K digital signage system," *International Conference on Advanced Communication Technology 2014*, ISICA 2014, Pyeongchang, Korea (South), March 24-27, 2014, pp. 614-617.
- [16] P. Chermprayong and C. Kraichan, "3D scanning with AI-powered Embedded system streaming digital signage via redundant network attached storage and hybrid cloud storage," *Advances in Neural Networks and Applications Journal*, vol. 34, no. 3, pp. 1-6, May 2020.
- [17] I. Heruwanto et al., "Application of artificial neural network for prediction of liquid viscosity," *Indian Chemical Engineer Journal*, vol. 52, no. 1, pp. 37-48, April 2018.
- [18] M. Kazuhiro et al., "Cost effective digital signage system using low cost information device," *IEEE International Conference on Recent Advances in Information Technology*, RAIT, Dhanbad, India, January 3-5, 2016, pp. 74-88.



ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.

โค้ดโปรแกรม

TNI

```

import argparse
import os
import platform
import sys
from pathlib import Path
import torch
FILE = Path(__file__).resolve()
ROOT = FILE.parents[0] # YOLOv5 root directory
if str(ROOT) not in sys.path:
    sys.path.append(str(ROOT)) # add ROOT to PATH
ROOT = Path(os.path.relpath(ROOT, Path.cwd())) # relative
from models.common import DetectMultiBackend
from utils.dataloaders import IMG_FORMATS, VID_FORMATS, LoadImages,
LoadScreenshots, LoadStreams
from utils.general import (LOGGER, Profile, check_file, check_img_size, check_imshow,
check_requirements, colorstr, cv2,
                           increment_path, non_max_suppression, print_args, scale_boxes, strip_optimizer,
                           xyxy2xywh)
from utils.plots import Annotator, colors, save_one_box
from utils.torch_utils import select_device, smart_inference_mode
@smart_inference_mode()
def run(
    weights=ROOT / 'yolov5s.pt', # model path or triton URL
    source=ROOT / 'data/images', # file/dir/URL/glob/screen/0(webcam)
    data=ROOT / 'data/coco128.yaml', # dataset.yaml path
    imgsz=(640, 640), # inference size (height, width)
    conf_thres=0.25, # confidence threshold
    iou_thres=0.45, # NMS IOU threshold
    max_det=1000, # maximum detections per image
    device="", # cuda device, i.e. 0 or 0,1,2,3 or cpu
    view_img=False, # show results

```

```

save_txt=False, # save results to *.txt
save_conf=False, # save confidences in --save-txt labels
save_crop=False, # save cropped prediction boxes
nosave=False, # do not save images/videos
classes=None, # filter by class: --class 0, or --class 0 2 3
agnostic_nms=False, # class-agnostic NMS
augment=False, # augmented inference
visualize=False, # visualize features
update=False, # update all models
project=ROOT / 'runs/detect', # save results to project/name
name='exp', # save results to project/name
exist_ok=False, # existing project/name ok, do not increment
line_thickness=3, # bounding box thickness (pixels)
hide_labels=False, # hide labels
hide_conf=False, # hide confidences
half=False, # use FP16 half-precision inference
dnn=False, # use OpenCV DNN for ONNX inference
vid_stride=1, # video frame-rate stride
):
    source = str(source)
    save_img = not nosave and not source.endswith('.txt') # save inference images
    is_file = Path(source).suffix[1:] in (IMG_FORMATS + VID_FORMATS)
    is_url = source.lower().startswith(('rtsp://', 'rtmp://', 'http://', 'https://'))
    webcam = source.isnumeric() or source.endswith('.streams') or (is_url and not
is_file)
    screenshot = source.lower().startswith('screen')
    if is_url and is_file:
        source = check_file(source) # download

```

```

# Directories
save_dir = increment_path(Path(project) / name, exist_ok=exist_ok) # increment
run
(save_dir / 'labels' if save_txt else save_dir).mkdir(parents=True, exist_ok=True) #
make dir
# Load model
device = select_device(device)
model = DetectMultiBackend(weights, device=device, dnn=dnn, data=data,
fp16=half)
stride, names, pt = model.stride, model.names, model.pt
imgsz = check_img_size(imgsz, s=stride) # check image size
# Dataloader
bs = 1 # batch_size
if webcam:
    view_img = check_imshow(warn=True)
    dataset = LoadStreams(source, img_size=imgsz, stride=stride, auto=pt,
vid_stride=vid_stride)
    bs = len(dataset)
elif screenshot:
    dataset = LoadScreenshots(source, img_size=imgsz, stride=stride, auto=pt)
else:
    dataset = LoadImages(source, img_size=imgsz, stride=stride, auto=pt,
vid_stride=vid_stride)
vid_path, vid_writer = [None] * bs, [None] * bs
# Run inference
model.warmup(imgsz=(1 if pt or model.triton else bs, 3, *imgsz)) # warmup
seen, windows, dt = 0, [], (Profile(), Profile(), Profile())
for path, im, im0s, vid_cap, s in dataset:
    with dt[0]:
        im = torch.from_numpy(im).to(model.device)
        im = im.half() if model.fp16 else im.float() # uint8 to fp16/32

```

```

im /= 255 # 0 - 255 to 0.0 - 1.0
if len(im.shape) == 3:
    im = im[None] # expand for batch dim
# Inference
with dt[1]:
    visualize = increment_path(save_dir / Path(path).stem, mkdir=True) if
visualize else False
    pred = model(im, augment=augment, visualize=visualize)
# NMS
with dt[2]:
    pred = non_max_suppression(pred, conf_thres, iou_thres, classes,
agnostic_nms, max_det=max_det)
# Second-stage classifier (optional)
# pred = utils.general.apply_classifier(pred, classifier_model, im, im0s)
# Process predictions
for i, det in enumerate(pred): # per image
    seen += 1
    if webcam: # batch_size >= 1
        p, im0, frame = path[i], im0s[i].copy(), dataset.count
        s += f'{i}: '
    else:
        p, im0, frame = path, im0s.copy(), getattr(dataset, 'frame', 0)
    p = Path(p) # to Path
    save_path = str(save_dir / p.name) # im.jpg
    txt_path = str(save_dir / 'labels' / p.stem) + (' if dataset.mode == 'image' else
f_{frame}') # im.txt
    s += '%gx%g ' % im.shape[2:] # print string
    gn = torch.tensor(im0.shape)[[1, 0, 1, 0]] # normalization gain whwh
    imc = im0.copy() if save_crop else im0 # for save_crop
    annotator = Annotator(im0, line_width=line_thickness, example=str(names))
    if len(det):

```

```

# Rescale boxes from img_size to im0 size
det[:, :4] = scale_boxes(im.shape[2:], det[:, :4], im0.shape).round()

# Print results
for c in det[:, 5].unique():
    n = (det[:, 5] == c).sum() # detections per class
    s += f"{n} {names[int(c)]}'s' * (n > 1)}, " # add to string

# Write results
for *xyxy, conf, cls in reversed(det):
    if save_txt: # Write to file
        xywh = (xyxy2xywh(torch.tensor(xyxy).view(1, 4)) / gn).view(-1).tolist()
        # normalized xywh
        line = (cls, *xywh, conf) if save_conf else (cls, *xywh) # label format
        with open(f'{txt_path}.txt', 'a') as f:
            f.write((' %g ' * len(line)).rstrip() % line + '\n')
    if save_img or save_crop or view_img: # Add bbox to image
        c = int(cls) # integer class
        label = None if hide_labels else (names[c] if hide_conf else
            f'{names[c]} {conf:.2f}')
        annotator.box_label(xyxy, label, color=colors(c, True))
    if save_crop:
        save_one_box(xyxy, imc, file=save_dir / 'crops' / names[c] /
            f'{p.stem}.jpg', BGR=True)
    # Stream results
    im0 = annotator.result()
    if view_img:
        if platform.system() == 'Linux' and p not in windows:
            windows.append(p)
            cv2.namedWindow(str(p), cv2.WINDOW_NORMAL |
            cv2.WINDOW_KEEPRATIO) # allow window resize (Linux)
            cv2.resizeWindow(str(p), im0.shape[1], im0.shape[0])

```

```

cv2.imshow(str(p), im0)
cv2.waitKey(1) # 1 millisecond
# Save results (image with detections)
if save_img:
    if dataset.mode == 'image':
        cv2.imwrite(save_path, im0)
    else: # 'video' or 'stream'
        if vid_path[i] != save_path: # new video
            vid_path[i] = save_path
            if isinstance(vid_writer[i], cv2.VideoWriter):
                vid_writer[i].release() # release previous video writer
            if vid_cap: # video
                fps = vid_cap.get(cv2.CAP_PROP_FPS)
                w = int(vid_cap.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH))
                h = int(vid_cap.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT))
            else: # stream
                fps, w, h = 30, im0.shape[1], im0.shape[0]
            save_path = str(Path(save_path).with_suffix('.mp4')) # force *.mp4
suffix on results videos
            vid_writer[i] = cv2.VideoWriter(save_path,
cv2.VideoWriter_fourcc(*'mp4v'), fps, (w, h))
            vid_writer[i].write(im0)
        # Print time (inference-only)
        LOGGER.info(f'{s}{" if len(det) else '(no detections), '}{dt[1].dt * 1E3:.1f}ms")
# Print results
t = tuple(x.t / seen * 1E3 for x in dt) # speeds per image
LOGGER.info(f'Speed: %.1fms pre-process, %.1fms inference, %.1fms NMS per
image at shape {(1, 3, *imgsz)}' % t)
if save_txt or save_img:
    s = f"\n{len(list(save_dir.glob('labels/*.txt')))} labels saved to {save_dir / 'labels'}"
if save_txt else "

```

```

    LOGGER.info(f"Results saved to {colorstr('bold', save_dir)}{s}")
    if update:
        strip_optimizer(weights[0]) # update model (to fix SourceChangeWarning)
def parse_opt():
    parser = argparse.ArgumentParser()
    parser.add_argument('--weights', nargs='+', type=str, default=ROOT / 'yolov5s.pt',
        help='model path or triton URL')
    parser.add_argument('--source', type=str, default=ROOT / 'data/images',
        help='file/dir/URL/glob/screen/0(webcam)')
    parser.add_argument('--data', type=str, default=ROOT / 'data/coco128.yaml',
        help='(optional) dataset.yaml path')
    parser.add_argument('--imgsz', '--img', '--img-size', nargs='+', type=int, default=[640],
        help='inference size h,w')
    parser.add_argument('--conf-thres', type=float, default=0.25, help='confidence threshold')
    parser.add_argument('--iou-thres', type=float, default=0.45, help='NMS IoU threshold')
    parser.add_argument('--max-det', type=int, default=1000, help='maximum detections per image')
    parser.add_argument('--device', default="", help='cuda device, i.e. 0 or 0,1,2,3 or cpu')
    parser.add_argument('--view-img', action='store_true', help='show results')
    parser.add_argument('--save-txt', action='store_true', help='save results to *.txt')
    parser.add_argument('--save-conf', action='store_true', help='save confidences in --save-txt labels')
    parser.add_argument('--save-crop', action='store_true', help='save cropped prediction boxes')
    parser.add_argument('--nosave', action='store_true', help='do not save images/videos')
    parser.add_argument('--classes', nargs='+', type=int, help='filter by class: --classes 0, or --classes 0 2 3')

```

```

parser.add_argument('--agnostic-nms', action='store_true', help='class-agnostic
NMS')
parser.add_argument('--augment', action='store_true', help='augmented inference')
parser.add_argument('--visualize', action='store_true', help='visualize features')
parser.add_argument('--update', action='store_true', help='update all models')
parser.add_argument('--project', default=ROOT / 'runs/detect', help='save results
to project/name')
parser.add_argument('--name', default='exp', help='save results to project/name')
parser.add_argument('--exist-ok', action='store_true', help='existing project/name
ok, do not increment')
parser.add_argument('--line-thickness', default=3, type=int, help='bounding box
thickness (pixels)')
parser.add_argument('--hide-labels', default=False, action='store_true', help='hide
labels')
parser.add_argument('--hide-conf', default=False, action='store_true', help='hide
confidences')
parser.add_argument('--half', action='store_true', help='use FP16 half-precision
inference')
parser.add_argument('--dnn', action='store_true', help='use OpenCV DNN for ONNX
inference')
parser.add_argument('--vid-stride', type=int, default=1, help='video frame-rate
stride')
opt = parser.parse_args()
opt.imgsz *= 2 if len(opt.imgsz) == 1 else 1 # expand
print_args(vars(opt))
return opt
def main(opt):
    check_requirements(exclude=('tensorboard', 'thop'))
    run(**vars(opt))
if __name__ == '__main__':
    opt = parse_opt()
    main(opt)

```

ภาคผนวก ข.
การตีพิมพ์ผลงานวิจัย

TNI

ระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล โดยใช้ เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์

Audience Adaptive System for Digital Signage Based on Real-Time Object Detection Technology

สุจิตรา ปิ่นพัฒนพงศ์
ห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (IES)
คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
pi.sujitra_st@tni.ac.th

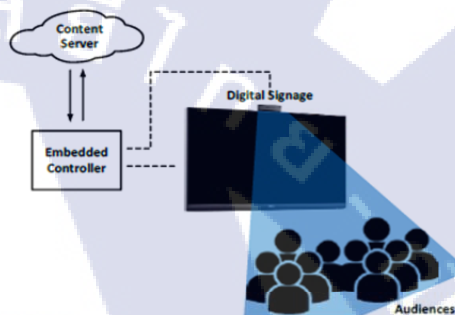
ดร.ชัชไชย วรรณบุรณ
ห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (IES)
คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
chatchai@tni.ac.th

บทคัดย่อ — ป้ายโฆษณาคือสื่อกลางในการประชาสัมพันธ์สินค้าและบริการที่เรียบง่าย เข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้ไว และมีความชัดเจน ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการประชาสัมพันธ์ของป้ายนั้นคือสถานที่ และเนื้อหาที่ตรงกับกลุ่มเป้าหมาย งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนากระบวนการปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามกลุ่มผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล (Digital Signage) โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุจากกล้องวิดีโอ และนำภาพที่ได้มาประมวลผลในคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก โดยวิเคราะห์จำนวน และกลุ่มประชากรในพื้นที่ เพื่อปรับเปลี่ยนเนื้อหาบนป้ายโฆษณาให้เหมาะสมกับกลุ่มประชากรในพื้นที่ ณ ช่วงเวลานั้นๆ ในการทดลองนี้ ลักษณะของกลุ่มประชากรถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ นักศึกษา และ บุคคลทั่วไปภายในสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ซึ่งทำการสร้างชุดข้อมูล (Dataset) สำหรับแบ่งแยกกลุ่มประชากรขึ้นมาใหม่ ทำให้สามารถวิเคราะห์กลุ่มประชากรในพื้นที่เป้าหมายได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นต้นแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพของป้ายโฆษณาดิจิทัลทั่วไปให้สามารถแสดงเนื้อหาที่ตรงกับกลุ่มเป้าหมายมากยิ่งขึ้นในราคาที่ต่ำลงอีกด้วย

คำสำคัญ — การตรวจจับวัตถุ, ป้ายโฆษณาดิจิทัล, ระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาอัตโนมัติ

ABSTRACT — This paper presents an audience adaptive system for digital signage. A real-time object detection technology is utilized through a webcam and small computer module in order to classify and analysis the category of audience in the target area. The content of digital signage can be altered based on the type and crowd of the audiences inside the target area. The experimental results of the proposed digital signage indicate a capable of adaptive content using classification between student and regular person in the Thai-Nichi Institute of Technology area. Furthermore, this research provides a potential of cost-effective audience adaptive system for advertisement and marketing applications.

Keywords — Object detection, audience adaptive system, digital signage



รูปที่ 1. ภาพรวมของระบบ

1 บทนำ

สื่อโฆษณาเป็นการลงทุนที่ทำให้ผู้บริโภครู้จักผลิตภัณฑ์และบริการของธุรกิจนั้นมากยิ่งขึ้น ป้ายดิจิทัลเป็นรูปแบบหนึ่งของการแสดงผลอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เพื่อแสดงเนื้อหาที่มีมิติเดียว รวมถึงรูปภาพ วิดีโอ และข้อความในที่สาธารณะ ซึ่งได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในพื้นที่สาธารณะ เช่น ร้านค้าปลีก สนามบิน และสถาบันการศึกษา ข้อได้เปรียบที่สำคัญของป้ายดิจิทัลคือความยืดหยุ่นของเนื้อหา ซึ่งสามารถอัปเดตแบบเรียลไทม์เพื่อสะท้อนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงหรือข้อเสนอส่งเสริมการขาย ซึ่งแตกต่างจากป้ายคงที่แบบดั้งเดิม สิ่งนี้ช่วยให้ธุรกิจสามารถสื่อสารกับลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ป้ายดิจิทัลยังสามารถปรับเปลี่ยนขนาดและรูปทรงได้ง่าย ซึ่งหมายความว่าธุรกิจต่างๆ สามารถปรับแต่งการแสดงผลให้เหมาะสมกับความต้องการและวัตถุประสงค์เฉพาะของตนได้ โดยสามารถเลือกขนาด รูปทรง และรูปแบบการแสดงผลได้หลากหลาย และสามารถรวมเนื้อหาที่มีมิติเดียวประเภทต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อสร้างประสบการณ์ที่น่าสนใจและน่าดึงดูดยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม ป้ายดิจิทัลส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถในการปรับเปลี่ยนเนื้อหาให้เข้ากับผู้ชมที่แตกต่างกัน เนื่องจากจำนวนและประเภทของผู้ชมอาจแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งอาจส่งผลให้การสื่อสารไม่มีประสิทธิภาพและการมีส่วนร่วมลดลง เพื่อแก้ไขปัญหานี้จึงได้เริ่มมีการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) ใน

ตารางที่ 1. สรุปรายละเอียดของระบบ

อุปกรณ์	
กล้องเว็บแคม	Logitech C270
อุปกรณ์ประมวลผล	Raspberry pi model 4
ชุดข้อมูล	
ภาพนักศึกษาในเครื่องแบบ	100 ภาพ
ภาพนักศึกษาใส่เสื้อช็อป	75 ภาพ

การตรวจจับใบหน้าของผู้ชม แล้ววิเคราะห์ความสนใจของผู้คนที่ผ่านไปมา [1] และเริ่มมีการพัฒนาวิธีการตรวจวัดความสนใจของผู้คนทั่วไปต่อสื่อโฆษณาดิจิทัล โดยแบ่งเป็นช่วงอายุและเพศ [2-3] งานวิจัยส่วนใหญ่ได้เลือกใช้เทคนิคการตรวจจับใบหน้า (Face Recognition) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ช่วงอายุ เพศและระยะเวลาในการให้ความสนใจไปยังดิจิทัลของผู้ชมได้ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวต้องอาศัยการวิเคราะห์ใบหน้าในระยะใกล้ ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่เปิดโล่ง อีกทั้งในบางพื้นที่ผู้คนจำเป็นต้องใส่หน้ากากอนามัย ทำให้การวิเคราะห์ใบหน้าเป็นไปได้ยากมากยิ่งขึ้น

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล ด้วยเทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ โดยการเก็บรวบรวมลักษณะของกลุ่มประชากรในพื้นที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มาสร้างเป็นชุดข้อมูลระหว่างนักศึกษา และบุคลากรทั่วไป เพื่อให้ระบบทำการเรียนรู้และจัดแสดงเนื้อหาโฆษณาได้ตรงตามกลุ่มประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ นอกจากนี้ระบบที่นำเสนอยังสามารถประมวลผลได้ในอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็ก โดยใช้ต้นทุนและพลังงานที่ต่ำและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของป้ายโฆษณาดิจิทัลทั่วไปให้สามารถแสดงเนื้อหาที่ตรงกับกลุ่มเป้าหมาย

II วิธีดำเนินการวิจัย

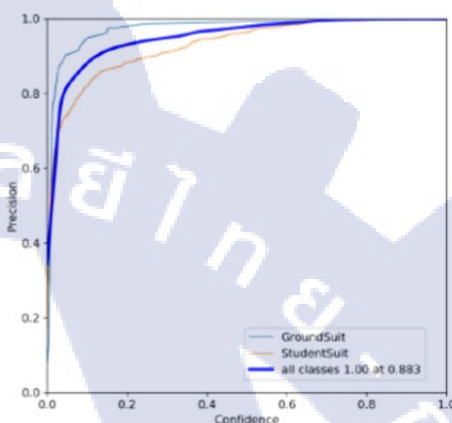
ระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชม โดยใช้เทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ รูปที่ 1 แสดงภาพรวมการทำงานของระบบ ประกอบด้วย จอแสดงผลภาพโฆษณาดิจิทัล กล้องเว็บแคมสำหรับรับภาพ อุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็ก (Embedded Controller) และส่วนของคลาวด์เซิร์ฟเวอร์สำหรับจัดเก็บเนื้อหาโฆษณา การทำงานของระบบจะเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ภาพจากกล้องเว็บแคมแบบเรียลไทม์ (Real-Time) ภายในอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็ก ซึ่งจะได้อำนาจและประเภทของผู้ชมในบริเวณของป้ายโฆษณา โดยระบบจะทำการนับจำนวนผู้เข้าชมที่อยู่บริเวณนั้น จากนั้นระบบจะทำการเลือกเนื้อหาโฆษณาที่เหมาะสมกับลักษณะของประชากร ณ ขณะนั้นมาทำการแสดงผ่านจอแสดงผลแบบดิจิทัล รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ถูกแสดงในตารางที่ 1

II.1 ระบบตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์

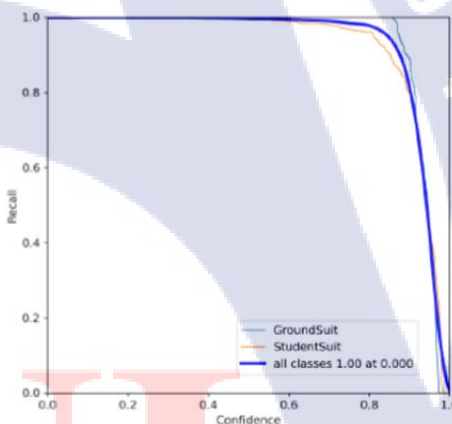
ในงานวิจัยนี้ได้เลือกโมเดลตรวจจับวัตถุ YOLOV5 (You Only Look Once version 5) ซึ่งเป็นแบบจำลองการตรวจจับวัตถุแบบขั้นตอนเดียว (Single-Stage Object Detection Model) โดยใช้สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นแกนหลักในการตรวจจับวัตถุ



รูปที่ II. ตัวอย่างชุดข้อมูลผ่านกระบวนการ Image Labeling และ Augmentation

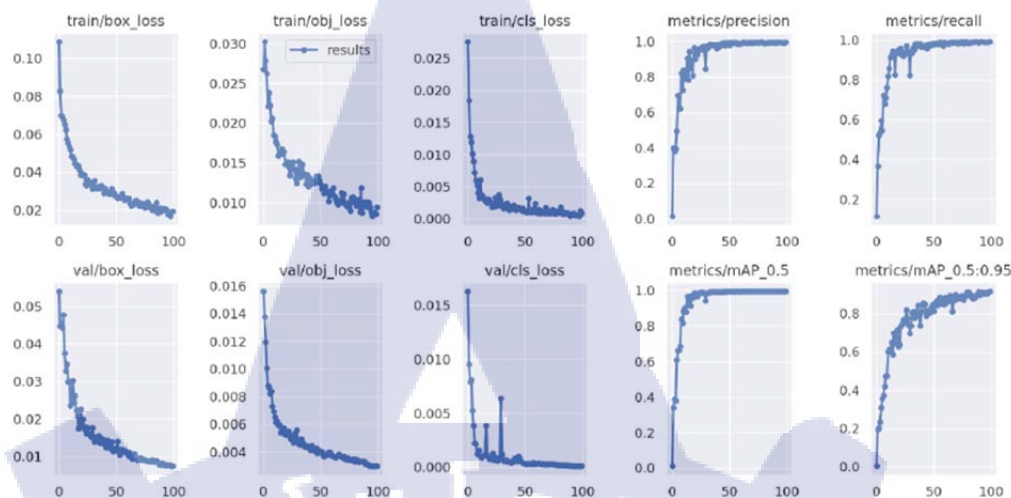


รูปที่ III. กราฟแสดงค่า Precision จากการสร้างแบบจำลอง



รูปที่ IV. dsกราฟแสดงค่า Recall จากการสร้างแบบจำลอง

สำหรับงานวิจัยนี้ในขั้นตอนแรกคือการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพนักศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ทั้งหมด 176 ภาพ แบ่งเป็นภาพชุดนักศึกษา 100 ภาพ และภาพนักศึกษาใส่เสื้อช็อป 76 ภาพ จากนั้นจึงทำการกำหนดขอบเขตของวัตถุเป้าหมาย (Annotation) ภายในภาพ หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิค Image Augmentation ในการเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูล กล่าวคือ รูปภาพที่ถูกกำหนดขอบเขตแล้ว จะ



รูปที่ V. ภาพรวมการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองการตรวจจับวัตถุ

ถูกทำซ้ำโดยการปรับแต่ง เช่น การเอียงภาพ (Rotation) การเฉือนภาพ (Shear) และการปรับสีภาพ (Exposure) ทำให้ได้ชุดข้อมูลทั้งหมด 314 ภาพ รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างชุดข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการ Image Labeling และ Augmentation

หลังจากจัดเตรียมชุดข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างแบบจำลองการตรวจจับวัตถุโดย YOLOV5 โดยการสร้างค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ภายในโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน เพื่อใช้สำหรับ Training 220 ภาพ (70%), Validation 62 ภาพ (20%) และ Test 32 ภาพ (10%) ตามลำดับ ซึ่งแบบจำลองนี้จะนำไปใช้ตรวจนับจำนวนของนักศึกษา และบุคลากรทั่วไปเพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของผู้เข้าชมที่มีจำนวนมากกว่าในแต่ละหนึ่งเฟรม และจัดแสดงเนื้อหาโฆษณาได้ตรงตามประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ดังกล่าวดังนี้

ตารางที่ II. การวิเคราะห์จำนวนประชากรเพื่อแสดงเนื้อหา

รูปที่	1	2	3
นักศึกษา/Ct1	25	18	22
บุคลากร/Ct2	10	5	5
%ผู้เข้าชมที่มากกว่า	71%	78%	81%
ผลลัพธ์	Contant1	Contant1	Contant1

III ผลลัพธ์จากการทดลอง

III.1 ประสิทธิภาพของแบบจำลองการตรวจจับวัตถุ

รูปที่ 3 แสดงผลลัพธ์จากการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม สำหรับการคัดแยกประเภทและนับจำนวนผู้ชมในพื้นที่เป้าหมาย โดยผลการวิจัยพบว่า ค่าความแม่นยำ (Precision) สูงสุดที่ได้จะอยู่ที่ประมาณ 88 % ต่ำสุดที่ 50 % และเพิ่มขึ้นตามจำนวน รอบการเรียนรู้ สำหรับการสร้างแบบจำลอง รูปที่ 4 แสดงค่า Recall ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของการสังเกตทั้งหมดภายในชุดข้อมูล จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าค่า Recall สูงสุดที่ได้ใกล้เคียง 100% จากค่า Recall ต่ำสุดประมาณ

20% และเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบการเรียนรู้สำหรับการสร้างแบบจำลอง โดยที่ค่า Precision และ Recall สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

โดยที่ TP, FP และ FN แสดงถึง true-positive, false-positive และ false-negative ตามลำดับ รูปที่ 5 แสดงถึงภาพรวมประสิทธิภาพของแบบจำลอง ผลการวิจัยพบว่า ค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงสุดที่ได้จะอยู่ที่ประมาณ 97% จากค่าความถูกต้องเฉลี่ย (กราฟ metrics/precision และ metrics/recall) โดยค่าความถูกต้องเฉลี่ยจะเริ่มต้นที่อยู่ที่ในช่วง 85 – 97 % หลังจากผ่านการเรียนรู้ประมาณ 100 รอบ

III.2 ผลลัพธ์การจำแนกประเภทและตรวจนับจำนวนผู้ชมในพื้นที่

รูปที่ 6 แสดงผลลัพธ์การใช้งานแบบจำลองการตรวจจับวัตถุที่สร้างขึ้นมาใช้งานในพื้นที่จริง ซึ่งจะเห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถจำแนกประเภทของประชากรในพื้นที่เปิดได้เป็นอย่างดี แบ่งเป็น นักศึกษาที่ใช้เครื่องแบบนักศึกษา นักศึกษาที่ใช้เสื้อฮู้ป และบุคลากรทั่วไป จากผลลัพธ์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่าระบบที่ออกแบบสามารถตรวจวัดจำนวนประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่เป้าหมาย โดยแบ่งเป็น นักศึกษาที่ใช้เครื่องแบบนักศึกษา 17 คน นักศึกษาที่ใช้เสื้อฮู้ป 5 คน และบุคลากรทั่วไป 5 คน ซึ่งข้อมูลนี้เป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้การนำเสนอเนื้อหาโฆษณาเป็นไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

IV สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบปรับเปลี่ยนเนื้อหาตามผู้ชมสำหรับป้ายโฆษณาดิจิทัล ด้วยเทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ ภายในพื้นที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ชุดข้อมูลของนักศึกษา และบุคลากรทั่วไปได้ถูกสร้างขึ้นใหม่โดยการเก็บรวบรวมภาพลักษณะของกลุ่มประชากร แบ่งเป็น นักศึกษาที่ใช้เครื่องแบบนักศึกษา นักศึกษาที่ใช้



รูปที่ 1. ผลลัพธ์การใช้งานแบบจำลองการตรวจจับวัตถุในพื้นที่จริง
 เลือข้อป และบุคคลทั่วไป แล้วนำมาสร้างแบบจำลองในการแยกแยะ
 กลุ่มประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ เพื่อการจัดแสดงเนื้อหาโฆษณาได้ตรง
 ตามกลุ่มประชากรเป้าหมายได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ระบบที่
 นำเสนอยังสามารถประมวลผลได้ในอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็ก โดย
 ใช้ต้นทุนและพลังงานที่ต่ำและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของป้ายโฆษณา
 ดิจิทัลทั่วไปให้สามารถสื่อสารข้อมูลได้ตรงตามกลุ่มประชากรที่
 เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาได้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] K. -C. Yin, H. -C. Wang, D. -L. Yang and J. Wu, "A Study on the Effectiveness of Digital Signage Advertisement," 2012 International Symposium on Computer, Consumer and Control, Taichung, Taiwan, 2012, pp. 169-172, doi: 10.1109/IS3C.2012.51.
- [2] Robert Ravník and Franc Solina, "Audience Measurement of Digital Signage: Quantitative Study in Real-World Environment Using Computer Vision", Oxford University Press on behalf of The British Computer Society, Vol. 25, No. 3, 2013.
- [3] K. Mishima, T. Sakurada and Y. Hagiwara, "Cost effective digital signage system using low cost information device," 2016 13th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 266-267, doi: 10.1109/CCNC.2016.7444773.
- [4] K. Mishima, T. Sakurada and Y. Hagiwara, "Low-cost managed digital signage system with signage device using small-sized and low-cost information device," 2017 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 2017, pp. 573-575, doi: 10.1109/CCNC.2017.7983172.
- [5] Y. Bandung, Y. F. Hendra and L. B. Subekti, "Design and implementation of digital signage system based on Raspberry Pi 2 for e-tourism in Indonesia," 2015 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), Bandung, Indonesia, 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICITSI.2015.7437699.
- [6] J. S. Lee, J. W. Lee, H. Jung, S. Moon and K. Yoon, "The implementation of 4K digital signage system," 16th International Conference on Advanced Communication Technology, Pyeongchang, Korea (South), 2014, pp. 614-617, doi: 10.1109/ICACT.2014.6779034.
- [7] P. Chermprayong and C. Kraichan, "3D Scanning with AI-powered Embedded System Streaming Digital Signage via Redundant Network Attached Storage and Hybrid Cloud Storage," 2020 15th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization (SMA, Zakynthos, Greece, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/SMAP49528.2020.9248449.
- [8] Heruwanto, I. W. Mustika and Selo, "Implementation of Digital Signage Based on Embedded System and IoT Using Mac Address as an Identifier on Laboratory in-Out Announcer Board," 2018 4th International Conference on Science and Technology (ICST), Yogyakarta, Indonesia, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICSTC.2018.8528626.
- [9] K. -M. Yu, C. -Y. Yu, B. -H. Yeh, C. -H. Hsu and H. -N. Hsieh, "The Design and Implementation of a Mobile Location-Aware Digital Signage System," 2010 Sixth International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, Hangzhou, China, 2010, pp. 235-238, doi: 10.1109/MSN.2010.44.
- [10] K. Sugiura, M. Dayarathina and A. Withana, "Design and implementation of distributed and scalable multimedia signage system," 2010 Second International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), Jeju, Korea (South), 2010, pp. 273-278, doi: 10.1109/ICUFN.2010.5547196.