

ระบบบริหารจัดการร้านขายของไร้พนักงานขาย

Cashierless Store Management System

วงศ์วริศ พันธุ์เจริญ

วริศ เผ่าทองสุข

ศุภกฤต โล่ห์แก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ระบบบริหารจัดการร้านขายของไร้พนักงานขาย

## Cashierless Store Management System

วงศ์วริศ พันธุ์เจริญ

วริศ เผ่าทองสุข

ศุภกฤต โล่ห์แก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

ปริญญานิพนธ์ปี การศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบบริหารจัดการร้านขายของไร้พนักงานขาย

Cashierless Store Management System

ผู้จัดทำ

1. นายวงศ์วิศ พันธุ์เจริญ รหัสนักศึกษา 62010787
2. นายวิศ เผ่าทองสุข รหัสนักศึกษา 62010808
3. นายศุภกฤต โล่ห์แก้ว รหัสนักศึกษา 62010889



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

## ระบบบริหารจัดการร้านขายของไร้พนักงานขาย

นายวงศ์วิศ	พันธ์เจริญ	62010787
นายวิศ	เผ่าทองสุข	62010808
นายศุภกฤต	โล่ห์แก้ว	62010889
รศ.ดร.เจริญ	วงษ์ชุ่มเย็น	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2565		

### บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอระบบจัดการร้านขายของแบบไร้พนักงานขาย โดยจะประกอบไปด้วยแคชเชียร์คิดเงินอัตโนมัติที่ใช้ทำหน้าที่แทนแคชเชียร์ และเว็บแอปพลิเคชันสำหรับลูกค้าและผู้ประกอบการ โดยแคชเชียร์จะตรวจจับและระบุประเภทสินค้าที่ผู้ใช้งานนำมาวางในพื้นที่คิดเงินผ่านระบบจดจำวัตถุ หลังจากนั้นจะคำนวณราคาของสินค้าทั้งหมด และผู้ใช้งานก็จะสามารถชำระเงินระบบจ่ายเงินไร้สัมผัสตามราคาสินค้าที่แคชเชียร์คำนวณ และในส่วนของเว็บไซต์ที่จะแบ่งเป็นส่วนของลูกค้าและผู้ประกอบการ สำหรับเว็บไซต์ในส่วนของลูกค้าจะประกอบไปด้วยระบบกระเป๋าเงินอิเล็กทรอนิกส์ และระบบประวัติการซื้อ และในส่วนของผู้ประกอบการจะประกอบไปด้วยระบบจัดการรายละเอียดของร้านค้า ระบบจัดการสินค้าที่สามารถเพิ่มหรือลดประเภทสินค้า หรือปริมาณสินค้าในคลัง โดยตัวเลขปริมาณสินค้าจะสัมพันธ์กับสินค้าที่ถูกขายไป และระบบแดชบอร์ดที่จะแสดงสถิติต่างๆของร้านค้า โดยหลังจากการทำโครงการที่มพัฒนาสามารถพัฒนาระบบจดจำวัตถุ ที่มีผลลัพธ์ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของทุกคลาสโดยมีค่าเท่ากับ 0.9312 ตามการทดสอบ รวมถึงได้ทำการทดสอบจริงผ่านผู้ใช้งานที่มีความแม่นยำที่ 85% ในการจ่ายสินค้า 3-10 ชิ้นภายใน 1 ครั้ง

# Cashierless Store Management System

Mr. Wongvarit	Pancharoen	62010787
Mr. Warit	Powtongsook	62010808
Mr. Supakit	Lokaew	62010889
Assoc. Prof. Dr. Charoen	Vongchumyen	Advisor
Academic Year 2022		

## Abstract

This thesis presents the store management system without a salesperson. Which consist of an automatic cashier and an application for customers and entrepreneurs. The counter will detect and specify the type of product that the user put in the checkout area through the object detection system. After that, the price will be calculated. And the user will be able to make a payment via a contactless payment system. The website section will be divided into customers and entrepreneurs, as for the customer, it consists of an e-wallet system. And the purchase history system and in the part of the entrepreneurs, it consists of the store details management system, a product management system that can increase or decrease product type or the number of products in the warehouse in which the number of products will be related to the products that are sold and the dashboard system That will show various store statistics. After Testing, this Project our Object Recognition Model has accuracy mean from 20 objects class about 0.9312 in testing lab. In real life testing accuracy mean is 85% which between 3-10 objects in a picture.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ รศ.ดร.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะแนวทาง ช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้ทางด้านวิชาการและประสบการณ์การทำงานจริงที่ดีแก่ทีมผู้พัฒนา

ขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครัวของทีมพัฒนาที่คอยเป็นส่วนในการสนับสนุน ไม่ว่าจะด้วยทั้งให้ความรู้ความสามารถ การเลี้ยงดูและการมอบโอกาสในการศึกษาแก่ทีมผู้พัฒนา

ขอขอบคุณ อ.สรยุทธ กลมกล่อม และ ศศ.ธนา หงษ์สุวรรณ อาจารย์ผู้สอนวิชาการเตรียม วิศวกรรมวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, วิชาโครงการ และวิชาการพัฒนาทักษะทางวิชาชีพวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณ ทุกท่านที่มีส่วนช่วยในโครงการประกอบไปด้วย ผู้ให้ข้อมูลปัญหา รื้อบ้านค้าและเสนอแนวความคิดประสบการณ์การด้านการขายสินค้า และผู้ร่วมทำการทดสอบระบบการทำงานของระบบที่ได้ทำการออกแบบไว้

# สารบัญ

หน้า

ระบบบริหารจัดการร้านขายของไร้พนักงานขาย .....	I
Cashierless Store Management System .....	II
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VII
สารบัญรูป .....	VIII
บทที่ 1 .....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์โครงการ .....	2
1.3 ขอบเขตโครงการ .....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	4
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ .....	5
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	6
2.1.1 เว็บแอปพลิเคชัน .....	6
2.1.2 Image Processing .....	9
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works) .....	21
2.2.1 Just Walk-Out Technology and its Challenges: A Case of Amazon Go <sup>[3]</sup> .....	21
2.2.2 End-to-End Object Detection with Transformers (DETR) .....	22
2.2.3 Face Detection and Recognition Using OpenCV <sup>[12]</sup> .....	22
บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนา .....	24

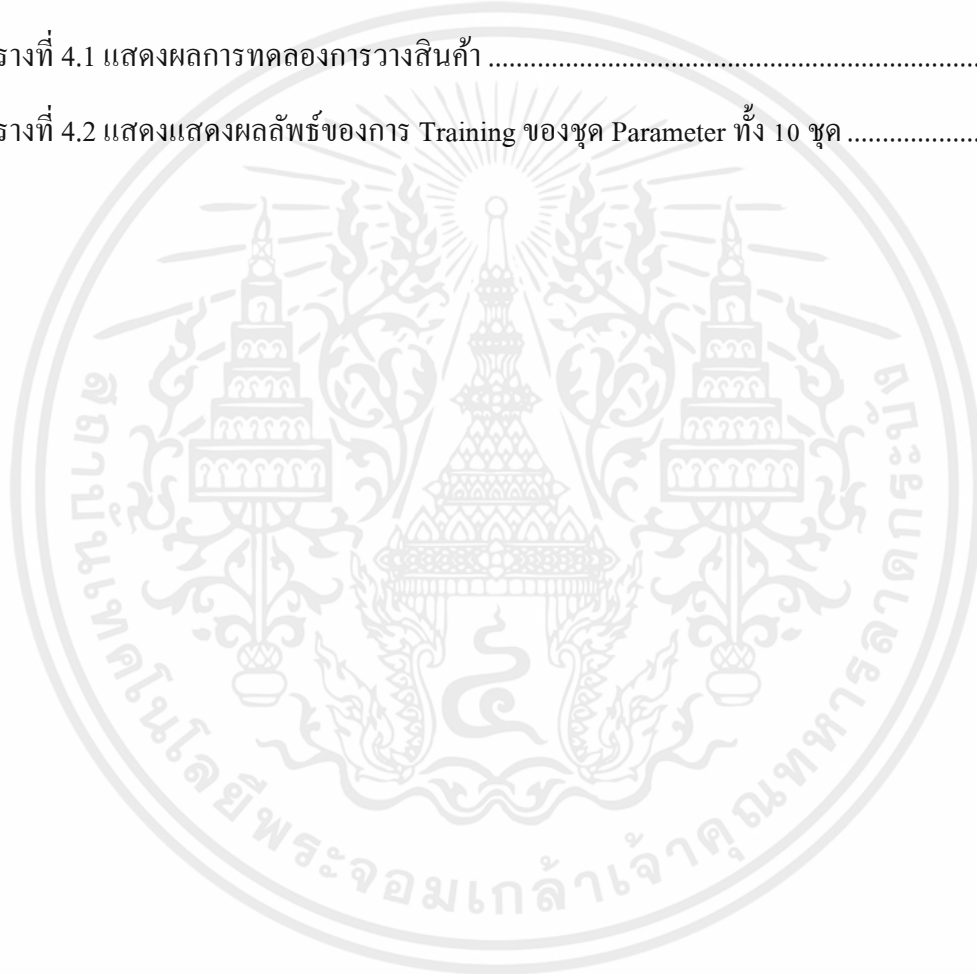
3.1	การออกแบบพื้นฐาน .....	24
3.1.1	การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน .....	24
3.1.2	การออกแบบอุปกรณ์ส่วนพื้นที่ชำระสินค้า .....	25
3.1.3	การออกแบบโมเดลการตรวจจับวัตถุ .....	30
3.2	การออกแบบ Diagram .....	42
3.2.1	การออกแบบ Business Process Model and Notation (BPMN).....	42
3.2.2	การออกแบบ Schema.....	43
3.2.3	การออกแบบ Data Flow Diagram ส่วนของอุปกรณ์ชำระเงิน .....	44
3.2.4	การออกแบบ Sequence Diagram.....	46
3.3	การออกแบบ UI Web Application .....	50
3.3.1	การออกแบบหน้า Homepage.....	51
3.3.2	การออกแบบหน้า Login .....	53
3.3.3	การออกแบบหน้า Register.....	54
3.3.4	การออกแบบหน้า Dashboard.....	55
3.3.5	การออกแบบหน้า Edit Profile .....	57
3.3.6	การออกแบบหน้า Transaction History และ Sales History.....	58
3.3.7	การออกแบบ Pop Up Scan .....	60
3.3.8	การออกแบบหน้า Stocking.....	61
3.4	การพัฒนา Model เพื่อใช้ในการทำ Object Detection.....	62
3.4.1	การเก็บข้อมูล Dataset เพื่อใช้ในการ Train Model.....	63
3.4.2	การเทรนโมเดล .....	67
3.4.3	การทดสอบผล .....	71

3.4.4	การประยุกต์ใช้โมเดล .....	72
3.5	การพัฒนาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ .....	73
3.5.1	หน่วยประมวลผลของอุปกรณ์ .....	73
3.5.2	กล้องจับภาพสินค้า.....	74
3.5.3	กล้องจับภาพบุคคล .....	75
3.5.4	การประกอบส่วนเคาน์เตอร์คิดเงิน.....	76
3.6	การพัฒนา Web Application.....	77
3.6.1	รายละเอียดการพัฒนาหน้าแสดงผลผ่านหน้าจอบนอุปกรณ์ Hardware .....	77
3.6.2	รายละเอียดการพัฒนาหน้าแสดงผลผู้ใช้งานส่วนประเภทลูกค้า.....	84
3.6.3	รายละเอียดการออกแบบหน้าแสดงผลผู้ใช้งานส่วนประเภทร้านค้าผู้ขาย .....	90
บทที่ 4	การทดลอง .....	96
4.1	การทดสอบ User Experience .....	96
4.2	การทดสอบ การทำ Hyperparameters Optimization.....	95
4.3	การทดสอบคุณภาพของ โมเดล.....	97
4.4	การทดสอบการใช้งานอุปกรณ์จริง.....	102
บทที่ 5	สรุป.....	103
5.1	สรุปผลการดำเนินงาน .....	103
5.2	ปัญหาและแนวทางการแก้ไข.....	104
5.3	แนวทางการพัฒนา.....	105
บรรณานุกรม	.....	106

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดง Requirement ของระบบ Web Application .....	27
ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการทดลองปรับใช้โมเดลใน Dataset เดียวกัน.....	31
ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลสินค้าที่นำมาเป็น Class ในการทำ Object Recognition .....	36
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการวางสินค้า .....	94
ตารางที่ 4.2 แสดงแสดงผลลัพธ์ของการ Training ของชุด Parameter ทั้ง 10 ชุด .....	96



# สารบัญรูป

หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของ CNN ในกระบวนการ Image Classification .....	10
ภาพที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Convolutional layer .....	11
ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Max Pooling .....	11
ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Sliding window เพื่อสร้าง Bounding Box.....	12
ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Image Classification กับ Object Localization .....	13
ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Attention Function และ Multi-Head Attention .....	15
ภาพที่ 2.7 แสดงการทำ Object Detection with Detection Transformer (DETR).....	17
ภาพที่ 2.8 แสดงตาราง Confusion Matrix .....	19
ภาพที่ 2.9 แสดง IoU โดย Bounding box สีแดงคือ Actual Positive และสีฟ้า Predicted Positive .....	21
ภาพที่ 2.10 แสดงข้อมูลการใช้งานที่จำเป็นในระบบ Amazon Go.....	21
ภาพที่ 2.11 แสดงการทำงานของ Object Detection with Detection Transformer (DETR).....	22
ภาพที่ 2.12 แสดงเทคโนโลยีการประมวลผล Face Recognition ด้วย OpenCV .....	22
ภาพที่ 3.1 แสดงผลลัพธ์การสืบค้น Requirement ผู้ใช้งาน .....	25
ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการออกแบบขั้นพื้นฐานส่วนพื้นที่ชำระสินค้ามุด้านบน .....	26
ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการออกแบบขั้นพื้นฐานส่วนพื้นที่ชำระสินค้ามุด้านล่าง .....	27
ภาพที่ 3.4 แสดงการออกแบบหน้าแสดงผล หน้าหลัก บนจอบนอุปกรณ์ Hardware .....	28
ภาพที่ 3.5 แสดงการออกแบบหน้าแสดงผล หน้ารายการสินค้า บนอุปกรณ์ Hardware .....	29
ภาพที่ 3.6 แสดงการออกแบบหน้าแสดงผล หน้าชำระเงิน บนอุปกรณ์ Hardware .....	29
ภาพที่ 3.7 แสดงการออกแบบหน้าแสดงผล หน้าชำระเงินสำเร็จ บนอุปกรณ์ Hardware .....	30

ภาพที่ 3.8 ประเภทของ การทำ Data Augmentation.....	38
ภาพที่ 3.9 แสดงการการออกแบบ Training Pipeline .....	41
ภาพที่ 3.10 แสดง Business Process Model and Notation (BPMN) ของระบบ .....	42
ภาพที่ 3.11 แสดงการออกแบบ ER Diagram ของระบบ.....	43
ภาพที่ 3.12 แสดง Data Flow Diagram อุปกรณ์ชำระเงินภายในระบบร้านค้า .....	45
ภาพที่ 3.13 แสดง Sequence Diagram ส่วนของ User .....	46
ภาพที่ 3.14 แสดง Sequence Diagram ส่วนของ Admin.....	49
ภาพที่ 3.15 แสดงถึง UI ของหน้า Web Application.....	51
ภาพที่ 3.16 แสดงถึงหน้า Homepage ของผู้ใช้ประเภทผู้ใช้งาน .....	52
ภาพที่ 3.17 แสดงถึงหน้า Homepage ของผู้ใช้ประเภทตัวแทนร้านค้า.....	52
ภาพที่ 3.18 แสดงถึงหน้า Login ของระบบ .....	53
ภาพที่ 3.19 แสดงถึงหน้า Register สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ.....	54
ภาพที่ 3.20 แสดงถึงหน้า Register สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า .....	55
ภาพที่ 3.21 แสดงถึงหน้า Dashboard สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ.....	56
ภาพที่ 3.22 แสดงถึงหน้า Dashboard สำหรับผู้ใช้งานประเภทร้านค้า .....	56
ภาพที่ 3.23 แสดงถึงหน้า Edit Profile สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ.....	57
ภาพที่ 3.24 แสดงถึงหน้า Edit Profile สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า .....	58
ภาพที่ 3.25 แสดงถึงหน้า Transaction History สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ .....	59
ภาพที่ 3.26 แสดงถึงหน้า Sales History สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า.....	60
ภาพที่ 3.27 แสดงถึง Pop Up Scan สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ.....	61
ภาพที่ 3.28 แสดงถึงหน้า Stocking สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ.....	62
ภาพที่ 3.29 แสดงตัวอย่างภาพที่เก็บเพื่อใช้เป็น Dataset ของโมเดล.....	63

ภาพที่ 3.30 แสดงตัวอย่างการ Label ภาพเพื่อใช้ในการบอกตำแหน่ง Object .....	65
ภาพที่ 3.31 แสดงตัวอย่างภาพรวมการ ทำ Data Augmentation .....	66
ภาพที่ 3.32 แสดงตัวอย่างภาพการ ทำ Data Augmentation.....	67
ภาพที่ 3.33 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ COCO .....	68
ภาพที่ 3.34 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ใช้ Evaluation Function.....	69
ภาพที่ 3.35 แสดงตัวอย่างการทำ Hyperparameters Optimization.....	69
ภาพที่ 3.36 แสดงตัวอย่างการ Training.....	70
ภาพที่ 3.37 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของการทดสอบ.....	71
ภาพที่ 3.38 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของการทดสอบข้อมูลที่ปะปนคลาสที่ไม่ได้มีการเทรน .....	71
ภาพที่ 3.39 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้โมเดล โดยผ่าน Webcam .....	72
ภาพที่ 3.40 แสดงหน่วยประมวลผลของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ เครื่อง Raspberry pi4.....	73
ภาพที่ 3.41 แสดงกล้องตรวจจับภาพสินค้า(SIGNO WB-400 ZOOMER 2K).....	74
ภาพที่ 3.42 แสดงกล้องตรวจจับภาพใบหน้าผู้ใช้งาน(OKER A521) .....	75
ภาพที่ 3.43 การประกอบส่วนเคาน์เตอร์คิดเงิน .....	76
ภาพที่ 3.44 แสดงหน้าลงทะเบียนเครื่องภายในร้านค้า.....	78
ภาพที่ 3.45 แสดงหน้าเริ่มต้นพื้นฐานเครื่อง .....	79
ภาพที่ 3.46 แสดงหน้าแสดงข้อมูลสินค้า.....	80
ภาพที่ 3.47 แสดงหน้าผลการสแกนหน้าผู้ใช้งาน.....	81
ภาพที่ 3.48 แสดงผลหลังจากการสแกนหน้าผู้ใช้งานสำเร็จ .....	82
ภาพที่ 3.49 แสดงผลหน้าจอแสดงผลหน้าแสดง Qr Code.....	83
ภาพที่ 3.50 แสดงผลหน้ายืนยันผลการชำระเงิน.....	83
ภาพที่ 3.51 แสดงภาพหน้าจอ Login .....	84

ภาพที่ 3.52 แสดงภาพหน้าจอสมัครสมาชิก .....	85
ภาพที่ 3.53 แสดงภาพหน้าแก้ไขประวัติสมาชิก(Edit Profile) .....	86
ภาพที่ 3.54 แสดงภาพหน้า Dashboard.....	87
ภาพที่ 3.55 แสดงภาพหน้าเติมเงินเข้าสู่ระบบ.....	88
ภาพที่ 3.56 แสดงภาพหน้า การทำธุรกรรมการซื้อขายสินค้า .....	89
ภาพที่ 3.57 แสดงภาพหน้าจอ Login.....	90
ภาพที่ 3.58 แสดงภาพหน้าจอสมัครใช้งานสมาชิก .....	91
ภาพที่ 3.59 แสดงภาพหน้าจอ Edit Profile.....	92
ภาพที่ 3.60 แสดงภาพหน้าจอ Dashboard .....	93
ภาพที่ 3.61 แสดงภาพหน้าจอการทำธุรกรรมการซื้อขายสินค้า.....	94
ภาพที่ 3.62 แสดงภาพหน้าการจัดการสต็อกสินค้า.....	95
ภาพที่ 4.1 แสดงการคำนวณ หาพื้นที่วางสินค้าที่เหมาะสม.....	96
ภาพที่ 4.2 แสดงการจำลองการวางสินค้าโดยกลุ่มผู้ใช้งานตัวอย่าง.....	94
ภาพที่ 4.3 แสดงการการวัดค่า loss ของภาพที่อยู่ใน validation set .....	97
ภาพที่ 4.4 แสดงการวัดค่า accuracy mean ของโมเดล.....	98
ภาพที่ 4.5 แสดงการการวัดค่า Glou Loss ของภาพที่อยู่ใน validation set.....	99
ภาพที่ 4.6 แสดงการการวัดค่า Bbox Loss ของภาพที่อยู่ใน validation set .....	100
ภาพที่ 4.7 แสดงการการวัดค่า Cardinality Error ของภาพที่อยู่ใน validation set.....	101
ภาพที่ 4.8 แสดงภาพการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์จริง .....	102
ภาพที่ 4.9 แสดงภาพผลการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์จริง.....	102

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมร้านขายของทั่วไป หรืออุตสาหกรรมห้างสรรพสินค้ามีความสำคัญต่อคนไทยและเศรษฐกิจไทยเป็นอย่างมาก ถึงการเกิดขึ้นของ E-Commerce ที่เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมนี้ อาจทำให้รายได้ของร้านขายของทั่วไปลดน้อยลง แต่คนจำนวนไม่น้อยก็ยังคงเลือกที่จะใช้บริการของร้านขายของทั่วไปเพราะมีความตอบโจทย์ที่มากกว่าทั้งในเรื่องของระยะทางที่ใกล้และสามารถรับของได้อย่างทันที่

ปัญหาที่พบมากที่สุดที่ร้านขายของหรือห้างสรรพสินค้าคือส่วนของเคาน์เตอร์คิดเงิน หรือในส่วนของ Cashier ที่ยังมีผู้บริโภคนั้นได้รับประสบการณ์ที่ไม่ดีจากพนักงานขาย หรือยังมีผู้บริโภคนั้นไม่สะดวกหรือประสบปัญหาในการสื่อสารกับพนักงานขาย โดยมาจากสาเหตุที่ผู้บริโภคนั้นไม่คุ้นชินหรือไม่สะดวกใจกับผู้คน จนทำให้ผู้บริโภคนั้นเลือกที่จะไม่ใช้บริการร้านขายของที่มีพนักงานขาย และอีกปัญหาคือหากมีลูกค้าจำนวนมากมาคิดเงินพร้อมกันเป็นจำนวนมากๆ และพนักงานขายนั้นไม่ว่าง หรือไม่เพียงพอที่จะให้บริการได้ทันเวลา จนทำให้เกิดการต่อแถวคิวที่ยาวจนก่อให้เกิดปัญหาตามมาเช่น การที่แถวคิวยาวขวางทางเดิน หรือการที่ต้องรอคิวนานจนเกิดความไม่พึงพอใจของลูกค้า<sup>[1]</sup>

จากแนวโน้มกระแสตอบรับที่ดีของ Amazon-Go<sup>[5]</sup> ที่ใช้ Just Walk Out Technology ที่เพิ่มรายได้ให้กับ Amazon<sup>[7]</sup> และผู้ประกอบการหลังจากที่ Amazon-Go เริ่มถูกนำไปใช้งานใน Seattle ในปี 2018 หรือกระแสของ Cashierless Store ที่ใช้ Contactless Technology เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับลูกค้าที่ใช้บริการร้านค้า อีกทั้งยังลดภาระผู้ประกอบการในส่วนของพนักงานขาย และเพื่อความสะดวกสบายในด้านต่างๆ เช่น การเก็บประวัติการขายสินค้า หรือการคำนวณรายได้

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทางทีมพัฒนาจึงมีความคิดริเริ่มในการจัดทำโครงการ Cashierless Store Management System โดยโครงการ Cashierless Store Management System นั้นคือ ร้านค้าขายของที่ไม่มีการใช้พนักงานในการขายสินค้าภายในร้าน และมี Web Application Platform ให้แก่ผู้ให้บริการ เพื่อใช้ในการตรวจสอบธุรกรรมและยอดเงิน และมี Web Application Platform ให้แก่ผู้ให้บริการ เพื่อใช้ในการจัดการร้านค้า โดยทางทีมพัฒนานั้นออกแบบระบบเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ Hardware Software และ Object Recognition<sup>[2]</sup> โดยชิ้นงานหลักส่วนของ Hardware คือ สร้างพื้นที่ชำระสินค้าโดยต้องมีการติดตั้งกล้องที่สามารถตรวจจับสินค้าและผู้ให้บริการได้ ส่วนชิ้นงานหลักของ Software คือ สร้าง Web Application Platform ที่ให้แก่ผู้ให้บริการและผู้ให้บริการ และชิ้นงานหลักของ Object Recognition คือการใช้ Image processing ในการจำแนกสินค้าแต่ละประเภทและยี่ห้อ และระบบ Face Recognition ที่ใช้ในการระบุตัวตนของผู้ซื้อสินค้าในการเก็บประวัติการซื้อของ

โดยเหตุผลที่ทางทีมพัฒนาเลือกใช้ระบบ Object Recognition จากที่ Cashierless ที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นใช้ระบบ RFID<sup>[4]</sup> นั้นเนื่องจาก RFID นั้นมีค่าใช้จ่ายที่มากขึ้น เช่นผู้ประกอบการจำเป็นที่จะต้องติด RFID Tag ในสินค้าทุกชิ้นกลายเป็นว่ารายได้ที่ได้รับจากสินค้านั้นลดลงประมาณ 3 – 30 บาท ต่อชิ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

- 1.2.1 จัดทำระบบ Object Recognition ที่สามารถแยกข้อมูลได้อย่างน้อย 20 Class และสามารถจับภาพสินค้าได้ 3-5 Class ได้พร้อมกันภายใน 1 ภาพ โดยมีอัตราความแม่นยำในการตรวจพบอยู่ที่มากกว่า 90% ของจำนวนวัตถุ และ อัตราความแม่นยำ 70% ของจำนวนวัตถุ ในจำนวนสินค้า 5-10 Class ภายใน 1 ภาพ เพื่อช่วยในการลดระยะเวลาในการตรวจสอบสินค้า
- 1.2.2 จัดทำระบบที่สามารถตรวจสอบข้อมูลคลังและราคาสินค้าของร้านค้าได้
- 1.2.3 จัดทำระบบที่ลูกค้าสามารถทำการตรวจสอบประวัติการซื้อสินค้าจากร้านค้า
- 1.2.4 จัดทำระบบที่สามารถคำนวณราคาสินค้าพร้อมทั้งรองรับระบบการชำระเงิน

### 1.3 ขอบเขตโครงการ

สร้างอุปกรณ์ และ Web Application ที่ใช้สำหรับการชำระเงิน โดยจะประกอบด้วยการทำ Hardware Image Processing และ Web Application โดยโครงการนี้จัดทำเพื่อเพิ่มความสะดวกรวดสบายแก่คนขาย และลดรายจ่ายในการจ้างพนักงานเก็บเงิน ในโครงการนี้ ทีมผู้พัฒนาได้กำหนดว่าสินค้าที่จะใช้ในการทำ Object Recognition จะอยู่ในประเภทของขนมและน้ำเพียงเท่านั้น โดยที่ทีมผู้พัฒนาจะแบ่งบทบาทของผู้ใช้งานออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผู้ใช้งานที่เป็นผู้ซื้อ (User) และ ผู้ใช้งานที่เป็นผู้ประกอบการ (Admin)

ฟังก์ชันการทำงานของ Cashierless Store Management System จะมีทั้งหมด ดังนี้

- 1) ระบบ Web Application สำหรับร้านค้าที่สามารถดูหรือแก้ไขระบบ Database ของร้านค้า ประกอบด้วย
  - 1.1) ระบบสินค้าคงเหลือ
    - 1.1.1) สามารถแสดงสินค้าคงเหลือของร้านได้
    - 1.1.2) สามารถแสดงและปรับแก้รายละเอียดของสินค้าแต่ละชนิด เช่น ชื่อ ราคา จำนวนสินค้า
  - 1.2) ระบบบัญชี
    - 1.2.1) สามารถแสดงยอดขายในแต่ละวันได้
    - 1.2.2) สามารถแสดงประวัติการขายในแต่ละวันได้
  - 1.3) ระบบข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน
    - 1.3.1) สามารถจดจำใบหน้าได้
    - 1.3.2) สามารถบันทึกและแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้
- 2) ระบบ Web Application สำหรับผู้ใช้งานที่เป็นผู้ซื้อ โดยประกอบไปด้วยระบบ
  - 2.1) ระบบ E-Wallet
    - 1.2.1) สามารถแสดงยอดเงินคงเหลือได้
    - 1.2.2) สามารถใช้งานระบบการเติมเงินได้
    - 1.2.3) สามารถแสดงประวัติการใช้งานได้
  - 2.2) ระบบข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน
    - 1.2.1) สามารถจดจำใบหน้าได้

### 1.2.2) สามารถบันทึกและแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้

- 3) ระบบ Object Detection
  - 3.1) สามารถแยกแยะสินค้าได้อย่างถูกต้อง
  - 3.2) สามารถแยกแยะสินค้าในร้านค้าอย่างน้อย 20 ประเภทสินค้า
  - 3.3) สามารถแยกแยะสินค้าได้โดยมีอัตราความแม่นยำในการตรวจพบอยู่ที่มากกว่า 90% ของจำนวนวัตถุ และ อัตราความแม่นยำ 70% ของจำนวนวัตถุ ในจำนวนสินค้า 5-10 Class ภายใน 1 ภาพ
- 4) ระบบ Contactless Payment ที่ลูกค้าสามารถชำระค่าบริการผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แทนการใช้เงินสด
- 5) ระบบคำนวณราคาที่ทำงานร่วมกับระบบ Object Recognition ที่สามารถคำนวณราคาสินค้าอย่างแม่นยำ
- 6) ระบบที่สามารถตรวจสอบข้อมูลสินค้าที่วางขายว่าสินค้าที่ถูกซื้อไปเท่าใด รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลการขายของสินค้าแต่ละชนิด
- 7) ระบบ Face Recognition เพื่อยืนยันตัวตนสมาชิกผู้ซื้อสำหรับการทำระบบจัดการตัดเงินอัตโนมัติ พร้อมทั้งสามารถบันทึกประวัติการซื้อสินค้าของผู้ซื้อ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ร้านค้าสามารถทำการตรวจสอบและสามารถแก้ไขระบบ Database ของร้านค้าได้ ตัวอย่างเช่น สินค้าที่เหลือ สต็อกคงบัญชี ข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานและประวัติการซื้อขาย ที่มีความแม่นยำเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพแก่เจ้าของกิจการในการจัดการภาพรวม

ลูกค้าที่เข้ามาใช้งานมีความสะดวกสบายในการเลือกซื้อสินค้าโดยสามารถจัดการการทำธุรกรรมของตนเองได้ทั้งหมดอย่างง่ายดายและยังช่วยลดระยะเวลาในการชำระสินค้า อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบประวัติการซื้อสินค้าที่ผ่านมาได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

- 1) กำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ในการทำโครงการ
- 2) ศึกษาปัญหาร้านค้าที่จำเป็นต้องใช้พนักงานขายจำนวนมาก
- 3) ศึกษาระบบการซื้อขายสินค้าภายในร้านค้า เช่น วิธีการสต็อกสินค้า การทำบัญชี
- 4) ออกแบบเครื่องซื้อขายสินค้าแบบไร้พนักงานขายที่มีความเหมาะสมในด้านของขนาดและการใช้งาน
- 5) ออกแบบระบบ Web Application และ ระบบฐานข้อมูล ระบบซื้อขายสินค้าแบบไร้พนักงานขาย สำหรับการใช้งานทั้งฝั่งของผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลร้านค้า
- 6) ออกแบบ User Interface ระบบซื้อขายสินค้าแบบไร้พนักงานขาย สำหรับการใช้งานทั้งฝั่งของผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลร้านค้า
- 7) พัฒนาด้านแบบเครื่องซื้อขายสินค้าแบบไร้พนักงานขาย
- 8) พัฒนาระบบจดจำผู้ใช้งานและระบบจดจำสินค้า
- 9) พัฒนา Web Application ระบบซื้อขายสินค้าแบบไร้พนักงานขาย
- 10) เชื่อมโยง Web Application ระบบจดจำผู้ใช้งานและระบบจดจำสินค้า เข้ากับ เครื่องซื้อขายสินค้าแบบไร้พนักงานขาย
- 11) ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขระบบ
- 12) สรุปผลจัดทำรูปเล่ม

## บทที่ 2

# ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 เว็บแอปพลิเคชัน

คือแอปพลิเคชันที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้บริการผู้ใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ สำหรับผู้ใช้งานสามารถทำงานหรือดำเนินกิจกรรมต่างๆ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งถูกปรับแต่งให้แสดงผลแต่ส่วนที่จำเป็น ให้ความสะดวกสบายในการใช้งานและเข้าถึงข้อมูลและบริการผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่มีอินเทอร์เน็ต เพื่อเป็นหนึ่งในปัจจัยในการลดทรัพยากรในการประมวลผล ของอุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำงานกับผู้ใช้งานหลายคนพร้อมกันผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะ(Computer) คอมพิวเตอร์ชนิดพกพา(Notebook) โทรศัพท์มือถือพกพา(Mobile) และอื่นๆ สามารถปรับปรุงและอัปเดตเว็บแอปพลิเคชันได้ง่ายๆ โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมใหม่ในเครื่องผู้ใช้งาน ส่งผลให้การดาวน์โหลดหน้าเว็บไซต์มีความรวดเร็ว อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถใช้งาน Web Application ผ่านระบบเครือข่ายได้สะดวกจากการเชื่อมต่อเครือข่าย

โดยลักษณะการทำงานของระบบ Web Application ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

1. Web Server เพื่อจัดการคำขอจาก Client ยกตัวอย่าง มือถือ แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ไอที เป็นต้น
2. แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ (Application Server) เพื่อจัดการคำสั่ง
3. ฐานข้อมูลสำหรับจัดการข้อมูล (Database)
4. เว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) เพื่อให้ฝั่งผู้ใช้งานเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชันได้

โดยจะมีขั้นตอนการทำงานคือ เมื่อผู้ใช้งานส่งคำขอไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านอินเทอร์เน็ตของเว็บแอปพลิเคชัน เว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งคำขอไปยังเว็บแอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ เว็บแอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์จะดำเนินการตามคำสั่งที่ได้รับ จากนั้นจะทำการสร้างผลลัพธ์ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยเว็บแอปพลิเคชันจะส่งผลลัพธ์ เช่น ข้อมูล ผลงานตามคำสั่งที่ได้รับกลับไปเว็บเซิร์ฟเวอร์ เว็บเซิร์ฟเวอร์จะทำการส่งต่อผลลัพธ์ไปยังอุปกรณ์ที่ส่งคำสั่ง ซึ่งผลลัพธ์จะปรากฏบนหน้าจอหรือส่วนแสดงผลของอุปกรณ์ฝั่งผู้ใช้

ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน มีการใช้ภาษาทางโปรแกรมมิ่งที่หลากหลาย เช่นการใช้ HTML ASP/ASP.Net PHP และ JavaScript โดยสามารถพัฒนาโดยใช้เครื่องมือ หรือซอฟต์แวร์ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เช่น Adobe Dreamweaver Visual Studio Visual Studio code Atom Rider เป็นต้น ทั้งนี้ทางทีมผู้พัฒนาได้เลือกใช้ Visual Studio Code เป็นเครื่องมือในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เนื่องจาก Visual Studio Code นั้นใช้งานง่าย และมีการทำงานที่เร็ว โดยภาษาที่เลือกใช้คือ HTML และ Java Script เนื่องจาก HTML นั้นมี Framework หรือ เครื่องมือที่ใช้ในการช่วยพัฒนาจำนวนมาก ในส่วนของ JavaScript เป็นภาษาโปรแกรมมิ่งเชิงวัตถุ(OOP) ที่นิยมนำใช้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันควบคู่กับ HTML

ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ทางทีมพัฒนาได้เลือกใช้สถาปัตยกรรมแบบสาม-tier คือมีการแบ่ง tier ของการทำงานของแอปพลิเคชันออกเป็น 3 ส่วน คือ Client Server และ Database โดยในส่วนของการพัฒนาส่วน Client ทางทีมพัฒนาเลือกใช้ ReactJS มาช่วยในการพัฒนาในส่วน UI ในส่วนของการพัฒนา Server ทางทีมพัฒนาเลือกใช้ ExpressJS และในส่วนของ Database ทางทีมผู้พัฒนาเลือกใช้ PostgreSQL

### 2.1.1.1 React

React เป็น Library ที่ถูกออกแบบโดยมุ่งเน้นใช้ในการสร้างส่วนหน้าจอสําหรับผู้ใช้งาน (User Interface) ของภาษา JavaScript โดย React นั้นถูกออกแบบมาให้มีการแบ่งการทำงานเป็นส่วนๆ (Component-Based)

การเขียน React นั้นจะถูกเขียนในรูปของ JSX ซึ่งเป็นการพัฒนาเพิ่มเติม Syntax จากภาษา JavaScript ซึ่งเป็นการผสมรวมกันระหว่าง JavaScript และ HTML เป็นส่วนช่วยให้ทีมผู้พัฒนาสามารถเขียนโปรแกรมได้สะดวกและง่ายขึ้นเนื่องจากการเขียน React สามารถช่วยผู้ใช้งานส่วนของ User Interface ขึ้นมาด้วยภาษา HTML พร้อมกับสามารถเสริมการทำงาน JavaScript เข้าไปได้พร้อมๆกัน ข้อมูลจะถูกนำไปสร้างเป็น React Element และนำไปแสดงผลใน DOM และจะมีการอัปเดตตามการเปลี่ยนแปลงของ React Element นั้น ๆ

### 2.1.1.2 Express.JS

Express.JS เป็น เว็บแอปพลิเคชัน Framework ที่นิยมนำมาใช้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน และ API โดยใช้ภาษา JavaScript โดยชื่อของ Express.JS คือ เป็น Framework ที่ทำงานได้รวดเร็ว และใช้งานง่าย โดยจุดเด่นของ Express.JS คือ การทำการกำหนดเส้นทางของระบบ (Routing) โดยเป็นกระบวนการที่จะทำแบ่งออกถึงทิศทางของ (Request) เพื่อให้ Request ได้รับการประมวลผลที่ถูกต้องและ ตัวกลางการรับส่งข้อมูลของระบบ (Middleware) โดย Middleware จะเป็นฟังก์ชันที่จะถูกเรียกก่อนที่ Express.JS จะประมวลผล Request เพื่อให้สามารถที่จะจัดการกับ Request เช่น การตรวจสอบว่า Request นั้นได้รับการอนุญาตให้ประมวลผลหรือไม่

### 2.1.1.3 PostgreSQL

PostgreSQL เป็น เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์แบบเปิด (open-source) และมีกำลังการใช้งานสูงที่นิยมใช้สำหรับการเก็บและจัดการข้อมูลสารสนเทศ ที่มักถูกใช้ประโยชน์ในหลายด้านของการเก็บข้อมูลธุรกิจและการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยฐานข้อมูลนี้ถูกพัฒนาขึ้น โดยกลุ่มอาสาสมัครที่เรียกว่า PostgreSQL Global Development Group โดยจุดเด่นของการใช้งานมีหลากหลายด้าน เช่น มีการจัดการและประมวลผลข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์และพื้นที่จัดเก็บข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถประหยัดทรัพยากรและลด

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เนื่องจาก มีการจัดการทรัพยากรและการเรียกใช้งานแบบมีสมดุล (Load Balancing) โดยให้ควบคุมได้กำหนดเอง ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเป็นระบบฐานข้อมูลที่มีความทนทานและความเสถียรภาพสูง มีการทดสอบและพิสูจน์ความเสถียรภาพในระยะยาว โดยมีการให้บริการมากกว่า 15 ปีและมีชุดทดสอบอย่างเป็นทางการที่ครอบคลุมคุณภาพและความเสถียรภาพของระบบ สนับสนุนการทำงานแบบ Replication ที่มากมาย เช่น Streaming Replication Logical Replication และ Replication Slots ซึ่งช่วยให้สามารถสำรองข้อมูลและเสถียรภาพระบบฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

### 2.1.2 Image Processing

Image Processing เป็นกระบวนการนำรูปภาพมาประมวลผลเชิงคณิตศาสตร์ โดยคอมพิวเตอร์ โดยการประมวลผลที่ได้จะมีทั้งเชิงคุณภาพ เช่น ความคมชัดของภาพ หรือความเข้มของสีในรูปภาพ และปริมาณ เช่นการปรับขนาด รูปร่าง โดยสามารถนำกระบวนการ Image Processing มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับและระบุวัตถุในรูปภาพได้ดังนี้

#### Object Recognition

เป็นศาสตร์เทคโนโลยีด้าน Computer Vision ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีหลักของ AI (Artificial Intelligence) ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับการทำการตรวจจับค้นหาวัตถุเป้าหมายที่ต้องการค้นหาภายในรูปภาพ หรือ วิดีโอ เช่น การตรวจสอบลูกฟุตบอลในการแข่งขันกีฬาฟุตบอลเพื่อทำการเก็บข้อมูลสถิติ โดยสามารถแบ่งเป็นกระบวนการในการทำ Object Recognition หลักๆ ได้ดังนี้

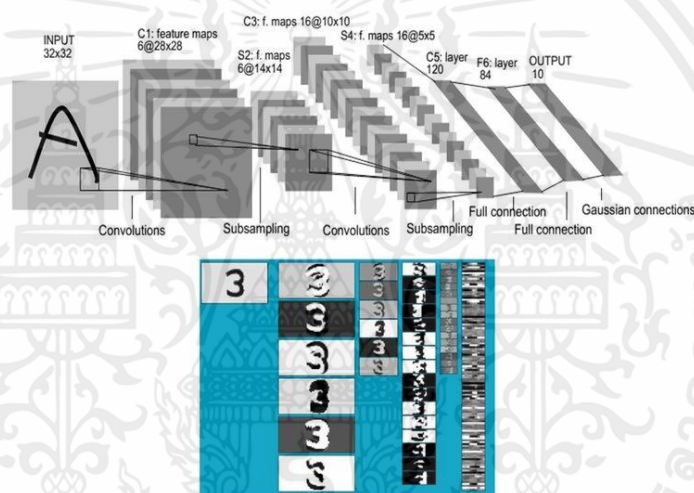
#### Image Classification

เป็นกระบวนการที่ถูกใช้งานเพื่อที่จะสามารถทำการบ่งบอกหรือทำการจำแนกแยกประเภทของวัตถุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิต ที่เป็นองค์ประกอบภายในรูปภาพหรือวิดีโอ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลไปใช้งานต่อได้ โดยเทคนิคในการทำ Image

Classification ของโครงงานนี้เป็นเครือข่ายประสาท (Neural Network) ประเภท โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน Convolutional Neural Network (CNN)

### Convolutional Neural Network (CNN)<sup>[15]</sup>

เป็นอีกหนึ่งประเภทของโครงข่ายประสาท (Neural Network) โดยมีจุดเด่นในการนำกระบวนการ Convolution มาปรับใช้สร้างชั้น (layer) ใหม่ที่ชื่อว่า Convolutional layer โดยมีจุดมุ่งหมายหลักในการเรียนรู้ข้อมูลที่เป็นรูปภาพ



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของ CNN ในกระบวนการ Image Classification

จากภาพแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของ CNN ที่จะประกอบไปด้วยชั้น (layer) หลายๆชั้น โดยแต่ละชั้นมีหน้าที่ดังนี้

ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional layer<sup>[16]</sup>) เป็นชั้นที่มีหน้าที่แปลงข้อมูลขาเข้า (Input) ให้เป็นข้อมูลขาออก (Output) ที่ขนาดเปลี่ยน และค่าที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้กระบวนการ Sliding windows ในการทำกระบวนการคูณทางเมทริกซ์ ระหว่าง Input และตัวกรอง (Filter หรืออีกชื่อคือ Kernel)

$$2 \times 1 + 4 \times 0 + 1 \times 1 + 1 \times 1 + 1 \times 0 + 6 \times 1 + 7 \times 1 + 6 \times 0 + 4 \times 1 = -1$$

2	4	1	0	5	3
1	1	6	4	2	3
7	6	4	2	1	0
6	9	2	1	8	9
4	1	1	4	5	7
0	5	3	2	1	7

 $\star$ 

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

 $=$ 

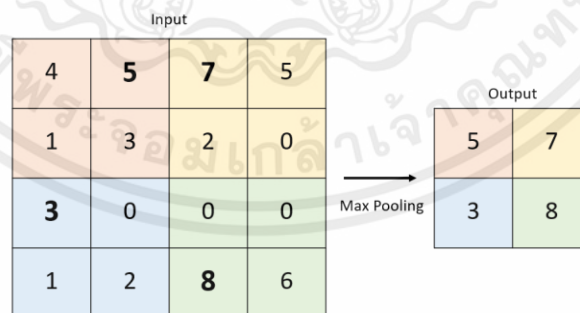
-1		

$a^{[l-1]}$                        $W^{[l]}$                        $W^{[l]} a^{[l-1]}$

ภาพที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Convolutional layer

จากภาพเมทริกซ์  $a$  คือ Input และเมทริกซ์  $W$  คือ Filter โดยการ Output จะได้จากการทำ Sliding window โดยขนาดของ window จะเท่ากับขนาดของ Filter ที่ใช้ เช่นจากภาพจะเป็นขนาด 3x3 โดยจะเริ่ม Slide จากตำแหน่งแรกของ Input และ Output ที่ได้จะเป็นเมทริกซ์ของผลลัพธ์การคูณเมทริกซ์ แต่ละ window ของ Input กับ filter โดยจะนิยมนำ Output ต่อไปยัง Pooling layer

ชั้นพูลลิ่ง (Pooling layer / Subsampling layer) เป็นชั้นที่จะเก็บคุณลักษณะ (Feature) ของ Input ที่ถูกนำเข้ามา โดยการแบ่ง Input เป็น Grids โดยการเก็บ Feature จะเกิดขึ้นใน Grid เช่น กระบวนการ Max Pooling เป็นการนำตัวเลขที่มีค่าเยอะที่สุดใน Grid เก็บเป็นคุณลักษณะ



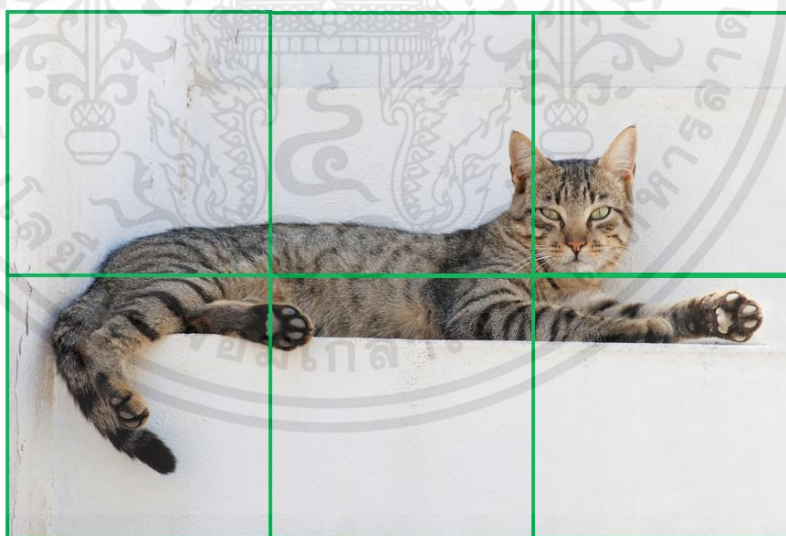
ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Max Pooling

จากรูปภาพเป็นกระบวนการ Max Pooling โดยใช้ Grid ที่จะแบ่งจาก Input ที่มีขนาด 2x2 โดยจากรูป Grid จะถูกแบ่งตามสี่ โดย Max Pooling จะทำการเก็บค่าที่มากที่สุดจากใน Grid เช่นตัวอย่าง Grid สีแดงที่มี 5 เป็นค่าที่มากที่สุดใน Grid เลยถูกเก็บเป็น Feature ของ Output โดย Output ของ Layer นี้จะถูกเรียกอีกชื่อว่า Feature map

ชั้นฟูลลี่คอนเน็กซ์ (Fully Connected layer) เป็น layer ที่จะเชื่อมประสาท (Neuron) จาก layer ก่อนหน้ามา เพื่อลดความซับซ้อน (Flatten) ของ layer ก่อนหน้าลงเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการจัดประเภท (Classify) โดยในชั้นนี้จะมี Activation Function อยู่ด้วย จำนวนประเภทของ Input

### Object Localization

เป็นกระบวนการที่ใช้ทำการบ่งบอกถึงตำแหน่งของวัตถุที่เด่นที่สุดภายในรูปภาพหรือวิดีโอที่ต้องการ ประกอบกับการวาดสี่เหลี่ยมที่ปิดล้อมวัตถุ (Bounding box) เพื่อให้สามารถทำการแสดงตำแหน่งของวัตถุ (Object) ที่ต้องการค้นหาภายในภาพ เช่นการทำ Sliding Windows

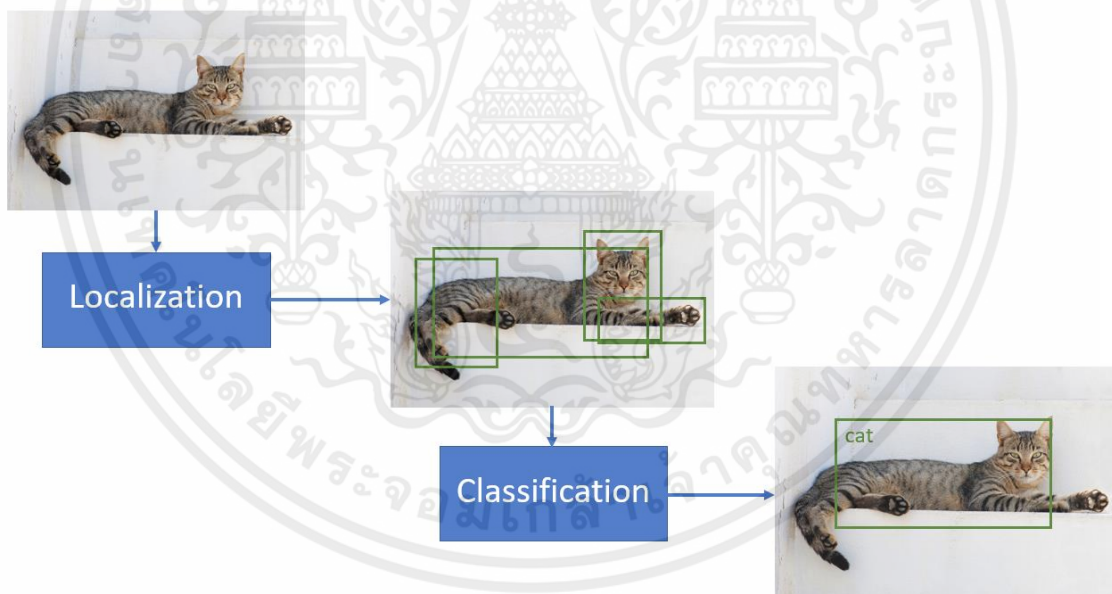


ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Sliding window เพื่อสร้าง Bounding Box

โดยในการทำ Bounding Box จะต้องมีคำอธิบายประกอบ (Annotation) เสมอ โดยตัวอย่างเช่น COCO annotation จะจัดเก็บตำแหน่งของ Bounding Box ในรูปแบบของ  $[x, y, width, height]$  โดยที่  $x$  และ  $y$  คือตำแหน่งขวามนสุดของ Bounding Box

### Object Detection<sup>[11]</sup>

เป็นการนำ Image classification มาทำงานร่วมกับ Object Localization เพื่อทำการค้นหาและระบุประเภทของ Object บนรูปภาพ โดยเริ่มจากกระบวนการ Object Localization เพื่อหาตำแหน่งที่มีความน่าจะเป็นที่จะมีวัตถุอยู่ และทำการตัดรูป หรือส่งรูปที่ทำการใส่ Bounding Box แล้ว ต่อไปที่กระบวนการ Image classification ทำการ Classify ว่ารูปที่อยู่ใน Bounding Box นั้นคือรูปประเภทอะไร



ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Image Classification กับ Object Localization

จากภาพที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าการทำงานร่วมกันของ Image Classification และ Object Localization โดย Object Localization ได้ทำการส่ง Bounding Box ที่มีความเป็นไปได้ที่จะมี Object อยู่ไปให้ Image Classification ทำการ Classify และการระบุว่า Object ใน Bounding Box นั้นคืออะไร หากสามารถระบุได้ตัว Image Classification ก็จะทำการระบุประเภท (Labeling) ของวัตถุใน Bounding Box นั้น ในทางกลับกันหากไม่สามารถระบุได้ก็จะข้ามขั้นตอนการ Labeling Bounding Box นั้นไป

### **Facial recognition system (Face Recognition)<sup>[10]</sup>**

เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับจดจำใบหน้า โดยใช้หลักการเปรียบเทียบใบหน้าของมนุษย์จากรูปถ่ายหรือวิดีโอ กับใบหน้าบุคคลที่เกยลงทะเบียนไว้ในระบบฐานข้อมูล เพื่อให้ระบบสามารถทำการระบุได้ว่าใบหน้าที่นำมาเปรียบเทียบกับนั้น มีลักษณะเหมือนหรือตรงกับบุคคลใดในฐานข้อมูล โดยมีการใช้งาน Algorithm ในการวิเคราะห์จากองค์ประกอบต่าง ๆ บนใบหน้า โดยหลักการของ Face Recognition คือการสร้างโมเดลที่จะกักเก็บลักษณะเฉพาะต่าง ๆ บนใบหน้า เช่น โครงหน้า ความกว้างของจมูก ระยะห่างระหว่างตาทั้งสองข้าง ขนาดของโหนกแก้ม ความลึกของเบ้าตา รวมถึงพื้นผิวบนใบหน้า (Facial Texture) ในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์หรือที่เรียกว่า “Faceprint” โดยแต่ละคนก็จะมี Faceprint เป็นของตัวเอง โดยระบบจะใช้ Faceprint ในการจำแนกและระบุตัวตนของใบหน้าที่นำมาใช้เปรียบเทียบ

### **Object Detection with Detection Transformer (DETR)<sup>[9]</sup>**

เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Facebook ในปี 2020 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการทำ Object Recognition โดยเป็นการประยุกต์เทคโนโลยีระหว่างการทำ CNN และ Transformer ที่มีการทำการ Encode และ Decode ที่มีการปรับใช้เทคนิค Self-Attention ในการประมวลผลข้อมูลภาพให้มีการทำงานที่สอดคล้องร่วมกันเพื่อตรวจสอบวัตถุแต่ละชนิดที่อยู่ภายในภาพ โดยมีหลักการสำคัญดังต่อไปนี้

## I. Transformers Encoder-Decoder

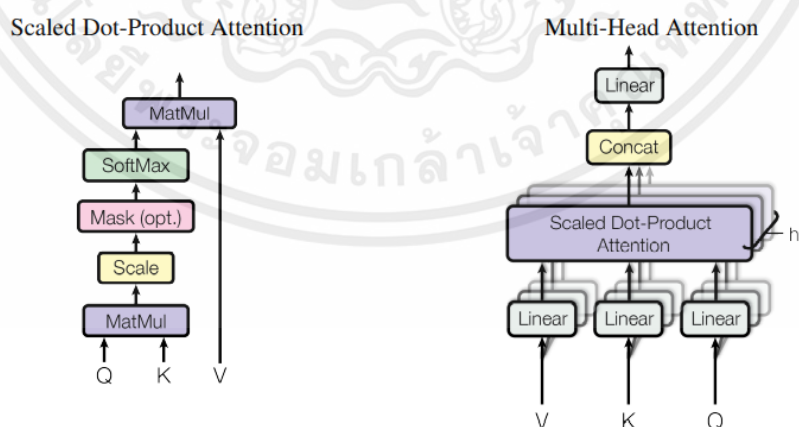
เป็นการทำการแปลงข้อมูลในรูปแบบ Attention-based Machine Translation โดยกลไก Attention คือการใช้งานเพื่อให้ Neural Network ที่ใช้หลักการรวบรวมคุณลักษณะทั้งหมดที่อยู่ในข้อมูลโดยใช้เทคนิคของ Self-Attention

## II. Attention

Attention Function คือกระบวนการ Mapping ระหว่าง Query และคู่ Key-Value โดยตัวแปรเหล่านี้คือค่า Vector ที่ได้จากการคำนวณระหว่าง Input และ Weight ของแต่ละตัวแปร โดย Output ของ Attention Function จะได้จากการคำนวณผลรวมของ Value ที่ถูกคูณด้วย Weight ที่คำนวณจากความเข้ากันระหว่าง Key และ Query ของแต่ละ Value.

## III. Multi-Head Self-Attention

คือการทำ Attention Function ในหลายมิติของข้อมูลพร้อมกัน แล้วผลลัพธ์ของแต่ละมิติจะถูกรวมเป็นชุดเดียว



ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการทำงานของ Attention Function และ Multi-Head Attention

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### IV. Feed Forward Network (FFN)

เป็น Fully Connected Feed-Forward Network โดยใช้ ReLU Activation Function (Rectified Linear Unit Activation Function) ส่งผลต่อประสิทธิภาพในด้านความเร็วของการ Train Model เนื่องจากในกรณีที่ Input มีค่าเป็นบวก Slope ของกราฟจะมีค่าเท่ากับ 1 ตลอดเวลา ส่งผลให้ไม่เกิดผลกระทบบ้าน Vanishing Gradient

#### V. The backbone

เป็นขั้นตอนการจัดการข้อมูลโดยการนำเอา CNN ที่มีขนาดรูป  $x_{img} \in \mathbb{R}^{3*H_0*W_0}$  และขนาด Feature map คือ  $f \in \mathbb{R}^{C*H*W}$  โดยมีค่า  $C = 2048$  และ  $H, W = \frac{H_0}{32}, \frac{W_0}{32}$  ก่อนที่จะนำไป Flatten ด้วย 1x1 Convolution ให้เหลือเป็นข้อมูลที่เป็นลำดับ (Sequence) โดยจะมีขนาด  $f \in \mathbb{R}^{d*HW}$  โดย d จำนวน Channel ใหม่ที่จะมีค่าน้อยกว่า C มาประมวลผลร่วมกับ Positional Encoding และทำการส่งผลลัพธ์ที่ได้ต่อไปในขั้นตอนถัดไป

#### VI. Positional Encoding

เป็นขั้นตอนการที่จะทำการเข้าห้ตำแหน่ง (Positional Encoding) ของ Feature map ที่เป็น Output มาจาก Backbone เพื่อไม่ให้เกิดการการเปลี่ยนตำแหน่งของ Feature ที่เกิดขึ้นใน Transform Encoder ในขั้นตอนถัดไป

#### VII. The Transformer Encoder

เป็นขั้นตอนที่จะนำ Feature map หลังจากที้นำไปประมวลผลร่วมกับ Positional Encoding แล้ว จะถูกป้อน (Feed) เข้าไปที่ Multi-Head Attention Layer และ FFN เพื่อทำการสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) ของ Feature map และเข้ารหัส (Encode) ให้อยู่ในรูปแบบตัวเลข (Numerical Representation) หลังจากนั้นก็จะส่งต่อไปให้ Decoder เพื่อทำการประมวลผลเพื่อทำ Prediction ในขั้นตอนถัดไป

### VIII. The Transformer Decoder

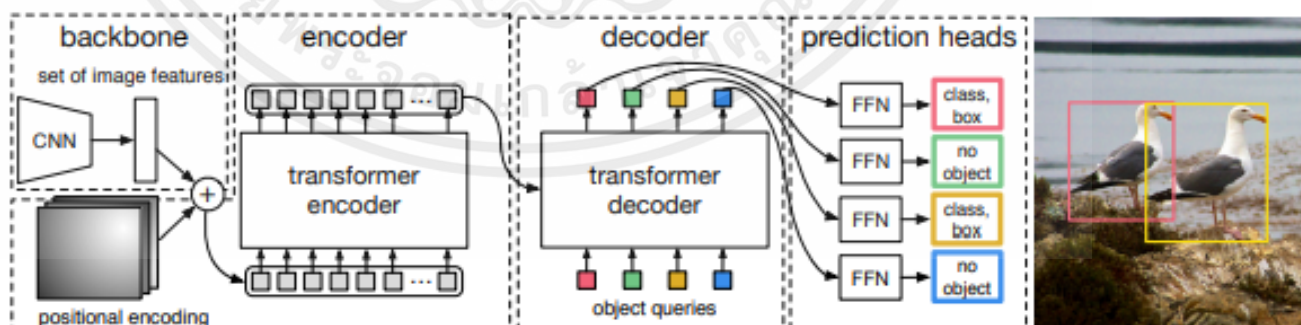
เป็นขั้นตอนการแก้รหัส (Decode) Output ที่ได้มาจากขั้นตอน Encode โดยจะสร้าง Sequence ที่สอดคล้องกับผลของการ Decode โดยในขั้นตอนนี้จะรับ Input อีกชนิดหนึ่งซึ่งชื่อว่า Object Queries เพื่อนำมาประกอบการ Prediction โดยโครงสร้างของ Decode จะคล้ายๆกับ Encoder แต่จะมี Masked Multi-Head Attention ที่จะใช้ประมวลผล Object Queries โดยจะส่ง Sequence ที่ได้จากการ Decode ไปทำการ Prediction ที่ Prediction Feed-Forward Network ในขั้นตอนถัดไป

### IX. Object Queries

เป็นวิธีการทำ Object Localization หรือการทำ Anchor โดยใช้เทคนิค Positional Encoding กับบนรูปภาพ โดยสิ่งจะได้คือตำแหน่งบนรูปภาพที่จะนำไปใช้ในการ Decoding

### X. Prediction Feed-Forward Network (Prediction FFN)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำการ Predict ทั้ง Bounding Box และ Class ของวัตถุที่อยู่ในรูปภาพ โดยจะใช้โดยการ Feed Sequence ที่ได้จากการ Decode ไปที่ FNN



ภาพที่ 2.7 แสดงการทำ Object Detection with Detection Transformer (DETR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### mean average precision (mAP)

mean average precision เป็นหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการตรวจหาพื้นที่การซ้อนทับของข้อมูล โดยคำนวณทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะมีผลลัพธ์อยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 โดยจะพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

#### 3.1.3.1 Confusion Matrix

เป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลลัพธ์ การทำนาย(Prediction)<sup>[14]</sup> ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากโมเดลที่เราสร้างขึ้น จากการทำ Machine learning โดยมีแนวคิดจากการวัดผลในผลลัพธ์ที่โมเดลคาดการณ์ เปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงว่ามีสัดส่วนเป็นอย่างไรประกอบไปด้วย

Actual Positive (AP) คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง มีค่าความจริงเป็นจริง

Actual Negative (AN) คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง มีค่าความจริงเป็นเท็จ

Predicted Positive (PP) คือ ผลลัพธ์การคาดการณ์ มีค่าความจริงเป็นจริง

Predicted Negative (PN) คือ ผลลัพธ์การคาดการณ์ มีค่าความจริงเป็นเท็จ

True Positive (TP) คือ การคาดการณ์ว่าผลลัพธ์เป็นจริง และได้ผลลัพธ์เป็นจริง

True Negative (TN) คือ การคาดการณ์ว่าผลลัพธ์เป็นเท็จ และได้ผลลัพธ์เป็นเท็จ

False Positive (FP) คือ การคาดการณ์ว่าผลลัพธ์เป็นจริง แต่ ได้ผลลัพธ์เป็นเท็จ

False Negative (FN) คือ การคาดการณ์ว่าผลลัพธ์เป็นเท็จ แต่ ได้ผลลัพธ์เป็นจริง

## Confusion Matrix

	Actually Positive (1)	Actually Negative (0)
Predicted Positive (1)	True Positives (TPs)	False Positives (FPs)
Predicted Negative (0)	False Negatives (FNs)	True Negatives (TNs)

ภาพที่ 2.8 แสดงตาราง Confusion Matrix

หลักการใช้งาน Confusion Matrix คือการที่นับจำนวนผลลัพธ์ที่ได้จากการคาดการณ์ของโมเดลแล้วนำมาใส่ลงตาราง เพื่อใช้ในการคำนวณความแม่นยำ (Precision) และ ค่าความครบถ้วน (Recall)

### 3.1.3.2 ความแม่นยำ (Precision)

ความแม่นยำ (Precision) เป็นหนึ่งในการวัดประสิทธิภาพของการทำนายซึ่งเป็นผลลัพธ์จากโมเดลที่เราสร้างขึ้น โดยคำนวณจากการเปรียบเทียบ อัตราส่วนของการค้นพบข้อมูลที่มีความถูกต้อง กับจำนวนข้อมูลที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องทั้งหมดที่ถูกทำนายโดยการหาความแม่นยำจะมีสมการดังนี้

$$Precision = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive}$$

สมการที่ 1 แสดงสมการความแม่นยำ (Precision)

### 3.1.3.3 ค่าความครบถ้วน (Recall)

ค่าความครบถ้วน เป็นหนึ่งในการวัดประสิทธิภาพของการทำนายซึ่งเป็นผลลัพธ์จากโมเดลที่เราสร้างขึ้น โดยคำนวณจากการเปรียบเทียบอัตราส่วนของการค้นพบข้อมูลที่มีความถูกต้องกับจำนวนข้อมูลที่ต้องทั้งหมดที่อยู่ในระบบ

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}}$$

สมการที่ 2 แสดงสมการค่าความครบถ้วน (Recall)

### 3.1.3.4 Intersection over Union (IoU)

Intersection over Union (IoU) <sup>[13]</sup> เป็นหนึ่งในการวัดประสิทธิภาพของการทำนายซึ่งเป็นผลลัพธ์จากโมเดลที่เราสร้างขึ้น จากการทำ Object detection ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก การหาอัตราส่วนพื้นที่ ที่มีการซ้อนทับกันของ bounding box ทั้งสองกล่องเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ที่มีการซ้อนทับกันด้วยคำนวณจาก พื้นที่ที่ทับซ้อนกัน (Area of Intersection) และพื้นที่ส่วนรวม (Area of Union) โดย IoU สามารถคำนวณได้ จากสมการดังนี้

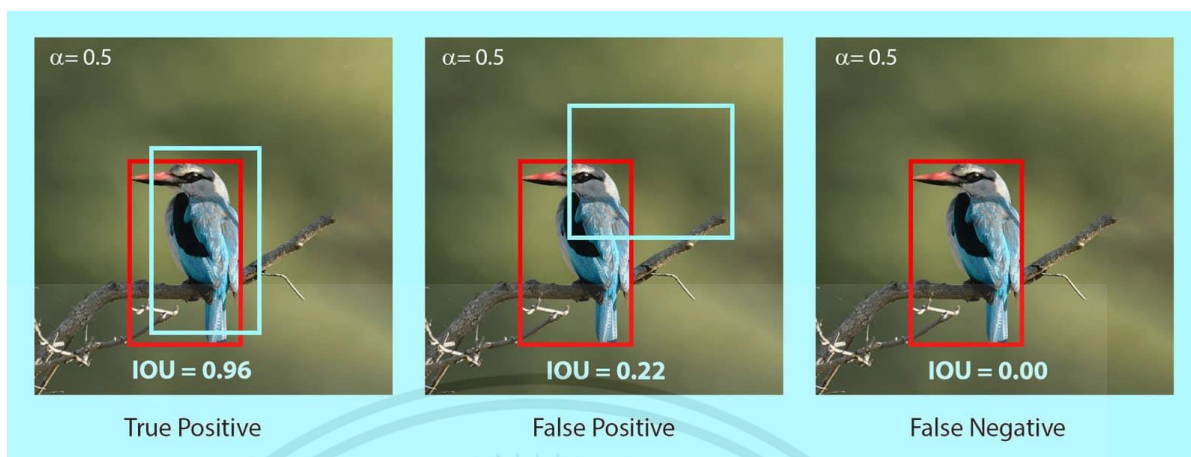
$$\text{IOU} = \frac{\text{Area of Intersection}}{\text{Area of Union}}$$

สมการที่ 3 แสดงสมการ Intersection over Union (IoU)

โดยหากนำหลักการของ Confusion Matrix มาปรับใช้จะได้สมการดังนี้

$$\text{IOU} = \frac{\text{True} + \text{Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive} + \text{False Negative}}$$

สมการที่ 4 แสดงสมการ Intersection over Union (IoU)



ภาพที่ 2.9 แสดง IoU โดย Bounding box สีแดงคือ Actual Positive และสีฟ้า Predicted Positive

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works)

### 2.2.1 Just Walk-Out Technology and its Challenges: A Case of Amazon Go<sup>[3]</sup>

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงลึกของระบบที่ใช้ในการทำงานของ Amazon Go ซึ่งมีความคล้ายคลึงในแง่ของแนวคิดผลลัพธ์ของการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับโครงการของทีมพัฒนาประกอบไปด้วยระบบการตรวจจับและตรวจสอบสินค้า ระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน การประยุกต์ใช้ความรู้ Deep Learning ที่จำเป็นในการทำระบบจดจำสินค้าและยังบอกถึงปัจจัยที่สำคัญในการตรวจสอบสินค้าและระบบการทำงานภาพรวมของ Amazon Go รวมถึงงานวิจัยยังแสดงข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานจริงในระบบทั้งด้านระบบอุปกรณ์ Hardware และระบบ Software ตามภาพ

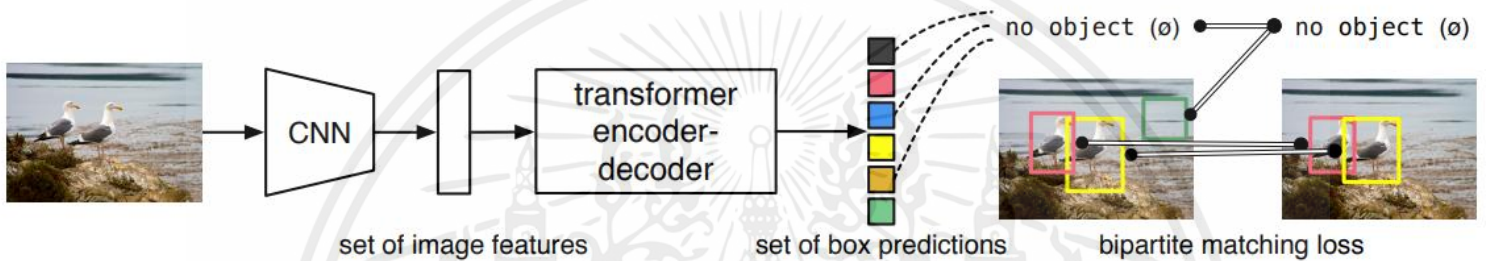
	Person	Shelf	Entrance/Exit
Hardware	Smart Device (Smart Phone)	Cameras, pressure sensors, infrared sensors, scales, volume displacement sensors, light curtains, etc.	2D Barcode
Software	Amazon Go app	Warehouse Management System (WMS)	Customize system

ภาพที่ 2.10 แสดงข้อมูลการใช้งานที่จำเป็นในระบบ Amazon Go

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 End-to-End Object Detection with Transformers (DETR)

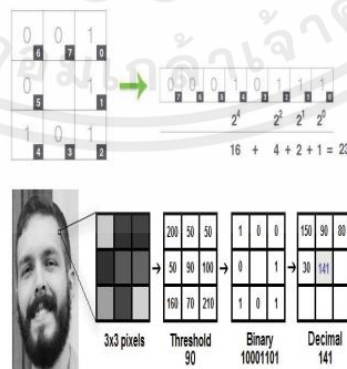
งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการทำงาน Object Detection with Detection Transformer (DETR) เพื่อใช้ในการทำ Object Detection โดยเป็นการประยุกต์เทคโนโลยีระหว่างการทำ CNN และ Transformer ที่มีการทำการ Encode และ Decode ข้อมูลภาพให้มีการทำงานที่สอดคล้องร่วมกันเพื่อตรวจสอบวัตถุแต่ละชนิดที่ปรากฏอยู่ในภาพ โดยมีหลักการสำคัญในการจัดทำตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ The backbone, The Transformer Encoder, The Transformer Decoder, Prediction Feed-Forward Network (FFN)



ภาพที่ 2.11 แสดงการทำงานของ Object Detection with Detection Transformer (DETR)

### 2.2.3 Face Detection and Recognition Using OpenCV<sup>[12]</sup>

เนื่องจากหนึ่งในองค์ประกอบหลักของการทำงานคือการตรวจจับใบหน้าและแยกแยะผู้ใช้งานได้ดังนั้น งานวิจัยชิ้นนี้ที่แสดงถึงการทำระบบตรวจจับใบหน้ารวมถึงระบบจดจำใบหน้าทำงานผ่าน Library OpenCV ไม่ว่าจะเป็นหลักการพื้นฐานขั้นตอนการจำแนกภาพอัลกอริทึมในการตรวจจับใบหน้าภายในภาพไปจนถึงหลักการเปรียบเทียบภาพ



ภาพที่ 2.12 แสดงเทคโนโลยีการประมวลผล Face Recognition ด้วย OpenCV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบและการพัฒนา

#### 3.1 การออกแบบพื้นฐาน

ในการออกแบบพื้นฐานของระบบร้านค้าแบบไร้พนักงานขายเนื่องจากหัวใจหลักของโครงการที่ทีมพัฒนาได้ทำการจำแนกลักษณะงานโดยทำการงานออกเป็น 3 ส่วน ประกอบไปด้วย การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อเป็นตัวกลางและเป็นช่องทางการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน การออกแบบส่วนพื้นที่ชำระสินค้าประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลของอุปกรณ์ กล้องจับภาพสินค้า กล้องจับภาพบุคคล และ ส่วนของการออกแบบเพื่อทำโมเดลการตรวจจับวัตถุ

##### 3.1.1 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

###### 3.1.1.1 Requirements ของระบบ Web Application

ทางทีมพัฒนาได้ทำการสำรวจ requirement ทั้งในรูปแบบของตัวแทนร้านค้าประกอบไปด้วยร้านค้าโชห่วย ตัวแทนร้านค้าที่ขายในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ รวมถึงทำการสำรวจของตัวแทนผู้ใช้งานมีจำนวนมากกว่า 50 คนเพื่อใช้ในการสร้าง Requirement และได้ผลดังนี้

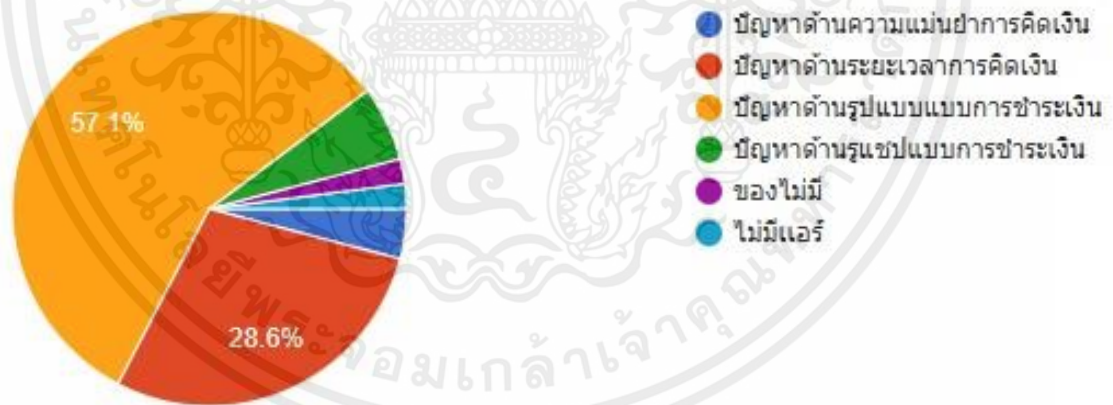
ลำดับที่	พื้นที่	จำนวนผู้ประกอบการที่สอบถาม
1	สมุทรปราการ	2
2	กรุงเทพ	5

ข้อสรุปในการสอบถาม Requirement ของผู้ใช้งานประเภทร้านค้า

สำหรับการสอบถาม requirement ของผู้ใช้งานประเภทร้านค้าทางทีมพัฒนาได้ทำการสำรวจพื้นที่ จังหวัดสมุทรปราการและกรุงเทพฯ สำหรับร้านค้าประเภทโชห่วยโดยการสอบถามผู้ประกอบการโดยตรงผ่านการพูดคุย ทีมพัฒนาได้ข้อสรุป

สำคัญออกมาถึง สิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำร้านค้าประเภทร้านโชห่วยและเป็นปัญหาที่  
ผู้ใช่มองว่ามีปัญหานั้นก็คือการที่ไม่สามารถตรวจสอบระบบการชำระเงินผ่านทาง  
digital internet ได้อย่างชัดเจนส่งผลให้เกิดเหตุการณ์โงงผ่านการโอนเงิน รวมถึงไม่  
สามารถตรวจสอบบัญชีการซื้อขายยอดต่างๆที่เกิดขึ้นในการซื้อขายแต่ละวันได้

ในส่วนของการสอบถาม ของผู้ใช้งานประเภทบุคคลทั่วไปที่เป็นลูกค้าของ  
ร้านค้าทางทีมพัฒนาและทำการสำรวจผ่านระบบทางออนไลน์โดยการสอบถามถึง  
ปัญหาสำคัญที่ผู้ใช่มองว่าเป็นจุดอ่อนของการใช้งานร้านค้าประเภทโชห่วยโดยได้  
ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้โดยคำตอบของผู้ใช้ 56% มองว่าปัญหารูปแบบการชำระเงินผ่าน  
ทางออนไลน์เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดที่จะต้องเร่งแก้ไขรองลงมาคือปัญหาด้าน  
ระยะเวลาในการชำระเงินที่ใช้เวลาค่อนข้างนานในร้านสะดวกซื้อในรูปแบบของร้าน  
โชห่วย



ภาพที่ 3.1 แสดงผลลัพธ์การสืบค้น Requirement ผู้ใช้งาน

จากการสำรวจ Requirement ตัวแทนร้านค้าและบุคคลทั่วไปจึงทำให้เข้าใจถึง  
ความสำคัญ ความต้องการ และปัญหาที่จะเกิดขึ้นในระบบทางทีมพัฒนาได้ทำการนำ  
ข้อมูลมาแปลงเป็นFunctional Requirement ของระบบได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ID	Functional Requirement	Type	Importance
<b>1</b>	<b>ส่วนของระบบ Hardware</b>	function	Must have
1.1	มีกล้องที่ประกอบไปด้วยระบบตรวจจับ Object	function	Must have
1.2	มีกล้องที่ประกอบไปด้วยระบบตรวจจับ ใบหน้า	function	Should have
1.3	มีหน้าจอแสดงรายการสินค้าและราคา	function	Must have
1.4	มีการเชื่อมต่อกับ Server เพื่ออัพเดทข้อมูลผู้ใช้	function	Must have
<b>2</b>	<b>ส่วนของ Web Application ของ User</b>	function	Must have
<b>2.1</b>	<b>มีหน้าเข้าสู่ระบบ</b>	function	Must have
2.1.1	มีช่องให้กรอก Username และ Password	function	Must have
2.1.2	มีปุ่มให้กดไปยังหน้าลิ้มรสผ่าน	function	Should have
2.1.3	มีปุ่มให้กดไปยังหน้าเข้าสู่ระบบ	function	Must have
<b>2.2</b>	<b>มีหน้าลิ้มรสผ่าน</b>	function	Must have
2.2.1	มีช่องใส่ Email	function	Must have
2.2.2	มีช่องใช้รหัสยืนยันที่ส่งไปยัง Email	function	Must have
2.2.3	เมื่อยืนยันสำเร็จจะ ไปหน้าเปลี่ยนรหัสผ่าน	function	Must have
<b>2.3</b>	<b>มีหน้าหลัก</b>	function	Must have
2.3.1	มีปุ่มเข้าสู่หน้าตรวจสอบสินค้าที่จัดจำหน่าย	function	Must have
2.3.2	มีปุ่มตรวจสอบประวัติการซื้อสินค้า	function	Must have
2.3.3	มีปุ่มเข้าสู่หน้าแก้ไข Profile	function	Should have
2.3.4	มีปุ่มเข้าสู่หน้าเติมเงินเข้าระบบ Wallet	function	Must have
<b>2.4</b>	<b>หน้าตรวจสอบสินค้าที่จัดจำหน่าย</b>	function	Must have
2.4.1	มีปุ่มแสดงผลพัสดุรายละเอียดสินค้า	function	Should have

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2	มีปุ่มเลือกร้านค้าที่อยู่ในระบบ	function	Must have
2.4.3	มีปุ่มกลับไปยังหน้าหลัก	function	Must have
2.5	หน้าตรวจสอบประวัติการซื้อสินค้า	function	Must have
2.5.1	มีปุ่มกลับไปยังหน้าหลัก	function	Must have
2.6	มีหน้าเติมเงินเข้าสู่ระบบ Wallet	function	Should have
2.6.1	แสดงยอดเงินคงเหลือ	function	Should have
2.6.2	เติมเงินเข้าสู่ระบบได้	function	Should have
3	ส่วนของ Web Application ของเจ้าของร้านค้า	function	Must have
3.1	มีหน้าเข้าสู่ระบบ	function	Must have
3.1.1	มีช่องให้กรอก Username และ Password	function	Must have
3.1.2	มีปุ่มให้กดไปยังหน้าสมัครรหัสผ่าน	function	Should have
3.1.3	มีปุ่มให้กดไปยังหน้าเข้าสู่ระบบ	function	Must have
3.2	มีหน้าสมัครรหัสผ่าน	function	Must have
3.2.1	มีช่องใส่ Email	function	Must have
3.2.2	มีช่องใส่รหัสยืนยันที่ส่งไปยัง Email	function	Must have
3.2.3	เมื่อยืนยันสำเร็จจะไปหน้าเปลี่ยนรหัสผ่าน	function	Must have
3.3	มีหน้าหลัก	function	Must have
3.3.1	มีปุ่มเข้าสู่หน้าแสดงและแก้ไขสินค้าภายในคลังคงเหลือ	function	Must have
3.3.2	มีปุ่มแสดงข้อมูลสินค้าทั้งหมดที่ถูกจำหน่าย	function	Must have
3.3.3	มีระบบแจ้งเตือนสินค้าหมด	function	Should have
3.3.4	มีปุ่มแสดงข้อมูลประวัติการซื้อสินค้าที่เกิดขึ้นภายในร้านค้า	function	Must have
3.3.5	มีปุ่มตรวจสอบข้อมูลผู้เข้าใช้งานภายในระบบ	function	Must have
3.3.6	มีปุ่มสร้าง Account User ในระบบของตนเอง	function	Must have
3.4	มีหน้าแสดงและแก้ไขสินค้าภายในคลังคงเหลือ	function	Must have
14.7	มีปุ่มแก้ไขข้อมูลสินค้าในคลัง	function	Must have
14.8	มีปุ่มเข้าสู่หน้าหลัก	function	Must have

ตารางที่ 3.1 แสดง Requirement ของระบบ Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจากตารางที่ 3.2.1 เป็นการแสดง Requirement ของระบบ Web Application ที่ทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการประยุกต์ให้เข้ากับ Requirement ที่ทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการเก็บมาจากตัวแทนร้านค้า ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มตัวอย่าง โดย Requirement ของ Web Application ดังต่อไปนี้จะเป็น Requirement อย่างต่ำ ที่จะทำให้ตัวแทนร้านค้าทำงานได้อย่างสะดวกสบาย และมีประสิทธิภาพในการดูแลร้านค้ามากยิ่งขึ้น

เนื่องจากทางทีมพัฒนาเล็งเห็นถึงความสำคัญของการตรวจสอบข้อมูลและเป็นตัวกลาง และเป็นช่องทางการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานประเภทลูกค้าและผู้ใช้งานประเภทผู้ประกอบการ ดังนั้นทางทีมพัฒนาได้ทำการออกแบบเว็บไซต์แอปพลิเคชัน โดยเน้นรูปแบบที่ทันสมัย ครอบคลุมผู้ใช้งานเพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งานที่ต้องการใช้งานฟังก์ชันให้ได้ประโยชน์สูงสุด โดยจะต้องสามารถ ในแต่ละประเภทของผู้ใช้งานทั้งหมดสองรูปแบบประกอบไปด้วย เว็บไซต์แอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานประเภทลูกค้าและประเภทผู้ประกอบการ ได้แก่

สำหรับผู้ใช้งานประเภทลูกค้า จะต้องมีความสามารถดังนี้

1. ตรวจสอบสินค้าที่จัดจำหน่าย
2. ทำการตรวจสอบประวัติการซื้อสินค้า
3. สามารถแก้ไข Profile
4. ทำการ Login เพื่อใช้งานระบบ
5. ตรวจสอบยอดเงินคงเหลือใน ระบบ Wallet
6. เติมเงินเข้าสู่ระบบ Wallet

สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ประกอบการ จะต้องมีความสามารถดังนี้

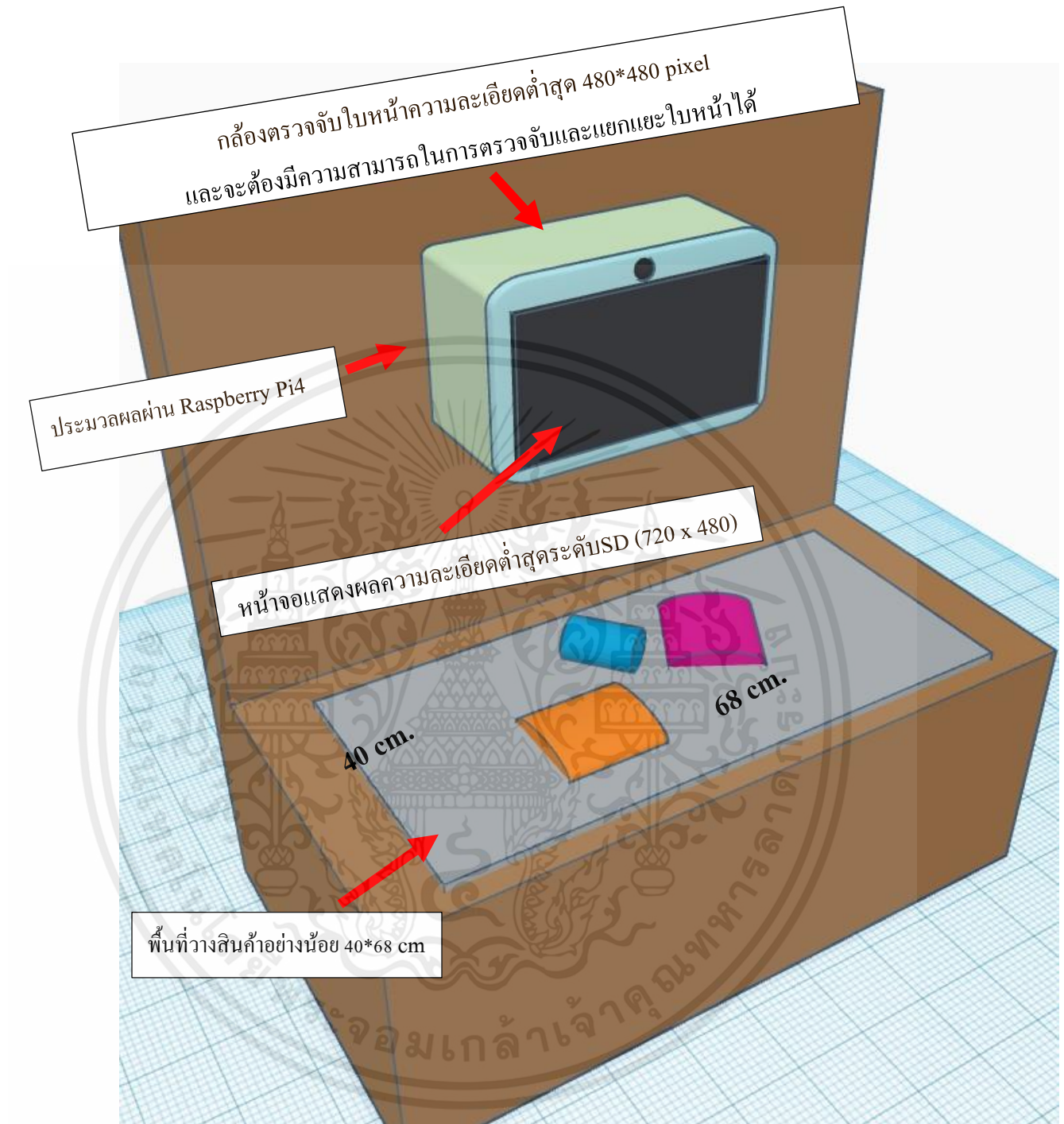
1. แสดงและแก้ไขสินค้าภายในคลังคงเหลือ
2. แสดงข้อมูลสินค้าทั้งหมดที่ถูกจำหน่าย
3. แจ้งเตือนสินค้าหมด
4. แสดงข้อมูลประวัติการซื้อสินค้าที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในร้านค้า
5. แสดงข้อมูลผู้เข้าใช้งานภายในระบบ
6. สร้าง Account User ในระบบของตน

### 3.1.2 การออกแบบอุปกรณ์ส่วนพื้นที่ชำระสินค้า

สำหรับการออกแบบมืองค์ประกอบที่สำคัญหลัก ประกอบไปด้วย กล้องจับสินค้า กล้องตรวจจับใบหน้าและ อุปกรณ์และพื้นที่วางสินค้า โดยมีหลักการสำคัญคือ กล้องจับสินค้าที่จะต้องสามารถจับภาพและจำแนกชนิดสินค้าได้ในพื้นที่ที่ได้ทำการคำนวณไว้ กล้องตรวจจับใบหน้าที่สามารถจำแนกความแตกต่างใบหน้าได้ และ โต๊ะพื้นที่วางสินค้าที่สามารถวางสินค้าได้ตามที่กำหนด

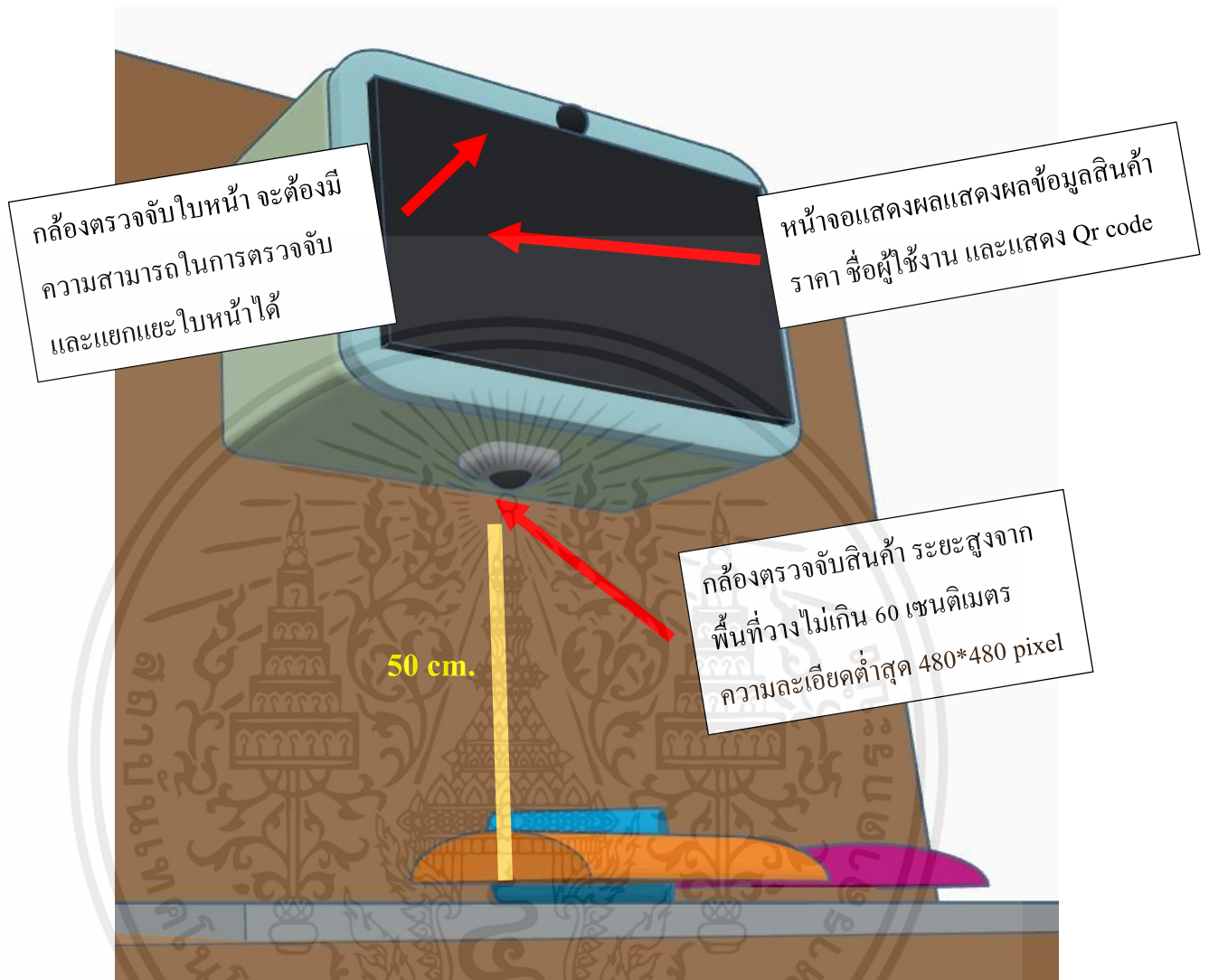
โดยมีรายละเอียดอย่างน้อยดังนี้

- กล้องจับสินค้า โดยจะต้องสามารถตรวจจับสินค้าได้ แยกแยะว่าสินค้านั้นคือสินค้าอะไร และ ต้องมีการวางกล้องระยะสูงจากพื้นที่วางไม่เกิน 60 เซนติเมตร
- กล้องตรวจจับใบหน้า จะต้องมีความสามารถในการตรวจจับและแยกแยะใบหน้าได้ เพื่อใช้ในการเข้าร้านค้าและทำการหักเงินจากบัญชีเมื่อกระทำการซื้อสินค้า
- อุปกรณ์และพื้นที่วางสินค้า ที่มีขนาด กว้างไม่ต่ำกว่า 40 เซนติเมตร ยาวไม่ต่ำกว่า 68 เซนติเมตร สำหรับการวางของเพื่อชำระเงิน โดยจะต้องมีสีพื้นหลังที่เสมอกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ
- หน้าจอแสดงผล โดยเป็นจอที่สามารถแสดงผลการทำงาน โดยที่จะต้องสามารถแสดงผลข้อมูล สินค้า ราคา ชื่อผู้ใช้งาน และแสดง Qr code เพื่อใช้ในการชำระเงินเพื่อซื้อสินค้า
- อุปกรณ์ประมวลผลหลัก โดยอุปกรณ์ประมวลผลหลักจะต้องสามารถรองรับการประมวลผลได้ดังนี้ สามารถประมวลผลการทำระบบการจำแนกวัตถุสินค้าได้ สามารถทำการประมวลผลการวิเคราะห์ภาพใบหน้าผู้ใช้งานได้ สามารถติดต่อและรับส่งข้อมูลกับ เซิร์ฟเวอร์ได้



ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการออกแบบชั้นพื้นฐานส่วนพื้นที่ชำระสินค้ามุด้านน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



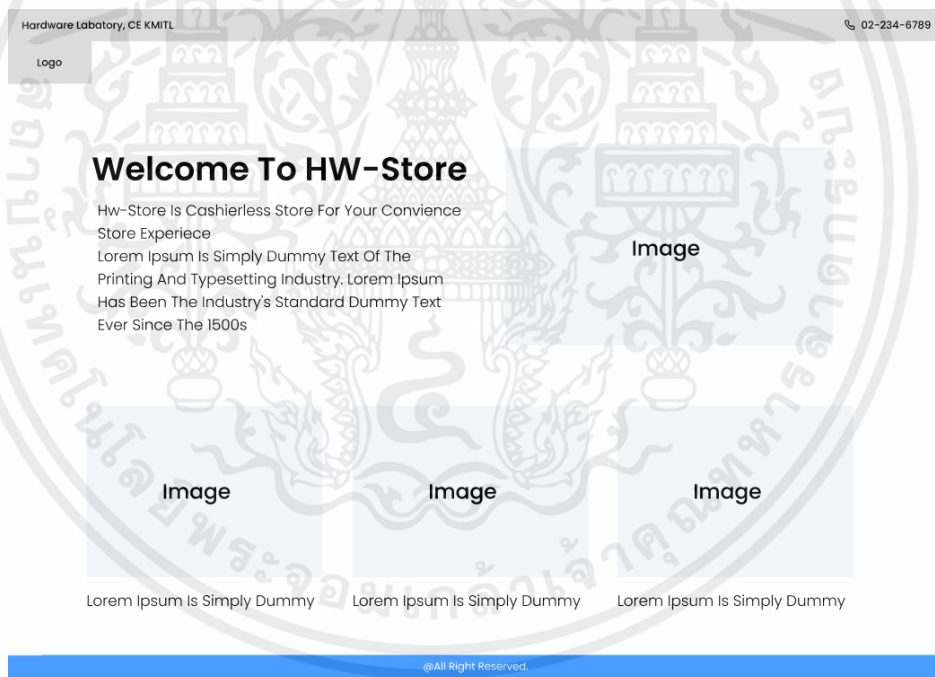
ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการออกแบบชิ้นพื้นฐานส่วนพื้นที่ชำระสินค้ามุมด้านล่าง

จากภาพที่ 3.2 และ 3.3 จะเห็นได้ถึงโครงสร้างของ Hardware ที่เป็นพื้นที่ในการชำระสินค้า โดยมีอุปกรณ์ต่างๆตามภาพ โดยการออกแบบ Hardware นี้ จะมุ่งเน้นไปที่การง่ายต่อการใช้งาน เนื่องจากการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้บ่อย และยังมีหน้าจอ LED เพื่อเป็นการบอกถึงวิธีการใช้งานและแสดงผลการทำงานและขั้นตอนการทำงานได้อย่างละเอียด ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานใช้งานได้อย่างถูกต้อง

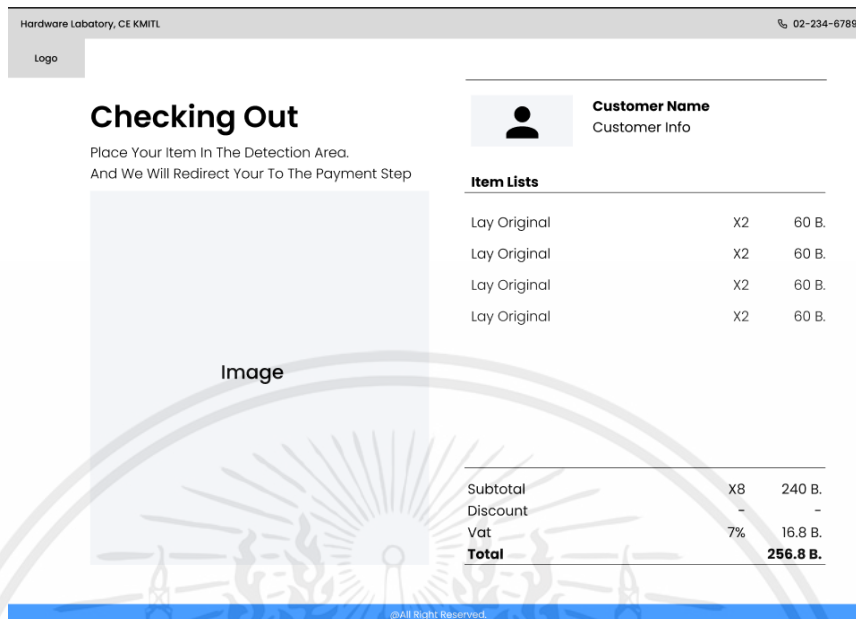
## รายละเอียดการออกแบบหน้าแสดงผลผ่านหน้าจอบนอุปกรณ์ Hardware

หน้าจอแสดงผลบนอุปกรณ์ส่วนของฮาร์ดแวร์ ประกอบไปด้วย

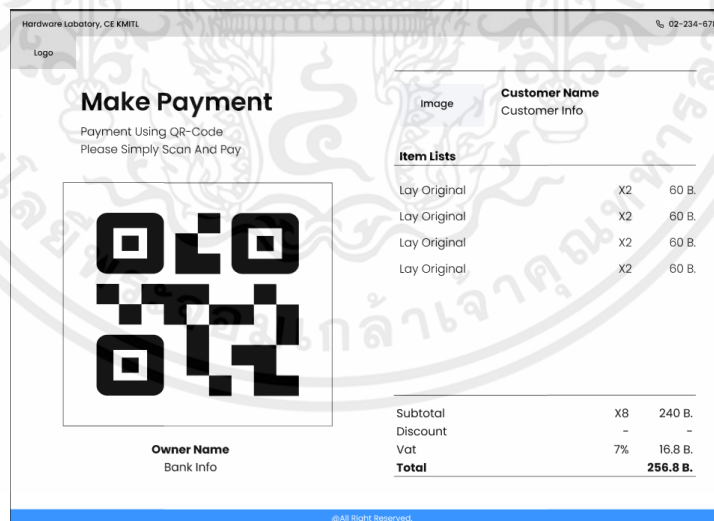
- หน้าเริ่มต้นพื้นฐานซึ่งเป็นหน้าที่ผู้ใช้งานจะได้พบเป็นหน้าแรกก่อนการตรวจสอบและชำระสินค้า
- หน้าจอแสดงผลหน้าแสดงข้อมูลสินค้าที่ทำการวางบนพื้นที่วางสินค้าเพื่อตรวจสอบรายการและราคาสินค้า
- หน้าจอแสดงผลหน้าแสดง Qr Code เพื่อชำระเงินตามรายการและราคาสินค้า
- หน้าจอแสดงผลการชำระเงินสำเร็จเพื่อบอกผู้ใช้งาน



ภาพที่ 3.4 แสดงการออกแบบหน้าแสดงผล หน้าหลัก บนจอบนอุปกรณ์ Hardware



ภาพที่ 3.5 แสดงการออกแบบหน้าแสดงผล หน้ารายการสินค้า บนอุปกรณ์ Hardware



ภาพที่ 3.6 แสดงการออกแบบหน้าแสดงผล หน้าชำระเงิน บนอุปกรณ์ Hardware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Thank You For Your Purchase



### ภาพที่ 3.7 แสดงการออกแบบหน้าแสดงผล หน้าชำระเงินสำเร็จ บนอุปกรณ์ Hardware

โดยจากภาพข้างต้นทั้ง 4 ภาพ จะเป็นหน้าแสดงผลของจอ LED ที่อยู่บนอุปกรณ์ Hardware โดยจะออกแบบให้มีความคล้ายคลึงกับเครื่องชำระเงินของร้านค้าทั่วไป และมีความคล้ายคลึงกับใบเสร็จที่ทางร้านค้าให้เมื่อทำการซื้อสำเร็จแล้ว เพื่อให้ผู้ใช้งานรู้สึกว่าเป็นเครื่องที่ไว้ชำระเงิน โดยมีกลิ่นอายของร้านค้าทั่วไปอยู่ ทำให้ผู้ใช้งานไม่เกิดความสับสนในการใช้งานอุปกรณ์ Hardware

#### 3.1.3 การออกแบบโมเดลการตรวจจับวัตถุ

เนื่องจากหัวใจหลักของโครงการคือความสามารถในการจำแนกสินค้าดังนั้นทีมผู้พัฒนาโครงการจึงเลือกใช้เทคโนโลยีการทำ Object Recognition เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาการแยกประเภทสินค้าโดยมีแนวทางการออกแบบตามลำดับ คือ การเลือกชนิดโมเดลที่มีความเหมาะสม การเตรียมข้อมูลภาพที่จะนำไปใช้ในการเทรนโมเดลระบบตรวจจับสินค้า การปรับแต่งโมเดลให้มีความเหมาะสม เพื่อให้ได้โมเดลที่สามารถจำแนกชนิดสินค้าได้

### การคัดเลือกโมเดล (Model Selection)

เนื่องจากการทำระบบจำแนกวัตถุหนึ่งในปัจจัยหลักที่จะสามารถทำให้โมเดลมีความแม่นยำคือการเลือกใช้ โมเดลที่ถูกฝึกฝนมาเรียบร้อยแล้ว (Pre-trained model) ที่มีศักยภาพและมีความเหมาะสมกับโครงการ โดยการออกแบบโมเดลด้วยการเรียนรู้เชิงลึก จะใช้ Pre-trained model มาทำการ Transfer Learning ด้วยเทคนิค Fine-Tuning โดยจะทำการทดลองเพื่อเลือก Pre-trained model ที่ดีที่สุดสำหรับการทำ ระบบการจำแนกวัตถุ โดย Pre-trained model ที่เลือกมาจาก State-of-art for Object Recognition และเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้ผลตามตาราง

โดย Pre-trained model ที่ทางทีมผู้พัฒนาได้เลือกนั้น ได้แก่

Faster-RCNN (Resnet50) เป็นโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันประเภท Region-based Convolutional Neural Network (RCNN) โดยที่มาจาก Model Zoo ของ TensorFlow

DETR เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีระหว่างการทำ CNN และ Transformer ที่มีการทำการ Encode และ Decode ที่มีการปรับใช้เทคนิค Self-Attention

Pre- trained Model	mAP	Inference rate (fps)
Faster R-CNN (Resnet50)	41	3
DETR	42	3

ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการทดลองปรับใช้โมเดลใน Dataset เดียวกัน

จากตารางจะเห็นได้ว่าโมเดล DETR นั้นมีผลลัพธ์แสดงให้เห็นได้ว่า mAP ( Mean Average Precesion ) มีผลลัพธ์ที่ดีมากกว่า Faster R-CNN แสดงถึงประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลภาพที่ดีกว่า ดังนั้นทางทีมผู้พัฒนาจึงทำการเลือกใช้โมเดล DETR เป็น Pretrained-Model ในการทำ ระบบการจำแนกวัตถุภายในโครงการนี้

### การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

อีกหนึ่งปัจจัยหลักในการทำระบบการจำแนกวัตถุคือข้อมูลภาพที่จะนำมาใช้ในการทำการ Train โมเดล เนื่องจากจำนวนและคุณภาพของภาพมีผลกระทบต่อความแม่นยำของโมเดลอย่างมีนัยสำคัญดังนั้นการออกแบบข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการเทรนจึงมีความสำคัญโดยมีหลักการสำคัญคือ การเก็บข้อมูลภาพผ่านการถ่ายภาพ และการทำ Augmentation ภาพเพื่อปรับเปลี่ยนคุณลักษณะภาพให้มีความสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมที่อาจมีความแตกต่างจากภาพที่นำมาเทรนในระบบ






### การจัดหาภาพรูปภาพ (Data Collection)

โดยทีมพัฒนาได้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 20 Class ซึ่งจะแทนตัวอย่างสินค้าภายในร้านค้าโดยทำการอ้างอิงจากรายการสินค้าขายดีของร้านสะดวกซื้อ โดยสามารถจำแนกชนิดสินค้าแบ่งออกเป็น สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ถุงหีบห่อ สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์แบบขวด และสินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋อง โดยมีรายการทั้งสินดังต่อไปนี้

ลำดับ	รายการ	ลักษณะ	ภาพประกอบ
1	ปารีที้	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
2	เลย์รสชาวกะหรี่ และหัวหอม	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	

3	สแน็คแจ๊ค รสดั้งเดิม	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
4	คารามูโจ้	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
5	ทวิสโก้	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
6	มามา รสต้มยำกุ้งน้ำข้น	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
7	ปาร์ตี้ รสคาราเมล	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	ปาร์ตี้ รสครองแครง	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
9	ป๊อกกี้ รสช็อกโกแลต	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
10	ทาโร่ รสดั้งเดิม	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
11	เบ็นโตะ รส Sweet and Spicy	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
12	ถั่วแก่น้อย รสเผ็ด	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	นมไทย-เดนมาร์ก รสจืด	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ ถุงหีบห่อ	
14	โซดาตราสิงห์	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ แบบขวด	
15	แฟนต้า รสผลไม้รวม	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ แบบขวด	
16	น้ำดื่มคริสตัล	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ แบบขวด	
17	โค้กซีโร่	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ แบบกระป๋อง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18	แป๊ปซี่	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ แบบกระป๋อง	
19	แป๊ปซี่แม็กซ์	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ แบบกระป๋อง	
20	สิงห์ เลมอนโซดา	สินค้าชนิดบรรจุภัณฑ์ แบบกระป๋อง	

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลสินค้าที่นำมาเป็น Class ในการทำ Object Recognition

โดยทำการจัดเก็บข้อมูลโดยการถ่ายภาพ โดยในแต่ละประเภทจะถูกจัดเก็บอย่างน้อย  
ประเภทละ 400 ภาพ โดยรวมแล้วรูปภาพที่ถูกจัดเก็บจะมีปริมาณประมาณ 10,000 ภาพย่อย

#### การขยายข้อมูล (Data Augmentation)

การทำ Data Augmentation เป็นเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของการ  
ฝึกสอนแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิทยาศาสตร์  
ข้อมูล (Data Science) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันใน  
การใช้งานจริงภาพอาจมีความเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะองค์ประกอบภายนอกที่อาจเกิดขึ้น  
เช่น แสง มุมภาพ ดังนั้นจึงทำการ Augmentation ภาพเพื่อป้องกันการ Overfitting แล้วยังเป็น

การเพิ่มจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในการ Training อีกด้วย ซึ่งประเภทของ การทำ Data Augmentation ที่เราเลือกใช้เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลประกอบไปด้วย

1. Flip เป็นกระบวนการหมุนรูปภาพโดยจะหมุนภาพทั้งในแนวนอน (หมุน 90 องศา) และแนวตั้ง (หมุน 180 องศา) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบ Object ที่วางในแต่ละแนวที่อาจเกิดขึ้นได้
2. Hue เป็นกระบวนการปรับการเปลี่ยนแปลงค่าสีของภาพโดยเพิ่มหรือลดความสว่างและความเข้มของสีในรูปภาพ เพื่อให้โมเดลทนทานต่อความเพี้ยนของสีจากรูปภาพจริงที่ปรากฏในสถานการณ์ที่อาจเป็นไปได้
3. Saturation เป็นกระบวนการปรับความความเข้มตัวของสี หมายถึงความเข้มหรือความสดใสของสีในภาพ ซึ่งจะมีประโยชน์สำหรับงานต่างๆ เช่น การจัดหมวดหมู่ภาพ การตรวจจับวัตถุ และการแบ่งส่วนภาพ ซึ่งข้อมูลสีที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญ ในทางกลับกัน การลดความเข้มตัวของสีเหมาะกับการแบ่งส่วนภาพโดยเน้นที่ข้อมูลพื้นผิว
4. Blur คือการประมวลผลภาพที่เกี่ยวข้องกับการลดความคมชัดหรือปรับลดความชัดเจนของภาพ ใช้เพื่อลดคุณภาพการมองเห็นของภาพ ที่อาจปรากฏในสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้
5. Noise คือการเพิ่มสัญญาณรบกวนในการขยายข้อมูล โดยจะเป็นการการเพิ่มรูปแบบแบบสุ่มหรือแบบควบคุมให้กับข้อมูลต้นฉบับ โดยจำลองการมีอยู่ของสัญญาณรบกวนหรือการรบกวนที่อาจมีอยู่ในข้อมูลในโลกแห่งความเป็นจริง สัญญาณรบกวนอาจอยู่ในรูปแบบต่างๆ กัน เช่น การเปลี่ยนแปลงความเข้มของพิกเซลแบบสุ่ม สัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน



ภาพที่ 3.8 ประเภทของ การทำ Data Augmentation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การแบ่งชุดข้อมูล (Train-Test-Valid Split)

คือการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ชุดคือ ชุดทดลอง (Training set) ชุดทดสอบ (Testing Set) และชุดประเมินผล (Validation Set) โดยจุดประสงค์ของการแบ่งชุดข้อมูลคือ Train set นั้นมีไว้สำหรับการ Training หรือเป็นข้อมูลหลักที่โมเดลนั้นจะได้เรียนรู้ ส่วน Validation set มีไว้สำหรับทดสอบโมเดลในขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพโมเดลหรือแม้กระทั่งระหว่างการ Training และสำหรับ Testing set เป็นชุดข้อมูลที่จะใช้ทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลในขั้นตอนสุดท้ายโดยจะต้องเป็นชุดข้อมูลที่ต้องไม่เคยปรากฏอยู่ใน Training Set เลย

### Fine – Tuning

หลังจากที่นำข้อมูลที่ได้ทำการปรับแต่งภาพแล้วจึงนำข้อมูลไปทำการเทรนโมเดลผ่าน Pre-Train Model อย่าง DETR ซึ่งการที่จะได้ผลลัพธ์ตามเป้าประสงค์ที่ต้องการนั้นจะต้องทำการปรับแต่งรูปแบบการเทรนโมเดลเพื่อเพิ่มความแม่นยำ

### Hyperparameter Optimization

เป็นกระบวนการที่จะปรับแต่งตัวแปรต่างๆ ที่ช่วยในการ Training (Hyperparameter) มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยในการปรับแต่ง Pre-trained Model ทางทีมพัฒนาได้ทำการปรับแต่ง Parameter ต่างๆ ดังนี้

- 1.) Image Size โดยใช้ขนาดอยู่ที่ 480 x 480 pixels ซึ่งเป็นขนาดเล็กที่สุดที่ตัวโมเดล DETR นั้นจะยังสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.) Learning rate คือค่าที่ช่วยในการเรียนรู้ของตัว Transformers ในโมเดล
- 3.) Learning rate backbone คือค่าที่ช่วยในการเรียนรู้ของตัว Backbone ในโมเดล
- 4.) Optimizer คือค่าที่จะช่วยให้โมเดลปรับค่า Learning Rate ให้เหมาะสมระหว่างการ Training Model
- 5.) Epoch and steps คือจำนวนครั้งที่ใช้ใน Training
- 6.) Weight Decay เป็นค่าที่ช่วยในการป้องกันการ Overfitting ของโมเดล

## 7.) Batch size คือตัวเลขที่จะส่งผลต่อจำนวนของข้อมูลใน 1 Batch ระหว่างการ Training

การประเมินค่าและวัดผลการทำงานของ Model โดยการนำข้อมูล มาวัดประสิทธิภาพ โมเดล นอกจากจะประเมินด้วยค่า Loss และ Accuracy ทางทีมผู้พัฒนาจะทำการประเมิน บนพื้นฐานของ Confusion Matrix และ mAP

### Training Pipeline

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการ Training โดยจะมีขั้นตอนดังนี้

#### 1) จัดการข้อมูล (Processing Data)

เป็นขั้นตอนที่จะจัดการกับข้อมูลโดยใช้กระบวนการ Data Preprocessing

#### 2) พัฒนาโมเดล (Develop Model)

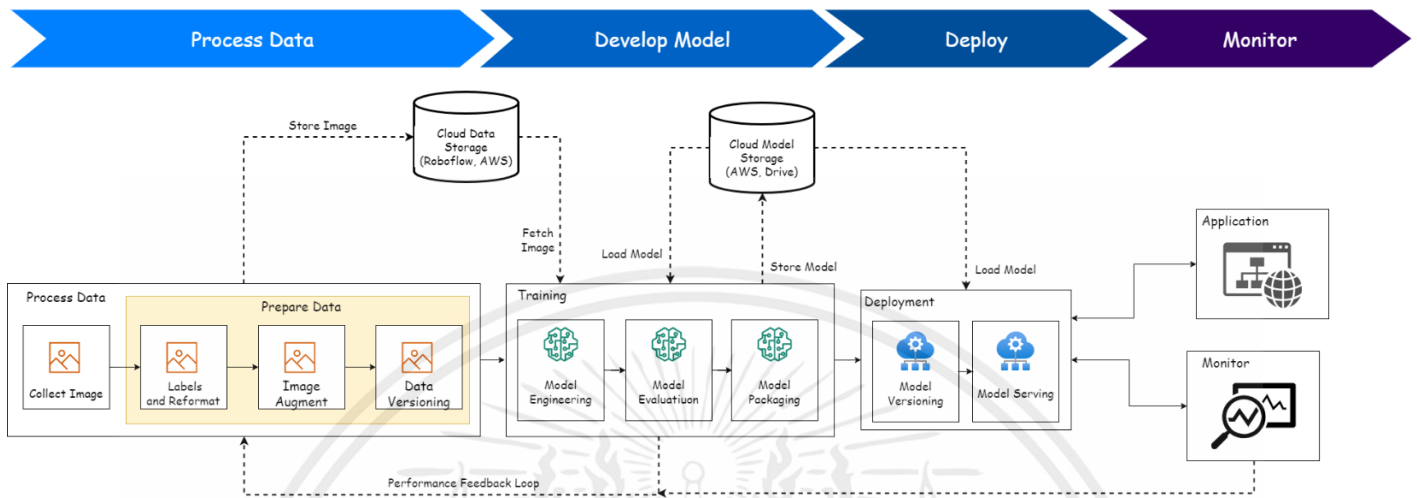
เป็นขั้นตอนการ Training เพื่อปรับ โมเดลให้เข้ากับ Dataset ที่ผ่านการ Process โดยปรับใช้ Hyperparameter และการบันทึกโมเดลในทุกๆครั้งที่ Train ครบ epoch (Checkpointing) และ หลังจากจบการ Training ทางทีมผู้พัฒนาจะนำโมเดลที่ได้ ไปทดลองกับชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพหลังการ Training และหากผลลัพธ์ที่ได้ไม่เป็นที่น่าพอใจก็จะกลับไปเริ่ม Pipeline ใหม่ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพต่อไป

#### 3) ปรับใช้ (Deployment)

เป็นขั้นตอนที่จะนำโมเดลที่มีประสิทธิภาพที่น่าพึงพอใจไปทำให้ใช้งานได้โดยการนำโมเดล Deploy ลง Platform ต่างๆ เช่น AWS Cloud หรือทำการ Deploy ด้วย RESTful API Framework เช่น Fast-API หรือทำการทดสอบ โมเดลใน เครื่อง Local Machine

#### 4) ประเมินผล (Monitoring)

หลังจากได้โมเดลที่มีประสิทธิภาพหลังการทดสอบกับ Test set แล้ว ก็จะนำ โมเดลนั้นไปทดสอบใช้งานจริงและบันทึกผล เพื่อใช้ในการประเมิน โมเดลและ นำไปปรับปรุงขั้นตอนต่างๆเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล



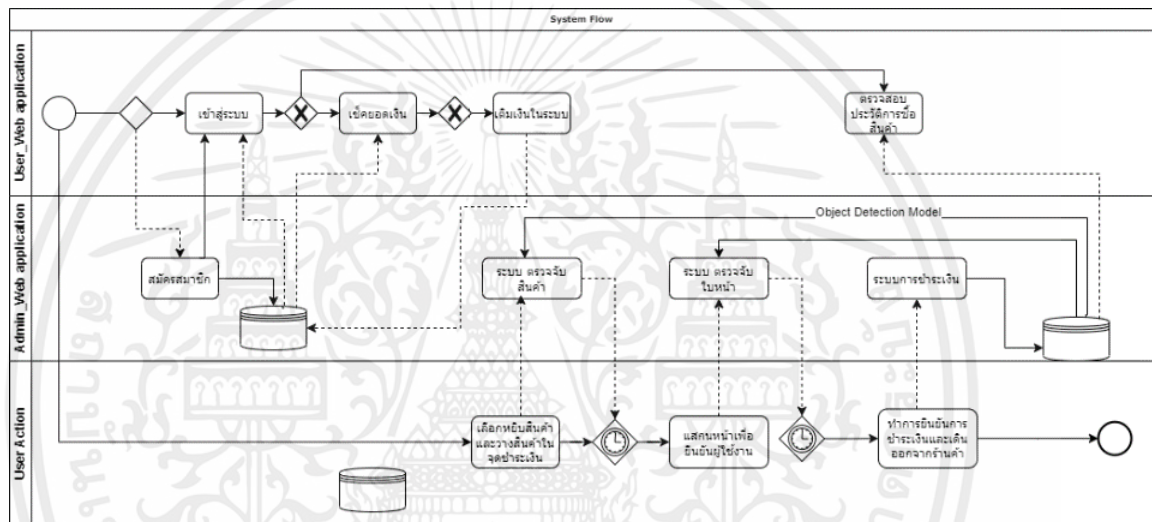
ภาพที่ 3.9 แสดงการการออกแบบ Training Pipeline

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การออกแบบ Diagram

### 3.2.1 การออกแบบ Business Process Model and Notation (BPMN)

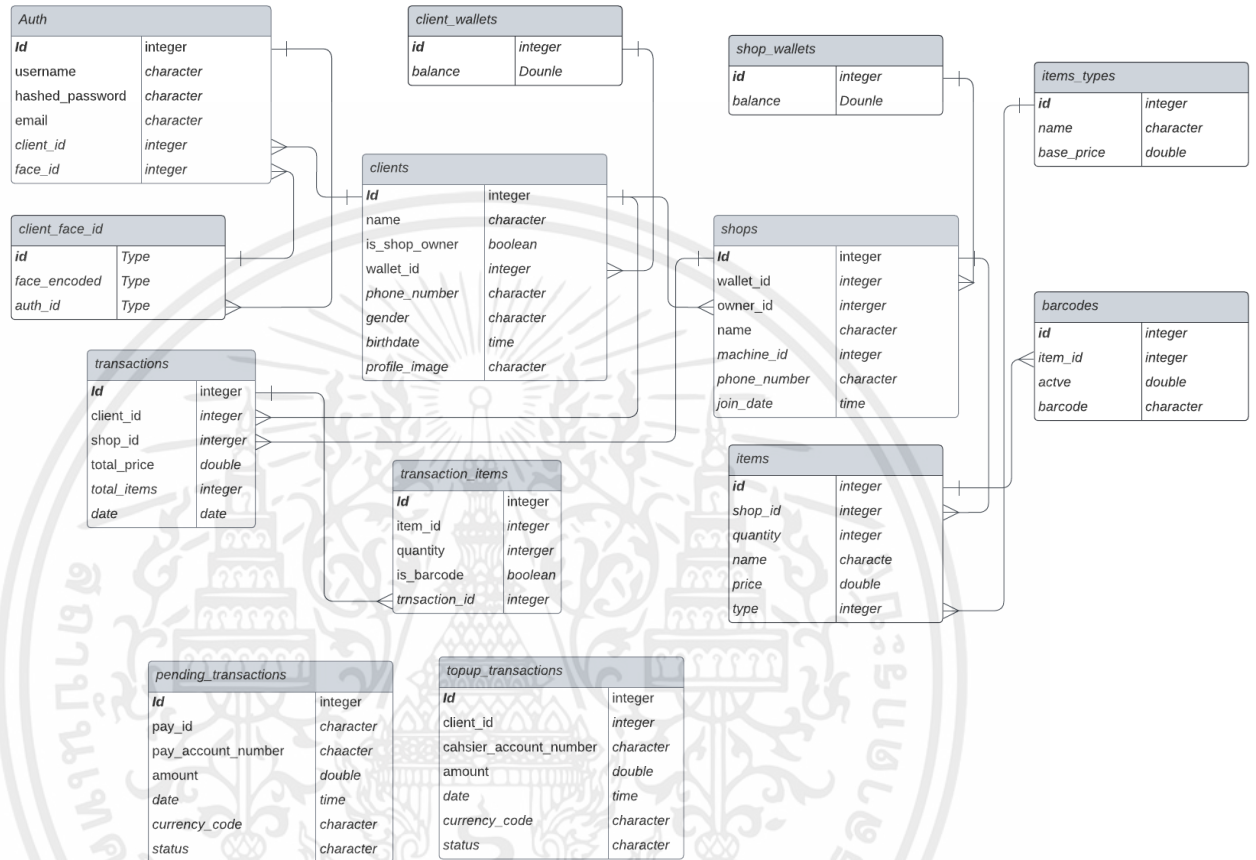
เป็นการออกแบบแนวทางภาพรวมการใช้งานระบบในเชิงการเป็นการทำธุรกิจซึ่งจะทำให้เห็นถึงจุดเด่นของโครงการที่มีข้อดีในการที่ผู้ใช้งานสามารถทำการซื้อสินค้าโดยไม่จำเป็นต้องใช้บริการพนักงานขายอีกทั้งยังสามารถตรวจสอบสภาพประวัติการใช้งาน



ภาพที่ 3.10 แสดง Business Process Model and Notation (BPMN) ของระบบ

สำหรับการออกแบบ business process model and notation แสดงให้เห็นว่าเมื่อลูกค้าต้องการเข้ามาใช้ระบบของเราสามารถทำการเดินเข้าไปเลือกสินค้าในร้านค้า วางสินค้าบนพื้นที่ชำระเงิน ทำการสแกนหน้าเพื่อทำการยืนยันผู้ใช้งานและทำการหยิบสินค้าและออกไปได้ ซึ่งจะช่วยให้ตอบโจทย์ในการลดระยะเวลาในการทำงาน อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบยอดเงินและประวัติการใช้งานผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันได้ด้านเจ้าของร้านค้าหรือผู้ใช้งานประเภท Admin สามารถตรวจสอบประวัติการซื้อขายข้อมูลการซื้อขายทั้งหมดได้

### 3.2.2 การออกแบบ Schema



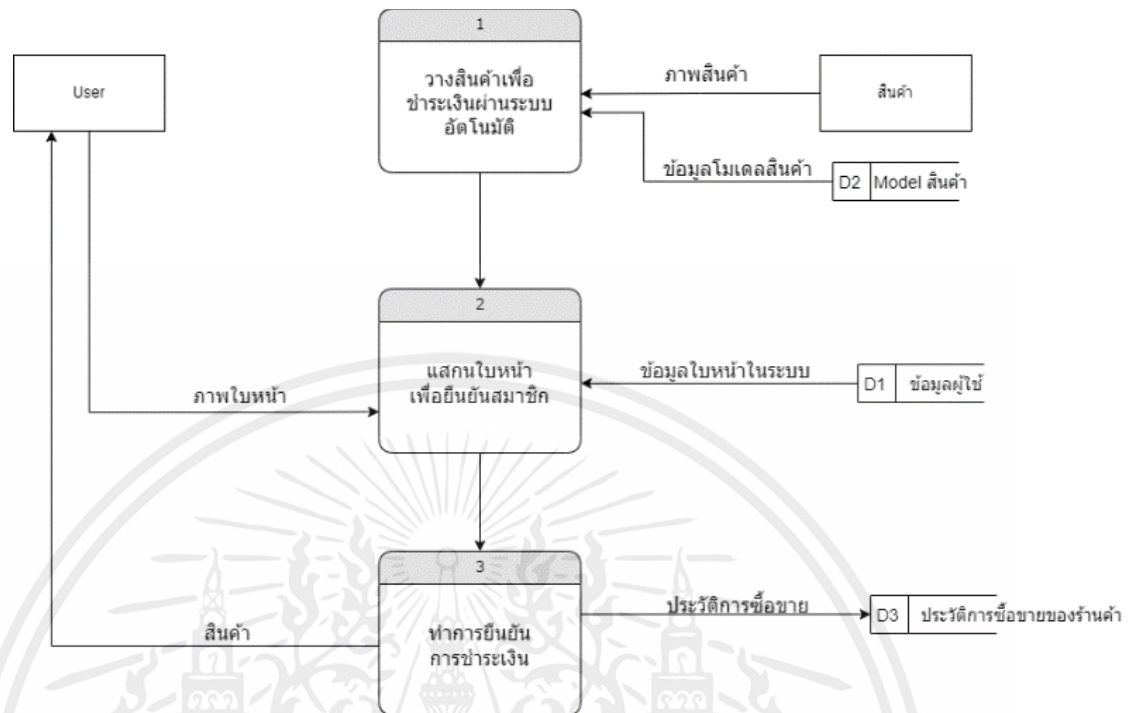
ภาพที่ 3.11 แสดงการออกแบบ Schema ของระบบ

ในส่วนของการออกแบบ Schema ของระบบ ทางทีมพัฒนาและทำการออกแบบโดยจะมีส่วนสำคัญคือการออกแบบระบบจำลอง ในส่วนของระบบเติมเงิน และ ระบบการจ่ายเงิน ที่เป็นการจำลองการเชื่อมต่อการส่งข้อมูลจากตัวแทนธนาคาร และส่วนอื่นจะเป็นส่วนของ ข้อมูลประวัติ ผู้ใช้งาน ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลสินค้า ข้อมูลร้านค้า ข้อมูลภาพใบหน้าผู้ใช้งาน และข้อมูลประวัติการใช้งานระบบ รวมถึงข้อมูล barcode ที่จะส่งผลให้สามารถพัฒนาต่อยอดไปได้

จากภาพที่ 3.11 จะแสดงให้เห็นถึง table ที่ต้องใช้ทั้งหมดประกอบไปด้วย Auth ที่ใช้สำหรับในการยืนยันตัวตนผู้ใช้งาน client\_face\_id ที่ใช้เก็บข้อมูลภาพใบหน้าเพื่อทำการเข้าสู่ระบบด้วยการทำ face recognition transaction ใช้เก็บข้อมูลสำหรับการทำธุรกรรมการซื้อของของ user ที่ใช้งาน transaction\_item ปังบอกข้อมูลของสินค้าที่ถูกซื้อ clients ใช้เก็บข้อมูลสำหรับปังบอกถึงผู้ใช้งาน wallet ใช้เก็บข้อมูลสำหรับข้อมูลจำนวนเงินของผู้ใช้ shop\_wallets ใช้เก็บข้อมูลสำหรับแสดงข้อมูลจำนวนเงินของร้านค้า shops ใช้เก็บข้อมูลสำหรับร้านค้าไม่ว่าจะเป็นข้อมูลสินค้าหรือข้อมูลที่ใช้ทั่วไป items ใช้สำหรับเก็บข้อมูลสินค้าในร้านค้า items\_types สำหรับการปรับแต่งข้อมูลของสินค้าและ barcodes ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลบาร์โค้ด รวมถึงการมี table transaction\_items และ topup\_transaction ที่เป็นตัวแทนของ 3<sup>rd</sup> party ที่จะใช้งานเพื่อรองรับการทำงานในการโอนและจ่ายเงินของ user

### 3.2.3 การออกแบบ Data Flow Diagram ส่วนของอุปกรณ์ชำระเงิน

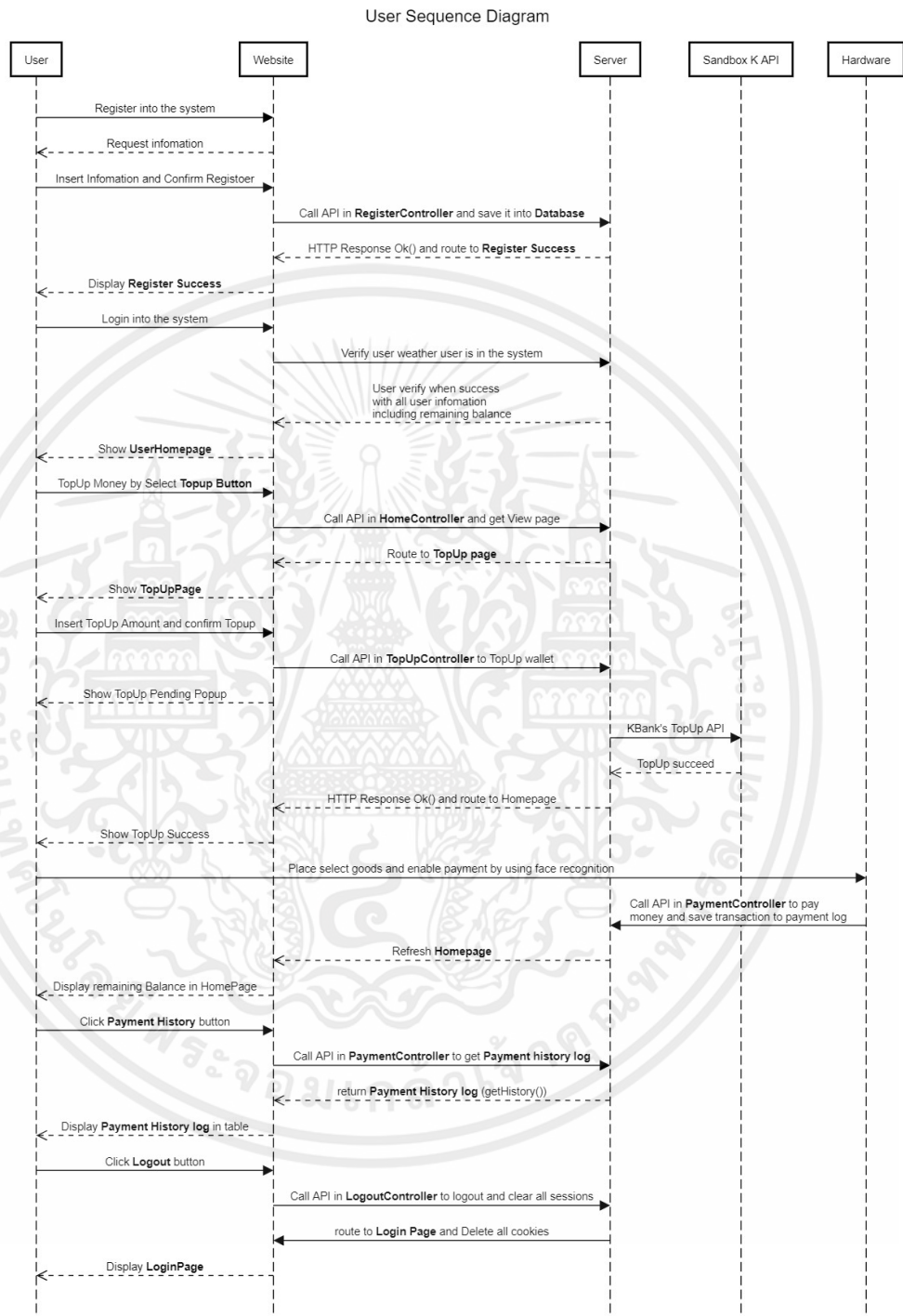
เป็นการออกแบบรูปแบบการส่งข้อมูลกับอุปกรณ์จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ต้องมีความสามารถในการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย และสามารถตรวจสอบสินค้าผ่านโมเดลจำแนกวัตถุและต้องมีศักยภาพในการตรวจสอบจำแนกใบหน้าของผู้ใช้ได้ โดยมีหลักการทำงานหลักประกอบไปด้วย การที่ผู้ใช้งานวางสินค้าเพื่อชำระเงินระบบจะต้องเปรียบเทียบโมเดลกับข้อมูลภาพในระบบเพื่อตรวจหาสินค้า หลังจากนั้นจะต้องตรวจสอบใบหน้าเทียบกับฐานข้อมูลผู้ใช้งานในระบบ หลังจากการทำการชำระสินค้าจะต้องทำการส่งข้อมูลเพื่อเก็บประวัติการซื้อขายสินค้า



ภาพที่ 3.12 แสดง Data Flow Diagram อุปกรณ์ชำระเงินภายในระบบร้านค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 การออกแบบ Sequence Diagram



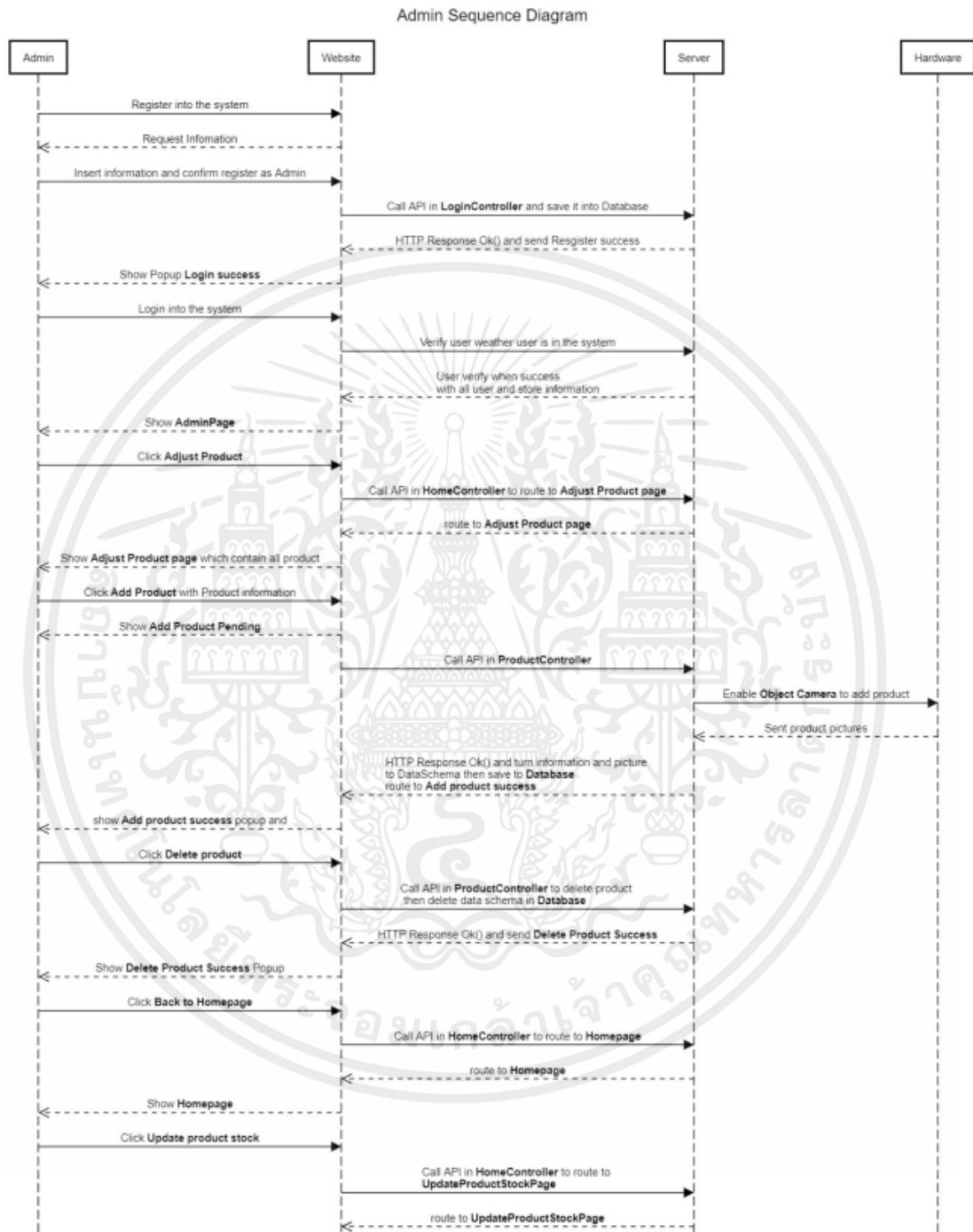
ภาพที่ 3.13 แสดง Sequence Diagram ส่วนของ User

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

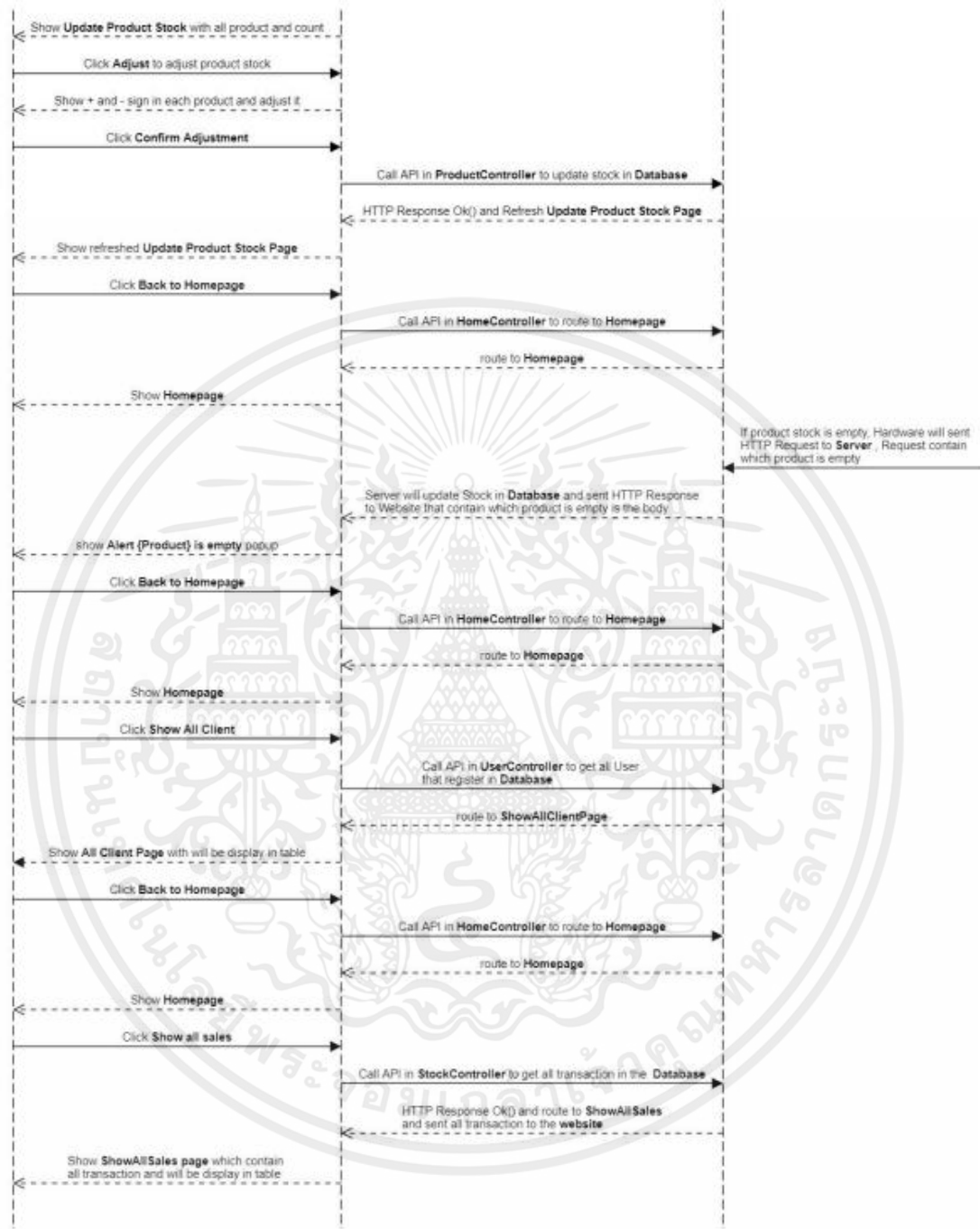
จากภาพที่ 3.13 เป็น Sequence Diagram ในส่วนของ User ที่อ้างอิงจาก Requirement ที่ทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการเก็บมาจากร้านค้าตัวอย่างและผู้ใช้งานร้านค้า โดยทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการสรุปออกมาเป็น Requirement ของ Web Application ที่ได้กล่าวมาด้านบน โดยจะแสดงกระบวนการทำงานของระบบเป็นขั้นตอน โดยที่มีการบอกถึงวิธีการทำงานและผลของแต่ละช่วงของแต่ละส่วน

โดยจะถูกแบ่ง Sequence ออกเป็น 5 ส่วนคือ ส่วนของ user ส่วนของเว็บไซต์ ส่วนของ server ส่วนของ API และส่วนของฮาร์ดแวร์ โดย Sequence ของ user จะทำการติดต่อกับเว็บไซต์เป็นหลักและจะทำการขอเรียก API เมื่อจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลของการ banking รวมถึงเว็บไซต์จะทำการติดต่อไปยังเว็บ server ในส่วนของกรณีที่มีความต้องการเข้าถึงระบบ database ไม่ว่าจะเป็นการลงทะเบียนเพื่อใช้งาน ตรวจสอบประวัติ รวมถึงการแก้ไขประวัติของบัญชี และ sequence ของฮาร์ดแวร์จะติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ในกรณีที่มีการตรวจสอบการชำระสินค้าที่เกิดขึ้น

การออกแบบ Sequence Diagram ส่วนของ Admin



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 แสดง Sequence Diagram ส่วนของ Admin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

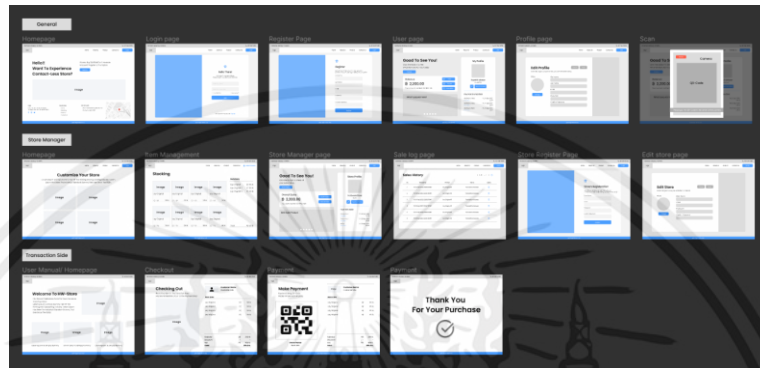
จากภาพที่ 3.14 เป็น Sequence Diagram ในส่วนของ Admin เจ้าของร้านค้า ที่อ้างอิงจาก Requirement ที่ทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการเก็บมาจากร้านค้าตัวอย่างและผู้ใช้งานร้านค้า โดยทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการสรุปออกมาเป็น Requirement ของ Web Application ที่ได้กล่าวมาด้านบน โดยจะแสดงกระบวนการทำงานของระบบเป็นขั้นตอน

โดยการรับส่งข้อมูลจะมีลักษณะที่มีความคล้ายกับ Sequence Diagram ในส่วนของ User ที่ถูกแบ่ง Sequence ออกเป็น 5 ส่วนคือ ส่วนของ Admin ส่วนของเว็บไซต์ ส่วนของ server ส่วนของ API และส่วนของฮาร์ดแวร์ โดย Sequence ของ user จะทำการติดต่อกับเว็บไซต์เป็นหลักและจะทำการขอเรียก API เมื่อจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลของการ banking รวมถึงเว็บไซต์จะทำการติดต่อไปยังเว็บ server ในส่วนของกรณีที่มีความต้องการเข้าถึงระบบ database ไม่ว่าจะเป็นการลงทะเบียนเพื่อใช้งาน ตรวจสอบประวัติ รวมถึงการแก้ไขประวัติของบัญชี และ sequence ของฮาร์ดแวร์จะติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ในกรณีที่มีการตรวจสอบการชำระสินค้าที่เกิดขึ้น และการทำงานของ Admin จะมีส่วนของการจัดการสต็อกสินค้าที่เพิ่มขึ้นมาต่างจากในส่วนของ User โดยมีการติดต่อจากระบบฮาร์ดแวร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ ในกรณีที่ตรวจพบว่าสินค้านั้นหมดในคลังเพื่อทำการอัปเดตข้อมูล รวมถึงการติดต่อจากเว็บไซต์ไปยังระบบ Server เพื่อขอตรวจสอบข้อมูลสถานะของร้านค้าสินค้าและยอดเงินคงเหลือของร้านค้าเพื่อทำการแสดงผลไปยังหน้าจอผู้ใช้งาน

### 3.3 การออกแบบ UI Web Application

ในการออกแบบหน้า UI ให้กับระบบบริการจัดการร้านขายของไร้พนักงานขาย จำเป็นที่จะต้องทำการอ้างอิงตามหลักการออกแบบ UI ที่ทันสมัย ซึ่งในปัจจุบันการเน้นพื้นที่ white space เป็นสิ่งที่สำคัญมากในการออกแบบ โดยการออกแบบหน้า UI เบื้องต้น ทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการออกแบบที่เน้นไปทางการทำเว็บไซต์สำหรับการขายของ หรือ e-commerce และ เว็บไซต์ในการทำธุรกรรมทางการเงิน หรือ e-wallet โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้งานที่เรียบง่าย สะดวกสบายต่อการใช้งาน และความทันสมัยของหน้าเว็บไซต์ที่มองได้อย่างสบายตา

ในการออกแบบหน้า UI ให้กับระบบบริการจัดการร้านขายของไร่พนักงานขาย ทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการออกแบบ UI โดยเลือกใช้ figma.com ในการออกแบบ ซึ่งเป็นหนึ่งในเว็บไซต์ในการออกแบบ UI ให้กับเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

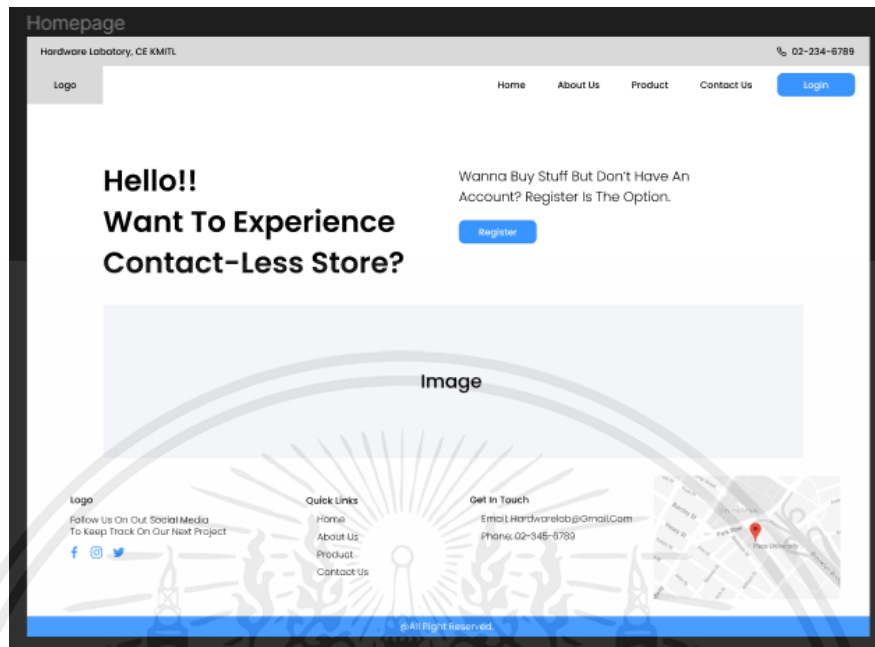


ภาพที่ 3.15 แสดงถึง UI ของหน้า Web Application

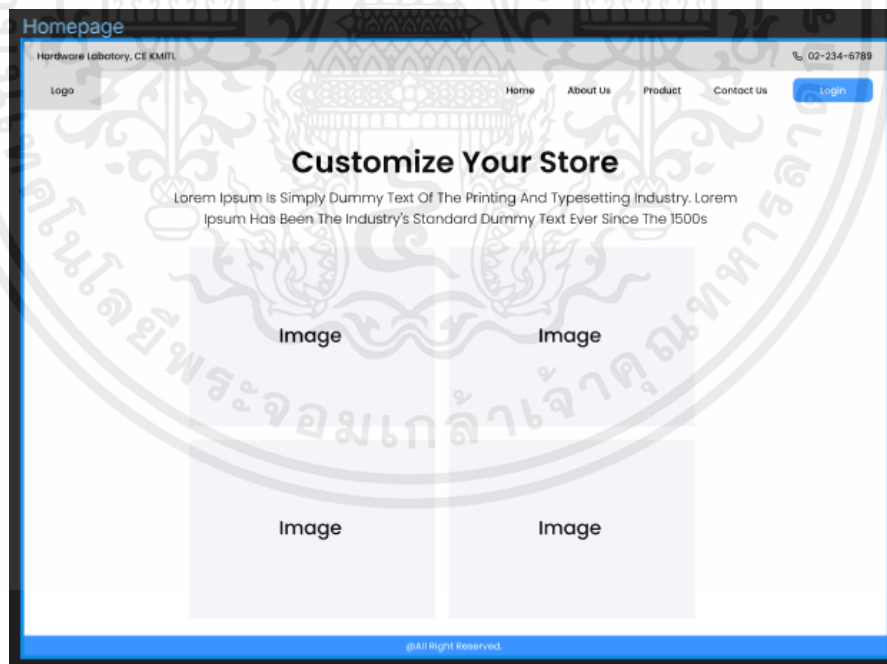
จากรูป 3.15 จะเห็นได้ว่าการออกแบบจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ หรือเรียกได้ว่า User ส่วนของผู้ใช้งานประเภทเจ้าของร้านค้า หรือเรียกได้ว่า Store Manager และส่วนของจอแสดงผลบนอุปกรณ์ Hardware

### 3.3.1 การออกแบบหน้า Homepage

หน้า Homepage จะเป็นหน้าแรกสำหรับผู้ใช้งานทั้งผู้ซื้อและตัวแทนร้านค้า จะเจอเป็นหน้าแรก โดยผู้ใช้แต่ละประเภทจะมีหน้าแรกที่แตกต่างกัน โดยหน้าแรกของผู้ซื้อจะถูกออกแบบให้มีปุ่ม Register สำหรับผู้ใช้งานใหม่ โดยปุ่ม Register นี้จะเป็นการสมัครสมาชิกเป็นผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ และมี Footer ที่เป็นช่องทางในการติดต่อของร้านค้า ทั้งช่องทาง Social Media และ แผนที่ที่ตั้งของร้านค้า ส่วนผู้ใช้งานประเภทของผู้ประกอบการ จะมีหน้า Website ที่มีรูปภาพอยู่เป็นช่อง ซึ่งรูปภาพเหล่านี้ จะเป็นรูปภาพที่แสดงถึงการทำงานของระบบบริการจัดการร้านขายของไร่พนักงานขาย และด้านล่างจะมีปุ่ม Register ให้ร้านค้าสามารถลงทะเบียนขึ้นเป็นร้านค้าในระบบได้



ภาพที่ 3.16 แสดงถึงหน้า Homepage ของผู้ใช้ประเภทผู้ใช้งาน

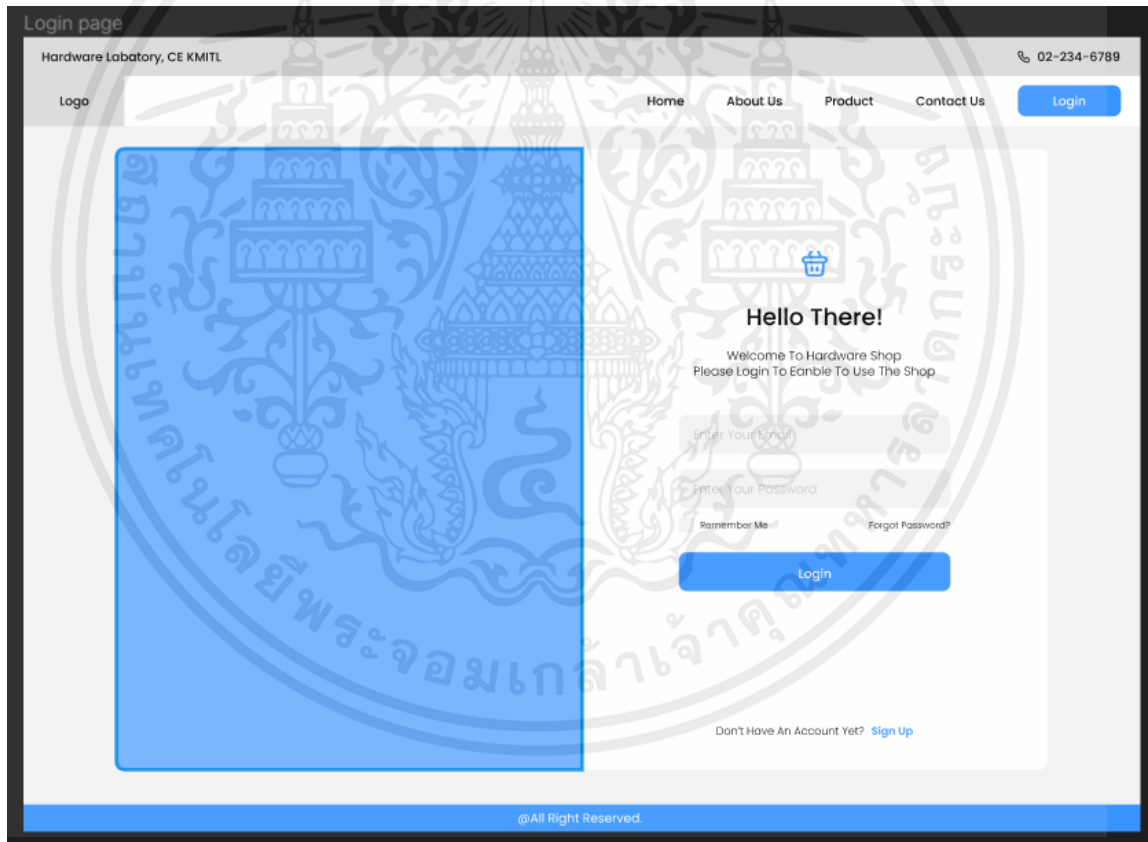


ภาพที่ 3.17 แสดงถึงหน้า Homepage ของผู้ใช้ประเภทตัวแทนร้านค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การออกแบบหน้า Login

หน้า Login เป็นหน้าที่ใช้สำหรับการเข้าสู่ระบบการใช้งาน โดยจะถูกออกแบบตามการออกแบบ UX/UI ทั่วไป โดยมีข้อความต้อนรับ ช่องกรอก Email และช่องกรอก Password มีปุ่ม Forget Password สำหรับในกรณีที่ผู้ใช้ลืมรหัสผ่าน มี Check box ชื่อ Remember me เพิ่มใช้ในการเข้าสู่ระบบโดยอัตโนมัติ โดยจะใช้หลักการของการเก็บคุกกี้ในการเก็บข้อมูลของผู้ใช้งาน มีปุ่ม Sign Up เพื่อใช้สำหรับการลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่ในกรณีที่ผู้ใช้ได้เข้ามาหน้านี้ และจะมีปุ่ม Login เพื่อใช้ในการเข้าสู่ระบบ เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลครบถ้วนและมีความถูกต้องสมบูรณ์ โดยหน้า Login นี้ จะถูกใช้งานสำหรับผู้ใช้งานทั้งสองประเภทได้แก่ ผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ และผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า



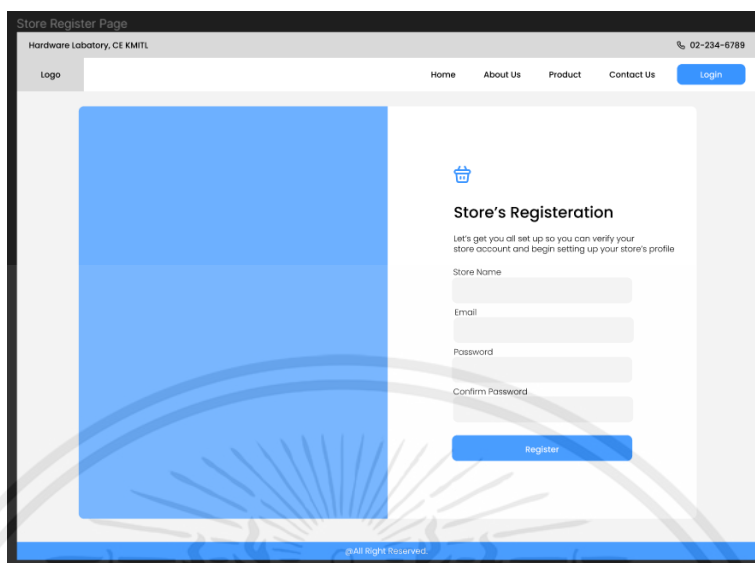
ภาพที่ 3.18 แสดงถึงหน้า Login ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การออกแบบหน้า Register

หน้า Register จะเป็นหน้าลงทะเบียนและกรอกข้อมูลเพื่อสมัครเข้าใช้งานระบบ โดยหน้า Register จะถูกแบ่งออกเป็น 2 หน้า โดยรองรับผู้ใช้ 2 ประเภทได้แก่ ผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ และผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า หากผู้ใช้ได้ทำการกด Register จากหน้า Homepage หรือผู้ใช้ได้ทำการกด Sign up ในหน้า Login ก็จะถูก Redirect มาหน้า Register ของผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ และถ้าหากผู้ใช้งานต้องการที่จะสมัครเป็นผู้ใช้ประเภทตัวแทนร้านค้า ก็สามารถกดปุ่ม Sign Up ที่อยู่ในหน้า Register ของผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อได้ เนื่องจากการลงทะเบียนของผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อมีจำนวนมากกว่าผู้ใช้งานประเภทผู้ขายเป็นจำนวนมาก การทำปุ่ม Register สำหรับผู้ใช้งานทั้งสองประเภทในหน้า Homepage จะทำให้หน้า Homepage มี Component ที่ไม่จำเป็น โดยหน้า Register สำหรับผู้ใช้งานทั้งสองประเภทจะมีการกรอกข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยข้อมูลเหล่านี้ จะถูกใช้งานในระบบต่อไป

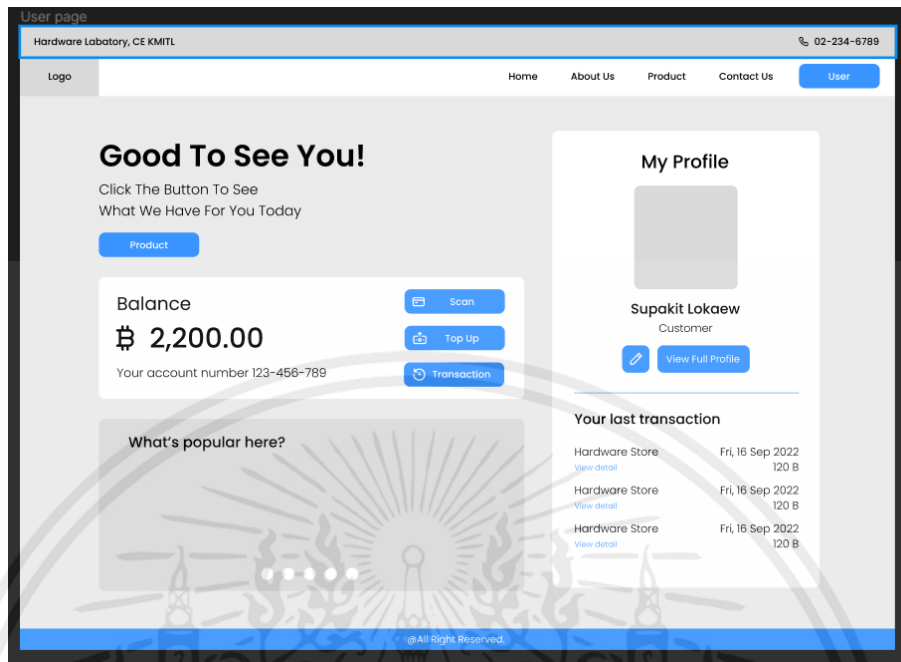
ภาพที่ 3.19 แสดงถึงหน้า Register สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ



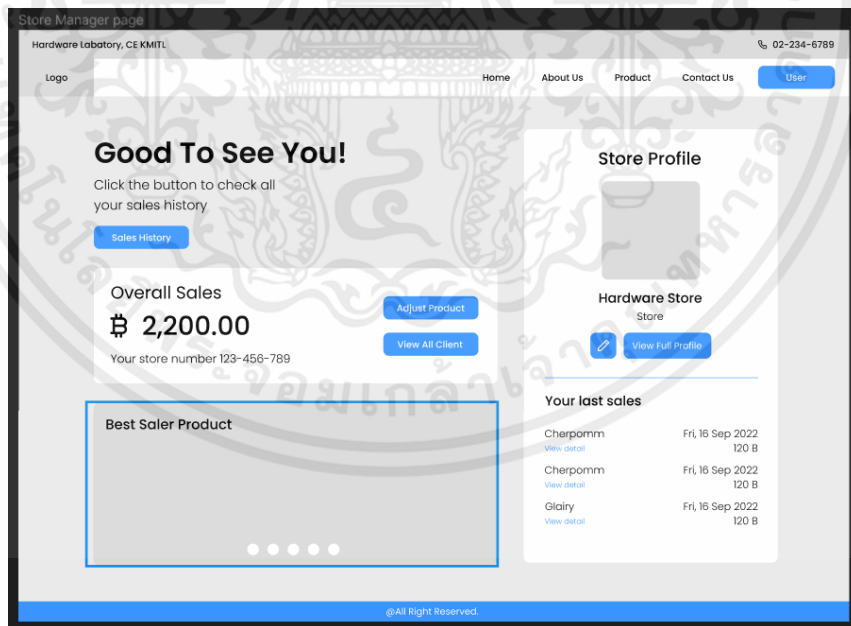
ภาพที่ 3.20 แสดงถึงหน้า Register สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า

### 3.3.4 การออกแบบหน้า Dashboard

หน้า Dashboard จะเป็นหน้าหลักเมื่อผู้ใช้งานทั้งสองประเภทได้ทำการ Login เข้ามาแล้ว โดยหน้านี้จะประกอบไปด้วยการทำงานหลักทั้งหมดของผู้ใช้แต่ละประเภท โดยการออกแบบหน้า Dashboard ของผู้ใช้ทั้งสอง จะมีหน้าตาที่คล้ายกัน เนื่องจากหน้านี้มีวัตถุประสงค์ที่มีความคล้ายกัน คือ การจัดการการเงิน ดังนั้นจะมี Component ที่ประกอบไปด้วยตัวเลขที่แสดงถึงจำนวนเงินที่เหลือสำหรับผู้ซื้อและผู้ขาย และตัวเลขที่แสดงถึงยอดขายทั้งหมด สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า โดยหน้า Dashboard ของผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ สามารถดูสินค้าของร้านค้าได้ มี Function สำหรับการฝากเงิน ถอนเงิน และการดูประวัติการโอนเงินเพื่อซื้อสินค้าและประวัติเงินเข้าจากการโอนเงิน สำหรับผู้ใช้งานประเภทของตัวแทนร้านค้า สามารถดูยอดขายทั้งหมดของร้านค้า สามารถปรับแก้สินค้าได้ ทั้งจำนวนเพิ่มลดของสินค้า ณ ขณะนั้น และการเพิ่มลดของชนิดของสินค้า และสามารถดูผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อที่เข้ามาในระบบร้านค้าได้ โดยหน้าจะมี Component ที่เหมือนกันคือ Component Profile ซึ่ง Component นี้ จะแสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ใช้งาน ณ ขณะนั้น มีปุ่มในการแก้ไขโปรไฟล์ของตัวเอง และสามารถดูประวัติการใช้จ่าย หรือประวัติยอดขาย สำหรับผู้ใช้แต่ละประเภท ล่าสุด 3 ลำดับได้ และจะมี Carousel ด้านล่าง เพื่อแสดงสินค้าขายดีได้



ภาพที่ 3.21 แสดงถึงหน้า Dashboard สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ

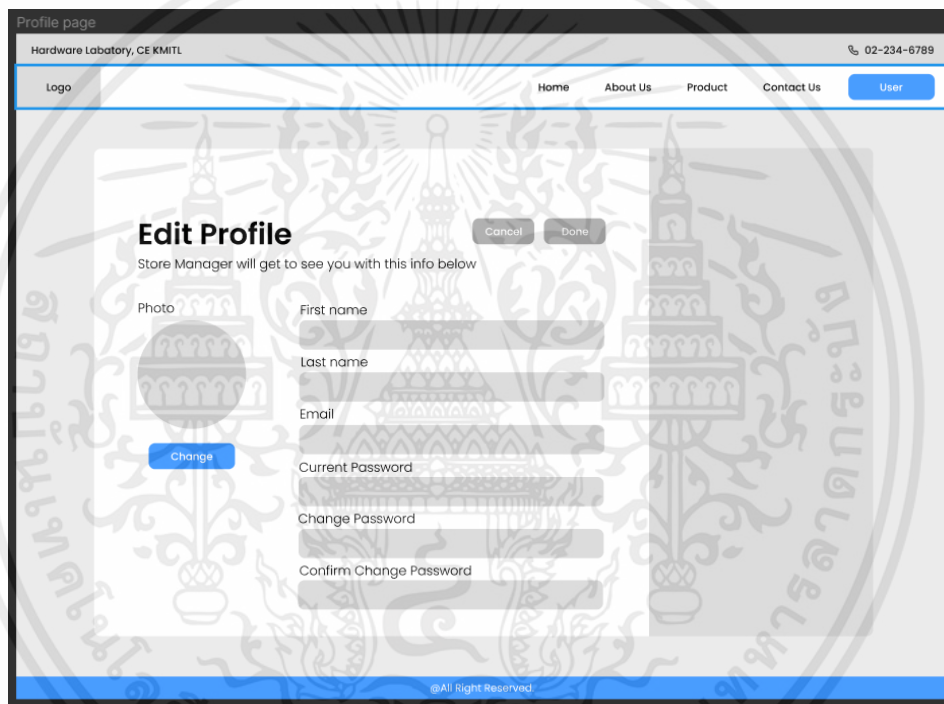


ภาพที่ 3.22 แสดงถึงหน้า Dashboard สำหรับผู้ใช้งานประเภทร้านค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.5 การออกแบบหน้า Edit Profile

หน้า Edit Profile ของผู้ใช้งานทั้งสองประเภท จะมีหน้าตาที่คล้ายคลึงกัน แต่จะมีข้อแตกต่างคือข้อมูลที่สามารถแก้ไขได้ โดยในหน้า Edit Profile จะมีปุ่ม Cancel เพื่อยกเลิกการเปลี่ยนแปลง และมีปุ่ม Done เพื่อใช้ในการยืนยันการเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนรหัสผ่าน หรือ Password จะต้องกรอกรหัสผ่านปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเปลี่ยนรหัสผ่าน



ภาพที่ 3.23 แสดงถึงหน้า Edit Profile สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ใช้

ภาพที่ 3.24 แสดงถึงหน้า Edit Profile สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า

### 3.3.6 การออกแบบหน้า Transaction History และ Sales History

หน้า Transaction History จะเป็นหน้าสำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ ซึ่งจะเป็นหน้าที่ประกอบไปด้วยตารางที่แสดงประวัติการใช้จ่าย รวมถึงประวัติของเงินเข้าบัญชีเมื่อมีการเติมเงินเข้าระบบ และหน้า Sales History จะเป็นหน้าสำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนจำหน่าย ซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกับหน้า Transaction History แต่จะเป็นการแสดงประวัติการขายของร้านนั้น โดยตารางของทั้งสองหน้า จะมีการแสดงค่าที่เหมือนกัน ได้แก่ No. ใช้เพื่อบอกจำนวนของตาราง Timestamp จะใช้ในการบอกเวลา โดยการเรียงของตาราง จะยึดตาม Timestamp ที่ใหม่ที่สุด เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา Product บอกประเภทและจำนวนของสินค้า ที่ได้ทำการซื้อ หรือได้ถูกซื้อ Status จะเป็นการบอกถึงสถานะของการทำธุรกรรม จะสามารถบอกได้ว่า การทำธุรกรรมสำเร็จหรือไม่ และ Delete เป็นการลบประวัติของการทำธุรกรรมนั้น

Transaction History Page

Hardware Labatory, CE KMUTL 02-234-6789

Logo Home About Us Product Contact Us User

## Transaction History

| 1-20 < > | ↻

No.	Timestamp	Product	Status	Delete
1	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original XI	Transaction Success	🗑️
2	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original XI	Transaction Success	🗑️
3	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original XI	Transaction Success	🗑️
4	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original XI	Transaction Success	🗑️
5	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original XI	Transaction Success	🗑️
6	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original XI	Transaction Success	🗑️

ภาพที่ 3.25 แสดงถึงหน้า Transaction History สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sale log page

Hardware Labortory, CE KMITL 02-234-6789

Logo Home About Us Product Contact Us Admin

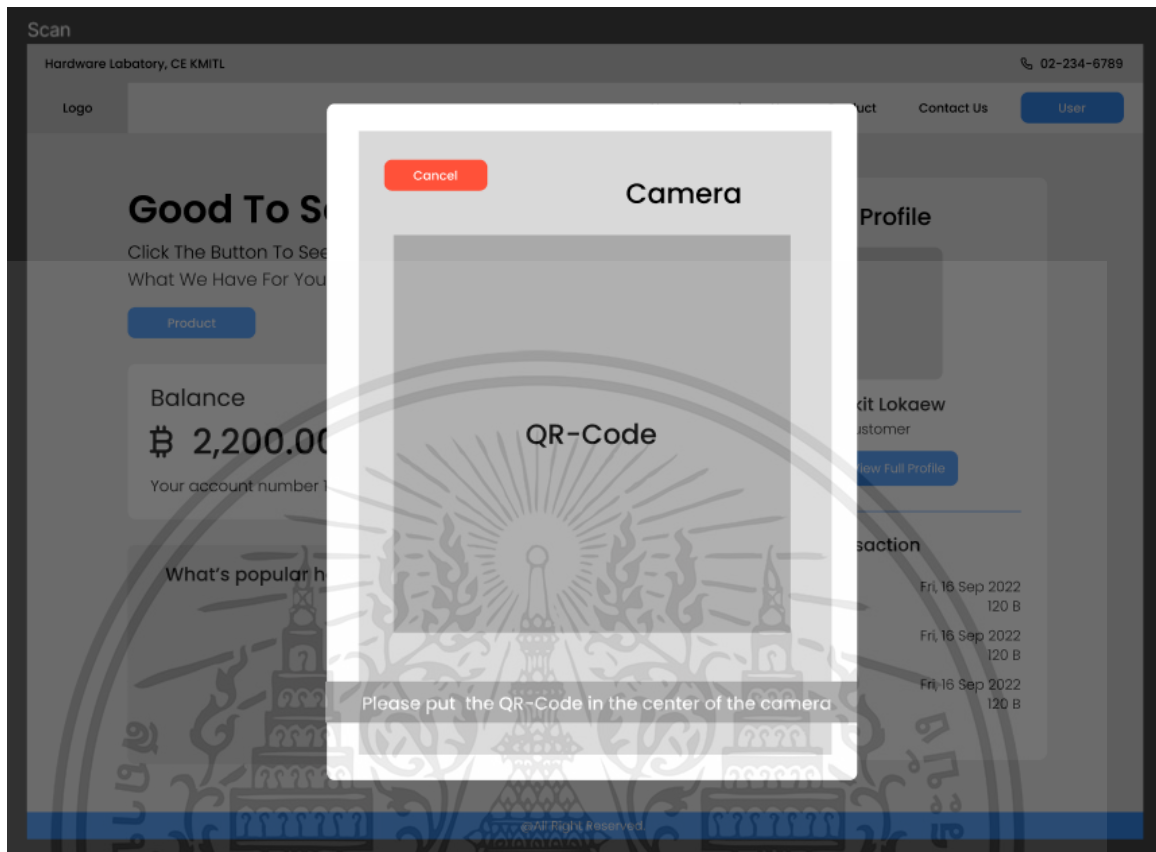
### Sales History | 1-20 < > | ↻

No.	Timestamp	Product	Status	Delete
1	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original X1	Transaction Success	
2	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original X1	Transaction Success	
3	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original X1	Transaction Success	
4	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original X1	Transaction Success	
5	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original X1	Transaction Success	
6	Fri, 16 Sep 2022, 02:28:32 GMT	Lay Original X1	Transaction Success	

ภาพที่ 3.26 แสดงถึงหน้า Sales History สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า

### 3.3.7 การออกแบบ Pop Up Scan

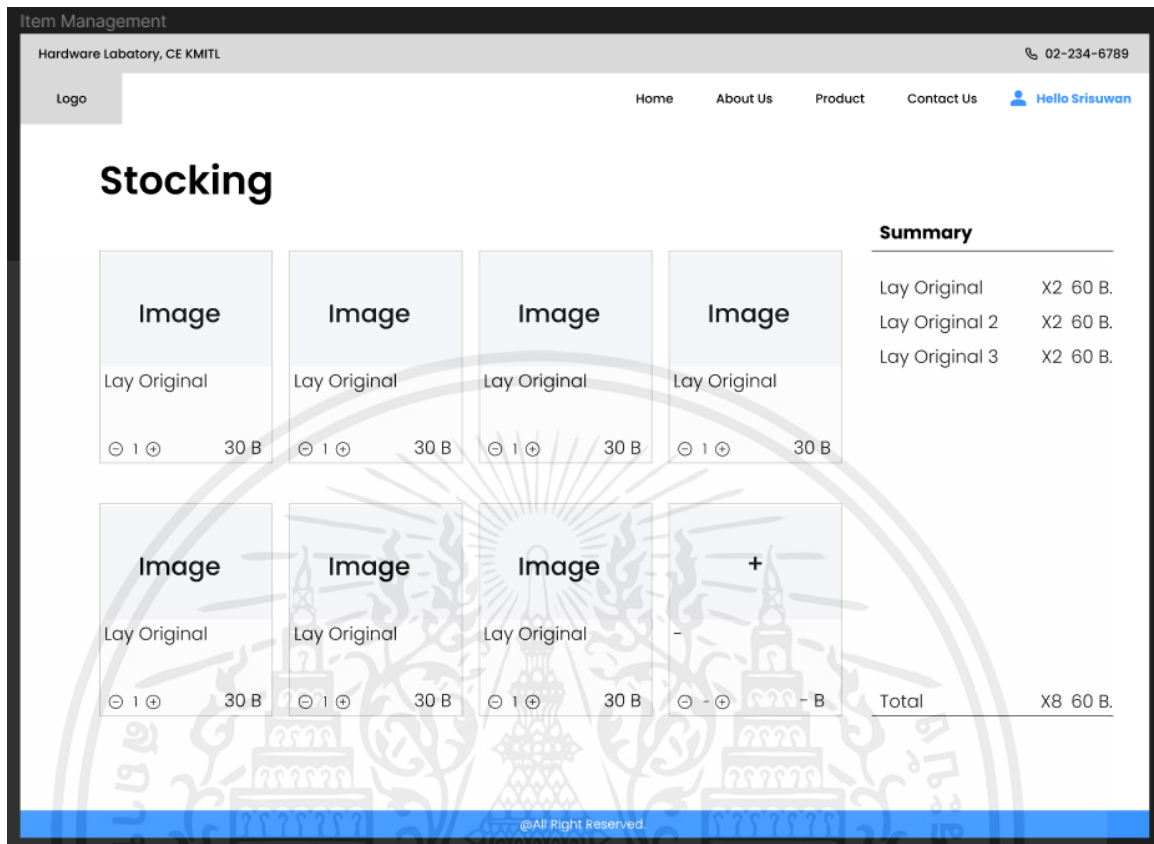
Pop Up Scan จะใช้สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ โดยจะเป็นการแสดงง่ายเพื่อชำระสินค้า ใน Pop Up จะมีการใช้กล้อง เพื่อตรวจจับ QR-Code ที่อยู่บนเครื่องชำระเงิน และสามารถกดยกเลิกการทำงานเพื่อชำระสินค้าได้



ภาพที่ 3.27 แสดงถึง Pop Up Scan สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ

### 3.3.8 การออกแบบหน้า Stocking

หน้า Stocking จะเป็นหน้าที่ใช้สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า หน้านี้จะแสดงสินค้าทั้งหมดของร้านค้า โดยจุดประสงค์ของหน้านี้คือการปรับแต่งสินค้า สามารถเพิ่มสินค้าได้ โดยเพิ่มจากช่องว่างในตาราง โดยจะต้องเพิ่มรูปภาพ ชื่อสินค้า จำนวนสินค้าที่ลงขาย และราคาสินค้าต่อหนึ่งหน่วย ในส่วนของสินค้าที่ลงทะเบียนแล้ว สามารถลดหรือเพิ่มจำนวนสินค้าได้ โดยผู้ใ้ควรอ้างอิงจากสินค้าที่อยู่ในร้านค้าจริง และสามารถนำสินค้าออกจากระบบได้ ทางด้านขวาของหน้า Stocking จะมีการสรุปจำนวนสินค้าทั้งหมดที่เหลืออยู่ในระบบให้อยู่ในรูปแบบง่าย



ภาพที่ 3.28 แสดงถึงหน้า Stocking สำหรับผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ

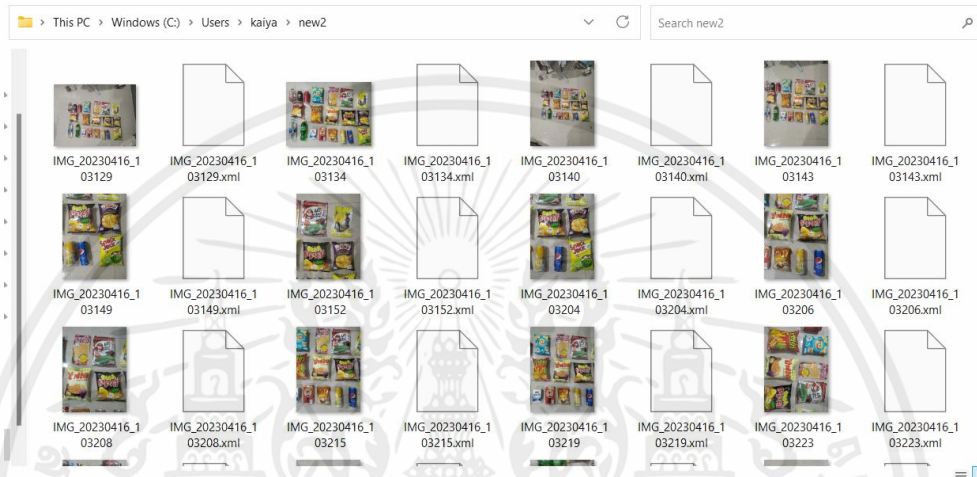
### 3.4 การพัฒนา Model เพื่อใช้ในการทำ Object Detection

#### การ Train Model เพื่อใช้ในการทำ Object Detection

เนื่องจากหัวใจหลักของระบบชำระสินค้าแบบไร้พนักงานขายคือการที่ระบบสามารถทำการแยกสินค้าแต่ละชนิดให้ออกจากกันได้ โดยทางทีมพัฒนาได้เลือกใช้เทคโนโลยี Object Detection with Detection Transformer (DETR) ในการทำการแยกข้อมูลชนิดภาพ โดยมีหลักการและขั้นตอนดังนี้

### 3.4.1 การเก็บข้อมูล Dataset เพื่อใช้ในการ Train Model

เป็นขั้นตอนการถ่ายภาพชนิดสินค้าต่างๆ เพื่อนำข้อมูลภาพที่ได้มารวบรวมเก็บเป็นข้อมูลเพื่อเตรียมไปใช้เป็น Dataset โดยทำการถ่ายภาพผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือโดยจะมีทั้งภาพเดี่ยวของสินค้าและภาพสินค้าแบบหมู่(มีหลายสินค้าภายในหนึ่งภาพ)

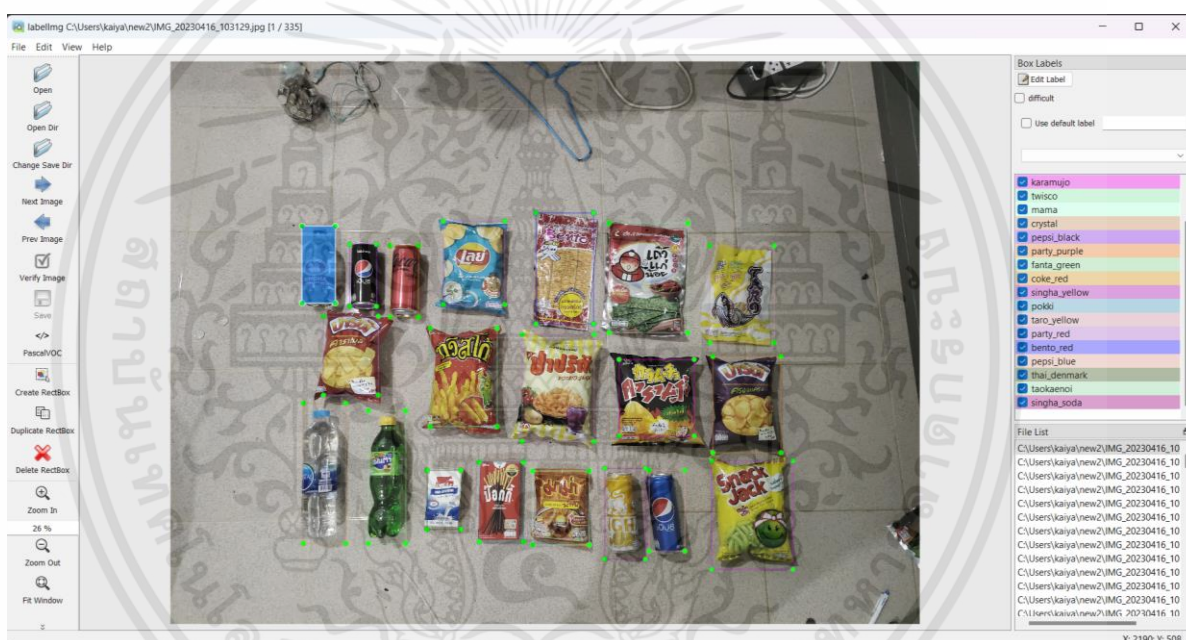


ภาพที่ 3.29 แสดงตัวอย่างภาพที่เก็บเพื่อใช้เป็น Dataset ของโมเดล

โดยจากภาพที่ 3.29 จะมีภาพถ่ายที่จะใช้เป็น Dataset ในการ Train Model โดยในรูปทั้งหมดจะประกอบไปด้วยรูปภาพของที่ต้องการทราบ โดยจะมีจำนวนภาพถ่ายของของแต่ละประเภทอยู่อย่างน้อยเป็นจำนวน 400 รูป

## การทำ Label ภาพเพื่อใช้ในการบอกตำแหน่งภาพ

เป็นขั้นตอนการทำ Label ข้อมูลเพื่อทำการบอกตำแหน่งของวัตถุแต่ละประเภทภายในภาพ เพื่อนำไปใช้ในการ Train โมเดล ผ่านโปรแกรม “labelImg” ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการบอกตำแหน่งของ Object แต่ละ Class ทั้งหมดที่ปรากฏภายในภาพแต่ละภาพ โดยหลังจากการทำ label ข้อมูลภาพแล้วข้อมูลตำแหน่งจะเก็บอยู่ในไฟล์ประเภท ภาษามาร์กอัป (.XML) โดยมีลักษณะเป็นไฟล์ที่จะมีชนิดข้อมูลที่ระบุชื่อ Class ของวัตถุ และระบุตำแหน่งของวัตถุภายในภาพ

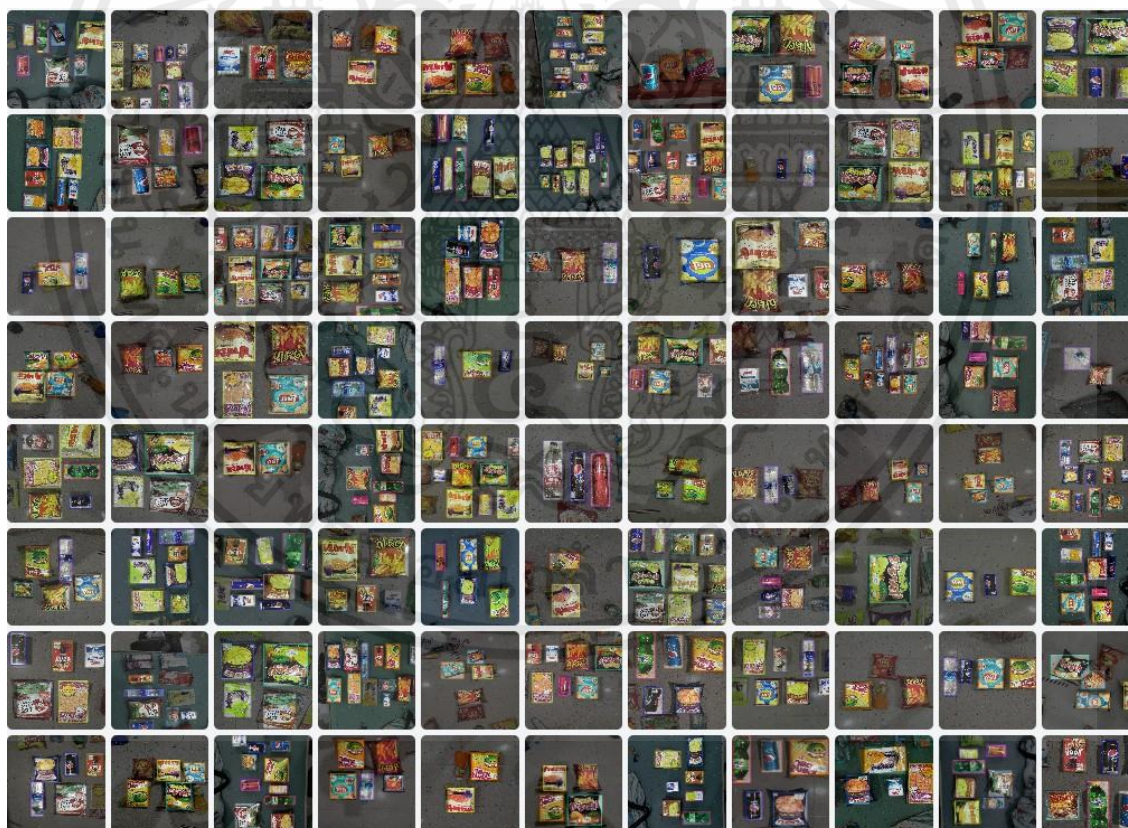


ภาพที่ 3.30 แสดงตัวอย่างการ Label ภาพเพื่อใช้ในการบอกตำแหน่ง Object

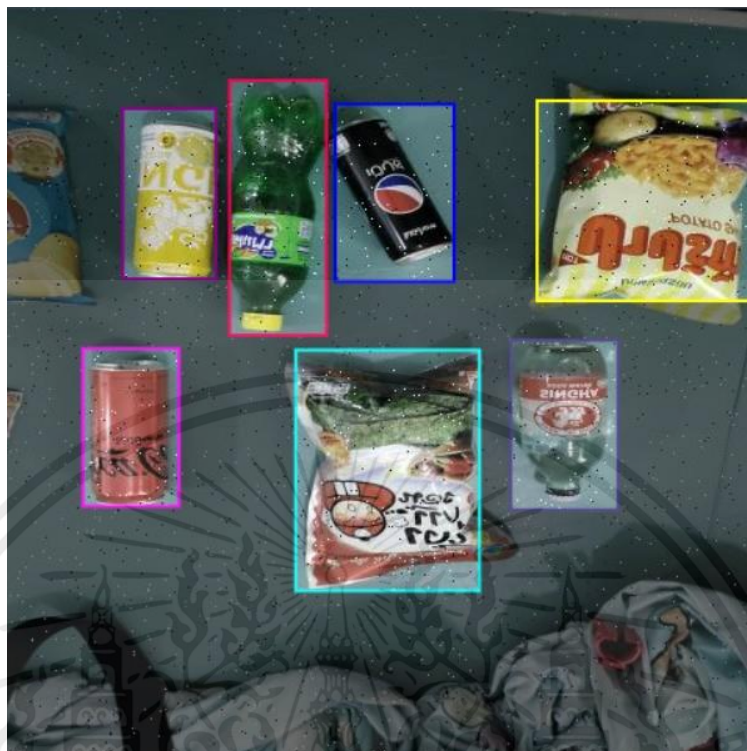
โดยภาพที่ 3.30 จะพบได้ว่า การทำ Label ให้กับสินค้า มีความถูกต้องมากกว่า 70% โดย เปอร์เซ็นต์ ในความถูกต้องจะมากขึ้นตามจำนวนรูปถ่ายที่มีประสิทธิภาพสูงและการ Train Model ที่มีประสิทธิภาพสูง

### การทำ Data Augmentation

เพื่อป้องกันการ Overfitting ของการเทรนโมเดล โดยทีมพัฒนาได้ทำการ Augmentation เพื่อเพิ่มศักยภาพของโมเดลทั้งจำนวนและคุณภาพ โดยทีมพัฒนาได้ทำการออกแบบเลือกใช้รูปแบบการคัดเลือกประเภทของรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย Flip, Hue, Saturation, Blur และ Noise โดยทีมพัฒนาใช้ raw data ทั้งหมด 720 ภาพ โดยแต่ละภาพจะมี object อยู่จำนวน 1-20 object (โดยเฉลี่ย 5-12 object ต่อ 1 ภาพ) หลังจากเราทำการ Augmentation ด้วยพารามิเตอร์ Flip, Hue, Saturation, Blur และ Nois ส่งผลให้มีจำนวนภาพรวมอยู่ที่ 2,900 ภาพประกอบไปด้วยภาพที่มี object 1-20 object (โดยค่าเฉลี่ย 5 ถึง 12 object ต่อภาพ) ส่งผลให้ object รวมมีทั้งหมด 16,700 ภาพ



ภาพที่ 3.31 แสดงตัวอย่างภาพรวมการ ทำ Data Augmentation



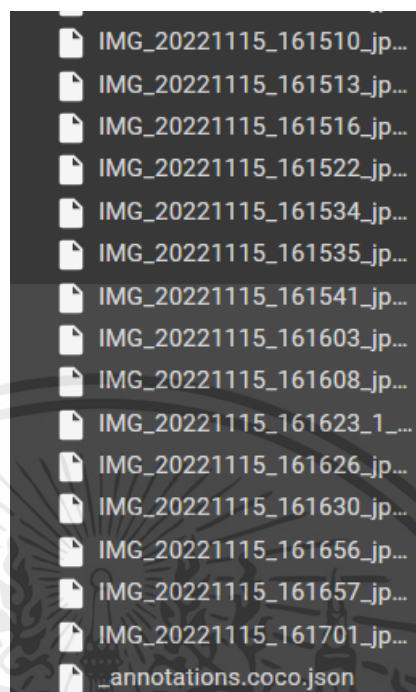
ภาพที่ 3.32 แสดงตัวอย่างภาพการ ทำ Data Augmentation

### 3.4.2 การเทรนโมเดล

หลังจากการทำ Data Augmentation เพื่อเพิ่มจำนวนรูปภาพแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเทรนโมเดล โดยใช้ Pre-trained โมเดลที่ได้เลือกไว้คือ DETR โดยมีขั้นตอนดังนี้

#### 1.1) การทำ Data Preprocessing

เนื่องจากเทคโนโลยีการทำ Object Recognition ผ่าน Pre train Model Object Detection with Detection Transformer (DETR) ต้องการข้อมูลในรูปแบบ COCO ดังนั้นจึงต้องแปลงภาพที่เราได้จากกระบวนการ Label ที่เป็นรูปแบบของไฟล์ประเภท VOC XML ให้เป็นไฟล์ประเภท COCO สามารถทำได้โดยการใช้ฟังก์ชัน labelme2coco (xml\_folder, output\_file) ผ่าน library ที่มีชื่อว่า labelme2coco



ภาพที่ 3.33 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ COCO

### 1.2) การกำหนด Collate Function

เป็นฟังก์ชันที่ทำการแปลงข้อมูลภาพให้เป็น Batch โดยจะมีขั้นตอนการนำข้อมูลเข้าตัว Feature extractor เพื่อให้ข้อมูลมีลักษณะตามที่ Pre-train Model Object Detection with Detection Transformer (DETR) ใช้งานสามารถทำได้โดยการใช้ PyTorch เข้ามาช่วย ด้วยคำสั่ง `torch.utils.data.DataLoader(dataset, batch_size)`

### 1.3) การกำหนด Evaluation Function

เป็นการกำหนดค่าเพื่อใช้ในการวัดคุณภาพของโมเดลสามารถทำได้โดยการเข้าไปกำหนดภายใน Code Pre-train Model ของ Object Detection with Detection Transformer (DETR) โดยการเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ฟังก์ชันโดยสิ่งที่ทีมพัฒนาสนใจได้แก่ค่า Loss และ mAP เพื่อให้แสดงผลในการประกอบกรตัดสินใจ

Epoch 0:	0%		1/241	[00:05<23:48,	5.95s/it,	loss=4.33,	v_num=0]
Epoch 0:	1%		2/241	[00:08<17:42,	4.45s/it,	loss=4.07,	v_num=0]
Epoch 0:	1%		3/241	[00:11<15:44,	3.97s/it,	loss=3.84,	v_num=0]

ภาพที่ 3.34 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ใช้ Evaluation Function

#### 1.4) การทำ Hyperparameters Optimization

เป็นขั้นตอนที่ในการหา Parameters ต่างๆที่ใช้ในการ Train Model โดย Parameters ที่ทางทีมผู้พัฒนาสนใจนำมาทำการ Optimization ประกอบไปด้วย Weight decay Learning rate Learning rate backbone และ Batch Size

Trial name	status	loc	batch_size	epochs	lr	lr_backbone	weight_decay
train_detr_aea4f_00002	PENDING		8	1	0.000270706	1.98712e-05	0.000124961
train_detr_aea4f_00003	PENDING		16	1	0.000705554	1.48303e-05	0.000400578
train_detr_aea4f_00004	PENDING		16	1	0.000514962	1.50731e-05	0.000480661
train_detr_aea4f_00000	ERROR	172.28.0.12:969	8	1	0.000622809	2.46136e-05	0.000463489
train_detr_aea4f_00001	ERROR	172.28.0.12:1056	16	1	0.000705401	7.72235e-05	0.000228331

(train\_detr pid=969) loading annotations into memory...  
 Downloading: 100% |██████████| 274/274 [00:00<00:00, 386kB/s]

ภาพที่ 3.35 แสดงตัวอย่างการทำ Hyperparameters Optimization

โดยในการทำ Hyperparameter Optimization ทางทีมผู้พัฒนาได้เลือกช่วงค่าของ Parameter ดังต่อไปนี้เนื่องจากเป็นชุดข้อมูลที่ถูกระบุโดยผู้พัฒนาให้ใช้งานสำหรับ Model Object Detection with Detection Transformer (DETR) อยู่โดยจะมี Parameter ที่ Optimization ดังนี้

- 1.) Learning rate (lr) มีค่าคงที่จำนวน 4 ค่าคือ  $5 * 10^{-5}$ ,  $1 * 10^{-4}$ ,  $2 * 10^{-4}$ ,  $4 * 10^{-4}$
- 2.) Learning rate backbone (lr backbone) มีค่าคงที่จำนวน 4 ค่าคือ  $5 * 10^{-6}$ ,  $1 * 10^{-5}$ ,  $2 * 10^{-5}$ ,  $4 * 10^{-5}$

3.) Weight Decay มีค่าคงที่จำนวน 4 ค่าคือ  $5 * 10^{-5}$ ,  $1 * 10^{-4}$ ,  $2 * 10^{-4}$ ,  $4 * 10^{-4}$

4.) Batch size มีค่าคงที่จำนวน 2 ค่าคือ 8 และ 16

โดยกระบวนการที่จะใช้เลือกจับคู่ Parameter ต่างๆ จะใช้กระบวนการ Randomized Search โดยเป็นการสุ่มหีบหุคของ Parameter จากความเป็นได้ทั้งหมด หลังจากนั้นจะนำไปทดลองทำการ Training โดยหุคของ Parameter ที่ได้จากการทำ Randomized Search มา 10 หุค

### การ Training

หลังจากที่หิมพัฒนาได้ Parameters ที่ต้องการแล้วก็เริ่มทำการ Train โมเดล โดยมีการใช้ Checkpoint ในการจัดเก็บ Progress ในการ Train แต่ละครั้งเพื่อป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการเทรนโมเดล โดยการเทรนโมเดลเลือกใช้ epochs ในการ Train ทั้งหมด 100 ครั้ง

```

1 trainer.fit(model)

WARNING:pytorch_lightning.loggers.tensorboard:Missing logger folder: /content/lightning_logs
Checkpoint directory /content/drive/shortcut-targets-by-id/1T2M2RHF1G5R0gZkmsf5iNP95uysa/cashierless-model/models/Detr exists and is not empty.
INFO:pytorch_lightning.accelerators.gpu:LOCAL_RANK: 0 - CUDA_VISIBLE_DEVICES: [0]
INFO:pytorch_lightning.callbacks.model_summary:
-----
| Name | Type | Params
-----
0 | model | DetrForObjectDetection | 41.5 M
-----
41.3 M   Trainable params
222 K   Non-trainable params
41.5 M   Total params
166.045 Total estimated model params size (MB)
Your 'val_dataloader's sampler has shuffling enabled, it is strongly recommended that you turn shuffling off for val/test/predict dataloaders.
The 'max_size' parameter is deprecated and will be removed in v4.26. Please specify in 'size[ 'longest_edge' ] instead'.
This method is deprecated and will be removed in v4.27.0. Please use pad instead.
To copy construct from a tensor, it is recommended to use sourceTensor.clone().detach() or sourceTensor.clone().detach().requires_grad_(True), rather than torch.tensor(sourceTensor).
Trying to infer the 'batch_size' from an ambiguous collection. The batch size we found is 4. To avoid any miscalculations, use 'self.log(..., batch_size=batch_size)'.
Epoch 0: 2% ██████████ 17/962 [00:14<13:19, 1.180/s, loss=2.47, v_num=0]
  
```

### ภาพที่ 3.36 แสดงตัวอย่างการ Training

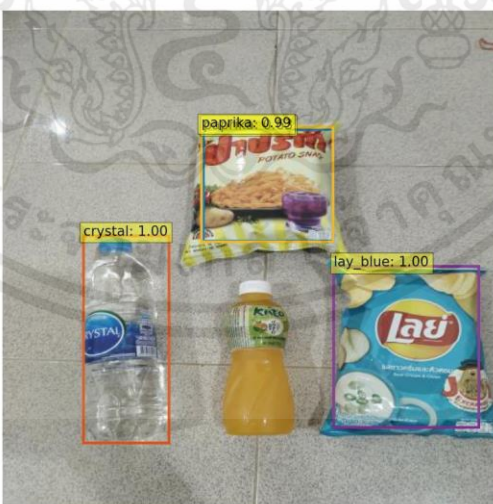
จากภาพที่ 3.36 เป็นการแสดงตัวอย่างหลังจากทำการเริ่มการ training โดยระบบจะแสดงข้อมูลการ training ประกอบด้วย Parameter ที่ใช้เทรนทั้งหมด Node ที่ใช้รวมถึง Batch size ที่กำหนดและแสดง Epoch และความคืบหน้าที่เกิดขึ้น รวมถึงจำนวนข้อมูลที่ทำกรเทรน ค่า mAP ค่า Loss ที่เกิดขึ้นเพื่อให้สามารถเห็นถึงรูปแบบที่เกิดขึ้นขณะ Train Model

### 3.4.3 การทดสอบผล

หลังจากการ Training แต่ละครั้ง ทางทีมผู้พัฒนาก็จะทดสอบโมเดลโดยการนำไปใช้ประมวลผลภาพชุดที่ไม่ได้อยู่ใน Dataset ที่ใช้ในการ Train เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ และใช้เป็น Feedback ในการพัฒนาโมเดลและ Dataset ต่อไป โดยการทดสอบทำโดยการใช้ข้อมูลในส่วนของ Data Validation Set ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการเก็บไว้เพื่อทำการทดสอบ โดยข้อมูลจะประกอบไปด้วยข้อมูลภาพที่อยู่ภายใน Class ที่ได้ออกแบบไว้รวมถึงมีการทดสอบใส่ภาพที่มีภาพที่อยู่นอกเหนือ Class ที่กำหนดเพื่อทดสอบความแม่นยำ



ภาพที่ 3.37 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของการทดสอบ



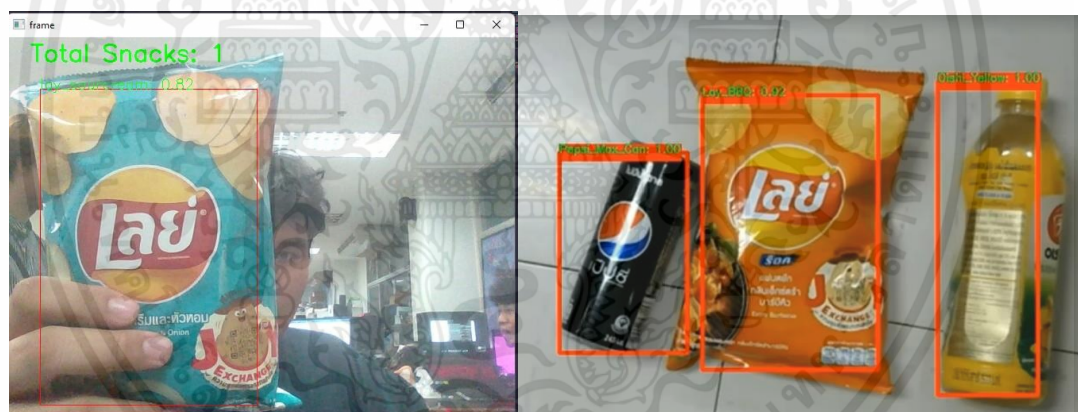
ภาพที่ 3.38 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของการทดสอบข้อมูลที่ปะปนคลาสที่ไม่ได้มีการเทรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพ จะแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์การทดสอบที่มีการส่งภาพที่ Object ทั้งหมดในภาพเป็น ข้อมูลที่อยู่ภายใน 20 Class ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตเป้าหมายของ Model ซึ่งสามารถเห็นได้ว่าข้อมูลทั้งหมด ที่สามารถตรวจสอบได้ชัดเจนสามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด และ ภาพที่ 3.38 จะแสดงให้เห็นถึง ผลลัพธ์การทดสอบที่มีการส่งภาพที่มีการปะปน Object บางส่วนที่ไม่ได้อยู่ภายใต้ขอบเขตเป้าหมาย ของ Model ใน 20 Class (กาโตะขวดสีส้ม) จะเห็นได้ว่าโมเดลของทีมพัฒนาจะไม่ทำการตรวจจับข้อมูล

### 3.4.4 การประยุกต์ใช้โมเดล

หลังจากได้ประสิทธิภาพของโมเดลที่ต้องการแล้ว ทางทีมพัฒนาได้ทำการทดลองนำโมเดลที่ ได้พัฒนาไปปรับใช้กับ โดยทำการเชื่อมโยงกับ Webcam และ เขียนระบบที่จะอัปโหลดรูปภาพให้ โมเดลนั้นนำไปประมวลผล



ภาพที่ 3.39 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้โมเดลโดยผ่าน Webcam

### 3.5 การพัฒนาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

สำหรับในการจัดทำโครงการชิ้นนี้ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้จะต้องเตรียมอุปกรณ์หลักๆข้างต้นทั้งหมดสามชิ้นประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลของอุปกรณ์เพื่อทำการเปิดใช้งานอุปกรณ์และรับส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการ กล้องจับภาพสินค้า เพื่อใช้ในการตรวจจับภาพสินค้าที่ทำการซื้อและทำการส่งต่อเพื่อทำ Object Recognition กับโมเดลที่ทำการเทรนไว้ กล้องจับภาพบุคคล เพื่อใช้ในการทำการตรวจสอบบุคคลที่เป็นสมาชิกอยู่ภายในระบบฐานข้อมูล

#### 3.5.1 หน่วยประมวลผลของอุปกรณ์

โดยหน่วยประมวลผลของอุปกรณ์ จะต้องสามารถทำการรองรับการทำงานในส่วนการซื้อขายได้ทั้งหมดสามารถทำการเชื่อมต่อไปยัง Server ได้ และต้องสามารถรองรับการใช้งาน กล้องจับภาพ จำนวนสองกล้อง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทางทีมพัฒนาจึงเลือกทดสอบและติดตั้งใช้งานเครื่อง Raspberry pi4 ในการจัดทำโครงการตามภาพที่ 4.3.1



ภาพที่ 3.40 แสดงหน่วยประมวลผลของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ เครื่อง Raspberry pi4

### 3.5.2 กล้องจับภาพสินค้า

โดยกล้องตรวจจับภาพสินค้าตามทีออกแบบไว้จะต้องมีความละเอียดต่ำสุดอยู่ที่ 480\*480 pixel เนื่องจาการเรียกใช้งานโมเดล เพื่อทำ Object Recognition ผ่าน โมเดล DETR จำเป็นต้องใช้งานภาพที่มีความละเอียดขั้นต่ำดังข้างต้น ดังนั้นทีมพัฒนาจึงเลือกใช้กล้องที่มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	SIGNO WB-400 ZOOMER 2K
Video Resolution	2560x1440 pixel
Frame Rate	2K/30 fps



ภาพที่ 3.41 แสดงกล้องตรวจจับภาพสินค้า(SIGNO WB-400 ZOOMER 2K)

### 3.5.3 กล้องจับภาพบุคคล

โดยกล้องตรวจจับภาพบุคคลตามทีออกแบบไว้จะต้องมีความละเอียดต่ำสุดอยู่ที่ 480\*480 pixel เนื่องจากการเรียกใช้งาน โมเดล เพื่อทำ Face Recognition จำเป็นต้องใช้งานภาพที่มีความละเอียดขั้นต่ำข้างต้น ดังนั้นทีมพัฒนาจึงเลือกใช้กล้องที่มีรายละเอียดดังนี้

ชื่อ	OKER A521
Video Resolution	1920×1080 pixel
Frame Rate	30 fps



ภาพที่ 3.42 แสดงกล้องตรวจจับภาพใบหน้าผู้ใช้งาน(OKER A521)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.4 การประกอบส่วนเคาน์เตอร์คิดเงิน

หลังจากที่ทีมพัฒนาได้เลือกอุปกรณ์ในการประมวลผลต้องจับภาพสินค้าและกล้องจับภาพบุคคลได้อย่างสำเร็จครบถ้วนแล้วจึงทำการสร้างเคาน์เตอร์ที่ใช้สำหรับการทำอุปกรณ์ส่วนเคาน์เตอร์คิดเงินจริงขึ้นมา โดยจะมีรายละเอียดพื้นฐานตามที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นพื้นที่วางสินค้า ส่วนสูงของกล้องและส่วนอื่นๆที่เกิดขึ้นรวมถึงเลือกแสดงผลผ่านหน้าจอและควบคุมผ่านเมาส์หรือสามารถใช้งานผ่านจอ ipad



ภาพที่ 3.43 การประกอบส่วนเคาน์เตอร์คิดเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 การพัฒนา Web Application

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบ Web application ไปแล้ว ทีมพัฒนาได้ทำการพัฒนา Web application ตามที่ออกแบบไว้ แต่เนื่องด้วยปัจจัยการออกแบบที่ไม่มีความละเอียดมากพอ ทางทีมพัฒนาจึงต้องมีการแก้ไขปรับปรุงดีไซน์ที่เกิดขึ้นประกอบไปด้วยการปรับปรุงให้ UI บางส่วน เพื่อให้ใช้งานได้ง่ายและเข้าถึงผู้ใช้งานได้อย่างแท้จริง การปรับเปลี่ยนให้สามารถเลือกภาษาได้ไม่ว่าจะเป็นภาษาอังกฤษหรือภาษาไทยซึ่งจะต่างจากที่ได้ออกแบบไว้เล็กน้อย โดยรายละเอียดการพัฒนาเว็บ application ออกเป็น 3 ส่วนคือ Web application ที่แสดงผลบนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ Web application สำหรับผู้ใช้งานประเภทลูกค้า และ Web application สำหรับผู้ใช้งานประเภทร้านค้า

#### 3.6.1 รายละเอียดการพัฒนาหน้าแสดงผลผ่านหน้าจอบนอุปกรณ์ Hardware

หน้าจอแสดงผลบนอุปกรณ์ส่วนของฮาร์ดแวร์ เนื่องจากการใช้งานในส่วนของอุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์จะทำการแสดงผลผ่านการเปิดและใช้งาน Web application เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน และทำการรับส่งผลลัพธ์ข้อมูลภาพและข้อมูลโมเดล เพื่อทำการตรวจจับสินค้า โดยจากการพัฒนาได้ผลลัพธ์ประกอบไปด้วย

##### 1. หน้าลงทะเบียนเครื่องภายในร้านค้า

เป็นหน้าที่ใช้สำหรับการ login เพื่อเข้าใช้งานส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้งานเริ่มเปิดเครื่องและเข้าสู่ในส่วนของเว็บไซต์จะมีส่วนนี้เกิดขึ้นมาเป็นส่วนแรกทำการใส่ Machine ID และ Shop ID ต่อจากนั้นกดชั้บมีทเพื่อทำการเปิดใช้งานเครื่อง

## CASHIERLESS STORE

### Machine Configuration

to start using our machine we need a little information

Machine Id

Shop Id

Enable Barcode Scanning  
 Disabled

[Submit](#)

Proceed

ภาพที่ 3.44 แสดงหน้าลงทะเบียนเครื่องภายในร้านค้า

## 2. ส่วนหน้าเริ่มต้นพื้นฐาน

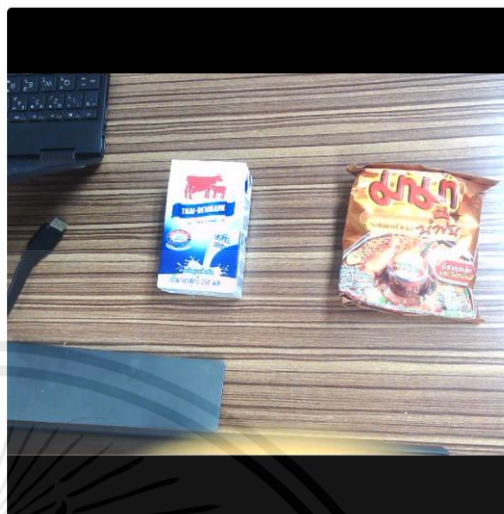
สำหรับหน้าเริ่มต้นพื้นฐานเป็นหน้าที่จะถูกเปิดขึ้นหลังจากทำการเข้าสู่ระบบในหน้า login ของตัวอุปกรณ์สำเร็จแล้วโดยจะมีข้อความขึ้นต้นให้เห็นถึงการบอกให้ผู้ใช้งานอุปกรณ์ ทำการวางสินค้าลงในพื้นที่หลังจากนั้น user จะสามารถกดปุ่มเช็คเอาท์เพื่อให้กล้องทำการทำการสแกนภาพสินค้าบนพื้นที่ โดยผู้ใช้สามารถมองเห็นภาพจากกล้องได้ตลอดเวลา

TH  
**ยินดีต้อนรับเข้าสู่ร้านค้าไร้พนักงาน**  
 ร้านค้าไร้พนักงาน เป็นร้านค้ารูปแบบใหม่ ที่จะสร้างประสบการณ์ที่ยอดเยี่ยมให้แก่คุณ

\* กรุณาวางสินค้าให้ฉากหน้าขึ้นเข้าหากกล้อง

กรุณาวางสินค้าให้อยู่ในกล้องด้านขวามือ

ยืนยัน

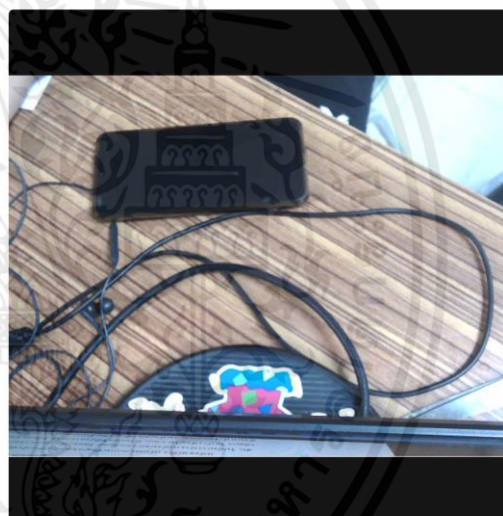


EN  
**Welcome to Cashierless-Store**  
 Cashierless-store is a store for your convience store experiece

\* Please place goods facing up to the camera.

Place your item in the frame

Checking Out



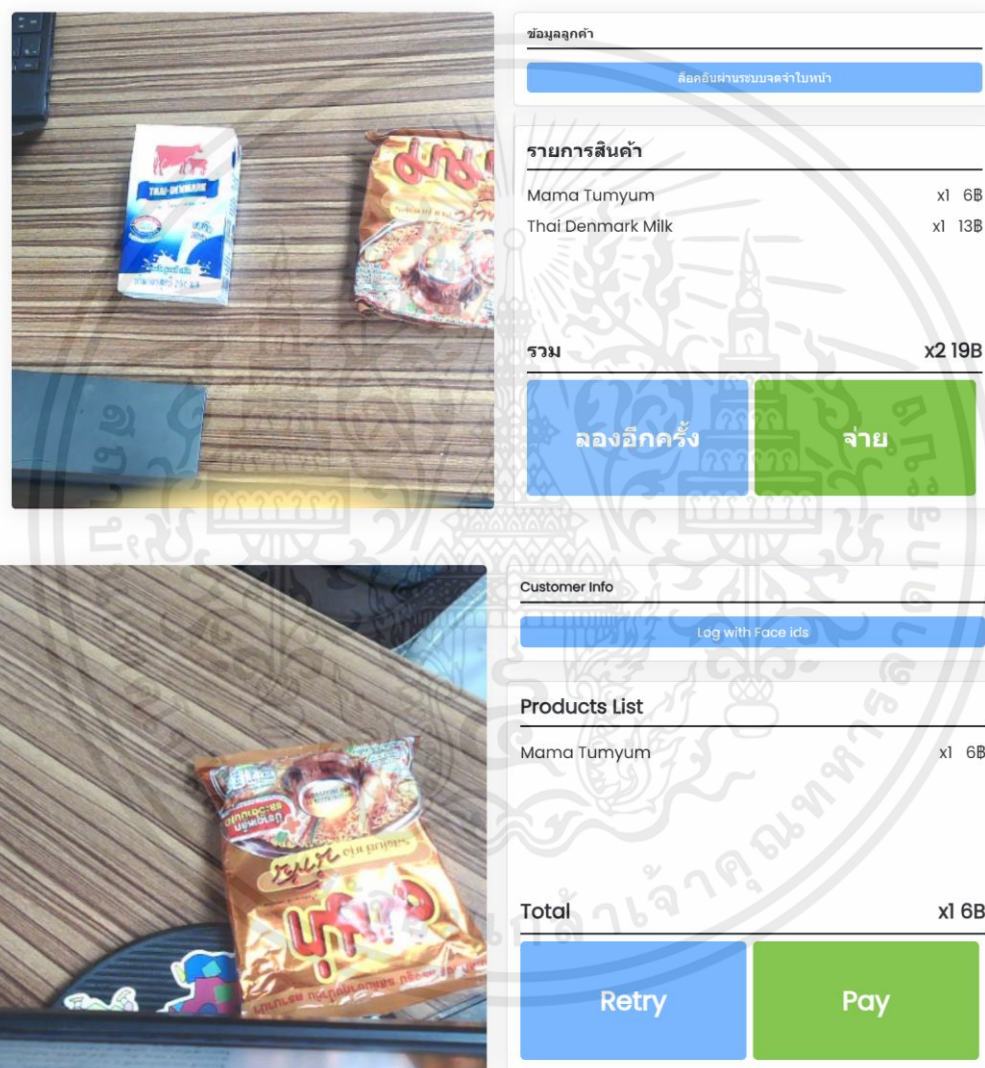
ภาพที่ 3.45 แสดงหน้าเริ่มต้นพื้นฐานเครื่อง

### 3. ส่วนหน้าจอแสดงผลหน้าแสดงข้อมูลสินค้า

หลังจากที่เราทำการสแกนข้อมูลของสินค้าแล้วข้อมูลภาพจะถูกส่งผ่านเว็บ แอปพลิเคชัน ไปยังการทำงานส่วนของ backend โดยจะทำการตรวจสอบกับโมเดลว่าผลลัพธ์ของภาพมี Object ไตบ้างที่อยู่ใน Class ที่โมเดลได้ทำการเทรนไว้และส่งข้อมูลกลับมาพร้อมกับแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนหน้าจอแสดงผลหน้าแสดงข้อมูลสินค้าออกมาดังภาพสามารถปุ่มรีโทร์ เพื่อทำการสแกนสินค้าใหม่ในกรณีที่สินค้ามีไม่ตรงกับความเป็นจริงและสามารถกดฟรีเพื่อทำการจ่ายเงินรวมถึงมีปุ่ม sign in เพื่อทำการ ลงชื่อผู้ใช้งานในกรณีที่ป็นสมาชิก

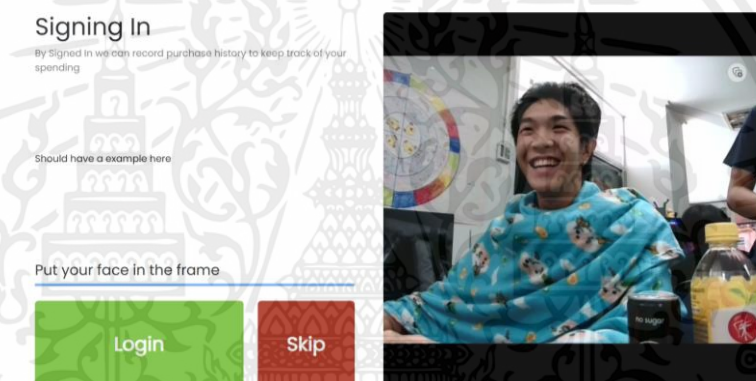


ภาพที่ 3.46 แสดงหน้าแสดงข้อมูลสินค้า

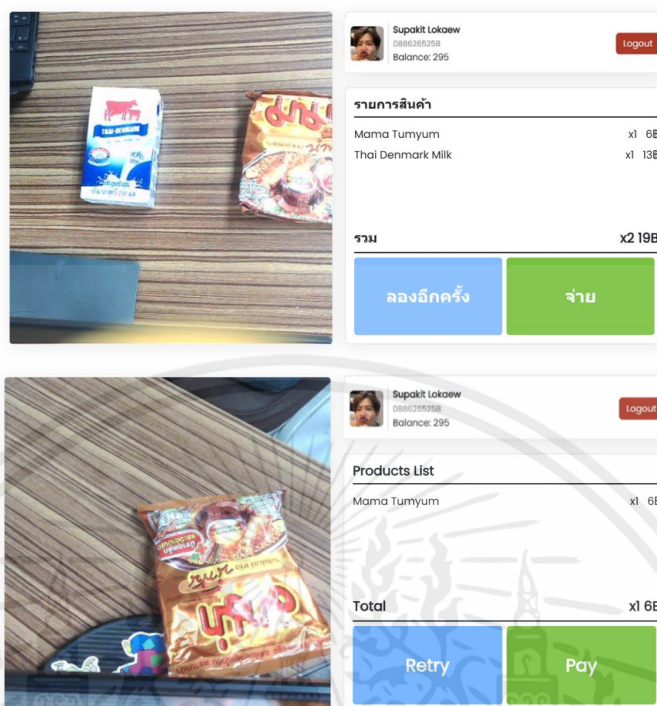
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ส่วนหน้าจอแสดงผลการสแกนหน้าผู้ใช้งาน

หน้านี้จะแสดงผลในกรณีที่ผู้ใช้งานกดปุ่ม sign in ในหน้าแสดงผลหน้าจอข้อมูลสินค้าจะเข้าสู่หน้าแสดงสินค้าที่ใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถมองกล้องจากกล้องจับภาพใบหน้า(ตามภาพที่ 4.4.1.3) หลังจากนั้นกดปุ่ม login เพื่อทำการตรวจสอบผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานสามารถกด Skip ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่ได้เป็นสมาชิกหรือในกรณีที่ไม่จำเป็นต้องใช้งานในส่วนนี้ ในกรณีที่ทำการ ลงชื่อเข้าใช้สำเร็จในหน้าแสดงข้อมูลสินค้าบริเวณ ด้านขวาบนของจอจะแสดงข้อมูลผู้ใช้งานให้เห็น(ตามภาพที่ 4.4.1.4)

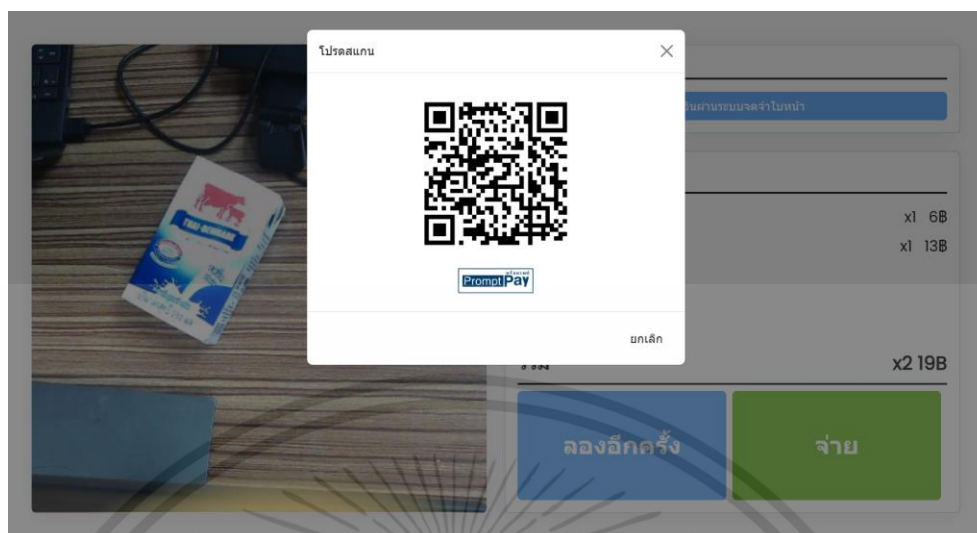


ภาพที่ 3.47 แสดงหน้าจอแสดงผลการสแกนหน้าผู้ใช้งาน

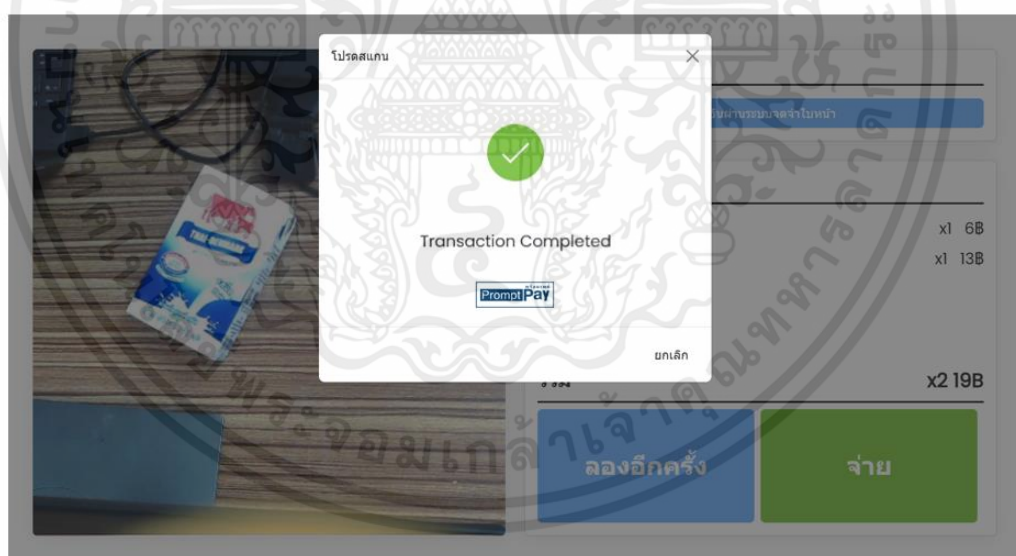


ภาพที่ 3.48 แสดงผลหลังจากการสแกนหน้าผู้ใช้งานสำเร็จ

4. ส่วนหน้าจอแสดงผลหน้าแสดง QR Code เพื่อชำระเงินตามรายการและราคาสินค้า หน้าจอนี้จะปรากฏขึ้นเมื่อผู้ใช้งานทำการกดปุ่ม Pay ที่ปรากฏภายในหน้าจอแสดงผล ข้อมูลสินค้า หลังจากนั้นหน้าจอจะปรากฏ QR code ของร้านค้าที่ได้ทำการลงทะเบียนไว้ผ่านทางพร้อมเพย์ให้ผู้ใช้งานสามารถทำการชำระเงินผ่านระบบธนาคาร หรือในกรณีที่ผู้ใช้งานทำการ login ผ่านการสแกนหน้าผ่านอุปกรณ์จะสามารถกดปุ่ม Checkout with wallet เพื่อทำการชำระเงินอัตโนมัติในกรณีที่มียอดเงินสะสมคงเหลือมากเพียงพอในการชำระสินค้า(ภาพที่ 4.4.1.5) หลังจากนั้นในกรณีที่การส่งข้อมูลสำเร็จผ่านการชำระเงินเรียบร้อยแล้วจะปรากฏภาพยืนยันผลการชำระเงิน(ภาพที่ 4.4.1.6) การจ่ายเงินทั้งหมดที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 3.49 แสดงหน้าจอแสดงผลหน้าแสดง Qr Code



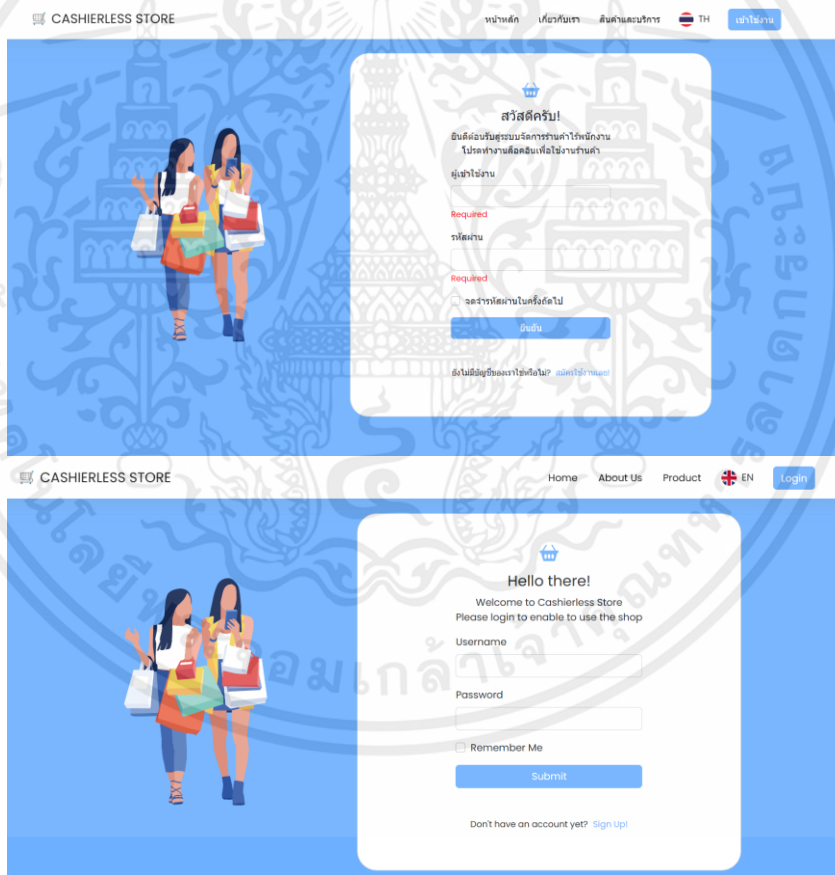
ภาพที่ 3.50 แสดงหน้ายืนยันผลการชำระเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.2 รายละเอียดการพัฒนาหน้าแสดงผลผู้ใช้งานส่วนประเภทลูกค้า

#### 1. หน้า Login

หน้า Login เป็นหน้าที่ใช้แสดงการเริ่มต้นใช้งาน โดยมีข้อความต้อนรับ ช่องกรอก Username และช่องกรอก Password มี Check box ชื่อ Remember me เพิ่มใช้ในการเข้าระบบโดยอัตโนมัติ โดยจะใช้หลักการของการเก็บคุกกี้ในการเก็บข้อมูลของผู้ใช้งาน มีปุ่ม Sign Up เพื่อใช้สำหรับการลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่ในกรณีที่ผู้ใช้ได้เข้ามาหน้านี้ และจะมีปุ่ม Submit เพื่อใช้ในการเข้าสู่ระบบ เมื่อผู้ใ้กรอกข้อมูลครบถ้วนและมีความถูกต้องสมบูรณ์ โดยหน้า Submit นี้ จะถูกใช้งานสำหรับผู้ใช้งานทั้งสองประเภทได้แก่ ผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ และผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า

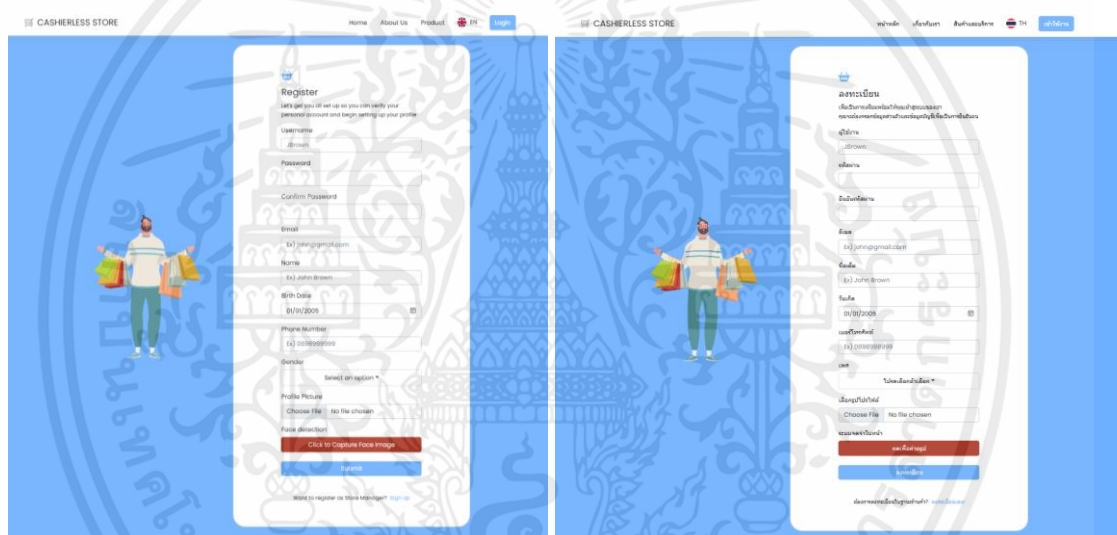


ภาพที่ 3.51 แสดงภาพหน้าจอ Login

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. หน้าสมัครใช้งานสมาชิก

หน้า Register จะเป็นหน้าลงทะเบียนและกรอกข้อมูลเพื่อสมัครเข้าใช้งานระบบ หากผู้ใช้ได้ทำการกด Sign up ในหน้า Login ก็จะถูก Redirect มาหน้า Register ของผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ งานโดยมีข้อความต้อนรับ ช่องกรอก Username ช่องกรอก Password ช่องกรอก Confirm Password ช่องกรอก Email ช่องกรอก Name ช่องกรอก Birth Day ช่องกรอก Phone Number ช่องกรอก Gender และ Profile Picture รวมถึงสามารถลงทะเบียนภาพเพื่อใช้งานระบบจดจำใบหน้าภายในอุปกรณ์ได้



ภาพที่ 3.52 แสดงภาพหน้าจอสมัครสมาชิก

## 3. หน้าแก้ไขประวัติสมาชิก(Edit Profile)

หน้า Edit Profile ของผู้ใช้งานรูปแบบผู้ซื้อสินค้าใช้งานเพื่อแก้ไขข้อมูลส่วนตัว โดยในหน้า Edit Profile จะมีปุ่ม Cancel เพื่อยกเลิกการเปลี่ยนแปลง และมีปุ่ม Done เพื่อใช้ในการยืนยันการเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนรหัสผ่าน หรือ Password จะต้องกรอกรหัสผ่านปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเปลี่ยนรหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าใช้งาน CASHIERLESS \$90.00 TH Supakit Lokaew

หน้าใช้งานหลัก  
เติมเงิน  
ประวัติการชำระเงิน

**ตั้งค่าบัญชี**

ตั้งค่าข้อมูลส่วนตัว  
ตั้งค่ารหัสผ่าน

รูปถ่าย

ชื่อเล่น  
Supakit Lokaew

เบอร์โทรศัพท์  
0886265258

Gender  
Male

เปลี่ยนรูปถ่าย

บันทึกการเปลี่ยนแปลง

Pages CASHIERLESS \$90.00 EN Supakit Lokaew

Dashboard  
Topup  
Transaction

**Account Settings**

Personal Info  
Account Info

Photo

Full Name  
Supakit Lokaew

Phone Number  
0886265258

Gender  
Male

Change Profile Picture

Save Personal Info

ภาพที่ 3.53 แสดงภาพหน้าแก้ไขประวัติสมาชิก(Edit Profile)

#### 4. หน้า Dashboard

หน้า Dashboard จะเป็นหน้าหลักเมื่อผู้ใช้งานทั้งสองประเภทได้ทำการ Login เข้ามาแล้ว โดยหน้านี้จะประกอบไปด้วยการทำงานหลักทั้งหมดของผู้ใช้แต่ละประเภท จะมี Component ที่ประกอบไปด้วยตัวเลขที่แสดงถึงจำนวนเงินที่เหลือ สำหรับผู้ใช้ประเภทผู้ซื้อ และประวัติการทำรายการซื้อขายโดยย่อเพื่อให้เห็นรายการซื้อขายบางส่วน

หน้าใช้งาน CASHIERLESS \$90.00 TH Supakit Lokaew

หน้าใช้งานหลัก

\$ 90.00  
เงินที่สามารถใช้ได้ในระบบ + เติมเงินเข้ากระเป๋า

ประวัติการชำระเงินล่าสุด

ชื่อร้านค้า	สินค้า	ราคา	สถานะชำระ
Topup Service เลขที่การชำระเงิน: 173 5/28/2023, 1:32:34 AM	-	20	ชำระสำเร็จ
Topup Service เลขที่การชำระเงิน: 172 5/28/2023, 1:28:52 AM	-	20	ชำระสำเร็จ
Glairly5 เลขที่การชำระเงิน: 171 4/26/2023, 6:56:30 AM	Thai Denmark Milk x 1	13	ชำระสำเร็จ

Pages CASHIERLESS \$90.00 EN supakit Lokaew

Dashboard

\$ 90.00  
Current Cashierless Wallet Balance + Add Money to Wallet

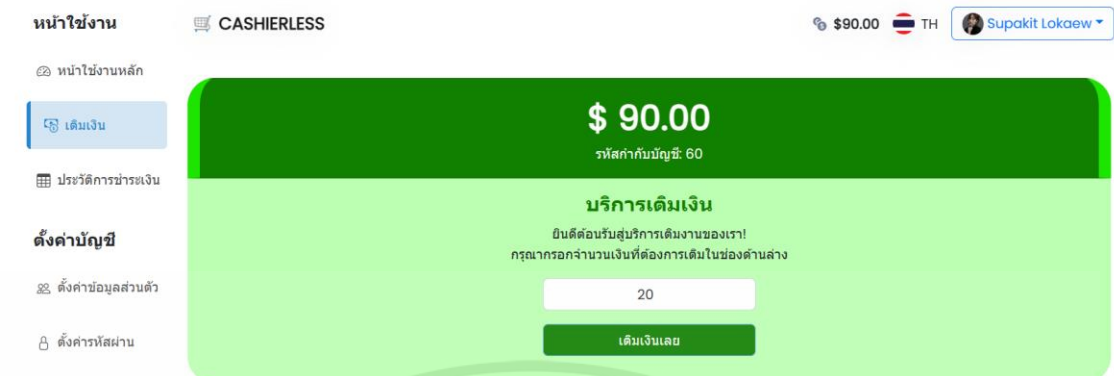
Transaction History

Shop Name	Items	Price	Status
Topup Service Transaction ID: 173 5/28/2023, 1:32:34 AM	-	20	Complete
Topup Service Transaction ID: 172 5/28/2023, 1:28:52 AM	-	20	Complete
Glairly5 Transaction ID: 171 4/26/2023, 6:56:30 AM	Thai Denmark Milk x 1	13	Complete

ภาพที่ 3.54 แสดงภาพหน้า Dashboard

## 5. หน้าเติมเงินเข้าสู่ระบบ(Top up)

หน้า top up จะเป็นหน้าที่ผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อใช้สำหรับการเติมเงินเข้าสู่ระบบ Wallet Pocket ของตนเอง โดยสามารถเพิ่มเงินภายในระบบโดยการกรอกจำนวนเงิน และ กดปุ่ม top up เพื่อทำการเติมเงินเข้าระบบ โดยจะปรากฏ QR code ขึ้นมาให้สแกนเพื่อทำการเติมเงินเข้าไปในระบบ



ภาพที่ 3.55 แสดงภาพหน้าเติมเงินเข้าสู่ระบบ

## 6. หน้าการทำธุรกรรมการซื้อขาย

สำหรับหน้าประวัติการทำธุรกรรมการซื้อขายจะบอกถึงรายละเอียดของการทำรายการที่เกิดขึ้นทั้งหมด ประกอบด้วย ร้านค้าที่ทำการซื้อขาย วันที่ละเวลาในการซื้อขาย รวมถึงข้อมูลรายการสินค้า ราคาที่เกิดขึ้น และข้อมูลสถานะการซื้อขายว่าสำเร็จหรือไม่

หน้าใช้งาน CASHIERLESS \$90.00 TH Supakit Lokaew

หน้าใช้งานหลัก ประวัติการชำระเงิน

เติมเงิน

ประวัติการชำระเงิน

ตั้งค่าบัญชี

ตั้งค่าข้อมูลส่วนตัว

ตั้งค่ารหัสผ่าน

ชื่อร้านค้า	สินค้า	ราคา	สถานะชำระ
Topup Service เลขที่กับประวัติการซื้อ: 173 5/28/2023, 1:32:34 AM	-	20	ชำระสำเร็จ
Topup Service เลขที่กับประวัติการซื้อ: 172 5/28/2023, 1:28:52 AM	-	20	ชำระสำเร็จ
Glairy5 เลขที่กับประวัติการซื้อ: 171 4/26/2023, 6:56:10 AM	Thai Denmark Milk x 1	13	ชำระสำเร็จ
Glairy5 เลขที่กับประวัติการซื้อ: 169 4/26/2023, 1:28:38 AM	Mama Tumyum x 1	6	ชำระสำเร็จ
Glairy5 เลขที่กับประวัติการซื้อ: 168 4/25/2023, 2:32:32 PM	Snack Jack x 1	20	ชำระสำเร็จ
Glairy5 เลขที่กับประวัติการซื้อ: 167 4/25/2023, 12:00:39 PM	Karamujo x 1	25	ชำระสำเร็จ
Glairy4 เลขที่กับประวัติการซื้อ: 164 4/23/2023, 1:44:29 PM	Benta Red x 1 Karamujo x 1	55	ชำระสำเร็จ

Pages CASHIERLESS \$90.00 EN Supakit Lokaew

Dashboard Transaction

Topup

Transaction

Account Settings

Personal Info

Account Info

Shop Name	Items	Price	Status
Topup Service Transaction ID: 173 5/28/2023, 1:32:34 AM	-	20	Complete
Topup Service Transaction ID: 172 5/28/2023, 1:28:52 AM	-	20	Complete
Glairy5 Transaction ID: 171 4/26/2023, 6:56:10 AM	Thai Denmark Milk x 1	13	Complete
Glairy5 Transaction ID: 169 4/26/2023, 1:28:38 AM	Mama Tumyum x 1	6	Complete
Glairy5 Transaction ID: 168 4/25/2023, 2:32:32 PM	Snack Jack x 1	20	Complete

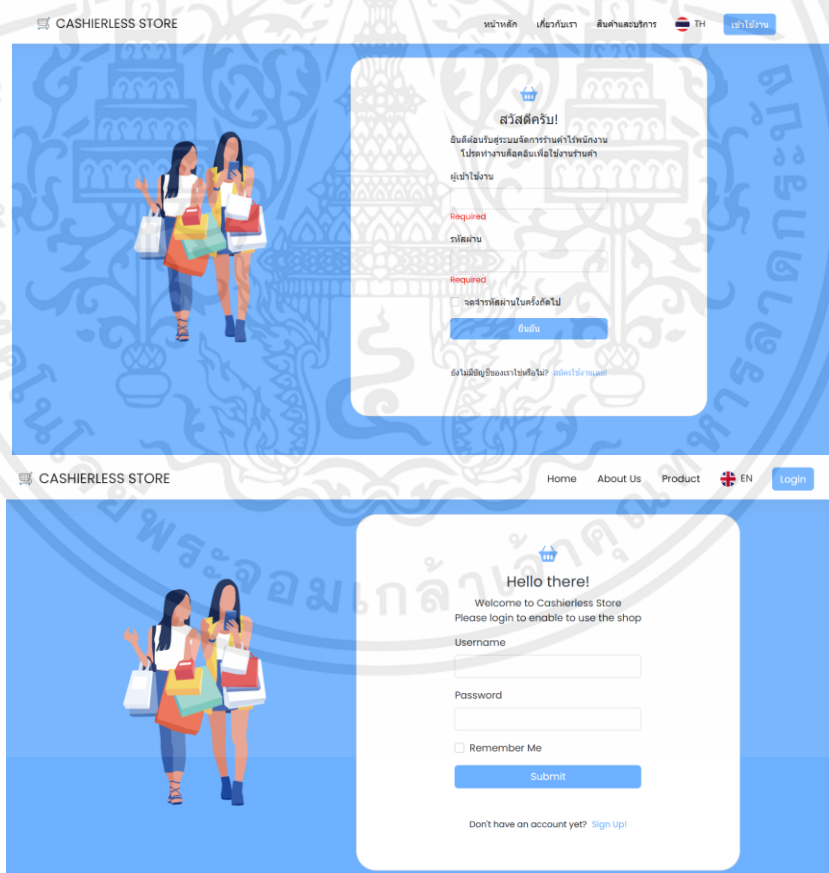
ภาพที่ 3.56 แสดงภาพหน้า การทำธุรกรรมการซื้อสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.3 รายละเอียดการออกแบบหน้าแสดงผลผู้ใช้งานส่วนประเภทร้านค้าผู้ขาย

#### 1. หน้า Login

หน้า Login เป็นหน้าที่ใช้แสดงการเริ่มต้นใช้งาน โดยมีข้อความต้อนรับ ช่องกรอก Username และ ช่องกรอก Password มี Check box ชื่อ Remember me เพิ่มใช้ในการเข้าระบบโดยอัตโนมัติ โดยจะใช้หลักการของการเก็บคุกกี้ในการเก็บข้อมูลของผู้ใช้งาน มีปุ่ม Sign Up เพื่อใช้สำหรับการลงทะเบียน ผู้ใช้ใหม่ในกรณีที่ผู้ใช้ได้เข้ามาหน้านี้ และจะมีปุ่ม Submit เพื่อใช้ในการเข้าสู่ระบบ เมื่อผู้ใช้กรอก ข้อมูลครบถ้วนและมีความถูกต้องสมบูรณ์ โดยหน้า Submit นี้ จะถูกใช้งานสำหรับผู้ใช้งานทั้งสอง ประเภทได้แก่ ผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ และผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้านค้า

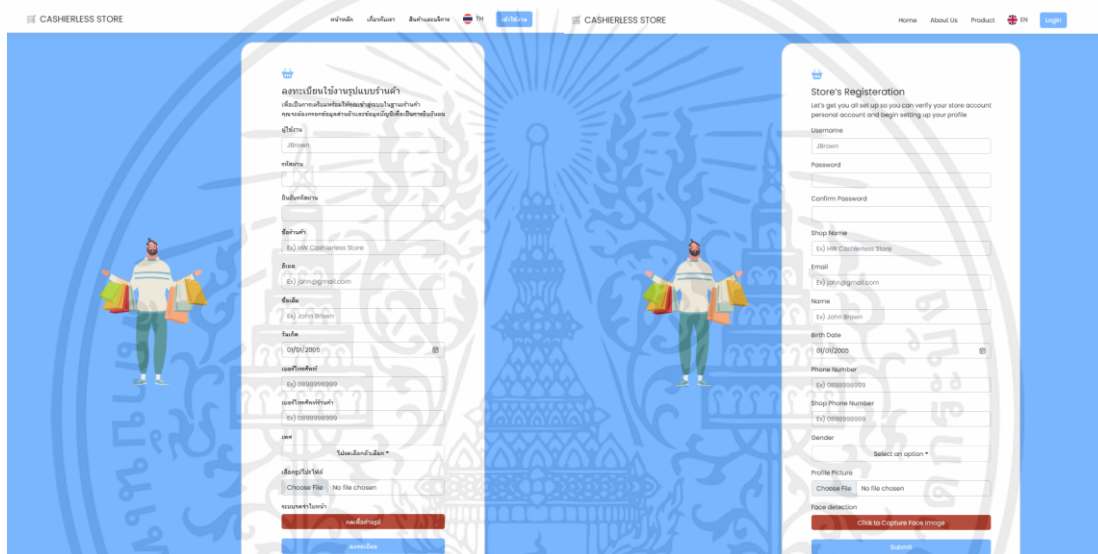


ภาพที่ 3.57 แสดงภาพหน้าจอ Login

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. หน้าสมัครใช้งานสมาชิก

หน้า Register จะเป็นหน้าลงทะเบียนและกรอกข้อมูลเพื่อสมัครเข้าใช้งานระบบ หากผู้ใช้ได้ทำการกด Sign up ในหน้า Login ก็จะถูก Redirect มาหน้า Register ของผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อ งาน โดยมีข้อความต้อนรับช่องกรอก Username ช่องกรอก Password ช่องกรอก Confirm Password ช่องกรอก Email ช่องกรอก Name ช่องกรอก Birth Day ช่องกรอก Phone Number ช่องกรอก Gender และ Profile Picture รวมถึงสามารถลงทะเบียนภาพเพื่อใช้งานระบบจดจำใบหน้าภายในอุปกรณ์ได้



ภาพที่ 3.58 แสดงภาพหน้าจอสมัครใช้งานสมาชิก

## 3. หน้าแก้ไขประวัติสมาชิก(Edit Profile)

หน้า Edit Profile ของผู้ใช้งานประเภทร้านค้ามีลักษณะรูปแบบหลักเช่นเดียวกับหน้าแก้ไขสมาชิกรูปแบบลูกค้า โดยในหน้า Edit Profile จะมีปุ่ม Cancel เพื่อยกเลิกการเปลี่ยนแปลง และมีปุ่ม Done เพื่อใช้ในการยืนยันการเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนรหัสผ่าน หรือ Password จะต้องกรอกรหัสผ่านปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเปลี่ยนรหัสผ่าน

**หน้าใช้งาน**

- 🏠 หน้าใช้งานหลัก
- 💰 เดิมเงิน
- 📄 ประวัติการชำระเงิน
- จัดการร้านค้าของคุณ**
- 📦 สต็อกสินค้า
- 📄 ประวัติการขาย

**ตั้งค่าบัญชี**

- 👤 ตั้งค่าข้อมูลส่วนตัว
- 🏠 ตั้งค่ารหัสผ่าน
- 🏠 ตั้งค่าร้านค้า

**Pages**

- 🏠 Dashboard
- 📄 Topup
- 📄 Transaction

**Shop Management**

- 📦 Stocking
- 📄 Shop Transaction


**Account Settings**

- 👤 Personal Info
- 🏠 Account Info
- 🏠 Shop Setting

CASHIERLESS

\$40.00 TH Wongvarit Pancharoen4

รูปถ่าย



เปลี่ยนรูปถ่าย

ชื่อเต็ม

เบอร์โทรศัพท์


Gender

[บันทึกการเปลี่ยนแปลง](#)

CASHIERLESS

\$470.00 EN Glairly5

Photo



Change Profile Picture

Full Name

Phone Number

Gender

[Save Personal Info](#)

ภาพที่ 3.59 แสดงภาพหน้าจอ Edit Profile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. หน้า Dashboard พื้นฐาน

หน้า Dashboard จะเป็นหน้าหลักเมื่อผู้ใช้งานทั้งสองประเภทได้ทำการ Login เข้ามาแล้ว โดยหน้านี้จะประกอบไปด้วยการทำงานหลักทั้งหมดของผู้ใช้แต่ละประเภท จะมี Component ที่ประกอบไปด้วยตัวเลขที่แสดงถึงจำนวนเงินที่เหลือ สำหรับผู้ใช้ประเภทผู้ซื้อ และตัวเลขที่แสดงถึงยอดขายทั้งหมด สำหรับผู้ใช้งานประเภทตัวแทนร้าน

The screenshot displays the 'หน้าใช้งานหลัก' (Main Dashboard) for a user named 'Wongvarit Panchaoren4'. The interface includes a sidebar with navigation options like 'หน้าใช้งานหลัก', 'เติมเงิน', 'ประวัติการชำระเงิน', 'จัดการร้านค้าของคุณ', 'ประวัติการชำระเงินล่าสุด', 'ตั้งค่าบัญชี', 'ตั้งค่ารหัสผ่าน', and 'ตั้งค่าร้านค้า'. The main content area shows a balance of \$40.00 and a table of recent transactions.

ชื่อร้านค้า	สินค้า	ราคา	สถานะชำระ
Topup Service หมายเลขการชำระเงิน: 166 4/25/2023, 4:47:04 AM	-	20	ชำระสำเร็จ
Topup Service หมายเลขการชำระเงิน: 165 4/25/2023, 4:47:02 AM	-	20	ชำระสำเร็จ

Below the screenshot, there is another section labeled 'Pages' showing a 'Dashboard' for a user named 'Glairy5' with a balance of \$470.00. This section also includes a 'Transaction History' table with three entries for 'Topup Service'.

Shop Name	Items	Price	Status
Topup Service Transaction ID: 159 4/23/2023, 10:05:27 AM	-	50	Complete
Topup Service Transaction ID: 158 4/23/2023, 10:03:41 AM	-	20	Complete
Topup Service Transaction ID: 157 4/23/2023, 9:52:27 AM	-	20	Complete

ภาพที่ 3.60 แสดงภาพหน้าจอ Dashboard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. หน้าการทำธุรกรรมการซื้อสินค้า

สำหรับหน้าประวัติการทำธุรกรรมการซื้อสินค้าจะบอกถึงรายละเอียดของการทำรายการที่เกิดขึ้นทั้งหมด ประกอบด้วย ร้านค้าที่ทำการซื้อสินค้า วันที่และเวลาในการซื้อสินค้า รวมถึงข้อมูลรายการสินค้า ราคาที่เกิดขึ้น และข้อมูลสถานะการซื้อว่าสำเร็จหรือไม่

The screenshot displays two sections of a mobile application interface. The top section, titled 'ประวัติการซื้อข้าม' (Cross-Store Transaction History), shows a list of transactions for 'Supakit Lokaew'. The bottom section, titled 'Transaction', shows a list of transactions for various clients, including 'Supakit Lokaew' and 'Anonymous'.

Client Name	Items	Price	Status
Supakit Lokaew ไม่มีประวัติการชำระเงิน 164 4/23/2023, 1:44:29 PM	Bento Red x 1 Karamujo x 1	55	ชำระสำเร็จ
Supakit Lokaew ไม่มีประวัติการชำระเงิน 162 4/23/2023, 1:02:50 PM	Karamujo @lairyb 4 x 1	30	ชำระสำเร็จ
Supakit Lokaew ไม่มีประวัติการชำระเงิน 161 4/23/2023, 12:35:52 PM	Bento Red 4 x 1	40	ชำระสำเร็จ
Supakit Lokaew Transaction ID: 171 4/25/2023, 6:56:10 AM	Thai Denmark Milk x 1	13	Complete
Anonymous Transaction ID: 170 4/25/2023, 6:47:12 AM	Pepsi Max x 1	15	Complete
Supakit Lokaew Transaction ID: 169 4/25/2023, 1:28:38 AM	Mama Tumyum x 1	6	Complete
Supakit Lokaew Transaction ID: 188 4/25/2023, 2:22:32 PM	Snack Jack x 1	20	Complete
Supakit Lokaew Transaction ID: 167 4/25/2023, 12:00:39 PM	Karamujo x 1	25	Complete
Supakit Lokaew Transaction ID: 163 4/23/2023, 1:43:27 PM	Bento Red x 1 Karamujo x 1	55	Complete

ภาพที่ 3.61 แสดงภาพหน้าจอการทำธุรกรรมการซื้อสินค้า

## 6. หน้าการจัดการสต็อกสินค้า

สำหรับหน้าแสดงผลการจัดการการสต็อกสินค้าเป็นหน้าที่สามารถใช้ในการจัดการระบบสินค้าของร้านค้าโดยทำการกดปุ่มแก้ไขสต็อกเพื่อแสดงและเติมสต็อกสินค้าตั้งราคาและจำนวนเงินสินค้าในราคาทั้งยังแสดงยอดเงินคงเหลือยอดขายประจำเดือนและรายได้ประจำเดือนให้แก่ผู้ใช้งานประเภทเจ้าของร้านค้า

**หน้าใช้งาน** CASHIERLESS \$40.00 TH Wongvarit Pancharoen4

หน้าใช้งานหลัก  
เติมเงิน  
ประวัติการชำระเงิน

**ยอดเงินคงเหลือ** \$125.00  
**ยอดขายประจำเดือน** \$0.00  
**รายได้เดือนนี้** \$0.00

**รายการจัดการสต็อก** แก้ไขสต็อก

รายการจัดการสต็อก	รายชื้อสินค้า	ประเภทสินค้า	ราคา	จำนวน
สต็อกสินค้า	Coke Sugar เลขกำกับสินค้า: 29	coke_red	20	500
ประวัติการขาย	Gaiyang เลขกำกับสินค้า: 31	paprika	666	444
ตั้งค่านักชื้อ	Hello world เลขกำกับสินค้า: 32	thai_denmark	12	124
ตั้งค่านักชื้อส่วนตัว	Bento Red 4 เลขกำกับสินค้า: 35	bento_red	40	19
ตั้งค่านักชื้อผ่าน	Karamujo Clairly4 เลขกำกับสินค้า: 36	karamujo	30	99
ตั้งค่านักชื้อ	Party Caramel เลขกำกับสินค้า: 37	party_red	20	100

**Pages** CASHIERLESS \$470.00 EN Clairly5

Dashboard  
Topup  
Transaction

**Manage Panel** Edit your stock

**Shop Management**

Shop Management	Item Name	Type	Price	Count
Stocking	Coke Item id: 1	coke_red	15	1000
Shop Transaction	Pepsi Max Item id: 2	pepsi_black	15	41
Account Settings	Lay Sour Cream Item id: 3	lay_blue	20	981
Personal Info	Coke Item id: 5	coke_red	15	1000
Account Info	Fanta Green Item id: 7	fanta_green	15	1000
Shop Setting	Karamujo Item id: 8	karamujo	25	992
	Paprika Item id: 10	paprika	20	996

ภาพที่ 3.62 แสดงภาพหน้าการจัดการสต็อกสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง

ในบทนี้ เราจะทำการกล่าวถึงความก้าวหน้าของโครงการและสิ่งที่ได้ปฏิบัติไป โดยจะประกอบไปด้วย การทดสอบ User Experience การ Train Model เพื่อใช้ในการทำ Object Detection โดยจะแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

#### 4.1 การทดสอบ User Experience

ทางทีมพัฒนาได้ทำการออกแบบคำนวณพื้นที่ในส่วนการใช้งานของระบบ Hardware โดยได้ผลลัพธ์ พื้นที่วางสินค้า ที่มีขนาด กว้าง ไม่ต่ำกว่า 40 เซนติเมตร ยาว ไม่ต่ำกว่า 68 เซนติเมตร หลังจากที่ได้มีการคำนวณ ทีมพัฒนาได้ทำการทดสอบการวางสินค้าผ่านการจำลองการวางสินค้าโดยกลุ่มผู้ใช้งานตัวอย่างเพื่อตรวจสอบรูปแบบการใช้งานจริงว่าผู้ใช้งานจะสามารถทำได้อย่างที่มีการคำนวณออกแบบไว้หรือไม่



ภาพที่ 4.1 แสดงการคำนวณ หาพื้นที่วางสินค้าที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงการจำลองการวางสินค้าโดยกลุ่มผู้ใช้งานตัวอย่าง

จำนวนผู้ทดลอง	จำนวนการทดลองวางสินค้า	จำนวนครั้งที่วางได้สำเร็จ	จำนวนครั้งที่วางพลาด
15 คน	70 ครั้ง	62 ครั้ง	8 ครั้ง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการวางสินค้า

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่า กล้องที่ทำทางทีมผู้พัฒนาได้เลือกใช้ มีความละเอียดอยู่ที่ 1920 x 1080 pixel และทางทีมผู้พัฒนาได้ทำการคำนวณจุดโฟกัสของกล้อง แล้วจึงพบว่า จะต้องตั้งกล้องให้ห่างจากที่วางสูง 50 เซนติเมตร แล้วจะได้อัตราส่วนของพื้นที่วางสินค้ามาตามที่กล่าวมาด้านบน และทาง

ด้านขวาของรูปภาพ จะแสดงถึงขนาด pixel ของสินค้าแต่ละชนิด โดยจะนำตัวอย่างของแต่ละประเภท มาใช้เพื่อเป็นเกณฑ์ให้ของแต่ละประเภท เช่น ขนมหงอก หรือ เลย์ จะมีความกว้างอยู่ที่ 437.72 pixel และ มีความยาวอยู่ที่ 567 pixel น้ำขวดเล็ก จะมีความกว้างอยู่ที่ 169.44 pixel และมีความยาวอยู่ที่ 648 pixel น้ำขวดใหญ่ จะมีความกว้างอยู่ที่ 241 pixel และมีความยาวอยู่ที่ 837 pixel และ น้ำอัดลมกระป๋อง จะมีความกว้างอยู่ที่ 156 pixel และมีความยาวอยู่ที่ 391 pixel โดยเป้าหมายสำหรับ Test เล็กที่สุดอยู่ที่ 156 x 392 pixel ซึ่งจะนำไปใช้ในการทำ Object Detection ต่อไป

จากภาพที่ 4.2 เป็นการให้ผู้ใช้งาน ทดลองนำสินค้ามาวางที่พื้นที่วางสินค้า โดยจะเห็นได้ว่า ผู้ใช้มีการวางของที่วิธี คือการวางให้ฉลากของสินค้า หายหน้าขึ้นไปทางกล้องจับสินค้าโดย วางได้ถูกต้องตามที่ต้องการเป็นจำนวน 62 ครั้ง จากทั้งหมด 70 ครั้ง งามจากตาราง 4.1 ที่แสดงผลการทดลองการวางสินค้า แต่ทั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ามีการวางพลาดเกิดขึ้น ทำให้เห็นทางปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้ ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาโมเดล ให้จับต้องความผิดพลาด และทำคู่มือการใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ

#### 4.2 การทดสอบ การทำ Hyperparameters Optimization

เนื่องจากองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการเทรน โมเดล object recognition คือการทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่อยู่ใน return model เพื่อให้มีองค์ประกอบที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่จะต้องการใช้ในคลาสที่ได้ทำการออกแบบไว้ทั้งหมด 20 คลาส ทีมพัฒนาจึงต้องทำการทดสอบการทำ Hyperparameter Optimization โดยมีขั้นตอนและแนวคิดดังต่อไปนี้

การทดสอบ Parameters ต่างๆที่ใช้ในการ Train Model ทำโดยทำการคัดเลือก Parameters ที่ทางทีมผู้พัฒนาสนใจนำมาทำการ Optimization ซึ่งประกอบไปด้วย Weight decay Learning rate Learning rate backbone และ Batch Size โดยในการทำ Hyperparameter Optimization ทางทีมผู้พัฒนาได้เลือกช่วงค่าของ Parameter ที่จะทำการ Optimization ดังนี้

Learning rate (lr) มีค่าคงที่จำนวน 4 ค่าคือ  $5 * 10^{-5}$ ,  $1 * 10^{-4}$ ,  $2 * 10^{-4}$ ,  $4 * 10^{-4}$

Learning rate backbone (lr backbone) มีค่าคงที่จำนวน 4 ค่าคือ  $5 * 10^{-6}$ ,  $1 * 10^{-5}$ ,  $2 * 10^{-5}$ ,  $4 * 10^{-5}$

Weight Decay มีค่าคงที่จำนวน 4 ค่าคือ  $5 * 10^{-5}$ ,  $1 * 10^{-4}$ ,  $2 * 10^{-4}$ ,  $4 * 10^{-4}$

Batch size มีค่าคงที่จำนวน 2 ค่าคือ 8 และ 16

โดยกระบวนการที่จะใช้เลือกจับคู่ Parameter ต่างๆ จะใช้กระบวนการ Randomized Search โดยเป็นการสุ่มหีบหุคของ Parameter จากความเป็นได้ทั้งหมด หลังจากนั้นจะนำไปทดลองทำการ Training โดยชุดของ Parameter ที่ได้จากการทำ Randomized Search มา 10 ชุด ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

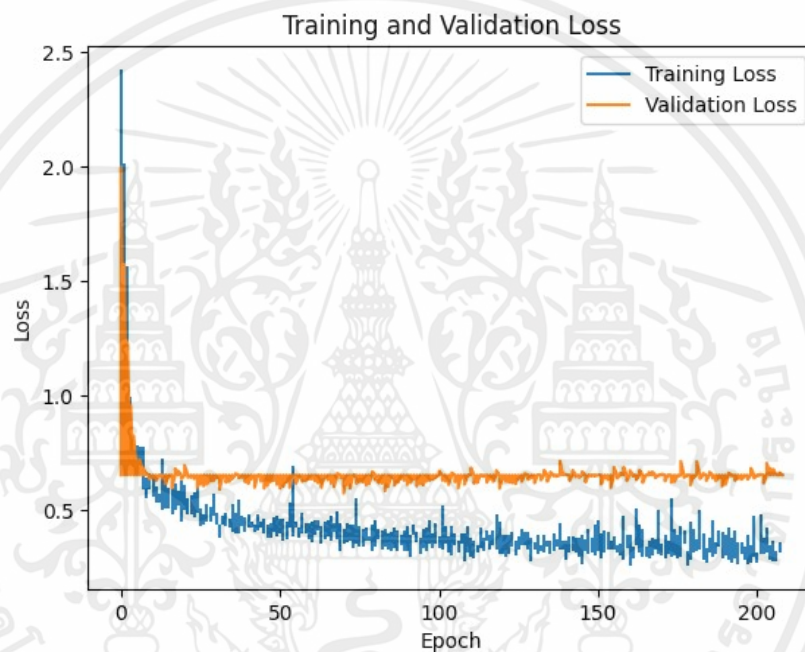
ลำดับที่	Batch Size	lr	lr_backbone	Weight decay	Loss
1	16	0.0004	0.00001	0.0001	3.17841
2	16	0.0001	0.00001	0.0001	1.23486
3	16	0.0001	0.00002	0.0004	1.34789
4	16	0.0001	0.00004	0.0002	1.20023
5	8	0.0001	0.00001	0.0001	1.75314
6	8	0.0004	0.00002	0.0002	2.56078
7	8	0.0004	0.00001	0.0001	3.12935
8	16	0.0001	0.000005	0.0002	1.17192
9	8	0.0004	0.00001	0.0001	1.33410
10	8	0.0004	0.000005	0.0001	1.53709

ตารางที่ 4.2 แสดงแสดงผลลัพธ์ของการ Training ของชุด Parameter ทั้ง 10 ชุด

จากตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงผลรับการเทรนนิ่งของพารามิเตอร์ทั้ง 10 ชุดในการ Hyperparameter Optimization จะเห็นได้ว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดในการตรวจสอบความเหมาะสมในการใช้งาน คือการตรวจสอบผลลัพธ์ Loss ที่เกิดขึ้นจากการเทรนข้อมูล โดยพบว่าข้อมูลลำดับที่ 8 4 และ 2 ถือเป็น 3 ชุดพารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสมกับการทำ object connection ของเรามากที่สุดตามลำดับ

### 4.3 การทดสอบคุณภาพของโมเดล

ในขณะที่มีการ training model ที่ทางทีมพัฒนาได้ทำการวัดค่า loss ของภาพที่อยู่ใน validation set หรือเป็นชุดภาพที่ไม่ถูกใช้งานในการทำโมเดล จากกราฟจะเห็นได้ว่าแนวโน้มของ ข้อมูล validation loss กับ ข้อมูล training loss มีลักษณะแนวโน้มที่มีความคล้ายกันส่งผลให้คุณภาพของ โมเดลมีความเหมาะสมในการเลือกใช้งาน



ภาพที่ 4.3 แสดงการการวัดค่า loss ของภาพที่อยู่ใน validation set

หลังจากที่ทีมพัฒนาได้ทำการสร้างโมเดลขึ้นมาแล้วจึงได้ทำการทดสอบคุณภาพของโมเดลที่เกิดขึ้น โดยการที่ sample ภาพออกมาจำนวน 50 ภาพและทำการค้นหาคลาสแต่ละคลาสที่ปรากฏขึ้น และจำแนกออกมาเป็นจำนวนคละที่ปรากฏและความแม่นยำที่พบโดยค่าที่ภาพที่เห็นจะเป็นการแสดงผลค่า accuracy mean ซึ่งเป็นค่าความแม่นยำ ที่เป็นค่าเฉลี่ยของทุกคลาสออกมาโดยมีค่า 0.9312 รวมถึงรายละเอียดค่าความแม่นยำและจำนวนที่เกิดขึ้นในแต่ละคลาส

```
torch.tensor(_accs).mean()
tensor(0.9312)
```

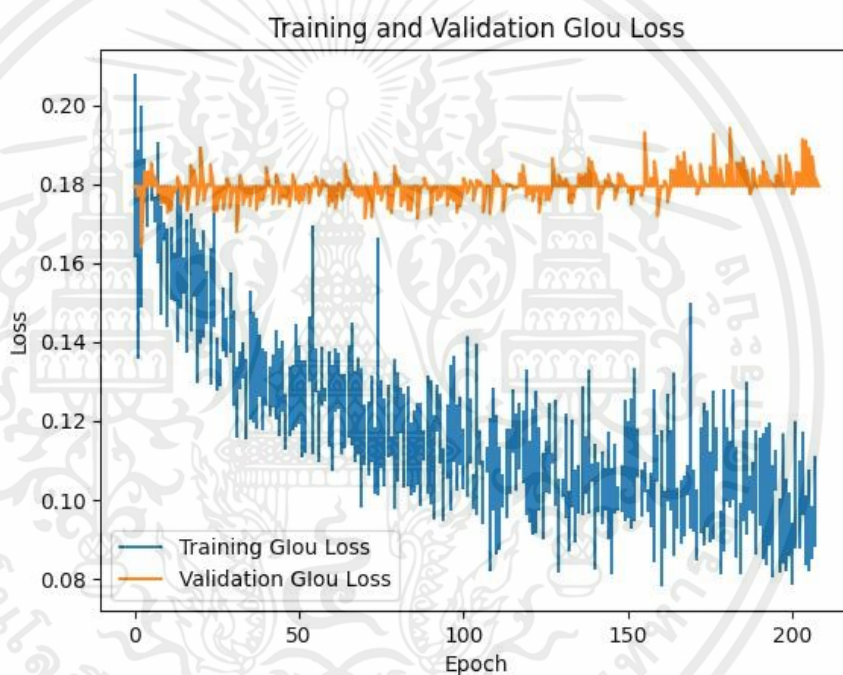
ภาพที่ 4.4 แสดงการวัดค่า accuracy mean ของโมเดล

ชื่อคลาส	จำนวนที่ปรากฏในการทดสอบ	ความแม่นยำ
bento_red	54	0.9207921028137207
coke_red	42	1.0
crystal	54	0.9207921028137207
fanta_green	36	1.0
karamujo	33	1.0
lay_blue	66	0.9801980257034302
mama	63	0.9603960514068604
paprika	69	1.0
party_purple	39	0.8910890817642212
party_red	48	1.0
pepsi_black	45	1.0
pepsi_blue	60	0.7524752616882324
pokki	51	0.801980197429657
singha_soda	39	0.8712871074676514
singha_yellow	36	0.9405940771102905
snack_jack	42	0.8514851331710815
taokaenoi	42	0.9009901285171509
taro_yellow	48	0.9306930899620056
thai_denmark	54	0.9603960514068604
twisco	72	0.9405940771102905

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดค่าความแม่นยำและจำนวนที่เกิดขึ้นในแต่ละคลาส

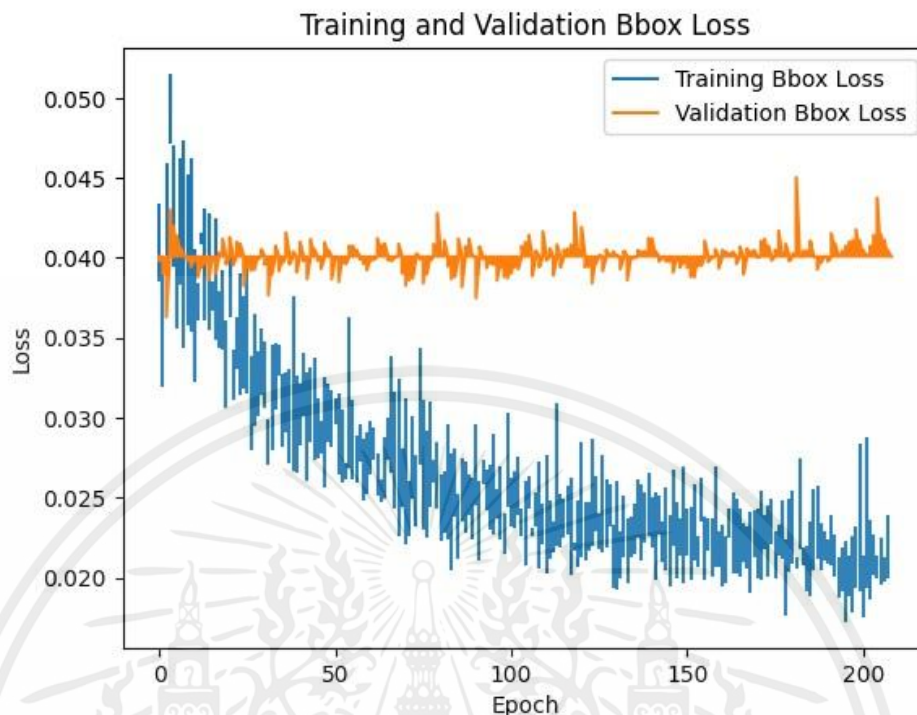
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้โมเดลแล้วทางทีมพัฒนาได้ทำการวัดค่า loss และค่าอื่นๆที่ใช้ในการตรวจสอบการจับภาพ ที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นค่าการวัดความแตกต่างระหว่างจำนวนวัตถุที่ควรจะคาดการณ์ได้กับวัตถุจริงที่เกิดขึ้นในภาพใช้ตรวจสอบว่าโมเดลสามารถหาจำนวนวัตถุในภาพได้อย่างแม่นยำหรือไม่ ค่าของความผิดพลาดน้อยลงมากเท่าใดรวมถึงแสดงให้เห็นถึงความสามารถของ โมเดล ในการตรวจสอบวัตถุได้อย่างถูกต้องเนื่องจากค่า Loss อยู่ในช่วง 0.18 และไม่มีเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสำคัญทำให้ทีมพัฒนาเห็นว่าแม้จะทำการ train ต่อก็ไม่สามารถลดค่า Loss ได้มากกว่านี้



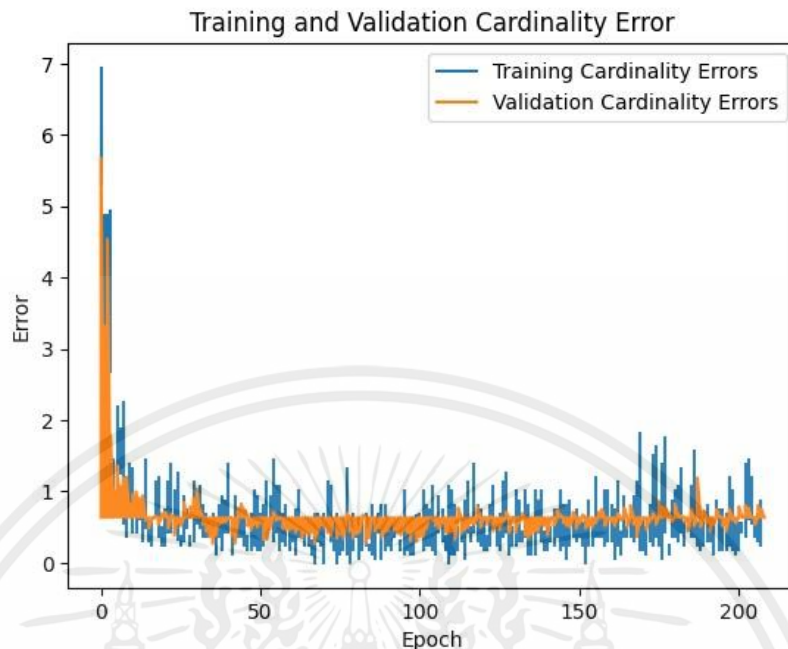
ภาพที่ 4.5 แสดงการวัดค่า Glou Loss ของภาพที่อยู่ใน validation set

ทางทีมพัฒนาได้ทำการคำนวณหา Loss ที่เกิดจาก Bbox loss เพื่อทำการตรวจสอบหาการวางตำแหน่งของกรอบภาพในการตรวจจับวัตถุเทียบกับ ชุดข้อมูลที่มีการตรวจจับข้อมูลเป็นตัวอย่างไว้แล้ว จะเห็นได้ว่าเมื่อทำไปแล้ว 200 Epoch ข้อมูลไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงของค่า Bbox loss มากอย่างมีนัยสำคัญ ทีมพัฒนาจึงมองว่าการพัฒนาโมเดลในรูปแบบข้างต้นมีความเหมาะสมแล้วที่จะใช้งานจริงได้และเพียงพอต่อการใช้งาน



ภาพที่ 4.6 แสดงการวัดค่า Bbox Loss ของภาพที่อยู่ใน validation set

โดยการเปรียบเทียบทางทีมพัฒนาได้ทำการเทียบกราฟชนิดสุดท้ายคือ Cardinality Error โดยทำการเปรียบเทียบ loss ที่เกิดขึ้นเพื่อหาความสัมพันธ์ในการเทรน โมเดลจะพบได้ว่าเมื่อ Epoch ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปแนวโน้มของกราฟมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะเป็น Dataset ที่มีอยู่ในระบบหรือ Dataset ที่ไม่ได้ถูกนำมาเทรนในระบบ จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องและมีความคล้ายคลึงกันของข้อมูลทั้งสองแบบ ทีมพัฒนาจึงมองว่าการปรับ Parameter ที่เหมาะสมและสามารถใช้งานได้



ภาพที่ 4.7 แสดงการวัดค่า Cardinality Error ของภาพที่อยู่ใน validation set

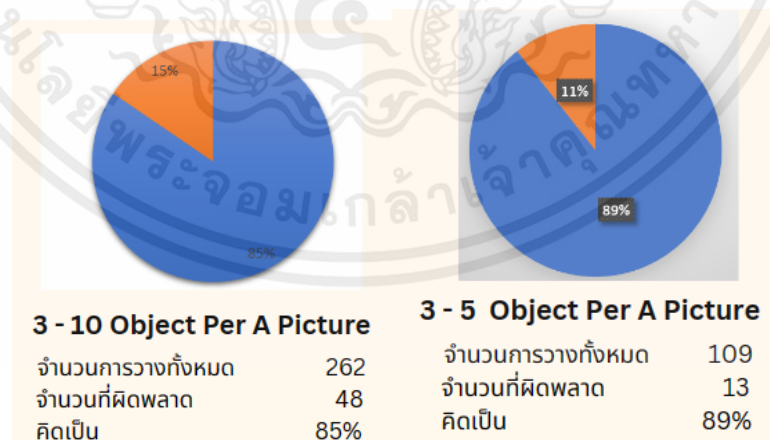
จากภาพที่ 4.5 4.6 และ 4.7 ที่แสดงให้เห็นถึงผลของ Loss จากการเทรนนิ่งของเซตทั้งรูปแบบ Data ที่ใช้ในการเทรนนิ่ง และ Validation ซึ่งเป็นข้อมูลภาพที่ไม่ถูกปรากฏก่อนหน้าจะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะเป็นกราฟประเภท Glou loss Bbox loss และ Cardinality Error ที่เกิดขึ้นหลังจากทำการเทรนไปเป็นจำนวน 200 Epoch จะได้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญและเหมาะสมต่อการใช้งาน

#### 4.4 การทดสอบการใช้งานอุปกรณ์จริง

หลังจากที่ระบบพร้อมในการใช้งานไม่ว่าจะเป็นด้านของซอฟต์แวร์อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และด้านของการทำ object recognition ทีมพัฒนาได้ทำการสุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานเพื่อทดลองใช้ในความเป็นจริงโดยการทดสอบการใช้งานจะถูกแบ่งออกเป็น 2 จุดประสงค์หลักประกอบไปด้วย ตรวจสอบ object สินค้าจำนวน 3-5 object ต่อ 1 รูปภาพเพื่อตรวจสอบหาความแม่นยำพื้นฐาน และการตรวจสอบ 3-10 object ต่อ 1 รูปภาพ โดยทางทีมพัฒนาทำการเลือกบุคคลที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นตัวแทนนักเรียนนักศึกษาในพื้นที่โดยการทดสอบพบว่าในการทำงาน 3-5 object ต่อ 1 ภาพมีความแม่นยำทั้งหมด 89% และความแม่นยำในการวางสินค้า 3-10 object ต่อ 1 รูปภาพคิดออกมาเป็น 85%



ภาพที่ 4.8 แสดงภาพการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์จริง



ภาพที่ 4.9 แสดงภาพผลการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุป

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ระบบสามารถดำเนินงานบรรลุได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ จัดทำระบบ Object Recognition ที่สามารถแยกข้อมูลได้อย่างน้อย 20 Class และสามารถจับภาพสินค้าได้ 3-5 Class ได้พร้อมกันภายใน 1 ภาพ โดยมีอัตรา ความแม่นยำในการตรวจพบอยู่ที่มากกว่า 89% ของจำนวนวัตถุ และ อัตราความแม่นยำ 85% ของจำนวนวัตถุ ในจำนวนสินค้า 5-10 Class ภายใน 1 ภาพผ่านการทดสอบจากตัวแทนนักศึกษา เพื่อช่วยในการลดระยะเวลาในการตรวจสอบสินค้า โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้

##### 5.2.1 Hardware

จัดทำการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ในด้านพื้นที่ชำระสินค้าประกอบไปด้วย กล้องตรวจจับสินค้า กล้องตรวจจับใบหน้า อุปกรณ์สำหรับการประมวลผล และ หน้าจอแสดงผล โดยอุปกรณ์ทั้งหมดวางเหนือพื้นที่วางสินค้า มีหลักการสำคัญคือ กล้องจับสินค้าที่จะต้องสามารถจับภาพและจำแนกชนิดสินค้าได้ในพื้นที่ที่ได้ทำการคำนวณไว้ กล้องตรวจจับใบหน้าที่สามารถจำแนกความแตกต่างใบหน้าได้ และ โตะพื้นที่วางสินค้าที่สามารถวางสินค้าได้ตามที่กำหนดโดยใช้ กล้องสำหรับตรวจจับสินค้า กล้องสำหรับตรวจจับใบหน้า raspberry pi4 สำหรับเป็นอุปกรณ์สำหรับการประมวลผล และแสดงผลผ่านหน้าจอ ipad

##### 5.2.2 ระบบโมเดลการทำ Object Detection

จัดทำระบบ Object Recognition ที่สามารถแยกข้อมูลได้อย่างน้อย 20 Class และสามารถจับภาพสินค้าได้ 3-5 Class ได้พร้อมกันภายใน 1 ภาพ โดยมีผลลัพธ์ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของทุกคลาสโดยมีค่าเท่ากับ 0.9312 ตามการทดสอบ รวมถึงได้ทำการทดสอบจริงผ่านผู้ใช้งานที่มีความแม่นยำที่ 85% ในการจ่ายสินค้า 3-10 ชิ้นภายใน 1 ครั้ง โดยมีการทดสอบการเลือกใช้พารามิเตอร์ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมมากที่สุดด้วยการทำ Hyperparameter Optimization

##### 5.2.3 Software

ทางทีมพัฒนาได้ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ในรูปแบบ Web Application ที่สามารถใช้งานสำหรับการอำนวยความสะดวกให้แก่ ทั้งผู้ใช้งานประเภทผู้ซื้อและผู้ใช้งานในประเภทผู้ขาย โดยมีการลักษณะการทำให้เป็น 3 Tier Architecture แบ่งออกเป็นระบบ frontend และ backend และระบบ database โดยมีการเชื่อมโยงทั้ง 3 เข้าด้วยกัน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ประกอบด้วย หน้าจอแสดงผลบนอุปกรณ์ส่วนของฮาร์ดแวร์ หน้าแสดงผลผู้ใช้งาน ส่วนประเภทลูกค้า หน้าแสดงผลผู้ใช้งานส่วนประเภทเจ้าของร้านค้า

## 5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

**ปัญหา** การกำหนดกลุ่มเป้าหมายไม่ชัดเจนส่งผลให้คอนเทนต์แบบเลือกออกแบบ Web Application โดยข้อความเป็นภาษาอังกฤษซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ท้องถิ่นที่มีความคุ้นชินกับภาษาไทยมากกว่า

**การแก้ไข** ทำการแก้ไข Web Application ให้สามารถเปิดใช้งานได้ทั้งสองภาษาผ่านการเลือกใช้งานของ User

**ปัญหา** การเชื่อมต่อ Webcam 2 เครื่องใน raspberry pi4 ที่ใช้งานผ่านระบบปฏิบัติการ Raspbian ไม่สามารถเปิดสลับกันได้

**การแก้ไข** ทำการ refresh หน้า Web application เมื่อต้องการสลับกล้อง

**ปัญหา** ไม่สามารถจัดหาจอในลักษณะสัมผัสได้ตามที่มีการออกแบบไว้

**การแก้ไข** ทำการ remote การทำงานผ่าน ipad แทนหน้าจอที่ออกแบบ

**ปัญหา** ในช่วงต้นเนื่องจากข้อมูลภาพที่เก็บเพื่อใช้ในการเทรน โมเดลมีจำนวนและมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีมากเพียงพอจนทำให้ผลของการคลาดเคลื่อนเป็นอย่างมากต้องใช้ข้อมูลอีกจำนวนมากเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำเพราะทำ

การเก็บข้อมูลข้อมูลแบบ Single Class กล่าวคือ มีภาพวัตถุเพียง 1 Class ต่อ 1 ภาพ

การแก้ไข ปรับวิธีการเก็บข้อมูล Dataset โดยเพิ่มความหลากหลายของข้อมูลที่เก็บไม่ให้ซ้ำ และขนาดและจำนวนของสินค้าในรูปต้องมีความหลากหลายจึงทำการเปลี่ยนการเก็บข้อมูลให้เป็นแบบ Multi Class กล่าวคือ มีภาพวัตถุมากกว่า 1 Class ภายใน 1 ภาพ(โดยเฉลี่ย 5-8 Class ภายใน 1 ภาพ )

### 5.3 แนวทางการพัฒนา

#### 5.2.4 Hardware

- ปรับปรุงแก้ไขความสวยงามของอุปกรณ์
- เพิ่มอุปกรณ์ให้รองรับการ Scan Barcode
- ปรับปรุง อุปกรณ์ให้ใช้งานได้ราบรื่นมากกว่าเดิม

#### 5.2.5 Software

- เชื่อมต่อกับ 3rd Party ในการชำระสินค้า
- เพิ่ม Functional ของแต่ละ User Role
- เพิ่มการรับ Scan Barcode

#### 5.2.6 ระบบโมเดลการทำ Object Detection

- เพิ่มจำนวน Data Set ให้มากยิ่งขึ้น
- เพิ่ม Class สินค้าให้มากยิ่งขึ้น
- เพิ่มจำนวน Parameter ที่จำเป็นต้องใช้ในการเทรน โมเดลให้มากยิ่งขึ้น

## บรรณานุกรม

- [1] Jaime Toplin. 2019. **Here's how cashierless stores could solve major retail pain points.**  
 [Online]. Available: <https://www.businessinsider.com/cashierless-stores-could-solve-retail-pain-points-2019-8>
- [2] Jason Brownlee. 2020. **A Gentle Introduction to Object Recognition With Deep Learning.**  
 [Online]. Available: <https://machinelearningmastery.com/object-recognition-with-deep-learning/>
- [3] Kirti Wankhede. 2018. **Just Walk-Out Technology and its Challenges: A Case of Amazon Go.**  
 [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8597403>
- [4] JENNIFER HALSTEAD 2020A **Breakdown Of 7 RFID Costs, From Hardware To Implementation.** [Online]. Available: <https://www.link-labs.com/blog/rfid-cost#:~:text=The%20primary%20advantage%20of%20passive,they%20last%20for%20many%20years.>
- [5] Csnews. 2019. **Analysts: Amazon Go Stores Bring in 50% More Revenue Than Typical C-stores.** [Online]. Available : <https://csnews.com/analysts-amazon-go-stores-bring-50-more-revenue-typical-c-stores>

- [6] Blake Ives. 2019. **Amazon Go: Disrupting retail?**. [Online]. Available :  
[https://www.researchgate.net/publication/332027962\\_Amazon\\_Go\\_Disrupting\\_retail](https://www.researchgate.net/publication/332027962_Amazon_Go_Disrupting_retail)
- [7] Russell Redman. 2021. **Amazon Go draws high interest from U.S. shoppers.** [Online].  
 Available : <https://www.supermarketnews.com/retail-financial/amazon-go-draws-high-interest-us-shoppers>
- [8] Gloria Dawson. 2018. **What to expect from Amazon Go** [Online]. Available:  
<https://www.supermarketnews.com/news/what-expect-amazon-go>
- [9] Nicolas Carion, Francisco Massa, Gabriel Synnaeve, Nicolas Usunier, Alexander Kirillov, Sergey Zagoruyko. 2020. **End-to-End Object Detection with Transformers** [Online]. Available:  
<https://arxiv.org/abs/2005.12872>
- [10] Vijay H Mankar. 2012. **A Review Paper on Face Recognition Techniques.** [Online].  
 Available:  
[https://www.researchgate.net/publication/270583005\\_A\\_Review\\_Paper\\_on\\_Face\\_Recognition\\_Techniques](https://www.researchgate.net/publication/270583005_A_Review_Paper_on_Face_Recognition_Techniques)
- [11] Joseph Nelson. 2020. **Introducing Bounding Box Level Augmentations.** [Online]. Available:  
<https://blog.roboflow.com/introducing-bounding-box-level-augmentations/>
- [12] Maliha Khan, Sudeshna Chakraborty, Rani Astya, Shaveta Khepra. **Face Detection and Recognition Using OpenCV.** [Online]. Available:  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8974493/authors#authors>

- [13] Kukil. 2022. **Intersection over Union (IoU) in Object Detection and Segmentation.** [Online]. Available : [https://learnopencv.com/intersection-over-union-iou-in-object-detection-and-segmentation/#:~:text=Intersection%20Over%20Union%20\(IoU\)%20is,Ground%20Truth%20and%20Prediction%20region](https://learnopencv.com/intersection-over-union-iou-in-object-detection-and-segmentation/#:~:text=Intersection%20Over%20Union%20(IoU)%20is,Ground%20Truth%20and%20Prediction%20region)
- [14] Sarang Narkhede. 2018. **Understanding Confusion Matrix.** [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/understanding-confusion-matrix-a9ad42dcfd62>
- [15] Mohamed Elsayed Elawady. 2014. **Architecture of LeNet-5 (Convolutional Neural Networks) for digit recognition, from LeCun.** [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-LeNet-5-Convolutional-Neural-Networks-for-digit-recognition-from\\_fig3\\_285458843](https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-LeNet-5-Convolutional-Neural-Networks-for-digit-recognition-from_fig3_285458843)
- [16] ชิตพงษ์ กิตตินราคร. 2020. **Convolutional Neural Network.** [Online]. Available: [Online]. Available: <https://guopai.github.io/ml-blog19.html>