

**Project No. 57**

ระบบคัดแยกขยะโดยใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพและซื้อขายแลกเปลี่ยนขยะ เพื่อแก้ไข  
ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากมลพิษขยะ

**(Waste Separation Using Image Processing and Trading System to Solve Environmental  
Problems Occurring from Waste Pollution)**

จัดทำโดย		
นายชนันธ์	เอี่ยมบึงสกุล	59070501037
นายนราวิชญ์	ทับทิมโต	59070501043
นายวัชรินทร์	ศิริเนาว์กุล	59070501093

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. อัญชลิสา แต้ตระกูล

“ข้าพเจ้ายอมรับว่าได้อ่านเนื้อหาภายในรายงานฉบับนี้แล้ว”

.....  
.....

ดร. อัญชลิสา แต้ตระกูล

อาจารย์ที่ปรึกษา



ระบบคัดแยกขยะโดยใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพและซื้อขายแลกเปลี่ยนขยะ เพื่อแก้ไข  
ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากมลพิษขยะ

(Waste Separation Using Image Processing and Trading System to Solve Environmental  
Problems Occurring from Waste Pollution)

นายชนสนธี	เอี่ยมบึงสกุล	59070501037
นายนราวิชญ์	ทับทิมโต	59070501043
นายวัชรินทร์	ศิริเนาวกุล	59070501093

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
ปีการศึกษา 2562

ระบบคัดแยกยะโดยใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพและซีอิจายแลกเปลี่ยนขยะ เพื่อแก้ไขปัญหา  
สิ่งแวดล้อมที่เกิดจากมลพิษยะ

นายชนสนธิ เอี่ยมยิ่งสกุล

นายณรัชญ์ ทับทิมโต

นายวัชรินทร์ ศิริเนาวกุล

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
ปีการศึกษา 2562  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... นางสาว ใจนา ใจนา ที่ปรึกษา  
(ดร. อัญชลิสา แตตระกุล)

..... กรรมการ  
(ดร. คริษฐา แจ้งสามสี)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิพัฒน์ ศุภศิริสันต์)

หัวข้อ โครงการ	ระบบคัดแยกยะโดยใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพและชื่อขาย	
แลกเปลี่ยนขยะ เพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากมลพิษยะ		
หน่วยงานของโครงการ	3 หน่วยกิจ	
จัดทำโดย	นายชนันธ์ นายธนาวิชญ์ นายวัชรินทร์	เอี่ยมยิ่งสกุล ทับทิม โต <sup>๓</sup> ศิริเนาว์กุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อัญชลิสา	แต่ตระกูล
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2562	

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทิ้งขยะลงแม่น้ำและทะเล ซึ่งส่งผลเสียต่อทั้งสุขภาพร่างกายของผู้คนและสภาพแวดล้อม โดยรอบ ทั้งนี้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีจำนวนประชากรจำนวนมาก แต่ในขณะเดียวกันความสามารถในการจัดการขยะให้ถูกต้องในประเทศนี้เป็นในทิศทางตรงข้ามกัน หนึ่งในวิธีการลดปัญหาที่กล่าวมาได้แก่ การจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพ เช่น การแยกขยะ การรีไซเคิลขยะ และการอำนวยความสะดวกในการจัดการขยะ เป็นต้น โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะสร้างระบบและแอปพลิเคชันที่ทำให้เกิดการจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพโดยมีความสามารถได้แก่ ให้ความรู้เกี่ยวกับขยะและการจัดการด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ เพิ่มแรงจูงใจในการจัดการขยะและขายขยะ โดยการแสดงราคาขยะที่สามารถขายได้เพิ่มความสะดวกสบายแก่การซื้อ-ขายขยะให้ทั้งผู้ที่ต้องการขายและซื้อขยะด้วยระบบการติดต่อชื่อขายบนแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ยังมีการทำระบบการนำเสนอข้อมูลเป็นรูปแบบของภาพและกราฟเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ต่อยอดได้

Project Title	Waste Separation Using Image Processing and Trading System to Solve Environmental Problems Occurring from Waste Pollution
Project Credit	3 credits
Project Participant	Mr. Thanason Eiamyingsakul Mr. Narawit Tubtimtoe Mr. Watcharin Sirinaovakul
Advisor	Ph.D. Unchalisra Taetragool
Degree of Study	Bachelor's Degree
Department	Computer Engineering
Academic Year	2019

### Abstract

Currently, there are many problems with waste pollution, for example, air pollution problems caused by landfill or water pollution problems from dumping waste into rivers and seas. These problems affect both the physical health of people and the surrounding environment. Thailand is also one country that has been dealing with a growing amount of waste. However, the ability to properly manage waste in that country is in the opposite direction. One of the ways to reduce the mentioned problems is to have efficient waste management, such as waste separation, waste recycling, and convenience management, etc. This project aims to create a system that enables efficient waste management. The application provides knowledge about waste using image processing techniques. The prices of waste that can be sold will be shown to increase incentives for waste management. Moreover, users can buy or sell junk easily using the trading system in the application for their convenience. Also, we provide some inside-information through data visualization so that those involved in waste management can take these data for further analysis.

## สารบัญ

	หน้า
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการทำงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน	3
<b>บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>6</b>
2.1 ผลงานที่เกี่ยวข้อง	6
2.1.1 Trash Lucky	6
2.1.2 Green2Get	6
2.1.3 GEPP	6
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.2.1 Convolution Neural Network (CNN)	7
2.2.2 Region-based Convolutional Neural Network	9
2.2.3 Selective Search	9
2.2.4 VGG Neural Network	9
2.2.5 Residual Neural Network	10
2.2.6 Fast Region-based Convolutional Neural Network	11
2.2.7 Region Proposal Network	11
2.2.8 Faster Region-based Convolutional Neural Network	14
2.2.9 You Only Look Once version 3 (YOLOv3)	15
2.2.10 Cross Platform	19
2.2.11 GeoFireX	20
<b>บทที่ 3 การออกแบบ และวิธีการดำเนินงาน</b>	<b>22</b>
3.1 การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย	22
3.1.1 คำถามและตัวอย่างคำตอบของผู้ขายของเป็นประจำ	22
3.1.2 คำถามและตัวอย่างคำตอบของผู้ที่ไม่ขายของ	23
3.1.3 คำถามและตัวอย่างคำตอบของผู้รับซื้อของ	24
3.2 ข้อกำหนดของซอฟต์แวร์	24
3.2.1 ขอบเขตของซอฟต์แวร์	24

3.2.2	Functional Specification	25
3.2.3	Non-Functional Specification	26
3.3	โครงการสร้างซอฟต์แวร์	26
3.4	เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	27
3.5	Use Case Analysis	28
3.5.1	Use Case Diagram	28
3.5.2	Use Case Narrative	28
3.6	โครงการสร้างฐานข้อมูล	37
<b>บทที่ 4 การดำเนินงานและผลลัพธ์</b>		<b>42</b>
4.1	Waste Detection Model	42
4.1.1	การเตรียมข้อมูลสำหรับการเทรนด์โมเดล	42
4.1.2	การเลือกโมเดลระหว่าง Faster-RCNN และ YOLOv3	44
4.1.2.1	วิธีการดำเนินการ	44
4.1.2.2	การทดสอบและประเมินผล	46
4.1.3	การทดสอบโมเดล	48
4.1.3.1	วิธีการดำเนินการ	48
4.1.3.2	การทดสอบและประเมินผล	50
4.2	Application	52
4.2.1	การเขียนยันตัวตนผู้ใช้และข้อมูลผู้ใช้งาน	52
4.2.2	ขยะของผู้ขาย	53
4.2.3	การขายขยะ	55
4.2.4	การรับซื้อขยะ	56
4.2.5	ประวัติการรับซื้อและประวัติการขาย	57
4.3	Visualized Website	58
4.3.1	การดึงข้อมูลขยะทั้งหมดภายในระบบ	58
4.3.2	การดึงข้อมูลขยะตามรหัสไปรษณีย์	58
4.3.3	การดึงที่อยู่ของผู้รับขยะตามไปรษณีย์	59
4.4	การประเมินผลและความเห็นจากผู้ใช้งาน	59
	ตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจ	60
4.4.1	ผลสำรวจจากการตอบแบบสอบถามความของผู้ใช้งาน	64
4.4.2	สรุปผลการสำรวจจากแบบสอบถาม	69

**บทที่ 5 สรุปผลและอภิปราย**

**71**

**บรรณานุกรม**

**74**

## รายการรูปภาพประกอบ

รูปภาพที่	หน้า
1.1 ตารางระยะเวลา และการแบ่งงาน	5
2.1 Convolution Neural Network Layer	8
2.2 Convolution Layer	8
2.3 สถาปัตยกรรม RCNN	9
2.4 ขั้นตอนการทำ Selective Search	9
2.5 ส่วนประกอบของสถาปัตยกรรม VGG-16	10
2.6 Error จากการเพิ่ม Layer	10
2.7 Function classes แบบปกติกับแบบช้อน	10
2.8 ส่วนประกอบของสถาปัตยกรรม ResNet	11
2.9(a) สถาปัตยกรรม Object Detection ของ RCNN	11
2.9(b) สถาปัตยกรรม Object Detection ของ Fast RCNN	11
2.10 ขั้นตอนการสร้าง Anchor Boxes	12
2.11 กระบวนการทำงานของ RPN	14
2.12 สถาปัตยกรรมของ Faster RCNN	15
2.13 การเปรียบเทียบ Fast RCNN กับ Faster RCNN	15
2.14 ตัวอย่างการแบ่ง grid cell	16
2.15 สถาปัตยกรรม YOLO	16
2.16 output ของ YOLO	17
2.17 สถาปัตยกรรม YOLOv3	18
2.18 How React Native work behind the scene	19
2.19 แผนที่ geohash	20
2.20 แผนที่ยอดของ geohash	20
2.21 geohash 9 หลัก	21
2.22 ปัญหา edge case	21
3.1 แผนผังโครงสร้างของโปรแกรม	26
3.2 Use case diagram	28
3.3 Sequence diagram ของ scenario 1	29
3.4 Sequence diagram ของ scenario 2	30
3.5 Sequence diagram ของ scenario 3	31

3.6	Sequence diagram ของ scenario 4	31
3.7	Sequence diagram ของ scenario 5	32
3.8	Sequence diagram ของ scenario 6	33
3.9	Sequence diagram ของ scenario 7	33
3.10	Sequence diagram ของ scenario 8	35
3.11	Sequence diagram ของ scenario 9	36
3.12	Sequence diagram ของ scenario 10	36
3.13	Sequence diagram ของ scenario 11	37
3.14	โครงสร้างฐานข้อมูล	38
4.1	ตัวอย่างรูปภาพทั้งหมด	42
4.2	ตัวอย่างภาพที่นาไปทดสอบ	43
4.3	กราฟเวลาที่ใช้ในการเทรนด์แต่ละ epoch ของ Pre-trained โมเดล	45
4.4	กราฟค่า Loss ในการเทรนด์แต่ละ epoch ของ Pre-trained โมเดล	45
4.5	กราฟ Total loss (รวมทั้ง 4 loss) ในการเทรนด์แต่ละ epoch ของ Faster RCNN	46
4.6	กราฟ Total loss ในการเทรนด์แต่ละ epoch ของ YOLOv3	46
4.7	รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปช้าๆ) กับ YOLOv3(รูปขาว) ที่ 1	47
4.8	รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปช้าๆ) กับ YOLOv3(รูปขาว) ที่ 2	47
4.9	รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปช้าๆ) กับ YOLOv3(รูปขาว) ที่ 3	48
4.10	รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปช้าๆ) กับ YOLOv3(รูปขาว) ที่ 4	48
4.11	รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปช้าๆ) กับ YOLOv3(รูปขาว) ที่ 5	48
4.12	กราฟ Classification loss ของ RPN module ในการเทรนด์แต่ละ epoch	49
4.13	กราฟ Regression loss ของ RPN module ในการเทรนด์แต่ละ epoch	49
4.14	กราฟ Classification loss ของ Fast R-CNN module ในการเทรนด์แต่ละ epoch	49
4.15	กราฟ Classification loss ของ Fast R-CNN module ในการเทรนด์แต่ละ epoch	49
4.16	กราฟ Total loss (รวมทั้ง 4 loss) ในการเทรนด์แต่ละ epoch	50
4.17	ขึ้นแป้นพิมพ์ตัวเลขเมื่อกรอกเบอร์	53
4.18	ค่า Default ขึ้นอัตโนมัติตอน Edit	53
4.19	มีการแจ้งเตือนเมื่อกรอกผิดเงื่อนไข	53
4.20	การทดสอบเพิ่มขยะด้วยหน้าต่างแยกหน้า	54
4.21	การทดสอบ ตรวจสอบจะโดยใช้กล้อง	54
4.22	การทดสอบการแสดงผล UI และข้อมูล สามารถเก็บขึ้นได้ตามลำดับที่ออกแบบไว้ แต่มีคิลเลอร์บังตอนโหลด Icon, การส่งค่าไปยังหน้าต่างๆ ปกติ API วันที่แสดงได้ตามปกติ	55

4.23	การทดสอบว่าข้อมูลควรร้องขอจากผู้คนแบบใดถึงผู้คนซึ่งขาย แบบด่วนและการร้องขอขายแบบเลือกผู้รับซื้อ	56
4.24	การทดสอบสถานะ Transaction ต่าง Action Button ก็จะต่างกัน	57
4.25	Pie Chart ที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลจำนวนของภาษาในแอปพลิเคชัน	58
4.26	หน้าให้กรอกรหัสไปรษณีย์เพื่อดึงข้อมูลจำนวนของภาษาในขอบเขตตรารหัสไปรษณีย์นั้น	58
4.27	หน้าให้กรอกรหัสไปรษณีย์เพื่อดึงข้อมูลที่อยู่ข้อมูลซึ่งขายในเขตรหัสไปรษณีย์นั้น	59
4.28	สัดส่วนเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม	64
4.29	สัดส่วนอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม	64
4.30	สัดส่วนอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม	64
4.31	สัดส่วนของประสบการณ์การขายของผู้ตอบแบบสอบถาม	65
4.32	สัดส่วนความมั่นใจในการขายของผู้ตอบแบบสอบถาม	65
4.33	สัดส่วนช่องทางในการติดต่อขายของผู้ตอบแบบสอบถาม	66
4.34	การให้คะแนนความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันของผู้ตอบแบบสอบถามในด้านการ ออกแบบ	66
4.35	การให้คะแนนความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน	67
4.36	การให้คะแนนความพึงพอใจต่อเว็บไซต์ในด้านการออกแบบของผู้ตอบแบบสอบถาม	67
4.37	การให้คะแนนความพึงพอใจต่อเว็บไซต์ในด้านประสิทธิภาพการใช้งานของผู้ตอบ แบบสอบถาม	68
4.38	การให้คะแนนความรู้สึกของผู้ใช้หลังทดลองใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์	68

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

คงจะปฏิเสธไม่ได้ว่าปัจจุบันมีการผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคออกสู่ตลาดมากจาก การเติบโตอย่างต่อเนื่องของเศรษฐกิจส่งผลให้เกิดขยะเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล ถ้านับแค่ในปีพ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นถึง 27.8 ล้านตัน แต่ความสามารถในการจัดเก็บขยะนั้นกลับมีไม่ถึง 70% ของขยะทั้งหมด โดยมีเพียงแค่ 34% ที่ถูกคัดแยกและนำกลับมาใช้อีก ถูกต้องและยังมีของเสียที่เป็นอันตรายต่อบุตรหลานที่ถูกกำจัดอย่างถูกต้องเพียง 13% เท่านั้น<sup>[1,2]</sup> จึงก่อให้เกิดขยะมูลฝอยตกค้างและปัญหาสิ่งแวดล้อมมากตามมา อาทิ ปัญหามลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้เศษวัสดุฝอยกลางแจ้งที่ทำให้เกิดควันและมลพิษ ปัญหากลิ่นเหม็นที่ส่งผลกระทบต่อบุตรหลานโดยรอบที่เกิดจากการเก็บขยะมูลฝอยไม่หมดหรือเกิดจากสถานที่พักเก็บขยะในบริเวณนั้น ปัญหาเหล่านี้ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของคนและสัตว์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น โรคปอดจากการสูดดมอากาศที่เป็นพิษ การได้รับสารปรอทที่มากเกินไปจากการทานอาหารจำพวกปลาที่มีสารปรอทตกค้าง พลาสติกที่พบริเวณทะเลและยังส่งผลเสียอื่นๆ ต่อสุขภาพของน้ำและดินอีกด้วย

วิธีการที่จะช่วยลดปริมาณขยะที่ตกค้างสะสมในบ่อขยะฟังก์ชันก่อมลพิษทางสิ่งแวดล้อมก็คือ การรีไซเคิลขยะผ่านการขายขยะรีไซเคิลให้กับผู้รับซื้อขยะ แล้วผู้รับซื้อขยะจะนำขยะที่ได้ไปเข้าสู่ระบบบริษัทรีไซเคิลเพื่อดึงทรัพยากรกลับเข้าสู่ระบบ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยังคงมีปัญหาที่ทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมายังไม่ถูกต้องในจุดเริ่กว่าดีได้ เป็นเพียงการแยกขยะก่อนทึ่งหรือการส่งขยะรีไซเคิลกลับเข้าสู่ระบบผ่านการขายให้ผู้รับซื้อขยะนั้นยังไม่นิยมและยังขาดความคล่องตัวอยู่ อีกทั้งยังจำเป็นที่จะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจและแรงจูงใจของผู้ที่สนใจด้วย โดยที่ข้อจำกัดในเรื่องของความคล่องตัวนั้นมีในเรื่องของความลำบากในการติดต่อเรียกผู้รับซื้อขยะมารับซื้อขยะ ที่ผู้ขายจำเป็นต้องมีข้อมูลของผู้ซื้อขยะเพื่อใช้ในการติดต่อ และยังต้องบอกที่อยู่ทุกครั้งเมื่อต้องการขายขยะ อีกทั้งการที่จะรับทราบราคารับซื้อขยะจำเป็นต้องทำผ่านการติดต่อหากผู้ซื้อเป็นรายคนเนื่องมาจากผู้รับซื้อแต่ละรายจะให้ราคารับซื้อที่ไม่เหมือนกัน ทำให้เป็นเรื่องยากในการตัดสินใจในการเลือกผู้รับซื้อขยะของผู้ขาย หากมีความประสงค์ที่จะเบริญเทียบราคา นอกจากนี้ยังมีความไม่คล่องตัวในส่วนของผู้รับซื้อขยะ ที่การไปรับขยะอาจจะได้ปริมาณขยะที่ไม่มากพอตามเป้า เนื่องจากผู้ขายขยะไม่ได้คัดแยกขยะอย่างถูกต้อง ทำให้ขยะที่สามารถรับซื้อได้มีจำนวนลดลงอย่าง หรืออาจจะต้องผ่านกระบวนการการทำความสะอาดอีกครั้งก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต ไป ทำให้เพิ่มต้นทุนของผู้รับซื้ออีกทั้งรายได้จากการขายขยะของผู้ขายขยะนั้นลดลงจากการตีราคาของผู้ซื้อ และการติดต่อกับผู้ขายขยะเป็นจำนวนมาก ก็นำไปสู่การวางแผนการเดินทางที่ยากมากขึ้นด้วย

ดังที่กล่าวไปข้างต้น ปัญหาสำคัญที่ยังคงอาศัยอยู่ในตัวผู้ทิ้งขยะหลายคนก็คือ ความไม่เข้าใจในวิธีการจัดการขยะที่ถูกต้อง จากการค้นคว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้ค้นพบว่า ความไม่รู้และความไม่เข้าใจนี้ ส่งผลต่อการละเลยในการทิ้งขยะ<sup>[4]</sup> ซึ่งจะส่งผลเสียร้ายแรงต่อกระบวนการกำจัดขยะที่ต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการจะเพิ่มขึ้น และขยะเหล่านั้นหากกำจัดไม่ทัน ก็จะกลายเป็นขยะเน่าเสียสะสมในระบบต่อไป แต่ ทว่าในอีกมุมมองหนึ่ง การที่ผู้คนจะไม่ละเลยการคัดแยกขยะและให้ความสำคัญกับการจัดการอย่างถูกต้อง มากขึ้นก็ต่อเมื่อพวคเขามีความสัมภានยในการกระทำ<sup>[5-8]</sup> เนื่องจากขยะบางชนิด เช่นขวดน้ำพลาสติก กระบวนการคัดแยกต้องทำถึงขั้นที่แกะฉลาก แกะฝาพลาสติกออก เพราะเป็นพลาสติกคละประเภท จึง ปฏิเสธไม่ได้ว่ากระบวนการแยกขยะนั้นไม่ได้สอดคล้องกับความต้องการของผู้คน แต่ยังไงก็ตาม นอกเหนือจากความสัมภានยและความเข้าใจในวิธีการแยกขยะที่ถูกต้องแล้ว ยังมีเรื่องของผลประโยชน์ที่จะมาเป็นอีกส่วนสำคัญ ที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้คนมีความอยากรู้จักการจัดการขยะอย่างถูกต้องมากขึ้น เช่น การบีบขวดและแกะฉลากพลาสติกก่อนขาย ช่วยลดปริมาณถุงที่ผู้ทิ้งขยะจะต้องใช้และเพิ่มราคารับซื้อในบางพื้นที่ เพราะต้นทุนของผู้รับซื้อลดลงจากการที่วิธีนี้ช่วยลดงานตัดฉลากของคนงานในโรงงานแยกขยะ อีกทั้ง ขยะส่วนนี้ก็จะผ่านไปยังกระบวนการต่อไปได้ทันทีทำให้ในหนึ่งวันผู้รับซื้อจะสามารถรับซื้อขยะได้มากขึ้น เพราะเวลาที่ใช้น้อยลง จะนั่นแล้วการแยกขยะอย่างมีประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นได้จากการให้ความรู้เกี่ยวกับการแยกขยะและสร้างแรงจูงใจให้กับคนทั่วไปควบคู่ไปกับการเสริมสร้างความสัมภានยของทั้งผู้คนทั่วไปที่ทิ้งขยะเป็นประจำและผู้รับซื้อขยะ

ด้วยเหตุนี้คือจะต้องทำจริงตั้งเป้าหมายที่พัฒนาระบบและแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เพื่อเพิ่มความสัมภានยและความต้องการของผู้ใช้งานจัดการกับขยะ โดยไม่ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ คณะผู้จัดทำจะใช้การประมวลผลภาพที่จะแสดงข้อมูลของขยะประเภทต่างๆ ทั้งขยะที่ขายได้และไม่สามารถขายได้อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงมูลค่าของขยะแบบเฉลี่ยเพื่อสร้างแรงจูงใจในการจัดการของผู้ใช้งาน โดยฟังก์ชันนี้จะมาพร้อมกับระบบ Marketplace ที่จะเข้ามาช่วยเพิ่มความสัมภានยในขั้นตอนของการติดต่อซื้อขายระหว่างคนทิ้งขยะกับผู้รับซื้อขยะ ลดกระบวนการตรวจสอบเวลาด้วยระบบ และช่วยนำเสนอเดินทางที่เหมาะสมในการเดินทางสำหรับผู้รับซื้อขยะ ทำให้การวางแผนสามารถดำเนินการได้สะดวก และยืดหยุ่นมากขึ้น การเปิดโอกาสให้ผู้ที่มีความสนใจในข้อมูลการจัดการขยะภายในแอปพลิเคชันก็สามารถเข้าถึงได้ผ่านฟังก์ชัน Data Visualization เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการแยกขยะและสร้างแรงจูงใจในการแยกขยะให้กับผู้คนทั่วไป
- เพื่อให้ผู้ขายขยะสามารถจัดการขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- เพื่อสร้างความสัมภានยให้กับทั้งผู้ขาย และผู้รับซื้อขยะ
- เพื่อสร้างช่องทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขยะ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เป้าหมายของโครงการคือ การประยุกต์และนำใช้เทคโนโลยีต่างๆ มาพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อ บรรเทาสาเหตุของปัญหาการแยกขยะ จากการสร้างความสัมภានย ให้ความรู้ และสร้างแรงจูงใจให้กับ ผู้ใช้งาน โดยการสร้างระบบ Marketplace เพื่อสร้างความสัมภានยในการจัดการขยะ และการประมวล ภาพที่จะเข้ามาช่วยในการแสดงให้กับผู้ใช้ถึงมูลค่าของขยะด้วยการแสดงราคาสำหรับขยะที่สามารถขายได้ และ ให้ความรู้ในการจัดการขยะสำหรับขยะที่ไม่สามารถขายได้ นอกจากนี้ยังสามารถเข้าถึงข้อมูลของแอปพลิเคชันผ่านตัวของ Data Visualization เพื่อให้ผู้ที่สนใจเข้ามารู้สึกไปใช้ประโยชน์ต่อ โดยขอบเขตของโครงการ จะถูกแบ่งดังต่อไปนี้

- พัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนขึ้นมาเพื่อให้รองรับทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android
- พัฒนาโมเดล Object Detection และ Waste Recognition โดยใช้ Deep Learning ให้สามารถระบุ ประเภทขยะ ได้อย่างน้อย 15 ประเภท โดยเลือกจากขยะที่มีราคาแพงตาม Catalog ของเว็บไซต์<sup>[10]</sup> และประเภทขยะที่มีจำนวนมากที่สุดในประเทศไทย<sup>[11]</sup>
- สามารถบอกวิธีการจัดการขยะที่ไม่สามารถขายได้ จาก Waste Recognition โดยนำข้อมูลมาจาก กรมควบคุมมลพิษ<sup>[12]</sup>
- สามารถทำ Path Optimization ให้ผู้รับซื้อขยะ ในกรณีที่รับซื้อขยะไว้หลายแห่งได้
- สามารถทำ Data Visualization ขึ้นมาจากข้อมูลขยะที่มีอยู่ได้

## 1.4 ขั้นตอนการทำงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน

### การแบ่งงาน

#### ภาคเรียนที่ 1

##### ศึกษาเทคโนโลยีและความรู้ที่ต้องใช้

- ศึกษาวิธีการพัฒนา Mobile Cross-platform ด้วย React Native
- User Authentication, การใช้ Native Feature อย่างกล้อง และ GPS, การ Deploy App
- ศึกษาการทำงานของ Service ของ Firebase และการทำงานร่วมกันระหว่าง React Native และ Firebase
- ศึกษาการทำ Deep learning ด้วยวิธีการ CNN

##### Design Wireframe and list of features

- ออกแบบตัว Wireframe ที่สามารถระบุถึงโครงสร้างและการดำเนินการของโปรแกรมแบบคร่าวๆ และสามารถระบุฟีเจอร์ในแต่ละหน้าของตัวแอปพลิเคชันได้ เพื่อความง่ายในการวางแผนการ พัฒนาฟีเจอร์
- ดึงข้อมูลรูปภาพของขยะแต่ละชนิด จาก Google และตรวจรูปภาพ

### พัฒนาตัวแอปพลิเคชัน

- พัฒนาส่วนของ Model ในการทำ Waste recognition และ Object detection
- พัฒนาส่วนของ Marketplace โดยจะแบ่งเป็น Seller's และ Buyer's side
- พัฒนาส่วนของ User interface โดยใช้ React Native
- พัฒนาส่วนของเว็บ ใช้ตัวสำหรับ Data Visualization โดย React web

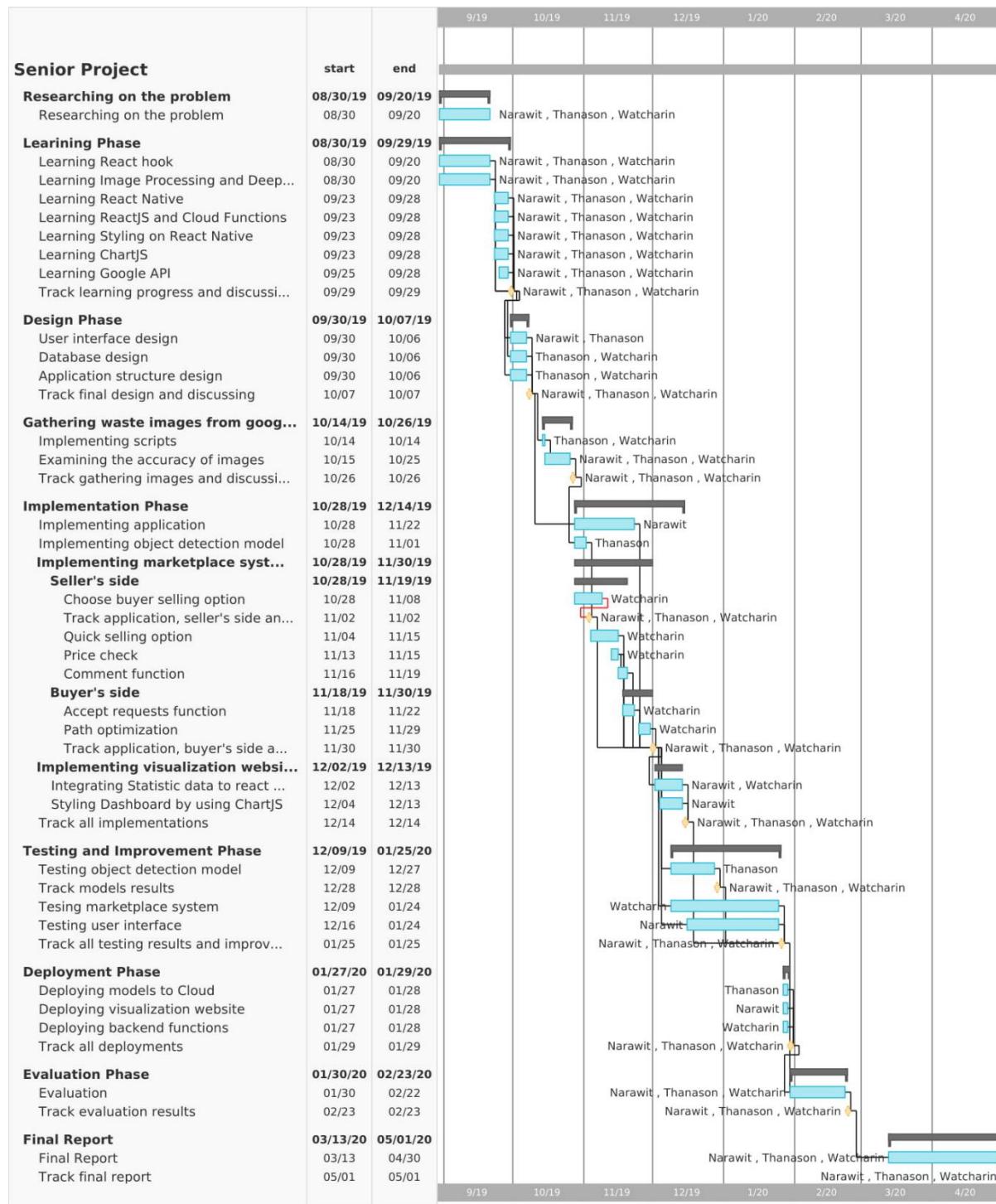
### ภาคเรียนที่ 2

ทดสอบส่วนต่างๆ ของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมา และแก้ไขในจุดต่างๆ

Deploy models และแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งาน

ประเมินประสิทธิภาพของตัวแอปพลิเคชัน และแก้ไขครั้งสุดท้าย

จัดทำ Final report



รูปที่ 1.1 ตารางระยะเวลา และการแบ่งงาน

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม และทฤษฎีเกี่ยวกับ

#### 2.1 ผลงานที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 Trash Lucky

แพลตฟอร์ม Trash Lucky เป็นแพลตฟอร์มที่มุ่งมั่นให้กับไทยสนใจและริเริ่มริใช้เคลมมากขึ้น ผ่านโปรแกรม "ริใช้เคลมสุนัช" ที่จะให้ทุกคนสนุกได้สุข และช่วยให้โลกสะอาดยิ่งขึ้นไปพร้อมกัน โดยการนำขยะน้ำมันส่างไปริใช้เคลมและในแต่ละเดือนจะมีการจับรางวัลเพื่อเป็นการเพิ่มแรงจูงใจในการแยกขยะและนำขามาริใช้เคลม โดยปัจจุบันยังรับขยะที่ริใช้เคลมได้คือ ขวดน้ำลอกคลากและบีบชวดให้แบน และกระป๋องอลูминัมที่สะอาด ซึ่งการส่งไปริใช้เคลมและได้รับลิฟท์ในการจับรางวัลนั้นสามารถติดต่อทางแพลตฟอร์มเพื่อให้มารับขยะริใช้เคลมได้

จากการศึกษาพบว่าแพลตฟอร์ม Trash Lucky นั้นพยายามทำให้คนสนใจนำขยะที่สามารถริใช้เคลมได้นำกลับมา\_rิใช้เคลม โดยผ่านตัวแพลตฟอร์มแล้วทางแพลตฟอร์มจะนำขยะนั้นไปขายและนำเงินที่ขายได้มาซื้อเป็นของรางวัลเพื่อให้รางวัลแก่ผู้ที่ส่งขยะมาให้กับทาง Trash Lucky ซึ่งแพลตฟอร์มนี้มีวิธีการเพิ่มแรงจูงใจให้ผู้ใช้งานมาริใช้เคลมจะเพียงแค่ริใช้เคลมคือการนำแม่เม็ดจากขยะส่างขยะไปจับรางวัล

##### 2.1.2 Green2Get

แพลตฟอร์ม Green2Get เป็นแพลตฟอร์มที่เหมาะสมสำหรับคนที่อยากระยะกขยะแต่ไม่มีความรู้ในการแยกขยะว่าจะประเททไหนควรจะแยกอย่างไรเป็น Circular Economy Platform ที่ให้ความรู้และการจัดการขยะริใช้เคลม โดยในแอปพลิเคชันนี้จะเป็นการข้อมูลแนะนำว่าขยะในแต่ละประเภทนั้นเป็นขยะอะไรและควรจัดการกับขยะประเภทนั้นอย่างไร และยังมีฟังก์ชันในการแสดงรายการโถ่ดเพื่อตรวจสอบว่าตู้ห้องน้ำที่นี่มีขยะนิดหนึ่นคืออะไร

จากการลองใช้งานพบว่าแอปพลิเคชัน Green2Get เป็นแอปพลิเคชันที่ต้องการที่จะให้ความรู้ในการแยกขยะแก่ผู้ใช้งานโดยการให้ข้อมูลของการแยกขยะชนิดต่างๆ และการวิธีการจัดการกับขยะเพื่อการขายขยะได้ราคาที่ดีขึ้น โดยมีจุดสังเกตคือผู้ใช้ต้องทำการกดเลือกชนิดของขยะที่มีจำนวนมากเพื่อคูณข้อมูลของขยะชนิดนั้น ตัวแอปพลิเคชันมีฟังก์ชันการแสดงรายการโถ่ที่ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการก้นหามากขึ้นแต่ยังไห่มีบาร์โถ่ด้านบนมีจำนวนมากและทาง Green2Get ก็ยังไม่มีวิธีการที่จะช่วยบอกผู้ใช้ให้ทราบถึงข้อมูลโดยเร็ว

##### 2.1.3 GEPP

แพลตฟอร์ม GEPP เป็นแพลตฟอร์มที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงระหว่างผู้ที่มีวัสดุริใช้เคลม กับผู้รับซื้อวัสดุริใช้เคลม โดยจะทำหน้าที่ไปรับขยะริใช้เคลมตามสถานที่ที่มีผู้ใช้ส่งคำเรียกร้องมาให้ไปซื้อและทำ

การเก็บและนำขยะเหล่านั้นไปขายให้กับผู้รับซื้อวัสดุรีไซเคิลอีกที โดยปัจจุบันมีช่องทางการติดต่อได้แก่ โทรศัพท์มือถือ ไลน์ และแอปพลิเคชัน นอกจากนั้น GEPP ยังมีแพนเป็นผู้จัดเก็บข้อมูลขยะและช่วยจัดการวิเคราะห์ข้อมูลขยะและวัสดุรีไซเคิลให้กับองค์กรที่สนใจเรื่องการจัดการขยะ

จากการศึกษาและลองใช้แอปพลิเคชันแล้วพบว่า ปัจจุบัน GEPP ยังมีเพียงแค่ฟังก์ชันการเรียกให้มารับขยะตามสถานที่ที่แข่งไว้โดยขยะที่ทาง GEPP รับซึ่อนั้นจะเป็นขยะที่ต้องมีปริมาณเช่น พอสมครและในแอปพลิเคชันก็ยังไม่มีฟังก์ชันหรือการให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะแก่ผู้ใช้ หรือเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ขายขยะ

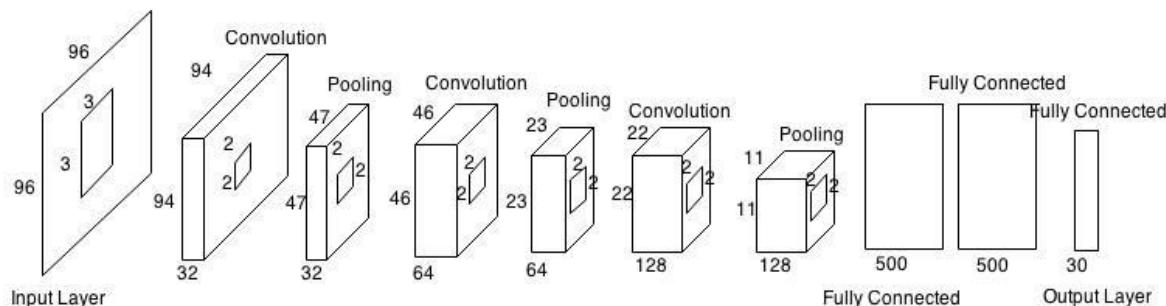
แพลตฟอร์ม	ข้อดี	ข้อเสีย
Trash Lucky	- เพิ่มแรงจูงใจโดยการสุ่มรางวัล	- ผู้ใช้งานต้องส่งขยะ - ช่องทางการติดต่อและใช้งานไม่สะดวกสบาย - ไม่มีการแสดงข้อมูลเรื่องการจัดการขยะแก่ผู้ใช้งาน
Green2Get	- มีการให้ความรู้แก่ผู้ใช้งานเกี่ยวกับการจัดการขยะ - มีฟังก์ชันการแสกน Barcode	- ยังเป็นแอปพลิเคชันที่ให้แต่ความรู้ไม่มีบริการอื่น - ตัวแอปพลิเคชันยังสามารถดาวน์โหลดมาใช้ได้แค่ระบบปฏิบัติการ iOS เท่านั้น
GEPP	- มีแอปพลิเคชันสำหรับการติดต่อ - ผู้ใช้ได้เงินจากการขายขยะ - เพิ่มความสะดวกสบายให้ผู้ขายขยะโดยไปรับขยะถึงที่ - มีการร่วมมือจัดอบรมเพลี่ยนกับบริษัทต่างๆ	- ไม่มีการแสดงข้อมูลเรื่องการจัดการขยะแก่ผู้ใช้งาน

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 Convolution Neural Network (CNN)

เนื่องจากแอปพลิเคชันจะมีโมดูลที่รับอินพุตเข้ามาเป็นภาพถ่ายและนำไปประมวลผลภาพเพื่อแสดงผลออกมาว่าในรูปภาพนั้นมีวัตถุหรือของอะไรซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการที่จะนำไปสู่ขั้นตอนของการนำไปจัดการขยะ เช่น การนำไปขาย ทำให้คณะผู้จัดทำต้องศึกษาเทคนิคหรือเทคโนโลยีที่สามารถ

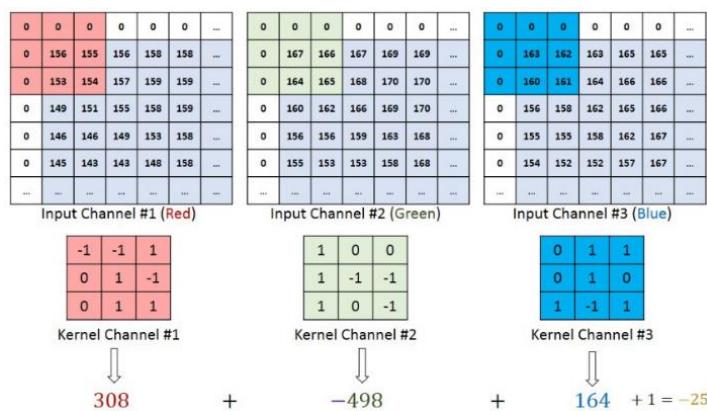
ระบุวัตถุหรือของที่อยู่ในภาพได้อย่างแม่นยำ โดยเทคโนโลยีที่คณะผู้จัดทำเลือกใช้ คือ สาขาวิชาการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์มีความเข้าใจระดับสูงกับข้อมูลจำพวกรูปภาพและวิดีโอได้อย่าง Computer vision<sup>[13-15]</sup> โดยเทคนิคที่เป็นที่นิยมสำหรับเทคโนโลยี Computer vision ในปัจจุบันคือ Convolutional Neural Network (CNN) ซึ่งเป็นหนึ่งในชนิดของการเรียนรู้เชิงลึกของคอมพิวเตอร์ (Deep Learning) ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากเปลือกสมองส่วนการรับรู้ของเด็กวัยเด็ก<sup>[16,17]</sup> และถูกออกแบบให้เป็นระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนเรียนรู้ลักษณะของข้อมูลที่เป็นลำดับและตำแหน่งโดยอัตโนมัติ ซึ่ง CNN เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่โดยทั่วไปแล้วประกอบด้วย 3 ชนิดของเดียร์ ได้แก่ 1) Convolution Layer 2) Pooling Layer และ 3) Fully Connected Layers ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 – Convolution Neural Network Layer

[ที่มา: <https://www.hackerearth.com/practice/notes/dependence-of-cnn-computation-time-on-the-filter-size-and-the-number-of-fully-connected-layer-units/>]

Convolution Layer เป็นส่วนที่สำคัญสำหรับ CNN ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) โดยวิธีถอนโวลุชั่นจากภาพที่เป็นอินพุตเข้ามากับฟิลเตอร์หรือเครื่องเรนเนอร์คิลเด็กในทุกส่วนของภาพอินพุตซึ่งเป็นการทำให้ CNN มีประสิทธิภาพมากสำหรับการประมวลผลภาพ ดังรูปที่ 2.2

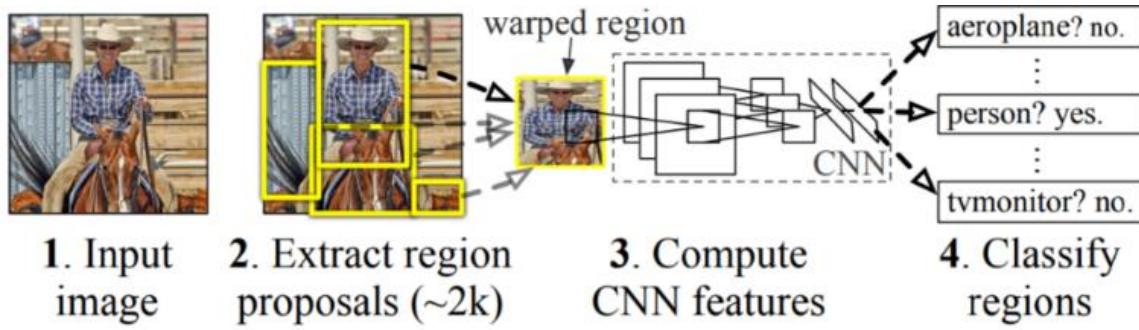


รูปที่ 2.2 Convolution Layer

[ที่มา: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>]

### 2.2.2 Region-based Convolutional Neural Network

เป็น CNN ประเภทหนึ่ง ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับการทำ Object Detection เนื่องจากตัวของ CNN นั้นไม่สามารถทำ Object detection ได้ ทำให้เพียงแค่ Image Recognition เท่านั้น โดยวิธีในการทำ Object Detection นั้นจะทำการหา Bounding boxes หรือ Region proposals โดยใช้ Selective Search แล้วจึงส่ง Bounding boxes ไปทำ Convolution ที่จะกล่องเพื่อหา Feature ในแต่ละภาพ และทำการส่งไปเพื่อทำนายผลลัพธ์ในลำดับต่อไปดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สถาปัตยกรรมของ RCNN

[ที่มา: [http://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2014/papers/Girshick\\_Rich\\_Feature\\_Hierarchies\\_2014\\_CVPR\\_paper.pdf](http://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2014/papers/Girshick_Rich_Feature_Hierarchies_2014_CVPR_paper.pdf)]

### 2.2.3 Selective Search

เป็นหนึ่งในวิธีการหา ROI ของรูป โดยขึ้นแรกคือการสร้าง Sub-segmentation ขึ้นมาแบบสุ่มๆ แล้วจึงทำการรวมแต่ละ Subsegment ให้ได้ Segment ที่ใหญ่ขึ้นจนได้เป็นโครงของวัตถุที่จะเป็น ROI<sup>[22]</sup> ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการทำ Selective Search

[ที่มา: [http://vision.stanford.edu/teaching/cs231b\\_spring1415/slides/ssearch\\_schuyler.pdf](http://vision.stanford.edu/teaching/cs231b_spring1415/slides/ssearch_schuyler.pdf)]

### 2.2.4 VGG Neural Network

เป็นสถาปัตยกรรมประเภท CNN ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการทำ Image Recognition โดยข้างในสถาปัตยกรรมเป็นดังรูปที่ 2.5 โดยที่มี Kernel ใน ConvNet เป็นขนาด  $3 \times 3$  สำหรับการดึง Features ต่างๆ ออกมารูปภาพ และ Maxpooling เพื่อทำการ Downsampling ครั้งละครึ่งหนึ่ง<sup>[20]</sup>

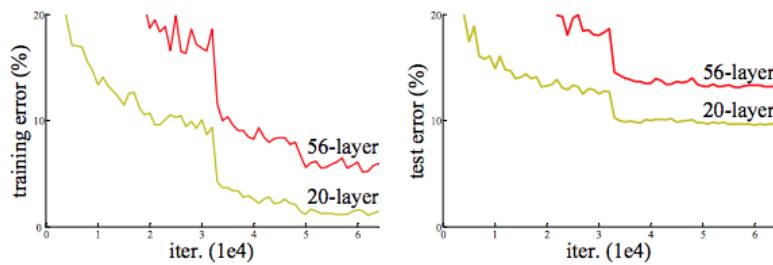


รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในสถาปัตยกรรม VGG-16

[ที่มา: <https://medium.com/@RaghavPrabhu/cnn-architectures-lenet-alexnet-vgg-googlenet-and-resnet-7c81c017b848>]

### 2.2.5 Residual Neural Network (ResNet)

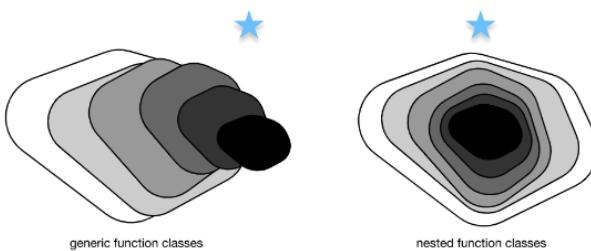
เป็นสถาปัตยกรรมประเกท CNN เช่นเดียวกันกับ VGG ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการทำ Image Recognition ResNet เข้ามายังปัญหาในการที่ยิ่งเพิ่มเลเยอร์เข้าไปจำนวนมาก จะยิ่งทำให้ Error rate มากขึ้นตามไปด้วย<sup>[21, 24]</sup> ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 Error ที่เพิ่มจากการเพิ่มเลเยอร์ (ซ้าย) training (ขวา) testing

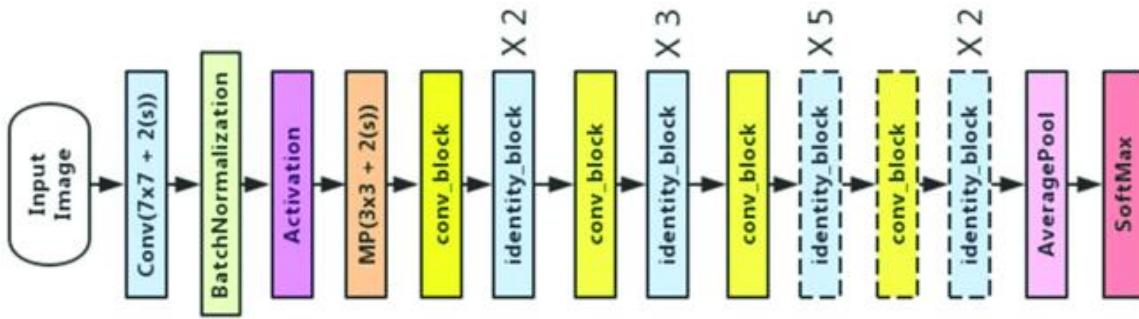
[ที่มา: <https://arxiv.org/pdf/1512.03385.pdf>]

โดยแทนที่จะทำ ConvNet ติดกันทีละ 2-3 เลเยอร์ ResNet ไม่มี ConvNet ที่ติดกันเลย นอกจากนี้ ยังส่งต่อ Identity Block ซึ่งเป็นคุณลักษณะของเลเยอร์ก่อนหน้ามารีวาร์ดในเลเยอร์ถัดไปอีกด้วย ทำให้เลเยอร์ถัดๆ ไปบังคับคุณสมบัติของเลเยอร์ชั้นก่อนๆ อยู่ด้วย ส่งผลให้โอกาสที่ Function class จะออกห่าง Ground truth น้อยลงด้วย<sup>[2]</sup> ตามรูปที่ 2.7 โดยที่สถาปัตยกรรมของ ResNet ถูกออกแบบดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 (ซ้าย) Function classes แบบปกติ (ขวา) Function classes แบบซ้อน

[ที่มา: <https://arxiv.org/pdf/1512.03385.pdf>]



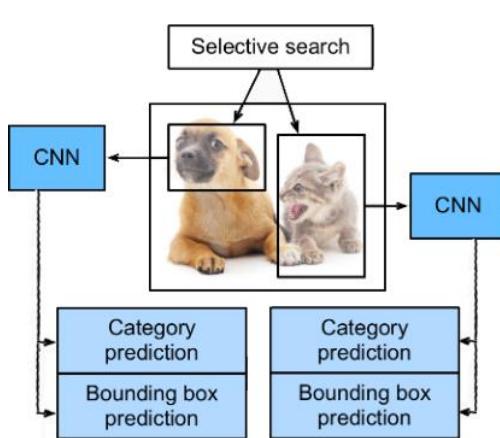
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในสถาปัตยกรรม ResNet

ที่มา [<https://www.mdpi.com/1999-4893/12/3/51>]

### 2.2.6 Fast Region Convolutional Neural Network (Fast RCNN)

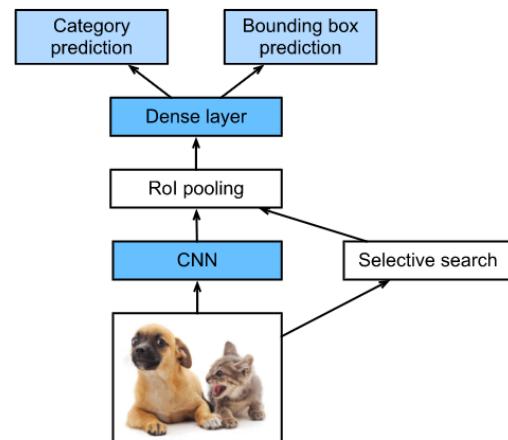
เป็นสถาปัตยกรรมที่พัฒนาต่ออยอดขึ้นมาจาก RCNN โดยทำการแก้ไขข้อเสียของ RCNN ในบางจุด จนเห็นได้ RCNN จะทำ Selective Search แล้วไปหา Feature ในแต่ละ Region อีกที ดังรูปที่ 2.9

(a) ซึ่งต่างจาก Fast RCNN ที่จะทำการหา Feature ของทั้งภาพก่อน แล้วค่อยนำมายังคุ้กันใน ROI Pooling<sup>[22-23, 25]</sup> ดังรูปที่ 2.9 (b) ทำให้ไม่ต้องหา Feature ทุกๆ Region<sup>[27]</sup>



รูปที่ 2.9 (a) สถาปัตยกรรมในการทำ Detection

ของ RCNN



รูปที่ 2.9 (b) สถาปัตยกรรมในการทำ Detection

ของ Fast RCNN

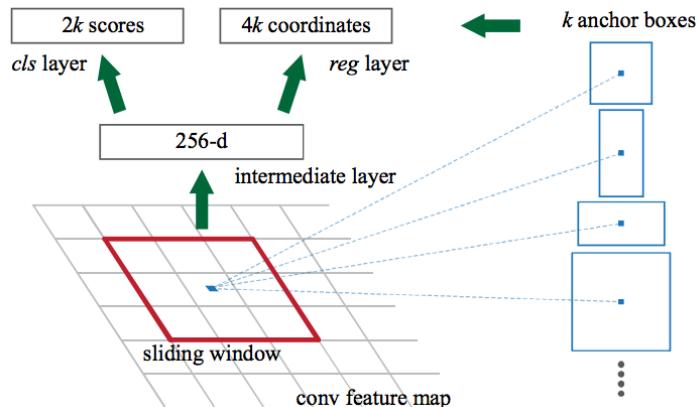
[ที่มา: [https://d2l.ai/chapter\\_computer-vision/rcnn.html](https://d2l.ai/chapter_computer-vision/rcnn.html)]

### 2.2.7 Region Proposal Network (RPN)

เป็นอิทธิพลที่การหา ROI ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า Selective Search เนื่องจากว่า Selective Search เป็นอัลกอริทึม ทำให้ไม่สามารถใช้ GPU ในการประมวลผลได้ ขณะที่ RPN เป็น Network จึงสามารถใช้ GPU เพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผลได้ โดยที่แต่ละขั้นตอนของ RPN<sup>[21, 26]</sup> เป็นไปดังนี้

1. นำรูปที่มีความสูงเป็น 600 pixels เข้ามาดึง Feature ใน Pre-trained โมเดล จะได้ Feature Map ขนาด 60x40x512

2. หลังจากที่คำนวณหัว Feature Map แล้วก็ทำการสร้าง Anchor Boxes ขึ้นมา  $k$  จำนวน ดังรูปที่ 2.10 เพื่อนำมาใช้เป็น Ground truth ใน Loss function



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการสร้าง Anchor Boxes

ที่มา [<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/10/a-step-by-step-introduction-to-the-basic-object-detection-algorithms-part-1/>]

- จำนวนของ Anchor Boxes เป็น  $k$  ซึ่งถูกกำหนดขึ้นมาไว้ตั้งแต่ต้นแรก ซึ่งในที่นี่  $k = 9$
- ถ้าหากค่า Intersection over Union (IoU) มากกว่า 0.7 จะให้ Anchor Boxes ที่ถูกสร้างขึ้นมา นั้นเป็น 1
  - $IoU(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$  เมื่อ  $A$  เป็น Anchor box และ  $B$  เป็น Ground truth bounding box
  - $|A \cap B|$  คือส่วนที่ทับกันระหว่าง  $A$  และ  $B$
  - $|A \cup B|$  คือพื้นที่ทั้งหมดของ  $A$  และ  $B$  รวมกัน
- เมื่อเสร็จจากการสร้าง Anchor Boxes แล้วจึงทำการดึง Feature อีกรอบ ด้วย Filter ขนาด  $3 \times 3 \times 512$  จำนวน 512 ครั้ง แล้วเพิ่ม Padding อีก 1
  - ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น Feature Map ขนาดเป็น  $60 \times 40 \times 512$  เท่าเดิม ที่มีคุณลักษณะที่เจาะจงมากยิ่งขึ้น
- หลังจากนั้นก็ทำการดึง Feature อีกรอบ เป็นครั้งสุดท้าย ด้วย Filter ขนาด  $1 \times 1 \times 512$  โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ
  - Bounding boxes prediction หรือ Regression coefficients for boxes ซึ่งคือตำแหน่งของ Bounding boxes ในแกน x และ y ในระดับ pixels
    - โดยจะทำการดึง Feature ออกมากทั้ง 36 (4k) ครั้ง และได้ผลลัพธ์ออกมากเป็น Feature Map ขนาด  $60 \times 40 \times 36(4k)$  เมื่อนำมาจัดเรียงใหม่ จะได้ Feature Map ขนาด  $40 \times 60 \times 9(k) \times 4$

- ii. ค่าใน 4 ช่องสุดท้ายคือตำแหน่งในแกน x และ y ตามด้วยความกว้างและยาวของ Bounding boxes ณ จุดใดๆ
- b. Binary category prediction หรือ Classification scores ซึ่งคือการทำนายว่าในตำแหน่งตามแกน x-y ใดๆ ที่สัมพันธ์กับ Feature Map ใน Bounding boxes prediction มีความน่าจะเป็นวัดถูกมากน้อยแค่ไหน
  - i. โดยจะทำการดึง Feature ออกมากทั้งหมด 18 (2k) ครั้ง และได้ผลลัพธ์ออกมากเป็น Feature Map ขนาด  $60 \times 40 \times 18(2k)$  เมื่อนำมาจัดเรียงใหม่ จึงได้ Feature Map ขนาด  $40 \times 60 \times 9(k) \times 2$
  - ii. ค่าใน 2 ช่องสุดท้ายคือ ความน่าจะเป็นที่เป็น Background และ ความน่าจะเป็นที่เป็น Object

หมายเหตุ ในการทดลอง ให้ดีที่จะนำผู้จัดทำมาใช้ จะทำการดึง Feature Map ออกมากเป็นขนาด  $60 \times 40 \times 9$  แล้วจัดเรียงใหม่เป็น  $40 \times 60 \times 9 \times 1$  แทน เนื่องจากความน่าจะเป็นนี้ เป็น Binary (0: Background, 1: Object)
- 5. ท้ายที่สุด หลังจากที่รวม Bounding boxes กับ Classification scores เข้าด้วยกันแล้ว ก็จะทำการหา IoU ระหว่าง Bounding boxes ที่ทำนายออกมา ถ้าหากค่า IoU ระหว่าง 2 Bounding boxes ใดๆ มีค่าเกินกว่า 0.7 จะทำการลบ Bounding boxes ที่มีค่า Classification scores น้อยกว่า ออกไป เพราะถือว่าเป็น Bounding boxes เดียวกัน

Loss จากการทำเทรนด์ RPN นั้นเป็น Multi-task Loss ซึ่งหมายถึงการมีค่า Loss หลายตัว สมการที่ใช้ในการลดค่า Loss จึงเป็นการรวมกันของสมการ Binary category loss กับ Bounding boxes loss เข้าด้วยกันเป็นสมการที่ (1) ตามตารางข้างล่าง โดยที่ค่า Bounding boxes loss ถูกแสดงในสมการที่ (2) และ Binary category ถูกแสดงในสมการที่ (3) และ (4)

$$L(\{p_i\}, \{t_i\}) = \frac{1}{N_{classify}} \sum_i L_{classify}(p_i, p_i^*) + \lambda \frac{1}{N_{regression}} \sum_i p_i^* L_{regression}(t_i, t_i^*) \quad (1)$$

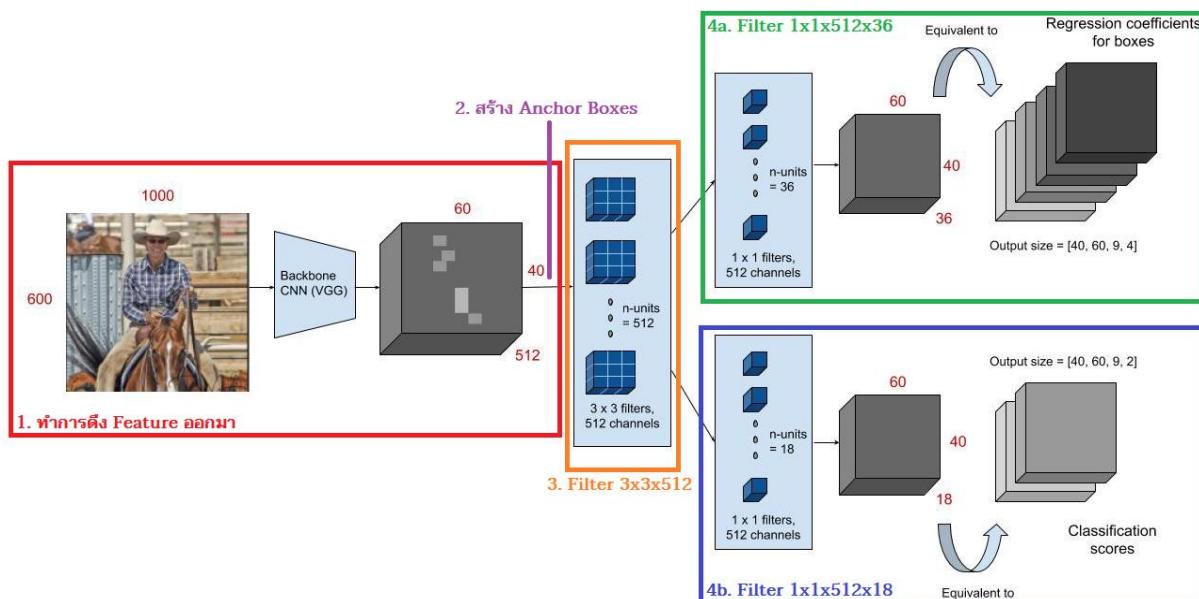
$$L_{classify}(p_i, p_i^*) = -\frac{1}{N_{classify}} \sum_i p_i^* \log(p_i) \quad (2)$$

$$L_{regression}(t_i, t_i^*) = \sum_{i \in \{x, y, w, h\}} smooth_{L_1}(t_i^u - v_i) \quad (3)$$

$$smooth_{L_1}(x) = \begin{cases} 0.5x^2 & \text{if } |x| < 1 \\ |x| - 0.5 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 t_x &= \frac{(x - x_{anchor})}{w_{anchor}} & t_y &= \frac{(y - y_{anchor})}{h_{anchor}} \\
 t_w &= \log\left(\frac{w}{w_{anchor}}\right) & t_h &= \log\left(\frac{h}{h_{anchor}}\right) \\
 t_x^* &= \frac{(x^* - x_{anchor})}{w_{anchor}} & t_y^* &= \frac{(y^* - y_{anchor})}{h_{anchor}} \\
 t_w^* &= \log\left(\frac{w^*}{w_{anchor}}\right) & t_h^* &= \log\left(\frac{h^*}{h_{anchor}}\right)
 \end{aligned} \tag{5}$$

$p_i$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของ Anchor box ที่ $i$ ที่จะเป็นวัตถุ,	$p_i^*$ เป็น 1 ถ้า Anchor box เป็นวัตถุ และ 0 ถ้าไม่ใช่,
$t_i$ คือ เวกเตอร์ที่แทนค่า 4 ตัวแปร ของ Bounding box,	$t_i^*$ เป็นเวกเตอร์ของ Ground truth bounding box,
? $_a$ คือค่าจาก Anchor box,	?* เป็นค่า Ground truth

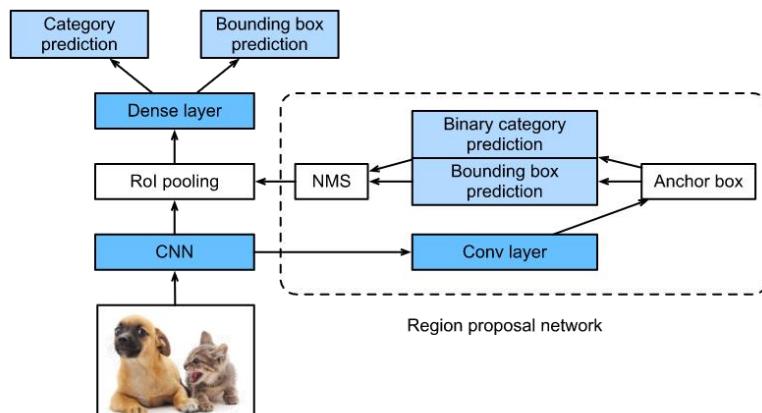


รูปที่ 2.11 การทำ RPN ในแต่ละขั้นตอน แบ่งเป็นข้อๆ ตามการอธิบายข้างต้น

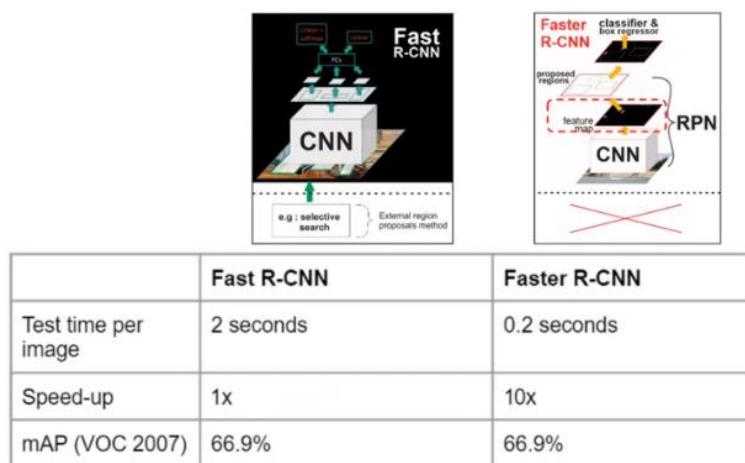
[ที่มา: <https://towardsdatascience.com/faster-r-cnn-for-object-detection-a-technical-summary-474c5b857b46>]

### 2.2.8 Faster Region Convolutional Neural Network (Faster RCNN)

เป็นสถาปัตยกรรมที่ถูกพัฒนาต่อจาก Fast RCNN โดยความต่างของ Faster กับ Fast คือวิธีการหา ROI ที่เปลี่ยนจากการใช้ Selective Search มาเป็น Region Proposal Network (RPN) แทน<sup>[21, 25-26]</sup> ดังรูปที่ 2.12 ทำให้เวลาในการประมวลผลดีขึ้นกว่าเดิมกว่า 10 เท่าจากเดิมดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 สถาปัตยกรรมของ Faster RCNN

[ที่มา: [https://d2l.ai/chapter\\_computer-vision/rcnn.html](https://d2l.ai/chapter_computer-vision/rcnn.html)]

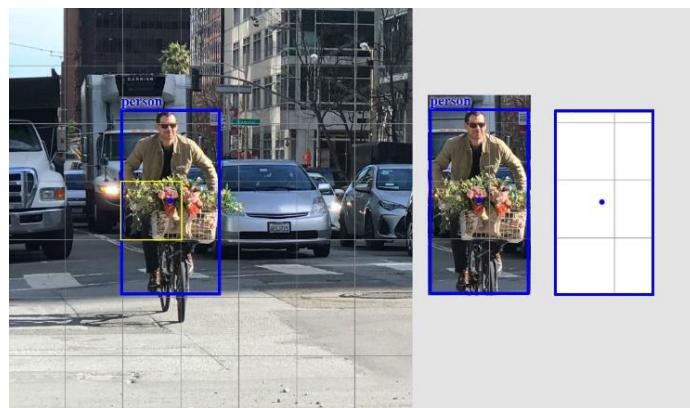
รูปที่ 2.13 ผลการเปรียบเทียบระหว่าง Fast RCNN และ Faster RCNN

[ที่มา: <https://www.youtube.com/watch?v=v5bFVbQvFRk>]

### 2.2.9 You Only Look Once version 3 (YOLOv3)

เป็นอัลกอริทึมที่นิยมใช้ในการสร้างระบบตรวจจับวัตถุโดยตัว yolo นั้น ไม่ใช้อัลกอริทึมที่เน้นไปทางให้ความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุกับระบบ แต่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้ในระยะเวลาอันสั้นและไม่สูญเสียความแม่นยำไปมากนักเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมในตระกูล RCNN โดยมีระบบการทำงานดังนี้<sup>[29]</sup>

ระบบเมื่อทำการรับข้อมูลรูปภาพเข้ามาแล้วจะแบ่งรูปภาพออกเป็นหลายส่วน โดยแบ่งเป็น grid เป็นจำนวน  $S \times S$  โคนในแต่ละ grid cell นั้นจะแทนข้อมูลของการทำนายว่าเป็นวัตถุชนิดใดได้เพียงชนิดเดียว



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการแบ่ง grid cell

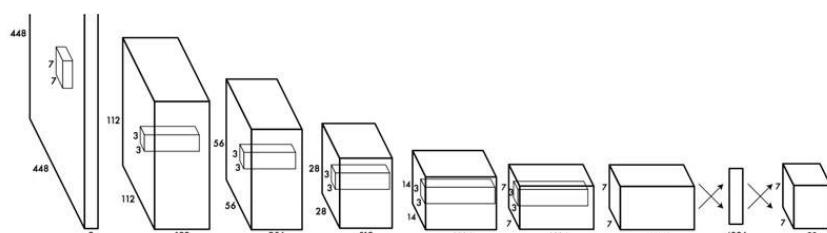
[ที่มา: [https://miro.medium.com/max/1424/1\\*6qZXYCDUkC5Bc8nRoIT0Mw.jpeg](https://miro.medium.com/max/1424/1*6qZXYCDUkC5Bc8nRoIT0Mw.jpeg)]

อย่างในรูปที่ 2.14 จะสามารถทำนายเป็นคนได้โดยมีตำแหน่งศูนย์กลาง(จุดศืน้ำเงิน) อยู่ใน grid cell นั้นซึ่งในแต่ละ grid cell อัลกอริทึมจะทำนายขนาดของกรอบรูปภาพที่คุณอยู่อย่างเช่นในรูปที่ 2.14 กรอบนั้นก็จะเป็นกรอบที่คลุมตัวคน

โดยสรุปนั้นแต่ละ grid cell จะมีลักษณะดังนี้

- แต่ละ grid cell นั้นจะแทนด้วยวัตถุจำนวนหนึ่งเดียว
- แต่ละ grid cell นั้นจะทำนายขนาดของกรอบรูปประกอบมาคือ จุดศูนย์กลาง(x,y) และความสูงยาว (w,h)
- แต่ละ grid cell จะมีค่าที่บ่งบอกถึงความน่าจะเป็นที่ grid cell จะมีรูปคือ box confidence score
- แต่ละ grid cell จะมีค่า condition class probabilities เพื่อบอกความน่าจะเป็นว่าวัตถุใน grid cell นั้นเป็นวัตถุชนิดใด

โดยสถาปัตยกรรมของ YOLO นั้นจะเป็นดังรูปที่ 2.15

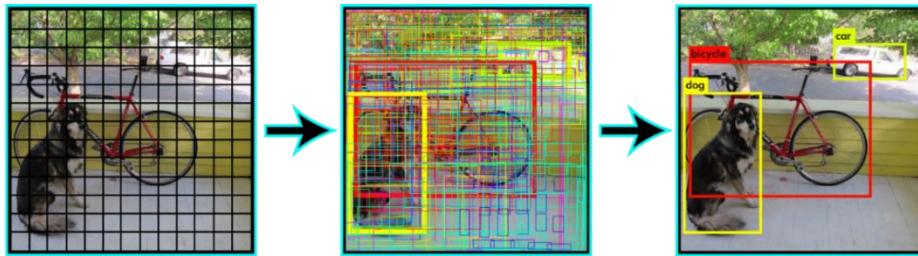


รูปที่ 2.15 – สถาปัตยกรรม YOLO

[ที่มา: [https://miro.medium.com/max/2400/1\\*9ER4GVUtQGVA2Y0skC9OQQ.png](https://miro.medium.com/max/2400/1*9ER4GVUtQGVA2Y0skC9OQQ.png)]

YOLO เป็นสถาปัตยกรรมที่มี 24 convolutional layers และตามด้วย 2 fully connected layers ซึ่งใน layer สุดท้ายของ convolutional layer จะได้ข้อมูลที่มีขนาด  $(7, 7, 1024)$  เพื่อทำการ flatten และนำไปเข้า fully connected layers เพื่อให้ได้ output สุดท้ายของความมั่นใจ  $(7, 7, 30)$  ซึ่งในการตัดขั้นตอนสุดท้าย

ก่อนที่โมเดลจะส่งข้อมูลออกไปโมเดลจะทำการเลือกเฉพาะ grid cell ที่ค่า confidence scores สูงท่านั้น (มากกว่า 0.25) ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 output ของ YOLO

สำหรับ loss function ของ YOLO นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 พังก์ชัน ได้แก่

- Classification loss ในกรณีที่วัตถุถูก detect ได้ใน grid cell นั้น loss function ของมันจะเป็น squared error มีสมการดังนี้

$$\sum_{c \in \text{classes}} (p_i(c) - \hat{p}_i(c))^2$$

$$\mathbb{I}_i^{\text{obj}} = 1 \text{ ถ้า grid cell } i \text{ พบรัศมี นอกนั้น } 0$$

$$\hat{p}_i(c) \text{ แทนด้วยความน่าจะเป็นของ class } c$$

$$\text{ ใน cell } i$$

- Localization loss จะเป็นการวัด error ในการทำนาย bounding box หรือ กรอบรูป ซึ่งจะเป็นค่าของตำแหน่ง ( $x, y$ ) และขนาด ( $w, h$ ) ซึ่ง loss function นี้จะคิดกีต่อเมื่อวัตถุถูก detect ใน grid cell นั้นซึ่งมีสมการดังนี้

$$\lambda_{\text{coord}} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B \mathbb{I}_{ij}^{\text{obj}} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2]$$

$$+ \lambda_{\text{coord}} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B \mathbb{I}_{ij}^{\text{obj}} \left[ (\sqrt{w}_i - \sqrt{\hat{w}_i})^2 + (\sqrt{h}_i - \sqrt{\hat{h}_i})^2 \right]$$

$$\mathbb{I}_{ij}^{\text{obj}} = 1 \text{ ถ้ากรอบรูป } j \text{ th ใน grid cell } i \text{ พบรัศมี นอกนั้น } 0$$

$\lambda_{\text{coord}}$  เป็นค่าคงที่ ที่ช่วยเพิ่ม loss weight ของกรอบ bounding box

- Confidence loss

เป็นการวัดความน่าจะเป็นที่ใน grid cell นั้นๆ จะมีวัตถุอยู่ใน grid cell หรือเรียกว่าค่า objectness โดยเมื่อเจกวัตถุใน grid cell จะมีสมการดัง (1) และเมื่อไม่เจવัตถุใน grid cell จะมีสมการดัง (2)

$$\sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B \mathbb{I}_{ij}^{\text{obj}} (C_i - \hat{C}_i)^2 - (1)$$

$\hat{C}_i$  เป็นค่า confidence score ของกรอบ  $j$  ใน grid cell  $i$

$$\begin{aligned}\mathbb{I}_{ij}^{obj} &= 1 \text{ ถ้ากรอบรูปที่ } j \text{ ใน grid cell } i \text{ พบรัศมีของนั้น} \\ \mathbb{I}_{ij}^{obj} &= 0\end{aligned}$$

$$\lambda_{noobj} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B \mathbb{I}_{ij}^{noobj} (C_i - \hat{C}_i)^2 \quad (2)$$

$\mathbb{I}_{ij}^{noobj}$  เป็นส่วนกลับ  $\mathbb{I}_{ij}^{obj}$

$\hat{C}_i$  เป็นค่า confidence score ของกรอบ  $j$  ใน grid cell  $i$

$\lambda_{coord}$  เป็นค่าคงที่ ที่ลดเพิ่ม loss weight เมื่อตรวจจับรูปได้  
เป็นพื้นหลัง

ซึ่งใน YOLOv3 จะมีอัลกอริทึมที่เปลี่ยนไปดังนี้

YOLOv3 ทำการแทนที่ softmax function ด้วย independent logistic เพื่อคำนวณความแห่งมีอนของรูปที่รับเข้ามากับรัศมีของต่างๆแบบพิเศษ นอกจากรูปนี้ยังใช้ binary cross-entropy ในการคำนวณ classification loss แทนตัวของ mean square error เพื่อลดความซับซ้อนของโมเดลให้น้อยลง

YOLOv3 เปลี่ยน feature extractor จาก Darknet-19 มาเป็น Darknet-53 โดย Darknet-53 ประกอบไปด้วย  $3 \times 3$  และ  $1 \times 1$  filter นอกจากนั้นยังมีการใช้ skip connections ใหม่กับ residual network โดยมีสถาปัตยกรรมดังรูปที่ 2.17

Type	Filters	Size	Output
Convolutional	32	$3 \times 3$	$256 \times 256$
Convolutional	64	$3 \times 3 / 2$	$128 \times 128$
1x	32	$1 \times 1$	
	64	$3 \times 3$	
	Residual		$128 \times 128$
Convolutional	128	$3 \times 3 / 2$	$64 \times 64$
2x	64	$1 \times 1$	
	128	$3 \times 3$	
	Residual		$64 \times 64$
Convolutional	256	$3 \times 3 / 2$	$32 \times 32$
8x	128	$1 \times 1$	
	256	$3 \times 3$	
	Residual		$32 \times 32$
Convolutional	512	$3 \times 3 / 2$	$16 \times 16$
8x	256	$1 \times 1$	
	512	$3 \times 3$	
	Residual		$16 \times 16$
Convolutional	1024	$3 \times 3 / 2$	$8 \times 8$
4x	512	$1 \times 1$	
	1024	$3 \times 3$	
	Residual		$8 \times 8$
Avgpool		Global	
Connected		1000	
Softmax			

รูปที่ 2.17 สถาปัตยกรรม YOLOv3

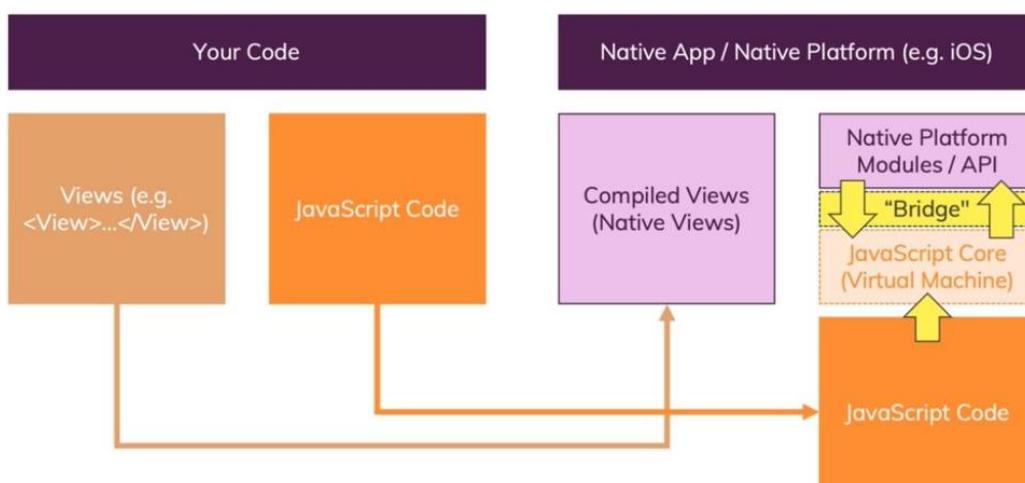
[ที่มา: [https://miro.medium.com/max/418/1\\*biRYJyCSv-UTbTQTa4Afqg.png](https://miro.medium.com/max/418/1*biRYJyCSv-UTbTQTa4Afqg.png)]

### 2.2.10 Cross Platform

คณะผู้จัดทำเลือกที่จะพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ เพราะล่าวนแบ่งตลาดของระบบปฏิบัติการ ยอดนิยมในตอนนี้จะเป็นระบบปฏิบัติการ Android กับ iOS<sup>[18]</sup> แต่เดิม การที่จะพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการทั้งสอง ต้องเขียนด้วยภาษาหลักหรือเนทฟอย่าง Java หรือ Kotlin สำหรับ Android และ Objective C สำหรับ iOS จึงจำเป็นต้องใช้เวลาจำนวนมากในการเรียนรู้ภาษาทั้งสอง ดังนั้นการใช้ Mobile Cross-Platform technology จึงเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจ โดย Concept ของ Cross-Platform ก็คือความสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มใด ๆ ก็ได้ โดยใช้แค่เพียงภาษาเดียว ซึ่งเป็นภาษาที่จะถูกแปลงไปเป็นภาษาหลักหรือก็คือภาษาเนทฟที่พัฒนาแล้วแพลตฟอร์มเข้าใจ

สำหรับ Cross-platform Technology ที่ทางทีมพัฒนาจะเลือกใช้ก็จะเป็น React Native โดยเขียนภาษา JavaScript (ES6) ร่วมกันกับ XML markup อย่าง JSX (การเขียน HTML Tag ผสมกับ JavaScript) เพื่อบอกว่า โครงสร้างแอปพลิเคชันจะมีการจัดวางโครงสร้างเป็นอย่างไร จากนั้น React Native ก็จะไปเรียก Native API เพื่อ Render Component ของแต่ละแพลตฟอร์มตามโครงสร้างที่เขียนไว้ ทำให้องค์ประกอบหลักของแอปพลิเคชันนั้นมาจากการ Render Component จริง ๆ ของแต่ละแพลตฟอร์ม เพียงแต่เขียนด้วยภาษา React Native กากยาเดียว

ข้อเสียของ Cross-platform อย่าง React-native คือมันทำได้แค่เพียงช่วยให้ Developer สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันหลากหลายแฟลตฟอร์มได้โดยใช้ภาษาเดียว ไม่ใช้การเขียนรอบเดียวแล้วนำไปรันได้หลายระบบปฏิบัติการ ดังนั้น developer ยังมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาแอปพลิเคชันให้สอดคล้องกับความเฉพาะตัวของแพลตฟอร์มแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น ขนาดหน้าจอที่ไม่เท่ากัน user interface ของแต่ละระบบปฏิบัติการ สำหรับอีกข้อเสียหนึ่งของ Cross-platform ก็คือจะเร็วไม่เท่ากับการเขียนลงบน Native จริง ๆ เนื่องจากการ Optimize Resource บน Native นั้นสามารถทำได้ดีกว่า ถ้าหากผลลัพธ์การทำ Benchmark พบว่า React Native กินทรัพยากร CPU มากกว่า Native ประมาณ 15 % โดยเฉลี่ย<sup>[19]</sup>

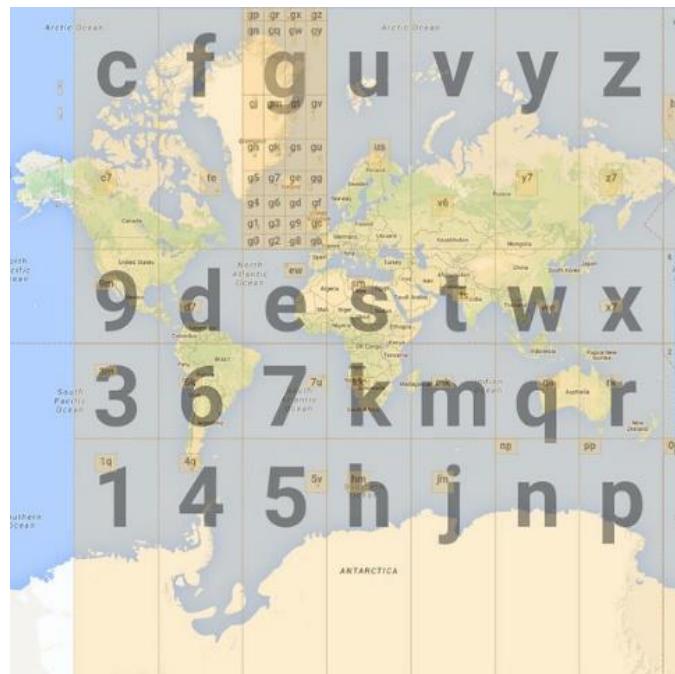


รูปที่ 2.18 How React Native work behind the scene

[ที่มา: Course: React Native - The Practical Guide by Maximilian Schwarzmüller]

### 2.2.11 GeoFireX

เนื่องจากการเก็บค่า ละติจูด-ลองจิจูด ใน Firestore นั้นไม่สามารถทำการ query ข้อมูลโดยใช้ค่า นั้นได้ คณะผู้จัดทำจึงใช้ Library GeoFireX เพื่อจัดการปัญหานี้แทน โดยที่ GeoFireX จะทำการเก็บ ข้อมูล ละติจูด-ลองจิจูดเป็นโครงสร้างของตัวเอง โดยภายในจะมีการเก็บ geohash ที่เป็น string 9 หลัก และ geopoint ที่เป็นค่า ละติจูด-ลองจิจูด<sup>[30]</sup> แต่ละ string ภายใน geohash นั้นจะแบ่งเป็นกรอบพื้นที่ ใหญ่ๆ ตามรูปที่ 2.19 และภายใน string นั้นก็จะแบ่งย่อยลงไปอีกเรื่อยๆ ตามรูปที่ 2.20 จนได้ string ครบ 9 ตัว ซึ่งแทนพื้นที่ขนาดประมาณ  $4.77 \times 4.77$  ตารางเมตร<sup>[31]</sup> ตามรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.19 แผนที่ geohash

[ที่มา: <https://www.movable-type.co.uk/scripts/geohash.jpg>]



รูปที่ 2.20 แผนที่ย่อของ geohash

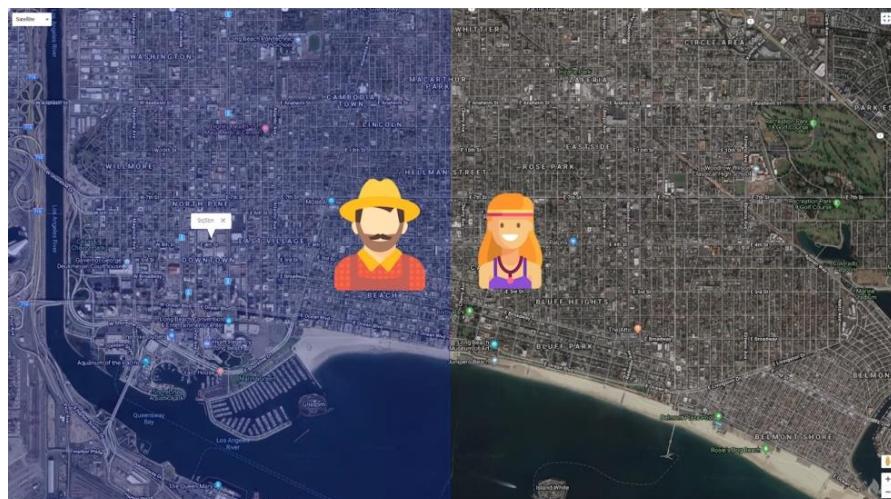
[ที่มา: [https://miro.medium.com/max/2100/1\\*Ztuopn00LqObHQb3v5r8aQ.png](https://miro.medium.com/max/2100/1*Ztuopn00LqObHQb3v5r8aQ.png)]



รูปที่ 2.21 geohash 9 หลัก

[ที่มา: <https://www.movable-type.co.uk/scripts/geohash.jpg>]

อย่างไรก็ตาม การทำงานของ geohash นั้นมีปัญหาคือ edge case ซึ่งคือกรณีที่ 2 จุดอยู่ข้างกันแต่อยู่ค่อนละ section ของ geohash เช่น จุดแรกอยู่ใน geohash 9~ และอีกจุดอยู่ใน geohash d~ ดังรูป 2.22 จะทำให้การ query ข้อมูลเกิดปัญหานี้เนื่องจากการ query ภายใน geohash 9~ เดียวกันไม่มีทางที่จะเจอกับใน geohash d~ โดยที่การแก้ปัญหานี้ภายใน GeoFireX แก้ปัญหานี้ด้วยการ query ข้อมูลของ geohash ข้างๆ มาด้วย แล้วทำการคำนวณหาระยะห่างในฝั่ง client side อีกทีก่อนที่จะส่งค่าอกมาเป็นผลลัพธ์



รูปที่ 2.22 ปัญหา edge case

[ที่มา: <https://www.youtube.com/watch?v=lO1S-FAcZU8>]

การใช้งาน GeoFireX นั้น เพียงแค่ทำการเชื่อมต่อ Firestore เลือก collection ที่ต้องการจะ query ใส่จุด center point และ radius ก็จะได้ document ที่อยู่ภายใต้ radius ตามที่กำหนดเป็น promise array

## บทที่ 3

### การออกแบบ และประเมินวิธีวิจัย

#### 3.1 การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย

ทางผู้จัดทำได้ทำการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. ผู้ขายของ เป็นกลุ่มของบุคคลทั่วไปที่อาศัยอยู่ตามบ้านเรือนที่มีพื้นที่พอที่จะเก็บขายไว้ก่อนนำไปขายจำนวน 20 คน
2. ผู้รับซื้อขาย ได้แก่ร้านรับซื้อขาย หรือ ร้านรับซื้อของเก่าซึ่งทางผู้จัดทำได้ไปสัมภาษณ์เจ้าของร้าน วงศ์พาณิชย์ พุทธบูชา

##### 3.1.1 คำถามและตัวอย่างคำตอบของผู้ขายของเป็นประจำ

คำถาม	คำตอบสรุปจากกลุ่มตัวอย่าง
เพราะอะไรถึงขายของพกนี้มากที่สุด	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพราะในชีวิตประจำวันกินน้ำออยแล้ว ก็เลยเก็บง่ายและสามารถนำอาไปขายได้</li> <li>- เพราะที่บ้านใช้บ่อย</li> <li>- ใช้บ่อยในชีวิตประจำ ถ้าจะไน้ออย ก็ทิ้งเลยไม่เก็บนานขาย เช่นกล่องนม</li> </ul>
ปกติขายของประเภทไหนมากที่สุด	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ขวดน้ำ</li> <li>- ขวดพลาสติกเยอะมาก อาทิตย์หนึ่ง 4 แพคใหญ่ และอาจจะเป็นพลาสติกตาข่ายแก๊ส</li> <li>- พากขวดน้ำ กล่องนม กระดาษพากเอกสาร ที่มาจากการรีไซค์ ใส่ถุงใหญ่พอกับตัวคน และถ้าพากฝาจีบกระป๋อง มักส่งไปบริจาค</li> </ul>
มีความลำบากในการขายหรือเหตุการณ์อะไรที่คุณไม่ชอบในตอนที่ขายของเก่าหรือไม่ถ้ามีโปรดอธิบาย	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้องมีพื้นที่เก็บขวดน้ำ และบางที่พื้นที่ตรงนั้นมันเป็นแหล่งอาศัยของพากแมลง เช่นแมลงสาบ</li> <li>- วางแผนที่จะขาย ไม่ใช่เรียล</li> <li>- ตอนรวมของน้ำลำบากมาก ต้องเก็บไว้ที่บ้านตัวเองให้ยอดก่อน พอกลับจะขายก็เอาของ</li> </ul>

	พวกนี้ไปบ้านญาติ หรือสถานที่ที่รับซื้อ เดินทางไปรับง่าย ๆ
คิดว่าเหตุการณ์อะไรที่จะทำให้ไม่อยากขาย ของเก่าอีกเลย เช่น ถ้ามันราคากด จะยังอยา ขายอยู่หรือเปล่า	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เมื่อราคามั่นคง การเก็บขวดน้ำไปเก็บขาย ไม่ได้ราคา และเปลี่ยนพื้นที่ภายในบ้าน</li> <li>- เมื่อห้าผู้รับซื้อไม่พบ หรือไม่สามารถติดต่อ พวกเขาได้</li> <li>- ไม่มีเรียล ขอแก้ได้อะไรกลับคืนมาจากลิ้งที่ ใช้เหลือแล้วก็พอใจ</li> </ul>
ถ้าเกิดว่าเก็บขยะไว้กับตัวเป็นจำนวนมาก แต่ ผู้รับซื้อขยะไม่ยอมมารับซื้อขยะ จะยอมเก็บ ต่อไปหรือไม่	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่อยากเก็บต่อไป</li> <li>- ไม่เคยเกิดเหตุการณ์นั้น ถ้าเกิดจริงๆ ก็คง เอาให้รถที่มาทุกๆ วันพกหัสบดี</li> <li>- แก๊ปชูหานี้โดยการเอาไปไว้บ้านญาติที่มีรถ รับซื้อเยอะ แต่ถ้าไม่มีญาติคนนี้แล้ว ก็เก็บ ขายเหมือนเดิม โดยเป็นการโทรเรียกลุงรับ ซื้อมารับขยะไปขาย</li> </ul>

### 3.1.2 คำถามและตัวอย่างคำตอบของผู้ที่ไม่ขายขยะ

คำถาม	คำตอบสรุปจากกลุ่มตัวอย่าง
คิดว่าการแยกขยะมีผลดีอย่างไร	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีความสำคัญ เพราะทำให้พื้นที่ถุงเก็บขยะ โล่งขึ้น</li> <li>- จำนวนมาก แต่ไม่อยากแยก เพราะเห็นว่ารถเก็บ ขยะมันเอาขยะไปเทกองรวมกัน เลยไม่ อยากแยก</li> </ul>
การที่ไม่ขายขยะใช้เคล็ด เพราะอะไร	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ราคารับซื้อถูก</li> <li>- แต่ก่อนขาย เดตตอนนี้ได้รากาน้ำอย่างแนบ มากๆ จนรู้สึกว่าเก็บไปก็ไม่คุ้มกับการที่ เสียพื้นที่</li> </ul>
หากเป็นเพราะว่ามันมีความยากลำบากในการ ขาย อยากรู้ว่ามันลำบากตรงไหน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่มีความลำบาก</li> <li>- จริงๆ พื้นที่บ้านมันมีพื้น แต่ไม่ส่งขายแม้ เขากำมาตรฐานที่บ้านก็ตาม เพราะไม่อยาก เสียเวลาเก็บขยะขาย</li> </ul>

ถ้าเกิดรู้ว่า มีคนรับซื้อขาย และสามารถติดต่อให้เข้ามารับขายโดยง่าย จะยอมขายใหม่ครับ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถ้ามาก็ขาย ถ้าไม่มาก็คิดก่อนว่าราคาดีหรือเปล่า ถ้าราคาดีก็โทรมเรียก</li> <li>- ไม่ขายอยู่ดี</li> </ul>
ถ้าติดต่อไปแล้ว เขายังข้าที่จะมารับอยู่ ยังอยากระเก็บขายเหล่านั้นไว้กับตัว เพื่อรอส่งขายในอนาคตอยู่หรือเปล่า	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เก็บไว้</li> <li>- ไม่เก็บไว้เพราะเปลืองพื้นที่</li> </ul>

### 3.1.3 คำตามและตัวอย่างคำตอบของผู้รับซื้อขาย

คำตาม	คำตอบสรุปจากกลุ่มตัวอย่าง
ปกติพี่รับซื้อเวลาขายอะไรมี	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตั้งแต่แปดโมงเช้า ถึงห้าโมงเย็น จันทร์ถึงเสาร์</li> </ul>
ถ้ามีคนโทรมชานเวลาเดียวกันกับที่นัดกันไว้นี่พี่ทำไง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- จัดการได้ตั้งแต่ต้น เพราะปกติจะไปรับขายเฉพาะลูกค้าที่ติดต่อกันมาล่วงหน้าแล้วเท่านั้น เพื่อวางแผนเส้นทางการเดินทาง และจำนวนคนงานที่ต้องพาไปช่วยขนขาย</li> </ul>
เดินทางไปรับขายตามบ้านทั้งวันนี้ ใช้ต้นทุนอะไรมี	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้นทุนหลักก็จะเป็นค่าคนงาน ก็หาได้ร้อยอยู่ต่อหนึ่งคน</li> </ul>
คิดว่าในหนึ่งวันต้องรับขายเท่าไหร่กว่าจะรู้สึกว่ามันคุ้ม	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เต็มท้ายคันรถระบบ</li> </ul>
เคยเจอเหตุการณ์ที่ไปรับขาย แต่ปรากฏว่าขายที่จะขายให้มีจำนวนนิดเดียวหรือเปล่า	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีแต่น้อย เพราะปกติจะขอให้ลูกค้าถ่ายรูปขายที่ต้องการจะขายส่วนมาให้ดูก่อนเพื่อประกอบการตัดสินใจ</li> </ul>
หากขายปริมาณขายไม่ครบหน่วยกิโลกรัม ทำอย่างไร	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปริมาณปริมาณเป็นหน่วยน้ำมัน</li> </ul>
ปัญหาที่คุณเจอ ณ ตอนนี้	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การไม่แยกขายของลูกค้า ทำให้ขายเน่าทำให้ต้องจ้างคนงานมากขึ้นมาช่วยกันแยกขาย</li> </ul>

## 3.2 ข้อกำหนดของซอฟต์แวร์

### 3.2.1 ขอบเขตของซอฟต์แวร์

- โทรศัพท์จะต้องใช้ระบบปฏิบัติการที่สามารถลงแอปพลิเคชัน Expo ได้ สำหรับ Android คือ เวอร์ชัน 5.0 ขึ้นไป และสำหรับ iOS คือ iOS เวอร์ชัน 10 ขึ้นไป

- จะต้องสมัครบัญชีในแอปพลิเคชัน Expo เพื่อใช้งานการรับส่ง Notification จากแอปพลิเคชัน
- ต้องมีอินเตอร์เน็ตที่เสถียรในการใช้แอปพลิเคชัน
- การนำเข้าประเภทของโภคภัณฑ์สามารถทำนายได้เพียงแค่ 16 ประเภท
- จำนวนประเภทของโภคภัณฑ์มีเพียงแค่ 16 ประเภทเท่านั้น

### 3.2.2 Functional Specification

จากผลการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย ผู้จัดทำได้สรุปฟังก์ชันการใช้งานของซอฟต์แวร์ตามความต้องการของผู้ใช้ดังนี้

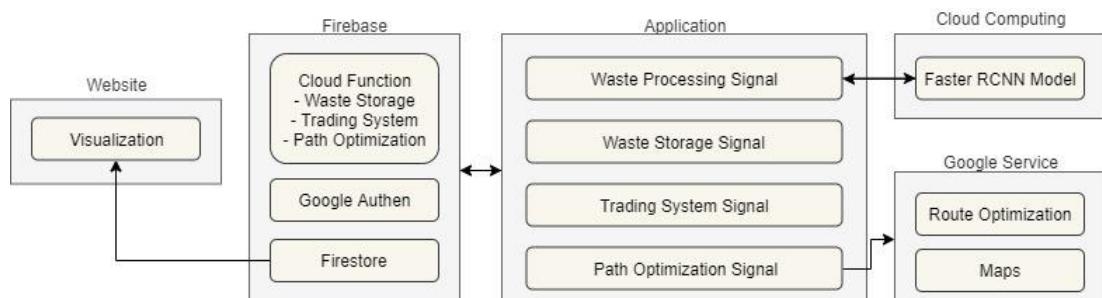
- **Marketplace System** เป็นระบบการซื้อขายของที่รับการใช้งานทั้งผู้ซื้อและขายของ
  - สามารถสะสมจำนวนขายไว้แล้วเลือกที่จะขายที่เดียวได้
  - สามารถรองรับระบบขายของตามคำร้องขอ กับผู้รับซื้อของ ผู้ขายของจะสามารถตัดสินใจเลือกผู้รับซื้อของเป็นครึ่งๆ ได้ โดยกดส่ง request ไปให้กับคนรับซื้อของเอง
  - สามารถรองรับระบบขายของแบบเร่งด่วน โดยจะให้ผู้ขายของตั้งไว้แล้วจะให้ผู้รับซื้อของในบริเวณนั้นมาซื้อของไป โดยแข่งกันที่ผู้รับของคนใดกดซื้อก่อนก็จะได้ไป
  - สำหรับการส่งคำร้องขอแบบเร่งด่วน ผู้รับซื้อของสามารถคืนหาผู้ขายของภายในบริเวณได้
  - สามารถแสดงความคิดเห็นหรือคำวิจารณ์ต่อผู้รับซื้อของแต่ละเจ้าได้
  - สามารถย้อนกลับไปดูประวัติการขายของตัวเองได้ โดยจะมีข้อมูลทั้งราคา ผู้รับซื้อ และสิ่งที่ขายไป
  - สามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งานได้
  - สามารถเปิด-ปิดการคืนหากับผู้รับซื้อของได้
- **Transaction Status System** เป็นระบบที่ไว้อัพเดทสถานะของ transaction ภายในแอปพลิเคชัน
  - สามารถเปลี่ยนสถานการณ์ซื้อขายได้ตาม flow ที่วางเอาไว้
- **Notifications Function** เป็นระบบที่ไว้ส่ง notification ต่างๆ ภายในแอปพลิเคชัน
  - เมื่อเกิดการส่ง request ขอซื้อ-ขายเกิดขึ้น จะส่ง notification ไปยังผู้ถูกกรองขอ
  - เมื่อทำการลงซื้อออกจากการใช้งานภายในแอป จะต้องไม่มีการส่ง notification ไปยังผู้ใช้งานอีก
- **Path Optimization** เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางของผู้รับซื้อของ ในกรณีที่กรับซื้อจากผู้ขายหลายๆ แห่ง ทำให้ผู้รับซื้อของไม่จำเป็นต้องเดินทางอ้อมไปอ้อมมาและสะดวกมากยิ่งขึ้น

- สามารถแสดงเส้นทางที่สั้นหรือดีที่สุดตามเงื่อนไขของผู้รับซื้อขาย
- สามารถบอกเส้นทางได้ในระยะเวลาที่ไม่จำเป็นต้องวิ่ง
- **Visualization Function** เป็นฟังก์ชันที่ไว้แสดงข้อมูลประเภทต่างๆ จากฐานข้อมูลภายในแอปพลิเคชัน เพื่อให้นักวิจัยหรือผู้มีความสนใจนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในลำดับถัดไป ซึ่งฟังก์ชันนี้จะถูกใช้งานนอกตัวแอปพลิเคชัน ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยไม่ต้องเข้าแอปพลิเคชัน
  - สามารถแสดง Visual Graphic จากข้อมูลภายในแอปพลิเคชันได้

### 3.2.3 Non-Functional Specification

- **Waste Detection Model** เป็นฟังก์ชันที่สามารถระบุประเภทและจำนวนของขยะได้โดยการใช้ Deep Learning
  - สามารถใช้รูปภาพที่เป็นรูปถ่ายจากกล้องสมาร์ทโฟน
  - สามารถให้คำตอนเป็นประเภทของ และแสดงตัวเลือกในการจัดการต่อไป
  - สามารถบอกจำนวนลิ้งของได้
  - สามารถส่งผลลัพธ์จากการทำงานได้ภายใน 2 วินาที

## 3.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์



รูปที่ 3.1 แผนผัง โครงสร้างของ โปรแกรม

**Application** – เป็นส่วนของแอปพลิเคชันที่ไว้สื่อสารกับผู้ใช้งาน และรองรับการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ โดยที่ในส่วนนี้จะถูกพัฒนาขึ้นด้วยใช้ Framework ที่ชื่อว่า React Native ในการพัฒนาในส่วนของ Frontend และใช้ Cloud Function ใน Firebase เป็นสมือน Backend ของแอปพลิเคชัน โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนดังนี้

- Waste Processing Signal เป็นส่วนที่ส่งคำร้องไปหา Cloud Computing เพื่อทำการทำงานประยุทธ์จาก群โดยใช้โมเดล Faster RCNN ภายใน Cloud
- Waste Storage Signal เป็นส่วนที่ส่งคำร้องไปหา Waste Storage ในส่วนของ Cloud Function เพื่อทำการเพิ่มขยะเข้าไปในคลังของผู้ขาย ยัง เพื่อนำไปขายในลำดับถัดไป

- Trading System Signal เป็นส่วนที่ส่งคำร้องไป Trading System ในส่วนของ Cloud Function เพื่อทำการซื้อขายและระบบภายในที่เกี่ยวข้องกับการซื้อขาย
- Path Optimization Signal เป็นส่วนที่ส่งคำร้องไป Path Optimization ในส่วนของ Cloud Function เพื่อเสนอเส้นทางในการเดินทางที่ดีที่สุด โดยสามารถจัดแต่งสถานที่จะไปก่อนหลังได้ด้วย

**Firebase** – เป็นส่วน Backend และฐานข้อมูลของแอปพลิเคชันและเว็บไซต์ โดยจะแบ่งหน้าที่หลักๆ ออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

- Google Authentication จะทำหน้าที่ตรวจสอบผู้ใช้งาน และอนุมัติการเข้าใช้งานระบบ
- Firestore เป็นฐานข้อมูลของแอปพลิเคชัน โดยที่เป็นฐานข้อมูลประเภท NoSQL
- Cloud Functions จะเก็บฟังก์ชันต่างๆ ของแอปพลิเคชันเอาไว้ โดยจะมีลักษณะ ทั้งหมด 3 ฟังก์ชันคือ Waste Storage, Trading System และ Path Optimization

**Cloud Computing** – เป็นการประมวลผลแบบ Serverless ที่เก็บโมเดลที่มีสถาปัตยกรรมแบบ Faster RCNN เอาไว้ โดยที่ตัวโมเดลถูกเทรนขึ้นมาเพื่อทำการท่านายและตรวจจับขยะภายในรูปภาพ

**Google Maps Services** – เป็นบริการของ Google ที่จะทำงานในส่วนของการแสดงแผนที่และ Route Optimization

**Website** – เป็นส่วนแสดงผลของของข้อมูลที่ดึงออกมายจาก Firestore โดยที่ทำ岀มาเป็น Data Visualization ให้สวยงาม

### 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

**TensorFlow** – เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างระบบตรวจสอบวัตถุ (Object Detection) ที่สามารถแยกและตรวจสอบวัตถุได้ว่าเป็นวัตถุชนิดใด โดยใช้หลักการของการเรียนรู้เชิงลึกของคอมพิวเตอร์ (Deep Learning) การสร้างระบบตรวจสอบวัตถุดังกล่าวจะสามารถทำให้สามารถแยกและระบุชนิดของภาพถ่ายง่ายได้

**React Native** – เป็น Framework ที่ใช้ในการสร้าง Cross platform mobile application ที่จะช่วยในการสร้างทั้งแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ iOS และ Android ซึ่งการสร้างแอปพลิเคชันที่เป็น Cross platform mobile Application นั้นสามารถทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมที่รองรับได้สองแพลตฟอร์มคือ Android และ iOS โดยใช้เพียงแค่ภาษาเดียว โดยภาษาที่ใช้นั้นคือ JavaScript มาตรฐาน ES6

**ChartJS** – เครื่องมือ Open source ในการสร้าง Data Visualization โดยสามารถทำกราฟ ในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างสวยงาม เพื่อใช้ในการทำส่วนของ Data Visualization เพื่อแสดงข้อมูลต่างๆ ภายใต้แอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถใช้ควบคู่ไปกับ ReactJS ได้

**Firestore** – เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลออนไลน์ของ Google ซึ่งสนับสนุนหลากหลายภาษา รวมไปถึงภาษา Python และ JavaScript ซึ่งทั้งสองภาษานั้นจะถูกนำมาใช้งานร่วมกับเครื่องมือที่กล่าว

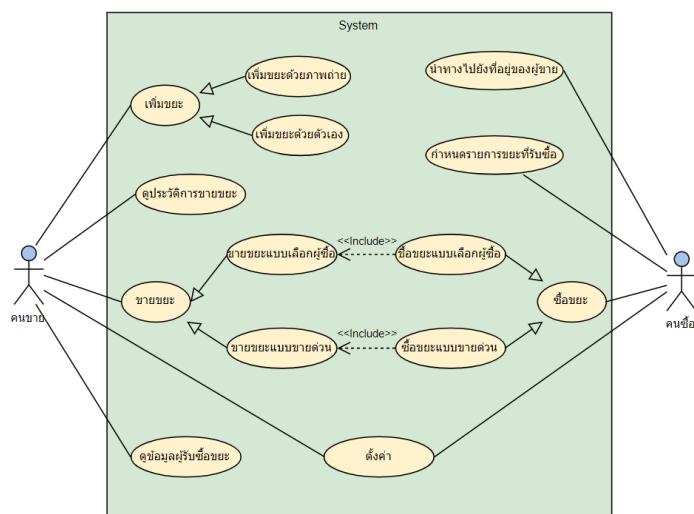
ไปข้างต้น การใช้ Firestore นั้นทำให้การจัดการฐานข้อมูลของผู้พัฒนานั้นง่ายขึ้น โดยที่ผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องจัดการรายละเอียดข้อมูลย่อยเอง

**Google Maps Service** – เครื่องมือที่ใช้ในการหินแพนที่จาก Google มาแสดงสถานที่อยู่ของผู้ขายของให้ผู้รับซื้อของเดินทางไปได้อย่างสะดวกมากขึ้น และยังสามารถทำ Path Optimization ได้เพียงแค่ลิสต์สถานที่ต่างๆ เข้าไปให้ Google วิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุดของมาให้เท่านั้น

**Google Colab** – เป็น Cloud service ของ Google ที่สนับสนุนการใช้งาน GPU ถูกออกแบบมาสำหรับการทำงานเกี่ยวกับ Data Science และการเทรนโมเดลโดยเฉพาะ โดยภายในจะมี Library สำหรับการทำ Data Science และการเทรนโมเดล พร้อมใช้งาน โดย Cloud service นี้มีข้อจำกัดที่สามารถใช้งานต่อเนื่องได้เพียงแค่ 12 ชั่วโมงเท่านั้น หากใช้มากกว่านั้น จะเป็นต้องรอเป็นระยะเวลาหนึ่ง ถึงจะกลับมาใช้งานได้

### 3.5 Use Case Analysis

#### 3.5.1 Use Case Diagram



รูปที่ 3.2 Use case diagram

#### 3.5.2 Use Case Narrative

**Scenario 1:** ผู้รับซื้อของจะตอบตกลงคำขอร้องของผู้ขายของในรูปแบบการขายแบบเลือกผู้ซื้อ

**Goal:** เพื่อสร้างข้อตกลงในการซื้อขายของ โดยวิธีการขายแบบเลือกผู้ซื้อ

**Preconditions:** ผู้ขายของได้ทำการร้องขอให้ผู้ซื้อรายงานนั้นมารับซื้อของตนเอง

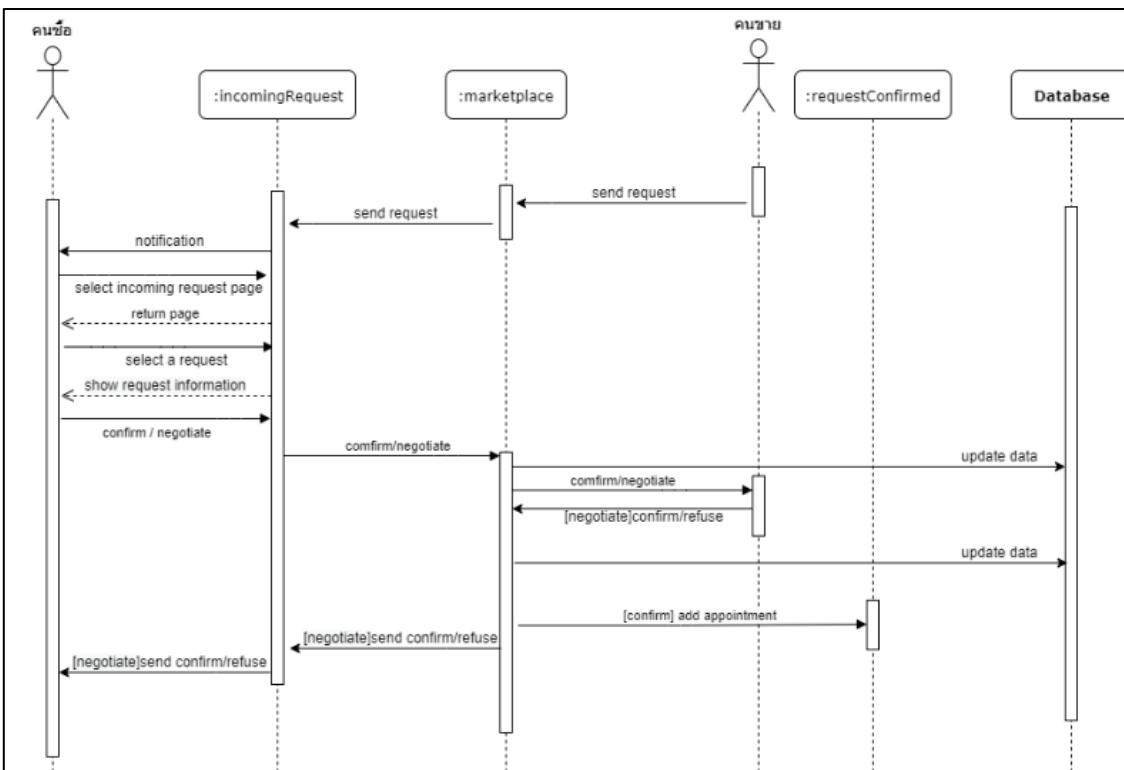
**Main success scenario:**

- ผู้ซื้อของคลิกเข้าสู่หน้า incoming request ที่เก็บคำขอร้องทั้งหมดของผู้ขายที่ได้มีการส่งมา
- ผู้ซื้อของเลือกคำขอร้องที่ต้องการจะไปซื้อของ โดยเลือกประเภทของคำร้องที่เมื่อแนบเลือกผู้ซื้อ
- ผู้ซื้อของตรวจสอบและยืนยันคำขอร้องนั้น

กรณีที่ 1 ผู้ซื้อขายตอบตกลงข้อเสนอ ไปซื้อขายในเวลาที่ผู้ขายขยะเสนอมา ระบบจะทำการส่งคำยืนยันไปให้ผู้ขายขยะ

กรณีที่ 2 ผู้ซื้อขายต้องการเปลี่ยนวันเวลาในการได้รับข้อเสนอ ผู้ซื้อขายจะต้องทำการส่งขอเสนอเวลาที่ต้องการ ไปรับซื้อให้กับผู้ขายขยะเพื่อการนัดเวลาใหม่

จากการที่ 2 ถ้าผู้ขายขยะตกลงกับขอเสนอเวลาใหม่ระบบจะทำการบันทึก แต่ถ้าผู้ขายขยะไม่ตกลงกับขอเสนอเวลาใหม่ระบบจะทำการยกเลิกคำขอร้องนั้นไป



รูปที่ 3.3 Sequence diagram ของ scenario 1

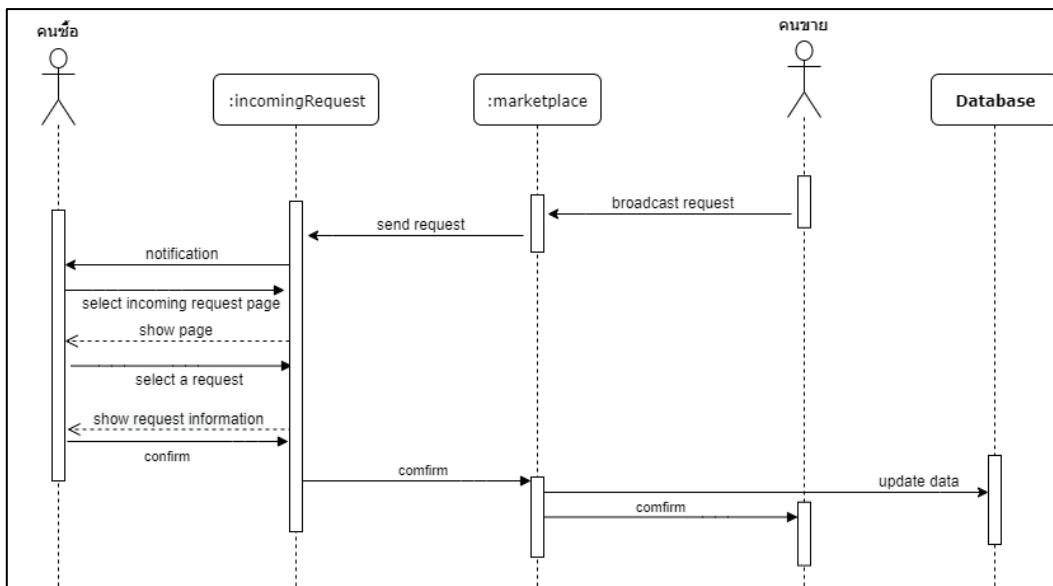
**Scenario 2:** ผู้รับซื้อขายตอบตกลงคำขอร้องของผู้ขายขยะในรูปแบบการขายแบบขายค่าวัน

**Goal:** เพื่อสร้างข้อตกลงในการซื้อขายขยะ โดยวิธีการขายแบบขายค่าวัน

**Preconditions:** ผู้ขายขยะได้ทำการประกาศขายแบบขายค่าวัน

#### Main success scenario:

1. ผู้ซื้อขายคลิกเข้าสู่หน้า incoming request ที่เก็บคำขอร้องทั้งหมดของผู้ขายที่ได้มีการส่งมา
2. ผู้ซื้อขายเลือกคำขอร้องที่ต้องการจะไปซื้อขาย โดยเลือก
3. ประเภทของคำร้องที่เป็นแบบขายค่าวัน
4. ผู้ซื้อขายตรวจสอบและยืนยันคำขอร้องนั้น
5. ระบบจะทำการส่งคำยืนยันไปให้กับผู้ขายขยะ



รูปที่ 3.4 Sequence diagram ของ scenario 2

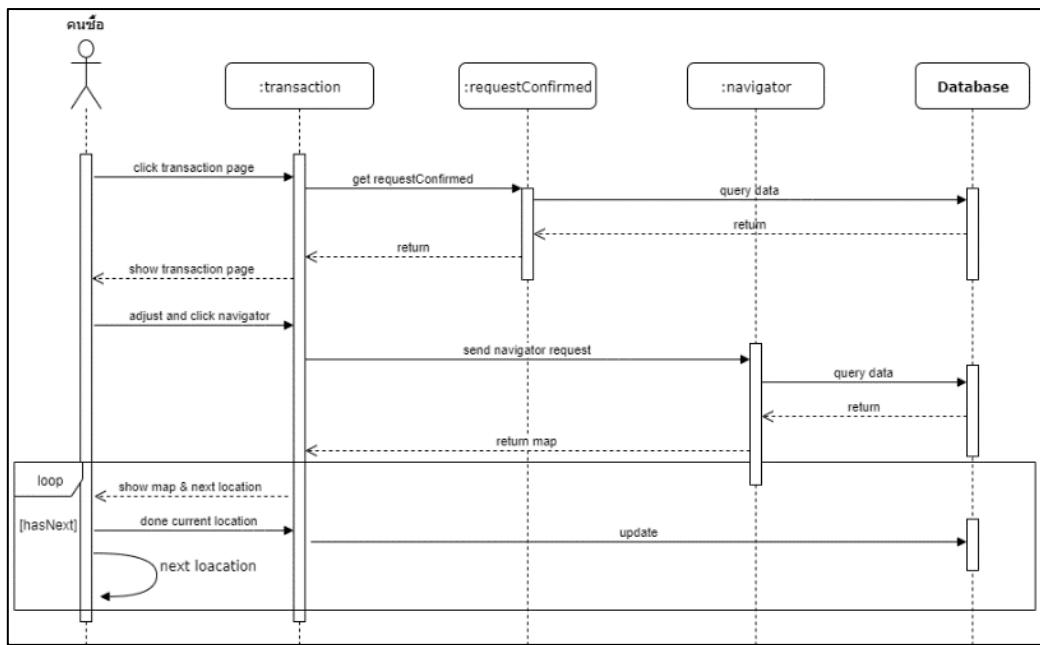
### Scenario 3: นำทางไปยังที่อยู่ของผู้ขาย

**Goal:** เพื่อแสดงข้อมูลเดินทางของผู้ขายจะที่ผู้ซื้อจะต้องเดินทางไปเชือในวันนั้น

**Preconditions:** ผู้ซื้อจะมีข้อตกลง(นัดชื่อ-ขาย) กับผู้ขายจะไว้ในวันนั้น

#### Main success scenario:

1. ผู้ซื้อจะกดเข้าสู่หน้าการซื้อขาย
2. ผู้ซื้อจะทำการปรับจัดลำดับสถานที่ที่จะเดินทางไป
3. ผู้ซื้อจะกดปุ่มน้ำทาง
4. ระบบจะแสดงหน้าจอนำทางโดยไปสถานที่ตามลำดับที่ผู้ซื้อจะได้จัดลำดับเอาไว้
5. เมื่อผู้ซื้อจะทำการรับซื้อจะเสร็จในสถานที่นั้นให้กด “ไปสถานที่ต่อ” ไปสถานที่ต่อไป
6. ระบบจะวนลูปสถานที่ที่เหลือในลำดับจนหมด



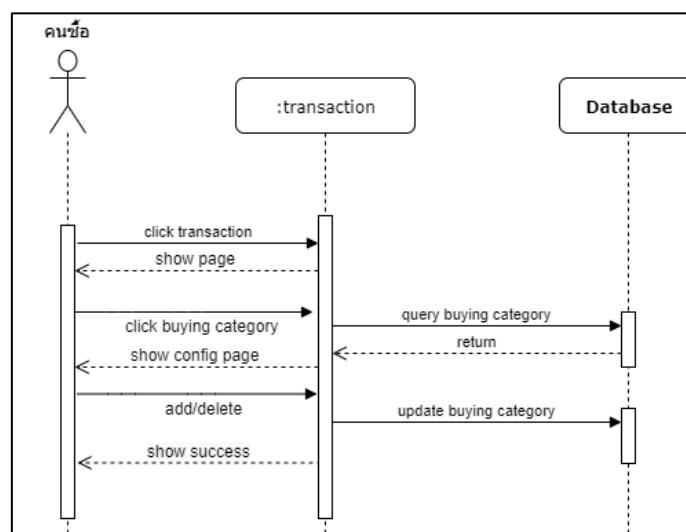
รูปที่ 3.5 Sequence diagram ของ scenario 3

**Scenario 4:** ผู้รับซื้อขายกำหนดรายการขายที่ต้องการรับซื้อ

**Goal:** กำหนดรายการขายที่ผู้รับซื้อแต่ละรายรับซื้อ

**Main success scenario:**

1. ผู้ซื้อขายกดเข้าสู่หน้าการซื้อขาย
2. ผู้ซื้อขายกดปุ่มประเภทขายที่รับ
3. ทำการเพิ่ม/ลดประเภทขายที่รับซื้อ



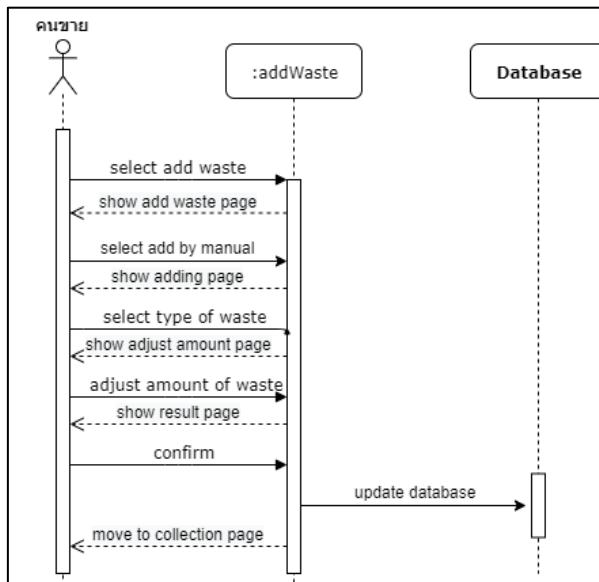
รูปที่ 3.6 Sequence diagram ของ scenario 4

**Scenario 5:** ผู้ขายขายเพิ่มรายการการจัดเก็บขายที่มีอยู่ โดยการกดเพิ่มด้วยตนเอง

**Goal:** เพิ่มรายการขายที่ผู้ขายขายมีอยู่โดยกรอกข้อมูลเข้าไปเพื่อนำไปขายต่อไปเมื่อมีขายถึงจำนวน

**Main success scenario:**

1. ผู้ขายขยะกดปุ่มเพิ่มขยะ
2. ผู้ขายขยะเลือกเพิ่มขยะด้วยตนเอง
3. ผู้ขายขยะได้ชนิดของขยะที่ต้องการเพิ่ม
4. ผู้ขายขยะใส่จำนวนของขยะ
5. ผู้ขายขยะยืนยันการจัดเก็บขยะ
6. เข้าสู่หน้าขยะที่มีอยู่พร้อมกับขยะที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มในขั้นตอนก่อนหน้านี้



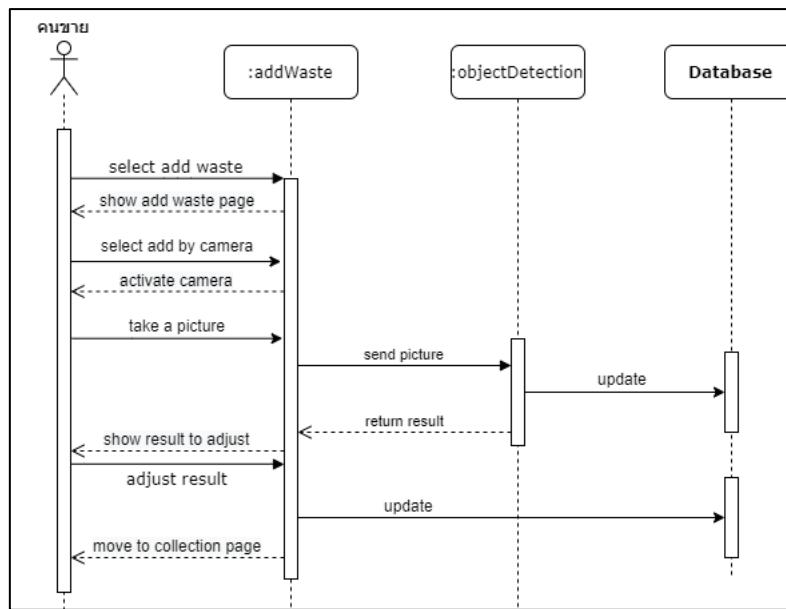
รูปที่ 3.7 Sequence diagram ของ scenario 5

**Scenario 6:** ผู้ขายขยะเพิ่มรายการการจัดเก็บขยะที่มีอยู่ โดยการกดเพิ่มด้วยกล้อง

**Goal:** เพิ่มรายการขยะที่ผู้ขายขยะมีอยู่โดยการถ่ายรูปและส่งเข้าไปในระบบตรวจสอบจับวัตถุเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นประเภทของขยะที่จะนำไปขายต่อไปเมื่อมีขยะถึงจำนวนหนึ่ง

**Main success scenario:**

1. ผู้ขายขยะกดปุ่มเพิ่มขยะ
2. ผู้ขายขยะเลือกปุ่มเพิ่มด้วยกล้อง จากนั้นระบบจะเปิดกล้องขึ้นมา
3. ผู้ขายขยะถ่ายรูปขยะที่ต้องการเพิ่ม
4. ระบบจะทำการประมวลผลโดยส่งรูปภาพไปที่ระบบตรวจสอบจับวัตถุและส่งค่ากลับมาเป็นผลลัพธ์ว่ามีวัตถุชนิดใดและจำนวนเท่าไร
5. ผู้ขายขยะทำการเพิ่ม/ลด ผลลัพธ์ที่ได้มาจากระบบตรวจสอบจับวัตถุ
6. ผู้ขายขยะยืนยันการจัดเก็บขยะ
7. เข้าสู่หน้าขยะที่มีอยู่พร้อมกับขยะที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มในขั้นตอนก่อนหน้านี้



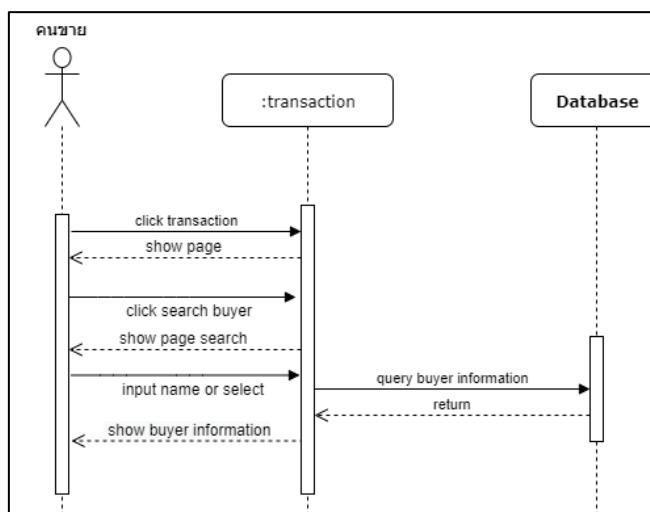
รูปที่ 3.8 Sequence diagram ของ scenario 6

**Scenario 7:** ผู้ขายขยะคุ้มครองผู้รับซื้อขยะ

**Goal:** เพื่อให้ผู้ขายขยะรับรู้ข้อมูลของผู้ซื้อขยะที่สนใจจะทำการขายให้

**Main success scenario:**

1. ผู้ขายขยะกดปุ่มการขายขยะ
2. ผู้ขายขยะกดปุ่มค้นหาผู้รับซื้อขยะ
3. ผู้ขายขยะทำการเลือกผู้รับซื้อขยะที่ต้องการจะคุ้มครองข้อมูล โดยหน้าต่างที่แสดงขึ้นมาจะแสดงข้อมูลผู้รับซื้อที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งอ้างอิงของผู้ขายขยะ และผู้รับซื้อที่ผู้ขายขยะเคยติดดาวไว้ นอกจากนี้ผู้ขายขยะสามารถค้นหาผู้รับซื้อขยะผ่านการค้นหาด้วยชื่อได้
4. ระบบทำการแสดงข้อมูลของผู้ขายคนที่เลือกไป



รูปที่ 3.9 Sequence diagram ของ scenario 7

**Scenario 8:** ผู้ขายขาย ขายขายที่ตัวเองมีอยู่แบบเลือกผู้ซื้อ

**Goal:** ผู้ขายขายทำการนัดวันเพื่อขายขายที่มีอยู่ให้กับผู้รับซื้อบะที่ตัวเองเลือก

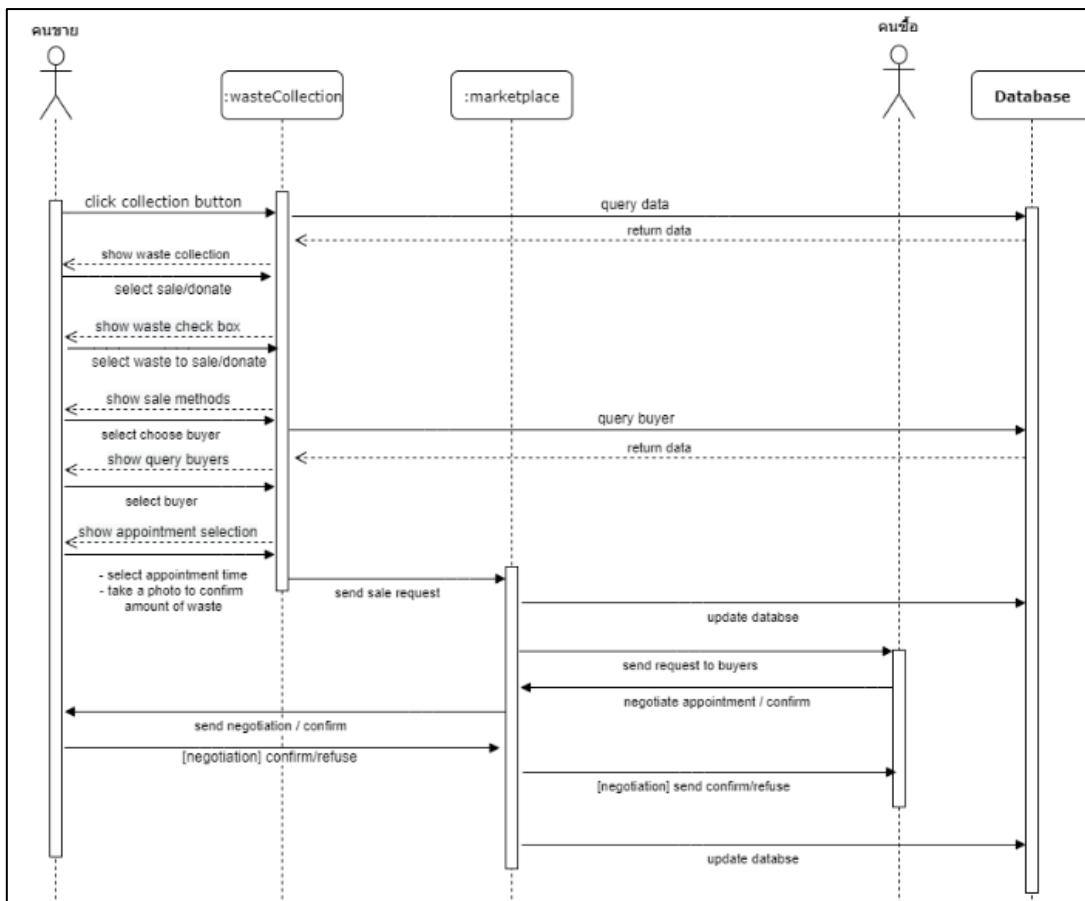
**Preconditions:** ผู้ขายขายมีขยะเก็บสะสมอยู่

#### Main success scenario:

1. ผู้ขายขายคลิกขายที่มีอยู่
2. ผู้ขายขายเลือกว่าจะขายหรือบริจาค
3. ผู้ขายขายเลือกขายที่จะขายจากหน้าต่างที่แสดงขึ้นมาโดยในหน้าต่างนั้นจะบอกว่าขายอะไรบ้างที่ขายได้
4. ผู้ขายขายเลือกรูปแบบการขายขายแบบเลือกผู้ซื้อ
5. ผู้ขายขายเลือกผู้ซื้อบะจากหน้าต่างที่แสดงขึ้นมาโดยจะมีผู้ซื้อที่อยู่ใกล้ ผู้ซื้อที่เคยทำการซื้อขายด้วย และ ผู้ซื้อที่ผู้ขายขายได้เพิ่มเป็นผู้ซื้อที่ชื่นชอบ
6. ผู้ขายขายทำการเลือกวันและเวลาที่ตัวเองว่างพร้อมจะขายขาย
7. ผู้ขายขายทำการถ่ายรูปหรืออปปโหลดครุปภาพขายที่ตัวเองมีเพื่อเป็นการยืนยันว่าตัวเองมีขายให้แก่ผู้รับซื้อบะ
8. ผู้ขายทำการยืนยันการส่งคำขอร้องให้แก่ผู้ซื้อบะที่ตัวเองเลือก และรอผลลัพธ์จากผู้ซื้อตอบ
9. เมื่อผู้ซื้อตอบตอบกลังระบบจะทำการส่งคำแจ้งเตือนให้แก่ผู้ขาย

#### Alternative scenarios:

- a. เมื่อผู้ซื้อที่ผู้ขายเลือกขอทำการนัดเวลาใหม่(อาจเนื่องจากเวลาที่ผู้ขายส่งคำขอร้องมานั้นผู้ซื้อไม่อาจไปซื้อได้)
  1. ผู้ซื้อจะทำการยืนคำขอร้องหรือนัดหมายเวลาใหม่มาให้ผู้ขายยืนยัน  
แบ่งออกเป็น 2 กรณี
    - กรณีที่ 1 ผู้ขายตอบตอบกลังกับเวลาเดือนดหมายใหม่แล้วระบบจะทำการส่งคำแจ้งเตือนให้กับผู้ซื้อ
    - กรณีที่ 2 ผู้ขายปฏิเสธเวลาเดือนดหมายใหม่ระบบจะทำการยกเลิกรายการนี้ไป



รูปที่ 3.10 Sequence diagram ของ scenario 8

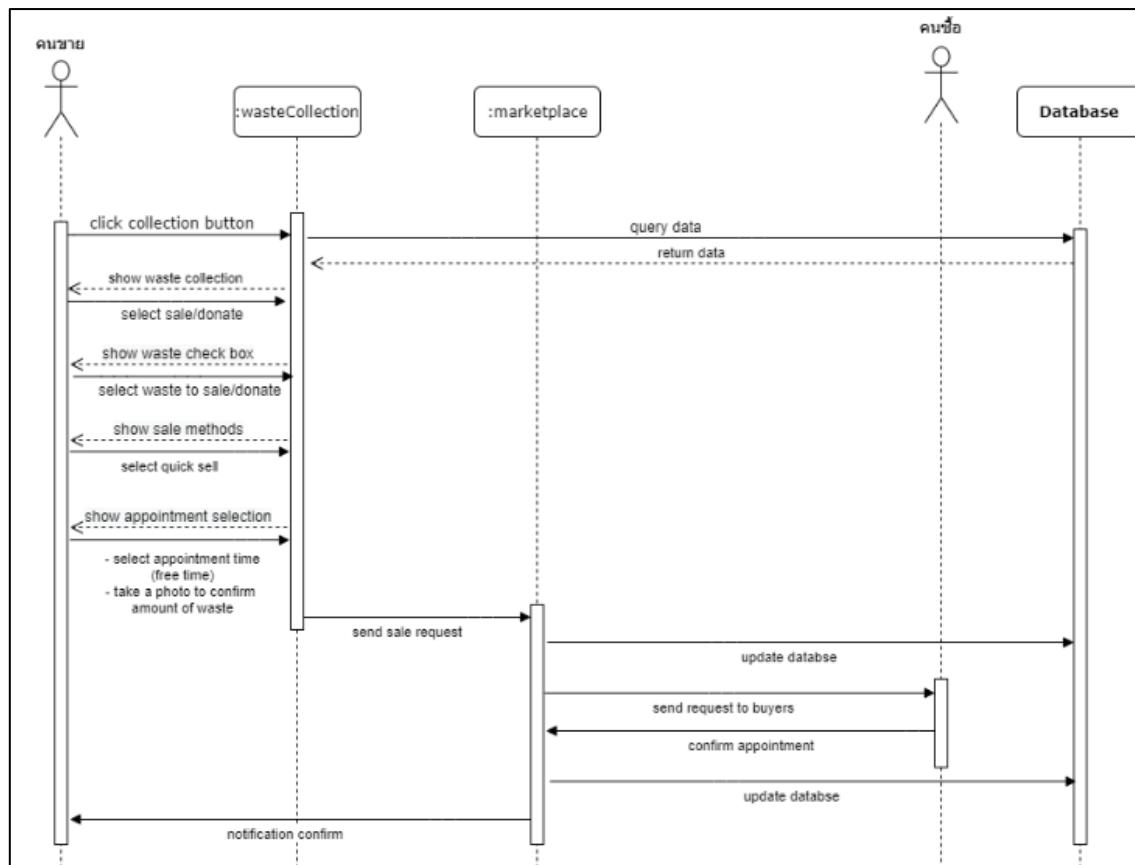
**Scenario 9:** ผู้ขายขาย ขายขายที่ตัวเองมีอยู่แบบขายด่วน

**Goal:** ผู้ขายขายทำการนัดวันเพื่อขายขายที่มีอยู่ให้กับผู้รับซื้อขายแบบกระจายคำร้องขอไปยังผู้รับซื้อที่รับซื้อขายในบริเวณนั้น

**Preconditions:** ผู้ขายขายมีขายเก็บสะสมอยู่

**Main success scenario:**

1. ผู้ขายขายคลิกขายที่มีอยู่
2. ผู้ขายขายเลือกว่าจะขายหรือบริจาค
3. ผู้ขายขายเลือกขายที่จะขายจากหน้าต่างที่แสดงขึ้นมาโดยในหน้าต่างนั้นจะบอกว่าขายอะไรบ้างที่ขายได้
4. ผู้ขายขายเลือกรูปแบบการขายขายแบบขายด่วน
5. ผู้ขายขายทำการเลือกวันและเวลาที่ตัวเองว่างพร้อมขายขาย
6. ผู้ขายขายทำการถ่ายรูปหรืออปปโหลดรูปภาพขายที่ตัวเองมีเพื่อเป็นการยืนยันว่าตัวเองมีขายให้แก่ผู้รับซื้อขาย
7. ผู้ขายทำการยืนยันการส่งคำขอร้องให้แก่ผู้รับซื้อขายที่ตัวเองเลือก และรอผลลัพธ์จากผู้รับซื้อ
8. เมื่อผู้รับซื้อตอบตกลงระบบจะทำการส่งคำแจ้งเตือนให้แก่ผู้ขาย



รูปที่ 3.11 Sequence diagram ของ scenario 9

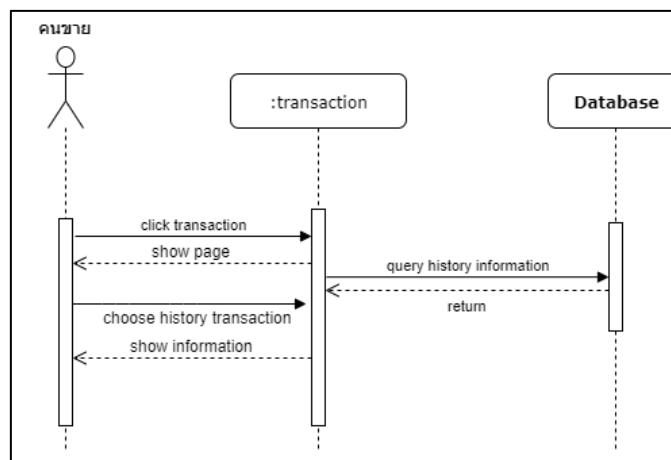
**Scenario 10:** ผู้ขายจะดูประวัติการขายของ

**Goal:** ผู้ขายสามารถดูประวัติการขายของตัวเองได้

**Preconditions:** ผู้ขายเคยขายของแล้ว

**Main success scenario:**

1. ผู้ขายกดปุ่มการขายของ
2. ผู้ขายเลือกประวัติที่ตัวเองเคยขายของ



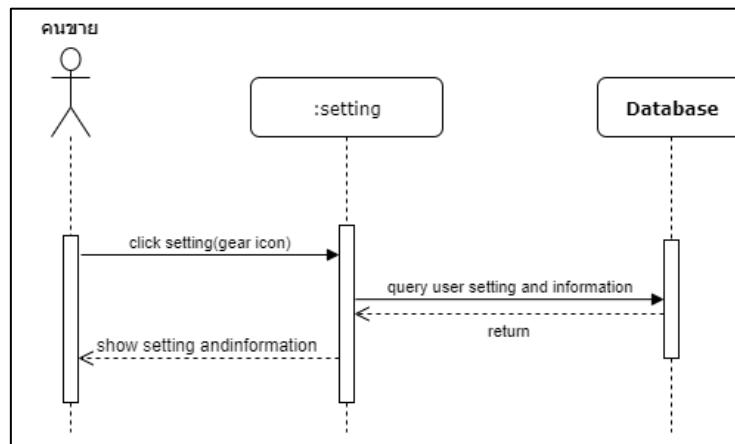
รูปที่ 3.12 Sequence diagram ของ scenario 10

### Scenario 11: ผู้ใช้งานทำการตั้งค่า

**Goal:** ผู้ใช้งานสามารถเข้าสู่หน้าตั้งค่าเพื่อตั้งค่าแอปพลิเคชันได้

#### Main success scenario:

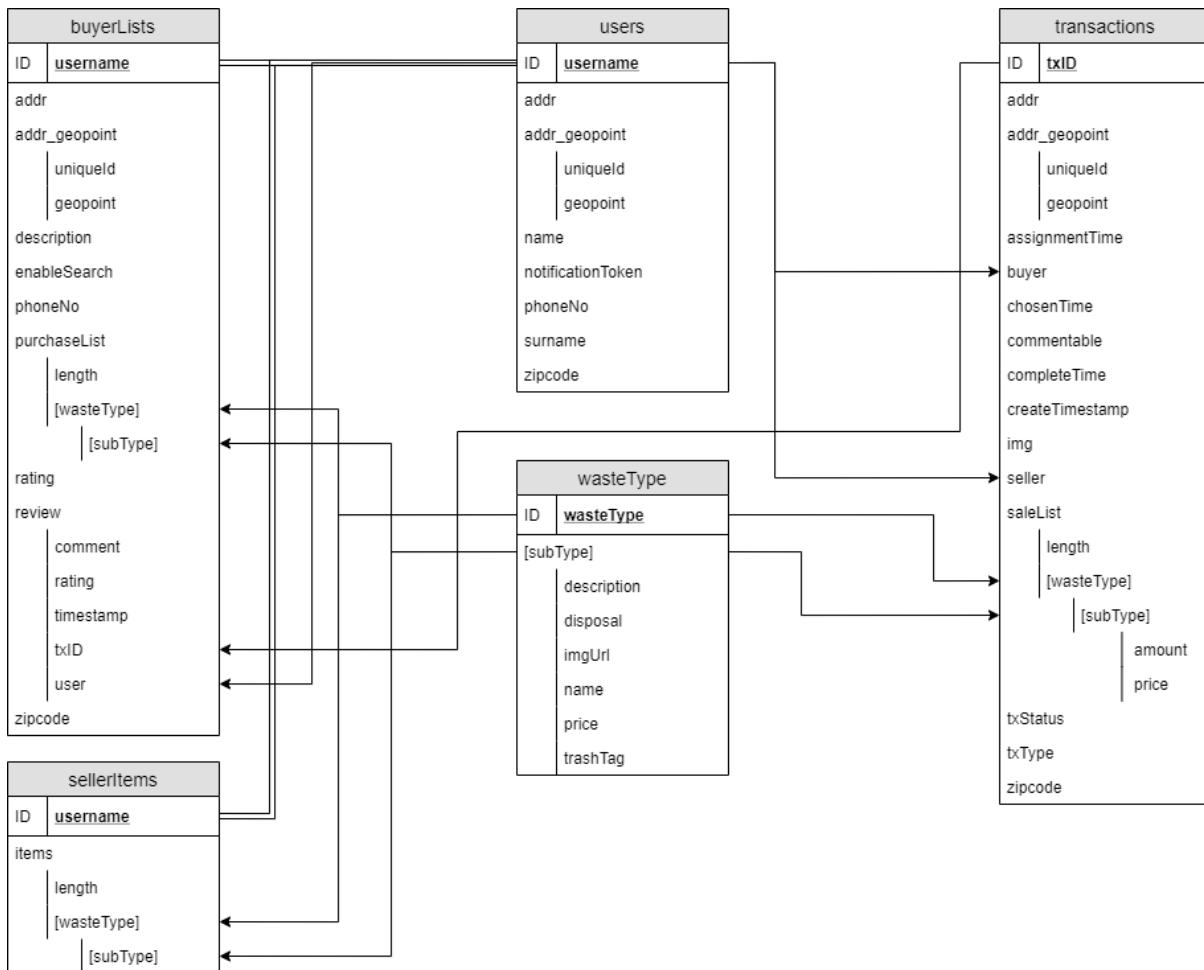
- คลิกรูปเฟืองในหน้าหลักเพื่อเข้าสู่หน้าตั้งค่า



รูปที่ 3.13 Sequence diagram ของ scenario 11

## 3.6 โครงสร้างฐานข้อมูล

อย่างที่กล่าวไปในโครงสร้างซอฟต์แวร์ว่าฐานข้อมูลของโครงงานนี้ใช้ Firebase ซึ่งเป็นฐานข้อมูลแบบ NoSQL ที่สามารถจัดการข้อมูลได้อย่างอิสระ โดยการใช้ฐานข้อมูลประเภทนี้ส่งผลให้การจัดสร้างฐานข้อมูลของโครงงานนี้ง่ายขึ้น เพราะไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบ SQL โดยข้อมูลแต่ละตารางเป็นดังนี้



รูปที่ 3.14 โครงสร้างฐานข้อมูล

buyerLists		
เป็นตารางที่เก็บข้อมูลผู้รับซื้อที่จะถูกนำไปแสดงให้กับผู้ขาย โดยที่ภายในตารางมีข้อมูลดังนี้		
Document ID: username		
ชื่อ Column	ประเภท	รายละเอียด
addr	String	ที่อยู่แบบ string ขาว
addr_geopoint	Object	ที่อยู่แบบ geofirex สำหรับนำไปใช้ในการ query ตาม geopoint
- geohash	String	รหัสสำหรับการ query
- geopoint	Geopoint	geopoint ของที่อยู่
description	String	รายละเอียดหน้าร้าน
enableSearch	Boolean	เปิดอนุญาตให้สามารถค้นหาได้
phoneNo	String	เบอร์ติดต่อ
purchaseList	Object	รายชื่อประเภทของที่รับซื้อ
- length	Number	จำนวนรายการทั้งหมด

- [wasteType]	Object	ประเภทของขยะ
- [subType]	Number	ราคาระเกียรติอย่างยิ่ง
rating	Number	คะแนนเฉลี่ยจากผู้ขายขยะทั้งหมด
review	Array	คำรีวิวจากผู้ขายขยะ
- comment	String	รีวิวจากผู้ขาย
- rating	Number	คะแนนที่ให้
- timestamp	Timestamp	เวลาที่ทำการรีวิว
- txID	String	Transaction ID
- user	String	ผู้ขายขยะที่ทำการรีวิว
zipcode	Number	รหัสไปรษณีย์ ใช้สำหรับการ query ตามพื้นที่

<b>sellerItems</b>		
เป็นตารางที่เก็บข้อมูลของผู้ขายขยะ โดยที่ภายในตารางมีข้อมูลดังนี้		
ชื่อ Column	ประเภท	รายละเอียด
items	Object	รายการขยะทั้งหมดที่ผู้ขายขยะมีสะสมไว้
- length	Number	จำนวนขยะทั้งหมด
- [wasteType]	Object	ประเภทของขยะ
- [subType]	Number	จำนวนประเภทอย่างยิ่ง

<b>transactions</b>		
เป็นตารางที่เก็บข้อมูลการซื้อขายขยะ โดยที่ภายในตารางมีข้อมูลดังนี้		
ชื่อ Column	ประเภท	รายละเอียด
addr	String	ที่อยู่แบบ string ขาว
addr_geopoint	Object	ที่อยู่แบบ geofire สำหรับนำไปใช้ในการ query ตาม geopoint
- geohash	String	รหัสสำหรับการ query
- geopoint	Geopoint	geopoint ของที่อยู่
assignedTime	Array of Timestamp	รายการเวลาที่สูญเสียความทั้งหมด

buyer	String	ชื่อบัญชีผู้ซื้อ
chosenTime	Timestamp	เวลาที่เลือกจาก assignedTime
commentable	String	สามารถ comment ได้หรือไม่
completeTime	Timestamp	เวลาที่ transaction เสร็จสิ้น
createTimestamp	Timestamp	เวลาที่เกิด transaction
img	Array of String	Links รูปภาพของที่จะขาย
saleList	Object	รายการของทั้งหมดที่ถูกขาย
- [wasteType]	Object	ประเภทของขยะ
- [subType]	Object	ประเภทของขยะ
- amount	Number	จำนวนของที่ขาย
- price	number	ราคางวดที่รับซื้อ
- length	Number	จำนวนของทั้งหมด
seller	String	ชื่อบัญชีผู้ขาย
txStatus	Number	สถานะของ transaction
txType	Number	ประเภทของ transaction
zipcode	Number	รหัสไปรษณีย์ ใช้สำหรับการ query ตามพื้นที่

<b>users</b>		
เป็นตารางที่เก็บข้อมูลของผู้ใช้งานทั้งหมด โดยเก็บแต่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบ โดยที่ภายในตารางมีข้อมูลดังนี้		
<b>ชื่อ Column</b>	<b>ประเภท</b>	<b>รายละเอียด</b>
addr	String	ที่อยู่แบบ string ขาว
addr_geopoint	Object	ที่อยู่แบบ geofirex สำหรับนำไปใช้ในการ query ตาม geopoint
- geohash	String	รหัสสำหรับการ query
- geopoint	Geopoint	geopoint ของที่อยู่
name	String	ชื่อจริง
notificationToken	Array of String	Token ของมือถือ สำหรับการส่ง notification
phoneNo	String	เบอร์ติดต่อ
surname	String	นามสกุล
zipcode	Number	รหัสไปรษณีย์

<b>wasteType</b> <b>เป็นตารางที่เก็บประเภทและชนิดของขยะ โดยจะเก็บเป็นหมายเลข โดยที่ภายในตารางมีข้อมูลดังนี้</b>		
<b>Document ID: wasteType</b>		
<b>ชื่อ Column</b>	<b>ประเภท</b>	<b>รายละเอียด</b>
[subType]	Object	ชื่อประเภทย่อยของขยะ
- description	String	รายละเอียด
- disposal	String	วิธีกำจัด
- imgUrl	String	Link รูปภาพของประเภทขยะ
- name	String	ชื่อประเภทขยะ
- price	Number	ราคาโดยเฉลี่ย
- trashTag	Number	ประเภทถังขยะที่สามารถทิ้งได้

## บทที่ 4

### การดำเนินงานและผลลัพธ์

#### 4.1 Waste Detection Model

##### 4.1.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับการเทรนด์โมเดล

ข้อมูลที่ใช้ในการเทรนด์โมเดลมีจำนวนรูปภาพทั้งหมด 6100 รูป และทำการสร้างกรอบรูปในแต่ละรูปเพื่อบอกถึงวัตถุที่อยู่ในรูปภาพแต่ละรูป โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางชุดข้อมูลขยะที่คัดทำสร้างขึ้นมา			
ประเภท	จำนวนกรอบรูป	ประเภท	จำนวนกรอบรูป
ถ่านไฟฟ้า	841	แก้วพลาสติก	676
ขยะอิเล็กทรอนิก	455	ไฟฟ้า	421
หลอดไฟ	446	ห้อง PVC	237
ขวดเดง	452	กระดาษขาว	375
ขวดขาว	534	กล่องนม	1194
ขวดสเปรย์	556	หนังสือพิมพ์	692
ขวดพลาสติก	1405	กล่องลัง	539
ขวดน้ำ	299	กระป๋อง	896
รวม		<b>10018</b>	



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างรูปภาพทั้งหมด

นอกจากนี้ผู้จัดทำได้ทำการแบ่งรูปภาพออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกสำหรับการเทรนด์โมเดล จำนวน 5620 รูป และส่วนที่สองสำหรับการทดสอบโมเดล จำนวน 480 รูป โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางชุดข้อมูลยี่ห้อจะถูกนำไปトレนด์			
ประเภทยี่ห้อ	จำนวนกรอบรูป	ประเภทยี่ห้อ	จำนวนกรอบรูป
ถ่านไฟฉาย	751	แก้วพลาสติก	646
ขยะอิเล็กทรอนิก	395	โฟม	391
หลอดไฟ	393	ท่อ PVC	206
ขวดเดง	422	กระดาษขาว	344
ขวดขาว	504	กล่องนม	1096
ขวดสเปรย์	508	หนังสือพิมพ์	575
ขวดพลาสติก	1374	กล่องลัง	507
ขวดน้ำมัน	269	กระป๋อง	822
		รวม	9228

ตารางชุดข้อมูลยี่ห้อจะถูกนำไปทดสอบ			
ประเภทยี่ห้อ	จำนวนกรอบรูป	ประเภทยี่ห้อ	จำนวนกรอบรูป
ถ่านไฟฉาย	90	แก้วพลาสติก	30
ขยะอิเล็กทรอนิก	36	โฟม	30
หลอดไฟ	53	ท่อ PVC	31
ขวดเดง	30	กระดาษขาว	31
ขวดขาว	30	กล่องนม	98
ขวดสเปรย์	48	หนังสือพิมพ์	117
ขวดพลาสติก	31	กล่องลัง	32
ขวดน้ำมัน	30	กระป๋อง	74
		รวม	790



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างภาพที่นำไปทดสอบ

สำหรับการเตรียมข้อมูลสำหรับการเทรนด์โมเดลจะถูกทำการ Resize และ Augmentation โดยที่แต่ละรูปภาพให้มีค่าน้ำหนักที่สัมมิความกว้างเป็น 600 แล้วให้ค่าน้ำหนักความกว้างตามอัตราส่วนของรูปภาพนั้น ยกตัวอย่างเช่น ภาพขาว 1200x1500 ก็จะถูก Resize เป็น 600x750 และในส่วนของ Augmentation จะทำการสุ่มดัดแปลงรูป โดยจะมีการ Horizontal flip, Vertical flip และ Rotation 90, 180, 270 องศา เพื่อให้การคึ่ง Feature ออกมากจากภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

#### 4.1.2 การเลือกโมเดลระหว่าง Faster-RCNN และ YOLOv3

##### 4.1.2.1 วิธีการดำเนินการ

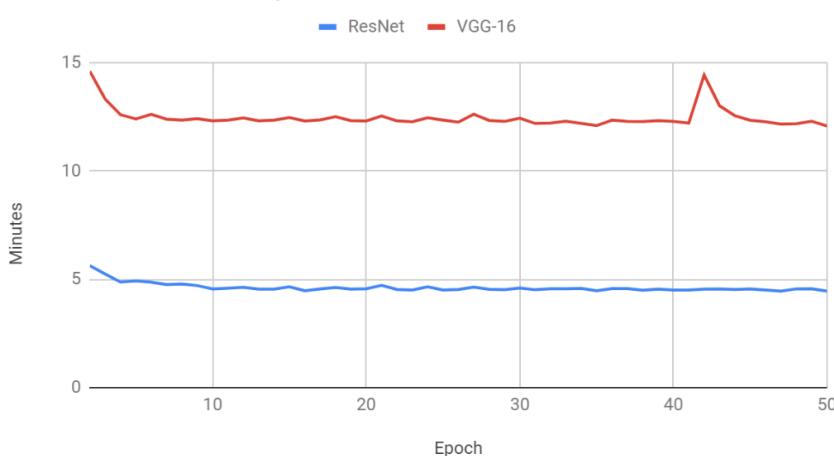
ในส่วนของการพัฒนาโมเดลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดผู้จัดทำจะทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2 สถาปัตยกรรมที่ได้ทำการศึกษามาได้แก่ Faster-RCNN และ YOLOv3 โดยจะทดสอบความความสามารถในการทำงานและเลือกสถาปัตยกรรมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

- **Faster-RCNN** จะประกอบไปด้วยส่วนของ CNN ซึ่งทำ Image Classification และ RPN ซึ่งทำ Object Detection สำหรับสถาปัตยกรรม CNN จะทดลองเลือกใช้ระหว่าง VGG-16 กับ ResNet การทดลองว่าจะเลือกใช้สถาปัตยกรรม CNN ตัวไหนก็จะพิจารณาจากความเร็วที่ใช้ และค่า Loss ที่ได้

จากการลองเทรนด์โดยใช้ Pre-trained โมเดล VGG-16 และ ResNet ด้วยรูปทดลองประเภทละ 100 รูปภาพจำนวน 50 epochs เพื่อทำการดูผลลัพธ์ พบว่าเวลาที่ใช้ในการเทรนด์ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ VGG ใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ epoch ละ 12.45 นาที แต่ ResNet ใช้เวลาเพียงแค่ 4.62 นาทีเท่านั้น ดังที่แสดงในรูปที่ 6.31 แต่สำหรับค่า Loss รวมแล้ว VGG-16 และ ResNet มีความแตกต่างที่สังเกตได้ แต่ยังไม่ชัดเจนเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการเทรนด์ ดังรูปที่ 6.32 โดยที่ค่า Loss ของ VGG-16 ใน Epoch ที่ดีที่สุดเป็น 0.786 และสำหรับ ResNet ใน Epoch ที่ดีที่สุดเป็น 0.703 ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นแล้ว ResNet ดีกว่า VGG-16 ถึง 10.56%

โดยที่สาเหตุที่ทำให้ ResNet เทรนด์ได้เร็วกว่า VGG-16 อย่างเห็นได้ชัดเจนนั้น เป็น เพราะจำนวน Floating Point Operations Per Second (FLOPS) ที่แตกต่างกันระหว่าง VGG-16 ที่มีทั้งหมด 15.3 พันล้าน FLOPS ขณะที่ ResNet มีเพียงแค่ 3.8 พันล้าน FLOPS เท่านั้น<sup>[24]</sup> ทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด

Time taken in each epoch



ค่าทางสถิติที่  
น่าสนใจ  
Average time:  
VGG-16: 12.45  
ResNet: 4.62  
Difference:  $\frac{12.45}{4.62} = 2.69$

รูปที่ 4.3 กราฟเวลาที่ใช้ในการเทrnnd์แต่ละ epoch ของ Pre-trained โมเดล

Loss Comparison



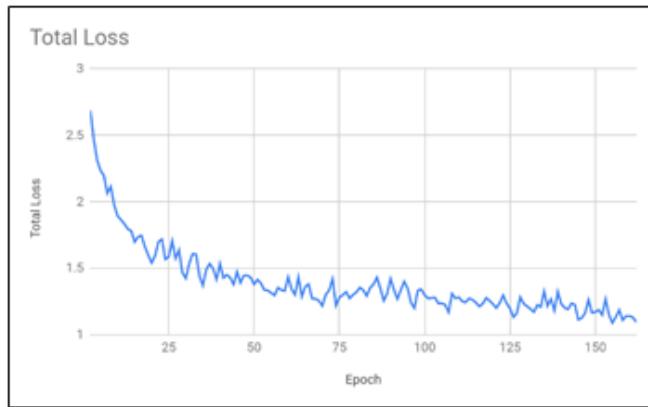
ค่าทางสถิติที่  
น่าสนใจ  
Least loss:  
VGG-16: 0.786  
ResNet: 0.703  
Difference:  $1 - \frac{0.703}{0.786} = 10.56\%$   
Average  
ResNet/VGG:  
8.51%

รูปที่ 4.4 กราฟค่า Loss ในการเทrnnd์แต่ละ epoch ของ Pre-trained โมเดล

เมื่อสามารถเลือก CNN ได้แล้วก็จะนำไปประกอบกับ RPN การเทrnnd์โมเดล Faster-RCNN จะเป็นการเทrnnd์ RPN ด้วย จากการเทrnnd์ทั้งหมด 160 epochs ผลปรากฏว่า โมเดลที่มีค่า Total loss น้อยที่สุด (ผลกระทบจาก loss ทั้ง 4 รูปแบบ) ได้แก่ โมเดลจาก epoch ที่ 155 โดยมีค่า loss ดังต่อไปนี้

1. RPN Classification Loss = 0.6
2. RPN Regression Loss = 0.139
3. Classification Loss (Fast R-CNN module) = 0.251
4. Regression Loss (Fast R-CNN module) = 0.1
5. Total Loss = 1.09

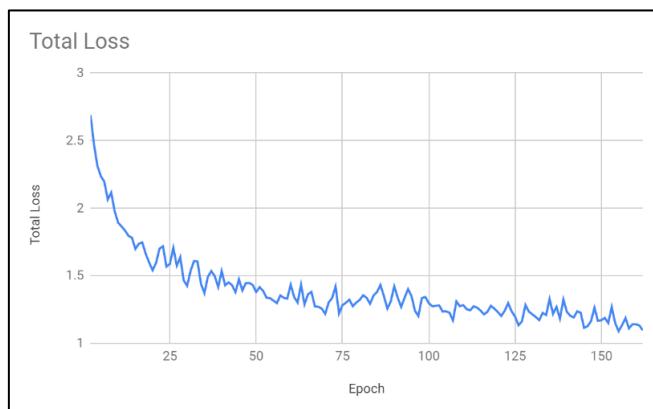
โดยกราฟผลที่ได้จากการเทrnnd์ในแต่ละ epoch ดูได้จาก รูปภาพที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟ Total loss (รวมทั้ง 4 loss) ในการเทรนด์แต่ละ epoch

ทางผู้จัดทำได้ทำการเทรนด์ข้อมูลบน Google Colab ซึ่งใช้ GPU Tesla K80 ในการประมวลผลซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ย epoch ละประมาณ 17 นาที

- YOLOv3 จากการลองเทรนด์พบว่าหลังจากการเทรนด์โมเดลเป็นจำนวน 160 epochs ได้ค่า loss ทั้งหมดที่ดีที่สุดอยู่ที่ epoch ที่ 155 คือ loss = 8.391512



รูปที่ 4.6 – กราฟ Total loss ในการเทรนด์แต่ละ epoch

ทางผู้จัดทำได้ทำการเทรนด์ข้อมูลบน Google Colab ซึ่งใช้ GPU Tesla K80 ในการประมวลผลซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ย epoch ละประมาณ 15 นาที

#### 4.1.2.2 การทดสอบและประเมินผล

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำข้อมูลมาทดสอบจะใช้ metric ในการวัดคือ Average Precision (AP) ซึ่งคำนวนได้จากสมการ  $AveragePrecision = \frac{\sum rP@r}{R}$ ,  $Precision = \frac{TP}{TP+FP}$  และ  $Recall = \frac{TP}{TP+FN}$  ซึ่งผลการทดสอบออกมาเป็นดังนี้

Faster-RCNN				YOLOv3			
ประเภทขยะ	AP	ประเภทขยะ	AP	ประเภทขยะ	AP	ประเภทขยะ	AP
ถ่านไฟฉาย	0.73	แก้วพลาสติก	0.97	ถ่านไฟฉาย	0.99	แก้วพลาสติก	1.0
e-waste	0.81	โฟม	0.98	e-waste	0.99	โฟม	1.0
หลอดไฟ	0.80	ห่อ PVC	0.80	หลอดไฟ	0.99	ห่อ PVC	1.0
ขวดเเดง	0.90	กระดาษขาว	0.76	ขวดเเดง	1.0	กระดาษขาว	0.99
ขวดขาว	0.85	กล่องนม	0.53	ขวดขาว	1.0	กล่องนม	0.98
ขวดสเปรย์	0.80	หนังสือพิมพ์	0.43	ขวดสเปรย์	0.99	หนังสือพิมพ์	0.90
ขวดพลาสติก	0.99	กล่องลัง	0.72	ขวดพลาสติก	1.0	กล่องลัง	0.99
ขวดน้ำ	0.99	*mAP	<b>0.799</b>	ขวดน้ำ	1.0	*mAP	<b>0.991</b>

จากตารางที่สองข้างบนจะเห็นได้ว่าตัวโน้มเดลที่สร้างมาจากสถาบันปัตยกรรม YOLOv3 นี้ ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลได้ดีกว่าสถาบันปัตยกรรม Faster-RCNN อย่างมาก ซึ่งจากการลองนำตัวโน้มเดลไปทดสอบใช้ในสถานการณ์จริงปรากฏว่ามีตัวโน้มเดลของ YOLOv3 นี้ไม่ได้มีความสามารถที่ดีอย่างผลการทดสอบที่สอนที่อุกมา ทั้งนี้น่าจะเกิดจากปัญหา overfitting ของตัวโน้มเดลที่ทำให้รูปภาพที่มีลักษณะที่แตกต่างจากตัว dataset เมื่อนำมาเข้าสู่โน้มเดลแล้วได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้อง

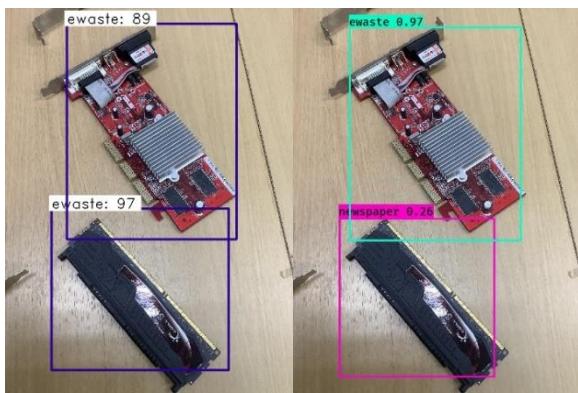
นอกจากนี้ทางผู้จัดทำได้ทำการนำโน้มเดลที่สองไปทดสอบเปรียบเทียบในสถานการณ์จริงได้ตัวอย่างผลลัพธ์ดังรูปภาพด้านล่าง รูปภาพทางซ้ายเป็นภาพที่ได้จากการทำนายของโน้มเดล Faster-RCNN และ รูปภาพทางขวาเป็นภาพที่ได้จากการทำนายของโน้มเดล YOLOv3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าตัวโน้มเดลที่สองมีความสามารถในการทำนายที่ใกล้เคียงกันแต่ในบางสถานการณ์นั้นตัวโน้มเดลของ Faster-RCNN จะทำนายได้แม่นยำกว่า YOLOv3



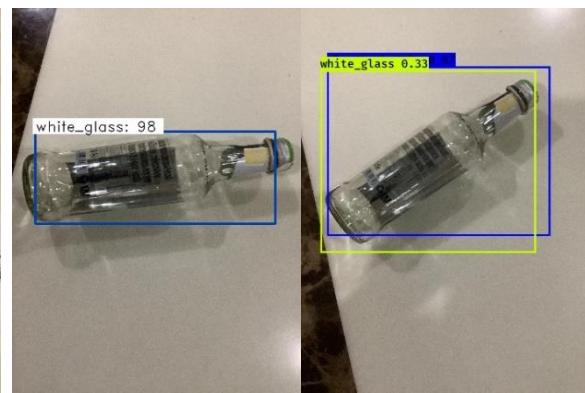
รูปที่ 4.7 รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปซ้าย) กับ YOLOv3(รูปขวา) ที่ 1



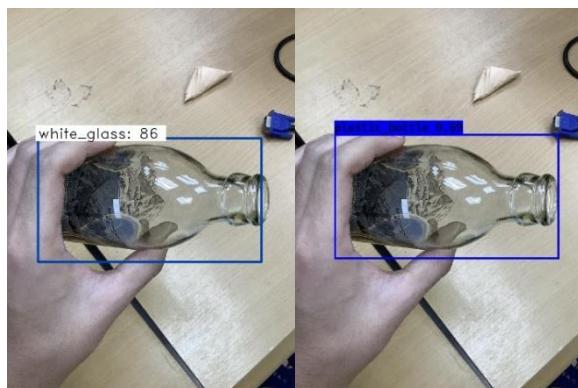
รูปที่ 4.8 รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปซ้าย) กับ YOLOv3(รูปขวา) ที่ 2



รูปที่ 4.9 รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปซ้าย) กับ YOLOv3(รูปขวา) ที่ 3



รูปที่ 4.10 รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปซ้าย) กับ YOLOv3(รูปขวา) ที่ 4



รูปที่ 4.11 รูปเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง Faster-RCNN(รูปซ้าย) กับ YOLOv3(รูปขวา) ที่ 5

นอกจากนั้นผู้จัดทำได้ใช้ Google Colab ในการประมวลผลและได้เวลาเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากโมเดล Faster-RCNN อยู่ที่รูปละ 2 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่ยอมรับได้เมื่อต้องนำมาใช้ในแอปพลิเคชันที่ต้องมีการตอบสนองต่อผู้ใช้งานโดยทันที ผู้จัดทำสามารถนำตัวโมเดลไป deploy อยู่บน GCP ที่มีความสามารถในการประมวลผลสูงในระดับเดียวกันกับ Google Colab ซึ่งสามารถทดสอบเรื่องความเร็วในการประมวลของ Faster-RCNN ที่มีน้อยกว่า YOLOv3 ได้

**ซึ่งด้วยเหตุผลนี้ทางผู้จัดทำจึงเลือกใช้ตัวโมเดลของ Faster-RCNN เป็นโมเดลที่จะนำมาใช้ในระบบการคัดแยกขยะโดยการประมวลผลภาพของโครงการนี้**

### 4.1.3 การทดสอบโมเดล

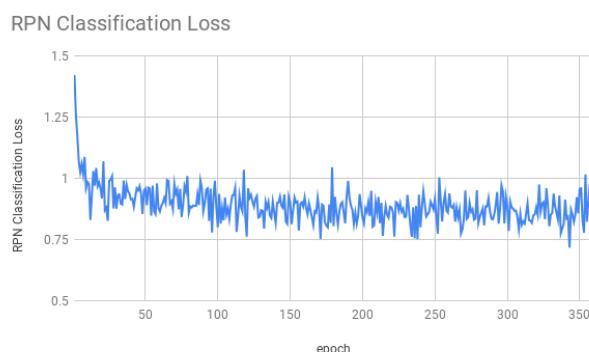
#### 4.1.3.1 วิธีการดำเนินการ

ผู้จัดทำได้เลือกใช้สถาปัตยกรรม Faster R-CNN(Resnet-50) ในการพัฒนาโมเดล โดยใช้ dataset ในการดำเนินการทั้งหมดเป็นรูปbatch 6100 รูป จำนวนกรอบรูปทั้งหมด 10018 ส่วน แบ่งชนิดของขยะได้ 16 ชนิด โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

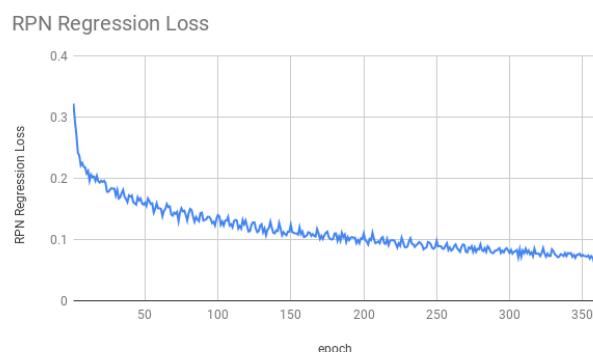
1. ส่วนของการเทรนด์ 5620 รูป เป็นกรอบรูปทั้งหมด 9228 กรอบรูป
  2. ส่วนของการทดสอบ 480 รูป เป็นกรอบรูปทั้งหมด 790 กรอบรูป
- จากการเทรนด์ทั้งหมด 360 epochs ผลปรากฏว่าไม่เคลื่อนที่มีค่า Total loss น้อยที่สุด (ผลกระทบจาก loss ทั้ง 4 รูปแบบ) ได้แก่ ไม่เคลื่อนจาก epoch ที่ 353 โดยมีค่า loss ดังต่อไปนี้

1. RPN Classification Loss = 0.778
2. RPN Regression Loss = 0.072
3. Classification Loss (Fast R-CNN module) = 0.173
4. Regression Loss (Fast R-CNN module) = 0.067
5. Total Loss = 1.089

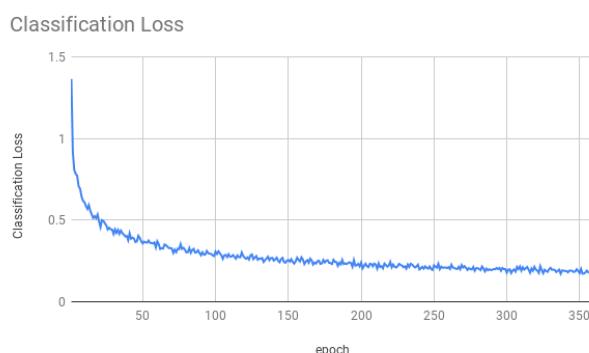
โดยกราฟผลที่ได้จากการเทรนด์ในแต่ละ epoch ดูได้จาก รูปภาพที่ 4.12 – 4.16



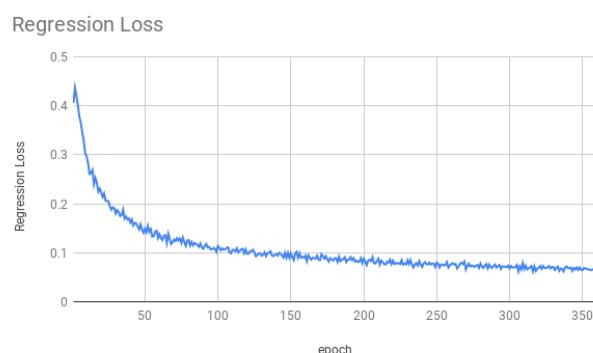
รูปที่ 4.12 กราฟ Classification loss ของ RPN module ใน การเทรนด์แต่ละ epoch



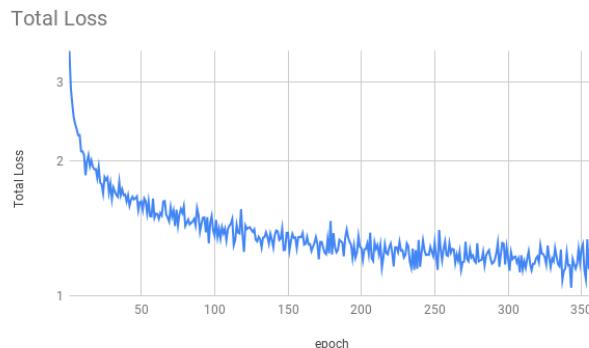
รูปที่ 4.13 กราฟ Regression loss ของ RPN module ใน การเทรนด์แต่ละ epoch



รูปที่ 4.14 กราฟ Classification loss ของ Fast R-CNN module ใน การトレนด์แต่ละ epoch



รูปที่ 4.15 กราฟ Regression loss ของ Fast R-CNN module ใน การトレนด์แต่ละ epoch



รูปที่ 4.16 กราฟ Total loss (รวมทั้ง 4 loss) ในการเทรนด์แต่ละ epoch

ซึ่งทางผู้จัดทำได้ทำการเทรนด์ข้อมูลบน Google Colab ซึ่งใช้ GPU Tesla K80 ในการประมวลผล ซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ย epoch ละประมาณ 17 นาที

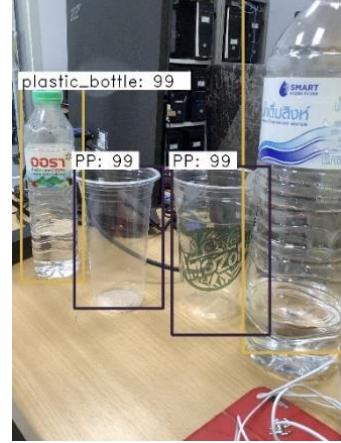
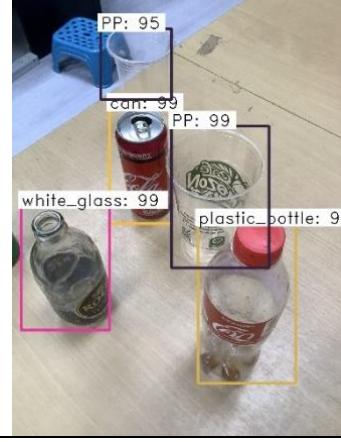
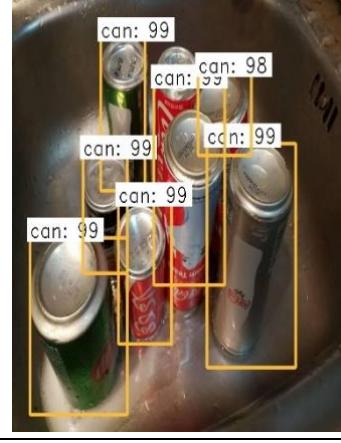
#### 4.1.3.2 การทดสอบและประเมินผล

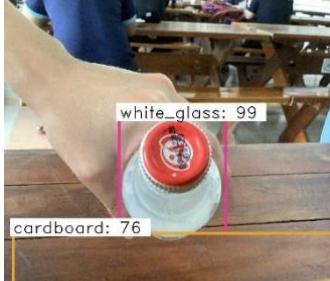
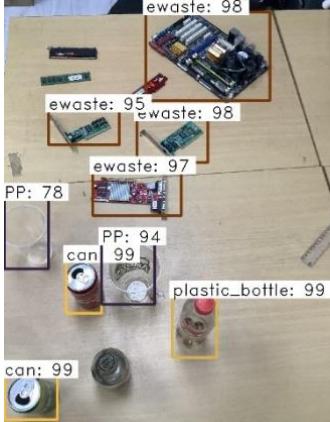
ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำข้อมูลมาทดสอบจะใช้ Average Precision (AP) เป็น metric ในการวัด ซึ่งคำนวณได้จากการ  $AveragePrecision = \frac{\sum rP@r}{R}$ ,  $Precision = \frac{TP}{TP+FP}$  และ  $Recall = \frac{TP}{TP+FN}$  ซึ่งผลการทดสอบอยู่ในตารางนี้

ประเภทของ	AP	ประเภทของ	AP
ถ่านไฟฉาย	0.79	แก้วพลาสติก	0.95
ขยะอิเล็กทรอนิก	0.89	โฟม	0.94
หลอดไฟ	0.89	ห่อ PVC	0.91
ขาดແຄງ	0.96	กระดาษขาว	0.90
ขาดขาว	0.86	กล่องนม	0.67
ขาดสเปรย์	0.90	หนังสือพิมพ์	0.54
ขาดพลาสติก	0.99	กล่องถัง	0.94
ขาดนิ่ม	0.96	กระป๋อง	0.82
*mAP		<b>0.878</b>	

\*mAP ย่อมาจาก Mean Average Precision

ทางผู้จัดทำได้ทำการทดสอบข้อมูลบน Google Colab ซึ่งใช้ GPU Tesla K80 ในการประมวลผลซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้รูปภาพที่ถูกต้องกับกรอบรูปภาพของขยะ และคะแนนความน่าจะเป็นของขยะชั้นนั้น ใช้เวลาเฉลี่ยรูปละประมาณ 2 วินาที มีตัวอย่างผลลัพธ์ดังนี้

	<p>ไม่เดลสามารถทำนายวัตถุที่อยู่บนพื้นหลังที่ไม่มีวัตถุนิดอื่นวางอยู่ได้อย่างแม่นยำ</p>		<p>ไม่เดลสามารถทำนายวัตถุที่สำหรับเห็นได้ชัดว่าเป็นอะไรได้แม่นยำถึงแม้พื้นหลังของวัตถุนั้นจะมีสิ่งของชนิดอื่นอยู่</p>
	<p>ในกรณีที่วัตถุหลายชิ้นวางอยู่ในรูปเดียวกันอย่างเช่นรูปนี้ ไม่เดลก็สามารถทำนายวัตถุทั้ง 2 ได้ถูกต้องโดยทำการแยกและบอกตำแหน่งของวัตถุทั้งสอง</p>		<p>ในกรณีที่วัตถุมีลักษณะคล้ายกันแต่วางในระยะห่าง ตำแหน่งที่แยกจากกัน ไม่เดลก็สามารถทำนายวัตถุแต่ละชนิดได้ถูกต้อง</p>
	<p>ในรูปภาพที่มีวัตถุจำนวนมากและชนิดที่แตกต่างกันวางอยู่ใกล้กันแต่สามารถมองเห็นตัวของวัตถุได้ชัดเจน ไม่เดลก็สามารถทำนายได้ถูกต้อง</p>		<p>ในกรณีที่วัตถุวางอยู่ใกล้กันมากและวางซ้อนกันดังรูป ไม่เดลก็สามารถทำหายได้แต่ไม่ถูกทึบหมดอย่างเช่นในรูปนี้มีวัตถุทั้งหมด 9 ชิ้นแต่ไม่เดลทำหายได้ 8 ชิ้น</p>
	<p>ไม่เดลสามารถแยกวัตถุอย่างกล่องลังที่วางซ้อนกันได้อย่างถูกต้องโดยในรูปมีเพียงมุขความที่จริงแล้วเป็นกล่อง 2 กล่องแต่ไม่เดลทำนายว่ามีกล่องเดียว</p>		<p>ในรูปมีกระป๋องน้ำอัดลมที่วางโดยมีตำแหน่งใกล้เคียงกัน และซ้อนกัน ไม่เดลก็สามารถทำนายได้เกือบถูกทึบหมดโดยในรูปที่จริงมีกระป๋อง 8 ชิ้นแต่ทำนายได้ 7 ชิ้น</p>

 <p>ไม่เดลจะมีปัญหาที่พื้นหลังของวัตถุที่มีลักษณะคล้ายสีคล้ายคลึงกับกล่องลังทำให้ไม่เดลทำนายพื้นหลังนั้นว่าเป็นกล่องลัง</p>	<p>ไม่เดลจะมีปัญหาที่พื้นหลังของวัตถุที่มีลักษณะคล้ายสีคล้ายคลึงกับกล่องลังทำให้ไม่เดลทำนายพื้นหลังนั้นว่าเป็นกล่องลัง</p>	 <p>รูปบางชนิดที่มีความซับซ้อนมากโดยมีวัตถุที่วางในตำแหน่งที่ซ้อนกันจำนวนหลายชิ้นจะทำให้ไม่เดลทำนายออกมาได้ไม่ถูกต้องทั้งหมดดังรูป</p>
 <p>จากรูปจะเห็นได้ว่าวัตถุบางชนิดที่ไม่เดลไม่สามารถทำนายได้ว่าเป็นวัตถุชนิดไหนเนื่องจากมุมของภาพและขนาดของวัตถุในภาพที่ให้รายละเอียดได้น้อย</p>	<p>จากรูปจะเห็นได้ว่าวัตถุบางชนิดที่ไม่เดลไม่สามารถทำนายได้ว่าเป็นวัตถุชนิดไหนเนื่องจากมุมของภาพและขนาดของวัตถุในภาพที่ให้รายละเอียดได้น้อย</p>	 <p>เมื่อในรูปภาพมีวัตถุจำนวนมากซึ่งอาจจะเป็นชนิดที่อยู่ใน dataset หรือไม่อู้อาจทำให้ไม่เดลเกิดการทำนายได้ผิดพลาดดังรูป</p>

## 4.2 Application

### 4.2.1 การยืนยันตัวตนผู้ใช้และข้อมูลผู้ใช้งาน

เมื่อเริ่มเข้าสู่แอปพลิเคชัน หากไม่ได้ลงชื่อเข้าใช้ไว้แล้วกดปุ่มลงทะเบียน ระบบจะพามาที่หน้าสร้างบัญชีผู้ใช้ตามรูปที่ 4.17 หลังจากสร้างบัญชีผู้ใช้งานแล้ว เมื่อเข้าสู่ระบบ จะต้องสามารถแก้ไขข้อมูลได้โดยการกดที่ปุ่มเพื่องແล็วระบบจะนำพามาที่หน้าตั้งค่าผู้ใช้งานตามรูปที่ 4.18 ซึ่งลักษณะการแจ้งเตือนเมื่อกรอกข้อมูลไม่ถูกต้องตามรูปแบบที่วางไว้จะแสดงเป็นตัวหนังสือสีแดงตามรูปที่ 4.19

- การสมัครบัญชีผู้ใช้ – การกรอกข้อมูลประเภทตัวเลข เป็นพิมพ์ตัวเลขต้องปรากฏขึ้นแทนเป็นพิมพ์แบบปกติที่พิมพ์ตัวอักษร การค้นหาที่อยู่ของผู้ใช้งานผ่าน Map จะแสดงได้ก็ต่อเมื่อมีการกรอกที่อยู่ไว้แล้วกดปุ่ม ‘ค้นหาสถานที่’ ในส่วนของปุ่ม ‘ยืนยันการสมัครสมาชิก’ จะอนุญาตให้กดได้ เมื่อข้อมูลที่ผู้ใช้งานกรอกทั้งหมดถูกต้องตามเงื่อนไข
- การแก้ไขโปรไฟล์ – เมื่อเข้ามาในหน้านี้ ค่ารีมตันจะต้องถูกแสดงบนฟอร์ม และเป็นข้อมูลเดียวกันกับที่ผู้ใช้งานเคยกรอกมาตอนสมัครบัญชีผู้ใช้งาน
- การลงทะเบียน – เมื่อกรอกข้อมูลผิดจะต้องมีแจ้งเตือนเกิดขึ้น หากถูกต้องก็จะเข้าสู่หน้า homepage โดยลักษณะการแจ้งเตือนจะเป็นตัวอักษรสีแดง

- การลงชื่อออก – เมื่อ กดออก ต้องเด้งกลับมาที่หน้า ‘ลงชื่อเข้าใช้งาน’ และข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้งานก็ จะต้องถูกรีเซ็ตเป็นไม่มีค่า เพื่อไม่ให้การลงชื่อเข้าใช้ในรอบถัดไปเกิดข้อมูลซ้ำ
- สรุปการทดสอบการยืนยันตัวตน – ไม่มีปัญหาเรื่องการกรอกข้อมูลแบบปกติ เมื่อผู้ใช้งานกรอกข้อมูลผิดก็จะมีการแจ้งเตือนเกิดขึ้น แต่ว่าการกรอกข้อมูลประเภทที่ต้องเปิด Map เพื่อค้นหาที่อยู่ตามที่ผู้ใช้กรอก มีปัญหาตรงที่ความแม่นยำไม่มีแม่นยำมากเท่าที่ควร ผู้ใช้งาน往往 เป็นต้องเลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการด้วยตนเอง



รูปที่ 4.17 ขีนแบบพิมพ์ตัวเลขเมื่อกรอกเบอร์



รูปที่ 4.18 ค่า Default ขีน อัตโนมัติตอน Edit



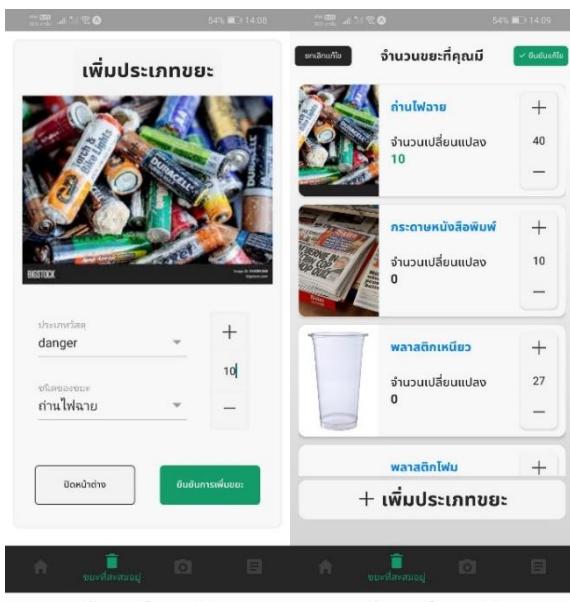
รูปที่ 4.19 มีการแจ้งเตือนเมื่อกรอกผิดเงื่อนไข

#### 4.2.2 ขยะของผู้ขาย

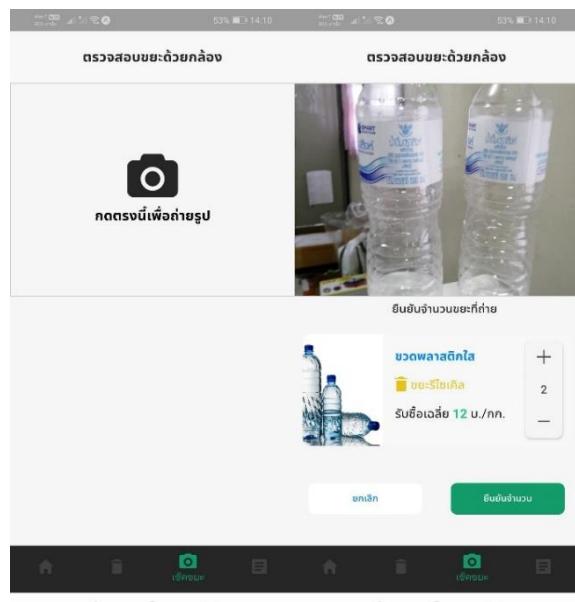
ผู้ใช้งานต้องกดปุ่ม ‘จัดการขยะ’ ในหน้าหลัก เพื่อเข้าสู่หน้าจัดการขยะของผู้ขายขยะดังรูปที่ 4.20 และถ้าหากต้องการเพิ่มขยะด้วยกล้องถ่ายรูป ก็ต้องกดปุ่ม ‘เช็คขยะ’ และถ่ายรูปขยะที่สนใจจากนั้นระบบจะแสดงขยะพร้อมจำนวนตามรูปที่ 4.21

- การเพิ่มขยะด้วยกล้องถ่ายรูป – เมื่อทำการถ่ายภาพเสร็จแล้วส่งไปให้ในส่วนของ Waste Detection ทำการตรวจสอบชนิดของขยะ เวลาในการประมวลผลรูปภาพนั้นใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 2 วินาที เนื่องจากตัว GPU ที่ใช้ในการประมวลผลของระบบนั้นเป็นตัวของ Tesla P4 ที่ได้ deploy อยู่บนระบบ GCP ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้ระบบนั้นสามารถทำได้รวดเร็วมากเมื่อเทียบกับระบบทั่วไปที่ใช้ CPU เป็นตัวประมวลผล

- การปรับจำนวนขยะที่ผู้ขายขยะมืออยู่ในระบบคลังขยะ – จะสามารถแก้ไขขยะจากการลดเพิ่มและลดได้ก็ต่อเมื่อมีการกดปุ่ม ‘แก้ไขจำนวนขยะ’ เมื่อกดปุ่ม เพิ่ม (เครื่องหมายเพิ่ม) จำนวนขยะประเภทนั้นจะเพิ่มขึ้น 1 การกด ลด (เครื่องหมายลบ) จำนวนขยะประเภทนั้นจะลดลง 1
- การเพิ่มขยะชนิดใหม่พร้อมทั้งระบุจำนวนของผู้ขายขยะ - จะสามารถแก้ไขขยะได้ก็ต่อเมื่อมีการกดปุ่ม ‘แก้ไขจำนวนขยะ’ หลังจากนั้นปุ่ม ‘เพิ่มขยะ’ ก็จะปรากฏ เมื่อกดปุ่มนี้หน้าต่างประเภท Modal จะแสดงให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลประเภทขยะหลัก ประเภทขยะย่อย และจำนวนเพื่อเพิ่มชนิดขยะเข้าไป ซึ่งค่า Default ในแต่ละฟอร์มประเภทจะ เป็นค่าแรกของแต่ละประเภทหลักและประเภทย่อย ผู้ใช้ไม่สามารถกดเพิ่มขยะได้หากกรอกฟอร์มไม่สมบูรณ์ เมื่อมีการกดปิดหน้าต่าง Modal นี้ จะต้องถูกปิดไป เมื่อมีการกด ‘ยืนยัน’ หน้าต่างนี้จะถูกปิดไป เช่นกันแต่จะต้องไปเพิ่มจำนวนขยะในหน้าแสดงข้อมูลของผู้ขายขยะตามจำนวนที่กรอกใน Modal ด้วย เพื่อให้ผู้ใช้งานกดยืนยันอีกที
- การพนวก Waste Detection Function ใน Python รวมกับแอปพลิเคชัน - ผู้ใช้งานกดปุ่ม ‘ถ่ายรูป’ ระบบต้องแสดงปริมาณขยะและประเภทขยะได้พร้อมกัน เมื่อกดปุ่ม ‘ยืนยันจำนวนขยะ’ ต้องไปหน้า ‘ขยะของผู้ขายขยะ’ พร้อมกับอยู่ในโหมด ‘แก้ไขจำนวนขยะ’ และจำนวนขยะที่ถูกแก้ไขจะต้องถูกแก้เป็นจำนวนขยะที่ได้มาจากหน้า Waste Detection Function เพื่อรอให้ผู้ใช้กดยืนยันหลังจากการปุ่มยืนยันขยะ จำนวนขยะเหล่านั้นที่ได้จากหน้า Waste Detection Function จะต้องถูกเพิ่มเข้าไปในบัญชีผู้ขายขยะ
- สรุปการทดสอบระบบการขายขยะของผู้ใช้งาน – มีปัญหารื่องความช้าที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการอัปเดตข้อมูลผ่านเดต้าเบส ตัวอย่างเช่น การอัปเดตข้อมูลจำนวนขยะของผู้ใช้งานผู้ใช้จำเป็นต้องรอ เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งไปยังหน้าต่างๆ ของแอปพลิเคชันมีความถูกต้อง



รูปที่ 4.20 การทดสอบเพิ่มขยะด้วยหน้าต่างแยก

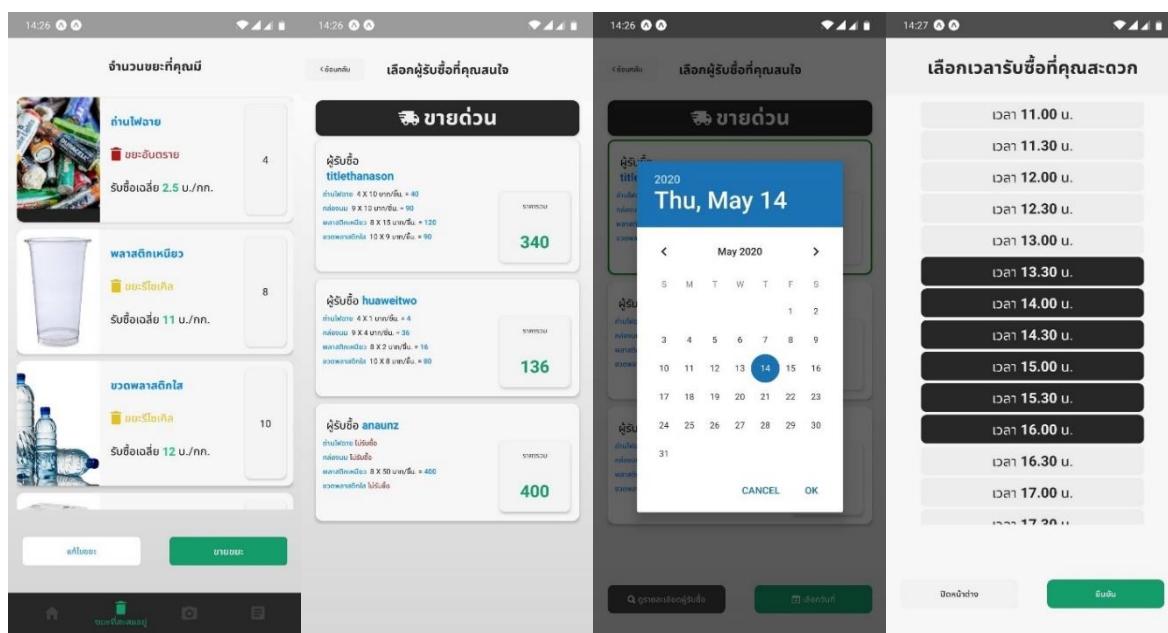


รูปที่ 4.21 การทดสอบ ตรวจสอบขยะโดยใช้กล้อง

#### 4.2.3 การขายขยะ

เข้าหน้าการขายขยะตามรูปที่ 4.22 ได้ต้องเข้าผ่านหน้า ‘จัดการขยะ’ จากนั้นกดปุ่ม ‘ขายขยะ’ ซึ่งกระบวนการจะเป็น เลือกขยะพร้อมกับจำนวนที่ต้องการจะขาย เลือกผู้รับซื้อขยะ เลือกเวลาที่จะให้ผู้รับซื้อขยะมารับ ตามลำดับ

- กำหนดจำนวนขยะที่ต้องการจะขาย - เมื่อกดปุ่ม Check ขยะที่ต้องการจะขายจะแสดงจำนวนและถูก Highlight โดยการกดครั้งแรกจะเป็นการเลือกจำนวนทั้งหมดที่มีในประเภทนั้น และกดปุ่ม Uncheck ที่แสดงหลังจากปุ่ม Check เพื่อยกเลิกประเภทนั้นที่ต้องการจะขาย เมื่อกด Check ตัวปุ่มเพิ่มและปุ่มลดจะถูกแสดงเพื่อกำหนดรูปแบบของจำนวนที่จะขาย เมื่อกดที่ตัวเลข แป้นพิมพ์ตัวเลขจะต้องปรากฏ
- เลือกผู้รับซื้อขยะ – ขยะที่ผู้รับซื้อแต่ละคนรับซื้อจะต้องถูกแสดงพร้อมกับราคารับซื้อตามประเภทของขยะที่ผู้ขายขยะเลือกขายเท่านั้น เมื่อการส่งคำขอขายขยะสำเร็จ ต้องไปยังหน้า Transaction ทั้งหมด
- กดขายค่าวัน – กดปุ่ม ‘ขายค่าวัน’ คำขอขายขยะจะต้องถูกสร้างตามประเภทและปริมาณของทั้งหมดที่ถูกกำหนดในหน้า ‘เลือกขยะเพื่อขาย’ จากนั้นระบบนำไปสู่หน้าแสดง Transaction ทั้งหมด
- สรุปการทดสอบระบบการขายขยะของผู้ใช้งาน – มีปัญหาเรื่องความช้าที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการการขาย ก็คือหลังจากเสร็จสิ้นการส่งคำสั่งไปยังเดต้าเบส ตัวอย่างเช่น การส่งคำสั่งขายขยะ ผู้ใช้จำเป็นต้องรอ เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งไปยังหน้าต่างๆ ของแอปพลิเคชันมีความถูกต้อง และดีเลย์ที่เกิดจากการโหลด Icon

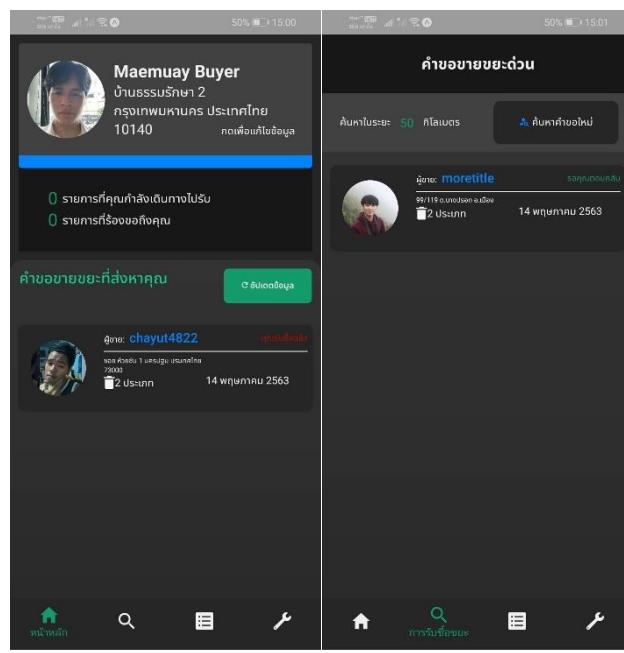


รูปที่ 4.22 การทดสอบการแสดงผล UI และข้อมูล สามารถเกิดขึ้นได้ตามลำดับที่ออกแบบไว้ แต่มีดีเลย์บ้างตอนโหลด Icon, การส่งคำสั่งไปยังหน้าต่างๆ ปกติ API วันที่แสดงได้ตามปกติ

#### 4.2.4 การรับซื้อขาย

สำหรับผู้รับซื้อขาย เมื่อต้องการตรวจสอบว่ามีผู้ขายขายให้หรือไม่ จะต้องตรวจสอบที่หน้าหลัก หรือ ‘การรับซื้อขาย’ ดังรูปที่ 4.23 ซึ่งจะแสดงรายการคำขายขายทั้งหมดที่ยังไม่กดตอบรับ

- กดรับซื้อขายที่ผู้ขายขายเลือกขายให้ผู้รับซื้อรายนี้ เมื่อกดที่คำขายขาย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคำอนันน์จะต้องแสดง พร้อมกับปุ่ม action ต่างๆ ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลง Status ของคำอนันน์ เช่น ปฏิเสธคำขายขาย, ยอมรับคำขายขาย, เสนอวันเวลาอื่น, กำลังเดินทางไปรับ โดยปุ่มเหล่านี้จะถูกแสดงแตกต่างกันตามสถานะของคำขอปัจจุบัน เมื่อกดยอมรับ สถานะของคำอนันน์จะถูกเปลี่ยนเป็น ‘มีผู้รับซื้อแล้ว’
- กดรับซื้อขายที่ผู้ขายขายกดขายขายแบบค่วน – ต้องทำได้เช่นเดียวกับการกดรับซื้อขายแบบแรกที่กล่าวไว้ข้างต้น เพิ่มเติมคือเมื่อมีการกดปุ่ม ‘ยอมรับ’ สถานะของคำอนันน์จะถูกเปลี่ยนเป็น ‘มีผู้รับซื้อแล้ว’ พร้อมกับ ต้องมีชื่อของผู้รับซื้อรายนี้เป็น Buyer ในคำอนันน์ด้วย
- สรุปการทดสอบระบบการซื้อขายของผู้ใช้งาน – มีปัญหารื่องความชำนาญที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการรับซื้อ เช่นเดียวกับกับการขาย หลังจากเสร็จสิ้นการส่งคำสั่งไปยังเดลิเวอรี่ ตัวอย่างเช่น การรับซื้อ การเปลี่ยนสถานะของคำขอ ผู้ใช้งานเป็นต้องรอ เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งไปยังหน้าต่างๆ ของแอปพลิเคชันมีความถูกต้อง

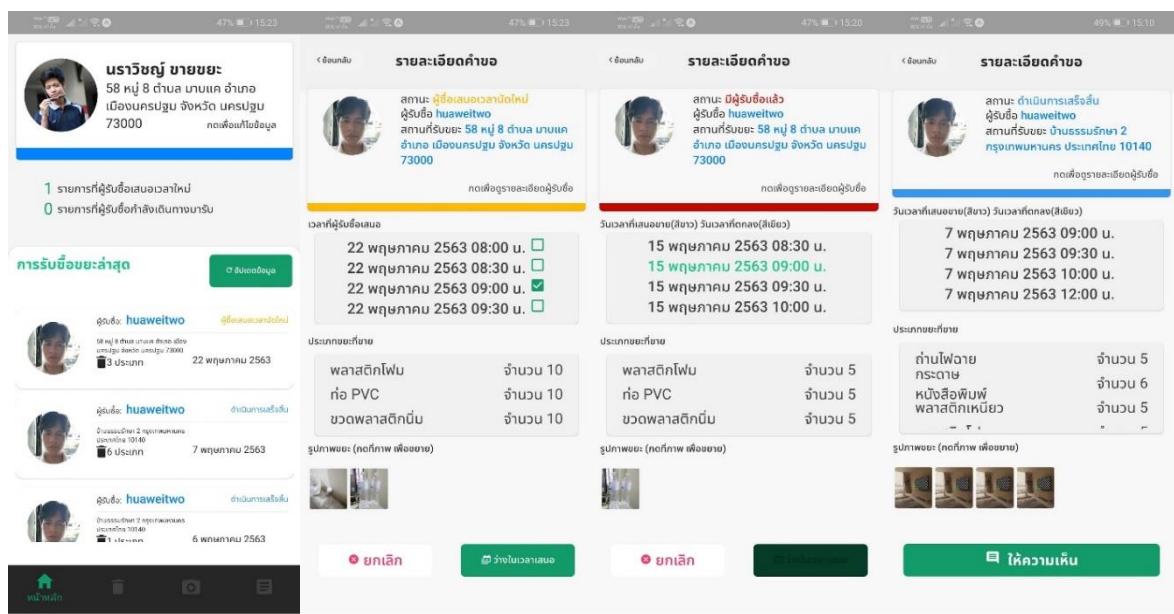


**รูปที่ 4.23 การทดสอบว่าข้อมูลคำร้องขอจากผู้คนขายขายมานำถึงผู้คนซื้อขายทั้งการร้องขอขายแบบค่วนและการร้องขอขายแบบเลือกผู้รับซื้อ**

#### 4.2.5 ประวัติการรับซื้อและประวัติการขาย

การเข้าดูประวัติการติดต่อซื้อขายของสามารถเข้าได้ผ่านทางหน้าหลักของทั้งผู้ขายและผู้ซื้อ ตามรูปที่ 4.24 ซึ่งเมื่อเข้าไปจะเห็นสถานะและปุ่มแอคชันที่ต่างกันของแต่ละประวัติการซื้อขาย

- ผู้รับซื้อดูประวัติการรับซื้อ-ผู้ขาย ต้องไปหน้าที่แสดง Transactions ทั้งหมด โดยแต่ละ Transaction จะมีข้อมูลและสถานะที่แตกต่างกัน ซึ่งปุ่ม Action จะต้องแตกต่างกันไปตามสถานะของ Transaction นั้นๆ ดังนี้
  - เมื่อ Status เท่ากับ ‘กำลังดำเนินการ’ ปุ่มที่กดได้ ยกเลิก
  - เมื่อ Status เท่ากับ ‘รอการยืนยันวันใหม่’ ปุ่มที่กดได้ ยอมรับเงื่อนไข
  - เมื่อ Status เท่ากับ ‘มีผู้รับซื้อแล้ว’ ปุ่มที่กดได้ ยกเลิก
  - เมื่อ Status เท่ากับ ‘กำลังไปรับ, ยกเลิกแล้ว, ดำเนินการเสร็จสิ้น’ ปุ่มที่กดได้ต้องไม่มี
- ผู้ขายดูประวัติการขาย-ผู้ซื้อ สามารถไปหน้า ‘แสดง Transaction ทั้งหมด’ เพื่อแสดง Transaction ทั้งหมด โดยแต่ละ Transaction จะมีข้อมูลและสถานะที่แตกต่างกัน ซึ่งปุ่ม Action จะต้องแตกต่างกันไปตามสถานะของ Transaction นั้นๆ ดังนี้
  - เมื่อ Status เท่ากับ ‘กำลังดำเนินการ’ ปุ่มที่กดได้ ยอมรับ ยกเลิก เสนอเวลาใหม่
  - เมื่อ Status เท่ากับ ‘รอการยืนยันวันใหม่’ ปุ่มที่กดได้ ยกเลิก
  - เมื่อ Status เท่ากับ ‘รับซื้อแล้ว’ ปุ่มที่กดได้ ยกเลิก กำลังไป
  - เมื่อ Status เท่ากับ ‘กำลังไปรับ, ยกเลิกแล้ว, ดำเนินการเสร็จสิ้น’ ต้องไม่มีปุ่มใดกดได้เลย
- สรุปการทดสอบระบบการขายของผู้ใช้งาน – ในขณะที่กดปุ่มใดๆ เพื่อเปลี่ยนสถานะของ Transaction ผู้ใช้งานเป็นต้องรอ เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งไปยังหน้าต่างๆ ของแอปพลิเคชันมีความถูกต้อง

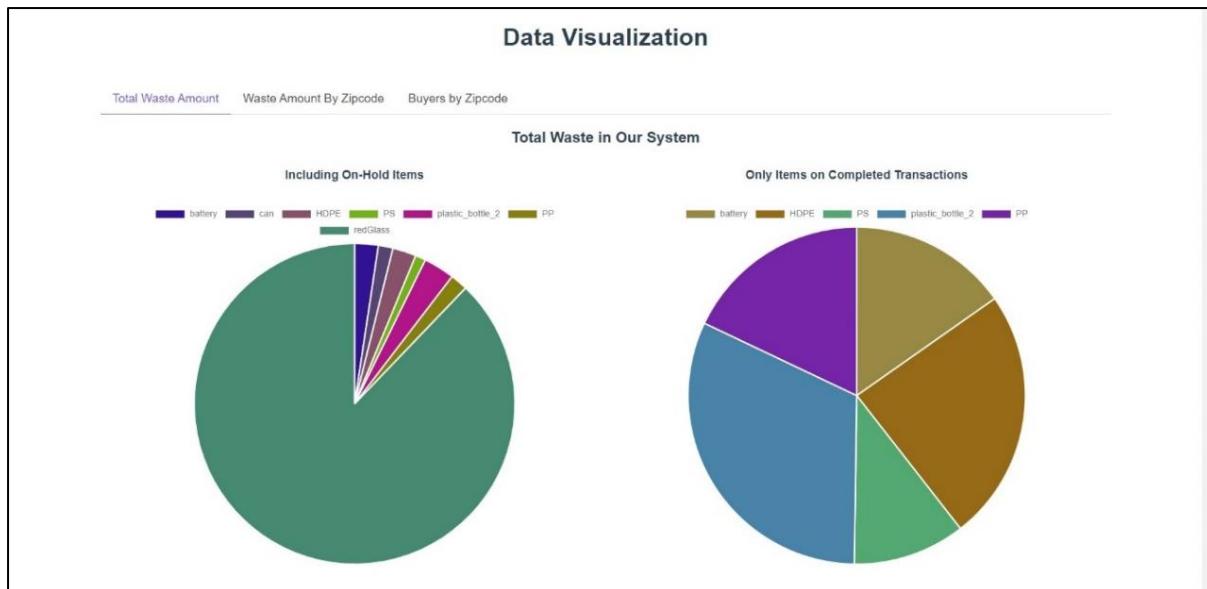


รูปที่ 4.24 การทดสอบสถานะ Transaction ต่าง Action Button ก็จะต่างกัน

## 4.3 Visualized Website

### 4.3.1 การดึงข้อมูลของทั้งหมดภายในระบบ

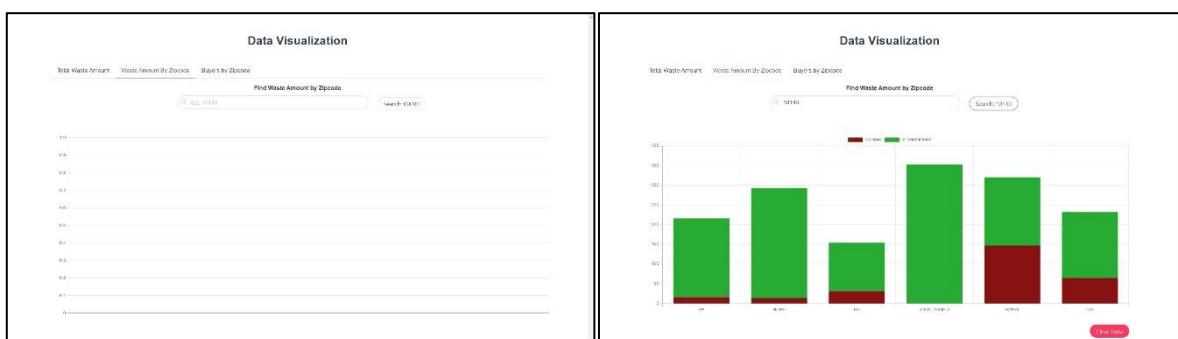
- การดึงข้อมูลออกมาแสดงผลเป็น Pie Chart สามารถทำได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น กรณีที่ฐานข้อมูลใหญ่ขึ้น การดึงข้อมูลออกมาอาจจะช้าลงไปตามลำดับ



รูปที่ 4.25 Pie Chart ที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลจำนวนของภัยในแอปพลิเคชัน

### 4.3.2 การดึงข้อมูลตามรหัสไปรษณีย์

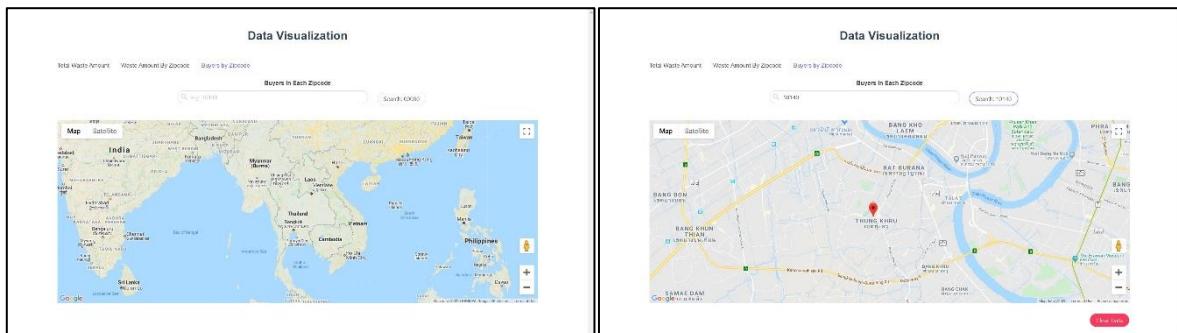
- การดึงข้อมูลของมาแสดงผลเป็น Bar Chart ตามรหัสไปรษณีย์ สามารถทำได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น กรณีที่ฐานข้อมูลใหญ่ขึ้น การดึงข้อมูลออกมาอาจจะช้าลงไปตามลำดับ
- การเปรียบเทียบข้อมูลของ 2 รหัสไปรษณีย์สามารถทำได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น กรณีที่ฐานข้อมูลใหญ่ขึ้น การดึงข้อมูลออกมาอาจจะช้าลงไปตามลำดับ



รูปที่ 4.26 หน้าให้กรอกรหัสไปรษณีย์เพื่อดึงข้อมูลจำนวนของภัยในขอบเขตรหัสไปรษณีย์นั้น

### 4.3.3 การดึงที่อยู่ของผู้รับตามรหัสไปรษณีย์

- การดึงที่อยู่ของผู้รับซึ่งจะแสดงเป็น Marker บน Google Map ตามรหัสไปรษณีย์ สามารถทำได้โดยอ่านคุณต้องและรวดเร็ว แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น กรณีที่ฐานข้อมูลใหม่เข้า การดึงข้อมูล อาจมีเวลาช้าลงไปตามลำดับ



รูปที่ 4.27 หน้าให้กรอกรหัสไปรษณีย์เพื่อดึงข้อมูลที่อยู่ของผู้รับซึ่งจะมาในเขตรหัสไปรษณีย์นั้น

## 4.4 การประเมินผลและความเห็นจากผู้ใช้งาน

เนื่องจากสถานการณ์ของการแพร่ระบาดของ COVID-19 ทำให้ผู้จัดทำต้องเปลี่ยนวิธีการทำแบบสอบถามเป็นการทำแบบสอบถามออนไลน์ โดยทางผู้จัดทำจะให้ผู้ทำแบบสอบถามดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน Expo Client ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทำให้ผู้ทำแบบสอบถามสามารถใช้งานแอปของเราราได้เนื่องจากสถานการณ์ของการแพร่ระบาดของ COVID-19 ทำให้ผู้จัดทำต้องเปลี่ยนวิธีการทำแบบสอบถามออนไลน์ โดยทางผู้จัดทำจะให้ผู้ทำแบบสอบถามดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน Expo Client ที่สามารถดาวน์โหลดได้จากทั้ง Play Store และ App Store ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทำให้ผู้ทำแบบสอบถามสามารถใช้งานแอปพลิเคชันของเราราได้เนื่องจากแอปพลิเคชันของเรานั้นยังไม่ได้ถูกอัปโหลดขึ้น Play Store หรือ App Store โดยทางผู้จัดทำจะส่ง QR Code ซึ่งเป็นลิงค์ที่จะทำการส่งแอปพลิเคชันของเรานั้นไปให้ผู้ทำแบบสอบถามใช้งานผ่านทางแอปพลิเคชัน Expo Client ทั้งนี้การซื้อ-ขายของที่เกิดจากการทดสอบแอปพลิเคชันนี้จะไม่ได้ถูกคำนึงถึงการจริง โดยผู้ทำแบบสอบถามจะได้รับการทำทดสอบในส่วนของผู้ขายของ และผู้จัดทำจะรับบทเป็นผู้รับซื้อของเพื่อให้การซื้อ-ขายในแอปพลิเคชันนั้นสมบูรณ์

ในแบบสอบถามของผู้จัดทำนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

1. ตอนของข้อมูลทั่วไป เป็นการถามข้อมูลเบื้องต้นรวมถึงประสบการณ์การซื้อ-ขายของที่ผ่านมาของผู้ทำแบบสอบถาม
2. ตอนของแบบประเมินแบบให้คะแนน เป็นแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันของในทั้งส่วนของการออกแบบ ประสิทธิภาพ และ การจัดการของ ซึ่งจะแบ่ง 3 ส่วนด้วยกันได้แก่ ส่วนของแอปพลิเคชัน ส่วนของเว็บไซต์ และ ส่วนของการจัดการของ
3. ตอนของแบบสอบถามแบบตาม-ตอบ เป็นการถามความรู้สึก และความคิดเห็นที่มีต่อแอปพลิเคชันนี้ รวมถึงข้อเสนอแนะและข้อควรปรับปรุงด้วย

**ตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจหลังจากการใช้งานระบบคัดแยกขยะโดยใช้เทคนิคการ  
ประมวลผลด้วยภาพและซื้อขายแลกเปลี่ยนขยะ**

---

**คำอธิบาย** แบบสอบถามนี้มี 3 ตอน ขอให้ผู้ตอบแบบสอบถามให้ครบถ้วน 3 ตอน

**ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

1. เพศ  1) ชาย  2) หญิง

2. อายุ

- |   |                                      |   |
|---|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 1) ต่ำกว่า 18 ปี | <input type="checkbox"/> 2) 18-20 ปี | <input type="checkbox"/> 3) 21-25 ปี      |
| <input type="checkbox"/> 4) 26-30 ปี      | <input type="checkbox"/> 5) 31-40 ปี | <input type="checkbox"/> 6) มากกว่า 40 ปี |

3. อาชีพ

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 1) ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ/เจ้าหน้าที่รัฐ | <input type="checkbox"/> 2) พนักงาน/ลูกจ้างเอกชน |
| <input type="checkbox"/> 3) ค้าขาย/ประกอบธุรกิจส่วนตัว                  | <input type="checkbox"/> 4) เกษตรกร              |
| <input type="checkbox"/> 5) รับจ้างทั่วไป                               | <input type="checkbox"/> 6) นักเรียน/นักศึกษา    |
| <input type="checkbox"/> 7) แม่บ้าน/ไม่ได้ประกอบอาชีพ                   | <input type="checkbox"/> อื่นๆ (โปรดระบุ) .....  |

4. เคยขายขยะหรือไม่?  1) เคย  2) ไม่เคย

5. ความตื่นในการขายขยะ

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1) ไม่เคยขาย            | <input type="checkbox"/> 2) อ่านน้อย 1 รอบ/สัปดาห์ |
| <input type="checkbox"/> 3) อ่านน้อย 1 รอบ/เดือน | <input type="checkbox"/> อื่นๆ (โปรดระบุ) .....    |

6. ช่องทางการขายขยะ

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 1) นัดเวลาซื้อ-ขายกับผู้รับซื้อ     | <input type="checkbox"/> 2) รอผู้รับซื้อเดินทางผ่านบริเวณที่อยู่อาศัย |
| <input type="checkbox"/> 3) เดินทางไปขายให้กับสถานที่รับซื้อ | <input type="checkbox"/> อื่นๆ (โปรดระบุ) .....                       |

**ตอนที่ 2 แบบประเมินแบบให้คะแนน**

ประเด็นความกิตติเห็น	ระดับความพึงพอใจ/ความรู้ความเข้าใจ				
	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
<b>ล้วนที่ 1 แอปพลิเคชัน</b>					
<b>ด้านการออกแบบ</b>					
1. ความสวยงามของแอปพลิเคชัน					

2. การจัดวางองค์ประกอบของแอปพลิเคชัน					
3. ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน					
4. การเลือกใช้สัญลักษณ์ที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน ในแอปพลิเคชัน					
5. ความน่าสนใจในการนำเสนอของแอปพลิเคชัน					
<b>ด้านประสิทธิภาพ</b>					
1. ความรวดเร็วของระบบตรวจจับขยะ					
2. ความแม่นยำของระบบตรวจจับขยะ					
3. ความรวดเร็วของระบบค้นหาผู้รับซื้อขยะ					
4. ความรวดเร็วโดยรวมของแอปพลิเคชัน					
<b>ส่วนที่ 2 เว็บไซต์</b>					
<b>ด้านการออกแบบ</b>					
1. ความสวยงามของเว็บไซต์					
2. การจัดวางองค์ประกอบของเว็บไซต์					
3. ความง่ายและสะดวกต่อการใช้งานเว็บไซต์					
4. ความน่าสนใจในการนำเสนอเว็บไซต์					
<b>ด้านประสิทธิภาพ</b>					
1. ความรวดเร็วในการค้นหาแสดงผลของเว็บไซต์					
2. ความรวดเร็วโดยรวมของเว็บไซต์					
<b>ส่วนที่ 3 การจัดการขยะ</b>					
<b>ด้านการจัดการขยะ</b>					
1. เสริมสร้างความเข้าใจในการแยกขยะ					
2. ปริมาณข้อมูลที่เสริมสร้างความรู้ในการแยกขยะ					
3. สร้างความตระหนักรู้ในการคัดแยกขยะ					
4. เสริมสร้างแรงจูงใจในการแยกขยะ					
5. สามารถแยกขยะได้ง่ายขึ้นจากฟังก์ชันตรวจจับขยะ					
6. เพิ่มความสะดวกสบายในการติดต่อผู้รับซื้อขยะ					

7. เพิ่มความสะดวกสบายในการทำการซื้อขายของในแต่ละครั้ง					
8. ข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์สามารถนำไปใช้ต่อได้					

### ตอนที่ 3 แบบสอบถามแบบตาม-ตอบ

1. หลังการทดลองใช้ ท่านคิดว่าแอปพลิเคชันนี้จะทำให้ท่านขายของสะดวกกว่าแบบเดิมหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. หลังการทดลองใช้ ท่านรู้สึกอยากรายบุญมากขึ้นหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ท่านคิดว่าแอปพลิเคชันนี้สามารถช่วยให้จัดการขายโดยไม่ต้องอาศัยความรู้ได้หรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

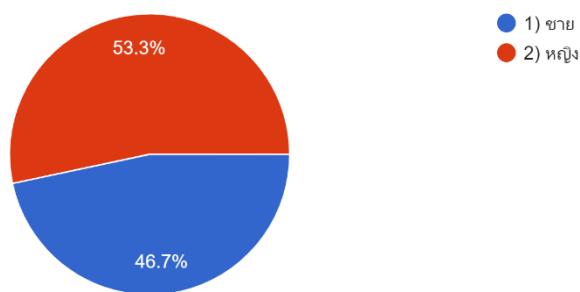
4. ท่านคิดอย่างไรกับการนำข้อมูลในระบบมาทำสรุปเป็นแผนภาพข้อมูล (Visualization) ผ่านเว็บไซต์
- .....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. ข้อควรปรับปรุง/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
- .....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

#### 4.4.1 ผลสำรวจจากการตอบแบบสอบถามของผู้ใช้งาน

1. เพศ

15 responses

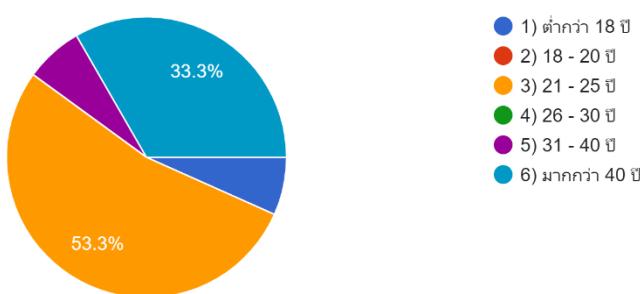


รูปที่ 4.28 สัดส่วนเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการเก็บผลสำรวจ เราได้เก็บโดยสัดส่วนเพศที่เท่ากัน กึ่งคือเพศชายร้อยละ 50 เพศหญิงร้อยละ 50

2. อายุ

15 responses

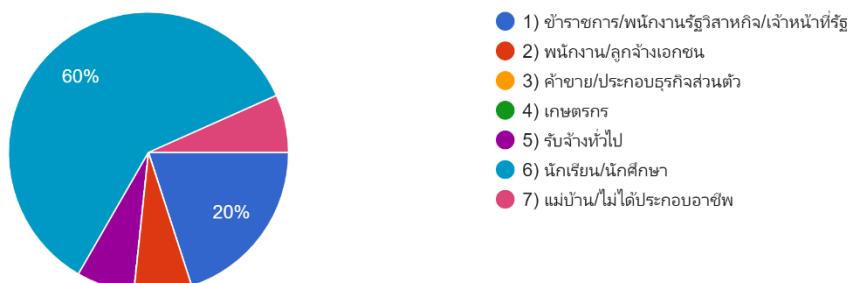


รูปที่ 4.29 สัดส่วนอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

แต่เราจะเก็บแต่ต่างกันในแต่ละช่วงอายุ เพื่อให้ได้ความเห็นที่หลากหลาย แต่โดยส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่ม early adopter ซึ่งมีอายุตั้งแต่ 21 – 25 ปี การทำแบบสำรวจกับกลุ่มนี้จะทำแบบออนไลน์ได้ง่ายกว่าอีกกลุ่มที่มีอายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป ซึ่งจะต้องทดสอบในระยะใกล้ชิดเท่านั้น

3. อาชีพ

15 responses

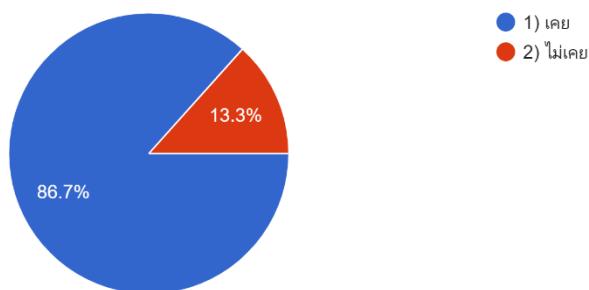


รูปที่ 4.30 สัดส่วนอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม

เช่นเดียวกัน เพราะว่า early adopter ของเรานั้นก็เป็นนักศึกษา สัดส่วนของคนทำแบบทดสอบส่วนใหญ่ จึงเป็นนักศึกษา

#### 4. เคยขายขยะหรือไม่?

15 responses

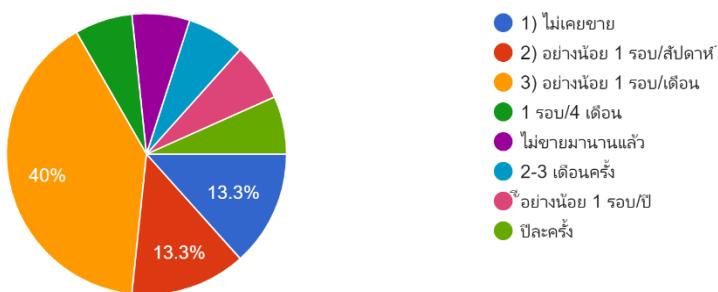


รูปที่ 4.31 สัดส่วนของการขายขยะของผู้ตอบแบบสอบถาม

เป็นที่น่าสนใจว่า คนส่วนใหญ่ที่เราสำรวจนั้นเคยขายขยะมาก่อน ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดสอบ เพราะเรา จะได้รับข้อมูลเพิ่มเติม จากการทำแบบสำรวจว่า เขามีความพึงพอใจกับรูปแบบการขายขยะแบบเดิม หรือแบบใช้งานแอปพลิเคชัน

#### 5. ความถี่ในการขายขยะ

15 responses

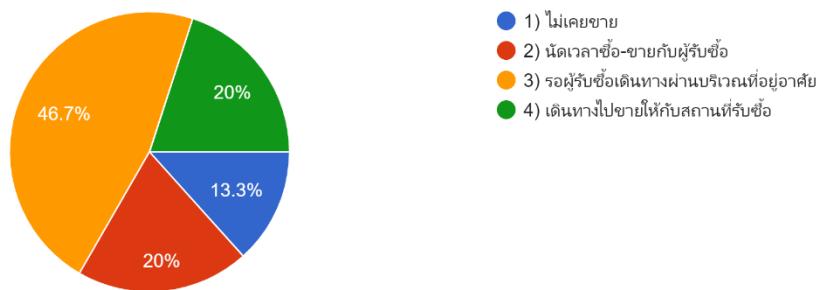


รูปที่ 4.32 สัดส่วนความบ่อยในการขายขยะของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพื่อการเก็บข้อมูลที่ละเอียดขึ้น จึงได้เก็บข้อมูลความถี่ในการขายมาด้วย พนับว่าอย่างน้อยในหนึ่งเดือน ก็ มีการขายขยะ นอกเหนือจากนั้นคือขายบ่อยกว่า 1 เดือน และไม่ขายเลยตามลำดับ

## 6. ช่องทางการขายของ

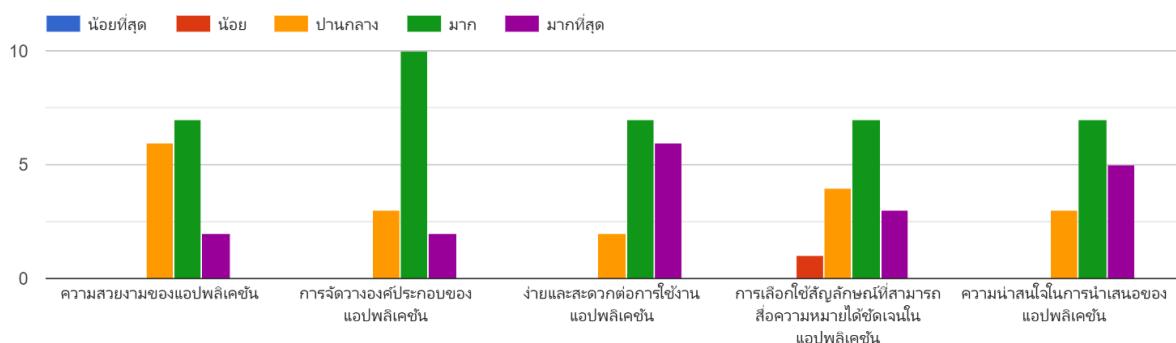
15 responses



รูปที่ 4.33 สัดส่วนช่องทางในการติดต่อขายของผู้ตอบแบบสอบถาม

น่าสนใจที่จำนวนคนขายของด้วยวิธีการเก็บขยะ ไว้กับตัวแล้วรอจนกว่าผู้รับซื้อจะมาซื้อ มีสัดส่วนที่เท่ากับครึ่งหนึ่งของจำนวนผู้ทำแบบสำรวจ รองลงมาคือนัดเดลารีซ์กับผู้รับซื้อ ซึ่งทั้งคู่เป็นกลุ่มตลาดที่แอปพลิเคชันของเรานั้นให้ความสนใจอยู่ ตามมาด้วยกลุ่มที่เดินทางไปขายให้กับสถานที่รับซื้อของยังคงไม่ขาดหาย ในอัตราส่วนที่เท่ากัน

## ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชัน (ด้านการออกแบบ)

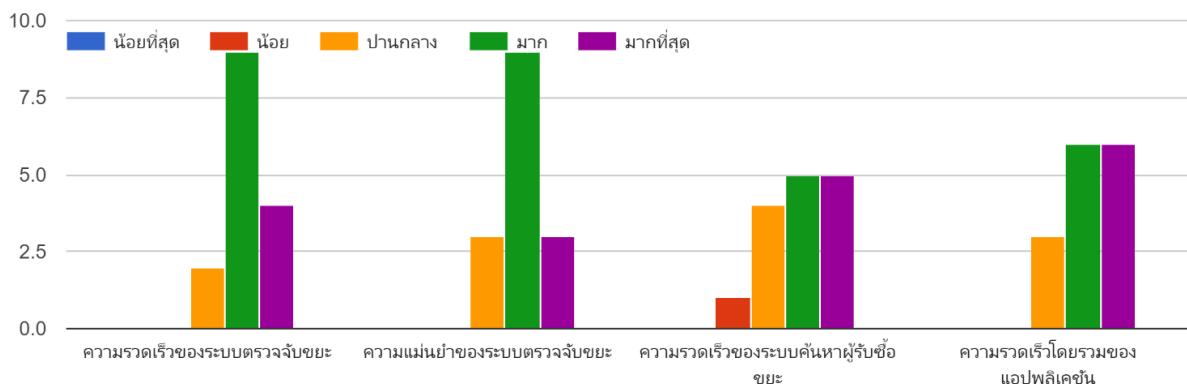


รูปที่ 4.34 การให้คะแนนความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันของผู้ตอบแบบสอบถามในด้านการออกแบบ

ผลลัพธ์ของการให้คะแนนความพึงพอใจของผู้ทำแบบสอบถาม ส่วนใหญ่ให้คะแนน “ปานกลาง” ถึง “มาก” ในส่วนของหน้าตา UI (ความสวยงามและการจัดองค์ประกอบ)

ส่วนในเรื่องของ UX (ความรู้สึกในการใช้งาน) นั้นมีแนวโน้มที่ดีกว่า เพราะคะแนนส่วนใหญ่ไปในทาง “ปานกลาง” ถึง “มากที่สุด” แสดงให้เห็นว่าผู้ทำแบบสอบถามมีความพึงพอใจในความสวยงามและการออกแบบโดยรวมของแอปพลิเคชัน

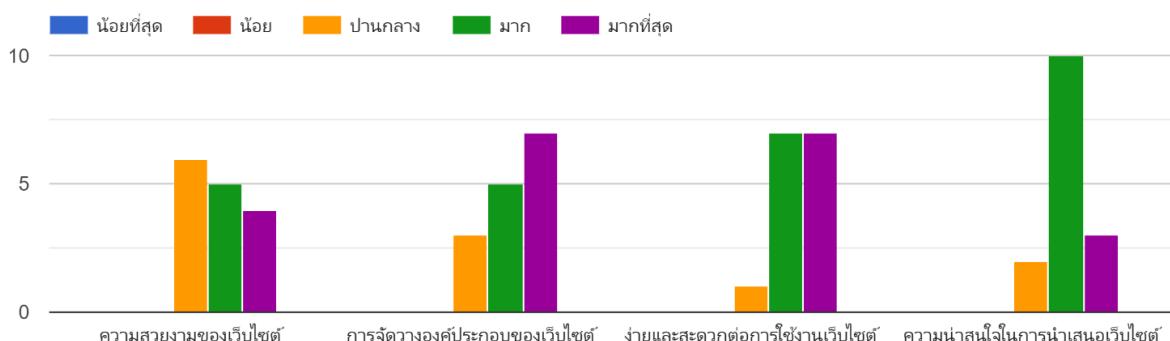
## ส่วนที่ 1 แอปพลิเคชัน (ด้านประสิทธิภาพ)



รูปที่ 4.35 การให้คะแนนความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน

ผลลัพธ์ของการให้คะแนนความพึงพอใจของผู้ที่ทำแบบสอบถาม ส่วนใหญ่ให้คะแนน “มาก” ในส่วนของระบบการตรวจจับขยะและความแม่นยำของการตรวจสอบขยะตัวกล้อง และในส่วนของความเร็วในการค้นหาผู้รับซื้อ ก็มีความพึงพอใจที่ดีมากเหมือนกัน เพราะคะแนนส่วนใหญ่เป็น “มากที่สุด” (สีม่วง)

## ส่วนที่ 2 เว็บไซต์ (ด้านการออกแบบ)

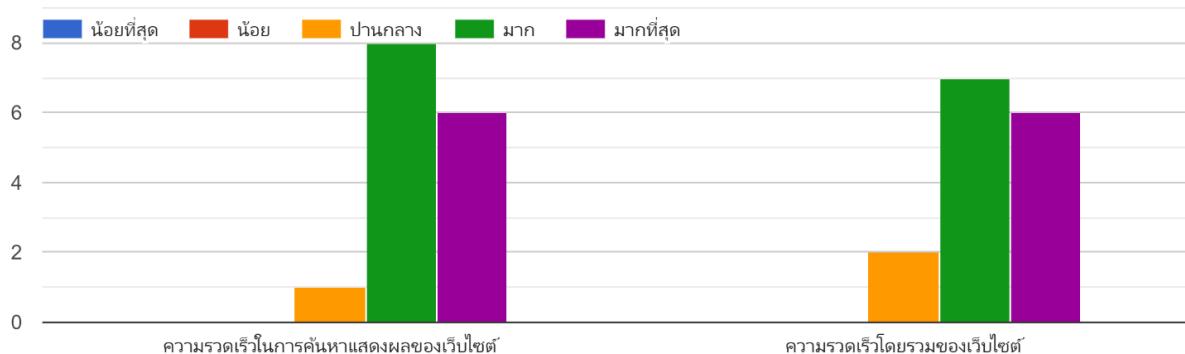


รูปที่ 4.36 การให้คะแนนความพึงพอใจต่อเว็บไซต์ในด้านการออกแบบของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลลัพธ์ของการให้คะแนนความพึงพอใจของผู้ที่ทำแบบสอบถาม ส่วนใหญ่ให้คะแนน “มาก” ในส่วนของเว็บไซต์ในด้านของ UI (ความงามและการจัดองค์ประกอบ) อยู่ที่ “ปานกลาง” ถึง “มากที่สุด”

ส่วน UX (ความรู้สึกจากการใช้งาน และความน่าสนใจ) มีคะแนนที่ดีมาก ก็คือปานกลางถึงมาก แสดงให้เห็นว่าผู้ที่ทำแบบสอบถามมีความพึงพอใจในการออกแบบเว็บไซต์

## ส่วนที่ 2 เว็บไซต์ (ด้านประสิทธิภาพ)

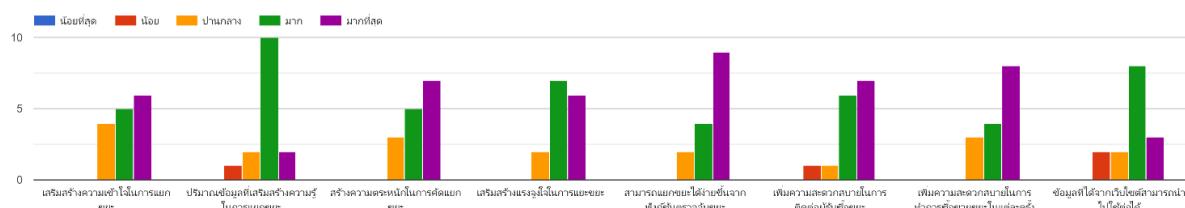


**รูปที่ 4.37 การให้คะแนนความพึงพอใจต่อเว็บไซต์ในด้านประสิทธิภาพการใช้งานของผู้担当แบบสอบถาม**

สำหรับประสิทธิภาพของเว็บไซต์ ผลลัพธ์ของการให้คะแนนความพึงพอใจของผู้担当แบบสอบถาม ส่วนใหญ่ให้คะแนน “มาก” ไปจนถึง “มากที่สุด”

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ร่วมทำแบบทดสอบพอใจในเรื่องประสิทธิภาพของตัวเว็บไซต์

## ส่วนที่ 3 การจัดการขยะ



**รูปที่ 4.38 การให้คะแนนความรู้สึกของผู้ใช้หลังทดลองใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์**

ผลลัพธ์ของการให้คะแนนความพึงพอใจของผู้担当แบบสอบถามในส่วนของความรู้สึกหลังการใช้งาน แอปพลิเคชันและเว็บไซต์นี้มีคะแนนที่สูง จากการที่คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม “มาก” ถึง “มากที่สุด”

#### 4.4.2 สรุปผลการสำรวจจากแบบสอบถาม

##### ด้านแอปพลิเคชัน

ด้านการออกแบบ	$\bar{X}$	S.D.
ความสวยงามของแอปพลิเคชัน	3.733	0.70
การจัดวางองค์ประกอบของแอปพลิเคชัน	3.933	0.59
ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.267	0.70
การเลือกใช้สัญลักษณ์ที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนในแอปพลิเคชัน	3.800	0.86
ความน่าสนใจในการนำเสนอของแอปพลิเคชัน	4.133	0.74
รวม	<b>3.973</b>	<b>0.72</b>

ด้านประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	S.D.
ความรวดเร็วของระบบตรวจสอบข้อมูล	4.133	0.64
ความแม่นยำของระบบตรวจสอบข้อมูล	4.000	0.65
ความรวดเร็วของระบบค้นหาผู้รับซื้อขาย	3.933	0.96
ความรวดเร็วโดยรวมของแอปพลิเคชัน	4.200	0.77
รวม	<b>4.067</b>	<b>0.76</b>

##### ด้านเว็บไซต์

ด้านการออกแบบ	$\bar{X}$	S.D.
ความสวยงามของเว็บไซต์	3.867	0.83
การจัดวางองค์ประกอบของเว็บไซต์	4.267	0.80
ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานเว็บไซต์	4.400	0.63
ความน่าสนใจในการนำเสนอเว็บไซต์	4.067	0.59
รวม	<b>4.150</b>	<b>0.71</b>

ด้านประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	S.D.
ความรวดเร็วในการค้นหาและแสดงผลของเว็บไซต์	4.333	0.62
ความรวดเร็วโดยรวมของเว็บไซต์	4.267	0.70
รวม	<b>4.300</b>	<b>0.66</b>

### ด้านการจัดการขาย

การจัดการขาย	$\bar{X}$	S.D.
เสริมสร้างความเข้าใจในการแยกขาย	4.133	0.83
ปริมาณข้อมูลที่เสริมสร้างความรู้ในการแยกขาย	3.867	0.74
สร้างความตระหนักในการคัดแยกขาย	4.267	0.80
เสริมสร้างแรงจูงใจในการแยกขาย	4.267	0.70
สามารถแยกขายได้ง่ายขึ้นจากพื้นที่ชั้นตรวจสอบของขาย	4.467	0.74
เพิ่มความสะดวกสบายในการติดต่อผู้รับซื้อขาย	4.267	0.88
เพิ่มความสะดวกสบายในการทำการซื้อขายเบย์ในแต่ละครั้ง	4.333	0.82
ข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์สามารถนำไปใช้ต่อได้	3.800	0.94
รวม	<b>4.175</b>	<b>0.81</b>

จากการสำรวจผู้ใช้งานจำนวน 15 คน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่ม กึ่กี้ กลุ่มที่เคยขายขาย กับกลุ่มที่ไม่เคยขายมาก่อน เป็นร้อยละ 85.7 และ 14.3 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มที่สอง พบว่าในภาพรวม ผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน และเว็บไซต์ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยการให้คะแนนรวม ของผู้ใช้ในด้านต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 4 นอกเหนือไปจากนี้ แบบสำรวจในด้านการจัดการขาย พบว่า แอปพลิเคชันนี้ ได้ตอบตรงตามวัตถุประสงค์ โดยสรุปจากคะแนนเฉลี่ยที่ผู้ใช้ให้ ซึ่งเท่ากับ 4.175 ประกอบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81

## บทที่ 5

### สรุปผลและอภิปราย

ในการจัดทำโครงการนี้ขึ้นมา ผู้จัดทำมีความประسังค์ที่จะให้ความรู้ในการจัดการขยะอย่างมีประสิทธิภาพ เสริมสร้างความสัมภัยในการซื้อขายขยะ และสร้างช่องทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขยะ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ซึ่งโครงงานนี้สามารถแบ่งออกเป็นไปได้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของแอปพลิเคชัน โมเดล และเว็บไซต์ โดยที่โครงงานนี้ ได้ทำการทดสอบตามที่ต้องการ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และยังตอบตรงตามวัตถุประสงค์ตามผลสรุปของแบบสอบถามในบทที่ 4 แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีส่วนที่เป็นข้อบกพร่องในแต่ละส่วนที่แตกต่างกันออกໄປ เช่นกัน

ในการดำเนินงานของการพัฒนาและทดสอบแอปพลิเคชันนั้นเป็นไปได้ลุล่วงด้วยดี โดยใช้ React Native และ Firebase ในการพัฒนาขึ้นมา อาจมีซ้ำกันว่ากำหนดการบ้างเล็กน้อยเช่น เนื่องจากตัวแอปพลิเคชันไม่ว่าจะเป็นเรื่องหน้าตา สี หรือการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ภายในแอปพลิเคชัน ต้องอัพโหลดไฟล์ JavaScript Bundle ขึ้น Expo Environment ก่อน ทำให้เวลาที่ใช้มากขึ้นในการพัฒนาหรือทดสอบความถูกต้อง นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องการของ การออกแบบ UI ในอุปกรณ์โทรศัพท์หรือแท็บเล็ตที่ไม่เหมือนกัน และยังมีเรื่องของระบบปฏิบัติการที่ต่างกันอีก ทำให้เป็นเรื่องยากที่จะสามารถทำให้แอปพลิเคชันนี้สามารถแสดง UI ออกมาได้เป็นดังที่หวังไว้บนอุปกรณ์ทุกชนิด นอกจากนี้ยังมีปัญหาที่บาง library ไม่สามารถใช้ได้ จากการที่พัฒนาแอปพลิเคชันผ่าน Expo ทำให้ต้องเปลี่ยนบางฟังก์ชันขึ้นมาเอง หรือเปลี่ยนไปใช้วิธีอื่นแทน และเนื่องด้วยผู้จัดทำใช้ Expo ในการพัฒนาแอปพลิเคชันขึ้นมา ทำให้การใช้งานแอปพลิเคชันของเราตอนนี้ยังต้องเรียกใช้ผ่านตัวของ Expo อีกทีหนึ่งด้วย แต่นอกเหนือจากนี้แล้ว ทั้งการรวมเข้ากับตัวของ Firebase และ Google Maps Service การเชื่อมต่อ กับตัวของ Waste Detection Model บน GCP ทุกอย่างเป็นไปได้อย่างราบรื่น ไม่มีปัญหาใดๆ

ในส่วนของการพัฒนาตัวของ Waste Detection Model นั้น ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบ Faster RCNN ที่เป็นเคยเป็น State of the art ในด้านการประมวลผลด้วยภาพ เทียบกับ YOLOv3 ซึ่งเป็นอิก architecture ที่มีประสิทธิภาพด้านความเร็วสูงที่สุด หลังจากการทดสอบแล้วพบว่าถึงแม้ว่าค่าตัวเลขของ YOLOv3 จะมีเลขที่สูงกว่า Faster RCNN แต่เมื่อนำมาทดลองจริงแล้ว ก่อนข้างที่จะแยก เมื่อเทียบกับ Faster RCNN ทำให้ผู้จัดทำเลือกใช้ Faster RCNN แม้ตัวเลขจากการทดสอบของ YOLOv3 จะสูงกว่าก็ตาม และเพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผล ทดสอบจากการใช้ YOLOv3 ผู้จัดทำได้นำตัวโมเดลนี้ขึ้นไปบน GCP เพื่อให้การประมวลผลของโมเดลเร็วมากขึ้น โดยเวลาที่ใช้จะอยู่ที่ประมาณ 2 วินาที สำหรับการเหรอค์ผู้จัดทำได้ทำ

การเทรนด์โมเดลเป็นจำนวน 360 epochs และปรากฏว่าผลลัพธ์ที่เมื่อวัดเป็นค่า mAP และอยู่ที่ 0.878 แต่ค่าที่สูงกว่านี้เกิดจากการที่โมเดลของคณะผู้จัดทำเกิด Overfitting ซึ่งส่งผลให้รูปที่ใช้จริงบางรูป ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร เช่น การทำนายวัตถุชนิดที่เป็นของใส คือ แก้วขาว ขวดพลาสติก และ แก้วพลาสติกที่ไม่ถูกต้องน้อยเนื่องจากมีลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ใกล้เคียงกัน และการทำนายวัตถุที่พื้นหลังของรูปนั้นเป็นสีขาวล้วน จะทำนายว่าพื้นหลังนั้นเป็นกระดาษขาว นอกจากนี้ยังมีปัญหาการใช้งาน tensorflow serving ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการสร้างเซิร์ฟเวอร์การทำนายผลด้วยโมเดล เกิดบัคในการ export ข้อมูลในโมเดลที่สร้างด้วย keras เพื่อนำไปใช้งานใน tensorflow serving ทำให้ผลลัพธ์จากการทำนายที่ออกมากจากใช้โปรแกรม tensorflow serving มีค่าผิดเพี้ยนจากปกติ แต่ก็แก้ปัญหานี้โดยการ deploy แบบปกติ ซึ่งได้ประสิทธิภาพที่ไม่ดีเท่าการใช้โปรแกรม tensorflow serving กล่าวคือการพัฒนาโมเดลนั้นถึงจะมีปัญหานำเล็กน้อย แต่ก็สามารถดำเนินไปได้อย่างไม่มีปัญหามากนัก และ โมเดลก็สามารถแยกประเภทยะนั้นได้อย่างแม่นยำตราใดที่รูปที่ส่งเข้ามานั้นไม่ได้มีชื่อกันหลายๆ ประเภท

ส่วนของการพัฒนาเว็บไซต์นั้น ระบบรุ่นใหม่มีปัญหาใหญ่ เหตุผลหลักเป็นเพราะว่าเป็นส่วนที่มีรายละเอียดน้อยที่สุดแล้วเมื่อเทียบกับอีก 2 ส่วนที่เหลือ โดยผู้จัดทำได้ใช้ VueJS และ ChartJS ในการพัฒนา เว็บไซต์ขึ้นมา ซึ่งที่ข้อมูลในส่วนของเว็บไซต์ที่แสดงผลนั้น ตอนนี้ยังขึ้นอยู่กับข้อมูลจริงภายในฐานข้อมูล ของแอปพลิเคชัน ทำให้ข้อมูลที่แสดงผลออกมาตอนนี้ยังเป็นเพียงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการทดลองในการใช้แอปพลิเคชันเท่านั้น ส่งผลให้กราฟ หรือข้อมูลต่างๆ ที่แสดงออกมานั้นเว็บไซต์ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ หรือนำไปต่อยอดต่างๆ ได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น หากตัวของแอปพลิเคชันของเราเกิดการใช้งานขึ้นจริงแล้ว ข้อมูลที่แสดงอยู่บนเว็บไซต์นั้นจะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ต่างๆ ได้อย่างเช่นการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่จะก่อสร้างโรงเรียน จากจำนวนข้อมูลการซื้อขายภายในแอปพลิเคชัน เป็นต้น

อย่างที่กล่าวไปทั้งหมด ถึงแม้ว่าส่วนต่างๆ ภายในโครงงานยังมีข้อบกพร่องบางประการ แต่ก็ข้อบกพร่องต่างๆ เหล่านี้ทั้งหมดสามารถถูกนำมาแก้ไขและปรับปรุงได้ในอนาคต โดยจะมีเรื่องของการพัฒนาแอปพลิเคชันให้คุณนำไปใช้งานมากยิ่งขึ้น และมี UI ที่แสดงผลเหมือนกันในทุกอุปกรณ์ การปรับปรุงตัวโมเดลให้ overfit น้อยลง และครอบคลุมประเภทยะให้มากขึ้น และเรื่องของข้อมูลที่แสดงผลภายในเว็บไซต์ ก็สามารถนำมาปรับปรุงต่อยอดได้ด้วยการทดลองใช้จริง และเก็บผลการใช้งาน นอกจากนี้แอปพลิเคชันนี้ยังสามารถนำมาต่อยอดเพิ่มเติมในด้านอื่นๆ ได้อีก เช่นการเพิ่ม chatroom สำหรับผู้ซื้อขายยะให้สามารถติดต่อกันได้สะดวกมากยิ่งขึ้น การพัฒนา API ให้สำหรับทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อให้นำข้อมูลภายในบางอย่างไปใช้ได้ การนำตัวแอปพลิเคชันลง Google play store และ App store เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถโหลดมาใช้งานได้โดยไม่ต้องผ่านโปรแกรม Expo และเพิ่ม Data Visualization ที่อาจจะเป็น insight ที่เป็นประโยชน์ให้มากขึ้นบน Visualized Website ทั้งนี้ทั้งนั้น ผู้จัดทำได้เรียนรู้สิ่งต่างๆ มากมายจากการ

พัฒนาโครงการครั้งนี้ ทำให้ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการคัดแยกขยะ การทำแอลพลิเคชัน การทำโมเดล การทำเว็บไซต์ และการใช้เครื่องมือและ library ต่างๆ มากมาย ซึ่งผลลัพธ์ที่ออกมานั้นก็ยังเป็นที่น่าพึงพอใจ ดังนั้นผู้จัดทำจึงเชื่อว่า โครงการนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการจัดการขยะในประเทศไทยในอนาคต ไม่นานก็น้อย

## บรรณานุกรม

- [1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2562). สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2561 [PDF File]. กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก <[http://www.pcd.go.th/file/Thailand%20Pollution%20Report%202018\\_Thai.pdf](http://www.pcd.go.th/file/Thailand%20Pollution%20Report%202018_Thai.pdf)>
- [2] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากขยะมูลฝอย. กรมควบคุมมลพิษ. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2562. <[http://www.pcd.go.th/info\\_serv/waste\\_rubbish.htm](http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_rubbish.htm)>
- [3] Piyaporn Wongruang (2018). **SPECIAL REPORT: Alarm raised as Thailand drowns in plastic trash.** The Nation Thailand. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กันยายน 2562. <<https://www.nationthailand.com/national/30344702>>
- [4] S Vassanadumrongdee, S Kittipongvises (2018). **Factors influencing source separation intention and willingness to pay for improving waste management in Bangkok, Thailand.** Sustainable Environment Research, vol. 28, no. 2, pp. 90-99
- [5] AW Ando, AY Gosselin (2005). **Recycling in multifamily dwellings: does convenience matter?** Economic inquiry 43 (2), pp. 426-438
- [6] SF Sidique, F Lupi, SV Joshi (2010). **The effects of behavior and attitudes on drop-off recycling activities.** Resources, Conservation and Recycling, vol. 54, no. 3, pp. 163-170
- [7] Anna Bernstad (2014). **Household food waste separation behavior and the importance of convenience.** Waste Management, vol. 34, no. 7, pp. 1317-1323
- [8] TTP Nguyen, D Zhu, NP Le (2015). **Factors influencing waste separation intention of residential households in a developing country: Evidence from Hanoi, Vietnam.** Habitat International, vol. 48, pp. 169-176
- [9] WAWAK Ghani, IF Rusli, DRA Biak, A Idris (2013). **An application of the theory of planned behaviour to study the influencing factors of participation in source separation of food waste.** Waste management, vol. 33, no. 5, pp. 1276-1281
- [10] Wongpanit (2551). **Catalog of Products** [PDF File]. Wongpanit. สืบค้นจาก <[http://www.wongpanit.com/assets/public/uploads/docs/Catalog\\_pdf/Catalog\\_01.pdf](http://www.wongpanit.com/assets/public/uploads/docs/Catalog_pdf/Catalog_01.pdf)>
- [11] Thomas Gennaro (2561). **Time to declare war on plastic in Thailand.** Asian Itinerary. สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน 2562 จาก <<https://asianitinerary.com/time-declare-war-plastic-thailand>>

- [12] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2018). **การคัดแยก เก็บรวบรวมและขันส่งขยะมูลฝอย.** สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2562 จาก <[http://www.pcd.go.th/info\\_serv/waste\\_garbage.html#s4](http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_garbage.html#s4)>
- [13] Dana H. Ballard; Christopher M. Brown (1982). **Computer Vision.** Prentice Hall. ISBN 978-0-13-165316-0.
- [14] Huang, T. (1996-11-19). **Vandoni, Carlo, E (ed.). Computer Vision : Evolution And Promise.** 19th CERN School of Computing. Geneva: CERN. pp. 21–25. doi:10.5170/CERN-1996-008.21. ISBN 978-9290830955.
- [15] Milan Sonka; Vaclav Hlavac; Roger Boyle (2008). **Image Processing, Analysis, and Machine Vision.** Thomson. ISBN 978-0-495-08252-1.
- [16] Hubel DH, Wiesel TN (1968). **Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex.** J Physiol 195:215–243
- [17] Fukushima K (1980). **Neocognitron: a self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position.** Biol Cybern 36:193–202
- [18] Statcounter (2019). **Mobile Operating System Market Share Worldwide.** Statcounter. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2562. <<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>>
- [19] John A. Calderaio (2017). **Comparing the Performance between Native iOS (Swift) and React-Native.** Medium. สืบค้นเมื่อ 27 กันยายน 2562. <<https://medium.com/the-react-native-log/comparing-the-performance-between-native-ios-swift-and-react-native-7b5490d363e2>>
- [20] Fei-Fei Li, Justin Johnson, & Serena Yeung (2017). **Lecture 9: CNN Architectures [PowerPoint slides].** Stanford. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2562. พฤศจิกายน 2562. จาก <[http://cs231n.stanford.edu/slides/2017/cs231n\\_2017\\_lecture9.pdf](http://cs231n.stanford.edu/slides/2017/cs231n_2017_lecture9.pdf)>
- [21] Aston Zhang, Zachary C. Lipton, Mu Li, and Alexander J. Smola (2019). **Dive into Deep Learning.** D2L. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2562. จาก <<https://d2l.ai/d2l-en.pdf>>
- [22] Arthur Douillard (2018). **Selective Search for Object Recognition.** Arthurdouillard. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2562. จาก <<https://arthurdouillard.com/post/selective-search/>>
- [23] Schuyler Smith (2014). **Selective Search for Object Recognition [PowerPoint slides].** Stanford. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2562. พฤศจิกายน 2562. จาก <[http://vision.stanford.edu/teaching/cs231b\\_spring1415/slides/sssearch\\_schuyler.pdf](http://vision.stanford.edu/teaching/cs231b_spring1415/slides/sssearch_schuyler.pdf)>
- [24] He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). **Deep residual learning for image recognition.** In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778).

- [25] Pulkit Sharma (2018). **A Step-by-Step Introduction to the Basic Object Detection Algorithms.** Analyticsvidhya. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2562. จาก <<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/10/a-step-by-step-introduction-to-the-basic-object-detection-algorithms-part-1/>>
- [26] Shilpa Ananth (2019). **Faster R-CNN for object detection.** TowardDataScience. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2562. จาก <<https://towardsdatascience.com/faster-r-cnn-for-object-detection-a-technical-summary-474c5b857b46>>
- [27] Shilpa Ananth (2019). **Fast R-CNN for object detection.** TowardDataScience. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2562. จาก <<https://towardsdatascience.com/fast-r-cnn-for-object-detection-a-technical-summary-a0ff94faa022>>
- [28] Fei-Fei Li, Justin Johnson, & Serena Yeung (2017). **Lecture 11: Detection and Segmentation [PowerPoint slides].** Stanford. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2562. จาก <[http://cs231n.stanford.edu/slides/2017/cs231n\\_2017\\_lecture11.pdf](http://cs231n.stanford.edu/slides/2017/cs231n_2017_lecture11.pdf)>
- [29] Sik-Ho Tsang (2019). **Review: YOLOv3 — You Only Look Once (Object Detection).** TowardDataScience. สืบค้นเมื่อ 30 มกราคม 2562. จาก <<https://towardsdatascience.com/review-yolov3-you-only-look-once-object-detection-eab75d7a1ba6>>
- [30] codediodeio (2018). **Geolocation Queries with Firestore & RxJS.** GitHub. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2563. จาก <<https://github.com/codediodeio/geofirex>>
- [31] Chris Veness (2014). **Geohashes.** Movable Type Scripts. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2563. จาก <<https://www.movable-type.co.uk/scripts/geohash.html>>