การจัดการที่จอดรถโดยใช้การตรวจจับวัตถุและการจดจำป้ายทะเบียน

Parking Lot Management using Object Detection and License Plate Recognition

ชยนันท์ ตันตสิรินทร์

CHAYANAN TANTASIRIN

ชวิศ รุจิชาญ

CHAVIS RUJICHAN

นเรศ วงศ์เสรีวัฒนา

NARATE VONGSEREWATTANA

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การจัดการที่จอดรถโดยใช้การตรวจจับวัตถุและการจดจำป้ายทะเบียน

Parking Lot Management using Object Detection and License Plate Recognition

โดย

ชยนันท์ ตันตสิรินทร์

ชวิศ รุจิชาญ

นเรศ วงศ์เสรีวัฒนา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจัดการที่จอดรถโดยใช้การตรวจจับวัตถุและการจดจำป้ายทะเบียน

Parking Lot Management using Object Detection and License Plate Recognition

ผู้จัดทำ นาย ชยนันท์ ตันตสิรินทร์ รหัสประจำตัว 60010203

นาย ชวิศ รุจิชาญ รหัสประจำตัว 60010213

นาย นเรศ วงศ์เสรีวัฒนา รหัสประจำตัว 60010511

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อโครงงาน	การจัดการที่จอดรถโดยใช้การตรวจจับวัตถุและการจดจำป้ายทะเบียน	
นักศึกษา	นาย ชยนันท์ ตันตสิรินทร์	รหัสประจำตัว 60010203
	นาย ชวิศ รุจิชาญ	รหัสประจำตัว 60010213
	นาย นเรศ วงศ์เสรีวัฒนา	รหัสประจำตัว 60010511
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2563	
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการจัดการที่จอดรถโดยใช้การตรวจจับวัตถุและการจดจำป้ายทะเบียน (Parking Lot Management using Object Detection and License Plate Recognition) มีจุดประสงค์ทำขึ้นเพื่อศึกษาทฤษฎีหลักการประมวลผลด้วยภาพ (Image processing) และศึกษาทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) โดยใช้ Framework ที่ชื่อว่า YOLOv5 เป็นส่วนหลักในการตรวจจับรถยนต์ ยี่ห้อ และป้ายทะเบียน ในส่วนของการแยกยี่ห้อรถยนต์นั้นใช้ Transfer Learning ด้วย weight ที่ถูกเทรนมาจากโมเดลที่ชื่อว่า SqueezNet ที่มีจุดเด่นที่เล็กและมีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับโมเดลที่มีขนาดใหญ่กว่าในการคัดแยกยี่ห้อรถ และในส่วนของการทำการตรวจจับตรวจอักษรในป้ายทะเบียนนั้น จะใช้ Framework ที่ชื่อว่า Tesseract ในการอ่านตัวอักษรที่อยู่บนป้ายทะเบียน และนำข้อมูลทั้งหมดบันทึกการเข้าจอดรถยนต์แทนการเข้าแบบปกติของลานจอดรถทั่วไปที่ต้องใช้เจ้าหน้าที่ในการบันทุกข้อมูล เพื่อให้บริการการจอดรถนั้นใช้คนน้อยที่สุดรวมถึงสะดวกรวดเร็วต่อผู้ใช้งานและลดการเกิดจราจรติดขัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Project Title	Parking Lot Management using Object Detection and License Plate Recognition		
Student	Mr. Chayanan Tantasirin	Student ID	60010203
	Mr. Chavis Rujichan	Student ID	60010213
	Mr. Narate Vongserewattana	Student ID	60010511
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronics Engineering		
Year	2020		
Project Advisor	Assoc. Prof. Dr. Pattarapong Phasukkit		

ABSTRACT

This project Parking Lot Management using Object Detection and License Plate, with the purpose of studying the theory of image processing and the theory of Neural Network using Framework called YOLOv5 for the object detection part including brand and license plate. For classification part, pretrained weight from SqueezNet is used to do Transfer Learning. Lastly the detected license plate will be read with Tesseract and all of the predictions will be recorded. With this effort this project, it will replace the traditional car management method because of its convenient and cost.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงาน “การจัดการที่จอดรถโดยใช้การตรวจจับวัตถุและการจดจำป้ายทะเบียน” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาจาก รศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยช่วยเหลือในการทดลองการทำโครงงาน และให้ความรู้รวมถึงการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการทำโครงงานนี้ ผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆและรุ่นพี่ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจในการทำโครงงาน รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงานนี้ทั้งหมด ทำให้ผลของโครงงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ชยนันท์ ตันตสิรินทร์
ชวิศ รุจิชาญ
นเรศ วงศ์เสรีวัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญ (ต่อ) V

สารบัญ (ต่อ) VI

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป VIIII

สารบัญรูป (ต่อ) IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขต 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1

1.5 ระยะเวลาในการทำ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 Convolutional Neural Network 3

2.2 Convolutional Layer 3

2.3 Pooling Layer 4

2.4 Fully Connected Layer 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 Raspberry Pi 5
2.6 ภาษา Python 5
2.7 RTSP (Real Time Streaming Protocol) 6
2.8 Docker CE 6
2.9 Microservice 7
2.10 YOLOv5 7
2.11 Vue.JS 7
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 9
3.1 Raspberry Pi 3 9
3.2 รวบรวม Dataset 9
3.3 เตรียม Server สำหรับ run model 11
3.4 เทรนโมเดล (Object Detection) 112
3.5 เทรนโมเดล (Brand Classification) 12
3.6 เทรนโมเดล (Color Classification) 123
3.7 Optical Character Recognition (OCR) 144
3.8 การใช้งาน 15
3.9 การแสดงข้อมูลการเข้า - ออกของรถยนต์ในระบบ 15
บทที่ 4 ผลการทดลอง 188
4.1 คุณสมบัติของโครงงาน 188
4.2 ผลการทดลอง 188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 รูปจากการทดลอง 25

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 27

5.1 สรุปผลการทดลอง 27

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 27

เอกสารอ้างอิง 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4.1 ผลการจำแนกยี่ห้อ Mazda จากรูปภาพ 18
ตารางที่ 4.2 ผลการจำแนกยี่ห้อ Toyota จากรูปภาพ 18
ตารางที่ 4.3 ผลการจำแนกยี่ห้อ Honda จากรูปภาพ 18
ตารางที่ 4.4 ผลการจำแนกยี่ห้อ Mitsubishi จากรูปภาพ 18
ตารางที่ 4.5 ผลการจำแนกยี่ห้อ Nissan จากรูปภาพ 19
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการทำ Object detection 19
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการทำ Optical character recognition 20
ตารางที่ 4.8 ผลการจำแนกสีดำจากรูปภาพ 21
ตารางที่ 4.9 ผลการจำแนกสีน้ำเงินจากรูปภาพ 21
ตารางที่ 4.10 ผลการจำแนกสีเขียวจากรูปภาพ 22
ตารางที่ 4.11 ผลการจำแนกสีจากรูปภาพ 22
ตารางที่ 4.12 ผลการจำแนกสีแดงจากรูปภาพ 23
ตารางที่ 4.13 ผลการจำแนกสีขาวจากรูปภาพ 23
ตารางที่ 4.14 ผลการจำแนกสีเหลืองจากรูปภาพ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของ Convolutional Neural Network....3
รูปที่ 2.2 Convolutional Layer....3
รูปที่ 2.3 Pooling layer แบบ Max pooling....4
รูปที่ 2.4 Fully Connected Layer....4
รูปที่ 2.5 Raspberry Pi 3....5
รูปที่ 2.6 Docker Architecture....7
รูปที่ 2.7 Monolithic vs Microservice....7
รูปที่ 2.8 กราฟเปรียบเทียบ Yolov5....8
รูปที่ 3.1 Raspberry Pi 3 with Pi camera....9
รูปที่ 3.2 Web Scraping....9
รูปที่ 3.3 labelbox.com....10
รูปที่ 3.4 ตัวอย่าง label.txt....10
รูปที่ 3.5 ตัวอย่าง dataset....10
รูปที่ 3.6 NVIDIA Container Toolkit....11
รูปที่ 3.7 ตัวอย่าง terminal ภายใน container....12
รูปที่ 3.8 Brand Classification Loss....13
รูปที่ 3.9 Brand Classification Accuracy....13
รูปที่ 3.10 Color Classification Accuracy....13
รูปที่ 3.11 Color Classification Accuracy....13
รูปที่ 3.12 pytesseract....15
รูปที่ 3.13 parking list page....15
รูปที่ 3.14 monitoring page....15
รูปที่ 3.15 car list page....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 3.16 paying page 15
รูปที่ 4.1 รูปผลการทดลองที่ 1 25
รูปที่ 4.2 รูปผลการทดลองที่ 2 25
รูปที่ 4.3 รูปผลการทดลองที่ 3 26
รูปที่ 4.4 รูปผลการทดลองที่ 4 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเนื่องจากการพัฒนาอุตสาหกรรมรถยนต์ที่เติบโตขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้มีการใช้รถยนต์ในประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้นโดยอัตราการใช้รถยนต์ที่เพิ่มขึ้นในประเทศไทยเฉลี่ย 10 ปี สูงถึง 97 คันต่อชั่วโมง ทำให้ต้องมีการขยายตัวของระบบรองรับ และการเก็บเงินที่จอดรถ ที่สำหรับทั่วไปจะต้องมีไว้สำหรับสิ่งปลูกสร้างเช่น สำนักงาน โรงแรม คอนโด โครงการหมู่บ้านต่าง ๆ โรงงาน ฯลฯ โดยในปัจจุบันมีทั้ง การจัดการด้วยการใช้คนทำโดยมีการบันทึกด้วยสมุดจด และทั้งที่เป็นการจัดการแบบที่เป็นคนทำแต่มีการใช้คอมพิวเตอร์มาบันทึกเพื่อคำนวนที่จอดรถและค่าจอดรถ แต่ก็ยังมีปัญหาเรื่องความสะดวกรวดเร็วอยู่เนื่องจากบางพื้นที่ที่มีพื้นที่การตรวจรถเข้า-ออกน้อย และความเร็วขึ้นอยู่กับการปฏิบัติงานของคน ทำให้เกิดการจราจรที่ติดขัดได้

เราจึงคิดค้นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยนำเอาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพดิจิตอล และเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ มาประยุกต์ใช้ในการทำระบบการจัดการการจอดรถที่สามารถเพิ่มทั้งประสิทธิภาพความแม่นยำของการบันทึกข้อมูล และความรวดเร็วในการตรวจรถทั้งในทางเข้าและออกจากที่จอดรถ โดยตัวระบบสามารถแยกยี้ห้อ รุ่น สี และอ่านป้ายทะเบียนของรถยนต์ได้โดยใช้เวลาที่น้อยกว่า

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีหลักการประมวลผลด้วยภาพ (Image Processing)

1.2.2 เพื่อศึกษาทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

1.2.3 เพื่อศึกษาการตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

1.2.4 เพื่อศึกษาการปรับใช้ปัญญาประดิษฐ์ในระบบขนาดใหญ่

1.3 ขอบเขต

1.3.1 สามารถตรวจจับรถยนต์ที่เข้า-ออกได้

1.3.2 สามารถอ่านป้ายทะเบียนรถยนต์

1.3.3 สามารถระบุยี่ห้อของรถยนต์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ต่อยอดหรือพัฒนางานอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4.2 มีทักษะกระบวนการคิด การทำงานและการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

1.4.3 เข้าใจหลักการทำงานและภาพรวมของการนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้งานจริง

1.4.4 เข้าใจหลักการทำงานของการประมวลผลด้วยภาพ (Image Processing) และโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

1.5 ระยะเวลาในการทำ

แผนงานครั้งที่ 1 : ตั้งแต่วันที่ 3 สิงหาคม 2563 –31 กันยายน 2563

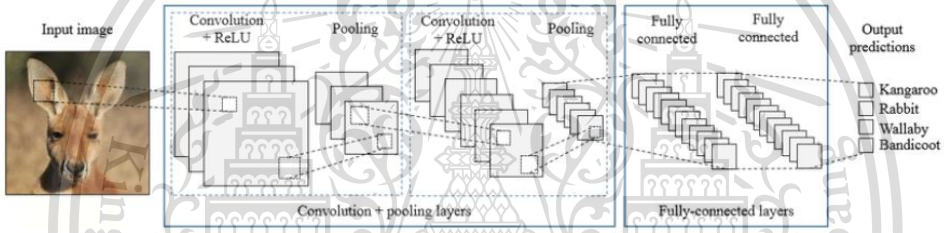
รายละเอียด	**สัปดาห์ที่**							
	1	2	3	4	5	6	7	8
เก็บ Dataset รถ (Web Scraping)	←	→						
ศึกษากระบวนการทำ Object Detection		←	→					
ศึกษาโมเดลทำ Classification				←	→			
ศึกษาการยิงภาพจาก Raspberry Pi ด้วยวิธีต่างๆ (RSTP, Kafka)					←	→		
ศึกษาการทำ OCR							←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Convolutional Neural Network

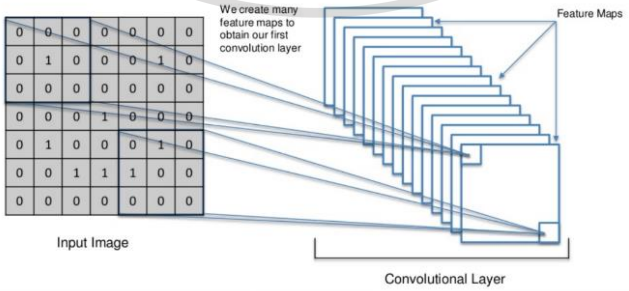
Convolutional Neural Network (CNN) คือ Neural Network แบบหนึ่งที่มักถูกนำมาใช้ในงาน Computer Vision หรือวิเคราะห์รูปภาพ เช่น Image Classification จำแนกรูปภาพ, Object Detection ตรวจจับวัตถุ, Face Recognition เรียนรู้จดจำใบหน้า เป็นต้น การทำงานของ CNN ใช้หลักการ Deep Learning อัลกอริทึม ที่จะรับ Input เป็นรูปภาพ แล้วเรียนรู้ Feature ต่าง ๆ ของรูปภาพเหล่านั้น ในแต่ละ Layer ต่อยอดขึ้นไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่ จุด, เส้นแนวตั้ง, เส้นแนวนอน, เส้นแนวทแยง, กากบาท, มุม, เส้นโค้ง, วงกลม, พื้นผิว, ลวดลาย, ดวงตา, ใบหน้า ไปจนถึงวัตถุที่เรากำหนด



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของ Convolutional Neural Network

2.2 Convolutional Layer

Convolution Layer คือ Layer ที่อยู่แรกๆ ของโมเดล CNN ซึ่ง ทำหน้าที่กรองเอา Feature สำคัญจากรูปภาพและสามารถคงความสัมพันธ์ของ Pixel ที่อยู่บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกันเอาไว้ด้วย การทำ Convolution รูปภาพด้วย Filter จะมีพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดหลักๆ คือ สเตปการสแกน (Stride) และการปรับขนาดอินพุต (Padding)

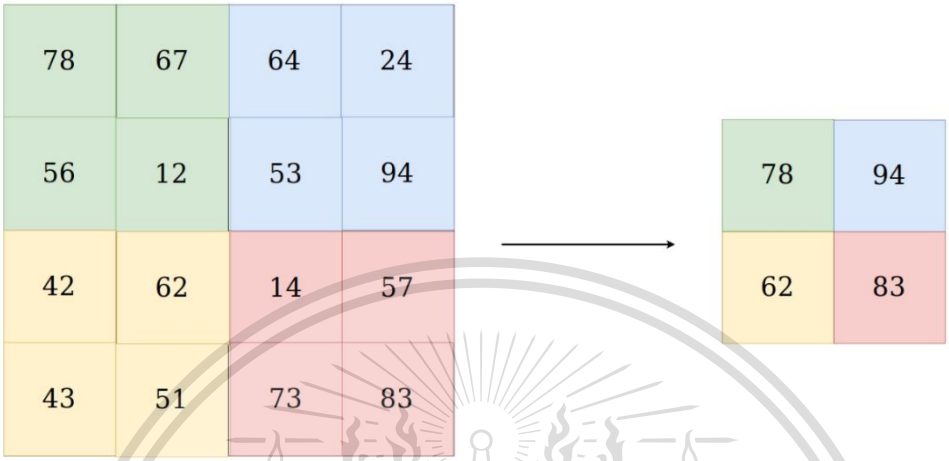


รูปที่ 2.2 Convolutional Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 Pooling Layer

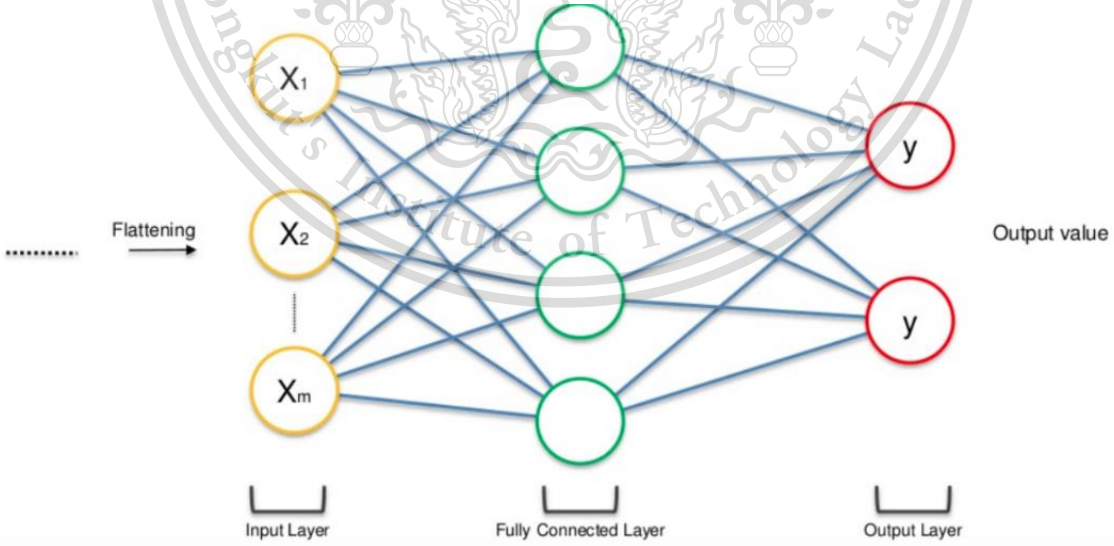
Pooling layer คือ layer ที่เป็นการปรับขนาดของข้อมูล แทนที่จะใช้ข้อมูลภาพทั้งหมด แต่จะแบ่งเป็นพื้นที่แล้วเลือกบางค่าจากพื้นที่นั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้ Pooling layer แบบ Max pooling เป็นการเลือกค่าสูงสุดจาก Pool size



รูปที่ 2.3 Pooling layer แบบ Max pooling

2.4 Fully Connected Layer

Full Connection คือ การนำ Pooling layer ที่ได้มาจากการทำ Flattening มาเข้าสู่โมเดล Deep Learning

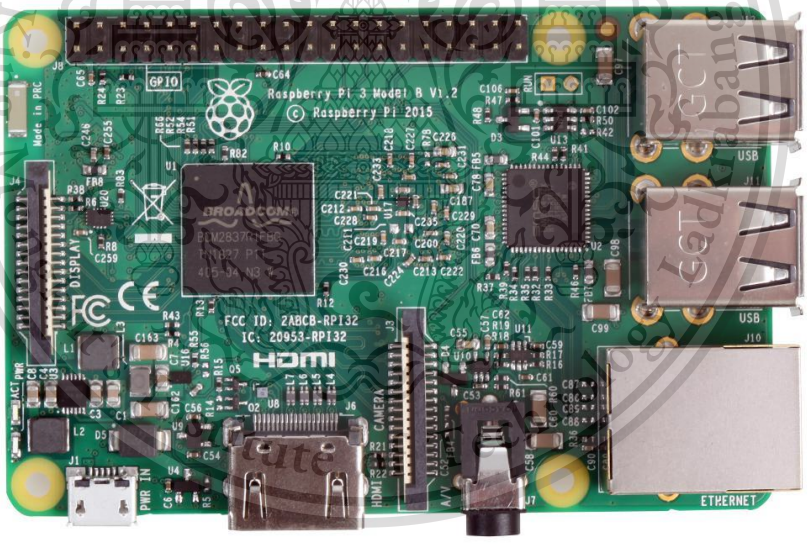


รูปที่ 2.4 Fully Connected Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 Raspberry Pi

ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) เกิดขึ้นในปี 2549 ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ โดยผู้สร้างทั้งสี่คนคือ อีเบน อัพตั้น, ร๊อบ มูลลิ่นส์, แจ๊ค แลง และ อลัน มายครอฟท์ มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ ราสเบอร์รี่พายเป็นคอมพิวเตอร์ราคาย่อมเยาที่ใคร ๆ ก็สามารถหามาครอบครองได้ และสามารถศึกษาการทำงานของคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมง่ายๆ ได้ทันที การที่ราสเบอร์รี่พายเป็นบอร์ดวงจรรวมที่เปลือยเปล่าทำให้เด็ก ๆ ได้เห็นชิ้นส่วนทั้งหมดที่เป็นส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้เข้าใจการทำงานของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันที่มาในกล่องสวยงามได้มากขึ้น เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋ว ที่มีขนาดเพียงเท่ากับบัตรเครดิต ที่สำคัญคือ ราสเบอร์รี่พายนี้มีราคาที่ถูกมาก เมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปปกติ คือมีราคาเพียงแค่ หนึ่งพันกว่าบาท แต่ทำงานได้เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกอย่าง สามารถต่อราสเบอร์รี่พายนี้เข้ากับจอคอมพิวเตอร์หรือจอทีวีที่ รองรับ HDMI หรือถ้าไม่มีพอร์ต HDMI ก็สามารถต่อผ่านสายสัญญาณวิดีโอปกติ ได้เช่นกัน แต่ความละเอียดอาจจะต่ำกว่า โดยใน ตระกูล Raspberry Pi นั้น เราเลือกใช้รุ่น Raspberry Pi 3



รูปที่ 2.5 Raspberry Pi 3

2.6 ภาษา Python

Python คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือ สามารถรันภาษา Python ได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD อีกอย่างหนึ่ง ภาษาตัว นี้เป็น OpenSource เหมือนอย่าง PHP ทำให้ทุกคนสามารถที่จะนำ Python มาพัฒนาโปรแกรมของเราได้ฟรีๆโดยไม่ต้องเสีย ค่าใช้จ่าย และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความเป็น Open Source ทำให้มีคนเข้ามาช่วยกันพัฒนาให้ Python มีความสามารถสูงขึ้น และใช้งานได้ครบคุมกับทุกลักษณะงาน โค้ดของ Python ถูกสร้างขึ้นมาจากภาษาซี การประมวลผลจะทำในแบบอินเทอร์พรีเตอร์ คือจะประมวลผลไปทีละ บรรทัดและปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้รับ Python เวอร์ชั่นแรกคือ เวอร์ชั่น 0.9.0 ออกมาเมื่อปี 2533 และเวอร์ชั่นปัจจุบันคือ 3.9

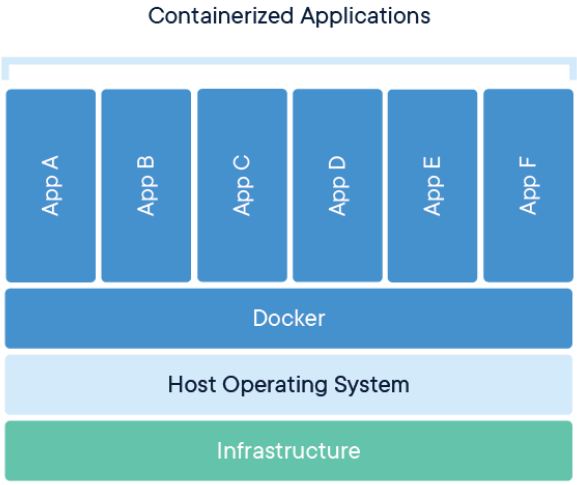
2.7 RTSP (Real Time Streaming Protocol)

เป็นโปรโตคอลที่ใช้รับส่งข้อมูล มัลติมีเดียระหว่างเซิร์ฟเวอร์กับคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งจะทำให้การรับส่งข้อมูลต่อเนื่องผ่าน อินเตอร์เน็ต โดยตัวเซิร์ฟเวอร์ด้านผู้ส่งสามารถส่งข้อมูลไปให้ผู้รับปลายทางเพียงคนเดียว หรือจะส่งไปให้ผู้รับหลายๆ คนในลักษณะเป็นกลุ่มก็ได้ ซึ่ง RTSP ถูกกำหนดให้เป็นโปรโตคอลที่นำไปใช้ใน อินเตอร์เน็ตโดย Internet Engineering Task Force (IETF) ในเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 1998 เรียกว่า RFC 2326 RTSP เป็นการกำหนดมาตรฐานโปรโตคอลที่สำคัญมากในการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียผ่านอินเตอร์เน็ต เนื่องจากการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียในแบบต่อเนื่องนั้นจะมีส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวโยงกันถึง 3 ส่วน คือ เซิร์ฟเวอร์ที่เก็บข้อมูล , Encoder ที่ใช้เข้ารหัสข้อมูล และผู้รับหรือ Player ตัวเข้ารหัสข้อมูลหรือ Encoder นั้นจะต้องเข้ารหัสข้อมูลมัลติมีเดียเก็บลงในไฟล์โดยมีฟอร์แมตที่เซิร์ฟเวอร์ที่เรียกใช้งานได้และเมื่อเซิร์ฟเวอร์ต้องการส่งข้อมูลนี้ไปให้ผู้รับ ก็จะต้องใช้โปรโตคอลรับส่งข้อมูล อย่างต่อเนื่องที่ผู้รับเข้าใจ และสามารถรับข้อมูลได้อย่างถูกต้อง จากนั้นเมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วก็จะต้อง ถอดรหัสข้อมูลออกแสดงผลได้ โดยใช้มาตรฐานเดียวกันกับตัวเข้ารหัส การทำงานทั้งหมดจึงผูกกันซึ่ง RTSP จะอยู่ในส่วนโปรโตคอลที่ใช้รับส่งข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ไปให้ผู้รับนั่นเอง แม้ว่า RTSP จะมี ความสำคัญในการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียผ่านอินเตอร์เน็ตก็ตาม แต่ก็ไม่ใช่สิ่งเดียวที่ทำให้การรับส่ง ข้อมูลสมบูรณ์ได้ เรายังต้องการฟอร์แมตมาตรฐานของไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลมัลติมีเดียอีกด้วย เช่น Active Streaming Format (ASF) ของไมโครซอฟต์ , QuickTime หรืออื่น ๆ เพื่อเก็บข้อมูล รวมถึงมาตรฐาน การเข้ารหัสข้อมูล เช่น MPEG สำหรับใช้เข้ารหัสข้อมูลมัลติมีเดียเก็บลงไฟล์อีกด้วย

2.8 Docker CE

Docker คือ Container Engine ตัวหนึ่งที่มีการทำงานในลักษณะจำลองสภาพแวดล้อมขึ้นมาบนเครื่อง server เพื่อใช้ในการ run service ที่ต้องการ มีการทำงานคล้ายคลึงกับ Virtual Machine เช่น VMWare, VirtualBox, XEN, KVM แต่ข้อแตกต่างที่ชัดเจนคือ Virtual Machine ที่รู้จักกันก่อนหน้านี้นั้นเป็นการจำลองทั้ง OS เพื่อใช้งานและหากต้องการใช้งาน service ใด ๆ

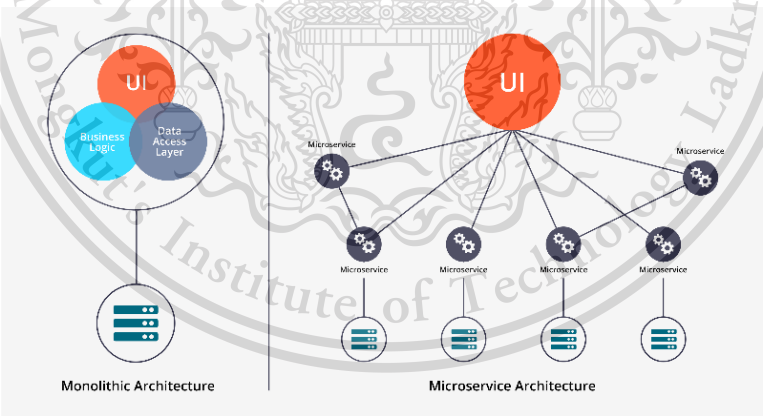
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.6 Docker Architecture

2.9 Microservice

Microservice จะออกแบบโดยแยกการทำงานที่รวมกันเป็นก้อนใหญ่ๆของแบบ Monolithic ออกมาให้เล็กลงโดยอาจจะแยกตามบริการหรือตามฟังก์ชันการทำงานเลยก็ได้ (จากในภาพฟังก์ชันทั้งสามอย่างจะแยกออกจากกัน และไม่ได้ใช้ฐานข้อมูลเดียวกันในการเก็บข้อมูลอีกต่อไป เพราะแต่ละฟังก์ชันหรือบริการที่แยกออกมามีฐานข้อมูลเป็นของตัวเอง และสามารถติดต่อกันได้ผ่าน API)



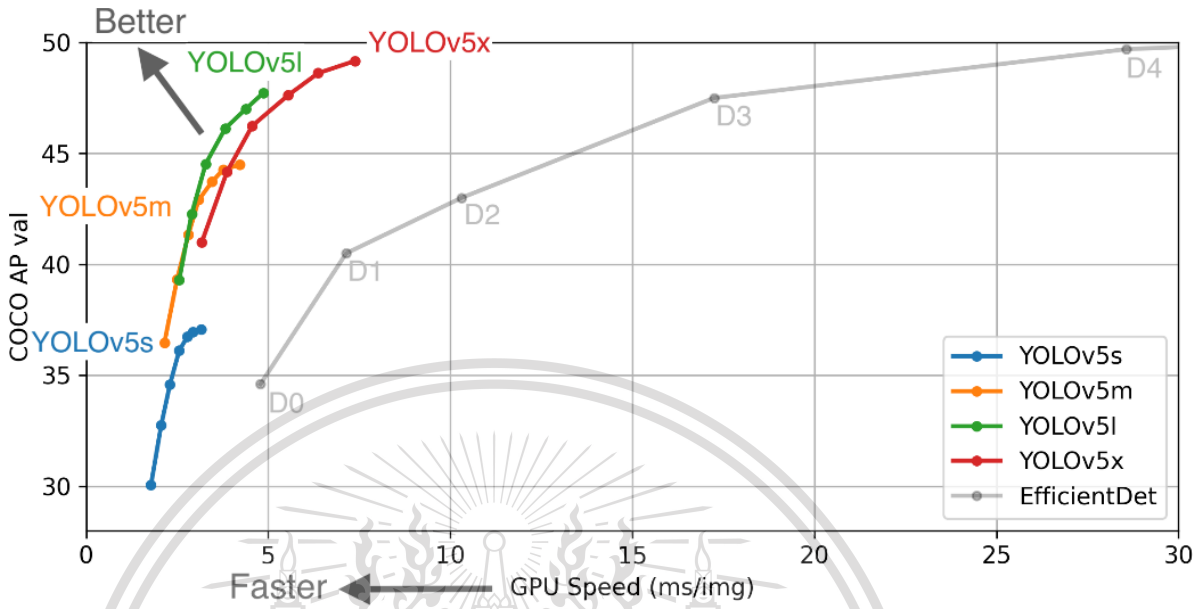
รูปที่ 2.7 Monolithic vs Microservice

2.10 YOLOv5

ตามชื่อที่ปรากฏ YOLO หรือ You Only Look Once เป็น Object Detection Model ตัวหนึ่งที่มีความโดดเด่นอย่างมากถึงมากที่สุดในด้านของความเร็ว อันเนื่องมาจากโครงสร้าง Model ที่เป็นลักษณะของการ Pass through Image รอบเดียวเข้าไปในชั้น CNN เรื่อย ๆ แล้วพยายามทำนายหาตำแหน่ง และประเภทของ Object จาก Feature maps ที่ถูกส่งต่อกันเป็นทอดๆมาเรื่อย ๆ ซึ่งการทำแบบนี้ทำให้ได้เปรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ด้านความเร็วผิดจากโมเดลประเภท Region Based (เช่น Faster R-CNN) เพื่อหาตำแหน่งที่น่าจะเป็น Object ที่ค่อนข้างกลืนกิน Computation time พอตัว



รูปที่ 2.8 กราฟเปรียบเทียบ Yolov5

2.11 Vue.js

Vue.js อ่านว่า วิว ออกเสียงแบบ View ในภาษาอังกฤษ จุดเริ่มต้นของ Vue เลยคือมันทำหน้าที่เป็น View ใน Model View Controller เป็น JavaScript Framework ที่พัฒนาโดย Evan You สำหรับการพัฒนาและใช้งาน User Interface และในบาง Framework เช่น Laravel ก็ใช้ Vue เป็น Template สำหรับส่วน Frontend ซึ่ง Vue.js นั้นประกอบไปด้วย ภาษา HTML สำหรับโรงสร้าง element ของเว็บไซต์ CSS สำหรับการปรับแต่งส่วนประกอบต่างๆ ของเว็บและ ภาษา JavaScript สำหรับการทำ Dynamic website

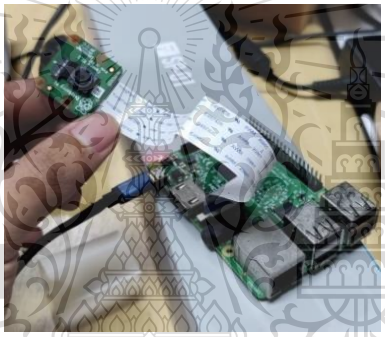
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 Raspberry Pi 3

3.1.1 ขั้นตอนแรกในการใช้ Raspberry Pi คือการติดตั้ง Raspbian OS บนmicrocontroller ที่เราเลือกนำมาใช้คือ Raspberry Pi 3

3.1.2 หลังจากติดตั้ง OS บน Raspberry Pi แล้วจึงติดตั้ง Pi Camera โมดูล เพื่อเตรียมทำการสตรีมมิ่งภาพผ่านบอร์ด



รูปที่ 3.1 Raspberry Pi 3 with Pi camera

3.1.3 ติดตั้ง dependencies ต่าง ๆ สำหรับทำ RTSP server

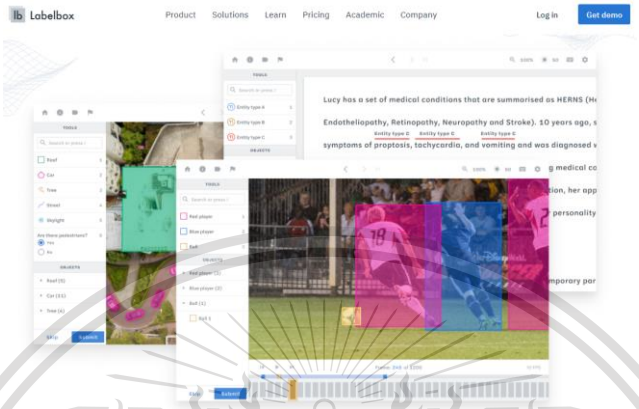
3.2 รวบรวม Dataset

3.2.2 ในส่วนของ Dataset ที่ใช้เพื่อทำการเทรนโมเดล ทั้งสำหรับ Object Detection และโมเดล Classification นั้น ได้มากจากการทำ web scraping จากเว็บไซต์ที่ใช้อมูลรถยนต์ยี่ห้อ และรุ่นต่าง ๆ ที่ต้องการเพื่อเตรียมการทำ Label ต่อไป

รูปที่ 3.2 Web Scraping

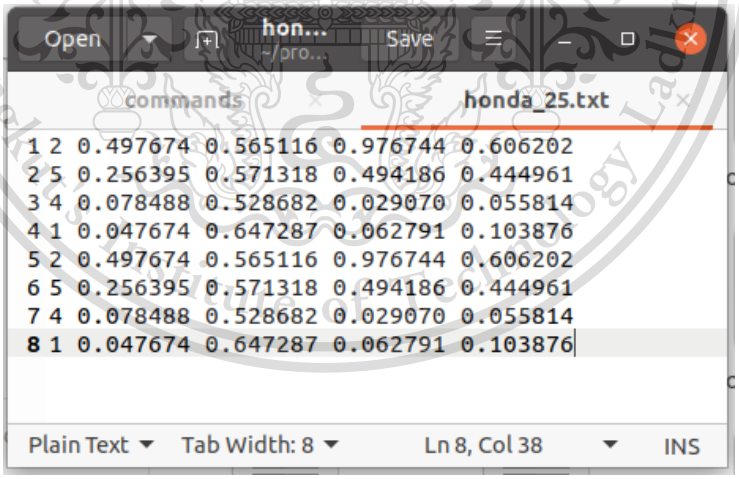
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 เตรียม Dataset ที่จะใช้ในการเทรนโมเดล Object Detection นั้น ต้องทำการ label Class จากรูปภาพทั้งหมด 4 classes คือ 1. รถยนต์ 2. กระจังหน้า/หลัง 3. ยี่ห้อรถยนต์ 4. ป้ายทะเบียน โดยทำการ label ผ่านเว็บไซต์ labelbox.com



รูปที่ 3.3 labelbox.com

3.2.3 สำหรับการเทรนโมเดลนั้นจะทำการแบ่งข้อมูลเป็นข้อมูลที่ใช้ในการเทรน และ validate ในอัตราส่วน 80:20 กำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆผ่านไฟล์ config ให้พร้อมสำหรับการเทรนโมเดล



รูปที่ 3.4 ตัวอย่าง label.txt

3.2.4 เตรียม Dataset ที่ใช้ในการเทรนโมเดล Color classification นั้นต้องทำการหารูปรถที่ทั้งหลากหลายในยี่ห้อ รุ่น และมุมกล้อง ที่มีสีต่างๆมาเพื่อให้โมเดลเรียนรู้จดจำ โดยสีที่เลือกมาจะเป็นสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

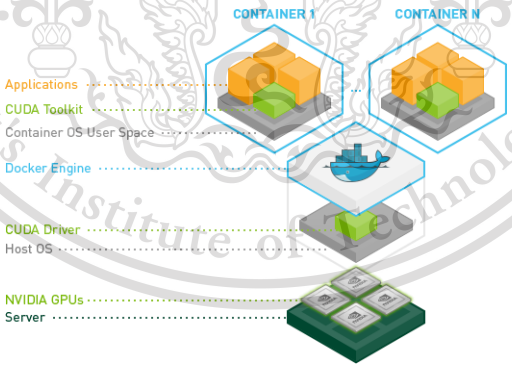
ที่รถยี่ห้อดังทั้งในเอเชีย และยุโรปนิยมนำมาเป็นสีรถ 7 สี ได้แก่สี 1. สีเงิน 2. สีเขียว 3. สีเหลือง 4. สีแดง 5. สีขาว 6. สีน้ำเงิน 7. สีดำ

รูปที่ 3.5 ตัวอย่าง dataset

3.3 เตรียม Server สำหรับ run model

3.3.1 ติดตั้ง linux os สำหรับ server (ในที่นี้ใช้ Ubuntu 20.04 LTS)

3.3.2 ติดตั้ง Docker และ NVIDIA Container Toolkit

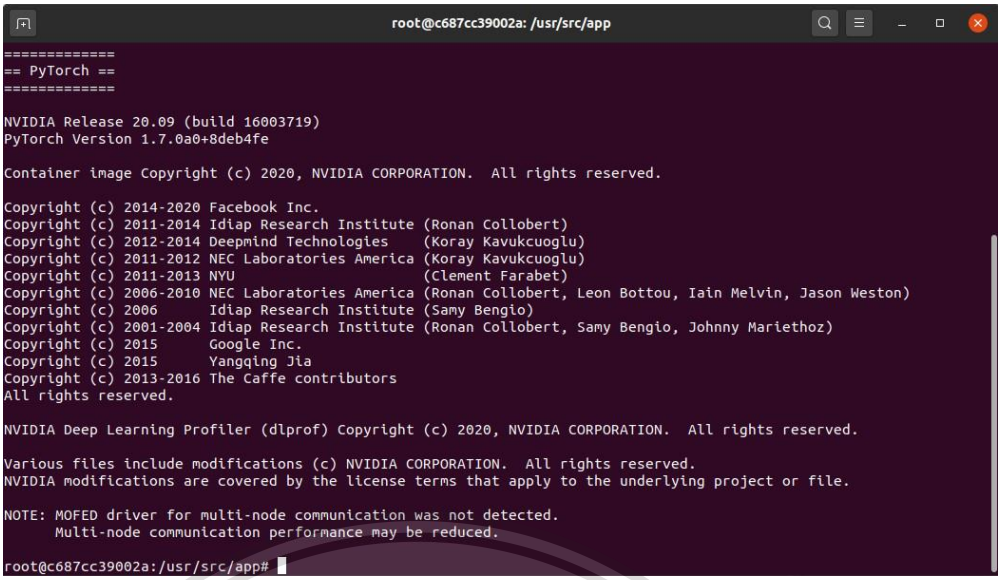


รูปที่ 3.6 NVIDIA Container Toolkit

3.4 เทรนโมเดล (Object Detection)

3.4.1 การเทรนโมเดล Object Detection นั้น จะทำการใช้งานผ่าน docker เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยทำการ run docker ultralytics/yolov5 เพื่อเริ่ม container สำหรับโปรเจค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.7 ตัวอย่าง terminal ภายใน container

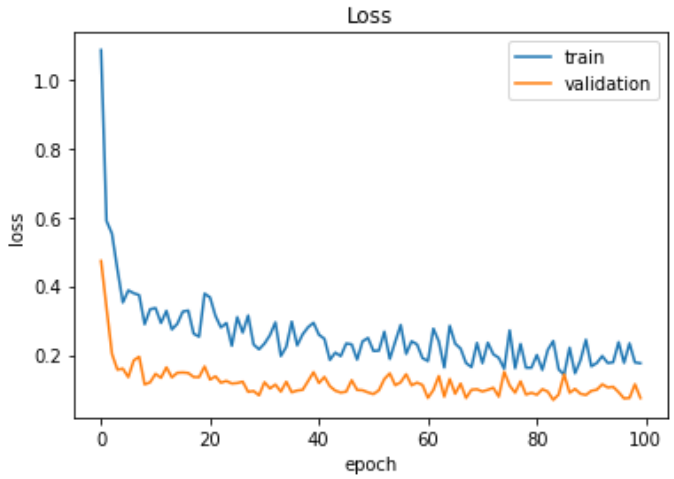
3.4.2 เมื่อทำการ run container ไว้แล้วจึงเริ่มต้นการเทรนโมเดล โดยใช้ pretrained weight yolov5s.pt และทำการบันทึกค่า weight ไว้

3.4.3 ทำการรันตัวโมเดลให้เป็น microservice เพื่อให้โมเดลเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

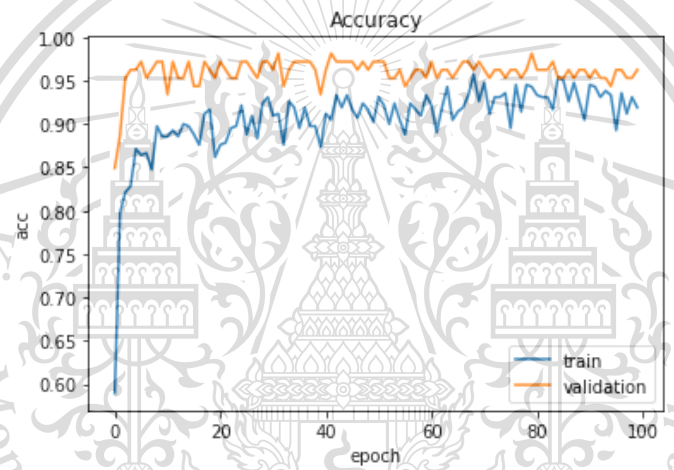
3.5 เทรนโมเดล (Brand Classification)

สำหรับการทำโมเดล Classification เพื่อแยกยี่ห้อรถยนต์นั้นใช้ library ที่ชื่อว่า Pytorch ในการทำ ส่วนโมเดล Transfer Learning ที่เลือกในการนำมาทำมีชื่อว่า SqueezNet และผลลัพธ์การเทรนการคัดแยกแบรนด์รถยนต์ได้ผลดังรูป จากนั้นจึงทำการบันทึกค่า weight ไว้เพื่อทำ microservice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.8 Brand Classification Loss

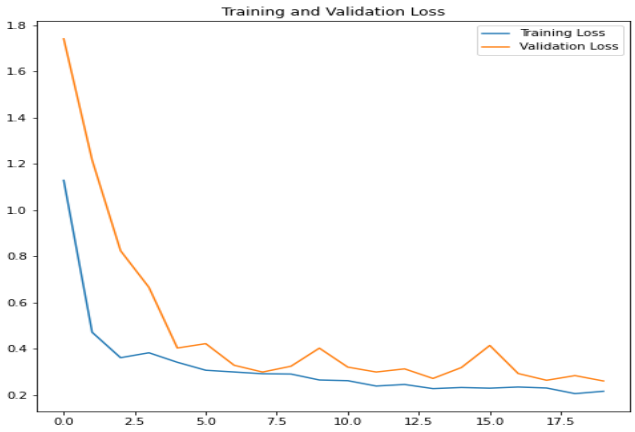


รูปที่ 3.9 Brand Classification Accuracy

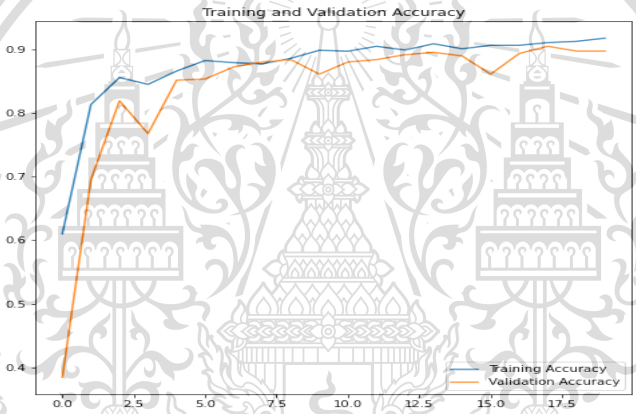
3.6 เทรนโมเดล (Color Classification)

สำหรับการทำโมเดล Color Classification เพื่อแยกสีรถยนต์นั้นใช้ library ที่ชื่อว่า tensorflow ในการทำส่วนของโมเดลการคัดแยกสีที่ใช้หลักการ convolutional neural network และผลลัพธ์การเทรนการคัดแยกสีของรถยนต์ได้ผลดังรูป จากนั้นจึงทำการบันทึกค่า weight ไว้เพื่อทำ microservice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.10 Color Classification Loss



รูปที่ 3.11 Color Classification Accuracy

3.7 Optical Character Recognition (OCR)

3.7.1 เริ่มต้นการทำ OCR โดยการ set environment ให้พร้อมใช้สำหรับ framework Tesseract สำหรับภาษาไทยโดยใช้ libart ที่ชื่อว่า Pytesseract

3.7.2 ทำสคริปท์ที่ใช้สำหรับรัน Tesseract ให้เป็น microservice เพื่อความสะดวกต่อการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```python
import pytesseract
from PIL import Image, ImageGrab

def trim_str(raw_txt):
    new_txt = ''
    for i in range(len(raw_txt)):
        if ord(raw_txt[i]) != 32: #space
            new_txt += raw_txt[i]
        elif ord(raw_txt[i + 1]) < 3585: # not thai character we include space
            new_txt += raw_txt[i]
    return new_txt

if __name__ == "__main__":
    img = Image.open('Capture4.JPG')
    result = pytesseract.image_to_string(img, lang='tha+eng')
    new_txt = trim_str(result)
    print(new_txt)
```

รูปที่ 3.12 pytesseract

3.8 การใช้งาน

3.8.1 การใช้งานจริงนั้นแบ่งกระบวนการหลักเป็น 3 ขั้นตอน นั่นคือใช้ Raspberry Pi ที่ต่อกับโมดูล Picam และทำการส่งภาพสตรีมมิ่งผ่าน โปรโตคอล rtsp มาที่เครื่อง server หรือเครื่องที่ทำการรันโมเดลและนำรูปภาพนั้นทำการตรวจจับรถยนต์จากโมเดล Object Detection ที่ได้ทำให้กลายเป็น microservice

3.8.2 เมื่อตรวจจับเจอรถยนต์ ยี่ห้อ และป้านทะเบียนแล้ว จะส่งรูปภาพของยี่ห้อรถยนต์ และป้ายทะเบียนไปยัง microservice ที่ทำการรันโมเดล Classification เพื่อคัดแยกยี่ห้อรถยนต์ ส่วนของงป้ายทะเบียนนั้นจะส่งไปยัง microservice ที่ทำการรันโมเดล OCR ไว้ในการตรวจจับและอ่านตัวอักษรภายในป้ายทะเบียน

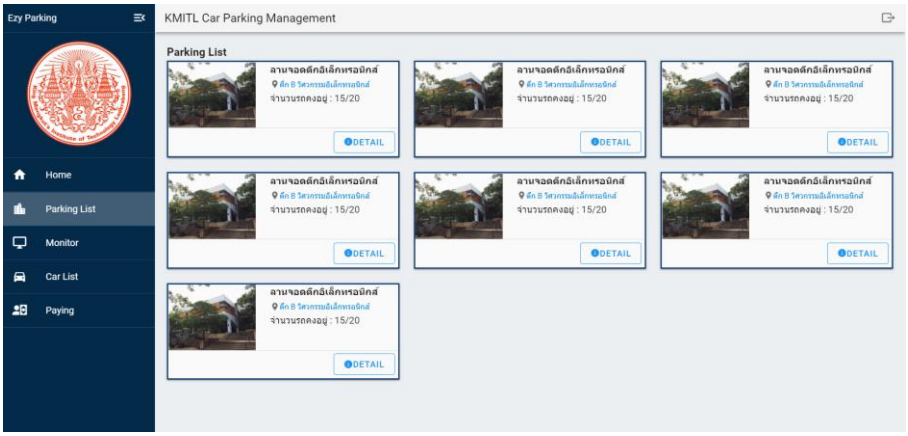
3.8.2 หลังจากการทำการคัดแยกยี่ห้อรถยนต์ และกระบวนการอ่านตัวอักษรหรือ OCR สำเร็จ จึงนำมาแสดงผลเป็นดังรูปที่ 4.1 - 4.4

3.9 การแสดงข้อมูลการเข้า - ออกของรถยนต์ในระบบ

เว็บไซต์ที่ทำเพื่อการแสดงผลการเข้า-ออก และข้อมูลรถยนต์ที่เข้ามาในระบบที่เขียนขึ้นมีหน้าหลักทั้งหมด 4 หน้า นั่นคือ หน้า Parking list, Monitor, Car list, Paying

3.9.1 หน้า Parking List

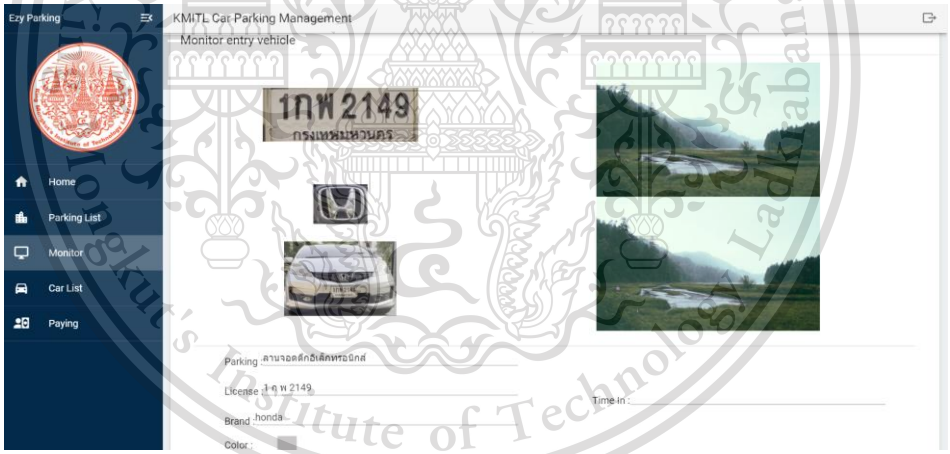
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.13 parking list page

หน้า Parking list เป็นหน้าที่ทำการรวมลานจอดรถที่อยู่ในระบบทุกลานจอดไว้ด้วยกัน โดยจะมีรายละเอียดเป็น ชื่อลานจอด ตำแหน่งที่ตั้งและ จำนวนรถที่อยู่ภายในลานจอดนั้นๆ

3.9.2 หน้า Monitor

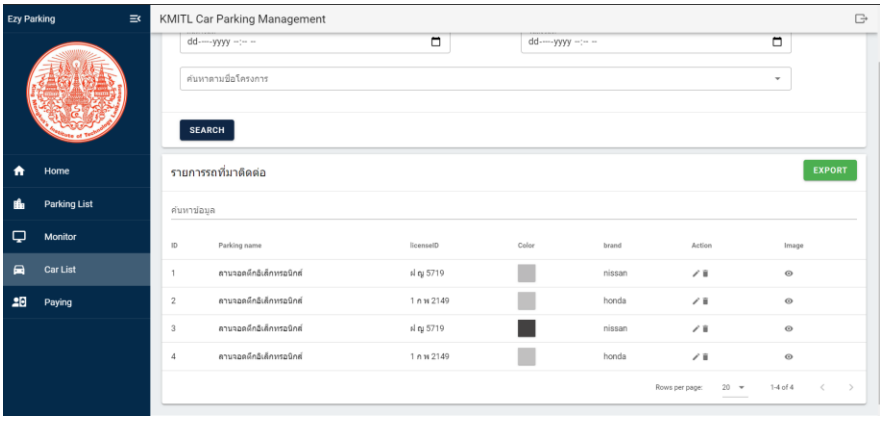


รูปที่ 3.14 monitoring page

หน้า Monitor เป็นหน้าที่จะแสดงรายละเอียดของรถที่เข้ามาคันล่าสุดจากกล้องที่ตั้งไว้ของลานจอดรถ โดยจะมีรูปภาพของป้ายทะเบียน ยี่ห้อ และ รถยนต์ ส่วนของรายละเอียดมี ชื่อของลานจอด ป้ายทะเบียน ยี่ห้อ และสีของรถคันนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.9.3 หน้า Car list



รูปที่ 3.15 car list page

หน้า Car list คือหน้าที่แสดงรายการของรถที่อยู่ภายในลานจอดทั้งหมด โดยจะแสดงรายละเอียดที่ทำการบันทึกไว้ในขาเข้าของรถแต่ละคัน

3.9.4 หน้า Paying

รูปที่ 3.16 paying page

และในหน้าสุดท้ายเป็นหน้า Paying เมื่อผู้ที่จอดภายในลานจอดต้องการที่จะออกจากลานจอดให้ทำการเข้าหน้า Paying โดยจะแบ่งเป็น 3 steps คือ Searching, Checking และ Paying โดยหน้านี่จะมีหน้าสำหรับการเข้าผ่านโทรศัพท์มือถือเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 คุณสมบัติของโครงงาน

4.1.1 สามารถจดจำป้ายทะเบียนได้

4.1.2 สามารถจำแจกรถแต่ละยี่ห้อ

4.1.2 คำนวณค่าที่จอดรถได้ถูกต้อง

4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองแบ่งผลการทดลองเป็นทั้งหมด3ส่วนคือการจำแนกยี่ห้อรถยนต์ด้วย Deep Learning การทำ Object Detection เพื่อตรวจจับรถยนต์ และส่วนของการอ่านป้ายทะเบียน

ตารางที่ 4.1 ผลการจำแนกยี่ห้อ Mazda จากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
Honda	15.9820%	0.024436 %	16.33900 %
Mazda	83.3910%	97.55400 %	83.63300 %
Mitsubishi	0.00001%	0.00003 %	0.00016 %
Nissan	0.00019 %	0.000001 %	0.00010 %
Toyota	0.01070%	0.00021%	0.00001%

ตารางที่ 4.2 ผลการจำแนกยี่ห้อ Toyota จากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
Honda	0.00256 %	0.0110 %	0.01282 %
Mazda	0.00011 %	0.02649 %	0.00162 %
Mitsubishi	0.00001 %	0.00005 %	0.00001 %
Nissan	0.00001 %	0.00016 %	0.00031 %
Toyota	99.73100 %	96.23900 %	98.5250 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.3 ผลการจำแนกยี่ห้อ Honda จากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
Honda	99.99800 %	99.82100 %	98.32100 %
Mazda	0.00001 %	0.15300 %	1.35210 %
Mitsubishi	0.00015 %	0.00012 %	0.31523 %
Nissan	0.00000 %	0.00001 %	0.00001 %
Toyota	0.00001 %	0.00001 %	0.00001%

ตารางที่ 4.4 ผลการจำแนกยี่ห้อ Mitsubishi จากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
Honda	0.00000 %	0.00000 %	0.00003 %
Mazda	0.00000 %	0.00000 %	0.00000 %
Mitsubishi	100.0000 %	100.0000 %	99.99997 %
Nissan	0.00000 %	0.000001 %	0.00000 %
Toyota	0.00000 %	0. .00000%	0.00000%

ตารางที่ 4.5 ผลการจำแนกยี่ห้อ Nissan จากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
Honda	0.00001%	0.000000 %	0.00132 %
Mazda	0.00000 %	0.00002 %	0.00000 %
Mitsubishi	0.00000 %	0.00000 %	0.00000 %
Nissan	99.99999 %	99.99998 %	99.99000 %
Toyota	0.00000 %	0.00000%	0.00867 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผลการทดลองการทำ Object Detection ภายในรูปภาพเพื่อตรวจจับ รถยนต์ กระจังหน้า/หลัง ยี่ห้อรถยนต์ และป้ายทะเบียน

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการทำ Object detection

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**	**รูปที่ 4**
Car	86%	82 %	87 %	87 %
Front/Back Bumper	90 %	61 %	91 %	-
Brand	55 %	80 %	82 %	62 %
License	84 %	87 %	80 %	83 %

การทดลองการอ่านตัวอักษรภายในป้ายทะเบียน เพื่อตรวจสอบความแม่นยำ และความถูกต้องในการอ่านป้ายทะเบียน โดยเทียบระหว่างตัวอักษรในป้ายทะเบียนกับ ตัวอักษรที่โมเดลอ่านได้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการทำ Optical character recognition

	ตัวอักษรจากป้ายทะเบียน	**ตัวอักษรที่อ่านได้**
รูปที่ 1	3กร 3494	3 ก ร 3494
รูปที่ 2	ฆอ 6356	ฆ อ 6356
รูปที่ 3	3กพ 1051	ไม่สามารถอ่านได้
รูปที่ 4	1กส 1777	1 ก ส 1777

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผลการทดลองการทำ Color Classification เพื่อจำแนกประเภทของสีรถ

ตารางที่ 4.8 ผลการจำแนกสีดำจากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
สีดำ	99.800 %	75.702 %	79.993 %
สีน้ำเงิน	0.711 %	2.2 %	2.816 %
สีเขียว	0.068 %	1.156 %	0.424 %
สีแดง	0.009 %	0.149 %	0.274 %
สีเงิน	0.043 %	20.324 %	14.876 %
สีขาว	0.003 %	0.38 %	1.264 %
สีเหลือง	0.005 %	0.089 %	0.353 %

ตารางที่ 4.9 ผลการจำแนกสีน้ำเงินจากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
สีดำ	0.035 %	0.001 %	0.091 %
สีน้ำเงิน	99.962 %	99.999 %	99.907 %
สีเขียว	0.000 %	0.000 %	0.000 %
สีแดง	0.000 %	0.000 %	0.001 %
สีเงิน	0.002 %	0.000 %	0.001 %
สีขาว	0.000 %	0.000 %	0.000 %
สีเหลือง	0.000 %	0.000 %	0.000 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.10 ผลการจำแนกสีเขียวจากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
สีดำ	0.142 %	0.008 %	0.234 %
สีน้ำเงิน	23.552 %	0.002 %	0.039 %
สีเขียว	76.185 %	99.971 %	99.625 %
สีแดง	0.002 %	0.000 %	0.001 %
สีเงิน	0.015 %	0.003 %	0.079 %
สีขาว	0.002 %	0.001 %	0.004 %
สีเหลือง	0.103 %	0.016 %	0.018 %

ตารางที่ 4.11 ผลการจำแนกสีแดงจากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
สีดำ	0.038 %	0.000 %	0.000 %
สีน้ำเงิน	0.014 %	0.000 %	0.000 %
สีเขียว	0.003 %	0.000 %	0.000 %
สีแดง	97.763 %	100.000 %	100.000 %
สีเงิน	0.002 %	0.000 %	0.000 %
สีขาว	0.002 %	0.000 %	0.000 %
สีเหลือง	2.178 %	0.000 %	0.000 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.12 ผลการจำแนกสีเงินจากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
สีดำ	74.602 %	40.325 %	1.643 %
สีน้ำเงิน	0.444 %	1.129 %	0.66 %
สีเขียว	0.084 %	0.192 %	0.186 %
สีแดง	0.049 %	0.147 %	0.206 %
สีเงิน	24.739 %	57.423 %	82.138 %
สีขาว	0.065 %	0.727 %	14.985 %
สีเหลือง	0.017 %	0.057 %	0.182 %

ตารางที่ 4.13 ผลการจำแนกสีขาวจากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
สีดำ	0.003 %	0.107 %	0.022 %
สีน้ำเงิน	0.003 %	0.103 %	0.013 %
สีเขียว	0.001 %	0.037 %	0.009 %
สีแดง	0.003 %	0.042 %	0.007 %
สีเงิน	5.018 %	36.632 %	16.523 %
สีขาว	94.961 %	62.974 %	83.345 %
สีเหลือง	0.01 %	0.105 %	0.081 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.14 ผลการจำแนกสีเหลืองจากรูปภาพ

	รูปที่ 1	**รูปที่ 2**	**รูปที่ 3**
สีดำ	0.004 %	0.000 %	0.001 %
สีน้ำเงิน	0.002 %	0.000 %	0.000 %
สีเขียว	0.011 %	0.000 %	0.046 %
สีแดง	0.006 %	0.000 %	0.000 %
สีเงิน	0.003 %	0.000 %	0.000 %
สีขาว	0.004 %	0.000 %	0.001 %
สีเหลือง	99.969 %	100.000 %	99.951 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 รูปจากการทดลอง

รูปที่ 4.1 รูปผลการทดลองที่ 1

รูปที่ 4.2 รูปผลการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.3 รูปผลการทดลองที่ 3

รูปที่ 4.4 รูปผลการทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทำโครงงานการจัดการที่จอดรถโดยใช้การตรวจจับวัตถุและการจดจำป้ายทะเบียนนั้น เขียนขึ้นด้วยภาษา Python โดยกระบวนการนั้นเริ่มจากรับภาพจากกล้องเพื่อเข้าโมเดลเพื่อทำ Object Detection โดยใช้ Yolov5 เป็น Framework เป้าหมายคือการตรวจจับทั้งหมด 5 คลาสภายในรูปภาพและผลคือ 1. รถยนต์ 2.ป้ายทะเบียน 3.ยี่ห้อรถยนต์ 4.สี 5.กระจังหน้า/หลังของรถยนต์ ซึ่งผลลัพธ์นั้นคือสามารถตรวจจับได้ทั้งหมดที่อยู่ในรูปภาพจากผลการทดลองที่อยู่ในบทที่ 4 กระบวนการต่อมาคือ การตรวจจับตัวอักษรที่อยู่ในป้ายทะเบียน โดยการใช้ Framework ที่ชื่อว่า Tesseract มาช่วยในการตรวจจับตัวอักษรและผลลัพธ์นั้นในตอนนี้สามารถตรวจจับตัวอักษรที่อยู่ในป้ายทะเบียนได้โดยความแม่นยำอยู่ที่ 80% จากการทำป้ายทะเบียนสีขาว แต่ยังไม่สามารถตรวจจับส่วนของจังหวัดได้ดี และกระบวนการต่อมาคือการแยกประเภทรถยนต์จากรูปภาพยี่ห้อรถยนต์ทั้งหมด 5 แบรนด์นั่นคือ Toyota Nissan Honda Mazda Mitsubishi โดยความแม่นยำอยู่ที่ 96.7 % ซึ่งได้จากการเทรนโมเดล Transfer Learning ที่ชื่อว่า SqueezeNet และค่าทั้งหมดเก็บใส่ Database เพื่อทำการบันทึกเวลาเข้าลานจอดรถของรถยนต์

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองนั้นข้อจำกัดที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการที่ยังไม่สามารถสตรีมภาพจริงได้จากกล้อง เนื่องจากข้อจำกัดทางสถานที่ที่ยังไม่มีสถานที่ตั้งกล้องได้ตลอดเวลา เครือข่ายของการส่งภาพ และข้อจำกัดทางอุปกรณ์ จึงทำการอัดวิดีโอและทดลองการทำสตรีมมิ่งจากวิดีโอก่อน ซึ่งในเทอมต่อไปนั้นจะทำเครือข่ายในการสตรีมรูปภาพ และหาสถานที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

[1] yolov5//(2563).//yolov5.//สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2563,/จาก https://github.com/ultralytics/yolov5

[2] ทำความรู้จัก Raspberry Pi//(2563).//Raspberry Pi.//สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2563,/จาก http://www2.crma.ac.th/itd/Know/RBPI/index.asp

[3] marcuscode//(2563).//ภาษา Python.//สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2563,/จาก http://marcuscode.com/lang/python

[4] What are microservices?//(2563).//Microservice.//สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2563,/จาก https://microservices.io

[5] What is a Container?//(2563).//Microservice.//สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2563,/จาก https://www.docker.com/resources/what-container

[6] RTSP//(2563).//RTSP.//สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2563,/จาก https://www.moe.go.th/moe/upload/itnews/htmlfiles/9410-5534.html

[7] Convolution Neural Network คืออะไร//(2563).//CNN.//สืบค้นเมื่อ 17 กันยายน 2563, จากhttps://medium.com/@pradyasin/what-is-convolution-neural-network-bf2e525089f5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.