

ระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียน  
**SCHOOL PICK UP MANAGEMENT SYSTEM**



ระพีพัฒน์ เฟื่องที  
สถุณพงษ์ ชันทอง  
สุกฤษฎี งามวาง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียน  
SCHOOL PICK UP MANAGEMENT SYSTEM



ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียน

School Pick up Management System

ผู้จัดทำ

- |                         |              |          |
|-------------------------|--------------|----------|
| 1.นายระพีพัฒน์ เฟื่องที | รหัสนักศึกษา | 62010765 |
| 2.นายศฤงฆพงษ์ ชันทอง    | รหัสนักศึกษา | 62010919 |
| 3.นายสุกฤษฎ์ จางวาง     | รหัสนักศึกษา | 62010956 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.เจริญ วงษ์ขุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียน

นายระพีพัฒน์ เฟื่องที	รหัสนักศึกษา	62010765
นายสฤกษ์พงษ์ ชันทอง	รหัสนักศึกษา	62010919
นายสุกฤษฎี งามวาง	รหัสนักศึกษา	62010956
รศ.ดร.เจริญ	วงษ์ชุ่มเย็น	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2565		

### บทคัดย่อ

ระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียนด้วยระบบวิเคราะห์รูปแผ่นป้ายทะเบียนจากภาพวิดีโอ เพื่อลดปัญหาการจราจรหนาแน่นในบริเวณหน้าโรงเรียน โดยการตรวจจับ และ วิเคราะห์รูปแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของผู้ปกครองขณะที่ขับผ่านจุดที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแผ่นป้ายทะเบียน และ แจ้งข้อมูลไปยังจุดรับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเตรียมพร้อมได้เร็วขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ปกครองใช้เวลาจอดรอนักเรียนน้อยลง และ ทำให้ความหนาแน่นของการจราจรลดลงตามมา

ระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียน สามารถใช้ระบบวิเคราะห์ และ จดจำใบหน้าใช้ในการยืนยันตัวตนของผู้ปกครองของนักเรียนเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับนักเรียน

ระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียน ประกอบไปด้วย ส่วนฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นกล่องวงจรปิดไอพีที่สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยโปรโตคอลเรียลไทม์สตรีมมิ่ง ในส่วนของซอฟต์แวร์จะมีโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ตรวจจับป้ายทะเบียน และ ใบหน้า ระบบแปลงวิดีโอจากโปรโตคอลเรียลไทม์สตรีมมิ่งเป็นภาพ ระบบจัดเก็บข้อมูล ระบบจัดการการแจ้งข้อมูล และ ระบบแสดงข้อมูลด้วยแผงควบคุม

ทางทีมพัฒนาได้ทำการวัดผล และ วัดประสิทธิภาพของโครงการนี้ โดยระบบอ่านแผ่นป้ายทะเบียนมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 75% และ ระบบจดจำใบหน้าที่มีความแม่นยำอยู่ที่ 80% สามารถแก้ปัญหาจราจรบริเวณหน้าโรงเรียน และ ลดระยะเวลาที่ใช้ในการรับส่งนักเรียนทั้งโรงเรียนได้ลดลง 1 ชั่วโมง 2 นาที โดยเฉลี่ยส่งผลให้ลดการเกิดมลพิษทางอากาศ และ เพื่อลดการเกิดมลพิษทางเสียงในบริเวณหน้าโรงเรียน รวมถึงชุมชนรอบข้างได้จริง

# SCHOOL PICK UP MANAGEMENT SYSTEM

Mr. Rapeepat	Pengtee	62010765
Mr. Sitthapong	Khanthong	62010919
Mr. Sukri	Jangwang	62010956
Assoc. Prof. Dr. Charoen	Vongchumyen	Advisor

Academic Year 2022

## ABSTRACT

School pick up management system consist of license plate recognition from real-timed video for reduce the traffic jam in front of the school by detect and analyze the license plate of the parent's cars that drive through the IP camera then the system notify the data to the student pick up point so the students have more time to prepare to go home, this also reduces the duration of waiting time for parents and reduce the traffic at same time.

School pick up management system can also use the face recognition system to authenticate the person that pick up the student is actually their parents to make the students more safe.

School pick up management system consist of hardware that is IP camera that can send data from computer network by streaming real-timed protocols and software that is the deep learning model that are license plate and face recognition. Transformed image streaming real-timed protocols system, data management system, notification management system and display management system are all consist in school pick up management system.

Our developers have measured the quality of this project for the license plate recognition has accuracy 75% and for the accuracy of the face recognition system is 80%. This project can actually fix the problems by reducing the traffic jams in front of the school and reduce the duration of the picking time of the student by 1 hour 2 minutes at average. This also reduce the air and sound pollution in front of the school and surround environment.

## กิติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ รศ.ดร.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ และ ประสบการณ์ที่ดีแก่คณะผู้จัดทำ

ขอขอบคุณ อ.สรยุทธ กลมกล่อม และ ผศ.ธนา หงษ์สุวรรณ อาจารย์ผู้สอนวิชาการเตรียม  
โครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิชาโครงการ และ วิชาการพัฒนาทักษะทางวิชาชีพวิศวกรรม  
คอมพิวเตอร์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลง  
ได้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณ ทาง โรงเรียนชุมทองวิทยาที่ได้ให้การสนับสนุนในการเรื่องการใช้  
สถานที่ในการทดลอง ทำให้โครงการนี้ผ่านเรียบร้อยไปได้ด้วยดี

ระพีพัฒน์  
ศฤงษณ์พงศ์  
สุกฤษฎ์

เฟิงที  
ขันทอง  
จางวาง

# สารบัญ

หน้า

ระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียน.....	I
ABSTRACT .....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มา และ ความสำคัญของปัญหา (Motivation) .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ (Objectives).....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ (Scope).....	2
1.3.1 ระบบในการตรวจสอบข้อมูลรถยนต์ผู้ปกครอง.....	2
1.3.2 ระบบในการรับรองความถูกต้อง (Authentication) ผู้ปกครองที่มารับนักเรียน .....	2
1.3.3 ระบบแอปพลิเคชัน (Application) .....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน (Methodology).....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Benefits) .....	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิด และ ทฤษฎี .....	5
2.1.1 เมืองอัจฉริยะ (Smart City) <sup>[1]</sup> .....	5
2.1.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing).....	11
2.1.3 เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application).....	16
2.1.4 กล้องวงจรปิดที่สามารถส่ง และ รับข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (IP Camera).....	18
2.1.5 ทฤษฎีด้านความปลอดภัย .....	18
2.1.6 การเข้ารหัสข้อมูล Encryption การเลือกใช้ และ เปรียบเทียบ encryption algorithm.....	19
2.1.7 การแฮชข้อมูล เปรียบเทียบ algorithm และ การเลือกใช้.....	21

2.2	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง (Related Law) .....	23
2.2.1	พ.ร.บ.คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล(Personal Data Protection Act : PDPA) <sup>[2]</sup> .....	23
บทที่ 3 การออกแบบ และ การพัฒนา .....		27
3.1	Requirements ของระบบ Application .....	27
3.2	การออกแบบ Application .....	29
3.3	การออกแบบ Use Case Diagram .....	30
3.4	การออกแบบฐานข้อมูล.....	31
3.4.1	dw_student .....	32
3.4.2	dw_parent .....	32
3.4.3	re_student_parent .....	33
3.4.4	dm_student_class .....	33
3.4.5	re_student_classroom .....	34
3.4.6	dw_license_plate .....	34
3.4.7	re_student_license_plate .....	35
3.4.8	dw_traffic_report.....	35
3.5	การออกแบบ UI Web Application ส่วนของผู้ใช้.....	36
3.5.1	หน้าเข้าสู่ระบบ .....	36
3.6	การออกแบบ UI Web Application ส่วนของ Admin .....	37
3.6.1	หน้าเข้าสู่ระบบของฝั่ง Admin .....	37
3.6.2	หน้าเข้าแสดงภาพจาก IP Camera.....	38
3.6.3	หน้าแสดงลำดับ queue .....	39
3.6.4	หน้าจัดการข้อมูลของผู้ใช้งาน .....	39
3.7	การออกแบบอุปกรณ์ Hardware.....	40
3.7.1	IP Camera.....	40
3.7.2	ชุดเครื่องขยายสัญญาณไวไฟ.....	41
3.8	การออกแบบตำแหน่งการติดตั้งกล้อง.....	42
3.9	ส่วนของการออกแบบการเรนโมเดลการอ่านป้ายทะเบียน.....	43
3.9.1	การเลือกโมเดล.....	43
3.9.2	การเลือกชุดข้อมูล.....	43
3.9.3	การ Augmentation Dataset.....	45
3.10	การออกแบบภาพรวมของระบบ .....	46

3.10.1	กระบวนการทำงานของระบบ .....	46
3.11	การพัฒนา License Plate Recognition .....	47
3.11.1	Image Acquisition .....	48
3.11.2	License Plate Extraction .....	48
3.11.3	License Plate Segmentation .....	49
3.11.4	Character Recognition .....	50
3.12	การพัฒนา Face Recognition System .....	51
3.12.1	การรวบรวมข้อมูลรูปภาพ (Data Gathering) .....	52
3.12.2	Training the Recognizer .....	52
3.12.3	Recognition Process .....	53
บทที่ 4	การทดลอง .....	54
4.1	การทดสอบระยะเวลาที่ผู้ปกครองใช้จอคอมพิวเตอร์นักเรียนชั้นรถยนต์ .....	54
4.1.1	วัตถุประสงค์ .....	54
4.1.2	วิธีการทดลอง .....	54
4.1.3	ผลการทดลอง .....	57
4.2	การทดสอบการ Train Model Yolov7 .....	60
4.2.1	วัตถุประสงค์ .....	60
4.2.2	การทดลอง .....	60
4.2.3	ผลการทดลอง .....	61
4.3	การทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขแอโรบิค .....	63
4.3.1	วัตถุประสงค์ .....	63
4.3.2	วิธีการทดสอบ .....	63
4.3.3	ผลการทดสอบ .....	63
4.4	การทดสอบการตรวจจับ และ จดจำใบหน้า .....	65
4.4.1	วัตถุประสงค์ .....	65
4.4.2	วิธีการทดสอบ .....	65
4.4.3	ผลการทดสอบ .....	66
4.5	การทดสอบการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง .....	68
4.5.1	วัตถุประสงค์ .....	68
4.5.2	วิธีการทดสอบ .....	68
4.5.3	ผลการทดสอบ .....	70

บทที่ 5 สรุปการดำเนินงานของโครงการ .....	74
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน .....	74
5.1.1 ส่วนของ Software .....	74
5.1.2 ส่วนของ Hardware .....	74
5.2 ปัญหา อุปสรรค และ แนวทางแก้ไข .....	75
5.2.1 ปัญหาจากการขออนุญาตโรงเรียน โรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า .....	75
5.2.2 ปัญหาจากการพัฒนา License Plate Recognition .....	75
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ .....	76
บรรณานุกรม .....	77



# สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดง Requirement ในการพัฒนา Application .....	28
ตารางที่ 3.2 ตารางรายละเอียด dw_student.....	32
ตารางที่ 3.3 ตารางรายละเอียด dw_parent .....	33
ตารางที่ 3.4 ตารางรายละเอียด re_student_parent .....	33
ตารางที่ 3.5 ตารางรายละเอียด dm_student_class.....	34
ตารางที่ 3.6 ตารางรายละเอียด re_student_classroom .....	34
ตารางที่ 3.7 ตารางรายละเอียด dw_license_plate .....	34
ตารางที่ 3.8 ตารางรายละเอียด re_student_license_plate.....	35
ตารางที่ 3.9 ตารางรายละเอียด dw_traffic_report.....	35
ตารางที่ 4.1 ตารางเวลาที่ผู้ปกครองหยุดรถที่จุดรับจนถึงเวลาที่รถเริ่มเคลื่อนที่ก่อนติดตั้งระบบ.....	57
ตารางที่ 4.2 ตารางเวลาที่ผู้ปกครองหยุดรถที่จุดรับจนถึงเวลาที่รถเริ่มเคลื่อนที่หลังติดตั้งระบบ .....	58

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างหลักการทำงานของ Convolution Neural Network .....	13
รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างหลักการทำงานของ Symmetric Encryption <sup>[13]</sup> .....	20
รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างหลักการทำงานของ Asymmetric Encryption <sup>[13]</sup> .....	21
รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบ Hashing algorithm.....	22
รูปที่ 2.5 แนวทางข้อปฏิบัติตามกฎหมายเบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูลส่วนบุคคล.....	26
รูปที่ 3.1 Use case ของเว็บแอปพลิเคชัน .....	30
รูปที่ 3.2 แสดงการออกแบบ Schema ของระบบ .....	31
รูปที่ 3.3 หน้าเข้าสู่ระบบ.....	36
รูปที่ 3.4 หน้าการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง .....	37
รูปที่ 3.5 หน้าเข้าสู่ระบบของฝั่ง Admin .....	38
รูปที่ 3.6 หน้าเข้าแสดงภาพจาก IP Camera .....	38
รูปที่ 3.7 หน้าแสดงลำดับ queue.....	39
รูปที่ 3.8 หน้าจัดการข้อมูลของผู้ใช้งาน .....	39
รูปที่ 3.9 IP Camera ที่นำมาใช้.....	40
รูปที่ 3.10 ชุดเครื่องขยายสัญญาณไวไฟที่นำมาใช้ .....	41
รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ Hardware ต่างๆที่นำมาใช้.....	41
รูปที่ 3.12 ตำแหน่งการวางมุกกล้อง .....	42
รูปที่ 3.13 ความสูงของกล้องวัดจากพื้น.....	43
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างของ ชุดข้อมูลที่ใช้ในการ Test.....	44
รูปที่ 3.15 แสดงรายละเอียดการแบ่ง Dataset.....	44
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ผ่านการ Augmentation ปรับสีภาพเป็น grey scale และปรับขนาดเป็น 640x640 pixel ...	45
รูปที่ 3.18 โครงสร้างโดยรวมของระบบ .....	46
รูปที่ 3.19 หลักการทำงานของ License Plate Recognition.....	47

รูปที่ 3.20 ตัวอย่างโค้ด Python Opencv ในการทำ Image Acquisition .....	48
รูปที่ 3.21 ตัวอย่างโค้ด Python Opencv License Plate Extraction .....	48
รูปที่ 3.22 ผลลัพธ์ของการทำ Image Acquisition และ License Plate Extraction .....	49
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างโค้ด Python Opencv License Plate Segmentation.....	49
รูปที่ 3.24 ผลลัพธ์ของการทำ License Plate Segmentation .....	49
รูปที่ 3.25 ผลลัพธ์ของการทำ Character Recognition.....	50
รูปที่ 3.26 ตัวอย่างโค้ด Python แสดงวิธีการจำแนกตัวอักษรที่จากป้ายทะเบียนเป็นเลขทะเบียน .....	50
รูปที่ 3.27 โครงสร้างการทำงานของ Face Recognition System (Pre-Training Process).....	51
รูปที่ 3.28 โครงสร้างการทำงานของ Face Recognition System (Recognition Process) .....	53
รูปที่ 4.1 รูปแผนผังการเดินรถในโรงเรียน .....	54
รูปที่ 4.2 รูปการจราจรในโรงเรียน ณ เวลาเลิกเรียน .....	55
รูปที่ 4.3 รูปนักเรียนขึ้นรถยนต์ผู้ปกครองที่จุดรับนักเรียน ณ เวลาเลิกเรียน.....	55
รูปที่ 4.4 รูปแผนผังการเดินรถในโรงเรียนและตำแหน่งติดตั้งกล้อง .....	56
รูปที่ 4.5 รูปถ่ายของลักษณะมุมกล้อง ณ ตำแหน่งติดตั้งกล้อง .....	56
รูปที่ 4.6 รูปกราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการจอดที่จุดรับนักเรียน.....	59
รูปที่ 4.7 Environment ในการทดสอบ ระยะเวลาที่ผู้ปกครองใช้จอดรอนักเรียนขึ้นรถยนต์ .....	60
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่า recall ในแต่ละ epoch.....	61
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่า precision ในแต่ละ epoch.....	62
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่า map0.5 ในแต่ละ epoch.....	62
รูปที่ 4.11 ทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขเอโรบิก ครั้งที่ 1-5 .....	63
รูปที่ 4.12 ทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขเอโรบิก ครั้งที่ 6-10 .....	64
รูปที่ 4.13 ทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขเอโรบิก ครั้งที่ 11-15 .....	64
รูปที่ 4.14 ทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขเอโรบิก ครั้งที่ 16-20 .....	65
รูปที่ 4.15 Environment ในการทดสอบการตรวจจับและจดจำใบหน้า.....	65
รูปที่ 4.16 ทดสอบการตรวจจับ และ จดจำใบหน้า ครั้งที่ 1-5.....	66
รูปที่ 4.17 ทดสอบการตรวจจับ และ จดจำใบหน้า ครั้งที่ 6-10.....	67

รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์ของการทดสอบการตรวจจับ และ จดจำใบหน้า .....	67
รูปที่ 4.19 กราฟผลการทดสอบการตรวจจับและจดจำใบหน้า .....	68
รูปที่ 4.20 Environment การทดสอบการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง .....	69
รูปที่ 4.21 ทดสอบการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง ครั้งที่ 1-5 .....	70
รูปที่ 4.22 ทดสอบการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง ครั้งที่ 6-10 .....	70
รูปที่ 4.23 การเปิดใช้งาน line notification และ เชื่อมต่อรหัสนักเรียนเข้ากับบัญชีไลน์ .....	71
รูปที่ 4.24 ระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านอีเมลได้อย่างถูกต้อง .....	72
รูปที่ 4.25 ระบบสามารถการแจ้งเตือนแบบพจนอดิพีเคชั่นได้อย่างถูกต้อง .....	73



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มา และ ความสำคัญของปัญหา (Motivation)

สาเหตุของปัญหาการจราจรคับคั่งในบริเวณ โรงเรียนในประเทศไทยที่มักจะสังเกตเห็นได้ ในช่วงเวลาเร่งด่วนส่วนหนึ่งมาจากการที่ผู้ปกครองไปรับไปส่งบุตรหลานซึ่งเป็นนักเรียนนักศึกษา โดยเฉพาะในช่วงเวลาหลังเลิกเรียนผู้ปกครองที่มารับนักเรียนโดยรถยนต์ส่วนบุคคล เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดการจราจรคับคั่งในบริเวณหน้าโรงเรียน เนื่องจากการที่ผู้ปกครองจอดรอรับนักเรียนเป็นเวลานานเกินกว่าปกติซึ่งเกิดจากปัญหาการสื่อสารระหว่างนักเรียน และ ผู้ปกครองซึ่งรถติดส่งผลอย่างต่อสุขภาพจิตใจของคนไทยเป็นอย่างมาก และ นอกจากปัญหาด้านการจราจรแล้วยังก่อปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ และ มลพิษทางเสียงให้กับผู้พักอาศัยในบริเวณดังกล่าวอีกด้วย

ทางผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ซึ่งนับเป็นส่วนหนึ่งของ โครงการ Smart City โดย รศ.ดร.เจริญ วงษ์ขุ่มเย็น เพื่อส่งเสริมการพัฒนาประเทศไทยในด้านต่างๆ

เพื่อลดปัญหารถติดที่เกิดจากการรับส่งนักเรียนทางที่พัฒนาจึงมีวิธีแก้ปัญหาด้วยแนวคิดที่ทำให้ผู้ปกครองใช้เวลาในการจอดรอรับบุตรหลานน้อยลง โดยการตรวจจับรถผู้ปกครองว่าได้มาถึงบริเวณโรงเรียน แล้วจึงแจ้งให้นักเรียนเตรียมพร้อมเมื่อผู้ปกครองมาจอดรับ และ นักเรียนสามารถขึ้นรถยนต์ของผู้ปกครอง และ ออกรถได้ทันที

นอกจากความสะดวกสบายที่เพิ่มเข้ามาจากการใช้งานระบบนี้แล้ว ก็ไม่ควรมองข้ามประเด็นความปลอดภัย และ ช่องโหว่ที่อาจเกิดขึ้นได้จากการใช้งานระบบแบบใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และ เพื่อป้องกันการโดนนำไปใช้งานในทางที่ผิดเราจึงมีการเพิ่มระบบที่ช่วยยืนยันตัวตนของผู้ขับขี่ เพื่อไม่ให้เกิดการปลอมแปลงป้ายทะเบียนรถยนต์มารับนักเรียน หรือกรณีที่สมมุติขึ้น เช่นการสร้างหลักฐานที่อยู่ปลอมด้วยการใส่ป้ายทะเบียนของรถยนต์คันอื่นมาขับผ่านกล้องเพื่อบันทึกว่ารถคันนี้ได้มีการขับผ่านเส้นทางนี้ ณ เวลานั้น จากการบันทึก log ข้อมูลตามพระราชบัญญัติคอมพิวเตอร์ ฉบับปี 2560

## 1.2 วัตถุประสงค์ (Objectives)

- 1) เพื่อลดระยะเวลาในการรับบุตรหลานของผู้ปกครอง
- 2) เพื่อลดปัญหาการจราจรคับคั่งในบริเวณหน้าโรงเรียน
- 3) เพื่อสร้างความปลอดภัยแก่นักเรียน
- 4) เพื่อลดปัญหาของผู้พักอาศัยบริเวณโรงเรียนจากมลพิษทางอากาศ และ ระยะเวลามลพิษทางเสียง
- 5) เพื่อเก็บข้อมูลการจราจรบริเวณโรงเรียนสำหรับนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ (Scope)

โครงการนี้เป็นระบบที่ช่วยในการจัดการรับส่งนักเรียนให้มีความสะดวก รวดเร็ว และสามารถแก้ไขปัญหาการติดขัดในบริเวณโรงเรียนได้โดยใช้เทคโนโลยี LPR (License Plate Recognition) ในการตรวจจับทะเบียนรถของผู้ปกครอง และมีเทคโนโลยี Face Recognition ในการตรวจจับใบหน้าเพื่อเป็นการ Authentication ผู้ปกครองที่มารับนักเรียน โดยเมื่อผู้ปกครองมาถึงระบบจะทำการประมวลผล และทำการแจ้งเตือนให้นักเรียนเตรียมตัวเพื่อกลับบ้านผ่าน Web Application และ Native Device Application โดยแบ่งเป็นระบบได้ดังนี้

### 1.3.1 ระบบในการตรวจสอบข้อมูลรถยนต์ของผู้ปกครอง

ระบบ LPR (License Plate Recognition) คือระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์โดยใช้งานคู่กับ IP Camera ที่ตั้งไว้ และ ถ่ายแบบ Real-Time และ สามารถอ่านป้ายทะเบียนได้ทั้ง ตัวอักษร และ ตัวเลข รวมถึงจังหวัด จากนั้นจะบันทึกผลข้อมูลลงใน Database ของผู้ปกครองเพื่อที่จะสามารถระบุได้ว่า ป้ายทะเบียนเป็นของผู้ปกครองคนใดของนักเรียนคนใด

### 1.3.2 ระบบในการรับรองความถูกต้อง (Authentication) ผู้ปกครองที่มารับนักเรียน

ระบบ Face Recognition คือ ระบบตรวจจับใบหน้าของบุคคล โดยใช้งานคู่กับ IP Camera ที่ตั้งไว้ และ ถ่ายแบบ Real-Time สามารถตรวจจับ และ แยกแยะใบหน้า จากนั้นจะบันทึกผลข้อมูลลงใน Database ของผู้ปกครองเพื่อที่จะสามารถระบุได้ว่ารูปใบหน้าที่ของผู้ปกครองคนใดของนักเรียนคนใด

### 1.3.3 ระบบแอปพลิเคชัน (Application)

มีระบบ Web Application ทั้งฝั่ง Admin และ User โดยทางฝั่ง Admin สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลทะเบียนรถ และ ข้อมูลผู้ปกครองที่อยู่ใน Database ได้ และ ทางฝั่งของ User จะได้รับการแจ้งเตือนเมื่อผู้ปกครองของตนใกล้มาถึงแล้ว เพื่อที่จะได้มีเวลาเตรียมตัว และ ลดเวลาในการที่ผู้ปกครองต้องจอดรถรอ จึงทำให้ ปัญหาการติดขัดบริเวณโรงเรียนลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีระบบ Mobile Application และ End-User Device ต่างๆ เพื่อช่วยเหลือในด้านการแจ้งเตือน และ เพิ่มความถี่ในการใช้งาน เพื่อให้ไม่ต้องเข้า Browser ทุกครั้งที่อยากได้การแจ้งเตือน และสามารถทำกิจกรรมต่างๆต่อไปได้โดยไม่ต้องกังวลว่าต้องนั่งมองโทรศัพท์หรือคอมพิวเตอร์ตลอดเวลาอีก ทั้งยังเสริมระบบอื่นๆเช่น GPSเมื่อถึงเวลารับกลับบ้าน และ มายังบริเวณ โรงเรียน ระบบส่งเสียงแจ้งเตือน ผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ใกล้เคียงระบบต่างๆ ที่กล่าวมาต้องได้รับสิทธิ์การใช้งานจากผู้ใช้อีกเพื่อให้สอดคล้องกฎหมาย

#### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน (Methodology)

- 1) กำหนดขอบเขต และ วัตถุประสงค์ในการทำโครงการ
- 2) ศึกษาปัญหาหรือคดีบริเวณหน้าโรงเรียน โดยการทำแบบสำรวจจากผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้น
- 3) ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญหาหรือคดี
- 4) ออกแบบระบบ Web Application และ ระบบฐานข้อมูล ของระบบการจัดการการรับนักเรียนหน้าสถานศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาหรือคดี
- 5) ออกแบบ User Interface ของ Web Application ทางฝั่ง user และ ของฝั่ง admin
- 6) พัฒนาระบบ LPR (License Plate Recognition) และ Face Recognition
- 7) พัฒนา Web Application ของระบบจัดการการรับนักเรียนหน้าสถานศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาหรือคดี
- 8) ทดสอบ วัดประสิทธิภาพ และ ปรับปรุงแก้ไขระบบ
- 9) สรุปผลจัดทำรูปเล่ม

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Benefits)

- 1) ผู้คนสามารถเดินทางได้สะดวก และ รวดเร็วมากขึ้น
- 2) คนไทยพบเจอปัญหาลดคติน้อยลง และ ประโยชน์ต่างๆที่ตามมา เช่น สุขภาพจิต ความเครียด ที่ลดลง
- 3) ผู้ที่พักอาศัยบริเวณโรงเรียนประสบปัญหามลพิษทางอากาศ และ เสียงน้อยลง
- 4) ผู้ปกครองใช้เวลาให้การมารับบุตรหลานน้อยลง
- 5) ผู้ปกครองมีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สื่อสารขณะขับจักรยานพาหนะน้อยลง ลดอุบัติเหตุบนท้องถนน
- 6) ความปลอดภัยของนักเรียนที่มากขึ้น
- 7) ได้ข้อมูลการจราจรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์อื่นต่อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แนวคิด และ ทฤษฎี

#### 2.1.1 เมืองอัจฉริยะ (Smart City)<sup>[1]</sup>

Smart City หมายถึง เมืองหรือพื้นที่ที่ใช้เทคโนโลยี และการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ เช่น เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) การวิเคราะห์ข้อมูล (Big Data Analytics) ระบบการจัดการพลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy Management) ระบบการจัดการจราจรอัจฉริยะ (Smart Traffic Management) และ การใช้เทคโนโลยีในการให้บริการสาธารณสุขอื่นๆ เช่น การบริการสุขภาพอัจฉริยะ (Smart Healthcare) หรือการบริการการศึกษาอัจฉริยะ (Smart Education) เพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิต และการดำเนินชีวิตของประชาชนในพื้นที่นั้นๆ

เมืองอัจฉริยะใช้เทคโนโลยีดิจิทัล และการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในทุกด้านของการดำเนินชีวิตทั้งในส่วนของพื้นที่ชุมชน การจัดการสาธารณสุข การขนส่ง การให้บริการสาธารณสุข การดูแลสุขภาพ การศึกษา การพัฒนาเศรษฐกิจ การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและมิตรภาพกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้มีการดำเนินชีวิตที่มีคุณภาพ และ ยั่งยืน นอกจากนี้เมืองต้องได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมโดยเกี่ยวข้องกับธุรกิจ และการมีส่วนร่วมของรัฐบาล สิ่งนี้นำไปสู่เมืองที่มีสุขภาพดี เมืองที่ผู้คนสามารถมีความสุขได้ และ เมืองที่พัฒนาเมืองสมัยใหม่ มีผลสะท้อนมาจากการสร้างเมืองอัจฉริยะ มีด้านที่สำคัญ 7 ด้านคือ

##### 1) สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment)

การใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และ สิ่งแวดล้อมในเมืองให้มีประสิทธิภาพ ลดการใช้ทรัพยากร และ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้านสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะมีลักษณะหลากหลาย และสามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของเมือง องค์ประกอบหลักของสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะได้แก่:

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ: การใช้เทคโนโลยีเพื่อวัด และ จัดการการใช้งานน้ำในเมือง ซึ่งรวมถึงการตรวจวัด และ ควบคุมคุณภาพน้ำ การอัตราการสูญเสีย การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และ การลดการสูญเสียจากระบบการใช้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ: การใช้เทคโนโลยีเพื่อวัด และ จัดการการใช้งานน้ำในเมือง ซึ่งรวมถึงการตรวจวัด และ ควบคุมคุณภาพน้ำ การอัตราการสูญเสียน้ำ การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และ การลดการสูญเสียจากระบบการใช้น้ำการบริหารจัดการพลังงาน: การใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงาน การใช้พลังงานทดแทน และ พลังงานหมุนเวียน เช่น การพัฒนาระบบการจับเก็บพลังงานทางแสงอาทิตย์ การใช้เทคโนโลยีเก็บพลังงานจากการเคลื่อนไหวของยานพาหนะ และ การใช้เทคโนโลยีอื่นๆ เพื่อประหยัดพลังงาน และ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การจัดการสิ่งแวดล้อม และ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ: การใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในการจัดการสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้ระบบเซ็นเซอร์ และ ระบบอัตโนมัติในการควบคุมคุณภาพอากาศ การระบุ และ จัดการกับพื้นที่สีเขียว การใช้ระบบรายงานข้อมูลสิ่งแวดล้อมเพื่อวิเคราะห์ และ ปรับปรุงสภาพแวดล้อมในเมือง

การพัฒนาสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะช่วยให้เมืองมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการประมาณเวลา และ ค่าใช้จ่าย และ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้เทคโนโลยีเพื่อบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่อัจฉริยะเป็นการสร้างเมืองที่ยั่งยืน และ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

## 2) การเดินทาง และ ขนส่งอัจฉริยะ (Smart Mobility)

การใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมเพื่อปรับปรุงระบบการเดินทาง และ ขนส่งในเมืองให้มีประสิทธิภาพ มีความสะดวกสบาย และ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ด้านการเดินทาง และ ขนส่งอัจฉริยะมีลักษณะหลากหลาย และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามเงื่อนไข และ ความต้องการของเมือง องค์ประกอบหลักของการเดินทาง และ ขนส่งอัจฉริยะได้แก่:

การจราจรอัจฉริยะ (Smart Traffic): การใช้เทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงการจราจรในเมืองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะที่สามารถปรับตัวได้ตามอัตราการจราจร ระบบการควบคุมการจราจรด้วยเทคโนโลยี และ การใช้ข้อมูลจราจรเพื่อคาดการณ์ และ แก้ไขปัญหาการจราจรในเชิงระยะยาว

การขนส่งมวลชนอัจฉริยะ (Smart Public Transportation): การใช้เทคโนโลยีในการปรับปรุงระบบขนส่งมวลชน เช่น การใช้แอปพลิเคชันสำหรับการจองตั๋ว และ ติดตามข้อมูลรถโดยสารแบบเรียลไทม์ การใช้ระบบติดตามรถบัส

และ รถไฟฟ้าให้สามารถรู้ตำแหน่ง และ เวลาเดินทางได้อย่างแม่นยำ และ การพัฒนาระบบเส้นทางขนส่งสาธารณะที่มีความสะดวกสบาย และ หลากหลาย

การใช้นานพาหนะอัจฉริยะ (Smart Vehicles): การนำเทคโนโลยีไร้คนขับ (Autonomous Vehicles) และ ระบบควบคุมอัจฉริยะในยานพาหนะ เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ลดการประมาทเวลาในการเดินทาง และ ลดการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบสื่อสารระหว่างยานพาหนะ และ โครงสร้างพื้นฐานในเมือง เพื่อสร้างระบบการเดินทาง และ ขนส่งที่เชื่อมต่อ และ อัจฉริยะมากยิ่งขึ้น

การพัฒนาการเดินทาง และ ขนส่งอัจฉริยะเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเมืองที่มีคุณภาพชีวิตดี และ ยั่งยืน มีระบบการเดินทางที่มีประสิทธิภาพ และ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงประหยัดทรัพยากรในการเดินทาง และ ขนส่งในเมือง

### 3) การดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living)

การใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชนในเมืองให้ดียิ่งขึ้น และ เป็นมิตรต่อผู้ใช้บริการ ด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะมีลักษณะหลากหลาย และ เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และ การสื่อสารองค์ประกอบหลักของการดำรงชีวิตอัจฉริยะได้แก่:

บ้านอัจฉริยะ (Smart Home): การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อควบคุม และ การจัดการภายในบ้านอย่างอัตโนมัติ ซึ่งสามารถควบคุมระบบไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า ระบบความปลอดภัย การควบคุมอุณหภูมิในบ้าน ระบบเสียง ระบบรักษาความปลอดภัย และ ระบบสื่อสารต่างๆ ในบ้าน

การใช้งานอัจฉริยะ (Smart Utilities): การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการบริหารจัดการการใช้งานสาธารณูปโภคอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การควบคุมการใช้น้ำ การควบคุมการใช้พลังงาน การติดตาม และ บริหารจัดการการใช้งานน้ำพลังงาน และ การประหยัดทรัพยากรต่างๆ ในบ้าน

การใช้งานอัจฉริยะในชีวิตประจำวัน (Smart Lifestyle): การใช้เทคโนโลยีในการสนับสนุน และ ประสานงานกับกิจกรรม และ การดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น ระบบการจัดการเวลา การบริหารจัดการสุขภาพ การติดตาม และ วางแผนการทำกิจกรรม ระบบการสื่อสาร และ การสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ รวมถึงการใช้งานแอปพลิเคชัน และ อุปกรณ์อัจฉริยะที่ช่วยให้ชีวิตประจำวันง่ายขึ้น และ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การดำรงชีวิตอัจฉริยะเป็นการใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในการปรับปรุงคุณภาพชีวิต และ ความสะดวกสบายของประชาชนในเมือง การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และ การสื่อสารช่วยให้ประชาชนสามารถเชื่อมต่อกับข้อมูล และ บริการต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว และ ง่ายดาย ซึ่งส่งผลให้เกิดความสะดวกสบาย ประหยัดเวลา และ ช่วยให้สามารถดำรงชีวิตที่ยั่งยืน และมีคุณภาพได้มากยิ่งขึ้นในเมืองอัจฉริยะ

#### 4) พลเมืองอัจฉริยะ (Smart People)

การพัฒนา และ สนับสนุนประชากรในเมืองให้มีการเติบโต และ พัฒนาทั้งในด้านการศึกษา การสร้างองค์ความรู้ การสื่อสาร และ การเข้าถึงเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มศักยภาพ และ ความสามารถในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน ด้านพลเมืองอัจฉริยะมีลักษณะหลากหลาย และสามารถเพิ่มขึ้นตามความต้องการ และ ความสามารถของผู้คน องค์ประกอบหลักของพลเมืองอัจฉริยะได้แก่:

การศึกษา และ การเรียนรู้: การใช้เทคโนโลยีในการเพิ่มคุณภาพการศึกษา และ การเรียนรู้ ซึ่งรวมถึงการเข้าถึงแหล่งความรู้ออนไลน์ การใช้แอปพลิเคชันการศึกษา การใช้เทคโนโลยีสื่อสารเพื่อการเรียนรู้ระยะไกล และ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มความรู้ และ ทักษะใหม่ๆ

การสื่อสาร และ การเชื่อมต่อ: การใช้เทคโนโลยีสื่อสารเพื่อสื่อสาร และ เชื่อมต่อกับผู้คนในเมือง และ ทั่วโลกซึ่งรวมถึงการใช้โครงข่ายสังคมออนไลน์ เครื่องมือโทรศัพท์มือถือ และ แพลตฟอร์มออนไลน์อื่นๆ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลความคิดเห็น และ ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ และ การเข้าถึงเทคโนโลยี: การสนับสนุน และ การฝึกอบรมในการใช้เทคโนโลยีให้กับประชากร เพื่อเพิ่มความเข้าใจ และ ความชำนาญในการใช้เทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน รวมถึงการให้ข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ๆ และ ส่งเสริมการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในองค์กร ธุรกิจ และ ชุมชน

การพัฒนาพลเมืองอัจฉริยะเป็นการสร้างสังคมที่มีประชากรที่มีความรู้ความสามารถ และ มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มคุณค่า และ คุณภาพชีวิต พลเมืองอัจฉริยะมีความสามารถในการนำเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านส่วนบุคคล การทำงาน การศึกษา และ การเข้าถึงบริการต่างๆ ในเมืองอัจฉริยะ

## 5) พลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy)

การใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมเพื่อการผลิต การจัดการ และ การใช้งานพลังงานที่มีประสิทธิภาพ และ เป็นที่ยั่งยืน ด้านพลังงานอัจฉริยะมุ่งเน้นลดการใช้งานพลังงานที่ไม่จำเป็น ปรับปรุงระบบการผลิตพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และ สร้างระบบการจัดการพลังงานที่เชื่อมต่อ และ ทำงานร่วมกันได้สมบูรณ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานพลังงาน องค์ประกอบหลักของพลังงานอัจฉริยะได้แก่:

การผลิตพลังงานอัจฉริยะ: การใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานที่สะอาด และ ยั่งยืน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ (พลังงานแสงอาทิตย์) พลังงานลม (พลังงานลม) พลังงานน้ำ (พลังงานน้ำ) และ พลังงานไบโอมาสส์ (พลังงานไบโอมาสส์) เพื่อลดการใช้งานพลังงานที่เกิดมลพิษ และ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระบบจัดการพลังงานอัจฉริยะ: การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อวัด และ ตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคาร และ ระบบการผลิต และ ใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อประหยัดพลังงาน จัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และ วางแผนการใช้งานพลังงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การเชื่อมต่อ และ การจัดการระบบพลังงาน: การใช้เทคโนโลยีสื่อสารเพื่อเชื่อมต่อระบบพลังงานทั้งในระดับเมือง และ ระดับบ้าน ซึ่งรวมถึงการใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อให้สามารถควบคุม และ จัดการการใช้งานพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการตรวจสอบ และ จัดการภาระการใช้งานพลังงานในเมืองอัจฉริยะ

## 6) เศรษฐกิจอัจฉริยะ (Smart Economy)

การใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมเพื่อส่งเสริมการเติบโต และ การพัฒนาทางเศรษฐกิจในเมือง ด้านเศรษฐกิจอัจฉริยะมุ่งเน้นการสร้างสรรค์ และ การใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่มีอยู่ในเมืองเพื่อสร้างความสามารถในการตัดสินใจทางธุรกิจที่มีประสิทธิภาพ และ ทำให้เกิดการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้ในการประกอบธุรกิจของเศรษฐกิจอัจฉริยะได้แก่:

การสนับสนุนธุรกิจ และการสร้างงาน: การส่งเสริม และ สนับสนุน ธุรกิจให้สามารถนำเทคโนโลยี และ นวัตกรรมมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และ บริการใหม่ๆ และ สร้างโอกาสใหม่ในการจัดการงาน และ การจ้างงาน ซึ่ง สร้างสรรค์งาน และ เพิ่มช่องทางในการทำธุรกิจ

การใช้ข้อมูล และ การวิเคราะห์: การนำข้อมูลที่เกิดขึ้นในเมืองมาใช้ในการ วิเคราะห์ และ การตัดสินใจทางธุรกิจ ทำให้ธุรกิจสามารถทำนายแนวโน้ม ตรวจสอบความต้องการของลูกค้า และ ปรับกลยุทธ์ธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การสร้างนวัตกรรม และ การเร่งการสร้างสรรค์: การสนับสนุน และ ส่งเสริมการนวัตกรรมทางธุรกิจ และ การสร้างความสามารถในการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ และ บริการใหม่ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ และ ปัญหาที่เกิดขึ้นในเมือง การสร้างนวัตกรรมทางธุรกิจจะสร้างความเปลี่ยนแปลงในเศรษฐกิจ และ สร้างความเจริญรุ่งเรือง

เศรษฐกิจอัจฉริยะมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในการสร้างความเจริญรุ่งเรือง และ เพิ่มคุณค่าให้กับเมืองอย่างยั่งยืน ทำให้เมืองมีความเป็น ส่วนตัว และ มีการสร้างรายได้ให้กับประชากร รวมถึงเสริมสร้างความแข็งแกร่ง ในการแข่งขันในระดับภูมิภาค และ ระดับนานาชาติ

#### 7) การบริหารภาครัฐอัจฉริยะ (Smart Governance)

ใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ ภาครัฐ และ การให้บริการสาธารณะให้มีความเป็นธรรม โดยเน้นการใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศ และ การสื่อสารเพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานของ ภาครัฐ องค์ประกอบหลักของการบริหารภาครัฐอัจฉริยะได้แก่:

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ: การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และ การ สื่อสารเพื่อเพิ่มความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และ การแสดงผลข้อมูลเพื่อให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจที่มีข้อมูลพื้นฐาน และ ข้อมูล ที่ถูกต้อง

การเปิดข้อมูล (Open Data): การเปิดเผยข้อมูลภาครัฐให้เป็นสาธารณะ เพื่อเสริมสร้างความโปร่งใส โดยให้ประชาชน และ ภาคเอกชนสามารถเข้าถึง และ ใช้ข้อมูลได้ ซึ่งช่วยส่งเสริมการร่วมมือกันระหว่างภาครัฐ และ เอกชนในการ แก้ปัญหา และ พัฒนาเมือง

การใช้เทคโนโลยีในการให้บริการสาธารณะ: การใช้เทคโนโลยีในการพัฒนา และ ปรับปรุงการให้บริการสาธารณะ เช่น ระบบอัตโนมัติในการจัดการจราจร ระบบสุขภาพอิเล็กทรอนิกส์ และ ระบบการเรียกรถบริการภาครัฐอื่นๆ เพื่อให้บริการสะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การสร้างชุมชนออนไลน์: การสร้าง และ สนับสนุนชุมชนออนไลน์ที่เป็นสังคมดิจิทัล เพื่อสร้างพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล และ ความรู้ การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในกระบวนการตัดสินใจ และ การบริหารจัดการภาครัฐ

การบริหารภาครัฐอัจฉริยะมุ่งเน้นความเป็นธรรม และ การให้บริการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดให้กับประชาชน การใช้เทคโนโลยี และ นวัตกรรมเพื่อเพิ่มความโปร่งใส และ ความเชื่อถือในภาครัฐ และ สร้างความเข้มแข็งในการบริหารจัดการ และ การตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนในเมืองอัจฉริยะ

ซึ่งในโครงการนี้เกี่ยวข้องกับ Smart city ด้านการเดินทาง และ ขนส่งอัจฉริยะ (Smart Mobility) เนื่องจากโครงการนี้มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงการจราจรบริเวณหน้าโรงเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยลดปัญหาการติดบริเวณหน้าโรงเรียน

## 2.1.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

เป็นกระบวนการซึ่งเกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยใช้เทคนิค และ อัลกอริทึมต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับภาพ การประมวลผลภาพมีเป้าหมายที่หลากหลาย เช่น การปรับแต่งภาพ เช่น การปรับความสว่าง ความคมชัด และ การปรับสี การตรวจจับวัตถุ การหาขอบของวัตถุ การตรวจจับ และ จำแนกวัตถุ การลบรูปสัญลักษณ์หรือข้อมูลที่ไม่ต้องการ การเพิ่มความคมชัดหรือลดสัญญาณรบกวนในภาพ การสกัดลักษณะเด่นของภาพ เช่น การสกัดเส้นของลายมือหรือลายนิ้วมือ เป็นต้น

เทคนิค และ อัลกอริทึมในการประมวลผลภาพมักใช้งานร่วมกับภาษาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เช่น Python และ ไบเบรารีที่เกี่ยวข้อง เช่น OpenCV MATLAB หรือ TensorFlow เพื่อให้สามารถทำการประมวลผลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ ความแม่นยำสูง

### 2.1.2.1 การตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

เป็นเทคนิคหนึ่งในการประมวลผลภาพที่มุ่งเน้นการตรวจจับ และ การระบุตำแหน่งของวัตถุที่มีอยู่ในภาพดิจิทัล วัตถุที่ตรวจจับอาจเป็นวัตถุทั่วไป เช่น รถยนต์ คน สัตว์ หรือออบเจกต์ที่เฉพาะเจาะจง เช่น ใบหน้า ป้ายจราจร ลินค้ำ เป็นต้น

การตรวจจับวัตถุจะใช้เทคนิค และ อัลกอริทึมที่สามารถหาลักษณะเด่นหรือพื้นที่ที่น่าสนใจในภาพ เช่น เส้นของวัตถุ ลักษณะรูปร่าง หรือลักษณะสี และ จากนั้นใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการสร้างกลไกหรือโมเดลเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถระบุ และ ระบุตำแหน่งของวัตถุในภาพได้

เทคนิค และ อัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุได้แก่ Haar Cascades Histogram of Oriented Gradients (HOG) และ Convolutional Neural Networks (CNN) ซึ่งการพัฒนา และ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Deep Learning ได้มีผลดีในการประมวลผลภาพ และ ตรวจจับวัตถุในระดับความแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังมีระบบตรวจจับวัตถุแบบออนไลน์ที่สามารถทำงานในเรียลไทม์ได้

### 2.1.2.2 โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network) (CNN)<sup>[4]</sup>

คือโมเดลของระบบประมวลผลข้อมูลที่ถูกออกแบบมาเพื่อการประมวลผลภาพ และ ข้อมูลที่มีลักษณะตารางหรือเชิงพื้นที่ โดยมีลักษณะเฉพาะในการใช้งานชัดเจนในการตรวจจับ และ แยกแยะลักษณะเด่นของภาพ ตัวอย่างเช่นการตรวจจับวัตถุในภาพ การจำแนกภาพ การรู้จำ และ ตรวจสอบใบหน้าการค้นหภาพที่คล้ายกัน เป็นต้น

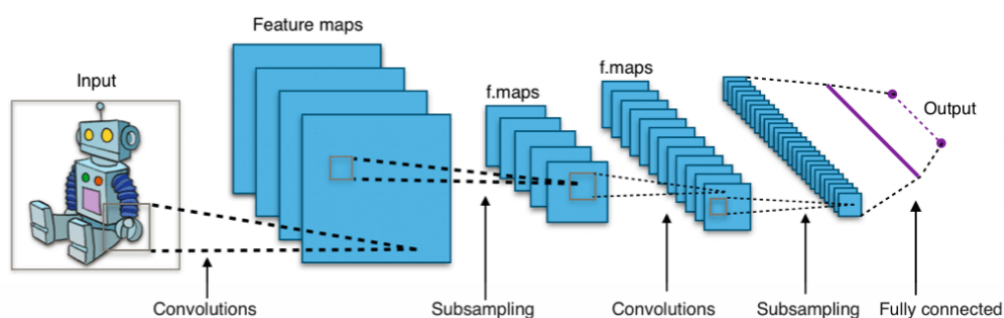
CNN มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยเลเยอร์ต่างๆ ที่สามารถเรียนรู้ และ สกัดลักษณะเด่นของภาพได้อย่างเชิงลึก ส่วนประกอบหลักของ CNN ประกอบด้วย:

Convolutional Layer: ใช้ในการสกัดลักษณะเด่นของภาพ โดยใช้การแปรผันแบบสัมพัทธ์ (convolution) ระหว่างภาพ และ ตัวกรอง (filter) เพื่อสร้างแผนผังลักษณะ (feature map) ที่เป็นผลลัพธ์ของการสกัดลักษณะเด่นจากภาพ

Activation Function: ใช้เพื่อเปิดใช้งานหรือปิดใช้งาน โหนด (node) ในโมเดล CNN โดยที่โหนดที่เปิดใช้งานจะเป็นผลลัพธ์ที่ส่งต่อไปยังเลเยอร์ถัดไป โดยที่โหนดที่ปิดใช้งานจะไม่ส่งผลลัพธ์ออกไป

Pooling Layer: ใช้ในการลดขนาดของแผนผังลักษณะ โดยที่จะลดความละเอียดของภาพ แต่ยังคงรักษาลักษณะที่สำคัญ ซึ่งช่วยลดการคำนวณ และ ป้องกันการเกิดโอเวอร์ฟิต (overfitting) ในโมเดล

Fully Connected Layer: เป็นเลเยอร์ที่มีโหนดที่เชื่อมต่อกันแบบเต็มรูปแบบ ซึ่งจะใช้ในการจำแนก และ คัดแยกวัตถุหรือลักษณะที่ต้องการในภาพ



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างหลักการทำงานของ Convolution Neural Network

CNN ถูกนำมาใช้ในหลายงานที่เกี่ยวข้องกับภาพ อาทิเช่น การจำแนกวัตถุในภาพ (Image Classification) การตรวจจับวัตถุ (Object Detection) การรู้จำ และตรวจสอบใบหน้า (Face Recognition and Verification) และการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) เป็นต้น โดยมีความสามารถในการเรียนรู้อัตโนมัติของรูปแบบแลลักษณะที่เจาะจงในข้อมูลภาพ

### 2.1.2.3 Open Source Computer Vision (OpenCV)

เป็นไลบรารีโอเพนซอร์สที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพ และ วิดีโอ โดยเฉพาะในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพดิจิทัล และ วิดีโอ ไลบรารีนี้เป็นที่นิยม และ ได้รับการใช้งานอย่างแพร่หลายในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์วิทยาการเพื่อประมวลผลภาพ ภาพถ่าย และ วิดีโอ

OpenCV มีฟังก์ชันหลากหลายที่ใช้ในการประมวลผลภาพ เช่น การอ่าน และ เขียนภาพ และ วิดีโอ การปรับแต่งภาพ เช่น การปรับความสว่าง ความคมชัด การปรับสี การตัดเอาส่วนของภาพที่สนใจ การจับเวลา และ ติดตามวัตถุ การตรวจจับ และ สกัดลักษณะเด่นของภาพ เช่น การตรวจจับ และ วัตถุใบหน้า การค้นหาขอบของวัตถุ การค้นหาวัตถุที่คล้ายกัน การทำฮิสโตแกรมของภาพ เป็นต้น

### 2.1.2.4 TensorFlow

เป็นไลบรารีเชิงโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการเรียนรู้ และ การประมวลผลข้อมูลที่มีลักษณะเป็นโครงข่ายประสาทเทียม ไลบรารีนี้เป็นที่นิยม และ ได้รับความนิยมนมากในการพัฒนา และ การทำงานที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) และ การประมวลผลข้อมูลที่ซับซ้อน TensorFlow มีลักษณะเด่นดังนี้:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างกราฟ (Graph): TensorFlow ใช้โครงสร้างกราฟในการระบุ และจัดการกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการสร้าง และ ประมวลผลโมเดลเชิงลึก

การคอมไพล์แบบจัดแนบ (Eager Execution): TensorFlow รองรับโหมดการทำงานแบบคอมไพล์แบบจัดแนบ (eager execution) ที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถเรียกใช้ฟังก์ชัน และ การคำนวณได้ทันทีโดยไม่ต้องสร้าง และ รันกราฟในขั้นตอนต่างๆ

คอมพิวเตอร์กราฟิก (Graph Computing): TensorFlow มีระบบคอมพิวเตอร์กราฟิกที่สามารถใช้ประมวลผลข้อมูลที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคนิคการคอมไพล์แบบกราฟ และ การจัดแนบกราฟ

#### 2.1.2.5 You Only Look Once (Yolo)<sup>[3]</sup>

เป็นแบบจำลองการตรวจจับวัตถุ และ ติดตามวัตถุในภาพ (Object Detection and Tracking) ซึ่งที่มีความเร็วสูงในการประมวลผล และ สามารถทำนายวัตถุพร้อมกันได้ในเวลาเดียวกันทั้งหมดในรูปแบบของกรอบสี่เหลี่ยม (bounding box) และ แสดงความมั่นใจในการตรวจจับวัตถุ (confidence) ในแต่ละวัตถุที่พบในภาพ

YOLO ทำงานโดยการแบ่งภาพออกเป็นกรอบสี่เหลี่ยมหลายๆ ส่วน (grid cells) แล้วใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายค่าพิกเซลภายในแต่ละกรอบสี่เหลี่ยม ทำให้สามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างรวดเร็ว และ มีความแม่นยำสูง โดย YOLO เวอร์ชันแรก (YOLO v1) ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (deep neural network) เช่น CNN (Convolutional Neural Network) ในการประมวลผล

YOLO ได้รับความนิยมในงานวิจัย และ การประยุกต์ใช้ในการตรวจจับวัตถุในภาพ และ วิดีโอในหลายๆ งาน เช่น ระบบการตรวจจับวัตถุในรถยนต์ที่มีการช่วยเหลือการขับขี่ (Advanced Driver Assistance Systems ADAS) ระบบกล้องวงจรปิด (CCTV) การตรวจจับวัตถุในภาพถ่าย และ วิดีโอที่ใช้ในงานวิจัยทางการแพทย์ และ งานวิจัยทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์

#### 2.1.2.6 การอ่านอักขระด้วยแสง (Optical Character Recognition)<sup>[5]</sup>

เป็นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการแปลงข้อมูลแบบพิมพ์ หรือข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเครื่องพิมพ์หรือเครื่องสแกนเป็นข้อมูลดิจิทัล ซึ่งสามารถอ่าน และ แยกแยะอักขระต่างๆ ในเอกสารที่สแกนหรือถ่ายภาพได้อย่างอัตโนมัติ

กระบวนการ OCR มักใช้ในการแปลงเอกสารพิมพ์อัตโนมัติเพื่อให้สามารถแก้ไข ค้นหา จัดเก็บ หรือนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ในรูปแบบดิจิทัลได้ ระบบ

OCR สามารถจัดการกับหลายภาษา และ แบบอักษรที่แตกต่างกันได้ เช่น อักษรละติน เขียนมือ ตัวเลข สัญลักษณ์พิเศษ เป็นต้น

กระบวนการ OCR ประกอบด้วยขั้นตอนหลายขั้นตอน ได้แก่:

การจัดเตรียมภาพ: เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการปรับแต่งภาพเพื่อลดสิ่งรบกวน ปรับแก้ความเบลอ และ เพิ่มความคมชัดของภาพที่จะถูกใช้ในกระบวนการ OCR

การตรวจจับ และ แยกแยะตัวอักษร: เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่ง และ ขนาดของตัวอักษรในภาพ และ แยกแยะตัวอักษรเหล่านั้นออกมาในรูปแบบข้อมูลที่สามารถนำไปใช้งานได้

การจับคำ และ การวิเคราะห์: เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการจับคำจากตัวอักษรที่ถูกแยกแยะแล้ว และ วิเคราะห์คำเหล่านั้นเพื่อเข้าใจความหมาย และ โครงสร้างของข้อความในเอกสาร

การแปลงเอกสารเป็นข้อมูลดิจิทัล: เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่ใช้ในการแปลงข้อมูลที่ถูกอ่าน และ วิเคราะห์จากเอกสารให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัลที่สามารถนำไปใช้งานได้

ระบบ OCR มีการใช้งาน และ ประยุกต์ใช้ในหลายสาขาอุตสาหกรรม เช่น การจัดการเอกสารทางการแพทย์ เอกสารทางธุรกิจ ระบบติดตามการเข้าออกของผู้เข้าร่วมงาน ระบบแสดงผลลงทะเบียนรถยนต์ ระบบการสแกนสินค้าในการค้าปลีก เป็นต้น

#### 2.1.2.7 ระบบตรวจจับ และ จดจำใบหน้า (Face Recognition)

กล้องตรวจจับใบหน้าเป็นระบบวิเคราะห์ใบหน้า และ เป็นหนึ่งในระบบที่ใช้ในการตรวจสอบบุคคลโดยใช้คุณสมบัติไบโอเมตริกซ์ (BIOMETRIC) ระบบจดจำใบหน้าทำงานโดยการเปรียบเทียบใบหน้าในภาพถ่ายดิจิทัลหรือภาพจากกล้องของคนที่เราสนใจโดยใช้ฐานข้อมูลใบหน้าที่มีอยู่ และ เมื่อเปรียบเทียบเสร็จแล้ว ผลลัพธ์จะแสดงในฐานข้อมูลด้วยใบหน้าเดียวกับภาพที่นำมาเปรียบเทียบ

การจดจำใบหน้าที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบใบหน้าของบุคคลที่สนใจกับฐานข้อมูลใบหน้าที่มีอยู่ และ อัลกอริทึม และ กระบวนการเปรียบเทียบที่ใช้ในการสร้างแม่แบบแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับการออกแบบของแต่ละระบบ แต่มีอัลกอริทึมทำงานอย่างไรในขั้นตอนการสร้าง และ เปรียบเทียบเทมเพลต แต่ขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบยังคงเหมือนเดิม โดยทั่วไป ระบบจดจำใบหน้าประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก: การตรวจจับใบหน้า และ การจดจำใบหน้า

### 2.1.3 เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)

เป็นแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยผู้ใช้สามารถเข้าถึง และ ใช้งาน ได้ผ่านทางเว็บไซต์ที่เปิดให้บริการ แอปพลิเคชันเว็บมีการรวมกันระหว่างเทคโนโลยีเว็บ และ ซอฟต์แวร์ที่อยู่ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้งาน และ ดำเนินการต่างๆ ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ได้

เว็บแอปพลิเคชันสามารถทำงานในหลายรูปแบบ เช่น เว็บแอปพลิเคชันแบบสแตติก (Static Web Application) ที่เน้นการแสดงผลข้อมูลแบบคงที่ โดยมักใช้ภาษา HTML CSS และ JavaScript เป็นหลัก และ เว็บแอปพลิเคชันแบบไดนามิก (Dynamic Web Application) ที่สามารถรับข้อมูลผู้ใช้ ประมวลผล และ แสดงผลข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งอาจมีการใช้ภาษาเช่น PHP Python Ruby Java เป็นต้นเพื่อดำเนินการติดต่อกับฐานข้อมูล ประมวลผล และ จัดการข้อมูลต่างๆ

เว็บแอปพลิเคชันสามารถให้บริการหลายฟังก์ชัน และ บริการต่างๆ เช่น การสร้าง และ แสดงผลข้อมูลผ่านฟอร์มออนไลน์ เก็บ และ จัดการข้อมูลสมาชิก การประมวลผลภาพ การสื่อสารผ่านระบบแชท การชำระเงินออนไลน์ เป็นต้น ส่วนใหญ่เว็บแอปพลิเคชันมักใช้งานผ่านเว็บไซต์แต่บางครั้งอาจมีการพัฒนาแอปพลิเคชันเว็บให้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือเช่นกัน

#### 2.1.3.1 SQL (Structured Query Language)

เป็นภาษาที่ใช้เพื่อการทำงานร่วมกัน Relational Database ที่เก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง ซึ่งมี หลัก(คีย์) เป็นตัวบ่งบอกหมวดของข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ เชื่อมต่อกันด้วย key เพื่อระบุตัวข้อมูลแต่ละแถวหรือเชื่อมโยงไปยังตารางอื่น การใช้งาน SQL นั้นมีคำสั่งที่เป็นรูปแบบ แต่ก็มีประเภทของ SQL database ที่พัฒนาแยกออกไป และ เพิ่มคำสั่งใหม่ๆ เพื่อมาใช้กับ database ของตัวเอง

#### 2.1.3.2 Flutter Framework

Flutter เป็นเฟรมเวิร์กการพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือ และ เว็บที่ถูกพัฒนาโดย Google โดยใช้ภาษา Dart ในการเขียนโค้ด ซึ่งเป็นภาษาที่มีประสิทธิภาพสูง และมีสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับการสร้างแอปพลิเคชันที่สวยงาม และ รวดเร็ว

Flutter มีความสามารถในการสร้างแอปพลิเคชันที่ทำงานได้ทั้งในระบบปฏิบัติการ Android และ iOS โดยใช้โค้ดเดียวกัน ทำให้ลดเวลา และ ค่าใช้จ่ายในการพัฒนา และ ยังสามารถสร้างแอปพลิเคชันที่มีการส่งผลกับการกระทำที่น่าสนใจอื่นๆ เช่นแอนิเมชันที่สวยงาม การทำงานในเวลาเดียวกัน (concurrency) และ การแสดงผลที่ราบรื่น นอกจากนี้ยังมีคลังสมุด (library) และ เครื่องมือ (tool) มากมายที่ช่วยในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ซึ่งชุดเครื่องมือเหล่านี้ได้รับการพัฒนา และ รองรับโดย Google อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปคือ Flutter เป็นเฟรมเวิร์กการพัฒนาที่ช่วยให้นักพัฒนาสร้างแอปพลิเคชันมือถือ และ เว็บได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และ มีประสิทธิภาพ โดยใช้ภาษา Dart และ มีคลังสมุด และ เครื่องมือที่มากมายให้ใช้งาน

### 2.1.3.3 Domain name

ชื่อที่ใช้เพื่อระบุ และ อ้างอิงถึงทรัพยากรหรือบริการบนอินเทอร์เน็ต เช่น เว็บไซต์หรือที่อยู่อีเมล เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหรือติดต่อกับทรัพยากรหรือบริการนั้นๆ ได้ง่ายขึ้น โดเมนเนมประกอบด้วยส่วนส่วนสองส่วนหลัก คือชื่อโดเมน (Domain Name) และ นามสกุลโดเมน (Top-Level Domain) ซึ่งตัวอย่างของโดเมนเนม ได้แก่ google.com facebook.com

### 2.1.3.4 HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure)

เป็นโปรโตคอลสื่อสารที่ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านเว็บไชนด์บนอินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัย และ เข้ารหัสข้อมูล เป็นการรวมระบบของ HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลผ่านเว็บไชนด์ และ โปรโตคอล SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security) ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการเข้ารหัสข้อมูล และ ตรวจสอบความปลอดภัยของการสื่อสารระหว่างเว็บเบราว์เซอร์ และ เว็บเซิร์ฟเวอร์

การใช้งาน HTTPS ช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน และ เว็บไซต์ โดยการเข้ารหัสข้อมูลที่ส่งผ่านเว็บไชนด์จะทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีไม่สามารถอ่านหรือแก้ไขข้อมูลได้ง่าย นอกจากนี้ HTTPS ยังช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถรับรองได้ว่าเว็บไซต์ที่พวกเขาเข้าชมเป็นเว็บไซต์ที่ถูกต้อง และ ไม่ถูกปลอมแปลง โดยมีการตรวจสอบความถูกต้องของใบรับรอง SSL/TLS ที่เชื่อถือได้จากหน่วยงานอิสระหรือบริษัทรับรองด้านความปลอดภัยออกให้

### 2.1.3.5 Flask

เป็นเฟรมเวิร์ก (framework) การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (web application) ที่ใช้ภาษา Python เป็นฐาน. ผลิตออกมาแบบมาเพื่อให้เป็นเฟรมเวิร์กที่เบา กระชับ และ ยืดหยุ่น ทำให้นักพัฒนาสามารถสร้าง และ ปรับปรุงแอปพลิเคชันเว็บได้อย่างรวดเร็ว และ ง่ายมากขึ้น. มีโครงสร้างที่เรียบง่าย และ ไม่มีความซับซ้อนมากนัก แต่มีความสามารถในการสร้างแอปพลิเคชันเว็บที่สมบูรณ์ และ มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Flask ยังมีชุดคำสั่งที่ช่วยในการจัดการเรื่องต่างๆ เช่น การจัดการเส้นทาง (routing) การรับข้อมูลจากผู้ใช้ (request handling) การสร้าง และ ใช้งานฟอร์ม (form handling)

การทำงานกับฐานข้อมูล (database integration) การจัดการเซสชัน (session management) และ อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันเว็บ

#### 2.1.4 กล้องวงจรปิดที่สามารถส่ง และ รับข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (IP Camera)

การใช้งานกล้อง IP Camera มาเป็นกล้องรับภาพข้อมูลป้ายทะเบียนรถจากจุดต่างๆของโรงเรียนนั้นจากการศึกษาพบว่าเครื่องเซิร์ฟเวอร์ 1 เครื่องสามารถรับข้อมูลจาก IP Camera ที่มี IP ต่างกันพร้อมกันได้หลายตัวโดยการใช้ DHCP ในการแจกจ่าย ip ให้แก่กล้องแต่ละตัว เพื่อไม่ให้มี ip ซ้ำซึ่งสายแลนกล้องจะเชื่อมต่อออกมาจาก router หรือ switch แล้วจึงเป็นสายเส้นเดียวเข้าสู่ server แต่ก็ยังมีบางกรณีที่กล้องตัวนั้นถูกระบุ IP ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้กล้องที่มี IP เดียวกันไม่สามารถใช้งานรวมกันได้ และ การจัดเตรียมก่อนการนำกล้องไปใช้งานจริง ควรหาข้อมูล IP และ port ของกล้องตัวนั้นก่อนผ่านโปรแกรม IP Camera Viewer 4 ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการดึงข้อมูล video stream จากกล้องตัวนั้นมาใช้งานต่อไป

จากการทดลองใช้ NVR ของ iSpy พบว่าสามารถรับภาพจากกล้อง IP Camera ได้ สามารถบันทึกวิดีโอได้ และ ยังสามารถ Stream Video ขึ้น Internet ได้โดยสามารถเข้าดูผ่านเว็บ Browser จากที่ไหนก็ได้ถ้าหากเปิดเซิร์ฟเวอร์กล้องด้วย Public IP แต่ก็ยังมีข้อจำกัดการใช้งานในเวอร์ชันทดลองใช้คือ ไม่สามารถเปิดเซิร์ฟเวอร์ได้เนื่องจากยาวเกิน 2 ชั่วโมง และ ไม่สามารถบันทึก video ได้ยาวเกิน 2 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน

#### 2.1.5 ทฤษฎีด้านความปลอดภัย

##### 2.1.5.1 Zero Trust Principle

หลักการสมัยใหม่ในการปกป้อง และ ดูแลความปลอดภัยของโปรแกรมหรือเครือข่ายตามชื่อ Zero Trust “การไม่เชื่อใจ” เป็นหลักการที่ “ไม่เชื่อใจๆ ต้องยืนยันเสมอ” แทนที่จะคาดการณ์ว่าทุกสิ่งที่อยู่เบื้องหลัง Firewall ขององค์กร นั้นปลอดภัย โมเดล Zero Trust จะคาดการณ์ว่าเกิดช่องโหว่ในระบบรักษาความปลอดภัย และ ทุกการร้องขอข้อมูลต้องถูกทำการยืนยันให้เสมอว่ามาจากเครือข่ายระบบเปิดหรือภายนอก

โดยในการออกแบบโครงงานชิ้นนี้นั้นได้ยึดถือโมเดลนี้มาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบ โดยฐานข้อมูลจะต้องไม่เปิดให้เชื่อมต่อออกไปยังภายนอกองค์กรหรืออยู่เบื้องหลัง Firewall หากเชื่อมต่อออกไป และ อนุญาตตามหมายเลขไอพีที่มีความจำเป็นเรียกใช้งาน และ ปลอดภัย และ การยืนยันตัวตนที่นำมาใช้ในการเข้าถึงฐานข้อมูลจะสร้างขึ้นโดยแยกระดับสิทธิ์ ให้สิทธิ์เข้าที่จำเป็น และ หากผู้ใช้นั้นไม่จำเป็นต้องเข้าถึงจากภายนอกจะตั้งค่าให้เชื่อมต่อเข้ามาได้จากเพียงเครือข่ายภายในหรือภายในตัวเครื่องเท่านั้น การเข้าถึง api จะต้องได้รับการยืนยันตัวตน ถูกให้สิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ ตรวจสอบสิทธิ์ให้สามารถเข้าใช้ได้เพียง endpoint ที่ได้รับอนุญาตเพียงเท่านั้น การใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อเชื่อมต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ยังคงจะกำหนดเวอร์ชันของ แอปพลิเคชันที่มีสิทธิ์ในการเข้าถึงเพื่อป้องกันการใช้อุปกรณ์เวอร์ชันเก่าที่มีช่องโหว่ด้านความปลอดภัยเข้ามาใช้งานเซิร์ฟเวอร์

#### 2.1.5.2 SSL (Secure Sockets Layer)

เป็นโพรโทคอลความปลอดภัยที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ และการส่งข้อมูลระหว่างเว็บเบราว์เซอร์ และ เซิร์ฟเวอร์เว็บที่มีการเข้ารหัสข้อมูลที่ถูกส่งผ่านอินเทอร์เน็ต โดย SSL มีเป้าหมายเพื่อให้ความมั่นใจในการสื่อสารข้อมูลที่ปลอดภัยระหว่างผู้ใช้งานกับเว็บไซต์ที่เขาเยี่ยมชม โดยทำหน้าที่เกี่ยวกับการตรวจสอบ และ ยืนยันตัวตนของเซิร์ฟเวอร์เว็บ และ เข้ารหัสข้อมูลที่ถูกส่งผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อป้องกันการถูกเข้าถึงโดยบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต

#### 2.1.5.3 TLS (Transport Layer Security)

เป็นโพรโทคอลความปลอดภัยที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ และการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันผ่านเครือข่าย โดย TLS มีหน้าที่เพิ่มความปลอดภัยในการสื่อสาร และการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโดยใช้การเข้ารหัสข้อมูลที่ถูกส่งไปมาระหว่างคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกัน

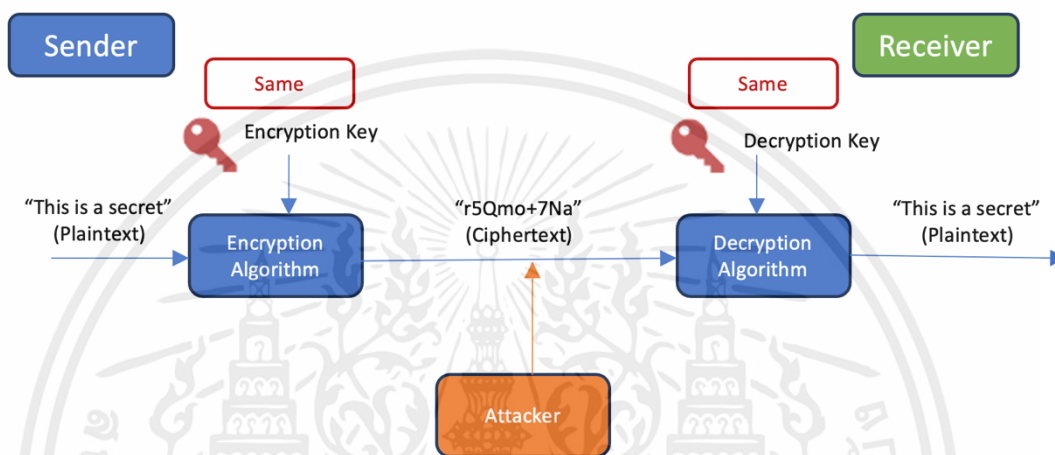
TLS เป็นการพัฒนา และ ปรับปรุงจากโพรโทคอล SSL (Secure Sockets Layer) โดยใช้การเข้ารหัสแบบสมมาตรซึ่งช่วยป้องกันการถูกเข้าถึงข้อมูลจากบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต โดย TLS มีหลักการทำงาน และ ฟังก์ชันคล้ายกันกับ SSL และ ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการเชื่อมต่อทางเว็บ เช่น HTTPS (HTTP Secure) ที่ใช้ TLS เพื่อเป็นโพรโทคอลที่รองรับการสื่อสารระหว่างเว็บเบราว์เซอร์ และ เว็บเซิร์ฟเวอร์อย่างปลอดภัย.

#### 2.1.6 การเข้ารหัสข้อมูล Encryption การเลือกใช้ และ เปรียบเทียบ encryption algorithm

ในการปกป้องข้อมูลทั่วไป ข้อมูลที่อ่อนไหว หรือข้อมูลส่วนบุคคลให้ปลอดภัย ถึงแม้จะมีการส่งผ่านข้อมูลเหล่านั้นไปตามเครือข่ายสามารถทำได้ด้วยการเข้ารหัสหรือ Encryption ซึ่งเป็นการปกปิดข้อมูลจากชุดข้อมูลเดิมให้กลายเป็นข้อมูลชุดใหม่ที่ไม่สามารถทำความเข้าใจหรือตีความได้ โดยเมื่อข้อมูลได้ถูกเข้ารหัส และ ถูกส่งไปยังผู้รับหรือเซิร์ฟเวอร์ปลายทางแล้ว จะถูกถอดรหัสให้กลับเป็นข้อมูลเดิมด้วยรหัสหรือ “key” ที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้า โดยสามารถเป็น key เดียวกัน หรือคนละ key ก็ได้ขึ้นอยู่กับ algorithm ที่นำมาเข้ารหัส

### 2.1.6.1 Symmetric Encryption<sup>[13]</sup>

การเข้ารหัสแบบสมมาตร กล่าวถึงการเข้ารหัส และ ถอดรหัสข้อมูลโดยใช้ Key ชุดเดียวกัน แบ่งประเภทเป็น Stream Cipher(RC4 Snow3G) และ Block Cipher(DES AES RC6) ตามจำนวนbit/character ต่อการเข้ารหัสหนึ่งครั้ง มีความเร็วสูง และ ในปัจจุบัน CPU ของ PC Android devices และ IOS devices ยังมีการ built-in hardware encryption



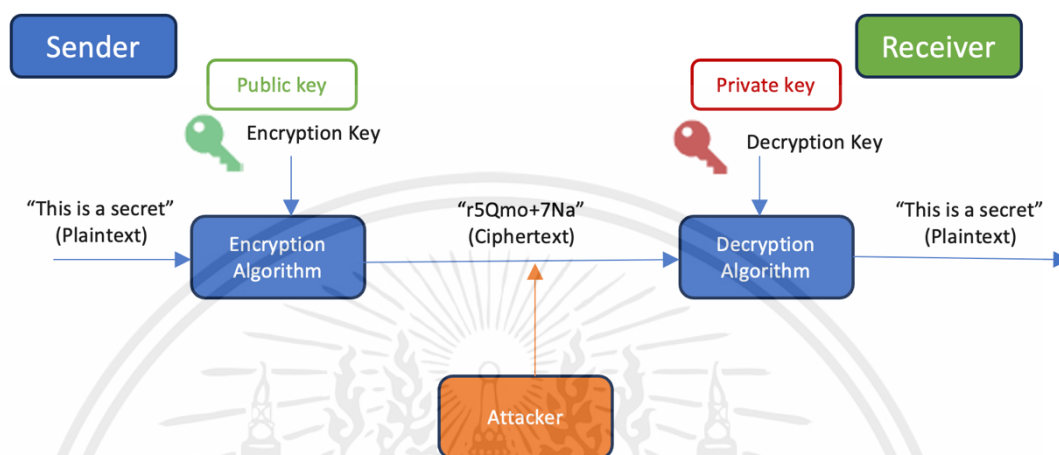
รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างหลักการทำงานของ Symmetric Encryption<sup>[13]</sup>

### 2.1.6.2 Asymmetric Encryption<sup>[13]</sup>

การเข้ารหัสแบบอสมมาตร หรือ ไม่สมมาตรเป็นการเข้ารหัสข้อมูลโดยมี Key 2 ชุด ชุดแรกสำหรับเข้ารหัส และ ชุดที่สองสำหรับการถอดรหัส ซึ่งส่วนมากมักนำมาใช้ในการทำ 3 สิ่งต่อไปนี้ในเชิง Security คือ Non-repudiation Confidentiality และ Integrity โดย Non-repudiation คือ การไม่สามารถปฏิเสธการกระทำได้ โดยหลักการคือ เมื่อผู้รับสามารถเปิดหรือถอดรหัสข้อความด้วย Private Key ชุดหนึ่ง หมายความว่า ข้อความชุดนั้นต้องถูกเข้ารหัสด้วย Public Key ที่เข้าคู่กัน ดังนั้น เจ้าของ Private Key จะต้องเป็นผู้ที่ส่งเท่านั้น และ ไม่สามารถทำการปฏิเสธได้ Confidentiality คือ การเป็นความลับ การเข้ารหัสชุดของข้อมูล ด้วย Public Key ชุดหนึ่ง จะสามารถถอดรหัสข้อความนั้น ได้ด้วยเพียงแค่ Private Key ที่เข้าคู่กัน ซึ่งมักเป็นของบุคคลที่เราต้องการจะส่งหาในที่นี้คือ Server ด้วย 2 หลักการข้างต้นที่ได้กล่าวมา ทำให้เกิดความมั่นใจได้ระดับหนึ่งว่าการเชื่อมต่อนั้นมีความปลอดภัย ผู้ใช้สามารถมั่นใจได้ว่าข้อมูลหรือหน้าเว็บไซต์ที่ได้รับจาก Server มาจาก Server แน่แน่นอน และ มั่นใจได้ว่าจะมีเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Server ที่สามารถเปิดข้อมูลที่ผู้ใช้ได้ทำการแนบไป Integrity คือ ความสมบูรณ์ของข้อมูล หมายถึงการพิสูจน์ว่าข้อมูลที่ได้นั้น ไม่ถูกเปลี่ยนแปลงระหว่างทาง ซึ่งมักใช้งานควบคู่กับการ Hashing และ เ้ารหัส Hash แล้วส่งมาพร้อมกับข้อมูลให้ผู้ใช้ปลายทางได้ทำการยืนยัน



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างหลักการทำงานของ Asymmetric Encryption <sup>[13]</sup>

### 2.1.7 การเข้ารหัสข้อมูล เปรียบเทียบ algorithm และการเลือกใช้

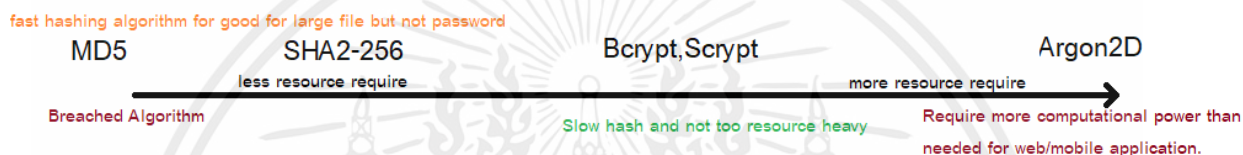
การเข้ารหัสเป็นการทำปิดบังข้อมูล หรือทำให้ข้อมูลเช่นรูปภาพหรือชุดของข้อความเดิมนั้น ไม่สามารถถอดความได้หรือทำความเข้าใจได้ การเข้ารหัสเป็นฟังก์ชันทางเดียว คือ ไม่สามารถทำย้อนกลับได้ ทุกข้อความหรือชุดของข้อมูล จะต้องให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นความยาวเท่ากันตามที่ algorithm กำหนด และ ผลลัพธ์จะได้ผลลัพธ์เดิมเสมอสำหรับชุดข้อมูลหรือข้อความเดียวกันที่นำไปเข้าฟังก์ชันเข้ารหัสเดียวกัน

การใช้ Hashing ภายในตัว โครงงานนี้นั้นถูกนำมาใช้เพื่อการปกป้องรหัสผ่านของ user ที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล หรือถึงแม้จะไม่จำเป็นนัก แต่ก็ถูกนำมาใช้เข้ารหัสผ่านขณะส่งผ่านเครือข่าย เพื่อป้องกันการดักจับข้อมูล และ นำไปถอดรหัสภายหลังหาก Key ที่ใช้ในการเข้ารหัสมีการรั่วไหล

ผู้พัฒนาได้ทำการศึกษา และ เปรียบเทียบอัลกอริทึมสำหรับการเข้ารหัส โดยได้ค้นพบว่า มีอัลกอริทึมสำหรับการเข้ารหัสต่างๆ ได้ถูกออกแบบมาโดยมีจุดประสงค์เฉพาะ บางประเภทใช้สำหรับการประมวลผลไฟล์ขนาดใหญ่ ใช้กำลังประมวลผลน้อย เหมาะสำหรับการตรวจสอบ integrity หรือความถูกต้องสมบูรณ์ของไฟล์ บางประเภทถูกออกแบบมาเพื่อเข้ารหัสผ่านโดยเฉพาะ โดยอัลกอริทึมการเข้ารหัสประเภทนี้จะถูกออกแบบมาให้ใช้กำลังในการประมวลผลสูงกว่าประเภทแรก เพราะเมื่อเกิด Data Breached หรือข้อมูลรั่วไหล หากผู้โจมตีได้แฮกของรหัสผ่านไปจะทำให้แกะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฮชได้ยากเพราะต้องใช้กำลังประมวลผลสูงในการไล่รหัสผ่านไปเรื่อยๆจนกระทั่งได้แฮชที่มีค่าตรงกับแฮชของรหัสผ่านที่ได้ไป โดยได้มีการศึกษาอัลกอริทึมการแฮชต่างๆ และได้ผลสรุปดังต่อไปนี้ โดย MD5 และ SHA1/2-256/3 จะเป็น algorithm ที่ได้รับความนิยม แต่เป็น อัลกอริทึมสำหรับแฮชไฟล์ซึ่งมี work factor ที่ต่ำ ทำให้ความปลอดภัยไม่เพียงพออีกทั้ง MD5 นั้นตรวจพบการ Breach หรือการที่ input 2 ค่า ให้ค่า hash เดียวกันครั้งแรกในปี 2004 และ Argon2 เป็น algorithm ที่ถูกออกแบบมาสำหรับการแฮชรหัสผ่านโดยเฉพาะ ถูกพัฒนาโดย Alex Biryukov Daniel Dinu และ Dmitry Khovratovich ได้รับรางวัล Password Hashing Competition ในปี 2015 ด้วยการเพิ่ม cost ในการแกะรหัสผ่านให้มากที่สุด แต่ด้วยความที่ใช้ทรัพยากรมากทั้งในด้านเวลา



รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบ Hashing algorithm

จากรูป “fast hashing algorithm for good for large file but not password” หากกำลังมองหาอัลกอริทึมการแฮชที่เหมาะสมสำหรับไฟล์ขนาดใหญ่ แต่ไม่ใช่รหัสผ่าน คุณอาจพิจารณาใช้ SHA-256 (Secure Hash Algorithm 256-bit) ซึ่งเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมการแฮชที่ได้รับการยอมรับและมีความปลอดภัยสูงในวงกว้าง

"Breached Algorithm" หมายถึงอัลกอริทึมการแฮช (hashing algorithm) ที่ไม่สามารถคงจุดประสงค์ของการแฮชที่ผลลัพธ์ของการแฮชจะเชื่อมโยงกลับไปแก่กับข้อมูลเริ่มต้นเพียงชุดเดียวเท่านั้น

“Require more computational power than needed for web/mobile application” หมายถึงการใช้งานแรงความสามารถของคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ (เช่น โทรศัพท์มือถือ) ในการดำเนินการที่ต้องการประสิทธิภาพการคำนวณที่สูงกว่าที่จำเป็นสำหรับแอปพลิเคชันเว็บหรือแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

“slow hash and not too resource heavy” หากกำลังมองหาอัลกอริทึมการแฮชที่ช้า และไม่ใช้ทรัพยากรมากเกินไป คุณสามารถพิจารณาใช้อัลกอริทึมการแฮชแบบ bcrypt หรือ scrypt ได้

“less resource require” บ่งบอกถึงแขนด้านหนึ่งของแผนภูมิที่ยิ่งตามไปทางซ้ายของแผนภูมิหมายความว่าอัลกอริทึมการแฮชนั้นๆจะยิ่งใช้ทรัพยากรในการประมวลผลน้อยลงเรื่อยๆ

“more resource require” บ่งบอกถึงแขนด้านหนึ่งของแผนภูมิที่ยิ่งตามไปทางขวาของแผนภูมิหมายความว่าอัลกอริทึมการแฮชนั้นๆจะยิ่งใช้ทรัพยากรในการประมวลผลมากขึ้นเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง (Related Law)

### 2.2.1 พ.ร.บ.คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล(Personal Data Protection Act : PDPA)<sup>[2]</sup>

PDPA (Personal Data Protection Act B.E. 2562 (2019)) คือ พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 ซึ่งได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาไปเมื่อ 27 พฤษภาคม 2562 และมีผลบังคับใช้เมื่อ 28 พฤษภาคม 2562แล้วในบางส่วน โดยวันที่ 27 พฤษภาคม 2563 เป็นวันที่ พ.ร.บ. นี้มีผลบังคับใช้ตามกฎหมายทั้งฉบับ

เหตุผลในการประกาศใช้ PDPA เนื่องจากเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้น ช่องทางสื่อสารต่างๆ มีหลากหลายขึ้นทำให้การละเมิดสิทธิความเป็นส่วนตัวส่วนตัวของข้อมูลส่วนบุคคลทำได้ง่ายขึ้น และหลายครั้งก็นำมาซึ่งความเดือดร้อนรำคาญหรือสร้างความเสียหายให้แก่เจ้าของข้อมูล ตลอดจนสามารถส่งผลกระทบต่อ เศรษฐกิจโดยรวมของประเทศได้ด้วยจึงต้องมีกฎหมายว่าด้วยการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลขึ้นเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์ กลไก หรือมาตรการกำกับดูแลเกี่ยวกับการให้ความคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลที่รวมถึงการเก็บรวบรวมใช้ หรือเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลขึ้น

ข้อมูลส่วนบุคคล คือข้อมูลเกี่ยวกับบุคคลซึ่งทำให้สามารถระบุตัวบุคคลนั้นได้ไม่ว่าทางตรงหรือทางอ้อม โดยข้อมูลของผู้ถึงแก่กรรม และ ข้อมูลนิติบุคคลไม่ถือเป็นข้อมูลส่วนบุคคลตามพ.ร.บ.นี้

ข้อมูลส่วนบุคคล (Personal Data) ได้แก่ ชื่อ นามสกุล เลขประจำตัวประชาชน ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ วันเกิด อีเมล การศึกษา เพศ อาชีพ รูปภาพ ข้อมูลทางการเงิน นอกจากนี้ยังรวมถึงข้อมูลส่วนบุคคลที่มีความละเอียดอ่อน (Sensitive Personal Data) ด้วย เช่น ข้อมูลทางการแพทย์หรือสุขภาพ ข้อมูลทางพันธุกรรม และ ไปโอเมทริกซ์ เชื้อชาติ ความคิดเห็นทางการเมือง ความเชื่อทางศาสนาหรือปรัชญา พฤติกรรมทางเพศ ประวัติอาชญากรรม ข้อมูลสุขภาพแรงงาน เป็นต้น

สิทธิของเจ้าของข้อมูลส่วนบุคคล (Data Subject) ได้แก่

- 1) สิทธิได้รับการแจ้งให้ทราบ (Right to be informed)
- 2) สิทธิขอเข้าถึงข้อมูลส่วนบุคคล (Right of access)
- 3) สิทธิในการขอให้โอนข้อมูลส่วนบุคคล (Right to data portability)
- 4) สิทธิคัดค้านการเก็บรวบรวมใช้ หรือเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคล (Right to object)
- 5) สิทธิขอให้ลบหรือทำลาย หรือทำให้ข้อมูลส่วนบุคคลเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถระบุตัวบุคคล (Right to erasure (also known as right to be forgotten))
- 6) สิทธิขอให้ระงับการใช้ข้อมูล (Right to restrict processing) สิทธิในการขอให้แก้ไขข้อมูลส่วนบุคคล (Right of rectification)

บุคคลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนบุคคล

- 1) เจ้าของข้อมูลส่วนบุคคล (Data Subject) คือ บุคคลที่ข้อมูลระบุไปถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ผู้ควบคุมข้อมูลส่วนบุคคล (Data Controller) คือ บุคคลหรือนิติบุคคลซึ่งมีอำนาจหน้าที่ “ตัดสินใจ” เกี่ยวกับการเก็บรวบรวม ใช้ หรือเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคล
- 3) ผู้ประมวลผลข้อมูลส่วนบุคคล (Data Processor) คือ บุคคลหรือนิติบุคคลซึ่งดำเนินการเกี่ยวกับการเก็บรวบรวม ใช้ หรือเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคล “ตามคำสั่งหรือในนามของผู้ควบคุมข้อมูลส่วนบุคคล” ทั้งนี้บุคคลหรือนิติบุคคลซึ่งดำเนินการดังกล่าวต้องไม่เป็นผู้ควบคุมข้อมูลส่วนบุคคล
- 4) คณะผู้จัดทำหรือผู้ควบคุมข้อมูลส่วนบุคคล จะสามารถรวบรวม ใช้ หรือเปิดเผยข้อมูลเมื่อได้รับการยินยอมจากผู้ให้ข้อมูลเว้นแต่จะเป็นไปตามข้อยกเว้นที่ พ.ร.บ. กำหนดไว้ โดยมีข้อยกเว้นดังต่อไปนี้

ข้อยกเว้นสำหรับข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป(Personal Data)

- 1) จัดทำเอกสารประวัติศาสตร์ หรือจดหมายเหตุเพื่อประโยชน์สาธารณะ ที่เกี่ยวข้องกับ การ ศึกษาวิจัยหรือการจัดทำสถิติ
- 2) เพื่อป้องกันหรือระงับอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย หรือสุขภาพของบุคคล
- 3) จำเป็นเพื่อปฏิบัติตามสัญญาเกี่ยวกับเจ้าของข้อมูล เช่น การซื้อขายของออนไลน์ ต้องใช้ ชื่อ ที่อยู่ เบอร์ โทรศัพท์ อีเมล
- 4) จำเป็นเพื่อประโยชน์สาธารณะ และการปฏิบัติหน้าที่ในการใช้อำนาจรัฐ
- 5) จำเป็นเพื่อประโยชน์โดยชอบด้วยกฎหมายของผู้ควบคุมข้อมูลส่วนบุคคลหรือของบุคคลอื่น
- 6) เป็นการปฏิบัติตามกฎหมายของผู้ควบคุมข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ส่งข้อมูลพนักงานให้กรมสรรพากรเรื่องภาษี เป็นต้น

ข้อยกเว้นสำหรับข้อมูลส่วนบุคคลที่อ่อนไหว(Sensitive Personal Data)

- 1) เพื่อป้องกันหรือระงับอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย หรือสุขภาพของบุคคล
- 2) การดำเนินกิจกรรมที่ชอบด้วยกฎหมายที่มีการคุ้มครองที่เหมาะสมของ มูลนิธิ สมาคม องค์กรไม่แสวงหากำไร เช่น เรื่องศาสนาหรือความคิดเห็นทางการเมือง ซึ่งจำเป็นต้องเปิดเผยให้ทราบก่อนเข้าองค์กรนั้นๆ เป็นต้น
- 3) เป็นข้อมูลที่เปิดเผยต่อสาธารณะด้วยความยินยอมโดยชัดแจ้งของเจ้าของข้อมูลส่วนบุคคล เช่น บุคคลสาธารณะที่มีข้อมูลที่เปิดเผยต่อสาธารณะอยู่แล้วในความยินยอมของเจ้าของข้อมูล
- 4) เป็นการจำเป็นเพื่อการก่อตั้งสิทธิเรียกร้องตามกฎหมาย การปฏิบัติตามหรือการใช้สิทธิเรียกร้องตามกฎหมาย หรือการยกขึ้นต่อสู้สิทธิเรียกร้องตามกฎหมาย เช่น เก็บลายนิ้วมือของผู้ที่บุกรุกเพื่อนำไปใช้ในชั้นศาล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) เป็นการจำเป็นในการปฏิบัติตามกฎหมายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์เกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ป้องกันหรืออาชีพวิทยาศาสตร์ เช่น การเก็บข้อมูลสุขภาพของพนักงานซึ่งเป็น ข้อมูลส่วนบุคคลที่มีความละเอียดอ่อน (Sensitive Personal Data) องค์กรมักใช้ข้อมูลนี้ในการอ้างสิทธิ์ที่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลนี้ไว้ เป็นต้น / ประโยชน์ด้านสาธารณสุข การคุ้มครองแรงงาน การประกันสังคม หลักประกันสุขภาพแห่งชาติ การศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ สถิติ หรือประโยชน์สาธารณสุขอื่น / ประโยชน์สาธารณสุขที่สำคัญ

โดยหลักของ PDPA มี 5 ข้อ

- 1) การพิจารณาว่าข้อมูลที่จะเก็บอยู่ในบังคับตาม PDPA หรือไม่ (มาตราที่ 4)
- 2) กำหนดสถานะ Controller Processor Data Subject (มาตราที่ 6)
- 3) มีข้อมูลอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องใน Data flow บ้าง (มาตราที่ 6 และ 26)
- 4) จะเก็บใช้ และ เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลอย่างไร (มาตราที่ 24 และ 26)
- 5) กำหนดวัตถุประสงค์ในการเก็บ ใช้ และ เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลนั้นๆ(มาตราที่ 21)

## แนวทางปฏิบัติเกี่ยวกับฐานทางกฎหมายสำหรับเก็บใช้เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคล<sup>21</sup>

เหตุผลของการประมวลผลข้อมูลคืออะไร?	เนื้อหาของการขอความยินยอม (Consent)
1) การปฏิบัติตามสัญญา 2) ความยินยอม 3) ผลประโยชน์สำคัญจำเป็นต่อชีวิต 4) หน้าที่ตามกฎหมาย 5) การดำเนินงานตามภารกิจของรัฐ 6) ผลประโยชน์อันชอบธรรมของเจ้าของข้อมูลหรือบุคคล <b>หมายเหตุ</b> *ต้องมีฐานในการประมวลผลกับเจ้าของข้อมูล **ข้อมูลชุดเดียวกันอาจมีฐานในการประมวลผลข้อมูลไม่เหมือนกัน ***ความยินยอมไม่ใช่ฐานในการประมวลผลข้อมูลที่ดีที่สุด	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้ควบคุมข้อมูล</li> <li>○ วัตถุประสงค์การประมวลผล</li> <li>○ ข้อมูลใดบ้างที่จะถูกเก็บรวบรวมและใช้</li> <li>○ วิธีการประมวลผลข้อมูล</li> <li>○ การใช้ระบบติดตามใจอัตโนมัติ หรือโปรไฟล์ (profiling) (หากมี)</li> <li>○ การโอนข้อมูลไปต่างประเทศ</li> <li>○ การเปิดเผยข้อมูลต่อบุคคลอื่น</li> <li>○ ระยะเวลาในการจัดเก็บข้อมูล</li> <li>○ วิธีการถอนความยินยอม</li> <li>○ สิทธิต่างๆ ของเจ้าของข้อมูล</li> </ul>
วิธีการขอความยินยอม	การจัดการกับความยินยอม
<ul style="list-style-type: none"> <li>• มั่นใจว่าความยินยอมเป็นฐานในการประมวลผลที่เหมาะสม</li> <li>• หลีกเลี่ยงกรณีที่ความยินยอมเป็นเงื่อนไขในการให้บริการ</li> <li>• ขอความยินยอมอยู่แยกส่วนกับกับเงื่อนไขในการให้บริการอื่น</li> <li>• ออกแบบให้เจ้าของข้อมูลต้องมีการกระทำที่ให้ความยินยอมชัดเจน (clear affirmative action)</li> <li>• หากใช้ข้อมูลชุดเดียวกันเพื่อประมวลผลหลายวัตถุประสงค์ต้องให้เจ้าของข้อมูลมีทางเลือกได้ว่ายินยอมสำหรับกรณีใดบ้าง</li> <li>• ออกแบบทางเลือกให้สามารถปฏิเสธที่จะให้ความยินยอมได้</li> <li>• เขียนด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย มีรายละเอียด แต่ไม่ยาวจนเกินไป (เช่น มีลิงก์ข้อมูลแยกหากจำเป็น)</li> <li>• ปรับ user interface ให้ง่าย ไม่ล่อลวงให้เข้าใจผิด</li> <li>• คำนึงถึงอายุของผู้ให้ความยินยอม (โดยเฉพาะกรณีผู้เยาว์)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ขอความยินยอมเมื่อจำเป็นจริงๆ เท่านั้น</li> <li>• บันทึกเนื้อหาข้อมูลที่แจ้ง และวิธีการให้ความยินยอม</li> <li>• แยกประเภทและขอบเขตของของข้อมูลรายบุคคลเอาไว้เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการใช้สิทธิของเจ้าของข้อมูล รวมถึงการถอนความยินยอม</li> <li>• กำหนดการตรวจสอบความเหมาะสมและขอบเขตของความยินยอมเมื่อผ่านไประยะหนึ่ง</li> <li>• กระบวนการถอนความยินยอมต้องชัดเจน ไม่ยุ่งยาก</li> <li>• เตรียมพร้อมเพื่อตอบสนองต่อคำขอถอนความยินยอมได้อย่างรวดเร็ว</li> <li>• ต้องไม่ลงโทษหรือทำให้เจ้าของข้อมูลเสียผลประโยชน์เมื่อถอนความยินยอม</li> </ul>

### รูปที่ 2.5 แนวทางข้อปฏิบัติตามกฎหมายเบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูลส่วนบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบ และ การพัฒนา

#### 3.1 Requirements ของระบบ Application

จากการสอบถาม และ สํารวจความต้องการของเหล่านักเรียน คุณครูบรรณา ยางจําน (ครูประจำชั้นระดับประถมศึกษาปีที่ 1) คุณครูปัทมา ทะเดช (ครูประจำชั้นระดับประถมศึกษาปีที่ 2) คุณครูน้ำฝน วิจิตร โสภณ (ครูประจำชั้นระดับประถมศึกษาปีที่ 3) คุณครูชุตินา จําปาโท (ครูประจำชั้นระดับประถมศึกษาปีที่ 4) คุณครูศิริจันทร์ ลาสา (ครูประจำชั้นระดับประถมศึกษาปีที่ 5) คุณครูสุนันทา ดียิ่ง (ครูประจำชั้นระดับประถมศึกษาปีที่ 6) รวมถึงคุณครูแผนกอนุบาลมาเรียลัยท่านอื่น และ พนักงานรักษาความปลอดภัยของตัวโรงเรียนมาเรียลัย ทำให้คณะผู้จัดทำโครงการได้เข้าใจถึงความต้องการในการใช้งานระบบบริหารจัดการการรับส่งนักเรียน ความสำคัญของส่วนต่างๆ ที่มีความจําเป็นในระบบ รวมถึงบางปัญหาที่มีแนวโน้ม และ คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งทางคณะผู้จัดทำโครงการได้ทำการนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดเรียง และ เปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของตาราง Requirement ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดง Requirement ในการพัฒนา Application

ID	Requirement	Type	How Important
1	หน้าเข้าสู่ระบบ	Function	Must Have
1.1	มีช่องให้กรอก username และ password	Function	Must Have
1.2	มีปุ่มให้กดไปยังหน้าลิ้มรสผ่าน	Function	Should Have
1.3	มีปุ่มให้กดเพื่อเข้าสู่ระบบ	Function	Must Have
2	หน้าลิ้มรสผ่าน	Function	Should Have
2.1	มีช่องใส่รหัสนักเรียน	Function	Should Have
2.2	มีช่องใส่รหัสยืนยันเพื่อเปลี่ยนรหัสผ่าน	Function	Should Have
2.3	เมื่อยืนยันสำเร็จจะไปยังหน้าเปลี่ยนรหัสผ่าน	Function	Should Have
3	หน้ารับการแจ้งเตือน	Function	Must Have
3.1	แสดงสถานะผู้ปกครอง	Function	Must Have
3.2	แสดงเวลามาถึงโดยประมาณ	Function	Should Have
3.3	แสดงตำแหน่ง GPS ผู้ปกครอง	Function	Should Have
4	หน้าแก้ไขข้อมูล	Function	Must Have
4.1	ตารางแสดงเลขทะเบียนรถที่เชื่อมต่อกับบัญชี	Function	Should Have
4.2	แถบแสดงรูปผู้ปกครองของตน	Function	Should Have
4.3	ปุ่มแก้ไข และ ช่องกรอกเลขทะเบียน	Function	Must Have
4.4	ปุ่มเลือกรูปภาพผู้ปกครอง	Function	Must Have
4.5	ปุ่มยืนยันแก้ไขข้อมูล	Function	Must Have
4.6	ช่องกรอกค้นหาจากรหัสนักเรียน (admin)	Function	Must Have
4.7	ช่องแก้ไขชื่อ นามสกุล รหัส นักเรียน (admin)	Function	Must Have
5	หน้าการแจ้งเตือนรักษาความปลอดภัย	Function	Must Have
5.1	แถบประวัติรถยนต์ที่ไม่ผ่านการยืนยัน	Function	Should Have
5.2	ช่องแสดงรูปภาพรถยนต์ที่ไม่ผ่านการยืนยัน	Function	Should Have
5.3	ช่องแสดงเลขทะเบียนรถยนต์	Function	Must Have
6	หน้าดูรายงานผลโดยรวม	Function	Should Have
6.1	ปุ่ม generate report จากฐานข้อมูล	Function	Should Have
6.2	ช่องแสดงผล report เป็นกราฟสถิติต่างๆ	Function	Should Have

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การออกแบบ Application

การออกแบบหลักคือการทำส่วนเชื่อมต่อนักเรียนเพื่อให้ได้รับการแจ้งเตือน และ เนื่องจากทางทีมพัฒนาเล็งเห็นถึงสิ่งที่จะเปลี่ยนไป เมื่อโครงการนี้ถูกนำมาใช้ ผู้ปกครองอาจมีการโทรติดต่อ บุคลากรน้อยลง เพราะเห็นว่ามียุทธศาสตร์ที่แจ้งเตือนให้บุคลากรทราบอยู่แล้ว และ เป็นการลดการใช้โทรศัพท์ขณะขับจักรยานพาหนะไปด้วยในตัว แต่หากทางฝั่งนักเรียนต้องมีการลงชื่อเข้าใช้บนเว็บ ก่อนเพื่อได้รับการแจ้งเตือน หรือหาก session มีการหมดอายุ ทำให้ไม่ได้รับการแจ้งเตือนเมื่อผู้ปกครองของตนมาถึง จะทำให้เกิดภาวะความเครียดไปตกแก่นักเรียนที่ต้องคอยตรวจสอบหน้าเว็บตลอดเวลาเพื่อตรวจสอบการแจ้งเตือนก็ไม่ต่างจากการที่นักเรียนต้องโทรติดต่อผู้ปกครองเอง หรืออาจจะแย่กว่าที่ต้องคอยแต่นั่งรอว่าจะได้รับการแจ้งเตือนเมื่อใดจนไม่สามารถมีสมาธิจดจ่อกับการทำกิจกรรมของตนได้ และ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในรูปแบบนี้การออกแบบแอปพลิเคชันจะมุ่งไปยังการเพิ่มการเข้าถึง (Accessibility) การแจ้งเตือนให้แก่ นักเรียน โดยต้องสามารถได้รับการแจ้งเตือนในหลากหลายช่องทางที่นักเรียนสามารถคงการทำกิจกรรมเดิมต่อไปได้ เช่นการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ นาฬิกาอัจฉริยะ ช่องทางสำรองเช่นแอปพลิเคชันไลน์ และช่องทางที่เข้าถึงได้ง่ายที่สุดคือเว็บแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันในส่วนของผู้ดูแลระบบจะเน้นไปที่การใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน เพราะไม่มีความจำเป็นต้องได้รับการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์

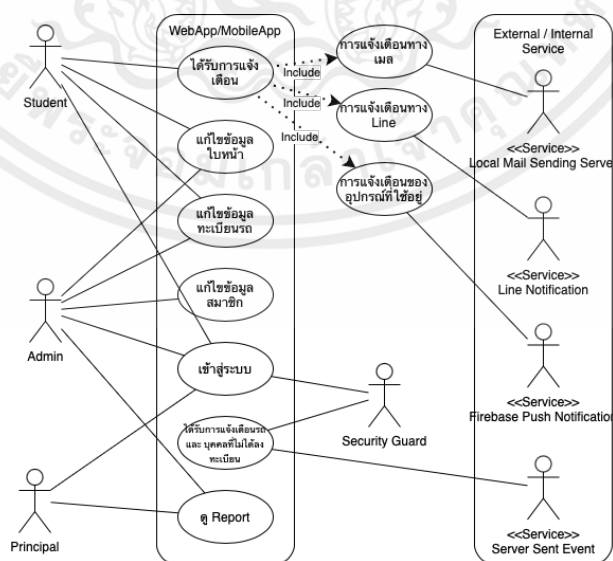
- 1) สำหรับนักเรียนจะต้องมีความสามารถดังนี้
  - สามารถลงชื่อเข้าใช้งานได้
  - สามารถส่งเรื่องไปยังผู้ดูแลระบบได้ เมื่อมีปัญหาในการเข้าสู่ระบบ
  - สามารถส่งเรื่องไปยังผู้ดูแลระบบได้ เมื่อต้องการให้แก้ไขข้อมูล
  - ได้รับการแจ้งเตือนเมื่อผู้ปกครองมาถึงจุดติดตั้งกล้องจุดแรก และ หน้าโรงเรียน
  - สามารถดู GPS ของผู้ปกครอง (if enable) เพื่อไม่ให้เกิดความกังวลว่าจะมาถึงเมื่อไร
  - สามารถได้รับการแจ้งเตือนเป็นภายในแอปพลิเคชัน
  - สามารถได้รับการแจ้งเตือนเมื่อไม่ได้ใช้งานแอปอยู่
  - สามารถได้รับการแจ้งเตือนเป็นเสียง และการสั่น
- 2) สำหรับผู้ดูแลระบบจะต้องมีความสามารถดังนี้
  - สามารถลงชื่อเข้าใช้ไปยังเว็บแอปพลิเคชัน
  - สามารถลงทะเบียนนักเรียนรายคนได้
  - สามารถลงทะเบียนนักเรียนหลายคนพร้อมกันได้
  - สามารถแก้ไขข้อมูล ของนักเรียน ผู้ปกครอง และ ป้ายทะเบียนรถได้
  - จะได้รับการแจ้งเตือนเมื่อมีคำร้องจากนักเรียนเรื่องการเข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จะได้รับการแจ้งเตือนเมื่อมีคำร้องจากนักเรียนเรื่องการแก้ไขข้อมูลของตน
- 3) สำหรับผู้ดูแลรักษาความปลอดภัยต้องมีความสามารถดังนี้
- สามารถลงชื่อเข้าใช้ไปยังเว็บแอปพลิเคชัน
  - ลงชื่อเข้าใช้ด้วยบัญชีที่แยกออกจากกัน เพื่อป้องกันการนำบุคคลผู้ไม่ประสงค์ดีนำข้อมูลที่จะได้รับดังที่จะกล่าวถึง ไปใช้งานในทางที่ไม่เหมาะสม
  - จะได้รับการแจ้งเตือนเมื่อมีบุคคลที่ไม่สามารถยืนยันตัวตนได้
  - การแจ้งเตือนจะได้รับภาพของรถยนต์คันนั้นไปด้วย
  - หากไม่ขัดต่อกฎหมายจะแนบภาพที่ถ่ายจากกล้องยืนยันใบหน้า ไปพร้อมกับภาพใบหน้าที่ลงทะเบียนเข้ามา เพื่อเป็นการ double check กรณีที่การตรวจสอบใบหน้าที่มีความผิดพลาด

### 3.3 การออกแบบ Use Case Diagram

เพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบ และ บทบาทหน้าที่ของผู้ใช้งานแต่ละประเภทของระบบนี้ ออกมาเป็นแผนภาพที่สามารถทำความเข้าใจ และ ตีความได้ง่าย โดยที่หลังจาก Student login เข้าสู่ระบบ Student สามารถได้รับการแจ้งเตือนเมื่อผู้ปกครองของตนได้มาถึงบริเวณ โรงเรียน และ หน้าโรงเรียนผ่านทางแอปพลิเคชัน ไลน์ รวมถึง Smart Watch และ สามารถเปลี่ยนรหัสเข้าแอปพลิเคชัน ได้ ส่วนของ จะสามารถแก้ไขข้อมูลทะเบียนรถ และ ใบหน้า ของผู้ปกครองได้ รวมถึงการแก้ไขสมาชิกข้อมูลนักเรียน และ เรียกดู Report ได้ และ ส่วนของ Security Guard สามารถได้รับการแจ้งเตือนเมื่อพบรถที่ยังไม่ได้ลงทะเบียน รวมถึงใบหน้าที่ไม่รู้จัก

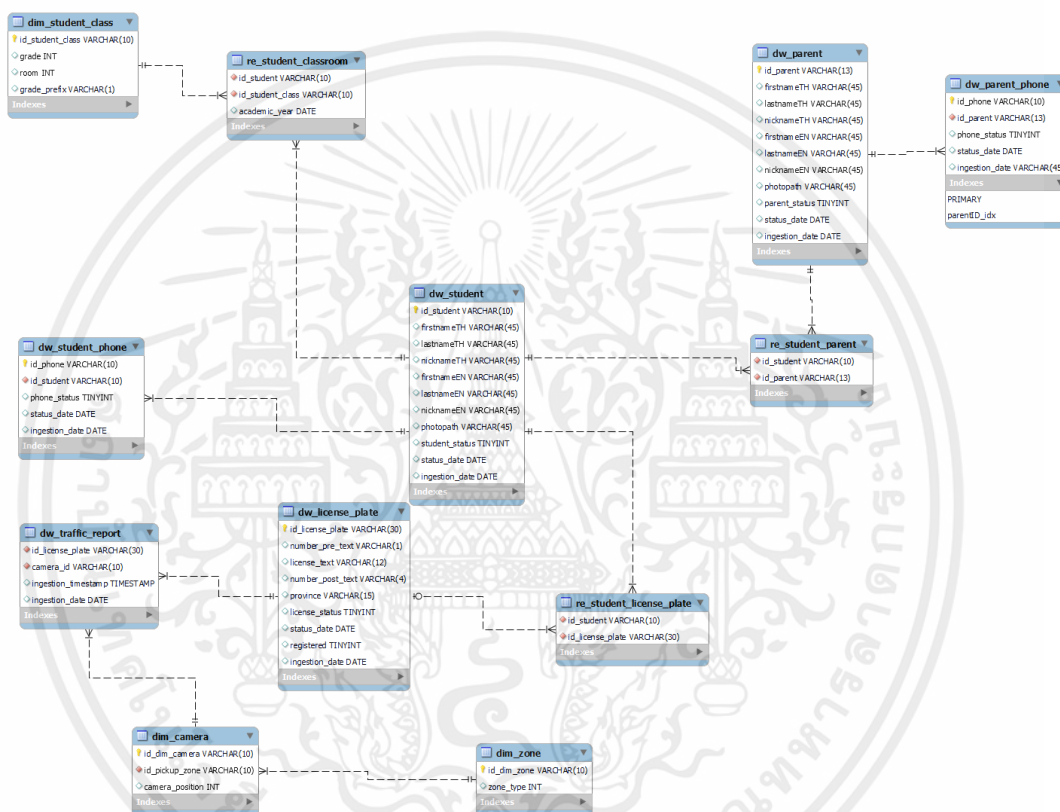


รูปที่ 3.1 Use case ของเว็บแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การออกแบบฐานข้อมูล

ในส่วนของ Schema ของระบบ จะต้องทำให้สามารถระบุนักเรียนจากป้ายทะเบียนรถได้ เพื่อที่จะใช้ในการแจ้งเตือน และ ออกแบบให้สามารถระบุผู้ปกครองจากข้อมูลนักเรียนได้ เพื่อใช้ในกรณีที่ทาง โรงเรียนต้องการยืนยันยืนยันความเป็นผู้ปกครองของนักเรียน และสามารถเก็บข้อมูลการจราจรได้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์อื่นต่อ และมีข้อมูลกล้องเพื่อนำไปเป็นเงื่อนไขในการนำข้อมูลเข้าและออกจากคิว มีข้อมูลพื้นที่ในกรณีที่มิได้รับส่งหลายจุดเพื่อให้สามารถแยกคิวเป็นของแต่ละจุดรับส่งได้



รูปที่ 3.2 แสดงการออกแบบ Schema ของระบบ

จึงได้มีการออกไปให้สามารถระบุข้อมูลนักเรียนและผู้ปกครองได้จากป้ายทะเบียน ซึ่งจะประกอบไปด้วยชื่อจริง นามสกุล ชื่อเล่น ภาษาไทยและอังกฤษ รหัสนักเรียน ห้องเรียน รูปนักเรียน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับการประสานงานกับนักเรียนให้ได้มากที่สุด และยังมีเบอร์โทรของนักเรียนเพื่อใช้ในการติดต่อนักเรียนได้ และข้อมูลผู้ปกครองไปด้วยชื่อจริง นามสกุล ชื่อเล่น ภาษาไทยและอังกฤษ รูปผู้ปกครอง มีเบอร์โทรเพื่อใช้ในการแจ้งเตือน และใช้รหัสประจำตัวประชาชนเป็นคีย์หลักที่ไม่มีข้อมูลซ้ำซ้อน ข้อมูลป้ายทะเบียนรถยนต์ ซึ่งข้อมูลทั้ง 3 นี้จะมีส่วนของสถานะเพื่อใช้ในการเก็บว่ายังมีสถานะเป็นนักเรียนอยู่หรือไม่ และยังมีเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวันที่นำข้อมูลเข้าระบบ และวันที่แก้ไขสถานะครั้งสุดท้าย มีข้อมูลล่องเพื่อนำไปเป็นเงื่อนไขในการนำข้อมูลเข้าและออกจากคิว และ เป็นข้อมูลที่ระบุตำแหน่งรถยนต์ในข้อมูลการจราจร มีข้อมูลพื้นที่ในกรณีที่มีจุดรับส่งหลายจุดเพื่อให้สามารถแยกคิวเป็นของแต่ละจุดรับส่งได้ มีข้อมูลห้องเรียนเพื่อให้สามารถระบุชั้นเรียนของนักเรียนได้ และมีฐานข้อมูลความสัมพันธ์เพื่อเชื่อมความสัมพันธ์แบบหลายต่อหลายได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและผู้ปกครองความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและป้ายทะเบียน ความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและห้องเรียน

### 3.4.1 dw\_student

เก็บข้อมูลนักเรียนเพื่อใช้ในการระบุนักเรียนในการแจ้งเตือน

ตารางที่ 3.2 ตารางรายละเอียด dw\_student

Key	Attribute	Type	Detail
PK	id_student	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความขนาดเท่ากับความยาวรหัสนักเรียน
	firstnameTH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	lastnameTH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	nicknameTH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	firstnameEH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	lastnameEH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	nicknameEH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	photopath	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บ Path ไปยังรูปภาพ
	student_status	TinyInt	เป็นข้อมูลประเภท Boolean ใช้ข้อมูลสถานภาพการเป็นนักเรียน
	Ingestion_date	Date	ข้อมูลวันที่นำข้อมูลเข้าครั้งแรกเป็นข้อมูลประเภทวันที่

### 3.4.2 dw\_parent

เก็บข้อมูลผู้ปกครองเพื่อใช้อันยันการเป็นผู้ปกครองของนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางรายละเอียด dw\_parent

Key	Attribute	Type	Detail
PK	id_parent	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความขนาดใช้เก็บรหัสประจำตัวประชาชน
	firstnameTH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	lastnameTH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	nicknameTH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	firstnameEH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	lastnameEH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	nicknameEH	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บชื่อ
	photopath	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้สำหรับเก็บ Path ไปยังรูปภาพ
	student_status	TinyInt	เป็นข้อมูลประเภท Boolean ใช้ข้อมูลสถานภาพการเป็นนักเรียน
	Ingestion_date	Date	ข้อมูลวันที่นำข้อมูลเข้าครั้งแรกเป็นข้อมูลประเภทวันที่

### 3.4.3 re\_student\_parent

เก็บความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้ปกครองเพื่อใช้ในการเชื่อมความสัมพันธ์ เนื่องจากผู้ปกครอง 1 คนสามารถมีนักเรียนได้หลายคน และ นักเรียน 1 คนสามารถมีผู้ปกครองได้หลายคน

ตารางที่ 3.4 ตารางรายละเอียด re\_student\_parent

Key	Attribute	Type	Detail
FK	id_student	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความขนาดเท่ากับความยาวรหัสนักเรียน
FK	id_parent	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความขนาดใช้เก็บรหัสประจำตัวประชาชน

### 3.4.4 dm\_student\_class

เก็บข้อมูลห้องเรียนเพื่อให้สามารถระบุชั้นเรียนของนักเรียนได้

ตารางที่ 3.5 ตารางรายละเอียด dm\_student\_class

Key	Attribute	Type	Detail
PK	id_student_classroom	Varchar	รหัสห้องเรียน
	grade	Int	ใช้เก็บข้อมูลชั้นเรียน
	room	Int	ใช้เก็บข้อมูลห้องเรียน
	grade_prefix	Varchar	ใช้เก็บข้อมูลระดับการศึกษา

### 3.4.5 re\_student\_classroom

เก็บความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน และ ห้องเรียนเพื่อใช้ในการเชื่อมความสัมพันธ์ เนื่องจากห้องเรียน 1 ห้องสามารถมีนักเรียนได้หลายคน

ตารางที่ 3.6 ตารางรายละเอียด re\_student\_classroom

Key	Attribute	Type	Detail
FK	id_student	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความขนาดเท่ากับความยาวรหัสนักเรียน
FK	id_student_classroom	Varchar	รหัสห้องเรียน
	academic	Date	เป็นข้อมูลปีการศึกษา

### 3.4.6 dw\_license\_plate

เก็บข้อมูลป้ายทะเบียนเพื่อให้สามารถระบุนักเรียนจากป้ายทะเบียนได้

ตารางที่ 3.7 ตารางรายละเอียด dw\_license\_plate

Key	Attribute	Type	Detail
PK	id_license_plate	Varchar	ใช้เก็บรหัสป้ายทะเบียนเป็นตัวอักษรตัวเลข และ จังหวัด ต่อกัน
	number_pre_text	Int Varchar	เป็นข้อมูลตัวเลขที่ตัวอักษรของป้ายทะเบียน
	license_text	Varchar	เป็นข้อมูลตัวอักษรบนป้ายทะเบียน
	number_post_text	Int	เป็นข้อมูลตัวเลขบนป้ายทะเบียน

	province	Varchar	เป็นข้อมูลจังหวัดของป้ายทะเบียน
	license_status	TinyInt	สถานะของป้ายทะเบียนว่ายังใช้งานอยู่หรือไม่
	status_date	Date	วันที่เปลี่ยนสถานะของป้ายทะเบียน
	registered	TinyInt	วันที่นำข้อมูลเข้า
	ingestion_date	Date	วันที่นำข้อมูลเข้า

### 3.4.7 re\_student\_license\_plate

เก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับป้ายทะเบียนรถ

ตารางที่ 3.8 ตารางรายละเอียด re\_student\_license\_plate

Key	Attribute	Type	Detail
FK	id_student	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความขนาดเท่ากับความยาวรหัสนักเรียน
FK	Id_licens_plate	Varchar	ใช้เก็บรหัสป้ายทะเบียนเป็นตัวอักษรตัวเลข และ จังหวัดต่อกัน

### 3.4.8 dw\_traffic\_report

เก็บข้อมูลเวลาเข้าออกของรถโดยจะมีการบันทึกค่าทุกครั้งที่กล้องสามารถตรวจจับป้ายทะเบียนรถได้

ตารางที่ 3.9 ตารางรายละเอียด dw\_traffic\_report

Key	Attribute	Type	Detail
PK	id_license_plate	Varchar	ใช้เก็บรหัสป้ายทะเบียนเป็นตัวอักษรตัวเลข และ จังหวัดต่อกัน
FK	camera_id	Varchar	เป็นข้อมูลประเภทข้อความใช้เก็บข้อมูลของรหัสของกล้องที่จับป้ายทะเบียนได้
	ingestion_timestamp	Timestamp	เวลาที่จับป้ายทะเบียนได้
	ingestion_date	Date	วันที่จับป้ายทะเบียนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การออกแบบ UI Web Application ส่วนของผู้ใช้

#### 3.5.1 หน้าเข้าสู่ระบบ

หน้าเข้าสู่ระบบ เป็นหน้าแรกเมื่อเข้าสู่ Web-Application ซึ่งจะประกอบด้วย

- 1) ส่วนที่เข้าสู่ระบบด้วย Student ID และ รหัสผ่าน ผ่าน Web-Application
- 2) ปุ่มลืมรหัสผ่าน
- 3) ปุ่ม Log In เข้าสู่ระบบ

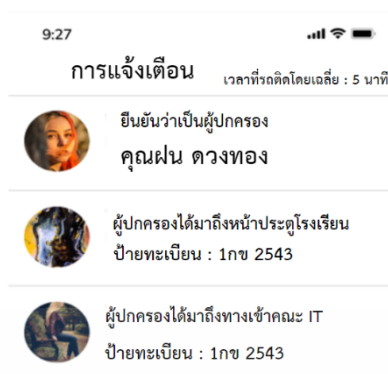
โดยเน้นการจัดวางองค์ประกอบของหน้าเข้าสู่ระบบให้เป็นระเบียบ และ สอดคล้องกับ กระบวนการใช้งาน โดยให้ฟอร์มเข้าสู่ระบบอยู่ที่ส่วนบนสุดของหน้า และ ช่องใส่ข้อมูลผู้ใช้งาน (ชื่อผู้ใช้งาน และ รหัสผ่าน) ต้องมีความชัดเจน และ เป็นกลางแสดงให้เห็นได้ 3.6.1 หน้าแสดงการ แจ้งเตือนนักเรียน

การออกแบบหน้าแสดงการแจ้งเตือนนักเรียนจะเน้นสี และ ขนาดของ คำในการแจ้งเตือน ให้มีความชัดเจน และ อ่านได้ง่าย ใช้ตัวอักษรที่มีขนาดใหญ่พอที่ผู้ใช้งานสามารถอ่านได้ โดยง่าย นอกจากนี้ ใช้สีหรือรูปแบบต่างๆ เพื่อเน้นข้อความหรือทำให้เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของการแจ้งเตือน มีการใช้สัญลักษณ์ที่เข้าใจง่าย และ โดดเด่นเพื่อแสดงผลการแจ้งเตือน สัญลักษณ์ที่นิยมใช้รวมถึงเครื่องหมายจุด เครื่องหมายเตือน หรืออื่นๆ ที่แสดงความหมายของแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งาน เข้าใจได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 3.3 หน้าเข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 หน้าการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง

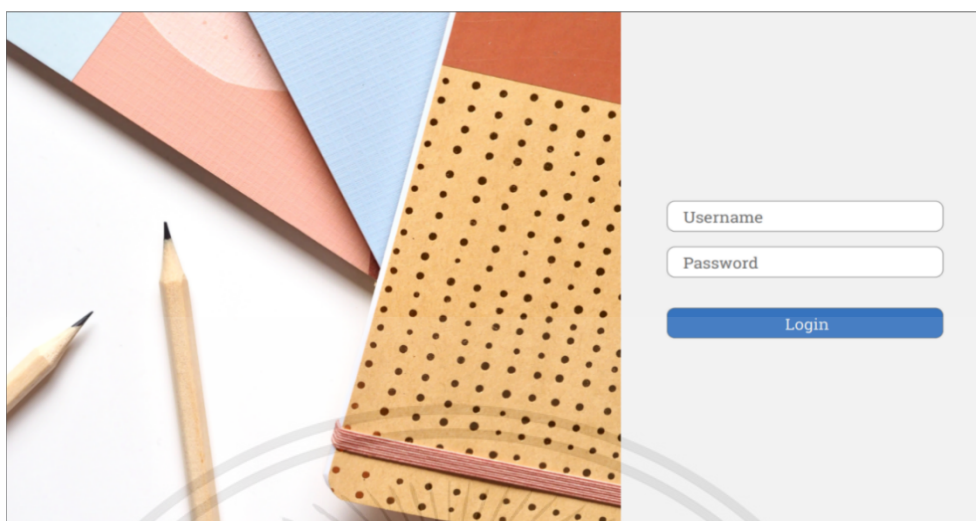
### 3.6 การออกแบบ UI Web Application ส่วนของ Admin

ในส่วนของการออกแบบ UI Web Application ของ Admin จะเน้นการจัดองค์ประกอบที่มีระเบียบ และ เรียงลำดับข้อมูลอย่างเหมาะสม ให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหา และ เข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ง่ายๆ โดยเรียงลำดับเมนูหรือปุ่มต่างๆ ให้สอดคล้องกับหัวข้อหรือฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง และ การใช้กลุ่มหรือเนื้อหาแยกตามประเภทหรือหมวดหมู่ สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย และ มีความเข้าใจ

#### 3.6.1 หน้าเข้าสู่ระบบของฝั่ง Admin

การออกแบบหน้าเข้าสู่ระบบของฝั่ง Admin จะเน้นความเรียบง่าย ความสบายตา โดยจะมี Text field เพื่อที่จะให้ Admin กรอก Username และ Password เพื่อ Log In เข้าใช้งานทางด้านขวา และมีรูปภาพตกแต่งทางด้านซ้าย

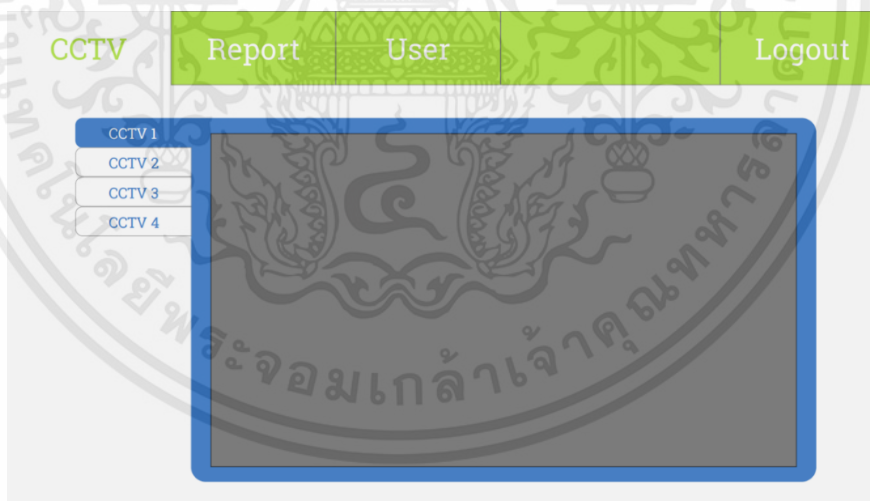
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 หน้าเข้าสู่ระบบของฝั่ง Admin

### 3.6.2 หน้าเข้าแสดงภาพจาก IP Camera

การออกแบบหน้าเข้าแสดงภาพจาก IP Camera ออกแบบให้มีความง่ายต่อการใช้งาน โดยมีแถบเมนูให้เลือก ในการที่จะสวิตซ์ภาพไปยังแต่ละกล้องที่ติดตั้งจำนวน 4 ตัว โดยตั้งชื่อเป็น CCTV แล้วตามด้วยหมายเลข



รูปที่ 3.6 หน้าเข้าแสดงภาพจาก IP Camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.3 หน้าแสดงลำดับ queue

โดยในการออกแบบหน้าแสดง queue จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ฟังก์ชัน ซึ่งฟังก์ชันจะแสดงข้อมูลของนักเรียน และ ผู้ปกครองที่อยู่ queue แรก และ ทางฝั่งขวาจะแสดง queue ที่เหลือได้ลงมาจากบนลงล่าง โดยจะแสดงข้อมูล ชื่อเล่น ชื่อจริง ทั้งของนักเรียน และ ผู้ปกครอง รวมถึงรหัสนักเรียน และ ห้องเรียนของนักเรียน



รูปที่ 3.7 หน้าแสดงลำดับ queue

### 3.6.4 หน้าจัดการข้อมูลของผู้ใช้งาน

โดยในการออกแบบหน้าจัดการข้อมูลของผู้ใช้งาน จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ฟังก์ชัน ซึ่งฟังก์ชันจะแสดงรูปภาพใบหน้าของนักเรียน และ ทางฝั่งขวาจะแสดงฟิลด์ข้อมูลเพื่อให้ Admin กรอกข้อมูลของนักเรียนประกอบด้วย ชื่อเล่น ชื่อจริง ทั้งของนักเรียน และ ผู้ปกครอง รวมถึงรหัสนักเรียน และ ห้องเรียนของนักเรียน

รูปที่ 3.8 หน้าจัดการข้อมูลของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 การออกแบบอุปกรณ์ Hardware

#### 3.7.1 IP Camera

สเปคของกล้อง IP Camera จะทำการเลือกจาก ขนาด Sensor และ ทางยาวโฟกัส โดยจะต้องได้ระยะพื้นที่ครอบคลุมป้ายทะเบียนทั้งหมดที่ระยะห่างจากกล้อง 150 เซนติเมตร และมีขนาดความละเอียดเพียงพอสำหรับการทำ LPR และ ลองรับการสตรีมภาพด้วย RTSP

เหตุผลที่ต้องใช้กล้อง Spec นี้ คือ มีความละเอียดที่ 1080P ซึ่งช่วยให้สามารถบันทึกภาพหรือวิดีโอในความละเอียดสูง และ ทำให้ภาพที่ได้มีความละเอียดบริเวณป้ายทะเบียนเพียงพอต่อการนำไปประมวลผลภาพในระยะไกลสุดที่ 300 เซนติเมตร มีคุณสมบัติการกันน้ำกันฝุ่น IP66 และ กล้องรุ่นดังกล่าวมีราคาที่ถูกเหมือนเทียบกับรุ่นอื่นๆที่มีอยู่ในตลาด โดยรุ่นที่เลือกใช้คือ HAMROL Model HAL-N806FX



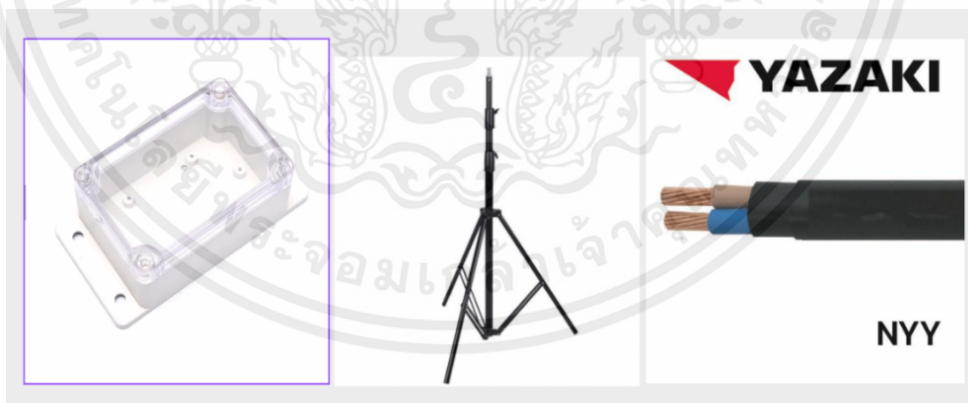
รูปที่ 3.9 IP Camera ที่นำมาใช้

### 3.7.2 ชุดเครื่องขยายสัญญาณไวไฟ



รูปที่ 3.10 ชุดเครื่องขยายสัญญาณไวไฟที่นำมาใช้

เนื่องจากในบางตำแหน่งที่ติดตั้งกล่องสัญญาณไวไฟอาจจะไปไม่ถึง หรือ มีความเร็วที่ช้าทำให้อาจเกิดการผิดพลาดของการส่งข้อมูลเกิดขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ ชุดเครื่องขยายสัญญาณไวไฟซึ่ง เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งานของเครื่องขยายไวไฟในบริเวณที่มีสัญญาณอ่อนหรือไม่เสถียรพอในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ในระยะไกลกว่านั้น สามารถลดปัญหาในการสะดุดหรือตัดสัญญาณในบางบริเวณ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ Wi-Fi ได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

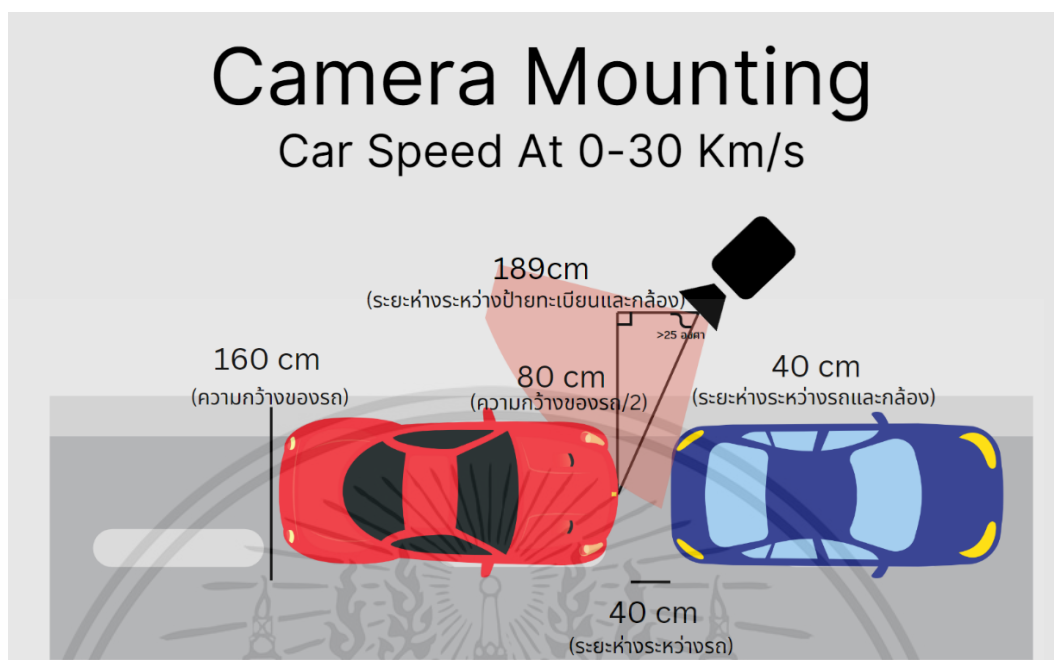


รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ Hardware ต่างๆที่นำมาใช้

อุปกรณ์ที่นำมาใช้ร่วมกับ IP Camera เพื่อทำให้สามารถวางในจุดที่ต้องการได้ และ มีความทนทานต่อสภาพอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 การออกแบบตำแหน่งการติดตั้งกล้อง

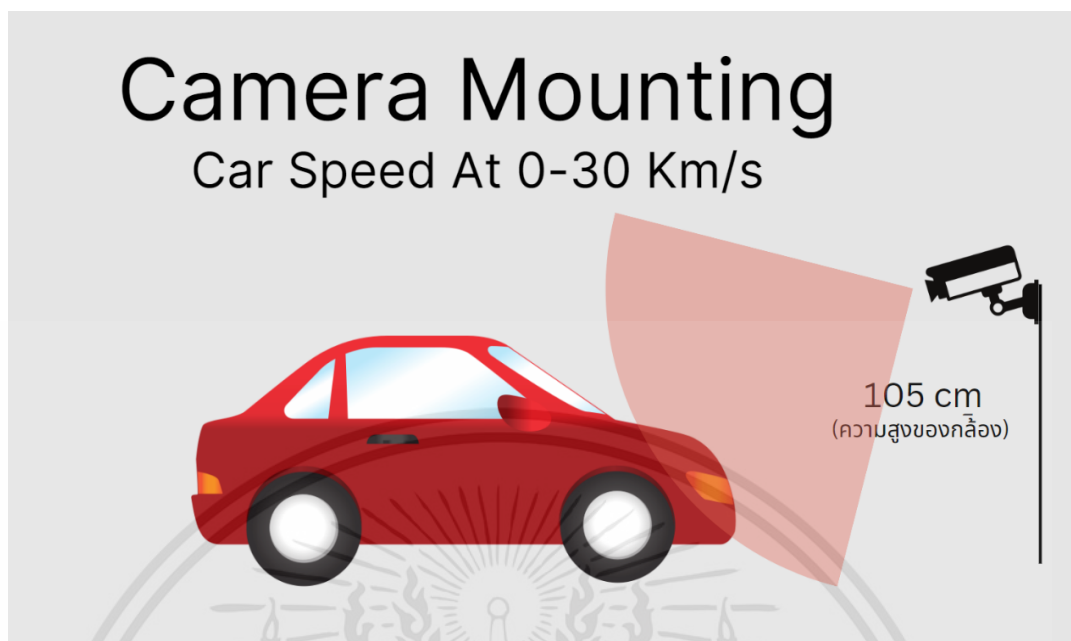


รูปที่ 3.12 ตำแหน่งการวางมุมกล้อง

ในการติดตั้งกล้อง เนื่องจากต้องการให้กล้องสามารถจับป้ายทะเบียนรถยนต์ให้ได้ทุกคันและทุกสภาพการจราจร จากการสังเกตในช่วงเวลาที่ความหนาแน่นของการจราจรน้อยรถยนต์จะทำความเร็วมาก จำเป็นจะต้องตั้งกล้องให้ทำมุมกับถนนน้อยเพื่อให้จับป้ายทะเบียนรถยนต์ได้นานขึ้น ในช่วงเวลาที่ความหนาแน่นของการจราจรมากรถยนต์จะทำความเร็วขึ้น จำเป็นจะต้องตั้งกล้องให้ทำมุมกับถนนมากเพื่อให้จับป้ายทะเบียนรถยนต์ได้โดยไม่โดนบังจากรถคันอื่น และมุมที่มากที่สุดที่ทำได้ต้องเกินความสามารถของการประมวลผลภาพป้ายทะเบียน

จากเงื่อนไขดังกล่าวตำแหน่งการติดตั้งกล้อง และ มุมของกล้อง ส่งผลต่อระบบการอ่านป้ายทะเบียนอย่างมาก ซึ่งทางผู้พัฒนาจึงได้ทำการออกแบบตำแหน่งการวางกล้อง และ มุมกล้อง จากการทดลอง จึงได้ข้อสรุปว่า กล้องที่ถูกติดตั้งสูงจากพื้น 105 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความสูงที่ลดแล้วพอเหมาะกับความสูงของป้ายทะเบียนได้ทั้งรถเก๋งคันเล็ก ไปจนถึง รถกระบะยกสูงคันใหญ่ และ ทำมุมกับป้ายทะเบียนได้ไม่เกิน 25 องศา ซึ่งถ้ามีค่าองศาที่มากกว่านี้ กล้องจะต้องอยู่ห่างออกไปตามทฤษฎีตรีโกณมิติโดยมุมของ มุมที่กล้องทำกับป้ายทะเบียน(A) จะเท่ากับ โคไซน์ของ ด้านที่ตรงข้ามมุม (A) ซึ่งก็คือความกว้างของรถหารด้วย ด้านที่อยู่ตรงข้ามมุมฉาก(ระยะห่างกล้องจากรถ) ซึ่งจะได้

$$80/189 = 0.423 = \sin(25)$$



รูปที่ 3.13 ความสูงของกล้องวัดจากพื้น

### 3.9 ส่วนของการออกแบบการเทรนโมเดลการอ่านป้ายทะเบียน

เนื่องจากการยืนยันตัวตนของผู้ปกครองที่มารับนักเรียนเป็นหัวใจหลักของโครงการดังกล่าว ทางทีมพัฒนาโครงการจึงเลือกใช้ เทคโนโลยีการอ่านป้ายทะเบียน (License Plate Recognition) เพื่อนำมาใช้ในการยืนยันตัวตนของผู้ปกครองที่มารับนักเรียน และสามารถระบุได้ว่าผู้ปกครองที่มารับนักเรียนนั้นเป็นผู้ปกครองของนักเรียนคนใด

#### 3.9.1 การเลือกโมเดล

เนื่องจากการอ่านป้ายทะเบียนนั้นจำเป็นต้องมีการอ่านข้อมูลที่มีความแม่นยำที่สูง เพื่อป้องกันการเกิดความผิดพลาดของข้อมูล จึงควรที่จะเลือกใช้ Pre-trained model ที่เหมาะสมกับการอ่านป้ายทะเบียน โดยเฉพาะ ซึ่งทางผู้พัฒนาได้เลือก Pre-trained model ที่มีชื่อว่า YOLOv7 Tiny เป็นเวอร์ชันขนาดเล็กของโมเดล YOLO (You Only Look Once) โมเดลนี้เหมาะสำหรับการใช้กับ Input ที่เป็น Real-time video อยู่ที่ 41-42 fps และ Inference time อยู่ที่ 22-23 ms สามารถที่จะ Train เพื่อใช้ในการตรวจจับแผ่นป้ายทะเบียนได้ทั้งภาษาไทย และ ภาษาอังกฤษ

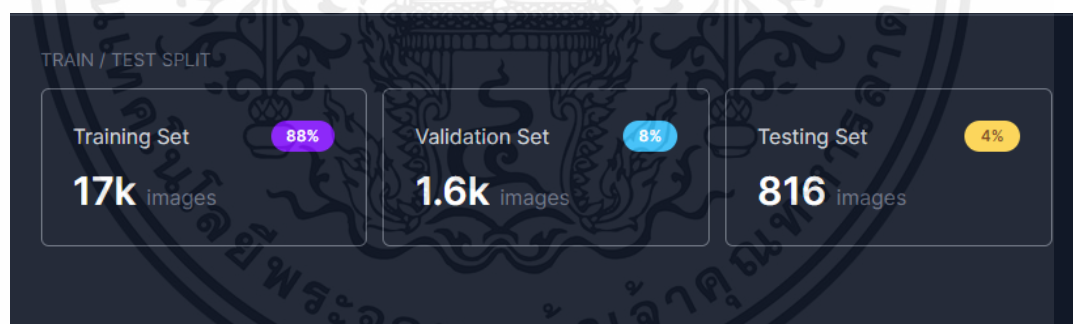
#### 3.9.2 การเลือกชุดข้อมูล

เนื่องจากการที่จะเทรนโมเดลให้มีความแม่นยำที่สูงทางผู้จัดทำจึงใช้ Dataset จาก เว็บไซต์ <https://universe.roboflow.com/au-parking-ffplf/license-plate-eql7j/dataset/4> ซึ่งเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เว็บไซต์ที่ให้บริการในการสร้างและจัดการชุดข้อมูลสำหรับการสร้างและฝึกอัลกอริทึมเชิงประมวลผลภาพ (image processing algorithms) แต่ละภาพเป็นภาพทะเบียนภาษาไทย มีความคมชัด ซึ่งมีขนาด 1.71MP โดยมี Dataset ที่เป็นรูปรถยนต์หลากหลายยี่ห้อและประเภทของรถที่ติดแผ่นป้ายทะเบียนพร้อมทำการ Labeling แล้ว จำนวนรูป 8,266 รูป



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างของ ชุดข้อมูลที่ใช้ในการ Test



รูปที่ 3.15 แสดงรายละเอียดการแบ่ง Dataset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.9.3 การ Augmentation Dataset

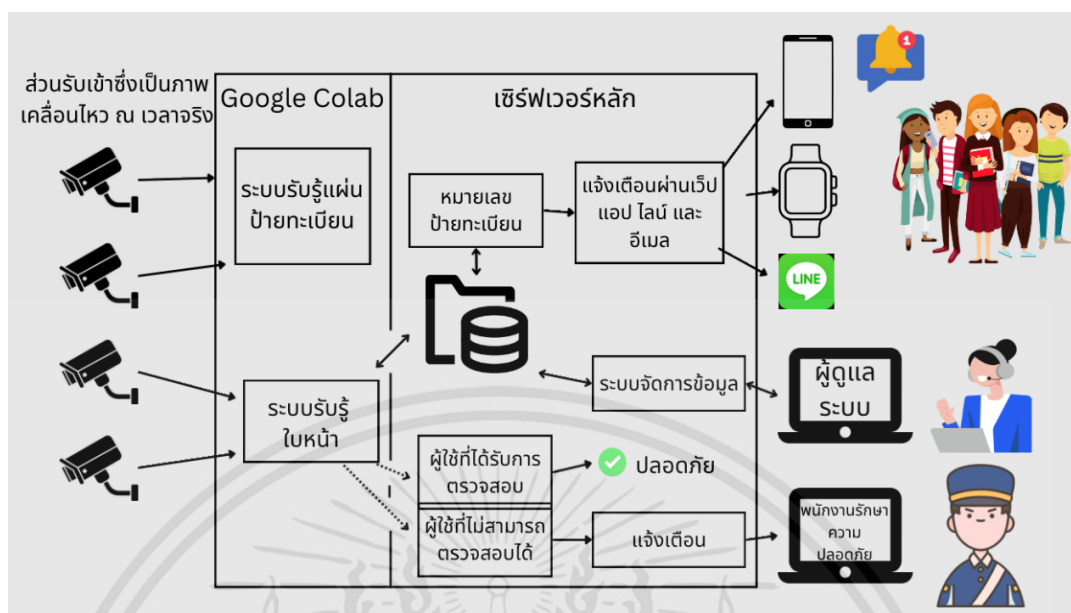
มีการทำ Dataset Augmentation ด้วยวิธีการกลับภาพทั้งตามแนวดิ่งและแนวนอน (Horizontal and Vertical Flip) หมุนภาพทั้งตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ( $90^\circ$  Rotate: Clockwise, Counter-Clockwise) การครอบและซูมภาพตั้งแต่ 0%-30% (Crop: 0% Minimum Zoom, 30% Maximum Zoom) การปรับองศาของภาพตั้งแต่ -15 องศา ถึง 15 องศา (Rotation: Between  $-15^\circ$  and  $+15^\circ$ ) การตัดภาพบวกลบ 15 องศาทั้งตามแนวดิ่งและแนวนอน (Shear:  $\pm 15^\circ$  Horizontal,  $\pm 15^\circ$  Vertical) การปรับสีของภาพเป็น grey scale จำนวน 25% ของจำนวนภาพทั้งหมด (Grayscale: Apply to 25% of images) การปรับความอิ่มตัวของสีของภาพ (Saturation: Between -25% and +25%) การปรับความสว่างของภาพ (Brightness: Between -25% and +25%) การปรับการเปิดรับแสงของภาพ (Exposure: Between -25% and +25%) การเบลอภาพ (Blur: Up to 1.25 pixels) การเพิ่มสัญญาณรบกวนให้ภาพ (Noise: Up to 1% of pixels) การเพิ่มภาพแบบโมเสก (Mosaic: Applied) ซึ่งเป็นวิธีการที่สุ่มนำภาพจาก Dataset 4 ภาพมาจัดเรียงเป็นภาพใหม่ ซึ่งทำให้ได้ Dataset เพิ่มขึ้นทั้งหมด 19,926 รูป และมีการแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ Training Set 17,000 รูป Validation Set 1,600 รูป Testing Set มี 816 รูป



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ผ่านการ Augmentation ปรับสีภาพเป็น grey scale และปรับขนาด เป็น 640x640 pixel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.10 การออกแบบภาพรวมของระบบ



รูปที่ 3.18 โครงสร้างโดยรวมของระบบ

โดยการออกแบบภาพรวมของระบบจะแยกเป็น 3 ฟังก์ชัน

- 1) ระบบที่รับ Input (IP Camera & Trained Model)
- 2) ระบบทางฝั่ง Server
- 3) ระบบที่แสดงผล และ แจ้งเตือน User

ซึ่ง Model จะเริ่มต้นจากรับภาพจาก IP Camera มาทีละเฟรม จากนั้นจะนำเฟรมเหล่านั้นมาประมวลผล เมื่อตรวจพบ ป้ายทะเบียน หรือ ใบหน้า จะส่ง API ไปยัง Server เพื่อให้ Server เก็บข้อมูลไปยัง Database และ Backend (Flask API) เพื่อประมวลผลในการแสดงผล และ แจ้งเตือน User ทั้งจากบนเว็บแอปพลิเคชัน และ Line Notify

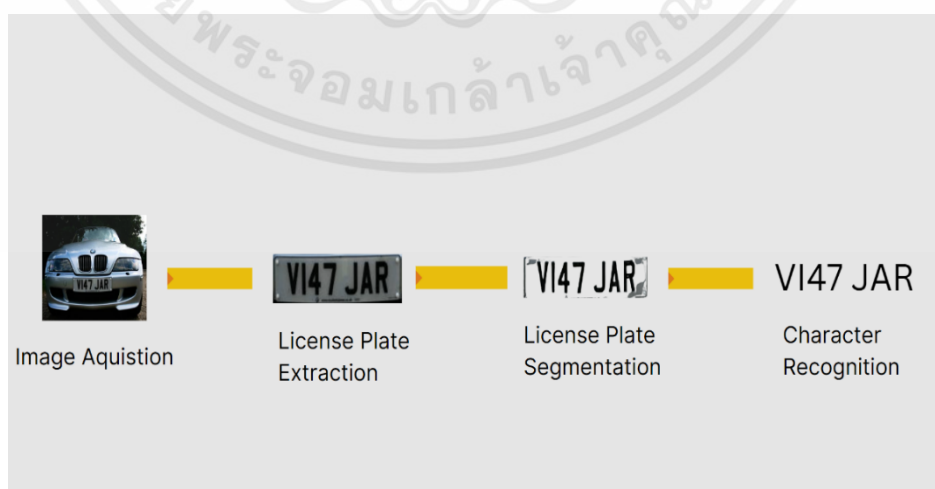
#### 3.10.1 กระบวนการทำงานของระบบ

- 1) รับข้อมูลวิดีโอแบบ real-time จากกล้อง IP ที่ตั้งอยู่หน้าโรงเรียนผ่านโปรโตคอล RTSP และ ส่งไปยัง Google Colab ผ่านทาง WiFi โดยใช้โมดูลเพื่อแปลงข้อมูล Ethernet จากกล้อง IP เพื่อให้เข้ากับการประมวลผลในขั้นตอนถัดไป
- 2) ใช้ Google Colab เพื่อรับข้อมูลวิดีโอสตรีมมิ่งจากกล้อง IP ผ่าน RTSP และ นำมาประมวลผลทั้งในการอ่านแผ่นป้ายทะเบียน และ การจดจำใบหน้า จากนั้น ส่งข้อมูลที่ประมวลผลได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์ประมวลผลกลางโดยใช้เมธอด POST ผ่าน HTTP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) เซิร์ฟเวอร์ประมวลผลกลางที่ติดตั้งบนคลาวด์จะรับข้อมูลป้ายทะเบียน และ ข้อมูลใบหน้าที่ถูกอ่านมา และ ตรวจสอบว่าเป็นข้อมูลของผู้ปกครองที่มีอยู่ในฐานข้อมูลหรือไม่ จากนั้นสามารถแจ้งเตือนนักเรียนได้อย่างถูกต้องผ่านการส่ง การแจ้งเตือนตามช่องทางที่เลือกไว้ หากข้อมูลที่อ่านไม่มีในฐานข้อมูล จะทำ การแจ้งเตือนพนักงานรักษาความปลอดภัยด้วยการส่งรูปภาพของรถ
- 4) ฐานข้อมูลทำหน้าที่เก็บข้อมูลป้ายทะเบียน และ ข้อมูลรูปใบหน้าของ ผู้ปกครอง และ ผู้ดูแลระบบสามารถเรียกดู และ แก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลได้
- 5) แอปพลิเคชันเว็บ แอปพลิเคชันมือถือ และ แอปพลิเคชันสมาร์ทวอทช์สำหรับ นักเรียนทำหน้าที่แสดงสถานะของผู้ปกครองว่ายังไม่มาถึงโรงเรียน / มาถึง บริเวณโรงเรียนแล้ว / มาถึงโรงเรียนแล้ว และ แสดงเวลาที่มาถึงโดยประมาณ จากการคำนวณสถิติบนเซิร์ฟเวอร์เกี่ยวกับสถานการณ์จราจรปัจจุบัน โดยเมื่อ มาถึงบริเวณโรงเรียน และ ตัวโรงเรียน แอปพลิเคชันจะแจ้งเตือนนักเรียนผ่าน เสียง และ ข้อความ รวมถึงการแจ้งเตือนเมื่อไม่มีการเปิดใช้งานแอปอยู่ ซึ่งเป็น ข้อดีของการใช้งานแอปพลิเคชันมือถือ และ สมาร์ทวอทช์
- 6) การแจ้งเตือนผ่าน Line Notification จะแจ้งเตือนผู้ใช้ที่เปิดใช้งานฟังก์ชัน Line Notification บนแอปพลิเคชันเว็บ
- 7) แอปพลิเคชันเว็บสำหรับผู้ดูแลระบบที่ใช้ในการแก้ไขข้อมูลนักเรียน และ ข้อมูลป้ายทะเบียน

### 3.11 การพัฒนา License Plate Recognition



รูปที่ 3.19 หลักการทำงานของ License Plate Recognition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.11.1 Image Acquisition

คือการนำภาพเข้าระบบโดยอาจจะมี การประมวลผลก่อน (preprocessing) เช่น ปรับขนาดของภาพ การลด สัญญาณรบกวน ด้วยการปรับภาพเป็น Grey Scale โดยใช้ Function `cv2.cvtColor("Input Image Parameter" cv2.COLOR_RGB2GRAY)` และ การทำ GaussianBlur เพื่อให้ภาพมีความ Smooth มากยิ่งขึ้น ลดความสั่นของภาพ ลบเสียงรบกวน โดยใช้ Function `cv2.GaussianBlur(gray, (5,5), 0)` โดยฟังก์ชันนี้จะทำภาพที่เป็น Grey Scale มาทำการเบลอที่กำหนดขนาดของ ฟิลเตอร์เป็น 5x5

```
# grayscale region within bounding box
gray = cv2.cvtColor(box, cv2.COLOR_RGB2GRAY)
# resize image to three times as large as original for better readability
gray = cv2.resize(gray, None, fx = 3, fy = 3, interpolation = cv2.INTER_CUBIC)
# perform gaussian blur to smoothen image
blur = cv2.GaussianBlur(gray, (5,5), 0)
## cv2.imshow("Gray", gray)
#cv2.waitKey(0)
# threshold the image using Otsus method to preprocess for tesseract
ret, thresh = cv2.threshold(gray, 0, 255, cv2.THRESH_OTSU | cv2.THRESH_BINARY_INV)
```

รูปที่ 3.20 ตัวอย่างโค้ด Python Opencv ในการทำ Image Acquisition

### 3.11.2 License Plate Extraction

Yolov7 Model ได้ทำการ Trained มาแล้วจะสามารถที่จะระบุตำแหน่ง Bounding Box (กรอบ 4 เหลี่ยมที่ล้อมรอบป้ายทะเบียน) 4 จุดที่ปิดล้อมป้ายทะเบียน ได้ ซึ่งเมื่อ Model ทำการ Return ค่าของพิกัด 4 จุดนั้น ได้ดังตัวแปร `xmin ymin xmax ymax` จากนั้นจะนำพิกัดนั้นมาใส่ใน Functions `Format_boxes` ซึ่งจะทำให้การ Crop ภาพตามพิกัดที่ใส่ลงไป ใน Parameter

```
def format_boxes(bboxes, image_height, image_width):
    for box in bboxes:
        ymin = int(box[0] * image_height)
        xmin = int(box[1] * image_width)
        ymax = int(box[2] * image_height)
        xmax = int(box[3] * image_width)
        box[0], box[1], box[2], box[3] = xmin, ymin, xmax, ymax
    return bboxes
```

รูปที่ 3.21 ตัวอย่างโค้ด Python Opencv License Plate Extraction

ซึ่งได้ผลลัพธ์เป็นรูปแผ่นป้ายทะเบียนดังด้านล่าง



รูปที่ 3.22 ผลลัพธ์ของการทำ Image Acquisition และ License Plate Extraction

### 3.11.3 License Plate Segmentation

คือการจำแนก Pixel แต่ละจุด และ จะได้ผลออกมาเป็นแบ่งเป็นพื้นที่สีต่างๆ ซึ่งแต่ละสีหมายความว่าถึงลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะของแผ่นป้ายทะเบียน สีของตัวอักษร กับ สีของแผ่นของป้ายจะตัดกันอย่างชัดเจน เมื่อ segment เสร็จแล้วจะได้พื้นที่ที่เป็นตัวอักษรออกมา จาก Function `thresh[y-5:y+h+5, x-5:x+w+5]` เป็นการกำหนดค่า Threshold ของแต่ละตัวอักษรในแต่ละกล่องเหตุผลที่ต้องเพิ่มขนาดของแต่ละกล่องเพิ่มขึ้นจุดละ 5 pixels เพื่อเป็นการขยายขนาดให้ครอบคลุมป้ายทะเบียนให้เต็มกรอบมากยิ่งขึ้น จากนั้นทำการกลับบิตสลับสีขาวเป็นสีดำด้วย Function `cv2.bitwise_not(roi)` และ ทำ MedianBlur เพื่อให้ตัวอักษรมีความคม มีกรอบปิดล้อมรอบชัดเจนมากยิ่งขึ้น

```
# draw the rectangle
rect = cv2.rectangle(im2, (x,y), (x+w, y+h), (0,255,0),2)
# grab character region of image
roi = thresh[y-5:y+h+5, x-5:x+w+5]
# perform bitwise not to flip image to black text on white background
roi = cv2.bitwise_not(roi)
# perform another blur on character region
roi = cv2.medianBlur(roi, 5)
```

รูปที่ 3.23 ตัวอย่างโค้ด Python Opencv License Plate Segmentation

7 กญ 3 6 0 3

ก ร ง ท พ ม ห า น ค ร

รูปที่ 3.24 ผลลัพธ์ของการทำ License Plate Segmentation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.11.4 Character Recognition

คือการนำภาพที่ทำการ Segment นั้นมาวิเคราะห์ออกมาเป็นตัวอักษรว่า ออกมาเป็นตัวอักษรไหน และได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น String โดยใช้ Function pytesseract.image\_to\_string(ชื่อภาพ config ภาษาไทย) ซึ่งฟังก์ชันนี้จะทำการวิเคราะห์ตัวอักษรจากภาพว่าเป็นตัวอักษรอะไร จากนั้นจะ Return ตัวอักษรนั้นออกมาเป็นตัวแปร String

หลังจากอ่านตัวอักษรครบแล้วจะนำตัวอักษรทั้งหมดมารวมกันเป็นคำ ด้วย Function `clean_text = re.sub('[\W_]+', '', text)` เพื่อ Print ค่าออกมาเป็น String และ ส่งค่านั้น ไปยัง Server ให้ประมวลผลต่อไป ผ่าน API

License Plate #: 7กณ๒603 กรุงเทพมหานคร

รูปที่ 3.25 ผลลัพธ์ของการทำ Character Recognition

```
if(height / float(h)<5.76):
    text = pytesseract.image_to_string(roi, config='--psm 10 --oem 3',lang = "tha+eng")
    # clean tesseract text by removing any unwanted blank spaces
    # print("text = ",text)
    # print("text = ",text)
    clean_text = re.sub('[\W_]+', '', text)
    plate_num += clean_text
    # cv2.imshow("roi_plate",roi)
    # cv2.waitKey(0)
else:
    text_province = pytesseract.image_to_string(roi, config='--psm 10 --oem 3',lang = "tha")
    # clean tesseract text by removing any unwanted blank spaces
    # print("text_province = ",text_province)
    clean_text_province = re.sub('[\W_]+', '', text_province)
    plate_num_province += clean_text_province
    # cv2.imshow("roi_province",roi)
    # cv2.waitKey(0)
```

รูปที่ 3.26 ตัวอย่างโค้ด Python แสดงวิธีการจำแนกตัวอักษรที่จากป้ายทะเบียนเป็นเลขทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.12 การพัฒนา Face Recognition System

เทคโนโลยีการจดจำใบหน้าเป็นกระบวนการที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ และ จดจำรูปภาพใบหน้าของบุคคล โดยวิเคราะห์รูปภาพตามลักษณะที่เฉพาะเจาะจง เช่น รูปร่างของใบหน้า รูปแบบของเส้นตาราง เป็นต้น เมื่อระบบสามารถจดจำ และ รู้จำใบหน้าของผู้ปกครองที่มารับนักเรียนได้ ก็สามารถใช้เพื่อยืนยันตัวตน และ เข้าถึงสิทธิ์ในกระบวนการรับส่งนักเรียนได้อย่างปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

การนำเทคโนโลยีการจดจำใบหน้ามาใช้ในระบบ Face Recognition System ในโรงเรียนมีข้อดีอย่างมาก รวมถึง:

**เพิ่มความปลอดภัย:** ระบบ Face Recognition ช่วยลดความเสี่ยงในการให้สิทธิ์ในการรับส่งนักเรียนแก่ผู้ที่ไม่ใช่สิทธิ์ หรือการปลอมตัวเป็นผู้ปกครองที่มารับนักเรียน.

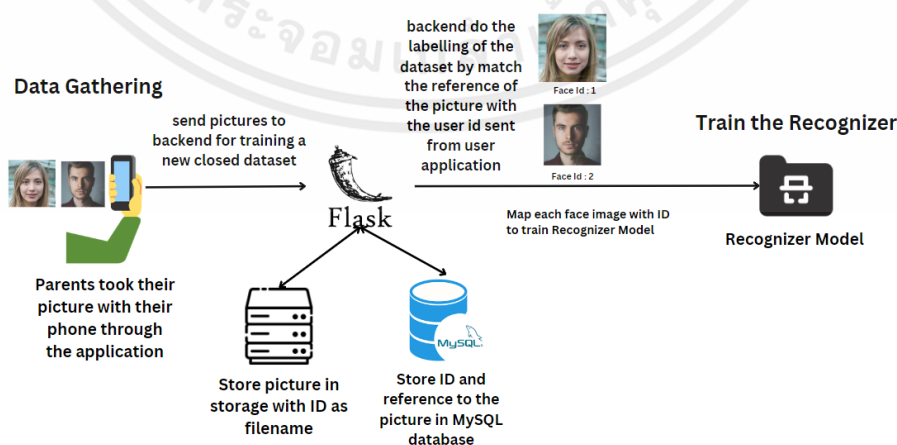
**ความสะดวกสบาย:** ไม่จำเป็นต้องใช้บัตรสแกนหรือรหัสผ่าน ผู้ปกครองสามารถใช้ใบหน้าเป็นตัวแทนในการเข้าถึง และ ยืนยันตัวตนได้ทันที.

**ประหยัดเวลา:** กระบวนการรับส่งนักเรียนจะเร็วกว่า เนื่องจากระบบสามารถรู้จำ และ ยืนยันตัวตนของผู้ปกครองในเวลาที่รวดเร็ว.

**ป้องกันการลืมหรือสูญเสียบัตรสแกน:** เนื่องจากระบบใช้ใบหน้าในการยืนยันตัวตน ไม่จำเป็นต้องพกบัตรสแกนตลอดเวลา

ดังนั้น การนำเทคโนโลยีการจดจำใบหน้ามาใช้ในการพัฒนา Face Recognition System ในโรงเรียนจะมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มความปลอดภัย และ สร้างความสะดวกสบายในกระบวนการรับส่งนักเรียน ทำให้การดูแล และ ควบคุมผู้ปกครองที่มารับนักเรียนเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ เป็นระบบ

### Face Recognition System (Pre-Training Process)



รูปที่ 3.27 โครงสร้างการทำงานของ Face Recognition System (Pre-Training Process)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.12.1 การรวบรวมข้อมูลรูปภาพ (Data Gathering)

การรวบรวมข้อมูลรูปภาพใบหน้าของผู้ปกครองในระบบนี้ทำได้โดยให้ผู้ปกครองใช้กล้องด้านหน้าของสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น และ ข้อมูลรูปภาพนั้นจะถูกส่งไปยัง Backend โดยใช้ Flask API เพื่อทำการเก็บรูปภาพ และ ID ลงในฐานข้อมูล SQL ซึ่งระบุชื่อภาพตาม ID ที่กำหนดให้เป็นชื่อภาพ นั้นหมายถึงรูปภาพแต่ละรูปจะมีการกำหนด ID เฉพาะเพื่อระบุตัวตนของผู้ปกครองในภาพนั้นๆ

กระบวนการนี้ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลรูปภาพใบหน้าของผู้ปกครองที่ใช้ในระบบ Face Recognition เพื่อให้ระบบเรียนรู้ และ ทำนายตัวตนของผู้ปกครองในภาพต่อไป โดยการรวบรวมข้อมูลรูปภาพมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากจำเป็นต้องมีข้อมูลมากพอเพียงเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ

การใช้กล้องด้านหน้าของสมาร์ทโฟนผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาเป็นวิธีที่สะดวก และ ง่ายต่อการใช้งาน ผู้ปกครองสามารถใช้กล้องด้านหน้าของสมาร์ทโฟนเพื่อถ่ายภาพใบหน้าของตนเอง และ ส่งภาพไปยังระบบผ่านแอปพลิเคชัน ทำให้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติม และ สะดวกในการใช้งานที่ทันสมัย

### 3.12.2 Training the Recognizer

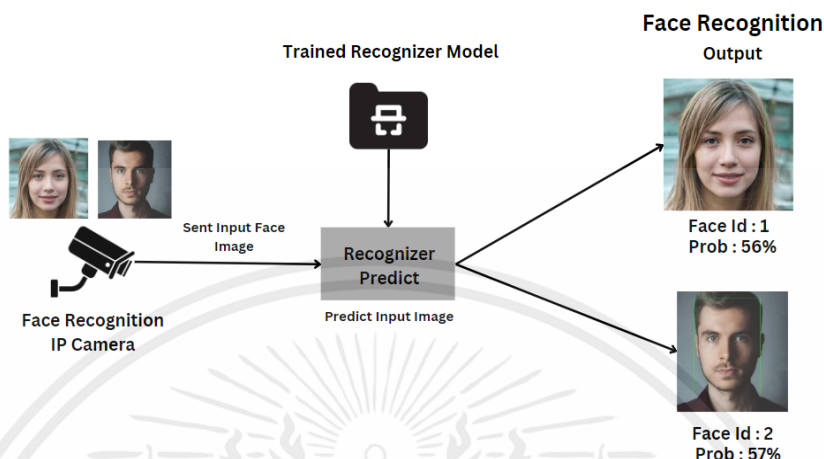
หลังจากที่ข้อมูลรูปภาพใบหน้า และ ID ได้รับการเก็บรวบรวมในฐานข้อมูล กระบวนการถัดไปคือการฝึกสอนตัวระบบตรวจจับใบหน้า (Recognizer) เพื่อให้ระบบสามารถรู้จำ และ ระบุตัวตนของผู้ปกครองในภาพได้

Backend จะเริ่มกระบวนการการสร้างโมเดล Recognizer โดยการใช้ข้อมูลรูปภาพใบหน้าที่มีอยู่ในฐานข้อมูล โดยระบบจะทำการแมพรูปภาพใบหน้าที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งจะมีการเชื่อมโยงรูปภาพแต่ละรูปกับตัวตนของผู้ปกครองที่ได้กำหนดไว้

ในกระบวนการฝึกสอนตัวระบบ Recognizer จะนำรูปภาพใบหน้า และ ID มาเรียนรู้ เพื่อสร้างโมเดลที่สามารถจดจำ และ ระบุตัวตนของผู้ปกครองในภาพได้ ระบบจะทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของใบหน้า เช่น รูปร่างของใบหน้า ลักษณะเส้นโครงร่าง และ คุณสมบัติอื่นๆ เพื่อใช้ในการจดจำ และ แยกแยะตัวตนของผู้ปกครองในภาพ

เมื่อเสร็จสิ้นการ Train แล้ว ระบบ Recognizer จะมีความสามารถในการระบุตัวตนของผู้ปกครองในรูปภาพใบหน้าได้ โดยสามารถระบุว่าเป็นรูปใบหน้านั้นตรงกับ ID อะไรในฐานข้อมูล นั้นหมายความว่าระบบสามารถรู้จำ และ ระบุตัวตนของผู้ปกครองในภาพได้อย่างแม่นยำ และ น่าเชื่อถือ

## Face Recognition System (Recognition Process)



รูปที่ 3.28 โครงสร้างการทำงานของ Face Recognition System (Recognition Process)

### 3.12.3 Recognition Process

ในกระบวนการ Recognition Process หลังจากที่เราได้ทำการเทรนโมเดล Recognizer และ ได้รับข้อมูลรูปภาพใบหน้าที่ต้องการตรวจจับจากกล้อง IP มาแล้ว ต่อไปคือ ขั้นตอนการรู้จำ และ ตรวจจับตัวตนของผู้ปกครองในภาพที่ได้รับมา

เมื่อกล้อง IP ส่งรูปภาพมาให้ Recognizer ระบบจะนำภาพที่ได้รับมาส่งผ่านกระบวนการทำนาย (Inference) เพื่อดูว่าภาพที่ได้รับมานั้นตรงกับ ID อะไรในฐานข้อมูล โดยระบบจะวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะของใบหน้าในภาพ เช่น รูปร่างใบหน้า รายละเอียดเส้นตารางร่างกาย และ ลักษณะอื่นๆ เพื่อทำนายว่าภาพที่ได้รับมานั้นตรงกับผู้ปกครองที่มี ID เป็นอะไรในฐานข้อมูล

ระบบ Recognizer จะทำการคำนวณความน่าจะเป็น (Probability) ว่าภาพที่ได้รับมานั้นเป็นภาพของผู้ปกครองที่มี ID ตรงกับในฐานข้อมูลเป็นเท่าใด โดยค่าความน่าจะเป็นจะอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์

ดังนั้นในกระบวนการ Recognition Process ระบบจะสามารถระบุ และ ตรวจจับตัวตนของผู้ปกครองในภาพที่ได้รับมาได้อย่างแม่นยำ และสามารถระบุได้ว่าภาพนั้นตรงกับ ID อะไรในฐานข้อมูล ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความปลอดภัยในกระบวนการรับส่งนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง

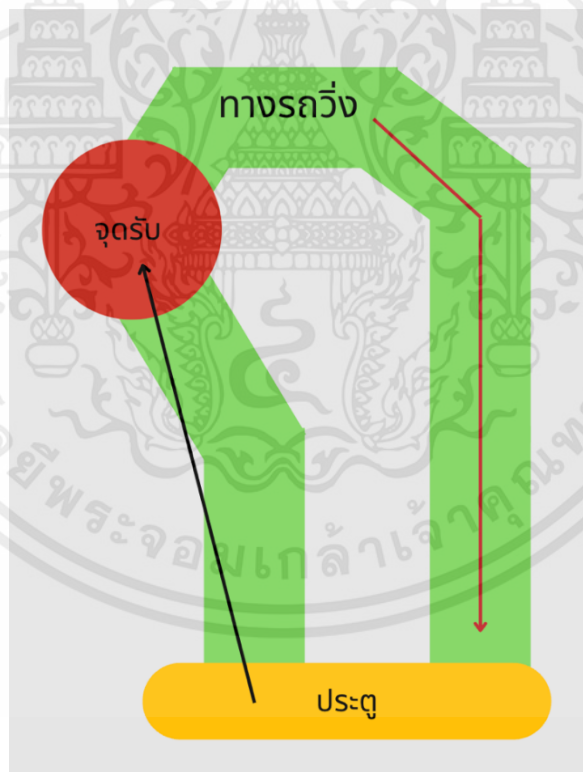
#### 4.1 การทดสอบระยะเวลาที่ผู้ปกครองใช้จ่อครอนักเรียนขึ้นรถยนต์

##### 4.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาส่วนต่างระยะเวลาที่ผู้ปกครองใช้จ่อครอนักเรียน

##### 4.1.2 วิธีการทดลอง

- 1) บันทึกเวลาเมื่อผู้ปกครองหยุดรถนักจ่อรับนักเรียนจนถึงเวลาที่รถผู้ปกครองเริ่มเคลื่อนที่ก่อนติดตั้งระบบ
- 2) บันทึกเวลาเมื่อผู้ปกครองหยุดรถนักจ่อรับนักเรียนจนถึงเวลาที่รถผู้ปกครองเริ่มเคลื่อนที่หลังติดตั้งระบบ
- 3) ทำการเปรียบเทียบ และ วิเคราะห์ผล



#### รูปที่ 4.1 รูปแผนผังการเดินทางในโรงเรียน

จากรูปที่ 4.1 รูปแผนผังการเดินทางในโรงเรียนจะทำการวิ่งเข้าประตูโรงเรียนตามลูกศรสีดำและหยุดรับนักเรียนในบริเวณจุดรับวงกลมสีแดงและวิ่งออกจากโรงเรียนตามลูกศรสีแดง โดยสีเขียวคือลักษณะเส้นทางที่รถใช้วิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



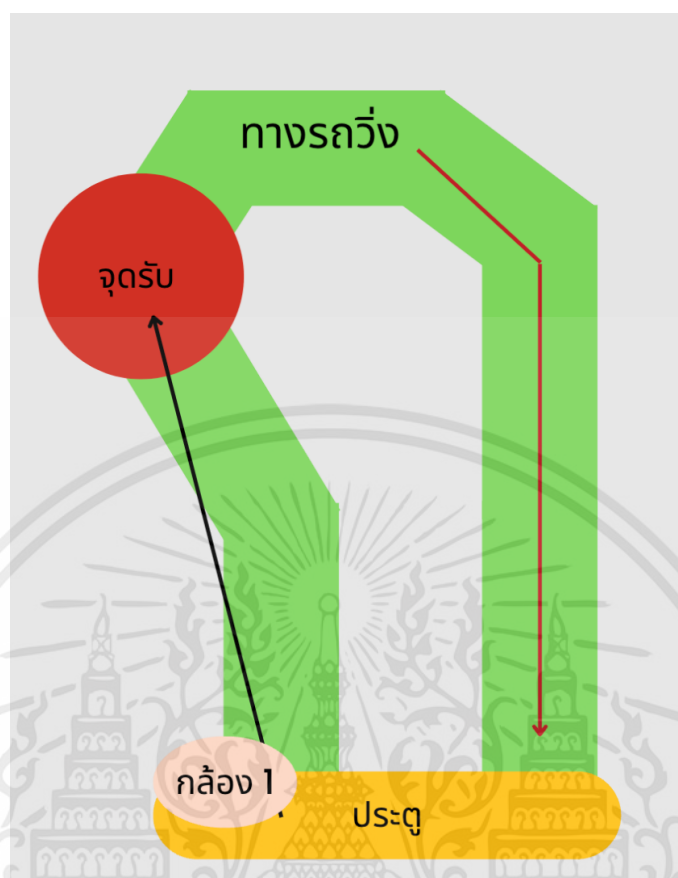
**รูปที่ 4.2 รูปการจราจรในโรงเรียน ณ เวลาเลิกเรียน**

จากรูปที่ 4.2 รูปการจราจรในโรงเรียน ณ เวลาเลิกเรียน รถเก๋งสีน้ำตาลยี่ห้อนิสสัน รุ่นที่นำได้ทำการจอดในจุดรับนักเรียนและทำการรอนักเรียนขึ้นรถ ทันทีที่เห็นว่ารถยนต์หยุดนิ่งก็จะเริ่มจับเวลา และจะนับเวลาจนถึงช่วงที่รถยนต์คันดังกล่าวเคลื่อนที่อีกครั้ง



**รูปที่ 4.3 รูปนักเรียนขึ้นรถยนต์ผู้ปกครองที่จุดรับนักเรียน ณ เวลาเลิกเรียน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 รูปแผนผังการเดินรถในโรงเรียนและตำแหน่งติดตั้งกล่อง

จากรูปที่ 4.4 แผนผังการเดินรถรถยนต์จะทำการวิ่งเข้าประตูโรงเรียนตามลูกศรสีดำและหยุดรับนักเรียนในบริเวณจุดรับวงกลมสีแดงและวิ่งออกจากโรงเรียนตามลูกศรสีแดง โดยสีเขียวคือลักษณะเส้นทางที่รถใช้วิ่ง และ วงรีสีชมพูคือตำแหน่งที่ทำการติดตั้งกล่อง



รูปที่ 4.5 รูปถ่ายของลักษณะมุมกล้อง ณ ตำแหน่งติดตั้งกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.1.3 ผลการทดลอง

จากการบันทึกเวลาเมื่อผู้ปกครองหยุดรถนักจู้ครีบนักเรียนจนถึงเวลาที่รถผู้ปกครองเริ่มเคลื่อนก่อนติดตั้งระบบพบว่า

ตารางที่ 4.1 ตารางเวลาที่ผู้ปกครองหยุดรถที่จู้ครีบนักเรียนจนถึงเวลาที่รถเริ่มเคลื่อนที่ก่อนติดตั้งระบบ

คันที่	เวลา (วินาที)
1	12
2	13
3	16
4	14
5	12
6	14
7	17
8	14
9	13
10	14
11	17
12	12
13	15
14	14
15	17
16	14
17	18
18	13
19	12
20	15
21	13
22	13
23	15
24	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	14
26	17
27	13
28	14
29	12
30	14

โดยเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการแจ้งข้อมูลกับคุณครูผู้ดูแลจุดรับส่ง การแจ้งนักเรียน นักเรียนขึ้นรถยนต์ ไปจนถึงรถผู้ปกครองเริ่มเคลื่อนตัวอยู่ที่ก่อนติดตั้งระบบอยู่ที่ 14.2 วินาที

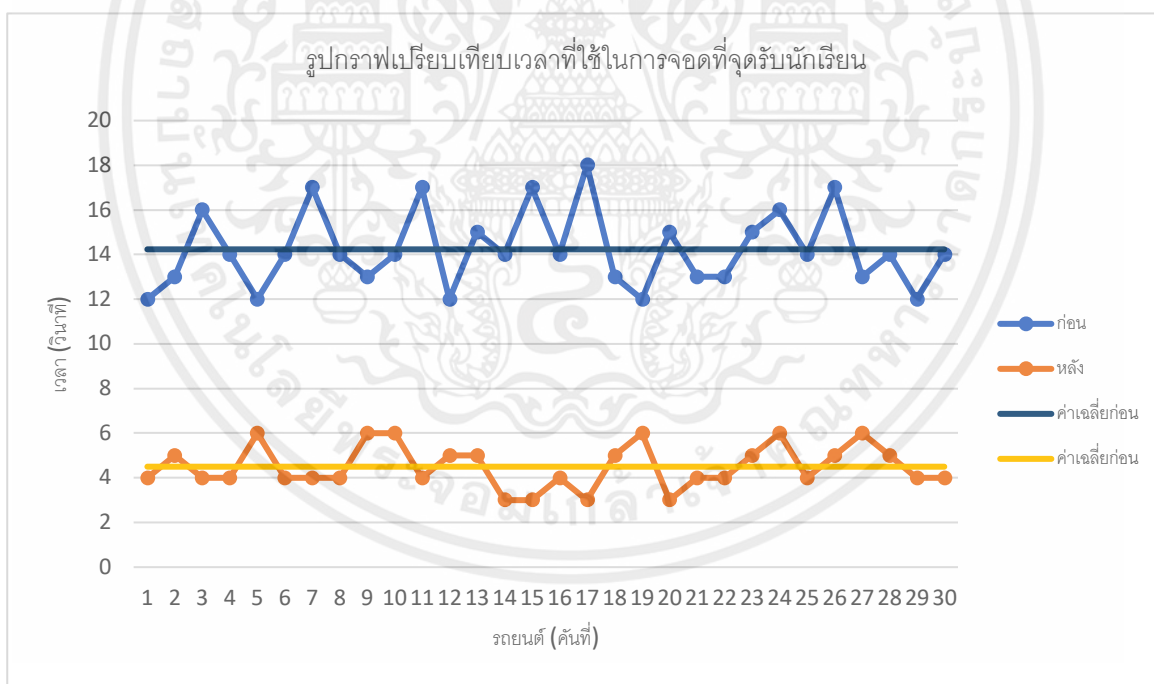
ตารางที่ 4.2 ตารางเวลาที่ผู้ปกครองหยุดรถที่จุดรับจนถึงเวลาที่รถเริ่มเคลื่อนที่หลังติดตั้งระบบ

คันที่	เวลา
1	4
2	5
3	4
4	4
5	6
6	4
7	4
8	4
9	6
10	6
11	4
12	5
13	5
14	3
15	3
16	4
17	3
18	5
19	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20	3
21	4
22	4
23	5
24	6
25	4
26	5
27	6
28	5
29	4
30	4

โดยเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการจอดรอนักเรียนขึ้นรถยนต์ ไปจนถึงรถผู้ปกครองเริ่มเคลื่อนตัว  
หลังติดตั้งระบบอยู่ที่ 4.5 วินาที



รูปที่ 4.6 รูปกราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการจอดที่จุดรับนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลในรูป 4.6 สามารถสรุปได้ว่าผู้ปกครองใช้เวลาจอดรถนักเรียนน้อยลงเฉลี่ย 9.7

วินาที



รูปที่ 4.7 Environment ในการทดสอบ ระยะเวลาที่ผู้ปกครองใช้จอดรถนักเรียนขึ้นรถยนต์

## 4.2 การทดสอบการ Train Model Yolov7

ด้วย Dataset รูปป้ายทะเบียนไทย 8,266 รูป จำนวน 111 Epochs เพื่อตรวจจับแผ่นป้ายทะเบียน

### 4.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของ Model

### 4.2.2 การทดลอง

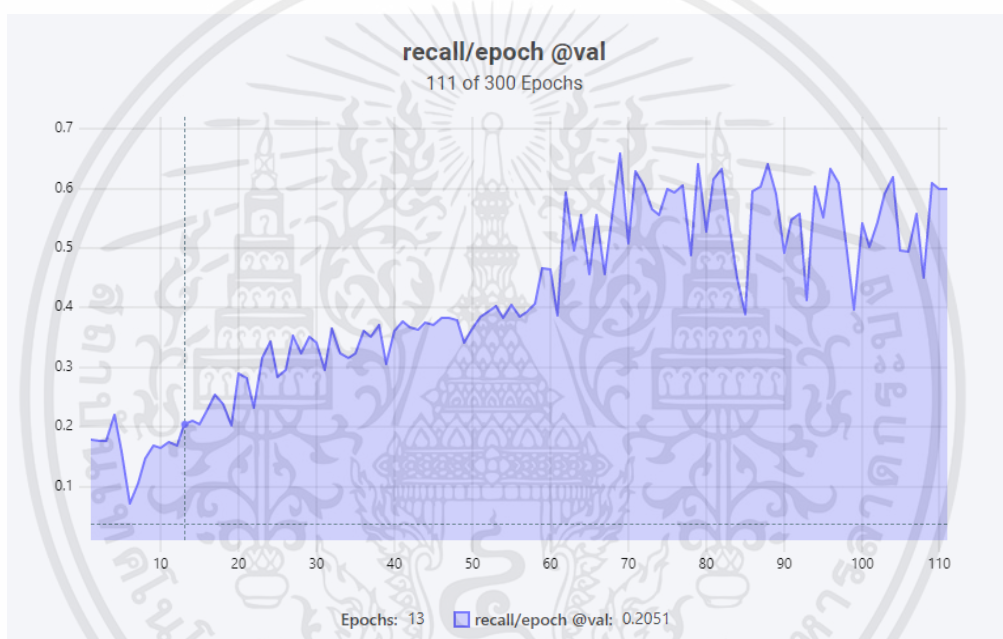
- 1) เริ่มต้นโดยเตรียมข้อมูลภาพ และ ข้อมูลป้ายกำกับ (labeling) ที่จำเป็นสำหรับ Train Model YOLOv7 ซึ่งประกอบไปด้วยภาพที่มีวัตถุต่างๆ และ ป้ายกำกับที่ระบุตำแหน่ง และ ประเภทของวัตถุในภาพ.
- 2) แบ่ง Dataset เป็น 3 Folders Dataset ที่ใช้ในการ Train Dataset ที่ใช้ในการ Test และ Dataset ที่ใช้ในการใช้ในการตรวจสอบ และ ประเมินความแม่นยำ
- 3) กำหนดพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการฝึกสอน เช่น จำนวนรอบการฝึกสอน (epochs) ขนาดภาพนำเข้า (input size) อัตราการเรียนรู้ (learning rate)
- 4) เริ่มการ Train Model โดยในขั้นตอนนี้ใช้เวลานาน 1-2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) ใช้ชุดข้อมูลทดสอบเพื่อประเมินความแม่นยำของโมเดลในการตรวจจับวัตถุ โดยวัดค่าความแม่นยำ (accuracy) ค่าความแม่นยำเฉลี่ยต่อวัตถุ (mean average precision) และ ค่าความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุแต่ละประเภท (class-specific average precision)
- 6) ใช้ชุดข้อมูลทดสอบเพื่อประเมินความแม่นยำของ โมเดลในการตรวจจับวัตถุ โดยวัดค่าความแม่นยำ (accuracy) ค่าความแม่นยำเฉลี่ยต่อวัตถุ (mean average precision) และ ค่า F1-Score

### 4.2.3 ผลการทดลอง

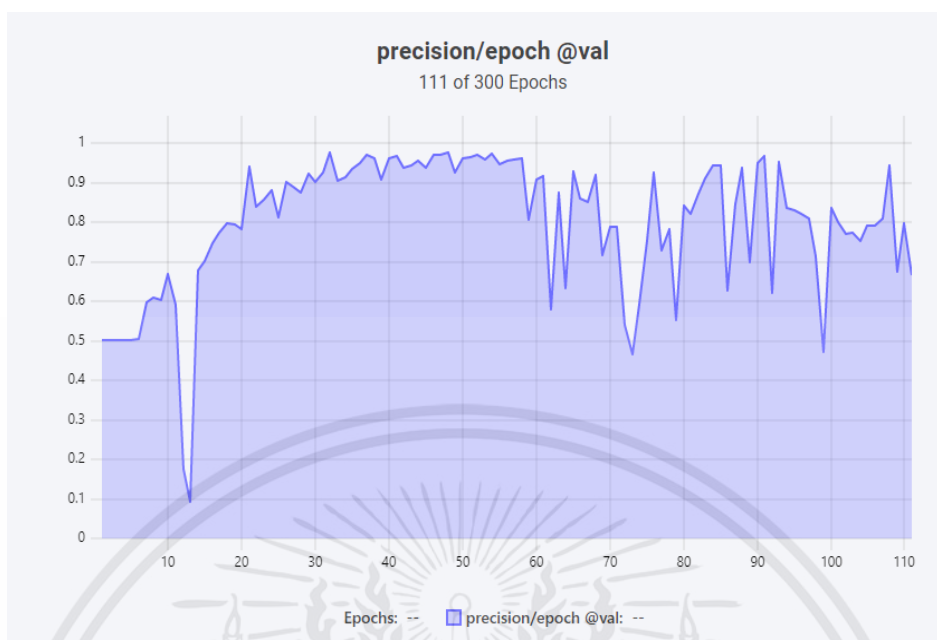
ได้ค่า recall ต่อ 1 epoch โดยเฉลี่ยจากทั้งหมด 111 epochs อยู่ที่ 0.598485



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่า recall ในแต่ละ epoch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

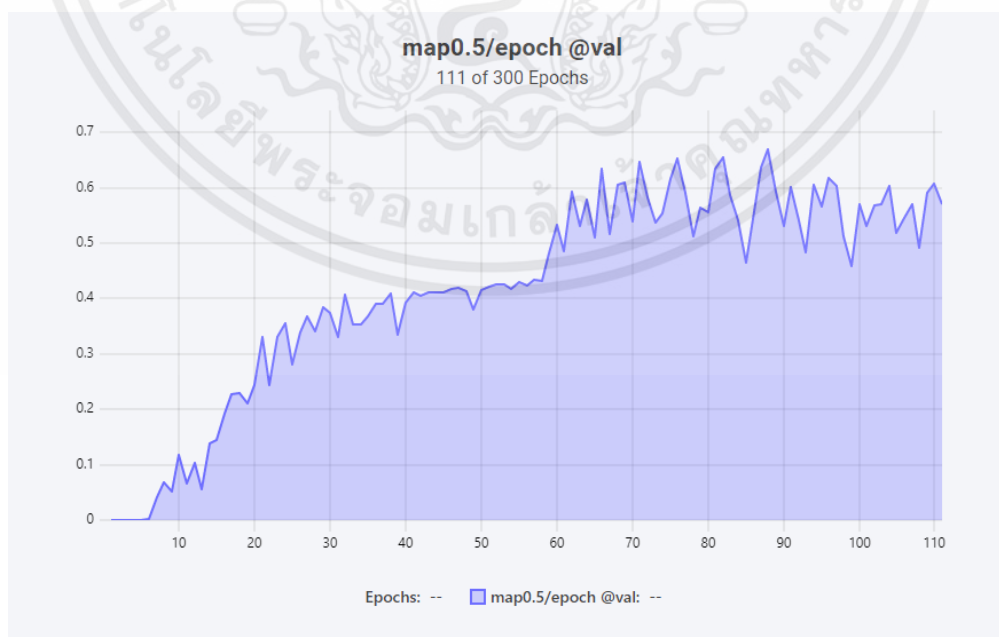
ได้ค่า precision ต่อ 1 epoch โดยเฉลี่ยจากทั้งหมด 111 epochs อยู่ที่ 0.667416



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่า precision ในแต่ละ epoch

คำนวณหาค่า F1-Score ซึ่งเป็นตัววัดที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำ และความครอบคลุม (precision and recall) จากสูตร  $2 * ((\text{precision} * \text{recall}) / (\text{precision} + \text{recall}))$  ได้เท่ากับ 0.631073

ได้ค่า map0.5 ต่อ 1 epoch โดยเฉลี่ยจากทั้งหมด 111 epochs อยู่ที่ 0.571320



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่า map0.5 ในแต่ละ epoch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขแอโรบิก

#### 4.3.1 วัตถุประสงค์

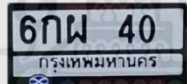

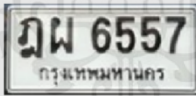







เพื่อทดสอบว่าการอ่านป้ายทะเบียนของระบบตรงกับป้ายทะเบียนในรูปแบบหรือไม่

#### 4.3.2 วิธีการทดสอบ

ทดสอบโดยการอัปโหลดรูปรถยนต์ที่ติดแผ่นป้ายทะเบียนเข้าสู่ Model

#### 4.3.3 ผลการทดสอบ

พบว่า จากการที่ได้ทำการทดลองอัปโหลดรูปป้ายทะเบียน 20 รูปที่แตกต่างกันระบบสามารถตรวจจับป้ายทะเบียนได้ครบทั้ง 20 คัน แต่สามารถอ่านป้ายทะเบียนได้อย่างถูกต้องเพียง 15 คัน โดยสรุป Model มีการอ่านป้ายทะเบียนที่ถูกต้อง 75% แต่ยังมีบางสภาวะบางพยานุชนะที่มีขนาดเล็กจนเกินไปจน ทำให้การอ่านเกิดความผิดพลาด

ครั้งที่	รูปแผ่นป้ายทะเบียน	ผลของการอ่าน	ความถูกต้อง
1.		License Plate #: 6KH40 กรุงเทพมหานคร	
2.		License Plate #: 6M6557 กรุงเทพมหานคร	
3.		License Plate #: 7KN3603 กรุงเทพมหานคร	
4.		License Plate #: 6KR4102 กรุงเทพมหานคร	
5.		License Plate #: 5KH7219 กรุงเทพมหานคร	

รูปที่ 4.11 ทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขแอโรบิก ครั้งที่ 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	รูปแผ่นป้ายทะเบียน	ผลของการอ่าน	ความถูกต้อง
6.		License Plate #: 7กจ3572 กรุงเทพมหานคร	
7.		License Plate #: ๗๕4992 กรุงเทพมหานคร	
8.		License Plate #: ภข9781 กรุงเทพมหานคร	
9.		License Plate #: ศย3989 กรุงเทพมหานคร	
10.		License Plate #: 8กภ7689 กรุงเทพมหานคร	

รูปที่ 4.12 ทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขแอโรบิก ครั้งที่ 6-10

ครั้งที่	รูปแผ่นป้ายทะเบียน	ผลของการอ่าน	ความถูกต้อง
11.		License Plate #: 8กพ6388 กรุงเทพมหานคร	
12.		License Plate #: ฤต8783 กรุงเทพมหานคร	
13.		License Plate #: 8กภ7696 กรุงเทพมหานคร	
14.		License Plate #: 7กร1155 กรุงเทพมหานคร	
15.		License Plate #: กย8366 พิชย์โลก	

รูปที่ 4.13 ทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขแอโรบิก ครั้งที่ 11-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	รูปแผ่นป้ายทะเบียน	ผลของการอ่าน	ความถูกต้อง
16.		License Plate #: 1ขย1409 กรุงเทพมหานคร	
17.		License Plate #: ๕ท7518 กรุงเทพมหานคร	
18.		License Plate #: กว448 กรุงเทพมหานคร	
19.		License Plate #: ขอ5143 กรุงเทพมหานคร	
20.		License Plate #: 1ขส6993 กรุงเทพมหานคร	

รูปที่ 4.14 ทดสอบการอ่านป้ายทะเบียนทั้งตัวอักษรภาษาไทย และ ตัวเลขแอโรบิก ครั้งที่ 16-20

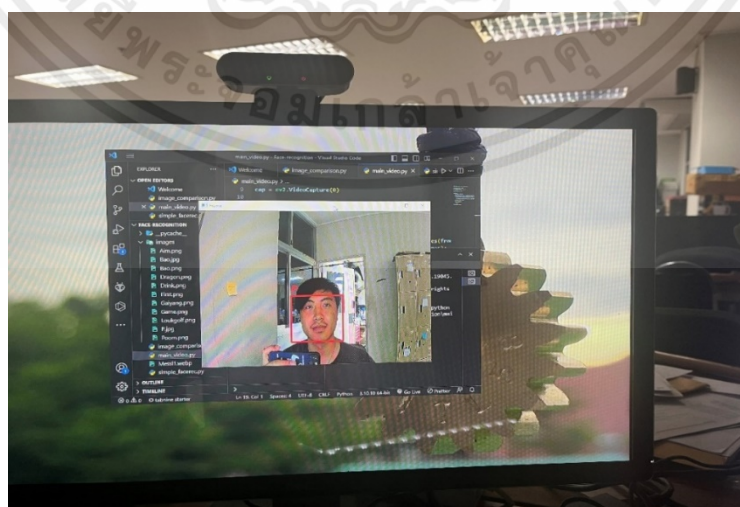
#### 4.4 การทดสอบการตรวจจับ และ จดจำใบหน้า

##### 4.4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถตรวจจับใบหน้า และ สามารถ Label ใบหน้าตามชื่อมีได้ทำการแมพไว้ได้หรือไม่

##### 4.4.2 วิธีการทดสอบ

ทดสอบโดยการอัปโหลดรูปใบหน้าของบุคคล พร้อมกับแมพชื่อภาพไปยัง Folder ที่ได้เก็บไว้ใน Database จากนั้นเปิด Webcam มาแล้วให้กล้องจับภาพใบหน้า และดูผลลัพธ์การ Label



รูปที่ 4.15 Environment ในการทดสอบการตรวจจับและจดจำใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสเปคกล้อง Webcam ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นกล้องยี่ห้อ Yealink UVC20 สเปคความคมชัดอยู่ที่ 5 mega-pixel full HD ได้ทำการติดตั้งกล้องไว้บนหน้าจอเพื่อทำการทดลองการตรวจจับและจดจำใบหน้า

#### 4.4.3 ผลการทดสอบ

พบว่า จากการทดสอบการอัปโหลดภาพใบหน้าจำนวน 10 คน ระบบสามารถตรวจจับใบหน้าได้ครบทั้ง 10 คน และสามารถ Label ได้อย่างถูกต้องเพียง 8 คน สรุปได้ว่าระบบสามารถระบุใบหน้าตามชื่อที่ได้ทำการแมพไว้ได้อย่างถูกต้อง 80% เนื่องด้วยเจอใบหน้าของบุคคลที่คล้ายคลึงกัน

ครั้งที่	รูปใบหน้า	ผลของการอ่าน	ความถูกต้อง
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

รูปที่ 4.16 ทดสอบการตรวจจับ และ จดจำใบหน้า ครั้งที่ 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

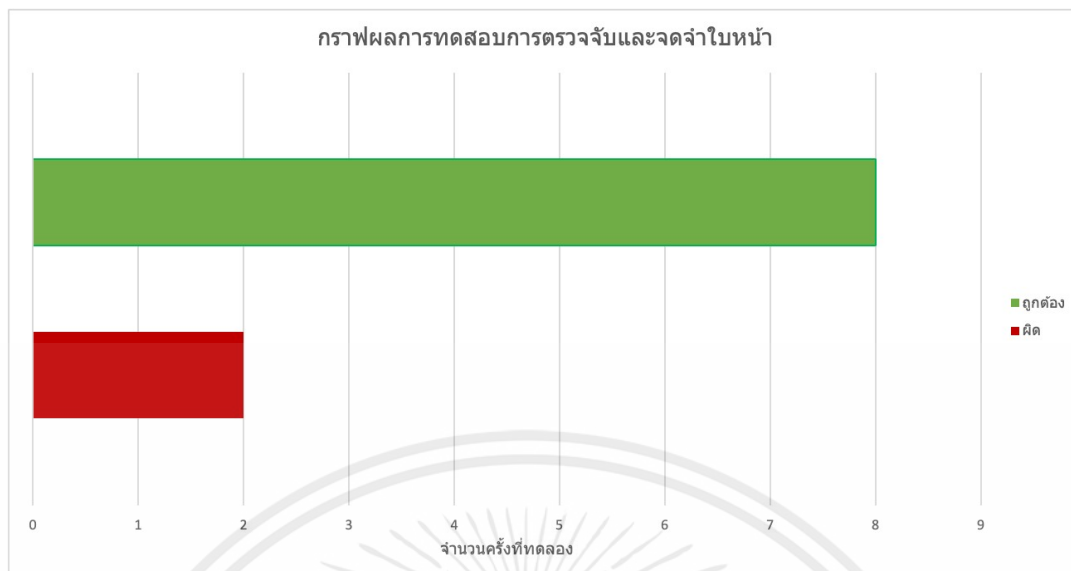
ครั้งที่	รูปใบหน้า	ผลของการอ่าน	ความถูกต้อง
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

รูปที่ 4.17 ทดสอบการตรวจจับ และ จดจำใบหน้า ครั้งที่ 6-10



รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์ของการทดสอบการตรวจจับ และ จดจำใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟผลการทดสอบการตรวจจับและจดจำใบหน้า

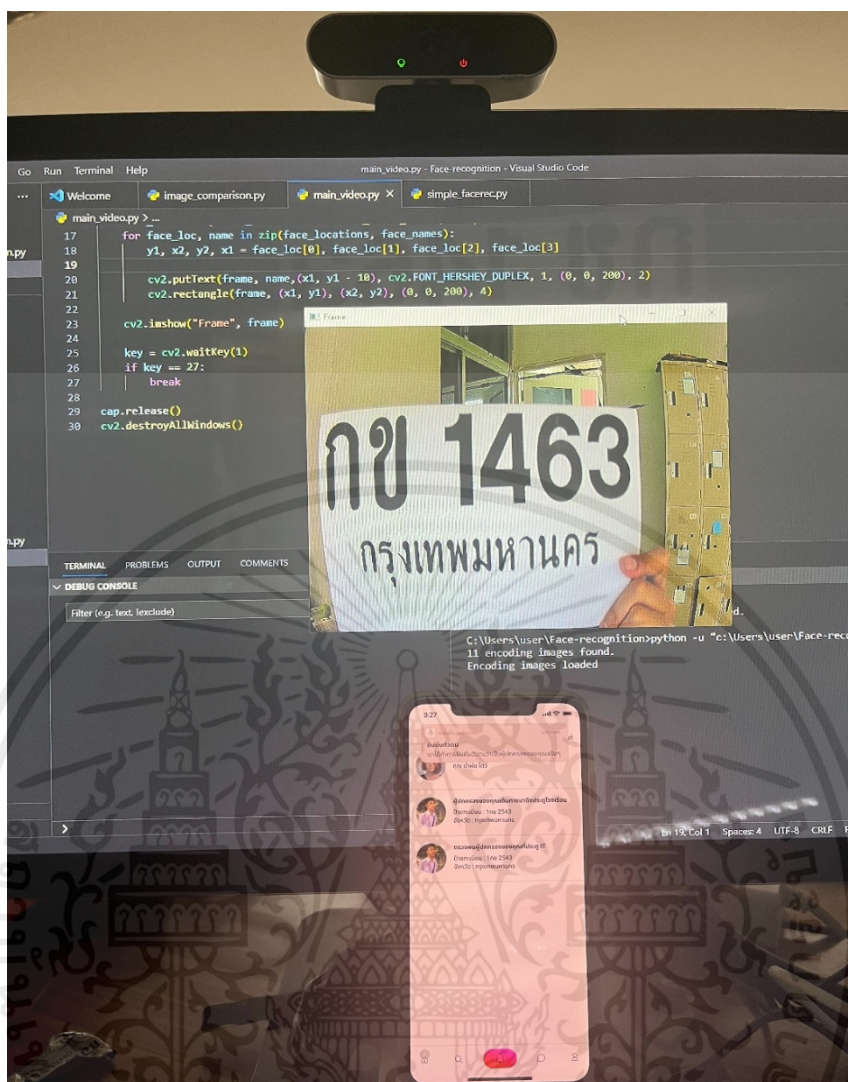
## 4.5 การทดสอบการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง

### 4.5.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบว่าการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึงได้อย่างถูกต้องหรือไม่ ผ่านทั้ง 3 ช่องทางคือ การแจ้งเตือนผ่านไลน์ ผ่านอีเมล และการแจ้งเตือนแบบพจนอดิพีเคชั่นหรือการแจ้งเตือนที่ไม่ต้องทำการ polling หรือ สตรีมข้อมูล

### 4.5.2 วิธีการทดสอบ

ทดสอบด้วยการเอาแผ่นป้ายทะเบียนที่ได้ปริ้นต์ใส่กระดาษ A4 มาถือผ่านกล้องเว็บแคมซึ่งเป็นการจำลองการจับรถที่มีป้ายทะเบียนที่ลงทะเบียนไว้แล้วในฐานข้อมูลในระบบผ่านกล้องที่ได้ทำการบันทึก จากนั้นทำการตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 4.20 Environment การทดสอบการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง

ซึ่งสเปคกล้อง Webcam ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นกล้องยี่ห้อ Yealink UVC20 สเปคความคมชัดอยู่ที่ 5 mega-pixel full HD ได้ทำการติดตั้งกล้องไว้บนหน้าจอเพื่อใช้ในการอ่านแผ่นตัวอักษรจากแผ่นป้ายทะเบียน จากหลักอ่านเสร็จจะทำการเช็คคูโทรศัพท์ว่าได้แล้วการแจ้งเตือนหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.5.3 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบด้วยการขับรถที่มีป้ายทะเบียนที่ลงทะเบียนไว้แล้วในฐานข้อมูลในระบบ 10 คันสามารถแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้องทั้ง 3 ช่องทางคือ line notification อีเมล และแบบพช โนติฟิเคชัน ได้อย่างถูกต้องเพียง 8 คัน ซึ่งรถที่ไม่ได้รับการแจ้งเตือนทุกคันเกิดจากความผิดพลาดของระบบการอ่านป้ายทะเบียนทำให้ส่งข้อมูลได้ไม่ตรงกับรถที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล สรุปผลประสิทธิภาพการแจ้งเตือนได้ 80%

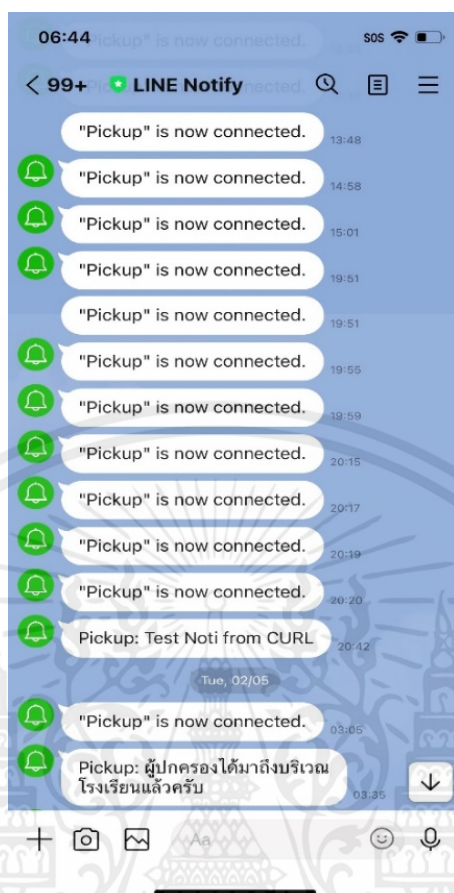
ครั้งที่	ป้ายทะเบียน	ความถูกต้องของการแจ้งเตือน		
		ผ่าน Line Notification	ผ่าน Email	ผ่าน Push Notification
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

รูปที่ 4.21 ทดสอบการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง ครั้งที่ 1-5

ครั้งที่	ป้ายทะเบียน	ความถูกต้องของการแจ้งเตือน		
		ผ่าน Line Notification	ผ่าน Email	ผ่าน Push Notification
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

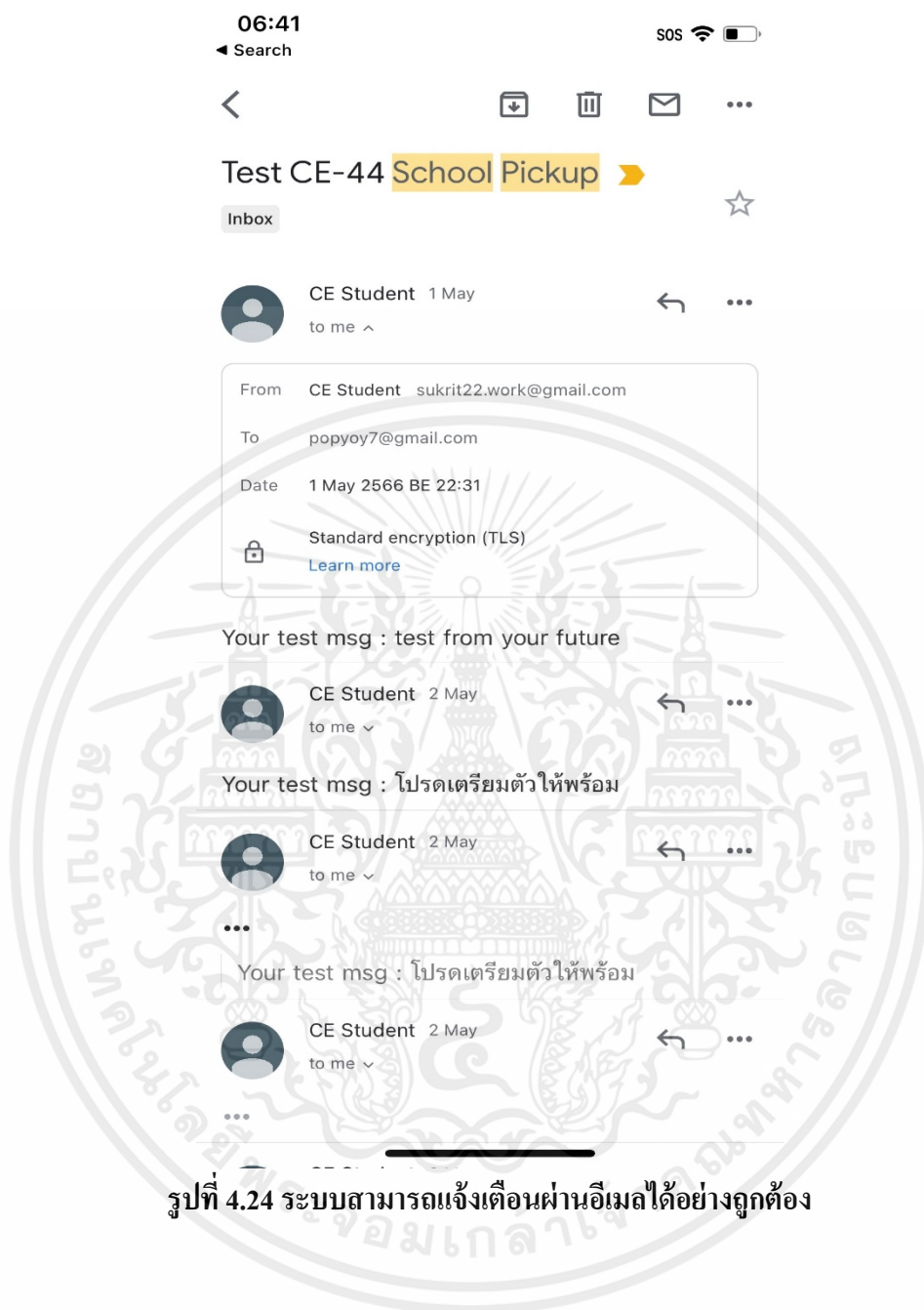
รูปที่ 4.22 ทดสอบการแจ้งเตือนนักเรียนเมื่อผู้ปกครองมาถึง ครั้งที่ 6-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



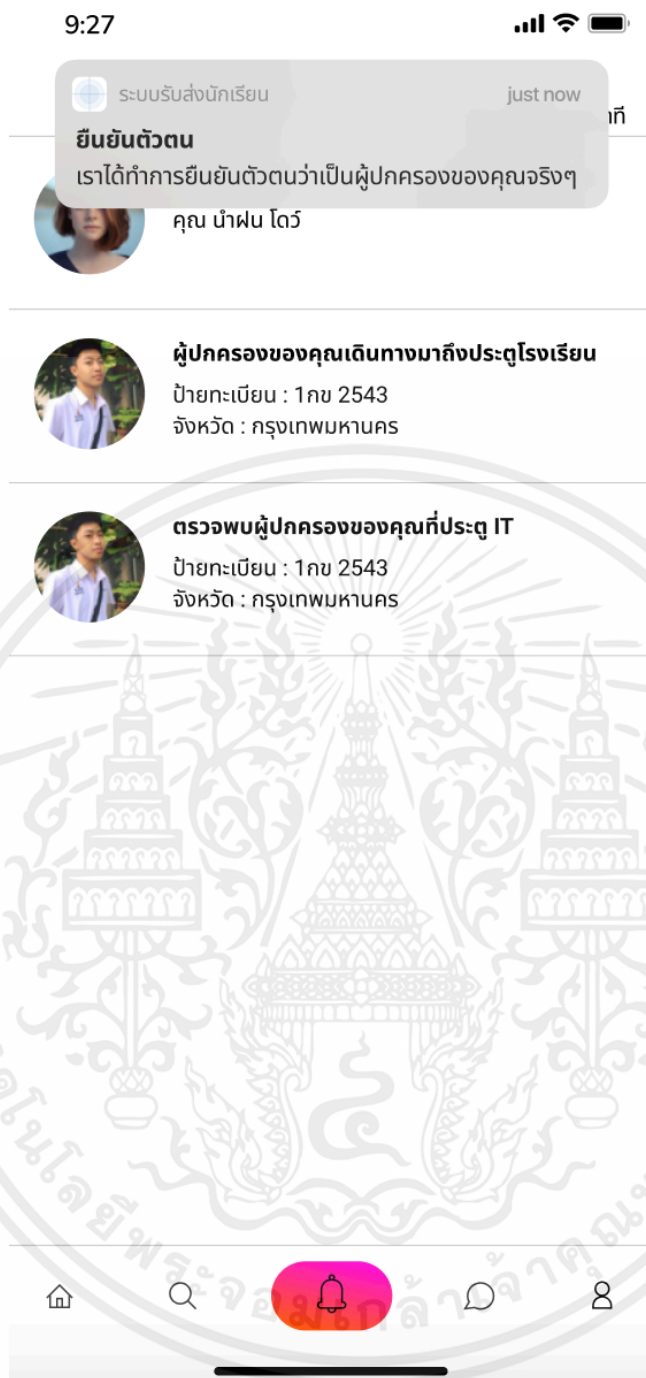
รูปที่ 4.23 การเปิดใช้งาน line notification และ เชื่อมต่อรหัสนักเรียนเข้ากับบัญชีไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 ระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านอีเมลได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 ระบบสามารถแจ้งเตือนแบบพจนอดิพีเคชั่นได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปการดำเนินงานของโครงการ

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การพัฒนาการระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียนสามารถสรุปผลได้ดังนี้

##### 5.1.1 ส่วนของ Software

- 1) ได้พัฒนาระบบการแสดงผล  
โดยสามารถแสดงข้อมูลชื่อจริงนามสกุลของนักเรียนก่อนรถยนต์ของผู้ปกครองมาถึงจุดรับนักเรียนได้
- 2) ได้พัฒนาระบบการลงทะเบียน  
มีส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้งานสำหรับการบันทึกข้อมูลนักเรียนผู้ปกครอง และ ป้ายทะเบียนเข้าสู่ระบบได้
- 3) ได้พัฒนาระบบการจัดการคิวรถยนต์เพื่อนำไปแสดงผล  
มีการนำข้อมูลรถยนต์มาจัดลำดับรถยนต์ และ การนำรถยนต์ออกจากลำดับเมื่อคิวเต็มหรือเมื่อผ่านจุดที่รับนักเรียนแล้ว
- 4) ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูล  
พัฒนาฐานข้อมูลที่สามารถเก็บข้อมูลนักเรียนผู้ปกครอง และ ป้ายทะเบียนเพื่อใช้ในระบบ

##### 5.1.2 ส่วนของ Hardware

- 1) ได้ออกแบบการติดตั้งกล้องวงจรปิดระบบเครือข่าย

การออกแบบระบบการติดตั้งกล้องวงจรปิดระบบเครือข่ายจะถูกวางแผน และ ออกแบบให้เหมาะสมกับโครงการ โดยคำนึงถึงจำนวน และ ตำแหน่งที่เหมาะสมของกล้อง เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการ และ สามารถตรวจจับแผ่นป้ายทะเบียน และ บันทึกภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบเครือข่ายจะใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเพื่อเชื่อมต่อกล้องวงจรปิดทั้งหมดในระบบ โดยใช้โปรโตคอล และ อุปกรณ์เครือข่ายไวไฟ เพื่อให้สามารถรับส่งภาพ และ วิดีโอได้อย่างรวดเร็ว และ เสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ใ้ได้ออกแบบระบบเครื่องกระจายสัญญาณไวไฟ

การออกแบบระบบเครื่องกระจายสัญญาณไวไฟจะถูกลงแผน และ ออกแบบให้เหมาะสมกับโครงการ โดยคำนึงถึงพื้นที่ที่ต้องการครอบคลุมการรับส่งสัญญาณไวไฟ และ ความเสถียรของสัญญาณที่ต้องการให้มีความแรง และ เสถียร

## 5.2 ปัญหา อุปสรรค และ แนวทางแก้ไข

### 5.2.1 ปัญหาจากการขออนุญาตโรงเรียน โรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

**ปัญหา :** โรงเรียนเป็นผู้ดูแลข้อมูลอยู่ทำให้ต้องขออนุญาตโรงเรียนในการเข้าไปใช้ แต่ทางโรงเรียนกลับให้ทางทีมพัฒนาเป็นผู้ชี้แจงมาตรการเหล่านั้น ซึ่งทีมผู้พัฒนาไม่มีความเชี่ยวชาญในด้านกฎหมายฉบับนี้ ทำให้เกิดความล่าช้าในการประสานงาน รวมถึงสื่อสารไม่ตรงกัน

**แก้ไขโดย :** ทางทีมพัฒนาทำการศึกษาเรื่องกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนบุคคลและทำการกำหนดนโยบายการใช้และการเก็บข้อมูลส่วนบุคคลให้สอดคล้องกับกฎหมายและชี้แจงเรื่องกฎหมาย และ นโยบายการใช้ข้อมูลให้กับทางโรงเรียนให้รับทราบ

### 5.2.2 ปัญหาจากการพัฒนา License Plate Recognition

**ปัญหา :** เนื่องจากตัวอักษรภาษาไทยในส่วนของจังหวัดมีขนาดเล็กมาก และ ฟอนต์ของตัวอักษรของป้ายทะเบียน ตัวอักษรบางตัวไม่ชัดเจน ทำให้ตัวอักษรบางตัวไม่สามารถอ่านได้อย่างถูกต้อง

**แก้ไขโดย :** ทำการเทรน Tesseract OCR ใหม่ให้สามารถอ่านฟอนต์ของป้ายทะเบียนได้ และ ทำการ Optimize ขนาดของตัวอักษรของจังหวัดให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

**ปัญหา :** ในการประมวลผลของ Model อาจทำได้ช้า เนื่องจาก Spec CPU มีความเร็วไม่เพียงพอ

**แก้ไขโดย :** เปลี่ยนจากรันด้วย CPU เป็นรันด้วย GPU Nvidia โดยการใช้ CUDA ร่วมกับ CUDNN ทำให้ FPS ของกล้อง และ เวลาในการรันมีความเร็วมากยิ่งขึ้น

### 5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

หลังจากที่ได้พัฒนาการระบบบริหาร และ ตรวจสอบการรับส่งนักเรียนคณะ ผู้จัดทำมีแนวทางในการพัฒนาโครงการดังต่อไปนี้

#### 5.3.1 พัฒนาส่วนการแสดงผลข้อมูลจราจร

- 1) ให้สามารถดูได้ง่ายขึ้นผ่านการทำ data visualization

#### 5.3.2 พัฒนาระบบลงทะเบียน และ แสดงผล

- 1) ให้ผู้ใช้สามารถกำหนดข้อมูลที่ต้องการใช้ในการลงทะเบียนเองได้
- 2) ให้ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลที่ต้องการใช้แสดงผ่านส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้งานได้

#### 5.3.3 การพัฒนาโมเดล

- 1) หา Dataset ให้ครอบคลุม และ หลากหลาย มากยิ่งขึ้น
- 2) ทำการ Fine-tuning ปรับแต่งพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น learning rate epochs batch size เพื่อให้โมเดลสามารถ Train และ มีความแม่นยำได้ดีขึ้น
- 3) ทำการ Data cleaning และ Data augmentation เพื่อเพิ่มคุณภาพของ Dataset

## บรรณานุกรม

[1] การส่งเสริมเมืองอัจฉริยะ. (18 สิงหาคม 2564). [Online].

<https://www.depa.or.th/th/smart-city-plan>

[2] พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. ๒๕๖๒ ราชกิจจานุเบกษา. [Online].

[https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2562/A/069/T\\_0052.PDF](https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2562/A/069/T_0052.PDF)

[3] YOLOv7 Object Detection Paper Explanation & Inference. (2 August 2022). [Online].

<https://learnopencv.com/yolov7-object-detection-paper-explanation-and-inference/>

[4] Convolutional Neural Network (CNN). (19 September 2). [Online].

<https://medium.com/@natthawatphongchit>

[5] การอ่านอักขระด้วยแสง (Optical Character Recognition). [Online].

<https://aws.amazon.com/th/what-is/ocr/>

[6] Chuin-Mu Wang. 2016. License plate recognition system. [Online].

<https://ieeexplore.ieee.org/document/7382203>

[7] The Rumbling Man Bellezzasolo. 2022. Hardware-based encryption. [Online].

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware-based\\_encryption](https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware-based_encryption)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[8] Stytch Team. 2023. Compare password hashing algorithm. [Online].

<https://stytch.com/blog/argon2-vs-bcrypt-vs-scrypt>

[9] Jeffrey Keith Rott. 2012. Intel Hardware-based encryption (AES-NI). [Online].

<https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/articles/technical/advanced-encryption-standard-instructions-aes-ni.html>

[10] Baeldung. 2022. Creating a self-signed certificate with OpenSSL. [Online].

<https://www.baeldung.com/openssl-self-signed-cert>

[11] Nginx resources & wiki. [Online].

<https://www.nginx.com/resources/wiki/start/>

[12] Apking. 2022. Server side security and TLS. [Online].

[https://wiki.mozilla.org/Security/Server\\_Side\\_TLS#Nginx](https://wiki.mozilla.org/Security/Server_Side_TLS#Nginx)

[13] Thana Pongkittilar. 2021. CISSP Security Architecture and Engineering. [PDF].