



## การประยุกต์กล้องหน้ารถยนต์เพื่อตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือน

### Applying Dash Cam for Traffic Signs Recognition and Warning System

เกรียงไกร ลิ้มทอง\*, สิริชัย วงศ์พลอยชมพู, โภควินท์ ภัทตร์ศิริ, วิโรจน์ อ่ำสกุล, ภัทธนา พัฒนสิงห์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

\*Corresponding author, E-mail: kriangkrai.l@bu.ac.th

#### บทคัดย่อ

ประเทศไทยในปัจจุบันเป็นประเทศที่มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนสูงเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ที่มาจากความประมาทในการขับขี่ การเมาแล้วขับ รวมไปถึงการไม่ปฏิบัติตามป้ายจราจรที่กำหนด ทำให้เกิดการขับขี่ที่ไม่ปลอดภัยโดยที่ผู้ขับขี่ไม่รู้ตัว ซึ่งการกระทำเช่นนี้อาจไม่ได้ส่งผลกระทบต่อผู้ขับขี่ทุกครั้ง ทำให้ผู้ขับขี่ที่เกิดพฤติกรรมขับขี่ประมาทโดยประมาท ส่งผลให้เกิดการเสียค่าปรับจากการละเมิดกฎหมายจราจร หรือเกิดอุบัติเหตุได้ จึงเป็นเหตุผลให้ผู้พัฒนาที่มีความสนใจในการพัฒนา และประยุกต์ใช้กล้องหน้ารถยนต์แบบใหม่ที่จะสามารถตรวจจับป้ายจราจรและส่งสัญญาณเตือนเป็นเสียงพูดเช่น เมื่อเจอป้ายห้ามกลับรถจะส่งสัญญาณเป็นเสียงพูดว่า “ข้างหน้าห้ามกลับรถ” เป็นต้น ผู้จัดทำจึงได้นำเสนอ การประยุกต์กล้องหน้ารถยนต์เพื่อตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือน (Applying Dash Cam for Traffic Sign Recognition and Warning System) ที่สามารถช่วยให้ผู้ขับขี่มีวินัยในการขับขี่รถยนต์เพื่อป้องกันการเสียค่าปรับรวมถึงการลดปัญหาในเรื่องของโอกาสเกิดอุบัติเหตุ และจากผลการใช้งานจริงได้รับผลการตอบรับเป็นอย่างดีโดยเฉพาะผู้สูงอายุและผู้มีปัญหาทางด้านสายตาที่ทำให้มองไม่เห็นป้ายจราจรในบางครั้ง

**คำสำคัญ:** กล้องหน้ารถ ตรวจจับ ป้ายจราจร สัญญาณเตือน ขับขี่รถยนต์

#### ABSTRACT

According to the world record, Thailand holds one of the highest car accident rates. The reason being that people are more reckless with their driving behavior and drunk driving include not following a traffic law. Causing unsafe driving without the driver knowing it which these actions might not affect the driver every time make the driver undergo careless driving behavior resulting in a fine for traffic violations or accidents, which is why the developers are interested in Applying Dash Cam for Traffic Sign Recognition and Warning System to improve the dash camera furthermore with traffic sign detection and added sound such as “DO NOT U-TURN” to tell car drivers the importance of the traffic sign, the author has therefore presented Applying Dash Cam for Traffic Sign Recognition and Warning System helps the driver discipline in driving cars to prevent fines, including reducing the problem of accidents.

**Keywords:** dash cam, traffic sign, recognition, warning system, driving behavior



## บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยในปัจจุบันได้มีการใช้รถยนต์เป็นยานพาหนะในการเดินทางมากขึ้นทุกวัน เพราะรถยนต์นั้นเป็นพาหนะที่ให้ความสะดวกสบายแก่ผู้คนในการเดินทางเป็นอย่างมาก จากรายงานสถิติการขนส่งประจำปี 2565 ของกองแผนงาน กลุ่มสถิติการขนส่ง กรมการขนส่งทางบก แสดงให้เห็นว่ารถจดทะเบียน (สะสม) ประจำปี 2565 มีจำนวนทั้งสิ้น 43,394,104 คัน จำแนกเป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน จำนวน 11,344,873 คัน (ร้อยละ 26.99) และรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลจำนวน 7,085,910 คัน (ร้อยละ 16.86) ตามลำดับ จึงทำให้เกิดการละเมิดกฎหมายจราจรเพิ่มขึ้นด้วย โดยคนส่วนมากไม่ได้ใส่ใจถึงข้อกฎหมายมากเท่าที่ควรหรือมองการละเมิดกฎหมายจราจรเป็นเรื่องปกติทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของป้ายจราจรต่างๆ เช่น ป้ายจำกัดความเร็ว เป็นต้น

จากการที่ผู้ขับขี่ไม่ให้ความสำคัญของป้ายจราจรต่างๆ อาจจะทำให้ผู้ขับขี่ขับรถอย่างไม่ปลอดภัย และประมาทโดยที่ผู้ขับขี่ไม่รู้ตัว เช่น การขับที่เร็วเกินจากที่ป้ายจำกัดความเร็วกำหนดไว้ การกลับรถในที่ห้ามกลับรถ การไม่ชะลอความเร็วเมื่อเข้าเขตทางม้าลายหรือทางสำหรับคนข้ามถนน ซึ่งการกระทำพวกนี้อาจไม่ได้ส่งผลกระทบต่อผู้ขับขี่ทุกครั้ง จึงทำให้ผู้ขับขี่มีความรู้สึกที่ไม่จำเป็นต้องทำตามกฎหมายจราจรก็ได้ และนำมาถึงพฤติกรรมการขับที่เร็วเกินโดยประมาทจนติดตัวเป็นนิสัยของผู้ขับขี่ในที่สุด ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียค่าปรับจากการละเมิดกฎหมายจราจร หรือเกิดอุบัติเหตุรุนแรงต่อผู้ขับขี่หรือผู้ร่วมทางสัญจรได้

จึงเป็นเหตุผลให้ผู้พัฒนาที่มีความสนใจในการพัฒนาและปรับปรุงการใช้กล้องหนัารถยนต์ที่ในปัจจุบันถูกติดตั้งอยู่ในรถยนต์แทบทุกคัน ให้มีความสามารถเพิ่มเติมในการตรวจจับป้ายจราจรขณะที่เดินทางไปยังเส้นทางต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถเลือกให้ส่งสัญญาณเตือนเป็นเสียงพูดเช่น เมื่อเจอป้ายห้ามกลับรถ ด้านหน้าจะส่งสัญญาณเป็นเสียงพูดว่า “ระวัง ป้ายห้ามกลับรถ” เป็นต้น ซึ่งกล้องที่ติดตั้งในรถยนต์ดังกล่าวจะถูกผนวกกับความสามารถของการประมวลผลภาพใส่เข้าไปในกล้อง โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (Embedded System) ของ Raspberry Pi 4 ในการประมวลผลเพื่อตรวจจับป้ายจราจรขณะขับที่รถยนต์และสร้างเสียงเตือนสำหรับป้ายจราจรที่ถูกเลือกไว้ล่วงหน้า

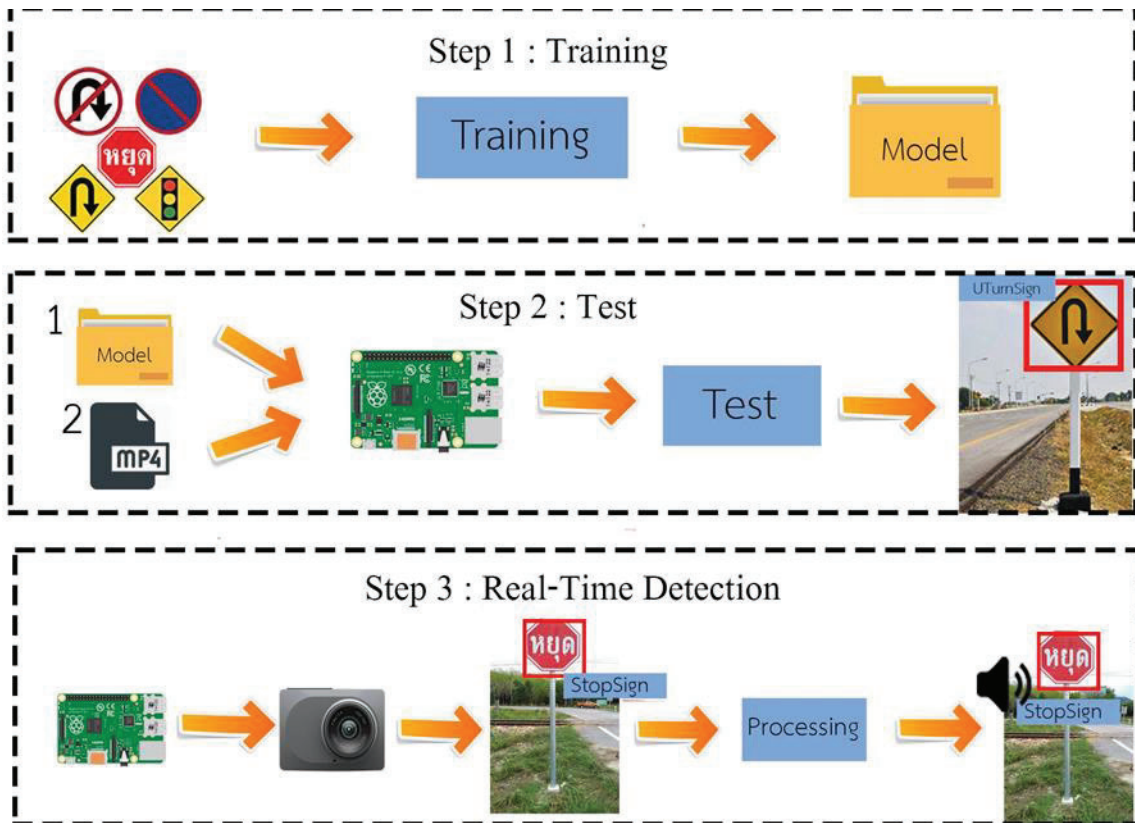
ทั้งหมดนี้ผู้จัดทำได้หวังว่าผู้ที่ได้ใช้กล้องติดรถยนต์ในแบบใหม่ที่ทางผู้จัดทำได้จัดทำขึ้นมาจะสามารถช่วยให้ผู้ขับขี่มีวินัยในการขับที่เร็วเกินเพื่อป้องกันการเสียค่าปรับทางจราจร รวมถึงการลดปัญหาในเรื่องของโอกาสเกิดอุบัติเหตุ โดยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะสามารถป้องกันการสูญเสียชีวิตต่างๆ เช่น การสูญเสียชีวิตทางการแพทย์ การสูญเสียชีวิตทางการเงิน และการสูญเสียชีวิตที่เกิดจากการเกิดอุบัติเหตุ

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากล้องติดหนัารถยนต์ให้มีความสามารถตรวจจับป้ายจราจรขณะขับที่และสามารถเลือกส่งเสียงเตือนป้ายจราจรตามที่กำหนด
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับป้ายจราจรจากกล้องระหว่างกลางวันและกลางคืนในสภาพแวดล้อมจริงขณะขับที่รถยนต์
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับป้ายจราจรจากกล้องในระยะต่างๆ
4. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับป้ายจราจรในภาวะแสงที่แตกต่างกันในห้องทดลอง
5. เพื่อสำรวจผลการใช้งานจากผู้ใช้งานจริงสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นระบบต้นแบบ

## วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในโครงการการประยุกต์กล้องหน้ารถยนต์เพื่อตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือน (Applying Dash Cam for Traffic Signs Recognition and Warning System), ขั้นตอนการฝึกสอนเพื่อตรวจจับป้ายจราจร, ขั้นตอนการทดสอบตรวจจับป้ายจราจร, ขั้นตอนการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง, ฮาร์ดแวร์สำหรับการตรวจจับป้ายจราจร, หน่วยประมวลผล, กล้อง, หน้าจอแสดงภาพและอัลกอริทึมที่เลือกมาใช้ในงานในโครงการนี้



รูปที่ 1: ขั้นตอนการฝึกสอน การทดสอบ และการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงกับกล้องหน้ารถยนต์

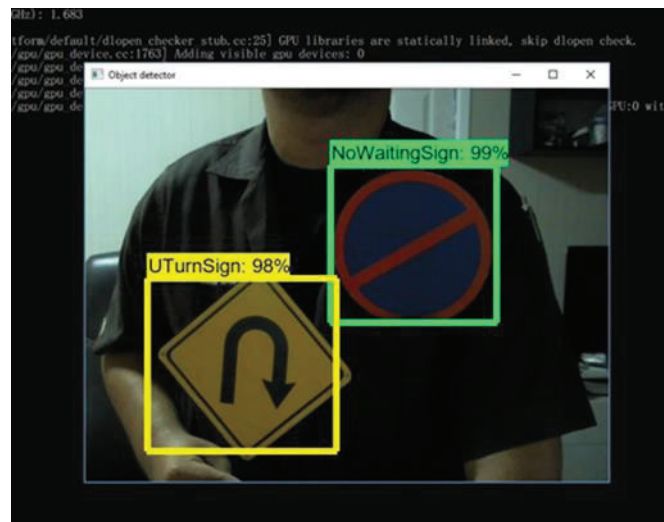
ทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบให้มีการแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นทั้งหมด 3 ขั้นตอนดังนี้ 1.ขั้นตอนการฝึกสอน (Training), 2.ขั้นตอนการทดสอบ (Test), และ 3.ขั้นตอนการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง (Real-Time Detection) ดังแสดงในรูปที่ 1

1. ขั้นตอนการฝึกสอน (Training) ได้เตรียมข้อมูลป้ายจราจรที่ใช้สำหรับนำเข้าสู่กระบวนการฝึกสอนให้กับระบบ โดยข้อมูลที่ใช้จะเป็นรูปภาพป้ายจราจรต่างๆ ที่ได้มาจากการถ่ายรูปป้ายจราจรจริงบนท้องถนนจะมีทั้งหมด 11 แผ่นป้ายได้แก่ ป้ายหยุด, ป้ายห้ามเข้า, ป้ายห้ามจอด, ป้ายห้ามเลี้ยวขวา, ป้ายห้ามกลับรถ, ทางเอกตัดกัน, ป้ายเตือนจุดกลับรถ, ป้ายเตือนสัญญาณไฟจราจร, ป้ายทางโทแยกทางเอกทางซ้าย, ป้ายทางโทแยกทางเอกทางขวาและป้ายเตือนงานก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 2 ป้ายแต่ละชนิดใช้ทั้งหมด 100 รูปต่อ 1 ป้ายจราจร รวมทั้งหมด 1,100 รูป และได้ทำการแบ่งข้อมูลรูปภาพออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้ในขั้นตอนการฝึกสอน (Training Set) จำนวน 770 รูป และในขั้นตอนการทดสอบ (Test Set) จำนวน 330 รูป



รูปที่ 2: ตัวอย่างรูปภาพป้ายจราจรจริงทั้ง 11 ประเภทที่ถูกนำมาใช้งาน

เมื่อได้ข้อมูลรูปภาพป้ายจราจรทั้งหมดแล้ว จึงนำข้อมูลรูปหาดังกล่าวไปทำเครื่องหมาย (Label Process) โดยซอฟต์แวร์ที่ใช้คือ Labelling Master ซึ่งจะเป็นการติกรอบว่าป้ายจราจรอยู่ในบริเวณใดของรูปภาพและบอกระบบให้รู้จักว่าเป็นป้ายจราจรประเภทใด หลังจากที่ทำเครื่องหมายเสร็จเรียบร้อยแล้วจะได้ไฟล์ .xml และ .jpg และนำไปเข้าสู่ขั้นตอนการฝึกสอน (Training) จากนั้นจะได้ไฟล์โมเดล เพื่อที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนการทดสอบ (Test) ต่อไป



รูปที่ 3: ผลลัพธ์จำลองการตรวจจับป้ายจราจรผ่านทางกล้องเว็บแคมของโน้ตบุ๊ก

2. ขั้นตอนการทดสอบ (Test) นำไฟล์โมเดลจากขั้นตอนการฝึกสอน (Training) และไฟล์วิดีโอตัวอย่างที่บันทึกไว้ล่วงหน้าจากกล้องติดหน้ารถยนต์ที่มองเห็นป้ายจราจรไปติดตั้งลงในบอร์ด Raspberry Pi 4B เพื่อทำการจำลองการประมวลผลวิดีโอให้ตรวจจับป้ายจราจร โดยขั้นตอนการทำงานจะเริ่มต้นจากการเรียกใช้งานโมเดลและนำวิดีโอตัวอย่างจากกล้องลงที่ในบอร์ด Raspberry Pi แล้วโปรแกรมก็จะเริ่ม



ประมวลผลวิดีโอ หากตรวจไม่เจอป้ายจราจรที่ต้องการตรวจจับก็จะไม่แสดงผลอะไร แต่ถ้าหากเจอป้ายจราจรที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 60% ก็จะทำเครื่องหมายป้ายจราจรพร้อมระบุค่าความมั่นใจและทำการตรวจเช็คเข้าไปเรื่อยๆ จนกว่าวิดีโอที่นำมาแสดงสิ้นสุดหรือผู้ใช้งานปิดโปรแกรม

นอกจากนี้ยังได้จำลองการตรวจจับป้ายจราจรกับจากกล้องเว็บแคมของเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ดังแสดงในรูปที่ 3 จะสังเกตเห็นถึงกรอบสี่เหลี่ยมสีเหลืองและสีเขียวซึ่งหมายถึงตรวจพบป้ายแผ่นจราจรและมีชื่อแผ่นป้ายจราจรนั้นๆ พร้อมทั้งบอกตัวเลขความมั่นใจในการตรวจจับของแผ่นป้ายจราจรเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยแผ่นป้ายจราจรที่ทางผู้จัดทำสามารถตรวจจับได้จะมีทั้งหมด 11 ประเภท

ในส่วนของข้อมูลรูปภาพ 330 รูป นำมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพของโมเดลว่ามีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด การวัดประสิทธิภาพของโมเดลจะพิจารณาเพียง 3 ค่า คือ

Precision เป็นการวัดความแม่นยำของข้อมูล โดยพิจารณาแยกที่ละคลาสดังสมการที่ 1

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

Recall เป็นการวัดความถูกต้องของโมเดล โดยพิจารณาแยกที่ละคลาสดังสมการที่ 2

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

Accuracy เป็นการวัดความถูกต้องของโมเดล โดยพิจารณารวมทุกคลาสดังสมการที่ 3

$$\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (3)$$

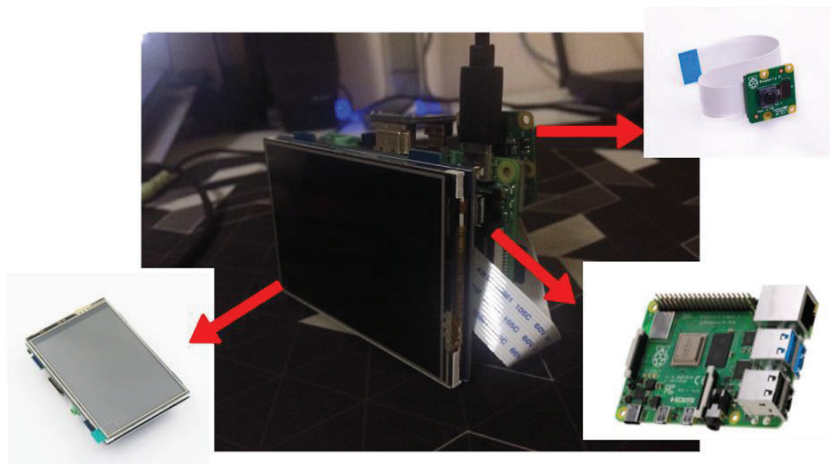
True Positive (TP) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสซึ่งกำลังสนใจอยู่

True Negative (TN) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสซึ่งไม่ได้สนใจอยู่

False Positive (FP) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสซึ่งกำลังสนใจอยู่

False Negative (FN) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสซึ่งไม่ได้สนใจอยู่

**3. ขั้นตอนการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง (Real-Time Detection)** จะนำโมเดลที่ผ่านขั้นตอนการทดสอบ (Test) มาใช้กับกล้องหน้ารถยนต์ต้นแบบเพื่อตรวจจับป้ายจราจรในขณะขับรถยนต์แบบ Real-Time หลังจากที่ได้ตรวจจับป้ายจราจรแล้วนำมาผ่านกระบวนการประมวลผลเพื่อจำแนกป้ายที่ต้องการส่งสัญญาณแจ้งเตือนเป็นเสียงพูด



รูปที่ 4: กล้องหน้ารถยนต์ต้นแบบเพื่อตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือน



การออกแบบโครงสร้างกล้องหน้ารถยนต์ต้นแบบเพื่อตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือน มีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนได้แก่ 1.บอร์ด Raspberry Pi 4 Model B, 2.กล้อง Raspberry Pi Camera V2.1, และ 3.TFT LCD Module for Raspberry Pi ดังแสดงในรูปที่ 4

Raspberry Pi 4 Model B คือ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถต่อ และควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ โดยใช้หน่วยประมวลผลกลางเป็น Broadcom BCM2711 Quad-Core ARM Cortex-A72 1.5 GHz เชื่อมต่อ Wireless LAN ได้ทั้ง 2.4GHz และ 5GHz พร้อมรองรับ Bluetooth 5.0 BLE มีพอร์ต LAN รองรับ Gigabit Ethernet พอร์ต USB 3.0 Host Type A จำนวน 2 พอร์ต และ USB 2.0 Host Type A จำนวน 2 พอร์ต มีพอร์ต micro-HDMI จำนวน 2 พอร์ตมี รองรับการเชื่อมต่อแบบ 4K60P Port สำหรับต่อกับกล้อง Raspberry Pi, Audio และ DSI Display หน้าจอ Touchscreen ของ Raspberry Pi มี Micro SD Card Port เพื่อใส่หน่วยความจำตามขนาดที่ต้องการได้

Raspberry Pi Camera V2.1 เป็นกล้องที่สามารถเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โดยใช้สายที่ติดอยู่กับอุปกรณ์ได้เลยและสามารถปรับจุดโฟกัสของเลนส์ได้ มีรูรับแสงที่สามารถปรับเปลี่ยนได้อัตโนมัติ ถ่ายวิดีโอด้วยความละเอียดสูงสุดได้ที่ 1080P 30FPS ด้วยความละเอียด 8 ล้านพิกเซล มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาไม่แพง และสะดวกต่อการติดตั้งกับบอร์ด Raspberry Pi อีกด้วย

TFT LCD Module for Raspberry Pi เป็นจอแสดงผลที่สร้างมาเพื่อ Raspberry Pi โดยเฉพาะสามารถใช้เป็น Touch Screen ได้และส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ความละเอียดของหน้าจอ 480 x 320 สามารถปรับความละเอียดได้สูงสุด 1920 x 1080 ด้วยอัตราเฟรม 60FPS ขนาดจอ 3.5 นิ้ว

อัลกอริทึมสำหรับการตรวจจับป้ายจราจรที่ผู้จัดทำพิจารณานำมาใช้ทดสอบในโครงงานนี้มีทั้งหมด 3 อัลกอริทึม ได้แก่ R-CNN (Regions-convolutional Neural network), Fast R-CNN (Fast Regions-convolutional Neural Network), และ Single Shot Detector (SSD)

**R-CNN (Regions-convolutional Neural network)** เป็นการกำหนดขอบเขต (Region) ในภาพกรอบที่สร้างขึ้นจากขั้นตอนการทำเครื่องหมาย (Label Process) ให้เหลือเพียง 2,000 ขอบเขตจากรูปหนึ่งรูปหรือวิดีโอหนึ่งเฟรมจากนั้นจะใช้ Selective Search เพิ่มหาพื้นที่ Bounding Box ที่ติกรอบไว้จาก 2,000 ขอบเขตของรูปหนึ่งรูปจากข้อมูลที่ได้มานั้นจะใช้ SVM (Support Vector Machine) ในการแยกประเภทป้าย (Classify) ว่ากรอบที่ดีขึ้น (Bounding Box) เป็นป้ายอะไรต่อไป ข้อเสียของ R-CNN คือใช้ทรัพยากรเยอะเนื่องจากมี Proposed Region ต่อรูปเยอะ จึงไม่ได้นำมาใช้ในการทดลอง

**Fast R-CNN (Fast Regions-convolutional Neural Network)** ได้พัฒนาต่อจาก R-CNN โดยจะใช้ Selective Search ในการเลือกขอบเขตที่มี Bounding Box จากรูปทั้งหมดแทนการค้นหา Bounding Box จากขอบเขตทั้งหมด 2,000 ขอบเขตจากรูปหนึ่งรูปโดยจะทำให้จำนวนขอบเขตลดลง (Region) จึงช่วยลดเวลาในการหาลงได้มากกว่า R-CNN ปกติ และเปลี่ยน Classifier เป็น RoI Pooling Layer (Region of Interest Pooling Layer) แทน SVM โดย RoI Pooling Layer ก็คือหนึ่งในความสามารถของ Tensorflow ซึ่งเป็นไลบรารีหนึ่งที่มีความนิยมใช้งานในโปรแกรมภาษา Python

**Single Shot Detector (SSD)** จะใช้แนวคิดการทายตำแหน่งร่วมกับขนาดของ Box และความน่าจะเป็น โดยที่จะมีความคล้ายคลึงกับ Faster R-CNN แต่จะมีสิ่งสำคัญที่ต่างจาก Faster R-CNN คือประการแรกโดยแทนที่จะทาย Box แล้วส่งไปยัง Classifier ต่อแต่จะทำการทายทั้ง Box และความน่าจะเป็นออกมาพร้อมกัน ประการที่สองคือจะทำการแบ่งภาพเป็นสัดส่วนแล้วจะทำการทายในส่วนของ Box และ Class หลังจากนั้นนำมารวมกันเพื่อหาคู่ Box และ Class ที่คะแนนสูงสุดเป็นคำตอบ



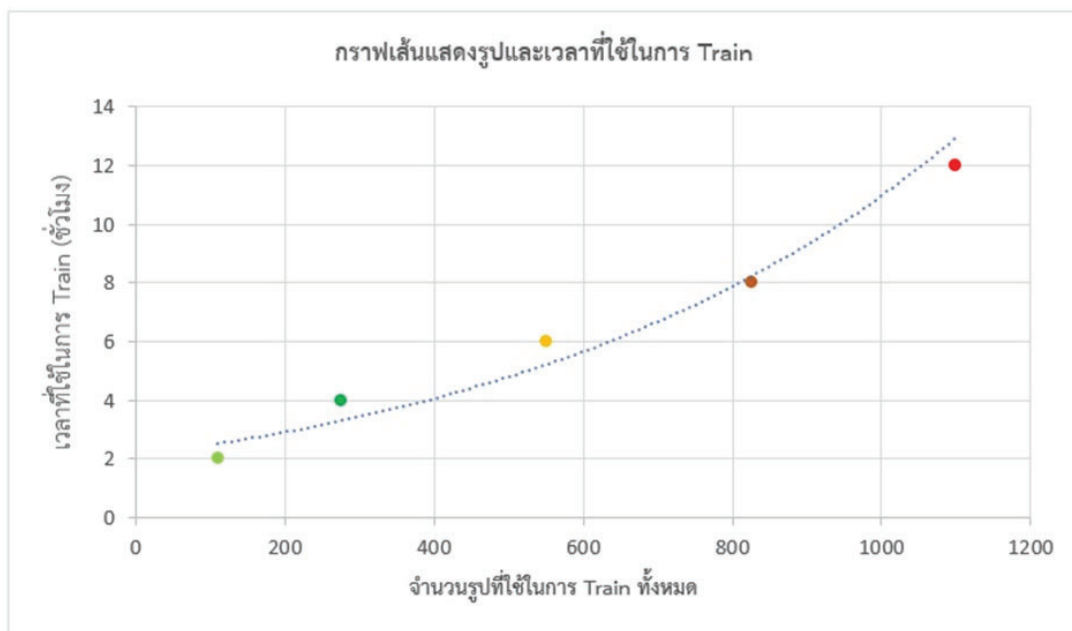
## ผลการวิจัยและอภิปราย

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานในการพัฒนาไปแล้ว โดยจะแบ่งเป็นผลการทดลองใช้งานจริง โดยใช้กล้อง Webcam ต่อกับ Notebook และการจำลองใช้งานจริงโดยใช้ Raspberry Pi นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงผลการทดลองที่ได้จากการตรวจจับป้ายจราจรในสภาพแวดล้อมต่างๆ กัน เช่น กลางวัน, กลางคืน, ระยะเวลาป้ายจราจรที่แตกต่างกัน

### ผลการทดลองในขั้นตอนการฝึกสอน (Training)

โปรแกรมจะทำการเรียนรู้ป้ายจราจรจากรูปที่ผ่านการทำเครื่องหมาย (Labeling) ใช้ Faster R-CNN และ SSD MobileNetV2 ในการฝึกสอนให้กับโมเดลโดยขั้นตอนการฝึกสอน (Training Process) ในแต่ละรอบการฝึกสอน จะแสดงระยะเวลาในการฝึกสอนและค่า Loss ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการตรวจสอบว่าโมเดลมีการทำงานผิดพลาดมากน้อยเพียงใด จึงต้องสังเกตจากค่า Loss ในแต่ละรอบของการฝึกสอน ในการฝึกสอนที่ได้ และจะใช้เวลาในการฝึกสอน (Training Process) มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับขนาดรูปที่ได้มาจากการทำเครื่องหมาย (Labeling) และจำนวนรูปที่ใช้โดยขนาดไม่ควรเกิน  $1024 \times 720$  และขนาดไฟล์ของรูปทั้งหมดไม่ควรเกิน 400 KB ถ้าหากไฟล์ของรูปทั้งหมดเกิน 400 KB จะใช้เวลาในการฝึกสอนนานพอสมควร

ได้ทำการจับเวลาและกำหนดจำนวนรูปที่ใช้ในการฝึกการสอน (Training Process) โดยแบ่งได้เป็น 10 รูปต่อ 1 ป้าย (ทั้งหมด 110 รูป) , 25 รูปต่อ 1 ป้าย (ทั้งหมด 275 รูป) , 50 รูปต่อ 1 ป้าย (ทั้งหมด 550 รูป) , 75 รูปต่อ 1 ป้าย (ทั้งหมด 825 รูป) และ 100 รูปต่อ 1 ป้าย (ทั้งหมด 1100 รูป) โดยจะใช้เวลาในการฝึกสอนต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5: เวลาที่ใช้ในขั้นตอนการฝึกสอน (Train) ตามจำนวนรูปที่แตกต่างกัน

ในแต่ละช่วงเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการฝึกสอน (Training) จะขึ้นอยู่กับจำนวนของรูป โดยเวลาที่ใช้จะเป็นลักษณะของกราฟแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ซึ่งหากใช้รูปในการฝึกสอนมากขึ้นก็จะใช้เวลามากขึ้นตามไปด้วย และค่า Loss ที่ได้จากการฝึกสอนควรจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม เนื่องจากในขณะที่อยู่ในขั้นตอนการ

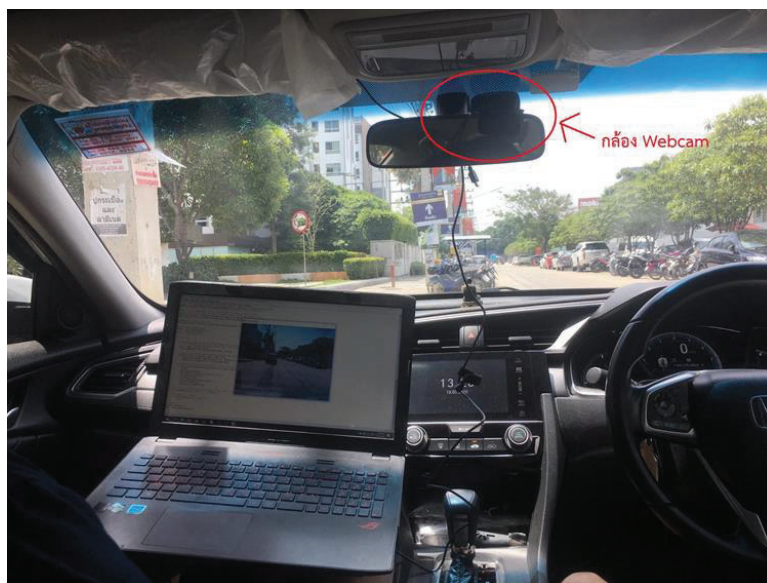


ฝึกสอน (Training) ค่าที่ตรวจสอบได้ว่าโมเดลที่ฝึกสอนนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือไม่จะมีแค่ในส่วนของค่า Loss เพียงค่าเดียวที่ตรวจสอบได้ โดยค่า Loss ที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมที่ใช้หากใช้ Faster R-CNN ควรจะมีค่า Loss ที่ต่ำกว่า 0.015 หรือใกล้เคียงอย่างสม่ำเสมอ หากใช้ SSD MobileNetV2 ค่า Loss ควรจะมีค่าต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับ 1.5 อย่างสม่ำเสมอ และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในขั้นตอนการฝึกสอนมีการใช้เวลาขั้นต่ำในการฝึกการสอน 2 ชั่วโมง ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของ CPU และ GPU ที่ใช้ในการประมวลผลด้วย

### ผลการทดลองในขั้นตอนการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง (Real-Time Detection)

ในการทดลองใช้งานจริงผู้จัดทำได้ทำการจำแนกขั้นตอนการทดลองออกเป็นทั้งหมด 2 ประเภท เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้จำเป็นต้องจำกัดทางด้านฮาร์ดแวร์ของ Raspberry Pi โดยที่การใช้งาน Raspberry Pi ไม่สามารถทำเฟรมเรทที่สูงได้ส่งผลให้การตรวจจับป้ายจราจรแบบเรียลไทม์ไม่สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพอันเนื่องมาจากอัลกอริทึมที่ใช้นั้นไม่เหมาะสมกับ Raspberry Pi ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ใช้ Notebook แทน Raspberry Pi ในการตรวจจับป้ายจราจรแบบเรียลไทม์ ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จะแบ่งการทดลองเป็นการทดลองใช้งานจริงบน Notebook และการจำลองการใช้งานบน Raspberry Pi โดยในส่วนของ การทดลองใช้งานจริงบน Notebook จะใช้ในช่วงเวลาที่ต่างกันเพื่อให้ความสว่างต่างกันโดยจะใช้ LightMeter ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันบน IOS เพื่อวัดค่า Lux หรือ ความเข้มข้นแสงและนำค่าความเข้มข้นแสงมา ระบุว่าในช่วงเวลาต่างๆ มีความเข้มข้นแสงมากน้อยเพียงใด และในส่วนของ การจำลองใช้งานบน Raspberry Pi จะทำการทดลองเหมือนกับการทดลองบน Notebook แต่จะไม่แบ่งช่วงเวลาในการทดลองจะแบ่งเป็น ทดลองในที่แสงมากกับแสงน้อยแทน

การทดลองประเภทที่ 1 ผู้จัดทำได้นำ Notebook รุ่น Asus ROG GL552JX CPU Core i7 4720HQ 3.2 GHz, Ram 8 GB, GTX 950M และกล้อง WebCam Logitect C525 ไปติดตั้งบนรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 6 และผู้จัดทำได้ทำการไปทดลองโดยการนำไปขับบนถนนจริงในช่วงเวลาคือกลางวัน เวลาทดลองคือ 10.30 น. - 14.30 น. และตอนเย็น เวลาทดลองคือ 17.30-18.30 น.



รูปที่ 6: การติดตั้ง Notebook และ Webcam สำหรับการทดสอบบนถนนจริง



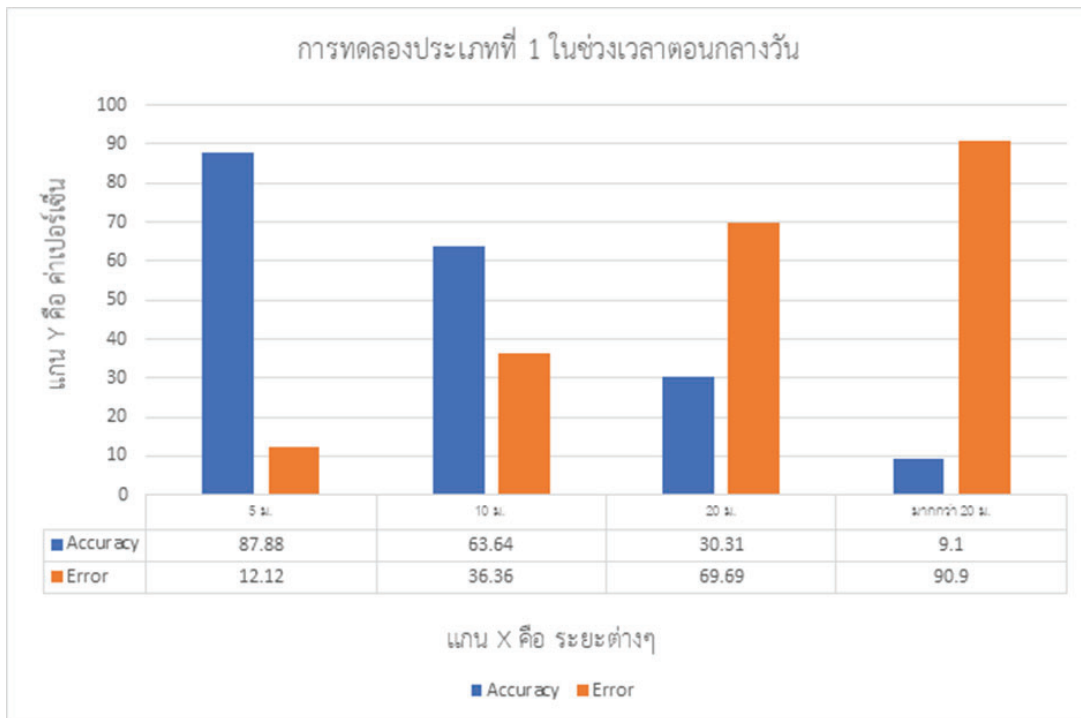
ในการทดสอบจะขับซีรรถยนต์ด้วยความเร็วที่ 30 กม./ชม. เพื่อตรวจจับป้ายจราจรที่อยู่บนท้องถนนจริง โดยการทดสอบมีการวัดค่าความเข้มข้นแสงหรือลักซ์ (Lux) จากสภาพแวดล้อมจะใช้แอปพลิเคชันที่ชื่อว่า LightMeter ในการทดลองจะขับรถยนต์จริงเพื่อเก็บผลการทดลองจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 4 ระยะ โดยจะใช้เป็นป้ายเดิมทุกครั้งที่ทดลอง การทดสอบในช่วงระยะต่างๆ จะแบ่งระยะการทดสอบของป้ายเป็น 4 ระยะ คือ 5 เมตร, 10 เมตร, 20 เมตรและมากกว่า 20 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 7



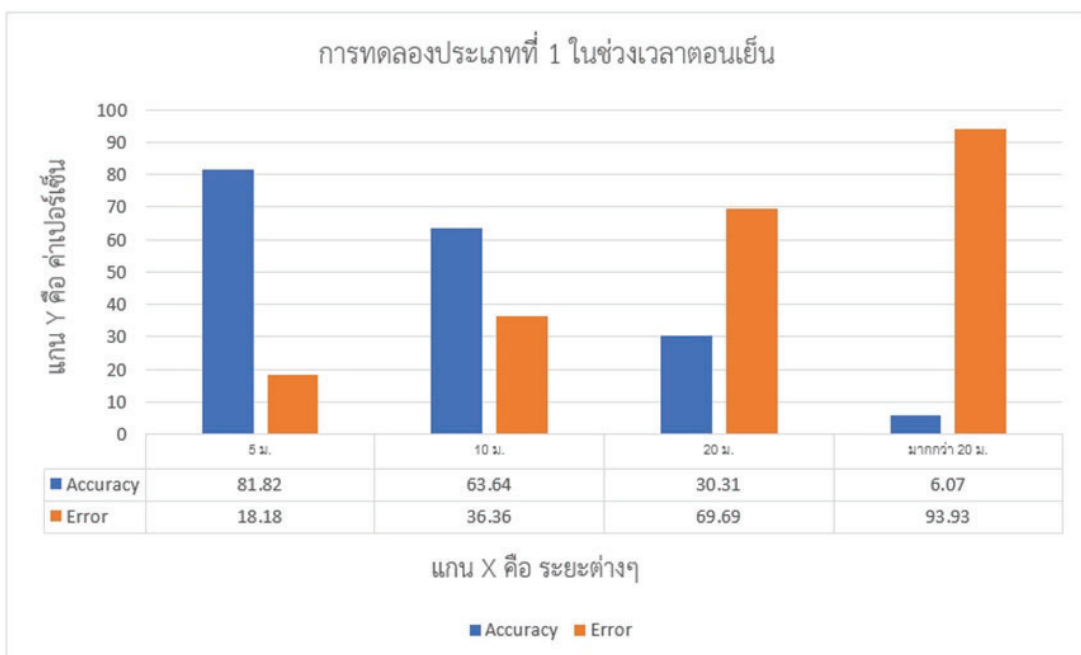
รูปที่ 7: ระยะในการทดสอบการตรวจจับป้ายจราจร (บน) และภาพป้ายจราจรในระยะต่างๆ (ล่าง)

ในการทดสอบวัดความถูกต้องของการทดลองประเภทที่ 1 ในช่วงเวลากลางวันได้ผลการทดลองว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับความถูกต้องของป้ายต่างๆ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (Accuracy) และความคลาดเคลื่อน (Error) ทั้ง 4 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 8 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในการทดสอบวัดความถูกต้องของการทดลองประเภทที่ 1 ในช่วงเวลากลางวันเมื่อนำค่าความแม่นยำ (Accuracy) และค่าความคลาดเคลื่อน (Error) มาหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 ระยะ จะได้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คือ 47.73 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อน (Error) คือ 52.27 เปอร์เซ็นต์

ในการทดสอบวัดความถูกต้องของการทดลองประเภทที่ 1 ในช่วงเวลาตอนเย็นได้ผลการทดลองว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับความถูกต้องของป้ายต่างๆ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (Accuracy) และความคลาดเคลื่อน (Error) ทั้ง 4 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 9 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในการทดสอบวัดความถูกต้องของการทดลองประเภทที่ 1 ในช่วงเวลาตอนเย็นเมื่อนำค่าความแม่นยำ (Accuracy) และค่าความคลาดเคลื่อน (Error) มาหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 ระยะ จะได้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คือ 45.46 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อน (Error) คือ 54.54 เปอร์เซ็นต์

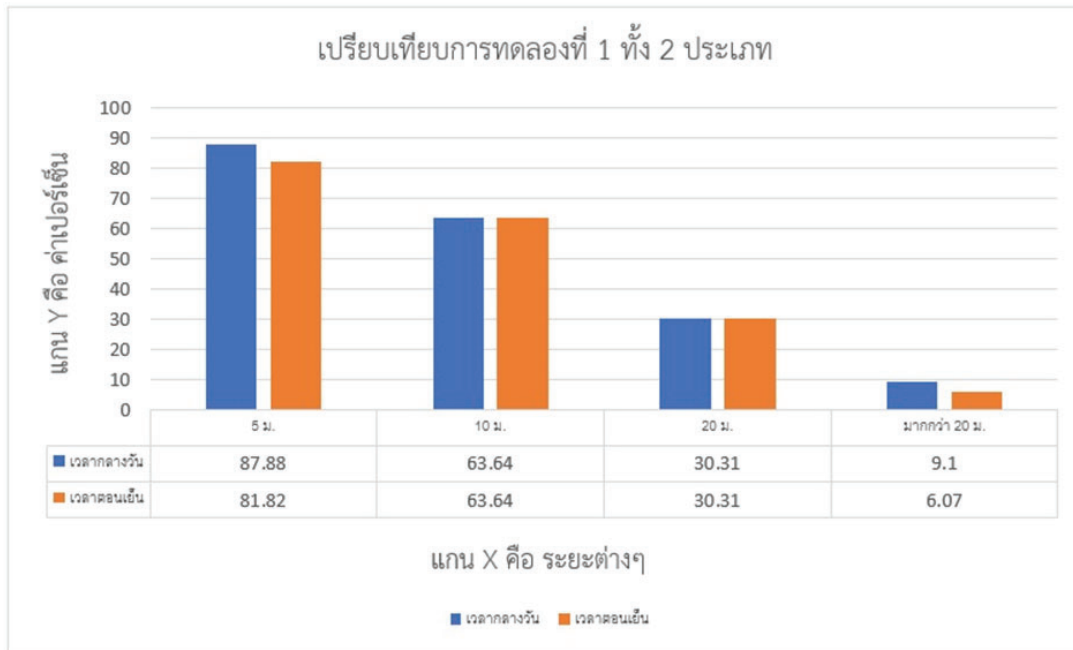


รูปที่ 8: แผนภูมิแท่งแสดงประสิทธิภาพการตรวจจับป้ายจราจรในเวลาช่วงเวลาตอนกลางวันระยะต่างๆ



รูปที่ 9: แผนภูมิแท่งแสดงประสิทธิภาพการตรวจจับป้ายจราจรในเวลาช่วงเวลาตอนเย็นระยะต่างๆ

จากผลการทดลองทั้ง 2 แบบแสดงให้เห็นว่า ระยะทางระหว่างป้ายจราจรกับตัวกล้องและช่วงเวลามีผลต่อประสิทธิภาพของการตรวจจับป้ายจราจรโดยรวม ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อระยะห่างของป้ายจราจรไกลขึ้น และประสิทธิภาพจะลดลงเมื่ออยู่ในช่วงเวลาเย็น จึงได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 2 รูปแบบในช่วงเวลาตอนกลางวันและเวลาตอนเย็น ในระยะต่างๆ ทั้ง 4 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 10

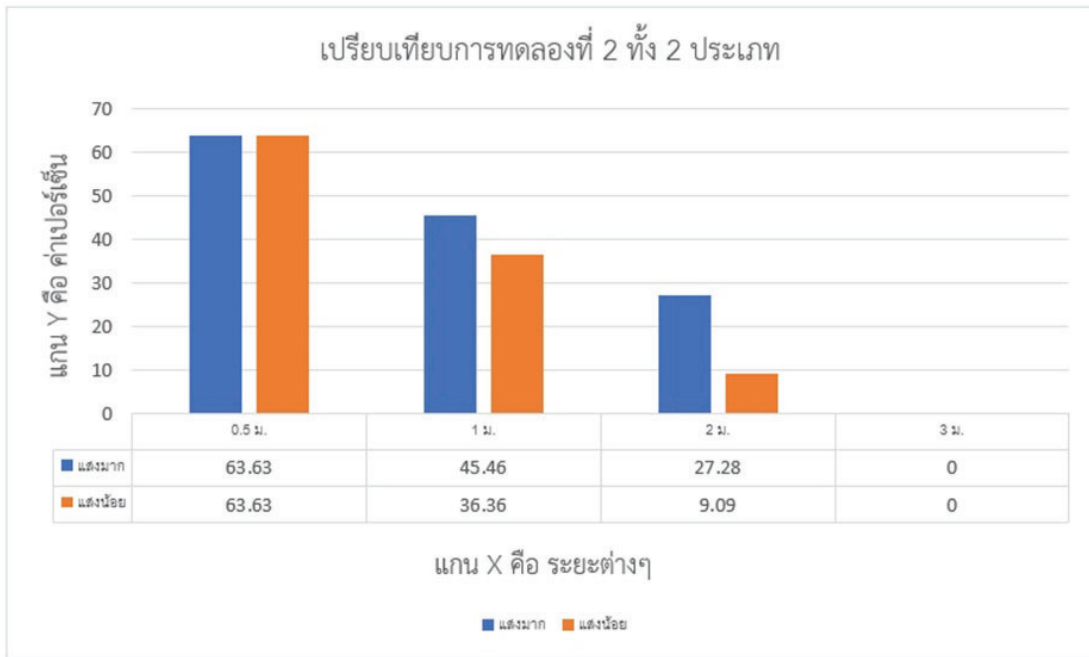


รูปที่ 10: เปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับป้ายจราจรใน 2 ช่วงเวลาที่มีระยะต่างกัน

การทดลองประเภทที่ 2 ผู้จัดทำได้ใช้ Raspberry Pi ที่ติดตั้ง Raspberry Pi Camera ทดลองในห้องที่มีหน้าต่างเปิดกว้าง เพื่อทดลองตรวจจับแผ่นป้ายจราจรจำลองที่มีทั้งหมด 11 ป้าย โดยป้ายจราจรที่ใช้ในการทดลองจะเป็นป้ายจราจรจำลองที่มีขนาด 21x21 เซนติเมตร และอัลกอริทึมที่นำมาใช้ในการทดลองนี้คือ SSD (Single Shot Detector) ในการทดสอบวัดค่าความเข้มข้นแสงหรือลักซ์ (Lux) จากสภาพแวดล้อมในห้อง โดยกำหนดสภาพแวดล้อม 2 แบบคือในที่แสงมากและแสงน้อย ในที่แสงมากวัดค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแสงได้ 532 Lux และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแสงในที่แสงน้อยคือ 18 Lux ตัวอย่างภาพที่ได้จึงมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 11 การทดลองจะทดลองจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 4 ระยะ โดยจะใช้เป็นป้ายเดิมทุกครั้งที่ทดลอง โดยจะทำการทดสอบในช่วงระยะต่างๆ จะทำการวางตำแหน่งของ Raspberry Pi และระยะของการทดสอบของป้ายเป็น 4 ระยะ คือ 0.5 เมตร, 1 เมตร, 2 เมตรและ 3 เมตร และวัดการตรวจจับป้ายจราจรถูกต้องหรือไม่, เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (Accuracy) ของการตรวจจับ, และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Error) ของการตรวจจับ



รูปที่ 11: รูปภาพป้ายจราจรจากสภาพแวดล้อมในที่แสงมาก (ซ้าย) และในที่แสงน้อย (ขวา)



**รูปที่ 12:** เปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับป้ายจราจรจำลองในสภาพแสงและมีระยะต่างกัน

การทดสอบวัดความถูกต้องของการทดลองประเภทที่ 2 ในพื้นที่แสงมาก เมื่อนำค่าความแม่นยำ (Accuracy) และค่าความคลาดเคลื่อน (Error) มาหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 ระยะ จะได้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คือ 34.1 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อน (Error) คือ 65.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในพื้นที่แสงน้อย จะได้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คือ 27.27 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อน (Error) คือ 72.73 เปอร์เซ็นต์ จึงได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 2 รูปแบบในพื้นที่แสงมากและในพื้นที่แสงน้อย โดยมีระยะต่างๆ ทั้ง 4 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 12

นอกจากนี้ ผู้จัดทำได้ทำการสำรวจความพึงพอใจของการใช้งานกล้องหน้ารถยนต์เพื่อตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือนได้แบ่งการออกเป็น 2 แบบได้แก่ แบบสอบถามออนไลน์ (Google Form) และแบบผู้ทดลองใช้งานจริง ในส่วนของแบบสอบถามออนไลน์ (Google Form) จะเป็นรูปแบบของคำถามและวิดีโอสาธิตการใช้งานสำหรับโครงการจากทั้งหมด 93 คนจะแบ่งเป็นเพศชาย 47 คนและเพศหญิง 46 คน และไม่ระบุเพศอีก 1 คน ในส่วนของผู้ทดลองใช้งานจริงทั้งหมด 4 คนจะเป็นผู้ชาย 1 คน ผู้หญิง 3 คน จะมีแบบประเมินแบบสอบถามเหมือนแบบสอบถามเหมือนกับรูปแบบของเดียวกันแบบ Google Form ผู้ทำแบบสำรวจจะมีอาชีพ ช่างรถสับล้อ ธุรกิจส่วนตัว ค้าขายออนไลน์และข้าราชการ

หลังจากผู้ที่ประเมินได้ชมวิธีใช้งานเบื้องต้นของกล้องติดหน้ารถยนต์ตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือนไปแล้วได้ผลสำรวจออกมาว่า ส่วนใหญ่พึงพอใจมากมีประโยชน์ในการใช้งานรูปแบบวิธีในการใช้งานดี ความง่ายต่อการใช้งานดีมากและสามารถตอบโจทย์ของปัญหาได้ดีเป็นอย่างมาก ในส่วนของผู้ใช้จริงมีข้อดีชมว่าโปรแกรมนี้จะมีประโยชน์เป็นอย่างมากสำหรับผู้ที่มีปัญหาเรื่องของสายตาโดยเฉพาะผู้ที่มีอายุมากอาจจะทำให้เวลาขับรถไม่ได้สังเกตเห็นป้ายจราจรข้างทางอีกทั้งยังดีสำหรับผู้ที่เดินทางไปในสถานที่ที่ไม่คุ้นเคยทำให้อาจจะมองไม่เห็นหรือไม่คุ้นชินกับป้ายจราจรบริเวณนั้นจึงอาจจะส่งผลให้ทำผิดกฎจราจรได้ แต่ปัญหาที่ควรแก้ไขให้ได้คือในเวลาที่ใช้โปรแกรมกำลังจะทำงานค่อนข้างที่จะมีปัญหาในเรื่องของเฟรมเรทในเวลาทำงานค่อนข้างที่จะต่ำ



## สรุป

ในการทดลองกล้องหน้ารถยนต์เพื่อตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือนสามารถแบ่งการทดลองออกได้เป็น 2 ประเภท ประเภทที่ 1 คือ ใช้ Notebook ร่วมกับกล้อง Webcam แล้วนำไปติดตั้งบนรถยนต์เพื่อไปตรวจจับป้ายจราจรบนถนนจริง และประเภทที่ 2 คือ การจำลองการใช้งานบน Raspberry Pi ตรวจจับป้ายจราจรที่จำลองขึ้นภายในห้อง จากการทดลองทั้งสองประเภทนี้จะเห็นได้ว่าระยะของการตรวจจับป้ายจราจรจะส่งผลต่อความแม่นยำ (Accuracy) ของโปรแกรมเป็นอย่างมาก โดยที่การทดลองประเภทที่ 1 ในช่วงเวลาที่ต่างกันระยะที่มีค่าความแม่นยำมากที่สุดอยู่ในระยะ 5 เมตร ในช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลาตอนเย็นจะมีความแม่นยำ (Accuracy) สูงสุดอยู่ที่ 87.88 เปอร์เซ็นต์และ 81.82 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และผลการทดลองประเภทที่ 2 ในพื้นที่แสงสว่างที่ต่างกันระยะที่มีค่าความแม่นยำมากที่สุดอยู่ในระยะ 0.5 เมตร ในแสงมาก (มีแสงจากพระอาทิตย์ในขณะทดลอง) และแสงน้อย (ไม่มีแสงจากพระอาทิตย์ในขณะทดลอง) จะมีความแม่นยำ (Accuracy) อยู่ที่ 63.63 เปอร์เซ็นต์และ 63.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จากการทดลองดังกล่าวทั้ง 2 ประเภทจะพบว่าแสงและระยะทางในการตรวจจับป้ายจราจรจะเป็นตัวแปรสำคัญของการทดลองนี้ หากการทดลองมีแสงสว่างที่มากหรือมีค่า Lux มากกว่า 1,000 จะทำให้ความแม่นยำในการตรวจจับป้ายจราจรเพิ่มขึ้นแต่หากแสงสว่างน้อยหรือมีค่า Lux ใกล้เคียง 0 จะทำให้ไม่สามารถตรวจจับป้ายจราจรได้เลยและระยะทางในการตรวจจับป้ายจราจรหากใช้เป็นอัลกอริทึม Faster R-CNN ป้ายจราจรที่ตรวจจับมีระยะที่มากกว่า 10 เมตร จะทำให้ความแม่นยำของการตรวจจับป้ายจราจรลดลงและจะไม่สามารถตรวจจับได้ในระยะที่มากกว่า 20 เมตร หากใช้ SSD Mobile Net V2 ป้ายจราจรที่ตรวจจับมีระยะที่มากกว่า 2 เมตร จะทำให้ความแม่นยำของการตรวจจับป้ายจราจรลดลงและจะไม่สามารถตรวจจับได้ในระยะที่มากกว่า 3 เมตร

สรุปผลการทดลองการใช้งานการประยุกต์กล้องติดหน้ารถยนต์ตรวจจับป้ายจราจรสภาพแวดล้อมในการใช้งานที่ดีที่สุดคือการใช้งานในระยะที่อยู่ใกล้กับป้ายจราจรมากที่สุดและควรจะต้องทดลองในพื้นที่ที่มีแสงมาก รวมถึงในขณะขับที่รถยนต์ไม่ควรขับช้ามากกว่า 30 กม./ชม. เพราะการขับรถยนต์มากกว่า 30 กม./ชม. จะส่งผลให้กล้องไม่สามารถตรวจจับป้ายจราจรได้ทัน ดังนั้นควรขับรถยนต์ในความเร็วไม่เกิน 30 กม./ชม. จะทำให้ผลจากการใช้งานออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

## ข้อเสนอแนะ

จากที่โครงการการประยุกต์กล้องหน้ารถยนต์เพื่อตรวจจับป้ายจราจรและส่งเสียงเตือน (Applying Dash Cam for Traffic Signs Recognition and Warning System ) ได้นำส่งเข้าประกวดใน 2 โครงการของ NSC, ฟ้าแก่น้อย และ Roojai.com และทดลองใช้งานในเบื้องต้นได้มีข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ควรเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ดังนี้

- ควรทำให้ระบบมีความเสถียรมากขึ้นในการตรวจจับป้ายจราจร
- ควรนำระบบนี้ไปพัฒนาร่วมกับกล้องติดหน้ารถยนต์ตามท้องตลาด
- ในด้านการใช้งานจริงบนท้องถนนมักจะมีป้ายมากกว่า 1 ป้าย ควรทำให้การประมวลผลอัตราเฟรมเร็วมากขึ้น



## เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่ง. รายงานสถิติการขนส่งประจำปี 2565. (2566). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://web.dlt.go.th/statistics/>
- V.Gradinescu, C.Gorgorin, R.Diaconescu, V.Cristea, and L.Iftode. (2007). Adaptive traffic lights using car-to-car communication in VTC Spring. IEEE:21 – 25. [Online]. Available: <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/vtc/vtc2007s.html>
- T.-H.Hwang, I.H.Joo and S.I.Cho. (2006). Detection of traffic lights for vision-based car navigation system. in PSIVT:682–691.
- X.Liu, S.Zhu, and K.Chen. (2009). Method of Traffic Sign Segmentation Based on Color Standardization. International Conference on Intelligent Human Machine Systems and Cybernetics, 978-0-7695-3752-8:193-197.
- W.Y.Wu, T.C.Hsieh and C.S.Lai. (2007). Extracting Road Sign Using The Color Information. 26 CANAKKALE : WORLD ACAD SCI, ENG & TECH-WASET: 282-286.
- D.T.Pankaj and M.E.Patil. (2013). Recognition of traffic symbols using Kmeans and shape analysis. International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT) 2(5):162-169.
- A.Danti and Y.Kulkarni. (2013). Image Processing Approach To Detect Road Sign in India Roads. International Journal Of Research in Advent Technology, 1(5): 409-417.
- H.Fleyeh. (2006). Shadow And Highlight Invariant Colour Segmentation Algorithm For Traffic Signs. IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems. Bangkok, Thailand.
- A.Ruta, Y.Li and X.Liu. (2008). Detection, Tracking and Recognition of Traffic Signs from Video Input. Proceedings of the 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. Beijing, China.
- A.Lorasakul and J.Suthakom. (2007). Traffic Sign Recognition for Intelligent Vehicle/Driver. In International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence.
- Mohammad A. N. Al-Azawi. (2012). Neural Network Based Automatic Traffic Signs Recognition. International Journal of Digital Information and Wireless Communications.