

การตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO The Real-Time Parking Detection using YOLO Neural Network

ชนาธิป จันทนะชาติ^{1*} สวรรคพฐ ดาววีรัมย์² และ เก่ง จันทน์นวล³

Chanathip Jantanachat^{1*} Sawankapatu Daoreeram² and Keng Channual³

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์^{1,2,3}

chanathip.jan@bru.ac.th^{1*}, sawankapatu.dao@bru.ac.th², keng.ch@bru.ac.th³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO โดยนำอัลกอริทึม Tiny YOLO มาประยุกต์ใช้บน Raspberry Pi แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ 1) การตรวจหารถยนต์จากภาพต่อเนื่องโดยการจับภาพทีละเฟรมและคำนวณหาวัตถุทั้งหมดบนเฟรมภาพนิ่งแล้วนำวัตถุทั้งหมดมาทำนายด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 2) คำนวณพื้นที่ทับซ้อนของวัตถุรถยนต์และพื้นที่ของแต่ละช่องจอดรถถ้าพื้นที่ทับซ้อนกันมากกว่าร้อยละ 50 แสดงว่าช่องจอดนั้นไม่ว่างถ้าน้อยกว่าแสดงว่าไม่ว่าง จากนั้นจะส่งสถานะช่องจอดรถไปยังเอ็มคิวทีทีเซิร์ฟเวอร์และเก็บลงในฐานข้อมูล และ 3) แสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่มีการรับข้อมูลจากเอ็มคิวทีทีเซิร์ฟเวอร์

ผลการวิจัยพบว่า ระบบประกอบด้วยส่วนของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงสถานะช่องจอดและส่วนของระบบตรวจหาช่องจอดรถ และจากผลการทดสอบระบบโดยใช้ภาพถ่ายตัวอย่างจากโรงจอดรถจริงจำนวน 17 เฟรม โดยแต่ละเฟรมมีรถยนต์เข้าจอดในแต่ละช่องจอดไม่เหมือนกัน พบว่า ระบบสามารถตรวจหาช่องจอดรถและแสดงผลมีค่าร้อยละความถูกต้อง 67.13 และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์ 32.9

คำสำคัญ : การตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์, โครงข่ายประสาทเทียม YOLO, การเรียนรู้เชิงลึก

ABSTRACT

The purposes of the research were to develop The Real-Time Parking Detection using YOLO Neural Network, applying the Tiny YOLO algorithm on the Raspberry Pi, dividing its operations into three steps: 1) continuous vehicle detection by capturing the image frame by frame and computation of all objects on the still frame, then all objects are predicted by the neural network; 2) calculate the overlapping area of the objects, cars and the area of each. Parking space, if the overlap is more than 50%, then the parking space is busy; less, it is busy. It then sends the status of the parking space to the MQTT server and stores it in the database; and 3) displays the result via a web application receiving data from the MQTT server.

The research showed that The system consists of a web application for parking lane status and a part of the parking lot detection system. And the system test results using a sample image from a real garage, 17 frames, with each frame having different in each parking lot, it was found that the system was able to parking detection and display the correct parking status percentage accuracy 67.13 and mean absolute percentage error of 32.9.

Keyword : Detect the parking lane in real time, YOLO neural network, Deep learning

บทนำ

แนวโน้มจำนวนรถที่มีการจดทะเบียนสะสมมีจำนวนเพิ่มขึ้น ในระหว่างปี พ.ศ. 2559 - 2563 มีจำนวนรถจดทะเบียนสะสมอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.06 หรือประมาณหนึ่งล้านคันต่อปี (กลุ่มสถิติการขนส่ง, 2563) อาจพูดได้ว่าประเทศไทยแต่ละครัวเรือนอย่างน้อยมีรถยนต์ครัวเรือนละ 1 คัน ในสถานที่ท่องเที่ยว สถานที่ราชการ หรือห้างสรรพสินค้าที่มีจอดรถรองรับจำนวนรถยนต์ที่มาติดต่อราชการหรือใช้บริการ แต่ในบางช่วงเวลาอาจมีผู้มาใช้บริการจำนวนมากส่งผลให้ที่จอดรถไม่เพียงพอต่อผู้มาใช้บริการ ที่จอดรถบางสถานที่สร้างเป็นตึกหลายชั้นสำหรับใช้ในการบริการจอดรถ อาจทำให้การค้นหาช่องจอดรถค่อนข้างยาก เนื่องจากต้องขับรถวนเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีช่องว่าง ในกรณีของผู้ใช้ที่เร่งรีบจะทำให้เสียเวลาและเสียทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง

เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เป็นชุดคำสั่งที่สร้างขึ้นเพื่อการเรียนรู้ของเครื่องจักรหรือคอมพิวเตอร์ โดยชุดคำสั่งนี้จะทำให้เครื่องจักรสามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก ด้วยการจำลองเครือข่ายประสาทแบบเดียวกับในสมองของมนุษย์ สามารถจดจำภาพและเสียงของเครื่องจักรนำไปต่อยอดทำเป็นแอปพลิเคชัน อุปกรณ์หรือบริการออนไลน์ที่สามารถทำงานเลียนแบบสมองของมนุษย์ โครงข่ายประสาทเทียม YOLO (You Only Look Once) เป็นหลักการของการเรียนรู้เชิงลึกที่ถูกนำมาช่วยในงานปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการตรวจจับวัตถุที่มีการทำงานด้วยความเร็วสูง โดยมีแนวคิดหลักที่ทำให้การตรวจหาวัตถุทำได้รวดเร็วคือ อย่างแรกทำนายกรอบวัตถุ (Box) และจำแนกประเภท (Classify) วัตถุพร้อมกันทีเดียว อย่างที่สองแบ่งทั้งภาพออกเป็นส่วน ๆ สำหรับแต่ละส่วนจะต้องมีการทำนายกรอบของวัตถุและคลาส (Class) ซึ่งสามารถนำมารวมกันเพื่อเลือกคู่กรอบวัตถุและคลาสที่มีความแม่นยำได้ (Volodymyr Kharchenko & Iurii Chyrka, 2018)

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีโครงข่ายประสาทเทียม YOLO มาพัฒนาระบบค้นหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์ โดยการติดกล้องวิดีโอขนาดเล็กสำหรับรับภาพวิดีโอของช่องจอดไว้บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) เพื่อทำการตรวจจับรถยนต์ที่เข้ามาจอดในช่องจอดรถแต่ละช่องแล้วคำนวณหาพื้นที่ของรถยนต์ที่จอดและส่งค่าพิกัดของพื้นที่ไปยังระบบการตรวจหาช่องจอดรถจากนั้นระบบจะเป็นตัวแสดงตำแหน่งช่องจอดรถที่ว่างและไม่ว่างผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นหาและทราบตำแหน่งที่จอดรถที่ว่างทำให้ไม่ต้องเสียเวลาและลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

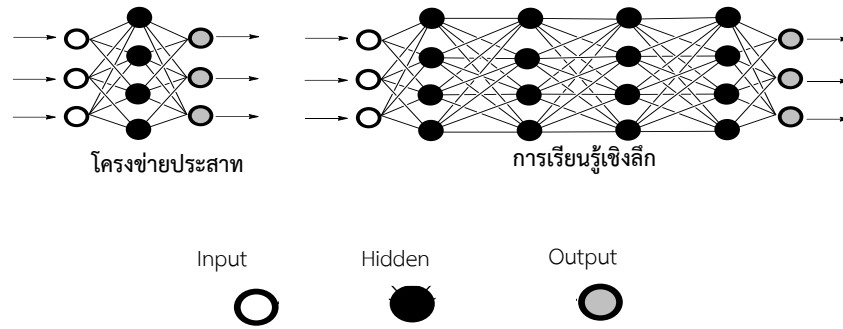
เพื่อพัฒนาระบบตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นสาขาแขนงหนึ่งของแมชชีนเลิร์นนิง (Machine Learning) ที่เลียนแบบการทำงานจากระบบเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์ โดยโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมจะมีลักษณะเหมือนเซลล์ประสาทหลาย ๆ เซลล์เชื่อมต่อกันเป็นโหนด โหนดถูกเรียกว่า เพอร์เซปตรอน และยังเชื่อมต่อกับเส้นประสาทและเซลล์อื่นอีกหลายเส้น

สมองของมนุษย์เปรียบเหมือนระบบเซลล์ประสาทที่เชื่อมต่อระหว่างชั้นรับข้อมูลและชั้นส่งออกข้อมูล แต่ในชีวิตจริงสมองของมนุษย์ซับซ้อนกว่าที่เห็นมาก เพื่อที่จะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมนั้นสามารถคิดและประมวลผลที่ซับซ้อนได้ เหมือนกับสมองมนุษย์ ดังนั้นชั้นระบบเซลล์ประสาทจึงต้องมีหลายชั้นเพื่อให้ส่งข้อมูลประมวลผลต่อกันไป ซึ่งทำให้สามารถคำนวณอะไรที่ซับซ้อนและหลากหลายขึ้น เรียกกระบวนการนี้ว่า การเรียนรู้เชิงลึก ดังแสดงในภาพที่ 1

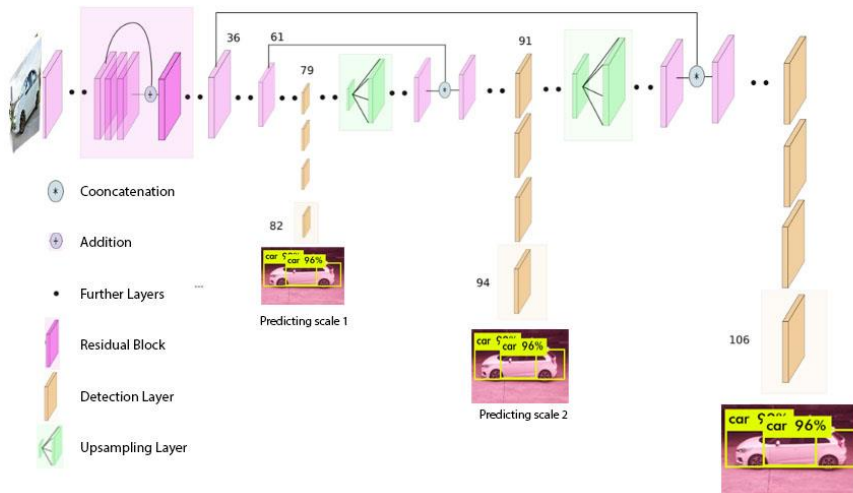


ภาพที่ 1 โครงสร้างการเรียนรู้เชิงลึก

จากภาพที่ 1 ชั้นที่ 1 คือ Input Layer ทำหน้าที่เป็นชั้นรับข้อมูล ส่วนชั้นที่ 2 คือ Hidden Layer ทำหน้าที่เป็นชั้นที่เปรียบเสมือนระบบเซลล์ประสาทในสมองทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล และชั้นที่ 3 คือ Output Layer เป็นชั้นส่งออกผลข้อมูล การเรียนรู้เชิงลึกอาจเรียกว่าโครงข่ายประสาทเชิงลึก (Deep Neural Network: DNN) ประกอบด้วยโหนดหลายชั้น สถาปัตยกรรมของการเรียนรู้เชิงลึกได้รับการพัฒนาขึ้นมา มีความแตกต่างกันเพื่อแก้ปัญหาในโดเมนหรือการใช้งานที่ต่างกััน ตัวอย่างเช่น Convolutional Neural Network (CNN) นิยมใช้มากในคอมพิวเตอร์วิชั่นและการรู้จำรูปภาพ และ Recurrent Neural Network (RNN) ถูกออกแบบมาใช้กับงานที่ข้อมูลมีลำดับหรือการทำนาย เป็นต้น (Ajay Shrestha & Ausif Mahmood, 2019)

2.2 อัลกอริทึม YOLO V3

YOLO เป็นเฟรมเวิร์คที่มีโครงสร้างพื้นฐานมาจาก Convolutional Neural Network (CNN) ใช้ในการทำงานด้าน Object Detection คล้ายกับตัวอื่น ๆ เช่น RetinaNet, RCNN, Fast-RCNN, Faster-RCNN และ Mask RCNN ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียม YOLO มีสถาปัตยกรรมดังภาพแสดงในภาพที่ 2 มีประสิทธิภาพการประมวลผลภาพอยู่ที่ 30 FPS และมีค่า mAP (Mean Average Precision) ที่ 57.9% โดยใช้ COCO Dataset เป็นข้อมูลที่ใช้ในการฝึกการเรียนรู้ (Joseph Redmon และคณะ, 2016)



ภาพที่ 2 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของอัลกอริทึม YOLO v3

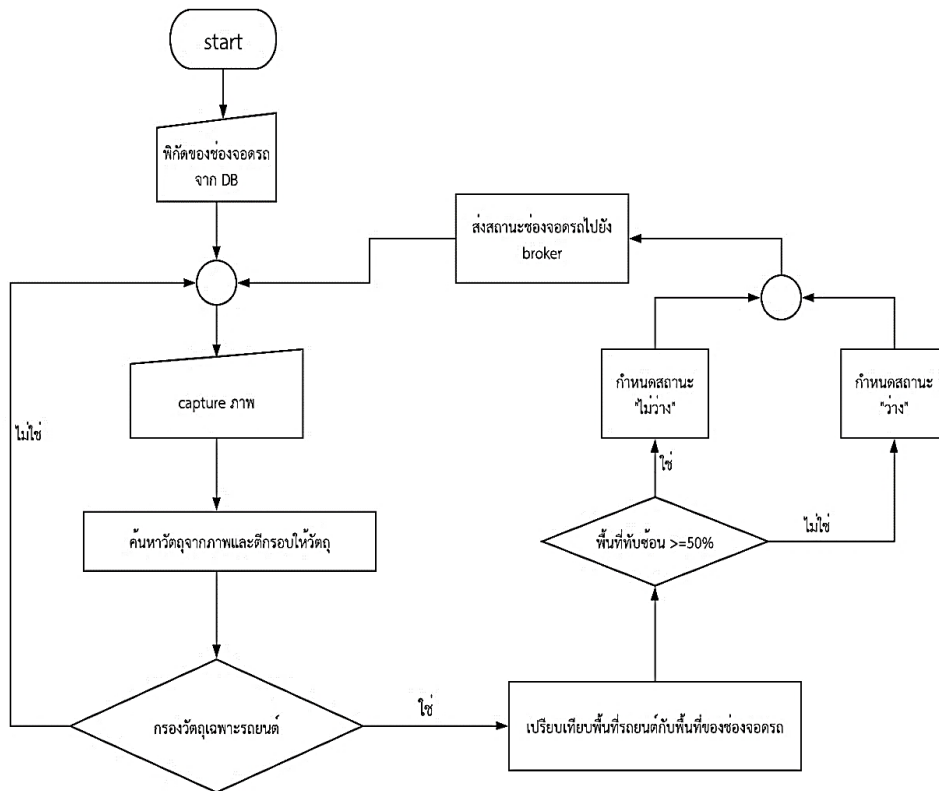
หลักการในการตรวจจับของ YOLO (Joseph Redmon และคณะ, 2016) คือ การทำนายกรอบวัตถุไปพร้อมกับจำแนกประเภทวัตถุ และการแบ่งภาพทั้งภาพออกเป็น ส่วน ๆ หรือเรียกว่ากริด (grid) จากนั้นทำการคำนวณโดยการเลื่อนไปที่ตำแหน่งตามที่แต่ละส่วนที่แบ่งไว้ พร้อมกับคำนวณหาว่าวัตถุมีอยู่จริงหรือไม่จากการคำนวณหาพื้นที่ทับซ้อนของวัตถุกับพื้นที่รวมด้วยกระบวนการ Intersection over Union (IoU) ซึ่งแต่ละส่วนจะมีการทำนายกรอบของวัตถุและคลาส

สามารถนำมารวมกันเพื่อเลือกคู่อุปกรณ์และคลาสที่มีความแม่นยำได้ ในการทนายกรอบล้อมวัตถุจะได้ข้อมูลเป็นชุดข้อมูลประเภทอาร์เรย์ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการมีอยู่จริงของวัตถุตำแหน่งและขนาดของกรอบล้อมวัตถุ และชนิดของวัตถุ ทั้งนี้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO ยังมีข้อจำกัดบางประการ คือ ในการตรวจจับนั้นทำได้เฉพาะวัตถุที่อยู่ใกล้ ๆ ยังตรวจจับได้ไม่แม่นยำมากพอในวัตถุเล็กหรือมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน เช่น ฝูงนก และยังมีปัญหาเกี่ยวกับการบอกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุ

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้สร้างระบบตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO เวอร์ชัน tiny v3 โดยระบบได้ติดตั้งอัลกอริทึมลงใน Raspberry Pi model B+ หน่วยประมวลผลแบบ ARM QUAD-Code ความเร็ว 1.4 GHz RAM 1 GB และใช้ภาษาไพธอนในการพัฒนาโปรแกรมระบบตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO โดยขั้นตอนของระบบจะแสดงผังการทำงาน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO

อัลกอริทึม YOLO tiny v3 ตรวจจับวัตถุจากวิดีโอที่ได้จากส่วนของกล้อง Raspberry Pi Camera โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับมีทั้งวัตถุและตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงโดยการตัดวัตถุที่ไม่ใช่รถยนต์ออกไปให้เหลือเพียงวัตถุของรถยนต์เท่านั้น การหาตำแหน่งของวัตถุคำนวณจากจุดกึ่งกลางของวัตถุ จากนั้นนำตำแหน่งของวัตถุรถยนต์และตำแหน่งของช่องจอดรถมาคำนวณมีพื้นที่ทับซ้อนกัน ถ้าวัตถุมีการทับซ้อนกันเท่ากับหรือมากกว่าค่าที่กำหนด (threshold) ในที่นี้คือ 50% แสดงว่าช่องจอดนั้นไม่ว่าง แต่ถ้าน้อยกว่าแสดงว่าช่องจอดนั้นว่าง แล้วส่งผลลัพธ์ไปที่เอ็มคิวทีทีเชิร์ฟเวอร์และบันทึกข้อมูลลงในสถิติการใช้งานของช่องจอดเพื่อให้แอปพลิเคชันใช้เป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi 3 B+ มีทรัพยากรในการประมวลผลที่ค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่มีหน่วยประมวลผลกราฟิก (graphic processing unit: GPU) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานผู้วิจัยจึงได้มีการปรับปรุงข้อมูลวัตถุที่ตรวจพบทั้งหมดให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่เป็นวัตถุที่ทำนายว่าเป็นรถยนต์เพื่อลดปริมาณและความซับซ้อนของข้อมูลก่อนที่จะนำไปคำนวณเปรียบเทียบกับช่องจอดรถยนต์แต่ละช่องต่อไป

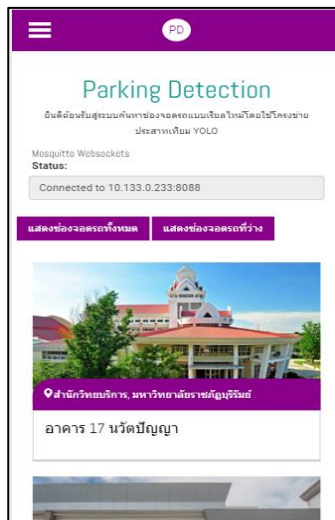
โมเดลที่ใช้สำหรับฝึก (train) ใช้การถ่ายโอนการเรียนรู้ (transfer learning) มาจาก Tiny YOLO ซึ่งเป็นโมเดลที่ได้รับการฝึกสำหรับตรวจจับวัตถุทั่วไป เช่น รถยนต์ แก้ว บ้าน ขวด สุนัข เรือ เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้นำอัลกอริทึม Tiny YOLO มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับวัตถุรถยนต์โดยกำหนดขอบเขตของการตรวจจับรถยนต์ในสถานที่จอดรถจำนวน 8 ช่อง และทำการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงโดยติดตั้ง Raspberry Pi ห่างจากช่องจอดรถในระยะ 10 เมตร ความสูง 7 เมตร และทำมุม 60 องศา อย่างไรก็ตามสภาวะแวดล้อมและการติดตั้งระบบมีผลต่อประสิทธิภาพด้านความแม่นยำในการตรวจจับและคำนวณหาค่าตำแหน่งของช่องจอดรถยนต์ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจจับและแสดงผลสถานะช่องจอดรถยนต์ที่มีการเข้าออกจริงทั้งหมด

ผลการวิจัย

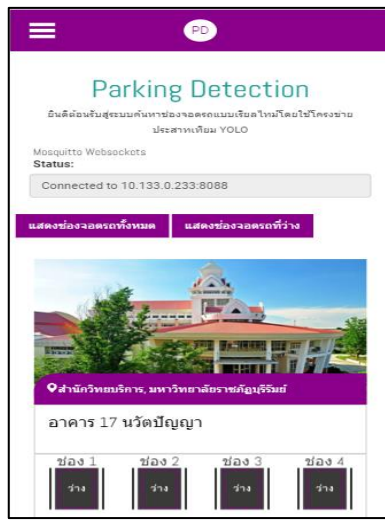
1. ผลการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาการตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO โดยมีสองส่วนส่วนแรกใช้แสดงสถานะช่องจอดและส่วนที่สองระบบตรวจหาช่องจอดรถยนต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ส่วนของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงสถานะช่องจอดว่างหรือไม่ว่าง แสดงรูปภาพที่ 4 5 และ 6 ซึ่งสามารถแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟนหรือเครื่องคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 4 หน้าหลัก



ภาพที่ 5 สถานะช่องจอดที่ว่าง



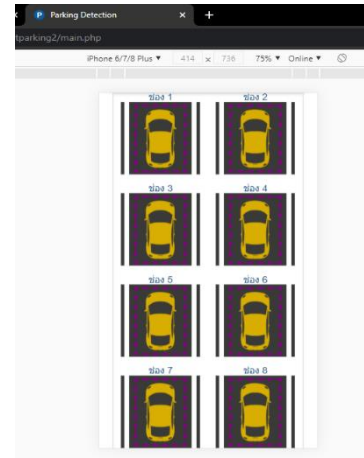
ภาพที่ 6 สถานะช่องจอดที่ไม่ว่าง

จากภาพที่ 4 หน้าหลักของระบบสำหรับผู้ใช้เลือกโรงจอดรถที่ต้องการเพื่อดูว่ามีช่องจอดรถว่างหรือไม่ว่าง นอกจากนี้ยังสามารถให้ระบบค้นหาช่องจอดรถทั้งหมดว่ามีโรงจอดรถใดที่มีช่องจอดว่างได้

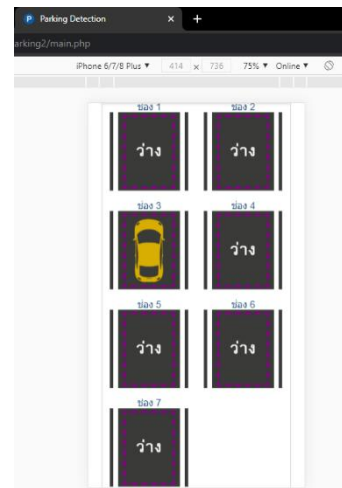
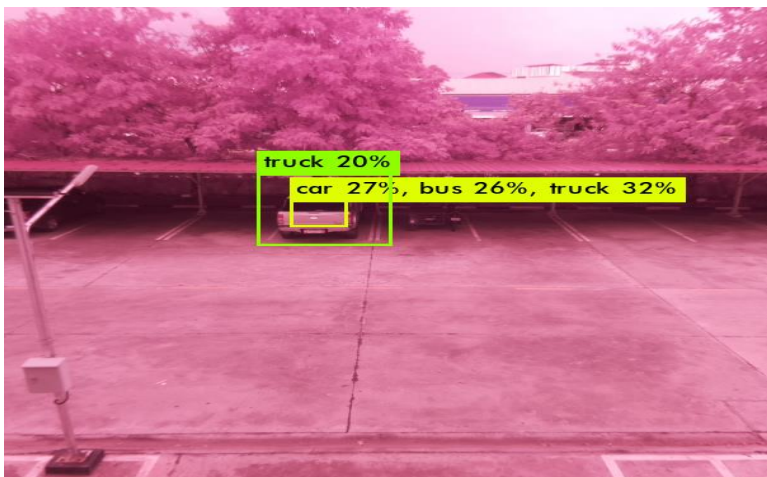
จากภาพที่ 5 เมื่อผู้ใช้เลือกโรงจอดรถที่ต้องการแล้วหากยังไม่มีรถยนต์เข้ามาจอดที่ช่องจอด จะแสดงสถานะช่องจอดว่าง

จากภาพที่ 6 หากมีรถยนต์เข้ามาจอดที่ช่องจอด 1 และช่องจอด 3 ของโรงจอดรถที่ผู้ใช้เลือก ระบบจะแสดงสถานะช่องจอดว่าง

2) ส่วนของระบบตรวจหาช่องจอดรถ แสดงดังภาพที่ 7 และ 8



ภาพที่ 7 การตรวจจับวัตถุจากกล้องวิดีโอขณะมีรถยนต์จอดช่องจอด 8 ช่อง



ภาพที่ 8 การตรวจจับวัตถุจากกล้องวิดีโอขณะมีรถยนต์จอดช่องจอด 1 ช่อง

จากภาพที่ 7 ระบบตรวจพบวัตถุรถยนต์จำนวน 7 วัตถุ ซึ่งระบบจะรวมทั้ง car truck และ bus เป็นรถยนต์ทั้งหมด นำไปคำนวณหาพื้นที่ซ้อนทับกับช่องจอดจำนวน 8 ช่องจอด

จากภาพที่ 8 ระบบตรวจพบวัตถุรถยนต์จำนวน 2 วัตถุ car และ truck แล้วนำไปคำนวณหาพื้นที่ซ้อนทับกับช่องจอดจำนวน 8 ช่องจอด

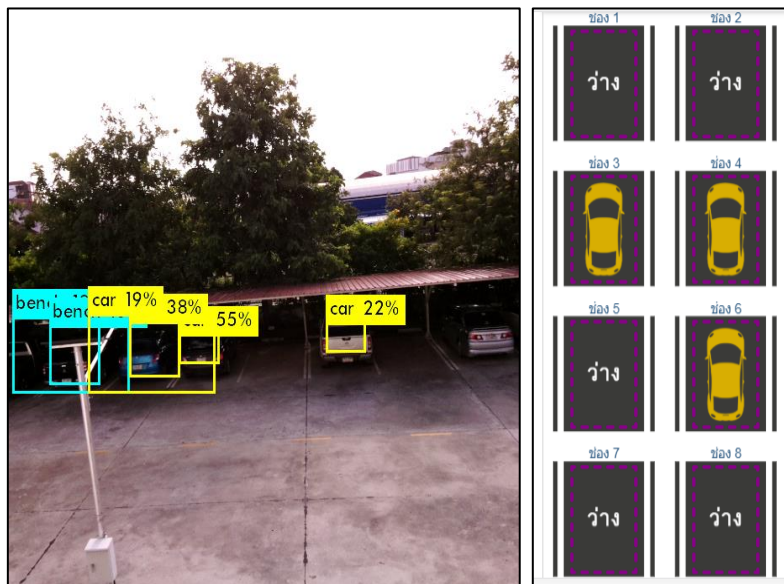
2. ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองสถานที่โรงจอดรถยนต์อาคาร 23 Complex มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ โดยติดตั้งกล้องทำมุม 60 องศา ห่างจากโรงจอดรถ 10 เมตร และสูงจากโรงจอดรถ 7 เมตร ได้บันทึกผลการทดลองการตรวจจับรถยนต์ที่เข้าจอดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาทดลองแยกเป็นรถประเภทต่าง ๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและประเภทของรถที่เข้าจอดในโรงจอดรถ

ลำดับที่	ประเภทรถ	จำนวนรถ(คัน)
1	รถกระบะ	10
2	รถเก๋ง	7
3	รถยนต์ PPV	3
4	รถยนต์ SUV	2
5	รถซาเล้ง	1
6	รถมอเตอร์ไซด์	1
รวมจำนวนรถยนต์		24

จากตารางที่ 1 ช่วงที่ได้ทำการทดลองระบบมีรถประเภทต่าง ๆ ได้เข้าจอดในช่องจอดมีทั้งรถยนต์และไม่ใช่อัตโนมัติ ซึ่งการแสดงผลของแอปพลิเคชันจะแสดงเฉพาะสถานะช่องจอดที่มีรถยนต์จอดอยู่เท่านั้นส่วนรถที่ไม่ใช่อัตโนมัติระบบยังแสดงสถานะ ว่า อยู่ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตัวอย่างการแสดงผลสถานะช่องจอดรถเมื่อมีรถเข้ามาจอด

จากรูปที่ 9 ระบบตรวจจับวัตถุที่ไม่ใช่อัตโนมัติจำนวน 2 วัตถุ ซึ่งระบบจะตัดออกให้เหลือเพียงวัตถุรถยนต์และส่งไปคำนวณหาค่าพื้นที่ซ้อนทับกับช่องจอดรถ ทำให้การแสดงผลสถานะของช่องจอดมีจำนวนไม่ว่า 3 ช่อง

ในส่วนผลการทดสอบในด้านประสิทธิภาพการทดลองนี้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบโดยนำเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ซึ่งเป็นการบ่งชี้ถึงการผิดพลาดในการตรวจหาช่องจอดรถ และในทางตรงกันข้ามจะเป็นการบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการตรวจการตรวจหาช่องจอดรถ โดยทำการเปรียบเทียบความผิดพลาดในการแสดงผลสถานะของแต่ละช่องจอดเป็นเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการตรวจหาช่องจอดรถยนต์ของโรงจอดรถด้วยค่า MAPE

เฟรมที่	จำนวนช่องจอดรถ	จำนวนรถยนต์ที่จอดในช่องจอด	จำนวนที่ตรวจจับรถยนต์ในช่องจอด	ความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์	ร้อยละความถูกต้อง
1	8	6	5	16.7	83.33
2		7	7	0.0	100.00
3		6	5	16.7	83.33

4		3	1	66.7	33.33
5		8	7	12.5	87.50
6		5	2	60.0	40.00
7		8	7	12.5	87.50
8		8	6	25.0	75.00
9		8	5	37.5	62.50
10		7	6	14.3	85.71
11		3	1	66.7	33.33
12		2	2	0.0	100.00
13		7	4	42.9	57.14
14		8	7	12.5	87.50
15		7	7	0.0	100.00
16		4	1	75.0	25.00
17		2	0	100.0	0.00
ค่าเฉลี่ย				MAPE = 32.9	67.13

จากตารางที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์จากการทดสอบข้อมูลทั้งหมด พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ 32.9 และมีค่าเฉลี่ยการตรวจจับได้ถูกต้องร้อยละ 67.13 เมื่อพิจารณาแต่ละเฟรมพบว่า ความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์ 0.0 คือเฟรมที่ 1 และ 2 แสดงว่าระบบไม่สามารถตรวจจับวัตถุรถยนต์ได้เลยอาจเกิดจากสาเหตุมีการรบกวนของภาพโรงจอดรถจากกล้องวิดีโอเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลลัพธ์ไม่แน่นอนเนื่องจากการค้นหาวัตถุหรือการทำนายวัตถุไม่สามารถให้ผลลัพธ์ได้ตามต้องการ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบการตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม YOLO ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันด้วยอัลกอริทึม Tiny YOLO เนื่องจากสามารถทำงานบนอุปกรณ์ Raspberry Pi ที่มีข้อจำกัดทั้งหน่วยประมวลผลและหน่วยความจำ กระบวนการทำงานที่ซับซ้อนของอัลกอริทึม Tiny YOLO ส่งผลถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบแต่เมื่อระบบทำงานร่วมกันกันส่วนของการแสดงผลมีการแสดงสถานะช่องจอดรถได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตามงานวิจัยในครั้งนี้ก็แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีโครงข่ายประสาทเทียม YOLO มาประยุกต์ใช้ในการตรวจหาช่องจอดรถแบบเรียลไทม์ของสถานที่จอดรถยนต์ในสถานะแวดล้อมจริงได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ คาเซนโกและชีกา (Kharchenko & Chyrka) (2018) ได้วิจัยเรื่อง การตรวจจับเครื่องบินบนพื้นดินด้วยโครงข่ายประสาท YOLO พบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึม Tiny YOLO มีความแม่นยำค่อนข้างสูงและมีความเร็วเพียงพอกับการทำงานแบบเรียลไทม์ซึ่งมีความสอดคล้องกันไปในทิศทางเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มประสิทธิภาพระบบโดยมีการฝึกเฉพาะข้อมูลรถยนต์ที่ได้จากสถานะแวดล้อมจริง เพื่อให้ผลการทำนายวัตถุมีความแม่นยำมากขึ้น และอีกประเด็นคืออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีหน่วยประมวลผลกราฟิกด้วย จึงจะมีความเหมาะสมในการประมวลผลงานที่มีความซับซ้อนสูง

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถิติการขนส่ง. (2563). รายงานสถิติการขนส่ง ปีงบประมาณ 2556 - 2563. กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก. สืบค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2564, จาก <https://web.dlt.go.th/statistics/plugins/UploadiFive/uploads/bc9c031d7ca5cf4ed2fee2431de85b3c35951fad43bb3879270c5ae20ca7af85.pdf>
- Volodymyr Kharchenko, and Iurii Chyrka. (2018). *Detection of Airplanes on the Ground Using YOLONeural Network*, 2018 IEEE International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, pp 294-297.
- Ajay Shrestha, and Ausif Mahmood. (2019). *Review of Deep Learning Algorithms and Architectures*, in IEEE Access (Volume: 7), pp. 53040–53065.
- Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, and Ali Farhadi. (2016). You Only LookOnce: Unified, Real-Time Object Detection, in 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 779–788.