การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงของผู้ใช้งานวงเวียน
Application of Machine Learning to Study the Behavior of Roundabout Users

กฤตติภัค ตันตรัตนพงษ์[1,*] เจษฎา ศรีสกุลชัย[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา

**Corresponding author; E-mail address: 6710120013@psu.ac.th*

บทคัดย่อ

วงเวียนได้รับความนิยมในฐานะหนึ่งในโครงสร้างพื้นฐานที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและลดความแออัดของการจราจรในพื้นที่เมือง โดยการออกแบบวงเวียนช่วยให้การไหลของยานพาหนะมีความคล่องตัวมากขึ้น ซึ่งสามารถช่วยลดอุบัติเหตุรุนแรงที่เกิดจากการตัดสินใจในจุดตัดทางแยก อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของวงเวียนส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของผู้ขับขี่ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในวงเวียน งานวิจัยนี้เน้นการประยุกต์ใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์ สำหรับการตรวจจับพฤติกรรมของผู้ขับขี่ โดยใช้ข้อมูลวิดีโอจากโดรนซึ่งเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงจากวงเวียนที่มีองค์ประกอบของทางม้าลายและเส้นจราจรที่ชัดเจน และใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง วิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้งานวงเวียน พบว่าพฤติกรรมการละเมิดกฎจราจร ซึ่งจากการศึกษาพบมากถึง 47% โดยสามารถใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในการตรวจจับและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลถึงพฤติกรรมเสี่ยงของผู้ขับขี่ในวงเวียน และสามารถแบ่งพฤติกรรมการละเมิดกฎจราจรได้ดังนี้ การขับขี่เร็วเกินกำหนด 79% การไม่ให้รถฝั่งขวาไปก่อน 21% รวมถึงการเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหัน และการไม่หยุดให้คนข้ามถนน อีกทั้งการศึกษานี้ได้วัดระยะช่องว่างที่น้อยที่สุดที่เกิดขึ้นที่ผู้ขับขี่สามารถยอมรับได้อยู่ที่ประมาณ 0.73 เมตร

คำสำคัญ: การเรียนรู้ของเครื่อง, พฤติกรรมของผู้ใช้วงเวียน, การละเมิดกฎจราจร, การตรวจจับพฤติกรรมของผู้ขับขี่, ความปลอดภัยของวงเวียน

Abstract

Roundabouts have gained popularity as an infrastructure solution to enhance traffic safety and reduce congestion in urban areas. Their design facilitates smoother vehicle flow, mitigating severe accidents caused by decision-making at traditional intersections and traffic signals. However, the effectiveness of roundabouts largely depends on driver behavior, which poses significant safety risks and contributes to accident occurrences within roundabouts. This study applies computer vision techniques to detect driver behavior using video data collected from drones at real-world roundabout locations. The selected roundabouts include pedestrian crossings and clear traffic lines to capture diverse interaction scenarios. Machine learning is employed to analyze roundabout user behavior. The study found that traffic rule violations occurred in approximately 47% of observed cases. Supervised learning is used to identify and classify risk-related driving behaviors within the roundabout. These behaviors include overspeed limit 79%, failure to yield the right-of-way to vehicles on the right 21%, sudden lane changes, and failure to stop for pedestrians. Furthermore, the study measured the minimum accepted gap distance for merging behavior, which was found to be approximately 0.73 meters.

Keywords: Machine Learning, Roundabout User Behavior, Traffic Rule Violations, Driver Behavior Detection, Roundabout Safety

1. บทนำ

ปัจจุบันวงเวียนได้รับความนิยมในฐานะหนึ่งในโครงสร้างพื้นฐานที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและลดความแออัดของการจราจรในพื้นที่เมือง โดยการออกแบบวงเวียนช่วยให้การไหลของยานพาหนะมีความคล่องตัวมากขึ้น สามารถช่วยลดอุบัติเหตุรุนแรงที่เกิดจากการตัดสินใจในจุดตัดทางแยกและสัญญาณไฟจราจร การใช้วงเวียนจึงมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงระบบการจราจรในเมืองที่มีการคับคั่งของยานพาหนะ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของวงเวียนนั้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของผู้ขับขี่เป็นหลัก เช่น การตัดสินใจยอมรับช่องว่าง การเปลี่ยนช่องจราจร และการละเมิดกฎจราจร ซึ่งพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ และความล่าช้าภายในวงเวียน [1, 2]

ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่ได้นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้วงเวียนเช่น การเรียนรู้ของเครื่อง และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดในด้านการประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลาย เนื่องจากการใช้งานในแต่ละพื้นที่จะมีองค์ประกอบที่ไม่เหมือนกัน เช่น ขนาดของวงเวียน จำนวนช่องทางการจราจร และกฎจราจรที่แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ซึ่งทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการศึกษาให้เข้ากับแต่ละพื้นที่เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ และข้อจำกัดที่สำคัญอีกอย่างจากงานวิจัยในอดีตที่มีการใช้

เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง มักมุ่งเน้นการตรวจจับพฤติกรรมการใช้ความเร็ว และการเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหันของยานพาหนะ การตอบสนองของผู้ขับขี่กับคนข้ามถนน และความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งจะเน้นไปที่รถยนต์ รถบัส รถบรรทุก รถตู้เป็นหลัก แต่ไม่ได้มีการกล่าวถึงจักรยานยนต์มากนัก งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการตรวจจับพฤติกรรมเสี่ยงของรถยนต์ และจักรยานยนต์เป็นหลัก ซึ่งจะมีการตรวจจับพฤติกรรมที่ละเมิดกฎจราจร มารยาทการขับขี่ รวมถึงพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของรถแต่ละคันภายในวงเวียน

โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง ในการจำแนก ตรวจจับ และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในวงเวียนซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งการศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลการจราจรโดยใช้โดรน จากวงเวียนที่มีเส้นแบ่งช่องจราจรที่ชัดเจน มี 2 ช่องจราจร รวมถึงมีการจราจรหนาแน่น โดยนำข้อมูลการจราจรที่ได้จากสถานที่จริงมาสร้างชุดข้อมูล จากนั้นทำการฝึกฝนแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง และทำการเขียนเงื่อนไขสำหรับการตรวจจับปัญหาที่พบบ่อยภายในวงเวียนคือ การไม่หยุดให้คนข้ามทางม้าลาย ไม่หยุดให้รถภายในวงเวียนหรือรถทางขวาไปก่อน การเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหันภายในวงเวียน หรือการใช้ความเร็วเกินกำหนด ซึ่งสามารถนำข้อมูลผลลัพธ์ไปปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของวงเวียน นโยบายการให้บริการ หรือโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องอื่นๆได้

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 พฤติกรรมของผู้ใช้วงเวียน

ในการศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้วงเวียน เป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบควบคุมการจราจรที่มีประสิทธิภาพ วงเวียนเป็นโครงสร้างทางการจราจรที่มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งสามารถช่วยลดความซับซ้อนในการจัดการการจราจร ซึ่งวงเวียนที่ดีมีศักยภาพในการลดอุบัติเหตุและเพิ่มความคล่องตัวของการจราจร แต่ในขณะเดียวกันก็อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุหากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม ซึ่งมีประเด็นสำคัญที่ได้รับการวิเคราะห์ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของยานพาหนะและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ รวมถึงลักษณะของวงเวียน เช่น ขนาด ความกว้างของช่องจราจร และจำนวนทางเข้า มีผลกระทบอย่างมากต่อระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุ [1, 2] โดยในการประเมินความปลอดภัยของวงเวียนเพื่อประเมินความรุนแรงของความขัดแย้งในแต่ละจุดของวงเวียนต่าง ๆ พบว่าความขัดแย้งที่เกิดขึ้นนั้นมาจากหลากหลายสาเหตุเช่น การเลือกช่องว่างที่ไม่เหมาะสม การขับเร็วเกินไป หรือการไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร [3] จากการศึกษาการใช้กระบวนการคิดและใช้เทคนิคการตัดสินใจสำหรับพฤติกรรมของผู้ขับขี่ พบว่าผู้ขับขี่มักจะทำการตัดสินใจตามลำดับความสำคัญและพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างกันตามสถานการณ์ในวงเวียน [4] และจากการศึกษาโดยใช้แนวทางชีววิทยาเพื่ออธิบายการตอบสนองของผู้ขับขี่ต่อสิ่งเร้าภายนอกโดยใช้ข้อมูลจากการทำงานของสมองและระบบประสาทเพื่อการตัดสินใจในสภาวะที่มีความเสี่ยงสูง พบว่าระยะการมองเห็นส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมความผิดพลาดของมนุษย์ภายในวงเวียนอย่างมีนัยสำคัญ

ในส่วนของพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ มักมีแนวโน้มตัดสินใจเข้าสู่วงเวียนในช่องว่างที่แคบกว่าผู้ขับขี่รถยนต์ ซึ่งนำไปสู่ความเสี่ยงที่สูงขึ้นในสถานการณ์ที่การจราจรหนาแน่น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจนี้ได้แก่ ประสบการณ์ของผู้ขับขี่ ความมั่นใจ และลักษณะของยานพาหนะที่คล่องตัว [5] อีกทั้งยังมีปัจจัยเสี่ยงอุบัติเหตุสำหรับผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่กำลังเข้าสู่วงเวียน พบว่าปัจจัยความเสี่ยงที่สำคัญคือความเร็วของจักรยานยนต์และการเห็นถึงความซับซ้อนของการจราจรภายในวงเวียน [6]

2.2 การนำเทคโนโลยีมาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ขับขี่

การวิเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีในงานวิจัยด้านความปลอดภัยทางถนนและพฤติกรรมผู้ขับขี่มีบทบาทสำคัญในการลดอุบัติเหตุและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น ปัญญาประดิษฐ์, การเรียนรู้ของเครื่องและคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ถูกนำมาใช้ในการตรวจจับพฤติกรรมเสี่ยง การละเมิดกฎจราจร และเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตราย

จากการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยี Video Analytics โดยกล้องวงจรปิดและโดรนถูกนำมาใช้เพื่อตรวจจับพฤติกรรมการฝ่าฝืน เช่น การขับรถฝ่าไฟแดง การใช้ความเร็วเกินกำหนด และการไม่หยุดที่จุดหยุด (Stop Line) ระบบสามารถประมวลผลสถานการณ์ในบริบทเมือง เช่น ถนนแยกหรือวงเวียนที่มีการจราจรหนาแน่นโดยใช้เทคนิค Convolutional Neural Networks (CNN) หรือแบบจำลองที่สามารถตรวจจับได้หลายวัตถุในภาพได้ เช่น YOLO (You Only Look Once) หรือ SSD (Single Shot Multibox Detector) และใช้เทคนิค Zone-based Methodology ในการแบ่งโซนภายในวงเวียนเพื่อตรวจจับการกระทำต่างๆภายในวงเวียน [7] และการใช้กล้องติดรถยนต์ และเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับข้อมูลการเร่ง การเบรก การเลี้ยว และการขับรถในวงเวียนที่ซับซ้อน เพื่อสร้างแบบจำลองพฤติกรรมและคาดการณ์อุบัติเหตุ [8] จากการศึกษาพบว่าการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้งานจะช่วยให้สามารถออกแบบโครงสร้างพื้นฐานทางถนนให้ปลอดภัยขึ้นและช่วยลดอัตราการละเมิดกฎจราจรได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะสร้างความตระหนักในด้านความปลอดภัยทางถนนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์พฤติกรรม

การศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อประมวลผลข้อมูลจากวิดีโอที่บันทึกโดยกล้องวงจรปิด ระบบจะตรวจจับเหตุการณ์เสี่ยง เช่น การเฉียดชน และวิเคราะห์พฤติกรรมจราจร เช่น การเปลี่ยนช่องจราจรแบบกะทันหันหรือการเบรกกะทันหัน นอกจากนี้ยังมีการใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องในการคาดการณ์ความเสี่ยงและปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ [9]

การพัฒนา Machine Learning Framework สำหรับ การทำนายโปรไฟล์ความเร็วของถนนในเขตเมือง โดยใช้ LightGBM และ Artificial Neural Network พร้อมกับสร้าง Prediction Interval เพื่อช่วยให้การคาดการณ์แม่นยำขึ้น ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกแบบจำลองมาจาก 650 ถนนในเขตเมือง โดยใช้ Google Maps API ในการเก็บข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ ผลลัพธ์พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเร็วของถนน ได้แก่ จำนวนช่องจราจร ถนนที่มีเกาะกลาง สัญญาณไฟจราจร ความหนาแน่นของ มาตรการ

สยบการจราจร และช่วงเวลาของวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถนนที่มีสัญญาณไฟจราจรสามารถลดความเร็วได้ถึง 27% เมื่อเทียบกับถนนที่ไม่มี ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า LightGBM + Quantile Cluster-Residual มีความแม่นยำสูงสุดที่ R^2 = 74.30% และ Prediction Interval Coverage 90.85% ซึ่งเป็นค่าที่ดีกว่าแบบจำลองดั้งเดิม จึงใช้เป็นแนวทางการวางแผนปรับปรุงถนนและระบบจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [10]

จากการศึกษาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อจำแนกและวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ขับขี่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีคนเดินเท้าและจักรยานในประเทศในเยอรมนี ซึ่งมีการติดตั้งกล้องและเซ็นเซอร์บริเวณวงเวียนเพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะโดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Unsupervised learning พบว่าผู้ขับขี่ส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมที่อยู่ในกลุ่มระมัดระวังและปกติ โดยเฉพาะเมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับคนเดินเท้าและจักรยาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทสำคัญในการลดความเร็วและเพิ่มความระมัดระวังในวงเวียน นอกจากนี้การวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่าผู้ขับขี่มีแนวโน้มชะลอความเร็วและรอสัญญาณที่ชัดเจนของสิ่งแวดล้อมต่างๆก่อนเข้าสู่วงเวียน โดยมีการจำแนกพฤติกรรมของผู้ขับขี่เป็น 3 กลุ่มดังนี้ Conservative, Normal, Aggressive ซึ่งผู้ขับขี่ส่วนใหญ่ถูกจัดอยู่ในประเภท conservative และ normal เนื่องจากความเร็วที่วงเวียนต่ำกว่าจุดตัดถนนแบบสัญญาณไฟจราจร [11]

จากการศึกษานี้จะเน้นการศึกษาด้านการประมวลผลข้อมูลภาพและสัญญาณแบบเรียลไทม์ โดยใช้ Convolutional Neural Networks (CNNs) สำหรับการสกัดคุณลักษณะจากภาพและวิดีโอที่ได้จากกล้องติดตามจราจร ในขณะที่การวิเคราะห์ลำดับเวลาของพฤติกรรมการขับขี่นั้นโดยใช้ Recurrent Neural Networks หรือ Long Short-Term Memory เพื่อจับความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของข้อมูล ทำให้สามารถตรวจจับการเบรกกะทันหันหรือการเปลี่ยนช่องจราจรที่ผิดปกติได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ งานวิจัยยังใช้เทคนิค Data Augmentation เพื่อเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูลฝึกอบรม ลดปัญหา Overfitting และปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลอง กระบวนการฝึกอบรมแบบจำลองใช้ Optimizer เช่น Adam หรือ SGD โดยมีการปรับ Hyperparameters เช่น Learning Rate, Batch Size และจำนวน Epochs รวมทั้งการเลือกใช้ Loss Function ที่เหมาะสมอย่าง Cross-Entropy สำหรับงานจำแนกประเภทหรือ Mean Squared Error สำหรับงานถดถอย อีกทั้งยังมีการประยุกต์ใช้แนวคิด Transfer Learning โดยนำแบบจำลองที่ผ่านการฝึกอบรมกับชุดข้อมูลขนาดใหญ่มา Fine-tune สำหรับงานตรวจจับพฤติกรรมในบริเวณวงเวียนซึ่งมีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมุ่งเน้นการประมวลผลบน Edge Computing เพื่อให้สามารถตอบสนองแบบเรียลไทม์และมีความแม่นยำสูงในการตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติบนถนน [12]

2.4 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 [13] เป็นกฎหมายที่กำหนดหลักเกณฑ์และข้อบังคับในการใช้ถนน เพื่อความปลอดภัย ความเป็นระเบียบเรียบร้อย และการลดอุบัติเหตุในทุกพื้นที่ของประเทศไทย โดยเฉพาะในบริเวณที่มีความซับซ้อนของการจราจร เช่น ทางร่วม ทางแยกและวงเวียน เพื่อความปลอดภัยและความคล่องตัวในการจราจร ซึ่งมาตราที่มีผลบังคับใช้เกี่ยวข้องกับวงเวียนมีดังนี้

1) มาตรา 46 (2) ห้ามมิให้ผู้ขับขี่ขับรถแซงเพื่อขึ้นหน้ารถอื่นภายในระยะสามสิบเมตรก่อนถึงทางข้าม ทางร่วมทางแยกวงเวียน หรือเกาะที่สร้างไว้ หรือทางเดินรถที่ตัดข้ามทางรถไฟ

2) มาตรา 51 (3) ถ้าจะเลี้ยวอ้อมวงเวียนหรือเกาะที่สร้างไว้ ให้ผู้ขับขี่ขับรถอ้อมไปทางซ้ายของวงเวียนหรือเกาะนั้น ในกรณีตาม (1) การเลี้ยวซ้าย และ (2) การเลี้ยวขวา ผู้ขับขี่ต้องใช้ความระมัดระวังและต้องหยุดให้ทางแก่ผู้ที่กำลังข้ามทางและรถที่กำลังผ่านทางร่วมทางแยกจากทางด้านอื่นก่อน เว้นแต่ในกรณีที่มีรถเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาพร้อมกัน ให้รถเลี้ยวซ้ายให้ทางแก่รถเลี้ยวขวาก่อน

3) มาตรา 70 ผู้ขับขี่ซึ่งขับรถเข้าใกล้ทางร่วมทางแยก ทางข้าม เส้นให้รถหยุด หรือวงเวียน ต้องลดความเร็วของรถ

4) มาตรา 73 ในกรณีที่วงเวียนใดได้ติดตั้งสัญญาณจราจรหรือเครื่องหมายจราจร ผู้ขับขี่ต้องปฏิบัติตามสัญญาณจราจรหรือเครื่องหมายจราจรนั้น ถ้าไม่มีสัญญาณจราจรหรือเครื่องหมายจราจรตามวรรคหนึ่ง เมื่อผู้ขับขี่ขับรถมาถึงวงเวียน ต้องให้สิทธิแก่ผู้ขับขี่ ซึ่งขับรถอยู่ในวงเวียนทางด้านขวาของตนขับผ่านไปก่อน ในกรณีที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควรเพื่อความปลอดภัยหรือความสะดวกในการจราจรจะให้สัญญาณจราจร เป็นอย่างอื่นนอกจากที่บัญญัติไว้ในวรรคหนึ่งหรือวรรคสองก็ได้ ในกรณีเช่นนี้ผู้ขับขี่ต้องปฏิบัติตามสัญญาณจราจรที่พนักงานเจ้าหน้าที่กำหนด

5) มาตรา 104 ภายในระยะไม่เกินหนึ่งร้อยเมตรนับจากทางข้าม ห้ามมิให้คนเดินเท้าข้ามทางข้ามนอกทางข้าม

6) มาตรา 119 ห้ามมิให้ผู้ขับขี่รถเข้าไปในเขตปลอดภัย เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากพนักงานจราจร

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาที่วงเวียนบริเวณประตูทางเข้าของพยาบาลสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เนื่องจากเป็นวงเวียนขนาดกลางถึงใหญ่ มีการจราจรสองช่องจราจร แบ่งแยกช่องจราจรด้วยเส้นจราจรที่ชัดเจน มีทิศทางการจราจร 4 ทิศทาง มีทางม้าลาย รวมถึงมีเครื่องหมายและผิวจราจรใหม่ อีกทั้งยังเป็นทางเข้าที่สำคัญของพยาบาลสงขลานครินทร์ ทำให้วงเวียนแห่งนี้มีการจราจรต่อเนื่องตลอดวัน นอกจากนี้ยังสามารถเห็นถึงพฤติกรรมการฝ่าฝืนกฎจราจรได้ ไม่ว่าจะเป็นการขับรถเร็วกว่ากำหนด การตัดหน้ารถทางขวาหรือรถภายในวงเวียน และการไม่หยุดให้คนข้ามทางม้าลายเป็นต้น



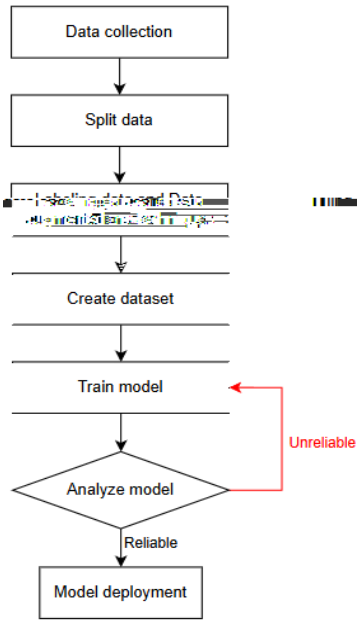
รูปที่ 1 สภาพพื้นที่ศึกษา

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลการจราจรภาคสนาม

การเก็บข้อมูลการจราจรภาคสนามสำหรับงานวิจัยนี้จัดทำโดยการบินโดรนบริเวรวงเวียนที่ศึกษา เพื่อจัดเก็บข้อมูลการจราจรของรถยนต์และจักรยานยนต์ภายในวงเวียน รวมถึงคนข้ามถนนบนทางม้าลายเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการจำแนกพฤติกรรมการขับขี่เช่นกัน งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ว่าเป็นไปตามพระราชบัญญัติจราจรทางบกหรือไม่ พ.ศ. 2522 [13] การเก็บข้อมูลโดยการใช้โดรน DJI Air 2S กำหนดความสูงไว้ที่ 85 เมตร ทำการบันทึกวิดีโอในช่วงเวลาไม่เร่งด่วน ในเวลากลางวัน (13:00 – 15:00) เนื่องจากจะสามารถเห็นได้ถึงพฤติกรรมที่แท้จริงของผู้ขับขี่ โดยไม่มีการแทรกแซงการจราจรจากพนักงานจราจร โดยบันทึกวิดีโอวันละ 30 นาที ในวันจันทร์ - ศุกร์ และเก็บข้อมูลทุกๆ 3 เดือนต่อเนื่องจนครบ 1 ปีมีระยะเวลาของวิดีโอรวมเป็น 600 นาที

3.3 การพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง

หลังจากได้ข้อมูลการจราจรแล้วนำข้อมูลวิดีโอมาจำแนกพฤติกรรมการขับขี่ โดยการนำเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์วิทัศน์ ซึ่งใช้แบบจำลอง YOLO (You Only Look Once) และใช้เทคนิค Bytetrack มาใช้ในการจำแนกพฤติกรรมของผู้ขับขี่ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่พิจารณาได้แก่ ความเร็ว การเปลี่ยนช่องจราจร พฤติกรรมการให้ทาง การหยุดให้คนข้ามทางม้าลาย รวมถึงการละเมิดกฎจราจรในวงเวียน โดยเริ่มต้นพัฒนาแบบจำลองจากแบบจำลองตั้งต้นจากโปรเจค Supervision by Roboflow ซึ่งเป็นโปรเจคสาธารณะและสามารถตรวจจับรถได้อยู่แล้วมาฝึกฝนการตรวจจับจักรยานยนต์ และคนเดินเท้าเพิ่มเติมจากข้อมูลสถานที่จริง และทำการระบุฉลากโดยใช้ universe.roboflow.com สร้างชุดข้อมูลและนำชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนแบบจำลองมารวมกันจะมีรูปภาพที่ต้องทำการฝึกฝนเพิ่มเป็นจำนวน 1,125 รูป มีรูปที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง 188 รูป และรูปสำหรับการตรวจสอบการฝึกฝน 62 รูป โดยเบื้องต้นทำการฝึกฝนก่อน 100 รอบซึ่งเป็นจำนวนขั้นต่ำสำหรับการฝึกฝนแบบจำลอง และทำการฝึกฝนเพิ่มเติมต่อเนื่องจนกว่าจะไม่มีผลลัพธ์ที่ดีกว่าภายใน 20 รอบ (สิ้นสุดที่ 122 รอบ) ซึ่งในการฝึกฝนจะใช้ เทคนิค data augmentation คือ Mosaic Augmentation เป็นเทคนิคที่นำ 4 ภาพที่แตกต่างกัน มารวมเป็นภาพเดียว โดยการแบ่งพื้นที่ของแต่ละภาพออกเป็น 4 ส่วนแล้วนำมาผสมกัน MixUp Augmentation เป็นเทคนิคที่นำ ภาพ 2 ภาพ มาผสมกันโดยนำค่าพิกัดของแต่ละภาพมาผสมกันในอัตราส่วนที่กำหนด และ Label ของภาพก็จะถูกผสมกันด้วย AutoAugment เป็นเทคนิคที่ใช้การปรับสี การหมุนภาพ การเปลี่ยนความสว่าง การครอบตัดบางส่วนของภาพ เป็นต้น โดยเทคนิคทั้งหมดที่กล่าวมานี้ใช้สำหรับเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลองที่มากยิ่งขึ้น หลังจากทำการฝึกฝนแบบจำลองเสร็จสิ้นแล้วได้ผลลัพธ์คือความแม่นยำของการทำนาย (Precision), ความสามารถในการตรวจจับวัตถุ (Recall), ภาพรวมความแม่นยำของแบบจำลองที่ร้อยละ 50 (mAP@50) และร้อยละ 50 ถึง 95 (mAP@50-95)



รูปที่ 2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง

3.4 การพัฒนาเงื่อนไขของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ขับขี่

หลังจากได้รับข้อมูลการตรวจจับวัตถุทั้งรถยนต์ จักรยานยนต์ และคนข้ามถนนแล้วจะมีการกำหนดโซนสำหรับการตรวจจับเงื่อนไข และกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อระบุถึงพฤติกรรมที่มีความเสี่ยง ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การตรวจจับพฤติกรรมของรถยนต์และจักรยานยนต์ที่สัญจรภายในวงเวียนตามพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 [13] ได้แก่

1. การไม่หยุดให้คนข้ามทางม้าลาย กำหนดเป็นโซนสี่เหลี่ยม (สีน้ำเงิน) ที่ตรวจจับว่าหากมีคนอยู่และมียานพาหนะเข้ามาถือว่าเข้าเงื่อนไข
2. การไม่หยุดให้รถภายในวงเวียนหรือรถทางขวาไปก่อน กำหนดเป็นโซนสำหรับตรวจจับยานพาหนะ ซึ่งจะใช้เป็นโซนหลายเหลี่ยม (สีชมพู) เพื่อให้โซนครอบคลุมพื้นที่สำหรับการตรวจจับให้มากที่สุด ตั้งอยู่ในตำแหน่งทางขวาของทางเข้าวงเวียน และทำงานร่วมกับเส้น (สีส้ม) ที่ตั้งอยู่บนเส้นให้ทางก่อนเข้าสู่วงเวียน มีเงื่อนไขคือหากมียานพาหนะผ่านเส้นนี้ขณะที่มียานพาหนะอื่นในโซนหลายเหลี่ยมทางขวาถือว่าเข้าเงื่อนไข

3. การเปลี่ยนช่องจราจรบนเส้นทึบภายในวงเวียน กำหนดเป็นเส้นโค้ง (สีเหลือง) วาดลงบนเส้นทึบภายในวงเวียน เมื่อมียานพาหนะเข้ามาเหยียบเส้นนี้ถือว่าเข้าเงื่อนไข

4. การใช้ความเร็วเกินกำหนด เป็นการกำหนดจุดอ้างอิงหลายๆจุด และวัดระยะอ้างอิงจากจุดอ้างอิง และใช้แบบจำลองคำนวณความเร็วจากระยะทาง และเวลาที่ยานพาหนะนั้นใช้เมื่อเข้ามาในเฟรม

5. การเว้นช่องว่างระหว่างคัน โดยการวัดระยะของยานพาหนะที่เข้าใกล้ยานพาหนะด้านหน้าที่ใกล้ที่สุดภายในวงเวียนซึ่งกำหนดให้เป็นโซนวงกลม (สีเขียว) และบันทึกระยะที่น้อยที่สุดจากยานพาหนะด้านหน้า

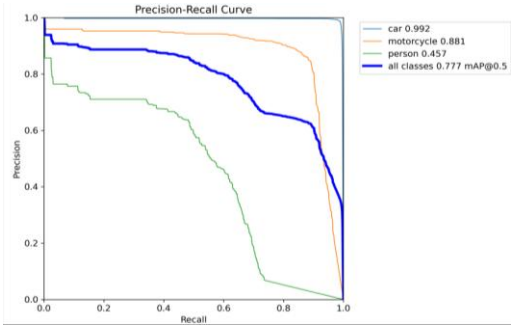


รูปที่ *0* การกำหนดโซนตรวจจับ

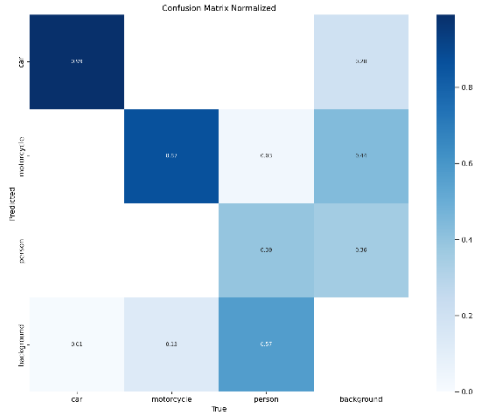
3.5 ผลการศึกษา

3.5.1 ผลลัพธ์การฝึกฝนแบบจำลอง

ผลลัพธ์จากการฝึกฝนแบบจำลองเพิ่มเติมด้วยชุดข้อมูลจริง พบว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 77% ซึ่งจะเป็นรถยนต์ประมาณ 99% จักรยานยนต์ 88% และคน 45% ดังรูปที่ 4 จากผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการตรวจจับคนค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจจับยานพาหนะ เมื่อดูความถูกต้องของแบบจำลองดังรูปที่ 5 พบว่าแบบจำลองทำนายว่าคนคือพื้นหลังของรูปภาพ เนื่องจากภาพคนอาจจะมีขนาดที่เล็กและกลืนกับพื้นหลัง เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ใช้มาฝึกฝนแบบจำลองที่ไม่เพียงพอ เพราะข้อมูลที่นำไปสร้างชุดข้อมูลจากสถานที่จริง มีจำนวนคนเดินเท้าที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับยานพาหนะ



รูปที่ *1* ประสิทธิภาพการตรวจจับของแบบจำลอง



รูปที่ ความถูกต้องของการตรวจจับของแบบจำลอง

3.5.2 ผลลัพธ์การตรวจจับการจราจรภายในวงเวียน

จากการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากวิดีโอในช่วงเวลาไม่เร่งด่วน ในเวลากลางวัน เนื่องจากจะสามารถเห็นได้ถึงพฤติกรรมที่แท้จริงของผู้ขับขี่ โดยจากการบันทึกวิดีโอครั้งละ 30 นาที จนครบระยะเวลา 1 สัปดาห์ (วันจันทร์-วันศุกร์) ได้รับข้อมูลในช่วง 1 ถึง 3 เดือนแรกรวมเป็นระยะเวลาวิดีโอ 150 นาที พบว่าสัดส่วนของผู้ขับขี่ทั้งหมด 6,417 ครั้งแบ่งเป็นการขับขี่แบบปกติคือ 3,627 ครั้งหรือ 57% และผู้ละเมิดกฎจราจรคือ 2,790 ครั้งหรือ 43% ดังรูปที่ 6 สามารถแบ่งผู้ละเมิดกฎจราจรตามประเภทของยานพาหนะเป็นรถยนต์ 1,105 คันหรือ 40% และจักรยานยนต์ 1,685 คันหรือ 60% ดังรูปที่ 7 ซึ่งการละเมิดสามารถแยกสาเหตุได้เป็น การไม่หยุดให้รถทางขวาหรือภายในวงเวียนไปก่อน 641 คันหรือ 21% การไม่หยุดให้คนข้ามถนนใกล้เคียง 0% และการขับเร็วเกินกำหนด 2,327 คันหรือ 79% ดังรูปที่ 8 และจากการศึกษาสามารถจำแนกพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ละเมิดกฎจราจรทั้งรถยนต์และจักรยานยนต์ มีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการขับรถเร็วเกินกำหนด โดยสัดส่วนของรถยนต์อยู่ที่ 702 คันหรือ 60% ดังรูปที่ 9 และสัดส่วนของจักรยานยนต์อยู่ที่ 1,625 คันหรือ 92% ดังรูปที่ 10 ซึ่งวงเวียนแห่งนี้มีการจำกัดความเร็วที่ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง และพบว่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 28 กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 55 กิโลเมตร/ชั่วโมง และผู้ขับขี่ส่วนใหญ่จะใช้ความเร็วอยู่ในช่วง 25 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถึง 35 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็น 73.43% ของการใช้ความเร็วทั้งหมด อีกหนึ่งสาเหตุของการละเมิดกฎจราจรคือการไม่หยุดให้รถในวงเวียน หรือรถทางขวาไปก่อน เป็นสัดส่วนของรถยนต์ 468 คันหรือ 40% ดังรูปที่ 8 และเป็นสัดส่วนจักรยานยนต์ 146 คันหรือ 8% ดังรูปที่ 9 อีกทั้งการศึกษานี้ได้วัดระยะช่องว่างที่น้อยที่สุดที่เกิดขึ้นที่ผู้ขับขี่สามารถยอมรับได้ระหว่างยานพาหนะอยู่ที่ประมาณ 0.73 เมตร ซึ่งเป็นช่องว่างระหว่างยานพาหนะทั้ง 2 คันภายในวงเวียนโดยจะเป็นการวัดระยะทางจากด้านหน้าของยานพาหนะถึงด้านหลังของยานพาหนะด้านหน้า และผู้ขับขี่ส่วนใหญ่จะเว้นช่องว่างอยู่ในช่วง 4 เมตร ถึง 7 เมตร จากการสุ่มนับจำนวนการละเมิดกฎจราจรในวิดีโอ โดยแบ่งเป็นการตรวจจับจากคน และแบบจำลองดังรูปที่ 11 พบว่าสามารถตรวจจับความเร็ว และการตรวจจับการไม่หยุดให้รถทางขวาไปก่อนได้ดี แต่ยังมีปัญหาด้านการตรวจจับการไม่

หยุดให้คนข้ามถนน เนื่องจากแบบจำลองยังไม่สามารถตรวจจับคนได้ดีพอ ทำให้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร

รูปที่ สัดส่วนของสาเหตุการละเมิดกฎจราจรของจักรยานยนต์

รูปที่ *3* *สัดส่วนของผู้ขับขี่ปกติกับผู้ขับขี่ที่ละเมิดกฎจราจร*

รูปที่ การเปรียบเทียบจำนวนการตรวจจับระหว่างมนุษย์ และแบบจำลอง

รูปที่ สัดส่วนของผู้ขับขี่ที่ละเมิดกฎจราจร

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องเพื่อตรวจจับพฤติกรรมเสี่ยงของผู้ขับขี่บริเวณวงเวียนโดยใช้โดรนในการเก็บข้อมูลการจราจร ที่มีพื้นที่ศึกษาคือวงเวียนบริเวณประตูทางเข้าโรงของพยาบาลสงขลานครินทร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ พบว่าผู้ขับขี่ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ดี แต่ยังมีผู้ละเมิดกฎจราจรมากถึง 43% ไม่ว่าจะเป็นการไม่หยุดให้รถทางขวาหรือภายในวงเวียนไปก่อน การไม่หยุดให้คนข้ามถนน

รูปที่ สัดส่วนของสาเหตุการละเมิดกฎจราจรในภาพรวม

รูปที่ สัดส่วนของสาเหตุการละเมิดกฎจราจรของรถยนต์

ชี้ให้เห็นว่าสามารถนำการเรียนรู้ของเครื่องมาใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจจับพฤติกรรมเสี่ยงได้ รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบนโยบายการจราจร การปรับปรุงลักษณะกายภาพของวงเวียนได้ แต่จำเป็นต้องมีการฝึกฝนแบบจำลองที่มากพอ และจำเป็นต้องวางเงื่อนไขที่ละเอียดรอบคอบเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการประมวลผล

เอกสารอ้างอิง

[1] S. Daniels, T. Brijs, E. Nuyts, and G. Wets, "Externality of risk and crash severity at roundabouts," Accid Anal Prev, vol. 42, no. 6, pp. 1966-73, Nov 2010.

[2] A. Maji and I. Ghosh, "A systematic review on roundabout safety incorporating the safety assessment methodologies, data collection techniques, and driver behavior," Safety Science, vol. 181, 2025.

[3] L. Li, Z. Zhang, Z. G. Xu, W. C. Yang, and Q. C. Lu, "The role of traffic conflicts in roundabout safety evaluation: A review," Accid Anal Prev, vol. 196, p. 107430, Mar 2024.

[4] B. Monsalve, N. Aliane, E. Puertas, and J. F. Andrés, "Think Aloud Protocol and Decision Tree for Driver Behavior Modeling at Roundabouts," IEEE Access, vol. 11, pp. 41444-41454, 2023.

[5] อิศรศักดิ์ ไชยโคตร, วิชุดา เสถียรนาม, และ ธเนศ เสถียรนาม, "พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บริเวณทางเข้าวงเวียนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น." การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28, ภูเก็ต, 2566.

[6] พงศ์พิวัชร์ จันทร์วงษา, วิชุดา เสถียรนาม, และ ธเนศ เสถียรนาม, "ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชนของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขณะเข้าสู่วงเวียน." การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28, ภูเก็ต, 2566.

[7] Y. M. Bhavsar, M. S. Zaveri, M. S. Raval, and S. B. Zaveri, "Vision-based investigation of road traffic and violations at urban roundabout in India using UAV video: A case study," Transportation Engineering, vol. 14, 2023.

[8] P. St-Aubin, "Driver Behaviour and Road Safety Analysis Using Computer Vision and Applications in Roundabout Safety," 2016.

[9] P. St-Aubin, N. Saunier, and L. Miranda-Moreno, "Large-scale automated proactive road safety analysis using video data," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 58, pp. 363-379, 2015.

[10] E. Gañan-Cardenas, J. I. Pemberthy-R, M. L. Suárez-Gómez, J. R. Ballesteros, and J. W. Branch-Bedoya, "Machine learning framework for predicting urban road speed profiles and uncertainty," International Journal of Transportation Science and Technology, 2025.

[11] F. A. Hamad, R. Hasiba, D. Shahwan, and H. I. Ashqar, "How Do Drivers Behave at Roundabouts in a Mixed Traffic? A Case Study Using Machine Learning," ArXiv, vol. abs/2309.13442, 2023.

[12] S. YAQOOB, "Road Safety: Abnormal Driver Behavior Detection through Deep Learning," PhD, DEPARTMENT OF ELECTRICAL, ELECTRONIC AND COMPUTER ENGINEERING, UNIVERSITY OF CATANIA, 2023.

[13] สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, "พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522.," 2522.