บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาและทดสอบระบบการตรวจจับและติดตามวัตถุ รวมถึงการทำนายตำแหน่งโดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อให้ระบบอัตโนมัติมีความสามารถในการตรวจจับวัตถุ ชะลอความเร็ว และหยุดรถเมื่อพบความเสี่ยงจากการชน การพัฒนาและทดสอบระบบนั้นได้ครอบคลุมตั้งแต่การตรวจจับวัตถุจากกล้อง การติดตามวัตถุ และการทำนายตำแหน่งของรถอัตโนมัติโดยใช้เซ็นเซอร์หลายประเภท

5.1.1 ผลการทดสอบระบบตรวจจับวัตถุ

ระบบตรวจจับวัตถุที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) สามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในระหว่างการทดสอบ ระบบสามารถตรวจจับวัตถุที่มีทั้งการเคลื่อนไหวและไม่เคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ โดยกราฟ PR-Confidence และ F1-Confidence Curve แสดงถึงความแม่นยำของระบบในระดับสูง โดยมีค่า F1 สูงถึง 0.98 และค่า Precision สูงถึง 1.00 แสดงถึงความแม่นยำของการตรวจจับวัตถุในระบบ ซึ่งทำให้สามารถตอบสนองต่อสถานการณ์การชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.2 ผลการทดสอบระบบติดตามวัตถุ

ระบบติดตามวัตถุทำงานได้อย่างแม่นยำ โดยค่า Tracking Accuracy ในการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 85% - 95% และสามารถจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของการติดตามที่มีความซับซ้อนได้ดี ทั้งในกรณีที่มีการเคลื่อนไหวของวัตถุอย่างชัดเจนและกรณีที่วัตถุถูกบดบังชั่วคราว การทดสอบแสดงให้เห็นว่า การสลับ ID (ID Switches) และ Lost Tracks ที่เกิดขึ้นมีจำนวนน้อยซึ่งบ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของระบบในการติดตามวัตถุในสถานการณ์จริง

5.1.3 ผลการทำนายตำแหน่ง

การปรับปรุงการระบุตำแหน่งของระบบกล้องตรวจจับวัตถุทำให้ความแม่นยำในการทำนายตำแหน่งเพิ่มขึ้นอย่างมาก จากการทดสอบก่อนและหลังการปรับปรุงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนลดลงจาก 0.03736 เมตร เป็น 0.00905 เมตร หรือประมาณ 75.76% ซึ่งทำให้ระบบสามารถระบุตำแหน่งของวัตถุได้แม่นยำยิ่งขึ้น

ผลการทำนายตำแหน่งโดยใช้โมเดล Artificial Neural Network (ANN) สำหรับระบบกล้องและรถอัตโนมัติแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความแม่นยำในการทำนายสูงมาก ค่า Mean Squared Error (MSE) สำหรับโมเดลการทำนายตำแหน่งจากกล้องอยู่ที่ 0.0038 และสำหรับโมเดลของรถอัตโนมัติอยู่ที่ 0.0058 ซึ่งแสดงถึงการทำนายตำแหน่งที่มีความแม่นยำมาก

5.1.4 ผลการทดสอบการชะลอความเร็วและหยุดเมื่อเสี่ยงเกิดการชน

ระบบสามารถตรวจจับและตอบสนองต่อความเสี่ยงในการชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบมีการตอบสนองรวดเร็วต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งในวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน วัตถุที่อยู่นิ่ง และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นสภาพแสงน้อยหรือการมีน้ำบนพื้นแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถหยุดรถได้ทันเวลาก่อนเกิดการชน โดยมีความเร็วตอบสนองเฉลี่ยที่ดีเยี่ยมในระดับ 0.2 - 0.5 วินาที และความเร็วรถขณะทดสอบอยู่ในช่วง 2.0 - 2.5 เมตรต่อวินาที

5.1.5 การประยุกต์ใช้ในระบบอัตโนมัติ

การทดสอบระบบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้งานในรถอัตโนมัติที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ทั้งในส่วนของการตรวจจับ การติดตาม การทำนายตำแหน่ง รวมถึงการชะลอความเร็วและหยุดเมื่อเสี่ยงเกิดการชน ระบบสามารถทำงานได้แม่นยำและตอบสนองได้รวดเร็วในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งแสดงถึงความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของระบบในการปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมจริง

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบตรวจจับและติดตามวัตถุ การทำนายตำแหน่ง และการชะลอความเร็วและหยุดรถเมื่อเสี่ยงเกิดการชนที่มีประสิทธิภาพสูง โดยการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และเซ็นเซอร์ที่แม่นยำ ทำให้ระบบสามารถทำงานได้ในสภาวะที่หลากหลายและซับซ้อน ทั้งนี้ งานวิจัยสามารถประยุกต์ใช้กับระบบรถอัตโนมัติและระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหลีกเลี่ยงการชนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาระบบตรวจจับ ติดตาม และทำนายตำแหน่งของวัตถุในระบบรถอัตโนมัติ มีข้อเสนอแนะหลายประการที่ควรนำไปพิจารณาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและขยายขอบเขตการนำไปใช้ในงานที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

5.2.1 การพัฒนาความแม่นยำของการตรวจจับและติดตามวัตถุในสภาวะที่ซับซ้อนมากขึ้น

จากการทดลอง ระบบสามารถตรวจจับและติดตามวัตถุได้อย่างแม่นยำในสถานการณ์ที่มีสภาวะแวดล้อมปกติ หากนำไปใช้งานในสภาวะที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น สภาพแวดล้อมที่มีฝุ่น หมอก หรือวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวรวดเร็วมากขึ้น การตรวจจับและติดตามอาจเกิดความผิดพลาด ดังนั้น การฝึกฝนโมเดลด้วยข้อมูลที่หลากหลายและซับซ้อนมากขึ้นเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุในทุกสภาวะ

5.2.2 การรวมข้อมูลจากหลายเซ็นเซอร์ (Sensor Fusion)

แม้ว่าการใช้เซ็นเซอร์ LiDAR และกล้องจะให้ผลที่ดีในเรื่องของการตรวจจับและทำนายตำแหน่ง แต่การรวมข้อมูลจากหลายเซ็นเซอร์ (Sensor Fusion) อาจเพิ่มความแม่นยำในการทำนายตำแหน่งได้มากขึ้น โดยการใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์เพิ่มเติม เช่น GPS, Radar, และ Ultrasonic sensors ซึ่งจะช่วยให้ระบบสามารถรับรู้ตำแหน่งและลักษณะของวัตถุได้แม่นยำขึ้นและเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

5.2.3 การพัฒนาความเร็วในการประมวลผล

ในการทดลอง ระบบสามารถตอบสนองต่อสถานการณ์การชนได้อย่างรวดเร็วในช่วงเวลาที่เหมาะสม (0.2-0.5 วินาที) แต่การนำไปใช้ในสถานการณ์จริงในความเร็วสูง เช่น ในยานพาหนะที่วิ่งบนถนนด้วยความเร็วสูง จะต้องมีการพัฒนาความเร็วในการประมวลผลของระบบให้ดีขึ้นอีก การเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผลในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณา เพื่อให้ระบบสามารถตัดสินใจได้ในเวลาที่สั้นลงและปลอดภัยมากขึ้น

5.2.4 การประเมินผลการทำงานของระบบในสภาวะกลางคืนหรือแสงน้อย

การทดลองนี้ยังคงจำกัดในสภาวะแสงที่เป็นปกติ ดังนั้น ควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในสภาวะแสงน้อยหรือการขับขี่ยานพาหนะในเวลากลางคืน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบในการทำงานในช่วงเวลาที่แสงน้อย รวมถึงการพัฒนาระบบให้รองรับการตรวจจับและทำนายตำแหน่งในสถานการณ์เหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.5 การนำปัญญาประดิษฐ์มาปรับปรุงการตัดสินใจของระบบ

ในส่วนของการทำนายตำแหน่งแม้ว่าระบบจะทำงานได้ดี แต่การนำ AI หรือ Machine Learning เข้ามาปรับปรุงในส่วนของการตัดสินใจเมื่อพบสถานการณ์เสี่ยง เช่น การ

คำนวณความน่าจะเป็นของการชน (Collision Probability) จะช่วยให้ระบบสามารถตอบสนองได้ดีขึ้นและลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุได้มากยิ่งขึ้น

5.2.6 การปรับปรุงโมเดล ANN

ในการพัฒนาโมเดล ANN สำหรับการทำนายตำแหน่ง พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนยังอยู่ในระดับที่น้อย แต่สามารถปรับปรุงโมเดลเพิ่มเติมได้ โดยการเพิ่มจำนวนข้อมูลในการฝึกฝนให้ครอบคลุมทุกสถานการณ์ และปรับโครงสร้างของโมเดลให้ซับซ้อนมากขึ้น เพื่อให้สามารถเรียนรู้ลักษณะการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น

5.2.7 การทดสอบในสถานการณ์จริงและการใช้งานภาคสนาม

ควรมีการทดสอบระบบในสถานการณ์จริงและภาคสนามที่มีความซับซ้อน เช่น การจราจรบนถนนที่มีรถจำนวนมาก หรือสถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศแปรปรวน เพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของระบบในสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นจริงและปรับปรุงให้มีความแม่นยำมากขึ้น

5.2.8 การพัฒนาและทดสอบกับวัตถุที่มีลักษณะและขนาดที่แตกต่างกัน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกับวัตถุที่มีขนาดและความเร็วในระดับหนึ่ง การทดสอบในอนาคตควรมีการทดสอบกับวัตถุที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน เช่น วัตถุที่มีขนาดเล็กและใหญ่ หรือวัตถุที่เคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูง เพื่อให้สามารถปรับแต่งโมเดลให้สามารถตรวจจับวัตถุเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.9 การพัฒนาให้ระบบสามารถทำงานร่วมกับระบบควบคุมการเคลื่อนที่อื่น ๆ

ควรพิจารณาการพัฒนาให้ระบบตรวจจับและติดตามวัตถุสามารถทำงานร่วมกับระบบควบคุมการเคลื่อนที่อื่น ๆ ได้ เช่น ระบบการนำทางอัตโนมัติ (Autonomous Navigation) หรือระบบการหลีกเลี่ยงอุปสรรค (Obstacle Avoidance System) เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

การวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการพัฒนาระบบตรวจจับและติดตามวัตถุที่มีความแม่นยำสูงควรปรับปรุงความแม่นยำในสถานการณ์ที่ซับซ้อนและการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เช่น การรวมข้อมูลจากหลายเซ็นเซอร์ และการปรับปรุงการทำงานของโมเดลปัญญาประดิษฐ์ จะช่วยให้ระบบนี้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรเพิ่มการทดสอบในสภาวะจริงและการทำงานร่วมกับระบบอื่น ๆ จะช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้งานในสถานการณ์ที่หลากหลายมากขึ้นและลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้มากยิ่งขึ้น