

การพัฒนาระบบติดตามพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ

ประวีณ ไหมเกตุ^{1*}

Received : October 31, 2023

Revised : May 25, 2024

Accepted : July 24, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบติดตามพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ 2) ประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบติดตามพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ 3) ประเมินความพึงพอใจของการใช้งานระบบติดตามพฤติกรรม การขับขี่รถจักรยานยนต์ และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ ผลการวิจัย พบว่า 1) ระบบตรวจจับพฤติกรรม การขับขี่รถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุในการพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ในการออกแบบฮาร์ดแวร์การทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 สำหรับ ควบคุมการทำงานของโมดูล GY-521 (MPU 6050) โดยเซนเซอร์สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำด้วยการปรับตั้ง ค่า (Calibration) ตัวเซนเซอร์ด้วยไลบรารี (Library) ของโมดูล GY-521 (MPU 6050) การทำงานร่วมกับโมดูล Arduino 3G Shield ที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยัง Server พร้อมทั้งศึกษาความแม่นยำในการส่งสถานที่และการส่ง SMS ในกรณีการเกิดอุบัติเหตุซึ่งสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนของซอฟต์แวร์มีการพัฒนา แบบแอปพลิเคชันบนมือถือโดยมีการพัฒนาตามวงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC 6 ขั้นตอนซึ่งการทำงานระหว่างส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) ผลประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิด อุบัติเหตุในการพัฒนาระบบมีการวางแผนขั้นตอนทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.28$, S.D. = 0.68) 3) ผลประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือน เมื่อเกิดอุบัติเหตุทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.37$, S.D. = 0.59)

คำสำคัญ: การตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่ ความพึงพอใจต่อระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่ ประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่ อาศัยโน้

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

อีเมล: praveenm@siamtechno.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: praveenm@siamtechno.ac.th

DEVELOPMENT OF BIKER'S BEHAVIOR TRACKING AND ACCIDENT DETECTOR SYSTEM

Praveen Maigate^{1*}**Abstract**

This research aimed to 1) develop a biker's behavior tracking and accident detector system, 2) evaluate the performance of the system, and 3) assess satisfaction with its use. The results revealed that: 1) the system for biker's behavior tracking and accident detection has been developed into two parts—hardware and software. The hardware design involves the Arduino Uno R3 microcontroller board controlling the GY-521 (MPU 6050) module, ensuring sensor accuracy through calibration using its library, and working with the Arduino 3G Shield module for data transmission to the server. The system's efficiency in accurately sending location data and SMS notifications during accidents has been studied. The software component entails developing a mobile application following the System Development Life Cycle (SDLC) with six steps, ensuring efficient interaction between hardware and software components. 2) The effectiveness evaluation of the biker's behavior tracking and accident detection system in system development indicates that planning across all three aspects is at a good level ($\bar{X} = 4.28$, S.D. = 0.68). 3) The satisfaction assessment of the biker's behavior tracking and accident detection system shows positive ratings across all three aspects ($\bar{X} = 4.37$, S.D. = 0.59).

Keywords: Driving behavior detection, Satisfaction with the driving behavior detection, Performance of the driving behavior detection system, Arduino

¹ Lecture of Business Computer Program in Business Administration, Siam Technological College, e-mail: praveenm@siamtechno.ac.th

* Corresponding author, e-mail: praveenm@siamtechno.ac.th

บทนำ

การเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศไทยยังคงมีสถิติการเกิดขึ้นสูงโดยอ้างอิงจากข้อมูลทางสถิติอุบัติเหตุจราจร ซึ่งรายงานสถิติจากศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน (ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน, 2566) พบว่า มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุจราจรในประเทศไทยแบ่งเป็นผู้เสียชีวิต 2,851 ราย และบาดเจ็บถึง 144,131 ราย ซึ่งจากข้อมูล พบว่า รถจักรยานยนต์มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงที่สุดถึงร้อยละ 79 ซึ่งสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุเหล่านั้นประกอบไปด้วยปัจจัยหลายอย่างทั้งพฤติกรรม การขับขี่ เช่น ขับโดยใช้ความเร็วเกินกำหนด ไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร เมาสุรา ขณะขับรถ เป็นต้น จากสถิติที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า รถจักรยานยนต์มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุที่สูงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่งซึ่งสาเหตุในการเกิดอุบัติเหตุเหล่านั้น มาจากพฤติกรรม การขับขี่ที่เป็นอันตราย เช่น ใช้ความเร็วในการขับขี่เกินกำหนด หรือเปลี่ยนเลนกะทันหันทำให้เกิดการเฉี่ยวชน เป็นต้น แม้ว่าทางรัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีการณรงค์ให้ขับอย่างปลอดภัยบนท้องถนน ไม่ว่าจะเป็นช่วงเทศกาลต่าง ๆ เช่น เทศกาลวันขึ้นปีใหม่ เทศกาลวันสงกรานต์ หรือในช่วงเวลาปกติ

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ใช้ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูกใช้สำหรับการติดตามบอกตำแหน่งที่อยู่ และนำทาง อีกทั้งยังสามารถนำพิกัดที่ได้จาก GPS มาใช้สำหรับเก็บรวบรวมพฤติกรรม การขับขี่ เช่น การติดตามพฤติกรรม การใช้รถจักรยานยนต์ของบุรุษไปรษณีย์ โดยการเฝ้าติดตามความเร็วในการขับขี่ โดยจะมีการวัดค่าเฉลี่ยออกมาเป็นรายงานว่าการมีการขับขี่ที่เป็นอันตรายหรือไม่ (ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน, 2566) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการติดตามพฤติกรรม การใช้ความเร็วในการขับขี่และบอกตำแหน่งที่อยู่ ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ นอกเหนือจาก GPS แล้วการติดตามพฤติกรรม การขับขี่ยังสามารถใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง (Accelerometer) และเซนเซอร์ตรวจจับแรงแท่ง (Gyroscope) ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่ถูกนำมาใช้ในงานที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นพื้นฐานของระบบตรวจจับการล้ม Jo, et al. (2015). ซึ่งจะวิเคราะห์พฤติกรรม การใช้ชีวิตประจำวันในท่าทางต่าง ๆ หรือใช้ในการเก็บพฤติกรรมในการขับรถว่ามีความเสี่ยงหรือไม่ Madansingh, et al. (2015) โดยการนำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟน (Smartphone) มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการต่าง ๆ จากนั้นจะได้ค่าที่เป็นไปได้ในการระบุพฤติกรรม การขับขี่ว่ามีความปลอดภัยหรือไม่ หรือมีแนวโน้มที่เป็นอันตราย

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่า โดยส่วนใหญ่ใช้เซนเซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟน (Smartphone) และ GPS เก็บข้อมูลทางด้านพฤติกรรม ซึ่งการที่นำเซนเซอร์จากสมาร์ทโฟน มาใช้ในการเก็บข้อมูลพฤติกรรม การขับขี่รถจักรยานยนต์นั้นไม่เหมาะสมในด้านการใช้งานที่ต้องติดตั้ง ให้อยู่ในทิศทางตามแนวแกนของเซนเซอร์ และเมื่อต้องการใช้สมาร์ทโฟน เช่น การรับสาย หรือการโทรออก อาจทำให้ค่าที่ได้จากเซนเซอร์มีความคลาดเคลื่อน จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้โดยการนำเซนเซอร์ที่อยู่ในรูปแบบ

ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง (Accelerometer) เซนเซอร์ตรวจจับแกนหมุน (Gyroscope) และ GPS ซึ่งจะติดตั้งอยู่ภายในรถจักรยานยนต์ เพื่อใช้เก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมรถจักรยานยนต์ โดยจะมีเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ที่เก็บข้อมูลการขับขี่ที่สามารถติดตามดูพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ได้ผ่านแอปพลิเคชัน (Application) บนสมาร์ตโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เช่น ความเร็วในการขับขี่ หรือลักษณะพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ที่มีแนวโน้มเป็นอันตราย และในกรณีเมื่อเกิดอุบัติเหตุจะใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง (Accelerometer) และเซนเซอร์ตรวจจับแกนหมุน (Gyroscope) เพื่อใช้ในการตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ พร้อมทั้งส่งข้อความ SMS พร้อมทั้งพิกัดลองจิจูด (Longitude) และละติจูด (Latitude) ที่ได้จาก GPS ไปยังครอบครัวหรือศูนย์ที่ให้ความช่วยเหลือ

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยสนใจพัฒนาระบบติดตามพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อใช้เป็นส่วนป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ และเป็นการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่เพื่อเป็นหนึ่งในซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการลดอุบัติเหตุที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาบนท้องถนน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 40 ท่านและนักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยามที่มีประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ จำนวน 100 ท่าน

1.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ในการเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 ท่าน และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยใช้วิธีการจับฉลาก (Lottery) โดยการเลือกจากนักศึกษาสาขาวิชา

คอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 30 ท่าน ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบตรวจจับพฤติกรรมกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

2. เครื่องมือและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- 2.1 ระบบตรวจจับพฤติกรรมกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
- 2.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ
- 2.3 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจจับพฤติกรรมกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

3. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บและรวบรวมข้อมูลดังนี้

- 3.1 ผู้วิจัยทำการนัดหมายกับผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มทดลองเพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.2 ประสานงานกับกลุ่มทดลองเพื่อนำระบบไปติดตั้ง
- 3.3 ดำเนินการทดลองการใช้งานระบบโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการใช้งานระบบและทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบ และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาทำแบบประเมินความพึงพอใจและนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อสรุปผลในขั้นตอนต่อไป

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเข้ามาทำการวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากผลการประเมินประสิทธิภาพ และผลจากการประเมินความพึงพอใจจากแบบสอบถาม

5. การสร้างเครื่องมือและการตรวจสอบระบบตรวจจับพฤติกรรมกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ มีดังนี้

- 5.1 การศึกษาความต้องการของระบบ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบโดยมีขั้นตอนการศึกษาความต้องการทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ดังนี้

5.1.1 ศึกษาข้อมูลทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ศึกษาการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Uno R3 ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของโมดูล GY-521 (MPU 6050) โดยต้องทำให้เซนเซอร์สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำด้วยการปรับตั้งค่า (Calibration) ตัวเซนเซอร์ด้วยไลบรารี (Library) ของโมดูล GY-521 (MPU 6050) รวมทั้งศึกษาการทำงานร่วมกับโมดูล Arduino 3G Shield ที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยัง Server พร้อมทั้งศึกษาความแม่นยำในการส่งสถานที่และการส่ง SMS ในกรณีการเกิดอุบัติเหตุ ด้านซอฟต์แวร์ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อนำมาใช้ในการแสดงผลพฤติกรรมกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ รวมทั้งศึกษาเครื่องมือและ

ซอฟต์แวร์อื่น ๆ ที่สามารถนำมาช่วยในการพัฒนาระบบเพื่อให้ระบบมีความถูกต้องแม่นยำในการติดตามและตรวจนับมากที่สุด

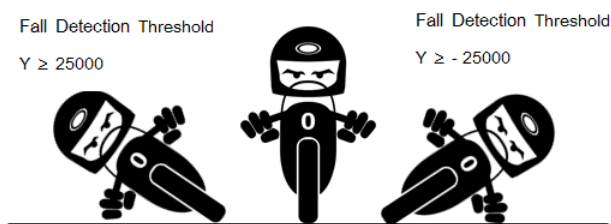
5.1.2 รวบรวมพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากก่อนทำการพัฒนาระบบ ซึ่งผู้วิจัยจะนำค่า Thresholds มาพัฒนาเป็นระบบที่ใช้ในการติดตามพฤติกรรม และตรวจนับการเกิดอุบัติเหตุ ทำการเก็บรวบรวมค่าโดยใช้โปรแกรม USB Serial Console ซึ่งแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่สามารถบันทึกข้อมูลจากเซนเซอร์ในรูปแบบไฟล์ .TXT เพื่อนำค่าเหตุการณ์ที่ได้ทดสอบมาหาค่า Threshold โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบขับขี่รถจักรยานยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อหาค่า Threshold ของการขับขี่รถจักรยานยนต์ในรูปแบบปกติ และในรูปแบบที่มีแนวโน้มที่อาจทำให้เกิดอันตรายเพื่อเปรียบเทียบค่าตัวเลขของพฤติกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ที่ได้จากเซนเซอร์ ที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาระบบต่อไป

5.1.3 การออกแบบชุดทดสอบเพื่อเก็บรวบรวมค่า Threshold ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในการขับขี่รถจักรยานยนต์เป็นขั้นตอนแรกก่อนการพัฒนาระบบซึ่งค่า Threshold ที่เหมาะสมของพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์รวมถึงแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุจะนำไปใช้ในการพัฒนาระบบ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะเป็นอุปกรณ์ที่นำไปใช้งานกับระบบจริง ซึ่งประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เซนเซอร์ตรวจวัดความเร่งและตรวจวัดแกนหมุน GY-521 การเชื่อมต่อเซนเซอร์ GY-521 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R 3

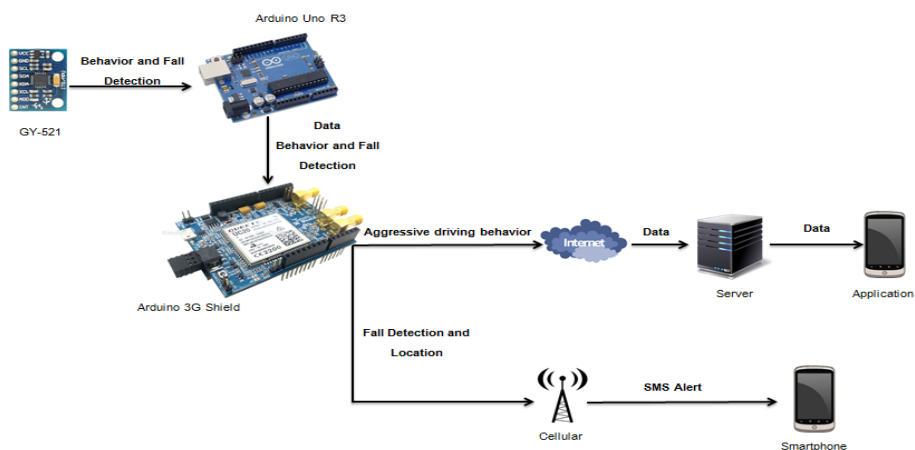
5.1.4 ทดสอบขับขี่รถจักรยานยนต์ในสภาพการจราจรจริงการทดสอบขับขี่รถจักรยานยนต์ในสภาพการจราจรจริง เส้นทางในการทดสอบเป็นเส้นทางที่อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จุดมุ่งหมายในการทดสอบคือ การกำหนดค่า Threshold ของการขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยในการทดสอบขับซึ่งจะเป็นลักษณะการขับที่ปลอดภัยปฏิบัติ การขับรถยนต์ต้องใช้อัตราความเร็วตามที่ผู้บัญชาการตำรวจแห่งชาติประกาศกำหนด ซึ่งอาจกำหนดแยกตามประเภทรถยนต์ก็ได้ แต่ต้องไม่เกินแปดสิบกิโลเมตรต่อชั่วโมง ราชกิจจานุเบกษา (2565) เส้นทางที่ทำการทดสอบเป็นเส้นทางบริเวณระหว่างถนนแจ้งวัฒนะ และถนนพหลโยธิน ช่วงเวลาที่ทดสอบเป็นช่วงที่มีการจราจรที่ค่อนข้างเบาบาง ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ประมาณ 20 km/h จนถึง 50 km/h โดยในการทดสอบ ผู้ที่ทำการทดสอบจะทำการบันทึกช่วงเวลาใดที่มีเหตุการณ์ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และการเปลี่ยนเลน เพื่อนำช่วงเวลาดังกล่าวไปเทียบกับค่าที่ได้จากเซนเซอร์ตรวจวัดความเร่ง ค่าตัวเลขที่ได้จากเซนเซอร์ความเร่ง

5.1.5 การทดสอบหาแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์การทดสอบเพื่อหาแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ ผู้วิจัยจะคำนึงถึงเหตุการณ์จริงมากที่สุด เพื่อกำหนดค่า Threshold ที่ได้จากเซนเซอร์ไปพัฒนาระบบ โดยทำการทดสอบหาค่า Threshold โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดแกนหมุน (Gyroscope) โดยผู้วิจัยได้ทดสอบการเอียงเซนเซอร์เบื้องต้นพบว่าแกน Y ค่าตัวเลขมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด

จากการทดสอบพบว่า ตัวเลขจะมีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นหากมีการเอียงที่แกน Y เมื่อรถจักรยานยนต์เกิดอุบัติเหตุจะต้องมีแรงกระแทกที่สูง ดังนั้น ค่าตัวเลขของเซนเซอร์ตรวจจับแกนหมุนจะสูงตามไปด้วยเช่นกัน โดยทำการทดสอบด้วยการนำเซนเซอร์ติดตั้งไว้ในรถจักรยานยนต์ทดสอบการเอียงรถจักรยานยนต์ ซึ่งในขณะที่รถจักรยานยนต์อยู่ในระดับที่ปกติที่สามารถขี่ได้อย่างปลอดภัยจะอยู่ระดับตั้งฉาก 90 องศา ผู้วิจัยทดสอบ พบว่า หากรถจักรยานยนต์เอียงมากกว่า 30 องศาและ 150 องศาจะไม่สามารถบังคับรถจักรยานยนต์ได้เป็นการเสียสมดุล ดังนั้น ค่าตั้งแต่มุม 30 องศาถึง 150 องศาขึ้นไป จะถือว่าเป็นการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในระดับ 30 องศาและ 150 องศาขึ้นไปค่าตัวเลขที่ได้จากเซนเซอร์ตรวจจับแกนหมุนจะอยู่ในระดับตั้งแต่ 25000 และ 25000 ขึ้นไป จึงเป็นค่า Threshold เริ่มต้นของการเกิดอุบัติเหตุที่นำไปใช้ในการพัฒนาระบบ



ภาพที่ 1 ภาพจำลองทดสอบการเอียงของรถจักรยานยนต์



ภาพที่ 2 แผนภาพการทำงานของระบบ

5.2 การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพและแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ มีขั้นตอน ดังนี้

5.2.1 ศึกษาทฤษฎีการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพโดยกำหนดหัวข้อการประเมินทั้งหมด 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านความสามารถของระบบ 2) ด้านการใช้งานต้นแบบ และ 3) ด้านความปลอดภัย โดยประยุกต์ใช้แบบประเมินของ เกรย์ดีคัสต์ กับปิยะ และวริยา เอ็นปิง (2564)

5.3 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมินดังนี้

5.3.1 ศึกษาทฤษฎีการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ โดยกำหนดหัวข้อการประเมินทั้งหมด 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านความสามารถของระบบ 2) ด้านการใช้งาน และ 3) ด้านความปลอดภัยแบบมาตราส่วนประมาณค่า(Rating) 5 ระดับ โดยมีการกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับค่าเฉลี่ยออกเป็นช่วงดังต่อไปนี้ ธาณินทร์ ศิลป์จารุ (2563)

ค่าเฉลี่ย 4.50 -5.00 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 -4.49 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 -3.49 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 -2.49 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ น้อย

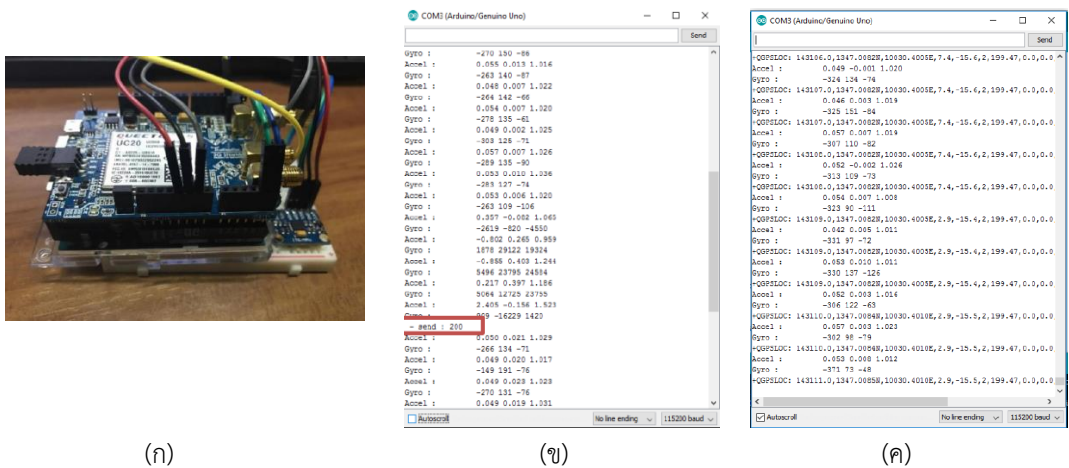
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ น้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ดังนี้

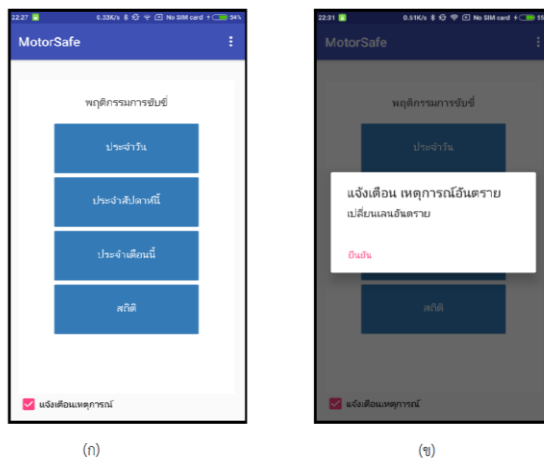
1. ผลการพัฒนาระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ แบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ดังนี้

1.1 ผลการออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ได้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และมีการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ โดยมีการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ (Server) และมีการทดสอบการทำงานของสัญญาณ GPS ซึ่งผลการทดสอบส่งค่าไปยัง Servers ได้อย่างรวดเร็ว สำหรับพิกัด GPS ทำการทดสอบรวมกับการส่ง SMS และตรวจจับสัญญาณได้อย่างแม่นยำ



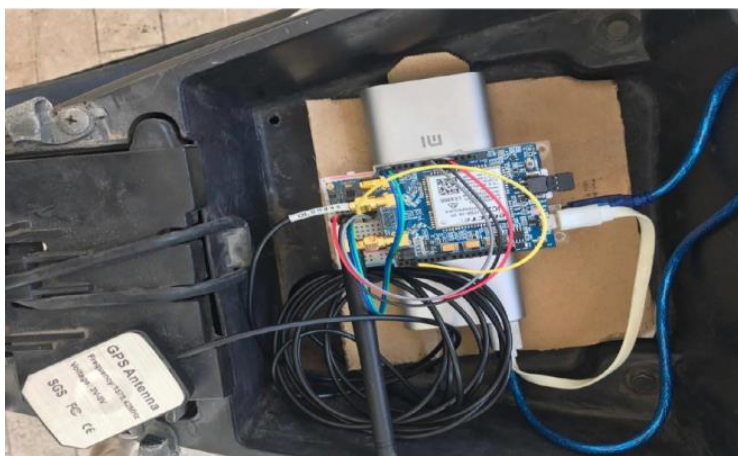
ภาพที่ 3 (ก) บอร์ดทดลอง (ข) แสดงผลการส่งค่าไปยัง Server (ค) แสดงผลการตรวจจับพิกัด GPS

1.2 ผลการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ในการวิจัยได้ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ในรูปแบบของแอปพลิเคชันที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ประกอบด้วยหน้าจอแสดงหลักมีเมนูย่อยสำหรับแสดงพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ซึ่งจะประกอบไปด้วยเมนูย่อย ๆ สำหรับเรียกดูพฤติกรรม โดยสามารถเลือกดูพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ประจำวันประจำสัปดาห์นี้ ประจำเดือนนี้ และสถิติ ดังภาพที่ 3 และแสดงข้อความแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อมีพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นอันตราย



ภาพที่ 4 (ก) หน้าจอเมนูเริ่มต้นของแอปพลิเคชัน (ข) แสดงข้อความแจ้งเตือนพฤติกรรมอันตราย

1.3 ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับและความแม่นยำของระบบ ผู้วิจัยจะทำการทดสอบข้อผิดพลาดจากรยานยนต์ในแต่ละพฤติกรรมซึ่งประกอบไปด้วย การเปลี่ยนเลนซ้ายและการเปลี่ยนเลนขวา การเลี้ยวซ้ายการเลี้ยวขวา การเร่งเครื่องและการเบรก โดยการทดสอบเป็นการทดสอบลักษณะการขับขี่ที่มีความปลอดภัยเพื่อป้องกันอุบัติเหตุเกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ โดยทำการติดตั้งชุดเซนเซอร์ไว้ช่องเก็บของใต้เบาะขอรถจักรยานยนต์ ดังภาพที่ 4 ซึ่งการทดสอบจะทำการทดสอบพฤติกรรมละ 10 ครั้ง นอกจากนี้ยังมีผลการทดสอบการส่งข้อความ SMS เพื่อใช้ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ และผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับพิกัดของ GPS



ภาพที่ 5 ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบภายในรถจักรยานยนต์

1.4 ผลที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จะเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตรวจจับเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของระบบ โดยคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยความแม่นยำของระบบต้องมีค่ามากกว่า 80 % ซึ่งการคำนวณหาความแม่นยำแสดงดังสมการที่ 1 และผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 1

$$\text{ความแม่นยำ} = \frac{i}{x} \times 100\% \quad \text{สมการที่ (1)}$$

i = จำนวนครั้งที่ตรวจจับถูกต้อง

x = จำนวนทั้งหมดที่ทำการทดสอบ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความแม่นยำของระบบ

การทดสอบ	จำนวนครั้งที่ ทดสอบ	การแสดงผลที่ ถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ
เปลี่ยนเลนซ้าย	10	8	80%
เปลี่ยนเลนขวา	10	9	90%
เลี้ยวซ้าย	10	7	70%
เลี้ยวขวา	10	9	90%
เบรก	10	8	80%
เร่ง	10	10	100%
ตรวจจับความเร็ว	10	7	70%
ความแม่นยำของ GPS	10	8	80%
การส่งข้อความ SMS	10	10	100%
ค่าเฉลี่ย	10	8.44	84.44%

จากตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของระบบ จากจำนวนครั้งที่ทั้งหมดที่ทำการทดสอบจำนวน 90 ครั้ง ระบบแสดงผลถูกต้องจำนวน 76 ครั้ง และแสดงผลผิดพลาดจำนวน 14 ครั้ง จากการคำนวณความแม่นยำของระบบโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ระบบมีความแม่นยำอยู่ที่ 84.44%

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถขับซิ่งรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ โดยแยกรายละเอียดในแต่ละด้านการประเมินดังนี้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถขับซิ่งรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อความคำถาม	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านความสามารถของระบบ			
การตอบสนองของระบบ	4.60	0.49	มากที่สุด
ความแม่นยำในการตรวจจับ	4.20	0.75	มาก
อุปกรณ์ที่ใช้มีความเหมาะสม	4.60	0.49	มากที่สุด
แอปพลิเคชันที่ใช้มีความเหมาะสม	4.40	0.80	มาก
รวม	4.45	0.67	มาก

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

ข้อคำถาม	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
2. ด้านการใช้งาน			
การทำงานครอบคลุมการใช้งานจริง	4.40	0.49	มาก
ความรวดเร็วในการแจ้งเตือน	4.20	0.75	มาก
ความถูกต้องจากผลลัพธ์ในการส่งค่าการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน	4.60	0.49	มากที่สุด
การติดตั้งระบบและการใช้งานระบบง่าย	4.60	0.49	มากที่สุด
การใช้งานระบบโดยรวม	4.40	0.80	มาก
รวม	4.44	0.69	มาก
3. ด้านความปลอดภัย			
การกำหนดสิทธิ์ผู้รับการแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชัน Line	4.20	0.75	มาก
มีระบบป้องกันข้อผิดพลาด	4.40	0.80	มาก
ความน่าเชื่อถือของระบบ	4.60	0.49	มากที่สุด
รวม	4.40	0.61	มาก
ผลรวมทุกด้าน	4.28	0.68	มาก

จากตารางที่ 2 ผู้วิจัยสรุปได้ว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผลสรุปในภาพรวมระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.28$, S.D. = 0.68) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทั้ง 3 ด้าน มีความประสิทธิภาพในระดับมากทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบ ($\bar{X} = 4.45$, S.D. = 0.67) ด้านการใช้งาน ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.69) ด้านความปลอดภัย ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.61)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุโดยแยกรายละเอียดในแต่ละด้านดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ จากกลุ่มทดลองจำนวน 30 ท่าน

ข้อคำถาม	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้านความสามารถของระบบ			
ความสามารถในการตอบสนองของระบบ	3.80	0.83	มาก
ความแม่นยำในการตรวจจับ	3.93	0.77	มาก
ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้	4.20	0.65	มาก
ความเหมาะสมของแอปพลิเคชัน	4.67	0.73	มากที่สุด
รวม	4.15	0.68	มาก
2. ด้านการใช้งาน			
มีการทำงานที่ครอบคลุม	4.60	0.49	มากที่สุด
มีความรวดเร็วในการประมวลผลและแจ้งเตือน	4.33	0.47	มาก
ผลการแจ้งเตือนมีความถูกต้อง	4.47	0.50	มาก
การติดตั้งระบบง่ายไม่ซับซ้อน	4.60	0.49	มากที่สุด
การใช้การระบบโดยภาพรวม	4.53	0.62	มากที่สุด
รวม	4.51	0.47	มากที่สุด
3. ด้านความปลอดภัย			
การกำหนดสิทธิ์ผู้รับการแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชัน Line	4.27	0.77	มาก
มีระบบการป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น	4.53	0.50	มากที่สุด
ระบบที่ใช้ทำงานมีความน่าเชื่อถือ	4.60	0.49	มากที่สุด
รวม	4.47	0.68	มาก
ผลรวมทุกด้าน	4.37	0.59	มาก

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยสรุปได้ว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากกลุ่มทดลอง 15 ท่าน ผลสรุปในภาพรวมระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, S.D. = 0.59) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทั้ง 3 ด้าน มีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด 1 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้งาน ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.47) อยู่ในระดับมาก 2 ด้าน ได้แก่ ด้านความปลอดภัย ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.68) ด้านความสามารถของระบบ ($\bar{X} = 4.15$, S.D. = 0.68)

สรุป

1. การพัฒนาระบบติดตามพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุผู้วิจัยได้พัฒนาระบบตามขั้นตอนการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC) 6 ขั้นตอน ได้แก่ การค้นหาปัญหา การศึกษาความเหมาะสม การวิเคราะห์รวบรวมข้อมูล การออกแบบ การพัฒนาและทดสอบระบบ การติดตั้งระบบ และนำระบบให้ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ 5 ท่านประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมแอปพลิเคชัน ซึ่งในการจัดทำระบบติดตามพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการจับขี่รถจักรยานยนต์ในพฤติกรรมต่าง ๆ ในรูปแบบที่ปลอดภัย ซึ่งทำการทดสอบการตรวจจับทั้งหมด 90 ครั้ง โดยแยกทดสอบเป็นพฤติกรรมละ 10 ครั้ง จากผลการทดสอบของแต่ละพฤติกรรมจะพบความผิดพลาดในการตรวจจับ ซึ่งเป็นลักษณะความผิดพลาดจากการทดสอบจับขี่รถจักรยานยนต์ในรูปแบบที่ปลอดภัย แต่มีการแจ้งเตือนพฤติกรรมอันตราย รวมถึงทดสอบความแม่นยำของ GPS โดยประสิทธิภาพโดยรวมของระบบโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์คือ 84.44% ซึ่งถือว่าระบบมีความแม่นยำในการตรวจจับพฤติกรรม ในส่วนของการแจ้งเตือนพฤติกรรมอันตราย ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในสภาพการจราจรจริงซึ่งเป็นลักษณะการขับขี่ที่ปลอดภัย โดยในระหว่างทดสอบจะมีบางเหตุการณ์ที่ต้องใช้เบรกกะทันหัน โดยระบบจะแจ้งเตือนพฤติกรรมอันตราย และทำการแจ้งเตือนเมื่อใช้ความเร็วเกินซึ่งในบางครั้งความเร็วเกินอาจไม่แจ้งเตือนเนื่องด้วยในบางพื้นที่ไม่สามารถจับสัญญาณ GPS ได้ จากการทดสอบจับขี่รถจักรยานยนต์ พบว่า ระบบมีความสามารถในการตรวจจับเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ในบางสถานการณ์ เนื่องด้วยข้อจำกัดทางด้านฮาร์ดแวร์

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผลสรุปในภาพรวมระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.28$, S.D. = 0.68) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทั้ง 3 ด้าน มีความประสิทธิภาพในระดับมากทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบ ($\bar{X} = 4.45$, S.D. = 0.67) ด้านการใช้งาน ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.69) ด้านความปลอดภัย ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.61) สำหรับผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุมีคะแนนความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก เนื่องจากในการพัฒนาระบบครั้งนี้มีหลักการออกแบบตามกระบวนการออกแบบ และพัฒนาซอฟต์แวร์โดยมีการวางแผนอย่างเป็นระบบ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากกลุ่มทดลอง 30 ท่าน ผลสรุปในภาพรวมระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, S.D. = 0.59) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทั้ง 3 ด้าน มีความประสิทธิภาพในระดับมาก ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้งาน ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.47) ด้านความปลอดภัย ($\bar{X} = 4.47$,

S.D = 0.68) ด้านความสามารถของระบบ ($\bar{X}$ = 4.15, S.D. = 0.68) สำหรับผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุมีคะแนนความพึงพอใจการใช้งานระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์และการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอุบัติเหตุผู้ใช้ให้ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้อุปกรณ์ที่มีความสามารถรองรับการประมวลผลมากกว่านี้ เช่น Raspberry pi ซึ่งจะสามารถรองรับงานที่มีการประมวลผลสูงได้
2. ในส่วนของการแจ้งเตือนพฤติกรรมอันตราย ยังคงต้องเพิ่มเติมในส่วนของการแจ้งเตือนผู้ขับขี่เอง เพื่อให้ผู้ขับขี่ทราบว่าตนเองกำลังขับขี่ในลักษณะที่มีแนวโน้มเป็นอันตราย โดยอาจจะติดตั้งไฟแสดงสถานะเมื่อมีพฤติกรรมอันตรายหรืออาจจะเป็นระบบสั่นแจ้งเตือนเวลาที่มีพฤติกรรมอันตราย

เอกสารอ้างอิง

- เกียดศักดิ์ กับปิยะ และวริยา เย็นเปิง. (2564). การพัฒนาระบบตรวจจับควันและก๊าซ LPG ในครัว. การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 9, 1 มีนาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2563). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS. (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพมหานคร: เอส. อาร์. พรินติ้ง แมสโปรดักส์.
- ราชกิจจานุเบกษา. (2565). พระราชบัญญัติ จราจรทางบก (ฉบับที่ ๑๓) พ.ศ. ๒๕๖๕. สืบค้นจาก https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2565/A/028/T_0005.PDF
- ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน ThaiRSC. (2566). ข้อมูลรับแจ้งอุบัติเหตุทางถนน ในรอบ 24 ชั่วโมง. สืบค้นจาก <https://www.thairsc.com>
- Jo, J., Kim, H., Park H., & Yoon D. (2015). A monitoring system to understand postal motorcyclist's driving behavior. IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation System, 15–18 September 2015, Gran Canaria, Spain.
- Madansingh, S., Thrasher, T. A., Layne, C. S., & Lee, B.-C. (2015). Smartphone based fall detection system. 2015 15th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), 13 – 16 October 2015, BEXCO, Busan, Korea.