

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบทั้งผลการทดสอบการประเมินประสิทธิภาพโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นด้วย Confusion metrics อีกทั้งยังเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดสอบ การทดสอบคุณภาพสัญญาณ 4G/5G สำหรับ V2N และการทดสอบเก็บผลจากการขับรถยนต์ส่วนบุคคลจริงเพื่อจำแนกพฤติกรรมการขับขี่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การประเมินประสิทธิภาพโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นด้วย Confusion metrics

classification) ค่าจาก Confusion metrics ประกอบด้วย TPs (True Positive) TNs (True Negative) Fps (False Positive) และ FNs (False Negative) ค่าเหล่านี้สามารถคำนวณหาพารามิเตอร์ประสิทธิภาพด้าน accuracy precision recall และ f1-score ได้ โดยแต่ละพารามิเตอร์มีความหมายดังนี้

4.1.1 Accuracy (ความถูกต้อง)

ความถูกต้อง หมายความว่าความถูกต้องที่โมเดลจำแนกได้ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง หรือกล่าวได้ว่า ผลรวมของตัวเลขบนเส้นทแยงมุมในตาราง Confusion Matrixหารด้วยจำนวนที่สังเกตทั้งหมดดังสมการที่ 5

$$Accuracy = \frac{(TPs+TNs)}{(TPs+TNs+Fps+FNs)} \quad (5)$$

4.1.2 Precision (ความแม่นยำ)

ความแม่นยำ หมายถึงโมเดลสามารถจำแนกได้เป็นแบบปลอดภัย หรือแบบไม่ปลอดภัยได้บ่อยครั้ง (แต่ไม่จำเป็นต้องถูกต้องเสมอไป) หรือเป็นการเปรียบเทียบการจำแนกที่ถูกต้องว่าจริง และเกิดขึ้นจริง (TP) กับการจำแนกว่าจริง แต่สิ่งที่เกิดขึ้นคือ ไม่จริง (FP) แสดงดังสมการที่ 6

$$Precision = \frac{(TPs)}{(TPs+Fps)} \quad (6)$$

4.1.3 Sensitivity or Recall (ความไว)

ความไว หมายถึงโมเดลสามารถจำแนกได้เป็นแบบปลอดภัย หรือแบบไม่ปลอดภัยได้ถูกต้องหรือจำแนกได้ตรงกับผลเฉลยมากเพียงใด หรือความถูกต้องของการจำแนกว่าเป็นจริงเทียบกับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่จำแนก และเกิดขึ้นเป็นจริง แสดงดังสมการที่ 7

$$Recall = \frac{(TPs)}{(TPs+FNs)} \quad (7)$$

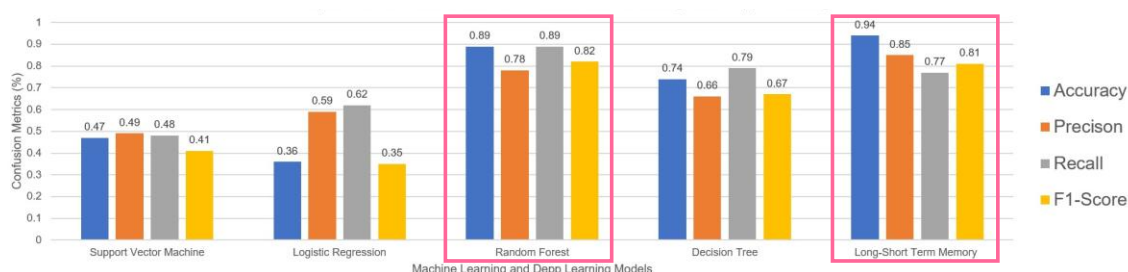
4.1.4 F1-Score (ค่าเฉลี่ยระหว่าง precision และ recall)

ค่าเฉลี่ยระหว่าง precision และ recall หรือค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิก (Harmonic mean) เป็นพารามิเตอร์สำหรับวัดความสามารถของโมเดลโดยรวม (Single metric) จากการเปรียบเทียบ 2 พารามิเตอร์ ประกอบด้วยความแม่นยำ และค่าความไว สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 8

$$F1 - Score = 2 \times \frac{(Precision \times Recall)}{(Precision + Recall)} \quad (8)$$

จากการพารามิเตอร์ และสมการดังกล่าว สามารถประเมินประสิทธิภาพโมเดลได้ดังรูปที่ 4.1 โมเดลที่ถูกวัดประสิทธิภาพได้แก่ Support Vector Machine (SVM) Logistic Regression (LR) Random Forest (RF) Decision Tree (DT) และ Long Short Term Memory (LSTM) โดยมีผลการประเมินในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. SVM ให้ผลประสิทธิภาพด้าน accuracy precision recall และ f1-score เท่ากับ 0.47, 0.49, 0.48 และ 0.41 หรือคิดเป็น 47%, 49%, 48% และ 41% ตามลำดับ
2. LR ให้ผลประสิทธิภาพด้าน accuracy precision recall และ f1-score เท่ากับ 0.38, 0.59, 0.62 และ 0.35 หรือคิดเป็น 38%, 59%, 62% และ 35% ตามลำดับ
3. RF ให้ผลประสิทธิภาพด้าน accuracy precision recall และ f1-score เท่ากับ 0.89, 0.78, 0.89 และ 0.82 หรือคิดเป็น 89%, 78%, 89% และ 82% ตามลำดับ
4. DT ให้ผลประสิทธิภาพด้าน accuracy precision recall และ f1-score เท่ากับ 0.74, 0.66, 0.79 และ 0.67 หรือคิดเป็น 74%, 66%, 79% และ 67% ตามลำดับ
5. LSTM ให้ผลประสิทธิภาพด้าน accuracy precision recall และ f1-score เท่ากับ 0.94, 0.85, 0.77 และ 0.81 หรือคิดเป็น 94%, 85%, 77% และ 81% ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ผลการจำลองแบบ

จากรูปที่ 4.1 พบว่า LSTM และ RF มีผลลัพธ์ดีกว่าโมเดลอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 โมเดลดังกล่าว พบว่า LSTM ให้ผลลัพธ์ด้าน accuracy และ precision มากที่สุด ในขณะที่ RF ให้

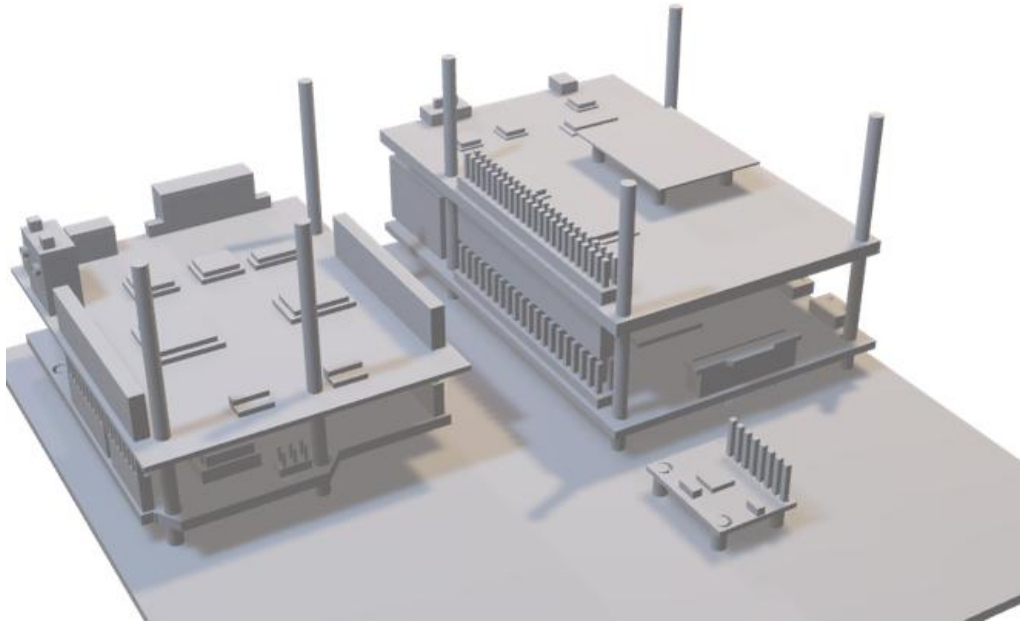
ผลลัพธ์ด้าน recall และ f1-score ดีที่สุด ดังนั้น LSTM เป็นโมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้จำแนกพฤติกรรมการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลมากที่สุด พบว่า LSTM ให้สมรรถนะสูงสุดในด้าน accuracy และ precision และมีความเหมาะสมกับงาน safety application ที่สุดเนื่องจากมี accuracy สูงสุด

4.2 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดสอบ

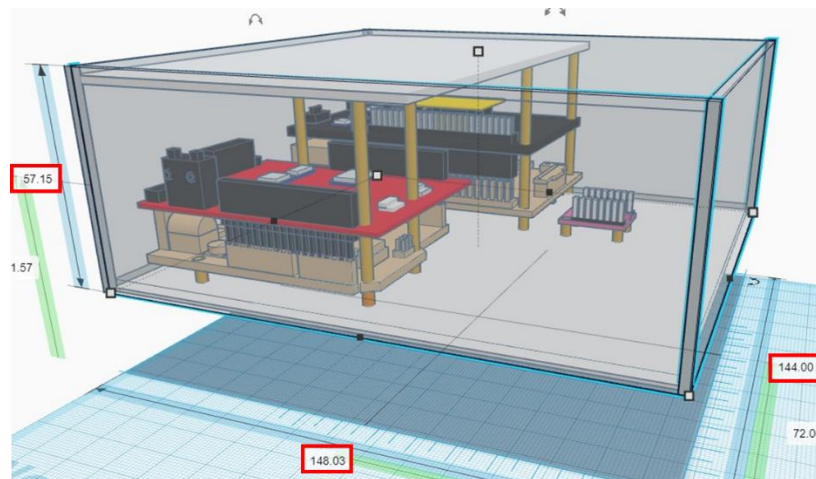
อุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งเพื่อประกอบเป็นกล่อง TCU ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. Raspberry Pi 4 Model B
2. Quectel RM502Q-AE
3. RM502Q-AE HAT
4. 7 Inch Display
5. CAN-BUS Shield
6. Arduino UNO R3
7. IMU (Inertial Measurement Unit) sensors
8. Antenna จำนวน 3 ต้น

สำหรับรายละเอียดการติดตั้ง Quectel RM502Q-AE คือชิป cellular จะถูกเสียบใส่ slot M.2 interface ของ Quectel RM502Q-AE หรือ cellular module และสามารถใส่สายอากาศได้มากที่สุด 4 ต้น ในชุดอุปกรณ์นี้จะใส่เพียง 3 ต้นที่ถูก attached on top อยู่บน Raspberry Pi 4 Model B แสดงดังรูปที่ 4.2 ฝั่งด้านซ้าย และถูกต่ออยู่กับ Arduino UNO R3 ผ่าน USB serial ที่ถูก attached on top ด้วย CAN-BUS Shield แสดงดังรูปที่ 4.2 ฝั่งด้านขวา ต่อมาในส่วนของ IMU sensors ถูกวางอยู่ด้านหน้าของ Raspberry Pi 4 Model B บนกล่อง และเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3 ผ่าน SPI Interface และขนาดของกล่องโดยรวมมีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง ประมาณ 144.0, 148.0 และ 57.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.3 รูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 เป็นภาพประกอบเมื่อกล่องถูกประกอบสำเร็จแล้ว



รูปที่ 4.2 ภาพจำลองสัดส่วนการจัดวางชุดอุปกรณ์ที่นำเสนอ



รูปที่ 4.3 ภาพจำลองขนาดชุดอุปกรณ์ที่นำเสนอ



รูปที่ 4.4 ภาพจำลองชุดอุปกรณ์ที่นำเสนอชุดสมบูรณ์

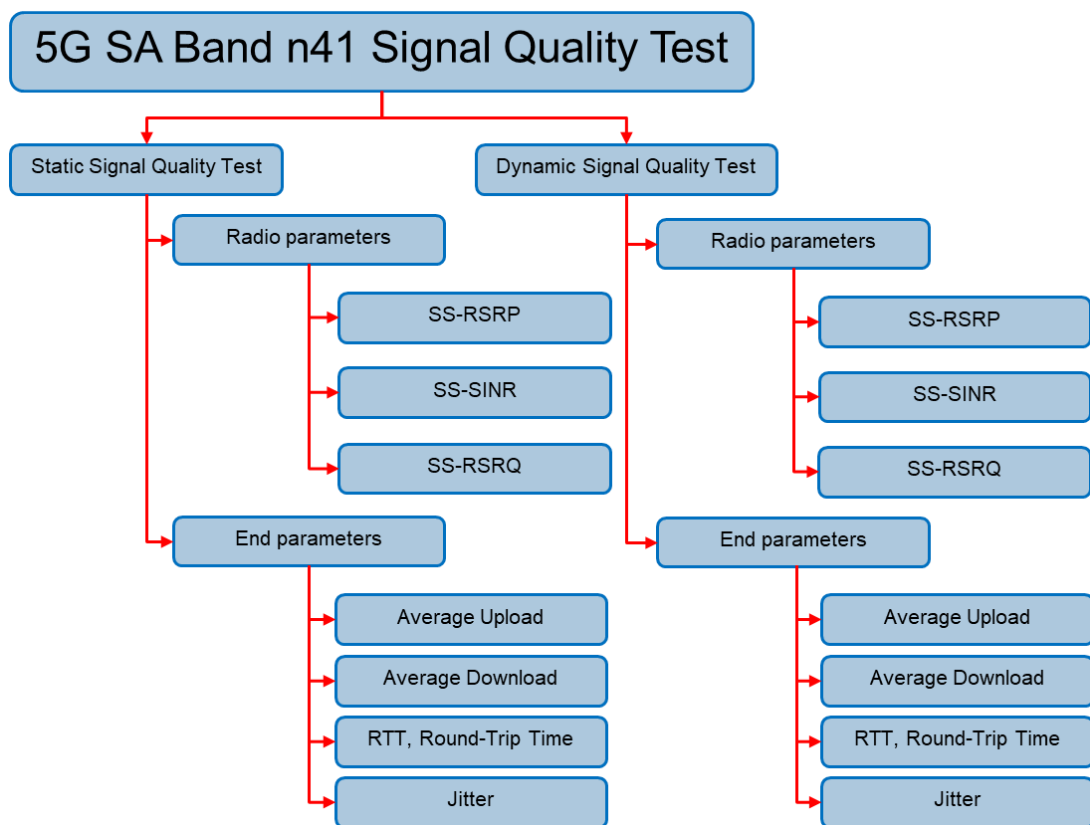


รูปที่ 4.5 ภาพชุดอุปกรณ์ที่นำเสนอ

4.3 การทดสอบคุณภาพสัญญาณ 4G/5G สำหรับ V2N

เทคโนโลยี V2N อาศัยการใช้ประโยชน์จากโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G/5G สำหรับการส่งข้อมูลจากกล่อง TCU ไปยัง Database ซึ่งเรียกระบบ Telematics ข้อมูลจากกล่อง TCU จะถูกเก็บบันทึกผลไว้ใน Database และนำไปประมวลผลพฤติกรรมรถขับขี่ เพื่อแจ้งเตือนผู้ขับขี่ในระหว่างขับรถ และสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังจากฐานข้อมูล เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมรถขับขี่อย่างละเอียด ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณ 4G/5G ทั้งด้าน Radio parameters และ

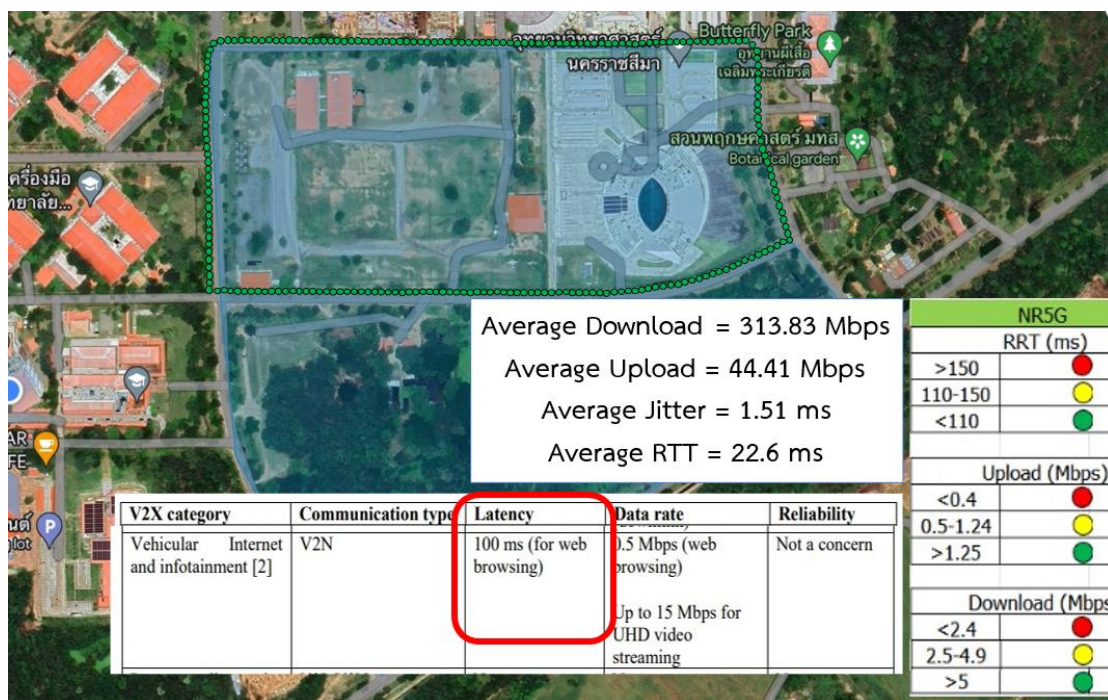
ด้าน End Parameters ซึ่งสมรรถนะของโครงข่ายมีผลอย่างยิ่งต่อการรับ-ส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยี V2N และ Telematics



รูปที่ 4.6 แผนภาพการทดสอบคุณภาพสัญญาณ 5G



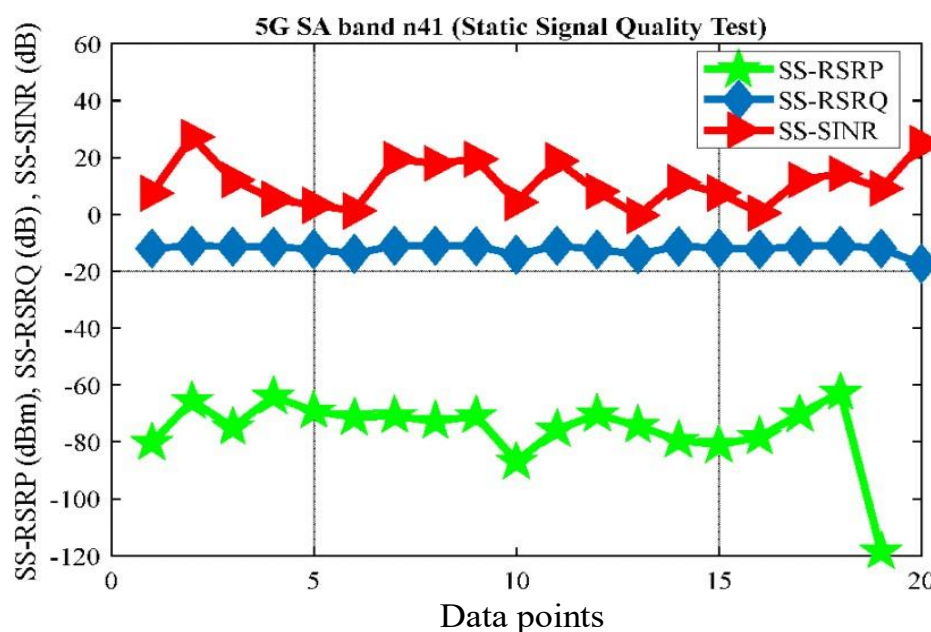
รูปที่ 4.7 พื้นที่การทดสอบคุณภาพสัญญาณ 4G และ 5G



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบคุณภาพสัญญาณ 5G ด้าน End Parameters

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพสัญญาณ 5G ด้าน End Parameters

5G SA Band n41				
No.	Download (Mbps)	Upload (Mbps)	Jitter (ms)	RTT (ms)
1	223.26	31.77	0.51	19.9
2	370.69	64.65	0.54	25
3	412.83	28.19	0.5	24.9
4	352.67	61.41	2.91	19.8
5	209.71	36.02	3.08	23.4
Average	313.83	44.41	1.51	22.6



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบคุณภาพสัญญาณ 5G ด้าน Radios Parameters

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดสอบคุณภาพสัญญาณ 5G ด้าน Radio Parameters

5G SA Band n41		
Radio parameters	Our DUT	Test phone
SS-RSRP (dBm)	-68	-71
SS-RSRQ (dB)	-12	-12
SS-SINR (dB)	4	5

โดยสรุป การส่งข้อมูลพฤติกรรม การขับขี่จากรถยนต์ส่วนบุคคลไปยัง Dashboard ผ่านเทคโนโลยี V2N อาศัยโครงข่ายโทรคมนาคมแบบเคลื่อนที่ โดยผลการวิจัยพบว่า โครงข่าย 5G สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็วดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 แสดงผลให้เห็นว่าคุณภาพสัญญาณด้าน Radio parameters ของอุปกรณ์ที่นำเสนออยู่ใกล้เคียงโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีในท้องตลาด

4.4 การทดสอบเก็บผลจากการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลจริงเพื่อจำแนกพฤติกรรม การขับขี่

การทดสอบเก็บผลจากการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลจริงเพื่อจำแนกพฤติกรรม การขับขี่จะถูกแบ่งเป็น 2 ได้แก่ การทดสอบเก็บผลจากการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลจริงแบบผสม และแบบแยก

สถานการณ์แบบปลอดภัย และแบบไม่ปลอดภัย สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลในการทดสอบจะใช้รถ Chevrolet Cruze 1.6 Model 2011 ดังรูปที่ 4.10

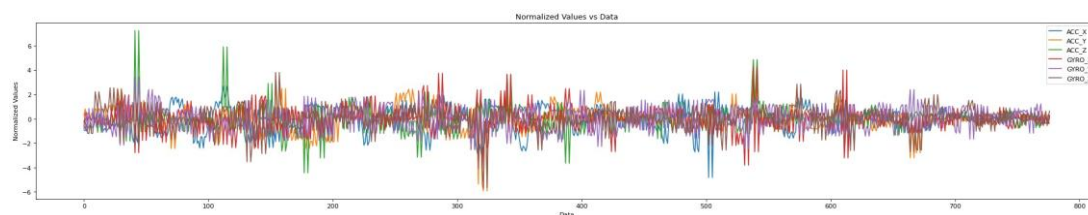


รูปที่ 4.10 Chevrolet Cruze 1.6 Model 2011

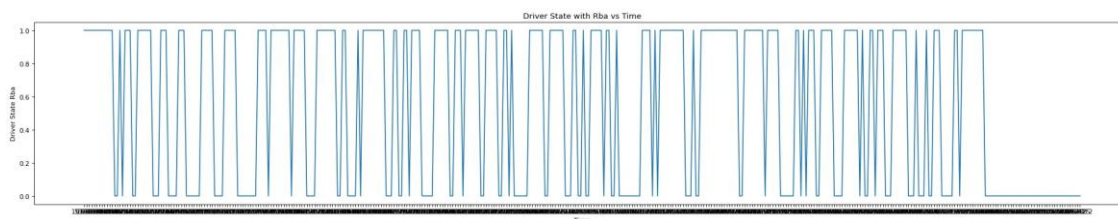
4.4.1 การทดสอบเก็บผลจากการขับรถยนต์ส่วนบุคคลจริงแบบผสม

การทดสอบเก็บข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลแบบผสม จะขับขี่ทั้งแบบปลอดภัยและแบบไม่ปลอดภัยผสมกัน เพื่อหาพฤติกรรมการขับขี่โดยรวมทางจัดทำเป็นคะแนนผู้ขับขี่ต่อการขับขี่ 1 ครั้ง โดยรถยนต์ส่วนบุคคลมีการติดตั้งชุดอุปกรณ์ที่นำเสนอโดยเชื่อมต่อกับกล่อง ECU ของรถยนต์ส่วนบุคคลผ่าน OBD-II Port จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปประมวลผลด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์ (LSTM) ที่เหมาะสมและประมวลผลข้อมูลแบบ Real-time ได้ โดยรูปที่ 4.9 แสดงผลการนำข้อมูลจากการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลป้อนเป็นข้อมูลเข้าให้กับงานวิจัยที่นำเสนอ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจาก IMU ซึ่งถูกนำเข้าเป็นข้อมูลเข้า จากนั้น LSTM ที่นำเสนอจะประมวลผลข้อมูลและทำนายพฤติกรรมการขับขี่เป็นดังรูปที่ 4.10 โดยพบว่า การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลดังกล่าวมีความไม่ปลอดภัยถึง 72.8% นั้นหมายถึงโอกาสการเกิดอุบัติเหตุจากผู้ขับขี่คนดังกล่าวมีโอกาสสูงและมีความเสี่ยงต่อการใช้ถนนร่วมกับบุคคลอื่น

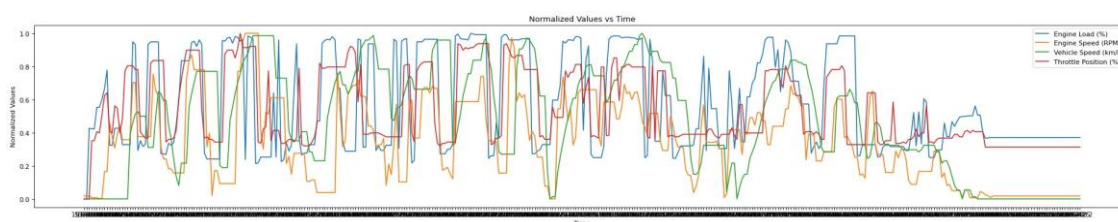
เมื่อพิจารณาข้อมูล ECU features ดังรูปที่ 4.11 พบว่า สามารถจำแนกพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่คนเดียวกันนั้น กว่า 79.4% แสดงถึงสถานการณ์ขับขี่แบบไม่ปลอดภัย ดังรูปที่ 4.12 โดย 0 หมายถึงสถานการณ์ขับขี่แบบไม่ปลอดภัยและ 1 หมายถึงการขับขี่แบบปลอดภัยซึ่งเป็นสถานะที่จำแนกพฤติกรรมการขับขี่ด้วยโมเดลที่นำเสนอ



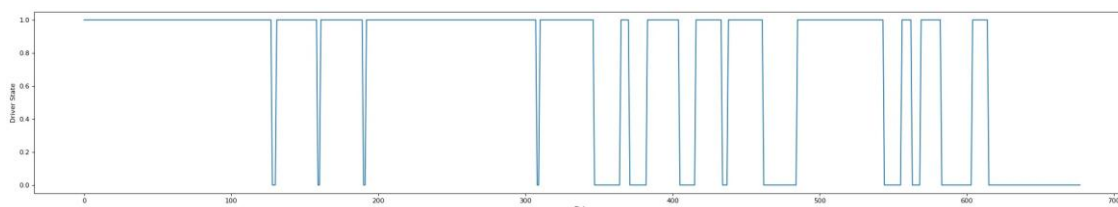
รูปที่ 4.11 IMU Features



รูปที่ 4.12 IMU Driver State

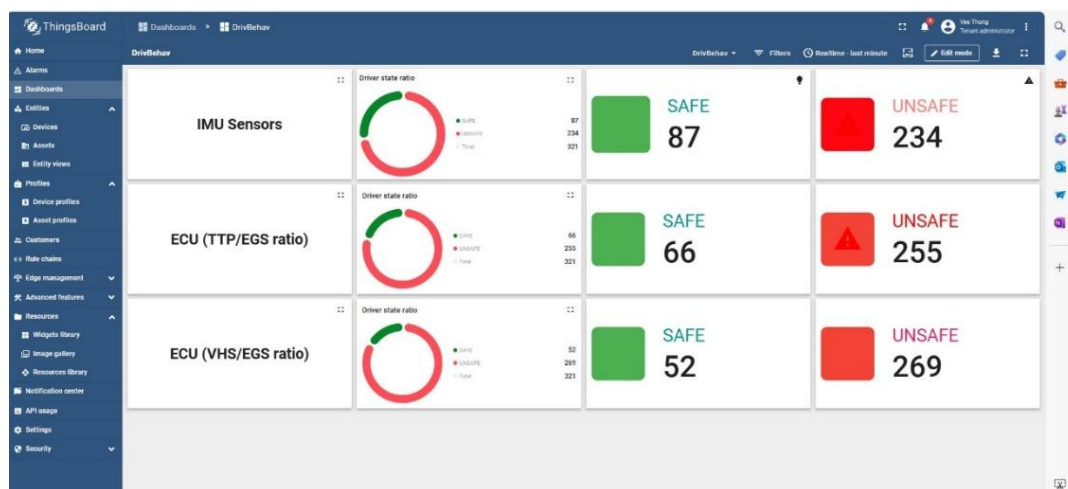


รูปที่ 4.13 ECU Features



รูปที่ 4.14 ECU Driver State

ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลสามารถส่งข้อมูลจากรถยนต์โดยกล่อง TCU ไปยังฐานข้อมูลและ Realtime database ได้เป็นอย่างดีผ่านเทคโนโลยี V2N ด้วยโครงข่ายโทรคมนาคมเคลื่อนที่ในยุคที่ 5 โดยสรุปเป็นฐานข้อมูลและ Realtime dashboard ดังรูปที่ 4.13 โดยจะเห็นได้ว่า ผู้ขับขี่คนดังกล่าว ภาพรวมกว่า 70% มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้รถใช้ถนนร่วมกับผู้อื่นตลอดจนเกิดความเสี่ยงหรือของรถยนต์ที่เกิดจากการขับขี่ที่ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตามระบบที่นำเสนอเป็นเพียงระบบแจ้งเตือนตัวผู้ขับขี่เอง หากมีการพัฒนาต่อไปด้วยการส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังรถยนต์คันอื่นๆ หรือ ส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลการประกันภัย จะส่งผลให้เกิดความเป็นธรรมในการคำนวณเบี้ยประกันภัยรถยนต์จากผู้ขับขี่โดยตรง



รูปที่ 4.15 Driver behavior Realtime dashboard

4.4.2 การทดสอบเก็บผลจากการขับรถยนต์ส่วนบุคคลจริงแบบแยก

การทดสอบเก็บข้อมูลพฤติกรรมการขับรถยนต์ส่วนบุคคลแบบแยก จะขับขี่ทั้งแบบปลอดภัยและแบบไม่ปลอดภัย แต่จะแยกการขับออกเป็นช่วง เพื่อหาพฤติกรรมการขับขี่แบบเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง ได้แก่ การขับแบบปลอดภัย และไม่ปลอดภัย จากนั้นจะหาพฤติกรรมการขับขี่โดยรวมจากการจัดทำเป็นคะแนนผู้ขับขี่ต่อการขับขี่ 1 ครั้ง ในการขับขี่จะถูกแบ่งออกเป็น 2 สถานการณ์ ได้แก่ การขับขี่แบบปลอดภัย และการขับขี่แบบไม่ปลอดภัย ผู้ขับขี่มี 2 ผู้ขับขี่ ได้แก่ นักศึกษาปริญญาตรี 1 คน และอาจารย์ที่ปรึกษา 1 คน โดยนักศึกษาปริญญาตรีจะขับแบบปลอดภัย และอาจารย์ที่ปรึกษาจะขับแบบไม่ปลอดภัย เนื่องจากงานนี้คำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก ผู้ขับขี่แสดงดังรูปที่ 4.14 และ 4.15

Safe driving



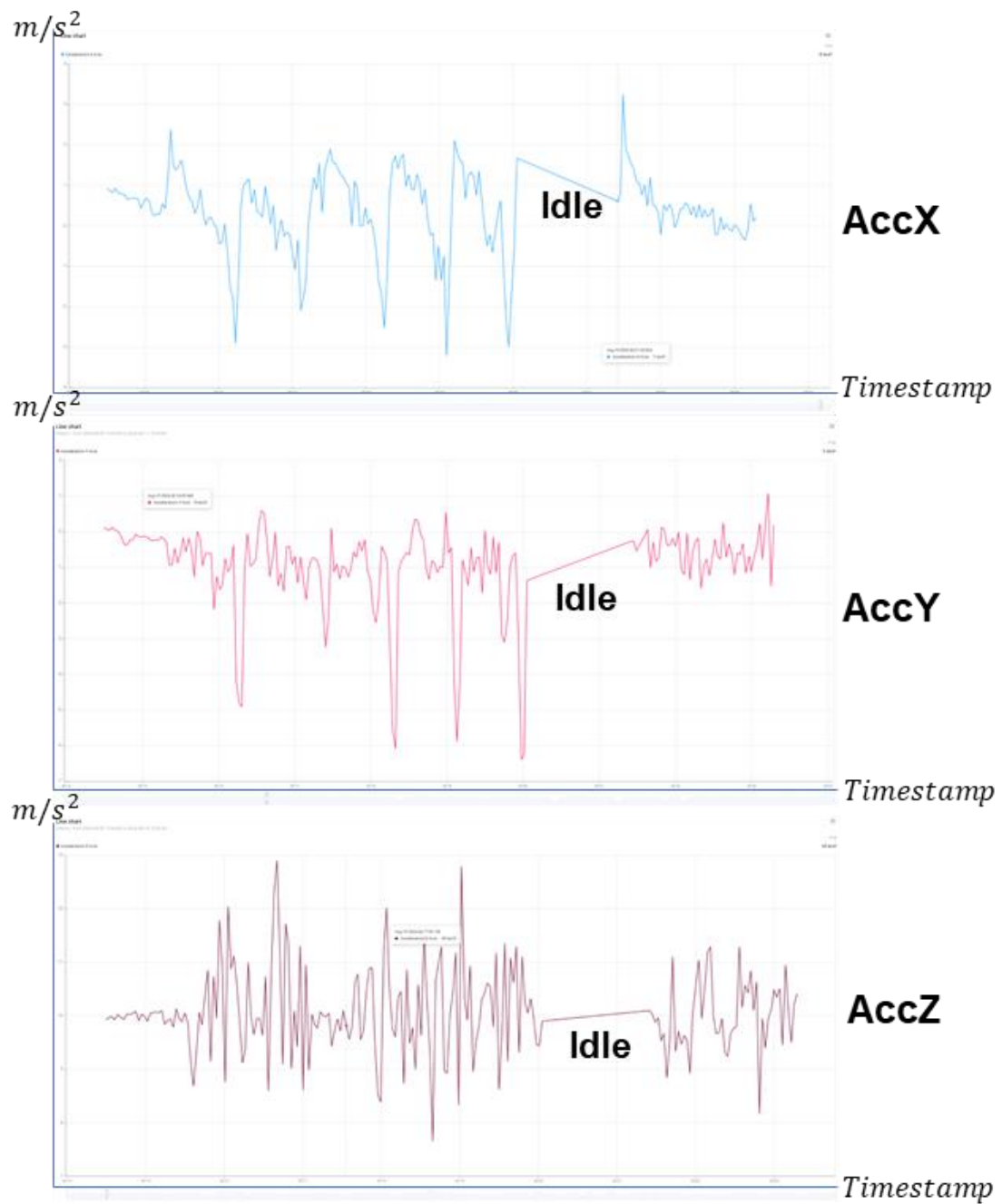
รูปที่ 4.16 การขับขี่แบบปลอดภัยโดยนักศึกษาปริญญาตรี

Unsafe driving



รูปที่ 4.17 การขับขี่แบบไม่ปลอดภัยโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

จากการทดสอบการขับขี่แบบแยกสถานการณ์ถูกแบ่งออกเป็นการขับขี่แบบปลอดภัย และแบบไม่ปลอดภัย พบว่าค่าที่แสดงผลบนระบบ Invehicle Display มีความสอดคล้องกับสถานการณ์การขับขี่จริง จากรูปที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบการขับขี่จริงเมื่อเริ่มขับ ณ ช่วงเวลาประมาณ 16.14 น. ถึง 16.24 น. พบว่าเมื่อเริ่มขับความเร็วรถยนต์ (VHS) เริ่มเพิ่มขึ้นพร้อมกับการทดสอบการขับขี่แบบไม่ปลอดภัย (Unsafe driving) ณ ช่วงเวลาเริ่มประมาณ 16.15 น. ถึง 16.20 น. และกราฟมีการกระเพื่อมตามจังหวะการขับ แบบไม่ปลอดภัย โดยจะกำหนดให้ขับแบบหักเลี้ยวกะทันหัน เหยียบคันเร่งกะทันหัน และเบรกกะทันหัน ที่สอดคล้องกันตามจังหวะการขับเป็นจำนวนทั้งหมด 5 ครั้ง จากพฤติกรรมที่ขับเห็นอย่างได้ชัดเห็นว่ากราฟมีการขยับตามสถานการณ์ โดยกราฟที่มีส่วนเกี่ยวข้องมากที่สุดได้แก่ AccX (ความเร่งในแนวแกน X) AccY (ความเร่งในแนวแกน Y) GyroZ (ความเร็วเชิงมุมรอบแกน Z) TTP (ตำแหน่งคันเร่ง) EGS (รอบเครื่องยนต์) และ VHS (ความเร็วรถยนต์) ซึ่งแต่ละกราฟมีความสัมพันธ์กันอย่างเห็นได้ชัด และมีบางจุดที่สไปค์ (spike) หรือพุ่งลง และขึ้นตามการขับแบบกะทันหัน ต่อมาเป็นสถานการณ์ที่รถไม่ได้ขับตัวจะเป็นสถานการณ์ที่รถหยุดนิ่ง (Idle) และสุดท้ายเป็นการขับขี่แบบปลอดภัย พบว่ากราฟมีการขยับไม่มาก หรือกระเพื่อมน้อย และไม่มีสไปค์ที่สอดคล้องกับการทดสอบการขับขี่แบบปลอดภัยตามสถานการณ์จริง ณ ช่วงเวลาประมาณ 16.21 น. ถึง 16.24 น. กราฟผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.18 4.19 และ 4.20



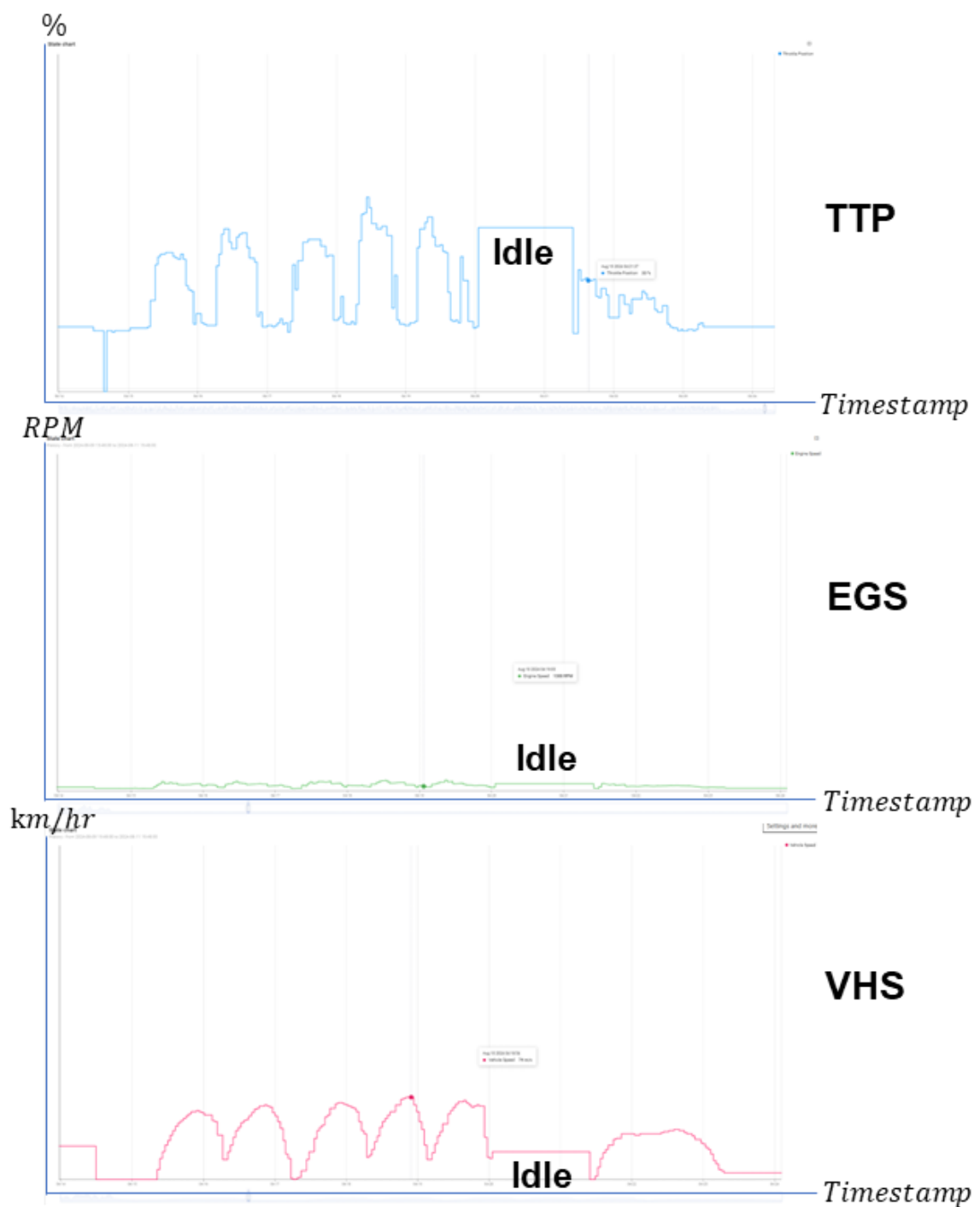
รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบการขับขี่แบบแยกสถานการณ์

จากรูปที่ 4.18 พบว่าความเร่งในแกน x (กราฟ AccX) y (กราฟ AccY) และ z (กราฟ AccZ) มีความสัมพันธ์กัน ในแต่ละช่วงเวลาจากที่กล่าวก่อนหน้านี้ ก่อนสถานะรถหยุดนิ่ง (Idle state) เป็นการขับขี่แบบไม่ปลอดภัย หรือการขับขี่แบบเลี้ยวกะทันหัน กราฟมีการแกว่งมากกว่าหลังสถานะรถหยุดนิ่งหรือการขับขี่แบบไม่ปลอดภัย ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ขับขี่จริง เช่นเดียวกับรูปที่ 4.19 กราฟ GyroZ



รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบการขับเคลื่อนแบบแยกสถานการณ์

จากรูปที่ 4.19 พบว่า กราฟ GyroX และ GyroY ไม่ได้แกว่งมาก ช่วงก่อนและสถานะรถหยุดนิ่งการแกว่งของกราฟมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นกราฟทั้ง 2 ไม่ได้มีผลมากกับพฤติกรรมของการขับเคลื่อนที่ถูกจำแนกเป็นการขับเคลื่อนแบบไม่ปลอดภัย และการขับเคลื่อนแบบปลอดภัย เมื่อเทียบกับกราฟ GyroZ ที่มีการแกว่งที่สัมพันธ์กันกับกราฟจากรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 ผลการทดสอบการขับขี่แบบแยกสถานการณ์

จากรูปที่ 4.20 พบว่า กราฟตำแหน่งคันเร่ง (TTP) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (EGS) และความเร็วรถยนต์ (VHS) พบว่ามีความสัมพันธ์กับทั้ง 3 กราฟ และสัมพันธ์กับสถานการณ์การขับขี่จริง เช่นเดียวกับกราฟจากรูปที่ 4.18 และกราฟ GyroZ จากรูปที่ 4.19 แต่กราฟความเร็วรอบเครื่องยนต์ (EGS) จะมีขนาดเล็กเนื่องจากขนาดของบางค่าในช่วงก่อนการทดสอบการขับขี่จริงมีค่าที่สูงเกินแต่ใน

รูปจะไม่พบ เพราะได้ถูกตัดออกไป โดยกราฟจากรูปที่ 4.18 และ 4.19 เป็นค่าที่ได้จาก IMU sensors กราฟจากรูปที่ 4.20 เป็นค่าที่ได้จากกล่อง ECU ที่พบว่าค่าจากอุปกรณ์ทั้ง 2 มีความสอดคล้องกัน และมีผลกับพฤติกรรมรถที่ขับ ยกเว้นกราฟ GyroX และ GyroY จากรูปที่ 4.19 แต่ 2 กราฟนี้สามารถนำไปใช้ประยุกต์ในงาน Automotive SOS ได้ในอนาคต

4.4.3 การทดสอบเก็บผลจากการขับรถยนต์ส่วนบุคคลจริงแบบแยกสถานการณ์

จากผลการขับแบบแยกสถานการณ์ สามารถสรุปผลการขับโดยรวมได้ดังตารางที่ 4.3 และดังรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการขับโดยรวมการขับแยกสถานการณ์ของการขับแบบปลอดภัย

	Safe count	Unsafe count	Safe rate (%)	Unsafe rate (%)
IMU Sensors	45	0	100	0
TTP/EGS ratio	43	2	95.56	4.44
VHS/EGS ratio	10	35	22.22	77.78

จากตารางที่ 4.3 พบว่าโมเดลที่นำเสนอ (LSTM model) หรือตามแถว IMU Sensors มีการทำนาย safe rate เท่ากับ 100% และ unsafe rate เท่ากับ 0% โมเดลทางคณิตศาสตร์ตัวที่ 1 หรือตามแถว TTP/EGS ratio (The relative ratio of the Throttle position and Engine speed) มีการทำนาย safe rate เท่ากับ 95.56% และ unsafe rate เท่ากับ 4.44% และโมเดลทางคณิตศาสตร์ตัวที่ 2 หรือตามแถว VHS/EGS ratio (The relative ratio of the Vehicle speed and Engine speed) มีการทำนาย safe rate เท่ากับ 22.22% และ unsafe rate เท่ากับ 77.78% ดังนั้นสรุปได้ว่าโมเดลที่นำเสนอมีความสัมพันธ์กับโมเดลทางคณิตศาสตร์ตัวที่ 1 หรือ TTP/EGS ratio แต่โมเดลทางคณิตศาสตร์ตัวที่ 2 ยังจำแนกพฤติกรรมผู้ขับขี่ไม่สอดคล้องกับโมเดลอื่น และตามสถานการณ์จริง เนื่องจากการขับแบบปลอดภัยนั้นเป็นการทดสอบในระยะทางที่ไม่ได้ยาวมาก แต่เป็นการทดสอบการขับแบบเลี้ยวเป็นส่วนใหญ่จึงใช้ความเร็วไม่มากนักแต่รอบจะสูงอาจทำให้ผลการคำนวณและการตัดสินใจอยู่ในขอบเขตของการขับแบบไม่ปลอดภัยเป็นส่วนใหญ่ หรือช่วงที่ต่ำกว่า 0.9 ดังที่กล่าวในบทที่ 3 รูปที่ 3.13 และแสดงผลการขับโดยรวมจากการขับแบบแยกสถานการณ์ของการขับแบบปลอดภัยดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงผลการแจ้งเตือนจากสถานการณ์การขับขี่แบบปลอดภัย

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการขับขี่โดยรวมการขับขี่แบบแยกสถานการณ์การขับขี่ไม่แบบปลอดภัย

	Safe count	Unsafe count	Safe rate (%)	Unsafe rate (%)
IMU Sensors	74	77	49.01	50.99
TTP/EGS ratio	98	53	64.90	35.10
VHS/EGS ratio	36	115	23.84	76.16

จากตารางที่ 4.4 พบว่าโมเดลที่นำเสนอ (LSTM model) หรือตามแถว IMU Sensors มีการทำนาย safe rate เท่ากับ 49.01% และ unsafe rate เท่ากับ 50.99% โมเดลทางคณิตศาสตร์ตัวที่ 1 หรือตามแถว TTP/EGS ratio (The relative ratio of the Throttle position and Engine speed) มีการทำนาย safe rate เท่ากับ 64.90% และ unsafe rate เท่ากับ 35.10% และโมเดลทางคณิตศาสตร์ตัวที่ 2 หรือตามแถว VHS/EGS ratio (The relative ratio of the Vehicle speed and Engine speed) มีการทำนาย safe rate เท่ากับ 23.84% และ unsafe rate เท่ากับ 76.16% ดังนั้นสรุปได้ว่าโมเดลที่นำเสนอมีความสัมพันธ์กันกับโมเดลทางคณิตศาสตร์ตัวที่ 2 หรือ TTP/EGS ratio แต่โมเดลทางคณิตศาสตร์ตัวที่ 1 ยังจำแนกพฤติกรรมผู้ขับขี่ไม่สอดคล้องกับโมเดลอื่น และตามสถานการณ์จริง เนื่องจากการขับขี่แบบไม่ปลอดภัยใช้สถานที่เป็นการขับขี่แบบปลอดภัย และใช้ระยะทางสั้น ทำให้มีโอกาสบางจังหวะเหยียบคันเร่งเยอะและน้อย และทำให้รอบเครื่องยนต์สูงและต่ำสลับกันไป อาจทำให้ค่าทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันโดยไม่มีค่าใดค่าหนึ่งห่างกันมาก ดังนั้นอาจทำให้ผลการคำนวณและการตัดสินใจอยู่ในขอบเขตของการขับขี่แบบปลอดภัยเป็นส่วนใหญ่ หรือช่วงระหว่าง 0.9 ถึง 1.3 ดังที่กล่าวในบทที่ 3 รูปที่ 3.13 และแสดงผลการขับขี่โดยรวมจากการขับขี่แบบแยกสถานการณ์ของการขับขี่แบบไม่ปลอดภัยดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แสดงผลการแจ้งเตือนจากสถานการณ์การขับขี่แบบปลอดภัย

สรุปผลการทดสอบจากการขับขี่จริงตามสถานการณ์ต่าง ๆ จากระบบ และกล่อง TCU ที่ถูกสร้างขึ้น พบว่าโมเดลภายในระบบสามารถจำแนกพฤติกรรมการขับขี่แบบปลอดภัย และแบบไม่ปลอดภัยได้จริง และสามารถเก็บผลการทดสอบส่งไปยังฐานข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลได้จริงตามระบบที่ได้ออกแบบมาและการนำไปใช้ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 การนำระบบและกล่อง TCU ไปใช้งานจริง

4.5 การทดสอบเวลาการประมวลผลของระบบ

การทดสอบเวลาการประมวลผลของระบบถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เวลาโดยรวมการประมวลผลที่กล่อง TCU และเวลาโดยรวมการนำส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย โดยมีผลดังนี้

4.5.1 เวลาโดยรวมการประมวลผลที่กล่อง TCU

เวลาโดยรวมจากการประมวลผลที่กล่อง TCU ถูกวัดจากเวลาเริ่มต้นการประมวลผลจนกระทั่งจบการประมวลผลของซอฟต์แวร์ จากนั้นนำเวลามาหาส่วนต่างกันทั้งหมด 30 ค่า พบว่าเวลาเฉลี่ยจากการประมวลผลที่กล่อง TCU (Execute time) เท่ากับ 1.6559 วินาที แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการประมวลผลที่กล่อง TCU

No.	Executed time (second)
1	1.6599
2	1.6717
3	1.6580
4	1.6539
5	1.6622
6	1.6636
7	1.6589
8	1.6721
9	1.6579
10	1.6723
11	1.6626
12	1.6677
13	1.6672
14	1.6638
15	1.6686
16	1.6676
17	1.6904
18	1.6780
19	1.6640

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากการประมวลผลที่กล่อง TCU (ต่อ)

No.	Executed time (second)
20	1.6776
21	1.6673
22	1.6745
23	1.6735
24	1.6624
25	1.6751
26	1.6638
27	1.6683
28	1.6781
29	1.6751
30	1.6864
เวลาเฉลี่ย	1.6599

4.5.2 เวลาโดยรวมจากการนำส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย V2N

เวลาโดยรวมจากการนำส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย V2N ถูกวัดจากข้อมูลวันและเวลาของกล่อง TCU และ timestamp ของ dashboard เมื่อข้อมูลมาถึง จากนั้นนำวันและเวลาทั้งสองมาแปลงเป็น Unix timestamp แล้วนำมาหาส่วนต่างทั้งหมด 30 ค่า พบว่าเวลาเฉลี่ยจากการนำส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย V2N เท่ากับ 0.2 วินาที แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เวลาโดยรวมจากการนำส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย V2N ไปยัง dashboard

Datetime of dashboard	Datetime of TCU box	Unix timestamp of dashboard (second)	Unix timestamp of TCU box (second)	Total delay (second)
10/8/2024 17:57:38	10/8/2024 17:57:38	1723312658	1723312658	0
10/8/2024 17:57:41	10/8/2024 17:57:41	1723312661	1723312661	0

ตารางที่ 4.6 เวลาโดยรวมจากการนำส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย V2N ไปยัง dashboard (ต่อ)

Datetime of dashboard	Datetime of TCU box	Unix timestamp of dashboard (second)	Unix timestamp of TCU box (second)	Total delay (second)
10/8/2024 17:57:43	10/8/2024 17:57:43	1723312663	1723312663	0
10/8/2024 17:57:45	10/8/2024 17:57:45	1723312665	1723312665	0
10/8/2024 17:57:47	10/8/2024 17:57:47	1723312667	1723312667	0
10/8/2024 17:57:50	10/8/2024 17:57:49	1723312670	1723312669	1
10/8/2024 17:57:52	10/8/2024 17:57:52	1723312672	1723312672	0
10/8/2024 17:57:54	10/8/2024 17:57:54	1723312674	1723312674	0
10/8/2024 17:57:57	10/8/2024 17:57:57	1723312677	1723312677	0
10/8/2024 17:58:00	10/8/2024 17:57:59	1723312680	1723312679	1
10/8/2024 17:58:02	10/8/2024 17:58:02	1723312682	1723312682	0
10/8/2024 17:58:04	10/8/2024 17:58:04	1723312684	1723312684	0
10/8/2024 17:58:06	10/8/2024 17:58:06	1723312686	1723312686	0
10/8/2024 17:58:09	10/8/2024 17:58:08	1723312689	1723312688	1

ตารางที่ 4.6 เวลาโดยรวมจากการนำส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย V2N ไปยัง dashboard (ต่อ)

Datetime of dashboard	Datetime of TCU box	Unix timestamp of dashboard (second)	Unix timestamp of TCU box (second)	Total delay (second)
10/8/2024 17:58:11	10/8/2024 17:58:11	1723312691	1723312691	0
10/8/2024 17:58:13	10/8/2024 17:58:13	1723312693	1723312693	0
10/8/2024 17:58:16	10/8/2024 17:58:15	1723312696	1723312695	1
10/8/2024 17:58:18	10/8/2024 17:58:18	1723312698	1723312698	0
10/8/2024 17:58:20	10/8/2024 17:58:20	1723312700	1723312700	0
10/8/2024 17:58:22	10/8/2024 17:58:22	1723312702	1723312702	0
10/8/2024 17:58:25	10/8/2024 17:58:24	1723312705	1723312704	1
10/8/2024 17:58:27	10/8/2024 17:58:27	1723312707	1723312707	0
10/8/2024 17:58:29	10/8/2024 17:58:29	1723312709	1723312709	0
10/8/2024 17:58:31	10/8/2024 17:58:31	1723312711	1723312711	0
10/8/2024 17:58:34	10/8/2024 17:58:33	1723312714	1723312713	1
10/8/2024 17:58:36	10/8/2024 17:58:36	1723312716	1723312716	0

ตารางที่ 4.6 เวลาโดยรวมจากการนำส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย V2N ไปยัง dashboard (ต่อ)

Datetime of dashboard	Datetime of TCU box	Unix timestamp of dashboard (second)	Unix timestamp of TCU box (second)	Total delay (second)
10/8/2024 17:58:38	10/8/2024 17:58:38	1723312718	1723312718	0
10/8/2024 17:58:40	10/8/2024 17:58:40	1723312720	1723312720	0
10/8/2024 17:58:42	10/8/2024 17:58:42	1723312722	1723312722	0
10/8/2024 17:58:45	10/8/2024 17:58:45	1723312725	1723312725	0
เวลาเฉลี่ย		1723312692	1723312692	0.2

จากผลลัพธ์เวลาเฉลี่ยของทั้ง 2 การประมวลผล เมื่อนำมารวมกับจะเท่ากับ 1.8599 วินาที เมื่อนำมาเทียบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่ จาก [14] เวลาตอบสนองของผู้ขับขี่อยู่ที่ 1 วินาที หรือต่ำกว่านั้น สำหรับผู้ขับขี่ที่ชำนาญ และสถานการณ์วิกฤติ เวลาตอบสนองของผู้ขับขี่โดยเฉลี่ยทั่วไปอยู่ที่ 1.5 วินาที และเวลาตอบสนองของผู้ขับขี่โดยเฉลี่ยสำหรับผู้ส่วงวัย และผู้ที่ยังไม่ชำนาญอยู่ที่ 2.5 วินาที ดังนั้นนำมาเมื่อเทียบกัน พบว่าเวลาของระบบที่นำเสนอยังไม่สามารถเร็วพอที่จะแจ้งผู้ขับขี่ที่ชำนาญ และผู้ขับขี่โดยทั่วไปได้ แต่สามารถช่วยแจ้งเตือนผู้ขับขี่ที่ไม่ชำนาญหรือผู้ส่วงวัยได้ ดังนั้นในอนาคตมีโอกาพัฒนาาระบบ เพื่อให้สามารถแจ้งเตือนผู้ขับขี่ให้ทันที่ได้ภายใน 1 วินาที ด้วยการลดความซับซ้อนของโมเดล แจ้งเตือนให้กับผู้ขับขี่โดยไม่ผ่านเครือข่าย และเพิ่มประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์มากขึ้น