

โมเดลทำนายระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าจากแอปพลิเคชันแสดงความพึงพอใจต่อความ สะดวกสบายของแรงสั่นสะเทือนขณะรถไฟฟ้าเคลื่อนที่ศึกษาของรถไฟฟ้ารางเดี่ยว

A Prediction Model of Passenger Satisfaction Levels Using a Ride Comfort Evaluation Application Incorporating In-Transit Train Vibration Data: A Monorail Case Study

จิระเจตน์ สอนอนันตภูมิ¹ ดนุพร แซ่คู¹ ริเบต ชูทอง¹ ปานรวี รุ่งสกุลโรจน์² และ พิชยพิชชา ศรีคร้าม¹

¹สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และ ²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1165104006432@mail.rmutt.ac.th, 116510462398@mail.rmutt.ac.th, 1165104006788@mail.rmutt.ac.th

,panrawee.r@en.rmutt.ac.th, pps@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับรับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าและบันทึกค่าแรงสั่นสะเทือนจากเซ็นเซอร์ไจโรสโคปในขณะที่รถไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่งคงที่ เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าความสะดวกสบายของผู้โดยสารจากแรงสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน UIC 513 และ ISO 2631 และนำค่าจากไจโรสโคปให้โมเดลเรียนรู้เชิงลึกสามารถทำนายแยกค่าระดับการประเมินค่าดัชนีความสะดวกสบายจากการสั่นสะเทือนที่มีความหมายของระดับความสะดวกสบายได้ วิธีนี้จะทำให้การประเมินนั้นสามารถประเมินความสะดวกสบายระหว่างการเดินทางได้ นอกเหนือจากนี้ผลข้อมูลการประเมินความพึงพอใจของผู้โดยสารจะถูกนำมาเปรียบเทียบระหว่างค่าดัชนีความสะดวกสบายจากการสั่นสะเทือนของทั้ง 2 มาตรฐาน พบว่าผู้โดยสารตอบระดับความพึงพอใจของการโดยสารตรงกับค่าดัชนีนั้นตอบตรงกับมาตรฐาน ISO 2631 มากกว่ามาตรฐาน UIC 513

คำสำคัญ: ดัชนีความสะดวกสบายจากการสั่นสะเทือน , ระบบราง, การเรียนรู้เชิงลึก, โมไบล์แอปพลิเคชัน

Abstract

This study presents the development of an application to capture metro passengers' satisfaction and record vibration data using gyroscope sensors during constant-acceleration train travel. The collected data were then used to compute passenger ride comfort indices based on the UIC 513 and ISO 2631 standards. The gyroscope data were employed in a deep learning model to predict and classify of ride comfort levels. This approach enables real-time examination of passenger comfort throughout the travel. Moreover, the results, which compare passenger satisfaction with the vibration-based ride comfort index, indicate a closer alignment with the ISO 2631 standard than with UIC 513.

Keywords: Ride comfort, Railway ,Deep learning, mobile application

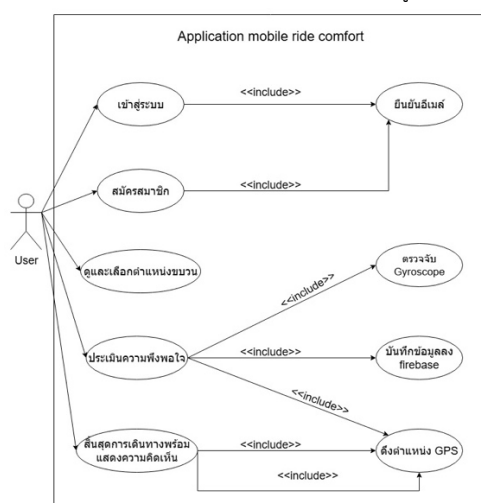
1. บทนำ

การพัฒนาะบบรถไฟฟ้าในเขตเมืองเป็นกลไกสำคัญในการจัดการปัญหาการจราจรและสนับสนุนการขนส่งสาธารณะ เพื่อลดระยะเวลาการเดินทางและอัตราค่าโดยสารแล้ว การเดินทางด้วยยานพาหนะใด ๆ นั้นมีปัจจัยด้านความสะดวกสบายของผู้โดยสารขณะการเดินทาง จากผลของการสั่นสะเทือนของโครงสร้างยานพาหนะนั้นมีอิทธิพลต่อความสะดวกสบายของผู้โดยสาร หากการสั่นสะเทือนมีค่าไม่ตรงต่อความถี่ของมนุษย์นั้นอาจส่งผลต่อการปวดหลัง ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ อาการปวดหัว อาการคลื่นไส้ การโดยสารด้วยรถไฟฟ้าที่มีการสั่นสะเทือนจากโครงสร้างรถ ล้อ และราง ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้โดยสาร การประเมินค่าความสะดวกสบายของการโดยสารสามารถอ้างอิงถึงมาตรฐาน ISO 2631 [1] ครอบคลุมในยานพาหนะทุกประเภท ในการคำนึงและถูกนำเสนอใหม่ใน มาตรฐานสากล UIC 513 [2] สำหรับการประเมินระดับความสะดวกสบายของผู้โดยสารบนรถไฟฟ้า โดยอาศัยข้อมูลแรงสั่นสะเทือนในแกน x, y และ z เป็นตัวชี้วัดหลัก พร้อมจัดลำดับความพึงพอใจออกเป็นสี่ระดับ ได้แก่ Comfortable, Moderate Comfortable, Uncomfortable และ Very Poor Comfortable การประเมินความสะดวกสบายนั้นได้ถูกประเมินระหว่างการเดินทางจะต้องวัดทั้งไปและกลับ เพื่อที่จะได้ประเมินความสะดวกสบายของผู้โดยสารระหว่างเดินทางนั้นในปัจจุบันจึงมีงานวิจัยที่นำการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์เพื่อยกระดับการประเมินคุณภาพการเดินทางด้วยรถไฟ J. Huang และคณะ [3] ได้วิเคราะห์และจำแนกระดับความสะดวกสบายของผู้โดยสารจากสมาร์ตโฟนสามารถประเมินดัชนีความสะดวกสบายตามมาตรฐาน UIC513 ด้วยโมเดล CNN และ SVR ให้ผลการทำนายค่าดัชนีความสะดวกสบายได้ใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริง 98.88 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2025 A. Shafiq และ คณะ [4] ได้นำเสนอวิธีการทำนายระดับความพึงพอใจต่อความสะดวกสบายของผู้โดยสารจากการนั่ง



รูปที่ 1 ภาพรวมของการศึกษาการสร้างโมเดลทำนายความพึงพอใจต่อความสะดวกสบายของผู้โดยสารรถไฟฟ้าจากแอปพลิเคชันการแสดงความพึงพอใจและการรับค่าสัมประสิทธิ์ของรถไฟเคลื่อนที่

รถไฟฟ้าในเมืองที่อยู่ในห้องจำลองสถานการณ์การเดินทางเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสะดวกสบายของผู้โดยสารและค่าความเร่งตามแนวเส้นสะเทือนของเซ็นเซอร์การสั่นสะเทือนที่ถูกติดตั้งไว้ที่พื้นของห้องโดยสารและใต้เบาะของผู้โดยสาร จากนั้นทำการคำนวณข้อมูลจากค่าความเร่งตามแนวแกน x y และ z ตามหลักการของ Sperling ride comfort index และกำหนดคลาสของข้อมูลที่แสดงถึงความสะดวกสบายของผู้โดยสาร เพื่อให้ข้อมูลสามารถเรียนรู้ด้วยโมเดลการเรียนรู้และจำแนกด้วยรูปภาพ ทำให้ข้อมูลดังกล่าวถูกแปลงเป็นลักษณะการเก็บข้อมูลของภาพด้วยหลักการ GAF ด้วยหลักการนี้ให้ความแม่นยำมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่เหมาะสมกับแนวทางการประเมินความสะดวกสบายของผู้โดยสารจากสมาร์ตโฟนเนื่องจากการรับค่าต่อเนื่องเพื่อนำมาประมวลผลและจำเป็นต้องแปลงเป็นข้อมูลเชิงรูปภาพซึ่งใช้พลังงานการประมวลผลที่สูงมาก งานวิจัยที่กล่าวก่อนหน้านี้ดำเนินการบนรถไฟที่เคลื่อนที่ด้วยล้อเลื่อนแบบเหล็กเท่านั้น ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำ จึงมีแนวคิดในการนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่สามารถเรียนรู้ค่าดัชนีความสะดวกสบายของผู้โดยสารต่อการสั่นสะเทือนที่สอดคล้องกับความคิดเห็นต่อความพึงพอใจต่อความสะดวกสบายของผู้โดยสารบนรถไฟรางเดียวที่เคลื่อนที่ด้วยล้อวางบนรางปูน

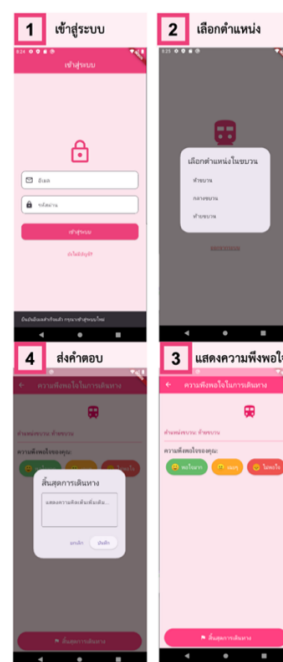


รูปที่ 2 ฟังก์ชันที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้

2. วิธีการศึกษา

2.1 ภาพรวมของวิธีการศึกษา

ภาพรวมของการศึกษาประกอบด้วย 2 ส่วน แสดงดังรูปที่ 1 แอปพลิเคชันสำหรับการเก็บข้อมูลของค่าความสั่นสะเทือนจากเซ็นเซอร์ไจโรสโคปของมือถือและค่าระดับความพึงพอใจของผู้โดยสารโดยมือถือได้ยึดติดกับผนังของตัวรถและมีทิศทางของแกน z - รถไฟเคลื่อนตัวไปข้างหน้า และการศึกษาการสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกของค่าความสะดวกสบายของผู้โดยสารและค่าที่ได้รับจากไจโรสโคปของมือถือ ข้อมูลดังกล่าวจะได้รับจากผู้โดยสารอาสาสมัครจะทำการแสดงค่าความพึงพอใจโดยที่ไม่ได้รับรู้ค่าความสะดวกสบายตามมาตรฐาน ISO 2631 และ UIC 513 ข้อมูลจะถูกบันทึกลงในระบบคลาวด์และทำการสร้างชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้เชิงลึกและการทดสอบ



รูปที่ 3 การใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับการเก็บข้อมูลของค่าความสั่นสะเทือนและความพึงพอใจของผู้โดยสาร

2.2 แอปพลิเคชันสำหรับการเก็บข้อมูลของค่าความ

สั่นสะเทือนและความพึงพอใจของผู้โดยสาร

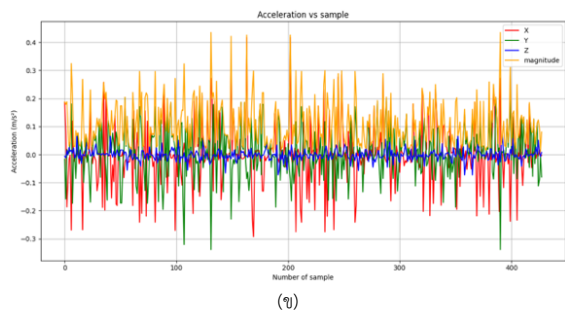
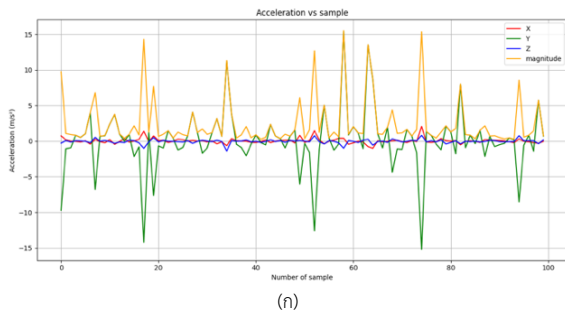
แอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาสำหรับการเก็บข้อมูลของค่าความสั่นสะเทือนและความพึงพอใจของผู้โดยสารข้อมูลจะถูกส่งไปยังฐานข้อมูลพร้อมทั้งมีการระบุตำแหน่ง GPS ของจุดที่เกิดการสั่นสะเทือนเพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยฟังก์ชันการทำงานของผู้ใช้แสดงดังรูปที่ 2 เมื่อผู้ใช้งานได้ทำเป็นสมาชิกของแอปพลิเคชันแล้วสามารถใช้งานได้แสดงดังรูปที่ 3 โดยเริ่มต้นการแสดงความพึงพอใจโดยเลือกตำแหน่งในขบวนผู้โดยสารรถไฟ และเลือกค่าความพึงพอใจที่แสดงขึ้น มี 3 ระดับ คือ “พอใจมาก” “เฉยๆ” และ “ไม่พอใจ” แอปพลิเคชันจะแสดงสิ้นสุดการเดินทางเพื่อบันทึกข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น วันเวลาที่ทำการเก็บ ตำแหน่งที่ทำการประเมิน ค่าความสั่นสะเทือนและความพึงพอใจของผู้โดยสาร เป็นต้น และทำการส่งค่าไปยัง Firebase Database เพื่อเก็บค่าข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในส่วนสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก

2.3 โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการทำนายความพึงพอใจของผู้โดยสาร

การสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกของนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้และการทดสอบโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก และการสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก

2.3.1 การเตรียมข้อมูล

ชุดข้อมูลที่ได้รับจากการแสดงความพึงพอใจต่อความสะดวกสบายขณะถูกเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4 โดย รูปที่ 4 (ก) และ (ข) นั้นขบวนรถไฟต่างขบวนและนำข้อมูลแกน X Y และ Z นั้นมาคำนวณค่าความสะดวกสบายขณะโดยสารจากการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO 2631 และ UIC 513



รูปที่ 4 ลักษณะข้อมูลที่ได้รับของแกน X Y และ Z ที่ได้รับการประเมินของผู้โดยสาร

ค่าความรู้สึกสบายของผู้โดยสารจากการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO 2631 คำนวณดังสมการที่ (1)

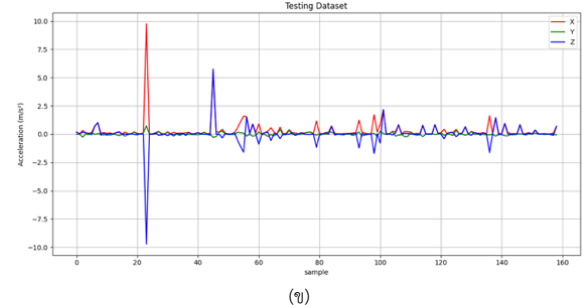
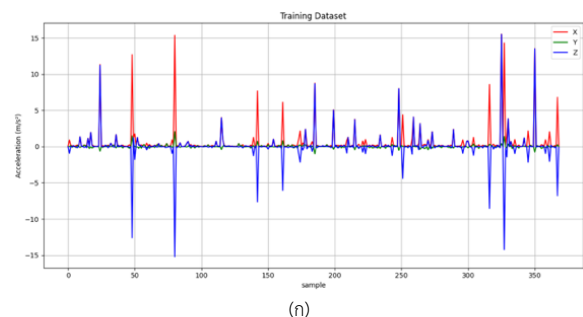
$$a_{rms} = \sqrt{a_{x,rms-w}^2 + a_{y,rms-w}^2 + a_{z,rms-w}^2} \quad (1)$$

เมื่อค่า $a_{x(y,z),rms-w}^2$ คือค่าความเร่งเฉลี่ยกำลังสองถ่วงน้ำหนักของแต่ละแกน

ค่าความรู้สึกสบายของผู้โดยสารจากการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน EN 12299:2009 และ UIC 513 คำนวณดังสมการที่ (2)

$$N_{mv} = 6 \cdot \sqrt{(a_{XP}^w d_{95})^2 + (a_{YP}^w d_{95})^2 + (a_{ZP}^w d_{95})^2} \quad (2)$$

เมื่อค่า a_P^w คำนวณจากค่าความเร่งเฉลี่ยกำลังสองถ่วงน้ำหนักของแต่ละแกนทุกๆ 5 วินาทีและค่าความเร่งสูงสุดที่ 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งที่มีความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ความเร่งที่เกิดขึ้น ณ เวลาใดๆ เมื่อเทียบกับค่าความเร่งตลอดช่วงการโดยสาร



รูปที่ 5 ชุดข้อมูลสำหรับ (ก) การเรียนรู้ และข้อมูลสำหรับ (ข) การทดสอบ

2.3.2 การสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก

จากการเตรียมข้อมูลนั้นฟีเจอร์ของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก คือ แกน X แกน Y แกน Z ค่า magnitude และ ค่าความสะดวกสบายขณะโดยสารที่คำนวณได้จากมาตรฐาน ISO 2631 และ UIC 513 กำหนดให้เป็นคลาสของการเรียนรู้ของข้อมูลจะถูกนำมาเปรียบเทียบความสอดคล้องกับระดับการประเมินจากผู้โดยสาร แสดงดังตารางที่ 1 โดยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการทำนายระดับความพึงพอใจของผู้โดยสารที่ได้จากการเรียนรู้ระหว่างสองมาตรฐานเพื่อประเมินว่าค่ามาตรฐานใดสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อขอความเห็นความพึงพอใจในความสะดวกสบายขณะโดยสารจากผู้โดยสารแบบอัตโนมัติ กล่าวได้ว่าเมื่อโจรสลัดของมือถือได้รับการสั่นสะเทือนแล้วทำการคาดการณ์

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบผลการประเมินความรู้สึกลบของผู้อยู่อาศัยจากการสั่นสะเทือน

ประเมินโดยมาตรฐาน ISO 2631 [1]		ประเมินโดยมาตรฐาน UIC 513 [2]		ระดับการประเมินจากผู้โดยสาร	
$a_{rms-w}[m \cdot s^{-2}]$	ผลการประเมิน	N_{MV}	ผลการประเมิน	ผลการประเมิน	ระดับการให้คะแนน
$N < 0.315$	Comfortable	$N_{MV} < 1$	Very comfortable	Comfortable	0
$0.315 \leq N \leq 0.63$	Slightly Uncomfortable	$1 < N_{MV} < 2$	Comfortable	Moderate Comfortable	1
$0.50 \leq N \leq 1.00$	Uncomfortable	$2 < N_{MV} < 4$	Moderate Comfortable	Uncomfortable	2
$0.80 \leq N \leq 1.60$	A lot Uncomfortable	$4 < N_{MV} < 5$	Poor comfortable	Uncomfortable	2
$1.25 \leq N \leq 2.50$	Very Uncomfortable	$N_{MV} > 5$	Very poor comfortable	Very poor comfortable	2
$N > 2$	Extremely Uncomfortable	-	-	-	-



รูปที่ 6 โครงสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

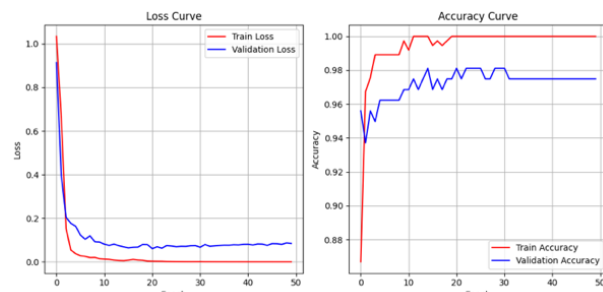
ค่าความสั่นสะเทือนจากโมเดลที่ได้เรียนรู้แล้วคาดว่าผู้โดยสารอาจได้รับความไม่พึงพอใจ ขณะโดยสารนั้น ให้ผู้โดยสารทำการยืนยันข้อมูลโดยไม่ต้องตัดสินใจระดับความพึงพอใจอีกครั้ง ดังนั้นข้อมูลที่ถูกนำมาเรียนรู้นั้นได้มีการระบุความพึงพอใจที่ข้อมูลที่ได้จากการแสดงความเห็นความพึงพอใจ ของผู้โดยสารจากหัวข้อย่อ 2.3.1 นั้นมีชุดข้อมูลจำนวน 527 ชุด แบ่งออกเป็น ชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้จำนวน 368 ข้อมูล แสดงดังรูปที่ 5 (ก) และข้อมูลสำหรับการทดสอบความแม่นยำ 159 ข้อมูล แสดงดังรูปที่ 5 (ข) นำข้อมูลข้างต้นเรียนรู้ด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกแสดงดังรูปที่ 6 เนื่องจากผลลัพธ์ของการคาดการณ์นั้นคือค่าระดับการประเมินจากผู้โดยสารซึ่งมี 3 คลาสข้อมูลจึงใช้ฟังก์ชันการสูญเสีย (loss) ด้วย sparse categorical cross entropy เพื่อปรับค่าความถูกต้องของการคาดการณ์ดังนั้นจึงกำหนดให้มีไฮเปอร์พารามิเตอร์ ดังนี้

- epochs: 50
- batch size: 32
- optimizer: Adam
- loss: sparse categorical cross entropy

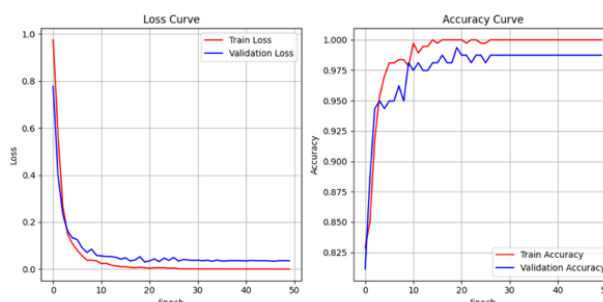
3. ผลการทดลองและการอภิปราย

การเรียนรู้เชิงลึกจะแบ่งออกเป็น 2 โมเดล คือ โมเดลที่เรียนรู้ความสั่นสะเทือนของผู้โดยสารจากการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO 2631 และ มาตรฐาน UIC 513 แสดงผลลัพธ์ของรอบการเรียนรู้ดังรูปที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้อง (accuracy) และค่าการสูญเสีย (loss) ของ

มาตรฐาน ISO 2631 มีค่าความถูกต้อง 98.74 เปอร์เซ็นต์ และค่าการสูญเสีย 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในกรณี มาตรฐาน UIC 513 มีค่าความถูกต้องที่ 97.48 เปอร์เซ็นต์ และค่าการสูญเสียที่ 0.8 โดยค่าความถูกต้องของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกนั้นมีผลมาจากพีเจอร์ทันนิ่งจึงทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสำคัญของพีเจอร์ทันนิ่งหรือที่เรียกว่า permutation feature importance โดยส่วนใหญ่จะนิยมในงานวิจัยของการเรียนรู้ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ และการสุ่มป่า ในงานวิจัยนี้ได้นำหลักการ ผลลัพธ์ที่ได้ของโมเดลทั้งสำหรับประเมินค่าความสั่นสะเทือนตามดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลจากโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก แสดงดังรูปที่ 8



(ก)

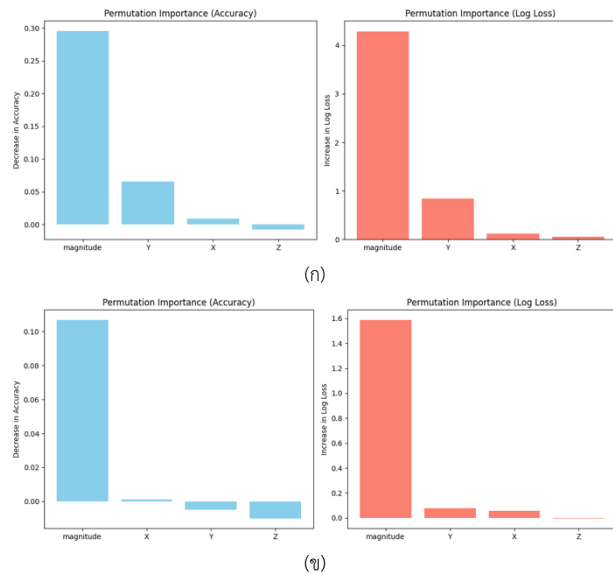


(ข)

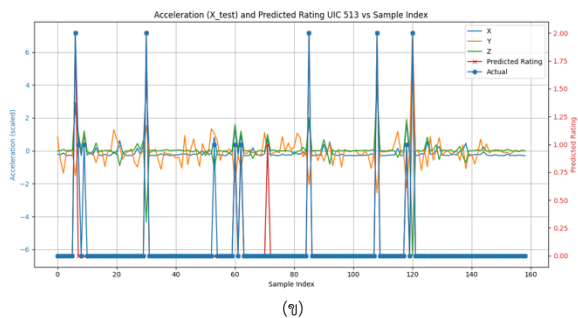
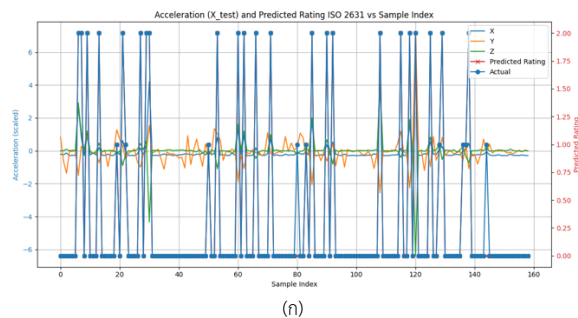
รูปที่ 7 กราฟแสดงการเรียนรู้เชิงลึกของโมเดลประเมินค่าความสั่นสะเทือน (ก) ตามมาตรฐาน ISO 2631 และ (ข) UIC 513

มาตรฐาน ISO 2631 และ UIC 513 พบว่าพีเจอร์ทันนิ่งมีความสำคัญสูงสุดจาก 4 พีเจอร์ทันนิ่งคือค่า magnitude หากพิจารณาจาก

การที่ติดตั้งสมาร์ตโฟนในทางแนวตั้งบนรถไฟทำให้ความเร่งในการเคลื่อนที่ของค่าแกน y คือทิศทางความเร่งตามแรงโน้มถ่วงซึ่งให้ผลมีความสำคัญสูงรองมาจากค่า magnitude ของโมเดลสำหรับประเมินค่าความสะท้านตามมาตรฐาน ISO 2631 แสดงดังรูปที่ 8 (ก) ค่าความเร่งในการเคลื่อนที่ของค่าแกน y เป็นค่าความสำคัญที่น้อยของโมเดลสำหรับประเมินค่าความสะท้านตามมาตรฐาน UIC 513 แสดงดังรูปที่ 8 (ข) อย่างไรก็ตามค่าความเร่งตามแนวทางการเคลื่อนที่ของรถไฟนั้นคือ แกน z ซึ่งเป็นพิกัดที่มีความสำคัญน้อยสุดของทั้งสองโมเดล



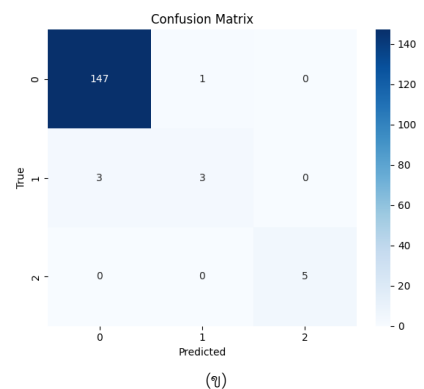
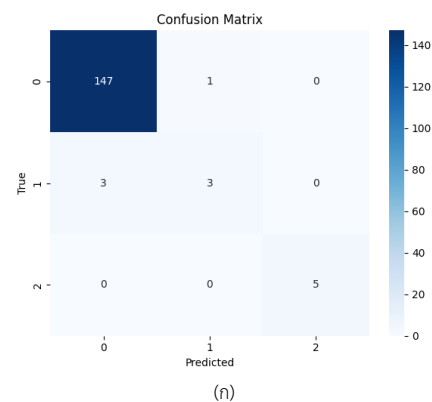
รูปที่ 8 กราฟแสดงความสำคัญของพิกัดหลังการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับประเมินค่าความสะท้าน (ก) ตามมาตรฐาน ISO 2631 และ (ข) UIC 513



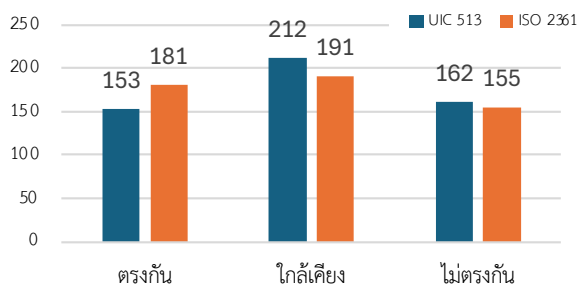
รูปที่ 9 กราฟแสดงผลการทำนายจากข้อมูลการทดสอบการเรียนรู้เชิงลึกของโมเดลสำหรับประเมินค่าความสะท้าน (ก) ตามมาตรฐาน ISO 2631 และ (ข) UIC 513

การทดสอบโมเดลด้วยชุดข้อมูลการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 9 โดย รูปที่ 9 (ก) แสดงผลของโมเดลสำหรับประเมินค่าความสะท้านตามมาตรฐาน ISO 2631 และ 9(ข) UIC 513 และสามารถสรุปด้วยตารางเมทริกซ์ความสับสนแสดงดังรูปที่ 10 โดย 10 (ก) แสดงผลของโมเดลสำหรับประเมินค่าความสะท้านตามมาตรฐาน ISO 2631 และ 10 (ข) UIC 513 เพื่อเปรียบเทียบค่าจริง (True) และค่าที่โมเดลทำนาย (Predicted) สามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้

- คลาสที่ 0 แสดง “พอใจมาก” โมเดลได้ทำนายผิด 1 ตัวอย่าง คือ ทำนายว่าเป็น คลาสที่ 1
- คลาสที่ 1 แสดง “เฉย ๆ” โมเดลได้ทำนายผิด 3 ตัวอย่าง คือ ทำนายว่าเป็นคลาที่ 0
- คลาสที่ 2 แสดง “ไม่พอใจ” โมเดลได้ทำนายผิด 0 ตัวอย่าง จากข้อมูลข้างต้นสามารถประเมินประสิทธิภาพของโมเดลทั้งสองแล้วพบว่าผลลัพธ์การทำนายโมเดลไม่ต่างกัน อย่างไรก็ตามการเดินรถไฟได้ทำการตรวจสอบรถไฟก่อนการให้บริการการเดินนั้น การเก็บข้อมูลในสภาพการเดินรถจริงนั้น ทำให้สถานการณ์ของความไม่พึงพอใจของความสะท้านขณะโดยสารของผู้โดยสารเมื่อทำการคำนวณแล้วให้ความหมายว่า ไม่พึงพอใจตามเกณฑ์ของมาตรฐานทั้งสองนั้นมีจำนวนข้อมูลที่น้อยมากจึงทำให้คลาที่ 2 มีความหมายว่าไม่พึงพอใจนั้นมีเพียง 5 ตัวอย่างการทดสอบซึ่งให้ผลลัพธ์ความแม่นยำเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 10 ตารางเมทริกซ์ความสับสนจากข้อมูลการทดสอบการเรียนรู้เชิงลึกของโมเดลสำหรับประเมินค่าความสะท้าน (ก) ตามมาตรฐาน ISO 2631 และ (ข) UIC 513



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างการประเมินความพึงพอใจของผู้โดยสารและค่าความสะทกสลายตามมาตรฐาน ISO 2631 และ UIC 513

อย่างไรก็ตามข้อมูลที่รับจากแบบประเมินของผู้โดยสารนั้นได้นำมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ช่วงการประเมินความพึงพอใจและค่าดัชนีความสะทกสลายของผู้โดยสารตามมาตรฐานทั้งหมดแล้วพบว่าความสอดคล้องการเปรียบเทียบตามตารางที่ 1 ให้ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 11 ผลลัพธ์ของความพึงพอใจและค่าดัชนีความสะทกสลายของผู้โดยสารตามมาตรฐานที่สอดคล้องกัน ISO 2361 มีความสอดคล้องที่มากกว่า UIC 513 ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ และที่ไม่สอดคล้องกัน หรือคำตอบไม่ตรงกันนั้น UIC 513 มีค่าที่มากกว่า ISO 2361 ที่ 2 เปอร์เซ็นต์ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถเป็นแนวทางการพัฒนางานวิจัยต่อไป

4. สรุป

การทำนายค่าดัชนีความสะทกสลายของผู้โดยสารจากสมาร์ตโฟนนั้นให้ข้อได้เปรียบจากการที่รับคำตอบจากผู้โดยสารเพื่อพัฒนาคุณภาพการเดินรถ วิธีการเรียนรู้เชิงลึกนั้นจำเป็นต้องมีจำนวนข้อมูลมากเพื่อการคาดการณ์ที่แม่นยำและการเลือกโมเดลที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องพิจารณาหากการนำไปประมวลผลบนสมาร์ตโฟนที่ปราศจากการใช้อินเทอร์เน็ตเนื่องจากเป็นภาระการใช้ดาต้าของผู้โดยสาร นอกเหนือจากการนำมาประเมินค่าความพึงพอใจของผู้โดยสารได้แล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์การสั่นสะเทือนอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ ทางทีมผู้เขียนจะทำการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อขอความเห็นความพึงใจความสะทกสลายขณะโดยสารจากผู้โดยสารอัตโนมัติตามหลักการของ Agent AI เมื่อวัดคาดการณ์ค่าความสะทกสลายจากไจโรสโคปของมือถือแล้วคาดว่าผู้โดยสารอาจจะได้รับความไม่พึงพอใจขณะโดยสารนั้นให้ทำการยืนยันข้อมูล

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณบริษัท imc Test & Measument สำหรับความรู้ทางการวัดแสงสั่นสะเทือนในระบบรถไฟและการใช้โปรแกรม FAMOS สำหรับการคำนวณค่าดัชนีความสะทกสลายของผู้โดยสารจากแรงสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO 2631 และ UIC 513

เอกสารอ้างอิง

- [1] International Organization for Standardization, "ISO 2631-1:2018 — Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements," ISO, 2018.
- [2] International Union of Railways, UIC Code 513, R: Guidelines for Evaluating Passenger Comfort in Relation to Vibration in Railway Vehicles, Paris, France: International Union of Railways, 1995.
- [3] J. Huang and S. Kaewunruen, "Evaluation of Railway Passenger Comfort with Machine Learning," in IEEE Access, vol. 10, pp. 2372-2381, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3139465.
- [4] A. Shafiq, M. E. H. Chowdhury, S. Kiranyaz, R. Alammari, and M. A. Tahir, "Performance evaluation of pretrained deep learning architectures for railway passenger ride quality classification," Alexandria Engineering Journal, vol. 80, pp. 173-190, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.aej.2024.12.016.