

ระบบต้นแบบในการตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียนโดยใช้อุปกรณ์ IoT A Prototype System for Monitoring Student Boarding Using IoT Devices.

สุทธิพงศ์ ประทุม¹, วิภาวรรณ บัวทอง¹ และ พิธา จารูปนผล^{1*}
Suttipong Pratum¹, Wipawan Buathong¹ and Pita Jarupunphol^{1*}

¹สาขาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

¹ Program in Digital Technology, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียนเพื่อลดความเสี่ยงในการสูญเสียชีวิตของเด็กนักเรียนในรถโรงเรียนจากความผิดพลาดที่เกิดจากปัจจัยมนุษย์ ซึ่งออกแบบมาเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของนักเรียนระหว่างการเดินทางไปโรงเรียน ระบบใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีขั้นสูง รวมถึงการติดตาม (Global Positioning System: GPS) การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ และแอปพลิเคชันมือถือ เพื่อแก้ไขปัญหาที่ครอบคลุมสำหรับการตรวจสอบเส้นทางรถโรงเรียน การขึ้นและลงรถของนักเรียน และสถานการณ์ฉุกเฉิน วิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้ครอบคลุมการวิเคราะห์โดยละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนดของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การออกแบบและการพัฒนาระบบ และการทดสอบนำร่องในเขตการศึกษาที่เลือก ประสิทธิภาพของระบบได้รับการตรวจสอบตามข้อกำหนดทั้งด้านการทำงานและที่ไม่เกี่ยวกับการทำงาน เพื่อให้มั่นใจถึงความน่าเชื่อถือ การใช้งาน และความปลอดภัย ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากการลืมนักเรียนในรถโรงเรียน จากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่ตอบสนองความต้องการทางด้านฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง เช่น การมองเห็นตำแหน่งรถบัสแบบเรียลไทม์ การแจ้งเตือนผู้ปกครองและผู้บริหารโรงเรียนอย่างทันท่วงที และปรับปรุงช่องทางการสื่อสารเพื่อรับมือเหตุฉุกเฉิน เป็นต้น ซึ่งงานในอนาคตมีเป้าหมายเพื่อขยายการนำระบบไปใช้ในโรงเรียนต่างๆ บูรณาการกับโรงเรียนที่มีอยู่และระบบขนส่งสาธารณะ และปรับปรุงประสบการณ์ผู้ใช้งานการตอบรับอย่างต่อเนื่องและการวิเคราะห์ขั้นสูง

คำสำคัญ: ระบบติดตามรถโรงเรียน ความปลอดภัยของนักเรียน การตรวจสอบแบบเรียลไทม์ การจัดการขนส่ง อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This research aims to develop a prototype system for monitoring student boarding to reduce the risk of losing students' lives on school buses due to errors caused by human factors. It is designed to increase student safety during their journey to school. The system uses advanced technology, including GPS tracking, real-time data analysis, and mobile applications to solve the comprehensive problem of school bus route inspection, student boarding and alighting, and emergencies. The methodology employed in this study encompasses a detailed analysis of stakeholder requirements, system design and development, and pilot testing in a selected school district. The system's effectiveness was validated against functional and non-functional requirements, ensuring its reliability, usability, and security. The results demonstrate the system's effectiveness in providing real-time visibility into bus locations, timely alerts to parents and school administrators, and improved communication channels for emergency response. Future work aims to expand the system's implementation across multiple schools, integrate with existing school and public transportation systems, and enhance user experience through continuous feedback

* Corresponding author: p.jarupunphol@pkr.u.ac.th

and advanced analytics. The study concludes that the school bus tracking system significantly contributes to student safety and transportation management, with potential implications for broader adoption in educational institutions.

Keywords: school bus tracking system, student safety, real-time monitoring, transportation management, Internet of Things (IoT)

1. บทนำ

โรงเรียนหลายแห่งทั่วโลกได้ตระหนักถึงความสำคัญของการให้บริการรถโรงเรียนเพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางของนักเรียน บริการเหล่านี้ไม่เพียงรับประกันการขนส่งที่เชื่อถือได้และตรงเวลาสำหรับนักเรียนเท่านั้น แต่ยังมีส่วนสำคัญต่อความปลอดภัยของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคที่มีการจราจรหนาแน่นหรือระบบขนส่งมวลชนที่ซับซ้อน โรงเรียนทั้งในเขตเมืองและชนบทได้ใช้บริการรถโรงเรียนหลายรูปแบบ ในเขตเมือง บริการรถโรงเรียนมักถูกมองว่าเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะทางไกล การจราจรหนาแน่น และความกังวลด้านความปลอดภัย (Ellegood et al., 2024) ในทางตรงกันข้าม บริการรถโรงเรียนในชนบทมักให้บริการแก่นักเรียนที่กระจ่ายอยู่ตามพื้นที่ขนาดใหญ่และมีทางเลือกในการเดินทางน้อยกว่า (Stanley & Stanley, 2021) บริการเหล่านี้อาจไม่มีอุปกรณ์ความปลอดภัยขั้นสูงในระดับเดียวกันเสมอไป เนื่องจากข้อจำกัดด้านต้นทุนหรือสภาพแวดล้อมที่มีการจราจรคับคั่ง อย่างไรก็ตาม ความปลอดภัยยังคงมีความสำคัญเป็นอันดับแรก ด้วยมาตรการต่าง ๆ เช่น การตรวจสอบและฝึกอบรมผู้ขับขี่อย่างเข้มงวด การปฏิบัติตามกฎข้อบังคับด้านความปลอดภัย และการบำรุงรักษายานพาหนะอย่างสม่ำเสมอ (Abulhassan, 2021) ด้วยสาเหตุดังกล่าว บริการรถโรงเรียนมีบทบาทพื้นฐานในการเพิ่มความปลอดภัยให้กับนักเรียน ช่วยลดความเสี่ยงที่นักเรียนจะประสบอุบัติเหตุหรือสถานการณ์อันตรายเมื่อเดินทางหรือขึ้นรถโรงเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งหรือโครงสร้างพื้นฐานทางเท้าไม่เพียงพอ ด้วยการจัดสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุม บริการรถโรงเรียนช่วยลดความเสี่ยงเหล่านี้ได้อย่างมาก ทำให้เป็นทางเลือกยอดนิยมสำหรับผู้ปกครองและโรงเรียนจำนวนมาก ยิ่งไปกว่านั้น รถโรงเรียน เนื่องจากเป็นบริการเฉพาะสำหรับการขนส่งนักเรียน มักจะนำมาตรฐานความปลอดภัยที่เข้มงวดมาใช้ ตัวอย่างเช่น รถโรงเรียนมักจะจำกัดความเร็วต่ำกว่าเมื่อเทียบกับยานพาหนะอื่นๆ และปฏิบัติตามกฎที่เข้มงวด พนักงานขับรถที่ให้บริการรถโรงเรียนมักถูกตรวจสอบประวัติอย่างเข้มงวดและตรวจสอบสุขภาพเป็นประจำเพื่อให้แน่ใจว่าพวกเขาสามารถขนส่งนักเรียนได้อย่างปลอดภัย

ในปัจจุบันผู้ปกครองส่วนใหญ่ไม่มีเวลาในการรับ - ส่งบุตรหลานไปยังสถานศึกษาด้วยตนเองจึงใช้บริการรถรับ - ส่งนักเรียนของสถานศึกษาหรือของผู้ประกอบการซึ่งพนักงานขับรถหรือครูประจำรถต้องดูแลนักเรียนหลายคนในเวลาเดียวกันอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น คือ การลืมนักเรียนไว้ในรถของคนขับรถซึ่งเป็นความประมาทเลินเล่อที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยมนุษย์ ดังนั้น ถึงแม้ว่าการให้บริการรถโรงเรียนจะมีประโยชน์มากมายและมีมาตรการต่างๆ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขนส่งในโรงเรียน ประเด็นเรื่องความปลอดภัยของนักเรียนในรถตู้โรงเรียนได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากมีอุบัติเหตุจากความประมาทที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยมนุษย์เพิ่มขึ้นและยังมีช่องว่างที่สำคัญเนื่องจากความประมาทเลินเล่อหรือไม่ตั้งใจของผู้ขับขี่ โชคไม่ดีที่ความประมาทเลินเล่อนี้นำไปสู่อุบัติเหตุ บางรายถึงขั้นเสียชีวิต (Kyodo News, 2022, Salam et al., 2022, Tribe, 2022) จากข้อมูลของกรมควบคุมโรคตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 - พ.ศ.2563 ที่ถูกอ้างอิงในไทย พีบีเอส มีการลืมนักเรียนไว้ในรถตามลำพัง 130 เหตุการณ์ เสียชีวิต 7 ราย ซึ่งล้วนเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ ซึ่งหมายความว่าความปลอดภัยของเด็กนักเรียนในรถตู้โรงเรียนมักอยู่บนความเสี่ยงเนื่องจากคนขับไม่ตั้งใจและอาจนำไปสู่อุบัติเหตุที่รุนแรงและบางครั้งอาจถึงแก่ชีวิตของเด็กนักเรียนได้ ข้อกังวลนี้ไม่ได้ขยายไปถึงผู้ปกครองและสถาบันการศึกษาเท่านั้น แต่ยังรวมถึงสังคมโดยรวม เนื่องจากเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและความเป็นอยู่ที่ดีของสมาชิกในอนาคต (ไทย พีบีเอส, 2022)

งานวิจัยนี้พยายามที่จะแก้ไขช่องว่างที่สำคัญนี้โดยการพัฒนาระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน (Student on School Bus Tracking: Stutrack) ที่ถูกออกแบบมาเพื่อลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของคนขับที่เกิดจากปัจจัยมนุษย์ เช่น การขาดความรอบคอบและตระหนักถึงความสำคัญต่อชีวิตของนักเรียน โดยสามารถกำกับติดตามตรวจสอบสถานะนักเรียนที่อยู่บนรถโรงเรียนตามเวลาจริงผ่านเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy) ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะ 10 ถึง 30 เมตร เพื่อระบุตำแหน่งของนักเรียน และอุปกรณ์ Beacon ที่นักเรียนแต่ละคนจะต้องพกพาไว้กับตัวเพื่อระบุสถานะของนักเรียน ถึงแม้ไม่ได้อยู่ในสายตาของพนักงานขับรถหรือครูประจำรถเพื่อป้องกันปัญหาการลืมเด็กไว้ในรถและยังสามารถลดภาระงานของพนักงานขับรถหรือครูประจำรถให้น้อยลง และยังสามารถรับประกันความตรงต่อเวลาและการปฏิบัติตามเส้นทาง ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อป้องกันการเสียชีวิตของนักเรียนในรถโรงเรียนจากการลืมของคนขับเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนผู้เสียชีวิตจากการลืมเด็กไว้ในรถ งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียน (Stutrack) ซึ่งแตกต่างจากระบบ Stutrack Parent ที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้กับการกำกับติดตามขึ้น-ลง โดยสารของรถโรงเรียนในอาบูดาบีของสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ที่ถูกติดตั้งบน Apple AppStore ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อลดความเสี่ยงจากการลืมนักเรียนในรถโรงเรียนเช่นกัน (StuTrack Parent, 2023)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีการแบบดั้งเดิมและระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียนที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อความปลอดภัยของชีวิตนักเรียนในรถโรงเรียน

ตารางที่ 1 ความแตกต่างระหว่างวิธีการแบบดั้งเดิมและระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน

รายการ	สิ่งที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน	แนวคิดหรือเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในโครงการ
การระบุตำแหน่งนักเรียน	พนักงานขับรถหรือครูประจำรถเป็นผู้ตรวจสอบด้วยสายตา	ใช้สัญญาณ Bluetooth ในการระบุ
การนำนักเรียนไปขึ้นรถ	ผู้ปกครองใช้การจำเวลาที่รถมาประจำหรือโทรสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้อง	ตรวจสอบตำแหน่งของรถได้ และมีการแจ้งเตือนเมื่อรถมาถึงบริเวณที่กำหนด
การแจ้งเตือนเมื่อนักเรียนถึงโรงเรียน	ครูหรือพนักงานขับรถเป็นผู้รายงานแก่ผู้ปกครอง	ระบบช่วยแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อนักเรียนถึงโรงเรียน
ความปลอดภัยของนักเรียน	ขึ้นอยู่กับความรอบคอบของผู้เกี่ยวข้อง	ระบบและผู้เกี่ยวข้องร่วมกันทำให้เกิดอันตรายแก่นักเรียน ป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดลืมเด็กไว้ในรถ
สิ่งที่พนักงานขับรถหรือครูประจำรถได้รับ	ภาระงานในการตรวจสอบนักเรียนบนรถรับ-ส่ง	ระบบช่วยตรวจสอบนักเรียนบนรถรับ - ส่ง
สิ่งที่ผู้ปกครองจะได้รับ	ผู้ปกครองใช้เวลามากกว่า 30 นาที ในการรอรถรับ-ส่งมารับบุตรหลาน	ระบบช่วยแจ้งล่วงหน้าเมื่อรถรับ - ส่งมาถึงบริเวณที่กำหนด/ผู้ปกครองจะทราบทันทีเมื่อเด็กมาถึง ใช้เวลาไม่เกิน 10 นาที
สิ่งที่โรงเรียนจะได้รับ	ผู้เกี่ยวข้องต้องคอยตรวจสอบเช็คนักเรียนทุกครั้งที่ได้รับ-ส่ง	สร้างความมั่นใจให้ผู้ปกครองและลดความเสี่ยงของเด็กนักเรียนจากรับ-ส่งทุกกรณี เช่น ลืมเด็กไว้ในรถ เด็กไม่ได้ขึ้นรถรับ-ส่ง เป็นต้น
ต้นทุนของโรงเรียน	โดยเฉลี่ย 1 โรงเรียนมีรถรับ - ส่งประมาณ 5 คัน จะต้องจ้างครู 5 คน รายจ่ายต่อปี 720,000 บาท	ลดการจ้างครูที่อยู่บนรถ 5 คน ประหยัดปีละ 720,000 บาท ต่อ 1 โรงเรียน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือเพื่อพัฒนาระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน เพื่อลดความเสี่ยงในการสูญเสียชีวิตของเด็กนักเรียนในรถโรงเรียนจากอุบัติเหตุที่เกิดจากปัจจัยมนุษย์ เช่น คนขับรถโรงเรียนและครูที่ทำหน้าที่ผู้กำกับดูแลจำนวนเด็กนักเรียนบนรถโรงเรียน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ส่วนนี้จะกล่าวถึงระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบระบบ ตั้งแต่การนำเสนอกรอบแนวคิดในการเสนอระบบติดตามนักเรียนที่มีรายละเอียดการออกแบบ คุณสมบัติ และระบอบการประกอบและฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญที่ระบบติดตามรถโรงเรียนควรมีเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จนถึงการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

3.1 เก็บรวบรวมความต้องการ

การรวบรวมความต้องการ (Requirements Elicitation) เป็นขั้นตอนแรกที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำความเข้าใจและกำหนดว่าระบบติดตามรถโรงเรียนควรทำอะไรและควรทำอย่างไร กระบวนการนี้จะทำให้มั่นใจได้ว่าระบบขั้นสุดท้ายจะตอบสนองความต้องการและความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมด ส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับ ดังนั้น การรวบรวมความต้องการเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในการออกแบบและใช้งานระบบติดตามรถโรงเรียน ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับแนวทางที่เป็นระบบเพื่อทำความเข้าใจความต้องการของผู้ใช้ปลายทาง การระบุฟังก์ชันที่จำเป็นของระบบ และการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนและวัดผลได้ ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จะมีการระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก ในบริบทของระบบติดตามรถโรงเรียน ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก ได้แก่ นักเรียน ผู้ปกครอง ผู้บริหารโรงเรียน คนขับรถประจำทาง และผู้ประสานงานการขนส่ง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละกลุ่มมีความต้องการและมุมมองเฉพาะที่ต้องพิจารณาเพื่อให้มั่นใจว่าระบบมีประสิทธิภาพและใช้งานได้ หลังจากนั้นจึงดำเนินการเก็บข้อมูล (Data Collection) ซึ่งส่วนมากจะใช้วิธีการสัมภาษณ์เพื่อทำความเข้าใจความต้องการและความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่กำหนด เช่น การมุ่งเน้นที่การทำความเข้าใจความคาดหวังจากมุมมองด้านความปลอดภัยและการรักษาความปลอดภัยสำหรับผู้ปกครองและผู้บริหารโรงเรียน ในขณะที่สำหรับผู้ขับและผู้ประสานงานการขนส่ง จะมุ่งเน้นที่ฟังก์ชันการทำงานของระบบและความสะดวกในการใช้งานมากกว่า ข้อมูลของนักเรียนจะถูกนำมาพิจารณาเพื่อให้แน่ใจว่าระบบเคารพความเป็นส่วนตัวตามกฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งเป็นอีกขั้นตอนสำคัญในการรวบรวมความต้องการ สถานการณ์เหล่านี้ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบจะใช้ในสถานการณ์จริงอย่างไร จะช่วยระบุความต้องการหรือข้อกำหนดด้านฟังก์ชัน (Functional Requirements: FR) (Sadiq & Devi, 2022) และความต้องการหรือข้อกำหนดที่ไม่ใช่ด้านฟังก์ชัน (Non-Functional Requirements: NFR) (Li & Nong, 2022) เช่น ความน่าเชื่อถือของระบบ ซึ่งความต้องการทั้ง 2 ประเภทมีความสำคัญสำหรับระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน ตามที่แสดงในตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ความต้องการทางด้านการฟังก์ชันของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน

FR_ID	รายการ	คำอธิบาย
FR_001	การติดตามรถโรงเรียนตามเวลาจริง	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถระบุตำแหน่งและติดตามรถโรงเรียนตามเวลาจริงได้
FR_002	การติดตามนักเรียนตามเวลาจริง	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถระบุตำแหน่งของนักเรียนในรถโรงเรียนตามเวลาจริงได้
FR_003	การปรับปรุงสถานะของนักเรียนตามเวลาจริง	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถปรับปรุงสถานะของนักเรียนตามเวลาจริงได้
FR_004	การแจ้งสถานะของนักเรียนไปผู้ปกครองเมื่อนักเรียนขึ้นรถไปโรงเรียน	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถแจ้งสถานะของนักเรียนตามเวลาจริงไปยังผู้ปกครองเมื่อขึ้นรถโรงเรียนไปโรงเรียนได้
FR_005	การแจ้งสถานะของนักเรียนไปผู้ปกครองเมื่อนักเรียนถึงโรงเรียน	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถแจ้งสถานะของนักเรียนตามเวลาจริงไปยังผู้ปกครองเมื่อถึงโรงเรียนได้
FR_006	การแจ้งสถานะของนักเรียนไปผู้ปกครองเมื่อนักเรียนขึ้นรถกลับบ้าน	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถแจ้งสถานะของนักเรียนตามเวลาจริงไปยังผู้ปกครองเมื่อขึ้นรถโรงเรียนกลับบ้านได้
FR_007	การบริหารจัดการข้อมูลหลังบ้านผ่านเว็บไซต์	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนมีเว็บไซต์เพื่อจัดการข้อมูลหลังบ้านของระบบได้
FR_008	การแจ้งสถานะของนักเรียนไปผู้เกี่ยวข้อง	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถแจ้งเตือนสถานะของนักเรียนไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องตามเวลาจริงได้

ตารางที่ 3 ความต้องการที่ไม่ใช่ด้านฟังก์ชันของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน

NFR_ID	รายการ	คำอธิบาย
NFR_001	ความใช้งานง่ายและเป็นมิตรกับผู้ใช้	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนควรง่ายและสะดวกสำหรับผู้ปกครองและครู ผู้ปกครองและครูควรสามารถเข้าถึงข้อมูลการเดินทางของรถโรงเรียนได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว
NFR_002	ความน่าเชื่อถือและมั่นคงปลอดภัย	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนควรมีความน่าเชื่อถือและปลอดภัย ระบบควรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ข้อมูลการเดินทางของรถโรงเรียนควรได้รับการเก็บรักษาไว้อย่างปลอดภัย
NFR_003	การปฏิบัติตามกฎหมาย	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนควรถูกออกแบบให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติที่ว่าด้วยการกระทำผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ และพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้อง
NFR_004	ความสามารถในการปรับขนาด	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนควรสามารถปรับแต่งให้เข้ากับความต้องการของโรงเรียนและเขตการศึกษาต่างๆ ได้ ระบบติดตามรถโรงเรียนควรสามารถปรับแต่งให้เข้ากับความต้องการของโรงเรียนและเขตการศึกษาต่างๆ ได้ เช่น จำนวนรถโรงเรียน เส้นทางรถโดยสาร ตารางเวลา และข้อมูลอื่นๆ

3.2 กำหนดขอบเขตงานวิจัย

หลังจากรวบรวมข้อกำหนดแล้ว ขั้นตอนสำคัญต่อไปคือการกำหนดขอบเขตของโครงการ (Scope Identification) การระบุขอบเขตช่วยกำหนดขอบเขตและข้อจำกัดที่ชัดเจนสำหรับสิ่งที่โครงการจะนำเสนอ ทำให้มั่นใจว่าความคาดหวังสอดคล้องกันและมีการใช้ทรัพยากรของโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การกำหนดขอบเขตในงานวิจัยนี้ครอบคลุมประเด็น ดังนี้

3.2.1 เป้าหมายของโครงการ เนื่องจากเป้าหมายหลักของโครงการนี้คือการออกแบบและใช้งานระบบติดตามรถโรงเรียนที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยของนักเรียนโดยจัดให้มีกลไกการติดตามและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ ระบบควรตอบสนองความต้องการและข้อกังวลของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง รวมถึงนักเรียน ผู้ปกครอง ผู้บริหารโรงเรียน และคนขับรถโดยสาร

3.2.2 ขอบเขตการทำงาน ประกอบด้วยการติดตามรถโรงเรียนแบบเรียลไทม์ การสร้างการแจ้งเตือนสำหรับเหตุการณ์เฉพาะ เช่น การสื่อสารการแจ้งเตือนที่ทันเวลาที่ไปยังผู้ปกครองและผู้บริหารโรงเรียน การอนุญาตให้ติดตามรถประจำทางได้ง่ายบนแดชบอร์ด และจัดเตรียมส่วนปฏิสัมพันธ์ที่ใช้งานง่ายสำหรับผู้ปกครองในการตรวจสอบการเดินทางของบุตรหลาน

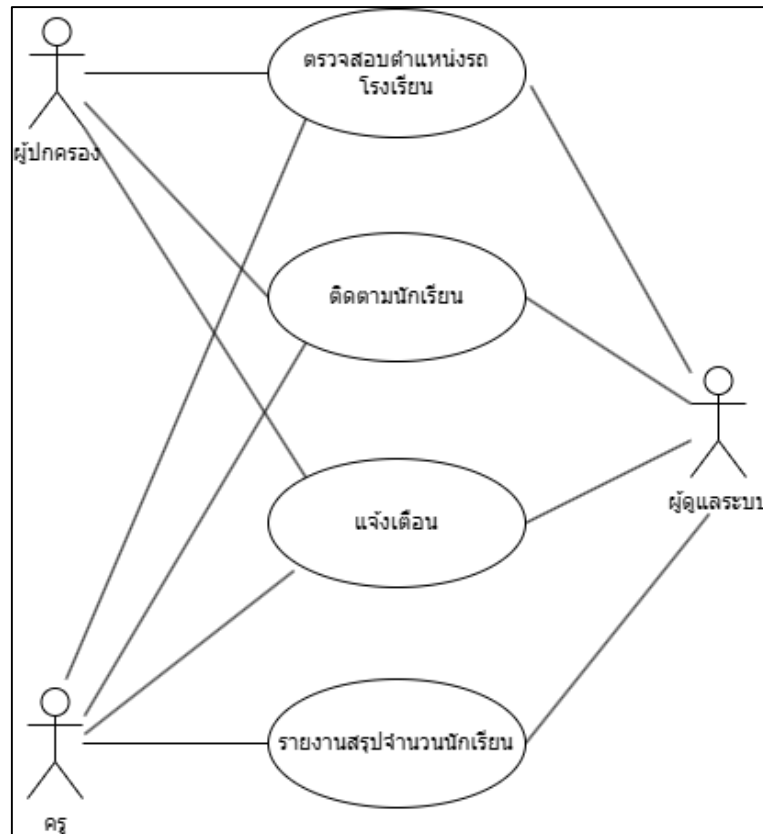
3.2.3 ขอบเขตทางเทคนิค ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือติดตามรถโรงเรียนสำหรับผู้ปกครอง เช่น ระบบต้องสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ GPS ที่ติดตั้งบนรถโรงเรียนเพื่อการติดตามแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ ระบบควรปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยของข้อมูลที่เข้มงวดเพื่อปกป้องข้อมูลของผู้ใช้

3.2.4 ขอบเขตทางภูมิศาสตร์ หรือขอบเขตของการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งเริ่มแรกโครงการจะมุ่งเน้นไปที่การนำระบบไปใช้ภายในเขตการศึกษาเฉพาะที่เข้าร่วมในการวิจัย หากประสบความสำเร็จก็อาจมีศักยภาพในการขยายไปยังพื้นที่อื่นในอนาคต หรือแม้แต่ในระดับภาคหรือทั่วประเทศ

3.2.5 ข้อจำกัด หรือสิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องทราบและอาจเป็นอุปสรรคต่อประสิทธิภาพและการใช้งานของระบบ เช่น ประสิทธิภาพของระบบจะขึ้นอยู่กับความแม่นยำของอุปกรณ์ GPS ที่ติดตั้งในรถบัส นอกจากนี้ เนื่องจากการเริ่มต้นจำกัดอยู่ในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจง ผลลัพธ์การค้นพบนี้อาจไม่สามารถนำไปใช้โดยตรงกับพื้นที่ทางภูมิศาสตร์และโครงสร้างพื้นฐานที่ไม่พร้อมต่อการใช้เทคโนโลยีของระบบติดตามรถบัสโรงเรียน

3.3 ออกแบบระบบ

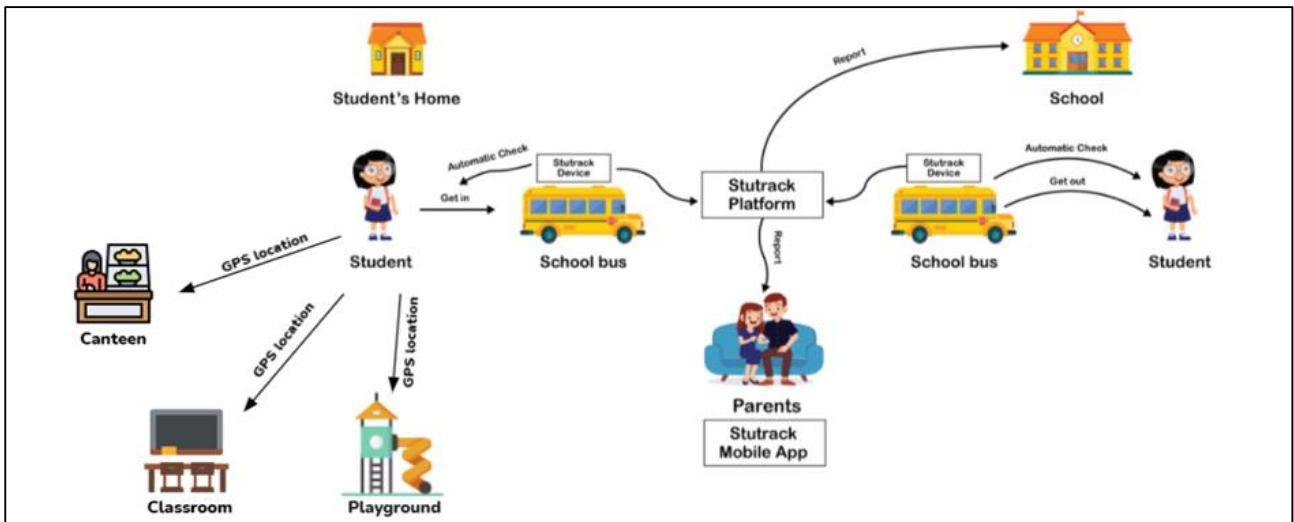
หลังจากเก็บรวบรวมความต้องการและกำหนดขอบเขตงานวิจัยเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบระบบ โดยอธิบายถึงสถาปัตยกรรมของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน ที่ได้รับการออกแบบเพื่อตรวจสอบนักเรียนในรถตู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ออกจากบ้านจนกลับถึงบ้าน โดยใช้เทคโนโลยีไร้สายและเซนเซอร์ร่วมกัน นอกจากนี้ยังมีกลไกการแจ้งเตือนเพื่อเพิ่มความสนใจของผู้ขับขี่ไปยังความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น สรุปลองค์ประกอบหลักและความสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยจะมีรายละเอียดข้อควรพิจารณาที่เป็นแนวทางในการออกแบบ โดยมุ่งเน้นที่วัตถุประสงค์ในการเพิ่มความปลอดภัยและลดความประมาทเลินเล่อของผู้ขับขี่ ดังนั้น ขั้นตอนการออกแบบระบบประกอบ 1) การออกแบบผังภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ในภาพรวมของระบบต้นแบบในการตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน และ 2) แนวคิดการทำงานของระบบต้นแบบในการตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน โดยภาพที่ 1 แสดงยูสเคสในภาพรวมของระบบต้นแบบในการตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน



ภาพที่ 1 ยูสเคสในภาพรวมของระบบต้นแบบในการตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน

การออกแบบแนวคิดการทำงานของระบบต้นแบบในการตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน ประกอบด้วยการใช้เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth) ในการระบุตำแหน่งของนักเรียน และเทคโนโลยีบีคอน (Beacon) ในการระบุสถานะของนักเรียน (Lin et al., 2022) ทำให้ผู้ปกครองสามารถเช็คสถานะนักเรียนตั้งแต่ขึ้นรถจนถึงโรงเรียนได้แบบ Real time เพิ่มความมั่นใจให้กับผู้ปกครองที่ส่งบุตรหลานมาโรงเรียน ทั้งนี้ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนจะส่งคลื่นสัญญาณบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy: BLE) (Balas et al., 2023) โดยสามารถส่งสัญญาณได้ในรัศมี 10 - 30 เมตร นักเรียนแต่ละคนจะมีอุปกรณ์ Beacon พกพาไว้กับตัว เมื่อ Beacon ส่งสัญญาณออกมาและอยู่ในรัศมีของตัวรับสัญญาณตัวรับสัญญาณจะสามารถรับข้อมูลตำแหน่งของนักเรียนได้โดยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ Beacon จะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นตัวควบคุม เมื่อ ESP32 ตรวจพบสัญญาณ Beacon จะทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ GPS Tracking ที่ติดตั้งอยู่ในรถ หลังจากนั้น GPS Tracking จะส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายของระบบเพื่ออัปเดตสถานะของเด็กนักเรียนไปยัง Mobile Application หรือ Line Notification นอกจากนี้ ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนยังมีเว็บไซต์เพื่อทำหน้าที่เป็น Backoffice สำหรับจัดการข้อมูลต่าง ๆ ของระบบ ดังนั้น ภาพที่ 2 แสดงแนวคิดการทำงานของต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนเพื่อรับประกันความปลอดภัยของนักเรียน ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้

- 1) เมื่อนักเรียนขึ้นรถโรงเรียน ระบบจะแจ้งเตือนผู้ปกครองว่านักเรียนขึ้นรถโรงเรียนเรียบร้อยแล้ว พร้อมรายละเอียดของนักเรียน โดยผู้ปกครองสามารถตรวจสอบสถานะของนักเรียนและตำแหน่งของรถโรงเรียนผ่านแอปพลิเคชันของระบบ
- 2) เมื่อนักเรียนถึงโรงเรียน ระบบจะแจ้งเตือนผู้ปกครองว่านักเรียนถึงโรงเรียนเรียบร้อยแล้ว โดยผู้ปกครองสามารถตรวจสอบสถานะของนักเรียนผ่านแอปพลิเคชันของระบบ
- 3) เมื่อนักเรียนขึ้นรถโรงเรียนหลังเลิกเรียน ระบบจะแจ้งเตือนผู้ปกครองว่านักเรียนขึ้นรถโรงเรียนเรียบร้อยแล้ว โดยผู้ปกครองสามารถจัดการเวลาสำหรับรอรับนักเรียนได้



ภาพที่ 2 แนวคิดการทำงานของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน

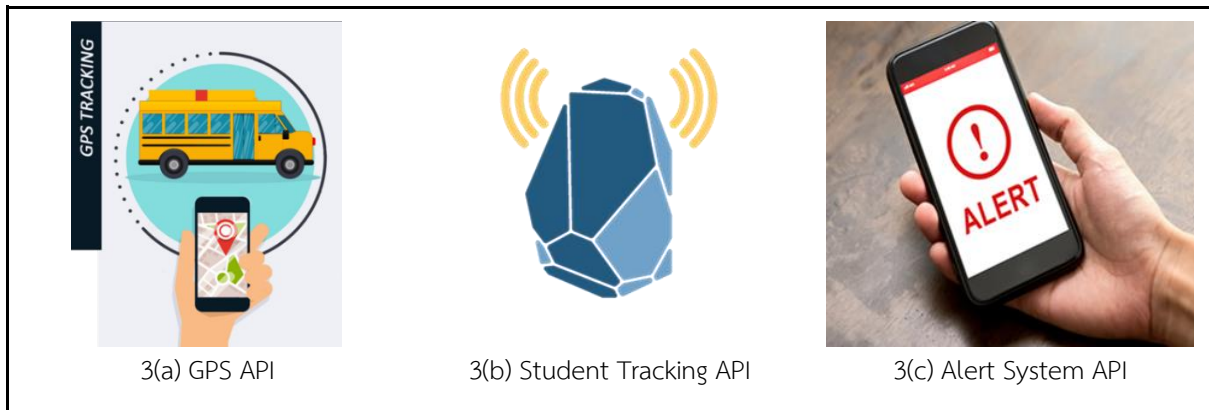
ส่วนเชื่อมประสานโปรแกรมประยุกต์

ประสิทธิภาพและฟังก์ชันการทำงานของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียนต้องอาศัยการผสมรวมของส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface: API) ที่ช่วยให้ส่วนต่าง ๆ ของระบบสามารถโต้ตอบและทำงานร่วมกันได้อย่างราบรื่น (Fávero et al., 2023) ซึ่งต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนประกอบด้วย 3 API หลักที่จำเป็นเพื่อสนับสนุนคุณลักษณะและฟังก์ชันของระบบ เพื่อให้ระบบติดตามรถโรงเรียนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้บริการที่ครอบคลุมเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับนักเรียนระหว่างการเดินทางไปโรงเรียน ดังภาพที่ 3 ประกอบด้วย 1) ส่วนเชื่อมประสานโปรแกรมประยุกต์กับระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS API), 2) ส่วนเชื่อมประสานโปรแกรมประยุกต์กับการเฝ้าติดตามนักเรียน (Student Tracking System API) และส่วนเชื่อมประสานโปรแกรมประยุกต์กับการแจ้งเตือน (Alert System API) ซึ่งแต่ละส่วนมีฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้

1) GPS API เป็นส่วนอินเทอร์เฟซที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ GPS เพื่อตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของรถโรงเรียน โดยได้ข้อมูลตำแหน่งจากอุปกรณ์ GPS ภายในรถแบบเรียลไทม์ ซึ่งข้อมูลนี้ช่วยให้สามารถตรวจสอบเส้นทาง ความเร็ว และจุดจอดของรถโรงเรียนได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้มั่นใจได้ว่ารถโรงเรียนจะปฏิบัติตามเส้นทางและตารางเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ข้อมูลนี้มีความสำคัญต่อการรักษาระดับความปลอดภัยในระดับสูง แจ้งเตือนผู้ดูแลระบบถึงการเบี่ยงเบนที่ไม่คาดคิด และให้ผู้ปกครองติดตามการเดินทางของบุตรหลานได้อย่างแม่นยำ

2) API การติดตามนักเรียน (Student Tracking System API) ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะปัจจุบันของนักเรียนบนรถบัส โดยใช้เทคโนโลยี Bluetooth ในการระบุตำแหน่งของนักเรียน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะมีอุปกรณ์ Beacon พกติดตัวเพื่อทำหน้าที่สื่อสารกับ API เพื่อให้ข้อมูลแบบเรียลไทม์เกี่ยวกับการแสดงตนของนักเรียนบนรถบัส ระบบนี้ช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับนักเรียน โดยทำให้แน่ใจว่าจะไม่มีนักเรียนถูกทิ้งไว้โดยไม่มีครูดูแลบนรถบัส และให้ความมั่นใจแก่ผู้ปกครองเกี่ยวกับการเดินทางที่ปลอดภัยของบุตรหลานไปและกลับจากโรงเรียน

3) API แจ้งเตือน ทำหน้าที่แจ้งเตือนเหตุการณ์ต่างๆที่สำคัญบนรถโรงเรียน โดยมีบทบาทสำคัญในการรักษาการสื่อสารอย่างต่อเนื่องกับผู้ปกครองกับอุปกรณ์ ซึ่ง API นี้ทำการแจ้งเตือนสำหรับเหตุการณ์สำคัญ เช่น รถบัสถึงที่หมายปลายทาง โดยระบบตรวจสอบว่าถ้าหาก GPS ของนักเรียนไม่มีการเคลื่อนที่เกิน 15 นาทีหลังจากรถหยุด การแจ้งเตือนจะถูกส่งไปยังทั้งผู้ปกครองและผู้ขับขี่ เพื่อช่วยสร้างความมั่นใจได้ว่านักเรียนจะไม่ถูกทิ้งไว้ในรถโรงเรียน และเพิ่มความปลอดภัยให้กับชีวิตของเด็กนักเรียน



ภาพที่ 3 ส่วนเชื่อมประสานโปรแกรมประยุกต์ของต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียน

3.4 กำหนดหน่วยงานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน จำเป็นต้องกำหนดหน่วยงานที่จะเป็นผู้ทดสอบระบบ ซึ่งหน่วยงานที่ทำหน้าที่ทดสอบประสิทธิภาพของระบบจะเป็นหน่วยงานที่ทำธุรกิจด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้และให้บริการเทคโนโลยี GPS เพื่อการขนส่งหรือคมนาคม และอยู่ในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต หน่วยงานเหล่านี้สามารถทดสอบระบบติดตามรถโรงเรียนโดยตรวจสอบว่าระบบสามารถติดตามตำแหน่งของรถโรงเรียนได้ถูกต้องและแม่นยำ ตรวจสอบว่าระบบสามารถแจ้งเตือนคนขับหากรถโรงเรียนออกนอกเส้นทางหรือจอดทิ้งไว้นานเกินไป ตรวจสอบว่าระบบสามารถแจ้งเตือนผู้ปกครองหากลูกของพวกเขาไม่ได้ลงจากรถโรงเรียน และตรวจสอบว่าระบบสามารถบันทึกข้อมูลการเดินทางของรถโรงเรียนได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

นอกจากนี้ หน่วยงานเหล่านี้ยังอาจมีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน โดยเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยยิ่งขึ้น และสามารถร่วมกันทดสอบระบบติดตามรถโรงเรียนเพื่อตรวจสอบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถช่วยเพิ่มความปลอดภัยของนักเรียนในรถโรงเรียนได้ ทั้งนี้ เพื่อให้มั่นใจว่าฟังก์ชันต่างๆของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นจากความต้องการสามารถทำงานได้จริง และสามารถทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบบนตัวอย่งรถโรงเรียนภายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ดังนั้น ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนของงานวิจัยนี้จะถูกทดสอบโดยบริษัท อันทามัน แทรคกิ้ง จำกัด ที่ประกอบธุรกิจให้บริการและติดตั้งจีพีเอสในรถ เพื่อครอบคลุมไปยังรถที่กรมการขนส่งทางบกบังคับ ซึ่งบริษัทนี้เริ่มพัฒนาระบบติดตามรถโดยทดสอบจากระบบวัดระดับน้ำในเขื่อนที่มีจีพีเอส และทำการทดสอบติดตั้งในรถจนสามารถทดลองใช้โดยให้ลูกค้าเจ้าแรกในภูเก็ตในปี 2554 จนกระทั่งมีสาขาครอบคลุม 10 สาขาเพื่อรองรับการให้บริการหลังการขยายทั่วประเทศในปี 2561 โดยต้นแบบนี้จะถูกนำไปทดสอบกับโรงเรียนในจังหวัดภูเก็ต

3.5 ทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

การทดสอบระบบใช้หลักการ GQM (Goal, Question, Metric) ที่เน้นการออกแบบโดยกำหนดเป้าหมาย ตั้งคำถาม และมาตรวัด (Koziolek, 2008, Solingen, 1999) เพื่อนำมาใช้ประเมินคุณภาพของระบบต้นแบบในการตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน ดังนั้น การทดสอบประสิทธิภาพของระบบจะอยู่บนพื้นฐานจากความต้องการด้านฟังก์ชัน และความต้องการที่ไม่ใช่ด้านฟังก์ชันของระบบติดตามรถโรงเรียน เพื่อตรวจสอบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบตามความต้องการ ตัวอย่างเช่น ระบบควรสามารถระบุตำแหน่งของรถโรงเรียนได้แบบเรียลไทม์ ระบบควรสามารถระบุตำแหน่งของนักเรียนในรถโรงเรียนได้แบบเรียลไทม์ ระบบควรสามารถปรับปรุงสถานะของนักเรียนได้แบบเรียลไทม์ ระบบควรสามารถแจ้งสถานะของนักเรียนไปยังผู้ปกครองได้เมื่อนักเรียนขึ้นรถโรงเรียนไปโรงเรียน ระบบควรสามารถแจ้งสถานะของนักเรียนไปยังผู้ปกครองได้เมื่อนักเรียนลงรถโรงเรียนกลับบ้าน ระบบควรมีเว็บไซต์เพื่อจัดการข้อมูลหลังบ้านของระบบได้ ระบบควรสามารถแจ้งเตือนสถานะของนักเรียนไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องได้แบบเรียลไทม์ เป็นต้น หลังจากนั้น จึงนำผลการ

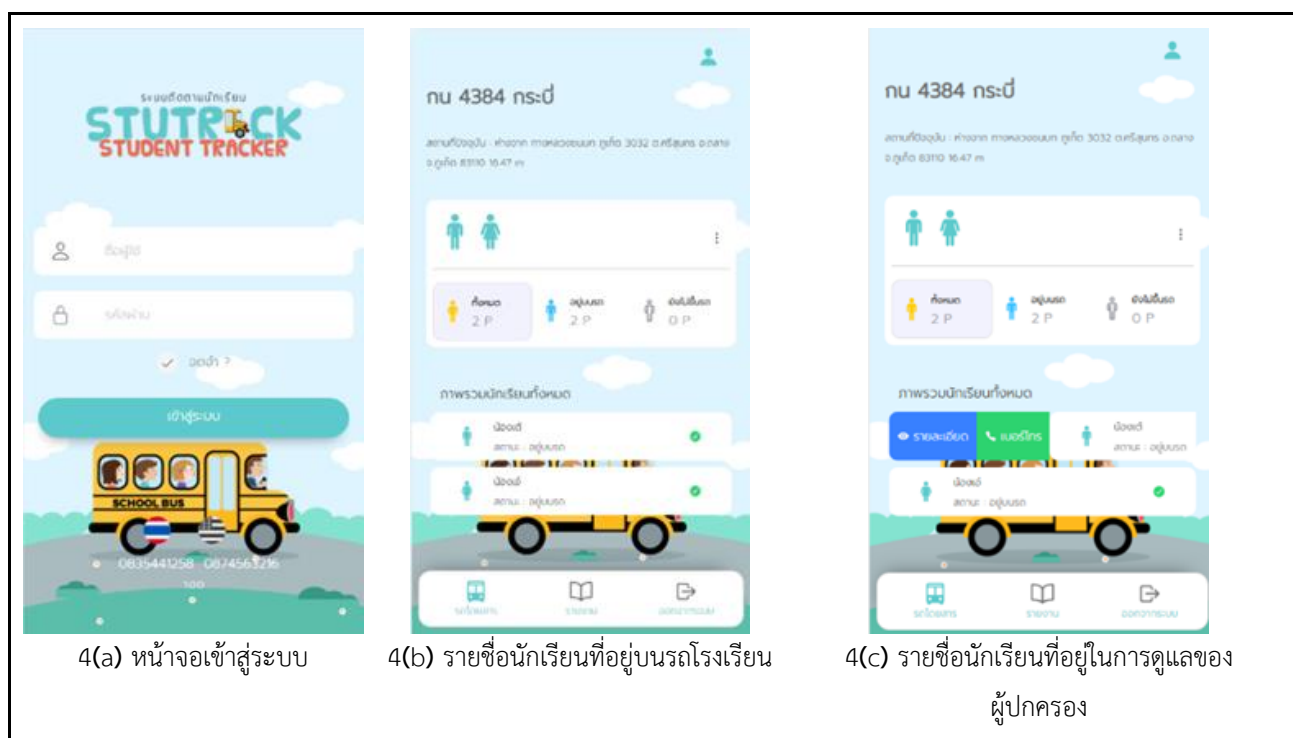
ทดสอบระบบติดตามรถโรงเรียนควรนำมาปรับปรุงระบบให้ดีขึ้น การปรับปรุงระบบอาจรวมถึงการแก้ไขข้อผิดพลาด เพิ่มคุณสมบัติใหม่ และปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ ขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบติดตามรถโรงเรียนเหล่านี้สามารถช่วยให้มั่นใจได้ว่าระบบทำงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ และสามารถช่วยเพิ่มความปลอดภัยของนักเรียนในโรงเรียนได้ อย่างไรก็ตาม ความต้องการที่ไม่ใช่ด้านฟังก์ชันของระบบติดตามรถโรงเรียนควรจะถูกทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าระบบเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น ระบบควรง่ายและสะดวกสำหรับผู้ปกครองและครู ระบบควรมีความน่าเชื่อถือและปลอดภัย ระบบควรถูกออกแบบให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติที่ว่าด้วยการกระทำผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ และพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้อง ระบบควรสามารถปรับแต่งให้เข้ากับความต้องการของโรงเรียนและเขตการศึกษาต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตาม ในส่วนของคำถาม ทางผู้วิจัยได้เปลี่ยนจากคำถามมาเป็นประโยคบอกเล่าที่แสดงถึงความต้องการ ในขณะที่มาตรวัดที่นำมาใช้เป็นการใช้มาตรวัดแบบพื้นฐาน เช่น ใช่/ไม่ใช่ มี/ไม่มี เนื่องจากการทดสอบการทำงานของต้นแบบเบื้องต้นของบริษัทกับผู้ใช้งาน

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน และประสิทธิภาพของระบบ

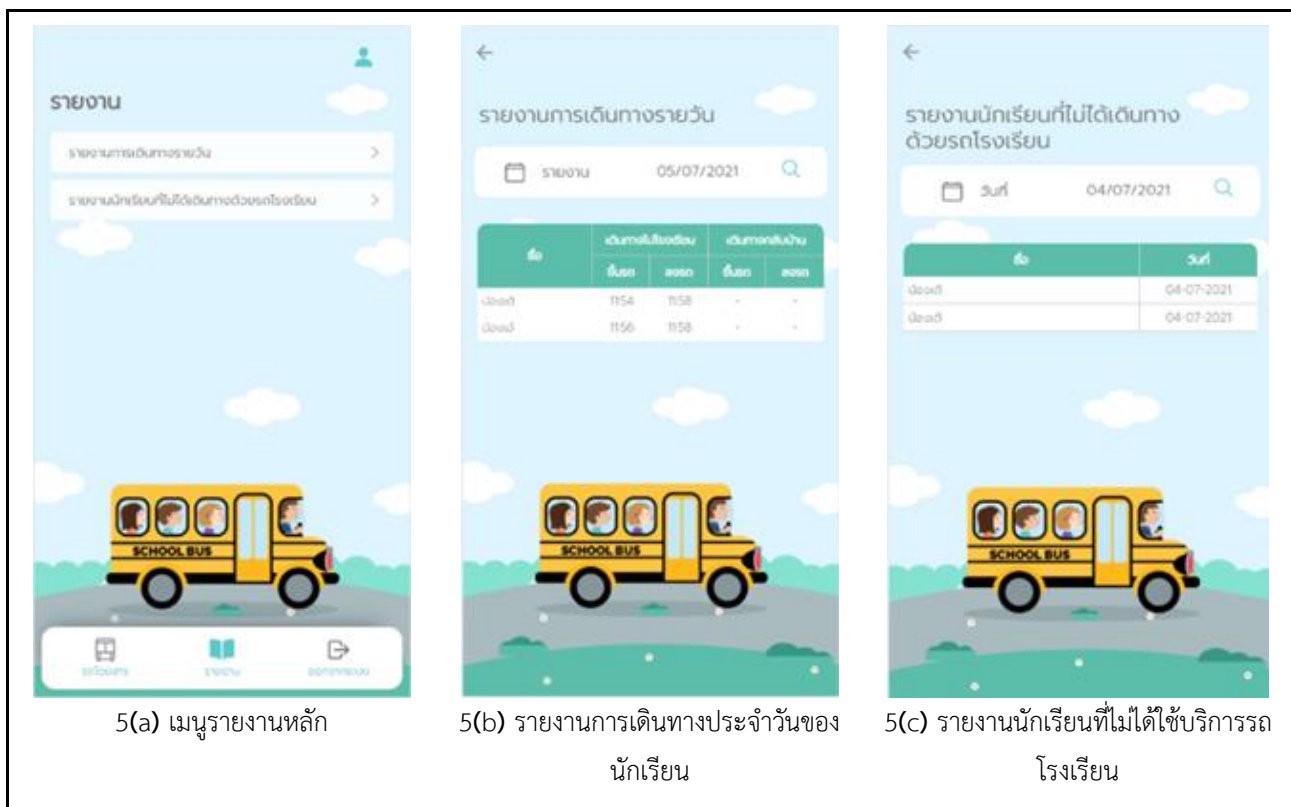
4.1 ระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน

ระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียนสามารถลดความเสี่ยงจากการลี้ภัยนักเรียนไว้ในโรงเรียน เนื่องจากความไม่ตั้งใจหรือประมาทเลินเล่อของผู้ขับขี่ โดยการสร้างสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยยิ่งขึ้นสำหรับการขนส่งนักเรียน ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอที่แบ่งออกเป็นสามส่วนแตกต่างกันซึ่งแสดงให้เห็นแง่มุมต่างๆ ของอินเทอร์เฟซระบบ ภาพที่ 4(a) แสดงหน้าจอเข้าสู่ระบบ ซึ่งระบบจะแจ้งให้ผู้ใช้ป้อนชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน ส่วนนี้ยังรวมถึงตัวเลือกที่อนุญาตให้ผู้ใช้เปิดใช้งานระบบเพื่อจดจำข้อมูลประจำตัวเหล่านี้สำหรับการเข้าสู่ระบบในภายหลัง ถ้าหากเข้าสู่ระบบด้วยบัญชีผู้ใช้ครู ระบบจะแสดงรายการสรุปจำนวนนักเรียนทั้งหมด ดังที่แสดงในภาพที่ 4(b) ที่แสดงรายชื่อนักเรียนทั้งหมดที่อยู่บนรถโรงเรียน ภายในอินเทอร์เฟซนี้ ครูสามารถเลือกนักเรียนที่ต้องการได้ ซึ่งปุ่มโทรจะปรากฏขึ้น ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกับผู้ปกครองของนักเรียนได้โดยตรง ดังที่แสดงในรูปที่ 4(C) แต่ถ้าหากเข้าสู่ระบบด้วยผู้ใช้ในสิทธิ์ผู้ปกครอง (Parent) ระบบจะแสดงเฉพาะรายชื่อนักเรียนที่อยู่ในการดูแลของผู้ปกครองเท่านั้น



ภาพที่ 4 หน้าจอต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียน Stutrack

นอกจากนี้ ระบบสามารถแสดงรายงาน ได้แก่ รายงานการเดินทางรายวัน และรายงานนักเรียนที่ไม่ได้เดินทางด้วยรถโรงเรียน ภาพที่ 5 ประกอบด้วย 3 ภาพย่อย โดยแต่ละภาพจะอธิบายคุณลักษณะที่แตกต่างกันของเมนูการรายงานภายในระบบ ภาพที่ 5(a) แสดงเมนูรายงานหลัก โดยมีสองตัวเลือกสำหรับทั้งครูและผู้ปกครองในการตรวจสอบ คือ รายงานการเดินทางประจำวัน และรายงานสำหรับนักเรียนที่ไม่ได้เดินทางโดยรถโรงเรียน ในขณะที่รูปที่ 5(b) แสดงรายงานการเดินทางประจำวันของนักเรียน โดยแสดงรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ เช่น วันที่ ชื่อนักเรียน และเวลาขึ้นและลงรถโดยสารประจำทางทั้งการเดินทางไปโรงเรียนและกลับบ้าน สำหรับรูปที่ 5(c) มีไว้เพื่อบันทึกและรายงานนักเรียนที่ไม่ได้ใช้บริการรถโรงเรียน โดยระบุวันที่และชื่อของนักเรียนเหล่านี้ เช่นเดียวกับภาพก่อนหน้านี้ การเข้าถึงข้อมูลนี้ขึ้นอยู่กับบทบาทของผู้ใช้ภายในระบบ หากผู้ใช้เป็นผู้ปกครอง อินเทอร์เฟซจะจำกัดมุมมองให้แสดงเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบุตรหลาน

**ภาพที่ 5** หน้าจอรายงานของระบบ Stutrack**4.2 ประสิทธิภาพของระบบ**

ผลลัพธ์บ่งชี้ถึงการปรับปรุงที่สำคัญในความเอาใจใส่ของผู้ขับขี่ด้วยการใช้ระบบเฝ้าระวังที่น่าเสนอ การแจ้งเตือนของระบบพบว่ามีประสิทธิภาพในการดึงความสนใจของคนขับไปยังความเสี่ยงด้านความปลอดภัยที่อาจเกิดขึ้น ข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมยังชี้ให้เห็นถึงความพึงพอใจของผู้ใช้ในระบบในระดับสูง โดยผลการทดสอบระบบต้นแบบติดตามนักเรียน Stutrack ของบริษัทอันทามันแท็คกิ้งกับโรงเรียนในจังหวัดภูเก็ต สามารถสรุปในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบด้านฟังก์ชันของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน

วันที่ทดสอบ	FR_ID	รายการ	คำอธิบาย	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	ผลการทดสอบ
2566/09/23	FR_001	การติดตามรถโรงเรียนตามเวลาจริง	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถระบุตำแหน่งและติดตามรถโรงเรียนตามเวลาจริงได้	5	ผ่าน ทั้ง 5 ครั้ง
2566/09/23	FR_002	การติดตามนักเรียนตามเวลาจริง	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถระบุตำแหน่งของนักเรียนในรถโรงเรียนตามเวลาจริงได้	5	ผ่าน ทั้ง 5 ครั้ง
2566/09/23	FR_003	การปรับปรุงสถานะของนักเรียนตามเวลาจริง	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถปรับปรุงสถานะของนักเรียนตามเวลาจริงได้	5	ผ่าน ทั้ง 5 ครั้ง
2566/09/23	FR_004	การแจ้งสถานะของนักเรียนไปผู้ปกครองเมื่อนักเรียนขึ้นรถไปโรงเรียน	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถแจ้งสถานะของนักเรียนตามเวลาจริงไปยังผู้ปกครองเมื่อนักเรียนขึ้นรถไปโรงเรียนได้	5	ผ่าน ทั้ง 5 ครั้ง
2566/09/23	FR_005	การแจ้งสถานะของนักเรียนไปผู้ปกครองเมื่อนักเรียนถึงโรงเรียน	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถแจ้งสถานะของนักเรียนตามเวลาจริงไปยังผู้ปกครองเมื่อนักเรียนถึงโรงเรียนได้	5	ผ่าน ทั้ง 5 ครั้ง
2566/09/23	FR_006	การแจ้งสถานะของนักเรียนไปผู้ปกครองเมื่อนักเรียนขึ้นรถกลับบ้าน	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถแจ้งสถานะของนักเรียนตามเวลาจริงไปยังผู้ปกครองเมื่อนักเรียนขึ้นรถกลับบ้านได้	5	ผ่าน ทั้ง 5 ครั้ง
2566/09/23	FR_007	การบริหารจัดการข้อมูลหลังบ้านผ่านเว็บไซต์	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนมีเว็บไซต์เพื่อจัดการข้อมูลหลังบ้านของระบบได้	5	ผ่าน ทั้ง 5 ครั้ง
2566/09/23	FR_008	การแจ้งสถานะของนักเรียนไปผู้เกี่ยวข้อง	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถแจ้งเตือนสถานะของนักเรียนไปยังผู้เกี่ยวข้องตามเวลาจริงได้	5	ผ่าน ทั้ง 5 ครั้ง

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบด้านที่ไม่ใช่ฟังก์ชันของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน

NFR_ID	รายการ	คำอธิบาย	ผลการทดสอบ
NFR_001	ความใช้งานง่ายและเป็นมิตรกับผู้ใช้	ผู้ปกครองและครูควรสามารถเข้าถึงข้อมูลการเดินทางของรถโรงเรียนได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว	มี
NFR_002	ความน่าเชื่อถือและมั่นคงปลอดภัย	ต้นแบบระบบติดตามรถโรงเรียนควรมีความน่าเชื่อถือและปลอดภัย ระบบควรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ข้อมูลการเดินทางของรถโรงเรียนควรได้รับการเก็บรักษาไว้อย่างปลอดภัย	มี
NFR_003	การปฏิบัติตามกฎหมาย	ระบบติดตามรถโรงเรียนถูกออกแบบให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติที่ว่าด้วยกฎหมาย การกระทำผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ และพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้อง	มี
NFR_004	ความสามารถในการปรับขนาด	ระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถปรับแต่งให้เข้ากับความต้องการของโรงเรียนและเขตการศึกษาต่างๆ ได้ เช่น เส้นทางรถและตารางเวลา	มี

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาแบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียน จะเป็นการเน้นย้ำถึงศักยภาพของระบบดังกล่าวในการป้องกันการเสียชีวิตเนื่องจากความไม่ตั้งใจของผู้ขับขี่ ซึ่งการวิจัยที่ดำเนินการส่งผลให้การออกแบบ การใช้งาน และการประเมินระบบ เฝ้าระวังนักเรียนประสบความสำเร็จ โดยมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงความปลอดภัยของนักเรียนในรถตู้โรงเรียน ระบบที่มีกลไกการตรวจสอบและแจ้งเตือนตามเวลาจริง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับความไม่ตั้งใจของผู้ขับขี่ ข้อเสนอแนะในเชิงบวกจากผู้เข้าร่วมและความเอาใจใส่ของผู้ขับขี่ที่ได้รับการปรับปรุงให้หลักฐานที่น่าสนใจเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งการใช้งานและการประเมินระบบเฝ้าระวังที่ประสบความสำเร็จเป็นการเน้นย้ำถึงบทบาทของเทคโนโลยีในการเพิ่มความปลอดภัยของนักเรียนด้วยการจัดการปัญหาที่สำคัญของความไม่ตั้งใจของผู้ขับขี่ ระบบเฝ้าระวังจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้ในระบบการขนส่งในโรงเรียนในวงกว้าง ผลกระทบของการค้นพบนี้มีผลกว้างไกล และเป็นพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่สามารถลดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งในโรงเรียน ส่งผลให้การเดินทางในโรงเรียนมีความปลอดภัยมากขึ้น มอบความอุ่นใจให้กับผู้ปกครอง สถานศึกษา และสังคมโดยรวม

ถึงแม้ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี โดยเฉพาะระบบเฝ้าระวังในการปรับปรุงความปลอดภัยของนักเรียนในการรับ - ส่งนักเรียน ซึ่งระบบที่น่าเสนอสามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับความก้าวหน้าในอนาคตในด้านนี้ และนำร่องปูทางสำหรับการเดินทางในโรงเรียนที่ปลอดภัยยิ่งขึ้น ลดการเสียชีวิตเนื่องจากความไม่ตั้งใจของผู้ขับขี่ อย่างไรก็ตาม ความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น หลังจากรวบรวมข้อมูลแล้ว ควรจะมีการวิเคราะห์อย่างเข้มงวด เนื่องจากข้อมูลที่ได้อาจบ่งชี้ถึงจุดอ่อนของระบบเฝ้าระวังจะถูกประเมินในเชิงปริมาณ ตัวอย่างเช่น ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความถี่ของการแจ้งเตือนที่ออก ความแม่นยำในการตรวจจับเหตุการณ์ และเวลาตอบสนองของคนที่ขับต่อการแจ้งเตือนต้องได้รับการประเมินอย่างละเอียด นอกจากนี้ ข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะที่ได้รับจากพนักงานขับรถ หัวหน้างาน และผู้บริหารโรงเรียนจะถูกวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจมุมมองของพวกเขาที่มีต่อระบบ ความรู้สึกที่แสดงออกโดยนักเรียนและผู้ปกครองจะถูกรวมไว้ในการวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจอย่างครอบคลุมเกี่ยวกับผลกระทบของระบบด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับได้บ่งชี้ถึงการปรับปรุงที่สำคัญในความเอาใจใส่ของผู้ขับขี่ด้วยการเปิดตัวระบบเฝ้าระวังที่น่าเสนอ การแจ้งเตือนของระบบพบว่ามีประสิทธิภาพในการดึงความสนใจของคนขับไปยังความเสี่ยงด้านความปลอดภัยที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งมีส่วนช่วยในการป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น ข้อเสนอแนะในเชิงบวกจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่างๆ บ่งชี้ถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้และการยอมรับระบบในระดับสูง ผู้ขับขี่รายงานว่ารู้สึกใส่ใจในการขับขี่และความปลอดภัยของนักเรียนมากขึ้นเนื่องจากความสามารถในการตรวจสอบของระบบ

นอกจากนี้ การศึกษาระยะยาวของระบบต้นแบบตรวจสอบการขึ้น-ลงโดยสารของนักเรียนถือเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพ ความยั่งยืน และผลกระทบต่อความปลอดภัยของนักเรียนและประสิทธิภาพการขนส่งในระยะยาว การศึกษาระยะยาวเกี่ยวข้องกับการติดตามและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบในระยะเวลาที่ขยายออกไป โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงหลายเดือนถึงสองสามปี ประเด็นสำคัญของการศึกษานี้ เช่น การพัฒนาการออกแบบการศึกษาที่มีประสิทธิภาพโดยสรุปวัตถุประสงค์ วิธีการรวบรวมข้อมูล และเทคนิคการวิเคราะห์ การศึกษานี้ควรมีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินความน่าเชื่อถือของระบบ ความพึงพอใจของผู้ใช้ และผลกระทบต่อตัวชี้วัดความปลอดภัยเมื่อเวลาผ่านไป รวมถึงการสร้างแนวทางที่เป็นระบบในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น เวลาทำงานของระบบ ความแม่นยำในการติดตาม ความถี่ของการแจ้งเตือน และเวลาตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉิน การสำรวจและสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย รวมถึงผู้ปกครอง ครู และคนขับรถบัส สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเชิงคุณภาพเกี่ยวกับประสบการณ์และการรับรู้ของผู้ใช้ นอกจากนี้ การตรวจสอบการมีส่วนร่วมของผู้ใช้กับระบบในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อระบุรูปแบบการใช้งานและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ใช้ ซึ่งสามารถช่วยประเมินการใช้งานของระบบและระบุจุดที่ต้องปรับปรุงได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวารสารวิชาการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่จัดเตรียมเทมเพลตสำหรับการส่งบทความวิจัยนี้จนสำเร็จลงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

ไทย พีบีเอส. (31 สิงหาคม 2565). *ย้อนสถิติ 9 ปี ลืมเด็กในรถ แนะ 3 ข้อต้องทำก่อนขึ้น-ลงรถ*. Thai PBS.

<https://www.thaipbs.or.th/news/content/318945>

Abulhassan, Y. A. (2021). School Bus Safety. *International Encyclopedia of Transportation* 2021. 564–567.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10182-4>

Balas, Z., Tokarz, K., Zielinski, B., and Guźniczak, T. (2023). Research on the behaviour of bluetooth low energy protocol in the heart rate monitoring application. *Procedia Computer Science*, 225, 63–69.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.092>

Ellegood, W. A., Riley, J. M., and Berg, M. D. (2024). The many costs of operating school buses in America. *Research in Transportation Economics*, 103, 101401. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2023.101401>

Fávero, L. P., Belfiore, P., and de Freitas Souza, R. (2023). Chapter 9—Using application programming interfaces to collect data. In L. P. Fávero, P. Belfiore, & R. de Freitas Souza (Eds.), *Data Science, Analytics and Machine Learning with R* (157–167). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824271-1.00021-4>

Koziolek, H. (2008). Goal, Question, Metric. In Eusgeld, I., Freiling, F. C., & Reussner, R. (Eds.), *Dependability Metrics: Advanced Lectures* (39–42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68947-8_6

Kyodo News. (29 September 2022). *FOCUS: Japan to compile stricter rules on school bus safety after toddler death*. Kyodo News+. <https://english.kyodonews.net/news/2022/09/5bed41a53ad4-focus-japan-to-compile-stricter-rules-on-school-bus-safety-after-toddler-death.html>

Li, B., & Nong, X. (2022). Automatically classifying non-functional requirements using deep neural network. *Pattern Recognition*, 132, 108948. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2022.108948>

Lin, M. Y.-C., Nguyen, T. T., Cheng, E. Y.-L., Le, A. N. H., and Cheng, J. M. S. (2022). Proximity marketing and Bluetooth beacon technology: A dynamic mechanism leading to relationship program receptiveness. *Journal of Business Research*, 141, 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.030>

Sadiq, Mohd., and Devi, V. S. (2022). Fuzzy-soft set approach for ranking the functional requirements of software. *Expert Systems with Applications*, 193, 116452. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116452>

Salam, S., Muley, D., and Kharbeche, M. (2022). Assessment of school bus assistant's safety perspective in the state of Qatar. *Procedia Computer Science*, 201, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.021>

Solingen, B. (1999). *Goal/Question/Metric Method: A Practical Guide for Quality Improvement of Software Development*. Mcgraw Hill Higher Education.

Stanley, J., and Stanley, J. (2021). The school bus: An opportunity for improving rural mobility. *Journal of Rural Studies*, 88, 337–345. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.08.008>

StuTrack Parent. (2018). *Apple App Store*. <https://apps.apple.com/ae/app/stutrack-parent/id1445865939>

Tribe, T. F. (13 October 2022). *Japan orders school bus operators to install emergency safety device in vehicles*. Tokyo Families Magazine. <https://tokyofamilies.net/2022/10/japan-orders-school-bus-operators-to-install-emergency-safety-device-in-vehicles/>