



Research Article

THE DEVELOPMENT OF EMERGENCY FALL DOWN APPLICATION IN ELDERLS: A MODEL FOR LEARNING APPLICATION DESIGN

การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้ม
เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการเรียนการสอนการสร้างแอปพลิเคชัน

Received: March 23, 2023

Revised: June 10, 2023

Accepted: July 14, 2023

Isara Kongmee¹ Tipparat Sittiwong² Winai Wongthai^{3,4} Narachai Mukham⁴ and Pakorn Chan-in^{5*}

อิสรา คงมี¹ ทิพรัตน์ สิทธีวงศ์² วินัย วงษ์ไทย^{3,4} นราชัย มุขคำ⁴ และปกรณ์ จันทร์อินทร์^{5*}

¹Faulty of Humanities, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

²Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

³Center of Excellence in Nonlinear Analysis and Optimization, Faculty of Science,
Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

⁴Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

⁵Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University
of Technology Lanna Nan, Nan 55000, Thailand

¹คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

³สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านการวิเคราะห์ไม่เชิงเส้น
และการหาค่าเหมาะที่สุด คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

⁴คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

⁵คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

*Corresponding Author, E-mail: pakornc@rmutl.ac.th

Abstract

The framework of teaching and learning in the 21st century focuses on providing students with innovative and technology skills. Developing fundamental knowledge in these areas necessitates the use of contemporary technology for learners to study and improve for practical application. This study aims to 1) study the accuracy test model, which will be utilized as an example in the development of an emergency a wristband system for the elderly who fall, 2) create a computer science application, such as an emergency alert a wristband system for seniors who fall, 3) develop a prototype of an application for a wristband system for use in the analysis and design for information systems class, and 4) assess learners' satisfaction following laboratory testing of the emergency wristband system. The results showed that the students learnt how to use

the fusion matrix to estimate the system's prediction accuracy at 86%. Students are aware that the appearance and equipment were designed with real users in mind. The outcomes of learning attainment after learning to design and construct apps at a very excellent level ($\bar{X} = 4.6$) and student and user satisfaction assessment results after using the application. Job satisfaction was satisfactory ($\bar{X} = 4.3$).

Keywords: The 21th Century Skills, Application Design, Confusion Matrix, SAFE System

บทคัดย่อ

กรอบของการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะด้านนวัตกรรมและและเทคโนโลยี การเตรียมความรู้พื้นฐานจำเป็นต้องมีการใช้เทคโนโลยีที่มีในปัจจุบันมาให้ผู้เรียนได้เห็น เรียนรู้และพัฒนา เพื่อการนำไปใช้ได้จริง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษารูปแบบการทดสอบหาความแม่นยำมาใช้เป็นตัวอย่างในการเรียนการสอนจากการพัฒนาระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุกลุ่ม (ระบบ SAFE) 2) พัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันระบบ SAFE สำหรับการเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุสำหรับระบบสารสนเทศ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังทดสอบนำระบบ SAFE ไปใช้งานในห้องปฏิบัติการ และ 4) หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้ออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE ผลการวิจัยพบว่าระบบ SAFE มีความแม่นยำ 86% ต่อการตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุ ได้ต้นแบบแอปพลิเคชันระบบ SAFE จำนวน 1 ชุดการเรียนรู้ออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE ไปใช้งานในห้องปฏิบัติการระดับดี ($\bar{X} = 4.3$) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้ออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันระบบ SAFE ของนักศึกษาในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.6$)

คำสำคัญ: การเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ออกแบบแอปพลิเคชัน คอนฟิวชันเมทริกซ์ ระบบ SAFE

บทนำ (Introduction)

ตามกรอบการเรียนรู้ที่ต้องมีสำหรับการเรียนการสอนศตวรรษที่ 21 (Essential Skills of 21st Century Learning) ในสถานศึกษาโดยเฉพาะวิชาแกนหลักได้แก่ ภาษาอังกฤษ ศิลปะการอ่านหรือภาษา ศิลปะ คณิตศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ การปกครองและหน้าที่พลเมือง และที่สำคัญผู้เรียนยังต้องมีทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมเช่น ทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม รวมไปถึงทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี เช่น ความรู้พื้นฐานด้าน ICT (Greenhill, 2010) โดยทักษะเหล่านี้ล้วนเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับผู้เรียนให้สามารถทำงานในองค์กรหรือสถานประกอบการต่าง ๆ ที่เข้าสู่ความมั่นคงในอนาคต โดยเฉพาะการเรียนการสอนในสายวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนการสอนเนื่องจากต้องการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการตื่นตัวระหว่างเรียนรู้และแสวงหาความรู้อยู่เสมอ (Salavati, 2016) กิจกรรมที่ใช้คอมพิวเตอร์รวมถึงแอปพลิเคชันทำให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลอย่างรวดเร็วและเนื้อหาที่เหมาะสม (Genç İltir, 2015) นอกจากนี้ เทคโนโลยียังเป็นแหล่งทรัพยากรการเรียนการสอนและนำเสนอประสบการณ์จากการเรียนรู้มาสู่โลกของผู้เรียน (Larsen-Freeman & Anderson, 2013) เทคโนโลยีเป็นส่วนสำคัญของสภาพแวดล้อมการเรียนการสอนเสมอมาซึ่งผู้สอนสามารถนำไปใช้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนโดยสามารถนำเทคโนโลยีที่เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันไป “บูรณาการ” ในหลักสูตรเพื่อสนับสนุนกระบวนการการเรียนรู้ได้ ดังนั้นถือได้ว่าเทคโนโลยีกลายเป็นส่วนสำคัญของประสบการณ์การเรียนรู้และประเด็นสำคัญสำหรับผู้สอนตั้งแต่เริ่มเตรียมหาประสบการณ์การเรียนรู้ไปจนถึงกระบวนการเรียนการสอนได้เลย (Eady & Lockyer, 2013) การเรียนรู้ในการออกแบบต่าง ๆ ผู้เรียนจำเป็นต้องมีทั้งความรู้พื้นฐานควบคู่กับตัวอย่างหรือโมเดลที่ต้องการสร้าง (Rauscher, 2010) จากการศึกษาสภาพปัจจุบันการเรียนรู้และการออกแบบแอปพลิเคชันไม่ว่าจะเป็นในสมาร์ตโฟนรวมไป

ถึงสมารถทอทพีในระดับมหาวิทยาลัยในไทยยังมีข้อจำกัดอยู่เนื่องจากระบบการศึกษาในไทย โดยธรรมชาติทั่วไปจะเป็นแบบที่ผู้สอนแสดงฝ่ายเดียว หรือ Passive learning (Wongpaiboon, 2017) ดังนั้นรูปแบบการผสมผสานระหว่างการออกแบบและการสร้างด้วยโมเดลจึงถูกนำมาใช้ในหลักสูตรเทคโนโลยี (Citrohn et al., 2023) ส่งผลให้การเรียนการสอนเกิดความน่าสนใจและช่วยให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้จากโมเดลของแอปพลิเคชัน ซึ่งจะนำไปใช้จริงกับผู้ใช้งานอีกด้วย

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทักษะด้านดิจิทัล โดยนำระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้มมาเป็นตัวอย่างในการเรียนการสอนในรายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุสำหรับระบบสารสนเทศ โดยจะแสดงถึงหลักการออกแบบระบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จริงผ่านกระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันบนสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้ม (A System Alert Emergency Fall for Elder : SAFE) หรือเรียกย่อว่าระบบ SAFE นอกจากนี้ยังแสดงตัวอย่างการนำรูปแบบของการทดสอบหาความแม่นยำด้วยวิธีคอนฟิวชันเมทริกซ์ (Confusion Matrix) มาใช้ทดสอบระบบสายรัดข้อมือเพื่อประเมินประสิทธิภาพว่าระบบสามารถนำมาใช้ได้จริง รวมไปถึงประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนและผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุเมื่อนำระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้มอีกด้วย

วัตถุประสงค์ (Objectives)

1. เพื่อศึกษารูปแบบการทดสอบหาความแม่นยำมาใช้เป็นตัวอย่างในการเรียนการสอนจากการพัฒนาระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้ม (ระบบ SAFE)
2. เพื่อพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันระบบ SAFE สำหรับการเรียนการสอน วิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุสำหรับระบบสารสนเทศ
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังทดสอบนำระบบ SAFE ไปใช้งานในห้องปฏิบัติการ
4. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้ออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาชั้นปี 3 ที่กำลังศึกษาวิชาการเรียนรู้การออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE ในรายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุสำหรับระบบสารสนเทศระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 51 คน ภาคเรียนที่ 1/2565

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปี 3 ในรายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุสำหรับระบบสารสนเทศ จำนวน 11 คน คำนวณด้วยสมการของ Yamane (1973) แล้วคัดเลือกนักศึกษาแบบสุ่มตัวอย่างแบบง่ายด้วยวิธีการจับสลากแล้วนำระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินหกล้มไปใช้งานในห้องปฏิบัติการ

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่การเรียนรู้การออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE ในรายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุสำหรับระบบสารสนเทศ

ตัวแปรตาม ได้แก่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้ออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในงานวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภทประกอบด้วย 1) ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เช่น Android Studio, Visual Studio code ภาษาโปรแกรม Kotlin, PHP ฐานข้อมูล Mysql ระบบคลาวด์ Google Map API นาฬิกาสมารถทอทพี (Smart

Watch) ยี่ห้อ TicWatch Pro 4G และ 2) แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันดัดแปลงจากงานวิจัยของ Nadee (2022)

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ SAFE

การพัฒนาซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์ตามรูปแบบสายน้ำตก (Waterfall) มี 5 ขั้นตอนได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ การตรวจสอบระบบ และการติดตั้งปรับปรุงระบบ (Sommerville, 2011) ซึ่งการพัฒนาแบบสายน้ำตกมีข้อดีที่เห็นได้ชัดคือการพัฒนาเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและง่ายต่อการจัดการ แต่ข้อเสียคือการพัฒนาแบบสายน้ำตกอาจไม่ยืดหยุ่นพอที่จะรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการพัฒนาได้ การพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้และผู้พัฒนา ซึ่งการพัฒนาระบบสายน้ำตกมีข้อดีที่เห็นได้ชัดคือการพัฒนาเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและง่ายต่อการจัดการ แต่ข้อเสียคือการพัฒนาแบบสายน้ำตกอาจไม่ยืดหยุ่นพอที่จะรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการพัฒนาได้ การพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้และผู้พัฒนา

1) Apple Watch คือนาฬิกาอัจฉริยะซึ่งมีความสามารถหลากหลาย แต่หนึ่งในฟังก์ชันที่ผู้วิจัยให้สนใจคือการตรวจจับการล้ม ซึ่งจะทำการตรวจจับว่ามีอาการล้มหรือไม่จากการตรวจจับหากมีการขยับเคลื่อนไหวใดๆ ประมาณหนึ่งนาที่อุปกรณ์จะเริ่มนับถอยหลัง 30 วินาทีพร้อมกับส่งสัญญาณและแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล้วยังขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้หรือผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ยินเสียง หากผู้ที่ไม่ต้องการโทรหาบริการฉุกเฉินให้แตะยกเลิก แต่เมื่อสิ้นสุดการนับถอยหลัง Apple Watch จะโทรหาบริการฉุกเฉินโดยอัตโนมัติ (Apple, 2023)

2) ระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติด้วย Accelerometer Sensor มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต สามารถตรวจจับการล้มในหลายรูปแบบเช่น ล้มไปด้านหลัง ด้านซ้ายและด้านขวา และภายหลังการล้มระบบจะประเมินความรุนแรงที่เกิดจากการล้ม งานวิจัยนี้เลือกใช้ Bluetooth accelerometer sensor เป็นเซ็นเซอร์วัดความเร่งของการล้มแบบ 3 แกน ส่งข้อมูลผ่านบลูทูธไปยังสมาร์ทโฟนเพื่อประมวลผลการล้มหรือไม่ จากนั้นโปรแกรมจะแจ้งเตือนขอความช่วยเหลือในรูปแบบเสียงข้อความ ตำแหน่งที่ล้มไปยังหมายเลขโทรศัพท์ผู้ติดต่อฉุกเฉิน ระบบมีความแม่นยำตรวจจับการล้มที่ 83.33% (Kamtab & Wiriyanon, 2022)

3) ระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุโดยทางเครือข่ายวายฟาย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระบบประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ชุดตรวจจับการล้มด้วยเซ็นเซอร์วัดความเร่ง ชุดตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยกล้องเซ็นเซอร์วัดระยะทาง และชุดปุ่มฉุกเฉิน เมื่อเกิดเหตุการณ์ผู้สูงอายุสามารถกดปุ่มฉุกเฉินขอความช่วยเหลือหรือชุดตรวจจับการล้มจะส่งข้อมูลไปประมวลผลไปยังบอร์ด Raspberry Pi ที่เป็นสถานีกลางเชื่อมต่อกับระบบคลาวด์จากนั้นส่งข้อความแจ้งเตือนทางโทรศัพท์ไปยังผู้ดูแลอัตโนมัติ และเช่นเดียวกันกับการประมวลผลข้อมูลจากชุดตรวจจับการเคลื่อนไหวว่าผู้สูงอายุมีการเคลื่อนไหวหรือไม่เพื่อยืนยันสถานะการล้มของผู้สูงอายุ (Kangwanvinitkul et al., 2019)

4) ระบบตรวจจับพฤติกรรมกรรมการล้มโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน โดย FiO Std Board มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระบบจะตรวจจับพฤติกรรมที่สนใจ 7 อย่าง ได้แก่ การนั่ง การยืน การยืนแล้วนั่ง, การนั่งแล้วยืน การเดิน การวิ่ง และการนอน ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้จะถูกเก็บเป็นฐานข้อมูล โดยระบบจะมีเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน ส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผล วิเคราะห์ ตรวจสอบขนาดของความเร่งของพฤติกรรมก่อนและหลัง กรณีพบว่าการล้มเกิดขึ้นระบบจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลแล้วเกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้น (Kangjannopong & Puttha, 2013)

5) การออกแบบชุดตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยเซ็นเซอร์การเอียง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยอาศัยหลักการตรวจจับมุมที่เกิดการเปลี่ยนไปตามแรงโน้มถ่วงของโลกจากการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับ นำไปติดตั้งบริเวณเอวของผู้สูงอายุ โดยปรกติผู้สูงอายุจะยืนหรือนั่งในระนาบแนวตั้งหรือแนวดิ่ง แต่ถ้าผู้สูงอายุหกล้มจะเป็นระนาบแนวนอน ชุดตรวจจับ

การล้มจะส่งสัญญาณเสียงอย่างผ่านลำโพง ชุดตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุมีประสิทธิภาพแม่นยำ 81.5% (Thawornwong et al., 2013)

6) แอปพลิเคชันก้าวอัจฉริยะ (Smart Steps) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยเหลือผู้สูงอายุเมื่อเกิดอุบัติเหตุหกล้มช่วยเหลือตนเองไม่ได้ โดยชุดอุปกรณ์จะติดตั้งบริเวณข้อเท้าของผู้สูงอายุเพื่อตรวจจับองศาและความเร่ง หากมีการหกล้มจะส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังโทรศัพท์ของผู้สูงอายุ แล้วทำการวิเคราะห์สถานะของผู้สูงอายุว่าเกิดการล้มหรือไม่ ถ้าเกิดการล้มจริงแอปพลิเคชันจะส่งคำร้องขอความช่วยเหลือไปยังผู้ที่เกี่ยวข้อง และถ้าหากผู้สูงอายุเกิดการล้มแต่แอปพลิเคชันไม่สามารถตรวจจับได้ผู้สูงอายุสามารถกดปุ่มร้องขอความช่วยเหลือได้ด้วยตนเอง (Srisaad et al., 2019)

Table 1

Summary of functions of the SAFE system compared to other systems.

สรุปฟังก์ชันของระบบ SAFE เปรียบเทียบกับระบบอื่น

ความสามารถของระบบ (ฟังก์ชัน)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
1) Apple Watch	/	/	/			/	
2) ระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติด้วย Accelerometer Sensor มหาวิทยาลัย ธุรกิจบัณฑิต	/	/					
3) ระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุโดยทางเครือข่ายวายฟาย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	/	/	/	/		/	
4) ระบบตรวจจับพฤติกรรมกรรมการหกล้มโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน โดย FiO Std Board โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	/						
5) การออกแบบชุดตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยเซ็นเซอร์การเอียงมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	/						
6) แอปพลิเคชันก้าวอัจฉริยะ (Smart Steps) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง	/	/	/	/			
7) ระบบงานของผู้วิจัย	/	/	/	/	/	/	/

จากเอกสารงานวิจัยอ้างอิงต่าง ๆ ดังกล่าว สามารถสรุปความสามารถหรือฟังก์ชัน (Function) ของแอปพลิเคชันที่กำลังจะพัฒนาแล้วนำมาเปรียบเทียบบ่งแสดงใน Table 1 โดยกำหนดความสามารถฟังก์ชันของแอปพลิเคชันที่ได้จากงานวิจัยแต่ละงานดังนี้ (A1) คือ ระบบต้องแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลเมื่อผู้สูงอายุเกิดการล้มได้ (A2) คือ ระบบต้องสามารถแจ้งเตือนตำแหน่งของผู้สูงอายุที่ล้มไปยังผู้ดูแลได้ (A3) คือ ระบบต้องสามารถทำการตรวจสอบการล้มก่อนได้ (A4) คือ ระบบต้องสามารถขอความช่วยเหลือด้วยการกดปุ่มบนอุปกรณ์ได้ (A5) คือ ระบบต้องสามารถขอความช่วยเหลือด้วยเสียงบนอุปกรณ์ได้ (A6) คือระบบต้องมีขนาดเล็กและง่ายต่อการสวมใส่ (A7) คือ ระบบต้องสามารถนำทางไปหาผู้สูงอายุได้ โดยสามารถอธิบายในหัวข้อที่ 1 ของ Apple Watch ว่ามีความสามารถได้แก่ฟังก์ชัน (A1) ฟังก์ชัน (A2) ฟังก์ชัน (A3) และฟังก์ชัน (A6) เป็นต้น อย่างไรก็ตามหลังจากได้ทำการศึกษาวเคราะห์งานวิจัยต่างๆ ดังกล่าวใน Table 1 ทั้งหมดแล้ว นักศึกษาจะได้อรรถาธิบายความสามารถต่างๆ ของฟังก์ชันที่เป็นภาพรวมของระบบ SAFE ทั้งหมด 7 ฟังก์ชัน และได้ 2 ฟังก์ชันหลักของงานวิจัยที่มีความแตกต่างจากระบบอื่น ได้แก่ ฟังก์ชันแรก (A5) ระบบสามารถขอความช่วยเหลือด้วยเสียงบนอุปกรณ์ และฟังก์ชันที่สอง (A7) ระบบสามารถนำทางผู้ดูแลหรือหน่วยแพทย์ฉุกเฉินไปหาผู้สูงอายุ จากนั้นนักศึกษาจะต้องทำการออกแบบไดอะแกรมของระบบ SAFE ดัง Figure 1

สถาปัตยกรรมระบบ SAFE

จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบ SAFE ในภาพ 1 จะมีผู้ใช้งานระบบ 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ผู้สูงอายุ ผู้ดูแลผู้สูงอายุ และหน่วยแพทย์ฉุกเฉิน จากนั้นนักศึกษาจะต้องมาวิเคราะห์หาเทคโนโลยี เครื่องมือ ซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่จะสามารถทำให้ระบบเกิดขึ้นได้จริงและช่วยเหลือผู้สูงอายุหกล้มอย่างทันท่วงที โดยจะได้สถาปัตยกรรมของระบบ SAFE ดัง Figure 2 สามารถอธิบายการทำงาน ได้ดังนี้

1. เมื่อผู้สูงอายุหกล้มครั้งนั้นมีสติจะขอความช่วยเหลือด้วยเสียงหรือด้วยวิธีการกดปุ่มบนนาฬิกาสมาร์ทวอตช์ แต่หากผู้สูงอายุไม่มีสติได้นาฬิกาจะส่งข้อมูลการล้มไปยังระบบฐานข้อมูลโดยตรง
2. หากผู้สูงอายุมีสติแล้วกดขอความช่วยเหลือด้วยเสียง นาฬิกาจะส่งข้อมูลเสียงไปวิเคราะห์ยังเซิร์ฟเวอร์ STT (Speech To Text) โดยผ่านเทคโนโลยีคลาวด์
3. ระบบ STT (Speech To Text) บนเซิร์ฟเวอร์จะทำการแปลงข้อมูลเสียงเป็นข้อความแล้วส่งกลับไปยังตัวนาฬิกาอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบว่าเป็นประโยคเสียง (ตัวอักษร) ที่ร้องขอความช่วยเหลือหรือไม่ ยกตัวอย่างเสียง เช่น ช่วยด้วย ช่วยด้วยครับ เป็นต้น
4. หากผลเปรียบเทียบเป็นประโยคที่ขอความช่วยเหลือจริง นาฬิกาจะส่งค่าพิกัด (Latitude, Longitude) ค่าเซนเซอร์ และค่าสถานะของผู้สูงอายุ (Status) ไปยังระบบฐานข้อมูล

Figure 1

SAFE System Diagram

ไดอะแกรมระบบ SAFE

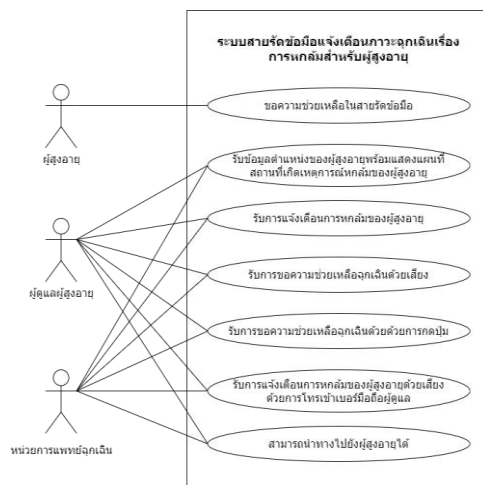
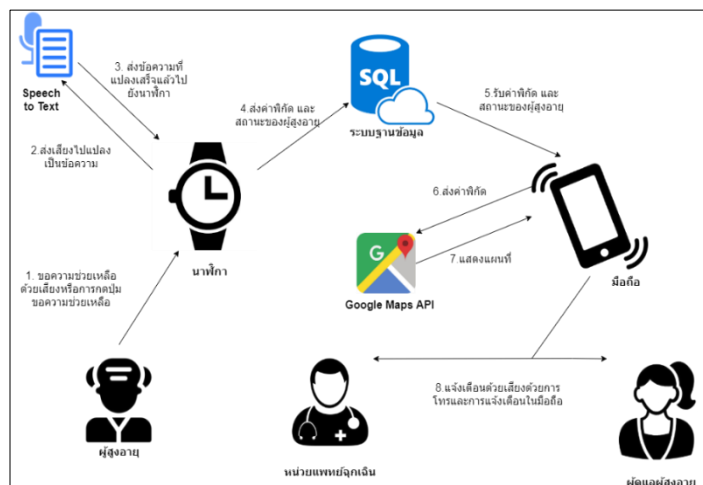


Figure 2

SAFE System Architecture

สถาปัตยกรรมระบบ SAFE



5. จากนั้นแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือก็จะรับค่าพิกัดและสถานะของผู้สูงอายุเพื่อตรวจสอบว่าผู้สูงอายุปลอดภัยหรือไม่

6. จากนั้นแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือก็จะส่งค่าพิกัด (Latitude, Longitude) ไปยัง Google Maps API เพื่อขอตำแหน่งที่อยู่ของผู้สูงอายุที่ล้ม

7. การทำงานของ Google Maps API (Application Program Interface) จะส่งข้อมูลกลับมาแสดงบนแผนที่และโชว์ตำแหน่งของผู้สูงอายุบนแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือ

8. และสุดท้ายแสดงการแจ้งเตือนตำแหน่งสถานะผู้สูงอายุหกล้มภายในแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือแก่ผู้ดูแลผู้สูงอายุและหน่วยแพทย์ฉุกเฉิน

การออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือและบนนาฬิกาสมาร์ทวอตช์

เบื้องต้นจากหัวข้อการวิเคราะห์และออกแบบและสถาปัตยกรรมของระบบ SAFE จะมี 2 ฟังก์ชันหลัก ได้แก่ ฟังก์ชันแรกคือระบบต้องแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลเมื่อผู้สูงอายุเกิดการล้มได้ และฟังก์ชันที่สองคือระบบต้องสามารถนำทางไปหาผู้สูงอายุได้โดยมีรายละเอียดการทำงานแต่ละฟังก์ชันดังต่อไปนี้

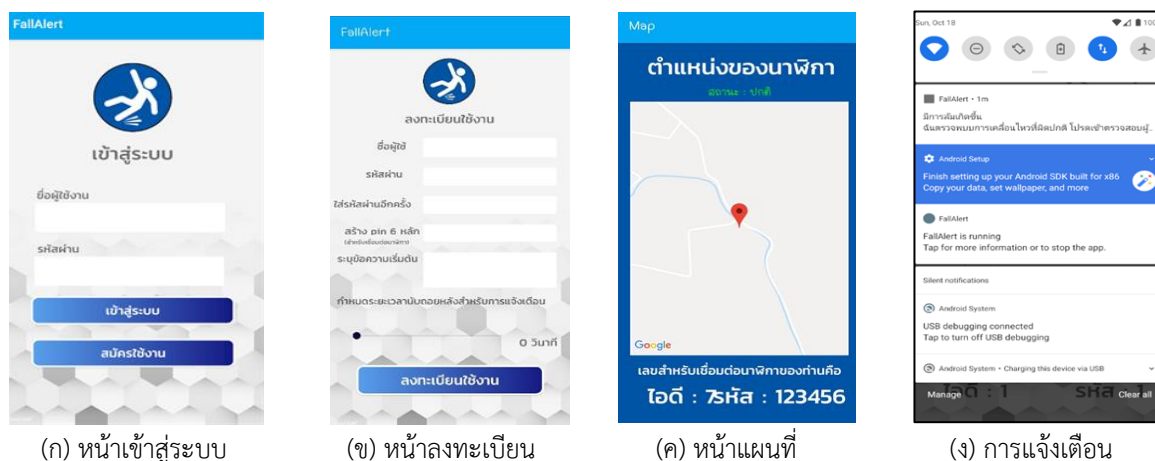
1. การออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

จากขั้นตอนการทำงานของระบบ SAFE ผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือก่อนเนื่องจากเป็นส่วนที่จำเป็นต้องกรอกข้อมูลของผู้สูงอายุไว้ในฐานข้อมูลบนคลาวด์ ซึ่งก็คือการทำงานของฟังก์ชันที่ 2 จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้งานในฟังก์ชันที่ 1 ต่อไป ในส่วนพัฒนาหน้าจอนี้จะใช้ซอฟต์แวร์ Android Studio, Kotlin และตั้งชื่อว่าแอปพลิเคชันว่า FallAlert ดังการทำงานภาพ 3 ซึ่งแสดงถึงการออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน FallAlert บนโทรศัพท์มือถือ โดยมีลำดับการทำงาน ดังนี้ (ก) ผู้ใช้งานระบบจะต้องสมัครใช้งาน (ข) กรอกรายละเอียดของผู้สูงอายุ เช่น ชื่อผู้ใช้งาน รหัสผ่าน ใส่รหัสผ่านอีกครั้ง สร้าง Pin 6 หลัก ระบุข้อความเริ่มต้น (ข้อความห่วงใย) และระยะเวลา (วินาที) ที่ระบบตัดสินใจส่งข้อความแจ้งเตือนหากเกิดการล้มแล้วผู้สูงอายุล้มหมดสติ ครั้นลงทะเบียนเสร็จจะเข้าสู่ระบบอีกครั้ง จากนั้น (ค) แอปพลิเคชันจะแสดงแผนที่ตำแหน่งข้อมูลของผู้สูงอายุหลังเชื่อมต่อกับนาฬิกาแล้ว และสุดท้าย (ง) แสดงข้อความการแจ้งเตือนจากนาฬิกาเมื่อผู้สูงอายุล้มหรือประวัติการล้มที่ผ่านมา

Figure 3

Displays the design of the FallAlert application screen on a mobile phone

แสดงการออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน FallAlert บนโทรศัพท์มือถือ



(ก) หน้าเข้าสู่ระบบ

(ข) หน้าลงทะเบียน

(ค) หน้าแผนที่

(ง) การแจ้งเตือน

2. การออกแบบหน้าแอปพลิเคชันบนนาฬิกาสมาร์ทวอตช์

แอปพลิเคชัน SAFE จะถูกติดตั้งไว้ในนาฬิกาสมาร์ทวอตช์ (Smart Watch) หรือสายรัดข้อมือของผู้สูงอายุภายในมีตัวเซนเซอร์ตรวจจับการล้มและฟังก์ชันโทรออกอัตโนมัติไปยังผู้ดูแลผู้สูงอายุกรณีผู้สูงอายุยังมีสติและเคลื่อนไหวได้ ผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าแอปพลิเคชัน SAFE ตามข้อเสนอแนะจาก Kamtab and Wiriyanon (2022) ว่าการออกแบบเทคโนโลยีสำหรับผู้สูงอายุ เน้นความเรียบง่าย ใช้สีที่คมชัดสูง ตัวอักษรภาษาไทยขนาดใหญ่เหมาะสมแก่การอ่าน ปุ่มกดจัดวางให้เห็นได้ง่ายขนาด

ใหญ่เพื่อความมั่นใจในการกดปุ่มดังกล่าว ดังภาพ 4 (ก) โดยให้ผู้ดูแลกรอกไอทีที่ได้จากการลงทะเบียนในแอปพลิเคชัน FallAlert พร้อมกับเบอร์โทรศัพท์ของผู้ดูแล จากนั้นระบบจะแสดงหน้าหลักของนาฬิกาภาพ 4 (ข) ซึ่งจะประกอบด้วย ปุ่มกดอันแรกสีแดง เป็นปุ่มกดฉุกเฉินขอความช่วยเหลือไปยังหมายเลขเบอร์โทรศัพท์ของผู้ดูแล และปุ่มกดอันที่สอง คือปุ่มกดเพื่อพูดภาพ 4 (ข) ปุ่มนี้ จะมีความสำคัญในกรณีที่ผู้สูงอายุโทรฉุกเฉิน (ปุ่มสีแดง) แล้วผู้ดูแลผู้สูงอายุไม่รับสาย ซึ่งถือได้ว่าเป็นปุ่มที่แก้ปัญหาของปุ่มกดโทรฉุกเฉิน

Figure 4

Show SAFE application design on watch screen

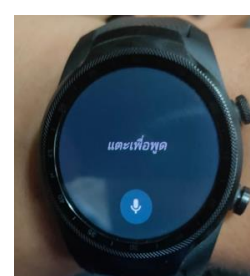
แสดงการออกแบบแอปพลิเคชัน SAFE บนหน้าจอนาฬิกา



(ก) การลงทะเบียนนาฬิกา



(ข) หน้าหลักของนาฬิกา



(ค) ขอความช่วยเหลือด้วยเสียง

ผลการวิจัย (Results)

จากขั้นตอนทั้งหมดหัวข้อวิธีการวิจัย ระบบ SAFE ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้ม ระบบประกอบด้วย 1) แอปพลิเคชัน FallAlert ที่ถูกติดตั้งไว้บนโทรศัพท์มือถือผู้ดูแลผู้สูงอายุและหน่วยแพทย์ฉุกเฉิน และ 2) แอปพลิเคชัน SAFE ถูกติดตั้งไว้บนนาฬิกาสมาร์ตวอตช์ภายในมีตัวเซนเซอร์ตรวจจับการล้มและฟังก์ชันโทรออกอัตโนมัติหรือแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังแอปพลิเคชัน FallAlert ดังนั้น เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าระบบ SAFE คือ นวัตกรรมทางเทคโนโลยี ด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อย่างหนึ่งที่มีความจำเป็นต้องทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบก่อนนำไปใช้งานจริงได้หรือไม่ หลายงานวิจัย (Vititsitti, 2020; Kangjannopong & Puttha, 2013; Chotikawannich, 2012) ได้ใช้วิธีคอนฟิวชัน เมทริกซ์ มาช่วยประเมินประสิทธิภาพระบบ ดังรายละเอียดวิธีต่อไปนี้

1. ผลการทดสอบหาความแม่นยำของระบบ SAFE ด้วยวิธีคอนฟิวชันเมทริกซ์

เบื้องต้นก่อนการทดสอบหาความแม่นยำของระบบ SAFE ด้วยวิธีคอนฟิวชันเมทริกซ์ ผู้ใช้ระบบมีความจำเป็นต้องหาค่าเฉลี่ยการล้มของผู้สูงอายุก่อน เนื่องจากปัจจุบันค่าของการล้มยังไม่มีค่ามาตรฐานรองรับด้วยน้ำหนักแต่ละคนไม่เท่ากัน ผู้วิจัย จึงได้ทำการทดลองหาค่าเฉลี่ยการล้มจากค่าเซนเซอร์ โดยใช้ผู้ทดลอง 1 คน ทำการทดสอบล้ม 10 ครั้ง ทั้งหมด 4 ท่า ได้แก่ ล้มไปข้างหน้า ล้มไปข้างหลัง ล้มไปทางซ้าย และล้มไปทางขวา แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นค่ากลางนำไปเป็นเกณฑ์การล้มใส่ในแอปพลิเคชัน ดังตัวอย่างการหาค่าเฉลี่ยการล้มใน Table 2 ต่อไปนี้

Table 2
An example of recording the results of the experiment to find the mean of individual falls
ตัวอย่างการบันทึกผลทดลองหาค่าเฉลี่ยการล้มแต่ละบุคคล

ครั้งที่	ทำล้มไปข้างหน้า	ทำล้มไปข้างหลัง	ทำล้มไปทางซ้าย	ทำล้มไปทางขวา
1	20.26	20.61	20.26	25.15
2	18.51	21.32	20.33	24.32
...	...	...	...	...
10	20.21	20.88	21.62	23.49
เฉลี่ย $\bar{X}$	21.393	21.138	21.814	22.022
				21.59

คอนฟิวชันเมทริกซ์ (Confusion Matrix) คือ วิธีการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลหรือระบบเครื่องมือที่สร้างขึ้นมา อย่างหนึ่งว่าเครื่องมือเหล่านั้นจะสามารถวัดหรือทำนายผลลัพธ์ (y_predict) ได้ตรงกับผลลัพธ์จริง (y_true) ของกลุ่มข้อมูลจริง เมื่อนำมาคำนวณหรือวัดจริงหรือไม่ โดยใช้วิธีนับจำนวนรายการ (x) หรือข้อมูลที่ทำนายถูกและจำนวนรายการ (x) ที่ทำนายผิดมา เปรียบเทียบกัน จากนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มข้อมูลจริง (Actual) และกลุ่มข้อมูลทำนาย (Predict) ที่เกี่ยวข้องกับสมการต่างๆ ดัง Table 3 (Pravatbrisut, 2021; Pasilaetesang, 2021; Christen & Goiser, 2007; Sarabun, 2020)

Table 3
Shows the creation of actual and predicted data sets
แสดงการสร้างกลุ่มข้อมูลจริงและกลุ่มข้อมูลทำนาย

รายการ x	ผลลัพธ์จริง (y_true)	ผลลัพธ์ที่ทำนาย (y_predict)	ค่าความถูกต้อง
รายการที่ 1	จริง	จริง	ถูกต้อง
รายการที่ 2	จริง	ไม่จริง	ไม่ถูกต้อง
รายการที่ 3	ไม่จริง	จริง	ไม่ถูกต้อง
รายการที่ ...	ไม่จริง	ไม่จริง	ถูกต้อง

จาก Table 3 คอลัมน์ที่ 1 รายการ x คือข้อมูลที่นำมาทดสอบกับแอปพลิเคชัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเหล่านั้นได้ถูก พิจารณามาแล้วว่าผลลัพธ์นั้นเป็นจริงหรือไม่จริงดังคอลัมน์ที่ 2 ผลลัพธ์จริง (y_true) และถ้าหากแอปพลิเคชันนั้นทำงานได้มี ประสิทธิภาพถูกต้องจะได้ผลลัพธ์ตามที่ทำนายดัง คอลัมน์ที่ 3 ผลลัพธ์ที่ทำนาย (y_predict) และสุดท้ายคือการเปรียบเทียบ ระหว่าง y_true กับ y_predict ว่าแอปพลิเคชันนั้นมีความสามารถทำนายได้ถูกต้องหรือไม่ อย่างไรก็ตามวิธีการนับจำนวน ผลค่าความถูกต้องที่หายถูกและผิดนั้น จะต้องไม่พิจารณาแค่ผลของการทำนายกับข้อมูลจริงตรงกันแต่จะต้องพิจารณา ความสอดคล้องของข้อมูลด้วยว่าไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ด้วย โดยจะแบ่งผลลัพธ์เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มข้อมูลจริง (Actual) และ กลุ่มข้อมูลทำนาย (Predict) โดยแต่ละกลุ่มจะมีข้อมูลเป็นทางบวก (Positive) และทางลบ (Negative) ถูกนำมาใช้เป็นเงื่อนไข ดัง Table 4

Table 4

Express the condition of positive and negative data relationships.

แสดงเงื่อนไขของความสัมพันธ์ข้อมูลทางบวกและลบ

กลุ่มข้อมูลจริง (Actual)	กลุ่มข้อมูลทำนาย (Predict)	
	Positive	Negative
	Positive	Negative
	(True Positive) TP	(False Negative) FN
	(False Positive) FP	(True Negative) TN

จาก Table 4 ผู้เรียนสามารถนำไปหาค่าสำคัญต่างๆ ได้ดังนี้

Accuracy คือ ค่าความแม่นยำหรือความถูกต้องที่ตัวโมเดลหรือระบบทำนายถูกต้อง โดยคำนวณจากผลการทำนายถูกต้องหารด้วยจำนวนผลรวมทั้งหมดของการทำนาย (หรือกลุ่มข้อมูลจริงทั้งหมด)

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \quad \text{สมการที่ 1}$$

Precision คือ ค่าความเที่ยงตรงที่ตัวโมเดลหรือระบบทำนายหาข้อมูลถูกต้องก็เปอร์เซ็นต์ คำนวณโดยจากการคิดอัตราส่วนของการทำนายทางบวก (Positive) แล้วถูกต้องต่อจำนวนการทำนายทางบวกทั้งหมด

$$\text{Precision} = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad \text{สมการที่ 2}$$

Recall คือ ค่าความระลึกที่ตัวโมเดลหรือระบบทำนายถูกต้องจากกลุ่มข้อมูลจริงทั้งหมด คำนวณโดยหาอัตราส่วนของการทำนายทางบวก (Positive) แล้วถูกต้องต่อผลลัพธ์จริง (Actual) ในทางบวกทั้งหมด

$$\text{Recall} = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad \text{สมการที่ 3}$$

F-score คือ ค่าถ่วงดุล โดยจะเป็นค่าเฉลี่ยที่แสดงถึงระดับความสอดคล้องกันระหว่าง Precision และ Recall มีทิศทางเดียวกันหรือไม่

$$\text{F1 - Score} = 2 * \frac{(\text{Precision} * \text{Recall})}{(\text{Precision} + \text{Recall})} \quad \text{สมการที่ 4}$$

Error Rate คือ อัตราความคลาดเคลื่อนคำนวณได้จากจำนวนที่ทำนายผิดทั้งหมด หารด้วยจำนวนผลรวมทั้งหมดของการทำนาย (หรือกลุ่มข้อมูลจริงทั้งหมด)

$$\text{Error Rate} = \frac{TP}{(TP+TN+FP+FN)} \quad \text{สมการที่ 5}$$

จาก Table 4 แสดงเงื่อนไขของความสัมพันธ์ข้อมูลทางบวกและลบ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบ SAFE ผู้เรียนจะต้องออกแบบข้อมูลการทดลองดัง Table 5 โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลจริงทางบวก (Positive) คือข้อมูลลักษณะท่าที่ทำให้ล้มจริงประกอบด้วย ท่าล้มไปข้างหน้าและข้างหลัง ล้มไปทางซ้ายและทางขวา ส่วนกลุ่มข้อมูลจริงทางลบ (Negative) คือ ข้อมูลลักษณะท่าที่ไม่ทำให้ล้ม ประกอบด้วย ท่านอนหงาย นอนคว่ำ นอนตะแคงซ้ายและขวา ท่าเดินและยืน จากนั้นกำหนดเงื่อนไขผลลัพธ์จากการทำนาย ดังนี้

TP คือ กรณีที่ระบบตรวจจับการล้มได้ และทำที่ล้มนั้นคือท่าล้มจริง ด้วย

FN คือ กรณีที่ระบบตรวจจับว่าไม่ล้ม แต่ทำที่ล้มนั้นคือท่าล้มจริง

TN คือ กรณีที่ระบบตรวจจับไม่ล้ม และทำที่ล้มนั้นคือท่าไม่ล้มจริง ด้วย

FP คือ กรณีที่ระบบตรวจจับว่าล้ม แต่ทำที่ล้มนั้นคือท่าไม่ล้มจริง

Table 5

The results of the SAFE operation experiment

ผลการทดลองการทำงานระบบ SAFE

ลำดับที่	ลักษณะท่า	จำนวนครั้ง	กลุ่มข้อมูลทำนาย หรือ ค่าที่ระบบตรวจจับได้			
			ล้ม/ล้ม (TP)	ไม่ล้ม/ล้ม (FN)	ไม่ล้ม/ไม่ล้ม (TN)	ล้ม/ไม่ล้ม (FP)
1	ล้มไปข้างหน้า	5	4	1	0	0
2	ล้มไปข้างหลัง	5	3	2	0	0
3	ล้มไปทางซ้าย	5	5	0	0	0
4	ล้มไปทางขวา	5	5	0	0	0
5	นอนหงาย	5	0	0	4	1
6	นอนคว่ำ	5	0	0	4	1
7	นอนตะแคงซ้าย	5	0	0	4	1
8	นอนตะแคงขวา	5	0	0	5	0
9	เดิน	5	0	0	4	1
10	ยืน	5	0	0	5	0
รวม		50	17	3	26	4

จากผลการทดลองระบบ SAFE (Table 5) ผู้เรียนต้องตรวจสอบการทำนายของกลุ่มข้อมูลจริงว่าเป็นจริงหรือไม่ ตัวอย่างเช่นลำดับที่ 1 ท่าล้มไปข้างหน้า ซึ่งเป็นกลุ่มข้อมูลจริงที่จะเกิดการล้มจริงมีจำนวน 5 ครั้ง แล้วระบบตรวจจับการล้มได้ 4 ครั้งตรงกับเงื่อนไข TP และเวลาเดียวกันระบบก็ไม่สามารถตรวจจับได้ 1 ครั้งตรงกับเงื่อนไข FN ต่อมาในกลุ่มข้อมูลไม่จริง ตัวอย่างลำดับที่ 5 ท่านอนหงาย ทดสอบจำนวน 5 ครั้ง แล้วระบบตรวจจับว่าไม่ล้มได้ 4 ครั้ง ตรงกับเงื่อนไข TN และเวลาเดียวกันระบบก็สามารถตรวจจับได้ 1 ครั้งว่าล้มทั้ง ๆ ที่เป็นท่าที่ไม่ล้ม จึงตรงกับเงื่อนไข FP แล้วสุดท้ายจะได้ผลสรุปของตารางที่ 5 ดังนี้ ค่า TP = 17 ครั้ง ค่า FN = 3 ครั้ง ค่า FP = 4 ครั้ง ค่า TN = 26 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณค่าต่าง ๆ ตามทั้ง 5 สมการดังกล่าวของคอนฟิวชันเมตริกซ์ ได้ผลลัพธ์ ดังนี้

ค่า Accuracy = $(17+26) / (17+26+3+4) = 0.86$ หรือ 86%

ค่า Precision = $(17) / (17+4) = 0.81$ หรือ 81%

ค่า Recall = $(17) / (17+3) = 0.85$ หรือ 85%

ค่า F1-Score = $2 * (0.81 * 0.85 / (0.81 + 0.85)) = 0.83$ หรือ 83%

ค่า Error Rate = $7 / (17+26+3+4) = 0.14$ หรือ 14%

จากผลการทดสอบข้างต้นสรุปได้ว่า ท่าที่ได้ค่าแม่นยำมากที่สุดได้แก่ ท่าล้มไปทางซ้าย ท่าล้มไปทางขวา ท่านอนตะแคงขวา และท่ายืน ท่าที่ได้ความแม่นยำลำดับถัดไปได้แก่ท่าล้มไปข้างหน้า ท่านอนหงาย ท่านอนคว่ำ ท่านอนตะแคง

ซ้าย และทำเดิน และท่าที่ได้ความแม่นยำน้อยที่สุดคือท่าล้มไปข้างหลัง ซึ่งทั้ง 10 ท่าข้างต้น มีความแม่นยำของระบบที่ทำนายได้ 86% และมีค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ 14%

2. ผลการพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันระบบ SAFE สำหรับการเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ สำหรับระบบสารสนเทศ

จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบ SAFE ไดอะแกรม สถาปัตยกรรมระบบ และการออกแบบหน้าจอ แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือและนาฬิกาสมาร์ทวอตช์ ทั้งหมดคือ ตัวอย่างขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันทางด้าน วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ถือได้ว่าผู้วิจัยได้ต้นแบบแอปพลิเคชันระบบ SAFE จำนวน 1 ชุดการเรียนรู้ สำหรับนำไปใช้เป็นตัวอย่าง การเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุสำหรับระบบสารสนเทศ

โดยตัวอย่างขั้นตอนต่าง ๆ ดังกล่าวจะเห็นว่า หัวข้อการวิเคราะห์และออกแบบระบบ SAFE นั้นคือ วิธีค้นคว้าศึกษา เอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผู้เรียนสนใจแล้วสรุปผลออกมาในรูปแบบตารางที่ 1 ซึ่งเป็นการสรุปฟังก์ชันของระบบ SAFE เปรียบเทียบกับระบบอื่น ตรงจุดนี้จะส่งผลทำให้นักศึกษาได้เข้าใจภาพรวมของฟังก์ชันต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้ช่วยเหลือผู้สูงอายุ อีกทั้งยังได้ข้อสรุป 2 ฟังก์ชันหลักของระบบ SAFE ที่แตกต่างจากระบบอื่นคือ ฟังก์ชันแรกระบบสามารถขอความช่วยเหลือด้วยเสียงบนอุปกรณ์ และ ฟังก์ชันที่สองระบบสามารถนำทางผู้ดูแลหรือหน่วยแพทย์ฉุกเฉินไปหาผู้สูงอายุ จากนั้นออกแบบไดอะแกรมการทำงานของระบบ SAFE ว่ามีผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบ 3 ส่วนได้แก่ ผู้สูงอายุ ผู้ดูแลผู้สูงอายุ และหน่วยการแพทย์ฉุกเฉิน ต่อมาคือการเลือกใช้ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มาช่วยสร้างระบบ SAFE เพื่อให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบในไดอะแกรมและสถาปัตยกรรม ที่สำคัญคือ ขั้นตอนการออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน FallAlert บนโทรศัพท์มือถือและแอปพลิเคชัน SAFE บนนาฬิกาสมาร์ทวอตช์ ซึ่งในส่วนนี้ นักศึกษาจะต้องศึกษาหลักการออกแบบแอปพลิเคชันที่ตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้งานมากที่สุด และสุดท้ายคือการหา ค่าความแม่นยำของระบบด้วยวิธีการคอนฟิเดนซ์เมตริกซ์

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังทดสอบนำระบบ SAFE ไปใช้งานในห้องปฏิบัติการ

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนเมื่อใช้งานระบบ SAFE จริงได้ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Nadee (2022) ที่ได้ ทำการประเมินแอปพลิเคชันทางสุขภาพโดยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งใช้รูปแบบประเมินแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) แบบประมาณค่า 5 ระดับ โดยให้นักศึกษานำอุปกรณ์และแอปพลิเคชันไปใช้ทดสอบงานจริงในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการ Usability Test มาช่วยอธิบายการใช้งานแอปพลิเคชันแก่นักศึกษา เพื่อลดกำแพงความเครียดของผู้ใช้งานสำหรับการใช้งานครั้งแรกๆ ด้วยการชี้แจงขั้นตอนการใช้งานเบื้องต้น แล้วบอกถึงส่วนที่จะใช้ทดสอบนี้ว่า หากกดผิดปุ่มผิดแล้วระบบไม่ทำงานหรือมี ข้อความแจ้งเตือนถือว่าไม่ใช่ความผิดของผู้ใช้งานพร้อม รับฟังความคิดเห็น ข้อซักถามของผู้ใช้งานเมื่อเกิดข้อสงสัยต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเป็นต้น จากนั้นผู้วิจัยให้ทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบ SAFE ผ่าน Google Form โดยใช้ผู้ประเมิน เป็นนักศึกษาจำนวน 11 จากนักศึกษาทั้งหมด 51 คน คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายแบบวิธีจับฉลาก ดังผลประเมิน Table 6 ต่อไปนี้

Table 6

Displays the satisfaction assessment results of SAFE system testers

แสดงผลประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบ SAFE

รายการประเมิน	ระดับการประเมินความพึงพอใจ						
	5	4	3	2	1	$\bar{X}$	แปลผล
1. รูปแบบเมนูมีการใช้งานที่เข้าใจง่าย	8	2	1	0	0	4.6	ดีมาก
2. ลักษณะการออกแบบมีความเหมาะสม	2	7	2	0	0	4.0	ดี
3. ขนาดตัวอักษรและรูปแบบตัวอักษร มีความสวยงามและอ่านได้ง่าย	4	6	1	0	0	4.3	ดี
4. แอปพลิเคชันใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	5	3	3	0	0	4.2	ดี
5. แอปพลิเคชันแจ้งเตือนเมื่อผู้สูงอายุล้มได้อย่างเหมาะสม	6	3	2	0	0	4.4	ดี
6. แอปพลิเคชันแจ้งเตือนเมื่อผู้สูงอายุล้มได้ถูกต้องและแม่นยำ	4	6	1	0	0	4.3	ดี
7. แอปพลิเคชันมีความน่าเชื่อถือต่อการใช้งาน	4	5	2	0	0	4.2	ดี
8. แอปพลิเคชันช่วยให้ผู้ดูแลสามารถดูแลผู้สูงอายุได้ง่ายยิ่งขึ้น	4	5	2	0	0	4.2	ดี
9. มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานและสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดได้	5	5	1	0	0	4.4	ดี
10. ช่วยลดอัตราการเสียชีวิตจากการพลัดตกหกล้มของผู้สูงอายุ	8	3	0	0	0	4.7	ดีมาก
รวม	50	45	15	0	0	4.3	ดี

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้การออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE

หลังจากที่นักศึกษาได้เรียนรู้ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน วิธีการหาความแม่นยำของระบบด้วยวิธีคอนฟิวชันเมตริกซ์ ตลอดจนการทำให้แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังนำระบบไปใช้งานในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาระบบว่าสามารถนำไปใช้งานจริงได้หรือไม่ อย่างไรก็ตามเพื่อให้ทราบถึงการเรียนรู้ความเข้าใจของนักศึกษาต่อขั้นตอนดังกล่าว ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้การออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE โดยใช้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาเดิมจำนวน 11 คน ได้ผลสรุปดัง Table 7 ต่อไปนี้

Table 7

Demonstrate learning achievements after learning to design and build applications with the SAFE system

แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้การออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันด้วยระบบ SAFE

รายการประเมิน	ระดับการประเมินความพึงพอใจ						
	5	4	3	2	1	$\bar{X}$	แปลผล
1. เข้าใจวิธีการวิเคราะห์การ จัดทำระบบ	8	3	0	0	0	4.7	ดีมาก
2. เข้าใจการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ	8	2	1	0	0	4.6	ดีมาก
3. เข้าใจการออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน	7	3	1	0	0	4.5	ดีมาก
4. เข้าใจวิธีการหาความแม่นยำของระบบ	4	4	3	0	0	4.1	ดี
5. เข้าใจวิธีการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ	9	2	0	0	0	4.8	ดีมาก
รวม	36	14	5	0	0	4.6	ดีมาก

อภิปรายผล (Discussions)

1. การวิจัยนี้เป็นการนำรูปแบบการทดสอบหาความแม่นยำมาใช้เป็นตัวอย่างในการเรียนการสอน โดยผ่านจากการพัฒนาแอปพลิเคชันระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้ม ซึ่งระบบจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนแรกคือแอปพลิเคชัน FallAlert ที่ถูกติดตั้งไว้บนโทรศัพท์มือถือผู้ดูแลผู้สูงอายุและหน่วยแพทย์ฉุกเฉิน และส่วนที่สองคือแอปพลิเคชัน SAFE ถูกติดตั้งไว้บนนาฬิกาสมาร์ทวอตช์ของผู้สูงอายุภายในตัวเซนเซอร์ตรวจจับการล้มและแจ้งเตือนอัตโนมัติไปยังแอปพลิเคชัน FallAlert กรณีเกิดการล้ม อย่างไรก็ตามก่อนที่จะนำระบบไปใช้งานจริงจะต้องทำการหาความแม่นยำของระบบ SAFE ด้วยวิธีคอนฟิวชันเมทริกซ์ ซึ่งเป็นรูปแบบของการประเมินค่าผลลัพธ์ที่ทำนายว่าตรงกับผลลัพธ์จริงจากกลุ่มข้อมูลที่ป้อนให้หรือไม่ โดยผลสรุปพบว่า ระบบมีความแม่นยำที่สามารถตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ 86% และมีค่าความคลาดเคลื่อนของระบบ 14% สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sompang and Jaruvitayakul (2015) ที่ได้ทำการหาความแม่นยำไปใช้งานการตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุได้ค่าความแม่นยำ 83.33% และเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Thawornwong et al. (2013) ที่ได้ค่าความแม่นยำ 81.5% หากนำระบบ SAFE มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยดังกล่าวปรากฏว่าระบบ SAFE มีความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นประมาณ 3% - 4% ตามลำดับ

2. ได้ต้นแบบแอปพลิเคชันระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้มสำหรับการเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุสำหรับระบบสารสนเทศ จำนวน 1 ชุด หรือเรียกย่อว่าระบบ SAFE ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ แอปพลิเคชัน FallAlert ที่ติดตั้งไว้บนโทรศัพท์มือถือผู้ดูแลผู้สูงอายุ และแอปพลิเคชัน SAFE ถูกติดตั้งไว้บนนาฬิกาสมาร์ทวอตช์ของผู้สูงอายุ จากนั้นทำการหาความแม่นยำของระบบด้วยวิธีคอนฟิวชันเมทริกซ์ ซึ่งได้สอดคล้องกับงานวิจัย Kangwanvinitkul et al. (2019) ที่ได้สร้างและพัฒนาาระบบเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุโดยทางเครือข่ายสายพานำไปใช้ทดสอบจริงกับผู้สูงอายุ ผู้ดูแลผู้สูงอายุและหน่วยแพทย์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหนองแขง ตำบลแขวง นาง อำเภอมือง จังหวัดมหาสารคาม อย่างไรก็ตาม ที่สำคัญจะเห็นว่าผู้เรียนต้องคำนึงถึงและตีกรอบผู้ใช้งานแอปพลิเคชันว่ามี 3 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่ ส่วนของผู้สูงอายุ ส่วนของผู้ดูแลผู้สูงอายุ และส่วนหน่วยการแพทย์ฉุกเฉินที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ จากนั้นจึงนำไปสู่การคิดวิเคราะห์ถึงสถาปัตยกรรมของระบบจนสามารถลำดับขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันด้วยทักษะทางวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ เช่น การส่งข้อมูลเสียงไปวิเคราะห์ยังเซิร์ฟเวอร์ STT โดยผ่านเทคโนโลยีคลาวด์แล้วแปลงข้อมูลเสียงเป็นข้อความ จากนั้นส่งค่าพิกัดที่อยู่ ค่าเซนเซอร์ และค่าสถานะของผู้สูงอายุไปยังระบบฐานข้อมูลพร้อมตรวจสอบว่าผู้สูงอายุปลอดภัยหรือไม่ โดยจะทำงานร่วมกับ Google Map ท้ายที่สุดของต้นแบบการพัฒนาแอปพลิเคชันดังกล่าวไม่ได้จำกัดเฉพาะนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ แต่ยังสามารถใช้เป็นตัวอย่างแก่นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา หลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษา รายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันคอมพิวเตอร์ได้

3. เมื่อผู้เรียนนำแอปพลิเคชันไปใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้งานระบบ SAFE ดังตาราง 6 ได้ผลคะแนนรวมทั้งระดับดี ($\bar{X} = 4.3$) โดยมีผลการวิเคราะห์แต่ละหัวข้อการประเมินพบว่า หัวข้อที่อยู่ในระดับดีมากได้แก่ ระบบช่วยลดอัตราการเสียชีวิตจากการพลัดตกหกล้มของผู้สูงอายุ ($\bar{X} = 4.7$) และรูปแบบเมนูมีการใช้งานที่เข้าใจง่าย ($\bar{X} = 4.6$) และหัวข้อที่อยู่ในระดับดีได้แก่แอปพลิเคชันแจ้งเตือนเมื่อผู้สูงอายุล้มได้อย่างเหมาะสม ($\bar{X} = 4.4$) เช่นเดียวกับหัวข้อแอปพลิเคชันมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานและสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดได้ ($\bar{X} = 4.4$) ในส่วนด้านขนาดตัวอักษรและรูปแบบตัวอักษรมีความสวยงามและอ่านได้ง่ายระดับดี ($\bar{X} = 4.3$) แอปพลิเคชันแจ้งเตือนเมื่อผู้สูงอายุล้มได้ถูกต้องและแม่นยำ ($\bar{X} = 4.3$) แอปพลิเคชันใช้ง่ายและไม่ซับซ้อน ($\bar{X} = 4.2$) แอปพลิเคชันมีความน่าเชื่อถือต่อการใช้งาน ($\bar{X} = 4.2$) แอปพลิเคชันช่วยให้ผู้ดูแลสามารถดูแลผู้สูงอายุได้ง่ายยิ่งขึ้น ($\bar{X} = 4.2$) และสุดท้ายลักษณะการออกแบบแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม ($\bar{X} = 4.0$)

4. การใช้ระบบ SAFE เป็นโมเดลหลักในการเรียนการสอนสร้างแอปพลิเคชันนี้จะทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในชั้นเรียน เข้าใจหลักการขั้นตอนพัฒนาแอปพลิเคชันทางด้านวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถต่อยอดมองหาการออกแบบดีไซน์เพื่อใช้งานได้จริงจากการวิจัย ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้ การออกแบบและสร้างแอปพลิเคชัน ด้วยระบบ SAFE ตาราง 7 โดยได้ผลคะแนนร่วมระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.6$) โดยมีผลการวิเคราะห์แต่ละหัวข้อการประเมิน พบว่า ผู้เรียนเข้าใจวิธีการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.8$) ผู้เรียนเข้าใจวิธีการวิเคราะห์การจัดทำระบบ ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.7$) ผู้เรียนเข้าใจการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.6$) ผู้เรียนเข้าใจการออกแบบหน้าจอ แอปพลิเคชันระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.5$) และผู้เรียนเข้าใจวิธีการหาความแม่นยำของระบบระดับดี ($\bar{X} = 4.1$) ซึ่งหัวข้อนี้เป็นการประเมินค่าผลลัพธ์ที่ทำนายได้ตรงกับผลลัพธ์จริงจากกลุ่มข้อมูลที่ป้อนให้จากการทดสอบ แต่เมื่อพิจารณาจากหัวข้อในแบบ ประเมินทั้งหมดกลับพบว่าค่าเฉลี่ยของนักศึกษาเข้าใจวิธีการหาความแม่นยำของระบบมีค่าต่ำกว่าหัวข้ออื่นๆ ดังนั้น เพื่อให้ นักศึกษาได้เข้าใจวิธีการหาความแม่นยำที่ดียิ่งขึ้น จึงจำเป็นที่ผู้สอนจะต้องจัดทำตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดการหาค่าประเมิน ความแม่นยำหลากหลายตัวอย่างเพิ่มมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามจากการสังเกตนักศึกษาพบว่า นักศึกษามีความสนใจในการเรียน มีการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและผู้สอนในเรื่องหลักการออกแบบแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ และสมาร์ทวอตช์ ดังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้การออกแบบและสร้างแอปพลิเคชันในคะแนนร่วมระดับดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องการให้สถานศึกษาเห็นความสำคัญแก่ผู้เรียนให้มีทักษะด้าน การเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี (Greenhill, 2010)

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

1. ปัจจุบันค่าของการล้มยังไม่มีค่ามาตรฐานรองรับเนื่องจากน้ำหนักของแต่ละคนไม่เท่ากัน หากนักวิจัยทำการสร้างพัฒนาแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการล้มของผู้สูงอายุไปใช้จริงจะต้องพิจารณาการตั้งค่าเกณฑ์การล้มจริงของผู้สูงอายุแต่ละคน โดยสามารถนำวิธีการหาค่าเฉลี่ยการล้มดังกล่าวในตาราง 2 ไปใช้เป็นตัวอย่าง

2. แอปพลิเคชันระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้มได้รับการออกแบบให้มีความสามารถใช้งาน 7 ฟังก์ชันแต่เมื่อพิจารณาพบว่า โทรศัพท์มือถือผู้ดูแลผู้สูงอายุที่ติดตั้งแอปพลิเคชันไม่มีฟังก์ชันย้อนดู ประวัติการหกล้มของผู้สูงอายุตามวันเดือนปีแบบย้อนหลัง ดังนั้นในการพัฒนาแอปพลิเคชันในอนาคตจำเป็นต้องมีฟังก์ชันแสดง ประวัติย้อนหลังรายเดือนและรายปีเพื่อให้่ายต่อการวิเคราะห์ของผู้ดูแลผู้สูงอายุ และด้วยข้อมูลดังกล่าวอาจนำไปใช้ในเรื่องการ ทำนายการล้มของผู้สูงอายุงานด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) ต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgment)

การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบสายรัดข้อมือแบบแจ้งเตือนภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุหกล้มเพื่อใช้เป็นต้นแบบ ในการเรียนการสอนการสร้างแอปพลิเคชันนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาต้นแบบนวัตกรรมเชิงพื้นที่ ในการป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ทิพรรัตน์ สิทธิวงศ์ หัวหน้าโครงการ และได้รับอนุมัติการทำวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการ จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (IRB No. P2-0331/2564, P2-0128/2566) ทีมผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

References

- Apple. (2023). *Use fall detection with Apple Watch*. Retrieved 25 January 2023, from <https://support.apple.com>
- Chotikawannich, T. (2012). *An embedded system for fall detection while showering by a privacy camera. Electrical Engineering Program, Faculty of Engineering* (Master thesis). Songkla: Prince of Songkla University.
- Christen, P., & Goiser, K. (2007). Quality and Complexity Measures for Data Linkage and Deduplication. In F. Guillet & H. J. Hamilton (ed.), *Quality Measures in Data Mining*, Vol. 43 (pp. 127-151). Springer.
- Citrohn, B., Stolpe, K., & Svensson, M. (2023). The use of models and modelling in design projects in three different technology classrooms. *Int J Technol Des Educ*, 33, 63–90. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09730-9>
- Eady, M., & Lockyer, L. (2013). Tools for learning: technology and teaching strategies. In P. Hudson (Ed.), *Learning to teach in the primary school* (pp. 71-89). Cambridge University Press (CUP).
- Greenhill, V. (2010). *21st Century Knowledge and Skills in Educator Preparation*. Partnership for 21st century skills.
- Genç İlter, B. (2015). How does technology affect language learning process at an early age? *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 199, 311-316.
- Kamtab, P., & Wiriyanon, T. (2022). Design a Digital Multimodal User Interface for Senior Citizens. *Journal of Education Studies*, 50(1). DOI: 10.14456/educu.2022.5
- Kangjannopong, J., & Puttha, K. (2013). *Fall detection system using 3-Axis accelerometer sensor with FiO std board* (Master thesis). Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology.
- Kangwanvinitkul, K., Bungkon, K., Ladkaeo, N., & Kongjeran, N. (2019). Elderly Tracking and Alert System using Wi-Fi Network. *Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT)*, 7(1), 15-21.
- Larsen-Freeman, D., & Anderson, M. (2013). *Techniques and principles in language teaching* (3rd ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Nadee, T. (2022). An application for the Android operating system on selecting a specific diet. *Industrial Technology Journal Surindra Rajabhat University*, 7(1), 66-80.
- Pasilaetesang, B. (2021). *Creating AI Learning with Python Machine Learning*. Bangkok: Se-ed Company.
- Pravatbrisut, A. (2021). *Python for data science, data visualization, and machine learning*. Bangkok: Promotion Company.
- Rauscher, W. (2010). Knowledge-generating activities on which technology education students draw when they design and make artefacts. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 85-98. <https://doi.org/10.1080/10288457.2010.10740675>
- Salavati, S. (2016). *Use of Digital Technologies in Education: The Complexity of Teachers' Everyday Practice*. Linnaeus University Press.

- Sarabun, K. (2020). *Learning Data Science and AI: Machine Learning with Python*. Bangkok: Media Network.
- Sompang, P., & Jaruvitayakul, T. (2015). 2D Fall Detection System using Bluetooth Accelerometer Sensor. Paper presented at the *The 9th National Conference on Information Technology (NCIT)*, Bangkok.
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering*, 9/E. Pearson Education India.
- Srisaad, W., Chatrawarawut, N., Chotpant, S., & Jamnongsi, P. (2019). Smart steps. *Walailak Procedia*, 2019(7), NCIs35-NCIs35.
- Wongpairoon, P. (2017). Active Learning and Student Involvement. *Journal of Yanasangvorn Research Institute Mahamakut Buddhist University*, 8(2), 327-336.
- Vititsitti, C. (2020). Fall detection for the elderly and data classification activity using weighted k-Nearest neighbor algorithm on IoT-based Portable Embedded System. *Journal of Engineering, RMUTT*, 18(1), 45-56.
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory statistic* (2nd ed.). New York: Harper & Row.