บทความวิจัย

แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนที่ใช้งานร่วมกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อวัดระยะและบันทึกข้อมูลในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ

ทศพร สังข์กังวาล* และ ไพเราะ ไพรหิรัญกิจ
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 9487 0204 อีเมล: thosaporn.sun@dome.tu.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.05.039
รับเมื่อ 5 มิถุนายน 2563 แก้ไขเมื่อ 30 มิถุนายน 2563 ตอบรับเมื่อ 22 กรกฎาคม 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 27 พฤษภาคม 2564
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การวัดระยะและจดบันทึกเพื่อทำแผนที่สถานที่เกิดเหตุเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ผู้วิจัยจึงพัฒนาแอปพลิเคชัน (Application) บนโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน (Smartphone) ที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) เรียกว่า "แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน (Crime Scene Distance Measure and Record Application)" แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ช่วยวัดระยะเซนเซอร์อัลตราโซนิก บันทึกข้อมูลการวัด และสร้างไฟล์เอกสารตามแบบฟอร์มมาตรฐานของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ การทดสอบวัดระยะทางในสถานที่เกิดเหตุจำลองพบว่า แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนมีความถูกต้อง และความแม่นยำใกล้เคียงกับเครื่องเลเซอร์วัดระยะ คือ มีความคลาดเคลื่อน ±7 เซนติเมตร และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงสุด 13.4% สำหรับแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน และ 13.9% สำหรับเครื่องเลเซอร์วัดระยะ การทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจ 20 คน ผู้ซึ่งปฏิบัติงานด้านตรวจสถานที่เกิดเหตุพบว่า กลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจภาพรวมในด้านการออกแบบติดต่อกับผู้ใช้ คุณสมบัติและฟังก์ชัน การจัดเก็บข้อมูลและการเรียกข้อมูลมาใช้ และอุปกรณ์เครื่องมือ อยู่ในเกณฑ์ดี 56.50% และดีมาก 36.53% แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันนี้ในงานนิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: เซนเซอร์อัลตราโซนิก แอปพลิเคชัน การวัดระยะทาง การตรวจสถานที่เกิดเหตุ นิติวิทยาศาสตร์

การอ้างอิงบทความ: ทศพร สังข์กังวาล และ ไพเราะ ไพรหิรัญกิจ, "แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนที่ใช้งานร่วมกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อวัดระยะและบันทึกข้อมูลในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 1, หน้า 177–188, ม.ค.–มี.ค. 2565.

Research Article

Smartphone Application with an Ultrasonic Sensor for Measuring and Recording Distance in Crime Scene Investigation

Thosaporn Sungkangwan* and Pairoa Praihirunkit
Department of Forensic Science, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University, Pathum Thani, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 9487 0204, E–mail: thosaporn.sun@dome.tu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.05.039
Received 5 June 2020; Revised 30 June 2020; Accepted 22 July 2020; Published online: 27 May 2021
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

During a crime scene investigation, the distance measurement along with documentation of the distance data is an important procedure that significantly affects a crime reconstruction. The researcher developed a smartphone application that works with an ultrasonic sensor, namely, Crime scene distance measure and record application, with an aim to facilitate the measurement process and data recording. The application controls the operation of the ultrasonic sensor, save measurement data and create a document file according to the standard form of the Royal Thai Police. The distance measurement was tested at a simulated scene. The result showed that the accuracy and precision of the application were comparable to a laser meter. The error of distance was ±7 centimeters with a variable coefficient up to 13.4% and 13.9% for the application and the laser meter, respectively. For satisfaction assessment towards the application, it was tested by 20 police officers who are currently on duty of crime scene investigation. The results showed that the application was gained a good (56.50%) and very good (36.53%) satisfaction in terms of the user interface design, device features and functions, data storage and data retrieval as well as the hardware. This suggests the possibility to apply the developed smartphone application combined with an ultrasonic sensor for distance measurement in forensic practice.

Keywords: Ultrasonic Sensor, Application, Distance Measurement, Crime Scene Investigation, Forensic Science

Please cite this article as: T. Sungkangwan and P. Praihirunkit, "Smartphone application with an ultrasonic sensor for measuring and recording distance in crime scene investigation," *The Journal of KMUTNB*, vol. 32, no. 1, pp. 177–188, Jan.–Mar. 2022 (in Thai).

1. บทนำ

การตรวจสถานที่เกิดเหตุเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญของการรวบรวมพยานหลักฐานสำหรับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสืบสวนสอบสวนหาตัวผู้กระทำผิด หากการตรวจสถานที่เกิดเหตุกระทำอย่างไม่มีระบบจะทำให้พยานหลักฐานต่างๆ เสียหาย และกระทบโดยตรงต่อขั้นตอนการทำคดี หนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญ คือการวัดระยะทางเพื่อทำแผนที่สถานที่เกิดเหตุ ปัจจุบันอุปกรณ์ในการวัดระยะในการตรวจสถานที่เกิดเหตุมีหลายชนิด เช่น ตลับเมตร ไม้บรรทัด และเครื่องเลเซอร์วัดระยะ [1] ทั้งนี้ในขั้นตอนการวัดต้องทำควบคู่กับการจดบันทึก ซึ่งปัจจุบันใช้วิธีเขียนลงในเอกสาร สมุดบันทึก หรือแบบฟอร์ม (Form) บันทึกการตรวจสถานที่เกิดเหตุ เพราะเป็นวิธีที่สะดวก และสามารถแก้ไข/เพิ่มเติมข้อผิดพลาดได้ในทันที อย่างไรก็ตาม การจดบันทึกโดยการเขียนนั้นต้องอาศัยความชำนาญในการจดบันทึก และต้องจดจำรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องบันทึกจำนวนมาก ซึ่งมีโอกาสบันทึกไม่ครบทุกข้อตามมาตรฐานหรือแบบฟอร์มที่มีให้ และมีข้อจำกัดและเกิดข้อผิดพลาดได้หลายประการ เช่น ความคลาดเคลื่อนจากการจดบันทึกระยะทางที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดลงในกระดาษ ผลกระทบจากลายมือของผู้จดบันทึก การจัดเก็บและการสืบค้นข้อมูล [2]

โทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน (Smartphone) ในปัจจุบันเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติหลากหลายด้วยความสามารถในการติดตั้งแอปพลิเคชัน (Application) ต่างๆ ลงบนโทรศัพท์ได้ หากมองในด้านแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการวัดระยะบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนได้มีการนำเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี (Augmented Reality) มาใช้ ซึ่งการวัดระยะผ่านแอปพลิเคชันโดยตรงนั้น ยังมีข้อเสียหลายประการ เช่น ต้องการแสงสว่างที่เพียงพอ หากแสงสว่างไม่เพียงพอ จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่วัดได้ จึงเหมาะกับการวัดระยะแบบคร่าวๆ เท่านั้น [3] ในด้านแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องในการบันทึก และเก็บข้อมูล เช่น แอปพลิเคชันในเครือของไมโครซอฟท์ (Microsoft Office) ซึ่งมีความสามารถในการบันทึกข้อมูลรูปแบบเอกสาร และตาราง อย่างไรก็ตาม การนำมาใช้ในงานเชิงนิติวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างเอกสารในรูปแบบฟอร์มเพื่อกรอกข้อมูล ซึ่งมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนตามที่ได้กล่าวไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการสร้าง และพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนที่มีความสามารถในการวัดระยะที่แม่นยำมากขึ้นด้วยการทำงานร่วมกับอุปกรณ์วัดระยะที่สามารถเชื่อมต่อและส่งข้อมูลมายังแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ได้ เพื่อบันทึกการวัดระยะในการตรวจสถานที่เกิดเหตุลงแบบฟอร์มตามมาตรฐานสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอนในการจดบันทึกระยะทางที่วัดได้ ลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการวัดระยะ เพิ่มความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลและเรียกข้อมูลมาใช้งาน

ผู้วิจัยได้เลือกเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) เป็นอุปกรณ์ช่วยวัดระยะ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนต่ำ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดกับอุปกรณ์อื่นได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเลเซอร์วัดระยะ และปัจจุบันการวัดระยะด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกมีความแม่นยำและความถูกต้องมากขึ้น โดยเซนเซอร์อัลตราโซนิกปล่อยคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์ (Kilohertz) ออกไปในแนวตรง เมื่อคลื่นอัลตราโซนิกกระทบวัตถุใดๆ คลื่นจะสะท้อนกลับมาที่ตัวรับสัญญาน โดยสีของวัตถุ และความเข้มแสงแวดล้อมไม่มีผลต่อคลื่นเสียง [4] คลื่นที่สะท้อนกลับมาสามารถนำไปประมวลผลหาค่าในด้านต่างๆ เช่น ส่วนสูงของวัตถุ [5]

แอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนทำงานร่วมกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกที่ได้จากงานวิจัยนี้ เรียกว่า “แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน (Crime Scene Distance Measure and Record Application)” ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เนื่องจากเป็นระบบปฏิบัติการที่มีสัดส่วนผู้ใช้งานมากที่สุดในประเทศไทย [6] จึงเพิ่มโอกาสเข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย เช่น ตำรวจ หรือนักนิติวิทยาศาสตร์ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการตรวจสถานที่เกิดเหตุได้มากขึ้น

ผู้วิจัยได้ทดสอบความถูกต้อง และแม่นยำของแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนเปรียบเทียบกับเครื่องเลเซอร์วัดระยะ รวมถึงประเมินความพึงใจของการใช้งานแอปพลิเคชันโดยอาสาสมัครผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน

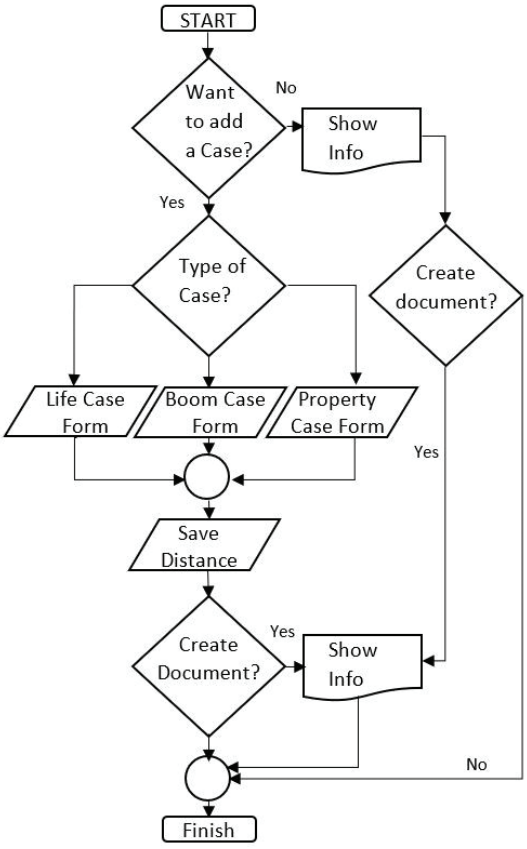
2.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสถานที่เกิดเหตุ เพื่อสร้างแผนผังการไหลของข้อมูลในแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสถานที่เกิดเหตุจากการทบทวนวรรณกรรม และเอกสารแบบฟอร์มบันทึกสถานที่เกิดเหตุของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ เพื่อนำองค์ประกอบของแบบฟอร์มมาสร้างแผนผังการไหลของข้อมูลโดยแบ่งรูปแบบของคดีเป็น 3 ลักษณะคดี คือ คดีเกี่ยวกับระเบิด คดีเกี่ยวกับชีวิต และคดีเกี่ยวกับทรัพย์ เนื่องจากลักษณะคดีดังกล่าวเป็นรูปแบบฟอร์มที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล ISO/IEC17020:2012 รวมถึงสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย เพื่อออกแบบฟังก์ชัน (Function) ต่างๆ ให้สอดคล้องกับความต้องการและการทำงานของกลุ่มเป้าหมาย เช่น ต้องการให้ใช้งานง่ายและคล้ายกับแบบฟอร์มที่เคยใช้ สามารถส่งข้อมูลการบันทึกและการเรียกข้อมูลกลับมาใช้ได้ (รูปที่ 1)

2.1.2 การออกแบบด้านทัศนศิลป์ กระบวนการออกแบบในส่วนนี้ เน้นประสบการณ์จากผู้ใช้เป็นสำคัญ (User Experience) โดยใช้สีที่แสดงถึงความจริงจัง ไม่ฉูดฉาด สบายตา และออกแบบให้แบ่งหมวดหมู่ออกจากกันอย่างชัดเจน ระหว่างการวัดระยะ และการเรียกดูและส่งต่อชุดข้อมูล โดยมีหน้าตาใกล้เคียงกับแบบฟอร์มการวัดระยะที่กลุ่มเป้าหมายเคยใช้งาน และมีคำอธิบายชัดเจน

2.1.3 การเขียนโปรแกรมแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ (Android Studio) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เมนู (Menu) สำหรับวัดระยะ และเมนูสำหรับเรียกดูชุดข้อมูล โดยอ้างอิงตามแผนผังการไหลของข้อมูลและสร้างการเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชันกับอุปกรณ์ช่วยวัดระยะของแอปพลิเคชัน รวมถึงสามารถสลับภาษาในการใช้งานได้ 2 ภาษา

2.2 การสร้างอุปกรณ์ช่วยวัดระยะของแอปพลิเคชัน

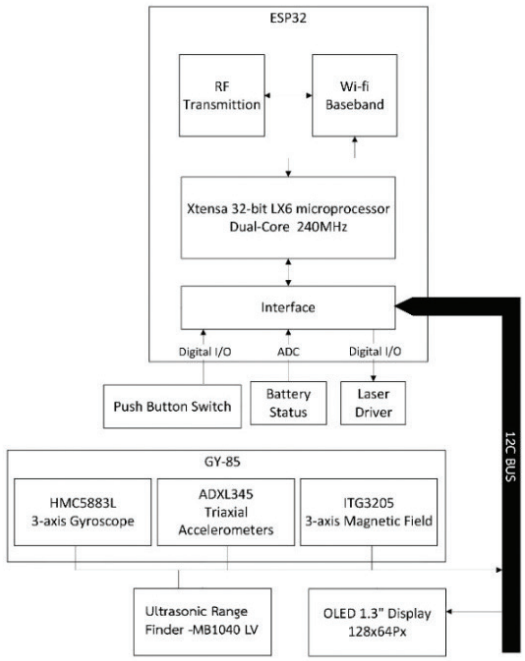
อุปกรณ์วัดระยะเพื่อช่วยในขั้นตอนการวัดระยะของแอปพลิเคชันที่ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก มีเป้าหมาย คือ



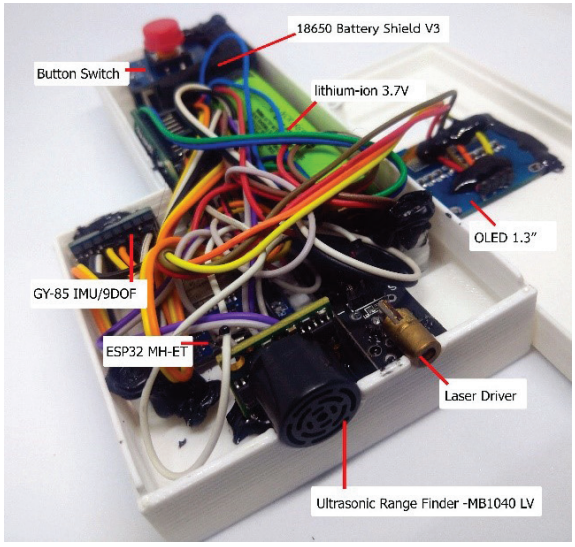
รูปที่ 1 แผนผังการไหลของข้อมูลแอปพลิเคชัน

อุปกรณ์ช่วยวัดระยะสามารถวัดระยะทางได้อย่างถูกต้องและแม่นยำเหมาะ และสามารถส่งข้อมูลระยะที่วัดได้สำรองไว้บนแพลตฟอร์มไฟร์เบสในข้อมูลรูปแบบเจซัน (Json Database)

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด 8 ชนิด คือ 1) เซนเซอร์อัลตราโซนิกสำหรับวัดระยะ รุ่น Ultrasonic Range Finder -MB1040 LV 2) แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล มอดูล (Module) ESP32 MH-ET 3) มอดูล GY-85 IMU/9DOF ใช้สำหรับรักษาระดับและทิศทางในการวัดระยะ 4) แหล่งจ่ายไฟใช้ 18650 Battery Shield V3 5) แบตเตอร์รี่ Lithium-ion 3.7V 6) มอดูลเลเซอร์ (Laser Driver) สำหรับชี้ตำแหน่งวัดระยะ 7) จอแสดงผล OLED ขนาด 1.3 นิ้ว และ 8) ปุ่มสวิตช์ (Switch) (รูปที่ 2 และรูปที่ 3) โดยอุปกรณ์ช่วยวัดระยะมีจุดเริ่มวัดอยู่ที่ด้านหน้าเครื่อง การใช้งานร่วมกันระหว่างแอปพลิเคชัน



รูปที่ 2 ไดอะแกรมอุปกรณ์ช่วยวัดระยะ



รูปที่ 3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในอุปกรณ์ช่วยวัดระยะที่ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก

และอุปกรณ์ช่วยวัดระยะนั้น เชื่อมต่อรับ-ส่งคำสั่งผ่านแพลตฟอร์มไฟร์เบส ซึ่งอุปกรณ์ช่วยวัดระยะสร้าง และเขียนคำสั่งภายใต้โปรแกรมอาดุยโน่ (Arduino)

รูปที่ 4 แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน

2.3 การทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของการวัดระยะทาง

การทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของการวัดระยะทางด้วยแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน (รูปที่ 4) ประกอบด้วย 2 การทดสอบ คือ การทดสอบกับจุดอ้างอิง และการทดสอบกับวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุจำลอง ทดสอบโดยนำแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนเปรียบเทียบเครื่องเลเซอร์วัดระยะ ยี่ห้อ Lomvum รุ่น LV66U โดยมีตลับเมตรมาตราฐานชั่ง ตวง วัด เป็นตัวอ้างอิง (Reference)

การทดสอบที่ 1 ผู้วิจัยใช้ตลับเมตรมาตรฐาน เริ่มวัดกับผนังห้องให้ได้ระยะทาง 600 เซนติเมตร เพื่อสร้างจุดอ้างอิง หลังจากนั้น นำอุปกรณ์วัดทั้ง 2 ชนิด คือ แอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนและเครื่องเลเซอร์วัดระยะมาเริ่มวัด โดยวางตำแหน่งแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน และเครื่องเลเซอร์วัดระยะในระนาบต่างกัน เนื่องจากแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนมีจุดเริ่มวัดอยู่ที่ด้านหน้าเครื่อง ขณะที่เครื่องเลเซอร์วัดระยะมีระยะเริ่มวัดจากท้ายเครื่อง ผู้วิจัยใช้แผ่นไม้ที่มีความหนา 4 เซนติเมตร เป็นระนาบรับสัญญาณของอุปกรณ์วัดระยะทั้ง 2 ชนิด การวัดระยะเริ่มตั้งแต่ระยะ 20 เซนติเมตร และขยับเพิ่มครั้งละ 20 เซนติเมตร จนถึง 600 เซนติเมตร จนครบจำนวน 30 ระยะ โดยแต่ละระยะทางมีการวัด 5 ซ้ำ ทำเช่นเดียวกันนี้

กับเครื่องเลเซอร์วัดระยะ ผลที่ได้ถูกวิเคราะห์ในรูปแบบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (Standard Deviation; SD) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะทางที่วัดได้จากวิธีวัดทั้ง 2 ชนิด

การทดสอบที่ 2 คือ การประเมินความถูกต้อง และความแม่นยำของการวัดระยะทางด้วยแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนเปรียบเทียบกับเครื่องเลเซอร์วัดระยะในสถานที่เกิดเหตุจำลองสถานที่เกิดเหตุที่จำลองที่ประกอบด้วยวัตถุพยานจำนวน 20 ชิ้น แต่ละชิ้นมีระยะห่างจากผนังที่เป็นตำแหน่งอ้างอิงอยู่ระหว่าง 10 ถึง 300 เซนติเมตร โดยใช้ตลับเมตรมาตรฐานเป็นตัวอ้างอิงในการกำหนดระยะ ใช้วิธีวัดแบบมุมฉาก ซึ่งเป็นวิธีวัดแบบมาตรฐานทั่วไปในงานตรวจสถานที่เกิดเหตุซึ่งบังคับให้ต้องวัดระยะห่างระหว่างวัตถุพยานกับแหล่งอ้างอิงที่เคลื่อนที่ไม่ได้เช่นผนังหรือกำแพงอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง และไม่มีสิ่งใดขวางในระนาบการวัดและวัดซ้ำจุดอ้างอิงละ 3 ซ้ำ

2.4 การประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน

2.4.1 กลุ่มอาสาสมัคร ได้แก่ เจ้าหน้าที่ตำรวจกลุ่มงานสืบสวนและสอบสวนสถานีตำรวจนครบาลราษฎร์บูรณะ จำนวน 20 คน โดยอาสาสมัครเคยมีประสบการณ์การตรวจสถานที่เกิดเหตุอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

2.4.2 การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการวัดคุณภาพของแอปพลิเคชัน ได้แก่ แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีน แบ่งได้เป็น 4 หมวดหมู่ ได้แก่ 1) การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ 2) ด้านคุณสมบัติและฟังก์ชันของแอปพลิเคชัน 3) การจัดเก็บและการนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาใช้ 4) เกี่ยวกับฮาร์ดแวร์อุปกรณ์ช่วยวัดระยะ โดยแบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบพัฒนาแอปพลิเคชันและด้านการตรวจสถานที่เกิดเหตุ จำนวน 3 ท่าน ข้อคำถามที่มีคะแนน IOC ระหว่าง 0.5–1.0 ถูกนำไปใช้ในการประเมินความถึงพอใจ

3. ผลการทดลอง

3.1 หน้าแอปพลิเคชันและการใช้งาน

แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนจำเป็นต้องเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต (Internet) ผ่านวายไฟ (Wi-Fi) หรืออินเทอร์เน็ตของเครือค่ายโทรศัพท์มือถือ เมื่อเข้าสู่แอปพลิเคชันผู้ใช้สามารถเปลี่ยนเป็นภาษาอังกฤษ เลือกเพิ่มคดีใหม่หรือเรียกดูรายการคดีเก่าที่เคยบันทึกไว้ [รูปที่ 5 (ก)] ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบคดี 3 ลักษณะคดี คือ คดีเกี่ยวกับระเบิด คดีเกี่ยวกับชีวิต และคดีเกี่ยวกับทรัพย์ [รูปที่ 5 (ข)] เมื่อเลือกรูปแบบคดีจะเข้าสู่ในหน้าแบบฟอร์มการบันทึกคดี ซึ่งจะปรากฏเป็นตารางข้อมูลวัตถุพยาน ผู้ใช้สามารถใส่ชื่อวัตถุพยาน และภายในกรอบจุดอ้างอิงที่ 1 สามารถกดปุ่มที่มีคำอธิบาย “กดเพื่อเริ่มวัด” [รูปที่ 5 (ค)] เพื่อเข้าสู่ฟังก์ชันการวัดระยะ [รูปที่ 5 (ง)] และเมื่อผู้ใช้กด “เริ่ม” (ในวงกลมสีแดง) จะเป็นการส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ช่วยวัดระยะทางโดยข้อมูลระยะทางที่วัดได้จะแสดงบนหน้าจอทันที ผู้ใช้กด “บันทึก” เพื่อยอมรับระยะที่วัดได้และทำการเริ่มวัดระยะจุดอ้างอิงที่ 2 โดยจะกลับไปสู่หน้าต่างดังรูปที่ 5 (ค) หากต้องการวัดระยะวัตถุพยานชิ้นต่อไป ผู้ใช้กด “เพิ่มวัตถุพยาน” และทำการวัดจุดอ้างอิงที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เมื่อผู้ใช้วัดระยะวัตถุพยานครบทุกชิ้นตามที่ต้องการแล้ว กด “ยืนยัน” จะเข้าสู่หน้าต่าง เพื่อกรอกข้อมูลเพิ่มเติมของคดีและจุดอ้างอิงที่ใช้วัด [รูปที่ 5 (จ)] และกด “ยืนยัน” เพื่อสร้างเอกสารในรูปแบบไฟล์พีดีเอฟ (PDF) และสามารถส่งต่อไปยังผู้อื่นผ่านอีเมล (Email) หรือโซเชียลมีเดีย (Social Media) อื่นๆ [รูปที่ 5 (ฉ)]

3.2 ความถูกต้องและความแม่นยำของแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน

เพื่อให้แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสถาที่เกิดเหตุ ผู้วิจัยจึงตรวจสอบ (Validate) ความถูกต้องและความแม่นยำในการวัดระยะทางด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกตามที่ผู้ผลิตได้กล่าวไว้ในแผ่นข้อมูล (Datasheet) และเปรียบเทียบความถูกต้อง และความแม่นยำของการวัดกับเครื่องเลเซอร์วัดระยะซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสถานที่เกิดเหตุในปัจจุบัน

(ก) หน้าเลือกเมนูหลัก

(ข) หน้าเลือกรูปแบบคดี

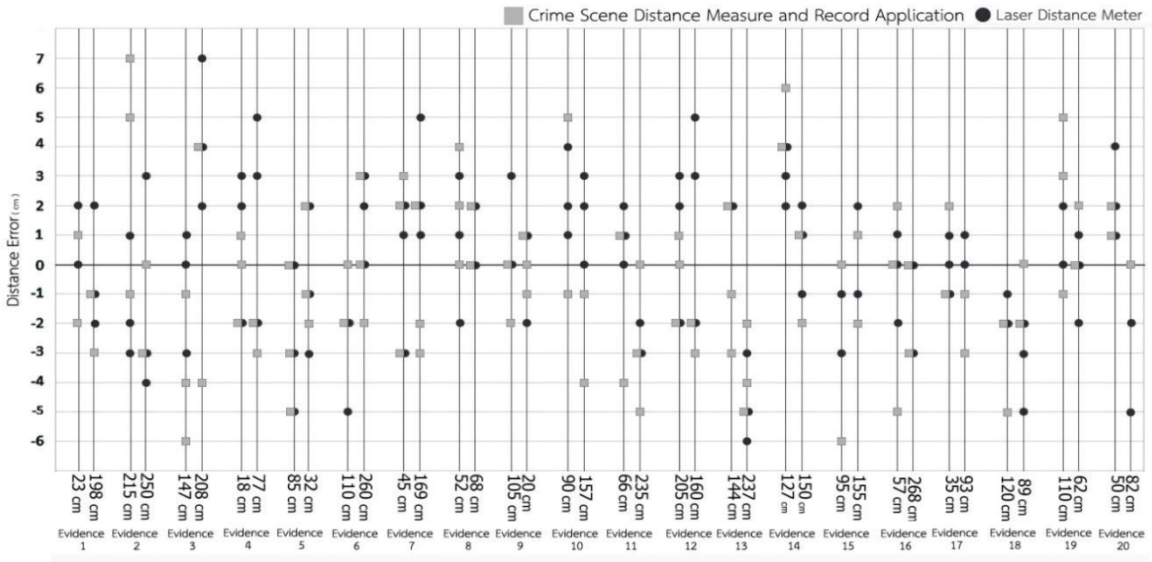
(ค) หน้าสำหรับบันทึกข้อมูลวัตถุพยาน

(ง) หน้าฟังก์ชันวัดระยะ

(จ) หน้ากรอกข้อมูลรายละเอียดคดี

(ฉ) หน้าสำหรับการดาวน์โหลดไฟล์เอกสาร

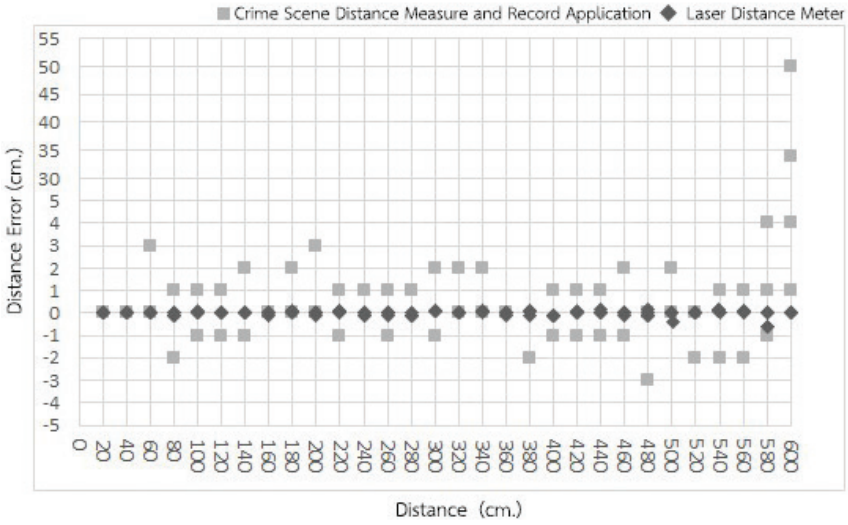
รูปที่ 5 หน้าต่างฟังก์ชันต่างๆ ภายในแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน



รูปที่ 6 ความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะระหว่าง 0–600 เซนติเมตร ของแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนและเครื่องเลเซอร์วัดระยะ (n = 5)

การทดสอบกับจุดอ้างอิงเพื่อหาระยะสูงสุดที่แอปพลิเคชันใช้วัดระยะได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ทำโดยกำหนดจุดอ้างอิงตั้งแต่ 20 ถึง 600 เซนติเมตร ด้วยตลับเมตรมาตรฐาน จากนั้น นำอุปกรณ์แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนและเครื่องเลเซอร์วัดระยะไปประจำที่จุด 0 เซนติเมตร หลังจากนั้น ใช้แผ่นไม้เป็นระนาบรับสัญญานขยับไปตามระยะทางต่างๆ ครั้งละ 20 เซนติเมตร โดยวัดซ้ำ 5 ครั้ง ในทุกจุด ด้านความถูกต้องของระยะทางที่วัด (รูปที่ 6) พบว่า การวัดระยะด้วยแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนในระยะ 20–580 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อน ±3 เซนติเมตร คิดเป็น ~1% และการวัดระยะ 600 เซนติเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดถึง 50 เซนติเมตร คิดเป็น ~8.33% ขณะที่การวัดด้วยเครื่องเลเซอร์วัดระยะ ตลอดช่วงระยะทาง 20 เซนติเมตร ถึง 600 เซนติเมตร พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.6 เซนติเมตร ในด้านความแม่นยำแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนวัดระยะทางในช่วง 20 ถึง 580 เซนติเมตร มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ±2 เซนติเมตร และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันไม่เกิน 1.17% ซึ่งนับว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ น้อยกว่า 5% [7] เครื่องเลเซอร์วัดระยะมีความแม่นยำมากกว่าแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน คือ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ±0.1 เซนติเมตร และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ไม่เกิน 0.10% ที่ระยะการวัดสูงสุด 600 เซนติเมตร จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยนี้มีความถูกต้อง และความแม่นยำของการวัดระยะทางอยู่ในช่วงยอมรับได้ ที่ระยะการวัดไม่เกิน 580 เซนติเมตร

เมื่อทราบแล้วว่าแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนมีความถูกต้อง และความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในระยะ 580 เซนติเมตร ผู้วิจัยจึงทดสอบการใช้แอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนในสถานที่เกิดเหตุจำลอง เพื่อประเมินความถูกต้อง และความแม่นยำเมื่อใช้วัดระยะในสถานที่เกิดเหตุที่มีวัตถุพยานเป็นองค์ประกอบ เปรียบเทียบกับเครื่องเลเซอร์วัดระยะ ผู้วิจัยจำลองสถานที่เกิดเหตุที่มีวัตถุพยานจำนวน 20 ชิ้น แต่ละชิ้นมีระยะทางห่างจากผนังห้องซึ่งเป็นจุดอ้างอิง ระหว่าง 10–300 เซนติเมตร ผู้วิจัยวัดระยะด้วยวิธีการวัดแบบมุมฉากโดยวัดจากกึ่งกลางของวัตถุพยานไปยังผนังห้อง 2 ด้าน (จุดอ้างอิงที่ 1 และ 2)



รูปที่ 7 ความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะตามตำแหน่งวัตถุพยาน 20 ชิ้น ของเครื่องมือแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน และเครื่องเลเซอร์วัดระยะในสถานที่เกิดเหตุจำลอง (n = 3)

โดยวัตถุพยานแต่ละชิ้นผู้วิจัยทำการวัด 2 ด้าน ด้านละ 3 ซ้ำ ผลการทดสอบความถูกต้องพบว่า การวัดระยะของทั้ง 2 เครื่องมือมีความคลาดเคลื่อนจากระยะทางที่แท้จริงไม่เกิน 7 เซนติเมตร คิดเป็น 4.19% สำหรับแอปพลิเคชัน และ 4.66% สำหรับเครื่องเลเซอร์วัดระยะ (รูปที่ 7) ด้านความแม่นยำแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด ±4 เซนติเมตร และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงสุดที่ 13.4% เครื่องเลเซอร์วัดระยะแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด±4 เซนติเมตร และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงสุดที่ 13.9% ดังนั้น ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีน และเครื่องเลเซอร์วัดระยะมีความถูกต้องและความแม่นยำใกล้เคียงกันในการวัดระยะวัตถุพยานโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันที่สูงเกินช่วงที่ยอมรับได้ (เกินกว่า 5%)

โดยเหตุผลที่คาดว่าทำให้เครื่องมือทั้ง 2 มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงกว่าการทดลองก่อนหน้านี้ เป็นเพราะมีความแตกต่างของตำแหน่งมือ และการถือเครื่องในการวัดระยะ เนื่องจากในวิธีการวัดวัตถุพยานผู้วิจัยไม่สามารถนำอุปกรณ์วัดไปวางบนวัตถุพยานได้มากนัก และบางครั้ง ในระนาบการวัดมีวัตถุอื่นขวางระหว่างวัตถุพยานกับจุดอ้างอิง ซึ่งต้องแก้ไขโดยการยกเครื่องวัดให้สูงขึ้นเพื่อให้อยู่ในระนาบที่ไม่มีวัตถุขวางระหว่างเครื่องวัดกับจุดอ้างอิง เพื่อให้เป็นไปตามหลักการวัดแบบมุมฉากในการวัดทางนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องวัดกับจุดอ้างอิงที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ตำแหน่งขึ้นไป เช่น ผนังห้องด้านทิศเหนือและทิศตะวันออก หรือประตูทางทิศใต้และตะวันตก

3.3 การประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน

แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนได้รับการประเมินความพึงพอใจโดยอาสาสมัครจำนวน 20 ท่าน จากการนำไปวัดระยะ และบันทึกข้อมูลวัตถุพยานจำนวน 20 ชิ้น ในสถานที่เกิดเหตุจำลอง โดยการประเมินแบ่งเป็น 4 หมวดหมู่ ครอบคลุมทั้งส่วนของแอปพลิเคชัน และเครื่องมือช่วยวัดระยะที่ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก (ตารางที่ 1)

หมวดหมู่ที่ 1 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้พบว่าด้านความสวยงามของแอปพลิเคชัน ความง่ายต่อการใช้งาน และความสะดวกในการใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดีเป็นส่วนใหญ่ ความสะดวกในการพิมพ์และบันทึกข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (50%)

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของอาสาสมัครในการทดลองใช้แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน

หมวดหมู่/คุณสมบัติของแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน	ระดับความพึงพอใจ (n = 20)				
	น้อยที่สุด (%)	น้อย (%)	ปานกลาง (%)	ดี (%)	ดีมาก (%)
1. การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้					
1.1 ความสวยงามของแอปพลิเคชัน	-	-	20	60	20
1.2 ความง่ายต่อการใช้งาน	-	-	-	70	30
1.3 ความสะดวกในการใช้งาน	-	-	5	50	45
1.4 ความสะดวกในการพิมพ์และบันทึกข้อมูล	-	-	20	30	50
2. คุณสมบัติและฟังก์ชัน					
2.1 ความครบถ้วนของเนื้อหาเกี่ยวกับการตรวจสถานที่เกิดเหตุ	-	-	15	70	15
2.2 ความถูกต้องของรูปแบบเอกสาร	-	-	-	65	35
2.3 ความเสถียรของแอปพลิเคชัน	-	-	20	60	20
3. การจัดเก็บและการนำข้อมูลมาใช้					
3.1 ความสะดวกในการเรียกชุดข้อมูลเดิมมาใช้	-	-	-	60	40
3.2 ความสะดวกในการแปลงชุดข้อมูลเป็นเอกสาร	-	-	-	65	35
4. เกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือฮาร์ดแวร์					
4.1 ความถูกต้องและแม่นยำในการใช้งาน	-	-	-	65	35
4.2. ความรวดเร็วในการประมวลผล	-	-	-	45	55
4.3 ความรวดเร็วในการเชื่อมต่อกับมือถือ	-	-	-	45	55
4.4 ความสะดวกในการพกพา	-	-	10	50	40
รวม			6.97	56.50	36.53

หมวดหมู่ที่ 2 คุณสมบัติและฟังก์ชันของแอปพลิเคชันในด้านความครบถ้วนของเนื้อหาเกี่ยวกับการตรวจสถานที่เกิดเหตุ ความถูกต้องของรูปแบบเอกสาร และความเสถียรของแอปพลิเคชัน อยู่ในเกณฑ์เกณฑ์ดี (60–70%)

หมวดหมู่ที่ 3 การจัดเก็บและการนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาใช้พบว่า ด้านความสะดวกในการเรียกชุดข้อมูลเดิมมาใช้และการแปลงชุดข้อมูลเป็นเอกสาร อยู่ในเกณฑ์ดี (60–65%)

หมวดหมู่ที่ 4 เกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของเครื่องมือช่วยวัดระยะที่ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกพบว่า ด้านความถูกต้องและแม่นยำของการวัดระยะและความสะดวกในการพกพาอยู่ในเกณฑ์ดี (50–65%) ด้านความรวดเร็วในการประมวลผล และความรวดเร็วในการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถืออยู่ในเกณฑ์ดีมาก (55%)

สรุปในภาพรวมทุกหมวดหมู่พบว่า อาสาสมัครมีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนอยู่ในเกณฑ์ดี (56.50%) และดีมาก (36.53%) แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้อุปกรณ์นี้ในงานนิติวิทยาศาสตร์

4. อภิปรายผลและสรุป

ผู้วิจัยได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนใช้งานร่วมกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อวัดระยะ และบันทึกข้อมูลในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ โดยให้ชื่อว่า “แอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีน” การเขียนโปรแกรมแอปพลิเคชันประกอบด้วยเมนูสำหรับวัดระยะและเรียกดูชุดข้อมูล และสร้างการเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชันและอุปกรณ์ช่วยวัดระยะเซนเซอร์อัลตราโซนิก แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ช่วยวัดระยะเซนเซอร์อัลตราโซนิก บันทึกข้อมูลการวัด และสร้างไฟล์เอกสารตามแบบฟอร์มมาตรฐานของ

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ แอปพลิเคชันเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน เนื่องจากใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และมีคำชี้แจงสั้นๆ เมื่อผู้ใช้ทำการวัดระยะเรียบร้อยแล้ว ไฟล์เอกสารที่สร้างขึ้นสามารถส่งไปยังผู้อื่นผ่านอีเมลและโซเชียลมีเดียได้

ผู้วิจัยได้ทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนพบว่า การวัดระยะทางมีความถูกต้องในระยะ 20–580 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อน ±3 เซนติเมตร คิดเป็นความคลาดเคลื่อน ~1% และมีความแม่นยำสูง โดยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันไม่เกิน 1.17% งานวิจัยนี้มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่างานวิจัยก่อนหน้าที่ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกในการวัดระยะทางที่แสดงให้เห็นว่าระยะทาง 2–70 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อน 2% และระยะทาง 70–300 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อน 4% [4] ดังนั้น อุปกรณ์ช่วยวัดระยะที่ใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกสำหรับวัดระยะทางจากงานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องมากกว่าและสามารถวัดระยะทางได้ไกลกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาอุปกรณ์อัลตราโซนิกที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในปัจจุบัน

เมื่อทดสอบแอปพลิเคชันวัดระยะและบันทึกข้อมูลไครม์ซีนในสถานที่เกิดเหตุจำลองที่ประกอบด้วยวัตถุพยาน 20 ชิ้น พบว่า การวัดระยะมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้น คือ ±7 เซนติเมตร และมีความแม่นยำลดลง แสดงได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงสุดที่ 13.4% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการวัดด้วยเครื่องเลเซอร์วัดระยะที่แสดงความคลาดเคลื่อน ±7 เซนติเมตร และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงสุด 13.9% ความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น และความแม่นยำที่ลดลงนี้น่าจะเป็นผลจากปัจจัยด้านการวางตำแหน่งอุปกรณ์กับวัตถุพยานเนื่องจากความยากในการกำหนดจุดวัดบนวัตถุพยาน ผลการทดลองที่ได้นี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ใช้กล้อง 360° ร่วมกับซอฟต์แวร์โฟโตแกรมเมตรี ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายเพื่อประมวลผลเป็นระยะทาง ผู้วิจัยพบว่าเมื่อทดสอบในสถานที่เกิดเหตุจำลองอุปกรณ์ดังกล่าวมีความถูกต้องน้อยลงเมื่อเทียบกับการทดสอบด้วยจุดอ้างอิงที่ไม่มีวัตถุพยาน โดยการวัดจากวัตถุพยานขนาดเล็กมีความถูกต้องมากกว่าวัตถุพยานขนาดใหญ่ เนื่องจากการกำหนดจุดบนวัตถุพยานขนาดเล็กมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า [8] จากผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกันของความถูกต้องและความแม่นยำในการวัดระยะด้วยแอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนเทียบกับเลเซอร์วัดระยะในสถานที่เกิดเหตุจำลอง จึงมีความเป็นไปได้อย่างมากในการประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันวัดระยะ และบันทึกข้อมูลไครม์ซีนในการวัดระยะวัตถุพยานที่ระยะไม่เกิน 580 เซนติเมตร ในสถานที่เกิดเหตุที่สามารถวัดระยะด้วยวิธีการวัดแบบมุมฉากเท่านั้น

ปัจจุบันการวัดระยะทางในการตรวจสถานที่เกิดเหตุยังคงเป็นเพียงตัวเลขโดยประมาณ และแต่ละประเทศมีการกำหนดความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้แตกต่างกันไป ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการกำหนดค่าความถูกต้องไม่เกิน 0.635 เซนติเมตร (6.35 มิลลิเมตร) [9] ในประเทศไทย สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติได้รับการรับรองระบบงานหน่วยตรวจตามมาตรฐานสากล ISO/IEC17020:2012 ซึ่งรวมถึงงานด้านการตรวจสถานที่เกิดเหตุ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการกล่าวถึงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของการวัดระยะทางในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ

แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ สามารถบันทึกระยะทางที่วัดได้ และจัดทำเอกสารตามแบบฟอร์มของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ โดยสามารถจัดเก็บในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้ง่ายต่อการจัดเก็บข้อมูลเป็นหมวดหมู่และสืบค้น และพิมพ์ออกในรูปแบบเอกสารได้ ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และอำนวยความสะดวกในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ แสดงได้จากผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครเจ้าหน้าที่ตำรวจผู้ปฏิบัติหน้าที่ด้านการตรวจสถานที่เกิดเหตุจำนวน 20 คน จากการทดสอบการใช้งานพบว่า อาสาสมัครมีความพึงพอใจภาพรวมในด้านการออกแบบติดต่อกับผู้ใช้ คุณสมบัติและฟังก์ชัน การจัดเก็บข้อมูลและการเรียกข้อมูลมาใช้ และอุปกรณ์เครื่องมือ อยู่ในเกณฑ์ดี 56.50% และดีมาก 36.53% แสดงให้เห็นถึงประโยชน์หากประยุกต์ใช้ในงานตรวจสถานที่เกิดเหตุ

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอเสนอแนะว่าควรมีการพัฒนาในส่วนอุปกรณ์ช่วยวัดระยะ เช่น การประยุกต์เทคโนโลยีวัดระยะแบบเลเซอร์ให้สามารถใช้งานร่วมกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกได้

เพื่อเพิ่มระยะการใช้งาน ความแม่นยำและความถูกต้องและใช้ได้ทุกสถานการณ์

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายงานสืบสวนและสอบสวน สถานีตำรวจนครบาลราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร ที่สละเวลาและให้ความร่วมมือในการทดลองและเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] A. Chamsuwanwong, *Forensic Science 1 for Crime Investigation*. Bangkok: TCG Printing Co., Ltd., 2003 (in Thai).

[2] A. Gathongthoong, "Development of prototype software for mobile computer devices in crime scene investigation record," M.S. thesis, Program of Forensic Science, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom, 2008 (in Thai).

[3] G. LLC. (2020, February). *Google Measure* [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.tango.measure

[4] P. Awikunprasert, O. Wayopat, T. Wongke, T. Charnnuwong, P. Hanpanich, and C. Awikunprasert, "Performance of infrared sensor and ultrasonic sensor for medical applications," *Srinakharinwirot Science Journal*, vol. 33, no. 1, pp. 135–145, 2017 (in Thai).

[5] T. Wongke, P. Awikunprasert, and C. Awikunprasert, "Digital height meter using ultrasonic sensor," *Journal of Associated Medical Science*, vol. 50, no. 3, pp. 435–441, 2017 (in Thai).

[6] Statcounter GlobalStats. (2020, Apil). *Mobile Operating System Market Share in Thailand* [Online]. Available: https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/thailand

[7] S. Chanaboon, *Data Analysis in Basic Research*. Khon Kaen: Sirindhorn College of Public Health, 2006 (in Thai).

[8] K. Sheppard, J. P. Cassella, and S. Fieldhouse, "A comparative study of photogrammetric methods using panoramic photography in a forensic context," *Forensic Science International*, vol. 273, pp. 29–38, 2017.

[9] TWGoCS Investigation, *Crime Scene Investigation: A Guide for Law Enforcement*. PhotoDisc, Ind., 2000.