

เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อทำนายระดับกลูโคสในเลือดรูปแบบวิธีการ ไม่เจาะเลือดโดยใช้อุปกรณ์ต้นแบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

A Web Application for Developing Machine Learning Models to Non-invasively Blood Glucose Levels Using Internet of Things (IoT) Prototype Device

จิรัชกร เรืองพานิช¹ ภาวัต พลัสศิริ^{1*} ศิวะวงศ์ นนธิบุตร¹ สิริระ จำปาเงิน² และ พิชยพัชยา ศรีศรีรัมย์¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1165104006457@mail.rmutt.ac.th, 1165104006481@mail.rmutt.ac.th, 1165104006820@mail.rmutt.ac.th, pps@en.rmutt.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ sira@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อทำนายค่าน้ำตาลในเลือดโดยไม่เจาะเลือด จากอุปกรณ์ต้นแบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยระบบประกอบด้วย ESP-32 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานหลัก, เซนเซอร์ Near-infrared (NIR) มีการทำงานในรูปแบบการส่งผ่านสำหรับการตรวจการกระจายแสงในเนื้อเยื่อของมนุษย์และทำการแปลงเป็นค่าสัญญาณแอนะล็อก และจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปแสดงผลผ่านหน้าเว็บเบราว์เซอร์แบบเรียลไทม์ โดยเว็บเบราว์เซอร์ที่พัฒนาขึ้นถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่แสดงผลข้อมูลจากเซนเซอร์ และส่วนสำหรับกรอกข้อมูลที่วัดค่าจากเครื่องจริง ข้อมูลที่ถูกเก็บบันทึกไว้สามารถนำไปฝึกฝนโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองการเก็บข้อมูลจากอาสาสมัคร นำไปฝึกฝนข้อมูล โดยให้ความถูกต้อง 97.6 เปอร์เซ็นต์สำหรับอาสาสมัครท่านนั้น เทียบกับการวัดค่าระดับน้ำตาลจากเครื่องมือวัด

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน, การทำนายระดับน้ำตาลในเลือดโดยไม่เจาะเลือด, การเรียนรู้ของเครื่อง, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This article presents the development of a web application for building machine-learning models to predict blood-glucose levels non-invasively, using a prototype Internet-of-Things (IoT) device. The system consists of an ESP-32 microcontroller that serves as the main control unit and a near-infrared (NIR) sensor operating in transmission mode to detect light scattering through human tissue and convert it into analog signals. These signals are transmitted and displayed in real time via a web browser.

The web interface is divided into two sections: one for displaying sensor data and another for manually entering blood-glucose values measured with a standard medical device. The

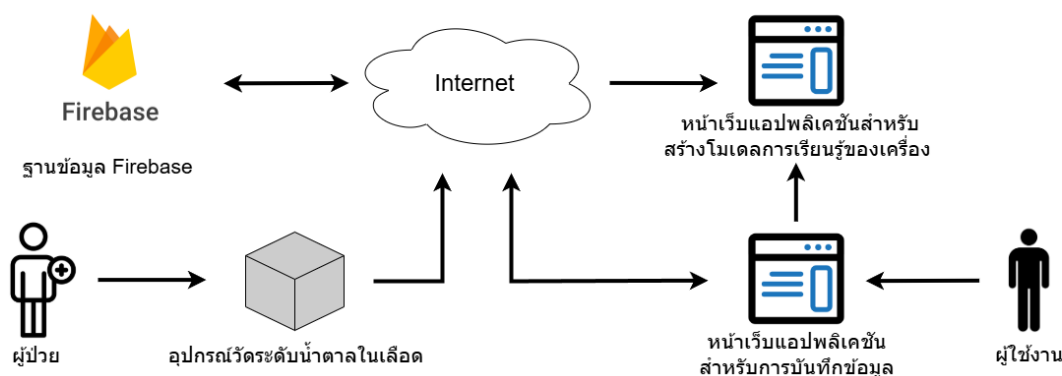
recorded data can be used to train machine-learning models. In this study, data were collected from a volunteer, and the resulting model achieved an accuracy of 97.6 % in predicting blood-glucose levels compared with readings from a glucose meter.

Keywords: Web Application, Non-invasive Blood Glucose Prediction, Machine Learning, Internet of Things

1. ข้อมูลทั่วไป

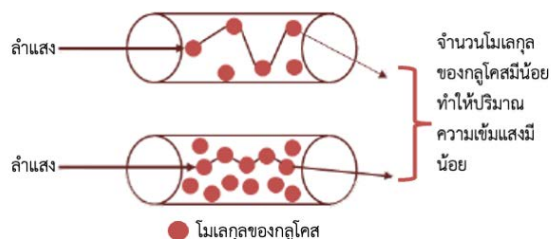
จากการศึกษาข้อมูลพบว่าการตรวจหาระดับน้ำตาลในเลือดแต่ละครั้ง ผู้ป่วยเบาหวานจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมสำหรับการตรวจและเครื่องวัดที่มีน้ำตาลก่อนตรวจ รวมถึงการพักผ่อนให้เพียงพอ ด้านของผู้ตรวจนั้นจะต้องมีความชำนาญและมีประสบการณ์ที่สูงในการดำเนินการให้เกิดการวัดค่าที่มีประสิทธิภาพเพื่อการวินิจฉัย ติดตาม และจัดการภาวะน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วย ในส่วนของปัจจัยด้านความปลอดภัยของผู้ป่วย เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจเลือดของผู้ป่วยต้องมีการทำความสะอาดที่ถูกต้อง เพื่อลดความเสี่ยงในการติดเชื้อ อีกทั้งป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นของผู้ป่วย รวมถึงผู้ป่วยที่ไม่สะดวกและไม่สามารถมาตรวจได้เนื่องจากสภาพร่างกายของผู้ป่วยนั้นไม่พร้อมต่อการเจาะเลือด

ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ป่วยโรคเบาหวานเป็นจำนวนมาก ในปี 2567 จากรายงานของกระทรวงสาธารณสุข พบว่าร้อยละ 10 ของประชากรในประเทศไทย มีผู้ป่วยโรคเบาหวาน 6.5 ล้านคน โดยส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยในชนิดที่ 2 [1] และในปี พ.ศ. 2565 จากรายงานของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ระบบ Health Data Center ในปี พ.ศ. 2565 พบว่า ผู้สูงอายุในระบบที่ได้รับการประเมินและคัดกรองสุขภาพ จำนวน 7,501,688 คน มีผู้สูงอายุร้อยละ 21.12 ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 [2] สาเหตุคือการดื้ออินซูลิน ซึ่งเกิดจากร่างกายตอบสนองน้อยกว่าปกติ ทำให้ตับอ่อนผลิตอินซูลินมากกว่าแต่ผ่านไประยะหนึ่งจะเซลล์ในตับอ่อนที่ทำหน้าที่ผลิตอินซูลินจะถูกทำลาย [3] ทั้งนี้โรคเบาหวานยังเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดโรคอื่นๆ ในกลุ่ม NCDs ที่สามารถแทรกซ้อนได้ ทั้งโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดสมอง และโรคไต เป็นต้น และสาเหตุหลักที่สำคัญ



รูปที่ 2 ภาพรวมของระบบที่นำเสนอประกอบด้วย เว็บแอปพลิเคชันที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือด

มาจากผู้ป่วยไม่ให้ความร่วมมือในด้านการแพทย์ (Adherence) [4] โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการไม่ให้ความร่วมมือใน ด้านการแพทย์ ได้แก่ ค่าใช้จ่าย และผลข้างเคียงของยา อายุ เจ็บป่วยโรคประจำตัว ผู้ป่วยโรคเบาหวานนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจระดับน้ำตาลในเลือดตลอดเวลา การรักษาโดยใช้อุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือดแบบเจาะเลือดปลายนิ้วทำให้เกิดค่าใช้จ่ายของผู้ป่วยในการซื้อเข็มเจาะเลือดปลายนิ้วและกระดาษแถบตรวจน้ำตาล ดังนั้นนักวิจัยทางด้านทางแพทย์ ได้คิดค้นการตรวจระดับน้ำตาลในเลือดแบบไม่เจาะเลือดโดยนำเซนเซอร์ที่สามารถสะท้อนแสงเมื่อมีการตกกระทบเลือดในบริเวณชั้นผิวหนังกำพร้าบนปลายนิ้ว ดังแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและโมเลกุลกลูโคสในชั้นผิวหนังกำพร้า

ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและปริมาณโมเลกุลกลูโคส [5] เซนเซอร์ที่ชื่อว่า Reflective Photo Sensor (RPR-220) โดยประกอบไปด้วย ทรานซิสเตอร์และไดโอดอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตรทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงที่ถูกผ่านจากผิวหนัง การทำงานก็คือการเพียงวางนิ้วลงบนเซนเซอร์ เมื่อแสงถูกส่งผ่านนิ้ว แสงจะเลือกเส้นทางในการเดินทางเพื่อตกกระทบกับโมเลกุลกลูโคสในเลือด โดยอาจมีบางส่วนถูกดูดซึม สะท้อนกลับและกระจายออกในชั้นผิวหนัง ถ้าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดน้อย ทำให้ความเข้มแสงและค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดค่าได้น้อย แต่ถ้าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดสูง ความเข้มแสงและค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดค่าได้สูงขึ้นด้วย

ในงานวิจัยปัจจุบันได้นำเสนอต้นแบบของอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือดโดยไม่ใช้วิธีเจาะเลือดผ่านการวัดลำแสงสะท้อนจากปลายนิ้ว โดยย่านความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 850nm นำเสนอโดย C. Srichan และคณะ [6] โดยใช้เทคนิค NIR ในการตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือด มีเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาเพื่อผลลัพธ์ที่แม่นยำ สิ่งที่สำคัญคือ การตั้งค่าความไวของเซนเซอร์และสภาพแวดล้อมในการใช้งาน เช่น อุณหภูมิหรือความชื้นบนผิวหนัง ความหนาของผิวหนังและปริมาณเม็ดสีในผิวหนัง ต่างก็มีผลต่อความแม่นยำในการตรวจวัดเช่นกัน จากนั้นยังมีการวิเคราะห์ส่วนประกอบในเลือดผ่านเนื้อเยื่อร่วมกับเครือข่ายประสาทเทียมแบบตื้นหนาแน่น (Shallow Dense Neural Networks) ที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ระดับน้ำตาลในเลือด โดยใช้โมเดลที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเกินไป (Shallow) แต่หนาแน่นในเชิงลึก (Dense) ซึ่งสามารถจับลักษณะซับซ้อนในข้อมูลจาก NIR ให้ความแม่นยำ 97.8 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีของย่านความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 650 nm นำเสนอโดย H. Ali และคณะ [7] พัฒนาระบบร่วมกับ Arduino-UNO ได้รับค่าแรงดันกระแสตรงเพื่อเปลี่ยนเป็นค่าระดับน้ำตาลจากวงจรเปลี่ยนค่าการดูดซึมของแสงแปลงเป็นค่าแรงดันกระแสตรงโดยสมการการแปลงนั้นผู้เขียนได้เสนอวิธีการเส้นตรงผลลัพธ์ของการแปลงให้ความเป็นเส้นตรง 98 เปอร์เซ็นต์ส่งผลต่อความถูกต้องที่ 90 ถึง 92 เปอร์เซ็นต์จากอาสาสมัครที่ทดสอบ 10 ท่าน

นอกเหนือจากการนำ NIR มาใช้สำหรับการแปลงค่านี้ยังมีงานวิจัยที่นำ สัญญาณ PPG (Photoplethysmography) มาประยุกต์ใช้ นำเสนอโดย C. Pomarin และคณะ [8] เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับการพัฒนาการประมาณค่าน้ำตาลในเลือด ด้วยข้อมูลที่ได้รับสัญญาณ PPG ที่มีการสะท้อนของคลื่นสีแดงและแปลงเป็นค่าระดับน้ำตาลในเลือดด้วยวิธี สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) เน้นการหาช่วงเวลาที่ดีที่สุดในการรับข้อมูลจากการสะท้อนของคลื่นสีแดง งานวิจัยดังกล่าวได้ค้นพบว่าช่วงเวลาที่ดีที่สุดคืออยู่ระหว่างการบันทึกข้อมูลให้ความแม่นยำถึง 89.86%

จากงานวิจัยข้างต้นการพัฒนาเซนเซอร์ที่วัดค่าน้ำตาลในเลือดนั้นจำเป็นต้องมีการประเมินการเก็บผลการทดลองระหว่างเซนเซอร์สะท้อนแสงเทียบกับการวัดระดับน้ำตาลในเลือดจากเครื่องวัดที่แม่นยำของผู้ป่วย

อาสาสมัครที่วัดในโรงพยาบาล เพื่อนำข้อมูลประมวลผลในเชิงสถิติโดยมีการนำการเรียนรู้ของเครื่องเข้ามาพัฒนาเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่แม่นยำขึ้น

ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำ จึงมีแนวคิดในการสร้างเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง จากอุปกรณ์ต้นแบบวัดค่าน้ำตาลในเลือดโดยไม่เจาะเลือดแบบอินเทอร์เน็ทของสรรพสิ่ง เพื่อให้ผู้ตรวจสอบสามารถเก็บข้อมูลของผู้ป่วยได้ในปริมาณมากและในระยะยาว นอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำนายผลของค่าน้ำตาล เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณความเสี่ยงต่อโรคเบาหวานของผู้ป่วยในระยะถัดไป พร้อมทั้งช่วยให้มีการวางแผนการรักษาผู้ป่วยให้เหมาะสม

2. เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการทำนายระดับกลูโคสในเลือดยุบแบบวิธีการไม่เจาะเลือดโดยใช้อุปกรณ์ของสรรพสิ่ง

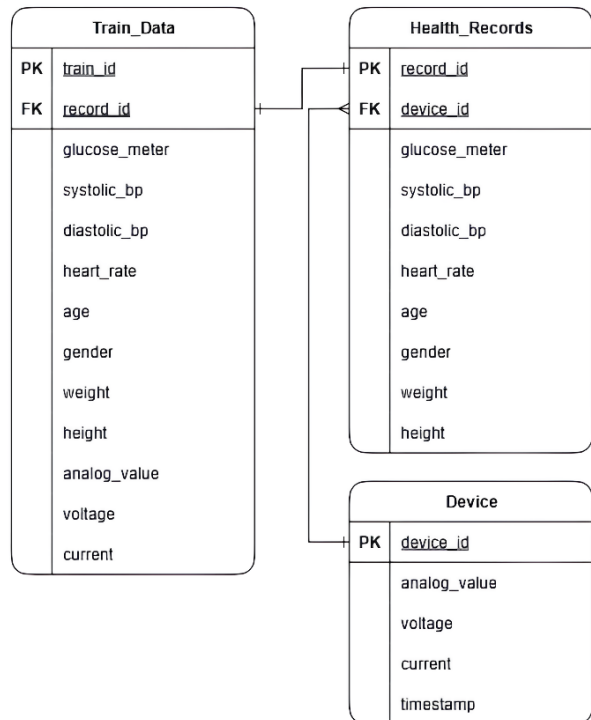
2.1 ภาพรวมของระบบ

การออกแบบภาพรวมระบบการทำงาน ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ การออกแบบวงจรอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือดและการออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน แสดงดังรูปที่ 2 โดยการทำงานเริ่มต้นจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือดใช้โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP-32 เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือด วัดค่าจากผู้ป่วยและส่งค่าไปยัง Firebase Realtime Database ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อแสดงค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์แบบเรียลไทม์บนหน้าเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลและผู้ใช้สามารถกรอกค่าข้อมูลต่างๆ บนหน้าเว็บ เช่น ค่าความดัน อัตราการเต้นของหัวใจ น้ำหนัก ส่วนสูง เป็นต้น และส่งค่าไปยัง Firebase Database เพื่อเก็บค่าข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในส่วนของหน้าเว็บแอปพลิเคชันสำหรับสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง

2.2 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

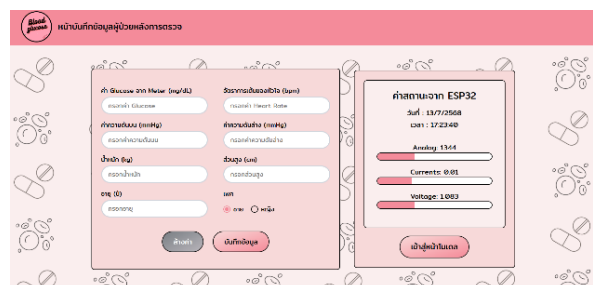
การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันนั้นพัฒนาด้วย Visual Studio Code โดยใช้ภาษา JavaScript และ React ซึ่งเป็น JavaScript Library สำหรับสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้ หรือ UI คณะผู้จัดทำได้นำ Firebase[9] ในการจัดการกับข้อมูล ซึ่งมี Firestore Database สำหรับเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับโรคเบาหวานที่ได้หลังจากการตรวจค่าด้วยเครื่องมือวัดทางการแพทย์จากผู้ป่วย และได้นำ Realtime Database มาใช้สำหรับการแสดงค่าสถานะต่างๆ ทั้งจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือดและค่าตัวแปรต้นและตัวแปรตามสำหรับการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง

จากรูปที่ 3 เป็นหลักการทำงานของโครงสร้างข้อมูล โดยเริ่มจาก Device ซึ่งคืออุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งมีการเก็บค่าแอนะล็อก ค่าโวลต์เทจและค่ากระแสไฟ รวมถึงโหมดสแตนด์บายซึ่งคือวันที่และเวลา ณ ปัจจุบัน, Health_Records คือข้อมูลที่เก็บหลังจากการตรวจผู้ป่วย เช่น ค่าความดัน อัตราการเต้นของหัวใจ น้ำหนัก ส่วนสูง เป็นต้น, Train_Data คือ ชุดข้อมูลที่เก็บสำหรับการฝึกฝนโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องซึ่งเก็บจาก Health_Records และ Device ผ่านคีย์หลักอย่าง record_id และ device_id



รูปที่ 3 แบบจำลองโครงสร้างของข้อมูล

จากนั้นจึงนำโครงสร้างข้อมูลที่ออกแบบได้ มาพัฒนาและสร้างเป็นเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งได้ออกมาทั้งหมดสองหน้า จากรูปที่ 4 เป็นการออกแบบหน้าบันทึกข้อมูลผู้ป่วยหลังการตรวจ โดยจะมีการแสดงผลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยทางด้านซ้ายจะเป็นฟอร์มบันทึกผลหลังจากการตรวจรวมถึงข้อมูลส่วนตัวของผู้ป่วย ซึ่งค่าที่จำเป็นต้องกรอกข้อมูลลงในฟอร์มจะมีค่าของกลูโคสที่ได้จากเครื่องวัดจริง ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความดันบน ค่าความดันล่าง น้ำหนัก ส่วนสูง อายุ และเพศ ในทางด้านขวาเป็นการแสดงสถานะของอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือด ที่ทำการตรวจจากผู้ป่วยแล้ว โดยค่าที่แสดงผลได้แก่ วันที่และเวลา ค่าแอนะล็อก ค่าโวลต์เทจและค่ากระแสไฟ หลังจากกรอกข้อมูลและค่าสถานะแสดงครบทุกช่องแล้ว จึงทำการกดบันทึกข้อมูล เพื่อนำข้อมูลส่งไปเก็บลงในฐานข้อมูลและเตรียมข้อมูลสำหรับการฝึกฝนและทดสอบโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง



รูปที่ 4 การออกแบบหน้าบันทึกข้อมูลผู้ป่วยหลังการตรวจของเว็บแอปพลิเคชัน

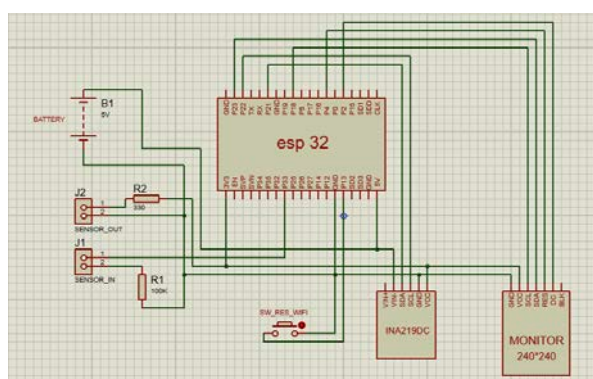
ซึ่งเมื่อนำชุดข้อมูลบันทึกไว้มาผ่านกระบวนการตรวจสอบฝึกฝน และทดสอบโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแล้ว จึงนำออกมาเป็นโมเดลที่ใช้สำหรับการทำนายค่าระดับน้ำตาลในเลือด หลังจากนั้นนำค่าสถานะต่างๆ ผลลัพธ์หลายๆด้าน รวมถึงประสิทธิภาพของโมเดล ออกมาแสดงผลผ่าน หน้าแดชบอร์ดแสดงผลการเรียนรู้ของโมเดลของเว็บแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 5 โดยประเภทของโมเดลที่ใช้สำหรับการฝึกฝนโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง คือ Linear Regression[10]



รูปที่ 5 การออกแบบหน้าแดชบอร์ดแสดงผลการเรียนรู้โมเดลของเว็บแอปพลิเคชัน

2.3 การออกแบบฮาร์ดแวร์

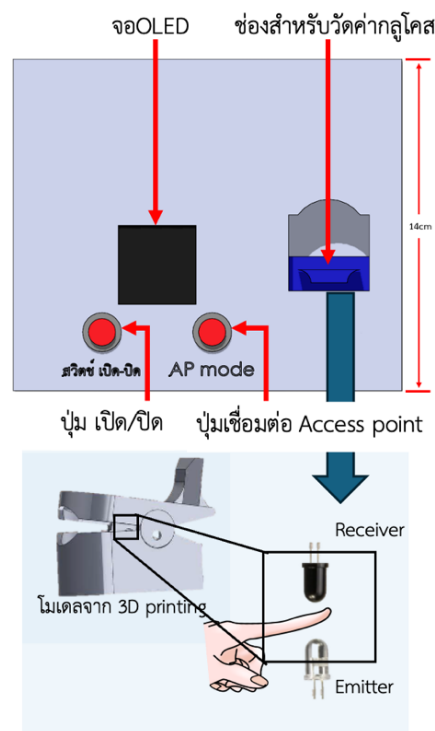
การออกแบบวงจรอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือด จากรูปที่ 6 ประกอบด้วยโมดูลชาร์จแบตเตอรี่ และ แบตเตอรี่ 5 โวลต์ ในการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP-32 โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP-32 ทำการจ่ายไฟให้กับ โมดูลวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า (INA219) [11] เพื่อทำการส่งค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าแอมป์เรจของแบตเตอรี่ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP-32 โดยใช้ไฟเลี้ยงที่ 5 โวลต์ และ อุปกรณ์ Near-Infrared (NIR) Emitter ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งแสงอินฟราเรดเข้าสู่ชั้นผิวหนังง่ามำของผู้ใช้เพื่อวัดการกระเจิงของแสงในระดับโมเลกุลเลือด โดยมีการต่อความต้านทานเพื่อควบคุมกระแสไม่ให้เกินค่าที่เหมาะสม



รูปที่ 6 การออกแบบวงจรอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือด

อุปกรณ์ Near-Infrared (NIR) Emitter ทำงานร่วมกับ NIR Receiver ซึ่งทำหน้าที่รับแสงอินฟราเรดที่สะท้อนกลับจากการตกกระทบชั้นผิวหนังง่ามำที่มีเส้นเลือดฝอยและทำการแปลงค่าความเข้มของแสงที่

ได้รับเป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานต่อลักษณะ pull-down เพื่อดึงแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้สามารถอ่านค่าผ่านขาแอนะล็อกได้อย่างแม่นยำ, โมดูลจอ ST7789 ทำหน้าที่นำค่าที่รับจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP-32 มาแสดงในส่วนการแสดงผล และมีการต่อสวิตช์ Access point เพื่อทำการรีเซ็ตเชื่อมต่อของอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 7 การออกแบบอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือด

การออกแบบฮาร์ดแวร์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งในกล่องอุปกรณ์ ดังรูปภาพที่ 7 โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดย ส่วนแรกคือภาพรวมของอุปกรณ์ จากภาพแสดงการตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ โดยจะมี โมดูลจอ ST7789 ในการใช้แสดงผลค่าแอนะล็อกและเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่แบบเรียลไทม์ มีปุ่มสำหรับการเปิด-ปิดอุปกรณ์ ปุ่มเชื่อมต่อ Access point ช่องสำหรับวัดค่าระดับน้ำตาลในเลือด และในส่วนที่สองการออกแบบสำหรับวัดค่าระดับน้ำตาลในเลือด ดังรูปแสดงตำแหน่งเซ็นเซอร์ Near-Infrared (NIR) โดย Near-Infrared (NIR) Emitter ตัวส่ง อยู่ในตำแหน่งด้านล่าง และ Near-Infrared (NIR) Receiver ตัวรับ อยู่ในตำแหน่งด้านบน

3. ผลการทดลอง

ก่อนทำการทดลองสำหรับการสร้างโมเดลทำนายระดับน้ำตาลในเลือดจะทำการกำหนดค่าเทียบเคียงระหว่างระดับน้ำตาลและค่าการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเบื้องต้นโดยกำหนดค่าระดับน้ำตาลระหว่าง 0 - 255 mg/dL ปรับให้อยู่ช่วง 0 - 2999 ของค่าสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่

ของอุปกรณ์ ESP-32 ที่นำเสนอในหัวข้อย่อย 2.3 ซึ่งจะได้ผลการเส้นตรงดังสมการที่ (1)

$$Glucose_{cal} = (analog_{in} \times 0.1446) - 19.74 \quad (1)$$

กำหนดให้ $Glucose_{cal}$ คือค่าการเทียบเคียงของระดับน้ำตาล และ $analog_{in}$ คือค่าระดับสัญญาณแอนะล็อกที่ได้จากการสะท้อนของรังสีไดโอดอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร เมื่อค่า $Glucose_{cal}$ น้อยกว่า จะกำหนดให้เป็น 0 mg/dL และเมื่อ $Glucose_{cal}$ มีค่ามากกว่า 255 mg/dL จะกำหนดให้เป็น 255 mg/dL และนำสมการที่ (1) โปรแกรมลงอุปกรณ์ ESP-32 เพื่อคำนวณค่าระดับน้ำตาลและแสดงบนหน้าจอ

การทดลองครั้งที่ 1 ทำการทดสอบการวัดระดับน้ำตาลในเลือดจากอาสาสมัครที่มีการตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือดเป็นกิจวัตรประจำวัน โดยการตรวจนี้ทำการทดสอบเทียบเคียงระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือดและค่ากลูโคสที่คำนวณได้จากสมการที่ (1) ของ ESP-32 ได้ค่าแสดงดังตารางที่ 1 ที่บันทึกบนเว็บที่ผู้จัดทำพัฒนาขึ้นในหัวข้อย่อยที่ 2.2 สามารถบันทึกค่าได้ จากทั้งการป้อนข้อมูลและในส่วนที่วัดค่าแอนะล็อกซึ่งได้แสดงค่าความผิดพลาดจากการคำนวณของสมการที่ (2) ระหว่างค่าที่ได้จากคำนวณและค่าที่วัดได้จริงจากเครื่องตรวจ

$$Error(\%) = \left(\frac{Glucose_{estimate} - Glucose_{actual}}{Glucose_{actual}} \right) \times 100 \quad (2)$$

ตารางที่ 1 ค่าเทียบเคียงเบื้องต้นสำหรับระดับน้ำตาลและค่าการแปลงสัญญาณแอนะล็อก

ครั้งที่	ค่าแอนะล็อก ($analog_{in}$)	ค่าระดับ กลูโคส ($Glucose_{cal}$) mg/dL	ค่าที่ได้จาก เครื่องตรวจ ระดับน้ำตาล mg/dL	ค่าความ ผิดพลาด (%)
1	1035	130	133	2.25
2	1000	125	133	6.01
3	1146	146	133	9.77
4	1118	142	133	6.76
5	1153	147	133	10.52
6	1111	141	133	6.01
7	1097	139	133	4.51
8	924	114	133	14.28
9	1090	138	133	3.75
10	1090	138	133	3.75

โดยความผิดพลาดเฉลี่ยที่ได้ของตารางที่ 1 คือ 6.76 เปอร์เซ็นต์เมื่อนำค่าจากตารางที่ 1 ทำการปรับค่าสมการที่ (1) โดยวิธีการถดถอยเชิงเส้น (linear regression) โดยกำหนดให้ ค่าแอนะล็อก เป็นตัวแปรต้น และ ค่าระดับกลูโคสเป็นตัวแปรตาม และทำการหาความสัมพันธ์ของสมการโดยใช้ไลบรารีของ scikit-learn ได้ผลลัพธ์ของสมการวิธีการถดถอยเชิงเส้นดัง

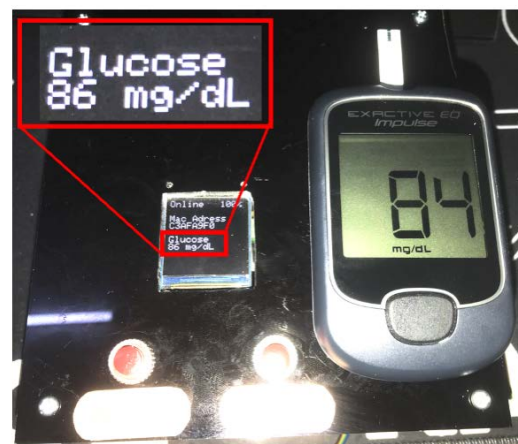
สมการที่ (3) จะให้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 2 และกราฟการเปรียบเทียบค่าระดับกลูโคส โดยความผิดพลาดเฉลี่ยที่ได้ของตารางที่ 2 คือ 6.46 เปอร์เซ็นต์

$$Glucose_{cal\ new} = (analog_{in} \times 0.1442) - 20.2088 \quad (3)$$

ตารางที่ 2 แสดงผลลัพธ์จากสมการที่ได้จากการเรียนรู้วิธีการถดถอยเชิงเส้นที่มีตัวแปรต้นคือ สัญญาณแอนะล็อก และตัวแปรตามคือ ระดับกลูโคส

ครั้งที่	ค่าแอนะล็อก ($analog_{in}$)	ค่าระดับกลูโคส ($Glucose_{cal}$) mg/dL	ค่าที่ได้จาก เครื่องตรวจ ระดับน้ำตาล mg/dL	ค่าความ ผิดพลาด (%)
1	1035	129	133	3.00
2	1000	124	133	6.76
3	1146	145	133	9.02
4	1118	141	133	6.01
5	1153	146	133	9.77
6	1111	140	133	5.26
7	1097	138	133	3.75
8	924	113	133	15.03
9	1090	137	133	3.00
10	1090	137	133	3.00

เมื่อได้สมการวิธีการถดถอยเชิงเส้นนำสมการดังกล่าวโปรแกรมลงอุปกรณ์ ESP-32 และทำการทดลองอีกครั้ง โดยอาสาสมัครท่านเดิมในช่วงเวลาตอนเช้าและยังไม่มีการรับประทานอาหารผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากสมการถดถอยและเครื่องวัดระดับน้ำตาลจากเลือด

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบและทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากสมการที่ (3) คือ 84 mg/dL ที่ทำการวัดระยะเวลา 40 วินาที และค่าจากเครื่องวัดระดับน้ำตาลจากเลือดคือ 86 mg/dL ให้ค่าความผิดพลาดที่ได้คือ 2.33 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความแม่นยำสำหรับการวัดของบุคคลที่เป็นอาสาสมัครคือ 97.67 เปอร์เซ็นต์

4. สรุปงานวิจัย

ในบทความของงานวิจัยได้นำเสนอวิธีการเก็บข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันเพื่อนำไปศึกษาการสร้างอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลด้วยวิธีไม่เจาะเลือดแทนการจذبน้ำตาลด้วยวิธีกระดากทางผู้จัดทำแสดงตัวการทดลองการรับค่าสัญญาณและล็อกจากการสะท้อนของรังสีไดโอดอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตรด้วยหลักการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและโมเลกุลกลูโคสในชั้นผิวหนังกำพวด สามารถนำมาปรับค่าเพื่อเทียบเคียงระหว่างค่าการคำนวณระดับน้ำตาลในเลือดและค่าแอนะล็อกเพื่อให้ได้ค่าสมการเชิงเส้นเบื้องต้น และทำการปรับค่าด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องคือวิธีการถดถอยเชิงเส้น สามารถปรับค่าให้ใกล้เคียงกับค่าอุปกรณ์วัดระดับน้ำตาลในเลือด ผลการทดลองยังให้ค่าความผิดพลาดอยู่ในระหว่าง 3- 15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากจำนวนชุดข้อมูลการทดลองที่น้อยและเป็นค่าที่ได้จากเฉพาะอาสาสมัครบุคคลเดียว ในอนาคตงานวิจัยจะถูกพัฒนาในการเก็บข้อมูลที่มีความหลากหลายเช่น สนิวอายุ ค่าน้ำหนัก ค่าส่วนสูง และความถี่ของการออกกำลังกาย

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะกรรมการดำเนินงานขอขอบคุณ นาย เฉลิมชัย ไผ่จันทร์สำหรับการขอข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือดในการศึกษาต้นแบบและการให้อนุญาตนำข้อมูลนำเสนอในบทความฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมศักดิ์ เทพสุทิน, สมศักดิ์ธรรงค์วันเบาหวานโลก 2567 ชี้นคนไทยป่วย 6.5 ล้านคน ย้ำ! นับ Carb ลดเสี่ยงเอ็นซีดี.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://www.hfocus.org/content> (22 มกราคม 2568).
- [2] กรมอนามัย, กรมอนามัยเผยผู้สูงวัยป่วยเบาหวานเป็นอันดับ 2 รองจากความดันและไขมันอาหาร, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://multimedia.anamai.moph.go.th> (22 มกราคม 2568).
- [3] VIMUT, ภาวะดื้ออินซูลิน ภาวะที่คนเป็นคอดำ ดึงเนื้อขึ้นตามตัวต้องระวัง, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://www.vimut.com/article> (22 มกราคม 2568).
- [4] T.A.Miller and M.R.DiMatteo, Importance of family/social support and impact on adherence to diabetic therapy , [Online].Available : <https://doi.org/10.2147/DMSO.S36368> (22 January 2025).
- [5] Nabil, K. A. M., Khan, M. M., Islam, M. A., & Noman, A. A., "Development of A Smart Non-Invasive Glucose Monitoring System With SpO2 and BPM for Diabetic Patient", Department of Electrical and Computer Engineering North South University, 2023.
- [6] C. Srichan, W. Srichan, P. Danvirutai, C. Ritsongmuang, A. Sharma, and S. Anutrakulchai, "Non-invasively accuracy enhanced blood glucose sensor using shallow dense

neural networks with NIR monitoring and medical features," Sci. Rep., vol. 12, no. 1, p. 1769, Feb. 2022.

- [7] H. Ali, F. Bensaali and F. Jaber, "Novel Approach to Non-Invasive Blood Glucose Monitoring Based on Transmittance and Refraction of Visible Laser Light," in IEEE Access, vol. 5, pp. 9163-9174, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2707384.
- [8] C. Pomarin, T. Lakhonphon, S. Traisaeng, P. Jaroensin, S. Tantisatirapong and T. Chanwimalueang, "Non-Invasive Blood Glucose Estimation Through Vascular Contraction Signal Analysis," 2025 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON), Nan, Thailand, 2025, pp. 612-616, doi: 10.1109/ECTIDAMTNCN64748.2025.10962123.
- [9] Google, FirebaseDocumentation,[Online].Available :<https://firebase.google.com/docs>.
- [10] พีชาพงศ์ พูลผล, การทำนายค่าระดับน้ำตาลในเลือด จากผลข้อมูลการตรวจสอบภาพ ในเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่ง โดยใช้โมเดล Linear Regression,[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://peachapong-poolpol.medium.com/> (22 มกราคม 2568).
- [11] Components101, "INA219 Based Current Sensor Module", [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://components101.com> (22 มกราคม 2568).