



การพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจจับ และแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ กรณีศึกษา ม. หาดใหญ่

Development of a Prototype Smoking Detection and Alert System: A Case Study of
Hatyai University

เจริญ รุ่งกลิ่น^{1*}, จิตรพงษ์ เจริญจิตร² และ จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา³

Charoen Rungklin^{1*}, Jittrapong Jaroenjit² and Jakkrit Manwicha³

^{1,2,3} อาจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่

^{1,2,3} Lecturer, Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology,
Hatyai University

*Corresponding author, E-mail: charoen@hu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ โดยใช้หลักการ Internet of Things (IoT) ระบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์ MQ-135 สำหรับตรวจจับควันและสารระเหยอินทรีย์ (VOCs) บอร์ดควบคุม ESP8266 สำหรับประมวลผลและเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต Buzzer สำหรับแจ้งเตือนด้วยเสียง และ LINE Messaging API สำหรับส่งข้อความแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชัน Line วิธีดำเนินการวิจัยนี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การออกแบบและพัฒนาระบบ การพัฒนาซอฟต์แวร์ และการทดสอบระบบในสภาพแวดล้อม 3 แบบ ได้แก่ สภาพปกติ, การสูบบุหรี่ธรรมดา และการสูบบุหรี่ไฟฟ้า

ผลการทดสอบแสดงว่าระบบสามารถตรวจจับควันจากบุหรี่ธรรมดาได้ที่ค่าเฉลี่ย 230.38 ppm ด้วยเวลาตอบสนอง 10-12 วินาที และจากบุหรี่ไฟฟ้าที่ 165.34 ppm ด้วยเวลาตอบสนอง 15-17 วินาที อัตราความสำเร็จของการแจ้งเตือนอยู่ที่ 100% สำหรับบุหรี่ธรรมดาและ 90% สำหรับบุหรี่ไฟฟ้า ระบบมีจุดเด่นในด้านความง่ายต่อการใช้งาน การแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์และการบันทึกข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม มีข้อจำกัดในการแยกแยะประเภทของบุหรี่และความหน่วงของการแจ้งเตือน แนวทางการพัฒนาในอนาคต ได้แก่ การเพิ่มเซ็นเซอร์ การประยุกต์ใช้ Machine Learning และการปรับปรุงการเชื่อมต่อเครือข่าย

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, การตรวจจับการสูบบุหรี่, เซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซ

Abstract

This research aims to develop a prototype system for detecting and alerting cigarette smoking using the principles of the Internet of Things (IoT). The system consists



of an MQ-135 sensor for detecting smoke and volatile organic compounds (VOCs), an ESP8266 control board for processing and internet connectivity, a buzzer for audible alerts, and the LINE Messaging API for sending real-time alert messages through the Line application. The research methodology includes sensor calibration, hardware and software development, and system testing in three different environments: normal conditions, conventional cigarette smoking, and electronic cigarette smoking.

Test results show that the system can detect smoke from conventional cigarettes at an average of 230.38 ppm with a response time of 10-12 seconds, and from electronic cigarettes at 165.34 ppm with a response time of 15-17 seconds. The success rate of alerts is 100% for conventional cigarettes and 90% for electronic cigarettes. The system excels in ease of use, real-time alerts, and data logging for analysis. However, there are limitations in distinguishing between types of cigarettes and in the latency of alerts. Future development directions include adding sensors, applying machine learning and improving network connectivity.

Keywords: Internet of Things (IoT), Smoke Detection, Gas Detection Sensor

บทนำ

ปัญหาการสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบ เช่น โรงเรียน สถานศึกษา โรงพยาบาล และอาคารสาธารณะ เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสังคม แม้ว่าจะมีมาตรการทางกฎหมายกำหนดห้ามสูบบุหรี่ในพื้นที่ดังกล่าว แต่ในทางปฏิบัติ การบังคับใช้กฎหมายยังคงมีข้อจำกัด โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีการควบคุมอย่างเข้มงวด เช่น ห้องน้ำ อาคารเรียน หรือมุมอับที่เจ้าหน้าที่ตรวจตราไม่สามารถเข้าถึงได้ง่าย คิว้นบุหรี่ประกอบด้วย สารพิษและสารก่อมะเร็งหลายชนิด ซึ่งเป็นอันตรายต่อทั้งผู้สูบบุหรี่เองและบุคคลรอบข้างที่ได้รับควันบุหรี่มือสอง งานวิจัยทางการแพทย์ระบุว่า การได้รับควันบุหรี่แบบไม่ได้สูบ (Passive Smoking) สามารถเพิ่มความเสี่ยงของโรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจ และโรคมะเร็งปอด โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กและเยาวชนที่ระบบภูมิคุ้มกันยังไม่สมบูรณ์

ในปัจจุบัน เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบตรวจจับสิ่งแวดล้อมแบบอัจฉริยะ เช่น เซอร์ตรวจจับควันและก๊าซสามารถนำมาใช้ร่วมกับแพลตฟอร์มการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการควบคุมพฤติกรรม การสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบ ช่วยลดภาระการตรวจตราแบบดั้งเดิม และเพิ่มความรวดเร็วในการดำเนินการมาตรการป้องกัน

มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ ซึ่งเป็นกรณีศึกษาหลักในงานวิจัยนี้ มีโครงสร้างพื้นฐานด้านเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคารเรียน อาคารสำนักงาน และพื้นที่สาธารณะต่าง ๆ ความพร้อมของเครือข่ายดังกล่าวเอื้อต่อการนำระบบ IoT ไปใช้งานจริง เนื่องจากสามารถรองรับการเชื่อมต่อข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์สู่ระบบแจ้งเตือนได้อย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง ทำให้มีความเป็นไปได้สูงในการติดตั้งและประยุกต์ใช้งานระบบต้นแบบในสภาพแวดล้อมจริง



ดังนั้น การพัฒนาระบบต้นแบบ “การตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่โดยใช้ IoT” จะเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการช่วยลดปัญหาดังกล่าว โดยระบบจะสามารถตรวจจับควันบุหรี่ผ่านเซ็นเซอร์วิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ และแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและออกแบบระบบต้นแบบ สำหรับตรวจจับการสูบบุหรี่โดยใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และเซ็นเซอร์ตรวจจับควันหรือก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ของบุหรี่
2. เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ ผ่านแอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มออนไลน์ เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถรับข้อมูลและดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว
3. ทดสอบและประเมินผลการทำงานของระบบ ในด้านความแม่นยำ ความไวในการตรวจจับ และประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือน เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

ปัจจุบัน IoT และเซ็นเซอร์อัจฉริยะ มีบทบาทสำคัญในการยกระดับความปลอดภัยและคุณภาพชีวิต โดยสามารถตรวจจับ วิเคราะห์ และแจ้งเตือนได้แบบเรียลไทม์ เทคโนโลยีเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในหลายด้าน รวมถึง การควบคุมการสูบบุหรี่ในพื้นที่ต้องห้าม การพัฒนา ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ ด้วยเซ็นเซอร์ควันและก๊าซร่วมกับ IoT ช่วยเฝ้าระวังพฤติกรรมกรรมการสูบบุหรี่ แจ้งเตือนผู้เกี่ยวข้อง และลดมลพิษทางอากาศ ผู้วิจัยจึงศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจจับ และแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ กรณีศึกษา ม. หาดใหญ่ มีแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.1 ผลกระทบของบุหรี่

อดิศักดิ์ ผลิผลการพิมพ์ (2567) ควันบุหรี่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของทั้งผู้สูบและบุคคลรอบข้าง โดยแบ่งออกเป็น ควันบุหรี่มือหนึ่ง ผู้สูบได้รับสารพิษโดยตรง ควันบุหรี่มือสอง ผู้ที่อยู่ใกล้ที่สุดดมควันเข้าไป และควันบุหรี่มือสาม สารพิษตกค้างบนพื้นผิวและเข้าสู่ร่างกายผ่านการสัมผัสหรือหายใจ ควันบุหรี่ประกอบด้วยสารพิษอันตราย เช่น นิโคติน คาร์บอนมอนอกไซด์ และฟอร์มาลีน ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคร้ายแรง เช่น มะเร็งปอด โรคหัวใจ และโรคระบบทางเดินหายใจ การป้องกันที่ดีที่สุด คือ การหลีกเลี่ยงการสูบบุหรี่และลดการได้รับควันบุหรี่ เพื่อปกป้องสุขภาพของตนเองและคนรอบข้าง

โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ (2562) อันตรายของควันบุหรี่มือสอง (Secondhand Smoke) ต่อสุขภาพของผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ ควันบุหรี่มือสอง ประกอบด้วย สารเคมีที่เป็นอันตรายมากกว่า 7,000 ชนิด ซึ่งสามารถก่อให้เกิดโรคร้ายแรง เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง และมะเร็งปอด นอกจากนี้ เด็กที่



สัมผัสวันบุหรีมือสอง มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคทางเดินหายใจเฉียบพลัน หอบหืด และการติดเชื้อใน หู บทความยังชี้ให้เห็นว่าการไม่มีระดับความปลอดภัยในการสัมผัสวันบุหรีมือสอง การป้องกันที่ดีที่สุด คือการหลีกเลี่ยงสถานที่ที่มีการสูบบุหรี่และสนับสนุนสภาพแวดล้อมที่ปลอดบุหรี่

ธนากร ธนวัฒน์ (2567) บุหรี่ไฟฟ้าได้รับความนิยมมากขึ้นในหมู่วัยรุ่น เนื่องจากความ เข้าใจผิดว่า ปลอดภัยกว่าบุหรี่ทั่วไป และสามารถช่วยเลิกบุหรี่ได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยพบว่าบุหรี่ไฟฟ้า ยังคงมีสารพิษและสารก่อมะเร็ง ที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ หัวใจ และสมอง นอกจากนี้ การสูบบุหรี่ไฟฟ้าอาจนำไปสู่การติดสารนิโคติน ซึ่งส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของสมองในวัยรุ่น เพื่อป้องกันการ ใช้บุหรี่ไฟฟ้าในวัยรุ่น ควรมีมาตรการที่ครอบคลุม เช่น การให้ความรู้ในโรงเรียน การออกกฎหมายควบคุม การขาย และการสนับสนุนจากครอบครัว การใช้แนวทางเหล่านี้ร่วมกันจะช่วยลดการใช้บุหรี่ไฟฟ้าและ ส่งเสริมสุขภาพของเยาวชนในระยะยาว

1.2 อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things: IoTs)

Kevin Ashton (2009) Internet of Things คือ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สามารถ รับรู้สิ่งแวดล้อมและสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ โดยใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์และเทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) เพื่อให้สิ่งของต่าง ๆ สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตได้ อย่างอิสระและเปิดกว้าง เซ็นเซอร์เหล่านี้ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจข้อมูลจากโลกภายนอกได้มาก ขึ้น ทำให้สามารถใช้งานและทำงานต่าง ๆ โดยอัตโนมัติ คอมพิวเตอร์จะสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากหลาย แหล่งเข้าด้วยกันและนำไปใช้ในแอปพลิเคชันต่าง ๆ ซึ่งในท้ายที่สุดจะช่วยให้นักวิจัยสามารถควบคุมและ เข้าใจสิ่งแวดล้อมรอบตัวได้อย่างละเอียดมากขึ้นและเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพคล้ายกับระบบประสาท ของมนุษย์

สุพล พรหมมาพันธ์ (2560) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ ไอโอที (IoT) หมายถึง เครือข่ายของวัตถุ อุปกรณ์ พาหนะ สิ่งปลูกสร้าง และสิ่งของอื่น ๆ ที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ผังตัวอยู่ และทำให้วัตถุเหล่านั้นสามารถเก็บบันทึกและ แลกเปลี่ยนข้อมูลได้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งทำให้วัตถุสามารถรับรู้สภาพแวดล้อมและถูกควบคุมได้จาก ระยะไกลผ่านโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายที่มีอยู่แล้ว ทำให้เราสามารถผสานโลกกายภาพกับระบบ คอมพิวเตอร์ได้แนบแน่นมากขึ้น ผลที่ตามมาคือ ประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ที่เพิ่มมากขึ้น ก่อนที่จะมาถึงอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง หรืออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) จะมีอีกระบบ หนึ่งที่เราเรียกว่า ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Systems)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hatip and Zayood (2024) ได้พัฒนาวิธีการใช้เซ็นเซอร์หลายชนิดร่วมกันเพื่อตรวจจับควัน ได้ดีขึ้นในสภาพแวดล้อมอัจฉริยะ เช่น ในบ้านหรืออาคารต่าง ๆ ปัญหาของเซ็นเซอร์ตรวจจับควันแบบเดิม คือมันอาจจะทำงานไม่แม่นยำเมื่อมีปัจจัยรบกวน เช่น ความชื้นหรือฝุ่น ทำให้เกิดการแจ้งเตือนผิดพลาด



หรือไม่สามารถตรวจจับควันได้ทันเวลา เพื่อแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ทดลองใช้เซ็นเซอร์หลายชนิดร่วมกัน เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับควันแบบแสงและแบบไอออน โดยเก็บข้อมูลจากสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งในบ้านและนอกบ้าน รวมถึงพื้นที่ฝึกนักดับเพลิง ซึ่งมีข้อมูลทั้งหมดประมาณ 60,000 ครั้ง วิธีการที่ใช้คือการนำข้อมูลจาก เซ็นเซอร์ทุกตัวมาวิเคราะห์ร่วมกันด้วยเทคนิค Machine Learning ที่เรียกว่า Adaboost ซึ่งช่วยให้ระบบ เรียนรู้และปรับปรุงตัวเองได้เรื่อย ๆ เพื่อตรวจจับควันได้แม่นยำขึ้น ผลการทดลองพบว่า การใช้เซ็นเซอร์ หลายตัวร่วมกันช่วยให้ระบบตรวจจับควันทำงานได้ดีขึ้นอย่างชัดเจน สรุปแล้ว การใช้เซ็นเซอร์หลายตัว ร่วมกันเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับควัน และอาจนำไปพัฒนาระบบเตือนภัยในอนาคตได้ งานวิจัยนี้เสนอให้มีการทดลองเพิ่มเติมในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อให้ระบบทำงานได้ดีที่สุด

Styles, J. (2019) พัฒนาเทคโนโลยี Multi-Sensor Fusion เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดการ แจ้งเตือนผิดพลาดในระบบตรวจจับควันและไฟไหม้ โดยการรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์หลายประเภท เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับควัน อุณหภูมิ และก๊าซจากการเผาไหม้ ระบบนี้ใช้ Bayesian Inference Algorithm ในการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่ามีความแม่นยำสูงถึง 98% และลดอัตราการแจ้งเตือนผิดพลาดได้มากกว่า 70% เมื่อเทียบกับระบบแบบดั้งเดิมที่มีความแม่นยำ 85-88% เทคโนโลยีนี้มีประสิทธิภาพสูงในสภาพแวดล้อม ซับซ้อน เช่น โรงงานอุตสาหกรรมหรือห้องครัว และสามารถประยุกต์ใช้ในระบบตรวจจับการสูบบุหรี่ใน สถานที่ห้ามสูบได้ แม้จะมีข้อจำกัดด้านต้นทุนและความซับซ้อนในการติดตั้ง แต่ความก้าวหน้าทาง เทคโนโลยีเซ็นเซอร์และ AI คาดว่าจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและทำให้ระบบนี้เข้าถึงได้ง่ายขึ้นในอนาคต

เบญจภรณ์ ญาณกรกุล และ สันธยา พันธุ์แพง (2564) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ เซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับควันไฟป่า โดยใช้เซ็นเซอร์ MQ2, MQ5, MQ7, MQ9 และ MQ135 ทดสอบการ ตรวจจับควันจากวัสดุเผาไหม้ ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ และพลาสติก ผ่านระบบที่เชื่อมต่อกับ Node MCU ESP8266 และแพลตฟอร์ม Blynk ผลการศึกษาพบว่า เซ็นเซอร์ MQ2 มีประสิทธิภาพสูงสุดในการตรวจจับ ควันจากใบไม้และกิ่งไม้ โดยให้ค่าความเข้มข้นของควันสูงสุด ขณะที่ MQ5 เหมาะสำหรับการตรวจจับควัน จากพลาสติก ระบบสามารถส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนไฟป่า ข้อเสนอแนะใน การพัฒนาต่อไป ได้แก่ การปรับปรุงความแม่นยำของเซ็นเซอร์ การเพิ่มขีดความสามารถในการจำแนก ประเภทของก๊าซ และการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง

3. การเลือกใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยี

ในการพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัย ได้พิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีตามคุณสมบัติที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

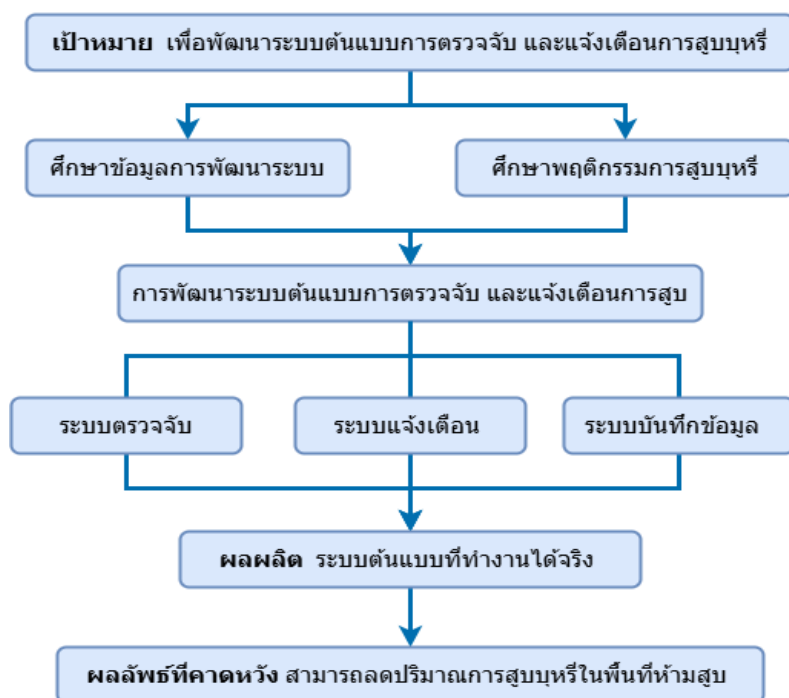
3.1 เซ็นเซอร์ MQ-135 เลือกใช้เนื่องจากมีความสามารถในการตรวจจับก๊าซหลายชนิดที่ เกี่ยวข้องกับควันบุหรี่ เช่น แอมโมเนีย (NH_3), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) และสารระเหยอินทรีย์ (VOCs) โดยเฉพาะควันจากการเผาไหม้ ซึ่งตรงกับลักษณะของสารปนเปื้อนในควัน บุหรี่ ทั้งยังมีราคาพอเหมาะ ขนาดเล็ก และเหมาะสำหรับงานวิจัยต้นแบบที่ต้องการตรวจจับในระดับ ppm (Parts Per Million)

3.2 บอร์ดควบคุม NodeMCU ESP8266 เลือกใช้เพราะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มี Wi-Fi ในตัว ทำให้สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้โดยไม่ต้องใช้โมดูลเสริม เหมาะสำหรับระบบ IoT ที่ต้องการการส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ ESP8266 ยังมีขนาดเล็กกระทัดรัด ใช้งานง่าย และมีต้นทุนต่ำ ซึ่งเอื้อต่อการนำไปขยายผลในระดับใช้งานจริง

3.3 ระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน ได้มีการเลือกใช้ LINE Messaging API เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT ได้สะดวกและเป็นช่องทางที่ผู้ใช้งานทั่วไปคุ้นเคย อย่างไรก็ตาม LINE Messaging API รองรับการส่งข้อความได้สูงสุด 300 ข้อความต่อเดือนโดยไม่มีค่าใช้จ่าย หากมีการส่งข้อความเกินจากจำนวนดังกล่าว จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมตามแผนบริการที่กำหนดไว้ จึงเป็นข้อจำกัดสำคัญที่ควรพิจารณาในการใช้งานในระดับที่ต้องแจ้งเตือนบ่อยครั้งหรือในพื้นที่ที่มีผู้ใช้งานจำนวนมาก

การเลือกใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีดังกล่าว มีเป้าหมายเพื่อให้ระบบต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำ รวดเร็ว ประหยัดต้นทุน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดแสดงลำดับขั้นตอนตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย การเก็บข้อมูล การพัฒนาระบบ และผลลัพธ์ที่คาดหวัง แต่ละส่วนเชื่อมโยงกันเป็นระบบ เพื่อให้เห็นภาพรวมของการพัฒนาระบบต้นแบบ



วิธีดำเนินการวิจัย

การสูบบุหรี่ในพื้นที่ห้ามสูบเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดปัญหานี้ได้ งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการพัฒนา ระบบต้นแบบสำหรับตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ โดยอาศัย Internet of Things (IoT) เพื่อให้สามารถเฝ้าระวังและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์

1. กำหนดตัวแปรในการทดลอง

1.1 ตัวแปรต้นในการวิจัยนี้ คือ ประเภทของแหล่งกำเนิดควัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้วิจัยควบคุมและปรับเปลี่ยนเพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบการตรวจจับและแจ้งเตือน โดยจำแนกเป็น 3 กลุ่มได้แก่

- 1) สภาพแวดล้อมปกติ เป็นค่าความเข้มข้นก๊าซในสภาวะอากาศปกติ
- 2) ควันจากบุหรี่ยี่ห้อธรรมดา ควันจากการเผาไหม้โดยตรง ซึ่งมีปริมาณก๊าซพิษและอนุภาค

ค่อนข้างสูง

3) ควันจากบุหรี่ไฟฟ้า ควันที่เกิดจากการระเหยสารเคมี ซึ่งมีองค์ประกอบและความเข้มข้นของสารระเหยอินทรีย์ (VOCs) แตกต่างจากบุหรี่ยี่ห้อธรรมดา

1.2 ตัวแปรตาม คือ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต้น โดยพิจารณาใน 3 มิติได้แก่

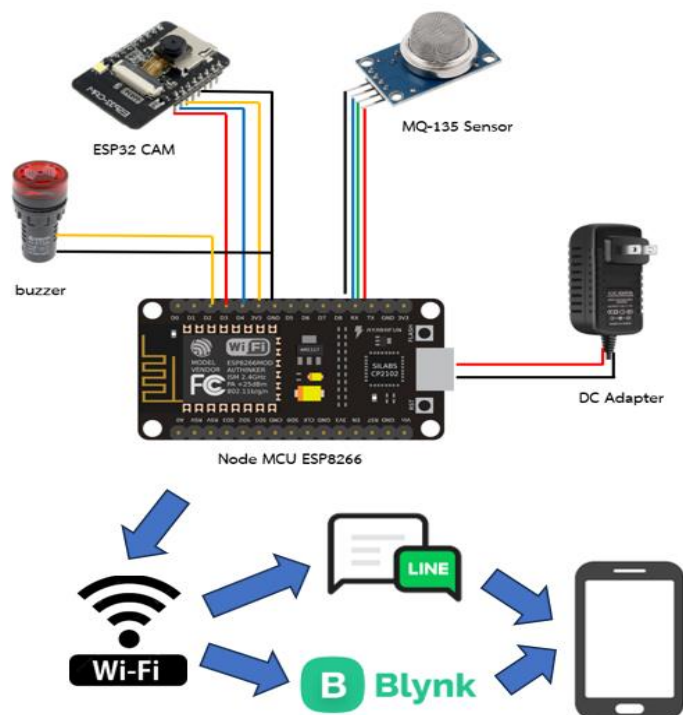
- 1) ค่าความเข้มข้นของก๊าซที่ตรวจจับได้ วัดจากสัญญาณที่เซ็นเซอร์ MQ-135 ตรวจจับและแปลงเป็นค่า ppm แสดงระดับความเข้มข้นของควันในแต่ละสภาวะ
- 2) เวลาตอบสนองของระบบในการแจ้งเตือน วัดระยะเวลาตั้งแต่เซ็นเซอร์เริ่มตรวจจับจนถึงการส่งสัญญาณเตือนผ่าน Buzzer หรือ LINE Messaging API มีหน่วยเป็นวินาที (วินาที)
- 3) อัตราความสำเร็จในการแจ้งเตือน คำนวณจากจำนวนครั้งที่ระบบสามารถตรวจจับและแจ้งเตือนได้สำเร็จ เทียบกับจำนวนการทดสอบทั้งหมด แสดงในรูปแบบร้อยละ (%)

2. สภาพแวดล้อมและเงื่อนไขการทดลอง

ในการทดสอบระบบต้นแบบ ได้ดำเนินการภายในห้องสุขาชายที่มีขนาด 3×6 เมตร (พื้นที่รวม 18 ตารางเมตร) ความสูงจากพื้นถึงเพดาน 2.5 เมตร คิดเป็นปริมาตรของห้องเท่ากับ 45 ลูกบาศก์เมตร (m^3) เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้มีความเสถียร พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ปิด และไม่มีการเปิดประตูหรือหน้าต่างระหว่างการทดลอง เพื่อป้องกันการรบกวนจากการถ่ายเทอากาศภายนอก เซ็นเซอร์ตรวจจับควัน (MQ-135) ถูกติดตั้งที่ความสูง 1.2 เมตรจากพื้น ซึ่งใกล้เคียงกับระดับการหายใจของมนุษย์ เพื่อจำลองสภาพจริงในสถานที่สาธารณะ ส่วนแหล่งกำเนิดควัน (ทั้งบุหรี่ยี่ห้อธรรมดาและบุหรี่ไฟฟ้า) ถูกวางในระยะห่าง 1 เมตรจากเซ็นเซอร์ ตรงตามแนวสายตาแนวนอน การควบคุมระยะห่างและระดับความสูงดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การกระจายตัวของควันมีความสม่ำเสมอ และลดผลกระทบจากความแตกต่างของทิศทางลม

การทดสอบในแต่ละสภาวะ (สภาพปกติ, การสูบบุหรี่ธรรมดา และบุหรี่ไฟฟ้า) ทำซ้ำจำนวน 10 ครั้งต่อสภาวะ รวมเป็น 30 ตัวอย่างทั้งหมด เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล และรองรับการวิเคราะห์ผลทางสถิติอย่างมีประสิทธิภาพ

การออกแบบและพัฒนาระบบ



ภาพที่ 2 ออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจจับการสูบบุหรี่ผ่านเซ็นเซอร์ตรวจจับควันบุหรี่และก๊าซอันตราย พร้อมทั้งแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ผ่านเสียงเตือนและการแจ้งเตือนบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ระบบนี้อาศัยหลักการทำงานของ Internet of Things (IoT) โดยมีองค์ประกอบหลักดังนี้

1.1 เซ็นเซอร์ตรวจจับควันบุหรี่ (MQ-135)

เซ็นเซอร์ MQ-135 เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซที่มีความไวสูงต่อสารเคมี เช่น แอมโมเนีย (NH_3) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) และควันบุหรี่ มีหลักการทำงานโดยใช้วัสดุออกไซด์กึ่งตัวนำที่เปลี่ยนค่าความต้านทานตามความเข้มข้นของก๊าซ เมื่อมีควันบุหรี่หรือก๊าซพิษในบริเวณใกล้เคียง ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนไปและถูกส่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังบอร์ดควบคุมเพื่อประมวลผล

1.2 Node MCU ESP8266

Node MCU ESP8266 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi ในตัว ทำให้สามารถส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ไปยังระบบคลาวด์หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ Node MCU ESP8266 จะรับค่าจากเซ็นเซอร์ MQ-135 แล้ววิเคราะห์ว่าค่าที่ได้เกินเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ หากตรวจพบว่ามีความเสี่ยงในพื้นที่ ระบบจะทำการแจ้งเตือนทันที



1.3 โมดูลแจ้งเตือน Buzzer

Buzzer เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง (Audio Signaling Device) ในระบบนี้ Buzzer ทำหน้าที่เป็นระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบค่าควันหรือสารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds: VOCs) ที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานหรือบุคคลที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงสามารถรับรู้ถึงความผิดปกติได้ทันที การทำงานของ Buzzer นั้นเชื่อมต่อกับบอร์ดควบคุม ESP8266 โดยตรง เมื่อเซ็นเซอร์ MQ-135 ตรวจพบค่าควันหรือสารระเหยอินทรีย์เกินระดับที่กำหนดไว้ ระบบจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยัง Buzzer เพื่อให้เกิดการแจ้งเตือนด้วยเสียงในทันที (Real-Time Alert) กลไกนี้ถือเป็นมาตรการป้องกันเบื้องต้นที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้เจ้าหน้าที่หรือผู้ดูแลระบบสามารถรับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้อย่างรวดเร็ว

1.4 LINE Messaging API

เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาและเชื่อมต่อระบบกับแอปพลิเคชัน LINE ซึ่งช่วยให้โปรแกรมสามารถส่งข้อความ แจ้งเตือน และโต้ตอบกับผู้ใช้ได้แบบอัตโนมัติผ่าน LINE Official Account (LINE OA) ทำให้สามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้ LINE Messaging API ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ โดยเมื่อระบบตรวจพบควันหรือสารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds: VOCs) ที่เกิดจากการสูบบุหรี่ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งผ่าน API ไปยังแอปพลิเคชัน LINE เพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลระบบหรือเจ้าหน้าที่รับผิดชอบโดยอัตโนมัติ

2. การพัฒนาซอฟต์แวร์

ระบบซอฟต์แวร์จะถูกพัฒนาเพื่อรองรับการประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์ และการส่งแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน โดยมีองค์ประกอบหลักดังนี้

2.1 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมบอร์ด ESP8266 ทำผ่าน Arduino IDE ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้เขียนและอัปโหลดโค้ดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ทำหน้าที่รับค่าจากเซ็นเซอร์ MQ-135 ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดก๊าซและควันบุหรี่ ในกระบวนการนี้ จะมีการกำหนดเงื่อนไขและเกณฑ์การตรวจวัด เมื่อค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์สูงกว่าค่าที่กำหนด ระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องแบบอัตโนมัติ โดยข้อมูลค่าก๊าซที่อ่านได้จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานการณ์

2.2 การเชื่อมต่อ ESP8266 กับอินเทอร์เน็ต

ESP8266 จะถูกตั้งค่าให้เชื่อมต่อกับเครือข่าย Wi-Fi เพื่อส่งข้อมูลค่าก๊าซและควันที่ตรวจวัดได้ไปยังแพลตฟอร์มคลาวด์ ซึ่งช่วยให้สามารถบันทึกข้อมูลไว้สำหรับการตรวจสอบย้อนหลัง ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์แนวโน้มการเกิดเหตุการณ์การสูบบุหรี่ในพื้นที่ต่าง ๆ ได้

2.3 การตั้งค่าเกณฑ์แจ้งเตือน

ระบบได้กำหนดเกณฑ์การแจ้งเตือนที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซ 200 ppm โดยอ้างอิงจากมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดควันบุหรี่และ

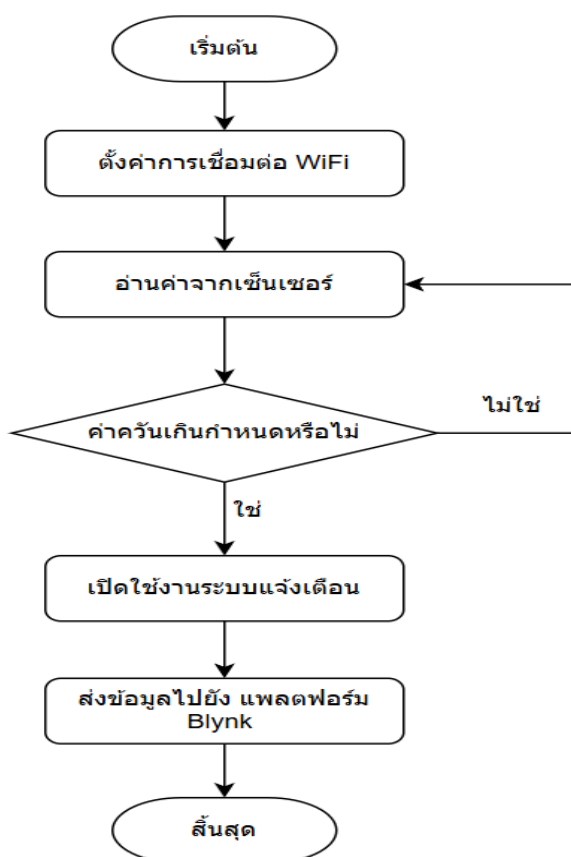
สารระเหยอินทรีย์ (VOCs) เมื่อค่าที่ตรวจจับได้เกินเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะทำการแจ้งเตือนทันทีผ่านอุปกรณ์ Buzzer ที่ติดตั้งในบริเวณดังกล่าว เพื่อให้ผู้ที่อยู่ในพื้นที่รับรู้ถึงการตรวจพบควันบุหรี่ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ระบบยังมีการเชื่อมต่อกับ LINE Messaging API ซึ่งเป็นช่องทางสื่อสารแบบเรียลไทม์ เพื่อส่งการแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่หรือผู้ดูแลพื้นที่ผ่านแอปพลิเคชัน LINE การแจ้งเตือนผ่านช่องทางนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการพื้นที่ โดยเฉพาะในบริเวณที่กำหนดให้เป็นพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่ ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถดำเนินการมาตรการควบคุมหรือแก้ไขสถานการณ์ได้ทันทีและมีประสิทธิภาพสูง



ภาพที่ 3 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE

2.4 การบันทึกข้อมูล

ระบบต้นแบบนี้ใช้ เซ็นเซอร์ MQ-135 ตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซ (ppm) และส่งข้อมูลไปยังแพลตฟอร์ม Blynk เพื่อจัดเก็บและแสดงผลแบบเรียลไทม์ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านสมาร์ตโฟนหรือคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจสอบแนวโน้มและความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น การเชื่อมต่อกับ Blynk ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง ปรับปรุงเกณฑ์การแจ้งเตือน และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนที่แม่นยำและใช้งานได้จริงในอนาคต



ภาพที่ 4 แผนผังการทำงานแสดงขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์

3. การทดสอบและปรับปรุงระบบ

ระบบต้นแบบได้ผ่านการทดสอบและประเมินผลในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและความแม่นยำในการทำงาน ดังนี้

1) สภาพแวดล้อมปกติ การทดสอบในสภาพแวดล้อมปกติดำเนินการโดยการวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซในหน่วย ppm ในอากาศสะอาด ซึ่งใช้เป็นค่าเบี่ยงต้น (Baseline) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเสถียรภาพของเซ็นเซอร์ MQ-135 ในการตรวจจับค่าปกติของอากาศ

2) การเก็บข้อมูล ในการทดสอบระบบต้นแบบ ได้ทำการทดลองในแต่ละสภาพแวดล้อมจำนวน 10 ครั้งต่อประเภทของแหล่งกำเนิดควัน รวมทั้งสิ้น 30 ตัวอย่างการทดสอบ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ โดยบันทึกค่าความเข้มข้นของก๊าซ (ppm) เวลาตอบสนองของการแจ้งเตือน และผลการแจ้งเตือนในแต่ละครั้ง

3) การทดสอบการสูญบุหรืธรรมชาติ การทดสอบนี้ดำเนินการโดยจุดบุหรืธรรมชาติในระยะ 1 เมตรจากเซ็นเซอร์ เพื่อจำลองสถานการณ์การสูญบุหรืในสภาพแวดล้อมจริง ระบบจะบันทึกเวลาตอบสนอง (Response Time) ของอุปกรณ์แจ้งเตือน (Buzzer) และการส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่าน LINE Messaging API เพื่อประเมินความรวดเร็วและประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบควันบุหรื



4) การทดสอบการสูบบุหรี่ไฟฟ้า การทดสอบนี้ใช้บุหรี่ไฟฟ้าในระยะเดียวกัน (1 เมตรจากเซ็นเซอร์) เพื่อเปรียบเทียบความไวของเซ็นเซอร์ในการตรวจจับสารระเหยอินทรีย์ (VOCs) ที่เกิดจากบุหรี่ไฟฟ้า ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากควันบุหรี่ธรรมดา ผลการทดสอบนี้ช่วยประเมินความสามารถของระบบในการตรวจจับและแยกแยะประเภทของสารระเหยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การทดสอบในสภาพแวดล้อมทั้ง 3 รูปแบบนี้ช่วยให้สามารถวิเคราะห์และประเมินผลการทำงานของระบบได้อย่างครอบคลุม ทั้งในด้านความแม่นยำของเซ็นเซอร์ ความรวดเร็วในการตอบสนอง และประสิทธิภาพของการแจ้งเตือน

ผลการวิจัย

จากการทดสอบระบบต้นแบบสำหรับตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ ซึ่งกำหนดเกณฑ์การแจ้งเตือนที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซ 200 ppm ผลการทดสอบในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีดังนี้

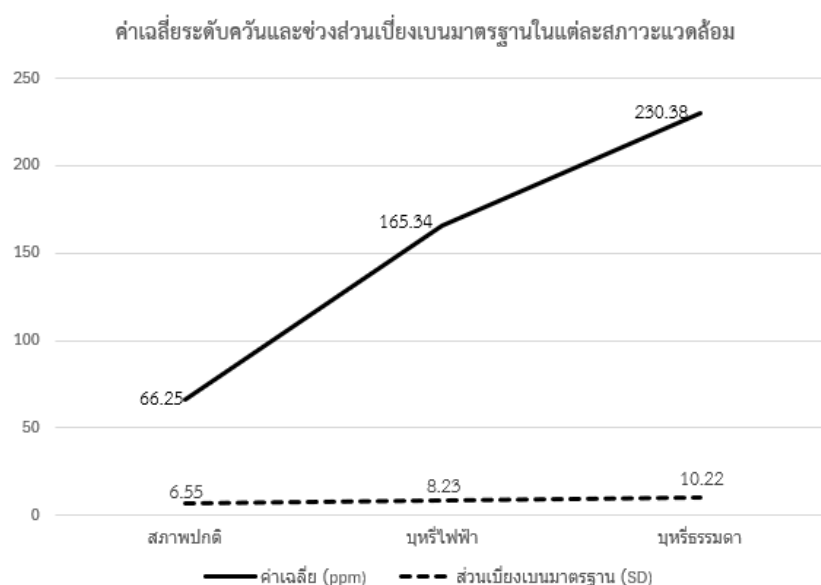
ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบระบบ

สภาพแวดล้อม	ค่า ppm เฉลี่ย	เวลาตอบสนอง		สรุปผล
		Buzzer	LINE API	
ปกติ	50–80 ppm (ต่ำกว่าเกณฑ์)	ไม่มีการแจ้งเตือน	ไม่มีการแจ้งเตือน	ระบบทำงานปกติ ไม่เกิดการแจ้งเตือนผิดพลาด
บุหรี่ธรรมดา	เกิน 200 ppm ใน 10–15 วินาที	2–3 วินาที	5–7 วินาที	ตรวจจับได้มีประสิทธิภาพ แจ้งเตือนรวดเร็วทั้ง Buzzer และ LINE
บุหรี่ไฟฟ้า	150–180 ppm (ต่ำกว่าเกณฑ์)	ไม่มีการแจ้งเตือน	ไม่มีการแจ้งเตือน	ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ แต่ไม่ถึงระดับแจ้งเตือน เนื่องจากค่า ppm ต่ำกว่าเกณฑ์

ประสิทธิภาพในการตรวจจับก๊าซ เซ็นเซอร์ MQ-135 มีความแม่นยำ โดยในสภาพแวดล้อมปกติ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นก๊าซ (ppm) อยู่ที่ 50–80 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์การแจ้งเตือน (200 ppm) และไม่เกิดการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Alarm) ในการทดสอบการสูบบุหรี่ธรรมดา ระบบสามารถตรวจจับค่า ppm ที่เกินเกณฑ์ได้ภายใน 10–15 วินาที พร้อมแจ้งเตือนผ่าน Buzzer ใน 2–3 วินาที และ LINE Messaging API ใน 5–7 วินาที ส่วนการทดสอบบุหรี่ไฟฟ้า ค่า ppm เฉลี่ยอยู่ที่ 150–180 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ แสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์มีความไวต่อสารระเหยอินทรีย์ (VOCs) จากบุหรี่ไฟฟ้าน้อยกว่าควันบุหรี่ธรรมดา อย่างไรก็ตาม ระบบยังสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของก๊าซได้ แม้ไม่ถึงระดับแจ้งเตือน

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบและประเมินผลระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการตรวจจับควันจากบุหรี่ยุคใหม่ในสถานะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลระดับควันในสามสถานการณ์ ได้แก่ สภาพปกติ (ไม่มีการสูบบุหรี่), การสูบบุหรี่ไฟฟ้า และการสูบบุหรี่ธรรมดา โดยทำการทดลองซ้ำในแต่ละสถานการณ์จำนวน 10 ครั้ง รวมเป็นข้อมูลทั้งหมด 30 ชุด จากนั้นได้คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มและความแปรปรวนของค่าที่ตรวจวัดได้ในแต่ละสถานการณ์ อันเป็นพื้นฐานในการประเมินประสิทธิภาพของระบบในการตรวจจับและแจ้งเตือนอย่างแม่นยำ



ภาพที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยระดับควันและช่วงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละสถานะแวดล้อม

จากภาพที่ 5 พบว่า ค่าระดับควันเฉลี่ยในสภาพปกติอยู่ที่ 66.25 ppm โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.55 ppm ซึ่งแสดงถึงสถานะแวดล้อมที่เสถียรและมีความแปรปรวนต่ำ ขณะที่การสูบบุหรี่ไฟฟ้าให้ค่าควันเฉลี่ยที่ 165.34 ppm และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.23 ppm ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสภาพปกติ ส่วนการสูบบุหรี่ธรรมดาให้ค่าควันเฉลี่ยสูงสุดที่ 230.38 ppm และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10.22 ppm ซึ่งบ่งชี้ถึงการเกิดควันในปริมาณมากและต่อเนื่อง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ปรากฏในกราฟสะท้อนถึงระดับความผันผวนของข้อมูล ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสนับสนุนว่าระบบสามารถแยกแยะสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของบุหรี่ธรรมดาที่มีค่าควันสูงอย่างชัดเจน

การวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบต้นแบบที่ใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อตรวจจับและแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้เหมาะสำหรับการใช้งานในสถานที่ที่ต้องการควบคุมการสูบบุหรี่ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล หรือพื้นที่สาธารณะ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดในด้านความแม่นยำ



และความหน่วงเวลายังคงเป็นประเด็นที่ต้องพัฒนา การเพิ่มเซ็นเซอร์ การใช้ Machine Learning และการปรับปรุงการเชื่อมต่อเครือข่ายจะช่วยยกระดับประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการในอนาคตได้อย่างสมบูรณ์

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่พบว่าความแม่นยำในการตรวจจับ และแจ้งเตือนการสูบบุหรี่ในระดับหนึ่ง ดังนั้น ควรเลือกเซ็นเซอร์ที่มีความไวสูงต่อสารระเหยอินทรีย์ (VOCs) และก๊าซจากบุหรี่ไฟฟ้า ซึ่งมีระดับความเข้มข้นของก๊าซ (ppm) ต่ำกว่าควันบุหรี่ธรรมดา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับทุกสถานการณ์ นอกจากนี้ ควรกำหนดค่า ppm ที่เหมาะสมสำหรับการแจ้งเตือนในกรณีต่าง ๆ เพื่อลดข้อผิดพลาดจากการตรวจจับผิดพลาด (False Negative) และเพิ่มความแม่นยำของระบบ ควรมีการทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมที่มีปัจจัยรบกวน เช่น ความชื้นสูง อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และฝุ่นละออง เพื่อประเมินความทนทานของเซ็นเซอร์ รวมถึงการพัฒนาอินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface) ที่เข้าใจง่ายและสามารถปรับแต่งได้ เช่น การตั้งค่าเกณฑ์การแจ้งเตือนและช่องทางการแจ้งเตือน เพื่อเพิ่มความสะดวกและรองรับการใช้งานที่หลากหลาย

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2566). ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2566. สืบค้นจาก <https://www.pcd.go.th/laws/29909/>
- ธนากร ธนวัฒน์. (2567). ผลกระทบในทฤษฎีจากการใช้บุหรี่ไฟฟ้า การทบทวนแนวทางการจัดโปรแกรมสำหรับการสร้างการรับรู้ถึงอันตรายต่อสุขภาพและการป้องกันการสูบบุหรี่ไฟฟ้าในวัยรุ่น. วารสารสาธารณสุขและวิทยาศาสตร์สุขภาพ, 7(2), 93–106. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/tjph/issue/view/18479>
- เบญจวรรณ ญาณกรกุล และสัญญา พันธุ์แพง. (2564). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับควันไฟป่าของอุปกรณ์เซ็นเซอร์. ใน การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคอมพิวเตอร์ภูมิภาคเอเชีย ครั้งที่ 9 (The 9th Asia Undergraduate Conference on Computing: AUCC) (น. 925–932). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์. (2562, 28 พฤษภาคม). ควันบุหรี่มือสอง อันตรายกว่าที่คิด. สืบค้นจาก <https://www.bumrungrad.com/th/health-blog/may-2019/smoking-danger>
- สุพล พรหมมาพันธ์. (2560). Internet of Things: เทคโนโลยีเปลี่ยนโลก. มหาวิทยาลัยศรีปทุม. <https://www2.spu.ac.th/award/14043/academic>
- อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์. (2567). สารพิษจากควันบุหรี่ ที่ครอบครวัต้องรับมือ ! รามาแชนแนล. สืบค้นจาก <https://www.rama.mahidol.ac.th/ramachannel/>



มหาวิทยาลัยหาดใหญ่
HATYAI UNIVERSITY

- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal. Retrieved from <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>
- Hatip, A., & Zayood, K. (2024). Multisensory fusion approaches for accurate smoke detection in smart environments. International Journal of Wireless and Ad Hoc Communication (IJWAC), 8(2), 23–31.
- Styles, J. (2019). Multi-sensor fusion in smoke alarm systems: Enhancing accuracy and reliability. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/388195741>