

การพัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่และระบบติดตามบนคลาวด์แบบเวลาจริง

นิพัทธ์ จงสวัสดิ์^{1,*}, อนุชา ตุงคัษฐาน²

^{1,2}ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received: 15 June 2021

Revised: 10 November 2022

Accepted: 10 November 2022

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหามลพิษทางอากาศและปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในจังหวัดใหญ่ของประเทศ เนื่องจากเป็นเมืองเศรษฐกิจ มีเขตพื้นที่อุตสาหกรรม มีประชากรอาศัยอยู่มากและมีการจราจรหนาแน่น จากการศึกษาพบว่าในหลายพื้นที่วัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) หรือ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ได้อยู่ในระดับสูงกว่าค่ามาตรฐาน มากกว่า 30 ppm/1 ชั่วโมง หรือมากกว่า 0.17 ppm/1 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่อุตสาหกรรมหรือชุมชนที่อยู่อาศัยที่มีการจราจรคับคั่ง ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เหล่านี้กำลังเผชิญกับวิกฤตการณ์มลพิษทางอากาศ โดยที่ไม่ทราบข้อมูล ไม่รู้เท่าทันและไม่ได้ระวังป้องกันตัวเอง ข้อมูลคุณภาพอากาศที่รายงานโดยกรมควบคุมมลพิษ นั้น เป็นการรายงานข้อมูลโดยค่าเฉลี่ยในจุดพื้นที่หลักๆ ที่มีสถานีวัดคุณภาพอากาศเท่านั้น ซึ่งจากการลงพื้นที่สำรวจและจัดเก็บข้อมูลพบว่าข้อมูลคุณภาพอากาศที่วัดได้ในพื้นที่นั้น มีความแตกต่างจากข้อมูลที่รายงานโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบ ข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่พบว่า คนไม่ได้เข้าเว็บไซต์เป็นประจำเพื่อดูข้อมูลรายงานคุณภาพอากาศ ไม่ทราบว่าในอากาศมีมลภาวะที่เป็นพิษอะไรบ้าง อยากทราบข้อมูลที่เป็นจริง ณ ปัจจุบัน เสนอให้แสดงผลข้อมูลในเชิงรุกเพื่อให้ประชาชนเกิดการตระหนักรู้ ผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการแก้ปัญหานี้ โดยพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ที่มีขนาดเล็กที่สามารถวัดข้อมูลคุณภาพอากาศและค่าก๊าซต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ สามารถพกพาไปเก็บรถยนต์หรือหน่วยเคลื่อนที่ได้ สามารถวัดข้อมูลคุณภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะจุดและรายงานข้อมูลได้แบบเวลาจริง ผ่านเครือข่ายไร้สายไปยังระบบคลาวด์หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลคุณภาพอากาศที่วัดได้จากในพื้นที่ที่เจาะจง พื้นที่ที่มีความเสี่ยงมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาชุดอุปกรณ์ที่มีมาตรฐาน พัฒนาระบบทั้งส่วน Front-End และ Back-End ที่รองรับการจัดเก็บข้อมูล การเชื่อมต่อข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการพัฒนาทั้งระบบที่เป็นข้อแตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่ผ่านมา ระบบที่พัฒนานี้มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับสถานีวัดคุณภาพอากาศที่มีมาตรฐาน และรองรับการนำไปใช้ประโยชน์ด้าน (1) การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านภูมิอากาศ (2) พัฒนาแพลตฟอร์มข้อมูลเปิดสำหรับการพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และ (3) ส่งเสริมระบบสาธารณสุขของประเทศ

คำสำคัญ: ดัชนีคุณภาพอากาศ อุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ การประมวลผลระบบคลาวด์ ระบบติดตามบนคลาวด์ ระบบนิเวศน์ดิจิทัล

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: nipat_j@rmutt.ac.th

Development of Portable Air Quality Monitor Devices and a Real Time Monitoring Cloud-Based System

Nipat Jongsawat^{1,*}, Anucha Tungkasthan²

^{1,2}Department of Mathematics and Computer Science

Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: 15 June 2021

Revised: 10 November 2022

Accepted: 10 November 2022

Abstract

Thailand now faces many environmental problems, particularly air pollution and particle pollution in many cities. These cities are economic cities and have industrial zones, congestion of people, and heavy traffic. Previous studies showed that levels of Carbon Monoxide (CO) or Nitrogen Dioxide (NO₂) exceeded the standards at 30 ppm./hr. or 0.17 ppm./hr., respectively, in industrial zones, or congestion areas. People, who are living in these areas, are facing severe air pollution crisis. Moreover, people rely on the air quality reports but in fact air pollutants are still affecting the people health. People are not aware of the risks and do not keep themselves safe. The average air quality was reported by the Pollution Control Department in a particular area. Based on our survey results, we found that the air quality or the levels of pollution in certain areas is different from the AQI value reported by the department. People suggested that they did not regularly access a web site to see the air quality report. They did not know exactly what pollutants are in the air. They need to see real-time air quality information and request to see proactive air quality information to make people aware of pollution. We proposed the development of portable air quality monitor devices to solve problems. The devices are small. They can provide high-accuracy measurements and can be equipped with the vehicle or mobile unit. They can be used to measure air pollution levels in certain areas and provide a real-time report. The data from each device is sent to cloud through a wireless network. Government or non-government agencies can make data-driven analysis and decisions, gain more benefits of sharing data, and utilize them with existing data. In this research, standard equipment was designed and developed. The Front-End and Back-End systems were developed to properly manage and store data, link to data sources and visualize data efficiently. The proposed solution in this research differs from prior research. This research serves the following purposes: (1) enhancing climate technology development and transfer, (2) developing open data platform for environmental sustainable development, and (3) serving the country's public health.

Keywords: Air Quality Index, Portable Air Quality Monitor Devices, Cloud Computing, Real Time Monitoring Cloud-Based System, Digital City Eco System

* Corresponding Author; E-mail: nipat_j@rmutt.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ของประเทศ จังหวัดเชียงใหม่ประสบวิกฤตหนักปัญหาฝุ่นควันละอองขนาดเล็ก PM 2.5 สูงกว่ามาตรฐาน 4-5 เท่า (ที่ระดับค่าเท่ากับ 253 US AQI) โดยขึ้นเป็นอันดับ 1 เมืองที่มีมลพิษมากที่สุดในโลก เนื่องจากปัญหาไฟป่า ทำให้ส่งผลกระทบต่อปายังหลายจังหวัดในภาคเหนือ ประชาชนในพื้นที่เริ่มมีปัญหาลำบาก มีอาการไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา อ่อนเพลีย และมีปัญหาระบบทางเดินหายใจ จังหวัดกรุงเทพมหานครและจังหวัดปริมณฑลก็ประสบกับปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กและอากาศเป็นพิษเช่นเดียวกัน เนื่องจากเป็นเมืองเศรษฐกิจ มีประชากรอาศัยอยู่มากและมีการจราจรหนาแน่น ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศพบว่าค่าที่ตรวจวัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน อยู่ในระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพไปจนถึงมีผลกระทบต่อสุขภาพ แม้ว่ากรุงเทพมหานครได้ดำเนินการมาตรการแก้ไขปัญหา ในบริเวณที่พบปริมาณฝุ่นละอองเกินมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง โดยการเพิ่มความถี่ในการล้างถนน ฉีดพ่นละอองน้ำในอากาศ ขอความร่วมมือจากโครงการก่อสร้างอาคาร และโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า ตรวจวัดควันดำรถยนต์ รถโดยสารสาธารณะ และรถยนต์ทั่วไป ก็ยังพบว่าระดับค่าฝุ่นละอองอยู่ในระดับที่สูงกว่าปกติ นอกจากนั้นค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI) ที่รายงานโดยกรมควบคุมมลพิษว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติหรือดีนั้น พบว่าบางองค์ประกอบมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกตัวอย่าง ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าสูงกว่า 30 ppm. /ชั่วโมง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่อุตสาหกรรม ชุมชนแออัด พื้นที่การจราจรคับคั่ง ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อประชาชนโดยตรงจากการสำรวจข้อมูลพบว่าประชาชนวางใจในข้อมูลตัวเลขคุณภาพอากาศที่รายงานโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบ แต่แท้จริงแล้วพบว่ายังคงมีปริมาณมลพิษในอากาศที่ยังอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยที่ประชาชนไม่ทราบ ไม่รู้เท่าทัน และไม่ได้ระวังป้องกันตัวเอง ข้อมูลคุณภาพอากาศที่รายงานโดยกรมควบคุมมลพิษผ่านเว็บไซต์นั้น เป็นการรายงานข้อมูลค่าเฉลี่ยในแต่ละวันจากที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในจุดพื้นที่หลักๆ ซึ่งสามารถเรียกดูข้อมูลคุณภาพอากาศหรือค่าต่างๆ เช่น ค่า PM2.5, PM10, CO, O₃, SO₂, NO₂ ในรูปแบบตารางข้อมูลและกราฟได้ตามช่วงเวลาที่กำหนด หากแต่ไม่สามารถวัดและแสดงค่าในพื้นที่เฉพาะจุดที่เจาะจงหรือต้องการทราบตามแต่ละช่วงเวลาได้

ผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการแก้ปัญหานี้ โดยพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ที่มีขนาดเล็ก สามารถวัดข้อมูลคุณภาพอากาศและพารามิเตอร์ต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ สามารถพกพาไปกับรถยนต์หรือหน่วยเคลื่อนที่ได้ สามารถวัดข้อมูลคุณภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะจุดและรายงานข้อมูลได้แบบเวลาจริง ผ่านเครือข่ายไร้สายไปยังระบบคลาวด์ ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถแสดงแผนที่คุณภาพอากาศเฉพาะตำแหน่งที่เจาะจงหรือ เฉพาะจุดที่เข้าทำการตรวจวัด แสดงผลข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์แบบเวลาจริงเพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่จะได้ทราบข้อมูลที่เป็นจริง ณ ปัจจุบัน ในพื้นที่นั้นๆ ทราบถึงระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นกับตนเอง ตลอดจนทราบคำแนะนำและวิธีการป้องกันตนเองจากปัญหาหมอกพิษในอากาศเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบกับสุขภาพ รวมถึงหน่วยงานจะได้ข้อมูลคุณภาพอากาศที่สำคัญที่วัดได้จากในพื้นที่เฉพาะจุดที่เป็นปัญหาหรือพื้นที่ที่มีความเสี่ยง เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ขนาดเล็กที่สามารถวัดค่าคุณภาพอากาศในพื้นที่เป้าหมายได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และรายงานข้อมูลแบบเวลาจริง ผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย
2. สร้างและพัฒนาระบบติดตาม จัดเก็บ และประมวลผลข้อมูลแบบเวลาจริงบนคลาวด์ รวมถึงส่วนแสดงผลบนคลาวด์และในพื้นที่

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Morawska et al. (2018) ได้ทบทวนงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่ำสำหรับการวัด ติดตาม และประเมินผลคุณภาพอากาศ นำเสนอเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดกับความต้องการของผู้พัฒนา แนะนำการใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาระบบหรือโปรแกรมประยุกต์อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ Patricia et al. (2019) ได้ประยุกต์ใช้เครื่องตรวจการเข้าถึง (Accessibility Scanner) ของ Google กับโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ตโฟนเพื่อรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศทั่วโลก ข้อมูลจะถูกดึงมาจากโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ เพื่อนำมาแสดงผล Mohit et al. (2019) ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Long Short-Term Memory (LSTM) ทำนายดัชนีคุณภาพอากาศของเมืองนิวเดลี ประเทศอินเดีย ซึ่งทำนายมลภาวะทางอากาศล่วงหน้าก่อน 1 ชั่วโมง ค่ามลภาวะที่ทำนายประกอบด้วย ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ก๊าซโอโซน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนเมษายน 2015 ถึง 31 มีนาคม 2017 และ 1 ตุลาคม 2017 ถึง 1 เมษายน 2019 นำข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวมาประมวลผลโดยใช้เทคนิค LSTM คำนวณและทำนายค่าดัชนีคุณภาพอากาศ ซึ่งให้ค่าความแม่นยำในระดับร้อยละ 90 Jiayu et al. (2020) ได้ประเมินคุณภาพการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีต้นทุนต่ำ 9 ชนิด นำมาทดสอบการกระจายตัวละอองลอยหรือแอโรซอล (aerosol) เทียบผลกับค่ามาตรฐาน ผลการแบ่งกลุ่มทดสอบสรุปได้ว่า เซ็นเซอร์วัดอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กทั้ง 9 ชนิดมีคุณภาพที่สามารถนำมาใช้งานได้ ถึงแม้จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันบ้างแต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ Nurul et al. (2018) พัฒนาระบบแจ้งเตือนคุณภาพอากาศ อุณหภูมิ และความชื้น โดยใช้บอร์ด Raspberry Pi 2 ไมโครโปรเซสเซอร์ในการประมวลผล จัดเก็บข้อมูลลงบนคลาวด์และแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่านอีเมลเมื่อระบบตรวจสอบพบว่าคุณภาพอากาศแย่หรือค่าที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าที่กำหนด Yaeseul et al. (2019) พัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศภายในอาคารซึ่งสามารถรายงานข้อมูลไปยังโปรแกรมประยุกต์บนสมาร์ตโฟนได้ ในรูปแบบค่าเฉลี่ยของข้อมูลคุณภาพอากาศเป็นรายวัน เดือน และปี Dayanand et al. (2020) พัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศโดยใช้บอร์ด Arduino Uno ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และแสดงผลข้อมูลที่วัดได้ผ่านจอแสดงผลแอลซีดีที่ติดตั้งอยู่กับตัวอุปกรณ์ JunHo et al. (2020) พัฒนาแพลตฟอร์มวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโดยใช้ Amazon เว็บเซอร์วิส จัดเก็บข้อมูลลงบนคลาวด์และแจ้งเตือนเป็นข้อความผ่านเว็บไซต์หากคุณภาพอากาศมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด Senthil Rajan et al. (2020) ใช้บอร์ด Arduino Uno และบอร์ด ESP8266 ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดคุณภาพอากาศ และใช้ NodeMCU สำหรับรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อมาประมวลผลแสดงผลผ่านจอแสดงผลแอลซีดี 16x2 (16 Columns, 2 Rows) Chirdsiri et al. (2017) ทำการศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อโรคการเจ็บป่วยจากอาคารของผู้ปฏิบัติงานถ่ายเอกสาร ทำการเปรียบเทียบอาการและอัตราการเกิดโรคการเจ็บป่วยจากอาคารของกลุ่ม

ศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักสถิติ ได้แก่ ร้อยละ, Chi - squares test, The Mann - Whitney, U - Test และ Odd Ratio ในการวิเคราะห์ทดสอบ ผลการศึกษา พบว่า การปฏิบัติงานถ่ายเอกสารของกลุ่มศึกษา มีค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซโอโซน ฝุ่นที่มีขนาด 2.5 และ 10 ไมครอน ภายในอาคารสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีค่าเฉลี่ยที่ 854 ppm, 0.16 ppm, 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ กลุ่มศึกษามีโอกาสเกิดอาการของโรคการเจ็บป่วยจากอาคารถึง 12.10 เท่าเมื่อเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบ และคุณภาพอากาศภายในอาคารสัมพันธ์กับการเป็นโรคการเจ็บป่วยจากอาคารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Orawan et al. (2017) พัฒนาระบบสำหรับตรวจวัดค่าฝุ่นละอองในอากาศบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละออง (dust sensor) ณ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้ง ตรัง และนำเสนอค่าปริมาณฝุ่นผ่านโปรแกรมประยุกต์ Dust@SDU ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลมีแนวโน้มใกล้เคียงกันกับข้อมูลจากกรมควบคุมคุณภาพอากาศ โดยค่าที่วัดจากอุปกรณ์ Dust sensor มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย Maturud et al. (2018) ศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงแรมของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ตรวจวัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารและเปรียบเทียบสิ่งปนเปื้อนระหว่างโรงแรม และประเมินกลุ่มอาการเจ็บป่วยของพนักงานโรงแรม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ทำงานด้วยแบบสำรวจพื้นที่และตรวจวัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ประเมินกลุ่มอาการเจ็บป่วยโดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และ t-test ผลสำรวจสภาพแวดล้อมในอาคาร พบว่าห้องครัวเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดสิ่งปนเปื้อนในอากาศมากกว่าพื้นที่อื่น โดยปริมาณฝุ่นที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ความเร็วลมและคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ASHRAE แต่อุณหภูมิและความชื้นมีค่าเกินกว่ามาตรฐานทั้ง 2 โรงแรม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสิ่งปนเปื้อนในอากาศระหว่างโรงแรมพบว่า ความชื้น (t-test = 5.650; p-value = 0.000) คาร์บอนไดออกไซด์ (t-test = -3.475; p-value = 0.001) และฝุ่นรวม (t-test = -5.440; p-value = 0.000) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ Aekkanat et al. (2019) พัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบดาต้าวิซวลไลเซชัน ด้วยตัวชี้วัดค่ามาตรฐานแห่งชาติคุณภาพอากาศในชั้นบรรยากาศประเทศไทย เก็บรวบรวมข้อมูลค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ตั้งแต่ 1 มกราคม 2561 - 31 ธันวาคม 2561 ผลงานวิจัยพบว่าตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลสามารถสร้างและแสดงภาพความหนาแน่นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันได้ นอกจากนี้การวัดคุณภาพอากาศแล้ว Ratanachuchock (2019) ได้ใช้ IoT สำหรับพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ สามารถติดตามคุณภาพน้ำผ่านโปรแกรมประยุกต์ได้ ผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมประยุกต์โดยใช้บอร์ด Arduino Uno R3 เป็นตัวควบคุมประมวลผล และมีเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ 1) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เซนเซอร์ Analog pH Meter Pro 2) วัดค่าความขุ่น โดยใช้เซนเซอร์ Analog Turbidity Sensor และ 3) วัดค่าอุณหภูมิน้ำ โดยใช้เซนเซอร์ Temperature Temp Sensor ผู้วิจัยได้ติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำในชุมชนและแสดงผลการวัดคุณภาพน้ำผ่านทางระบบสารสนเทศ จากการเก็บตัวอย่างข้อมูลการใช้งาน พบว่าคุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และสามารถบ่งบอกค่าคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

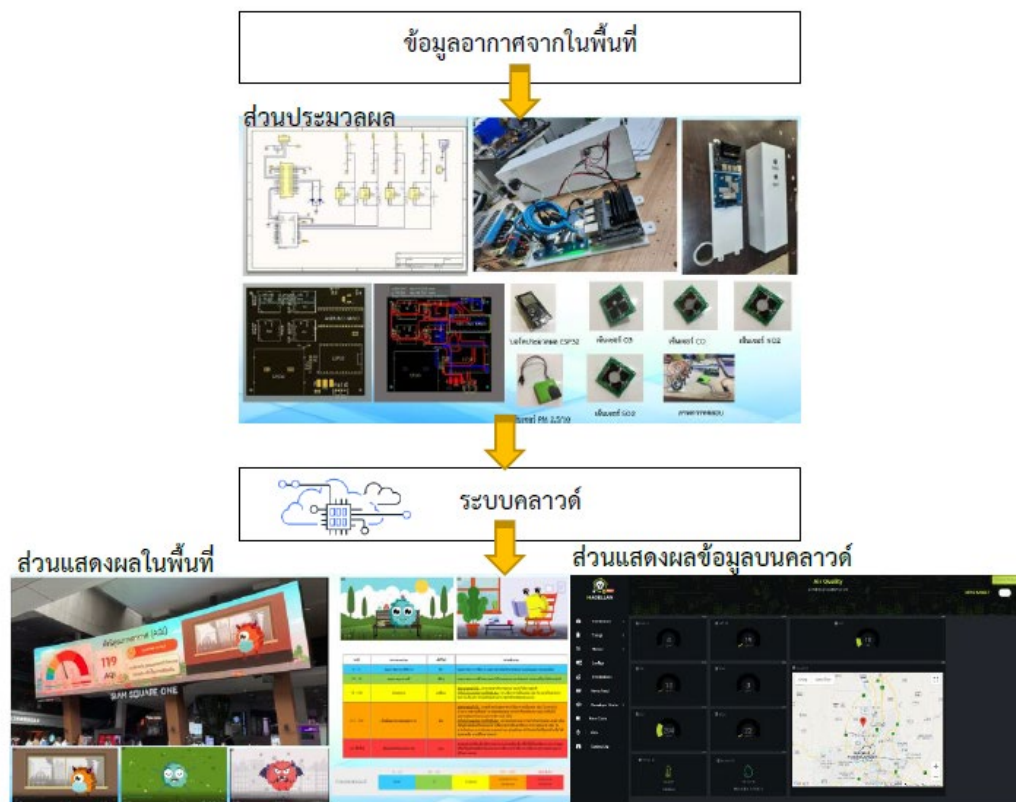
จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าผู้วิจัยส่วนใหญ่ได้พัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศ โดยใช้เซนเซอร์วัดค่าก๊าซในรูปแบบต่างๆ ที่มีราคาแตกต่างกันไป พัฒนาส่วนประมวลผลโดยใช้บอร์ด Raspberry Pi หรือ Arduino ร่วมกับ IoT ในการส่งข้อมูลไปจัดเก็บในเครื่องเซิร์ฟเวอร์หรือบนคลาวด์ พัฒนาส่วนแสดงผลผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บไซต์หรือสมาร์ตโฟน งานวิจัยนี้มีข้อแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาโดยชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาจะมีความแตกต่างจากอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในตลาดทั่วไป ผู้วิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ขนาดเล็ก ผ่านการทดสอบการใช้งานจริงและผ่านมาตรฐาน มีความแม่นยำสูง สามารถนำไปใช้ในการวัด

คุณภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะจุดได้ตามวัตถุประสงค์ ตัวเครื่องมีจอแอลซีดีแสดงผลข้อมูล สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายไปจัดเก็บยังระบบคลาวด์ ส่วน Back-End ถูกออกแบบมาให้สามารถแสดงผลข้อมูลได้แบบเวลาจริงผ่านเว็บเบราว์เซอร์มาตรฐาน โดยใช้เกจวัดแบบกราฟฟิกและใช้แผนที่ในการแสดงผล นอกจากนั้นยังได้พัฒนาส่วนแสดงผลในรูปแบบเอนิเมชันทั้งหมด 5 รูปแบบ พัฒนาโปรแกรมเพื่อประมวลผลข้อมูลและดึงข้อมูลเอนิเมชันที่ตรงกับค่าที่วัดได้ ไปแสดงผลยังจอแสดงผลที่ติดตั้งอยู่ที่ใดก็ได้ โดยส่งข้อมูลสตรีมมิ่งผ่านระบบเครือข่าย สถาปัตยกรรมของระบบที่พัฒนารองรับการเชื่อมต่อข้อมูลเข้ากับจอแสดงผล รองรับระบบเปิด และพร้อมที่จะเชื่อมโยงให้ระบบเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศดิจิทัลและเมืองอัจฉริยะ

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่และระบบติดตามบนคลาวด์แบบเวลาจริงแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ขนาดเล็กที่สามารถวัดค่าก๊าซและค่าฝุ่นละอองต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ โมดูลวัดคุณภาพอากาศจะแสดงผลข้อมูลผ่านหน้าจอแสดงผลของตัวอุปกรณ์และส่งข้อมูลที่วัดได้ขึ้นระบบคลาวด์เพื่อจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลแบบเวลาจริง ข้อมูลจะถูกดึงมาแสดงผลแบบกราฟฟิกบนคลาวด์แบบเวลาจริงตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนั้นยังได้เตรียมส่วนแสดงผลที่เหมาะสมกับจอแสดงผลที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่และส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไปแสดงผล

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่และระบบติดตามบนคลาวด์แบบเวลาจริง ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้

1. ศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะจุด ที่เป็นปัญหาจำนวน 10 จุด ในเขตกรุงเทพฯ (บริเวณสยามสแควร์ เขตปทุมวัน) ศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาชุดอุปกรณ์
2. ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ขนาดเล็ก
3. ออกแบบและพัฒนาระบบติดตามบนคลาวด์ (Monitoring System) และส่วนการประมวลผลบนคลาวด์ (Cloud Computing)
4. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และระบบติดตามบนคลาวด์ในพื้นที่จริง ทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากในพื้นที่กับค่าที่ได้จากสถานีรายงานคุณภาพอากาศที่ใกล้ที่สุดที่รายงานข้อมูลโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบ
5. ขอรับการทดสอบความถูกต้องแม่นยำของอุปกรณ์จากหน่วยงานที่ให้การรับรองมาตรฐาน
6. ติดตั้งอุปกรณ์และเริ่มต้นการใช้งาน
7. เก็บรวบรวมข้อมูลและติดตามผลการใช้งาน วิเคราะห์และปรับปรุงระบบให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเก็บข้อมูลจากประชาชนในพื้นที่ เพื่อจัดทำสรุปรายงานในประเด็นต่างๆ

การสำรวจข้อมูล

ในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะจุด ที่เป็นปัญหาจำนวน 10 จุด ในเขตกรุงเทพฯ บริเวณสยามสแควร์ เขตปทุมวัน โดยจัดทำแบบสำรวจและลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลจากประชาชนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน ซึ่งเป็นผู้อยู่อาศัย ผู้ประกอบธุรกิจ ผู้สัญจรไป-มาเป็นประจำ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การลงพื้นที่สำรวจและจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำมาพัฒนาระบบฯ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างใช้หลักสถิติเชิงพรรณนา ข้อมูลการตระหนักรู้ของประชาชนด้านคุณภาพอากาศในพื้นที่ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลการตระหนักรู้ด้านคุณภาพอากาศในพื้นที่

ด้านคุณภาพอากาศ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ท่านมีความตระหนักเกี่ยวกับคุณภาพอากาศหรือมลภาวะในพื้นที่นี้ (ที่มีคนจำนวนมาก/จราจรคับคั่ง/เขตพื้นที่อุตสาหกรรม) มากน้อยเพียงใด	4.23	0.82	มากที่สุด
2. จากการที่ท่านสัญจรไปมา ทำงานหรืออาศัยอยู่ในบริเวณย่านนี้ ท่านคิดว่าตัวท่านเองได้รับผลกระทบจากคุณภาพอากาศหรือมลภาวะเป็นพิษมากน้อยเพียงใด	4.35	0.67	มากที่สุด
3. ท่านทราบข้อมูลค่าฝุ่นละออง คุณภาพของอากาศ ที่ท่านอยู่หรือสัญจรไปมาในบริเวณพื้นที่นี้หรือไม่/มากน้อยเพียงใด	3.53	0.88	มาก
4. ท่านทราบถึงผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของท่านหรือไม่ หากค่าฝุ่นละออง/คุณภาพของอากาศสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด	2.90	0.92	ปานกลาง
5. ท่านมีความพร้อมในการรับมือกับฝุ่นละออง/คุณภาพของอากาศที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดหรือไม่/มากน้อยเพียงใด	3.05	0.79	ปานกลาง
รวม	3.61		ปานกลาง

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่า คนส่วนใหญ่มีความตระหนักเกี่ยวกับคุณภาพอากาศหรือมลภาวะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ เนื่องจากเป็นบริเวณพื้นที่ท่องเที่ยว มีผู้คนและการจราจรหนาแน่น และคิดว่าตัวเองได้รับผลกระทบจากคุณภาพอากาศหรือมลภาวะที่เกิดขึ้น แต่คนส่วนใหญ่ไม่ทราบข้อมูลคุณภาพอากาศ ข้อมูลระดับค่าฝุ่นละอองในบริเวณที่ตนเองอยู่หรือสัญจรไปมา รวมถึงไม่ทราบผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับตนเองเมื่อค่าฝุ่นละอองหรือค่ามลพิษทางอากาศสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ความพร้อมในการรับมือกับปัญหาฝุ่นละอองที่เกินค่ามาตรฐานอยู่ในระดับปานกลาง ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมพบว่า ประชาชนอยากทราบข้อมูลคุณภาพอากาศแบบที่เข้าใจง่าย ดูแล้วเกิดความสนใจ สามารถรับรู้ได้ เป็นข้อมูลในรูปแบบกราฟฟิกหรือแอนิเมชันที่สามารถดึงดูดความสนใจและสร้างการรับรู้ในช่วงเวลาสั้นๆ ควรมีข้อเสนอแนะในการปฏิบัติ ควรแสดงข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นปัจจุบัน เป็นต้น

การดำเนินการวิจัย การออกแบบและพัฒนาระบบ

เมื่อทราบข้อมูลความต้องการของกลุ่มประชากรในพื้นที่และศึกษาความเป็นไปได้แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบตามกระบวนการดังนี้

1. คัดเลือกและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะนำมาพัฒนาโมดูลคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้คัดเลือกอุปกรณ์และเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่มีขนาดเล็ก มีคุณภาพสูง มีการรับประกันระยะยาว เนื่องจากงานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะพัฒนาอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ให้มีขนาดเล็กที่สุด อุปกรณ์ประกอบด้วย (1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 (2) บอร์ดอาร์ดูโน้ (Arduino Board) (3) เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5/10 (4) เซ็นเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) (5) เซ็นเซอร์วัดก๊าซโอโซน (O₃) (6) เซ็นเซอร์วัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) (7) เซ็นเซอร์วัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) (8) โมดูล WiFi และ (9) โมดูลแปลงไฟ (AC/DC)

งานวิจัยนี้ได้เลือกเซ็นเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ยี่ห้อ SPEC มาใช้งาน เนื่องจากตัวเซ็นเซอร์มีขนาดเล็ก มีคุณภาพสูงและได้รับการรับรองมาตรฐานระดับ

สากล ตัวอย่างเซ็นเซอร์ทั้ง 4 แบบของ SPEC ที่นำมาใช้งาน แสดงดังภาพที่ 3 สำหรับเซ็นเซอร์วัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5/10 ได้เลือกใช้ Sensirion Particulate Matter Premium Sensor (SPS30) ซึ่งใช้ในการตรวจจับอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก ตัวอุปกรณ์มีขนาดกะทัดรัด มีคุณภาพสูง และได้รับการรับรองมาตรฐานสากล ใช้หลักการทำงานแบบ laser scattering มีอายุการใช้งานมากกว่า 8 ปี ตามที่ผู้ผลิตกำหนด เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับอนุภาคได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยขนาดอนุภาคที่ตรวจจับได้คือ PM1.0, PM2.5, PM4 และ PM10 ขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุดที่ตรวจจับได้คือ 0.3 μm ที่สำคัญคือ สามารถต่อเชื่อม SPS30 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละอองขนาดเล็กที่นำมาใช้งาน แสดงดังภาพที่ 4 เซ็นเซอร์ทุกตัวที่นำมาใช้งานมีโมดูลที่แปลงค่าก๊าซหรือค่าฝุ่นละอองที่วัดได้มาเป็นค่ามาตรฐานในหน่วย $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ที่สามารถนำมาคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศได้ การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของสารมลพิษทางอากาศแต่ละประเภท คำนวณจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยมีระดับของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่ระดับต่าง ๆ การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศภายในช่วงระดับเป็นสมการเส้นตรง ดังสมการที่ (1)

กำหนดให้

$$I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i} (X - X_i) + I_i \quad (1)$$

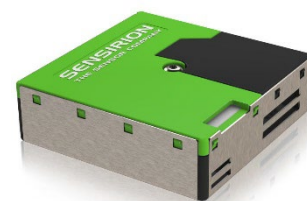
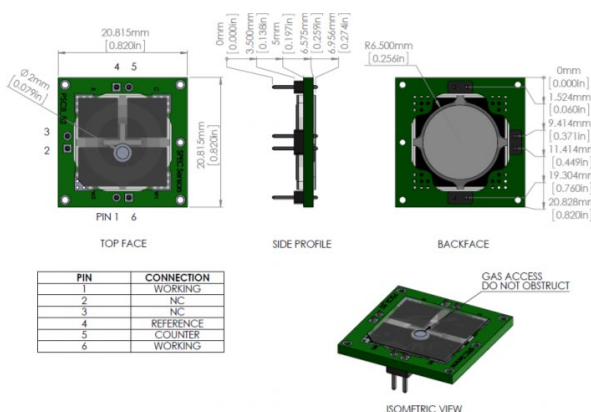
เมื่อ

I = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ

X = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด

X_i, X_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

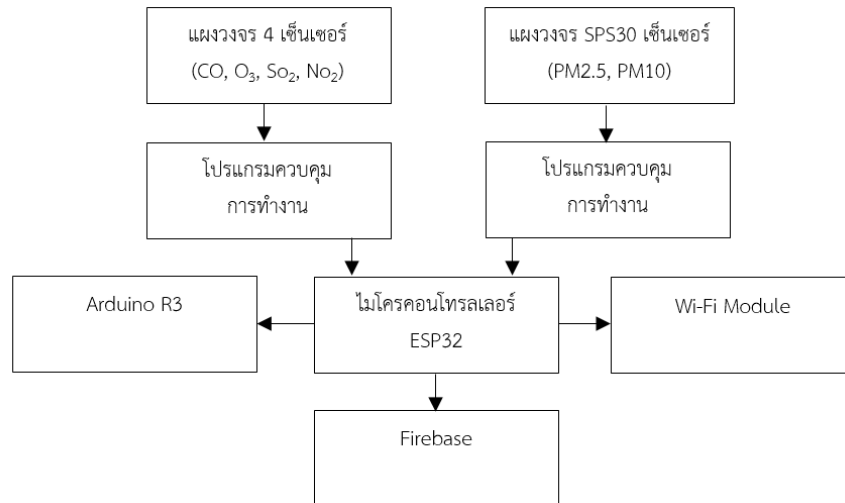
I_i, I_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X จากค่าดัชนีย่อยที่คำนวณได้ สารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าดัชนีสูงสุด จะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ณ ช่วงเวลานั้น



ภาพที่ 4 เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (SPS30)

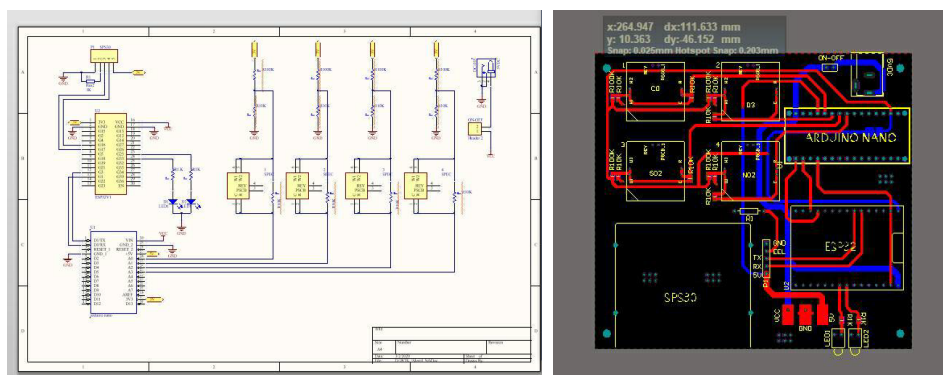
ภาพที่ 3 ตัวอย่างเซ็นเซอร์วัดค่า CO , O_3 , SO_2 , NO_2 ของ SPEC

2. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และเซ็นเซอร์ต่างๆ จากนั้นดำเนินการออกแบบระบบการทำงานของโมดูลวัดคุณภาพอากาศ รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 5

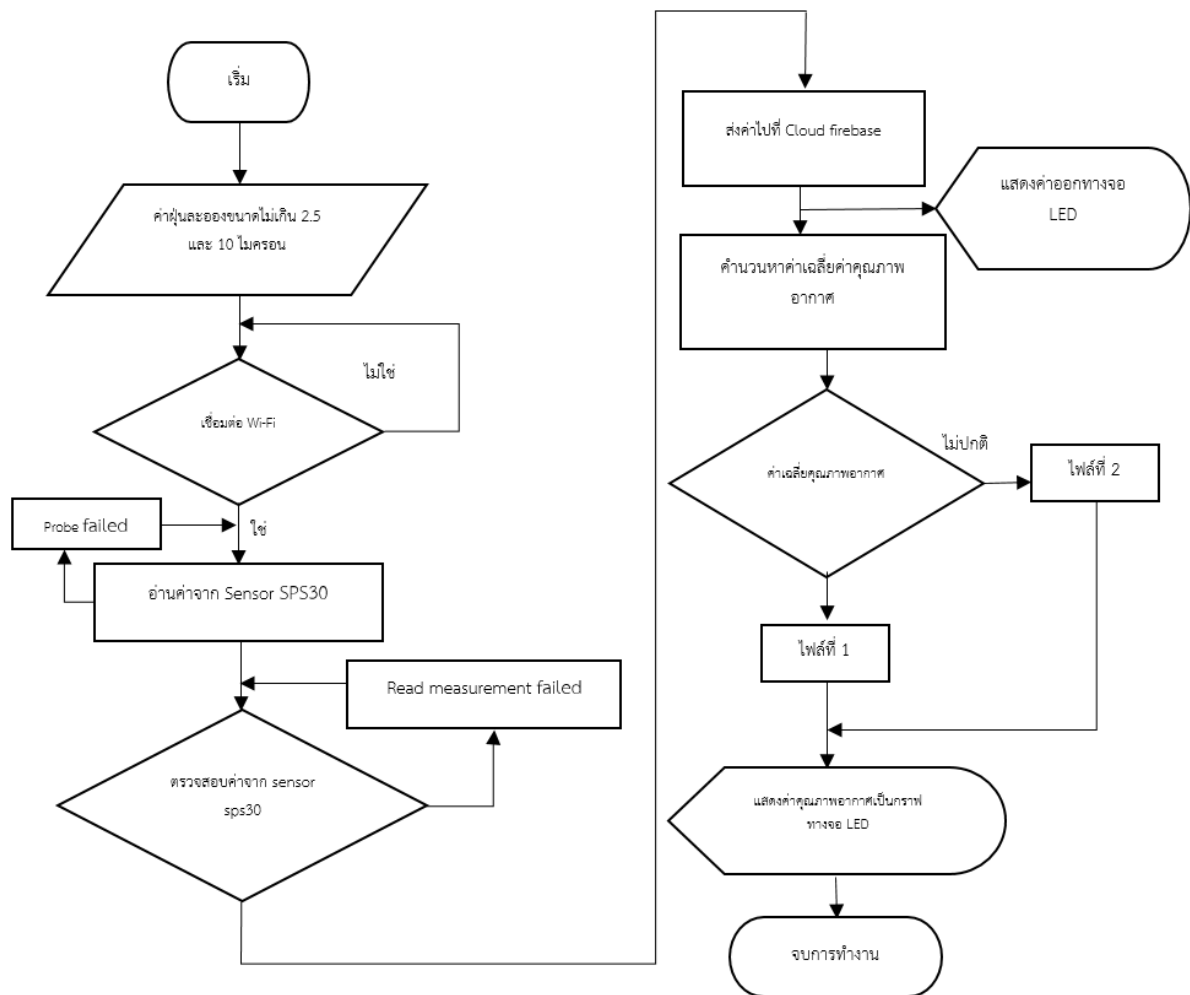


ภาพที่ 5 การทำงานของโมดูลวัดคุณภาพอากาศ

โมดูลวัดคุณภาพอากาศจะรับค่าก๊าซต่างๆ ได้แก่ CO, O₃, SO₂, NO₂ และค่าฝุ่นละออง PM2.5/10 เข้ามายังแผงวงจรแล้วทำการตรวจสอบโดยผ่านโปรแกรมควบคุม จากนั้นจะนำค่าที่ตรวจวัดได้ไปเก็บในตัวแปรของบอร์ดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน R3 โดยแปลงค่าให้อยู่ในรูปแบบของ String แล้วส่งค่าไปยังบอร์ดประมวลผล ESP32 และส่งข้อมูลขึ้นไปยังฐานข้อมูล Firebase บนระบบคลาวด์ผ่านเครือข่ายไร้สาย จากนั้นทำการดึงข้อมูลทั้ง 6 ค่ามาแสดงผลในรูปแบบกราฟและแผนที่ผ่านแดชบอร์ดบนเว็บ เมื่อทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ รวมถึงการเชื่อมต่อกับ Firebase แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบแผงวงจรเพื่อสั่งทำบอร์ด PCB ให้มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถรองรับการติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ภายในโมดูลได้ ภาพที่ 6 และ 7 แสดงตัวอย่างขั้นตอนการทำงานของเซ็นเซอร์วัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5/10 ไมครอน ซึ่งเซ็นเซอร์แบบอื่นๆ ก็ทำงานในรูปแบบขั้นตอนที่เหมือนกัน

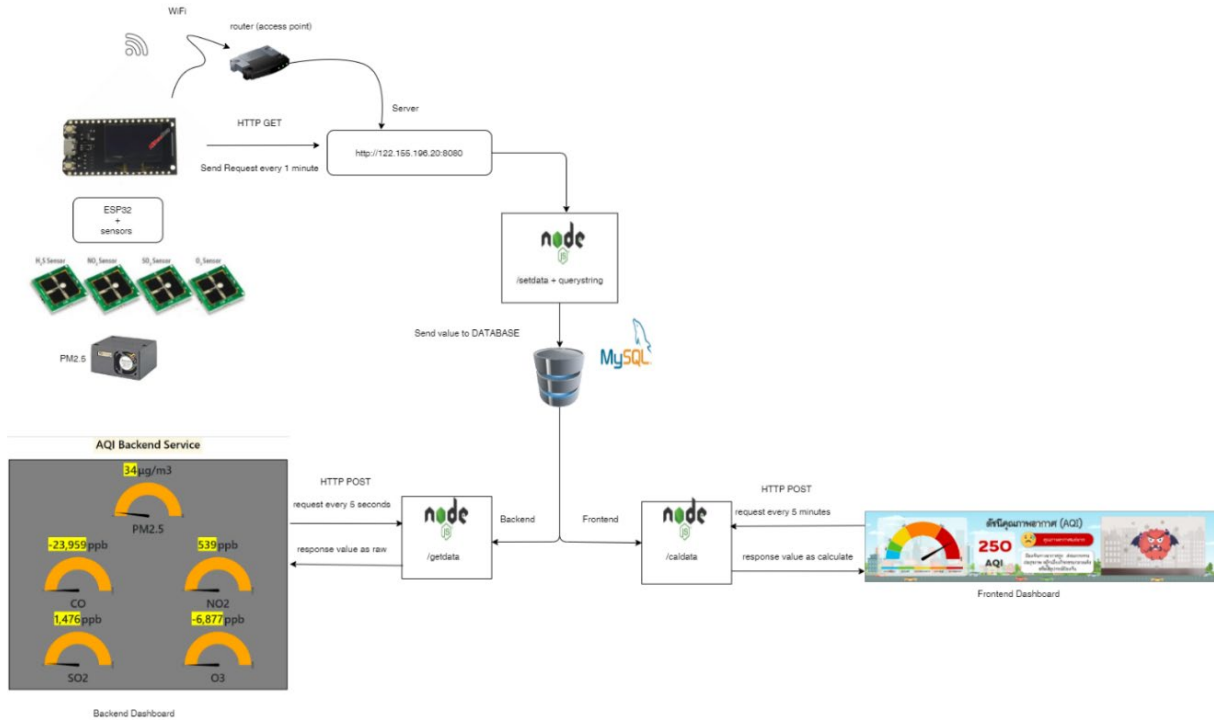


ภาพที่ 6 แผงวงจรโมดูลวัดคุณภาพอากาศ



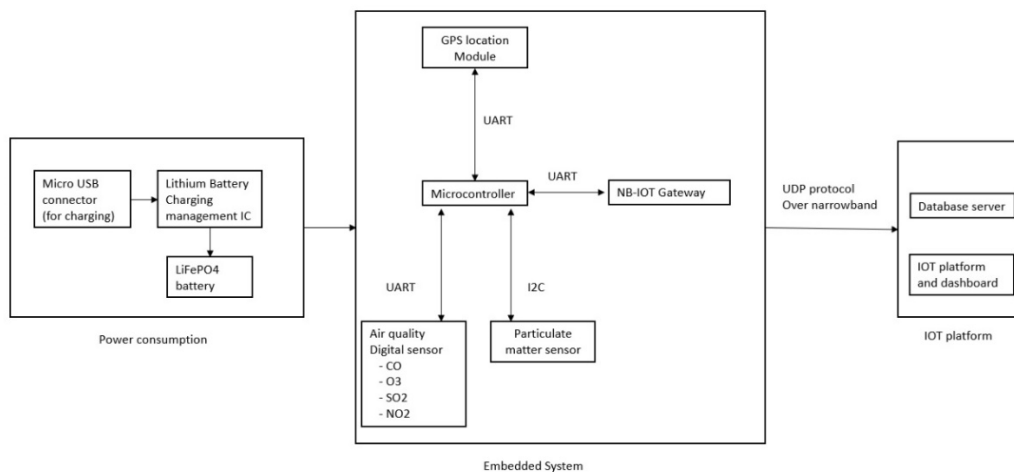
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทำงานของเซ็นเซอร์วัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5/10 ไมครอน

3. ออกแบบไดอะแกรมภาพรวมของระบบที่ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศขนาดเล็ก การพัฒนาในส่วน Front-End และ Back-End รวมถึงการรับ-ส่งข้อมูล แสดงดังภาพที่ 8



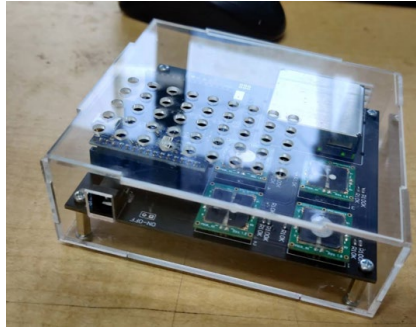
ภาพที่ 8 ไดอะแกรมภาพรวมของระบบที่พัฒนา

ระบบใช้ Nodejs ทำงานในรูปแบบเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้โปรโตคอล HTTP (GET method) ในการส่งข้อมูลทุกๆ 1 นาที ค่าที่วัดได้จะถูกส่งออกมาจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ทั้ง 5 ตัว ได้แก่ CO, NO₂, O₃, SO₂, PM2.5/10 และส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไปจัดเก็บในฐานข้อมูลในคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ระบบ Back-End ถูกพัฒนามาบนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์เพื่อดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงผลทุกๆ 5 วินาที นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดระยะเวลาในการดึงข้อมูลได้ผ่านจอแสดงผลแบบแอนิเมชัน โปรแกรมที่พัฒนาจะดึงข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลมาคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศ AQI เมื่อได้ระดับค่า AQI แล้วจะทำการแปรผลและดึงข้อมูลกราฟฟิคทั้งในรูปแบบภาพนิ่งและไฟล์วิดีโอที่จัดเตรียมไว้เพื่อไปแสดงผล โดยโปรแกรมสามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไปยังจอแสดงผลที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ภาพที่ 9 แสดงองค์ประกอบของระบบที่ได้พัฒนาในส่วน power consumption, embedded system และส่วน IoT แพลตฟอร์ม



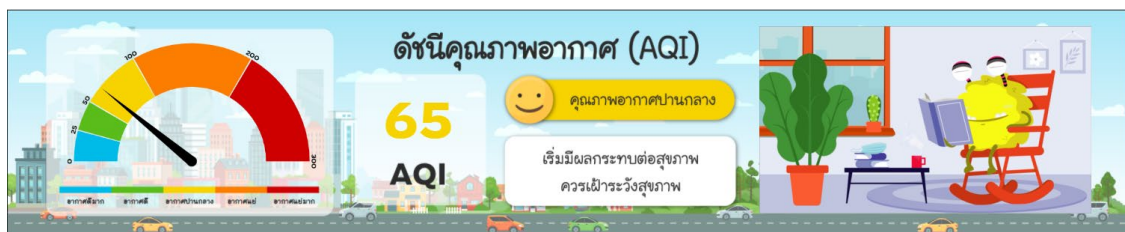
ภาพที่ 9 การพัฒนาส่วน Power Consumption, Embedded System และ IoT Platform

4. อุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ขนาดเล็กที่ได้พัฒนาแสดงดังภาพที่ 10



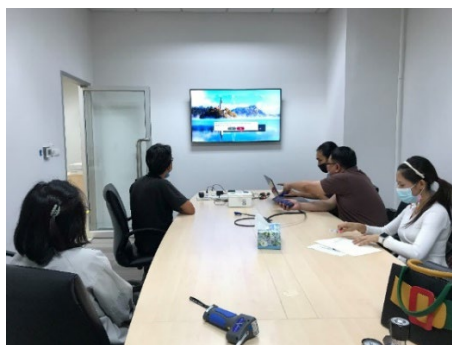
ภาพที่ 10 อุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ขนาดเล็ก

5. พัฒนาแดชบอร์ดหลักในส่วน Front-End ที่ประกอบด้วยเกจวัดแสดงค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) แสดงค่าพร้อมตัวเลข ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ คำแนะนำสำหรับการปฏิบัติ และวิดีโอแอนิเมชันเพื่อสร้างการรับรู้ ดึงดูดความสนใจ ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่แตกต่างกัน จำนวน 5 รูปแบบหรือระดับตามมาตรฐานการแบ่งช่วงระดับคุณภาพอากาศ ตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย ข้อมูลตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แดชบอร์ดหลักในส่วน Front-End สำหรับการแสดงผล

6. ทำการทดสอบความถูกต้องแม่นยำของชุดอุปกรณ์ แสดงดังภาพที่ 12 โดยทำการสอบเทียบชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่กับอุปกรณ์วัดค่าก๊าซมาตรฐาน ณ สถาบันมาตรวิทยา ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนานั้นสามารถวัดค่าได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ชุดสอบเทียบ ค่า PM_{2.5}/10 ในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าก๊าซอื่นๆ ในหน่วย ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb และส่วนในล้านส่วน หรือ ppm



ภาพที่ 12 ทดสอบความถูกต้องแม่นยำของชุดอุปกรณ์

7. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และระบบติดตามบนคลาวด์ในพื้นที่จริง บริเวณสยามสแควร์ ปทุมวัน จำนวน 3 จุด และทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากในพื้นที่กับค่าที่ได้จากสถานีรายงานรายงานคุณภาพอากาศที่ใกล้ที่สุดที่รายงานโดยกรมควบคุมมลพิษ การติดตั้งและทดสอบการใช้งานอุปกรณ์และการทำงานของระบบ รวมถึงส่วนเชื่อมต่อกับจอแสดงผลแอลอีดี แสดงดังภาพที่ 13



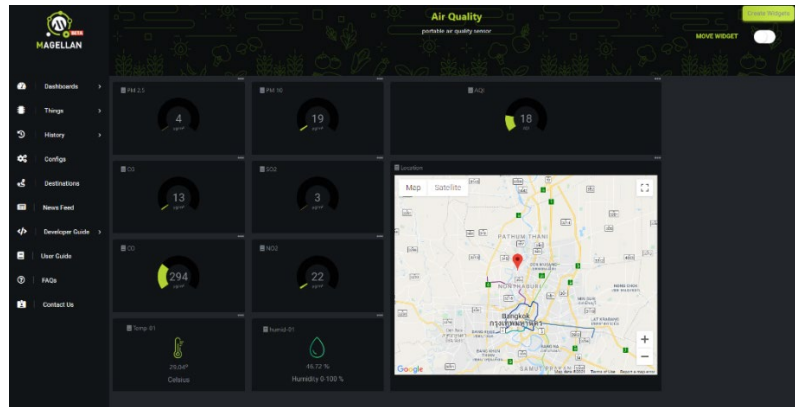
ภาพที่ 13 การติดตั้งและทดสอบการใช้งานอุปกรณ์และระบบในพื้นที่จริง

8. รายงานข้อมูลคุณภาพอากาศผ่านจอโฆษณาแอลอีดีขนาดใหญ่ แสดงดังภาพที่ 14 สถานีจอโฆษณาแอลอีดีถูกออกแบบให้เชื่อมต่อกับระบบคลาวด์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อดึงข้อมูลกราฟฟิกและแอนิเมชันมาแสดงผล เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ได้ทราบข้อมูลคุณภาพอากาศ ณ เวลาปัจจุบัน วิธีการปฏิบัติตนเองเพื่อระวัง ป้องกัน หรือหลีกเลี่ยงเมื่อคุณภาพอากาศเริ่มส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ผู้วิจัยเน้นสื่อสารข้อมูลที่มีความน่าสนใจ เข้าใจง่าย เกิดการรับรู้และบอกต่อ ซึ่งดำเนินการตามข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจจากประชาชนในพื้นที่ในขั้นตอนแรกของงานวิจัย



ภาพที่ 14 การทดสอบติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ในพื้นที่จริง

9. ในส่วน Back-End บนคลาวด์ได้พัฒนาแดชบอร์ดสำหรับรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศโดยแสดงผลข้อมูลแบบเวลาจริง และใช้แผนที่สำหรับระบุตำแหน่งหรือพื้นที่ที่มีการวัดและรายงานข้อมูลมายังเซิร์ฟเวอร์ สภาพแวดล้อมบนคลาวด์ประกอบด้วย ซีพียู 2 vCPU, RAM 4 GB และพื้นที่จัดเก็บข้อมูล 50 กิกะไบต์ ภาพที่ 15 แสดงแดชบอร์ดรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศบนระบบคลาวด์



ภาพที่ 15 แดชบอร์ดรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศบนระบบคลาวด์

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ที่มีขนาดเล็ก สามารถวัดข้อมูลคุณภาพอากาศและค่าก๊าซต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ สามารถพกพาไปกับรถยนต์หรือหน่วยเคลื่อนที่ได้ สามารถวัดข้อมูลคุณภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะจุดและรายงานข้อมูลได้แบบเวลาจริง ผ่านระบบเครือข่ายไร้สายและส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถแสดงแผนที่คุณภาพอากาศเฉพาะตำแหน่งที่เจาะจงหรือเฉพาะจุดที่เข้าทำการตรวจวัดได้ แสดงผลข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์แบบเวลาจริง ทั้งในส่วน Back-End และ Front-End สามารถต่อเชื่อมกับจอแสดงผลที่ติดตั้งอยู่ที่ใดก็ได้ ข้อมูลจะถูกส่งจากระบบ Back-End บนคลาวด์กลับไปยังจอแสดงผลที่เชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่าย ด้วยวิธีการนี้ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่จะได้ทราบข้อมูลคุณภาพอากาศที่เป็นจริง ณ เวลาปัจจุบัน ทราบถึงระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นกับตนเอง ตลอดจนทราบคำแนะนำและวิธีการป้องกันตนเองจากปัญหามลพิษในอากาศหาวิธีการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาหามลภาวะทางอากาศในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น พื้นที่อุตสาหกรรม ชุมชนแออัด พื้นที่การจราจรคับคั่ง ซึ่งประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่หรือผู้สัญจรไปมาเป็นประจำไม่ทราบข้อมูลคุณภาพอากาศ ณ เวลาปัจจุบัน ทำให้ไม่ทราบถึงระดับผลกระทบที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ส่งผลให้ไม่ได้เฝ้าระวัง หลีกเลี่ยง ไม่ได้ป้องกันตนเองอย่างถูกต้องเหมาะสม ปัญหาจากความไม่รู้จึงส่งผลกระทบต่อประชาชนในวงกว้าง งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศและระบบติดตามข้อมูล เพื่อให้เป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศดิจิทัลของ การพัฒนาเมืองอัจฉริยะ สามารถสนับสนุนข้อมูลคุณภาพอากาศในพื้นที่สำคัญเฉพาะจุดที่เป็นปัญหา ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญให้กับหน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในงานที่เกี่ยวข้องได้

ข้อเสนอแนะ

ผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดสำหรับพัฒนาระบบรายงานคุณภาพอากาศในพื้นที่เสี่ยง พื้นที่ที่มีมลภาวะอากาศเป็นพิษ สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศในเชิงพื้นที่ได้ นอกจากนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเชื่อมต่อข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

เอกสารอ้างอิง

- Aekkanat, et al. (2019). Data Predictive Model of Thai Air Quality Using Data Visualization Based on national Ambient Air Quality Standards. *The Proceedings of the 4th International RMUTR Conference*, 26-28 June 2019, 1-10. (in Thai)
- Chirdsiri, et al. (2017). The Study of Indoor Air Quality Affect on The Sick Building Syndrome of Photocopier Operators. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 9(3), 106-120.
- Dayanand, S. T., et al. (2020). Arduino Uno Based Air Quality Monitoring and Filtering System. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 10(2), 24556-24560.
- JunHo, J., et al. (2020). Development of an IoT-Based Indoor Air Quality Monitoring Platform. *Journal of Sensors*, 20(1), 1-14.
- Maturod, et al. (2018). Indoor Air Quality in Hotel Buildings and Sick Building Syndrome of Hotel Staffs, Surat Thani Province. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 20(3), 64-73.
- Mohit et al. (2019). Air Quality Index Prediction of Delhi using LSTM. *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science*, 8(5), 59-68.
- Morawska, L. et al. (2018). Applications of low-cost sensing technologies for air quality monitoring and exposure assessment: How far have they gone?. *Environ International Journal*, 116, 286–299. doi:10.1016/j.envint.2018.04.018.
- Nurul, A.Z. et al. (2018). Wireless Internet of Things-Based Air Quality Device for Smart Pollution Monitoring. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(11), 65-69.
- Orawan et al. (2017). Measuring Dust System in the Air on Smartphone Devices. *Journal of Information Science and Technology*, 10(1), 1-9. (in Thai)
- Patricia, A.V. (2019). *Accessibility Evaluation of Mobile Applications for Monitoring Air Quality*. Springer Nature Switzerland AG 2019, 918, 638–648. doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_61.
- Ratanachuchock, P., (2019). Development of Water Quality Measurement Systems Using IoT to Monitor Water Quality through an Application. *Sripatum Review of Science and Technology*, 11, 78-92. (in Thai)
- Senthil Rajan, M.E. et al. (2020). IoT BASED AIR QUALITY MONITORING SYSTEM. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(7), 2812-2819.
- Yaeseul, S. et al. (2019). Development of a Smart Air Quality Monitoring System and its Operation. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 13(1), 30-38.