

การพัฒนาระบบตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กอัจฉริยะ

สำหรับภายในและภายนอกอาคาร

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR PARTICULATE MATTER AIR
POLLUTION MONITORING FOR INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTSจริยา พันธา^{*,1} และ ศรัทธา บุญเฉลียว²Jariya Panta^{*,1} and Sataya Boonchaleaw²¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี² บริษัท พีทีที ดิจิตอล โซลูชั่น จำกัด¹ Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University² PTT Digital Solutions Company Limited

Received: 24 November 2023

Revised: 9 April 2024

Accepted: 9 April 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กในระดับ PM 2.5 ที่สามารถวัดและรายงานค่าฝุ่นละอองได้ตามเวลาจริงในสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร ผลการทดสอบการวัดปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในอากาศเฉลี่ยต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 16 วัน ด้วยเครื่องมือวัดฝุ่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น พบว่ามีแนวโน้มของกราฟแสดงปริมาณฝุ่นที่ใกล้เคียงกันหรือไปในทิศทางเดียวกันกับอุปกรณ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษที่ติดตั้ง ณ ศูนย์แสดงและจำหน่ายสินค้าโอท็อป ตำบลในเมือง อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี โดยมีค่าความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย 6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลวิจัยชี้ว่า เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้ นอกจากนี้ระบบตรวจวัดฝุ่นสามารถเรียกดูค่าปริมาณฝุ่นย้อนหลังได้ตามช่วงวันและเวลาต่างๆ ได้ ทั้งในรูปแบบของกราฟและตาราง ผ่านทางเว็บไซต์ที่สามารถเข้ากันได้กับทั้งเว็บเบราว์เซอร์

* Corresponding author: จริยา พันธา

E-mail: jariya.panta@gmail.com

ในคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน พร้อมทั้งมีระบบแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองผ่านระบบแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์ เมื่อมีปริมาณของฝุ่นละอองที่เกินค่ามาตรฐาน

คำสำคัญ: ระบบตรวจวัดฝุ่น, ฝุ่นละอองขนาดเล็ก, คุณภาพอากาศ, แอปพลิเคชันไลน์

Abstract

This research reports the development of a fine dust monitoring system at PM 2.5 level. The system is able to measure and report dust values in real time in both indoor and outdoor environments. The results of the test measuring the amount of PM 2.5 dust in the air for an average of 24 consecutive hours for 16 days using the dust measuring device developed by the researchers showed a graph trend of dust levels that were similar to or in the same direction as the standard equipment of the Pollution Control Department installed at the OTOP Center, Tambon Nai Mueang, Mueang Ubon Ratchathani District, Ubon Ratchathani Province, with an average dust concentration difference of 6 micrograms per cubic meter. The research results showed that the developed prototype can be used. In addition, the dust monitoring system can retrieve statistical information of real-time and past time and certain data depicted in the forms of graphs and tables exhibiting dust particle levels on website through web browsers on computers and smart phones. Moreover, there is an alert system of the exceeding pollution value through LINE application when the set standard value is exceeded.

Keywords: Particulate matter detection system, Micro dust particle, Air quality, LINE application

บทนำ

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในทุกๆ ปี ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกินมาตรฐานคุณภาพอากาศ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีโรคประจำตัว อาจส่งผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคหอบหืด โรคปอด โรคตาอักเสบ โรคผิวหนัง เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2561; กลุ่มเฝ้าระวังฝุ่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562; กรมควบคุมมลพิษ, 2565) ในช่วงปลายปีและต้นปีของประเทศไทย พบว่าสภาพอากาศเป็นปัจจัยที่ทำให้พบฝุ่นละอองมากที่สุด เพราะเป็นช่วงที่ประเทศไทยได้รับความกดอากาศสูงจากทางตอนเหนือที่เคลื่อนตัวลงมาปกคลุมไปทั่วพื้นที่ ทำให้เกิดสภาพอากาศที่นิ่ง ความกดอากาศที่ปกคลุมปิดกั้นไม่ให้ฝุ่นต่างๆ ที่สะสมตัวอยู่ภายในอากาศระบายได้ ทำให้มีการสะสมของฝุ่นละอองในอากาศเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศ เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้นแปรผันตรงกับมลพิษทางอากาศ ส่วนปัจจัยความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน อุณหภูมิต่ำสุด และความเร็วลมแปรผกผันกับมลพิษทางอากาศ (ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และดวงนภา ลามใหญ่, 2561) ซึ่งสาเหตุหลักของปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กมาจากการก่อสร้างซ่อมแซม ต่อเติมอาคาร การเดินทาง การขนส่งที่ใช้เครื่องยนต์ อากาศพิษที่ปล่อยจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า กิจกรรมทางการเกษตร และกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดการเผาไหม้ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งภายในอาคาร (indoor air pollution) และภายนอกอาคาร (outdoor air pollution) รวมถึงไฟป่าทั้งที่เกิดตามธรรมชาติและการลักลอบเผาป่า เป็นต้น (ชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์, 2560; กรมควบคุมมลพิษ, 2561; ฐิฎาพร สุภาชี และคณะ, 2561; ลัดดาวัลย์ จำปา, 2565).

จากภาพรวมสถานการณ์คุณภาพอากาศของประเทศไทยเมื่อปี 2565 พบว่ามีปริมาณค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ลดลงจากปี 2564 ร้อยละ 5 (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) แต่อย่างไรก็ตาม ในช่วงต้นปี 2566 พบว่าหลายพื้นที่ยังมีปริมาณฝุ่นเกินค่ามาตรฐาน และยังมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา ส่วนใหญ่เป็นจังหวัดที่อยู่ทางภาคเหนือ รวมทั้งพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล (กรมควบคุมมลพิษ, 2561; ฐิฎาพร สุภาชี และคณะ, 2561; กรมควบคุมมลพิษ, 2565) ด้วยปัญหามลพิษทางอากาศที่มีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงได้มีการปรับเกณฑ์มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในชั้นบรรยากาศโดยทั่วไปใหม่ ตามที่ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) กำหนดไว้ว่า จากเดิมประเทศไทยใช้ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง กำหนดค่ามาตรฐานไม่เกิน 50 ug/m^3 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก.ต่อ ลบ.ม.) ปรับเปลี่ยนใหม่ลงมาอยู่ที่ 37.5 ug/m^3 และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2566 เป็นต้นไป เพื่อเป็นการยกระดับมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทยในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน รวมถึงเป็นเกณฑ์ในการส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบัน กรมควบคุมมลพิษได้ทำการติดตั้งสถานีวัดสภาพอากาศอัตโนมัติครอบคลุมทั่วทุกภาคของประเทศไทย จำนวน 87 สถานี 56 จังหวัดในปี 2565 เพื่อติดตามและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศ โดยการจัดตั้งศูนย์แก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ(ศกพ.) มีการพัฒนาระบบพยากรณ์ฝุ่นละอองล่วงหน้าอย่างน้อย 7 วัน และการแจ้งเตือนสถานการณ์ฝุ่นละออง PM 2.5 เพื่อให้ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเตรียมรับมือสถานการณ์ได้ ทั้งนี้ การดำเนินการติดตามและประเมินคุณภาพอากาศดังกล่าว ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งประเทศไทย (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2565)

นอกจากนั้นแล้ว คุณภาพอากาศภายในอาคารก็เป็นสิ่งสำคัญที่ควรต้องมีการตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง เช่น โรงสีข้าว โรงพิมพ์ เป็นต้น เนื่องจากกระบวนการผลิตของบางโรงงานก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กจำนวนมาก และหากไม่มีระบบระบายอากาศที่ดี อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ รวมถึงบางหน่วยงานได้ใช้วัสดุที่เป็นพรมในการปูพื้นห้องทำงาน พรมที่ใช้หากไม่ได้รับการทำความสะอาดหรือดูแลรักษาอย่างถูกต้อง จะเป็นแหล่งสะสมของฝุ่นละอองขนาดเล็ก และส่งผลให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ เป็นสาเหตุของการเกิดโรคร้ายจากในอาคาร (sick building syndrome) พบได้มากในสถานศึกษาต่างๆ โรงพยาบาล พิพิธภัณฑ์ และสถานที่ทำงานต่างๆ ซึ่งจัดเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่ก่อให้เกิดโรคร้ายไข้เจ็บ อาทิ โรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ ระบายเคืองจมูก คัดจมูก รวมถึงโรคผิวหนังต่างๆ อีกด้วย (กรมอนามัย, 2565) ในปัจจุบัน หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนในหลายพื้นที่ยังไม่มีระบบการจัดการคุณภาพอากาศที่ดี เนื่องจากขาดแคลนเครื่องมือที่เหมาะสมในการดำเนินงาน รวมถึงอาจขาดแคลนงบประมาณในการจัดหาเครื่องมือและระบบวัดสภาพอากาศที่สามารถรายงานและติดตามผลได้ตามเวลาจริง (Real-time) จึงไม่ทราบถึงค่าฝุ่นละอองในเวลาปัจจุบัน ในพื้นที่รับผิดชอบได้

ส่งผลให้ประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ชุมชนอาจจะได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่างๆ จนก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพอนามัยในที่สุด

ในบทความนี้ได้พัฒนาระบบตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กอัจฉริยะสำหรับภายในและภายนอกอาคารเพื่อเป็นการตรวจวัดและรายงานค่าฝุ่นละอองในระดับ PM 2.5 ได้ตามเวลาจริงผ่านเว็บไซต์ที่สามารถเข้ากันได้กับทั้งเว็บเบราว์เซอร์ในคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟน และรวบรวมข้อมูลและประเมินการแผ่กระจายคุณภาพในรูปแบบของค่า $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และรูปแบบของค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index หรือ AQI) ของประเทศไทย ผ่านเกจวัดค่าฝุ่นละอองที่เป็นแถบสีในการบ่งบอกคุณภาพของอากาศ และสามารถเรียกดูค่าย้อนหลังได้ตามช่วงวันและเวลาต่างๆ ทั้งในรูปแบบของกราฟและตารางแสดงปริมาณฝุ่น พร้อมทั้งมีระบบแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองทางแอปพลิเคชันไลน์ตามเวลาจริง ซึ่งเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีขนาดเหมาะสม ราคาต้นทุนต่ำ การติดตั้งและใช้งานง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละออง PM 2.5 โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง แสดงค่าค่าฝุ่นละอองตามเวลาจริงผ่านเว็บไซต์ และแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนฮาร์ดแวร์ และส่วนซอฟต์แวร์ ดังนี้

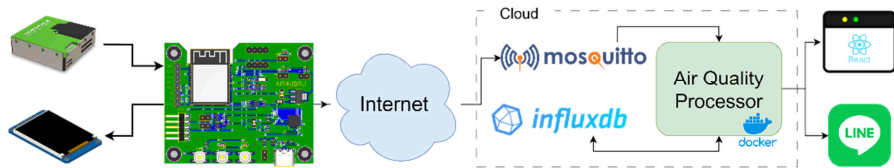
1.1 เครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ และการพัฒนาเครื่องวัดฝุ่น

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาฮาร์ดแวร์เพื่อใช้ในการตรวจวัดประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ESP32-S3 ที่มีความสามารถในการสื่อสารไร้สายผ่านไวไฟ (Wi-Fi) และบลูทูธ (Bluetooth) อีกทั้งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงได้อีกหลากหลาย ทำให้ลดการใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงเพื่อการสื่อสารเพิ่มเติมเมื่อเปรียบเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไป โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการพัฒนา Firmware ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้เซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองภายในอากาศรุ่น SPS30 จากบริษัท Sensirion ที่มีความสามารถในการวัดค่า PM 2.5 ได้รวมถึงติดตั้งจอแสดงผลชนิด RGB LCD 16 Bit ขนาด 1.8 นิ้ว สำหรับแสดงค่า PM 2.5 ที่วัดได้และแสดงค่า AQI เฉลี่ยต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ในพัฒนางจรไฟฟ้าและออกแบบแผ่น PCB ใช้โปรแกรม Easy EDA

วงจรถูกออกแบบให้ใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกด้วยไฟฟ้ากระแสตรง แรงดัน 5 โวลต์ ใช้กระแสสูงสุดไม่เกิน 1 แอมป์ เชื่อมต่อผ่าน USB Type C และยังมีช่องเชื่อมต่อเพิ่มเติมกรณีต้องการจ่ายไฟจากแหล่งจ่ายอื่น มีวงจรแปลงการสื่อสารจาก USB เป็น TTL RS-232 สำหรับดาวน์โหลด Firmware และรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และตัวอุปกรณ์ เนื่องจาก ESP32 ทำงานที่แรงดัน 3.3 โวลต์ และเซนเซอร์ตรวจวัด PM 2.5 ทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ จึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงแรงดัน 3-5 โวลต์เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งสองสามารถสื่อสารกันได้ สำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ โปรแกรม Autodesk Fusion 360 ถูกนำมาใช้เขียนแบบสามมิติและผลิตด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติด้วยวัสดุ Acrylic Styrene Acrylonitrile (ASA) ที่มีคุณสมบัติทนต่อแสงยูวี แสงแดดดีมาก โดยสีไม่เหลือง ทนต่อการขีดถู ดัดงอ กระแทกดี ทนอุณหภูมิสูง เหมาะสำหรับใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคาร ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับจัดเก็บวงจรไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์ จอแสดงผล และเซนเซอร์ มีขนาดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 7x9x4 เซนติเมตร และออกแบบอุปกรณ์ป้องกันสำหรับติดตั้งภายนอก มีลักษณะคล้ายอุปกรณ์ Stevenson screen มีลักษณะเป็นชั้นลาดเอียงทำให้ป้องกันแสงแดดและฝนได้ดี

1.2 เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์ และการพัฒนาโปรแกรมบันทึกข้อมูลและเว็บไซต์

ในการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยใช้ 1) Mosquito MQTT Broker สำหรับสื่อสารระหว่างซอฟต์แวร์ประมวลผลและอุปกรณ์ตรวจวัด 2) Air Quality Processor เป็นซอฟต์แวร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาเองด้วยภาษา C# ใช้ในการรับค่า PM 2.5 จากอุปกรณ์ตรวจวัด บันทึกค่าลงในฐานข้อมูล คำนวณค่า AQI และรายงานค่า AQI ไปยังอุปกรณ์ตรวจวัดและเว็บไซต์ พร้อมทั้งมี Application Programming Interfaces (API) เปิดให้เว็บไซต์และบุคคลภายนอกสามารถเรียกดูค่า AQI ย้อนหลังได้ 3) Docker เป็นซอฟต์แวร์ประเภท Application Container นำมาใช้ในการบรรจุซอฟต์แวร์ Air Quality Processor ซึ่งจะช่วยให้การนำซอฟต์แวร์ไปติดตั้งยังระบบ Cloud ต่างๆ ได้โดยง่าย รวมถึงเหมาะแก่การขยายระบบในอนาคตเมื่อมีอุปกรณ์ในเครือข่ายใหญ่ขึ้น 4) Influx DB เป็นฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บค่า PM 2.5 แบบข้อมูลดิบ เครื่องมือนี้เป็นฐานข้อมูลที่ออกแบบมาเพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบตามเวลา (Time Series Database) จึงเหมาะแก่การเก็บข้อมูลด้าน IoT (Internet of Thing) และ 5) React JS ถูกใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ และนำข้อมูลจาก Air Quality Processor มาแสดงผลตามเวลาจริงด้วยเทคนิคโปรโตคอล SignalR และดึงข้อมูลย้อนหลังมาแสดงด้วย API



รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 1 ซอฟต์แวร์ Mosquitto MQTT Broker, Air Quality Processor และ Influx DB ได้ถูกติดตั้งอยู่บน Cloud ภายในประเทศเพื่อให้การสื่อสารมีความเสถียรและรวดเร็ว เครื่องมือวัดฝุ่นจะทำการส่งข้อมูลขึ้นมายัง Mosquitto MQTT Broker บน Cloud ทุกๆ 1 นาที ด้วยโปรโตคอล MQTT ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้แบนด์วิดท์ต่ำ เหมาะสำหรับระบบ IoT ในขณะเดียวกัน Air Quality Processor จะทำหน้าที่ Subscribe ข้อมูลจาก Mosquitto MQTT Broker เพื่อรอรับข้อมูลมาเก็บไว้ในฐานข้อมูล Influx DB และในทุกๆ 1 นาที Air Quality Processor จะทำการอ่านค่า PM 2.5 ย้อนหลังจากฐานข้อมูลเพื่อนำมาทำการคำนวณค่า AQI พร้อมทั้งรายงานไปยังเว็บไซต์และอุปกรณ์ตรวจวัด หากค่า AQI อยู่ในระดับปานกลางหรือสูงกว่าตามข้อกำหนดของกรมควบคุมมลพิษ โปรแกรมจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ โดยผู้ใช้ที่เข้าร่วม Line Official Account ของ Air4UBRU จะได้รับข้อความแจ้งเตือนทุกๆ 30 นาที ตลอดระยะเวลาที่ค่า AQI มีค่าอยู่ในระดับปานกลางหรือสูงกว่า

2. การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของสารมลพิษทางอากาศ

งานวิจัยนี้อ้างอิงการคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศจาก (ลัดดาวัลย์ จำปา, 2565) โดยคำนวณค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศเป็นสมการเส้นตรง ดังนี้

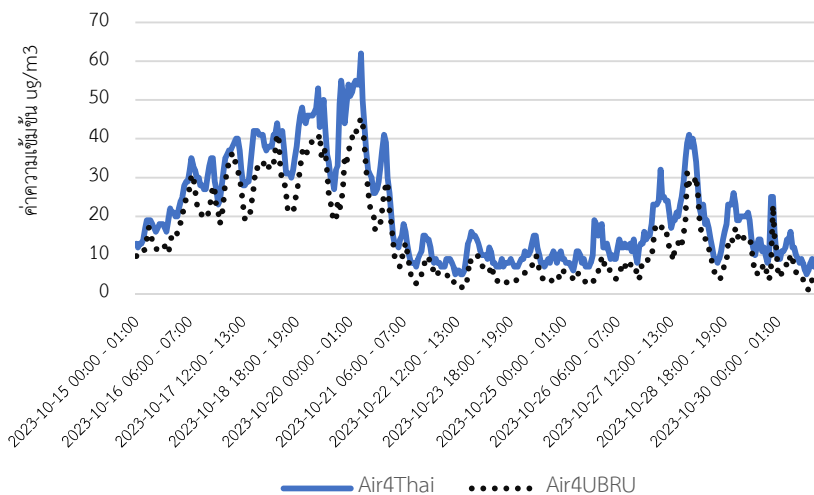
$$I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i} (X - X_i) + I_i$$

เมื่อ I คือค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ X คือความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด X_i, X_j คือ ค่าต่ำสุด และสูงสุดของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

และ I_i, I_j คือ ค่าต่ำสุด และสูงสุดของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X จากดัชนีย่อยที่คำนวณได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวัดเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดและสถานีตรวจวัดฝุ่นละออง



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่า PM 2.5 ของสถานีตรวจวัดค่าฝุ่นละอองมาตรฐาน

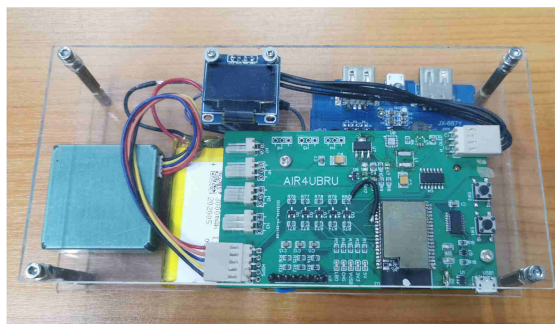
ณ จังหวัดอุดรราชธานี (Air4Thai) และค่า PM 2.5
ของเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (Air4UBRU)

งานวิจัยนี้ได้ทำการวัดเทียบผลการทดลองที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น โดยได้มีการวางอุปกรณ์ทดสอบไว้ที่บริเวณทางเข้าคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ติดกับถนนที่มีการจราจรตลอดทั้งวัน เพื่อเทียบกับค่าฝุ่นละอองที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดค่าฝุ่นละอองของจังหวัดอุดรราชธานี ซึ่งตั้งอยู่ที่ศูนย์แสดงและจำหน่ายสินค้า OTOP ตำบลในเมือง อำเภอเมืองอุดรราชธานี จังหวัดอุดรราชธานี ติดกับถนนที่มีการจราจรค่อนข้างหนาแน่น โดยมีระยะห่างระหว่างสองจุดนี้ประมาณ 528 เมตร นักวิจัยได้ทำการตั้งอุปกรณ์ทดสอบ ในช่วงเดือนตุลาคม 2566 เพื่อทำการเก็บค่า เทียบค่าที่ได้จากการทดสอบในการตรวจวัดฝุ่น PM 2.5 ในอากาศเฉลี่ยต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และเพื่อยืนยันความถูกต้องของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น

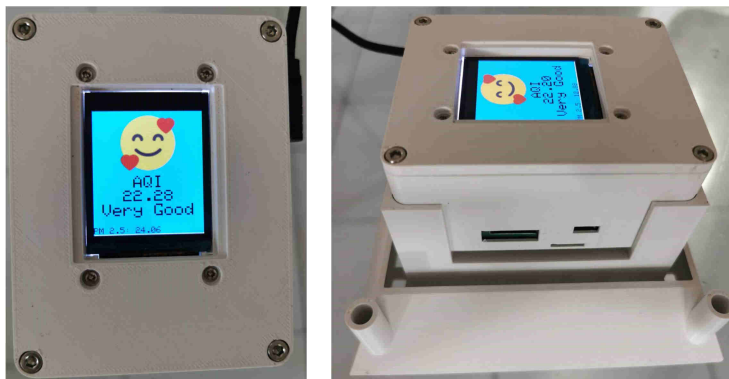
โดยรูปที่ 2 แสดงค่า PM 2.5 ของสถานีตรวจวัดค่าฝุ่นละอองของจังหวัดอุบลราชธานี เทียบกับค่า PM2.5 ของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น ณ วันที่ 15 ตุลาคม 2566 ถึงวันที่ 30 ตุลาคม 2566 ระหว่างเวลา 00.00 น. ถึง 23.00 น. รวมระยะเวลา 16 วัน พบว่ากราฟทั้งสองมีแนวโน้มของกราฟเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย 6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณฝุ่นที่วัดได้มีค่าต่างกัน เนื่องมาจากความห่างของระยะทางระหว่างเครื่องมือวัด ตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์ และความแตกต่างของอุปกรณ์ที่ใช้

2. ผลการพัฒนาแบบอุปกรณ์วัดค่าฝุ่นละออง

อุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองที่พัฒนาขึ้นมารุ่นที่ 1 (รุ่นต้นแบบ) มีขนาด 9x18x3.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 สามารถนำไปใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร เคลื่อนย้ายได้สะดวก ภายในอุปกรณ์ชุดนี้ประกอบไปด้วยแผงวงจรหลัก เซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่น วงจรประจุไฟ จอ LED และมีระบบสำรองไฟที่ใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมโพลิเมอร์ที่สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง หรือสามารถจ่ายไฟให้ระบบโดยใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอกผ่านช่องเชื่อมต่อแบบ USB ขนาด 5 โวลต์ สำหรับอุปกรณ์วัดฝุ่นรุ่นที่ 2 นักวิจัยได้พัฒนาให้อุปกรณ์มีขนาดเล็กลงที่ 7x9x4 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 และออกแบบให้มีวัสดุสวมครอบกันแดดและฝนเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้อุปกรณ์เมื่อนำไปใช้ภายนอกอาคาร และผู้วิจัยได้แสดงตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์วัดฝุ่น (ชั่วคราว) เพื่อใช้ทดสอบ ณ บริเวณด้านหน้าคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง อากาศถ่ายเทได้สะดวก และมีพื้นที่ติดกับถนนที่ใช้สัญจรภายในมหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองสำหรับใช้ภายในและภายนอกอาคารรุ่นที่ 1



รูปที่ 4 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองสำหรับใช้ภายในและภายนอกอาคารรุ่นที่ 2

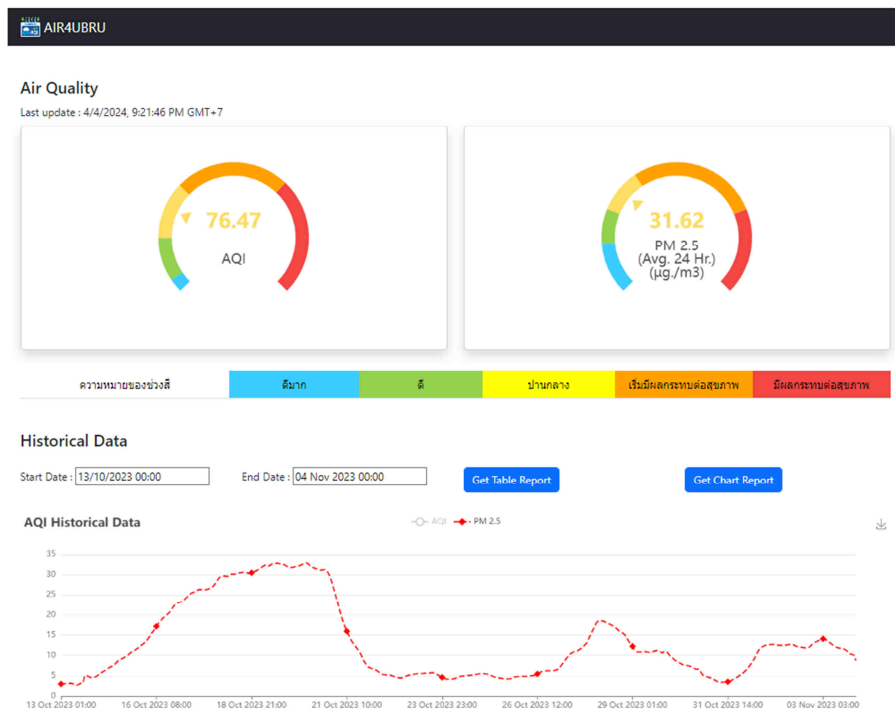


รูปที่ 5 ชุดอุปกรณ์สวบครอบเครื่องวัดค่าฝุ่นละอองสำหรับใช้ภายนอกอาคาร และตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองภายนอกแบบชั่วคราว

3. ผลการพัฒนาเว็บไซต์ระบบรายงานค่าฝุ่นละอองตามเวลาจริง

ระบบรายงานค่าฝุ่นละอองตามเวลาจริงผ่านหน้าเว็บเพจ ถูกสร้างขึ้นให้สามารถดูผลการวัดค่าฝุ่นระดับ PM_{2.5} ได้ตามเวลาจริง (หน่วย $\mu\text{g}/\text{m}^3$) และรูปแบบของค่า AQI ซึ่งแสดงค่าผ่านเกจวัดค่าฝุ่นละอองที่เป็นแถบสี ซึ่งแต่ละแถบสีนั้นอธิบายถึงเกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยตามที่ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) กำหนดไว้ นั่น แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0–201 ขึ้นไป ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบกับระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย เช่น คุณภาพอากาศ 0–25 คุณภาพอากาศดีมาก 26–50 คุณภาพอากาศดี 51–100 ปานกลาง 101–200 เริ่มมีผลกระทบ

ต่อสุขภาพ และ 201 ขึ้นไป มีผลกระทบต่อสุขภาพ อีกทั้งระบบยังสามารถแสดงค่าย้อนหลังได้ตามช่วงเวลาต่างๆ ทั้งในรูปแบบของกราฟและตาราง ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 หน้าโปรแกรมแสดงการทำงานแบบเวลาจริงและเรียกดูค่าย้อนหลังในรูปแบบกราฟ

Historical Data

Start Date: 13/10/2023 09:00 End Date: 04 Nov 2023 23:00

Get Table Report Get Chart Report

Date Time	AQI	PM 2.5
13 Oct 2023 10:00	4.71	2.83
13 Oct 2023 11:00	4.53	2.72
13 Oct 2023 12:00	4.64	2.79
13 Oct 2023 13:00	5.09	3.06
13 Oct 2023 14:00	5.31	3.19
13 Oct 2023 15:00	5.37	3.22
14 Oct 2023 10:00	8.01	4.80
14 Oct 2023 11:00	8.48	5.09

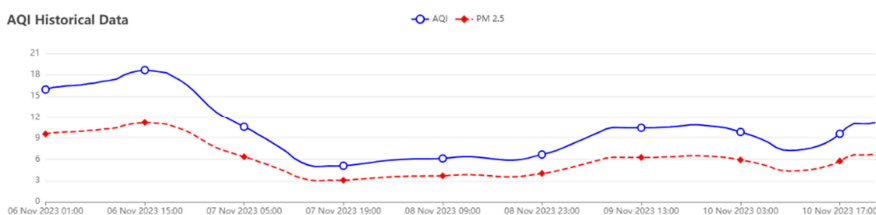
รูปที่ 7 หน้าโปรแกรมเรียกดูค่าย้อนหลังในรูปแบบตาราง

4. ผลการทดลองการตรวจวัดฝุ่นภายในอาคาร

ผลการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร ระหว่างวันที่ 6-10 พฤศจิกายน 2566 โดยมีจุดติดตั้งภายในห้องพักอาจารย์ชั้น 3 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ปูพรมมานานกว่าห้าปี แสดงดังรูปที่ 8 พบว่ากราฟความหนาแน่นของระดับฝุ่นละอองระดับ PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงตลอดระยะเวลา 5 วัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ อยู่ในช่วงระหว่าง 3-11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งให้ค่า AQI อยู่ในช่วงระหว่าง 6-19 แสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานความเข้มข้นฝุ่น PM 2.5 ตามที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษเรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ที่กำหนดมาตรฐานค่าฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงไม่เกิน 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (กรมอนามัย, 2565) นอกจากนั้นแล้วผลลัพธ์ในรูปที่ 9 พบว่าปริมาณค่าฝุ่นมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากพรมที่มีอายุการใช้งานนานจะเกิดการสะสมของฝุ่นละอองเป็นจำนวนมาก อีกทั้งช่วงเวลาดังกล่าวมีการเดินเข้า-ออกห้องบ่อยครั้ง การเปิดเครื่องปรับอากาศ และมีการเปิดประตู-หน้าต่างห้องเพื่อระบายอากาศ ทำให้ฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย



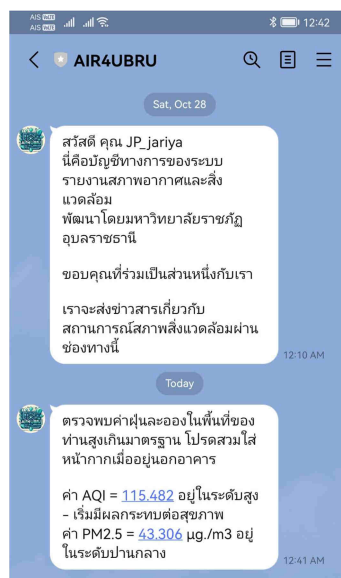
รูปที่ 8 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองภายในอาคาร



รูปที่ 9 ลักษณะของกราฟ AQI และกราฟ PM 2.5 ของการตรวจวัดฝุ่นละอองระดับ PM 2.5 ภายในอาคาร

5. ผลการแจ้งเตือนปริมาณฝุ่นละออง PM 2.5 ผ่านแอปพลิเคชันไลน์

จากรูปที่ 10 การแสดงข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์เมื่อมีค่าฝุ่น PM 2.5 สูงเกินค่ามาตรฐาน (สูงกว่าระดับปานกลางขึ้นไป) หรือมีค่า AQI มากกว่า 50 ขึ้นไป ประกอบด้วยค่าคุณภาพอากาศอยู่ในระดับปานกลาง ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ และระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพนั้น ถูกนำมาใช้พิจารณาเป็นค่าอ้างอิงในการแจ้งเตือนมลพิษทางอากาศที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) และหากต้องทำกิจกรรมกลางแจ้งควรสวมหน้ากากอนามัยเพื่อป้องกันตนเองจากมลพิษทางอากาศ



รูปที่ 10 ตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนจาก Line Official Account ของ Air4UBRU

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กในระดับ PM 2.5 ที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง แสดงค่าฝุ่นละอองตามเวลาจริงผ่านทางเว็บไซต์ที่สามารถเข้ากันได้กับทั้งเว็บเบราว์เซอร์ในคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน และแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานหรือมีค่า AQI มากกว่า 50 ขึ้นไปผ่านแอปพลิเคชันไลน์ อีกทั้งสามารถเรียกดูค่าปริมาณฝุ่นย้อนหลังได้ตามช่วงวันและเวลาต่างๆ ได้ โดยการระบุเลือกช่วงวันที่และเวลาที่ต้องการทราบข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์แสดงได้ทั้งในรูปแบบ

ของกราฟและตาราง จากผลการทดสอบการวัดปริมาณฝุ่น PM 2.5 ภายนอกอาคารในอากาศเฉลี่ยต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 16 วัน โดยใช้เครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเทียบกับสถานีวัดมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีลักษณะแนวโน้มของกราฟแสดงค่าฝุ่น PM 2.5 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย 6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ ชนิดของเซนเซอร์ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลมาประมวลผลและแสดงผลผ่านเว็บไซต์ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วอุปกรณ์วัดฝุ่นนี้ยังสามารถนำไปใช้วัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากมีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรราชธานีที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบระบบ

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2561). *โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล*. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2566, จาก https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/06/pcdnew-2020-06-05_02-34-12_147817.pdf.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). *ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2565*. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2566, จาก <https://www.pcd.go.th/laws/26439>.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). *รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2565*. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2566, จาก <https://www.pcd.go.th/publication/30447>.
- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2565). *แนวทางมาตรการ การเฝ้าระวังสุขภาพและสื่อสารความเสี่ยง เพื่อสร้างความรอบรู้ที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน(PM2.5)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2566, จาก <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1287120220815094919.pdf>.

- กรมอนามัย. (2565). *ประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร สาธารณะ พ.ศ. 2565*. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2566, จาก <https://laws.anamai.moph.go.th/th/practices/211864>.
- กลุ่มเฝ้าระวังฝุ่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2562). *เรียนรู้ อยู่กับฝุ่น PM2.5*. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://www.chula.ac.th/protect-yourself-from-pm2-5-air-pollution-and-hazardous-dust/>.
- ชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์. (2560). ระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศสำหรับประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 2(1), 1-9.
- ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และ ดวงนภา ลาภใหญ่. (2561). ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่สัมพันธ์ต่อการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศในจังหวัดเชียงใหม่. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 9(2), 237-249.
- ฐิฎาพร สุภาชี, พานิช อินต๊ะ, เสริมเกียรติ จอมจันทร์ยอง และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2561). การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละออง เชิงมวล PM2.5 และ PM10 ในบรรยากาศด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองไร้สายในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย. *วารสารวิจัยเทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์*, 2(1), 69-83.
- ลัดดาวัลย์ จำปา. (2565). การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองและแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 24(2), 48-55.