

การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองและแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชัน

Development of PM2.5 Dust Meter Using Dust Sensor and Notifying via Application

ลัดดาวัลย์ จำปา

Laddawan Champa

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

Faculty of Industrial Technology, Kanchanaburi Rajabhat University

E-mail: laddawan.ch@kru.ac.th

Received: Nov 04, 2021

Revised: Mar 09, 2022

Accepted: Mar 16, 2022

บทคัดย่อ

การเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน เนื่องจากก่อให้เกิดฝุ่นละอองและมลพิษ อีกทั้งการเผายังอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อทรัพย์สินของผู้อื่น งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง และแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชัน โดยการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนฮาร์ดแวร์ และส่วนซอฟต์แวร์ สำหรับส่วนฮาร์ดแวร์ได้ออกแบบการทำงานโดยใช้ NodeMCU ESP8266 ในการประมวลผลจากเซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง ในขณะที่ส่วนซอฟต์แวร์ใช้แอปพลิเคชัน Blynk แสดงผลในรูปแบบเรียลไทม์ผ่านแผงควบคุมที่สร้างขึ้น ซึ่งแสดงค่าเป็นตัวเลขและกราฟในแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ทโฟน สำหรับดูค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (ฝุ่น PM2.5) อุณหภูมิ และความชื้น (DHT22) การพัฒนาเครื่องต้นแบบเน้นที่การพกพาสะดวก มีขนาดเหมาะสมสำหรับกิจกรรมนอกสถานที่ และราคาถูกกว่าอุปกรณ์ที่มีขายตามท้องตลาด นอกจากนี้แล้ววัสดุที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องสามารถหาได้จากชุมชน และคนในชุมชนสามารถสร้างขึ้นมาได้ เมื่อคำนวณต้นทุนการพัฒนาเครื่องต้นแบบวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 พบว่ามีต้นทุนประมาณ 450 บาท เมื่อทดสอบการวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 ในอากาศอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน ด้วยเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษที่ติดตั้งที่บริเวณบ้านเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และเครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่น ยี่ห้อ Turnkey รุ่น Osiris พบว่าข้อมูลที่ได้ใกล้เคียงกัน ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปวัดค่าฝุ่นละอองได้

คำสำคัญ: ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน เครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง แอปพลิเคชัน Blynk

Abstract

Incineration of agricultural waste has adverse effects on the environment and public health due to the formation of dust and air pollution. In addition, the burning may cause harm to the property of others. This research developed a PM2.5 dust meter by using a dust sensor and notifying via an application. Its function was divided into two parts, a hardware part and a software part. For the hardware part, it was designed to work by using NodeMCU ESP8266 to process signals from dust and smoke sensors while the software part using the Blynk application to display the results in real-time through an in-built control panel displaying values as numbers and graphs in the Blynk application on a smartphone for viewing the amount of PM 2.5 dust, temperature and humidity (DHT22). The prototype development focused on portability, having suitable size for outdoor activities and being cheaper than commercial products. Furthermore, materials used to develop the machine could be obtained from the community and people in the community could build it themselves. When calculating the cost

of developing a prototype of PM2.5 dust meter, it was found that the cost was about 450 baht. When testing the measurement of PM2.5 dust content in the air continuously 24 hours a day for 7 days with the developed prototype compared with the standard equipment of the Pollution Control Department installed at Ban Nuea, Muang District, Kanchanaburi Province and a dust detector, Turnkey brand, model Osiris, it was found that the obtained data were similar. The results indicated that the developed prototype could be used to measure dust.

Keywords: PM 2.5, PM2.5 dust meter, Dust sensor, Blynk application

1. บทนำ

จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยช่วงต้นปี พ.ศ. 2563 ปัญหามลพิษจากฝุ่นละอองปกคลุมไปทั่วเมือง ไม่ว่าจะเป็นกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล ตามจังหวัดใหญ่ๆ หรือพื้นที่ใกล้เคียงชายแดนประเทศเพื่อนบ้าน ทำให้คนไทยตื่นตัวและหันมาให้ความสนใจกับการวัดคุณภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับปริมาณฝุ่นละออง หรือที่รู้จักกันคือ ฝุ่น PM2.5 (ฝุ่นขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน) โดยเกิดจากการจำแนกอนุภาคตามขนาดของฝุ่น ซึ่งอีก 2 ประเภทจะเป็นอนุภาคฝุ่นทั้งหมด (TSP) เป็นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งหมด และอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) [1] ทั้งนี้ยังมีการศึกษาต่อไปพบว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอนอาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี [2] ผลที่ตามมาคือจะกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของประชาชนทั้งทางตรงและทางอ้อม หากค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศ (PM2.5) จะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ โรคปอด โรคหัวใจ และหลอดเลือด โรคตาอักเสบ โรคผิวหนังอักเสบ ซึ่งทางองค์การอนามัยโลกกำหนดมาตรฐานค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM2.5 ไว้ที่ไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2553 คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ออกประกาศฉบับที่ 23 กำหนดมาตรฐานค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM2.5 ไว้ที่ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเป็นค่าที่ใช้วัดมาตรฐานจนถึงปัจจุบัน [3]

ในทุกๆ ปี ของจังหวัดกาญจนบุรีจะได้รับผลกระทบจากฝุ่น PM2.5 ที่เกิดจากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร เช่น การเผาอ้อย การเผาตอซังข้าว การเผาไร่ข้าวโพด และพืชเกษตรอื่นๆ สาเหตุหลักที่เกิดจากผลกระทบฝุ่น PM2.5 ในจังหวัดกาญจนบุรี เนื่องมาจากจังหวัดกาญจนบุรีเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดภาคกลางคือ 753,424 ไร่ พื้นที่ปลูกกระจายอยู่ในอำเภอบ่อพลอย อำเภอเลาขวัญ อำเภอเมืองกาญจนบุรี อำเภอด่านมะขามเตี้ย อำเภอหนองปรือ อำเภอด่านมะกา อำเภอพนมทวน อำเภอไทรโยค

อำเภอห้วยกระเจา อำเภอทองผาภูมิ และอำเภอศรีสวัสดิ์ตามลำดับ [4] ผลผลิตอ้อยส่วนใหญ่ถูกส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลที่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ของจังหวัด วิธีการตัดอ้อยที่นิยมมี 2 วิธี คือ การตัดด้วยแรงงานคน และการใช้รถตัดอ้อยที่จำเป็นต้องเผาใบอ้อยก่อน ซึ่งการเผาใบอ้อยจะทำให้ดินเสื่อมสภาพและเกิดมลภาวะเป็นพิษทางอากาศ โดยเฉพาะการเกิดฝุ่น PM2.5 ที่กำลังเป็นปัญหาระดับประเทศ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนในประเทศ ซึ่งในพ.ศ. 2561 ภาคกลางมีส่วนการเผาใบอ้อยสูงถึงร้อยละ 66.54 และสูงกว่าปีที่ผ่านมาถึง 1.57% [4] ถึงแม้รัฐบาลจะออกมาตรการแก้ไขอย่างต่อเนื่องทั้งในระยะสั้นและระยะยาวแล้วก็ตาม จากข้อมูลของ [5] พบว่าแรงจูงใจที่ทำให้เกษตรกรเลือกวิธีเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว คือ การขาดแคลนแรงงานคน รถตัดอ้อยมีน้อย และไม่สามารถใช้ได้กับทุกพื้นที่ เนื่องจากระยะห่างในร่อนน้อยกว่าหน้ากว้างของตัวรถ รถตัดอ้อยมีราคาแพงส่งผลให้การเช่ารถตัดอ้อยมีต้นทุนสูง และโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลให้ควัอ้อยไฟไหม้ก่อนอ้อยสด เนื่องจากความหวานและน้ำหนักของอ้อยไฟไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว

การพัฒนาอุปกรณ์วัดฝุ่น PM2.5 ใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง (dust sensor) รุ่น GP2Y1010AU0F ของ Sharp มีหลักการทำงานโดยอาศัยหลักการของการส่งแสงเลเซอร์ฉายแสงผ่านอนุภาคฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งจะมีพัดลมขนาดเล็กดูดอากาศเข้ามาในท่อ เมื่อฝุ่นเคลื่อนผ่านลำแสงจะปิดกั้นแสงบางส่วนทำแสงเกิดการกระเจิงทำให้ความเข้มของแสงลดลงเซนเซอร์จึงจะสามารถตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองได้ โดยสามารถวัดค่าอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM1 PM2.5 และ PM10 ได้ในชุดเดียว ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นนั้นใช้ DHT22 เนื่องจากเป็นเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นในตัวเดียวกันมีความแม่นยำสูงในการวัดค่า ราคาไม่แพง น้ำหนักเบา เหมาะสำหรับการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับพกพา

การวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์วัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันนี้

มีแนวคิดในการนำอุปกรณ์ที่ใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดฝุ่นละอองที่สามารถพกพา มีขนาดเหมาะสม ต้นทุนต่ำ วัสดุอุปกรณ์สามารถหาได้ตามท้องถิ่น พัฒนาขึ้นใช้งานเองได้ในชุมชน และถ่ายทอดให้กับกลุ่มนักเรียน ประชาชนที่สนใจซึ่งเป็นการบริการวิชาการในรูปแบบหนึ่งให้กับชุมชน เพื่อช่วยผู้คนในชุมชนทราบถึงระดับของฝุ่นละอองแสดงผลบนสมาร์ตโฟน ที่มีการติดตั้งแอปพลิเคชันเฉพาะ สามารถนำไปใช้บริเวณที่พักอาศัย พื้นที่การทำเกษตรกรรม ซึ่งจะทำให้สามารถหลีกเลี่ยงในพื้นที่ดังกล่าวที่เกิดการกระจายของฝุ่นละอองได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดความเสี่ยงจากมลภาวะทางอากาศจากสถานที่ดังกล่าวที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพของประชาชนได้

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ในการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM 2.5 โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองเลือกใช้วัสดุ และอุปกรณ์ในส่วนของฮาร์ดแวร์ในการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นที่เน้นต้นทุนต่ำ เลือกใช้วัสดุประกอบที่มีอยู่ตามท้องถิ่น รวมไปถึงการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของเซนเซอร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1. ด้านซอฟต์แวร์

ในการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถนำคอมไพเลอร์และไลบรารีของ ESP8266 รวมเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมสะดวกยิ่งขึ้น มีความสามารถในการบรรจุฟังก์ชันเพิ่มเติมสำหรับใช้ติดต่อกับฮาร์ดแวร์และเซนเซอร์ได้หลากหลาย รวมทั้งมีไลบรารีสำหรับการติดต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทาง WiFi เพื่อใช้ร่วมกับแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งเป็นอีกซอฟต์แวร์หนึ่งที่ใช้ในการพัฒนาระบบในการวิจัยครั้งนี้ แอปพลิเคชัน Blynk จะทำหน้าที่แสดงผลจากเซนเซอร์ในรูปแบบ real-time ผ่านแผงควบคุมที่สร้างขึ้น แสดงค่าเป็นตัวเลข และกราฟในแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน ไว้สำหรับดูค่าปริมาณฝุ่น PM 2.5 อุณหภูมิและความชื้น [6]

2.1.2. ด้านฮาร์ดแวร์

การออกแบบระบบควบคุมในส่วนของฮาร์ดแวร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ESP8266 ที่เรียกว่า NodeMCU เป็นโมดูลที่มี WiFi อยู่ในตัวโมดูลทำให้สามารถเชื่อมต่อ

เครือข่ายไร้สายได้ง่าย มีขนาดเล็กทำงานร่วมกับโมดูลของ Arduino UNO R3 ได้ทันทีที่สามารถ เชื่อมต่อไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ง่าย ใช้แรงดันในการทำงานเพียง 3.3 โวลต์ ทำให้ประหยัดพลังงาน และมีราคาค่อนข้างถูกเหมาะสมสำหรับนำไปพัฒนาระบบ IoT ที่มีต้นทุนต่ำ แต่สามารถใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ สามารถอัปเดต เฟิร์มแวร์ [7] ภาษาที่ใช้เป็นแบบโอเพนซอร์สสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม Arduino IDE จึงทำให้ใช้งานกับภาษาซี/ซีพลัสพลัสได้สะดวกยิ่งขึ้น ส่วนเซนเซอร์ที่นำมาพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 เลือกใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง (dust sensor) รุ่น GP2Y1010AU0F ของ Sharp เนื่องจากมีขนาดเล็ก สามารถตรวจจับฝุ่นละอองและอนุภาคควันในสิ่งแวดล้อมได้ ใช้พลังงานน้อยในขณะที่ทำงาน ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นเลือกใช้ DHT22 เนื่องจากเป็นเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงในการวัด

2.2. แผนภาพการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบ โดยการติดตั้งเซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ จากภาคสนามแล้วเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมจากเซนเซอร์ดังกล่าว ส่งผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อแสดงผลบนสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งด้วยแอปพลิเคชัน Blynk

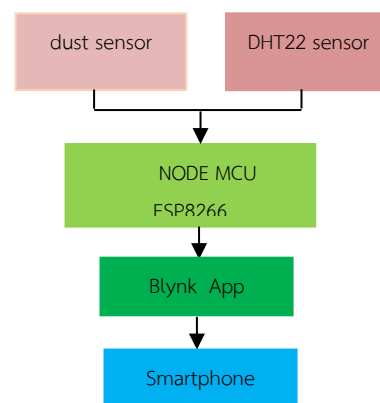


Figure 1 System operation diagram

จาก Figure 1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยมีเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศโดยวัดค่า PM1 PM2.5 และ PM10 พร้อมกันนี้ได้ใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22 ซึ่งเป็นเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีความแม่นยำสูงในการวัด สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40

องศาเซลเซียส ถึง +80 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.5 องศาเซลเซียส และวัดความชื้นได้ตั้งแต่ 0-100 เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 2-5 เปอร์เซ็นต์ และมีความว่องไวในการประมวลผล 0-5 เฮิร์ตซ์ (2 ครั้ง ต่อวินาที) เป็นเซนเซอร์ราคาไม่แพง น้ำหนักเบา เหมาะสำหรับการนำไปประกอบสำหรับพกพาเพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้น โดยแสดงผลบนหน้าจอของตัวเครื่องและบนแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจดูค่าได้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยความน่าสนใจคือเครื่องที่พัฒนาขึ้นนี้มีต้นทุนต่ำ ผู้ใช้งานสามารถสร้างขึ้นใช้งานเองได้ สามารถใช้วัสดุเหลือใช้ วัสดุที่มีอยู่ในชุมชนประกอบเป็นเครื่องวัดฝุ่นได้ ขนาดพอเหมาะสำหรับการพกพาไปใช้ได้ในทุกสถานที่ และใช้งานได้จริง

2.3. การเปรียบเทียบค่าปริมาณฝุ่น

เป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าปริมาณฝุ่นละออง ที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองกับค่าที่วัดได้จากจุดติดตั้งอุปกรณ์บริเวณบ้านเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และเครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่น ยี่ห้อ Turnkey รุ่น Osiris ระหว่างวันที่ 13-19 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 เพื่อเปรียบเทียบค่ากับเครื่องที่สร้างขึ้นว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันหรือไม่

2.4. การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของสารมลพิษทางอากาศ

คำนวณจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ จากข้อมูลผลกระทบการตรวจวัดคุณภาพอากาศ เป็นสมการเส้นตรง [8] ดังนี้

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

เมื่อ X คือความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด X_i, X_j คือ ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X และ I_i, I_j คือ ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X

3. ผลการวิจัย

3.1. ผลการออกแบบเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน

ในการออกแบบเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 เลือกใช้โปรแกรม Fritzing เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปแบบโอเพนซอร์สสำหรับออกแบบวงจรไฟฟ้า ซึ่งมีจุดเด่นในเรื่องของพีเจอาร์ทีใช้งานง่าย สามารถออกแบบหรือแก้ไขชิ้นส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เอง ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในของเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 กับบอร์ด ESP8266 และระบบเซนเซอร์โดยระบบจะใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ 3 ค่า คือเซนเซอร์วัดค่าฝุ่นละออง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น จากนั้นทำการส่งค่าที่วัดได้ทั้งหมดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงผลออกหน้าจอ LCD เพื่อแสดงค่าปริมาณฝุ่น PM1, PM2.5 และ PM10 ค่าอุณหภูมิ และความชื้น ดังแสดงใน Figure 2 เมื่อดำเนินการออกแบบและเชื่อมต่อวงจรของเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 เรียบร้อยแล้วก่อนลงมือสร้าง และ พัฒนา เครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 ผู้วิจัยดำเนินการ ออกแบบจำลองเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 ก่อนลงมือ สร้างเครื่องต้นแบบดังแสดงใน Figure 3

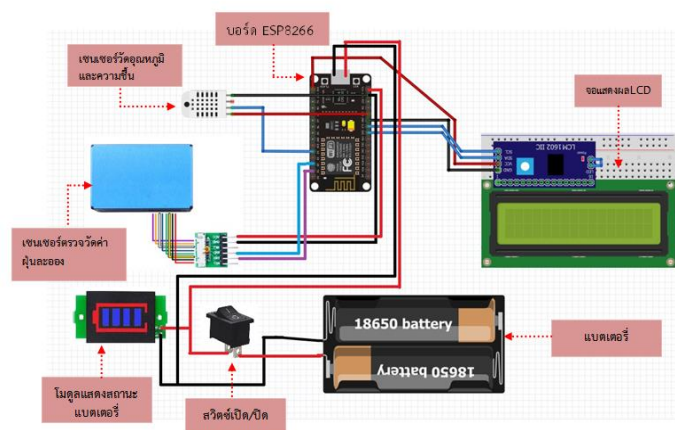


Figure 2 Design of a circuit schematic for PM2.5 dust meter

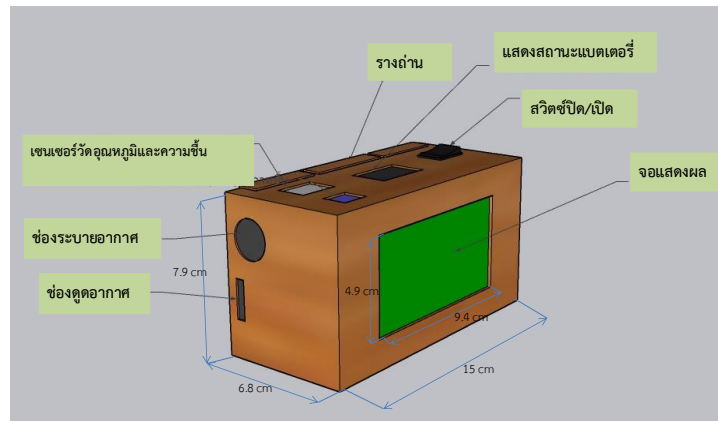


Figure 3 PM2.5 dust meter design

3.2. ผลการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5

โครงสร้างของเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองประกอบขึ้นจากไม้อัดหนา 3 มิลลิเมตร ประกอบเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 15 x 6.8 x 7.9 เซนติเมตร ด้านบนมีสวิตช์สำหรับเปิด-ปิดเครื่อง มีจอแสดงสถานะของปริมาณถ่านชาร์จ ใช้ถ่านชาร์จนาน 3.7 โวลต์ จำนวน 2 ก้อน หน้าจอแสดงผลค่าปริมาณฝุ่น PM1 PM2.5 และ PM10 ค่าอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศแบบ real-time ดังแสดงใน Figure 4 และมีการแสดงผลบนสมาร์ตโฟนที่มีการติดตั้งแอปพลิเคชัน Blynk ดังแสดงใน Figure 5



Figure 4 The prototype of PM2.5 dust meter

3.3. ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน

ในการหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมานี้ ดำเนินการเปรียบเทียบค่าปริมาณฝุ่น PM2.5 ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น เทียบกับเครื่องวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ที่ติดตั้งบริเวณตำบลบ้านเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี มีค่าใกล้เคียงกันไปในทิศทางเดียวกัน

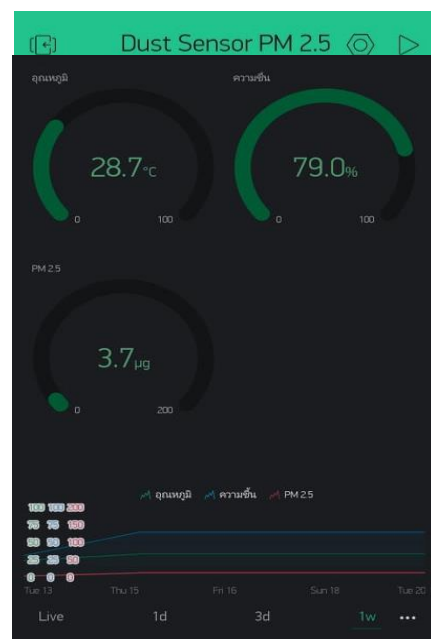


Figure 5 Notifications via the application

ค่าความผิดพลาดประมาณ 2.70% และเครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่น ยี่ห้อ Turnkey รุ่น Osiris มีค่าความผิดพลาดประมาณ 2.02% เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ทำการเก็บค่าฝุ่นละอองในอากาศอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน โดยค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้สาธารณชนได้รับทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพหรือไม่ ดังแสดงใน Table 1

จาก Table 1 พบว่าเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองที่สร้างขึ้นประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับเครื่องวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ที่ติดตั้งบริเวณตำบลบ้านเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี มีค่าผิดพลาดประมาณ 2.70% และเครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่นยี่ห้อ Turnkey รุ่น Osiris นั้น มีค่าผิดพลาดประมาณ 2.02% แสดงให้เห็นว่าเครื่องที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพการวัดปริมาณค่าฝุ่น PM2.5 ได้ใกล้เคียงกันไปทิศทางเดียวกันสามารถนำไปใช้วัดปริมาณฝุ่น PM2.5 ในเขตพื้นที่อื่นได้

ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 ถึง 201 ขึ้นไป ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็น

สัญลักษณ์เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

โดยทั่วไป หากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐานและคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ซึ่งคุณภาพอากาศย้อนหลัง 7 วัน ที่ดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพเครื่อง ดังแสดงใน Figure 6 และความหมายของสีตามเกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย ดังแสดงใน Figure 7

Table 1 PM2.5 dust content measured within 7 days of the experiment

Day	PM 2.5 dust meter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Turnkey brand, Osiris model ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Air4Thai ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	AQI
13 July 2021	5.3	5.4	5.5	5
14 July 2021	7.4	7.2	7.5	7
15 July 2021	4.5	4.2	4.6	4
16 July 2021	5.2	5.3	5.3	5
17 July 2021	4.2	4.1	4.4	4
18 July 2021	5.3	5.2	5.5	5
19 July 2021	3.4	3.2	3.5	3

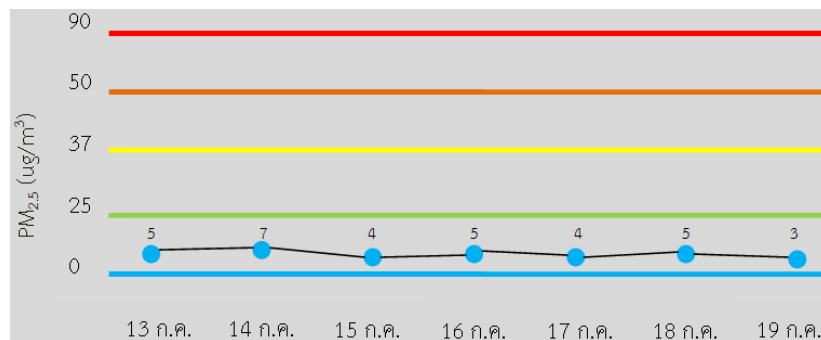


Figure 6 Air quality measured within 7 days of the experiment



Figure 7 The meaning of colors according to the criteria of the air quality index of Thailand [4]

4. อภิปรายผลการวิจัย

เครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นทำการเก็บค่าฝุ่นละออง PM2.5 ในอากาศอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยดำเนินการเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานจากกรมควบคุมมลพิษ บริเวณบ้านเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และเครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่น ยี่ห้อ Turnkey รุ่น Osiris บริเวณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี พบว่าข้อมูลที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกันกับเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ [9] ที่ได้มีการพัฒนาระบบตรวจวัดค่าฝุ่นละอองในอากาศบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนโดยทำการวัดค่าฝุ่นละออง ณ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้ง ตรัง ทำการวัดค่าอากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ระยะเวลา 3 วัน เทียบกับข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษซึ่งวัดคุณภาพอากาศในบริเวณพื้นที่ตำบลบ้านควน อำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง โดยค่าที่วัดจากอุปกรณ์ dust sensor มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย หลักการทำงานของอุปกรณ์วัดปริมาณฝุ่น PM2.5 จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการอ่านค่าจากเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณฝุ่น ค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ และมีการส่งค่าปริมาณฝุ่นที่วัดได้แจ้งไปยังแอปพลิเคชัน Blynk ส่งผลให้ได้รับข้อมูลที่รวดเร็ว จึงทำให้ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับเครื่องที่นำมาเปรียบเทียบ สอดคล้องกับงานวิจัย [6], [10] ที่ได้สร้างเครื่องวัดฝุ่น PM2.5 แจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์ หลักการทำงานของเครื่องจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO เป็นตัวควบคุมการอ่านค่าเซนเซอร์ มีการแจ้งเตือนแสดงบนจอแสดงผลและแจ้งเตือนเป็นสถานะไฟกระพริบสีเขียว สีเหลือง และสีแดง เพื่อให้สามารถแจ้งเตือนและมองเห็นในระยะใกล้ได้ ความน่าสนใจของเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมานี้จะเน้นการพกพาได้สะดวก มีขนาดเหมาะสมใช้งานได้จริงสำหรับกิจกรรมนอกสถานที่ และราคาถูกกว่าอุปกรณ์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด [11] วัสดุที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องสามารถหาได้จากชุมชน คนในชุมชนสามารถสร้างขึ้นใช้งานเองได้ สอดคล้องกับงานวิจัย [12] ที่ได้พัฒนาต้นแบบสถานีตรวจวัดฝุ่นละอองลอยในอากาศแบบออนไลน์ต้นทุนต่ำ ซึ่งมีการเลือกใช้เทคโนโลยีและวัสดุที่เหมาะสมให้ทำงานได้จริง เมื่อคำนวณต้นทุนการพัฒนาเครื่องต้นแบบวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่พัฒนาขึ้นพบว่ามีต้นทุนประมาณ 450 บาท ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [13] ที่ได้ทำการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นส่วนบุคคลสำหรับกิจกรรมก่อสร้างโดยมีแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์ให้

มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน มีราคาถูกกว่าอุปกรณ์ที่มีขายอยู่ทั่วไป และสามารถแจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงานให้ออกจากพื้นที่ที่มีฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐาน ซึ่งต้นแบบอุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นส่วนบุคคลที่พัฒนาขึ้นมีต้นทุนประมาณ 500 บาท หากทำการผลิตเป็นจำนวนมากอาจลดต้นทุนการผลิตลงได้อีก

5. บทสรุป

เครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้ เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ และเพื่อเปรียบเทียบการวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยแอปพลิเคชัน Blynk จะมีการแสดงผล 2 ส่วน คือ 1) แสดงผลผ่านหน้าจอของ เครื่องวัดปริมาณฝุ่น มีการแสดงข้อมูลในรูปแบบตัวเลข โดยจะแสดงค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นในอากาศ ค่าฝุ่นละออง PM1 ค่าฝุ่นละออง PM2.5 และค่าฝุ่นละออง PM10 และ 2) แสดงผลผ่านสมาร์ตโฟนที่มีการติดตั้งแอปพลิเคชัน Blynk มีการแสดงข้อมูลในรูปแบบตัวเลข และกราฟเส้น โดยจะแสดงค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นในอากาศ และค่าฝุ่น PM2.5 ทั้งนี้ด้วยข้อจำกัดของแอปพลิเคชัน Blynk ที่สามารถแสดงผลได้ 3 พารามิเตอร์ หากต้องการแสดงค่าพารามิเตอร์มากกว่านั้นจะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม ดังนั้นผู้วิจัยจึงแสดงผลเพียง 3 พารามิเตอร์ในส่วนของการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk นอกจากนี้เมื่อแสดงผลด้วยกราฟเพื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่น M 2.5 รายชั่วโมง พบว่าแนวโน้มปริมาณค่าฝุ่น PM 2.5 ช่วงเวลา 07.00 - 09.00 น. ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. และช่วงเวลา 16.00 – 19.00 น. มีค่าปริมาณสูงสุด แต่ยังไม่อยู่ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งช่วงเวลายังกล่าวอาจเป็นช่วงเวลาการเดินทางไป-กลับสถานที่ทำงาน ช่วงเวลาที่มีการจราจรบนท้องถนน ช่วงที่มีการทำความสะอาดบนท้องถนน [14] รวมไปถึงการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร ในการพัฒนาอุปกรณ์วัดปริมาณฝุ่น PM2.5 แจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Blynk สามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ สามารถวัดปริมาณฝุ่น PM2.5 ได้ สามารถแจ้งเตือนในรูปแบบข้อความ รูปแบบกราฟ มีผลการวัดปริมาณฝุ่นเทียบกับเครื่องวัดปริมาณฝุ่น ยี่ห้อ Turnkey รุ่น Osiris ที่ติดตั้งบริเวณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ได้ค่าใกล้เคียงกันไปในทิศทางเดียวกันและมีค่าผิดพลาดประมาณ 2.02% และเมื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์มาตรฐานจากกรมควบคุมมลพิษ บริเวณบ้านเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ได้ค่าใกล้เคียงกันไปในทิศทางเดียวกันและมีค่าผิดพลาดประมาณ 2.70%

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปควรมีการรายงานสภาพอากาศผ่านการแจ้งเตือนไลน์ (Line Notify) เมื่อปริมาณฝุ่นละอองอยู่ในเกณฑ์กระทบต่อปัญหาสุขภาพ เนื่องจากไลน์เป็นโซเชียลมีเดียที่มีคนนิยมใช้งานมากที่สุด สามารถเข้าถึงและใช้งานได้ง่าย ซึ่งจะเป็นประโยชน์และช่วยป้องกันอันตรายจากพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อมลพิษทางอากาศได้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี งบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2564

7. References

- [1] Jinsart, W. 2008. **Air Pollution and Air Quality Management**. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- [2] Choo-rin, S. 2016. **Air Pollution**. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- [3] Pollution Control Department. 2010. **Announcement of the National Environment Board No. 36 (B.E. 2533) Regarding the Determination of Particulate Matter Standards with a Size Not Exceeding 2.5 Microns**. <https://www.pcd.go.th/laws>. Accessed 23 March 2020. (in Thai)
- [4] Office of the Cane and Sugar Board. 2018. **The Impact of Small Dust PM2.5 Caused by Burning Agricultural Waste**. <http://www.ocsb.go.th/th/cms>. Accessed 15 January 2021. (in Thai)
- [5] Nuanyai, P. 2019. **Why Burn Sugarcane?** <https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/DocLib>. Accessed 15 January 2021. (in Thai)
- [6] Deecharoenchitpong, J. 2019. The development of dust detection and warning system prototypes by Internet of Things. **Journal of Science and Technology**. 3(1): 34-43. (in Thai)
- [7] Jindarat, S. and Wuttidittachotti, P. 2015. Smart farm monitoring using Raspberry Pi and Arduino. In: **Proceedings of 2015 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT)**, 21-23 April 2015. Kuching, Malaysia.
- [8] Pollution Control Department. 2020. **Thailand's Air Quality Information**. http://Air4Thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php. Accessed 11 June 2020. (in Thai)
- [9] Phonrit, O., ArnansantN, I., Laotrakulngam, N. and Wattana, N. 2020 Measuring dust system in the air on smartphone devices. **Journal of Information Science and Technology**. 10(1): 1-9. (in Thai)
- [10] Pongphab, D. and Santakij, P. 2021. Dust PM2.5 monitoring and alert system via line application. **UTK Research Journal**. 15(2): 45-57. (in Thai)
- [11] Banggood. 2022. **PM1.0 PM2.5 PM10 Air Quality Detection Module Dust Sensor**. http://banggood.com/th/PM1_0-PM2_5-PM10-DetectorModule-Air-Quality-Dust-Sensor-Tester. Accessed 16 February 2022. (in Thai)
- [12] Intra, P. and et al. 2016. A prototype of low cost, online airborne particulate monitoring station. **RMUTT Journal Socially of Engaged Scholarship**. 2(1): 1-6. (in Thai)
- [13] Thaweesapphirhak, C. and Limsupreeyarat, P. 2020. Development of personal dust detector for contraction activity. **Kasetsart Engineering Journal**. 33(109): 59-74. (in Thai)
- [14] Tapsang, N. 2018. **Effect of Urban Green Area on Atmospheric Particulate Matter Concentration in Samut Prakarn**. M.Sc. Thesis, Thammasat University. (in Thai)