

เครื่องวัดฝุ่น PM2.5 แจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์ Dust PM2.5 Monitoring and Alert System via LINE Application

ดอนสัน ปงผาบ^{1*}, ปกรณ์ สันตกิจ²
Donson Pongphab^{1*}, Pakorn Santakij²

^{1*}สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

^{1*}Department of Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology,
Lampang Rajabhat University, Thailand

²Department of Information Technology, Faculty of Science,
Lampang Rajabhat University, Thailand

*Corresponding Author. Tel. 08 4500 0474, E-mail: donson@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสร้างเครื่องวัดฝุ่น PM 2.5 และมีการแจ้งเตือนผลผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ หลักการทำงานของเครื่องจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO เป็นตัวควบคุมการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ ตรวจวัดปริมาณฝุ่น PM 2.5 ค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ในส่วนของการแจ้งเตือนจะแสดงบนจอแสดงผล และแจ้งเตือนเป็นสถานะไฟกระพริบสีเขียว สีเหลืองและสีแดง เพื่อให้สามารถแจ้งเตือนและมองเห็นในระยะไกล ได้ จากนั้นจะส่งค่าปริมาณฝุ่นที่วัดได้ให้กับ NodeMCUesp8266 เพื่อแจ้งเตือนปริมาณฝุ่นทางแอปพลิเคชันไลน์ ตามเวลาที่กำหนดหรือเมื่อมีปริมาณฝุ่นในอากาศเกินค่ามาตรฐานความปลอดภัยคือ 100 ไมครอนหรือ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้เซ็นเซอร์วัดฝุ่นแบบเลเซอร์รุ่น PMS5003 หลักการวัดปริมาณฝุ่นจะมีพัดลม ขนาดเล็กดูดอากาศเข้ามาในตัวเซ็นเซอร์แล้วฉายแสงเลเซอร์ผ่านอนุภาคฝุ่นในอากาศ เมื่อแสงเลเซอร์กระทบกับ ฝุ่นทำให้แสงเกิดการกระเจิงจึงสามารถวัดปริมาณของละอองฝุ่นได้โดยสามารถวัดฝุ่นขนาด PM 1.0 PM 2.5 และ PM 10 ได้ในชุดเดียวกันมีหน่วยวัดเป็นไมครอน ซึ่งเซ็นเซอร์วัดฝุ่นใช้เวลาในการตรวจวัดน้อยกว่า 3 วินาที มีความละเอียดในการวัดอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่มากกว่า 0.5 ไมครอน มีประสิทธิภาพ 98% ในช่วงการวัด 0-500 ไมครอน จากการทดสอบและติดตั้งในอาคารฝึกปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ราชภัฏลำปาง เครื่องวัดฝุ่นแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์สามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้คือ สามารถวัดค่าฝุ่น PM 2.5 ได้สามารถแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์และสามารถมองเห็นสัญญาณไฟเตือนใน ระยะไกลได้ถึง 20 เมตร โดยมีผลการวัดปริมาณฝุ่นเทียบกับเครื่องวัดฝุ่นของ Dust Boy ได้ค่าที่ใกล้เคียงกันไป ในทิศทางเดียวกันและมีค่าผิดพลาดประมาณ 4.09%

คำสำคัญ : เครื่องวัดฝุ่น, ฝุ่นอนุภาคขนาด 2.5 ไมครอน, แอปพลิเคชันไลน์

Received 08-08-2021

Revised 04-11-2021

Accepted 05-11-2021

ABSTRACT

The Air Quality Monitoring PM 2.5 is presented in this study, and the results can be alerted via the LINE application. The PM 2.5, temperature and humidity sensors and are all part of the Arduino UNO microcontroller used in this study. The offline notification appears on the screen and is shown by flashing lights green, yellow, and red. As a result, the lighting is visible from a distance. NodeMCUEsp8266 is used to send the results of PM 2.5 online at the specified time. In addition, when PM 2.5 exceeds the safety standard, which is 100 microns or micrograms per cubic meter, the LINE application can be notified. The dust is measured using a laser sensor PMS5003 for PM 2.5. The main concepts in this study are the small fan pulling air into the sensor and the sensor beaming laser light through the dust particles in the air. When laser light collides with dust, the light scatters, allowing the number of dust particles to be measured. It is possible to measure PM 1.0, PM 2.5 and PM 10 at the same time. Micrograms per cubic meter, or micron, are the measurement unit for PM 2.5 and PM 10. The measurement time was less than 3 seconds. A particle count efficiency was 50% for particles with a minimum diameter of 0.3 microns and a 98% effectiveness for particles larger than 0.5 microns in the measuring range of 0-500 microns. The tests and evaluations revealed that it could be utilized for the intended purpose, measuring PM 2.5 dust and alerting users via the LINE app and remote warning light which can be seen at a distance of up to 20 meters. The dust measurement results was compared to the dust meter "Boy's dust" providing the similar values in the same direction with error of about 4.09%

Keyword: Dust Monitoring, PM2.5, LINE Application, Arduino

1.บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหามลพิษทางอากาศทุกปี สาเหตุมาจากการสะสมของควันหรือฝุ่นในอากาศ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและไฟฟ้า และมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในทุกๆ ปี โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งปัญหามลพิษทางอากาศในภาคเหนือ นั้นได้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน จากการศึกษาของ ฐิฎาพร สุภาชี และคณะ [1] พบว่าฝุ่น PM 2.5 และ PM 10 เป็น

สาเหตุให้เกิดโรค เช่น ตาอักเสบ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคระบบทางเดินหายใจ และโรคผิวหนังอักเสบ เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาในช่วงเดือนมกราคม-เมษายน ปี พ.ศ. 2559 มีจำนวนผู้ป่วยรวมในอัตรา ร้อย 16 แสดงให้เห็นปัญหาสุขภาพที่เกิดจากปัญหามลพิษทางอากาศดังกล่าว Jingli L และคณะ [2] ได้พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กได้กลายเป็นความกังวลด้านสาธารณสุขที่สำคัญเนื่องจากส่งผลต่อปอดซึ่งเป็นอวัยวะหลักที่ได้รับผลกระทบจากฝุ่น PM2.5

จากการศึกษางานวิจัยย้อนหลังเกี่ยวกับระบบการแจ้งเตือนมลพิษทางอากาศพบว่ามีการ

ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อหาแนวทางในการวัดและ
แจ้งเตือนปริมาณฝุ่นในลักษณะต่างๆ เช่น ออร์ปรภา
ภูมิยะกาญจนะ และคณะ [3] ได้ศึกษาและพัฒนา
ระบบตรวจวัดค่าและติดตามคุณภาพอากาศแบบ
เรียลไทม์ มีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง โดยสามารถติดตั้ง
ในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครได้ ตัวตรวจวัด
คุณภาพอากาศจะใช้เซ็นเซอร์วัดแก๊สเซ็นเซอร์ชนิด
ทินออกไซด์ซึ่งเป็นนาโนเทคโนโลยีที่มีความไวต่อแก๊ส
ไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 82%
เมื่อทำการปรับเทียบกับการตรวจวัดภาคพื้นดินของ
กรมควบคุมมลพิษ นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นของ
แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด
ภาคพื้นดินได้นำมาหาค่าสหสัมพันธ์กับภาพถ่าย
ดาวเทียม จากนั้นได้นำมาหาค่าสหสัมพันธ์กับค่า
PM10 ที่ตรวจวัดติดตามจากภาคพื้นดิน และแสดง
ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อ
เพิ่มการมีส่วนร่วมและความตระหนักของประชาชน
ต่อคุณภาพอากาศ จากนั้น สุดจิต คุรุจิต [4] ได้
พัฒนาระบบฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพ
ภูมิอากาศ การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวล
PM 2.5 และ PM 10 ในอากาศด้วยเครื่องตรวจจับ
ฝุ่นละอองไร้สาย โดยพัฒนาระบบฐานข้อมูล Cloud
computing เพื่อศึกษาถึงปัญหาฝุ่นควันที่เกิดในเขต
ภาคเหนือตอนบน โดยมีการตรวจวัดปริมาณฝุ่น
การตรวจวัดปริมาณฝุ่นไร้สาย เพื่อนำไปศึกษา
ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นทั้งต่อสุขภาพมนุษย์ ระบบ
นิเวศและทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งมีการติดตั้งสถานี
ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวลเรียลไทม์เตือนภัย
วิกฤตฝุ่นควันในพื้นที่ภาคเหนือจำนวนทั้งหมด
4 สถานี เพื่อให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว
ทันสถานการณ์ และเข้าใจง่าย สามารถเป็นข้อมูล
เพื่อสนับสนุนแนวทางการแก้ไขปัญหาหมอกควัน

ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้
อย่างถูกต้อง และรวดเร็วทันเหตุการณ์ต่อปัญหาที่
เกิดขึ้น ต่อมา อาทิตย์ ยาวุฒิและคณะ [5,6]
ได้พัฒนาและทดสอบภาคสนามเครื่องวัดและ
วิเคราะห์ขนาดฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศแบบใช้
หลักการวัดกระแสน้ำไฟฟ้าสถิตของอนุภาคผ่านตัวกรอง
ฝุ่นละอองประสิทธิภาพสูง เครื่องวัดปริมาณฝุ่น
ต้นแบบที่พัฒนาประกอบด้วย ชุดคัดแยกฝุ่นละออง
PM 2.5 และ PM 10 ชุดให้ประจุไฟฟ้ากับฝุ่นละออง
แบบเส้นลวดโครนา ลูกถ้วยพาราเคย์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์
ชุดวัดและควบคุมอัตราการไหลของ
อากาศ บีมสัญญาณแสง แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง
กระแสตรงและชุดควบคุมและประมวลผลข้อมูล
สามารถวิเคราะห์และเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาด
เส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 หรือ 10 ไมครอน
ในอากาศที่มีช่วงของความเข้มข้นของอนุภาค 0 ถึง
300 ไมครอน หรือ 106 ถึง 1012 อนุภาค
ต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้เวลาในการประมวลผล
ประมาณ 0.1 วินาที สามารถเชื่อมต่อข้อมูลไปยัง
คอมพิวเตอร์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรมเทียบเคียงได้
กับอุปกรณ์ที่มาจากต่างประเทศ และมีขนาด
กะทัดรัดและทนทานเหมาะสำหรับการตรวจวัดและ
ศึกษามลพิษทางอากาศ [7] ต่อมา Karami, M. และ
คณะ [8] ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องตรวจสอบ
คุณภาพสิ่งแวดล้อมและเก็บข้อมูลในอาคารแบบ
พกพา โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ความชื้น ความสว่าง
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สารประกอบอินทรีย์ระเหย
ง่ายและฝุ่น PM 2.5 เพื่อตรวจวัดสภาพแวดล้อมใน
อาคาร ใช้โปรโตคอลการสื่อสารแบบไร้สายในการ
เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบ
เรียลไทม์ทำให้สามารถจัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์

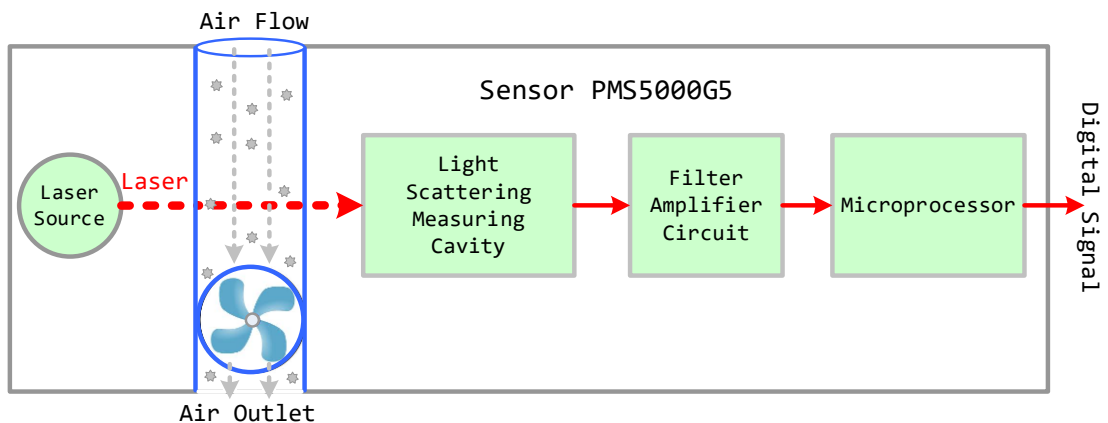
(Cloud) สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่ามีการพัฒนา ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศในลักษณะที่เป็นระบบ เครื่องข่ายขนาดใหญ่ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะ ออกแบบและสร้างระบบแจ้งเตือนคุณภาพอากาศ ที่สามารถวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง น้อยกว่า 2.5 ไมครอน ในบริเวณพื้นที่เฉพาะเจาะจง โดยสามารถแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ได้ ทั้งจากการ

แสดงผลโดยตรงในระยะไกลจากสัญญาณไฟ แจ้งเตือนที่สามารถมองเห็นได้โดยง่าย จากสถานที่จริงและสามารถแจ้งเตือนผ่านทางระบบออนไลน์ ผ่านเครือข่ายทางสังคมที่ผู้ใช้ส่วนใหญ่ใช้งานอยู่แล้ว โดยการแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและ สร้างเครื่องวัดปริมาณฝุ่น PM 2.5 และแจ้งเตือน สภาพอากาศค่าปริมาณฝุ่น PM 2.5

2.วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 เซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่น



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดฝุ่น PMS5003

PM 1.0 ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน เพราะอนุภาคขนาดเล็กสามารถซึมทะลุ ถุงลมปอดเข้าไปในเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจและสมอง ก่อเป็นปัจจัยที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ หากสะสมต่อเนื่องในระยะยาวก็อาจก่อให้เกิด โรคหัวใจล้มเหลวและโรคหลอดเลือดสมอง

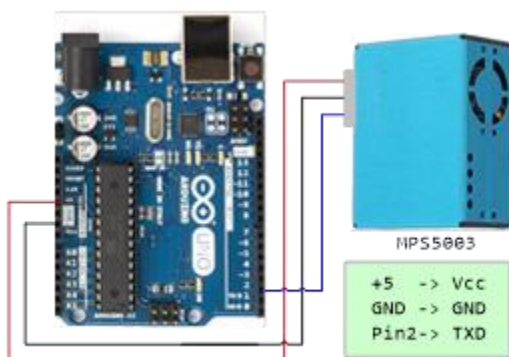
PM 2.5 คือเป็นฝุ่นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้ทั้งจาก

ยานพาหนะ การเผาป่า ไฟป่า พืชการเกษตรและ กระบวนการอุตสาหกรรม สามารถเข้าไปถึงถุงลมใน ปอดได้ ส่งผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคปอดต่าง ๆ

PM 10 คือฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ไม่เกิน 10 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของ เครื่องยนต์ กระบวนการอุตสาหกรรม หรือเกิดจาก งานก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากเมื่อ

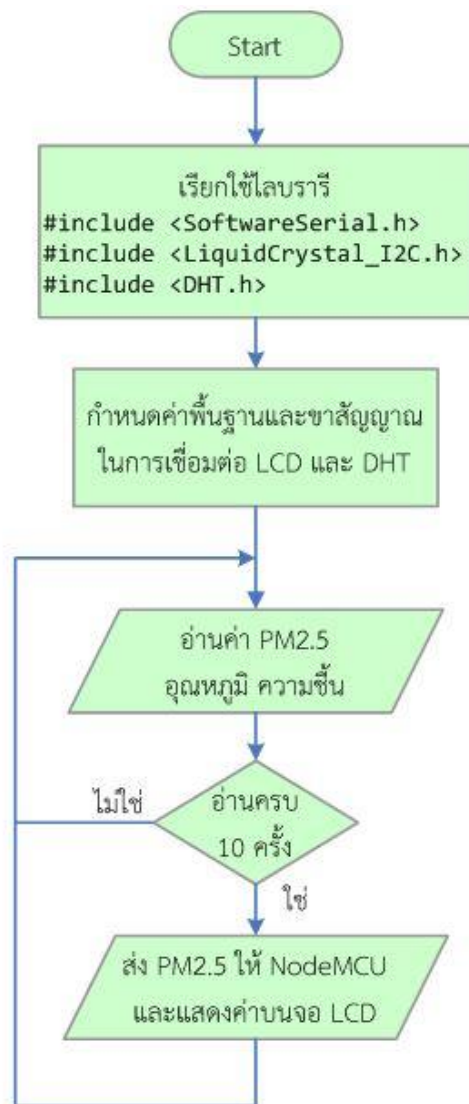
หายใจเข้าไปสามารถเข้าไปสะสมในระบบทางเดินหายใจ

เซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่น PMS5003 มีหลักการทำงานโดยใช้หลักการของการส่งแสงเลเซอร์ฉายแสงผ่านอนุภาคฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งจะมีพดลขนาดเล็กดูดอากาศเข้ามาในท่อ เมื่อฝุ่นเคลื่อนผ่านลำแสงก็จะปิดกั้นแสงบางส่วนทำแสงเกิดการกระเจิงทำให้ความเข้มของแสงลดลงเซ็นเซอร์จึงสามารถตรวจวัดปริมาณฝุ่นได้ โดยสามารถวัดค่าอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 1.0 PM 2.5 และ PM 10 ได้ในชุดเดียวกัน มีเวลาในการตรวจวัดน้อยกว่า 3 วินาที มีความละเอียดในการวัดอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่อนุภาคมากกว่า 0.5 ไมครอนในช่วงการวัด 0-500 ไมครอน มีประสิทธิภาพการนับอนุภาค 98% ให้สัญญาณเอาต์พุตแบบดิจิตอลที่เป็นค่าฝุ่นที่วัดได้มีหน่วยเป็นไมครอน การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดฝุ่น PMS5003 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มี 3 ขาคือ 5V ต่อกับ Vcc ขา GND ต่อกับ GND และขา 2 เป็นขาข้อมูลต่อเข้ากับขา TXD ของเซ็นเซอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดฝุ่น

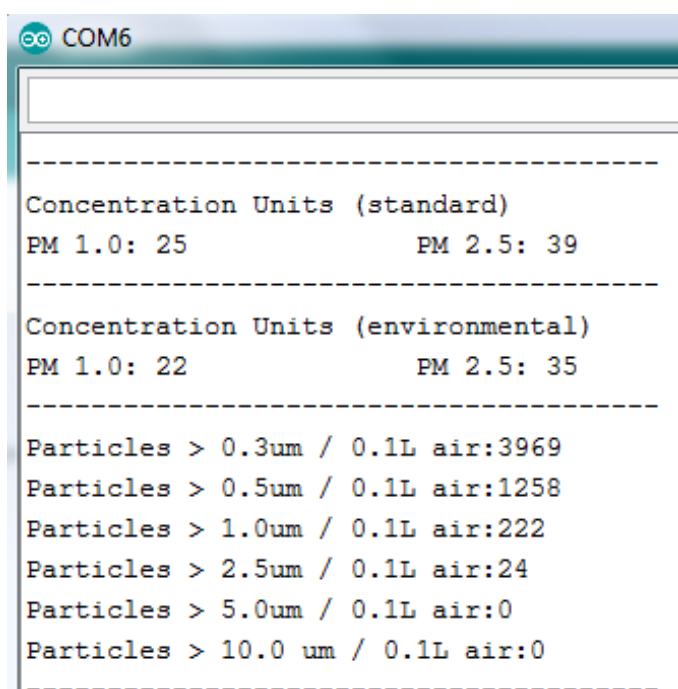
2.2การเขียนโปรแกรมวัดปริมาณฝุ่น



ภาพที่ 3 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมวัดปริมาณฝุ่น

ในการพัฒนาได้ใช้โปรแกรม Arduino IDE เขียนตามโครงสร้างของภาษาซี โดยเริ่มจากการเรียกใช้ไลบรารี SoftwareSerial.h เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม อ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดฝุ่น ใช้ไลบรารี LiquidCrystal_I2C.h ในการแสดงผลบนจอ LCD และเรียกใช้ไลบรารี DHT.h ในการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น จากนั้นทำการอ่านค่าฝุ่น อุณหภูมิและความชื้น ทำการวัดซ้ำ 10

หาค่าเฉลี่ยของการวัดเพื่อลดค่าผิดพลาด แล้วนำค่าที่วัดได้มาแสดงผลบนจอภาพและหลอดแสดงผล จากนั้นส่งค่าปริมาณฝุ่น PM 2.5 ที่วัดได้ให้กับ NodeMCU เพื่อทำการแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์ตามเวลาที่กำหนดและเมื่อปริมาณค่าฝุ่นเกิน 100 ไมครอน แสดงดังโพล์ชาร์ตในภาพที่ 3 และได้ตัวอย่างผลการวัดดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างค่าที่ได้การวัดปริมาณฝุ่น

2.3 การส่งข้อมูล Arduino และ NodeMCU

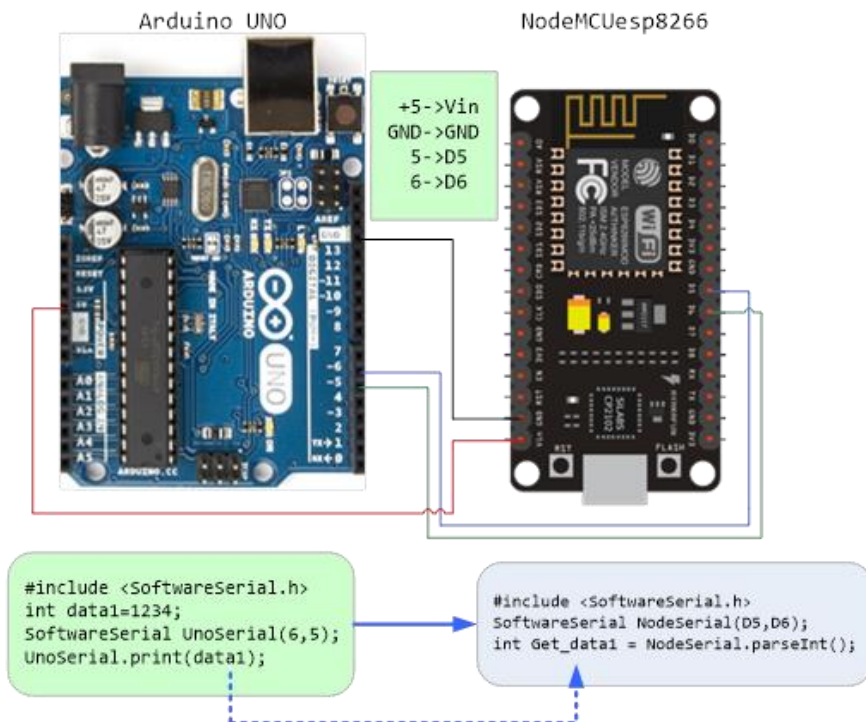
เครื่องวัดค่าฝุ่นจะมีส่วนประกอบหลักได้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นตัวตรวจวัดและส่วนของการแสดงผล แล้วจึงส่งค่าฝุ่นละออง PM2.5 ที่วัดได้ให้กับ NodeMCUesp8266 เพื่อแจ้งเตือนปริมาณค่าฝุ่น PM2.5 ผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์

ตามเวลาและเงื่อนไขที่กำหนดหรือเมื่อมีปริมาณค่าฝุ่นเกินมาตรฐาน

โดยหลักการทำงาน Arduino UNO จะส่งข้อมูลจากตัวแปร dataPM25 ซึ่งเป็นค่าปริมาณฝุ่นที่วัดได้ ออกทางขา 5 ให้กับขา D5 ของ NodeMCU ผ่านฟังก์ชันUnoSerial.print (dataPM25); จากนั้น NodeMCU จะรอรับค่าที่เข้ามาโดยใช้

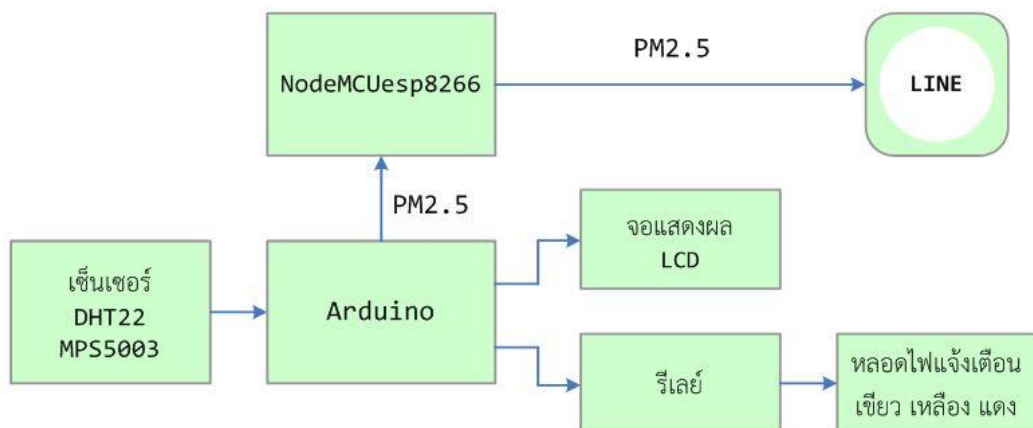
ฟังก์ชัน NodeSerial.parseInt(); และในการสื่อสารแบบอนุกรมต้องเรียกใช้ไลบรารี SoftwareSerial.h> โดยขั้นตอนการส่งข้อมูลจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อส่ง

ข้อมูลปริมาณฝุ่น PM 2.5 ใน Arduino และเขียนโปรแกรมรับค่าใน NodeMCU แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเชื่อมต่อ Arduino UNO และ NodeMCUesp8266

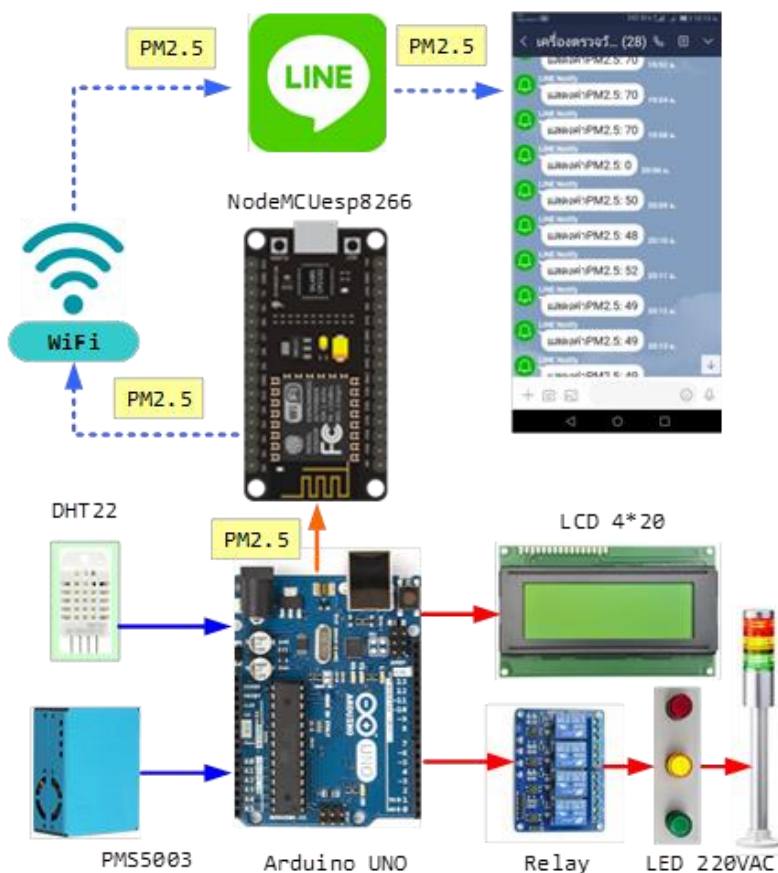
2.4 เครื่องวัดฝุ่นและแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์



ภาพที่ 6 แผนผังการทำงานของเครื่องวัดฝุ่นและแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์

จากรูปที่ 6 แสดงแผนผังการทำงานของเครื่องวัดฝุ่นและแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์ เริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าอุณหภูมิ ความชื้นและฝุ่น PM 1 PM 2.5 และ PM 10 จากเซ็นเซอร์ นำมาแสดงผลบนจอภาพและแจ้งเตือนทางหลอดไฟสีเขียว สีเหลืองและสีแดงกระพริบทำให้สามารถมองเห็นได้ในระยะไกล โดยที่ไฟเขียวหมายถึงอากาศดีมีปริมาณ PM 2.5 น้อยกว่า 80 ไมครอน สีเหลืองหมายถึงคุณภาพอากาศปานกลาง PM 2.5 มีค่าอยู่ระหว่าง 80 ถึง 100 ไมครอน และสีแดงหมายถึงคุณภาพอากาศที่เริ่มส่งผลกระทบต่อ

สุขภาพมีปริมาณฝุ่น PM 2.5 มากกว่า 100 ไมครอน จากนั้นส่งค่าฝุ่น PM 2.5 ให้กับ NodeMCUesp8266 เพื่อส่งค่าฝุ่นที่วัดได้ให้กับแอปพลิเคชันไลน์ซึ่งจะทำการแจ้งเตือนตามเวลาที่กำหนดทุก ๆ 2 ชั่วโมงและจะแจ้งเตือนเมื่อมีปริมาณฝุ่นเกินค่าที่ปลอดภัยคือมากกว่า 100 ไมครอน ทำให้สามารถรับรู้ปริมาณฝุ่นทางแอปพลิเคชันไลน์และสามารถมองเห็นได้ในระยะไกลได้จากสัญญาณไฟกระพริบสีเขียว สีเหลือง และสีแดงทำให้มีความสะดวกในการแจ้งเตือนโดยระบบการทำงานของเครื่องวัดฝุ่นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การทำงานของเครื่องวัดฝุ่นและแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์

2.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องวัดฝุ่น

วิธีการการเปรียบเทียบเครื่องวัดฝุ่นจะไม่เหมือนเครื่องวัดทั่วไปให้ใช้การหาค่าความถูกต้องจากค่าความผิดพลาด โดยมีค่าจริงกับค่าที่วัดได้เนื่องจากฝุ่นในอากาศที่เราสนใจเป็นค่าชั่วขณะที่ไม่นานถึงระดับค่ามาตรฐาน ราย 24 ชั่วโมง หรือรายปี ด้วยเครื่องวัดมาตรฐานที่ใช้การเก็บตัวอย่าง ดังนั้นการหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดฝุ่นแบบที่รายงานผลอัตโนมัติ โดยใช้โมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโพลีโนเมียล (Polynomial regression analysis model) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ตามสมการที่ (1) และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of determination; r^2) ตามสมการที่ (2)[9]

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + \dots + b_nx_1^n \quad (1)$$

$$r^2 = \frac{(\sum xy - n\bar{x}\bar{y})^2}{(\sum x^2 - n\bar{x}^2)(\sum y^2 - n\bar{y}^2)} \quad (2)$$

เพื่อดูว่าเครื่องทั้งสองที่เปรียบเทียบกับนั้นมีการวัดค่าที่มีความสมรूपกันมากน้อยแค่ไหนเมื่อตรวจวัดและอ่านค่าฝุ่นในช่วงเวลาเดียว

สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะทดสอบเครื่องวัดฝุ่นแฉงเตอนทางแอฟฟลิเคชันไลน์เปรียบเทียบกับเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 และ PM10 แบบเซนเซอร์ (DustBoy) ที่มีใช้งานจริงและติดตั้งมากกว่า 100 จุดทั่วประเทศ เพื่อทำการ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องวัดค่าฝุ่นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาใช้ในการศึกษารุ่นนี้กับเครื่องวัดฝุ่นที่มีการใช้งานจริง

3.ผลการทดลอง

ในการทดลองจะทดสอบเครื่องวัดฝุ่นแฉงเตอนทางแอฟฟลิเคชันไลน์เปรียบเทียบกับเครื่องวัดสภาพอากาศ PM 2.5 Dust Boy ที่มีใช้งานจริงและติดตั้งมากกว่า 100 จุดทั่วประเทศ ทดสอบและติดตั้งภายในอาคารฝึกปฏิบัติการของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปางเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาทีจำนวน 100 ครั้งซึ่งผลที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ได้ค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าผิดพลาดประมาณ 4.09 % โดยมีผลการทดสอบดังกราฟภาพที่ 12-14 ส่วนการทดสอบเรื่องระยะทางในการมองเห็น หลอดสัญญาณไฟแฉงเตอน ได้ทดสอบกับนักศึกษาจำนวน 20 ภายในอาคารฝึกปฏิบัติการ ที่ระยะทาง 5 เมตร มีผลการมองเห็นชัดเจนอยู่ในระดับ 5 จำนวน 20 คน ที่ระยะทาง 10 เมตร มีผลการมองเห็นชัดเจนอยู่ในระดับ 5 จำนวน 17 คนและอยู่ในระดับ 4 จำนวน 3 คน ที่ระยะทาง 15 เมตร มีผลการมองเห็นชัดเจนอยู่ในระดับ 5 จำนวน 12 คน อยู่ในระดับ 4 จำนวน 5 คนและระดับ 3 จำนวน 3 คน ที่ระยะทาง 20 เมตรซึ่งเป็นระยะทางที่ไกลที่สุดของโรงฝึกปฏิบัติการ มีผลการมองเห็นชัดเจนอยู่ในระดับ 5 จำนวน 8 คน ระดับ 4 จำนวน 7 คน ระดับ 3 จำนวน 4 คนและระดับ 2 จำนวน 1 คนแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบการมองเห็นที่ระยะต่างๆ

ระยะทาง	ระดับการมองเห็น 1-5 (5 ชัดเจนมากที่สุด)					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
5 เมตร					20	5.0
10 เมตร				3	17	4.85
15 เมตร			3	5	12	4.45
20 เมตร	1	4	7	8		4.10



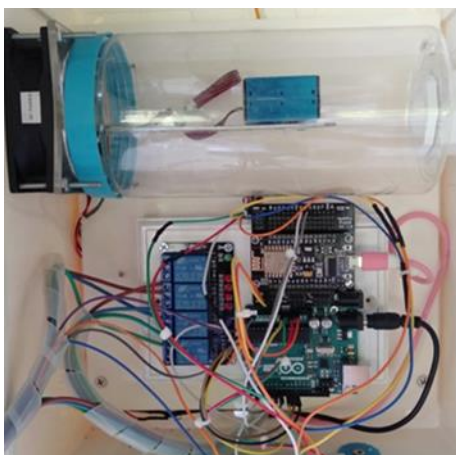
ภาพที่ 10 ด้านหน้าเครื่องวัดปริมาณฝุ่น



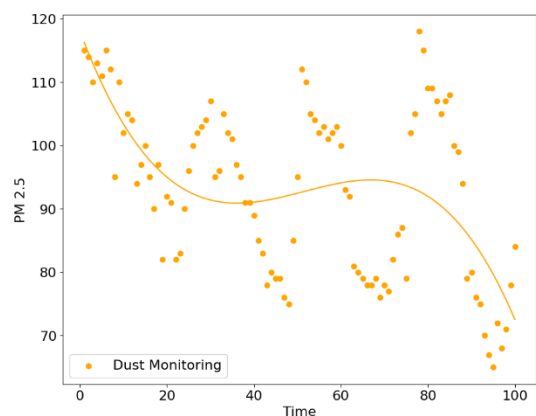
ภาพที่ 8 การทดลองเครื่องวัดฝุ่น



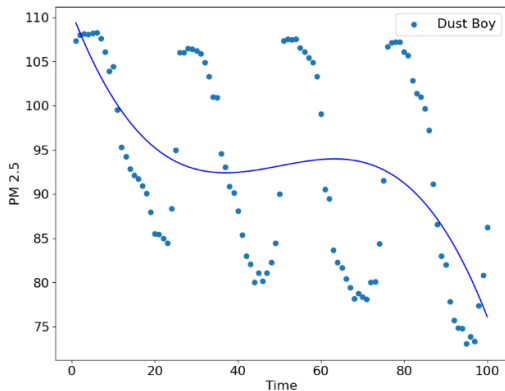
ภาพที่ 11 การติดตั้งเครื่องวัดฝุ่นในโรงฝึกปฏิบัติการ



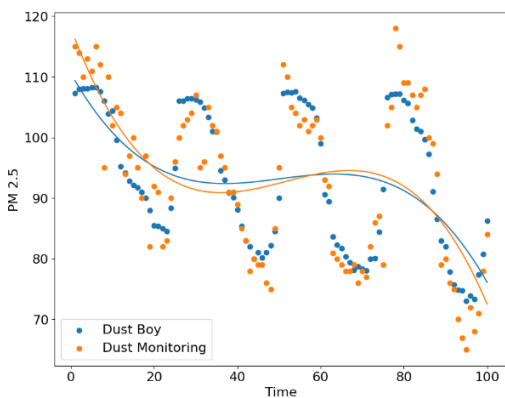
ภาพที่ 9 วงจรภายในเครื่องวัดปริมาณฝุ่น



ภาพที่ 12 กราฟปริมาณฝุ่น PM 2.5 ที่วัดได้



ภาพที่ 13 กราฟปริมาณฝุ่น PM 2.5 ของ Dust Boy



ภาพที่ 14 กราฟเปรียบเทียบปริมาณฝุ่น 2 เครื่อง

4.สรุปผลการทดลอง

เครื่องตรวจวัดฝุ่นแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในการใช้งานปกติจะแจ้งเตือนทุกๆ 2 ชั่วโมงและจะแจ้งเตือนเมื่อมีปริมาณฝุ่น PM 2.5 มีค่าเกิน 100 ไมครอน โดยผู้ใช้งานสามารถเพิ่มเพื่อนในแอปพลิเคชันไลน์จาก QR code ที่ข้างตัวเครื่อง โครงสร้างของเครื่องวัดค่าอากาศ ความสูงของเสามีขนาด 145 เซนติเมตร ขนาดของเครื่องตรวจวัดค่าอากาศ 30 x 25 เซนติเมตร ในการตรวจวัดค่าอากาศ จะใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับฝุ่น PM 2.5 แบบเลเซอร์ PMS5003 โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

Arduino Uno เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบและใช้ NodeMCU เป็นตัวแจ้งเตือนปริมาณฝุ่นทางแอปพลิเคชันไลน์ เหมาะสำหรับการติดตั้งในอาคารฝึกปฏิบัติการ โรงงานหรือสนามกีฬาในร่ม จากการทดสอบและติดตั้งเครื่องวัดเครื่องตรวจวัดค่าอากาศ ในอาคารฝึกปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี โดยจะวัดค่าอากาศทุก ๆ 30 นาที จำนวน 100 ครั้งซึ่งผลที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ได้ค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าผิดพลาดประมาณ 4.09 % ซึ่งหาคำนวณได้จากสูตร

$$x = \frac{A - B}{B} * 100$$

โดยที่

x = เปอร์เซ็นค่าผิดพลาด

A = ปริมาณฝุ่นที่ได้จากเครื่องที่สร้าง

B = ปริมาณฝุ่นที่ได้จากเครื่องที่นำมาเทียบวัด

ส่วนการทดสอบเรื่องระยะทางในการมองเห็นสัญญาณไฟแจ้งเตือน ได้ทดสอบกับนักศึกษาจำนวน 20 คนภายในอาคารฝึกปฏิบัติการที่ระทางห่าง 5 เมตร มีผลการมองเห็นชัดเจนอยู่ในระดับ 5.0 ที่ระยะห่าง 10 เมตร มีผลการมองเห็นชัดเจนอยู่ในระดับ 4.85 ที่ระยะห่าง 15 เมตร มีผลการมองเห็นชัดเจนอยู่ในระดับ 4.45 และที่ระยะห่าง 20 เมตรซึ่งเป็นระยะทางที่ไกลที่สุดของอาคารฝึกปฏิบัติการ มีผลการมองเห็นชัดเจนอยู่ในระดับ 4.10 การสร้างเครื่องวัดปริมาณฝุ่นใช้งบประมาณ 3,000 บาท ในการพัฒนาปรับปรุงในอนาคต อาจเพิ่มหลอดสัญญาณไฟแจ้งเตือนในหลายจุด มีการแจ้งเตือนด้วยเสียงเมื่อปริมาณฝุ่นมีค่ามากเกินมาตรฐาน เลือกใช้เซ็นเซอร์ที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูงและพัฒนาให้สามารถติดตั้งภายนอกอาคารได้

5.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาทิตย์ ยาวุฑฒิ อาจารย์จากมหาวิทยาลัยราชชมกล้านนา ผู้ที่ได้สร้างเครื่องวัดฝุ่น Dust Boy ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ในการป้องกันและแจ้งเตือนฝุ่นมลพิษในอากาศ จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่คณาจารย์ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและขอขอบความกตัญญู กตเวทิตาคุณ แต่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อแนะนำต่าง ๆ ผู้วิจัยยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

6.อ้างอิง

- [1] ฐิฎาพร สุภาชี, พานิช อินต๊ะ, เสริมเกียรติจอมจันทร์ยอง และคณะ. การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวล PM2.5 และ PM10 ในบรรยากาศด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองไร้สายในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชชมกล้านนา. 2561; 2(1):65-78.
- [2] Jingli L, Yiran H, Lingjing L, et al. PM2.5 exposure perturbs lung microbiome and its metabolic profile in mice. Science of the Total Environment. 2020; 2020(721):137432.
- [3] อรประภา ภูมิเมกาญจนะ, คิโยชิ ฮอนดะ. การตรวจติดตามคุณภาพอากาศแบบ Real-time ในสิ่งแวดล้อมเมืองโดยใช้เครื่องตรวจวัดจากภาคพื้นดิน ชุดอุปกรณ์นาโนเทคโนโลยีแก๊สเซ็นเซอร์ชนิดทินออกไซด์ และภาพถ่ายดาวเทียมผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบอินเทอร์เน็ต. มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพฯ. 2552.
- [4] สุตจิต ครุจิต, ธนัญชัย วรรณสุข, ชื่นจิตร์ ชาญชิตปรีชา และคณะ. การพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการเพื่อสนับสนุนการจัดการคุณภาพอากาศในชุมชน. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา: 2553.
- [5] อาทิตย์ ยาวุฑฒิ, สมศักดิ์ วรรณชัย, พิลิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์ และคณะ. การพัฒนาเครื่องวัดฝุ่นหลักการทางแสงและเปรียบเทียบผลการวัดกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 40: มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม. 2562. 481-484.
- [6] อาทิตย์ ยาวุฑฒิ, พิลิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์, สาคร ปันตา และคณะ. เซ็นเซอร์หลักการทางแสงราคาถูกลำบากสำหรับงานตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ. การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3: 24-25 พฤษภาคม 2561; ลอฟท์ มาเนีย บูติก โฮเทล จังหวัดชุมพร. 2561. หน้า 160-161.
- [7] อาทิตย์ ยาวุฑฒิ และ พานิช อินต๊ะ. เครื่องวัดและวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 และ 10 ในอากาศ. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9: พลังงานสีเขียว เพื่อโลกที่สดใส; 8-10 พฤษภาคม 2556; ชลพฤกษ์รีสอร์ท จังหวัดนครนายก. 2556.

- [8] Majid K, Gabrielle V, Liping W. Continuous monitoring of indoor environmental quality using an Arduinobased data acquisition system. Journal of Building Engineering. 2018; 2018(19):412-419.
- [9] Artit Y, Pisit W, Kitchar C, et al. Comparison of Particulate Matter Monitoring Using Beta Attenuation Monitor and Light Scattering Method in angkok Thailand. 3rd International Technical Conference on Circuits /Systems, Computers and Communications 2018 (ITC-CSCC 2018); 2018 July 4-7; Mandarin Hotel, Bangkok Thailand; 2018. 498-501.