ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

(Dust Detection and Alarm System with IoT Technology)

ธนาทร แก้วพวง[1],อิดรีส เดชดวง[2*],สุวนันท์ เจ๊ะหมัด[3],

เบญญาภา ไชยสงคราม[4] และ สงกรานต์ จรรจลานิมิตร[5]

Tanarton Keawpuang[1], Idris Detdueng[2*], Suwanun Jehmadand[3]

Benyapa Chaisongkram[4] and Songkran Chanchalanimitr[5]

สาขาธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต[1-5]

Digital Business Business Administration Kasem Bundit University[1-5]

Email: u650105302005@ms.kbu.ac.th[*],songkran.cha@kbu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที 2) ทดลองการใช้งานระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที 3) ศึกษาผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจจับและแจ้งเตือน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบตรวจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที ประกอบด้วย ส่วน 3 ส่วน คือ 1.1) เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น PMS3003 ใช้ในการตรวจจับฝุ่นละออง 1.2) บอร์ด ESP8266 ใช้ประมวลผลและส่งข้อมูลไปยัง Application 1.3) ระบบแจ้งเตือน ประกอบด้วย Line Application และ Blynk Application 2) ผลการแจ้งเตือนจากการทดลอง 5 ครั้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยความแตกต่างอยู่ที่ 8.03 % 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยกลุ่มตัวอย่าง 60 คน พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.35)

คำสำคัญ: ระบบแจ้งเตือนฝุ่นละออง, เทคโนโลยีไอโอที, พีเอ็ม2.5

ABSTRACT

The objective of this research is to 1) develop a dust detection and alarm system with IoT technology, 2) study the use of dust detection and alarm system with IoT technology, 3) study the satisfaction assessment of users of the detection and alert system.

The results showed that 1) the dust detection and alarm system with IoT technology consists of 3 parts: 1.1) Dust sensor PMS3003 used to detect dust 1.2) Board ESP8266 used to process and send data to the application 1.3) Notification system consisting of Line Application and Blynk Application 2) Notification results from 5 experiments showed an average difference of 8.03% 3) Satisfaction assessment results of system users The sample of 60 people found that overall satisfaction was very high. ($\bar{X}$= 4.35)

Keyword: Dust alarm system, IoT Technology, PM2.5

บทนำ

จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยช่วงต้นปี พ.ศ.2566 ปัญหามลพิษจากฝุ่นละอองปกคลุมไปทั่วเมืองไม่ว่าจะในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล ตามจังหวัดใหญ่ๆ หรือพื้นที่ใกล้กับชายแดนประเทศเพื่อนบ้าน ทำให้คนไทยตื่นตัวและหันมาให้ความสนใจกับการวัดคุณภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับปริมาณฝุ่นละออง หรือที่รู้จักกันคือ ฝุ่น PM2.5 (ฝุ่นขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน) โดยเกิดจากการจำแนกอนุภาคตามขนาดของฝุ่น ซึ่งอีก 2 ประเภทจะเป็นอนุภาคฝุ่นทั้งหมด (TSP) เป็นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งหมด และอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10)

ทั้งนี้ยังมีการศึกษาต่อไปพบว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอนอาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี 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 และในปัจจุบันการเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับค่าของฝุ่นละอองยังเป็นไปด้วยความล่าช้า ไม่สะดวกต่อผู้รับข้อมูล (ลัดดาวัลย์ จำปา, 2022)

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างระบบแจ้งเตือนคุณภาพอากาศที่สามารถวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน ในบริเวณโรงเรียนอิสลามวิทยาบึงน้ำรักษ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยสามารถแจ้งเตือนแบบ Real Time เมื่อมีค่าฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันไลน์ที่ผู้คนส่วนใหญ่ใช้งานแอพพลิเคชันนี้กันอยู่แล้ว เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการ รับ-ส่ง ข้อมูล และระบบนี้ยังสามารถวัดปริมาณฝุ่นละอองและแสดงผลผ่านแอพพลิเคชัน Blynk โดยสามารถวัดค่าฝุ่นและแสดงผลค่าฝุ่นละอองได้ 3 ประเภทคือ PM1.0, PM2.5, และ PM10.0

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

1.2 เพื่อทดลองการใช้งานระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

1.3 เพื่อศึกษาผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)

วงจรการพัฒนาระบบ คือ กระบวนการทางความคิด (Logical Process) ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อแก้ปัญหา และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ ใช้วงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System development life cycle : SDLC) ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ 5 ขั้น ดังนี้ 1)ขั้นตอนการวางแผนระบบ 2)ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ 3)ขั้นตอนการออกแบบระบบ 4)ขั้นตอนการพัฒนาระบบ และ 5)ขั้นตอนการติดตั้งและดำเนินการใช้ (จารุกิตต์ สายสิงห์, 2020)

2.2 NodeMCU (ESP8266)

ESP8266 คือโมดูล Wi-Fi ที่มีความพิเศษตรงที่สามารถลงโปรแกรมไปได้สารมารถนำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้และมีพื้นที่โปรแกรมที่มากถึง 4MB. ทำให้มีพื้นที่เหลือมากในการเขียนโปรแกรมลงไป

ESP8266 เป็นชื่อของไอซีบนบอร์ดของโมดูล ซึ่งไอซี ESP8266 ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (Flash memory) ในตัวทำให้ต้องใช้ไอซีภายนอก (External flash memory) ในการเก็บโปรแกรม ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ซึ่งสาเหตุนี้เองทำให้โมดูล ESP8266 มีพื้นที่โปรแกรมมากกว่าไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ

ESP8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3v.-3.6v. การนำไปใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์อื่นๆที่ใช้แรงดัน 5v. ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันมาช่วยเพื่อไม่ให้โมดูลพังเสียหาย กระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุดคือ 200mA ความถี่คริสตัล 40MHz ทำให้เมื่อนำไปใช้งานอุปกรณ์ที่ทำงานรวดเร็วตามความถี่ เช่น LCD ทำให้การแสดงผลข้อมูลรวดเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ยอดนิยม Arduino มาก (เอกชัย ดีสิริ และคณะ, 2019)

2.3 แอพพลิเคชัน Blynk

Blynk เป็น Application สำเร็จรูปสำหรับงาน IoT มีความน่าสนใจคือการเขียนโปรแกรม ที่ง่าย ไม่ต้องเขียน App เอง สามารถใช้งานได้อย่าง Real time สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับ Internet ได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็น Arduino, ESP8266, ESP32, Nodemcu, Rasberry-pi นำมาแสดงบน Application ได้อย่างง่าย แล้วที่สำคัญ Application Blynk รองรับในระบบ IOS และ Android อีกด้วย Blynk Platform ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ Internet of Things คุณสมบัติในการควบคุมจากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และยังสามารถแสดงผลค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ ได้อีกด้วย Blynk App สามารถติดตั้งในโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนสร้าง Interface ในการควบคุมหรือแสดงผลค่าจากอุปกรณ์ Internet of Things Blynk Server และสื่อสารกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พัชรณัฐ แสงอ่อน, และคณะ, 2022)

อรวรรณ พลฤทธิ์ และคณะ, (2020) ได้พัฒนาระบบตรวจวัดค่าฝุ่นละอองในอากาศบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟน เพื่อสนับสนุนการจัดการการเฝ้าระวังปัญหาคุณภาพอากาศที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยทดลองใช้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้ง ตรัง อาศัยแนวคิดการพัฒนาระบบ การออกแบบฐานข้อมูล และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดค่าฝุ่น (Dust Sensor) และนำเสนอค่าปริมาณฝุ่นผ่านแอพพลิเคชัน Dust@SDU จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ระหว่างวันที่ 20-22 กันยายน 2562 พบว่า ข้อมูลมีแนวโน้มใกล้เคียงกันกับข้อมูลคุณภาพอากาศจากกรมควบคุมคุณภาพ บริเวณพื้นที่ ตำบลบ้านควน อำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง โดยค่าที่ได้จะสูงกว่าเล็กน้อย 34/33, 35/30, 68,64

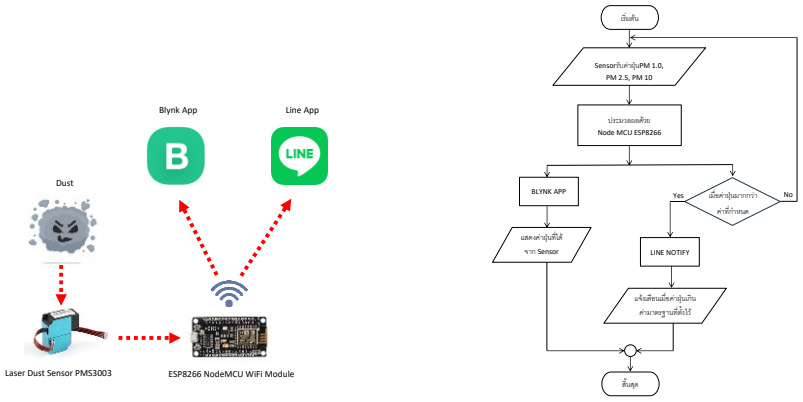
ลัดดาวัลย์ จำปา, (2022) ได้พัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองและแจ้งเตือนผ่านทางแอพพลิเคชัน เพื่อช่วยให้คนในชุมชนทราบถึงระดับของฝุ่นละอองแสดงผลบนสมาร์ทโฟน ที่มีการติดตั้งแอปพลิชันเฉพาะ สามารถนำไปใช้บริเวณที่พักอาศัย พื้นที่การทำเกษตรกรรม ซึ่งจะทำให้สามารถหลีกเลี่ยงในพื้นที่ดังกล่าวที่เกิดการกระจายของฝุ่นละอองได้ โดยการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1)ฮาร์ดแวร์ ได้ออกแบบการทำงานโดยใช้ NodeMCU ESP8266 ในการประมวลผลจากเซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง และ 2)ซอฟต์แวร์ ใช้แอพพลิเคชัน Blynk แสดงผลในรูปแบบเรียลไทม์ผ่านแผงควบคุมที่สร้างขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของฝุ่นละอองและพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และเซนเซอร์ จากเอกสารงานวิจัย เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการทำวิจัย

1.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นที่ 1 โดยวิเคราะห์การทำงานของระบบแจ้งเตือนฝุ่นละออง โดยมีหลักการทำงานเบื้องต้น คือ เซนเซอร์จะตรวจจับค่าฝุ่นละออง จากนั้นจะส่งข้อมูลไปยัง บอร์ด ESP8266 ต่อมาบอร์ด ESP8266 จะส่งค่าฝุ่นละออง ไปยังแอพพลิเคชัน Blynk และส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอพพลิเคชันไลน์

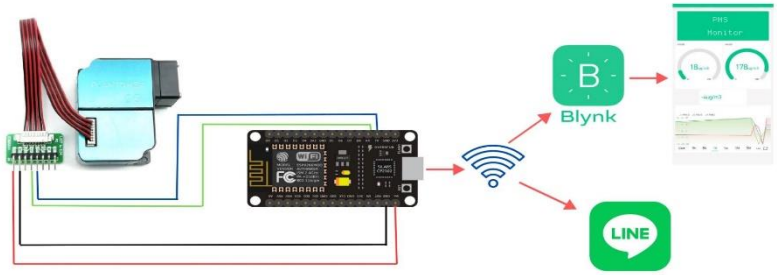


(ก) (ข)

ภาพที่ 1 โครงสร้างของระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

จากภาพที่ 1 (ก) แสดงโครงสร้างของระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที โดยเซนเซอร์ PMS3003 จะตรวจจับฝุ่นละอองที่ลอยอยู่ในอากาศและส่งค่าฝุ่นที่ได้รับไปยัง บอร์ด ESP8266 เพื่อประมวลผลค่าฝุ่นละออง 3 ประเภท คือ PM1.0, PM2.5, และPM10.0 จากนั้นจะส่งค่าฝุ่นละอองทั้ง 3 ประเภท ไปยังแอพพลิเคชัน Blynk และในขณะเดียวกันเมื่อการประมวลผลค่าฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ บอร์ด EP8266 จะส่งข้อความเตือนไปยังแอพพลิเคชันไลน์ เพื่อแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองแบบ Real time และทำให้ผู้ใช้งานระบบได้เข้าถึงข้อมูลอย่างสะดวกและรวดเร็วอีกด้วย การแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองได้วิเคราะห์และออกแบบระบบโดยการเขียนแผนภูมิการไหลของข้อมูล (Flow Chart) ของระบบดังภาพที่ 1 (ข) หลักการทำงานของระบบ เริ่มต้นการทำงานโดย รับค่าจาก Sensor ตรวจจับฝุ่นละออง จากนั้นส่งข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลด้วย NodeMCU ESP8266 และจะแสดงค่าผ่านหน้าจอในแอพพลิเคชัน Blynk และในขณะเดียวกันจะประมวลผลค่าแบบมีเงื่อนไข โดยถ้าค่าฝุ่นละอองเกินค่าที่กำหนดจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอพพลิเคชัน Line แต่ถ้าค่าฝุ่นละอองอยู่ในระดับไม่เกินค่าที่กำหนดระบบจะไม่แจ้งเตือนใดๆในแอพพลิเคชัน Line และจะย้อนกลับไปประมวลผลค่าฝุ่นละอองใหม่

1.3 ออกแบบระบบโดยทำการออกแบบระบบแจ้งเตือนค่าฝุ่นละออง ตามที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระบบไว้ โดยการออกแบบวงจรและการเชื่อมต่อระบบ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบ

จากภาพที่ 2 แสดงการออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ โดยอุปกรณ์หลัก ๆ ของระบบประกอบด้วย 1) เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละออง PMS3003 2) บอร์ด ESP8266 สำหรับประมวลผลและเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งต่อข้อมูลไปยังแอพพลิเคชัน 3) แอพพลิเคชัน Blynk สำหรับแสดงค่าฝุ่นละออง 4) แอปพลิเคชัน Line สำหรับแจ้งเตือนเมื่อค่าฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

1.4 พัฒนาระบบโดยเริ่มจากการตรวจจับฝุ่นละอองจากเซนเซอร์ ในส่วนของบอร์ดควบคุมใช้ NodeMCU ESP8266 สำหรับเขียนโปรแกรมมีการทำงานภายใต้ภาษาซี ส่วนของการแสดงผลจะประกอบด้วย แอพพลิเคชัน Line และแอพพลิเคชัน Blynk

1.5 เก็บรวบรวมข้อมูล สรุป วิเคราะห์ และจัดทำคู่มือการใช้งานระบบ ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

2. เครื่องมือการวิจัย

2.1 ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

2.2 แบบประเมินคุณภาพระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1 ประชากร คือ ประชากรในพื้นที่ ตำบลบึงน้ำรักษ์ อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ครู, นักเรียนชั้น ม.6 และผู้ปกครอง โรงเรียนอิสลามวิทยาบึงน้ำรักษ์ จำนวน 60 คน

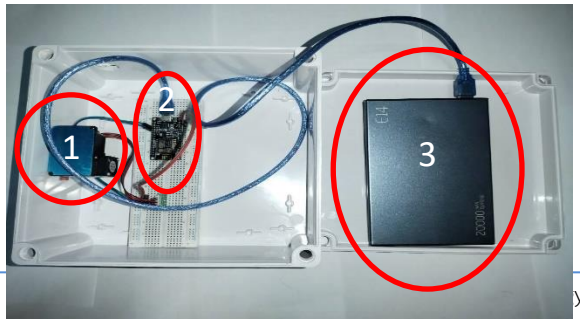
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (Dependent t-test) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 1992) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

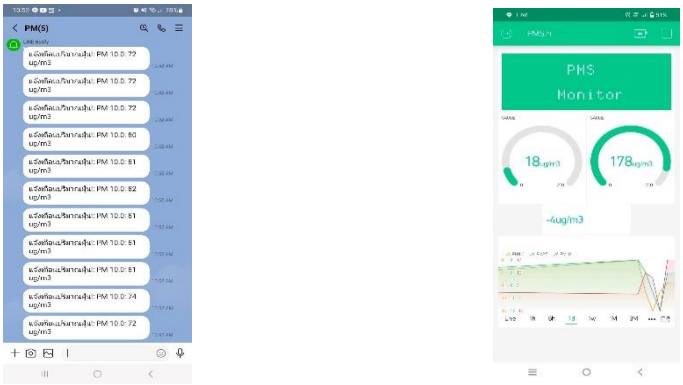
1. ผลการพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที ดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ระบบตรวจจับค่าฝุ่นละออง

จากภาพที่ 3 ระบบตรวจจับฝุ่นละออง ประกอบด้วย 1) เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละออง PMS3003 2) บอร์ด ESP8266 3) พาวเวอร์แบงค์



(ก) (ข)

ภาพที่ 4 ระบบแจ้งเตือนฝุ่นละออง

จากภาพที่ 4 ระบบแจ้งเตือนฝุ่นละออง ประกอบด้วย 1) (ก) แอพพลิเคชัน Line จะแจ้งเตือนเมื่อมีค่าฝุ่นเกินค่าที่กำหนด 2) (ข) แอพพลิเคชัน Blynk จะแจ้งเตือนค่าฝุ่นละออง 3 ประเภท คือ PM1.0, PM2.5, และPM10.0

2. ผลการทดลองใช้ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที โดยการทดลองวัดค่าฝุ่นละอองจำนวน 5 ครั้ง ผลการทดลองวัดค่าฝุ่นละออง โดยเปรียบเทียบกับค่าฝุ่นละอองจาก Air4Thai

ผลการทดลองใช้ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที พบว่า ผลของระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองโดยที่ได้คือ 82.1/90.3, 69.5/76.5, 90.6/98.2, 82.1/84.1, และ44.3/51.7 โดยรวมมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างอยู่ที่ 8.03 % ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ (อรวรรณ พลฤทธิ์ และคณะ, 2022)

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

ผู้วิจัยดำเนินการสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที ของ ครู, นักเรียน, และผู้ปกครอง ณ โรงเรียนอิสลามวิทยาบึงน้ำรักษ์ จำนวน 60 คน จากนั้นนำผลการสอบถามมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผลแสดง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลความพึงพอใจที่มีต่อระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ระบบตรวจจับทำงานได้อย่างรวดเร็ว	4.30	0.82	ระดับมาก
2. สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก ไม่ยุ่งยาก	4.43	0.67	ระดับมาก
3. ระบบแสดงผลลัพธ์จากการประมวลผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ	4.28	0.78	ระดับมาก
4. ระบบมีความน่าเชื่อถือได้	4.40	0.76	ระดับมาก
5. ข้อมูลระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต	4.35	0.75	ระดับมาก
โดยรวม	**4.35**	**0.75**	**ระดับมาก**

จากตารางที่ 1 ผลการผลความพึงพอใจที่มีต่อระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที จำนวน 60 คน พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.35, S.D. = 0.75)

อภิปรายผลการวิจัย

1. ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ 1) เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่นละออง PMS3003 ใช้ในการตรวจจับฝุ่นละออง 2) บอร์ด ESP8266 ใช้ในการประมวลผลรวมถึงเชื่อมต่อ Wifi เพื่อส่งข้อมูลไปยังแอพพลิเคชัน และ 3) ระบบแจ้งเตือนและแสดงผล ประกอบด้วย Blynk App และ Line App ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมของระบบโดยรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีองค์ประกอบที่สามารถแจ้งเตือนค่าฝุ่น PM2.5 เมื่อมีค่าเกิน 40 ไมครอน โดยจะแจ้งเตือนข้อมูลผ่านทางแอพพลิเคชันไลน์ ในการทดลองจำนวน 5 ครั้ง พบว่าระบบมีการแจ้งเตือนทั้ง 5 ครั้ง และการทดลองตรวจวัดค่าฝุ่น PM2.5 จำนวนดังกล่าว โดยเปรียบเทียบกับค่าฝุ่น PM2.5 จาก air4thai.com พบว่า โดยรวมมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างอยู่ที่ 8.03 % จึงส่งผลสอดคล้องกับ (ดอนสัน ปงผาบ และคณะ, 2021) ได้วิจัยเรื่อง เครื่องวัดฝุ่น PM2.5 แจ้งเตือนทางแอพพลิเคชันไลน์ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่น PM2.5 ในการใช้งานปกติจะแจ้งเตือนทุกๆ 2 ชั่วโมงและจะแจ้งเตือนเมื่อมีปริมาณฝุ่น PM2.5 มีค่าเกิน 100 ไมครอน องค์ประกอบหลักของระบบประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น PM2.5 แบบเลเซอร์ PMS5003 โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Uno เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบและใช้ NodeMCU เป็นตัวแจ้งเตือนปริมาณฝุ่นทางแอพพลิเคชันไลน์ จากการทดสอบและติดตั้งเครื่องตรวจวัดค่าอากาศ ในอาคารฝึกปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง โดยจะวัดค่าอากาศทุกๆ 30 นาที จำนวน 100 ครั้ง พบว่าผลที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ได้ค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าผิดพลาดประมาณ 4.09%

2. การศึกษาผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที พบว่า ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการใช้งานระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.35, S.D. = 0.75) ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีองค์ประกอบที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน โดยสามารถตรวจจับค่าฝุ่นละอองได้อย่างถูกต้องและสามารถแจ้งเตือนเมื่อมีค่าฝุ่นละอองเกินค่าที่กำหนดแบบ Real Time ทำให้ผู้ใช้งานระบบเกิดความสะดวกและรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งช่วยให้การป้องกันฝุ่นละอองที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอทีสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง ระบบตรวจจับค่าฝุ่นละอองในอากาศบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนของ (อรวรรณ พลฤทธิ์ และคณะ, 2022) จากการศึกษาวิจัย พบว่า งานวิจัยนี้สามารถศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองในอากาศบริเวณมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้ง ตรัง โดยอาศัยระบบตรวจจับค่าฝุ่นละอองที่พัฒนาขึ้น และทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบกับข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าผิดพลาดประมาณ 7.8%

ข้อเสนอแนะ

ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนฝุ่นละอองด้วยเทคโนโลยีไอโอที ทำขึ้นเพื่อการแจ้งเตือนผู้ใช้ระบบในการป้องกันฝุ่นละออง ที่จะส่งผลกระทบเสียต่อสุขภาพร่างกาย ผู้ที่สนใจสามารถพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้มากขึ้น เช่น การเพิ่มระบบการแจ้งเตือนด้วยสัญญาณไฟในจุดที่ติดตั้งระบบ หรือเสียงสัญญาณ เพื่อให้ครอบคลุมการแจ้งเตือนแก่ผู้ที่ไม่ได้ใช้งานแอพพลิเคชัน หรือในกรณีที่ไม่ได้พกโทรศัพท์ติดตัว

เอกสารอ้างอิง

จารุกิตติ์ สายสิงห์. (2020). การพัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลบุคลากรทางการศึกษาแบบ 360 องศา: ระบบจัดเก็บ ฐานข้อมูลบุคลากรทางการศึกษาแบบ 360 องศา. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม*, 7(2), 59-71.

ดอนสัน ปงผาบ, & ปกรณ์ สันตกิจ. (2021). เครื่องวัดฝุ่น PM2. 5 แจ้งเตือนทางแอพพลิเคชันไลน์. *วารสารวิจัย มทร. กรุงเทพ*, 15(2), 45-57.

บุญชม ศรีสะอาด, & บุญส่ง นิลแก้ว. (1992). การอ้างอิงประชากรเมื่อใช้เครื่องมือแบบมาตราส่วนประมาณค่ากับกลุ่มตัวอย่าง. *Journal of Educational Measurement Mahasarakham University*, 3(1), 22-25.

พัชรณัฐ แสงอ่อน, นรเศรษฐ ไทยแท้, ปรัชญา พนมอุปถัมภ์, มานะพันธ์ พ่อยันต์ และ สมชาติ โสนะแสง. (2022). การออกแบบและสร้างสถานีวัด PM2.5 สำหรับ โรงเรียนต้นแบบด้วยระบบ IoT แสดงผลบน Google Data Studio. *Journal of Engineering Technology Access (JETA)(Online)*, 2(02), 1-15.

ลัดดาวัลย์ จำปา. (2022). การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ที่ใช้เซนเซอร์ วัดปริมาณ ฝุ่นละอองและแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัย อุบลราชธานี*, 24(2), 48-55.

เอกชัย ดีศิริ, พศวีร์ ศรีโหมด, อนุสรณ์ ขาวทอง, และ ธนภัทร พรหมวัฒนภักดี. (2019). การประยุกต์ใช้งาน NETPIE สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิในพื้นที่โดยรอบและแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เครื่องยนตร์สูบน้ำดับเพลิง.

อรวรรณ พลฤทธิ์, ณัฐฐกิตติ์ อานันนท์สันติ, ณัฐวัตร เหล่าตระกูลงาม และ นวลรัตน์ วัฒนา. (2020). ระบบตรวจวัดค่าฝุ่นละอองในอากาศบน อุปกรณ์สมาร์ทโฟน. *JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 10(1), 1-9.

http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/Home