

การควบคุมฝุ่นละอองสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคาร

สำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์

กิตติศักดิ์ แก้วเนียม*, สมบัติ นพจนสุภาพ

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

181 ถ.เจริญประดิษฐ์ ต.รูสะมิแล อ.เมืองปัตตานี จ.ปัตตานี 94000

Real-time Monitoring and Control of Indoor and Outdoor Air Quality and Particulate Matter for Office of Academic Resources Buildings

Kittisak Kaewneam*, Sombat Nopchanasupab

Office of Academic Resources, Prince of Songkla University Pattani Campus 181

Charoenpradit Rd, Rusamilae, Muang, Pattani 94000

E-mail: kittisak.k@psu.ac.th

► รับบทความ 19 มกราคม 2567 ► แก้ไขบทความ 29 มีนาคม 2567 ► ตอรับบทความ 22 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมฝุ่นละอองสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์ และประเมินประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ทำการศึกษาข้อมูลรวบรวมปัญหาและความต้องการในการพัฒนาระบบ โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 3 ท่าน ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ และผู้ใช้งานระบบจำนวน 30 ท่าน ในการประเมินความพึงพอใจต่อระบบควบคุมฝุ่นละอองสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของระบบในด้านเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศและฝุ่นละอองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.26) ด้านระบบรายงานสภาพอากาศและฝุ่นละอองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.77$, S.D. = 0.23) และความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.91$, S.D. = 0.29) ผลการวิจัยช่วยให้สำนักวิทยบริการรับมือต่อวิกฤตฝุ่นควันและมลพิษทางอากาศแบบทันที่ทันได้ ถือเป็นความรับผิดชอบด้านสภาพแวดล้อมต่อส่วนรวมในการเป็นอุทยานการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่สะอาดและปลอดภัยสำหรับผู้ใช้บริการทุกกลุ่มทุกช่วงวัย การนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้งานทั้งหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และชุมชนสามารถนำนวัตกรรมต้นแบบจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ

ระบบควบคุมฝุ่นละอองสภาพอากาศและฝุ่นละอองแบบเรียลไทม์, สภาพอากาศ, ฝุ่นละออง, สำนักงานสีเขียว, ห้องสมุดสีเขียว, PM2.5, IoT

Abstract

This research aims to develop a real-time weather and particulate matter (PM) monitoring and control system for indoor and outdoor environments of the Office of Academic Resources, Prince of Songkhla University's buildings. The study evaluates the system's efficiency and user satisfaction. The research employs a research and development approach, gathering problems and requirements for system development.

The research sample consists of three information technology experts for system efficiency evaluation and 30 system users for satisfaction assessment. The research findings indicate that the system's efficiency for air quality and PM measurement is at a very high level ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.26) and the reporting system for weather and PM is also at a very high level ($\bar{X} = 4.77$, S.D. = 0.23). User satisfaction with the system is at a very high level ($\bar{X} = 4.91$, S.D. = 0.29).

The research contributes to the Office of Academic Resources building's ability to handle air pollution crises promptly, ensuring a clean and safe learning environment for users of all age groups. The research results can be effectively applied in various sectors, including government, private, and community, to implement innovative solutions based on the research's prototype.

Keywords

Real-time Weather and Particulate Matter (PM) Monitoring and Control System, Air Quality, Particulate Matter, Green Office, Green Library, PM2.5, IoT

บทนำ (Introduction)

หนึ่งในพันธกิจที่สำคัญของสำนักวิทยบริการ คือ การให้บริการสถานที่สำหรับการศึกษาค้นคว้าและวิจัย เป็นแหล่งเรียนรู้ของนักศึกษา อาจารย์ บุคลากรของมหาวิทยาลัย ตลอดจนบุคคลภายนอก โดยในแต่ละวันจะมีผู้ใช้บริการเข้าใช้พื้นที่อาคารต่าง ๆ ทั้ง 3 อาคารของสำนักวิทยบริการเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นอาคารสำนักวิทยบริการ (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 16,993 คน) อาคารจอห์น เอฟ. เคนเนดี (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 3,509 คน) และอาคารเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเรียนรู้ (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 287 คน) (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักวิทยบริการ, 2566) แต่จากการที่สำนักวิทยบริการมีการดำเนินงานที่ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศภายในและภายนอกอาคาร ได้แก่ กระบวนการตัดเจาะ เย็บกระดาษ ในงานซ่อมบำรุงทรัพยากรสารสนเทศ ของฝ่ายหอสมุดจอห์น เอฟ. เคนเนดี หรือการจัดพิมพ์ ทำสำเนาเอกสารประกอบการเรียนการสอน ในงานผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ ฝ่ายเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเรียนรู้ ที่ก่อให้เกิดเศษกระดาษและฝุ่นละอองฟุ้งกระจายตามชั้นวางหนังสือ โต๊ะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์สำนักงานอื่น ๆ จำนวนมากส่งผลกระทบต่อการทำงานของเจ้าหน้าที่และการให้บริการแก่ผู้ใช้ของสำนักวิทยบริการ ในระยะยาวอาจเป็นสาเหตุในการเกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจหรือปัญหาด้านสุขภาพอื่น ๆ ได้ สำนักวิทยบริการจึงควรมีมาตรการเฝ้าระวัง ควบคุมสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคาร รวมถึงแนวทางแก้ไขปัญหอย่างเป็นระบบ ถือเป็นความรับผิดชอบด้านสภาพแวดล้อมต่อส่วนรวม ในการเป็นอุทยานการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่สะอาดและปลอดภัยสำหรับผู้ใช้บริการทุกกลุ่มทุกช่วงวัย

จากปัญหาดังกล่าว สำนักวิทยบริการจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์ ตรวจวัดค่าคุณภาพอากาศ อันประกอบด้วย ค่าปริมาณฝุ่นละออง, อุณหภูมิ, ความชื้น และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในจุดให้บริการต่าง ๆ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งสำนักวิทยบริการ รวม

ทั้งสิ้น 31 จุด แบ่งเป็นในอาคารจำนวน 30 จุด และนอกอาคาร 1 จุด พร้อมระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันกลุ่มไลน์ และได้กำหนดมาตรการการโต้ตอบเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น อันเป็นการเฝ้าระวังและควบคุมสภาพอากาศให้อยู่ระดับที่เหมาะสมต่อการใช้ชีวิตของบุคลากรและผู้ใช้บริการ

วัตถุประสงค์ (Objective)

1. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

1. สำรวจปัญหาและความต้องการในการพัฒนาระบบควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความต้องการในการพัฒนาระบบโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ และผู้ใช้บริการ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปเป็นความต้องการในการพัฒนาระบบ

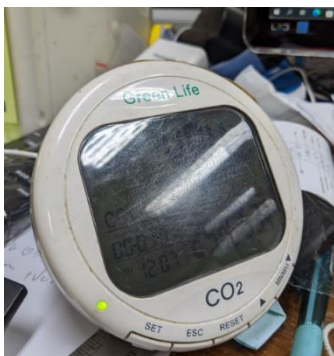
2. เครื่องมือในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องมือวิจัยเพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่วางไว้ 3 ข้อ คือ

- 2.1 ระบบควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์
- 2.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีจำนวน 3 ท่านเป็นผู้ประเมิน
- 2.3 แบบประเมินความพึงพอใจของการใช้งานระบบควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์ โดยให้ผู้ใช้งานระบบจำนวน 30 ท่าน ในการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ

3. การสร้างเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศและฝุ่นละออง

- 3.1 จัดหาเครื่องตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อวัดค่าสภาพอากาศในตัวอาคารสำนักวิทยบริการ

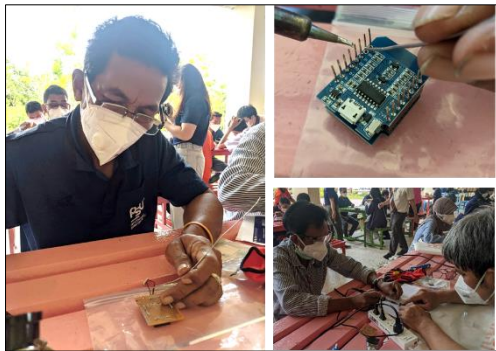


ภาพที่ 1 Carbon Dioxide Meter

การดำเนินงานในช่วงแรก สำนักวิทยบริการได้ทำการจัดหาเครื่องตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ Carbon Dioxide Meter มาเพื่อใช้ในการวัดค่าสภาพอากาศตามจุดต่าง ๆ แล้วบันทึกสถิติลงในสมุด อุปกรณ์ตัวนี้จะช่วยในการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในอากาศ มีขนาดเล็ก พกพาได้ ใช้งานได้สะดวก มีการแสดงผลเป็นหน่วย ppm แต่มีราคาสูงและไม่รองรับการวัดค่าอื่น ๆ เช่น ฝุ่น อุณหภูมิ หรือความชื้น ด้วยขอบเขตพื้นที่ตรวจวัดมีหลายจุด การวัดค่าแต่ละครั้งจึงใช้ระยะเวลานาน ผู้ปฏิบัติงานจึงไม่สามารถวัดค่าสภาพอากาศได้ต่อเนื่องทุกวัน การตรวจสอบเฝ้าระวังและควบคุมจัดการเป็นไปได้ยาก

3.2 ประดิษฐ์เครื่องวัดคุณภาพอากาศอย่างง่าย (DIY Sensors Kit) ขึ้นใช้งาน

ในปี พ.ศ. 2565 สำนักวิทยบริการร่วมกับสถานทูตสหรัฐอเมริกาประจำประเทศไทยและสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ จัดกิจกรรมสร้างความตระหนักรู้เรื่องปัญหามลพิษทางอากาศ เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศในระดับชุมชน ภายใต้โครงการที่ชื่อว่า American Corners Air Quality Learning Empowerment (ACAQLE) ซึ่งนอกจากความรู้ทางวิชาการที่ได้รับแล้ว ในภาคปฏิบัติยังมีการฝึกประดิษฐ์อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพอากาศอย่างง่ายด้วย Microcontroller ขึ้นใช้งาน ทำให้นักวิทยบริการมีเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศติดตั้งใช้งานในจุดต่าง ๆ ภายในและภายนอกอาคารจำนวน 8 ชุดจากโครงการนี้

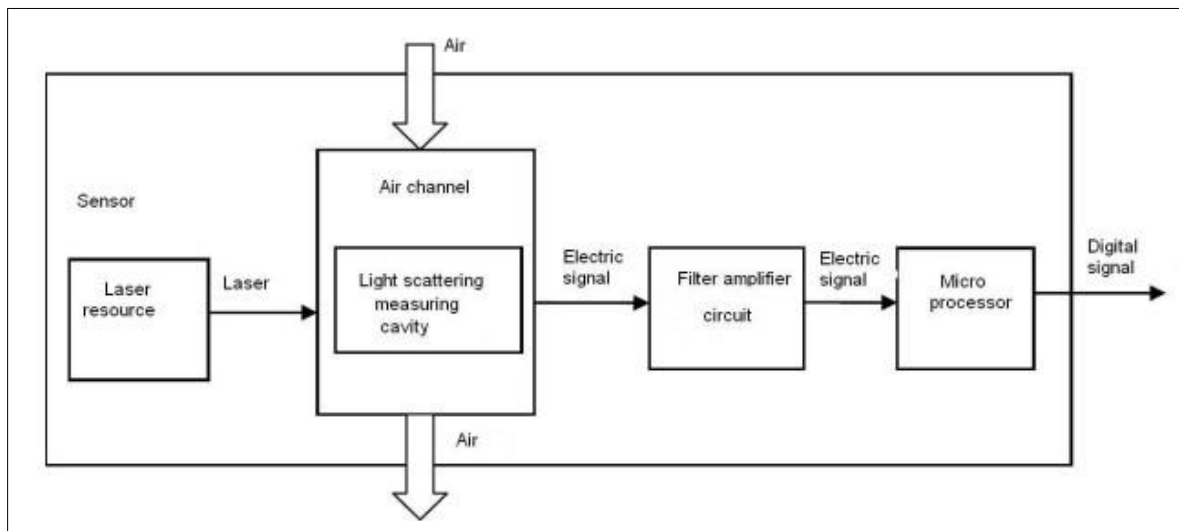


ภาพที่ 2 ฝึกปฏิบัติการสร้างเครื่องวัดคุณภาพอากาศ

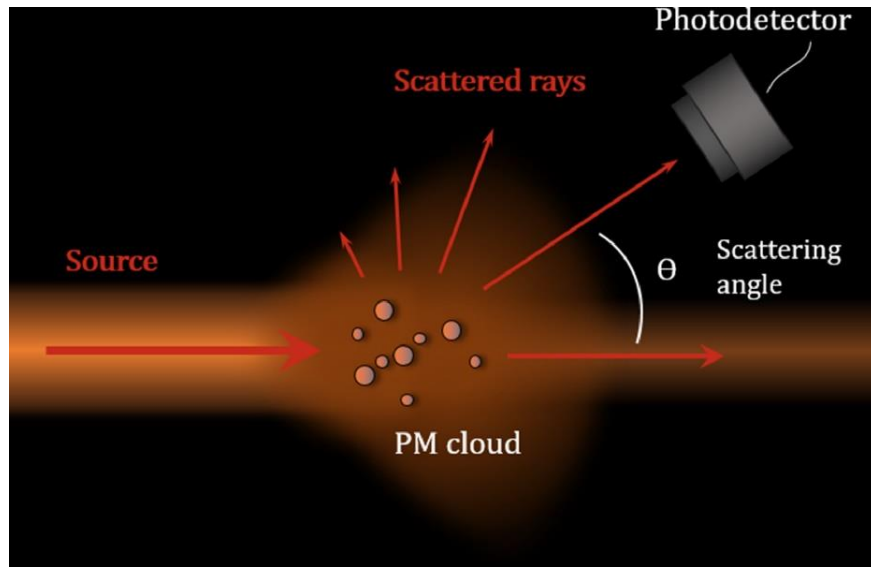


ภาพที่ 3 เครื่องวัดคุณภาพอากาศ

เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศอย่างง่ายนี้ทำงานด้วยหลักการการกระเจิงแสงของเซนเซอร์ โดยการใช้เลเซอร์ส่องไปยังอากาศที่ถูกดูดเข้ามาซึ่งมีฝุ่นละอองแขวนลอยอยู่ จากนั้นเก็บค่ามุมที่แสงกระจายตัวออกไปจากการตกกระทบกับอนุภาคจนได้เส้นโค้งของการกระเจิงของแสงที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ค่าที่ได้นี้สามารถนำไปคำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคแขวนลอยและจำนวนอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกันต่อหน่วยปริมาตรได้ (Digi-Key Electronics, 2566)



ภาพที่ 4 แสดงภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ PlanTower PMS5003 ด้วยหลักการการกระเจิงแสง (Light Scattering)

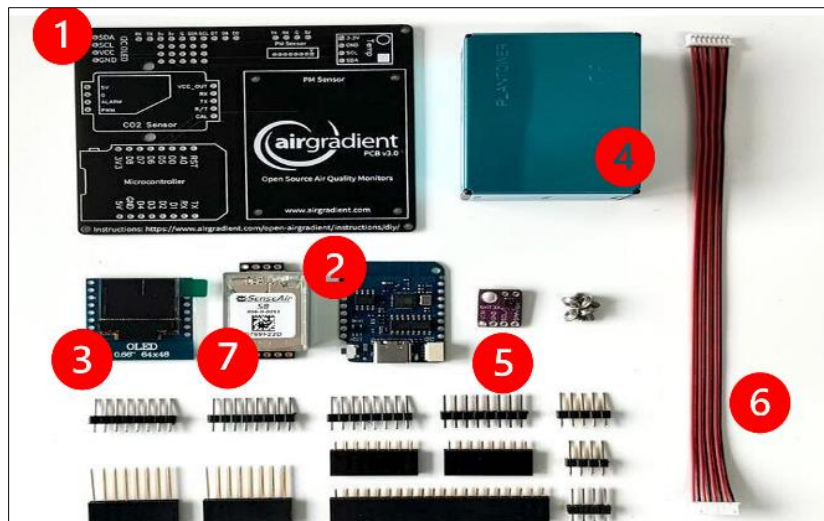


ภาพที่ 5 แสดงภาพจำลองการวัดฝุ่นละอองตามหลักการกระเจิงแสง (Jobert et al., 2020)

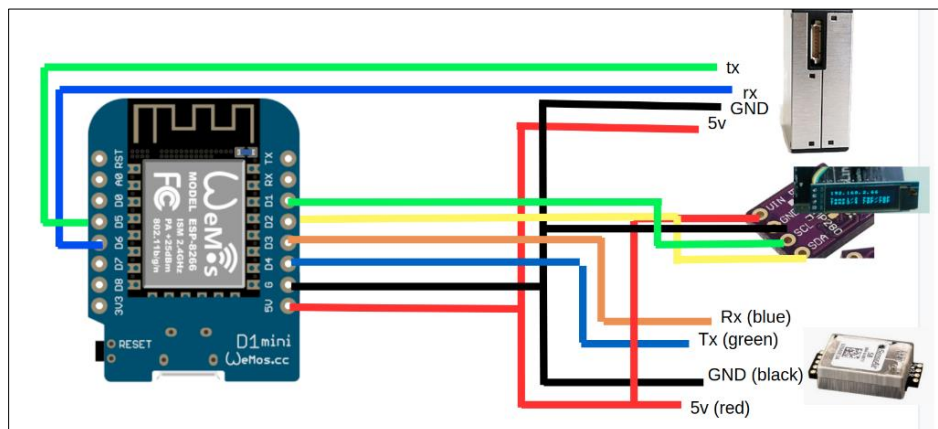
จากหลักการทำงานที่กล่าวมา เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศอย่างง่ายสามารถตรวจวัดฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1, 2.5 และ 10 ไมโครเมตรได้ (PM1, PM2.5 และ PM10 ตามลำดับ) ที่ความละเอียดแม่นยำ $\pm 10\%$ @100~500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ @0~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ สำหรับ PM2.5 สามารถตรวจวัดความชื้นที่ความละเอียดแม่นยำ $\pm 3\%$ ของความชื้นสัมพัทธ์ ตรวจวัดอุณหภูมิที่ความละเอียดแม่นยำ $\pm 0.3^\circ\text{C}$ และตรวจวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ พร้อมแสดงผลการตรวจวัดผ่านหน้าจอบนตัวเครื่องและส่งค่าผ่าน Wi-Fi (สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2566) อุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 และภาพที่ 6 ผู้สนใจสามารถซื้อหาและดำเนินการประกอบเองได้อย่างง่ายตามแผนผังการต่อวงจรในภาพที่ 7

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดและราคาต่อชิ้นของอุปกรณ์ในชุด DIY Sensors Kit ที่ใช้ประดิษฐ์เป็นเครื่องวัดคุณภาพอากาศ

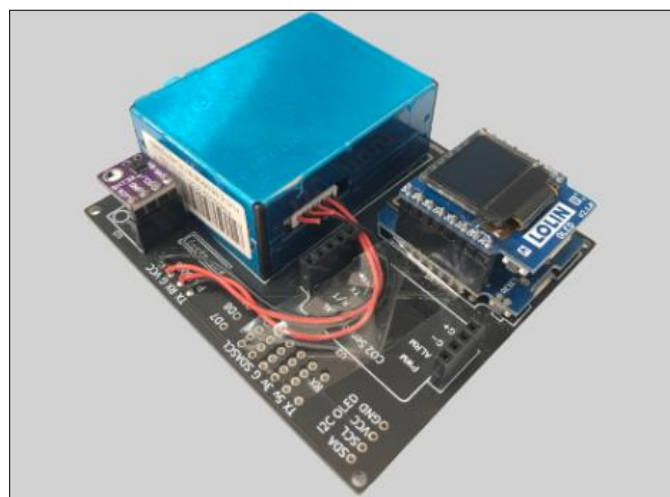
ลำดับ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์	ราคา (บาท)	หมายเหตุ
1	แผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) AirGradient	200	Optional
2	บอร์ด MCU Wemos LOLIN D1 Mini	40	
3	จอแสดงผล OLED ขนาด 64x48 Pixel	15	
4	เซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละออง Plantower PMS5003	300	
5	เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น SHT30	50	
6	สายไฟจัมเปอร์ และอุปกรณ์ชาร์จไฟ	20	
7	เซนเซอร์ตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์ SenseAir S8 CO2 NDIR	600-1500	Optional
8	กล่องบรรจุ	20	
	รวม	1245	



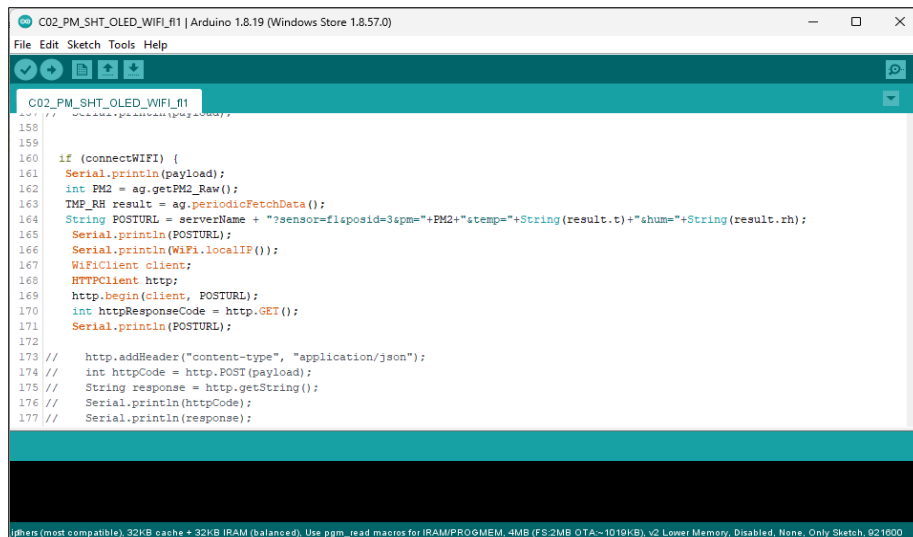
ภาพที่ 6 แสดงอุปกรณ์ในชุด DIY Sensors Kit ที่ใช้ประดิษฐ์เป็นเครื่องวัดคุณภาพอากาศ



ภาพที่ 7 แผนผังการต่อวงจรระหว่างเซนเซอร์ต่าง ๆ เข้ากับ Microcontroller MCU Wemos LOLIN D1 Mini โดยไม่ใช้งานแผ่น PCB (AirGradient Co. Ltd., 2566)



ภาพที่ 8 แสดงโครงสร้างภายในของเครื่องวัดคุณภาพอากาศที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว



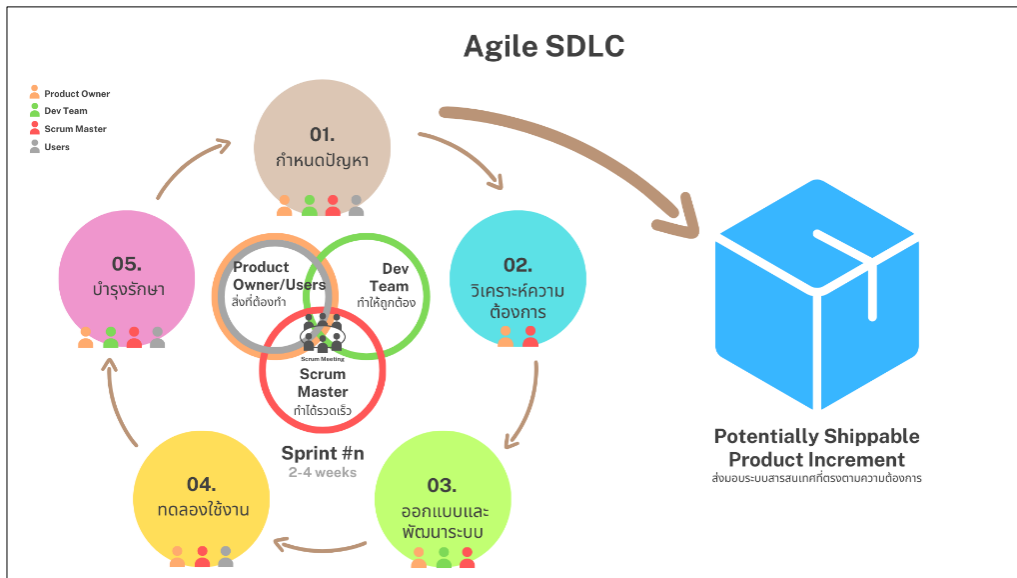
ภาพที่ 9 การเขียนคำสั่งภาษา C เพื่อสั่งการทำงานให้อุปกรณ์ ผ่าน Arduino IDE

ดูรายละเอียดชุดคำสั่งเพิ่มเติมได้ที่ <https://github.com/Noung/main-ddr>

4. การพัฒนาระบบสารสนเทศในการจัดเก็บข้อมูลและรายงานสภาพอากาศและฝุ่นละออง

เพื่อให้เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถรายงานสภาพอากาศและฝุ่นละอองได้แบบเรียลไทม์ หน่วยงานสามารถตรวจสอบข้อมูลสภาพอากาศย้อนหลังและนำเอาข้อมูลที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม ค่าการตรวจวัดต่าง ๆ จะต้องถูกบันทึกจัดเก็บลงในฐานข้อมูล และสามารถค้นคืนผ่านระบบสารสนเทศในลักษณะ Web Base Application ที่มีความสามารถ ดังนี้

- 1) หน้า Dashboard แสดงค่าคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) ที่ตรวจวัดได้แบบเรียลไทม์ในจุดต่าง ๆ ของอาคารสำนักวิทยบริการ
- 2) บันทึกค่าคุณภาพอากาศลงฐานข้อมูล
 - บันทึกค่าจากการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ Carbon Dioxide Meter (บันทึกแบบ Manual)
 - บันทึกค่าอัตโนมัติจากเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศอย่างง่าย (DIY Sensors Kit)
- 3) รายงานคุณภาพอากาศประจำวันตามตำแหน่ง
- 4) ตรวจสอบและเปรียบเทียบคุณภาพอากาศย้อนหลังตามตำแหน่งและช่วงเวลา สามารถ Export ข้อมูลออกได้
- 5) แจ้งเตือนคุณภาพอากาศเฉลี่ยประจำวัน 3 ช่วงเวลา (เที่ยงวัน, ช่วงเย็น, เที่ยงคืน) และค่าผิดปกติที่เกินกว่ามาตรฐานที่หน่วยงานกำหนดไว้แก่เจ้าหน้าที่ผ่านทาง LINE Application



ภาพที่ 10 การพัฒนาซอฟต์แวร์ตามหลักการ Agile Software Development
ของสำนักวิทยบริการ

นักวิชาการคอมพิวเตอร์ทำการออกแบบและพัฒนาระบบตามหลักการ Agile Software Development (นวรรตน์ ธนะรุ่งรักษ์ และ ประเวศน์ วงษ์คำชัย, 2549) โดยกำหนดรอบระดมงาน (Scrum) ออกเป็นช่วงตามวงจร SDLC ตั้งแต่การวางแผน กำหนดขอบเขตความเป็นไปได้ของระบบ สู่การสร้างโปรแกรมต้นแบบเพื่อทดลองใช้งาน ผู้บริหารและผู้ใช้คอยให้ Feedback Loop เพื่อกำหนดทิศทางของระบบ ช่วยให้ได้ระบบที่ตรงตามความต้องการโดยใช้เวลาในการพัฒนาไม่นาน สามารถอธิบายการทำงานได้ ดังนี้

Sprint ครั้งที่ 1 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ความต้องการของระบบ ใช้เวลา 1 สัปดาห์

Sprint ครั้งที่ 2 พัฒนาระบบและทดลองใช้ โมดูลบันทึกค่าคุณภาพอากาศ ใช้เวลา 3 สัปดาห์

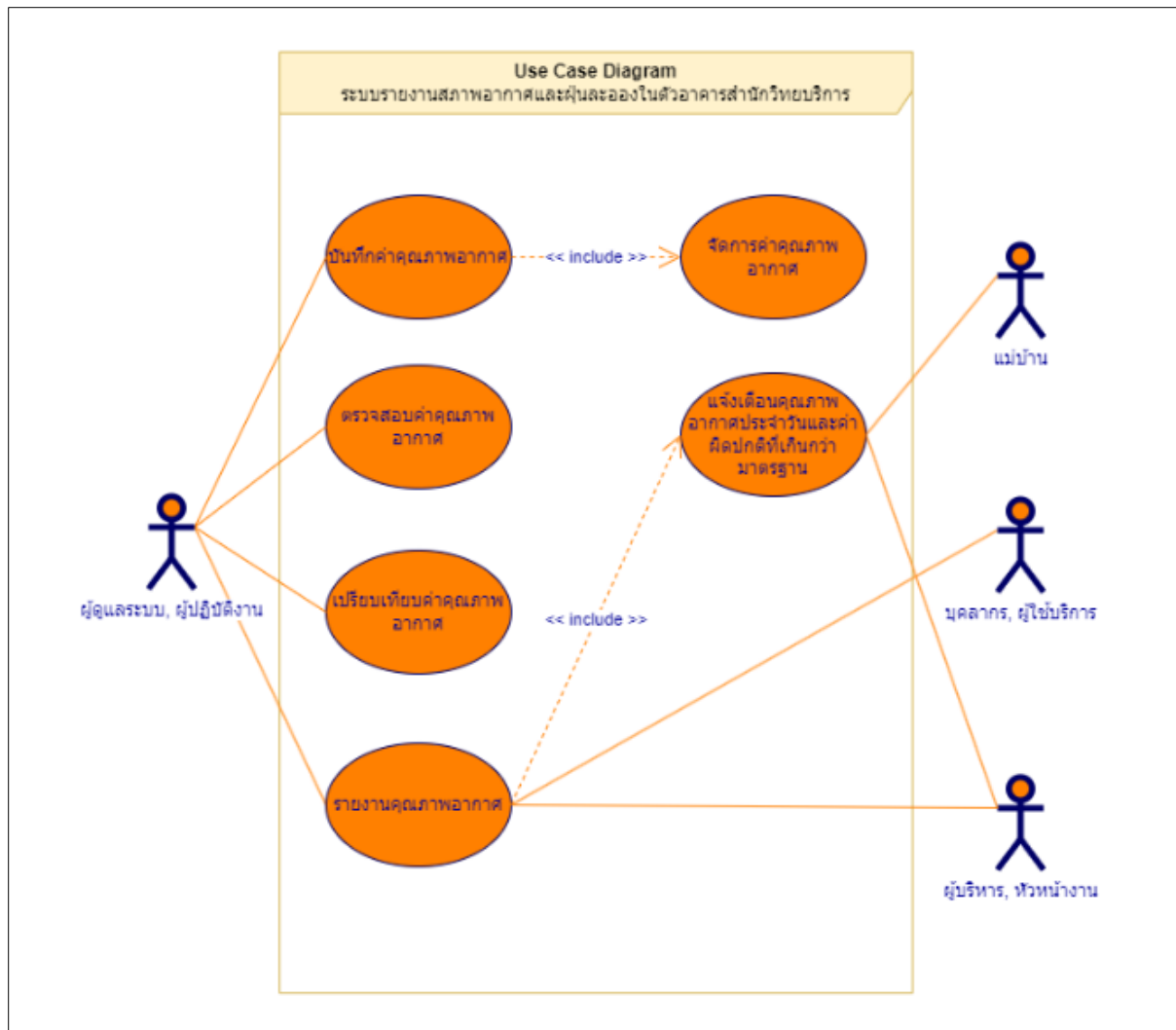
Sprint ครั้งที่ 3 พัฒนาระบบและทดลองใช้ โมดูลรายงานและเปรียบเทียบคุณภาพอากาศประจำวันและย้อนหลังตามตำแหน่ง ใช้เวลา 2 สัปดาห์

Sprint ครั้งที่ 4 พัฒนาระบบและทดลองใช้ โมดูล Dashboard แสดงค่าคุณภาพอากาศและแจ้งเตือนคุณภาพอากาศ ใช้เวลา 2 สัปดาห์

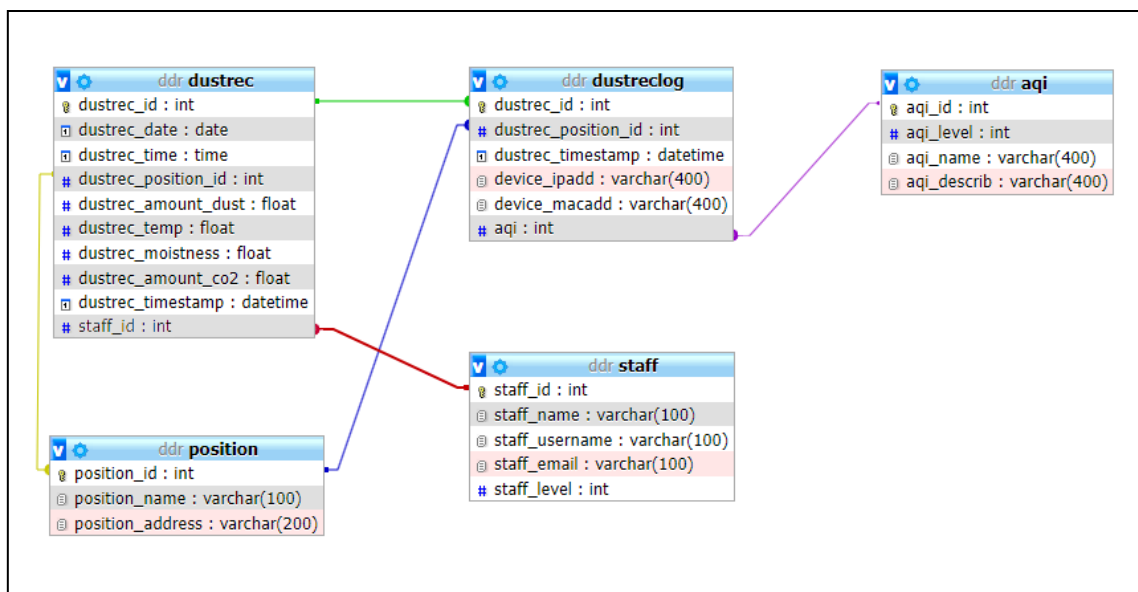
Sprint ครั้งที่ 5 ติดตั้งทดลองใช้งานระบบ ใช้เวลา 2 สัปดาห์

โดยรวมแล้วใช้เวลาในการออกแบบและพัฒนาระบบจนได้โปรแกรมต้นแบบสำหรับทดลองใช้งานจริง 2-3 เดือน

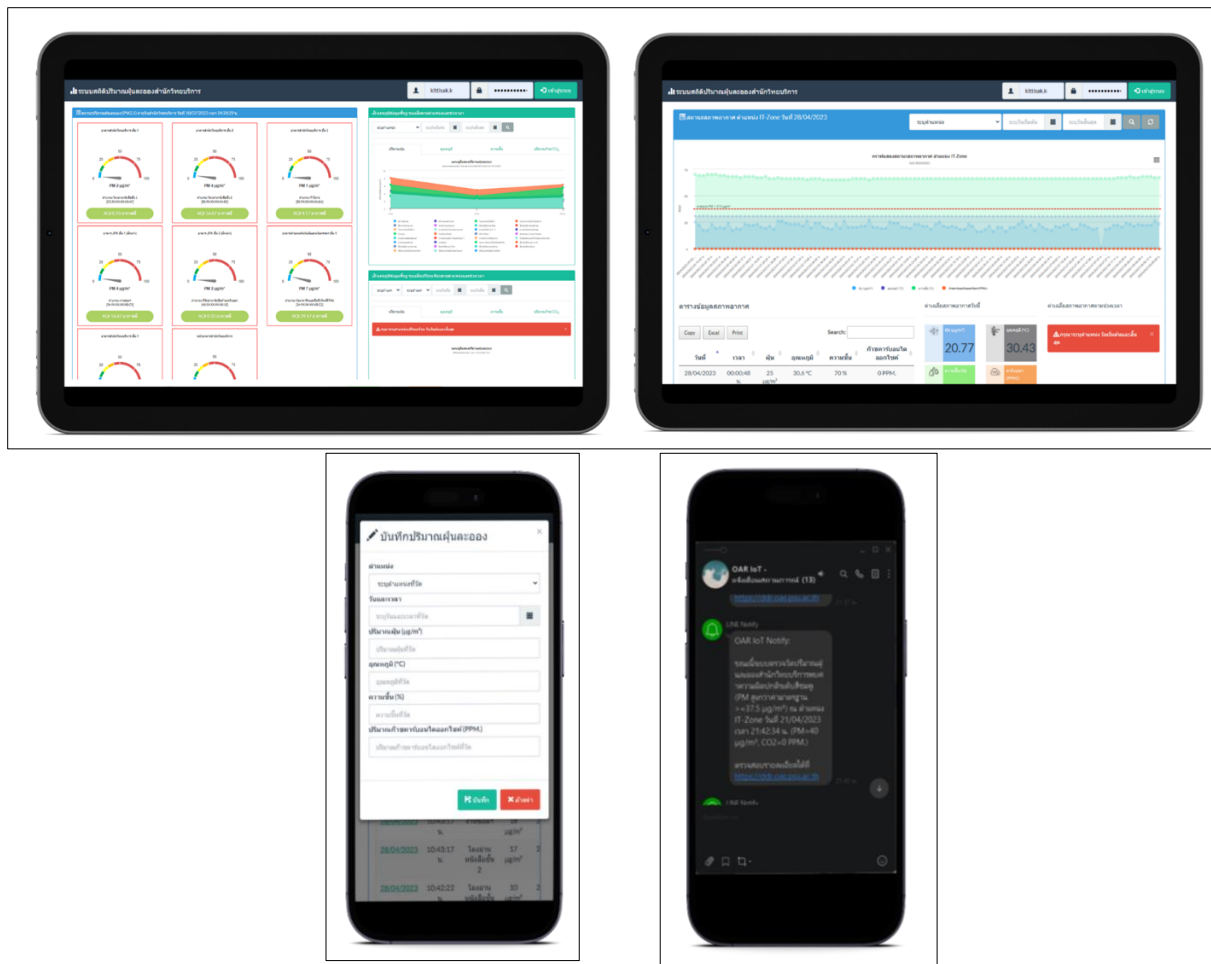
ผู้พัฒนาเลือกใช้ภาษา HTML และ CSS ร่วมกับ JavaScript ในการสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) หรือหน้าบ้าน (Front-End) ของระบบ และใช้ภาษา PHP ในการประมวลผลข้อมูลหลังบ้าน (Back-End) ผ่านระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL พร้อมกับจัดเตรียมช่องทางในการบริการข้อมูลให้แก่ระบบสารสนเทศอื่น ๆ ที่ต้องการนำข้อมูลสภาพอากาศไปใช้งานในลักษณะ RESTful API ซึ่งทั้งหมดทำงานอยู่บนเครื่องแม่ข่าย Apache ที่เป็น Open Source Software ไม่มีลิขสิทธิ์และค่าใช้จ่ายใด ๆ



ภาพที่ 11 Use Case Diagram



ภาพที่ 12 Relational Database



ภาพที่ 13 ตัวอย่างหน้าจอระบบรายงานสภาพอากาศและฝุ่นละออง
สำนักวิทยบริการ เข้าถึงได้ที่ <https://ddr.oas.psu.ac.th>

5. การตรวจวัดและบันทึกค่าคุณภาพอากาศ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศทั้ง 8 ชุด ในตำแหน่งต่าง ๆ ที่เป็นจุดเสี่ยงและมีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก 8 จุด จาก 31 จุด ได้แก่

- หน้าอาคารสำนักวิทยบริการ
- อาคารสำนักวิทยบริการ ชั้น 1 ตำแหน่ง โถงอ่านหนังสือ
- อาคารสำนักวิทยบริการ ชั้น 2 ตำแหน่ง โถงอ่านหนังสือ (โซนคอลเล็กชันบาร์เรน)
- อาคารสำนักวิทยบริการ ชั้น 3 ตำแหน่ง IT-Zone
- อาคารจอห์น เอฟ เคนเนดี ชั้น 1 ตำแหน่ง งานซ่อมบำรุงทรัพยากร
- อาคารจอห์น เอฟ เคนเนดี ชั้น 2 ตำแหน่ง ที่นั่งอ่านหนังสือทิศตะวันออก
- อาคารเทคโนโลยีและนวัตกรรมการเรียนรู้ ชั้น 1 ห้องกราฟิกและสื่อสิ่งพิมพ์ดิจิทัล
- สำนักงานบริหาร

อุปกรณ์จะทำการตรวจวัดสภาพอากาศแต่ละจุดโดยอัตโนมัติทุก ๆ 5 นาที และส่งค่าไปจัดเก็บในฐานข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ หากในช่วงเวลาใดที่อุปกรณ์ตรวจพบความผิดปกติของสภาพอากาศ ระบบจะทำการแจ้งเตือนให้ผู้ปฏิบัติงาน

ทราบผ่านทางกลุ่ม LINE เพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไขปัญหา โดยสำนักวิทยบริการมีการกำหนดค่ามาตรฐานของสภาพอากาศไว้ดังนี้

ระดับสีเขียว	หมายถึง	คุณภาพอากาศปกติ ($PM_{2.5} < 37.5 \mu g/m^3$, $CO_2 < 1000$ PPM)
ระดับสีส้ม	หมายถึง	คุณภาพอากาศเริ่มแย่ ($CO_2 \geq 1000$ PPM)
ระดับสีชมพู	หมายถึง	คุณภาพอากาศแย่ ($PM_{2.5} \geq 37.5 \mu g/m^3$)
ระดับสีแดง	หมายถึง	คุณภาพอากาศแย่มาก ($PM_{2.5} \geq 37.5 \mu g/m^3$, $CO_2 \geq 1000$ PPM)

หากผลการตรวจวัดอยู่ในระดับสีส้ม ชมพู หรือแดง ทางผู้ปฏิบัติงานจะเข้าสู่พื้นที่และปฏิบัติตามมาตรการที่กำหนดไว้ดังนี้

การดำเนินการเมื่อได้รับการแจ้งเตือนความผิดปกติของสภาพอากาศ

- 1) ไปยังจุดที่ได้รับการแจ้งเตือน ตรวจสอบเครื่องวัดและสภาพพื้นที่โดยรวม
- 2) ประกาศขอความร่วมมืองดปฏิบัติงานหรือใช้บริการพื้นที่ชั่วคราว
- 3) ทำความสะอาดพื้นที่ ดูดฝุ่น เช็ดถู จัดเก็บสิ่งของให้เป็นระเบียบ ลดจำนวนสิ่งของที่เป็นแหล่งสะสมของฝุ่นในพื้นที่
- 4) ตรวจสอบทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศของช่องลม และแผ่นกรองอากาศเครื่องปรับอากาศ
- 5) ตรวจสอบการทำงานของม่านดักอากาศที่ประตูทางเข้าอาคาร
- 6) ตรวจวัดค่าสภาพอากาศอีกครั้ง

วิธีการอื่น ๆ เช่น เพิ่มต้นไม้ฟอกอากาศ, แจกหน้ากากอนามัยแก่ผู้ใช้บริการและผู้ปฏิบัติงานที่จำเป็นต้องอยู่ในพื้นที่

6. มาตรการควบคุมสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคารสำนักวิทยบริการ ม.อ.ปัตตานี

เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินงานด้านสำนักงานสีเขียวในหมวดที่ 5 สภาพแวดล้อมและความปลอดภัย สำนักวิทยบริการจึงมีการออกมาตรการควบคุมสภาพอากาศและฝุ่นละอองสำนักวิทยบริการ (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักวิทยบริการ, 2566ก)

1. อากาศในสำนักงาน
 - มีการกำหนดแผนในการดูแลทำความสะอาดเครื่องพิมพ์ เครื่องถ่ายเอกสาร ม่าน มู่ลี่ พรมปูห้อง พื้นห้อง และเพดาน
2. อากาศนอกสำนักงาน
 - มีการควบคุมไอเสียรถยนต์บริเวณสำนักงาน
 - มีการจัดการฝุ่นละอองจากก่อสร้าง/ปรับปรุงสำนักงาน



มาตรการควบคุมมลพิษทางอากาศในสำนักงาน

มาตรการควบคุมมลพิษทางอากาศในสำนักงาน

ทางอากาศในสำนักวิทยบริการ อาคาร 17



PRINCE of SONGKLA UNIVERSITY

มาตรการควบคุมมลพิษทางอากาศในสำนักงาน

1. เครื่องปรับอากาศ

กำหนดทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศปีละ 1 ครั้ง ตามแผนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ
2. เครื่องพิมพ์/เครื่องถ่ายเอกสาร

ลดจำนวนเครื่องพิมพ์โดยการให้ระบบ LAN ในการเชื่อมต่อข้อมูล วางเครื่องพิมพ์ให้ห่างจากโต๊ะทำงานและให้มันตันไม้ที่ดูดซับสารพิษได้
3. บุหรี่
 - 3.1 ห้ามสูบบุหรี่ภายในและรอบบริเวณอาคารสำนักวิทยบริการ
 - 3.2 จัดกิจกรรมรณรงค์โทษของบุหรี่
4. รถยนต์ รถจักรยานยนต์
 - 4.1 มีป้ายบอกดับเครื่องยนต์ กรณีที่จอดรถอยู่ใกล้อาคาร
 - 4.2 ปลุกต้นไม้ที่ดูดซับสารพิษได้ บริเวณในอาคารและรอบ ๆ อาคาร
5. ผู้ละอองและสารเคมีจากก่อสร้าง/ปรับปรุงสำนักงาน
 - 5.1 หนังสือแจ้งผู้รับจ้างใหม่ทันทีเพื่อป้องกันฝุ่น ก่อนเข้าดำเนินการก่อสร้าง
 - 5.2 กำหนดพื้นที่ทำงานสำรองให้ห่างไกลจากพื้นที่ก่อสร้าง
 - 5.3 ติดป้ายแจ้งเตือนเมื่อมีการก่อสร้าง
 - 5.4 หากอาคารก่อสร้างหรือปรับปรุงแล้วเสร็จ ก่อนจะเข้าไปอยู่หรือใช้อาคาร จะต้องทิ้งให้สารเคมีและสีระเหยออกไปก่อนประมาณ 2-3 อาทิตย์

ภาพที่ 14 มาตรการควบคุมสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกสำนักวิทยบริการ



ภาพที่ 15 ป้ายประชาสัมพันธ์เรื่องการควบคุมสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกสำนักวิทยบริการ

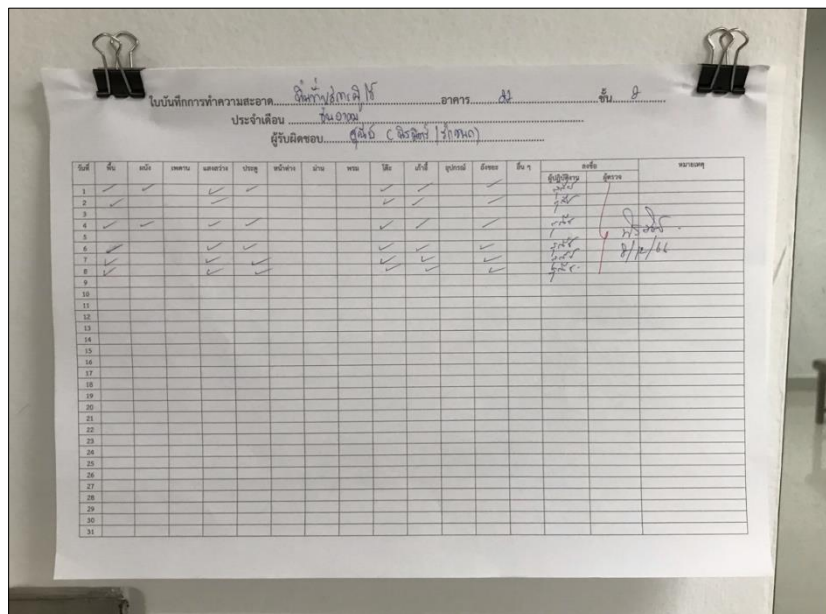
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย (Result and Discussion)

ผลจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารต่าง ๆ ของสำนักวิทยบริการในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา (2565-2566) พบว่าพื้นที่ตำแหน่งงานซ่อม ตรวจพบค่าความผิดปกติของสภาพอากาศมากที่สุด รองลงมา คือ IT-Zone, โถงอ่านหนังสือชั้น 2, ห้องกราฟิกและสื่อสิ่งพิมพ์ดิจิทัล และ ที่นั่งอ่านหนังสือด้านตะวันออก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสถิติผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารต่าง ๆ ของสำนักวิทยบริการในรอบ 1 ปี

สถานที่	อาคาร	ตรวจพบความ ผิดปกติ (ครั้ง)	ตรวจพบความ ผิดปกติ (วัน)	ช่วงเวลาที่ตรวจพบสูงสุด
งานซ่อมฯ	JFK ชั้น 1	2607	34	10.00-11.00 น.
IT-Zone	สำนักฯ ชั้น 3	2040	21	19.00-20.00 น.
โถงอ่านหนังสือชั้น 2	สำนักฯ ชั้น 2	772	20	20.00-21.00 น.
ห้องกราฟิกและสื่อสิ่งพิมพ์ดิจิทัล	เทคโนโลยีฯ ชั้น 1	333	15	16.00-17.00 น.
ที่นั่งอ่านหนังสือด้านตะวันออก	JFK ชั้น 2	160	5	16.00-17.00 น.

ความผิดปกติของสภาพอากาศที่ตรวจพบโดยมากมักมาจากสาเหตุเดียวกัน คือ จากลักษณะการปฏิบัติงานของบุคลากร เช่น งานซ่อมบำรุงทรัพยากรสารสนเทศ หรืองานผลิตเอกสารและสื่อสิ่งพิมพ์ ที่จะมีการตัดเจาะกระดาษ ก่อให้เกิดเศษกระดาษและฝุ่นละอองฟุ้งกระจายไปยังพื้นที่ต่าง ๆ (อาคาร JFK ชั้น 1-2 บริเวณงานซ่อมฯ, ที่นั่งอ่านหนังสือด้านตะวันออก และ อาคารเทคโนโลยีฯ บริเวณห้องกราฟิกและสื่อสิ่งพิมพ์ดิจิทัล) และจากสภาพอากาศภายนอกอาคารที่หมุนเวียนเข้ามาภายในตัวอาคาร (อาคารสำนักฯ ชั้น 2-3 บริเวณโถงอ่านหนังสือชั้น 2, IT-Zone) ดังนั้น เพื่อเป็นการลดโอกาสการเกิดสภาวะอากาศที่ไม่บริสุทธิ์ คณะกรรมการดำเนินงานสำนักงานสีเขียว สำนักวิทยบริการ จึงได้กำหนดตารางการทำความสะอาดในจุดเสี่ยงที่มักตรวจพบความผิดปกติของสภาพอากาศอยู่เสมอ



ภาพที่ 16 ใบบันทึกการทำความสะอาดประจำเดือนในพื้นที่ต่าง ๆ ของสำนักวิทยบริการ

ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมฝุ่นละอองสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกตัวอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 3 ท่าน พบว่า ด้านเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศและฝุ่นละออง มีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินในประเด็นต่าง ๆ อยู่ที่ 4.73 (ระดับดีมาก) ส่วนด้านระบบรายงานสภาพอากาศและฝุ่นละออง ได้รับค่าเฉลี่ยของผลการประเมินอยู่ที่ 4.77 (ระดับดีมาก) ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตามลำดับ ทั้งนี้หนึ่งในผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศยังเสริมว่า บริการนี้เป็นนวัตกรรมที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์กับหน่วยงาน และหน่วยงานต่าง ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ อนาคตสามารถพัฒนาให้กลายเป็นเชิงพาณิชย์ได้

ตารางที่ 3 สรุปผลประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศและฝุ่นละออง

ประเด็นวัดประสิทธิภาพของระบบ	สรุปผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ตรงตามความต้องการ (Function Requirement)	4.72	0.29	ดีมาก
2. สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)	4.71	0.41	ดีมาก
3. ความง่ายต่อการใช้งาน (Usability)	4.75	0.17	ดีมาก
4. ประสิทธิภาพ (Performance)	4.75	0.17	ดีมาก
เฉลี่ยรวม	4.73	0.26	ดีมาก

ตารางที่ 4 สรุปผลประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านระบบรายงานสภาพอากาศและฝุ่นละออง

ประเด็นวัดประสิทธิภาพของระบบ	สรุปผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ตรงตามความต้องการ (Function Requirement)	4.76	0.22	ดีมาก
2. สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)	4.89	0.19	ดีมาก
3. ความง่ายต่อการใช้งาน (Usability)	4.67	0.31	ดีมาก
4. ประสิทธิภาพ (Performance)	4.80	0.20	ดีมาก
5. การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security)	4.75	0.25	ดีมาก
เฉลี่ยรวม	4.77	0.23	ดีมาก

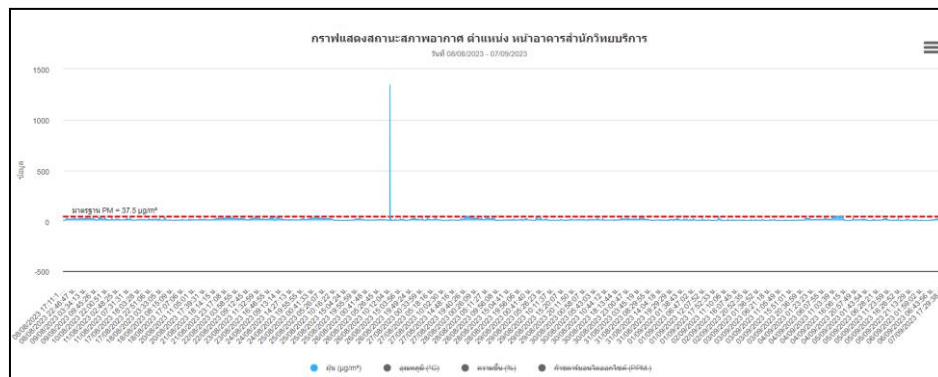
ผลการประเมินความพึงพอใจในการติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ และระบบรายงานสภาพอากาศ และฝุ่นละอองแบบเรียลไทม์ จากกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบด้วยบุคลากรและผู้ใช้บริการของสำนักวิทยบริการจำนวน 30 คน ในประเด็นต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.91 (ระดับดีมาก)

ตารางที่ 5 สรุปผลประเมินความพึงพอใจในการนำนวัตกรรมมาใช้งาน

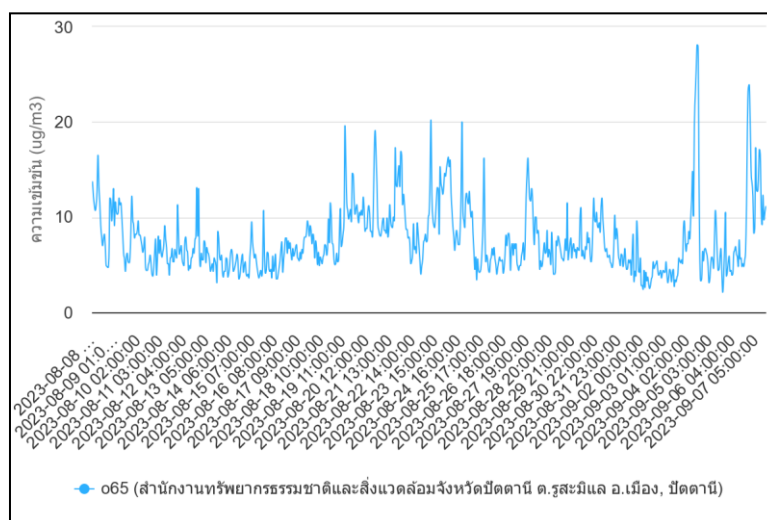
ระดับความพึงพอใจในการนำนวัตกรรมไปใช้	สรุปผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความสอดคล้องของนวัตกรรมกับจุดประสงค์ในการนำไปใช้งานจริง	4.85	0.15	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของนวัตกรรมกับผู้ใช้นวัตกรรม	4.85	0.15	ดีมาก
3. ประโยชน์ในการใช้นวัตกรรม	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความสะดวกในการใช้นวัตกรรม	4.92	0.11	ดีมาก
5. ความปลอดภัยในการใช้นวัตกรรม	4.92	0.11	ดีมาก
6. ความเหมาะสมของนวัตกรรมในภาพรวม	4.92	0.11	ดีมาก
เฉลี่ยรวม	4.91	0.29	ดีมาก

ผู้ตอบแบบประเมินยังมีข้อคิดเห็นเพิ่มเติมว่า ควรเพิ่มจุดติดตั้งเครื่องวัดฝุ่นอัตโนมัติในพื้นที่อื่น ๆ ให้ครอบคลุมมากขึ้น (2) และการที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตมีความขัดข้องในบางช่วงเวลา มีผลให้การส่งค่าสภาพอากาศเข้าสู่ฐานข้อมูลในเครื่องแม่ข่ายขาดความต่อเนื่อง ซึ่งหากสูญเสียข้อมูลเป็นระยะเวลานานกว่า 1 วันขึ้นไปจะส่งผลต่อการวิเคราะห์สถานการณ์สภาพอากาศของพื้นที่บริเวณนั้น ๆ ประเด็นนี้ผู้จัดทำโครงการได้ทำการปรับเปลี่ยนการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศกับเครื่องแม่ข่ายให้เป็นแบบเครือข่ายภายใน (Local Network) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความไม่เสถียรของระบบอินเทอร์เน็ตส่งผลให้ข้อมูลที่ได้รับมีความต่อเนื่องมากขึ้น

นอกจากนี้ ในด้านประสิทธิภาพของเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศนั้น ผู้จัดทำโครงการได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งด้านหน้าอาคารสำนักวิทยบริการ กับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ จังหวัดปัตตานี ตำแหน่งสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดปัตตานี ตร.สุระมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี ช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำและน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้งาน พบว่าแนวโน้มของชุดข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (สำนักวิทยบริการ ได้ค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ย $9.94 \mu g/m^3$ จากการตรวจวัด 4,540 ครั้ง (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักวิทยบริการ, 2566) และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษได้ค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ย $7.64 \mu g/m^3$ จากการตรวจวัด 737 ครั้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)



ภาพที่ 17 กราฟแสดงสถานะสภาพอากาศ ตำแหน่ง หน้าอาคารสำนักวิทยบริการ ระหว่างวันที่ 08/08/2023 - 07/09/2023



ภาพที่ 18 กราฟแสดงสถานะสภาพอากาศ ตำแหน่ง สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดปัตตานี ระหว่างวันที่ 08/08/2023 - 07/09/2023

การนำไปใช้ประโยชน์ในหน่วยงานและชุมชน

1. สำนักวิทยบริการสามารถตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในและภายนอกอาคารสำนักวิทยบริการ จากเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ และทราบผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศผ่านทาง Dashboard แบบเรียลไทม์ได้
2. สำนักวิทยบริการมีการกำหนดแผนหรือแนวทางปฏิบัติเพื่อรับมือเมื่อเกิดวิกฤตฝุ่นควันและมลพิษทางอากาศแบบทันทีทันใด
3. จัดทำโครงการ “Green OAR ลดฝุ่น ลดโรค” ควบคุมปริมาณฝุ่นละอองในพื้นที่อาคาร 17 (อาคารหอสมุดจอห์น เอฟ. เคนเนดี) ซึ่งเป็นพื้นที่ดำเนินงานซ่อมบำรุงทรัพยากรสารสนเทศ ที่จะมีการตัดเจาะกระดาษ ก่อให้เกิดเศษกระดาษและฝุ่นละอองฟุ้งกระจายตามชั้นวางหนังสือ โต๊ะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์สำนักงานอื่น ๆ จำนวนมาก โดยเฝ้าระวังให้เกิดฝุ่นละอองไม่เกิน $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ต่อวัน



ภาพที่ 19 โครงการ “Green OAR ลดฝุ่น ลดโรค”

4. บุคลากรและผู้ใช้บริการของสำนักวิทยบริการมีสุขอนามัยที่ดี
5. สำนักวิทยบริการสามารถเป็นต้นแบบด้านการจัดการสภาพอากาศในอาคารและพื้นที่ที่เกี่ยวข้องโดยรอบให้แก่หน่วยงานในมหาวิทยาลัย เพื่อการขับเคลื่อนสู่สำนักงานสีเขียว (Green Office) ตลอดจนการเชื่อมโยงข้อมูลจากการตรวจวัดเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นควันและคุณภาพอากาศในเชิงพื้นที่ของชุมชนต่อไป



ภาพที่ 20 สำนักวิทยบริการได้รับผลการตรวจประเมินตามเกณฑ์สำนักงานสีเขียว (Green Office) ในระดับดีมาก (พ.ศ.2564) และดีเยี่ยม (พ.ศ. 2565-2566)



ภาพที่ 21 สำนักวิทยบริการได้รับเชิญไปร่วมบรรยายใน การอบรมเชิงปฏิบัติการโครงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายใต้ศูนย์อบรมดาราศาสตร์นานาชาติภายใต้ยูเนสโก : ITCA Air Quality Monitoring Network System (IAQs) ระหว่างวันที่ 8-10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ณ หอดูดาว จ.สงขลา

สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมเฝ้าระวังสภาพอากาศและฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคารสำนักวิทยบริการแบบเรียลไทม์ ประกอบด้วย การสร้างเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศและฝุ่นละอองอย่างง่าย และการพัฒนาระบบสารสนเทศในการจัดเก็บข้อมูลและรายงานสภาพอากาศและฝุ่นละออง มีการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของเครื่องมือดังกล่าวโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีและผู้ใช้งานระบบ ผลการวิจัยช่วยให้อาคารสำนักวิทยบริการสามารถตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งภายในและภายนอกอาคาร อันประกอบด้วย ค่าปริมาณฝุ่นละออง, อุณหภูมิ, ความชื้น และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ตลอดเวลา มีการกำหนดแผนและแนวทางปฏิบัติเพื่อรับมือเมื่อเกิดวิกฤตฝุ่นควันและมลพิษทางอากาศแบบทันทีทันใด ช่วยให้หน่วยงานมีความมั่นใจในการให้บริการพื้นที่เรียนรู้ที่สะอาดปลอดภัยแก่ผู้มาใช้บริการทุกกลุ่มงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ในการสร้างความตระหนักรู้เรื่องปัญหามลพิษทางอากาศ เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันและมลพิษทางอากาศในระดับชุมชนต่อไป

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงผลงานวิจัย (Recommendations)

1. ประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศเพิ่ม เพื่อติดตั้งในจุดต่าง ๆ ให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งภายในและภายนอกอาคารสำนักวิทยบริการ
2. พัฒนาเพิ่มความสามารถของระบบสารสนเทศ ในการคาดการณ์ลักษณะสภาพอากาศล่วงหน้าเพื่อการเตรียมพร้อมรับมือสถานการณ์ได้ทันทั่วทั้งที่

รายการอ้างอิง (References)

- กรมควบคุมมลพิษ. (2566). *ข้อมูลย้อนหลัง*. Air4Thai. <http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/History>
- นวรรตน์ ธนะรุ่งรักษ์ และประเวศน์ วงษ์คำชัย. (2549). *การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแบบ Agile ด้วย Rails และ Ruby*. เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สำนักวิทยบริการ. (2566ก). *ข้อมูลแบบประเมินตนเองประจำปี 2564*. Green OAR. <https://greenoar.oas.psu.ac.th/manage/บันทึกข้อมูลแบบประเมิน/ข้อมูลแบบประเมินตนเอง/entry/567/?gvid=662>
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สำนักวิทยบริการ. (2566ข). *สถานะสภาพอากาศ ตำแหน่ง หน้าอาคารสำนักวิทยบริการ วันที่ 08/08/2023 - 07/09/2023*. ระบบรายงานสภาพอากาศและฝุ่นละอองสำนักวิทยบริการ. <https://bit.ly/44NBsyT>
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สำนักวิทยบริการ. (2566ค). *สถิติการใช้บริการแบบ Online และ Onsite*. OAR KS Dashboard. <https://kradong.oas.psu.ac.th/reqservice/onsiteonline>

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2566). *การอบรมอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ*. ACAQLE.

<https://aqaat.narit.or.th/acagle/Workshop.php>

AirGradient Co. Ltd. (2023). *The AirGradient diy air quality sensor (basic version pcb version < 3.0)*.

Schematics. <https://www.airgradient.com/open-airgradient/instructions/diy/#pcb>

Digi-Key Electronics. (2023). *PMS5003 series manual datasheet by Adafruit industries llc*. Working

principle. <https://www.digikey.jp/htmldatasheets/production/2903006/0/0/1/pms5003-series-manual.html>

Jobert, G., Barritault, P., Fournier, M., Boutami, S., Jobert, D., Marchant, A., Michelot, J., Monsinjon,

P., Lienhard, P., & Nicoletti, S. (2020). Miniature particulate matter counter and analyzer based on lens-free imaging of light scattering signatures with a holed image sensor. *Sensors and Actuators Reports*, 2(1). <https://doi.org/10.1016/j.snr.2020.100010>