

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง AUTOMATIC WEATHER STATION WITH INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

ธารา ชาติสุวรรณ¹, วุฒิภัทร์ คูหาทอง², ศศิภา กันตา³

Tara Chartsuwan¹, Wuthipat Khuhathong², Sasipa Kanta³

^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

³ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

^{1,2} Program in Computer Tecnology and Innovation, Faculty of Science and Technology
Southeast Bangkok College

³ School of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

* Corresponding author: email: ¹ thara.thara.chatsuwan@gmail.com

Received:	July 20, 2021
Revised:	August 7, 2021
Accepted:	August 15, 2021

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เกินค่ามาตรฐานส่งผลอันตรายต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยพื้นที่ที่ประสบปัญหา PM2.5 เกินค่ามาตรฐานส่วนมากจะเป็นพื้นที่ในเมืองที่มีการจราจรหนาแน่นและพื้นที่ที่โรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่น โดยงานวิจัยนี้ทางคณะผู้จัดทำได้คิดค้นและศึกษาเกี่ยวกับปัญหา โดยการออกแบบและพัฒนาสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และปริมาณน้ำฝน โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดร่วมกับการประมวลผลของไมโครคอมพิวเตอร์ ในงานวิจัยนี้ใช้เป็น Raspberry Pi ส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายเพื่อจัดเก็บข้อมูล และประมวลผลออกทางหน้าจอ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ทำให้สามารถทราบผลการตรวจวัดสภาพอากาศได้อย่างเรียลไทม์และยังมีการเก็บข้อมูลไว้ในระบบฐานข้อมูล (Database) สำหรับการเรียกข้อมูลย้อนหลัง เมื่อได้ชิ้นงานสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนำไปติดตั้งที่จุดตรวจวัดอำเภอมาบตาพุดและนำค่าที่ไว้ได้มาเปรียบเทียบความแม่นยำกับข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ (ณ ศูนย์วิจัยพีซีไร จ.ระยอง) เป็นเวลา 3 วัน ตั้งแต่วันที่ 20 – 22 พฤษภาคม 2564 นำข้อมูลที่ได้หาเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้ที่ 98.40 – 99.30 % และผลจากการทดสอบการทำงานของระบบพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่พึงพอใจมากที่สุด (X = 4.73)

คำสำคัญ : ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5), ไมโครคอมพิวเตอร์, Raspberry Pi, ระบบฐานข้อมูล (Database)

Abstract

At present, Thailand faces the problem of air pollution. Particulate matter of a size of not more than 2.5 microns (PM2.5) exceeding the standard value is very dangerous to humans. The areas experiencing PM2.5 above the standard are mostly urban areas with heavy traffic and areas with heavy industrial factories. By this research, the organizing committee has invented and studied about the problem. by designing and developing weather monitoring stations with Internet of Things technology To measure dust with a size of not more than 2.5 microns (PM2.5), temperature, humidity of the air and rainfall by using sensors together with microcomputer processing In this research, the Raspberry Pi is used to send data to the server to store data. and processed on the screen via web browser This makes it possible to know the weather measurement results in real time and also store the data in the database (Database) for retrieval of historical data. After obtaining the weather measurement station with Internet of Things technology, it was installed at the measurement point in Map Ta Phut district and compared the accuracy with the data from the Pollution Control Department (at the Agronomy Research Center J. Rayong) for 3 days from 20 – 22 May 2021, using the data obtained for the percentage accuracy of the weather station with Internet of Things technology at 98.40 – 99.30% and the results of testing the system It was found that the criteria were the most satisfactory ($X = 4.73$)

Keyword: Particulate matter up to 2.5 microns (PM2.5), Microcomputer, Raspberry Pi, Database System (Database)

บทนำ

ฝุ่นละอองในอากาศ (Particulate Matter หรือ PM) ประกอบด้วยสารเคมีหลากหลายชนิด อาจมีสภาพเป็นของเหลวหรือของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ฝุ่นละออง PM2.5 เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (fine particle) สามารถแขวนลอยในอากาศได้นานเป็นเวลาหลายวันจนถึงหลายสัปดาห์องค์ประกอบหลักของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ ซัลเฟตไอออน (SO₄) ไนเตรตไอออน (NO₃) แอมโมเนียมไอออน (NH₄) ธาตุคาร์บอน (element carbon) คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon เช่น PAHs เป็นต้น) และโลหะ (เช่น ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล วาเนเดียม ทองแดง สังกะสี เป็นต้น) สัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่จากงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีร่วมกับกรมควบคุมมลพิษ โครงการ “การคาดการณ์การระบายมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล” พบว่าแหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นละออง PM2.5 ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มาจากการขนส่งทางถนน 51% รองลงมา คือ อุตสาหกรรม 21% คริวเรือน 10% การขนส่งอื่นๆ 9.5% การเผาในที่โล่ง 6.0% ภาคพลังงาน 1.0% เกษตรกรรม 1.0% การจัดการขยะ 0.5% ตามลำดับปัจจุบันมีงานวิจัยด้านการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัส PM2.5 จำนวนมาก ที่พบหลักฐานเพียงพอในการเชื่อมโยงการได้รับสัมผัส PM2.5 และผลกระทบต่ออัตราการตายก่อนวัยอันควร และการเจ็บป่วย โดยข้อมูลการศึกษาด้านระบาดวิทยา แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัส PM2.5 ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว กับการตาย (mortality) ได้แก่ การตายเนื่องจากสาเหตุทั้งหมด (all-cause mortality) โรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular (CVD) mortality) และมะเร็งปอด (lung cancer mortality) นอกจากนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัส PM2.5 ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว กับการเจ็บป่วย (morbidity) ได้แก่ การเจ็บป่วยด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือด (CVD morbidity) และโรคระบบทางเดินหายใจ (respiratory morbidity) ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีจุดตรวจวัด PM 2.5 จำนวน 5 สถานี ได้แก่ กรุงเทพฯ สระบุรี เชียงใหม่ สงขลา และระยอง จากการตรวจวัดพบว่ามีปริมาณ PM2.5 สูงกว่าค่ามาตรฐาน คุณภาพ

อากาศในบรรยากาศทุกพื้นที่ค่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดมีค่าระหว่าง 55 – 147 มคก./ลบ.ม. ค่าเฉลี่ยรายปีมีค่าระหว่าง 18 – 35 มคก./ลบ.ม. พื้นที่ที่พบ PM2.5 สูงที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ บริเวณถนนดินแดง เขตดินแดง ตำบลหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี ถนนพระปกเกล้า อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และตำบลท่าประดู่ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง [1] ช่วงต้นปี 2562 ประเทศไทยเกิดปรากฏการณ์ฝุ่นปกคลุมอย่างหนาแน่น เป็นเหตุให้ทุกภาคส่วนตั้งแต่หน่วยงานรัฐ สื่อมวลชน และประชาชนเองต้องออกมาหาคำตอบว่านั่นคืออะไร นี่คือการครั้งแรกที่เรื่องฝุ่น PM2.5 ปรากฏอยู่บนสื่อแทบทุกแขนง ฝุ่น PM2.5 หรือชื่อเต็มคือ Particulate matter with diameter of less than 2.5 micron เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เป็น 1 ใน 8 ตัววัดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศความร้ายแรงจากฝุ่นจิ๋วนี้ คือ มันสามารถผ่าน การกรองของจมูกและเข้าสู่ชั้นในสุดของปอดได้ แม้ฝุ่นจิ๋ว PM2.5 จะไม่ได้เป็นอันตรายต่อร่างกายแบบเฉียบพลัน แต่ต้องใช้ เวลาสะสมนับสิบปีถึงจะแสดงผล อันตรายจากฝุ่น PM2.5 คือมันสามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางพาสารอื่นๆ เข้าสู่ปอด ด้วยการ ให้สารเหล่านั้นมาเคลือบบนผิวของมัน เช่น สารก่อมะเร็ง สารโลหะหนัก เป็นต้น [2]

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)
2. เพื่อหาความพึงพอใจสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

ทฤษฎีที่ใช้ในการทำวิจัย



รูปที่ 1 ภาพตัวอย่างของฝุ่น PM2.5

(ที่มา : <http://www.ttc.ops.go.th/?p=3031>)

ฝุ่น PM2.5

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน คือ มลพิษฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ใน 25 ส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นผมมนุษย์ กล่าวคือ เล็กจนสามารถเล็ดลอดจนจมูกเข้าสู่ร่างกายได้ และมีขนาดเพียงครึ่งหนึ่งของขนาดเม็ดเลือด (5 ไมครอน) ดังนั้นฝุ่นพิษจึงสามารถเข้าสู่เส้นเลือดฝอยและกระจายไปตามอวัยวะได้ ฝุ่นมีลักษณะที่ขรุขระคล้ายสำลี ฝุ่นเป็นพาหะนำสารอื่นเข้ามาด้วย เช่น แคดเมียม ปรอท โลหะหนัก ไฮโดรคาร์บอน และสารก่อมะเร็งจำนวนมาก ฝุ่นขนาดใหญ่จะตกลงสู่พื้นตามแรงดึงดูดของโลก แต่ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) จะสามารถลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศได้นานและปะปนกับมลพิษอื่นในอากาศ หากปะทะเข้าจมูกหรือปาก ฝุ่นละอองขนาดใหญ่

กว่านี้บางส่วนถูกขับออกมาเป็นเสมหะและสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ถูกลมในปอด และผ่านเข้าสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะต่าง ๆ เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเรื้อรังและมะเร็งหากสะสมอยู่ในอวัยวะได้นาน ๆ จากการศึกษาโดย Institute for Health and Evaluation มหาวิทยาลัยวอชิงตัน พบว่ามลพิษทางอากาศเป็นปัจจัยร่วมที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารเคมีหลายชนิด ทั้งที่เป็นสารระคายเคืองไปจนถึงสารก่อมะเร็ง จึงเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรค ได้แก่ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดในสมอง โรคหัวใจขาดเลือด โรคมะเร็งปอด และโรคติดเชื้อเฉียบพลันระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ก่อให้เกิดการตายก่อนวัยอันควรในประเทศไทย ประมาณ 50,000 รายต่อปี

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) มาจากการคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้า การผลิตของภาคอุตสาหกรรม กิจกรรมจากแหล่งที่อยู่อาศัยและธุรกิจการค้า และการเผาในที่โล่ง แบ่งได้เป็นฝุ่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดโดยตรงและฝุ่นที่เกิดจากการรวมตัวของก๊าซและมลพิษอื่นๆ ในบรรยากาศ โดยเฉพาะซัลเฟอร์ไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจน ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ยังเป็นมลพิษข้ามพรมแดนและปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศได้นาน เป็นฝุ่นอันตรายไม่ว่าจะมองประกอบทางเคมีใดๆ ก็ตาม เช่น โปรท แคดเมียม อาร์เซนิก หรือโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน(PAHs) เป็นต้น ในปี พ.ศ.2556 องค์การอนามัยโลก(WHO) จึงกำหนดอย่างเป็นทางการให้ PM2.5 จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ของสารก่อมะเร็ง

ฝุ่นพิษขนาด PM2.5 คือภัยร้ายที่มองไม่เห็น มลพิษทางอากาศไม่ควรเป็นต้นทุนชีวิตที่ประชาชนต้องแลก กรมควบคุมมลพิษสามารถปกป้องชีวิตของคนไทยได้ ด้วยการลดปัญหามลพิษจากผู้ก่อมลพิษทั้งจากการเผาในที่โล่ง โรงงานอุตสาหกรรม และโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างถ่านหินเดิมที่กำลังเดินเครื่องอยู่ด้วยการกำหนดมาตรการการวัด PM2.5 ที่ปลายปล่อง ประกอบกับใช้ค่าเฉลี่ย PM 2.5 ในการคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศ (PM 2.5 AQI) เพื่อความแม่นยำในการระบุผลกระทบต่อสุขภาพและแนวทางป้องกัน นี่คือนโยบายที่ถูกต้องที่จะช่วยให้เราสามารถรู้ได้ว่าอากาศในพื้นที่ที่เราอยู่นั้นมีมลพิษและอันตรายมากน้อยเพียงใด [3]

ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้สาธารณชนได้รับทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ ดัชนีคุณภาพอากาศ 1 ค่า ใช้เป็นตัวแทนค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด ได้แก่

1) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เป็นฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้ทั้งจากยานพาหนะ การเผาวัสดุการเกษตร ไฟป่า และกระบวนการอุตสาหกรรม สามารถเข้าไปถึงถุงลมในปอดได้ เป็นผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคปอดต่างๆ หากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานานจะสะสมในเนื้อเยื่อปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง ทำให้หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด

2) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) เป็นฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาในที่โล่ง กระบวนการอุตสาหกรรม การบด การโม่ หรือการทำให้เป็นผงจากการก่อสร้าง ส่งผลผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากเมื่อหายใจเข้าไปสามารถเข้าไปสะสมในระบบทางเดินหายใจ

3) ก๊าซโอโซน (O3) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีหรือมีสีฟ้าอ่อน มีกลิ่นฉุน ละลายน้ำได้เล็กน้อย เกิดขึ้นได้ทั้งในระดับบรรยากาศชั้นที่สูงจากผิวโลก และระดับชั้นบรรยากาศผิวโลกที่ใกล้พื้นดิน ก๊าซโอโซนที่เป็นสารมลพิษทางอากาศคือก๊าซโอโซนในชั้นบรรยากาศผิวโลก เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยก่อให้เกิดการระคายเคืองตาและระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและเยื่อต่างๆ ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง เหนื่อยเร็ว โดยเฉพาะในเด็ก คนชรา และคนที่เปราะบางหรือมีโรคปอดเรื้อรัง

4) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี กลิ่น และรส เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มี

คาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ก๊าซนี้สามารถสะสมอยู่ในร่างกายได้โดยจะไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจนประมาณ 200-250 เท่า เมื่อหายใจเข้าไปทำให้ก๊าซชนิดนี้จะไปแย่งจับกับฮีโมโกลบินในเลือด เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (CoHb) ทำให้การลำเลียงออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่างๆ ของร่างกายลดน้อยลง ส่งผลให้ร่างกายเกิดอาการอ่อนเพลียและหัวใจทำงานหนักขึ้น

5) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้เล็กน้อย มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ อุตสาหกรรมบางชนิด เป็นต้น ก๊าซนี้มีผลต่อระบบการมองเห็นและผู้ที่มีการหอบหืดหรือ โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ

6) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี หรืออาจมีสีเหลืองอ่อนๆ มีรสและกลิ่นที่ระดับความเข้มข้นสูง เกิดจากธรรมชาติและการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถัน (ซัลเฟอร์) เป็นส่วนประกอบ สามารถละลายน้ำได้ดี สามารถรวมตัวกับสารมลพิษอื่นแล้วก่อตัวเป็นอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กได้ ก๊าซนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อปอด ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ หากได้รับเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังได้

ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 ถึง 201 ขึ้นไป ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย (ตารางที่ 1) โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป หากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐานและคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน [4]

ฝุ่นละออง

ฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งหรือหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยในบรรยากาศ ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ และเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ บางชนิดมีขนาดใหญ่จนมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น ฝุ่นจากโรงโม่หิน ฝุ่นจากโรงไม้ แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็น ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลกระทบอย่างมากต่อสุขภาพของประชาชนฝุ่นละอองขนาดเล็ก แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ซึ่งคำว่า PM ย่อมาจาก Particulate Matters เป็นคำเรียกค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มี 2 ชนิด ได้แก่ PM₁₀ และ PM_{2.5} ส่วนตัวเลข 10 หรือ 2.5 นั้นมาจากขนาดของฝุ่น มีหน่วยเป็นไมครอน ซึ่งตามคำจำกัดความของสำนักป้องกันสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (Environmental Protection Agency; US.EPA) ระบุว่า [5]

- PM₁₀ หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 - 10 ไมครอน มีสภาพได้ทั้งของแข็งและของเหลวที่มีความดันและอุณหภูมิปกติมีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยางจากการขนส่งวัสดุฝุ่นจากกิจกรรมบด ย่อยหิน เป็นต้น

- PM_{2.5} หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Fine Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอนฝุ่นละเอียดมีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนี้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดเป็นฝุ่นละเอียดได้

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

IoT หรือ Internet of Things (อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง) หมายถึง วัตถุ อุปกรณ์ พาหนะ สิ่งของเครื่องใช้ และสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตอื่น ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยมีการฝังตัวของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ซึ่งวัตถุสิ่งของเหล่านี้ สามารถเก็บบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ อีกทั้ง สามารถรับรู้สภาพแวดล้อม และถูกควบคุมได้จากระยะไกล ผ่านโครงสร้างพื้นฐานการเชื่อมต่อเข้ากับสมาร์ตโฟนเท่านั้น แต่ IoT สามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ทุกอย่างที่ถูกออกแบบมาให้เชื่อมโยงกันได้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อที่จะสามารถสื่อสารกันได้สรรพสิ่ง (Things) ในความหมายของ IoT "สรรพสิ่ง" หมายถึง อุปกรณ์ สิ่งของเครื่องใช้ที่แตกต่างหลากหลาย เช่น เครื่องจักรต่าง ๆ ในโรงงาน รถยนต์ สัญญาณจราจรที่มีเซ็นเซอร์ในตัว เครื่องใช้ภายในบ้าน กล้องวงจรปิด นาฬิกาเด็ก อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ แท็กไปรษณีย์ที่ติดกับพัสดุ อุปกรณ์วิเคราะห์ดีเอ็นเอในสิ่งแวดล้อมหรืออาหาร หรืออุปกรณ์ภาคสนามของนักผจญเพลิงในการกักกันและช่วยเหลือ หุ่นยนต์ดูแลผู้ป่วยและผู้สูงอายุ และอื่น ๆ ซึ่งไม่ว่าแม้ เสียงพูดสั่งงานของมนุษย์

การประยุกต์ใช้งาน IoT (Internet of Things) ในปัจจุบัน

ภาครัฐบาล ภาคเอกชน ภาคอุตสาหกรรมการผลิต ตลอดจนประชาชนทั่วไป ได้นำ IoT ไปประยุกต์ใช้ในการทำงาน และชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างรายได้ โอกาส และความสะดวกสบายยิ่งขึ้นในอุตสาหกรรมและโครงการต่าง ๆ เช่น

Smart Industry เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่ยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม Industry 4.0

Smart City เพื่อนำมาปรับใช้ร่วมกับโครงสร้างพื้นฐาน และระบบต่าง ๆ ของเมืองใน 4 ด้าน คือ ด้านการท่องเที่ยว ด้านความปลอดภัย ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านเศรษฐกิจ โดยพัฒนา IoT เพื่อตอบสนอง และอำนวยความสะดวกในแต่ละด้านของเมือง อาทิ

Smart Living เมืองน่าอยู่

Smart Governance เมืองที่บริหารจัดการโปร่งใส

Smart Mobility เมืองที่สามารถติดต่อสื่อสารและเดินทางได้อย่างสะดวกสบาย

Smart People เมืองที่ให้ความเท่าเทียมกันในสังคม

Smart Safety เมืองปลอดภัย

Smart Economy เมืองที่เอื้อต่อการทำธุรกิจ

Smart Environment เมืองประหยัดพลังงาน

Smart Tourism เมืองท่องเที่ยว

Smart Farming เมืองเกษตรกรรมทันสมัย

Smart Life เพื่อให้รูปแบบของการใช้ชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนไปจากเดิม มนุษย์สามารถพูดคุยกับสิ่งของได้ สิ่งของสามารถพูดคุยและรับรู้พฤติกรรมของมนุษย์ได้ ซึ่งในอนาคตเทคโนโลยีจะมีการพัฒนาให้สิ่งของสามารถพูดคุยกันเองได้โดยไม่ต้องผ่านมนุษย์ [6]

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

1. พัฒนาสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)
2. หาความพึงพอใจการพัฒนาสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

การออกแบบระบบการทำงาน

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและจัดทำสถานีตรวจวัดสภาพอากาศอัตโนมัติ โดยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการตรวจวัดสภาพอากาศ และเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยต่อรายชั่วโมง โดยระบบที่ออกแบบมานั้นต้องทำการตรวจวัดสภาพอากาศ เพื่อความแม่นยำของข้อมูลและให้เป็นปัจจุบันมากที่สุด โดยระบบจะเก็บข้อมูลสภาพอากาศในทุกๆ 10 วินาที และระบบจะส่งข้อมูลไปยัง Cloud Computer เพื่อแสดงผลใน Web Application แสดงให้เห็นสภาพอากาศในเวลาปัจจุบัน โดยที่ Web Application นี้ต้องสามารถเก็บ log ข้อมูลแต่ละครั้ง เช่นวัน-เวลา ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น ค่าฝุ่นละออง ในอากาศ Web Application สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังตามเวลาที่กำหนดได้และสามารถส่งออกข้อมูลออกมาเป็น ไฟล์ Excel หรือ PDF เพื่อสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์หรือนำไปใช้งานอื่น ๆ ได้ด้วย

Raspberry Pi 3 B+ และ Air Card Modem 3G E173 บอร์ดหลักในการโปรแกรมและติดต่อสั่งงานไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ โดยสามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi ได้ในตัว และสำหรับเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตโดยผ่านเครือข่ายมือถือ สำหรับงานด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Arduino Uno R2 บอร์ดสำหรับรับค่าจากเซนเซอร์ต่างๆเพื่อส่งข้อมูลไปยัง Raspberry Pi เนื่องจาก Raspberry Pi ไม่สามารถรับค่าที่เป็นแบบ Analog ได้

ผู้วิจัยออกแบบแบบสอบถามเพื่อหาความพึงพอใจของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยกำหนดเป็นข้อคำถาม เพื่อความค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดประชากรเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีจำนวน 10 ท่าน เพื่อเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์ข้อมูล [7] การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามได้กำหนดค่าออกเป็น 5 ระดับ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามมาตราการวัดของ ลิเคอร์ท (Likert) [8] ครอบคลุมเนื้อหาส่วนต่าง ๆ และมีหลักเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ มากที่สุดหรือเห็นด้วยมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ มากหรือเห็นด้วยมาก

3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ ปานกลางหรือเห็นด้วยปานกลาง

2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ น้อยหรือเห็นด้วยน้อย

1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุดหรือเห็นด้วยน้อยที่สุด

การแปลความหมายของข้อมูลการประมาณค่า 5 ระดับ ได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาขอบเขตของคะแนน เพื่อใช้ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้ [9]

ค่าเฉลี่ย 4.51- 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุดหรือเห็นด้วยมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51- 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากหรือเห็นด้วยมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51- 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลางหรือเห็นด้วยปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51- 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยหรือเห็นด้วยน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 -1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุดหรือเห็นด้วยน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบค่าการวัดสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ณ วันที่ 20 – 22 พฤษภาคม พ.ศ.2564

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝุ่น PM2.5 และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอากาศตรวจวัดสภาพอากาศเทียบกับข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.ระยอง วันที่ 22 พฤษภาคม 2564

ลำดับ	วันที่	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส, °C)			ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์, %)			ค่าฝุ่น PM2.5 (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)			ปริมาณน้ำฝน (เปอร์เซ็นต์, %)		
			จาก สถานี ตรวจวัด สภาพ อากาศ	ข้อมูล จาก กรม ควบคุม มลพิษ	เปอร์เซ็นต์ ความ ชื้น สัมพัทธ์	จาก สถานี ตรวจวัด สภาพ อากาศ	ข้อมูล จาก กรม ควบคุม มลพิษ	เปอร์เซ็นต์ ความ ชื้น สัมพัทธ์	จาก สถานี ตรวจวัด สภาพ อากาศ	ข้อมูล จาก กรม ควบคุม มลพิษ	เปอร์เซ็นต์ ความ ชื้น สัมพัทธ์	จาก สถานี ตรวจวัด สภาพ อากาศ	ข้อมูล จาก กรม ควบคุม มลพิษ	เปอร์เซ็นต์ ความ ชื้น สัมพัทธ์
1	20-May-64	0:00 น.	26.5	26.0	98.1	98.0	98.0	100.0	3.1	3.0	96.7	0.0	N/A	-
2		1:00 น.	29.0	N/A	-	98.0	N/A	-	8.2	8.0	97.5	24.0	N/A	-
3		2:00 น.	26.2	26.0	99.2	98.0	99.0	99.0	3.1	3.0	96.7	25.0	N/A	-
4		3:00 น.	26.3	26.0	98.8	98.0	99.0	99.0	5.1	5.0	98.0	10.0	N/A	-
5		4:00 น.	26.9	26.0	96.5	99.0	99.0	100.0	11.2	11.0	98.2	5.0	N/A	-
6		5:00 น.	26.4	26.0	98.5	98.0	99.0	99.0	8.9	9.0	98.9	1.0	N/A	-
7		6:00 น.	27.2	26.0	95.4	99.0	99.0	100.0	7.9	8.0	98.8	0.0	N/A	-
8		7:00 น.	27.4	28.0	97.9	96.0	95.0	98.9	8.1	8.0	98.8	0.0	N/A	-
9		8:00 น.	31.1	31.0	99.7	86.0	86.0	100.0	9.8	10.0	98.0	0.0	N/A	-
10		9:00 น.	32.7	33.0	99.1	76.0	77.0	98.7	15.1	15.0	99.3	0.0	N/A	-
11		10:00 น.	32.9	33.0	99.7	73.0	72.0	98.6	11.2	11.0	98.2	0.0	N/A	-
12		11:00 น.	32.8	33.0	99.4	73.0	74.0	98.6	8.1	8.0	98.8	0.0	N/A	-
13		12:00 น.	33.7	34.0	99.1	74.0	74.0	100.0	8.1	8.0	98.8	0.0	N/A	-
14		13:00 น.	32.6	33.0	98.8	76.0	77.0	98.7	13.2	13.0	98.5	0.0	N/A	-
15		14:00 น.	31.8	32.0	99.4	73.0	74.0	98.6	9.1	9.0	98.9	0.0	N/A	-
16		15:00 น.	31.8	32.0	99.4	73.0	73.0	100.0	8.1	8.0	98.8	0.0	N/A	-
17		16:00 น.	32.9	33.0	99.7	73.0	73.0	100.0	6.8	7.0	97.1	0.0	N/A	-
18		17:00 น.	30.5	N/A	-	70.0	N/A	-	8.1	8.0	98.8	0.0	N/A	-
19		18:00 น.	28.5	N/A	-	70.0	N/A	-	14.8	15.0	98.7	0.0	N/A	-
20		19:00 น.	26	N/A	-	60.0	N/A	-	11.2	11.0	98.2	0.0	N/A	-
21		20:00 น.	29.8	N/A	-	70.0	N/A	-	3.9	4.0	97.5	0.0	N/A	-

จากตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝุ่น PM2.5 และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอากาศตรวจวัดสภาพอากาศ เทียบกับข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.ระยอง วันที่ 20 พฤษภาคม 2564 อุณหภูมิที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศสูงสุดอยู่ที่ 33.7 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 26.0 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.6 องศาเซลเซียส และแสดงค่าความแม่นยำของการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ 98.4 % ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศสูงสุดอยู่ที่ 99.0 % ต่ำสุด 60.0 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 82.3 % และแสดงค่าความแม่นยำของการวัดความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 99.3 % ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (PM2.5) ที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 16.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ต่ำสุด 3.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 9.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และแสดงค่าความแม่นยำของการวัดค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (PM2.5) อยู่ที่ 98.4 % ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 25.0 % ต่ำสุด 0.0 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.7 %

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝุ่น PM2.5 และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอากาศตรวจวัดสภาพอากาศ เทียบกับข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.ระยอง วันที่ 21 พฤษภาคม 2564

ลำดับ	วันที่	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส, °C)			ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์, %)			ค่าฝุ่น PM2.5 (ไมโครกรัมลูกบาศก์เมตร, µg/m3)			ปริมาณน้ำฝน (เปอร์เซ็นต์, %)		
			จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น
1		0:00 น.	29.4	29.0	98.6	97.0	97.0	100.0	7.9	8.0	98.8	0.0	N/A	-
2		1:00 น.	28.5	29.0	98.3	98.0	98.0	100.0	8.1	8.0	98.8	26.0	N/A	-
3		2:00 น.	28.4	29.0	97.9	97.0	98.0	99.0	6.0	6.0	100.0	26.0	N/A	-
4		3:00 น.	26.9	29.0	92.8	98.0	98.0	100.0	6.9	7.0	98.6	17.0	N/A	-
5		4:00 น.	29.7	28.0	93.9	97.0	98.0	99.0	8.9	9.0	98.9	10.0	N/A	-
6		5:00 น.	29.8	28.0	93.6	98.0	98.0	100.0	7.1	7.0	98.6	0.0	N/A	-
7		6:00 น.	28.2	28.0	99.3	98.0	99.0	99.0	5.1	5.0	98.0	0.0	N/A	-
8		7:00 น.	29.6	30.0	98.7	91.0	91.0	100.0	3.9	4.0	97.5	0.0	N/A	-
9		8:00 น.	32.2	32.0	99.4	84.0	83.0	98.8	4.1	4.0	97.5	0.0	N/A	-
10		9:00 น.	33.8	34.0	99.4	71.0	72.0	98.6	2.9	3.0	96.7	0.0	N/A	-
11		10:00 น.	33.9	34.0	99.7	70.0	70.0	100.0	3.0	3.0	100.0	0.0	N/A	-
12		11:00 น.	32.6	33.0	98.8	76.0	76.0	100.0	4.0	4.0	100.0	0.0	N/A	-
13		12:00 น.	32.7	33.0	99.1	74.0	74.0	100.0	7.9	8.0	98.8	0.0	N/A	-
14		13:00 น.	32.5	33.0	98.5	70.0	70.0	100.0	6.1	6.0	98.3	0.0	N/A	-
15		14:00 น.	32.2	32.0	99.4	73.0	73.0	100.0	5.1	5.0	98.0	0.0	N/A	-
16		15:00 น.	32.3	32.0	99.1	75.0	74.0	98.6	3.1	3.0	96.7	0.0	N/A	-
17		16:00 น.	32.3	32.0	99.1	75.0	76.0	98.7	4.1	4.0	97.5	0.0	N/A	-
18		17:00 น.	30.8	31.0	99.4	75.0	77.0	97.4	7.8	8.0	97.5	0.0	N/A	-
19		18:00 น.	30.6	31.0	98.7	80.0	80.0	100.0	5.1	5.0	98.0	0.0	N/A	-
20		19:00 น.	30.3	31.0	97.7	83.0	84.0	98.8	4.1	4.0	97.5	0.0	N/A	-
21		20:00 น.	30.4	31.0	98.1	84.0	84.0	100.0	3.0	3.0	100.0	0.0	N/A	-
22		21:00 น.	29.7	30.0	99.0	85.0	85.0	100.0	2.0	2.0	100.0	0.0	N/A	-
23		22:00 น.	29.5	30.0	98.3	86.0	87.0	98.9	1.9	2.0	95.0	0.0	N/A	-
24		23:00 น.	28.1	N/A	-	87.0	N/A	-	3.1	3.0	96.7	0.0	N/A	-
Average			31.5	31.9	98.9	78.0	77.7	99.3	4.2	4.2	98.0	0.0	N/A	-

จากตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝุ่น PM2.5 และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอากาศตรวจวัดสภาพอากาศ เทียบกับข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.ระยอง วันที่ 21 พฤษภาคม 2564 อุณหภูมิที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 33.9 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 26.9 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 30.6 องศาเซลเซียส และแสดงความแม่นยำของการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ 98.1 % ค่าความชื้นสัมพัทธ์วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 98.0 % ต่ำสุด 70.0 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 84.3 % และแสดงความแม่นยำของการวัดความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 99.4 % ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (PM2.5) ที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 8.9 µg/m3 ต่ำสุด 1.9 µg/m3 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.1 µg/m3 และแสดงความแม่นยำของการวัดค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (PM2.5) อยู่ที่ 92.8 % ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 26.0 % ต่ำสุด 0.0 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.3 %

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝุ่น PM2.5 และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอากาศตรวจวัดสภาพอากาศ เทียบกับข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.ระยอง วันที่ 22 พฤษภาคม 2564

ลำดับ	วันที่	ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส, °C)			ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์, %)			ค่าฝุ่น PM2.5 (ไมโครกรัมลูกบาศก์เมตร, µg/m3)			ปริมาณน้ำฝน (เปอร์เซ็นต์, %)		
			จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ	จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ	จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ	จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ
1	22-May-64	0:00 น.	28.9	29.0	99.7	87.0	86.0	98.8	3.1	3.0	96.7	0.0	N/A	-
2		1:00 น.	28.6	29.0	98.6	86.0	86.0	100.0	3.1	3.0	96.7	30.0	N/A	-
3		2:00 น.	28.3	28.0	98.9	91.0	90.0	98.9	2.0	2.0	100.0	26.0	N/A	-
4		3:00 น.	27.7	28.0	98.9	90.0	91.0	98.9	2.0	2.0	100.0	24.0	N/A	-
5		4:00 น.	28.7	28.0	97.5	89.0	89.0	100.0	4.1	4.0	97.5	11.0	N/A	-
6		5:00 น.	29.1	N/A	-	91.0	N/A	-	11.2	11.0	98.2	0.0	N/A	-
7		6:00 น.	27.6	28.0	98.6	91.0	92.0	98.9	13.1	13.0	99.2	0.0	N/A	-
8		7:00 น.	29.1	30.0	97.0	83.0	83.0	100.0	13.2	13.0	98.5	0.0	N/A	-
9		8:00 น.	31.6	32.0	98.8	75.0	74.0	98.6	9.9	10.0	99.0	0.0	N/A	-
10		9:00 น.	32.5	33.0	98.5	67.0	67.0	100.0	7.0	7.0	100.0	0.0	N/A	-
11		10:00 น.	32.4	33.0	98.2	62.0	62.0	100.0	4.9	5.0	98.0	0.0	N/A	-
12		11:00 น.	33.8	34.0	99.4	56.0	57.0	98.2	5.0	5.0	100.0	0.0	N/A	-
13		12:00 น.	36	35.0	97.1	55.0	55.0	100.0	4.0	4.0	100.0	0.0	N/A	-
14		13:00 น.	33.9	34.0	99.7	52.0	51.0	98.0	3.0	3.0	100.0	0.0	N/A	-
15		14:00 น.	33.6	34.0	98.8	52.0	53.0	98.1	2.0	2.0	100.0	0.0	N/A	-
16	5/22/2564	15:00 น.	34.4	35.0	98.3	53.0	53.0	100.0	3.0	3.0	100.0	0.0	N/A	-
17		16:00 น.	32.7	33.0	99.1	59.0	60.0	98.3	4.9	5.0	98.0	0.0	N/A	-
18		17:00 น.	32.6	33.0	98.8	65.0	65.0	100.0	9.8	10.0	98.0	0.0	N/A	-
19		18:00 น.	30.7	31.0	99.0	75.0	75.0	100.0	12.2	12.0	98.3	0.0	N/A	-
20		19:00 น.	31.1	31.0	99.7	79.0	79.0	100.0	8.9	9.0	98.9	0.0	N/A	-
21		20:00 น.	30.7	31.0	99.0	88.0	87.0	98.9	7.1	7.0	98.6	0.0	N/A	-
22		21:00 น.	30.8	31.0	99.4	87.0	86.0	98.8	6.1	6.0	98.3	0.0	N/A	-
23		22:00 น.	29.6	30.0	98.7	83.0	84.0	98.8	3.9	4.0	97.5	0.0	N/A	-
24		23:00 น.	29	N/A	-	81	N/A	-	3.8	4.0	95.0	0.0	N/A	-
Average			31.0	31.4	98.7	74.9	73.9	99.2	6.1	6.1	98.6	3.8	N/A	-

จากตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝุ่น PM2.5 และปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอากาศตรวจวัดสภาพอากาศ เทียบกับข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.ระยอง วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 อุณหภูมิที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 36.0 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 27.6 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 31.0 องศาเซลเซียส และแสดงค่าความแม่นยำของการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ 98.7 % ค่าความชื้นสัมพัทธ์วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 91.0 % ต่ำสุด 52.0 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 74.9 % และแสดงค่าความแม่นยำของการวัดความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 99.2 % ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (PM2.5) ที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 13.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ต่ำสุด 2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และแสดงค่าความแม่นยำของการวัดค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (PM2.5) อยู่ที่

98.6 % ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดสภาพอากาศ สูงสุดอยู่ที่ 30.0 % ต่ำสุด 0.0 % ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.8 %

จากตารางที่ 1 ถึง 3 ค่าความแม่นยำของการวัดสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้ดังนี้ ค่าความแม่นยำของการวัดอุณหภูมิ เท่ากับ 98.1 – 98.8 % โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 98.47 % ค่าความแม่นยำของการวัดความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 99.2 – 99.4 % โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 99.30 % ค่าความแม่นยำของการวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (PM2.5) อยู่ที่ 98.2 – 98.6 % โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 98.40 % และเนื่องจากข้อมูลการวัดปริมาณน้ำฝนจากกรมควบคุมมลพิษไม่ได้มีการระบุจึงทำให้ไม่สามารถคำนวณ ค่าความคลาดเคลื่อนในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวัดปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 4 แบบประเมินความพึงพอใจของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ประสิทธิภาพของการทำงาน	$\bar{X}$	S.D.	ผลของการประเมิน
1. เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุได้ตลอด	4.90	0.31	พึงพอใจมากที่สุด
2. ระยะเวลาการทำงานของเซ็นเซอร์สามารถทำงานได้ควบคุมทั้งห้อง	5.00	0.00	พึงพอใจมากที่สุด
3. เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุได้ถึง 180°	4.80	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
4. ความผิดพลาดของเซ็นเซอร์	5.00	0.00	พึงพอใจมากที่สุด
5. การออกแบบตู้คอนโทรลและการเดินสายไฟภายในตู้มีความปลอดภัย	4.20	0.42	พึงพอใจมาก
6. ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.50	0.52	พึงพอใจมาก
7. หลักการใช้งานของระบบสามารถเข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อน	4.40	0.51	พึงพอใจมาก
8. การทำงานของหลอดไฟมีความเสถียร ไม่ติดหรือดับบ่อย	5.00	0.00	พึงพอใจมากที่สุด
9. มีการแจ้งเตือนสถานะการทำงานผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์	4.70	0.48	พึงพอใจมากที่สุด
10. ไฟแจ้งเตือนสถานะการทำงานของระบบสามารถใช้งานได้ทุกสี	4.80	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	4.73	0.31	พึงพอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 4 ความพึงพอใจ จากการตอบแบบสอบถามทั้งหมด 10 คนแบ่งเป็น เพศชาย 4 คน เพศหญิง 6 คน อายุ 18-20 จำนวน 1 คน อายุ 21-30 จำนวน 2 คน อายุ 31-40 จำนวน 7 คน โดยใช้สูตร $\bar{X}$ และ S.D. ในการหาค่าเฉลี่ยของผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ ผลลัพธ์โดยรวมที่ได้อยู่ในเกณฑ์ พึงพอใจมาก เท่ากับ 4.73 แยกเป็นรายข้อพบว่า ระยะเวลาการทำงานของเซ็นเซอร์สามารถทำงานได้ควบคุมทั้งห้องได้สูงสุด เท่ากับ 5.00 รองลงมาเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุได้ตลอด เท่ากับ 4.90

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาพัฒนาร่วมกับระบบ เซ็นเซอร์เพื่อจัดทำสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เริ่มศึกษาและเก็บข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ และเก็บข้อมูลเพื่อแสดงผลได้อย่างเรียลไทม์ การพัฒนาและออกแบบระบบนี้มีภาษาที่ใช้ในการพัฒนาได้แก่ ภาษา Python เป็นภาษาหลักที่ทำการพัฒนาเซ็นเซอร์ขึ้นมาโดยจะมีคำสั่งที่ใช้เพื่อใส่เงื่อนไขการทำงาน ให้กับเซ็นเซอร์โดยมีโปรแกรม Arduino IDE สำหรับใช้เชื่อมต่อเซ็นเซอร์กับคอมพิวเตอร์ เพื่อ เขียนคำสั่งการทำงานให้กับเซ็นเซอร์และมีการส่งข้อมูลค่าที่วัดได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้เก็บไว้ยังเซิร์ฟเวอร์จัดทำเว็บไซต์ขึ้นมา โดยใช้ภาษา HTML และมีการ เชื่อมต่อระหว่างเว็บไซต์และเซิร์ฟเวอร์โดยใช้ภาษา JavaScript ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้นั้นสามารถติดตามคุณภาพ อากาศได้แบบเรียลไทม์ จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

รวมถึงการศึกษาถึงวิธีการดำเนินงานสร้างและทำการทดสอบการทำงาน ปรากฏว่าสถานีตรวจวัดสภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โดยมีส่วนประกอบของ Raspberry Pi, บอร์ด Arduino Uno R2, เซนเซอร์ Laser Dust Sensor PMS3003 + DHT22 + Rain Drop สามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และส่งข้อมูลไปเก็บไว้ยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ พร้อมทั้งแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันเพื่อดูค่าการตรวจสภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศอัตโนมัติอย่างเรียลไทม์ สามารถแสดงผลได้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันความคลาดเคลื่อนของ Sensor DHT22 ใช้ในการวัดอุณหภูมิ และความชื้นอยู่ระหว่าง 0.6 – 1.9 % , Laser Dust Sensor PMS3003 ใช้ในการวัดฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (PM 2.5) อยู่ระหว่าง 1.4 – 1.8 % ผลการหาความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ค่าเฉลี่ยโดยรวมที่ได้อยู่ในเกณฑ์ พึงพอใจมาก = 4.73

ข้อเสนอแนะ

1. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของพลังงานต้องติดตั้งในจุดที่มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้า
2. ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์เป็นอุปกรณ์ขั้นพื้นฐาน ทำให้ระบบของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ
3. การส่งข้อมูลไปยังเว็บแอปพลิเคชันโดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ทำงานบนคลื่นความถี่ 3G ในบางพื้นที่ที่มีคลื่นสัญญาณต่ำ ทำให้การส่งข้อมูลล่าช้าต้องปรับปรุงเรื่องสัญญาณให้มีประสิทธิภาพ เช่น ระบบคลื่นความถี่ 5G

เอกสารอ้างอิง

- [1] Pollution Control Department: Ministry of Natural Resources and Environment, "Thailand Pollution Situation Report 2012", [Online]. Available: <https://www.pcd.go.th/publication/3636/>. [Accessed: August. 27, 2020], 2012.
- [2] Chulalongkorn University, "Learn to live with PM 2.5 dust.", [Online]. Available: <https://www.chula.ac.th/wp-content/uploads/2019/10/chula-pm25-booklet-1.pdf>. [Accessed: Feb. 17, 2021], 2019.
- [3] Bureau of Technology Promotion and Transfer: Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, "When PM2.5 dust is coming back", [Online]. Available: <http://www.ttc.ops.go.th/?p=3031>. [Accessed: August. 10, 2020], 2020.
- [4] Pollution Control Department: Ministry of Natural Resources and Environment, "air quality index data", [Online]. Available : http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php. [Accessed: Jan. 15, 2021].
- [5] Department of Health : Ministry of Public Health, "Guidelines for reducing and preventing health impacts from particulate matter up to 2.5 microns in size (PM2.5) for educational institutions", [Online]. Available: <http://www.biea.moe.go.th/2020/attachments/article/296/>. [Accessed: Mar. 15, 2021].
- [6] Information and Communication Technology Center: Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, "IoT is going to change the world?", Available: <http://www.ops.go.th/main/index.php/knowledge-base/article-pr/>. [Accessed: Mar. 21, 2021], 2020.
- [7] J. Boontam, *social science research (data collection in research)*, Bangkok: 2nd edition, printing Suwiriyan, 1997. P 91-92.

-
- [8] Likert, Rensis, *The Method of Constructing and Attitude Scale*, In Reading in Fishbein, M (Ed.), *Attitude Theory and Measurement* (pp. 90-95). New York: Wiley & Son, 1967
- [9] W. Chusri, *Techniques for using statistics for research (12th edition)*, Bangkok: Faculty of Education, Srinakharinwirot University, 2010