ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+

Development of Web Based Dust Monitoring System with Raspberry Pi B+

นายดรัสวิน วงศ์ปรเมษฐ์ [1*] นางสาวเกษมณี มูลเมือง นางสาวนุสบา มาศรักษา
สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์[1]
drusawin.vp@bru.ac.th* , ketmanee76@hotmail.com , mansbow01@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย จากเซ็นเซอร์ PPD42NS ซึ่งส่งสัญญาณในรูปแบบ Pulse-Width Modulation โดยใช้ SQLite ในการจัดเก็บข้อมูล ส่วนของเครื่องแม่ข่ายทำการติดตั้งบริการฐานข้อมูลและบริการสืบค้นข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองในอากาศซึ่งพัฒนาโดยใช้ภาษา PHP ร่วมกับไลบรารี jQuery โดยแสดงผลเป็นตารางและกราฟบนเว็บไซต์

ผลการวิจัยพบว่า 1) กล่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ มีความถูกต้อง รวดเร็ว และสามารถย้ายตำแน่งในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศได้อย่างสะดวก 2) การศึกษาผลการทดลองใช้ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ พบว่า ประสิทธิภาพโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 ซึ่งอยู่ในระดับมีประสิทธิภาพมากที่สุด และ 3) ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในอากาศภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ พบว่า ดัชนีคุณภาพอากาศอยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: ระบบตรวจวัด, ฝุ่นละออง, เว็บบราวเซอร์ , Raspberry Pi B+

ABSTRACT

The purposes of the research were to develop web site for Dust Monitoring System with Raspberry Pi B+ in Buriram Rajabhat University. The PPD42NS sensor sends Pulse-Width Modulation signals through local wireless network. Datas are stored by SQLite. The server provides database service and web service for monitoring dust quantity in air was developed by PHP with jQuery library.

The research findings showed that the 1) Dust monitoring station has accuracy, responsive and mobility 2) The result of experiment found that average and standardization is 4.67 and 0.29 respectively in system performances, meaning is highest performances and 3) The result of studying dust quantity in Buriram Rajabhat University found that air quality index is moderate.

Keyword: measurement, dust, web browser, Raspberry Pi B +.

บทนำ

หมอกควัน เขม่าควัน หรือฝุ่นละออง เป็นปัจจัยหนึ่งของปัญหาด้านสุขภาพ ซึ่งมีโอกาศเกิดขึ้นได้กับทุกคนเนื่องจากมีขนาดเล็ก สามารถเล็ดลอดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และเข้าสู่อวัยวะสำคัญในร่างกาย เช่น ปอด และกระแสเลือด โดยเฉพาะหากฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นตัวนำเชื้อโรคก็จะมีโอกาสเกิดโรคร้ายแรงมากขึ้นได้ แต่โดยทั่วไปเราจะรู้สึกถึงผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กเฉพาะช่วงที่มีปัญหามลพิษมาก ๆ เมื่อปัญหาเบาบางลงไปก็มักไม่ใส่ใจกับปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งที่ความจริงสำคัญ ทุกคนสามารถหายใจเอาสารมลพิษเข้าสู่ร่างกายได้ทุกเมื่อ ดังนั้นปัญหานี้จึงยังคงส่งผลกระทบต่อสุขภาพอย่างต่อเนื่องไปอีกนาน ควรจำเป็นอย่างยิ่งในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ จึงมีความสำคัญในการเฝ้าระวัง และแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองก่อนจะส่งผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพของชุมชน โดยผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

โดยเซนเซอร์วัดความเข้มแสง ด้วย Raspberry Pi B+ ซึ่งสามารถแสดงดัชนีคุณภาพอากาศ ในรูปแบบตาราง และกราฟ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว เคลื่อนย้ายจุดตรวจวัดได้อย่างสะดวก และการบำรุงรักษาต่ำ

ดังนั้นระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ จะเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถมองเห็นแนวโน้มปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ เพื่อให้เกิดการปรับปรุงวิธีการจัดการปัญหาฝุ่นละออง และสามารถดูแลสุขภาพของชุมชน

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนาระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านหน้าเว็บบราวเซอร์

1.2 เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในอากาศในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝุ่นละอองในอากาศ

ฝุ่นละออง คือ อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลว ที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่กระจายในอากาศนี้บางชนิดมีขนาดใหญ่ และมีสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศ ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมักเป็นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) เนื่องจากมีความเร็วในการตกลงสู่พื้นต่ำ หากมีแรงลมจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศและกระแสลม เป็นต้น จะทำให้แขวนลอยอยู่ในอากาศนานมากขึ้น การกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปนี้ อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.2 Raspberry Pi B+

บอร์ด Raspberry Pi B+ สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก รองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian (Debian) Pidora (Fedora) และ Arch Linux เป็นต้น โดยติดตั้งบน SD Card บอร์ด Raspberry Pi นี้ถูกออกแบบมาให้มี CPU GPU และ RAM อยู่ภายในชิปเดียวกันมีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้อีกด้วย

2.3 เซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละออง

หลักการทำงานของทำงานของเซ็นเซอร์ (Sensor) PPD42NS วัดฝุ่นละออง ภายในจะมี Infrared LED ทำมุม 45 องศา กับ Photo-diode ทำงานโดยตรวจวัดความเข้มแสงที่ตกกระทบ Photo-diode ซึ่งแปรผันตรงกับ Duty cycle นั้นคือ เมื่อมีฝุ่นมาบดบังแสง แสงที่ Photo-diode รับได้จะมีความเข้มของน้อยลงทำให้สัญญาณ PWM มี Duty cycle ที่น้อย ในทางตรงกันข้ามหากไม่มีฝุ่นมาบดบังแสงหรือมาบดบังน้อย สัญญาณ PWM จะมี Duty cycle ที่มากขึ้น ทำให้สามารถตรวจวัดความเข้มของฝุ่นละอองได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนิตย์ อินทรัตน์ (2554) จัดทำแผนที่แบบจำลองคุณภาพอากาศในจังหวัดชลบุรี โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีคุณภาพอากาศกับการกระจายตัวของก๊าซมลพิษในจังหวัดชลบุรี โดยทำการรวบรวมข้อมูลคุณภาพอากาศรายวันของพื้นที่จังหวัดชลบุรี และบริเวณใกล้เคียง ซึ่งได้จากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมควบคุมมลพิษ 8 สถานี จากจังหวัดชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา มาจัดทำค่าเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2553 ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดชลบุรี ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) แสดงผลในรูปแบบแผนที่ผลการศึกษาพบว่าดัชนีคุณภาพอากาศในจังหวัดชลบุรีมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระหว่าง 51-100 แสดงถึงคุณภาพของอากาศอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ไม่ส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่

สุดจิต ครุจิต (2553) ทำการพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองแบบบูรณาการสำหรับเมืองนครราชสีมา โดยใช้ปริมาณฝุ่นที่ตกได้และสภาวะความเป็นกรดของน้ำฝนเป็นดัชนีอย่างง่ายในการเฝ้าระวังและประเมินคุณภาพอากาศ ใช้แนวทางร่วมกันทำงานของ 3 ฝ่าย ได้แก่ มหาวิทยาลัย ชุมชน และหน่วยงานรัฐ โดยเริ่มจากกำหนดจุดเฝ้าระวังและจัดตั้งสถานี

ตรวจวัด 6 จุด โดยให้เป็นตัวแทนของพื้นที่ 3 ลักษณะ คือ พื้นที่ชนบท พื้นที่ชานเมือง และพื้นที่เมือง ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนพฤษจิกายน 2550 - ตุลาคม 2551 เป็นเวลา 12 เดือน ผลการเก็บข้อมูลพบว่าปัญหาฝุ่นมีแนวโน้มเกิดในบริเวณเขตชุมชนเมืองของฤดูร้อน ไม่มีปัญหาฝนกรด และจัดทำเว็บไซต์ของระบบซึ่งสามารถแสดงฐานข้อมูลของโครงงานวิจัย

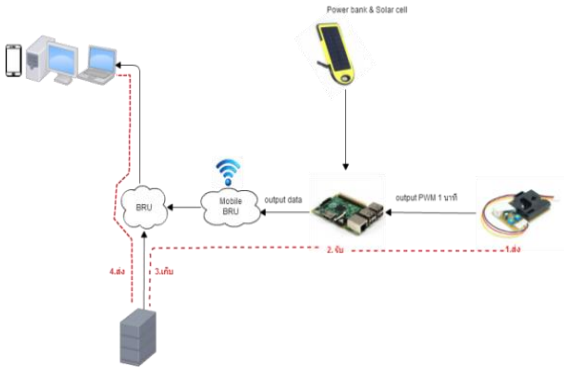
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของระบบ จากความต้องการของระบบที่สามารถติดตั้งในจุดที่ต้องการวัดปริมาณฝุ่นละอองพบว่า ภายในบริเวณจะต้องมีสัญญาณเครือข่ายไร้สายของมหาวิทยาลัย ส่วนตัวบอร์ดและตัวเซนต์เซอร์ไม่สามารถกันน้ำได้จึงต้องมีกล่องและกันสาด พลังงานที่จ่ายให้แก่ระบบสามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้ เนื่องจากบอร์ดใช้พลังงานเพียง 3.5 W และเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์จะใช้พลังงานจากแบตเตอร์รีขนาด 6,000 mAh ซึ่งอยู่ได้นานกว่า 12 ชม. ก่อนทำการส่งข้อมูล ระบบจะบันทึกลงฐานข้อมูลลงในบอร์ดโดย SQLite เมื่อไม่สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายได้ เครื่องแม่ข่ายจะเห็นว่าบอร์ดไม่อยู่ในสถานะใช้งาน (online) และข้อมูลจะไม่สูญหาย เมื่อเครือข่ายกลับมาใช้งานได้ระบบจะทำการส่งข้อมูลที่ตัวบอร์ดไปยังเครื่องแม่ข่าย เพื่องานแก่การใช้งานผู้พัฒนาได้นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางและกราฟ โดยสามารถเลือกช่วงของข้อมูลได้ และวัดประสิทธิภาพระบบโดยแบบประเมินประสิทธิภาพระบบ (Mike Jackson, 2011) ด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบไปด้วยสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมด้านสุขภาพและการเลือกพื้นที่ โดยทำการติดตั้งบริเวณอาคาร 15 สนามฟุตบอล และบ้านพักอาจารย์ ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ในรัศมี 100 เมตร ในด้านระบบและการใช้งานโดยสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และด้านเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์โดยสาขาฟิสิกส์

1.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นที่ 1 พบว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบที่สามารถติดตั้งในตำแหน่งที่ต้องการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ โดยมีเพียงเงื่อนไขเดียว คือ สัญญาณเครือข่ายไร้สาย ส่วนข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่าง (sampling) ทุก 1 วินาที จากนั้นนำมาเฉลี่ยแล้วเก็บลงฐานข้อมูลทุก 1 นาที จัดเก็บลง SD card ของบอร์ด Raspberry Pi B+ ซึ่งในการวิจัยใช้ขนาด 8GB เพียงพอต่อการเก็บข้อมูล 1 สัปดาห์ และเพื่อสามารถแยกแยะข้อมูลของบอร์ดตัวบอร์ดจะส่งรหัสแนบมากับข้อมูลด้วย

1.3 ออกแบบระบบโดยทำการออกแบบรูปแบบในการส่งข้อมูลบนเครือข่ายการส่งข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองในอากาศโดยใช้เครือข่ายไร้สายคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์



ภาพที่ 1 การออกแบบระบบงาน

จากภาพที่ 1 เมื่อบอร์ดได้รับพลังงาน จะทำการบูท (boot) อัตโนมัติ และตรวจสอบเซนเซอร์ เมื่อบอร์ดพร้อม จะทำการรับสัญญาณ PWM จากเซนเซอร์แล้วแปลงเป็นดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) โดยใช้สมการ

ratio = lowPulseOccupancy/(SampleTime_ms*10.0)

AQI_val = 1.1*pow(ratio,3)-3.8*pow(ratio,2)+520*ratio+0.62

ก่อนการส่งข้อมูล บอร์ดจะตรวจสอบการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายผ่านเครือข่ายไร้สาย หากไม่สามารถเชื่อมต่อได้จะทำการเก็บข้อมูลไว้ใน SD card เมื่อเครื่องแม่ข่ายไม่พบข้อมูลของบอร์ดส่งมาในช่วงของเวลาจะเปลี่ยนสถานะของบอร์ดเป็น offline เครื่องลูกข่ายสามารถดึงข้อมูล

1.4 พัฒนาระบบโดยเริ่มจากติดตั้ง Raspbian ลงบนบอร์ดและบริการฐานข้อมูล SQLite ติดตั้งโมดูล WIFI จากนั้นทำการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่าน GPIO โดยใช้ภาษา Python เพื่อแปลงสัญญาณจากเซนเซอร์ เทียบค่าข้อมูลเป็นดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล และส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายตามระยะเวลาที่กำหนด ส่วนของเครื่องแม่ข่ายพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา HTML PHP และ jQuery เพื่อให้เครื่องลูกข่ายสามารถเรียกดูข้อมูลผ่านเว็บบราวเซอร์ในรูปแบบตาราง กราฟ สถานะของบอร์ด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ

1.5 เก็บรวบรวมข้อมูล สรุป วิเคราะห์ และจัดทำคู่มือการใช้งานระบบ

2. เครื่องมือการวิจัย

2.1 ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+

2.2 แบบประเมินประสิทธิภาพระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศฯ

3. กลุ่มเป้าหมาย

3.1 ประชากร คือ พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ พื้นที่บริเวณอาคาร 15 สนามฟุตบอล และบ้านพักอาจารย์ จากการสุ่มอย่างง่าย

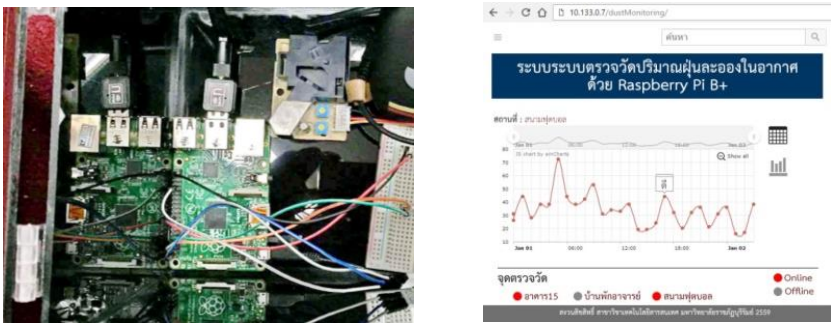
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (Dependent t-test) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน (พิสุทธา อารีราษฎร์. 2551 : 176) ดังนี้

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. ผลการพัฒนา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ ตามขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 โดยนำข้อมูลจากการศึกษา และวิเคราะห์ มาจัดทำระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ และเครื่องมือของกิจกรรม แสดงดังภาพที่ 2



ก. ข.

ภาพที่ 2 ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+
(ก) กล่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (ข) ซอฟท์แวร์ติดตามปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ

จากภาพที่ 2 ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ ประกอบด้วยกล่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจากเซนเซอร์แล้วแปลงเป็นค่าดัชนีคุณภาพอากาศ เพื่อส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายเพื่อจัดเก็บข้อมูล และตรวจสอบสถานะการทำงานของกล่อง ผ่านหน้าเว็บไซต์ ณ บริเวณต่าง ๆ สามารถแสดงผลในรูปแบบของตารางและกราฟ และสามารถบอกคุณภาพของอากาศได้ ดังแสดงในภาพ 1.ข

2. ผลการทดลองใช้ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ ที่พัฒนาขึ้น ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 3 จุด โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 15 วัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผลตามเกณฑ์ AQI แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

สถานที่	ปริมาณฝุ่นละอองโดยเฉลี่ย (15 วัน) แบ่งตามระยะเวลา (นาฬิกา)							AQI
	00:00 -04:00	04:00 -08:00	08:00 -12:00	12:00 -16:00	16:00 -20:00	20:00 -24:00	$\bar{x}$	
1. อาคาร 15	65	158	187	174	183	110	**146**	มีผลต่อสุขภาพ
2. สนามฟุตบอล	32	42	51	48	48	36	**42**	คุณภาพอากาศดี
3. บ้านพักอาจารย์	45	64	130	96	122	87	**90**	คุณภาพอากาศปานกลาง
โดยรวม	**47**	**88**	**122**	**106**	**117**	**77**	**93**	คุณภาพอากาศปานกลาง

จากตารางที่ 1 ผลการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ พบว่าบริเวณอาคาร 15 มีปริมาณฝุ่นละอองหนาแน่น และยาวนานที่สุด โดยช่วงเวลา 08:00 - 20:00 น. มีดัชนีคุณภาพอากาศในระดับที่มีผลต่อสุขภาพ บริเวณบ้านพักอาจารย์ช่วงเวลา 07:00 - 09:00 น. บริเวณสนามฟุตบอลมีระดับของฝุ่นละอองค่อนข้างคงที่มากที่สุด มีดัชนีคุณภาพอากาศในระดับคุณภาพดี โดยรวมแล้วคุณภาพอากาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์อยู่ในระดับปานกลาง

3. ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในอากาศภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ผู้วิจัยดำเนินการวัดประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน หลังจากทำการทดลองเสร็จสิ้น จากนั้นนำผลการสอบถามมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลประเมินระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+

รายการ	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ			
1.1 ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน	4.67	0.47	มากที่สุด
1.2 ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 การเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายมีประสิทธิภาพต่อการใช้งาน	4.33	0.47	มาก
1.4 ความง่าย (User Friendly) ของการใช้งานของระบบ	4.33	0.47	มาก
1.5 การเผยแพร่ข้อมูลผลการประเมินในเชิงสถิติที่ได้จากระบบ	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ด้านการออกแบบ			
2.1 ความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจของหน้าโฮมเพจ	4.33	0.47	มากที่สุด
2.2 การจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม	4.67	0.47	มากที่สุด
โดยรวม	**4.67**	**0.29**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 ผลประเมินระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ผ่านเว็บบราวเซอร์ ด้วย Raspberry Pi B+ พบว่าภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.29 ซึ่งอยู่ในระดับมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ และการจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0 และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด การเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายมีประสิทธิภาพต่อการใช้งาน ความง่ายของการใช้งานของระบบ และความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจของหน้าโฮมเพจ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.47

อภิปรายผลการวิจัย

ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ด้วย Raspberry Pi B+ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ 1) กล่องวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ และ 2) ซอฟท์แวร์ติดตามปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมของระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ และการจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน จึงส่งผลให้ผลการประเมินสอดคล้องกับ สุดจิต ครุจิต (2553) ได้วิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการเพื่อสนับสนุนการจัดการคุณภาพอากาศในชุมชน พบว่า การจัดการคุณภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องมีระบบที่มีความถูกต้อง รวดเร็ว และสามารถใช้งานง่าย นอกจากนี้ระบบตรวจวัดปริมาณฝุ่นได้เตรียมส่วนเชื่อมต่อเพื่อนำเสนอในรูปแบบแผนที่ ซึ่งเป็นในทางเดียวกับ ธนิตย์ อินทรัตน์ (2554) ได้วิจัย เรื่อง การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการประเมินคุณภาพอากาศ: กรณีศึกษา จังหวัดชลบุรี พบว่า การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตราง กราฟ และแผนที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลไปใช้และเข้าใจสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ดำเนินงานโดยมีความร่วมมือจากสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ดังนั้นในการนำผลการวิจัยไปใช้งานในจุดที่ไม่มีเครือข่ายอินเตอร์เน็ต จำเป็นต้องเพิ่มโมดูลเครือข่ายเคลื่อนที่ การทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีระบบทำความสะอาดเซ็นเซอร์อัตโนมัติ เนื่องจากเมื่อมีฝุ่นสะสมทำให้ประสิทธิภาพในการวัดลดลง

เอกสารอ้างอิง

ธนิตย์ อินทรัตน์. (2554). **การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการประเมินคุณภาพอากาศ: กรณีศึกษา จังหวัดชลบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

พิสุทธา อารีราษฎร์. (2551). **การพัฒนาซอฟแวร์ทางการศึกษา.** มหาสารคาม : อภิชาตการพิมพ์.

สุดจิต ครุจิต, ธนัญชัย วรรณสุข, ชื่นจิตร ชาญปรีชา และนเรศ เชื้อสุวรรณ. (2553). **การพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการเพื่อสนับสนุนการจัดการคุณภาพอากาศในชุมชน**. รายงานวิจัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Mike Jackson, Steve Crouch and Rob Baxter. (2011). **Software Evaluation: Criteria-based Assessment**. The Software Sustainability Institute. Edinburgh, United Kingdom.