Inspection and analysis of air and noise pollution exposure in housing projects by using individual measuring instrument

1 2

2- ! -! . -! -! -! . !

pss t ppe oh! i ps ! .n nh ees tt ;! o di m d i!

ในปัจจุบันมลพิษทางอากาศนับว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งสังเกตได้จากฝุ่นละออง PM 2.5 ที่มีระดับความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐาน เนื่องมาจากวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ประชากรที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น รวมถึงการก่อสร้างที่มีอยู่ทั่วพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยเฉพาะการก่อสร้าง ต่อเติม และดัดแปลงอาคาร ซึ่งเป็นต้นเหตุของมลพิษทางอากาศและเสียงที่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานและประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง นำไปสู่ความกังวลในเรื่องสุขภาพ ซึ่งการตรวจวัดมลพิษทางอากาศภายในโครงการก่อสร้างในปัจจุบันนั้นเป็นเครื่องวัดขนาดใหญ่ ติดไว้ที่จุดใดจุดหนึ่ง งานวิจัยนี้จึง ต้องการนำเสนอระบบการตรวจวัดมลพิษทางอากาศภายในโครงการก่อสร้างอาคารแบบเรียลไทม์ โดยนำเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) และเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ติดตั้งกับผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในการตรวจวัดมลพิษทางอากาศและเสียงทำให้ทราบค่าความเข้มข้นของมลพิษที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับต่อวันรวมถึงทราบกิจกรรมที่ก่อให้เกิดค่ามลพิษเกินค่ามาตรฐานจากนั้นทำการทดสอบเครื่องมือโดยการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดอื่นเพื่อทดสอบการทำงานและความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ โดยทำการทดลองในสเกลขนาดเล็กพบว่า ระบบสามารถให้ค่าแบบเรียลไทม์ได้ต่อเนื่อง รวดเร็ว และมีความคลาดเคลื่อนน้อย สะดวกในการติดตั้งและวัดค่ามลพิษ

คำสำคัญ: โครงการก่อสร้างอาคาร, PM 2.5, เซนเซอร์ตรวจวัดมลพิษทางอากาศ, IoT (Internet of Things)

Abstract

At present, air pollution is considered an important environmental problem in Thailand, which can be observed from PM 2.5 that have exceeded the standard. This is due to changing lifestyles, population growth and constructions throughout Bangkok area and perimeter, especially the building construction, building renovation and building extension. These constructions cause air pollution and noise that affects workers and people living in the construction area, and it leads to health concerns. The large instrument, which is installed at one point, has been used for measuring dust in the construction area. This study aims to propose a real-time air pollution and noise monitoring system in building construction projects by using IoT (Internet of Things) technology and air quality sensors to be installed with workers. This will let us know the concentration of air pollution and noise that the operator receives per day, also the activities that cause air pollution and noise pollution exceeds the standard. Then, the instrument was evaluated for functionality and discrepancy of the air quality sensor by comparing it with other standard instruments. The experiment in a small scale shows that the system can provide real-time values quickly and accuracy, also it is convenient to install and measure air pollution and noise pollution

Keywords: building construction projects, PM 2.5, air pollution sensors, IoT (Internet of Things)

1.

มลพิษทางอากาศนับว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งสังเกตได้จากระดับมลพิษในฝุ่นละอองขนาด 10 - 2.5 ไมครอน (PM 10 - 2.5) ที่มีระดับความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐาน สืบเนื่องมาจากวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ประชากรที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรและพลังงานมากขึ้นทั้งในภาคอุตสาหกรรม คมนาคม ในขณะเดียวกันก็ส่งผลให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางเสียง และปัญหาหมอกควัน PM 10, PM 2.5 ที่กำลังเป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบันซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุประกอบกัน เช่น การเผาวัชพืช หรือขยะ เพื่อกำจัดเศษวัชพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว หรือการเผา

ขยะ โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยมลพิษทางอากาศโดยไม่ผ่านการบำบัด เสียก่อน รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เช่น รถบรรทุก รวมถึงการการจราจรที่มีความหนาแน่น การจราจรติดขัดก็ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง หมอกควันจากประเทศเพื่อนบ้าน [1] รวมถึงการก่อสร้างที่มีอยู่ทั่วพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑลโดยเฉพาะการก่อสร้างต่อเติม และดัดแปลงอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป ซึ่งก่อให้เกิดฝุ่นจากการก่อสร้างหากขาดการควบคุมอย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นต้นเหตุของฝุ่นละอองที่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน และประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง อีกทั้งเครื่องจักรที่ใช้ในงานก่อสร้างก็เป็นส่วนหนึ่งในการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ฝุ่นละออง (PM) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้ส่งผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ [2]

ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศมีขนาดเล็กนั้นไม่สามารถมองด้วยตาเปล่าส่งผลให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้โดยตรง อีกทั้งยังเกาะและตกค้างได้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะนั้นๆ ซึ่งหากได้รับสะสมในปริมาณมาก จะทำให้เนื้อเยื่อปอด เกิดเป็นผังผืดหรือแผลขึ้นได้ ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพ เกิดหลอดลมอักเสบ หอบหืด และถุงลมโป่งพอง [3] [4] และโอกาสเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ระบบหัวใจ ระบบหลอดเลือด ระบบตา ผิวหนัง เพิ่มความเสี่ยงของอัตราตายจากภาวะเส้นเลือดอุดตันในสมอง โดยก่อให้เกิดอาการไอ ทำให้อัตราการป่วยและอัตราตายด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มสูงขึ้น โดยอัตราดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นในอากาศ [5]

มลพิษทางเสียงทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ โดยเฉพาะเสียงจากการทำงาน ซึ่งถือเป็นอันตราย 16% ของการสูญเสียการได้ยินในผู้ใหญ่นั้นเกิดจากเสียงรบกวนจากการทำงาน โดยเฉพาะในงานก่อสร้าง ที่ประกอบด้วยหลายกิจกรรมที่ก่อให้เกิดเสียงซึ่งเสียงดังกล่าวอาจเคลื่อนที่ในขณะที่การก่อสร้างดำเนินไป นอกจากนี้การจ้างงานและการโยกย้ายแรงงานอยู่สม่ำเสมอซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ทำให้ความเสี่ยงจากการสัมผัสเสียงรบกวนจากการทำงานเป็นปัญหามากขึ้น แรงงานกลุ่มนี้มักสัมผัสกับระดับเสียงที่อาจเป็นอันตรายซึ่งเกิดจากอุปกรณ์และกิจกรรมในการก่อสร้างต่างๆ อย่างไรก็ตาม แรงงานก่อสร้างมักไม่ค่อยใช้อุปกรณ์ป้องกันเสียง (HPE) และไม่มีการใช้แรงจูงใจเพื่อปกป้องแรงงานจากความเสียหายต่อสุขภาพ ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการขาดการบังคับใช้กฎระเบียบข้อบังคับและมาตรฐานในการป้องกันโรคจากการทำงาน [6]

จากสถิติการร้องเรียนปัญหามลพิษ ปี 2563 ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2562 ถึง 30 กันยายน 2563 กรมควบคุมมลพิษได้รับแจ้งเรื่องร้องเรียนด้านมลพิษ จำนวน 718 เรื่อง พื้นที่ที่มีปัญหาได้รับการแจ้งเรื่องร้องเรียนสูงสุด คือ กรุงเทพมหานคร 193 เรื่อง จังหวัดสมุทรปราการ 58 เรื่อง จังหวัดสมุทรสาคร 48 เรื่อง และจังหวัดชลบุรี 32 เรื่อง โดยการร้องเรียนเกี่ยวกับปัญหากลิ่นเหม็น คิดเป็นร้อยละ 43 รองลงมาปัญหาฝุ่นละอองสูง คิดเป็นร้อยละ 30 และเสียงดัง/เสียงรบกวน คิดเป็นร้อยละ 14 [7]

ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐจึงมีนโยบายและมาตรการเพื่อควบคุมมลพิษทางอากาศและเสียงที่เกิดจากการทุบ ตี บด กระแทกของวัตถุในกิจกรรมการก่อสร้างจนแตกกระจายออกเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ กระจายตัวอยู่ในอากาศ รวมถึงนโยบายจำกัดเวลารถบรรทุกในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล เช่น รถบรรทุกขนเครื่องจักร ปูนซีเมนต์ และวัสดุต่าง ๆ สำหรับการก่อสร้าง ที่มีปริมาณมากกว่า 50,000 คันเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน [8]

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องการตรวจสอบและการวิเคราะห์การได้รับมลพิษทางอากาศและเสียงในโครงการพักอาศัยโดยเครื่องมือวัดส่วนบุคคล โดยนำเทคโนโลยีเซนเซอร์และระบบ Internet of Things (IoT) นำมาประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจวัดปริมาณมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง เพื่อศึกษาแหล่งกำเนิด และกระบวนการที่ก่อให้เกิดมลพิษ โดยสามารถให้ปริมาณมลพิษที่วัดได้เป็นแบบเรียลไทม์ (Real Time) และหาแนวทางแก้ไขปัญหาควบคุมมลพิษไม่ให้เกินค่ามาตรฐานภายในโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัย เพื่อปรับปรุงพัฒนาระบบตรวจสอบให้มีประสิทธิภาพ

2.

2.1 นิยามมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ(Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ อนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารดังกล่าว อาจเป็นธาตุหรือสารประกอบ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์หรืออาจอยู่ในรูปของก๊าซหยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษอากาศหลักที่สำคัญคือ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก(Small particle matter) ก๊าซตะกั่ว (Pb) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซโอโซน (O_3) [9]

2.2 นิยามมลพิษทางเสียง

มลพิษทางเสียง (Noise pollution) หมายถึง ผลกระทบของเสียงที่มีต่อมนุษย์ เช่น เสียงดังเกินไปจนเกิดอันตรายต่อระบบการได้ยิน หรือเป็นเสียงที่ทำให้รู้สึกหงุดหงิด รำคาญ ไม่ว่าเสียงนั้นจะดังหรือไม่ก็ตาม [10]

2.3 ค่ามาตรฐานมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศถือเป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพของคน เนื่องจากเป็นสาเหตุของการเกิดโรคร้ายแรงที่ทำให้เสียชีวิตได้ โดยก่อให้เกิดโรคหัวใจหลอดเลือด ระบบทางเดินหายใจ และยังส่งผลต่อระบบการมองเห็น จึงส่งผลให้ประเทศต่างๆทั่วโลกได้กำหนดมาตรฐานทางอากาศ โดยค่ามาตรฐานสำหรับฝุ่นละอองและก๊าซในประเทศไทยมีดังนี้

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ชั่วโมงจะต้องไม่เกิน 30 ppm และในเวลา 1 ปีจะต้องไม่เกิน 9 ppm

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ชั่วโมงจะต้องไม่เกิน 0.17 ppm และในเวลา 1 ปีจะต้องไม่เกิน 0.03 ppm

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ค่าเฉลี่ยในเวลา24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ ในเวลา 1 ปีจะต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ค่าเฉลี่ยในเวลา24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ ในเวลา 1 ปีจะต้องไม่เกิน 0.025 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [11]

2.4 ค่ามาตรฐานและกฎหมายมลพิษทางเสียง

การทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงดัง ย่อมส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงาน จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรฐานของเสียงในสถานประกอบการขึ้นเพื่อประโยชน์ในการป้องกันอันตรายจากเสียงที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้ปฏิบัติงาน

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ได้กำหนดให้ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสเสียงได้ไม่เกิน 85 dB(A) ตลอดการทำงาน 8 ชั่วโมง เพื่อป้องกันภาวะประสาทหูเสื่อม [12] ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของ Occupational Safety and Health Act, OSHA ที่กำหนดตามกฎหมายฉบับ HAC-83 (Hearing Conservation Amendments, HCA) ไว้ว่าโครงการพิทักษ์การได้ยิน (hearing conservation program) ควรเริ่มทำเมื่อระดับเสียงดังถึง 85 dB(A) ต่อการทำงานเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

สำหรับประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานของเสียง โดยกระทรวงมหาดไทย ซึ่งระบุไว้ในประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม อาศัยอำนาจตามความในข้อ 2(7) แห่งประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 103 ลงวันที่ 16 มีนาคม 2515

กำหนดไว้ดังนี้ คือ หมวด 3 เสียง

ข้อ 13 ภายในสถานประกอบการที่ให้ลูกจ้างคนหนึ่งคนใดทำการต่อไปนี้

1) ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงที่ให้ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 91 dB(A)

2) เกินกว่าวันละ 7 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง เสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 90 dB(A)

3) เกินกว่าวันละ 8 ชั่วโมง จะต้องมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 80 dB(A)

ข้อ 14 นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่มีระดับเสียงเกินกว่า 140 dB(A) มิได้ โดยสรุประดับเสียงที่ยอมให้สัมผัสได้ตลอดระยะเวลาการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ก็คือ ไม่เกิน 85 dB(A) [13]

2.5 กิจกรรมก่อสร้างที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและเสียง

เนื่องจากเครื่องจักรในงานก่อสร้างจำนวนมากไม่มีเทคโนโลยีในการควบคุมการปล่อยมลพิษ ส่งผลให้เครื่องจักรเป็นแหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศที่สำคัญ เนื่องจากเครื่องจักรในงานก่อสร้างเกือบทั้งหมดใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) และฝุ่นละออง (PM) ในปริมาณที่มีนัยสำคัญ รวมทั้งคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) โดยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO2) มีผลต่อระบบการมองเห็นและโรคทางเดินหายใจ และเป็นหนึ่งในก๊าซพิษที่นำไปสู่การก่อตัวของ PM2.5 ซึ่งฝุ่นละอองนี้ส่งผลต่อโรคระบบหายใจ และโรคระบบหลอดเลือดหัวใจ นอกจากนี้แล้วยังมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นอีกหนึ่งก๊าซพิษที่มีความอันตรายมาก เนื่องจากเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีมีกลิ่น ทำให้ไม่สามารถรู้สึกได้ขณะสัมผัส และส่งผลกระทบต่อสมองและระบบประสาท หากได้รับสะสมในปริมาณมากจะทำให้หมดสติ และเสียชีวิตได้

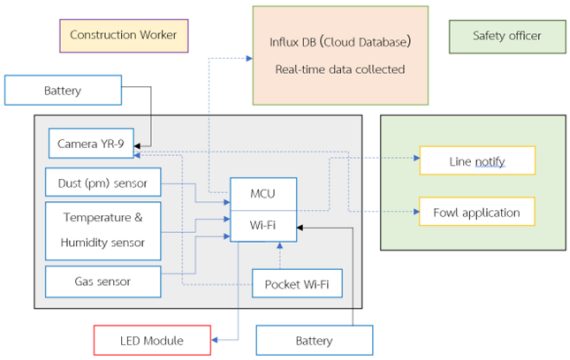
มลพิษทางเสียงส่งผลเสียต่อสุขภาพ ไม่ว่าจะเป็นสูญเสียการได้ยิน ความรำคาญ โรคหัวใจและหลอดเลือด การรบกวนการนอนหลับ จนถึงการสูญเสียการได้ยิน โดยระดับการสัมผัสเสียงรบกวนจากการทำงานก่อสร้าง พบว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียง ได้แก่ งานตอกเสาเข็ม งานขุดและถมดิน งานดัดและวางเหล็ก งานไม้ งานตั้งนั่งร้าน งานเทคอนกรีต และงานรื้อถอน [14]

3.

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนั้นเริ่มจากการทบทวนวรรณกรรม การสำรวจและลงเก็บข้อมูลภาคสนามในโครงการก่อสร้างที่พักอาศัยใน เบื้องต้น ทำให้ผู้วิจัยเกิดการคิดพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดมลพิษทางอากาศโดยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ (PM2.5, PM10, NO_2, CO) และมลพิษทางเสียง ติดกับสายคาดบ่าไว้สำหรับยึดติดกับแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากตัวเซนเซอร์มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย ใช้งานง่าย จึงปรับปรุงต่อยอดเพื่อให้พกพาสะดวกและติดตัวไปได้ตลอด สามารถวัดค่ามลพิษเป็นแบบตามเวลาจริง รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ให้เป็น Internet of Things (IoT) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งการติดตั้งนี้จะได้เครื่องวัดตามระดับความสูงที่ต้องการพอดี เพราะเราต้องการวัดค่าที่บุคลากรได้รับ ซึ่งความสูงของตัวเซนเซอร์จะใกล้เคียงกับระดับของจมูก และเมื่อเซนเซอร์วัดค่าฝุ่นเกินมาตรฐานจะส่งสัญญาณไฟให้ผู้ใช้งานทราบและแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ปลอดภัยโครงการผ่านแอปพลิเคชั่น Line ว่าขณะนี้คุณภาพอากาศบริเวณนั้นสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขอนามัยรวมถึงสามารถตรวจสอบกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษในขณะนั้นผ่านแอปพลิเคชั่น Fowl

ผู้วิจัยทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดปริมาณมลพิษทางอากาศ และเสียงในห้องปฏิบัติการโดยแยกการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. CO, NO_2, PM2.5 และ PM10 จะทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบกับสถานีวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ไว้ข้างสถานี และ เปรียบเทียบค่ามลพิษที่เฉลี่ยรายชั่วโมงของสถานีวัดคุณภาพอากาศ กับค่ามลพิษที่เฉลี่ยรายชั่วโมงที่วัดได้ของอุปกรณ์ จาก Influx DB ของผู้วิจัย 2. Noise Sensor จะทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบกับแอปพลิเคชั่น dB Meter ซึ่งเป็นแอปพลิเคชั่นสำหรับวัดความดังของเสียง โดยทำการจำลองเสียงรบกวน ในแลปสเกลขนาดเล็ก จากนั้นนำค่ามลพิษทั้งหมดที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

จากนั้นผู้วิจัยนำอุปกรณ์ที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพ มาวัดมลพิษทางอากาศและเสียง ในโครงการก่อสร้างที่พักอาศัย โดยจะจัดเก็บในส่วนของงานสถาปัตยกรรม เก็บข้อมูลวันละ 9 ชม.ตั้งแต่เวลา 8.00-17.00 น. เพื่อให้ครอบคลุมชั่วโมงการทำงานของแรงงาน เป็นระยะเวลา 10 วัน ซึ่งผลการทดสอบที่สถานที่ก่อสร้างจะนำเสนอในบทความทางวิชาการต่อไป



รูปที่ 1 ผังการทำงานและอุปกรณ์ของระบบวัดปริมาณมลพิษ

4.

ระบบที่ใช้ในการวัดปริมาณมลพิษในอากาศ ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1. ส่วนที่ติดตั้งไปกับแรงงานก่อสร้าง 2. ระบบ Cloud Database ที่ใช้สำหรับเก็บชุดข้อมูลและทำการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ 3.ระบบแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ปลอดภัยโครงการเมื่อค่ามลพิษเกินมาตรฐาน

โดยส่วนของแรงงานนั้นจะทำการติดตั้งกล้องวงจรปิดขนาดเล็ก แหล่งพลังงานสำรอง เครื่องมือช่วยกระจาย สัญญาณอินเทอร์เน็ต และกล่องอุปกรณ์วัด ซึ่งในกล่องจะประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์วัดฝุ่นละออง เซนเซอร์วัดแก๊ส เซนเซอร์วัดเสียง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น โมดูลแจ้งเตือนด้วยแสงไฟ และเสาอากาศขยายสัญญาณ โดยเซนเซอร์เหล่านี้จะใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานสำรอง ซึ่งเซนเซอร์ทั้งหมดจะต่อเข้ากับบอร์ด ESP-8266 โดยบอร์ด ESP-8266 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU)ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และใช้โปรแกรม Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโค้ด จากนั้นอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด นำมาใช้

สำหรับการสั่งงานและควบคุมไปยังเซนเซอร์ และโมดูลทั้งหมด รวมถึงรับค่าปริมาณมลพิษที่ได้จากเซนเซอร์ (PM2.5, PM10, NO_2, CO, dB(A),

อุณหภูมิและความชื้น) ส่งไปบันทึกค่าบนระบบ Cloud Database โดยระบบจะบันทึกและจัดเก็บค่าที่วัดได้แบบเรียลไทม์บนระบบ Cloud

Database และบันทึกเป็นระบบ Time series database (TSDB) หลังจาก

นั้นเมื่อปริมาณมลพิษเกินค่ามาตรฐาน ระบบจะแจ้งเตือนไปยังแรงงานก่อสร้างผ่านโมดูลแจ้งเตือนด้วยแสงไฟ รวมถึงแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ปลอดภัยโครงการผ่าน line Notify โดยที่ทางเจ้าหน้าที่ปลอดภัยโครงการสามารถตรวจสอบกิจกรรมการก่อสร้างที่เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษ ผ่าน

กล้องวงจรปิดขนาดเล็ก ซึ่งรายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณมลพิษมีดังนี้

4.1 กล้องวงจรปิดขนาดเล็ก

ผู้วิจัยเลือกใช้ กล้อง Mini WiFI Camera ยี่ห้อ YR รุ่น YR-9 เนื่องจากกล้องมีความคมชัด 2MP ขนาดกะทัดรัด มีแบตเตอร์รี่ในตัว ปรับภาพอัตโนมัติสำหรับการใช้งานสำหรับกรณีแสงสว่างไม่เพียงพอ สามารถบันทึก,, ลง Micro SD Card และเชื่อมต่อ WiFi เพื่อดูกิจกรรมการก่อสร้างผ่านแอปพลิเคชั่น Fowl บนมือถือได้ตามเวลาจริง

4.2 แหล่งพลังงานสำรอง

แหล่งพลังงานสำรองนั้นมีหลากหลายรุ่นโดย ผู้วิจัยเลือกใช้แบตเตอร์รี่สำรองยี่ห้อ Eloop รุ่น E29 ซึ่งผู้วิจัยเห็นควรว่า ต้องมีแหล่งจ่ายไฟมารองรับเพราะต้องใช้งานเครื่องวัดมลพิษ เป็นเวลาต่อเนื่องนานถึง 8 ชม.และต้องคำนวณเผื่อค่าlossของแหล่งจ่ายพลังงาน 30% ดังนั้น Eloop รุ่น E29 มีความจุไฟ 30,000 mAh เป็นแบตเตอร์รี่สำรองที่มีคุณภาพสูง วัสดุภายนอกผลิตจากอลูมิเนียมผสม ซึ่งมีความทนทานและป้องกันแรงกระแทกได้

4.3 เครื่องมือช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต

เครื่องมือช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตเลือกใช้ Benton Hotspot 4G Lte Wifi Router เนื่องจากเป็นเครื่องขยายสัญญาณที่มีจอภาพ display เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ความจุแบตเตอร์รี่ 10,000mAh สามารถใช้งานต่อเนื่องได้นาน 72 ชั่วโมง และมีน้ำหนักประมาณ 200 กรัม

4.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้วิจัยเลือกใช้บอร์ด Arduino Mega +WiFi R3 ATmega2560 +ESP8266 (32Mb memory), USB-TTL CH340G. โดยเป็นบอร์ดที่พัฒนาต่อยอดมาจากบอร์ด ARDUINO MEGA R3 โดยการรวมกันของบอร์ด MEGA R3+ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP 8266 WiFi + ATmega2560 บนบอร์ดตัวเดียว สามารถสั่งการให้แยกการทำงานอิสระ หรือทำงานร่วมกันได้ โดยทุกตัวมีหัวพินเอาต์เป็นของตัวเอง มี Digital I/O 54 ขา Analog I/O 16 ขา เพื่อรองรับเซนเซอร์และโมดูลได้เพียงพอ พร้อมหน่วยความจำแฟรช 32 เมกะบิต รวมถึง มีช่องสำหรับเชื่อมต่อเสาอากาศเพื่อขยายความถี่ในการส่งข้อมูลไปยัง cloud database ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถเขียนโปรแกรม ผ่าน Arduino IDE เหมือนกับเขียน Arduino board รวมถึงการที่โมดูลรวม USB TTL และ ESP-8266+ ATmega2560 ทำให้สามารถใช้สาย Micro USB ในการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายพลังงานและเชื่อมต่อกับโปรแกรม Arduino IDE ได้ทันที

4.5 เซนเซอร์วัดฝุ่นละออง

เซนเซอร์วัดฝุ่นละอองนั้นใช้อุปกรณ์ของ Plantower รุ่น PMSA003 เนื่องจากมีขนาดเล็ก(35X38X11.8มม.) สามารถวัดความเข้มข้นของอนุภาคได้ถึง 3 ขนาด คือ PM10 PM2.5 และPM1 และยังสามารถตรวจสอบขนาดของอนุภาคที่เล็กที่สุด 0.3 ไมครอน ซึ่งค่าที่ได้วัดได้จากเซ็นเซอร์แสดงข้อมูลตามเวลาจริง (Real time) และมีมาตรฐานการป้องกันของแข็งระดับ IP 6 สามารถการป้องกันการรบกวนจากฝุ่นภายนอกได้สมบูรณ์ โดย PMS A003 ใช้สำหรับนับจำนวนอนุภาคแขวนลอยในอากาศ และส่งออกในรูปแบบของอินเทอร์เฟซดิจิตอล ซึ่งใช้หลักการกระเจิงแสงที่มุม 90 องศาของเครื่องตรวจจับโฟโต้ไดโอดตรวจจับแสงที่กระจัดกระจายเป็นพัลส์แรงดันไฟฟ้า โดยแหล่งกำเนิดแสงของ PMSA003 เป็นเลเซอร์ที่ทำงานที่ความยาวคลื่น 680 ± 10 นาโนเมตร โดยเซ็นเซอร์ใช้พัดลมเพื่อดึงอากาศผ่านช่องอากาศ และถูกบังคับเข้าสู่เส้นทางของเลเซอร์ผ่านช่องอากาศ เมื่อได้รับขนาดและจำนวนอนุภาคจากรูปแบบการกระจายของเลเซอร์โดยใช้

ทฤษฎี Mie คือ แสงที่กระจัดกระจายจะถูกใช้ประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละอองตามอัลกอริทึมของผู้ผลิต โดยค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ เป็นจำนวนของอนุภาคฝุ่นละอองที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด PM1 PM2.5 PM10 ต่อหน่วยปริมาตร โดยปริมาตรที่ตรวจวัดของจำนวนฝุ่นละอองที่ได้คือ 0.1 L จากนั้นตัวเซ็นเซอร์จะแปลงหน่วยโดยอัลกอริทึมของผู้ผลิต เพื่อให้เป็นหน่วยความเข้มข้นมาตรฐานของฝุ่นละอองคือ $\mu g/m^3$

4.6 เซนเซอร์ตรวจวัดมลพิษทางอากาศ

เซนเซอร์วัดก๊าซใช้อุปกรณ์ CJMCU-MICS-6814 เนื่องจากเป็นเซนเซอร์ขนาดเล็ก(15X17X2มม.) และสามารถตรวจวัดค่าก๊าซได้หลากหลายชนิด CO, NO_2, C_2H_5OH, H_2, NH_3, CH_4, C_3H_8, C_4H_{10} ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการตรวจวัด CO และ NO_2

4.7 โมดูลวัดเสียง

ผู้วิจัยเลือกใช้ โมดูลวัดเสียงรุ่น PR-ZS-BZ-485 ในการตรวจวัดระดับความดังเสียง มีช่วงในการวัด 30-130 dB(A) มีค่าคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5 dB(A) เพราะมีความเหมาะสม สามารถทำงานสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 0-90%RH และอุณหภูมิในช่วง -40-60 องศาเซลเซียส และค่าที่ได้ออกมาเป็นดิจิตอล

4.8 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นใช้ AM 2302 เนื่องจากสามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นในตัวเดียว มีความแม่นยำสูง สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 0-100%RH มีค่าคลาดเคลื่อนอยู่ที่2%RH และวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 – 80 องศาเซลเซียส โดยมีค่าคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.5 องศาเซลเซียส ติดตั้งพร้อมกับโมดูลเพื่อหลีกเลี่ยงการต่อตัวต้านทานเพิ่มและลดความผิดพลาดจากอุปกรณ์จากการติดตั้ง ราคาไม่แพง น้ำหนักเบา เหมาะกับการติดตั้งภายในกล่องที่มีพื้นที่จำกัด

4.9 โมดูลแจ้งเตือนด้วยแสงไฟ

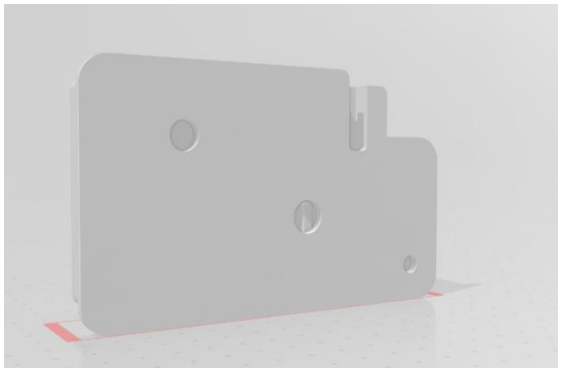
สำหรับสร้างการแจ้งเตือนในรูปแบบของไฟสถานะสีแดง เลือกใช้โมดูลแจ้งเตือนด้วยไฟ LED เนื่องจากใช้ไฟเพียง 3-5V ราคาถูก หาซื้อ และติดตั้งได้ง่ายโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ติดตั้งไว้ที่กล่องใส่เซ็นเซอร์ เพื่อแจ้งเตือนแรงงานเมื่อเซนเซอร์วัดมลพิษตรวจวัดมลพิษมีค่าเกินมาตรฐาน

4.10 เสาอากาศขยายสัญญาณ

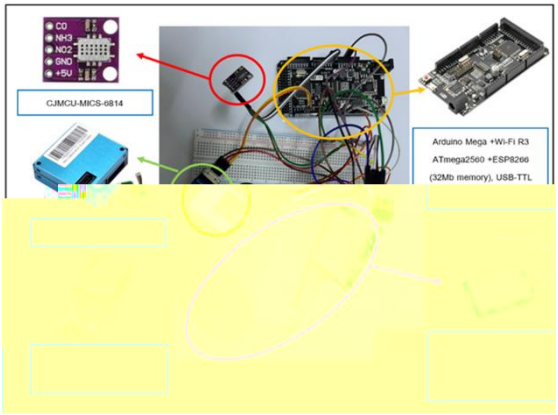
ผู้วิจัยเลือกใช้เสาอากาศความถี่ 2.4GHz แบบ Omni กำลังขยาย 5dBi (2.4GHz 2400-2500MHZ 5dBi Omni WIFI Antenna) มีขั้วต่อแบบ IPX Connector เพื่อเชื่อมต่อกับ MCU สำหรับขยายรัศมีให้ไกลมากขึ้น และเพิ่มความเสถียรให้กับสัญญาณ Wifi มีอัตราการขยายของสัญญาณ 5dBi สามารถรองรับความถี่ 2.4GHz มีน้ำหนักเพียง 10 กรัมและมีขนาดเล็กสะดวกในการต่อใช้งานและใช้พลังงานในการประมวลผลต่ำ

4.11 Influx DB

ผู้วิจัยเลือกใช้ Influx DB เป็น Cloud Database เนื่องจากเหมาะสมสำหรับบันทึกข้อมูลจำนวนมาก บันทึกชุดข้อมูลได้ตามเวลาจริง เป็นระบบ Time series database (TSDB) และ Influx DB สร้างกราฟเพื่อทำการวิเคราะห์ค่ามลพิษแบบเรียลไทม์ และ สามารถดูค่ามลพิษที่เกิดขึ้นเพื่อทำการตรวจสอบย้อนหลังได้



โมเดลกล่องสำหรับใส่อุปกรณ์วัดวัดค่ามลพิษทางอากาศ



รูปที่ 3 อุปกรณ์ส่วนสำคัญที่ถูกใส่ในกล่องอุปกรณ์วัดเพื่อติดตั้งไปกับแรงงานก่อสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วย บอร์ด Arduino Mega +WiFi R3 ATmega2560 +ESP8266 เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง เซนเซอร์วัดก๊าซ เซนเซอร์วัดอุณหภูมินและความชื้น และโมดูลวัดระดับความดังของเสียง

5.

5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์วัดฝุ่นละออง

ผู้วิจัยทำการสอบเทียบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้ง 2 ขนาด (PM10, PM2.5) โดยการตั้งอุปกรณ์วัดฝุ่นละออง ไว้ข้างสถานีวัดมลพิษทางอากาศสถานี 52t การไฟฟ้าย่อยธนบุรี ริมถนนอินทรพิทักษ์ เขตธนบุรี กรุงเทพ โดยวัดค่าและส่งค่าขึ้นไปบันทึกไว้ที่ Influx DB ทุกๆ 8 วินาที และนำค่าที่ได้มาทำการเฉลี่ยทุกรายชั่วโมงโดยการเฉลี่ยนี้จะทำให้สอดคล้องกับอนุกรมเวลาของทางสถานีวัดคุณภาพอากาศเพื่อให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพ เช่น จะทำการเฉลี่ยในช่วง 8.00-9.00 ต่อมา 9.00-10.00 จนครบตามเวลาที่กำหนด โดยทำการติดตั้งและดำเนินการวัดค่าต่อเนื่อง 29

ชั่วโมง ด้วยข้อจำกัดของแหล่งพลังงานสำรองของอุปกรณ์สามารถทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 29 ชั่วโมง เพื่อ 1.ทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์วัดฝุ่นละออง 2.ทดสอบประสิทธิภาพเซนเซอร์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 3.เพื่อทดสอบประสิทธิภาพหรือข้อบกพร่องของอุปกรณ์เมื่อใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน จากนั้นนำค่ารายชั่วโมงของสถานีวัดคุณภาพอากาศเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของอุปกรณ์ของผู้วิจัยมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ได้ค่าทางสถิติดังนี้

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PM 2.5 Influx	12.79	29	8.829	1.640
	PM 2.5 Station	8.45	29	4.618	.858
Pair 2	PM 10 Influx	23.66	29	9.781	1.816
	PM 10 Station	17.28	29	8.585	1.594

1 ค่าสถิติพื้นฐานของทั้ง 4 ตัวแปร

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Significance One-Sided p	Significance Two-Sided p
Pair 1	PM 2.5 Influx & PM 2.5 Station	29	.684	<.001	<.001
Pair 2	PM 10 Influx & PM 10 Station	29	.654	<.001	<.001

2 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง PM 2.5 และ PM 10 เทียบกับสถานีวัดคุณภาพอากาศ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ Paired Sample t-test ของตัวแปรสองคู่ ที่จะทำการทดสอบสมมติฐาน ได้ค่า PM2.5 Influx มีค่าเฉลี่ย 12.79 μg/m³ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.829 PM10 Influx มีค่าเฉลี่ย 23.66 μg/m³ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.781 และของสถานีวัดคุณภาพอากาศ PM2.5 มีค่าเฉลี่ย 8.45 μg/m³ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.618 PM10 มีค่าเฉลี่ย 17.28 μg/m³ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.585 ดังตารางที่ 1 จากนั้นโปรแกรมคำนวณหาค่าสถิติสหสัมพันธ์ ในที่นี้ได้ค่า PM 2.5 ที่ 0.684 และ PM 10 ที่ 0.654 มีค่าSig น้อยกว่า 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมี นัยยะสำคัญทางสถิติ ที่ 0.01 ดังตารางที่ 2

สรุปได้ว่าดังนั้นค่ามลพิษที่วัดได้จากอุปกรณ์ของผู้วิจัยและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศมีความแตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน โดยค่ามลพิษที่ได้จากอุปกรณ์วัดของผู้วิจัยมีค่าสูงกว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ เนื่องจากเป็นสภาพแวดล้อมเปิดของกรุงเทพมหานคร จึงมีปัจจัยภายนอกอื่นเช่น ความชื้นสัมพัทธ์ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค มาส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของอุปกรณ์วัด และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยสมการถดถอยเชิงเส้นตรงได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของPM2.5 และ PM10 เท่ากับ 0.8163 และ 0.7515 ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าค่าที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กัน



การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดมลพิษกับสถานีวัดมลพิษทางอากาศของกรมควบคุมมลพิษ

5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์วัดความดังของเสียง

ผู้วิจัยทำการสอบเทียบค่าเซนเซอร์วัดความดังของเสียงกับแอปพลิเคชั่น dB Meter ซึ่งเป็นแอปพลิเคชั่นสำหรับวัดความดังของเสียงเป็นหน่วยdB(A) โดยทำการจำลองเสียงรบกวน ในแลปสเกลขนาดเล็ก ด้วยการสร้างเสียงรบกวนไปยัง โทรศัพท์ และเซนเซอร์ เพื่อเปรียบเทียบความใกล้เคียง โดยนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ได้ค่าทางสถิติดังนี้

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	dB Meter	81.650	20	7.9490	1.7775
	Noise Sensor	78.700	20	7.4275	1.6608

3 ค่าสถิติพื้นฐานของสองตัวแปรที่นำมาเปรียบเทียบ

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Significance One-Sided p	Significance Two-Sided p
Pair 1	dB Meter & Noise Sensor	20	.918	<.001	<.001

4 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง dB Meter และ Noise Sensor

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Significance One-Sided p	Significance Two-Sided p
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper				
Pair 1	dB Meter - Noise Sensor	2.9500	3.1535	.7052	1.4741	4.4259	4.184	19	<.001	<.001

5 สรุปผลค่าทางสถิติT-test ของ dB Meter และ Noise Sensor

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ Paired Sample t-test ของตัวแปรสองตัว ที่จะทำการทดสอบสมมติฐาน ได้ค่า Noise Sensor มีค่าเฉลี่ย 78.7 dB(A) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.4275 และของ dB Meter มีค่าเฉลี่ย 81.65 dB(A) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.949 จากนั้นโปรแกมคำนวณหา

ค่าสถิติสหสัมพันธ์ พบว่ามีค่า 0.918 แสดงว่าระดับความดังของเสียงที่วัดได้จากอุปกรณ์ทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน และพบว่ามีค่า Sig น้อยกว่า 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ที่ 0.01 ดังตารางที่ 5

สรุปได้ว่าระดับความดังของเสียงที่วัดได้จาก dB Meter และ Noise Sensor มีความแตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน โดยระดับความดังของเสียงที่วัดได้จาก dB Meter มีค่าสูงกว่า Noise Sensor และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยสมการถดถอยเชิงเส้นตรงได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.9986 ซึ่งหมายความว่าค่าที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันมาก

5.3 การทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ก๊าซ

เนื่องจากข้อจำกัดของสถานีวัดมลพิษทางอากาศ ที่มีค่ามลพิษทางอากาศ (PM2.5, PM10, NO_2, CO) ครบตามที่ผู้วิจัยต้องการมีอยู่อย่างจำกัด ผู้วิจัยเลือกใช้สถานีวัดมลพิษทางอากาศหมายเลข 81t อ่างเก็บน้ำประปา ต.นครปฐม อ.เมือง จังหวัดนครปฐม หลังจากสอบเทียบค่า

มลพิษทางอากาศที่สถานีพบว่า ค่าของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) อยู่ในช่วง 0.37-0.60 ppm และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) อยู่ในช่วง 1-9 ppb ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก และน้อยกว่า ขีดต่ำสุดที่เซนเซอร์สามารถตรวจพบค่าได้ ทำให้อุปกรณ์วัดตรวจไม่พบค่าก๊าซดังกล่าว โดยที่ขีดจำกัดของการวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) อยู่ที่ 1-1000 ppm และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) อยู่ที่ 0.05 – 10 ppm (50-10000 ppb) โดยสาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกใช้เซนเซอร์นี้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการตรวจสอบก๊าซได้ 2 ชนิด ผ่านเซนเซอร์เดียว รวมถึงมีขีดต่ำสุดที่สามารถตรวจพบก๊าซได้ เมื่อเทียบกับเซนเซอร์ขนาดเดียวกัน และยังมีราคาถูก

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าอุปกรณ์วัดจะให้ค่าที่แตกต่างจากเครื่องมือสอบเทียบแต่ค่าที่ได้ยังคงเป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันทำให้สามารถปรับแก้ค่าที่วัดได้โดยสมการถดถอยซึ่งผลการปรับแก้ค่าจะนำเสนอในบทความทางวิชาการต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์วัดนี้เพราะมีข้อได้เปรียบในเรื่องของขนาดเล็กจึงสามารถให้รายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งราคาถูก เก็บข้อมูล วิเคราะห์ และแจ้งเตือนได้ตามเวลาจริง

6.

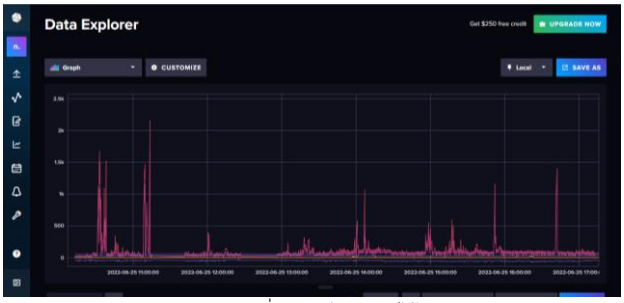


การติดตั้งอุปกรณ์วัดค่ามลพิษกับตัวคนงานในโครงการก่อสร้าง

จากการที่ผู้วิจัยเข้าไปวัดค่ามลพิษทางอากาศและเสียงในโครงการก่อสร้างที่พักอาศัยพบกว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษคือการตัดอิฐมวลเบาด้วยเครื่องตัด พบค่า PM2.5 เฉลี่ยรายชั่วโมงต่อ1วันทำงานเท่ากับ 79 μg/m³ และค่าสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ 804 μg/m³, PM10เฉลี่ยรายชั่วโมงต่อ1วันทำงานเท่ากับ110μg/m³ และค่าสูงสุดที่ตรวจพบเท่ากับ 874μg/m³ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพสูง เซนเซอร์ก๊าซตรวจพบคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) อยู่ในช่วง 3-4 ppm ถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ตรวจไม่พบ ส่วนระดับความดังของเสียงระหว่างการตัดอิฐมวลเบาอยู่ในช่วง 91-103 dB(A) ซึ่งเกิดในช่วงขณะหนึ่ง และจากการสังเกตพบว่าเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินกว่า 75%RH ส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองที่อุปกรณ์ตรวจวัดได้มีค่าสูงกว่าปกติ

_time	_value	SSID	_field	_measurement
2022-06-25 11:10:58	874	BT-MIFI-A063	PM10	wifi_status
2022-06-25 11:10:58	804	BT-MIFI-A063	PM2.5	wifi_status
2022-06-25 11:10:58	65.2	BT-MIFI-A063	Humidity	wifi_status
2022-06-25 11:10:58	33.3	BT-MIFI-A063	Temperature	wifi_status
2022-06-25 11:10:58	3.66	BT-MIFI-A063	CO	wifi_status
2022-06-25 11:10:58	0	BT-MIFI-A063	NH3	wifi_status
2022-06-25 11:10:58	0	BT-MIFI-A063	NO2	wifi_status
2022-06-25 11:10:58	-38	BT-MIFI-A063	rssi	wifi_status

ตัวอย่างค่ามลพิษที่วัดได้ในวันที่ผู้วิจัยได้เข้าไปติดตั้งอุปกรณ์วัด



กราฟค่ามลพิษที่อุปกรณ์ตรวจพบได้ตลอดวันทำงาน

7.

โดยทั่วไปโครงการก่อสร้างในปัจจุบันนี้ มักมีการติดตั้งเครื่องวัดมลพิษขนาดใหญ่ไว้เพียงเครื่องเดียวภายในโครงการ ถึงแม้ว่าค่ามลพิษที่วัดได้นั้นแม่นยำ เชื่อถือได้ ตรวจสอบมลพิษได้หลายชนิด แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของราคาที่สูง ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ล่าช้า ต้องใช้เวลานาน รวมไปถึงขนาดของเครื่องมือวัดที่มีขนาดใหญ่เคลื่อนย้ายได้ยากทำให้โครงการก่อสร้างไม่สามารถติดตั้งให้ใกล้ชิดกับแรงงานหรือกิจกรรมงานก่อสร้างที่ก่อให้เกิดมลพิษได้เพราะจะเป็นการรบกวนการทำงานและส่งผลให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ โดยเครื่องวัดมลพิษมักถูกติดตั้งในบริเวณที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมน้อยทำให้ไม่สามารถทราบค่ามลพิษที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิด รวมไปถึงค่ามลพิษที่แรงงานได้รับจากกิจกรรมนั้น และค่ามลพิษที่แรงงานได้รับสะสมจากการทำงาน ข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยเลือกที่จะพัฒนาระบบในการวัดมลพิษขนาดเล็กสำหรับวัดส่วนบุคคล โดยประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดมลพิษราคาประหยัด (PM2.5, PM10, NO_2, CO, dB(A)) สำหรับวัด

คุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ โดยเชื่อมต่อกับระบบ IoT เพื่อเพิ่มความละเอียดของการวัดในเชิงพื้นที่ทำให้เครื่องมือวัดมลพิษมีขนาดเล็กพกพาและเคลื่อนย้ายไปกับแรงงานได้สามารถวัดและเก็บรวบรวมค่าที่ต้องการได้อย่างสะดวกและให้ค่ารวดเร็วประมวลผลออกมาเป็นกราฟทำให้สามารถ

[12] Deafness, W. H. O. P. f. t. P. o. and I. Hearing (1998). Prevention of noise-induced hearing loss : report of an informal consultation held at the World Health Organization, Geneva, on 28-30 October 1997. Geneva, World Health Organization.

[13] สุนันทา พลปัถพี (2540). *ตำราอาชีวเวชศาสตร์*. กรุงเทพฯ, เจ เอส เค การพิมพ์, หน้า 429-439.

[14] Chong, D., L. Chen, Y. Peng and A. Yu (2022). "Occupational noise-related perception and personal protection behavior among Chinese construction workers." Safety Science 147: 105629.