

นิพนธ์ต้นฉบับ

การหาความสัมพันธ์ปริมาณความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ของเครื่องวัดคุณภาพอากาศ
แบบเรียลไทม์กับเครื่องมือมาตรฐานพัชรินทร์ แก้วคุณ⁽¹⁾, พรพรรณ สกุลคู^{(2)*}

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 17 มีนาคม 2564

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 15 กรกฎาคม 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้หาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ (CKDPM) กับเครื่องมือมาตรฐาน โดยเครื่องมือทั้งคู่ใช้หลักการกระเจิงแสง (Light scattering) ซึ่งเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงคือ Dust Trak 8533 ในการเก็บตัวอย่างปริมาณความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ใน 3 สถานที่ ได้แก่ บริเวณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น บริเวณสถานีตำรวจภูธรอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และบริเวณโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น เก็บตัวอย่าง 12 วัน โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 8.00 น. ของอีกวัน วันละ 24 ชั่วโมง พบว่า การอ่านค่า $PM_{2.5}$ โดยเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ (CKDPM) กับเครื่อง Dust Trak 8533 ในแต่ละสถานที่ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงโดยมีค่า r เท่ากับ 0.9350, 0.9347, และ 0.8711 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความเข้มข้นที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ (CKDPM) มีค่าต่ำกว่าเครื่อง Dust Trak 8533 แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมือทั้งสองที่ทำการติดตั้งคู่กันมีความสัมพันธ์กันอย่างสูงร้อยละ 93 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทำนายปริมาณความเข้มข้นที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ (CKDPM) โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง CKDPM ที่เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง Dust Trak 8533 เพิ่มขึ้น 2.354646 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความแม่นยำของปริมาณความเข้มข้นที่ได้จากเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ (CKDPM) มีค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ใกล้เคียงกับเครื่อง Dust Trak 8533

คำสำคัญ: เครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์, $PM_{2.5}$

* ผู้รับผิดชอบบทความ

- (1) นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- (2) สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อมอาชีวอนามัยและ
ความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Original Article

Real-time Correlation of PM_{2.5} Concentration of Air Quality Meter with Standard Instrument

Patcharintorn Kaewkun⁽¹⁾, Pompun Sakunkoo^{(2)*}

Received Date: March 17, 2021

Accepted Date: July 15, 2021

Abstract

This research looked at the correlation between a real-time air quality monitor (CKDPM) and a standard instrument. Both instruments were based on the principle of light scattering. The reference standard instrument, Dust Trak 8533, was used to collect PM_{2.5} concentrations of samples in 3 locations, namely Faculty of Public Health, Khon Kaen University, the area of the Police Station, Muang District, Khon Kaen Province and at a sugar factory in Khon Kaen Province. The samples were collected for 12 days by recording data every 30 minutes from 8:00 am to 8:00 am of the other 24 hours a day. The real-time (CKDPM) with the Dust Trak 8533 in each location was highly correlated with r values of 0.9350, 0.9347, and 0.8711 respectively. CKDPM was lower than the Dust Trak 8533, however, the two instruments that were installed together were 93% related. So the researchers predicted the concentrations obtained from real air quality meters. Time (CKDPM) using the simple regression equation (Simple Linear Regression) found that the concentration of PM_{2.5} obtained from the CKDPM machine increased by 1 microgram per cubic meter. The concentration of PM_{2.5} obtained from Dust Trak 8533 increased by 2.354646 micrograms per cubic meter. The concentration accuracy obtained from the Real-Time Air Quality Monitor (CKDPM) was similar to that of the Dust Trak 8533.

Keywords: Real-time air quality meter, PM_{2.5}

* Corresponding author

(1) Master of Public Health Student in

Environmental Health,

Faculty of Public Health,

Khon Kaen University

(2) Department of Environmental Health

Occupational Health and Safety,

Faculty of Public Health, Khon Kaen

University

บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนมาเป็นเวลานานโดยเฉพาะ PM_{2.5} ซึ่งต้นเหตุของนั้นเกิดจากการกระทำของมนุษย์และการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ประเทศไทยเริ่มมีปัญหา PM_{2.5} ในช่วงที่ผ่านมา มีประเด็นเรื่องปัญหาปริมาณคุณภาพอากาศ PM_{2.5} ในพื้นที่ต่างๆ ทำให้มีผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากปัญหาของ PM_{2.5} เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะผู้สูงอายุจัดเป็นประชากรที่มีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับมลพิษและเกิดผลเสียต่อสุขภาพ หากผู้สูงอายุมีช่องทางในการรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์คุณภาพอากาศที่ง่ายมากขึ้นจะทำให้สามารถป้องกันตนเองจาก PM_{2.5} ได้อย่างเหมาะสม

การตรวจวัดและติดตามปริมาณความเข้มข้นของ PM_{2.5} จึงมีความสำคัญต่อการประเมินสถานการณ์ แต่เนื่องจากปัจจุบันเครื่องมือที่ตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ PM_{2.5} ที่ได้รับมาตรฐานและการยอมรับจาก US EPA และมาตรฐานไทยที่กรมควบคุมมลพิษประกาศใช้มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศจำนวน 64 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ใน 34 จังหวัดทั่วประเทศ มีการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) จำนวน 20 สถานี (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ และมีหลายขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ในปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเครื่องมือชนิดที่อ่านค่าโดยตรง สามารถแสดงผลการตรวจวัดในเชิงปริมาณได้ทันทีและเครื่องมือส่วนใหญ่ที่ปัจจุบันได้มีการพัฒนามักเป็นเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้หลักการกระเจิงแสง (Light scattering)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นแบบอัตโนมัติที่สามารถอ่านค่าได้ทันทีและมีวิธีการเก็บตัวอย่างที่ไม่ซับซ้อน อีกทั้งมีราคาถูกมาทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์กับ

เครื่องมือมาตรฐาน และการทำนายปริมาณความเข้มข้นของเครื่องมือตรวจวัดแบบเรียลไทม์ จากสมการถดถอยอย่างง่าย เพื่อให้ได้ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{2.5} ที่ใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐานมากที่สุด และสะดวกต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและการรับรู้สถานการณ์คุณภาพอากาศในพื้นที่ต่างๆ และเพื่อพิสูจน์ยืนยันความใช้ได้ของเครื่องมือให้มีความน่าเชื่อถือ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพิสูจน์ยืนยันความใช้ได้ของเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ CKDPM
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ CKDPM กับเครื่อง DUST TRAK DRX AEROSOL MONITOR 8533

นิยามศัพท์เฉพาะ

เครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์
หมายถึง เครื่องมือตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ PM_{2.5} ที่แสดงผลของค่าฝุ่นได้ทันทีของ CKDPM

PM_{2.5} หมายถึง ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ในพื้นที่ต่างๆ ของจังหวัดขอนแก่น

วิธีดำเนินการวิจัย

● รูปแบบการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์กับเครื่องมือมาตรฐาน

● เครื่องมือที่ใช้และการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือตรวจวัดแบบเรียลไทม์ คือ CKDPM ติดตั้งคู่กับเครื่อง Dust Trak 8533 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ทำการติดตั้งทั้งคู่ใช้วิธีอัตโนมัติที่สามารถอ่านค่าได้โดยตรง โดยใช้หลักการกระเจิงแสง (Light scattering)

เป็นการตรวจวัดภายในเครื่องจะมีแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ทำหน้าที่เป็นส่วนยิงแสงให้กระทบกับอนุภาคนาโนต่างๆ ที่เข้าสู่ภายในเครื่อง ทำให้สามารถตรวจวัดฝุ่นขนาดต่างๆ ได้ โดยเครื่อง CKDPM (เครื่องตรวจวัดฝุ่นที่พัฒนาโดยโครงการป้องกันและชะลอโรคไตเรื้อรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) มีความสามารถในการตรวจวัดช่วงขนาดของฝุ่น PM_{10} , $PM_{2.5}$ และ PM_{10} และเครื่อง Dust Trak 8533 มีความสามารถในการตรวจวัดช่วงขนาดของฝุ่น PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_{10} และ Resp โดยเครื่องมือทั้งหมดทำการเลือกวิเคราะห์เฉพาะช่วงขนาดของฝุ่น $PM_{2.5}$ เท่านั้น แสดงดังภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

● การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างปริมาณความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ใน 3 สถานที่ ได้แก่ บริเวณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น บริเวณสถานีตำรวจภูธร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และบริเวณโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 12 วัน โดยการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องมากกว่า 1 ตัวอย่าง (Single sample for partial period) ซึ่ง NIOSH กำหนดระยะเวลาในการเก็บไม่น้อยกว่า 70% ของเวลาทั้งหมด (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2560) ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ในช่วงฤดูหนาว โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 8.00 น. ของอีกวัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยก่อนเก็บตัวอย่างจะทำการ Calibrate ตัวเครื่อง โดย CKDPM ทำการเปิดเครื่องก่อนใช้งานเป็นเวลา 10 นาที และเครื่อง Dust Trak 8533 เมื่อเปิดเครื่องจะทำการ Setup เพื่อ Zero Cal ตัวเครื่องก่อนเก็บตัวอย่างทุกครั้ง

● การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม STATA version 15 ด้วยวิธีการทางสถิติทำการวิเคราะห์โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรและใช้ในการ

ทำนาย โดยสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง 2 ตัวแปร จากสมการเส้นตรง ดังนี้ $y_i = a + bx_i$ หรือ $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i$ โดยค่า y คือ ค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัด $PM_{2.5}$ อย่างง่ายที่ได้พัฒนาขึ้น และ x คือ เครื่องอ้าอิง Dust Trak 8533 ในส่วนของ a หรือ β_0 คือ ค่าคงที่หรือจุดตัดบนแกน y (intercept) และ b หรือ β_1 คือ ค่าความชัน (slope) หรือสัมประสิทธิ์ (coefficient) โดยค่า r^2 มีค่า 0 ถึง 1 และหากเข้าใกล้ 1 สมการถดถอยสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้มาก การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ด้วยวิธีการทางสถิติทำการวิเคราะห์โดยใช้สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation Coefficient) ระหว่าง 2 ตัวแปร ซึ่งการคำนวณขนาดความสัมพันธ์ค่าที่คำนวณได้มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 เมื่อ r มีค่า +1 มีความสัมพันธ์แบบ direct linear relationship ถ้ามีความสัมพันธ์กันมาก r จะใกล้ +1 และ r มีค่า -1 มีความสัมพันธ์แบบ inverse linear relationship ถ้ามีความสัมพันธ์กันมาก r จะใกล้ -1 และ r มีค่าเป็นศูนย์หมายถึงไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

ผลการวิจัย

จากกราฟแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันอย่างสูงของข้อมูลทั้ง 3 สถานที่ ได้แก่ บริเวณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น บริเวณสถานีตำรวจภูธร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และบริเวณโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ บริเวณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันอย่างสูงของข้อมูลมีค่า $r=0.9350$ และค่า $R^2=0.8742$ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง Dust Trak 8533 เท่ากับ 143.2 (S.D.=

65.4) ค่าสูงสุดเท่ากับ $325 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าต่ำสุดเท่ากับ $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง CKDPM เท่ากับ 59.1 (S.D.=25.9) ค่าสูงสุดเท่ากับ $129 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าต่ำสุดเท่ากับ $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ มีค่าสูงในช่วง 04.00-08.00 น. และ 20.00-23.00 น.

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ บริเวณสถานีตำรวจภูธร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันอย่างสูงของข้อมูลมีค่า $r=0.9347$ และค่า $R^2=0.8737$ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง Dust Trak 8533 เท่ากับ 240.8 (S.D.=79.7) ค่าสูงสุดเท่ากับ $388 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าต่ำสุดเท่ากับ $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง CKDPM เท่ากับ 118.9 (SD=46.7) ค่าสูงสุดเท่ากับ $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าต่ำสุดเท่ากับ $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ มีค่าสูงในช่วง 16.00-20.00 น. และ 22.00-08.00 น.

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ บริเวณโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันอย่างสูงของข้อมูลมีค่า $r=0.8711$ และค่า $R^2=0.7588$ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง Dust Trak 8533 เท่ากับ 292.6 (S.D.=143.2) ค่าสูงสุดเท่ากับ $602 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าต่ำสุดเท่ากับ $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง CKDPM เท่ากับ 117.1 (S.D.=48.3) ค่าสูงสุดเท่ากับ $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าต่ำสุดเท่ากับ $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ มีค่าสูงในช่วง 04.00-09.00 น. และ 20.00-23.00 น.

บทสรุปและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ค่ามาตรฐานเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไม่เกิน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (กรมควบคุมมลพิษ, 2535) ทั้ง 3 สถานที่ โดยใช้เครื่อง Dust Trak 8533 และเครื่องมือตรวจวัด $\text{PM}_{2.5}$ อย่างง่าย (CKDPM) ซึ่งเครื่องมือที่ใช้หลักการกระเจิงแสง (Light scattering) มีความแม่นยำลดลงเมื่อมีความชื้นสูง เนื่องจากจะตรวจจับความชื้นเป็นอนุภาค $\text{PM}_{2.5}$ (ธวัช งามศรีตระกูล & ศิริมา ปัญญาเมธิกุล, 2561) จากข้อจำกัดของเครื่อง CKDPM ที่กำหนดค่าความชื้นที่ 0-99 % RH โดยค่ามาตรฐานความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 40% RH - 60% RH (ASHRAE, 1997) จากการตรวจวัดความชื้นในทุกสถานที่การเก็บตัวอย่างมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 56 % RH ซึ่งไม่เกินข้อจำกัดของเครื่อง CKDPM และค่ามาตรฐานความชื้นสัมพัทธ์ จากการเก็บตัวอย่างปริมาณความเข้มข้นที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัด $\text{PM}_{2.5}$ อย่างง่าย (CKDPM) มีค่าต่ำกว่าเครื่อง Dust Trak 8533 แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมือทั้งสองที่ทำการติดตั้งคู่กันมีความสัมพันธ์กันอย่างสูงที่ร้อยละ 93 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอังค์ศิริ ทิพย์ารมณ และณัฐพล วรวิกุล. (2559) พบว่า ระดับของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง Dust Trak 8530 กับค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Personal Environment Monitor (PEM) ที่เป็นวิธีเทียบเท่ากับวิธีมาตรฐานอ้างอิงข้อมูลทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กัน ($R^2=0.940$) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทำนายปริมาณความเข้มข้นที่ได้จาก CKDPM โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ดังนี้

$$y = 4.067142 + 2.354646 \times$$

พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง CKDPM ที่เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้ปริมาณความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง Dust Trak 8533 เพิ่มขึ้น 2.354646 ไมโครกรัมต่อ

ลูกบาศก์เมตร เมื่อ y คือ ค่าที่ได้จากการทำนายของ
สมการของความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง
CKDPM ให้เป็นค่าจากเครื่อง Dust Trak 8533 และ x
คือ ค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ได้จากเครื่อง CKDPM

ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้

1. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำผลการ ศึกษาวิจัยไปใช้

ในการพัฒนาเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบ
เรียลไทม์สามารถใช้ในการติดตามปริมาณความเข้มข้น
ของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ที่
แสดงผลของค่าฝุ่นได้ทันที ทำให้มีความรวดเร็วต่อการ
รับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพอากาศ นอกจากนั้นทางผู้วิจัย
ได้มีการพิสูจน์ยืนยันความใช้ได้ของเครื่องวัดคุณภาพ
อากาศแบบเรียลไทม์ CKDPM กับเครื่องมือมาตรฐาน
โดยการทำนายปริมาณความเข้มข้นที่ได้จาก CKDPM
จากสมการถดถอยอย่างง่าย เพื่อให้ได้ปริมาณความเข้มข้น
ของ $PM_{2.5}$ ที่ใกล้เคียงกับเครื่องมือมาตรฐานมากที่สุด

2. ข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยงานที่รับผิดชอบ และผู้ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2535). **มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2563, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html
- กรมควบคุมมลพิษ. (2562). **รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศในประเทศไทย**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2563, จาก <http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download.php?grplIndex=1>
- ธวัช งามศรีตระกูล, & ศิริมา ปัญญาเมธิกุล. (2561). **ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) กำลังกลับมาอีกแล้ว**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2563, จาก <https://www.eng.chula.ac.th/th/24099>
- สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2560). **หลักการใช้เครื่องมือและการตรวจประเมินฝุ่นและสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2563, จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/Menu/ryong/ dust_chem_IH_19_22_12_60.pdf
- อังกศิริ ทิพยารมณ, & ณัฐพล วรกุล. (2559). **การสอบเทียบผลการตรวจวัด $PM_{2.5}$ จากเครื่องตรวจวัดแบบเรียลไทม์และ วิธีวิเคราะห์เชิงน้ำหนัก**. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal Silpakorn University สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 3(4), 1-11.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers [ASHRAE]. (1997). **Fundamentals handbook**. New York: ASHRAE..

CKDPM หากได้มีการติดตั้งในพื้นที่ที่มีกลุ่มอ่อนไหว เช่น
โรงพยาบาล ต้องมีเจ้าหน้าที่ที่เก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้
ได้กระจายข้อมูลข่าวสารเพื่อแจ้งเตือนและป้องกัน
อันตรายลดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

3. ข้อเสนอแนะแนวทางการวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนาเครื่องวัดคุณภาพอากาศแบบ
เรียลไทม์ให้สามารถแจ้งเตือนเมื่อฝุ่นเกินค่ามาตรฐาน
และสามารถดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังได้ เพื่อการต่
การวิเคราะห์ผลของปริมาณความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการ วิจัย
รูปแบบโปรแกรมวิจัย (Research programs) และ
ขอขอบพระคุณการอนุเคราะห์เครื่องมือจากโครงการ
ป้องกันและชะลอโรคไตเรื้อรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
และคณะอาจารย์สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อมละอาชีว
อนามัยทุกท่าน ที่สนับสนุนอนุเคราะห์เครื่องมือและ
ห้องปฏิบัติการทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดีผู้วิจัยจึง
ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัด $PM_{2.5}$ ในพื้นที่ต่างๆที่เป็นตัวแทนสำคัญจังหวัดขอนแก่น

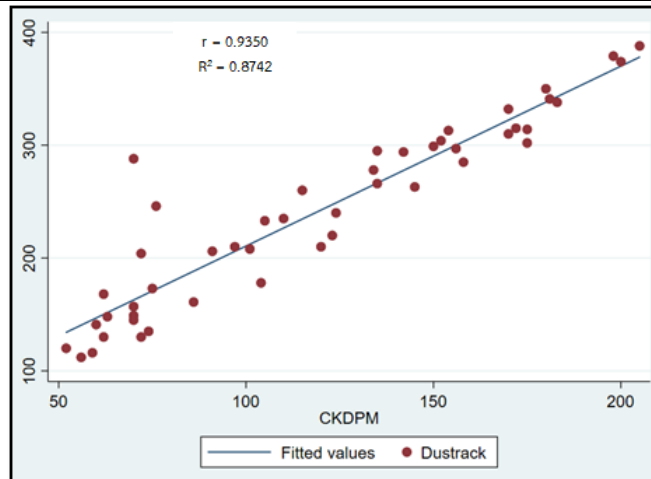
สถานที่	เครื่องมือ	ค่าเฉลี่ย ($\mu g/m^3$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	r	R ²
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	Dust Trak 8533	143.2	65.4	325	48	0.9350	0.8742
	CKDPM	59.1	25.9	129	15		
สถานีตำรวจภูธร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น	Dust Trak 8533	240.8	79	388	112	0.9347	0.8737
	CKDPM	118.9	46.7	205	52		
โรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งใน จังหวัดขอนแก่น	Dust Trak 8533	292.6	143.2	602	85	0.8711	0.7588
	CKDPM	117.1	48.3	216	43		



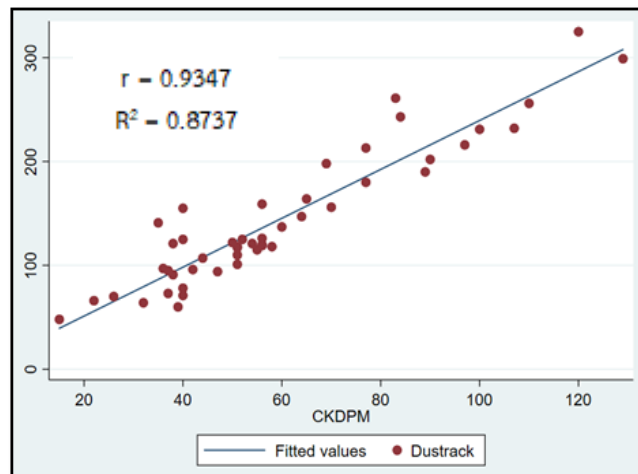
ภาพที่ 1 เครื่องมือตรวจวัด $PM_{2.5}$ อย่างง่าย (CKDPM)



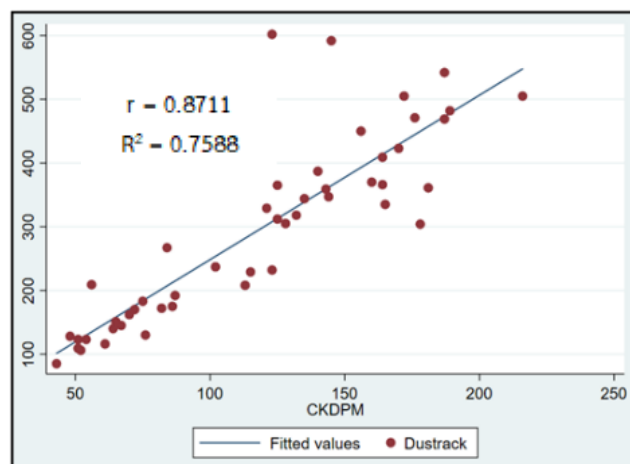
ภาพที่ 2 เครื่อง Dust Trak รุ่น 8533



ภาพที่ 3 กราฟการกระจายข้อมูลการตรวจวัด $PM_{2.5}$ บริเวณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ภาพที่ 4 กราฟการกระจายข้อมูลการตรวจวัด $PM_{2.5}$ บริเวณสถานีตำรวจ



ภาพที่ 5 กราฟการกระจายข้อมูลการตรวจวัด $PM_{2.5}$ บริเวณโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น