

การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวล $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในบรรยากาศด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่น ละอองไร้สายในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

ฐิฎาพร สุภาชี¹ พาณิช อินติะ^{2, 3} เสริมเกียรติ จอมจันทรย่อง² และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล^{2, 4*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อำเภอดอยสะเก็ด

รับเมื่อ ตุลาคม 2560 ตอบรับเมื่อ ธันวาคม 2560 เผยแพร่ออนไลน์ มีนาคม 2561

© 2018 Rajamangala University of Technology Lanna. All Right Reserved.

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหามลพิษทางอากาศอันเนื่องมาจากหมอกควันในเกือบทุกภูมิภาค โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งปัญหามลพิษทางอากาศในภาคเหนือนี้ได้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนเป็นอย่างมากโดยเฉพาะปัญหาหมอกควัน การสะสมของควันหรือฝุ่นในอากาศ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและไฟฟ้า และมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในทุกๆ ปี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาระบบฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวล $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในอากาศด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองไร้สาย โดยทำการพัฒนาระบบฐานข้อมูลที่เรียกว่า Cloud Computing ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เพื่อศึกษาถึงปัญหาฝุ่นควันที่เกิดขึ้นในเขตภาคเหนือตอนบน โดยมีการตรวจวัดปริมาณฝุ่น การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวล $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในอากาศโดยใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวลไร้สาย เพื่อนำไปศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นทั้งต่อสุขภาพมนุษย์ ระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวลเรียลไทม์เตือนภัยวิกฤตฝุ่นควัน ($PM_{2.5}$, PM_{10}) ในพื้นที่ภาคเหนือ จำนวนทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ 1) สถานีโรงเรียนยุพราช 2) สถานี อ. ดอยสะเก็ด 3) สถานี ต.แม่เหิยะ อ. เมือง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 4) สถานี อ. นาน้อย จ. น่าน อีกทั้งมีการนำเสนอข้อมูลผ่านระบบรายงานผลออนไลน์จากสถานีตรวจวัดในแต่ละแห่ง เพื่อให้ผู้รับข้อมูลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ทันสถานการณ์ และเข้าใจง่าย ในงานวิจัยนี้มีความคาดหวังว่าระบบฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว จะสามารถเป็นข้อมูลเพื่อสนับสนุนแนวทางการแก้ไขปัญหาหมอกควันในพื้นที่ภาคเหนืออย่างจริงจังภายใต้ข้อมูลที่แท้จริง รวมถึงการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็วทันเหตุการณ์ต่อปัญหาที่เกิดขึ้น

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: ระบบฐานข้อมูล: $PM_{2.5}$: PM_{10} : ระบบรายงานผลออนไลน์

*E-mail: sate@eng.cmu.ac.th

Evaluation of Particulate Matter Concentration by Using a Wireless Sensor System for Continuous Monitoring of Particulate Air Pollution in Northern of Thailand

Titaporn Supasri¹ Panich Intra^{2, 3}

Sermkiat Jomjunyong² and Sate Sampattagul^{2, 4*}

¹*Faculty of Engineering, Chiang Mai University*

²*Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai*

Received: October 2017 Accepted: November 2017 Published online: March 2018

© 2018 Rajamangala University of Technology Lanna. All Right Reserved.

Abstract

Air pollution due to smog in almost every region in Thailand, especially Chiang Mai and Northern of Thailand. The Air pollution is the one of severe impact for human's health that cause of cancer and many respiratory diseases. The biggest reason for heavy smog cause by agricultural burn and brush to prepare land for new season of crops and it is rising every year. This study was conducted to develop the Cloud Computing model for climate change database using a wireless sensor system for continuous monitoring of particulate air pollution ($PM_{2.5}$, PM_{10}). The study focused on 4 sites, located in the North of Thailand as Yupparaj Wittayalai School, Doi Saket District, Mae Hia sub-district, Mueang Chiang Mai District and Nanoi District, Nan Province stations. We were reporting the data through an online reporting system based on website in order to be accessed the information of haze and air pollution situation more quickly and comprehensively. This study can be used to lead guidelines in the best practices of air pollution policy, moreover, to be an environmental impact assessment in the North of Thailand for sustainable sort out the air pollution problem and climate mitigation for the future.

Keyword: Climate Change: Cloud Computing: $PM_{2.5}$: PM_{10} : Online Reporting System

*E-mail, sate@eng.cmu.ac.th

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศอันเนื่องมาจากหมอกควันในเกือบทุกภูมิภาค ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเผาพื้นที่ป่าหรือพื้นที่โล่งทั้งในประเทศและประเทศเพื่อนบ้านเพื่อการเกษตรกรรม และลักษณะภูมิประเทศหลายพื้นที่ในภาคเหนือมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ ประกอบด้วยพื้นที่ราบที่มีภูเขาล้อมรอบ มีสภาพอากาศนิ่งและแห้งเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดการสะสมของสารมลพิษที่ไม่สามารถแพร่กระจายได้ จึงทำให้มีปริมาณสารมลพิษสูงโดยเฉพาะในพื้นที่เขตเมือง ทำให้พื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพทางภูมิประเทศดังที่กล่าวมา รวมไปถึงสาเหตุอื่นๆ เช่น การคมนาคมที่เพิ่มขึ้น การเผาในที่โล่งทำให้ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ซึ่งปัญหาหมอกพิษทางอากาศในภาคเหนือนี้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนเป็นอย่างมากโดยเฉพาะปัญหาหมอกควัน การสะสมของควันหรือฝุ่นในอากาศ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และไฟฟ้า เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของการเกิดหมอกควันในภาคเหนือพบว่าเริ่มมีแนวโน้มที่สูงขึ้น สาเหตุเนื่องจากการเกิดไฟป่าทั้งในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้านที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ พม่า เวียดนาม ลาว และกัมพูชา เป็นต้น ประกอบกับเป็นช่วงเวลาที่เกษตรกรจะทำการเผาเศษวัสดุเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการทำเกษตรในช่วงฤดูฝน นอกจากนี้สภาวะอากาศที่นิ่งทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานโดยไม่ตกลงสู่พื้นดิน อีกทั้งในช่วงต้นปีประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากร่องความกดอากาศสูงที่พัดผ่านพื้นที่ตอนบนของประเทศ ส่งผลให้หลายพื้นที่มีอากาศหนาวเย็นอย่างต่อเนื่อง สภาพความกดอากาศสูงและอุณหภูมิต่ำก่อให้เกิดหมอกในตอนเช้า และเมื่อหยดน้ำในอากาศรวมตัวกับฝุ่นละอองและสารมลพิษในอากาศจึงเกิดเป็นลักษณะของหมอกควันขึ้น ทำให้เกิดสภาพฟ้าหาวซึ่งส่งผลกระทบต่อทัศนวิสัยและสุขภาพ โดยจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากหมอกควัน ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูนแพร่ น่าน และพะเยา จากข้อมูลจำนวนผู้ป่วยด้วยโรค

ที่คาดว่าได้รับผลกระทบจากปัญหาหมอกควัน ได้แก่ กลุ่มโรคตาอักเสบ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคระบบทางเดินหายใจ และโรคผิวหนังอักเสบใน 8 จังหวัดภาคเหนือ ในช่วงระหว่างเดือนมกราคม – เมษายน ปี พ.ศ. 2559 พบว่ามีจำนวนผู้ป่วยรวมสูงเกือบ 1 ล้านคน จากประชากรประมาณ 6 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 16 ^[1] ซึ่งถือว่าสร้างความเสียหายต่อสุขภาพประชากรในพื้นที่เป็นอย่างมาก จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าปัญหาปัญหาหมอกพิษทางอากาศจากหมอกควันและไฟป่าจากการเผาเศษวัสดุการเกษตรและการเผาป่าในพื้นที่สูงในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยที่ค่อนข้างส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชน ในพื้นที่เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะผลกระทบทางด้านสุขภาพของมนุษย์ และต้องการการศึกษาในเชิงลึกเพื่อหาแนวทางป้องกันและแก้ไขได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้แล้วยังมีผลการเผาในพื้นที่โล่งในภาคอื่นๆ เช่น ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งภาคเหนือที่มีการเผาไร่ อ้อยเพื่อการเก็บเกี่ยว และไร่ข้าวโพดกับนาข้าวเพื่อกำจัดเศษเหลือหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพและอาจเป็นอันตรายต่อยานพาหนะที่ไม่สามารถมองเห็นในทัศนวิสัยที่ไกลเพียงพอ อีกทั้งเป็นการเพิ่มปัญหามลภาวะโลกร้อนด้วยการแก้ปัญหาหมอกควันจึงต้องอาศัยองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์บรรยากาศเพื่อทำความเข้าใจกับการเกิดมลพิษ การเคลื่อนที่ และผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เช่น ผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง และผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการเกิดฝน เนื่องจากการปล่อยปริมาณฝุ่นและแอโรซอลเป็นปริมาณมากขึ้นสู่บรรยากาศในช่วงการเผา ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว

จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปัญหาหมอกพิษทางอากาศในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยพบว่ามีมีการประยุกต์ใช้วิธีการหรือเทคโนโลยี รวมไปถึงการศึกษาแหล่งการเกิดมลพิษในอากาศต่างๆ เพื่อหาแนวทางในการจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศในด้านต่างๆ เช่น Somporn Chantara ^[2] ได้ศึกษาถึงสถานการณ์มลพิษจาก

หมอกควันที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยมี การวิเคราะห์ถึงตัวอย่างของปริมาณ PM_{10} ที่เกิดขึ้นใน บรรยากาศและองค์ประกอบทางเคมีในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนในปี 2005-2009 พบว่าแหล่งกำเนิดมลพิษ ทางอากาศเกิดจากการเผาพื้นที่ป่าหรือพื้นที่โล่งทั้งใน ประเทศและประเทศเพื่อนบ้านเพื่อการเกษตรกรรม ต่อมา Wiriya, W. et al. [3] ได้ศึกษาและประเมิน แหล่งที่มาของหมอกควันที่มีแหล่งกำเนิดในพื้นที่คือ การเผาชีวมวลในที่โล่ง มลพิษที่ถูกปล่อยออกสู่อากาศ ก็จะมีการเคลื่อนที่ตามทิศทางและความเร็วลมไปยัง พื้นที่อื่นๆ ที่อยู่ได้ลม ทั้งนี้สามารถทำการจำลองทิศ ทิศทางการเคลื่อนที่ของมลพิษซึ่งเกิดจากการเผาชีวมวล ในพื้นที่โล่งโดยใช้โปรแกรม HYSPLIT (Hybrid-Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) ทำ การจำลองการเคลื่อนที่ของมวลอากาศจาก แหล่งกำเนิดแบบไปข้างหน้าและแบบย้อนกลับ เพื่อดู การกระจายของมลพิษจากแหล่งกำเนิด และหา แหล่งที่มาของมลพิษในแต่ละพื้นที่ศึกษาโดยการ เคลื่อนที่ของอากาศมายังพิกัดที่กำหนดไว้ (พื้นที่ เป้าหมาย) เรียกว่าเป็นการศึกษาการเคลื่อนที่แบบ ย้อนกลับ (Backward trajectory) ซึ่งสามารถใช้ ทำนายแหล่งที่มาของมลพิษมายังจุดศึกษา ในขณะที่ การคำนวณความน่าจะเป็นของทิศทางลมออกจากจุด กำเนิดที่ได้กำหนดไว้เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่แบบ ไปข้างหน้า (Forward trajectory) ซึ่งใช้ในการทำนาย การเคลื่อนตัวของอากาศจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ไปยังพื้นที่อื่นๆ รวมไปถึงการศึกษาถึงองค์ประกอบ ทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} เพื่อนำไป วิเคราะห์ถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ รวมไปถึงการศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางการ เคลื่อนที่ของมวลอากาศ ในงานวิจัยได้ศึกษาช่วง ฤดูกาลทั้งหมด 3 ช่วงฤดู ได้แก่ ฤดูแล้งและฤดูฝน ใน ปี 2010 และ ฤดูแล้งในปี 2011 ในพื้นที่จังหวัด เชียงใหม่ ต่อมา Intra, P. et al. [4-12] ได้มีการพัฒนา เครื่องวัดและวิเคราะห์ขนาดฝุ่นละอองในอากาศ PM_{10} , $PM_{2.5}$ และ $PM_{1.0}$ หรือที่เรียกว่า DustDETEC เครื่องต้นแบบ DustDETEC และระบบการรายงานผล ออนไลน์ โดย DustDETEC ใช้หลักการวัดประจุ ไฟฟ้าสถิตของอนุภาค (Electrostatic charge

measurement of particle) จึงทำให้สามารถวัดและ บันทึกรูปแบบออนไลน์ได้อัตโนมัติและรายงานผลได้ อย่างรวดเร็ว เคลื่อนย้ายง่าย สามารถติดตั้งในสถานที่ ที่มีการสั่นสะเทือนได้มีระบบฐานข้อมูลและดูแล การวัดได้ง่าย และบำรุงรักษาง่าย และ Vannate Ponpanuma et al. [13] ได้ศึกษาถึงแนวคิดเพื่อ การจัดการชีวมวลและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในระบบเตาควบคุมที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและ สามารถแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ประโยชน์ใน ชุมชนและลดปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้นจากการเผา เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาและองค์ความรู้ที่มีอยู่อย่าง จำกัดทำให้ไม่สามารถอธิบายและคาดการณ์เหตุการณ์ ที่จะเกิดในอนาคตได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้งานวิจัยนี้จึงมี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัญหาฝุ่นควันที่เกิดขึ้นใน เขตภาคเหนือตอนบน โดยมีการตรวจวัดปริมาณฝุ่น ละอองเชิงมวล $PM_{2.5}$ และ PM_{10} และทำการพัฒนา ระบบฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวม ไปถึงการนำเสนอข้อมูลผ่านระบบรายงานผลออนไลน์ จากสถานีตรวจวัดในแต่ละแห่ง เพื่อให้ผู้รับข้อมูล สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ทันสถานการณ์ และเข้าใจง่าย นอกจากนี้งานวิจัยมีความมุ่งหวังสร้าง องค์ความรู้ใหม่ เพื่อศึกษาสมบัติ และลักษณะของ มลพิษที่มาจากการเผาชีวมวลในพื้นที่ รวมไปถึงการ สนับสนุนให้เกิดความร่วมมือจากนักวิจัยท้องถิ่นเพื่อ สร้างเครือข่ายและศึกษาวิจัยร่วมกันในประเด็น ดังกล่าว เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ของมนุษย์และการวางแผนแก้ปัญหาในอนาคตได้ อย่างทันทั่วถึง

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

ลักษณะทางภูมิประเทศของภาคเหนือตอนบนนั้น มีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ ประกอบด้วยพื้นที่ราบ ที่มีภูเขาล้อมรอบ มีสภาพอากาศนิ่งและแห้งเป็น เวลานาน เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศดังกล่าว ส่งผล ให้พื้นที่ภาคเหนือตอนบนมักจะประสบปัญหาภาวะ หมอกควันในช่วงฤดูแล้งเป็นประจำเกือบทุกปี โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุหลักมาจากการการเผาไหม้

ชีวมวล เช่น การเผาป่า การเผาของเหลือจาก การเกษตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาถึง ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดขึ้นในพื้นที่ภาคเหนือ ตอนบนของประเทศไทย โดยการเลือกติดตั้งสถานี ตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่ศึกษา จำนวน ทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ 1) สถานีโรงเรียนยุพราช 2) สถานี อ.ดอยสะเก็ด 3) สถานี ต.แม่เหียะ อ.เมือง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 4) สถานี อ.น่าน้อย จ.น่าน ดัง แสดงจุดติดตั้งสถานีตรวจวัดในรูปแบบที่ 1

2.2 การติดตั้งเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC ในพื้นที่ศึกษา ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการ ติดตั้งเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC ใน แต่ละพื้นที่ศึกษา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ติดตั้งเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC ให้สามารถวัดฝุ่นละออง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ และชุดอินเตอร์เฟซเพื่อควบคุมและส่งข้อมูล ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายบันทึกลง ฐานข้อมูลสำหรับระบบการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง และการสร้างสถานีตรวจวัดฝุ่น DustDETEC แบบ ออนไลน์

1) ทดสอบสมรรถนะของชุดคัดฝุ่นละออง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ โดยวิธีสร้างอนุภาค

2) ตัวอย่างจากเครื่อง Compressor nebulizer โดยใช้อนุภาคมมาตรฐาน (standard particle) ตาม มาตรฐาน NIST (National Institute of Standards and Technology) ตามการอ้างอิง SRM (Standard Reference Material) ที่มีขนาดครอบคลุมช่วงของ การวัดของเครื่องวัดต้นแบบ ได้แก่ 0.3, 1, 3, 10 ซึ่ง ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำแนกขนาดฝุ่น ละอองด้วยการสังเกตจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนหรือ SEM จากอนุภาคที่ตก สะสมตัวอยู่บนแผ่นตกกระทบและแผ่นกรองอนุภาคที่ ทางออก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างกระแสไฟฟ้ารวม (total current) ของอนุภาค ฝุ่นกับมวลรวม (total mass) ของอนุภาคที่วัดได้จาก เครื่องต้นแบบกับเครื่องวัดวิธีเทียบเคียง (Federal Equivalent Method; FEM) ตามที่ US EPA กำหนด ในห้องปฏิบัติการและทำการศึกษาผลของความชื้น และอุณหภูมิต่อความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและ มวลของอนุภาคของเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 1 แผนที่แสดงสถานีตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่ภาคเหนือจำนวน 4 สถานี



รูปที่ 2 เครื่องมือวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์
(DustDETEC)

3) ทำการทดสอบภาคสนามวัดปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ของเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในอากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 เดือน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและมวลของฝุ่น

4) เปรียบเทียบผลการวัด วิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาความสัมพันธ์ของผลการวัดจากเครื่องวิเคราะห์

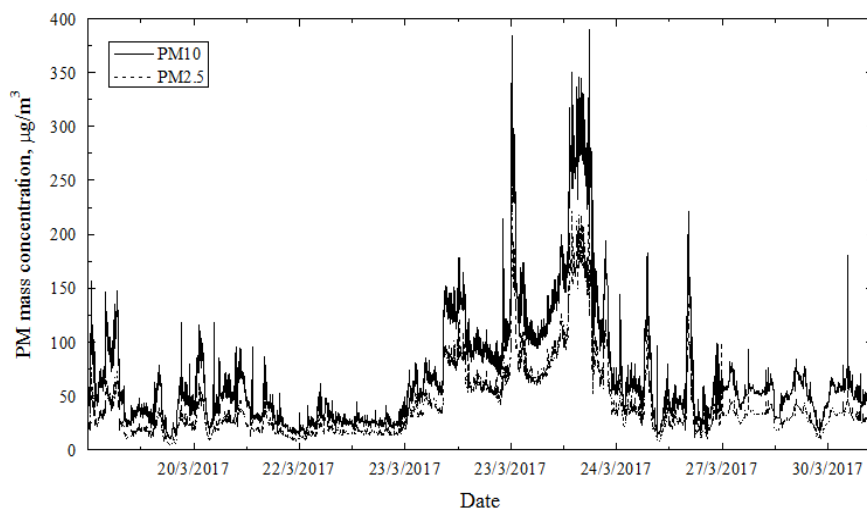
กับเครื่องวัดวิธีอ้างอิงด้วยวิธีสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation)

5) ทำการทดสอบภาคสนามโดยทำการศึกษาถึงระยะเวลาในการบำรุงรักษา และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องวัดฝุ่นอื่นๆ เพิ่มเติม โดยเครื่องมือวัดคุณภาพอากาศแบบเรียลไทม์ (DustDETEC) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเกณฑ์ในการออกแบบโดยรวมและคุณสมบัติของเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเครื่องต้นแบบเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC

คุณสมบัติ	รายละเอียด
เทคนิคการวัด	จำแนกขนาดอนุภาคด้วยวิธีการตกกระทบเนื่องจากแรงเฉื่อยของอนุภาคและวัดปริมาณฝุ่นด้วยประจุไฟฟ้าสถิต
ขนาดฝุ่นละออง	PM_{10} และ $PM_{2.5}$ พร้อมกันในเครื่องเดียว
จำนวนช่องวัด	3 ช่องวัด
ช่วงของความเข้มข้นเชิงมวล	0 ถึง 500 ไมโครกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร
ความละเอียด	0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
อัตราการไหลต่อช่องวัด	5 ลิตรต่อนาที
อัตราการไหลรวม	15 ลิตรต่อนาที
ความเร็วในการประมวลผล	น้อยกว่า 1 วินาที
การรายงานค่าเฉลี่ยฝุ่น	30 นาที / 1 / 8 / 24 ชั่วโมง
อุณหภูมิฝุ่นขาเข้า	20-50 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ความชื้นฝุ่นขาเข้า	น้อยกว่า 80 %RH
การรายงานผลระยะไกล	แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (web browser)
การควบคุมระยะไกล	ควบคุมและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ 3G
ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมฝุ่นขาเข้า	สามารถปรับสภาพอากาศขาเข้าสามารถจำกัดความชื้นอากาศไม่เกิน 60% โดยมีอุณหภูมิระหว่าง 15-30 องศาเซลเซียสที่ความดันบรรยากาศ
ชนิดและองค์ประกอบของอนุภาค	สามารถวัดอนุภาคได้ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว
แหล่งจ่ายกำลัง	220 VAC 50 Hz
ขนาดของเครื่องมือ	ชั่วโมงในการทำงานอย่างน้อย 1,000 ชั่วโมงหลังจากทำความสะอาดแล้ว
ขนาดและคุณลักษณะ	สามารถเคลื่อนที่ง่ายเหมาะสำหรับงานภาคสนาม ติดตั้งและเริ่มใช้งานได้ที่ หนาทาน สามารถทำงานในที่ที่มีการสั่นหรือการเคลื่อนที่ได้



รูปที่ 3 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ และ PM_{2.5} ราย 10 วินาทีที่วัดได้จากเครื่อง DustDETEC ณ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแม่เหียะ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 17-30 มีนาคม 2560

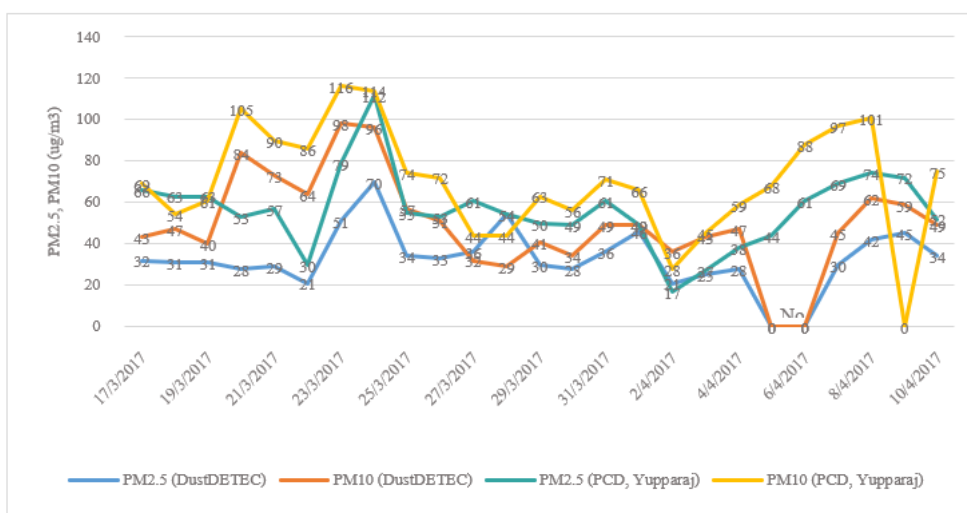
3. ผลการดำเนินงานวิจัย

3.1 การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ PM_{10} จากเครื่องต้นแบบเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC

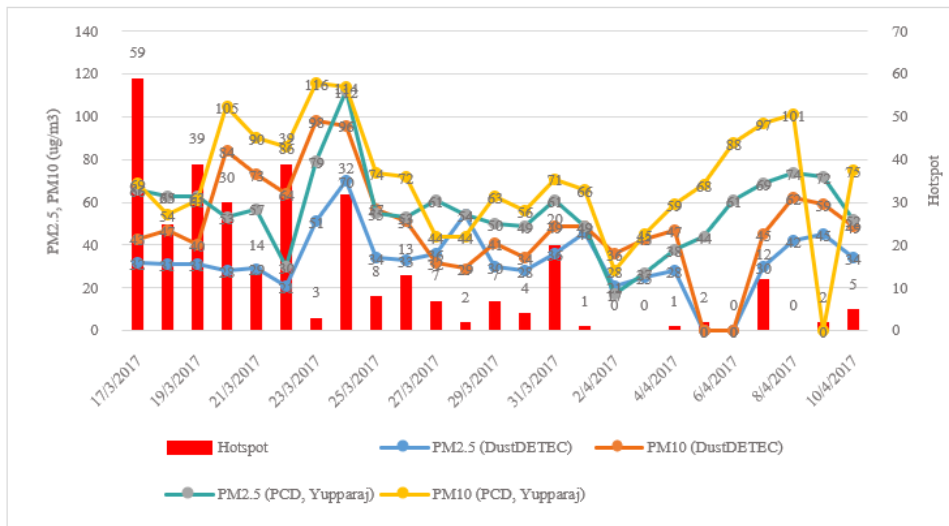
จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ของเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในอากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ในช่วงเดือน มีนาคม 2560 ^[14] จะเห็นได้ว่าในช่วงของวันที่ 23-24 มีนาคม 2560 จะมีปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ที่ค่อนข้างสูงกว่าวันอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 3

ในงานวิจัยนี้ได้นำค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่วัดได้จากเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมควบคุมมลพิษ (สถานีโรงเรียนยุพราช) ระหว่างวันที่ 17 มีนาคม – 10 เมษายน 2560 ^[15] พบว่าข้อมูลที่ให้มีแนวโน้มที่

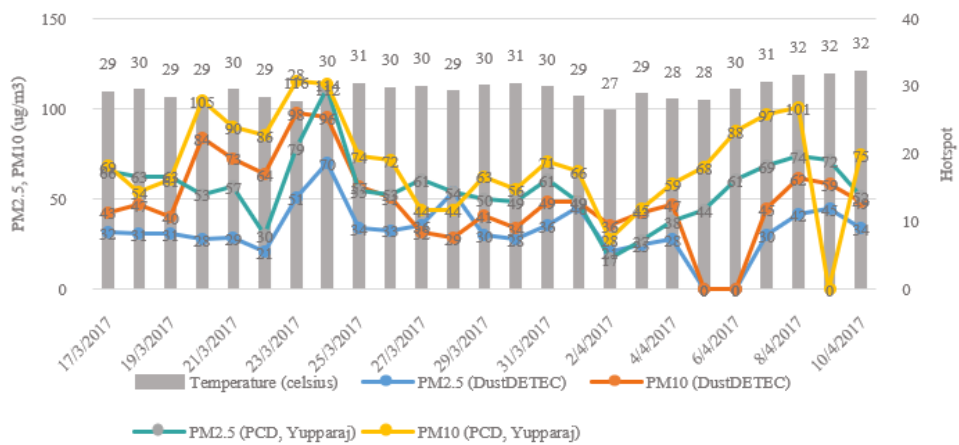
ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4 และเมื่อนำข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็กจากเครื่องวัดฝุ่นละออง DustDETEC เปรียบเทียบกับข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ ^[15] และปริมาณจุดความร้อน ^[16] ที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนมีนาคม และเมษายน 2560 พบว่ามีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือหากช่วงที่มีปริมาณจุดความร้อนสูง ก็จะส่งผลให้ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ และ PM_{10} สูงขึ้นตามไปด้วย และในช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในช่วงของมาตรการห้ามเผาจึงส่งผลให้ปริมาณจุดความร้อนและปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดขึ้นลดลงจากปีก่อนๆ จากนั้นนำค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอุณหภูมิ ^[17] ในช่วงดังกล่าว พบว่าในช่วงการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงตลอดทั้งเดือน จึงอาจส่งผลทำให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามไปด้วย โดยแสดงได้ดังรูปที่ 6



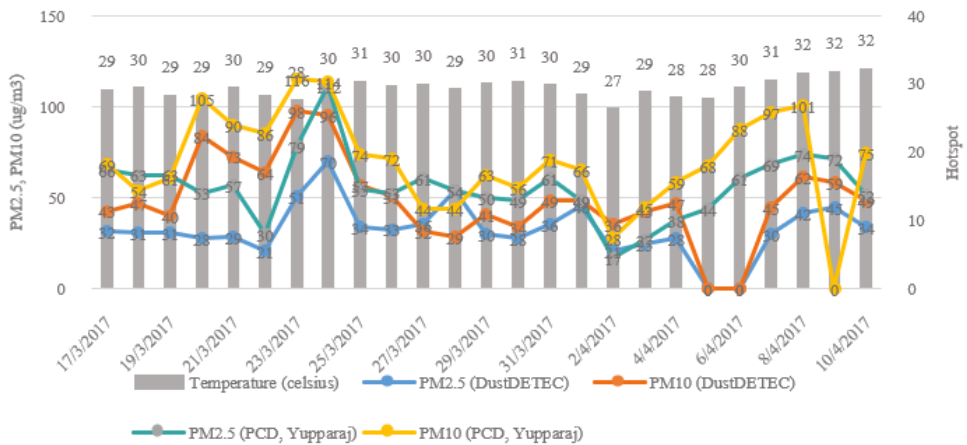
รูปที่ 4 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ รายวันที่วัดได้จากเครื่อง DustDETEC เปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมควบคุมมลพิษ (โรงเรียนยุพราช) ระหว่างวันที่ 17 มีนาคม – 10 เมษายน 2560



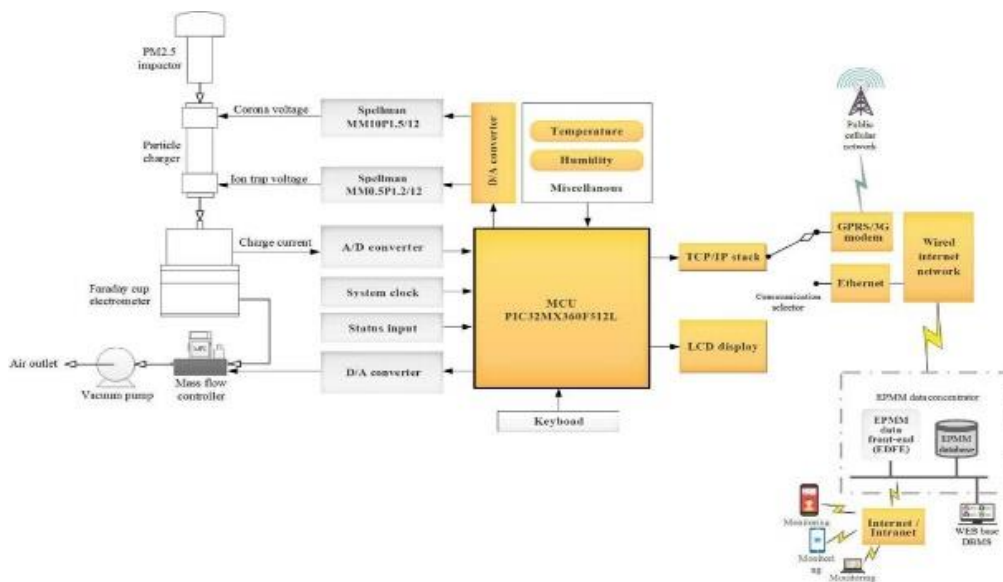
รูปที่ 5 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ และ PM_{2.5} รายวันที่วัดได้จากเครื่อง DustDETEC เปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมควบคุมมลพิษ (โรงเรียนยุพราช) และจำนวนจุดความร้อน ระหว่างวันที่ 17 มีนาคม – 10 เมษายน 2560



รูปที่ 6 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ และ PM_{2.5} รายวันที่วัดได้จากเครื่อง DustDETEC เปรียบเทียบกับข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างวันที่ 17 มีนาคม – 10 เมษายน 256



รูปที่ 7 ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ และ PM_{2.5} รายวันที่วัดได้จากเครื่อง DustDETEC เปรียบเทียบกับข้อมูลความชื้น ระหว่างวันที่ 17 มีนาคม – 10 เมษายน 2560



รูปที่ 8 แผนผังแสดงการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูล และส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย [18]

และเมื่อนำข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็กมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น [17] ที่เกิดขึ้น พบว่า ในช่วงที่มีปริมาณความชื้นสูงส่งผลให้ค่า ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มลดลง ดังแสดง ในรูปที่ 7

3.2 การพัฒนาระบบการรวบรวมข้อมูล

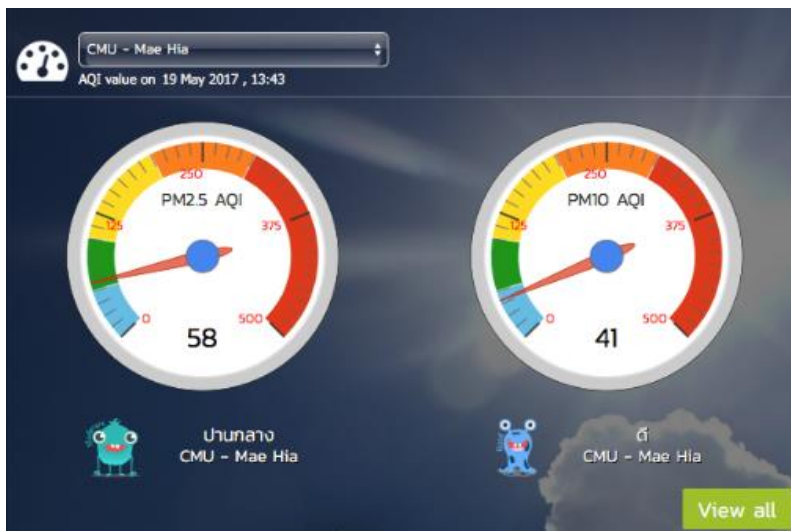
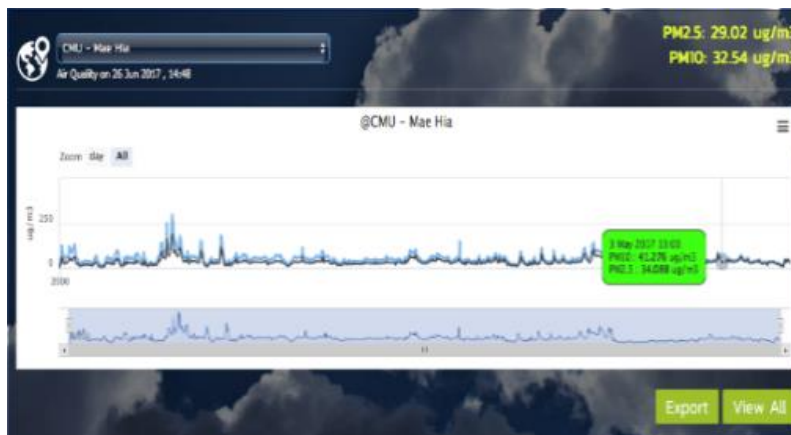
รูปที่ 8 แสดงให้เห็นถึงแผนผังการรวบรวมข้อมูลเพื่อ จัดเก็บในฐานข้อมูลและส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย โดยเป็นการรวบรวมข้อมูล ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในเขตพื้นที่

ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยจากสถานีตรวจวัด
เครือข่ายเพื่อศึกษาปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้นในเขต
ภาคเหนือตอนบน และได้เชื่อมโยงข้อมูลดังกล่าวเพื่อ
การเผยแพร่ผลข้อมูลผ่านเว็บไซต์ ดังรายละเอียดใน
หัวข้อ 3.3

3.3 การแสดงข้อมูลเพื่อการเผยแพร่

หลังจากทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก

PM_{2.5} และ PM₁₀ ในอากาศด้วยเครื่องวัดฝุ่นละออง
ขนาดเล็ก DustDETEC ณ แต่ละสถานีเครือข่ายแล้ว
ระบบจะทำการรวบรวมฐานข้อมูลทั้งหมด จากนั้นทำ
การบันทึกผลแบบออนไลน์ได้อัตโนมัติ และสามารถ
แสดงผลเพื่อเผยแพร่ข้อมูลผ่านเว็บไซต์
(www.cmuccdc.org) ^[19] ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลปริมาณ PM_{2.5} และ PM₁₀ จากสถานีเครือข่ายเพื่อเผยแพร่บนเว็บไซต์
(www.cmuccdc.org)

4. สรุปผลและอภิปราย

จากการศึกษาวิจัยพบว่างานวิจัยนี้สามารถศึกษาถึงปัญหาฝุ่นควันที่เกิดขึ้นในเขตภาคเหนือตอนบน โดยศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองและข้อมูลทางสภาวะอุตุนิยมวิทยาต่างๆ และการเปรียบเทียบข้อมูลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวล $PM_{2.5}$ และ PM_{10} จากเครื่องต้นแบบเครื่องวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก DustDETEC และข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมควบคุมมลพิษพบว่าข้อมูลที่ได้อ่านข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน และทำการพัฒนาระบบฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมไปถึงการนำเสนอข้อมูลผ่านระบบรายงานผลออนไลน์จากสถานีตรวจวัดในแต่ละแห่งเพื่อให้ผู้รับข้อมูลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วทันสถานการณ์ และเข้าใจง่าย นอกจากนี้งานวิจัยมีความมุ่งหวังอยากให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ และความร่วมมือจากนักวิจัยท้องถิ่นเพื่อสร้างเครือข่าย และคาดหวังว่าจะมีการเพิ่มและขยายพื้นที่การติดตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองเชิงมวลเรียลไทม์เตือนภัยวิกฤตฝุ่นควันในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และในพื้นที่จังหวัดใกล้เคียงอื่นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกิดประโยชน์สูงสุดต่อชุมชนและท้องถิ่นในอนาคตต่อไปได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณศูนย์ความเป็นเลิศเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจ นิเวศ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และหน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรมวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ และขอขอบคุณเครือข่ายพันธมิตรมหาวิทยาลัยเพื่อการวิจัยกลุ่มวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติ (RUN-CCDM) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภายใต้กิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยโครงการประเทศไทยไร้หมอกควัน : Haze Free Thailand เครือข่ายพันธมิตร

มหาวิทยาลัยเพื่อการวิจัย กลุ่มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการจัดการภัยพิบัติ Research University Network Cluster Climate Change and Disaster Management : RUN-CCDM และโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำให้วิจัยโครงการ และขอขอบคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องทั้งบุคลากรของหน่วยงานต่างๆ และชุมชนในพื้นที่ ที่ให้ความร่วมมือและให้ความเอื้อเฟื้อ ช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นอย่างดีจนทำให้งานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] 1 sth. Disease Prevention Control, Chiang Mai. Bureau of Epidemiology, The impact of haze problem in Northern, Thailand (January-April, 2016). Chiang Mai., 2016.
- [2] Somporn Chantara, PM10 and Its Chemical Composition: A Case Study in Chiang Mai, Thailand, Air Quality - Monitoring and Modeling, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-51-0161-1, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/air-quality-monitoring-and-modeling/pm10-and-its-chemical-composition-a-case-study-in-chiang-mai-thailand.>, 2012.
- [3] Wiriya, W., Prapamontol, T., Chantara, S, PM10 - bound polycyclic aromatic hydrocarbons in Chiang Mai (Thailand): seasonal variations, source identification, health risk assessment and their relationship to air-mass movement, Atmospheric Research; 124, 109-122., 2012.
- [4] Intra, P. and Tippayawong, N, Aerosol size distribution measurement using multi-channel electrical mobility sensor, Journal of Aerosol Research Japan; Vol. 21, No. 4, pp. 329 – 340, 2006.

- [5] Intra, P. and Tippayawong, N, An electrostatic sensor for nanometer-sized aerosol particles detection, Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics; Vol.17, Supplement, pp. s17 – s20, 2009a.
- [6] Intra, P. and Tippayawong, N, An overview of aerosol particle sensors for size distribution measurement, Maejo International Journal of Science and Technology; Vol.1, No. 2, pp. 120 – 136, 2007.
- [7] Intra, P. and Tippayawong, N, Development and evaluation of a Faraday cup electrometer for measuring and sampling atmospheric ions and charged aerosols, Particulate Science and Technology, 2015, in press, doi:10.1080/02726351.2014.952392
- [8] Intra, P. and Tippayawong, N, Development of a fast-response, high-resolution electrical mobility spectrometer, Korean Journal of Chemical Engineering; Vol. 28, No. 1, pp. 279 – 286, 2011a.
- [9] Intra, P. and Tippayawong, N, Performance evaluation of an electrometer system for ion and aerosol charge measurements, Korean Journal of Chemical Engineering; Vol. 28, No. 2, pp. 527 – 530, 2011b.
- [10] Intra, P, Investigation of a submicron-particle inertial impactor for size-selective inlet of the electrical mobility spectrometer, Chiang Mai University Journal of Natural Science; Vol. 7, No. 2, pp. 257 – 268, 2008.
- [11] Intra, P., Yawootti, A. and Tippayawong, N., An electrostatic sensor for continuous monitoring of particulate air pollution, Korean Journal of Chemical Engineering; Vol. 30, No. 12, pp. 2205 – 2212, 2013.
- [12] Intra, P., Yawootti, A., Vinitketkumnun, U. and Tippayawong, N., Development of a PM2.5 sampler with inertial impactor for sampling airborne particulate matter, Korean Journal of Chemical Engineering; Vol. 29, No. 8, pp. 1044 – 1049, 2012.
- [13] Vannate Ponpanuma, Ruth Sirisunyaluck and Saowaluck Yammuen-art (2014). “Maize Planting in the North of Thailand and Air Pollution from Haze, Thai Journal of Animal Science 1 (2): 20-36, 2014.
- [14] Sate Sampattagul, Somporn Chantara, Perapong Tekasakul and Supab Choopun. Haze Free Thailand: Monitoring and Evaluation of Haze Management Program, Research University Network Cluster Climate Change and Disaster Management: RUN-CCDM. 2016.
- [15] PCD, Pollution Control Department, 2017. Manual report. Available online: http://www.aqmthai.com/public_report.php (accessed 17.03.17).
- [16] Gistda, 2017. Manual report. Available online: Satellite Hotspot Tracking System. Availableonline: http://www.forest.go.th/wildfire/hotspot/hotspot_rfd.php?select=1 (accessed 17.03.17).
- [17] Northern Meteorological Center, 2017. Annual Meteorological Statistics in Chiang Mai. Available online: <http://www.cmmet.tmd.go.th/index1.php> (accessed 01.03.17).

- [18] Panich Intra, Artit Yawootti, and Sate Sampattagul, Comparison of electrostatic charge and beta attenuation mass monitors for continuous airborne PM10 monitoring under field conditions, Korean Journal of Chemical Engineering December 2016, Volume 33, Issue 12, pp 3330–333.
- [19] CMU CCDC, Climate Change Data Center of Chiang Mai University, 2017. Available online: <http://www.cmuccdc.org> (accessed 01.03.17).