การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจำลองค่ามลพิษอากาศสำหรับวางแผนโครงสร้างพื้นฐานสิ่งแวดล้อมชุมชนเมือง

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGY IN AIR POLLUTION SIMULATION FOR URBAN ENVIRONMENT INFRASTRUCTURE PLANNING

สัตยา มะโนแก้ว[1,*], วราภัญ มณีวรรณ[1], กฤชกำภู ชัยศิริ[1], ชนันพัฒน์ อินทร[1], สุนทร สุนทราภา[1], ดำรงศักดิ์ รินชุมภู[2] และ พีรพงศ์ จิตเสงี่ยม[2]
[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่, ประเทศไทย
[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่, ประเทศไทย
[*]Corresponding author address: sattaya_manok@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการจำลองค่ามลพิษอากาศสำหรับวางแผนโครงสร้างพื้นฐานสิ่งแวดล้อมชุมชนเมือง เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่และเกือบทุกเมืองในเขตภาคเหนือนั้นจะพบกับปัญหาประจำปีคือ เมืองถูกปกคลุมด้วยฝุ่นละอองขนาดเล็ก ไม่เกิน *10* และ *2.5* ไมครอน ซึ่งฝุ่นละอองนี้เป็นหนึ่งตัวแปรที่ใช้ในการระบุดัชนีคุณภาพอากาศ รวมทั้งก่อปัญหากับระบบทางเดินหายใจ หลายหน่วยงานจึงความพยายามคิดค้นหาทางบรรเทาภัยที่เกิดขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ก็เป็นหนึ่งการหาแนวทางเพื่อช่วยลดผลกระทบจากปัญหาฝุ่นควัน ด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ *AERMOD* ร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับวางแผนโครงสร้างพื้นฐานสิ่งแวดล้อมชุมชนเมือง โดยมุ่งเน้นไปที่ประเด็นการเพิ่มขึ้นของต้นไม้ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นหรือระดับมลพิษฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน โดยใช้พื้นที่ทำการทดลองในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งจากการวิจัยพบว่าการปลูกต้นไม้ใหญ่นั้นไม่ได้ช่วยลดฝุ่นโดยตรง แต่ช่วยลดการกระจายตัวของฝุ่น ลมและอากาศจะไหลผ่านบริเวณที่มีต้นไม้ใหญ่ยากขึ้น ทำให้บริเวณที่ปล่อยควันเสียเกิดการกระจุกตัวของฝุ่นและทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบริเวณโดยรอบลดลง นอกจากนี้ต้นไม้ใหญ่ยังมีความสามารถในการวางกั้นควบคุมทิศทางลมเพื่อเพิ่ม-ลดความหนาแน่นและความเร็วลม รวมทั้งส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งหากทำการศึกษาพื้นที่และจัดวางต้นไม้โดยคำนึงทั้งสององค์ประกอบนี้ และนำไปเป็นหนึ่งในแนวทางการตัดสินใจวางแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานชุมชนเมืองต่อไป

คำสำคัญ: *สารสนเทศภูมิศาสตร์ , โครงสร้างพื้นฐาน, สิ่งแวดล้อมชุมชนเมือง, การบูรณาการ, ฝุ่นละอองขนาดเล็ก*

Abstract

This research purpose is to create the air pollution simulation for urban environment and infrastructure planning. Chiang Mai and many cities in the northern region have encountered the annual problem of cities covered with particulate matter smaller than 10 and 2.5 microns (Particulate Matter: PM 10, PM2.5). This particulate matter is one of the variables used to determine the Air Quality Index (AQI) as well as the cause of the respiratory system disease. Many organizations are trying to find ways to mitigate this problem, this research is also one of the ways to help reduce the impact of dust and particulate matter problems. By applied the AERMOD computer simulation tool with geographic information system (GIS), the focusing issue of how increasing trees will affecting PM2.5 concentrations levels, using an experimental area at Chiang Mai University. The research reveals that planting large trees does not directly reduce dust and particulate matter but reduces the dispersion of dust. By making it more difficult for wind and air to flow through areas with large trees, the dust will increase the concentration in the emission areas while the surrounding areas have decreasing concentration. In addition, large trees can block or direct the wind direction and increase or decrease wind density and speed as well as affect the relative humidity. Further, the plan for planting considering these two components can be used as one of the guidelines for decision-making in urban environment and infrastructure planning.

Keywords: *Geographic information system, Infrastructure, Urban environment, Integration, Particulate matter*

1. ที่มาและความสำคัญ

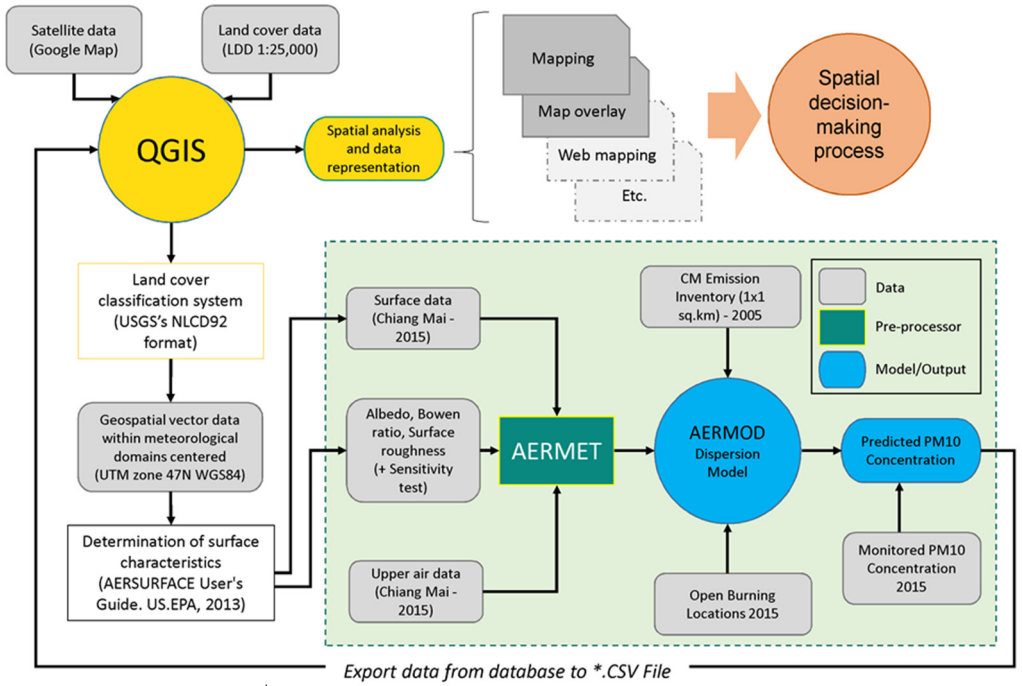
เป็นที่ทราบโดยทั่วกันแล้วว่า จังหวัดเชียงใหม่และเกือบทุกๆ เมืองในเขตภาคเหนือพบกับปัญหาภัยพิบัติประจำปี ซึ่งก็คือปัญหาที่เมืองถูกปกคลุมด้วยฝุ่นละอองรวม (Total suspended particles: TSP) โดยจะประกอบไปด้วยฝุ่นละอองขนาดเล็ก ไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมครอน (Particulate Matter: PM 10, PM2.5) ซึ่งเป็นหนึ่งตัวแปรที่ใช้ในการระบุดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) ร่วมกับก๊าซโอโซน (O3), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO2) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO2) [1] ฝุ่นขนาดเล็กนี้มีผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคปอดต่างๆ หากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานานจะสะสมในเนื้อเยื่อปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง ทำให้หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด ซึ่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิดได้จากหลากหลายสาเหตุ แต่ส่วนมากเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ทั้งจากยานพาหนะ การเผาวัสดุการเกษตร ไฟป่า และกระบวนการอุตสาหกรรม แล้วเหตุใดถึงได้สร้างปัญหาประจำปีให้กับจังหวัดเชียงใหม่และพื้นที่ภาคเหนือของไทยได้มากกว่าพื้นที่อื่นๆ นอกจากปัญหาที่เราคงได้ฟังจากข่าวประจำปีเรื่องเหตุการณ์ไฟไหม้ป่า ไม่ว่าจะด้วยสาเหตุตามธรรมชาติ หรือฝีมือของมนุษย์ด้วยวัตถุประสงค์ใดๆ รวมถึงประเด็นที่จะต้องทำความเข้าใจถึงลักษณะภูมิประเทศทางภาคเหนือซึ่งที่ตั้งของเมืองล้วนแล้วแต่เป็นที่ราบตามหุบเขา การที่มีภูเขาสูงล้อมรอบเช่นนี้ เปรียบได้กับแอ่งกระทะ ซึ่งเป็นแอ่งที่มีขอบแอ่งทำหน้าที่กักฝุ่นละอองและก๊าซอื่นๆ ไว้ภายในพื้นที่ ซึ่งหากไม่มีลมพัด (ความเป็นแอ่งจึงทำหน้าที่กันลมไปในตัว) หรือเกิดฝนตกมาช่วยชะล้างลงพื้นดิน (ช่วงฤดูหนาว หรือฤดูแล้ง มันจะไม่สามารถเกิดฝนได้ตามธรรมชาติของพื้นที่) จึงเกิดเป็นปัญหารุนแรงแบบทวีคูณและเกิดซ้ำแล้วซ้ำเล่าแทบทุกปี

อย่างที่เราทราบกันตราบใดที่ยังต้องอาศัยอยู่ภายในแอ่งกระทะกลางหุบเขาเช่นนี้ วิธีที่ดูเหมือนดีที่สุดคือการลดการเกิดฝุ่นละอองจากต้นทาง คือลดการเผาป่านั่นเอง ซึ่งปัจจุบันก็มีหลายหน่วยงานที่ช่วยกันดำเนินการซึ่งเป็นปัญหาที่ซับซ้อน ซ้อนทับในหลากหลายมิติ ในขณะเดียวกันผู้อยู่อาศัยเองคงต้องปรับตัวเข้าสู่การดูแลตนเองในช่วงขณะเกิดเหตุการณ์ เปรียบเปรยดั่งเช่นเมื่อถึงฤดูหนาวอากาศเย็นลงเราย่อมหยิบฉวยเสื้อผ้ากันหนาวออกมาใช้งาน และเมื่อไม่ใช้ก็จัดเก็บไว้ในตู้เพื่อรอการใช้งานครั้งต่อๆไป เช่นกันนั้นการป้องกันตนเองด้วยหน้ากาก การทำบ้านให้มีห้องปลอดฝุ่น (อย่างน้อย 1 ห้องสำหรับ 1 ครอบครัว) หรือการทำพื้นที่ปลอดฝุ่นสำหรับชุมชนก็เป็นเรื่องที่ต้องดำเนินการให้ทั่วถึงเช่นกัน ในบางกรณีอาจมีความพยายามคิดค้นเครื่องจักรกลสำหรับดูดกรองฝุ่นในเมือง ในรูปแบบหอคอย หรือเคลื่อนที่ได้ ก็สุดแล้วแต่จะพยายามหาทางบรรเทาภัยที่เกิดขึ้น ซึ่งนับเป็นเรื่องที่ดีที่มีการตื่นตัวได้ดังเช่นปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการออกแบบเมืองซึ่งคือพื้นที่ที่คนเมืองต้องอยู่อาศัยในระยะยาวนั้นก็สามารถดำเนินการเพื่อช่วยบรรเทาผลกระทบของปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กดังกล่าวได้เช่นกัน ซึ่งในบทความนี้จะเป็นการนำเสนอข้อมูลซึ่งได้จากการทำวิจัยของ [2] ซึ่งได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อหารูปแบบของเมืองซึ่งส่งผลกระทบสูงต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งผลของการศึกษาได้บ่งบอกถึงปัจจัยที่สำคัญอย่างชัดเจนซึ่งสามารถนำไปใช้ในการกำหนดรูปแบบของการออกแบบเมืองเชียงใหม่เพื่อลดปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ต่อไป

อย่างไรก็ตามการพัฒนาพื้นที่ในเขตเมืองจำเป็นจะต้องมีการหาแนวทางเพื่อช่วยลดผลกระทบจากปัญหาฝุ่นควัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองรวม (TSP) ซึ่งเป็นอันตรายต่อทางเดินหายใจต่อคนอยู่อาศัยในเขตเมือง ทั้งนี้มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ หนึ่งในแบบจำลองที่เป็นที่นิยมใช้คือ AERMOD ร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับวางแผนโครงสร้างพื้นฐานสิ่งแวดล้อมชุมชนเมือง [3, 4] ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองจากประเด็นข้อสงสัยที่ว่าการเพิ่มขึ้นของต้นไม้ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) หรือไม่ โดยใช้พื้นที่ทำการทดลองในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจวางแผนโครงสร้างพื้นฐานชุมชนเมืองต่อไป

2. ตัวแปร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจำลองสถานการณ์คือการสร้างรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ก่อให้เกิดผล ซึ่งเรียกว่าตัวแปรต้นและตัวแปรตามตามลำดับ ซึ่งโดยทั่วไปคือหลักวิทยาการที่สัมพันธ์กับคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ตัวแปรต้นอาจมีหนึ่งตัว หรือมากกว่าหนึ่งตัวก็ได้ โดยขึ้นตอนการสร้างแบบจำลองมีหลากหลายแตกต่างกันตามแต่ปัญหาและหลักพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้แก้ปัญหาเหล่านั้น กล่าวถึงตรงนี้อาจทำความเข้าใจยากสำหรับผู้ไม่คุ้นเคย แต่แท้จริงแล้วเราใช้หลักการจำลองสถานการณ์ในชีวิตประจำวันหลากหลาย เช่นการจำลองสถานการณ์การเพื่อการพยากรณ์โอกาสของการเกิดฝนตก ซึ่งในปัจจุบันเมื่อใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยการทำงานของมนุษย์ทำให้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์แม่นยำมากยิ่งขึ้นนั่นเอง แต่ในส่วนนี้เป็นการทำความเข้าใจกับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการพยากรณ์ความเข้มข้น (Concentration) ของฝุ่นละอองรวม (TSP) ในกรณีศึกษาในงานวิจัยสำหรับพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ดังแสดงผังภาพการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 1



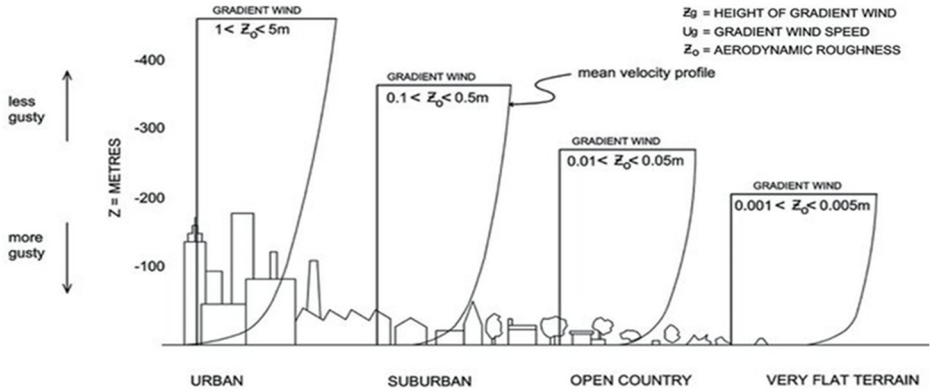
รูปที่ 1 กระบวนการทำงานวิจัยเพื่อหาพยากรณ์ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ดัดแปลงจาก [2])

ซึ่งในภาพที่ 1 แสดงในเห็นกระบวนการทำงานในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์สถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อหาพื้นที่ที่มีโอกาสในการเกิดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่เทศบาลเมืองเชียงใหม่ในช่วงของการเกิดปัญหาภัยพิบัติฝุ่นควันประจำปี ซึ่งมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือหลากหลายเครื่องมือ แต่เครื่องมือที่เป็นหัวใจในการทำงานคือการโปรแกรมสร้างแบบจำลองมลพิษทางอากาศที่ชื่อว่า AERMOD [5] โดยมีตัวแปรที่สำคัญแบ่งออกเป็น 3 ชุดคือ 1) ข้อมูลพื้นผิวเมือง (Surface Data) 2) ดัชนีการใช้ที่ดิน ประกอบด้วย 3 ตัวแปรย่อยคือ Albedo, Bowen Ratio และ Surface Roughness Length และ 3) ข้อมูลสภาพอากาศระยะบน (Upper Air Data)

ข้างต้นแสดงให้เห็นนิยามเชิงวิทยาศาสตร์และความสำคัญของ Surface Roughness Length ซึ่งส่งผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถอธิบายเพิ่มเติมดังภาพที่ 2

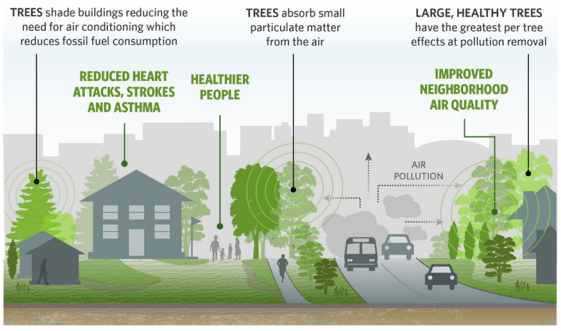
ในภาพที่ 2 เป็นภาพกราฟฟิกอธิบายเพิ่มเติมเรื่องความแตกต่างของพื้นผิวกับค่า Surface Roughness [6] ซึ่งเมื่อแบ่งพื้นที่ในเขตเมืองซึ่งมีความขรุขระของพื้นผิวมากไปจนถึงพื้นที่ในเขตชนบทซึ่งมีความขรุขระน้อย ค่า Surface Roughness ก็มีค่ามากไปหาน้อยตามลำดับ และยิ่งมีความขรุขระของพื้นผิวมาก (พื้นที่ในเขตเมือง) ก็ทำให้เกิดความเข้มของมลพิษน้อยกว่าพื้นที่อื่น ดังนั้นหากจะต้องแปลความหมายจากงานวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์ให้เป็นรูปแบบของการออกแบบเมือง สามารถนำไปเป็นข้อกำหนดในเบื้องต้นว่าพื้นที่ในเขตเมืองควรเพิ่มความขรุขระ (ซึ่งเป็นการเพิ่ม Surface Roughness)

ถึงแม้ว่าการสร้างตึก-อาคารในเขตเมืองจะเป็นวิธีการที่เพิ่มความขรุขระให้กับเมืองได้จริง การมีอาคารต่างๆที่ขวางทิศทางลมที่ทำให้ Surface Roughness สูงขึ้น มลพิษลดลง แต่อาจจะทำให้มีการสะสมของมลพิษด้านหลังอาคารหรือในบางพื้นที่เป็นพื้นที่ที่



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระของเมือง-Surface Roughness และความเร็วลม

มลพิษสูงกว่าปกติได้เหมือนกัน ดังนั้นการวางแผนการออกแบบเมืองที่ถูกต้องจะสามารถมองเห็นปัญหานี้และแก้ไขจุดปัญหาเปล่านี้ได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ไม่ได้หมายความว่าจะต้องระดมสร้างตึกลงไปให้เต็มพื้นที่เพียงเท่านั้น เนื่องจากระยะความสูงจากพื้นดินที่ใกล้ชิดกับการอยู่อาศัยปกติของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปคือ 1.3 – 2.4 เมตรจากผิวดินเท่านั้น ดังนั้นแนวทางเลือกในการสร้างความขรุขระให้กับเมืองที่ส่งผลต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์จึงไม่จำเป็นต้องเลือกแนวทางขั้นสุด (Ultimate) โดยแนวทางที่ควรจะเป็นคือการเพิ่มพื้นที่ต้นไม้ใหญ่ในเขตเมืองเป็นการเพิ่มความขรุขระของเมืองในบริบทที่สัมพันธ์กับการอยู่อาศัยของมนุษย์ได้จริง อีกทั้งยังมีประโยชน์ในด้านอื่นอีกหลากประการเช่น การลดความร้อนในเขตเมือง ลดผลกระทบด้านสุขภาพ และรวมไปถึงยังช่วยกักเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กได้อีกทางหนึ่งด้วย [7]



รูปที่ 3 แสดงประโยชน์ของการปลูกต้นไม้ในเขตเมือง

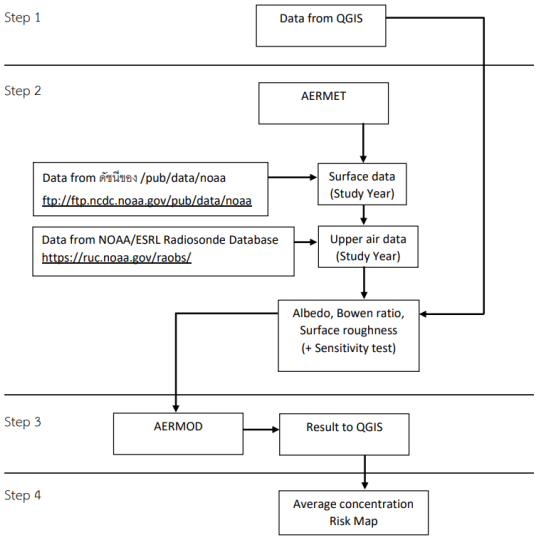
หรือหากมีความจำเป็นในการต้องสร้างอาคารหรือสาธารณูปโภคขนาดใหญ่ในเขตเมืองเพื่อตอบสนองความต้องการด้านที่อยู่อาศัยและอำนวยความสะดวกของคนเมือง ก็ยังสามารถเติมแนวคิดของพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง (Green in the City) เข้าไปได้อีกหลากหลายวิธียกตัวอย่างเช่นการเลือกใช้ผนังและหลังคาเขียว (green façade and roof) [8] ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 6 ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นการผสมผสานหลักการทางวิทยาศาสตร์-วิศวกรรมศาสตร์ เข้ากับหลักการทางสถาปัตยกรรมศาสตร์-การออกแบบเมืองอย่างลงตัว สิ่งปลูกสร้างในเขตเมืองช่วยเพิ่มความขรุขระของเมือง ซึ่งช่วยให้ความเข้มข้นของมลพิษโดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กลดลง และเมื่อรวมเข้ากับการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองซึ่งนอกจากประโยชน์โดยตรงของต้นไม้ใหญ่ในเรื่องความชุ่มชื้นความมีชีวิตชีวาและลดความร้อนเมืองได้แล้ว ต้นไม้ใหญ่ยังสามารถช่วยกักเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่ใช้ฟุ้งกระจายอยู่บนอากาศ (เพื่อรอฝนและชะล้างลงสู่พื้นดินตามธรรมชาติ) ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งกว่าเครื่องกรองใดๆ จะสามารถทำได้

รูปที่ 4 แสดงงานออกแบบของ Stefano Boeri Architetti สำหรับการพัฒนาเมืองใหม่ในประเทศจีน

ข้อมูลข้างต้นจากงานวิจัยเชิงวิศวกรรม นำมาประกอบกับการวิเคราะห์เพื่อหาทางเชื่อมโยงสู่ภาคปฏิบัติของสถาปนิกและนักออกแบบเมือง จะพบว่ามีความเชื่อมต่อกันอย่างสมเหตุสมผลโดยอาศัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจำลองค่ามลพิษอากาศสำหรับวางแผนโครงสร้างพื้นฐานสิ่งแวดล้อมชุมชนเมืองต่อไป

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจำลองค่ามลพิษอากาศสำหรับวางแผนโครงสร้างพื้นฐานสิ่งแวดล้อมชุมชนเมืองครั้งนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังนี้



การสร้างแผนที่วิเคราะห์การกระจายตัวของฝุ่นควัน โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ AERMOD ประกอบด้วยกระบวนการหลัก 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกการเตรียมข้อมูล Albedo , Bowen Ratio และ Surface Roughness Length ขั้นตอนที่สองการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง AERMET ขั้นตอนที่สามการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง AERMOD และขั้นตอนสุดท้ายการสร้างแผนที่การกระจายของฝุ่นด้วยในโปรแกรม QGIS

3.1. เตรียมข้อมูลจาก QGIS

3.1.1. *ขอบเขตการศึกษา*

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นพื้นที่ศึกษา โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่อาคารคณะรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ พิกัด ละติจูดที่ 18.803511 และ ลองจิจูดที่ 98.954622 ซึ่งพื้นที่ศึกษามีขอบเขตรัศมีจากจุดศูนย์กลาง 500 เมตร เป็นพื้นที่รูปแปดเหลี่ยมที่มีพื้นที่ทั้งหมด 630,314 ตารางเมตร และทำการศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2562

รูปที่ 5 แสดงขอบเขตการศึกษาพื้นที่มหาลัยเชียงใหม่

3.1.2. *การเตรียมข้อมูล ALBEDO , BOWEN RATIO และ SURFACE ROUGHNESS LENGTH*

การจะสร้างแผนที่การกระจายของฝุ่นจำเป็นต้องเตรียมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็น เช่น ชนิดและพื้นที่ของสิ่งปกคลุมผิวดิน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่า Albedo , Bowen Ratio และ Surface Roughness Length โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาทั้งหมดเป็นแปดส่วนก่อนนำไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ และทำการสร้างแบบจำลองสภาพแวดล้อมที่เป็นการปลูกต้นไม้ใหญ่เพิ่มมากขึ้น เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและการกระจายของฝุ่นละออง

- Albedo คือค่าการสะท้อนของการแพร่รังสี (Solar Radiation) จากพื้นดินสู่อากาศโดยไม่มีการดูดซับ

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตแบบไม่ถ่วงน้ำหนักของค่า Albedo
w = ค่าสัดส่วนของพื้นที่ Lane Use แต่ละประเภท (Fraction)
n = จำนวนประเภทของ Lane Use ในพื้นที่

- *BOWEN RATIO คือค่าดัชนีความชื้นที่ผิว เป็น*อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความร้อน (Sensible Heat Flux) ต่อการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝง (Latent Heat Flux)

$$\bar{x} = [(x_1)^{w_1} \cdot (x_2)^{w_2} \cdot \ldots \cdot (x_n)^{w_n}]^{1/\Sigma(w)} \quad (2)$$

เมื่อ $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตแบบไม่ถ่วงน้ำหนักของค่า Bowen Ratio
w = ค่าสัดส่วนของพื้นที่ Lane Use แต่ละประเภท (Fraction)
n = จำนวนประเภทของ Lane Use ในพื้นที่

- Surface Roughness Length คือความสูงที่ ความเร็วลมเฉลี่ยในแนวระดับเป็น 0

$$\bar{x} = [(x_1)^{w_1} \cdot (x_2)^{w_2} \cdot \ldots \cdot (x_n)^{w_n}]^{1/\Sigma(w)} \quad (2)$$

เมื่อ $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตแบบถ่วงน้ำหนักของค่า Surface Roughness
w = ค่าน้ำหนักของข้อมูล (weighting)
n = จำนวนประเภทของ Lane Use ในพื้นที่

3.2. การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง AERMET

กระบวนการนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจาก 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกการวิเคราะห์ Surface data จากข้อมูลดัชนีของ /pub/data/noaa ขั้นตอนที่สองวิเคราะห์ Upper air data จากข้อมูลของ NOAA/ESRL Radiosonde Database ขั้นตอนสุดท้ายนำข้อมูลที่เตรียมไว้จากกระบวนการที่ 3.1 มาวิเคราะห์ค่า Albedo , Bowen Ratio และ Surface Roughness Length จากนั้นจะได้ข้อมูลที่นำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ AERMOD

3.3. การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง AERMOD

กระบวนการนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลต่อจากกระบวนการ 3.2 โดยมีการกำหนดจุดปล่อยควันเสีย และขอบเขตพื้นที่ที่ส่งผลกระทบนำมาวิเคราะห์รวมกับข้อมูลจากกระบวนการ 3.2 ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละออง โดยมีข้อมูลบรรจุอยู่ในพิกัดแกน X และพิกัดแกน Y ของพื้นที่ศึกษา

3.4. การสร้างแผนที่การกระจายของฝุ่นด้วยในโปรแกรม QGIS

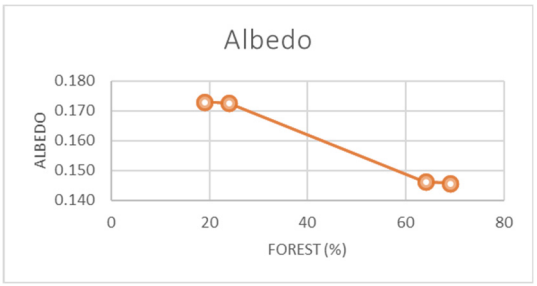
เนื่องจากผมลัพธ์ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีพิกัด X-Y จึงสามารถนำไปแสดงผลในโปรแกรม QGIS ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนที่การกระจายความเข้มข้นของฝุ่นละออง

เนื้อหาข้างต้นแสดงกระบวนการการวิจัย ซึ่งสามารถนำเสนอผลการวิจัยได้ในส่วนถัดไป

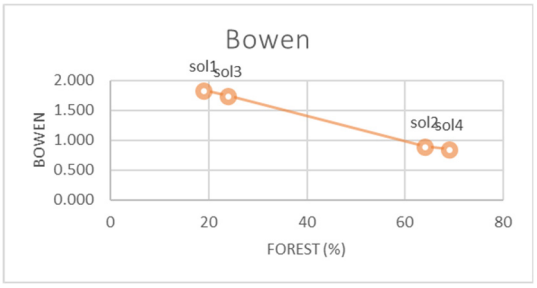
4. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นควันโดยแบบจำลอง AERMOD พบว่าเมื่อมีการเพิ่มต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา ค่าของ Albedo และ Bowen Ratio มีค่าลดลง แต่ค่า Surface Roughness Length

และความเข้มข้นของฝุ่นสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการกระจายความเข้มข้นของฝุ่น จะมีการกระจายความเข้มข้นลดลง

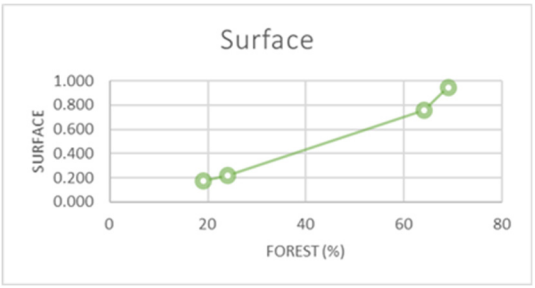


รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Albedo และร้อยละของพื้นที่ต้นไม้

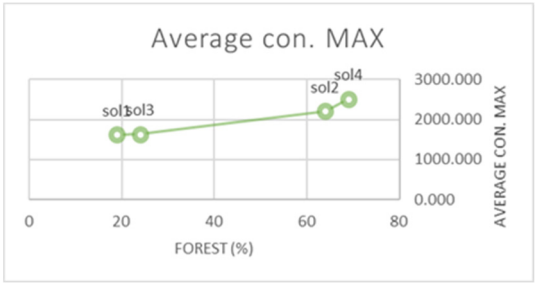


รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Bowen และร้อยละของพื้นที่ต้นไม้

การที่การเพิ่มต้นไม้ทำให้ค่า Albedo และ Bowen Ratio ลดลง เพราะค่า seasonal ของ Albedo และ Bowen ที่เกิดจากการเปลี่ยนสิ่งปกคลุมผิวดินมีค่าลดลง เนื่องจากพื้นดินเปล่าหรือหญ้ามีค่าตามฤดูกาล มากกว่าต้นไม้ใหญ่ เมื่อพิจารณาตามความเป็นจริงแล้วค่า Albedo ที่แสดงถึงการสะท้อนของการแพร่รังสี ผิวดินเปล่าย่อมมีการสะท้อนของการแผ่รังสีที่มากกว่าผิวดินที่มีการปกคลุมด้วยหญ้าและต้นไม้ ส่วน Bowen ที่แสดงถึงค่าดัชนีความชื้นที่ผิว ค่าของผิวดินเปล่าจะมีค่ามากกว่าค่าของหญ้าและต้นไม้

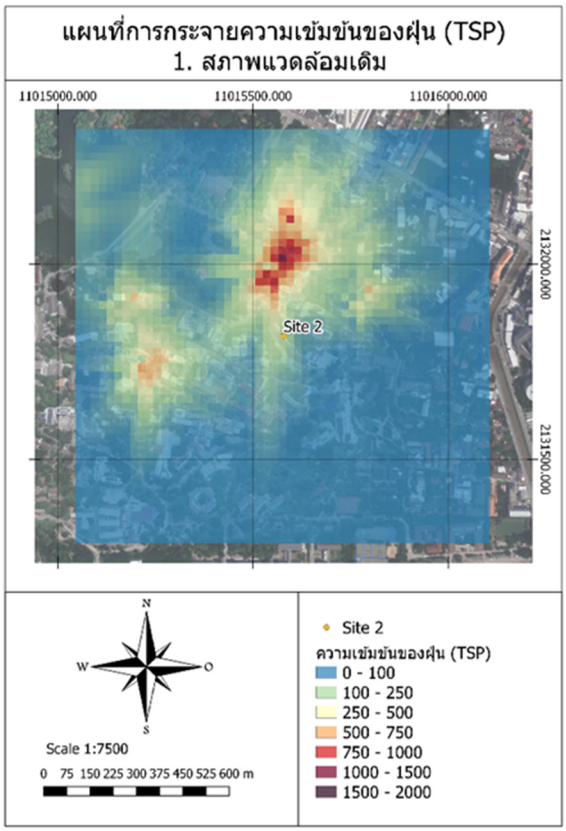


รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Surface Roughness Length และร้อยละของพื้นที่ต้นไม้

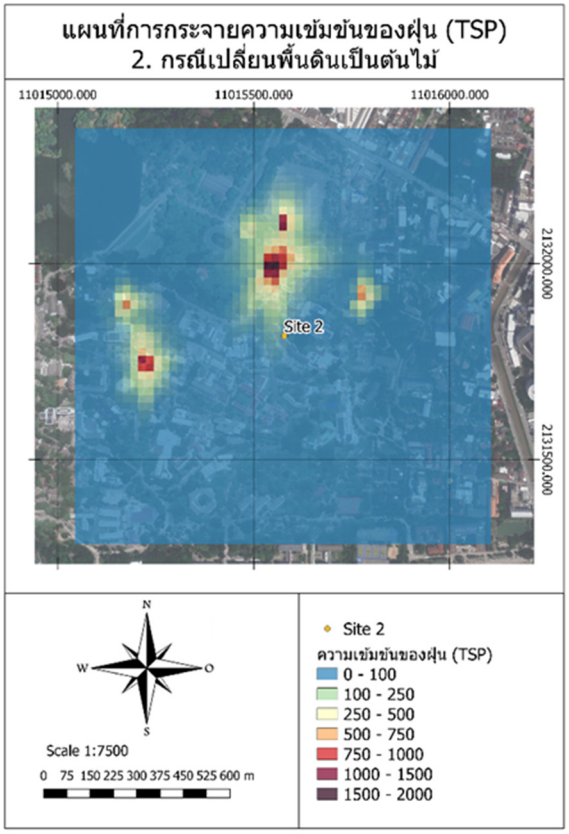


รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า average concentration และร้อยละของพื้นที่ต้นไม้

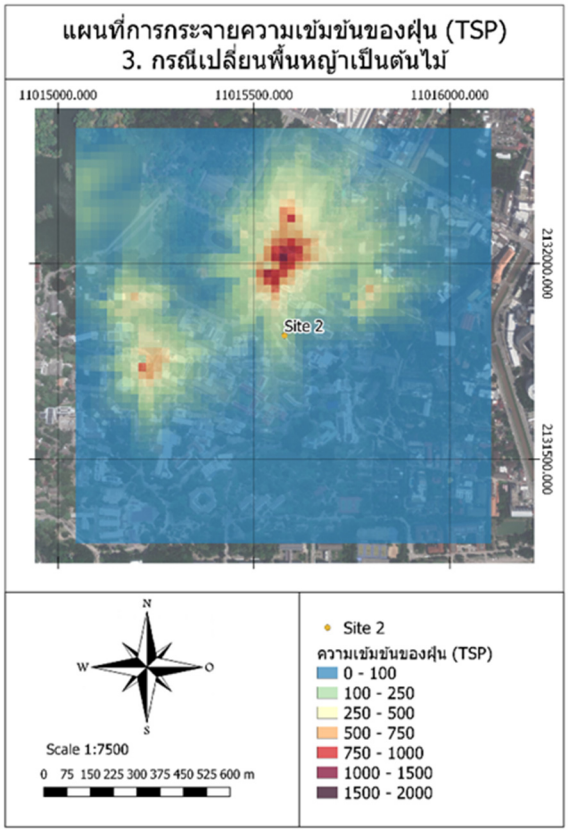
Surface Roughness Length และความเข้มข้นของฝุ่นสูงสุดที่มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มต้นไม้ เป็นเพราะค่า Surface Roughness Length ของพื้นผิวที่เป็นต้นไม้มีค่ามากกว่าผิวดินเปล่า ซึ่งต้นไม้ใหญ่จะทำให้ความสูงที่ความเร็วลมเฉลี่ยในแนวระดับเท่ากับ 0 นั้นมีค่าสูงขึ้น ส่วนความเข้มข้นสูงสุดที่มีค่าสูงขึ้นเป็นเพราะต้นไม้ใหญ่ที่เพิ่มขึ้นทำให้อากาศไม่สามารถระบายและเกิดการกระจุกตัวของฝุ่นละออง



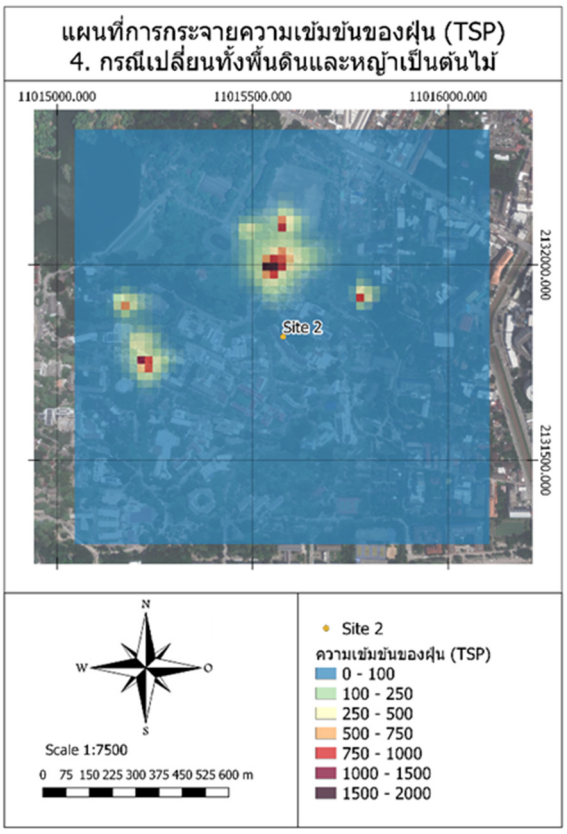
รูปที่ 10 แผนที่การกระจายความเข้มข้นของฝุ่น กรณีที่ 1



รูปที่ 11 แผนที่การกระจายความเข้มข้นของฝุ่น กรณีที่ 2



รูปที่ 12 แผนที่การกระจายความเข้มข้นของฝุ่น กรณีที่ 3



รูปที่ 13 แผนที่การกระจายความเข้มข้นของฝุ่น กรณีที่ 4

5. สรุปผลการทดลอง

จากการจำลองค่าฝุ่นละลองด้วย AERMOD พบว่าการปลูกต้นไม้ใหญ่ไม่ได้ช่วยลดฝุ่นโดยตรง แต่เป็นการลดการกระจายตัวของฝุ่น เนื่องจากต้นไม้เป็นสิ่งปกคลุมผิวดินที่มีความสูงมากกว่าสิ่งปกคลุมผิวดินชนิดอื่นมาก ทำให้ลมและอากาศไหลผ่านบริเวณที่มีต้นไม้ใหญ่ยากขึ้น จึงเป็นผลให้การกระจายตัวของฝุ่นนั้นลดลง แต่หากเป็นจุดที่เป็นจุดปล่อยควันเสียจะทำให้บริเวณที่ปล่อยควันเสียเกิดการกระจุกตัวของฝุ่นและทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่สามารถระบายผ่านทางลมหรืออากาศได้ และส่วนของสภาพแวดล้อมกระแสลม การปลูกต้นไม้ใหญ่นั้นช่วยลดความเร็วลมสูงสุดได้น้อยมากจนถึงไม่ลดเลย แต่มีความสามารถในการวางกั้นควบคุมทิศทางลมเพื่อเพิ่ม-ลดความหนาแน่นและความเร็วลมในบางจุดได้ อีกทั้งต้นไม้ใหญ่ยังส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งหากทำการศึกษาพื้นที่และจัดวางต้นไม้โดยคำนึงทั้ง 2 องค์ประกอบนี้แล้วจะสามารถปรับอุณหภูมิอากาศในพื้นที่เป้าหมายซึ่งสอดคล้องกับ [2, 3] ในทางทฤษฎีอันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานในภาคปฏิบัติต่อไป

โดยงานวิจัยนี้นอกเหนือจากพิสูจน์ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ยังเป็นการยืนยันได้ว่าเครื่องมือเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับ AERMOD เพื่อใช้ในการจำลองค่ามลพิษอากาศสำหรับวางแผนโครงสร้างพื้นฐานสิ่งแวดล้อม

ชุมชนเมืองได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [4, 9] อย่างมีประสิทธิภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ. ม.ป.ป.; สืบค้น: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php.

[2] ดำรงศักดิ์ รินชุมภู มานัส ศรีวณิช เอกบดินทร์ วินิจกุล ธิดารัตน์ กฤดากร ณ อยุธยา และชวนรรฒน์ สุนทรนาค, ผลกระทบของหมอกควันและความเปราะบางของเมือง – ระยะที่ 2 – การพัฒนาแบบจำลองกายภาพเมืองสำหรับการพยากรณ์มลพิษทางอากาศในชุมชนเมือง, in ภายใต้กิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยโครงการประเทศไทยไร้หมอกควัน. 2562, ภายใต้กิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยโครงการประเทศไทยไร้หมอกควัน, เครือข่ายพันธมิตรมหาวิทยาลัยเพื่อการวิจัย, งบประมาณวิจัยโครงการท้าทายไทย: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ประจำปีงบประมาณ 2561.

[3] Pongprueksa, P. and Chatchupong, T., High resolution land cover data for Thailand's air quality impact assessment, in 5th International Conference on Environmental Engineering, Science and Management. 2016: The Twin Towers Hotel, Rong Muang, Bangkok, Thailand.

[4] Rzeszutek, M. and Szulecka, A., *Assessment of the AERMOD dispersion model in complex terrain with different types of digital elevation data.* IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. 642(1): p. 012014.

[5] United States Environmental Protection Agency (US EPA), *Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling (SCRAM).* n.d.

[6] Cochran, L. and Derickson, R., *Low-rise Buildings and Architectural Aerodynamics.* Architectural Science Review 2005. 48: p. 1-12.

[7] C40 CITIES. *Planting Healthy Air: A Natural Solution to Address Pollution and Heat in Cities*. 2016; Available from: https://www.c40.org/blog_posts/planting-healthy-air-a-natural-solution-to-address-pollution-and-heat-in-cities.

[8] Garfield, L. *China is building a smog-eating 'forest city' filled with tree-covered skyscrapers*. 2017; Available from: https://www.businessinsider.com/stefano-boeri-forest-city-liuzhou-china-2017-6.

[9] Prasetia, H., Annisa, N., Riduan, R., Setyowati, E.R., Tasfiyati, A.N., and Maryana, R., *The dispersion pattern of PM10 and SO2 on Highway Kuin Utara and Kuin Selatan Banjarmasin City based on GIS spatial model.* IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021. 1011: p. 012011.