

บทความวิจัย (Research article)

แผนที่การกระจายตัวของภาวะหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่
Particulate matter 2.5 micrograms per cubic meter (PM2.5) Mapping System
for Chiang Mai area.

วาทยุทธ การะเกตุ^{1*} วิทยา ดวงธิมา¹ นิกร มหาวาน¹ พันธุ์ระวี กองบุญเทียม¹
Watayoot Karaket^{1*} Wittaya Daungthima¹ Nikorn Mahawan¹ and Punravee Kongboontiam¹

¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้
¹Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University

*Corresponding author email: mon-k-orn@hotmail.com

วันที่รับบทความ (Received)
6 มิถุนายน 2566

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)
22 สิงหาคม 2566

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
23 สิงหาคม 2566

บทคัดย่อ

เมืองเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาหมอกควันรวมถึงปรากฏการณ์หมอกฤดูร้อนมาตั้งแต่อดีต ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่จะเกิดเป็นประจำในทุกปีในช่วงฤดูกลางหมอกควัน โดยไม่ได้รับความสนใจจากภาคสังคมเท่าที่ควร กระทั่งปี พ.ศ.2550 เป็นต้นมา ที่เมืองเชียงใหม่เริ่มเผชิญปัญหาหมอกควันที่รุนแรงขึ้น ทำให้ภาคสังคมเริ่มตระหนักถึงอันตรายจากฝุ่นละอองจิว ทำให้มีการเสนอให้ภาครัฐช่วยประกาศภาวะฉุกเฉินเรื่องมลพิษทางอากาศ จนเกิดมาตรการรับมือและป้องกันมลพิษทั้งระยะสั้นและระยะยาวตามมา ซึ่งบทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของหมอกควันที่เกิดจากฝุ่นละออง PM2.5 และนำเสนอข้อเสนอแนะสำหรับบรรเทาปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ ผ่านการสังเกตและจดบันทึกค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM2.5 ในช่วงฤดูกลางหมอกควันซึ่งเป็นช่วงเวลาในพื้นที่ศึกษาประสบปัญหารุนแรงที่สุด โดยทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 และผลการวิจัยได้พบรูปแบบการกระจายตัวของฝุ่นละออง PM2.5 จำนวน 3 รูปแบบ ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างวันและช่วงเวลา ได้แก่ 1.รูปแบบที่พบในวันจันทร์ถึงศุกร์ 2.รูปแบบที่พบในวันเสาร์และอาทิตย์ 3.รูปแบบที่มักเกิดขึ้นในช่วงที่มีวันหยุดติดต่อกันหลายวัน และอีก 1 รูปแบบที่ไม่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบอื่น ซึ่งมีการนำเสนอผ่านแผนที่ โดยใช้ระดับสีแทนระดับความรุนแรงเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปศึกษาต่อ โดยสามารถนำรูปแบบที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ร่วมกับมาตรการบรรเทาปัญหาทั้งจากภาครัฐและภาคประชาชน เช่น การเปิดปิดระบบฟันทองลอยตามเวลาและสถานที่ที่เหมาะสม หรือการสร้างพื้นที่ปลอดฝุ่นไว้สำหรับประชาชนกลุ่มเสี่ยง เป็นต้น เพื่อช่วยให้ชาวเชียงใหม่สามารถมองเห็นภาพของมลพิษทางอากาศได้อย่างชัดเจนและสามารถรับมือกับปัญหาได้ดียิ่งขึ้น โดยสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และยังเป็น การช่วยลดการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น อันเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญที่นำไปสู่กระบวนการบรรเทาปัญหาที่ยั่งยืน

คำสำคัญ : เมืองเชียงใหม่, ดัชนีคุณภาพอากาศ, ฤดูกาลหมอกควัน

Abstract

Chiang Mai is an area that has experienced smog problems from past to present. The problems in the past may have not been as severe as those at the present time. This is often heard as "Hazy" which is a phenomenon that occurs regularly every year especially during closed air with high air pressure spreading

to cover the area. As a result, the hot vapor cannot float into the atmosphere. Not until 2007 Chiang Mai has started to face more serious smog problems, making the social sector aware danger of the existing tiny dust. It has been proposed that the government sector should declare air pollution emergency and make measures of pollution mitigation and prevention are brought about from the personal level to the city level. The objective of this article was to study the distribution pattern of smog originating from PM2.5 dust and to present suggestions for alleviating problems that correspond to the situation in the area of Chiang Mai. This was conducted through observing and recording the concentration of PM2.5 dust during the smog season from January to April of 2019 and 2020. Because this time of the year, Chiang Mai experiences the most severe smog problems. The results of the study revealed a pattern of distribution of PM2.5 dust for 3 patterns with relationships between days and time, namely 1.The pattern of occurrence from Monday to Friday, 2.The pattern of occurrence on Saturday and Sunday and 3.The pattern that often occurs during several consecutive holidays. There was also another pattern having no relationships with other ones. The patterns were presented through maps by using the color scale to represent the severity level for convenience in understanding them and using them as a guideline for further study. The results of the study can be applied together with the problem mitigation measure from both the government sector and the public sector such as turning on and off the spraying system at the right time and place, building dust-free areas for the group of people at risk etc. These can stimulate the people of Chiang Mai be seriously aware of the air pollution and encourage them to prepare for dealing with actual problems. Moreover, this also help save energy from wasting usage leading to sustainable problem solving process.

Key words: Chiang Mai; PM2.5 dust; smog season

บทนำ

ภาวะหมอกควัน (Smog) หมายถึงการสะสมของฝุ่นหรือควันในอากาศหรืออนุภาคขนาดเล็ก (Particle Matter, PM) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.001 ไมครอน ถึง 500 ไมครอน จัดเป็นมลภาวะทางอากาศรูปแบบหนึ่งอันส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยระดับความอันตรายขึ้นอยู่กับขนาด ความเข้มข้น และระยะเวลาที่สัมผัสกับฝุ่นละออง รวมถึงสภาพร่างกายของผู้รับสารแต่ละคน [1] ซึ่งฝุ่น PM2.5 เป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กมาก เล็กกว่าขนจมูกประมาณ 25 - 30 เท่า ทำให้ฝุ่นละอองสามารถผ่านทะลุผนังถุงลมของปอดและเข้าสู่เส้นเลือดได้โดยตรง [2] การได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) มีผลกระทบต่อระบบของร่างกาย ทำให้เกิดความผิดปกติและก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ ขณะที่ในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลสรุปทางการแพทย์ที่แน่ชัดถึงกลไกในการก่อโรคของ PM2.5 ณ ในการป้องกันหรือรักษาการแพทย์ทางเลือกอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อใช้ป้องกันหรือรักษาภาวะผิดปกติและโรคที่เกิดจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละออง PM2.5 [3]

พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะ ทำให้ในช่วงฤดูแล้งที่อากาศแห้ง ประจวบกับความกดอากาศสูงหรือมวลอากาศเย็นแผ่ปกคลุม จึงทำให้เกิดหมอกในตอนเช้าได้ง่าย ซึ่งเมื่อรวมตัวกับฝุ่นละอองที่สะสมในอากาศ จึงส่งผลให้เกิดหมอกควัน (Smog) ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟ้าหาว โดยสาเหตุหลักเกิดจากการบุกรุกเผาทำลายป่า การเผาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับฤดูกาลถัดไป และการเผากำจัดขยะ [1] โดยข้อมูลตรวจวัดฝุ่น PM2.5 ที่สถานีศรีภูมิ เมืองเชียงใหม่ ของกรมควบคุมมลพิษ ทำให้ทราบว่ารูปแบบของฝุ่น PM2.5 มีลักษณะคล้ายกันทุกปี โดยพบค่าเกินมาตรฐานที่ประเทศไทยกำหนด ค่าฝุ่น PM2.5 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนและมักมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคมของทุกปี โดยมักมีความรุนแรงสูงเกินกว่ามาตรฐานประมาณ 4 - 5 เท่า [4] ซึ่งช่วงเวลาที่เกิดภาวะหมอกควันนั้นสอดคล้องกับ

พฤติกรรมของมนุษย์ และการเผาผลาญชีวภาพในที่โล่งที่มีผลกระทบในฤดูแล้ง ตั้งแต่มกราคมถึงเมษายน [5] จึงเรียกได้ว่าเป็นช่วงฤดูกาลหมอกควัน

หมอกควันกลายเป็นปัญหาของภาคเหนือที่ต้องเกิดขึ้นเป็นประจำในทุกปี โดยเฉพาะช่วงอากาศแล้ง อาจเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนและมักมีปริมาณสูงสุดในเดือนมีนาคม ทั้งนี้ในปี พ.ศ.2555 พบว่าหมอกควันเริ่มปรากฏชัดเจนตั้งแต่ช่วงกลางเดือนมกราคม ส่งผลให้สภาพคุณภาพอากาศแย่งจนพบผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยปัญหาหมอกควันได้สร้างผลกระทบต่อมหาศาลโดยเฉพาะภาคการท่องเที่ยวที่หยุดชะงัก อุบัติเหตุทางการจราจร และปัญหาสุขภาพของประชาชน ซึ่งมีการประเมินมูลค่าความเสียหายในครั้งนั้นไม่ต่ำกว่า 2,000 ล้านบาท [6] ขณะที่ทางจังหวัดเชียงใหม่ก็ได้มีกระบวนการแก้ปัญหาโดยมุ่งเน้นไปที่ปัญหาไฟป่า แต่การบรรเทาปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองก็เป็นสิ่งที่ไม่อาจมองข้ามได้เช่นกัน ซึ่งกระบวนการบรรเทาปัญหาที่มีอยู่ก่อนแล้ว เช่น การติดตั้งระบบฟั่นละอองน้ำที่มีการเปิดใช้งานตลอดเวลาตามทางแยกและตามตลาดฟ้าอาคารขนาดใหญ่ หรือขบวนรถบรรทุกน้ำฉีดฟั่นละอองน้ำตามบริเวณศูนย์กลางเมืองเชียงใหม่ ซึ่งเป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นในอากาศและลดความรุนแรงของหมอกควันได้ ทั้งยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานที่ไม่จำเป็นซึ่งอาจเป็นต้นเหตุของปัญหาฝุ่นควันในอนาคต แต่ปัญหาหมอกควันนั้นเกิดจากหลายสาเหตุ ทำให้แต่ละพื้นที่มีบริบทในการแก้ปัญหาที่ต่างกันไป และต้องได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน การทำให้ประชาชนตระหนักถึงปัญหาจึงเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญ [7]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษารูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ในช่วงฤดูกาลหมอกควัน ผ่านการบันทึกค่า PM2.5 จากการเก็บข้อมูลด้วยอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศส่วนตัว, ข้อมูลจากสถานีวัดคุณภาพในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ และข้อมูลที่มีการแบ่งปันผ่านสื่อและแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ไม่เป็นทางการ กับข้อมูลจากแหล่งมาตรฐาน โดยจะแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลาในแต่ละวัน เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวที่เกิดขึ้นภายในปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 และสร้างเป็นแผนที่แบบจำลองที่แสดงถึงความสอดคล้องกันของแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถช่วยสื่อสารให้ประชาชนได้เห็นภาพของปัญหามลพิษทางอากาศอย่างเป็นรูปธรรม และสามารถประยุกต์ใช้กับแนวทางบรรเทาปัญหาทั้งมาตรการที่กำลังดำเนินการอยู่และที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคตให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษารูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่
2. เสนอแนะแนวทางบรรเทาปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่

สมมติฐานในการศึกษา

เป็นการสร้างแผนที่แบบจำลองกายภาพ ผ่านการบันทึกค่า PM2.5 และหาค่าเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ย่อย จากนั้นจึงแทนค่าด้วยสี เพื่อแสดงถึงความรุนแรงและการกระจายตัวในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อนำเสนอข้อเสนอแนะ ผ่านทางมาตรการบรรเทาปัญหาจากภาครัฐที่มีอยู่เดิม ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

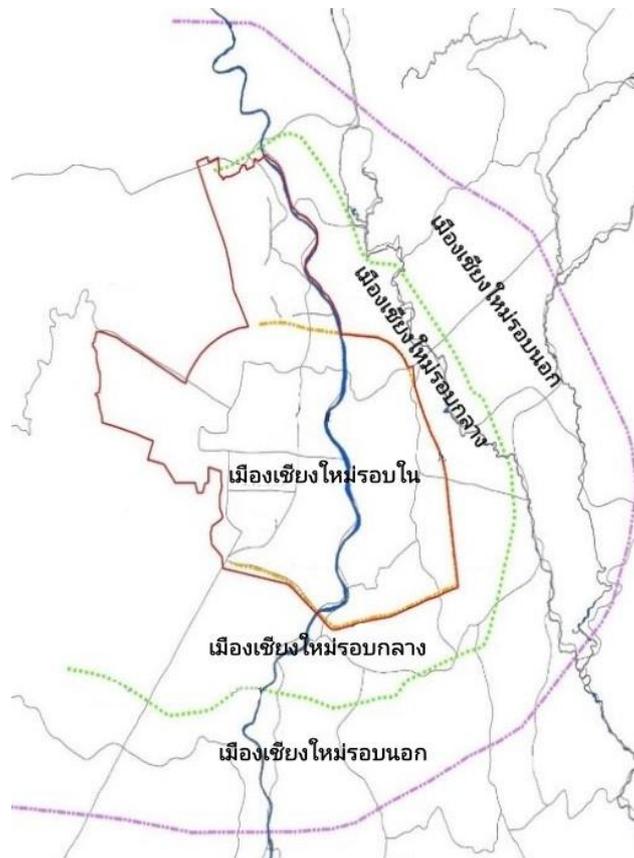
ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้นี้มีการวางแผนและเก็บข้อมูล ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน ของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 เป็นระยะเวลา 38 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดปรากฏการณ์หมอกควันของปีที่ศึกษา เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาความสอดคล้องของรูปแบบที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้กำหนด “พื้นที่เมืองเชียงใหม่” ดังภาพ 1 เป็นพื้นที่ศึกษา โดยใช้แนวเส้นทางหลวงแผ่นดิน 121 หรือถนนวงแหวนรอบนอกเมืองเชียงใหม่ หรือถนนวงแหวนรอบ 3 เชียงใหม่ เป็นแนวเขตของพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดจาก 5 อำเภอ 24 ตำบล โดยมีความสัมพันธ์กับความเป็นเมือง ที่มีรูปแบบวิถีชีวิตของประชากรในลักษณะอยู่อาศัยตามชานเมืองและเข้าไปทำงานในตัวเมือง และข้อจำกัดด้านงบประมาณ

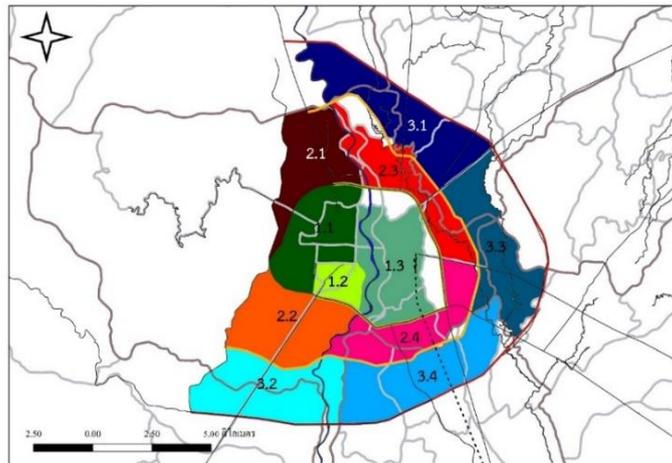
โดยแบบจำลองนี้เกิดจากการบันทึกข้อมูลความเข้มข้นของภาวะหมอกควันจากค่าฝุ่น PM2.5 ในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ เป็นระยะ 38 สัปดาห์ ซึ่งจะถูกนำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวตามช่วงเวลา (เช้า บ่าย และค่ำ) และกระจายตามวันในหนึ่งสัปดาห์ ทั้งนี้ไม่นำปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น ทิศทางลม ความชื้น หรือสารมลพิษทางอากาศอื่น ๆ มารวมอยู่ในการวิเคราะห์ด้วย เนื่องจากปัจจัยภายนอกดังกล่าวยังเป็นปัจจัยที่ยังควบคุมไม่ได้และประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอสำหรับการนำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้



ภาพที่ 1: พื้นที่ศึกษาเมืองเชียงใหม่

การแบ่งพื้นที่ย่อยในพื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งขอบเขตย่อย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีกิจกรรมและรูปแบบการสัญจรลักษณะเดียวกันเพื่อสะดวกต่อการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็นพื้นที่หลัก 3 พื้นที่ และพื้นที่ย่อย 11 พื้นที่ ดังภาพ 2



ภาพที่ 2: ขอบเขตย่อยเมืองเชียงใหม่

- 1) พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบใน ภายในถนนวงแหวนรอบ 1 เชียงใหม่ (แสดงด้วยเส้นสีส้มในภาพที่ 1)
 - 1.1) พื้นที่ตำบลศรีภูมิ ตำบลช้างม่อย ตำบลพระสิงห์ และตำบลหายยา ซึ่งเป็นพื้นที่ผสมผสานระหว่างเมืองเก่า ย่านพาณิชยกรรม และท่องเที่ยว ซึ่งมีผู้คนพลุกพล่านตลอดเวลา
 - 1.2) พื้นที่ตำบลช้างคลาน เป็นพื้นที่เมืองเก่าที่มีการสัญจรไม่มาก แต่อยู่ระหว่างย่านพาณิชยกรรมสำคัญ
 - 1.3) พื้นที่ตำบลวัดเกต เป็นพื้นที่มีสถานที่สำคัญหลายแห่ง เช่น โรงเรียน สถานีขนส่ง ขณะมีที่เส้นทางจราจรที่แคบและยากต่อการขยายช่องทางเพิ่ม
- 2) พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบกลาง ตั้งแต่ถนนวงแหวนรอบ 1 ถึงรอบ 2 (แสดงด้วยเส้นสีเขียวในภาพที่ 1)
 - 2.1) พื้นที่ตำบลช้างเผือก เป็นที่ตั้งของสถานที่ราชการเป็นส่วนใหญ่
 - 2.2) พื้นที่ตำบลสุเทพ บางส่วนของตำบลป่าแดด เป็นชุมชนอยู่อาศัยในย่านชานเมืองและสนามบิน
 - 2.3) พื้นที่ตำบลป่าตัน ตำบลสันผีเสื้อ ตำบลฟ้าฮ่าม ตำบลหนองป่าครั่ง เป็นพื้นที่มุ่งสู่ชานเมือง มีทั้งชุมชนอยู่อาศัย ห้างสรรพสินค้า และย่านพาณิชยกรรมสำคัญ ซึ่งเป็นทางผ่านสำคัญที่มุ่งสู่ตัวเมือง
 - 2.4) พื้นที่ตำบลท่าศาลา ตำบลหนองหอย เป็นพื้นที่ชานเมือง มีหอพักและชุมชนอยู่อาศัยหนาแน่น
- 3) พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบนอก ตั้งแต่ถนนวงแหวนรอบ 2 ถึงรอบ 3 (แสดงด้วยเส้นสีม่วงในภาพที่ 1)
 - 3.1) พื้นที่ตำบลหนองจ่อม ตำบลสันทรายน้อย เป็นพื้นที่ชานเมืองที่มีการอยู่อาศัยหนาแน่น มีทั้งชุมชนอยู่อาศัยเดิม และโครงการบ้านจัดสรร ทำให้มีการจราจรหนาแน่นในช่วงก่อนและหลังเวลางาน
 - 3.2) พื้นที่ตำบลสันกลางท่าวังตาล ตำบลหนองผึ้ง ตำบลไชยสถาน เป็นพื้นที่เมืองเก่า และโครงการบ้านจัดสรรที่กระจายตัวกันอยู่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา
 - 3.3) พื้นที่ตำบลสันพระเนตร ตำบลสันกลาง เป็นพื้นที่ชุมชนอยู่อาศัยปานกลาง เป็นจุดตัดของถนนไฮเวย์ที่มีการใช้ความเร็วในการสัญจร
 - 3.4) พื้นที่ตำบลแม่เหียะ บางส่วนของตำบลป่าแดด ตำบลหนองควาย เป็นพื้นที่ชานเมืองที่มีการอยู่อาศัยและจราจรปกติ แต่มีสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญทำให้มีการจราจรหนาแน่นในช่วงวันหยุด

การตั้งสมมุติฐานในการวิจัย

การตั้งสมมุติฐานในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของ PM2.5 จากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่มีข้อมูลของสถานการณ์หมอกควันจังหวัดเชียงใหม่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ.2562

ซึ่งมีความรุนแรงเกินกว่าค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ช่วงวันเวลาที่เกิดหมอกควันนั้นกลับมีความใกล้เคียงกัน จึงมีการตั้งสมมุติฐานว่าหมอกควัน PM2.5 ในพื้นที่ศึกษานั้นมีรูปแบบการกระจายตัวที่สอดคล้องกันในทุกปี

การสำรวจข้อมูล

การสำรวจข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้เป็นการสำรวจข้อมูลค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง PM2.5 รายชั่วโมง ผ่านทางเครื่องวัดค่าคุณภาพอากาศขนาดพกพา SNDWAY รุ่น SW825 PM2.5 Detector จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งมีการนำมาติดตั้งไว้ที่บริเวณหลังการถยนต์ที่จะขับไปจอดตามจุดต่าง ๆ ของแต่ละพื้นที่ย่อย โดยเครื่องที่ 1 เก็บข้อมูลในพื้นที่ย่อย 1.1, 1.2, 1.3, 2.1 เครื่องที่ 2 เก็บข้อมูลในพื้นที่ย่อย 2.2, 2.4, 3.2, 3.4 และเครื่องที่ 3 เก็บข้อมูลในพื้นที่ย่อย 2.3, 3.1, 3.3 เนื่องจากเหตุผลเรื่องความห่างไกลของพื้นที่และข้อจำกัดเรื่องจำนวนอุปกรณ์ จึงได้เฝ้าระยะเวลาเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งประมาณ 10 นาที รวมทั้งหมด 11 จุด โดยทำการสำรวจข้อมูลในรูปแบบเดียวกันนี้ 4 ครั้ง ต่อ 1 ช่วงเวลา ซึ่งเริ่มเก็บค่าในแต่ละครั้งพร้อมกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน ตลอดเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ.2563

ถัดมาได้เก็บแหล่งข้อมูลของภาครัฐ โดยเป็นการบันทึกค่าความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมง วันละ 12 ชั่วโมง ระยะเวลา 3 วัน จาก 2 สถานี ได้แก่ ข้อมูลจากสถานีศรีภูมิ ตั้งอยู่ที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย, ข้อมูลจากสถานีศูนย์ราชการเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่ศูนย์ราชการเชียงใหม่ และเก็บข้อมูลในช่วงฤดูกลางหมอกควันทั้งหมดของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 ที่ได้จากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีทั้งข้อมูลค่าดัชนีคุณภาพอากาศและค่าความเข้มข้น PM2.5 ที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลอย่างไม่เป็นทางการ และได้มีการแบ่งปันผ่านสื่อและแอปพลิเคชันต่างๆ เช่น IQAir, Air4Thai, Chiang Mai Air Pollution: Real time Air Quality Index เป็นต้น รวมถึงข้อมูลจากสถานีศูนย์วิจัยสถิติและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งนำเสนอข้อมูลรูปแบบเรียลไทม์ผ่านทาง www.cmuccdc.org

การเปรียบเทียบข้อมูลจากแหล่งข้อมูลมาตรฐาน

ในการคำนวณ PM2.5 AQI นั้นมีการลดทอนเบต้าในการคำนวณ ซึ่งคิดเป็นปริมาณไมโครกรัม (น้ำหนัก) ต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ จากนั้นก็นำจำนวนไมโครกรัมไปแปลงเป็น AQI ดังนั้น 1 ไมโครกรัม = 2 AQI หรือ 1 ไมโครกรัม = 10 AQI 10 ไมโครกรัมแรกนับเป็น 42 AQI แต่เมื่อค่าไมโครกรัมถึง 100 แล้วค่าก็ตัดไปที่ละ 10 ไมโครกรัม นับเป็นเพียง 5 AQI เท่านั้น และในที่สุดก็จะเป็น 1 ต่อ 1 [1] โดยสามารถคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของ PM2.5 ผ่านทางเว็บไซต์ [8] ซึ่งการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ส่วนตัวและจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ กับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลของภาครัฐในพื้นที่เดียวกัน ที่มีการเปรียบเทียบข้อมูลวันละ 12 ชั่วโมง เป็นระยะ 3 วัน ทั้งหมด 36 ชั่วโมง โดยพิจารณาความสอดคล้องกันของข้อมูลมาตรฐาน แล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) จากสูตร $I.O.C = R / N$ [9]

R = ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากแหล่งมาตรฐาน N = ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากเครื่องวัด

I.O.C มากกว่า หรือ เท่ากับ 0.5 แสดงว่า Valid/ใช้ได้

ตัวอย่าง การพิจารณาข้อมูลวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2563

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM2.5 จากสถานีศรีภูมิ = 54 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากเครื่องวัด = 52 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

I.O.C = 1.03 ซึ่งมากกว่า 0.5

ตัวอย่าง การพิจารณาข้อมูลวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2563

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM2.5 จากสถานีศรีภูมิ = 45 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากเครื่องวัด = 42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

I.O.C = 1.07 ซึ่งมากกว่า 0.5

ทำให้ทราบว่าข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ส่วนตัวและจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ กับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลมาตรฐานของภาครัฐนั้นมีค่าความสอดคล้องกันเกินร้อยละ 95

ตารางที่ 1: เปรียบเทียบค่าระหว่าง AQI และ PM_{2.5}

ความหมาย	AQI	PM _{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	คำอธิบาย
อากาศดีมาก	0 – 50	0 – 12.0	สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งหรือท่องเที่ยวตามปกติ
อากาศดี	51 – 100	12.1 – 35.4	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : ทำกิจกรรมกลางแจ้งตามปกติ <u>ผู้ที่ไวต่อมลพิษ</u> : ลดกิจกรรมที่ใช้เวลานาน
ปานกลาง	101 – 150	35.5 – 55.4	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : ทำกิจกรรมกลางแจ้งตามปกติ <u>ผู้มีปัญหาสุขภาพ</u> : หลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งที่ใช้แรงมากและใช้เวลานาน
อากาศแย่	151 – 200	55.5 – 150.4	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : ลดกิจกรรมกลางแจ้งที่ใช้เวลานาน <u>ผู้มีปัญหาสุขภาพ</u> : งดกิจกรรมกลางแจ้ง ให้พักหรือทำกิจกรรมในอาคาร
อากาศแย่มาก	201 – 300	150.5 – 250.4	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : หลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งที่ใช้เวลา <u>ผู้มีปัญหาสุขภาพ</u> : งดกิจกรรมกลางแจ้งทุกชนิด และสวมอุปกรณ์ป้องกันเมื่อจำเป็น
อันตราย	301 – 500**	250.5 -500.4*	<u>ประชาชนทั่วไป</u> : งดกิจกรรมกลางแจ้งทุกชนิด และสวมอุปกรณ์ป้องกันเมื่อจำเป็น <u>ผู้มีปัญหาสุขภาพ</u> : ควรพักในอาคารและงดกิจกรรม

ปรับปรุงมาจาก Chiang mai Air Quality Health Index [10]

การพัฒนาแบบจำลอง

งานวิจัยนี้เป็นการแสดงรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM_{2.5} ผ่านทางแผนที่กายภาพ ซึ่งจะแสดงลักษณะความรุนแรงของภาวะหมอกควัน PM_{2.5} ที่ปกคลุมพื้นที่ศึกษาในช่วงเวลานั้น ออกมาในลักษณะของกายภาพ เพื่อให้เห็นภาพอย่างเป็นรูปธรรม โดยทำการสำรวจข้อมูลความเข้มข้นของ PM_{2.5} รายชั่วโมง ในแต่ละพื้นที่ย่อย ผ่านทางแบบจำลองการไหลของมลพิษทางอากาศ โปรแกรม ANSYS flow simulation เป็นการจำลองการไหลของอากาศในพื้นที่ปิด พัฒนาโดย DTM DTA ซึ่งปกติต้องมีค่าใช้จ่ายในการอบรมและใช้งานโปรแกรม แต่ผู้วิจัยมีโอกาสดำเนินการอบรมหลักสูตร “ANSYS Discovery Workshop : การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (CAE) ด้วยเทคโนโลยี Real time simulation” เมื่อวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2563 ที่อาคารชานาญเพ็ญชาติฯ พระรามเก้า กรุงเทพฯ โดยเป็นการทดลองใช้งานโปรแกรมในช่วงเวลาจำกัด และไม่สามารถนำภาพที่ได้จากโปรแกรมออกมาใช้งานภายนอกได้

หลังจากได้รูปแบบการกระจายตัวแล้ว แสดงข้อมูลผ่านแผนที่ที่กำหนดสีความรุนแรงต่าง ๆ ลงในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยจะเห็นความแตกต่างรวมถึงการกระจายตัวของหมอกควัน PM_{2.5} ในแต่ละช่วง ซึ่งกำหนดให้มี 3 ช่วงเวลา ดังนี้ (เนื่องจากเหตุผลเรื่องความห่างไกลของพื้นที่และข้อจำกัดเรื่องจำนวนอุปกรณ์ จึงได้เผื่อระยะเวลาเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งประมาณ 10 นาที)

- 1) ช่วงเช้า ตั้งแต่ 6.00 – 11.00 น.
- 2) ช่วงบ่าย ตั้งแต่ 12.00 – 16.00 น.
- 3) ช่วงค่ำ ตั้งแต่ 17.00 – 21.00 น.

จากนั้นนำข้อมูลแต่ละช่วงเวลาของแต่ละพื้นที่ที่กำหนดเป็นค่าเฉลี่ย โดยจะมีทั้งหมด 3 ช่วงเวลา ต่อ 1 พื้นที่ย่อย และจะมีข้อมูลทั้งหมด 11 พื้นที่ต่อวัน ซึ่งมีการแทนค่าด้วยสี (ตารางที่ 1) เพื่อสะดวกต่อการศึกษา เรียงจากอากาศดีไปจนแย่มากที่สุด ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง สีส้ม สีแดง และสีม่วง ตามลำดับ (ภาพที่ 3) โดยแผนที่แบบจำลองที่ได้จะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ การเคลื่อนที่ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของหมอกควัน PM2.5 ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นปีที่มีสถานการณ์หมอกควันรุนแรงอย่างมากปีหนึ่ง



ภาพที่ 3: แสดงสีระดับความรุนแรงที่ใช้ในแผนที่

การวิเคราะห์ผลรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5

นำแบบจำลองกายภาพที่ได้ มาทำการจับกลุ่มความถี่ที่ซ้ำกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลามากำหนดสีลงบนแผนที่ โดยแผนที่ที่ได้นั้นจะแสดงให้เห็นสถานการณ์ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวัน ซึ่งสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ หรือรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 จากช่วงเช้าไปยังช่วงบ่าย และจากช่วงบ่ายไปยังช่วงค่ำได้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับนโยบายบรรเทาปัญหาที่ดำเนินการอยู่ ว่าควรเปิดใช้งานหรือดำเนินการตามวิธีใด จึงจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และสูญเสียทรัพยากรน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

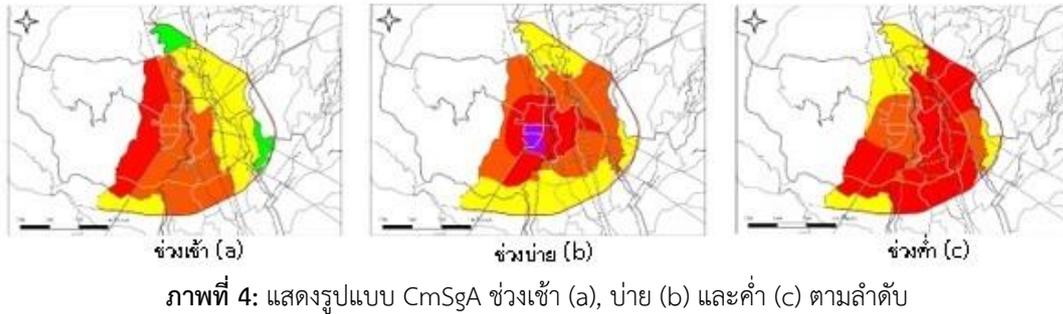
จากการสำรวจข้อมูลในครั้งนี้ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยหาพื้นที่และช่วงเวลาที่มีความสอดคล้องกัน พบว่าข้อมูลหมอกควัน PM2.5 ในเมืองเชียงใหม่ของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นปีที่มีรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 สอดคล้องกัน โดยแบ่งเป็นกระจายตัวเชิงพื้นที่และกระจายตัวเชิงเวลา หลังจากนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากสถานีวัดคุณภาพอากาศซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลมาตรฐานนั้น โดยใช้การเปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมง ครั้งละ 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่าข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกันเกินร้อยละ 95 จึงสามารถใช้อ้างอิงกับสถานการณ์จริงได้

จากรูปแบบการกระจายทั้ง 4 กลุ่ม สามารถนำมาบันทึกข้อมูลในแต่ละพื้นที่ย่อย (ภาพที่ 2) แล้วนำเสนอผ่านแผนที่ โดยรูปแบบการกระจายตัวทั้ง 4 รูปแบบนี้เกิดขึ้นตามวันและเวลาที่ต่างกันไป โดยได้กำหนดชื่อเรียกแต่ละรูปแบบซึ่งขึ้นต้นด้วย “CmSg ___” ที่ย่อมาจาก Chiang mai Smog และแทนค่าความรุนแรงในแต่ละพื้นที่ด้วยสี ที่เรียงตามระดับจากน้อยไปหามาก ดังตาราง 1 และภาพ 3

1) การกระจายตัวในวันจันทร์ถึงศุกร์ (CmSgA)

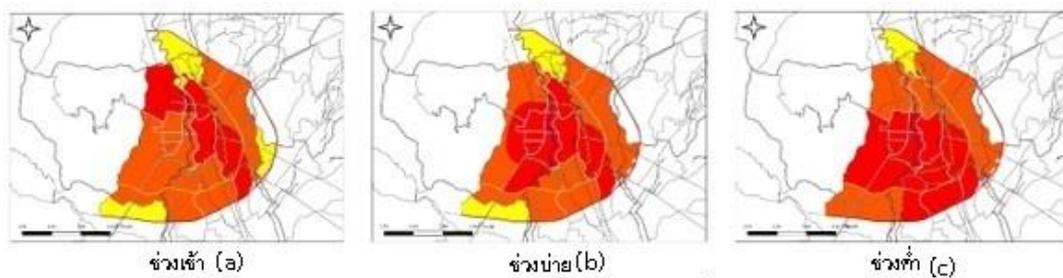
เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ เป็นการกระจายตัวออกจากศูนย์กลาง โดยเห็นรูปแบบชัดเจนในช่วงบ่ายที่หมอกควันไปรวมตัวที่ใจกลางเมืองก่อนจะกระจายตัวไปสู่พื้นที่ข้างเคียงในช่วงค่ำ ซึ่งส่งผลให้เมืองเชียงใหม่รอบกลางและเมืองเชียงใหม่รอบนอกมีระดับความรุนแรงที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะบริเวณแนวถนนสายหลักทั้ง 5 เส้นทาง ช่วงเช้าพบความรุนแรงสูงสุดตามแนวถนนเลียบบคลองชลประทานซึ่งติดกับดอยสุเทพ สอดคล้องกับสภาพความกดอากาศสูงและอุณหภูมิต่ำทำให้หมอกควัน PM2.5 ไปรวมตัวอยู่ในบริเวณนี้ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ ขณะที่ช่วงบ่ายได้ไปรวมอยู่ที่ใจกลางเมืองแทน และสุดท้ายในช่วงค่ำที่พบความเปลี่ยนแปลงอีกครั้ง เมื่อพื้นที่ใจกลางเมืองมีความรุนแรงลดลง ขณะที่พื้นที่โดยรอบมีระดับความ

รุนแรงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะตามแนวถนนสายหลักที่ออกจากเมืองเชียงใหม่ไปยังพื้นที่ชานเมือง ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการจราจรของประชากรในพื้นที่ที่มีการสัญจรกลับสู่ที่พักอาศัยตามชานเมือง



2) การกระจายตัวในวันเสาร์และอาทิตย์ (CmSgB)

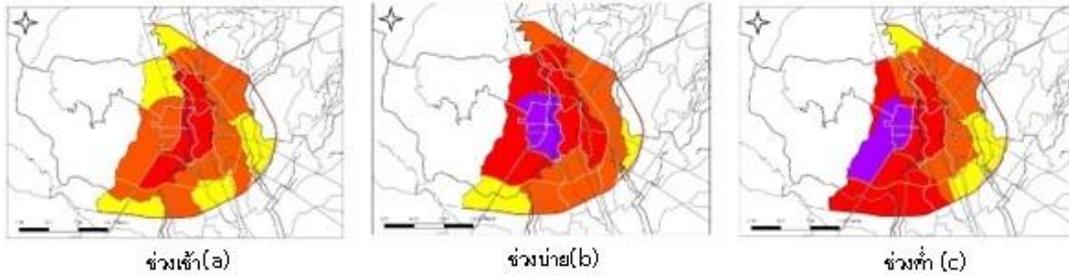
เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในวันเสาร์และอาทิตย์ เป็นการเคลื่อนที่ไปตามทิศทาง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากความรุนแรงระดับสีแดงที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งในทุกช่วงเวลา เริ่มจากทางทิศเหนือของใจกลางเมืองในช่วงเช้า ขยับลงมาทางทิศตะวันตกและทิศใต้ ในช่วงบ่ายและค่ำ สามารถเห็นรูปแบบการกระจายตัวได้ชัดเจน โดยมีหมอกควันที่รุนแรงปกคลุมตลอดทั้งวัน แต่พื้นที่ที่มีความรุนแรงสูงที่มีระดับสีแดงนั้นจะรวมตัวอยู่ในเขตถนนสมโภชเชียงใหม่ 700 ปี หรือถนนวงแหวนรอบกลางของเชียงใหม่ ซึ่งเป็นย่านพาณิชย์ที่สำคัญ เป็นที่ตั้งของตลาด ห้างสรรพสินค้า และแหล่งท่องเที่ยวหลายแห่ง ซึ่งสอดคล้องกับการใช้งานพื้นที่ของประชากรในช่วงวันหยุดเสาร์และอาทิตย์



3) การกระจายตัวช่วงสุดสัปดาห์ที่มีวันหยุดนักขัตฤกษ์หรือวันหยุดยาว (CmSgC)

เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในช่วงที่มีวันหยุดติดต่อกันหรือเรียกว่าวันหยุดยาว และเป็นรูปแบบที่มีความรุนแรงสูงที่สุดจากทั้ง 3 รูปแบบ มีลักษณะคล้ายกับรูปแบบ A และ B รวมกัน แต่ต่างตรงที่พื้นที่ที่มีความรุนแรงในช่วงก่อนหน้านั้นไม่ได้มีระดับความรุนแรงลดลง ทั้งยังเปลี่ยนให้พื้นที่ข้างเคียงมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นการแผ่ขยายไปสู่พื้นที่โดยรอบ

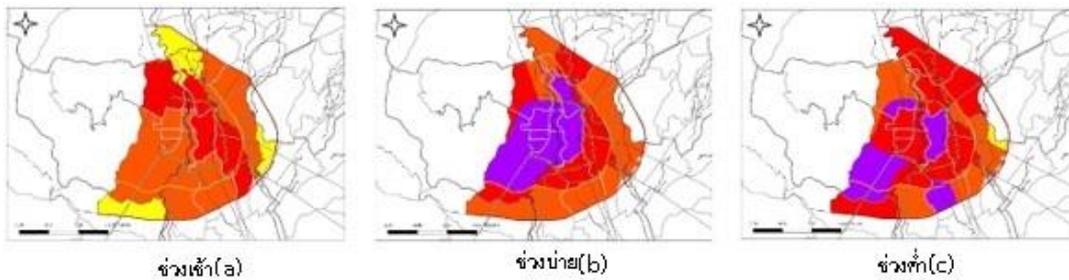
ตลอดช่วงเวลาที่เก็บบันทึกข้อมูล 38 สัปดาห์ มีช่วงวันหยุดยาวทั้งสิ้น 7 ครั้ง และเกิดรูปแบบนี้ทั้งหมด 5 ครั้ง โดยช่วงเวลาที่มีความรุนแรงสูงและชัดเจนที่สุดคือช่วงวันหยุดวันจักรีและวันสงกรานต์ ในเดือนเมษายน พ.ศ.2563 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีย่านท่องเที่ยวจำนวนมากเข้ามายังเมืองเชียงใหม่ รวมถึงประชากรที่ไปทำงานต่างพื้นที่ได้เดินทางกลับภูมิลำเนา สอดคล้องกับการสภาพท่องเที่ยว



ภาพที่ 6: แสดงรูปแบบ CmSgC ช่วงเช้า (a), บ่าย (b) และค่ำ (c) ตามลำดับ

4) รูปแบบที่ปรากฏเป็นบางครั้ง (CmSgD)

รูปแบบนี้มักเกิดขึ้นในวันอังคารถึงวันพุธ, วันศุกร์ และวันศุกร์ถึงวันเสาร์ เป็นรูปแบบที่มีความรุนแรงหลายพื้นที่และกระจายตัวไปทุกทิศทาง ก่อนจะกระจายออกไปอีกครั้งในช่วงถัดมา ทำให้วิธีการรับมือที่ดีที่สุด คือไม่ควรออกไปทำกิจกรรมในพื้นที่เปิดโล่ง



ภาพที่ 7: แสดงรูปแบบ CmSgD ช่วงเช้า (a), บ่าย (b) และค่ำ (c) ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากการพัฒนาแบบจำลองกายภาพรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของหมอกควัน สามารถจำแนกรูปแบบได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 รูปแบบที่มีความถี่คล้ายกันในช่วงวันปกติ ซึ่งมักเกิดขึ้นในวันจันทร์ถึงศุกร์ซึ่งเป็นการกระจายตัวออกจากศูนย์กลาง กลุ่มที่ 2 รูปแบบที่มีความถี่คล้ายกันในช่วงวันหยุดเสาร์และอาทิตย์ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ไปตามทิศทาง กลุ่มที่ 3 รูปแบบที่มีความรุนแรงพิเศษซึ่งเกิดขึ้น 5 ครั้ง จากช่วงที่มีวันหยุดเทศกาลติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันทั้งหมด 7 ครั้ง เป็นการแผ่ขยายไปสู่พื้นที่โดยรอบ และกลุ่มที่ 4 เป็นรูปแบบที่กระจายตัวในแบบคาดเดาได้ยาก แต่ไม่สามารถอธิบายความสอดคล้องได้เป็นพิเศษ โดยเกิดรูปแบบนี้เพียง 5 ครั้ง เช่นเดียวกับกลุ่มที่ 3 แต่ต่างตรงที่ไม่สามารถระบุช่วงวันที่เกิดที่ชัดเจนได้ จึงไม่นำมารวมในการวิเคราะห์ ขณะที่รูปแบบที่มักเกิดขึ้นเป็นประจำ 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบ CmSgA เกิดขึ้น 176 ครั้ง และรูปแบบ CmSgB เกิดขึ้น 64 ครั้ง ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์งานวิจัยที่ต้องการศึกษารูปแบบการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 ภายในพื้นที่ศึกษาเมืองเชียงใหม่ ในช่วงฤดูกลางหมอกควันของปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ. 2563

สรุปผล

จากการเก็บข้อมูลในพื้นที่เมืองเชียงใหม่ช่วงฤดูกลางหมอกควัน (มกราคม - เมษายน) ปี พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 พบรูปแบบการกระจายตัวของหมอกควันตามวัตถุประสงค์งานวิจัย 3 รูปแบบ ดังนี้

- 1) การกระจายตัวในวันจันทร์ถึงศุกร์ (CmSgA) มีลักษณะกระจายตัวออกจากศูนย์กลางจากพื้นที่ที่มีความเข้มข้นสูงไปยังพื้นที่รอบ ในขณะพื้นที่ศูนย์กลางจะลดความรุนแรงลงตามช่วงเวลา
- 2) การกระจายตัวในเสาร์และอาทิตย์ (CmSgB) เป็นการเคลื่อนที่ไปตามทิศทางจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ลงมาทางพื้นที่ที่อยู่ทิศใต้ของเมือง

3) ช่วงสุดสัปดาห์ที่มีวันหยุดนักขัตฤกษ์หรือวันหยุดยาว (CmSgC) เป็นการแผ่ขยายออกสู่พื้นที่โดยรอบ โดยที่พื้นที่ศูนย์กลางไม่ได้มีความรุนแรงลดลงเหมือน 2 รูปแบบก่อนหน้า

ข้อเสนอแนะ

เป็นการนำเสนอข้อเสนอแนะที่เหมาะสมกับพื้นที่เมืองเชียงใหม่ตามวัตถุประสงค์งานวิจัยข้อ 2 โดยอ้างอิงจากแผนที่รูปแบบการกระจายตัวหมอกควัน CmSgA และ CmSgB เป็นหลัก เนื่องจากมีการเกิดเป็นประจำและครอบคลุมชีวิตประจำวัน ในขณะที่รูปแบบ CmSgC และ CmSgD นั้นแม้จะมีความรุนแรงมากกว่า แต่มีโอกาสเกิดน้อยครั้ง

1) แนวทางบรรเทาปัญหาในวันจันทร์ถึงศุกร์

1.1 อ้างอิงจาก CmSgA ช่วงเช้า นั้นหมอกควันมีการรวมตัวมากในพื้นที่ติดดอยสุเทพ ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าที่มีความกดอากาศสูงและอุณหภูมิต่ำ จึงไม่จำเป็นต้องใช้การฉีดน้ำซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิยังพื้นที่ดังกล่าว แต่สามารถปรับไปใช้พัดลมดูดอากาศ หรือสร้างห้องปลอดฝุ่นสำหรับรองรับประชากรกลุ่มเสี่ยงให้กับพื้นที่ที่มีความรุนแรงจึงเหมาะสมกว่า เช่น ศูนย์ราชการ ชุมชนช้างเผือก ชุมชนสุเทพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นต้น

1.2 อ้างอิงจาก CmSgA ช่วงบ่าย เนื่องจากมีหมอกควันกระจายตัวไปทุกพื้นที่ โดยเฉพาะใจกลางเมืองเชียงใหม่ที่มีความรุนแรงมากกว่าพื้นที่อื่น สามารถบรรเทาปัญหาโดยเปิดการใช้งานมาตรการทุกอย่าง รวมถึงรณรงค์ขอความร่วมมือจากภาคเอกชนให้ช่วยพ่นละอองน้ำเพิ่มความชุ่มชื้นในอากาศจากยอดตึกสูง

1.3 อ้างอิงจาก CmSgA ช่วงค่ำ มีสาเหตุหลักจากสภาพการจราจรที่หนาแน่น จึงควรเปิดใช้งานระบบพ่นละอองน้ำตามแนวนอนสายหลักตั้งแต่บริเวณเมืองเชียงใหม่รอบกลางไปจนถึงรอบนอก และสามารถติดตั้งพัดลมดูดอากาศตามทางแยกสำคัญที่ เช่น ทางแยกศาลเด็ก ทางแยกรวมโชค ทางแยกสนามบิน ทางแยกกองทราย เป็นต้น

2) แนวทางบรรเทาปัญหาวินเสาร์และอาทิตย์

เนื่องจากทั้ง 3 ช่วงเวลามีหมอกควัน PM2.5 ปกคลุมรุนแรงทุกพื้นที่ จึงสามารถเปิดการใช้งานมาตรการบรรเทาปัญหาได้ตลอดเวลา แต่อาจประยุกต์เปิดใช้งานเต็มที่ตามจุดที่เป็นระดับสีแดง เพื่อลดการใช้พลังงานได้เช่นกัน ขณะที่พื้นที่อื่นอาจเปิดใช้งานได้ตามสถานการณ์และความเหมาะสม โดยสามารถเปิดใช้งานระบบพ่นละอองน้ำและพัดลมดูดอากาศเวียนไปตามการกระจายตัวของหมอกควัน PM2.5 ระดับสีแดง โดยอ้างอิงจากรูปแบบ CmSgB (ภาพ 5) ช่วงเช้า (a) ช่วงบ่าย (b) และช่วงค่ำ (c) ตามลำดับ

3) แนวทางบรรเทาปัญหาในช่วงวันหยุดยาว

อ้างอิงจากรูปแบบ CmSgC เนื่องจากเป็นการแผ่ขยายไปสู่พื้นที่โดยรอบและทุกพื้นที่เต็มไปด้วยหมอกควัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณหมอกควัน PM2.5 มีมากกว่าช่วงเวลาปกติ ทำให้มาตรการบรรเทาปัญหาอย่างการพ่นละอองน้ำ หรือพัดลมดูดอากาศ อาจไม่แสดงผลมากนัก ซึ่งวิธีการรับมือที่ดีที่สุดคือไม่ควรออกไปนอกที่พักอาศัย และสำหรับผู้ที่เป็กลุ่มเสี่ยงก็ควรเปลี่ยนที่พักอาศัยให้เป็นห้องที่ปลอดฝุ่น หากมีเหตุจำเป็นต้องออกไปข้างนอกก็ควรสวมหน้ากากที่สามารถป้องกันฝุ่นละอองได้

มาตรการที่สอดคล้องกับเมืองเชียงใหม่

สถานการณ์หมอกควันของเมืองเชียงใหม่จัดเป็นพื้นที่ที่มีความรุนแรง จึงจำเป็นต้องดำเนินมาตรการทั้งมาตรการระยะสั้น กลาง และยาว โดยแนวทางบรรเทาปัญหาที่เหมาะสมต่อเมืองเชียงใหม่ ซึ่งเกิดปัญหาหมอกควันเป็นประจำและกำลังดำเนินอยู่ คือ บรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นประจำวันให้ได้มากที่สุด เช่น การพ่นละอองน้ำในอากาศให้ถูกเวลาที่ถูกลง การเปิดใช้งานพัดลมยักษ์ดูดอากาศในช่วงเวลาที่มีความรุนแรงสูง แล้วจึงมุ่งไปสู่แนวทางการจัดการปัญหาในระยะยาว เช่น การเพิ่มพื้นที่สีเขียว การจัดการปัญหาไฟป่าที่เด็ดขาด

1) มาตรการการติดตั้งระบบระบบฟ้นละอองน้ำ

ภาคการปกครองจังหวัดเชียงใหม่ได้มีการติดตั้งระบบฟ้นละอองน้ำตามทางแยกสำคัญต่าง ๆ รวมถึงบริเวณประตูและแจ้งในพื้นที่คูเมือง มีเปิดการใช้งานตลอดเวลาจะทำให้สิ้นเปลืองน้ำโดยไม่จำเป็น ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนพื้นที่และเวลาใช้งานโดยศึกษาจากรูปแบบการกระจายตัวได้

โดยระบบควบคุมฝุ่นโดยการฉีดพ่นละอองน้ำในที่เปิดโล่ง เกิดจากแนวคิดการกำจัดฝุ่นที่เกิดจากเหมืองหินและโรงโม่หิน มีการคำนวณหาประสิทธิภาพการจับฝุ่นด้วยการฉีดพ่นละอองน้ำน้อยมากเมื่อเทียบกับระบบควบคุมฝุ่นแบบอื่น ๆ เนื่องจากเป็นระบบที่ถูกออกแบบให้ใช้งานได้ในที่เปิดโล่ง นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนหัวฉีดในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับทิศทางลมจากสิ่งแวดล้อม [11]

ตาราง 2: ตัวอย่างพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเปิดใช้งานระบบฟ้นละอองน้ำ

วัน / เวลา	จันทร์ - ศุกร์	เสาร์ - อาทิตย์
ช่วงเช้า	พื้นที่ป่านอกเมือง ลอดอุโมงค์พื้นที่ที่รอบข้าง เพื่อลดการกระจายตัวสู่พื้นที่เมือง	ชุมชนวัดเกต หนองหอย ท่าศาลา รอบคูเมืองและสนามบิน
ช่วงบ่าย	พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบใน และรอบกลาง	พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบใน และรอบกลาง
ช่วงค่ำ	เปิดใช้งานเต็มตามแนวถนนสายหลักทั้งหมด ได้แก่ เส้นทางสุขแม่ใจ เส้นทางสุขเส้นทางสุขดอยสะเก็ด เส้นทางสุขสันกำแพง เส้นทางสุขลำพูน เส้นทางสุขหางดง	เปิดใช้งานเต็มตามแนวถนนสายหลัก และพื้นที่ทางทิศใต้และตะวันตกของเมืองเชียงใหม่ เช่น ชุมชนช้างคลาน ชุมชนป่าแดด ชุมชนสุเทพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สนามบินเชียงใหม่ ชุมชนแม่เหียะ อำเภอสารภีและอำเภอหางดง
ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	ช่วยลดความรุนแรงในพื้นที่วิกฤติในระยะสั้น และอาจเพิ่มโอกาสให้เกิดฝนตกได้เล็กน้อย	

2) การติดตั้งระบบพัดลมดูดอากาศ

การติดตั้งพัดลมดูดอากาศเป็นแนวทางที่ถูกปฏิบัติมาตั้งแต่เริ่มปรากฏการณ์เช่นเดียวกับระบบละอองน้ำ โดยสามารถใช้ได้ทั้งแบบพัดลมดูดอากาศทั่วไปที่เหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือนหรือพื้นที่ปิด ซึ่งมีหลักการทำงานของเครื่องนี้จะดูดอากาศเสียในพื้นที่ ๓ ตารางกิโลเมตร มาผ่านกระบวนการบำบัดภายในเครื่องเพื่อเปลี่ยนให้เป็นอากาศดีก่อนปล่อยคืนออกไป [12] ซึ่งสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง รวมถึงสามารถนำมาติดตั้งตามอาคารที่พักอาศัยเพื่อสร้างห้องปลอดฝุ่นได้ และแบบพัดลมยักษ์ดูดอากาศที่มีระบบกรองอากาศอยู่ภายใน สามารถทำงานในพื้นที่เปิดโล่งได้ ในลักษณะของเครื่องกรองอากาศ และในการบรรเทาปัญหาในระดับเมืองควรติดตั้งตามทางแยกสำคัญ ควบคู่ไปกับระบบฟ้นละอองน้ำ

โดยผลที่คาดว่าจะได้รับคือเป็นไปในทิศทางเดียวกับระบบฟ้นละอองน้ำ คือเป็นการบรรเทาปัญหาแบบเฉพาะกิจ ช่วยกระจายหมอกควันที่เข้มข้นให้เบาบางลง ซึ่งควรเปิดใช้งานในช่วงเวลาที่มีความรุนแรงเกินระดับอากาศแย่มากขึ้นไป

ตารางที่ 3: ตัวอย่างพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเปิดใช้พัดลมดูดอากาศ

วัน / เวลา	จันทร์ - ศุกร์	เสาร์ - อาทิตย์
ช่วงเช้า	บริเวณถนนเลียบบคลองชลประทานและพื้นที่ข้างเคียง	ศูนย์ราชการ ชุมชนป่าตัน ชุมชนฟ้าอำม ชุมชนวัดเกต ชุมชนหนองต้นผึ้ง
ช่วงบ่าย	พื้นที่เมืองเชียงใหม่รอบใน และรอบกลาง	คูเมืองเชียงใหม่ ชุมชนป่าแดด สนามบิน ค่ายกาวิละ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต1
ช่วงค่ำ	เปิดใช้งานเต็มที่ตามทางแยกสำคัญ ทางแยกศาลเด็ก ทางแยกรวมโชค ทางแยกสนามบิน ทางแยกกองทราย	คูเมืองเชียงใหม่ สนามบิน ชุมชนสุเทพ ชุมชนหนองหอย อำเภอสารภี อำเภอหางดง
ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	ช่วยลดความรุนแรงในพื้นที่วิกฤติในระยะสั้น	

3) มาตรการการปลูกต้นไม้ดักฝุ่น

เป็นการช่วยส่งเสริมมาตรการบรรเทาปัญหาอื่น ๆ ที่สามารถส่งผลได้ในระยะยาว โดยเลือกพรรณไม้ที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในฤดูกาลหมอกควัน สามารถเลือกไม้ยืนต้นที่มีคุณสมบัติดักจับฝุ่นได้ดีมาปลูกตามแนวถนนบริเวณที่มีหมอกควันรุนแรง โดยเลือกบริเวณให้สอดคล้องกับจุดที่ติดตั้งระบบฟ่นละอองน้ำ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นในอากาศและช่วยรดน้ำต้นไม้ไปในตัว และสามารถปลูกไม้กระถางสำหรับที่อยู่อาศัยให้สอดคล้องกับพื้นที่ปลูกต้นไม้เช่นกัน โดยพืชตระกูลสนจะช่วยดักจับฝุ่นได้ เพราะโครงสร้างของใบมีความละเอียดซับซ้อน แต่หากเป็นไม้เลื้อยจะดักจับฝุ่นได้มากกว่าไม้อื่น เพราะมีพื้นผิวใบมากกว่าต้นไม้อื่น ด้วยลักษณะใบที่เรียวยาว ชื่น หยาด มีขน หรือผิวใบที่เหนียวจะทำให้ฝุ่นเกาะติดใบได้ดี ส่วนลำต้น กิ่งก้านที่มีโครงสร้างพันกันอย่างสลับซับซ้อน มีส่วนช่วยดักจับฝุ่นได้เช่นกัน อาทิ ไทรเกาหลี คริสตินา โมก เป็นต้น [13]

โดยช่วงฤดูกลางหมอกควัน มักเกิดขึ้นตรงกับช่วงที่เจ้าหน้าที่จะดำเนินการตัดแต่งต้นไม้ในเขตทางหลวงอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งเป็นการตัดแต่งที่มากเกินไป ทำให้ต้นไม้ที่ถูกตัดเหลือแค่ส่วนของลำต้นในลักษณะคล้ายตอไม้ จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับการตัดแต่งต้นไม้เสียใหม่ รวมถึงอบรมให้ความเข้าใจแก่เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ปล่อยให้ต้นไม้ได้มีโอกาสทำหน้าที่ของมันคือการฟอกอากาศช่วยลดมลพิษ ผลที่คาดว่าจะได้รับคือเป็นการลดมลพิษในระยะยาวโดยใช้เครื่องฟอกอากาศตามธรรมชาติเข้าช่วยเหลือ

4) มาตรการพื้นที่ปลอดฝุ่น

เป็นพื้นที่ที่ช่วยลดความเสี่ยงในการสูด PM2.5 เข้าสู่ร่างกาย โดยเลือกห้องที่ห่างจากแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง และไม่มีแหล่งกำเนิดมลพิษภายในห้อง หรือกิจกรรมอื่นที่เป็นแหล่งกำเนิดควัน, ควรเลือกห้องที่มีประตูและหน้าต่างที่มีฝุ่นน้อยที่สุด เพื่อลดการแลกเปลี่ยนของอากาศภายนอกเข้ามาในอาคาร หากห้องมีเครื่องปรับอากาศควรเลือกห้องนั้น ไม่มีวัสดุที่เป็นแหล่งสะสมของฝุ่นภายในห้อง เช่น เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน พรม เป็นต้น [14] เปรียบเป็นห้องปรับอากาศที่สามารถทำกิจกรรมที่สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันได้ เช่น ศูนย์อาหาร ห้องสมุด ศาสนสถาน เป็นต้น โดยทำการติดตั้งเครื่องกรองอากาศและปรับโครงสร้างรวมถึงสภาพภูมิทัศน์โดยรอบให้สะดวกต่อการถ่ายเทอากาศ ซึ่งสามารถกำหนดพื้นที่และเวลาการเปิดใช้งานได้โดยสอดคล้องกับกิจกรรมของประชาชนเป็นหลัก โดยผลที่คาดว่าจะได้รับคือสามารถเพิ่มความมั่นใจให้ประชากรกลุ่มเสี่ยงในเชียงใหม่ และลดปัญหาการเกิดผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นได้ เปรียบเป็นการสร้างพื้นที่หลบภัยในยามช่วงเวลาที่วิกฤต

ตารางที่ 4: ตัวอย่างพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเปิดพื้นที่ปลอดฝุ่น

วัน / เวลา	จันทร์ - ศุกร์	เสาร์ - อาทิตย์
ช่วงเช้า	สนามกีฬา 700 ปี ศูนย์ราชการ หอประชุมและแสดงสินค้านานาชาติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	ตลาดสันป่าข่อย สถานีรถไฟเชียงใหม่ สถานีขนส่งเชียงใหม่ อาเขต 3 สวนสาธารณะค่ายกาวิละ
ช่วงบ่าย	ตลาดช้างเผือก ตลาดสมเพชร ตลาดศิริวัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โรงพยาบาลนครพิงค์ โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา	วัดโลกโมฬี วัดสวนดอก วัดเจ็ดยอด วัดเจดีย์หลวง วัดพระสิงห์ หอศิลป์วัฒนธรรมเชียงใหม่
ช่วงค่ำ	สนามบิน เทศบาลนครเชียงใหม่ เทศบาลสุเทพ เทศบาลสันกลาง เทศบาลหนองผึ้ง เทศบาลแม่เหี้ยะ	สนามบิน ถนนคนเดินเชียงใหม่ ถนนคนเดินวัวลาย อุทยานหลวงราชพฤกษ์ หมู่บ้านถาว
ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น	ช่วยลดปัญหาการเกิดผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น มีพื้นที่ปลอดภัยสำหรับกลุ่มเสี่ยง	

ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งต่อไป

การทำงานวิจัยนี้เกิดจากการบันทึกข้อมูลความรุนแรงของภาวะหมอกควันในพื้นที่เมืองเชียงใหม่จากค่าดัชนีคุณภาพอากาศ ในช่วงฤดูกลางหมอกควัน ผลลัพธ์จึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีความรุนแรงและกิจกรรมที่ดำเนินในพื้นที่ดังกล่าวเป็นสำคัญ

ในขณะที่สถานการณ์หมอกควันมีความรุนแรงมากขึ้น แต่ภาพลักษณ์เมืองเชียงใหม่ในเรื่องหมอกควันกลับกลายเป็นสิ่งชินตา เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่ต้องเกิดเป็นประจำทุกปี อีกทั้งยังมีปัญหาโรคระบาดมาแทรก อาจทำให้ใครหลายคนลืมตระหนักถึงความอันตรายของหมอกควันไป ผู้เขียนจึงต้องการให้สังคมกลับมาตื่นตัวกับเรื่องนี้อีกครั้ง โดยการวิจัยนี้เป็นเพียงตัวอย่างรูปแบบที่เกิดขึ้นใน พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2563 เพียงเท่านั้น หวังว่าจะเกิดประโยชน์แก่ผู้ศึกษาต่อไปไม่มากนักน้อย เพื่อให้การบรรเทาปัญหาที่ดำเนินอยู่นั้นสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น และนำอากาศที่สดใสกลับคืนสู่เมืองเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. รั้วรอบทิศมลพิษทางอากาศ บทเรียน แนวคิด และการจัดการ. กรุงเทพฯ: กชกรพับลิชชิ่ง; 2553. 110.
- พรพรรณ สุกุล. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคระบบหายใจในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2563; ปีที่ 4 ฉบับที่ 4: 41 – 48.
- บรรจบ ชุณหสวัตติกุล. ผลต่อสุขภาพของฝุ่นละอองในอากาศขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน กลไกก่อให้เกิดโรค และการรักษาด้วยการแพทย์ทางเลือก. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2563; ปีที่ 18 ฉบับที่ 1: 187 – 201
- สมพร จันทร์. แหล่งกำเนิด ผลกระทบและแนวทางการจัดการฝุ่นละออง PM 2.5 บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารสมาคมนักวิจัย. 2563; ฉบับที่ 25: 461 – 474.

- 5 Kim Oanh, N. T. Leelasakultum, K. Analysis of meteorology and emission in haze episode prevalence over mountain-bounded region for early warning. Science of the Total Environment. 2011; 2251 – 2271. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.02.022
- 6 อัจฉรีย์ ทิพนธธรณินทร์. แนวทางการแก้ปัญหาหมอกควัน สำหรับจังหวัดเชียงใหม่. วารสารด้านการบริหารรัฐกิจและการเมือง. 2558; ปีที่ 4 ฉบับที่ 1: 72 – 105. DOI: 10.14456/papo.2015.3
- 7 หน่วยวิจัยเพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐกิจ. การเฝ้าระวังและเตือนภัยปัญหาหมอกควัน โดยเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศระบบเซ็นเซอร์ DustBoy ในประเทศไทย ระยะที่ 4. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2565.
- 8 กรมควบคุมมลพิษ. การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของ PM2.5. 2562. จาก <http://air4thai.pcd.go.th>
- 9 Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. On the use of content specialists in the
- 10 assessment of criterion-referenced test item validity. Dutch Journal of Educational Research. 2. 1997; 49-60.
- 11 Chiang mai Air Quality Health Index. ตารางเปรียบเทียบค่าระหว่าง AQI และ PM2.5. 2563.
- 12 สุชาติ ธารินทร์ศักดิ์ชัย. แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดพ่นละอองน้ำ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542. DOI: 10.14457/CU.the.1999.69
- 13 ไกรพิชิต เมืองวงษ์. “ยักษ์เขียว” พัดลมดูดอากาศขนาดใหญ่. 2562. สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2563, จาก www.usagroundwater.com/
- 14 กัณฑ์ทัต ทับสุวรรณ, ศิรเดช สุริต. การดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กจากควันธูปด้วยพืชในอาคาร. วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ. 2564; ปีที่ 6 ฉบับที่ 12.
- 15 กรมอนามัย. แนวทางลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) สำหรับสถานศึกษา. 2563. 30.