ปัจจัยด้านภูมิอากาศและจุดความร้อนส่งผลต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในจังหวัดลำปาง

ประเสริฐ สุเมธวานิชย์

แผนกโรคจากการทำงานและสิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลเกาะคา ลำปาง 52130

E-mail: prasertsumatawanit@hotmail.com

รับบทความ: 26 ตุลาคม 2566 แก้ไขบทความ: 5 มีนาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 12 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวางเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านภูมิอากาศและจุดความร้อนที่ส่งต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 ที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดลำปาง โดยใช้ฐานข้อมูลสภาพอากาศและข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่วัดค่าจากสถานีตรวจสภาพอากาศ ตำบลพระบาท อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และจำนวนจุดความร้อนจากฐานข้อมูลของศูนย์ป้องกันแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2565 ถึง 31 กรกฎาคม 2566 ข้อมูลตัวแปรที่ได้นำมาวิเคราะห์ด้วย binary logistic regression, Pearson's correlation และ path analysis และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรด้วย multiple regression, ANOVA test และ R^2 โดยใช้ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ผลการศึกษาพบว่าจำนวนจุดความร้อน (X_1) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_2) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 (Y) โดยที่จำนวนจุดความร้อนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเชิงบวกกับปริมาณฝุ่น ($r = 0.680$, $p < 0.001$) และความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเชิงลบกับปริมาณฝุ่น ($r = –0.707$, $p < 0.001$) การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนพบว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปแบบสมการดังนี้ $Y = 0.118(X_1)–1.453(X_2)+122.477$ โดยสามารถพยากรณ์การส่งผลได้ร้อยละ 59.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

คำสำคัญ: ฝุ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร จุดความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์

Climate Factors and Hotspots Affect the Amount of PM 2.5 Dust in Lampang Province, Thailand

Prasert Sumethavanich

Occupational and Environmental Diseases Department, Ko Kha Hospital, Lampang 52130, Thailand
E-mail: prasertsumatawanit@hotmail.com

Received: 26 October 2023 Revised: 5 March 2024 Accepted: 12 March 2024

Abstract

This study is analytical cross–sectional study to investigate the relationship among climate factor, hotspot and PM 2.5 in the area of Lampang province. The weather information and the data of the amount of PM 2.5 dust acquired from the weather station at Phra Bat sub–district, Muang district, Lampang province. The number of hotspot acquired from the database of the Forest Fire and Smog Prevention Center at Mae Moh district, Lampang province. The data had collected from 1 October 2022 to 31 July 2023. All variables were analyzed by binary logistic regression, Pearson's correlation and path analysis. The linear correlation among variables were analyzed by multiple regression, ANOVA test and R^2 with statistical significance at $p < 0.05$. The study showed that the number of hotspot (X_1) and relative humidity (X_2) were the causing factor of PM 2.5 dust (Y). The amount of PM 2.5 was statistically significant positive correlation with the number of hotspot ($r = 0.680$, $p < 0.001$) and negative correlation with relative humidity ($r = –0.707$, $p < 0.001$). The stepwise multiple regression analysis resulted the variable relationship as $Y = 0.118(X_1)–1.453(X_2)+122.477$. This equation can predict the effect for 59.9% with the statistical significance ($p < 0.001$).

Keywords: Particulate matter 2.5, Hotspot, Relative humidity

บทนำ

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน พื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยโดยเฉพาะจังหวัดลำปางเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่ต้องเผชิญปัญหามลภาวะทางอากาศในช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งของทุกปี เป็นปัญหาเรื้อรังมานาน มลภาวะทางอากาศที่สำคัญของพื้นที่นี้คือปัญหาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร (PM 2.5) ที่มีค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงเกินมาตรฐาน (มากกว่า 37.5 $\mu g/m^3$) บางช่วงเวลามีปริมาณมากจนระดับเป็นอันตราย

ต่อสุขภาพ (มากกว่า 75 $\mu g/m^3$) (Pollution Control Department, 2021) หมอกควันภาคเหนือเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญของประเทศไทยและได้ประกาศเป็นวาระแห่งชาติตั้งแต่ปี 2550 (Thailand Environment Institute, 2019) ตัวชี้วัดที่สำคัญในการติดตามปัญหามลพิษอากาศใช้การเฝ้าระวังระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM 10) ร่วมกับการเฝ้าระวังระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) แล้วคิดออกมาเป็นค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (air quality index: AQI) เพื่อประเมินปัญหามลพิษทางอากาศในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากสภาพอากาศที่นิ่งและแห้งเป็นเวลานานในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนธันวาคมถึงมีนาคม การเคลื่อนตัวขึ้นในแนวดิ่งของอากาศจึงเป็นไปได้ยาก ฝุ่นละอองขนาดเล็กจึงฟุ้งกระจายอยู่เหนือพื้นดินใต้ชั้นอุณหภูมิที่ระดับความสูงเหนือพื้นดิน 1–2 กิโลเมตร มองเห็นเป็นกลุ่มหมอกควัน (Holmes and Morawska, 2006) นอกจากนี้ทิศทางและความเร็วลมก็ส่งผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นด้วย ทั้งนี้ปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วงเวลา (Wiriya *et al*., 2012) การสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นเวลานานส่งผลต่อสุขภาพทั้งด้านระบบไหลเวียนโลหิต ระบบทางเดินหายใจ (Alias *et al*., 2007) โดยสาเหตุของฝุ่นละอองขนาดเล็กมาจากมลพิษของยานพาหนะและจุดความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ในพื้นที่โล่งทางเกษตรกรรม การเผาป่า ไฟป่า เป็นต้น สำหรับภาคเหนือตอนบนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นสาเหตุหลักของปัญหามากกว่ามลพิษของยานพาหนะ (Amnauylawjarurn *et al*., 2010) นอกจากนี้ภูมิประเทศแบบแอ่งกระทะล้อมรอบด้วยภูเขามีสภาพอากาศเป็นลมสงบและความกดอากาศสูงค่อนข้างแรงจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุม อุณหภูมิและความชื้นทำให้เกิดหมอกในตอนเช้า ส่งผลให้การระบายอากาศในแนวตั้งทำได้ยาก ดังนั้นจึงเกิดการสะสมของมลพิษทางอากาศได้ง่าย (Somporn *et al*., 2018)

ลำปางเป็นหนึ่งในจังหวัดที่ประสบกับปัญหาค่าฝุ่นละออง PM 2.5 เกินมาตรฐาน (Environment and Pollution Control Office 2, 2022) แต่ที่ผ่านมาการจัดการปัญหาดังกล่าวยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรเพราะยังขาดข้อมูลอ้างอิงเชิงลึกในเรื่องสาเหตุของปัญหา ทำให้นโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่ออกมาเป็นแบบภาพรวม ไม่สามารถเน้นการแก้ปัญหาเป็นส่วน ๆ ได้ ดังนั้นการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ทั้งด้านภูมิอากาศและจุดความร้อนจะสามารถบอกถึงสาเหตุของปริมาณฝุ่น PM 2.5 ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งนับ เป็นส่วนสำคัญในการช่วยสร้างนโยบายเพื่อป้องกันและควบคุมปัญหามลพิษจากฝุ่นละอองที่ตรงเป้าหมายเป็นรูปธรรม ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของคนในพื้นที่ดีขึ้นและสามารถคาดการณ์สถานการณ์ช่วงฤดูหมอกควันในปีต่อ ๆ ไปได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (cross–sectional study) โดยตัวแปรอิสระได้กำหนดเป็นปัจจัยที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์และส่งผลต่อสภาวะหมอกควัน มีทั้งหมด 2 ปัจจัย คือ 1) ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ประกอบด้วย ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ย ความเร็วลม และความกดอากาศ ซึ่งเป็นสถิติรายวันจากฐานข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยา ตำบลพระบาท อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และ 2) ปัจจัยด้านจุดความ

ร้อน โดยรวบรวมข้อมูลจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นรายวันจากศูนย์ป้องกันแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

ตัวแปรตาม คือ สภาวะหมอกควัน โดยวัดจากปริมาณฝุ่นละออง PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจสภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ตำบลพระบาท อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง โดยที่ค่ามาตรฐานคือน้อยกว่า 37.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$)

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ภาพรวมของสภาวะหมอกควันในจังหวัดลำปางโดยหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) หานัยยะความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย binary logistic regression ใช้สถิติ Pearson's correlation และ path analysis ในการหาทิศทางความสัมพันธ์ของตัวแปร วิเคราะห์หาแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรที่มีนัยสำคัญด้วย multiple regression นัยสำคัญของข้อมูลที่มีตัวแปรอิสระใช้ ANOVA test และ R^2 โดยระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ระยะเวลาเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2565 ถึง 31 กรกฎาคม 2566 รวมระยะเวลา 304 วัน

ผลการศึกษา

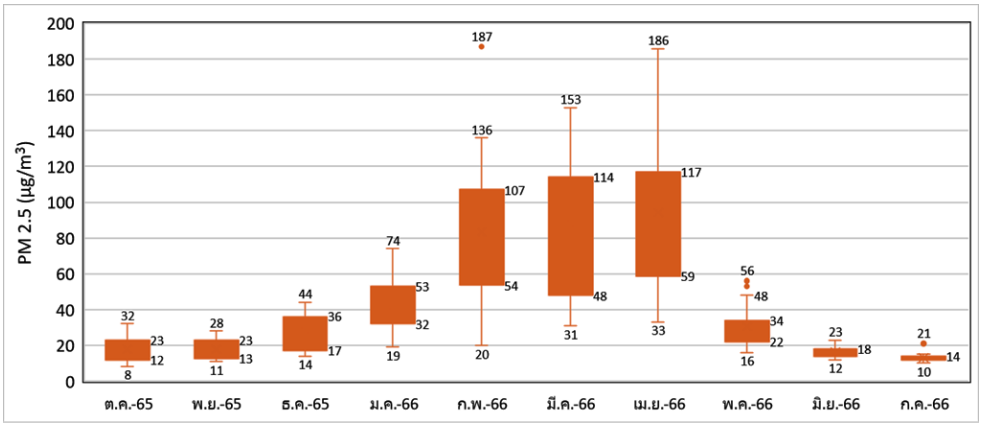
ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาปัจจัยด้านภูมิอากาศและจำนวนจุดความร้อนที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในพื้นที่จังหวัดลำปาง พบว่า ค่ากลางของปริมาณฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงโดยรวมเท่ากับ 42.79 $\mu g/m^3$ โดยเดือนที่มีค่าฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงเกินค่ามาตรฐานคือ เมษายน ($\bar{X}$ = 94.23) รองลงมา ได้แก่ มีนาคม ($\bar{X}$ = 88.26) กุมภาพันธ์ ($\bar{X}$ = 83.46) และมกราคม ($\bar{X}$ = 41.97) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยในเดือนอื่น ๆ ดังในตาราง 1

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM 2.5 รายเดือนในจังหวัดลำปาง ($\mu g/m^3$)

เดือน	n	Mean	SD
ตุลาคม 2565	31	17.84	7.344
พฤศจิกายน 2565	30	17.97	5.321
ธันวาคม 2565	31	28.36	9.587
มกราคม 2566	31	41.97	14.509
กุมภาพันธ์ 2566	28	83.46	41.868
มีนาคม 2566	31	88.26	36.446
เมษายน 2566	30	94.23	42.391
พฤษภาคม 2566	31	30.48	10.927
มิถุนายน 2566	30	16.33	2.857
กรกฎาคม 2566	31	12.97	1.975
รวม	304	42.79	38.197

ทั้งนี้จากข้อมูลพบว่ามี 109 วันที่ปริมาณฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงเกินค่ามาตรฐาน ประกอบด้วยธันวาคม 5 วัน มกราคม 17 วัน กุมภาพันธ์ 24 วัน มีนาคม 29 วัน เมษายน 28 วัน และพฤษภาคม 6 วัน ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดอยู่ในเดือนกุมภาพันธ์วัดได้ 187 $\mu g/m^3$ รองลงมาคือ เมษายน (186 $\mu g/m^3$) มีนาคม (153 $\mu g/m^3$) มกราคม (74 $\mu g/m^3$) และพฤษภาคม (56 $\mu g/m^3$) ตามลำดับ ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิบ็อกซ์แอนด์วิสเกอร์ของปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในแต่ละเดือน

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าปริมาณฝุ่น PM 2.5 เริ่มสูงเกินค่ามาตรฐาน ตั้งแต่ช่วงเดือนมกราคมไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นปริมาณฝุ่นคงที่เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ในช่วงสัปดาห์แรกของเดือนมีนาคมและปริมาณฝุ่นกลับมาเพิ่มสูงอีกครั้งจนเกินค่ามาตรฐานตลอดเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน ก่อนที่จะลดลงในเดือนพฤษภาคม เกิดฝนตกเนื่องจากเปลี่ยนฤดูกาล ปริมาณฝุ่นจึงอยู่ในระดับปกติตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านภูมิอากาศและจุดความร้อนที่ส่งผลให้ปริมาณฝุ่น PM 2.5 เกินค่ามาตรฐาน โดยใช้ binary logistic regression พบว่า จุดความร้อน ($p < 0.001$) และความชื้นสัมพัทธ์ ($p < 0.001$) มีความสัมพันธ์ที่ส่งผลให้ปริมาณฝุ่น PM 2.5 เกินค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ตัวแปรอิสระอื่น ๆ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน ($p = 0.183$) ความเร็วลม ($p = 0.265$) และความกดอากาศ ($p = 0.139$) ไม่มีความสัมพันธ์ที่ส่งผลให้ปริมาณฝุ่น PM 2.5 เกินค่ามาตรฐาน รายละเอียดข้อมูลการวิเคราะห์ของกลุ่มตัวอย่างดังในตาราง 2

ข้อมูลจำนวนจุดความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงรายละเอียดพบว่าลักษณะการเกิดจุดความร้อนรายวันมีค่าเริ่มสูงขึ้นในเดือนมกราคมต่อเนื่องไปจนถึงเดือนเมษายน โดยค่าสูงสุดที่วัดได้คือ 818 แห่ง ซึ่งอยู่ในเดือนมีนาคม รองลงมาคือเดือนเมษายน (677 แห่ง) กุมภาพันธ์ (655 แห่ง) พฤษภาคม (153 แห่ง) มกราคม (88 แห่ง) และธันวาคม (17 แห่ง) ตามลำดับ ดังในภาพที่ 2 ส่วนปัจจัยเรื่องความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศพบลักษณะรูปแบบของแนวโน้มที่ลดลงโดยเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคมและลดลงต่อเนื่องไปจนถึงเดือนเมษายนที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำที่สุด ก่อนที่จะเริ่มมีค่าสูงขึ้นในเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป ดังในภาพที่ 3 จากภาพรวมของข้อมูลตัวแปรอิสระทั้งสองปัจจัยนี้ ทำให้เห็นรูปแบบทิศทางความสัมพันธ์ที่มีทั้งเชิงบวกและเชิงลบ ซึ่งต้องนำไปวิเคราะห์หาทิศทางและเส้นทางความสัมพันธ์ตัวแปรต่อไป

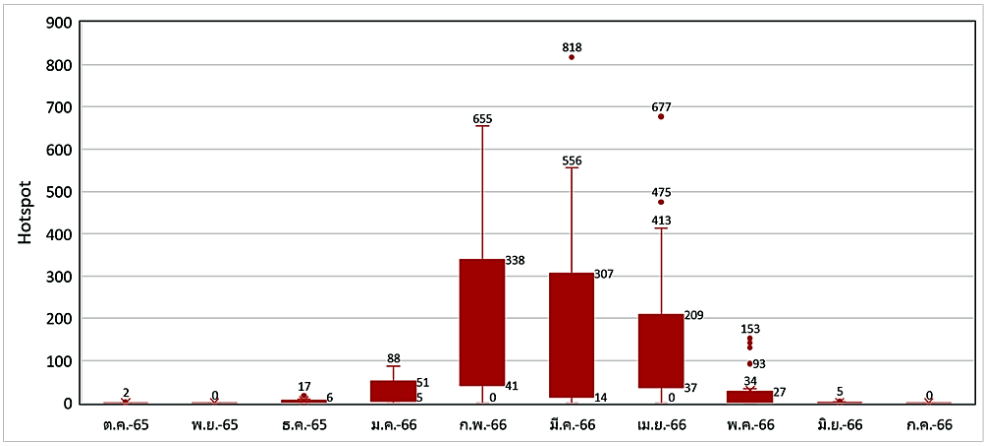
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร

การวิเคราะห์ทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรปัจจัยกับสภาวะหมอกควัน โดยใช้ Pearson's correlation พบว่า จำนวนจุดความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น

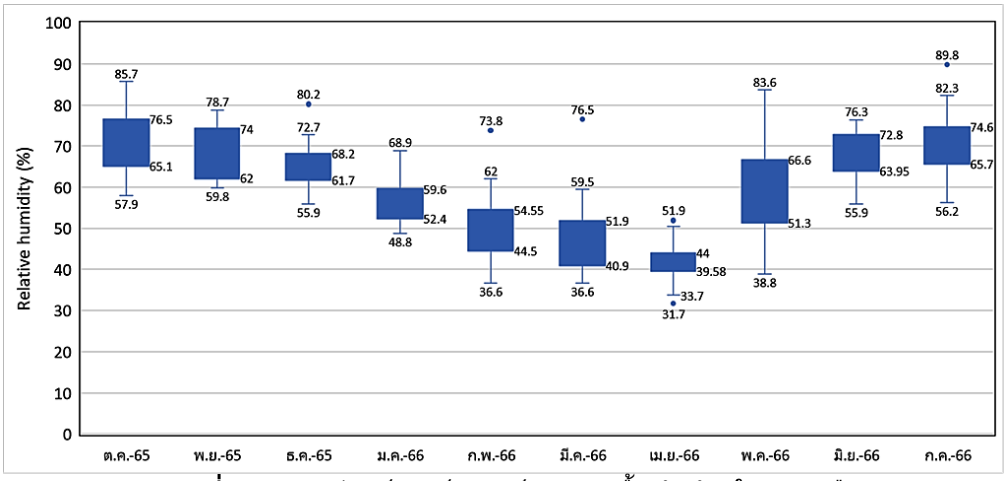
ตาราง 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุดความร้อน ปัจจัยด้านภูมิอากาศ และปริมาณฝุ่น PM 2.5

ลักษณะ	ฝุ่นละออง PM 2.5							
	จำนวนวันที่เกินค่ามาตรฐาน (n = 109)		จำนวนวันที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน (n = 195)			95% CI		
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	*p*	OR	Lower	Upper
จุดความร้อน (แห่ง)					< 0.001*			
0–20[ref]	22	20.2	179	91.9				
21–40	11	10.1	9	4.6		9.94	3.71	26.66
41–60	9	8.3	2	1.0		36.61	7.43	180.4
61–80	13	11.9	3	1.5		35.26	9.31	133.5
81–100	12	11.0	1	0.5		97.64	12.11	787.4
>100	42	38.5	1	0.5		341.7	44.79	2607.1
อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน (°C)					0.183			
20–25[ref]	18	16.5	22	11.3				
>25–30	44	40.4	101	51.8		0.53	0.26	1.09
>30–35	36	33.0	60	30.8		0.73	0.35	1.55
>35	11	10.1	12	6.1		1.12	0.40	3.13
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)					< 0.001*			
20–40	19	17.4	5	2.6		26.60	2.63	269.4
>40–60	82	75.3	33	16.9		17.39	2.06	146.9
>60–80	7	6.4	150	76.9		0.33	0.04	3.03
>80–100[ref]	1	0.9	7	3.6				
ความเร็วลม (km/h)					0.265			
0–10[ref]	46	42.2	77	39.5				
>10–20	61	56.0	106	54.4		0.96	0.59	1.56
>20	2	1.8	12	6.10		0.28	0.06	1.30
ความกดอากาศ (hPa)					0.139			
970-980	36	33.0	87	44.6		0.41	0.03	6.80
>980-990	72	66.1	107	54.9		0.67	0.04	10.93
>990–1000[ref]	1	0.9	1	0.5				

ref คือ กลุ่มอ้างอิง และ * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ p <0.05



ภาพที่ 2 แผนภูมิบ็อกซ์แอนด์วิสเกอร์ของจุดความร้อนในแต่ละเดือน



ภาพที่ 3 แผนภูมิบ็อกซ์แอนด์วิสเกอร์ของความชื้น สัมพัทธ์ในแต่ละเดือน

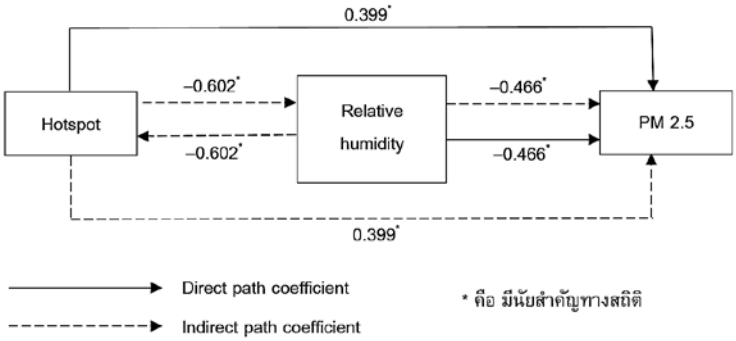
PM 2.5 ในอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจุดความร้อนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเชิงบวก ($r = 0.680$, $p < 0.001$) และความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเชิงลบ ($r = –0.707$, $p < 0.001$) เมื่อนำมาวิเคราะห์ path analysis หาเส้นทางความสัมพันธ์พบว่า จุดความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ที่ส่งผลโดยตรงและโดยอ้อมต่อการเพิ่มขึ้นของฝุ่น PM 2.5 ทั้งนี้ปัจจัยอิสระทั้งสองก็มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันด้วย ดังในภาพที่ 4

การวิเคราะห์ปัจจัยอิสระทั้งสองที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 โดยวิเคราะห์ multiple regression ได้ผลการวิเคราะห์ดังรายละเอียดในตาราง 3

ผลการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 (Y) โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ พบว่าตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลคือ จุดความร้อน (X_1) และความชื้นสัมพัทธ์ (X_2) ที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของปริมาณฝุ่น PM 2.5 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสัมประสิทธิ์พหุคูณ (R) มีค่าเท่ากับ 0.775 สัมประสิทธิ์พยากรณ์ปรับปรุง ($Adj.R^2$) เท่ากับ 0.599 ค่าความคลาดเลื่อนมาตรฐาน (SE_{est}) เท่ากับ 24.200 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยจุดความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์เป็นตัวแปรอิสระสามารถอธิบายความแปรปรวนของการเกิดฝุ่น PM 2.5 ในจังหวัดลำปาง (ตัวแปรตาม) ได้ร้อยละ 59.9 และเมื่อพิจารณาพบว่าจุดความร้อนจะส่งผลต่อสภาวะหมอกควันในเชิงบวก ส่วนปัจจัยด้านความชื้นสัมพัทธ์จะส่งผลต่อสภาวะหมอกควันในเชิงลบหรือมีค่าผกผันต่อกัน และเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักของตัวแปรอิสระในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้โดยจุดความร้อนมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในรูปคะแนนดิบ (b) เท่ากับ 0.118 และความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ –1.453 ซึ่งค่าคงที่ (constant) ของสมการในรูปคะแนนดิบเท่ากับ 122.477 ดังนั้นสามารถเขียนเป็นสมการพยากรณ์ค่าตัวแปรตามโดยคะแนนดิบได้ดังสมการที่ (1)

$$Y = 0.118(X_1)–1.453(X_2)+122.477 \text{ - - - (1)}$$

จากสมการพยากรณ์ข้างต้นสามารถนำข้อมูลมาแสดงความสัมพันธ์ในเชิงตัวเลขรูปแบบกราฟสามแกน เพื่อให้เข้าใจและเห็นภาพเชิงปริมาณของข้อมูลได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยใช้แผน-



ภาพที่ 4 เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

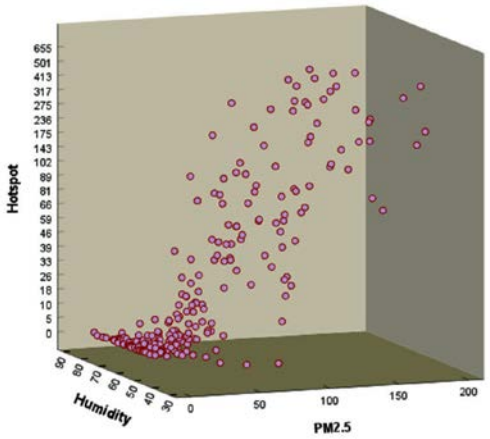
ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในจังหวัดลำปาง

ตัวแปรพยากรณ์	*b*	SE_{est}	beta	*t*	*Sig.*
constant	122.477	9.077	–	13.493	< 0.001*
X_1	0.118	0.014	0.399	8.757	< 0.001*
X_2	–1.453	0.142	–0.466	–10.225	< 0.001*

R = 0.775 R^2 = 0.601 Adj.R^2 = 0.599 *F* = 226.918 *Sig.* <0.001 SE_{est} = 24.200

* มีนัยสำคัญทางสถิติ

ภูมิการกระจายแบบสามมิติ (three–dimensional scatter plot) ดังในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง จุดความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝุ่น PM 2.5

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านภูมิอากาศและจุดความร้อน ที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในพื้นที่จังหวัดลำปาง โดยพบว่าปัจจัยเรื่องจำนวนจุดความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีผลทำให้ปริมาณฝุ่น PM 2.5 เกินค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งปริมาณฝุ่นมีทิศทางความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น ($r = 0.680$, $p < 0.001$) ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่ที่พบว่าฝุ่น PM 2.5 ที่เพิ่มขึ้นจะอยู่ในช่วงเวลาที่มีกิจกรรมทางการเกษตรเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในฤดูกาลถัดไป การเผาเพื่อกำจัดขยะบริเวณชานเมือง และการเผาทำลายป่าไม้ (Suthinee, 2015) ทั้งนี้การเกิดไฟป่าที่เพิ่มสูงขึ้นจากประเทศเพื่อนบ้าน (พม่า ลาว) ก็มีส่วนทำให้ปัญหาฝุ่น PM 2.5 รุนแรงมากขึ้นด้วย (Kanidta and Natphasuth, 2020) และในเรื่องปัจจัยด้านความชื้นสัมพัทธ์พบมีทิศทางความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับปริมาณฝุ่น

PM 2.5 ($r = –0.707$, $p < 0.001$) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ลดลง จะส่งผลให้ความชื้นในอากาศมีน้อย ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ถูกปล่อยออกมาพร้อมกับหมอกควันหรือที่แขวนลอยอยู่ในอากาศจะมีน้ำหนักเบา ทำให้สามารถลอยตัวอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานานกว่าปกติ (Mankan, 2017) นอกจากนี้สภาพอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำส่งผลให้การเกิดประกายไฟเป็นไปได้ง่ายขึ้น (Jaein *et al*., 2008) ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระทั้งสองต่อสภาวะหมอกควันโดยวิธีถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่า มีตัวแปรปัจจัยทั้งจุดความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปัญหาภาวะหมอกควัน โดยตัวแปรอิสระสามารถอธิบายความแปรปรวนของการเกิดปัญหาสภาวะหมอกควันในจังหวัดลำปาง (ตัวแปรตาม) ได้ร้อยละ 59.9 ทั้งนี้ปัญหามลพิษทางอากาศจากฝุ่น PM 2.5 ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนในพื้นที่ ฝุ่นควันที่เกิดขึ้นมีอันตรายต่อสุขภาพเช่นเดียวกับมลพิษจากท่อไอเสียของยานพาหนะในบริเวณที่การจราจรหนาแน่น (Sukcharoen *et al*., 2020) มีงานศึกษาในประเทศไทย พบว่า มลพิษฝุ่น PM 2.5 ที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 mg/m^3 ของค่าเฉลี่ยรายวันทำให้ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเกิดอาการกำเริบเฉียบพลันเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.2–8.9 และสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.6 (Pothirat *et al*., 2019)

การศึกษานี้สรุปได้ว่าทั้งจำนวนจุดความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์เป็นสาเหตุร่วมที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งความสัมพันธ์ของสาเหตุร่วมทั้งสองสามารถเขียนได้ในรูปแบบของสมการพยากรณ์ จากการอ้างอิงผลสรุปข้างต้นนำไปสู่ข้อเสนอแนะในการสร้างนโยบายของจังหวัดด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อแก้ปัญหาฝุ่นละอองที่ว่า ควรแบ่งนโยบายการแก้ปัญหาออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งนโยบายแก้ปัญหาฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิด (ลดจุดความร้อน) เช่น การป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟป่า การสร้างแนวกันไฟตามสันเขา มาตรการควบคุมการเผาในที่โล่งทั้งในภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม จำกัดหรือหาทางเลือกอื่นแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ส่วนที่สองนโยบายเพื่ออากาศสะอาด (เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์) เช่น การปลูกป่าชุมชน การทำฝายชะลอน้ำ นโยบายเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง การปรับปรุงภูมิทัศน์เกาะกลางถนนและบริเวณริมถนนด้วยไม้ยืนต้นที่มีอัตราการคายน้ำสูง ในส่วนของนโยบายการเฝ้าระวังฝุ่นควันระหว่างปีสามารถใช้สมการพยากรณ์ที่ได้จากการศึกษานี้มาประยุกต์เพื่อประเมินสถานการณ์ในพื้นที่ล่วงหน้าได้ นอกเหนือจากการออกนโยบายและมาตรการต่าง ๆ แล้ว ผู้วิจัยเห็นว่าการสร้างความตระหนักรู้ในภาคประชาชนก็เป็นส่วนสำคัญในการแก้ไขปัญหาแบบยั่งยืนและยังเป็นการสร้างฐานความรู้ความเข้าใจด้านสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Alias, M., Hamzah, Z., and Kenn, L. S. (2007). PM10 and total suspended particulates (TSP) measurements in various power stations. **The Malaysian Journal of Analytical Sciences** 11(1): 255–261.

Amnauylawjarurn, T., Kreusuwun, J., Towta, S., and Siriwittayakorn, K. (2010). Dispersion of particulate matter (PM10) from forest fires in Chiang Mai, Thailand. **Chiang Mai Journal of Science** 37(1): 39–47. (in Thai)

Department of Pollution Control. (2021). **Report on the Situation and Management of Air and Noise Pollution in Thailand**. Ministry of Natural Resources and Environment. Retrieved from http://air4thai.com/tagoV2/tago_file/books/book_file, October 23, 2022. (in Thai)

Environment and Pollution Control Office 2. (2022). **Report on Smoke and Forest Fire Situation**. Ministry of Natural Resources and Environment. Retrieved from https://reo02.mnre.go.th/attachment/iu/download.php, Febuary 15, 2023. (in Thai)

Holmes, N. S., and Morawska, L. (2006). A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: An overview of different dispersion models available. **Atmospheric Environment** 40(1): 5902–5928.

Jaein, I. J., Rokjin, J. P., and Daeok, Y. (2008). Effects of Siberian forest fires on air quality in East Asia during May 2003 and its climate implication. **Atmospheric Environment** 42(1): 8910–8922.

Kanidta, C., and Natphasuth, P. (2020). Emission source impact and problem solving and management on PM 2.5 in the Northern part of Thailand. **Journal of the Association of Researchers** 25(1): 461–474. (in Thai)

Mankan, W. (2017). The causing factors of the smog phenomenon in Lampang basin. **Burapha Science Journal** 22(1): 226–236. (in Thai)

Pothirat, C., Chaiwong, W., Liwsrisakun, C., and Bumroongkit, C. (2019). Influence of particulate matter during seasonal smog on quality of life and lung function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 16(1): 106–121.

Somporn, C., Chakrit, C., and Wan, W. (2018). Investigation of monitor and classify biomass burning area in nine provinces of Northern Thailand to assess pollutant distribution and moving of air pollutant for planning to particulate matter smog. **Thailand Science Research and Innovation** 25(1): 461–471. (in Thai)

Sukcharoen, W., Tangaromsuk, P., Sontiatchara, M., Waithayakul, K., Savedkairop, C., Pooponget, J., Kengkoom, R., Bhubhanil, S., and Lapmanee, S. (2020). The study on Thailand's particulate matter 2.5 (PM 2.5) management in accordance with the World Health Organization (WHO) Guidelines. **Vajira Medical Journal** 64(5): 345–356. (in Thai)

Suthinee, D. (2015). Forest fire and haze management: Lessons learned from the multi–stakeholder collaborative management in Chiang Mai province. **Journal of Social Sciences** 27(2): 123–126. (in Thai)

Thailand Environment Institute. (2019). **The Project on Driving Directions of National Reform on Public Access to Information on Environment and Public Health**. King Prajadhipok's Institute. Retrieved from https://www.tei.or.th/en/publication_free.php, November 18, 2022. (in Thai)

Wiriya, W., Prapamontol, T., and Chantara, S. (2012). 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(1): 109–122.