

## ความเชื่อมโยงจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ กับคุณภาพอากาศ อำเภอเมืองนครราชสีมา

ผุสดี ชูชีพ\*, วัฒนา ชยธวัช\*\*<sup>a</sup>, พิลาส สว่างสุนทรเวทย์\*

### บทคัดย่อ

การศึกษาความเชื่อมโยงจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศกับคุณภาพอากาศ อำเภอเมืองนครราชสีมา เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลรายเดือนปี พ.ศ. 2564 และ 2565 จำนวน 24 เดือน วิเคราะห์รูปแบบการกระจายของตัวแปรว่ามีการกระจายแบบปกติหรือไม่ แล้วเลือกใช้สหสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับรูปแบบการกระจาย การใช้สหประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันมีข้อกำหนดเบื้องต้นให้ทั้งสองตัวแปร มีการกระจายแบบปกติ ถ้าเป็นอย่างอื่นใช้สหประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน ประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจาไมวี่ พบว่าคุณภาพอากาศเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด จำนวนผู้ป่วยโรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ มีความสัมพันธ์กันสูง ขณะที่จำนวนผู้ป่วยโดยรวม 12 กลุ่มอาการโรคไม่สัมพันธ์กับกลุ่มโรคที่กล่าวมาข้างต้น แต่อย่างใด อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณฝนเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์เชิงอันดับเป็นลบกับ CO ค่าเฉลี่ย 1 ซม. (ppm) PM<sub>10</sub> ค่าเฉลี่ย 24 ซม. (มค.ก./ลบ.ม.) PM<sub>2.5</sub> ค่าเฉลี่ย 24 ซม. (มค.ก./ลบ.ม.) เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และ/หรือ ปริมาณฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นปริมาณ CO PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ลดลง จำนวนผู้ป่วยโดยรวม 12 กลุ่มอาการโรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ ไม่พบว่ามีสหสัมพันธ์กับ CO PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณฝนเฉลี่ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value>0.05)

**คำสำคัญ:** คุณภาพอากาศ; โรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ; อำเภอเมืองนครราชสีมา

\* อาจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

\*\* อาจารย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

<sup>a</sup> Corresponding author: วัฒนา ชยธวัช Email: vadhana.j@ptu.ac.th

รับบทความ: 22 พ.ย. 66; รับบทความแก้ไข: 13 ม.ค. 67; ตอบรับตีพิมพ์: 13 ม.ค. 67; ตีพิมพ์ออนไลน์: 10 ก.พ. 67

## Association between the Number of Cases of Air Pollution-Related Diseases and Air Quality in Mueang Nakhon Ratchasima District

Pusadee Choocheep<sup>\*</sup>, Vadhana Jayathavaj<sup>\*\*a</sup>, Pilas Swangsoonthonwes<sup>\*</sup>

### Abstract

This study explored the association between number of patients with air pollution-related diseases and air quality in Mueang Nakhon Ratchasima district, starting with collecting monthly data in 2021 and 2022, totaling 24 months, and analyzing the distribution pattern of the variables to see if they are normally distributed or not, then choosing the correlation that is consistent with the distribution pattern. The use of Pearson's correlation coefficient is a prerequisite that both variables were normally distributed. Otherwise, the Spearman's rank correlation coefficient was used. The data were processed using Jamovi package. The results showed that the average air quality was still within the specified criteria and that there was a high relationship between the air quality in Mueang Nakhon Ratchasima district and the number of patients with acute bronchitis, stroke, chronic obstructive pulmonary disease, inflammatory eye disease, and dermatitis; though the overall number of patients with 12 disease symptoms was not related to any of the diseases previously mentioned. Average temperature and average rainfall had a negative ordinal correlation with CO, 1-hour average (ppm), PM<sub>10</sub>, 24-hour average (µg/cubic meter), PM<sub>2.5</sub>, 24-hour average (µg/cubic meter), when the average temperature increases and/or average rainfall increases, CO, PM<sub>10</sub>, and PM<sub>2.5</sub> decreases. In the total number of patients with 12 syndromes (acute bronchitis, stroke, chronic obstructive pulmonary disease, inflammatory eye disease, and dermatitis), there was no correlation between CO, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>, average temperature, and average rainfall, which was statistically insignificant (p-value>0.05).

**Keywords:** Air quality; Diseases related to air pollution; Mueang Nakhon Ratchasima district

---

<sup>\*</sup> Instructor, Faculty of Nursing, Pathumthani University

<sup>\*\*</sup> Instructor, Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University

<sup>a</sup> Corresponding author: Vadhana Jayathavaj Email: vadhana.j@ptu.ac.th

*Received: Nov. 22, 23; Revised: Jan. 13, 24; Accepted: Jan. 13, 24; Published Online: Feb. 10, 24*

## บทนำ

มลภาวะทางอากาศเป็นอันตรายต่อปอด ทางเดินหายใจ หลอดเลือดหัวใจ และหลอดเลือดสมอง มลพิษทางอากาศมีความเชื่อมโยงกับโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งเม็ดเลือดขาวในเด็ก ขีดขวางพัฒนาการของปอดในวัยเด็กส่งผลให้ปอดมีความบกพร่องเมื่อเป็นผู้ใหญ่ มีความสัมพันธ์กับการทำงานของการรับรู้ที่ลดลงและเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะสมองเสื่อม ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ) มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของจิตที่ล่าช้าและความฉลาดของเด็กที่ลดลง เชื่อมโยงกับความชุกของการเจ็บป่วย และการเสียชีวิตจากโรคเบาหวาน ระบบภูมิคุ้มกันและสัมพันธ์กับโรคภูมิแพ้จากภูมิแพ้ อาหารแพ้ และภูมิแพ้ตนเอง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับโรคกระดูกพรุนและกระดูกหัก เยื่อบุตาอักเสบ โรคตาแห้ง เก้ดกระดูก โรคกล้ามเนื้ออักเสบ การแข็งตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้น และอัตราการกรองไตลดลง โรคผิวหนังภูมิแพ้และลมพิษ สิว และการแก่ชราของผิวหนัง การควบคุมมลพิษทางอากาศจะสามารถป้องกันผลกระทบด้านลบต่อสุขภาพดังกล่าวได้<sup>(1)</sup> ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการสัมผัสกับ  $PM_{2.5}$  ในระยะสั้นกับความเสี่ยงในการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล เช่น ภาวะโลหิตเป็นพิษ ความผิดปกติของช่องเหลว และอิเล็กทรอนิกส์ และภาวะไตวายเฉียบพลันที่ไม่ระบุสาเหตุ รวมไปถึงโรคหลอดเลือดหัวใจและระบบทางเดินหายใจ โรคพาร์กินสัน เบาหวาน โรคไขข้ออักเสบ และลิ้นเลือดอุดตัน<sup>(2)</sup> มลพิษทางอากาศในยุโรปเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร คือ โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอด และมะเร็งปอด<sup>(3)</sup> การศึกษาโดยใช้ข้อมูลผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลด้วยแบบจำลองมลพิษทางอากาศแสดงถึงแต่ละโรคตามปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าความเสี่ยงในมลพิษทางอากาศที่เพิ่มขึ้น (สูงกว่า 40%) เกิดขึ้นพร้อมกันในโรคของกระดูก หลอดเลือดในสมอง โรคปอดบวม อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ไข้หวัดใหญ่ โรคข้อเข่าเสื่อม (OA) โรคหอบหืด โรคแผลในกระเพาะอาหาร (PUD) มะเร็ง หัวใจ ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ไต และโรคไขข้อ มลพิษทางอากาศที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงด้านสุขภาพที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ) ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ) โอโซน ( $O_3$ ) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO) การเกิดโรคในวัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นพร้อมกัน บ่งชี้ว่าระบบภูมิคุ้มกันพยายามปกป้องร่างกายจากมลพิษทางอากาศที่คงอยู่และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง<sup>(4)</sup>

การศึกษาผลกระทบและคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศและการพัฒนาดัชนีสุขภาพอันเนื่องมาจากคุณภาพอากาศของประเทศไทยกับข้อมูลปี พ.ศ. 2563 พบว่า ระดับมลพิษทางอากาศที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้เข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอกและจำนวนผู้เสียชีวิตของประเทศไทย ดังนั้น จึงควรมีข้อเสนอแนะในการผลักดันนโยบายเพื่อลดแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศอย่าง รวมทั้งสร้างความตระหนักถึงการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน เพื่อลดการเจ็บป่วย เสียชีวิตและสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีของคนไทย<sup>(5)</sup> บทเรียนจากชุดข้อมูลขนาดใหญ่ที่แสดงระดับมลพิษทางอากาศในระดับสูงตามฤดูกาลจากปัจจัย 2 ประการ คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษที่หลากหลายอันเนื่องมาจากวิกฤตหมอกควันในเชียงใหม่กับการมีผู้ป่วยนอกจำนวนมาก ผู้ป่วยนอกในพื้นที่

จังหวัดเชียงใหม่ในช่วงปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2557 โรคระบบทางเดินหายใจส่วนบน (J30-J39) และส่วนล่าง (J44) มีประมาณ 216,000 ราย ได้รับการประเมินว่าสัมพันธ์กับฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) โอโซน (O<sub>3</sub>) และความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) โดยใช้แบบจำลองการถดถอยป่วงที่มีมลพิษเดี่ยวและหลายมลพิษ พบว่ามลพิษทั้งสามเกี่ยวข้องกับจำนวนผู้ป่วยนอกที่เข้ารับการรักษาเนื่องจากโรคทางเดินหายใจส่วนบน และได้เรียกร้องให้มีการลดและควบคุมมลพิษทางอากาศ<sup>(6)</sup>

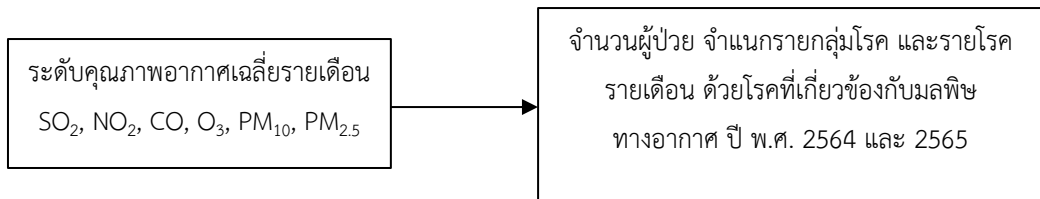
การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประมาณค่าระดับฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM<sub>10</sub> บริเวณโรงเรียนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่มีตัวแปรต้นเป็นปริมาณรถบรรทุกช่วงเวลาเร่งด่วน<sup>(7)</sup> การพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) จังหวัดนครราชสีมา เทคนิคการพยากรณ์ที่ให้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ เทคนิคการพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์ การพยากรณ์ปริมาณ PM<sub>2.5</sub> รายชั่วโมง ช่วงระยะเวลาที่พยากรณ์ได้ความแม่นยำไม่เกิน 48 ชั่วโมง ตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA (1,1,1) (1,1,1) การพยากรณ์ปริมาณ PM<sub>2.5</sub> เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ช่วงระยะเวลาที่พยากรณ์ได้ความแม่นยำไม่เกิน 31 วัน ตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA (0,1,3)<sup>(8)</sup>

ประกาศจังหวัดนครราชสีมา เรื่องมาตรการและแนวทางเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM<sub>2.5</sub>) ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ลงวันที่ 21 ตุลาคม 2562 ขอความร่วมมือให้ทุกหน่วยงานปฏิบัติตามประกาศโดยเคร่งครัด<sup>(9)</sup> สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมาได้จัดทำระบบรายงาน HDC รายงานจำนวนผู้ป่วยจากจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เฝ้าระวังผลกระทบสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ จำนวนผู้ป่วย จำแนกรายกลุ่มโรค และรายโรค รายเดือน ด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ เขตสุขภาพที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา อำเภอเมืองนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2564 และ 2565 จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เฝ้าระวังผลกระทบสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ (รายเดือน) 13 กลุ่มโรค คือ โรคหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน (Acute ischemic heart disease) โรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน (Acute pharyngitis) โรคหอบหืด (Asthma) โรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease-stroke) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease) โรคจมูกอักเสบเรื้อรัง (Chronic rhinitis) ไข้หวัดใหญ่ (Influenza) ผลระยะยาว (Long-term effect) โรคปอดบวม (Pneumonia) กลุ่มโรคตาอักเสบ กลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ และกลุ่มโรคอื่นๆ<sup>(10)</sup> รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย ระดับคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O<sub>3</sub>) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>)<sup>(11)</sup> และภูมิอากาศและสภาพอากาศเฉลี่ยตลอดปีในจังหวัดนครราชสีมา<sup>(12)</sup> ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาหาความเชื่อมโยงทางสถิติเบื้องต้นระหว่างคุณภาพอากาศและจำนวนผู้ป่วยอำเภอเมืองนครราชสีมา ในการเฝ้าระวังและกำหนดมาตรการควบคุมที่เหมาะสมกับสุขภาพของประชาชน

### วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศกับคุณภาพอากาศ อำเภอเมืองนครราชสีมา

### กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### ข้อมูลและการคัดเลือกข้อมูล

ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยและโรคโรคที่เฝ้าระวังผลกระทบสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ ระบบรายงาน HDC จำนวนผู้ป่วย จำแนกรายกลุ่มโรค และรายโรค รายเดือน สำหรับเขตสุขภาพที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา อำเภอเมืองนครราชสีมา จำนวน 13 กลุ่มโรค ข้อมูลกลุ่มโรคอื่นๆ ได้ตัดออกไป เนื่องจากมีจำนวน 0 คน จึงเหลือเพียง 12 กลุ่มโรค โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2564 และ 2565 จำนวน 24 เดือน<sup>(10)</sup>

#### ข้อมูลคุณภาพอากาศ

รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย จังหวัดนครราชสีมา ระดับคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือน ตรวจวัดที่โรงสูบน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา (47 T) ข้อมูลที่นำมาใช้คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>)<sup>(11)</sup>

ภูมิอากาศและสภาพอากาศเฉลี่ยตลอดปีในจังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วย อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนซึ่งส่งผลต่อคุณภาพอากาศ จากรายงานสภาพอากาศทั่วไปในจังหวัดนครราชสีมา โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติของรายงานสภาพอากาศรายชั่วโมงในอดีต และการสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2523 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2559<sup>(12)</sup> เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลรายเดือนของปี 2564 และ 2565 สำหรับอำเภอเมืองนครราชสีมาได้ เมื่อเป็นข้อมูลรายเดือน 12 เดือน จึงใช้เป็นตัวแทนข้อมูลรายเดือนของทั้งสองปี

#### วิธีการทางสถิติ

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) หรือ สัมประสิทธิ์  $r$  เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของตัวแปรสองตัวแปร มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ ตัวแปรต้องมีมาตรวัดช่วงหรือสัดส่วน (Interval หรือ Ratio level) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และมีการกระจายแบบปกติ (Bivariate normally distributed) สัมประสิทธิ์  $r$  มีค่าระหว่าง -1 ถึง +1 ค่าสัมบูรณ์ของ  $r$  เท่ากับ 0.1 จัดอยู่ในประเภทที่มีค่าน้อย 0.3 จัดอยู่ในประเภทปานกลาง และ 0.5 จัดอยู่ในประเภทขนาดใหญ่ ถ้าไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นให้ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับ (Spearman's rank correlation coefficient) ใช้วัดความแรงของความสัมพันธ์ทางเดียว (Monotonic relationship) กล่าวคือ ขณะที่ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น อีกตัวแปรหนึ่ง

ไม่ลดลงหรือขณะที่ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นอีกตัวแปรหนึ่งไม่เพิ่มขึ้นเลย ใช้ตัวช่วยว่า  $r_s$  ซึ่งมีค่าดังนี้  $-1 \leq r_s \leq 1$  การแปลผลคล้ายกับสหสัมพันธ์เพียร์สัน คือ เมื่อ  $r_s$  เข้าใกล้ +1 หรือ -1 มากเท่าไรก็มีความสัมพันธ์ทางเดียวมากเท่านั้น ขนาดความสัมพันธ์เมื่อค่าของ  $r_s = 0.00-0.19$  มีความสัมพันธ์อ่อนมาก (Very weak)  $r_s = 0.20-0.39$  มีความสัมพันธ์อ่อน (Weak)  $r_s = 0.40-0.59$  มีความสัมพันธ์ปานกลาง (Moderate)  $r_s = 0.60-0.79$  มีความสัมพันธ์เข้มแข็ง (Strong) และ  $r_s = 0.80-1.0$  มีความสัมพันธ์เข้มแข็งมาก (Very strong)<sup>(13)</sup> การทดสอบการแจกแจงตัวแปรมีการกระจายปกติใช้สถิติ Shapiro-Wilk W

ความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างตัวแปรเกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม หรือตามเวลา กล่าวคือ ตัวแปรมีการกระจายความน่าจะเป็น ดังนั้นการมีความสัมพันธ์เชิงสถิติของตัวแปรจึงไม่เกี่ยวข้องกับการตีความว่าตัวแปรหนึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดผลกับอีกตัวแปรหนึ่ง การที่จะกำหนดว่ามีความเกี่ยวข้องความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (Causal relationship) หมายถึง การที่ตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไปมีความเกี่ยวข้องกันในลักษณะที่ตัวแปรหนึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดขึ้นของอีกตัวแปรหนึ่งต้องพิจารณาจากการพิจารณาจากทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่มีมาก่อน<sup>(14)</sup> โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ คือ Jamovi<sup>(15,16)</sup>

## ผลการวิจัย

การประมวลผลสถิติเชิงพรรณนาข้อมูลจำนวนผู้ป่วยและคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2564 และ 2565 ระยะเวลา 24 เดือนของอำเภอเมืองนครราชสีมา ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับพบว่า มีเพียงจำนวนผู้ป่วยรวม 12 กลุ่มโรค กับ CO ค่าเฉลี่ย 1 ชม (ppm) ที่มีการกระจายแบบปกติ จึงไม่เป็นไปตามข้อตกลงในการใช้สมมติฐานสหสัมพันธ์เพียร์สัน

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศอำเภอเมืองนครราชสีมา

| รายการ            | จำนวนผู้ป่วย    | หาค่าเฉลี่ย | หาค่าต่ำสุด | หาค่าสูงสุด | Shapiro-Wilk W | Shapiro-Wilk p |
|-------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
|                   | รวม 12 กลุ่มโรค | เฉลี่ย      | ต่ำสุด      | สูงสุด      | ค่าเฉลี่ย      | ค่า p          |
| ค่าเฉลี่ยต่อเดือน | 8,450           | 2,053       | 1,253       | 389         | 1,737          | 1,807          |
| มัธยฐาน           | 8,352           | 816         | 1,376       | 439         | 1,977          | 1,996          |
| SD                | 4,477           | 2,626       | 561         | 170         | 793            | 659            |
| ค่าต่ำสุด         | 554             | 187         | 50          | 4           | 72             | 193            |
| ค่าสูงสุด         | 18,665          | 10,595      | 1,921       | 609         | 2,824          | 2,795          |
| Shapiro-Wilk W    | 0.979           | 0.701       | 0.880       | 0.870       | 0.921          | 0.893          |
| Shapiro-Wilk p    | 0.881           | <0.001      | 0.008       | 0.005       | 0.062          | 0.015          |

ตารางที่ 2 คุณภาพอากาศอำเภอเมืองนครราชสีมา

| รายการ            | CO    | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | อุณหภูมิเฉลี่ย | ปริมาณฝน |
|-------------------|-------|------------------|-------------------|----------------|----------|
| ค่ามาตรฐาน        | 30    | 120              | 50                |                |          |
| ค่าเฉลี่ยต่อเดือน | 0.54  | 42               | 25                | 27.70          | 80       |
| มัธยฐาน           | 0.53  | 39               | 22                | 28.00          | 85       |
| SD                | 0.14  | 17.00            | 10.50             | 1.88           | 67.00    |
| ค่าต่ำสุด         | 0.33  | 24               | 13                | 24.00          | 2.5      |
| ค่าสูงสุด         | 0.81  | 77               | 46                | 30.00          | 215      |
| Shapiro-Wilk W    | 0.958 | 0.868            | 0.878             | 0.912          | 0.888    |
| Shapiro-Wilk p    | 0.393 | 0.005            | 0.008             | 0.040          | 0.012    |

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับจำนวนผู้ป่วยรวม 12 กลุ่มโรคและ 4 กลุ่มโรค อำเภอเมืองนครราชสีมา

| รายการ        | จำนวนผู้ป่วย<br>รวม 12<br>กลุ่มโรค | หอดดลม<br>อีกเสบ<br>เฉียบพลัน | หอดดเลืด<br>สมอง | ปอดอุดกั้น<br>เรื้อรัง | ตาอีกเสบ |
|---------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|----------|
| หอดดลมอีกเสบ  | -0.170                             | —                             |                  |                        |          |
| เฉียบพลัน     | 0.427                              | —                             |                  |                        |          |
| หอดดเลืด      | 0.140                              | 0.570                         | —                |                        |          |
| สมอง          | 0.512                              | 0.004                         | —                |                        |          |
| ปอดอุดกั้น    | 0.216                              | 0.687                         | 0.788            | —                      |          |
| เรื้อรัง      | 0.310                              | < .001                        | < .001           | —                      |          |
| ตาอีกเสบ      | 0.115                              | 0.643                         | 0.952            | 0.796                  | —        |
|               | 0.592                              | < .001                        | < .001           | < .001                 | —        |
| ผิวหนังอีกเสบ | 0.011                              | 0.651                         | 0.905            | 0.718                  | 0.950    |
|               | 0.959                              | < .001                        | < .001           | < .001                 | < .001   |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแต่ละช่องมี 2 ค่า ตัวบนคือ  $r_s$  ตัวล่าง คือ p-value

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับ (Spearman's rank correlation coefficient) จำนวนผู้ป่วยรวม 12 กลุ่มโรคและ 4 กลุ่มโรค แสดงในตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับคุณภาพอากาศ

แสดงในตารางที่ 4 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับจำนวนผู้ป่วยรวมและ 4 กลุ่มโรค กับคุณภาพอากาศ แสดงในตารางที่ 5

จำนวนผู้ป่วยโรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ มีความสัมพันธ์กันสูง ขณะที่จำนวนผู้ป่วยโดยรวม 12 กลุ่มอาการโรค ไม่สัมพันธ์กับกลุ่มโรคที่กล่าวมาข้างต้นแต่อย่างใด (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 4** สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับคุณภาพอากาศ อำเภอเมืองนครราชสีมา

| รายการ            | CO     | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | อุณหภูมิเฉลี่ย |
|-------------------|--------|------------------|-------------------|----------------|
| PM <sub>10</sub>  | 0.759  | —                |                   |                |
|                   | <0.001 | —                |                   |                |
| PM <sub>2.5</sub> | 0.821  | 0.971            | —                 |                |
|                   | <0.001 | <0.001           | —                 |                |
| อุณหภูมิเฉลี่ย    | -0.631 | -0.257           | -0.266            | —              |
|                   | <0.001 | 0.225            | 0.209             | —              |
| ปริมาณฝนเฉลี่ย    | -0.701 | -0.817           | -0.768            | 0.549          |
|                   | <0.001 | <0.001           | <0.001            | 0.005          |

**หมายเหตุ** ตัวเลขในตารางแต่ละช่องมี 2 ค่า ตัวบนคือ  $r_s$  ตัวล่าง คือ p-value

คุณภาพอากาศเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณฝนเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์เชิงอันดับเป็นลบกับ CO ค่าเฉลี่ย 1 ชม (ppm) PM<sub>10</sub> ค่าเฉลี่ย 24 ชม (มค.ก./ลบ.ม.) PM<sub>2.5</sub> ค่าเฉลี่ย 24 ชม. (มค.ก./ลบ.ม.) เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ปริมาณฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นปริมาณ CO PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ลดลง (ตารางที่ 4)

จำนวนผู้ป่วยโดยรวม 12 กลุ่มอาการโรค โรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ ไม่พบว่ามีสหสัมพันธ์กับ CO ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppm) PM<sub>10</sub> ค่าเฉลี่ย 24 ชม (มค.ก./ลบ.ม.) PM<sub>2.5</sub> ค่าเฉลี่ย 24 ชม (มค.ก./ลบ.ม.) อุณหภูมิเฉลี่ย (°C) และปริมาณฝนเฉลี่ย (มม.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด (p-value>0.05) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงอันดับจำนวนผู้ป่วยรวมและ 5 กลุ่มโรค กับคุณภาพอากาศ อำเภอเมือง นครราชสีมา

| รายการ            | จำนวนผู้ป่วย<br>รวม 12<br>กลุ่มโรค | หาค่าเฉลี่ย<br>อันดับ | หาค่าเฉลี่ย<br>อันดับ | หาค่าเฉลี่ย<br>อันดับ | หาค่าเฉลี่ย<br>อันดับ | หาค่าเฉลี่ย<br>อันดับ |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| CO                | -0.126                             | 0.097                 | 0.148                 | 0.145                 | 0.053                 | -0.048                |
|                   | 0.558                              | 0.650                 | 0.491                 | 0.501                 | 0.807                 | 0.823                 |
| PM <sub>10</sub>  | -0.017                             | 0.153                 | 0.188                 | 0.214                 | 0.070                 | 0.006                 |
|                   | 0.939                              | 0.475                 | 0.380                 | 0.315                 | 0.746                 | 0.979                 |
| PM <sub>2.5</sub> | -0.046                             | 0.228                 | 0.265                 | 0.248                 | 0.147                 | 0.095                 |
|                   | 0.830                              | 0.284                 | 0.211                 | 0.243                 | 0.495                 | 0.657                 |
| อุณหภูมิเฉลี่ย    | 0.237                              | 0.255                 | 0.044                 | 0.094                 | 0.06                  | 0.165                 |
|                   | 0.264                              | 0.229                 | 0.838                 | 0.664                 | 0.781                 | 0.441                 |
| ปริมาณฝน          | 0.159                              | 0.127                 | 0.045                 | 0.017                 | 0.117                 | 0.146                 |
| เฉลี่ย            | 0.459                              | 0.553                 | 0.833                 | 0.936                 | 0.587                 | 0.495                 |

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแต่ละช่องมี 2 ค่า ตัวบนคือ  $r_s$  ตัวล่าง คือ p-value

## การอภิปรายผล

การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงคุณภาพอากาศกับจำนวนผู้ป่วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ อำเภอเมืองนครราชสีมา เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ตามตารางที่ 5 พบว่า มีค่าสูงสุด 0.265 ซึ่งกล่าวได้ว่า มีความสัมพันธ์อย่างอ่อนมาก (Very weak) 0.20-0.39 และ p-value ก็มากกว่า 0.05 ซึ่งก็แสดงว่า ค่าสหสัมพันธ์ใกล้ 0 แต่รายงานสถิติก็พบว่ามีผู้ป่วยรวมเฉลี่ยรายเดือนถึง 8,450 ราย (ตารางที่ 1) ซึ่งจะต้องหาสาเหตุที่แท้จริงต่อไป อย่างไรก็ตาม การทำนายโรคปอดบวมด้วยสมการถดถอยเชิงพหุ พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการคาดการณ์การเกิดโรคปอดบวม ประกอบด้วย อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และทิศทางลม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination  $r^2$ ) เท่ากับ 1.00 และจากการศึกษาความอ่อนไหวของสมการ พบว่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มีอิทธิพลต่อการคาดการณ์การเกิดโรคปอดบวมมากที่สุด มีอิทธิพลต่อการคาดการณ์อยู่ระหว่าง 20.74-25.81<sup>(17)</sup> ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาโลกร้อนกับโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่าการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ทำให้มีการกระตุ้นของเชื้อโรคบางชนิด นอกจากนี้การอาศัยอยู่ในที่ที่แออัด การระบายอากาศที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการแพร่โรคติดต่อทางเดินหายใจได้ เช่น โรคปอดบวม โรควัณโรค ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เมื่อหายใจเอาก๊าซชนิดนี้เข้าไปจะไปแย่งจับกับฮีโมโกลบินในเลือด เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน ทำให้ความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ลดลงทำให้เลือดขาดออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ

ในร่างกาย และหัวใจทำงานหนักขึ้นหากมนุษย์ได้รับก๊าซไนโตรเจนในปริมาณมาก จะทำให้ร่างกายเกิดภาวะขาดออกซิเจน และจะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ซึ่งการศึกษาความอ่อนไหวของสมการพบว่า อุณหภูมิสูงมีอิทธิพลต่อการคาดการณ์การเกิดโรคปอดบวมรองลงมา<sup>(18)</sup> ผลกระทบด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศยังคงเป็นปัญหาด้านสาธารณสุขทั่วโลก การสัมผัสกับมลพิษทางอากาศมีผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพของมนุษย์ ผู้ที่เป็นโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง เช่น โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) และโรคหอบหืด มีความเสี่ยงเป็นพิเศษต่อผลเสียของมลพิษทางอากาศ มลพิษทางอากาศสามารถกระตุ้นให้เกิดอาการกำเริบเฉียบพลันของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและโรคหอบหืด เพิ่มอัตราการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตของระบบทางเดินหายใจ ผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษทางอากาศขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและแหล่งที่มาของมลพิษ ซึ่งแตกต่างกันไปตามประเทศ ฤดูกาล และเวลา การเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษทางอากาศในประเทศกำลังพัฒนา เพื่อลดผลกระทบที่เป็นอันตรายจากมลพิษทางอากาศ ผู้คนโดยเฉพาะผู้ที่เป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังหรือโรคหอบหืดควรตระหนักถึงคุณภาพอากาศ และใช้มาตรการเพิ่มเติม เช่น ลดเวลาอยู่กลางแจ้ง และสวมหน้ากากอนามัยเมื่อจำเป็น เพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในอาคาร ผู้คนควรใช้เชื้อเพลิงที่สะอาดและปรับปรุงเตาเพื่อให้สามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและระบายไอเสียออกสู่ภายนอก แนะนำให้ใช้เครื่องฟอกอากาศที่สามารถปรับปรุงคุณภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ<sup>(19)</sup>

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการปฏิบัติ

การศึกษาจากค่าเฉลี่ยรายเดือนเป็นตัวชี้ระดับคุณภาพอากาศในเชิงพื้นที่กับฤดูกาลเพื่อออกมาตราการเตือนนำไปสู่การป้องกันตนเองในฤดูกาล (เดือนต่าง ๆ) ส่วนการเฝ้าระวังรายพื้นที่เสี่ยงและช่วงเวลาเสี่ยงอย่างต่อเนื่อง เมื่อค่ามลพิษเกินกว่าระดับมาตรฐานที่อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพเฉียบพลันนั้น การสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลข่าวสารสัญญาณเตือนเกี่ยวกับคุณภาพอากาศมีรายงานให้ประชาชนในพื้นที่ได้ ทั้งของหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบและของเอกชน เช่น เว็บไซต์ AccuWeather เมืองนครราชสีมา, นครราชสีมา ที่มีรายงานเป็นรายชั่วโมง ประวัน และรายเดือน เป็นต้น<sup>(20)</sup>

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

การศึกษาแนวทางสารสนเทศศาสตร์สุขภาพ (Health informatics) เนื่องจากมลพิษทางอากาศอาจไม่ส่งผลในทันที แต่เป็นผลของการสะสมของการสัมผัสในอดีต จึงอาจพิจารณาความเชื่อมโยงกับระดับมลพิษในอากาศในช่วงเวลาที่ผ่านมา (Lag time) เพิ่มเติม นอกเหนือไปจากการศึกษาปัจจัยการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศในพื้นที่จากผู้ป่วยโดยตรง

#### เอกสารอ้างอิง

1. Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung SH, Mortimer K, Perez-Padilla R, Rice MB, Riojas-Rodriguez H, Sood A, Thurston GD, To T, Vanker A, Wuebbles DJ. Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air Pollution and Organ Systems. *Chest*. 2019 Feb;155(2):417-426. doi: 10.1016/j.chest.2018.10.041.

2. Wei Y, Wang Y, Di Q, Choirat C, Wang Y, Koutrakis P, Zanobetti A, Dominici F, Schwartz JD. Short term exposure to fine particulate matter and hospital admission risks and costs in the Medicare population: time stratified, case crossover study. *BMJ*. 2019 Nov 27;367:l6258. doi: 10.1136/bmj.l6258.
3. The European Environment Agency (EEA). The Air quality in Europe 2021: Health impacts of air pollution in Europe, 2021 [online]. (2021 Nov 15). [cited 2023 Aug 9]. Available from: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution>
4. Chau TT, Wang KY. An association between air pollution and daily most frequently visits of eighteen outpatient diseases in an industrial city. *Sci Rep*. 2020 Feb 11;10(1):2321. doi: 10.1038/s41598-020-58721-0.
5. กรวิภา ปุณณศิริ, เบญจวรรณ รัชชสุภา, ณัฐกานต์ ฉัตรวิไล, ทิพย์กมล ภูมิพันธ์, อาทิตย์ โพธิ์ศรี. รายงานการศึกษาผลกระทบและคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศและการพัฒนาดัชนีสุขภาพอันเนื่องมาจากคุณภาพอากาศของประเทศไทย. กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข [อินเทอร์เน็ต]. 2564. [เข้าถึงเมื่อ 2566 ส.ค. 11]. เข้าถึงได้จาก: <https://hia.anamai.moph.go.th/th/research/download/?did=208776&id=90702&reload=>
6. Varapongpisan T, Frank TD, Ingsrisawang L. Association between out-patient visits and air pollution in Chiang Mai, Thailand: Lessons from a unique situation involving a large data set showing high seasonal levels of air pollution. *PLoS One*. 2022 Aug 18;17(8):e0272995. doi: 10.1371/journal.pone.0272995.
7. สุตจิต ครุจิต. รายงานการวิจัยสถานการณ์และการประมาณค่าฝุ่นขนาดเล็ก (PM10) บริเวณโรงเรียนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา [อินเทอร์เน็ต]. 2550. [เข้าถึงเมื่อ 2566 ส.ค. 11]. เข้าถึงได้จาก [http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/2374/2/1656\\_fulltext.pdf](http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/2374/2/1656_fulltext.pdf)
8. อินทฉัตร สุขเกษม. การพยากรณ์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) จังหวัดนครราชสีมา. นครราชสีมา: สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 นครราชสีมา; 2563.
9. สำนักงานส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น จังหวัดนครราชสีมา. ประกาศจังหวัดนครราชสีมา เรื่อง มาตรการและแนวทางเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 2566 ส.ค. 11]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.koratdla.go.th/public/list/data/showdetail/id/36966/menu/1763>

10. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา. จำนวนป่วย จำแนกรายกลุ่มโรค และรายโรค รายเดือน ด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ เขตสุขภาพที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา อำเภอเมืองนครราชสีมา จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เฝ้าระวังผลกระทบสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ (รายเดือน) ปี พ.ศ.2564 – 2565 [อินเทอร์เน็ต]. 2566. [เข้าถึงเมื่อ 2566 ส.ค. 11]. เข้าถึงได้จาก: [https://nma.hdc.moph.go.th/hdc/reports/report.php?&cat\\_id=9c647c1f31ac73f4396c2cf987e7448a&id=5968980caf87d4518aa9f0263a9299c6](https://nma.hdc.moph.go.th/hdc/reports/report.php?&cat_id=9c647c1f31ac73f4396c2cf987e7448a&id=5968980caf87d4518aa9f0263a9299c6)
11. ส่วนคุณภาพอากาศ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย ประจำวันพุธ ที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2566 เวลา 06:00 น. สรุปข้อมูลคุณภาพอากาศ พ.ศ. 2563-2566 [อินเทอร์เน็ต]. 2566. [เข้าถึงเมื่อ 2566 ส.ค. 11]. เข้าถึงได้จาก <https://tmd.go.th/forecast/daily/300820231800>
12. Weather Spark. ภูมิอากาศและสภาพอากาศเฉลี่ยตลอดปีในนครราชสีมา [อินเทอร์เน็ต]. 2566. [เข้าถึงเมื่อ 2566 ส.ค. 11]. เข้าถึงได้จาก [https://th.weatherspark.com/y/114253/สภาพอากาศโดยเฉลี่ยใน-นครราชสีมา-ไทย-ตลอดปี#google\\_vignette](https://th.weatherspark.com/y/114253/สภาพอากาศโดยเฉลี่ยใน-นครราชสีมา-ไทย-ตลอดปี#google_vignette)
13. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: Erlbaum; 1988.
14. Gujarati DN, Porter DC. Basic Econometrics. 5<sup>th</sup> ed. Singapore: McGraw-Hill/Irwin; 2009.
15. The jamovi project. jamovi. [computer program on the Internet]. Version 2.3.26. [place unknown]: The jamovi project; 2023 Apr 14. [cited 2023 Aug 9]. Available from: <https://www.jamovi.org>
16. R Core Team. R: A Language and environment for statistical computing. [computer program on the Internet]. Version 4.1. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2021. [cited 2023 Aug 9]. Available from: <https://cran.r-project.org>
17. วัชรารักษ์ เชื่อมกลาง, นรินทร์ คงฤทธิ์, หฤษฎ์สลักชัย วิริยะ. การทำนายอัตราการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจจากมลพิษ และความแปรปรวนสภาวะภูมิอากาศในจังหวัดนครราชสีมาด้วยแบบจำลองเชิงสถิติ และการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล. วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. 2563;14(1):146-54.
18. กิตติมา บำรุงพัฒนาศิริ. โลกร้อนกับโรคระบบทางเดินหายใจ. วารสารพยาบาลโรคหัวใจและทรวงอก. 2550; 18(1):2-9.
19. Jiang XQ, Mei XD, Feng D. Air pollution and chronic airway diseases: what should people know and do? J Thorac Dis. 2016 Jan;8(1):E31-40. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.11.50.
20. AccuWeather. AccuWeather เมืองนครราชสีมา, นครราชสีมา: รายชั่วโมง [อินเทอร์เน็ต]. 2566. [เข้าถึงเมื่อ 2566 ส.ค. 11]. เข้าถึงได้จาก <https://www.accuweather.com/th/th/mueang-nakhon-ratchasima/319629/hourly-weather-forecast/319629>