

ความสัมพันธ์ของปริมาณฝนกับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก จังหวัดเพชรบูรณ์ และคุณภาพอากาศกับจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศ อำเภอเมืองเพชรบูรณ์

ชิติมา กิ่งกระโทก, ส.ม.¹

นัทรสิริ นัทรภูติ, พย.ม.²

วัฒนา ชยธวัช, ประ.ด.³

1. กลุ่มงานควบคุมโรคติดต่อ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์

2. คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยชินวัตร จังหวัดปทุมธานี

3. คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

วันที่รับบทความ (Received), 6 พฤษภาคม 2567

วันแก้ไขบทความ (Revised), 30 มิถุนายน 2567

วันตอบรับบทความ (Accepted) 16 กรกฎาคม 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก 2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศ และ 3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยา กองระบาดวิทยา กรมควบคุมมลพิษ และกระทรวงสาธารณสุข วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสองตัวแปรด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน (r_s) ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายเดือนไปในทิศทางเดียวกันอยู่ในระดับต่ำ (r_s 0.411 ค่าพี 0.004) คุณภาพอากาศมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศไปในทางเดียวกันเพียงโรคหอบหืด (Asthma) โรคปอดอักเสบ (Pneumonia) โรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ส่วนความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามคือ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) โดยมีสหสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่โรคคออักเสบเฉียบพลัน (Acute Pharyngitis) มีสหสัมพันธ์ระดับสูงมีสหสัมพันธ์กับ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ (r_s -0.767 ค่าพี < .001 และ r_s -0.762 ค่าพี < .001 ตามลำดับ) ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศในทางตรงกันข้ามระดับสูงมีสหสัมพันธ์กับ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ (r_s -0.83 ค่าพี < .001 และ r_s -0.836 ค่าพี < .001 ตามลำดับ) คำสำคัญ: คุณภาพอากาศ, ปริมาณน้ำฝน, โรคไข้เลือดออก, โรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศ, เพชรบูรณ์

**Associations of rainfall volume with the dengue fever cases in Phetchabun province and
air quality with the number of patients with diseases monitored by air pollution
in Mueang Phetchabun district**

Thitima Kingkratoke, M.P.H.¹

Chatsiri Chatphuti, M.NS.²

Vadhana Jayathavaj, Ph.D.³

1. Communicable Disease Control Group, Phetchabun Provincial Public Health Office, Phetchabun Province

2. Faculty of Nursing, Shinawatra University, Pathum Thani Province

3. Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University, Pathum Thani Province

Abstract

This research aimed to: 1) analyze the relationship between rainfall and the number of dengue fever patients and air quality; 2) analyze the relationship between the number of patients under surveillance and air pollution; and 3) analyze the relationship between monthly rainfall volume and air quality in Phetchabun Province by collecting secondary data from the Meteorological Department, Epidemiology Division, Pollution Control Department, and the Ministry of Public Health. Bivariate relationships were analyzed using the Spearman correlation coefficient (r_s). The analysis results found that the average monthly rainfall had a low relationship with the number of monthly dengue fever patients in the same direction (r_s 0.411, p-value 0.004). Air quality was related to the number of patients monitored for air pollution in the same way as asthma, pneumonia, and bronchitis. The opposite relationship was chronic obstructive pulmonary disease (COPD), with a very low correlation and no statistical significance. But acute pharyngitis had a high correlation with PM₁₀ and PM_{2.5} (r_s -0.767 p-value < .001 and r_s -0.762 p-value < .001, respectively). The average monthly rainfall volume had a high relationship with air quality in the opposite direction, correlated with PM₁₀ and PM_{2.5} (r_s -0.83 p-value < .001 and r_s -0.836 p-value < .001, respectively).

Keywords: Air Quality, Rain Volume, Dengue Fever, Diseases monitored from air pollution, Phetchabun

1. บทนำ

โรคไข้เลือดออก (dengue fever) เกิดจากไวรัส Flavivirus ที่ติดต่อโดยยุง *Aedes aegypti* และ *Aedes albopictus* สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อระบบนิเวศของพาหะ การศึกษาอิทธิพลของความแปรปรวนของภูมิอากาศต่อการเกิดโรคไข้เลือดแบบย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึง 2552 ในประเทศบังกลาเทศโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นในพื้นที่ศึกษาจากกรมอุตุนิยมวิทยาบังกลาเทศ และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลในแต่ละเดือนนำมาสร้างแบบจำลองการถดถอยพหุของ อุบัติการณ์ของไข้เลือดออกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่เดือนมิถุนายน และถึงจุดสูงสุดในเดือนสิงหาคม วันที่ฝนตกเพิ่มอีก 1 วันต่อเดือน ทำให้ผู้ป่วยไข้เลือดออกในเดือนถัดไปเพิ่มขึ้น 6% ไข้เลือดออกแพร่ระบาดตลอดทั้งปีโดยอุบัติการณ์จะแปรผันตามฤดูกาล จำนวนวันที่ฝนตกต่อเดือนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับอุบัติการณ์ไข้เลือดออกในเดือนถัดไป⁽¹⁾ เช่นเดียวกับการศึกษาในเมืองธากา ประเทศบังกลาเทศ ไข้เลือดออกเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วยร้ายแรงและต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล สภาพภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของพาหะนำโรคไข้เลือดออก สภาพทางภูมิศาสตร์ อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมสูงสุดและต่ำสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก⁽²⁾

สำหรับประเทศอินโดนีเซีย การศึกษาในเมืองมานาโด สุลawesiเหนือ ในช่วงปี 2562 จำนวนวันที่ฝนตกเพิ่มขึ้น อุบัติการณ์ของโรคไข้เลือดออก (dengue hemorrhagic fever, DHF) ก็เพิ่มสูงขึ้น⁽³⁾ ตัวแปรที่พบว่ามีผลกระทบต่อกรณีจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในเมืองเซมารัง ประเทศอินโดนีเซีย โดยอิงตามแบบจำลองการถดถอยพหุของทั่วไป ได้แก่ จำนวนแหล่งที่อยู่อาศัยของตัวอ่อนยุง, จำนวนโรงพยาบาล, ความหนาแน่นของประชากร และจำนวนบุคลากรทางการแพทย์⁽⁴⁾ การศึกษาในหลายเขตพื้นที่ของประเทศอินโดนีเซียพบว่า อัตราการแพร่ระบาดของไข้เลือดออกจะสูงขึ้นในช่วงฤดูฝน (พ.ย.–มีนาคม) เมื่อเทียบกับฤดูแล้ง (เม.ย.–ต.ค.) อุณหภูมิที่สูงมากมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับโรคไข้เลือดออก อย่างไรก็ตาม ความผิดปกติของปริมาณฝนสะสมที่ต่ำและสูงมากมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงไข้เลือดออกเนื่องจากปริมาณฝนต่ำก็จะเก็บกักน้ำไว้ใช้⁽⁵⁾ การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับอุบัติการณ์ของ DHF ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึง 2556 ที่เมืองปาซุรุอัน ประเทศอินโดนีเซีย วิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานสาธารณสุขด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน (Spearman) ผลการวิจัยพบว่าช่วงวันฝนตกและปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์ของ DHF ชัดเจน⁽⁶⁾

การศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศและไข้เลือดออกระดับอำเภอในภาคใต้ของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2561 โดยตรวจสอบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างอัตราการเกิดโรคไข้เลือดออกกับรูปแบบของข้อมูลตัวแปรสิ่งแวดล้อมและรายงานผู้ป่วยไข้เลือดออกในจังหวัดนครศรีธรรมราชอุบัติการณ์ของไข้เลือดออกแสดงการตอบสนองเชิงลบต่อค่าความดันระดับน้ำทะเล

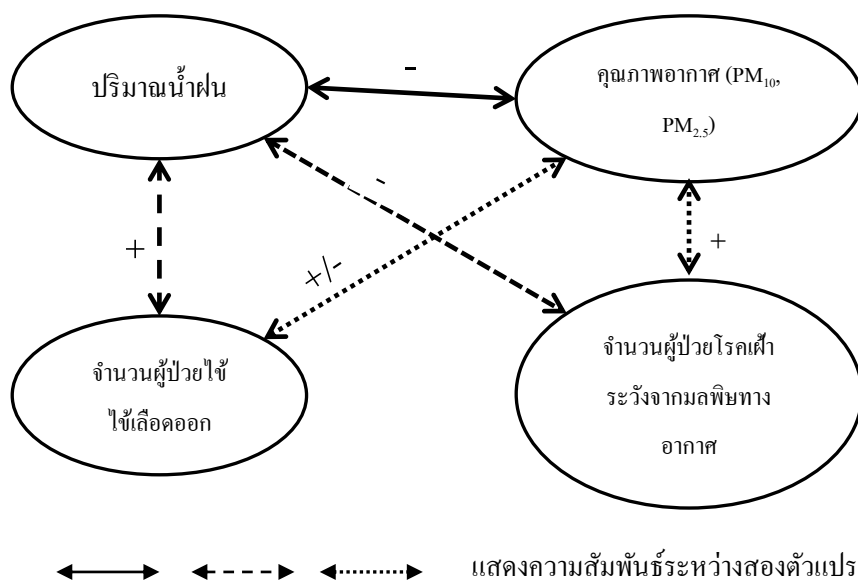
โดยเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ปัจจัยท้องถิ่นที่กระตุ้นให้เกิดโรคไข้เลือดออก ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน เมฆปกคลุม และความกดอากาศระดับน้ำทะเล⁽⁷⁾

ฝุ่นละอองคืออนุภาคขนาดเล็กมากจนสามารถเดินทางไปจนถึงถุงลมในปอด (alveoli) ได้เมื่อเข้าไปในถุงลม ฝุ่นละอองอาจทำให้ระคายเคืองและกีดกร่อนผนัง ทำลายปอดและทำให้เกิดโรคปอดอนุภาคที่เล็กที่สุดสามารถข้ามจากถุงลมเข้าสู่กระแสเลือดได้ มลพิษเหล่านี้ในระดับสูงมีความเชื่อมโยงกับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของโรคหลอดเลือดสมองและหัวใจวาย⁽⁸⁾ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (particulate matter less than 10 micrometers, PM₁₀) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (particulate matter smaller than 2.5 micron, PM_{2.5}) มาจากแหล่งปล่อยมลพิษที่ต่างกัน และยังมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันด้วย การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน น้ำมัน น้ำมันดีเซล หรือไม้ก่อให้เกิดมลภาวะ PM_{2.5} จำนวนมากที่พบในอากาศ รวมถึง PM₁₀ ในสัดส่วนที่มีนัยสำคัญ PM₁₀ ยังรวมถึงฝุ่นจากสถานที่ก่อสร้าง การฝังกลบและการเกษตร ไฟป่า และการเผาแปลงเกษตรหรือขยะ แหล่งอุตสาหกรรม ฝุ่นที่เกิดจากลมพัดจากพื้นที่เปิดโล่ง ละอองเกสรดอกไม้ และเศษแบคทีเรีย ผลกระทบต่อสุขภาพหลายประการเกี่ยวข้องกับการสัมผัสกับทั้ง PM_{2.5} และ PM₁₀ สำหรับ PM_{2.5} การได้รับสัมผัสในระยะสั้น (ไม่เกิน 24 ชั่วโมง) มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร การเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสาเหตุของหัวใจหรือปอด หลอดลมอักเสบเฉียบพลันและเรื้อรัง โรคหอบหืด การเข้ารับการรักษาในห้องฉุกเฉิน มีรายงานผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อสุขภาพเหล่านี้ในทารก เด็ก และผู้สูงอายุที่เป็นโรคหัวใจหรือปอดอยู่แล้ว⁽⁹⁾ มลพิษทางอากาศมีผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์และมีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับโรคทางเดินหายใจ รวมถึงโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ผลกระทบเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็นผลกระทบในระยะสั้นและระยะยาว⁽¹⁰⁾ การศึกษาประชากรผู้ใหญ่ที่เมืองออนแทรีโอ ประเทศแคนาดา พบว่าการเพิ่มขึ้นของ PM_{2.5}, ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂), โอโซน (O₃) มีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์ของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ที่เพิ่มขึ้น 3–7%⁽¹¹⁾

การศึกษาคูณภาพอากาศกับจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศ อำเภอเมืองนครราชสีมา พบว่า คุณภาพอากาศเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณฝนเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์เชิงอันดับสเปียร์แมนเป็นลบกับ CO ค่าเฉลี่ย 1 ชม. (ppm) PM₁₀ ค่าเฉลี่ย 24 ชม. (มก.ก./ลบ.ม.) PM_{2.5} ค่าเฉลี่ย 24 ชม. (มก.ก./ลบ.ม.) เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและ/หรือ ปริมาณฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นปริมาณ CO, PM₁₀, และ PM_{2.5} ลดลง จำนวนผู้ป่วยโดยรวม 12 กลุ่มอาการ ได้แก่ โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ เป็นต้น ไม่พบว่ามี ความสัมพันธ์กับ CO, PM₁₀, และ PM_{2.5} อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณฝนเฉลี่ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value>0.05)⁽¹²⁾

ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index, AQI) เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในภาพรวมที่ประกอบด้วยมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด ได้แก่ $PM_{2.5}$, PM_{10} , ก๊าซโอโซน (O_3), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2), และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) AQI มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 201 ขึ้นไป หาก AQI เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าสูงกว่า 100 จัดเป็นระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ การเปรียบเทียบดัชนี AQI เฉลี่ยรายเดือนกับสภาพอากาศรายเดือนในช่วงสามปีที่ผ่านมาของเมืองซีอาน ประเทศจีน พบว่าในเดือนที่ AQI สูง จะมีเมฆมากและมีดครึ้มเป็นส่วนใหญ่ สัดส่วนวันฝนตกและหิมะตกค่อนข้างน้อยโดยแทบจะไม่มีฝนตกเลยและความเร็วลมช้าซึ่งไม่เอื้อต่อการแพร่กระจายของอนุภาค ดังนั้นค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอนุภาคจะสูงขึ้นและมลพิษทางอากาศก็รุนแรงมากขึ้น เมื่อคุณภาพอากาศเฉลี่ยดัชนีต่ำสัดส่วนสภาพอากาศฝนและหิมะเพิ่มขึ้นตามนี้เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการทำให้อนุภาคและฝุ่นบริสุทธิ์ สรุปได้ว่าปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของสารมลพิษ⁽¹³⁾ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tian, Cui, Sheu, Hsieh, Yu⁽¹⁴⁾ และ Wang, Cui, Sheu, Wang, Liu⁽¹⁵⁾

จากการศึกษาข้างต้นความสัมพันธ์ของปริมาณฝน คุณภาพอากาศ จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก และจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1 (ความสัมพันธ์ + คือ ในทางเดียวกัน – คือ ในทางตรงกันข้าม ส่วน +/- อาจไปในทางเดียวกันหรือในทางตรงกันข้าม)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน คุณภาพอากาศ จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก และจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกของจังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้ระวังจากมลพิษทางอากาศของอำเภอเมืองเพชรบูรณ์
3. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับปริมาณน้ำฝนของจังหวัดเพชรบูรณ์

3. สมมติฐานของการวิจัย

ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกไปในทางเดียวกัน

คุณภาพอากาศมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้ระวังจากมลพิษทางอากาศไปในทางเดียวกัน

ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศในทางตรงกันข้าม

4. กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก คุณภาพอากาศมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้ระวังจากมลพิษทางอากาศ และปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 1

5. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Research) วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนกับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกของจังหวัดเพชรบูรณ์ คุณภาพอากาศกับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้ระวังจากมลพิษทางอากาศ อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ และปริมาณน้ำฝนกับคุณภาพอากาศ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป็นจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนของจังหวัดเพชรบูรณ์ พ.ศ. 2546 ถึง มีนาคม 2567 และจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคไข้ระวังจากมลพิษทางอากาศรายเดือน อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ พ.ศ. 2563 ถึง มีนาคม 2567 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจอากาศของกรมควบคุมมลพิษที่มีเพียงแห่งเดียว คือ สถานี 97T – สวนเพชรบุรี อำเภอเมืองเพชรบูรณ์⁽¹⁶⁾

กระบวนการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนเป็นข้อมูลของพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ที่สอดคล้องปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัด จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคไข้ระวังจากมลพิษทางอากาศรายเดือนเป็นข้อมูลพื้นที่อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจอากาศของกรมควบคุมมลพิษที่มีเพียงแห่งเดียว คือ สถานี 97T – สวนเพชรบุรี อำเภอเมืองเพชรบูรณ์⁽¹⁶⁾

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

โปรแกรมสำเร็จรูปจัดการข้อมูลในแบบตาราง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

พื้นที่ที่สนใจศึกษา คือ จังหวัดเพชรบูรณ์ แต่พบสถานีตรวจอากาศของกรมควบคุมมลพิษเพียงแห่งเดียว คือ สถานี 97T – สวนเพชรบุรี อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ ได้คุณภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนจากกรมควบคุมมลพิษ⁽¹⁶⁾ มีข้อมูลตั้งแต่ กรกฎาคม 2565 ถึง มกราคม 2567 จึงนำข้อมูล PM_{10} และ $PM_{2.5}$ หน่วยเป็นค่าเฉลี่ย 24 ชม.(มกค./ลบม.)

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจากสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) (สพร.)⁽¹⁷⁾ เป็นข้อมูลของจังหวัดเพชรบูรณ์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 ถึง 2566 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (เรียกตัวแปรโดยย่อว่า “ฝน”) ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของเดือนก่อนหน้า (เรียกตัวแปรโดยย่อว่า “ฝน-1”)

จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก (Dengue Fever, DF) กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค⁽¹⁸⁾ จากระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506 มีรายงานจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนมีข้อมูลของจังหวัดเพชรบูรณ์ พ.ศ. 2546 ถึง มีนาคม 2567

จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศรายเดือนจากกระทรวงสาธารณสุข⁽¹⁹⁾ ระบบรายงาน HDC เขตสุขภาพที่ 2 จังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ เป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่ พ.ศ. 2563 ถึง มีนาคม 2567 มีจำนวน 13 กลุ่มอาการโรค แต่เลือกเฉพาะกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจจำนวน 5 กลุ่มโรค คือ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease, COPD) โรคหอบหืด (Asthma) โรคปอดอักเสบ (Pneumonia) โรคคออักเสบเฉียบพลัน (Acute Pharyngitis, AP) โรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ความเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกันของสองตัวแปร ได้แก่ การขึ้นต่อกัน (dependent) หรือ การเป็นอิสระต่อกัน (Independent) เมื่อค่าของตัวแปรหนึ่งให้หรือไม่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับค่าของอีกตัวแปรหนึ่งตามลำดับ ส่วนความเชื่อมโยง (association) และสหสัมพันธ์ (correlation) ถูกนำมาใช้สลับกัน ความเชื่อมโยงเป็นความสัมพันธ์ (relationship) ทั่วไป โดยตัวแปรตัวหนึ่งจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอีกตัวแปรหนึ่ง สหสัมพันธ์มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้นกล่าวคือตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันเมื่อแสดงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ทั้งความเชื่อมโยงและสหสัมพันธ์ไม่ได้หมายถึงความเป็นเหตุเป็นผล (causality) แต่อย่างใด⁽²⁰⁾ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อธิบายด้วยขนาดและทิศทางของการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปร สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation, r) ใช้วัดความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสุ่มแบบกระจายปกติ 2 ตัว ส่วนสหสัมพันธ์อันดับสเปียร์แมน (Spearman's rank correlation, r_s) อธิบายความสัมพันธ์แบบโมโนโทนิก (monotonic relationship) ระหว่าง 2 ตัวแปร คือ สถานการณ์ที่ขนาดของตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อตัวแปรอื่นเพิ่มขึ้นด้วย หรือเมื่อขนาดของตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อตัวแปรอีกตัวหนึ่งลดลงเช่นกัน สามารถใช้กับข้อมูลต่อเนื่องที่มีการกระจายแบบไม่ปกติและสามารถใช้กับข้อมูลลำดับ (ordinal scale) ได้⁽²¹⁾ การแปล

ความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและสหสัมพันธ์อันดับสเปียร์แมน หากมีค่าเท่ากับ +1 หรือ -1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกันหรือตรงกันข้ามโดยสมบูรณ์ตามลำดับ⁽²²⁾ ส่วนค่าอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

ข้อมูลรายเดือน มกราคม 2563 ถึง มิถุนายน 2566 48 เดือน ใช้วิเคราะห์ข้อมูลรายเดือนเชิงพื้นที่ย้อนหลังว่าด้วยความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกของจังหวัดเพชรบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ 1

ข้อมูลรายเดือน กรกฎาคม 2565 ถึง ธันวาคม 2566 18 เดือน ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศกับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้หวัดจากมลพิษทางอากาศของอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ ตามวัตถุประสงค์ที่ 2

ข้อมูลรายเดือน กรกฎาคม 2565 ถึง ธันวาคม 2566 18 เดือน ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศของอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ กับปริมาณน้ำฝนของจังหวัดเพชรบูรณ์ ตามวัตถุประสงค์ที่ 3

ตารางที่ 1 ความหมายค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันและสหสัมพันธ์อันดับสเปียร์แมนที่ไม่คิดเครื่องหมาย

ค่าสหสัมพันธ์		ความหมาย	
0.90	ถึง	1.00	สูงมาก (Very high correlation)
0.70	ถึง	0.90	สูง (High)
0.50	ถึง	0.70	ปานกลาง (Moderate)
0.30	ถึง	0.50	ต่ำ (Low)
0.00	ถึง	0.30	ต่ำมาก (Very low)

ที่มา: Hingle, Wiersma, Jurs (1979)⁽²²⁾



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการประมวลผล

เนื่องจากข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกเป็นข้อมูลระดับจังหวัด ส่วนคุณภาพอากาศแสดงด้วยข้อมูล PM_{10} และ $PM_{2.5}$ และจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศรายเดือนเป็นข้อมูลระดับอำเภอ ซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของระดับจังหวัด การใช้ข้อมูลของตัวแปรระดับจังหวัดกับระดับอำเภอที่แตกต่างกันมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นไปภายใต้ข้อจำกัดของข้อมูลที่สืบค้นได้โดยอนุโลม ทั้งนี้เพื่อเป็นรูปแบบสำหรับการวิจัยในกรณีที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์ต่อไป

การประมวลผล

เริ่มต้นจากการจำแนกข้อมูลรายเดือนเป็นชุดของตัวแปรที่มีข้อมูลรายเดือนต่อเนื่องบนช่วงเวลาเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 2

การประมวลผลตามขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 2 ประมวลผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ คือ โปรแกรม jamovi⁽²³⁾

การพิทักษ์สิทธิของอาสาสมัคร/กลุ่มตัวอย่าง

การตรวจสอบตามประกาศมหาวิทยาลัยมหิดล เรื่องแนวปฏิบัติสำหรับโครงการวิจัยที่ไม่เข้าข่ายการวิจัยในคน พ.ศ. 2565⁽²⁴⁾ ด้วยแบบประเมินตนเองว่ากิจกรรมนั้นเป็นการวิจัยในมนุษย์ที่ต้องได้รับการอนุมัติตามหลักจริยธรรมหรือไม่ของศูนย์ส่งเสริมจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยมหิดล⁽²⁵⁾ ดังนี้ เป็นโครงการที่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อสร้างหรือทำให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่ในวงกว้าง ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายงานข้อมูลสถิติภูมิจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก พ.ศ. 2546-มี.ค. 2567 ของจังหวัดเพชรบูรณ์ที่เผยแพร่สาธารณะโดยกรมควบคุมโรค⁽¹⁸⁾ และจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศ 2563-มี.ค. 2567 ของอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ที่เผยแพร่สาธารณะโดยกระทรวงสาธารณสุข⁽¹⁹⁾ ซึ่งบุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ ไม่ได้มาจากการปฏิเสธพันธ์ หรือการทำกิจกรรมใด ๆ ร่วมกันระหว่างผู้วิจัยกับผู้เข้าร่วมการวิจัย ไม่มีการเก็บบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลที่สามารถสลับย้อนกลับไปหาบุคคลนั้น ๆ ได้ ข้อมูลที่ได้ไม่ได้มาจากการให้สิ่งแทรกแซง ไม่มีการใช้ยา ใช้เซลล์ หรือใช้ชีววัตถุ (ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแล้วหรือยังไม่เคยได้รับการรับรอง) ในคนคนเดียวหรือหลายคน ซึ่งการใช้วัตถุดังกล่าวเป็นสิ่งที่นอกเหนือไปจากที่มีใช้ในการรักษาตามมาตรฐานทางการแพทย์ ไม่มีการใช้เครื่องมือ (ทั้งที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแล้วหรือยังไม่เคยได้รับการรับรอง) ในคนคนเดียวหรือหลายคนเพื่อประเมินผลด้านความปลอดภัย หรือประสิทธิภาพของเครื่องมือ โครงการนี้จึงไม่ใช่ “โครงการวิจัยในคน” ตามประกาศมหาวิทยาลัยมหิดล เรื่องแนวปฏิบัติสำหรับโครงการวิจัยที่ไม่เข้าข่ายการวิจัยในคน พ.ศ. 2565⁽²⁴⁾

6. สรุปผลการวิจัย

การจำแนกข้อมูลรายเดือนสามารถจำแนกได้สองช่วงเวลา ดังแสดงในขั้นตอนการประมวลผล ภาพที่ 2 ประกอบไปด้วยข้อมูลที่สอดคล้องกับตัวแปร ดังนี้

ก. ข้อมูลรายเดือน มกราคม 2563 ถึง มิถุนายน 2566 จำนวน 48 เดือน ประกอบด้วยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน สถานี 97T – สวนเพชรบุรี อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ กับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนของจังหวัดเพชรบูรณ์ และจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศรายเดือนของอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ สรุปสถิติพรรณนาดังแสดงในตารางที่ 2 มีเพียงจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคหอบหืด (Asthma) เท่านั้นที่มีการกระจายแบบปกติ จึงต้องใช้สถิตินอนพารามตริก (Nonparametric statistics) คือ สหสัมพันธ์สเปียร์แมน (r_s) ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 3

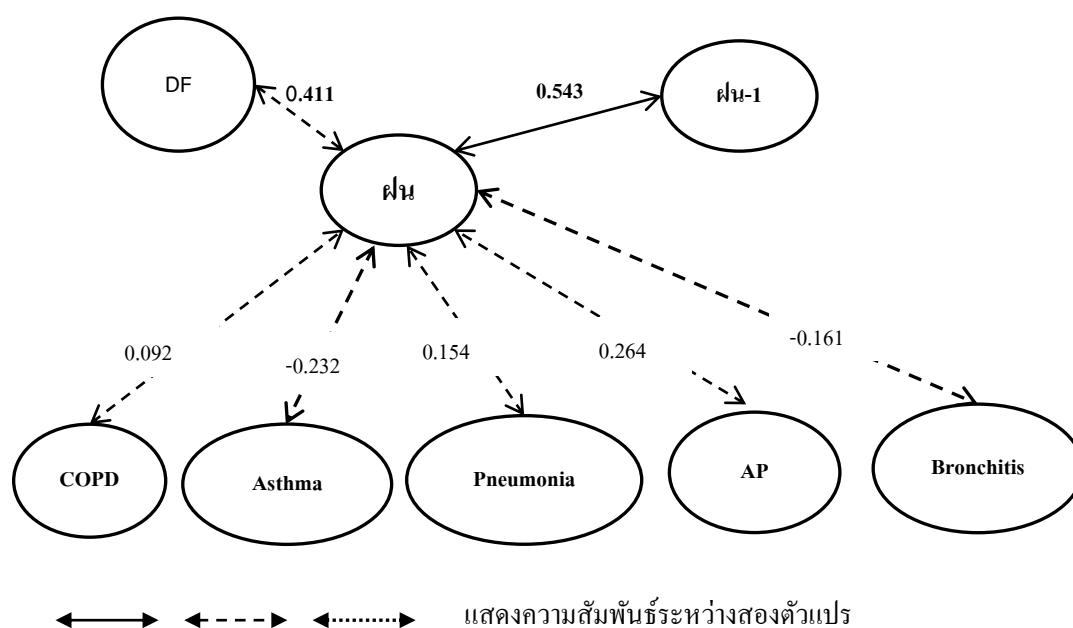
ตารางที่ 2 สถิติพรรณนาของข้อมูลรายเดือน มกราคม 2563 ถึง มิถุนายน 2566 (48 เดือน)

	ฝน	ฝน-1	DF	COPD	Asthma	Pneumonia	AP	Bronchitis
ค่าเฉลี่ย	148.00	148.00	25.60	247.00	16.50	106.00	863.00	56.80
ค่ามัธยฐาน	119	119	7	241	16	66.5	379	41.5
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	131.00	131.00	43.50	78.00	6.25	180.00	1,146.00	38.00
ค่าต่ำสุด	0	0	0	5	3	0	61	3
ค่าสูงสุด	521	521	218	434	31	1028	5753	157
Shapiro-Wilk W	0.906	0.906	0.611	0.934	0.977	0.377	0.67	0.89
Shapiro-Wilk p-value	< .001	< .001	< .001	0.009	0.475	< .001	< .001	< .001

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมนของข้อมูลรายเดือน มกราคม 2563 ถึง มิถุนายน 2566 (48 เดือน)

ตัวแปร	ฝน สหสัมพันธ์	ค่าพี	ฝน-1 สหสัมพันธ์	ค่าพี
ฝน-1	0.543	< .001		
DF	0.411	0.004	0.287	0.048
COPD	0.092	0.533	-0.022	0.882
Asthma	-0.232	0.113	-0.228	0.119
Pneumonia	0.154	0.297	0.054	0.714
AP	0.264	0.070	0.162	0.271
Bronchitis	-0.161	0.274	-0.168	0.253

มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์สเปียร์แมนข้อมูลรายเดือน มกราคม 2563 ถึง มิถุนายน 2566

ข. ข้อมูลรายเดือน กรกฎาคม 2565 ถึง ธันวาคม 2566 จำนวน 18 เดือน ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนกับคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือน PM_{10} และ $PM_{2.5}$ จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน และจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศ สรุปสถิติพรรณนาดังแสดงในตารางที่ 4 จากตารางที่ 4 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (ฝน) ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนเดือนก่อนหน้า (ฝน-1)จำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคหอบหืด (Asthma) และจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) เท่านั้นที่มีการกระจายแบบปกติจึงต้องใช้สถิติอนพารามेटริก (Nonparametric statistics) คือ สหสัมพันธ์สเปียร์แมน (r_s) สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 4

ตารางที่ 4 สถิติพรรณนาของข้อมูลรายเดือน กรกฎาคม 2565 ถึง ธันวาคม 2566

	PM10	PM2.5	ฝน	ฝน-1
ค่าเฉลี่ย	37.90	23.50	157.00	166.00
ค่ามัธยฐาน	31	17.5	126	151
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	19.70	15.50	141.00	136.00
ค่าต่ำสุด	19	10	1.92	6.4
ค่าสูงสุด	85	62	521	521
Shapiro-Wilk W	0.852	0.815	0.904	0.918
Shapiro-Wilk p-value	0.009	0.003	0.068	0.118

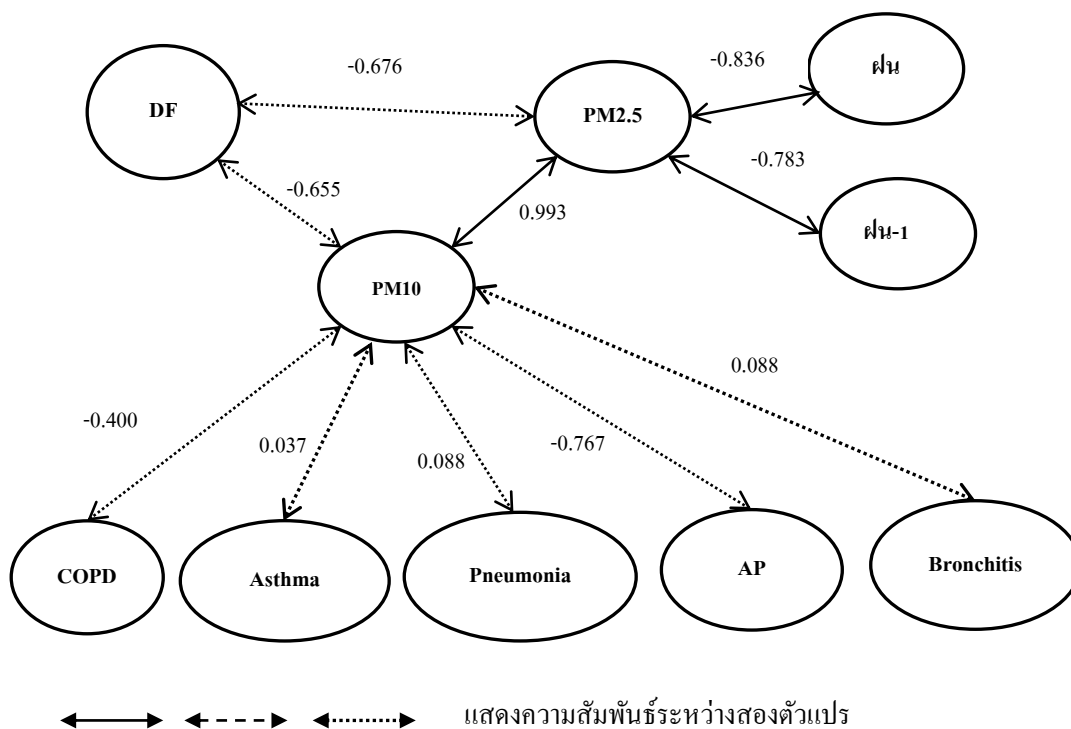
ตารางที่ 4 สถิติพรรณนาของข้อมูลรายเดือน กรกฎาคม 2565 ถึง ธันวาคม 2566 (ต่อ)

	DF	COPD	Asthma	Pneumonia	AP	Bronchitis
ค่าเฉลี่ย	30.40	198.00	15.40	69.40	1129.00	78.30
ค่ามัธยฐาน	13.5	214	15.5	73.5	875	80
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	39.30	58.40	5.75	24.70	851.00	41.20
ค่าต่ำสุด	3	5	3	1	110	4
ค่าสูงสุด	138	259	25	102	3360	157
Shapiro-Wilk W	0.688	0.765	0.978	0.903	0.873	0.974
Shapiro-Wilk p-value	< .001	< .001	0.921	0.064	0.02	0.868

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมนของข้อมูลรายเดือน กรกฎาคม 2565 ถึง ธันวาคม 2566
จำนวน 18 เดือน

ตัวแปร	PM10		PM2.5	
	สหสัมพันธ์ ^๑	ค่าพี	สหสัมพันธ์ ^๑	ค่าพี
PM25	0.993	< .001		
ฝน	-0.83	< .001	-0.836	< .001
ฝน-1	-0.794	< .001	-0.783	< .001
DF	-0.655	0.003	-0.676	0.002
COPD	-0.4	0.1	-0.387	0.113
Asthma	0.037	0.883	0.032	0.899
Pneumonia	0.088	0.729	0.05	0.844
AP	-0.767	< .001	-0.762	< .001
Bronchitis	0.088	0.73	0.041	0.873

มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01



ภาพที่ 4 ค่าสหสัมพันธ์สเปียร์แมนข้อมูลรายเดือน กรกฎาคม 2565 ถึง ธันวาคม 2566

สรุป

ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายเดือน (r_s 0.411 ค่า p 0.004) ไปในทิศทางเดียวกันอยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3)

ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศในทางตรงกันข้ามระดับสูง สหสัมพันธ์กับ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ r_s -0.83 ค่า p < .001 และ r_s -0.836 ค่า p < .001 ตามลำดับ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 4)

คุณภาพอากาศมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศไปในทางเดียวกันเพียงโรคหอบหืด (Asthma) โรคปอดอักเสบ (Pneumonia) โรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ส่วนความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามคือ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) โดยมีสหสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่โรคคออักเสบเฉียบพลัน (AP) มีสหสัมพันธ์ระดับสูงมีสหสัมพันธ์กับ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ r_s -0.767 ค่า p < .001 และ r_s -0.762 ค่า p < .001 ตามลำดับ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 4)

7. การอภิปรายผล

ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยรายเดือน PM_{10} และ $PM_{2.5}$ (r_s -0.83 ค่าพี < .001 และ r_s -0.836 ค่าพี < .001 ตามลำดับ) ในทิศทางตรงกันข้ามสูง (r_s 0.411 ค่าพี 0.004) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang, et al.⁽²⁶⁾ ที่สรุปว่าปริมาณฝนทำให้ปริมาณมลพิษทางอากาศลดลง ปริมาณเฉลี่ยฝนรายเดือนมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยโรคเฝ้าระวังจากมลพิษทางอากาศทั้งห้าโรค (COPD, Asthma, Pneumonia, AP, และ Bronchitis) อยู่ในระดับต่ำมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Tarn et al.⁽²⁷⁾ รายงานว่าโรคระบบทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กับมลพิษทางอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 3 และ ภาพที่ 3

ค่าเฉลี่ยรายเดือน PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายเดือนในทิศทางตรงกันข้ามระดับปานกลาง (r_s -0.655 ค่าพี 0.003 และ r_s -0.676 ค่าพี 0.002 ตามลำดับ ตามตารางที่ 5 และ ภาพที่ 4

การศึกษาในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ พบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยรายเดือน PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในทิศทางตรงกันข้ามสอดคล้องกับ Di, Li⁽¹³⁾ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tian, Cui, Sheu, Hsieh, Yu⁽¹⁴⁾ และ Wang, Cui, Sheu, Wang, Liu⁽¹⁵⁾ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายเดือนไปในทางเดียวกันต่ำ สอดคล้องกับ Monintja, Arsin, Syafar, Amiruddin⁽³⁾ ค่าเฉลี่ยรายเดือน PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ในทิศทางตรงกันข้ามระดับต่ำสอดคล้องกับมุสตี ชูชีพ, วัฒนา ชยธวัช, พิลาส สว่างสุนทรเวช⁽¹²⁾

8. ข้อเสนอแนะ

ผู้รับผิดชอบการระบาดในพื้นที่สามารถพิจารณานำความสัมพันธ์ทางสถิติจากปริมาณฝนและระดับมลพิษไปใช้ในการวางแผนควบคุมการระบาดของโรคจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

การรวบรวมข้อมูลของพื้นที่หนึ่งต้องรวบรวมจากหลายแหล่งที่มีข้อมูลมีความแตกต่างกันทั้งขอบเขตพื้นที่และช่วงเวลา การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อพร้อมใช้งานในการวิเคราะห์ทางระบาดวิทยาต่อไป

การใช้สมการถดถอยไปข้างหน้าไปคำนวณอัตราความเสี่ยงของการจำนวนผู้ป่วยกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องปัจจัยทางอุตุนิมวิทยาและสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

9. เอกสารอ้างอิง

1. Rahman KM, Sharker Y, Rumi RA, Khan MI, Shomik MS, Rahman MW, et al. An Association between Rainy Days with Clinical Dengue Fever in Dhaka, Bangladesh: Findings from a Hospital Based Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(24):9506. doi: 10.3390/ijerph172495062.
2. Hossain S, Islam M, Hasan A, Chowdhury PB, Easty IA, Tusar MK, et al. Association of climate factors with dengue incidence in Bangladesh, Dhaka City: A count regression approach. *Heliyon*. 2023;9(5):e16053. doi: 10.1016/j.heliyon. 2023.e16053.
3. Monintja TCN, Arsin AA, Syafar M, Amiruddin R. Relationship between Rainfall and Rainy Days with Dengue Hemorrhagic Fever Incidence in Manado City, North Sulawesi, Indonesia. *Open Access Maced J Med Sci (Internet)*. 2022 (cited 2024 Apr 15);10(E):840-843. Available from: <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8897>.
4. Septia SF, Hidayat MA, Asyfani Y, Al Hari M. Modelling of Dengue Hemorrhagic Fever Disease in Semarang City Using Generalized Poisson Regression Model. *J Intell Comput Health Inform*. 2023;4(2):41-47. doi: 10.26714/jichi. v4i2.12769.
5. Wibawa BSS, Wang Y-C, Andhikaputra G, Lin Y-K, Hsieh L-HC, Tsai K-H. The impact of climate variability on dengue fever risk in central Java, Indonesia. *Climate Services (Internet)*. 2024 (cited 2024 Apr 15);33:100433. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2023.100433>.
6. Ali K, Ma'rufi I. The relationship between rainfall and dengue hemorrhagic fever incidence during 2009-2013 (Case study at Grati and Tutar Sub-district, Pasuruan, Indonesia). In: *Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 200, International Conference on Climate Change (ICCC 2018); 2018 November 27-28; Solo City, Indonesia; 2018. pp.12031. doi: 10.1088/1755-1315/200/1/012031*.
7. Abdulsalam FI, Antunez P, Yimthiang S, Jawjit W. Influence of climate variables on dengue fever occurrence in the southern region of Thailand. *PLOS Glob Public Health*. 2022;2(4):e0000188. doi: 10.1371/journal.pgph.0000188.

8. American Lung Association. COPD and Particulate Matter (Internet). Chicago: American Lung Association; 2023 (cited 2024 Apr 15). Available from: <https://www.lung.org/blog/copd-particulate-matter>.
9. California Air Resources Board. State of California. Inhalable Particulate Matter and Health (PM2.5 and PM10) (Internet). California: California Air Resources Board; 2024 (cited 2024 Apr 15). Available from: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/inhalable-particulate-matter-and-health>.
10. Duan RR, Hao K, Yang T. Air pollution and chronic obstructive pulmonary disease. *Chronic Dis Transl Med*. 2020;6(4):260-269. doi: 10.1016/j.cdtm.2020.05.004.
11. Shin S, Bai L, Burnett RT, Kwong JC, Hystad P, van Donkelaar A, et al. Air Pollution as a Risk Factor for Incident Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Asthma. A 15-Year Population-based Cohort Study. *Am J Respir Crit Care Med* (Internet). 2021 (cited 2024 Apr 15);203(9):1138-1148. Available from: <https://doi.org/10.1164/rccm.201909-1744OC>.
12. ผุสดี ชูชีพ, วัฒนา ชยธวัช, พิลาส สว่างสุนทรเวชย์. ความเชื่อมโยงจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศกับคุณภาพอากาศ อำเภอเมืองนครราชสีมา. *วารสารศูนย์อนามัยที่ 9*. 2567;18(2):473-484.
13. Di YH, Li RR. Correlation analysis of AQI characteristics and meteorological conditions in heating season. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Energy Equipment Science and Engineering*; 2018 December 28-30; Xi'an, China; 2018. pp. 1-6. doi: 10.1088/1755-1315/242/2/022.
14. Tian X, Cui K, Sheu HL, Hsieh YK, Yu F. Effects of Rain and Snow on the Air Quality Index, PM2.5 Levels, and Dry Deposition Flux of PCDD/Fs. *Aerosol Air Qual Res* (Internet). 2021 (cited 2024 Apr 15);21:210158. Available from: <https://doi.org/10.4209/aaqr.210158>.
15. Wang R, Cui K, Sheu HL, Wang LC, Liu X. Effects of Precipitation on the Air Quality Index, PM2.5 Levels and on the Dry Deposition of PCDD/Fs in the Ambient Air. *Aerosol Air Qual Res* (Internet). 2023 (cited 2024 Apr 15);23:220417. Available from: <https://doi.org/10.4209/aaqr.220417>.

16. กรมควบคุมมลพิษ. สรุปข้อมูลรายเดือน (สถานี) เพชรบูรณ์ - สวนเพชรบุรี (97T) (อินเทอร์เน็ต). กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ; 2567 (เข้าถึงเมื่อ 2567 เมษายน 15). เข้าถึงได้จาก:
<http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/History>.
17. กลุ่มบริการสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. บริการข้อมูลการตรวจวัดและสถิติ
อุตุนิยมวิทยา (อินเทอร์เน็ต). กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา; 2567 (เข้าถึงเมื่อ 2567 เมษายน 15). เข้าถึง
ได้จาก: <https://www.tmd.go.th/service/tmdData>.
18. กองระบาดวิทยา. ระบบรายงานและฐานข้อมูล 506 Surveillance Database R506 National Disease
Surveillance (Report 506) เข้าสู่โปรแกรม 506 Dengue fever ข้อมูลย้อนหลัง 2. จำนวนและอัตราป่วย-
ตายต่อแสนประชากร แยกรายจังหวัด (อินเทอร์เน็ต). นนทบุรี: กองระบาดวิทยา; 2567 (เข้าถึงเมื่อ 2567
เมษายน 15). เข้าถึงได้จาก: <http://doe.moph.go.th/surdata/disease.php?dcontent=old&ds=66>.
19. กระทรวงสาธารณสุข. กลุ่มรายงานมาตรฐาน >> การป่วยด้วยโรคจากมลพิษทางอากาศ >> จำนวน
ป่วย จำแนกรายกลุ่มโรค และรายโรค รายเดือน ด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ ปี พ.ศ. 2563 ถึง
2567 วันที่ประมวลผล :: 13 เมษายน 2567 (อินเทอร์เน็ต). นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2567 (เข้าถึง
เมื่อ 2567 เมษายน 15). เข้าถึงได้จาก:
https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/report.php?&cat_id=9c647c1f31ac73f4396c2cf987e7448a&id=5968980caf87d4518aa9f0263a9299c6.
20. Altman N, Krzywinski M. Association, Correlation and Causation. *Nat Methods*. 2015;12(10):899-900.
21. Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesth Analg*. 2018;126(5):1763-1768. doi: 10.1213/ANE.0000000000002864.
22. Hingle DE, Wiersma W, Jurs SG. *Applied Statistics for Behavioral Sciences*. Chicago: Rand McNally College; 1979.
23. The jamovi project. *jamovi (Version 2.3) (Computer Software)*. Amsterdam: The jamovi project; 2022 (cited 2024 Apr 15). Available from: <https://www.jamovi.org>.

24. มหาวิทยาลัยมหิดล. ประกาศมหาวิทยาลัยมหิดล เรื่องแนวปฏิบัติสำหรับโครงการวิจัยที่ไม่เข้าข่ายการวิจัยในคน พ.ศ. 2565 (อินเทอร์เน็ต). กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2565 (เข้าถึงเมื่อ 2567 เมษายน 15). เข้าถึงได้จาก: <https://sp.mahidol.ac.th/th/LAW/policy/2565-MU-Non-Human.pdf>.
25. ศูนย์ส่งเสริมจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยมหิดล. Self-Assessment form whether an activity is human subject research which requires ethical approval (อินเทอร์เน็ต). กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2565 (เข้าถึงเมื่อ 2567 เมษายน 15). เข้าถึงได้จาก: <https://sp.mahidol.ac.th/th/ethics-human/forms/checklist/2022Human%20Research%20Checklist-researcher.pdf>.
26. Wang R, Cui K, Sheu HL, Wang LC, Liu X. Effects of Precipitation on the Air Quality Index, PM2.5 Levels and on the Dry Deposition of PCDD/Fs in the Ambient Air. *Aerosol Air Qual Res.* 2023;23:220417. Available from: <https://doi.org/10.4209/aaqr.220417>.
27. Tran HM, Tsai F-J, Lee Y-L, Chang J-H, Chang L-T, Chang T-Y, et al. The impact of air pollution on respiratory diseases in an era of climate change: A review of the current evidence. *Sci Total Environ.* 2023;898:166340. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166340>.