

ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของโรคโควิด-19 และแสงไฟกลางคืน: กรณีของประเทศไทย

Spatial Association of COVID19 and Nighttime Light

: The Case of Thailand

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ ลีอนาม

รองศาสตราจารย์.ดร. ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปีการศึกษา 2564

ชื่อเรื่อง ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของโรคโควิด-19 และแสงไฟกลางคืน: กรณีของประเทศไทย
ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ ลีอนาม รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ พัฒนพงษ์
สถาบัน มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ปีที่พิมพ์ 2565
สถานที่พิมพ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
แหล่งที่เก็บรายงานฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
จำนวนหน้างานวิจัย 52 หน้า
คำสำคัญ ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่, โรคโควิด-19, แสงไฟกลางคืน
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ระบุความสัมพันธ์สถิติเชิงพื้นที่ระดับพื้นที่ระหว่างสภาพเศรษฐกิจและสังคมกับอุบัติการณ์ของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ในประเทศไทย จากข้อมูลผู้ป่วยยืนยัน 1,727,336 รายทั่วประเทศในช่วงการระบาดระลอกแรก (มีนาคม-พฤษภาคม 2563) และการระบาดระลอกสอง (กรกฎาคม 2564 ถึงกันยายน 2564) ส่วนดัชนีแสงไฟกลางคืนจัดทำโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมระดับจังหวัดเป็นตัวแทนข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมรายเดือน การวิเคราะห์ LISA เพื่อการทดสอบสองตัวแปรของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่คือ อุบัติการณ์โรคโควิด-19 และการเปลี่ยนแปลงปีต่อปีของดัชนีแสงไฟกลางคืนพบความสัมพันธ์เชิงลบที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอุบัติการณ์โรคโควิด-19 และดัชนีแสงไฟกลางคืนพบในบางพื้นที่จังหวัดในภาคกลางและภาคใต้ในช่วงการระบาดทั้งสองระลอก

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพื้นที่ที่ใช้แบบจำลอง SLM และ SEM พบว่าความหนาแน่นแสงไฟกลางคืนเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุบัติการณ์โรคโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.10$) ในช่วงการระบาดทั้งสองระลอก SLM: ค่าสัมประสิทธิ์ = -0.0078 และ -0.0064 ($P < 0.001$ และ 0.056 ตามลำดับ) และ SEM: สัมประสิทธิ์ = -0.0086 และ -0.0083 ($P = 0.067$ และ 0.056 ตามลำดับ)

ผลที่ได้จากการศึกษายืนยันความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างการระบาดโรคโควิด-19 กับกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นในอนาคตควรขยายการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้มากขึ้นในการใช้เป็นข้อมูลทางเลือกสำหรับการติดตามผลกระทบจากการระบาดในหลายมิติ

Research title	Spatial Association between COVID-19 Incidence Rate and Nighttime Light Index: Case of Thailand
Researchers	Asst. Prof.Dr.Amornrat Luenam Assoc. Prof.Dr.Nattapong Puttanapong
Institution	Huachiew Chalermprakiet University
Year of Publication	2022
Publisher	Huachiew Chalermprakiet University
Sources	Huachiew Chalermprakiet University
No of Pages	52 Pages
Keywords	Spatial Analysis, COVID-19, Nighttime Light Index
Copyright	Huachiew Chalermprakiet University

Abstract

This study statistically identified the localised association between socioeconomic conditions and the coronavirus disease 2019 (COVID-19) incidence rate in Thailand on the basis of the 1,727,336 confirmed cases reported nationwide during the first major wave of the pandemic (March-May 2020) and the second one (July 2021-September 2021). The nighttime light (NTL) index, formulated using satellite imagery, was used as a provincial proxy of monthly socioeconomic conditions. Local indicators of spatial association statistics were applied to identify the localized bivariate association between COVID-19 incidence rate and the year-on-year change of NTL index. A statistically significant negative association was observed between the COVID-19 incidence rate and the NTL index in some central and southern provinces in both major pandemic waves. Regression analyses were also conducted using the spatial lag model (SLM) and the spatial error model (SEM). The obtained slope coefficient, for both major waves of the pandemic, revealed a statistically significant negative association between the year-on-year change of NTL index and COVID-19 incidence rate (SLM: coefficient= -0.0078 and -0.0064 with $P < 0.001$ and 0.056 , respectively; and

SEM: coefficient= -0.0086 and -0.0083 with $P=0.067$ and 0.056 , respectively). All of the obtained results confirmed the negative association between the COVID-19 pandemic and socioeconomic activity revealing the future extensive applications of satellite imagery as an alternative data source for the timely monitoring of the multidimensional impacts of the pandemic.

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ พัฒนพงษ์ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัยทุกขั้นตอน ตลอดจนการเขียน บทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัย รวมทั้งสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่อนุญาตให้ใช้ฐานข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความช่วยเหลือและ กำลังใจจากครอบครัว เพื่อน ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากมาย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง ในความกรุณาและความปรารถนาดีของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายผลอันจะเป็นประโยชน์ ความดีงามทั้งปวง ที่เกิดขึ้นจากวิจัยนี้ ขอมอบแต่คุณพ่อ คุณแม่ คุณตา คุณยาย และครู อาจารย์ ที่เคารพยิ่ง

อมรรัตน์ ลีอนาม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
โรคโควิด-19	4
ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน	5
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่	7
ระบบดาวเทียมภูมิศาสตร์ในงานสาธารณสุข	13
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
กรอบแนวคิดในการวิจัย	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
รูปแบบการวิจัย	23
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	23
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	23
การวิเคราะห์ข้อมูล	25
การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง	28
บทที่ 4 ผลการศึกษา	29
สถานการณ์ผู้ติดเชื้อโควิด-19 ในประเทศไทย	29
ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่	30
ผลการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อุบัติการณ์โรคโควิด-19 โดย Spatial regression model	35
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	37
อภิปรายผล	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สรุปผลการวิจัย	40
ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	52
ประวัติย่อผู้วิจัย	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณลักษณะของข้อมูลคุณสมบัติ (Attribute data) และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์	15
4.1	พารามิเตอร์โดยประมาณที่ได้จากแบบจำลอง SLM และ SEM	36

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
2.1	ความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (ก) ข้อมูลปี พ.ศ. 2535 (ข) ข้อมูลปี พ.ศ. 2553	6
2.2	สถิติเชิงพื้นที่	13
2.3	ข้อมูลจุด ข้อมูลเส้น และข้อมูลพื้นที่ (จากซ้ายไปขวา)	16
2.4	ประเภทพื้นที่ใกล้เคียง (ก) การระบุพื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ระยะทาง (ข)(ค) การระบุพื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันเป็นเกณฑ์	18
2.5	กรอบแนวคิดการวิจัย	22
3.1	ขอบเขตการบริหารและการจำแนกประเภทของภูมิภาค	24
4.1	สถานการณ์ผู้ติดเชื้อโควิด-19 ยืนยัน ในประเทศไทย ในการระบาดระลอกแรก และการระบาดระลอกสอง	29
4.2	ผล LISA (Moran's I) ของ univariate test – อุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 (ต่อประชากร 100,000 คน)	30
4.3	ผล LISA (cluster maps) ของ univariate test – อุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 (ต่อประชากร 100,000 คน)	31
4.4	ผล LISA (significance maps) ของ univariate test – อุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 (ต่อประชากร 100,000 คน)	32
4.5	ผล LISA (Moran's I) ของ bivariate test ระหว่างอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 และการเปลี่ยนแปลงต่อปีของดัชนีแสงไฟกลางคืน	33
4.6	ผล LISA (cluster maps) ของ bivariate test ระหว่างอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 และการเปลี่ยนแปลงต่อปีของดัชนีแสงไฟกลางคืน	34
4.7	ผล LISA (significance maps) ของ bivariate test ระหว่างอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 และการเปลี่ยนแปลงต่อปีของดัชนีแสงไฟกลางคืน	35

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การระบาดใหญ่ของโคโรนาไวรัส 2019 (โควิด-19) เริ่มขึ้นในเมืองอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย์ ประเทศจีน ในเดือนธันวาคม 2562 และมกราคม 2563¹ ทั่วโลกมีผู้ป่วยมากกว่า 177 ล้านราย^{2,3} จำนวนผู้เสียชีวิตสูงกว่า 3.8 ล้านคน โดยในหลายๆ ประเทศประสบปัญหาการระบาดของ coronavirus หลายครั้ง ในช่วงการระบาดใหญ่ปี 2563 มีข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่าการระบาดในแต่ละรอบมีความรุนแรงแตกต่างกัน⁴

ประเทศไทยมีการระบาดระลอกแรกในระหว่างมีนาคม - พฤษภาคม 2563 มีจำนวนผู้ป่วยรายใหม่เพิ่มขึ้นประมาณ 3,040 ราย และมีผู้เสียชีวิตเกือบ 60 ราย นอกจากนี้การระบาดระลอกสองเกิดขึ้นระหว่างเดือนกรกฎาคม 2563 ถึงกันยายน 2564 ผู้ป่วยรายใหม่เพิ่มขึ้นกว่า 20,000 ราย และมีผู้เสียชีวิตประมาณ 30 ราย ส่งผลให้รัฐบาลมีนโยบายล็อกดาวน์เพื่อควบคุมการระบาด โดยการจำกัดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น เช่น การขนส่ง การผลิต ประชาชนกักตัวอยู่บ้าน ทำงานที่บ้าน ถือได้ว่าเป็นมาตรการควบคุมการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ได้ในวงกว้าง ซึ่งผลกระทบจากโรคโควิด-19 นั้นไม่กระทบเฉพาะการตอบสนองของระบบสุขภาพเท่านั้น แต่ยังเกิดผลกระทบในระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ⁵ ประเทศไทยประกาศเปิดประเทศอย่างเป็นทางการอีกครั้ง เมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2564 เพื่อต้อนรับนักท่องเที่ยวจากต่างประเทศ รวมทั้งขับเคลื่อนเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศหลังจากที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโควิด-19 มาเกือบ 2 ปี อย่างไรก็ตาม สถานการณ์โรคระบาดยังคงรุนแรงในหลายประเทศทั่วโลก

แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาการระบาดโรคโควิด-19 ก็คือการอธิบายความสัมพันธ์ทางพื้นที่ของอุบัติการณ์โรคโควิด-19 อย่างไรก็ตามในมุมมองของการศึกษาอุบัติการณ์ ซึ่งมีรูปแบบที่หลากหลายนั้นมีความจำเป็นจะต้องมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นร่วมด้วย เนื่องจากในบริบทเชิงพื้นที่นั้นย่อมแตกต่างกันไปโดยธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลการสำรวจระยะไกล ซึ่งปัจจัยนี้อาจมีผลต่อการระบาดโรคโควิด-19 ในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้กฎข้อที่ 1 ของภูมิศาสตร์ได้ระบุไว้ว่า ทุกๆ สิ่งล้วนมีความสัมพันธ์กัน แต่สิ่งที่อยู่ใกล้กันย่อมมีความสัมพันธ์กันมากกว่าสิ่งที่อยู่ไกลออกไป⁶ อาจกล่าวได้ถึงการระบาดโรคโควิด-19 อาจมีความโน้มเอียงไปตามกฎดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา Luenam A และ Puttanapong N ได้เน้นถึงความแตกต่างในเชิงพื้นที่ ส่วนหนึ่งได้สรุปว่าการระบาดของโรคย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และการศึกษาเชิงระบาดวิทยาจึงไม่ควรละเลยการพิจารณาตัวแปรเชิงพื้นที่ด้วย⁷

ระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic information system: GIS) และข้อมูลสำรวจระยะไกล หรือข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Remote sensing data) มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาภัย

ธรรมชาติและการแพร่กระจายของโรคระบาด⁸⁻¹⁰ โดยเฉพาะข้อมูลแสงไฟกลางคืน (Night Time Light :NTL) ไม่เพียงแต่บอกว่าพื้นที่นั้นมีความเจริญ ความเป็นเมือง ความหนาแน่นของประชากร แต่ยังสะท้อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคม^{11,12} ซึ่งข้อมูลแสงไฟกลางคืน มักถูกใช้เป็นตัวแทนของความหนาแน่นของเมืองและนำไปใช้ในการศึกษาทางระบาดวิทยา⁷ จึงสามารถสะท้อนกิจกรรมของประชาชนในช่วงการระบาด รวมถึงนโยบายล็อกดาวน์ และกักกันโรคได้ แต่ยังไม่มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นการใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกล เพื่ออธิบายปรากฏการณ์การระบาดโควิด-19 ในประเทศไทย รวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation)

ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาการระบาดโรคโควิด-19 ในช่วงการระบาดระลอกแรก (มีนาคม – พฤษภาคม 2563) และระลอกสอง (กรกฎาคม 2563 ถึง กันยายน 2564) ซึ่งพิจารณาถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และข้อมูลแสงไฟกลางคืนในช่วงเวลาดังกล่าว โดยสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial regression Model) ได้แก่ Spatial lag model (SLM) และ Spatial error model (SEM)⁹ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของการระบาดโรคโควิด-19 ในพื้นที่ที่มีความใกล้เคียงกันกับข้อมูลแสงไฟกลางคืน นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ของการระบาดโควิด-19 ในพื้นที่ที่มีความใกล้เคียงกันกับข้อมูลแสงไฟกลางคืน เพื่อทราบถึงรูปแบบการระบาดในพื้นที่ต่างๆ โดยใช้สถิติ Moran's I และหารูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่โดยใช้ Local Indicators of Spatial Association (LISA)

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) ในช่วงการระบาดโควิด-19 ระลอกแรกและระลอกสอง
2. เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์การระบาดโรคโควิด-19 ในช่วงการระบาดระลอกแรกและระลอกสองโดย Spatial regression model

3. ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ใช้ฐานข้อมูลอัตราป่วยจากโรคโควิด-19 จากรายงานโรคระบบเฝ้าระวัง ของสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข มกราคม 2563 ถึง ตุลาคม 2564 ทั้งหมด 77 จังหวัด

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

- 4.1 ผู้ป่วยโรคโควิด-19 หมายถึง ผู้ป่วยยืนยัน (Confirmed case) ประกอบด้วย
 - 1) ผู้ป่วยเข้าเกณฑ์สอบสวนโรคที่มีผลตรวจทางห้องปฏิบัติการพบสารพันธุกรรมของเชื้อไวรัส SARS-CoV2 โดยวิธี RT-PCR ยืนยันจากห้องปฏิบัติการที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์รับรอง

2) ผู้ติดเชื้อไม่มีอาการ (asymptomatic infection) หรือผู้ติดเชื้อที่มีอาการ (Symptomatic infection) ผู้ที่มีผลตรวจทางห้องปฏิบัติการพบสารพันธุกรรมของเชื้อไวรัส SARS-CoV2 โดยวิธี RT-PCR ยืนยันจากห้องปฏิบัติการที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์รับรอง

4.2 วิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลที่พิจารณา ลักษณะความสัมพันธ์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในจังหวัดที่ศึกษาและการส่งผ่านผลกระทบระหว่างพื้นที่รอบ จังหวัดที่ศึกษาโดยกำหนดระยะห่างระหว่างพื้นที่สามจังหวัด ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ แบบ Local Indicators of Spatial Association (LISA)

4.3 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน (Night-time Light (NTL)) หมายถึง ค่าเฉลี่ย ความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน (Night time light) ในบริเวณของประเทศไทยได้จากภาพถ่ายจาก ดาวเทียม Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band (DNB) สะท้อน ถึงระดับกิจกรรมทางด้านเศรษฐกิจในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสะท้อนถึงการย้ายถิ่นฐาน การเปลี่ยนแปลงของ เขตเมือง ความหนาแน่นของประชากร

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาคำนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา เอกสาร ทฤษฎี วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย และนำเสนอเป็นหัวข้อดังนี้

1. โรคโควิด-19
2. ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน (Night time light; NTL)
3. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (GIS and Spatial analysis)
4. ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ในงานสาธารณสุข (Spatial Epidemiology or Geographical Epidemiology in Public Health)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดในงานวิจัย

1. โรคโควิด-19

การระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือ โควิด-19 (COVID-19) ได้เริ่มต้นเมื่อปลายปี พ.ศ. 2562 และลุกลามไปทั่วโลก สร้างความหวาดกลัวและส่งผลกระทบต่อสุขภาพ สังคมและเศรษฐกิจของประชากร และเมื่อต้นเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 มีการระบาดใหญ่ (pandemic) ซึ่งเป็นการติดเชื้อทั่วโลกอย่างรวดเร็ว ตามประกาศขององค์การอนามัยโลก เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2563¹³ จากสถิติเมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2563 ประชากรทั่วโลกมีผู้ติดเชื้อ 1,982,939 คน และตาย 126,761 คน โดย 5 ลำดับแรกของประเทศที่มีผู้ติดเชื้อสูงสุด ประเทศสหรัฐอเมริกา (609,516 คน) เป็นอันดับหนึ่ง ตามด้วยสเปน (174,060 คน) อิตาลี (162,488 คน) เยอรมัน (132,362 คน) และฝรั่งเศส (131,362 คน) และเมื่อพิจารณา 5 ลำดับแรกของประเทศที่มีจำนวนผู้เสียชีวิตมากที่สุด ได้แก่ สหรัฐอเมริกา (26,057 คน) อิตาลี (21,067 คน) สเปน (18,255 คน) ฝรั่งเศส (15,750 คน) และสหราชอาณาจักร (12,129 คน) ตามลำดับ¹⁴

สำหรับการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ระลอกแรกในประเทศไทย พบผู้ป่วยต้องสงสัยรายแรกเมื่อวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2563 เป็นนักท่องเที่ยวหญิงชาวจีนอายุ 74 ปี ซึ่งเดินทางมาถึงกรุงเทพมหานครโดยเที่ยวบินจากนครอู่ฮั่น เมืองหลวงของมณฑลหูเป่ย์ สาธารณรัฐประชาชนจีน และ ณ วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2563 พบอัตราการติดเชื้อในประเทศไทย จำนวน 2,369 คน มีผู้เสียชีวิต 30 คน ผู้ป่วยรายใหม่ 111 คน ในกรุงเทพและจังหวัดนนทบุรี 1,250 คน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 101 คน ภาคเหนือ 86 คน ภาคกลาง 332 คน และภาคใต้ 409 คน และจากสถิติ เมื่อวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีการระบาดและมีจำนวนผู้ติดเชื้อโควิด-19 จำนวน 2,826 คน

จำนวนผู้รักษาหาย 2,352 คน คิดเป็นร้อยละ 83.2 ร้อยละของการรักษาหายอยู่ในลำดับที่ 2 ของโลกรองจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน¹³

ส่วนการระบาดระลอกสอง ในประเทศไทยนั้น เริ่มช่วงปลายเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 โดยพบหญิงไทย อายุ 67 ปี อาชีพค้าขายที่ตลาดกลางกุ้ง ตำบลมหาชัย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ติดเชื้อโดยไม่มีประวัติการเดินทางออกนอกประเทศ ซึ่งคาดว่าเป็นการติดเชื้อจากแรงงานชาวเมียนมาในตลาดกุ้งซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแรงงานชาวเมียนมาอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น โดยเจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดสมุทรสาครได้ลงพื้นที่เพื่อทำการตรวจเชิงรุก (active case finding) และพบว่ามิผู้ติดเชื้อรายใหม่ที่ไม่มีอาการในกลุ่มแรงงานชาวเมียนมาเป็นจำนวนมาก โดยการระบาดรอบที่ 2 นี้มีความต่างจากการระบาดระลอกแรกในหลายด้าน เช่น จำนวนผู้ติดเชื้อมีจำนวนมากกว่า มีการกระจายไปหลายจังหวัด ทำให้คาดว่าการระบาดรอบที่ 2 คงไม่หมดไปอย่างรวดเร็วเหมือนรอบแรก แม้ระบบควบคุมโรคของประเทศไทย มีการแยกผู้ป่วยที่ติดเชื้อหรือเสี่ยงต่อการติดเชื้อได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีการติดตามผู้ที่สัมผัสเชื้อทุกราย และมีการตรวจเชื้อจากผู้ป่วยให้ได้อย่างรวดเร็ว แต่การระบาดในประเทศไทยก็ยังคงดำเนินอย่างต่อเนื่อง และส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของประชาชน เนื่องจาก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และการใช้เทคโนโลยี เหล่านี้ล้วนมีผลกระทบต่อตัวบุคคลทั้งสิ้น เช่น ตกงาน หรือถูกเลิกจ้าง สมาชิกครอบครัวต้องอยู่ห่างกัน และมีการรักษาระยะห่างทางสังคม (social distancing) รวมถึงสัมพันธภาพในครอบครัวและชุมชนลดลง ทำให้วิถีชีวิตเปลี่ยนไป เกิดปัญหาการขาดรายได้และชีวิตประจำวันที่ต้องปรับเปลี่ยนไป¹⁵

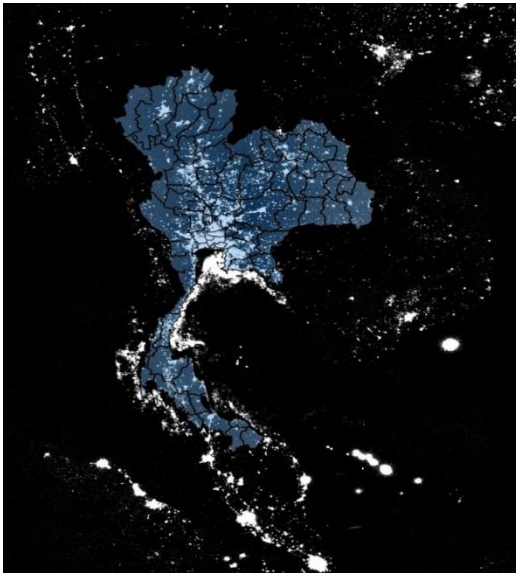
ในประเทศไทยได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการศูนย์บริหารสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด -19) (ศบค.) ซึ่งเป็นคณะกรรมการบริหารโรคติดเชื้อไวรัสโควิด-19 แห่งชาติที่มีนายกรัฐมนตรีเป็นประธาน ได้ประกาศภาวะฉุกเฉินของประเทศไทย โดยมุ่งเน้นให้ประชาชนอยู่บ้าน (stay at home) ปฏิบัติงานที่บ้าน (Work from home: WFH) รักษาระยะห่างทางกายภาพ (physical distancing) รักษาระยะห่างทางสังคม (social distancing) สวมหน้ากากอนามัย และล้างมือบ่อยๆ¹⁶ ซึ่งการประกาศภาวะฉุกเฉิน ส่งผลให้ประชาชนต้องมีการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน (Night time light; NTL)

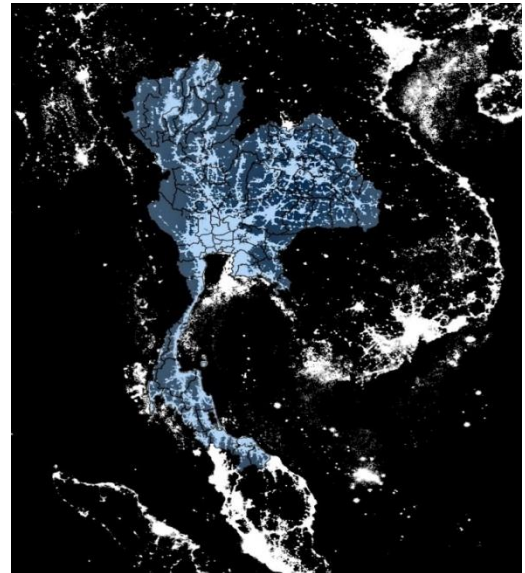
ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมในโครงการ Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) เพื่อภารกิจสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับเมฆเพื่อใช้ในการทหาร โครงการนี้ดำเนินการโดยกองทัพอากาศของสหรัฐอเมริกา โดยดาวเทียมโคจรรอบโลกวันละ 14 รอบ และใช้การตรวจจับข้อมูลบนผิวโลกโดยระบบที่เรียกว่า Operational Linescan System (OLS) โครงการดาวเทียม DMSP นี้เริ่มต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509 ซึ่งภาพของแสงในเวลากลางคืนที่นำมาเผยแพร่ต่อสาธารณะ เริ่มเผยแพร่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ข้อมูลเป็นภาพถ่ายช่วงเวลา 20.30 น. - 22.00 น. ของแต่

ละบริเวณผิวโลก ข้อมูลที่ปรับแล้วจะมีลักษณะเป็นค่าระดับความเข้มของแสง 64 ระดับ (หรือมีค่า 0 – 63 โดย 0 แสดงถึงจุดที่ไม่มีแสงสว่าง ในขณะที่ 63 คือ ค่าความสว่างสูงสุด) แต่ละจุดของภาพแสดงถึงบริเวณเนื้อที่บนผิวโลกประมาณ 0.86 ตารางกิโลเมตร (ณ บริเวณเส้นศูนย์สูตร)

โครงการในช่วงปี พ.ศ. 2535 – 2556 ประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 9 ดาว (รหัสของดาวเทียมดวงที่ 1 ถึงดวงที่ 9 ในช่วงเวลาดังกล่าวคือ F10 – F18) แต่เผยแพร่ต่อสาธารณะเฉพาะ ดังแผนภาพที่ 2.1



(ก)



(ข)

แผนภาพที่ 2.1 ความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (ก) ข้อมูลปี พ.ศ. 2535 (ข) ข้อมูลปี พ.ศ. 2553

ที่มา : ดาวเทียมในโครงการ Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) ข้อมูลปี พ.ศ. 2535 และ 2553 (All NTL data are publicly available

<https://www.ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>)

จากการที่ประเทศไทยได้เกิดกระบวนการพัฒนาเศรษฐกิจ และการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจได้ดำเนินอย่างต่อเนื่อง ส่งผลทำให้ภาคอุตสาหกรรมและบริการกลายเป็นกิจกรรมหลักในระบบเศรษฐกิจ ซึ่งส่งผลสืบเนื่องถึงการย้ายถิ่นฐาน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของเขตเมืองในบริเวณต่างๆ ของประเทศ ซึ่งสามารถระบุได้ด้วย Night time light

Night time light เป็นค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน การวิเคราะห์ในลักษณะของสถิติเชิงพื้นที่ (Spatial Statistics) เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ร่วมกับข้อมูลดาวเทียม DMSP/OLS (Defense Meteorological Satellite Program Operational

Line Scanner) ซึ่งแสดงภาพถ่ายแสงสว่างบนผิวโลกในเวลากลางคืน สะท้อนถึงกิจกรรมทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมและบริการ การย้ายถิ่นฐาน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของเขตเมือง (Urbanization) ความหนาแน่นของประชากรในบริเวณต่างๆ ของประเทศ (ซึ่งแสดงโดยบริเวณที่มีแสงสว่างหนาแน่น) โดยข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมสามารถนำมาประยุกต์ใช้โดยการปรับให้อยู่ในรูปของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนเป็นดัชนี Night-time Light (NTL) ¹⁷

Night time light ได้ถูกประยุกต์ใช้ในการศึกษาทางระบาดวิทยา ¹⁸ โดยข้อมูลที่ถูกจัดอยู่ในรูปของภูมิสารสนเทศ (หรือ GIS) จะแสดงถึงคุณลักษณะเชิงปริมาณในแต่ละพื้นที่ ซึ่งข้อมูลของดัชนี NTL ได้ถูกจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศ ซึ่งแสดงถึงที่ตั้งและพื้นที่ ค่าของดัชนี NTL ของแต่ละพื้นที่ สามารถนำมาวิเคราะห์การกระจุกตัวของโรคในแต่ละพื้นที่ศึกษา ¹⁹⁻²¹

ดังนั้นผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้จากส่วนค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน (Night time light) ในบริเวณของประเทศไทยได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band (DNB) จากดาวเทียมดวงใหม่ (2563 ถึง ปี พ.ศ. 2564) ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ หรือ นาซา (National Aeronautics and Space Administration – NASA) สำหรับการศึกษาครั้งนี้

3. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (GIS and Spatial analysis)

3.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือใช้สำหรับเก็บ รวบรวม บันทึก ค้นคืน เปลี่ยนแปลง และแสดงข้อมูลพื้นที่จากโลกที่เป็นจริง บรรยายถึงสิ่งต่างๆในโลกที่เป็นจริงในเรื่องของตำแหน่งพิกัด ลักษณะประจำ (Attribute) และการเกี่ยวโยงกันโดยมีโครงสร้างแบบเครือข่าย (Topology) ²²

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการวิเคราะห์ และบริเวณการจัดการข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขบวนการต่าง ๆ ทางคอมพิวเตอร์เพื่อทำการจัดเก็บและจัดการข้อมูลที่มีลักษณะเป็นสารสนเทศเชิงพื้นที่ ²³

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นระบบข้อมูลพื้นฐานที่มีความสามารถจำเพาะสำหรับการอ้างอิงเชิงพื้นที่ และจัดการเชื่อมโยงการทำงานของข้อมูล ²⁴

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวม จัดเก็บ ปรับปรุง ประมวลผล และแสดงรูปแบบทั้งหมดของสารสนเทศ โดยใช้คอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ จัดการข้อมูลในลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีการอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ และข้อมูลลักษณะประจำซึ่งช่วยในการจัดการด้านฐานข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนและปริมาณมาก ได้มาซึ่ง

สารสนเทศเชิงภูมิศาสตร์ที่เอื้ออำนวยต่อการศึกษากิจการพัชการธรรมชาติ ด้านการจัดสิ่งแวดล้อม การบริการด้านสาธารณสุข เป็นต้น

3.2 แนวคิดการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis)

วิเคราะห์เชิงพื้นที่ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ทำบนแผนที่ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านภูมิศาสตร์ Geographic Information System (GIS) เช่น QGIS spatial scan statistic (SaTScan) และ GeoDa เป็นต้น ได้มีการนำเข้ามาประยุกต์ใช้ทางระบาดวิทยา การศึกษาทางระบาดวิทยาหรือด้านสุขภาพมักจะถูกนำมาใช้เพื่อสืบหาปัจจัยที่น่าจะเป็นสาเหตุในการเกิดความผิดปกติหรือการแพร่กระจายของโรค โดยมีอาศัยการคำนวณทางสถิติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าวัตถุประสงค์และคำตอบของการศึกษา ดังนั้นเมื่ออาศัยหลักการเดียวกันแต่นวกรวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่เข้าใจ การวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพื้นที่จึงเป็นการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติโดยใช้พิกัดทางภูมิศาสตร์ในรูปของจุด (point) รูปหลายเหลี่ยม (polygon) หรือเส้น (line) เป็นตัวแปรหนึ่งในการคำนวณหาค่าทางสถิติต่างๆเช่นเดียวกับค่าตัวเลข เช่น mean median standard deviation (SD) correlation และ regression ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ เป็นค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่หรือพิกัดภูมิศาสตร์ การแปลผลอาจแตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าตัวเลขเพียงอย่างเดียว การตัดสินใจนำวิธีการเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในการศึกษา จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียด้วย ผู้วิเคราะห์จะต้องมีความรู้ความชำนาญในโปรแกรม สถิติที่ใช้ การแปลค่าผลสถิติหรือรูปแบบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ และยังต้องมีความเข้าใจถึงข้อจำกัดของโปรแกรมแต่ละโปรแกรมอีกด้วย ²⁵

1) ทฤษฎีอัตสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) โดยกฎข้อที่ 1

ของภูมิศาสตร์ที่ทุกสิ่งทุกอย่างเกี่ยวข้องกับสิ่งอย่างอื่น ซึ่งสิ่งที่อยู่ใกล้กันย่อมเกี่ยวข้องกันมากกว่าสิ่งที่อยู่ไกลออกไป “Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things”²⁶ ดังนั้นในแต่ละพื้นที่ที่สนใจข้อมูลสถิติต่างๆ จึงสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้เมื่อค่าคงที่หรือ $\rho > 0$ แสดงว่ามีความเชื่อมโยงกันทางบวก และ $\rho < 0$ แสดงว่ามีความเชื่อมโยงกันทางลบ แต่ ถ้า $\rho = 0$ แสดงว่าไม่มีความเชื่อมโยงกันกันระหว่างข้อมูลคู่ นั้นๆ ค่าถ่วงน้ำหนักแบบผกผันตามระยะทาง (Inverse Distance weighting: IDW) เนื่องจากตัวแปรอิสระจะมีความสัมพันธ์กันน้อยลงเมื่ออยู่ห่างกันออกไป ตามกฎ ข้อที่ 1 ของภูมิศาสตร์ ดังนั้นค่าถ่วงน้ำหนักจึงผกผันกับระยะทางระหว่างตำแหน่งของตัวแปรอิสระแต่ละตำแหน่ง แนวคิดการหาค่าถ่วงน้ำหนักของสมการสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลตัวแปรอิสระที่ผกผันตามระยะทาง ²⁶

2) การวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ (Spatial Patterns Analysis)

การวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ เช่น การวิเคราะห์อัตรสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ การวิเคราะห์การเกาะกลุ่ม และการวิเคราะห์เชิงเวลา จะใช้เพื่อทดสอบลักษณะรูปแบบของการเกิดเหตุการณ์ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับครอบคลุม (Global) เป็นการวิเคราะห์ในบริเวณกว้างไม่จำกัดขอบเขตการศึกษา เช่น Moran's I และ Geary's C เป็นต้น และระดับเฉพาะที่ (Local) เป็นการวิเคราะห์ในบริเวณเฉพาะเจาะจง เช่น Anselin Local Moran's I (LISA) และ Getis-Ord G_i^* เป็นต้น ในกรณีการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ระดับครอบคลุม วิธี Moran's I สามารถทดสอบการเกาะกลุ่มของการเกิดเหตุการณ์ได้บริเวณกว้างหรือครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา ส่วน Geary's C นั้นเป็นการอธิบายความแตกต่างของพื้นที่บริเวณรอบข้างที่มีขนาดเล็กเท่านั้น เช่น พื้นที่ศึกษาเพียงหนึ่งถึงสองตำบล เป็นต้น และการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ระดับเฉพาะที่ วิธี Getis-Ord G_i^* เพื่อใช้ในการระบุพื้นที่ที่มีการเกิดเหตุการณ์สูงและพื้นที่ที่มีการเกิดเหตุการณ์ต่ำโดยแสดงรายละเอียดดังนี้²⁷

2.1 อัตรสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่มอแรน (Moran's I)

Moran's I เป็นสถิติเชิงพื้นที่ระดับครอบคลุม ใช้ในการระบุลักษณะรูปแบบเชิงพื้นที่ของการเกิดเหตุการณ์ (แบบเกาะกลุ่ม แบบกระจาย หรือแบบสุ่ม) เป็นการศึกษาค่าความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ในพื้นที่ โดยเปรียบเทียบค่าของจุดเกิดเหตุการณ์ในตำแหน่งที่สนใจกับค่าของจุดเกิดเหตุการณ์ในตำแหน่งอื่นๆ²⁸ โดยการเกิดเหตุการณ์ในพื้นที่ต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$I = \left(\frac{n}{w}\right) \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots(1)$$

โดยที่ I คือ ค่าความสัมพันธ์ Moran's I

x_i, x_j คือ ค่าจุดเกิดเหตุการณ์ที่ตำแหน่ง i และ j

\bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดเหตุการณ์

w คือ ผลรวมของ w_{ij}

n คือ จำนวนเกิดเหตุการณ์ทั้งหมด

w_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j

ตำแหน่งใดๆ ที่ i และ j อยู่ใกล้กันหรือมีขอบเขตร่วมกัน w_{ij} จะมีค่าเป็น 1 และมี ค่าเป็น 0 เมื่อ i และ j อยู่ห่างกันหรือไม่มีขอบเขตร่วมกัน

ความสัมพันธ์ Moran's I มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 โดยค่าที่เป็นบวก หมายถึงการมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในทิศทางเดียวกันหรือเหตุการณ์มีการเกาะกลุ่มกัน (อยู่ในช่วง 0 ถึง +1) ค่าที่

เป็นลบ หมายถึงการมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในทิศทางตรงข้ามหรือเหตุการณ์มีการกระจายตัว (อยู่ในช่วง 0 ถึง -1) และค่าเป็น 0 หมายถึงไม่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่หรือไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์เกียร์ (Geary's coefficient)

Geary's coefficient เป็นการวิเคราะห์เพื่อหลีกเลี่ยงการหารูปแบบเชิงพื้นที่ที่ขึ้นกับค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย กล่าวคือ จะทำการคำนวณจุดที่สนใจเทียบกับจุดอื่นบริเวณข้างเคียง ดังนั้น Geary²⁹ จึงเสนอวิธีการหาสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสัมพันธ์เชิงพื้นที่ขึ้น เรียกว่า Geary's coefficient ใช้ในการหาความแตกต่างระหว่างค่าของตัวแปรที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกัน เช่น ตำบล a b c อยู่เรียงกันตามลำดับ เมื่อทำการคำนวณตำบล a (จุดสนใจ) ก็จะเทียบกับตำบล b ที่อยู่ข้างเคียงเท่านั้น จะไม่นำตำบล c มาคำนวณ ถ้าคำนวณตำบล b (จุดสนใจ) จะเทียบกับตำบลที่อยู่ข้างเคียงคือตำบล a และ c ทีละคู่ตามลำดับเป็นต้น ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$C = \left(\frac{n-1}{2w}\right) \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_i - x_j)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots(2)$$

- โดยที่ **C** คือ Geary's coefficient
- x_i, x_j** คือ ค่าจุดเกิดเหตุการณ์ที่ตำแหน่ง i และ j
- \bar{x}** คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดเหตุการณ์
- w** คือ ผลรวมของ **w_{ij}**
- n** คือ จำนวนเกิดเหตุการณ์ทั้งหมด
- w_{ij}** คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j

Geary's coefficient มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 โดยค่าเท่ากับ 0 หมายถึง มีความสัมพันธ์เชิงบวกหรือเหตุการณ์มีการเกาะกลุ่ม ค่าเท่ากับ 1 หมายถึงไม่มีความสัมพันธ์หรือเหตุการณ์มีการกระจายแบบสุ่ม และค่าเท่ากับ 2 หมายถึงความสัมพันธ์เชิงลบหรือเหตุการณ์มีการกระจายตัว ค่าประมาณของ Geary's coefficient จะมีแนวโน้มในการแสดงข้อมูลที่บิดเบือน เนื่องจากความแตกต่างระหว่างค่าของตำแหน่งที่อยู่ติดกันมีการยกกำลังสอง ผลต่างกำลังสองระหว่างขอบเขตที่มีค่ามากและค่าอื่นๆ จะมีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์และอาจบิดเบือนการประมาณค่าของอัตโนมัติสัมพันธ์เชิงพื้นที่

2.3 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงด้วยเทคนิค Getis-Ord G_i^* (Hot Spot Analysis based GetisOrd G_i^*)

เนื่องจากสถิติเชิงพื้นที่ระดับครอบคลุมเป็นการศึกษารูปแบบการเกาะกลุ่มของข้อมูลในแบบภาพรวมทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาเท่านั้นแต่ไม่สามารถระบุว่าคุณสมบัติของข้อมูลบริเวณใดมีค่าการเกิดเหตุการณ์สูงและต่ำ ดังนั้นจึงนำสถิติเชิงพื้นที่ระดับเฉพาะมาใช้ในการระบุกลุ่มของข้อมูลที่มีค่า

การเกิดเหตุการณ์สูงและค่าต่ำ หรือนำเสนอออกมาเป็นจุดเสี่ยง (Hot spots) และไม่มีความเสี่ยง (Cold spots) ²⁷ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{\sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \dots\dots\dots(3)$$

- โดยที่ G_i^* คือ ค่าคะแนนมาตรฐานความสัมพันธ์ของ Getis-ord ที่ตำแหน่งใด ๆ
- x_j คือ ค่าจุดเกิดเหตุการณ์ที่ตำแหน่ง j
- \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดเหตุการณ์
- w_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j
- n คือ จำนวนเกิดเหตุการณ์ทั้งหมด
- S คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บริเวณที่มีการเกิดโรคโควิด-19 สูง (Hot Spots) จะมีค่า G_i^* มากกว่า 1.96 และบริเวณที่มีการเกิดโรคโควิด-19 ต่ำ (Cold Spots) จะมีค่า G_i^* น้อยกว่า -1.96 ในแต่ละพื้นที่ย่อยของพื้นที่รวมทั้งหมด

2.4 ค่าความสัมพันธ์แอนซีลินโลคัลของมอแรน (Anselin Local Moran's I: LISA) หรือการวิเคราะห์การเป็นกลุ่มและส่วนที่อยู่นอก (Cluster and Outlier Analysis) ความสัมพันธ์ LISA เป็นการบ่งชี้กลุ่มของตัวแปรอิสระที่มีค่าเป็นกลุ่มเดียวกัน รวมทั้งบ่งชี้ค่าตัวแปรอิสระที่อยู่นอกกลุ่มในแต่ละพื้นที่ย่อยของพื้นที่รวมทั้งหมด กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นการทดสอบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลพิกัดและข้อมูลเชิงคุณลักษณะเพื่อประเมินลักษณะเชิงพื้นที่ของข้อมูลเชิงพื้นที่ ว่ามีการเกาะกลุ่ม หรือ ไม่เกาะกลุ่ม หรือ กระจายตัว โดยอธิบายจากค่า Anselin Local Moran's I ²⁸ ดังสมการที่ 4

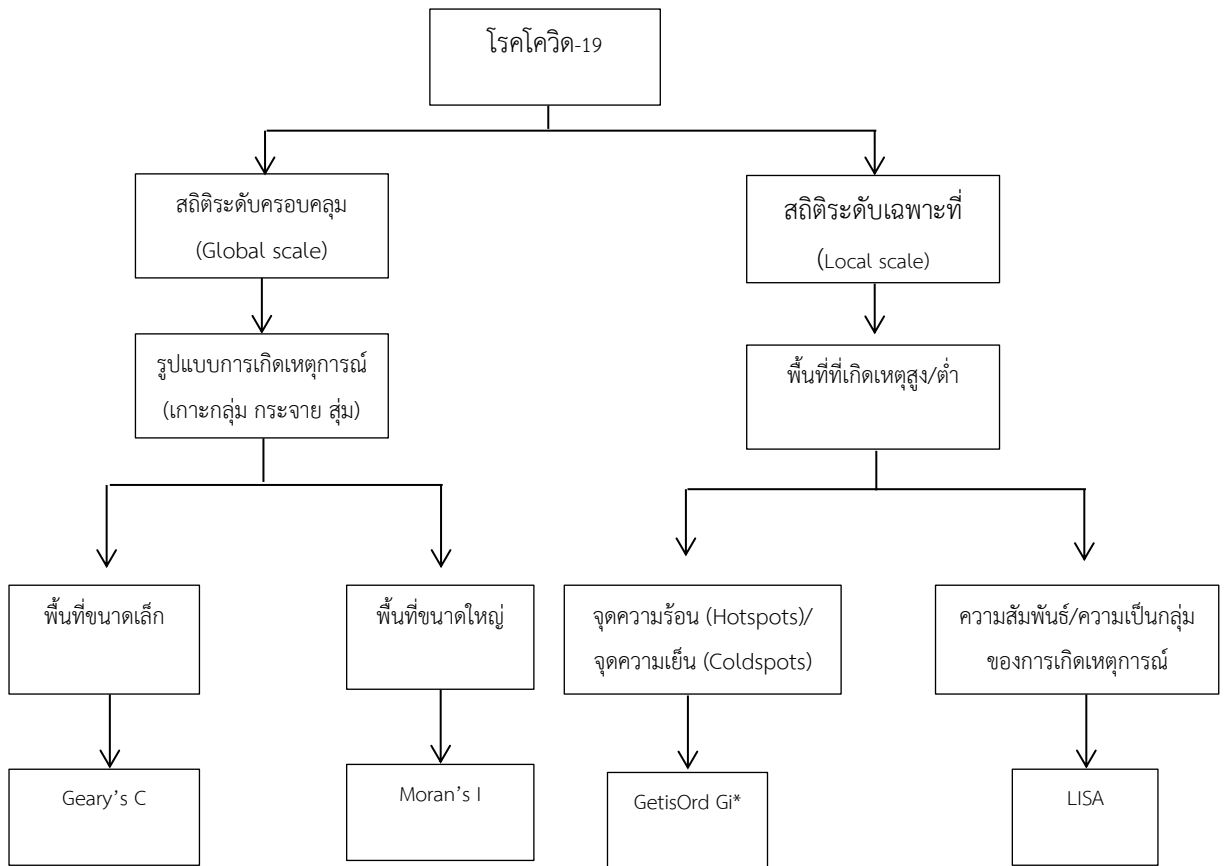
$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \dots\dots\dots(4)$$

- โดยที่ I_i คือ ค่าความสัมพันธ์ LISA
- x_i คือ ค่าจุดเกิดโรคโควิด-19 ที่ตำแหน่ง i
- \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคโควิด-19
- w_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j
- n คือ จำนวนเกิดโรคโควิด-19 ทั้งหมด

$$S_i^2 \quad \text{คือ ค่าความแปรปรวน คำนวณได้จาก} \quad S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n x_i}{(n-1)} - \bar{x}^2$$

ความสัมพันธ์ LISA ที่มีค่าบวก หมายถึงพื้นที่ที่เราสนใจมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ที่อยู่รอบๆ และมีการจัดตัวกันเป็นกลุ่ม เช่น กลุ่มสูง-สูง (HH) คือ พื้นที่ที่เกิดโรคโควิด-19 สูงในกลุ่มพื้นที่ที่มีโรคโควิด-19 สูง (บริเวณที่สนใจมีการเกิดโรคโควิด-19 มาก ขณะที่พื้นที่บริเวณรอบข้างนั้นก็มีการเกิดโรคโควิด-19 มากเช่นกัน) และกลุ่มต่ำ-ต่ำ (LL) คือ พื้นที่ที่มีโรคโควิด-19 ต่ำในกลุ่มพื้นที่ที่มีโรคโควิด-19 ต่ำ (บริเวณที่สนใจมีการเกิดโรคโควิด-19 น้อย ขณะที่พื้นที่บริเวณรอบข้างนั้นก็มีการเกิดโรคโควิด-19 น้อยเช่นกัน) ส่วนความสัมพันธ์ LISA ที่มีค่าเป็นลบหมายถึง ค่าของตำแหน่งการเกิดโรคโควิด-19 แตกต่างกัน และอยู่นอกกลุ่มหรือไม่อยู่ในกลุ่ม เช่น กลุ่มสูง-ต่ำ (HL) คือ พื้นที่ที่มีโรคโควิด-19 สูงในกลุ่มพื้นที่ที่มีโรคโควิด-19 ต่ำ (บริเวณที่สนใจมีการเกิดโรคโควิด-19 สูง ในขณะที่พื้นที่บริเวณโดยรอบนั้นมีการเกิดโรคโควิด-19 ต่ำ) และกลุ่มต่ำ-สูง (LH) คือ พื้นที่ที่มีโรคโควิด-19 ต่ำในกลุ่มพื้นที่ที่มีโรคโควิด-19 สูง (บริเวณที่สนใจมีการเกิดโรคโควิด-19 ต่ำในขณะที่พื้นที่บริเวณโดยรอบนั้นมีการเกิดโรคโควิด-19 สูง)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกใช้สถิติเชิงพื้นที่วิธี LISA เพื่อใช้ในการศึกษารูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของการเกิดโรคโควิด-19 สูง เนื่องจากสามารถบอกถึงรูปแบบของการเกิดโรคโควิด-19 สูง โดยเปรียบเทียบค่าการเกิดโรคโควิด-19 สูง บริเวณที่สนใจกับบริเวณพื้นที่ย่อยของพื้นที่รวมทั้งหมด หรือศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่เกิดเหตุการณ์กับพื้นที่โดยรอบของการเกิดเหตุการณ์ จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ ดังแผนภาพที่ 2.2



แผนภาพที่ 2.2 สถิติเชิงพื้นที่

ที่มา : จัดทำโดย อมรรัตน์ ลีอนาม

4. ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ในงานสาธารณสุข (Spatial Epidemiology or Geographical Epidemiology in Public Health)

จากแนวคิดที่ว่า การเกิดโรคมักมีลักษณะเฉพาะในแต่ละพื้นที่และไม่ได้เกิดขึ้นโดยบังเอิญหรือโดยสุ่ม ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพในแต่ละพื้นที่เป็นตัวกำหนดให้ การเกิดโรคมักมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในงานสาธารณสุขที่พัฒนาจากแนวคิดดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพรรณนาและวิเคราะห์สถานการณ์โรคในแต่ละพื้นที่ตามปัจจัยประชากร สิ่งแวดล้อม สังคม พฤติกรรม และพันธุกรรม รวมถึงประยุกต์ระบาดวิทยาเชิงนิเวศ ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ภูมิศาสตร์และสถิติเชิงภูมิศาสตร์ เพื่อระบุปัจจัยเชิงนิเวศที่เกี่ยวข้องกับเข้าใจกระบวนการเกิดโรคตามลักษณะของสถานที่และปัจจัยเชิงพื้นที่ซึ่งไม่ใช่เพียงปัจจัยทางกายภาพ แต่รวมถึงปัจจัยเชิงสังคมด้วย สามารถทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคกับวิถีชีวิต บริบท ทางสังคม และสิ่งแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น เนื่องด้วยความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในอดีตและระบบข้อมูลสุขภาพที่สนับสนุนข้อมูลสำหรับการศึกษาระบาดวิทยาตามลักษณะของสถานที่ไม่เพียงพอ ทำให้องค์ความรู้ของ

กระบวนการเกิดโรคตามลักษณะของสถานที่ที่มีน้อยมากและพัฒนาการช้ากว่าองค์ความรู้ของกระบวนการเกิดโรคตามลักษณะของบุคคล และเวลา

ในปัจจุบันนี้ความก้าวหน้าทางวิทยาการ ด้านสารสนเทศสุขภาพ (Health Informatics) และ ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) รวมถึงความก้าวหน้าของระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำให้ระบบข้อมูลสุขภาพ มีความครบถ้วน สามารถครอบคลุมข้อมูลด้านพื้นที่และระบบคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการเชื่อมโยง และประมวลผลข้อมูล ความพร้อมของข้อมูลกระตุ้นให้นักระบาดวิทยาและนักสาธารณสุขกลับมาให้ความสำคัญต่อการศึกษาระบาดวิทยาตามลักษณะของสถานที่อีกครั้ง โดยการประยุกต์ใช้ GIS ในการเชื่อมโยงข้อมูลสุขภาพและข้อมูลพื้นที่ในการประมวลผลเพื่อแสดงภาพ รวมทั้งการประยุกต์ใช้ชีวิตสถิติ เพื่ออธิบายปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งในปัจจุบัน เรียกว่า ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์³⁰

แนวคิดของระบาดวิทยาภูมิศาสตร์มีความชัดเจนมากขึ้นเมื่อ Evgeny Nikanorovich Pavlovsky นักปรสตีวิทยา ชาวรัสเซีย กล่าวว่า “การเกิดโรคมีลักษณะเฉพาะในแต่ละพื้นที่ ซึ่งเกิดจากลักษณะเฉพาะขององค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพของแต่ละพื้นที่ที่เอื้อต่อการแพร่เชื้อโรค และขยายจำนวนพาหะนำโรค ถ้าหากลักษณะเฉพาะทางกายภาพและชีวภาพนั้นสามารถแสดงขอบเขตของพื้นที่ที่ชัดเจน ระดับความเสี่ยงของการเกิดโรคที่จะเกิดขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคตก็เป็นสิ่งที่สามารถทำนายได้” ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางกายภาพ ทางชีวภาพ และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคของแต่ละพื้นที่ ช่วยพัฒนาความเข้าใจกลไกของสถานการณ์โรคในแต่ละพื้นที่ และช่วยให้สามารถทำนายความเสี่ยงหรือโอกาสเกิดสถานการณ์โรคได้ดียิ่งขึ้น³¹

แนวคิดดังกล่าวนำไปสู่วัตถุประสงค์ของระบาดวิทยาเชิงภูมิศาสตร์ที่ดำเนินการเพื่อพรรณนาและวิเคราะห์สถานการณ์โรคในแต่ละพื้นที่ตามปัจจัยประชากร สิ่งแวดล้อม สังคม พฤติกรรม และต่อมาได้มีการประยุกต์ระบาดวิทยาเชิงนิเวศ (Ecological Study) GIS และสถิติเชิงภูมิศาสตร์ (Spatial Statistics) เพื่อใช้วิเคราะห์การกระจายตัวของโรค และพาหะนำโรค รวมถึงวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เพื่อระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โรคในแต่ละสถานที่ ช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์มีพัฒนาการอย่างรวดเร็วและมีการประยุกต์ใช้ในการศึกษาของหลายแขนงวิชา รวมทั้งในงานสาธารณสุขโดยมีส่วนช่วยในการวางแผนทรัพยากร การวางแผน บริการสุขภาพ การดำเนินการเฝ้าระวังและควบคุมโรค และงานวิจัยโดย ผลการศึกษานำมาใช้ตั้งสมมติฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการพิสูจน์ปัจจัยเชิงนิเวศที่สัมพันธ์กับการเกิดโรคได้ การศึกษาทางระบาดวิทยาภูมิศาสตร์จำเป็นต้องมีลักษณะของข้อมูลดังนี้³²⁻³⁴

1) ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยข้อมูลคุณสมบัติ (Attribute Data) และข้อมูลตำแหน่ง (Spatial Data)

1.1 ข้อมูลคุณสมบัติ (Attribute Data) เป็นข้อมูลที่บอกคุณลักษณะของแต่ละพื้นที่ หรือแต่ละข้อมูลตำแหน่ง ประกอบด้วย

1.1.1 ข้อมูลทางระบาดวิทยา หมายถึง ข้อมูลที่บอกคุณลักษณะทางระบาดวิทยา ทั้งผลลัพธ์ และปัจจัยที่ต้องการศึกษาในแต่ละพื้นที่ เช่น จำนวนรายโรค สัดส่วนความชุก ข้อมูลประชากร และข้อมูลปัจจัยเสี่ยง เช่น จำนวนยุง จำนวนโรงงาน จำนวนสถานพยาบาล เป็นต้น

1.1.2 ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ หมายถึง ข้อมูลที่บอกคุณลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ เช่น ระดับความสูงของพื้นที่ ลักษณะความครอบคลุมของพื้นที่ เช่น พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าเบญจพรรณ

ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 ชนิดสามารถจำแนกตามชนิดการวัดออกได้เป็นข้อมูลจำแนก (Discrete Data) เช่น จำนวนรายโรค ระดับเศรษฐกิจของแต่ละหมู่บ้าน และข้อมูลต่อเนื่อง (Continuous Data) เช่น ระดับความสูงของพื้นที่ระยะทางของแม่น้ำ หรือระยะทางของถนน ความแรงลม ระดับอุณหภูมิ ซึ่งลักษณะของข้อมูลคุณสมบัติจะใช้ในการกำหนดรูปแบบการนำเสนอแผนที่ และการเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมต่อไป ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของข้อมูลคุณสมบัติ (Attribute data) และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์

POLY_ID	Prov_Name	longitude	latitude	Night-time Light
1	Amnat Charoen	104.74	15.89	2.57
2	Ang Thong	100.35	14.62	17.18
3	Bangkok Metropolis	100.62	13.77	56.98
4	Buri Ram	102.96	14.82	5.33

↓
Geocode

↓
Attribute data

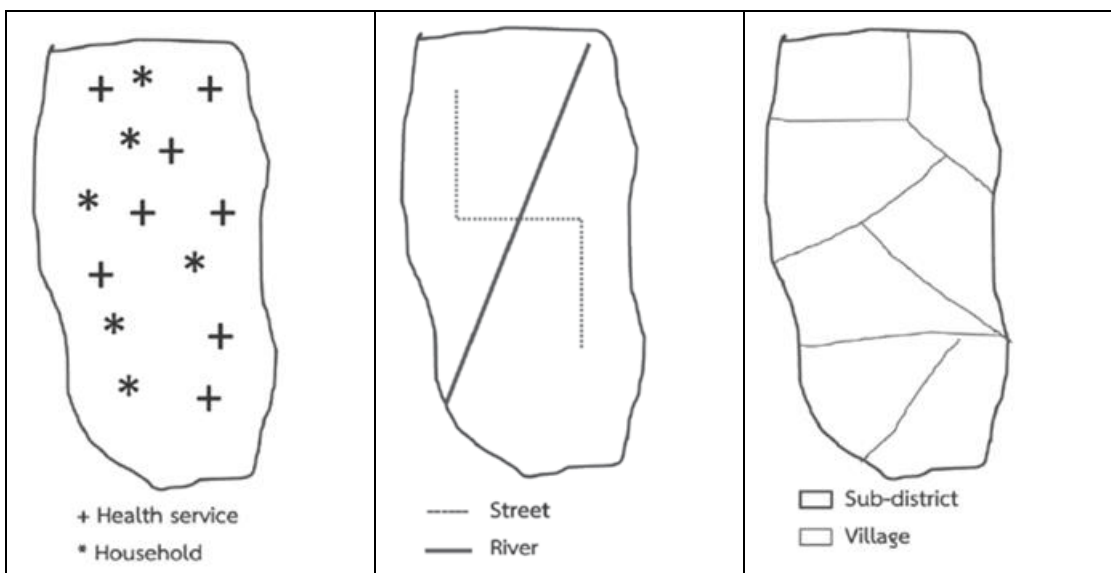
1.2) ข้อมูลตำแหน่ง (Spatial Data) เป็นข้อมูลที่ระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ หรือระบุตำแหน่งทาง ภูมิศาสตร์ (Geocode) เช่น พิกัดรุ้ง แวง (Latitude, Longitude) รหัสไปรษณีย์ โดยข้อมูลเชิงตำแหน่งนี้ จะจำแนกออกได้เป็นข้อมูลจุด (Point Data) ข้อมูลพื้นที่ (Areal Data) และข้อมูลเส้น (Line Data)

1.2.1 ข้อมูลจุด (Point Data) หมายถึง ข้อมูลที่จำแนกตามตำแหน่ง เช่น คราวเรือน โรงเรียน โรงพยาบาล สถานที่ทำงาน โดยข้อมูลจุดนี้จะเป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งที่มีความใกล้เคียงกับข้อมูลรายบุคคล

1.2.2 ข้อมูลเส้น (Line Data) หมายถึง ข้อมูลที่เรียงต่อเนื่องกันเป็นความยาว เช่น ถนน แม่น้ำ เส้นทางการบิน เป็นต้น

1.2.3 ข้อมูลพื้นที่ (Areal Data) หมายถึง ข้อมูลที่จำแนกรายพื้นที่ หรือขอบเขตการปกครอง เช่น ตำบล อำเภอ เขต หรือจังหวัด เป็นต้น

โดยส่วนใหญ่ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์มักจะเป็นข้อมูลทุติยภูมิ ที่ไม่ได้วางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาทางระบาดวิทยา ดังนั้นการตรวจสอบความถูกต้องและเที่ยงตรงของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยตรวจสอบค่านิยาม รูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบการรายงาน และรหัสตัวแปรที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างพื้นที่ว่าเป็นรูปแบบเดียวกันหรือไม่ นอกจากนั้นควรตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลประชากร เพราะอาจส่งผลให้เกิดการประมาณค่าความเสี่ยงที่สูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริงได้ นอกจากนั้นข้อควรพึงระวังอีกประการหนึ่งในการดำเนินการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์คือขนาดของหน่วยศึกษา หรือขนาดหน่วยพื้นที่ เช่น การเกิดโรคในระดับอำเภอ หรือการเกิดโรคในระดับจังหวัด ถึงแม้จะเป็นข้อมูลโรคชนิดเดียวกันและเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน แต่การรวมผลที่แตกต่างกันตามระดับขอบเขตการปกครองจะทำให้ผลการศึกษามีความแตกต่างกันไป เนื่องจากหากขนาดของหน่วยศึกษาใหญ่มากเกินไป จะมีความหลากหลายของรูปแบบการเกิดโรภายในหน่วยศึกษาเอง เช่น ระหว่างหน่วยศึกษาเป็นอำเภอ ระดับของสถานการณ์โรคในระดับตำบลที่แตกต่างกัน จึงอาจทำให้ผลการศึกษาที่ได้ขาดความเที่ยงตรง ดังนั้นการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์จึงมักนิยมศึกษาในหน่วยศึกษาที่มีขนาดเล็กที่สุด เพื่อให้ความแปรปรวนหรือความหลากหลายภายในหน่วยศึกษาเกิดขึ้นน้อยที่สุด^{32,34} ดังแผนภาพที่ 2.3



แผนภาพที่ 2.3 ข้อมูลจุด ข้อมูลเส้น และข้อมูลพื้นที่ (จากซ้ายไปขวา)

ที่มา : Department of Geography, Indiana University (2015)

2) ประเภทของการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์

การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้ 1) การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์โดยใช้แผนที่ 2) การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เชิงนิเวศ ³²⁻³⁴

2.1 การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์โดยใช้ แผนที่ (Mapping)

2.1.1 แผนที่โรค (Disease's mapping) ซึ่งแผนที่โรคและแผนที่ความเสี่ยงเป็นการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เชิงพรรณนา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงสถานการณ์โรค จำนวนพาหะนำโรค สารก่อโรค ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโรค ตามขอบเขตการปกครองหรือตามข้อมูลตำแหน่ง รวมถึงเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์โรคและปัจจัยต่างๆ ตามช่วงเวลา ซึ่งมีรูปแบบการนำเสนอแผนที่ตามลักษณะของข้อมูลตำแหน่งและข้อมูลคุณลักษณะ โดยสามารถนำเสนอด้วยแผนที่จุด (Dots Map) หากข้อมูลที่ต้องการนำเสนอเป็นข้อมูลจำแนก (Discrete Data) เช่น ขนาดของอุบัติการณ์โรคคอหอยพอกโรคหรือเหตุการณ์ที่สนใจ หรือจำนวนประชากรยุคลาย ด้วยจำนวนจุดหรือขนาดของจุด หรือระดับความเข้มของจุดสีก็ได้ ตัวอย่างเช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการระบาดของอหิวาตกโรคในปี ค.ศ.1882 และ ค.ศ. 1895 ระดับหมู่บ้านในเมืองฟุกุชิม่า (Fukushima) ประเทศญี่ปุ่น ³⁵ พบว่ารูปแบบของการระบาดเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางกายภาพและขอบเขตการปกครอง ซึ่งพบการระบาดเกิดขึ้นรายรอบแหล่งการค้าและการเดินทาง หรือการศึกษาการระบาดของอหิวาตกโรคและอุจจาระร่วงเฉียบพลันในเมืองแมทแลป (Matlab) ประเทศบังคลาเทศ ³⁶ ที่แสดงรูปแบบโดยใช้จุดแสดงตำแหน่งของรายป่วย และการศึกษาพื้นที่เสี่ยงของไข้เลือดออกในประเทศเวียดนามแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงกว่า 3,000 คน ต่อตารางกิโลเมตรเป็นพื้นที่เสี่ยงของไข้เลือดออก ³⁷ หากข้อมูลเป็นจำนวนรวมหรือค่าเฉลี่ยตามขอบเขตการปกครองหรือตามข้อมูลตำแหน่ง สามารถนำเสนอด้วยระดับความเข้มของสี (Colorpleth) ตามขนาดของปัญหาสุขภาพ หรือขนาดปัจจัยที่เกี่ยวข้องตามลักษณะของข้อมูลเชิงตำแหน่ง ตัวอย่างเช่น การศึกษารูปแบบเชิงพื้นที่ของความชุกของโรคของเมืองวิกตอเรีย ประเทศบราซิลและประเทศไทย โดยแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ในเขตพื้นที่ยากจนมีความชุกของวัณโรคสูงกว่าพื้นที่อื่น ³⁸ แต่ในบางครั้งข้อมูลของปัจจัยเป็นข้อมูลต่อเนื่องซึ่งหากนำมาจำแนกตามข้อมูลเชิงตำแหน่ง จะทำให้ภาพการนำเสนอคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง หรือไม่สามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน ตามลักษณะของข้อมูล เช่น ระดับของอุณหภูมิ ระดับความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ ระดับความสูงของพื้นที่ ข้อมูลลักษณะนี้มักจะนำเสนอในลักษณะของแผนที่เส้นชั้น (Contour map) เช่น การประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่จังหวัดชลบุรีและนำเสนอด้วยแผนที่เส้นชั้นแสดงให้เห็นระดับของก๊าซมลพิษ ³⁹

2.1.2 แผนที่แสดงกลุ่มโรค (Disease cluster mapping) การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ในรูปแบบนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ โดยประการแรก คือเพื่อค้นหากลุ่มโรคเป็นการค้นหาพื้นที่ที่มีการเกิดโรคหรือเหตุการณ์ที่สนใจศึกษา มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนหรือลักษณะ

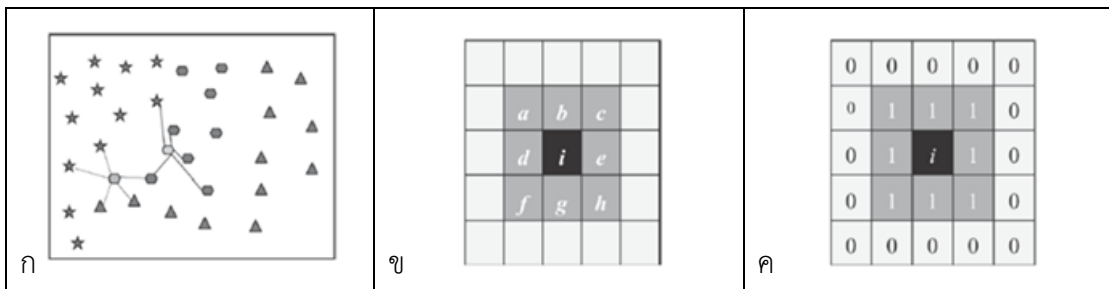
การเกิดโรคของพื้นที่ใกล้เคียงกันที่มีความคล้ายคลึงกันหรือเป็นกลุ่มก้อนเดียวกัน ในทางตรงข้ามมีความแตกต่างกับพื้นที่อื่นๆ หรือกลุ่มอื่นๆ และประการที่สองเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความแตกต่างระหว่างพื้นที่ โดยให้ความสนใจกับพื้นที่ที่มีการเกิดโรคสูงคล้ายคลึงกัน (Hot spot) ซึ่งต้องระบุพื้นที่ใกล้เคียง (Neighbor) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อระบุความเป็นกลุ่ม โดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนักเมตริกซ์ (Weight Matrix) เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (spatial correlation) ซึ่งอาจใช้ระยะทาง หรือขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกัน เป็นเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่ใกล้เคียง

- การระบุพื้นที่ใกล้เคียง โดยใช้ระยะทางเป็นเกณฑ์ วิธีนี้จะต้องมีการ

กำหนดจุดกึ่งกลางของพื้นที่ที่สนใจศึกษา (i) และพื้นที่อื่นๆ หลังจากนั้นจะใช้ระยะทางจากพื้นที่ที่สนใจศึกษาถึงพื้นที่ที่ใกล้เคียงที่สุด และขยับออกไปเรื่อยๆ ตามจำนวนที่กำหนดของพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้นพื้นที่ใกล้เคียงที่ได้กำหนดขึ้นอาจจะไม่มีขอบเขตของพื้นที่เชื่อมต่อกัน (ภาพที่ 3ก)

- การระบุพื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันเป็นเกณฑ์

วิธีนี้จะพิจารณาจากการเชื่อมต่อกันของพื้นที่ เช่น พื้นที่ i มีพื้นที่ใกล้เคียงคือ พื้นที่ $a-h$ เมื่อกำหนดการถ่วงน้ำหนักจะกำหนดให้พื้นที่ที่มีความเชื่อมต่อกันมีค่าเป็น 1 พื้นที่อื่นๆ มีค่าเป็น 0 (ภาพที่ 3ข และ 3ค) ดังแผนภาพที่ 2.4



แผนภาพที่ 2.4 ประเภทพื้นที่ใกล้เคียง (ก) การระบุพื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ระยะทาง (ข)(ค) การระบุพื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันเป็นเกณฑ์

ที่มา : Department of Geography, Indiana University (2015)

การนำเสนอกลุ่มโรคสามารถจำแนกออก ได้เป็น 3 รูปแบบใหญ่ๆ คือ แบบทั่วไป แบบเฉพาะพื้นที่ และแบบเจาะจง ดังนี้

1) แบบทั่วไป (Global spatial autocorrelation) เป็นการวิเคราะห์

แนวโน้มการเกิดกลุ่มโรคของพื้นที่ศึกษา แต่ไม่สามารถระบุได้ว่ากลุ่มโรคที่เกิดขึ้นอยู่ในบริเวณใด ซึ่งการวิเคราะห์กลุ่มโรคในแบบทั่วไปนี้ เป็นการเปรียบเทียบขนาดของโรค หรือเหตุการณ์ที่สนใจศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียง กับค่าเฉลี่ยของเหตุการณ์ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ใช้เป็นข้อมูล

เบื้องต้นเพื่อใช้ในการค้นหาหรือระบุพื้นที่เสี่ยง (Hotspot) ในการวิเคราะห์กลุ่มโรคแบบเฉพาะพื้นที่ และใช้ในการทดสอบสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เชิงนิเวศ (Ecological Study)

2) แบบเฉพาะพื้นที่ (Local spatial autocorrelation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยง (hot spot) โดยพิจารณาจากขนาดของโรคที่สนใจศึกษา โดยเปรียบเทียบขนาดของโรคที่สนใจศึกษาของชุมชน เปรียบเทียบกับชุมชนใกล้เคียงที่กำหนดโดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนักเมตริกส์ และเปรียบเทียบกับขนาดของโรคโดยรวมของทุกชุมชนที่ศึกษา ซึ่ง Hotspot จะมีขนาดของโรคสูงกว่าขนาดของโรคโดยรวม เช่น การศึกษาพื้นที่เสี่ยงของวัณโรคในประเทศจีน และพื้นที่เสี่ยงของไข้เลือดออกในประเทศไทย^{40,41} รวมถึงการศึกษา ของนครินทร์ ชายแก้ว และคณะ⁴² ในการพรรณนา และระบุพื้นที่เสี่ยงของโรคอุจจาระร่วงในจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2551 เพื่อใช้ในการวางแผนเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคอุจจาระร่วง ในจังหวัดเชียงใหม่

3) แบบเจาะจง (Focused spatial autocorrelation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อระบุกลุ่มโรครอบๆ กลุ่มโรค หรือแหล่งรังโรคที่ทราบแน่ชัดแล้ว เช่น การระบุพื้นที่เสี่ยงของการติดเชื้อวัณโรคในพื้นที่ยากจนของประเทศบราซิล^{38,43}

2.2 การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เชิงนิเวศ (Ecological study) จำแนก
ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1 การศึกษาเชิงพรรณนาหรือการศึกษาสหสัมพันธ์ (Correlation study) มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสถานะสุขภาพที่สนใจศึกษา โดยใช้ประโยชน์ของข้อมูลทุติยภูมิที่มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบอยู่แล้ว โดยข้อมูลที่น่าสนใจในการวิเคราะห์มักจะได้รับรวบรวมเป็นค่าเฉลี่ย หรือจำนวนรวมของหมู่บ้าน ตำบล หรือตามลักษณะพื้นที่ โดยผลการศึกษาที่ได้มักจะใช้ในการพิจารณาวางแผนทรัพยากร หรือวางแผนเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรค เช่น การศึกษาทิศทางการแพร่ระบาดของโรคชิคุนกุนยา ในปี พ.ศ. 2551-2552 โดยใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์และวันแสดงอาการ พบว่ามีการแพร่ระบาดจากภาคใต้และเคลื่อนสู่ทางตอนเหนือของภาคใต้ โดยความเร็ว 7.5 กิโลเมตรต่อสัปดาห์⁴⁴

2.2.2 การศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytic study) เป็นการศึกษาเชิงนิเวศที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ ความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงนิเวศ และผลลัพธ์ โดยใช้องค์ความรู้ด้านชีวสถิติ และแนวคิดของระบาดวิทยาเชิงสังคม⁴⁵ สถานการณ์สุขภาพในแต่ละชุมชนย่อมมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพและสังคม และมักจะมีผลคล้ายคลึงกับพื้นที่ข้างเคียง เนื่องจากการมีลักษณะร่วมด้านประชากร วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม หรืออาจกล่าวได้ว่ามีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ต่อกัน (Spatial autocorrelation) จึงส่งผลให้สถานการณ์สุขภาพในแต่ละพื้นที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน โดยการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจะประยุกต์ใช้สถิติพหุสัมพันธ์ถดถอย

(Multiple regression) ร่วมกับสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) ซึ่งการศึกษาในรูปแบบนี้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ผลการศึกษาสามารถนำมาใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงหรือปัจจัยทางกายภาพ ที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดผลลัพธ์ที่สนใจศึกษาในระดับพื้นที่ เช่น การศึกษาไข้เลือดออกในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ที่พบว่าหมู่บ้านที่ตั้งอยู่ใกล้กับเขตเทศบาลมีความเสี่ยงต่อการระบาดของไข้เลือดออกสูงกว่าหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่อื่นๆ⁴¹ เช่นเดียวกับการศึกษาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการแพร่ระบาดของไข้เลือดออกในพื้นที่เทศบาลทางภาคใต้ และภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์และสถิติภูมิศาสตร์ เพื่อระบุลักษณะบ้าน สิ่งแวดล้อมรอบบ้าน และชุมชนที่เอื้อต่อการแพร่กระจายของไข้เลือดออก^{46,47}

จากการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปเป็นองค์ความรู้ได้ว่าระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลสุขภาพ และข้อมูลด้านกายภาพและชีวภาพ จากระบบเฝ้าระวังโรคและระบบรายงานต่างๆ เพื่ออธิบายสถานการณ์โรครวมถึงการประยุกต์ใช้สถิติเชิงภูมิศาสตร์เพื่อระบุพื้นที่ที่มีการรวมกลุ่มกันของสถานการณ์โรค และค้นหาปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่มีผลต่อสถานการณ์โรคและการรวมกลุ่มกันของสถานการณ์โรค การศึกษาที่ได้จากการศึกษาทางด้านระบาดวิทยาภูมิศาสตร์มีประโยชน์ในงานสาธารณสุขเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการนำไปใช้ในการบริหารทรัพยากร และการวางแผนเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรคเชิงนโยบาย

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโรคโควิด-19 ข้อมูลสำรวจระยะไกลและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังนี้

Lan T, Shao G, Tang L, Xu Z, Zhu W. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเชิงพื้นที่ของมนุษย์ที่เกิดจากการระบาดใหญ่ของ COVID-19 โดยใช้ข้อมูลแสงในเวลากลางคืนรายวันในประเทศจีน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแสงสว่างในเวลากลางคืน ไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับการยืนยัน แต่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงในกิจกรรมของมนุษย์ในมาตรการป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาดภายในภูมิภาค การค้นพบนี้บ่งชี้ว่าแสงในเวลากลางคืนรายวันมีประสิทธิภาพสำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงแบบไดนามิกในกิจกรรมของมนุษย์อย่างรวดเร็ว และสามารถช่วยประเมินผลกระทบของมาตรการควบคุมต่อกิจกรรมของมนุษย์ในระหว่างเหตุการณ์ด้านสาธารณสุขที่สำคัญ⁴⁸

Liu Q, Sha D, Liu W, Houser P, Zhang L, et al. ศึกษารูปแบบเชิงพื้นที่ของผลกระทบของ COVID-19 ต่อกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในจีนแผ่นดินใหญ่โดยใช้ข้อมูลแสงในเวลากลางคืนและคุณภาพอากาศ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแสงสว่างเวลากลางคืน เพิ่มขึ้นในเขตที่อยู่อาศัยและลดลงในศูนย์กลางการค้าของจังหวัด ในขณะที่การขนส่งและสิ่งอำนวยความสะดวกสาธารณะ

โดยทั่วไปยังคงเหมือนเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในห้วงชั้น ซึ่งมีการรายงานผู้ป่วยที่ได้รับการยืนยันรายแรก และที่ใดที่มีการใช้มาตรการกักกันเร็วที่สุด ศูนย์กลางการค้ามีค่าแสงสว่างในเวลากลางคืนต่ำ และระดับความสว่างที่เพิ่มขึ้นหลังจากการเริ่มล็อกดาวน์ คุณภาพอากาศในจีนแผ่นดินใหญ่ก็ดีขึ้นด้วยการลดลงของอุตสาหกรรมที่ไม่จำเป็นและการใช้รถยนต์¹¹

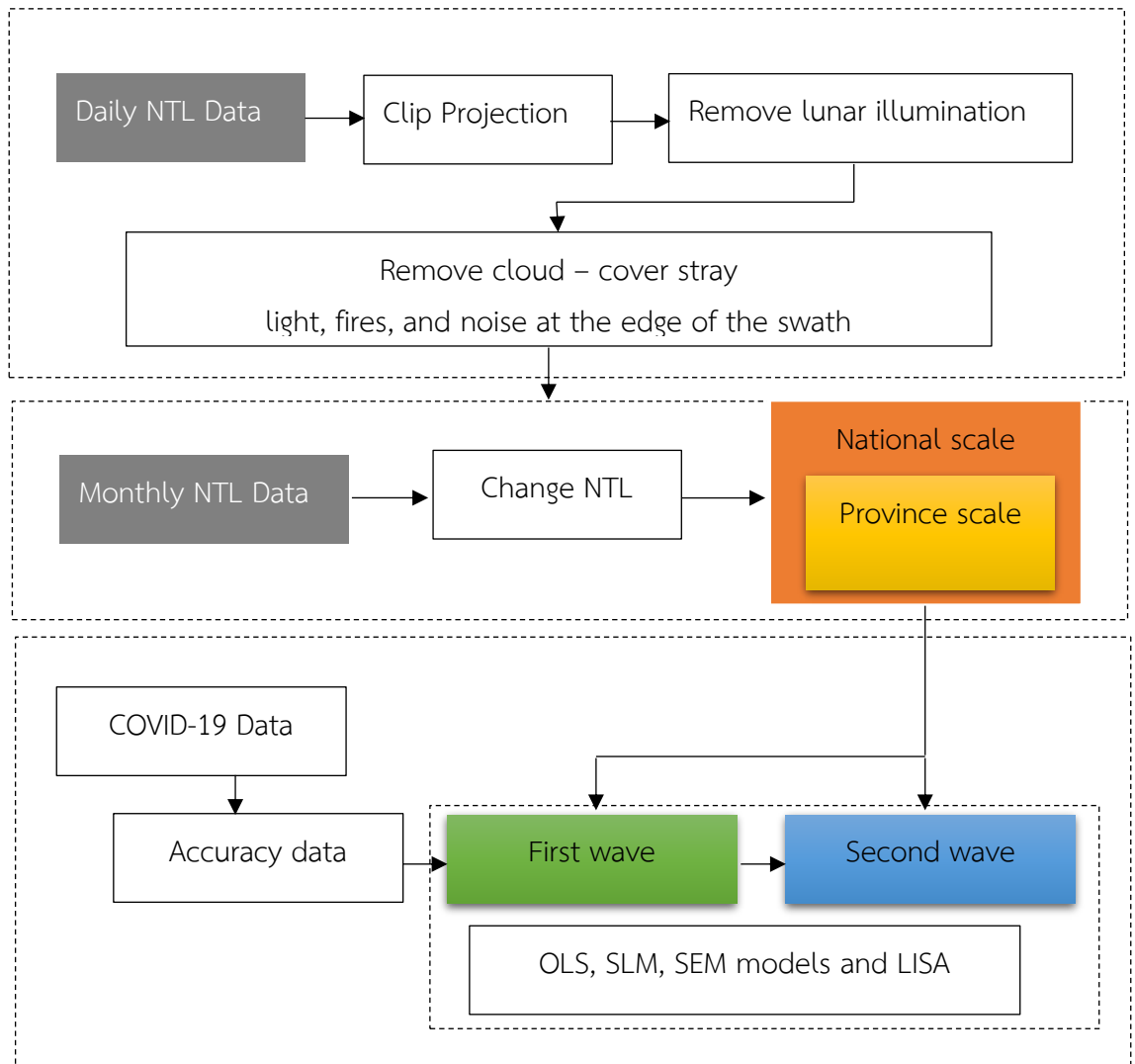
Li D, Zhao X, Li X. ศึกษาข้อมูลระยะไกลในกิจกรรมของมนุษย์ – มุมมองจากแสงในเวลากลางคืน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการรับรู้แสงจากระยะไกลในเวลากลางคืนใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ทางเศรษฐกิจและสังคม การตรวจสอบการขยายตัวของเมือง การประเมินเหตุการณ์สำคัญ ภัยพิบัติโรคและพฤติกรรมของมนุษย์⁴⁹

Mollalo A, Vahedi B, Rivera KM. ศึกษาแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่ใช้ GIS ของอัตราอุบัติการณ์ COVID-19 ในสหรัฐอเมริกา ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่ใช้ GIS สามารถประเมินความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของอุบัติการณ์ COVID-19 ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยแบบจำลองด้วย ordinary least square model มีค่าอำนาจพยากรณ์ต่ำกว่าแบบจำลองที่มีการพิจารณาเชิงพื้นที่ร่วมด้วย⁵⁰

Anselin L, Syabri I, Kho Y. ศึกษาการทบทวนวิธีวิเคราะห์การกระจุกตัวของโรค ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า วิเคราะห์ด้วย LISA SaTScan และ G_i^* เป็นวิธีในการตรวจสอบรูปแบบเฉพาะพื้นที่ (detecting local patterns) ของการเกิดโรค ซึ่งวิธีเหล่านี้ช่วยในการระบุการกระจุกตัวการเกิดโรค (clusters) รวมถึงการประเมินนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ SaTScan มีการระบุการกระจุกตัวการเกิดโรคในพื้นที่ได้ครอบคลุมกว่า LISA และ G_i^* ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าแต่ละวิธีมีการกำหนดเกณฑ์ clusters ที่แตกต่างกัน⁵¹

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำข้อค้นพบมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



แผนภาพที่ 2.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย รูปแบบการวิจัย ประชากร กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือในการวิจัย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแต่ละวิธีดำเนินการวิจัยมีขั้นตอน ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาย้อนหลัง (retrospective study)

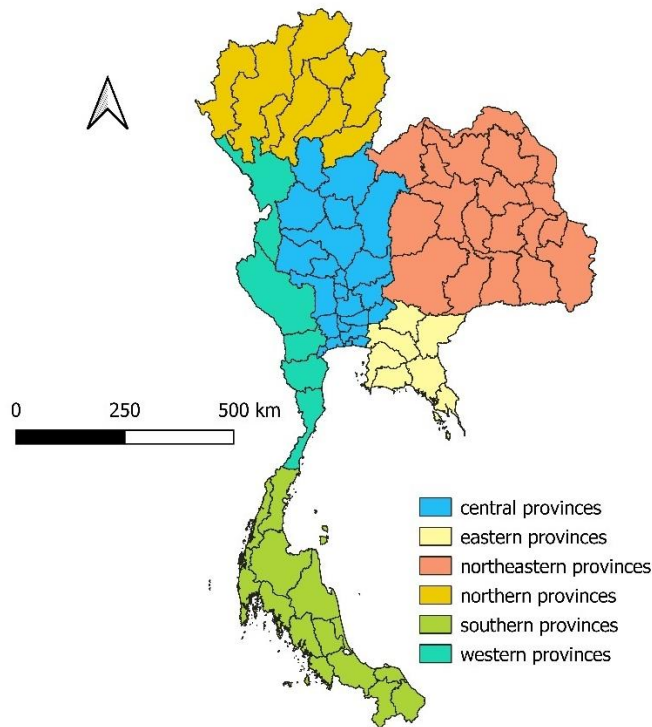
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลอัตราป่วยโรคโควิด-19 ต่อแสนประชากร จากสำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2564 ทั้งหมด 77 จังหวัด ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือจำนวนผู้ป่วยโรคโควิด-19 สะสม 1,727,336 ราย

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 พื้นที่ศึกษาและฤดูกาล

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลางถึงสูง ด้วยพื้นที่ 514,000 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยที่ดิน 511,770 ตารางกิโลเมตรและน้ำ 2,230 ตารางกิโลเมตร ลำดับชั้นการปกครองทางภูมิศาสตร์ประกอบด้วย 77 จังหวัด 878 อำเภอ 7,225 ตำบล และ 74,965 หมู่บ้าน ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มี 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูหนาว (พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์) ฤดูร้อน (มีนาคม ถึง พฤษภาคม) และฤดูฝน (มิถุนายน ถึง ตุลาคม) ดังแผนภาพที่ 3.1



แผนภาพที่ 3.1 ขอบเขตการบริหารและการจำแนกประเภทของภูมิภาค

แหล่งที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ

3.2 แหล่งข้อมูล

ข้อมูลโรคโควิด-19

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จากรายงานสำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง ปี ตุลาคม พ.ศ. 2564 ทั้งหมด 77 จังหวัด ซึ่งเป็นผู้ป่วยที่ได้รับการยืนยันแล้ว 1,727,336 ราย โดยข้อมูลเหล่านี้เผยแพร่สู่สาธารณะบนเว็บไซต์ของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (<https://covid19.ddc.moph.go.th/>) ในการศึกษานี้ใช้ปฏิบัติการของโรคโควิด-19 รายเดือนและคำนวณเป็นอัตราส่วนของผู้ป่วยที่ได้รับการยืนยันต่อประชากร 100,000 คน

ข้อมูลแสงไฟกลางคืน

ข้อมูลแสงไฟกลางคืนของประเทศไทยในช่วง มกราคม 2563 ถึง ตุลาคม 2564 ได้มาจาก Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS)'s Day-Night Band global stable light imagery ที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 375 m²/พิกเซล ซึ่งข้อมูลแสงไฟกลางคืนทั้งหมดมาจากความร่วมมือร่วมกันของ NASA/NOAA Suomi National Polar-orbiting Partnership และเปิดเผยต่อสาธารณะ (NOAA, 2019) โดยข้อมูลแสงไฟกลางคืนถูกนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อเดือนในระดับจังหวัดโดยการคำนวณค่าทางสถิติของไฟล์ประเภทแรสเตอร์ (Zonal statistics) เพื่อนำมารวมกับ

อัตราส่วนของผู้ป่วย COVID-19 ตามช่วงเวลาในเชิงพื้นที่แต่ละจังหวัด (Spatiotemporal resolution)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้โปรแกรม QGIS เวอร์ชัน 3.8.3 (Steiniger and Hunter, 2013) เพื่อรวมข้อมูลทั้งหมดก่อนที่จะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม GeoDa^{51,52} เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบการระบาดในพื้นที่ต่างๆ โดยใช้สถิติ Moran's I และหารูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่โดยใช้ Local Indicators of Spatial Association (LISA)

การวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) ในช่วงการระบาดโควิด-19 ทั้งสองระลอก และสร้างตัวแบบพยากรณ์การระบาดโควิด-19 ในช่วงการระบาดทั้งสองระลอก ดังนี้

4.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในช่วงการระบาดโควิด-19 ทั้งสองระลอก ตามกฎข้อที่ 1 ทางภูมิศาสตร์ของ Tobler ใช้สถิติทดสอบ Moran's I เพื่อดูลักษณะการกระจายผลของการระบาดโควิด-19 ว่า มีการกระจายแบบเกาะกลุ่มหรือไม่ โดยค่า Moran's I เข้าใกล้ 1 หมายถึงผลการระบาดโควิด-19 มีการเกาะกลุ่มกัน สำหรับสถิติที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ผู้วิจัยใช้สถิติ Moran's I ซึ่งสามารถเขียนสมการดังต่อไปนี้

สถิติความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อัตโนมัติ (Moran's I) เป็นหนึ่งในวิธีการหลักในการคำนวณระดับของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่⁵³ สมการต่อไปนี้แสดงถึงข้อกำหนดทางคณิตศาสตร์ของการทดสอบ Moran's I

$$I = \left(\frac{n}{w}\right) \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

โดยที่ I คือ ค่าความสัมพันธ์ Moran's I

x_i, x_j คือ ค่าจุดเกิดโรคโควิด-19 ที่ตำแหน่ง i และ j

\bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคโควิด-19

w คือ ผลรวมของ w_{ij}

n คือ จำนวนเกิดโรคโควิด-19 ทั้งหมด

w_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j

ค่าที่คำนวณได้บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่าง X ซึ่งอยู่ในพื้นที่ i และเพื่อนบ้านซึ่งกำหนดตามภูมิศาสตร์โดยเมทริกซ์ถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่ w_{ij}

Moran's I มีข้อจำกัดในการระบุตำแหน่งของความสัมพันธ์ ดังนั้น Moran I หรือ LISA ในพื้นที่จึงได้รับการพัฒนาโดยขยายพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของ Moran's I การแสดงทางคณิตศาสตร์สามารถเขียนสมการดังต่อไปนี้

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (\text{สมการที่ 2})$$

โดยที่ I_i คือ ค่าความสัมพันธ์ LISA
 x_i คือ ค่าจุดเกิดโรคโควิด-19 ที่ตำแหน่ง i
 \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคโควิด-19
 w_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j
 n คือ จำนวนเกิดโรคโควิด-19 ทั้งหมด

$$s_i^2 \text{ คือ ค่าความแปรปรวน คำนวณได้จาก } s_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{(n-1)} - \bar{x}^2$$

ผลลัพธ์ที่ได้คือตัวบ่งชี้ของ Moran's I ในแต่ละตำแหน่ง i ซึ่งระบุความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ X ในพื้นที่ i กับเพื่อนบ้าน ตามพื้นฐานของการทดสอบสหสัมพันธ์ทางสถิติ ค่านี้สามารถระบุความสัมพันธ์เชิงบวกและเชิงลบ

และวิเคราะห์ความเข้มข้นของผลการระบาดโรคโควิด-19 ด้วย Local Indicators of Spatial Association (LISA) เพื่อหาพื้นที่ที่การระบาดโควิด-19 อย่างเข้มข้น (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95) วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนักด้วยวิธี Queen Contiguity ซึ่งมีวิธีการสร้างน้ำหนักเชิงพื้นที่ (spatial weight) คือพื้นที่ที่มีขอบเขตหรือส่วนใดส่วนหนึ่งติดกันจะถูกให้น้ำหนักเป็น 1 และพื้นที่ที่มีขอบเขตไม่ติดกันจะถูกให้น้ำหนักเป็น 0 เนื่องจากต้องการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของขอบเขตพื้นที่ที่ติดกันทั้งหมด เพื่อจะช่วยให้เข้าถึงปฏิสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของการระบาดโควิด-19 วิธีนี้มีข้อดีคือมีการคำนวณที่ง่ายและไม่ซับซ้อน โดยที่ทุกจุดและขอบเขตที่อยู่ติดกันจะถูกนำมาคำนวณหาน้ำหนักเชิงพื้นที่

การเลือกเมตริกซ์ถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการคำนวณ LISA ดังนั้นจึงกำหนดขึ้นอย่างรอบคอบในการศึกษานี้ เนื่องจากประเทศไทยประกอบด้วยจังหวัดที่เป็นเกาะ ประกอบกับ 23 จังหวัดชายฝั่งทะเล และ 32 จังหวัดชายแดน จึงได้ใช้เมตริกซ์ถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่ของเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด 3 k เพื่อปรับจำนวนจังหวัดให้ใกล้เคียง ผลลัพธ์ของ LISA สร้างดัชนี Moran's I^{51, 54} พร้อมกับสร้างแผนที่คลัสเตอร์และค่า p-value แผนที่คลัสเตอร์ระบุรูปแบบห้าสี โดยกำหนดให้สูง-สูง เป็นสีแดงเข้ม (hotspots) ต่ำ-ต่ำ เป็นสีน้ำเงินเข้ม (coldspots) ต่ำ-สูง เป็นสีน้ำเงินอ่อน สูง-ต่ำ เป็นสีชมพู และรูปแบบสุมเป็นสีขาว⁵⁴ ตามค่าสถิติแล้ว กรณีของ high-high, low-low, low-high และ high-low เป็นพื้นที่ที่มีนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ และพื้นที่สีขาวแสดงถึงกรณีที่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง hotspots

(พื้นที่สูง - สูง) บ่งบอกถึงอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 สูง ในขณะที่จุด coldspots (พื้นที่ต่ำ - ต่ำ) บ่งบอกถึงอุบัติการณ์ต่ำ กรณีสูง-ต่ำและต่ำ-สูงระบุความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างจังหวัดใดจังหวัดหนึ่งกับเพื่อนบ้าน

Anselin ได้ระบุว่าการวิเคราะห์ LISA สามารถทำการทดสอบแบบตัวแปรเดียวและแบบสองตัวแปรของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ในกรณีการทดสอบสองตัวแปรของ LISA นั้นจะระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ตำแหน่งเฉพาะกับความล่าช้าเชิงพื้นที่ (Spatial lag) ที่สอดคล้องกัน (เช่น ค่าเฉลี่ยที่คำนวณจากพื้นที่โดยรอบ) ของตัวแปรอื่น ในการศึกษาได้ทำการทดสอบแบบสองตัวแปร (bivariate) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างตัวแปรชี้ด้านแสงไฟในเวลากลางคืนจากดาวเทียมกับอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19⁵⁴

4.2 สร้างตัวแบบพยากรณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ในช่วงการระบาดทั้งสองระลอก

การวิเคราะห์ข้อมูลการระบาดของโรคโควิด-19 ในช่วงการระบาดระลอกแรก (มีนาคม - พฤษภาคม 2563) และระลอกสอง (กรกฎาคม 2563 ถึง กันยายน 2564) ซึ่งพิจารณาถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และข้อมูลแสงไฟกลางคืนในช่วงเวลาดังกล่าว แปลงข้อมูลโดยใช้ล็อกการิทึม (Natural log transformation) เพื่อให้การแปรผันเป็นเส้นตรงในตัวแปร หลังจากนั้นสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial regression Model) ได้แก่ Spatial lag model (SLM) และ Spatial error model (SEM)¹² ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของการระบาดของโรคโควิด-19 ในพื้นที่ที่มีความใกล้เคียงกันกับข้อมูลแสงไฟกลางคืน

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม GeoDa 1.20⁵¹ สำหรับวิเคราะห์ SLM และ SEM โดยกำหนดระดับเกณฑ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Spatial lag model (SLM) ซึ่งให้ตัวแปรตามสัมพันธ์กันเอง โดยมีเมตริกซ์น้ำหนักเชิงพื้นที่ (spatial weight matrix) ซึ่งเป็นอินเวอร์สเมตริกซ์ของเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) เป็นน้ำหนักถ่วง การแสดงทางคณิตศาสตร์สามารถเขียนสมการดังต่อไปนี้

$$AlogNTL_i = \beta_0 + \beta_1 logCOVID19_i + \rho W_{ij} AlogNTL_j + \varepsilon_i \quad (\text{สมการที่ 3})$$

โดยที่ $AlogNTL_i$ เป็นตัวแปรตาม (การเปลี่ยนแปลงปีต่อปีในดัชนีแสงไฟกลางคืนที่แปลงล็อกการิทึม) $logCOVID19_i$ ตัวแปรอิสระ (ล็อกการิทึมของอุบัติการณ์ของโควิด-19) i คือ สิ่งที่น่าสนใจในแต่ละจังหวัด (entity) (77 จังหวัด) β_0 คือ ค่าสัมประสิทธิ์จุดตัด (intercept coefficient) β_1 คือ สัมประสิทธิ์ความชัน ρ คือ พารามิเตอร์ spatial lag (เช่น สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่) W_{ij} คือ เมตริกซ์น้ำหนักเชิงพื้นที่ และ ε_i คือ พจน์คลาดเคลื่อน (error term) ที่กระจายตัวปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมตริกซ์น้ำหนัก (W_{ij}) ของ SLM กำหนดผลกระทบของ Neighbor s_j ที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่ง i ^{50, 55}

Spatial error model (SEM) ที่ให้ Error term ใน Spatial Regression ได้สัมพันธ์กันเอง โดยตรงแต่ก็ถ่วงน้ำหนักด้วยเมทริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) เช่นกัน ช่วยแก้ปัญหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) การแสดงทางคณิตศาสตร์สามารถเขียนสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta \log NTL_i = \beta_0 + \beta_1 \log COVID19_i + u_i \quad (\text{สมการที่ 4})$$

โดยที่ u_i และ u_j แสดงถึง disturbance term at locations ของ i และ j ตามลำดับ λ คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ε_i คือ error term ที่กระจายตัวปกติ และ u_i คือ $\lambda W_{ij} u_j + \varepsilon_i$

เนื่องจากแบบจำลองกำลังสองน้อยที่สุดแบบธรรมดา (เช่น การถดถอย OLS) มีข้อจำกัดในการตรวจจับผลกระทบจากการล้นเกิน (spillover effect) ข้อมูลจำเพาะมาตรฐาน (standard specification) จึงได้รับการแก้ไขเพื่อรวมผลกระทบของพื้นที่ใกล้เคียง นำไปสู่การกำหนดสูตรของ SLM และ SEM ซึ่ง SLM อิงจากตัวแปรตามเชิงพื้นที่ spatially lagged และถือว่ามีอิทธิพลโดยตรงเชิงพื้นที่ระหว่างพื้นที่หนึ่งๆ และบริเวณโดยรอบ⁵⁶ ในขณะเดียวกัน SEM รวมการพึ่งพาเชิงพื้นที่ทางอ้อม (indirect spatial dependency) เข้ากับแบบจำลองการถดถอยโดยปล่อยให้อิทธิพลของพื้นที่ใกล้เคียงผ่านตัวรบกวน (disturbance term)^{50, 56-58}

5. การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยผู้วิจัยดำเนินการส่งรายละเอียดเค้าโครงการวิจัย เสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่เอกสารอนุมัติโดยคณะกรรมการจริยธรรมงานวิจัย อ.1176/2564 ลว. 21 ธันวาคม 2564

บทที่ 4

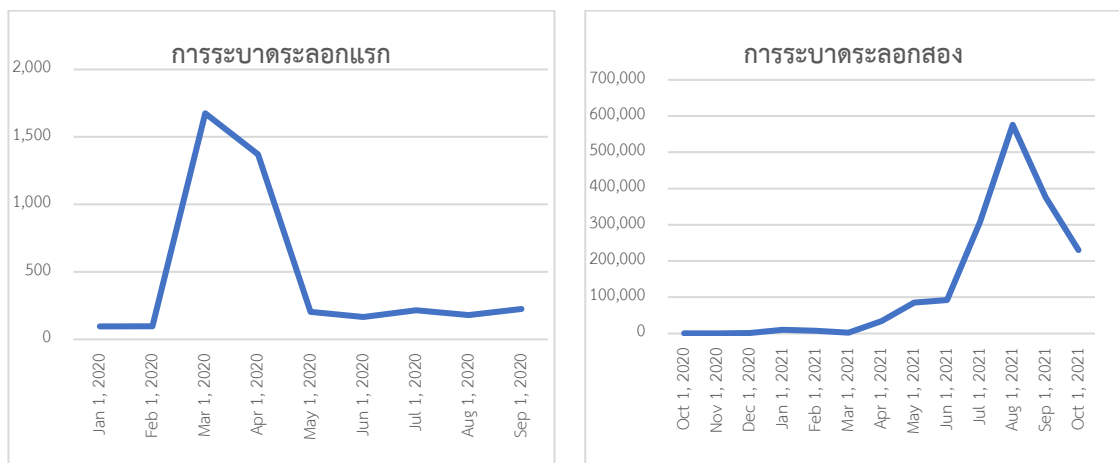
ผลการศึกษา

ในการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) และสร้างตัวแบบพยากรณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ในช่วงการระบาดระลอกแรกและระลอกสองโดย Spatial regression model นำเสนอผลการศึกษาดังนี้

1. สถานการณ์ผู้ติดเชื้อโควิด-19 ในประเทศไทย
2. ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) ของอุบัติการณ์ COVID-19
3. ผลการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อุบัติการณ์โรคโควิด-19 โดย Spatial regression model

1. สถานการณ์ผู้ติดเชื้อโควิด-19 ในประเทศไทย

จากผลการศึกษาพบว่า สถานการณ์ผู้ติดเชื้อ COVID-19 ยืนยัน ในประเทศไทย ในการระบาดระลอกแรก (First major wave) มีจำนวน 22,689 ราย และการระบาดระลอกสอง (Secondary major wave) มีจำนวน 1,260,258 ราย ดังแสดงในแผนภาพที่ 4.1

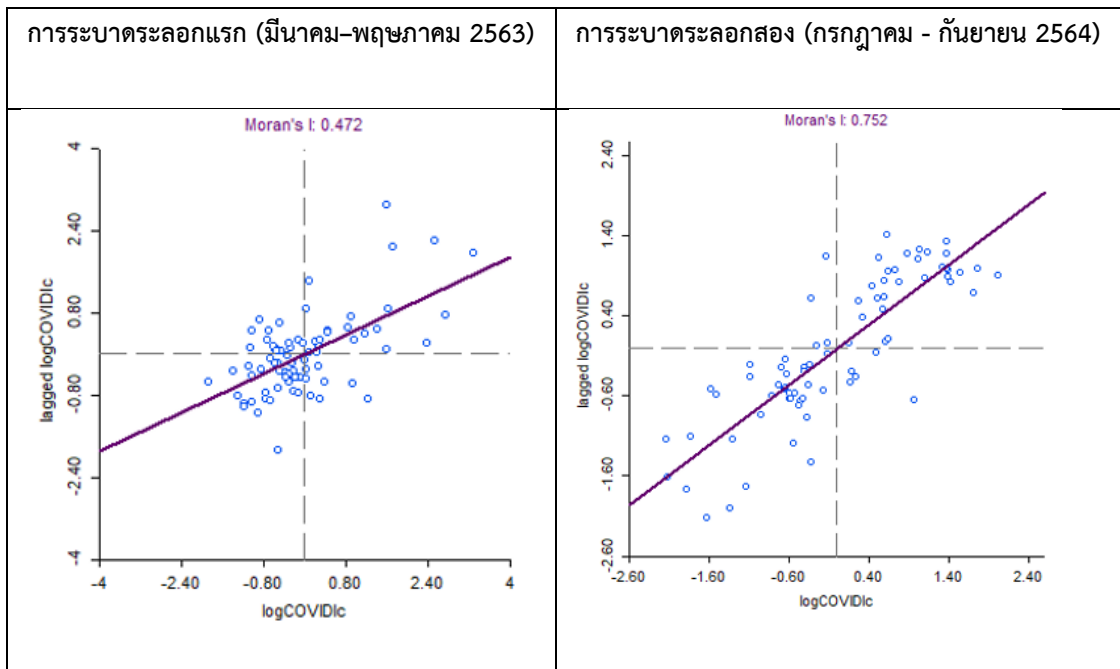


แผนภาพที่ 4.1 สถานการณ์ผู้ติดเชื้อโควิด-19 ยืนยัน ในประเทศไทย ในการระบาดระลอกแรก และการระบาดระลอกสอง

แหล่งที่มา: กระทรวงสาธารณสุข, 2564

2. ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) ของอุบัติการณ์ COVID-19

จากผลการวิเคราะห์พบว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 แปลงเป็นลอการิทึมโดยการวิเคราะห์ univariate LISA มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ค่อนข้างสูง หรือมีความเกาะกลุ่มกันค่อนข้างสูง โดยเฉพาะการระบาดระลอกแรกและระลอกสอง ค่าสถิติ Moran's I ของอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ค่อนข้างสูงถึง 0.472 และ 0.752 ตามลำดับ ดังแผนภาพที่ 4.2

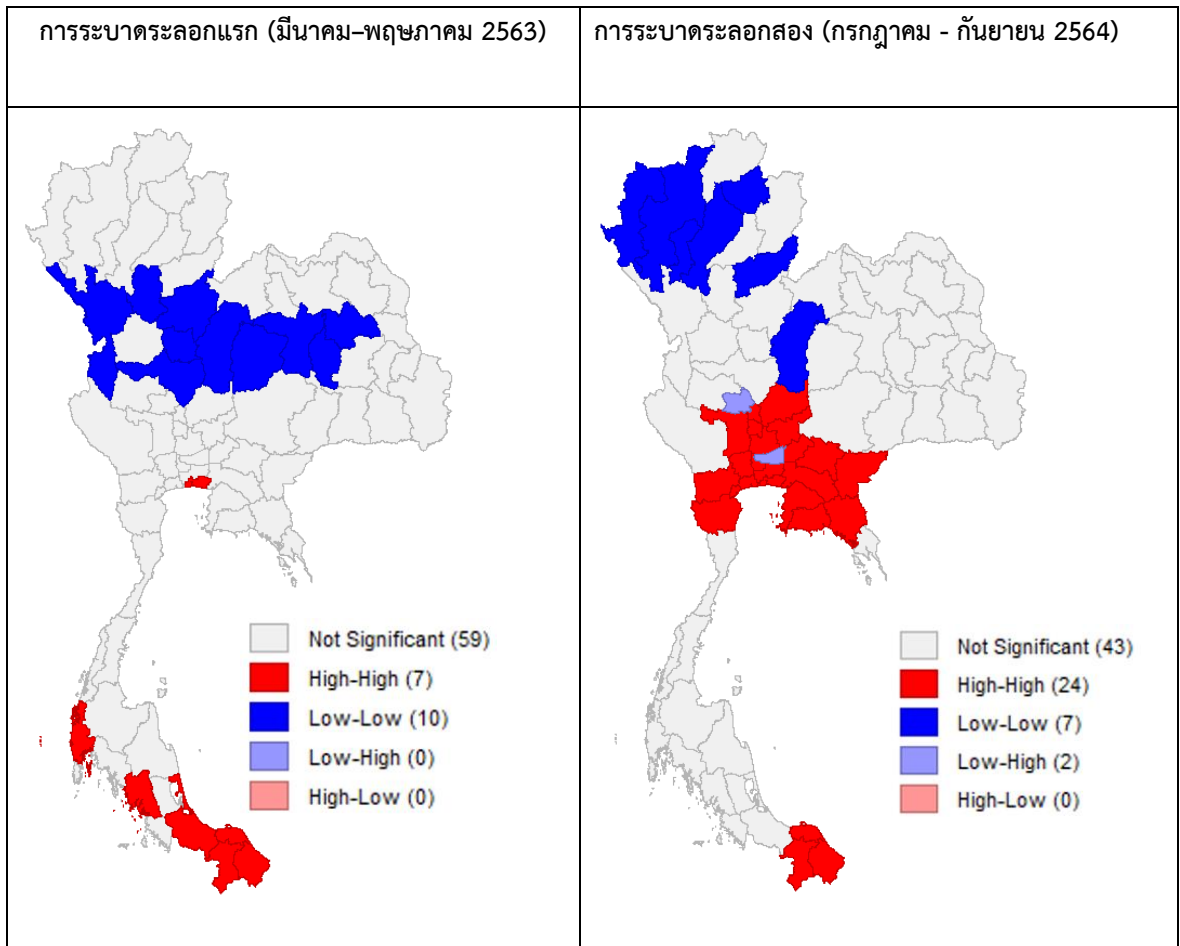


แผนภาพที่ 4.2 ผล LISA (Moran's I) ของ univariate test – อุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 (ต่อประชากร 100,000 คน)

แหล่งที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ

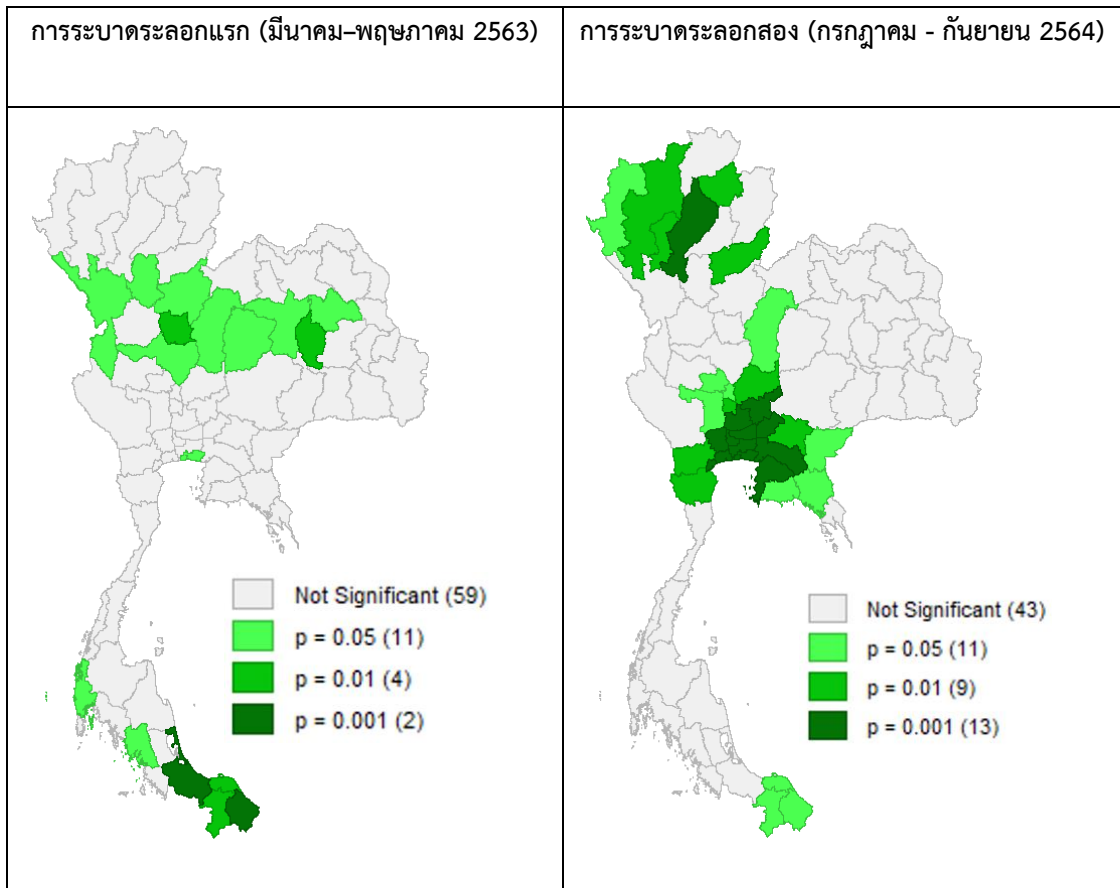
อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยสถิติทดสอบ Moran's I ทำให้ทราบเพียงแต่ว่าผลการอุบัติการณ์ โรคโควิด-19 เกาะกลุ่มหรือไม่เท่านั้น แต่ยังไม่ทราบว่าอุบัติการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นบริเวณใด จึงวิเคราะห์ Local Spatial Autocorrelation (LISA)

การวิเคราะห์ Local Spatial Autocorrelation (LISA) พบว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 มีการเกาะกลุ่มตามภูมิภาคอย่างชัดเจน โดยการระบาดระลอกแรกพบในจังหวัดภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดสมุทรปราการ และยังพบในภาคใต้ใกล้ชายแดนประเทศมาเลเซีย ขณะที่การระบาดระลอกสองพบในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และจังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งการระบาดทั้งสองระลอกนี้ จังหวัดที่มีการเกาะกลุ่มต่ำ (อุบัติการณ์ต่ำ) อยู่ในหลายจังหวัดภาคเหนือ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแผนภาพที่ 4.3-4.4



แผนภาพที่ 4.3 ผล LISA (cluster maps) ของ univariate test – อุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 (ต่อประชากร 100,000 คน)

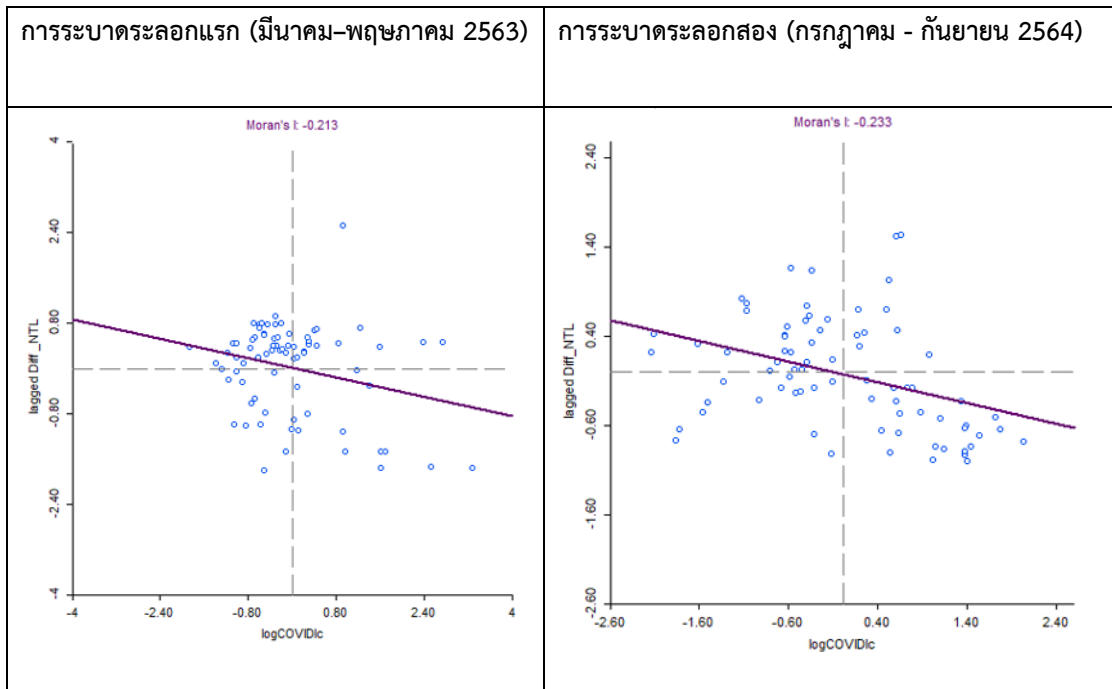
แหล่งที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ



แผนภาพที่ 4.4 ผล LISA (significance maps) ของ univariate test – อุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 (ต่อประชากร 100,000 คน)

แหล่งที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ

นอกจากนี้การวิเคราะห์พบว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 โดยการวิเคราะห์ bivariate LISA ระหว่างสองตัวแปรคือ อุบัติการณ์โรคโควิด-19 และดัชนีแสงไฟกลางคืน (NTL index) มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่มีรูปแบบไม่ชัดเจนนัก โดยเฉพาะการระบาดระลอกแรกและระลอกสอง ค่าสถิติ Moran's I ของอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ค่อนข้างต่ำและมีค่าติดลบ -0.213 และ -0.233 ตามลำดับ ดังแผนภาพที่ 4.5

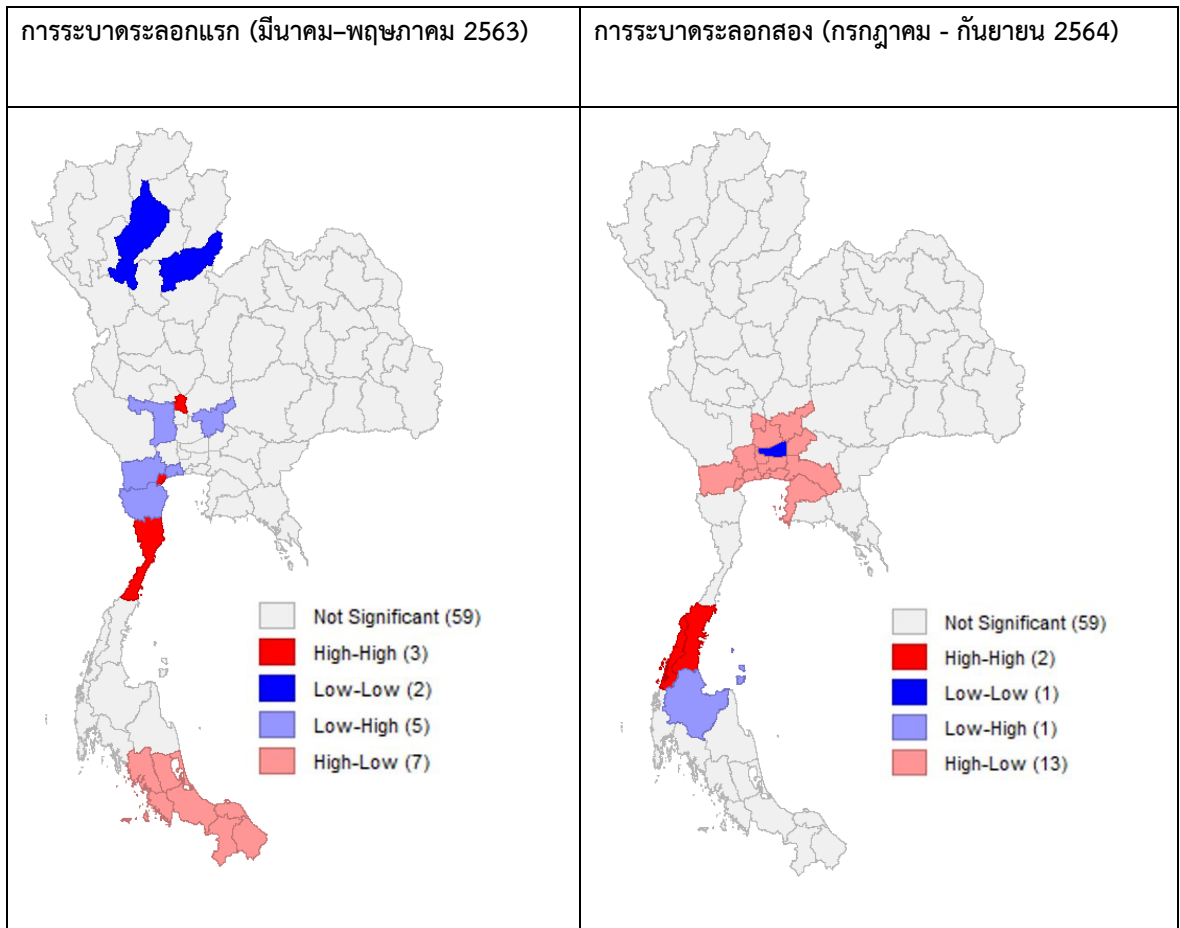


แผนภาพที่ 4.5 ผล LISA (Moran's I) ของ bivariate test ระหว่างอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 และการเปลี่ยนแปลงต่อปีของดัชนีแสงไฟกลางคืน

แหล่งที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ

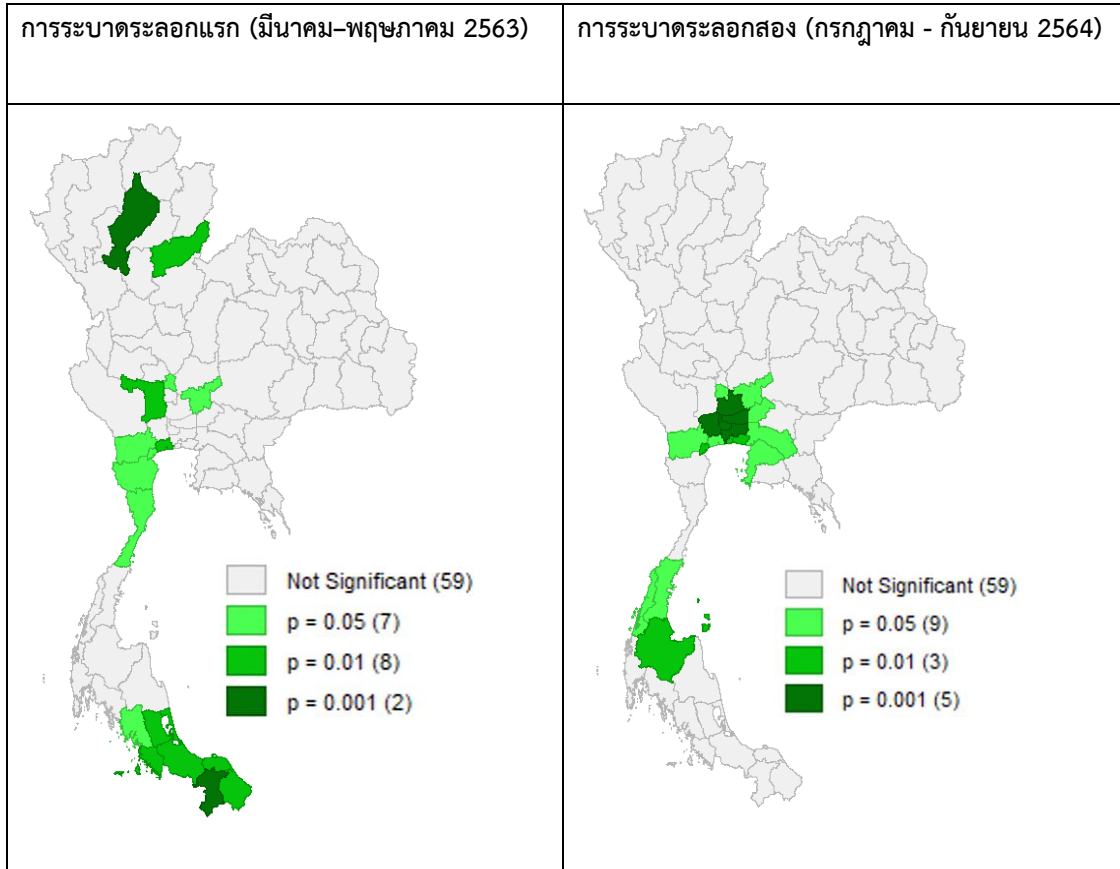
อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยสถิติทดสอบ Moran's I ทำให้ทราบเพียงแต่ว่าผลอุบัติการณ์โรคโควิด-19 และดัชนีแสงไฟกลางคืน มีความสัมพันธ์เกาะกลุ่มหรือไม่เท่านั้น แต่ยังไม่ทราบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวเกิดขึ้นบริเวณใด จึงวิเคราะห์ Local Spatial Autocorrelation (LISA)

การวิเคราะห์ Local Spatial Autocorrelation (LISA) พบว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 และดัชนีแสงไฟกลางคืน มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เกาะกลุ่มตามภูมิภาคอย่างชัดเจนซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบ โดยการระบาดระลอกแรกพบในจังหวัดในภาคใต้หลายจังหวัดที่อยู่ใกล้กับชายแดนประเทศมาเลเซีย และภาคกลาง ในขณะที่การระบาดระลอกสอง พบว่า ความสัมพันธ์ที่คล้ายคลึงกันในภาคกลาง โดยเฉพาะในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และในแถวชายฝั่งตะวันออก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแผนภาพที่ 4.6-4.7



แผนภาพที่ 4.6 ผล LISA (cluster maps) ของ bivariate test ระหว่างอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 และการเปลี่ยนแปลงต่อปีของดัชนีแสงไฟกลางคืน

แหล่งที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ



แผนภาพที่ 4.7 ผล LISA (significance maps) ของ bivariate test ระหว่างอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 และการเปลี่ยนแปลงต่อปีของดัชนีแสงไฟกลางคืน

แหล่งที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ

3. ผลการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อุบัติการณ์โรคโควิด-19 โดย Spatial regression model

การสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อุบัติการณ์โรคโควิด-19 โดย Spatial regression model พบว่าความหนาแน่นแสงไฟกลางคืนเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอัตราอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.10$) ทั้งสองระลอกการระบาด

ส่วนค่า R^2 ที่ได้จากแบบจำลอง SLM และ SEM ในการระบาดระลอกแรกสามารถอธิบายความแปรปรวนของอัตราอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ได้ร้อยละ 50.73 และ ร้อยละ 50.74 ตามลำดับ ในกรณีการระบาดระลอกสองแบบจำลอง SLM และ SEM สามารถอธิบายความแปรปรวนของอัตราอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ได้ร้อยละ 19.85 และ ร้อยละ 19.59 ตามลำดับ

นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ล้นไหลเชิงพื้นที่ (spillover spatial correlation coefficients) ของแบบจำลอง SLM (λ) และ SEM (ρ) ยังระบุคุณลักษณะที่มีนัยสำคัญทางสถิติของการกระจายตัวแบบล้นไหลสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของอัตราอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ซึ่งข้อกำหนดนี้ให้ค่า

สัมประสิทธิ์ความชัน (β_j) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแสงไฟกลางคืนกับการระบาดของ
ของการระบาดของโรคโควิด-19 ได้อย่างแม่นยำ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์โดยประมาณที่ได้จากแบบจำลอง SLM และ SEM

	การระบาดระลอกแรก		การระบาดระลอกสอง	
	SLM	SEM	SLM	SEM
Constant	0.0153 (P=<0.001)	0.0374 (P=<0.001)	0.0216 (P=0.042)	0.0284 (P=0.038)
Log COVID19	-0.0078 (P=<0.001)	-0.0086 (P=0.067)	-0.0064 (P=0.056)	-0.0083 (P=0.056)
ρ	0.6245 (P=<0.001)	-	0.3615 (P=0.020)	-
λ	-	0.6416 (P=<0.001)	-	0.3623 (P=0.023)
R-Squared	0.5073	0.5073	0.1985	0.1959
Observations	77	77	77	77

หมายเหตุ: p-value = 0.10 คือระดับเกณฑ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวแปรอิสระ: $\Delta\log\text{NTL}$ [the year-on-year change in the logarithm-transformed NTL (nighttime light) index].

SLM spatial lag model; SEM, the spatial

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) และสร้างตัวแบบพยากรณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ในช่วงการระบาดระลอกแรกและระลอกสองโดย Spatial regression model โดยใช้สถิติ Moran's I และหารูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่โดยใช้ Local Indicators of Spatial Association (LISA) และสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพื้นที่ (Spatial regression Model) ได้แก่ Spatial lag model (SLM) และ Spatial error model (SEM) และนำเสนอเป็นหัวข้อดังนี้

1. อภิปรายผล
2. สรุปผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

1. อภิปรายผล

สถานการณ์ผู้ติดเชื้อโควิด-19

ผู้ติดเชื้อโควิด-19 ที่ได้รับการยืนยันในประเทศไทยของการระบาดทั้งสองระลอก มีจำนวน 1,282,947 ราย โดยการระบาดในระลอกสองในช่วงเดือนกรกฎาคม 2564 – กันยายน 2564 จำนวน 1,259,407 ราย ในขณะที่การระบาดระลอกแรกมีจำนวนผู้ติดเชื้อโควิด-19 เพียง 3,017 ราย ผู้ป่วยรายแรกเป็นนักท่องเที่ยวหญิงชาวจีนทำให้มีการติดเชื้อในประเทศ¹³ รัฐบาลมีการจัดตั้งคณะกรรมการศูนย์บริหารสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด -19) (ศบค.) โดยการออกมาตรการให้ประชาชนอยู่บ้าน ปฏิบัติงานที่บ้าน รักษาระยะห่างทางกายภาพ รักษาระยะห่างทางสังคม สวมหน้ากากอนามัย และล้างมือบ่อยๆ¹⁶

ส่วนการระบาดระลอกสอง พบในอาชีพค้าขายที่ตลาดกลางกุ้ง ตำบลมหาชัย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งคาดว่าเป็นการติดเชื้อจากแรงงานชาวมียนมาในตลาดกุ้งซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีแรงงานชาวมียนมาอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น โดยการระบาดระลอกสอง นี้มีความต่างจากการระบาดระลอกแรกในหลายด้าน เช่น จำนวนผู้ติดเชื้อมีจำนวนมากกว่า มีการกระจายไปหลายจังหวัด ทำให้คาดว่า การระบาดรอบที่ 2 คงไม่หมดไปอย่างรวดเร็วเหมือนรอบแรก แม้ระบบควบคุมโรคของประเทศไทย มีการแยกผู้ป่วยที่ติดเชื้อหรือเสี่ยงต่อการติดเชื้อได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีการติดตามผู้ที่สัมผัสเชื้อทุกราย และมีการตรวจเชื้อจากผู้ป่วยให้ได้อย่างรวดเร็ว แต่การระบาดในประเทศไทยก็ยังคงดำเนินอย่างต่อเนื่อง และส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของประชาชน เนื่องจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และการใช้เทคโนโลยี เหล่านี้ล้วนมีผลกระทบต่อประชาชนทั้งสิ้น

เช่น ตกงาน หรือถูกเลิกจ้าง สมาชิกครอบครัวต้องอยู่ห่างกัน และมีการรักษาระยะห่างทางสังคม รวมถึงสัมผัสกันในครอบครัวและชุมชนลดลง ทำให้วิถีชีวิตเปลี่ยนไป เกิดปัญหาการขาดรายได้และชีวิตประจำวันที่ต้องปรับเปลี่ยนไป¹⁵

การวิเคราะห์รูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่

สำหรับการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ของการระบาดทั้งสองระลอกโดยการวิเคราะห์ Univariate LISA และ Bivariate LISA พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ค่อนข้างสูง มีการเกาะกลุ่มตามภูมิภาคอย่างชัดเจน และรูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกันระหว่างอุบัติการณ์โรคโควิด-19 และความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) ของโรคโควิด-19 ซึ่งอยู่ภายใต้กฎข้อที่ 1 ทางภูมิศาสตร์ คือ ทุกสิ่งล้วนมาความสัมพันธ์กันแต่สิ่งที่อยู่ใกล้กันย่อมมีความสัมพันธ์กันมากกว่า (“Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things”)⁶ ใช้สถิติทดสอบ Moran’s I เพื่อดูลักษณะการกระจายตัวของโรคโควิด-19 ว่ามีการกระจายแบบเกาะกลุ่มหรือไม่ โดยค่า Moran’s I เข้าใกล้ 1 หมายถึงการระบาดโรคโควิด-19 การเกาะกลุ่มกัน ซึ่งอุบัติการณ์โรคโควิด-19 มีความไม่เป็นอิสระกันเชิงพื้นที่ มีการกระจายที่มีลักษณะเป็นแบบเกาะกลุ่ม (clustered) อันเนื่องมาจากการพบปะของคนที่อยู่ระแวกเดียวกัน หรือสังคม สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรมเดียวกัน ผลของอุบัติการณ์โรคโควิด-19 เมื่อนำมาทดสอบสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ด้วยสถิติ Moran’s I ได้ค่าสหสัมพันธ์หรือค่า Moran’s I การระบาดระลอกแรกและระลอกสอง เป็น 0.472 และ 0.752 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นถึงอุบัติการณ์โรคโควิด-19 มีความเกาะกลุ่ม (cluster) ค่อนข้างสูง เมื่อทราบแล้วว่ารูปแบบของอุบัติการณ์โรคโควิด-19 เป็นอย่างไร แต่สิ่งที่ไม่ทราบคือที่ไหน อย่างไร ต่อไปจะวิเคราะห์ Local Spatial Autocorrelation (LISA)

ผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ตัวแปรเดียว (Univariate Local Spatial Autocorrelation :Univariate LISA) พบว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 มีการเกาะกลุ่มตามภูมิภาคอย่างชัดเจน โดยการกระจายเชิงพื้นที่ของการระบาดทั้งสองระลอก แสดงให้เห็นว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 เกิดสูงสุดและมีความเกาะกลุ่ม (กระจุก) กันอย่างสูงในจังหวัดภาคกลาง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงที่สุด และยังพบกระจุกตัวอยู่ในหลายจังหวัดภาคใต้โดยเฉพาะจังหวัดที่อยู่ใกล้ชายแดนประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีกิจกรรมข้ามพรมแดนและมีแรงงานอพยพจำนวนมาก ในขณะเดียวกัน ในจังหวัดทางภาคเหนือการระบาดทั้งสองระลอกนั้นพบการกระจุกของอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ต่ำ ซึ่งเป็นภูมิภาคที่มีความหนาแน่นของประชากรต่ำเนื่องจากภูมิประเทศเป็นภูเขา จะเห็นว่ารูปแบบเหล่านี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงความเชื่อมโยงระหว่างอัตราอุบัติการณ์โรคโควิด-19 กับความหนาแน่นของประชากร สอดคล้องกับผลการศึกษาของหลายประเทศ ที่พบความสัมพันธ์ที่

คล้ายคลึงกันในเลบานอน⁵⁹ จีนแผ่นดินใหญ่⁶⁰ ตุรกี⁶¹ โอมาน⁶² และบังคลาเทศ⁶³ อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ในหลายพื้นที่ เช่น รัฐเซาเปาโลของบราซิล⁶⁴

ผลการวิเคราะห์ bivariate LISA ระหว่างสองตัวแปรคือ อุบัติการณ์โรคโควิด-19 และดัชนีแสงไฟกลางคืน (NTL index) มีความเกาะกลุ่มทั้งสองระลอก ค่าสถิติ Moran's เป็น -0.213 และ -0.233 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สองตัวแปร (Bivariate Local Spatial Autocorrelation :Bivariate LISA) พบว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 และดัชนีแสงไฟกลางคืน มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เกาะกลุ่มตามภูมิภาคอย่างชัดเจนและมีความสัมพันธ์เชิงลบ โดยการระบาดระลอกแรกพบในจังหวัดในภาคใต้หลายจังหวัดที่อยู่ใกล้กับชายแดนประเทศมาเลเซีย และภาคกลาง ในขณะที่การระบาดระลอกสอง พบว่าความสัมพันธ์ที่คล้ายคลึงกันในภาคกลาง โดยเฉพาะในจังหวัด กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และในแถวชายฝั่งตะวันออก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากพื้นที่ที่มีการระบาดทำให้ดัชนีแสงไฟกลางคืนลดลง ซึ่งดัชนีแสงไฟกลางคืนเป็นดัชนีสะท้อนถึงกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ความเป็นเมือง ความหนาแน่นของประชากร ยิ่งพื้นที่ที่มีการระบาดสูงทำให้แสงไฟกลางคืนลดลงด้วย จากเหตุการณ์การติดเชื้อโควิด-19 เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ธุรกรรมทางเศรษฐกิจและ กิจกรรมทางสังคมภายในประเทศลดลง ในขณะที่ดัชนีแสงไฟกลางคืนเป็นที่ยอมรับในฐานะตัวแทน ข้อมูลทางเลือกของสถานะทางเศรษฐกิจและสังคม สามารถทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงความหนาแน่นการ เคลื่อนไหว การเคลื่อนย้ายและการทำธุรกรรม^{21, 65} ด้วยความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับตัวบ่งชี้ข้อมูล ทางเลือกที่สามารถเข้าถึงได้โดยให้ข้อมูลที่ทันท่วงที ดังนั้นดัชนีแสงไฟกลางคืน สามารถระบุ ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของการระบาดโรคโควิด-19 ได้ โดยพื้นที่ที่มีผู้ติดเชื้อจำนวนมากจะทำให้ดัชนี แสงไฟกลางคืนต่ำนั้นแสดงว่ากิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมในพื้นที่นั้นลดลงไปด้วย

ในช่วงการระบาดโรคโควิด-19 ในประเทศไทย รัฐบาลกำหนดมาตรการในการควบคุมการ ระบาดอย่างเข้มงวดทั่วประเทศ โดยจังหวัดที่มีอัตราการติดเชื้อโควิด-19 สูงพบว่าความหนาแน่นแสง ไฟกลางคืนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะเดียวกัน นโยบายการจำกัดและการกักกันก็มีอิทธิพลต่อการ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเมื่อความเสี่ยงของการติดเชื้อเพิ่มขึ้น^{66,67} ผลการวิเคราะห์โดย LISA แบบ bivariate พบความสัมพันธ์เชิงลบดังกล่าวในหลายจังหวัดภาคกลางและภาคใต้ ในทำนองเดียวกัน Lan และคณะ⁴⁸ เสนอแนะว่าความผันแปรของความหนาแน่นแสงไฟกลางคืนไม่เพียงมีความสัมพันธ์ ทางสถิติกับอัตราอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 แต่ยังสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงในกิจกรรมของมนุษย์ และความเข้มข้นของมาตรการป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาดในภูมิภาคใดภูมิภาค ดังนั้น⁶⁸ แนะนำให้แสงไฟกลางคืนเป็นดัชนีสำหรับการติดตามและประเมินผลกระทบของการระบาดของโรค โควิด-19

การสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อุบัติการณ์โรคโควิด-19

นอกจากนี้การสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อุบัติการณ์โรคโควิด-19 โดย Spatial regression model ด้วยแบบจำลอง SLM และ SEM พบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างอุบัติการณ์โรคโควิด-19 กับความหนาแน่นแสงไฟกลางคืนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเบื้องต้นประเทศได้รับการยกย่องจากนานาชาติสำหรับการควบคุมไวรัสโควิด-19 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดโครงสร้างพื้นฐานของระบบสุขภาพของประเทศ⁶⁹ อย่างไรก็ตาม มีหลายปัจจัยที่ก่อให้เกิดการระบาดระลอกสอง ซึ่งสร้างภาระอย่างมากต่อระบบการรักษาพยาบาลของประเทศ อันเนื่องมาจากจำนวนผู้ติดเชื้อที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นความสำเร็จในมาตรการการควบคุมจำนวนผู้ติดเชื้อในการระบาดระลอกแรกไม่ได้หมายความว่าประสบความสำเร็จสำหรับการระบาดระลอกสองเหมือนกันกับประเทศอื่นๆ ในเอเชีย เช่น เวียดนามและไต้หวัน⁷⁰⁻⁷³

เพื่อขยายขีดความสามารถของการประมาณผลกระทบของความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแสงไฟกลางคืนกับผู้ติดเชื้อโควิด-19 สามารถอธิบายด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพื้นที่ ผลการวิเคราะห์ยืนยันความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการเพิ่มขึ้นของแสงไฟกลางคืนและอัตราอุบัติการณ์โควิด-19 (ค่า $p < 0.10$) สอดคล้องกับการค้นพบของ^{9,68,74-76} ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ดัชนีแสงไฟกลางคืนสามารถเป็นตัวแทนในการสังเกตและประมาณผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมของการระบาดใหญ่โรคโควิด-19 ในกรณีของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ค่า R^2 ยังคงไม่เพียงพอที่จะสร้างการทำนายที่แม่นยำโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการประมาณผลกระทบต่อหน่วยการเงิน เพื่อเพิ่มความสามารถการทำนาย แบบจำลองการคาดการณ์ควรรวมข้อกำหนดเพิ่มเติมและข้อมูลทางเลือกอื่นๆ เช่น ดัชนีการเคลื่อนไหว (mobility index) การใช้ไฟฟ้า และน้ำ และการใช้โทรศัพท์มือถือ⁷⁷⁻⁸⁰

ความสัมพันธ์ระหว่างอุบัติการณ์โรคโควิด-19 กับความหนาแน่นของแสงไฟกลางคืน ในช่วงการระบาดได้รับการยืนยันเชิงพื้นที่โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานคร ภาคกลาง และจังหวัดชายแดนภาคใต้ ดังนั้น ผลกระทบของการระบาดโรคโควิด-19 ในระดับพื้นที่สามารถระบุได้ทันทีโดยใช้ดัชนีแสงไฟกลางคืน

2. สรุปการวิจัย

การวิเคราะห์ Univariate Local Spatial Autocorrelation (Univariate LISA) พบว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 มีการเกาะกลุ่มตามภูมิภาคอย่างชัดเจน โดยการระบาดระลอกแรกพบในจังหวัดภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดสมุทรปราการ และยังพบในภาคใต้ใกล้ชายแดนประเทศมาเลเซีย ขณะที่การระบาดระลอกสองพบในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และจังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งการระบาดทั้งสองระลอกนี้จังหวัดที่มีการเกาะกลุ่มต่ำ (อุบัติการณ์ต่ำ) อยู่ในหลายจังหวัดภาคเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์ Bivariate Local Spatial Autocorrelation (Bivariate LISA) พบว่าอุบัติการณ์โรคโควิด-19 และดัชนีแสงไฟกลางคืน มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เกาะกลุ่มตามภูมิภาคอย่างชัดเจนซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบ โดยการระบาดระลอกแรกพบในจังหวัดในภาคใต้หลายจังหวัดที่อยู่ใกล้กับชายแดนประเทศมาเลเซีย และภาคกลาง ในขณะที่การระบาดระลอกสอง พบว่าความสัมพันธ์ที่คล้ายคลึงกันในภาคกลาง โดยเฉพาะในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และในแถวชายฝั่งตะวันออก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อุบัติการณ์โรคโควิด-19 โดย Spatial regression model พบความหนาแน่นแสงไฟกลางคืนเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอัตราอุบัติการณ์ของโรคโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.10$) ทั้งสองระลอกการระบาด ส่วนค่า R^2 ที่ได้จากแบบจำลอง SLM และ SEM ในการระบาดระลอกแรกสามารถอธิบายความแปรปรวนของอัตราอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ได้ร้อยละ 50.73 และ ร้อยละ 50.74 ตามลำดับ ในกรณีการระบาดระลอกสองแบบจำลอง SLM และ SEM สามารถอธิบายความแปรปรวนของอัตราอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ได้ร้อยละ 19.85 และ ร้อยละ 19.59 ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ล้นไหลเชิงพื้นที่ (spillover spatial correlation coefficients) ของแบบจำลอง SLM (λ) และ SEM (ρ) ยังระบุคุณลักษณะที่มีนัยสำคัญทางสถิติของการกระจายตัวแบบล้นไหลสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของอัตราอุบัติการณ์โรคโควิด-19 ซึ่งข้อกำหนดนี้ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความชัน (β_1) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแสงไฟกลางคืนกับการระบาดของโรคระบาดของโรคโควิด-19 ได้อย่างแม่นยำ

3. ข้อเสนอแนะ

3.3.1 ข้อเสนอแนะในเชิงนโยบาย

ส่งเสริมให้มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลแสงไฟกลางคืนจากภาพถ่ายดาวเทียมหรือข้อมูลสำรวจระยะไกลเป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคมและสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านสาธารณสุขที่มีข้อจำกัดในด้านทรัพยากรสาธารณสุข เพื่อเป็นเครื่องมือหรือวิธีการใหม่ๆ มาใช้วิเคราะห์ข้อมูลในทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับโรคโควิด-19

3.3.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปปฏิบัติงาน

จากผลการวิจัย พบว่า การสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อุบัติการณ์โรคโควิด-19 โดย Spatial regression model ด้วยแบบจำลอง SLM และ SEM พบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างอุบัติการณ์โรคโควิด-19 กับความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน ซึ่งดัชนีแสงไฟกลางคืนสามารถสะท้อนให้เห็นถึงอุบัติการณ์เกิดโรคและภัยสุขภาพได้ครอบคลุมในหลายมิติ นอกจากนี้การวิเคราะห์ Univariate LISA และ Bivariate LISA พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ค่อนข้างสูง มีการเกาะกลุ่มตามภูมิภาคอย่างชัดเจน และรูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกันระหว่างอุบัติการณ์โรคโควิด-19 และความหนาแน่นแสงไฟกลางคืน ผนวกกับการใช้ระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศในการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพื้นที่เพื่อแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ในพื้นที่เสี่ยงและหรือ

พื้นที่รอบๆ สามารถนำมาใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยง พื้นที่เฝ้าระวัง หรือการจัดสรรทรัพยากรในการควบคุมป้องกันในพื้นที่อุบัติการณ์สูง ซึ่งใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจสำหรับการกำหนดนโยบาย และแนวทางการป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสังคม เศรษฐกิจ และสุขภาพ ในระดับพื้นที่ตลอดจนประเทศ

3.3.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับการศึกษาในอนาคต ควรขยายรวมตัวแปรเพิ่มเติมเข้ากับตัวแบบการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ซึ่งอาจเป็นวิธีการประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมจากการระบาดใหญ่ของโรคโควิด-19 จะทำนายได้อย่างแม่นยำขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- 1 Grainger R, Machado PM, Robinson PC. Novel coronavirus disease-2019 (COVID-19) in people with rheumatic disease: epidemiology and outcomes. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2021; 35(1): 101657.
- 2 WHO. Thailand situation report-203. Available from:
https://cdn.who.int/media/docs/default-source/searo/thailand/2021_09_30_eng-sitre-203-covid19.pdf?sfvrsn=97de5f7b_5.2021.
- 3 WHO. Thailand situation report-1. Available from:
https://cdn.who.int/media/docs/default-source/searo/thailand/20200206-tha-sitre-01-ncov-final.pdf?sfvrsn=7c8cb671_0.2020.
- 4 Iftimie S, López-Azcona AF, Vallverdú I, Hernández-Flix S, De Febrer G. First and second waves of coronavirus disease-19: A comparative study in hospitalized patients in Reus, Spain. *PloS one*. 2021;16:e0248029.
- 5 Kunno J, Supawattanabodee B, Sumanasrethakul C, Wiriyasivaj B, Kuratong S, et al. Comparison of Different Waves during the COVID-19 Pandemic: Retrospective Descriptive Study in Thailand. *Adv Prev Med* 2021.
- 6 Tobler W. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Econ Geogr*. 1970; 2(46): 234-240.
- 7 Luenam A, Puttanapong N. Modelling and analyzing spatial clusters of leptospirosis based on satellite-generated measurements of environmental factors in Thailand during 2013-2015. *Geospat Health*.2020; 15: 217-24.
- 8 Cao C, Chang C, Xu M, Zhao J, Gao M, et al. Epidemic risk analysis after the Wenchuan Earthquake using remote sensing. *Int J Remote Sens*. 2010; 31:3631-42.
- 9 Xu H, Yu T, Gu Xf, Cheng Th, Xie Dh, et al. The research on remote sensing dust aerosol by using split window emissivity. *Spectrosc Spectr Anal*. 2013; 33:1189-1193.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 10 Liu Q, Li Y, Yu M, Chiu LS, Hao X, et al. Daytime Rainy Cloud Detection and Convective Precipitation Delineation Based on a Deep Neural Network Method Using GOES-16 ABI Images. *Remote Sens.* 2019; 11: 2555.
- 11 Liu Q, Sha D, Liu W, Houser P, Zhang L, et al. Spatiotemporal patterns of COVID-19 impact on human activities and environment in mainland China using nighttime light and air quality data. *Remote Sens.* 2020; 12:1576.
- 12 Sun F, Matthews SA, Yang TC, Hu MH. A spatial analysis of the COVID-19 period prevalence in US counties through June 28, 2020: where geography matters?. *Ann Epidemiol.* 2020; 52: 54-59.
- 13 กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. รายงานโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). 2563; กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- 14 Dong, E, Du H, Gardner. An interactive web-based dashboard to track COVID19 in real time. *Lancet Infect Dis.* 2020; 20(5): 533–534.
- 15 บัญชา เกิดมณี, สุรัชย์ ธรรมทวีธิกุล, ญาณพินิจ วชิรสุรงค์, บดินทร์ชาติ สุขขบท, และสมบัติ ทิฆัมภ์. แนวคิดและทิศทางการแก้ปัญหาโควิด-19. *วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์.* 2563; 20(1): 1-12.
- 16 ศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉิน กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. ข้อมูลสำหรับการป้องกันตนเองจากโรค COVID-19 เอกสารเผยแพร่สำหรับประชาชน. 2563; กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- 17 ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์. มองโครงสร้างเศรษฐกิจบนมิติภูมิสารสนเทศ: ลักษณะเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจไทยจากการศึกษาข้อมูลภาพ ดาวเทียม DMSP/OLS ในช่วงปี พ.ศ. 2535-2555. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี 2560 ครั้งที่ 39, กรุงเทพฯ, ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย; 2560.
- 18 Anderson SJ, Tuttle BT, Powell RL, Sutton PC. Characterizing relationships between population density and nighttime imagery for Denver, Colorado: issues of scale and representation. *Int J Remote Sens.* 2010;31(21): 5733-5746.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 19 Kloog I, Haim A, Stevens RG, Barchana M, Portnov BA. Light at night codistributes with incident breast but not lung cancer in the female population of Israel. *Chronobiol Int.* 2008;25(1): 65-81.
- 20 Bharti N, Tatem AJ, Ferrari MJ, Grais RF, Djibo A, Grenfell BT. Explaining seasonal fluctuations of measles in Niger using nighttime lights imagery. *Sci.* 2011;334(6061): 1424-1427.
- 21 Henderson JV, Storeygard A, Weil DN. Measuring economic growth from outer space. *Am Econ Rev.* 2012;102(2): 994-1028.
- 22 Burrough PA. Principles of geographical information systems for land resources assessment. *Geocarto Int.* 1986;1(3),54-54.
- 23 Goodchild MF, Parks BO, Steyaert LT. Environmental modeling with GIS. New York Oxford: Oxford University Press; 1993. 422-431.
- 24 Estes J, Star J. Geographic information systems. University of Michigan: Prentice Hall; 1990. 1-303.
- 25 จารุณี เสียงสนั่น. การวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพื้นที่เทรนดใหม่ในวงการระบาดวิทยาทาง การแพทย์และสัตว์แพทย์. นครปฐม: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2552.
- 26 Shepard D. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference, ACM;* 1968. 517-524
- 27 Getis A. Reflections on spatial autocorrelation. *Reg Sci Urban Econ.* 2007;37(4): 491-96.
- 28 Anselin, L. The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association. Morgantown, WV: Regional Research Institute, West Virginia University; 1993. 111-115.
- 29 Dale MR, Fortin MJ. *Spatial analysis: a guide for ecologists.* Second Edition. Cambridge University Press; 2014. 1-437.
- 30 มรรุส ทิพยมงคลกุล. ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ ในงานสาธารณสุข. *วารสารสาธารณสุขศาสตร์.* 2555;42(3): 44-54.
- 31 Ostfeld RS, Glass GE, Keesing F. Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. *Trends Ecol Evol.* 2005;20(6):328-336.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 32 Briggs, D . Spatial epidemiology: methods and applications. Oxford: University Press; 2000. 335-359.
- 33 Ricketts TC. Geographic information systems and public health. *Annu Rev Public Health*. 2003;24(1):1-6.
- 34 Elliott P, Wartenberg D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. *Environ Health Perspec*. 2004:998-1006.
- 35 Kuo CL, Fukui H. Geographical structures and the cholera epidemic in modern Japan: Fukushima prefecture in 1882 and 1895. *Int J Health Geogr*. 2007;6(1):25.
- 36 Ali M, Goovaerts P, Nazia N, Haq MZ, Yunus M, Emch M. Application of Poisson kriging to the mapping of cholera and dysentery incidence in an endemic area of Bangladesh. *Int J Health Geogr*. 2006;5(1):45.
- 37 Schmidt WP, Suzuki M, Thiem VD, White RG, Tsuzuki A, Yoshida LM, et al. Population density, water supply, and the risk of dengue fever in Vietnam: cohort study and spatial analysis. *PLoS Med*. 2011;8(8):e1001082.
- 38 Maciel E, Pan W, Dietze R, Peres R, Vinhas S, Ribeiro F, et al. Spatial patterns of pulmonary tuberculosis incidence and their relationship to socio-economic status in Vitoria, Brazil. *IJTL*. 2010;4(11):1395.
- 39 ธนิตย์ อินทร์ตัน. การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศ เพื่อการประเมินคุณภาพอากาศ: กรณีศึกษา จังหวัดชลบุรี. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. 2547;16(1): 32-40.
- 40 Jia ZW. Spatial analysis of tuberculosis cases in migrants and permanent residents, Beijing, 2000–2006. *Emerg. Infect. Dis*. 2008;14(9):1413.
- 41 Tipayamongkholgul M. Spatial and Temporal Heterogeneity in Vulnerability to Dengue among Thai villages, Prachuap Khirikhan, 2003–2007. *Asia-Pac J Public Health*. 2013;3(3):94-101.
- 42 Chaikaew N, Tripathi NK, Souris M. Exploring spatial patterns and hotspots of diarrhea in Chiang Mai, Thailand. *Int J Health Geogr*. 2009;8(1):36.
- 43 Brunello MEF, Chiaravalloti Neto F, Arcêncio RA, Andrade RLdP, Magnabosco GT, Villa TCS. Areas of vulnerability to HIV/TB co-infection in Southeastern Brazil. *Rev Saude Publ*. 2011;45(3): 556-563.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 44 Ditsuwan T, Liabsuetrakul, Chongsuivatwong TV, Thammapalo S, McNeil E. Assessing the spreading patterns of dengue infection and chikungunya fever outbreaks in lower southern Thailand using a geographic information system. *Ann Epidemiol.* 2011;21(4): 253-261.
- 45 Moore DA, Carpenter TE. Spatial analytical methods and geographic information systems: use in health research and epidemiology. *Epidemiolo rev.* 1999;21(2): 143-161.
- 46 Thammapalo S, Chongsuivatwong V, Geater A, Dueravee M. Environmental factors and incidence of dengue fever and dengue haemorrhagic fever in an urban area, Southern Thailand. *Epidemiol Infect.* 2008;136(01):135-43.
- 47 Vanwambeke SO, Van Benthem BH, Khantikul N, BurghoornMaas C, Panart K, Oskam L, et al. Multi-level analyses of spatial and temporal determinants for dengue infection. *Int J Health Geogr.* 2006;5(1):5.
- 48 Lan T, Shao G, Tang L, Xu Z, Zhu W. Quantifying spatiotemporal changes in human activities induced by COVID-19 pandemic using daily nighttime light data. *IEEE J Sel Top Appl Earth Obs Remote Sens.* 2021; 14: 2740-2753.
- 49 Li D, Zhao X, Li X. Remote sensing of human beings—aperspective from nighttime light. *Geo Spat Inf Sci.* 2016; 19:69–79.
- 50 Mollalo A, Vahedi B, Rivera KM. GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States. *Sci Total Environ.* 2020; 728: 138884.
- 51 Anselin L. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. *Geogr Anal.* 2006; 38:5-22.
- 52 Steiniger S, Hunter AJ. The 2012 free and open source GIS software map—A guide to facilitate research, development, and adoption. *Comput Environ Urban.* 2013; 39:136-150.
- 53 Moran PAP. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika.* 1950; 37:17–23.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 54 Anselin L. Local Indicators of Spatial Association (LISA). *Geogr Anal.*1995; 27:93-115.
- 55 Anselin L, Arribas-Bel D. Spatial fixed effects and spatial dependence in a single cross-section. *Pap Reg Sci.* 2013; 92: 3–17.
- 56 Wu Z, Chen Y, Han Y, Ke T, Liu Y. Identifying the influencing factors controlling the spatial variation of heavy metals in suburban soil using spatial regression models. *Sci Total Environ.* 2020; 717: 137212.
- 57 Anselin L. An introduction to spatial autocorrelation analysis with GeoDa. Spatial Analysis Laboratory, University of Illinois. Available from: https://personal.utdallas.edu/~briggs/poec6382/geoda_spauto.pdf. 2003.
- 58 Ward MD, Gleditsch KS. *Spatial regression models.* Sage Publications. 2018.
- 59 El Deeb O. Spatial autocorrelation and the dynamics of the mean center of COVID-19 infections in Lebanon. *Front. Appl. Math. Stat.* 2021; 6:620064.
- 60 Ning J, Chu Y, Liu X, Zhang D, Zhang J, et al. Spatio-temporal characteristics and control strategies in the early period of COVID-19 spread: a case study of the mainland China. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021; 28(35):48298-48311.
- 61 Aral N, Bakir H. Spatiotemporal analysis of Covid-19 in Turkey. *Sustain Cities Soc.* 2022; 76:103421.
- 62 Al-Kindi KM, Alkharusi A, Alshukaili D, Al Nasiri N, Al-Awadhi T, et al. Spatiotemporal Assessment of COVID-19 Spread over Oman Using GIS Techniques. *Earth Syst Environ.* 2020; 4:797–811.
- 63 Islam A, Sayeed MA, Rahman MK, Ferdous J, Islam S, Hassan MM. Geospatial dynamics of COVID-19 clusters and hotspots in Bangladesh. *Transbound Emerg Dis.* 2021; 68(6):3643-3657.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 64 Alcântara E, Mantovani J, Rotta L, Park E, Rodrigues T, et al. Investigating spatiotemporal patterns of the COVID-19 in São Paulo State, Brazil. *Geospat Health*. 2020; 15:201-9.
- 65 Pinkovskiy M, Sala-i-Martin X. Lights, camera income! Illuminating the national accounts-household surveys debate. *Q J Econ*. 2016; 131:579-631.
- 66 Maloney WF, Taskin T. Determinants of social distancing and economic activity during COVID-19: A global view. *World Bank policy res work pap*. 2020; 9242: 1-21.
- 67 Abulibdeh A. Modeling electricity consumption patterns during the COVID-19 pandemic across six socioeconomic sectors in the State of Qatar. *Energy Strategy Rev*. 2021; 38:1-17.
- 68 Beyer RC, Franco-Bedoya S, Galdo V. Examining the economic impact of COVID-19 in India through daily electricity consumption and nighttime light intensity. *World Dev*. 2021; 140:1-33.
- 69 Asian Development Bank (ADB). Pandemic preparedness and response strategies: COVID-19 lessons from the Republic of Korea, Thailand, and Viet Nam. Available from: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/743746/pandemic-preparedness-covid-19-lessons.pdf>. 2021.
- 70 Khan A, Haleem, Javaid M. Analysing COVID-19 pandemic through cases, deaths, and recoveries. *JOBCR*. 2020; 10: 450–69.
- 71 Shams SA, Haleem A, Javaid, M. Analyzing COVID-19 pandemic for unequal distribution of tests, identified cases, deaths, and fatality rates in the top 18 countries. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev*. 2020; 14: 953-61.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 72 World Bank. A year deferred - early experiences and lessons from Covid-19 in Vietnam. 2021; Available from:
<http://documents.worldbank.org/curated/en/826921633442977133/A-Year-Deferred-Early-Experiences-and-Lessons-from-Covid-19-in-Vietnam>
- 73 Guo A, Yang J, Xiao X, Xia J, Jin C, et al. Influences of urban spatial form on urban heat island effects at the community level in China. *Sustain. Cities Soc.*2020; 53: 101972.
- 74 Jechow A, Hölker F. Evidence that reduced air and road traffic decreased artificial night-time skyglow during COVID-19 lockdown in Berlin, Germany. *Remote Sens.* 2020; 12:1-23.
- 75 Elvidge CD, Ghosh T, Hsu FC, Zhizhin M, Bazilian M. The dimming of lights in China during the COVID-19 pandemic. *Remote Sens.* 2020; 12:1-16.
- 76 Small C, Sousa D. Spatiotemporal evolution of COVID-19 infection and detection within night light networks: comparative analysis of USA and China: *Appl Netw Sci.* 2021; 6:10.
- 77 Demirgüç-Kunt A, Lokshin M, Torre I. The sooner, the better: The early economic impact of non-pharmaceutical interventions during the COVID-19 pandemic. *World Bank policy res work pap.* 2020; 9257:1-93.
- 78 Li K, Liang Y, Li J, Liu M, Feng Y, et al. Internet search data could Be used as novel indicator for assessing COVID-19 epidemic. *Infect Dis Model.* 2020; 5:848-854.
- 79 Ruan G, Wu D, Zheng X, Zhong H, Kang C, et al. A cross-domain approach to analyzing the short-run impact of COVID-19 on the US electricity sector. *Joule.*2020; 4(11):2322–37.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

80 Bustamante-Calabria M, Sánchez de Miguel A, Martín-Ruiz S, Ortiz J L, Vilchez JM, et al. Effects of the COVID-19 lockdown on urban light emissions: ground and satellite comparison. *Remote Sens.* 2021; 13:1-21.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ประวัติย่อผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-นามสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ ลีอนาม
ประวัติการศึกษา วท.บ. (การบริหารโรงพยาบาล) มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ส.ด. (สาธารณสุขศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
สถานที่ติดต่อ คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
โทรศัพท์ 02-3126300 ต่อ 1174

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์
ประวัติการศึกษา Ph.D. (Regional Science/Regional Economics), Cornell
University, USA
สถานที่ติดต่อ คณะเศรษฐศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
โทรศัพท์ 02-696-6137