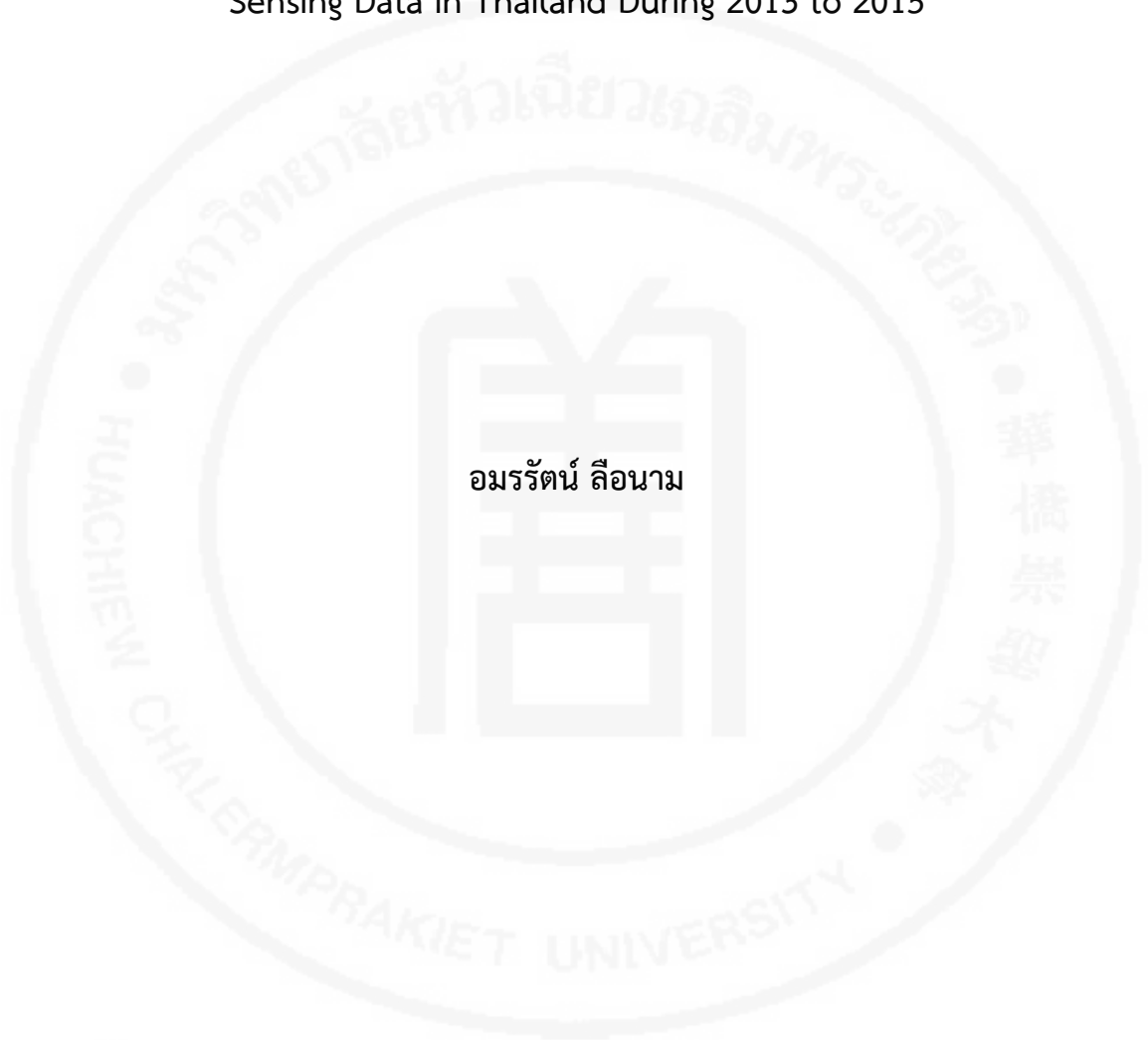


การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรซิสและความสัมพันธ์กับข้อมูล  
สำรวจระยะไกล ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2556-2558

Spatial Analysis of Leptospirosis and Its Association with Remote  
Sensing Data in Thailand During 2013 to 2015



อมรรัตน์ ลีอนาม

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ปีการศึกษา 2561

**ชื่อเรื่อง** การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรซิสและความสัมพันธ์กับ  
ข้อมูลสำรวจระยะไกล ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2556-2558

**ผู้วิจัย** อมรรัตน์ ลีอนาม

**สถาบัน** มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

**ปีที่พิมพ์** 2563

**สถานที่พิมพ์** มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

**แหล่งที่เก็บรายงานฉบับสมบูรณ์** มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

**จำนวนหน้างานวิจัย** 66 หน้า

**คำสำคัญ** ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่, โรคเลปโตสไปโรซิส, ข้อมูลสำรวจระยะไกล

**ลิขสิทธิ์** มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่กับโรคเลปโตสไปโรซิส ในประเทศไทย และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรซิส ในประเทศไทย ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จากฐานข้อมูลอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสต่อแสนประชากร จากรายงานโรคระบบเฝ้าระวัง (รายงาน 506) ของสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2556 ถึง ปี พ.ศ. 2558 ทั้งหมด 77 จังหวัด จำนวน 7,495 ราย และข้อมูลสำรวจระยะไกล จากภาพถ่ายดาวเทียม ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนบริเวณประเทศไทย ข้อมูลเฉลี่ยความสูง-ต่ำของพื้นที่ และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน เป็นการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองสมการถดถอยพหุคูณด้วยการประมาณค่าแบบสุ่ม เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสำรวจระยะไกลกับโรคเลปโตสไปโรซิส และการวิเคราะห์อัตรสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระดับเฉพาะพื้นที่เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

ผลจากแบบจำลองสมการถดถอยพหุคูณด้วยการประมาณค่าแบบสุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และความสูง-ต่ำของพื้นที่เป็นปัจจัยทำนายการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส โดยระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสสูงสุด รองลงมาคือปริมาณน้ำฝน และความสูง-ต่ำของพื้นที่ ตามลำดับ

ผลจากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ พบว่า จังหวัดที่มีการกระจุกตัวอัตราป่วยโรค  
เลปโตสไปโรสิสที่สูงหรือพื้นที่เสี่ยง ปี พ. ศ. 2556 โดยมีระดับสีแดง ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ  
สุรินทร์ รัตนวง สุราษฎร์ธานี และกระบี่ ในขณะที่ ปี พ. ศ. 2557 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรี  
สะเกษ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด รัตนวง กระบี่ และตรัง สำหรับ ปี พ. ศ. 2558 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี  
ศรีสะเกษ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด มหาสารคาม สุราษฎร์ธานี กระบี่ และตรัง

การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลสำรวจระยะไกลสามารถนำไปใช้กับแบบจำลองการ  
ถดถอยแบบพหุคูณเพื่อการคาดการณ์อุบัติการณ์โรคเลปโตสไปโรสิส และข้อมูลสำรวจระยะไกลยัง  
สามารถระบุพื้นที่เสี่ยงของโรคเลปโตสไปโรสิสในประเทศไทย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิจัย  
ด้านสาธารณสุขในอนาคตได้

Research title	Spatial Analysis of Leptospirosis and Its Association with Remote- Sensing Data in Thailand During 2013 to 2015
Researcher	Amornrat Luenam
Institution	Huachiew Chalermprakiet University
Year of Publication	2020
Publisher	Huachiew Chalermprakiet University
Sources	Huachiew Chalermprakiet University
No.of Pages	66 Pages
Keywords	Spatial Analysis, Leptospirosis, Remote Sensing Data
Copyright	Huachiew Chalermprakiet University

### Abstract

This study aimed to investigate the association of remote sensing data, such as nighttime light (NTL), rainfall, and elevation, with the incidence of leptospirosis for establishing prediction models. Another goal is to apply Local Indicators of Spatial Association (LISA) statistics to examine the spatial patterns of leptospirosis in Thailand. This work analyzed the nationwide 7,495 confirmed leptospirosis cases reported during 2013–2015. The data were used from the Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, Ministry of Public Health (MOPH).

Monthly remote sensing data such as rainfall, NTL, and elevation were extracted from satellite databases. Panel regression models with random-effect specification was used to investigate the association between remote sensing data and the incidence of leptospirosis. LISA statistics was also applied to detect the spatial patterns of leptospirosis.

Panel regression models with random-effect revealed that remote sensing data possessed statistically significant contribution in predicting leptospirosis. The highest association in 3 years was observed for rainfall, followed by nighttime-light density and elevation.

All results obtained from LISA statistics indicated the localized univariate were hotspots in Ubon Ratchathani, Sisaket, Surin, Ranong, Surat Thani, and Krabi provinces

in 2013, whereas in 2014, leptospirosis were hotspots located in Ubon Ratchathani, Sisaket, Surin, Roi Et, Ranong, Krabi, and Trang provinces, while in 2015, leptospirosis were hotspots located in Ubon Ratchathani, Sisaket, Surin, Roi Et, Maha Sarakham, Surat Thani, Krabi, and Trang provinces.

All obtained outcomes indicate that remote sensing data can be applied to panel regression models for incidence prediction, and these indicators can also identify the spatial concentration of leptospirosis in Thailand.



## กิตติกรรมประกาศ

วิจัยครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัยทุกขั้นตอน ตลอดจนการเขียนบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ที่ได้สนับสนุนทุนการวิจัย รวมทั้งสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่อนุญาตให้ใช้ฐานข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความช่วยเหลือและกำลังใจจากครอบครัว เพื่อน ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากมาย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายผลอันจะเป็นประโยชน์ ความดีงามทั้งปวง ที่เกิดขึ้นจากวิจัยนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ คุณตา คุณยาย และครู อาจารย์ ที่เคารพยิ่ง

อมรรัตน์ ลีอนาม

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>6</b>
โรคเลปโตสไปโรสิส	6
ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลา กลางคืน	9
ปริมาณน้ำฝน	12
ความสูง - ต่ำของพื้นที่	13
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่	16
ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ในงานสาธารณสุข	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
กรอบแนวคิดในการวิจัย	35

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	36
รูปแบบการวิจัย	36
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	36
ตัวแปรและการวัด	36
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	37
การวิเคราะห์ข้อมูล	39
การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง	42
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b>	44
อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส	44
การวิเคราะห์ข้อมูล panel data โดยด้วยวิธี random effect model (REM)	48
ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยใช้สถิติเชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่	49
<b>บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ</b>	51
สรุปผลการวิจัย	51
อภิปรายผลการวิจัย	52
ข้อเสนอแนะ	55
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	57
<b>ภาคผนวก</b>	66
ก ประวัติย่อผู้วิจัย	66



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จำนวนดาวเทียมทั้งหมด 6 ดาว ที่เผยแพร่ต่อสาธารณะ ในช่วงปี พ.ศ. 2535 – 2556	11
2.2	คุณลักษณะของข้อมูลคุณสมบัติ (Attribute data) และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์	24
2.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
4.1	ภูมิภาค และจังหวัดที่มีอัตราป่วยสูงสุด ในปี พ. ศ. 2556 - 2558 จำแนกตามปี และภูมิภาค	45
4.2	ปัจจัยทำนายการเกิดโรคเลปโตสไปโรสิส ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558	49

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	รายงานอัตราป่วยต่อแสนประชากรและอัตราป่วยตาย (2550-2556)	8
2.2	รายงานอัตราป่วยต่อแสนประชากรและอัตราป่วยตายจำแนกตามจังหวัด (2559)	9
2.3	ความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (ก) ข้อมูลปี พ.ศ. 2535 (ข) ข้อมูลปี พ.ศ. 2553	10
2.4	สถิติเชิงพื้นที่	22
2.5	ข้อมูลจุด ข้อมูลเส้น และข้อมูลพื้นที่ (จากซ้ายไปขวา)	26
2.6	ประเภทพื้นที่ใกล้เคียง (ก) การระบุพื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ระยะทาง (ข)(ง) การระบุพื้นที่ ใกล้เคียงโดยใช้ขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันเป็นเกณฑ์	28
2.8	กรอบแนวคิดการวิจัย	35
3.1	ค่าเฉลี่ยความสูง-ต่ำของพื้นที่บริเวณประเทศไทย	37
3.2	ข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนในบริเวณประเทศไทยและรายจังหวัดจากภาพถ่ายดาวเทียมดวงใหม่ (VIIRS/DNB) ปี พ.ศ. 2556 –2558	38
3.3	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากฐานข้อมูลดาวเทียม พ.ศ. 2556 - 2558	39
3.4	กระบวนการหรือแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล	42
4.1	อัตราป่วยและอัตราตาย ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 ในประเทศไทย	44
4.2	อัตราป่วยรายจังหวัด ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 ในประเทศไทย	46
4.3	ร้อยละของโรคเลปโตสไปโรสิสจำแนกตามอาชีพ ช่วงปี พ. ศ. 2556 – 2558	47
4.4	อัตราป่วยของโรคเลปโตสไปโรสิสต่อแสนประชากรจำแนกตามรายเดือนช่วงปี พ. ศ. 2556 –2558	48
4.5	การกระจุกตัวอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส และ ค่า Moran' / ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558	50

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคเลปโตสไปโรซิส เป็นโรคของสัตว์ที่ติดต่อมายังคน เกิดจากเชื้อเลปโตสไปรา (Leptospira interrogans) ซึ่งเป็นสไปโรสิสขนาดเล็ก ก่อให้เกิดพยาธิสภาพและอาการได้หลายระบบ โรคนี้พบได้ทั่วโลกโดยเฉพาะประเทศเกษตรกรรมในเขตร้อนชื้น ซึ่งการระบาดแต่ละครั้งพบผู้ป่วยจำนวนมากในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทยโดยพบว่ามีรายงานผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสในช่วงปี พ.ศ. 2546-2555 จำนวน 41,089 ราย<sup>1</sup> จึงเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขของประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจากการที่โลกร้อนขึ้น มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนและทำให้เกิดน้ำท่วมที่รุนแรงและนานขึ้น มีผลต่อเชื้อเลปโตสไปรา กล่าวคือ ทำให้เชื่อมีโอกาสอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมได้นานขึ้น ร่วมกับน้ำท่วมทำให้โอกาสที่คนจะสัมผัสเชื้อก่อโรคที่เปื้อนในสิ่งแวดล้อม หรือมีโอกาสสัมผัสสัตว์ที่เป็นรังโรค<sup>2</sup> พื้นที่ที่มีการระบาดส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนร่วมกับน้ำท่วมซึ่งทำให้เชื้อเลปโตสไปราสามารถแพร่กระจายเชิงพื้นที่ไปยังพื้นที่อื่น<sup>3</sup> จากผลการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับอุบัติการณ์ของโรคเลปโตสไปโรซิส<sup>4,5</sup>

นอกจากปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่มีผลต่อการระบาดของเชื้อเลปโตสไปราแล้ว ยังพบว่า ลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศ (Elevation) มีส่วนสำคัญต่อการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิส โดยเฉพาะในภูมิประเทศที่มีพื้นที่ราบสูง<sup>6</sup> รวมถึงเขตที่อยู่อาศัยในพื้นที่ชนบท<sup>7,8</sup> ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมทำให้มีโอกาสติดเชื้อ โดยเชื้อไขเข้าทางผิวหนังหรือเยื่อบุที่มีรอยแผลทั้งทางตรงและทางอ้อมจากพฤติกรรมเสี่ยง ได้แก่ การไถนา ถอนกล้า ใส่ปุ๋ย และหาปลา ล้วนต้องแช่อยู่ในน้ำเป็นเวลานาน ทำให้มีโอกาสได้รับเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำและในแหล่งน้ำ<sup>9</sup>

จากการศึกษาวิจัย พบว่า ข้อมูลจากดาวเทียมขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ หรือ นาซา (NASA) หรือที่เรียกว่า “ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)” ได้แก่ ข้อมูลน้ำฝนจากฐานข้อมูลดาวเทียม (the time series of average rainfall data) Tropical rainfall measuring mission (TRMM) ความสูง-ต่ำของพื้นที่ (Elevation) และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (Night time light) ซึ่งสะท้อนถึงกิจกรรมทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมและบริการ การย้ายถิ่นฐาน การเปลี่ยนแปลงของเขตเมือง (urbanization) รวมถึงความหนาแน่นของประชากรในบริเวณต่างๆ ของประเทศ<sup>10-18</sup> ข้อมูลเหล่านี้

ถูกจัดอยู่ในรูปของภูมิสารสนเทศ (หรือ GIS) ในเชิงปริมาณแต่ละพื้นที่ของแต่ละจังหวัดในประเทศไทย<sup>9,20</sup> ทั้งนี้สามารถนำวิเคราะห์เพื่อเป็นปัจจัยทำนายการเกิดโรคในแต่ละพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ได้<sup>21-24</sup> ทำให้ทราบถึงรูปแบบการระบาดของโรค ดังผลการศึกษาของ วงศา เล้าหศิริวงษ์และคณะ<sup>25</sup> พบว่า ความชุกของการเกิดโรกระบบทางเดินหายใจเรื้อรังมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่มีระดับความสว่างของแสงไฟเวลากลางคืน (บริเวณที่มีแสงสว่างหนาแน่น) อย่างไรก็ตาม ไม่พบมีการศึกษาใดที่ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลดังกล่าวข้างต้น เพื่อหาความสัมพันธ์กับการเกิดโรคเลปโตสไปโรสิสในประเทศไทยรวมถึงต่างประเทศ

นอกจากนี้ทฤษฎีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) โดยวิธีการวิเคราะห์แบบเฉพาะพื้นที่ (Local Indicators of Spatial Association: LISA) เป็นการวิเคราะห์เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงการเกิดโรค (Hotspots) โดยพิจารณาพื้นที่ใกล้เคียงที่มีความเชื่อมโยงความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ สถานการณ์สุขภาพในแต่ละพื้นที่ย่อมมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพและสังคม และมักจะมีความคล้ายคลึงกับพื้นที่ข้างเคียง เนื่องจากการมีลักษณะร่วมด้านประชากร วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม หรืออาจกล่าวได้ว่ามีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ต่อกัน ผลการศึกษาสามารถนำมาใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงหรือปัจจัยทางกายภาพที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดผลลัพธ์ที่สนใจศึกษาในระดับพื้นที่<sup>26-28</sup> ดังเช่นการศึกษาของ นครินทร์ ชายแก้ว และคณะ<sup>29</sup> ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบเฉพาะพื้นที่ เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงของโรคอุจจาระร่วงในจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2551 รวมทั้งการศึกษาของ วงศา เล้าหศิริวงษ์ และคณะ<sup>30</sup> เพื่อตรวจสอบรูปแบบเฉพาะพื้นที่ (Detecting local patterns) ของการเกิดโรกระบบทางเดินหายใจเรื้อรังและโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งวิธีนี้จะช่วยระบุการกระจุกตัวการเกิดโรค (clusters) ตลอดจนการศึกษาของ Rood EJJ<sup>6, 31,32</sup> เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงของโรคเลปโตสไปโรสิสในประเทศเนเธอร์แลนด์ ทั้งนี้ Anselin<sup>33</sup> ยังได้กล่าวว่า การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ สามารถใช้เป็นหนึ่งเครื่องมือในการศึกษาทางระบาดวิทยา แต่อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยยังไม่พบงานวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงการเกิดโรคเลปโตสไปโรสิส

ในปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ใช้เครื่องมือต่างๆ ในการวิเคราะห์การระบาดของโรคเลปโตสไปโรสิส แต่ทว่าการนำข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์กับการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวร่วมกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับประเทศมักไม่ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้

ดังนั้นการศึกษารั้วนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่กับโรคเลปโตสไปโรสิส ในประเทศไทย และเพื่อศึกษาสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรสิสในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2556-2559 การค้นพบที่ได้จากการศึกษารั้วนี้จะเป็นเครื่องมือใน

การควบคุมและป้องกันการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส รวมถึงเป็นข้อมูลสนับสนุนให้นักวิจัย นักวิชาการ และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในการกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการควบคุมโรคเลปโตสไปโรซิสในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. คำถามการวิจัย

- 2.1 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่ มีความสัมพันธ์กับโรคเลปโตสไปโรซิสในประเทศไทยหรือไม่
- 2.2 ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ (Local) ของโรคเลปโตสไปโรซิสเป็นอย่างไร

## 3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 3.1 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่กับโรคเลปโตสไปโรซิส ในประเทศไทย
- 3.2 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรซิส

## 4. สมมติฐานของการวิจัย

- 4.1 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่มีความสัมพันธ์กับโรคเลปโตสไปโรซิส ในประเทศไทย
- 4.2 ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรซิสมีการกระจายแบบเกาะกลุ่ม

## 5. ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ใช้ฐานข้อมูลอัตราป่วยจากโรคโรคเลปโตสไปโรซิส จากรายงานโรคระบบเฝ้าระวัง (รายงาน 506) ของสำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2556 ถึง ปี พ.ศ. 2558 (Panel data) ทั้งหมด 77 จังหวัด

## 6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 ผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส หมายถึง ผู้ป่วยที่ได้จากข้อมูลการรายงานโรค (รง. 506) ตามนियามการเฝ้าระวังโรคของสำนักกระบาดวิทยา ได้แก่

1) ผู้ป่วยที่สงสัย (Suspected case) หมายถึง ผู้ที่มีอาการตามเกณฑ์ทางคลินิก ได้แก่ ไข้เฉียบพลัน หนาวสั่น ปวดศีรษะรุนแรง ปวดกล้ามเนื้อรุนแรง โดยเฉพาะกล้ามเนื้อน่อง และมี

ประวัติเสี่ยงต่อการสัมผัสโรคแม้จะไม่ได้เจาะเลือดผู้ป่วยส่งทางห้องปฏิบัติการหรือถ้าหากเจาะเลือดผู้ป่วยในขณะแรกรับแล้วนำไปตรวจคัดกรอง (Screening test) แล้วให้ผลลบและไม่สามารถติดตามเจาะเลือดผู้ป่วยครั้งที่สอง (ส่งตรวจได้ 10-14 วันหลังเจาะเลือดครั้งแรก) ให้รายงานเป็นผู้ป่วยสงสัย

2) ผู้ป่วยที่ยืนยัน (Confirmed case) หมายถึง ผู้ป่วยที่สงสัยร่วมกับเจาะเลือดผู้ป่วยในช่วงแรกนำไปตรวจคัดกรอง แล้วให้ผลบวก หรือถ้าตรวจเลือดครั้งแรกให้ผลลบแต่สามารถติดตามเจาะเลือดครั้งที่สองไปตรวจได้ แล้วให้ผลบวกก็ให้รายงานเป็นผู้ป่วยยืนยัน ถ้าผลการตรวจเลือดครั้งที่สองเป็นผลลบให้ตัดจากโรคเลปโตสไปโรซิส

6.2 วิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลที่พิจารณา ลักษณะความสัมพันธ์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในจังหวัดที่ศึกษาและการส่งผ่านผลกระทบระหว่างพื้นที่รอบจังหวัดที่ศึกษาโดยกำหนดระยะห่างระหว่างพื้นที่สามจังหวัด ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่แบบ Local Indicators of Spatial Association (LISA)

6.3 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (Night-time Light (NTL)) หมายถึง ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (Night time light) ในบริเวณของประเทศไทยได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band (DNB) สะท้อนถึงระดับกิจกรรมทางด้านเศรษฐกิจในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสะท้อนถึงการย้ายถิ่นฐาน การเปลี่ยนแปลงของเขตเมือง ความหนาแน่นของประชากร

6.4 ปริมาณน้ำฝน หมายถึง ข้อมูลน้ำฝนจากฐานข้อมูลดาวเทียม (the time series of average rainfall data) Tropical rainfall measuring mission (TRMM) ในแต่ละพื้นที่ และเปรียบเทียบและสอบทานกับข้อมูลกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ก่อนการนำไปใช้ โดยการปรับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมด้วยวิธี Distribution transformation

6.5 ความสูง-ต่ำของพื้นที่ หมายถึง ระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่แต่ละพื้นที่ในประเทศไทยจากฐานข้อมูลดาวเทียม (DIVA) ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ หรือ นาซา (National Aeronautics and Space Administration – NASA)

## 7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

7.1 สอดรับกับนโยบายของรัฐบาล ที่ส่งเสริมให้มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือหรือเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาประเทศทุกมิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านสาธารณสุขที่มีข้อจำกัดในการใช้น้ำเครื่องมือหรือวิธีการใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับโรคเลปโตสไปโรซิส ที่สำคัญคือข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมขององค์การนาซา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และความสูง-ต่ำของพื้นที่

สามารถสะท้อนให้เห็นถึงความชุกของการเกิดโรคและภัยสุขภาพได้ครอบคลุมในหลายมิติ ผนวกกับการใช้ระบบภูมิศาสตร์สนเทศในการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพื้นที่เพื่อแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ในพื้นที่เสี่ยงและหรือพื้นที่รอบๆ สามารถนำมาใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยง หรือปัจจัยทางกายภาพที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดผลลัพธ์ที่สนใจศึกษาในระดับพื้นที่ ใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจสำหรับการกำหนดนโยบายและแนวทางด้านการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันโรคเลปโตสไปโรซิส ในระดับพื้นที่ ตลอดจนประเทศ รวมถึงจัดสรรทรัพยากรที่จำเป็นอย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ เพื่อลดอุบัติการณ์การป่วยหรือการเสียชีวิตจากโรคที่สามารถป้องกันได้ ลดภาระค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา ทั้งในระดับบุคคล ครอบครัว และระดับประเทศ ตลอดจนเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชากรเพื่อเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไป

## 7.2 ด้านวิชาการ

เกิดองค์ความรู้ทางวิชาการ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดหรือประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัยในอนาคตจากการเกิดโรคและภัยสุขภาพอื่นๆ หรือเป็นตัวแปรพยากรณ์ในการวิเคราะห์การเติบโตทางด้านสังคมและเศรษฐกิจของประเทศได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าวิจัยได้ศึกษา เอกสาร ทฤษฎี วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย และนำเสนอเป็นหัวข้อดังนี้

1. โรคเลปโตสไปโรสิส
2. ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางวัน
3. ปริมาณน้ำฝน
4. ความสูง - ต่ำของพื้นที่
5. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่
6. ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ในงานสาธารณสุข
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
8. กรอบแนวคิดในการวิจัย

#### 1. โรคเลปโตสไปโรสิส

##### 1.1 ระบาดวิทยา

เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียชนิดสไปโรสิสขนาดเล็กใน Genus *Leptospira* ที่ก่อโรค ได้แก่ *Leptospira interrogans* เป็นโรคติดต่อระหว่างสัตว์สู่คนพบได้ทั่วโลกโดยเฉพาะเขตเมืองร้อน ซึ่งการระบาดแต่ละครั้งพบผู้ป่วยจำนวนมากในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย ผู้ป่วยจำนวนหนึ่งมีอาการรุนแรงและอัตราการตายสูง<sup>34,35</sup> จึงเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขอย่างหนึ่งของประเทศไทย

เชื้อก่อโรคเลปโตสไปโรสิสสามารถมีชีวิติอยู่ในน้ำหรือในดินที่มีความชื้นและความเป็นกรดต่างพอเหมาะ สัตว์เป็นแหล่งรังโรคมีทั้งสัตว์ป่า อาทิเช่น กระรอก กวาง สุนัขจิ้งจอก และสัตว์เลี้ยง เช่น สุกร หนู สุนัข โค กระบือและแมว เป็นต้น สัตว์เหล่านี้อาจไม่มีการแสดงใดๆ แต่จะมีการติดเชื้อที่ท่อไตและปล่อยเชื้อออกมากับปัสสาวะได้เป็นเวลานานหลายสัปดาห์ หลายเดือนอาจตลอดชีวิต

โรคเลปโตสไปโรสิส พบในทุกกลุ่มอายุ และทุกเพศ จากการสัมผัสกับอวัยวะที่ติดเชื้อของสัตว์นำโรค หรือติดต่อทางอ้อมโดยเชื้อไช้เข้าทางผิวหนังหรือเยื่อบุที่มีรอยแผลเมื่อคนไปสัมผัสกับน้ำหรือดินที่ปนเปื้อนเชื้อจากปัสสาวะของสัตว์พาหะ โดยคนที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ชาวนา ชาวไร่ เป็นต้น อย่างไรก็ตามนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่เดินลุยน้ำ ว่ายน้ำและล่าสัตว์มีโอกาสสัมผัสโรคนี้ได้ มีรายงานการติดเชื้อจากกิจกรรมสันทนาการและการท่องเที่ยวเกี่ยวกับการเข้าไป

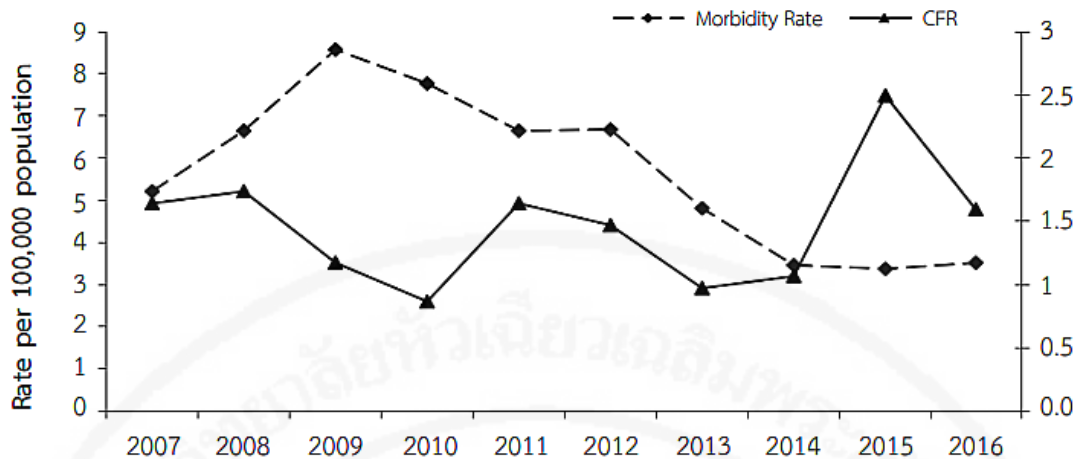


ใกล้ชิดกับสัตว์ในป่า ซึ่งเป็นแหล่งรังโรคได้มากขึ้น<sup>36</sup> การแพร่กระจายโรคนี้โดยตรงจากคนถึงคนพบได้ โดยมีรายงานว่าโรคนี้อาจติดต่อจากแม่สู่ลูกได้ขณะตั้งครรภ์และการคลอด และทางการกินนมแม่<sup>36,37</sup>

## 1.2 สถานการณ์ในประเทศไทย

รายงานผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสครั้งแรกมีจำนวน 4 คน (เสียชีวิต 2 ราย) เมื่อปี พ.ศ. 2485 ซึ่งเกิดน้ำท่วมกรุงเทพมหานครครั้งใหญ่ หลังจากนั้นรายงานพบผู้ป่วยโรคนี้อันตรายได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยภาคใต้มีอัตราป่วยสูงสุดและภาคกลางต่ำสุด การระบาดครั้งที่สองเมื่อปี พ.ศ. 2526 ซึ่งเกิดน้ำท่วมกรุงเทพมหานครและช่วงปลายปี พ.ศ. 2531 เนื่องจากเกิดอุทกภัยที่ภาคใต้ตอนบน ช่วงก่อนปี พ.ศ. 2539 มีรายงานผู้ป่วยโรคนี้อันตราย 55-272 ราย และเสียชีวิตไม่เกิน 15 รายต่อปี รายงานการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสในประเทศไทยครั้งที่สามตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 ในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายนต่อกันทุกปี มีอัตราป่วยสูงสุดเมื่อปี พ.ศ. 2543 ซึ่งมีรายงานผู้ป่วยทั้งสิ้นจำนวน 14,285 รายคิดเป็นอัตราป่วย 23.1 ต่อแสนประชากร หลังจากนั้นอัตราป่วยลดลงเฉลี่ย 4.6 ต่อแสนประชากร ในปี พ.ศ. 2548 และ 6.3 ต่อแสนประชากรในปีพ.ศ. 2549<sup>38</sup> การระบาดครั้งที่ผ่านมา พบว่า เชื้อก่อโรคที่แยกได้จากผู้ป่วยและหนูเป็นเชื้อ serogroup autumnalis เป็นส่วนใหญ่<sup>39,40</sup>

ปีพ.ศ. 2559 มีรายงานผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสจาก 67 จังหวัด ในทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นจาก 11 จังหวัด ที่ไม่มีรายงานผู้ป่วย ได้แก่ ลำพูน อุทัยธานี นนทบุรี สิงห์บุรี เพชรบุรี สมุทรปราการ ลพบุรี กาญจนบุรี ปราจีนบุรี สมุทรสาคร และบึงกาฬ พบผู้ป่วยจำนวน 2,322 ราย เสียชีวิต 37 ราย อัตราป่วย 3.53 ต่อประชากรแสนคน อัตราตาย 0.06 ต่อประชากรแสนคน อัตราป่วยตาย ร้อยละ 1.59 ดังภาพที่ 2.1

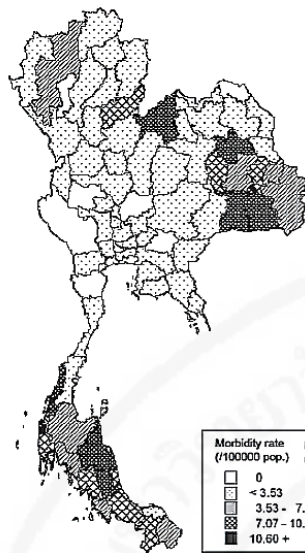


ภาพที่ 2.1 รายงานอัตราป่วยต่อแสนประชากรและอัตราป่วยตายด้วยโรคเลปโตสไปโรสิส (2550-2559)

ที่มา: สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ประจำปี 2559 สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข<sup>41</sup>

ภูมิลาเนาของผู้ป่วยส่วนมากอยู่ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลหรืออยู่ในชนบท 1,803 ราย ร้อยละ 77.65 อยู่ในเขตเทศบาลหรือในเขตเมือง 519 ราย (22.35) เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลชุมชนมากที่สุด ร้อยละ 61.54 รองลงมา คือโรงพยาบาลทั่วไปและโรงพยาบาลศูนย์ (34.78) โดยเข้ารับการรักษาเป็นผู้ป่วยใน ร้อยละ 58.91 และผู้ป่วยนอก (41.09)

การกระจายของผู้ป่วยแยกตามรายภาค พบว่าภาคใต้มีอัตราป่วยสูงสุด 7.92 ต่อประชากรแสนคน ซึ่งต่างจากปีที่แล้วที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอัตราป่วยสูงกว่าภาคใต้รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (5.87) ภาคเหนือ (1.99) และภาคกลาง (0.25) จังหวัดที่มีอัตราป่วยสูงสุด 10 อันดับแรก ได้แก่ ระนอง 30.79 ต่อประชากรแสนคน รองลงมา คือ ศรีสะเกษ (25.18) กาฬสินธุ์ (15.23) พัทลุง (14.33) นครศรีธรรมราช (13.78) สุรินทร์ (12.04) เลย (10.95) พังงา (10.2) ตรัง (9.67) และมหาสารคาม (8.82) แต่จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยสูงสุด 10 อันดับแรก อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 6 จังหวัด ภาคใต้ 3 จังหวัด และภาคเหนือ 1 จังหวัด ได้แก่ ศรีสะเกษ 370 ราย นครศรีธรรมราช 214 ราย สุรินทร์ (168) กาฬสินธุ์ (150) อุบลราชธานี(123) สงขลา (122) มหาสารคาม (85) พัทลุง (75) เลย (70) และเชียงใหม่ (68) ผู้เสียชีวิตอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ภาคละ 17 ราย ภาคกลาง 3 ราย แต่ไม่มีผู้เสียชีวิตในภาคเหนือ จังหวัดที่มีผู้เสียชีวิตสูงสุด ได้แก่ ศรีสะเกษ 10 ราย รองลงมา คือ สุราษฎร์ธานี 5 ราย สุรินทร์ นครศรีธรรมราช พัทลุง ตรัง จังหวัดละ 3 ราย สงขลา 2 ราย น่าน พังงา กรุงเทพมหานคร จันทบุรีสระแก้ว มหาสารคาม ร้อยเอ็ด เลย จังหวัดละ 1 ราย<sup>41</sup> ดังภาพที่ 2.2



#### Top Ten Leading Rate

1	Ranong	30.79
2	Si Sa Ket	25.18
3	Kalasin	15.23
4	Phatthalung	14.33
5	Nakhon Si Thammarat	13.78
6	Surin	12.04
7	Loei	10.95
8	Phangnga	10.2
9	Trang	9.67
10	Maha Sarakham	8.82

ภาพที่ 2.2 รายงานอัตราป่วยต่อแสนประชากรและอัตราป่วยตายจำแนกตามจังหวัด (2559)

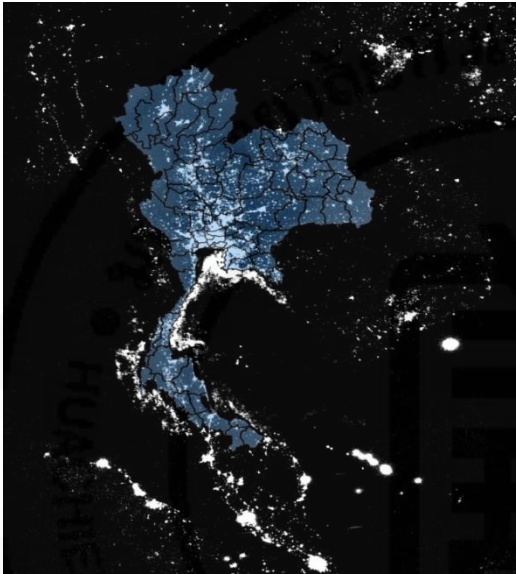
ที่มา: สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ประจำปี 2559 สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข<sup>41</sup>

ดังนั้น โรคเลปโตสไปโรสิส ปี พ.ศ. 2559 พบ อัตราป่วยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ส่วนอัตราป่วยตายลดลง โดยพบผู้ป่วยเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนสูงสุดในเดือนตุลาคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร ทำให้มีจำนวนหนูเพิ่มมากขึ้น ประชาชนมีโอกาสสัมผัสเชื้อโรคมากกว่าฤดูอื่น ๆ ปีนี้พบว่าภาคใต้มีอัตราป่วยสูงสุด เพราะมีน้ำท่วมมากกว่าปีก่อน ๆ ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกร

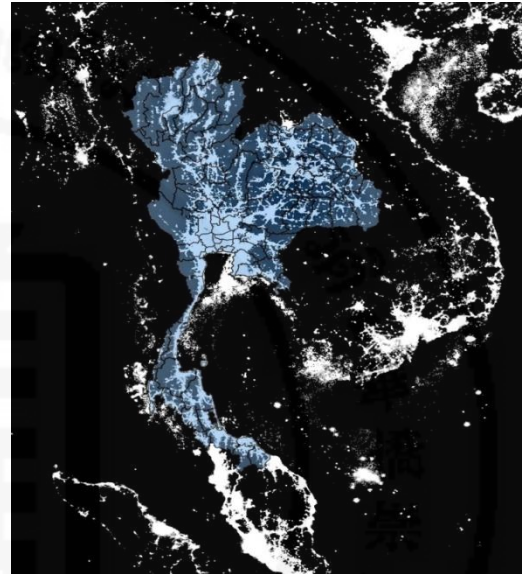
## 2. ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (Night time light; NTL)

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. ของแต่ละบริเวณผิวโลก 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) แต่เผยแพร่ต่อสาธารณะเฉพาะข้อมูลของดาวเทียม 6 ดวง ดังภาพที่ 2.3 และตารางที่ 2.1



(ก)



(ข)

ภาพ 2.3 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>)

ตารางที่ 2.1 จำนวนดาวเทียมทั้งหมด 6 ดาว ที่เผยแพร่ต่อสาธารณะ ในช่วงปี พ.ศ. 2535 – 2556

ปี / ดาวเทียม	F10	F12	F14	F15	F16	F18
1992	F101992					
1993	F101993					
1994	F101994	F121994				
1995		F121995				
1996		F121996				
1997		F121997	F141997			
1998		F121998	F141998			
1999		F121999	F141999			
2000			F142000	F152000		
2001			F142001	F152001		
2002			F142002	F152002		
2003			F142003	F152003		
2004				F152004	F162004	
2005				F152005	F162005	
2006				F152006	F162006	
2007				F152007	F162007	
2008					F162008	
2009					F162009	
2010						F182010
2011						F182011
2012						F182012
2013						F182013

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)<sup>18</sup>

Night time light ได้ถูกประยุกต์ใช้ในการศึกษาทางระบาดวิทยา<sup>15</sup> โดยข้อมูลที่ถูกจัดอยู่ในรูปของภูมิสารสนเทศ (หรือ GIS) จะแสดงถึงคุณลักษณะเชิงปริมาณในแต่ละพื้นที่ ซึ่งข้อมูลของดัชนี NTL ได้ถูกจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลภูมิสารสนเทศ ซึ่งแสดงถึงที่ตั้งและพื้นที่ ค่าของดัชนี NTL ของแต่ละพื้นที่ สามารถนำมาวิเคราะห์การกระจุกตัวของโรคในแต่ละพื้นที่ศึกษา<sup>21-23</sup>

ดังนั้นผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้จากส่วนค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (Night time light) ในบริเวณของประเทศไทยได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band (DNB) จากดาวเทียมดวงใหม่ (2556 ถึง ปี พ.ศ. 2559) ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ หรือ นาซา (National Aeronautics and Space Administration – NASA) สำหรับการศึกษาครั้งนี้

### 3. ปริมาณน้ำฝน

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจากการที่โลกร้อนขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนและทำให้เกิดน้ำท่วมที่รุนแรงและนานขึ้น มีผลต่อเชื้อเลปโตสไปรา กล่าวคือ ทำให้เชื้อมีโอกาสรูรอดในสิ่งแวดล้อมได้นานขึ้น ร่วมกับน้ำท่วมทำให้โอกาสที่คนจะสัมผัสเชื้อก่อโรคที่เปื้อนในสิ่งแวดล้อม หรือมีโอกาสสัมผัสสัตว์ที่เป็นรังโรค ซึ่งอพยพจากภาวะน้ำท่วมเข้ามาพื้นที่ที่คนอาศัยมากขึ้น อย่างไรก็ตามภาวะน้ำท่วมที่มีปริมาณมากอาจเจือจางความเข้มข้นของเชื้อในน้ำที่เป็นสื่อ หรือทำให้สัตว์รังโรคตาย จึงอาจไม่พบการระบาดแบบกลุ่มก้อน อีกทั้งผู้ที่มีอาการรุนแรงอาจเสียชีวิต และผู้ป่วยส่วนหนึ่งอาจไม่ได้มารับการรักษา เพราะภาวะน้ำท่วมหรือน้ำท่วมสถานบริการทำให้การ

วินิจฉัยโรคเป็นไปได้ช้า หรือผู้ป่วยเข้ารับการรักษาแต่ไม่ได้รายงานโรค เนื่องจากระบบรายงานโรคหยุดชะงักจากภาวะน้ำท่วม ทำให้การตรวจจับการระบาดไม่พบและอุบัติการณ์ของโรคไม่เพิ่มขึ้นอย่างที่เราควรจะเป็น?

ในประเทศไทยโรคเลปโตสไปโรสิส เป็นโรคที่จำนวนผู้ป่วยมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (seasonal pattern) โดยพบป่วยในฤดูฝนมากกว่าฤดูร้อนและหนาว<sup>41</sup> จึงเป็นที่ชัดเจนว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศตามฤดูกาลมีผลต่ออุบัติการณ์ของผู้ป่วย แม้ในสภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศเนื่องจากภาวะโลกร้อน แต่เชื่อว่าในภาวะที่โลกร้อน ประเทศไทยจะได้รับผลกระทบและมีการระบาดของโรคเลปโตสไปโรสิสเพิ่มขึ้น

ในปัจจุบันได้มีการประมวลข้อมูลฝนอีกวิธีหนึ่ง คือการประมวลข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่มีความสามารถในการให้ข้อมูลในเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ของข้อมูลฝนในพื้นที่ที่ขาดสถานีตรวจวัดฝนได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมไม่ได้เป็นการวัดข้อมูลฝนโดยตรง ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องปรับเทียบและสอบทานกับข้อมูลกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ก่อนการนำไปใช้ โดยการปรับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมด้วยวิธี Distribution transformation ให้ผลความสัมพันธ์กับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์มากที่สุด<sup>42</sup>

ดังนั้นผู้วิจัยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากฐานข้อมูลดาวเทียม (the time series of average rainfall data) Tropical rainfall measuring mission (TRMM) ปรับข้อมูลน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียมด้วยวิธี Distribution transformation ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลน้ำฝน ในปี พ.ศ. 2556 ถึงปี พ.ศ. 2559 ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสำหรับการศึกษาครั้งนี้

#### 4. ความสูง – ต่ำของพื้นที่ (Elevation)

ความสูงต่ำของภูมิประเทศมีบทบาทสำคัญเป็นพื้นฐานของศาสตร์แขนงอื่นๆ เช่น สันฐานวิทยา อุทกวิทยา และกระบวนการทางนิเวศวิทยาต่าง ๆ ที่เกิดอยู่บนผิวโลก ความสัมพันธ์ของศาสตร์เหล่านี้มักจะทำให้เกิดความเข้าใจในการศึกษาธรรมชาติ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลก<sup>43</sup> โปรแกรมประยุกต์ที่นำมาใช้ศึกษาวิจัยมักจะต้องพึ่งพาแบบจำลองความสูง (Digital Elevation Model: DEM) สำหรับใช้เป็นตัวแทนพื้นผิวต่อเนื่องที่ซับซ้อน เพื่อการวิเคราะห์ภูมิประเทศ เทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้แสดงจะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของแต่ละพื้นที่

โดยปกติแล้วแผนที่จะแสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นผิวที่ต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างจากการใช้หน่วยพื้นที่ (Raster) แสดงการใช้ที่ดิน ซึ่งเป็นลักษณะของข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) พื้นผิวความสูงที่ต่อเนื่องสามารถแสดงด้วย เส้นชั้นความสูง (Contour line) ซึ่งเสมือนเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่ซ้อนกันอยู่เป็นชั้นๆ อย่างไรก็ตามเส้นชั้นความสูงไม่เหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numeric analysis) หรือการทำแบบจำลองมากนัก ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการต่าง ๆ ที่จะ

สามารถแสดงการแปรเปลี่ยนทางความสูงต่ำของพื้นที่เชิงตัวเลขคือ แบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีแต่ข้อมูลระดับความสูงเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Terrain Model หรือ DTM) ที่ได้หมายถึงเฉพาะระดับความสูงเท่านั้น แต่ยังคงแสดงถึงข้อมูลลักษณะอื่น ๆ ของภูมิประเทศด้วย เช่น ความชัน (Slope) การหันรับแสง (Aspect) หรือความสูงต่ำเชิงเงา (Shaded relief) เป็นต้น แม้ว่า DEM ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองระดับความสูงของพื้นผิว แต่วิธีนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการจำลองความแปรเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องของตัวแปรความสูงตัวอื่นๆ บนพื้นที่สองมิติได้อีกด้วย

#### 4.1 การแสดงข้อมูลความสูงต่ำของพื้นผิวในระบบภูมิสารสนเทศ

4.1.1 การแสดงลักษณะพื้นผิวสามารถแสดงได้หลากหลายลักษณะ เช่น แสดงโดยใช้จุดความสูง (Spot Height) เส้นชั้นความสูง (Contour Line) โครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network) และตารางกริด (Grid)

4.1.2 Points เป็นแบบจำลองความสูงที่เก็บค่าระดับสูงและตำแหน่งพิกัด  $x$  และ  $y$  แบบจุดต่อจุด

4.1.3 Contours หรือ เส้นชั้นความสูง ประกอบไปด้วยสองส่วน คือ contour line หรือเส้นโค้งที่จุดทุกจุดบนเส้นจะมีค่าระดับสูงเท่ากัน และ contour interval เป็นช่วงต่างค่าระดับสูงในการแสดงเส้น contour line

4.1.4 TINs (Triangulated Irregular Network) คือ แบบจำลองความสูงที่เก็บข้อมูลในรูปแบบเชิงเส้น (vector) โดยจะเก็บตำแหน่งของจุดที่มีค่าระดับสูงที่แต่ละจุดจะมีเส้นเชื่อมกันเป็นรูปสามเหลี่ยมที่ไม่ซ้อนทับกัน

4.1.5 Grids คือ แบบจำลองที่ประกอบด้วยตารางกริดที่มีขนาดสม่ำเสมอ โดยที่ในแต่ละช่องจะเก็บค่าความสูงที่เป็นตัวแทนของกริดไว้

#### 4.2 เทคนิคการประมาณค่าความสูงให้กับพื้นผิว (Interpolation Method)

การประมาณค่าความสูงให้กับพื้นผิวแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ วิธีการโดยตรง และวิธีการทางสถิติ วิธีการโดยตรงจะขึ้นอยู่กับจุดที่ทราบค่าความสูง หรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ประมาณค่าให้กับจุดตัวอย่าง ส่วนวิธีการทางสถิติเป็นวิธีการทำนายค่าให้กับแบบจำลองความสูงโดยการประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติมาใช้งาน โดยที่วิธีการนี้จะทำให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จุดต่างๆ ของพื้นผิวระดับสูงได้

เนื่องจากในความเป็นจริงไม่สามารถเข้าไปในทุกๆ ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาได้ เพื่อให้ได้ค่าความสูงในทุกๆ พื้นที่ ดังนั้นการสุ่มเก็บตัวอย่างเพียงบางจุด และใช้การทำนายค่าที่เป็นไปได้ให้กับตำแหน่งที่ไม่ได้สำรวจค่าความสูงโดยตรง จึงเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูง



สำหรับวิธีการต่างๆ ในการประมาณค่าความสูงให้กับพื้นผิวนั้น มีวิธีการและรายละเอียดที่จะต้องพิจารณา ดังต่อไปนี้ 1) ควบคุมการประมาณค่าความสูงด้วยการจำกัดจำนวนจุดที่มาพิจารณา เช่น จำนวนจุดข้างเคียงมากที่สุด หรือจำกัดรัศมีในการเลือกจุดข้างเคียง 2) การควบคุมด้วยแนวเส้นอุปสรรค (Barrier) เพื่อจำกัดการเลือกจุดข้างเคียงในการประมาณค่าความสูงให้กับจุดสุ่ม ซึ่งการเลือกจุดข้างเคียงจะไม่ทำข้ามแนวเส้นอุปสรรคนี้ เทคนิคที่สนับสนุนการทำหน้าที่ของเส้นอุปสรรคนี้คือ เทคนิคที่เรียกว่า IDW (Inverse Distance Weight) และ Kriging

4.2.1 เทคนิคการประมาณค่าความสูงโดยวิธีการ Inverse Distance Weighted (IDW) วิธีการประมาณค่าแบบ IDW (ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก) จะสมมุติว่าจุดระดับความสูงจะมีอิทธิพลในทางผกผันกับระยะทางสำหรับการกำหนดค่าระดับความสูงของแต่ละกริด (cell) กล่าวคือจุดระดับความสูงที่อยู่ใกล้กว่าจะมีค่าความสำคัญหรืออิทธิพลในการกำหนดค่าความสูงของกริด (cell) นั้นๆ มากกว่าจุดระดับความสูงที่อยู่ไกลออกไป โดยสามารถกำหนดจำนวนจุด หรืออาจใช้ทุกจุดที่ทราบค่าความสูงที่อยู่ในรัศมีที่กำหนดตามค่านวนหาค่าความสูงให้กริดผลลัพธ์ได้ วิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่มีข้อมูลความสูงของพื้นที่สำรวจมีความหนาแน่นมาก

4.2.2 เทคนิคการประมาณค่าความสูงโดยวิธีการ Spline เป็นวิธีการประมาณค่าทางพื้นที่เป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของไม้บรรทัดที่งอได้ โดยกำหนดค่าระดับความสูงของแต่ละกริด (cell) ด้วยการสร้างความโค้งตามพื้นผิวอย่างเหมาะสม สามารถปรับให้สอดคล้องกับจุดข้อมูลจำนวนไม่มากได้พอดี ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลจุดที่มีไม่มากนักในพื้นที่

4.2.3 เทคนิคการประมาณค่าความสูงโดยวิธีการ Kriging เป็นวิธีการประมาณค่าที่ทำการสันนิษฐานจากระยะทาง หรือทิศทางระหว่างจุดตัวอย่างแต่ละจุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ที่สามารถนำมาใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับพื้นผิวได้ วิธีการ Kriging นี้จะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับจุดตัวอย่างที่เลือกไว้ หรือจุดตัวอย่างทั้งหมดภายในรัศมีที่กำหนด เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ในแต่ละพื้นที่ออกมา Kriging ทำงานหลายขั้นตอนโดยผสมผสานการสำรวจวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูล การทำแบบจำลองแบบ Variogram การสร้างพื้นผิว และยังมีส่วนเสริมให้สามารถตรวจดูความแปรปรวนของพื้นผิวได้อีกด้วย วิธีการนี้มักนิยมใช้ในกรณีที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ของระยะทาง หรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล โดยมากมักใช้ทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยา

4.2.4 เทคนิคการประมาณค่าความสูงโดยวิธีการ Natural Neighbor เป็นเทคนิคเช่นเดียวกับ IDW การประมาณค่าด้วยวิธีนี้ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่อาศัยการเฉลี่ยน้ำหนักของข้อมูลที่ได้ อย่างไรก็ตามแทนที่จะหาค่ามาใส่ใน กริดที่ต้องการทราบค่าประมาณโดยใช้จุดทุกจุดแล้วให้นำน้ำหนักไล่ระดับกันไป วิธีการนี้จะสร้างรูปสามเหลี่ยม Delauney ของจุดทราบค่าความสูง และเลือกมาเฉพาะจุดที่อยู่ใกล้กับจุดเชื่อมของสามเหลี่ยมรอบบริเวณกริดที่ทำการประมาณค่า โดยน้ำหนักของ

ค่าที่ใช้จะได้สัดส่วนกับพื้นที่นั้นๆ วิธีการนี้เหมาะสมอย่างยิ่งหากต้องการสร้างพื้นผิวขึ้นมาจากจุดทราบค่าความสูงที่มีการกระจายตัวด้วย ความหนาแน่นแบบไม่แน่นอน เป็นเทคนิคการประมาณค่าความสูงที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีในพื้นที่ผิวทั่วไปที่ไม่ต้องการปรับค่าตัวแปรอย่าง รัศมี จำนวนของจุดข้อมูลที่ใช้หรือน้ำหนัก

จากที่กล่าวมาข้างต้น ความสูง-ต่ำของภูมิประเทศมีบทบาทสำคัญเป็นพื้นฐานหรือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการแพร่กระจายเชิงพื้นที่โรคเลปโตสไปโรสิส<sup>6</sup> ซึ่งการระบุการแพร่กระจายของโรคเลปโตสไปโรสิสในระดับพื้นที่ที่มีความสูง-ต่ำ ต่างกัน เป็นสิ่งสำคัญในการจัดสรรทรัพยากรทางด้านสาธารณสุข เช่น ยา เวชภัณฑ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังคงมีข้อโต้แย้งว่าโรคเลปโตสไปโรสิสมีความเกี่ยวข้องกับระดับพื้นที่ที่มีความสูง-ต่ำหรือไม่<sup>6,7</sup>

ดังนั้นผู้วิจัยใช้ข้อมูลระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่ จากฐานข้อมูลดาวเทียม (DIVA) ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสำหรับการศึกษาครั้งนี้

## 5. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (GIS and Spatial analysis)

### 5.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือใช้สำหรับเก็บ รวบรวม บันทึก ค้นคืน เปลี่ยนแปลง และแสดงข้อมูลพื้นที่จากโลกที่เป็นจริง บรรยายถึงสิ่งต่างๆในโลกที่เป็นจริงในเรื่องของตำแหน่งพิกัด ลักษณะประจำ (Attribute) และการเกี่ยวโยงกันโดยมีโครงสร้างแบบเครือข่าย (Topology)<sup>44</sup>

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการวิเคราะห์ และบริเวณการจัดการข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขบวนการต่าง ๆ ทางคอมพิวเตอร์เพื่อทำการจัดเก็บและจัดการข้อมูลที่มีลักษณะเป็นสารสนเทศเชิงพื้นที่<sup>45</sup>

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นระบบข้อมูลพื้นฐานที่มีความสามารถจำเพาะสำหรับการอ้างอิงเชิงพื้นที่ และจัดการเชื่อมโยงการทำงานของข้อมูล<sup>46</sup>

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวม จัดเก็บ ปรับปรุง ประมวลผล และแสดงรูปแบบทั้งหมดของสารสนเทศ โดยใช้คอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ จัดการข้อมูลในลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีการอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ และข้อมูลลักษณะประจำซึ่งช่วยในการจัดการด้านฐานข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนและปริมาณมาก ได้มาซึ่งสารสนเทศเชิงภูมิศาสตร์ที่เอื้ออำนวยต่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการจัดสิ่งแวดล้อม การบริการด้านสาธารณสุข เป็นต้น

## 5.2 แนวคิดการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis)

วิเคราะห์เชิงพื้นที่ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ทำงานบนแผนที่ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านภูมิศาสตร์ Geographic Information System (GIS) เช่น QGIS spatial scan statistic (SaTScan) และ Geoda เป็นต้น ได้มีการนำเข้ามาประยุกต์ใช้ทางระบาดวิทยา การศึกษาทางระบาดวิทยาหรือด้านสุขภาพมักจะถูกนำมาใช้เพื่อสืบหาปัจจัยที่น่าจะเป็นสาเหตุในการเกิดความผิดปกติหรือการแพร่กระจายของโรค โดยมักอาศัยการคำนวณทางสถิติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าวัตถุประสงค์และคำตอบของการศึกษา ดังนั้นเมื่ออาศัยหลักการเดียวกันแต่นวกรการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่เข้าใจ 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<sup>47</sup>

**1) ทฤษฎีอัตสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation)** โดยกฎข้อที่ 1 ของภูมิศาสตร์ที่ทุกสิ่งทุกอย่างเกี่ยวข้องกับสิ่งอย่างอื่น ซึ่งสิ่งที่อยู่ใกล้กันย่อมเกี่ยวข้องกันมากกว่าสิ่งที่อยู่ไกลออกไป “Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things”<sup>26</sup> ดังนั้นในแต่ละพื้นที่ที่สนใจข้อมูลสถิติต่างๆ จึงสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้เมื่อค่าคงที่หรือ  $\rho > 0$  แสดงว่ามีความเชื่อมโยงกันทางบวก และ  $\rho < 0$  แสดงว่ามีความเชื่อมโยงกันทางลบ แต่ ถ้า  $\rho = 0$  แสดงว่าไม่มีความเชื่อมโยงกันกันระหว่างข้อมูลค่านั้นๆ ค่าถ่วงน้ำหนักแบบผกผันตามระยะทาง (Inverse Distance weighting: IDW) เนื่องจากตัวแปรอิสระจะมีความสัมพันธ์กันน้อยลงเมื่อยิ่งอยู่ห่างกันออกไป ตามกฎ ข้อที่ 1 ของภูมิศาสตร์ ดังนั้นค่าถ่วงน้ำหนักจึงผกผันกับระยะทางระหว่างตำแหน่งของตัวแปรอิสระแต่ละตำแหน่ง แนวคิดการหาค่าถ่วงน้ำหนักของสมการสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลตัวแปรอิสระที่ผกผันตามระยะทาง<sup>48</sup>

## 2) การวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ (Spatial Patterns Analysis)

การวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ เช่น การวิเคราะห์อัตสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ การวิเคราะห์

การเกาะกลุ่ม 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  $G_i^*$  เพื่อใช้ในการระบุพื้นที่ที่มีการเกิดเหตุการณ์สูงและพื้นที่ที่มีการเกิดเหตุการณ์ต่ำโดยแสดงรายละเอียดดังนี้<sup>49</sup>

### 2.1 อัดสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่มอแรน (Moran's I)

Moran's I เป็นสถิติเชิงพื้นที่ระดับครอบคลุม ใช้ในการระบุลักษณะรูปแบบเชิงพื้นที่ของการเกิดเหตุการณ์ (แบบเกาะกลุ่ม แบบกระจาย หรือแบบสุ่ม) เป็นการศึกษาค่าความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ในพื้นที่ โดยเปรียบเทียบค่าของจุดเกิดเหตุการณ์ในตำแหน่งที่สนใจกับค่าของจุดเกิดเหตุการณ์ในตำแหน่งอื่นๆ<sup>50</sup> 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 Geary<sup>51</sup> จึงเสนอวิธีการหาสัมประสิทธิ์อัตราสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่ขึ้น 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 จะมีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์และอาจบิดเบือนการประมาณค่าของอัตราสัมพันธ์เชิงพื้นที่

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

เนื่องจากสถิติเชิงพื้นที่ระดับครอบคลุมเป็นการศึกษารูปแบบการเกาะกลุ่มของข้อมูลในแบบภาพรวมทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาเท่านั้นแต่ไม่สามารถระบุว่าคุณสมบัติของข้อมูลบริเวณใดมีการ

เกิดเหตุการณ์สูงและต่ำ ดังนั้นจึงนำสถิติเชิงพื้นที่ระดับเฉพาะมาใช้ในการระบุกลุ่มของข้อมูลที่มีค่าการเกิดเหตุการณ์สูงและค่าต่ำ หรือนำเสนอออกมาเป็นจุดเสี่ยง (Hot spots) และไม่มีความเสี่ยง (Cold spots) (Getis, 2007) 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 ที่ตำแหน่งใดๆ  
 $x_j$  คือ ค่าจุดเกิดเหตุการณ์ที่ตำแหน่ง j  
 $\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดเหตุการณ์  
 $w_{ij}$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j  
 $n$  คือ จำนวนเกิดเหตุการณ์ทั้งหมด  
 $S$  คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บริเวณที่มีการเกิดเหตุการณ์สูง (Hot Spots) จะมีค่า  $G_i^*$  มากกว่า 1.96 และบริเวณที่มีการเกิดอาชญากรรมต่ำ (Cold Spots) จะมีค่า  $G_i^*$  น้อยกว่า -1.96 ในแต่ละพื้นที่ย่อยของพื้นที่รวมทั้งหมด

2.4 ค่าความสัมพันธ์แอนซลิโนโลคัลของมอแรน (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  $I^{50}$  ดังสมการที่ 4

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

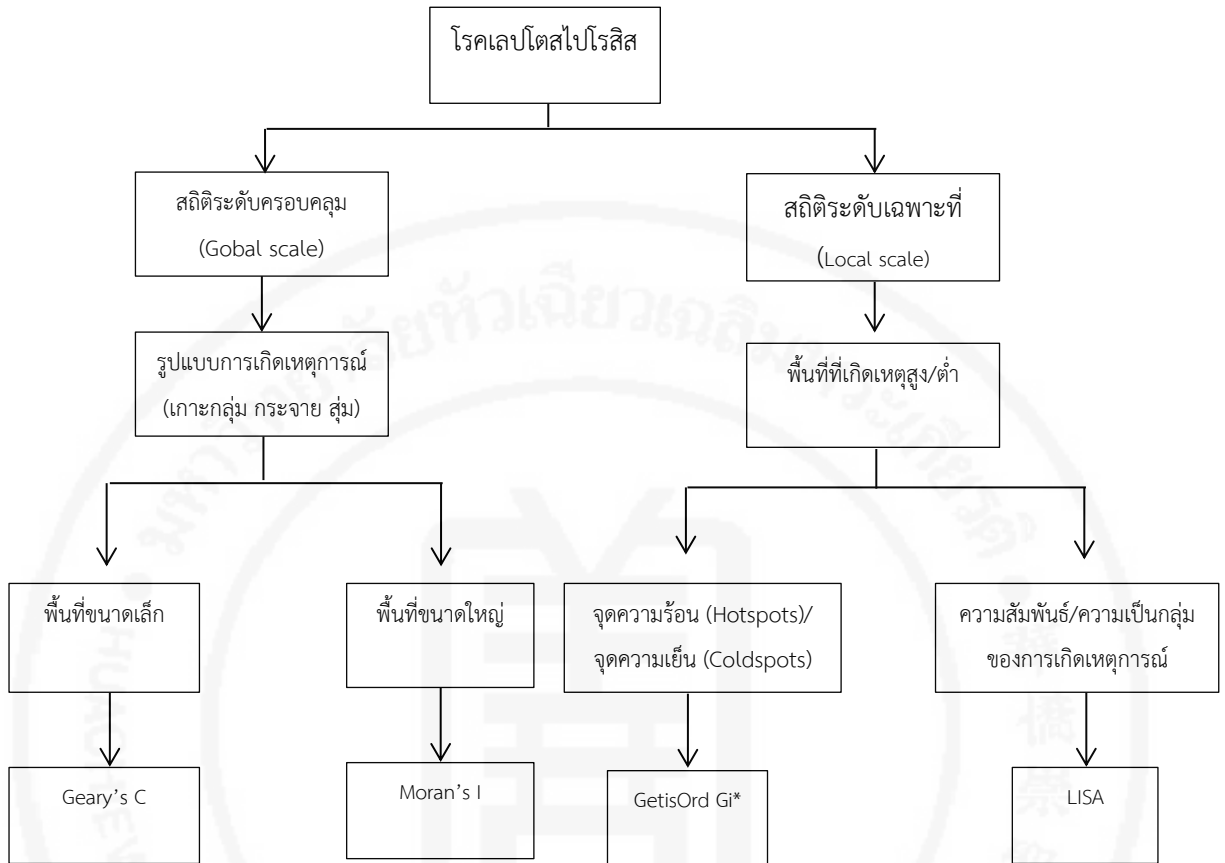
โดยที่  $I_i$  คือ ค่าความสัมพันธ์ LISA  
 $x_i$  คือ ค่าจุดเกิดเหตุการณ์ที่ตำแหน่ง i  
 $\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดเหตุการณ์  
 $w_{ij}$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j

$n$  คือ จำนวนเกิดเหตุการณ์ทั้งหมด

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

ความสัมพันธ์ LISA ที่มีค่าบวก หมายถึงพื้นที่ที่เราสนใจมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ที่อยู่รอบๆ และมีการจัดตัวกันเป็นกลุ่ม เช่น กลุ่มสูง-สูง (HH) คือ พื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดเหตุการณ์สูงในกลุ่มพื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดเหตุการณ์สูง (บริเวณที่สนใจมีการเกิดอาชญากรรมมาก ขณะที่พื้นที่บริเวณรอบข้างนั้นก็มีการเกิดเหตุการณ์มากเช่นกัน) และกลุ่มต่ำ-ต่ำ (LL) คือ พื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดเหตุการณ์ต่ำในกลุ่มพื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดเหตุการณ์ต่ำ (บริเวณที่สนใจมีการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสต่ำ ขณะที่พื้นที่บริเวณรอบข้างนั้นก็มีการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสต่ำเช่นกัน) ส่วนความสัมพันธ์ LISA ที่มีค่าเป็นลบหมายถึง ค่าของตำแหน่งการเกิดเหตุแตกต่างกัน และอยู่นอกกลุ่มหรือไม่อยู่ในกลุ่ม เช่น กลุ่มสูง-ต่ำ (HL) คือ พื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดเหตุการณ์สูงในกลุ่มพื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดเหตุการณ์ต่ำ (บริเวณที่สนใจมีการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสสูง ในขณะที่พื้นที่บริเวณโดยรอบนั้นมีการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสต่ำ) และกลุ่มต่ำ-สูง (LH) คือ พื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดเหตุการณ์ต่ำในกลุ่มพื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดเหตุการณ์สูง (บริเวณที่สนใจมีการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสต่ำ ในขณะที่พื้นที่บริเวณโดยรอบนั้นมีการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสสูง)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกใช้สถิติเชิงพื้นที่วิธี LISA เพื่อใช้ในการศึกษารูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสสูง เนื่องจากสามารถบอกถึงรูปแบบของการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสสูงโดยเปรียบเทียบค่าการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสสูงบริเวณที่สนใจกับบริเวณพื้นที่ย่อยของพื้นที่รวมทั้งหมด หรือศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เกิดเหตุการณ์กับพื้นที่โดยรอบของการเกิดเหตุการณ์ จากที่กล่าวสามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 สถิติเชิงพื้นที่

## 6. ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ในงานสาธารณสุข (Spatial Epidemiology or Geographical Epidemiology in Public Health)

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



กระบวนการเกิดโรคตามลักษณะของสถานที่ที่มีน้อยมากและพัฒนาการช้ากว่าองค์ความรู้ของกระบวนการเกิดโรคตามลักษณะของบุคคล และเวลา

แต่ในปัจจุบันนี้ความก้าวหน้าทางวิทยาการ ด้านสารสนเทศสุขภาพ (Health Informatics) และ ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) รวมถึง ความก้าวหน้าของระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำให้ระบบข้อมูลสุขภาพ มีความครบถ้วน สามารถครอบคลุม ข้อมูลด้านพื้นที่และระบบคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการเชื่อมโยง และประมวลผลข้อมูล ความพร้อมของ ข้อมูลกระตุ้นให้นักระบาดวิทยาและนักสาธารณสุขกลับมาให้ความสำคัญต่อการศึกษาทางระบาด วิทยาตามลักษณะของสถานที่อีกครั้ง โดยการประยุกต์ใช้ GIS ในการเชื่อมโยงข้อมูลสุขภาพและ ข้อมูลพื้นที่ในการประมวลผลเพื่อแสดงภาพ รวมทั้งการประยุกต์ใช้ชีวสถิติ เพื่ออธิบายปัจจัยที่ เกี่ยวข้องซึ่งในปัจจุบัน เรียกว่า ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์<sup>52</sup>

แนวคิดของระบาดวิทยาภูมิศาสตร์มีความชัดเจนมากขึ้นเมื่อ Evgeny Nikanorovich Pavlovsky นักปรสตีวิทยา ชาวรัสเซีย กล่าวว่า “การเกิดโรคมีลักษณะเฉพาะในแต่ละพื้นที่ ซึ่งเกิด จากลักษณะเฉพาะขององค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพของแต่ละพื้นที่ที่เอื้อต่อการแพร่เชื้อโรค และขยายจำนวนพาหะนำโรค ถ้าหากลักษณะเฉพาะทางกายภาพและชีวภาพนั้นสามารถแสดง ขอบเขตของพื้นที่ที่ชัดเจน ระดับความเสี่ยงของการเกิดโรคที่จะเกิดขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคตก็เป็น สิ่งที่สามารถทำนายได้” ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางกายภาพ ทางชีวภาพ และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคของแต่ละพื้นที่ ช่วยพัฒนาความเข้าใจกลไกของสถานการณ์โรคในแต่ละ พื้นที่ และช่วยให้สามารถทำนายความเสี่ยงหรือโอกาสเกิดสถานการณ์โรคได้ดียิ่งขึ้น<sup>53</sup>

แนวคิดดังกล่าวนำไปสู่วัตถุประสงค์ของระบาดวิทยาเชิงภูมิศาสตร์ที่ดำเนินการเพื่อพรรณนา และวิเคราะห์สถานการณ์โรคในแต่ละพื้นที่ตามปัจจัยประชากร สิ่งแวดล้อม สังคม พฤติกรรม และ ต่อมามีการประยุกต์ระบาดวิทยาเชิงนิเวศ (Ecological Study) GIS และสถิติเชิงภูมิศาสตร์ (Spatial Statistics) เพื่อใช้วิเคราะห์การกระจายตัวของโรค และพาหะนำโรค รวมถึงวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ เพื่อระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โรคในแต่ละสถานที่ ช่วงทศวรรษที่ผ่านมาระบาดวิทยา ภูมิศาสตร์มีพัฒนาการอย่างรวดเร็วและมีการประยุกต์ใช้ในการศึกษาของหลายแขนงวิชา รวมทั้งใน งานสาธารณสุขโดยมีส่วนช่วยในการวางแผนทรัพยากร การวางแผน บริการสุขภาพ การดำเนินการ ฝ้าระวังและควบคุมโรค และงานวิจัยโดย ผลการศึกษานำมาใช้ตั้งสมมติฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการ พิสูจน์ปัจจัยเชิงนิเวศที่สัมพันธ์กับการเกิดโรคได้ การศึกษาทางระบาดวิทยาภูมิศาสตร์จำเป็นต้องมี ลักษณะของข้อมูลดังนี้<sup>54-56</sup>

## 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 จำนวนยุ้ง 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 2.2

**ตารางที่ 2.2** 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 แต่การรวมผลที่แตกต่างกันตามระดับขอบเขตการปกครอง จะทำให้ผลการศึกษามีความแตกต่างกันไป เนื่องจากหากขนาดของหน่วยศึกษาใหญ่มากเกินไป จะมีความหลากหลายของรูปแบบการเกิดโรครภายในหน่วยศึกษาเอง เช่น ระหว่างหน่วยศึกษาเป็นอำเภอ ระดับของสถานการณ์โรคในระดับตำบลที่แตกต่างกัน จึงอาจทำให้ผลการศึกษาที่ได้ขาดความเที่ยงตรง ดังนั้นการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์จึงมักนิยมศึกษาในหน่วยศึกษาที่มีขนาดเล็กที่สุด เพื่อให้ความแปรปรวนหรือความหลากหลายภายในหน่วยศึกษาเกิดขึ้นน้อยที่สุด<sup>54,56</sup> ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ข้อมูลจุด ข้อมูลเส้น และข้อมูลพื้นที่ (จากซ้ายไปขวา)

## 2) ประเภทของการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์

การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้ 1) การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์โดยใช้แผนที่ 2) การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เชิงนิเวศ<sup>54-56</sup>

### 2.1 การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์โดยใช้ แผนที่ (Mapping)

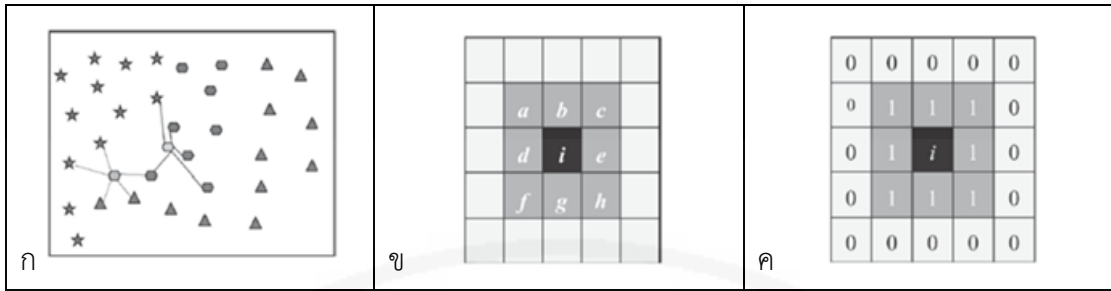
2.1.1 แผนที่โรค (Diseases mapping) ซึ่งแผนที่โรคและแผนที่ความเสี่ยง เป็น การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เชิงพรรณนา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงสถานการณ์โรค จำนวน พาหะนำโรค สารก่อโรค ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโรค ตามขอบเขตการปกครองหรือตามข้อมูลตำแหน่ง รวมถึงเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์โรคและปัจจัยต่างๆ ตามช่วงเวลา ซึ่งมีรูปแบบการ นำเสนอแผนที่ตามลักษณะของข้อมูลตำแหน่งและข้อมูลคุณลักษณะ โดยสามารถนำเสนอด้วยแผนที่ จุด (Dots Map) หากข้อมูลที่ต้องการนำเสนอเป็นข้อมูลจำแนก (Discrete Data) เช่น ขนาดของ อุบัติการณ์โรคหรืออัตราการเกิดโรคหรือเหตุการณ์ที่สนใจ หรือจำนวนประชากรยุ่งลาย ด้วยจำนวนจุดหรือ ขนาดของจุด หรือระดับความเข้มของจุดสีก็ได้ ตัวอย่างเช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบ การระบาดของอหิวาตกโรคในปี ค.ศ.1882 และ ค.ศ. 1895 ระดับหมู่บ้านในเมืองฟูกูชิม่า (Fukushima) ประเทศญี่ปุ่น<sup>57</sup> พบว่ารูปแบบของการระบาดเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของ โครงสร้างทางกายภาพและขอบเขตการปกครอง ซึ่งพบการระบาดเกิดขึ้นรายรอบแหล่งการค้าและ การเดินทาง หรือการศึกษาการระบาดของอหิวาตกโรคและอุจจาระร่วงเฉียบพลันในเมืองแมทแลป (Matlab) ประเทศบังคลาเทศ<sup>58</sup> ที่แสดงรูปแบบโดยใช้จุดแสดงตำแหน่งของรายป่วย และการศึกษา พื้นที่เสี่ยงของไข้เลือดออกในประเทศเวียดนามแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากร สูงกว่า 3000 คน ต่อตารางกิโลเมตรเป็นพื้นที่เสี่ยงของไข้เลือดออก<sup>59</sup> หากข้อมูลเป็นจำนวนรวมหรือ

ค่าเฉลี่ยตามขอบเขตการปกครองหรือตามข้อมูลตำแหน่ง สามารถนำเสนอด้วยระดับความเข้มของสี (Colorpleth) ตามขนาดของปัญหาสุขภาพ หรือขนาดปัจจัยที่เกี่ยวข้องตามลักษณะของข้อมูลเชิงตำแหน่ง ตัวอย่างเช่น การศึกษารูปแบบเชิงพื้นที่ของความชุกของวัณโรคของเมืองวิคตอเรียประเทศบราซิลและประเทศไทย โดยแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ในเขตพื้นที่ยากจนมีความชุกของวัณโรคสูงกว่าพื้นที่อื่น<sup>60</sup> แต่ในบางครั้งข้อมูลของปัจจัยเป็นข้อมูลต่อเนื่องซึ่งหากนำมาจำแนกตามข้อมูลเชิงตำแหน่ง จะทำให้ภาพการนำเสนอคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง หรือไม่สามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน ตามลักษณะของข้อมูล เช่น ระดับของอุณหภูมิ ระดับความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ ระดับความสูงของพื้นที่ ข้อมูลลักษณะนี้มักจะนำเสนอในลักษณะของแผนที่เส้นชั้น (Contour map) เช่น การประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่จังหวัดชลบุรีและนำเสนอด้วยแผนที่เส้นชั้นแสดงให้เห็นระดับของก๊าซมลพิษ<sup>61</sup>

2.1.2 แผนที่แสดงกลุ่มโรค (Disease cluster mapping) การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ในรูปแบบนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ โดยประการแรก คือเพื่อค้นหากลุ่มโรคเป็นการค้นหาพื้นที่ที่มีการเกิดโรคหรือเหตุการณ์ที่สนใจศึกษา มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนหรือลักษณะการเกิดโรคของพื้นที่ใกล้เคียงกันที่มีความคล้ายคลึงกันหรือเป็นกลุ่มก้อนเดียวกัน ในทางตรงข้ามมีความแตกต่างกับพื้นที่อื่นๆ หรือกลุ่มอื่นๆ และประการที่สองเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความแตกต่างระหว่างพื้นที่ โดยให้ความสนใจกับพื้นที่ที่มีการเกิดโรคสูงคล้ายคลึงกัน (Hot spot) ซึ่งต้องระบุพื้นที่ใกล้เคียง (Neighbor) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อระบุความเป็นกลุ่ม โดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนักเมตริกซ์ (Weight Matrix) เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (spatial correlation) ซึ่งอาจใช้ระยะทาง หรือขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกัน เป็นเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่ใกล้เคียง

- การระบุพื้นที่ใกล้เคียง โดยใช้ระยะทางเป็นเกณฑ์ วิธีนี้จะต้องมีการกำหนดจุดกึ่งกลางของพื้นที่ที่สนใจศึกษา (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) ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ประเภทพื้นที่ใกล้เคียง (ก) การระบุพื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ระยะทาง (ข)(ค) การระบุพื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันเป็นเกณฑ์

การนำเสนอกลุ่มโรคสามารถจำแนกออก ได้เป็น 3 รูปแบบใหญ่ๆ คือ แบบทั่วไป แบบเฉพาะพื้นที่ และแบบเจาะจง ดังนี้

1) แบบทั่วไป (Global spatial autocorrelation) เป็นการวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดกลุ่มโรคของพื้นที่ศึกษา แต่ไม่สามารถระบุได้ว่ากลุ่มโรคที่เกิดขึ้นอยู่ในบริเวณใด ซึ่งการวิเคราะห์กลุ่มโรคในแบบทั่วไปนี้ เป็นการเปรียบเทียบขนาดของโรค หรือเหตุการณ์ที่สนใจศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียง กับค่าเฉลี่ยของเหตุการณ์ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการค้นหาหรือระบุพื้นที่เสี่ยง (Hotspot) ในการวิเคราะห์กลุ่มโรคแบบเฉพาะพื้นที่ และใช้ในการทดสอบสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เชิงนิเวศ (Ecological Study)

2) แบบเฉพาะพื้นที่ (Local spatial autocorrelation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยง (hot spot) โดยพิจารณาจากขนาดของโรคที่สนใจศึกษา โดยเปรียบเทียบขนาดของโรคที่สนใจศึกษาของชุมชน เปรียบเทียบกับชุมชนใกล้เคียงที่กำหนดโดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนักเมตริกส์ และเปรียบเทียบกับขนาดของโรคโดยรวมของทุกชุมชนที่ศึกษา ซึ่ง Hotspot จะมีขนาดของโรคสูงกว่าขนาดของโรคโดยรวม เช่น การศึกษาพื้นที่เสี่ยงของวัณโรคในประเทศจีน และพื้นที่เสี่ยงของไข้เลือดออกในประเทศไทย<sup>27,28</sup> รวมถึงการศึกษา ของนครินทร์ ชายแก้ว และคณะ<sup>29</sup> ในการพรรณนา และระบุพื้นที่เสี่ยงของโรคอุจจาระร่วงในจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2551 เพื่อใช้ในการวางแผนเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคอุจจาระร่วง ในจังหวัดเชียงใหม่

3) แบบเจาะจง (Focused spatial autocorrelation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อระบุกลุ่มโรครอบๆ กลุ่มโรค หรือแหล่งรังโรคที่ทราบแน่ชัดแล้ว เช่น การระบุพื้นที่เสี่ยงของการติดเชื้อวัณโรคในพื้นที่ยากจนของประเทศบราซิล<sup>60,62</sup>

## 2.2 การศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เชิงนิเวศ (Ecological study) จำแนกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1 การศึกษาเชิงพรรณนาหรือการศึกษาสหสัมพันธ์ (Correlation study) มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสถานะสุขภาพที่สนใจศึกษา โดยใช้ประโยชน์ของข้อมูลทุติยภูมิที่มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบอยู่แล้ว โดยข้อมูลที่น่ามาใช้ในการวิเคราะห์ มักจะได้รับรวบรวมเป็นค่าเฉลี่ย หรือจำนวนรวมของหมู่บ้าน ตำบล หรือตามลักษณะพื้นที่ โดยผลการศึกษาที่ได้มักจะใช้ในการพิจารณาวางแผนทรัพยากร หรือวางแผนเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรค เช่น การศึกษาทิศทางการแพร่ระบาดของโรคชิคุนคุนยา ในปี พ.ศ. 2551-2552 โดยใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์และวันแสดงอาการ พบว่ามีการแพร่ระบาดจากภาคใต้และเคลื่อนสู่ทางตอนเหนือของภาคใต้ โดยความเร็ว 7.5 กิโลเมตรต่อสัปดาห์<sup>63</sup>

2.2.2 การศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytic study) เป็นการศึกษาเชิงนิเวศที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ ความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงนิเวศ และผลลัพธ์ โดยใช้องค์ความรู้ด้านชีวสถิติ และแนวคิดของระบาดวิทยาเชิงสังคม<sup>64</sup> สถานการณ์สุขภาพในแต่ละชุมชนย่อมมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพและสังคม และมักจะมีผลคล้ายคลึงกับพื้นที่ข้างเคียง เนื่องจากการมีลักษณะร่วมด้านประชากร วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม หรืออาจกล่าวได้ว่ามีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ต่อกัน (Spatial autocorrelation) จึงส่งผลให้สถานการณ์สุขภาพในพื้นที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน โดยการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจะประยุกต์ใช้สถิติพหุสัมพันธ์ถดถอย (Multiple regression) ร่วมกับสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) ซึ่งการศึกษาในรูปแบบนี้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ผลการศึกษาสามารถนำมาใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงหรือปัจจัยทางกายภาพ ที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดผลลัพธ์ที่สนใจศึกษาในระดับพื้นที่ เช่น การศึกษาไข้เลือดออกในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ที่พบว่าหมู่บ้านที่ตั้งอยู่ใกล้กับเขตเทศบาลมีความเสี่ยงต่อการระบาดของไข้เลือดออกสูงกว่าหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่อื่นๆ<sup>28</sup> เช่นเดียวกับการศึกษาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการแพร่ระบาดของไข้เลือดออกในพื้นที่เทศบาลทางภาคใต้ และภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์และสถิติภูมิศาสตร์ เพื่อระบุลักษณะบ้าน สิ่งแวดล้อมรอบบ้าน และชุมชนที่เอื้อต่อการแพร่กระจายของไข้เลือดออก<sup>4,65</sup>

จากการศึกษาระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปเป็นองค์ความรู้ได้ว่าระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ เป็น การประยุกต์ใช้ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลสุขภาพ และข้อมูลด้านกายภาพและชีวภาพ จากระบบเฝ้าระวังโรคและระบบรายงานต่างๆ เพื่ออธิบายสถานการณ์โรครวมถึงการประยุกต์ใช้สถิติเชิงภูมิศาสตร์เพื่อระบุพื้นที่ที่มีการรวมกลุ่มกันของสถานการณ์โรค และค้นหาปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่มีผลต่อสถานการณ์โรคและการรวมกลุ่มกันของสถานการณ์โรค การศึกษาที่ได้จากการศึกษาทางด้านระบาดวิทยาภูมิศาสตร์มีประโยชน์ในงานสาธารณสุขเป็นอย่างมาก

โดยเฉพาะการนำไปใช้ในการบริหารทรัพยากร และการวางแผนเผื่อระวัง ป้องกัน และควบคุมโรคเขิงนโยบาย

#### 7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโรคเลปโตสไปโรซิส ข้อมูลสำรวจระยะไกล และความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังนี้





## ตารางที่ 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปร	ประเด็นที่ศึกษา	ข้อค้นพบ	ผู้ศึกษา(ปีที่ตีพิมพ์)
ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน	การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรังในประเทศไทย	ความชุกของการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรังมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่มีระดับค่าเฉลี่ยความสว่างของแสงไฟเวลากลางคืนสูง ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายเพิ่มเติมว่าระดับความสว่างของแสงไฟเวลากลางคืนสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการระบุหรือค้นหาพื้นที่เสี่ยงของการเกิดโรคได้	Laohasiriwong et al., 2017 <sup>25</sup>
	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของความชุกโรคความดันโลหิตสูงในประเทศไทย	ความชุกของการเกิดโรคความดันโลหิตสูงมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ที่มีระดับค่าเฉลี่ยความสว่างของแสงไฟเวลากลางคืนสูง โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล	Laohasiriwong et al., 2018 <sup>30</sup>
	การประยุกต์ใช้ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนในการอธิบายความผันผวนของโรคหัดในประเทศไนเจอร์	การระบาดของโรคหัดได้รับผลกระทบจากความหนาแน่นของประชากร และชี้ให้เห็นว่าการสำรวจข้อมูลระยะไกล (remote sensing) ของ NTL	Bharti et al., 2011 <sup>22</sup>

## ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ตัวแปร	ประเด็นที่ศึกษา	ข้อค้นพบ	ผู้ศึกษา(ปีที่ตีพิมพ์)
	การวัดการเติบโตทางเศรษฐกิจจากภาพถ่ายดาวเทียม	การเกิดโรคมมาลาเรียลดลงในพื้นที่ NTL สูง หรือพื้นที่ที่มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูงการเกิดโรคมมาลาเลียจะลดลง	Henderson et al., 2012 <sup>23</sup>
	โรคเฉพะะถิ่นและการเติบโตทางเศรษฐกิจของแอฟริกา: ความท้าทายและการตอบสนองนโยบาย	โรคมมาลาเรียกับการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศในแถบ Sub-Saharan Africa มีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างระดับรายได้กับความชุกของโรคมมาลาเรีย ซึ่งการเกิดโรคมมาลาเรียมีความเชื่อมโยงความล่าช้าทางเศรษฐกิจ	Weil. 2010 <sup>66</sup>
	การใช้ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนเพื่อตรวจสอบการกระจายของมะเร็งเต้านมของเพศหญิงในประเทศอิสราเอล	แสงในเวลากลางคืนมีส่วนช่วยทำให้เกิดอุบัติการณ์โรคมะเร็งเต้านม โดยใช้ข้อมูลการเข้ารับบริการทางการแพทย์ และ NTL(DMSP/OLS NTL imagery) พบว่าอุบัติการณ์ของมะเร็งเต้านมและมะเร็งปอดในหญิงมีความสัมพันธ์กับความเข้มของ NTL ในอิสราเอล	Kloog et al.,2008 <sup>21</sup>
ปริมาณน้ำฝน	แบบจำลองการแพร่กระจายของโรคเลปโตสไปโรซิสตามฤดูกาลและความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในประเทศไทยโดยใช้อัลกอริทึม ARIMAX	ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิส โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย	Chadsuthi et al., 2012 <sup>5</sup>

## ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

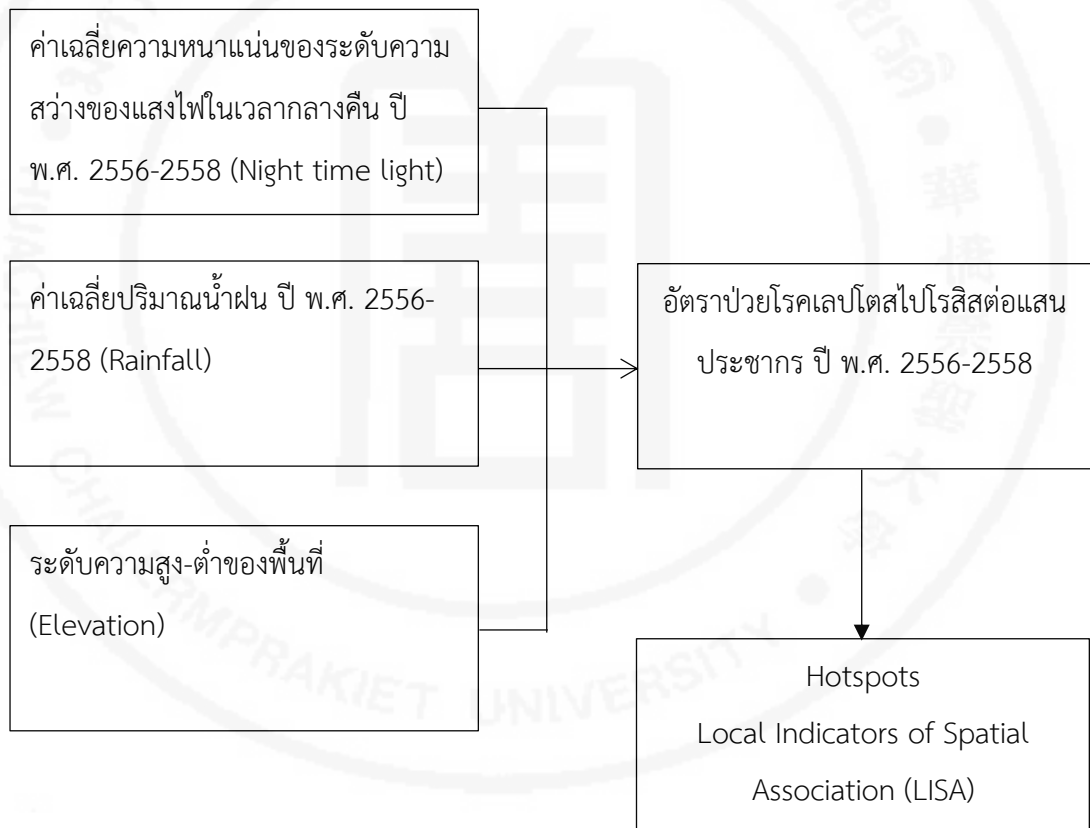
ตัวแปร	ประเด็นที่ศึกษา	ข้อค้นพบ	ผู้ศึกษา(ปีที่ตีพิมพ์)
	โรคเลปโตสไปโรซิสในมนุษย์	ปัจจัยด้านระบาดวิทยาที่มีผลต่อการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส ได้แก่ สุขภาพที่อยู่อาศัย ปริมาณน้ำฝน และน้ำท่วม	Haake & Levett. 2015 <sup>67</sup>
	ปัจจัยทางภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับอุบัติการณ์ของโรคเลปโตสไปโรซิสในศรีลังกา	ปริมาณน้ำฝนความความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส	Palihawadana et al., 2014 <sup>68</sup>
ความสูง-ต่ำของพื้นที่	การประมาณและทำแผนที่ความเสี่ยงโดยใช้ข้อมูลสิ่งแวดล้อม	ความสูงของพื้นที่ที่มีผลต่อการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิส อาจเนื่องจากพื้นที่สูงขาดทรัพยากรทางสาธารณสุข เช่น บุคลากร เวชภัณฑ์ เครื่องมือในการตรวจวินิจฉัย	Lau et al., 2012 <sup>7</sup>
	การประเมินผลกระทบทางภูมิศาสตร์ในระดับที่มีผลต่อการตัวกำหนดการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส	พื้นที่ที่มีความสูงหรือที่ราบสูง มีโอกาสพบการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสสูงกว่าพื้นที่ราบ	Lau et al., 2012 <sup>7</sup> ; Gracie et al., 2014 <sup>6</sup>

## ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

วิธีการวิเคราะห์ทางภูมิศาสตร์สนเทศ	ประเด็นที่ศึกษา	ข้อค้นพบ	ผู้ศึกษา(ปีที่ตีพิมพ์)
การวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ ด้วยวิธี Local Indicators of Spatial Association (LISA)	การทบทวนวิธีวิเคราะห์การกระจุกตัว ของโรค	วิเคราะห์ด้วย LISA SaTScan และ $G_i^*$ เป็นวิธีใน การตรวจสอบรูปแบบเฉพาะพื้นที่ (detecting local patterns) ของการเกิดโรค ซึ่งวิธีเหล่านี้ช่วย ในการระบุการกระจุกตัวการเกิดโรค (clusters) รวมถึงการประเมินนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ SaTScan มีการระบุการกระจุกตัวการเกิดโรคใน พื้นที่ได้ครอบคลุมกว่า LISA และ $G_i^*$ ทั้งนี้อาจเป็น เพราะว่าแต่ละวิธีมีการกำหนดเกณฑ์ clusters ที่ แตกต่างกัน	Anselin.(2006) <sup>69</sup>
	การเปรียบเทียบความแตกต่างเชิงพื้นที่ ด้วยวิธีการตรวจจับแบบกลุ่มสำหรับโรค ทางเดินหายใจเรื้อรังในประเทศไทย	วิเคราะห์ด้วย LISA ตรวจสอบรูปแบบเฉพาะพื้นที่ (detecting local patterns) ของการเกิดโรค ระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง ซึ่งวิธีนี้ช่วยในการระบุการ กระจุกตัวการเกิดโรค	Laohasiriwong et al.(2017) <sup>25</sup>
	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของ ความชุกโรคความดันโลหิตสูงในประเทศไทย	วิเคราะห์ด้วย LISA ตรวจสอบรูปแบบเฉพาะพื้นที่ (detecting local patterns) ของการเกิดโรคความ ดันโลหิตสูง ซึ่งวิธีนี้ช่วยในการระบุการกระจุกตัวการ เกิดโรค (clusters)	Laohasiriwong et al.(2018) <sup>30</sup>

## 8. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำข้อค้นพบปัจจัยที่เป็นสาเหตุหรือมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคเลปโตสไปโรสิส เพื่อนำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนั้นผู้วิจัยแบ่งตัวแปรต้นออกเป็น 3 ตัวแปร ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่ สำหรับตัวแปรตามในการศึกษาครั้งนี้คืออัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสต่อแสนประชากร หลังจากนั้นทดสอบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยง (Hotspots) ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 กรอบแนวคิดการวิจัย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย รูปแบบการวิจัย ประชากร กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือในการวิจัย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแต่ละวิธีดำเนินการวิจัยมีขั้นตอน ดังนี้

#### 1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิธีการการวิจัยระยะยาว (Longitudinal/Panel study)

#### 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสต่อแสนประชากร จากรายงานโรคระบบเฝ้าระวัง (รายงาน 506) ของสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2556 ถึง ปี พ.ศ. 2558 (Panel data) ทั้งหมด 77 จังหวัด ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส จำนวน 3,094 ราย 2,251 ราย และ 2,151 ราย ในปี พ.ศ. 2556-2558 ตามลำดับ

#### 3. ตัวแปรและการวัด

##### 3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variable, X)

การวิจัยครั้งนี้ได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับปัจจัยที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส ดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน มีระดับการวัดเป็นอัตราส่วนสเกล (Ratio scale)
- 2) ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน มีระดับการวัดเป็นอัตราส่วนสเกล (Ratio scale)
- 3) ระดับความสูงต่ำของพื้นที่ มีระดับการวัดเป็นอัตราส่วนสเกล (Ratio scale)

##### 3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable, Y)

ตัวแปรตามของการวิจัยครั้งนี้คืออัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส โดยได้รับการตรวจวินิจฉัยจากแพทย์ผู้รักษาหรือบุคลากรทางการแพทย์ตามแนวทางการวินิจฉัยโรคเลปโตสไปโรซิส และมีกลุ่มรหัสโรคโรคเลปโตสไปโรซิสที่ถูกกำหนดอยู่ในบัญชีจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของ

โรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10<sup>th</sup> Revision (ICD-10) อยู่ในช่วง A27.0 - A27.9

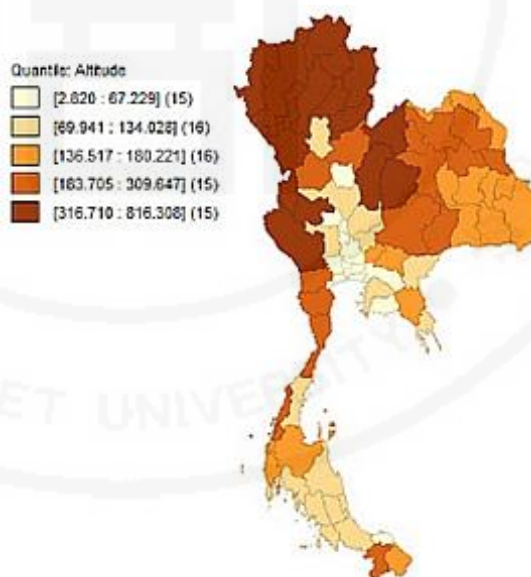
#### 4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

##### 4.1 ข้อมูลโรคเลปโตสไปโรสิส

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากฐานข้อมูลอัตราป่วยจากโรคเลปโตสไปโรสิสต่อแสนประชากร จากรายงานโรคระบบเฝ้าระวัง (รายงาน 506) ของสำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2556 ถึง ปี พ.ศ. 2558 (Panel data) ทั้งหมด 77 จังหวัด

##### 4.2 ข้อมูลเชิงพื้นที่ขององค์การบริหารการbinและอวกาศแห่งชาติ ได้แก่

1) พิกัดทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่เขตการปกครอง (ขอบเขต) และค่าเฉลี่ยความสูง-ต่ำของพื้นที่ (Elevation) จาก DIVA – GIS ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยความสูง-ต่ำ ของพื้นที่บริเวณประเทศไทย

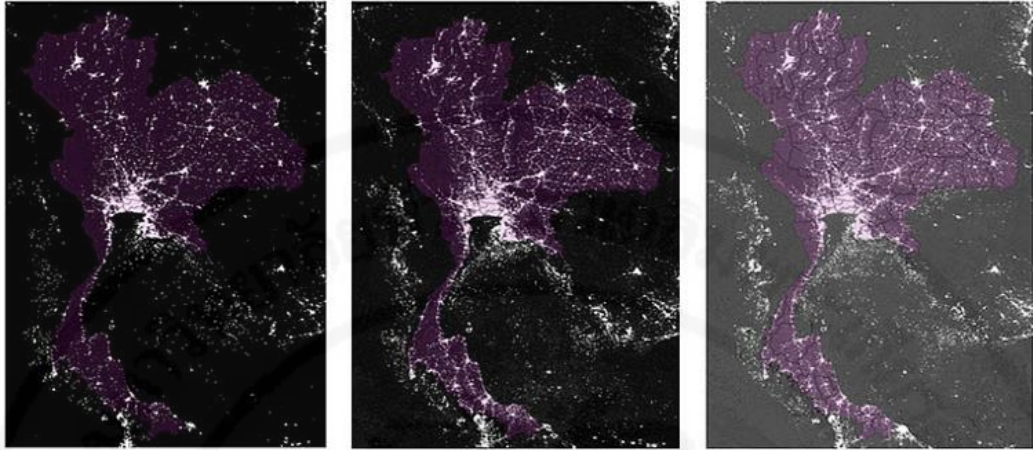
ที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ

2) ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนบริเวณประเทศไทย จากภาพถ่ายจากดาวเทียมดวงใหม่ มีชื่อว่า Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Day/Night Band (DNB) (พ.ศ. 2556 - 2559) ดังภาพที่ 3.2

พ.ศ. 2556

พ.ศ. 2557

พ.ศ. 2558

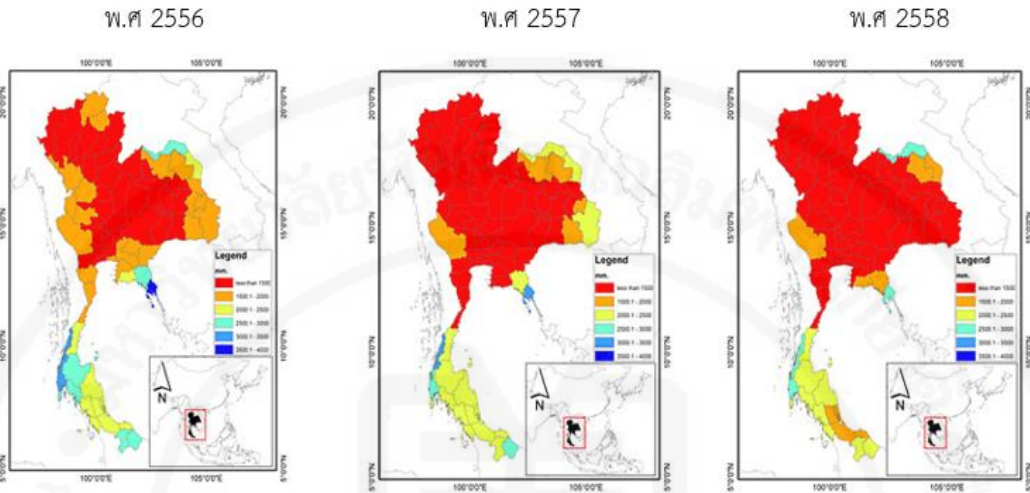


**ภาพที่ 3.2** ข้อมูลค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนในบริเวณประเทศไทยและรายจังหวัดจากภาพถ่ายจากดาวเทียมดวงใหม่ (VIIRS/DNB) ปี พ.ศ. 2556 - 2558

**ที่มา:** ผู้วิจัยคำนวณ โดยการดึงข้อมูลความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนในบริเวณประเทศไทยในแต่ละจังหวัดจากดาวเทียม VIIRS/DNB ปี พ.ศ. 2556-2558 แล้วนำมาค่าเฉลี่ยเป็นรายปีด้วยการคำนวณค่าทางสถิติของไฟล์ประเภทแรสเตอร์ (Zonal statistics)



3) ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากฐานข้อมูลดาวเทียม (the time series of average rainfall data) Tropical rainfall measuring mission (TRMM) พ.ศ. 2556 - 2559 ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากฐานข้อมูลดาวเทียม พ.ศ. 2556 - 2558

ที่มา: ผู้วิจัยคำนวณ

เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเป็นภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Images) ซึ่งไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ทางสถิติได้ ดังนั้นผู้วิจัยใช้ Zonal statistics เป็นการคำนวณค่าทางสถิติของโพลีประเภทแรสเตอร์โดยใช้ชุดข้อมูล (Dataset) ที่มีการแบ่งขอบเขตออกเป็นโซน เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชนิดสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

## 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวางแผนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

### 5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Stata version 10.0 (StataCorp, CollegeStation, TX) ในการวิเคราะห์ข้อมูล Panel data โดยด้วยวิธี Random Effect Model (REM)

ให้  $Leptospirosis_{it}$  = โรคเลปโตสไปโรซิสที่  $i$ ;  $i=1,2,3$  N ในช่วงเวลา;  $t = 1,2,3$  ( $N= 77$  จังหวัด;  $t = 2556-2558$  คือปีที่บันทึกข้อมูลตามเวลา 3 ปี)

Night-time light <sub>it</sub>	= ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่าง ของแสงไฟในเวลากลางคืน
Rainfall <sub>it</sub>	= ค่าเฉลี่ยน้ำฝนจากฐานข้อมูลดาวเทียม
Elevation <sub>it</sub>	= ค่าเฉลี่ยของความสูง - ต่ำของพื้นที่
$\mu_{it}$	= ความคลาดเคลื่อนด้านอนุกรมเวลา

ดังนั้นสมการ panel analysis ของจังหวัด N จังหวัด แต่ละจังหวัดบันทึกข้อมูลจังหวัดละ  $T_t$  หน่วยเวลา คือ

$$\text{Leptospirosis}_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1t} \text{Night-time light}_{it} + \beta_{2i} \text{Rainfall}_{it} + \beta_{3i} \text{Elevation}_{it} + \mu_{it}; i=1,2,3 N; t=1,2,3$$

เพื่อป้องกันปัญหา Heteroscedasticity และให้สมการมีคุณสมบัติ Consistent มากขึ้น ผู้วิจัยใช้การคำนวณ Heteroscedasticity Consistent Estimator (HCE) ที่มีชื่อว่า Robust estimator เพื่อปรับให้ค่าของ residual มีความใกล้เคียงกันมากขึ้นไม่กระโดดไปมา นอกจากนี้ผู้วิจัยใส่ log ในสมการเพื่อเปลี่ยนความสัมพันธ์จาก non-linear เป็น linear ดังสมการต่อไปนี้

$$\ln \text{Leptospirosis}_{it} = \ln \beta_{0i} + \beta_{1t} \ln \text{Night-time light}_{it} + \beta_{2i} \ln \text{Rainfall}_{it} + \beta_{3i} \ln \text{Elevation}_{it} + \mu_{it}; i=1,2,3 N; t=1,2,3$$

## 5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Quantum GIS (QGIS - Open GIS software) เพื่อใช้ในการจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่<sup>70</sup> โปรแกรม GeoDa<sup>69</sup> ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกันเชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) ระบุพื้นที่ใกล้เคียง (Neighbor) โดยกำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันเป็นเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่ใกล้เคียง 3 จังหวัด เพื่อระบุความเป็นกลุ่ม โดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนักเมตริกซ์ (Weight Matrix) เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่างเชิงพื้นที่ (Spatial correlation) สำหรับวิเคราะห์การกระจายตัวของโรคเลปโตสไปโรซิส ซึ่ง weight matrix จะแสดงว่าจังหวัดใดมีเนื้อที่ติดกันหรือเป็นเพื่อนบ้านกัน เรียกสมาชิกในเมตริกซ์นี้ว่าน้ำหนักเชิงพื้นที่ มีจำนวนแถวและคอลัมน์เท่ากับจำนวนตัวอย่าง  $n$  ( $n \times n$  standardized spatial weight matrix) โดย  $W_{ij}$  ซึ่งเป็นสมาชิกในเมตริกซ์มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อจังหวัดมีพื้นที่ติดกันหรือเป็นเพื่อนบ้านกันและเท่ากับ 0 เมื่อไม่ใช่เพื่อนบ้านกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าจังหวัด  $i$  และจังหวัด  $j$  เป็นเพื่อนบ้านที่อยู่ใกล้กัน

$W_{ij}$  จะมีค่าเท่ากับ 1 และในกรณีที่จังหวัดตั้งอยู่โดยไม่มีอาณาเขตติดกับจังหวัดใดหรือจังหวัดที่ศึกษาจะถือเอาจังหวัดที่ใกล้ที่สุดเป็นเพื่อนบ้าน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยใช้สถิติเชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ ด้วยวิธี Local Moran's I เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของจังหวัดที่มีอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสสูงและต่ำ<sup>33</sup> โดยใช้สถิติ Local Indices of Spatial Association (LISA) ของค่า Moran's I แต่ละตำแหน่งเพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ในเชิงพื้นที่ได้แก่ High-High, Low-Low, Low-High, High-Low และ Not significant ซึ่งความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เกิดขึ้นเมื่ออัตราการป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสสูงสัมพันธ์กับพื้นที่ใกล้เคียงหรือเพื่อนบ้านหรือที่มีอัตราการป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสสูงจะเรียกว่า "Hotspots" หรือ เมื่ออัตราการป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสต่ำสัมพันธ์กับพื้นที่ใกล้เคียงหรือเพื่อนบ้านหรือที่มีอัตราการป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสต่ำจะเรียกว่า<sup>71</sup> "Coldspots" (Anselin, Syabri et al. 2004) สำหรับการศึกษานี้มีการกำหนดพื้นที่ใกล้เคียงรอบๆกับพื้นที่ศึกษา 3 จังหวัด (3 k-Nearest Neighbours) นั้นหมายความว่าพื้นที่ศึกษาจะมีอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสสูงและต่ำสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่กับจังหวัดรอบๆ โดยการจำลองใช้การเรียงสับเปลี่ยน 999 ครั้ง<sup>72</sup> เพื่อประเมินความไว (Sensitivity) ของผลลัพธ์

ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปเป็นกระบวนการหรือแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียด ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 กระบวนการหรือแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

### 6. การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยผู้วิจัยดำเนินการส่งรายละเอียดเค้าโครงการวิจัย เสนอต่อ

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ อ. 693/2561 เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2561 และได้รับการยกเว้นสำหรับการอนุมัติจริยธรรมสำหรับการศึกษานี้

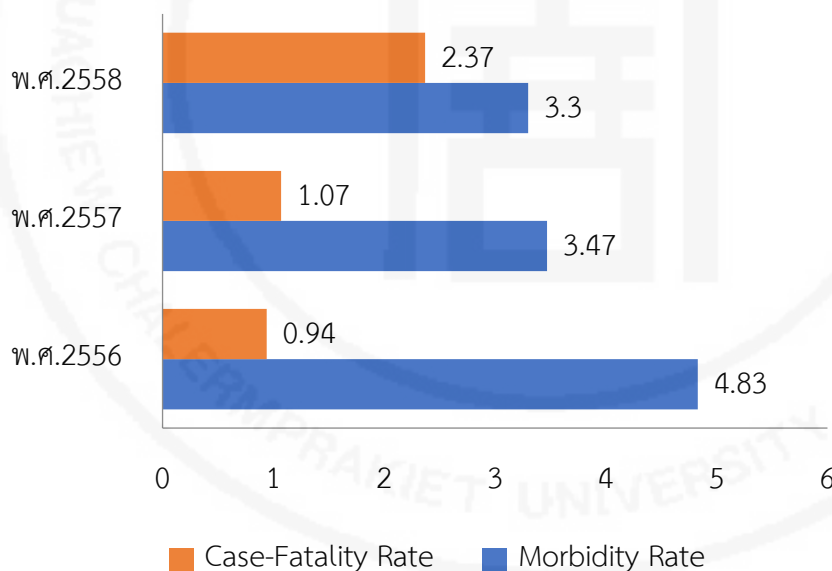


## บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยในแต่ละประเด็น ได้แก่ อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส การวิเคราะห์ข้อมูล Panel data ด้วยวิธี Random Effect Model (REM) และความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยใช้สถิติเชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ มีรายละเอียดดังนี้

### 1. อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส

ผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส ในช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 มีจำนวน 7,495 ราย ทั้งนี้มีอัตราป่วย เท่ากับ 4.83, 3.47 และ 3.30 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ และมีอัตราการตาย เท่ากับ 0.94, 1.07 และ 2.37 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 อัตราป่วยและอัตราการตายในประเทศไทยช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558

นอกจากนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวนจังหวัดที่มีอัตราป่วยสูงสุด (พื้นที่สีแดง) ในปี พ. ศ. 2556 – 2558 โดยหากจำแนกข้อมูลเป็นรายปี พบว่า ในปี พ. ศ. 2556 จังหวัดที่มีอัตราป่วยสูงสุด ได้แก่ จังหวัดเลย บึงกาฬ กาฬสินธุ์ ยโสธร อำนาจเจริญ ศรีสะเกษ สุรินทร์ และบุรีรัมย์ ในขณะที่ ปี พ. ศ. 2557 พบในจังหวัดเลย หนองบัวลำภู กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ยโสธร อำนาจเจริญ

ศรีสะเกษ และสุรินทร์ ส่วน ปี พ. ศ. 2558 พบในจังหวัดเลย กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด และ  
ยโสธร อุบลราชธานี ศรีสะเกษ และสุรินทร์ ดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

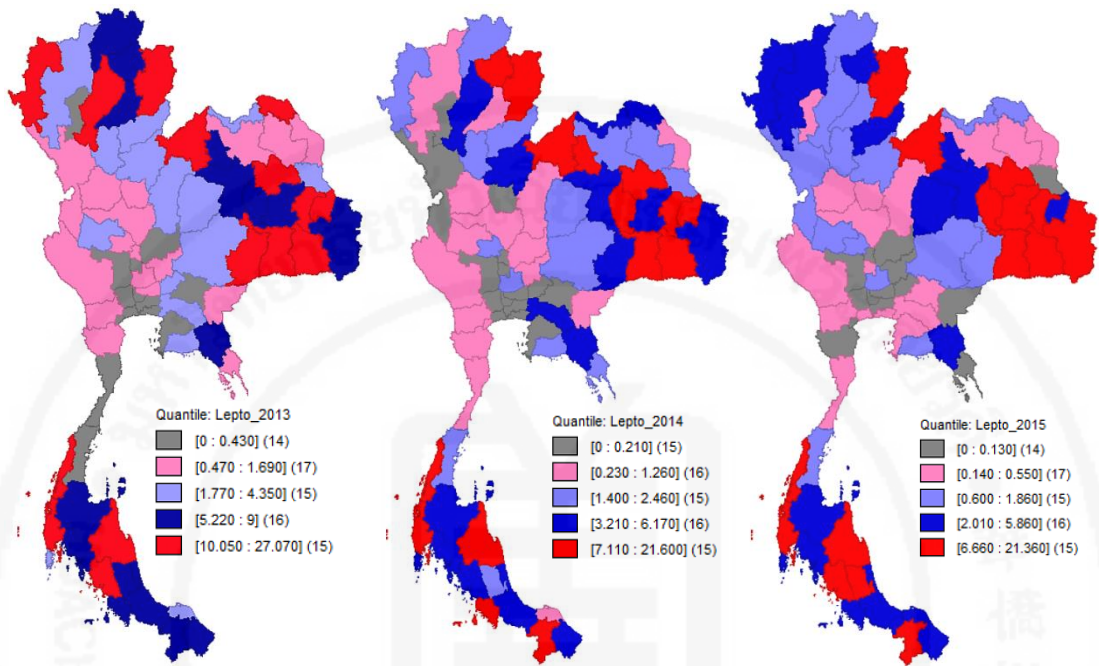
**ตารางที่ 4.1** ภูมิภาค และจังหวัดที่มีอัตราป่วยสูงสุด ในปี พ. ศ. 2556 - 2558 จำแนกตามปี และ  
ภูมิภาค

ปี	ภูมิภาค	จังหวัด
2556	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เลย บึงกาฬ กาฬสินธุ์ ยโสธร อำนาจเจริญ ศรีสะเกษ สุรินทร์ และบุรีรัมย์
	ภาคเหนือ	น่าน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน
	ภาคใต้	ระนอง พังงา นครศรีธรรมราช และตรัง
2557	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เลย หนองบัวลำภู กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ยโสธร อำนาจเจริญ ศรีสะเกษ และสุรินทร์
	ภาคเหนือ	น่าน พะเยา
	ภาคใต้	ระนอง พังงา นครศรีธรรมราช สตูล และยะลา
2558	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เลย กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี ศรีสะเกษ และสุรินทร์
	ภาคเหนือ	น่าน
	ภาคใต้	ระนอง พังงา นครศรีธรรมราช ตรัง พัทลุง และยะลา

พ.ศ. 2556

พ.ศ. 2557

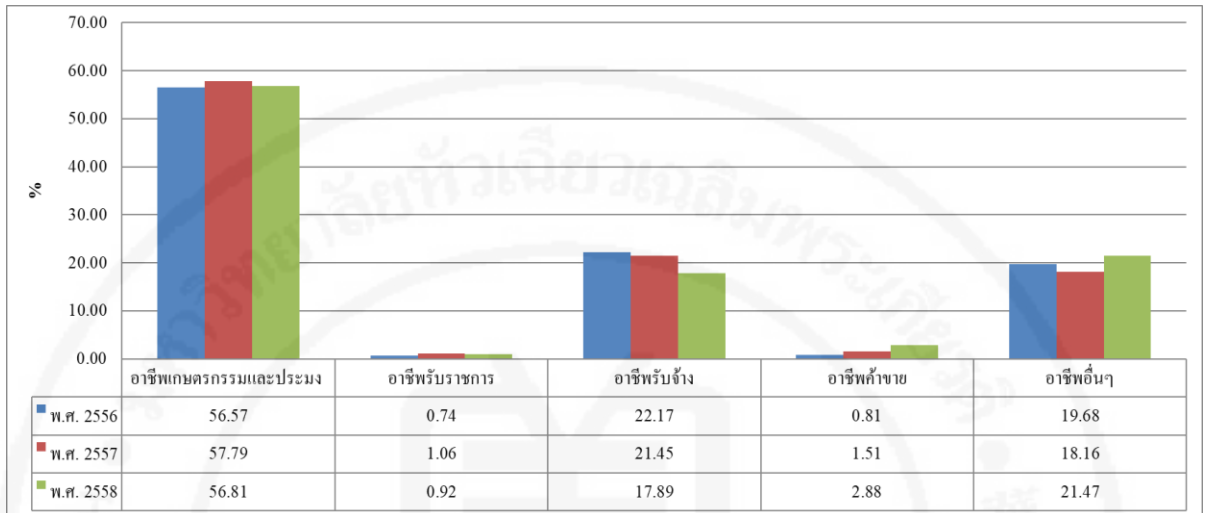
พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4.2 อัตราป่วยรายจังหวัด ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 ในประเทศไทย

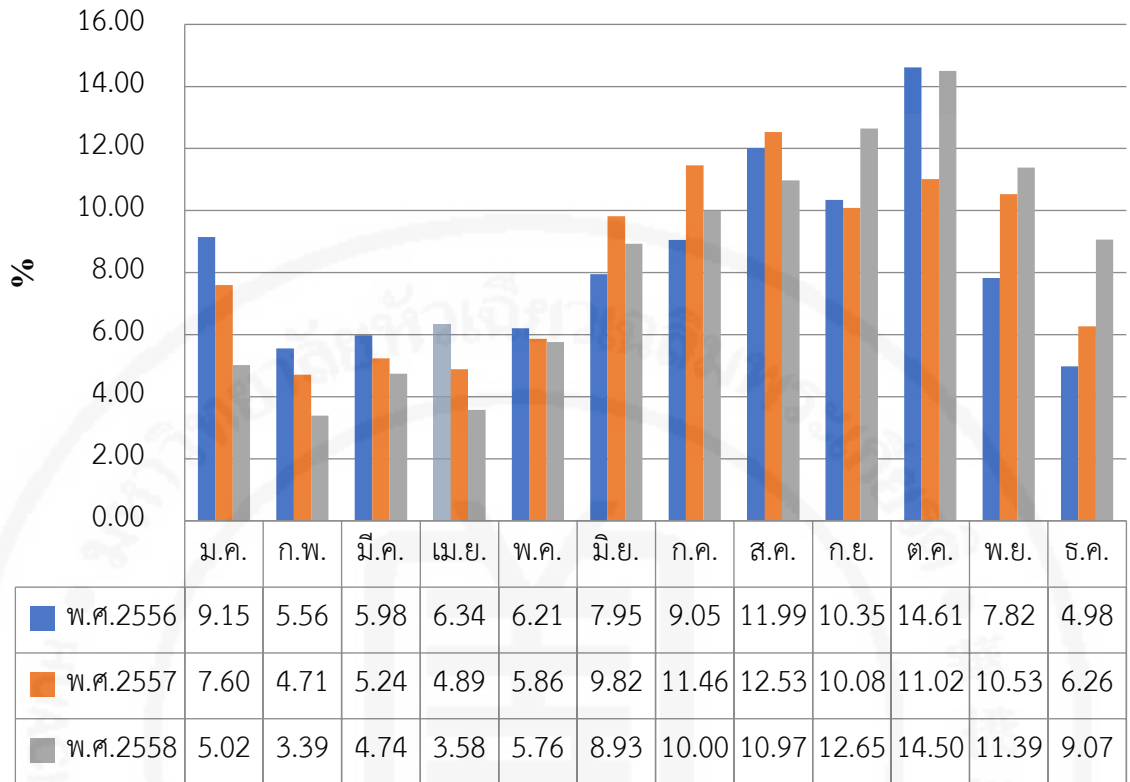


สำหรับกลุ่มอาชีพที่ป่วยด้วยโรคเลปโตสไปโรซิสสูงสุด ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 ได้แก่ อาชีพเกษตรกรและประมง (มากกว่าร้อยละ 50) รองลงมาคือ อาชีพรับจ้าง และอาชีพอื่นๆ ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ร้อยละของโรคเลปโตสไปโรซิสจำแนกตามอาชีพ ช่วงปี พ. ศ. 2556 – 2558

ทั้งนี้โรคเลปโตสไปโรซิสมีการระบาดสูงสุดในช่วงเดือนมิถุนายน – ธันวาคม ใน ปี พ. ศ. 2556 – 2558 ซึ่งเดือนตุลาคมมีอัตราป่วยสูงสุด ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 อัตราป่วยของโรคเลปโตสไปโรซิสต่อแสนประชากรจำแนกตามรายเดือนช่วงปี พ. ศ. 2556 –2558

2. การวิเคราะห์ข้อมูล Panel data โดยด้วยวิธี Random Effect Model (REM)

วิจัยครั้งนี้ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล ได้แก่ ข้อมูลน้ำฝนจากฐานข้อมูลดาวเทียม ความสูง-ต่ำของพื้นที่ และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน โดยใช้แบบจำลองการถดถอยพหุ แบบ Backward elimination ในการเลือกตัวพยากรณ์สำหรับการศึกษาระยะยาว (Longitudinal study) และเลือกใช้แบบจำลองเฉพาะในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ Random Effects Model พบว่า แบบจำลองมีค่าอำนาจการทำนายอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส (Adjusted R<sup>2</sup>) ร้อยละ 35.00 และอีกร้อยละ 65.00 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่สามารถนำมาพิจารณา และเมื่อพิจารณาจากค่า P>| t | พบว่า ตัวแปรค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (NTLs) ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) และความสูง-ต่ำของพื้นที่ (Elevation) เป็นปัจจัยทำนายการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยหากมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวเพียง 1 หน่วย จะทำให้อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยทำนายการเกิดโรคเลปโตสไปโรสิส ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558

ตัวแปรอิสระ	สัมประสิทธิ์	Robust Std. Err.	z	P> z	ช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95%		
					ขีดจำกัดล่าง-ขีดจำกัดบน		
NTLs	-0.66	0.13	-4.90	<0.001	0.39	-	0.92
Rainfall	1.35	0.14	9.95	<0.001	1.08	-	1.61
Altitude	0.28	0.05	5.43	<0.001	0.18	-	0.38
ค่าคงที่	-10.24	1.06	-9.67	<0.001	8.17	-	12.32

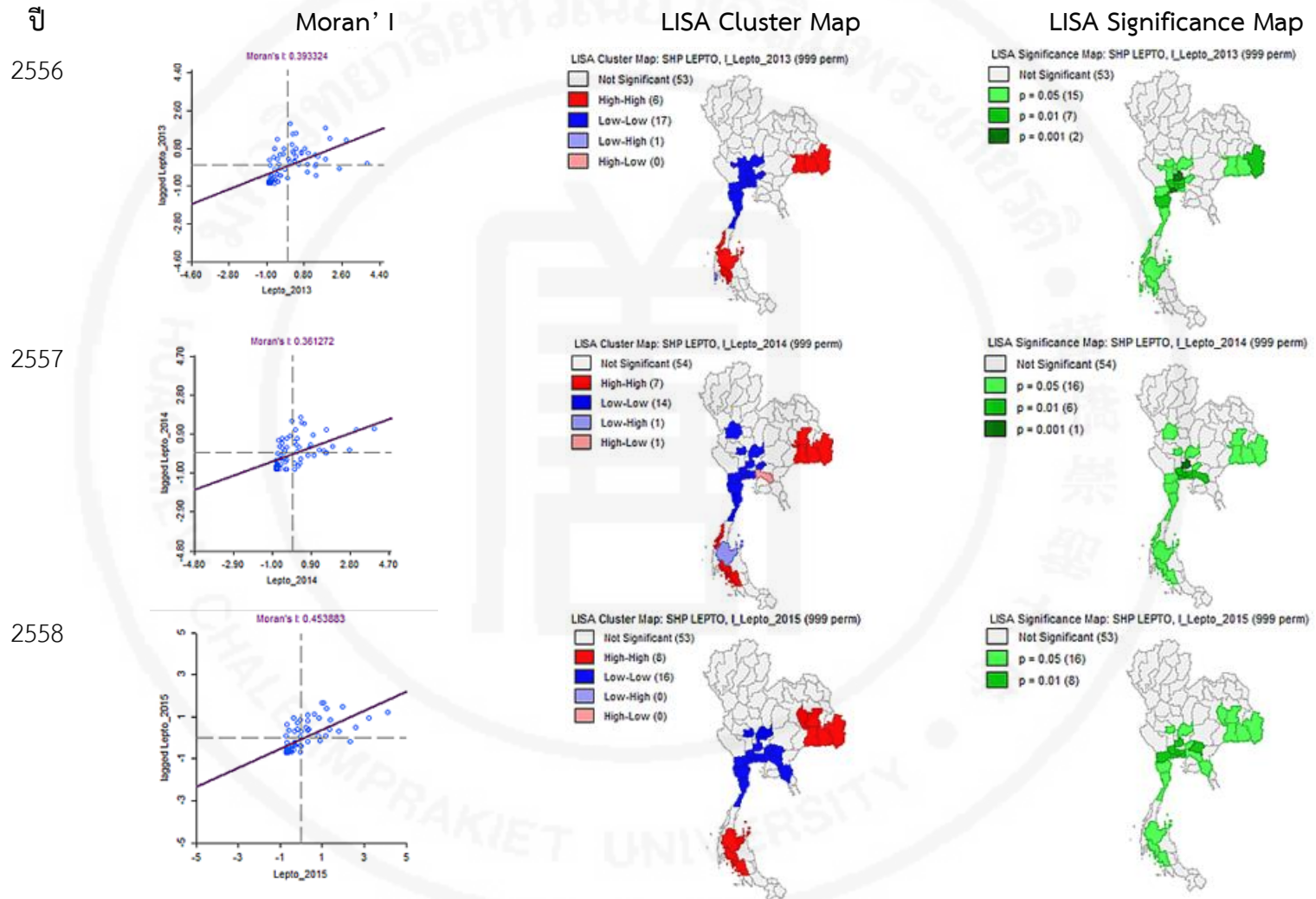
(std. err. adjusted for 3 clusters in year)

Adjusted R<sup>2</sup> = 0.352

### 3. ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยใช้สถิติเชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่

จากผลการวิเคราะห์ Univariate Moran'I Scatter ของอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 โดยใช้การวิเคราะห์ LISA แสดงให้เห็นลักษณะสหสัมพันธ์กันระหว่างอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสในจังหวัดที่ศึกษากับอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส ในจังหวัดใกล้เคียง (หรือกลุ่มจังหวัด) มีค่า Local Moran'I เท่ากับ 0.393 (p-value< 0.05) 0.361 (p-value< 0.05) และ 0.453 (p-value< 0.05) ตามลำดับ โดยมีค่าบวกแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันกับจังหวัดที่ศึกษาและจังหวัดใกล้เคียง

จังหวัดที่มีการกระจุกตัวอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสสูงหรือพื้นที่เสี่ยง (hotspot) ปี พ. ศ. 2556 โดยมีระดับสีแดง ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ รัตนบุรี และ กระบี่ ในขณะที่ ปี พ. ศ. 2557 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ รัตนบุรี ร้อยเอ็ด หนองบัวลำภู และตรัง สำหรับ ปี พ. ศ. 2558 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด มหาสารคาม สุราษฎร์ธานี กระบี่ และตรัง ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5.การกระจุกตัวอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส และ ค่า Moran' I ช่วงปี พ. ศ. 2556 – 2558

## บทที่ 5

### สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสรุป และอภิปรายผล ตามวัตถุประสงค์การวิจัยและข้อค้นพบที่สำคัญ ดังนี้

#### 1. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่กับ โรคเลปโตสไปโรซิส ในประเทศไทย และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ (LISA) ของโรคเลปโตสไปโรซิส โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยคืออัตราป่วยจากโรคโรคเลปโตสไปโรซิส จากรายงานโรคระบบเฝ้าระวัง (รายงาน 506) ของสำนักกระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2556 ถึง ปี พ.ศ. 2559 (Panel data) ทั้งหมด 77 จังหวัด ดังนี้

##### 1.1 อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส

จำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ในช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 จำนวน 7,495 ราย ทั้งนี้มีอัตราป่วย เท่ากับ 4.83, 3.47, 3.30 ต่อแสนประชากร และมีอัตราการตาย เท่ากับ 0.94, 1.07, 2.37 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ สำหรับกลุ่มอาชีพที่ป่วยด้วยโรคเลปโตสไปโรซิสสูงสุด ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 ได้แก่ อาชีพเกษตรกรและประมง (มากกว่าร้อยละ 50) ในรองลงมาคือ อาชีพรับจ้าง และอาชีพอื่นๆ นอกจากนี้พบการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสในประเทศไทยช่วงเดือนมิถุนายน - ธันวาคม โดยมีอัตราป่วยสูงสุดในเดือนตุลาคม

##### 1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล Panel data โดยด้วยวิธี Random Effect Model (REM)

แบบจำลองมีค่าอำนาจการทำนายอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส (Adjusted R<sup>2</sup>) ร้อยละ 35.00 และอีกร้อยละ 65.00 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่สามารถนำมาพิจารณา และเมื่อพิจารณาจากค่า  $P > |t|$  พบว่า ตัวแปรค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน (NLTs) ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) และความสูง-ต่ำของพื้นที่ (Elevation) เป็นปัจจัยทำนายการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยหากมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวเพียง 1 หน่วย จะทำให้อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

### 1.3 ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยใช้สถิติเชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่

ผลการวิเคราะห์ Univariate Moran's I Scatter ของอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส ช่วงปี พ. ศ. 2556 - 2558 โดยใช้การวิเคราะห์ LISA แสดงให้เห็นลักษณะสหสัมพันธ์กันระหว่างอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสในจังหวัดที่ศึกษากับอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส ในจังหวัดใกล้เคียง (หรือกลุ่มจังหวัด) มีค่า Local Moran's I เท่ากับ 0.393 ( $p\text{-value} < 0.05$ ) 0.361 ( $p\text{-value} < 0.05$ ) และ 0.453 ( $p\text{-value} < 0.05$ ) ตามลำดับ โดยมีค่าบวกแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันกับจังหวัดที่ศึกษาและจังหวัดใกล้เคียง

ส่วนจังหวัดที่มีการกระจุกตัวอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสที่สูงหรือพื้นที่เสี่ยง (hotspot) ในปี พ. ศ. 2556 โดยมีระดับสีแดง ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ หนอง สุราษฎร์ธานี และกระบี่ ส่วนปี พ. ศ. 2557 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด หนอง กระบี่ และตรัง และปี พ. ศ. 2558 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด มหาสารคาม สุราษฎร์ธานี กระบี่ และตรัง

## 2. อภิปรายผลการวิจัย

### 2.1 อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส

จากผลการศึกษาพบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ มีอัตราป่วยมากที่สุด อาจเนื่องจากลักษณะสภาพภูมิอากาศและระบบนิเวศวิทยา<sup>73-77</sup> รวมถึงลักษณะอาชีพของคนในพื้นที่ โดยเฉพาะอาชีพเกษตรกรรม ประมง<sup>74,78-79</sup> ซึ่งเป็นอาชีพที่มีโอกาสเสี่ยงสัมผัสกับเชื้อเลปโตสไปรา มากกว่ากลุ่มอาชีพอื่น<sup>80,75</sup> นอกจากนี้ความหนาแน่นของรังโรคหรือหนูทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีโอกาสเสี่ยงต่อการติดเชื้อ<sup>2</sup> จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้มีอัตราป่วยสูงสุดในประเทศไทย<sup>77</sup> โดยเฉพาะเขตชนบทซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทางการเกษตร<sup>2</sup> การระบาดของโรคมีความสัมพันธ์กับฤดูกาลการเพาะปลูก โดยเฉพาะฤดูกาลเพาะปลูกข้าวในประเทศไทยจะอยู่ระหว่างพฤษภาคม - มกราคม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือวัฏจักรโรคเลปโตสไปโรสิสที่พบในการศึกษาคั้งนี้สอดคล้องกับฤดูกาลเพาะปลูกข้าว ซึ่งช่วงดังกล่าวมีความชื้นสะสมในดินสูง ลักษณะกิจกรรมหลักของการเพาะปลูกข้าว เกษตรกรมักจะสัมผัสโคลน แหล่งน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อเลปโตสไปรา ส่งผลให้อัตราป่วยเพิ่มสูงขึ้น<sup>7,9,77</sup>

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และระดับความสูง-ต่ำของพื้นที่กับโรคเลปโตสไปโรสิส ในประเทศไทย

จากแบบจำลองการถดถอยพหุสำหรับการศึกษาระยะยาวด้วยแบบจำลองเฉพาะในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ Random Effects Model พบว่า ดัชนีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และความสูง-ต่ำของพื้นที่ มีความสัมพันธ์กับอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ซึ่งค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน มีความสัมพันธ์ทางลบกับอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ลดลง 1 หน่วย มีผลทำให้อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสเพิ่มขึ้น 0.66 เท่า (95%CI: 0.39 – 0.92, p-value <0.001) อาจเนื่องจากในพื้นที่ที่มีระดับความเข้มแสงสูงสะท้อนถึงกิจกรรมทางสังคมและเศรษฐกิจ การกระจายตัวของเขตเมือง และพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอุตสาหกรรมสูงในแต่ละจังหวัด เหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุทำให้อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสลดลง แตกต่างกันตามดัชนีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนแต่ละจังหวัด ในขณะที่พื้นที่ชนบทมีอัตราป่วยสูงกว่าพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นเมือง<sup>79</sup> ดังนั้นค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาทางด้านสาธารณสุขได้<sup>22</sup> หรือยังสามารถเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการระบุพื้นที่เสี่ยงการเกิดโรค (hotspot) และสามารถเป็นทางเลือกหรือทดแทนเครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบันสำหรับการเฝ้าระวังการระบาดของโรค ดังผลการศึกษาของ วงศา เล้าหศิริวงษ์ และคณะ<sup>25</sup> ได้ประยุกต์ใช้ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืนในการหารูปแบบการกระจายตัวโรกระบบทางเดินหายใจเรื้อรังในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยระดับความสว่างของแสงไฟเวลากลางคืนสูง (บริเวณที่มีแสงสว่างหนาแน่น) ส่งผลให้อัตราป่วยโรกระบบทางเดินหายใจเรื้อรังเพิ่มสูงขึ้น

ปริมาณน้ำฝน มีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี เพิ่มขึ้น 1 หน่วย มีผลทำให้อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสเพิ่มขึ้น 1.35 เท่า (95%CI: 1.08 – 1.61, p-value <0.001) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับอุบัติการณ์ของโรคเลปโตสไปโรซิส<sup>5,81-82</sup> สืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจากการที่โลกร้อนขึ้น มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนและทำให้เกิดน้ำท่วมที่รุนแรงและนานขึ้น มีผลต่อเชื้อเลปโตสไปรา กล่าวคือ ทำให้เชื้อมีโอกาสอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมได้นานขึ้นร่วมกับน้ำท่วมทำให้โอกาสที่คนจะสัมผัสเชื้อก่อโรคที่เปื้อนในสิ่งแวดล้อม หรือมีโอกาสสัมผัสสัตว์ที่เป็นรังโรค<sup>2</sup> พื้นที่ที่มีการระบาดส่วนใหญ่จะมีสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนร่วมกับน้ำท่วมซึ่งทำให้เชื้อเลปโตสไปราสามารถแพร่กระจายเชิงพื้นที่ไปยังพื้นที่อื่น<sup>3,83</sup> โดยเฉพาะในประเทศเขตร้อน<sup>84</sup>

ภูมิภาคที่เป็นพื้นที่ราบสูง มีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพื้นที่มีระดับความสูงเฉลี่ย เพิ่มขึ้น 1 หน่วย มีผลทำให้อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสเพิ่มขึ้น 0.28 เท่า (95%CI: 0.18 – 0.38, p-value <0.001) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การระบาดของโรคเลปโตสไปโรสิสส่วนใหญ่พบในภูมิภาคที่เป็นพื้นที่ราบสูง<sup>6</sup> อาจเนื่องมาจากหน่วยบริการสาธารณสุขตั้งอยู่ในภูมิภาคที่เป็นพื้นที่ราบ ทำให้ผู้ที่อาศัยในภูมิภาคที่เป็นพื้นที่ราบสูงไม่สามารถเข้าถึงบริการสุขภาพได้ นอกจากนี้ผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสอาจเดินทางไปยังภูมิภาคที่เป็นพื้นที่ราบสูง เพื่อทำกิจกรรมทางการเกษตร อาจส่งผลให้โรคเลปโตสไปโรสิสมีโอกาสระบาดในพื้นที่ดังกล่าว ประกอบกับหน่วยบริการสาธารณสุขอาจมีเครื่องมือในการตรวจวินิจฉัยโรคทางห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอรวมทั้งบุคลากรทางการแพทย์

### 2.3 ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบเฉพาะพื้นที่ (LISA) ของโรคเลปโตสไปโรสิส

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ โดยพิจารณาค่าความสัมพันธ์แอนซาลินโลคัลของมอแรน (Moran's I) มีแนวคิดที่ ภูมิศาสตร์ที่ทุกสิ่งทุกอย่างเกี่ยวข้องกับสิ่งอย่างอื่น สิ่งที่อยู่ใกล้กันย่อมเกี่ยวข้องกันมากกว่าสิ่งที่อยู่ไกลออกไป<sup>26</sup> ดังนั้นในแต่ละจังหวัดข้อมูลสถิติต่างๆ จึงสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์กัน โดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนักเมตริกส์ (Weight Matrix) เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ (Spatial correlation) ใช้พื้นที่ใกล้เคียงโดยใช้ออบเซตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันเป็นเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่ใกล้เคียง เนื่องจากอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส จะมีความสัมพันธ์กันน้อยลงเมื่ออยู่ห่างกันออกไป

สำหรับการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระบุพื้นที่เสี่ยง (Hotspot) โดยพิจารณาจากอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส เปรียบเทียบอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสของจังหวัดนั้นกับจังหวัดใกล้เคียงที่กำหนดโดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนักเมตริกส์ และเปรียบเทียบกับอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสโดยรวมของทุกจังหวัด ซึ่งค่าความสัมพันธ์แอนซาลินโลคัลของมอแรน (Anselin Local Moran's I) ในการศึกษาครั้งนี้บ่งชี้อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสมีค่าเป็นกลุ่มเดียวกัน (Cluster) รวมทั้งบ่งชี้อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสที่อยู่นอกกลุ่ม (Outlier) ในแต่ละพื้นที่ย่อยของพื้นที่รวมทั้งหมด ซึ่งค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของจังหวัดใดที่มีอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือจังหวัดที่มีอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสสูงในกลุ่มจังหวัดใกล้เคียงที่มีอัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสสูง (High-High; HH) เรียกว่าพื้นที่เสี่ยง (Hotspot) ในปี พ. ศ. 2556 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ รัตนบุรี และกระบุรี ทั้งนี้ ปี พ. ศ. 2557 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด รัตนบุรี และตรัง และปี พ. ศ. 2558 ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ ร้อยเอ็ด มหาสารคาม สุราษฎร์ธานี กระบุรี และตรัง ในขณะที่จังหวัดใกล้เคียงที่มีขอบเขตของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกันกับจังหวัดดังกล่าวจะมี



อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสสูงเช่นเดียวกัน เนื่องจากสถานการณ์สุขภาพในแต่ละจังหวัดย่อมมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพและสังคม และมักจะมีความคล้ายคลึงกับจังหวัดที่ข้างเคียงเนื่องจากการมีลักษณะร่วมด้านประชากร วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม หรืออาจกล่าวได้ว่ามีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ต่อกัน (Spatial autocorrelation) จึงส่งผลให้สถานการณ์สุขภาพในแต่ละพื้นที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ทั้งนี้ค่าของแอนซีลินโลคัลของมอแรน มีค่า 0.393 , 0.361 , 0.453 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่ามีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ค่อนข้างสูงในทิศทางเดียวกัน<sup>50</sup>

การศึกษาครั้งนี้มีจุดเด่นคือ ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางสถิติที่คำนึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial correlation) โดยยึดหลักที่ว่าการระบาดของโรคในพื้นที่หนึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ใกล้เคียงซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จากรายงานผลวิจัยส่วนใหญ่มักตัดความแตกต่างของแต่ละพื้นที่ออกไปจากแบบจำลอง เช่น ในแบบจำลอง Fixed Effect มักควบคุมความแตกต่างทางภูมิศาสตร์ให้ไปอยู่ในตัวแปรที่ควบคุมลักษณะเฉพาะของหน่วยวิเคราะห์ที่สังเกตไม่ได้ (Unobserved Heterogeneity) ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลเชิงภูมิศาสตร์ได้ โดยเฉพาะในประเทศที่มีความหลากหลายทางภูมิศาสตร์ ฤดูกาล และสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งแต่ละภูมิภาคก็มีลักษณะทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ความแตกต่างเหล่านี้อาจมีอิทธิพลต่ออัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ยังพบว่างานวิจัยส่วนมากศึกษาเพียงช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งอาจทำให้ไม่เห็นแนวโน้มการระบาดของโรค ซึ่งหากใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ด้วยวิธีที่แบบเฉพาะพื้นที่ (LISA) ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูล Panel data โดยด้วยวิธี Random Effect Model (REM) และใช้ข้อมูลสำรวจระยะไกล (Remote sensing data) ที่ครอบคลุมทุกพื้นที่ของประเทศไทยจากดาวเทียมมาช่วยทำนายการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส จะนำไปสู่ผลการวิเคราะห์ที่มีความน่าเชื่อถือและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่ถูกต้องได้ แต่การศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดคือไม่ได้คำนึงผลกระทบจาก ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature) เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลให้การทำนายการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสมีความแม่นยำสูงขึ้น

### 3. ข้อเสนอแนะ

#### 3.1 ข้อเสนอแนะในเชิงนโยบาย

ส่งเสริมให้มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมหรือข้อมูลสำรวจระยะไกลเป็นเครื่องมือในการพัฒนาประเทศทุกมิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านสาธารณสุขที่มีข้อจำกัดในด้านทรัพยากรสาธารณสุข เพื่อเป็นเครื่องมือหรือวิธีการใหม่ๆ มาใช้วิเคราะห์ข้อมูลในทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับโรคเลปโตสไปโรซิส

**3.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปปฏิบัติงาน** จากผลการวิจัย พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของระดับความสว่างของแสงไฟในเวลากลางคืน ปริมาณน้ำฝน และความสูง-ต่ำของพื้นที่ สามารถสะท้อนให้เห็นถึงความชุกของการเกิดโรคและภัยสุขภาพได้ครอบคลุมในหลายมิติ ผนวกกับการใช้ระบบภูมิศาสตร์สนเทศในการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพื้นที่เพื่อแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ในพื้นที่เสี่ยงและหรือพื้นที่รอบๆ สามารถนำมาใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยง หรือปัจจัยทางกายภาพที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดผลลัพธ์ที่สนใจศึกษาในระดับพื้นที่ ใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจสำหรับการกำหนดนโยบายและแนวทางการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันโรคเลปโตสไปโรซิส ในระดับพื้นที่ตลอดจนประเทศ เพื่อลดอุบัติการณ์การป่วยหรือการเสียชีวิตจากโรคที่สามารถป้องกันได้ ลดภาระค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาทั้งในระดับบุคคล ครอบครัว และระดับประเทศ

**3.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป** ควรศึกษาข้อมูลสำรวจระยะไกล ที่อยู่นอกเหนือจากการศึกษาครั้งนี้ ให้ครอบคลุมปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อโรคเลปโตสไปโรซิส เนื่องจากผลการระบุว่า ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษานี้มีอำนาจการทำนาย ร้อยละ 35.00 และอีกร้อยละ 65.00 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ ไม่สามารถนำมาศึกษาในครั้งนี้ เช่น ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) คือ ค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว โดยการคำนวณจากการนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนซึ่งกันและกัน วิธีที่นิยมใช้งานกันมาก เรียกว่า Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนของพื้นผิวระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดกับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติ และอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature) จากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT สามารถแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวดินที่อยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ และแหล่งน้ำ จะมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวดินค่อนข้างต่ำ อาจเป็นปัจจัยส่งผลต่อการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิส

## เอกสารอ้างอิง

- 1 Hinjoy S. Epidemiology of leptospirosis from Thai national disease surveillance system, 2003-2012. *OSIR Journal*. 2016;7(2):1-5.
- 2 Tangkanakul W. Containment of Leptospirosis. *J. HEALTH Sci*. 2017; 22(3): 526-537.
- 3 Lau CL, Smythe LD, Craig SB, Weinstein P. Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: fuelling the fire. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2010;104(10): 631-38.
- 4 Thammapalo S, Chongsuvivatwong 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.
- 5 Chadsuthi S, Modchang C, Lenbury Y, Iamsirithaworn S, Triampo W. Modeling seasonal leptospirosis transmission and its association with rainfall and temperature in Thailand using time-series and ARIMAX analyses. *Asian Pac J Trop Dis*. 2012;5(7): 539-46.
- 6 Gracie R, Barcellos C, Magalhães M, Souza-Santos R, Barrocas PRG. Geographical scale effects on the analysis of leptospirosis determinants. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(10):10366-10383.
- 7 Lau CL, Clements ACA, Skelly C, Dobson AJ, Smythe LD, Weinstein P. Leptospirosis in American Samoa Estimating and Mapping Risk Using Environmental Data. *PLoS Negl Trop Dis*. 2012;6(5): e1669.
- 8 Costa F, Hagan JE, Calcagno Kane JM, Torgerson Martinez-Silveira PMS, Stein C, Abela-Ridder B, et al. Global morbidity and mortality of leptospirosis: a systematic review. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015;9(9): e0003898.
- 9 Victoriano AF, Smythe LD, Gloriani-Barzaga N, Cavinta LL, Kasai T, Limpakarnjanarat K, et al. Leptospirosis in the Asia Pacific region. *BMC Infect Dis*. 2009;9:147.
- 10 Nordhau W, Chen X. A sharper image? Estimates of the precision of nighttime lights as a proxy for economic statistics. *J Econ Geogr*. 2012;15(1): 217-46.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 11 Keola S, Andersson M, Hall O. Monitoring economic development from space: using nighttime light and land cover data to measure economic growth. *World Dev.* 2015;66: 322-34.
- 12 Xu H, Yang H, Li X, Jin H, Li D. Multi-scale measurement of regional inequality in Mainland China during 2005–2010 using DMSP/OLS night light imagery and population density grid data. *Sustainability.* 2015;7(10):13469-99.
- 13 Gao B, Huang Q, He C, Ma Q. Dynamics of urbanization levels in China from 1992 to 2012: Perspective from DMSP/OLS nighttime light data. *Remote Sens.* 2015;7(2): 1721-1735.
- 14 Huang Q, He C, Gao B, Yang Y, Liu Z, Zhao Y, et al. Detecting the 20 year city-size dynamics in China with a rank clock approach and DMSP/OLS nighttime data. *Landscape and Urban Planning.* 2015;137: 138-148.
- 15 Li Q, Lu L, Weng Q, Xie Y, Guo H. Monitoring urban dynamics in the southeast USA using time-series DMSP/OLS nightlight imagery. *Remote Sens.* 2016;8(7): 578.
- 16 Waller LA, Gotway CA. *Applied spatial statistics for public health data.* New York: John Wiley & Sons; 2004.
- 17 Kulldorff M. Tests of Spatial Randomness Adjusted for an Inhomogeneity. *J Am Stat Assoc.* 2006;101(475): 1289-1305.
- 18 ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์. มองโครงสร้างเศรษฐกิจบนมิติภูมิสารสนเทศ: ลักษณะเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจไทยจากการศึกษาข้อมูลภาพ ดาวเทียม DMSP/OLS ในช่วงปี พ.ศ. 2535-2555. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการคุณเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี 2560 ครั้งที่ 39, กรุงเทพฯ, ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย; 2560.
- 19 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)**

- 20 Bagan H, Yamagata Y. Analysis of urban growth and estimating population density using satellite images of nighttime lights and land-use and population data. *Gisci Remote Sens.* 2015;52(6): 765-780.
- 21 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.
- 22 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.
- 23 Henderson JV, Storeygard A, Weil DN. Measuring economic growth from outer space. *The American Economic Review.* 2012;102(2): 994-1028.
- 24 Li D, Zhao X, Li X. Remote sensing of human beings—a perspective from nighttime light. *Geo-spatial Information Science.* 2016;19(1): 69-79.
- 25 Laohasiriwong, W, Puttanapong N, Luenam A. A comparison of spatial heterogeneity with local cluster detection methods for chronic respiratory diseases in Thailand. *F1000Res.* 2017;9(6):1819.
- 26 Fabrikant SI, Ruocco M, Middleton R, Montello DR, Jörgensen C. The first law of cognitive geography: Distance and similarity in semantic space. *Proceedings of GIScience.* 2002: 31-33.
- 27 Jia ZW. Spatial analysis of tuberculosis cases in migrants and permanent residents, Beijing, 2000–2006. *Emerg. Infect. Dis.* 2008;14(9):1413.
- 28 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.
- 29 Chaikaew N, Tripathi NK, Souris M. Exploring spatial patterns and hotspots of diarrhea in Chiang Mai, Thailand. *Int J Health Geoger.* 2009;8(1):36.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 30 Laohasiriwong W, Puttanapong N, Singasalasang A. Prevalence of hypertension in Thailand: Hotspot clustering detected by spatial analysis. *Geospat. Health.* 2018;13(1): 608.
- 31 Bandara KKM, Weerasekera CP, Gunasekara N, Ranasinghe C, Marasinghe N. Fernando. Molecular characterisation and disease severity of leptospirosis in Sri Lanka. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2015;110(4): 485-91.
- 32 Rood EJJ, Goris MGA, Pijnacker R, Bakker MI, Hartskeerl RA. Environmental risk of leptospirosis infections in the Netherlands: spatial modelling of environmental risk factors of leptospirosis in the Netherlands. *PLoS ONE.* 2017;12(10): e0186987.
- 33 Anselin L. Local indicators of spatial association—LISA. *Geogr Anal.* 1995;27(2): 93-115.
- 34 Trevejo RT, Rigau-Pérez JG, Ashford DA, McClure EM, Jarquín-González C, Amador JJ, et al. Epidemic leptospirosis associated with pulmonary hemorrhage—Nicaragua, 1995. *J Infect Dis.* 1998;178(5):1457-63.
- 35 Bharti AR, Nally JE, Ricaldi JN, Matthias MA, Diaz MM, Lovett MA, et al. Leptospirosis: a zoonotic disease of global importance. *The Lancet infectious diseases.* 2003; 3(12):757-71.
- 36 Ricaldi JN, Vinetz JM. Leptospirosis in the Tropics and in Travelers. *Curr Infect Dis Rep.* 2006;8(1): 51-58.
- 37 Faine S, Adler B, Bolin C, Perolat P. *Leptospira* and leptospirosis. *Open Journal of Epidemiology.* 1999;5(1): 22-31.
- 38 กระทรวงสาธารณสุข. สรุปรายงานการเฝ้าระวังประจำปี 2543-2549. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2549.
- 39 Kositanont U, Naigowit P, Imvithaya A, Singchai C, Puthavathana P. Prevalence of antibodies to *Leptospira* serovars in rodents and shrews trapped in low and high endemic areas in Thailand. *J Med Assoc Thai.* 2003;86(2):136-142.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 40 Suputtamongkol Y, Niwattayakul K, Suttinont C, Losuwanaluk K, Limpailboon R, Chierakul W, et al. An open, randomized, controlled trial of penicillin, doxycycline, and cefotaxime for patients with severe leptospirosis. *Clin Infect Dis.* 2004;39(10):1417-24.
- 41 กระทรวงสาธารณสุข. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ประจำปี 2559. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2559.
- 42 ชีรวัดน์ รามอินทรา. ฝนอกแบบเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ในลุ่มน้ำยม. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2558.
- 43 Hutchinson, M., & Gallant, J. Digital elevation models. *Terrain Analysis: Principles and Applications*; John Wiley & Sons: New York, NY, USA; 2000. 29-50.
- 44 Burrough PA. Principles of geographical information systems for land resources assessment. *Geocarto Int.* 1986;1(3),54-54.
- 45 Goodchild, M. F., Parks, B. O., & Steyaert, L. T. *Environmental modeling with GIS.* New York Oxford: Oxford University Press; 1993. 422-431.
- 46 Estes, J., & Star, J. *Geographic information systems.* University of Michigan: Prentice Hall; 1990. 1-303.
- 47 จารุณี เสียงสนั่น. การวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพื้นที่เทรนดใหม่ในวงการระบาดวิทยาทาง การแพทย์และสัตวแพทย์. นครปฐม: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2552.
- 48 Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference, ACM*; 1968. 517-524
- 49 Getis A. Reflections on spatial autocorrelation. *Reg Sci Urban Econ.* 2007;37(4): 491-96.
- 50 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.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 51 Dale, M. R., & Fortin, M.-J. Spatial analysis: a guide for ecologists. Second Edition. Cambridge University Press; 2014. 1-437.
- 52 มจรุส ทิพยมงคลกุล. ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ ในงานสาธารณสุข. วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 2555;42(3): 44-54.
- 53 Ostfeld RS, Glass GE, Keesing F. Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. Trends Ecol Evol. 2005;20(6):328-336.
- 54 Briggs, D . Spatial epidemiology: methods and applications. Oxford: University Press; 2000. 335-359.
- 55 Ricketts TC. Geographic information systems and public health. Annu Rev Public Health. 2003;24(1):1-6.
- 56 Elliott P, Wartenberg D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. Environ Health Perspec. 2004:998-1006.
- 57 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.
- 58 Ali M, Goovaerts P, Nazia N, Haq MZ, Yunus M, Emch M (2006). 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.
- 59 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.
- 60 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. IJTLD. 2010;4(11):1395.
- 61 ธนิตย์ อินทร์ตัน. การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศ เพื่อการประเมินคุณภาพอากาศ: กรณีศึกษา จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 2547;16(1): 32-40.



### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 62 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.
- 63 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.
- 64 Moore DA, Carpenter TE. Spatial analytical methods and geographic information systems: use in health research and epidemiology. *Epidemiolo rev.* 1999;21(2): 143-161.
- 65 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. *International journal of health geographics.* 2006;5(1):5.
- 66 Weil DN. Endemic Diseases and African Economic Growth: Challenges and Policy Responses. *J Afr Econ.* 2010;19(3): 10.1093/jae/ejq1018.
- 67 Haake DA, Levett PN. Leptospirosis in Humans. *Curr Top Microbiol.* 2015;387: 65-97.
- 68 Palihawadana P, Amarasekera J, Ginige S, Gamage D, Jayasekera S, Dayananda M. The climatic factors associated with incidence of Leptospirosis in Sri Lanka. *JCCPSL.* 2014;19(2):29-34.
- 69 Anselin L, Syabri I, Kho Y. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. *Geogr Anal.* 2006;38(1):5-22.
- 70 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.
- 71 Anselin, L. Review of cluster analysis software. *Illinois: The North American Association of Central Cancer Registries; 2004.* 1-25.

**เอกสารอ้างอิง (ต่อ)**

- 72 Anselin, L. An introduction to EDA with GeoDa. spatial analysis laboratory (SAL). Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL; 2003. 1-126.
- 73 Levett PN. Leptospirosis. Clin Microbiol Rev. 2001;14(2): 296-326.
- 74 Panaphut T, Domrongkitchaiporn S, Thinkamrop B. Prognostic factors of death in leptospirosis: a prospective cohort study in Khon Kaen, Thailand. IJID. 2002;6(1):52-59.
- 75 Tangkanakul W, Smits H, Jatanasen S, Ashford D. Leptospirosis: an emerging health problem in Thailand. SE Asian Trop Med. 2005;36(2): 281-288.
- 76 Parker J, Walker M. Survival of a pathogenic *Leptospira* serovar in response to combined in vitro pH and temperature stresses. Vet Micro. 2011;152(1-2): 146-150.
- 77 Suwanpakdee S, Kaewkungwal J, White LJ, Asensio N, Ratanakorn P, Singhasivanon P. et al. Spatio-temporal patterns of leptospirosis in Thailand: is flooding a risk factor. Epidemiolo Infect. 2015;143(10): 2106-2115.
- 78 Watt G, Jongsakul K, Suttinont C. Possible scrub typhus coinfections in Thai agricultural workers hospitalized with leptospirosis. Am J Trop Med Hyg. 2003;68(1):89-91.
- 79 Wiwanitkit V, Wiwanitkit V. A note from a survey of some knowledge aspects of leptospirosis among a sample of rural villagers in the highly endemic area, Thailand. Rural remote health. 2006;6(1):526.
- 80 Heisey GB, Nimmanitya S, Karnchanachetanee C, Tingpalapong M, Samransamruajkit S, Hansukjariya P, et al. Epidemiology and characterization of leptospirosis at an urban and provincial site in Thailand. SE Asian Trop Med. 1988; 19(2):317-322.
- 81 Triampo W, Baowan D, Tang I, Nuttavut N, Wong-Ekkabut J, Doungchawee G. A simple deterministic model for the spread of leptospirosis in Thailand. J.Biomed Sci. 2007; 2: 22-26.

**เอกสารอ้างอิง (ต่อ)**

- 82 Ledien J, Sorn S, Hem S, Huy R, Buchy P, Tarantola A, et al. Assessing the performance of remotely-sensed flooding indicators and their potential contribution to early warning for leptospirosis in Cambodia. PLoS ONE. 2017;12(7): e0181044.
- 83 Faine, S. Leptospira and leptospirosis. CRC: Press Inc; 1994. 35-54.
- 84 Skouloudis AN, Rickerby DG. In-situ and remote sensing networks for environmental monitoring and global assessment of leptospirosis outbreaks. Procedia Eng. 2015;107: 194-204.

## ภาคผนวก

### ภาคผนวก ก ประวัติย่อผู้วิจัย

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