

นิพนธ์ต้นฉบับ

วิเคราะห์เชิงพื้นที่ต่อการเกิดโรคเลปโตสไปโรสิส ด้วยการประมาณค่าแบบถ่วงน้ำหนักระยะผกผัน

จารุวรรณ วงบุตดี^(1,2), วิษรพงษ์ แสงนิล^{(1)*}, จุฑารัตน์ จิตติมณี^(1,3)

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 22 กุมภาพันธ์ 2566

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 11 เมษายน 2566

บทคัดย่อ

โรคเลปโตสไปโรสิสเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุข และมีการระบาดอย่างต่อเนื่อง การติดตาม และการเฝ้าระวังควรใช้ข้อมูลสุขภาพเชิงพื้นที่ เพื่อจำแนกรูปแบบการกระจายและคาดการณ์พื้นที่เสี่ยง ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่และจุดร้อนแรงของโรคเลปโตสไปโรสิส และ 2) เพื่อทำนายพื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรสิส โดยข้อมูลผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสใน 3 อำเภอของจังหวัดศรีสะเกษถูกรวบรวมระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 และเชื่อมโยงข้อมูลกับตำแหน่งหมู่บ้าน จากนั้นวิเคราะห์รูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ด้วย Univariate Moran's I และจุดร้อนแรงด้วย Local Getis-Ord G_i^* จากนั้นวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงจากการประมาณค่าแบบถ่วงน้ำหนักระยะผกผัน (IDW) ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรสิสเป็นแบบกลุ่ม (Cluster) มีค่าความสัมพันธ์ (Moran's I) เท่ากับ 0.079 ผลการวิเคราะห์จุดร้อนแรงพบว่า มีจำนวน 49 หมู่บ้าน สำหรับพื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรสิสพบว่า ค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 6.974 และค่าต่ำสุดมีค่าน้อยกว่า 0.001 (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.432 และ S.D. เท่ากับ 0.502) จากนั้นพื้นที่เสี่ยงถูกแบ่งช่วงข้อมูลออกเป็น 4 ระดับ คือ เสี่ยงสูงมาก เสี่ยงสูง เสี่ยงปานกลาง และเสี่ยงต่ำ ดังนั้นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถวิเคราะห์รูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่และการทำนายพื้นที่เสี่ยง ซึ่งจะเป็นสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ในการใช้ประกอบการติดตาม และการเฝ้าระวังโรคเลปโตสไปโรสิสต่อไป

คำสำคัญ: โรคเลปโตสไปโรสิส, การเฝ้าระวัง, สถิติสหสัมพันธ์, สถิติเชิงพื้นที่, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

* ผู้รับผิดชอบบทความ

- (1) กลุ่มวิจัยสุขภาพเชิงพื้นที่ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- (2) สาขาชีววิทยา วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- (3) สาขาชีวเคมี วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Original Article

Spatial analysis of leptospirosis using Inverse distance weighting interpolation

Jaruwan Wongbutdee^(1,2), Wacharapong Saengnil^{(1)*}, Jutharat Jittimane^(1,3)

Received Date: February 22, 2023

Accepted Date: April 11, 2023

Abstract

Leptospirosis is a significant public health concern and is responsible for recurrent outbreaks. Effective monitoring and surveillance should incorporate geospatial health data to identify the spatial distribution pattern and predict the risk areas. The objectives of this study were 1) to analyze the spatial distribution pattern and hotspots of leptospirosis, and 2) to predict the spatial risk of leptospirosis. Leptospirosis cases data of three districts of Sisaket Province was collected between 2017-2021 and georeferenced with village locations. The spatial distribution pattern was determined using Univariate Moran's I, and hotspots were identified using Local Getis-Ord G_i^* . Spatial risk was interpolated using Inverse Distance Weighting (IDW). The results showed that leptospirosis had a clustered spatial distribution pattern with a Moran's I correlation of 0.079. There were 49 villages identified as hotspots for leptospirosis. The spatial risk analysis showed that the highest risk was 6.974, the lowest was less than 0.001 (mean 1.432, S.D. 0.502), and classified into four levels: very high, high, moderate, and low. Therefore, geographic information systems (GIS) could effectively analyze the spatial distribution pattern and predict the spatial risk of leptospirosis. This information may assist in the monitoring and surveillance of leptospirosis.

Keywords: *Leptospirosis, Surveillance, Spatial Autocorrelation, Spatial Statistics, Geographic Information System*

* Corresponding author

(1) Geospatial Health Research Group, College of
Medicine and Public Health,
Ubon Ratchathani University

(2) Physiology, College of Medicine and Public
Health, Ubon Ratchathani University

(3) Biochemistry, College of Medicine and Public
Health, Ubon Ratchathani University

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และสิ่งแวดล้อมทำให้เชื้อโรคมีการเจริญเติบโต และมีการคงอยู่ของเชื้อได้นาน ส่งผลต่อการแพร่กระจายของเชื้อและทำให้มีโอกาสติดเชื้อได้มากขึ้น เชื้อเลปโตสไปราเป็นเชื้อก่อโรคเลปโตสไปโรซิส (Leptospirosis) และเป็นโรคติดต่อจากสัตว์สู่คน เช่น วัว แมว และหนู เป็นต้น คนติดเชื้อได้จากการสัมผัสเชื้อเลปโตสไปราที่ถูกขับออกมาจากปัสสาวะของสัตว์ (Adler & de la Pena, 2010; Haake & Levett, 2015) และจากการสัมผัสสิ่งแวดล้อมที่มีเชื้อปนเปื้อน เช่น ดินที่ชื้นแฉะ โคลน พื้นที่นา และแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นต้น (Levett, 2001) โรคเลปโตสไปโรซิสเป็นโรคประจำถิ่นมีการระบาดอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี ซึ่งมีหลายปัจจัยสนับสนุนต่อการแพร่เชื้อ โดยเฉพาะปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้น (Astudillo et al., 2012; Chadsuthi et al., 2012) และการเกิดน้ำท่วมที่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสทั้งในประเทศไทย ลาว และปากีสถาน (Chadsuthi et al., 2012; Kawaguchi et al., 2008; Ijaz et al., 2018) นอกจากนี้พฤติกรรมเสี่ยง และองค์ความรู้ต่อโรคเลปโตสไปโรซิสของประชาชนยังขาดการป้องกันทำให้มีโอกาสติดเชื้อได้เช่นกัน (Wongbutdee et al., 2016; Jittimanee & Wongbutdee, 2019; Toemjai, Thongkrajai, & Nithikathkul, 2022) การติดตาม และการเฝ้าระวังโรคเลปโตสไปโรซิสต้องอาศัยข้อมูลย้อนหลังทั้งทางด้านสถานที่ และเวลาเพื่อดูลักษณะของการระบาดของโรคตามธรรมชาติ และแนวโน้มของการเกิดโรค สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค (2566) รายงานข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส จังหวัดศรีสะเกษ พบว่าปี พ.ศ. 2562 มีจำนวนผู้ป่วย 257 ราย เสียชีวิต 5 ราย ปี พ.ศ. 2563 มีจำนวนผู้ป่วย 108 ราย เสียชีวิต 3 ราย และปี พ.ศ. 2564 มีจำนวนผู้ป่วย 48 ราย ซึ่งข้อมูลผู้ป่วยยังมีการระบาดและมีจำนวนค่อนข้างสูง ทั้งนี้การรายงานข้อมูลยังขาดการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นข้อมูลที่อาศัยการอ้างอิงเชิงตำแหน่งตามพิกัดจริงบนพื้นผิวโลก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อ

การเฝ้าระวังและการป้องกันโรคเลปโตสไปโรซิส การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system) ในการศึกษารูปแบบการกระจายโรคเลปโตสไปโรซิส โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) จะทำให้ทราบรูปแบบการกระจายโรคเป็นแบบจัดกลุ่ม (Cluster) หรือแบบกระจาย (Disperse) หรือแบบสุ่ม (Random) ถ้าลักษณะของการเกิดโรคในพื้นที่มีรูปแบบกลุ่มจะทำให้พื้นที่อื่นๆ ที่ใกล้เคียงมีความเสี่ยง หรือการเฝ้าระวังและป้องกันอาจไม่เข้าถึงการดูแลสุขภาพประชาชน หรือมีปัจจัยอื่นที่เกื้อหนุนให้เกิดโรคได้ แต่ในขณะเดียวกันการเกิดโรคเป็นกลุ่มก้อนจะทำให้การติดตาม และการควบคุมโรคได้ง่าย ดังนั้นการศึกษารูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่และเวลาจึงมีส่วนสำคัญยิ่ง การศึกษาของ Luenam & Puttanapong (2019) พบว่าจังหวัดศรีสะเกษมีรูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรซิสแบบกลุ่ม และเป็นพื้นที่จุดร้อนแรงของการระบาดโรคเลปโตสไปโรซิส ประกอบกับการพบเชื้อเลปโตสไปราในหนูนา บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม จังหวัดศรีสะเกษ (Jittimanee & Wongbutdee, 2014) และพบอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อในแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำผิวดินในพื้นที่นาข้าว (Wongbutdee & Jittimanee, 2022) ส่งผลให้จังหวัดศรีสะเกษเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรซิส

ดังนั้นการทนายพื้นที่เสี่ยงมีความจำเป็นต่อการเฝ้าระวังการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส ซึ่งแน่นอนว่าการเก็บข้อมูลทั้งหมดในทุกพื้นที่ทำได้ยาก จึงต้องมีการประมาณค่าในพื้นที่อื่นจากข้อมูลที่มีอยู่ โดยใช้หลักสถิติทางภูมิศาสตร์ ทั้งนี้การประมาณค่าในพื้นที่ไม่ทราบค่าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการประมาณค่าจะใช้ค่าน้ำหนักของตำแหน่งที่มีระยะทางอยู่ใกล้กันย่อมมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่มากกว่าตำแหน่งที่ไกลออกไป ทั้งนี้พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสในตำแหน่งที่ไม่ทราบค่าจะถูกประมาณค่าจากตำแหน่งที่เกิดโรคเลปโตสไปโรซิสที่อยู่ใกล้กัน ซึ่งจะเป็นการทำนายความน่าจะเป็นที่จะมีโอกาสเกิดโรคในพื้นที่

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกความแตกต่างและความรุนแรงของการกระจายโรคเลปโตสไปโรสิสได้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการจำแนก แสดงผลตำแหน่งพื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรสิส และเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการวางแผนการติดตามและการเฝ้าระวังโรคเลปโตสไปโรสิสต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการกระจาย และจุดร้อนแรงของโรคเลปโตสไปโรสิส และ
- 2) เพื่อทำนายพื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรสิส ด้วยวิธีการประมาณค่าแบบถ่วงน้ำหนักระยะทางแบบผกผัน

วิธีดำเนินการวิจัย

• พื้นที่และรูปแบบการวิจัย

พื้นที่ศึกษาถูกคัดเลือกจากอำเภอที่มีรายงานจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสมากที่สุดในจังหวัดศรีสะเกษ 3 อันดับ คือ อำเภอขุขันธ์ อำเภอขุนหาญ และอำเภอภูสิงห์ (ภาพที่ 1) ฤดูกาลของจังหวัดศรีสะเกษ แบ่งออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูหนาวเริ่มต้นกลางเดือนตุลาคม-กลางเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนเริ่มกลางเดือนกุมภาพันธ์-กลางเดือนพฤษภาคม และฤดูฝนเริ่มต้นกลางเดือนพฤษภาคม-กลางเดือนตุลาคมของทุกปี ซึ่งพบผู้ป่วยจำนวน 327, 220, และ 152 ราย ตามลำดับ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) แบบศึกษาย้อนหลัง โดยรวบรวมข้อมูลระดับอำเภอระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2560 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2564 (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดศรีสะเกษ, 2565) (ตารางที่ 1) และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เอกสารเลขที่ UBU-REC-163/2564 ณ วันที่ 27 ธันวาคม 2564

• การจัดการข้อมูล

ข้อมูลผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส ซึ่งได้รับการตรวจวินิจฉัยจากแพทย์ผู้รักษาหรือบุคลากรทางการแพทย์ตาม

แนวทางการวินิจฉัยโรคเลปโตสไปโรสิสถูกคำนวณเป็นผลรวมของแต่ละหมู่บ้าน ด้วยการจัดทำตาราง Pivot Table ในโปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลรหัสหมู่บ้านให้มีความถูกต้องตามกรมการปกครอง ประเทศไทย และทำการเชื่อมโยงกับแผนที่ตำแหน่งหมู่บ้าน โดยใช้รหัสของหมู่บ้านเป็นคีย์หลัก (Primary key) เพื่อให้เป็นข้อมูลสัมพันธ์เชิงพื้นที่ โดยมีตำแหน่งอ้างอิงตามพิกัดภูมิศาสตร์ระบบ UTM WGS 1984 Zone 48 (Universal Transverse Mercator) ตามพื้นที่จริงบนพื้นผิวโลกด้วยโปรแกรม Quantum GIS V.3.28.1 (QGIS-Open GIS software) และฟังก์ชันส่วนเสริมของ Quick Map Services v. 0.19.32 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมของฐานข้อมูล ESRI Standard เป็นแผนที่ฐานในการปรับปรุงตำแหน่งของหมู่บ้าน

• วิเคราะห์ข้อมูล

จำแนกข้อมูลผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสในระดับหมู่บ้าน แผนที่การกระจาย และระดับความรุนแรงของโรคเลปโตสไปโรสิส โดยแบ่งช่วงข้อมูลออกเป็น 4 ระดับตามการจำแนกแบบ Natural Breaks ซึ่งเป็นการจัดหมวดหมู่ตามลักษณะของข้อมูล เพื่อที่จะลดความแปรปรวนภายในกลุ่มให้น้อยที่สุด (ภาพที่ 2) ด้วยโปรแกรม Quantum GIS

• สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่

สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลตำแหน่งระหว่างพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่อยู่ใกล้กัน หรือมีความสัมพันธ์ของระยะทาง โดยที่พื้นที่นั้นมีความใกล้เคียงส่งผลต่อให้ค่าความสัมพันธ์มีค่าสูง และพื้นที่ที่ไกลออกไป ย่อมส่งผลให้ค่าความสัมพันธ์มีค่าต่ำ หรือไม่มีความสัมพันธ์ โดยจะแบ่งความสัมพันธ์เป็น 3 ระดับ คือ แบบจัดกลุ่ม แบบกระจาย และแบบสุ่ม ด้วยโปรแกรม Geoda 1.20.0.22 ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1. กำหนดค่าน้ำหนักของระยะทางที่สัมพันธ์กันของข้อมูลที่มีตำแหน่งใกล้เคียงมากที่สุด โดยต้องมีตำแหน่งหมู่บ้านอย่างน้อย 1 คู่ที่ต้องมีความสัมพันธ์กัน โดยใช้ฟังก์ชัน Distance band คำนวณหาระยะทางของตำแหน่งหมู่บ้านที่สัมพันธ์กันมากที่สุด ได้เท่ากับ 3,360 เมตร (3.36 กิโลเมตร)

แสดงว่าค่าน้ำหนักที่อยู่ใกล้กันจะถูกให้ค่าเป็น 1 และน้ำหนักของระยะทางที่ไกลออกไปจะถูกให้ค่าเป็น 0 โดยมีค่าเฉลี่ยของตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันจำนวน 10 ตำแหน่ง

2. เมื่อได้ค่าน้ำหนักของระยะทาง จากนั้นทำการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรสิส โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ Global univariate Moran's / ซึ่งหากค่า Moran's / มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีการกระจายรูปแบบจัดกลุ่ม ถ้าเข้าใกล้ -1 จะมีรูปแบบกระจาย และถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าไม่มีรูปแบบ หรือมีการกระจายแบบสุ่ม (สมการที่ 1)

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ N คือ จำนวนของตำแหน่งหมู่บ้านที่ i และ j, x คือ จำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสในแต่ละหมู่บ้าน, $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส, w_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่งที่ i และ j ที่ได้จากการกำหนดค่าน้ำหนัก Distance band

3. วิเคราะห์การจัดกลุ่มของจุดร้อนแรง (Hot spot) ด้วย Local Getis-Ord G_i^* เพื่อจำแนกความแตกต่างของจุดร้อนแรงที่เป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคเลปโตสไปโรสิส ผลที่ได้จะแสดงตำแหน่งที่มีการจัดกลุ่มกัน โดยตำแหน่งที่มีค่าสูงจะเป็นจุดร้อนแรง (Hot spot) เมื่อค่า Z score มีค่าเป็นบวก และตำแหน่งที่มีค่าต่ำ เมื่อค่า Z score มีค่าเป็นลบ (Cold spot) ซึ่งถ้ามีค่าเท่ากับ 0 จะไม่มีความสัมพันธ์ (สมการที่ 2)

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} X_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{\sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ X_j คือ จำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสในแต่ละหมู่บ้าน, w_{ij} คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่งที่ i และ j, n คือ จำนวนค่าสังเกตทั้งหมด (ตำแหน่งหมู่บ้าน) และ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส

โดยที่ S คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad \text{สมการที่ 3}$$

• วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยง

การทำนายพื้นที่เสี่ยงเป็นการใช้ข้อมูลของจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสในแต่ละตำแหน่งหมู่บ้าน โดยอาศัยตำแหน่งของข้อมูลที่ทราบค่า และคำนวณค่าน้ำหนักของระยะทางในแต่ละตำแหน่งที่จับคู่กัน หรือมีตำแหน่งที่ใกล้กัน เพื่อทำนายพื้นที่ไม่ทราบค่า ด้วยวิธีประมาณค่าแบบถ่วงน้ำหนักระยะผกผัน (Inverse distance weighting: IDW) (สมการที่ 4) ด้วยโปรแกรม QGIS 3.28.1 ซึ่งเป็นหนึ่งในฟังก์ชันของสถิติเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ร้อยละ 80 เป็นชุดข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองทำนายพื้นที่เสี่ยง (Training data) และชุดที่ 2 ร้อยละ 20 เป็นชุดข้อมูลใช้ทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (Testing data) ดังตารางที่ 1

$$Z(s_o) = \sum_{i=1}^n \lambda Z(s_i) \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ $Z(s_o)$ คือ ตำแหน่งที่ทำนาย, $Z(s_i)$ คือ จำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส, n คือ จำนวนตัวอย่างของตำแหน่งที่ใกล้, และ λ คือ ค่าน้ำหนักของระยะทาง (Johnston, et al., 2001) โดยคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\lambda = \frac{d_i^{-p}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-p}} \quad \text{สมการที่ 5}$$

เมื่อ d_i คือ ระยะทางแบบ Euclidian distance ระหว่างตำแหน่งที่ทราบค่าและตำแหน่งที่เป้าหมายที่ต้องทำนาย, n คือ จำนวนตัวอย่างของตำแหน่งที่ใกล้, p คือ ค่ากำลังของระยะทางในที่นี่กำหนดให้เท่ากับ 2

• การตรวจสอบประสิทธิภาพแบบจำลอง

การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองทำนายพื้นที่เสี่ยง โดยวัดความแตกต่างของค่าที่ทำนายกับค่าที่ทำการประมาณจากแบบจำลอง ค่าที่เข้าใกล้ 0 จะมีความคลาดเคลื่อนน้อย จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง เพื่อวัดความน่าเชื่อถือ โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบวัดความแตกต่างระหว่างค่าสังเกต (จำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิส) กับค่าประมาณจากแบบจำลองด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute error: MAE) (สมการที่ 6) และรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อน

เฉลี่ยกำลังสอง (Root mean square error: RMSE) (สมการที่ 7) หากมีค่าน้อยแสดงว่าการประมาณค่าจากแบบจำลองทำนายพื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรสิสมีความใกล้เคียงกับค่าจริง

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |actual - predicted|}{n} \quad \text{สมการที่ 6}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (actual - predicted)^2} \quad \text{สมการที่ 7}$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ประมาณค่าในแบบจำลอง, predicted คือ ค่าประมาณจากแบบจำลองค่าข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์, และ actual คือ ค่าที่แท้จริงที่ได้จากการคำนวณ

ผลการวิจัย

ผลการจำแนกจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสตามตำแหน่งหมู่บ้าน จำนวน 509 หมู่บ้าน แบ่งระดับช่วงข้อมูลออกเป็น 4 ระดับ ตำแหน่งที่มีค่าข้อมูลมากที่สุดคือ ช่วงจำนวนผู้ป่วย 5-7 ราย โดยมีจำนวนผู้ป่วยสูงสุด 7 ราย (ภาพที่ 2) ผลการศึกษารูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรสิสพบว่า เป็นแบบกลุ่ม (Cluster) มีค่าความสัมพันธ์ (Moran's I) เท่ากับ 0.079 (ตารางที่ 2)

การวิเคราะห์จุดร้อนแรง หรือจุดค่าสูง (Hot spot) และจุดค่าต่ำ (Cold spot) แสดงความแตกต่างของตำแหน่งของพื้นที่เสี่ยงถูกจัดกลุ่มไว้ด้วยกัน ผลการศึกษาพบว่าตำแหน่งที่มีค่าสูงมีจำนวน 49 หมู่บ้าน และตำแหน่งที่มีค่าต่ำมีจำนวน 73 หมู่บ้าน (ภาพที่ 3)

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรสิสจากการประมาณค่าของระยะทางแบบผกผัน (IDW) พบว่าค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 6.974 และค่าต่ำสุดมีค่าน้อยกว่า 0.001 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.432 (S.D.=0.502) (ตารางที่ 3 และภาพที่ 4) สำหรับพื้นที่เสี่ยงแบ่งช่วงข้อมูลออกเป็น 4 ระดับ คือ เสี่ยงสูงมาก (2.516-6.974) เสี่ยงสูง (1.668-2.516) เสี่ยงปานกลาง (1.0940-1.668) และเสี่ยงต่ำ (<1.094) (ภาพที่ 5) สำหรับผลการตรวจสอบความคาดเคลื่อนของแบบจำลอง พบว่า ค่า MAE เท่ากับ 0.0014 และ

RMSE เท่ากับ 0.153 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองทำนายพื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรสิส พบว่า MAE เท่ากับ 0.0009 และ RMSE เท่ากับ 1.632

บทสรุปและอภิปรายผล

โรคเลปโตสไปโรสิสเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุขของประเทศจึงต้องมีการติดตามสถานการณ์การเกิดโรคในพื้นที่รวมถึงการเฝ้าระวัง ป้องกันและควบคุมโรค เพื่อลดอัตราการเกิดโรคเลปโตสไปโรสิสในประชาชน ดังนั้นการดำเนินการโดยอาศัยข้อมูลรายงานผู้ป่วยอาจจะไม่เพียงพอต่อการติดตาม และการเฝ้าระวังโรค จึงต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจดำเนินงาน หรือการวางแผนในการป้องกัน การศึกษานี้ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยในการจัดเก็บ การจัดการ วิเคราะห์ และการแสดงผลในรูปแบบเชิงพื้นที่ เพื่ออธิบายความแตกต่างของข้อมูลที่เกิดขึ้นตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีตำแหน่งอ้างอิงพิกัดจริงบนพื้นผิวโลก และมีการประยุกต์ใช้ในงานสาธารณสุข เพื่อการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา (สรวงสุตา คงมั่ง, 2553) จากผลการเชื่อมโยงข้อมูลผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสกับข้อมูลเชิงพื้นที่ของตำแหน่งหมู่บ้านแสดงให้เห็นการกระจายของผู้ป่วยและตำแหน่งหมู่บ้านที่ไม่มีรายงานผู้ป่วยตลอดระยะเวลา 5 ปี (ภาพที่ 2) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่อาศัยตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันย่อมมีอิทธิพล หรือมีลักษณะคล้ายกันมากกว่าตำแหน่งที่ไกลออกไป จึงต้องมีการวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ เพื่อชี้ให้เห็นรูปแบบการกระจายแบบกลุ่ม (Cluster) แบบกระจาย (Disperse) หรือแบบสุ่ม (Random)

ผลการศึกษาแบบการกระจายเชิงพื้นที่พบว่า การกระจายโรคเลปโตสไปโรสิสเป็นแบบกลุ่ม ซึ่งบ่งบอกว่าตำแหน่งหมู่บ้านที่เกิดโรคเลปโตสไปโรสิสมีตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันในระยะประมาณ 3 กิโลเมตรมีโอกาสการระบาดเป็นกลุ่มก้อน ถ้ามีพื้นที่ใดเกิดโรคเลปโตสไปโรสิสก็จะทำให้พื้นที่ใกล้เคียงอาจเกิดโรคได้เช่นกัน เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีการกระจุกตัวของผู้ป่วยสูง อย่างไรก็ตามอาจจะมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น พฤติกรรมเสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรสิส

(Wongbutdee et al., 2016; Jittimanee & Wongbutdee, 2019; Toemjai, Thongkrajai, & Nithikathkul, 2022) หรือ ปริมาณน้ำฝนที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วย (Hacker et al, 2020; Phosri, 2022) นอกจากนี้หากมองในแง่ของการ ป้องกัน และการบริหารจัดการจะทำให้มีความสะดวกในการ ติดตามสถานการณ์ และการเฝ้าระวังโรคได้ เพราะเป็นการ เกิดโรคที่เป็นกลุ่มของตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน และจำกัดในพื้นที่ที่ไม่ มีการกระจายครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด อย่างไรก็ตามค่า ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของการจัดกลุ่มมีค่าน้อย ($Moran's I = 0.079$) อาจเนื่องมาจากการกำหนดตรรกะ หรือระยะทางของคู่ ตำแหน่งที่ใกล้เคียงเกินไป หรือต่ำเกินไป ดังนั้นควรมีการ ทดสอบตรรกะที่มีความเหมาะสมกับระยะทางที่สัมพันธ์กัน ถ้า กำหนดตรรกะของระยะทางต่ำเกินไปจะทำให้บางตำแหน่งที่มี ค่าสูงไม่ถูกจัดกลุ่มอาจจะเสียประโยชน์ในเรื่องการจัดการ ป้องกันโรคเลปโตสไปโรซิส ในทางกลับกันถ้ากำหนดตรรกะมีมาก เกินไปจะทำให้มีโอกาสเกิดการกระจาย หรือแบบสุ่มได้

การวิเคราะห์จุดร้อนแรงด้วย Local Getis-Ord G_i^* ทำให้ทราบ และสามารถระบุตำแหน่งที่มีจำนวนผู้ป่วยสูง และตำแหน่งที่มีผู้ป่วยต่ำ ซึ่งสามารถจำแนกความแตกต่าง ของการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสในพื้นที่เสี่ยงต่ำ และพื้นที่ เสี่ยงสูงได้ ผลการศึกษาการระบุจุดร้อนแรงจำนวน 49 หมู่บ้าน ซึ่งตำแหน่งนั้นอยู่ใกล้เคียงกันเป็นกลุ่มอย่างชัดเจน (ภาพ ที่ 3) นอกจากนี้เมื่อดูลักษณะการกระจุกตัวของตำแหน่ง หมู่บ้านที่มีผู้ป่วยสูงตามขอบเขตของแต่ละตำบล ซึ่งพบว่าใน บางตำบลมีหมู่บ้านที่เป็นจุดร้อนแรงเกือบทั้งตำบล ซึ่งจะเป็น ประโยชน์ต่อหน่วยงานส่งเสริมสุขภาพระดับตำบลอาจจะเพิ่ม มาตรการ หรือแผนการเฝ้าระวังโรคเลปโตสไปโรซิส หรือที่มี อยู่แล้วให้ประชาชนตระหนักและป้องกันโรคเลปโตสไปโรสิ สมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ของจังหวัดศรีสะเกษ พบว่าเป็นพื้นที่เสี่ยงระดับต้นของ ประเทศไทย และมีการเกิดโรคแบบจัดกลุ่ม และถูกระบุเป็น พื้นที่เสี่ยง (Luenam & Puttanapong, 2013; Chadsuthi et al., 2022) และเป็นพื้นที่มีน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝนที่ทำให้

อัตราป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสสูง (Suwanpakdee et al., 2015)

ผลการทำนายพื้นที่เสี่ยง โดยการประมาณค่าจาก จำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส 5 ปีย้อนหลังถูกจัดกลุ่มแบ่ง ตามระดับความเสี่ยง จากภาพที่ 5 แผนที่ความน่าจะเป็นของ การทำนายพื้นที่เสี่ยงโดยใช้แบบจำลองวิธีถ่วงน้ำหนักแบบ ผกผัน แสดงให้เห็นตำแหน่งที่เป็นพื้นที่เสี่ยงสูงกระจายไปทั้ง พื้นที่ศึกษาทำให้มีโอกาสเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสกระจายได้ ทุกพื้นที่ อีกทั้งยังสามารถบ่งบอกได้ว่าการเกิดโรคในพื้นที่นั้น เป็นพื้นที่ซ้ำๆ และเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี สำหรับวิธีถ่วง น้ำหนักแบบผกผันนิยมใช้มากในด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะ การศึกษาความสัมพันธ์ของการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนกับ โรคเลปโตสไปโรซิส (Plouffe, 2016; Mohammadinia, 2017) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีประมาณค่าน้ำหนักแบบผกผัน เนื่องจากเน้นไปยังตำแหน่งที่อยู่ใกล้เคียงกัน หรือมีระยะทางใกล้ กันจะมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้มากกว่าระยะที่ไกลออกไป ซึ่งถ้าเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสในพื้นที่ใดจะทำให้โอกาสเกิด โรคในพื้นที่ใกล้เคียงมาก หากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีข้อมูลที่สนับสนุนการวางแผน และการป้องกัน ผู้วิจัยคาดว่าแบบจำลองทางภูมิศาสตร์จะ สามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยได้เป็นอย่างดีในการวิเคราะห์หา รูปแบบของการกระจายเชิงพื้นที่ และการทำนายพื้นที่เสี่ยง ต่อการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส

ข้อเสนอแนะหรือการนำไปใช้ประโยชน์

• ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การให้ความสำคัญของการติดตาม และการเฝ้าระวัง โรคต้องมีข้อมูลสนับสนุนประกอบการตัดสินใจ ซึ่งระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เป็นกระบวนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ สามารถจำแนกรูปแบบการกระจายของโรคเลปโตสไปโรซิส ได้ เพื่อเจ้าหน้าที่สาธารณสุข นักวิชาการ และหน่วยงานที่ เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์กับโรคอื่นๆ ได้ โดยเฉพาะ พื้นที่ที่มีการเกิดโรคเป็นกลุ่มควรมีแนวทางการป้องกันโรค

จากสิ่งแวดล้อม และให้ความรู้ในการป้องกันตนเองจากโรค
เลปโตสไปโรซิสของประชากรได้อย่างทั่วถึง

• ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

การศึกษาครั้งต่อไปสามารถขยายพื้นที่ในพื้นที่อื่นๆ
ได้ อย่างไรก็ตามสามารถเลือกใช้กระบวนการวิเคราะห์สถิติ
สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในฟังก์ชันอื่นๆ ของระบบสารสนเทศ
ภูมิศาสตร์ได้ สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อโรคเลปโต-
สไปโรซิสสามารถใช้การประมาณค่าจากสถิติภูมิศาสตร์ เช่น
Geostatistics ซึ่งจะมีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ
ระยะทาง และความคลาดเคลื่อนของระยะทางของแต่ละ
ตำแหน่งอาจจะเหมาะสมและกับพื้นที่นั้น เป็นต้น

ควรศึกษาพื้นที่ที่ถูกจัดกลุ่มเป็นจุดร้อนแรงว่า
ลักษณะการเกาะกลุ่มมีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการระบาด

ของโรคเลปโตสไปโรซิส และการสร้าง spatial lag model
ทำนายการกระจายตัวของโรคโดยใช้ปัจจัยทางกายภาพของ
ภาพถ่ายดาวเทียม เช่น ดัชนีพืชพรรณ (Normalized
difference vegetation index: NDVI) และอุณหภูมิพื้นผิว
(Land surface temperature: LST) เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยแพทยศาสตร์และการ
สาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่สนับสนุน
งบประมาณการวิจัย และขอขอบคุณนายแพทย์สาธารณสุข
และคุณประเสริฐ เทศะบำรุง งานระบาดวิทยา กลุ่มงาน
ควบคุมโรค สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดศรีสะเกษ ที่ให้ความ
อนุเคราะห์ข้อมูลโรคเลปโตสไปโรซิส

เอกสารอ้างอิง

- สรวงสุตา คงมั่ง. (2553). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา. **วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 9(1), 76-89.
- สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2564). **รายงานโรคในระบบเฝ้าระวัง 506: โรคเลปโตสไปโรซิส**. ค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2564, จาก <http://doe.moph.go.th/surdata/disease.php?ds=43>
- สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดศรีสะเกษ. (2565) **โรคเลปโตสไปโรซิส จังหวัดศรีสะเกษ**. ศรีสะเกษ: สำนักงาน. (เอกสารไฟล์ดิจิทัล).
- Adler, B., & de la Pena Moctezuma, A. (2010). Leptospira and leptospirosis. **Veterinary Microbiology**, 140(3-4), 287–296.
- Astudillo, V. G., Hernández, D. W., Stadlin, J. P., Bernal, L. A., Rodríguez, D. A., & Hernández, M.A. (2012). Comparative seroprevalence of Leptospira interrogans in Colombian mammals along a climatic gradient. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, 43(4), 768-775.
- Chadsuthi, S., Chalvet-Monfray, K., Geawduanglek, S., Wongnak, P., & Cappelle, J. (2022). Spatial-temporal patterns and risk factors for human leptospirosis in Thailand, 2012-2018. **Scientific Reports**, 12(1), 5066.
- Chadsuthi, S., Chalvet-Monfray, K., Wiratsudakul, A., & Modchang, C. (2021). The effects of flooding and weather conditions on leptospirosis transmission in Thailand. **Scientific Reports**, 11(1), 1486.
- Chadsuthi, S., Modchang, C., Lenbury, Y., Iamsirithaworn, S. & Triampo, W. (2012). Modeling seasonal leptospirosis transmission and its association with rainfall and temperature in Thailand using time-series and ARIMAX analyses. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, 5(7), 539–546.
- Haake, D. A. & Levett, P. N. (2015). Leptospirosis in humans. **Current Topics in Microbiology and Immunology**, 387, 65–97.
- Hacker, K. P., Sacramento, G. A., Cruz, J. S., de Oliveira, D., Nery, N. Jr., Lindow, J. C., et al. (2020). Influence of Rainfall on Leptospira Infection and Disease in a Tropical Urban Setting, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, 26(2), 311-314.
- Ijaz, M., Abbas, S. N., Farooqi, S. H., Aqib, A. I., Anwar, G. A., Rehman, A., et al. (2018). Sero-epidemiology and hemato-biochemical study of bovine leptospirosis in flood affected zone of Pakistan. **Acta Tropica**, 177, 51–57.

- Jittimanee, J., & Wongbutdee, J. (2014). Survey of pathogenic *Leptospira* in rats by polymerase chain reaction in Sisaket Province. **Journal of the Medical Association of Thailand**, 97(Suppl 4), S20-S4.
- Jittimanee, J., & Wongbutdee, J. (2019). Prevention and control of leptospirosis in people and surveillance of the pathogenic *Leptospira* in rats and in surface water found at villages. **Journal of Infection and Public Health**, 12(5), 705-711.
- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., & Lucas, N. (2001). Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI, New York, USA.
- Kawaguchi, L., Sengkeopraseuth, B., Tsuyuoka, R., Koizumi, N., Akashi, H., Vongphrachanh, P., et al. (2008) Seroprevalence of leptospirosis and risk factor analysis in flood-prone rural areas in Lao PDR. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, 78, 957-961.
- Levett, P.N. (2001). Leptospirosis. **Clinical Microbiology Reviews**, 14, 296-326.
- Luenam, A., & Puttanapong, N. (2019). Spatial and statistical analysis of leptospirosis in Thailand from 2013 to 2015. **Geospatial Health**, 14(1), 121-127.
- Mohammadinia, A., Alimohammadi, A., & Saeidian, B. (2017). Efficiency of Geographically Weighted Regression in Modeling Human Leptospirosis Based on Environmental Factors in Gilan Province, Iran. **Geosciences**, 7(4), 136.
- Phosri, A. (2022). Effects of rainfall on human leptospirosis in Thailand: evidence of multi-province study using distributed lag non-linear model. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, 36(12), 4119-4132.
- Plouffe Cameron, C. F. (2016). **Space-time modelling of emerging infectious diseases: Assessing leptospirosis risk in Sri Lanka**. Master of Science Thesis in Geography, Wilfrid Laurier University, Canada.
- Suwanpakdee, S., Kaewkungwal, J., White, L. J., Asensio, N., Ratanakorn, P., Singhasivanon, P., et al. (2015). Spatio-temporal patterns of leptospirosis in Thailand: Is flooding a risk factor? **Epidemiology and Infection**, 143(10), 2106-2115.
- Toemjai, T., Thongkrajai, P., & Nithikathkul, C. (2022). Factors affecting preventive behavior against leptospirosis among the population at risk in Si Sa Ket, Thailand. **One Health**, 14, e100399.
- Wongbutdee, J., & Jittimanee, J. (2022). The viability of *Leptospira* is related to physicochemical properties of the surface water surrounding an agricultural area and HemO and LipL32 gene expression in response to iron in water. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, 116(7), 609-621.
- Wongbutdee, J., Saengnil, W., Jittimanee, J., & Daendee, S. (2016). Perceptions and risky behaviors associated with Leptospirosis in an endemic area in a village of Ubon Ratchathani Province, Thailand. **African Health Sciences**, 16(1), 170-176.

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ป่วย และจำนวนหมู่บ้านที่ใช้ทดสอบแยกตามพื้นที่ศึกษา

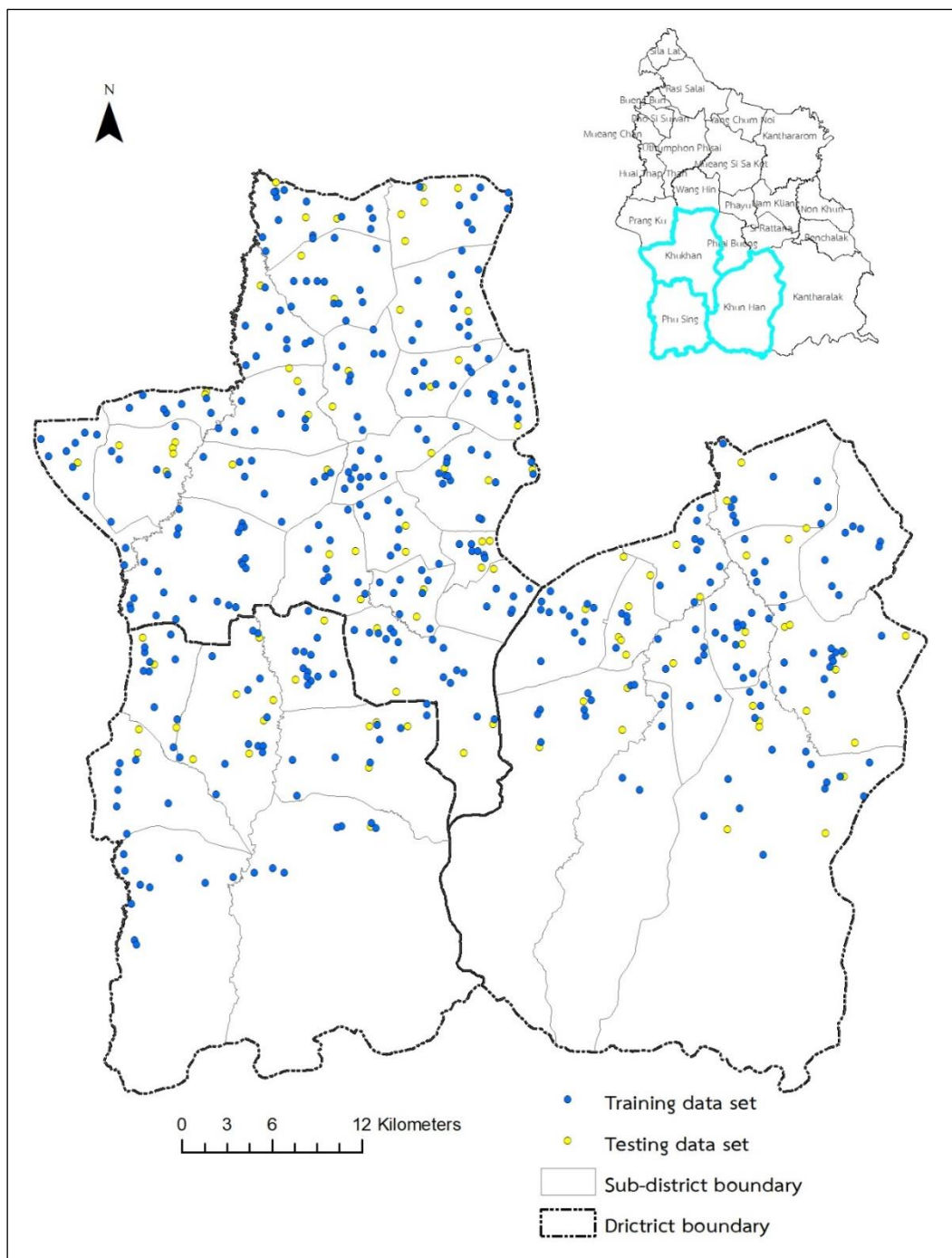
อำเภอ	จำนวนตำบล	จำนวนหมู่บ้าน	จำนวนผู้ป่วย	จำนวนข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลอง	จำนวนข้อมูลที่ใช้ทดสอบ
ชุมชน	22	278	327	228	50
ขุนหาญ	12	145	220	111	34
ภูสิงห์	7	86	152	68	18
รวม	41	509	699	407	102

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของโรคเลปโตสไปโรสิส

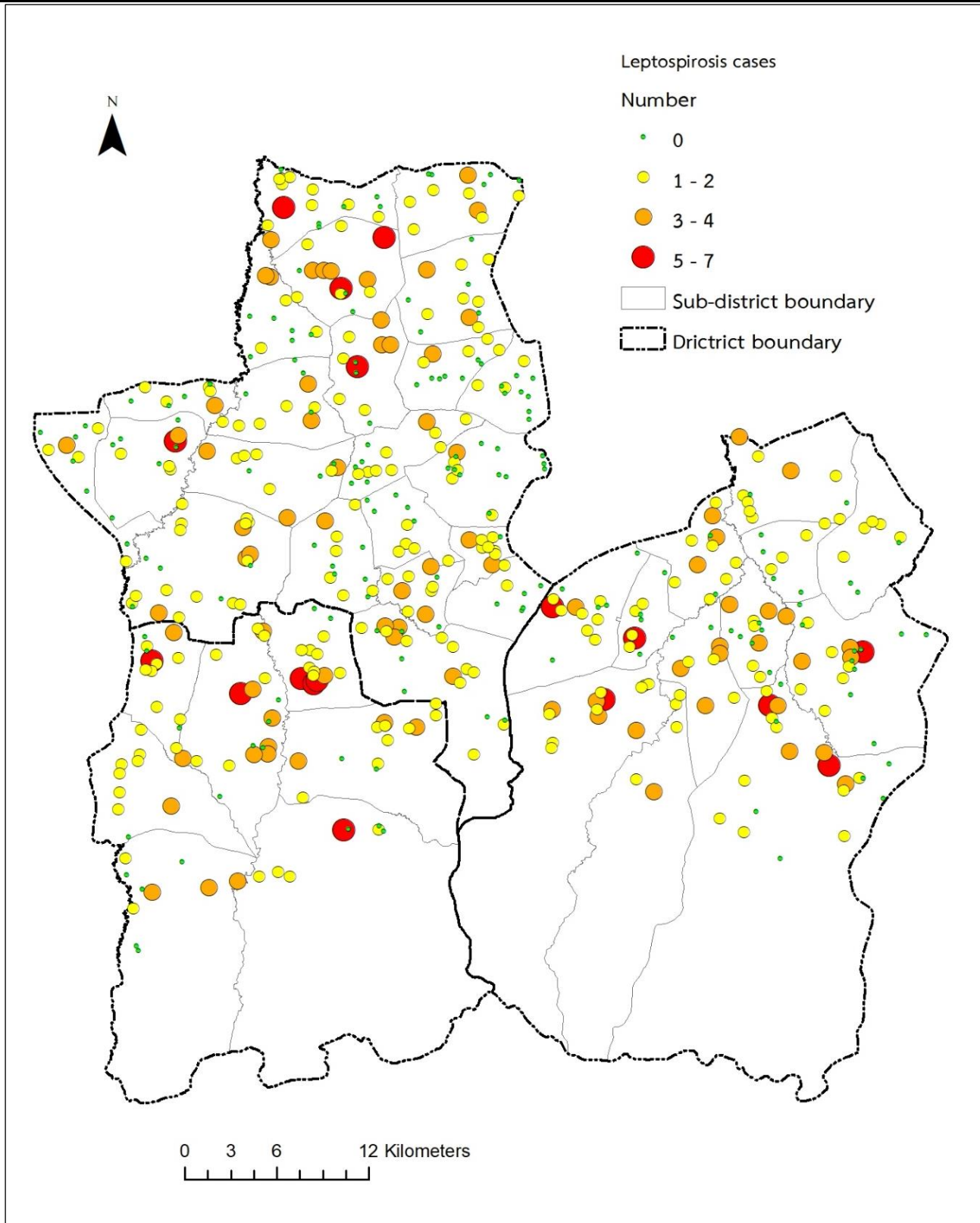
Item	Moran's I	Mean	SD.	Z-score	Pattern	P-value
ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่	0.079	-0.001	0.020	3.881	Cluster	0.001

ตารางที่ 3 การประมาณค่าของระยะทางแบบผกผัน (IDW) ของโรคเลปโตสไปโรสิส

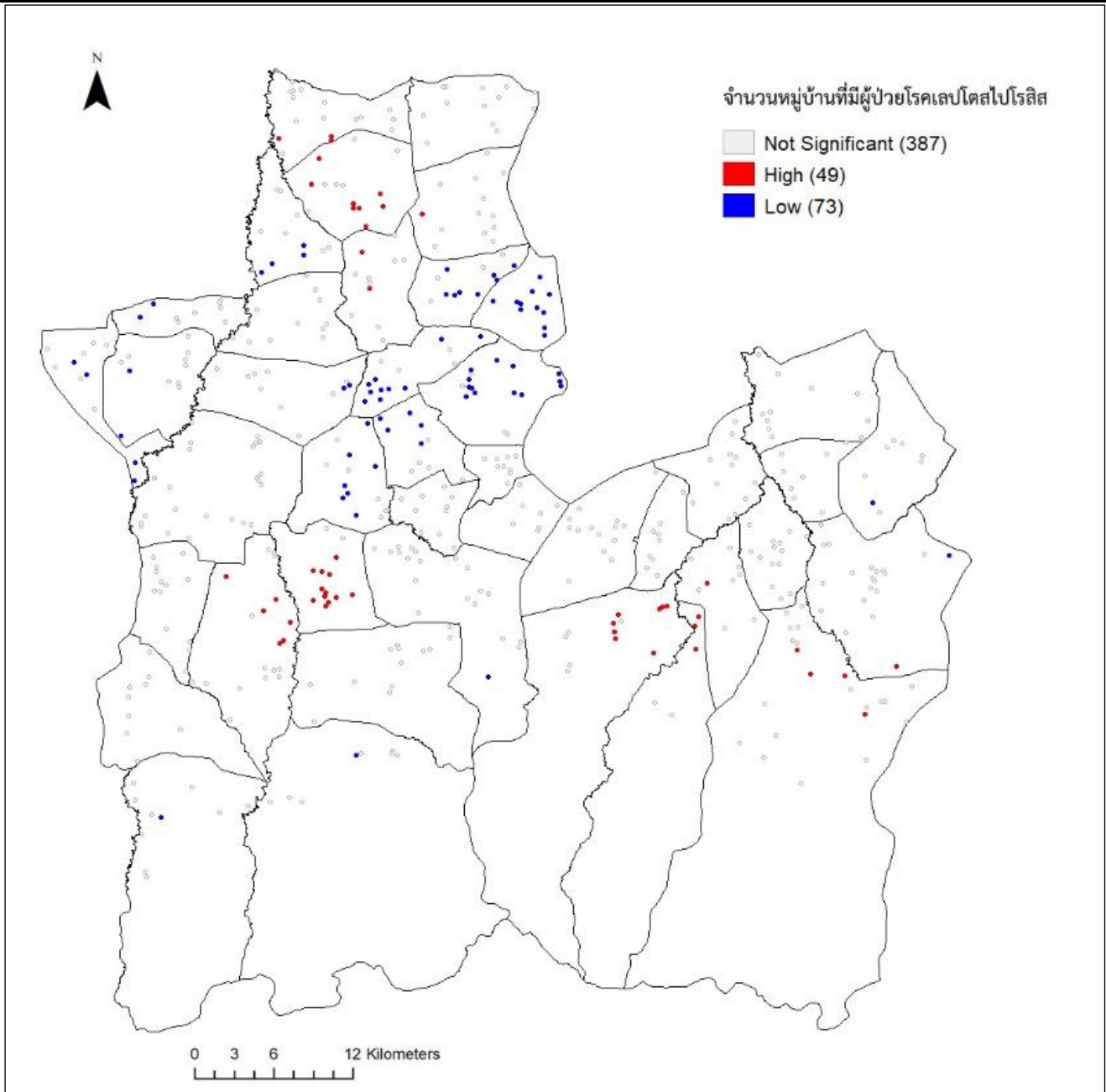
Item	Max	Min	Mean	SD.
การประมาณค่าของระยะทางแบบผกผัน (IDW)	6.974	<0.001	1.432	0.502



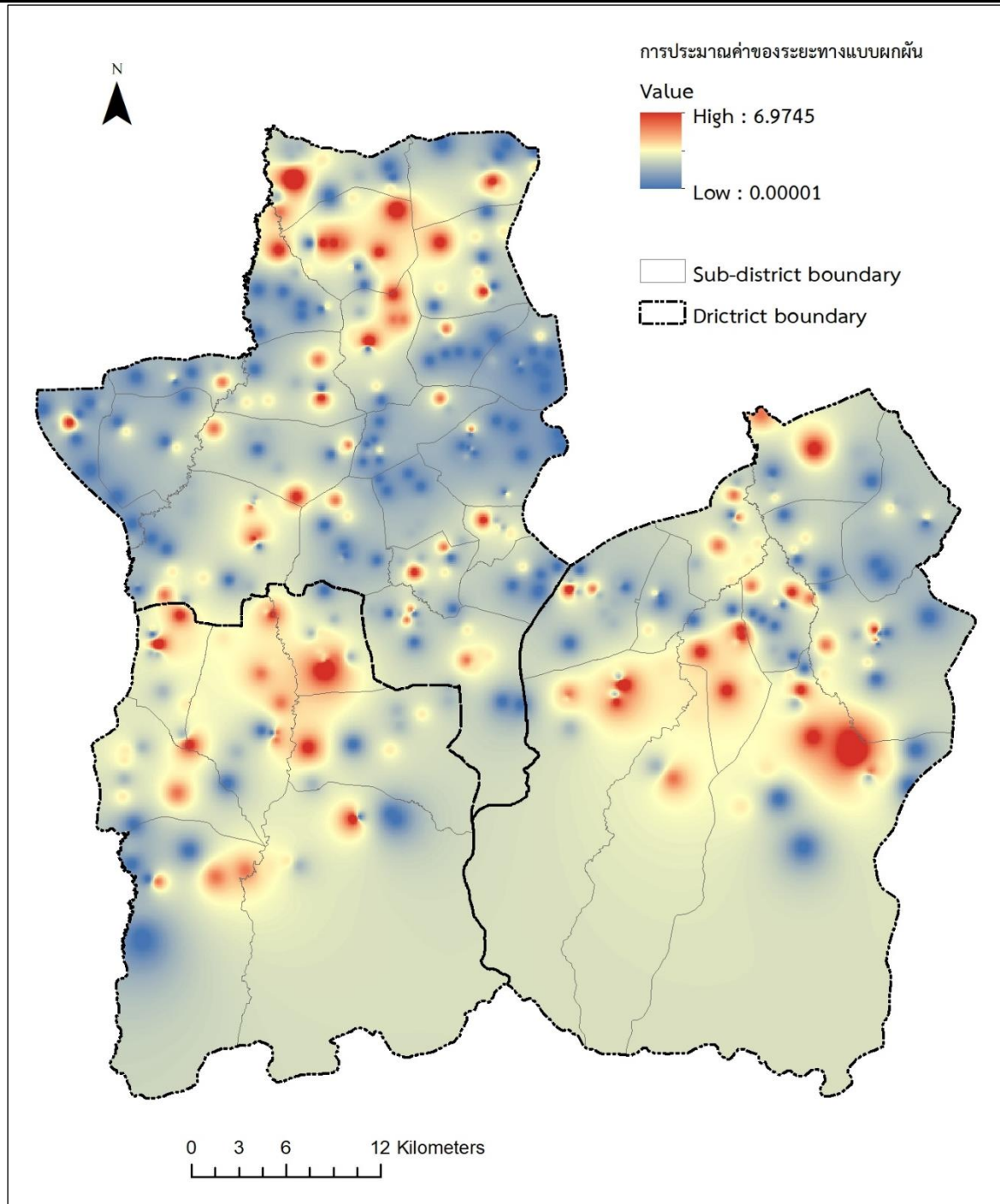
ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา และชุดข้อมูลสร้างแบบจำลอง (Training data) และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing data)



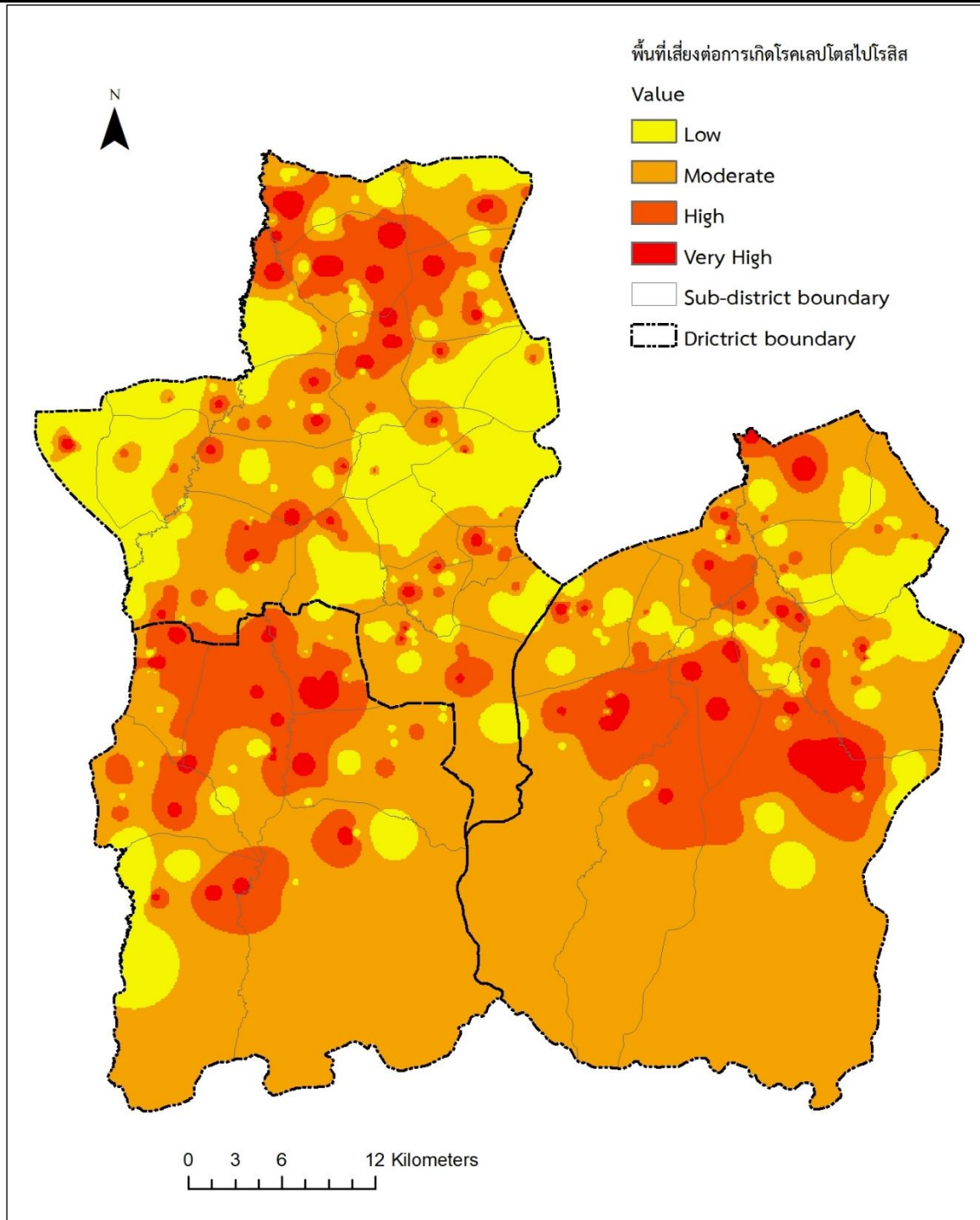
ภาพที่ 2 การจำแนกจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสแบ่งตาม Natural Breaks



ภาพที่ 3 แสดงหมู่บ้านที่มีจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรสิสสูง (Hot spot) และหมู่บ้านที่มีผู้ป่วยต่ำ (Cold spot)



ภาพที่ 4 ประมาณค่าของระยะทางแบบผกผัน (IDW) ของโรคเลปโตสไปโรสิส



ภาพที่ 5 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสใน 3 อำเภอของจังหวัดศรีสะเกษ