รายงานผลการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงโรคหัด และโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย ด้วยตัวแบบผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป ที่มีการแจกแจงปัวซงพหุตัวแปร

Risk Assessment for Measles and Rubella in Thailand Using Multivariate Poisson Generalized Linear Mixed Models

กฤษฎา เหล็กดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณปี พ.ศ. 2560
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การประเมินความเสี่ยงโรคหัด และโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย ด้วยตัวแบบผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป ที่มีการแจกแจงปัวซงพหุตัวแปร

ผู้วิจัย : กฤษฎา เหล็กดี

พ.ศ. : 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ เพื่อสร้างตัวแบบประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย เพื่อหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงของการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน และเพื่อสร้างแผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป (Generalized Linear Mixed Model หรือ GLMM) ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปัวซง (Poisson) และมีอิทธิพลเชิงสุ่ม แบบ Multivariate Conditional Autoregressive Model (MCAR) รวมอยู่ด้วย ตัวแปรตามคือจำนวนผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ปัจจัยที่นำมาพิจารณาคือ อุณหภูมิ ปริมาณฝน และภาค ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน คือ อุณหภูมิ ปริมาณฝน และภาค แผนที่แสดงอัตราการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในแต่ละจังหวัดของประเทศ ช่วยให้ผู้อ่านเห็นได้ง่ายว่าจังหวัดใดมีอัตราการเกิดโรคสูง และเปรียบเทียบได้ง่ายว่าจังหวัดใดมีอัตราการเกิดโรคสูง จังหวัดใดมีอัตราการเกิดโรคต่ำ โดยดูจากความแตกต่างของสีในแต่ละจังหวัด

คำสำคัญ: ตัวแบบผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป (GLMM), แผนที่โรค, โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน, การวิเคราะห์เชิงพื้นที่

Title : Risk Assessment for Measles and Rubella in Thailand Using Multivariate Poisson Generalized Linear Mixed Models
Researcher : Krisada Lekdee
Year : 2017

Abstract

The objectives of this research are to propose a model for risk assessment of Measles and Rubella morbidity in Thailand, to investigate factors influencing on the Measles and Rubella morbidity rates, and to construct the disease maps of those two diseases. The generalized linear mixed model (GLMM) in which the responses have a Poisson distribution and the spatial effects follow a multivariate conditional autoregressive model (MCAR) are adopted. The dependent variables are the number of Measles and Rubella disease patients in each province. The factors considered are average temperature, the amount of rainfall and regions. The results show that the temperature, rainfall and regions influence on the Measles and Rubella morbidity rates. Measles and Rubella maps are easy for readers to see which areas are at high risk and to compare the morbidity rates among those areas by looking at those different colors.

Keywords: Generalized Linear Mixed Model, disease map, Measles and Rubella, spatial analysis.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทยด้วยตัวแบบผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป ที่มีการแจกแจงปัวซงพหุตัวแปร สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยการสนับสนุนและความช่วยเหลือจากหลายท่าน คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ. สุภัทรา โกไศยกานนท์ รักษาการอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดร. ไพศาล การถาง คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครมาตั้งแต่เริ่มต้น และขอขอบคุณ กรมควบควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่เผยแพร่ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้ทุนสนับสนุนจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 สมมติฐานของงานวิจัย	4
1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	4
1.7 คำสำคัญของการวิจัย	4
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล	17
3.2 ขอบเขตการวิจัย	17
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	18
บทที่ 4 ผลการวิจัย	21
4.1 ลักษณะของข้อมูล	21
4.2 ปัจจัยเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน	21
4.3 ค่าประมาณอัตราป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน	23
4.4 ค่าประมาณจำนวนผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน	30
4.5 อิทธิพลเชิงพื้นที่	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6 แผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน	44
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการวิจัย	46
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	47
5.3 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ประวัติผู้วิจัย	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปัจจัยเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน	22
2	ค่าประมาณอัตราป่วยโรคหัด ในแต่ละจังหวัดต่อประชากร 100,000 คน	24
3	ค่าประมาณอัตราป่วยโรคหัดเยอรมันในแต่ละจังหวัด ต่อประชากร 100,000 คน	27
4	ค่าประมาณจำนวนผู้ป่วยโรคหัดในแต่ละจังหวัด	31
5	ค่าประมาณจำนวนผู้ป่วยโรคหัดเยอรมันในแต่ละจังหวัด	34
6	อิทธิพลเชิงพื้นที่ของแต่ละจังหวัดที่มีต่อโรคหัด	38
7	อิทธิพลเชิงพื้นที่ของแต่ละจังหวัดที่มีต่อโรคหัดเยอรมัน	41

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อัตราป่วยโรคหัดในแต่ละจังหวัด	44
2	อัตราป่วยโรคหัดเยอรมันในแต่ละจังหวัด	45

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคหัด (Measles) และโรคหัดเยอรมัน (Rubella) เป็นโรคติดต่อชนิดหนึ่ง เกิดจากเชื้อไวรัส พบได้บ่อยในเด็กและผู้ใหญ่ สำหรับแม่ตั้งครรภ์ หากติดเชื้อระหว่างตั้งครรภ์จะส่งผลให้ทารกพิการได้ โรคหัดเกิดจากเชื้อไวรัสรูบิโอลา (Rubeola) พบมากในน้ำลายของผู้เป็นโรคหัด ติดต่อได้ง่ายและรวดเร็วมาก โดยการไอ จาม หายใจรดกัน หรือใช้สิ่งของร่วมกัน โรคหัดเกิดได้กับทุกอายุและพบบ่อยในเด็กที่อายุระหว่าง 2 ถึง 14 ปี โรคหัดเยอรมัน เกิดจากเชื้อไวรัสรูเบลล่า (Rubella) มักพบการระบาดในโรงเรียน โรงงาน สถานที่ทำงาน เชื้ออยู่ในน้ำมูก น้ำลาย ติดต่อกันได้โดยการไอ จาม หรือสัมผัสน้ำมูกน้ำลายที่มีเชื้อหัดเยอรมันอยู่ เชื้อนี้มีชีวิตอยู่ในร่างกายคนได้ถึง 1 ปี เมื่อติดเชื้อแล้วจะยังไม่เกิดอาการทันที ใช้เวลาประมาณ 14 ถึง 21 วันจึงเริ่มเกิดอาการ สตรีมีครรภ์ติดเชื้อโรคหัดเยอรมันในช่วงอายุครรภ์ 3 ถึง 4 เดือนแรก จะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อทารกในครรภ์ ทำให้เด็กที่เกิดมาพิการ เช่น สมองฝ่อ หูหนวก ต้อกระจกตา โรคหัวใจ โรคหัด (Measles) (พรเทพ สวนดอก, 2555)

โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน (Rubella) เป็นโรคติดต่อที่เกิดขึ้นในประเทศทั่วโลก สำหรับประเทศไทย ปี พ.ศ. 2555 สำนักระบาดวิทยา ได้รับรายงานผู้ป่วยโรคหัด รวม 5,207 ราย อัตราป่วย 8.15 ต่อประชากรแสนคน สำหรับโรคหัดเยอรมัน มีผู้ป่วย 494 ราย อัตราป่วย 0.77 ต่อประชากรแสนคน (สำนักระบาดวิทยา, 2555) การกระจายตัวของโรคหัด และโรคหัดเยอรมัน ในแต่ละจังหวัดในประเทศไทยแตกต่างกัน กระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย จัดทำรายงานจำนวนผู้ป่วยโรคติดต่อในแต่ละจังหวัด แต่ละเดือนทุกปี โดยใช้สถิติพรรณนา เช่นอัตราการป่วย และแผนภูมิต่างๆ

ยังมีการนำเสนอข้อมูลอีกแบบหนึ่งที่เรียกว่า แผนที่โรค (Disease maps) ซึ่งเป็นแผนที่ที่ใช้แสดงความเสี่ยงของการเกิดโรคในพื้นที่ต่างๆ ทางภูมิศาสตร์ เช่น แต่ละจังหวัด แต่ละอำเภอ หรือแต่ละตำบล เป็นต้น (Lawson, 2013) แผนที่โรคเป็นเครื่องมือที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ต่องานด้านสาธารณสุข ทำให้เห็นและเข้าใจได้โดยง่ายว่ามีพื้นที่ใดบ้างที่มีอัตราป่วยสูง ข้อมูลนี้ช่วยให้การจัดโครงการต่างๆ ในการป้องกันการเกิดโรค การจัดสรรทรัพยากร หรือการจัดสรรงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ได้ตรงกับพื้นที่เป้าหมาย เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งยังนำไปสู่การหาปัจจัยทางด้านภูมิศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อม ที่ส่งผลให้อัตราการเกิดโรคสูงอีกด้วย

การสร้างแผนที่นั้นมีทั้งแบบง่าย คือใช้อัตราป่วยที่คำนวณจากจำนวนผู้ป่วย ต่อจำนวนประชากรทั้งหมดของแต่ละพื้นที่ วิธีสร้างแผนที่โรคโดยใช้อัตราป่วยแบบนี้ ไม่ได้คำนึงถึงหลักความจริงที่ว่าข้อมูลจำนวนผู้ป่วยมีความสัมพันธ์กันในเชิงพื้นที่ กล่าวคือข้อมูลที่มาจากพื้นที่ที่อยู่ใกล้กันจะมีความสัมพันธ์กันมากกว่าข้อมูลที่มาจากพื้นที่ที่อยู่ไกลกัน รวมทั้งอาจมีตัวแปร หรือปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมบางอย่างที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยหรือจำนวนผู้เสียชีวิตอีกด้วย สิ่งเหล่านี้ควรนำมาพิจารณาด้วยเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องและเกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

นอกจากการใช้ค่าอัตราป่วยดังกล่าวในการสร้างแผนที่โรคแล้ว ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวางคือการใช้ค่าความเสี่ยงของการเกิดโรคในแต่ละพื้น วิธีนี้สามารถนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องการเกิดโรคหรือการเสียชีวิตจากโรคนั้น รวมทั้งความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูล มาพิจารณาได้ด้วย จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า และผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีประโยชน์มากกว่า ทำให้ทราบว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคนั้น การสร้างแผนที่โรคโดยวิธีนี้ใช้ตัวแบบที่มีรากฐานมาจากตัวแบบ Generalized Linear Mixed Model (GLMM) ที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่รวมอยู่ด้วย ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ความสัมพันธ์ที่เรียกว่า Conditional autoregressive model (CAR) ซึ่งถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Basag (1974) ตัวอย่างการสร้างแผนที่โรคที่ใช้ตัวแบบ GLMM ที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ CAR รวมอยู่ด้วยได้แก่ Kleinschmidt (2001) สร้างแผนที่โรคแสดงความเสี่ยง (Risk) ของการเกิดโรคมาลาเรียในประเทศในทวีปแอฟริกา Kazembe et al. (2006) สร้างแผนที่โรคแสดงความเสี่ยงของการเกิดโรคมาลาเรียในประเทศ มาลาวี (Malawi) Zacarias and Andersson (2011) สร้างแผนที่โรคแสดงอัตราอุบัติการณ์ (Incidence rate) การเกิดโรคมาลาเรียในจังหวัดมาปูโต (Maputo) เมืองหลวงของประเทศโมซัมบิก (Mozambique) Lekdee and Ingsrisawang (2013) สร้างแผนที่โรคแสดงความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย เป็นต้น

การสร้างแผนที่โรคที่แสดงความเสี่ยง หรืออัตราอุบัติการณ์การเกิดโรคเพียงโรคเดียว แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของโรคนั้นกับพื้นที่ แต่โรคต่างๆมักมีความสัมพันธ์กัน เช่น โรคความดันโลหิตสูงกับโรคหัวใจขาดเลือด โรคไวรัสตับอักเสบกับโรคเอดส์ หรือ โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน (Rubella) การวิเคราะห์อัตราการเกิดโรคมากกว่า 1 ชนิดพร้อมกัน นอกจากจะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของโรคแต่ละชนิดกับพื้นที่แล้ว ยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของโรคด้วย Carlin and Banerjee (2003) นำเสนอตัวแบบสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่กรณีการเกิดโรคหลายชนิดมีชื่อเรียกว่า Multivariate Conditional Autoregressive (MCAR)

เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่เคยมีการนำความสัมพันธ์เชิงพื้นที่มาใช้วิเคราะห์ข้อมูลการป่วยด้วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมันพร้อมกันมาก่อน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่วิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว โดยใช้ตัวแบบ GLMM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปังซง (Poisson) พหุตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ MCAR โดยใช้วิธีการของเบย์ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ และนำค่าประมาณความเสี่ยงของการเกิดโรคที่ได้ไปใช้สร้างแผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างตัวแบบประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย

1.2.2 หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงของการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมันในประเทศไทย

1.2.3 เพื่อสร้างแผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร คือ ผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย

ตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ปี 2559 ในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จำนวนผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน พ.ศ. 2559 ได้จากสำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณฝน และภาค โดย อุณหภูมิและปริมาณฝนได้จาก จากกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี

1.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่จำนวนผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในการศึกษาครั้งนี้คือ GLMM ที่ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ MCAR รวมอยู่ด้วย การประมาณค่าพารามิเตอร์ ใช้การประมาณแบบเบย์ โดยการเขียนโปรแกรมใน R และ OpenBUGS ซึ่งใช้ Gibbs sampling MCMC ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ นำค่าประมาณอัตราการป่วยที่ได้ไปสร้างแผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมันในประเทศไทย

1.5 สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัยคือ อุณหภูมิ ปริมาณฝน และภาค มีอิทธิพลต่ออัตราป่วยโรคโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน เป็นโรคติดต่อที่สำคัญ การทราบการกระจายตัวของโรคช่วยให้การวางแผนป้องกันทำได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวแปรต้น ที่เกี่ยวข้องกับโรคหัดและโรคหัดเยอรมันคือ อุณหภูมิ ปริมาณฝน และ ภาคตัวแปรตามคือ จำนวนผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมันในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย อิทธิพลเชิงพื้นที่มีรูปแบบเป็น MCAR

1.7 คำสำคัญในการวิจัย

ตัวแบบผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป (GLMM), แผนที่โรค, โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน, การวิเคราะห์เชิงพื้นที่

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 ได้ตัวแบบที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ที่เหมาะสม

1.8.2 ทราบปัจจัย ที่มีอิทธิพลผลต่อการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการวางแผนป้องกัน และควบคุมโรค

1.8.3 ได้แผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันทั้งเชิงพื้นที่ และความสัมพันธ์ที่มีต่อปัจจัยอื่นๆ ผู้อ่านสามารถเข้าใจและเห็นได้โดยง่ายว่าพื้นที่ใดมีอัตราการป่วยสูง ใช้เป็นเครื่องมือในทางสาธารณสุข ในการการจัดโครงการ การจัดสรรทรัพยากร หรือการจัดสรรงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ได้ตรงกับพื้นที่เป้าหมาย เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.8.4 งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างแผนที่โรคอื่นๆ

1.9 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.9.1 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (spatial analysis) หมายถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่พิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูลด้วย

1.9.2 แผนที่โรค (disease map) หมายถึง แผนที่ที่ใช้แสดงอัตราการเกิดโรค ในแต่ละพื้นที่โดยใช้ความแตกต่างของสี หรือความเข้มของสีเป็นตัวบอกระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้น

1.9.3 อัตราป่วยหมายถึงจำนวนผู้ป่วยต่อประชากรกลางปี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงโรคหัด และโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย ด้วยตัวแบบ ผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป ที่มีการแจกแจงปัวซงพหุตัวแปร ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตัวแบบ GLMM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปังซง (Poisson)

2.1.2 Conditional Auto Regressive (CAR) Models

2.1.3 Multivariate Conditional Auto Regressive (MCAR) Models

2.1.4 Bayesian models

2.1.5 โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตัวแบบ GLMM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปัวซง (Poisson)

ตัวแบบการถดถอย (Regression) ถูกนำมาใช้เมื่อต้องการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรต้น และใช้สำหรับการพยากรณ์ การอนุมาน และการทดสอบสมมติฐาน ลักษณะมาตรฐานของการถดถอยคือ

$\mathbf{Y} = \mathbf{X\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$ โดยที่ $\boldsymbol{\varepsilon} \sim \text{MVN}(\mathbf{0}, \sigma^2\mathbf{I})$

เมื่อ $\mathbf{Y} = [Y_1, ..., Y_n]^T$ คือเวกเตอร์ของตัวแปรตาม $\mathbf{X}$ คือ ตัวแปรต้นเป็นเซตที่มีขนาด $n \times p$ และ $\boldsymbol{\beta}$ คือสัมประสิทธิ์การถดถอย เป็นเวกเตอร์ขนาด p เวกเตอร์ $\boldsymbol{\varepsilon}$ คือเวกเตอร์ขนาด n ของความคลาดเคลื่อน โดยสมาชิกของ $\boldsymbol{\varepsilon}$ เป็นอิสระกัน และมีการแจกแจงแบบปกติ คือ $\varepsilon \overset{\text{i.i.d}}{\sim} N(0, \sigma^2)$ ดังนั้น ตัวแปรตามต้องมีการแจกแจงแบบปกติด้วย

ในกรณีที่ตัวแปรตามเป็นข้อมูลไม่ต่อเนื่อง เช่น ข้อมูลผู้ป่วยโรคโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจขาดเลือด ซึ่งเป็นจำนวนนับ ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาในฉบับนี้ ข้อสมมติที่ให้ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปกติจึงไม่เหมาสม นิยมสมมติให้ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poison ทำให้เกิดตัวแบบใหม่ขึ้นมา เรียกว่า Poisson Regression Models ซึ่งมีลักษณะดังนี้

ให้ Y_i, $i=1,...,n$ เป็นตัวแปรตามที่มีค่าเป็นจำนวนนับ มีการแจกแจงแบบ Poisson มีค่าเฉลี่ย เท่ากับค่าความแปรปรวน เท่ากับ μ_i นั่นคือ $Y_i \sim Poisson(\mu_i)$ การแจกแจงความน่าจะเป็นของ Y_i เขียนได้ดังนี้

$$P(Y_i = y_i;\mu_i) = \frac{e^{-\mu_i}\mu_i^{y_i}}{y_i!}, y_i = 0,1,2,...$$

และ $E(Y_i) = Var(Y_i) = \mu_i$

ให้ $\mathbf{X}_i = (X_{i0}, X_{i1},..., X_{ip})^T$ $i=1,...,n$ เป็นตัวแปรต้นที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ Y_i รูปแบบความสัมพันธ์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางคือ Canonical Link ที่มีรูปแบบเป็น Natural Log Function ซึ่งถูกนำเสนอโดย McCullagh and Nelder (1989)

ให้ $\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \beta_1,..., \beta_p)^T$ เป็นพารามิเตอร์ เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$E(Y_i) = \mu_i = e^{\mathbf{x}_i^T\boldsymbol{\beta}}$$

เราสามารถประมาณค่า $\boldsymbol{\beta}$ ได้ โดยใช้วิธีการของ maximum likelihood และแก้สมการหาคำตอบโดยใช้ Numerical Iterative Method (McCullagh and Nelder ,1989)

ตัวแบบ GLMM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปัวซง เป็นภาคขยายของ ตัวแบบ Poisson Regression Models มีรูปแบบดังนี้

ภายใต้เงื่อนไขการทราบค่าตัวแปรสุ่ม $\mathbf{b}_i$ สมมติให้ตัวแปร y_{it}, $i=1,...,m$ และ $t=1,...,n_i$ มีการแจกแจงแบบปังซง และเป็นอิสระกัน นั่นคือ $y_{it} \mid \mathbf{b}_i, v_i \sim \text{Pois}(\mu_{it})$ ตัวแบบ GLMM ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบปัวซง นิยามดังนี้

$$\log(\mu_{it}) = \mathbf{x}_{it}^T\boldsymbol{\beta} + \mathbf{z}_{it}^T\mathbf{b}_i$$

เมื่อ $\mathrm{E}(y_{it} \mid \mathbf{b}_i, v_i) = \mu_{it}$, $\boldsymbol{\beta}$ คือเวกเตอร์ขนาด $p \times 1$ ของอิทธิพลคงที่ (Fixed effect) ที่สัมพันธ์กับตัวแปรร่วม (Covariates) $\mathbf{x}_{it}$, $\mathbf{b}_i$ คือเวกเตอร์ขนาด $q \times 1$ ของอิทธิพลเชิงสุ่ม (Random effect) สัมพันธ์กับตัวแปรร่วม $\mathbf{z}_{it}$ และ y_{it} คือค่าสังเกตที่เป็นจำนวนนับ โดยทั่วไปจะกำหนดให้ $\mathbf{b}_i \overset{\text{iid}}{\sim} \mathrm{N}(\mathbf{0}, \mathbf{D})$

2.1.2 Conditional Autoregressive (CAR) Models

CAR models มีรูปแบบดังนี้ (Banerjee et al, 2004)

กำหนดให้ $\mathbf{v} = (v_1, ..., v_m)^T$ เป็นเวกเตอร์ของอิทธิพลเชิงสุ่มที่เปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ และ Y_i คือค่าสังเกตในพื้นที่ $i,\ i = 1, ..., m$. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของ v_i นิยามดังนี้

$$v_i \mid \mathbf{v}_{(-i)} \sim \mathrm{N}\left(\sum_{j=1}^{m} b_{ij} v_j, \tau_i^2 \right)$$ เมื่อ $v_{(-i)} = \{ v_j : j \neq i \}$

τ^2 คือความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไข b_{ij} คือค่าคงที่ โดยที่ $b_{ii} = 0$ สำหรับ $i = 1, ..., m$. กำหนดให้ $\mathbf{B} = (b_{ij})$ และ $\mathbf{D} = \mathrm{diag}(\tau_1^2, ..., \tau_m^2)$ โดย Brook's Lemma สามารถเขียนการแจกแจงร่วมของ v ทุกตัวได้ดังนี้

$\mathbf{v} \sim N\left(\mathbf{0}, (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} \mathbf{D} \right)$ หรือ

$$\mathrm{p}(\mathbf{v}) \propto \exp\left\{ -\frac{1}{2} \mathbf{v}^T \mathbf{D}^{-1} (\mathbf{I} - \mathbf{B}) \mathbf{v} \right\}$$

$\mathrm{E}(\mathbf{v}) = \mathbf{0}$ และ $\mathrm{var}(\mathbf{v}) = (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} \mathbf{D}$

$\mathbf{D}^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{B})$ จะเป็นเมตริกซ์สมมาตรก็ต่อเมื่อ $\frac{b_{ij}}{\tau_i^2} = \frac{b_{ji}}{\tau_j^2}$ สำหรับทุกๆ i, j ดังนั้นจึงกำหนดให้

$b_{ij} = \frac{w_{ij}}{w_{i+}}$ และ $\tau_i^2 = \frac{\tau^2}{w_{i+}}$ จะได้

$v_i \mid \mathbf{v}_{(-i)} \sim \mathrm{N}\left(\sum_{j=1}^{m} \frac{w_{ij} v_j}{w_{i+}}, \frac{\tau^2}{w_{i+}} \right)$ และ

$\mathbf{v} \sim N\left(\mathbf{0}, \tau^2 (\mathbf{D}_w - \mathbf{W})^{-1}\right)$ หรือ

$$\mathrm{p}(\mathbf{v}) \propto \exp\left\{ -\frac{1}{2\tau^2} \mathbf{v}^T (\mathbf{D}_w - \mathbf{W}) \mathbf{v} \right\}$$

$\mathbf{W} = (w_{ij})$ คือเมตริกซ์แสดงน้ำหนักของแต่ละพื้นที่ นิยามดังนี้

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ if subregions } i \text{ and j share a common boundary, } i \neq j \\ 0 \text{ otherwise} \end{cases}$$

w_{ij} = 1 ถ้าพื้นที่ i และ j อยู่ติดกัน โดยที่ $i \neq j$

w_{ij} = 0 ถ้า พื้นที่ i และ j ไม่ได้อยู่ติดกัน

$\mathbf{D}_w =$ $\mathrm{diag}(w_{i+})$ เป็นเมตริซ์ทแยงมุม ที่มีสมาชิกในแนวเส้นทะแยงมุมหลัก (i,i) เท่ากับ $w_{i+} = \sum_j w_{ij}$

เนื่องจาก $(\mathbf{D}_w - \mathbf{W})$ เป็นเมตริกซ์ที่ไม่มีอินเวอร์ส ดังนั้น $p(\mathbf{v})$ จึงไม่มีสมบัติเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็น เรียการแจกแจง $\mathbf{v}$ นี้ว่า Improper CAR

สามารถแก้ปัญหาเพื่อให้ $p(\mathbf{v})$ มีสมบัติเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นได้ โดยการเพิ่มพารามิเตอร์ ρ ดังนี้ $\mathrm{var}(\mathbf{v}) = \tau^2 (\mathbf{D}_w - \rho \mathbf{W})^{-1}$ การแจกแจงความน่าจะเป็นของ $v_i \mid \mathbf{v}_{(-i)}$ จะมีรูปแบบเป็น

$$v_i \mid \mathbf{v}_{(-i)} \sim \mathrm{N}\left(\rho \sum_{j=1}^{m} \frac{w_{ij} v_j}{w_{i+}}, \frac{\tau^2}{w_{i+}} \right)$$

และ

$$\mathbf{v} \sim N\left(\mathbf{0}, \tau^2(\mathbf{D}_w - \rho\mathbf{W})^{-1}\right)$$

เรียการแจกแจง $\mathbf{v}$ นี้ว่า Proper CAR

2.1.3 Multivariate Conditional Autoregressive (MCAR) Models

Multivariate Conditional Autoregressive (MCAR) Model มีรูปแบบดังนี้

ให้ $Y_{ij} \overset{ind}{\sim} f(y_{ij} \mid \beta, \theta_{ij})$, i = $1,2,...,n$; j = 1,2,...,p $MCAR(\alpha, \Lambda)$ นิยามดังนี้ (Carlin and Banerjee, 2003; Gelfand and Vounatsou , 2003)

$\mathbf{\Phi} \sim N_{np}(\mathbf{0}, \mathbf{\Lambda}^{-1} \otimes (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})^{-1})$

$\mathbf{\Phi} = (\phi_1', ..., \phi_p')'$, $\mathbf{\Phi}_k = (\phi_{1k}, ..., \phi_{nk})'$, k = 1,...,p

$\mathbf{\Lambda}^{-1}$ เป็น p x p positive definite, matrix. $\mathbf{D} = diag(m_i)$,

m_i แทนจำนวนพื้นที่ที่อยู่ติดกับ

พื้นที่ i , W_{ij} แทนน้ำหนักของพื้นที่ที่อยู่ติดกันและไม่ติดกัน คือ

$w_{ij} = 0$ ถ้า $i = j$ หรือ พื้นที่ i และ j ไม่ได้อยู่ติดกัน

$w_{ij} = 1$ ถ้าพื้นที่ i และ j อยู่ติดกัน

α คือ ตัวพารามิเตอร์ปรับให้เรียบ (Smoothing parameter)

เรียก $MCAR(1, \Lambda): \alpha = 1$ ว่า improper MCAR แทนด้วย (MIAR)

และเรียก $MCAR(\alpha, \Lambda)$ ว่า proper MCAR

ในกรณีที่ศึกษาโรค 2 ชนิด j = 1,2 จะได้ตัวแบบดังนี้

$Y_{ij} \overset{ind}{\sim} f(y_{ij} \mid \beta, \theta_{ij})$, $\mathbf{\Phi} \sim N_{2n}(\mathbf{0}, \mathbf{\Sigma})$, i = $1,2,...,n$; j = 1,2

สำหรับ $MCAR(\alpha, \Lambda)$ ค่า $\mathbf{\Sigma}^{-1} = \begin{bmatrix} (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})\Lambda_{11} & (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})\Lambda_{12} \\ (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})\Lambda_{12} & (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})\Lambda_{22} \end{bmatrix}$

ตัวแบบ $MCAR(\alpha_1, ..., \alpha_p, \Lambda)$ คือ

$$\boldsymbol{\Sigma}^{-1}=\begin{bmatrix}\mathbf{R}_1' & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{R}_2'\end{bmatrix}(\boldsymbol{\Lambda}\otimes\mathbf{I}_{nxn})\begin{bmatrix}\mathbf{R}_1 & \mathbf{0}\\ \mathbf{0} & \mathbf{R}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\mathbf{R}_1'\mathbf{R}_1\Lambda_{11} & \mathbf{R}_1'\mathbf{R}_2\Lambda_{12}\\ \mathbf{R}_2'\mathbf{R}_1\Lambda_{12} & \mathbf{R}_2'\mathbf{R}_2\Lambda_{22}\end{bmatrix}$$

เมื่อ $\mathbf{R}_j'\mathbf{R}_j=\mathbf{D}-\alpha_j\mathbf{W},|\alpha_j|<1, j=1,2$

หรือ $\mathbf{R}_j$ คือ Cholesky decomposition ของ $\mathbf{D}-\alpha_j\mathbf{W}$

2.1.4 Bayesian models (Congdon, 2006)

ให้ $Y_1,Y_{2,...,}Y_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n มี distribution เป็น $f(y\mid\theta)$ โดยที่ θ เป็นค่าของตัวแปรสุ่ม Θ และ Θ มี distribution เป็น $g(\theta)$

$X_1,X_{2,...,}X_p$ เป็นตัวแปรร่วม (covariate)

Likelihood function คือ $f(y_1,y_{2,...,}y_n\mid\theta)=\prod_{i=1}^{n}f(y_i\mid\theta)$

เรียก $g(\theta)$ ว่า Prior distribution

Posterior distribution คือ $f(\theta\mid y_1,y_{2,...,}y_n)=\dfrac{\prod_{i=1}^{n}f(y_i\mid\theta)g(\theta)}{\int\prod_{i=1}^{n}f(y_i\mid\theta)g(\theta)d\theta}$

เรียก $\int\prod_{i=1}^{n}f(y_i\mid\theta)g(\theta)d\theta$ ว่า Prior predictive distribution

จะเห็นว่า $f(\theta\mid y_1,y_{2,...,}y_n)\propto\prod_{i=1}^{n}f(y_i\mid\theta)g(\theta)$

สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ใน Posterior distribution คือการหาค่าของพารามิเตอร์แบบจุด (point estimate) ที่ทำให้ Posterior distribution มีค่าสูงสุด ถ้า Posterior distribution มีมิติ (dimension) ขนาดใหญ่ จะทำให้มีค่า local maximum จำนวนมาก ในอดีตการหาจุดที่ทำให้ Posterior distribution มีค่าสูงสุดอาจจะเป็นไปไม่ได้เลย จนกระทั่งค้นพบวิธีการของ Monte Carlo สำหรับการประมาณค่า จึงทำให้มีการนำ Posterior distribution ไปใช้อย่างกว้างขวาง

Monte Carlo Method ใช้หลักการ คือ ถ้าต้องการรู้ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงใด ก็จะใช้การสุ่มตัวอย่างจากการแจกแจงนั้น ซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง แล้วดูผล (Result) ที่เกิดขึ้นในการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้ง เช่น ถ้าต้องการคำนวณค่า Posterior expected value ซึ่งต้องคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

$$E(\theta \mid y_1, y_{2,\ldots,} y_n) = \int \theta f(\theta \mid y_1, y_{2,\ldots,} y_n) d\theta$$

ถ้าสามารถสร้าง ลำดับการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม จำนวน G ครั้ง กำหนดให้เป็น $\theta^{(1)}, \theta^{(2)}, \ldots, \theta^{(G)}$ จาก $f(\theta \mid y_1, y_{2,\ldots,} y_n)$ ก็จะสามารถประมาณค่า Posterior expected value ได้จาก

$$E(\theta \mid y_1, y_{2,\ldots,} y_n) = \int \theta f(\theta \mid y_1, y_{2,\ldots,} y_n) d\theta \approx \frac{1}{G} \sum_{g=1}^{G} \theta^{(g)}$$

ความถูกต้องของค่าประมาณขึ้นอยู่กับ algorithms ที่ใช้สำหรับสุ่มตัวอย่างและจำนวนครั้งของการสุ่ม algorithm ที่ใช้แก้ปัญหาในงานของเบย์ ที่ใช้กันมากคือ Gibbs Sampling algorithms และ Metropolis-Hastings algorithms algorithms ทั้ง 2 ประเภทนี้เป็นวิธีการของ Markov Chain Monte Carlo (MCMC) คือ ลำดับของการสุ่มตัวอย่าง $\theta^{(1)}, \theta^{(2)}, \ldots, \theta^{(G)}$ เป็นอิสระกัน และครั้งที่ $\theta^{(g+1)}$ ของการสุ่มตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับการสุ่มตัวอย่างครั้งก่อนหน้านั้น $\theta^{(g)}$ เท่านั้น

2.1.5 โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน (สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค, 2555)

พรเทพ สวนดอก (2555) สรุปความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโรคหัดและโรคหัดเยอรมันไว้ดังนี้ โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน เป็นโรคติดต่อชนิดหนึ่ง เกิดจากเชื้อไวรัส พบได้บ่อยในเด็กและผู้ใหญ่ โดยเฉพาะช่วงอากาศหนาวเย็นมักเกิดขึ้นบ่อย จึงควรระมัดระวังให้กับเด็ก นอกจากนี้ ในแม่ตั้งครรภ์ หากติดเชื้อระหว่างตั้งครรภ์จะส่งผลให้ทารกพิการได้ โรคหัดเกิดจากเชื้อไวรัสรูบิโอลา (Rubiola) พบมากในน้ำลายของผู้เป็นโรคหัด ติดต่อได้ง่ายและรวดเร็วมาก โดยการไอ จาม หายใจรดกัน หรือใช้สิ่งของร่วมกัน โรคหัดเกิดได้กับทุกอายุและพบบ่อยในเด็กที่อายุระหว่าง 2 ถึง 14 ปี แต่ไม่ค่อยพบในทารกที่อายุน้อยกว่า 6 ถึง 8 เดือน เนื่องจากทารกเหล่านี้มีภูมิต้านทานที่ได้รับจากแม่ตั้งแต่อยู่ในครรภ์

โรคหัดนี้พบได้ตลอดปี ส่วนมากเกิดในช่วงฤดูหนาวจนถึงต้นฤดูร้อน โดยเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์และเดือนสิงหาคม ผู้ที่ไม่เคยฉีดวัคซีนป้องกันโรคหัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการระบาดของโรค นอกจากนี้ผู้ที่อาศัยอยู่รวมกันหนาแน่น หรือในศูนย์อพยพ วัด โรงเรียน ฯลฯ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการแพร่เชื้อโรคหัดได้เมื่อร่างกายได้รับเชื้อโรคหัดเข้าไปประมาณ 7 วันจึงจะเริ่มมีอาการ ช่วงแรกอาการคล้ายไข้หวัด และมีไข้สูงตลอดเวลา รับประทานยาลดไข้แล้วไข้ก็ไม่ลด อ่อนเพลีย ซึมลงหรือกระสับกระส่าย ร้องกวน เบื่ออาหาร น้ำมูกใส ไอแห้ง น้ำตาไหล ไม่สู้แสง หนังตาบวม บางรายอาจถ่ายเหลวบ่อยเหมือนท้องเดิน หรืออาจชักจากไข้ ต่อมาผื่นจะขึ้นเริ่ม ลักษณะเฉพาะของโรคหัดคือมีไข้สูง 3 ถึง 4 วันแล้วจึงเริ่มมีผื่นขึ้น ลักษณะผื่นเป็นจุดแดงเล็กๆ ขนาดเท่าหัวเข็มหมุด โดยเริ่มเห็นผื่นขึ้นที่บริเวณตีนผมและซอกคอก่อนเป็นอันดับแรก แล้วลามไปตามใบหน้า ลำตัวและแขนขา ผิวหนังโดยรอบอาจเป็นสีแดงระเรื่อ บางครั้งอาจมีอาการคันเล็กน้อย ผื่นจะไม่จางหายไปทันทีแต่จะใช้เวลาประมาณ 2 ถึง 3 วันนับจากวันแรกที่ผื่นเริ่มขึ้น หลังจากผื่นจางลง มักเปลี่ยนเป็นสีคล้ำในช่วงแรก โรคหัดส่วนใหญ่หายได้เองและเกิดโรคแทรกซ้อนน้อย มักพบในเด็กขาดสารอาหาร ร่างกายอ่อนแอ โรคแทรกซ้อนที่พบบ่อยคือ โรคปอดอักเสบ และโรคอุจจาระร่วง ซึ่งมักพบหลังผื่นขึ้น หรือเมื่อไข้เริ่มทุเลาแล้ว โรคแทรกซ้อนที่รุนแรงและทำให้เสียชีวิตได้คือ โรคสมองอักเสบ นอกจากนี้ขณะที่เป็นโรคหัด ภูมิคุ้มกันของร่างกายจะลดลงทำให้มีโอกาสเป็นวัณโรคปอดได้ง่ายขึ้น

การรักษาและปฏิบัติตัวเหมือนโรคไข้หวัดทั่วไป คือ พักผ่อนมากๆ ดื่มน้ำมากๆ เช็ดตัวลดไข้ไม่อาบน้ำเย็น กินยารักษาตามอาการ เช่น ยาลดไข้ ไม่ควรกินยาปฏิชีวนะในช่วงแรก เพราะถ้าแพ้ยาจะทำให้บอกความแตกต่างระหว่างผื่นแพ้ยากับผื่นโรคหัดได้ยาก ถ้ามีอาการไอ เสมหะเริ่มข้นหรือเขียว หรือหายใจมีเสียงวี๊ด เนื่องจากหลอดลมตีบ ควรพบแพทย์ การป้องกัน โดยปกติวัคซีนป้องกันโรคหัดเป็นวัคซีนตามเกณฑ์ของกระทรวงสาธารณสุขที่ต้องฉีดให้เด็กทุกคนที่อายุระหว่าง 9 ถึง 12 เดือน ฉีดเพียงครั้งเดียวสามารถป้องกันโรคหัดได้ตลอดไป และให้ฉีดกระตุ้นอีกครั้งเมื่อเด็กอายุ 4 ถึง 6 ปี วัคซีนป้องกันโรคหัดมีทั้งชนิดเดี่ยวและชนิดที่รวมกับวัคซีนป้องกันโรคหัดเยอรมันและโรคคางทูม (MMR) ในเข็มเดียวกัน ขอรับการฉีดวัคซีนดังกล่าวได้ที่สถานีอนามัยใกล้บ้านหรือโรงพยาบาลทั่วไป

โรคหัดเยอรมัน เกิดจากเชื้อไวรัสรูเบลล่า (Rubella) มักพบการระบาดในโรงเรียน โรงงาน สถานที่ทำงาน และระบาดบ่อยช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน เชื้ออยู่ในน้ำมูก น้ำลาย ติดต่อกันได้โดยการไอ จาม หรือสัมผัสน้ำมูกน้ำลายที่มีเชื้อหัดเยอรมันอยู่ เชื้อนี้มีชีวิตอยู่ในร่างกายคนได้ถึง 1 ปี เมื่อติดเชื้อแล้วจะยังไม่เกิดอาการทันที ใช้เวลาประมาณ 14 ถึง 21 วันจึงเริ่มเกิดอาการ อย่างไรก็ตาม พบว่าผู้ติดเชื้อส่วนมากมักไม่มีอาการใดๆ หรือมีอาการเพียง

เล็กน้อยและหายได้เอง แต่ถ้าสตรีมีครรภ์ติดเชื้อโรคหัดเยอรมันในช่วงอายุครรภ์ 3 ถึง 4 เดือนแรก จะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อทารกในครรภ์ ทำให้เด็กที่เกิดมาพิการ เช่น สมองฝ่อ หูหนวก ต้อกระจกตา โรคหัวใจ คนที่เคยเป็นโรคหัดเยอรมันแล้วจะมีภูมิคุ้มกันโรคนี้ไปตลอดชีวิต

สำหรับทารกที่ติดเชื้อตั้งแต่อยู่ในครรภ์จะมีโอกาสมีอวัยวะต่างๆ ผิดปกติได้ตั้งแต่กำเนิด ทั้งนี้ความรุนแรงขึ้นกับอายุครรภ์ที่ได้รับเชื้อ ถ้าติดเชื้อไวรัสหัดเยอรมันในช่วง 4 สัปดาห์แรกของอายุครรภ์ พบว่าทารกมีโอกาสเกิดความพิการได้สูงถึงร้อยละ 50 ถ้าติดเชื้อในช่วงอายุครรภ์ที่ 5 ถึง 8 สัปดาห์ ทารกมีโอกาสเกิดความพิการได้ประมาณหนึ่งในสี่หรือร้อยละ 25 และถ้าติดเชื้อในช่วงใกล้คลอดคืออายุครรภ์ที่ 9 ถึง 12 สัปดาห์ ความพิการของทารกมีโอกาสเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 8 ความพิการที่พบบ่อย ได้แก่ ความพิการทางตา เช่น ตาต้อกระจก ต้อหิน ความพิการที่หัวใจ หูหนวก ศีรษะเล็ก โครงสร้างสมองผิดปกติ ตัวเล็ก พัฒนาการช้า ตับโต ม้ามโต ตัวเหลือง มีจ้ำเลือดตามตัว และเกล็ดเลือดต่ำ

สำหรับเด็กโต อาการโรคหัดเยอรมันจะเริ่มจากต่อมน้ำเหลืองโตบริเวณหลังหู ท้ายทอยและด้านหลังของลำคอ มีไข้ ปวดศีรษะ มีอาการคล้ายเป็นหวัด อาจเจ็บคอร่วมด้วย เมื่อมีไข้ประมาณวันที่ 3 จึงเริ่มมีผื่นขึ้น ลักษณะผื่นจะแบนราบ สีชมพูจางๆ เริ่มขึ้นที่ใบหน้าแล้วลามไปทั่วตัวอย่างรวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมง ผื่นเห็นชัดเจนบริเวณแขนขาจะหายไปในเวลา 1 ถึง 2 วัน จากนั้นสีของผิวหนังจะกลับเป็นปกติ ในเด็กอาจมีเพียงอาการผื่นขึ้นโดยไม่มีไข้ หรือไม่มีอาการอื่นนำมาก่อน สำหรับผู้ใหญ่ อาการจะคล้ายที่พบในเด็ก แต่ผู้ใหญ่จะมีไข้สูงกว่าเด็ก ผู้หญิงอาจมีอาการปวดข้อหรือข้ออักเสบร่วมด้วย เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายแล้ว ช่วงเวลาที่แพร่เชื้อได้มากที่สุดคือช่วง 2 หรือ 3 วันก่อนผื่นขึ้น และเมื่อผื่นขึ้นแล้วยังสามารถแพร่เชื้อได้อีกประมาณ 7 วัน ดังนั้นในช่วงดังกล่าวผู้ป่วยควรแยกตัวและไม่ไปคลุกคลีกับผู้อื่นเพราะอาจกระจายเชื้อสู่ผู้อื่นได้โดยไม่ตั้งใจ

อย่างไรก็ดี ผู้ป่วยบางรายอาจเกิดโรคแทรกซ้อนขณะติดเชื้อโรคหัดเยอรมัน โรคแทรกที่พบได้คือ สมองอักเสบ ข้อนิ้วมือนิ้วเท้าอักเสบ ผู้หญิงที่ติดเชื้อขณะตั้งครรภ์อาจทำให้ทารกที่เกิดมามีความพิการได้ โรคหัดเยอรมัน เป็นโรคที่ไม่มียาต้านไวรัส ถ้าเกิดในเด็กหรือผู้ใหญ่ที่ไม่ตั้งครรภ์ให้รักษาตามอาการ เช่น กินยาลดไข้ เช็ดตัวลดไข้ ดื่มน้ำมากๆ พักผ่อนให้เพียงพอ กรณีที่เกิดการติดเชื้อในหญิงตั้งครรภ์โดยเฉพาะอายุครรภ์ 3 เดือนแรก แนะนำให้ไปโรงพยาบาลเพื่อตรวจเลือดดูว่าเคยมีภูมิคุ้มกันต่อเชื้อไวรัสหัดเยอรมันหรือไม่ กรณีตรวจไม่พบภูมิคุ้มกัน แนะนำให้ตรวจเลือดซ้ำอีกครั้ง ภายใน 2 ถึง 3 สัปดาห์ต่อมา ถ้าผลตรวจยังคงเป็นลบ ควรตรวจซ้ำอีกครั้งเมื่อ 6 สัปดาห์หลังสัมผัสโรค การตรวจเลือดทุกครั้งจะดูผลเลือดควบคู่กับผลเลือดที่เจาะครั้งแรกด้วยเสมอ กรณีที่ผลเลือดทุกครั้งให้ผลลบแสดงว่าไม่มีการติดเชื้อหัดเยอรมัน แต่ถ้าตรวจครั้ง

แรกให้ผลลบและครั้งต่อไปให้ผลบวกแสดงว่ามีการติดเชื้อ ซึ่งแพทย์จะแนะนำเรื่องความเสี่ยงที่จะเกิดกับทารกในครรภ์และอาจพิจารณาให้ยุติการตั้งครรภ์

โรคหัดเยอรมันสามารถป้องกันได้ด้วยการฉีดวัคซีน ซึ่งอยู่ในวัคซีนรวม 3 โรค วัคซีนเอ็มเอ็มอาร์ (MMR) คือสามารถป้องกันโรคคางทูม โรคหัด และโรคหัดเยอรมัน ได้ภายในเข็มเดียวกัน วัคซีนที่ใช้สร้างจากการนำเชื้อไวรัสที่ยังมีชีวิตอยู่แต่ทำให้อ่อนฤทธิ์ลง เมื่อฉีดแล้วจะทำให้ร่างกายคนสามารถสร้างภูมิคุ้มกันขึ้นช้าๆ และขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 6 ถึง 8 หลังฉีดวัคซีน สำหรับเด็กเล็ก วัคซีนเอ็มเอ็มอาร์นี้ สามารถฉีดเข็มแรกให้กับเด็กตั้งแต่อายุ 1 ปีขึ้นไป และฉีดเข็มที่สองเมื่อเด็กอายุ 4-6 ปี สำหรับเด็กโตและผู้ใหญ่ที่ยังไม่มีภูมิคุ้มกันต่อไวรัสหัดเยอรมันก็สามารถฉีดวัคซีนดังกล่าวได้

สำหรับผู้ใหญ่ที่จำประวัติการฉีดวัคซีนในอดีตไม่ได้ ไม่แนะนำให้ฉีดวัคซีนนี้ เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่มีภูมิคุ้มกันต่อโรคแล้ว ทั้งจากการได้รับวัคซีนหรือจากการติดเชื้อมาแล้วในอดีต ในปีพ.ศ. 2547 ที่จังหวัดเชียงราย ชลบุรี อุดรธานี และนครศรีธรรมราช ได้มีการศึกษาพบว่าประชากรที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไปมีภูมิคุ้มกันต่อโรคนี้แล้วถึงร้อยละ 93 ด้วยเหตุนี้จึงไม่แนะนำให้ฉีดวัคซีนนี้ในผู้ใหญ่ที่ไม่ทราบประวัติการฉีดวัคซีนในอดีต สำหรับหญิงวัยเจริญพันธุ์แนะนำให้ฉีดวัคซีนนี้ล่วงหน้าก่อนที่จะตั้งครรภ์อย่างน้อย 1 เดือน สำหรับหญิงที่กำลังตั้งครรภ์ ห้ามฉีดวัคซีนชนิดนี้เด็ดขาด

นอกจากการฉีดวัคซีนป้องกันโรคแล้ว ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับผู้ป่วย ถ้าไอให้ใช้หน้ากากอนามัย หรือใช้มือปิดปากและจมูก และควรหมั่นล้างมือบ่อยๆ ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ที่ป่วยเป็นโรคหัดเยอรมัน ต้องอยู่แยกจากผู้อื่นโดยเฉพาะเมื่อมีผื่นขึ้นแล้วต้องอยู่ห่างผู้อื่นจนครบ 7 วันหลังผื่นขึ้น สำหรับทารกที่ติดเชื้อตั้งแต่อยู่ในครรภ์และเกิดออกมามีความพิการ พบว่าเชื้อไวรัสหัดเยอรมันสามารถอยู่ในร่างกายทารกนั้นได้นานถึง 1 ปี จึงต้องแยกทารกออกจากเด็กอื่นเป็นเวลา 1 ปี หรือจนกว่าจะตรวจไม่พบเชื้อไวรัสภายในช่องจมูก ลำคอ และในปัสสาวะ เมื่ออายุ 3 ถึง 6 เดือน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Breslow and Day (1975) ศึกษาอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโดยใช้การประมาณค่าความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) โดยมีข้อสมมติ (assumption) ว่า ประชากรทุกพื้นที่มี

ลักษณะเหมือนกันทั้งหมด และจำนวนผู้ป่วยที่เสียชีวิตขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น อายุ เพศ และพื้นที่อยู่อาศัย

Besag (1974) และ Clayton and Kaldor (1987) ศึกษาการประมาณอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของพื้นที่ด้วย ตัวแบบที่ใช้คือตัวแบบเบย์ โดยมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เป็นแบบ Conditional Autoregressive model (CAR) ซึ่งเป็นตัวแบบที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้

Kleinschmidt et al. (2001) สร้างแผนที่โรคมาลาเรียใน KwaZulu Natal ประเทศแอฟริกาใต้โดยใช้วิธีการแบบเบย์

Mabaso MLH (2005) ที่สร้างแผนที่โรคมาลาเรียใน Zimbabwe ประเทศแอฟริกาใต้

Knorr-Held and Rue (2002) โดยใช้ตัวแบบ improper MCAR ในการสร้างแผนที่โรค 2 ชนิด และ Mueller และคณะ (2001) ได้ใช้ตัวแบบ improper MCAR ในเรื่องการเจริญเติบโตของเด็ก

จากตัวอย่างงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่าวิธีการของเบย์ในตัวแบบที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่รวมอยู่ด้วย ถูกนำมาใช้ในการสร้างแผนที่โรคอย่างแพร่หลาย แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้กับโรคหัดและโรคหัดเยอรมันมาก่อน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการสร้างแผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมันโดยใช้วิธีการของเบย์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงโรคหัด และโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย ด้วยตัวแบบ ผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป ที่มีการแจกแจงปัวซงพหุตัวแปร ในครั้งนี้ มีวิธีดำเนินการในแต่ละข้อต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล
3.2 ขอบเขตการวิจัย
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เป็นข้อมูลระดับจังหวัด ปี 2559 ประกอบด้วยจำนวนผู้ป่วยการโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน และจำนวนประชากรกลางปี รวบรวมจากกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (สำนักระบาดวิทยา, 2560) อุณหภูมิ ปริมาณฝน และภาค รายจังหวัด รวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

3.2 ขอบเขตการวิจัย

3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ป่วยเป็นโรคโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย

ตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ปี 2559 ในประเทศไทย จำนวน 849,583 คน และ 13,037 คน ตามลำดับ

3.2.2 ตัวแปรสำหรับการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิ ปริมาณฝน และภาค

ตัวแปรตาม คือ อัตราป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ปี 2559 ในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.3.1 ศึกษาหัวเรื่อง ต่อไปนี้

ก. โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน เช่น สาเหตุของโรค การติดต่อ อาการ การวินิจฉัย การรักษา และการป้องกัน

ข. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

ค. ตัวแบบ GLMM ซึ่งเป็นตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ตัวแปรตามมีการวัดซ้ำหรือมีความสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะกรณีที่ตัวแปรตามมีค่าเป็นจำนวนนับ มีการแจกแจงแบบปัวซง

ง. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ตัวแบบ GLMM ที่มีอิทธิพลเชิงพื้นที่รวมอยู่ด้วย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ลักษณะของตัวอย่าง และวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

ก. ลักษณะของข้อมูล ใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

ข. ปัจจัยเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน โดยใช้วิธีการของเบย์ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ รายละเอียดตัวแบบแสดงดังต่อไปนี้

ให้ Y_{ij} แทนจำนวนผู้ป่วยในจังหวัดที่ i โรคที j เมื่อ $i = 1,...,76$ และ $j = 1,2$

N_i แทนจำนวนประชากรกลางปี 2559 ของจังหวัดที่ i

$X_{ij.1}$ แทน อุณหภูมิในจังหวัดที่ i

$X_{ij.2}$ แทน ปริมาณฝน ในจังหวัดที่ i

$X_{ij.3}$ แทน ภาคเหนือ ในจังหวัดที่ i

$X_{ij.4}$ แทน ภาคอีสาน ในจังหวัดที่ i

$X_{ij.5}$ แทน ภาคใต้ ในจังหวัดที่ i

$X_{ij.6}$ แทน ภาคตะวันออก ในจังหวัดที่ i

$X_{ij.7}$ แทน ภาคตะวันตก ในจังหวัดที่ i

α_j คือ Intercept ของโรคที่ j

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, ..., \beta_7$ คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ รายได้เฉลี่ยต่อหัว และ สัดส่วนนักเรียนนักศึกษา ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นกับตัวแปรตามอยู่ในรูป

$$\log(\mu_{ij}) = \log(E_i) + \alpha_j + \beta_1 X_{ij.1} + \beta_2 X_{ij.2} + \beta_3 X_{ij.3} + \beta_4 X_{ij.4} + \beta_5 X_{ij.5} + \beta_6 X_{ij.6} + \beta_7 X_{ij.7} + \phi_{ij}$$

ϕ_{ij} คืออิทธิพลเชิงพื้นที่ แบบ MCAR

$\mathbf{\Phi} \sim N_{2n}(\mathbf{0}, \mathbf{\Sigma})$, i = $1, 2, ..., n$; j = 1,2

สำหรับ $MCAR(\alpha, \Lambda)$ ค่า $\mathbf{\Sigma}^{-1} = \begin{bmatrix} (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})\Lambda_{11} & (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})\Lambda_{12} \\ (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})\Lambda_{12} & (\mathbf{D} - \alpha\mathbf{W})\Lambda_{22} \end{bmatrix}$

ตัวแบบ $MCAR(\alpha_1, ..., \alpha_p, \Lambda)$ คือ

$$\mathbf{\Sigma}^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_1' & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R}_2' \end{bmatrix} (\mathbf{\Lambda} \otimes \mathbf{I}_{nxn}) \begin{bmatrix} \mathbf{R}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_1'\mathbf{R}_1\Lambda_{11} & \mathbf{R}_1'\mathbf{R}_2\Lambda_{12} \\ \mathbf{R}_2'\mathbf{R}_1\Lambda_{12} & \mathbf{R}_2'\mathbf{R}_2\Lambda_{22} \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\mathbf{R}_j'\mathbf{R}_j = \mathbf{D} - \alpha_j\mathbf{W}, |\alpha_j| < 1, j = 1,2$

หรือ $\mathbf{R}_j$ คือ Cholesky decomposition ของ $\mathbf{D}-\alpha_j\mathbf{W}$

ภายใต้วิธีการของเบย์ กำหนดการแจกแจงเบื้องต้นดังนี้

$$\alpha_j, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7 \sim Normal(0,1000)$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ ใช้การประมาณแบบเบย์ โดยการเขียนโปรแกรมใน R และ OpenBUGS ซึ่งใช้ Gibbs sampling MCMC .ในการประมาณค่าพารามิเตอร์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย ด้วยตัวแบบ ผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป ที่มีการแจกแจงปัวซองพหุตัวแปร ในครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน และเพื่อสร้างแผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมันในประเทศไทย ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ จำนวนผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ปี 2559 มีจำนวนทั้งหมด 849,583 คน และ 13,037 คน ตามลำดับ รวบรวมจาก สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรคติดต่อกระทรวงสาธารณสุข และข้อมูล อุณหภูมิ ปริมาณฝน ในแต่ละจังหวัด รวบรวมจากจากกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ในแต่ละข้อต่อไปนี้

4.1 ลักษณะของข้อมูล
4.2 ปัจจัยเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน
4.3 ค่าประมาณอัตราป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน
4.4 ค่าประมาณจำนวนผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน
4.5 อิทธิพลเชิงพื้นที่
4.6 แผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

4.1 ลักษณะของข้อมูล

จำนวนผู้ป่วยโรคหัดเฉลี่ยต่อจังหวัด 21.92 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 71.35 คน จำนวนผู้ป่วยโรคหัดเยอรมันเฉลี่ยต่อจังหวัด 2.18 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.02 คน และจำนวนประชากรกลางเฉลี่ยต่อจังหวัด 849,700.09 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 731,181.65 คน

4.2 ปัจจัยเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ใช้ตัวแบบ GLMM ที่มีตัวความสัมพันธ์เชิงพื้นที่รวมอยู่ด้วย ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI		ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR)
Intercept (โรคหัด)	0.2418	1.5370	-2.9520	2.5050	1.2735
Intercept (โรคหัดเยอรมัน)	-1.5510	1.5370	-4.7260	0.7264	0.2120
อุณหภูมิ	-0.0127	0.0280	-0.0687	0.0402	0.9874
ฝน	-0.0022	0.0031	-0.0083	0.0038	0.9978
ภาคเหนือ	0.3183	0.5568	-0.7800	1.4200	1.3748
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-0.6708	0.5448	-1.8010	0.4635	0.5113
ภาคใต้	-0.1975	1.4790	-3.2260	2.3160	0.8208
ภาคตะวันออก	-0.3340	0.6822	-1.7340	1.0050	0.7161
ภาคตะวันตก	-0.7123	0.4668	-1.6220	0.2112	0.4905
ภาคกลาง(อ้างอิง)	.	.	.	.	.

จากตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการป่วยโรคเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน คือ อุณหภูมิ (RR=0.9874) ฝน (RR=0.9978) ภาคเหนือ (RR=1.3748) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (RR=0.5113) ภาคใต้ (RR=0.8208) ภาคตะวันออก (RR=0.7161) ภาคตะวันตก (RR=0.4905) ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา ความเสี่ยงของการป่วยโรคเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน จะลดลง ร้อยละ 1.26 ประชาชนในภาคเหนือมีความเสี่ยงในการเป็นโรคหัดและหัดเยอรมันมากกว่าประชาชนในภาคกลาง ร้อยละ 37.48 ประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเสี่ยงในการเป็นโรคหัดและหัดเยอรมันน้อยกว่าประชาชนในภาคกลาง ร้อยละ 48.87 ประชาชนในภาคใต้มีความเสี่ยงในการเป็นโรคหัดและหัดเยอรมันน้อยกว่าประชาชนในภาคกลาง ร้อยละ 17.92 ประชาชนในภาคตะวันออกมี

ความเสี่ยงในการเป็นโรคหัดและหัดเยอรมันน้อยกว่าประชาชนในภาคกลาง ร้อยละ 28.39 ประชาชนในภาคตะวันตกมีความเสี่ยงในการเป็นโรคหัดและหัดเยอรมันน้อยกว่าประชาชนในภาคกลาง ร้อยละ 50.95

4.3 ค่าประมาณอัตราป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

อัตราป่วยโรคเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมันในแต่ละจังหวัด ต่อประชากร 100,000 คน แสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

จากตารางที่ 2 พบว่า จังหวัด ที่มีอัตราป่วยโรคหัด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ นราธิวาส (63.16) ยะลา (28.90) ปัตตานี (12.31) ภูเก็ต (8.89) สมุทรสาคร (6.81) กรุงเทพมหานคร (5.83) ระยอง (4.35) สมุทรปราการ (4.29) สตูล (4.26) และปทุมธานี (3.63)

จากตารางที่ 3 พบว่า จังหวัด ที่มีอัตราป่วยโรคหัดเยอรมันสูงสุด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ ระยอง (1.47) กรุงเทพมหานคร (0.72) สระแก้ว (0.68) ปทุมธานี (0.64) สมุทรปราการ (0.58) สมุทรสาคร (0.57) เชียงใหม่ (0.42) ชลบุรี (0.42) ตราด (0.40) ปราจีนบุรี (0.40)

ตารางที่ 2 ค่าประมาณอัตราป่วยโรคหัด ในแต่ละจังหวัดต่อประชากร 100,000 คน

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
นราธิวาส	63.16	2.84	57.71	68.83
ยะลา	28.90	9.98	13.93	52.37
ปัตตานี	12.31	6.40	4.52	28.82
ภูเก็ต	8.89	4.11	3.35	19.01
สมุทรสาคร	6.81	2.69	2.99	13.35
กรุงเทพมหานคร	5.83	2.00	2.99	10.93
ระยอง	4.35	1.75	1.87	8.55
สมุทรปราการ	4.29	1.60	1.96	8.14
สตูล	4.26	1.99	1.56	9.05
ปทุมธานี	3.63	1.95	1.27	8.63
ยโสธร	3.24	1.40	1.27	6.65
สุราษฎร์ธานี	2.94	1.34	1.12	6.25
เพชรบุรี	2.84	1.44	0.96	6.50
สระบุรี	2.59	1.29	0.89	5.84
อำนาจเจริญ	2.58	1.49	0.75	6.46
แม่ฮ่องสอน	2.51	1.40	0.71	6.05
เชียงใหม่	2.20	0.81	1.05	4.24
สระแก้ว	2.18	1.01	0.79	4.69
สุโขทัย	1.95	1.01	0.64	4.51
ร้อยเอ็ด	1.83	0.75	0.77	3.65
ปราจีนบุรี	1.82	1.08	0.55	4.61
น่าน	1.73	0.57	0.81	3.00
สุรินทร์	1.69	0.80	0.61	3.68
อุบลราชธานี	1.65	0.76	0.61	3.58
ลพบุรี	1.58	0.72	0.59	3.36
นครราชสีมา	1.56	0.23	1.13	2.04
นครปฐม	1.50	0.38	0.86	2.34

ตารางที่ 2 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
นครศรีธรรมราช	1.40	0.29	0.88	2.03
ระนอง	1.35	0.98	0.24	3.93
มุกดาหาร	1.29	0.75	0.36	3.15
นครนายก	1.20	0.57	0.39	2.57
นนทบุรี	1.19	0.30	0.69	1.83
สมุทรสงคราม	1.17	0.90	0.17	3.53
สิงห์บุรี	1.14	0.84	0.22	3.32
สงขลา	1.11	0.50	0.42	2.34
ขอนแก่น	1.02	0.41	0.47	2.05
ศรีสะเกษ	1.02	0.46	0.38	2.16
ฉะเชิงเทรา	1.02	0.46	0.39	2.18
แพร่	1.00	0.58	0.27	2.47
ชลบุรี	0.93	0.40	0.39	1.93
พังงา	0.92	0.51	0.23	2.17
ชุมพร	0.91	0.48	0.28	2.13
นครสวรรค์	0.89	0.26	0.47	1.47
พระนครศรีอยุธยา	0.87	0.55	0.22	2.30
กระบี่	0.73	0.40	0.21	1.74
อ่างทอง	0.72	0.61	0.09	2.35
เพชรบูรณ์	0.70	0.23	0.33	1.24
กาฬสินธุ์	0.68	0.31	0.26	1.46
กำแพงเพชร	0.66	0.32	0.23	1.44
ตาก	0.65	0.26	0.25	1.28
ลำพูน	0.62	0.44	0.11	1.78
สุพรรณบุรี	0.60	0.34	0.17	1.47
บุรีรัมย์	0.60	0.35	0.18	1.50
พิษณุโลก	0.57	0.32	0.17	1.37

ตารางที่ 2 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
ตรัง	0.56	0.26	0.18	1.17
ประจวบคีรีขันธ์	0.55	0.42	0.10	1.65
พิจิตร	0.53	0.35	0.12	1.43
ชัยภูมิ	0.52	0.25	0.18	1.13
มหาสารคาม	0.51	0.29	0.14	1.25
พัทลุง	0.48	0.33	0.10	1.34
อุตรดิตถ์	0.44	0.34	0.07	1.32
ราชบุรี	0.42	0.26	0.10	1.08
จันทบุรี	0.35	0.24	0.07	0.97
พะเยา	0.34	0.17	0.10	0.77
อุทัยธานี	0.34	0.28	0.05	1.09
ลำปาง	0.31	0.20	0.07	0.81
กาญจนบุรี	0.27	0.16	0.07	0.66
ชัยนาท	0.26	0.21	0.04	0.79
ตราด	0.25	0.28	0.01	1.01
อุดรธานี	0.24	0.15	0.05	0.63
เลย	0.21	0.15	0.04	0.60
หนองบัวลำภู	0.20	0.20	0.02	0.74
เชียงราย	0.19	0.12	0.04	0.49
นครพนม	0.16	0.12	0.02	0.46
หนองคาย	0.14	0.15	0.01	0.53
สกลนคร	0.13	0.10	0.02	0.39

ตารางที่ 3 ค่าประมาณอัตราป่วยโรคหัดเยอรมันในแต่ละจังหวัด ต่อประชากร 100,000 คน

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
ระยอง	1.47	0.75	0.51	3.37
กรุงเทพมหานคร	0.72	0.27	0.35	1.40
สระแก้ว	0.68	0.37	0.24	1.62
ปทุมธานี	0.64	0.37	0.22	1.63
สมุทรปราการ	0.58	0.28	0.20	1.29
สมุทรสาคร	0.57	0.31	0.17	1.34
เชียงใหม่	0.42	0.20	0.17	0.93
ชลบุรี	0.42	0.20	0.16	0.91
ตราด	0.40	0.37	0.05	1.40
ปราจีนบุรี	0.40	0.24	0.12	1.04
สระบุรี	0.39	0.22	0.12	0.93
เพชรบุรี	0.37	0.24	0.09	1.00
จันทบุรี	0.33	0.21	0.09	0.88
ลพบุรี	0.33	0.17	0.12	0.75
แม่ฮ่องสอน	0.33	0.24	0.06	0.93
ยโสธร	0.32	0.18	0.09	0.79
นครราชสีมา	0.30	0.08	0.17	0.48
สุรินทร์	0.30	0.16	0.10	0.72
ฉะเชิงเทรา	0.30	0.14	0.11	0.65
สุราษฎร์ธานี	0.29	0.18	0.08	0.78
น่าน	0.29	0.15	0.09	0.67
อุบลราชธานี	0.29	0.16	0.09	0.71
นครปฐม	0.27	0.10	0.12	0.50
อำนาจเจริญ	0.27	0.19	0.05	0.75
ภูเก็ต	0.26	0.23	0.02	0.85
ศรีสะเกษ	0.26	0.14	0.09	0.60
บุรีรัมย์	0.25	0.15	0.08	0.63

ตารางที่ 3 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
นครนายก	0.25	0.12	0.08	0.55
ร้อยเอ็ด	0.24	0.12	0.08	0.54
ขอนแก่น	0.24	0.10	0.11	0.50
สุโขทัย	0.24	0.13	0.07	0.57
นราธิวาส	0.21	0.14	0.03	0.57
สตูล	0.20	0.16	0.04	0.63
สมุทรสงคราม	0.20	0.15	0.03	0.61
สิงห์บุรี	0.19	0.13	0.04	0.52
ยะลา	0.19	0.14	0.03	0.55
ลำพูน	0.18	0.13	0.04	0.51
นนทบุรี	0.18	0.07	0.06	0.34
แพร่	0.17	0.10	0.04	0.44
มุกดาหาร	0.17	0.10	0.04	0.43
พระนครศรีอยุธยา	0.17	0.10	0.04	0.41
นครสวรรค์	0.15	0.06	0.06	0.29
มหาสารคาม	0.15	0.08	0.05	0.37
ชุมพร	0.15	0.10	0.03	0.41
อ่างทอง	0.14	0.11	0.02	0.43
ประจวบคีรีขันธ์	0.14	0.12	0.02	0.46
เพชรบูรณ์	0.14	0.06	0.05	0.27
นครศรีธรรมราช	0.14	0.06	0.05	0.30
ปัตตานี	0.14	0.10	0.03	0.39
ตาก	0.13	0.06	0.05	0.26
พิษณุโลก	0.13	0.07	0.04	0.30
ระนอง	0.13	0.12	0.02	0.43
สุพรรณบุรี	0.13	0.07	0.03	0.29
กาฬสินธุ์	0.12	0.06	0.04	0.27

ตารางที่ 3 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
พิจิตร	0.12	0.08	0.03	0.32
กำแพงเพชร	0.12	0.06	0.03	0.27
ชัยภูมิ	0.12	0.06	0.04	0.26
อุตรดิตถ์	0.11	0.08	0.02	0.30
พะเยา	0.11	0.06	0.03	0.25
ราชบุรี	0.10	0.06	0.02	0.25
กระบี่	0.10	0.07	0.02	0.28
ลำปาง	0.10	0.05	0.02	0.23
อุทัยธานี	0.09	0.06	0.02	0.24
พังงา	0.08	0.06	0.01	0.24
ชัยนาท	0.08	0.05	0.01	0.21
กาญจนบุรี	0.08	0.04	0.02	0.18
เชียงราย	0.08	0.05	0.02	0.20
หนองบัวลำภู	0.07	0.06	0.01	0.23
อุดรธานี	0.07	0.04	0.02	0.18
เลย	0.07	0.04	0.02	0.18
ตรัง	0.06	0.04	0.01	0.17
สงขลา	0.06	0.04	0.01	0.16
พัทลุง	0.05	0.04	0.01	0.16
หนองคาย	0.05	0.04	0.01	0.15
นครพนม	0.04	0.03	0.01	0.13
สกลนคร	0.04	0.03	0.01	0.12

4.4 ค่าประมาณจำนวนผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

ค่าประมาณของจำนวนผู้ป่วยโรคหัด และโรคหัดเยอรมัน ในแต่ละจังหวัด แสดงในตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4 พบว่า จังหวัดที่มีค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยโรคหัดสูงสุด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ นราธิวาส (492.10) กรุงเทพ (387.40) ยะลา (96.60) ปัตตานี (83.00) เชียงใหม่ (43.53) นครราชสีมา (40.73) ปทุมธานี (38.46) สมุทรปราการ (35.39) ภูเก็ต (29.97) สมุทรสาคร (23.76)

จากตารางที่ 5 พบว่า จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยโรคหัดเยอรมันสูงสุด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ กรุงเทพมหานคร (47.86) เชียงใหม่ (8.40) นครราชสีมา (7.99) ชลบุรี (6.99) ปทุมธานี (6.82) ระยอง (6.41) ขอนแก่น (5.13) สมุทรปราการ (4.82) บุรีรัมย์ (4.06) อุบลราช (2.98)

ตารางที่ 4 ค่าประมาณจำนวนผู้ป่วยโรคหัดในแต่ละจังหวัด

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
นราธิวาส	492.10	22.11	450.00	536.70
กรุงเทพ	387.40	19.62	349.40	426.80
ยะลา	96.60	9.76	78.47	116.60
ปัตตานี	83.00	9.02	66.20	101.40
เชียงใหม่	43.53	6.42	31.86	57.18
นครราชสีมา	40.73	6.13	29.68	53.67
ปทุมธานี	38.46	6.06	27.53	51.31
สมุทรปราการ	35.39	5.82	25.01	47.89
ภูเก็ต	29.97	5.45	20.27	41.70
สมุทรสาคร	23.76	4.69	15.49	33.78
นครศรี	21.70	4.49	13.84	31.24
ขอนแก่น	21.41	4.31	13.89	30.76
ระยอง	19.29	4.29	11.83	28.37
สุราษฎร์ธานี	16.83	3.96	10.04	25.43
อุบลราช	16.66	3.95	9.89	25.30
ชลบุรี	15.51	3.79	8.97	23.85
ร้อยเอ็ด	15.49	3.70	9.14	23.57
นนทบุรี	14.04	3.53	8.06	21.83
นครปฐม	13.51	3.41	7.73	20.94
สุรินทร์	12.97	3.39	7.26	20.53
เพชรบุรี	11.93	3.33	6.31	19.22
ยโสธร	11.33	3.18	5.93	18.45
สงขลา	10.11	3.04	5.14	16.99
ศรีสะเกษ	9.69	2.87	4.94	16.07
นครสวรรค์	9.49	2.77	4.92	15.68
บุรีรัมย์	9.30	2.79	4.68	15.53
สระบุรี	9.05	2.77	4.50	15.22

ตารางที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
สตูล	8.72	2.84	4.15	15.21
ปราจีน	8.66	2.76	4.22	14.95
ฉะเชิงเทรา	8.35	2.58	4.17	14.15
น่าน	8.23	2.71	3.87	14.44
สระแก้ว	7.89	2.57	3.74	13.81
กาฬสิน	7.84	2.52	3.78	13.54
ลพบุรี	7.82	2.54	3.76	13.58
เพชรบูรณ	6.97	2.33	3.22	12.27
ชัยภูมิ	6.96	2.40	3.10	12.38
สุโขทัย	6.44	2.31	2.91	11.85
กำแพงเพชร	5.63	2.09	2.37	10.59
อำนาจเจริญ	5.37	2.14	2.09	10.41
ชุมพร	5.36	2.12	2.10	10.23
พิษณุโลก	4.43	1.81	1.70	8.65
มหาสารคราม	4.43	1.81	1.65	8.61
แม่ฮ่องสอน	4.29	1.92	1.46	8.92
พะเยา	4.24	1.79	1.54	8.43
แพร่	4.08	1.76	1.48	8.19
มุกดาหาร	4.08	1.74	1.48	8.17
กระบี่	4.01	1.79	1.36	8.29
ตาก	3.78	1.56	1.43	7.51
ตรัง	3.54	1.64	1.14	7.41
นครนายก	3.08	1.43	1.02	6.50
สุพรรณบุรี	2.90	1.33	1.01	6.13
ประจวบ	2.84	1.51	0.75	6.54
เชียงราย	2.76	1.44	0.73	6.26
กาญจนบุรี	2.74	1.36	0.83	6.06

ตารางที่ 4 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
พระนครศรีอยุธยา	2.72	1.39	0.78	6.07
พิจิต	2.61	1.35	0.73	5.90
ราชบุรี	2.39	1.26	0.66	5.44
พังงา	2.38	1.31	0.61	5.59
พัทลุง	2.30	1.30	0.56	5.49
จันทบุรี	2.17	1.21	0.52	5.15
อุดรธานี	2.02	1.10	0.53	4.76
ระนอง	1.64	1.10	0.28	4.45
ลำพูน	1.64	1.03	0.33	4.26
ลำปาง	1.53	0.89	0.38	3.80
สมุทรสงคราม	1.49	0.98	0.28	3.97
สิงห์บุรี	1.33	0.84	0.30	3.46
นครพนม	1.13	0.83	0.17	3.34
อุตรดิตถ์	1.13	0.77	0.20	3.12
อ่างทอง	1.12	0.82	0.17	3.22
ชัยนาท	1.04	0.75	0.17	2.99
สกลนคร	1.01	0.70	0.18	2.82
เลย	0.86	0.59	0.16	2.41
อุทัยธานี	0.65	0.51	0.10	1.98
ตราด	0.64	0.65	0.03	2.41
หนองบัวลำภู	0.57	0.52	0.05	1.95
หนองคาย	0.41	0.38	0.04	1.43

ตารางที่ 5 ค่าประมาณจำนวนผู้ป่วยโรคหัดเยอรมันในแต่ละจังหวัด

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
กรุงเทพ	47.86	6.52	35.98	61.46
เชียงใหม่	8.40	2.42	4.46	13.94
นครราชสีมา	7.99	2.02	4.58	12.51
ชลบุรี	6.99	2.27	3.36	12.20
ปทุมธานี	6.82	2.05	3.56	11.52
ระยอง	6.41	2.29	2.91	11.74
ขอนแก่น	5.13	1.45	2.80	8.46
สมุทรปราการ	4.82	1.73	2.05	8.81
บุรีรัมย์	4.06	1.48	1.87	7.63
อุบลราช	2.98	1.24	1.16	5.96
ฉะเชิงเทรา	2.52	0.89	1.13	4.57
สระแก้ว	2.44	1.01	1.05	4.98
นครปฐม	2.44	0.86	1.11	4.44
ศรีสะเกษ	2.42	1.00	1.00	4.86
สุรินทร์	2.38	0.95	0.97	4.69
นนทบุรี	2.13	0.84	0.75	3.99
นครศรี	2.12	1.01	0.75	4.61
ร้อยเอ็ด	2.08	0.78	0.83	3.84
จันทบุรี	2.03	1.06	0.64	4.73
สมุทรสาคร	2.03	0.83	0.74	3.98
ปราจีน	1.97	0.84	0.73	4.02
นราธิวาส	1.73	1.12	0.27	4.48
สุราษฎร์ธานี	1.70	0.85	0.58	3.81
นครสวรรค์	1.66	0.63	0.66	3.10
ชัยภูมิ	1.65	0.74	0.52	3.38
ลพบุรี	1.64	0.66	0.69	3.25
เพชรบุรี	1.60	0.81	0.50	3.65

ตารางที่ 5 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
กาฬสินธุ์	1.47	0.64	0.48	2.93
สระบุรี	1.40	0.62	0.49	2.88
มหาสารคาม	1.39	0.63	0.51	2.95
เพชรบูรณ์	1.38	0.54	0.53	2.65
น่าน	1.38	0.71	0.42	3.20
ยโสธร	1.15	0.53	0.38	2.42
เชียงราย	1.12	0.63	0.27	2.70
กำแพงเพชร	1.06	0.50	0.30	2.23
พิษณุโลก	1.04	0.48	0.35	2.21
ตราด	1.02	0.85	0.13	3.33
ปัตตานี	1.01	0.60	0.21	2.51
พะเยา	0.88	0.45	0.23	1.95
ภูเก็ต	0.88	0.66	0.10	2.61
ชุมพร	0.87	0.53	0.22	2.23
พระนครศรีอยุธยา	0.86	0.47	0.23	2.03
กาญจนบุรี	0.82	0.46	0.19	1.92
สุโขทัย	0.81	0.39	0.25	1.73
ตาก	0.77	0.33	0.26	1.55
ประจวบ	0.76	0.53	0.15	2.15
แพร่	0.73	0.39	0.20	1.70
ยะลา	0.68	0.43	0.12	1.76
นครนายก	0.65	0.31	0.21	1.40
อุดรธานี	0.64	0.36	0.15	1.51
สุพรรณบุรี	0.64	0.31	0.18	1.39
พิจิตร	0.63	0.35	0.17	1.49
ราชบุรี	0.60	0.35	0.13	1.47
อำนาจเจริญ	0.57	0.34	0.13	1.42

ตารางที่ 5 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
มุกดาหาร	0.57	0.29	0.15	1.28
กระบี่	0.56	0.35	0.14	1.46
แม่ฮ่องสอน	0.56	0.35	0.12	1.47
สงขลา	0.55	0.35	0.12	1.44
ลำพูน	0.49	0.31	0.11	1.30
ลำปาง	0.49	0.26	0.12	1.12
ตรัง	0.41	0.27	0.09	1.09
สตูล	0.41	0.28	0.09	1.16
สกลนคร	0.34	0.23	0.05	0.91
ชัยนาท	0.32	0.22	0.05	0.88
นครพนม	0.32	0.24	0.04	0.92
เลย	0.30	0.18	0.06	0.74
อุตรดิตถ์	0.29	0.19	0.05	0.78
พัทลุง	0.27	0.20	0.05	0.79
สมุทรสงคราม	0.26	0.18	0.05	0.72
สิงห์บุรี	0.24	0.14	0.06	0.59
อ่างทอง	0.24	0.17	0.04	0.65
พังงา	0.21	0.16	0.04	0.62
หนองบัวลำภู	0.21	0.17	0.03	0.65
อุทัยธานี	0.18	0.12	0.03	0.47
ระนอง	0.16	0.13	0.02	0.51
หนองคาย	0.15	0.11	0.02	0.45

4.5 อิทธิพลเชิงพื้นที่

อิทธิพลเชิงพื้นที่ของแต่ละจังหวัดที่มีต่อโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน แสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 7

จากตารางที่ 6 พบว่า อิทธิพลเชิงพื้นที่ของจังหวัดที่มีโรคหัดสูงสุด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด นราธิวาส (4.36) ยะลา (3.65) ปัตตานี (2.56) ภูเก็ต (2.39) กรุงเทพ (1.81) สมุทรสาคร (1.73) สตูล (1.66) ระยอง (1.44) สมุทรปราการ (1.27) ยโสธร (1.17)

จากตารางที่ 7 พบว่า อิทธิพลเชิงพื้นที่ของจังหวัดที่มีโรคหัดเยอรมันสูงสูงสุด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ระยอง (2.09) กรุงเทพ (1.50) ตราด (1.49) สระแก้ว (1.25) ปทุมธานี (1.20) จันทบุรี (1.11) สมุทรปราการ (1.02) สมุทรสาคร (0.99) ปราจีน (0.90) ชลบุรี (0.79)

ตารางที่ 6 อิทธิพลเชิงพื้นที่ของแต่ละจังหวัดที่มีต่อโรคหัด

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
นราธิวาส	4.36	0.24	3.89	4.84
ยะลา	3.65	0.34	3.00	4.30
ปัตตานี	2.56	0.41	1.78	3.39
ภูเก็ต	2.39	0.43	1.56	3.24
กรุงเทพ	1.81	0.24	1.34	2.26
สมุทรสาคร	1.73	0.35	1.05	2.44
สตูล	1.66	0.44	0.77	2.51
ระยอง	1.44	0.32	0.82	2.06
สมุทรปราการ	1.27	0.35	0.60	1.98
ยโสธร	1.17	0.35	0.46	1.84
ปทุมธานี	1.17	0.42	0.35	2.00
สุราษฎร์ธานี	1.05	0.36	0.34	1.76
อำนาจเจริญ	1.02	0.51	-0.02	1.98
ระนอง	0.90	0.89	-0.89	2.62
เพชรบุรี	0.85	0.45	-0.04	1.75
แม่ฮ่องสอน	0.78	0.51	-0.26	1.73
สระบุรี	0.72	0.42	-0.12	1.53
นครศรี	0.70	0.38	-0.05	1.45
เชียงใหม่	0.67	0.31	0.09	1.30
สระแก้ว	0.66	0.39	-0.13	1.43
ปราจีน	0.63	0.47	-0.32	1.57
อุบลราช	0.61	0.41	-0.21	1.39
ร้อยเอ็ด	0.61	0.32	-0.01	1.22
พังงา	0.56	0.78	-1.05	2.02
สุโขทัย	0.50	0.43	-0.36	1.32
สุรินทร์	0.49	0.37	-0.24	1.20
น่าน	0.44	0.44	-0.43	1.29

ตารางที่ 6 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
นครราชสีมา	0.40	0.32	-0.21	1.04
นครปฐม	0.36	0.37	-0.36	1.09
ลพบุรี	0.26	0.42	-0.56	1.06
นนทบุรี	0.26	0.35	-0.43	0.92
นครนายก	0.25	0.50	-0.78	1.17
สงขลา	0.19	0.37	-0.56	0.91
มุกดาหาร	0.11	0.49	-0.87	1.05
ชุมพร	0.06	0.47	-0.90	0.95
ศรีสะเกษ	-0.02	0.36	-0.75	0.67
ขอนแก่น	-0.03	0.30	-0.62	0.58
ฉะเชิงเทรา	-0.07	0.39	-0.86	0.68
กระบี่	-0.15	0.51	-1.22	0.79
ชลบุรี	-0.19	0.37	-0.92	0.54
นครสวรรค์	-0.19	0.39	-0.96	0.58
สมุทรสงคราม	-0.21	0.71	-1.71	1.08
แพร่	-0.23	0.52	-1.27	0.76
สิงห์บุรี	-0.27	0.66	-1.62	0.98
ตรัง	-0.35	0.55	-1.49	0.66
กระบี่	-0.39	0.60	-1.56	0.83
พะเยา	-0.41	0.54	-1.51	0.63
กาฬสิน	-0.43	0.37	-1.19	0.28
เพชรบูรณ์	-0.44	0.42	-1.27	0.37
กำแพงเพชร	-0.51	0.42	-1.36	0.30
ตาก	-0.53	0.45	-1.44	0.35
พิษณุโลก	-0.62	0.48	-1.58	0.28
จันทบุรี	-0.64	0.72	-2.15	0.69
บุรีรัมย์	-0.68	0.46	-1.61	0.21

ตารางที่ 6 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
ชัยภูมิ	-0.75	0.42	-1.61	0.05
พัทลุง	-0.75	0.61	-2.02	0.37
มหาสารคราม	-0.76	0.48	-1.73	0.17
พิจิต	-0.79	0.59	-2.00	0.31
สุพรรณบุรี	-0.80	0.51	-1.82	0.16
อ่างทอง	-0.81	0.78	-2.43	0.61
ลำพูน	-0.81	0.67	-2.22	0.41
ประจวบ	-0.82	0.63	-2.15	0.36
ตราด	-0.96	1.38	-3.91	1.52
ราชบุรี	-1.02	0.55	-2.18	-0.01
อุตรดิตถ์	-1.17	0.70	-2.63	0.10
พระนครศรีอยุธยา	-1.24	0.56	-2.39	-0.21
ลำปาง	-1.40	0.57	-2.58	-0.33
อุทัยธานี	-1.51	0.75	-3.07	-0.10
กาญจนบุรี	-1.55	0.54	-2.66	-0.54
เชียงราย	-1.63	0.58	-2.83	-0.55
อุดรธานี	-1.70	0.56	-2.89	-0.67
ชัยนาท	-1.77	0.73	-3.27	-0.42
นครพนม	-1.79	0.76	-3.37	-0.43
เลย	-1.82	0.65	-3.16	-0.62
หนองบัวลำภู	-2.04	0.91	-3.98	-0.43
สกลนคร	-2.09	0.68	-3.53	-0.86
หนองคาย	-2.32	0.86	-4.13	-0.74

ตารางที่ 7 อิทธิพลเชิงพื้นที่ของแต่ละจังหวัดที่มีต่อโรคหัดเยอรมัน

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
ระยอง	2.09	0.45	1.21	2.97
กรุงเทพ	1.50	0.30	0.94	2.11
ตราด	1.49	1.16	-0.69	3.84
สระแก้ว	1.25	0.45	0.44	2.21
ปทุมธานี	1.20	0.47	0.34	2.21
จันทบุรี	1.11	0.68	-0.11	2.52
สมุทรปราการ	1.02	0.45	0.12	1.88
สมุทรสาคร	0.99	0.47	0.03	1.91
ปราจีน	0.90	0.51	-0.03	1.98
ชลบุรี	0.79	0.41	-0.02	1.61
เชียงใหม่	0.78	0.39	0.06	1.59
อุบลราช	0.63	0.51	-0.34	1.68
ยโสธร	0.61	0.48	-0.35	1.54
สระบุรี	0.60	0.46	-0.34	1.49
เพชรบุรี	0.56	0.55	-0.54	1.64
นครราชสีมา	0.55	0.32	-0.07	1.18
สุรินทร์	0.55	0.44	-0.29	1.47
ฉะเชิงเทรา	0.51	0.38	-0.24	1.28
อำนาจเจริญ	0.49	0.61	-0.75	1.68
นครนายก	0.48	0.47	-0.48	1.39
ลพบุรี	0.47	0.43	-0.34	1.35
สุราษฎร์ธานี	0.46	0.53	-0.53	1.56
แม่ฮ่องสอน	0.46	0.62	-0.82	1.67
นครปฐม	0.41	0.39	-0.38	1.17
ภูเก็ต	0.39	0.84	-1.45	1.91
น่าน	0.38	0.53	-0.68	1.42
ศรีสะเกษ	0.35	0.45	-0.48	1.28

ตารางที่ 7 (ต่อ)

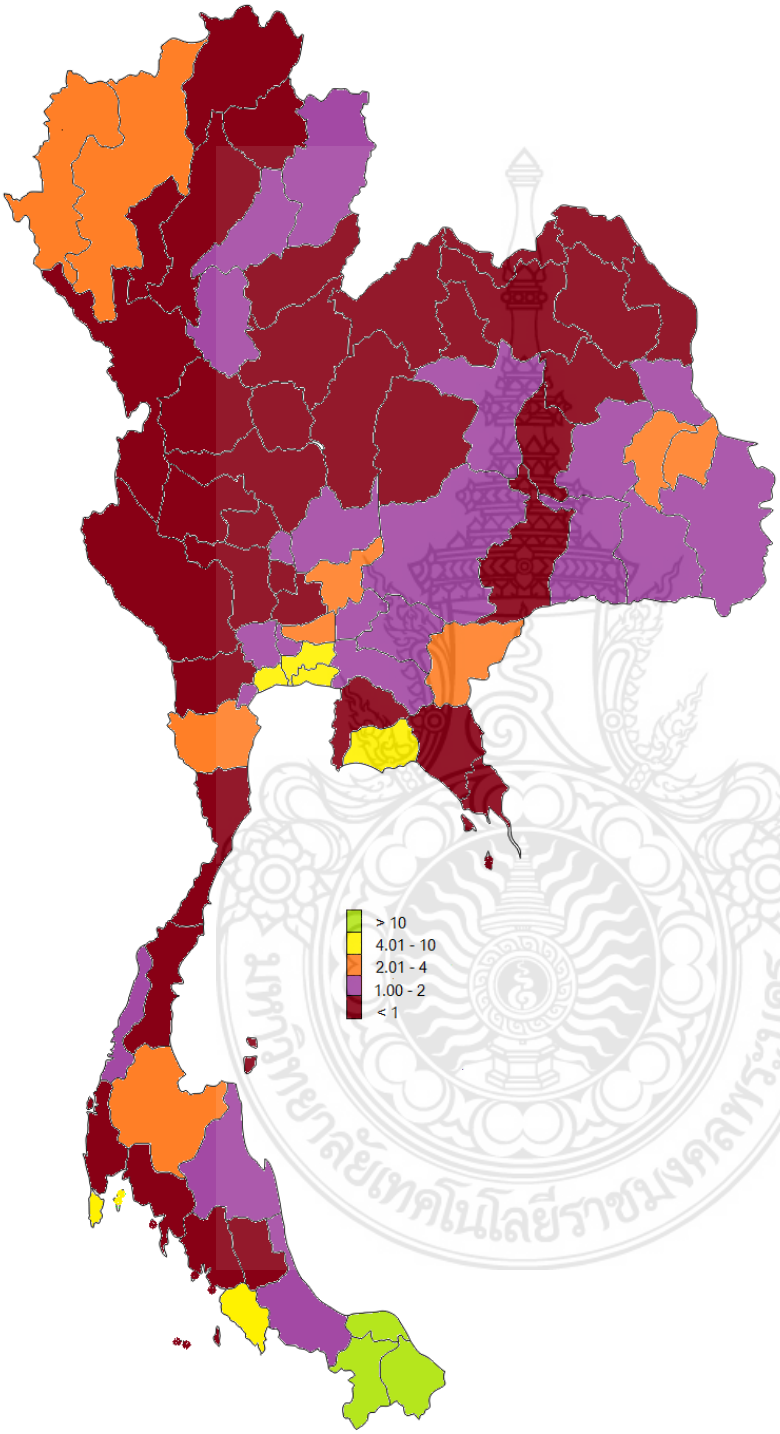
จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
ร้อยเอ็ด	0.35	0.40	-0.46	1.14
ขอนแก่น	0.31	0.34	-0.30	1.04
ยะลา	0.28	0.68	-1.17	1.52
นราธิวาส	0.27	0.71	-1.28	1.50
ระนอง	0.27	0.84	-1.31	2.02
บุรีรัมย์	0.26	0.47	-0.58	1.25
สตูล	0.25	0.67	-1.00	1.66
สุโขทัย	0.17	0.46	-0.78	1.04
นนทบุรี	0.11	0.43	-0.83	0.87
นครศรี	0.09	0.54	-0.95	1.19
ชุมพร	-0.05	0.60	-1.19	1.19
มุกดาหาร	-0.12	0.51	-1.20	0.81
มหาสารคราม	-0.13	0.45	-1.00	0.77
พังงา	-0.14	0.75	-1.61	1.36
นครสวรรค์	-0.17	0.41	-1.03	0.58
สมุทรสงคราม	-0.17	0.69	-1.63	1.09
สิงห์บุรี	-0.19	0.58	-1.41	0.89
แพร่	-0.20	0.53	-1.32	0.79
ลำพูน	-0.21	0.60	-1.43	0.96
พะเยา	-0.23	0.53	-1.37	0.75
ปัตตานี	-0.24	0.64	-1.58	0.95
เพชรบูรณ์	-0.29	0.42	-1.18	0.48
พิษณุโลก	-0.29	0.45	-1.22	0.57
ตาก	-0.34	0.43	-1.27	0.44
กาฬสินธุ์	-0.36	0.42	-1.26	0.42
ประจวบ	-0.41	0.68	-1.77	0.94
พิจิต	-0.43	0.54	-1.55	0.59

ตารางที่ 7 (ต่อ)

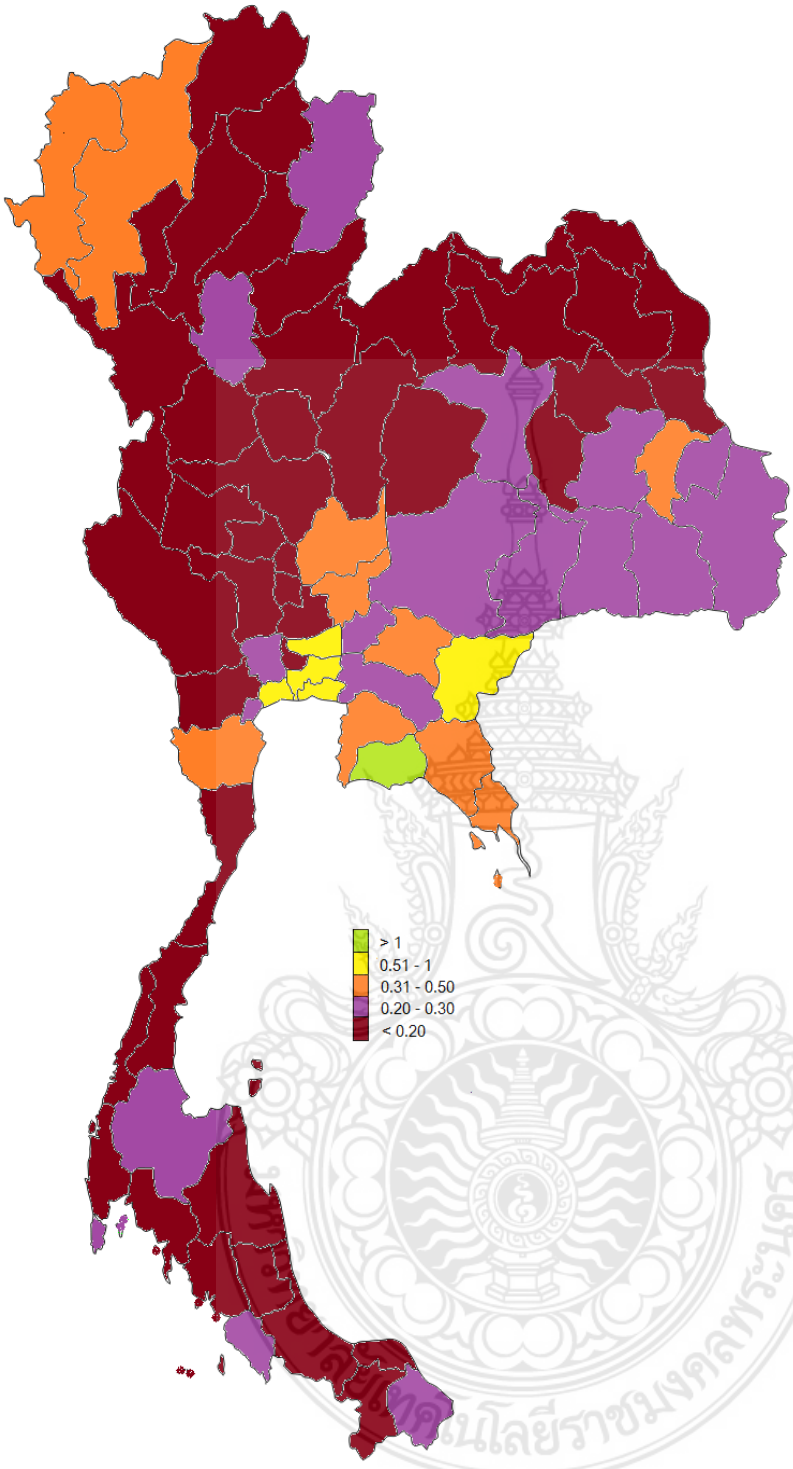
จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	
กำแพงเพชร	-0.43	0.47	-1.45	0.42
ชัยภูมิ	-0.44	0.46	-1.43	0.40
สุพรรณบุรี	-0.54	0.49	-1.60	0.32
อ่างทอง	-0.56	0.72	-2.14	0.70
พระนครศรีอยุธยา	-0.61	0.55	-1.76	0.41
ราชบุรี	-0.64	0.56	-1.85	0.36
อุตรดิตถ์	-0.72	0.63	-2.04	0.40
ลำปาง	-0.75	0.50	-1.82	0.17
เชียงราย	-0.76	0.55	-1.89	0.31
ตรัง	-0.79	0.64	-2.09	0.46
อุทัยธานี	-0.97	0.65	-2.39	0.18
กาญจนบุรี	-1.00	0.55	-2.22	-0.04
เลย	-1.05	0.56	-2.25	-0.04
สงขลา	-1.07	0.59	-2.26	0.06
อุดรธานี	-1.07	0.53	-2.24	-0.12
ชัยนาท	-1.13	0.68	-2.64	0.04
หนองบัวลำภู	-1.14	0.74	-2.71	0.20
พัทลุง	-1.18	0.67	-2.55	0.11
นครพนม	-1.27	0.73	-2.86	-0.01
สกลนคร	-1.40	0.63	-2.79	-0.31
หนองคาย	-1.50	0.74	-3.12	-0.19

4.6 แผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

แผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน แสดงดังรูปที่ 1 - 2 ตามลำดับดังนี้



รูปที่ 1 อัตราป่วยโรคหัดในแต่ละจังหวัด



รูปที่ 2 อัตราป่วยโรคหัดเยอรมันในแต่ละจังหวัด

จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 เห็นได้ง่ายว่า จังหวัดใดบ้างที่ประชาชนมีความเสี่ยงสูงในการป่วยเป็นโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ระดับความเสี่ยงดูจากความแตกต่างของสีในแต่ละจังหวัด

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย ด้วยตัวแบบผสมเชิงเส้นวางนัยทั่วไป (GLMM) ที่มีการแจกแจงปัวซงพหุตัวแปร ในประเทศไทย ในครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อ เพื่อสร้างตัวแบบประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในประเทศไทย เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน และเพื่อสร้างแผนที่โรคหัดและโรคหัดเยอรมันในประเทศไทย ตัวแปรตามคืออัตราผู้ป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน ในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย มีการแจกแจงแบบปัวซง (Poisson) ปัจจัยที่นำมาศึกษาคือ อุณหภูมิ ปริมาณฝน และภาค ผลการศึกษานี้มีประโยชน์ต่องานด้านการสาธารณสุข ในเรื่องการวางแผนป้องกันการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน

5.1 สรุปผลการวิจัย

ลักษณะโดยทั่วไปของข้อมูล คือ จำนวนผู้ป่วยโรคหัดเฉลี่ยต่อจังหวัด 21.92 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 71.35 คน จำนวนผู้ป่วยโรคหัดเยอรมันเฉลี่ยต่อจังหวัด 2.18 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.02 คน และจำนวนประชากรกลางเฉลี่ยต่อจังหวัด 849,700.09 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 731,181.65 คน

ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมันคือ ตัวแบบ GLMM ที่มีอิทธิพลเชิงพื้นที่แบบพหุรวมอยู่ด้วย ผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการป่วยโรคเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน คือ อุณหภูมิ (RR=0.9874) ฝน (RR=0.9978) ภาคเหนือ (RR=1.3748) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (RR=0.5113) ภาคใต้ (RR=0.8208) ภาคตะวันออก (RR=0.7161) ภาคตะวันตก (RR=0.4905)

จังหวัดที่มีอัตราการป่วยโรคหัด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ จังหวัดที่มีอัตราป่วยโรคหัด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ นราธิวาส (492.10) กรุงเทพ (387.40) ยะลา (96.60) ปัตตานี (83.00) เชียงใหม่ (43.53) นครราชสีมา (40.73) ปทุมธานี (38.46) สมุทรปราการ (35.39) ภูเก็ต (29.97) สมุทรสาคร (23.76)

จังหวัด ที่มีอัตราการป่วยโรคหัดเยอรมันสูงสุด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยโรคหัดเยอรมันสูงสุด 10 อันดับแรก เรียงลำดับจากมากสุดถึงน้อยสุด ดังนี้ กรุงเทพมหานคร (47.86) เชียงใหม่ (8.40) นครราชสีมา (7.99) ชลบุรี (6.99) ปทุมธานี (6.82) ระยอง (6.41) ขอนแก่น (5.13) สมุทรปราการ (4.82) บุรีรัมย์ (4.06) อุบลราช (2.98)

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ตัวแบบ GLMM ที่มีข้อมูลเชิงพื้นที่รวมอยู่ด้วย ที่นำเสนอในครั้งนี้ ใช้สำหรับข้อมูลโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน มีความเหมาะสมกับข้อมูลเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจาก ได้พิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูลด้วย ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เกิดขึ้นจากหลักความจริงที่ว่า สิ่งใดก็ตามที่อยู่ใกล้กันจะมีความสัมพันธ์กันมากกว่าสิ่งที่อยู่ไกลกัน จำนวนป่วยโรคหัดและโรคหัดเยอรมันในจังหวัดที่ติดกันหรือใกล้กันย่อมมีผลมาจากความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ด้วย

เมื่อใส่อิทธิพลเชิงพื้นที่ลงในตัวแบบ ทำให้ตัวแบบมีความซับซ้อนมากขึ้น การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีที่ใช้อยู่ทั่วไป เช่น Maximum Likelihood (ML) ไม่สามารถนำมาใช้ได้ จึงใช้วิธีการของเบย์และกระบวนการ Markov Chain Monte Carlo (MCMC) วิธีการของเบย์มีข้อดีหลายประการ ประการหนึ่งคือ ในการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้น ได้คำตอบเลย ไม่ว่าตัวอย่างจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ ต่างจากวิธีการของ ML ที่ต้องการตัวอย่างขนาดใหญ่ กระบวนการ MCMC เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยใช้คอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าจะเราไม่ทราบรูปแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็นของฟังก์ชัน เราก็สามารถการประมาณค่าพารามิเตอร์ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ออกมาได้ โดยใช้การสุ่มค่าจำนวนจริงจากฟังก์ชันก์นั้นมาหลายๆ ค่า ซึ่งวิธีการสุ่มมีหลายวิธีเช่น การสุ่มแบบกิบบ์ (Gibb sampling) เป็นต้น

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมัน พบว่าถ้าอุณหภูมิลดต่ำลง อัตราการเกิดโรคหัดและโรคหัดเยอรมันจะสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของกระทรวงสาธารณสุขที่ว่า โรคหัดและโรคหัดเยอรมัน เกิดขึ้นบ่อยในช่วงอากาศหนาว

แผนที่โรคช่วยให้มองเห็นได้ง่ายและชัดเจนว่าพื้นที่ใดมีอัตราการเกิดโรคสูง เปรียบเทียบอัตราการเกิดโรคในแต่ละพื้นที่ได้ง่าย สามารถสื่อสารได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้ข้อความอธิบายรายละเอียด จึงเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่อการด้านสาธารณสุขในการกำหนดพื้นที่เร่งด่วนสำหรับวางแผนป้องกันการเกิดโรค

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลระดับจังหวัด ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จึงเป็นการแสดงให้เห็นภาพโดยรวม ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาในระดับบุคคล หรือระดับพื้นที่ที่เล็กลง

5.3.2 นำตัวแบบ ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลผู้ป่วยโรคอื่นๆ หรือประเภทอื่นที่มีลักษณะเดียวกัน

5.3.3 พัฒนาตัวแบบไปใช้กับข้อมูลผู้ป่วยโรคอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันมากกว่า 2 ชนิด เช่น ความดันโลหิตสูง เบาหวาน เป็นต้น

บรรณานุกรม

พรเทพ สวนดอก. 2555. หัดและหัดเยอรมัน เรียนรู้ป้องกันทั้งแม่และลูก. แหล่งข้อมูล: http://motherandchild.in.th/content/view/1045/1/ [10 พฤษภาคม 2555]

สำนักระบาดวิทยา. 2555. สรุปรายงานสถานการณ์โรคที่เฝ้าระวังทางระบาดวิทยา. แหล่งที่มา: http://www.boe.moph.go.th/Annual/AESR2012/index.html [10 พฤษภาคม 2557]

สำนักระบาดวิทยา. 2560. สรุปรายงานสถานการณ์โรคที่เฝ้าระวังทางระบาดวิทยา. แหล่งที่มา: http://www.boe.moph.go.th/boedb/surdata/disease.php?dcontent=old&ds=21 [15 มกราคม 2560]

สำนักโรคติดต่อ กรมควบคุมโรค. 2560. Available from: URL: http://thaincd.com/information-statistic/non-communicable-disease-data.php [20 ธันวาคม 2559].

Banerjee, S., B.P. Carlin and A.E. Gelfand. 2004. Hierarchical Modeling and Analysis for Spatial Data. Chapman and Hall/CRC Press. FL.

Besag, J. 1974. Spatial interaction and the statistical analysis of lattice systems (with discussion). Journal of Royal Statistical Society, Series B, 36:192–236.

Breslow, N.E. and N.E. Day. 1975. Indirect standardization and multiplicative models for rates, with reference to the age adjustment of cancer incidence and relative frequency data. Journal of Chronic Diseases, 28: 289-303.

Carlin, B.P. and S. Banerjee. 2003. Hierarchical multivariate CAR models for spatially correlated survival data. In Bayesian Statistics 7. Oxford: Oxford University Press: 45-64.

Clayton, D. and J. Kaldor. 1987. Emperical Bayes estimates of age-standardized relative risks for use in disease mapping. Biometrics, 43: 671-681.

Congdon, P. 2006. Bayesian Statistical Modelling, 2nd ed., John Wiley & Sons: New York: 1-56.

Kazembe, L.N., I. Kleinschmidt, T.H. Holtz, B.L. Sharp. 2006. Spatial analysis and mapping of malaria risk in Malawi using point referenced prevalence of infection data. Int J Health Geogr, 5: 41-10.

Kleinschmidt, I., B.L. Sharp, C.P.Y. Clarke, B. Curtis and C. Frasez. 2001. Use of generalized linear mixed models in the spatial analysis of small area malaria incidence rates in KwaZulu Natal, South Africa. Am J Epidemiol, 153:1213-1221.

Knorr-Held, L. and H. Rue. 2002. On block updating in Markov random field models for disease mapping. Scandinavian Journal of Statistics.

Lawson, A.B. 2013. Bayesian Disease Mapping: hierarchical modeling in spatial epidemiology. 2nd Ed CRC Press, New York

Lekdee, K. and L. Ingsrisawang, 2013. Generalized linear mixed models with spatial random effects for spatio-temporal data: An application to dengue fever mapping. J. Math. Stat., 9: 137-143.

McCullagh, P. and J. Nelder. 1989. Generalized Linear Models. 2nd ed. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton.

Mabaso, MLH., M. Craig, P. Vounatsou, T. Smith. 2005. Towards empirical description of malaria seasonality in southern Africa: the example of Zimbabwe. Trop Med Int Health, 10: 909-918.

Mueller, I., P. Vounatsou, B. J. Allen and T. Smith. 2001. Spatial patterns of child growth in Papua NewGuinea and their relation to environment, diet, socio-economic status and subsistence activities. Annals of Human Biology, 28: 263–280.

Orlando, P.Z. and M. Andersson. 2011. Spatial and temporal patterns of malaria incidence in Mozambique. Malaria Journal, 10: 189.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล: นายกฤษฎา เหล็กดี
(Mr. Krisada Lekdee)
ตำแหน่ง: อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ
การศึกษา: ปร.ด (สถิติ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์