รายงานผลการวิจัย

ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ Generalized Estimating Equation (GEE)

Risk Factors for Dengue Fever in Thailand Using Mathematical Generalized Estimating Equation (GEE)

ผศ. สุนีย์ สัมมาทัต

ผศ. นิตยา บุญสิทธิ์

นายกฤษฎา เหล็กดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณปี พ.ศ. 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ Generalized Estimating Equation (GEE)

ผู้วิจัย : ผศ. สุนีย์ สัมมาทัต ผศ. นิตยา บุญสิทธิ์ นายกฤษฎา เหล็กดี

พ.ศ. : 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย และเพื่อเลือกตัวแบบที่เหมาะสม โดยศึกษาตัวแบบ Generalized Estimating Equations (GEE) ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson และNegative Binomial ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิระดับจังหวัด ประกอบด้วย จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือน รวมทั้ง ภาค และฤดูกาล ผลการวิจัยพบว่า ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial มีความเหมาะสมกว่าแบบ Poisson กำหนดให้ภาคกลาง และฤดูกาลช่วงเดือน ก.พ-เม.ย เป็นกลุ่มอ้างอิง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก คือ ปริมาณฝน (RR = 1.0009) อุณหภูมิเฉลี่ย (RR = 1.1736) พื้นที่ป่าไม้ (RR = 1.0482) ภาคใต้ (RR = 2.7390) ภาคตะวันออก (RR = 2.0489) ภาคตะวันตก (RR = 1.4051) ฤดูกาลช่วง พ.ค-ก.ค (RR = 3.0526) และ ส.ค-ต.ค. (RR = 3.2677)

คำสำคัญ: โรคไข้เลือดออก ตัวแบบ GEE Poisson Negative Binomial

Title : **Risk Factors for Dengue Fever in Thailand Using Mathematical Generalized Estimating Equation (GEE)**

Researcher: Assist. Prof. Sunee Sammatat, Assist.Prof. Nittaya Boonsith and Mr. Krisada Lekdee

Year : 2012

Abstract

The objectives of this research were to investigate risk factors for Dengue fever in Thailand and to select an appropriate model. The generalized estimating equation (GEE) whose dependent variable has a Poisson distribution and a negative binomial distribution were studied. The secondary data consisting of the number of Dengue fever patients, rainfall, average temperature, forest area, household income were collected. Regions and seasons were also considered. The research found that the GEE whose dependent variable has a negative binomial is more appropriate to be used for Dengue patient data analysis. Central region and the season during Feb-Apr were assigned to be reference groups. Risk factors for Dengue fever were rainfall (Relative Risk (RR) = 1.0009), average temperature (RR = 1.1736), forest area (RR = 1.0482), southern region (RR = 2.7390), eastern region (RR = 2.0489), western region (RR = 1.4051), the season during May-Jul (RR = 3.0526) and Aug-Oct (RR = 3.2677)

Keywords: Dengue fever, GEE, Poisson, Negative binomial

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ Generalized Estimating Equation (GEE) สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยการสนับสนุนและความช่วยเหลือจากหลายท่าน คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ. ดวงสุดา เตโชติรส อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผศ. ดร. อมรา อมรแก้ว คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ ผศ.จุฑามาศ พีรพัชระ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มาตั้งแต่เริ่มต้นและขอขอบคุณ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่เผยแพร่ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้ทุนสนับสนุนจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	15
3.2 ตัวแปรสำหรับการวิจัย	15
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	15
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	16
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	16
3.5 การแปลความ	18
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	19
4.1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง	19
4.2 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก	21
4.3 การคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสม	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผลการวิจัย	29
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	30
5.3 ข้อเสนอแนะ	31
บรรณานุกรม	33
ภาคผนวก	35
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	35
ประวัติผู้วิจัย	50

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคไข้เลือดออก เป็นโรคติดเชื้อไวรัสที่มียุงลายเป็นแมลงนำโรค โรคนี้เป็นปัญหาสาธารณสุขในหลายประเทศทั่วโลก เนื่องจากโรคได้แพร่กระจายอย่างกว้างขวาง องค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่า สองในห้าของประชากรโลก หรือประมาณ 2.5 ร้อยล้านคนมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคไข้เลือดออก และประมาณว่าแต่ละปีมีผู้ติดเชื้อมากถึง 50 ล้านคน มีมากกว่า 100 ประเทศ ที่มีผู้ติดเชื้อโรคไข้เลือดออกทั้งในแอฟริกา อเมริกา เมดิเตอร์เรเนียนตะวันออก เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแปซิฟิกตะวันตก โดยเฉพาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแปซิฟิกตะวันตกมีการติดเชื้ออย่างรุนแรง ก่อนปี 1970 มีเพียง 9 ประเทศเท่านั้นที่มีการระบาดของโรคไข้เลือดออก แต่จำนวนประเทศที่มีการระบาดของโรคไข้เลือดออกเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่าเมื่อถึงปี 1995 (WHO, 2012)

สำหรับประเทศไทย กรมควบคุมโรครายงานว่า เริ่มพบโรคไข้เลือดออกประปราย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2492 และการระบาดใหญ่ในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2501 ในเขตกรุงเทพ-ธนบุรี สถานการณ์โรคไข้เลือดออกของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2501-2545 มีแนวโน้มที่สูงขึ้น และมีการระบาดหลายลักษณะ เช่น ระบาดปีเว้นปี ปีเว้น 2 ปี หรือระบาดติดต่อกัน 2 ปี แล้วเว้น 1 ปี แต่ในระยะ15 ปีย้อนหลัง ลักษณะการระบาดมีแนวโน้มระบาด 2 ปี เว้น 2 ปี ส่วนใหญ่ผู้ป่วยจะอยู่ในกลุ่มอายุ 0-14 ปี อัตราป่วยสูงสุดในกลุ่มอายุ 5-9 ปี อัตราส่วนผู้ป่วยเพศหญิงต่อเพศชายใกล้เคียงกัน พบผู้ป่วยได้ตลอดทั้งปี แต่จะพบมากในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม นอกจากนั้นกรมควบคุมโรคยังรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในแต่ละจังหวัดของไทย ต่อเนื่องมาตลอด และเผยแพร่ต่อสาธารณชน ข้อมูลนี้ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะนำมาใช้วิเคราะห์หาปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย (สำนักระบาดวิทยา, 2555)

มีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกอย่างแพร่หลาย แต่การใช้ตัวแบบกับข้อมูลไข้เลือดออกที่มีการวัดซ้ำยังอยู่ในวงจำกัด ตัวแบบทางสถิติสำหรับข้อมูลที่มีการวัดซ้ำที่มีการนำไปประยุกต์ใช้กันมากคือ ตัวแบบ Generalized Estimating Equation (GEE) ตัวแบบ GEE นำเสนอโดย Liang และ Zeger (1986) เป็นตัวแบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นที่มีได้มากกว่า 1 ตัว กับตัวแปรตามโดยไม่มีข้อสมมติ (Assumption) ว่า ข้อมูลต้องเป็นอิสระกัน นั่นคือค่าของตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันได้ ค่าของตัวแปรตามที่มีความสัมพันธ์กันเกิดขึ้นได้เมื่อมีการเก็บข้อมูลซ้ำในหน่วยตัวอย่างเดียวกัน ตัวแปรตามเป็นได้ทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

รูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลในหน่วยตัวอย่างเดียวกันที่เกิดจากการวัดซ้ำมีหลายรูปแบบ ได้แก่ Independent , Exchangeable, Autoregressive และ Unstructured สำหรับโครงสร้างแบบ Independent สมมติให้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่เกิดจากการวัดซ้ำมีค่าเป็นศูนย์ Exchangeable กำหนดให้ ความสัมพันธ์มีค่าคงที่ Autoregressive กำหนดให้ความสัมพันธ์มีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป และ Unstructured สมมติให้ความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละคู่ไม่มีรูปแบบ สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามของแต่ละหน่วยตัวอย่างของตัวแบบ GEE มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากัน จึงเป็นการอธิบายขนาดอิทธิพลของปัจจัยในลักษณะภาพรวมของประชากร เรียกตัวแบบนี้ว่า Population-averaged Model

สำหรับตัวแบบ GEE เมื่อตัวแปรตามมีค่าเป็นจำนวนนับมักจะถูกสมมติให้มีการแจกแจงแบบ Poisson แต่ในการศึกษาจำนวนมาก พบว่าข้อมูลที่ได้จากการนับมักจะมีค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย เรียกว่าเกิด Over dispersion วิธีการแก้ปัญหา Over dispersion ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือการใช้แจกแจงแบบ Negative Binomial แทน Poisson สำหรับการแจกแจงแบบ Negative Binomial ค่าความแปรปรวนมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย การแจกแจงแบบ Poisson เป็นกรณีเฉพาะกรณีหนึ่งของการแจกแจงแบบ Negative Binomial การพิจารณาแก้ปัญหา Over dispersion ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะทำให้ได้ค่าประมาณที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในประเทศไทยยังไม่มีการใช้ตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลโรคไข้เลือดออกที่มีการวัดซ้ำมาก่อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้ตัวแบบ GEE วิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก โดยใช้ข้อมูลผู้ป่วยไข้เลือดออกที่กรมควบคุมโรครวบรวมไว้ ส่วนปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม ตัวแบบ GEE ที่นำมาศึกษาคือ คือตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson เปรียบเทียบความเหมาะสมกับแบบ Negative Binomial

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

2. เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยง ในข้อ 1. โดยศึกษาตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson และ Negative Binomial

1.3 สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัยคือ ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-

มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคไข้เลือดออก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ป่วยเป็นโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

ตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกปี 2553 ในประเทศไทย จำนวน 53,149 คน

1.4.2 ตัวแปรสำหรับการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม

ตัวแปรตาม คือ จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก ปี 2553 รายเดือนในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

1.5.2 ได้ตัวแบบที่เหมาะสมในการศึกษาปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

1.5.3 ประชาชนทั่วไป เจ้าหน้าที่สาธารณสุข และผู้ที่เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลในการการวางแผนป้องกันและควบคุมการเกิดโรคไข้เลือดออก

1.5.4 สามารถนำงานวิจัยที่ได้ไปบูรณาการการเรียนการสอนในวิชาสถิติเบื้องต้นได้

1.6. นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 โรคไข้เลือดออก หมายถึง โรคติดเชื้อไวรัสที่มียุงลายเป็นแมลงนำโรค

1.6.2 ตัวแบบ GEE หมายถึงตัวแบบ Generalized Estimating Equation ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นที่มีได้มากกว่า 1 ตัวกับตัวแปรตาม โดยไม่มีข้อสมมติ (Assumption) ว่าค่าของของตัวแปรตามต้องเป็นอิสระกัน

1.6.3 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกหมายถึง ตัวแปรต้นในตัวแบบ GEE

1.6.4 ความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก หมายถึงอัตราส่วนของผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนต่อจำนวนประชากรกลางปี คำนวณมาจากตัวแบบ GEE

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ Generalized Estimating Equation (GEE) คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Poisson Regression Model

2.2.2 Negative Binomial Model

2.2.3 ตัวแบบ Generalized Estimating Equation (GEE)

2.2.4 โรคไข้เลือดออก

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยในประเทศ

2.2.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Poisson Regression Model

ให้ Y_i, $i = 1,...,n$ เป็นตัวแปรตามที่มีค่าเป็นจำนวนนับ มีการแจกแจงแบบ Poisson มีค่าเฉลี่ย เท่ากับค่าความแปรปรวน เท่ากับ m นั่นคือ Y_i : $Poisson(m)$ การแจกแจงความน่าจะเป็นของ Y_i เขียนได้ดังนี้

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

$$E(Y_i) = Var(Y_i) = m$$

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 $\boldsymbol{\beta}_i = (b_0, b_1,..., b_p)^T$ เป็นพารามิเตอร์ เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

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

เราสามารถประมาณค่า $\boldsymbol{\beta}$ ได้ โดยใช้วิธีการของ maximum likelihood และแก้สมการหาคำตอบโดยใช้ numerical iterative method (McCullagh and Nelder ,1989)

2.2.2 Negative Binomial Model (McCullagh and Nelder ,1989)

ให้ Y_i มีการแจกแจงแบบ Negative Binomial โดยที่ $E(Y_i)=\mu_i$ และ $V(Y_i)=\mu_i(1+\alpha\mu_i)$, $\alpha>0$ คือ dispersion factor

$$f(y_i;\mu_i,\alpha)=\frac{\Gamma(y_i+1/\alpha)}{y_i!\Gamma(1/\alpha)}(1+\alpha\mu_i)^{-1/\alpha}\left(1+\frac{1}{\alpha\mu_i}\right)^{-y_i},\ y_i\geq 0, Y_{ij}=0,1,2,3,\ldots$$

$\Gamma=$ Gamma function และเมื่อ $\alpha\to 0$ Negative Binomial จะลู่เข้าสู่ Poisson และ $V(Y_i)\to\mu_i$

ในทำนองเดียวกันกับ Poisson Regression Model ใน 2.2.1 Negative Binomial Regression Model สามารถเขียนอยู่ในรูป $E(Y_i)=m=e^{\mathbf{x}_i^T\boldsymbol{\beta}}$ และการประมาณค่า $\boldsymbol{\beta}$ ใช้วิธีการของ maximum likelihood และแก้สมการหาคำตอบใช้ numerical iterative method เช่นเดียวกัน

2.2.3 ตัวแบบ Generalized Estimating Equation (GEE)

GEE เป็นตัวแบบที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อค่าสังเกตของตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กัน

ให้ $Y_{ij}, j=1,...,n_i \ \ i=1,...,K$ แทนค่าสังเกตของหน่วยศึกษาที่ i ในครั้งที่ j

ให้ N แทนจำนวนค่าสังเกตทั้งหมด $N=\sum_{i=1}^{K}n_i$

Y_{ij} มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้น $\mathbf{X}_{ij}=(X_{ij.0},X_{ij.1},...,X_{ij.p})^T$ และพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\beta}=(b_0,b_1,...,b_p)^T$ ตามรูปแบบของ link function ต่อไปนี้

Identity link: $g(a)=a$

Natural log link for count data: $g(a)=\log(a)$

Logit link for binary data: $g(a)=\log(a/(1-a))$

ความสัมพันธ์ของ Y_{ij} กับ $\mathbf{X}_{ij}=(X_{ij.0},X_{ij.1},...,X_{ij.p})^T$ เขียนได้ดังนี้

$g(E(Y_{ij}\mid\mathbf{x}_{ij}))=\mathbf{x}_{ij}^T\boldsymbol{\beta}$ และเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า Marginal regression model

Covariance Matrix ของ $\mathbf{Y}_i=(Y_{i1},...,Y_{ij})^T$ คือ $\mathbf{V}_i=\phi\mathbf{A}_i^{1/2}\mathbf{R}(\rho)\mathbf{A}_i^{1/2}$

เมื่อ ϕ คือ dispersion parameter

$\mathbf{A}_i$ คือ diagonal matrix of variance function

และ $\mathbf{R}(\rho)$ คือ รูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลของ $\mathbf{Y}_i=(Y_{i1},...,Y_{ij})^T$ ซึ่งมีหลายรูปแบบต่อไปนี้

2.2.3.1 Exchangeable มีโครงสร้างความสัมพันธ์คือ

$$\mathbf{R}(\rho)=\begin{bmatrix}1 & \rho & \cdots & \rho\\ \rho & 1 & \cdots & \rho\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \rho & \rho & \cdots & 1\end{bmatrix}$$

2.2.3.2 First-order Autoregressive มีโครงสร้างดังนี้

$$\mathbf{R}(\rho)=\begin{bmatrix}1 & \rho & \cdots & \rho^{J-1}\\ \rho & 1 & \cdots & \rho^{J-2}\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \rho^{J-1} & \rho^{J-2} & \cdots & 1\end{bmatrix}$$

2.2.3.3 Unstructured มีโครงสร้างดังนี้

$$\mathbf{R}(\rho)=\begin{bmatrix}1 & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1J}\\ \rho_{12} & 1 & \cdots & \rho_{2J}\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \rho_{iJ} & \rho_{2J} & \cdots & 1\end{bmatrix}$$

การประมาณพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\beta}$ ใช้ Algorithm ต่อไปนี้

1) คำนวณค่าเริ่มต้นสำหรับ $\boldsymbol{\beta}$ โดยคำนวณมาจากตัวแบบ generalized linear model ที่กำหนดให้ข้อมูลเป็นอิสระกัน

2) คำนวณค่า $\mathbf{R}_i(\rho)$

3) คำนวณค่า $\mathbf{V}_i=\phi\mathbf{A}_i^{1/2}\hat{\mathbf{R}}(\rho)\mathbf{A}_i^{1/2}$

4) ปรับค่า $\boldsymbol{\beta}$

5) ทำซ้ำจนกระทั่ง $\boldsymbol{\beta}$ ลู่เข้า (Convergence)

2.2.4 โรคไข้เลือดออก (สำนักระบาดวิทยา, 2555; WHO, 2012; สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 อุบลราชธานี, 2555)

โรคไข้เลือดออก (Dengue hemorrhagic fever) เป็นโรคติดเชื้อซึ่งระบาดในเขตร้อน เกิดจากการติดเชื้อไวรัสเด็งกี ผู้ป่วยจะมีอาการไข้ ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ ปวดข้อ และมีผื่นลักษณะเฉพาะซึ่งคล้ายกับผื่นของโรคหัด ผู้ป่วยส่วนหนึ่งจะมีอาการรุนแรง จนกลายเป็นไข้เลือดออกเด็งกี ซึ่งทำให้มีเลือดออกง่าย มีเกล็ดเลือดต่ำ และมีการรั่วของพลาสมา หรือรุนแรง

มากขึ้นเป็นกลุ่มอาการไข้เลือดออกช็อก (Dengue shock syndrome) ซึ่งมีอาการช็อก และมีเกล็ดเลือดต่ำมากได้

ไข้เลือดออกติดต่อผ่านทางพาหะคือยุงในจีนัส A. edes โดยเฉพาะ A. aegypti หรือยุงลายบ้าน ไวรัสเด็งกีมีชนิดย่อยอยู่สี่ชนิด การติดเชื้อแต่ละครั้งจะทำให้ผู้ป่วยมีภูมิคุ้มกันต่อไวรัสชนิดนั้นๆ ไปตลอดชีวิต และมีภูมิคุ้มกันต่อไวรัสเด็งกีชนิดอื่นๆ ในเวลาสั้นๆ การติดเชื้อไวรัสเด็งกีชนิดอื่นในภายหลังอาจทำให้มีอาการรุนแรง การป้องกันโรคทำโดยการลดจำนวนพาหะโดยกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลาย และป้องกันไม่ให้ยุงลายกัด เนื่องจากยังไม่มีวัคซีนที่ใช้ได้ผลดี

ยังไม่มีวิธีจำเพาะในการรักษาไข้เลือดออก การรักษาหลักๆ เป็นการรักษาประคับประคอง สำหรับผู้ป่วยที่อาการไม่รุนแรงรักษาโดยการทดแทนสารน้ำ อาจใช้การกินทางปากหรือการให้ทางหลอดเลือดดำ และสำหรับผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรงรักษาโดยให้สารน้ำหรือเลือดหรือองค์ประกอบของเลือดทางหลอดเลือดดำ

อุบัติการณ์ของไข้เลือดออกเพิ่มสูงขึ้นมากตั้งแต่ช่วงคริสต์ทศวรรษ 1960 โดยมีผู้ป่วยติดเชื้อ 50-100 ล้านคนในแต่ละปี โรคนี้มีการอธิบายเอาไว้ครั้งแรกตั้งแต่ ค.ศ. 1779 ส่วนไวรัสที่เป็นสาเหตุและกลไกการติดต่อนั้นค้นพบเมื่อช่วงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 ตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่สองเป็นต้นมาไข้เลือดออกได้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งทั่วโลก มีประเทศที่เป็นพื้นที่ระบาดมากกว่า 110 ประเทศ ปัจจุบันนอกจากความพยายามในการลดจำนวนยุงแล้วยังมีความพยายามในการพัฒนาวัคซีนและยาที่ออกฤทธิ์โดยตรงกับไวรัสอยู่ด้วย

อาการของไข้เลือดออกคือมีไข้เฉียบพลัน ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ ปวดข้อ และผื่น อาการปวดข้อและปวดกล้ามเนื้อเป็นที่มาของชื่ออีกชื่อหนึ่งของไข้เลือดออก คือ break-bone fever โดยมีการดำเนินโรคแบ่งออกเป็นสามระยะ คือระยะไข้ ระยะวิกฤต และระยะฟื้นในระยะไข้ ผู้ป่วยจะมีไข้สูง มักสูงเกิน 40 องศาเซลเซียส มีอาการปวดตามตัวและปวดศีรษะ ระยะนี้มักกินเวลา 2-7 วัน ผู้ป่วยระยะไข้ที่มีอาการ 50-80% จะมีผื่นขึ้นโดยอาจพบในวันแรกๆ ของอาการป่วยมีลักษณะเป็นปื้นแดง (erythema) หรือพบในวันที่ 4-7 มีลักษณะเป็นผื่นคล้ายผื่นของโรคหัด อาจมีจุดเลือดออก หรืออาจมีเลือดออกจากเยื่อบุได้เล็กน้อย เช่นจากในปาก หรือในจมูก ลักษณะเฉพาะสำหรับอาการไข้ของไข้เลือดออกคือมีการมีไข้ขึ้นสองรอบ คือมีไข้ขึ้นครั้งหนึ่งจากนั้นไข้จึงลดลงไป และมีไข้ขึ้นต่ออีก 1-2 วัน แต่แบบแผนอาการไข้ของไข้เลือดออกก็มีความแตกต่างกันมาก และยังไม่มีข้อสรุปชัดเจนว่าแบบแผนไข้เฉพาะเช่นนี้ปรากฏขึ้นบ่อยเพียงใด

ผู้ป่วยบางคนมีอาการดำเนินไปถึงระยะวิกฤต คือช่วงที่ไข้ลง ระยะนี้มักกินเวลา 1-2 วัน ซึ่งผู้ป่วยอาจมีสารน้ำสะสมในช่องปอดและช่องท้องได้อย่างมากเนื่องจากสารน้ำรั่วออกจากผนังหลอดเลือดฝอยที่อยู่ในภาวะที่มีความยอมให้ผ่านสูงขึ้นอย่างมากจากตัวโรค ทำให้มีสารน้ำในระบบไหลเวียนน้อยลง และมีการไหลของเลือดไปเลี้ยงอวัยวะสำคัญน้อยลง อาจมีการทำงานของอวัยวะต่างๆ ล้มเหลว และมีเลือดออกได้มาก โดยมักออกจากทางเดินอาหาร

ระยะต่อมาคือระยะฟื้น สารน้ำที่รั่วออกจากหลอดเลือดจะไหลกลับคืนเข้ามาระยะนี้กินเวลา 2-3 วันผู้ป่วยอาจรู้สึกดีขึ้นอย่างมาก อาจมีอาการคันมาก หรือหัวใจเต้นช้าได้ ในระยะนี้ผู้ป่วยอาจมีสารน้ำในร่างกายเกิน ซึ่งหากเสียสมดุลจนทำให้สมองบวม ก็อาจมีระดับการรู้สึกตัวลดลงหรือมีอาการชักได้

บางครั้งไข้เลือดออกอาจส่งผลต่อระบบอื่นๆ ของร่างกายได้โดยอาจมีเฉพาะอาการของระบบนั้นๆ โดยไม่มีอาการของไข้เลือดออก หรือมีอาการของไข้เลือดออกและอาการของระบบอื่นๆ ไปพร้อมกันก็ได้ 0.5-6% ของผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรง มีการลดลงของระดับความรู้สึกตัว ซึ่งอาจเป็นผลโดยตรงจากการติดเชื้อไวรัสที่สมอง ทำให้เกิดสมองอักเสบ หรือเป็นผลโดยอ้อมจากการที่อวัยวะสำคัญทำงานบกพร่อง เช่น ตับ ความผิดปกติอื่นๆ ทางระบบประสาทที่มีการรายงานในผู้ป่วยไข้เลือดออก เช่น ไขสันหลังอักเสบตามขวาง และกลุ่มอาการกิลแลง-บาร์เร และความผิดปกติอื่นๆ ที่พบได้น้อยยิ่งกว่า เช่น กล้ามเนื้อหัวใจอักเสบจากการติดเชื้อ และตับวายเฉียบพลัน เป็นต้น

โรคไข้เลือดออก เป็นโรคติดต่อที่เกิดจากยุงลาย (A. edesaegyti) ตัวเมีย บินไปกัดคนที่ป่วยเป็นไข้เลือดออกโดยเฉพาะช่วงที่มีไข้สูง เชื้อไวรัสเด็งกีจะเพิ่มจำนวนในตัวยุงประมาณ 8-10 วัน เชื้อไวรัสแดงกี่จะไปที่ผนังกระเพาะและต่อมน้ำลายของยุง เมื่อยุงกัดคนก็จะแพร่เชื้อสู่คน เชื้อจะอยู่ในร่างกายคนประมาณ 2-7 วันในช่วงที่มีไข้ หากยุงกัดคนในช่วงนี้ก็จะรับเชื้อไวรัสมาแพร่ให้กับคนอื่น ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นเด็ก โรคนี้ระบาดในฤดูฝน ยุงลายชอบออกหากินในเวลากลางวันตามบ้านเรือน และโรงเรียน ชอบวางไข่ในน้ำสะอาดที่อยู่นิ่งๆ ตามภาชนะที่มีน้ำขัง เช่น ยางรถยนต์ กะลา กระป๋อง จานรองขาตู้กับข้าว แต่ไม่ชอบวางไข่ในท่อระบายน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง ฯลฯ

ไวรัสไข้เด็งกี (Dengue fever virus, DENV) เป็นไวรัสชนิดอาร์เอ็นเอไวรัสในแฟมิลี Flaviviridae ไวรัสอื่นในแฟมิลีนี้ เช่น ไวรัสไข้เหลือง ไวรัสเวสท์ไนล์ ไวรัสไข้สมองอักเสบเซนต์หลุยส์ ไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ไวรัสไข้สมองอักเสบซึ่งมีหมัดเป็นพาหะ, ไวรัสโรคป่ายาซานูร์ และไวรัสไข้เลือดออกออมส์กส่วนใหญ่ติดต่อโดยมีแมลงหรือแมง (ยุง หรือหมัด เห็บ เป็นต้น) เป็นพาหะ จึงถูกเรียกรวมๆ ว่า arbovirus มาจาก arthropod-borne virus (ไวรัสซึ่งติดต่อ

โดยมีสัตว์ขาปล้อง (arthropod) เป็นพาหะ) จีโนมของไวรัสไข้เด็งกีมีขนาดประมาณ 11,000 นิวคลีโอไทด์เบส ถอดรหัสออกมาเป็นโมเลกุลโปรตีน 3 ชนิด (C, prM และ E) ซึ่งประกอบกันเป็นตัวไวรัส และโมเลกุลโปรตีนชนิดอื่นๆ อีก 7 ชนิด (NS1, NS2a, NS2b, NS3, NS4a, NS4b, NS5) ซึ่งจะพบเฉพาะในเซลล์โฮสท์ที่ติดเชื้อ โดยเป็นโปรตีนที่มีความจำเป็นในการสร้างไวรัส ไวรัส DENV มีอยู่ 4 สายพันธุ์หรือซีโรไทป์ คือ DENV-1, DENV-2, DENV-3 และ DENV-4 ทั้งสี่ชนิดสามารถทำให้เกิดโรคได้ทั้งแบบไม่รุนแรงไปจนถึงรุนแรงมากไม่ต่างกัน เชื่อกันว่าการติดเชื้อไวรัสซีโรไทป์หนึ่งๆ จะทำให้มีภูมิคุ้มกันต่อไวรัสซีโรไทป์นั้นๆ ไปตลอดชีวิต และมีภูมิคุ้มกันต่อไวรัสซีโรไทป์อื่นๆ ได้ในช่วงเวลาสั้นๆ ภาวะแทรกซ้อนหลายอย่างซึ่งพบในการติดเชื้อครั้งที่สองนั้นส่วนหนึ่งเป็นผลจากการที่ผู้ป่วยเคยติดเชื้อ DENV-1 มาก่อน จากนั้นจึงติดเชื้อ DENV-2 หรือ DENV-3 ในภายหลัง หรือเคยติดเชื้อ DENV-3 มาก่อน แล้วติดเชื้อ DENV-2 ในภายหลัง

ไวรัสเด็งกีติดต่อผ่านทางยุงลายเป็นหลัก โดยเฉพาะยุงลายบ้าน หรือ A. aegyptiซึ่งมีถิ่นอาศัยในเขตศูนย์สูตร บริเวณพื้นที่ละติจูด 35° เหนือและใต้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,000 เมตรส่วนใหญ่จะกัดคนในเวลากลางวัน ยุงลายชนิดอื่นๆ ที่เป็นพาหะของไข้เลือดออกได้แก่ A. albopictus, A. polynesiensis และ A.scutellaris โฮสต์หลักของไวรัสไข้เลือดออกคือมนุษย์ แต่ก็สามารถพบเชื้อในไพรเมตชนิดอื่นนอกจากมนุษย์ได้ การกัดเพียงครั้งเดียวก็สามารถทำให้ติดเชื้อได้เมื่อยุงตัวเมียดูดเลือดจากผู้ติดเชื้อไข้เลือดออกจะทำให้มีการติดเชื้อในทางเดินอาหารของยุงตัวนั้น ต่อมา 8-10 วัน ไวรัสจะแพร่ไปยังเนื้อเยื่ออื่นๆ ของตัวยุงรวมทั้งต่อมน้ำลายของยุงด้วย ทำให้มีการหลั่งตัวไวรัสออกมาในน้ำลายของยุง ยังไม่ปรากฏว่าการติดเชื้อไวรัสไข้เลือดออกจะมีผลเสียใดๆ ต่อยุงที่ติดเชื้อ ซึ่งจะมีการติดเชื้อไปตลอดอายุขัย ยุงลายบ้านมักวางไข่ในแหล่งน้ำขัง ใกล้ที่อยู่อาศัยของมนุษย์ และมักดูดเลือดจากมนุษย์มากกว่าสัตว์อื่นๆ

ผู้ป่วยที่เป็นเด็กทารกหรือเด็กเล็กมีโอกาสป่วยรุนแรงมากกว่าช่วงอายุอื่น และมักพบบ่อยในเด็กที่มีสุขภาพทั่วไปค่อนข้างดี แตกต่างกับโรคติดเชื้อชนิดอื่นๆ เพศหญิงมีโอกาสเป็นโรคมากกว่าเพศชายและผู้ที่ป่วยด้วยโรคเรื้อรังอยู่เดิมแล้ว (เช่น เบาหวาน หรือหอบหืด) มีโอกาสป่วยรุนแรงถึงชีวิตมากกว่า อาการเตือนได้แก่ ปวดท้อง อาเจียนมาก ตับโต เลือดออกในเยื่อบุ ความเข้มข้นเม็ดเลือดแดงสูง เกล็ดเลือดต่ำ อ่อนเปลี้ย การให้การวินิจฉัยไข้เลือดออกส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในพื้นที่ระบาด เช่นประเทศไทย เป็นการวินิจฉัยทางคลินิก อาศัยอาการและผลการตรวจร่างกายอย่างไรก็ดีอาการในระยะแรกของไข้เลือดออกแยกไม่ได้จากการติดเชื้อไวรัสธรรมดาทั่วๆ ไปสำหรับผู้ป่วยที่อยู่ในพื้นที่ระบาด อาการที่น่าสงสัยว่าอาจจะเป็นไข้เลือดออก

คืออาการไข้ร่วมกับอาการสองอย่างจากอาการต่างๆ ได้แก่ คลื่นไส้อาเจียน ผื่น ปวดตามตัว เม็ดเลือดขาวต่ำ ทูนิเกต์เทสท์ผลบวก หรืออาการเตือนใดๆ ซึ่งอาการเตือนเหล่านี้มักปรากฏก่อนการดำเนินโรคไปเป็นไข้เลือดออกรุนแรง การตรวจทูนิเกต์เป็นการตรวจที่มีประโยชน์มากในพื้นที่ที่ไม่สามารถส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการได้ทันที ทำโดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตพันรอบแขนและรัดไว้ห้านาที จากนั้นนับจุดเลือดออกที่ปรากฏขึ้น ยิ่งมีจุดมากก็ยิ่งมีความน่าจะเป็นของการเป็นไข้เลือดออกมากโรคอีกโรคหนึ่งที่คล้ายไข้เลือดออกมากและแยกออกจากกันได้ยากคือไข้ชิคุนกุนยา ซึ่งเป็นโรคติดเชื้อไวรัสอีกโรคหนึ่งที่มีอาการคล้ายกันและยังระบาดในพื้นที่หลายๆ พื้นที่ซึ่งมีการระบาดของโรคไข้เลือดออกอยู่แล้วด้วยนอกจากนี้ยังอาจจำเป็นต้องใช้การตรวจอื่นๆ เพื่อแยกโรคที่อาจทำให้มีอาการคล้ายกับไข้เลือดออกหากอาการและการตรวจร่างกายไม่ชัดเจน เช่น มาลาเรีย ฉี่หนู ไข้รากสาดน้อย และไข้กาฬหลังแอ่น

ความผิดปกติที่พบได้เร็วที่สุดจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการคือการพบเม็ดเลือดขาวต่ำ ซึ่งต่อมาอาจพบมีเกล็ดเลือดต่ำและเลือดเป็นกรดเหตุเมตาบอลิกได้ในกรณีที่มีอาการรุนแรง การรั่วของพลาสมาจะทำให้ตรวจพบเลือดมีความเข้มข้นสูง (พบฮีมาโตคริตสูง) และอัลบูมินในเลือดต่ำ ภาวะมีน้ำในช่องเยื่อหุ้มปอดและท้องมานอาจพบได้จากการตรวจร่างกายหากเป็นมากๆ แต่อาจตรวจพบได้เร็วมากขึ้นในระยะแรกๆ จากการใช้การตรวจอื่นๆ เช่นการตรวจด้วยคลื่นอัลตราซาวนด์ ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจพบผู้ป่วยที่จะกลายเป็นกลุ่มอาการช็อคจากไข้เลือดออกได้เร็วขึ้นในระยะแรกๆแต่ยังมียังข้อจำกัดเนื่องจากจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ราคาแพง ซึ่งไม่ได้มีในสถานพยาบาลทุกๆ ที่

ระบบการจำแนกประเภทไข้เลือดออกเด็งกีขององค์การอนามัยโลกฉบับ พ.ศ. 2552 จำแนกไข้เลือดออกเด็งกีเอาไว้เป็นสองประเภท คือชนิดไม่มีภาวะแทรกซ้อนและชนิดรุนแรง โดยใช้แทนระบบจำแนกประเภทฉบับ พ.ศ. 2550 ซึ่งมีรายละเอียดมากกว่า เนื่องจากต้องการให้การจำแนกประเภทมีความเข้าใจง่าย อย่างไรก็ดีระบบจำแนกประเภทแบบเดิมก็ยังคงมีผู้ใช้อยู่อย่างกว้างขวางโดยระบบ พ.ศ 2550 นี้ได้จำแนกประเภทของไข้เลือดออกเด็งกีเอาไว้เป็น ไข้ซึ่งจำแนกประเภทไม่ได้ (undifferentiated fever), ไข้เด็งกี (dengue fever) และไข้เลือดออกเด็งกี (dengue hemorrhagic fever) โดยสำหรับประเภทไข้เลือดออกเด็งกีเองก็แบ่งออกเป็นระดับ (grade) 1-4 โดยระดับ 1 ผู้ป่วยจะมีไข้และมีอาการเบื้องต้นของ "เลือดออก" ได้แก่มีจ้ำเลือดตามตัวง่ายหรือทูนิเกต์เทสท์ให้ผลบวก, ระดับ 2 จะมีเลือดออกเองจากผิวหนังหรือที่อื่น, ระดับ 3 มีอาการช็อค และระดับ 4 ช็อครุนแรงจนไม่สามารถวัดความดันโลหิตและชีพจรได้ไข้เลือดออกเด็งกีระดับ 3 และ 4 เรียกรวมว่า กลุ่มอาการช็อคจากเด็งกี (dengue shock syndrome)

อาจสามารถวินิจฉัยไข้เลือดออกได้ด้วยการตรวจทางจุลชีววิทยาหรือการตรวจหาเชื้อก่อโรคซึ่งอาจทำได้โดยการแยกเชื้อไวรัสด้วยการเพาะเลี้ยงเซลล์ การตรวจหาสารพันธุกรรมด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส การทางวิทยาเซรุ่มเพื่อตรวจหาแอนติเจนของไวรัสด้วยปฏิกิริยาการจับกับแอนติบอดี โดยการแยกเชื้อไวรัสและการตรวจหาสารพันธุกรรมเป็นการตรวจที่ให้ผลแม่นยำกว่าการตรวจหาแอนติบอดี แต่การตรวจเหล่านี้ยังไม่มีการใช้แพร่หลายเนื่องจากยังมีราคาสูงมาก และยังอาจให้ผลลบ (ตรวจไม่พบ) ได้ในผู้ป่วยระยะแรก

การตรวจเหล่านี้จะมีคุณค่าช่วยในการวินิจฉัยก็ต่อเมื่อทำในการป่วยระยะเฉียบพลัน ยกเว้นการตรวจทางวิทยาเซรุ่ม การตรวจหาแอนติบอดี IgG และ IgM ที่จำเพาะต่อชนิดของไวรัสให้ประโยชน์เป็นการยืนยันการวินิจฉัยในระยะท้ายๆ ของการดำเนินโรค ร่างกายจะเริ่มผลิต IgG และ IgM หลังจากติดเชื้อไปแล้ว 5-7 วัน ระดับ IgM จะตรวจพบได้สูงสุดหลังการติดเชื้อครั้งแรก แต่ในการติดเชื้อครั้งที่สองหรือสามก็ยังมีการผลิต IgM อยู่เช่นกันแม้จะไม่มากเท่า หลังการติดเชื้อครั้งแรก 30-90 วัน ระดับ IgM จะลดลงจนไม่สามารถตรวจพบได้ โดยในการติดเชื้อที่ไม่ใช่ครั้งแรก ระดับ IgM จะลงลงเร็วกว่านี้ ในทางกลับกัน IgG จะยังคงอยู่ให้ตรวจพบได้นานกว่า 60 ปี แม้จะไม่มีอาการเลยก็ตาม จึงมีประโยชน์ในการตรวจว่าเคยติดเชื้อมาก่อนหรือไม่ เมื่อมีการติดเชื้อครั้งแรก ระดับ IgG จะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุดที่ 14-21 วัน และในการติดเชื้อครั้งต่อๆ มา ระดับจะขึ้นสูงเร็วกว่าและสูงมากกว่า ทั้ง IgG และ IgM เป็นสารภูมิคุ้มกันที่มีผลป้องกันการติดเชื้อไวรัสสายพันธุ์ (ซีโรไทป์) นั้นๆ การตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาระดับ IgG และ IgG นั้นอาจมีการแสดงปฏิกิริยาข้ามกันระหว่างไวรัสอื่นๆ ในกลุ่มฟลาวิไวริดีได้ เช่น ไวรัสไข้เหลือง ทำให้การแปลผลการตรวจมีความซับซ้อนและยากมากขึ้น การตรวจหาระดับ IgG เพียงอย่างเดียวนั้นจะใช้เป็นเกณฑ์การวินิจฉัยไข้เลือดอองเด็งกีได้ก็ต่อเมื่อเก็บห่างกัน 14 วัน และพบว่ามีระดับเพิ่มขึ้นมากกว่า 4 เท่าเท่านั้น ส่วนการตรวจ IgM ในผู้ป่วยที่มีอาการนั้นสามารถใช้ในการวินิจฉัยได้

ในปัจจุบัน ยังไม่มี วิธีรักษาไข้เลือดออก โดยตรง การรักษาก็สามารถทำได้เพียงแค่การประคองอาการ เช่น ในผู้ป่วยที่มีอาการขาดน้ำก็เสริมน้ำให้ หรือในรายที่มีอาการรุนแรงมากๆซึ่งจะมีผลให้ขาดเลือดก็ช่วยเหลือผู้ป่วยด้วยการถ่ายเลือดให้ เป็นต้น

ผู้ป่วยที่ไม่อาเจียนให้ดื่มน้ำหรือน้ำเกลือแร่มาก ๆ วิธีสังเกตว่าดื่มน้ำพอหรือไม่ ให้ดูปัสสาวะ ควรมีสีใส

ควรพบแพทย์เป็นระยะ ๆ ตามนัด เพื่อเฝ้าดูอาการที่อาจเป็นอันตรายอย่างใกล้ชิด

ถ้าอาเจียนมาก ซึม เพลียมาก มีอาการของช็อคและมีอาการเลือดออก ควรรับการรักษาในโรงพยาบาลและดูแลใกล้ชิด เพื่อรักษาได้ทันท่วงที หรือหากมีอาการแทรกซ้อนอื่น เช่น ตับอักเสบรุนแรง ตับวาย สมองอักเสบ ควรรับการรักษาในโรงพยาบาล

ให้ยาแก้ไข้พาราเซตามอล แต่ห้ามใช้แอสไพรินเพราะจะทำให้ระคายกระเพาะ มีโอกาสมีเลือดออกทางกระเพาะง่าย และทำให้การทำงานหาเกล็ดเลือดผิดปกติ

ยังไม่มีวัคซีนที่ป้องกันไวรัสไข้เลือดออกเด็งกีอย่างได้ผล ดังนั้นการป้องกันโรคจึงต้องอาศัยการควบคุมการแพร่พันธุ์ยุงลายและป้องกันไม่ให้ยุงลายกัด องค์การอนามัยโลกได้แนะนำโครงการควบคุมพาหะแบบบูรณาการเอาไว้ โดยมีองค์ประกอบ 5 อย่าง ได้แก่ 1) ต้องมีการสนับสนุนจากทุกภาคส่วนเพื่อให้ระบบบริการสุขภาพและชุมชนมีความเข้มแข็ง 2) ต้องมีความร่วมมือระหว่างองค์กรสุขภาพและภาคส่วนอื่นๆ 3) ส่งเสริมให้มีการควบคุมโรคอย่างบูรณาการโดยใช้ทรัพยากรที่มีให้เกิดประโยชน์สูงสุด 4) มีการตัดสินใจโดยอิงหลักฐานเพื่อให้มีการออกมาตรการที่เหมาะสม และ 5) มีการเตรียมพร้อมรับสถานการณ์การระบาดในแต่ละที่อยู่เสมอ วิธีการในการควบคุมการแพร่ระบาดของยุงลายคือการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายทำโดยป้องกันไม่ให้มีน้ำขังในภาชนะ เช่น คว่ำขัน กะละมัง ที่อยู่นอกบ้าน ไม่ให้มีน้ำขัง ใส่สารฆ่าแมลงหรือสารควบคุมการเจริญเติบโตของยุงลาย เช่น ทรายอะเบต ในพื้นที่ อย่างไรก็ดีเชื่อกันว่าการพ่นยาฆ่าแมลงเป็นครั้งๆ ไปนั้นได้ผลไม่คุ้มค่า เมื่อพิจารณาว่าการใส่สารฆ่าแมลงลงในพื้นที่นั้นมีผลเสียมากกว่าที่จะรับได้ และการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตของยุงลายนั้นเป็นการยากที่จะทำได้ทั่วถึง การลดปริมาณแหล่งน้ำขังด้วยการควบคุมภาชนะนอกบ้านจึงเป็นวิธีที่เป็นที่นิยมและได้รับการยอมรับมากที่สุด นอกจากนี้ยังอาจสามารถป้องกันไม่ให้ยุงลายกัดได้โดยใส่เสื้อผ้าที่มิดชิด นอนกางมุ้ง หรือใช้ยาไล่ยุง เป็นต้น โดยสารที่ได้ผลดีที่สุด คือ DEET

สำหรับในประเทศไทย ศูนย์ควบคุมโรคไข้เลือดออก กองควบคุมโรค สำนักอนามัย แนะนำแนวทางในการป้องกันโรคไข้เลือดออกโดยเน้นการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายและการป้องกันไม่ให้ยุงลายกัด ซึ่งเป็นไปตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก

การพัฒนาวัคซีนและยา ยังไม่มีวัคซีนสำหรับไวรัสเดงกี่ซึ่งเป็นสาเหตุของไข้เลือดออกจำหน่ายในตลาด เนื่องจากยังอยู่ในขั้นการทดลองและพัฒนาอยู่ การเร่งพัฒนาวัคซีนอย่างจริงจังนั้นเริ่มมาตั้งแต่ พ.ศ. 2546 สำหรับประเทศไทย ได้มีการทดสอบวัคซีนไวรัสไข้เลือดออกในอาสาสมัครจำนวน 3,000-5,000 คน หลังจากประสบความสำเร็จในการทดสอบในสัตว์และอาสาสมัครกลุ่มเล็ก และขณะนี้วัคซีนที่ถูกเลือกได้เข้าสู่การทดสอบระยะที่ 1 และระยะที่ 2 แล้ว ปัญหาสำคัญของการพัฒนาวัคซีนคือการที่ไวรัสมีจำนวนสายพันธุ์ถึง 4 สายพันธุ์ ทำให้วัคซีนที่พัฒนาออกมาต้องยับยั้ง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยในประเทศ

อดุลย์ กล้าขยัน (2549) ศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมกับการเกิดโรคไข้เลือดออกในจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ตัวแบบ Multinomial Logistic Regression พบว่า ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคไข้เลือดออกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ได้แก่ ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน จำนวนแหล่งน้ำ และอายุของผู้ป่วย

วนิดา ลิ่มมั่น (2553) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลการเกิดอุบัติเหตุจากการจราจรทางถนนโดยใช้ตัวแบบ Generalized Estimating Equation (GEE) เป็นวิธีที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อข้อมูลเป็นข้อมูลระยะยาว ที่มีการวัดซ้ำในหน่วยศึกษาเดียวกันเมื่อกำหนดโครงสร้างความสัมพันธ์ของการเกิดอุบัติเหตุแบบ Exchangeable และ First-order Autoregressive ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ GEEและGLMMs มีความเหมาะสมกับข้อมูลเหมือนกันและพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนสายทางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือค่าความเรียบของถนน ผิวทาง และปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน

รุ้งรวี อำนาจตระกูล (2555) ศึกษาการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์ประสิทธิภาพของหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทางโดยใช้วิธี GEE ผลการศึกษาพบว่าการสร้างตัวแบบในการพยากรณ์โดยใช้วิธี GEE ที่ใช้ฟังก์ชันเชื่อมโยงแบบ Identity Link และโครงสร้างสหสัมพันธ์แบบ Exchangeable Correlation การพยากรณ์ที่ได้สามารถนำมาอธิบายความผันแปรของอุณหภูมิน้ำที่ออกจากหอทำน้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้น GEE เป็นตัวแบบที่ใช้กับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยหลายสาขา งานวิจัยนี้จึงนำตัวแบบ GEE มาใช้วิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือออกที่มีความสัมพันธ์กัน

2.2.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Phuong และคณะ (2008) ศึกษาปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในจังหวัด Bihn Thuan ประเทศเวียดนาม โดยใช้ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกส์ (Logistic Regression) พบว่าปัจจัยเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับโรคไข้เลือดออกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้แก่ อาชีพเกษตรกรรม จำนวนบุตรที่อายุน้อยกว่า 15 ปี ครอบครัวไม่มี ประสบการณ์การเป็นไข้เลือดออก มีสวนใกล้บ้าน และภาชนะบรรจุน้ำที่มีตัวอ่อนยุง

Gharbi และคณะ (2011) ศึกษาการพยากรณ์กระจายของโรคไข้เลือดออกในจังหวัด Guadeloupe บนหมู่เกาะที่อยู่ภายใต้การปกครองของประเทศฝรั่งเศสโดยใช้ตัวแบบ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) ที่มีปัจจัยเกี่ยวข้องกับภูมิอากาศ คือ

ปริมาณฝน ความชื้น และอุณหภูมิ ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิช่วยให้การพยากร์แม่นยำมากกว่าปริมาณฝน ความชื้น

Pathirana และคณะ (2009) ศึกษาปัจจัยเสี่ยงของอุบัติการของโรคไข้เลือดออกในประเทศศรีลังกา โดยใช้สารสนเทศทางภูมิศาสตร์และตัวแบบทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝนเป็นปัจจัยสำคัญของอุบัติการของโรคไข้เลือดออก

Brunkard และคณะ (2008) ศึกษาอิทธิพลของของอุณหภูมิ ปริมาณฝน และปรากฏการณ์ปรากฏการณ์เอลนิโญ (EI Nino) ที่มีผลต่อการกลับมาของเกิดโรคไข้เลือดออกในบริเวณชายแดนของประเทศเมกซิโกกับรัฐเทกซัสของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝนและอุณหภูมิ มีผลต่อการกลับมาของเกิดโรคไข้เลือดออกอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ปริมาณฝน อุณหภูมิ ความชื้น เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคไข้เลือดออก งานวิจัยฉบับนี้จึงนำปัจจัย ปริมาณฝน และอุณหภูมิมาวิเคราะห์ด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาตร์ Generalized Estimating Equation (GEE) ในครั้งนี้ มีวิธีดำเนินการดังนี้

3.1 ประชากรและตัวอย่าง

3.2 ตัวแปรสำหรับการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 การแปลความ

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ป่วยเป็นโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

ตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกปี 2553 ในประเทศไทย จำนวน 53,149 คน

3.2 ตัวแปรสำหรับการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม

ตัวแปรตาม คือ จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก ปี 2553 รายเดือนในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ คือแบบบันทึกข้อมูล มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.1 ศึกษาหัวเรื่อง ต่อไปนี้

3.3.1.1 โรคไข้เลือดออก เช่น สาเหตุของโรค การติดต่อ อาการ การวินิจฉัย การรักษา และการป้องกัน

3.3.1.2 การแจกแจงแบบ Poisson และ Negative Binomial

3.3.1.3 ตัวแบบ Generalized Estimating Equation (GEE) ซึ่งเป็นตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ตัวแปรตามมีการวัดซ้ำ หรือมีความสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะกรณีที่ตัวแปรตามมีค่าเป็นจำนวนนับ คือมีการแจกแจงแบบ Poisson และ Negative Binomial

3.3.1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ตัวแบบ GEE และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคไข้เลือดออก

3.3.2 สร้างแบบบันทึกข้อมูลที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายเดือนของแต่ละจังหวัดในประเทศไทย ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เป็นข้อมูลระดับจังหวัด ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายเดือน ได้จากกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (สำนักระบาดวิทยา, 2554) พื้นที่ป่าไม้รายจังหวัดจากจากกรมป่าไม้ (กรมป่าไม้, 2554) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และจำนวนประชากรกลางปีและรายได้ครัวเรือน รายจังหวัดจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2555)กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ปริมาณฝนรายเดือน และอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนจาก กรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554) กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ลักษณะของตัวอย่าง และวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

3.5.1 ลักษณะของตัวอย่าง ใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

3.5.2 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก ใช้ตัวแบบ Generalized Estimating Equation (GEE) ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson และ Negative Binomial โดยในขั้นตอนแรกพิจารณาทีละปัจจัย เลือกปัจจัยที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.10 ไปวิเคราะห์ต่อ โดยพิจารณาทุกปัจจัยพร้อมกัน รายละเอียดตัวแบบแสดงดังต่อไปนี้

ให้ Y_{ij} แทนจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกในจังหวัดที่ i เดือนที่ j เมื่อ $i = 1,...,76$ และ $j = 1,...,12$

N_i แทนจำนวนประชากรกลางปี 2553 ของจังหวัดที่ i

$X_{ij.1}$ แทน ปริมาณฝนในจังหวัดที่ i เดือนที่ j

$X_{ij.2}$ แทน อุณหภูมิเฉลี่ย ในจังหวัดที่ i เดือนที่ j

$X_{i.3}$ แทน พื้นที่ป่าไม้ ในจังหวัดที่ i

$X_{i.4}$ แทน รายได้ครัวเรือน ในจังหวัดที่ i

$X_{i.5}$ แทน จังหวัดที่ i อยู่ภาคเหนือ

$X_{i.6}$ แทน จังหวัดที่ i อยู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

$X_{i.7}$ แทน แทน จังหวัดที่ i อยู่ภาคใต้

$X_{i.8}$ แทน แทน จังหวัดที่ i อยู่ภาคตะวันออก

$X_{i.9}$ แทน แทน จังหวัดที่ i อยู่ภาคตะวันตก

$X_{i.10}$ แทน เดือนพฤศจิกายน-มกราคม

$X_{i.11}$ แทน พฤษภาคม-กรกฎาคม

$X_{i.12}$ แทน และสิงหาคม-ตุลาคม

β_0 คือ Intercept $\beta_1,...,\beta_{12}$ คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม ตามลำดับ

กำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลในหน่วยตัวอย่างเดียวกันที่เกิดจากการวัดซ้ำ เป็นแบบ Autoregressive (AR(1)) เนื่องจากข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือนมีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา

ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นกับตัวแปรตามอยู่ในรูป

$$\log(\mu_{ij}) = \log(N_i) + \beta_0 + \beta_1 X_{ij.1} + \beta_2 X_{ij.2} + \beta_3 X_{i.3} + \beta_4 X_{i.4} + \beta_5 X_{i.5} + \beta_6 X_{i.6} + \beta_7 X_{i.7} + \beta_8 X_{i.8} + \beta_9 X_{i.9} + \beta_{10} X_{i.10} + \beta_{11} X_{i.11} + \beta_{12} X_{i.12}$$

พิจารณาเปรียบเทียบ Y_{ij} ที่มีการแจกแจงแบบ Poisson มี $E(Y_{ij}) = V(Y_{ij}) = \mu_{ij}$ กับ Y_{ij} ที่ มีการแจกแจงแบบ Negative binomial ที่มี $E(Y_{ij}) = \mu_{ij}$ และ $V(Y_{ij}) = \mu_{ij}(1+\alpha\mu_{ij})$, $\alpha > 0$ คือ dispersion factor

3.5 การแปลความ

ปัจจัยที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกขนาดของปัจจัยใช้ค่า Relative Risk (RR) อธิบาย และในการพิจารณาตัวแบบที่เหมาะสม ตัวแบบที่มีค่า Mean Deviance น้อยกว่า และมีค่าใกล้ 1 เป็นตัวแบบมีความเหมาะสมมากกว่า

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ Generalized Estimating Equation (GEE) ในครั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่าง

4.2 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

4.2.1 ตัวแบบ GEE ที่มีการแจกแจงแบบ Poisson

4.2.1 ตัวแบบ GEE ที่มีการแจกแจงแบบ Negative Binomial

4.3 การคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสม

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่าง

ตัวอย่างในงานวิจัยนี้คือ ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย ปี 2553 จำนวน 53,149 คน มีลักษณะดังต่อไปนี้

4.1.1 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก

จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกเฉลี่ยต่อเดือน 58.277 คน รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ผู้ป่วยไข้เลือดออก	58.277	105.617

4.1.2 ปริมาณฝน และอุณหภูมิ

ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อเดือน 133.958 ม.ม. และอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน 27.285 องศาเซลเซียส รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณฝนและอุณหภูมิ

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ปริมาณฝน	133.958	154.776
อุณหภูมิเฉลี่ย	27.285	1.948

4.1.3 จำนวนจังหวัดในแต่ละภาคของประเทศไทย

จำนวนจังหวัดในแต่ละภาคของประเทศไทยแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนจังหวัดในแต่ละภาค

ภาค	จำนวน	ร้อยละ
เหนือ	15	19.75
ตะวันออกเฉียงเหนือ	19	25.00
ใต้	14	18.42
ตะวันออก	8	10.53
ตะวันตก	6	7.88
กลาง	14	18.42
รวม	76	100

จากตารางที่ 3 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวนมากที่สุดคือ 19 จังหวัดคิดเป็นร้อยละ 25 รองลงมาคือจำนวนจังหวัดในเหนือมี 15 จังหวัด คิดเป็นร้อยละ 19.75 ภาคกลางและภาคใต้มีจำนวนเท่ากันคือ 14 จังหวัดคิดเป็นร้อยละ 18.42 ภาคตะวันออกมี 8 จังหวัด คิดเป็นร้อยละ 10.53 ภาคตะวันตกมีจำนวนน้อยสุดคือ 6 จังหวัดคิดเป็นร้อยละ 7.88

4.1.4 ประชากรกลางปี พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือนต่อปี

จำนวนประชากรกลางปีเฉลี่ยต่อจังหวัด 844,443.039 คน พื้นที่ป่าไม้เฉลี่ยต่อจังหวัด 2113.345ไร่ และ รายได้ครัวเรือนต่อปีเฉลี่ยต่อจังหวัด 114,943.842 บาท รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนประชากรกลางปี พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือนต่อปี

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ประชากรกลางปี	844,443.039	734,188.894
พื้นที่ป่าไม้	2,113.345	2958.474
รายได้ครัวเรือน	114,943.842	144,536.068

4.2. ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก โดยใช้ตัวแบบ GEE มี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกพิจารณาทีละปัจจัย ปัจจัยที่มีค่า P-value มากกว่า 0.15 จะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2 คือวิเคราะห์ทุกปัจจัยพร้อมกัน ตัวแบบที่ใช้มี 2 ตัวแบบคือ ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson และ Negative Binomial

4.2.1 ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson

4.2.1.1 การวิเคราะห์ทีละปัจจัย (Poisson)

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกทีละปัจจัย โดยใช้ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกที่วิเคราะห์ทีละปัจจัย (Poisson)

ปัจจัย	ค่าประมาณ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ไค-สแควร์	P-value (p)
Intercept	1.5636	0.0495	997.87	<.0001
ปริมาณฝน	0.0023	0.0002	182.15	<.0001
Intercept	-0.7446	0.5785	1.66	0.198
อุณหภูมิเฉลี่ย	0.0971	0.0208	21.77	<.0001
Intercept	1.7707	0.0464	1454.3	<.0001
พื้นที่ป่าไม้	0.0654	0.0093	49.95	<.0001
Intercept	1.9705	0.0513	1476.56	<.0001
รายได้ครัวเรือน	-0.0003	0.0003	1.25	0.2626
Intercept	1.8664	0.0433	1855.54	<.0001
ภาคเหนือ	0.3459	0.0932	13.78	0.0002
Intercept	2.061	0.0444	2155.71	<.0001
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-0.4218	0.0865	23.76	<.0001
Intercept	1.7777	0.043	1706.86	<.0001
ภาคใต้	0.8057	0.0847	90.43	<.0001
Intercept	1.9044	0.0405	2216.38	<.0001
ภาคตะวันออก	0.3376	0.132	6.55	0.0105
Intercept	1.9554	0.0394	2464.72	<.0001
ภาคตะวันตก	-0.4313	0.1869	5.33	0.021
Intercept	2.1204	0.0382	3088.55	<.0001
พ.ย.-ม.ค.	-1.1647	0.1243	87.78	<.0001
Intercept	1.7372	0.0476	1332.3	<.0001
พ.ค.-ก.ค.	0.62	0.0769	64.93	<.0001
Intercept	1.6724	0.0481	1208.94	<.0001
ส.ค.-ต.ค.	0.7812	0.0741	111.13	<.0001

จากตารางที่ 5 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกคือ ปริมาณฝน ($p < 0.0001$) อุณหภูมิเฉลี่ย ($p < 0.0001$) พื้นที่ป่าไม้ ($p < 0.0001$) ภาคเหนือ ($p = 0.0002$) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ($p < 0.0001$) ภาคใต้ ($p < 0.0001$) ภาคตะวันออก ($p = 0.0105$) ภาคตะวันตก ($p = 0.021$) ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม ($p < 0.0001$) พฤษภาคม-กรกฎาคม ($p < 0.0001$) และสิงหาคม-ตุลาคม ($p < 0.0001$) ยกเว้นรายได้ครัวเรือน ($p = 0.2626$) ไม่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

นำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก ที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.15 ซึ่งได้แก่ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ ภาคภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม ไปวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2 คือวิเคราะห์ทุกปัจจัยพร้อมกัน

4.2.1.2 การวิเคราะห์ทุกปัจจัยพร้อมกัน (Poisson)

ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกทุกปัจจัยพร้อมกัน โดยใช้ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกที่วิเคราะห์ทุกปัจจัยพร้อมกัน (Poisson)

ปัจจัย	ค่าประมาณ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ไค-สแควร์	P-value (p)	ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR)
Intercept	-4.225	0.8904	22.51	<.0001	0.01463
ปริมาณฝน	0.0008	0.0002	16.46	<.0001	1.0008
อุณหภูมิเฉลี่ย	0.1583	0.0297	28.31	<.0001	1.1715
พื้นที่ป่าไม้	0.0857	0.0101	71.8	<.0001	1.0895
ภาคเหนือ	0.5183	0.1326	15.28	<.0001	1.6792
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.3341	0.102	10.74	0.001	1.3967
ภาคใต้	1.3019	0.1051	153.33	<.0001	3.6763
ภาคตะวันออก	0.8718	0.1219	51.13	<.0001	2.3912
ภาคตะวันตก	-0.039	0.1616	0.06	0.809	0.9618
พ.ย.-ม.ค.	0.3223	0.1568	4.23	0.0398	1.3803
พ.ค.-ก.ค.	1.2095	0.1016	141.85	<.0001	3.3518
ส.ค.-ต.ค.	1.3817	0.1122	151.67	<.0001	3.9817

จากตารางที่ 6 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกคือ ปริมาณฝน (RR = 1.0008) อุณหภูมิเฉลี่ย (RR = 1.1715) พื้นที่ป่าไม้ (RR = 1.0895) ภาคเหนือ (RR = 1.6792) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (RR = 1.3967) ภาคใต้ (RR = 3.6763) ภาคตะวันออก (RR = 2.3912) ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม (RR = 1.3803) พฤษภาคม-กรกฎาคม (RR = 3.3518) และสิงหาคม-ตุลาคม (RR = 3.9817) ยกเว้นภาคตะวันตก (p = 0.809) ไม่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

ถ้าปริมาณฝนเพิ่มขึ้น 10 ม.ม. ความเสี่ยงของการเป็นไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.08 ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ความเสี่ยงจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 17.15 ถ้าพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความเสี่ยงจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 8.95 กำหนดให้ภาคกลางเป็นกลุ่มอ้างอิง ภาคเหนือมีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ 67.92 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลาง 39.67 ภาคใต้มีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ 67.63 ภาคตะวันออกมีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ 39.12 กำหนดให้ฤดูกาลช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน เป็นกลุ่มอ้างอิง ฤดูกาลช่วงเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม มีความเสี่ยงสูงกว่าเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ร้อยละ 35.18 และช่วงเดือน สิงหาคม-ตุลาคม มีความเสี่ยงสูงกว่าเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ร้อยละ 98.17

4.2.2 ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial

4.2.1.1 การวิเคราะห์ทีละปัจจัย (Negative Binomial)

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกทีละปัจจัย โดยใช้ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกที่วิเคราะห์ทีละปัจจัย (Negative Binomial)

ปัจจัย	ค่าประมาณ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ไค-สแควร์	P-value (p)
Intercept	1.2999	0.0569	522.61	<.0001
ปริมาณฝน	0.0041	0.0003	161.82	<.0001
Intercept	-5.0799	0.7398	47.16	<.0001
อุณหภูมิเฉลี่ย	0.257	0.0271	90.2	<.0001
Intercept	1.8722	0.0486	1484.12	<.0001
พื้นที่ป่าไม้	0.0497	0.0133	13.95	0.0002
Intercept	1.9857	0.0494	1615.77	<.0001
รายได้ครัวเรือน	0.00001	0.0003	0.02	0.8826
Intercept	1.9585	0.0444	1944.81	<.0001
ภาคเหนือ	0.15	0.0998	2.26	0.133
Intercept	2.0799	0.0456	2083.33	<.0001
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-0.4182	0.0911	21.08	<.0001
Intercept	1.824	0.0431	1790.26	<.0001
ภาคใต้	0.6843	0.1001	46.73	<.0001
Intercept	1.9413	0.0419	2146.37	<.0001
ภาคตะวันออก	0.3898	0.1291	9.12	0.0025
Intercept	2.0207	0.0413	2393.38	<.0001
ภาคตะวันตก	-0.4814	0.1474	10.67	0.0011
Intercept	2.1829	0.043	2579.93	<.0001
พ.ย.-ม.ค.	-1.2111	0.0872	192.85	<.0001
Intercept	1.758	0.0447	1548.98	<.0001
พ.ค.-ก.ค.	0.7157	0.089	64.71	<.0001
Intercept	1.7733	0.0448	1563.99	<.0001
ส.ค.-ต.ค.	0.6761	0.0892	57.39	<.0001

จากตารางที่ 7 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกคือ ปริมาณฝน ($p < 0.0001$) อุณหภูมิเฉลี่ย ($p < 0.0001$) พื้นที่ป่าไม้ ($p = 0.0002$) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ($p < 0.0001$) ภาคใต้ ($p < 0.0001$) ภาคตะวันออก ($p = 0.0105$) ภาคตะวันตก ($p = 0.0011$) ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม ($p < 0.0001$) พฤษภาคม-กรกฎาคม ($p < 0.0001$) และสิงหาคม-ตุลาคม ($p < 0.0001$) ยกเว้นรายได้ครัวเรือน ($p = 0.8826$) และภาคเหนือ ($p = 0.133$) ไม่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

นำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก ที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.15 ซึ่งได้แก่ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม ไปวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2 โดยวิเคราะห์ทุกปัจจัยพร้อมกัน

4.2.1.2 การวิเคราะห์ทุกปัจจัยพร้อมกัน (Negative Binomial)

ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกทุกปัจจัยพร้อมกัน โดยใช้ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกที่วิเคราะห์ทุกปัจจัยพร้อมกัน (Negative Binomial)

ปัจจัย	ค่าประมาณ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ไค-สแควร์	P-value (p)	ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR)
Intercept	-3.9386	0.7871	25.04	<.0001	0.01947
ปริมาณฝน	0.0009	0.0003	12.5	0.0004	1.0009
อุณหภูมิเฉลี่ย	0.1601	0.0269	35.48	<.0001	1.1736
พื้นที่ป่าไม้	0.0471	0.0139	11.44	0.0007	1.0482
ภาคเหนือ	0.2753	0.1409	3.82	0.0507	1.3169
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.0909	0.1067	0.73	0.3944	1.0951
ภาคใต้	1.0076	0.1125	80.19	<.0001	2.7390
ภาคตะวันออก	0.7173	0.1289	30.98	<.0001	2.0489
ภาคตะวันตก	0.3401	0.138	6.07	0.0137	1.4051
พ.ย.-ม.ค.	0.2211	0.1188	3.46	0.0628	1.2474
พ.ค.-ก.ค.	1.116	0.0983	128.79	<.0001	3.0526
ส.ค.-ต.ค.	1.1841	0.107	122.55	<.0001	3.2677

จากตารางที่ 8 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกคือ ปริมาณฝน (RR = 1.0009) อุณหภูมิเฉลี่ย (RR = 1.1736) พื้นที่ป่าไม้ (RR = 1.0482) ภาคใต้ (RR = 2.739) ภาคตะวันออก (RR = 2.0489) ภาคตะวันตก (RR = 1.4051) ฤดูกาลช่วงเดือนพฤศจิกายน-มกราคม (RR = 1.2474) พฤษภาคม-กรกฎาคม (RR = 3.0526) และสิงหาคม-ตุลาคม (RR = 3.2677) ยกเว้น ภาคเหนือ (p = 0.0507) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (p = 0.3944) และฤดูกาลช่วงเดือน พฤศจิกายนถึงมกราคม (p = 0.0628) ไม่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

ถ้าปริมาณฝนเพิ่มขึ้น 10 ม.ม. ความเสี่ยงของการเป็นไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.09 ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ความเสี่ยงจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 17.36 ถ้าพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความเสี่ยงจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.82 กำหนดให้ภาคกลางเป็นกลุ่มอ้างอิง ภาคใต้มีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ 73.90 ภาคตะวันออกมีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ 4.89 ภาคตะวันตก

ความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ40.51 กำหนดให้ฤดูกาลช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน เป็นกลุ่มอ้างอิง ฤดูกาลช่วงเดือน พฤษภาคม-กรกฎาคม มีความเสี่ยงสูงกว่าเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ร้อยละ 5.26 และช่วงเดือน สิงหาคม- ตุลาคม มีความเสี่ยงสูงกว่าเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ร้อยละ 26.77

4.3 การคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสม

ผลการประเมินตัวแบบที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่า Mean Deviance แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การประเมินความเหมาะสมของตัว

Criteria For Assessing Goodness Of Fit						
Poisson				Negative Binomial		
Criterion	DF	Value	Value/DF	DF	Value	Value/DF
Deviance	900	36633.13	40.7035	900	1043.5794	1.1595

จากตารางที่ 9 เมื่อใช้เกณฑ์ Mean Deviance มีค่าใกล้ 1 เป็นตัวแบบที่เหมาะสม ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial ซึ่งมีค่า Mean Deviance มีค่า 1.1595 จึงมีความเหมาะสมกว่าตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson ซึ่งมีค่า Mean Deviance เท่ากับ 40.7035 ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ Generalized Estimating Equation (GEE) ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกตัวแบบที่เหมาะสม สำหรับการใช้หาปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย โดยศึกษาตัวแบบ Generalized Estimating Equation (GEE) ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Poisson และ Negative Binomial เมื่อตัวแปรตามคือจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายเดือนในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย และปัจจัยที่นำมาศึกษาคือ ปริมาณฝน อุณหภูมิเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ รายได้ครัวเรือน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ฤดูกาลช่วง เดือนพฤศจิกายน-มกราคม พฤษภาคม-กรกฎาคม และสิงหาคม-ตุลาคม ผลการศึกษานี้มีประโยชน์ต่องานด้านการสาธารณสุข ในเรื่องการวางแผนป้องกันการเกิดโรคไข้เลือดออก

5.1 สรุปผลการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย ปี 2553 จำนวน 53,149 คน มีจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกเฉลี่ยต่อเดือน 58.277 คน ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อเดือน 133.958 ม.ม. อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน 27.285 องศาเซลเซียส จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 25 รองลงมาคือจำนวนจังหวัดในเหนือคิดเป็นร้อยละ 19.75 ภาคกลางและภาคใต้มีจำนวนเท่ากันคิดเป็นร้อยละ 18.42 ภาคตะวันออก คิดเป็นร้อยละ 10.53 ภาคตะวันตกมีจำนวนน้อยสุดคิดเป็นร้อยละ 7.88 จำนวนประชากรกลางปีเฉลี่ยต่อจังหวัด 844,443.0395 คน พื้นที่ป่าไม้เฉลี่ยต่อจังหวัด 2,113.345 ไร่ และ รายได้ครัวเรือนต่อปีเฉลี่ยต่อจังหวัด 114,943.842 บาท ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การเลือกตัวแบบที่เหมาะสม

ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial มีความเหมาะสมกว่า Poisson ความเหมาะสมของตัวแบบพิจารณาจากเกณฑ์ ค่า mean deviance ใกล้ 1 เป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสม ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial มีค่า Mean Deviance เท่ากับ 1.1595 ในขณะที่ Poisson มีค่า Mean Deviance เท่ากับ 40.7035 ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial จึงถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

5.1.2 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกคือ ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial ผลการวิเคราะห์พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออกคือ ปริมาณฝน (RR = 1.0009) อุณหภูมิเฉลี่ย (RR = 1.1736) พื้นที่ป่าไม้ (RR = 1.0482) ภาคใต้ (RR = 2.739) ภาคตะวันออก (RR = 2.0489) ภาคตะวันตก (RR = 1.4051) ฤดูกาลช่วง พฤษภาคม-กรกฎาคม (RR = 3.0526) และสิงหาคม-ตุลาคม (RR = 3.2677)

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 การเลือกตัวแบบที่เหมาะสม

ตัวแบบ GEE ถูกนำเสนอโดย Liang และ Zeger (1986) เป็นตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่อตัวแปรนั้นมีการวัดซ้ำ และตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้นในลักษณะของ Generalized Linear Model ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ตัวแปรตามคือ จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกรายเดือนในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย การเก็บข้อมูลผู้ป่วยในจังหวัดเดียวกันในแต่ละเดือน จำนวน 12 ครั้ง ข้อมูลที่ได้จึงมีความสัมพันธ์กันในลักษณะของอนุกรมเวลา การวิจัยในครั้งนี้จึงกำหนดให้ความสัมพันธ์เป็นแบบ AR(1)

ตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบ Negative Binomial มีความเหมาะสมมากกว่า Poisson เนื่องจากข้อมูลจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่าความแปรปรวน คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.277 มีความแปรปรวนเท่ากับ 11,154.95 ดังนั้นเมื่อกำหนดให้จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกมีการแจกแจงแบบ Poisson จึงเกิด over dispersion โดยมีค่า dispersion index (อัตราส่วนของความแปรปรวนต่อค่าเฉลี่ย) เท่ากับ 12,500/58 ตัวแปรที่มีการแจกแจกแจงแบบ Poisson ค่าเฉลี่ยต้องเท่ากับค่าความแปรปรวน นั่นคือ ถ้าให้ Y_{ij} มีการแจกแจงแบบ Poisson แล้ว $E(Y_{ij}) = Var(Y) = m_j$

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยไม่พิจารณา Over dispersion จะทำให้ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง ในการแก้ปัญหา over dispersion วิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางคือ ใช้การแจกแจงแบบ Negative Binomial แทน Poisson (McCullagh and Nelder, 1989) ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของการแจกแจงแบบ Negative Binomial คือ $E(Y_{ij}) = m_j$ และ $Var(Y) = m(1 + am)$ เมื่อ a คือ dispersion factor ถ้า $a = 0$ แล้ว $Var(Y) = m$ แต่ถ้า $a > 0$ ความแปรปรวนจะมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย ดังนั้น Poisson จึงเป็นกรณีเฉพาะกรณีหนึ่งของ Negative Binomial ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Molla และ Muniswamy (2012) ที่พบว่า Negative Binomial เหมาะสมกว่า Poisson เมื่อข้อมูลของตัวแปรตามเป็นจำนวนนับที่เกิด Over dispersion

5.2.2 ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

ปริมาณฝน อุณหภูมิ และพื้นที่ป่าไม้ เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไข้เลือดออก โดยถ้าปริมาณเพิ่มขึ้น 10 ม.ม. ความเสี่ยงของการเป็นไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.9 ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ความเสี่ยงของการเกิดไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.36 และถ้าพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความเสี่ยงจะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.8 ทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการยุงลายที่เป็นพาหะของโรคไข้เลือดออก คือ ป่าไม้ทำให้เกิดฝนตก เมื่อฝนตกมากขึ้น ปริมาณแอ่งน้ำ บ่อน้ำ หรือบริเวณที่มีน้ำขัง ซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลาย ก็จะมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณและการแพร่กระจายของยุงมีมากขึ้น ส่งผลให้การเกิดโรคไข้เลือดออกเพิ่มมาก ในที่อุณหภูมิสูงไข่ยุงลายจะฟักตัวได้เร็ว ที่อุณหภูมิต่ำ ที่อุณหภูมิ 29 - 30 องศาเซลเซียส ยุงลายจะวางไข่ภายใน 3 - 4 วัน ที่ 25 - 27 องศาเซลเซียส ยุงลายจะวางไข่ภายใน 4 - 5 วัน ที่ 20 - 25 องศาเซลเซียส ยุงลายจะวางไข่ตั้งแต่ 4 วัน ขึ้นไป และ ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ยุงลายจะวางไข่ภายใน 26 - 27 วัน (สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 อุบลราชธานี, 2555) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Jeefoo และคณะ (2011) ที่พบว่าปริมาณฝน และอุณหภูมิที่สูงขึ้นขึ้น ทำให้เกิดไข้เลือดออกมากขึ้น

ภาคใต้มีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ 173.9 ภาคตะวันออกมีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ 104 และภาคตะวันตก มีความเสี่ยงสูงกว่าภาคกลางร้อยละ 173.9 ภูมิประเทศของภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก เป็นป่าเขา สภาพทางภูมิศาสตร์แบบนี้ส่งผลให้เกิดฝนตกชุก เกิดแหล่งน้ำ แอ่งน้ำ บริเวณน้ำขัง จึงทำให้การเกิดโรคไข้เลือดออกสูงกว่าภาคกลางซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มมีปริมาณฝนน้อยกว่า

ฤดูกาลช่วงเดือน พฤษภาคมถึงกรกฎาคม มีความเสี่ยงสูงกว่าเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ร้อยละ 205 และช่วงเดือน สิงหาคมถึง ตุลาคม มีความเสี่ยงสูงกว่าเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ร้อยละ 226 ช่วงเดือน พฤษภาคมถึงตุลาคม เป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทย เป็นช่วงที่ยุงลายแพร่พันธุ์ได้ดี ไข้เลือดออกจึงเกิดมากในช่วงนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลระดับจังหวัด ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จึงเป็นการแสดงให้เห็นภาพโดยรวม ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาในระดับบุคคล หรือระดับพื้นที่ที่เล็กลง โดยเลือกพื้นที่หรือช่วงฤดูกาลที่มีความเสี่ยงสูงของการเกิดโรคไข้เลือดออก

5.3.2 นำตัวแบบ GEE ที่ตัวแปรตามการแจกแจงแบบ Negative Binomial ไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยด้านสาธารณสุขเรื่องอื่นๆ เช่น การศึกษาผู้ป่วยโรคลมชัก โดยที่ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอาการชักในตัวผู้ป่วย ใน 1 ช่วงเวลา เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2554. ปริมาณฝนและอุณหภูมิ ปี 2555 [online]. Available from: URL: http://www.tmd.go.th/index.php [20 มกราคม 2555].

กรมป่าไม้. 2554. เนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทย [online]. Available from: URL: http://www.forest.go.th/home/index.asp [20 มกราคม 2555].

รุ้งรวี อำนาจตระกูล. 2555. การสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์ประสิทธิภาพของหอทำน้ำเย็นชนิดลมดูดแบบไหลสวนทางดดยวิธี GEE. วิทยาศาสตร์บูรพา. 17(1): 87-96.

วนิดา ลิ่มมั่น. 2553. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการจราจรทางถนนโดยใช้ตัวแบบ Generalized Estimating Equations และ Generalized Linear Mixed Models. พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 20(2): 311-321.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2555. รายได้เฉลี่ยครัวเรือนต่อปี [online]. Available from: URL: http://service.nso.go.th/nso/nso_center/project/search_center/23project-th.htm [20 มกราคม 2555].

สำนักระบาดวิทยา. 2554. จำนวนผู้ป่วย-เสียชีวิตรายเดือน ปี 2553 ไข้เลือดออก [online]. Available from: URL: http://203.157.15.4/surdata/y50/mcd_Malaria_50.rtf [20 มกราคม 2555].

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 อุบลราชธานี. 2555. กีฏวิทยายุงลายกลุ่มปฏิบัติการควบคุมโรคและตอบโต้ภาวะฉุกเฉินทางด้านสาธารณสุข [online]. Available from http://pher.dpc7.net/node/2 [2012, January 21].

สำนักระบาดวิทยา. 2555. โรคไข้เลือดออก สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค 2553 [online] Available from: URL:http://203.157.15.4/Annual/ANNUAL2550/Part1/ 0550_Dengue.[20 มกราคม 2555].

อดุลย์ กล้าขยัน. 2549. การศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมกับการเกิดโรคไข้เลือดออกในจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ (ส.ม. การจัดการสารสนเทศสาธารณสุข). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

Brunkard JM, Cifuentes E and Rothenberg SJ. 2008. Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. Salud Publica Mex 50(3):p. 227-34.

Gharbi M, Quenel P, Gustave J, Cassadou S, and others. Time series analysis of dengue incidence in Guadeloupe, French West Indies: Forecasting models using climate variables as predictors, BMC Infectious Diseases 2011, 11:166: P. 1-13.

Jeefoo P, Tripathi NK and Souris M. 2011. Spatio-temporal diffusion pattern and hotspot detection of dengue in Chachoengsao province, Thailand. Int. J. Environ. Res. Public Health. 8(1): p. 51-74.

Liang KY and Zeger SL. 1986. Longitudinal data analysis using generalized linear models. Biometrika; 1986; 73:13-22.

McCullagh P and Nelder J. 1989. Generalized Linear Models, Second Edition. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.

Molla DT and Muniswamy B. 2012. Power of Tests for Overdispersion Parameter in Negative Binomial Regression Model. Journal of Mathematics. 1(4): p. 29-36.

Pathirana S, Kawabata M and Goonatilake R. 2009. Study of potential risk of dengue disease outbreak in Sri Lanka using GIS and statistical modeling. Journal of Rural and Tropical Public Health. 8: p. 8-17.

Phuong HL, De Vries PJ, Boonshuyar CC, Binh TQ, and others. 2008. Dengue risk factors and community participation in Binh Thuan Province, Vietnam, a household survey. Southeast Asian J Trop Med Public Health 39(1): p. 79-89.

Tesfaw DM and Muniswamy B. 2012. Power of Tests for Over dispersion Parameter in Negative Binomial Regression Model. IOSR Journal of Mathematics (IOSRJM). 1(4): P 29-36.

WHO. 2012. Dengue and severe dengue [online]. Available from: http://www. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/ [2012, January 21].

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

GEE with Negative binomial distribution

Model Information

Data Set	WORK.MALARIA
Distribution	Poisson
Link Function	Log
Dependent Variable	deng
Offset Variable	lnpop
Observations Used	912

Class Level Information

Class	Levels	Values
id	76	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76

Parameter Information

Parameter	Effect
Prm1	Intercept
Prm2	rain

Criteria For Assessing Goodness Of Fit

Criterion	DF	Value	Value/DF
Deviance	910	62485.7376	68.6656
Scaled Deviance	910	910.0000	1.0000
Pearson Chi-Square	910	92201.6395	101.3205
Scaled Pearson X2	910	1342.7623	1.4756
Log Likelihood		2576.7282	

Algorithm converged.

Analysis Of Initial Parameter Estimates

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald 95% Confidence Limits		Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	1.5636	0.0495	1.4666	1.6606	997.87	<.0001
rain	1	0.0023	0.0002	0.0019	0.0026	182.15	<.0001
Scale	0	8.2865	0.0000	8.2865	8.2865		

NOTE: The scale parameter was estimated by the square root of DEVIANCE/DOF.

GEE Model Information

Correlation Structure	AR(1)
Subject Effect	id (76 levels)
Number of Clusters	76

Correlation Matrix Dimension	**12**
Maximum Cluster Size	**12**
Minimum Cluster Size	**12**

Covariance Matrix (Model-Based)

	Prm1	Prm2
Prm1	**0.01560**	**-7.846E-6**
Prm2	**-7.846E-6**	**2.1381E-8**

Covariance Matrix (Empirical)

	Prm1	Prm2
Prm1	**0.01082**	**-0.000021**
Prm2	**-0.000021**	**1.4876E-7**

Algorithm converged.

Working Correlation Matrix

	Col1	Col2	Col3	Col4	Col5	Col6
Row1	**1.0000**	**0.8751**	**0.7658**	**0.6701**	**0.5864**	**0.5131**
Row2	**0.8751**	**1.0000**	**0.8751**	**0.7658**	**0.6701**	**0.5864**
Row3	**0.7658**	**0.8751**	**1.0000**	**0.8751**	**0.7658**	**0.6701**
Row4	**0.6701**	**0.7658**	**0.8751**	**1.0000**	**0.8751**	**0.7658**

Row5	**0.5864**	**0.6701**	**0.7658**	**0.8751**	**1.0000**	**0.8751**
Row6	**0.5131**	**0.5864**	**0.6701**	**0.7658**	**0.8751**	**1.0000**
Row7	**0.4490**	**0.5131**	**0.5864**	**0.6701**	**0.7658**	**0.8751**
Row8	**0.3929**	**0.4490**	**0.5131**	**0.5864**	**0.6701**	**0.7658**
Row9	**0.3438**	**0.3929**	**0.4490**	**0.5131**	**0.5864**	**0.6701**
Row10	**0.3009**	**0.3438**	**0.3929**	**0.4490**	**0.5131**	**0.5864**
Row11	**0.2633**	**0.3009**	**0.3438**	**0.3929**	**0.4490**	**0.5131**
Row12	**0.2304**	**0.2633**	**0.3009**	**0.3438**	**0.3929**	**0.4490**

Working Correlation Matrix

	Col7	**Col8**	**Col9**	**Col10**	**Col11**	**Col12**
Row1	**0.4490**	**0.3929**	**0.3438**	**0.3009**	**0.2633**	**0.2304**
Row2	**0.5131**	**0.4490**	**0.3929**	**0.3438**	**0.3009**	**0.2633**
Row3	**0.5864**	**0.5131**	**0.4490**	**0.3929**	**0.3438**	**0.3009**
Row4	**0.6701**	**0.5864**	**0.5131**	**0.4490**	**0.3929**	**0.3438**
Row5	**0.7658**	**0.6701**	**0.5864**	**0.5131**	**0.4490**	**0.3929**
Row6	**0.8751**	**0.7658**	**0.6701**	**0.5864**	**0.5131**	**0.4490**
Row7	**1.0000**	**0.8751**	**0.7658**	**0.6701**	**0.5864**	**0.5131**
Row8	**0.8751**	**1.0000**	**0.8751**	**0.7658**	**0.6701**	**0.5864**
Row9	**0.7658**	**0.8751**	**1.0000**	**0.8751**	**0.7658**	**0.6701**
Row10	**0.6701**	**0.7658**	**0.8751**	**1.0000**	**0.8751**	**0.7658**
Row11	**0.5864**	**0.6701**	**0.7658**	**0.8751**	**1.0000**	**0.8751**
Row12	**0.5131**	**0.5864**	**0.6701**	**0.7658**	**0.8751**	**1.0000**

Analysis Of GEE Parameter Estimates

Empirical Standard Error Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95% Confidence Limits		Z	Pr > |Z|
Intercept	1.3787	0.1040	1.1748	1.5826	13.25	<.0001
rain	0.0009	0.0004	0.0002	0.0017	2.37	0.0176

Score Statistics For Type 3 GEE Analysis

Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
rain	1	9.30	0.0023

GEE with Poisson distribution

Model Information

Data Set	WORK.MALARIA
Distribution	Poisson
Link Function	Log
Dependent Variable	deng
Offset Variable	lnpop
Observations Used	912

Class Level Information

Class	Levels	Values
id	76	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76

Parameter Information

Parameter	Effect
Prm1	Intercept
Prm2	rain
Prm3	temp
Prm4	forest
Prm5	north
Prm6	neast
Prm7	south
Prm8	east
Prm9	west
Prm10	nojan
Prm11	mayjul
Prm12	augoct

Criteria For Assessing Goodness Of Fit

Criterion	DF	Value	Value/DF
Deviance	900	36633.1295	40.7035
Scaled Deviance	900	900.0000	1.0000
Pearson Chi-Square	900	44142.7889	49.0475
Scaled Pearson X2	900	1084.4968	1.2050
Log Likelihood		4664.4420	

Algorithm converged.

Analysis Of Initial Parameter Estimates

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald 95% Confidence Limits		Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	-4.2250	0.8904	-5.9703	-2.4798	22.51	<.0001
rain	1	0.0008	0.0002	0.0004	0.0012	16.46	<.0001
temp	1	0.1583	0.0297	0.1000	0.2166	28.31	<.0001
forest	1	0.0857	0.0101	0.0659	0.1056	71.80	<.0001
north	1	0.5183	0.1326	0.2584	0.7783	15.28	<.0001
neast	1	0.3341	0.1020	0.1343	0.5340	10.74	0.0010
south	1	1.3019	0.1051	1.0958	1.5079	153.33	<.0001
east	1	0.8718	0.1219	0.6329	1.1108	51.13	<.0001
west	1	-0.0390	0.1616	-0.3557	0.2776	0.06	0.8090
nojan	1	0.3223	0.1568	0.0150	0.6296	4.23	0.0398
mayjul	1	1.2095	0.1016	1.0105	1.4086	141.85	<.0001
augoct	1	1.3817	0.1122	1.1618	1.6016	151.67	<.0001
Scale	0	6.3799	0.0000	6.3799	6.3799		

NOTE: The scale parameter was estimated by the square root of DEVIANCE/DOF.

GEE Model Information

Correlation Structure	**AR(1)**
Subject Effect	**id (76 levels)**
Number of Clusters	**76**
Correlation Matrix Dimension	**12**
Maximum Cluster Size	**12**
Minimum Cluster Size	**12**

Covariance Matrix (Model-Based)

	Prm1	Prm2	Prm3	Prm4	Prm5	Prm6
Prm1	0.47685	-4.274E-6	-0.01263	-0.000403	-0.09035	-0.09030
Prm2	-4.274E-6	1.4871E-8	5.6094E-8	-5.185E-8	1.7383E-7	-2.386E-9
Prm3	-0.01263	5.6094E-8	0.0004026	7.6552E-6	0.0005657	0.0005330
Prm4	-0.000403	-5.185E-8	7.6552E-6	0.0006032	-0.004740	-0.000843
Prm5	-0.09035	1.7383E-7	0.0005657	-0.004740	0.13107	0.08089
Prm6	-0.09030	-2.386E-9	0.0005330	-0.000843	0.08089	0.09066

Prm7	**-0.09662**	**-2.453E-7**	**0.0007475**	**-0.000703**	**0.07982**
		0.07514			
Prm8	**-0.08068**	**-7.744E-7**	**0.0002484**	**-0.000418**	**0.07699**
		0.07421			
Prm9	**-0.08028**	**7.2718E-7**	**0.0002384**	**-0.002947**	**0.09695**
		0.07783			
Prm10	**-0.03548**	**-1.347E-6**	**0.001006**	**0.0000531**	**0.002132**
		0.002281			
Prm11	**-0.02211**	**-5.376E-7**	**0.0005611**	**0.0000666**	**0.0009649**
		0.0008847			
Prm12	**-0.02759**	**-1.863E-6**	**0.0007002**	**0.0000464**	**0.001200**
		0.001422			

Covariance Matrix (Model-Based)

	Prm7	Prm8	Prm9	Prm10	Prm11	Prm12
Prm1	-0.09662	-0.08068	-0.08028	-0.03548	-0.02211	-0.02759
Prm2	-2.453E-7	-7.744E-7	7.2718E-7	-1.347E-6	-5.376E-7	-1.863E-6
Prm3	0.0007475	0.0002484	0.0002384	0.001006	0.0005611	0.0007002
Prm4	-0.000703	-0.000418	-0.002947	0.0000531	0.0000666	0.0000464
Prm5	0.07982	0.07699	0.09695	0.002132	0.0009649	0.001200
Prm6	0.07514	0.07421	0.07783	0.002281	0.0008847	0.001422
Prm7	0.09427	0.07425	0.07714	0.001060	0.001087	0.001548
Prm8	0.07425	0.13762	0.07547	0.0006248	0.0002989	0.0003661
Prm9	0.07714	0.07547	0.31030	0.0008097	0.0002333	0.0003689
Prm10	0.001060	0.0006248	0.0008097	0.008609	0.003882	0.005631
Prm11	0.001087	0.0002989	0.0002333	0.003882	0.004896	0.004726
Prm12	0.001548	0.0003661	0.0003689	0.005631	0.004726	0.007137

Covariance Matrix (Empirical)

	Prm1	Prm2	Prm3	Prm4	Prm5	Prm6
Prm1	0.69140	-0.000037	-0.02019	0.003648	-0.08347	-0.09962
Prm2	-0.000037	4.1166E-8	9.0236E-7	2.505E-7	6.2458E-6	6.7281E-6
Prm3	-0.02019	9.0236E-7	0.0006145	-0.000115	0.001796	0.002164
Prm4	0.003648	2.505E-7	-0.000115	0.0004778	-0.005273	-0.001765
Prm5	-0.08347	6.2458E-6	0.001796	-0.005273	0.09526	0.04248
Prm6	-0.09962	6.7281E-6	0.002164	-0.001765	0.04248	0.08514
Prm7	-0.06422	-9.097E-6	0.001286	-0.000876	0.03287	0.02927
Prm8	-0.008463	1.7577E-6	-0.000404	-0.000323	0.02581	0.02339
Prm9	-0.02186	-5.044E-6	-0.000042	-0.001787	0.04476	0.03212
Prm10	-0.05404	8.4826E-7	0.001551	-0.000541	0.008361	0.01163
Prm11	-0.05691	3.7507E-6	0.001692	2.0316E-6	0.002467	0.004827

Covariance Matrix (Empirical)

	Prm7	Prm8	Prm9	Prm10	Prm11	Prm12
Prm1	-0.06422	-0.008463	-0.02186	-0.05404	-0.05691	-0.07456
Prm2	-9.097E-6	1.7577E-6	-5.044E-6	8.4826E-7	3.7507E-6	-6.985E-7
Prm3	0.001286	-0.000404	-0.000042	0.001551	0.001692	0.002155
Prm4	-0.000876	-0.000323	-0.001787	-0.000541	2.0316E-6	-0.000487
Prm5	0.03287	0.02581	0.04476	0.008361	0.002467	0.007479
Prm6	0.02927	0.02339	0.03212	0.01163	0.004827	0.01250
Prm7	0.03610	0.02241	0.02388	0.004155	0.004024	0.007567
Prm8	0.02241	0.04949	0.02376	-0.001917	-0.000106	-0.004042
Prm9	0.02388	0.02376	0.17768	0.006538	-0.000553	0.002303
Prm10	0.004155	-0.001917	0.006538	0.008861	0.003307	0.008798
Prm11	0.004024	-0.000106	-0.000553	0.003307	0.006525	0.005869

Covariance Matrix (Empirical)

	Prm1	Prm2	Prm3	Prm4	Prm5	Prm6
Prm12	-0.07456	-6.985E-7	0.002155	-0.000487	0.007479	0.01250

Covariance Matrix (Empirical)

	Prm7	Prm8	Prm9	Prm10	Prm11	Prm12
Prm12	0.007567	-0.004042	0.002303	0.008798	0.005869	0.01364

Algorithm converged.

Working Correlation Matrix

	Col1	Col2	Col3	Col4	Col5	Col6
Row1	1.0000	0.8256	0.6816	0.5627	0.4646	0.3836
Row2	0.8256	1.0000	0.8256	0.6816	0.5627	0.4646
Row3	0.6816	0.8256	1.0000	0.8256	0.6816	0.5627
Row4	0.5627	0.6816	0.8256	1.0000	0.8256	0.6816
Row5	0.4646	0.5627	0.6816	0.8256	1.0000	0.8256
Row6	0.3836	0.4646	0.5627	0.6816	0.8256	1.0000
Row7	0.3167	0.3836	0.4646	0.5627	0.6816	0.8256
Row8	0.2615	0.3167	0.3836	0.4646	0.5627	0.6816
Row9	0.2159	0.2615	0.3167	0.3836	0.4646	0.5627
Row10	0.1782	0.2159	0.2615	0.3167	0.3836	0.4646
Row11	0.1471	0.1782	0.2159	0.2615	0.3167	0.3836
Row12	0.1215	0.1471	0.1782	0.2159	0.2615	0.3167

Working Correlation Matrix

	Col7	Col8	Col9	Col10	Col11	Col12
Row1	0.3167	0.2615	0.2159	0.1782	0.1471	0.1215
Row2	0.3836	0.3167	0.2615	0.2159	0.1782	0.1471
Row3	0.4646	0.3836	0.3167	0.2615	0.2159	0.1782
Row4	0.5627	0.4646	0.3836	0.3167	0.2615	0.2159
Row5	0.6816	0.5627	0.4646	0.3836	0.3167	0.2615
Row6	0.8256	0.6816	0.5627	0.4646	0.3836	0.3167
Row7	1.0000	0.8256	0.6816	0.5627	0.4646	0.3836
Row8	0.8256	1.0000	0.8256	0.6816	0.5627	0.4646
Row9	0.6816	0.8256	1.0000	0.8256	0.6816	0.5627
Row10	0.5627	0.6816	0.8256	1.0000	0.8256	0.6816
Row11	0.4646	0.5627	0.6816	0.8256	1.0000	0.8256
Row12	0.3836	0.4646	0.5627	0.6816	0.8256	1.0000

Analysis Of GEE Parameter Estimates

Empirical Standard Error Estimates

Parameter	Estimate	Standard Error	95% Confidence Limits		Z	Pr > |Z|
Intercept	-5.0219	0.8315	-6.6516	-3.3922	-6.04	<.0001
rain	0.0006	0.0002	0.0002	0.0010	3.14	0.0017
temp	0.1685	0.0248	0.1199	0.2171	6.80	<.0001
forest	0.0795	0.0219	0.0367	0.1223	3.64	0.0003
north	1.4129	0.3086	0.8080	2.0178	4.58	<.0001
neast	1.2279	0.2918	0.6560	1.7998	4.21	<.0001
south	2.0699	0.1900	1.6975	2.4423	10.89	<.0001
east	1.2916	0.2225	0.8556	1.7276	5.81	<.0001
west	-0.1018	0.4215	-0.9280	0.7243	-0.24	0.8091
nojan	0.3432	0.0941	0.1587	0.5277	3.65	0.0003
mayjul	0.6982	0.0808	0.5399	0.8565	8.64	<.0001
augoct	0.8055	0.1168	0.5766	1.0344	6.90	<.0001

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล: ผศ. สุนีย์ สัมมาทัต
(Assist. Prof. Sunee Sammatat)
ตำแหน่ง: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ
การศึกษา: วท.ม (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล

ชื่อ-สกุล: ผศ. นิตยา บุญสิทธิ์
(Assist. Prof. Nittaya Boonsith)
ตำแหน่ง: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ
การศึกษา: ค.ม (คณิตศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อ-สกุล: นายกฤษฎา เหล็กดี
(Mr. Krisada Lekdee)
ตำแหน่ง: อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ
การศึกษา: พบ.ม (สถิติ) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์