การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ภายใต้ SPI
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

โดย
นายวิสูตร สาลี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ภายใต้ SPI
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

โดย
นายวิสูตร สาลี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

PREDICTION OF DROUGHT CATEGORY USING LOGLINEAR MODELS BASED ON SPI IN THE NORTHEAST OF THAILAND

By

Wisoot Salee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Department of Statistics

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2009

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง " การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ภายใต้ SPI ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย " เสนอโดย นายวิสูตร สาลี เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์

……..

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.........เดือน................... พ.ศ...........

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์วีรานันท์ พงศาภักดี

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์วัฒนา เกาศัลย์)

............/......................../..............

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ปราณี นิลกรณ์)

............/......................../..............

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วีรานันท์ พงศาภักดี)

............/......................../..............

50304205 : สาขาวิชาสถิติประยุกต์

คำสำคัญ : ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง(SPI) / ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ / ความแห้งแล้ง / การเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง /อัตราส่วน odds

วิสูตร สาลี : การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ภายใต้ SPI ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รศ.วีรานันท์ พงศาภักดี. 87 หน้า.

การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งโดยทั่วไปอาศัยตัวแบบเชิงสถิติหนึ่ง ๆ ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลมาช่วยพยากรณ์โอกาสหรือระดับความแห้งแล้ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อ 1) สร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายเดือนล่วงหน้าเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา 2) ศึกษาการใช้ตัวแบบล็อกลิเนียร์ต่าง ๆ สำหรับลักษณะความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จาก 19 สถานี 19 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 48 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2505 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 รวม 588 เดือน และแปลงเป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ลักษณะความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา แม้ส่วนใหญ่มีระดับความแห้งแล้งในระดับปกติ และระดับใกล้ปกติ แต่มีหลายจุดที่ยังเกิดความแห้งแล้ง ในระดับปานกลางและระดับรุนแรงโดยเป็นไปแบบตามลำดับไม่ก้าวกระโดด 2) ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติประเภท Quasi Association ที่นำเสนอ มีความเหมาะสม (p-value = 0.9899)ในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายเดือนล่วงหน้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ซึ่งได้จากวิธีการสร้างตัวแบบลดรูปจากตัวแบบเต็ม และเพิ่มพารามิเตอร์ที่สนใจทีละเทอม โดยมีร้อยละของการพยากรณ์ถูกเท่ากับ 85.42 ซึ่งมีความสอดคล้องกับการสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติประเภท Quasi Association ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) 3) การประมาณค่าคาดหวังความถี่ของแต่ละ cell ด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติประเภท Quasi Association ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายเดือนล่วงหน้าทั้งในระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า พบว่า ค่าพยากรณ์ของค่าคาดหวังของค่าสังเกตดังกล่าวจากตัวแบบ มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากข้อมูลจริง นอกจากนี้ค่าประมาณของ odds และช่วงเชื่อมั่น 95% ได้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา นั้นยังมีอีกหลายแห่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$

ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2552

ลายมือชื่อนักศึกษา..

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ....

50304205 : MAJOR : APPLIED STATISTICS
KEY WORDS : STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI) / THREE-DIMENSIONAL LOGLINEAR MODELS / DROUGHT / DROUGHT CLASS TRANSITION / ODDS RATIO

WISOOT SALEE : PREDICTION OF DROUGHT CATEGORY USING LOGLINEAR MODELS BASED ON SPI IN THE NORTHEAST OF THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.VEERANUN PONGSAPUKDEE. 87 pp.

Prediction of drought classes was generally performed by using an appropriated statistical model fitted to the data. The objectives of the research were to: 1) create loglinear models used for predicting monthly drought class provided that one month before the drought in the northeast of Thailand, Knonkaen and Nakhon Ratchasima provinces was identified in advance and 2) study the distinctiveness of models for the drought occurred in the northeast of Thailand, Knonkaen and Nakhon Ratchasima provinces.

The results of the research show that: 1) in general, situations of drought in the northeast of Thailand, Knonkaen and Nakhon Ratchasima provinces were at normal and near normal levels. However there are still somewhere that possces even moderate and severe/extreme drought classes and that the drought class transition in the northeast of Thailand, Knonkaen and Nakhon Ratchasima provinces was successively developed. 2) An proposed model of three–dimensional loglinear models, Quasi Association type, that could correctly predict monthly drought class in the northeast of Thailand when it was previously identified in two months was found to be most appropriate, with a correct prediction of 85.42 percent. This is in accordance with those of the three–dimensional loglinear models Quasi Association type which was performed by selection using stepwise. 3) Estimation of the expected value_of each cell count under the three–dimensional loglinear models, Quasi Association type, to predict the monthly drought class in the northeast of Thailand, Knonkaen and Nakhon Ratchasima provinces was showed that the estimated value of the observed value in each cell counts was closed to these obtained from the observed data. Besides, some of the estimated values of Odds and the 95 % confidence intervals for Odds revealed that most of the significant drought class transitions in the northeast of Thailand, especially, those in Knonkaen and Nakhon Ratchasima provinces were found statistically significance at 0.05 level and the transitions of draught classes were considered generally sequential rather than asymmetrical.

Department of Statistics Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2009
Student's signature ....
Thesis Advisor's signature ....

กิตติกรรมประกาศ

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จเรียบร้อย เนื่องมาจากความกรุณาของคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ในโอกาสนี้ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วีรานันท์ พงศาภักดี สำหรับความเอาใจใส่และความช่วยเหลือ ตลอดจนกำลังใจ ที่ช่วยให้ผ่านพ้นปัญหาต่าง ๆ ไปได้ และขอขอบคุณหน่วยงานบริการข้อมูลกลุ่มภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วัฒนา เกาศัลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี นิลกรณ์ กรรมการผู้ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาชี้แนะส่วนที่ต้องแก้ไข ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยความเรียบร้อย

กราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาสถิติที่คอยประสาทวิชาความรู้ ส่งเสริม และเป็นกำลังใจให้อย่างสม่ำเสมอ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา

กราบขอบพระคุณภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่มอบทุนการศึกษาให้แก่ผู้วิจัยตลอดการศึกษาจนจบหลักสูตร

กราบขอบพระคุณคุณพ่อวิชัย สาลี คุณแม่สุกัญญา สาลี และคุณย่าบุญชู สาลี ผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จทั้งหมด ผู้ให้กำลังใจ และคำสอนเสมอมา

ขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ ๆ สาขาวิชาสถิติประยุกต์ที่ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือ และมิตรภาพที่แสนดีที่ไม่สามารถหาได้จากที่อื่น ตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาร่วมกัน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ .... ฉ

สารบัญตาราง .... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

สมมติฐานของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

ทฤษฎีเกี่ยวกับความแห้งแล้งและดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI) 5

ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวแบบล็อกลิเนียร์ 11

งานวิจัยที่เกี่ยวกับความแห้งแล้ง และการใช้ตัวแบบล็อกลิเนียร์ 17

3 วิธีดำเนินการวิจัย 22

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 28

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 29

ตอนที่ 2 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า 33

ตอนที่ 3 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 1 เดือนล่วงหน้า 40

บทที่ หน้า

ตอนที่ 4 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise).......... 43

ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยทั้ง 4 กรณี 44

ตอนที่ 6 ผลการนำตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉลียงเหนือของประเทศไทย.. 45

ตอนที่ 7 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)... 49

ตอนที่ 8 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดจังหวัดนครราชสีมาเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)... 52

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.. 55

สรุปผลการวิจัย... 55

อภิปรายผลการวิจัย.. 59

ข้อเสนอแนะการวิจัย 60

บรรณานุกรม 61

ภาคผนวก 63

ประวัติผู้วิจัย 87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เกณฑ์การจำแนกระดับความแห้งแล้งให้เป็นข้อมูลเชิงกลุ่มด้วย SPI (Moreira et al. 2006)	10
2	ตารางการจรสามทาง จำแนกตามทัศนคติ สถานภาพบุคคลและเพศ	12
3	ค่ามากสุด ค่าน้อยสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน ความเบ้ และความโด่ง ของปริมาณฝนที่ตกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับ พ.ศ. 2504 ถึง พ.ศ. 2552	29
4	ค่าสังเกตความถี่ของระดับความแห้งแล้งจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	32
5	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ในการศึกษากรณีที่ 1 จำนวนองศาอิสระ และดีเวียนส์	34
6	ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 1.7	36
7	ความเหมาะสมของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 1.7	36
8	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติประเภท Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ของการศึกษากรณีที่ 2 พร้อมกับ จำนวนองศาอิสระ และดีเวียนส์	37
9	ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 2.123	39
10	ความเหมาะสมของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 2.123	39
11	ค่าสังเกตความถี่ของระดับความแห้งแล้งจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	40
12	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ กรณีทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 1 เดือน พร้อมกับ จำนวนองศาอิสระ และดีเวียนส์	41
13	ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 3.2	42
14	ความเหมาะสมของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 3.2	42
15	ประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 4.1	43

ตารางที่		หน้า

16 การเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทั้ง 4 กรณี.... 44

17 ค่าสังเกตและค่าคาดหวังความถี่ของระดับความแห้งแล้ง จำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 46

18 ค่าประมาณของ Odds ($\Omega_{34|ij}$) และช่วงเชื่อมั่น สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับเดือนที่ t เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t-1 และ t-2 47

19 การเปรียบเทียบระดับที่ได้จากค่าสังเกต และระดับจากการพยากรณ์ 1 เดือน และ 2 เดือนถัดไป (เดือนที่ t และ เดือนที่ t+1) เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือน ก่อนหน้า สำหรับเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ 2552 48

20 ประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 6.1 49

21 ค่าสังเกตและค่าคาดหวังความถี่ของระดับความแห้งแล้งจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับจังหวัดขอนแก่น 21

22 ค่าประมาณของ Odds ($\Omega_{34|ij}$)และช่วงเชื่อมั่น สำหรับจังหวัดขอนแก่น สำหรับเดือนที่ t เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t-1 และ t-2 51

23 ประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ตัวแบบที่ 7.1 52

24 ค่าสังเกตและค่าคาดหวังความถี่ของระดับความแห้งแล้ง จำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t จังหวัดนครราชสีมา 53

25 ค่าประมาณของ Odds ($\Omega_{34|ij}$) และช่วงเชื่อมั่น สำหรับจังหวัดนครราชสีมา ของเดือนที่ t เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t-1 และ t-2.......... 54

26 ตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทั้ง 4 กรณี.... 57

ตารางที่		หน้า

27 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่เหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ของจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดนครราชสีมา.. 58

28 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ของการศึกษากรณีที่ 2 ทั้งหมดพร้อมกับ จำนวนองศาอิสระและดีเวียนส์. 64

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความแห้งแล้งเป็นปัญหาหลักที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย ภัยแล้งที่เกิดขึ้นมีหลายสาเหตุด้วยกัน ทั้งปัญหาปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอและการกระจายของฝนไม่ทั่วถึง พื้นที่ไม่มีแหล่งกักเก็บน้ำเพียงพอและความสามารถที่จะอุ้มน้ำของดินต่ำ ตลอดจนแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่มีอยู่ตื้นเขิน ทำให้น้ำไหลบ่าลงสู่แม่น้ำสายหลักต่าง ๆ และไหลลงทะเลอย่างรวดเร็ว ทำให้สถานะภาพของภัยแล้งเป็นปัญหาที่รัฐบาลทุกยุคทุกสมัยให้ความสำคัญมาเป็นลำดับ

ภาวะความแห้งแล้งของตำบลหรือหมู่บ้านอันมีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกน้อยกว่าปกติ หรือฝนตกไม่เป็นไปตามฤดูกาล แต่ส่วนใหญ่เกิดจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานานทำให้ประชากรเกิดการขาดแคลนน้ำ ทั้งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภคและเพื่อการเกษตร เป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นประจำและมีระดับรุนแรงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งได้ชื่อว่าเป็นดินแดนที่มีความแห้งแล้งที่สุดของประเทศไทย ความแห้งแล้งดังกล่าวมีสาเหตุหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติที่ทำหน้าที่ดูดซับความชื้นเพื่อช่วยทำให้เกิดฝนตกต้องตามฤดูกาล ขณะเดียวกันยังเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ประกอบกับแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีอยู่เดิมรวมทั้ง ลำธาร แม่น้ำ บึง หนอง ได้ถูกบุกรุกทำลายเพื่อใช้เป็นพื้นที่ทำการเกษตร เนื่องจากประชากรได้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในรูปแบบที่ขาดการอนุรักษ์และพัฒนา เกิดสภาวะแห้งแล้งอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ถึงขั้นรุนแรงจนกระทั่งมีน้ำไม่เพียงพอต่อการอุปโภค บริโภค และเพื่อการเกษตร ทำให้การเกษตรได้รับความเสียหาย เกษตรกรขาดรายได้ และมีการละทิ้งไร่นาไปหางานทำในเมืองใหญ่ ๆ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรมตามมามากมายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จากการศึกษาภาวะความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในอดีตที่เป็นอยู่และที่จะเกิดขึ้นในอนาคต คาดว่าจะทวีความรุนแรงและสร้างปัญหาเพิ่มขึ้น ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถยับยั้งและป้องกันภัยพิบัติธรรมชาติเหล่านี้ให้หายไปได้อย่างสิ้นเชิง เพียงแต่พยายามป้องกันและบรรเทาให้มีความสูญเสียน้อยที่สุดเท่าที่จะกระทำได้เท่านั้น โดยการอาศัยการพยากรณ์อากาศที่แม่นยำพร้อมทั้งมีระบบการเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพ กำหนดมาตรการและดำเนินการป้องกันแก้ไขบรรเทาปัญหาที่จะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลของหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้อง

การทำความเข้าใจเกี่ยวกับความแห้งแล้งที่ดีที่สุด คือ การพัฒนาเครื่องมือในการทำนายหรือพยากรณ์จุดเริ่มต้น จุดสิ้นสุดลงของความแห้งแล้ง เพื่อทราบการเกิดขึ้นของความแห้งแล้งได้อย่างชัดเจน (Sharma 1997) นี่คือสิ่งจำเป็นสำหรับการเตรียมรับมือกับความแห้งแล้งให้ทันเวลา ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเกษตรกรรมเป็นอย่างมาก การแก้ปัญหาความยากลำบากนี้ต้องอาศัยเครื่องเตือน และเครื่องมือทำนายที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ การเตือนความแห้งแล้งมีความเป็นไปได้จริง (Sivakumar and Wilhite 2002)

ปัจจุบันดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งมีอยู่หลายตัวที่มีการใช้อยู่ จากการศึกษาในประเทศโปรตุเกส (Portugal) โดยเฉพาะการศึกษาในบริเวณ Alentejo การเปรียบเทียบระหว่าง ดัชนีความแห้งแล้งที่มีอยู่หลายตัว และมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ เช่น ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI) (Paulo et al. 2003, Paulo and Pereira 2006) และเป็นไปได้ที่อาจใช้อนุกรมเวลาของ SPI สำหรับทำนายการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง (Paulo et al. 2005, Paulo and Pereira 2006) ตลอดจนการใช้ตัวแบบล็อกลิเนียร์ในการวิเคราะห์ความแห้งแล้ง

ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามารถอธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงกลุ่มได้ โดยการสร้างตัวแบบบน cell counts ในตารางการจร จุดประสงค์ที่ใช้ตัวแบบล็อกลิเนียร์(Agresti 1990) เพื่อ fit ความถี่ของค่าสังเกตของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งของกลุ่ม ต่าง ๆ และสร้างตัวแบบที่สอดคล้องกับค่าคาดหวังของความถี่ สำหรับแต่ละ cell ในตารางการจร จากนั้นสามารถดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบและหาค่า odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ซึ่งสามารถใช้ในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งได้เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า (Moreira et al. 2006, 2008)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาลักษณะความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีหลายจังหวัดที่มีสภาวะแห้งแล้ง โดยเลือกวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI) รายเดือน และใช้วิธีวิเคราะห์ที่แตกต่างจากแบบเดิม เช่น การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) หรือการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) ตลอดจนการวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยในการศึกษาในครั้งนี้มุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง ด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ (Nelder 1974; Agresti 1990) ซึ่งพิจารณาว่าเป็นเครื่องมือที่เหมาะสม (Moreire et al. 2006, 2008) เพราะว่าตัวแบบล็อกลิเนียร์มีความเพียงพอ (more adequate tool) สำหรับการทำนายการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง (class transitions) ของดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI (Paulo et al. 2005) เช่นนั้นจึงใช้ ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ในหน่วย 12 เดือน มาวิเคราะห์ด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ซึ่งการพยากรณ์จะเป็นการพยากรณ์เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า และใช้ประโยชน์จาก odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ในการพยากรณ์ด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อนำเสนอตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายเดือนล่วงหน้าเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา

2. เพื่อพยากรณ์ลักษณะของความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา

สมมติฐานของการวิจัย

ตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่สร้างขึ้นในการวิจัยนี้มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายเดือนล่วงหน้าเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ตัวแบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นตัวแบบล็อกลิเนียร์ประเภท Quasi Association

2. พื้นที่ในการศึกษาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

3. ข้อมูลดิบที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในแต่ละจังหวัด 19 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม ปีพุทธศักราช 2505 ถึง เดือนธันวาคม ปีพุทธศักราช 2552 รวม 588 เดือน

4. หน่วยวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาคือ มิลลิเมตร (มม.)

5. ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งในการศึกษาครั้งนี้ คือ Standardized Precipitation Index (SPI)

นิยามศัพท์

1. ตัวแบบที่สร้างขึ้น หมายถึง ตัวแบบล็อกลิเนียร์ประเภท Quasi Association ที่ใช้ในการทำนายระดับความแห้งแล้งเป็นรายเดือนล่วงหน้าเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

2. ความแห้งแล้ง หมายถึง สภาวะที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (average rainfall) มีค่าต่ำกว่าปกติ หรือปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมใน 1 เดือน มีปริมาณน้อยกว่า 100 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถวัด

ความแห้งแล้ง โดยใช้ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI) (Standardized Precipitation Index :SPI) พัฒนาโดย Mckee et al. (1993)

3. ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง หมายถึง ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI (Standardized Precipitation Index: SPI) ในงานวิจัยนี้แบ่งดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ออกเป็น 4 ระดับ คือ ปกติ ใกล้ปกติ ปานกลาง และรุนแรง ตามเกณฑ์ของ Moreira et al. (2006)

4. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดนครพนม จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดมุกดาหาร จังหวัดยโสธร จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดเลย จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดสกลนคร จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดหนองคาย จังหวัดหนองบัวลำภู จังหวัดอุดรธานี จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดอำนาจเจริญ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบลักษณะความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

2. ได้ตัวแบบที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งล่วงหน้าเป็นรายเดือน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า

3. สามารถพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ตัวแบบในข้อ 2

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมีอยู่ 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความแห้งแล้ง ตลอดจนทฤษฎีเกี่ยวกับดัชนีชี้วัดภาวะความแห้งแล้ง (SPI) ส่วนที่สองเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับตัวแบบล็อกลิเนียร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับความแห้งแล้งและการใช้ตัวแบบล็อกลิเนียร์ในการศึกษากรณีต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับความแห้งแล้งและดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI)

1.1 ความหมายความแห้งแล้ง

ความแห้งแล้ง (Drought) เป็นภัยธรรมชาติ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดในช่วงเวลาซึ่งอากาศแห้งผิดปกติหรือขาดฝน ทำให้เกิดความขาดแคลนน้ำใช้ และถ้ามีความรุนแรงอาจทำให้พืชผลตลอดจนสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เสียหาย ความรุนแรงของความแห้งแล้งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับสภาวะฝนแล้งหรือความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ ซึ่งเกิดจากการมีฝนตกน้อยกว่าปกติ หรือฝนไม่ตกตามฤดูกาล ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำในการอุปโภค บริโภค และการเกษตร พืชพันธุ์ต่าง ๆ ขาดน้ำหล่อเลี้ยง ขาดความชุ่มชื้น ทำให้พืชผลไม่สมบูรณ์ เกิดความเสียหาย และเกิดความขาดแคลนทั่วไป ความรุนแรงของฝนแล้ง ขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน ระยะเวลาที่เกิดความแห้งแล้ง และความกว้างใหญ่ของพื้นที่ที่เกิดความแห้งแล้ง จะเห็นได้ว่า สภาวะฝนแล้งก็คือการที่ปริมาณฝนที่ได้รับไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงนับได้ว่า ฝนเป็นตัวแปรสำคัญ และมีอิทธิพลต่อความแห้งแล้งชัดเจนกว่าข้อมูลอุตุนิยมวิทยาอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือการระเหยของน้ำ เป็นต้น ความแห้งแล้งมีลักษณะการเกิด 3 แบบ คือ (กรมอุตุนิยมวิทยา 2552)

1) ความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) เกิดเนื่องจากมีปริมาณฝนตกน้อยกว่าปกติ หรือมีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยผิดปกติ เป็นบริเวณกว้างและเป็นระยะเวลานานต่อเนื่องกัน

2) ความแห้งแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) เกิดเนื่องจากปริมาณน้ำท่า (ในแม่น้ำลำคลอง หนอง บึงและอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ) มีน้อยกว่าระดับปกติ หรือระดับน้ำใต้ดินลดลง

3) ความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาและความแห้งแล้งเชิงอุทกวิทยา เป็นสภาวะที่พืชขาดน้ำซึ่งเกิดเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกรวม และการกระจายตัวของฝนน้อยผิดปกติ การระเหยของน้ำจริง (Actual Evapotranspiration) มีมากกว่าศักย์การระเหย (Potential Evapotranspiration) และความชื้นในดินมีน้อย ทำให้ระดับน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดินลดลง จึงทำให้ผลผลิตการเกษตร (พืชพันธุ์และสัตว์เลี้ยง) ลดน้อยลง ผลกระทบจากความแห้งแล้ง ทำให้มีการระเหยของน้ำจากดินและพืชมากขึ้น พื้นดินขาดน้ำ ผลผลิตการเกษตรลดลง พืชและสัตว์เลี้ยงอาจถึงตายได้ การที่มนุษย์และสัตว์ขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค อาจมีผลถึงโรคระบาดในฤดูแล้ง รวมถึงการขาดแคลนน้ำในด้านอุตสาหกรรม และน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เมื่อผลผลิตน้อยลง ทำให้ราคาสินค้าสูงขึ้น ทำให้รัฐต้องสูญเสียงบประมาณเพื่อช่วยผู้ประสบภัยแล้ง นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกษตรกรไม่มีงานทำต้องอพยพเข้ามาหางานทำในเมืองใหญ่ ๆ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจ ปัญหาชุมชน และบางครั้งอาจเพิ่มปัญหาทางด้านอาชญากรรม ถ้าไม่สามารถหางานทำได้

1.2 ลักษณะของความแห้งแล้งแล้งโดยทั่วไป

ประเทศไทยจัดอยู่ในเขตภูมิอากาศชื้น และแห้ง (Wet and Dry Climate) หรือที่รู้จักกันในการจำแนกเขตภูมิอากาศของ Koppen (กรมอุตุนิยมวิทยา 2552) มีลักษณะดังนี้

Am คือ มีช่วงแห้งแล้งระยะสั้น ความชื้นในดินไม่เพียงพอให้พืชได้เจริญเติบโตไม่หยุดชะงัก

Aw คือ มีช่วงแห้งแล้งระยะยาว ความชื้นในดินหมดไป จนกระทั่งพืชบางชนิดต้องตายไป หรือไม่ก็ต้องปรับตัว โดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ดำรงชีพได้ในช่วงที่แห้งแล้ง

ดังนั้น ความแห้งแล้งจึงเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นเป็นปกติซึ่งต้องยอมรับ และเตรียมการเพื่อแก้ไข ทั้งนี้ภาวะความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ สามารถแบ่งตามระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นได้ ดังนี้

1) ความแห้งแล้งอย่างเบา หรือช่วงฝนทิ้ง (Dry Spell) เป็นสภาวะความแห้งแล้ง ที่มีฝนตกเฉลี่ยไม่ถึงวันละ 1 มม. เป็นเวลาต่อเนื่องกันถึง 15 วันในช่วงฤดูฝน ความแห้งแล้งแบบนี้เกิดขึ้นตามภาคต่าง ๆ ในประเทศไทยเสมอ ในตอนต้นฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม ของทุกปี

2) ความแห้งแล้งปานกลางหรือความแห้งแล้งชั่วระยะ (Partial Drought) เป็นช่วงฝนแล้ง ที่มีฝนตกในฤดูฝนเฉลี่ยไม่เกินวันละ 0.25 มม. เป็นเวลานานต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 29 วัน ความแล้งแบบนี้เกิดขึ้นถึงขั้นขาดแคลนน้ำ มีผลกระทบต่อการเกษตร ความเป็นอยู่ของประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศ แต่ไม่ค่อยได้เกิดขึ้นในประเทศไทยบ่อยนัก

3) ความแห้งแล้งอย่างรุนแรง หรือความแห้งแล้งสัมบูรณ์ (Absolute Drought) เป็นความแห้งแล้งที่ฝนไม่ตกในฤดูฝน ต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 15 วัน หรืออาจมีตกบ้างแต่ไม่มีวันใดที่มีฝนตกถึง 0.25 มม. นับเป็นภัยธรรมชาติที่รุนแรงที่สุด มีพืชพรรณต่าง ๆ ล้มตายเรื่อย ๆ ทำให้ไม่มีผลผลิต สภาวะแห้งแล้งแบบนี้ยังไม่เคยปรากฏในประเทศไทย

1.3 สาเหตุของความแห้งแล้ง ภาวะความแห้งแล้ง มีสาเหตุดังนี้

1) การแปรปรวนของลมฟ้าอากาศ ทำให้ฝนตกน้อยกว่าปกติหรือไม่ตกต้องตามฤดูกาล จำนวนวันที่ฝนตกน้อยกว่าเกณฑ์เฉลี่ยหรือฝนทิ้งช่วงนานผิดปกติ

2) การขาดความสมดุลของธรรมชาติ จึงไม่เอื้ออำนวยต่อการเกิดฝน

3) การเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การตัดไม้ทำลายป่าต้นน้ำ เป็นต้น

4) การใช้น้ำที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการพัฒนาพื้นที่ทั้งทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม รวมทั้งการเพิ่มของประชากร

1.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะภัยแล้ง พบว่าฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดสภาวะภัยแล้ง นอกจากนั้นสภาพสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ก็เป็นปัจจัยสนับสนุนที่จะก่อให้เกิดระดับความรุนแรงของสภาวะภัยแล้ง ได้แก่ ดิน พืชคลุมดิน ความลาดชัน เป็นต้น และจากการศึกษาโครงการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและภัยธรรมชาติในเขตลุ่มน้ำภาคภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ (กรมอุตุนิยมวิทยา 2552) ซึ่งได้กำหนดปัจจัยของการเกิดภัยแล้งคือ ข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลดิน ขอบเขตชลประทาน ข้อมูลน้ำใต้ดิน และข้อมูลการใช้ที่ดิน

1.5 ดัชนีชีวัดความแห้งแล้ง SPI (Standardized Precipitation Index, SPI)

ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI พัฒนาโดย Mckee et al. (1993) สำหรับการหาลักษณะความแห้งแล้ง และคำนวณระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง โดยใช้ช่วงเวลาแบบ 3 เดือน 6 เดือน 12 เดือน และ 24 เดือน

ทฤษฎี

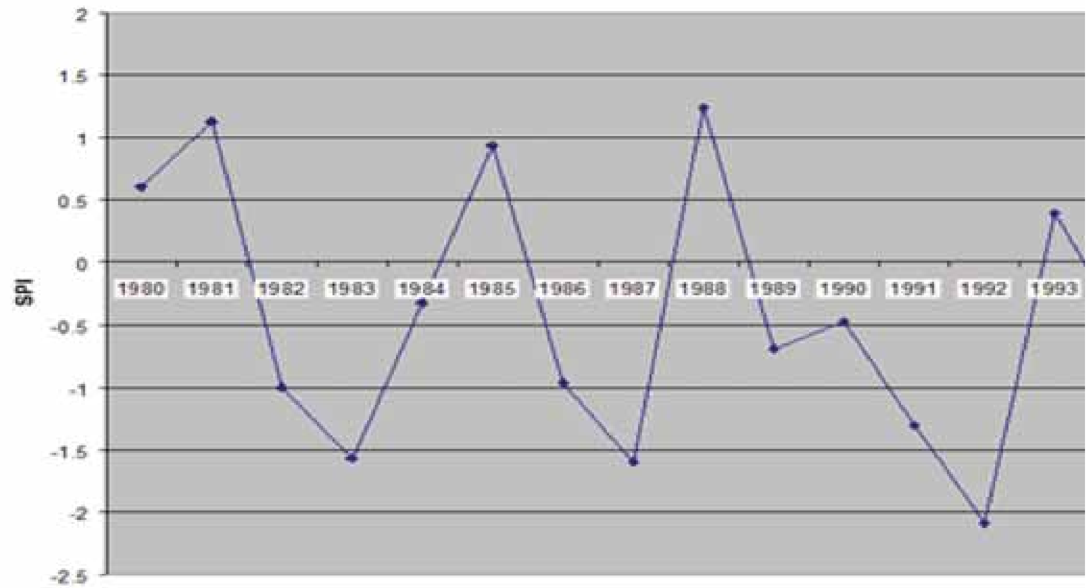
ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับนิยามและตรวจสอบความแห้งแล้ง ซึ่งมีคุณสมบัติที่โดดเด่น กรณีวิเคราะห์ความแห้งแล้งที่ยากต่อการตัดสินใจว่าจะมีความแห้งแล้งอยู่ในระดับใด เมื่อระบุข้อมูลปริมาณน้ำฝนสำหรับแต่ละสถานีย้อนหลังเท่าที่มีการเก็บข้อมูล มันสามารถใช้ในการระบุช่วงเวลาสำหรับเหตุการณ์ที่ปริมาณฝนตกผิดปกติ

สำหรับการคำนวณดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ถูกคำนวณบนความน่าจะเป็นแบบสะสม (cumulative probability) เมื่อมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกแต่ละสถานีย้อนหลัง ข้อมูลปริมาณ

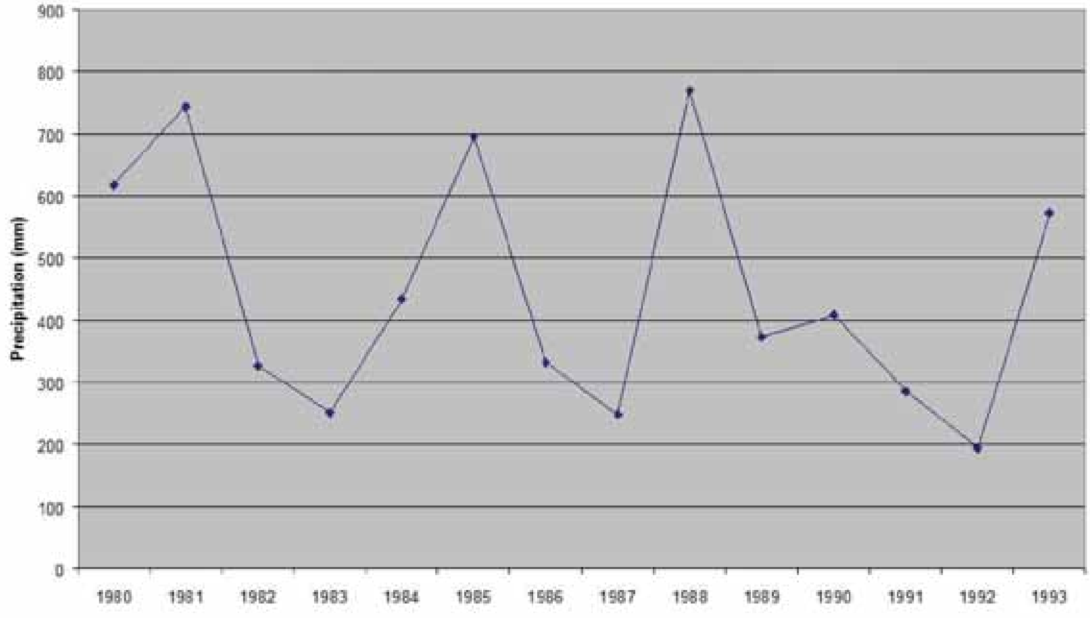
น้ำฝนที่ตกย้อนหลังของแต่ละสถานีมีลักษณะการแจกแจงแบบแกมมา ซึ่งการแจกแจงแบบแกมมามีลักษณะการแจกแจงเหมือนกับการแจกแจงของข้อมูลดัชนีวัดความแห้งแล้ง SPI เมื่อผ่านการแปลงข้อมูลจากปริมาณน้ำฝนที่ตกรายเดือนเป็นดัชนีวัดความแห้งแล้ง SPI กระบวนการประมาณค่าแบบภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด ถูกนำมาใช้ในการประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบแกมมา คือ α และ β ซึ่งเป็นเทอมที่ง่ายในต่อบรรยายการแจกแจงของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกของแต่ละสถานีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการคำนวณจากฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสม (cumulative probability) เพราะฉะนั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือนย้อนหลัง สามารถบอกความน่าจะเป็นของปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือนได้

การอธิบายลักษณะของปริมาณน้ำฝนที่ตกจากการแจกแจงแบบแกมมาใช้พารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดลองแบบแกมมาในการอธิบาย ซึ่งฟังก์ชันเหล่านั้นจะมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่าเฉลี่ย (mean) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของแต่ละพื้นที่ ถ้าฟังก์ชันความน่าจะเป็นสำหรับการคำนวณแต่ละสถานี ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่ต่างกันการคำนวณจะให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่าเฉลี่ย (mean) ที่แตกต่างกัน

เพื่อการพิจารณาการเปรียบเทียบความเหมาะสมของการใช้ดัชนีวัดความแห้งแล้ง (SPI) กับปริมาณน้ำฝนที่ตก สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนตัวอย่างในพื้นที่บริเวณ Alentejo ประเทศโปรตุเกส ตั้งแต่ปีค.ศ. 1922 ถึง ปีค.ศ. 1998 แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะของกราฟเชิงเส้นมีลักษณะที่เหมือนกัน



ภาพที่ 1 ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI บริเวณ Alentejo ประเทศโปรตุเกส ปี ค.ศ 1980-1998



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝนที่ตกโดยเฉลี่ย บริเวณ Alentejo ประเทศโปรตุเกส ปี ค.ศ 1980-1998

โปรแกรมการคำนวณดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI)

โปรแกรมการคำนวณดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI) เป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการใช้งาน โดยมีวิธีการนำข้อมูลเข้าโปรแกรมการคำนวณดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง(SPI) (Mckee et al. 1993) ดังนี้

yyyy mm pppp

yyyy mm pppp

yyyy mm pppp

yyyy mm pppp

yyyy mm pppp

etc

เมื่อ yyyy คือ ปีคริสตศักราช

mm คือ ลำดับเดือน (1, 2, 3, . . . , 12)

pppp คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือน

การนิยามระดับความแห้งแล้ง

ความรุนแรงของความแห้งแล้งในแต่ละเดือนถูกนำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ นิยามดัง ตารางที่ 1 โดยเป็นการจัดกลุ่มความรุนแรงจากน้อยไปถึงมากที่สุด ตามเกณฑ์ของ Moreira et al. (2006)

ตารางที่ 1 เกณฑ์การจำแนกระดับความแห้งแล้งให้เป็นข้อมูลเชิงกลุ่มด้วย SPI (Moreira et al. 2006)

รหัส	**ระดับความแห้งแล้ง**	**ค่า SPI**
1	ปกติ	$SPI \geq 0$
2	ใกล้ปกติ	$-1.0 < SPI < 0$
3	ปานกลาง	$-1.5 < SPI \leq -1.0$
4	รุนแรง	$SPI \leq -1.5$

2. ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวแบบล็อกลิเนียร์

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่ม ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและตัวแบบเชิงสถิติ ที่สนใจศึกษาตัวแปรหรือผลลัพธ์เชิงกลุ่ม (categorical response variables) ต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร และสนใจว่าผลลัพธ์เชิงกลุ่ม (response categories, Y) ที่สนใจจะสามารถอธิบายด้วยตัวแปรอธิบาย(explanatory variable, X's) อะไรได้บ้าง ทั้งโดยตรงและทางอ้อม ซึ่งในประการหลังสามารถใช้ตัวแบบเชิงสถิติ (statistical models) มาช่วยในการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอธิบายที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง คำนวณความเสี่ยง (risk) วัดความแม่นยำ (precision) ความถูกต้อง (accuracy) พยากรณ์ผลลัพธ์ ฯลฯ (Strokes et al. 2002; Negassa and Hanley 2007)

2.2 ตารางการจร

ตัวแปรเชิงกลุ่ม ในที่นี้หมายถึงตัวแปรที่มีมาตรวัดที่ประกอบด้วย เซตของกลุ่มต่าง ๆ ซึ่งอาจจัดเป็น 3 แบบ คือ 1) แบบสองกลุ่ม (dichotomous) เช่น ใช่ ไม่ใช่ 2) แบบจำนวนนับ (discrete counts) ซึ่งนิยมใช้ในสองแบบได้แก่ แบบแบ่งกลุ่ม (nominal) ที่โดยทั่วไปอาจมีสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่ม เช่น คณะวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม โบราณคดี และแบบมีลำดับ (ordinal) ที่โดยทั่วไปจะมีมากกว่าสองกลุ่มเสมอ เช่น Ph.D, M.Sc, B.Sc หรือ รุนแรงมาก รุนแรงปานกลาง ไม่รุนแรง และปกติ 3) แบบช่วงเวลา (รอดชีวิต) ที่จัดกลุ่มได้ (groups survival times) โดยที่การจัดแบ่งประเภทของตัวแปรเชิงกลุ่มดังกล่าว เพื่อให้ความสะดวกและสามารถเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงกลุ่มที่สอดคล้องกับลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรเชิงกลุ่มต่าง ๆ เหล่านั้น (วีรานันท์ พงศาภักดี 2541)โดยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มของการแจกแจง The natural exponential family แต่ในปัจจุบันมีการขยายวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่มสำหรับการแจกแจงแบบอื่น ๆ เพิ่มขึ้นแล้ว (Mc.Culloch 2001) ดังนั้นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่ม จึงมีให้เราได้เลือกใช้เพิ่มขึ้นทั้งในเรื่องของตัวแบบเชิงสถิติและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่ม ตลอดจนเรื่องโปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ ส่วนลักษณะของข้อมูลเชิงกลุ่มโดยทั่วไปคือ ความถี่หรือจำนวนนับ (counts) ที่สามารถจำแนกได้ตามกลุ่มต่าง ๆ ในรูปแบบของตารางการจร (contingency table) ดังตารางที่ 2 (Lawal 2003) หรืออาจอยู่ในรูปแบบของแต่ละคนแต่ละหน่วยที่ประกอบด้วยตัวแปรตอบสนองและตัวแปรอธิบายต่าง ๆ ของแต่ละหน่วยนั้น ๆ ซึ่งใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลให้อยู่ในลักษณะของตารางการจร (crosstabulation or contingency table) ได้เช่นกัน

ตารางที่ 2 ตารางการจรสามทาง จำแนกตามทัศนคติ สถานภาพบุคคลและเพศ

Sex	Status	Attitude			Total
		1(excellent)	2 (mild)	3 (bad)	
Male	1	1	2	0	3
	2	4	5	1	10
Female	1	1	3	2	7
	2	15	14	16	35

2.3 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ

ตัวแบบล็อกลิเนียร์มีจุดเด่นที่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรครั้งละหลายตัวแปร เช่น ตัวแปรของตารางการจรหลายทางหรือหลายมิติ ที่แต่ละตัวแปรอาจมีหลายกลุ่ม (multiple categories in each variable) และสามารถประมาณพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวแบบ และทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วย นอกจากนี้ตัวแบบล็อกลิเนียร์ยังเป็นตัวแบบที่สามารถอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกลุ่มได้ดี ตัวแบบล็อกลิเนียร์ทั่ว ๆ ไป ตัวแบบหนึ่ง (a general loglinear model) หมายถึง ตัวแบบที่จำนวนนับในแต่ละเซล (number of cases or counts in general loglinear model) ของตารางหลายมิติเป็นตัวแปรตาม ส่วนตัวแปรเชิงกลุ่มต่าง ๆ เป็นตัวแปรอธิบายหรือตัวแปรอิสระ

ตัวแบบล็อกลิเนียร์ทั่วไปสำหรับตารางการจรสามมิติ คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \lambda_{ijk}^{ABC} \qquad (1)$$

เมื่อ i, j และk แทน จำนวนกลุ่มของตัวแปรในมิติที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

$i = 1, 2,\ldots,I \; ; \; j = 1, 2,\ldots,J \; ; \; k = 1, 2,\ldots,K$

E_{ijk} แทน ค่าคาดหวังความถี่ใน cell ที่ i, j และ k

ให้ $u_{ijk} = \log\{E_{ijk}\}$

$$u_{.jk} = \frac{\sum_i u_{ijk}}{I}$$

สำหรับพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ใช้สำหรับ ตัวแบบล็อกลิเนียร์ 3 มิติ มีดังนี้

$$\lambda = u_{...}$$

$$\lambda_i^A = u_{i..} - u_{...}$$

$$\lambda_j^B = u_{.i.} - u_{...}$$

$$\lambda_{k}^{C} = u_{..k} - u_{...}$$

$$\lambda_{ij}^{AB} = u_{ij.} - u_{i..} - u_{.j.} + u_{...}$$

$$\lambda_{ik}^{AC} = u_{i.k} - u_{i..} - u_{..k} + u_{...}$$

$$\lambda_{jk}^{BC} = u_{.jk} - u_{.j.} - u_{..k} + u_{...}$$

$$\lambda_{ijk}^{ABC} = u_{ijk} - u_{ij.} - u_{i.k} - u_{.jk} + u_{i..} + u_{.j.} + u_{..k} - u_{...}$$

และผลรวมของพารามิเตอร์ภายใต้สัญลักษณ์ของดัชนีต่าง ๆ จะเท่ากับ 0 นั่น คือ

$$\sum_{i}\lambda_{i}^{A} = \sum_{j}\lambda_{j}^{B} = \sum_{k}\lambda_{k}^{C} = \sum_{i}\lambda_{ij}^{AB} = \sum_{j}\lambda_{ij}^{AC} = ... = \sum_{k}\lambda_{ijk}^{ABC} = 0$$

2.4 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติประเภท Quasi Association

ตารางการจรแบบจัตุรัสที่มีลักษณะ structural zeroes นั้น การประมาณและการทดสอบตัวแบบที่ Goodman (1968) เรียกว่า การทดสอบ Quasi Association และต่อมา Agresti (1990) อธิบายว่า ตัวแบบ Quasi Association มีรูปแบบที่สมมูลกับตัวแบบล็อกลิเนียร์ ซึ่งได้นำมาประยุกต์กับข้อมูลความแห้งแล้งของงานวิจัยนี้ คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_{i}^{A} + \lambda_{j}^{B} + \lambda_{k}^{C} + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3i}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$$

โดยที่ i=1,…,4 ; j=1,…,4 และ k=1,…,4 เมื่อ λ คือ เทอมของค่าคงที่ λ_{j}^{A} เป็นพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับระดับที่ i ของ ตัวแปร A, λ_{j}^{B} เป็น พารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับระดับที่ j ของ ตัวแปร B, λ_{k}^{C} เป็น พารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับระดับที่ k ของ ตัวแปร C, λ_{ij}^{AB} เป็นพารามิเตอร์อิทธิพลร่วมระหว่างตัวแปร A กับ B, λ_{ik}^{AC} เป็นพารามิเตอร์อิทธิพลร่วมระหว่างตัวแปร A กับ C, λ_{jk}^{BC} เป็นพารามิเตอร์อิทธิพลร่วมระหว่างตัวแปร B กับ C, u_i, v_j และ w_k คือ คะแนนของระดับที่ i ของตัวแปร A คะแนนของระดับที่ j ของ ตัวแปร B และคะแนนของระดับที่ k ของตัวแปร C (ปกติ u_i=i, v_j=j และ w_k=k) β, α, η และ τ คือ พารามิเตอร์ความสัมพันธ์เชิงเส้น δ_i คือ พารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับระดับที่ i ของ สมาชิกในแถวที่ i, $I(condition)$ คือ พารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับระดับในแนวเส้นทแยงมุม หรือ ฟังก์ชันดัชนีที่นิยามโดย

$$I(condition) = \begin{cases} 0 & if\ condition = true \\ 1 & if\ condition = false \end{cases}$$

2.5 odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds สำหรับตัวแบบสามมิติ

odds เป็นอัตราส่วนของความถี่ค่าคาดหวัง ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง ∞ และแสดงถึงความน่าจะเป็นปรากฏการณ์ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแทนที่เหตุการณ์อื่น ๆ การเลือก odds สำหรับตัวแบบสามมิตินิยาม (Moreira et al. 2008) โดย

$$\Omega_{kl|ij} = \frac{E_{ijk}}{E_{ijl}}, k \neq l$$

เมื่อ i, j และk แทน ระดับความแห้งแล้งของตัวแปรในมิติที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

E_{ijk} แทน ค่าคาดหวังของความถี่ใน cell ที่ i, j และ k

การประมาณค่า odds ที่สอดคล้องคำนวณโดย exponentiation ผลลัพธ์ที่ได้จากการแทนค่าพารามิเตอร์ในสมการล็อกลิเนียร์ที่ได้ ซึ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวได้มาจากการ fit ด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์

สำหรับตัวอย่างขนาดใหญ่ Log $\Omega_{kl|ij}$ จะมีค่าเท่ากับ $\log E_{ijk} - \log E_{ijl}$ ซึ่งลู่เข้าใกล้การแจกแจงแบบปกติ สำหรับการสุ่มตัวอย่างแบบปัวซงการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) $\sqrt{Var(\log \Omega_{kl|ij})}$ สามารถคำนวณได้ (Moreira et al. 2008) ดังนั้น ช่วงเชื่อมั่นความน่าจะเป็น 1 - α คือ

$$\left[Log\Omega_{ki|ij} - z_{1-\alpha/2}\sqrt{Var(Log\Omega_{ki|ij})}, Log\Omega_{ki|ij} + z_{1-\alpha/2}\sqrt{Var(Log\Omega_{ki|ij})} \right]$$

เมื่อ $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ เป็นควอนไทล์ของตัวแปรปกติมาตรฐาน (Agresti 1990) ช่วงเชื่อมั่นสำหรับ odds ได้มาจากการ exponentiation ช่วงเชื่อมั่นที่สอดคล้องสำหรับล็อกการิทึมของ odds ช่วงเชื่อมั่นของ odds นอกจากพิจารณาความแตกต่างแล้ว ต้องพิจารณาความแตกต่างจาก 1 ด้วย หากช่วงเชื่อมั่นที่คำนวณได้คลุมค่า 1 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงระดับจากระดับที่ i เป็นระดับ j และเป็นระดับที่ k และการเปลี่ยนแปลงระดับจากระดับ i เป็นระดับ j มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าช่วงเชื่อมั่นที่คำนวณได้ไม่คลุมค่า 1 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงระดับแรกมากกว่าหรือน้อยกว่า ความน่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงระดับที่สอง ค่าที่ได้อาจมากกว่าหรือน้อยกว่า 1 อย่างไรก็ตาม ถ้าช่วงเชื่อมั่นของ odds มีขนาดใหญ่ การพยากรณ์จะเชื่อถือได้น้อย โดยการพิจารณาต้องพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติควบคู่ไปด้วย

2.6 การทดสอบภาวะสารูปดีและอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น

เราสามารถใช้ค่าประมาณของพารามิเตอร์มาประมาณค่าความน่าจะเป็น ตลอดจนความถี่คาดหวัง (expected frequencies) และสามารถทดสอบภาวะสารูปดี (goodness of fit test) โดยใช้ตัวสถิติ G^2 แทนตัวสถิติเพียร์สันไคสแควร์ (X^2) ซึ่ง Karl Pearson (1922) ได้เสนอไว้ คือ

$$X^2 = \frac{\sum\sum(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

เมื่อ i และ j แทน ระดับความแห้งแล้งของตัวแปรในมิติที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

O_{ij} แทน ค่าสังเกตความถี่ใน cell i และ j

E_{ij} แทน ค่าคาดหวังของความถี่ใน cell ที่ i และ j

โดย Wilks (1938) พิสูจน์ว่า -2log Λ มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ โดยที่ Λ คือ

$$\Lambda = \frac{\prod_i \prod_j (O_{i.} O_{.j})^{O_{ij}}}{n^n \prod_i \prod_j O_{ij}^{O_{ij}}}$$

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมดในตารางการจร

และตัวสถิติของ Wilks หรือตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (likelihood ratio statistic) (Agresti 1990) คือ

$$G^2 = -2\log\Lambda$$

ซึ่งมีการแจกแจงแบบไคสแควร์เมื่อใกล้อนันต์ (asymptotic chi-squared distributions)

และสามารถพิสูจน์สำหรับตารางการจรสามมิติว่า

$$G^2 = 2\sum_i \sum_j \sum_k O_{ijk} \log(O_{ijk} / E_{ilk})$$

E_{ijk} แทน ค่าคาดหวังของความถี่ใน cell ที่ i, j และ k

O_{ijk} แทน ค่าสังเกตความถี่ใน cell ที่ i, j และ k

เมื่อข้อมูลเชิงกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน ตัวสถิติ G^2 มีการแจกแจงแบบ ไคสแควร์เมื่อใกล้อนันต์ ด้วยองศาอิสระ d.f. = (I-1)(J-1)(K-1), I, J, K แทน จำนวนกลุ่มของตัวแปรหรือมิติที่ 1-3 ในตารางการจร

กรณีทดสอบภาวะสารูปดีตัวแบบล็อกลิเนียร์ มีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติเหมาะสม

H_1: ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติไม่เหมาะสม

หรือโดยทั่วไปตัวแบบภายใต้ H_0 คือ ตัวแบบลดรูป ส่วนตัวแบบภายใต้ H_1คือตัวแบบที่สนใจและมีพารามิเตอร์มากกว่าตัวแบบใน H_0

ถ้าค่าตัวสถิติ G^2 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าไคสแควร์จากตารางการจร ณ d.f. ที่สอดคล้องกับการทดสอบสมมติฐาน จะปฏิเสธ H_0 นั่นคือตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่ทำการทดสอบภาวะสารูปดีสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้

กรณีการเลือกตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติระหว่างตัวแบบลดรูปและตัวแบบยาวที่มีพารามิเตอร์มากกว่า มีสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

H_0: ตัวแบบลดรูปมีความเหมาะสม

H_1: ตัวแบบลดรูปไม่มีความเหมาะสม

กำหนดให้ L_1 แทน maximum log likelihood สำหรับตัวแบบลดรูป

L_2 แทน maximum log likelihood สำหรับตัวแบบเต็ม

L_p แทน maximum log likelihood สำหรับตัวแบบเต็ม

การสร้างตัวสถิติ $-2(L_2 - L_1)$ ซึ่งใช้ทดสอบพารามิเตอร์ของตัวแบบว่าเป็นศูนย์หรือไม่ นั่นคือ ทำการเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบที่ประมาณขึ้น คือ ตัวแบบยังไม่ลดรูป (M_1)กับ ตัวแบบลดรูป (M_2) โดยใช้ $G^2(M_2 \mid M_1)$ โดยเป็นการทดสอบว่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่อยู่ใน M_1 แต่ไม่อยู่ใน M_2 การทดสอบจะแสดงโดยใช้สัญลักษณ์เพิ่มเติมดังนี้

$$
\begin{aligned}
G^2(M_2 \mid M_1) &= -2(L_2 - L_1) \\
&= -2(L_2 - L_p) - (-2)(L_2 - L_p) \\
&= G^2(M_2) - G^2(M_1)
\end{aligned}
$$

ดังนั้น ตัวสถิติสำหรับทดสอบตัวแบบ 2 ตัวแบบ คือ ผลต่างของตัวสถิติทดสอบภาวะสารูปดีของแต่ละตัวแบบ

ในทางปฏิบัติสามารถใช้ตัวสถิติผลต่างของดิเวียนส์ (Δ Dev) ใช้ในการทดสอบ

$$
\begin{aligned}
\Delta \text{Dev} &= G^2(M_2) - G^2(M_1) \\
&= \text{ผลต่างของดีเวียนส์ (difference in deviances)}
\end{aligned}
$$

$$\Delta \text{d.f.} = \text{d.f. ของตัวแบบลดรูป} - \text{d.f. ของตัวแบบยังไม่ลดรูป}$$

ถ้าค่าตัวสถิติ Δ Dev มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ $\chi^2_{\Delta df,\alpha}$ จะปฏิเสธ H_0 นั่นคือตัวแบบตัวแบบลดรูปไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้แทนตัวแบบที่อยู่ใน H_1

2.7 การเลือกตัวแบบ (Model Selection)

เกณฑ์ที่นิยมในการเลือกตัวแบบว่าตัวแบบใดเป็นตัวแบบที่เหมาะสมและดีที่สุด นอกเหนือจากการพิจารณาเลือกตัวแบบที่ให้ค่า G^2 ต่ำสุดแล้ว เราอาจพิจารณาตัวสถิติอื่น ๆ ประกอบด้วย ได้แก่ 1)Akaike's Information Criterion : AIC 2)Bayesian Information Criterion: BIC ซึ่งจะกล่าวต่อไป

2.7.1 Akaike's Information Criterion : AIC

Akaike' s Information Criterion หรือ AIC เป็นเกณฑ์ที่มีลักษณะทั่วไปซึ่งสามารถที่จะประยุกต์ใช้กับตัวแบบใด ๆ ที่สามารถจะประมาณค่าได้โดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximun Likelihood) สำหรับ AIC ของแต่ละตัวแบบสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{AIC} = G^2 - 2\text{d.f.}$$

ค่า AIC ที่ใกล้ศูนย์ที่สุดถือว่าเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูล (Agresti 2002)

2.7.2 Bayesian Information Criterion: BIC

Bayesian Information Criterion หรือ BIC เป็นเกณฑ์ที่คำนึงถึงขนาดของตัวอย่างซึ่งสามารถคำนวณค่า BIC ของแต่ละตัวแบบได้จาก

$$BIC = G^2 - d.f. (\log N)$$

เมื่อ N คือ ความถี่ในตารางการจรทั้งหมด

ค่า BIC ที่ใกล้ศูนย์ที่สุดถือว่าเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูล (Agresti 2002)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีการศึกษาสองส่วนด้วยกัน โดยส่วนแรกเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับความแห้งแล้ง และส่วนที่สองเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการนำตัวแบบล็อกลิเนียร์ไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง

ส่วนที่ 1 งานวิจัยเกี่ยวกับความแห้งแล้ง

Calanca (2006) ได้ศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศตามฤดูกาลและฤดูแล้งที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ของแอลไพน์: ความรุนแรงที่เกิดขึ้นกลายเป็นปัญหาสูงสุดได้อย่างไร ? ผลการวิจัย พบว่า มีการบ่งชี้ให้เห็นความชัดเจนในอนาคตในบริเวณพื้นที่ของแอลไพน์จะได้รับผลกระทบเพิ่มขึ้นจากฤดูแล้ง วิธีการอย่างง่ายที่ไม่ซับซ้อนในการทำนายความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นของฤดูแล้งและจุดเริ่มต้นของการเกิดความรุนแรงของฤดูแล้งถูกสร้างขึ้น โดยข้อมูลที่เก็บได้ประกอบด้วยฤดูแล้งที่เกิดขึ้นในระหว่างช่วง 100 ปีก่อนที่ผ่านมา (ถึง ค.ศ 2006) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงวิธีการป้องกันการเกิดเหตุการณ์รุนแรงและวิธีการประเมินที่ถูกต้องของการเกิดฤดูแล้งที่สัมพันธ์กับความรุนแรง ในขั้นตอนแรกจะทำการจำลองข้อมูลสภาพอากาศตามฤดูกาลของทวีปยุโรปในช่วงปี ค.ศ 2071 – 2100 จากข้อมูลในอดีตเพื่อศึกษาผลกระทบหรืออิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศตามฤดูกาลบนวิธี likelihood กับความรุนแรงของฤดูแล้ง และระบุถึงรายละเอียดของการลดลงของความถี่ของวันที่มีอากาศเปียกชื้นประมาณ 20 % ซึ่งเกี่ยวพันกับการเจริญเติบโตของพืชฤดูร้อน (ช่วงเมษายนถึงกันยายน) ผลลัพธ์ชี้ให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของวันที่อากาศแห้งประมาณ 15% ถึงมากกว่า 50 % และผลจากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงผลกระทบที่รุนแรงที่กระจายเป็นวงกว้างมีค่าความรุนแรงที่มากขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นที่ปลายของสเปคตรัมของความรุนแรงเพิ่มขึ้นมากกว่า 20 % ซึ่งเป็นสัญญาณว่าจะเกิดความรุนแรงสุดขีดของฤดูแล้ง ตัวอย่างของเหตุการณ์นั้นน้อยกว่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 10 ของการแจกแจง ถ้าโครงการศึกษาสภาพอากาศตามฤดูกาลที่ได้นั้น

เป็นจริงแล้วในปลายศตวรรษที่ 21 ฤดูแล้งที่เปรียบได้กับความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นในปี 2003 จะกลับมาเกิดขึ้นอย่างแน่นอน

Huang (2008) ได้ศึกษาเรื่อง การลดกระบวนการตัดสินใจบนความเสี่ยงของความแห้งแล้งด้วยระบบเตือนภัยความแห้งแล้ง พบว่า ระบบเตือนภัยความแห้งแล้งที่สร้างขึ้นจากความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ความแห้งแล้งในลักษณะต่าง ๆ ในอดีต โดยอยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ ช่วยให้การตัดสินใจเป็นไปได้ง่ายขึ้น และเชื่อถือได้มากขึ้นเกี่ยวกับการพยากรณ์เหตุการณ์ความแห้งแล้ง ส่งผลให้การบริหารจัดการเกี่ยวกับความแห้งแล้งมีประสิทธิภาพ และลดความเสี่ยงในการตัดสินใจที่ผิดพลาด หรือการพยากรณ์ผิดนั่นเอง ในการศึกษาได้ทำการทดลองประสิทธิภาพในการทำนายโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างไปใช้ในการพยากรณ์เหตุการณ์ความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไต้หวัน ซึ่งผลจากการพยากรณ์ พบว่าพยากรณ์ได้ถูกต้อง ร้อยละ 77 ผลลัพธ์ที่ได้ แสดงให้เห็นว่าการสร้างเครื่องมือที่ใช้พยากรณ์ความแห้งแล้ง โดยเฉพาะตัวแบบทางคณิตศาสตร์และตัวแบบเชิงสถิติเป็นทางเลือกที่ดีในการลดความเสี่ยงในการพยากรณ์ผิดพลาด ซึ่งผลของการผิดพลาดที่เกิดขึ้น อาจส่งผลต่อทรัพย์สิน และสิ่งมีชีวิต แต่อย่างไรก็ตามการพยากรณ์ความแห้งแล้งด้วยความน่าจะเป็นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ข้อมูลของเหตุการณ์ต่าง ๆ ย้อนหลัง ในจำนวนที่มากพอ

ส่วนที่ 2 งานวิจัยเกี่ยวกับการนำตัวแบบล็อกลิเนียร์ไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง

Paulo et al. (2005) ได้ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งโดยตัวแบบ Markov และตัวแบบ loglinear เพื่อเป็นเครื่องมือเตือนภัย การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูล SPI 68 ปี เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ความรุนแรงของความแห้งแล้งในบริเวณ Alentejo ซึ่งเป็นบริเวณที่แห้งแล้ง ทางตอนใต้ของประเทศโปรตุเกส การจำแนกระดับความแห้งได้จากค่า SPI กระบวนการของ Markov chain ใช้ในวัตถุประสงค์ 4 ประการ คือ 1) คำนวณความน่าจะเป็นที่จะเกิดความแห้งแล้งในแต่ละระดับ 2) คำนวณความน่าจะเป็นที่จะเกิดความแห้งแล้งแต่ละระดับในระยะยาว 3) คำนวณโอกาสการเกิดซ้ำแต่ละระดับความแห้งแล้ง และ4) การคำนวณความน่าจะเป็นในระยะยาวที่จะเปลี่ยนระดับความแห้งแล้งจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง กระบวนการของ Markov chain ให้คำตอบเกี่ยวกับความน่าจะเป็นที่จะเกิดความแห้งแล้งในแต่ละระดับในแต่ละเดือนได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม การพยากรณ์โดย กระบวนการของ Markov chain มีความอ่อนไหวต่อสภาพอากาศที่แปรปรวนทำให้เป็นข้อจำกัดของกระบวนการนี้ ในขณะที่ตัวแบบล็อกลิเนียร์มีความเหมาะสมสำหรับค่าในตารางการจร และการคำนวณ odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ใช้ใน

การพยากรณ์การเปลี่ยนระดับความแห้งแล้ง ซึ่งตารางการจรที่ใช้ในการศึกษาเป็นตารางการจรสามมิติ และทำการพยากรณ์เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า

Moreira et al. (2006) ได้ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง (SPI) ด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ มีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการศึกษาคือ ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ในแต่ละเดือนคำนวณในหน่วยเวลา 12 เดือน สำหรับระยะเวลาตั้งแต่เดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1932 ถึง เดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1999 สำหรับ 49 สถานี ใน Alentejo ซึ่งเป็นบริเวณขาดแคลนน้ำทางตอนใต้ของโปรตุเกส การคำนวณ SPI อาศัยข้อมูลในช่วงเวลา 67 ปี ใช้ในการคำนวณพารามิเตอร์ต่าง ๆ ข้อมูลอนุกรมเวลาของ SPI ได้มาจากปริมาณฝนที่ตกในแต่ละเดือน ในแต่ละ 6 เมือง และนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือน มาแปลงเป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ซึ่งมี 4 ระดับ คือ ปกติ ใกล้ปกติ ปานกลาง และรุนแรง

ในการเปรียบเทียบความแห้งแล้งในแต่ละช่วงเวลาในเทอมของความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงระหว่างระดับความแห้งแล้ง รวม 67 ปี แบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงเวลาที่ 1 : จาก ค.ศ. 1932/33 ถึง ค.ศ. 1954/1955 รวม 23 ปี

ช่วงเวลาที่ 2 : จาก ค.ศ. 1955/56 ถึง ค.ศ. 1976/1977 รวม 22 ปี

ช่วงเวลาที่ 3 : จาก ค.ศ. 1977/78 ถึง ค.ศ. 1998/1999 รวม 22 ปี

การศึกษาก่อนหน้านี้ใช้ช่วงเวลา 67 ปี เหมือนกัน แต่แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ผลลัพธ์ที่ได้ไม่พบความแตกต่างระหว่าง 2 ช่วงเวลา ในที่นี้เราจึงแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา โดยให้ 3 เป็นจำนวนจุดที่น้อยที่สุด สำหรับดูแนวโน้ม

การศึกษาพบว่าตัวแบบ Quasi Association สำหรับตารางการจร 3 มิติ ที่ fit กับความถี่ค่าสังเกต มีความเหมาะสมกว่าตัวแบบอื่น ๆ และนิยามโดย

$$\text{Log}E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \delta_i I(i=j) + (\lambda_k^C \beta) u_i v_j + \lambda_k^C \delta_i \; I(i=j)$$

โดยสรุปตัวแบบล็อกลิเนียร์ แสดงให้เห็นว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความแห้งแล้งระหว่างความแตกต่างของช่วงเวลาในตารางการจรสามมิติ ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ 1 กับที่ 3 แสดงให้เห็นว่าช่วงความเชื่อมั่นของ odds เกือบทั้งหมดคลุมค่า 1 ซึ่งทำให้รู้ว่าเกิดความคล้ายกันกันมาก ระหว่างช่วงเวลาซึ่งแสดงในเทอมของความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงระหว่างระดับความแห้งแล้ง เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ 1 กับที่ 2 และช่วงเวลาที่ 2 กับที่ 3 มีความไม่คล้ายคลึงระหว่างช่วงเวลาที่ 2 กับช่วงเวลาที่ 1 และกับช่วงเวลาที่ 3 ในความเป็นจริง ผลลัพธ์ของ odds แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่สำหรับระดับความแห้งแล้งรุนแรงระดับ 4 มีความน่าจะเป็นของการ

เปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาที่ 1 มากกว่าช่วงเวลาที่ 2 และช่วงเวลาที่ 2 น้อยกว่าช่วงเวลาที่ 3 สังเกตได้ว่าช่วงเวลาส่วนใหญ่ของการปรากฏของเหตุการณ์ความแห้งแล้งรุนแรง (ระดับ 4) อยู่ในช่วงเวลาที่ 1 และที่ 3 เพราะฉะนั้นผลลัพธ์ของข้อมูลสนับสนุนกับผลลัพธ์จากตัวแบบล็อกลิเนียร์ และสรุปได้ว่าจากข้อมูลไม่มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มสำหรับการเพิ่มขึ้นของความแห้งแล้งและความรุนแรงใน Alentejo ซึ่งถูกกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีช่วงเวลาที่มากขึ้นเป็นสิ่งจำเป็นในการยืนยันข้อสรุปนี้

Moreira et al. (2008) ได้ศึกษาเรื่อง การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ภายใต้ SPI

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาคือ ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ซึ่งคำนวณเป็นรายเดือนในหน่วย 12 เดือน ซึ่งมี 4 ระดับ คือ ปกติ ใกล้ปกติ ปานกลาง และรุนแรง ในช่วงเวลา เดือนกันยายน ค.ศ 1932 ถึง เดือนมิถุนายน ค.ศ 2006 ข้อมูลที่ได้นำมาจากปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ในแต่ละเดือนจาก 14 สถานีอุตุนิยมวิทยา สถานที่ตั้ง 14 สถานีอุตุนิยมวิทยาแต่ละแห่ง ลักษณะการแจกแจงของปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือน ในพื้นที่ Alentejo มีรูปแบบที่เป็นลักษณะเฉพาะของสภาพภูมิอากาศรอบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนโดยการสำรวจระหว่าง เดือนฤดูใบไม้ร่วง เดือนฤดูหนาว

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งล่วงหน้าเมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า โดยใช้ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติในการพยากรณ์ ซึ่งแต่ละมิติประกอบด้วยระดับความแห้งแล้ง 4 ระดับ โดยมิติที่ 1-3 แทนระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t , t-1 และ t-2 ตามลำดับ ข้อมูลที่ใช้คือ ความถี่ของค่าสังเกตของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งของกลุ่มต่าง ๆ นิยามโดย O_{ijk} สำหรับสร้างตัวแบบ (1) ที่สอดคล้องกับค่าคาดหวังของความถี่นิยามโดย E_{ijk} ของแต่ละ cell ในตารางการจรสามมิติ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางการจรสามมิติ (4x4x4) สำหรับการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งสองเดือนก่อนหน้า (t-2, t-1)

เดือนที่ t – 2	เดือนที่ t															
	1				2				3				4			
	เดือนที่ t – 1				เดือนที่ t – 1				เดือนที่ t – 1				เดือนที่ t – 1			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	O_{111}	O_{121}	O_{131}	O_{141}	O_{112}	O_{122}	O_{132}	O_{142}	O_{113}	O_{123}	O_{133}	O_{143}	O_{114}	O_{124}	O_{134}	O_{144}
2	O_{211}	O_{221}	O_{231}	O_{241}	O_{212}	O_{222}	O_{232}	O_{242}	O_{213}	O_{223}	O_{233}	O_{243}	O_{214}	O_{224}	O_{234}	O_{244}
3	O_{311}	O_{321}	O_{331}	O_{341}	O_{312}	O_{322}	O_{332}	O_{342}	O_{313}	O_{323}	O_{333}	O_{343}	O_{314}	O_{324}	O_{334}	O_{344}
4	O_{411}	O_{421}	O_{431}	O_{441}	O_{412}	O_{422}	O_{432}	O_{442}	O_{413}	O_{423}	O_{433}	O_{443}	O_{414}	O_{424}	O_{434}	O_{444}

ในที่นี้ตารางการจรสามมิติมี 3 ตัวแปรจำแนกเป็น(Categorical variables) (A, B และ C) สำหรับระดับความแห้งแล้งที่ i, j และk (i=1,2,……,4), (j=1,….,4) และ(k=1,…,4) ตามลำดับ ตัวแปร A คือ ระดับความแห้งแล้งในเดือนที่ t-2 ตัวแปร B คือ ระดับความแห้งแล้งในเดือนที่ t-1 ตัวแปร C คือ ระดับความแห้งแล้งในเดือนที่ t

ความถี่ค่าสังเกต (O_{ijk}) แทน จำนวนของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งที่ i ของ เดือนที่ t-2 มาอยู่ในระดับความแห้งแล้งที่ j ของเดือนที่ t-1 และระดับความแห้งแล้งที่ k ของเดือนที่ t เมื่อ i, j และ k แทนระดับความแห้งแล้ง 1, 2, 3 และ 4 เช่น ค่าสังเกต O_{111} แทน จำนวนครั้งที่อยู่ในระดับความแห้งแล้งที่ 1 สามเดือนติดต่อกัน

การเลือกตัวแบบล็อกลิเนียร์สำหรับตารางการจรสามมิติ ที่ใช้กับความถี่ค่าสังเกตของงานวิจัยนี้ พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์ประเภท Quasi Association เป็นตัวแบบที่เหมาะสม นิยามโดย

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \quad (1)$$

การประมาณค่า odds ที่สอดคล้องคำนวณโดย exponentiation ผลลัพธ์ที่ได้จากการแทนค่าพารามิเตอร์ในสมการล็อกลิเนียร์ที่ได้ ซึ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวได้มาจากการประมวลผลด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ในสมการ (1)

โดยสรุปตัวแบบล็อกลิเนียร์สำหรับตารางการจรสามมิติ ใช้ข้อมูลจากสถานีวัดปริมาณน้ำฝนจาก 14 แห่งใน บริเวณ Alentejo ทางตอนใต้ของประเทศโปรตุเกส สำหรับการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งในช่วงเวลาสั้น ๆ ตัวแบบล็อกลิเนียร์ใช้ได้ดีกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งที่ใช้ข้อมูลดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI) อธิบาย โดยคำนวณในหน่วยเวลา 12 เดือน ตัวแบบล็อกลิเนียร์ประเภท Quasi Association แสดงให้เห็นถึงความเพียงพอที่จะใช้สำหรับข้อมูลที่ได้จาก 14 สถานี อัตราส่วนและแต่ละช่วงเชื่อมั่นที่คำนวณได้ทำให้เข้าใจการทำนายความแห้งแล้งและค่าประมาณความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง ซึ่งใช้พยากรณ์ความแห้งแล้งในช่วง ค.ศ. 2004 ถึง ค.ศ. 2006 ซึ่งตารางการจรของข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง แสดงให้เห็นถึงเส้นทแยงมุมที่ชัดเจน ผลลัพธ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ดีเมื่อนำการพยากรณ์และค่าสังเกตระดับความแห้งแล้งในช่วงเวลา 3 เดือนติดต่อกัน สำหรับข้อมูลที่ได้จาก 14 สถานี แต่ก็มีกรณีที่ค่าพยากรณ์กับค่าสังเกตไม่สอดคล้องกัน เช่น สำหรับช่วงเวลา 2 เดือนติดต่อกัน เมื่อค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI มีค่าค่อนข้างจำกัด สำหรับระดับที่รุนแรง ข้อสรุปแสดงให้เห็นว่าตัวแบบล็อกลิเนียร์เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในช่วงเวลาสั้น ๆ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ภายใต้ SPI ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีขั้นตอนดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลดิบ (ปริมาณน้ำฝนรายเดือน) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยทั้งหมด 19 จังหวัด

2. การแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย

3. การแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI จำแนกเป็นรายจังหวัด 2 จังหวัด คือ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา

4. การสร้างตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

5. การสร้างตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง จำแนกเป็นรายจังหวัด 2 จังหวัด คือ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา

6. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน

7. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 1 เดือน

8. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

9. การเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน ระหว่างทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน กับ 1 เดือน

10. การหาค่า odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ในแต่ละ cell ในตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจากตัวแบบที่มีความเหมาะสม ในภาคตะวันออกเฉียง เหนือของประเทศไทย

11. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

12. การหาค่า odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ในแต่ละ cell ในตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งตัวแบบที่มีความเหมาะสม ในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา

ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลดิบ (ปริมาณน้ำฝนรายเดือน) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยทั้งหมด 19 จังหวัด

แหล่งที่มาของข้อมูลขอความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากฝ่ายบริการข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา โดยเป็นข้อมูลรายจังหวัดทั้ง 19 จังหวัด ซึ่งเป็นข้อมูลทั้งหมดที่กรมอุตุนิยมวิทยามีอยู่ในปัจจุบัน

ภาพที่ 3 แผนที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

2. การแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีอยู่มาแปลงเป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ด้วยโปรแกรมการแปลง SPI ของมหาวิทยาลัย Nebraska-Lincoin ประเทศสหรัฐอเมริกา (Nebraska-Lincoin University 2009) โดยใช้ค่าเฉลี่ยระยะยาว 12 เดือน

3. การแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI จำแนกเป็นรายจังหวัด 2 จังหวัด คือ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา

นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา ที่มีอยู่มาแปลงเป็นดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง SPI ด้วยโปรแกรมการแปลง SPI ของมหาวิทยาลัย Nebraska-Lincoin ประเทศสหรัฐอเมริกา (Nebraska-Lincoin University 2009) โดยใช้ค่าเฉลี่ยระยะยาว 12 เดือน

4. การสร้างตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

สร้างตารางการจรสามมิติการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย โดยมิติแรกคือ ระดับความแห้งแล้งของเดือนที่ t-2 มิติที่สองคือ ระดับความแห้งแล้งของเดือนที่ t-1 และมิติที่สามคือ ระดับความแห้งแล้งของเดือนที่ t, t คือ เดือนปัจจุบัน

5. การสร้างตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง จำแนกเป็นรายจังหวัด 2 จังหวัด คือ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา

สร้างตารางการจรสามมิติการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจำแนกเป็นรายจังหวัด 2 จังหวัด คือ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา โดยมิติแรกคือ ระดับความแห้งแล้งของเดือนที่ t-2 มิติที่สองคือ ระดับความแห้งแล้งของเดือนที่ t-1 และมิติที่สามคือ ระดับความแห้งแล้งของเดือนที่ t, t คือ เดือนปัจจุบัน

6. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน

การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน มีการศึกษา 2 กรณี มีรายละเอียด ดังนี้

กรณีที่ 1 เป็นการสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า ตามแนวทางของ Moreira et al. (2008)

ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \quad (1.1)$$

การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติทางเลือกจากตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) สมการ (1.1)โดยการสร้างตัวแบบลดรูปจาก ตัวแบบ (1.1)ในรูปแบบต่าง ๆ บนตารางการจรค่าสังเกตความถี่ของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยการทดสอบสมมติฐานด้วยตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นไคสแควร์ (G^2)และตัวสถิติผลต่างของดิเวียนส์ (Δ Dev) และพิจารณาความเหมาะสมของตัวแบบด้วย สถิติ G^2 AIC และ BIC ตลอดจนการพิจารณาประสิทธิภาพของตัวแบบด้วยร้อยละของการพยากรณ์ถูก

กรณีที่ 2 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉลียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนล่วงหน้า โดยเริ่มจากตัวแบบเต็ม และสร้างตัวแบบต่าง ๆ ที่ประกอบด้วย พารามิเตอร์ที่น่าสนใจ

ตัวแบบบล็อกลิเนียร์สามมิติแบบเต็ม คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \lambda_{ijk}^{ABC} \quad (2.1)$$

การสร้างตัวแบบบล็อกลิเนียร์สามมิติทางเลือกจากตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติแบบเต็ม โดยการสร้างตัวแบบลดรูปในรูปแบบต่าง ๆ บนตารางการจรค่าสังเกตความถี่ของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และเลือกตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยการทดสอบสมมติฐานด้วยตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นไคสแควร์ (G^2)และตัวสถิติผลต่างของดิเวียนส์ (Δ Dev) และพิจารณาความเหมาะสมของตัวแบบด้วย สถิติ G^2 AIC และ BIC ตลอดจนการพิจารณาประสิทธิภาพของตัวแบบด้วยร้อยละของการพยากรณ์ถูก

7. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 1 เดือน (ซึ่งต่อไปนี้เรียกว่า **การศึกษากรณีที่ 3**)

ตัวแบบบล็อกลิเนียร์สองมิติแบบเต็ม คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} \quad (3.1)$$

การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์สองมิติทางเลือกจากตัวแบบล็อกลิเนียร์สองมิติแบบเต็ม โดยการสร้างตัวแบบลดรูปในรูปแบบต่าง ๆ บนตารางการจรค่าสังเกตความถี่ของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจากเดือนที่ t-1และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และเลือกตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยการทดสอบสมมติฐานด้วยตัวสถิติอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็นไคสแควร์ (G^2) และตัวสถิติผลต่างของดิเวียนส์ (Δ Dev) และพิจารณาความเหมาะสมของตัวแบบด้วยสถิติ G^2 AIC และBIC ตลอดจนการพิจารณาประสิทธิภาพของตัวแบบด้วยร้อยละของการพยากรณ์ถูก

8. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) (ซึ่งต่อไปนี้เรียกว่า **การศึกษากรณีที่ 4)**

ดำเนินการสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) โดยนำตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่ใส่พารามิเตอร์ที่สนใจครบทุกตัว การเลือกตัวแบบที่มีความเหมาะสมใช้โปรมแกรม SAS 9.1 ประมวลผล

9. การเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน ระหว่างทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน กับ 1 เดือน

ดำเนินการเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน ที่ได้จากการศึกษากรณีที่ 1 กรณีที่ 2 กรณีที่ 3 และกรณีที่ 4

10. การหาค่า odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ในแต่ละ cell ในตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ดำเนินการหาค่า odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ในแต่ละ cell ในตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบที่เหมาะสมที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.9 ในการดำเนินการ

11. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

ดำเนินการสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมาเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) โดยนำตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่ใส่พารามิเตอร์ที่สนใจครบทุกตัว การเลือกตัวแบบที่มีความเหมาะสมใช้โปรแกรม SAS 9.1 ประมวลผล

12. การหาค่า odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ในแต่ละ cell ในตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง ในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน

ดำเนินการการหาค่า odds และช่วงเชื่อมั่นของ odds ในแต่ละ cell ในตารางการจรสามมิติของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้ง ในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน โดยใช้ตัวแบบที่เหมาะสมที่ได้ในขั้นตอนที่ 3.11ในการดำเนินการ

เสนอผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ จำแนกตามภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา ภายใต้ตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสม จากการทดสอบภาวะสารูปดี (goodness of fit test) สำหรับตารางการจรสามมิติ และสองมิติ และนำมาพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง ณ สถานการณ์ที่สนใจด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสมต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ภายใต้ SPI ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) นำเสนอตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายเดือนล่วงหน้า เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา 2) พยากรณ์ลักษณะของความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ข้อมูลดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI) ที่แปลงมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ 2505 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ 2552 รวม 588 เดือนโดยตัวแบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นตัวแบบล็อกลิเนียร์ประเภท Quasi Association ผลการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 8 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปริมาณน้ำฝนที่ตกรายเดือนในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ตอนที่ 2 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า (การศึกษากรณีที่ 1 และที่ 2)

ตอนที่ 3 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 1 เดือนล่วงหน้า (การศึกษากรณีที่ 3)

ตอนที่ 4 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) (การศึกษากรณีที่ 4)

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทั้ง 4 กรณี

ตอนที่ 6 การนำตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ตอนที่ 7 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

ตอนที่ 8 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดจังหวัดนครราชสีมา ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

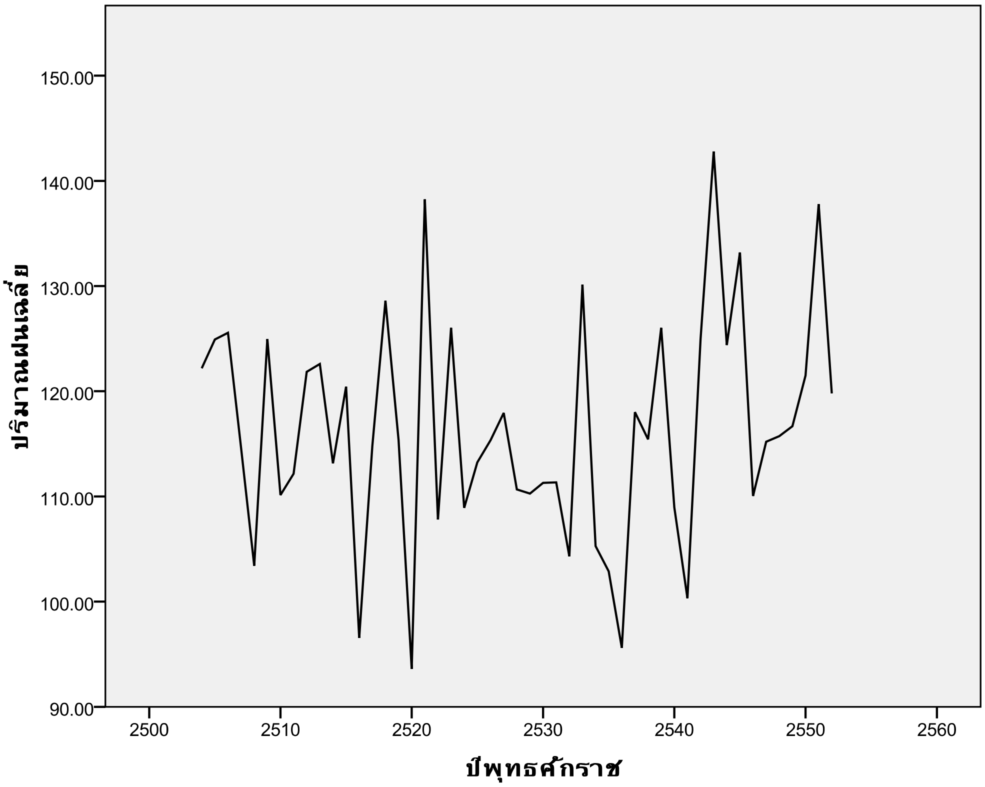
ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ตารางที่ 3 ค่ามากสุด ค่าน้อยสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน ความเบ้ และความโด่ง ของปริมาณฝนที่ตกรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับ พ.ศ. 2504 ถึง พ.ศ. 2552

จำนวนเดือน	ค่าน้อยสุด (ม.ม)	ค่ามากสุด (ม.ม)	ค่าเฉลี่ย (ม.ม)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความแปรปรวน	ความเบ้	ความโด่ง
588	0.00	403.91	116.43	104.09	10831.19	0.46	-1.05

จากตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณฝนที่ตกรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับ พ.ศ. 2504 ถึง พ.ศ. 2552 รวม 588 เดือน ปริมาณน้ำฝนที่ตกน้อยที่สุด เท่ากับ 0.00 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนที่ตกมากที่สุด เท่ากับ 403.911 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนที่ตกโดยเฉลี่ย เท่ากับ 116.429 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 104.094 ความแปรปรวนเท่ากับ 10831.19 ความเบ้เท่ากับ 0.46 และความโด่งเท่ากับ -1.05 ตามลำดับ

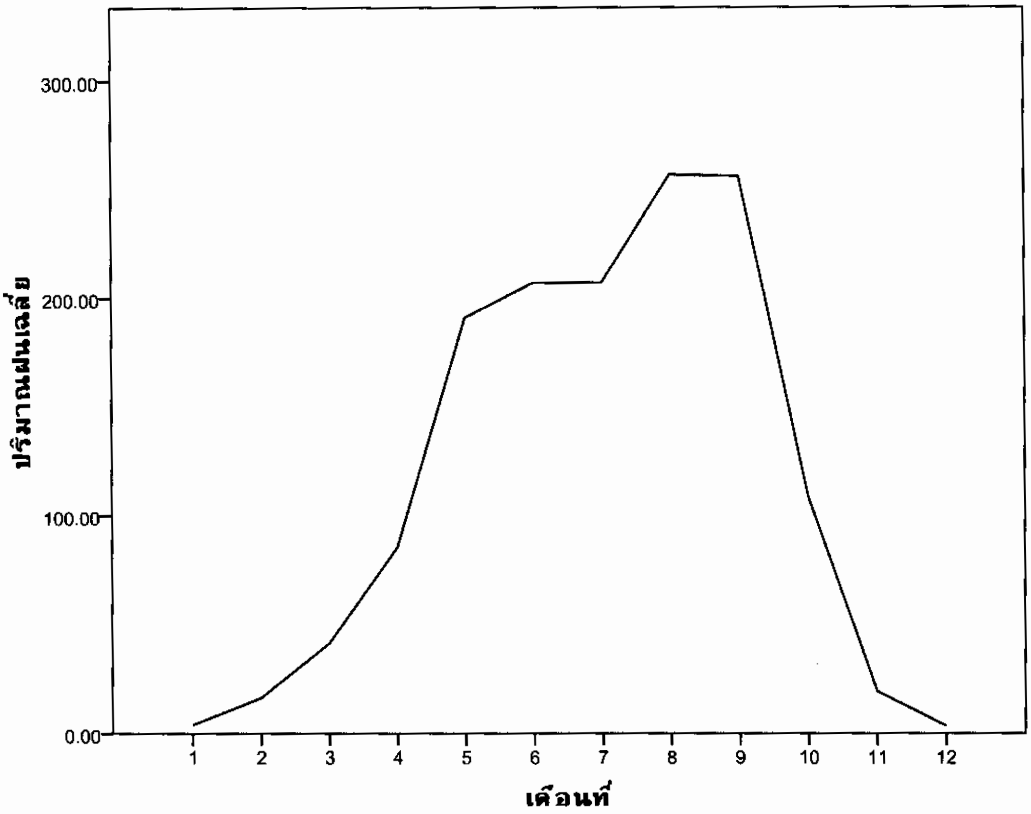
หน่วย : มิลลิเมตร (มม.)



ภาพที่ 3 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับ พ.ศ. 2504 ถึง พ.ศ. 2552

จากภาพที่ 3 พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับ พ.ศ. 2504 ถึง พ.ศ. 2552 มีปริมาณฝนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 90.00 มิลลิเมตร ถึง 145.00 มิลลิเมตร โดยแต่ละปีมีปริมาณฝนเฉลี่ยแตกต่างกัน แต่เกาะกลุ่มบริเวณค่าเฉลี่ยปริมาณฝนที่ตกทั้งปี

หน่วย : มิลลิเมตร (มม.)



ภาพที่ 4 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
สำหรับ พ.ศ. 2504 ถึง พ.ศ. 2552

จากภาพที่ 4 พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับ พ.ศ. 2504 ถึง พ.ศ. 2552 มีลักษณะเป็นไปตามฤดูกาลของประเทศไทย โดยปริมาณฝนที่ตกจะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคม มากที่สุดในเดือนกันยายน และเดือนตุลาคม และจะมีปริมาณน้อยลงหลังเดือนตุลาคม

จากตารางที่ 4 พบว่า ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยโดยส่วนใหญ่มีระดับความแห้งแล้งในระดับปกติ และระดับใกล้ปกติ อย่างไรก็ตามยังพบว่า ความแห้งแล้งระดับปานกลาง และระดับรุนแรงยังมีอยู่หลายแห่งโดยเฉพาะความแห้งแล้งในระดับรุนแรง (ระดับ 4) ของเดือนที่ t, t-1 และเดือนที่ t-2 ซึ่งเกิดขึ้นถึง 34 ครั้ง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งมีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามลำดับไม่ก้าวกระโดด แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป

ตารางที่ 4 ค่าสังเกตความถี่ของระดับความแห้งแล้งจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับ
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t – 2	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t															
	1				2				3				4			
	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t – 1			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	216	3	0	0	21	23	0	0	0	1	0	0	0	3	3	3
2	19	21	1	1	6	127	11	0	0	18	8	0	0	1	3	5
3	1	1	0	0	0	16	6	0	0	2	9	1	0	0	0	26
4	1	0	0	0	0	3	3	5	0	2	1	3	0	4	6	34

หมายเหตุ: ระดับความแห้งแล้ง: 1, ปกติ; 2, ใกล้ปกติ; 3, ปานกลาง; 4, รุนแรง

ตอนที่ 2 ผลการวิจัยกรณีสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า

การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า ตามแนวทางของ Moreira et al. (2008)

กรณีที่ 2 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า โดยเริ่มจากตัวแบบเต็ม และเพิ่มพารามิเตอร์ที่สนใจทีละเทอม

โดยมีรายละเอียดสามารถอธิบายเป็นลำดับได้ดังนี้

กรณีที่ 1 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า ตามแนวทางของ Moreira et al. (2008)

ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i} I(i=j=k) \tag{1.1}$$

การสร้างตัวแบบบล็อกลิเนียร์สามมิติทางเลือกจากตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) สมการ (1.1) โดยการสร้างตัวแบบลดรูปจากตัวแบบ (1.1)ในรูปแบบต่าง ๆ บนตารางการจรค่าสังเกตความถี่ของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ตารางที่ 3) ได้ผลลัพธ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ จำนวนองศาอิสระและค่าของตัวสถิติทดสอบภาวะสารูปดี และดีเวียนส์ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ในการศึกษากรณีที่ 1 จำนวนองศาอิสระ และดีเวียนส์

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ในการศึกษากรณีที่ 1	d.f.	deviance
1.1	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	14.25
1.2	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	36	22.31
1.3	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	24.26
1.4	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	23.15
1.5	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	21.34
1.6	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	24.11
1.7	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	**36**	**19.25**
1.8	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	22.36
1.9	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	31.25
1.10	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	29.56
1.11	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	33.21
1.12	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	34.25
1.13	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	31.68
1.14	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	25.21

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ในการศึกษากรณีที่ 1	d.f.	deviance
1.15	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	40	39.97
1.16	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	40	32.45
1.17	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	40	42.79
1.18	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	40	27.72
1.19	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	40	37.52
1.20	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	40	29.87
1.21	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	40	31.02
1.22	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k)$	40	32.33

จากตารางที่ 5 ได้ทำการทดสอบภาวะสารูปดีด้วยตัวสถิติผลต่างของดีเวียนส์ (difference in deviances statistic) ณ ผลต่างขององศาอิสระ (d.f.) ที่สอดคล้องกับตัวแบบที่เปรียบเทียบ ภายใต้การแจกแจงแบบไคสแควร์ พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 1.7 มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มากกว่าตัวแบบลดรูปอื่นๆที่ทำการศึกษาในกรณีที่ 1

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 1.7

ตัวแบบเหมาะสม	Percentage Correct
$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	74.30

จากตารางที่ 6 พบว่า ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 1.7 สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 74.30

ตารางที่ 7 ความเหมาะสมของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 1.7

Criterion	Intercept and Covariates	p-value
-2 log L	19.25	
AIC	17.32	0.7929
BIC	16.24	

จากตารางที่ 7 พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 1.7 มีความเหมาะสม โดยให้ค่าของตัวสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาวะสารูปดี คือ G^2 หรือ -2logL, AIC BIC และ p-value เท่ากับ 19.25, 17.32, 16.24 และ 0.7929 ตามลำดับ

กรณีที่ 2 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า โดยเริ่มจากตัวแบบเต็ม และเพิ่มพารามิเตอร์ที่สนใจทีละเทอม

ตัวแบบบล็อกลิเนียร์สามมิติแบบเต็ม คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \lambda_{ijk}^{ABC} \quad (2.1)$$

การสร้างตัวแบบบล็อกลิเนียร์สามมิติทางเลือกจากตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติแบบเต็ม โดยการสร้างตัวแบบลดรูปในรูปแบบต่าง ๆ บนตารางการจรค่าสังเกตความถี่ของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตารางที่ 2 ได้ผลลัพธ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ จำนวนองศาอิสระและค่าของตัวสถิติทดสอบภาวะสารูปดี และคีเวียนส์ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติประเภท Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ของการศึกษากรณีที่ 2 พร้อมกับ จำนวนองศาอิสระและดีเวียนส์

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ในการศึกษากรณีที่ 2	d.f.	deviance
2.111	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.12
2.112	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)\ \ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	44.56
2.113	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)\ \ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.36
2.114	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	43.46
2.115	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	44.31
2.116	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	44.52
2.117	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.64
2.118	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.89
2.119	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.98
2.120	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	29.64
2.121	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	27.36
2.122	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	22.31

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ในการศึกษากรณีที่ 2	d.f.	deviance
2.123	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	**32**	**17.32**
2.124	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk\,j}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	19.35
2.125	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	18.73
2.126	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	39.25
2.127	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	29.64
2.128	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.64
2.129	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	19.64
2.130	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.64

จากตารางที่ 8 ได้ทำการทดสอบภาวะสารูปดีด้วยตัวสถิติผลต่างของดีเวียนส์ (difference in deviances statistic) ณ ผลต่างของงศาอิสระ (d.f.) ที่สอดคล้องกับตัวแบบที่เปรียบเทียบ ภายใต้การแจกแจงแบบไคสแควร์ พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 2.123 มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มากกว่าตัวแบบลดรูปอื่นๆที่ทำการศึกษาในกรณีที่ 2

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 2.123

ตัวแบบเหมาะสม	Percentage Correct
$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j = k) + \delta_{4i} I(i = j = k)$	85.72

จากตารางที่ 9 พบว่า ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 2.123 ที่ได้จากการวิจัยส่วนที่ 2 สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 85.72

ตารางที่ 10 ความเหมาะสมของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 2.123

Criterion	Intercept and Covariates	p-value
-2 log L	17.32	
AIC	16.48	0.9952
BIC	15.89	

จากตารางที่ 10 พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 2.123 ที่ได้จากการวิจัยส่วนที่ 2 มีความเหมาะสม โดยให้ค่าของตัวสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาวะสารูปดี คือ G^2 หรือ -2logL, AIC BIC และ p-value เท่ากับ 17.32, 16.48, 15.89 และ 0.9952 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉลียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 1 เดือนล่วงหน้า (การศึกษากรณีที่ 3)

ตารางที่ 11 ค่าสังเกตความถี่ของระดับความแห้งแล้งจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t-1	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t			
	1	2	3	4
1	237	27	0	0
2	25	169	23	4
3	1	20	18	6
4	1	5	4	34

จากตารางที่ 11 พบว่า ความถี่ของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจากเดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เกาะกลุ่มอยู่บริเวณเส้นทแยงมุม หรือการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งมีลักษณะเหมือนเดือนก่อนหน้า

ตัวแบบบล็อกลิเนียร์แบบเต็มสองมิติ คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} \qquad (3.1)$$

การสร้างตัวแบบบล็อกลิเนียร์สองมิติทางเลือกจากตัวแบบล็อกลิเนียร์สองมิติแบบเต็ม โดยการสร้างตัวแบบลดรูปในรูปแบบต่าง ๆ บนตารางการจรค่าสังเกตความถี่ของการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งจากเดือนที่ t-1และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ตารางที่ 10) ได้ผลลัพธ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ จำนวนองศาอิสระและค่าของตัวสถิติทดสอบภาวะสารูปดี และดีเวียนส์ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ กรณีทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 1 เดือน พร้อมกับ จำนวนองศาอิสระ และดีเวียนส์

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
3.1	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	6	20.24
3.2	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k$	**6**	**27.24**
3.3	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \delta_{li}\ I(i=j)$	6	21.24
3.4	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	6	22.35
3.5	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	6	22.14
3.6	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	6	22.50
3.7	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	6	21.89
3.8	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	6	22.44
3.9	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j$	8	31.21
3.10	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \alpha u_i w_k$	8	33.45
3.11	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k$	8	31.22
3.12	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k$	8	35.64
3.13	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k$	8	31.76
3.14	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	33.59
3.15	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	34.56
3.16	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \beta u_i v_j + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	33.88
3.17	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	32.34
3.18	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	32.36
3.19	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	32.14
3.20	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	32.67
3.21	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	35.69
3.22	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	34.67
3.23	$\log E_{ijk} = \lambda + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{li}\ I(i=j)$	8	33.41

จากตารางที่ 12 ได้ทำการทดสอบภาวะสารูปดีด้วยตัวสถิติผลต่างของดีเวียนส์ (difference in deviances statistic) ณ ผลต่างขององศาอิสระ (d.f.) ที่สอดคล้องกับตัวแบบที่เปรียบเทียบ ภายใต้การแจกแจงแบบไคสแควร์ พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 3.2 มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมากกว่าตัวแบบลดรูปอื่น ๆ ที่ทำการศึกษาในกรณีที่ 3

ตารางที่ 13 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 3.2

ตัวแบบเหมาะสม	Percentage Correct
$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k$	44.36

จากตารางที่ 13 พบว่า ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 3.2 สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 44.36

ตารางที่ 14 ความเหมาะสมของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 3.2

Criterion	Intercept and Covariates	p-value
-2 log L	27.24	
AIC	26.12	0.6321
BIC	25.89	

จากตารางที่ 14 พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 3.2 มีความเหมาะสม โดยให้ค่าของตัวสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาวะสารูปดี คือ G^2 หรือ -2logL, AIC BIC และ p-value เท่ากับ 27.24, 26.12 25.89 และ 0.6321 ตามลำดับ

ตอนที่ 4 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) (การศึกษากรณีที่ 4)

ตัวแบบล็อกลิเนียร์สำหรับการสร้างตัวแบบด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3i}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \qquad (2.1)$$

ผลจากการสร้างตัวแบบด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) พบตัวแบบที่มีความเหมาะสม ดังสมการ (4.1)

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \qquad (4.1)$$

ซึ่งเป็นตัวแบบเดียวกับตัวแบที่มีความเหมาะสมในการศึกษากรณีที่ 2

ตารางที่ 15 ประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 4.1

ตัวแบบเหมาะสม	Percentage Correct	deviance	p-value
$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	85.72	18.21	0.9952

จากตารางที่ 15 พบว่า ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 4.1 สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 85.72 ค่าของดีเวียนส์ เท่ากับ 18.21 และ p-value เท่ากับ 0.9952 ตามลำดับ

ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉลียงเหนือของประเทศไทย ทั้ง 4 กรณี

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทั้ง 4 กรณี

กรณี	model	Criterion			Percentages
		G^2	AIC	BIC	Correct
1	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	19.25	17.38	16.24	74.30
2	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	17.32	16.48	15.89	85.72
3	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k$	27.24	26.12	25.89	44.36
4	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	17.32	16.48	15.89	85.72

หมายเหตุ : ตัวแบบกรณี 2 และกรณี 4 เป็นตัวแบบเดียวกัน

จากตารางที่ 16 พบว่า ตัวแบบที่ได้จากการศึกษาในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 4 มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า เมื่อพิจารณาสถิติ G^2 หรือ -2logL AIC และ BIC ตัวแบบที่ได้จากการศึกษาในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 4 มีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่มีร้อยละของการพยากรณ์ถูกสูงที่สุด

ตอนที่ 6 การนำตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉลียงเหนือของประเทศไทย พยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉลียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน

ตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \quad (4.1)$$

การประมาณค่าคาดหวังความถี่ของแต่ละ cell ของตัวแบบข้างต้นสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย แสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 16

จากตารางที่ 17 พบว่า ค่าคาดหวังของค่าสังเกตในแต่ละ cell มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากข้อมูลจริง แสดงให้เห็นว่าตัวแบบ (4.1) ที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลตารางการจรการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

จากตารางที่ 18 พบว่า ค่าประมาณของ odds $\Omega_{34|ij} = E_{ij3} / E_{ij4}$ และช่วงเชื่อมั่น 95% สำหรับ odds ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การตีความหมายสามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ สำหรับระดับความแห้งแล้งของเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ มีระดับความแห้งแล้งที่ 4 (รุนแรง) และค่าประมาณของ odds $\Omega_{34|44} = 0.103$ มีช่วงเชื่อมั่น 95% คือ (0.002 , 1.698) ซึ่งคลุมค่า 1 หมายความว่า ถ้าเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ มีระดับความแห้งแล้งระดับรุนแรง (i=4,j=4) เดือนมีนาคมจะมีโอกาสเกิดระดับความแห้งแล้งระดับปานกลาง (k=3) และระดับรุนแรง (l=4) พอ ๆ กัน

ตารางที่ 17 ค่าสังเกตและค่าคาดหวังความถี่ของระดับความแห้งแล้ง จำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ระดับ ความแห้งแล้งเดือนที่ t – 2	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t															
	1				2				3				4			
	ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t – 1			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ค่าสังเกต																
1	216	3	0	0	21	23	0	0	0	1	0	0	0	3	3	3
2	19	21	1	1	6	127	11	0	0	18	8	0	0	1	3	5
3	1	1	0	0	0	16	6	0	0	2	9	1	0	0	0	26
4	1	0	0	0	0	3	3	5	0	2	1	3	0	4	6	34
ค่าความคาดหวัง																
1	215.62	2.36	0.12	0.00	20.87	24.56	0.02	0.00	0.21	1.23	0.02	0.00	0.00	3.05	3.06	3.01
2	17.26	21.32	2.34	1.08	6.54	126.54	10.22	0.00	0.31	17.89	7.87	0.21	0.51	1.62	3.18	5.46
3	0.96	2.13	0.33	0.11	0.22	14.35	5.59	0.00	0.04	2.11	9.63	1.55	0.21	0.03	0.32	25.96
4	0.88	0.86	0.21	0.01	0.06	2.88	4.21	5.63	0.06	2.31	1.14	3.68	0.32	4.56	6.01	35.62

หมายเหตุ: ระดับความแห้งแล้ง: 1, ปกติ; 2, ใกล้ปกติ; 3, ปานกลาง; 4, รุนแรง

ตารางที่ 18 ค่าประมาณของ Odds ($\Omega_{34|ij}$) และช่วงเชื่อมั่น สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับเดือนที่ t เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t-1 และ t-2

$\Omega_{34\|ij}$	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t-1			
ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t-2	1	2	3	4
1	24.561	0.403	0.007	0.003
	(12.482 , 65.561)	(0.222 , 1.684)	(0.001 , 1.642)	(0.001 , 1.332)
2	0.608	11.043	2.475	0.038
	(0.021 , 1.568)	(2.135 , 25.211)	(0.978 , 5.644)	(0.021 , 1.245)
3	0.190	70.333	30.094	0.060
	(0.002 , 1.854)	(20.314 , 94.254)	(15.622 , 56.421)	(0.029 , 1.558)
4	0.188	0.507	0.190	**0.103**
	(0.011 , 1.255)	(0.111 , 1.894)	(0.023 , 2.546)	**(0.002 , 1.698)**

หมายเหตุ : ในแต่ละ cell ค่าบนคือ ค่าประมาณของ odds ส่วนค่าล่างคือ ช่วงเชื่อมั่น 95 %ของ odds

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบระดับที่ได้จากค่าสังเกต และระดับจากการพยากรณ์ 1 เดือน และ 2 เดือนถัดไป (เดือนที่ t และ เดือนที่ t+1) เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือน ก่อนหน้า สำหรับเดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ 2552 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เดือน (พ.ศ 2552)	ระดับ ความแห้งแล้งเดือน		ระดับ ความแห้งแล้งเดือนที่ t		ระดับ ความแห้งแล้งเดือนที่ t+1	
	t-2	t-1	ค่าสังเกต	ค่าพยากรณ์	ค่าสังเกต	ค่าพยากรณ์
มกราคม	1	2	2	2	2	2
กุมภาพันธ์	2	2	2	2	**2**	**1**
มีนาคม	2	2	2	2	2	1
เมษายน	2	2	2	2	2	2
พฤษภาคม	2	2	2	2	2	2
มิถุนายน	2	2	2	2	2	2
กรกฎาคม	2	2	2	2	2	2
สิงหาคม	2	2	2	2	2	2
กันยายน	2	2	2	2	2	2
ตุลาคม	2	2	**2**	**1**	3	3
พฤศจิกายน	2	2	**3**	**2**	**2**	**1**
ธันวาคม	2	3	**2**	**1**	**3**	**2**

จากตารางที่ 19 พบว่า ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งของตัวแบบ 4.1 มีความเหมาะเป็นไปตามร้อยละของการพยากรณ์ถูก คือ ประมาณร้อยละ 85.72

ตอนที่ 7 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

ตัวแบบล็อกลิเนียร์สำหรับการสร้างตัวแบบด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3i}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \qquad (2.1)$$

ผลจากการสร้างตัวแบบด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) พบตัวแบบที่มีความเหมาะสมสำหรับจังหวัดขอนแก่น ดังสมการ (6.1)

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \qquad (6.1)$$

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 6.1

ตัวแบบเหมาะสม	Percentage Correct	deviance	p-value
$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	80.24	15.32	0.8631

จากตารางที่ 20 พบว่า ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 6.1 สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 80.24 ค่าของดีเวียนส์ เท่ากับ 15.32 และค่าของ p-value เท่ากับ 0.8631 ตามลำดับ

การประมาณค่าคาดหวังความถี่ของแต่ละ cell จากตัวแบบ (6.1)แสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าสังเกตและค่าคาดหวังความถี่ของระดับความแห้งแล้งจำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t สำหรับจังหวัดขอนแก่น

ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t − 2	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t															
	1				2				3				4			
	ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t − 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t − 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t − 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t − 1			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ค่าสังเกต																
1	239	13	0	0	27	19	2	0	2	2	1	0	1	0	0	1
2	27	20	2	0	6	88	4	0	1	7	3	1	0	3	2	2
3	2	1	1	0	1	11	4	0	0	1	11	1	0	0	4	10
4	0	0	0	0	0	1	3	2	0	1	6	10	0	0	3	27
ค่าความคาดหวัง																
1	240.54	12.54	0.00	0.00	26.99	18.94	2.54	0.00	2.45	2.54	1.02	0.01	1.54	0.02	0.01	1.24
2	26.53	22.32	2.35	0.00	5.64	89.54	4.44	0.00	1.22	6.77	2.97	1.22	0.03	2.66	2.45	2.55
3	2.13	1.11	0.89	0.00	0.98	10.22	4.35	0.00	0.02	1.11	10.24	1.09	0.01	0.08	4.22	10.64
4	0.05	0.13	0.01	0.00	0.00	1.56	3.52	1.98	0.01	1.02	5.67	11.25	0.04	0.06	3.66	26.47

หมายเหตุ: ระดับความแห้งแล้ง: 1, ปกติ; 2, ใกล้ปกติ; 3, ปานกลาง; 4, รุนแรง.

ตารางที่ 22 ค่าประมาณของ Odds ($\Omega_{34|ij}$) และช่วงเชื่อมั่น สำหรับจังหวัดขอนแก่น สำหรับเดือนที่ t เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t-1 และ t-2

$E_{34\|ij}$	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t-1			
ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t-2	1	2	3	4
1	1.591	127.121	102.231	0.008
	(0.987 , 3.245)	(89.754 , 154.643)	(80.647 , 130.254)	(0.002 , 0.664)
2	40.667	2.545	1.212	0.478
	(25.254 , 68.974)	(0.215 , 3.654)	(0.654 , 3.264)	(0.3254 , 1.264)
3	2.546	**13.875**	2.427	0.102
	(0.326 , 5.647)	**(5.647 , 25.699)**	(0.984 , 3.654)	(0.025 , 1.365)
4	0.254	17.564	1.549	0.425
	(0.125 , 1.658)	(8.947 , 25.644)	(0.687 , 3.2654)	(0.058 , 1.254)

หมายเหตุ : ในแต่ละ cell ค่าบนคือ ค่าประมาณของ odds ส่วนค่าล่างคือ ช่วงเชื่อมั่น 95% ของ odds

จากตารางที่ 21 พบว่า ค่าคาดหวังของค่าสังเกตในแต่ละ cell มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากข้อมูลจริง แสดงให้เห็นว่าตัวแบบ (6.1) ที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลตารางการจรการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งของจังหวัดขอนแก่น

จากตารางที่ 22 พบว่า ค่าประมาณของ odds $\Omega_{34|ij} = E_{ij3} / E_{ij4}$ และช่วงเชื่อมั่น 95% สำหรับ odds จังหวัดขอนแก่น การตีความหมายสามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ สำหรับระดับความแห้งแล้งของเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ มีระดับความแห้งแล้งที่ 3 (ปานกลาง) และ 2 (ใกล้ปกติ) ตามลำดับ (i = 3, j = 2) และค่าประมาณของ odds $\Omega_{34|32}$ = 13.875 มีช่วงเชื่อมั่น 95% คือ (5.647 , 25.699) ซึ่งไม่คลุมค่า 1 หมายความว่า ถ้าเดือนมกราคม มีระดับความแห้งแล้งที่ 3 (ปานกลาง) และเดือนกุมภาพันธ์ มีระดับความแห้งแล้งที่ 2 (ใกล้ปกติ)(i=3,j=2)เดือนมีนาคม จะมีโอกาสเกิดระดับความแห้งแล้งระดับปานกลาง (k=3) มากกว่า ระดับรุนแรง (l=4) 13.875 เท่า

ตอนที่ 8 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดนครราชสีมา ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

ตัวแบบล็อกลิเนียร์สำหรับการสร้างตัวแบบด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3i}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \quad (2.1)$$

ผลจากการสร้างตัวแบบด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) พบตัวแบบที่มีความเหมาะสมสำหรับจังหวัดนครราชสีมา ดังสมการ (7.1)

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k) \quad (7.1)$$

ตารางที่ 23 ประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์ ตัวแบบที่ 7.1

ตัวแบบเหมาะสม	Percentage Correct	deviance	p-value
$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} ++ \beta u_i v_j + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	82.34	17.22	0.8954

จากตารางที่ 23 พบว่า ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตัวแบบที่ 7.1 สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 82.34 ค่าของดีเวียนส์ เท่ากับ 17.22 และค่าของ p-value เท่ากับ 0.8954 ตามลำดับ

การประมาณค่าคาดหวังความถี่ของแต่ละcell จากตัวแบบ (7.1) แสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ค่าสังเกตและค่าคาดหวังความถี่ของระดับความแห้งแล้ง จำแนกตามการเปลี่ยนแปลงจากเดือนที่ t–2 เดือนที่ t-1 และเดือนที่ t จังหวัดนครราชสีมา

ระดับ ความแห้งแล้งเดือนที่ t – 2	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t															
	1				2				3				4			
	ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t – 1				ระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t – 1			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ค่าสังเกต																
1	238	20	0	0	10	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20	11	0	0	22	123	7	2	0	3	6	0	0	0	0	2
3	1	0	0	0	1	9	0	0	1	3	12	4	0	1	1	3
4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	1	0	0	5	36
ค่าความคาดหวัง																
1	238.25	20.31	0.00	0.00	10.36	21.32	2.14	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.24
2	20.48	12.11	0.00	0.00	22.41	123.24	7.83	1.98	0.02	3.67	5.97	0.02	0.03	0.06	0.02	2.46
3	1.13	0.02	0.00	0.00	0.98	9.34	0.03	0.00	1.02	3.51	12.44	4.09	0.01	1.08	1.22	3.21
4	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	1.64	0.20	0.36	0.01	4.22	1.57	1.25	0.04	0.06	5.84	36.57

หมายเหตุ: ระดับความแห้งแล้ง: 1, ปกติ; 2, ใกล้ปกติ; 3, ปานกลาง; 4, รุนแรง.

ตารางที่ 25 ค่าประมาณของ Odds ($\Omega_{34|ij}$) และช่วงเชื่อมั่น สำหรับจังหวัดนครราชสีมา ของเดือนที่ t เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง เดือนที่ t-1 และ t-2

$E_{34\|ij}$	ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t-1			
ระดับความแห้งแล้งเดือนที่ t-2	1	2	3	4
1	36.241	0.403	0.006	1.524
	(21.814 , 42.324)	(0.112 , 5.641)	(0.001 , 0.224)	(0.002 , 3.532)
2	0.608	11.043	2.475	0.038
	(0.121 , 2.021)	(5.214, 20.314)	(0.321 , 7.351)	(0.011 , 2.028)
3	0.194	70.333	30.094	0.060
	(0.006 , 0.321)	(30.241 , 80.321)	(12.345 , 50.361)	(0.003 , 0.321)
4	**0.188**	0.507	0.190	0.103
	(0.006 , 0.364)	(0.012 , 1.364)	(0.032 , 0.234)	(0.051 , 0.354)

หมายเหตุ : ในแต่ละ cell ค่าบนคือ ค่าประมาณของ odds ส่วนค่าล่างคือ ช่วงเชื่อมั่น 95 %ของ odds

จากตารางที่ 24 พบว่า ค่าคาดหวังของค่าสังเกตในแต่ละ cell มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากข้อมูลจริง แสดงให้เห็นว่าตัวแบบ (7.1) ที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลตารางการจรการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งของจังหวัดนครราชสีมา

จากตารางที่ 25 พบว่าค่าประมาณของ odds $\Omega_{34|ij} = E_{ij3} / E_{ij4}$ และช่วงเชื่อมั่น 95% สำหรับจังหวัดนครราชสีมา การตีความหมายสามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ สำหรับระดับความแห้งแล้งของเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ มีระดับความแห้งแล้งที่ 4 (รุนแรง) และ 1 (ปกติ) ตามลำดับ (i=4, j =1) และค่าประมาณของ odds $\Omega_{34|41} = 0.188$ มีช่วงเชื่อมั่น 95% คือ (0.006 , 0.364) ซึ่งไม่คลุมค่า 1 แสดงว่า ถ้าเดือนมกราคม มีระดับความแห้งแล้งที่ 4 (รุนแรง) และเดือนกุมภาพันธ์ มีระดับความแห้งแล้งที่ 1 (ปกติ) (i=4, j=1) เดือนมีนาคม จะมีโอกาสเกิดระดับความแห้งแล้งระดับปานกลาง (k=3) มากกว่า ระดับรุนแรง (l=4) 0.188 เท่า หมายความว่า ในเดือนมีนาคมมีโอกาสเกิดความแห้งแล้งระดับรุนแรงมากกว่าระดับปานกลางถึง 5.32 เท่า

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์ ภายใต้ SPI ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เสนอตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง เป็นรายเดือนล่วงหน้า เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา 2) พยากรณ์ลักษณะของความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ข้อมูลดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง (SPI) ที่แปลงมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2505 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 รวม 588 เดือน โดยตัวแบบที่ใช้ในการศึกษาเป็นตัวแบบล็อกลิเนียร์ประเภท Quasi Association สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ถึงแม้ว่าโดยส่วนใหญ่มีระดับความแห้งแล้งในระดับปกติ และระดับใกล้ปกติ แต่ยังพบความแห้งแล้งระดับปานกลาง และระดับรุนแรงอยู่หลายแห่ง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามลำดับไม่ก้าวกระโดด แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป และเมื่อพิจารณาความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา มีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่พบความแห้งแล้งระดับปานกลางและระดับรุนแรงหนาแน่นมากกว่าในระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมามีลักษณะค่อยเป็นค่อยไปเช่นเดียวกัน

2. การพิจารณาหาตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย กรณีทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ในการศึกษากรณีที่ 1 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า ตามแนวทางของ Moreira et al. (2008) พบว่า ตัวแบบตามแนวทางของ Moreira et al. (2008) เมื่อใช้กับข้อมูลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สามารถลดรูปจากตัวแบบตามแนวทางของ Moreira et al. (2008) ได้ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของการทำนายถูกเท่ากับ 74.25 โดยตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง เป็นรายเดือนล่วงหน้าเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ในการศึกษากรณีที่ 1 คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$$

3. การพิจารณาหาตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย กรณีทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ในการศึกษากรณีที่ 2 การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนล่วงหน้า โดยเริ่มจากตัวแบบเต็ม และเพิ่มพารามิเตอร์ที่สนใจทีละเทอม พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในการศึกษากรณีที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ของการทำนายถูกเท่ากับ 85.42 โดยตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง เป็นรายเดือนล่วงหน้า เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือนในการศึกษากรณีที่ 2 คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$$

4. การพิจารณาหาสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 1 เดือนล่วงหน้า โดยเริ่มจากตัวแบบเต็ม และเพิ่มพารามิเตอร์ที่สนใจทีละเทอม พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 1 เดือนก่อนหน้า มีเปอร์เซ็นต์ของการทำนายถูกเท่ากับ 44.31 โดยตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งล่วงหน้าเมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 1 เดือน หรือการศึกษากรณีที่ 3 คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k$$

5. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise)หรือการศึกษากรณีที่ 3 ผลการศึกษา พบว่า ตัวแบบที่มีความเหมาะสม คือ ตัวแบบเดียวกับตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในการศึกษากรณีที่ 2

6. การเปรียบเทียบตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นรายเดือนล่วงหน้า เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า พบว่า ตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่ได้จากการสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากการศึกษากรณีที่ 2 และการศึกษากรณีที่ 4 มีความเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 26 ตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทั้ง 4 กรณี

กรณี	model	Criterion			Percentages
		G^2	AIC	BIC	Correct
1	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k$ $+ \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k)$ $+ \delta_{4i} I(i=j=k)$	19.25	17.38	16.24	74.30
2	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC}$ $+ \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k)$ $+ \delta_{4i} I(i=j=k)$	17.32	16.48	15.89	85.72
3	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k$	27.24	26.12	25.89	44.36
4	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC}$ $+ \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k)$ $+ \delta_{4i} I(i=j=k)$	17.32	16.48	15.89	85.72

หมายเหตุ : ตัวแบบกรณี 2 และกรณี 4 เป็นตัวแบบเดียวกัน

7. การประมาณค่าคาดหวังความถี่ของแต่ละ cell ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้ง 2 เดือนก่อนหน้า พบว่า ค่าคาดหวังของค่าสังเกตในแต่ละ cell มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากข้อมูลจริง แสดงให้เห็นว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลตารางการจรการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และค่าประมาณของ odds และช่วงเชื่อมั่น 95% สำหรับ odds แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีนัยสำคัญทางสถิติหลายแห่ง โดยเป็นการเปลี่ยนระดับแบบตามลำดับมากกว่าการเปลี่ยนแปลงแบบก้าวกระโดด

8. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) โดยตัวแบบที่มีความเหมาะสม คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$$

9. การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในจังหวัดนครราชสีมา ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) โดยตัวแบบที่มีความเหมาะสม คือ

$$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + + \beta u_i v_j + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$$

ตารางที่ 27 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่เหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ของจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดนครราชสีมา

จังหวัด	ตัวแบบเหมาะสม	Percentages Correct	deviance	p-value
ขอนแก่น	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	80.24	15.32	0.8631
นครราชสีมา	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + + \beta u_i v_j + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	82.34	17.22	0.8954

10. การประมาณค่าคาดหวังความถี่ของแต่ละ cell ของตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้ง ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา พบว่า ค่าคาดหวังของค่าสังเกตในแต่ละ cell มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากข้อมูลจริง แสดงให้เห็นว่าตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลตารางการจรการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา และค่าประมาณของ odds และช่วงเชื่อมั่น 95% สำหรับ odds แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงระดับความแห้งแล้งในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมาที่มีนัยสำคัญทางสถิติ หลายแห่ง โดยเป็นการเปลี่ยนระดับแบบตามลำดับมากกว่าการเปลี่ยนแปลงแบบก้าวกระโดด

อภิปรายผล

จากผลสรุปของการวิจัยสามารถอภิปรายได้ ดังนี้

การใช้ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ ตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) (การศึกษากรณีที่ 1) ซึ่งเป็นตัวแบบที่สร้างจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในบริเวณ Alentejo ในประเทศโปรตุเกสมาการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่า หากเริ่มต้นด้วยตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) และทำการลดรูปในรูปแบบต่าง ๆ กับข้อมูลระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สามารถลดรูปได้ นั่นคือ ไม่มีความจำเป็นที่จะใช้ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) ในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือก็ได้ นั่นคือตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) อาจไม่ใช่ตัวแบบที่ดีที่สุดสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เพื่อเป็นหาตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จึงทำการสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ประเภท Quai Association ซึ่งเป็นตัวแบบประเภทเดียวกันตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) แต่ในการศึกษาในส่วนถัดมาเริ่มต้นจากตัวแบบเต็มที่ตัดเทอมอิทธิพลร่วมสามปัจจัย และเพิ่มเทอมพารามิเตอร์ที่สนใจทีละเทอม (การศึกษากรณีที่ 2)ซึ่งเป็นวิธีตรงกันข้ามกับการใช้ตัวแบบตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) ซึ่งเริ่มต้นจากตัวแบบที่เหมาะสมกับพื้นที่อื่น และทำการลดพารามิเตอร์ทีละเทอม ผลการศึกษายืนยันว่าตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คือ ตัวแบบในรูปแบบที่แตกต่างกับตัวแบบตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) แต่เป็นตัวแบบประเภทเดียวกัน คือ ตัวแบบล็อกลิเนียร์ประเภท Quai

Association ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีเทอมอิทธิพลร่วมสองปัจจัยปรากฏอยู่ ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่สำคัญในการทำให้ร้อยละของการพยากรณ์ถูกสูงกว่าการใช้ตัวแบบตามแนวคิดของ Moreira et al. (2008) พยากรณ์ และเมื่อทำการศึกษากรณีทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 1 เดือน (การศึกษากรณีที่ 3)พบว่า ตัวแบบที่ได้มีประสิทธิภาพน้อยกว่า ตัวแบบจากการศึกษากรณีที่ 2

การสร้างตัวแบบล็อกลิเนียร์ที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน ด้วยวิธีการเลือกพารามิเตอร์แบบขั้นตอน (stepwise) (การศึกษากรณีที่ 4)ทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับวิธีเลือกตัวแบบ โดยอาศัยค่าผลต่างดีเวียนส์ (difference in deviances) ผลการศึกษา พบว่า เป็นตัวแบบเดียวกับตัวแบบที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระดับความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ล่วงหน้ารายเดือน เมื่อทราบระดับความแห้งแล้งก่อนหน้า 2 เดือน (กรณีที่ 2 และ 4)

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้ได้เสนอตัวแบบล็อกลิเนียร์ตัวแบบใหม่ สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือและจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งให้ความถูกต้องในการพยากรณ์ในระดับค่อนข้างน่าพอใจ (85.75%, 80.24%, 82.34%) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใช้เพียง SPI จากปัจจัยของปริมาณน้ำฝนเพียงอย่างเดียว อาจยังไม่เพียงพอ อาจเพิ่มปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาช่วยพยากรณ์ผลลัพธ์ของความแห้งแล้งต่อไปได้

2. จากผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้ พบว่า ช่วงความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ odds ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่ยังมีค่าคลุม 1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานค่อนข้างสูง ทำให้ค่ามีช่วงกว้าง นอกจากนี้จากข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนที่นำมาวิจัยนี้มีค่าแปรปรวนสูงมากด้วย ในงานวิจัยครั้งต่อไปหรือการนำไปใช้จริง จึงควรมีการตรวจสอบหรือการทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูลเบื้องต้นด้วย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมอุตุนิยมวิทยา. ความแห้งแล้ง [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 20 กันยายน 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.tmd.go.th/index.php

วีรานันท์ พงศาภักดี. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่ม: ทฤษฎีและการประยุกต์ (กับ GLIM และ SPSS/FW). พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2541.

สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ศูนย์ข้อมูลข้อสนเทศ. พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 20 กันยายน 2552. เข้าถึงได้จาก http://negistda.ac.th.htm

ภาษาต่างประเทศ

Agresti,A. Categorical Data Analysis . New York : J.Wiley & Sons , Inc., 1990.

Calanca, Pierluigi. "Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes?." Journal of Hydrology 57 (2007) : 151-160.

Goodman, L.A. "Simple model for the analysis of association in cross classifications having ordered categories." Journal of Royal Statistcal Society 74 (1968) : 537-552.

Huang, Wen-Cheng., and Chia-Ching. Chou. "Risk-based drought early warning system in reservoir operation." Journal of Hydrology 31 (2008) : 649-660.

Pearson, Karl A. The Analysis of Contingency Tables. Londen : Chapmm & Hall., 1990.

Moreira, Elsa E. et al. "Analysis of SPI drought class transitions using loglinear models." Journal of Hydrology 331 (2006) : 349-359.

Moreira, Elsa E. et al. "SPI-based drought category prediction using loglinear models." Journal of Hydrology 354 (2008) : 116-130.

Lawal, H.B. "Categorical Data Analysis with SAS and SPSS and Applications." Journal of Applied Statistics 31 (2004) : 57-68.

McCulloch, Charles.E., C.E. Kally,and S.R. Searle. Generalized, Linear, and Mixed Models. New York: Wiley. 2001.

Mckee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist. " The relationship of drought frequency and duration to time scales." Journal of Hydrology 354 (2008) : 116-130.

Negassa, A., and J.A. Hanlay. "The Study Power in Binary Outcome Analysis: A. Simulation Study." Comtemporary Clinical Trials 28 (2007) : 242-248.

Nelder, J.A. Loglinear models for contingency tables: a generalization of classical least squares. Applied Statistics. New York : Wiley. 1974.

Nebraska-Lincoin University. Standardized Precipitation Index [Online]. Accessed 24 November 2009. Available from http://www.drought.unl.edu

Pierluigi, Calanca. "Climate change and drought occurrence in the Alpine region: How severe are becoming the extremes ?." Journal of Hydrology 57 (2006) : 151-160.

Paulo, A.A. et al. " Drought class transition analysis through Markov and Loglinear models, an approach to early warning." Agricultural Water management 77 (2005) : 59-81.

Paulo, A.A., and L.S Pereira. "Prediction of SPI drought class transitions using Markov chains." Water International 31 (2006) : 23-35.

Paulo, A,A., L.S. Pereira, and P.G. Matias. "Analysis of local and regional droughts in southern Portugal using the theory of runs and the Standardized." Water International 28 (2003) : 65-68.

Sharma, T. C. "Estimation of drought severity on independent and dependent hydrologic series." Water Resources Management 11 (1997) : 35-50.

Sivakumar, M.V.K., and D.A. Wilhite. "Drought Preparedness and drought management.In: Drought Mitigation and Prevention of Land Desertifiion." Water Resources Management 16 (2002) : 72-76.

Stokes, M.E., C.S. Davis, and G.G. Koch. Categorical Data Analysis Using the SAS System. 2 nd ed. : SAS Institute Inc. 2002.

Wen Cheng Huang and Chia Ching Chou. "Risk-based drought early warning system in reservoir operation." Journal of Hydrology 9 (2007) : 37-45.

Wilk, S.S. "The Large-Sample Distribution of the Likelihood Ratio for Testing Composite Hypotheses." Journal of Hydrology 9 (1938) : 60-62 .

ภาคผนวก

ตารางที่ 28 ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association ในรูปแบบต่าง ๆ ของการศึกษากรณีที่ 2 ทั้งหมดพร้อมกับ จำนวนองศาอิสระและดีเวียนส์

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.1	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	21.35
2.2	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k)$	24	23.65
2.3	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	25.64
2.4	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	28.34
2.5	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	26.57
2.6	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	28.31
2.7	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	31.26
2.8	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	32.31
2.9	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	25.21
2.10	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	24	26.54

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.11	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	24	25.68
2.12	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	24	23.64
2.13	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	24	31.26
2.14	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	24	32.34
2.15	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	24	34.21
2.16	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	28	31.25
2.17	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	32.68
2.18	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	28.69
2.19	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	27.35
2.20	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	28.39
2.21	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	29.31
2.22	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	24.25
2.23	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	25.64

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.24	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	28.69
2.25	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	26.38
2.26	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	29.34
2.27	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	26.31
2.28	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$	28	25.26
2.29	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.37
2.30	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	26.25
2.31	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.35
2.32	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.35
2.33	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.36
2.34	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	30.23
2.35	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.67
2.36	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.36
2.37	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	30.32

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.38	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.65
2.39	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.64
2.40	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	29.36
2.41	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	30.25
2.42	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	32.25
2.43	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	31.35
2.44	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.54
2.45	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.67
2.46	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.89
2.47	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	27.84
2.48	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	29.34
2.49	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	31.26
2.50	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	33.26
2.51	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	31.32

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.52	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.35
2.53	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	27.68
2.54	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	29.35
2.55	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.01
2.56	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.36
2.57	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	27.14
2.58	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.94
2.59	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	27.81
2.49	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.35
2.50	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	29.64
2.51	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	27.29
2.52	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.39
2.54	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.34

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.55	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	31.28
2.56	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.68
2.57	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	30.21
2.58	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	31.58
2.59	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	32.59
2.60	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	31.64
2.61	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	31.87
2.62	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	31.11
2.63	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	26.54
2.64	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	26.87
2.65	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	25.34
2.66	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	27.89

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.67	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	26.98
2.68	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.69
2.69	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.46
2.70	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.54
2.71	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.67
2.72	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.34
2.73	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	27.65
2.74	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.47
2.75	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.87
2.76	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	27.68
2.77	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.86

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.78	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.97
2.79	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	29.87
2.80	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.67
2.81	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	29.67
2.82	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	28.34
2.83	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.47
2.84	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	25.37
2.85	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.48
2.86	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	26.34
2.87	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	28	25.14

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.88	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	24.31
2.89	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	26.34
2.90	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	21.35
2.91	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.64
2.92	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	27.31
2.93	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	29.35
2.94	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	21.34
2.95	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	22.36
2.96	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	25.64
2.97	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	28	28.34
2.98	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	32	29.64

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.99	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	26.34
2.100	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	28.64
2.101	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	24.65
2.102	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	25.37
2.103	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	27.44
2.104	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	26.34
2.105	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	27.54
2.106	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	26.14
2.107	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	27.68
2.108	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	26.34
2.109	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k)$	32	27.58
2.110	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	26.49
2.111	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.12
2.112	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)\ \ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	44.56
2.113	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)\ \ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.36

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.114	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	43.46
2.115	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	44.31
2.116	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	44.52
2.117	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.64
2.118	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.89
2.119	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	45.98
2.120	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	29.64
2.121	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	27.36
2.122	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	22.31
2.123	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	17.32
2.124	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk\,j}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	19.35
2.125	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	18.73
2.126	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	39.25
2.127	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	29.64
2.128	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.64

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.129	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	19.64
2.130	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.64
2.131	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	29.64
2.132	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.34
2.133	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	29.81
2.134	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.36
2.135	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.64
2.136	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	29.64
2.137	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	27.35
2.138	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.64
2.139	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	29.31
2.140	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	27.64
2.141	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	26.97
2.142	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	27.11
2.143	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.64

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.144	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	27.59
2.145	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	24.67
2.146	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	25.64
2.147	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	28.47
2.148	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	26.31
2.149	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	21.33
2.150	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	21.25
2.151	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	25.36
2.152	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	24.31
2.153	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	28.31
2.154	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	26.23
2.155	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	24.58
2.156	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	23.31
2.157	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	25.41
2.158	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	32	23.67

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.159	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	27.58
2.160	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	26.31
2.161	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	24.31
2.162	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC}{}_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	28.34
2.163	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC}{}_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	26.34
2.164	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	21.35
2.165	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	22.14
2.166	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	23.14
2.167	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	26.45
2.168	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	24.31
2.169	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	25.67
2.170	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k)$ $+ \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	22.31

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.171	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	24.36
2.172	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	32	25.31
2.173	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	36	26.31
2.174	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	21.34
2.175	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	23.68
2.176	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	24.17
2.177	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	28.94
2.178	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	24.65
2.179	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	21.37
2.180	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	22.47
2.181	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	23.68
2.182	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	24.15
2.183	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	26.34
2.184	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j)$	36	27.15
2.185	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	24.36

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.186	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	21.36
2.187	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k\ \delta_{4i} + I(i=j=k)$	36	25.64
2.188	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k\ \ \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	28.47
2.189	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	26.48
2.190	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	28.64
2.191	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	28.69
2.192	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k\ \ \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	24.75
2.193	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	21.36
2.194	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	26.65
2.195	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{3j}\ I(j=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	24.77
2.196	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\ I(j=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	28.39
2.197	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\ I(j=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	26.34
2.198	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\ I(j=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	28.27
2.200	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\ I(j=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	23.66
2.201	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j}\ I(j=k) + \delta_{4i}\ I(i=j=k)$	36	21.47

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.202	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	21.37
2.203	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	25.89
2.204	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	24.57
2.205	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	29.64
2.206	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	27.55
2.207	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	28.47
2.208	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	29.54
2.209	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	24.63
2.210	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	21.35
2.211	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	22.35
2.212	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	26.45
2.213	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	27.58
2.214	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	29.56
2.215	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	27.48
2.216	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	27.55

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.217	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	24.68
2.218	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	27.58
2.219	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	26.98
2.220	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	23.56
2.221	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	27.15
2.222	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	26.14
2.223	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	25.34
2.224	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	27.35
2.225	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	28.36
2.226	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	29.47
2.227	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	26.31
2.228	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + + \lambda_{ik}^{AC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	24.58
2.229	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	25.63
2.230	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	21.44
2.231	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	36	25.87

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.232	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	25.66
2.231	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	28.47
2.232	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	21.68
2.233	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	26.31
2.234	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	24.22
2.235	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	27.35
2.236	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	24.68
2.237	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	25.48
2.238	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	26.35
2.239	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	36	27.41
2.240	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k$	40	27.33
2.241	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	26.41
2.242	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	27.14
2.243	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	23.14
2.244	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	21.54

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.245	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	31.25
2.246	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	29.68
2.247	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	31.20
2.248	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	31.26
2.249	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k$	40	28.64
2.250	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	29.25
2.251	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	29.64
2.252	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	28.15
2.253	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	27.68
2.254	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	28.64
2.255	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	29.31
2.256	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	28.66
2.257	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	27.45
2.258	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	28.31
2.259	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{3j}\ I(j = k) + \delta_{4i}\ I(i = j = k)$	40	29.11

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.260	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \alpha u_i w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	31.24
2.261	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	32.58
2.262	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	36.14
2.263	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	31.25
2.264	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	32.25
2.265	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	28.64
2.266	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	25.36
2.267	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	27.21
2.268	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \beta u_i v_j + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	24.58
2.269	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	26.58
2.270	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	29.64
2.271	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	25.67
2.272	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	28.71
2.273	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	28.64
2.274	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	29.54

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.275	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{jk}^{BC} + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	25.47
2.276	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	26.74
2.277	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	28.96
2.278	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	24.57
2.279	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	26.34
2.280	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	21.35
2.281	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ik}^{AC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	24.35
2.282	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	26.31
2.283	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	27.31
2.284	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	25.84
2.285	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	23.14
2.286	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_{ij}^{AB} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	24.87
2.287	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	23.14
2.288	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	26.47
2.289	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i}\, I(i=j) + \delta_{2i}\, I(i=k) + \delta_{3j}\, I(j=k) + \delta_{4i}\, I(i=j=k)$	40	25.27

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแบบที่	ตัวแบบล็อกลิเนียร์สามมิติ แบบ Quasi Association	d.f.	deviance
2.290	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_k^C + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	40	23.14
2.291	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	40	25.68
2.292	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_i^A + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	40	24.57
2.293	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_j^B \ \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	40	21.35
2.294	$\log E_{ijk} = \lambda + \lambda_{jk}^{BC} + \beta u_i v_j + \alpha u_i w_k + \eta v_j w_k + \tau u_i v_j w_k + \delta_{1i} I(i=j) + \delta_{2i} I(i=k) + \delta_{3j} I(j=k) + \delta_{4i} I(i=j=k)$	40	24.35

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล นายวิสูตร สาลี

ที่อยู่ 3/3 หมู่ 6 ซอยวังตะกู หมู่ 6 ซอย 9 ถนนมาลัยแมน
ตำบลวังตะกู อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2549 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต วิชาเอกสถิติ
จากมหาวิทยาลัยศิลปากร

พ.ศ.2550 ศึกษาต่อระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ
ประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร