การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ

นางสาวพจนารถ วินิจพิทยากุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

ECONOMIC CAPITAL VALUATION FOR CATASTROPHE RISK

Miss Pojjanart Vinijpitayakul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Insurance
Department of Statistics
Faculty of Commerce and Accountancy
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ
โดย	นางสาวพจนารถ วินิจพิทยากุล
สาขาวิชา	การประกันภัย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เสาวรส ใหญ่สว่าง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วัลภา ประกอบผล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.พรรณรัตน์ ก้วยเจริญพานิชก์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พจนารถ วินิจพิทยากุล : การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ. (ECONOMIC CAPITAL VALUATION FOR CATASTROPHE RISK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์, 93 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติคือน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว โดยวิธีแบบจำลองคณิตศาสตร์ประกันภัยใช้การจำลองตัวแปรสุ่มด้วย เกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา แยกตามภัยทั้งในด้านค่าเฉลี่ยความเสียหายและจำนวนครั้งที่เกิดความเสียหาย จากนั้นประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงและค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ต่างกัน พร้อมทั้งเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ค่าสินไหมทดแทนและจำนวนครั้งที่เกิดความเสียหายที่ได้รับรายงานของภัยพิบัติที่กล่าวไว้ข้างต้นของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2555

ผลการวิจัยพบว่า เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติทุกภัยรวมกันโดยการจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะมีมูลค่าสูงกว่าการจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลาและเกาซ์เซียนคอปปูลา เมื่อใช้วิธีการประเมินด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย และวิธีมูลค่าความเสี่ยงถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย เนื่องจากกัมเบลคอปปูลาเป็นคอปปูลาสุดขีดและสะท้อนความสัมพันธ์ส่วนหางได้ดี เมื่อประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติพบว่า วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินจะมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าวิธีมูลค่าความเสี่ยง เนื่องจากวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเหมาะกับความเสี่ยงขนาดใหญ่และเหตุการณ์สุดขีด ดังนั้นบริษัทประกันภัยที่ต้องการลดโอกาสที่บริษัทจะไม่สามารถชดใช้ค่าสินไหมทดแทนให้แก่ผู้เอาประกันภัยให้น้อยลงไปอีก จึงควรดำรงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสาตร์ตามวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การประกันภัย ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5481621826 : MAJOR INSURANCE
KEYWORDS: CATASTROPHE RISK / COPULAS / AGGREGATE LOSS MODEL / ECONOMIC CAPITAL

POJJANART VINIJPITAYAKUL: ECONOMIC CAPITAL VALUATION FOR CATASTROPHE RISK. ADVISOR: ASSOC. PROF.THITAVADEE CHAIYAWAT, Ph.D., 93 pp.

The purpose of research is to assess economic capital for catastrophe risk which is losses due to flood, storm and earthquake by applying actuarial model. The simulation of random variables which are severity and number of claims has been extended to 3 copulas; Gaussian copula, Student's t copula and Gumbel copula. The study aims to present two approaches to determine economic capital in each difference confidence level. The first is Value at Risk (VaR) and the second is Expected Shortfall (ES). The observed data are claim amount and number of reported claims classified by transaction from 2005 to 2012 of a non-life insurance company.

The result shows that the aggregate losses of catastrophe risk modelling by Gumbel copula required highest capital when evaluate economic capital by Expected Shortfall, weighted average last 2 years Expected shortfall and weighted average last 2 years Value-at-Risk because Gumbel copula is extreme copula which can capture the dependence of loss in the tails. The result also showed that evaluating economic capital for catastrophe risk by Expected Shortfall required higher capital than Value at Risk. As Expected Shortfall is suitable for large risk exposure and extreme events, insurance company should consider using Expected Shortfall to assess economic capital in order to reduce a chance that the company cannot pay claims for catastrophe risk when it occurs.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Statistics Student's Signature .....

Field of Study: Insurance Advisor's Signature .....

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ คำปรึกษาแนะนำ และข้อมูลที่มีประโยชน์จากผู้มีพระคุณดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และประสบการณ์ต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัย เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคอยติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เสาวรส ใหญ่สว่าง รองศาสตราจารย์ วัลภา ประกอบผล และดร.พรรณรัตน์ ก้วยเจริญพานิชก์ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาแนะนำ ตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.อนุภาพ สมบูรณ์สวัสดี ที่ให้คำปรึกษา ทางสถิติและชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ผู้วิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณอำนาจ โล่สุวรรณ คุณนรรัฐ จินนิกร คุณกรกฎ วัฒนวีร์ คุณนริศา ธรรมวีระพงศ์ เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และคอยเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา รวมถึงผู้ให้การสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนและคอยช่วยเหลือผู้วิจัยในทุก ๆ ด้านด้วยดีเสมอมา ตลอดจนสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 13

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 13

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 16

1.3 ขอบเขตงานการวิจัย 16

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย 16

1.5 คำจำกัดความของการวิจัย 17

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 17

1.7 วิธีการดำเนินงาน 17

1.8 สมมติฐานงานวิจัย 18

1.9 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย 18

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 19

2.1. เงินกองทุน และ เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ 19

2.1.1 เงินกองทุน (Capital) 19

2.1.2 เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Capital) 20

2.2. กระบวนการแจกแจงความเสียหาย (The Loss Distribution Approach (LDA)) 20

2.2.1 การแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) 21

ก. การแจกแจงปัวซง (Poisson Distribution) 21

ข. การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution) 22

ค. การแจกแจงโคชี (Cauchy Distribution) 23

2.2.2 การแจกแจงความเสียหาย (Loss Distribution) 24

ก. การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution) 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ข. การแจกแจงล็อกนอร์มอล (Lognormal Distribution) 24
ค. การแจกแจงพาเรโต (Pareto Distribution) 25
ง. การแจกแจงโลจิสติก (Logistic Distribution) 27
จ. การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution) 28
ฉ. การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution) 28
2.2.3 ตัวแบบการรวมความเสียหาย (Aggregate Loss Model) 29
2.3. การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) 31
2.4. วิธีวัดความเสี่ยง (Risk Measurement) 33
2.4.1 มูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)) 33
2.4.2 ค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall (ES)) 34
2.5. คอปปูลา (Copula) 34
2.5.1 ทฤษฎีบทของ Sklar (McNeil, Frey et al. 2005) 36
2.5.2 กลุ่มอีลิปติเคิล (Ellipticle Copulas) 37
ก. เกาซ์เซียนคอปปูลา(Guassian Copula) 37
ข. สติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student's t Copula) 37
2.5.3 กลุ่มอาร์คีมีเดียน (Archimedean Copulas) 38
2.6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
2.6.1 งานวิจัยในต่างประเทศ 38
2.6.2 งานวิจัยในประเทศไทย 41
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 42
3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 42
3.2 ข้อมูลที่นำมาคำนวณ 43
3.2.1 ประเภทภัยของความเสียหาย 43
3.2.2 มูลค่าสินไหมทดแทนจ่าย (Paid Losses) 43
3.2.3 เงินสำรองสำหรับความเสียหายที่บริษัทรับทราบแล้ว (Case Reserve) 43
3.2.4 จำนวนครั้งที่เกิดความเสียหายที่ได้รับรายงาน (Reported Claim Count) 44
3.2.5 จำนวนปี (Forecast horizon indicate) 44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.3 การเตรียมข้อมูล 44
3.3.1 ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Average Claim Incurred) 44
3.3.2 จำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน (Reported Claim Count) 47
3.4 การประมาณค่าข้อมูล 49
3.4.1 วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation (MLE)) 49
3.4.2 การทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) 51
3.5 การจำลองข้อมูล 52
3.6 การคำนวณมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)) 53
3.7 การคำนวณค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall (ES)) 53
3.8 การจำลองคอปปูลา 54
3.8.1 ขั้นตอนของการจำลองอีลิปติเคิลคอปปูลา (Ellipticle Copulas) 54
3.8.2 ขั้นตอนของการจำลองอาร์คีมีเดียนคอปปูลา (Archimedean Copulas) 55
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 56
4.1 ผลฟังก์ชันการแจกแจงและค่าประมาณพารามิเตอร์ของข้อมูลความเสียหายของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ 56
4.2 ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ($\boldsymbol{\rho}$) ของความสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน 61
4.3 ผลการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง 62
4.4 ผลการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน 68
4.5 ผลการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา 73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 80
5.1 สรุปผลการวิจัย 80
5.1.1 สรุปผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้วิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ 80

หน้า

5.1.2 สรุปเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติด้วยวิธีการจำลองตัวแปรสุ่ม เกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา 83

5.2 อภิปรายผลวิจัย 83

5.3 ข้อเสนอแนะ 88

รายการอ้างอิง 89

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 สรุปเหตุการณ์ความเสียหายทางธรรมชาติ 6 อันดับแรกของโลกในปี ค.ศ. 2012 13
ตารางที่ 1.2 เหตุการณ์มูลค่าความเสียหายสูงสุด 5 อันดับแรกระหว่างปี ค.ศ. 1970-2012 14
ตารางที่ 3.1 แสดงชื่อย่อของประเภทภัยของความเสียหาย (Risk Type) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท 43
ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Average Claim Incurred) ของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012 45
ตารางที่ 3.3 ปัจจัยพัฒนาการของค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Development Factors of Average Claim Incurred) ของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012 46
ตารางที่ 3.4 จำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน (Reported Claim Count) ของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012 47
ตารางที่ 4.1 แสดงการแจกแจงข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลความเสียหายของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ 57
ตารางที่ 4.2 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์กรณีไม่นำการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิคคอปปูลามาประยุกต์ใช้ในการคำนวณเงินกองทุน 60
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ของความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน 61
ตารางที่ 4.4 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของเกาซ์เซียนคอปปูลา วิธีมูลค่าความเสี่ยง 63
ตารางที่ 4.5 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของสติวเดนท์ทีคอปปูลาองศาความเป็นอิสระ 4 วิธีมูลค่าความเสี่ยง 64
ตารางที่ 4.6 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของกัมเบลคอปปูลา วิธีมูลค่าความเสี่ยง 65
ตารางที่ 4.7 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของเกาซ์เซียนคอปปูลา วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน 68
ตารางที่ 4.8 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของสติวเดนท์ทีคอปปูลาองศาอิสระ 4 วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน 69
ตารางที่ 4.9 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของกัมเบลคอปปูลา วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน 70
ตารางที่ 5.1 สรุปคุณสมบัติในการใช้งานของตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา กัมเบลคอปปูลา และสติวเดนท์ทีคอปปูลา 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีในการคำนวณ 66
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย..... 67
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีในการคำนวณ..... 71
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย... 72
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเมื่อพิจารณาภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ภายใต้การจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา 73
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเมื่อพิจารณาภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ภายใต้การจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลา องศาความเป็นอิสระ 4 74
รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเมื่อพิจารณาภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ภายใต้การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลา 74
รูปที่ 4.8 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีเกาซ์เซียนคอปปูลาของภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว 76
รูปที่ 4. 9 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีสติวเดนท์ทีคอปปูลาองศาความเป็นอิสระ 4 ของภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว 77
รูปที่ 4.10 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีกัมเบลคอปปูลาของภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว 78
รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา ระหว่างวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินและวิธีมูลค่าความเสี่ยง 85
รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลา ระหว่างวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินและวิธีมูลค่าความเสี่ยง 85
รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลา ระหว่างวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินและวิธีมูลค่าความเสี่ยง..... 86

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันภัยพิบัติทางธรรมชาติเกิดขึ้นเป็นประจำในหลายภูมิภาคของโลก จำนวนครั้งในการเกิดภัยพิบัติเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งบางครั้งความรุนแรงหรือความเสียหายมีมูลค่ามากเกินกว่าที่คาดไว้ก่อให้เกิดผลกระทบในวงกว้าง เช่น สูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน พื้นที่ทางเกษตรเสียหาย ที่อยู่อาศัยถูกทำลาย ประชาชนไร้ที่อยู่อาศัย ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ ทำให้เกิดการหยุดชะงักในภาคธุรกิจการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากตาราง ที่ 1.1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2556 พายุไต้ฝุ่นไห่เยี่ยน สร้างความเสียหายเป็นอย่างมากในประเทศฟิลิปปินส์ เวียดนาม และจีน ซึ่งมีมูลค่าความเสียหายของผู้เอาประกัน 1,486 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ผู้ประสบภัย 7,345 คน

ตารางที่ 1.1 สรุปเหตุการณ์ความเสียหายทางธรรมชาติ 6 อันดับแรกของโลกในปี ค.ศ. 2012

มูลค่าความเสียหายของผู้เอาประกัน (ล้านดอลลาร์สหรัฐ)	ผู้ประสบภัย (คน)	วันที่เริ่มเกิดความเสียหาย	เหตุการณ์ความเสียหาย	ประเทศ
1,486	7,345	8 พ.ย. 2556	พายุไต้ฝุ่นไห่เยี่ยน	ฟิลิปปินส์ เวียดนาม จีน
500	5,748	14 มิ.ย. 2556	น้ำท่วมจากฝนของลมมรสุม	อินเดีย
20	1,127	24 เม.ย. 2556	อาคารพาณิชย์ 8 ชั้นถล่ม	บังกลาเทศ
-	760	6 ส.ค. 2556	คลื่นความร้อน	สหราชอาณาจักร
-	531	1 เม.ย. 2556	คลื่นความร้อน	อินเดีย
-	399	24 ก.ย. 2556	แผ่นดินไหว 7.7 ริกเตอร์	ปากีสถาน

ที่มา: ดัดแปลงจาก (Bevere 2014)

ตารางที่ 1.2 เหตุการณ์มูลค่าความเสียหายสูงสุด 5 อันดับแรกระหว่างปี ค.ศ. 1970-2012

มูลค่าความเสียหายของผู้เอาประกัน (ล้านดอลลาร์สหรัฐ)	ผู้ประสบภัย (คน)	วันที่เริ่มเกิดความเสียหาย	เหตุการณ์ความเสียหาย	ประเทศ
80,373	1,836	25 ส.ค. 2548	พายุเฮอร์ริเคนแคทรีนา	สหรัฐอเมริกา, อ่าวเม็กซิโก, บาฮามัส, แอตแลนติกเหนือ
37,665	19,135	11 มี.ค. 2554	แผ่นดินไหว 9 ริกเตอร์ ทำให้เกิดสึนามิและอาฟเตอร์ช็อคตามมา	ญี่ปุ่น
36,890	237	24 ต.ค. 2555	พายุเฮอร์ริเคนแซนดี้; เกิดพายุหมุน	สหรัฐอเมริกา
27,594	43	23 ส.ค. 2535	พายุเฮอร์ริเคนแอนดรู; เกิดน้ำท่วม	สหรัฐอเมริกา, บาฮามัส
25,664	2,982	11 ก.ย. 2544	วินาศกรรมถล่มตึกเวิลด์เทรด (9/11)	สหรัฐอเมริกา

ที่มา: ดัดแปลงจาก (Bevere 2014)

อย่างไรก็ตาม ความสูญเสียจากภัยพิบัติไม่สามารถคาดการณ์มูลค่าความเสียหายล่วงหน้าได้อย่างแน่นอน หากเกิดขึ้นอาจสร้างความเสียหายจำนวนมากและส่งผลกระทบไปในวงกว้าง ดังนั้นทั้งบุคคลธรรมดาและนิติบุคคลมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาแนวทางเพื่อบรรเทาผลกระทบทางการเงินที่จะเกิดขึ้น การประกันภัยเป็นคำตอบหนึ่ง การโอนความเสี่ยงด้านภัยพิบัติไปยังบริษัทประกันภัย ซึ่งบริษัทประกันภัยเองก็จำต้องหาแนวทางบริหารความเสี่ยงนี้ให้เหมาะสมกับความสามารถในการรับประกันภัยและฐานะความมั่นคงทางการเงินของตนเอง การประกันภัยต่อเป็นเครื่องมือหนึ่งในการบริหารความเสี่ยงของบริษัทประกันภัยและมีความสำคัญกับบริษัทประกันภัย

อย่างมาก จึงใช้การประกันภัยต่อเป็นเครื่องมือในการเพิ่มขีดความสามารถและศักยภาพในการรับประกันภัยเพราะจะช่วยให้บริษัทประกันภัยสามารถมีส่วนแบ่งการตลาดและกำไรที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก การประกันภัยต่อช่วยให้บริษัทประกันภัยสามารถรับประกันภัยในภัยที่มีจำนวนเงินเอาประกันภัยสูงหรือมีภัยที่กระจุกตัวในพื้นที่หนึ่ง ๆ ได้มากขึ้น นอกจากนี้ การประกันภัยต่อยังสามารถป้องกันความเสียหายทางการเงินที่อาจจะเกิดขึ้นต่อบริษัทประกันภัย ช่วยลดความผันผวนของกำไรและช่วยลดความผันผวนของความเสียหายที่บริษัทประกันภัยอาจจะประสบในแต่ละปีด้วย

ในขณะที่สภาวะแวดล้อมและภูมิอากาศที่แปรปรวนของโลกซึ่งเป็นสาเหตุก่อให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ บริษัทประกันภัยและบริษัทประกันภัยต่อจึงต้องเผชิญกับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเป็นความเสี่ยงภัยสูง (High Risk Exposure) แต่ไม่ทราบขนาดของความเสี่ยงที่แท้จริง ทำให้ไม่สามารถประเมินกระแสเงินสดจากการที่ต้องจ่ายค่าสินไหมทดแทนออกไปก่อนที่จะเรียกคืนได้จากบริษัทประกันภัยต่อ ในขณะที่บริษัทประกันภัยต่ออาจล้มละลายจากความเสียหายขนาดใหญ่

จากความเสี่ยงด้านภัยพิบัติที่ประสบ แนวทางการกำกับธุรกิจประกันภัย Solvency II ได้นำความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเป็นปัจจัยหนึ่งในการคำนวณเงินกองทุนเพื่อความมั่นคง (Solvency Capital Requirement (SCR)) โดยที่ข้อกำหนดของเงินกองทุนความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ (The Catastrophe Capital Requirement) ใช้วิธีการคำนวณด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)) ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วงระยะเวลา 1 ปี (DG 2010) ซึ่งประเทศสิงคโปร์ได้นำหลักการนี้ไปประยุกต์กับแบบจำลองภายในของแต่ละบริษัท (Internal Model) โดยที่ประเมินความเสี่ยงด้านภัยพิบัติให้สอดคล้องกับลักษณะการดำเนินธุรกิจของบริษัทนั้น ทั้งในธุรกิจประกันชีวิตและธุรกิจประกันวินาศภัย (McHugh 2013)

ดังนั้น การเตรียมเงินกองทุนให้เพียงพอต่อค่าสินไหมทดแทนสำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติจึงมีความสำคัญต่อบริษัทประกันภัย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและวิเคราะห์จำนวนเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ โดยครอบคลุมถึงความเสี่ยงภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ โดยวิธีแบบจำลองคณิตศาสตร์ประกันภัย (Actuarial Model) พร้อมทั้งเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเงินกองทุน เมื่อประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)) และค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall (ES))
2. เปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้การจำลองตัวแปรสุ่มด้วย เกาซ์เซียนคอปปูลา (Gaussian Copula) สติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student's t Copula) และกัมเบลคอปปูลา (Gumbel Copula)

1.3 ขอบเขตงานการวิจัย

1. คำนวณเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ข้อมูลความเสียหายของภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ระหว่างปี ค.ศ. 2005-2012
2. การประมาณค่าฟังก์ชันความเสี่ยงร่วมโดยใช้เกาซ์เซียนคอปปูลา (Gaussian Copula) สติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student's t Copula) และกัมเบลคอปปูลา (Gumbel Copula)
3. ประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์
4. ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimators (MLE)) และความเหมาะสมของพารามิเตอร์ใช้การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit) โดยใช้สถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov (KS)

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้คำนวณเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเป็นข้อมูลของภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหวระหว่างปี ค.ศ.2005-2012 ของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง

1.5 คำจำกัดความของการวิจัย

ความเสี่ยงด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติ หมายถึง ความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดมูลค่าความเสียหายมีสาเหตุจากภัยน้ำท่วม ภัยลมพายุ ภัยแผ่นดินไหว

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา วิจัย การคำนวณเงินกองทุนสำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ประกันภัย
2. เพื่อเป็นแนวทางให้บริษัทประกันภัยและบริษัทประกันภัยต่อ หาแบบจำลองคำนวณเงินกองทุนสำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติให้เหมาะสมกับลักษณะการดำเนินธุรกิจของบริษัทนั้น

1.7 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาวิธีการ Loss Distribution Approach (LDA)
2. ศึกษาการวัดมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)), ค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน (Expected shortfall (ES)) และรูปแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมด้วยเทคนิคคอปปูลา
    - กลุ่มอีลิปติเคิล (Ellipticle Copula) ได้แก่ เกาซ์เซียนคอปปูลา (Gaussian Copula) และสติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student’s t Copula)
    - กลุ่มอาร์คีมีเดียน (Archimedean copula) ได้แก่ กัมเบลคอปปูลา (Gumbel Copula)
3. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
4. จำแนกข้อมูลตามภัย น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว
5. หารูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมแยกตามประเภทของภัย
6. ประมาณค่าพารามิเตอร์และการแจกแจงเดี่ยว (Marginal Distribution) ที่เหมาะสม
7. ประมาณค่าฟังก์ชันความเสี่ยงร่วมด้วยฟังก์ชันคอปปูลาตามข้อที่ 2
8. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อประเมินด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)) และค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected shortfall (ES)) ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์
9. เปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้การจำลองตัวแปรสุ่มด้วย เกาซ์เซียนคอปปูลา (Gaussian Copula) สติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student’s t Copula) และกัมเบลคอปปูลา (Gumbel Copula)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

10. วิเคราะห์ เปรียบเทียบผลของข้อมูล

11. เขียนรายงาน

1.8 สมมติฐานงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ขอบเขตภัยที่สนใจคือ ภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว สมมติฐานงานวิจัยดังนี้

1. การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall (ES)) จะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)) ในกรณีภัยที่นำมาพิจารณาเป็นภัยพิบัติ
2. การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจำลองตัวแปรสุ่มด้วยกัมเบลคอปปูลา (Gumbel Copula) จะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลา (Gaussian Copula) และสติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student's t Copula) ในกรณีภัยที่นำมาพิจารณาเป็นภัยพิบัติ

1.9 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

บทที่ 1 ได้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา รวมถึงวัตถุประสงค์การวิจัยและข้อจำกัดต่างในงานวิจัย บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย การเตรียมข้อมูล การจำลองข้อมูล การคำนวณมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)) การคำนวณค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall (ES)) การจำลองคอปปูลา ในบทที่ 4 จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ส่วนในบทสุดท้ายจะกล่าวถึง บทที่ 5 ส่วนสรุปผลการวิจัยอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สภาวะอากาศของโลกที่ผันผวน ก่อให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติสร้างความเสียหายในหลายประเทศ เกิดความสูญเสียทั้งชีวิต ทรัพย์สิน การหยุดชะงักของอุตสาหกรรมการผลิต มูลค่าความเสียหายสูงกว่าที่คาด (ชญานิน เกิดงามผล 2553) จากเหตุการณ์ดังกล่าวบริษัทประกันภัยและบริษัทประกันภัยต่อบางบริษัทจำเป็นต้องหยุดการดำเนินธุรกิจหรือต้องปิดกิจการลง เนื่องจากขาดสภาพคล่องทางการเงิน กระแสเงินสดของกิจการประสบภาวะวิกฤติ ดังนั้นการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติได้อย่างถูกต้องหรือใกล้เคียงกับความเสียหายที่เกิดสามารถบรรเทาปัญหานี้ได้ ((IPRB) 2550)

หลายครั้งที่ภัยพิบัติทางธรรมชาติหนึ่งเป็นสาเหตุหรือมีผลกระทบต่อภัยธรรมชาติอีกเหตุการณ์หนึ่ง เช่น พายุไต้ฝุ่นไห่เยี่ยนส่งผลให้เกิดน้ำท่วมอย่างรวดเร็วในประเทศฟิลิปปินส์ เห็นได้ว่าเหตุการณ์ภัยพิบัติหลายเหตุการณ์มักจะมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น การประเมินความเสี่ยงในลักษณะเชิงเส้น (Linear Dependence) จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณได้ วิธีคอปปูลามีลักษณะที่สำคัญคือ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรสุ่มที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวร่วมในลักษณะเชิงเส้น (Linear Dependence) และการเคลื่อนไหวร่วมที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Dependence) การจำลองตัวแปรสุ่มของภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว จึงใช้เทคนิคการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา จากนั้นประเมินมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

(Kole, Koedijk et al. 2007) นำการจำลองตัวแปรสุ่มคอปปูลามาประยุกต์ใช้กับกลุ่มหลักทรัพย์ ซึ่งประกอบด้วย หุ้น พันธบัตร และอสังหาริมทรัพย์ แล้วประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง (Ermolieva and Sergienko 2008) ประเมินความเสี่ยงภัยพิบัติจากน้ำท่วมในแม่น้ำ Tisza ประเทศฮังการีด้วย Conditional Value at Risk (CVaR) (Zhao 2010) ศึกษาความเสียหายของลมพายุในเขตภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงใต้ในประเทศสหรัฐอเมริกา นำการจำลองตัวแปรสุ่มคอปปูลามาประยุกต์ใช้กับความสูญเสียของลมพายุ แล้วประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

2.1.เงินกองทุน และ เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์

2.1.1 เงินกองทุน (Capital)

(ปิยะวดี โขวิฑูรกิจ 2550) ให้คำจำกัดความของเงินกองทุน (Capital) หมายถึงทรัพย์สินส่วนที่เกินกว่าหนี้สินของบริษัทประกันภัยตามราคาประเมินทรัพย์สินและหนี้สินของบริษัท เงินกองทุน

เป็นปัจจัยสำคัญต่อการประกอบธุรกิจประกันภัย ความเพียงพอของเงินกองทุนหรือการดำรงเงินกองทุนในระดับที่เหมาะสม จะช่วยให้บริษัทประกันภัยสามารถดำเนินธุรกิจต่อไปได้เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ในอนาคต

การบริหารความเสี่ยงและเงินกองทุน จึงเป็นแนวคิดที่สัมพันธ์กับการบริหารความเสี่ยงและเงินกองทุน โดยการใช้ความเพียงพอของเงินกองทุนเป็นตัววัดระดับความเสี่ยงขององค์กร ความเพียงพอของเงินกองทุนหมายถึงจำนวนเงินกองทุนที่บริษัทควรดำรงไว้เพื่อให้เกิดความมั่นคงในการดำเนินงานและลดโอกาสในการล้มละลายของบริษัท การคำนวณเงินกองทุนนี้อยู่บนพื้นฐานของการประเมินความเสี่ยงประเภทต่างๆ ซึ่งบริษัทมีอยู่จากการดำเนินธุรกิจประกันภัย

2.1.2 เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Capital)

(ปิยะวดี โขวิฑูรกิจ 2550) ให้คำจำกัดความของเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Capital) หมายถึงเงินกองทุนที่บริษัทประกันภัยควรถือครองไว้เพื่อให้เกิดความมั่นคงทางการเงิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดและสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่บริษัทคาดว่าจะรับไว้เพื่อรองรับกับความสูญเสียซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเนื่องมาจากการดำเนินธุรกิจด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสูญเสียซึ่งไม่คาดหวัง เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) เงินกองทุนที่ธุรกิจควรดำรงไว้เพื่อรองรับกับความเสี่ยงในอนาคต ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด (Required Economic Capital)
2) เงินกองทุนที่ธุรกิจดำรงไว้ในปัจจุบัน (Available Economic Capital)

การคำนวณเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์เป็นการคำนวณเพื่อวัดผลกระทบทางการเงินของความเสี่ยงที่มีต่อบริษัทเพื่อจำลองสภาวะทางการเงินของบริษัทภายในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งเงินกองทุนที่บริษัทต้องดำรงไว้ เป็นการคำนวณแยกตามประเภทของความเสี่ยงและนำผลลัพธ์ที่ได้มารวมกันเพื่อดูอิทธิพลของการกระจายความเสี่ยงและคำนวณหาระดับเงินกองทุน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด ดังนั้น เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์จะมีค่าเฉพาะสำหรับแต่ละบริษัท

Chulalongkorn University

2.2.กระบวนการแจกแจงความเสียหาย (The Loss Distribution Approach (LDA))

กระบวนการแจกแจงความเสียหาย (The Loss Distribution Approach (LDA)) เป็นวิธีการหนึ่งในการคำนวณเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ คำนวณจากการแจกแจงของความรุนแรงของเหตุการณ์ความเสียหายและการแจกแจงความถี่ของเหตุการณ์นั้นในช่วงเวลาที่กำหนด โดยปกติจะคิด 1 ปี หรือช่วงเวลาหลายปี เพื่อที่จะได้การแจกแจงของความเสียหายรวมสำหรับแต่ละชนิดของเหตุการณ์ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด (Aggregate Loss Distribution) โดยคำนวณผ่านตัวแบบจำลองของโครงสร้างของความสัมพันธ์ (Dependence Structure)

2.2.1 การแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution)

ก. การแจกแจงปัวซง (Poisson Distribution)

การแจกแจงปัวซงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการประกันภัยซึ่งจำนวนครั้งเหตุการณ์ที่สนใจคือจำนวนครั้งของความเสียหายที่เกิดขึ้นหรือจำนวนครั้งของการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน โดยเหตุการณ์เกิดขึ้นในช่วงเวลาหรือขอบเขตใดที่กำหนดให้ ช่วงเวลาอาจเป็นเดือน หรือปีก็ได้

ให้ x คือจำนวนครั้งเหตุการณ์สนใจหรือจำนวนครั้งความเสียหายที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหรือขอบเขตใดขอบเขตหนึ่ง โดยจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นอิสระต่อกัน

ให้ λ คือจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยในขอบเขตที่กำหนด โดย $\lambda > 0$

ให้ X คือตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปัวซง สามารถเขียนแทนได้ด้วย $X \sim Pois(\lambda)$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นปัวซง ด้วยพารามิเตอร์คือ λ

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \;; x = 0, 1, 2, \ldots \tag{1}$$

ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของการแจกแจงปัวซง จะมีค่าเท่ากับ λ

$$E(X) = \lambda,\ V(X) = \lambda \tag{2}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\gamma_1 = \lambda^{-1/2} \tag{3}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

$$\gamma_2 = \lambda^{-1} \tag{4}$$

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ใช้ปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยของค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Average Incurred Claim Development) และปัจจัยพัฒนาการของจำนวนครั้งของความเสียหายที่ได้รับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายงาน (Report Claim Count Development) ซึ่งเป็นจำนวนจริง ดังนั้น จึงศึกษาลักษณะการแจกแจงดังนี้

ข. การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution)

ให้ X คือตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแกมมา โดยมีพารามิเตอร์ α (Shape parameter) และ β (Rate parameter) สามารถเขียนแทนด้วย $X \sim G(\alpha, \beta)$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแกมมา ด้วยพารามิเตอร์ α และ β

$$f(x) = \frac{\beta^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x} \ ; x > 0 \tag{5}$$

โดยที่ $\alpha, \beta > 0$ และ $\Gamma(\alpha)$ คือฟังก์ชันแกมมาซึ่งมีนิยามดังนี้

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{\alpha-1} \, dx \ ; \alpha > 0 \tag{6}$$

ค่าเฉลี่ย

$$E(X) = \frac{\alpha}{\beta} \tag{7}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความแปรปรวน

$$V(X) = \frac{\alpha}{\beta^2} \tag{8}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\gamma_1 = \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \tag{9}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

$$\gamma_2 = \frac{6}{\alpha} \tag{10}$$

ค. การแจกแจงโคชี (Cauchy Distribution)

ให้ X คือตัวแปรสุ่มของการแจกแจงโคชี โดยมีพารามิเตอร์ x_0 (Location parameter) และ γ (Scale parameter) สามารถเขียนแทนด้วย $X \sim Cauchy(x_0, \gamma)$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นโคชี ด้วยพารามิเตอร์ x_0 และ γ

$$f(x) = \frac{1}{\pi}\left[\frac{\gamma}{(x-x_0)^2+\gamma^2}\right] \tag{11}$$

โดย $x \in (-\infty, \infty)$ และ $\gamma > 0$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นโคชีมาตรฐาน สามารถเขียนแทนด้วย $X \sim Cauchy(0,1)$

$$f(x) = \frac{1}{\pi(1+x^2)} \tag{12}$$

ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative distribution function) ของการแจกแจงโคชี

$$F(x) = \tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{\pi}\tan^{-1}\left(\frac{x-x_0}{\gamma}\right) \tag{13}$$

สำหรับการแจกแจงโคชีมีเฉพาะค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยมเท่านั้น ในส่วนของค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน สัมประสิทธิ์ความเบ้ และสัมประสิทธิ์ความโด่งนั้นไม่สามารถหาค่าของการอินทิเกรตได้ ซึ่งค่ามัธยฐานจะมีค่าเท่ากับฐานนิยม คือ x_0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2 การแจกแจงความเสียหาย (Loss Distribution)

ก. การแจกแจงเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)

ให้ X คือตัวแปรสุ่มของการแจกแจงเลขชี้กำลัง โดยมีพารามิเตอร์ λ (Rate parameter) สามารถเขียนแทนด้วย $X \sim Ex(\lambda)$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นเลขชี้กำลัง ด้วยพารามิเตอร์ λ

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \tag{14}$$

ค่าเฉลี่ย

$$E(X) = \frac{1}{\lambda} \tag{15}$$

ค่าความแปรปรวน

$$V(X) = \frac{1}{\lambda^2} \tag{16}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\gamma_1 = 2$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

$$\gamma_2 = 6$$

ข. การแจกแจงล็อกนอร์มอล (Lognormal Distribution)

ให้ X คือตัวแปรสุ่มของการแจกแจงล็อกนอร์มอล โดยมีพารามิเตอร์ σ (Shape parameter) และ μ สามารถเขียนแทนด้วย $X \sim LN(\mu, \sigma^2)$ มีฟังก์ชันความหนาแน่นดังนี้

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นล็อกนอร์มอล ด้วยพารามิเตอร์ σ และ μ

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{lnx-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad ; x > 0 \tag{17}$$

โดย $\pi \in R$ และ $\sigma > 0$

ค่าเฉลี่ย

$$E(X) = e^{\mu+\sigma^2/2} \tag{18}$$

ความแปรปรวน

$$V(X) = e^{2\mu+\sigma^2}\left(e^{\sigma^2} - 1\right) \tag{19}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\gamma_1 = (\omega + 2)\sqrt{\omega - 1} \quad ; \omega = e^{\sigma^2} \tag{20}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

$$\gamma_2 = \omega^4 + 2\omega^3 + 3\omega^2 - 6 \quad ; \omega = e^{\sigma^2} \tag{21}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค. การแจกแจงพาเรโต (Pareto Distribution)

ให้ X คือตัวแปรสุ่มของการแจกแจงพาเรโต โดยมีพารามิเตอร์ α (Shape parameter) และ β (Scale parameter) สามารถเขียนแทนด้วย $X \sim Pareto(\alpha, \beta)$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นพาเรโต ด้วยพารามิเตอร์ α และ β

$$f(x) = f(x) = \begin{cases} \frac{\alpha\beta^{\alpha}}{x^{\alpha+1}} & , \ x \geq \beta \\ 0 & , \ x < \beta \end{cases} \tag{22}$$

ค่าเฉลี่ย

$$E(X) = \begin{cases} \infty & , \ \alpha \leq 1 \\ \frac{\alpha\beta}{\alpha-1} & , \ \alpha > 1 \end{cases} \tag{23}$$

ความแปรปรวน

$$V(X) = \begin{cases} \infty & , \ \alpha \in (1,2] \\ \frac{\alpha\beta^2}{(\alpha-1)^2(\alpha-2)}, & \alpha > 2 \end{cases} \tag{24}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\gamma_1 = \frac{2(\alpha+1)}{\alpha-3}\sqrt{\frac{\alpha-2}{\alpha}} \ ; \alpha > 3 \tag{25}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

$$\gamma_2 = \frac{6(\alpha^3+\alpha^2-6\alpha-2)}{\alpha(\alpha-3)(\alpha-4)} \; ; \alpha > 4 \qquad (26)$$

ง. การแจกแจงโลจิสติก (Logistic Distribution)

การแจกแจงแบบโลจิสติกมีรูปร่างลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ โดยต่างกันเพียงส่วนหางที่หนักกว่าเล็กน้อย ให้ X คือตัวแปรสุ่มของการแจกแจงโลจิสติก โดยมีพารามิเตอร์ μ (Location parameter) และ σ (Scale parameter) สามารถเขียนแทนด้วย $X \sim Logistic(\mu, \sigma)$

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นโลจิสติก ด้วยพารามิเตอร์ μ และ σ

$$f(x) = \frac{e^{-(x-\mu)/\sigma}}{\sigma(1+e^{-(x-\mu)/\sigma})^2} \; ; x \in (-\infty, \infty) \qquad (27)$$

โดย $\sigma > 0$

ค่าเฉลี่ย

$$E(X) = \mu \qquad (28)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความแปรปรวน

$$V(X) = \frac{(\pi\sigma)^2}{3} \qquad (29)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_1 = 0$

ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง $\gamma_2 = 1.2$

จ. การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution)

ให้ X คือตัวแปรสุ่มของการแจกแจงไวบูลล์ โดยมีพารามิเตอร์ λ (Scale parameter) และ k (Shape parameter)

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นไวบูลล์ ด้วยพารามิเตอร์ λ และ k

$$f(x) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda}\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (30)$$

โดยมี $\lambda > 0, k > 0$

ค่าเฉลี่ย

$$E(X) = \lambda\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (31)$$

ความแปรปรวน

$$V(X) = \lambda^2\left\{\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right]^2\right\} \quad (32)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้

$$\gamma_1 = \frac{\Gamma\left(1+\frac{3}{k}\right)\lambda^3 - 3\mu\sigma^2 - \mu^3}{\sigma^3} \quad (33)$$

ฉ. การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution)

รายละเอียดของการแจกแจงแกมมาได้อธิบายรายละเอียดในการแจกแจงความถี่แล้ว

2.2.3 ตัวแบบการรวมความเสียหาย (Aggregate Loss Model)

ตัวแบบความเสี่ยงภัยรวม (Collective Risk Model) เป็นประโยชน์มากต่อการประกันวินาศภัย เช่น ประกันภัยรถยนต์ ประกันภัยทรัพย์สิน โดยมี 2 ปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง 1) คือจำนวนครั้งของการเกิดความเสียหายที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด และ 2) มูลค่าความเสียหายหรือมูลค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

สำหรับตัวแบบความเสี่ยงภัยรวมกำหนดตัวแบบเป็นกระบวนการสุ่ม (Random Process) ที่มาจากค่าสินไหมทดแทนของกรมธรรม์ในพอร์ตโฟลิโอโดยแสดงคุณสมบัติพิเศษในรูปแบบของพอร์ตโฟลิโอทั้งหมดมากกว่าในรูปแบบซึ่งประกอบด้วยกรมธรรม์รายบุคคล (individual policies)

ให้ S คือจำนวนเงินค่าสินไหมทดแทนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด (Aggregate claim)

ให้ X คือมูลค่าความเสียหายโดยเฉลี่ย (Severity)

ให้ N_t คือจำนวนครั้งของการเกิดความเสียหายภายในระยะเวลา 1 ปี ดังนั้นจะได้ความเสียหายรวม (ผลรวมตัวแปรสุ่ม)

โดย X และ N_t เป็นตัวแปรสุ่มที่อิสระต่อกัน ซึ่ง X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเหมือนกัน

$$S_t = \mathrm{X}_1 + \mathrm{X}_2, \ldots + \mathrm{X}_{N_t} \tag{34}$$

$$= \sum_{k=1}^{N_t} X_k \tag{35}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของความเสียหายรวม

$$F_{S_t}(x) = Pr(S_t \leq x)$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} \Pr(S \leq x \mid N = n) * \Pr(N = n)$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} \Pr(X_1 + X_2 + \cdots + X_n \leq x) * \Pr(N = n) \tag{36}$$

เขียนใหม่โดยใช้วิธีการผสาน (Convolution) ได้ดังนี้

$$\Pr(X_1 + X_2 + \ ... + X_n \ \leq x) = P * P * P * ... * P(x)$$

$$= P^{*n}(x) \tag{37}$$

ฟังก์ชัน P^{*n} คือผลการผสาน (Convolution) n ครั้ง และ

$$P^{*0}(x) = \begin{cases} 1\,, & x \geq 0 \\ 0\,, & x < 0 \end{cases}$$

จากสมการ (36) จะได้ว่า

$$F_s(\mathrm{x}) = \sum_{n=0}^{\infty} \mathrm{P}^{*\mathrm{n}}(\mathrm{x}) \Pr(\mathrm{N} = \mathrm{n}) \tag{38}$$

ถ้าการแจกแจงของค่าสินไหมทดแทนแต่ละรายเป็นแบบไม่ต่อเนื่องที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น $p(x) = \Pr(X = x)$ การแจกแจงของค่าสินไหมทดแทนรวมจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสามารถเขียนเป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นของ S ได้คือ

$$f_s(\mathrm{x}) = \sum_{n=0}^{\infty} p^{*n}(x) Pr(N = n) \tag{39}$$

ค่าเฉลี่ยของความเสียหายรวม

$$E(S_t) = E(N_t)E(X) \tag{40}$$

ความแปรปรวนของความเสียหายรวม

$$Var(S_t) = E(N_t)var(X) + var(N_t)E^2(X) \quad (41)$$

2.3.การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation)

การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลคือ เทคนิคทางความน่าจะเป็นเชิงคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการจำลองสถานการณ์ เน้นกระบวนการทางสถิติเพื่อการวิจัยในสิ่งที่สัมพันธ์กับความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นซึ่งได้จัดลำดับก่อนหลังไว้แล้ว จะนำวิธีนี้มาใช้เมื่อไม่สามารถหาข้อมูลพื้นฐานมาประกอบการตัดสินใจได้ ไม่สามารถนำหลักเกณฑ์ของทฤษฎีมาใช้ได้ หรือไม่เข้าข่ายกฎเกณฑ์ตามทฤษฎีของตัวแบบใด ๆ เช่น ในทางการเงินใช้การจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โลเพื่อประเมินว่าราคาหลักทรัพย์ในอนาคตจะมีค่าเป็นเท่าใด

(Glasserman 2003) พิจารณาการประมาณค่าฟังก์ชัน f บนขอบเขตที่กำหนดคือ ระหว่าง 0 และ 1

$$\alpha = \int_0^1 f(x)dx \quad (42)$$

ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วย $E[f(U)]$ โดย U เป็นการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มระหว่าง 0 และ 1

ให้ $U_1, U_2, \ldots$ เป็นอิสระซึ่งกันและกัน และมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง [0,1]

ประมาณค่าฟังก์ชัน f ณ จุด n ของตำแหน่งสุ่มทั้งหมดและค่าเฉลี่ยของผลที่ได้จากการประมาณแบบมอนติคาร์โล

$$\widehat{\alpha_n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} f(U_i) \quad (43)$$

ถ้า f สามารถหาปริยานุพันธ์บนช่วง [0,1] ได้ ด้วยกฎของจำนวนมาก (Law of large numbers) จะได้ว่า $\widehat{\alpha_n} \rightarrow \alpha$ ด้วยค่าความน่าจะเป็นคือ 1 ตามที่ $n \rightarrow \infty$

ค่าความคลาดเคลื่อน $\widehat{\alpha_n} - \alpha$ ในการประมาณแบบมอนติคาร์โลที่ใช้การแจกแจงปกติค่าเฉลี่ยคือ 0 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\frac{\sigma_f}{\sqrt{n}}$ โดยการประมาณค่าจะเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อเพิ่ม n

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้น จากค่าฟังก์ชัน $f(U_1), \ldots, f(U_n)$ จะได้ประมาณค่าปริยานุพันธ์ α และมาตรวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าแบบมอนติคาร์โล

ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล มีดังนี้

1. พิจารณาปัญหาในสิ่งที่สนใจจะทำการจำลอง ระบุตัวแปรในปัญหา ลักษณะการกระจายของข้อมูลว่ามีการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบใด
2. สร้างตารางแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่ต้องการสำหรับใช้ในการจำลองและหาการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution)
3. สร้างตัวเลขสุ่ม (Random Number) กำหนดให้มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน จากนั้นนำเลขสุ่มนี้ไปสร้างตัวแปรตามลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มนั้น
4. สร้างตัวแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เข้ากับปัญหาตามวัตถุประสงค์ ทำการทดสอบตัวแบบดังกล่าวว่าได้ผลตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่
5. เมื่อผลการทดสอบเป็นไปตามเป้าหมายแล้วจะกำหนดจำนวนครั้งในการจำลอง
6. ทำการจำลองเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่ต้องการ

อย่างไรก็ตามการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลมีทั้งข้อดี และข้อเสียดังนี้

ข้อดีของการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล

1. การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลทดลองกับตัวแปรที่มีความแตกต่างได้ จัดการกับปัญหาหรือระบบได้หลากหลาย ตั้งแต่ปัญหาหรือระบบขั้นพื้นฐานจนถึงมีความซับซ้อนมาก
2. จำลองสถานการณ์ออกมาได้สมจริงมากที่สุด มีความยืดหยุ่นในแง่ที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปร สามารถป้อนข้อมูล กำหนดค่าตัวแปรและแทนค่าลงไปในแบบจำลองซึ่งจะทำงานเหมือนระบบงานจริงทำให้ศึกษาผลกระทบจากตัวแปรได้รอบด้าน จนทราบว่าตัวแปรตัวใดสำคัญหรือไม่สำคัญ
3. สามารถลดความซับซ้อนของสถานการณ์จริงที่มีตัวแปรหลาย ๆ ตัวได้ เนื่องจากในการจำลองสถานการณ์สามารถดึงเอาเฉพาะตัวแปรที่เกี่ยวข้องหรือสนใจมาได้ ลดความกดดันด้านเวลา (Time Compression)

ข้อเสียของการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล

1. การจำลองสถานการณ์บางครั้งอาจใช้เวลานาน ต้นทุนสูง กระบวนการสร้างที่ซับซ้อน บางครั้งอาจไม่ทันต่อการใช้งานในวงการธุรกิจที่มีการแข่งขันกันรุนแรงไปในแง่ของความรวดเร็ว
2. การจำลองสถานการณ์ไม่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะที่สุดเหมือนกับตัวแบบอื่น ๆ แต่ผลลัพธ์อาจแปรเปลี่ยนได้เมื่อหันกลับมาวิเคราะห์ซ้ำ เนื่องจากหาผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์เป็นการสุ่มเสี่ยง (trial and error)
3. ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์หนึ่ง ๆ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่จำลองมาเท่านั้น จะนำไปใช้กับปัญหาอื่น ๆ ไม่ได้
4. ผู้ใช้ตัวแบบจำลองสถานการณ์ต้องกำหนดสถานการณ์ที่จะหาผลลัพธ์ออกมาเอง ตัวแบบไม่กำหนดให้

จุดเด่นการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลคือ สามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนและสามารถสังเกตได้อย่างสมบูรณ์ สามารถทำการทดลองซ้ำภายใต้สภาพแวดล้อมเดิมหลายครั้งได้ โดยมีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบจำลองชนิดอื่นดังนี้

1. สามารถตรวจสอบได้ว่าผลลัพธ์ต้องอยู่ในขอบเขตของผลลัพธ์ที่คาดคะเนไว้ โดยนำผลนั้นมาวิเคราะห์ว่าแบบจำลองทำงานถูกต้องตามขั้นตอนที่กำหนดหรือไม่
2. การจำลองสถานการณ์ต้องกำหนดเลขสุ่มขึ้นมาหนึ่งค่า เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของเลขสุ่มที่ถูกสุ่มขึ้นมาจากโปรแกรม ลดความเบี่ยงเบน ลดความแปรผันและเพิ่มความถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบที่ต่างกันได้

2.4.วิธีวัดความเสี่ยง (Risk Measurement)

2.4.1 มูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR))

มูลค่าความเสี่ยงคือจำนวนเงินที่คาดว่าจะสูญเสียมากที่สุด (Maximum expected loss) ภายในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ด้วยระดับความเชื่อมั่นที่ α ยิ่งระดับความเชื่อมั่นสูงค่าก็จะมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้นโดยใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกภาคส่วนทางการเงินซึ่งสนใจความผันผวนของสินทรัพย์ หากสินทรัพย์มีความผันผวนมากก็จะมีความเสี่ยงมาก อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อจำกัดที่น่าสนใจคือมูลค่าความเสี่ยงจะพยายามวัดความเสี่ยงภายใต้สถานการณ์ปกติ แต่เมื่อเกิดวิกฤติการณ์วิธีนี้อาจทำให้มูลค่าความเสี่ยงที่คำนวณได้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นหรือดีเกินไป ตัวอย่างมูลค่าความเสี่ยงที่ระดับความเชื่อมั่น 99.5 เปอร์เซ็นต์ จะใช้ความสูญเสียที่สูงเป็นอันดับที่ 51 จากเหตุการณ์จำลอง ดังนั้นเป็นภาพการจำลองภายใต้สถานการณ์ปกติไม่ใช่วิกฤติเหตุการณ์

มูลค่าความเสี่ยงมีระดับความเชื่อมั่นที่ α ซึ่ง $\alpha \in (0,1)$ โดย l คือจำนวนน้อยที่สุดดังนั้นความน่าจะเป็นของมูลค่าความเสียหาย Lที่เกินกว่า l แต่ไม่เกินกว่า $1-\alpha$ มีสมการดังนี้

$$VaR_\alpha(L) = inf\{l \in R: P(L > l) \leq 1 - \alpha\} = inf\{l \in R: F_L(l) \geq \alpha\} \quad (42)$$

กล่าวได้ว่ามูลค่าความเสี่ยง คือ ควอนไทล์ที่ α ของการแจกแจงความสูญเสีย (Loss Distribution)

2.4.2 ค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall (ES))

ค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินคือค่าเฉลี่ยของความเสียหายที่มีขนาดสูงกว่ามูลค่าความเสียหายที่รับได้ หรือกล่าวได้ว่าคือค่าเฉลี่ยของความเสียหายที่เกินกว่ามูลค่าความเสี่ยง ในทางการเงินวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินนำมาใช้ในวิธีการจัดการความเสี่ยงด้านเครดิตขั้นสูงสุด (Loss Given Default) โดยสนใจรูปร่างในส่วนหางของการแจกแจงซึ่งพิจารณาค่าเฉลี่ยในส่วนหางของการแจกแจงความสูญเสีย เป็นที่รู้จักกันในชื่อ “Expected tail loss, XLoss, conditional VaR (CVaR), TailVaR”

สำหรับความเสียหาย L ด้วย $E(|L|) < \infty$ และฟังก์ชันการแจกแจงของ F_{L} ซึ่งระดับความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน $\alpha \in (0,1)$ นิยามได้โดย

$$ES_\alpha(L) = \frac{1}{1-\alpha}\int_0^1 q_u(F_L)du \quad (43)$$

โดย $q_{\mathrm{u}}(\mathrm{F_L}) = \mathrm{F_L^{-1}}(u)$ เป็นฟังก์ชันควอนไทล์ (Quantile) ของ F_{L} หรือเขียนเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินกับมูลค่าความเสี่ยง ได้ดังนี้

$$ES_\alpha(L) = \frac{1}{1-\alpha}\int_0^1 VaR_u(L)du = E[L|L \geq VaR_\alpha(L)] \quad (44)$$

2.5.คอปปูลา (Copula)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear correlation coefficient) ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปเชิงเส้น หลายกรณีที่

ความสัมพันธ์ของตัวแปรไม่ได้เป็นไปในรูปแบบดังกล่าว จึงต้องหาวิธีการเหมาะสมที่นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในรูปเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น

คอปปูลาเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระในแบบจำลอง ข้อดีคือแนวทางคอปปูลาสามารถจำลองการแจกแจงส่วนริมที่เหมาะสมสำหรับส่วนประกอบของการแจกแจงหลายตัวแปรโดยสามารถเลือกได้อย่างอิสระและมีความเกี่ยวข้องการรูปแบบคอปปูลาที่เหมาะสม

คอปปูลา เป็นฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มร่วม n ตัว (หรือ n มิติ) โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวมีการแจกแจงส่วนริมแบบสม่ำเสมอบน $[0,1]$ กำหนดให้ C เป็นสัญลักษณ์แทนฟังก์ชันคอปปูลา ลักษณะจำเพาะ $C : [0,1]^n \rightarrow [0,1]$ โดย $C(u) = C(u_1, \dots, u_n)$ คือคอปปูลาที่มี n มิติ ถ้า

1) $C(u_1, u_2, \dots, u_n)$ เป็นฟังก์ชันเพิ่มในทุก ๆ u_{i} เนื่องจาก C เป็นฟังก์ชันการแจกแจงหลายตัวแปร
2) การแจกแจงส่วนริมคือการแจกแจงยูนิฟอร์ม กล่าวได้ว่า
$$C(1, \dots, 1, u_i, 1, \dots, 1) = u_i \quad \forall i \in \{1,2, \dots, n\}, u_i \in [0,1]$$
3) สำหรับทุก $(a_1, a_2, \dots, a_n), (b_1, b_2, \dots, b_n) \in [0,1]^n$ โดยที่ $a_{\mathrm{i}} \leq \mathrm{b_i}$ จะได้ว่า
$$\sum_{i_1=1}^{2} \dots \sum_{\mathrm{i}_n=1}^{2} (-1)^{\mathrm{i}_1+\cdots+\mathrm{i}_\mathrm{d}} \mathrm{C}(u_{1\mathrm{i}_1}, \dots, u_{\mathrm{ni}_\mathrm{n}}) \geq 0$$

โดย $u_{i1} = a_j$ และ $u_{j2} = b_j \ \ \forall j \in \{1, \dots, n\}$ สมมติตัวแปรสุ่มร่วม n ที่เราสนใจเป็น

$$X_1, \mathrm{X}_2, \dots, \mathrm{X_n}$$

โดยแต่ละตัวมีการแจกแจงสะสมขอบ (Marginal c.d.f.) F_i โดยสมมติว่า F_{i} เป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง กำหนดให้ Q_F เป็นฟังก์ชันควอนไทล์ จะได้ว่า

$$Y_1 = \mathrm{Q_F(X_i)}$$

มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอบนช่วง [0,1] พิจารณาตัวแปรสุ่มร่วม

$$Y_1, \mathrm{Y}_2, \dots, \mathrm{Y_n}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จะเห็นว่าการแจกแจงร่วมระหว่าง $Y_1, \mathrm{Y}_2, \ldots, \mathrm{Y}_\mathrm{n}$ เป็นคอปปูลาให้สัญลักษณ์ $C(y_1, \ldots, y_n)$ แทนการแจกแจงร่วมของ $Y_1, \mathrm{Y}_2, \ldots, \mathrm{Y}_\mathrm{n}$ และถ้าให้การแจกแจงสะสมร่วมของ X เป็น $F(x_1, \ldots, x_n)$ แล้ว

$$F(x_1, \ldots, x_n) = P(X_1 \leq x_1, \ldots, X_n \leq x_n)$$

$$= P(F_1(X_1) \leq F_1(x_1), \ldots, F_n(X_n) \leq F_n(x_n))$$

2.5.1 ทฤษฎีบทของ Sklar (McNeil, Frey et al. 2005)

ให้ F เป็นฟังก์ชันการแจกแจงร่วม $F(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมร่วมของตัวแปรสุ่มร่วม X บนคอปปูลา $C : [0,1]^n \rightarrow [0,1]$ โดย $x_1, \ldots, x_\mathrm{n}$ อยู่ใน $R \in (-\infty, \infty)$

$$F(x_1, x_2, \ldots, x_n) = C_\theta(F_1(x_1), \ldots, F_n(x_n)) \quad (45)$$

โดย $C(u_1, \ldots, u_n)$ เป็นการแจกแจงสะสมร่วมของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงส่วนริมแบบสม่ำเสมอและต่อเนื่องบนช่วง $[0,1]$ ถ้า F_i เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องแล้ว C มีเพียงหนึ่ง (Unique) จะถูกคำนวณบน $Ran(F_1) \times Ran(F_2) \times \ldots \times Ran(F_n)$ โดย $Ran(F_i)$ เป็นเรนจ์ของ F_i

แต่ถ้าการแจกแจงส่วนริมไม่ต่อเนื่อง แล้ว C เป็นคอปปูลา และ $F_1, \ldots, \mathrm{F}_\mathrm{n}$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงเดี่ยว ดังนั้นสามารถนิยามฟังก์ชัน F ได้ว่าคือฟังก์ชันการแจกแจงร่วมด้วยการแจกแจงส่วนริม $F_1, \ldots, \mathrm{F}_\mathrm{n}$

ถ้า F_i เป็นการแจกแจงต่อเนื่องสำหรับค่า $i \in \{1,2, \ldots, n\}$ สำหรับ $x_\mathrm{i} = \mathrm{F}_\mathrm{i}^{-1}(u_\mathrm{i})$ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$C_\theta(u_1, \ldots, u_n) = F\left(F_1^{-1}(u_1), \ldots, F_n^{-1}(u_n)\right) \quad (46)$$

Chulalongkorn University

เนื่องจาก C มีเพียงหนึ่งสำหรับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง สามารถมองได้ว่า C เป็นตัวแทนระบุถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรสุ่ม ซึ่งให้ข้อมูลครบถ้วนกว่าสหสัมพันธ์ หรือสหสัมพันธ์อันดับ ในกรณีตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง C ยังสามารถใช้ระบุถึงความสัมพันธ์ได้เช่นเดียวกัน เพียงแต่อาจมีมากกว่าหนึ่งซึ่งก็ยังให้ข้อมูลได้มากกว่าสหสัมพันธ์ หรือสหสัมพันธ์อันดับ

สหสัมพันธ์อันดับของตัวแปรสุ่ม $X_1, X_2, \dots, X_n$ ก็คือสหสัมพันธ์ของคอปปูลา

ประกอบด้วยฟังก์ชัน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอีลิปติเคิล (Ellipticle Copulas) ในงานวิจัยนี้พิจารณาเกาซ์เซียนคอปปูลา (Guassian Copula) และ สติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student's t Copula) อีกกลุ่มหนึ่งคือกลุ่มอาร์คีมีเดียน (Archimedean Copulas) โดยจะพิจารณา กัมเบลคอปปูลา (Gumbel Copula)

2.5.2 กลุ่มอีลิปติเคิล (Ellipticle Copulas)

จะพิจารณาในคอปปูลาใน 2 รูปแบบคือ

ก. เกาซ์เซียนคอปปูลา(Guassian Copula)

(Aas 2006) เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่มีความเสียหายสูง เกาซ์เซียนคอปปูลาไม่สามารถจับความสัมพันธ์ในส่วนหางได้ ดังนั้น เหมาะกับความเสียหายจำนวนน้อยและส่งผลกระทบในวงแคบ

นิยามฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cdf) คือ

$$C_\rho(u,v) = \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(u)} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi(1-\rho^2)^{1/2}} exp\left(-\frac{x^2-2\rho xy+y^2}{2(1-\rho^2)}\right) dxdy \quad (47)$$

เมื่อ Φ^{-1} เป็นฟังก์ชันอินเวอร์สการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานตัวแปรเดียว Φ และ ρ คือพารามิเตอร์ในคอปปูลา

ข. สติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student's t Copula)

สติวเดนท์ทีคอปปูลาจะมีหางที่อ้วนกว่า และความน่าจะเป็นร่วมของเหตุการณ์ที่รุนแรงจะเพิ่มขึ้นมากกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลา (Guassian Copula)

นิยามฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cdf) คือ

$$C_{\rho,v}(u,v) = \int_{-\infty}^{t_v^{-1}(u)} \int_{-\infty}^{t_v^{-1}(u)} \frac{1}{2\pi(1-\rho^2)^{1/2}} \left(1+\frac{x^2-2\rho xy+y^2}{v(1-\rho^2)}\right)^{-(v+2)/2} dsdt \quad (48)$$

เมื่อ ρ และ υ คือพารามิเตอร์ในคอปปูลา

และ t_{υ}^{-1}เป็นฟังก์ชันอินเวอร์สของฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมสติวเดนท์ทีตัวแปรเดียวด้วยองศาอิสระ υ

(Aas 2006) ข้อสังเกต

- การเพิ่มองศาความเป็นอิสระจะช่วยลดแนวโน้มของการเคลื่อนไหวร่วมที่รุนแรงลงได้
- ถ้าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้น (ρ) มีความสัมพันธ์ของตัวแปรสูง องศาความเป็นอิสระต่ำ จะได้ว่าความสัมพันธ์ในส่วนหางจะมีมาก
- บางครั้งสติวเดนท์ทีคอปปูลาจะให้ความสัมพันธ์ในส่วนหางมีลักษณะสมมาตร แม้ว่า ρ > -1 และ 0

2.5.3 กลุ่มอาร์คีมีเดียน (Archimedean Copulas)

งานวิจัยนี้จะพิจารณาถึง กัมเบลคอปปูลา (Gumbel Copula)

กัมเบลคอปปูลาคือคอปปูลาสุดขีด (Extreme Copula) สะท้อนความสัมพันธ์ในส่วนหางได้ดี

นิยามฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cdf) คือ

$$C_{\delta}(u,v) \ = exp\left(-((-\log u)^{\delta} + (-\log v)^{\delta}\right)^{1/\delta}) \qquad (49)$$

โดย $\delta \geq 1$ คือ พารามิเตอร์ควบคุมความไม่เป็นอิสระ

เมื่อ $\delta \longrightarrow \infty$ เกิดความไม่เป็นอิสระอย่างสมบูรณ์

ถ้า δ =1 เกิดความเป็นอิสระ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

(Kole, Koedijk et al. 2007) นำเสนอวิธีการเลือกคอปปูลาให้เหมาะสมกับความเสี่ยง ใช้การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (goodness-of-fit) โดยใช้สถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov และ Anderson-Darling ซึ่งกลุ่มหลักทรัพย์ประกอบไปด้วย หุ้น พันธบัตร และอสังหาริมทรัพย์ ผลการทดสอบสรุปได้ว่าสติวเดนท์ทีคอปปูลาประมาณความน่าจะเป็นร่วมของการเคลื่อนไหวราคาหลักทรัพย์ได้เหมาะสมที่สุดนำไปสู่การกระจายความเสี่ยงอย่างเหมาะสม โดยใช้ Value at Risk (VaR) ในการวัด ในขณะที่เกาซ์เซียนคอปปูลาประมาณความน่าจะเป็นร่วมของการเคลื่อนไหวราคา

หลักทรัพย์ต่ำเกินไป ทำให้การกระจายความเสี่ยงของหลักทรัพย์ดีเกินกว่าความเป็นจริง จึงเหมาะกับเหตุการณ์ที่มีความเสียหายจำนวนน้อย ส่งผลกระทบในวงแคบ กัมเบลคอปปูลาประมาณค่าความน่าจะเป็นร่วมสูงของการเคลื่อนไหวราคาหลักทรัพย์สูงเกินไป อีกทั้งสามารถสะท้อนความสัมพันธ์ส่วนหางได้ดีจึงเหมาะกับเหตุการณ์ภัยพิบัติที่เกิดความเสียหายจำนวนมาก

(Hochrainer-Stigler and Pflug 2012) เสนอแนะทางให้ใช้คอปปูลาประยุกต์ใช้กับตัวแบบการจัดการความเสี่ยงที่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดภัยพิบัติมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้เอาประกันภัยที่อาศัยหรือทำกิจกรรมใด ๆ ในพื้นที่ประสบภัยพิบัติ ส่งผลให้บริษัทประกันภัยต้องรับความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก นักวิจัยได้เสนอ เทรชโฮลด์คอปปูลา (Threshold-type Copula) เหมาะกับเหตุการณ์ภัยพิบัติหนึ่งที่เกิดเป็นผลต่อเนื่องจากอีกภัยพิบัติหนึ่ง และทำให้เกิดความเสียหายรุนแรงมากกว่าเหตุการณ์ภัยพิบัติแรก เช่นแผ่นดินไหวในประเทศญี่ปุ่น ค.ศ. 2011 ทำให้เกิดสึนามิสร้างความเสียหายมากกว่าการเกิดแผ่นดินไหวที่เป็นเหตุการณ์ภัยพิบัติก่อนหน้า

(Dong 2002) นำเสนอตัวแบบทางวิศวกรรม โดย λ คือ ระดับความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ต่อปี นำมาสร้างแบบจำลองของเหตุการณ์ซึ่งอธิบายการแจกแจงความสูญเสียสินทรัพย์ โดยใช้การแจกแจงปัวซง เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ทำให้ค่าเฉลี่ยความสูญเสียรายปี (Average annual loss: AAL) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความน่าจะเป็นของความสูญเสียในแต่ละเหตุการณ์เกินกว่าที่คาดไว้ (Occurrence loss exceeding probability: OEP) จะดำเนินการวิเคราะห์ภายใต้กระบวนการปัวซงทบรวม (Compound poisson process) แล้วนำความน่าจะเป็นของผลรวมความสูญเสียที่เกินกว่าที่คาดไว้ (Aggregate loss exceeding probability :AEP) วิเคราะห์ความมั่งคงทางการเงิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่บริษัทกำหนด

(Ermolieva and Sergienko 2008) เสนอแนวทางการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยพิบัติโดยนำตัวแบบการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบเฟ้นสุ่ม (Stochastic optimization problem) มาพัฒนากลยุทธ์ในการจัดการความเสี่ยงภัยพิบัติ โดยเริ่มจากค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ รวบรวมข้อมูลของภัยธรรมชาติ ประมาณความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องด้วยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีเฟ้นสุ่มคอนเวกซ์ (Convex stochastic optimization problem) วัดมูลค่าความเสี่ยงด้วย Conditional Value at Risk (CVaR) จากนั้นสร้างตัวแบบของเหตุการณ์ภัยพิบัติ ประเมินความสูญเสียทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นของการเกิดหายนะ (Probability of ruin) ท้ายที่สุดแนวทางการตัดสินใจการแก้ปัญหาได้นำ Adaptive Monte Carlo optimization (AMC optimization) เข้าช่วย ซึ่ง AMC สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับหลายแนวคิดผ่านโปรแกรมแบบเฟ้นสุ่ม จากวิธีการในข้างต้นได้นำไปประยุกต์ใช้กับการประเมินกลยุทธ์ที่เหมาะสมของภัยพิบัติจากน้ำท่วมในแม่น้ำ Tisza ประเทศฮังการีและยูเครน

(Ermoliev, Ermolieva et al. 2000) ได้พัฒนาแนวทางในการรวบรวมตัวแบบภัยพิบัติต่าง ๆ ด้วยเทคนิคการหาค่าเหมาะสมด้วยกระบวนการเฟ้นสุ่ม เพื่อให้สามารถพิจารณา และวิเคราะห์ความสูญเสีย กำไร ความมั่นคงของบริษัทได้ โดยตัวแบบดังกล่าวสามารถรองรับความสูญเสียที่ขึ้นต่อกันมา การปรับเปลี่ยนตัวแปรการตัดสินใจโดยผ่านการจำลองด้วยวิธี AMC นักวิจัยสนับสนุนวิธีดังกล่าว เนื่องจากเป็นเทคนิคที่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการสุ่มตัวอย่างด้วยตัวเองทั้งยังเกี่ยวข้องกับ ความผันแปรของค่าประมาณซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งของการปรับปรุงเป้าหมายของบริษัท เช่น ผลกำไร ระดับความมั่นคงทางการเงิน

(Zhang, Xiao et al. 2012) ศึกษาภัยแล้งของลุ่มแม่น้ำตอนกลางในประเทศจีน โดยทำการสำรวจใน 4 สถานีอุทกวิทยาคือ Longchuan, Hetuan, Lingxia และ Boluo พบว่าจำนวนวันของการไหลของน้ำต่ำกว่าระดับที่กำหนด และปริมาตรของกระแสน้ำที่ไหลต่ำกว่าปกติในช่วงเวลาหนึ่ง (หน่วย : ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อวัน) มีลักษณะการแจกแจงพาเรโต ในขณะที่การแจกแจงร่วมของสองตัวแปรข้างต้นถูกคำนวณด้วยวิธีคอปปูลา ซึ่งทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (goodness-of-fit) ใช้สถิติทดสอบ Cramer-von Mises ณ ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า Plackett Copula มีความเหมาะสมที่สุด จากนั้นนำไปวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่จะเกิดภัยแล้งอีกครั้ง โดยทำการศึกษาใน 4 สถานีอุทกวิทยาได้ข้อสรุปว่า ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในลุ่มแม่น้ำตอนกลาง ประเทศจีน สอดคล้องกับระดับการตกตะกอนของแม่น้ำ

(Amendola, Ermoliev et al. 2000) อธิบายถึงตัวแบบการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเฟ้นสุ่ม จุดประสงค์คือนำไปเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจทางการเงินเมื่อเกิดการล้มละลาย หากเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง เช่น แผ่นดินไหว เนื่องจากภาวะล้มละลายทางการเงินเกิดขึ้นยาก จึงใช้มอนติคาร์โลทำการจำลองตัวอย่างเพื่อประมาณค่าความน่าจะเป็นของการเกิดหายนะ โดยนำไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์แผ่นดินไหว Irkutsk ประเทศรัสเซีย เพื่อหากลยุทธ์ทางการเงินที่เหมาะสม กระจายความสูญเสียไปยังพอร์ตการรับประกันภัยของบริษัทประกันภัยอย่างเหมาะสม

(Ermolieva, Ermoliev et al. 2003) พัฒนาตัวแบบการจัดการภัยพิบัติน้ำท่วมโดยใช้ข้อมูลจากเหตุการณ์น้ำท่วมของแม่น้ำ Upper Tisza ในฮังการี ได้แก่ ตัวแบบแม่น้ำ ตัวแบบน้ำท่วมตามลักษณะพื้นที่(ใช้ Geographic Information System : GIS) ตัวแบบความเสียหายทางเศรษฐกิจเมื่อเกิดน้ำท่วม โดยผลลัพธ์ท้ายสุดที่วิเคราะห์ตามลำดับจากตัวแบบทั้งสามคือ ความเสียหายของพื้นที่หรือความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่จะเกิดขึ้น จากนั้นตัวแบบ Multi-agent accounting system (MASS) จะทำการพิจารณาความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับผลกำไรหรือขาดทุนในตัวแทนทั้ง 3 คือรัฐบาลกลาง กองทุนภัยพิบัติ และ Contingent credit ภายหลังการเกิดภัยพิบัติ โดยการแนวทางการตัดสินใจได้ใช้ตัวแบบ AMC ใช้ในการสุ่มตัวอย่างจากนั้นจะได้การแจกแจงของความน่าจะเป็น

Chulalongkorn University

ที่จะได้รับผลกำไรหรือขาดทุน ซึ่งมีความเสี่ยงทางการเงินเกิดขึ้นซึ่งการประมาณข้อจำกัดของความไม่มั่นคงทางการเงินจะใช้ Convex stochastic optimization problem อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ Contingent credit จะต้องใช้ CVaR ในการวัดความเสี่ยง

(Zhao 2010) ศึกษาตัวแบบความสูญเสียของลมพายุในเขต ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและ ภาคตะวันออกเฉียงใต้ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ตัวแบบจำลองเฟ้นสุ่มรวบรวมข้อมูลในอดีตเพื่อที่จะคาดการณ์เหตุการณ์ข้างหน้า พบว่าเกาซ์เซียนคอปปูลา อธิบายความสูญเสียจากลมพายุได้ดีกว่าคอปปูลาแบบอื่น โดยทดสอบภาวะสารูปสนิทดี ใช้สถิติทดสอบ Cramer-von Mises นอกจากนี้มีความสัมพันธ์ส่วนหางเพียงเล็กน้อยที่เกิดขึ้นจากข้อมูลเท่านั้น จากนั้นได้หามูลค่าความเสี่ยงโดยใช้วิธี VaR

(Aas 2006) ศึกษาการแจกแจงร่วมคอปปูลา 4 แบบคือ สติวเดนท์ทีคอปปูลา เกาซ์เซียนคอปปูลา กัมเบลคอปปูลา และเคลย์ตันคอปปูลา (Clayton Copula) ว่าแบบใดเหมาะสมกับการแจกแจงร่วมของสองตัวแปร โดยวัดความสอดคล้องกันของสองตัวแปรจากวิธี Kendall's tau และ Spearman's rho พบว่า สติวเดนท์ทีคอปปูลา เกาซ์เซียนคอปปูลา และเคลย์ตันคอปปูลา เหมาะสมกับการแจกแจงร่วมของสองตัวแปร จากนั้นนำไปประยุกต์กับการหาความสัมพันธ์ของสินทรัพย์สองประเภท (โดยข้อมูลของสินทรัพย์ไม่ได้มีเหตุการณ์รุนแรงเกิดขึ้น) ซึ่งผลสรุปเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

2.6.2 งานวิจัยในประเทศไทย

(ฐิติมา จิรเศรษฐสิริ 2548) ได้ทำการศึกษาการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมด้วยเทคนิคคอปปูลาเมื่อทราบการแจกแจงส่วนริมและสหสัมพันธ์ พบว่าตัวแบบเกาส์เซียนคอปปูลา สามารถทำได้ง่าย แต่ขาดคุณสมบัติบางประการ เช่น คุณสมบัติความสันพันธ์ส่วนหางทำให้ไม่ครอบคลุมลักษณะของการใช้งานบางอย่าง ส่วนสติวเดนท์ทีคอปปูลามีคุณสมบัติความสัมพันธ์ส่วนหาง

(อภัยฑูรย์ สุวรรณชูจิต 2551) ศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมของสภาพน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยศึกษาความเหมาะสมของฟังก์ชันคอปปูลา 3 ชนิด คือ กัมเบลคอปปูลา เคลย์ตันคอปปูลา และ Ali-Mikhail-Hag โดยใช้วิธีทดสอบ Kolmogorov-Smirov ผลการศึกษาพบว่า กัมเบลคอปปูลา เป็นตัวแทนของการแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมของปริมาณน้ำหลากสูงสุดกับปริมาตรน้ำหลาก และปริมาตรน้ำหลากกับช่วงเวลาน้ำหลากในพื้นที่ศึกษาได้ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติซึ่งครอบคลุมถึง น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว โดยนำการประมาณปัจจัยพัฒนาการของค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Average Incurred Claim Development) และประมาณปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน (Reported Claim Count Development) เข้ามาประยุกต์เพื่อคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้น จำลองข้อมูลด้วยการใช้วิธีการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมโดยใช้เทคนิค เกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา เพื่อประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ กัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมรายการค่าสินไหมทดแทนและจำนวนครั้งที่เกิดความเสียหายที่ได้รับรายงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005-2012
2. จำแนกข้อมูลตามภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว
3. ประมาณการจากพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น และประมาณการจากพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานแยกตามภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว
4. ประมาณค่าพารามิเตอร์จากพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น และประมาณการจากพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน แยกตามภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว
5. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) โดยใช้ Pearman's product moment correlation
6. นำข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณความเสียหายรวม (Aggregated loss) แยกตามวิธีจำลองตัวแปรสุ่มร่วมโดยใช้เทคนิค เกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา
7. ประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้วิธีมูลค่าความเสี่ยง และวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์
8. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง และวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์

Chulalongkorn University

9. เปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้การจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิค เกาซ์เซียน คอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา
10. เขียนรายงาน และทำการสรุปผลข้อมูล

3.2 ข้อมูลที่นำมาคำนวณ

ข้อมูลที่นำมาคำนวณ เป็นข้อมูลทุติยภูมิรายการมูลค่าสินไหมทดแทนและจำนวนครั้งที่เกิดความเสียหายที่ได้รับรายงานของภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง ระหว่างปี ค.ศ. 2005-2012

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมี รายละเอียดดังนี้

3.2.1 ประเภทภัยของความเสียหาย

ความเสียหายจากภัยธรรมชาติในงานวิจัยนี้ครอบคลุมถึงภัย น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว

ตารางที่ 3.1 แสดงชื่อย่อของประเภทภัยของความเสียหาย (Risk Type) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

ประเภทภัยของความเสียหาย (Risk Type)	ชื่อย่อ (Code)
ภัยน้ำท่วม	Flood
ภัยลมพายุ	Storm
ภัยแผ่นดินไหว	EQ

3.2.2 มูลค่าสินไหมทดแทนจ่าย (Paid Losses)

คือค่าสินไหมทดแทนจ่ายจนถึงปัจจุบัน

3.2.3 เงินสำรองสำหรับความเสียหายที่บริษัทรับทราบแล้ว (Case Reserve)

คือจำนวนเงินที่บริษัทจะต้องกันสำรองไว้ให้เพียงพอที่จะจ่ายค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและรายงานมายังบริษัทแล้ว

ตัวอย่าง กรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ฉบับหนึ่ง

- วันที่ 1 เมษายน ค.ศ. 2012 : วันเริ่มคุ้มครอง
- วันที่ 15 พฤษภาคม ค.ศ. 2012 : เกิดความเสียหาย
- วันที่ 30 กรกฎาคม ค.ศ. 2012 : ผู้เอาประกันภัยแจ้งความเสียหายที่เกิดขึ้นแก่บริษัทประกันภัยซึ่งบริษัทจะสำรองค่าสินไหมทดแทน ณ วันรับ

แจ้งเหตุ เงินจำนวนนี้เรียกว่า “เงินสำรองสำหรับความเสียหายที่บริษัทรับทราบแล้ว”

- วันที่ 31 ตุลาคม ค.ศ. 2012 : บริษัทประกันภัยจ่ายค่าสินไหมทดแทนให้ผู้เอาประกันภัย เงินจำนวนนี้เรียกว่า “มูลค่าสินไหมทดแทนจ่าย”

3.2.4 จำนวนครั้งที่เกิดความเสียหายที่ได้รับรายงาน (Reported Claim Count)

คือจำนวนครั้งความเสียหายที่เกิดขึ้นซึ่งบริษัทประกันภัยรับทราบแล้ว

3.2.5 จำนวนปี (Forecast horizon indicate)

คือช่วงเวลาในการนำมาวิเคราะห์มูลค่าความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว

3.3 การเตรียมข้อมูล

ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องเตรียมข้อมูลมูลค่าสินไหมทดแทนรูปสามเหลี่ยม (Incurred Loss Triangle) ซึ่งจะแสดงถึงข้อมูลในอดีตของค่าสินไหมทดแทนจ่าย รวมกับเงินสำรองสำหรับความเสียหายที่บริษัทรับทราบแล้ว เพื่อประมาณการพัฒนาการของค่าเฉลี่ยของค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและประมาณการพัฒนาการของจำนวนครั้งของความเสียหายที่ได้รับรายงาน โดยรายละเอียดของการหาพัฒนาการของค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและพัฒนาการของจำนวนครั้งของความเสียหายที่ได้รับรายงานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Average Claim Incurred)

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Average Claim Incurred) จะแสดงถึงพัฒนาการของค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นแต่ละปีอุบัติเหตุ ณ เวลาต่าง ๆ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$Average\ Claim\ Incurred = \frac{\text{Cumulative Claim Incurred}}{\text{Reported Claim Count}} \qquad (1)$$

โดย Average Claim Incurred คือ ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น

Cumulative Claim Incurred คือค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสะสม

Reported Claim Count คือจำนวนครั้งที่เกิดความเสียหายที่ได้รับรายงาน

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Average Claim Incurred) ของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012

Accident Year (i)	Development Year (j)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2005 หรือ 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}
2006 หรือ 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}	
2007 หรือ 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}		
2008 หรือ 4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	X_{45}			
2009 หรือ 5	X_{51}	X_{52}	X_{53}	X_{54}				
2010 หรือ 6	X_{61}	X_{62}	X_{63}					
2011 หรือ 7	X_{71}	X_{72}						
2012 หรือ 8	X_{81}							

หมายเหตุ : X_{ij} หมายถึง ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นในปีอุบัติเหตุ (Accident year) i และปีพัฒนาการ (Development year) j

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.3 ปัจจัยพัฒนาการของค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น (Development Factors of Average Claim Incurred) ของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012

Accident Year (i)	Development Year (j)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2005 หรือ 1	X_{12}/X_{11}	X_{13}/X_{12}	X_{14}/X_{13}	X_{15}/X_{14}	X_{16}/X_{15}	X_{17}/X_{16}	X_{18}/X_{17}	
2006 หรือ 2	X_{22}/X_{21}	X_{23}/X_{22}	X_{24}/X_{23}	X_{25}/X_{24}	X_{26}/X_{25}	X_{27}/X_{26}		
2007 หรือ 3	X_{32}/X_{31}	X_{33}/X_{32}	X_{34}/X_{33}	X_{35}/X_{34}	X_{36}/X_{35}			
2008 หรือ 4	X_{42}/X_{41}	X_{43}/X_{42}	X_{44}/X_{43}	X_{45}/X_{44}				
2009 หรือ 5	X_{52}/X_{51}	X_{53}/X_{52}	X_{54}/X_{53}					
2010 หรือ 6	X_{62}/X_{61}	X_{63}/X_{62}						
2011 หรือ 7	X_{72}/X_{71}							
2012 หรือ 8								

หมายเหตุ : X_{ij} หมายถึง ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นในปีอุบัติเหตุ (Accident year) i และปีพัฒนาการ (Development year) j

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.2 จำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน (Reported Claim Count)

สามารถคำนวณปัจจัยพัฒนาการปีต่อปี (Age-to-Age Development Factor) โดยใช้วิธีการเดียวกันกับการคำนวณเพื่อหาปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.4 จำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน (Reported Claim Count) ของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012

Accident Year (i)	Development Year (j)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2005 หรือ 1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}	Y_{17}	Y_{18}
2006 หรือ 2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{25}	Y_{26}	Y_{27}	
2007 หรือ 3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	Y_{35}	Y_{36}		
2008 หรือ 4	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}	Y_{45}			
2009 หรือ 5	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{54}				
2010 หรือ 6	Y_{61}	Y_{62}	Y_{63}					
2011 หรือ 7	Y_{71}	Y_{72}						
2012 หรือ 8	Y_{81}							

หมายเหตุ : Y_{ij} หมายถึง จำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานในปีอุบัติเหตุ (Accident year) i และปีพัฒนาการ (Development year) j

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน (Development Factors of Reported Claim Count) ของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012

Accident Year (i)	Development Year (j)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2005 หรือ 1	Y_{12}/Y_{11}	Y_{13}/Y_{12}	Y_{14}/Y_{13}	Y_{15}/Y_{14}	Y_{16}/Y_{15}	Y_{17}/Y_{16}	Y_{18}/Y_{17}	
2006 หรือ 2	Y_{22}/Y_{21}	Y_{23}/Y_{22}	Y_{24}/Y_{23}	Y_{25}/Y_{24}	Y_{26}/Y_{25}	Y_{27}/Y_{26}		
2007 หรือ 3	Y_{32}/Y_{31}	Y_{33}/Y_{32}	Y_{34}/Y_{33}	Y_{35}/Y_{34}	Y_{36}/Y_{35}			
2008 หรือ 4	Y_{42}/Y_{41}	Y_{43}/Y_{42}	Y_{44}/Y_{43}	Y_{45}/Y_{44}				
2009 หรือ 5	Y_{52}/Y_{51}	Y_{53}/Y_{52}	Y_{54}/Y_{53}					
2010 หรือ 6	Y_{62}/Y_{61}	Y_{63}/Y_{62}						
2011 หรือ 7	Y_{72}/Y_{71}							
2012 หรือ 8								

หมายเหตุ : Y_{ij} หมายถึง จำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานในปีอุบัติเหตุ (Accident year) i และปีพัฒนาการ (Development year) j

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 การประมาณค่าข้อมูล

3.4.1 วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation (MLE))

วิธีนี้จะมีประสิทธิภาพที่ดี เมื่อข้อมูลมากเพียงพอ เนื่องจากวิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดหาค่าที่แท้จริงของพารามิเตอร์เพื่อให้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงที่ไปทำการสำรวจมา

ให้ f (x_1,...., x_n; θ), $\theta \in \Theta \subseteq R^k$ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นร่วม ที่มีตัวแปรสุ่ม n ตัว X_1, ... , X_n ด้วยค่าตัวอย่างสุ่ม x_1 , ..., x_n ฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นของตัวอย่าง แสดงโดย

$$L(\theta;\ x_1\ , \dots , x_n\ ) = f\ (\ x_1,\ldots.,\ x_n;\theta) \tag{2}$$

โดย L เป็นฟังก์ชันของ θ สำหรับค่าตัวอย่างที่คงที่

ถ้า X_1, ,.... , X_n เป็นตัวแปรสุ่มอิสระที่ไม่ต่อเนื่อง มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น $p(x, \theta)$ ฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นแสดงโดย

$$L(\theta) \qquad = P(X_1 = x_1, \dots , X_n = \ x_n) \tag{3}$$

$$= \prod_{i=1}^{n} P(X_i = x_i\ ) \tag{4}$$

(เป็นไปตามกฎการคูณ ของตัวแปรสุ่มอย่างอิสระ)

$$= \prod_{i=1}^{n} p(x_i\ , \theta\ ) \tag{5}$$

ถ้า X_1, ,.... , X_n เป็นตัวแปรสุ่มอิสระที่ต่อเนื่อง มีฟังก์ชันความหนาแน่น $f(x, \theta)$ แสดงฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นโดย

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^{n} f(x_i\ , \theta\ ) \tag{6}$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด เป็นค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น ด้วยพารามิเตอร์ θ

$$L\left(\hat{\theta};\ x_1\ , \ldots, x_n\ \right) = \max_{\theta \in \Theta} L(\ \theta;\ x_1\ , \ldots, x_n) \tag{7}$$

โดย Θ เป็นขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้ของพารามิเตอร์ θ

วิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพารามิเตอร์ที่มีหลายตัวได้ ให้ $X_1, \ldots, X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มด้วยการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่องหรือการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง

$$L(\theta_1, \ldots, \theta_m; x_1, \ldots, x_n) = f(x_1, \ldots, x_n; \theta_1, \ldots, \theta_m) \tag{8}$$

หากค่าของพารามิเตอร์ $\theta_1, \ldots, \theta_m$ ไม่สามารถทราบค่าได้ $x_1, \ldots, x_n$ เป็นค่าตัวอย่างสุ่ม จากนั้นตัวประมาณภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด $\widehat{\theta_1}, \ldots, \widehat{\theta_m}$ เป็นค่าของ $\acute{\theta}_i s$ ซึ่งประมาณด้วยฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด

$$f(x_1, \ldots, x_n; \widehat{\theta_1}, \ldots, \widehat{\theta_m}) \geq f(x_1, \ldots, x_n; \theta_1, \ldots, \theta_m) \tag{9}$$

สำหรับทุก $\theta_1, \ldots, \theta_m$

ขั้นตอนการประมาณค่า

1. สร้างฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น $L(\theta)$
2. หา ln ของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น $L(\theta)$
3. หาอนุพันธ์อันดับที่ 1ของ $\ln L(\theta)$ แล้วกำหนดค่าเท่ากับ 0
4. แก้สมการเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ θ จะได้ตัวประมาณค่า $\hat{\theta}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวประมาณด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator) มีคุณสมบัติเชิงสถิติสำคัญคือ

1. ความสอดคล้องกัน (Consistency) คุณสมบัติที่ต้องการประการหนึ่งของค่าประมาณคือจะต้องใกล้เคียงกับพารามิเตอร์ที่ใช้ประมาณ ด้วยขนาดตัวอย่างที่มากพอ ซึ่งสามารถอธิบายพฤติกรรมของตัวประมาณที่มีขนาดตัวอย่าง n กลายเป็นขนาดตัวอย่างที่ไม่สิ้นสุด (Infinitely large)
2. ตัวประมาณที่มีประสิทธิภาพ (Efficiency estimator) การเปรียบเทียบความแปรปรวนของตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงที่ต่างกัน n ค่า ตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงที่ให้ค่าความแปรปรวนน้อยที่สุด ส่งผลให้เป็นตัวประมาณที่มีประสิทธิภาพ
3. ตัวประมาณที่ไม่เอนเอียง (Unbiased Estimator) ค่าคาดหวังของตัวประมาณในพารามิเตอร์จะต้องมีค่าเท่ากับค่าจริงของพารามิเตอร์นั้น

$$E(\hat{\theta}) = \theta \tag{10}$$

โดย θ คือพารามิเตอร์

$\hat{\theta}$ คือตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง

3.4.2 การทดสอบภาวะสารรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test)

ในงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบความเหมาะสมของพารามิเตอร์ หรือเรียกว่าการทดสอบภาวะสารรูปสนิทดีโดยวิธี The Komogorov-Smirnov Goodness of Fit Test เป็นการเปรียบเทียบฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่างกับฟังก์ชันการแจกแจงทางทฤษฎี ซึ่งตัวอย่างต้องได้มาจากการสุ่มและฟังก์ชันการแจกแจงสะสมทางทฤษฎีต้องมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง

Chulalongkorn University

กำหนดให้

$F_T(x)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมทางทฤษฎี

$F_s(x)$ คือฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่าง

สมมติฐานทางสถิติคือ

$H_0: F(x) = F_T(x)$ สำหรับทุก x เมื่อ $-\infty < x < \infty$

$H_1: F(x) \neq F_T(x)$ สำหรับ x อย่างน้อย 1 ตัว

ความแตกต่างระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงสะสมทางทฤษฎีกับฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่างวัดได้ด้วยค่าสถิติ D ซึ่งคือระยะที่ห่างที่สุดระหว่าง $\mathrm{F}_s\ (\mathrm{x})$ และ $\mathrm{F}_\mathrm{T}\ (\mathrm{x})$

สถิติทดสอบคือ

$$D = \sup_x |F_s\ (x) - F_T(x)|n$$

เกณฑ์การตัดสินใจคือ

จะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α ถ้าค่าสถิติ D มากกว่าค่าที่ได้จากตาราง Quantiles of the Kolmogorov Test Statistic สำหรับ 1-α การทดสอบสองทาง และขนาดตัวอย่าง n

3.5 การจำลองข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ จำลองข้อมูลด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล โดยแบ่งสถานการณ์จำลองเป็น 2 แนวทางคือ การจำลองสถานการณ์การแจกแจงปัจจัยพัฒนาการของค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น และการจำลองสถานการณ์การแจกแจงปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานโดยมีขั้นตอนดังนี้

สถานการณ์จำลอง การแจกแจงปัจจัยพัฒนาการของค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น และการแจกแจงปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน

1. จำลองตัวแปรสุ่มตามการแจกแจงของปัจจัยพัฒนาการของค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น ของแต่ละภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ซึ่งเรียงลำดับได้ $n_1, \ldots\ldots, \mathrm{n_k}(1 \ll \mathrm{k} \ll 10{,}000)$ ในช่วง 1 ปี
2. จากข้อ 1 จะสามารถนำไปคำนวณหา ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนสมบูรณ์ (Ultimate Severity) ของแต่ละภัยที่กล่าวในข้างต้น อย่างละ 10,000 ชุด

3. การจำลองตัวแปรสุ่มตามการแจกแจงปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน มีขั้นตอนเหมือนข้อที่ 1 และ 2
4. ในแต่ละสถานการณ์ n_k จำลองมูลค่าความเสียหายของแต่ละภัยธรรมชาติ เช่น มูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นของภัยน้ำท่วม จำนวน 10,000 ชุด ในช่วง 1 ปี
5. ในแต่ละสถานการณ์ n_k รวมมูลค่าความเสียหายของภัยธรรมชาติที่ได้จากข้อ 3 จะได้ลำดับเหตุการณ์ของความเสียหายสะสมในช่วง 1 ปี

3.6 การคำนวณมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR))

ในงานวิจัยมีการกำหนดขอบเขตของการคำนวณมูลค่าความเสี่ยง มีดังนี้

1. ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level)

   กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และ ที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์
2. จำนวนปี (Forecast horizon) 1 ปี
3. สกุลเงิน (Base currency) หน่วยเป็นบาท

มูลค่าความเสี่ยงของภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว มีระดับความเชื่อมั่นที่ α โดย l คือจำนวนน้อยที่สุด ดังนั้นความน่าจะเป็นของ มูลค่าความเสียหาย Lที่เกินกว่า l แต่ไม่เกินกว่า $1-\alpha$ มีสมการดังนี้

$$VaR_{\alpha}(L) = inf\{l \in R: P(L > l) \leq 1-\alpha\} = inf\{l \in R: F_L(l) \geq \alpha\} \quad (11)$$

3.7 การคำนวณค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall (ES))

ในงานวิจัยมีการกำหนดขอบเขตของการคำนวณค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกินมีดังนี้

1. ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level)

   กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และ ที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์
2. จำนวนปี (Forecast horizon) 1 ปี
3. สกุลเงิน (Base currency) หน่วยเป็นบาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเขียนในรูปแบบความสัมพันธ์ของมูลค่าความเสี่ยงได้ดังนี้

$$ES_\alpha(L) = E[L|L \geq VaR_\alpha(L)] \quad (12)$$

3.8 การจำลองคอปปูลา

การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลได้ทำสร้างข้อมูลค่าสังเกต และรูปแบบคอปปูลาที่ต่างกันจะนำไปใช้ในการคำนวณเงินกองทุนที่จำเป็นสำหรับภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.8.1 ขั้นตอนของการจำลองอีลิปติเคิลคอปปูลา (Ellipticle Copulas)

(Zhao 2010)

1. คำนวณ the Spearman's Rho
2. สำหรับสติวเดนท์ทีคอปปูลาใช้การทดสอบภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood) เพื่อคำนวณหาองศาความเป็นอิสระ
3. หาเมตริกซ์สามเหลี่ยมบนของ A ของเมตริกซ์ค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้การแยกแบบโชเลสกี (Cholesky decomposition)
4. สร้างตัวแปรสุ่มที่อิสระจากกัน $u_1, \ldots, u_n$ จาก $U(0,1)$
5. กำหนดให้ $x = Au$
6. คำนวณ $\widehat{F^{-1}}(\mathrm{u_i})$ สำหรับ $i = 1, \ldots, n$ โดย $\hat{F}$ คือฟังก์ชันการแจกแจงเดี่ยวของการประมาณค่า
   - $\hat{F}$ คือ Φ ในการแจกแจงปกติมาตรฐานของเกาซ์เซียนคอปปูลา(Gaussian Copula) และ t_{v} สำหรับการแจกแจงของสติวเดนท์ที ด้วยองศาอิสระ v ของสติวเดนท์ทีคอปปูลา (Student's t Copula)
7. รวมมูลค่าเสียหายจากภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ที่ต่างกัน
8. คำนวณมูลค่าความเสี่ยงและค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ

Chulalongkorn University

3.8.2 ขั้นตอนของการจำลองอาร์คีมีเดียนคอปปูลา (Archimedean Copulas)

(Zhao 2010)งานวิจัยนี้พิจารณาถึง กัมเบลคอปปูลา (Gumbel Copula) มีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม(cdf) คือ

$$C_\delta(u,v) = exp\left(-((-\log u)^\delta + (-\log v)^\delta\right)^{1/\delta}) \quad (13)$$

โดย θ คือ พารามิเตอร์ มีเงื่อนไขว่า $\theta \in [1,\infty)$

1. คำนวณ the Spearman's Rho
2. สร้างตัวแปรสุ่มที่อิสระจากกัน $u_1, \ldots, u_n$ จาก $U(0,1)$
3. กำหนดให้ $\omega = K^{-1}(t)$ โดยที่ K เป็นฟังก์ชันการแจกแจง $C(u,v)$ ซึ่งนิยามโดย $K(t) = t - \frac{\Phi(t)}{\Phi'(t^+)}$
4. กำหนดให้ $\omega = \Phi^{[-1]}(s\Phi(\omega))$ และ $v = \Phi^{[-1]}((1-s)\Phi(\omega))$

ขั้นตอนถัดไปปฏิบัติเหมือนขั้นตอนที่ 6 -8 ของการจำลองอาร์คีมีเดียนคอปปูลา (Archimedean Copulas)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ โดยนำวิธีแบบจำลองคณิตศาสตร์ประกันภัยมาประยุกต์ใช้

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณคือข้อมูลค่าสินไหมทดแทน และจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานในระหว่างปีพ.ศ. 2548-2555 รวม 8 ปี โดยใช้โปรแกรม R ช่วยในการวิเคราะห์เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ ตามแนวคิดมูลค่าความเสี่ยงและค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินผลการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

1. ผลฟังก์ชันการแจกแจงและค่าประมาณพารามิเตอร์ ของปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น ปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานโดยจำแนกตามภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว
2. ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ของความสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น และจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน
3. ผลการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ โดยพิจารณาถึงมูลค่าความเสียหายจากภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว และมูลค่าความเสียหายทั้งหมดจากภัยดังกล่าว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา
4. ผลการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ โดยพิจารณาถึงมูลค่าความเสียหายจากภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว และมูลค่าความเสียหายทั้งหมดจากภัยดังกล่าว ด้วยค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา

4.1 ผลฟังก์ชันการแจกแจงและค่าประมาณพารามิเตอร์ของข้อมูลความเสียหายของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ

ตารางที่ 4.1 แสดงการแจกแจงของข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยพัฒนาการเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานของภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว โดยมีรายละเอียดดังข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงการแจกแจงข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลความเสียหายของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ

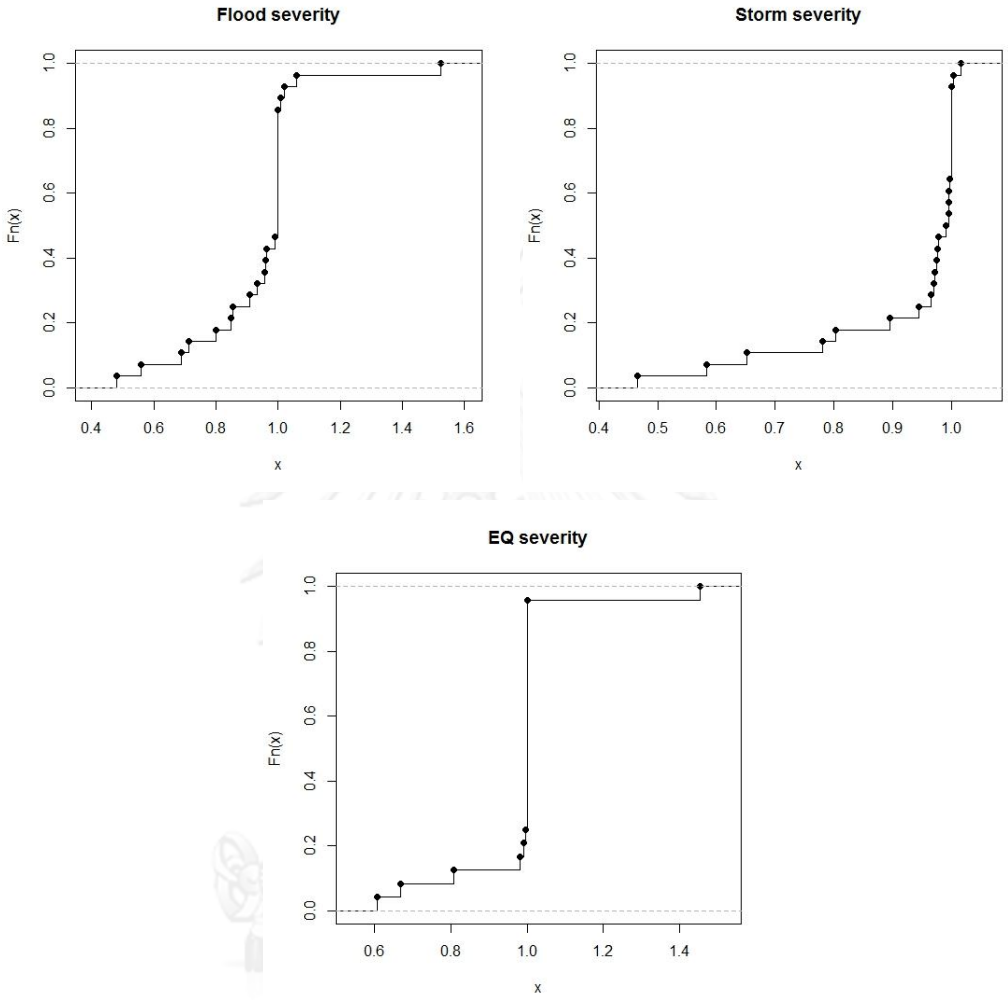
ประเภทภัยธรรมชาติ	ปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น		ปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน	
	การแจกแจงข้อมูล	ค่าประมาณพารามิเตอร์	การแจกแจงข้อมูล	ค่าประมาณพารามิเตอร์
น้ำท่วม	ไวบูลล์ (Weibull)	shape=4.06771 scale=0.98380	โคชี (Cauchy)	location=1.03416 scale=0.09551
ลมพายุ	โลจิสติก (Logistic)	location=0.93103 scale=0.07740	แกมมา (Gamma)	shape=0.02441 rate=21.36989
แผ่นดินไหว	การแจกแจงความถี่		การแจกแจงความถี่	

ปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นของภัยน้ำท่วมมีการแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull distribution) ภัยลมพายุมีการแจกแจงแบบโลจิสติก (Logistic distribution) และภัยแผ่นดินไหวมีการแจกแจงความถี่ (Frequency distribution) จากนั้นภัยน้ำท่วมและภัยลมพายุจะสุ่มข้อมูลตามรูปแบบการแจกแจงที่กล่าวในข้างต้น ส่วนภัยแผ่นดินไหวจะสุ่มข้อมูลจากค่าของข้อมูลจริงที่มีอยู่เป็นการแจกแจงของข้อมูล เนื่องจากจำนวนข้อมูลของมูลค่าสินไหมทดแทนแผ่นดินไหวมีจำนวนข้อมูลที่น้อย

ปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานของภัยน้ำท่วมมีการแจกแจงแบบโคชี (Cauchy distribution) ภัยลมพายุมีการแจกแจงแบบแกมมา (Gamma distribution) และภัยแผ่นดินไหวมีการแจกแจงความถี่ (Frequency distribution) จากนั้นภัยน้ำท่วมและภัยลมพายุจะสุ่มข้อมูลตามรูปแบบการแจกแจงที่กล่าวในข้างต้น ส่วนภัยแผ่นดินไหวจะสุ่มข้อมูลจากค่าของข้อมูลจริงที่มีอยู่เป็นการแจกแจงของข้อมูล เนื่องจากจำนวนข้อมูลของมูลค่าสินไหมทดแทนแผ่นดินไหวมีจำนวนข้อมูลที่น้อย

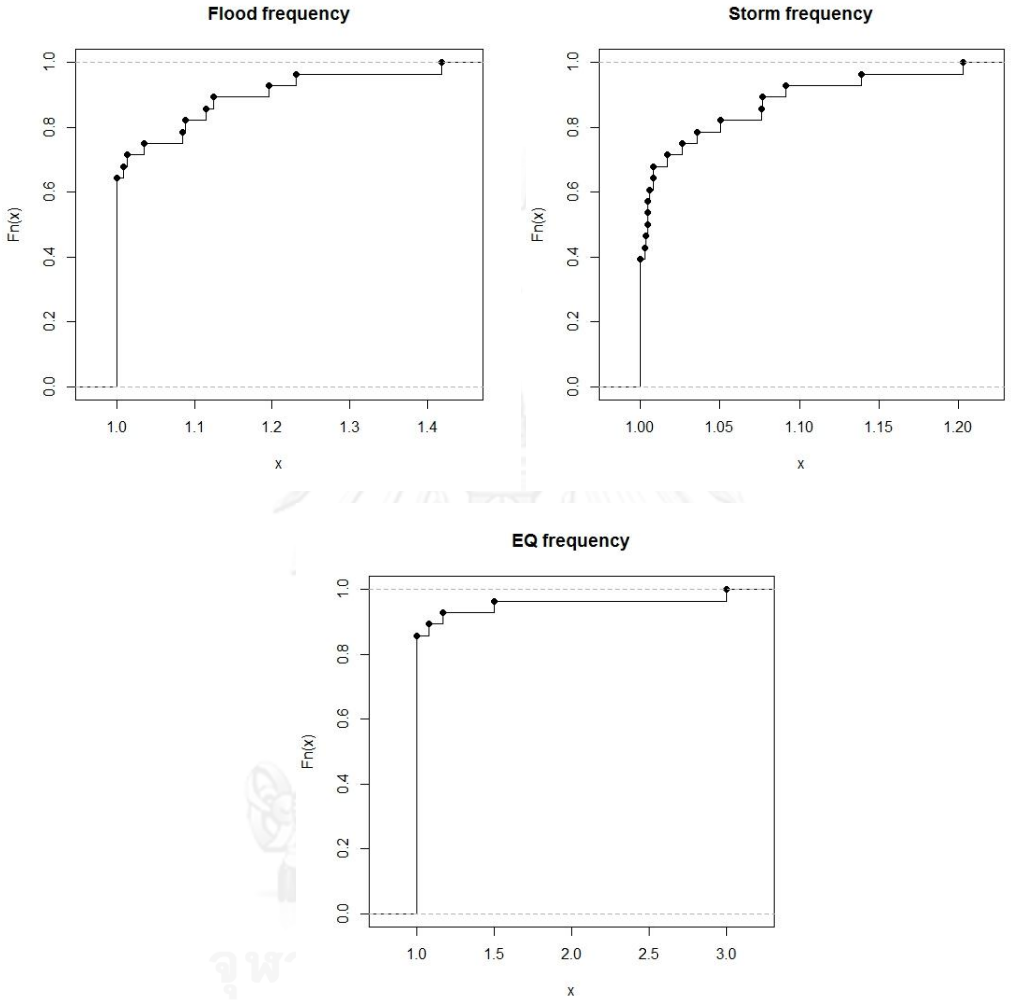
ภาพที่ 4.1 และ 4.2 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น และฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานของภัย น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหวของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012

ภาพที่ 4.1 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นของภัย น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหวของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.2 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานของภัย น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหวของปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติทั้ง 3 ภัยคือ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว กรณีไม่นำการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิคคอปปูลามาประยุกต์ใช้ในการคำนวณเงินกองทุน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์กรณีไม่นำการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิคคอปปูลามาประยุกต์ใช้ในการคำนวณเงินกองทุน

	รวม	**น้ำท่วม**	**ลมพายุ**	**แผ่นดินไหว**
VaR 90%	2,408,825,801.38	2,402,101,618.20	17,842,767.91	1,048,654.03
VaR 95%	5,076,035,996.77	5,065,999,118.10	18,460,980.97	1,152,663.46
VaR 97%	6,142,920,074.92	6,131,558,118.06	18,708,266.19	1,194,267.22
VaR 99%	7,209,804,153.08	7,197,117,118.02	18,955,551.41	1,235,870.99
VaR 99.5%	7,476,525,172.62	7,463,506,868.01	19,017,372.71	1,246,271.93
VaR 99.9%	7,689,901,988.25	7,676,618,668.00	19,066,829.76	1,254,592.69
ES 90%	7,743,246,192.16	7,729,896,618.00	19,079,194.02	1,256,672.88
ES 95%	7,743,246,192.16	7,729,896,618.00	19,079,194.02	1,256,672.88
ES 97%	7,743,246,192.16	7,729,896,618.00	19,079,194.02	1,256,672.88
ES 99%	7,743,246,192.16	7,729,896,618.00	19,079,194.02	1,256,672.88
ES 99.5%	7,476,525,172.62	7,463,506,868.01	19,017,372.71	1,246,271.93
ES 99.9%	7,689,901,988.25	7,676,618,668.00	19,066,829.76	1,254,592.69

จากตารางที่ 4.2 ชี้ให้เห็นว่า เมื่อทำการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ โดยไม่นำการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิคคอปปูลาใช้ในการคำนวณเงินกองทุน เมื่อใช้วิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินจะมีจำนวนเงินกองทุนที่สูงมาก โดยวิธีมูลค่าความเสี่ยงนั้น เมื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นจำนวนเงินกองทุนจะเพิ่มขึ้นสูงเป็นลำดับ ในขณะที่วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 ถึง 99 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเงินกองทุนจะเท่ากัน แต่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.5 และ 99.9 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเงินกองทุนจะมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย

4.2 ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ของความสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน

การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธีของเพียร์สัน (Pearson's product –moment correlation) โดย ρ (rho) คือพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มประชากร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 โดยค่าลบแสดงความสัมพันธ์ในทางตรงข้าม ค่าบวกแสดงความสัมพันธ์ทางเดียวกัน

สมมติฐานทางสถิติคือ

$$H_0: \rho = 0$$
$$H_1: \rho \neq 0$$

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) คือ 0.05

เกณฑ์การตัดสินใจคือ

จะปฏิเสธ H_0ที่ระดับนัยสำคัญ α เมื่อค่า p-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน $(\rho \neq 0)$

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ของความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน

ความสัมพันธ์	ค่าเฉลี่ยความเสียหาย (Severity)		จำนวนครั้งความเสียหาย (Frequency)	
	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ)	p-value	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ)	p-value
ลมพายุ-น้ำท่วม	0.6344834	0.0002877	0.9372789	2.07E-13
แผ่นดินไหว-ลมพายุ	0.4744123	0.01075	0.4543229	0.01515
แผ่นดินไหว-น้ำท่วม	0.3841779	0.04355	0.4690192	0.01181

หมายเหตุ : p-value หมายถึง ระดับนัยสำคัญที่น้อยที่สุดที่จะปฏิเสธ H_0 จากเกณฑ์การตัดสินใจที่กำหนดจะปฏิเสธ H_0เมื่อค่า p-value น้อยกว่า 0.05

จากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ *(ρ)* ของค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น พบว่าภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กันทั้ง 3 ภัย โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ลมพายุ-น้ำท่วม สูงสุดคือ 0.6344834 หรือประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ของน้ำท่วม-แผ่นดินไหว น้อยที่สุดคือ 0.3841779 หรือประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์

ในขณะเดียวกันค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(ρ) ของจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน พบว่าภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ลมพายุ-น้ำท่วม สูงสุดคือ 0.9372789 หรือประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ของลมพายุ-แผ่นดินไหว น้อยที่สุดคือ 0. 4543229 หรือประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบข้างต้นสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานพบว่าภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กันทั้ง 3 ภัย ซึ่งสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ดังกล่าวมาใช้ในการสร้างแบบจำลองคอปปูลาต่อไป

4.3 ผลการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง

ขอบเขตงานวิจัยนี้พิจารณาถึงความเสียหายจากภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา โดยทำการวิเคราะห์ใน 2 แนวทางคือ

4.1 ค่าเฉลี่ยทุกปีของปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น และปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน

4.2 ถ่วงน้ำหนักด้วยค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายของปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น และปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน

เนื่องจากในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยประสบภัยพิบัติธรรมชาติที่มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น และเกิดภัยขึ้นบ่อยครั้ง ดังนั้นนำปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นและปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงานของของ 2 ปีสุดท้ายมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสมบูรณ์ (Ultimate Severity) และจำนวนครั้งความเสียหายสมบูรณ์ (Ultimate Frequency)

จากตารางที่ 4.3 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของเกาซ์เซียนคอปปูลา วิธีมูลความเสี่ยง ตารางที่ 4.4 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของสติวเดนท์ทีคอปปูลาองศาอิสระ 4 วิธีมูลค่าความเสี่ยง และตารางที่ 4.5 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของกัมเบลคอปปูลา วิธีมูลค่าความเสี่ยง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของเกาซ์เซียนคอปปูลา วิธีมูลค่าความเสี่ยง

	ค่าเฉลี่ยทุกปี			
	รวม	**น้ำท่วม**	**ลมพายุ**	**แผ่นดินไหว**
$VaR_{90\%}$	171,400,794	160,289,373	7,152,558	6,639,316
$VaR_{95\%}$	206,651,243	195,351,311	7,315,061	9,872,332
$VaR_{97\%}$	241,011,230	229,126,189	13,748,969	13,010,068
$VaR_{99\%}$	327,503,542	316,673,186	16,034,603	17,778,781
$VaR_{99.5\%}$	392,862,014	382,609,345	17,191,934	23,494,215
$VaR_{99.9\%}$	645,927,738	634,547,179	19,545,315	36,584,093
	ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย			
$VaR_{90\%}$	150,125,352	137,344,575	7,151,659	6,906,338
$VaR_{95\%}$	167,627,302	155,049,443	7,315,816	10,905,466
$VaR_{97\%}$	200,781,040	190,334,246	13,748,969	13,064,172
$VaR_{99\%}$	349,629,585	338,638,981	16,011,530	19,563,763
$VaR_{99.5\%}$	490,415,409	480,236,779	16,725,582	24,181,375
$VaR_{99.9\%}$	778,586,224	768,145,877	19,552,451	43,338,696

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของสติวเดนท์ทีคอปปูลาองศาความเป็นอิสระ 4 วิธีมูลค่าความเสี่ยง

	ค่าเฉลี่ยทุกปี			
	รวม	**น้ำท่วม**	**ลมพายุ**	**แผ่นดินไหว**
$VaR_{90\%}$	171,866,182	160,754,018	7,158,608	6,439,503
$VaR_{95\%}$	206,195,957	195,081,448	7,319,547	9,044,320
$VaR_{97\%}$	233,609,332	222,822,157	13,748,969	12,357,795
$VaR_{99\%}$	318,005,210	305,620,218	15,677,476	17,008,094
$VaR_{99.5\%}$	384,960,155	372,279,920	17,107,383	21,251,543
$VaR_{99.9\%}$	573,716,249	563,138,332	19,462,471	31,833,650
	ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย			
$VaR_{90\%}$	150,638,174	138,023,024	7,158,466	6,738,995
$VaR_{95\%}$	169,318,359	158,075,837	7,314,504	10,489,213
$VaR_{97\%}$	200,370,263	189,587,368	13,748,969	12,702,837
$VaR_{99\%}$	324,090,227	313,934,825	15,285,967	19,159,911
$VaR_{99.5\%}$	456,822,870	440,455,379	16,200,972	22,398,666
$VaR_{99.9\%}$	951,406,028	941,495,602	18,625,392	38,160,393

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.6 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของกัมเบลคอปปูลา วิธีมูลค่าความเสี่ยง

	ค่าเฉลี่ยทุกปี			
	รวม	**น้ำท่วม**	**ลมพายุ**	**แผ่นดินไหว**
$VaR_{90\%}$	171,259,240	159,543,067	7,147,993	6,556,679
$VaR_{95\%}$	204,144,442	192,536,072	7,211,710	9,450,667
$VaR_{97\%}$	235,538,966	224,087,493	7,258,191	12,615,144
$VaR_{99\%}$	307,749,176	296,348,198	7,332,761	18,194,221
$VaR_{99.5\%}$	356,921,721	346,991,746	7,373,212	23,184,445
$VaR_{99.9\%}$	572,797,323	562,027,731	7,440,419	33,242,946
	ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย			
$VaR_{90\%}$	151,118,289	138,023,024	7,147,546	6,843,199
$VaR_{95\%}$	171,994,920	158,257,337	7,211,634	10,698,343
$VaR_{97\%}$	212,527,004	199,830,817	7,258,182	13,033,068
$VaR_{99\%}$	345,547,126	334,441,076	7,330,581	20,253,746
$VaR_{99.5\%}$	479,559,396	468,807,628	7,359,167	24,001,565
$VaR_{99.9\%}$	1,059,924,758	1,049,926,960	7,432,287	37,088,956

วิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีคำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสมบูรณ์ และจำนวนครั้งความเสียหายสมบูรณ์ พบว่าเกาซ์เซียนคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้สูงกว่าสติวเดนท์ทีคอปปูลาและกัมเบลคอปปูลา

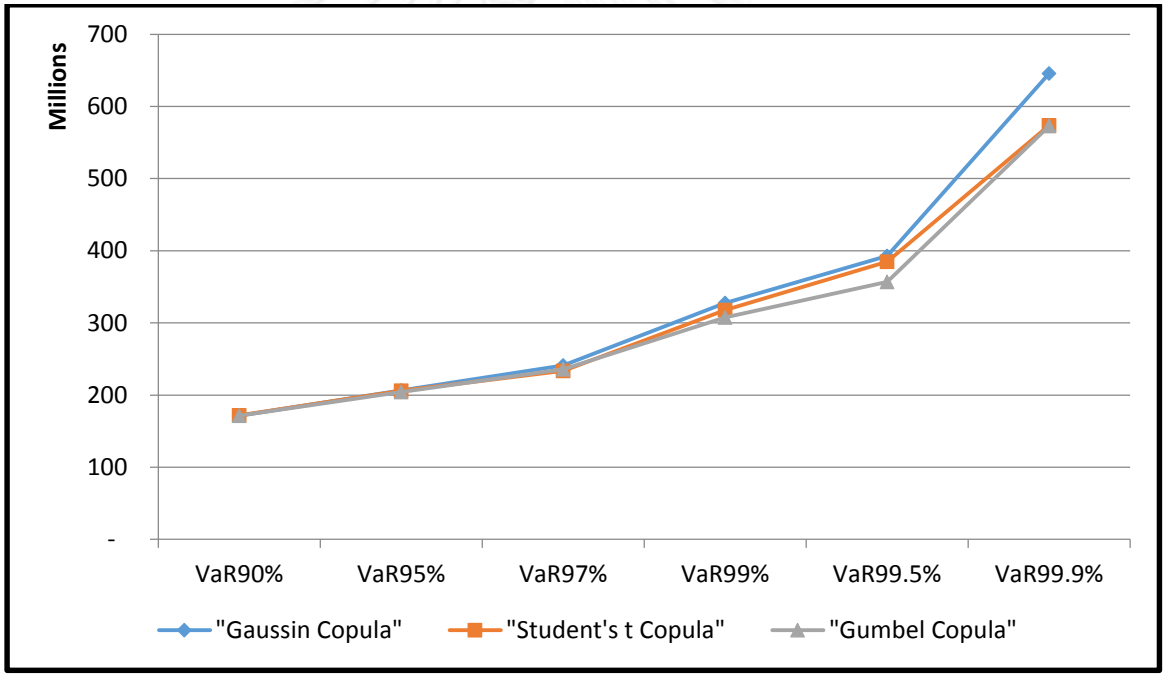
วิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีคำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสมบูรณ์ และจำนวนครั้งความเสียหายสมบูรณ์ พบว่ากัมเบลคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา

ระดับความเชื่อมั่นที่ 90-97 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีคำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสมบูรณ์และจำนวนครั้งความเสียหายสมบูรณ์ จะมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเมื่อใช้การถ่วงน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายในการคำนวณ แต่เมื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นจนอยู่ในช่วง 99-99.9 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อใช้การถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายในการคำนวณมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปี

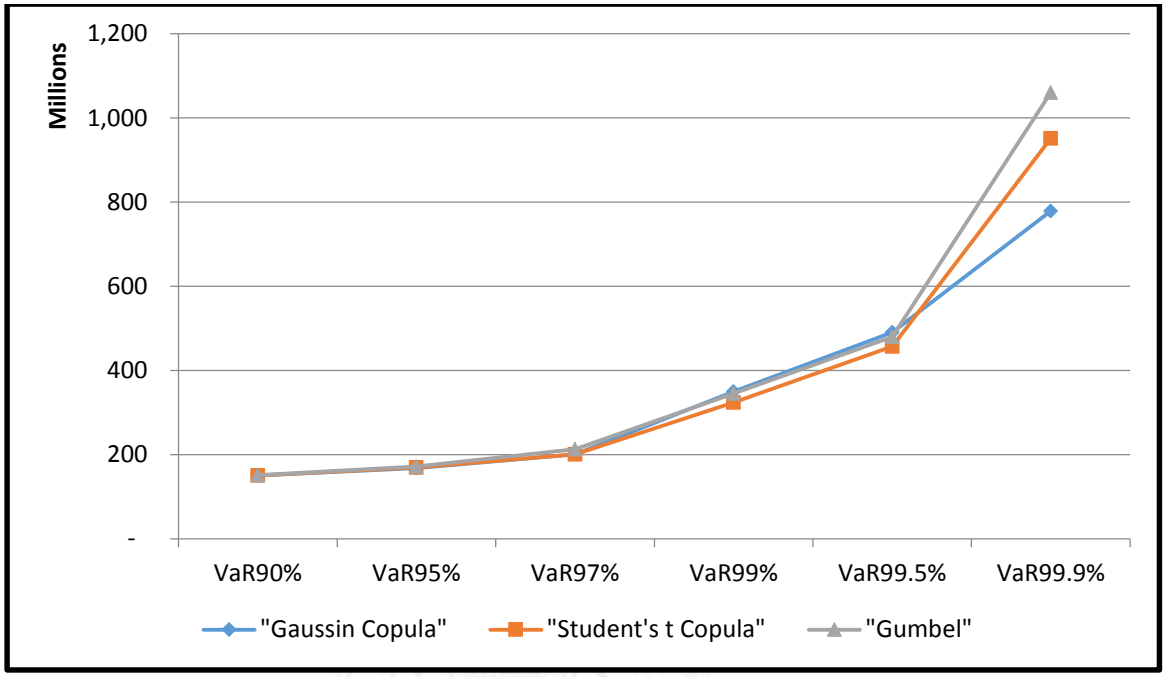
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีในการคำนวณ และรูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย

รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีในการคำนวณ



จากรูปที่ 4.1 ชี้ให้เห็นว่าเมื่อประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีในการคำนวณ โดยใช้วิธีการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีเกาซ์เซียนคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางในเศรษฐศาสตร์ในจำนวนที่มากกว่าการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีสติวเดนท์ทีคอปปูลาและวิธีกัมเบลคอปปูลา การจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลามีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเป็นลำดับที่สอง ในขณะที่การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติน้อยที่สุด

รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย



จากรูปที่ 4.2 ชี้ให้เห็นว่าเมื่อประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 และที่ 97 เปอร์เซ็นต์นั้น มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติมีค่าใกล้เคียงกันมาก สังเกตได้ว่าเส้นกราฟของทั้งสามรูปแบบการจำลองตัวแปรสุ่มเกือบเป็นเส้นเดียวกัน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนของทั้งสามรูปแบบมีค่าห่างกันจนกระทั่ง ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติสูงกว่าสติวเดนท์ทีคอปปูลาและเกาซ์เซียนคอปปูลา

4.4 ผลการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการประเมินเงินกองทุนด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ การจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา

ตารางที่ 4.7 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของเกาซ์เซียนคอปปูลา วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ตารางที่ 4.8 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของสติวเดนท์ทีคอปปูลาองศาอิสระ 4 วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน และตารางที่ 4.9 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของกัมเบลคอปปูลา วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของเกาซ์เซียนคอปปูลา วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

	ค่าเฉลี่ยทุกปี			
	รวม	**น้ำท่วม**	**ลมพายุ**	**แผ่นดินไหว**
$ES_{90\%}$	237,707,669	226,379,251	9,935,391	11,837,107
$ES_{95\%}$	288,704,253	277,510,098	12,658,929	15,815,994
$ES_{97\%}$	333,263,582	322,379,543	15,120,029	18,579,940
$ES_{99\%}$	450,103,100	439,225,422	17,494,060	25,852,818
$ES_{99.5\%}$	542,023,626	531,352,726	18,394,996	31,655,493
$ES_{99.9\%}$	741,003,460	730,439,890	20,525,726	49,000,703
	ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย			
$ES_{90\%}$	224,172,853	212,016,814	9,911,968	12,643,919
$ES_{95\%}$	292,343,817	280,891,941	12,612,795	16,776,331
$ES_{97\%}$	365,758,081	354,746,607	15,053,664	19,987,359
$ES_{99\%}$	589,366,105	578,715,183	17,294,404	29,205,778
$ES_{99.5\%}$	757,954,696	747,399,284	18,438,697	36,473,804
$ES_{99.9\%}$	1,249,708,584	1,239,241,975	20,818,391	60,790,541

ตารางที่ 4.8 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของสติวเดนท์ทีคอปปูลาองศาอิสระ 4 วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

	ค่าเฉลี่ยทุกปี			
	รวม	**น้ำท่วม**	**ลมพายุ**	**แผ่นดินไหว**
$ES_{90\%}$	232,082,176	220,836,811	9,660,806	11,091,582
$ES_{95\%}$	277,670,671	266,481,805	12,104,755	14,751,286
$ES_{97\%}$	316,930,926	305,730,275	15,026,565	17,397,289
$ES_{99\%}$	422,065,251	410,974,761	17,316,678	23,712,069
$ES_{99.5\%}$	497,259,099	486,545,248	18,236,256	28,606,002
$ES_{99.9\%}$	672,126,276	661,555,337	20,318,973	41,484,475
	ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย			
$ES_{90\%}$	222,829,098	210,861,461	9,633,330	11,988,849
$ES_{95\%}$	288,377,868	277,015,561	12,050,654	15,747,693
$ES_{97\%}$	357,289,779	346,050,892	14,940,387	18,542,334
$ES_{99\%}$	579,991,926	568,765,622	17,078,076	26,703,149
$ES_{99.5\%}$	776,847,726	765,392,322	18,146,571	32,639,948
$ES_{99.9\%}$	1,433,254,970	1,422,754,959	20,262,886	51,403,603

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 แสดงมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยแบบการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมของกัมเบลคอปปูลา วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

	ค่าเฉลี่ยทุกปี			
	รวม	**น้ำท่วม**	**ลมพายุ**	**แผ่นดินไหว**
$ES_{90\%}$	232,397,176	220,720,928	7,230,521	11,443,083
$ES_{95\%}$	279,328,454	267,879,722	7,286,446	15,240,123
$ES_{97\%}$	320,130,362	308,739,763	7,322,412	17,979,958
$ES_{99\%}$	428,439,109	417,263,772	7,379,639	24,751,633
$ES_{99.5\%}$	525,870,485	514,903,313	7,410,911	29,290,648
$ES_{99.9\%}$	956,068,984	945,561,909	7,455,730	41,217,773
	ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย			
$ES_{90\%}$	235,081,846	222,303,659	7,229,353	12,438,803
$ES_{95\%}$	312,060,522	300,228,115	7,284,445	16,451,902
$ES_{97\%}$	395,046,454	383,505,782	7,319,689	19,545,487
$ES_{99\%}$	658,777,253	647,612,534	7,374,790	27,680,755
$ES_{99.5\%}$	903,106,030	891,823,551	7,403,601	33,339,900
$ES_{99.9\%}$	1,870,785,032	1,859,630,604	7,449,588	51,833,928

วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีคำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสมบูรณ์และจำนวนครั้งความเสียหายสมบูรณ์ พบว่า ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา

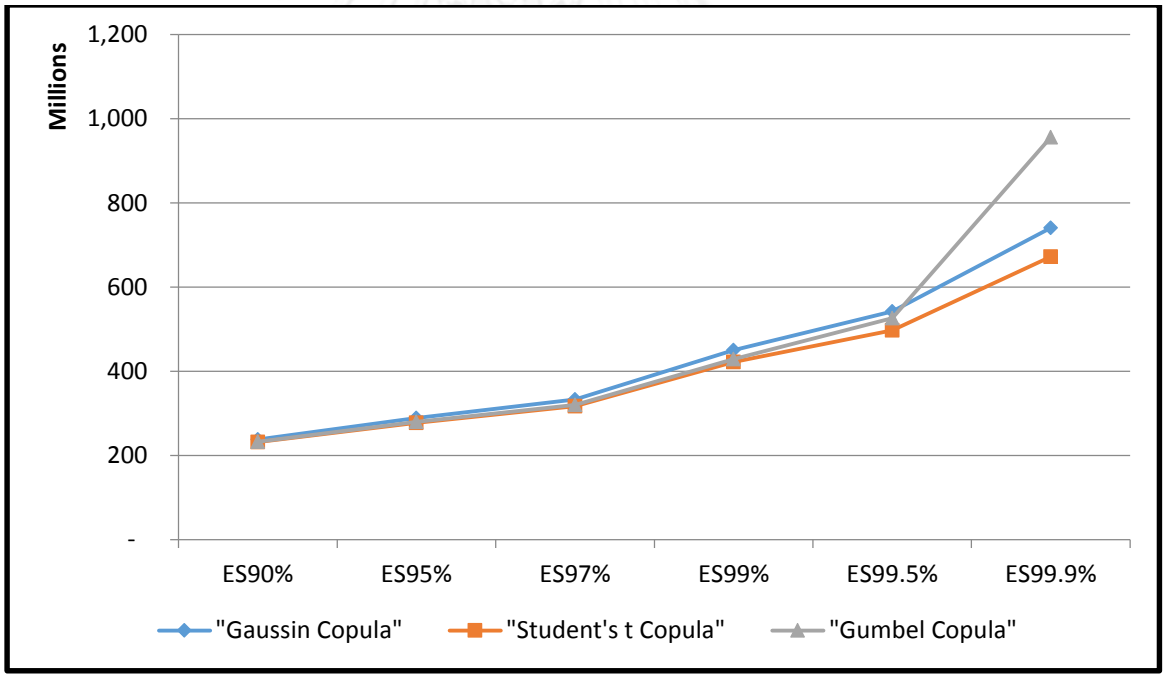
วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีคำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสมบูรณ์และจำนวนครั้งความเสียหายสมบูรณ์ พบว่าทุกระดับความเชื่อมั่นภายใต้ขอบเขตการวิจัย การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา

ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีคำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสมบูรณ์และจำนวนครั้งความเสียหายสมบูรณ์ จะมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเมื่อใช้การถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายในการคำนวณ เมื่อใช้การจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลาและ

สติวเดนท์ทีคอปปูลา ระดับความเชื่อมั่น 95-99.9 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้การถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายในการคำนวณมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปี

รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีในการคำนวณ และรูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

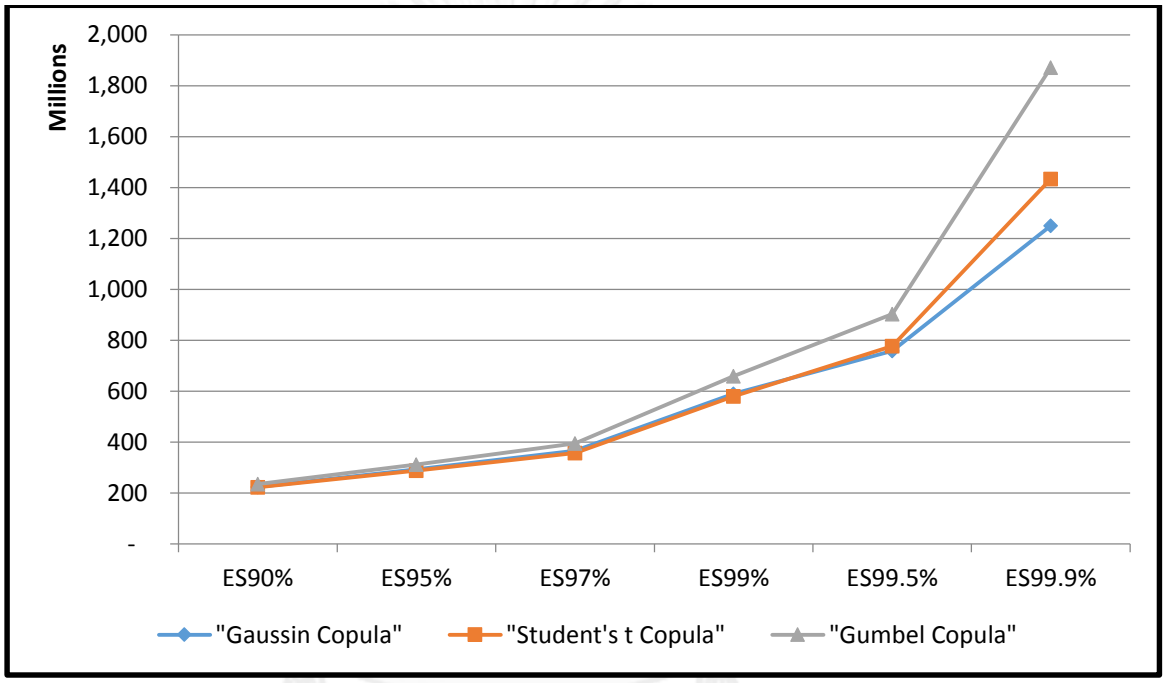
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีในการคำนวณ



จากรูปที่ 4.3 ชี้ให้เห็นว่าที่ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 และที่ 97 เปอร์เซ็นต์ การจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลาและกัมเบลคอปปูลามีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหวใกล้เคียงกันมาก ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสามตัวแบบเริ่มมีค่าที่แตกต่างกันจนถึง ณ ระดับความเชื่อมั่น

ที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ การจำลองตัวแปรสุ่มด้วยกัมเบลคอปปูลาจะมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหวสูงสุด

รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย



จากรูปที่ 4.4 เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติของทั้ง 3 ภัยคือน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย การจำลองตัวแปรสุ่มด้วยกัมเบลคอปปูลามีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติมากกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา ณ ทุกระดับความเชื่อมั่นที่ทำการทดสอบ

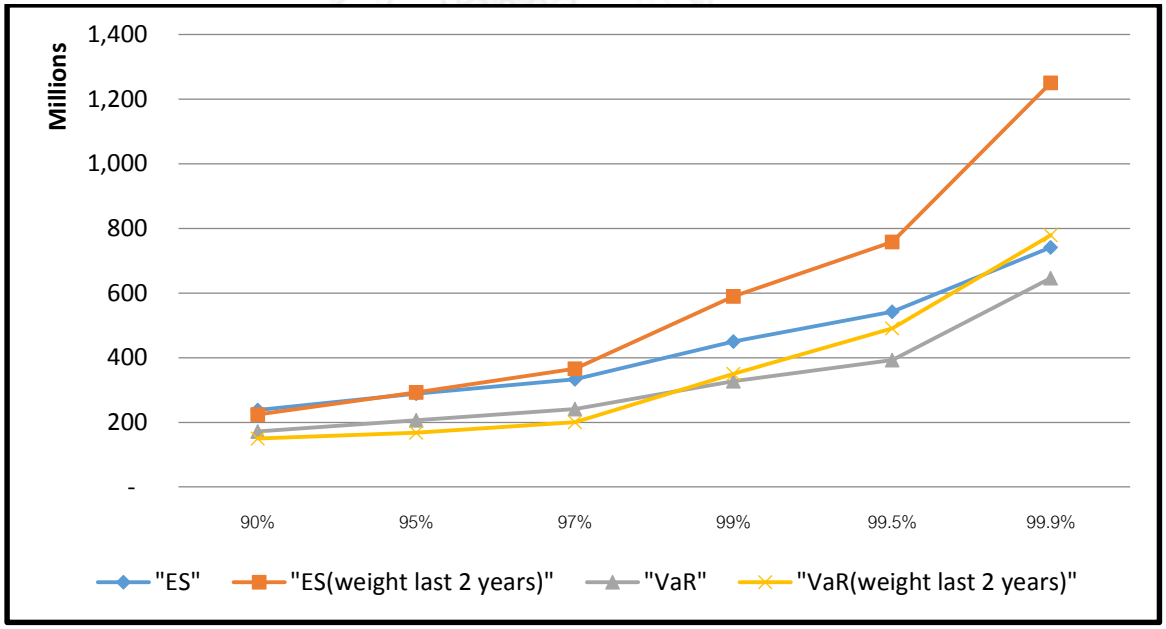
4.5 ผลการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา

รูปที่ 4.5 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการจำลองตัวแปรสุ่ม 3 รูปแบบคือ

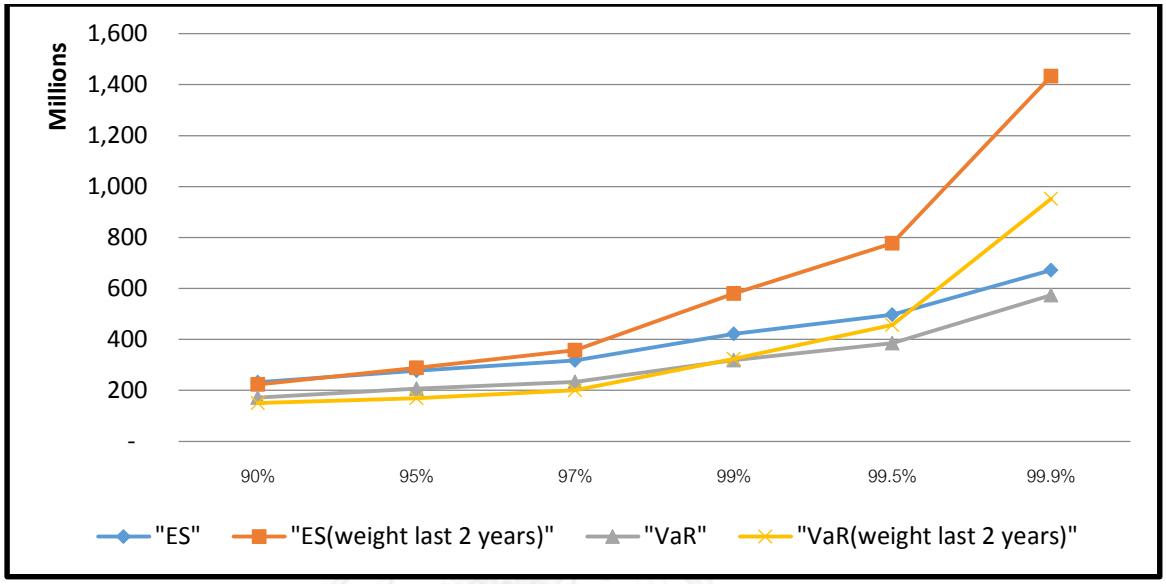
1. เกาซ์เซียนคอปปูลา
2. สติวเดนท์ทีคอปปูลา
3. กัมเบลคอปปูลา

โดยใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงใน 4 วิธีคือ วิธีค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน, วิธีค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกินเมื่อถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย, วิธีมูลค่าความเสี่ยง และวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย

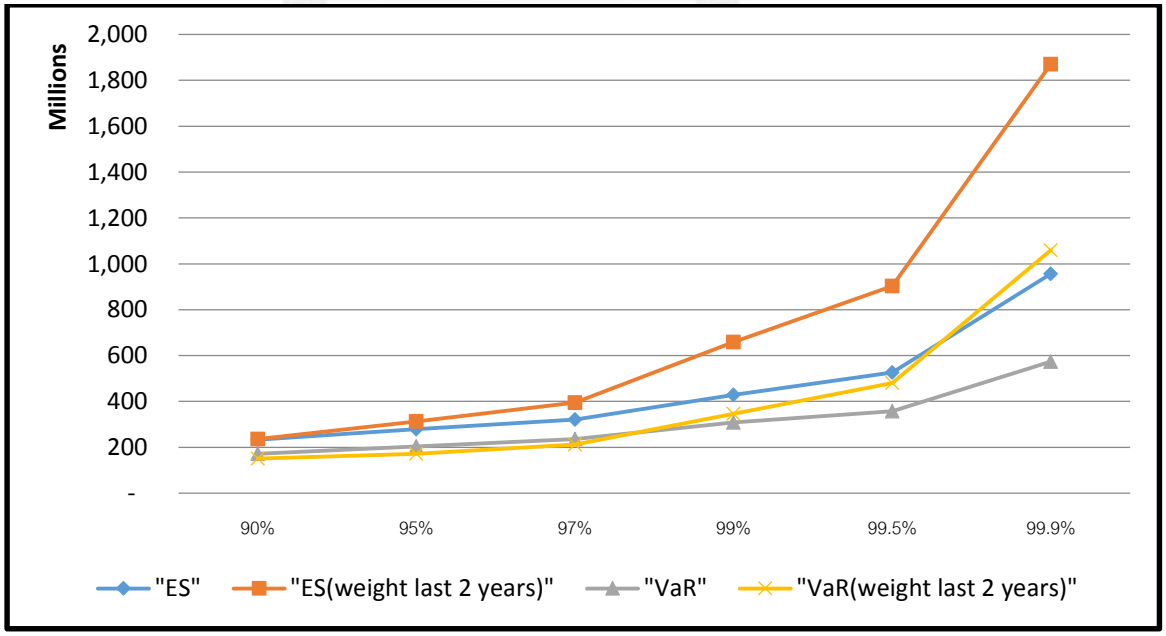
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเมื่อพิจารณาภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ภายใต้การจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเมื่อพิจารณาภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ภายใต้การจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลา องศาความเป็นอิสระ 4



รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ของความเสี่ยงด้านภัยพิบัติเมื่อพิจารณาภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว ภายใต้การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลา



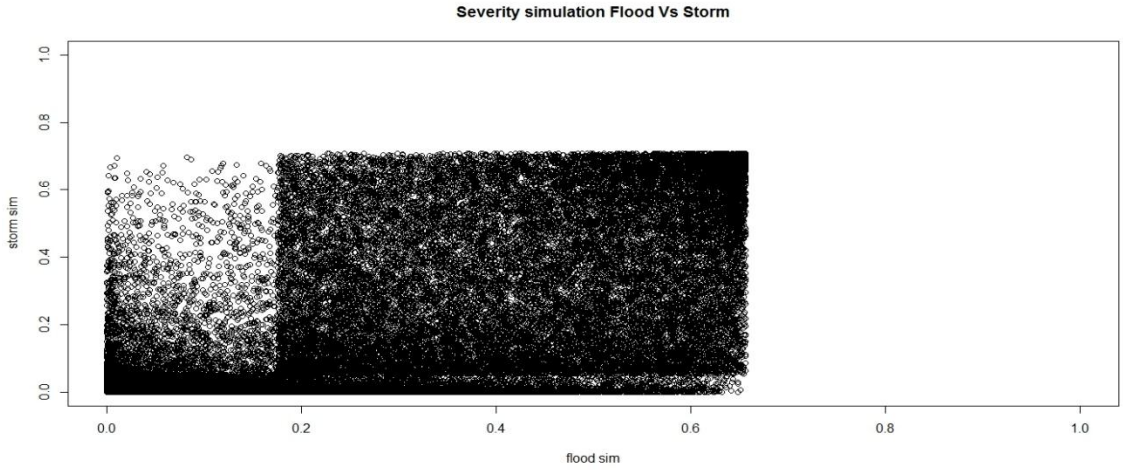
จากรูปที่ 4.5 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์โดยรวมด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน เมื่อถ่วงน้ำหนักด้วยค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ จะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติที่สูงสุดเมื่อเทียบกับวิธีการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา เมื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากขอบเขตวิจัยที่ทำการศึกษาพบว่าในทุกตัวแบบการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิคคอปปูลา ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 เปอร์เซ็นต์จะให้มูลค่าเงินกองทุนน้อยที่สุด

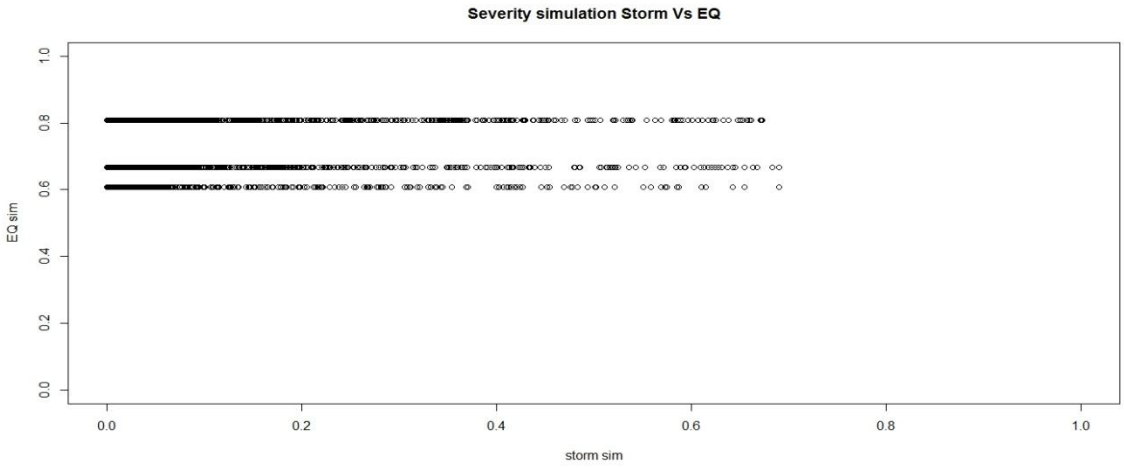
ข้อสังเกต ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 และที่ 99.5 เปอร์เซ็นต์ การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน มีมูลค่ามากกว่าวิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อถ่วงน้ำหนักด้วย 2 ปีสุดท้าย จนกระทั่งเมื่อถึงระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ วิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อถ่วงน้ำหนักด้วย 2 ปีสุดท้ายจะมีมูลค่าสูงกว่าวิธีค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน ภายใต้การจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา

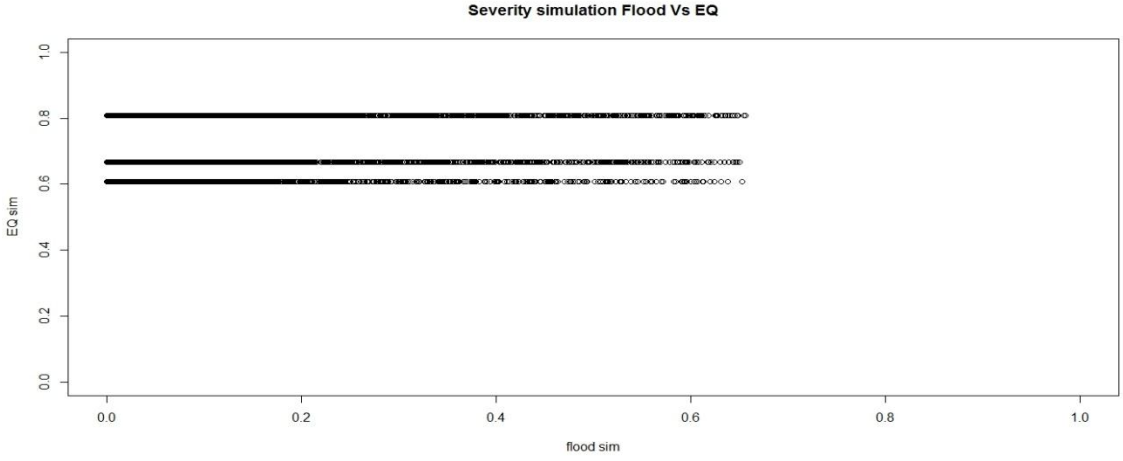
รูปที่ 4.8 รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 แสดงแผนภาพการกระจายการสร้างตัวแบบด้วยเทคนิคคอปปูลา โดยรูปที่ 4.8 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีเกาซ์เซียนคอปปูลา รูปที่ 4.9 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีสติวเดนท์ทีคอปปูลา รูปที่ 4.10 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีกัมเบลคอปปูลา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

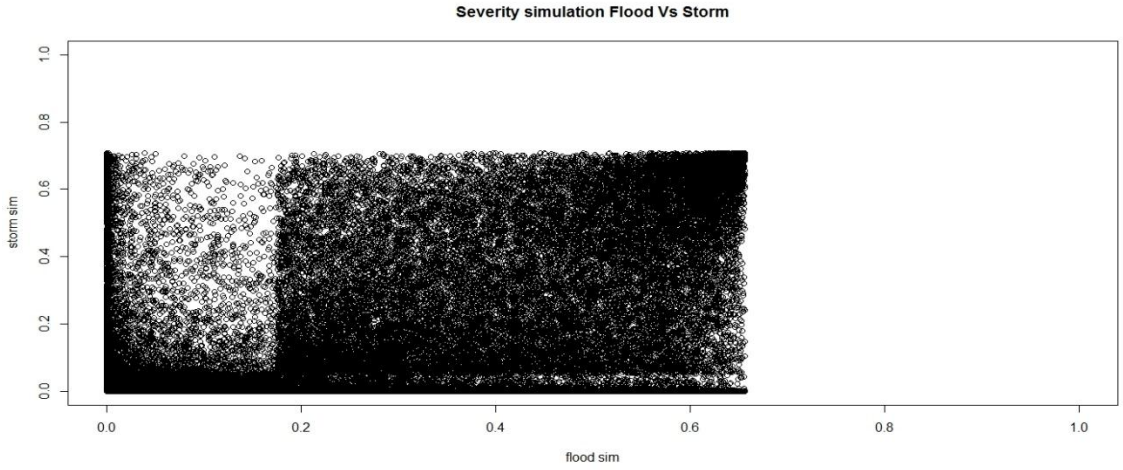
รูปที่ 4.8 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีเกาซ์เซียนคอปปูลาของภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว

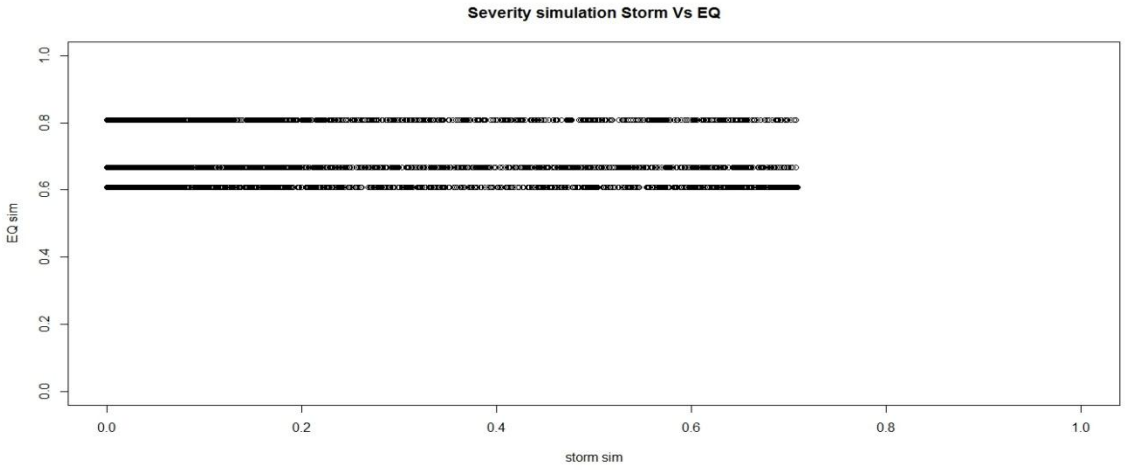


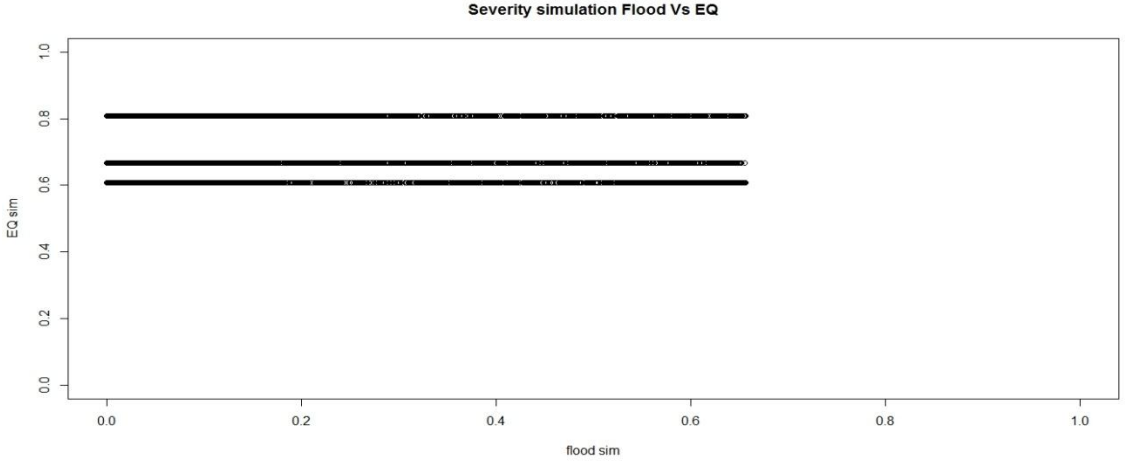




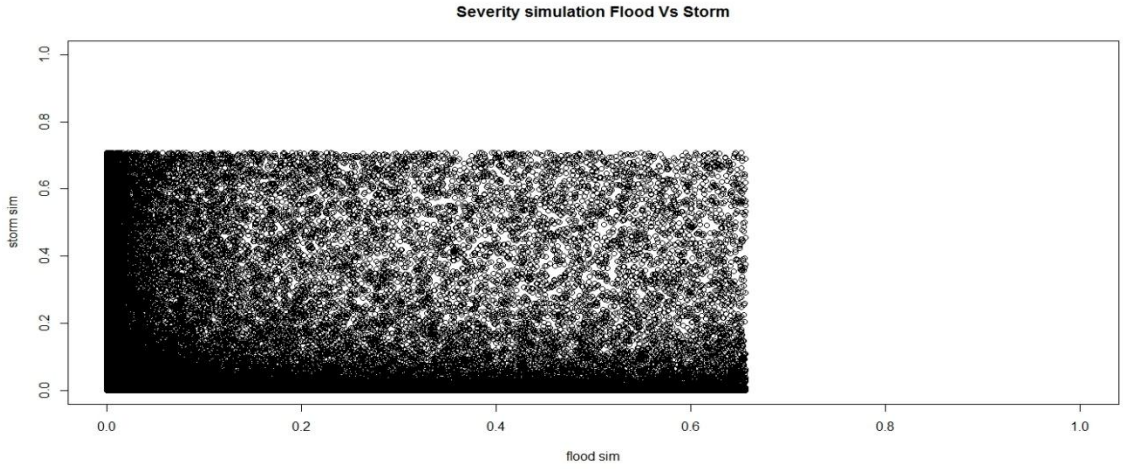
รูปที่ 4. 9 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีสติวเดนท์ทีคอปปูลาองศาความเป็นอิสระ 4 ของภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว

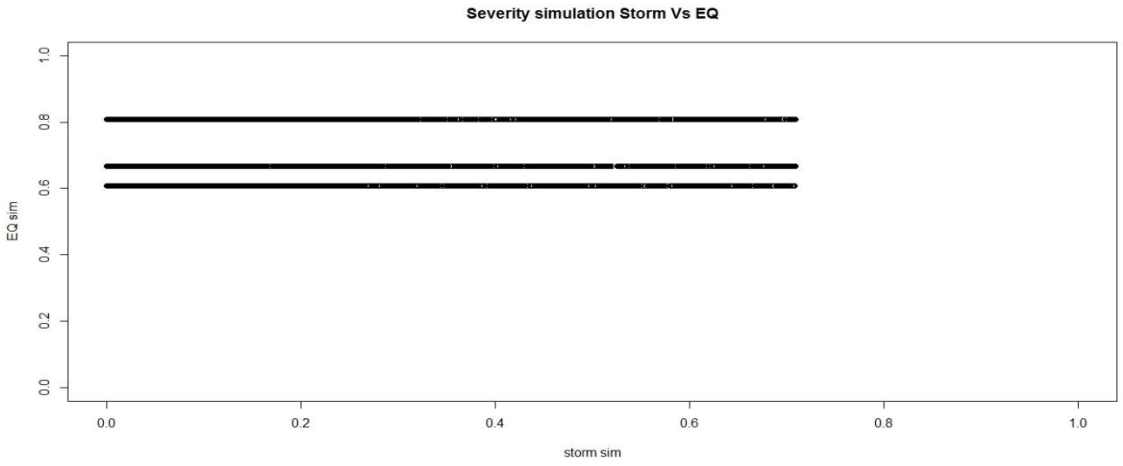


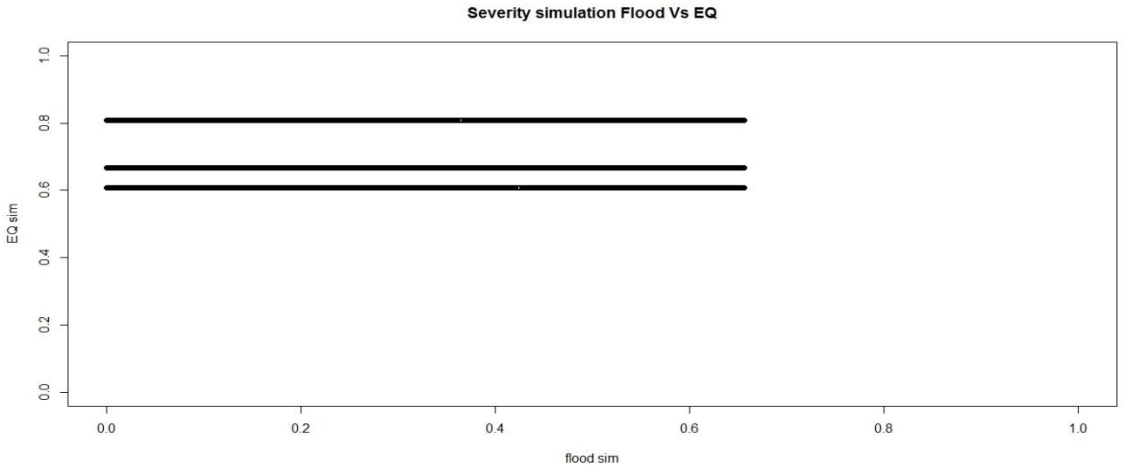




รูปที่ 4.10 แสดงการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยวิธีกัมเบลคอปปูลาของภัยน้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว







เมื่อพิจารณาคู่ความสัมพันธ์น้ำท่วม-ลมพายุนั้น สามารถสรุปได้ว่ารูปที่ 4.8 แสดงแผนภาพการกระจายของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมเกาซ์เซียนคอปปูลาคล้ายคลึงกับรูปที่ 4.9 ของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมสติวเดนท์ทีคอปปูลาที่มีการกระจายตัวของค่าอย่างหนาแน่นตั้งแต่ค่า 0.2 ในแกนนอนและแกนตั้ง โดยแกนนอนคือปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นของภัยน้ำท่วมที่จำลองขึ้น แกนตั้งคือปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นของภัยลมพายุที่จำลองขึ้น ในขณะที่รูป 4.10 แผนภาพการกระจายของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมกัมเบลคอปปูลามีการกระจายตัวของค่าค่อนข้างหนาแน่นในทุกตำแหน่งกราฟ ดังนั้นหากพิจารณาเพียงคู่ความสัมพันธ์น้ำท่วม-ลมพายุ การจำลองตัวแปรสุ่มร่วมกัมเบลคอปปูลาจึงมีความเหมาะสมมากกว่าการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา

พิจารณาคู่ความสัมพันธ์ลมพายุ-แผ่นดินไหวนั้น สามารถสรุปได้ว่ารูปที่ 4.10 แผนภาพการกระจายของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมกัมเบลคอปปูลามีการกระจายตัวของค่าอย่างสม่ำเสมอ รูปที่ 4.8 แผนภาพการกระจายของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมเกาซ์เซียนคอปปูลาที่กราฟเริ่มขาดช่วงตั้งแต่ 0.1ในแกนนอนเป็นต้นไป และจะเริ่มเห็นอย่างชัดเจนเมื่อค่า 0.2 ในแกนนอน รูปที่ 4.9 แผนภาพการกระจายของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมสติวเดนท์ทีคอปปูลา แผนภาพเริ่มขาดช่วงตั้งแค่ค่า 0.2 ในแกนนอนแต่ยังคงมีความหนาแน่นของกราฟมากกว่าการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมเกาซ์เซียนคอปปูลา โดยแกนนอนคือปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นของภัยลมพายุที่จำลองขึ้น แกนตั้งคือปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นของภัยแผ่นดินไหวที่จำลองขึ้น ดังนั้นหากพิจารณาเพียงคู่ความสัมพันธ์ลมพายุ-แผ่นดินไหว การจำลองตัวแปรสุ่มร่วมกัมเบลคอปปูลาจึงมีความเหมาะสมมากกว่าการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา

พิจารณาคู่ความสัมพันธ์น้ำท่วม-แผ่นดินไหว สามารถสรุปได้ว่ารูปที่ 4.10 แผนภาพการกระจายของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมกัมเบลคอปปูลามีการกระจายตัวของค่าอย่างสม่ำเสมอ รูปที่ 4.8 แผนภาพการกระจายของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมเกาซ์เซียนคอปปูลา ที่กราฟเริ่มขาดช่วงตั้งแต่ 0.3 ในแกนนอนเป็นต้นไป และจะเริ่มเห็นอย่างชัดเจนเมื่อค่า 0.4 ในแกนนอน รูปที่ 4.9 แผนภาพการกระจายของการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมสติวเดนท์ทีคอปปูลามีความหนาแน่นของกราฟค่อนข้างสม่ำเสมอ มีความหนาแน่นเบาบางในบางจุดเท่านั้น โดยแกนนอนคือปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นของภัยน้ำท่วมที่จำลองขึ้น แกนตั้งคือปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นของภัยแผ่นดินไหวที่จำลองขึ้น ดังนั้นหากพิจารณาเพียงคู่ความสัมพันธ์น้ำท่วม-แผ่นดินไหว การจำลองตัวแปรสุ่มร่วมกัมเบลคอปปูลาจึงมีความเหมาะสมมากกว่าการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา

หากใช้กราฟเป็นเกณฑ์ตัดสินถึงความเหมาะสมของตัวแบบการจำลองที่เหมาะสมกับความเสี่ยงที่ทำการศึกษาสรุปได้ว่าการจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาเหมาะสมที่สุด เนื่องจากทุกคู่ความสัมพันธ์ที่กล่าวในข้างต้นการจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาการกระจายตัวของค่าในกราฟค่อนข้างสม่ำเสมอในทุกความสัมพันธ์

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การเกิดภัยพิบัติธรรมชาตินั้นถึงแม้ว่าอาจมีความถี่ไม่มากในการเกิดภัยพิบัติ แต่เมื่อเกิดเหตุการณ์แล้วนั้น มูลค่าความเสียหายอาจมีความรุนแรงและขยายความเสียหายเป็นวงกว้าง หลายครั้งมูลค่าความเสียหายสูงมากเกินกว่าที่บริษัทประกันภัยและบริษัทรับประกันภัยต่อประเมินไว้ ดังนั้น หากเงินกองทุนหรือสินทรัพย์ที่บริษัทดำรงไว้น้อยกว่ามูลค่าสินไหมทดแทนที่จะต้องจ่าย บริษัทประกันภัยอาจต้องเผชิญกับวิกฤติการณ์ทางการเงินอย่างรุนแรงอย่างไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ โดยพิจารณาจากภัยน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว โดยนำข้อมูลความเสียหายในปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012 ของภัยทั้ง 3 ดังกล่าว ด้วยการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ประกันภัยเข้ามาประยุกต์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์จำนวนเงินกองทุนที่เหมาะสมที่บริษัทประกันภัยควรดำรงไว้รองรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ เพื่อให้บริษัทสามารถบริหารจัดการด้านการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อสะท้อนถึงจำนวนเงินกองทุนเพื่อรองรับความเสี่ยงที่แท้จริงมากที่สุด

งานวิจัยนี้แสดงผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกแสดงผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้วิธีมูลค่าความเสี่ยง และวิธีค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนที่สอง คือการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติด้วยวิธีการจำลองตัวแปรสุ่ม เกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา ซึ่งมีข้อสรุปดังนี้

5.1.1 สรุปผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้วิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยของความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์

เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง ชี้ให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นจาก 90 เปอร์เซ็นต์ ถึง 99.9 เปอร์เซ็นต์นั้น จำนวนเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่บริษัทประกันภัยควรดำรงไว้เพื่อรองรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ถึง 97 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าความเสี่ยงของภัยพิบัติด้วยวิธีการเฉลี่ยข้อมูลในอดีตจากปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012 นั้น จะมีค่ามากกว่าวิธีถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย แต่เมื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นที่ 99 ถึง 99.9 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงเมื่อใช้การถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายคือปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2011 และ ค.ศ. 2012 มีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยของ

ทุกปี ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ถึง 4.5 และรูปที่ 4.1 และ 4.2 ดังนั้นข้อมูลนี้ช่วยชี้ให้เห็นว่า ถ้าบริษัทประกันภัยมีความเชื่อว่าภัยพิบัติ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ในอนาคตน่าจะมีแนวโน้มความถี่และความรุนแรงเหมือนกับ 2 ปีล่าสุดในอดีต บริษัทประกันภัยควรดำรงเงินกองทุนตามมูลค่าความเสี่ยงโดยใช้สถิติข้อมูลการถ่วงน้ำหนักของ 2 ปีสุดท้าย และถ้าจะเป็นการบริหารความเสี่ยงโดยให้มีเงินกองทุนที่เพียงพอต่อค่าสินไหมทดแทนด้านภัยพิบัติ บริษัทประกันภัยควรดำรงเงินกองทุนตามมูลค่าความเสี่ยงที่มีระดับความเชื่อมั่นสูง เช่น ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.5 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ทั้ง 3 คือ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว จะเห็นได้ว่า การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์โดยถือว่าแต่ละภัยเป็นอิสระซึ่งกันและกันอาจไม่เป็นความจริง จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าแต่ละภัยนั้นมีสหสัมพันธ์ของมูลค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นโดยมีค่าสหสัมพันธ์เป็นบวก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 นั้น คือ เมื่อเกิดค่าสินไหมทดแทนของลมพายุจะมีค่าสินไหมทดแทนของน้ำท่วมตามมาด้วย โดยสามารถสรุปได้จากความแตกต่างของผลรวมมูลค่าความเสี่ยงหรือเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่แสดงในตารางที่ 4.2 ที่ชี้ให้เห็นว่ามีค่ามากกว่ามูลค่าความเสี่ยงหรือเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ถึง 4.6

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติด้วยวิธีคอปปูลาจึงมีความเหมาะสมมากกว่า โดยการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลาจะมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าวิธีสติวเดนท์ทีคอปปูลาและกัมเบลคอปปูลา เมื่อพิจารณาข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปี แต่ถ้าเมื่อพิจารณาข้อมูลที่ถ่วงน้ำหนักด้วยค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย ชี้ให้เห็นว่ามูลค่าความเสี่ยงหรือเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติที่คำนวณจากการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลามีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ถึง 4.6 และรูปที่ 4.2 แต่เมื่อระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลา มูลค่าความเสี่ยงหรือเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติจะมีค่าสูงกว่าแบบอื่น ๆ ดังนั้นถ้าบริษัทประกันภัยต้องการดำรงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ไว้เพียงพอที่จะสามารถจ่ายค่าสินไหมทดแทนความเสียหายจากภัยพิบัติ จึงควรดำรงเงินกองทุนตามมูลค่าความเสี่ยงด้วยวิธีการจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.5 เปอร์เซ็นต์เป็นต้นไป

เงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ระดับความเชื่อมั่น 95 ถึง 99.9 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้การถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้าย คือปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2011 และ ค.ศ. 2012 ในการคำนวณมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในอดีตจากปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012 ในขณะที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของทุกปีมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเมื่อใช้การถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายในการคำนวณ เมื่อใช้การจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา ดังนั้นบริษัทประกันภัยควรดำรงเงินกองทุนตามค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินโดยใช้การถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ

2 ปีสุดท้าย หากต้องการเงินกองทุนที่เพียงพอต่อการจ่ายค่าสินไหมทดแทนด้านภัยพิบัติ บริษัทประกันภัยควรดำรงเงินกองทุนตามค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินที่มีระดับความเชื่อมั่นที่สูงเช่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ทั้ง 3 คือ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว จะเห็นได้ว่า การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์โดยถือว่าแต่ละภัยเป็นอิสระซึ่งกันและกันอาจไม่เป็นความจริง ดังผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.3 นั้นคือ เมื่อเกิดค่าสินไหมทดแทนของแผ่นดินไหวจะมีค่าสินไหมทดแทนของน้ำท่วมตามมาด้วย สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของผลรวมมูลค่าความเสี่ยงหรือเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่แสดงในตารางที่ 4.2 ที่ชี้ให้เห็นว่ามีค่ามากกว่ามูลค่าความเสี่ยงหรือเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ถึง 4.9

เมื่อพิจารณาเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติ ทั้ง 3 คือ น้ำท่วม ลมพายุ และแผ่นดินไหว วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในอดีตจากปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2005 ถึง 2012 พบว่า ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา หากพิจารณาโดยใช้การถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายคือปีอุบัติเหตุ ค.ศ. 2011 และ ค.ศ. 2012 พบว่าทุกระดับความเชื่อมั่นภายใต้ขอบเขตการวิจัย การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลาและสติวเดนท์ทีคอปปูลา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ถึง 4.9 และรูปที่ 4.4 ดังนั้นถ้าบริษัทประกันภัยต้องการดำรงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ไว้เพียงพอที่จะสามารถจ่ายค่าสินไหมทดแทนความเสียหายจากภัยพิบัติ จึงควรดำรงเงินกองทุนตามค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินด้วยวิธีการจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 97 เปอร์เซ็นต์เป็นต้นไป

จากการประเมินความเสี่ยงข้างต้นจะเห็นได้ว่าการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติโดยพิจารณาความเสียหายรวม เมื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่น มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์จะเพิ่มมากขึ้น การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าการจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลาและกัมเบลคอปปูลา การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาเป็นคอปปูลาสุดขีด (Extreme Value Copula) เหมาะกับการประเมินความเสี่ยงในภัยที่เกิดมูลค่าความเสียหายสูง ในขอบเขตงานวิจัยคือวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย วิธีมูลค่าความเสี่ยงถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย ซึ่งจะให้ค่าที่สูงกว่าการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง

ในขณะที่วิธีมูลค่าความเสี่ยง การจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลาจะให้ค่าสูงกว่าสติวเดนท์ทีคอปปูลาหรือกัมเบลคอปปูลา

5.1.2 สรุปเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติด้วยวิธีการจำลองตัวแปรสุ่ม เกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา

ในงานวิจัยนี้นอกจากจะใช้วิธีประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินและวิธีมูลค่าความเสี่ยงแล้ว ได้นำการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิคคอปปูลา ได้แก่ เกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา เข้าช่วยในการวิเคราะห์ด้วย

ผู้วิจัยได้จำลองตัวแปรสุ่มด้วยเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลา จากนั้นแยกวิธีการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินและวิธีมูลค่าความเสี่ยง ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.5 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 ผลของการวิจัยเมื่อถ่วงน้ำหนักค่าเฉลี่ยของ 2 ปีสุดท้ายเข้ามาเป็นส่วนประกอบในการคำนวณมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติด้วย พบว่าการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 90 ที่ 95 ที่ 97 ที่ 99 ที่ 99.5 และที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าวิธีมูลค่าความเสี่ยงถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติโดยพิจารณาความเสียหายรวม การจำลองตัวแปรสุ่มร่วมกัมเบลคอปปูลามีมูลค่าสูงสุดคือ 1,870,785,032 บาท

5.2 อภิปรายผลวิจัย

การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงภัยพิบัติที่พิจารณาน้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินมูลค่าของเงินกองทุนที่บริษัทประกันภัยและบริษัทประกันภัยต่อจะได้นำไปใช้ต่อไป โดยใช้วิธีแบบจำลองคณิตศาสตร์ประกันภัย (Actuarial Model) และการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมด้วยเทคนิคคอปปูลาเข้าช่วยในการพิจารณาและวิเคราะห์เพื่อให้บริษัทดำรงเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ได้เหมาะสมกับมูลค่าความเสียหายที่บริษัทประกันภัยและบริษัทประกันภัยต่อที่มีอยู่

งานวิจัยนี้แยกการประมาณค่าพารามิเตอร์ออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การประมาณพารามิเตอร์ของปัจจัยค่าพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น โดยแยกการทดสอบออกเป็น 3 ภัย คือ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว
2. การประมาณพารามิเตอร์ของปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน โดยแยกการทดสอบออกเป็น 3 ภัย คือ น้ำท่วม ลมพายุ แผ่นดินไหว

จากนั้นใช้วิธีการทดสอบด้วย คอลโมโกรอฟสเมอร์นอฟ (KS test) โดยผลของการทดสอบ

1. ปัจจัยพัฒนาการค่าเฉลี่ยค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้น ของ

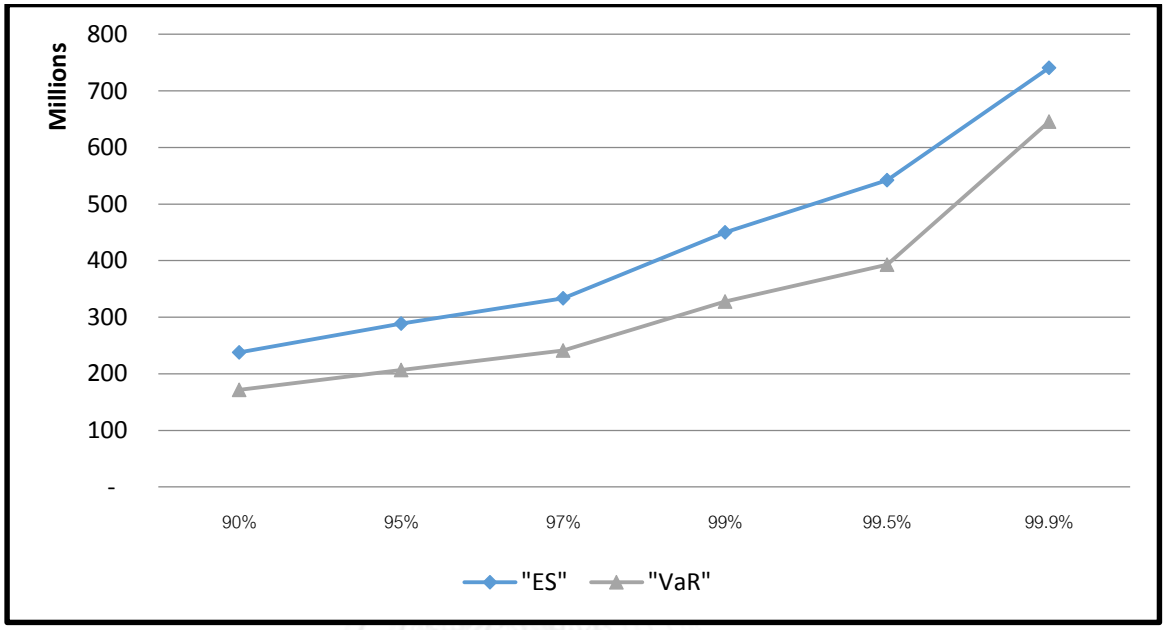
- ภัยน้ำท่วมเหมาะสมกับการแจกแจงไวบูลล์ เนื่องจากข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของน้ำท่วมมีมูลค่าที่สูงมากกว่าภัยอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการการแจกแจงไวบูลล์ที่มีลักษณะหางหนัก
- ภัยลมพายุเหมาะสมกับการแจกแจงโลจิสติก ค่าสินไหมทดแทนของภัยลมพายุมีมูลค่ารองลงมาจากค่าสินไหมทดแทนน้ำท่วม โดยลักษณะการแจกแจงโลจิสติกมีรูปร่างลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ โดยต่างกันเพียงส่วนหางที่หนักกว่าเล็กน้อย
- ภัยแผ่นดินไหว ประเทศไทยประสบการณ์เกิดแผ่นดินไหวน้อยครั้งดังนั้นเมื่อนำมาคำนวณเพื่อหาปัจจัยพัฒนาการจึงมีจำนวนข้อมูลที่น้อย ผู้วิจัยจึงใช้การสุ่มโดยถือค่าข้อมูลที่มีอยู่เป็นการแจกแจงของข้อมูล

2. ปัจจัยพัฒนาการจำนวนครั้งความเสียหายที่ได้รับรายงาน ของ
    - ภัยน้ำท่วมเหมาะสมกับการแจกแจงโคชี จากข้อมูลพบว่าจำนวนครั้งที่เกิดภัยน้ำท่วมมีจำนวนครั้งมากและระยะเวลาที่เกิดความเสียหายนาน สอดคล้องกับลักษณะการแจกแจงโคชีซึ่งมีลักษณะหางยาว
    - ภัยลมพายุเหมาะสมกับการแจกแจงแกมมา โดยลักษณะการแจกแจงของแกมมามีลักษณะเบ้
    - ภัยแผ่นดินไหว ประเทศไทยประสบการณ์เกิดแผ่นดินไหวน้อยครั้งดังนั้นเมื่อนำมาคำนวณเพื่อหาปัจจัยพัฒนาการจึงมีจำนวนข้อมูลที่น้อย ผู้วิจัยจึงใช้การสุ่มโดยถือค่าข้อมูลที่มีอยู่เป็นการแจกแจงของข้อมูล

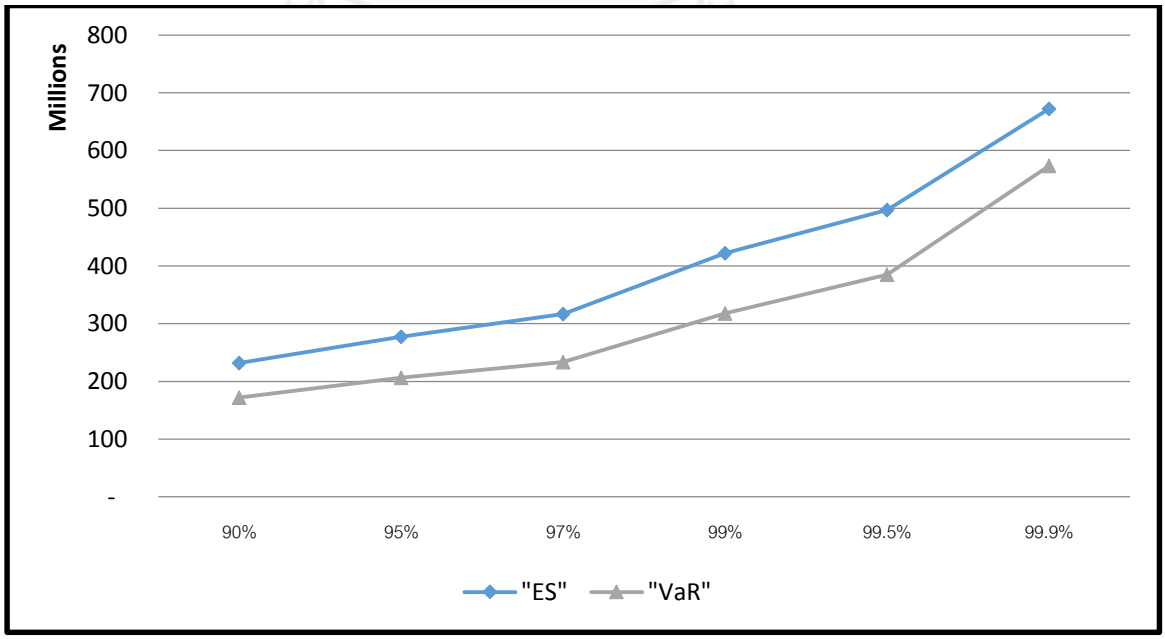
3. สมมติฐานงานวิจัย
    - สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 1 : การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall (ES)) จะให้มูลค่าสูงกว่าการประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk (VaR)) ในกรณีภัยที่นำมาพิจารณาเป็นภัยพิบัติ “เป็นไปตามสมมติฐาน”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

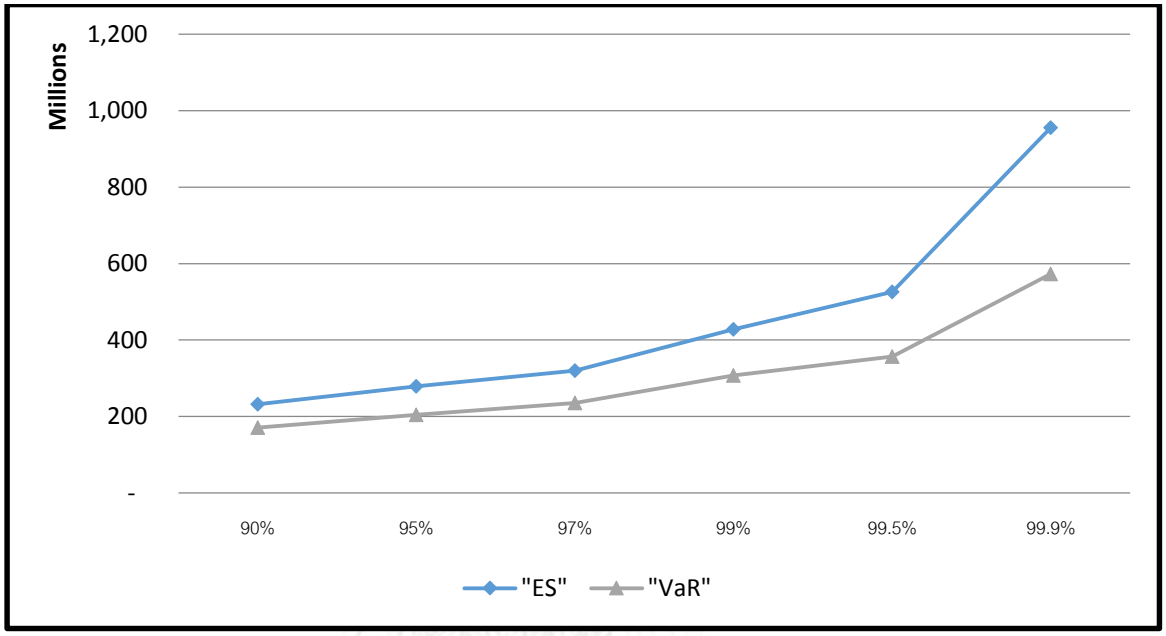
รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา ระหว่างวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินและวิธีมูลค่าความเสี่ยง



รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลา ระหว่างวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินและวิธีมูลค่าความเสี่ยง



รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลา ระหว่างวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินและวิธีมูลค่าความเสี่ยง



- สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 2 : การประเมินเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจำลองตัวแปรสุ่มด้วยกัมเบลคอปปูลา จะให้มูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่าเกาซ์เซียนคอปปูลา และสติวเดนท์ทีคอปปูลา ในกรณีภัยที่นำมาพิจารณาเป็นภัยพิบัติ

  จากรูปที่ 4.1 รูปที่ 4.2 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 99.9 เปอร์เซ็นต์ วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย และวิธีมูลค่าความเสี่ยงถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลามีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติโดยพิจารณาความเสียหายรวมสูงกว่าสติวเดนท์ทีคอปปูลาและเกาซ์เซียนคอปปูลา แต่วิธีมูลค่าความเสี่ยงการจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลามีมูลค่าสูงกว่าสติวเดนท์ทีคอปปูลาและกัมเบลคอปปูลาตั้งแต่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นต้นไป

  สรุปได้ว่า “การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาจะมีมูลค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติโดยพิจารณาความเสียหายรวมสูงกว่าสติวเดนท์ทีคอปปูลาและเกาซ์เซียนคอปปูลา เมื่อใช้วิธีการประเมินด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน วิธีค่าเฉลี่ยความ

เสียหายส่วนเกินถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย และวิธีมูลค่าความเสี่ยงถ่วงน้ำหนัก 2 ปีสุดท้าย”

ตารางที่ 5.1 สรุปคุณสมบัติในการใช้งานของตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา กัมเบลคอปปูลา และสติวเดนท์ทีคอปปูลา

	เกาซ์เซียนคอปปูลา	**กัมเบลคอปปูลา**	**สติวเดนท์ทีคอปปูลา**
Estimate the probability of Joint Extreme	Underestimate	Overestimate	neutral
Diversification benefit	Optimistic	Pessimistic	neutral
Tail Dependence	ไม่สนใจความสัมพันธ์ส่วนหาง	สะท้อนความสัมพันธ์ส่วนหาง เป็น Extreme Value Copula	ขึ้นอยู่กับ องศาความเป็นอิสระ ในการจับความสัมพันธ์ส่วนหาง

ที่มา : (Kole, Koedijk et al. 2007)

จากตารางที่ 5.1 กล่าวสรุปคุณสมบัติสำคัญในการเลือกรูปแบบการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิคคอปปูลาไปใช้ในการจัดการความเสี่ยงภัย ในแง่การใช้ประโยชน์ของการกระจายความเสี่ยง พบว่าเกาซ์เซียนคอปปูลาจะใช้กับการประเมินความเสี่ยงในเหตุการณ์ปกติ หรือมีลักษณะความรุนแรงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อส่วนอื่นในวงจร แต่การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลาใช้กับการกระจายความเสี่ยงในเหตุการณ์ที่เกิดมูลค่าความเสียหายที่สูงหรือมีผลกระทบต่อวงจรอื่นในวงกว้าง โดยองศาความเป็นอิสระของการจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลา มีความเกี่ยวข้องกับการจับความสัมพันธ์ในส่วนหาง ดังนั้นการจำลองตัวแปรสุ่มสติวเดนท์ทีคอปปูลา มาประยุกต์ใช้กับการกระจายความเสี่ยงควรทดสอบโดยทำการเปรียบเทียบองศาความเป็นอิสระที่ต่างกัน

โดยผลของการวิจัยสอดคล้องกับคุณสมบัติในการใช้งานของเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา และกัมเบลคอปปูลาตามตารางที่ 5.1

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ความเสี่ยงภัยกับตัวแบบการจำลองตัวแปรสุ่มด้วยเทคนิคคอปปูลา

การจำลองตัวแปรสุ่มเกาซ์เซียนคอปปูลา สติวเดนท์ทีคอปปูลา กัมเบลคอปปูลา มีคุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกัน หากความเสียหายหรือความสูญเสียที่เกิดขึ้นมีมูลค่าความเสียหายสูงมาก แต่มีโอกาสเกิดน้อย เช่นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่มีความถี่ในการเกิดต่ำแต่เมื่อเกิดเหตุขึ้น ส่งผลต่อความสูญเสียเป็นอย่างมาก ดังนั้นควรเลือกใช้การจำลองตัวแปรสุ่มกัมเบลคอปปูลา

2. ความเสี่ยงภัยกับวิธีประเมินความเสี่ยง

วิธีประเมินความเสี่ยงที่ทำการศึกษาคือ วิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ซึ่งวิธีมูลค่าความเสี่ยงเหมาะกับภัย/ความเสียหาย/ความสูญเสีย ที่เป็นเหตุการณ์ปกติหรือเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบในวงแคบ วิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินเหมาะกับภัย/ความเสียหาย/ความสูญเสีย ที่เป็นภัยพิบัติ มูลค่าความเสียหายสูง หรือเป็นเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ดังนั้นควรเลือกวิธีการประเมินความเสี่ยงให้เหมาะกับลักษณะภัยที่เกิดขึ้น เพื่อให้ผลการประเมินความเสี่ยงให้ค่าใกล้เคียงหรือมีความผิดพลาดน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

(IPRB), ส. (2550). กรณีศึกษา ความล้มเหลวในการบริหารงานของบริษัทประกันภัย. IPRB Newsletter, สำนักงานอัตราเบี้ยประกันวินาศภัย: 3-9.

ชญานิน เกิดงามผล (2553). ภาวะโลกร้อน ประกันภัยช่วยอะไรได้บ้าง? IPRB Newsletter, สำนักงานอัตราเบี้ยประกันวินาศภัย: 3-6.

ฐิติมา จิรเศรษฐสิริ (2548). การจำลองตัวแปรสุ่มร่วมด้วยเทคนิคคอพพูลาเมื่อทราบการแจกแจงส่วนริมและสหสัมพันธ์. สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.

ปิยะวดี โขวิฑูรกิจ (2550). การบริหารความเสี่ยงและเงินกองทุน. IPRB Newsletter, สำนักงานอัตราเบี้ยประกันวินาศภัย: 26-36.

ปิยะวดี โขวิฑูรกิจ (2550). การบริหารความเสี่ยงและเงินกองทุน (2). IPRB Newsletter, สำนักงานอัตราเบี้ยประกันวินาศภัย: 15-20.

อภัยฑูรย์ สุวรรณชูจิต (2551). การแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมของสภาพน้ำหลากในลุ่มน้ำปิงตอนบนโดยวิธี Copula. สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.

ภาษาอังกฤษ

Aas, K. (2006). "Modelling the dependence structure of financial assets: A survey of four copulas." Norwegian Computing Center.

Amendola, A., et al. (2000). "A Systems Approach to Modeling Catastrophic Risk and Insurability." Kluwer Academic Publishers: 381-393.

Bevere, L. (2014). "Tables for reporting year 2013." Sigma **1/2014**(1): 29-45.

DG, E. C. I. M. a. S. (2010). QIS5 Technical Specifications. E. I. a. O. P. A. [EIOPA]. Brussels**:** 206.

Dong, W. (2002). "Engineering models for catastrophe risk and their application to insurance." Earthquake engineering and engineering vibration **1**(1): 145-151.

Ermoliev, Y. M., et al. (2000). "Stochastic Optimization of Insurance Portfolios for Managing Exposure to Catastrophic Risks." Annals of Operations Research(99): 207-225.

Ermolieva, T., et al. (2003). "The Role of Financial Instruments in Integrated Catastrophic Flood Management." Multinational Finance Society **7**: 207-230.

Ermolieva, T. Y. and I. V. Sergienko (2008). "Catastrophe risk management for sustainable development of regions under risks of natural disasters." Springer Science **44**(3): 405-417.

Glasserman, P. (2003). Monte Carlo Methods in Financial Engineering, Springer.

Hochrainer-Stigler, S. and G. Pflug (2012). "Risk management against extremes in a changing environment: a risk-layer approach using copulas." John Wiley & Sons, Ltd(23): 663-672.

Kole, E., et al. (2007). "Selecting copulas for risk management." ELsevier(31): 2405-2423.

McHugh, M. (2013). "Introduction of a new risk-based capital framework in Singapore - Convergence or divergence in relation to Solvency II ?" Solvency Consulting Knowledge Series: 1-8.

McNeil, A. J., et al. (2005). Quantitative risk management : concepts, techniques, and tools, Princeton University Press.

Zhang, Q., et al. (2012). "Copulas-based risk evaluation of hydrological droughts in the East River basin, China." Springer- Verlag Berlin Heidelberg: 1397-1406.

Zhao, N. (2010). Modelling Dependence in Catastrophe Risk Portfolio and Optimizing Capital Loading. Management, Technology and Economics, Swiss Federal Institute of Technology (ETH). **Master of Science:** 73.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพจนารถ วินิจพิทยากุล เกิดเมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ.2529 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาสถิติศาสตรบัณฑิต สาขาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554 โดยในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 - พฤษภาคม พ.ศ.2554 ทำงานตำแหน่งเจ้าหน้าที่บริหาร 1 บริษัท ไทยพาณิชย์ประกันชีวิต จำกัด (มหาชน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University