

การศึกษาเปรียบเทียบเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยวิธีบันไดลูกโซ่และ
การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา

นายณัฐพงษ์ ปู่ทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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 Graduate School.

COMPARATIVE STUDY OF LOSS RESERVES USING CHAIN-LADDER METHOD
AND LOSS DEVELOPMENT FACTORS CURVE FITTING

Mr. Natthapong Puthong

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาเปรียบเทียบเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดย
วิธีบันไดลูกโซ่และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย
พัฒนา

โดย

นายณัฐพงษ์ ปู่ทอง

สาขาวิชา

การประกันภัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. สุวภาณี สุรเสียงสังข์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(รองศาสตราจารย์ ดร. พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรส ใหญ่สว่าง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวภาณี สุรเสียงสังข์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. จิรติวดี ชัยวัฒน์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา วิจิตรธรรมรส)

ณัฐพงษ์ ปู่ทอง: การศึกษาเปรียบเทียบเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยวิธีบันไดลูกโซ่ และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (COMPARATIVE STUDY OF LOSS RESERVES USING CHAIN-LADDER METHOD AND LOSS DEVELOPMENT FACTORS CURVE FITTING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.สุวาณี สุรเสียงสังข์, 105 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบความเสียหายในกรอบของคณิตศาสตร์ประกันภัยระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ (วิธีดั้งเดิม) กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา โดยการเปรียบเทียบค่าคาดหวังของเงินสำรอง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง และสัมประสิทธิ์ความแปรผันจากแต่ละตัวแบบในสถานการณ์จำลองแบบต่างๆ

ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบบันไดลูกโซ่ยังคงใช้ได้ดีในสถานการณ์ส่วนใหญ่เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรองต่ำกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา จึงควรใช้ตัวแบบบันไดลูกโซ่เป็นตัวแบบหลักในการคำนวณเงินสำรอง แต่ในสถานการณ์ที่ข้อมูลมีลักษณะเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ หรือเส้นโค้งรูปตัว S พร้อมกับค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์สูง และขนาดข้อมูลมีขนาดเล็ก ควรเลือกใช้การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล เพราะค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรองจะต่ำกว่าตัวแบบบันไดลูกโซ่

ภาควิชา.....สถิติ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....การประกันภัย..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2555.....

##5381790026 : MAJOR INSURANCE

KEYWORDS: RESERVE/ CHAIN-LADDER/ LOSS DEVELOPMENT FACTOR CURVE
FITTING

NATTHAPONG PUTHONG: COMPARATIVE STUDY OF LOSS RESERVES USING
CHAIN-LADDER METHOD AND LOSS DEVELOPMENT FACTORS CURVE
FITTING. ADVISOR: ASSOC.PROF.SUWANEE SURASEANGSUNK, Ph.D.,
105 pp.

The aim of this research is to compare loss modeling in actuarial framework between Chain-Ladder model (the classical method), and LDF Curve Fitting by comparing expected reserve, standard deviation of reserve and coefficient of variation (CV) of reserve from each models in various simulated scenarios.

The results show that the Chain-Ladder model still works well in most scenarios because its coefficient of variation is lower than LDF Curve Fitting. Chain-Ladder model should be the main method in calculation of the reserve. However, in situations where the data has the loss development factor curve (LDF curve) resembles concave curve or S-shaped with the logarithm of loss development factors in each column are high and sample size is small, the Weibull LDF Curve Fitting should be used because the coefficient of variation of the reserve is lower than the Chain-Ladder model.

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

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

Academic Year:.....2012.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีก็เพราะรองศาสตราจารย์ ดร. สุวาณี สุรเสียง
สังข์อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ประสพการณ์ต่างๆ แก่ผู้วิจัย
และคอยติดตามการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนช่วยเหลือตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่าง
ดีจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์มา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ เสาวรส ใหญ่สว่าง ประธานกรรมการสอบ
วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติวดี ชัยวัฒน์กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา วิจิตรธรรมรสที่กรุณาใช้เวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
และกรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ในแวดวงสาขาการประกันภัยทุกท่านและเพื่อนทุกคนที่คอย
ให้กำลังใจและคำปรึกษาต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์รวมถึงผู้ให้การสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์
ทุกท่านทั้งที่ได้เอ่ยนามและไม่ได้เอ่ยนาม จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ตลอดจนสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่
ได้ให้การสนับสนุนและคอยช่วยเหลือผู้วิจัยในด้านทุนการศึกษา ความอบอุ่น และคอยเป็น
กำลังใจให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วง คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัย
ขอมอบแต่ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ด
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบกำหนดเบื้องต้น.....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยย่อ.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 ตัวแบบและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ตัวแบบและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1.1 ตัวแบบบันไดลูกโซ่แบบไม่มีการแจกแจง.....	6
2.1.2 การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา.....	10
2.1.2.1 ค่าคาดหวังของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา.....	10
2.1.2.2 การแจกแจงของค่าสินไหมทดแทนส่วนเพิ่มที่แท้จริงและ ภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด.....	13
2.1.3 การจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ.....	17
2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	23
3.2 ลักษณะของข้อมูลค่าล๊อคของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว ที่ใช้ในการศึกษา.....	26

บทที่	หน้า
3.3 การจำลอง.....	29
3.4 การหาค่าพารามิเตอร์.....	30
3.5 การขยายขนาดของข้อมูล.....	32
3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยสรุป.....	39
4 ผลการวิจัย.....	42
4.1 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ.....	45
4.2 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ.....	49
4.3 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยอัคคีภัย.....	53
4.4 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง.....	57
4.5 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด.....	62
4.6 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยสุขภาพ.....	66
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	70
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	70
5.1.1 กลุ่มประเภทการประกันภัยที่ค่าลือกปัจจัยความเสียหายพัฒนา มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์ต่ำ.....	71
5.1.2 กลุ่มประเภทการประกันภัยที่ค่าลือกปัจจัยความเสียหายพัฒนา มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์สูง.....	74
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	78
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	79
รายการอ้างอิง.....	82
ภาคผนวก.....	84
ภาคผนวก ก อนุพันธ์ของลือกฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น.....	85
ภาคผนวก ข ตัวคูณค่าลือกปัจจัยความเสียหายพัฒนาในสถานการณ์ต่างๆ.....	90
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบจำนวนการทำซ้ำการจำลอง.....	96
ภาคผนวก ง คำสั่งแมโครที่ใช้ในงานวิจัย.....	99
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	104

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางสามเหลี่ยมพัฒนาการความสูญเสีย (loss development triangle).....	8
3.1 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (บาท).....	24
3.2 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (บาท).....	24
3.3 แสดงตารางสามเหลี่ยมทดแทนค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันอัคคีภัย (บาท).....	24
3.4 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (บาท).....	25
3.5 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (บาท).....	25
3.6 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยสุขภาพ (บาท)....	25
3.7 ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้ของแต่ละอุบัติเหตุ จำแนกตามประเภทประกันภัย (บาท).....	26
3.8 ตารางค่าล๊อคของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln^i(F_{i,j})$ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับในแต่ละปี.....	27
3.9 ตารางค่าล๊อคของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln^i(F_{i,j})$ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจในแต่ละปี.....	27
3.10 ตารางค่าล๊อคของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln^i(F_{i,j})$ การประกันอัคคีภัยในแต่ละปี.....	28
3.10 ตารางค่าล๊อคของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln^i(F_{i,j})$ การประกันภัยทางทะเลและขนส่งในแต่ละปี.....	28
3.11 ตารางค่าล๊อคของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln^i(F_{i,j})$ การประกันภัยเบ็ดเตล็ดในแต่ละปี.....	29
3.12 ตารางค่าล๊อคของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln^i(F_{i,j})$ การประกันสุขภาพในแต่ละปี.....	29

ตารางที่	หน้า
3.13 ค่าสินไหมทดแทนในคอลัมน์แรก ($C_{i,1}$) เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ตั้งแต่ปีอุบัติเหตุ 2553 ถึงปีอุบัติเหตุ 2556 จำแนกตามประเภทการประกันภัย.....	33
3.14 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation).....	34
3.15 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ.....	35
3.16 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ.....	35
3.17 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันอัคคีภัย.....	36
3.18 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง.....	36
3.19 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด.....	37
3.20 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันสุขภาพ.....	37
3.21 ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ตั้งแต่ปีอุบัติเหตุ 2553 ถึงปีอุบัติเหตุ 2556 จำแนกตามประเภทการประกันภัย.....	41
4.1 สถานการณ์จำลองทั้ง 60 สถานการณ์ต่อ 1 ประเภทของการประกันภัย.....	42
4.2 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนามีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 1-20).....	47

ตารางที่	หน้า
4.3 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 21-40).....	48
4.4 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 41-60).....	50
4.5 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 1-20).....	51
4.6 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 21-40).....	53
4.7 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 41-60).....	54

ตารางที่	หน้า
4.8 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 1-20).....	55
4.9 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 21-40).....	56
4.10 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 41-60).....	57
4.11 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (สถานการณ์ที่ 1-20).....	60
4.12 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (สถานการณ์ที่ 21-40).....	61

ตารางที่	หน้า
4.13 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (สถานการณ์ที่ 41-60).....	63
4.14 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 1-20).....	64
4.15 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 21-40).....	66
4.16 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 41-60).....	67
4.17 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 1-20).....	68

ตารางที่	หน้า
4.18 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 21-40).....	70
4.19 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาด ตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 41-60).....	71
5.1 สรุปสาเหตุที่มีผลให้การประมาณค่าเงินสำรองแต่ละวิธีมีค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรผัน (CV) ต่ำ.....	81

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) ของวิธีบันไดลูกโซ่.....	10

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการประกันวินาศภัยนับว่ามีความสำคัญต่อทั้งระบบเศรษฐกิจและสังคม กล่าวคือ เป็นการเพิ่มสวัสดิการของสังคมในหลายๆช่องทาง ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายจากความเสียหายที่เกิดขึ้นแก่ผู้เอาประกันภัยเมื่อมีเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันเกิดขึ้น

บริษัทประกันวินาศภัย ในฐานะที่เป็นผู้ที่คอยให้ความช่วยเหลือเรื่องสินไหมทดแทนแก่ผู้เอาประกันภัย จึงต้องเตรียมการว่าในอนาคตข้างหน้าเหตุการณ์จะเป็นอย่างไร จะเกิดความเสียหายแก่ผู้เอาประกันภัยหรือไม่ แล้วถ้าเกิดขึ้น จะมีการเรียกร้องสินไหมทดแทนเท่าใด ดังนั้นบริษัทประกันวินาศภัยจึงต้องเตรียมเงินสำรองไว้จ่ายค่าสินไหมทดแทนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตในจำนวนที่เหมาะสม เพราะหากบริษัทประกันวินาศภัยตั้งเงินสำรองไว้น้อยเกินไป อาจทำให้บริษัทเสี่ยงต่อภาวะล้มละลาย ไม่มีเงินเพียงพอมาจ่ายค่าสินไหมทดแทนแก่ผู้เอาประกันภัย ซึ่งเป็นการละเมิดสัญญาการประกันภัยได้ ในทางกลับกันหากบริษัทตั้งเงินสำรองไว้มากเกินไปบริษัทก็จะเสียโอกาสทางธุรกิจในการนำเงินไปลงทุนอย่างอื่น

การประมาณเงินสำรองสำหรับความสูญเสีย (loss reserving) ไว้จ่ายค่าเรียกร้องสินไหมจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อบริษัทประกันภัย นักคณิตศาสตร์ประกันภัยจึงพยายามจะหาวิธีต่างๆไว้คำนวณเงินสำรองให้ถูกต้อง แม่นยำมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามนักคณิตศาสตร์ประกันภัยก็ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าวิธีการคำนวณแบบไหนเป็นวิธีที่ถูกต้องที่สุด แม่นยำมากที่สุด หรือดีที่สุด ดังนั้นในทางปฏิบัตินักคณิตศาสตร์มักจะคิดเงินสำรองด้วยวิธีหลายๆวิธีเพื่อประกอบการตัดสินใจ หนึ่งในวิธีการคำนวณเงินสำรอง (reserve) ที่เป็นที่ยอมรับใช้กันในหมู่นักคณิตศาสตร์ฯ ได้แก่วิธีบอร์ฮูตเตอร์เฟอร์กูสัน (Bornhuetter-Ferguson) และวิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณที่ไม่ยาก และให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

วิธีการคำนวณเงินสำรองวิธีหนึ่งที่ถูกวิจัยสนใจคือ วิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factors Curve Fitting) ของ Clark (2003) ซึ่งได้เสนอวิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน โดยการหาการแจกแจงที่เหมาะสมกับอัตราการเติบโตของค่าสินไหมทดแทน (loss growth factor) เพื่อใช้คำนวณหาเงินสำรอง สามารถหาปัจจัยส่วนหาง (tail factor) ถัดจากปีพัฒนาสุดท้ายไปอีกหลายปี และสามารถหาค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนกำลังสอง (mean square error) ได้ (Clark, 2003)

สิ่งสำคัญในการใช้ตัวแบบของ Clark (2003) คือการหาการแจกแจงของอัตราการเติบโตของค่าสินไหมทดแทน (loss growth factor) ให้เหมาะสม ซึ่ง Clark ได้แนะนำว่าการแจกแจงไวบูล (Weibull distribution) และการแจกแจงแบบล็อกโลจิสติก (Loglogistic distribution) เป็นการแจกแจงที่เหมาะสมกับอัตราการเติบโตของค่าสินไหมทดแทน

ผู้วิจัยจึงสนใจว่าจะมีการแจกแจงแบบใดที่เหมาะสมนอกเหนือจากที่ Clark ได้แนะนำไว้หรือไม่ และตัวแบบของ Clark (2003) จะใช้ได้ดีกว่าวิธีดั้งเดิมที่เป็นที่นิยมกันอย่างวิธีบันไดลูกโซ่หรือไม่ ในลักษณะข้อมูลแบบไหน และภายใต้สถานการณ์ (scenario) แบบใด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการประมาณเงินสำรอง (reserve) การประมาณความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ (prediction error) ทั้งของวิธีบันไดลูกโซ่ และวิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา
2. เพื่อเปรียบเทียบเงินสำรอง (reserve) ค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ (prediction error) ระหว่างวิธีบันไดลูกโซ่กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา ตามลักษณะข้อมูลค่าสินไหมทดแทนตามสถานการณ์ (scenario) ที่กำหนด

1.3 ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. การใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมมาประมาณเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) ตามตัวแบบของ Clark ไม่ได้หมายความว่าเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา(LDF curve) เป็นตัวแบบความน่าจะเป็นแต่อย่างใด
2. ค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว (log link ratios: $\ln(F_{i,j})$) ของค่าสินไหมทดแทนในตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมพัฒนา มีการแจกแจงเหมือนกันและอิสระจากกัน (Independent identically distributed)
3. ค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว (log link ratios: $\ln(F_{i,j})$) ของค่าสินไหมทดแทนในแต่ละปีพัฒนา หรือในแต่ละคอลัมน์ (column) ของตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมพัฒนา มีค่าพารามิเตอร์เหมือนกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือข้อมูลของบริษัทประกันภัยแห่งหนึ่งในประเทศไทยจาก ไพรวุฒิ อชีนีทองคำ (2553) โดยจำแนกเป็นข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง การประกันภัยเบ็ดเตล็ด และการประกันสุขภาพ ของปีอุบัติเหตุพ.ศ. 2548 ถึง ปีอุบัติเหตุพ.ศ. 2552
2. กำหนดให้การแจกแจงค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว (log link ratios: $\ln(F_{i,j})$) ที่เกี่ยวข้อง มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal) โลจิสติก (Logistic) พาเรโต (Pareto) และไวบูล (Weibull)
3. กำหนดให้จำนวนปีพัฒนา (development year) ที่เกี่ยวข้อง คือ 5 ปี 7 ปีและ 9 ปี
4. กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง มีค่าผันแปรไปได้ในช่วง $\pm 1000\%$
5. กำหนดให้จำนวนครั้งการทำซ้ำ 2,000 รอบ

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยย่อ

1. ศึกษาการคำนวณเงินสำรองและความแปรปรวนของวิธีบันไดลูกโซ่

2. ศึกษาการคำนวณเงินสำรองและความแปรปรวนของการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factor Curve Fitting) ตามวิธีเคบคอด
3. ใช้ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนใน ไพรวุฒิ อชินีทองคำ (2553) เพื่อเปรียบเทียบการคำนวณเงินสำรอง ทั้ง 2 วิธี
4. ศึกษาลักษณะการแจกแจงของข้อมูลค่าสินไหมทดแทน และประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากข้อมูลตัวอย่าง
5. ทบทวนเทคนิคการจำลองข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้กับข้อมูล
6. จำลองลักษณะข้อมูลค่าสินไหมทดแทนตามแต่ละสถานการณ์ที่เป็นไปได้ (possible scenarios) เมื่อการแจกแจง ค่าพารามิเตอร์ ขนาดตัวอย่างมีค่าต่างๆกัน
7. เปรียบเทียบค่าประมาณเงินสำรอง ค่าความแปรปรวนเงินสำรอง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเงินสำรอง ที่คำนวณจากวิธีบันไดลูกโซ่กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factor Curve Fitting) ในแต่ละสถานการณ์จำลอง (simulated scenarios) แบบต่างๆ
8. หาข้อสรุปจากการเปรียบเทียบในข้อ 7
9. สังเคราะห์ผลการวิจัยและเขียนรายงานการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีคำนวณเงินสำรองให้เหมาะสมตามสถานการณ์ (scenarios) แบบต่างๆ
2. เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดวิธีการคำนวณเงินสำรองโดยการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา เหมาะสมกับข้อมูลค่าสินไหมทดแทนกับประกันภัยลักษณะใด เส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (LDF curve) แบบไหน ขนาดของข้อมูล (sample size) ค่าสินไหมทดแทนข้อมูลค่าสินไหมที่ปี และค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา (log link ratios: $\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบใด
3. เป็นแนวทางในการเลือกวิธีการคำนวณเงินสำรองที่เหมาะสมระหว่าง การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยการแจกแจงสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic curve

fitting) และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยเส้นการแจกแจงสะสมไวบูล
(Weibull curve fitting)

บทที่ 2

ตัวแบบและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงตัวแบบและทฤษฎีต่างๆ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและรายละเอียดของวิธีการประเมินเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder Method) และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factors Curve Fitting)

2.1 ตัวแบบและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตัวแบบบันไดลูกโซ่แบบไม่มีการแจกแจง (Distribution-free Chain-Ladder Model)

- ให้
- $C_{i,j}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนสะสม (cumulative claim) จาก ปีอุบัติเหตุที่ i ถึง ปีพัฒนา j
 - $X_{i,j}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนส่วนเพิ่ม (incremental claim) จาก ปีอุบัติเหตุที่ i ถึงปีพัฒนา j
 - $C_{i,I-i+1}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนสะสมล่าสุด (reported claim) ปีอุบัติเหตุที่ i
 - $C_{i,j}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนสมบูรณ์ (ultimate claim) ปีอุบัติเหตุที่ i
 - $\hat{C}_{i,j}^{CL}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนสมบูรณ์วิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder ultimate claim) ปีอุบัติเหตุที่ i
 - R_i คือ เงินสำรองค่าสินไหมทดแทน (claim reserve) ปีอุบัติเหตุที่ i
 - $F_{i,j}$ คือ ปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว (individual development factor or individual link ratio) จาก ปีอุบัติเหตุที่ i ถึงปีพัฒนา j
 - f_j คือ ปัจจัยความเสียหายพัฒนา (development factor or link ratio) ณ ปีพัฒนา j

- f_j คือ ค่าคาดหวังปัจจัยความเสียหายพัฒนา (expected development factor or expected link ratio) ณ ปีพัฒนา j
- \hat{f}_j^{CL} คือ ปัจจัยความเสียหายพัฒนาตามวิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder development factor) ณ ปีพัฒนา j
- β_j คือ เส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) ณ ปีพัฒนา j
- β_j^{CL} คือ รูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมวิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder cumulative claim pattern) ณ ปีพัฒนา j
- γ_j คือ รูปแบบค่าสินไหมทดแทนส่วนเพิ่ม (incremental claim pattern) ในช่วงปีพัฒนา j
- D_I คือ เซตของค่าสังเกต ณ เวลา I (ข้อมูลส่วนบนด้านซ้ายของตารางสามเหลี่ยม)
- $\widehat{Var}(C_{i,j}|D_I)$ คือ ความแปรปรวนในกระบวนการ (process variance)
- $\widehat{Var}(\hat{C}_{i,j}^{CL}|D_I)$ คือ ความคลาดเคลื่อนการประมาณค่า (estimation error)
- $\widehat{mse}_{p_{C_{i,j}|D_I}}(\hat{C}_{i,j}^{CL})$ คือ ค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนพยากรณ์กำลังสองของวิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder mean square error of prediction)

พารามิเตอร์ที่ปรากฏ $f_1, \dots, f_{j-1} > 0$ เส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา(LDF curve) $\beta_1, \dots, \beta_j > 0$ และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนส่วนเพิ่ม (incremental claim pattern) $\gamma_1, \dots, \gamma_j > 0$ โดยที่ $1 \leq i \leq I$ และ $1 \leq j \leq J$

ดังนั้น เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนปีอุบัติเหตุที่ i คือ $R_i = C_{i,j} - C_{i,j-i+1}, i = 2, \dots, I$

ตารางที่ 2.1: ตารางสามเหลี่ยมความเสียหายพัฒนา (loss development triangle)

ปีอุบัติเหตุ (i)	ปีพัฒนา (j)					
	1	2	3	4	5	6
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$C_{1,4}$	$C_{1,5}$	$C_{1,6}$
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$C_{2,4}$	$C_{2,5}$	
3	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	$C_{3,4}$		
4	$C_{4,1}$	$C_{4,2}$	$C_{4,3}$			
5	$C_{5,1}$	$C_{5,2}$				
6	$C_{6,1}$					
f_j	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	1
$\prod_{j=l-i+1}^{l-1} f_j$	$f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$	$f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$	$f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$	$f_4 \cdot f_5$	f_5	1
$\beta_j = \frac{1}{\prod_{j=l-i+1}^{l-1} f_j}$	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	$\beta_6 = 100\%$
\hat{y}_j	$\hat{y}_1 = \beta_1 - \beta_0$	$\hat{y}_2 = \beta_2 - \beta_1$	$\hat{y}_3 = \beta_3 - \beta_2$	$\hat{y}_4 = \beta_4 - \beta_3$	$\hat{y}_5 = \beta_5 - \beta_4$	$\hat{y}_6 = \beta_6 - \beta_5$

โดยที่

ค่าสินไหมทดแทนสะสม

$$C_{i,j} = \sum_{l=1}^j X_{i,l}$$

ค่าสินไหมทดแทนส่วนเพิ่ม

$$X_{i,j} = C_{i,j} - C_{i,j-1} \quad \text{โดย } X_{i,1} = C_{i,1}$$

ปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว

$$F_{i,j} = C_{i,j} / C_{i,j-1}$$

ค่าคาดหวังปัจจัยความเสียหายพัฒนา

$$f_j = E[f_{i,j}]$$

ปัจจัยความเสียหายพัฒนาตามวิธีบันไดลูกโซ่

$$\hat{f}_j^{CL} = \hat{f}_j = \frac{\sum_{i=1}^{l-j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{l-j} C_{i,j}}$$

รูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมวิธีบันไดลูกโซ่

$$\beta_j^{CL} = \beta_j = \frac{1}{\prod_{j=l-i+1}^{l-1} f_j}$$

รูปแบบค่าสินไหมทดแทน

$$\hat{y}_j = \beta_j - \beta_{j-1}$$

$$\text{โดยที่} \quad \beta_0 = \hat{\gamma}_0 = 0 \quad \beta_j = \sum_{l=1}^j \hat{\gamma}_l \quad 1 = \beta_J = \sum_{j=1}^J \hat{\gamma}_j$$

$$E[C_{i,j}|D_I] \cdot \hat{\beta}_j = E[C_{i,j}|D_I] \quad E[C_{i,j}|D_I] \cdot \hat{\gamma}_j = E[X_{i,j}|D_I]$$

$$E[C_{i,j}|D_I] = E[C_{i,j}|D_I]/\hat{\beta}_j \quad E[C_{i,j}|D_I] = E[X_{i,j}|D_I]/\hat{\gamma}_j$$

$$E[C_{i,j}|D_I] = C_{i,j}; i+j \leq I, 1 \leq j \leq J \quad \text{และ} \quad E[C_{i,j}|D_I] = \hat{C}_{i,j}; i+j > I, 1 \leq j \leq J$$

$$E[X_{i,j}|D_I] = X_{i,j}; i+j \leq I, 1 \leq j \leq J \quad \text{และ} \quad E[X_{i,j}|D_I] = \mu_{i,j}; i+j > I, 1 \leq j \leq J$$

$D_I = \{C_{i,j}; i+j \leq I, 1 \leq j \leq J\}$ ซึ่งก็คือเซตของค่าสังเกต ณ เวลา I (ข้อมูลส่วนบนด้านซ้ายของตารางสามเหลี่ยม)

$$E(C_{i,j}|D_I) = E(C_{i,j}|C_{i,1}, \dots, C_{i,j-1}) = E(C_{i,j}|C_{i,j-1}) = f_{j-1}C_{i,j-1}$$

ค่าสินไหมทดแทนสมบูรณวิธีบันไดลูกโซ่

$$\hat{C}_{i,j}^{CL} = C_{i,I-i+1} \cdot \hat{f}_{I-i+1} \cdot \hat{f}_{I-i+2} \cdots \hat{f}_{j-1} = C_{i,I-i+1} \cdot \prod_{j=I-i+1}^{J-1} \hat{f}_j = C_{i,I-i+1} / \hat{\beta}_{I-i+1}$$

$$\hat{\sigma}_j^2 = \frac{1}{I-j-1} \sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j} \left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j \right)^2, 1 \leq j \leq J-1$$

$$\hat{\sigma}_j^2 = \min \left\{ \frac{\hat{\sigma}_{j-1}^4}{\hat{\sigma}_{j-2}^2}; \hat{\sigma}_{j-2}^2; \hat{\sigma}_{j-1}^2 \right\}$$

$$\widehat{mse}_{C_{i,j}|D_I}(\hat{C}_{i,j}^{CL}) = \hat{E}[(\hat{C}_{i,j}^{CL} - C_{i,j})^2 | D_I]$$

$$= \widehat{Var}(C_{i,j}|D_I) + \widehat{Var}(\hat{C}_{i,j}^{CL}|D_I)$$

$$= (\hat{C}_{i,j}^{CL})^2 \sum_{j=I-i+1}^J \frac{\hat{\sigma}_j^2 / \hat{f}_j^2}{\hat{C}_{i,j}^{CL}}$$

$$+ C_{i,I-i+1}^2 \prod_{j=I-i+1}^J \left(\hat{f}_j^2 + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\sum_{i=1}^{I-j} C_{i,j}} \right) - \prod_{j=I-i+1}^J \hat{f}_j^2$$

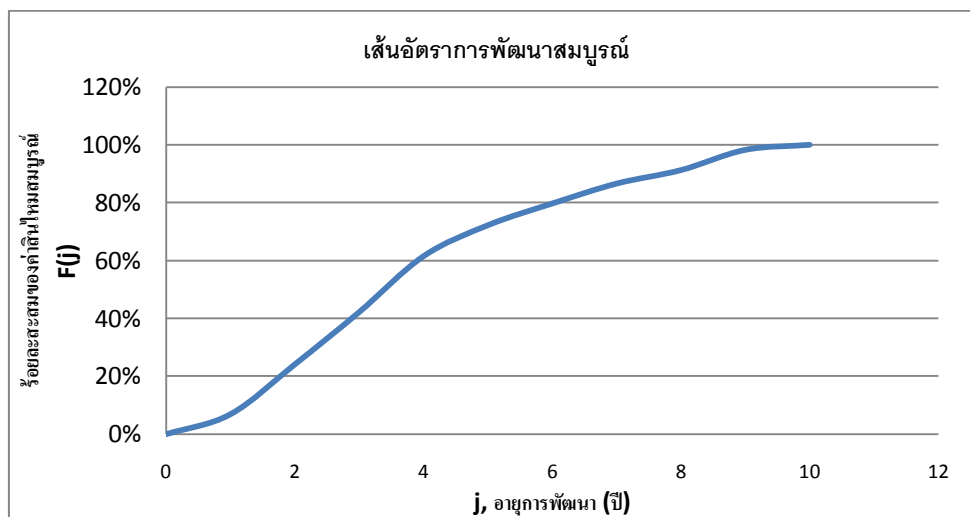
2.1.2 การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factors: LDF Curve Fitting)

2.1.2.1 ค่าคาดหวังของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factors curve)

Clark (2003) ตั้งสมมุติฐานว่าเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve), $\beta_j = \frac{1}{\prod_{i=1}^j f_i}$ มีลักษณะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก 0 จนมีค่าเป็น 100% ในปีพัฒนาที่ j ซึ่งมีรูปแบบการเติบโตเป็นเหมือนฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cumulative distribution function) $G(j) = E[\beta_j] = E\left[\frac{1}{\prod_{i=1}^j f_i}\right]$ = ร้อยละค่าสินไหมทดแทนสะสม ณ เวลา j ดังเช่นรูปที่

2.1

รูปที่ 2.1: แสดงเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) ของวิธีบันไดลูกโซ่



เพื่อความสะดวก Clark (2003) เสนอให้ใช้การแจกแจงที่มีรูปร่างใกล้เคียงลักษณะเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีพารามิเตอร์เพียง 2 ตัว คือ การแจกแจงสะสมล็อกโลจิสติก และการแจกแจงสะสมไวบูล ซึ่งมีความใกล้เคียงกัน และเพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 100% เช่นกัน แล้วใช้วิธีการประมาณค่าภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) ประมาณค่าพารามิเตอร์ (parameters) เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับการแจกแจงอัตราการพัฒนา

ของความสูญเสีย การใช้ตัวแบบสโตแคสติกกับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (LDF curve) ตามตัวแบบของ Clark จะสามารถ

- 1) หาค่าความแปรปรวนของเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน (claim reserve)
- 2) หากการแจกแจงของค่าสินไหมทดแทนส่วนเพิ่มจริง (actual incremental claim) หรือ $X_{i,j}$
- 3) ตัวแบบสโตแคสติกดังกล่าวยังสามารถขยายความและต่อยอดเทคนิคการคำนวณแบบเดิมที่นิยมใช้กันอยู่ เช่น วิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder)
- 4) ตัวแบบนี้ยังสามารถใช้ได้ในกรณีที่ค่าสินไหมทดแทนบางปีมีค่าเป็นศูนย์หรือติดลบ
- 5) การนำวิธีปัจจัยค่าสินไหมพัฒนา (Loss Development Factor method) ตามตัวแบบของ Clark มาประยุกต์ใช้ไม่ต้องหาค่าอัตราการเติบโต (tail factors) หลังจากปีพัฒนาปีสุดท้ายไปแล้ว

แม้ว่าค่าสินไหมทดแทน $X_{i,j}$ จะมีค่าเป็นศูนย์หรือติดลบตัวแบบนี้ยังคงใช้ได้อยู่ตราบใดที่เส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา β_j มีค่าไม่ติดลบ (อย่างเช่น การรับประกันภัยในธุรกิจที่มีการคืนค่าซาก)

ข้อดีของการใช้เส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (LDF curve) ที่มาจากพารามิเตอร์คือ

- 1) ไม่ยุ่งยากมากเพราะต้องประมาณพารามิเตอร์เพียงแค่ 2 ตัว 2) มีความยืดหยุ่นเพราะไม่จำเป็นต้องคิด ณ ปีพัฒนาเป็นจำนวนเต็มปี อาจคิดในช่วงเวลา 6 เดือน ($j=1/2$) หรือ 9 เดือน ($j=3/4$) ก็ได้ 3) ลักษณะของเส้นที่ค่อนข้างราบเรียบและไม่ได้มีรูปแบบเหมือนกับปัจจัยการพัฒนา f_j

การประยุกต์ใช้เส้นที่เหมาะสมของรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเพื่อคำนวณค่าสินไหมทดแทนสมบูรณ์ (ultimate claim) ทำได้ 2 วิธี คือวิธีปัจจัยค่าสินไหมพัฒนา (Loss Development Factor method) ภายใต้ข้อสมมุติว่าค่าสินไหมทดแทนแต่ละปีอุบัติเหตุเป็นอิสระกัน และวิธีเคปคอด (Cape Cod method) ด้วยสมมุติฐานที่ว่าฐานเสี่ยงภัย (exposure base) มีความสัมพันธ์

กับค่าสินไหมทดแทนสมบูรณ์ ซึ่งฐานเสี่ยงภัยที่มักใช้กันก็คือ เบี้ยประกันภัย (premium) หรือจะใช้ฐานเสี่ยงภัยอื่นๆ เช่น ยอดขาย หรือ บัญชีเงินเดือนก็อาจใช้ได้เช่นกัน

- วิธีปัจจัยค่าสินไหมพัฒนา (Loss Development Factor method)

$$\mu_{i,j} = ULT_i \cdot [G(j) - G(j - 1)]$$

วิธีนี้ต้องประมาณพารามิเตอร์ $I+2$ ตัว คือ ULT_i ตามแต่ละปีอุบัติเหตุจำนวน I ปี และพารามิเตอร์อีก 2 ตัวจากการแจกแจงที่เลือกมา ω และ θ

- วิธีเคปคอด (Cape Cod method)

$$\mu_{i,j} = Prem_i \cdot ELR \cdot [G(j) - G(j - 1)]$$

วิธีนี้ต้องประมาณพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ ELR และพารามิเตอร์อีก 2 ตัวจากการแจกแจงที่เลือกมา ω และ θ

โดยที่ $X_{i,j}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนที่แท้จริงส่วนเพิ่ม (actual incremental claim)

$\mu_{i,j}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนคาดหวังส่วนเพิ่ม (expected incremental claim)

ULT_i คือ ค่าสินไหมทดแทนสมบูรณ์จากเส้นเหมาะสมที่เลือกจากวิธีปัจจัยค่าสินไหมพัฒนา (Loss Development Factor method)

$Prem_i$ คือ เบี้ยประกันภัย (premium)

LR_i คือ อัตราส่วนความสูญเสีย (loss ratio)

ELR คือ สัดส่วนความสูญเสียคาดหวัง (expected loss ratio) ซึ่งเป็นคงที่

$$G(j = 0) = E[\beta_0] = 0\% \quad , \quad G(j = J) = E[\beta_j] = 100\% \\ ; 0 \leq j \leq J$$

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะเลือกใช้วิธีเคปคอด (Cape Cod method) เพราะใช้ฐานเสี่ยงภัย (exposure base) เข้ามาร่วมพิจารณา และประมาณพารามิเตอร์น้อยกว่า นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Clark (2003) วิธีเคปคอด (Cape Cod method) มีความแปรปรวนรวมน้อยกว่า วิธีปัจจัยค่า

สินไหมพัฒนา (Loss Development Factor method) มาก ซึ่ง Clark (2003) ให้เหตุผลว่าวิธี
เคบคอดใช้ข้อมูลในการพิจารณามากกว่า ในที่นี้คือเบี้ยประกันภัย (premium) ทำให้ประมาณเงิน
สำรองได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่สัดส่วนความสูญเสียคาดหวัง (expected loss ratio) คือ

$$\begin{aligned} ELR &= \sum_{i=1}^I \frac{Prem_i \cdot E[\hat{\beta}_{I-i+1}]}{\sum_{i=1}^I Prem_i \cdot E[\hat{\beta}_{I-i+1}]} \cdot LR_i = \frac{\sum_{i=1}^I C_{i,I-i+1}}{\sum_{i=1}^I Prem_i \cdot E[\hat{\beta}_{I-i+1}]} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^I C_{i,I-i+1}}{\sum_{i=1}^I Prem_i \cdot G(I-i+1)} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j}}{\sum_{i=1}^I Prem_i \cdot \sum_{j=1}^{I-i+1} [G(j) - G(j-1)]} \\ LR_i &= \frac{\hat{C}_{i,j}}{Prem_i} = \frac{C_{i,I-i+1} / E[\hat{\beta}_{I-i+1}]}{Prem_i} \end{aligned}$$

ค่าสินไหมทดแทนสมบูรณวิธีเคบคอด: $\hat{C}_{i,j}^{CC} = E[C_{i,j} | D_I] = Prem_i \cdot ELR$

ค่าสินไหมทดแทนสะสมล่าสุดวิธีเคบคอด: $\hat{C}_{i,I-i+1}^{CC} = E[C_{i,I-i+1} | D_I] = Prem_i \cdot ELR \cdot G(I-i+1)$

เงินสำรองวิธีเคบคอด (Cape Cod method):

$$\begin{aligned} \hat{R}_i^{CC} &= Prem_i \cdot ELR \cdot (1 - E[\hat{\beta}_{I-i+1}]) \\ &= Prem_i \cdot ELR \cdot (1 - G(I-i+1)) \\ \hat{R}_i^{CC} &= Prem_i \cdot ELR - Prem_i \cdot ELR \cdot G(I-i+1) \\ &= \hat{C}_{i,j}^{CC} - \hat{C}_{i,I-i+1}^{CC} \end{aligned}$$

2.1.2.2 การแจกแจงของค่าสินไหมทดแทนส่วนเพิ่มที่แท้จริงและภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (the distribution of actual incremental claim and maximum likelihood)

2.1.2.2.1 ความแปรปรวนของกระบวนการ (process variance)

เส้น $G(j)$ แสดงรูปแบบค่าคาดหวังของสินไหมทดแทน โดยค่าสินไหมทดแทนที่แท้จริงจะกระจายอยู่รอบๆค่าคาดหวังของสินไหมทดแทน

Clark (2003) ได้สมมุติว่าค่าสินไหมทดแทนทุกๆช่วงเวลา มีสัดส่วนความแปรปรวนต่อค่าเฉลี่ยคงที่ (constant of variance/mean)

$$\frac{\text{Variance}}{\text{Mean}} = \sigma^2 \approx \frac{1}{n-p} \sum_{i,j}^n \frac{(X_{i,j} - \mu_{i,j})^2}{\mu_{i,j}}$$

โดยที่ p คือ จำนวนพารามิเตอร์ (วิธีเคบคอดมี 3 ตัว)

n คือ จำนวนข้อมูลค่าสินไหมทดแทนทั้งหมด (ด้านบนของตาราง 3 เหลี่ยม)

คิดได้จาก
$$n = \frac{J \cdot (J+1)}{2}$$

ในการประมาณพารามิเตอร์ Clark (2003) ได้กำหนดว่า $X_{i,j}$ มีการแจกแจงโอเวอร์ดีสเพอร์สปีวซิง (over-dispersed Poisson distribution) โดยมี σ^2 เป็นตัวโอเวอร์ดีสเพอร์ชัน (over-dispersion)

ปัวซองทั่วไป:

$$\text{Prob}(y) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^y}{y!} \quad E[y] = \text{Var}[y] = \lambda$$

ค่าสินไหมทดแทนที่แท้จริงส่วนเพิ่ม: $X = y \cdot \sigma^2$

$$\text{Prob}(X) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^{X/\sigma^2}}{(X/\sigma^2)!} \quad E[X] = E[y \cdot \sigma^2] = \lambda \cdot \sigma^2 = \mu$$

$$\text{Var}[X] = \text{Var}[y \cdot \sigma^2] = \lambda \cdot \sigma^4 = \mu \cdot \sigma^2$$

2.1.2.2.2 ฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นสำหรับการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด

$$\text{Likelihood} = \prod_k \text{Prob}(X_k) = \prod_k \frac{e^{-\lambda_k} \cdot \lambda_k^{X_k/\sigma^2}}{(X_k/\sigma^2)!} = \prod_k \frac{e^{-\mu_k/\sigma^2} \cdot (\mu_k/\sigma^2)^{X_k/\sigma^2}}{(X_k/\sigma^2)!}$$

สามารถหาค่าสูงสุดได้ด้วยการใช้ล็อกการิทึม

$$\text{LogLikelihood} = \sum_k -(\mu_k/\sigma^2) + (X_k/\sigma^2) \cdot \ln(\mu_k/\sigma^2) - \ln((X_k/\sigma^2)!)$$

ซึ่งเท่ากับภาวะสูงสุด

$$\ell = \sum_k -\mu_k + X_k \cdot \ln(\mu_k) = \sum_k X_k \cdot \ln(\mu_k) - \mu_k$$

ตัวประมาณภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดของพารามิเตอร์หาได้จากอนุพันธ์อันดับหนึ่ง
ของล็อกฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นกำหนดให้เท่ากับศูนย์

$$\frac{\partial \ell}{\partial ELR} = \frac{\partial \ell}{\partial \omega} = \frac{\partial \ell}{\partial \theta} = 0$$

สำหรับวิธีเคบคอด ล็อกฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นคือ:

$$\ell = \sum_{i,j} (X_{i,j} \cdot \ln(ELR \cdot Prem_i \cdot [G(j) - G(j-1)]) - ELR \cdot Prem_i \cdot [G(j) - G(j-1)])$$

โดยจะมีอนุพันธ์อันดับหนึ่งของล็อกฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นคือ

$$\frac{\partial \ell}{\partial ELR} = \sum_{i,j} \left(\frac{X_{i,j}}{ELR} - Prem_i \cdot [G(j) - G(j-1)] \right) = 0$$

ซึ่งจะได้

$$\begin{aligned} ELR &= \frac{\sum_{i,j} X_{i,j}}{\sum_{i,j} Prem_i \cdot [G(j) - G(j-1)]} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j}}{\sum_{i=1}^I Prem_i \cdot \sum_{j=1}^{I-i+1} [G(j) - G(j-1)]} = \frac{\sum_{i=1}^I C_{i,I-i+1}}{\sum_{i=1}^I Prem_i \cdot G(I-i+1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ell}{\partial \omega} &= \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{X_{i,j}}{G(j) - G(j-1)} - ELR \cdot Prem_i \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] \right\} \\ &= \sum_{i=1}^I \left\{ \left[\frac{\sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j}}{\sum_{j=1}^{I-i+1} [G(j) - G(j-1)]} - ELR \cdot Prem_i \right] \cdot \left[\sum_{j=1}^{I-i+1} \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] \right] \right\} \\ &= \sum_{i=1}^I \left\{ \left[\frac{C_{i,I-i+1}}{G(I-i+1)} - ELR \cdot Prem_i \right] \cdot \left[\frac{\partial G(I-i+1)}{\partial \omega} \right] \right\} \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial \theta} = \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{X_{i,j}}{G(j) - G(j-1)} - ELR \cdot Prem_i \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] \right\}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^I \left\{ \left[\frac{\sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j}}{\sum_{j=1}^{I-i+1} [G(j) - G(j-1)]} - ELR \cdot Prem_i \right] \cdot \left[\sum_{j=1}^{I-i+1} \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] \right] \right\} \\
&= \sum_{i=1}^I \left\{ \left[\frac{C_{i,I-i+1}}{G(I-i+1)} - ELR \cdot Prem_i \right] \cdot \left[\frac{\partial G(I-i+1)}{\partial \theta} \right] \right\}
\end{aligned}$$

2.1.2.2.3 ความแปรปรวนของตัวประมาณพารามิเตอร์ (parameter estimator variance) หรือความคลาดเคลื่อนของการประมาณ (estimation error)

การคำนวณค่าความแปรปรวนของตัวประมาณพารามิเตอร์ (parameter estimator variance) คำตอบจะไม่ได้อยู่ในรูปแบบปิด (closed form solution) จึงไม่สามารถใช้วิธีเชิงสัญลักษณ์ (symbolic method) หาคำตอบได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีเชิงตัวเลข (numerical method) ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าโดยประมาณ โดยใช้เทคนิคการประมาณคราเมอร์ราว (Cramer-Rao approximation) ใช้อินฟอर्मชันเมตริกซ์อนุพันธ์อันดับ 2 (second derivative information matrix) โดยอินฟอर्मชันเมตริกซ์อนุพันธ์อันดับ 2 ของวิธีเคบคอดมีขนาด $p \times p$ (ในที่นี้คือ 3×3) ดังนี้

$$I = \begin{bmatrix} \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{i,j}}{\partial ELR^2} & \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{i,j}}{\partial ELR \partial \omega} & \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{i,j}}{\partial ELR \partial \theta} \\ \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{i,j}}{\partial \omega \partial ELR} & \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{i,j}}{\partial \omega^2} & \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{i,j}}{\partial \omega \partial \theta} \\ \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{y,i}}{\partial \theta \partial ELR} & \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{i,j}}{\partial \theta \partial \omega} & \sum_{i,j} \frac{\partial^2 l_{i,j}}{\partial \theta^2} \end{bmatrix}$$

ค่า covariance สามารถคำนวณได้จากการหาอินเวอร์สของเมตริกซ์ข้างต้น

$$\Sigma = \begin{bmatrix} Var[ELR] & Cov[ELR, \omega] & Cov[ELR, \theta] \\ Cov[\omega, ELR] & Var[\omega] & Cov[\omega, \theta] \\ Cov[\theta, ELR] & Cov[\theta, \omega] & Var[\theta] \end{bmatrix} \geq -\sigma^2 \cdot I^{-1}$$

2.1.2.2.4 ความแปรปรวนของเงินสำรอง (variance of the reserve)

ความแปรปรวนของเงินสำรองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ความแปรปรวนของตัวแบบเงินสำรอง (process variance of reserve) และความแปรปรวนของตัวประมาณพารามิเตอร์ของเงินสำรอง (parameter estimator variance of reserve)

ความแปรปรวนของตัวแบบของเงินสำรอง คือ $\sigma^2 \cdot \sum_{i=1}^I R_i$

ความแปรปรวนของตัวประมาณพารามิเตอร์ของเงินสำรอง:

$$\text{Var}(E[R]) = (\partial R)' \cdot \Sigma \cdot (\partial R)$$

$$\partial R = \left\langle \frac{\partial R}{\partial ELR}, \frac{\partial R}{\partial \theta}, \frac{\partial R}{\partial \omega} \right\rangle$$

$$R_i = \text{Prem}_i \cdot ELR \cdot [G(J) - G(I - i + 1)]$$

$$\frac{\partial R}{\partial ELR} = \sum_{i=1}^I \text{Prem}_i \cdot [G(J) - G(I - i + 1)]$$

$$\frac{\partial R}{\partial \theta} = \sum_{i=1}^I \text{Prem}_i \cdot ELR \cdot \left[\frac{\partial G(J)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(I - i + 1)}{\partial \theta} \right]$$

$$\frac{\partial R}{\partial \omega} = \sum_{i=1}^I \text{Prem}_i \cdot ELR \cdot \left[\frac{\partial G(J)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(I - i + 1)}{\partial \omega} \right]$$

2.1.3 การจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo simulation)

การจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟประกอบด้วย 2 ส่วนคือ Monte Carlo integration และ Markov Chain ดังนี้

มอนติคาร์โลอินทิเกรชัน (Monte Carlo integration)

มอนติคาร์โลอินทิเกรชันเป็นแนวคิดในการหาค่าความคาดหวังของฟังก์ชัน $f(\theta)$ โดยการสุ่มตัวอย่าง $\{\theta^{(i)}: i = 1, \dots, n\}$ ภายใต้การแจกแจง $P(\theta|D)$ แล้วประมาณค่าคาดหวังของฟังก์ชัน $f(\theta)$ ได้ดังนี้

$$E[f(\theta)] \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(\theta^{(i)})$$

เมื่อกำหนดให้	$f(\theta)$	คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นเบื้องต้น (prior distribution)
	$\theta^{(i)}$	คือ พารามิเตอร์ของปัญหาที่สนใจ ในสถานะที่ i
	D	คือ เซตของค่าสังเกต

ซึ่งหมายถึงค่าคาดหวังของฟังก์ชัน $f(\theta)$ สามารถประมาณได้โดยใช้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างกรณีถ้า $\theta^{(i)}$ เป็นตัวแปรสุ่มอิสระแล้ว เมื่อ n มีขนาดใหญ่ขึ้นมากๆ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างก็จะสามารถประมาณค่าคาดหวังของฟังก์ชันได้ถูกต้องมากด้วย แต่ในหลายๆกรณี $P(\theta|D)$ ไม่ได้อยู่ในรูปแบบทั่วไปซึ่งอินทิเกรตได้ยากมาก ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างโดยเทคนิค Markov Chain สามารถนำมาช่วยสร้างตัวอย่างดังกล่าวได้

ลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain)

ลูกโซ่มาร์คอฟเป็นลำดับของตัวแปรสุ่ม $\{\theta^{(0)}, \theta^{(1)}, \dots\}$ ($\theta^{(i)}$ หมายถึงตัวแปรสุ่มในสถานะที่ t) โดยที่ลำดับดังกล่าวได้มาจากการสุ่ม $\theta^{(i+1)}$ จากการแจกแจง $P(\theta^{(i+1)}|\theta^{(i)})$ หมายถึง $\theta^{(i+1)}$ ถูกสุ่มโดยขึ้นอยู่กับ $\theta^{(i)}$ เพียงค่าเดียว ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ $\{\theta^{(0)}, \theta^{(1)}, \dots, \theta^{(i-1)}\}$ เรียกการแจกแจง $P(\theta^{(i+1)}|\theta^{(i)})$ นี้ว่าเป็น Transition Kernel ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะที่ i ไปยัง $i + 1$ โดยภายหลัง เมื่อ i มีค่ามากขึ้น ตัวแปร $\theta^{(i)}$ จะมีการแจกแจงลู่เข้าสู่การแจกแจงแบบหนึ่ง (การแจกแจงผลลัพท์) และเรียกการแจกแจงที่ลู่เข้านี้ว่าการแจกแจงที่คงที่ (stationary distribution) (วิภาววรรณ จันทร์คำ, 2550)

ในการหาการแจกแจงคาดการณ์ (predictive distribution) ค่าสินไหมทดแทน ผู้วิจัยใช้การจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo simulation) หรือที่เรียกกันว่า วิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo method) เพื่อจำลองข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

กล่าวโดยสรุป การจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟคือเทคนิคการที่สุ่มตัวอย่างซ้ำๆ จากตัวแปรสุ่มของการแจกแจงเป้าหมาย โดยเมื่อจำนวนครั้งของการสุ่มมีค่ามากแล้ว การแจกแจงที่ได้จะลู่เข้าสู่การแจกแจงผลลัพธ์ในที่สุด ตามกฎของตัวอย่างจำนวนมาก (law of large numbers)

2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณเงินสำรองวิธีบันไดลูกโซ่ได้ถูกนำมาใช้และเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางมา ยาวนาน โดยเริ่มแรกวิธีบันไดลูกโซ่นี้สามารถหาได้เพียงค่าประมาณเงินสำรอง ไม่สามารถหาค่า ความแปรปรวนได้ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1993 Mack ได้คิดค้นสูตรการคำนวณค่าความแปรปรวน ของเงินสำรองที่ประมาณจากการแจกแจงที่ไม่มีรูปแบบ (distribution-free) ของวิธีบันไดลูกโซ่ โดยในงานวิจัยนั้นความแปรปรวนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือความแปรปรวนในกระบวนการ (process variance) และความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า (estimation error) ทำให้ สามารถเปรียบเทียบผลการคำนวณเงินสำรองกับวิธีทางพารามेटริกอื่นๆ ได้ (Mack, 1993)

การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factor Curve Fitting) คือการหาเส้นฟังก์ชันการแจกแจงที่เหมาะสมกับเส้นโค้งรูปแบบการพัฒนาสะสม (claim development pattern) ซึ่ง Clark ได้เสนอแนวคิดนี้ในปี ค.ศ. 2003 Clark ได้แนะนำว่าฟังก์ชัน การแจกแจงไวบูลและฟังก์ชันการแจกแจงล็อกโลจิสติกเป็นเส้นฟังก์ชันที่เหมาะสมโดยที่ Clark ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการประมาณภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของเส้นฟังก์ชันการแจกแจงที่เหมาะสมที่เลือกมา จากนั้นใช้ เส้นฟังก์ชันการแจกแจงดังกล่าวประมาณรูปแบบการพัฒนาสะสม ถัดจากนั้นใช้วิธีปัจจัยความเสียหายพัฒนา และวิธีเคปคอด (Cape Cod method) ประมาณเงินสำรองและค่าเฉลี่ย คลาดเคลื่อนกำลังสองรวมของเงินสำรอง ผลปรากฏว่าวิธีเคปคอดมีค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนกำลัง สองรวมน้อยกว่าวิธีปัจจัยค่าสินไหมพัฒนา เพราะวิธีเคปคอดใช้ฐานเสี่ยงภัย (exposure base) เป็นข้อมูลเสริมในการคำนวณ จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณจึงน้อยกว่าวิธีปัจจัยค่าสินไหมพัฒนา ทำให้ความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า (estimation error) น้อยกว่ามาก

ค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนกำลังสองรวมจึงน้อยกว่า (Clark, 2003) ต่อมาในปี ค.ศ. 2008 Guszczka ได้นำเสนอตัวแบบ Hierarchical และประยุกต์ใช้ตัวแบบ Hierarchical รวมเข้ากับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา Guszczka ได้เลือกใช้ฟังก์ชันการแจกแจงไวบูลและฟังก์ชันการแจกแจงล็อกโลจิสติกเป็นเส้นฟังก์ชันการแจกแจงที่เหมาะสมตามที่ Clark ได้แนะนำไว้ จากนั้นใช้วิธีปัจจัยค่าสินไหมพัฒนา และวิธีเคบคอด และยังใช้ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนเหมือนกันกับใน Clark (2003) อีกด้วย แต่พารามิเตอร์ที่ Guszczka ใช้ต่างกัน ผลปรากฏว่าเมื่อพลอตเศษเหลือเทียบกันระหว่างการแจกแจงไวบูลและการแจกแจงล็อกโลจิสติก เศษเหลือจากการแจกแจงล็อกโลจิสติกมีลักษณะการกระจายใกล้เคียงการแจกแจงปกติมากกว่า แต่ไม่ชัดเจนนักในงานศึกษานี้ Guszczka ไม่ได้ศึกษาวิธีคำนวณค่าความแปรปรวน ดังนั้นจึงไม่สามารถทราบได้ว่าระหว่างตัวแบบของ Guszczka กับ Clark ตัวแบบไหนมีความเชื่อถือได้มากกว่ากัน แต่ Guszczka ได้ทิ้งท้ายไว้ว่างานวิจัยชิ้นต่อไปจะใช้เทคนิควิธีการจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo simulation) เพื่อวัดความเชื่อถือได้ของตัวแบบ (Guszczka, 2008)

เทคนิควิธีการจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo simulation) เป็นเทคนิคที่ใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมาก สามารถแบ่งได้หลายวิธี เช่น Metropolis-Hastings (MH) algorithm, Gibbs sampling algorithm, MH sampling และ EM algorithm และเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งสาขาวิชาสถิติและเศรษฐมิติ โดยเฉพาะการสุ่มแบบกิบส์ (Gibbs sampler) และวิธี Expectation-Maximization (EM) algorithm ที่เป็นที่สนใจของบรรดานักเศรษฐศาสตร์ (Chib and Greenberg, 1995) ส่วนทางด้านคณิตศาสตร์ ประกันภัยเทคนิคซึ่งก็เป็นที่นิยมไม่แพ้กัน อย่างในปี ค.ศ. 2002 Ntzoufras และ Dellaportas ได้ใช้ทฤษฎีเบย์เซียนและวิธีมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo method) พยากรณ์จำนวนเงินค่าสินไหมทดแทนประกันภัยรถยนต์ค้างจ่ายที่บริษัทประกันภัยต้องจ่ายโดยให้จำนวนครั้งของการเรียกร้องสินไหมมีการแจกแจงแบบลิธกอนอมอลเป็นตัวแบบเชิงซ้อน (hierarchical model) ตรงกันกับสถานะย่อย (state space) จากการผสมทั้งข้อมูลค่าสินไหมทดแทนคงค้างและจำนวนครั้งการเรียกร้องสินไหมทำให้ได้สูตรตัวแบบใหม่ (Ntzoufras and Dellaportas, 2002) ในปีเดียวกัน Alba ก็ได้ใช้การจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo simulation) เพื่อศึกษาวิธีประมาณเงินสำรองเมื่อมีค่าสินไหมทดแทนส่วนเพิ่ม (incremental claim) หลายค่าติดลบ ซึ่งอาจเกิดจากการคืนค่าซาก เงินชำระจากบุคคลที่

สาม เงินค่าสินไหมคืนเนื่องจากการประมาณเกินจริง ฯลฯ โดย Alba ได้ใช้ตัวแบบเบย์เซียนโดยให้การแจกแจงแบบเป็นล็อกนอโมล 3 พารามิเตอร์ ซึ่งสามารถหาค่าประมาณแบบจุด วัตการกระจาย (dispersion) และหาการแจกแจงของค่าสินไหมทดแทนคงค้างได้อีกด้วย (Enrique de Alba, 2002) ส่วนในการประยุกต์ใช้เทคนิควิธีการจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ ในปี ค.ศ. 2002 England และ Verrall ได้ให้คำแนะนำอย่างคร่าวๆ (England and Verrall, 2002) ส่วนรายละเอียด Scollnik ได้แนะนำแนวทางในการใช้ไว้ค่อนข้างละเอียด โดยหลักๆ Scollnik ได้อธิบายการวิเคราะห์ข้อมูลในกรอบเบย์เซียน และอภิปรายขั้นตอนการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ประกันภัยให้สอดคล้องกับเทคนิคมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ โดยใช้การอนุมานแบบเบย์เซียนในการสุ่มแบบกิบส์ (Bayesian inference Using Gibbs Sampling: BUGS) ให้เหมาะกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ (Scollnik, 2001)

นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2553 ไพรวุฒิ อชนีทองคำ ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการคำนวณเงินสำรอง โดยเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์วิธีบันไดลูกโซ่ด้วยค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (mean square error of Chain-Ladder) ค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์วิธีบันไดลูกโซ่ด้วยเทคนิคบูตสตรอป (prediction error of chain-ladder by bootstrap technique) ค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์วิธีบอร์นฮูตเตอร์เฟอร์กูซันด้วยค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (mean square error of Bornhuetter-Ferguson) และค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์วิธีบอร์นฮูตเตอร์เฟอร์กูซันด้วยเทคนิคบูตสตรอป (mean square error of Bornhuetter-Ferguson by bootstrap technique) โดยใช้ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนจากการประกันภัยหลายประเภทจากบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง พบว่าค่าสินไหมทดแทนที่มีลักษณะไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ด้วยวิธีบอร์นฮูตเตอร์เฟอร์กูซันด้วยเทคนิคบูตสตรอป มีค่าต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ (ไพรวุฒิ อชนีทองคำ, 2553)

งานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบการคำนวณเงินสำรองวิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder method) กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factor Curve Fitting) โดยใช้วิธีการจำลองมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟจำลองข้อมูลค่าสินไหมทดแทนภายใต้สถานการณ์ (scenarios) ต่างๆ โดยจะจำลองค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว (individual log link ratio) ก่อนจะแปลงกลับเป็นค่าสินไหมทดแทนที่เป็นตัวเงิน ซึ่งในปี ค.ศ.

1985 Hertig เป็นคนแรกที่ได้อภิปรายเกี่ยวกับ ค่าล็อกอัตราส่วนของอัตราความสูญเสียปีพัฒนา ปัจจุบันกับอัตราส่วนความสูญเสียปีก่อนหน้า $\ln\left(\frac{LR_{i,j+1}}{LR_{i,j}}\right)$ ($LR_{i,j}$ คืออัตราส่วนความสูญเสียปีปรับประกันภัยที่ i ปีพัฒนาที่ j) โดย Hertig พัฒนาเทคนิควิธีการคิดเงินสำรองสำหรับธุรกิจรับประกันภัยต่อที่มีอายุยาวนานเช่น การประกันภัยขนส่งทางทะเล คือการเรียกร้องสินไหมเกิดขึ้นหลังจากหมดช่วงเวลากการเสี่ยงภัยไปแล้ว โดยพิจารณาค่าล็อกอัตราส่วนของอัตราความสูญเสียปีพัฒนาปัจจุบันกับอัตราส่วนความสูญเสียปีก่อนหน้าที่มีการแจกแจงแบบปกติ $\left(\ln\left(\frac{LR_{i,j+1}}{LR_{i,j}}\right) \sim N(\xi_j, \sigma_j^2)\right)$ ประยุกต์ใช้หาค่าสินไหมทดแทนสมบูรณ์ และเงินสำรองในงานวิจัยนี้ยังรวมสัญญาประกันภัยต่อเข้าด้วยกันเป็นระดับพอร์ตโฟลิโออีกด้วย (Hertig, 1985) ต่อมาในปี ค.ศ. 2006 de Jong ได้ต่อยอดจากแนวคิดของ Hertig (1985) ที่ว่า ค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัวมีการแจกแจงแบบปกติ de Jong ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทน โดยใช้พื้นฐานตัวแบบอนุกรมเวลา และวิธีที่ช่วยในคำนวณการแจกแจงที่คาดการณ์ (forecast distribution) และช่วยประเมินตัวแบบที่เหมาะสม ประเด็นหลักๆของงานวิจัยนี้ เน้นจัดการกับสหสัมพันธ์ภายในตารางสามเหลี่ยม วิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อสำรองค่าสินไหมทดแทนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ผลที่ได้จากวิธีของ de Jong จะได้รูปร่างที่สมบูรณ์แบบของการแจกแจงค่าสินไหมทดแทน พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลที่ได้กับงานศึกษาก่อนหน้า และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ภายในตารางสามเหลี่ยมร่วมด้วย (de Jong, 2006)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการประมาณเงินสำรอง การประมาณความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ของวิธีบันไดลูกโซ่ และวิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา รวมทั้งเปรียบเทียบเงินสำรอง กับค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ ระหว่างวิธีบันไดลูกโซ่และวิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา ในแต่ละลักษณะข้อมูลค่าสินไหมทดแทนตามแต่ละสถานการณ์จำลอง (Simulated Scenarios) ที่กำหนด ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลในการวิจัยนี้มาจากงานวิจัยของไพรวุฒิ อชิณีทองคำ โดยเป็นข้อมูลของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยมีข้อมูลเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้สุทธิ และค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัย 6 ประเภท คือ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ) และการประกันสุขภาพ ของปีอุบัติเหตุ พ.ศ. 2548 ถึง ปีอุบัติเหตุ พ.ศ. 2552

ค่าสินไหมทดแทนจากการประกันภัยดังกล่าวจะแสดงอยู่ในรูปแบบตารางสามเหลี่ยมทดแทนดังตารางที่ 3.1 ถึงตารางที่ 3.6 ซึ่งข้อมูลที่แสดงคือค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่ม (incremental paid claim) จำนวน 5 ปี ส่วนตารางที่ 3.7 แสดงค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้ (earned premium) จำแนกตามประเภทการประกันภัย

ตารางที่ 3.1 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยรถยนต์ภาค
บังคับ (บาท)

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548	33,993,147	43,975,410	45,622,283	45,855,674	45,909,436
2549	35,467,016	52,144,729	53,471,169	53,880,662	
2550	61,855,115	82,243,968	84,420,444		
2551	108,893,130	154,676,722			
2552	104,840,706				

ตารางที่ 3.2 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยรถยนต์ภาค
สมัครใจ (บาท)

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548	458,530,190	704,391,012	719,321,441	723,051,573	723,507,094
2549	535,096,963	779,525,400	799,909,007	808,370,640	
2550	683,686,003	970,219,679	1,000,218,786		
2551	805,382,333	1,136,151,318			
2552	719,381,807				

ตารางที่ 3.3 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันอัคคีภัย (บาท)

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548	28,463,817	43,396,676	43,726,262	43,781,870	43,781,870
2549	25,380,759	39,309,975	40,035,821	40,055,855	
2550	32,044,019	41,177,663	42,278,379		
2551	21,953,216	38,327,464			
2552	23,346,631				

ตารางที่ 3.4 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยทางทะเลและ
ขนส่ง (บาท)

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548	5,630,825	10,373,406	10,374,483	10,451,710	10,440,260
2549	298,556	7,288,646	6,207,472	6,210,953	
2550	5,480,597	9,362,284	11,017,373		
2551	6,474,403	12,517,070			
2552	7,398,252				

ตารางที่ 3.5 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (บาท)

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548	1,085,885	29,241,999	31,080,163	31,046,195	31,056,082
2549	39,138,050	58,146,250	58,382,785	60,050,103	
2550	15,456,943	16,493,766	17,610,051		
2551	6,193,724	21,052,636			
2552	11,823,071				

ตารางที่ 3.6 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนจ่ายส่วนเพิ่มประกันภัยการประกันสุขภาพ
(บาท)

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548	5,489,078	8,817,736	8,829,904	8,829,904	8,830,094
2549	11,548,316	16,054,392	16,063,125	16,063,125	
2550	26,087,320	37,592,330	37,617,805		
2551	43,636,192	62,621,516			
2552	80,614,650				

ตารางที่ 3.7 ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้ของแต่ละปีอุบัติเหตุ จำแนกตามประเภทประกันภัย (บาท)

ปี อุบัติเหตุ	ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้					
	การประกันภัย รถยนต์ภาคบังคับ	การประกันภัย รถยนต์ภาคสมัครใจ	การประกันอัคคีภัย	การประกันภัยทาง ทะเลและขนส่ง	การประกันภัย เบ็ดเตล็ด	การประกัน สุขภาพ
2548	171,518,693	1,053,109,162	552,718,364	37,384,241	195,085,503	11,672,230
2549	162,134,512	1,144,286,245	669,101,495	41,261,253	310,215,890	23,427,979
2550	170,573,422	1,347,042,223	636,695,686	35,880,938	310,344,875	31,568,784
2551	389,401,847	1,546,879,877	567,773,191	39,845,818	285,986,482	53,658,081
2552	408,473,073	1,471,666,893	617,186,196	42,518,061	234,556,049	98,117,207

3.2 ลักษณะของข้อมูลค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว (loglink ratio) ที่ใช้ ในการศึกษา

โดยทั่วไป ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนในธุรกิจประกันภัย หรือมูลค่าการเรียกร้องเงินเอา
ประกันภัยในแต่ละปีพัฒนา (development year) จะมีลักษณะการเติบโตขึ้นเหมือนกัน หรืออีก
นัยหนึ่งคือปัจจัยความเสียหายพัฒนา (development factor) ในแต่ละช่วงปีพัฒนาจะมีค่า
คล้ายๆกันนั่นเอง ในการจำลองข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้จำลองค่าล็อกของปัจจัยความ
เสียหายพัฒนาเฉพาะตัวในแต่ละปีพัฒนา แล้วปรับแต่งค่าดังกล่าวเพื่อสร้างสถานการณ์
(scenarios) ที่แตกต่างกัน

หนึ่งในแต่ละประเภทการประกันภัย (line of business) มีปัจจัยเสี่ยง เงื่อนไขการรับ
ประกันภัย เงื่อนไขการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน และเงื่อนไขการคุ้มครองที่แตกต่างกัน ดังนั้น
ค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาต้องแตกต่างกันด้วย ดังนั้น สิ่งที่ผู้วิจัยต้องพิจารณาคือ
ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของค่าล็อกของปัจจัยความเสียหาย
พัฒนาในแต่ละปีพัฒนาของแต่ละประเภทของการประกันภัยว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร

จากการสังเกต และเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 6 ประเภทของการประกันภัยพบว่าข้อมูลของ
การประกันภัย 4 ประเภทที่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนา

เฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ มีค่าน้อยมาก คือ 1) การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ 2) การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ 3) การประกันอัคคีภัย และ 4) การประกันสุขภาพ ส่วนอีก 2 ประเภทคือ 1) การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง 2) การประกันภัยเบ็ดเตล็ด มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงซึ่งได้แสดงค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ในตารางที่ 3.8 ถึงตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.8 ค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับในแต่ละปี

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548		0.83015	0.46067	0.31556	0.23975
2549		0.90431	0.47643	0.32346	
2550		0.84571	0.46112		
2551		0.88395			
2552					
ค่าเฉลี่ย		0.86603	0.46607	0.31951	0.23975
ความแปรปรวน		0.0008718	0.0000537	0.0000156	0.0000045
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน		3.41%	1.57%	1.24%	0.89%

ตารางที่ 3.9 ค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจในแต่ละปี

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548		0.93066	0.48153	0.32508	0.24507
2549		0.89886	0.47528	0.32374	
2550		0.88340	0.47298		
2551		0.87992			
2552					
ค่าเฉลี่ย		0.89821	0.47660	0.32441	0.24507
ความแปรปรวน		0.0004020	0.0000131	0.0000004	0.0000000
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน		2.23%	0.76%	0.21%	0.05%

ตารางที่ 3.10 แสดงตารางค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ การประกัน
อัคคีภัยในแต่ละปี

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548		0.92609	0.47529	0.32120	0.24273
2549		0.93563	0.48173	0.32388	
2550		0.82638	0.45578		
2551		1.01010			
2552					
ค่าเฉลี่ย		0.92455	0.47094	0.32254	0.24273
ความแปรปรวน		0.0042702	0.0001218	0.0000018	0.0000000
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน		7.07%	2.34%	0.42%	0.07%

ตารางที่ 3.10 แสดงตารางค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ การ
ประกันภัยทางทะเลและขนส่งในแต่ละปี

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548		1.04460	0.49970	0.33377	0.24957
2549		3.23526	0.59782	0.37173	
2550		0.99631	0.55519		
2551		1.07613			
2552					
ค่าเฉลี่ย		1.58807	0.55090	0.35275	0.24957
ความแปรปรวน		0.9052157	0.0016136	0.0003603	0.0000805
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน		59.91%	7.29%	5.38%	3.59%

ตารางที่ 3.11 แสดงตารางค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln(F_{i,j})$ การประกันภัยเบ็ดเตล็ดในแต่ละปี

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548		3.32967	0.70547	0.40917	0.28961
2549		0.91054	0.47008	0.32625	
2550		0.72614	0.43901		
2551		1.48138			
2552					
ค่าเฉลี่ย		1.61193	0.53819	0.36771	0.28961
ความแปรปรวน		1.0610640	0.0141534	0.0017191	0.0002088
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน		63.90%	22.11%	11.28%	4.99%

ตารางที่ 3.12 แสดงตารางค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln(F_{i,j})$ การประกันภัยการประกันสุขภาพในแต่ละปี

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548		0.95798	0.48068	0.32327	0.24391
2549		0.87137	0.45865	0.31325	
2550		0.89242	0.46420		
2551		0.88998			
2552					
ค่าเฉลี่ย		0.90294	0.46784	0.31826	0.24391
ความแปรปรวน		0.0010760	0.0000876	0.0000251	0.0000072
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน		3.63%	2.00%	1.57%	1.10%

3.3 การจำลอง (simulation)

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้จำลองค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $ln(F_{i,j})$ ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็น 4 แบบ โดยได้เลือกลักษณะการแจกแจงที่มี 2 พารามิเตอร์ เพื่อความสะดวกในการพิจารณาในหาค่าพารามิเตอร์ (parameterization) คือ

- 1) การแจกแจงแบบปกติ
- 2) การแจกแจงแบบโลจิสติก

3) การแจกแจงแบบไวบูล

4) การแจกแจงแบบพาเรโต

โดยการแจกแจงทั้ง 2 แบบแรกนี้มีพารามิเตอร์ตำแหน่ง (location parameter) และพารามิเตอร์บ่งปริมาณ (scale parameter) ขณะที่การแจกแจง 2 แบบหลัง มีพารามิเตอร์บ่งรูป (shape parameter) และพารามิเตอร์บ่งปริมาณ (scale parameter)

3.4 การหาค่าพารามิเตอร์ (Parameterization)

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ ในแต่ละคอลัมน์ที่ j แล้วนำค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนดังกล่าวมาหาค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ของแต่ละการแจกแจงได้ดังนี้

กำหนดให้ $z = \ln(F_{i,j})$

- กรณีค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution)

$$f(z) = \frac{1}{\varphi\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-\varepsilon)^2}{2\varphi^2}}$$

$$E[z] = \varepsilon \quad \text{และ} \quad \text{Var}[z] = \varphi^2$$

ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงนี้คือ ε ในขณะที่ ความแปรปรวนเท่ากับ φ^2 ดังนั้น φ จึงเท่ากับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพารามิเตอร์จะมีค่าเท่ากับ

$$\varepsilon = E[z] \quad \text{และ} \quad \varphi = \sqrt{\text{Var}[z]}$$

- กรณีค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ มีการแจกแจงแบบโลจิสติก (Logistic distribution)

$$f(z) = \frac{e^{-\frac{z-a}{b}}}{b(1 + e^{-\frac{z-a}{b}})^2}$$

$$E[z] = a \quad \text{และ} \quad \text{Var}[z] = \frac{\pi^2 b^2}{3}$$

พารามิเตอร์ของการแจกแจงนี้จะมีค่า

$$a = E[z] \quad \text{และ} \quad b = \sqrt{\frac{3 \times \text{Var}[z]}{\pi^2}}$$

- กรณีค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ มีการแจกแจงแบบไวบูล (Weibull distribution)

$$f(z) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{z}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{z}{\beta}\right)^\alpha}$$

$$E[z] = \beta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad \text{และ} \quad \text{Var}[z] = \beta^2 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - E[z]^2$$

เนื่องจากพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบไวบูลไม่สามารถหารูปแบบที่ชัดเจน (explicit form) ได้ จึงต้องใช้วิธีเชิงตัวเลข (numerical method) ในการหาค่า โดยเริ่มจาก

$$E[z^2] = \text{Var}[z] + E[z]^2 = \beta^2 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right)$$

$$\frac{E[z^2]}{E[z]^2} = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}$$

$$\frac{E[z^2]}{E[z]^2} - \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right)}{\left(\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right)^2} = 0$$

สามารถหาค่าพารามิเตอร์ α ได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทั่วไป ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ “Solver” ซึ่งเป็น add-in ในโปรแกรม excel โดยเซตให้สมการข้างต้นเท่ากับศูนย์และให้ Solver เปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ α ก็จะทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ α จากนั้นหาค่าพารามิเตอร์อีกตัวคือ β โดยใช้ค่า α ที่หามาได้ก่อนหน้า ดังนี้

$$\beta = \frac{E[z]}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}$$

- กรณีค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว $\ln(F_{i,j})$ มีการแจกแจงแบบพาเรโต (Pareto distribution)

$$f(z) = \frac{\rho \Psi^\rho}{z^{\rho+1}} \quad \text{เมื่อ } z \geq \Psi$$

$$E[z] = \frac{\rho \Psi}{\rho-1} \quad \text{เมื่อ } \rho > 1 \quad \text{และ} \quad \text{Var}[z] = \frac{\rho \Psi^2}{(\rho-1)^2(\rho-2)} \quad \text{เมื่อ } \rho > 2$$

พารามิเตอร์ของการแจกแจงนี้จะมีค่าจากการแก้สมการต่อไปนี้

$$\frac{E[z]^2}{\text{Var}[z]} = \rho(\rho - 2)$$

$$\rho^2 - 2\rho - \frac{E[z]^2}{\text{Var}[z]} = 0$$

สามารถหาค่าพารามิเตอร์ ρ ได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทั่วไป ในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้ “Solver” ซึ่งเป็น add-in ในโปรแกรม excel โดยเซตให้สมการข้างต้นเท่ากับศูนย์และให้ Solver เปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ρ ก็จะทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ ρ จากนั้นหาค่าพารามิเตอร์อีกตัวคือ Ψ โดยใช้ค่า ρ ที่หามาได้ก่อนหน้า ดังนี้

$$\Psi = \frac{E[z] \cdot (\rho - 1)}{\rho}$$

3.5 การขยายขนาดของข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลจริงที่เก็บรวบรวมมามีขนาดเล็กผู้วิจัยจึงทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ค่าสินไหมทดแทนในปีพัฒนา และค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้สุทธิ เพื่อขยายขนาดข้อมูล จากเดิมข้อมูลขนาด 5 ปี เป็นขนาด 7 ปี และ 9 ปี เพื่อสร้างสถานการณ์ (scenarios) ของข้อมูลที่มีขนาดต่างๆ กันซึ่งจะใช้ในการเปรียบเทียบเงินสำรอง

3.5.1 การขยายขนาดข้อมูลค่าสินไหมทดแทนจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 7 ปี และ 9 ปี

ให้ ค่าเฉลี่ยค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาคือ $M_j = E[\ln(F_j)] = \sum_{i=1}^{I-j+1} \ln(F_{i,j})$

ค่าความแปรปรวนของค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาคือ $V_j = \text{Var}[\ln(F_j)]$

$$= \sum_{i=1}^{I-j+1} \ln(F_{i,j})^2 - E[\ln(F_j)]^2$$

โดยทั่วไป ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนา จะมีแนวโน้มลดลงในปีพัฒนาหลังๆ ผู้วิจัยจึงประมาณค่านอกช่วง (extrapolate) ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนา $\ln(F_{ij})$ ของปีพัฒนาที่ 6 ถึง 9 โดย

$$M_j = E[\ln(F_j)] = \text{Min}\left(\frac{M_{j-1}^2}{M_{j-2}}, M_{j-1}, M_{j-2}\right) \quad \text{เมื่อ } j = 6, 7, 8 \text{ และ } 9$$

$$V_j = E[\ln(F_j)] = \text{Min}\left(\frac{V_{j-1}^2}{V_{j-2}}, V_{j-1}, V_{j-2}\right) \quad \text{เมื่อ } j = 6, 7, 8 \text{ และ } 9$$

แต่เนื่องจากลักษณะค่าสินไหมทดแทนในปีพัฒนาแรกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปีอุบัติเหตุหลังๆ ผู้วิจัยจึงประมาณค่านอกช่วง (extrapolate) ค่าสินไหมทดแทนในปีพัฒนาแรก (ในคอลัมน์แรกของตาราง) ของปีอุบัติเหตุที่ 6 ถึง 9 โดย

$$C_{i,1} = \text{Max}\left(\frac{C_{i-1,1}^2}{C_{i-2,1}}, C_{i-1,1}, C_{i-2,1}\right) \quad \text{เมื่อ } i = 6, 7, 8 \text{ และ } 9$$

เมื่อประมาณค่านอกช่วงค่าสินไหมทดแทนในคอลัมน์แรก ($C_{i,1}$) ตั้งแต่ปีอุบัติเหตุ 2553 ถึงปีอุบัติเหตุ 2556 ดังนั้นตารางสามเหลี่ยมทดแทนจึงมีขนาด 9 ปี ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 3.14 ตารางที่ 3.13 ค่าสินไหมทดแทนในคอลัมน์แรก ($C_{i,1}$) เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ตั้งแต่ปีอุบัติเหตุ 2553 ถึงปีอุบัติเหตุ 2556 จำแนกตามประเภทการประกันภัย

ปีอุบัติเหตุ	ค่าสินไหมทดแทนจากการประกันภัย					
	การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ	การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ	การประกันอัคคีภัย	การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง	การประกันภัยเบ็ดเตล็ด	การประกันสุขภาพ
2548	33,993,147	458,530,190	28,463,817	5,630,825	1,085,885	5,489,078
2549	35,467,016	535,096,963	25,380,759	298,556	39,138,050	11,548,316
2550	61,855,115	683,686,003	32,044,019	5,480,597	15,456,943	26,087,320
2551	108,893,130	805,382,333	21,953,216	6,474,403	6,193,724	43,636,192
2552	104,840,706	719,381,807	23,346,631	7,398,252	11,823,071	80,614,650
2553	108,893,130	805,382,333	24,828,489	8,453,927	22,568,814	148,929,627
2554	113,102,193	901,664,034	26,404,403	9,660,240	43,081,141	275,136,514
2555	117,473,950	1,009,456,003	28,080,344	11,038,684	82,236,694	508,294,440
2556	122,014,688	1,130,134,266	29,862,660	12,613,822	156,979,916	939,036,531

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเขียว หมายถึง ข้อมูลจากการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation)

เมื่อประมาณค่านอกช่วงค่าสินไหมทดแทนในคอลัมน์แรก ($C_{i,1}$) ค่าเฉลี่ยค่าล็อกปัจจุบัน ความเสียหายพัฒนา (M_j) และค่าความแปรปรวนค่าล็อกปัจจุบันความเสียหายพัฒนา (V_j) ตั้งแต่ปี ที่ 6 ถึง 9 ตารางสามเหลี่ยมทดแทนจึงมีขนาด 9×9 ซึ่งจะแสดงในตารางถัดไป

ตารางที่ 3.14 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation)

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$C_{1,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
2	$C_{2,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
3	$C_{3,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
4	$C_{4,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
5	$C_{5,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
6	$C_{6,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
7	$C_{7,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
8	$C_{8,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
9	$C_{9,1}$	---	---	---	---	---	---	---	---
ค่าเฉลี่ย	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9
ค่าความแปรปรวน	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9

หมายเหตุ --- หมายถึง ค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณได้จากค่าล็อกของปัจจุบันความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว ($\ln(F_{i,j})$) ที่มาจากการจำลอง (simulated log link ratios) ซึ่งจำลองมาจากค่าเฉลี่ย M_j และค่าความแปรปรวน V_j

พื้นที่สีเขียว หมายถึง ข้อมูลจากการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation)

เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ค่าสินไหมทดแทนในคอลัมน์แรกตั้งแต่ปีอุบัติเหตุที่ 6 ถึง 9 ประมาณค่านอกช่วงค่าเฉลี่ยค่าล็อกปัจจุบันความเสียหายพัฒนาตั้งแต่ปีพัฒนาที่ 6 ถึง 9 และประมาณค่านอกช่วงค่าความแปรปรวนค่าล็อกปัจจุบันความเสียหายพัฒนาตั้งแต่ปีพัฒนาที่ 6 ถึง 9 ของข้อมูลค่าสินไหมทดแทนทั้ง 6 ประเภทการประกันภัยในตารางสามเหลี่ยมทดแทนที่มีขนาด 9×9 ดังตารางที่ 3.15 ถึงตารางที่ 3.20 เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการจำลอง

ค่าล็อกของปัจจัยความเสี่ยงหายพัฒนาเฉพาะตัว ($\ln(F_{i,j})$) (log link ratios simulation) แล้ว

คำนวณกลับมาเป็นค่าสินไหมทดแทน เพื่อนำไปหาค่าเงินสำรองในขั้นตอนสุดท้าย

ตารางที่ 3.15 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำ

การประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา								
	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556
2548	33,993,147	---	---	---	---	---	---	---	---
2549	35,467,016	---	---	---	---	---	---	---	---
2550	61,855,115	---	---	---	---	---	---	---	---
2551	108,893,130	---	---	---	---	---	---	---	---
2552	104,840,706	---	---	---	---	---	---	---	---
2553	108,893,130	---	---	---	---	---	---	---	---
2554	113,102,193	---	---	---	---	---	---	---	---
2555	117,473,950	---	---	---	---	---	---	---	---
2556	122,014,688	---	---	---	---	---	---	---	---
ค่าเฉลี่ย		0.86603	0.46607	0.31951	0.23975	0.17991	0.13500	0.10130	0.07601
ค่าความแปรปรวน		0.0008718	0.0000537	0.0000156	0.0000045	0.1799064	0.1349975	0.1012989	0.0760123

ตารางที่ 3.16 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำ

การประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา								
	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556
2548	458,530,190	---	---	---	---	---	---	---	---
2549	535,096,963	---	---	---	---	---	---	---	---
2550	683,686,003	---	---	---	---	---	---	---	---
2551	805,382,333	---	---	---	---	---	---	---	---
2552	719,381,807	---	---	---	---	---	---	---	---
2553	805,382,333	---	---	---	---	---	---	---	---
2554	901,664,034	---	---	---	---	---	---	---	---
2555	1,009,456,003	---	---	---	---	---	---	---	---
2556	1,130,134,266	---	---	---	---	---	---	---	---
ค่าเฉลี่ย		0.89821	0.47660	0.32441	0.24507	0.18513	0.13985	0.10564	0.07980
ค่าความแปรปรวน		0.0004020	0.0000131	0.0000004	0.0000000	0.1851274	0.1398482	0.1056436	0.0798049

ตารางที่ 3.17 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันอัคคีภัย

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา								
	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556
2548	28,463,817	---	---	---	---	---	---	---	---
2549	25,380,759	---	---	---	---	---	---	---	---
2550	32,044,019	---	---	---	---	---	---	---	---
2551	21,953,216	---	---	---	---	---	---	---	---
2552	23,346,631	---	---	---	---	---	---	---	---
2553	24,828,489	---	---	---	---	---	---	---	---
2554	26,404,403	---	---	---	---	---	---	---	---
2555	28,080,344	---	---	---	---	---	---	---	---
2556	29,862,660	---	---	---	---	---	---	---	---
ค่าเฉลี่ย		0.92455	0.47094	0.32254	0.24273	0.18266	0.13746	0.10345	0.07785
ค่าความแปรปรวน		0.0042702	0.0001218	0.0000018	0.0000000	0.1826647	0.1374646	0.1034492	0.0778508

ตารางที่ 3.18 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา								
	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556
2548	5,630,825	---	---	---	---	---	---	---	---
2549	298,556	---	---	---	---	---	---	---	---
2550	5,480,597	---	---	---	---	---	---	---	---
2551	6,474,403	---	---	---	---	---	---	---	---
2552	7,398,252	---	---	---	---	---	---	---	---
2553	8,453,927	---	---	---	---	---	---	---	---
2554	9,660,240	---	---	---	---	---	---	---	---
2555	11,038,684	---	---	---	---	---	---	---	---
2556	12,613,822	---	---	---	---	---	---	---	---
ค่าเฉลี่ย		1.58807	0.55090	0.35275	0.24957	0.17657	0.12492	0.08838	0.06253
ค่าความแปรปรวน		0.9052157	0.0016136	0.0003603	0.0000805	0.1765653	0.1249181	0.0883782	0.0625266

ตารางที่ 3.19 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา								
	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556
2548	1,085,885	---	---	---	---	---	---	---	---
2549	39,138,050	---	---	---	---	---	---	---	---
2550	15,456,943	---	---	---	---	---	---	---	---
2551	6,193,724	---	---	---	---	---	---	---	---
2552	11,823,071	---	---	---	---	---	---	---	---
2553	22,568,814	---	---	---	---	---	---	---	---
2554	43,081,141	---	---	---	---	---	---	---	---
2555	82,236,694	---	---	---	---	---	---	---	---
2556	156,979,916	---	---	---	---	---	---	---	---
ค่าเฉลี่ย		1.61193	0.53819	0.36771	0.28961	0.22810	0.17965	0.14149	0.11144
ค่าความแปรปรวน		1.0610640	0.0141534	0.0017191	0.0002088	0.2280991	0.1796520	0.1414948	0.1114421

ตารางที่ 3.20 ตารางสามเหลี่ยมค่าสินไหมทดแทนที่ขยายจากขนาด 5 ปี เป็นขนาด 9 ปี เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ของการประกันสุขภาพ

ปีอุบัติเหตุ	ปีพัฒนา								
	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556
2548	5,489,078	---	---	---	---	---	---	---	---
2549	11,548,316	---	---	---	---	---	---	---	---
2550	26,087,320	---	---	---	---	---	---	---	---
2551	43,636,192	---	---	---	---	---	---	---	---
2552	80,614,650	---	---	---	---	---	---	---	---
2553	148,929,627	---	---	---	---	---	---	---	---
2554	275,136,514	---	---	---	---	---	---	---	---
2555	508,294,440	---	---	---	---	---	---	---	---
2556	939,036,531	---	---	---	---	---	---	---	---
ค่าเฉลี่ย		0.90294	0.46784	0.31826	0.24391	0.18693	0.14326	0.10979	0.08414
ค่าความแปรปรวน		0.0010760	0.0000876	0.0000251	0.0000072	0.1869274	0.1432576	0.1097899	0.0841408

3.5.2 การประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้ ขนาด 7 ปี และ 9 ปี

ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้เป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา ดังนั้นเมื่อประมาณค่านอกช่วงค่าสินไหมทดแทนแล้ว จึงต้องประมาณค่านอกช่วงค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้ด้วย แต่เนื่องจากลักษณะของค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปีอุบัติเหตุหลายๆ จึงประมาณค่านอกช่วง (extrapolate) ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้ของปีอุบัติเหตุที่ 6 ถึง 9 โดย

$$Prem_i = \text{Max}\left(\frac{Prem_{i-1}^2}{Prem_{i-2}}, Prem_{i-1}, Prem_{i-2}\right) \quad \text{เมื่อ } j = 6, 7, 8 \text{ และ } 9$$

เมื่อนำข้อมูลค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้ทั้ง 6 ประเภทการประกันภัยมาประมาณค่านอกช่วง (extrapolate) ตั้งแต่ปีอุบัติเหตุ 2553 ถึงปีอุบัติเหตุ 2556

ตารางที่ 3.21 ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้เมื่อทำการประมาณค่านอกช่วง (extrapolation) ตั้งแต่ปีอุบัติเหตุ 2553 ถึงปีอุบัติเหตุ 2556 จำแนกตามประเภทการประกันภัย

ปี อุบัติเหตุ	ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้					
	การประกันภัย รถยนต์ภาคบังคับ	การประกันภัย รถยนต์ภาคสมัคร ใจ	การประกัน อัคคีภัย	การประกันภัย ทางทะเลและ ขนส่ง	การประกันภัย เบ็ดเตล็ด	การประกัน สุขภาพ
2548	171,518,693	1,053,109,162	552,718,364	37,384,241	195,085,503	11,672,230
2549	162,134,512	1,144,286,245	669,101,495	41,261,253	310,215,890	23,427,979
2550	170,573,422	1,347,042,223	636,695,686	35,880,938	310,344,875	31,568,784
2551	389,401,847	1,546,879,877	567,773,191	39,845,818	285,986,482	53,658,081
2552	408,473,073	1,471,666,893	617,186,196	42,518,061	234,556,049	98,117,207
2553	428,478,326	1,546,879,877	670,899,589	45,369,517	285,986,482	179,413,541
2554	449,463,349	1,625,936,797	729,287,631	48,412,204	348,693,919	328,069,048
2555	471,476,129	1,709,034,106	792,757,153	51,658,948	425,151,035	599,895,077
2556	494,567,000	1,796,378,297	861,750,395	55,123,434	518,372,685	1,096,946,227

3.6 วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยสรุป

1. ศึกษาการคำนวณเงินสำรองและความแปรปรวนของวิธีบันไดลูกโซ่
2. ศึกษาการคำนวณเงินสำรองและความแปรปรวนของการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factor Curve Fitting) ตามวิธีเคบคอด
3. ใช้ข้อมูลเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้สุทธิ และค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยในไพรูดี อซิณีทิงค์ (2553) เพื่อคำนวณเงินสำรอง และเปรียบเทียบผลที่ได้จากทั้ง 2 วิธี
4. ศึกษาหาลักษณะการแจกแจงของข้อมูลค่าสินไหมทดแทน และประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากข้อมูลตัวอย่าง
5. ทบทวนเทคนิคการจำลองข้อมูลที่เหมาะสม
6. จำลองลักษณะข้อมูลค่าสินไหมทดแทนตามแต่ละสถานการณ์ที่เป็นไปได้ (possible scenarios) เมื่อการแจกแจง ค่าพารามิเตอร์ ขนาดตัวอย่างมีค่าต่างๆกัน ตามขั้นตอน 2 ขั้นตอนดังนี้
 - ขั้นตอนที่ 1 จำลองค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัวดังขั้นตอนต่อไปนี้
 - 1) จัดรูปค่าสินไหมทดแทนให้อยู่ในรูปค่าสินไหมทดแทนสะสม (cumulative claims) คือ $C_{i,j}$ แล้วหาค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัวคือ $\ln(F_{i,j})$
 - 2) หาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว ($\ln(F_{i,j})$) ในแต่ละคอลัมน์ j
 - 3) กำหนดแจกแจงที่เหมาะสมของค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว ($\ln(F_{i,j})$) ซึ่งคือการแจกแจงแบบปกติ แบบโลจิสติก แบบไวบูล และแบบพาเรโต (ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1)
 - 4) นำค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนที่ได้จาก 2) มาหาค่าพารามิเตอร์ตามแต่ละคอลัมน์ j
 - 5) สร้างเลขสุ่มเทียม (pseudo-random number) ในช่วง $[0,1)$ แล้วใช้เลขสุ่มเทียมดังกล่าวและพารามิเตอร์ในแต่ละคอลัมน์ j ที่ได้ตามข้อ 4) จำลองค่า

ล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัว ($\ln(F_{i,j}^{(k)})$) จนครบทุก
คอลัมน์ โดยที่ $k=1,2,3,\dots,2000$

- 6) ใช้ค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัวที่จำลองได้ $\ln(F_{i,j}^{(k)})$
แปลงกลับไปอยู่ในรูปค่าสินไหมทดแทนสะสม (cumulative claims) จะได้
ค่าสินไหมทดแทนสะสมจำลอง (simulated cumulative claims) คือ $C_{i,j}^{(k)}$
- 7) ทำซ้ำตามข้อ 5) และ ข้อ 6) จนครบ 2,000 ครั้ง จะได้ตารางสามเหลี่ยมค่า
สินไหมทดแทนสะสมจำลอง (simulated cumulative claims triangles)
2,000 ตาราง

ขั้นตอนที่ 2 สร้างสถานการณ์จำลองที่เป็นไปได้ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) กำหนดการแจกแจงค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัวเป็น
แบบปกติ
แบบโลจิสติก แบบไวบูล และแบบพาราเรโต
 - 2) กำหนดขนาดตัวอย่างคือ 5 ปี 7 ปีและ 9 ปี
 - 3) กำหนดค่าพารามิเตอร์ (adjust parameters) ให้มีค่าผันแปรไปได้ในช่วง
 $\pm 1000\%$ เพื่อสร้างสถานการณ์จำลองแบบต่างๆ คือ ให้เส้นโค้งปัจจัยความ
เสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) $\beta_j = \frac{1}{\prod_{i=1}^{j-1} f_i}$ มี
ลักษณะเป็นแบบ

ก. เส้นตรง (straight line)	ข. เส้นโค้งหงาย (convex)
ค. เส้นโค้งคว่ำ (concave)	ง. เส้นโค้งรูปตัว S (S-curve)
จ. เส้นซิกแซก (zigzag line)	

 จะได้ $4 \times 3 \times 5 = 60$ สถานการณ์จำลองที่เป็นไปได้ต่อ 1 ประเภทของการ
ประกันภัย
7. เปรียบเทียบค่าเงินสำรองที่คำนวณจากวิธีบนได้ออกใช้กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความ
เสียหายพัฒนา (Loss Development Factor Curve Fitting) ในแต่ละสถานการณ์จำลอง
(simulated scenarios) แบบต่างๆ จนครบทั้ง 6 ประเภทของการประกันภัย

8. หาข้อสรุปจากการเปรียบเทียบในข้อ 7
9. สังเคราะห์และเขียนรายงานการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยทั้ง 6 ประเภท คือ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย การประกันภัยทางทะเล และขนส่ง การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ) และการประกันสุขภาพ โดยได้จำลองข้อมูลตามกระบวนการที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 รวมทั้งสิ้น 60 สถานการณ์ต่อ 1 ประเภทของการประกันภัย ดังนี้

ตารางที่ 4.1 สถานการณ์จำลองทั้ง 60 สถานการณ์ต่อ 1 ประเภทของการประกันภัย

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัย ความเสียหายพัฒนา	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัย ความเสียหายพัฒนา	ขนาด ตัวอย่าง
1	ปกติ	เส้นตรง	5 ปี
2	ปกติ	เส้นโค้งหงาย	5 ปี
3	ปกติ	เส้นโค้งคว่ำ	5 ปี
4	ปกติ	เส้นโค้งรูปตัว S	5 ปี
5	ปกติ	เส้นซิกแซก	5 ปี
6	โลจิสติก	เส้นตรง	5 ปี
7	โลจิสติก	เส้นโค้งหงาย	5 ปี
8	โลจิสติก	เส้นโค้งคว่ำ	5 ปี
9	โลจิสติก	เส้นโค้งรูปตัว S	5 ปี
10	โลจิสติก	เส้นซิกแซก	5 ปี
11	ไวบูล	เส้นตรง	5 ปี
12	ไวบูล	เส้นโค้งหงาย	5 ปี
13	ไวบูล	เส้นโค้งคว่ำ	5 ปี
14	ไวบูล	เส้นโค้งรูปตัว S	5 ปี
15	ไวบูล	เส้นซิกแซก	5 ปี
16	พาราโตน	เส้นตรง	5 ปี
17	พาราโตน	เส้นโค้งหงาย	5 ปี
18	พาราโตน	เส้นโค้งคว่ำ	5 ปี
19	พาราโตน	เส้นโค้งรูปตัว S	5 ปี
20	พาราโตน	เส้นซิกแซก	5 ปี

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงสถานการณ์จำลองทั้ง 60 สถานการณ์ต่อ 1 ประเภทของการประกันภัย

(ต่อ)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัย ความเสียหายพัฒนา	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัย ความเสียหายพัฒนา	ขนาด ตัวอย่าง
21	ปกติ	เส้นตรง	7 ปี
22	ปกติ	เส้นโค้งหงาย	7 ปี
23	ปกติ	เส้นโค้งคว่ำ	7 ปี
24	ปกติ	เส้นโค้งรูปตัว S	7 ปี
25	ปกติ	เส้นซิกแซก	7 ปี
26	โลจิสติก	เส้นตรง	7 ปี
27	โลจิสติก	เส้นโค้งหงาย	7 ปี
28	โลจิสติก	เส้นโค้งคว่ำ	7 ปี
29	โลจิสติก	เส้นโค้งรูปตัว S	7 ปี
30	โลจิสติก	เส้นซิกแซก	7 ปี
31	ไวบูล	เส้นตรง	7 ปี
32	ไวบูล	เส้นโค้งหงาย	7 ปี
33	ไวบูล	เส้นโค้งคว่ำ	7 ปี
34	ไวบูล	เส้นโค้งรูปตัว S	7 ปี
35	ไวบูล	เส้นซิกแซก	7 ปี
36	พาราโบล	เส้นตรง	7 ปี
37	พาราโบล	เส้นโค้งหงาย	7 ปี
38	พาราโบล	เส้นโค้งคว่ำ	7 ปี
39	พาราโบล	เส้นโค้งรูปตัว S	7 ปี
40	พาราโบล	เส้นซิกแซก	7 ปี
41	ปกติ	เส้นตรง	9 ปี
42	ปกติ	เส้นโค้งหงาย	9 ปี
43	ปกติ	เส้นโค้งคว่ำ	9 ปี
44	ปกติ	เส้นโค้งรูปตัว S	9 ปี
45	ปกติ	เส้นซิกแซก	9 ปี
46	โลจิสติก	เส้นตรง	9 ปี
47	โลจิสติก	เส้นโค้งหงาย	9 ปี
48	โลจิสติก	เส้นโค้งคว่ำ	9 ปี
49	โลจิสติก	เส้นโค้งรูปตัว S	9 ปี
50	โลจิสติก	เส้นซิกแซก	9 ปี

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงสถานการณ์จำลองทั้ง 60 สถานการณ์ต่อ 1 ประเภทของการประกันภัย
(ต่อ)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปีจจ่าย ความเสียหายพัฒนา	ลักษณะของเส้นโค้งปีจจ่าย ความเสียหายพัฒนา	ขนาด ตัวอย่าง
51	ไวบูล	เส้นตรง	9 ปี
52	ไวบูล	เส้นโค้งหงาย	9 ปี
53	ไวบูล	เส้นโค้งคว่ำ	9 ปี
54	ไวบูล	เส้นโค้งรูปตัว S	9 ปี
55	ไวบูล	เส้นซิกแซก	9 ปี
56	พาราโต	เส้นตรง	9 ปี
57	พาราโต	เส้นโค้งหงาย	9 ปี
58	พาราโต	เส้นโค้งคว่ำ	9 ปี
59	พาราโต	เส้นโค้งรูปตัว S	9 ปี
60	พาราโต	เส้นซิกแซก	9 ปี

การศึกษานี้ได้เปรียบเทียบผลของส่วนเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี ซึ่งสมการคำนวณค่าต่างๆ เป็นดังนี้

$$E[R] = \sum_{i=1}^{2000} E[R_i] / 2000$$

$$Var[R] = \sum_{i=1}^{2000} Var[R_i] / 2000$$

$$SD[R] = \sqrt{Var[R]}$$

$$CV[R] = \frac{SD[R]}{E[R]}$$

เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, 2000$

4.1 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (compulsory auto insurance)

การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับนั้น ได้จำลองข้อมูลตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 รวมทั้งสิ้น 60 สถานการณ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาเงินสำรองที่คำนวณได้ของวิธีบันไดลูกโซ่ การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมไวบูล

4.1.1 กรณีขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 1-20)

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 1-20)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
1	ปกติ	เส้นตรง	1,278,640,548	22,127,134	1.73%	1,322,166,229	271,668,884	20.55%	1,277,998,926	144,597,846	11.31%
2		เส้นโค้งพหุ	1,836,464,677	20,126,911	1.10%	1,870,230,956	719,619,243	38.48%	1,834,515,808	617,641,044	33.67%
3		เส้นโค้งคว่ำ	1,699,178,106	52,489,931	3.09%	2,131,207,994	338,970,080	15.91%	1,568,408,895	147,804,859	9.42%
4		เส้นโค้งรูปตัว S	11,748,205,004	504,260,547	4.29%	12,607,233,929	1,671,337,618	13.26%	10,221,287,609	947,279,054	9.27%
5		เส้นซิกแซก	2,271,228,289	38,733,674	1.71%	2,319,758,701	834,069,492	35.96%	2,341,673,457	576,638,423	24.63%
6	ลอจิสติก	เส้นตรง	1,278,738,535	301,163	0.02%	1,263,040,536	266,012,763	21.06%	1,277,772,996	143,660,327	11.24%
7		เส้นโค้งพหุ	1,836,946,345	19,917,052	1.08%	1,949,505,897	736,805,362	37.79%	1,898,582,263	637,606,107	33.58%
8		เส้นโค้งคว่ำ	1,702,189,937	52,200,049	3.07%	2,131,806,482	340,048,091	15.95%	1,570,058,755	148,613,731	9.47%
9		เส้นโค้งรูปตัว S	11,743,820,147	503,061,207	4.28%	12,585,087,167	1,674,055,833	13.30%	10,204,607,690	948,985,125	9.30%
10		เส้นซิกแซก	1,189,610,604	13,648,480	1.15%	1,248,010,791	576,749,057	46.21%	1,116,996,973	409,541,875	36.66%
11	ไวบูล	เส้นตรง	1,280,500,994	22,239,682	1.74%	1,323,395,634	271,774,108	20.54%	1,279,388,409	144,611,854	11.30%
12		เส้นโค้งพหุ	1,836,107,168	19,813,848	1.08%	1,948,124,690	736,380,582	37.80%	1,896,975,445	637,178,313	33.59%
13		เส้นโค้งคว่ำ	1,231,380,527	36,051,151	2.93%	1,541,164,673	259,537,829	16.84%	1,147,297,129	112,499,408	9.81%
14		เส้นโค้งรูปตัว S	11,772,115,244	486,980,333	4.14%	12,586,783,374	1,665,177,395	13.23%	10,208,079,431	943,622,414	9.24%
15		เส้นซิกแซก	2,269,302,077	37,696,252	1.66%	2,408,660,588	859,905,291	35.70%	2,340,859,176	576,196,400	24.61%
16	พาราโบล	เส้นตรง	1,279,269,551	22,318,214	1.74%	1,263,689,340	266,953,413	21.12%	1,236,307,233	143,071,715	11.57%
17		เส้นโค้งพหุ	1,836,724,230	19,421,717	1.06%	1,831,013,760	711,087,813	38.84%	1,803,115,990	607,769,671	33.71%
18		เส้นโค้งคว่ำ	1,700,771,920	54,144,499	3.18%	2,131,872,343	338,907,645	15.90%	1,569,570,012	148,144,807	9.44%
19		เส้นโค้งรูปตัว S	11,719,976,114	532,620,345	4.54%	12,575,859,125	1,678,728,378	13.35%	10,194,051,828	953,816,074	9.36%
20		เส้นซิกแซก	2,271,149,073	38,542,341	1.70%	2,228,930,017	808,107,149	36.26%	2,270,644,566	562,230,204	24.76%

จากตารางข้างต้นหากเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เปรียบเทียบปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้เส้น ฟังก์ชันสะสมไวบูลจึงเหมาะสมมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย พัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่า การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทุกสถานการณ์

4.1.2 กรณีขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 21-40)

ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าลูปปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบ ปกติ และขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 21-40)

สถานการณ์ ที่	การแจกแจงของ ค่าลูปปัจจัย ความเสียหาย	ลักษณะของ เส้นโค้งปัจจัย ความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมลูปโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
21	ปกติ	เส้นตรง	2,815,535,700	26,700,456	0.95%	2,741,361,981	436,690,265	15.93%	2,818,935,171	234,905,279	8.33%
22		เส้นโค้งหงาย	2,195,850,082	8,356,983	0.38%	2,336,157,608	589,991,196	25.25%	2,223,057,674	500,363,139	22.51%
23		เส้นโค้งคว่ำ	3,192,164,486	68,058,470	2.13%	4,661,217,610	483,104,845	10.36%	3,266,943,266	186,196,958	5.70%
24		เส้นโค้งรูปตัว S	36,130,549,402	1,001,638,283	2.77%	45,476,293,520	4,476,169,571	9.84%	35,840,569,380	2,077,644,298	5.80%
25		เส้นเอียง	3,147,400,184	27,094,236	0.86%	3,187,814,671	768,348,663	24.10%	3,168,404,667	513,347,390	16.20%
26	โลจิสติก	เส้นตรง	2,858,177,064	172,536,180	6.04%	2,770,129,952	480,975,835	17.36%	2,855,437,541	276,589,141	9.69%
27		เส้นโค้งหงาย	2,218,816,662	101,206,925	4.56%	2,353,127,322	607,206,987	25.80%	2,283,767,014	526,513,338	23.05%
28		เส้นโค้งคว่ำ	3,249,749,694	276,902,500	8.52%	4,733,704,493	676,217,869	14.29%	3,323,169,285	279,173,484	8.40%
29		เส้นโค้งรูปตัว S	37,316,772,079	3,220,035,727	8.63%	46,774,544,900	6,244,943,853	13.35%	36,885,160,512	3,146,415,990	8.53%
30		เส้นเอียง	3,187,926,086	180,967,108	5.68%	3,217,286,514	805,664,783	25.04%	3,114,478,361	531,761,598	17.07%
31	ไวบูล	เส้นตรง	2,815,312,993	25,934,044	0.92%	2,838,322,581	440,979,730	15.54%	2,817,703,943	234,613,686	8.33%
32		เส้นโค้งหงาย	2,195,971,198	8,272,457	0.38%	2,198,012,858	570,289,216	25.95%	2,163,223,195	487,663,830	22.54%
33		เส้นโค้งคว่ำ	3,194,064,677	64,992,069	2.03%	4,658,805,621	480,856,356	10.32%	3,265,934,657	185,079,155	5.67%
34		เส้นโค้งรูปตัว S	36,155,940,057	941,274,825	2.60%	45,486,876,454	4,443,720,882	9.77%	35,851,368,549	2,056,489,025	5.74%
35		เส้นเอียง	3,146,920,034	26,553,067	0.84%	3,187,875,453	768,392,899	24.10%	3,168,505,829	513,361,390	16.20%
36	พาเรโต	เส้นตรง	2,812,674,261	27,527,975	0.98%	2,837,410,402	441,504,656	15.56%	2,816,750,695	235,128,634	8.35%
37		เส้นโค้งหงาย	2,195,539,594	8,153,750	0.37%	2,335,581,214	589,677,722	25.25%	2,261,398,415	508,389,542	22.48%
38		เส้นโค้งคว่ำ	3,188,886,630	72,524,243	2.27%	4,658,597,432	482,518,546	10.36%	3,264,343,721	186,087,845	5.70%
39		เส้นโค้งรูปตัว S	36,264,383,703	1,129,888,487	3.12%	45,498,523,515	4,542,363,044	9.98%	36,066,592,706	2,139,770,589	5.93%
40		เส้นเอียง	3,147,337,984	27,458,604	0.87%	3,073,541,031	748,524,329	24.35%	3,168,660,270	513,226,975	16.20%

จากตารางข้างต้นพบว่า เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย พัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เสมอ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย พัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 2 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 28 และสถานการณ์ที่ 29 ส่วนอีก 18 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความ แปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชัน สะสมไวบูลทั้งหมด

4.1.3 กรณีขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 41-60)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้น ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ของเงินสำรอง น้อยกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) สถานการณ์ที่ 42 สถานการณ์ที่ 47 สถานการณ์ที่ 52 และสถานการณ์ที่ 57 หรือเส้นรูปแบบค่าสินไหมทดแทน สะสมเป็นเส้นโค้งหงายเท่านั้น ส่วนที่เหลืออีก 16 สถานการณ์ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของ เงินสำรองของการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติกสูง กว่าทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย พัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 1 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 49 ส่วนอีก 19 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบ บันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด ดัง ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (สถานการณ์ที่ 41-60)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งฟังก์ชันสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
41	ปกติ	เส้นตรง	4,502,974,159	35,323,622	0.78%	4,636,769,499	579,375,471	12.50%	4,527,867,071	317,509,340	7.01%
42		เส้นโค้งหงาย	6,342,896,598	15,872,386	0.25%	6,668,367,613	1,158,283,271	17.37%	6,308,536,446	1,147,943,636	18.20%
43		เส้นโค้งคว่ำ	7,056,567,738	124,048,658	1.76%	11,108,796,525	792,039,624	7.13%	6,925,451,744	329,363,842	4.76%
44		เส้นโค้งรูปตัว S	84,891,255,643	1,993,794,559	2.35%	115,353,264,431	8,006,429,837	6.94%	85,984,289,900	3,810,912,852	4.43%
45		เส้นซิกแซก	6,474,350,918	53,103,894	0.82%	6,638,406,051	1,210,907,278	18.24%	6,606,796,371	806,333,170	12.20%
46	โลจิสติก	เส้นตรง	4,671,938,285	386,521,959	8.27%	5,201,291,604	803,778,102	15.45%	4,892,709,083	504,216,256	10.31%
47		เส้นโค้งหงาย	6,395,691,063	202,040,178	3.16%	6,604,578,750	1,178,354,680	17.84%	6,619,513,135	1,232,344,256	18.62%
48		เส้นโค้งคว่ำ	7,204,260,851	501,404,656	6.96%	11,304,035,975	1,269,967,102	11.23%	7,071,613,903	519,343,767	7.34%
49		เส้นโค้งรูปตัว S	87,673,599,134	6,380,642,229	7.28%	118,502,238,968	12,531,070,521	10.57%	88,497,984,446	6,273,082,082	7.09%
50		เส้นซิกแซก	6,564,883,506	326,566,493	4.97%	7,162,253,467	1,350,492,738	18.86%	6,682,809,109	873,848,978	13.06%
51	ไวบูล	เส้นตรง	4,504,575,649	34,866,486	0.77%	4,501,765,284	575,027,970	12.77%	4,529,815,606	317,469,663	7.01%
52		เส้นโค้งหงาย	6,344,796,939	15,881,500	0.25%	6,354,718,436	1,124,386,171	17.69%	6,537,753,400	1,189,566,607	18.20%
53		เส้นโค้งคว่ำ	7,054,203,582	121,330,624	1.72%	11,117,825,197	796,334,411	7.16%	6,931,621,618	331,056,113	4.78%
54		เส้นโค้งรูปตัว S	84,665,454,142	1,902,674,756	2.25%	115,221,626,339	7,935,991,103	6.89%	85,674,708,573	3,770,402,365	4.39%
55		เส้นซิกแซก	6,470,986,489	52,756,956	0.82%	6,634,201,154	1,209,773,424	18.24%	6,765,508,356	818,879,887	12.10%
56	พาราโบล	เส้นตรง	4,503,277,767	36,083,184	0.80%	4,364,364,893	571,626,181	13.10%	4,436,508,140	315,849,653	7.12%
57		เส้นโค้งหงาย	6,342,262,278	15,935,183	0.25%	6,376,788,542	1,072,230,437	16.81%	6,234,534,003	1,114,254,840	17.87%
58		เส้นโค้งคว่ำ	7,057,433,325	134,422,095	1.90%	7,268,090,678	1,198,104,156	16.48%	4,740,331,833	608,512,470	12.84%
59		เส้นโค้งรูปตัว S	84,741,257,060	2,205,603,243	2.60%	72,626,421,983	10,644,330,873	14.66%	56,619,158,217	6,640,686,736	11.73%
60		เส้นซิกแซก	6,472,060,583	54,197,416	0.84%	6,769,828,900	1,582,827,107	23.39%	4,790,410,944	803,979,339	16.78%

4.2 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (voluntary auto insurance)

การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ ได้จำลองข้อมูลตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 รวมทั้งสิ้น 60 สถานการณ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาเงินสำรองที่คำนวณได้ของวิบีเอ็นไดลูกโซ่ การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมไวบูล

4.2.1 กรณีขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 1-20)

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 1-20)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
1	ปกติ	เส้นตรง	10,857,383,335	114,145,239	1.05%	15,802,141,531	2,776,198,850	17.57%	12,289,144,454	1,228,061,729	9.99%
2		เส้นโค้งพยาง	16,220,125,835	69,198,050	0.43%	22,354,841,491	8,566,720,854	38.28%	16,208,452,467	5,659,311,229	34.92%
3		เส้นโค้งคว่ำ	12,802,743,495	269,635,644	2.11%	18,913,870,648	1,364,360,008	7.21%	12,710,589,115	407,987,819	3.21%
4		เส้นโค้งรูปตัว S	53,735,123,018	1,723,206,590	3.21%	64,186,104,786	5,521,061,914	8.60%	50,287,445,875	1,807,590,884	3.59%
5		เส้นซิกแซก	19,762,276,096	191,242,112	0.97%	20,400,571,426	7,744,029,238	37.96%	20,318,388,276	5,041,410,389	24.81%
6	ลอจิสติก	เส้นตรง	10,846,518,496	1,179,400	0.01%	11,217,993,467	2,562,995,348	22.85%	11,407,371,675	1,234,573,962	10.82%
7		เส้นโค้งพยาง	16,216,079,017	69,549,490	0.43%	17,645,087,950	7,458,837,696	42.27%	16,200,045,215	5,656,793,212	34.92%
8		เส้นโค้งคว่ำ	12,791,505,041	263,825,857	2.06%	18,924,925,419	1,357,110,654	7.17%	12,713,361,530	402,667,772	3.17%
9		เส้นโค้งรูปตัว S	89,471,508,647	2,530,346,434	2.83%	111,477,660,408	8,074,188,482	7.24%	83,969,625,078	2,702,514,648	3.22%
10		เส้นซิกแซก	19,748,824,778	201,917,342	1.02%	22,254,743,443	8,228,763,624	36.96%	21,817,859,202	5,274,514,268	24.18%
11	ไวบูล	เส้นตรง	10,849,825,109	114,863,090	1.06%	11,223,284,440	2,567,238,003	22.87%	10,975,310,727	1,246,757,909	11.36%
12		เส้นโค้งพยาง	16,213,279,507	69,667,103	0.43%	17,646,592,165	7,461,178,681	42.28%	16,201,927,047	5,658,832,274	34.93%
13		เส้นโค้งคว่ำ	12,800,578,505	258,146,793	2.02%	18,933,575,525	1,352,794,645	7.14%	12,722,437,091	400,701,412	3.15%
14		เส้นโค้งรูปตัว S	89,520,016,708	2,525,486,664	2.82%	111,311,783,222	8,039,564,191	7.22%	83,860,219,988	2,695,306,352	3.21%
15		เส้นซิกแซก	19,748,657,714	203,496,626	1.03%	20,379,660,957	7,736,384,901	37.96%	20,294,437,537	5,036,192,318	24.82%
16	พาราโบล	เส้นตรง	10,846,751,651	114,902,341	1.06%	10,314,378,802	2,768,901,994	26.85%	10,478,054,950	1,421,221,638	13.56%
17		เส้นโค้งพยาง	16,216,070,160	69,082,499	0.43%	16,299,797,125	7,556,529,202	46.36%	16,163,656,946	5,945,715,851	36.78%
18		เส้นโค้งคว่ำ	12,792,196,278	272,072,163	2.13%	20,910,862,276	1,119,355,475	5.35%	13,865,941,493	196,522,574	1.42%
19		เส้นโค้งรูปตัว S	89,536,332,691	2,668,702,568	2.98%	123,081,469,736	7,809,938,863	6.35%	91,895,314,621	1,907,840,835	2.08%
20		เส้นซิกแซก	19,747,041,746	201,978,931	1.02%	20,143,148,492	7,961,745,266	39.53%	19,716,242,723	5,166,798,774	26.21%

จากการเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เสมอ ดังนั้นปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้เส้นฟังก์ชันสะสมไวบูลจึงเหมาะสมมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 2 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 18 และสถานการณ์ที่ 19 ส่วนอีก 18 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด

4.2.2 กรณีขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 21-40)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เสมอ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 4 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 28 สถานการณ์ที่ 29 สถานการณ์ที่ 38 และสถานการณ์ที่ 39 ส่วนอีก 16 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 21-40)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
21	ปกติ	เส้นตรง	23,641,883,824	155,202,182	0.66%	24,419,323,187	3,658,478,498	14.98%	24,259,409,295	1,766,453,227	7.28%
22		เส้นโค้งหงาย	18,590,720,181	33,280,458	0.18%	18,888,145,278	5,360,626,831	28.38%	18,874,329,703	4,410,348,699	23.37%
23		เส้นโค้งคว่ำ	24,395,945,539	372,929,260	1.53%	33,417,863,640	2,020,710,065	6.05%	22,701,866,060	545,151,085	2.40%
24		เส้นโค้งรูปตัว S	260,052,117,278	2,935,464,999	1.13%	314,829,175,851	18,089,734,602	5.75%	237,842,909,213	4,936,036,509	2.08%
25		เส้นซิกแซก	26,421,632,302	153,318,246	0.58%	27,132,148,351	6,279,599,453	23.14%	26,974,361,240	4,157,022,861	15.41%
26	ลอจิสติก	เส้นตรง	23,806,440,921	963,361,917	4.05%	1,282,487,255	4,339,578,595	338.37%	26,380,816,524	1,965,813,937	7.45%
27		เส้นโค้งหงาย	18,654,255,602	415,222,917	2.23%	18,920,928,113	5,381,735,322	28.44%	18,914,429,825	4,430,782,930	23.43%
28		เส้นโค้งคว่ำ	20,817,599,000	1,373,699,659	6.60%	29,621,544,964	2,747,790,962	9.28%	19,632,841,344	1,045,427,823	5.32%
29		เส้นโค้งรูปตัว S	279,238,473,591	18,944,051,740	6.78%	335,892,353,737	30,028,123,058	8.94%	255,033,823,090	14,097,698,519	5.53%
30	เส้นซิกแซก	26,566,860,164	1,054,143,552	3.97%	29,253,818,842	6,761,725,488	23.11%	29,449,334,369	4,529,921,198	15.38%	
31	ไวบูล	เส้นตรง	23,642,430,762	151,925,435	0.64%	25,269,831,647	3,675,283,360	14.54%	24,258,950,970	1,765,665,891	7.28%
32		เส้นโค้งหงาย	18,594,913,160	33,251,881	0.18%	18,891,479,505	5,360,881,425	28.38%	18,427,767,080	4,321,513,347	23.45%
33		เส้นโค้งคว่ำ	24,387,522,495	368,250,238	1.51%	33,407,870,660	2,013,968,593	6.03%	22,691,276,692	539,955,642	2.38%
34		เส้นโค้งรูปตัว S	274,044,171,646	5,272,750,822	1.92%	330,543,942,765	19,280,083,608	5.83%	250,750,148,618	6,013,676,605	2.40%
35		เส้นซิกแซก	26,430,872,062	142,307,541	0.54%	28,125,065,216	6,434,355,391	22.88%	26,979,150,515	4,156,502,004	15.41%
36	พาราโด	เส้นตรง	23,639,363,082	153,781,105	0.65%	23,936,505,344	3,918,349,764	16.37%	23,761,318,501	1,967,778,942	8.28%
37		เส้นโค้งหงาย	18,595,574,558	34,410,475	0.19%	18,775,582,207	5,621,822,778	29.94%	18,782,060,741	4,602,028,028	24.50%
38		เส้นโค้งคว่ำ	23,627,986,517	360,957,134	1.53%	36,354,900,302	1,882,222,345	5.18%	24,433,553,977	295,321,765	1.21%
39		เส้นโค้งรูปตัว S	274,372,579,301	5,615,463,724	2.05%	365,854,339,955	18,069,548,586	4.94%	276,846,262,153	4,425,112,054	1.60%
40		เส้นซิกแซก	26,428,374,577	151,437,524	0.57%	26,615,388,501	6,330,055,266	23.78%	27,183,860,505	4,269,320,590	15.71%

4.2.3 กรณีขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 41-60)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง น้อยกว่าฟังก์ชันสมไวบูล (Weibull cumulative function) เล็กน้อยคือสถานการณ์ที่ 57 ส่วนที่เหลืออีก 19 สถานการณ์ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรองของการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติกสูงกว่าทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสมไวบูล พบว่ามีเพียง 3 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสมไวบูลเล็กน้อย

คือ สถานการณ์ที่ 48 สถานการณ์ที่ 49 และสถานการณ์ที่ 59 ส่วนอีก 17 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (สถานการณ์ที่ 41-60)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล	
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]
41	ปกติ	เส้นตรง	41,004,074,457	218,772,466	0.53%	41,723,807,114	4,319,115,151	10.35%	42,231,394,071	2,027,112,441
42		เส้นโค้งหงาย	57,670,713,208	72,957,336	0.13%	57,725,713,599	9,385,838,853	16.26%	57,648,198,690	9,240,060,305
43		เส้นโค้งคว่ำ	59,691,475,195	725,926,935	1.22%	77,063,056,498	3,133,729,581	4.07%	48,027,284,799	1,329,323,816
44		เส้นโค้งรูปตัว S	4,620,798,489,709	93,128,323,471	2.02%	4,601,686,392,340	152,162,287,319	3.31%	3,844,847,694,337	105,818,445,470
45		เส้นซิกแซก	59,247,091,151	312,915,979	0.53%	59,208,638,838	9,894,531,585	16.71%	58,891,905,487	6,630,821,694
46	ลอจิสติก	เส้นตรง	41,331,138,879	1,349,538,956	3.27%	42,009,626,416	4,580,992,042	10.90%	42,578,265,652	2,362,030,341
47		เส้นโค้งหงาย	57,807,298,204	891,311,134	1.54%	60,546,863,771	9,732,838,871	16.07%	60,363,436,420	9,723,563,147
48		เส้นโค้งคว่ำ	60,500,093,857	3,172,329,429	5.24%	77,654,494,366	5,480,690,727	7.06%	48,521,006,894	2,431,703,712
49		เส้นโค้งรูปตัว S	719,499,417,165	39,623,399,606	5.51%	805,493,362,818	55,938,341,256	6.94%	599,316,523,641	29,255,296,757
50		เส้นซิกแซก	59,630,550,078	2,025,347,619	3.40%	61,374,301,074	10,425,495,558	16.99%	59,240,838,208	6,900,151,947
51	ไวบูล	เส้นตรง	40,988,566,560	218,950,764	0.53%	41,718,329,572	4,319,579,245	10.35%	41,452,041,145	2,020,979,258
52		เส้นโค้งหงาย	57,669,965,090	72,957,899	0.13%	59,064,556,951	9,524,857,079	16.13%	57,662,037,296	9,242,746,933
53		เส้นโค้งคว่ำ	59,694,124,410	718,597,455	1.20%	77,044,003,045	3,118,948,351	4.05%	48,015,490,230	1,322,164,426
54		เส้นโค้งรูปตัว S	306,221,350,235	3,490,833,077	1.14%	342,346,102,883	25,714,808,472	7.51%	255,346,357,259	10,198,838,554
55		เส้นซิกแซก	59,247,235,438	311,607,193	0.53%	59,217,224,279	9,894,901,962	16.71%	60,256,954,895	6,740,186,262
56	พาราโบล	เส้นตรง	40,983,340,890	223,830,008	0.55%	40,897,663,057	4,658,305,286	11.39%	41,143,820,577	2,228,676,014
57		เส้นโค้งหงาย	57,670,351,573	72,907,597	0.13%	57,639,228,294	9,718,292,071	16.86%	57,835,713,111	9,492,174,324
58		เส้นโค้งคว่ำ	58,093,188,792	704,160,547	1.21%	89,122,812,385	2,815,071,353	3.16%	55,772,502,462	1,202,049,734
59		เส้นโค้งรูปตัว S	705,529,581,435	11,875,432,919	1.68%	925,282,177,831	29,880,936,797	3.23%	694,217,203,391	10,460,935,686
60		เส้นซิกแซก	59,229,951,650	314,607,735	0.53%	61,905,960,160	10,338,092,121	16.70%	60,484,513,151	6,851,416,178

4.3 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันอัคคีภัย (fire insurance)

การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันอัคคีภัยได้จำลองข้อมูลตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 รวมทั้งสิ้น 60 สถานการณ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาเงินสำรองที่คำนวณได้ของวิธีบันไดลูกโซ่ การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมไวบูล

4.3.1 กรณีขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 1-20)

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 1-20)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
1	ปกติ	เส้นตรง	381,567,854	13,664,319	3.58%	399,501,792	130,634,597	32.70%	386,175,411	73,568,858	19.05%
2		เส้นโค้งพหุ	577,125,136	7,450,686	1.29%	581,651,464	321,492,579	55.27%	577,021,244	232,950,282	40.37%
3		เส้นโค้งคว่ำ	425,651,755	31,408,471	7.38%	833,617,205	120,544,911	14.46%	537,792,636	44,493,716	8.27%
4		เส้นโค้งรูปตัว S	1,340,497,998	100,934,123	7.53%	2,521,100,330	545,754,902	21.65%	1,610,897,055	189,552,159	11.77%
5		เส้นเอียง	351,285,472	12,295,234	3.50%	369,276,872	215,786,193	58.43%	367,125,579	152,739,826	41.60%
6	ลอจิสติก	เส้นตรง	380,299,657	1,393,857	0.37%	423,797,100	129,721,087	30.61%	425,241,388	70,705,529	16.63%
7		เส้นโค้งพหุ	576,949,094	7,442,714	1.29%	581,367,535	321,370,321	55.28%	555,775,601	228,245,552	41.07%
8		เส้นโค้งคว่ำ	424,376,457	30,868,620	7.27%	831,560,290	117,826,215	14.17%	535,822,829	43,313,160	8.08%
9		เส้นโค้งรูปตัว S	3,011,036,122	306,969,454	10.19%	4,820,204,928	694,901,242	14.42%	3,546,906,382	330,228,466	9.31%
10	เส้นเอียง	691,826,321	23,527,325	3.40%	758,228,765	354,433,444	46.74%	781,335,082	238,745,254	30.56%	
11	ไวบูล	เส้นตรง	381,320,878	13,405,884	3.52%	375,005,980	130,690,351	34.85%	386,387,983	73,449,897	19.01%
12		เส้นโค้งพหุ	577,490,888	7,382,666	1.28%	581,773,881	321,464,592	55.26%	556,245,150	228,309,536	41.04%
13		เส้นโค้งคว่ำ	424,017,663	29,546,372	6.97%	832,596,523	119,608,522	14.37%	536,435,274	43,731,838	8.15%
14		เส้นโค้งรูปตัว S	3,022,944,993	283,306,628	9.37%	4,810,464,229	669,948,705	13.93%	3,543,367,063	316,335,263	8.93%
15		เส้นเอียง	350,287,122	6,729,841	1.92%	350,381,244	210,844,762	60.18%	366,180,760	152,120,473	41.54%
16	พาเรโต	เส้นตรง	380,917,136	14,679,030	3.85%	399,748,721	131,042,371	32.78%	386,464,283	73,936,224	19.13%
17		เส้นโค้งพหุ	577,312,177	7,554,239	1.31%	581,953,361	321,561,897	55.26%	598,470,799	237,864,889	39.75%
18		เส้นโค้งคว่ำ	424,439,602	37,186,488	8.76%	834,178,163	126,049,759	15.11%	537,551,277	47,699,815	8.87%
19		เส้นโค้งรูปตัว S	3,030,927,486	447,305,063	14.76%	4,848,823,090	846,716,829	17.46%	3,571,850,057	424,080,578	11.87%
20		เส้นเอียง	692,584,675	25,804,489	3.73%	717,567,867	347,095,263	48.37%	711,425,687	232,630,475	32.70%

จากการเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative

function) เสมอดังนั้นปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้เส้นฟังก์ชันสะสมไวบูลจึงเหมาะสมมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียงสถานการณ์ที่ 9 สถานการณ์ที่ 14 และสถานการณ์ที่ 19 ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันสูงกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล ส่วนที่เหลืออีก 17 สถานการณ์ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล

4.3.2 กรณีขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 21-40)

ตารางที่ 4.9 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 21-40)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
21	ปกติ	เส้นตรง	758,481,406	17,242,822	2.27%	850,638,970	173,494,463	20.40%	798,459,214	97,614,271	12.23%
22		เส้นโค้งพหุ	600,505,199	3,565,682	0.59%	666,854,546	232,930,831	34.93%	656,846,691	177,121,956	26.97%
23		เส้นโค้งคว่ำ	750,671,537	40,478,665	5.39%	1,360,322,881	134,286,838	9.87%	921,143,570	56,237,881	6.11%
24		เส้นโค้งรูปตัว S	8,911,616,399	1,203,943,421	13.51%	14,362,933,193	2,148,450,384	14.96%	10,852,227,526	1,160,017,551	10.69%
25		เส้นซิกแซก	832,553,478	15,970,311	1.92%	856,085,476	247,611,055	28.92%	867,566,491	168,448,007	19.42%
26	ลอจิสติก	เส้นตรง	773,582,182	59,183,153	7.65%	865,250,996	188,597,472	21.80%	814,174,203	111,525,159	13.70%
27		เส้นโค้งพหุ	604,672,268	24,052,830	3.98%	671,933,926	236,830,558	35.25%	663,409,568	180,485,665	27.21%
28		เส้นโค้งคว่ำ	770,437,372	103,016,333	13.37%	1,387,365,545	212,205,465	15.30%	946,136,792	97,602,569	10.32%
29		เส้นโค้งรูปตัว S	8,911,616,399	1,203,943,421	13.51%	14,362,933,193	2,148,450,384	14.96%	10,852,227,526	1,160,017,551	10.69%
30	เส้นซิกแซก	845,309,910	63,636,380	7.53%	985,175,611	271,595,127	27.57%	880,879,037	180,221,439	20.46%	
31	ไวบูล	เส้นตรง	758,180,557	16,772,413	2.21%	748,701,375	174,826,534	23.35%	798,661,588	97,620,109	12.22%
32		เส้นโค้งพหุ	612,145,234	3,803,770	0.62%	632,762,903	229,672,067	36.30%	646,521,970	174,558,699	27.00%
33		เส้นโค้งคว่ำ	749,694,634	38,667,628	5.16%	1,362,474,974	133,529,835	9.80%	922,480,712	55,640,839	6.03%
34		เส้นโค้งรูปตัว S	8,546,191,919	550,370,015	6.44%	13,738,088,568	1,353,464,284	9.85%	10,330,660,561	666,161,136	6.45%
35		เส้นซิกแซก	832,606,050	15,648,906	1.88%	818,345,221	245,268,222	29.97%	866,953,551	168,210,672	19.40%
36	พาราโบล	เส้นตรง	758,218,017	18,095,968	2.39%	748,700,258	175,048,200	23.38%	771,221,027	98,988,034	12.84%
37		เส้นโค้งพหุ	600,361,043	3,585,401	0.60%	606,233,240	224,895,009	37.10%	595,640,620	166,731,818	27.99%
38		เส้นโค้งคว่ำ	751,311,852	48,386,476	6.44%	1,365,167,280	140,993,438	10.33%	924,860,027	61,162,649	6.61%
39		เส้นโค้งรูปตัว S	8,585,715,358	887,161,938	10.33%	13,865,024,557	1,985,451,457	14.32%	10,437,681,780	1,017,672,467	9.75%
40		เส้นซิกแซก	832,659,936	17,009,966	2.04%	856,363,190	247,796,676	28.94%	867,927,668	168,628,467	19.43%

จากตารางข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เสมอ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย พัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 4 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 24 สถานการณ์ที่ 28 สถานการณ์ที่ 29 และสถานการณ์ที่ 39 ส่วนอีก 16 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด ดังตารางที่ 4.9

4.3.3 กรณีขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 41-60)

ตารางที่ 4.10 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนา มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันอัคคีภัย (สถานการณ์ที่ 41-60)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล๊อคปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
41	ปกติ	เส้นตรง	1,200,204,557	22,081,727	1.84%	1,306,903,222	188,089,925	14.39%	1,227,852,057	100,838,619	8.21%
42		เส้นโค้งหงาย	1,699,698,970	7,082,720	0.42%	1,709,806,033	337,307,910	19.73%	1,720,755,536	301,807,757	17.54%
43		เส้นโค้งคว่ำ	1,699,829,607	70,361,037	4.14%	3,135,341,392	236,124,329	7.53%	2,012,374,801	106,003,527	5.27%
44		เส้นโค้งรูปตัว S	20,496,022,282	1,130,592,637	5.52%	32,429,769,643	2,566,621,369	7.91%	24,536,944,298	1,406,432,697	5.73%
45		เส้นซิกแซก	1,708,803,213	30,833,474	1.80%	1,879,647,301	373,475,438	19.87%	1,809,298,925	245,048,979	13.54%
46	ลอจิสติก	เส้นตรง	1,226,325,212	75,654,943	6.17%	1,198,611,520	206,667,729	17.24%	1,253,277,311	120,050,097	9.58%
47		เส้นโค้งหงาย	1,711,166,792	47,003,029	2.75%	1,722,324,233	342,805,113	19.90%	1,736,620,974	307,425,392	17.70%
48		เส้นโค้งคว่ำ	1,758,223,538	178,140,218	10.13%	3,183,252,335	388,866,604	12.22%	2,058,075,059	178,868,069	8.69%
49		เส้นโค้งรูปตัว S	21,287,971,356	2,267,598,533	10.65%	33,682,109,246	4,021,112,593	11.94%	25,582,637,184	2,309,512,168	9.03%
50		เส้นซิกแซก	1,752,878,825	116,227,725	6.63%	1,917,583,955	401,913,990	20.96%	1,850,622,778	271,139,206	14.65%
51	ไวบูล	เส้นตรง	1,200,699,705	21,619,498	1.80%	1,178,359,748	189,990,227	16.12%	1,228,515,848	100,791,759	8.20%
52		เส้นโค้งหงาย	1,698,548,095	7,007,695	0.41%	1,709,974,774	337,424,820	19.73%	1,859,986,009	324,204,701	17.43%
53		เส้นโค้งคว่ำ	1,698,663,771	67,326,567	3.96%	3,134,819,958	234,794,281	7.49%	2,011,089,977	105,206,857	5.23%
54		เส้นโค้งรูปตัว S	20,457,435,929	1,040,943,627	5.09%	32,516,542,594	2,457,462,225	7.56%	24,605,985,478	1,336,963,836	5.43%
55		เส้นซิกแซก	1,709,822,754	30,028,071	1.76%	1,749,891,874	369,581,579	21.12%	1,810,438,699	245,171,759	13.54%
56	พาเรโต	เส้นตรง	1,200,086,896	24,248,426	2.02%	1,179,015,301	190,563,236	16.16%	1,229,534,476	101,466,868	8.25%
57		เส้นโค้งหงาย	1,699,186,420	7,285,937	0.43%	1,646,233,354	330,004,443	20.05%	1,665,884,512	293,191,179	17.60%
58		เส้นโค้งคว่ำ	1,698,899,244	93,652,291	5.51%	3,136,161,630	255,274,763	8.14%	2,012,817,349	117,541,747	5.84%
59		เส้นโค้งรูปตัว S	20,572,415,787	1,861,058,413	9.05%	32,549,209,812	3,379,346,297	10.38%	24,630,090,090	1,973,134,197	8.01%
60		เส้นซิกแซก	1,707,425,509	33,547,308	1.96%	1,749,472,950	370,379,326	21.17%	1,809,985,891	245,931,563	13.59%

จากตารางข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เสมอ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 3 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 48 สถานการณ์ที่ 49 และสถานการณ์ที่ 59 ส่วนอีก 17 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด

4.4 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (marine insurance)

การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง ได้จำลองข้อมูลตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 รวมทั้งสิ้น 60 สถานการณ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาเงินสำรองที่คำนวณได้ของวิธีบันไดลูกโซ่ การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมไวบูล

4.4.1 กรณีขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (สถานการณ์ที่ 1-20)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า มีสถานการณ์ที่ 16 สถานการณ์ที่ 17 และสถานการณ์ที่ 19 ที่การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง ต่ำกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) ส่วนอีก 17 สถานการณ์ที่เหลือการใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 7 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 4 สถานการณ์ที่ 8 สถานการณ์ที่ 9 สถานการณ์ที่ 13 สถานการณ์ที่ 14 สถานการณ์ที่ 18 และสถานการณ์ที่ 19 ส่วนอีก 13 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด ดังนั้นในสถานการณ์ที่ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นรูปโค้งคว่ำ และรูปตัว S การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลจะเหมาะสมกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนามีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
1	ปกติ	เส้นตรง	330,678,968	182,505,861	55.19%	294,631,717	228,824,963	76.99%	243,260,489	147,648,139	60.70%
2		เส้นโค้งหงาย	204,511,446	28,957,269	14.16%	276,656,644	145,554,783	52.61%	201,371,479	94,743,102	47.05%
3		เส้นโค้งคว่ำ	177,967,760	105,372,053	59.21%	3,911,050,212	4,307,454,236,917	110135.49%	137,252,587	83,606,666	60.91%
4		เส้นโค้งรูปตัว S	9,783,563,900	15,895,377,366	162.47%	6,573,432,605	13,133,205,763	199.79%	5,964,742,606	9,360,448,102	156.93%
5		เส้นซิกแซก	623,079,208	357,353,074	57.35%	738,136,381	649,908,643	88.05%	744,542,379	485,680,405	65.23%
6	ลอจิสติก	เส้นตรง	248,477,671	71,392,456	28.73%	247,388,408	134,994,582	54.57%	234,709,339	84,242,366	35.89%
7		เส้นโค้งหงาย	206,232,215	31,865,514	15.45%	210,540,739	123,511,806	58.66%	206,927,662	98,582,072	47.64%
8		เส้นโค้งคว่ำ	188,557,029	182,246,781	96.65%	4,162,950,373	4,324,152,297,031	103872.30%	125,329,204	108,493,762	86.57%
9		เส้นโค้งรูปตัว S	20,555,228,729	272,626,790,410	1326.31%	27,432,424,418	377,460,545,704	1375.96%	23,229,597,902	245,605,896,377	1057.30%
10		เส้นซิกแซก	618,784,395	419,728,435	67.83%	504,564,391	549,982,653	109.00%	531,528,500	436,822,616	82.18%
11	ไวบูล	เส้นตรง	384,973,928	359,215,116	93.31%	471,187,958	562,289,591	119.33%	454,717,201	427,441,003	94.00%
12		เส้นโค้งหงาย	205,799,537	33,615,837	16.33%	279,060,454	149,267,864	53.49%	269,976,617	127,907,120	47.38%
13		เส้นโค้งคว่ำ	1,806,477,573	6,245,356,612	345.72%	1,183,467,502	4,490,469,228	379.43%	1,155,480,183	3,718,768,481	321.84%
14		เส้นโค้งรูปตัว S	33,972,650,621	370,241,019,521	1069.82%	21,393,233,978	246,436,960,365	1151.94%	20,526,952,353	181,385,420,030	883.65%
15		เส้นซิกแซก	656,114,004	503,233,911	76.70%	532,579,013	628,762,803	118.06%	562,892,056	503,777,024	89.50%
สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา	E[R]		SD[R]		CV[R]	วิธี			
16	พาราโตน	เส้นตรง	56,770,099,099		1,868,800,790,904		3291.88%	บันไดลูกโซ่			
17		เส้นโค้งหงาย	206,302,558		118,370,905		57.38%				
18		เส้นโค้งคว่ำ	104,896,884,866		5,408,112,681,319		5155.65%				
19		เส้นโค้งรูปตัว S	933,602,837,419,495,000,000,000,000		36,726,130,711,171,800,000,000,000,000		3933.81%				
20		เส้นซิกแซก	76,040,854,246,679		1,655,665,093,175,280		2177.34%				
21	พาราโตน	เส้นตรง	20,096,586,426		660,997,955,295		3289.11%	การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			
22		เส้นโค้งหงาย	252,200,762		291,736,496		115.68%				
23		เส้นโค้งคว่ำ	470,588,873,140		19,957,652,695,904		4241.00%				
24		เส้นโค้งรูปตัว S	433,553,448,795,996,000,000,000,000		15,706,243,537,810,100,000,000,000,000		3622.68%				
25		เส้นซิกแซก	20,737,293,826,278		688,945,363,109,505		3177.59%				
26	พาราโตน	เส้นตรง	50,956,549,473		1,797,527,297,167		3527.64%	การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล			
27		เส้นโค้งหงาย	249,566,176		303,694,731		121.69%				
28		เส้นโค้งคว่ำ	359,224,636,227		7,417,314,753,658		2064.81%				
29		เส้นโค้งรูปตัว S	505,566,833,437,509,000,000,000,000		18,424,514,104,978,500,000,000,000,000		3644.33%				
30		เส้นซิกแซก	20,391,200,281,429		485,144,512,660,384		2379.19%				

4.4.2 กรณีขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (สถานการณ์ที่ 21-40)

ตารางที่ 4.12 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนามีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (สถานการณ์ที่ 21-40)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมมติโกลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
21	ปกติ	เส้นตรง	791,868,691	267,538,342	33.79%	752,797,786	422,610,871	56.14%	720,271,924	271,456,960	37.69%
22		เส้นโค้งพหุ	227,373,708	18,025,781	7.93%	236,622,503	78,414,061	33.14%	215,080,061	59,050,956	27.46%
23		เส้นโค้งคว่ำ	226,669,078	87,093,377	38.42%	236,210,547	15,788,916,017	6684.26%	151,337,741	60,961,264	40.28%
24		เส้นโค้งรูปตัว S	5,248,978,982	2,724,202,452	51.90%	3,628,948,279	2,644,821,258	72.88%	3,235,224,758	1,879,508,718	58.10%
25		เส้นซิกแซก	700,991,968	199,145,421	28.41%	531,099,387	267,248,852	50.32%	503,583,882	185,096,479	36.76%
26	ลอจิสติก	เส้นตรง	662,893,782	168,805,863	25.46%	730,900,553	378,023,863	51.72%	583,536,536	182,760,045	31.32%
27		เส้นโค้งพหุ	244,370,659	32,197,968	13.18%	216,182,352	83,544,862	38.65%	204,347,651	62,882,944	30.77%
28		เส้นโค้งคว่ำ	207,339,121	67,773,066	32.69%	186,487,041	91,063,236	48.83%	132,892,236	47,743,599	35.93%
29		เส้นโค้งรูปตัว S	3,788,950,576	1,411,188,325	37.24%	2,861,875,355	1,559,173,356	54.48%	2,346,411,423	1,010,345,311	43.06%
30		เส้นซิกแซก	633,868,480	142,420,153	22.47%	491,159,846	223,774,025	45.56%	457,678,766	148,943,491	32.54%
31	ไวบูล	เส้นตรง	854,832,003	538,792,845	63.03%	707,926,585	573,801,789	81.05%	654,782,239	437,487,726	66.81%
32		เส้นโค้งพหุ	226,478,514	20,134,062	8.89%	237,255,668	80,428,917	33.90%	241,737,070	67,941,120	28.11%
33		เส้นโค้งคว่ำ	238,931,545	133,542,554	55.89%	210,939,714	135,018,459	64.01%	156,133,701	254,663,128	163.11%
34		เส้นโค้งรูปตัว S	13,479,465,507	35,505,212,945	263.40%	12,444,834,744	39,536,722,017	317.70%	10,672,116,159	26,083,092,422	244.40%
35		เส้นซิกแซก	688,702,596	232,314,362	33.73%	506,216,669	262,716,682	51.90%	477,061,024	190,621,961	39.96%
สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา	E[R]			SD[R]			CV[R]	วิธี	
36	พาราเรโต	เส้นตรง	6,524,370,149,814,320,000,000			202,328,343,680,111,000,000,000			3101.12%	บันไดลูกโซ่	
37		เส้นโค้งพหุ	225,262,224			36,620,708			16.26%		
38		เส้นโค้งคว่ำ	15,968,598,160			1,678,962,771,185			10514.15%		
39		เส้นโค้งรูปตัว S	471,658,783,075,185,000,000			37,275,324,312,952,500,000,000			7903.03%		
40		เส้นซิกแซก	21,922,209,597,761,600			5,680,208,255,996,000,000			25910.75%		
41	พาราเรโต	เส้นตรง	2,996,348,235,039,970,000,000.00			117,172,653,915,576,000,000,000.00			3910.52%	การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมลอจิสติก	
42		เส้นโค้งพหุ	239,177,859.34			107,091,832.88			44.77%		
43		เส้นโค้งคว่ำ	20,899,706,750.37			502,666,201,293.18			2405.14%		
44		เส้นโค้งรูปตัว S	2,723,759,123,183,630,000,000.00			87,596,272,333,093,600,000,000.00			3216.01%		
45		เส้นซิกแซก	64,569,201,733,288,500.00			2,365,183,871,470,240,000.00			3663.02%		
46	พาราเรโต	เส้นตรง	4,368,976,665,979,170,000,000.00			142,336,923,009,945,000,000,000.00			3257.90%	การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล	
47		เส้นโค้งพหุ	246,213,422.70			117,776,943.53			47.84%		
48		เส้นโค้งคว่ำ	19,495,566,430.75			355,784,214,221.93			1824.95%		
49		เส้นโค้งรูปตัว S	1,996,771,539,332,670,000,000.00			41,960,873,607,711,500,000,000.00			2101.44%		
50		เส้นซิกแซก	46,748,478,162,662,300.00			1,160,764,382,930,760,000.00			2483.00%		

จากตารางข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า มีสถานการณ์ที่ 33 และสถานการณ์ที่ 37 ที่การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง ต่ำกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) ส่วนอีก 18 สถานการณ์ที่เหลือการใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 4 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 34 สถานการณ์ที่ 38 สถานการณ์ที่ 39 และสถานการณ์ที่ 40 ส่วนอีก 16 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด

4.4.3 กรณีขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (สถานการณ์ที่ 41-60)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า มีเพียงสถานการณ์ที่ 47 ที่การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง ต่ำกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เล็กน้อย ส่วนอีก 19 สถานการณ์ที่เหลือการใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 2 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 51 และสถานการณ์ที่ 54 ส่วนอีก 18 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาจากการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (สถานการณ์ที่ 41-60)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมมติโลกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมมติไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
41	ปกติ	เส้นตรง	1,423,402,027	421,887,080	29.64%	1,213,407,136	533,458,246	43.96%	923,222,619	306,117,749	33.16%
42		เส้นโค้งหมาย	647,426,678	37,215,315	5.75%	687,198,714	124,134,327	18.06%	679,889,357	121,043,064	17.80%
43		เส้นโค้งคว่ำ	661,295,016	235,341,914	35.59%	551,312,607	232,992,075	42.26%	422,212,767	154,319,523	36.55%
44		เส้นโค้งรูปตัว S	105,321,701,952	115,381,606,872	109.55%	77,243,487,664	94,069,956,712	121.78%	75,805,102,028	83,838,433,323	110.60%
45		เส้นซิกแซก	1,867,860,964	463,086,579	24.79%	1,681,106,217	782,891,928	46.57%	1,182,846,808	396,880,632	33.55%
46	โลจิสติก	เส้นตรง	1,201,456,524	267,917,426	22.30%	915,967,972	322,078,502	35.16%	753,612,812	201,881,432	26.79%
47		เส้นโค้งหมาย	691,649,611	67,107,123	9.70%	816,218,119	166,034,547	20.34%	807,289,262	169,046,312	20.94%
48		เส้นโค้งคว่ำ	574,222,148	151,688,498	26.42%	488,182,557	175,072,887	35.86%	326,414,123	99,067,145	30.35%
49		เส้นโค้งรูปตัว S	12,266,560,801	3,705,605,442	30.21%	9,232,978,624	3,930,149,899	42.57%	7,198,847,874	2,481,935,379	34.48%
50		เส้นซิกแซก	1,687,273,695	359,461,752	21.30%	1,437,351,945	569,053,342	39.59%	1,037,772,390	307,127,356	29.59%
51	ไวบูล	เส้นตรง	1,535,731,037	1,199,667,532	78.12%	1,360,564,871	1,177,803,786	86.57%	1,028,152,939	753,055,793	73.24%
52		เส้นโค้งหมาย	652,322,946	42,411,984	6.50%	694,842,091	128,307,625	18.47%	690,302,084	126,475,680	18.32%
53		เส้นโค้งคว่ำ	740,622,500	465,322,575	62.83%	625,889,460	456,056,259	72.87%	451,932,955	301,832,213	66.79%
54		เส้นโค้งรูปตัว S	225,208,823,729	953,815,242,636	423.52%	231,119,109,518	1,091,700,222,676	472.35%	206,160,067,560	811,658,829,762	393.70%
55		เส้นซิกแซก	2,018,914,907	733,279,188	36.32%	1,655,881,094	896,078,285	54.11%	1,256,711,006	551,282,924	43.87%
สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา	E[R]			SD[R]			CV[R]	วิธี	
56	พาราเรโต	เส้นตรง	427,342,316			40,450,117			9.47%	บันไดลูกโซ่	
57		เส้นโค้งหมาย	871,750,925			5,004,605,713			574.09%		
58		เส้นโค้งคว่ำ	312,781,830,021,998			12,803,921,045,106,200			4093.56%		
59		เส้นโค้งรูปตัว S	128,941,403,489,419,000,000,000,000,000,000			3,261,337,590,377,260,000,000,000,000,000,000			2529.32%		
60		เส้นซิกแซก	634,126,446			55,460,733			8.75%		
56	พาราเรโต	เส้นตรง	467,845,831.75			105,647,829.12			22.58%	การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมมติโลกโลจิสติก	
57		เส้นโค้งหมาย	1,148,786,317.47			15,673,275,806.89			1364.33%		
58		เส้นโค้งคว่ำ	498,190,517,709,475.00			15,528,337,911,273,300.00			3116.95%		
59		เส้นโค้งรูปตัว S	42,122,809,827,874,400,000,000,000,000,000,000			1,443,019,915,944,130,000,000,000,000,000,000			3425.74%		
60		เส้นซิกแซก	696,254,823.30			207,084,949.25			29.74%		
56	พาราเรโต	เส้นตรง	387,501,598.62			56,693,575.28			14.63%	การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมมติไวบูล	
57		เส้นโค้งหมาย	983,297,742.91			6,561,971,635.64			667.34%		
58		เส้นโค้งคว่ำ	380,234,355,950,611.00			9,794,097,088,807,560.00			2575.81%		
59		เส้นโค้งรูปตัว S	65,816,952,885,565,100,000,000,000,000,000,000			2,158,320,184,500,690,000,000,000,000,000,000			3279.28%		
60		เส้นซิกแซก	453,692,977.44			87,609,228.26			19.31%		

4.5 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (miscellaneous insurance)

ในการเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด ได้จำลองข้อมูลตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 รวมทั้งสิ้น 60 สถานการณ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาเงินสำรองที่คำนวณได้ของวิธีบันไดลูกโซ่ การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมไวบูล

4.5.1 กรณีขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 1-20)

ตารางที่ 4.14 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 1-20)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
1	ปกติ	เส้นตรง	930,212,580	471,416,898	50.68%	1,270,985,564	1,348,879,564	106.13%	834,229,656	607,035,075	72.77%
2		เส้นโค้งหงาย	695,494,216	95,189,316	13.69%	929,744,433	597,645,302	64.28%	674,279,440	322,855,882	47.88%
3		เส้นโค้งคว่ำ	322,468,556	210,317,105	65.22%	722,166,054	815,923,104	112.98%	464,834,937	287,351,145	61.82%
4		เส้นโค้งรูปตัว S	26,665,333,289	75,839,591,252	284.41%	54,414,474,543	172,348,057,654	316.73%	45,246,016,628	113,753,304,943	251.41%
5		เส้นซิกแซก	2,016,329,994	795,931,881	39.47%	1,205,632,277	980,286,499	81.31%	958,086,351	659,593,983	68.84%
6	ล็อกโลจิสติก	เส้นตรง	641,972,856	171,214,367	26.67%	979,007,886	722,845,634	73.83%	713,776,056	337,857,264	47.33%
7		เส้นโค้งหงาย	707,239,538	99,801,555	14.11%	701,906,896	448,166,994	63.85%	893,055,165	438,140,693	49.06%
8		เส้นโค้งคว่ำ	342,526,210	369,739,807	107.94%	182,722,637,292	100,112,603,243,288	54789.38%	497,164,910	489,370,312	98.43%
9		เส้นโค้งรูปตัว S	70,980,803,505	1,258,331,108,040	1772.78%	100,357,989,348	840,036,853,635	837.04%	86,210,404,737	717,266,887,436	832.00%
10		เส้นซิกแซก	1,903,811,786	919,217,219	48.28%	1,151,500,596	967,308,470	84.00%	922,093,737	667,809,117	72.42%
11	ไวบูล	เส้นตรง	1,173,703,457	1,061,613,534	90.45%	1,605,392,309	3,175,237,994	197.79%	1,232,346,953	1,600,999,895	129.91%
12		เส้นโค้งหงาย	696,366,970	102,524,895	14.72%	800,748,631	522,273,325	65.22%	764,899,678	373,621,448	48.85%
13		เส้นโค้งคว่ำ	416,035,991	724,364,982	174.11%	911,178,647	1,884,581,287	206.83%	614,964,716	894,744,235	145.50%
14		เส้นโค้งรูปตัว S	88,351,691,123	673,160,677,060	761.91%	217,841,677,977	2,575,304,058,641	1182.19%	174,958,952,011	1,173,737,991,983	670.86%
15		เส้นซิกแซก	2,942,895,275	3,801,312,959	129.17%	1,961,984,262	6,650,563,471	338.97%	3,918,119,583	10,727,489,525	273.79%
16	พาราโบล	เส้นตรง	1,143,525,974	3,799,415,791	332.25%	1,584,142,797	6,415,909,755	405.01%	1,389,593,236	3,778,562,903	271.92%
17		เส้นโค้งหงาย	787,833,507	1,038,944,810	131.87%	963,479,840	3,646,272,143	378.45%	851,123,111	1,485,248,748	174.50%
18		เส้นโค้งคว่ำ	347,683,598	896,768,256	257.93%	739,350,600	1,174,343,901	158.83%	485,087,195	742,710,635	153.11%
19		เส้นโค้งรูปตัว S	12,342,477,080	84,229,162,075	682.43%	17,092,855,903	80,283,005,177	469.69%	14,218,374,524	48,292,027,263	339.65%
20		เส้นซิกแซก	2,295,802,060	5,026,078,704	218.92%	1,574,481,826	4,708,757,673	299.07%	1,334,742,984	4,522,648,265	338.84%

จากตารางข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า มีเพียงสถานการณ์ที่ 20 เท่านั้นที่การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง ต่ำกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

(Weibull cumulative function) ส่วนอีก 19 สถานการณ์ที่เหลือการใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย พัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 8 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 3 สถานการณ์ที่ 4 สถานการณ์ที่ 8 สถานการณ์ที่ 9 สถานการณ์ที่ 13 สถานการณ์ที่ 14 สถานการณ์ที่ 18 และสถานการณ์ที่ 19 (ซึ่งทั้ง 8 สถานการณ์ข้างต้นล้วนเป็น สถานการณ์ที่ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นรูปโค้งคว่ำ และรูปตัว S) ส่วนอีก 12 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด

4.5.2 กรณีขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 21-40)

พบว่าเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เสมอ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย พัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 7 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 24 สถานการณ์ที่ 34 สถานการณ์ที่ 36 สถานการณ์ที่ 37 สถานการณ์ที่ 38 สถานการณ์ที่ 39 และสถานการณ์ที่ 40 ส่วนอีก 13 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 21-40)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
21	ปกติ	เส้นตรง	3,560,595,409	1,442,838,565	40.52%	2,960,753,384	1,914,863,478	64.67%	3,337,613,657	1,717,728,033	51.47%
22		เส้นโค้งหงาย	1,078,001,162	92,194,747	8.55%	625,239,746	304,658,662	48.73%	645,617,494	246,546,921	38.19%
23		เส้นโค้งคว่ำ	1,369,508,676	698,018,989	50.97%	1,340,699,394	1,009,767,860	75.32%	963,442,533	574,421,300	59.62%
24		เส้นโค้งรูปตัว S	36,782,112,108	41,717,138,660	113.42%	36,885,750,019	52,320,162,378	141.84%	28,082,359,948	27,893,331,442	99.33%
25		เส้นซิกแซก	2,766,727,463	784,638,439	28.36%	3,405,158,701	2,615,851,929	76.82%	2,334,247,125	938,394,175	40.20%
26	ลอจิสติก	เส้นตรง	2,852,262,534	793,748,986	27.83%	2,830,897,521	1,481,519,049	52.33%	2,464,467,374	943,514,957	38.28%
27		เส้นโค้งหงาย	1,173,726,794	169,923,464	14.48%	1,384,331,695	601,760,839	43.47%	1,321,198,292	565,881,487	42.83%
28		เส้นโค้งคว่ำ	808,645,892	281,832,148	34.85%	943,672,231	855,177,152	90.62%	604,804,293	274,723,475	45.42%
29		เส้นโค้งรูปตัว S	14,716,306,842	6,613,572,045	44.94%	15,661,969,528	12,384,707,488	79.08%	11,381,442,430	6,214,312,735	54.60%
30		เส้นซิกแซก	2,708,449,523	689,297,962	25.45%	3,115,887,532	2,154,694,606	69.15%	2,219,399,046	858,062,981	38.66%
31	ไวบูล	เส้นตรง	4,244,631,661	3,452,437,305	81.34%	4,756,206,909	6,478,192,585	136.21%	4,683,659,748	4,559,354,644	97.35%
32		เส้นโค้งหงาย	1,148,382,610	127,945,230	11.14%	1,161,592,418	479,465,890	41.28%	1,108,548,079	423,863,236	38.24%
33		เส้นโค้งคว่ำ	980,194,119	680,155,795	69.39%	1,008,264,983	1,170,544,902	116.09%	680,579,271	492,331,889	72.34%
34		เส้นโค้งรูปตัว S	56,432,309,147	182,547,572,246	323.48%	92,038,206,495	360,723,618,043	391.93%	67,314,938,143	175,507,247,086	260.73%
35		เส้นซิกแซก	2,993,490,169	1,335,975,525	44.63%	3,248,926,173	3,041,750,328	93.62%	2,436,099,415	1,281,938,305	52.62%
36	พาราโบล	เส้นตรง	6,728,099,880	22,961,691,112	341.28%	4,122,158,283	14,334,973,391	347.75%	3,837,961,380	10,039,738,170	261.59%
37		เส้นโค้งหงาย	1,172,129,372	2,265,889,932	193.31%	1,181,185,676	2,553,412,628	216.17%	1,250,597,327	1,837,649,541	146.94%
38		เส้นโค้งคว่ำ	2,378,004,198	17,252,294,645	725.49%	2,201,381,408	7,927,346,762	360.11%	1,703,491,501	5,799,427,642	340.44%
39		เส้นโค้งรูปตัว S	120,342,642,359	1,005,181,118,061	835.27%	128,039,741,153	711,661,544,469	555.81%	107,803,662,881	443,105,342,755	411.03%
40		เส้นซิกแซก	3,089,011,697	6,035,599,900	195.39%	2,924,210,639	4,988,015,237	170.58%	2,204,711,661	2,950,420,797	133.82%

4.5.3 กรณีขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 41-60)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า มีสถานการณ์ที่ 42 สถานการณ์ที่ 47 สถานการณ์ที่ 52 และสถานการณ์ที่ 57 ที่การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง ต่ำกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เล็กน้อย (ซึ่งทั้ง 4 สถานการณ์ข้างต้นล้วนเป็นสถานการณ์ที่ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นรูปโค้งหงาย) ส่วนอีก 16 สถานการณ์ที่เหลือการใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่ามีเพียง 3 สถานการณ์ที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์

ความแปรผันมากกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเล็กน้อย คือ สถานการณ์ที่ 56 สถานการณ์ที่ 58 และสถานการณ์ที่ 59 ส่วนอีก 17 สถานการณ์ที่เหลือค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (สถานการณ์ที่ 41-60)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
41	ปกติ	เส้นตรง	15,383,330,433	4,370,690,656	28.41%	11,862,335,241	7,219,077,808	60.86%	8,825,437,798	4,124,950,159	46.74%
42		เส้นโค้งพหุ	8,603,833,384	534,955,631	6.22%	4,810,893,669	1,028,521,110	21.38%	2,952,077,600	756,967,059	25.64%
43		เส้นโค้งคว่ำ	6,966,977,558	2,256,400,802	32.39%	3,066,410,675	1,778,025,450	57.98%	2,095,993,403	956,401,458	45.63%
44		เส้นโค้งรูปตัว S	1,412,102,082,246	2,394,405,943,942	169.56%	480,314,925,195	1,009,697,617,425	210.22%	441,175,293,968	847,725,099,650	192.15%
45		เส้นซิกแซก	19,954,385,506	5,030,664,945	25.21%	14,680,902,636	12,845,118,568	87.50%	8,576,506,528	3,622,374,942	42.24%
46	โลจิสติก	เส้นตรง	11,873,425,315	2,368,094,738	19.94%	8,666,457,509	4,572,233,144	52.76%	6,914,752,275	2,128,542,481	30.78%
47		เส้นโค้งพหุ	9,328,396,008	927,994,080	9.95%	5,387,168,682	1,264,820,780	23.48%	4,392,201,098	1,323,333,136	30.13%
48		เส้นโค้งคว่ำ	5,827,759,737	1,410,358,967	24.20%	2,739,581,583	1,495,583,926	54.59%	1,579,096,347	622,787,905	39.44%
49		เส้นโค้งรูปตัว S	325,354,819,273	108,286,741,372	33.28%	127,030,619,410	71,224,533,378	56.07%	101,404,090,169	50,349,858,574	49.65%
50		เส้นซิกแซก	18,144,167,497	3,711,749,473	20.46%	11,984,025,174	7,631,756,690	63.68%	7,572,703,932	2,868,351,843	37.88%
51	ไวบูล	เส้นตรง	19,380,934,868	16,189,944,456	83.54%	12,720,324,933	20,430,359,340	160.61%	11,002,226,026	10,494,867,471	95.39%
52		เส้นโค้งพหุ	8,623,419,294	619,699,635	7.19%	5,911,121,449	1,211,752,195	20.50%	5,056,230,881	1,428,006,107	28.24%
53		เส้นโค้งคว่ำ	7,699,862,664	6,750,450,289	87.67%	3,786,809,092	3,729,891,505	98.50%	2,420,205,573	2,535,610,321	104.77%
54		เส้นโค้งรูปตัว S	27,618,576,357,488	302,170,308,812,818	1094.08%	4,604,099,704,781	34,692,843,572,976	753.52%	4,677,815,303,814	56,461,018,362,531	1207.00%
55		เส้นซิกแซก	7,823,084,887	730,132,370	9.33%	7,340,529,140	3,411,629,665	46.48%	6,329,851,148	1,789,387,050	28.27%
56	พาราโด	เส้นตรง	37,233,416,312	167,617,807,080	450.18%	18,067,149,149	41,756,545,615	231.12%	20,285,021,378	90,049,723,602	443.92%
57		เส้นโค้งพหุ	8,634,434,973	1,247,012,632	14.44%	9,085,848,675	1,809,094,853	19.91%	9,447,117,312	4,423,509,153	46.82%
58		เส้นโค้งคว่ำ	17,839,688,324	104,661,708,577	586.68%	9,382,312,744	47,312,442,141	504.27%	8,079,131,916	36,826,142,591	455.82%
59		เส้นโค้งรูปตัว S	2,077,376,639,514	18,514,720,451,910	891.25%	1,108,534,645,087	6,060,883,646,528	546.75%	1,163,510,418,016	5,474,982,578,451	470.56%
60		เส้นซิกแซก	22,838,317,797	53,542,615,631	234.44%	22,748,672,825	113,414,992,485	498.56%	14,246,360,531	36,156,327,356	253.79%

4.6 การเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยสุขภาพ (health insurance)

ในการเปรียบเทียบเงินสำรองของการประกันภัยสุขภาพ ได้จำลองข้อมูลตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 รวมทั้งสิ้น 60 สถานการณ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาเงินสำรองที่คำนวณได้ของวิธีบันไดลูกโซ่ การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาโดยใช้ฟังก์ชันสะสมไวบูล

4.6.1 กรณีขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 1-20)

ตารางที่ 4.17 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 5 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 1-20)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
1	ปกติ	เส้นตรง	764,926,084	15,169,626	1.98%	838,986,835	142,134,334	16.94%	822,849,281	73,726,422	8.96%
2		เส้นโค้งพหุ	1,017,436,531	13,075,474	1.29%	1,238,913,063	564,550,960	45.57%	1,202,858,434	383,177,320	31.86%
3		เส้นโค้งค่า	812,567,888	25,504,432	3.14%	819,275,949	125,429,582	15.31%	627,429,008	54,731,682	8.72%
4		เส้นโค้งรูปตัว S	2,960,514,772	101,275,213	3.42%	3,370,982,751	715,907,382	21.24%	2,302,750,228	268,982,208	11.68%
5		เส้นซิกแมก	1,336,892,563	25,659,393	1.92%	1,548,034,029	520,800,662	33.64%	1,435,854,695	318,280,688	22.17%
6	โลจิสติก	เส้นตรง	765,081,310	226,759	0.03%	583,237,532	109,339,970	18.75%	583,989,411	57,440,979	9.84%
7		เส้นโค้งพหุ	1,018,073,372	12,956,614	1.27%	1,134,903,571	344,925,637	30.39%	1,180,620,946	408,672,974	34.62%
8		เส้นโค้งค่า	811,484,333	25,687,452	3.17%	819,062,150	125,645,787	15.34%	627,020,593	54,765,167	8.73%
9		เส้นโค้งรูปตัว S	2,958,002,104	99,378,698	3.36%	3,630,035,473	838,184,404	23.09%	2,303,011,024	268,784,503	11.67%
10		เส้นซิกแมก	1,338,288,439	25,836,087	1.93%	1,364,428,850	451,801,449	33.11%	1,378,057,351	304,368,636	22.09%
11	ไวบูล	เส้นตรง	766,287,017	14,809,857	1.93%	839,843,742	142,429,829	16.96%	856,116,510	76,879,506	8.98%
12		เส้นโค้งพหุ	1,017,517,847	12,789,408	1.26%	1,037,302,985	325,383,827	31.37%	1,034,648,120	348,168,488	33.65%
13		เส้นโค้งค่า	813,191,193	24,523,385	3.02%	819,424,081	125,192,896	15.28%	627,799,635	54,657,328	8.71%
14		เส้นโค้งรูปตัว S	2,967,728,682	97,688,464	3.29%	3,631,240,910	835,574,733	23.01%	2,306,461,151	268,237,459	11.63%
15		เส้นซิกแมก	673,280,838	8,911,659	1.32%	757,412,410	373,754,317	49.35%	663,543,193	208,800,149	31.47%
16	พาราโบล	เส้นตรง	765,744,745	15,029,079	1.96%	791,738,270	135,257,808	17.08%	784,406,661	70,424,030	8.98%
17		เส้นโค้งพหุ	1,017,792,696	12,299,801	1.21%	986,478,526	315,157,201	31.96%	996,570,210	333,226,371	33.44%
18		เส้นโค้งค่า	1,030,373,473	34,332,272	3.33%	1,051,585,223	160,971,087	15.31%	784,172,281	66,969,291	8.54%
19		เส้นโค้งรูปตัว S	6,837,284,248	351,514,097	5.14%	6,168,708,722	826,937,261	13.41%	4,895,626,807	424,383,896	8.67%
20		เส้นซิกแมก	1,338,812,785	26,772,759	2.00%	1,326,801,989	438,566,845	33.05%	1,288,725,915	283,497,794	22.00%

จากตารางข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า มีสถานการณ์ที่ 7 สถานการณ์ที่ 12 และสถานการณ์ที่ 17 ที่การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง ต่ำกว่า

ฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เล็กน้อย (ซึ่งทั้ง 3 สถานการณ์ข้างต้นล้วนเป็นสถานการณ์ที่ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นรูปโค้งหงาย) ส่วนอีก 17 สถานการณ์ที่เหลือการใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทุกสถานการณ์

4.6.2 กรณีขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 21-40)

ตารางที่ 4.18 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 7 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 21-40)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
21	ปกติ	เส้นตรง	4,163,843,417	36,505,658	0.88%	4,248,618,447	453,211,058	10.67%	4,440,746,115	239,288,724	5.39%
22		เส้นโค้งหงาย	2,881,170,891	9,058,273	0.31%	3,122,247,551	577,808,092	18.51%	2,799,296,124	579,017,033	20.68%
23		เส้นโค้งคว่ำ	1,577,447,634	14,959,071	0.95%	3,650,948,689	692,111,101	18.96%	1,949,182,323	108,449,611	5.56%
24		เส้นโค้งรูปตัว S	11,874,232,304	169,981,241	1.43%	18,298,708,289	2,835,671,800	15.50%	10,991,324,798	773,195,548	7.03%
25		เส้นซิกแซก	4,653,209,473	35,383,551	0.76%	4,625,690,982	956,756,945	20.68%	4,592,509,999	664,353,899	14.47%
26	ล็อกโลจิสติก	เส้นตรง	4,234,331,314	183,416,797	4.33%	4,299,510,225	555,096,369	12.91%	4,493,671,662	328,255,323	7.30%
27		เส้นโค้งหงาย	2,906,946,333	88,421,733	3.04%	2,759,478,372	555,664,245	20.14%	2,681,896,972	570,857,082	21.29%
28		เส้นโค้งคว่ำ	1,597,622,141	78,591,194	4.92%	4,152,583,983	1,419,415,396	34.18%	2,131,326,187	202,672,676	9.51%
29		เส้นโค้งรูปตัว S	12,116,999,282	642,973,307	5.31%	18,712,285,860	3,487,374,349	18.64%	11,238,668,336	961,586,663	8.56%
30		เส้นซิกแซก	4,708,303,184	192,255,298	4.08%	4,676,144,530	1,018,541,183	21.78%	4,650,784,708	712,503,977	15.32%
31	ไวบูล	เส้นตรง	4,161,791,249	36,068,561	0.87%	4,248,010,008	452,986,548	10.66%	4,113,742,973	226,310,084	5.50%
32		เส้นโค้งหงาย	2,938,257,232	9,643,299	0.33%	3,007,932,226	559,954,624	18.62%	3,140,451,718	641,737,252	20.43%
33		เส้นโค้งคว่ำ	1,578,741,389	15,070,722	0.95%	3,640,308,921	689,875,152	18.95%	1,945,995,243	108,212,130	5.56%
34		เส้นโค้งรูปตัว S	11,881,409,278	167,057,512	1.41%	18,269,038,797	2,822,721,874	15.45%	10,980,533,224	769,722,768	7.01%
35		เส้นซิกแซก	4,642,155,814	35,422,986	0.76%	4,619,317,743	955,864,852	20.69%	4,972,573,480	724,814,504	14.58%
36	พาเรโต	เส้นตรง	4,164,139,697	38,254,742	0.92%	4,249,675,762	454,205,604	10.69%	3,780,387,325	215,588,124	5.70%
37		เส้นโค้งหงาย	2,879,640,424	9,064,627	0.31%	2,790,193,493	539,197,833	19.32%	2,871,325,491	597,144,326	20.80%
38		เส้นโค้งคว่ำ	5,252,207,281	96,051,174	1.83%	6,052,401,972	484,234,977	8.00%	4,557,549,883	183,494,437	4.03%
39		เส้นโค้งรูปตัว S	54,062,225,460	1,394,852,766	2.58%	55,895,127,406	4,599,550,257	8.23%	44,665,710,720	2,090,583,593	4.68%
40		เส้นซิกแซก	4,653,055,113	36,681,915	0.79%	4,627,057,018	957,448,189	20.69%	4,594,224,017	665,044,840	14.48%

จากตารางข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า มีสถานการณ์ที่ 22 สถานการณ์ที่ 27 สถานการณ์ที่ 32 และสถานการณ์ที่ 37 ที่การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง ต่ำกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เล็กน้อย (ซึ่งทั้ง 4 สถานการณ์ข้างต้นล้วนเป็นสถานการณ์ที่ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นรูปโค้งหงาย) ส่วนอีก 16 สถานการณ์ที่เหลือการใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทุกสถานการณ์

4.6.3 กรณีขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 41-60)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาพบว่า มีสถานการณ์ที่ 41 สถานการณ์ที่ 42 สถานการณ์ที่ 46 สถานการณ์ที่ 47 สถานการณ์ที่ 51 สถานการณ์ที่ 52 สถานการณ์ที่ 56 และสถานการณ์ที่ 57 ที่การใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก (Loglogistic cumulative function) ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง ต่ำกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล (Weibull cumulative function) เล็กน้อย (ซึ่งทั้ง 8 สถานการณ์ข้างต้นล้วนเป็นสถานการณ์ที่ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาเป็นรูปเส้นตรง และรูปโค้งหงาย) ส่วนอีก 12 สถานการณ์ที่เหลือการใช้เส้นฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรอง สูงกว่าฟังก์ชันสะสมไวบูล

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ กับการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของตัวแบบบันไดลูกโซ่น้อยกว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลทุกสถานการณ์ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการคำนวณของค่าคาดหวังของเงินสำรอง (expected reserve) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเงินสำรอง (reserve standard deviation) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (coefficient of variation) ตามแต่ละวิธี เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาการแจกแจงแบบปกติ และขนาดตัวอย่าง 9 ปี ของการประกันภัยสุขภาพ (สถานการณ์ที่ 41-60)

สถานการณ์ที่	การแจกแจงของค่าล็อกปัจจัยความเสียหาย	ลักษณะของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหาย	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมไวบูล		
			E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
41	ปกติ	เส้นตรง	18,363,125,903	127,885,224	0.70%	18,562,783,685	1,475,334,761	7.95%	18,177,394,245	1,839,484,793	10.12%
42		เส้นโค้งหงาย	21,827,010,667	48,613,233	0.22%	21,290,993,669	2,819,051,087	13.24%	21,508,990,558	4,661,802,611	21.67%
43		เส้นโค้งคว่ำ	9,816,050,969	77,470,521	0.79%	28,008,518,139	3,845,749,548	13.73%	8,071,587,599	921,556,392	11.42%
44		เส้นโค้งรูปตัว S	151,076,847,063	2,027,767,713	1.34%	200,795,243,968	16,671,871,554	8.30%	120,627,281,476	6,142,785,444	5.09%
45		เส้นทึบแกก	26,946,113,120	185,375,196	0.69%	27,565,074,687	3,947,588,527	14.32%	26,154,002,892	3,511,620,801	13.43%
46	ลอจิสติก	เส้นตรง	18,639,532,477	621,968,087	3.34%	18,832,255,523	1,854,703,694	9.85%	18,352,035,260	2,044,326,881	11.14%
47		เส้นโค้งหงาย	21,986,231,827	440,089,700	2.00%	21,577,328,244	2,941,940,418	13.63%	22,059,685,888	4,939,002,995	22.39%
48		เส้นโค้งคว่ำ	10,012,543,647	381,069,977	3.81%	15,613,378,534	1,723,090,164	11.04%	6,979,186,524	800,237,532	11.47%
49		เส้นโค้งรูปตัว S	155,911,080,418	6,954,758,450	4.46%	206,029,536,840	23,492,454,763	11.40%	124,271,509,652	8,454,281,822	6.80%
50	เส้นทึบแกก	27,398,813,449	922,428,202	3.37%	28,046,612,072	4,365,335,678	15.56%	26,667,022,960	3,811,821,293	14.29%	
51	ไวบูล	เส้นตรง	18,356,542,882	129,978,605	0.71%	18,553,218,852	1,475,570,527	7.95%	18,758,490,008	1,900,546,564	10.13%
52		เส้นโค้งหงาย	21,825,667,767	47,680,495	0.22%	22,762,492,184	2,925,359,717	12.85%	22,080,126,223	4,788,044,950	21.68%
53		เส้นโค้งคว่ำ	9,813,437,058	75,764,855	0.77%	28,072,135,756	3,863,052,829	13.76%	8,083,969,495	923,177,246	11.42%
54		เส้นโค้งรูปตัว S	151,086,663,103	1,967,710,525	1.30%	200,717,407,038	16,645,637,995	8.29%	120,581,090,637	6,131,981,004	5.09%
55		เส้นทึบแกก	26,943,416,877	183,414,792	0.68%	27,570,943,369	3,945,864,492	14.31%	27,597,212,664	3,723,445,543	13.49%
56	พาราโบล	เส้นตรง	31,501,614,017	444,643,193	1.41%	39,620,210,923	1,996,177,304	5.04%	19,798,213,839	1,435,918,462	7.25%
57		เส้นโค้งหงาย	18,355,696,756	130,864,648	0.71%	18,558,044,926	1,475,629,888	7.95%	18,176,232,418	1,840,509,726	10.13%
58		เส้นโค้งคว่ำ	346,378,746,471	7,202,459,009	2.08%	388,991,701,533	21,608,555,511	5.56%	264,970,468,390	10,943,127,496	4.13%
59		เส้นโค้งรูปตัว S	26,917,402,103	185,383,653	0.69%	27,548,242,697	3,943,055,765	14.31%	26,135,005,834	3,507,904,422	13.42%
60	เส้นทึบแกก	21,818,747,805	49,044,388	0.22%	21,287,160,806	2,818,887,387	13.24%	21,500,768,026	4,660,171,730	21.67%	

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการประมาณเงินสำรอง การประมาณความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ของวิธีบันไดลูกโซ่ และวิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา รวมทั้งเปรียบเทียบเงินสำรอง และค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ ระหว่างวิธีบันไดลูกโซ่และวิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา ในแต่ละลักษณะข้อมูลค่าสินไหมทดแทนตามแต่ละสถานการณ์จำลอง (simulated scenarios) แบบต่างๆ

ข้อมูลในการวิจัยนี้มาจากงานวิจัยของไพโรวุฒิ อชิณีทองคำ โดยเป็นข้อมูลของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่งในประเทศไทย อันประกอบด้วยข้อมูลเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้สุทธิ และค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัย 6 ประเภท คือ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ) และการประกันสุขภาพ ของปีอุบัติเหตุ พ.ศ. 2548 ถึง ปีอุบัติเหตุ พ.ศ. 2552

เมื่อเปรียบเทียบค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) ของค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยทั้ง 6 ประเภท สรุปได้ว่าการประกันภัย 4 ประเภทที่ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์ต่ำอย่างชัดเจน คือ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย และการประกันสุขภาพ ส่วนการประกันภัย อีก 2 ประเภท คือ การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง และการประกันภัยเบ็ดเตล็ด ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์สูงอย่างชัดเจน ซึ่งลักษณะข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มนี้ส่งผลต่อผลการวิจัยที่แตกต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องแยกสรุปผลทีละกลุ่ม (พิจารณาจาก บทที่ 3 หัวข้อ 3.2)

ผู้วิจัยได้จำลอง 60 สถานการณ์ ต่อ 1 ประเภทการประกันภัย จนครบทั้ง 6 ประเภท (หรือได้จำลองไปทั้งหมด $60 \times 6 = 360$ สถานการณ์) โดยมีรายละเอียดการจำลองสถานการณ์แต่ละประเภทการประกันภัยดังนี้

- 1) กำหนดการแจกแจงค่าล็อกของปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะตัวเป็นแบบปกติ แบบโลจิสติก แบบไวบูล และแบบพาราโต
- 2) กำหนดขนาดตัวอย่างคือ 5 ปี 7 ปีและ 9 ปี
- 3) กำหนดค่าพารามิเตอร์ (adjust parameters) ให้มีค่าผันแปรได้ในช่วง $\pm 1000\%$ เพื่อสร้างสถานการณ์จำลองแบบต่างๆ คือ ให้เส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) $\beta_j = \frac{1}{\prod_{j=i-1}^i f_j}$ มีลักษณะเป็นแบบ

ก.เส้นตรง(straight line)

ข.เส้นโค้งหงาย (convex)

ค.เส้นโค้งคว่ำ (concave)

ง.เส้นโค้งรูปตัว S (S-curve)

จ.เส้นซิกแซก (zigzag line)

จะได้ $4 \times 3 \times 5 = 60$ สถานการณ์จำลองที่เป็นไปได้ต่อ 1 ประเภทของการประกันภัย

5.1.1 กลุ่มประเภทการประกันภัยที่ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์ต่ำ

ประเภทการประกันภัยที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย และการประกันสุขภาพ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1.1.ก การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ

จากสถานการณ์ที่จำลองทั้งหมด 60 สถานการณ์ พบว่ามีเพียง 3 สถานการณ์ที่วิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าวิธีบันไดลูกโซ่เพียงเล็กน้อย ได้แก่

- 1) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 2) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 3) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S

ส่วนที่เหลืออีก 57 สถานการณ์ วิธีบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าทั้งหมด

5.1.1.ข การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ

จากสถานการณ์ทั้งหมด 60 สถานการณ์ พบว่ามีเพียง 9 สถานการณ์ที่วิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าวิธีบันไดลูกโซ่เพียงเล็กน้อย คือสถานการณ์ที่

- 1) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาเรโต ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 2) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาเรโต ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 3) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 4) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 5) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาเรโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 6) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาเรโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S

- 7) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 8) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 9) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโบลิก ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S ส่วนที่เหลืออีก 51 สถานการณ์ วิธีบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าทั้งหมด

5.1.1.ค การประกันอัคคีภัย

จากสถานการณ์ทั้งหมด 60 สถานการณ์ พบว่ามีเพียง 10 สถานการณ์ที่วิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าวิธีบันไดลูกโซ่เพียงเล็กน้อย คือสถานการณ์ที่

- 1) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 2) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบไวบูล ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 3) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโบลิก ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นรูปตัว S
- 4) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบปกติ ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 5) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 6) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S

- 7) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเมตริก ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 8) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งค้ำ
- 9) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 10) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเมตริก ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S ส่วนที่เหลืออีก 50 สถานการณ์ วิธีบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าทั้งหมด

5.1.1.ง การประกันสุขภาพ

จากสถานการณ์ทั้งหมด 60 สถานการณ์ พบว่าวิธีบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าวิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาทุกสถานการณ์

5.1.2 กลุ่มประเภทการประกันภัยที่ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนามีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์สูง

ประเภทการประกันภัยที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง และการประกันภัยเบ็ดเตล็ด

5.1.2.ก การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

จากสถานการณ์ทั้งหมด 60 สถานการณ์ พบว่ามีเพียง 13 สถานการณ์ที่วิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าวิธีบันไดลูกโซ่ คือสถานการณ์ที่

- 1) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบปกติ ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S

- 2) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
 - 3) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
 - 4) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบไวบูล ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
 - 5) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบไวบูล ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
 - 6) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโต ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
 - 7) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโต ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
 - 8) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบไวบูล ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
 - 9) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
 - 10) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
 - 11) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นซิกแซก
 - 12) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบไวบูล ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
 - 13) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโต ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- ส่วนที่เหลืออีก 47 สถานการณ์ วิธีบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าทั้งหมด

5.1.2.๒ การประกันภัยเบ็ดเตล็ด

จากสถานการณ์ทั้งหมด 60 สถานการณ์ พบว่ามีเพียง 18 สถานการณ์ที่วิธีการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนามีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าวิธีบันไดลูกโซ่ คือสถานการณ์ที่

- 1) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบปกติ ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 2) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบปกติ ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 3) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 4) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบโลจิสติก ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 5) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบไวบูล ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 6) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบไวบูล ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 7) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโบล ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
- 8) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราโบล ขนาดตัวอย่าง 5 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 9) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบปกติ ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- 10) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบไวบูล ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S

- 11) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเรโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นตรง
 - 12) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเรโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งหงาย
 - 13) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเรโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
 - 14) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเรโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
 - 15) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเรโต ขนาดตัวอย่าง 7 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นซิกแซก
 - 16) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเรโต ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นตรง
 - 17) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเรโต ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ
 - 18) ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา ($\ln^i(F_{i,j})$) มีการแจกแจงแบบพาราเรโต ขนาดตัวอย่าง 9 ปี และรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมเป็นรูปเส้นโค้งรูปตัว S
- ส่วนที่เหลืออีก 42 สถานการณ์ วิธีบันไดลูกโซ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำกว่าทั้งหมด

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย สรุปได้ว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล จะเหมาะสมกว่าใช้ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก เพราะโดยธรรมชาติแล้ว ฟังก์ชันการแจกแจงล็อกโลจิสติกเป็นการแจกแจงที่หางหนัก (heavy-tailed) ทำให้ฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติกปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาได้ไม่ดีพอ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงมีค่าสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Clark (2003) ที่พบว่าการใช้ฟังก์ชันสะสมไวบูลจะเหมาะสมมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบการคำนวณเงินสำรองในกลุ่มประเภทการประกันภัยที่ค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์ต่ำ คือ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย และการประกันสุขภาพ ระหว่างการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลกับตัวแบบบันไดลูกโซ่ พบว่าตัวแบบบันไดลูกโซ่เหมาะสมกว่าแทบทุกสถานการณ์

แต่เมื่อเปรียบเทียบการคำนวณเงินสำรองในกลุ่มประเภทการประกันภัยที่ค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์สูง คือ การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง และการประกันภัยเบ็ดเตล็ด ระหว่างการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล กับตัวแบบบันไดลูกโซ่ พบว่าการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลเหมาะสมกว่าเฉพาะสถานการณ์ที่รูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมมีลักษณะเป็นแบบเส้นโค้งคว่ำ (concave) และเส้นโค้งรูปตัว S (S-curve) เท่านั้น เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูลโดยปกติจะมีลักษณะโค้งคว่ำ (concave) เมื่อพารามิเตอร์รูปร่าง (shape parameter) มีค่าน้อย และจะมีลักษณะโค้งรูปตัว S (S-curve) เมื่อพารามิเตอร์รูปร่างมีค่ามาก

ขณะที่ตัวแบบบันไดลูกโซ่เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีระยะเวลาการพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนที่ยาว หรือขนาดตัวอย่างใหญ่ และปัจจัยความเสียหายพัฒนาค่อนข้างคงตัว ส่วนรูปร่างของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาไม่มีผลต่อตัวแบบบันไดลูกโซ่เลย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1: สรุปสาเหตุที่มีผลให้การประมาณค่าเงินสำรองแต่ละวิธีมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ต่ำ

วิธีการคำนวณ (method)	ขนาดตัวอย่างใหญ่ (large sample)	รูปร่างของเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (shape of loss development factor curve)	ปัจจัยความเสียหายพัฒนาคงตัว (development factors are stable)
บันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder)	√√	-	√√
การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (Loss Development Factors Curve Fitting)	√	√	√

หมายเหตุ √ หมายความว่า สาเหตุหนึ่งๆ ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) มีค่าต่ำลง

√√ หมายความว่า สาเหตุหนึ่งๆ ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) มีค่าต่ำลงมากกว่า √ (ไม่ได้หมายความว่า √√ มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันเป็น 2 เท่าของ √ แต่อย่างใด)

- หมายความว่า สาเหตุหนึ่งๆ ไม่ได้ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) มีค่าสูงขึ้น หรือต่ำลงเลย

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 1) ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่า ตัวแบบบันไดลูกโซ่ยังใช้ได้ในทุกสถานการณ์ จึงทำให้ตัวแบบบันไดลูกโซ่เป็นเสมือนวิธีมาตรฐานที่บรรดานักคณิตศาสตร์ประกันภัยนิยมใช้ในการคำนวณเงินสำรองมาอย่างยาวนาน ส่วนการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา หรือตัวแบบของ Clark นั้นแม้ว่าจะใช้ได้ดีในบางสถานการณ์ แต่ก็เป็นตัวแบบที่ไม่ควรมองข้าม เพราะตัวแบบดังกล่าวยังสามารถขยายความและต่อยอดเทคนิคการคำนวณแบบเดิมที่นิยมใช้กันอยู่อย่างตัวแบบบันไดลูกโซ่ได้ดี ตัวแบบของ Clark นี้ยังสามารถใช้ได้ในกรณีที่มีค่าสินไหมทดแทนบางปีมีค่าเป็นศูนย์หรือติดลบ (อย่างเช่น การรับประกันภัยในธุรกิจที่มีการค้ำค่าซาก) และการนำตัวแบบของ Clark มาประยุกต์ใช้ยังสามารถหาค่าอัตราการเติบโต (tail factors) หลังจากปีพัฒนาปีสุดท้ายไปแล้วได้อีกด้วย ข้อดีอีกประการหนึ่ง ของการใช้เส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) ที่มาจากพารามิเตอร์คือ 1) ไม่ยุ่งยากมากเพราะทำการประมาณพารามิเตอร์เพียง 2 ตัว 2) มีความยืดหยุ่นเพราะไม่จำเป็นต้องคิด ณ ปีพัฒนาเป็นจำนวนเต็มปี อาจคิดในช่วงเวลา 6 เดือน ($j=1/2$) หรือ 9 เดือน ($j=3/4$) ก็ได้ 3) ลักษณะของเส้นที่ค่อนข้างราบเรียบและไม่ได้มีรูปแบบเหมือนกับปัจจัยการพัฒนา (f_j)

- 2) ตัวแบบบันไดลูกโซ่และการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา หรือตัวแบบของ Clark นั้นสามารถใช้ควบคู่กันได้ เพื่อประกอบการตัดสินใจประเมินเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนทางคณิตศาสตร์ประกันภัย และในการใช้ตัวแบบของ Clark การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล จะเหมาะสมกว่าใช้ฟังก์ชันสะสมลิออกโลจิสติก เพราะโดยธรรมชาติแล้ว ฟังก์ชันการแจกแจงลิออกโลจิสติกเป็นการแจกแจงที่หางหนัก (heavy-tailed)
- 3) เนื่องจากการปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล และฟังก์ชันสะสมลิออกโลจิสติกไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เส้นรูปแบบค่าสินไหมทดแทนสะสมมีลักษณะเป็นเส้นตรง เส้นโค้งหงาย และเส้นซิกแซก ดังนั้นในอนาคตควรทำการวิจัยเรื่องนี้เพื่อหาเส้นโค้งที่เหมาะสมต่อไป
- 4) งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Excel-Macro ในการจำลองสถานการณ์พบว่า การจำลองทำได้ซ้ำ จึงไม่ใช่โปรแกรมที่เหมาะสมในการจำลองครั้งละมากๆ เพราะทำให้สิ้นเปลืองเวลา ดังนั้นในการศึกษาลักษณะเช่นนี้จึงควรใช้โปรแกรมอื่นที่มีความเหมาะสมมากกว่า
- 5) ตัวแบบบันไดลูกโซ่ยังคงเป็นวิธีคำนวณที่ใช้ได้ดีในสถานการณ์ส่วนใหญ่ นักคณิตศาสตร์ประกันภัยจึงควรใช้ตัวแบบบันไดลูกโซ่เป็นตัวแบบหลักในการคำนวณเงินสำรอง แต่หากนักคณิตศาสตร์ประกันภัยพบข้อมูลที่มี
 - ก. ลักษณะเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) เป็นรูปเส้นโค้งคว่ำ และเส้นโค้งรูปตัว S และ
 - ข. ค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา (log loss development factor: $\ln(F_{i,j})$) มีความแปรปรวนในแต่ละคอลัมน์สูง และ
 - ค. ขนาดข้อมูล (sample size) มีขนาดเล็ก
 นักคณิตศาสตร์ประกันภัยควรเลือกใช้การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล เพราะค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) ของเงินสำรองมักจะต่ำกว่าวิธีบันไดลูกโซ่
- 6) โดยทั่วไปแล้วพัฒนาการ (development) ของค่าสินไหมทดแทนในธุรกิจการประกันภัยรถยนต์มักสิ้นสุดภายใน 3 ถึง 4 ปีเท่านั้น แต่ในการศึกษานี้ได้ขยายขนาดตัวอย่าง

(extrapolation) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ และประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ จากเดิมขนาด 5 ปี เป็นขนาด 7 ปี และขนาด 9 ปี เนื่องจากต้องการขยายขนาดตัวอย่าง (extrapolate) ให้เหมือนกันทุกประเภทการประกันภัย โดยไม่ได้คำนึงถึงลักษณะเฉพาะตัวของธุรกิจประเภทนี้ซึ่งอาจไม่เหมาะสมที่จะขยายขนาดตัวอย่างกับการประกันภัยประเภทดังกล่าว

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ไพรวุฒิ อชินีทองคำ. 2553. ค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ของบอร์นฮูตเทอร์เฟอร์กูชัน โดยใช้วิธีบูตสเตรป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มานพ วรภักดี. 2550. การจำลอง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: วี. พรินท์ (1991).
- วิภาวรรณ จันทร์คำ. 2550. ตัวแบบ Bayesian Generalized Linear สำหรับ Chain Ladder ในการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน. โครงการพิเศษปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Chib, S., and Greenberg, E. 1996. Markov Chain Monte Carlo Simulation Methods in Econometrics. Econometric Theory 12(3): 409-431.
- Clark, D.R. 2003. LDF Curve Fitting and Stochastic Loss Reserving: A Maximum Likelihood Approach. Casualty Actuarial Society Forum (Fall): 41-91.
- De Alba, E. 2002. Bayesian estimation of outstanding claims reserves. North American Actuarial Journal 6, 1-20.
- De Jong, P. 2006. Forecasting runoff triangles. North American Actuarial Journal 10: 28-38.
- England, P.D., and Verrall, R.J. 2002. Stochastic Claims Reserving in General Insurance. British Actuarial Journal 8(3): 443-518.
- Guszocza, J. 2008. Hierarchical Growth Curve Models for Loss Reserving. Casualty Actuarial Society Forum (Fall): 146-173.
- Hassett, M.J., and Stewart, D.G. 2006. Probability for Risk Management. 2nd edition. Winsted, Connecticut: ACTEX Publication, Inc.
- Hertig, J. 1985. A Statistical Approach to IBNR-Reserves in Marine Reinsurance. ASTIN

Bulletin 15(2): 171-183.

Mack, T. 1993. Distribution-Free Calculation of the Standard Error of Chain Ladder Reserve Estimates. ASTIN Bulletin 23(2): 213-225.

Ntzoufras, I., and Dellaportas, P. 2002. Bayesian modelling of outstanding liabilities incorporating claim count uncertainty. North American Actuarial Journal 6, 113-128.

Scollnik, D.P. M. 2001. Actuarial modelling with MCMC and BUGS. North American Actuarial Journal 5, 96-124.

Wüthrich, M.V., and Merz, M. 2008. Stochastic Claims Reserving Methods in Insurance. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อนุพันธ์ของล็อกฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น

(derivatives of the log-likelihood function)

ล็อกฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นสำหรับโอเวอร์ดิสเพอร์สปีชเป็นสัดส่วนกับ

$$\ell = \sum_{i,j} X_{i,j} \cdot \ln(\mu_{i,j}) - \mu_{i,j}$$

เมื่อ

$$\mu_{i,j} = ELR \cdot Prem_i \cdot [G(j) - G(j-1)]$$

ดังนั้น

$$\ell = \sum_{i,j} (X_{i,j} \cdot \ln(ELR \cdot Prem_i \cdot [G(j) - G(j-1)]) - ELR \cdot Prem_i \cdot [G(j) - G(j-1)])$$

เหมือนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ส่วนที่ 2.1.2.2 ของงานวิจัยนี้ อนุพันธ์ต่างๆ ด้านล่างนี้คือ อนุพันธ์ในอินฟอर्मชันเมตริกที่ใช้ในการคำนวณแปรปรวนของตัวประมาณพารามิเตอร์ (parameter estimator variance)

อนุพันธ์อันดับ 2 ของตัวแบบเคบคอด:

$$\frac{\partial^2 \ell}{\partial ELR^2} = \sum_{i,j} \frac{-X_{i,j}}{ELR^2} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{I-i+1} -X_{i,j}}{ELR^2} = \frac{\sum_{i=1}^I -C_{i,I-i+1}}{ELR^2}$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial \omega} = \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{-X_{i,j}}{G(j) - G(j-1)} - ELR \cdot P_i \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] \right\}$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial \theta} = \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{-X_{i,j}}{G(j) - G(j-1)} - ELR \cdot P_i \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] \right\}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \ell}{\partial ELR \partial \omega} &= - \sum_{i,j} P_i \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] = - \sum_{i=1}^I P_i \cdot \sum_{j=1}^{I-i+1} \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] \\ &= - \sum_{i=1}^I P_i \cdot \frac{\partial G(I-i+1)}{\partial \omega} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 l}{\partial ELR \partial \theta} &= - \sum_{i,j} P_i \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] = - \sum_{i=1}^I P_i \cdot \sum_{j=1}^{I-i+1} \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] \\ &= - \sum_{i=1}^I P_i \cdot \frac{\partial G(I-i+1)}{\partial \theta}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 l}{\partial \omega^2} &= \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{-X_{i,j}}{[G(j) - G(j-1)]^2} \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right]^2 + \left[\frac{X_{i,j}}{G(j) - G(j-1)} - ELR \cdot P_i \right] \right. \\ &\quad \left. \cdot \left[\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \omega^2} - \frac{\partial^2 G(j-1)}{\partial \omega^2} \right] \right\}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 l}{\partial \theta^2} &= \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{-X_{i,j}}{[G(j) - G(j-1)]^2} \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right]^2 + \left[\frac{X_{i,j}}{G(j) - G(j-1)} - ELR \cdot P_i \right] \right. \\ &\quad \left. \cdot \left[\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \theta^2} - \frac{\partial^2 G(j-1)}{\partial \theta^2} \right] \right\}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 l}{\partial \omega \partial \theta} &= \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{-X_{i,j}}{[G(j) - G(j-1)]^2} \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] \right. \\ &\quad \left. + \left[\frac{X_{i,j}}{G(j) - G(j-1)} - ELR \cdot P_i \right] \cdot \left[\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \omega \partial \theta} - \frac{\partial^2 G(j-1)}{\partial \omega \partial \theta} \right] \right\}\end{aligned}$$

$$\frac{\partial R}{\partial ELR} = \sum_{i=1}^I Prem_i \cdot [G(j) - G(I-i+1)]$$

$$\frac{\partial R}{\partial \omega} = \sum_{i=1}^I Prem_i \cdot ELR \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(I-i+1)}{\partial \omega} \right]$$

$$\frac{\partial R}{\partial \theta} = \sum_{i=1}^I Prem_i \cdot ELR \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(I-i+1)}{\partial \theta} \right]$$

การหาค่าพารามิเตอร์ (Solving Parameters)

$$\frac{\partial l}{\partial ELR} = \sum_{i,j} \left[\frac{X_{i,j}}{ELR} - P_i \cdot [G(j) - G(j-1)] \right] = 0$$

$$\begin{aligned} ELR &= \sum_{i,j} \frac{X_{i,j}}{P_i \cdot [G(j) - G(j-1)]} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j}}{\sum_{i=1}^I P_i \cdot \sum_{j=1}^{I-i+1} [G(j) - G(j-1)]} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^I C_{i,I-i+1}}{\sum_{i=1}^I P_i \cdot G(I-i+1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial l}{\partial \omega} &= \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{X_{i,j}}{[G(j) - G(j-1)]} - ELR \cdot P_i \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] \right\} \\ &= \sum_{i,j} \left[X_{i,j} \cdot \frac{\left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right]}{[G(j) - G(j-1)]} \right] - \sum_{i,j} ELR \cdot P_i \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j} \cdot \frac{\left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right]}{[G(j) - G(j-1)]} - ELR \cdot \sum_{i=1}^I P_i \cdot \sum_{j=1}^{I-i+1} \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right] \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j} \cdot \frac{\left[\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \omega} \right]}{[G(j) - G(j-1)]} - \left(\frac{\sum_{i=1}^I C_{i,I-i+1}}{\sum_{i=1}^I P_i \cdot G(I-i+1)} \right) \cdot \sum_{i=1}^I P_i \cdot \frac{\partial G(I-i+1)}{\partial \omega} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial l}{\partial \theta} &= \sum_{i,j} \left\{ \left[\frac{X_{i,j}}{[G(j) - G(j-1)]} - ELR \cdot P_i \right] \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] \right\} \\ &= \sum_{i,j} \left[X_{i,j} \cdot \frac{\left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right]}{[G(j) - G(j-1)]} \right] - \sum_{i,j} ELR \cdot P_i \cdot \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j} \cdot \frac{\left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right]}{[G(j) - G(j-1)]} - ELR \cdot \sum_{i=1}^I P_i \cdot \sum_{j=1}^{I-i+1} \left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right] \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{I-i+1} X_{i,j} \cdot \frac{\left[\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} - \frac{\partial G(j-1)}{\partial \theta} \right]}{[G(j) - G(j-1)]} - \left(\frac{\sum_{i=1}^I C_{i,I-i+1}}{\sum_{i=1}^I P_i \cdot G(I-i+1)} \right) \cdot \sum_{i=1}^I P_i \cdot \frac{\partial G(I-i+1)}{\partial \theta} \end{aligned}$$

การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมไวบูล

$$G(j) = F(j) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right]$$

$$\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} = \exp\left[-\left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right] \cdot \left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega \cdot \ln\left(\frac{j}{\theta}\right)$$

$$\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} = \exp\left[-\left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right] \cdot \left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega \cdot \left(\frac{-\omega}{\theta}\right)$$

$$\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \omega^2} = \exp\left[-\left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right] \cdot \left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega \cdot \ln\left(\frac{j}{\theta}\right)^2 \cdot \left[1 - \left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right]$$

$$\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \omega \partial \theta} = \exp\left[-\left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right] \cdot \left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega \cdot \left(\frac{-1}{\theta}\right) \cdot \left\{1 + \omega \cdot \ln\left(\frac{j}{\theta}\right) \cdot \left[1 - \left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right]\right\}$$

$$\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \theta^2} = \exp\left[-\left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right] \cdot \left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega \cdot \left(\frac{\omega}{\theta^2}\right) \cdot \left\{1 + \omega \cdot \left[1 - \left(\frac{j}{\theta}\right)^\omega\right]\right\}$$

การปรับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาด้วยฟังก์ชันสะสมล็อกโลจิสติก

$$G(j) = \frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}$$

$$\frac{\partial G(j)}{\partial \omega} = \left(\frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \left(\frac{\theta^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \ln\left(\frac{j}{\theta}\right)$$

$$\frac{\partial G(j)}{\partial \theta} = \left(\frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \left(\frac{\theta^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \left(\frac{-\omega}{\theta}\right)$$

$$\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \omega^2} = \left(\frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \left(\frac{\theta^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \ln\left(\frac{j}{\theta}\right)^2 \cdot \left[1 - 2\left(\frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right)\right]$$

$$\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \omega \partial \theta} = \left(\frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \left(\frac{\theta^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \left(\frac{-1}{\theta}\right) \cdot \left\{1 + \omega \cdot \ln\left(\frac{j}{\theta}\right) \cdot \left[1 - 2\left(\frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right)\right]\right\}$$

$$\frac{\partial^2 G(j)}{\partial \theta^2} = \left(\frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \left(\frac{\theta^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right) \cdot \left(\frac{\omega}{\theta^2}\right) \cdot \left\{1 + \omega \cdot \left[1 - 2\left(\frac{j^\omega}{j^\omega + \theta^\omega}\right)\right]\right\}$$

ภาคผนวก ข

ตัวคูณค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาในสถานการณ์ต่างๆ

(loglink ratio multipliers in each scenario)

ในการสร้างสถานการณ์ที่เส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (loss development factor: LDF curve) มีลักษณะต่างๆ คือ

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| ก.เส้นตรง (straight line) | ข.เส้นโค้งหงาย (convex) |
| ค.เส้นโค้งคว่ำ (concave) | ง.เส้นโค้งรูปตัว S (S-curve) |
| จ.เส้นซิกแซก (zigzag line) | |

ผู้วิจัยได้ปรับค่าพารามิเตอร์ (adjust parameters) ของค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาในแต่ละคอลัมน์ด้วยการคูณด้วย “ตัวคูณค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา” ซึ่งจะทำให้จากเดิมเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนา (LDF curve) ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง กลายเป็นเส้นโค้งหงาย เส้นโค้งคว่ำ เส้นโค้งรูปตัว S และเส้นซิกแซก โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ

เนื่องจากข้อมูลการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงอยู่แล้ว (ตัวคูณค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา = 1 ทุกคอลัมน์) ผู้วิจัยจึงแสดงตัวคูณค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะ 4 แบบที่เหลือเท่านั้น

1.1. การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 5 ปี

เส้นโค้งหงาย	0.35	1.2	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	1.76350	1.07843	0.61869	0.30619
เส้นโค้งรูปตัว S	3.02446	2.04812	1.11148	0.37751
เส้นซิกแซก	1	2	0.2	2

1.2. การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 7 ปี

เส้นโค้งหงาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	1.82779	1.22585	0.81333	0.49403	0.28149	0.14625
เส้นโค้งรูปตัว S	3.09889	2.38270	1.76094	1.09303	0.54167	0.19110
เส้นซิกแซก	0.75	1.9	0.5	1.5	0.4	1.3

1.3. การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 9 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.6	2.8	4
เส้นโค้งคว่ำ	1.90016	1.40413	1.07980	0.80443	0.59731	0.42973	0.29503	0.19171
เส้นโค้งรูปตัว S	3.12968	2.53072	2.10129	1.62115	1.15652	0.71174	0.35546	0.13690
เส้นซิกแซก	0.9	2	0.7	1.7	0.5	1.4	0.3	1.1

2. การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ

เนื่องจากข้อมูลการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนามีลักษณะเป็นเส้นตรงอยู่แล้ว (ตัวคูณค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา = 1 ทุกคอลัมน์) ผู้วิจัยจึงแสดงตัวคูณค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะ 4 แบบที่เหลือเท่านั้น

2.1. การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 5 ปี

เส้นโค้งหาย	0.35	1.2	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	1.70032	1.05462	0.60934	0.29955
เส้นโค้งรูปตัว S	2.91611	2.00291	1.09470	0.36933
เส้นซิกแซก	1	2	0.2	2

2.2. การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 7 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	1.63538	1.11406	0.76125	0.48189	0.29493	0.17014
เส้นโค้งรูปตัว S	2.98787	2.33010	1.73434	1.06934	0.52640	0.18447
เส้นซิกแซก	0.75	1.9	0.5	1.5	0.4	1.3

2.3. การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 9 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.6	2.8	4
เส้นโค้งคว่ำ	1.83209	1.37313	1.06349	0.78699	0.58046	0.41482	0.28290	0.18260
เส้นโค้งรูปตัว S	3.01756	2.47485	2.06955	1.58601	1.12390	0.68705	0.34084	0.13039
เส้นซิกแซก	0.9	2	0.7	1.7	0.5	1.4	0.3	1.1

3. การประกันอัคคีภัย

เนื่องจากข้อมูลการประกันอัคคีภัยเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนามีลักษณะเป็นเส้นตรงอยู่แล้ว (ตัวคูณค่าลือกปัจจัยความเสียหายพัฒนา = 1 ทุกคอลัมน์) ผู้วิจัยจึงแสดงตัวคูณค่าลือกปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะ 4 แบบที่เหลือเท่านั้น

3.1. การประกันอัคคีภัยเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 5 ปี

เส้นโค้งหาย	0.35	1.2	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	1.65187	1.06729	0.61288	0.30244
เส้นโค้งรูปตัว S	2.83302	2.02698	1.10106	0.37289
เส้นซิกแซก	1	2	0.2	2

3.2. การประกันอัคคีภัยเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 7 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	1.71210	1.21320	0.80570	0.48798	0.27724	0.14363
เส้นโค้งรูปตัว S	2.90275	2.35810	1.74442	1.07965	0.53350	0.18767
เส้นซิกแซก	0.75	1.9	0.5	1.5	0.4	1.3

3.3. การประกันอัคคีภัยเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 9 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.6	2.8	4
เส้นโค้งคว่ำ	1.77989	1.38963	1.06967	0.79458	0.58829	0.42202	0.28890	0.18718
เส้นโค้งรูปตัว S	2.93158	2.50459	2.08157	1.60129	1.13906	0.69897	0.34807	0.13367
เส้นซิกแซก	0.9	2	0.7	1.7	0.5	1.4	0.3	1.1

4. การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

เนื่องจากข้อมูลการประกันภัยทางทะเลและขนส่งเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนามีลักษณะเป็นเส้นตรงอยู่แล้ว (ตัวคูณค่าลือกปัจจัยความเสียหายพัฒนา = 1 ทุกคอลัมน์) ผู้วิจัยจึงแสดงตัวคูณค่าลือกปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะ 4 แบบที่เหลือเท่านั้น

4.1. การประกันภัยทางทะเลและขนส่งเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 5 ปี

เส้นโค้งหาย	0.35	1.2	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	0.96169	0.91237	0.56040	0.29415
เส้นโค้งรูปตัว S	1.98133	2.19228	1.06660	0.21939
เส้นซิกแซก	1	2	0.2	2

4.2. การประกันภัยทางทะเลและขนส่งเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 7 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	0.84093	0.91249	0.63524	0.40349	0.25419	0.15509
เส้นโค้งรูปตัว S	1.66492	2.06344	1.53012	0.90487	0.42723	0.14360
เส้นซิกแซก	0.75	1.9	0.5	1.5	0.4	1.3

4.3. การประกันภัยทางทะเลและขนส่งเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 9 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.6	2.8	4
เส้นโค้งคว่ำ	0.94897	1.12626	0.87505	0.63317	0.46334	0.33404	0.23403	0.15818
เส้นโค้งรูปตัว S	2.03077	2.69360	2.26732	1.62670	0.99980	0.46170	0.13973	0.02451
เส้นซิกแซก	0.9	2	0.7	1.7	0.5	1.4	0.3	1.1

5. การประกันภัยเบ็ดเตล็ด

เนื่องจากข้อมูลการประกันภัยเบ็ดเตล็ดเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนามีลักษณะเป็นเส้นตรงอยู่แล้ว (ตัวคูณค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนา = 1 ทุกคอลัมน์) ผู้วิจัยจึงแสดงตัวคูณค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะ 4 แบบที่เหลือเท่านั้น

5.1. การประกันภัยเบ็ดเตล็ดเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 5 ปี

เส้นโค้งหาย	0.35	1.2	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	0.67856	0.65024	0.39760	0.22086
เส้นโค้งรูปตัว S	1.98133	2.19228	1.06660	0.21939
เส้นซิกแซก	1	2	0.2	2

5.2. การประกันภัยเบ็ดเตล็ดเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 7 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	0.98200	1.06160	0.70672	0.40898	0.22202	0.10990
เส้นโค้งรูปตัว S	1.66492	2.06344	1.53012	0.90487	0.42723	0.14360
เส้นซิกแซก	0.75	1.9	0.5	1.5	0.4	1.3

5.3. การประกันภัยเบ็ดเตล็ดเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 9 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.6	2.8	4
เส้นโค้งคว่ำ	0.94897	1.12626	0.87505	0.63317	0.46334	0.33404	0.23403	0.15818
เส้นโค้งรูปตัว S	2.03077	2.69360	2.26732	1.62670	0.99980	0.46170	0.13973	0.02451
เส้นซิกแซก	0.9	2	0.7	1.7	0.5	1.4	0.3	1.1

6. การประกันสุขภาพ

เนื่องจากข้อมูลการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนามีลักษณะเป็นเส้นตรงอยู่แล้ว (ตัวคูณค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนา = 1 ทุกคอลัมน์) ผู้วิจัยจึงแสดงตัวคูณค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนาเฉพาะ 4 แบบที่เหลือเท่านั้น

6.1. การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 5 ปี

เส้นโค้งหาย	0.35	1.2	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	1.62	0.97	0.49	0.20
เส้นโค้งรูปตัว S	1.98133	2.19228	1.06660	0.21939
เส้นซิกแซ็ก	1	2	0.2	2

6.2. การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 7 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.5
เส้นโค้งคว่ำ	0.84093	0.91249	0.63524	0.40349	0.25419	0.15509
เส้นโค้งรูปตัว S	1.66492	2.06344	1.53012	0.90487	0.42723	0.14360
เส้นซิกแซ็ก	0.75	1.9	0.5	1.5	0.4	1.3

6.3. การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจเมื่อขนาดของข้อมูลคือ 9 ปี

เส้นโค้งหาย	0.3	0.6	0.9	1.3	1.8	2.6	2.8	4
เส้นโค้งคว่ำ	0.94897	1.12626	0.87505	0.63317	0.46334	0.33404	0.23403	0.15818
เส้นโค้งรูปตัว S	2.03077	2.69360	2.26732	1.62670	0.99980	0.46170	0.13973	0.02451
เส้นซิกแซ็ก	0.9	2	0.7	1.7	0.5	1.4	0.3	1.1

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบจำนวนการทำซ้ำการจำลอง (number of loops test)

ผลการทดสอบจำนวนการทำซ้ำการจำลอง พบว่าจำนวนการทำซ้ำตั้งแต่ 2,000 ครั้งขึ้นไปมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยในการทดสอบนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการประกันภัยเบ็ดเตล็ด เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรองสูงที่สุด และการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของเงินสำรองสูงรองลงมา

1. การประกันภัยเบ็ดเตล็ด เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ข้อมูลมีขนาด 5 ปี และเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งคว่ำ

จำนวนการทำซ้ำ	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมไวบูล		
	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
5,000	2,433,261,765	7,326,429,733	301%	4,489,927,724	19,060,182,658	425%	3,892,008,039	21,668,402,934	557%
4,000	2,374,253,525	6,422,231,924	270%	4,306,876,232	16,291,916,391	378%	3,733,722,868	22,227,456,207	595%
3,000	2,432,432,258	6,964,167,304	286%	4,384,642,683	17,538,202,821	400%	3,809,115,699	25,227,309,253	662%
2,000	2,501,799,307	8,072,165,089	323%	4,501,198,523	20,395,048,476	453%	3,923,239,254	30,542,823,636	779%
1,000	2,558,175,499	10,338,169,953	404%	4,678,336,021	26,662,361,509	570%	4,074,586,911	29,841,627,579	732%

2. การประกันภัยเบ็ดเตล็ด เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบไวบูล

ข้อมูลมีขนาด 9 ปี และเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง

จำนวนการทำซ้ำ	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมไวบูล		
	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
5,000	18,956,078,848	13,592,937,035	72%	12,387,665,003	18,667,136,642	151%	10,750,304,175	13,795,796,251	128%
4,000	16,138,541,658	10,640,619,689	66%	13,221,962,808	15,656,897,209	118%	11,303,860,347	11,583,583,165	102%
3,000	19,225,261,433	12,616,669,394	66%	11,917,282,528	16,297,661,503	137%	10,415,639,924	12,232,019,205	117%
2,000	19,380,934,868	16,189,944,456	84%	12,720,324,933	20,430,359,340	161%	11,002,226,026	10,494,867,471	95%
1,000	19,016,084,679	9,672,974,250	51%	11,530,806,558	10,715,781,828	93%	10,044,630,317	8,068,257,884	80%

3. การประกันภัยเบ็ดเตล็ด เมื่อค่าล็อกปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ข้อมูลมีขนาด 7 ปี และเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีลักษณะเป็นเส้นซิกแซ็ก

จำนวนการทำซ้ำ	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมล็อกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมไวบูล		
	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
5,000	2,727,359,657	759,046,063	28%	3,380,639,597	2,584,283,260	76%	2,302,974,305	922,089,700	40%
4,000	2,769,876,875	754,652,740	27%	3,365,008,776	2,498,826,701	74%	2,298,751,158	895,012,106	39%
3,000	2,787,947,665	766,868,221	28%	3,395,392,331	2,541,032,022	75%	2,320,132,740	914,266,319	39%
2,000	2,766,727,463	784,638,439	28%	3,405,158,701	2,615,851,929	77%	2,334,247,125	938,394,175	40%
1,000	2,742,264,342	702,260,083	26%	3,348,434,706	2,406,306,152	72%	2,282,861,365	853,747,224	37%

4. การประกันภัยเบ็ดเตล็ด เมื่อค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ข้อมูลมีขนาด 5 ปี และเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูปตัว S

จำนวน การทำซ้ำ	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมลือกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมไวบูล		
	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
5,000	24,474,893,358	60,181,927,302	246%	53,271,633,662	154,402,728,396	290%	43,765,641,707	97,360,819,106	222%
4,000	24,878,018,349	60,142,687,595	242%	52,325,369,725	156,339,963,834	299%	43,115,754,513	101,421,889,626	235%
3,000	24,862,676,791	71,299,489,705	287%	52,503,649,520	184,677,306,531	352%	43,273,125,615	128,087,919,491	296%
2,000	26,665,333,289	75,839,591,252	284%	54,414,474,543	172,348,057,654	317%	45,246,016,628	113,753,304,943	251%
1,000	25,077,397,875	62,365,458,778	249%	50,389,738,264	139,198,633,979	276%	41,537,921,414	87,107,517,518	210%

5. การประกันภัยเบ็ดเตล็ด เมื่อค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ข้อมูลมีขนาด 9 ปี และเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งหงาย

จำนวน การทำซ้ำ	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมลือกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมไวบูล		
	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
5,000	8,654,517,017	543,339,958	6%	4,798,775,418	1,023,129,237	21%	2,940,377,977	751,256,295	26%
4,000	8,635,775,160	539,828,109	6%	4,802,055,186	1,026,386,122	21%	2,943,121,879	754,279,267	26%
3,000	8,670,966,172	545,732,774	6%	4,803,032,975	1,027,151,168	21%	2,941,237,377	754,522,463	26%
2,000	8,603,833,384	534,955,631	6%	4,810,893,669	1,028,521,110	21%	2,952,077,600	756,957,059	26%
1,000	8,688,856,704	541,972,610	6%	4,810,298,419	1,026,211,469	21%	2,947,195,970	753,107,145	26%

6. การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง เมื่อค่าล๊อคปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีการแจกแจง

แบบโลจิสติกข้อมูลมีขนาด 5 ปี และเส้นโค้งปัจจัยความเสียหายพัฒนาที่มีลักษณะเป็น

เส้นตรง

จำนวน การทำซ้ำ	บันไดลูกโซ่			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมลือกโลจิสติก			การปรับเส้นโค้งด้วยฟังก์ชันสมไวบูล		
	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]	E[R]	SD[R]	CV[R]
5,000	244,663,668	64,671,868	26%	246,008,452	132,199,017	54%	233,435,495	81,741,684	35%
4,000	244,374,633	64,466,554	26%	245,067,698	131,849,959	54%	232,335,616	81,018,147	35%
3,000	242,586,367	64,776,924	27%	244,049,114	130,586,126	54%	231,425,159	80,215,610	35%
2,000	248,477,671	71,392,456	29%	247,388,408	134,994,582	55%	234,709,339	84,242,366	36%
1,000	244,659,799	67,922,865	28%	245,049,789	134,696,474	55%	231,108,062	82,579,931	36%

ภาคผนวก ง

คำสั่งแมโครที่ใช้ในงานวิจัย

Sub Macro1()

' Macro1

Range("A3:J10003").ClearContents

Loops = Worksheets("Macro").Range("M1").Value

For i = 1 To Loops

Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 1) = i

'copy simulated triangle

Sheets("Sim_Normal").Select

Range("J2:N6").Select

Selection.Copy

'paste special value of the simulated triangle

Sheets("Sim_Normal").Select

Range("C13:G17").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, _

Operation:=xlNone, SkipBlanks:=False, Transpose:=False

Sheets("Sim_Normal").Select

Range("S17:W21").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, _

Operation:=xlNone, SkipBlanks:=False, Transpose:=False

Sheets("Sim_Normal").Select

Range("AT17:AX21").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, _

Operation:=xlNone, SkipBlanks:=False, Transpose:=False

'set initial value as Omega=1.1 and Theta=22 (ค่าเริ่มต้นดังกล่าวผู้วิจัยไม่ได้กำหนดตายตัว ให้ Omega=1.1 and Theta=22 ทุกสถานการณ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลและสถานการณ์ความเหมาะสม เพื่อให้ใกล้เคียงค่าสุดท้ายมากที่สุด)

Worksheets("Sim_Normal").Range("X13") = 1.1

Worksheets("Sim_Normal").Range("Y13") = 22

Worksheets("Sim_Normal").Range("AY13") = 1.1

Worksheets("Sim_Normal").Range("AZ13") = 22

'maximize log-likelihood function (ใช้ Solver ในการหาค่าสูงสุดของล็อกฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น)

Sheets("Sim_Normal").Select

SolverReset

SolverOptions MaxTime:=100, Iterations:=3000, Precision:=0.000001,

AssumeLinear _

:=False, StepThru:=False, Estimates:=1, Derivatives:=1, SearchOption:=1, _

```

    IntTolerance:=5, Scaling:=False, Convergence:=0.0001,
AssumeNonNeg:=False
    SolverOk SetCell:="$AN$19", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0",
ByChange:="$X$13:$Y$13"
    SolverSolve userfinish:=True

SolverReset
    SolverOptions MaxTime:=100, Iterations:=3000, Precision:=0.000001,
AssumeLinear _
    :=False, StepThru:=False, Estimates:=1, Derivatives:=1, SearchOption:=1, _
    IntTolerance:=5, Scaling:=False, Convergence:=0.0001,
AssumeNonNeg:=False
    SolverOk SetCell:="$BO$19", MaxMinVal:=1, ValueOf:="0", ByChange:= _
    "$AY$13:$AZ$13"
    SolverSolve userfinish:=True

```

'store CHAIN-LADDER outputs

```

Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 2) =
Worksheets("Sim_Normal").Range("E52").Value
    Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 3) =
Worksheets("Sim_Normal").Range("L52").Value
    Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 4) =
Worksheets("Sim_Normal").Range("M52").Value

```

'store LOGLOGISTIC Curve Fitting outputs

```
Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 5) =  
Worksheets("Sim_Normal").Range("Z41").Value  
Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 6) =  
Worksheets("Sim_Normal").Range("AN41").Value  
Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 7) =  
Worksheets("Sim_Normal").Range("AO41").Value
```

'store WEIBULL Curve Fitting outputs

```
Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 8) =  
Worksheets("Sim_Normal").Range("BA41").Value  
Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 9) =  
Worksheets("Sim_Normal").Range("BO41").Value  
Worksheets("Macro").Cells(i + 2, 10) =  
Worksheets("Sim_Normal").Range("BP41").Value
```

Next i

End Sub

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณัฐพงษ์ ปู่ทอง เกิดเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2531 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จ การศึกษาปริญญาเศรษฐศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การเงิน ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชา สถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553 การติดต่อ Email: oak-n.puthong@hotmail.com