การเปรียบเทียบการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนระหว่างวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนกับวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้วิธีการคำนวณบันไดลูกโซ่

นายกัมพล ประสาทมงคล

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.

Comparison of Claim Reserve between Bayesian Bootstrap and Classical Bootstrap Under Chain Ladder Method

Mister Kumpon Prasartmongkol

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	การเปรียบเทียบการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนระหว่างวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนกับวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้วิธีการคำนวณบันไดลูกโซ่
โดย	นายกัมพล ประสาทมงคล
สาขาวิชา	การประกันภัย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สุวาณี ศุรเสียงสังข์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวาณี สุรเสียงสังข์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เสาวรส ใหญ่สว่าง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ)

กัมพล ประสาทมงคล: การเปรียบเทียบการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนระหว่างวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนกับวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้วิธีการคำนวณบันไดลูกโซ่. (Comparison of Claim Reserve between Bayesian Bootstrap and Classical Bootstrap Under Chain Ladder Method) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.สุวาณี สุรเสียงสังข์,

ในปัจจุบันวิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของรูปแบบการประกันภัยและสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งหนึ่งในวิธีที่นิยมใช้กันมากคือวิธีบันไดลูกโซ่ และเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการคำนวณมากยิ่งขึ้นจึงได้มีการคิดวิธีการใหม่เพื่อให้นำไปใช้ให้เหมาะสมกับรูปแบบการประกันภัยและสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกัน

งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน โดยการนำวิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและบูทแสตรปแบบเบย์เซียนภายใต้การคำนวณด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ และเพื่อให้ครอบคลุมในรูปแบบของการประกันภัยและสถานการณ์ที่แตกต่าง ได้มีการจำลองข้อมูลโดยการใช้วิธีการมอลติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ และเปรียบเทียบว่าวิธีการใดมีความเหมาะสมกับการประกันรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง การประกันเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันภัยสุขภาพ) และการประกันสุขภาพ ในสถานการณ์ที่มีความแตกต่างมากกว่ากัน ซึ่งผลของการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเมื่อข้อมูลเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนมีปีพัฒนาน้อยวิธีและมีการเลือกรูปแบบการแจกแจงที่มีความเหมาะ วิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนแบบบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้วิธีการบันไดลูกโซ่จะมีประสิทธิมากกว่าวิธีบันไดลูกโซ่

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา การประกันภัย ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2555

5381756826: MAJOR INSURANCE

KEYWORDS **:** Chain-Ladder, Bootstrap, Bayesian, Markov Chain Monte Carlo

KUMPON PRASARTMONGKOL: COMPARISON OF CLAIM RESERV BETWEEN BAYESIAN BOOSTRAP AND CLASSICAL BOOTSTRAP UNDER CHAIN LADDER METHOD. ASSOC. PROF. SUWANEE SURASIENGSUNG, PhD.,

At present, there are a number of methods for calculating claim reserve, depending on suitability of the forms of casualty insurance and situations that are different in each case. Chain-Ladder is viewed as one of the most favored methods, and in order to allow better accuracy in the calculation, new methods have been developed to be suitable for different forms of casualty insurance and situations.

This research proposes the method for calculating claim reserve by employing the Classical Bootstrap method between Bayesian Bootstrap under the calculation method of Chain-Ladder. In order to cover each of the forms of casualty insurance and situations that are different, it is appropriate to run the data simulation by using the Markov Chain Monte Carlo method. In this regard, each of the results derived from such process was compared with one another in order to assess and determine which calculation method(s) would be more suitable for casualty insurance in consideration of different situations. The results revealed that large sample size and appropriateness of distribution the Bayesian Bootstrap method yields greater efficiency for this purpose than the Classical Bootstrap method.

Department: Statistic Student's Signature…….

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

Academic Year: 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุวาณี สุรเสียงสังข์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาช่วยเหลือแนะนำให้ข้อคิดเห็น ตลอดจนแก้ไขข้อพกพร่องต่างๆ แก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอดการทำวิทยานิพนณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์ รองศาสตราจารย์ เสาวรส ใหญ่สว่าง และอาจารย์ ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่มีคุณค่า และกราบของพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรพล เมฆอธิคม รวมถึงคุณครู-อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ที่เป็นประโยชน์ให้แก่ผู้วิจัยตั้งแต่การศึกษาขั้นต้นจนถึงปัจจุบัน

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้เกี่ยวของทุกๆ ท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการทำวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 บริบทของปัญหา..... 1

1.3 วัตถุประสงค์..... 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.7 วิธีดำเนินงานวิจัย (โดยย่อ)..... 3

1.8 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย..... 3

บทที่ 2 ตัวแบบและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

หน้า

2.1 ตัวแบบและทฤษฎี..... 5

2.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเงินสำรอง..... 5

2.1.2 ทฤษฎีของเบย์..... 8

2.1.3 วิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนแบบบันไดลูกโซ่..... 10

2.1.4 การประมาณปัจจัยพัฒนาและค่าความแปรปรวนในตัวแบบแบบบันไดลูกโซ่ที่เป็นแบบไม่มีการการแจกแจง..... 12

2.1.5 ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย..... 12

2.1.6 การทำนายค่าโดยวิธีบูทแสตรป..... 16

2.1.7 ร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย..... 19

2.1.8 เทคนิควิธีการมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ..... 19

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 20

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 23

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา..... 23

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 29

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 34

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 47

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 47

5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 50

หน้า

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 52

รายการอ้างอิง..... 53

ภาคผนวก..... 56

ภาคผนวก ก..... 56

ภาคผนวก ข..... 97

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 103

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการนำข้อมูลจากสามเหลี่ยมพัฒนาการมาใช้ในการคำนวณด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ 10

3.1 ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้สุทธิของแต่ละปีอุบัติเหตุ และประเภทของการประกันภัย..... 23

3.2 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ..... 23

3.3 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ..... 23

3.4 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันอัคคีภัย 24

3.5 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง..... 24

3.6 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ)..... 24

3.7 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยสุขภาพ..... 25

3.8 แสดงการค่าเศษเหลือระหว่างเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนจริงกับเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่ได้จากตัวแบบการจำลองข้อมูล..... 30

3.9 แสดงวิธีการคำนวณหาค่าอัตราส่วนเชื่อมโยงจากข้อมูลเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน 32

ตารางที่ หน้า

4.1 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ..... 35

4.1 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ..... 36

4.2 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ขอค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ..... 37

4.2 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ขอค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ..... 38

ตารางที่ หน้า

4.3 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันอัคคีภัย..... 39

4.3 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันอัคคีภัย..... 40

4.4 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง..... 41

4.4 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง..... 42

ตารางที่ หน้า

4.5 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ)..... 43

4.5 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ)..... 44

4.6 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันสุขภาพ..... 45

4.6 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันสุขภาพ..... 46

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3.1 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ..... 25

3.2 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ..... 26

3.3 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันอัคคีภัย..... 26

3.4 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง..... 27

3.5 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด
(ไม่รวมการประกันสุขภาพ)..... 28

3.6 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันสุขภาพ..... 28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในธุรกิจประกันภัยเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน (Claim Reserve) เป็นสิ่งที่มีผลต่อการดำเนินการของบริษัทอย่างมาก การคำนวณหาเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนมีหลากหลายวิธี เช่น วิธีบันไดลูกโซ่ (Chain-Ladder Method) วิธีบอร์นฮูตเตอร์ เฟอร์กูซัน (Bornhuetter-Ferguson Method) เป็นต้น ที่ผ่านมาได้มีการคิดและพัฒนาวิธีคำนวณรูปแบบต่างๆอย่างมาก ทั้งนี้เพราะวิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนแต่ละวิธีนั้นมีความเหมาะสมกับสถานการณ์และประเภทของการประกันภัย (Line of Business) ที่แตกต่าง เทคนิคทางสถิติหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับวิธีการคำนวณเงินสำรองดั้งเดิมเพื่อพัฒนาให้เกิดความเหมาะสมมากขึ้นคือวิธีบูทแสตรป (Bootstrap)

ในปี ค.ศ.2010 Peters, G. ,Wuthrich, M., และ Shevchenko,P ได้เสนอวิธีการคำนวณเงินสำรองในรูปแบบบูทแสตรปแบบเบย์เซียน (Bayesian Bootstrap) ภายใต้การคำนวณแบบบันไดลูกโซ่ ซึ่งได้นำมาเปรียบเทียบกับวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิม (Classical Bootstrap) แต่ยังไม่ได้มีการสรุปว่าวิธีใดเหมาะสมกับสถานการณ์และประเภทของการประกันภัยในรูปแบบใด

1.2 บริบทของปัญหา

ในการคำนวณหาเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนมีอยู่หลายวิธีซึ่งขึ้นอยู่กับสถานการณ์และประเภทของการประกันภัย ดังนั้นการที่จะเลือกวิธีใดมาประมาณค่าความเสียหายทั้งหมด (Ultimate Loss) นั้นจึงมีความสำคัญอย่างมาก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนในรูปแบบบูทแสตรปแบบเบย์เซียนเปรียบเทียบกับบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้การคำนวณในรูปแบบบันไดลูกโซ่ โดยใช้วิธีร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย เพื่อหาสถานการณ์และประเภทของการประกันภัยที่เหมาะสมกับวิธีการคำนวณเงินสำรองทั้ง 2 วิธี

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบค่าประมาณเงินสำรองสินไหมทดแทนโดยใช้วิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนกับบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้การคำนวณแบบบันไดลูกโซ่ ภายใต้สถานการณ์และประเภทของการประกันภัยที่ต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากบริษัทแห่งหนึ่งในประเทศไทยโดยมีข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัย 6 ประเภทคือ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันภัยสุขภาพ) และประกันภัยสุขภาพของปีอุบัติเหตุที่พ.ศ. 2549 ถึง ปีอุบัติเหตุที่พ.ศ.2554
2. กำหนดให้ค่าส่วนเกิน (Residual) มีการกระจายในรูปแบบตามข้อมูลในข้อที่ 1
3. กำหนดจำนวนปีพัฒนาที่เกี่ยวข้องคือ 5 ปี 7 ปี และ 9 ปี
4. กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องมีค่าผันแปรได้ในช่วง $0, \pm 20, \pm 40, \pm 60, \pm 80, \pm 100$
5. กำหนดให้จำนวนครั้งการทำซ้ำ 1,000 รอบ สำหรับค่าสินไหมทดแทนที่มีจำนวนปีพัฒนา 5 ปี และ 7 ปี และ 2,000 รอบ สำหรับค่าสินไหมทดแทนที่มีจำนวนปีพัฒนา 9 ปี
6. กำหนดการแจกแจงก่อน (Prior Distribution) ที่เป็นไปได้ของข้อมูล คือ การแจกแจงแบบแกมมา (Gamma Distribution)และ การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ค่าสินไหมทดแทน (Claims) หมายถึง จำนวนเงินที่ผู้รับประกันภัยตกลงจะจ่ายเงินให้แก่ผู้ประกันภัยหรือผู้รับประโยชน์เมื่อมีภัยเกิดขึ้นเงื่อนไขของกรมธรรม์ประกันภัย

เงินสำรอง (Reserve) หมายถึง เงินจำนวนหนึ่งซึ่งที่ผู้รับประกันภัยตั้งสำรองไว้สำหรับค่าสินไหมทดแทนซึ่งคาดว่าจะมีการเรียกร้องในอนาคต

ปีอุบัติเหตุ (Accident year) หมายถึง ปีที่เกิดความสูญเสีย

ปีพัฒนา (Development year) หมายถึง ปีที่จ่ายค่าสินไหมทดแทน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางให้บริษัทประกันภัยเลือกใช้รูปแบบการประมาณค่าสำรองสินไหมทดแทนให้มีความเหมาะสมในแต่ละสถานการณ์

1.7 วิธีดำเนินงานวิจัย (โดยย่อ)

1. ศึกษาวิธีการคำนวณค่าประมาณเงินสำรองสินไหมทดแทนโดยใช้ข้อมูลในรูปแบบตารางพัฒนาสินไหมทดแทนรูปสามเหลี่ยม
2. ศึกษาวิธีการคำนวณค่าประมาณเงินสำรองสินไหมทดแทนด้วยวิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและแบบเบย์เซียนภายใต้การคำนวณแบบบันไดลูกโซ่
3. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
4. จำลองลักษณะข้อมูลค่าสินไหมทดแทนตามแต่ละสถานการณ์ที่เป็นไปได้ (possible scenarios) เมื่อการแจกแจง ค่าพารามิเตอร์ และขนาดตัวอย่าง ต่างกัน
5. คำนวณค่าประมาณเงินสำรองสินไหมทดแทนโดยใช้วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและแบบเบย์เซียนภายใต้การคำนวณแบบบันไดลูกโซ่จากตารางพัฒนาสินไหมทดแทนรูปสามเหลี่ยมจากข้อมูลที่จำลองได้ในข้อ 4
6. คำนวณร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของทั้งสองวิธีเพื่อเปรียบเทียบค่า
7. วิเคราะห์และสังเคราะห์ผลที่ได้จากข้อ 6
8. เขียนรายงานและสรุปผลการวิจัย

1.8 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนภายใต้การคำนวณด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ โดยการวิจัยเริ่มจากการศึกษางานวิจัยต่างๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนภายใต้วิธีการคำนวณบันไดลูกโซ่ทั้งในและต่างประเทศ หลังจากนั้นทำการศึกษาข้อมูลเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่อยู่ในรูปแบบตารางสามเหลี่ยมพัฒนา เมื่อศึกษาทำความเข้าใจตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นแล้วทำการจำลองข้อมูลและคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์

เซียนหลังจากนั้นก็นำเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่ได้จากการคำนวณทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยวิธีร้อยละค่าสัมบูรณ์เฉลี่ย และสุดท้ายคือการอภิปรายผลและสรุปผลที่ได้จากการคำนวณ

บทที่ 2
ตัวแบบและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตัวแบบและทฤษฎี

2.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเงินสำรอง (สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย และ สำนักงานอัตราเบี้ยประกันภัย, 2551)

ความหมายของเงินสำรอง

เงินสำรองคือหนี้สินของบริษัทประกันภัยที่ปรากฏบนงบดุล ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง โดยเป็นค่าประมาณของจำนวนเงินที่บริษัทประกันภัยยังไม่จ่ายให้กับผู้เอาประกันภัย ไม่ว่าบริษัทประกันภัยจะได้รับรายงานความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วหรือไม่ก็ตาม เงินสำรองนี้จะถูกประมาณ หลังจากที่ได้หักเงินที่ได้รับคืนจากซากทรัพย์และการเข้าสวมสิทธิแล้ว เงินสำรองสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ เงินสำรองค่าสินไหมทดแทน (Loss reserve) ซึ่งเป็นค่าประมาณที่ดีที่สุดของบริษัทประกันภัยสำหรับการจ่ายค่าสินไหมทดแทนให้กับผู้เอาประกันภัยในอนาคต และเงินสำรองค่าใช้จ่ายในการจัดการค่าสินไหมทดแทน (Loss Adjustment expense reserve) ซึ่งเป็นค่าสำรองสำหรับค่าใช้จ่ายในอนาคตที่เกิดขึ้นจากการจัดการค่าสินไหมทดแทน

องค์ประกอบของเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน (Loss reserve) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลักดังนี้

1. เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนสำหรับความเสียหายที่ได้รับแจ้งในแต่ละครั้ง (Case reserve) เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนประเภทนี้เป็นผลรวมของมูลค่าความเสียหายทั้งหมดที่บริษัทประกันภัยได้รับทราบและได้บันทึกเงินสำรองในระบบของบริษัทแล้ว
2. เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนสำหับความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วแต่บริษัทยังไม่ได้รับทราบ (Pure incurred but not reported: Pure IBNR) เงินสำรองค่าสินไหม

ทดแทนประเภทนี้จะมีมูลค่าน้อยมากหรือแทบไม่มีเลยสำหรับกรมธรรม์ประกันภัยที่บริษัทได้ออกและหมดความคุ้มครองมาเป็นระยะเวลายาวนานแล้ว เนื่องจากบริษัทประกันภัยจะได้รับการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนส่วนใหญ่หรือทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ในทางตรงกันข้ามเงินสำรองทดแทนประเภทนี้จะมีมูลค่าสูงสำหรับกรมธรรม์ที่บริษัทออกมาในระยะเวลาไม่นานหรือยังมีระยะเวลาคุ้มครองอยู่ เนื่องจากการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนอาจยังไม่เกิดขึ้น แม้ว่าได้เกิดความเสียหายขึ้นแล้วก็ตาม

3. เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนสำหรับความเสียหายที่บริษัทประกันภัยรับทราบแล้วแต่ยังไม่ได้บันทึกรับรู้ (Claim in Transmit หรือ Incurred but not yet recorded: IBNYR) เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนประเภทนี้เป็นเงินสำรองที่เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของระยะเวลาที่บริษัทประกันภัยได้รับแจ้งความเสียหายกับระยะเวลาที่บริษัทประกันภัยได้มีการบันทึกข้อมูลเหล่านี้ในระบบของบริษัท ดังนั้นจำนวนเงินสำรองประเภทนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการบริหารจัดการของแต่ละบริษัทเอง หากระบบจัดส่งเอกสารภายในบริษัทไม่มีประสิทธิภาพหรือพนักงานไม่เพียงพอ การบันทึกข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจต้องใช้ระยะเวลาถึง 3-6 เดือน
4. การเปลี่ยนแปลงค่าเงินสำรองสินไหมทดแทนสำหรับความเสียหายที่รับรู้แล้วหรือเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่ยังไม่เพียงพอ (Development on known claim หรือ Incurred but not enough reserved: IBNER) เงินสำรองสินไหมทดแทนประเภทนี้เป็นเงินสำรองที่อาจเกิดขึ้น เนื่องจากการปรับเปลี่ยนมูลค่าของความเสียหายเมื่อบริษัทประกันภัยได้รับข้อมูลเกี่ยวกับความเสียหายมากขึ้น หรือเนื่องจากบริษัทประกันภัยได้ดำเนินการจ่ายค่าสินไหมทดแทนบางส่วนให้กับผู้เอาประกันภัยแล้ว เงินสำรองสำหรับการจ่ายค่าสินไหมทดแทนในอนาคตจึงต้องมีการปรับให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง

5. เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนสำหรับรายการความเสียหายที่ปิดไปแล้ว และอาจมีการรื้อฟื้นขึ้นมาอีกครั้ง (Reopened claim reserve) เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนประเภทนี้อาจเกิดขึ้นได้เช่น การตัดสินของศาลในภายหลังหรือเกิดจากนโยบายของบริษัทประกันภัยที่พยายามจะปิดการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ค่าสินไหมทดแทนบางส่วนอาจเกิดขึ้นภายหลังได้

ดังนั้น เงินคำรองค่าสินไหมทดแทนจึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ เงินสำรองที่จัดสรรไว้สำหรับความเสียหายที่บริษัทยังไม่รับรู้ (Unknown claim) และเงินสำรองที่จัดสรรไว้สำหรับความเสียหายที่บริษัทได้รับรู้แล้ว (Known claim) เงินสำรองที่จัดสรรสำหรับความเสียหายที่บริษัทยังไม่ได้รับรู้ คือจำนวนเงินซึ่งบริษัทประกันภัยต้องเตรียมไว้จ่ายค่าสินไหมทดแทนสำหรับความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วแต่บริษัทยังไม่ได้รับรายงาน เงินสำรองประเภทนี้อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า IBNR Reserve ซึ่งก็คือ เงินสำรองสำหรับความเสียหายที่ยังไม่ได้รับรายงาน (Pure IBNR) และเป็นเงินสำรองสำหรับรายการความเสียหายที่ยังไม่ได้บันทึก (IBNR) สำหรับเงินสำรองที่จัดสรรสำหรับความเสียหายที่บริษัทได้รับรู้แล้ว คือจำนวนเงินที่บริษัทประกันภัยต้องเตรียมไว้จ่ายค่าสินไหมทดแทนสำหรับความเสียหายที่เกิดขึ้นและบริษัทได้รับรายงานแล้วซึ่งก็คือเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนสำหรับความเสียหายที่ได้รับการแจ้งในแต่ละครั้ง (Case Reserve) การเปลี่ยนแปลงค่าสินไหมทดแทนสำหรับความเสียหารที่รับรู้แล้วหรือเงินค่าสินไหมทดแทนที่ยังไม่เพียงพอ (IBNER) และเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนสำหรับความเสียหายที่ปิดไปแล้ว และอาจมีการรื้อฟื้นขึ้นมาอีกครั้ง (Reopened claim Reserve) ในอดีตค่าสินไหมทดแทนในอนาคต และค่าสินไหมทดแทน IBNR ได้มีการประมาณค่าออกมา เนื่องจากว่าค่าเหล่านี้มีความล่าช้าระหว่างการเกิดค่าสินไหมทดแทน เมื่อมีการรายงานต่อบริษัทและเมื่อค่าสินไหมทดแทนถูกจ่ายออกไป

พระราชบัญญัติประกันวินาศภัย พ.ศ.2535 ได้กำหนดการจัดสรรเงินสำรองไว้ในมาตรา 23

คือ

มาตรา 23 ให้บริษัทจัดสรรเงินสำรองดังนี้

(1) เงินสำรองสำหรับเบี้ยประกันภัยที่ยังไม่ตกเป็นรายได้ของบริษัท

(2) เงินสำรองค่าสินไหมทดแทน และ

(3) เงินสำรองเพื่อการอื่นตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

การจัดสรรทรัพย์สินไว้เป็นเงินสำรองตามวรรคหนึ่งให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ทรัพย์สินที่จัดสรรไว้เป็นเงินสำรองตามวรรคหนึ่งจะเป็นเงินสด หรือพันธบัตรรัฐบาลไทยหรือทรัพย์สินอื่นตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดก็ได้

ประกาศคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย เรื่องการจัดสรรเงินสำรองสำหรับเบี้ยประกันภัยที่ยังไม่ตกเป็นรายได้ และเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของบริษัทประกันวินาศภัย พ.ศ. 2553 (ประกาศ ณ วันที่ 4 พ.ค. 2553) ระบุไว้ในข้อ 8 ว่า

ข้อ 8 ให้บริษัทจัดสรรเงินสำรองสำหรับค่าสินไหมทดแทน ตามหลักเกณฑ์และวิธีการดังนี้

(1) ในกรณีที่ได้ตกลงจำนวนค่าสินไหมทดแทนไว้แล้ว ให้จัดสรรไว้ไม่น้อยกว่าจำนวนค่าสินไหมทดแทนที่ได้ตกลงกันไว้แล้วนั้น

(2) ในกรณีที่ยังไม่ได้ตกลงจำนวนค่าสินไหมทดแทน ให้จัดสรรไว้ตามค่าประมาณการของจำนวนค่าสินไหมทดแทนในแต่ละรายการหรือให้จัดสรรไว้ด้วยวิธีการทางสถิติและประสบการณ์จริงของบริษัท

(3) ในกรณีที่มีความเสียหายเกิดขึ้นแล้ว แต่ยังไม่ได้รายงานให้บริษัททราบ (Incurred but not reported claims) ให้จัดสรรไว้ไม่น้อยกว่าที่คำนวณได้ด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ประกันภัยอื่นที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล หักด้วยจำนวนที่จัดสรรไว้ตาม (1) และ (2) แต่ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.5 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิรวมทุกประเภทย้อนหลัง 12 เดือน

2.1.2 ทฤษฎีของเบย์ (นริศรา วิเชียรเจริญ, 2543)

สำหรับแนวคิดแบบเบย์ ค่าสังเกต $\mathbf{x} = (x_1, \ldots, x_n)$ ที่กำหนดเงื่อนไขบนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า $\theta = (\theta_1, \ldots, \theta_k)$ จะอยู่ในรูปการแจกแจงความน่าจะเป็น $f(x|\theta)$ ซึ่งเราจะกำหนดให้ θ เป็นตัวแปรสุ่ม และมีการแจกแจงก่อน (Prior Distribution)

คือ $\pi(\theta|\eta)$ โดยที่ η คือ เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ขั้นที่สอง (Second-Stage Prior Distribution หรือ Hyperparameter) ในแนวคิดแบบเบย์นี้การอนุมานเกี่ยวกับ θ จะขึ้นอยู่กับการแจกแจงภายหลัง (Posterior Distribution) ซึ่งมีรูปแบบเป็น

$$p(\theta|x,\eta) = \frac{p(x,\theta|\eta)}{p(x|\eta)} = \frac{f(x|\theta)\pi(\theta|\eta)}{p(x|\eta)} \qquad (2.1)$$

เมื่อ $p(x|\eta) = \begin{cases} \sum_{\theta} f(x|\theta)\pi(\theta|\eta) & ,\theta \text{ เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง} \\ \int f(x|\theta)\pi(\theta|\eta)\, d\theta & ,\theta \text{ เป็นแบบต่อเนื่อง} \end{cases}$

สมการข้างต้นเรียกว่า ทฤษฎีของเบย์ (Bayesian' theorem) จะสังเกตได้ว่า การแจกแจงภายหลังในสมการ (2.1) จะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ซึ่งอยู่ในรูปของความน่าจะเป็น f) และความเชื่อก่อน (ซึ่งอยู่ในรูปของความน่าจะเป็นก่อน π) ค่าของผลรวมหรือค่าของอินทิกรัลของตัวส่วนในสมการ (2.1) ในบางครั้งจะเรียกว่า การแจกแจงส่วนริม (Marginal Distribution) ของ X เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ขั้นที่ 2 เป็น η และเขียนในรูปของ $m(x|\eta)$

ถ้าเราทราบค่าของ η เราจะสามารถตัดตัวแปรนี้ออกจากสมการได้ เนื่องจากไม่มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดเงื่อนไขบนค่าคงที่ ดังนั้นการแจกแจงภายหลังในสมการ (2.1) สามารถเขียนได้ใหม่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้นเป็น

$$p(\theta|x) = \frac{p(x,\theta)}{p(x)} = \frac{f(x|\theta)\pi(\theta)}{p(x)} \qquad (2.2)$$

เมื่อ $p(x|\eta) = \begin{cases} \sum_{\theta} f(x|\theta)\pi(\theta) & ,\theta \text{ เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง} \\ \int f(x|\theta)\pi(\theta)\, d\theta & ,\theta \text{ เป็นแบบต่อเนื่อง} \end{cases}$

จากสมการ (2.2) ถ้าเราไม่สนใจ $p(x)$ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับ θ โดยการพิจารณาว่า x เป็นค่าคงที่ สามารถเขียนสมการ (2.2) ในรูปแบบที่สะดวกขึ้น คือ

$$p(\theta|x) \propto f(x|\theta)\pi(\theta) \qquad (2.3)$$

ถ้าไม่แน่ใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของค่า η เราสามารถกำหนดให้ความไม่แน่นอนนี้อยู่ในรูปการแจกแจงก่อนขั้นที่สอง ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วย $h(\eta)$ ดังนั้นการแจกแจงภายหลังของ θ จะมีรูปแบบเป็น

$$p(\theta|x) = \frac{p(x,\theta)}{p(x)} = \frac{f(x,\theta,\eta)d\eta}{\iint (x,\theta,\eta)d\eta d\theta}$$

$$= \frac{\int f(x|\theta)\pi(\theta|\eta)h(\eta)d\eta}{\iint f(x|\theta)\pi(\theta|\eta)h(\eta)d\eta d\theta} \qquad (2.4)$$

2.1.3 วิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนแบบบันไดลูกโซ่

ตารางที่ 2.1 แสดงการนำข้อมูลจากสามเหลี่ยมพัฒนาการมาใช้ในการคำนวณด้วยวิธีบันไดลูกโซ่

Accident year i	Development years j					
	0	1	…	j	…	I
0						
1	Observed random variable $C_{i,j} \in D_I$					
:						
i						
:						
I-1				To be predicted $C_{i,j} \in D_I^C$		
I						

ให้

$C_{i,j}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนที่มีปีอุบัติเหตุคือ I และปีพัฒนาคือ j

D_I คือ ค่าสินไหมทดแทนที่ได้เกิดขึ้นและมีการจดบันทึก

D_I^C คือ ค่าสินไหมทดแทนที่จะพยากรณ์

B_j คือ ค่าสินไหมทดแทนในสดมภ์ที่ 1 ถึง j

$\hat{C}_{i,j}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนที่เกิดจากการประมาณค่าที่มีปีอุบัติเหตุคือ i และปีพัฒนาคือ j

$\hat{f}_j^{CL}$ คือ ปัจจัยพัฒนาในปีพัฒนาที่ j ของบันไดลูกโซ่

สมมติว่า $C_{i,j}$ เป็นผลรวมของสินไหมทดแทน โดยที่ $i \in \{0,\dots.,I\}$ และ $j \in \{0,\dots,J\}$

ซึ่ง i คือปีอุบัติเหตุ และ j คือปีพัฒนา

ถ้า $i = j$ ที่เวลา i

$$D_i = \{C_{i,j}; i + j \leq I\}$$

และสำหรับสินไหมทดแทนที่เวลา I ที่ต้องการจะประมาณค่าสินไหมทดแทนในอนาคต

$$D_i^c = \{C_{i,j}; i + j > I, i \leq I, j \leq J$$

ยิ่งไปกว่านั้น ถ้ากำหนดให้

$$B_j = \{C_{i,k}; i + k \leq I, 0 \leq k \leq J$$

สำหรับ $j \in \{0, \ldots, J\}$

ขั้นตอนการหาเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยวิธีบันไดลูกโซ่แบบดั้งเดิม (Classical chain ladder algorithm)

สมมติฐานของตัวแบบ (Wuthrich, M.V., and Merz, M, 2008)

1) ผลรวมสินไหมทดแทน $C_{i,j}$ ที่มีปีอุบัติเหตุต่างกันจะมีความเป็นอิสระต่อกัน
2) ปัจจัยพัฒนาที่มีอยู่ $f_0, \ldots, f_{J-1} > 0$ เมื่อ $0 \leq i \leq I$ และ $1 \leq j \leq J$ จะได้ว่า

$$E[C_{i,j}|C_{i,0}, \ldots, C] = E[C|C_{i,j-1}] = f_{j-1}C_{i,j-1} \qquad (2.5)$$

ขั้นตอนการหาค่ามีดังนี้

1) หาค่าปัจจัยพัฒนาของตัวแบบโดยใช้ข้อมูล $C_{i,j}$ และ B_j ตามสมมติฐานของตัวแบบ ได้ดังนี้

$$E[\hat{f}_j|B_j] = \frac{\sum_{i=0}^{I-j-1} E[C_{i,j+1}|B_j]}{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{i,j}}$$

$$= \frac{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{i,j} f_j}{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{i,j}}$$

$$= \hat{f}_j$$

2) นำค่าปัจจัยพัฒนาที่หาค่าได้ไปทำการประมาณค่าเงินสินไหมทดแทนสำรอง

$$E[\hat{C}_{i,J}^{CL}|C_{i,I-1}] = E[C_{i,I-1}\hat{f}_{I-i} \cdots \hat{f}_{J-2}\hat{f}_{J-1}|C_{i,I-i}]$$

$$= E[C_{i,I-i}\hat{f}_{I-i} \cdots \hat{f}_{J-2}E[\hat{f}_{J-1}|B_{J-1}]|C_{i,I-i}]$$

$$= f_{J-1}E[\hat{C}_{i,J-1}^{CL}|C_{i,I-i}]$$

$$= C_{i,I-i}f_{I-i} \cdots f_{J-1}$$

2.1.4 การประมาณปัจจัยพัฒนาและค่าความแปรปรวนในตัวแบบแบบบันไดลูกโซ่ที่เป็นแบบไม่มีการการแจกแจง

เมื่อ $\hat{f}_{j-1}^{CL} = \frac{\sum_{i=0}^{I-j} C_{ij}}{\sum_{i=0}^{I-j} C_{i,j-1}}$

$$\hat{\sigma}_j^{2(CL)} = \frac{1}{I-j-1}\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{i,j}\left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j^{(CL)}\right)^2 \quad ,0 \le j \le J-2$$

$$\hat{\sigma}_{J-1}^{2(CL)} = \min\left\{\frac{\hat{\sigma}_{J-2}^{4(CL)}}{\hat{\sigma}_{J-3}^{2(CL)}}, \hat{\sigma}_{J-3}^{2(CL)}, \hat{\sigma}_{J-2}^{2(CL)}\right\}$$

ซึ่ง $\hat{\sigma}_j^{2(CL)}$ คือ ค่าความแปรปรวนในปีพัฒนาที่ j

2.1.5 ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์ม, 2543)

จากตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

$$Y = \alpha + \beta x + \varepsilon$$

โดย Y คือ ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง

X คือ ตัวแปรอิสระซึ่งถูกกำหนดค่าเป็นค่าใดค่าหนึ่งจึงเป็นตัวแปรคงที่

α และ β คือ ระยะตัดแกน Y และความชัน ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของเส้นถดถอย และเรียกว่าสัมประสิทธิ์ค่าถดถอย (Regression Coefficient)

ε คือ ความคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นตัวแปรสุ่ม

ทั้งนี้มีข้อสมมติฐานเกี่ยวกับตัวแปรสุ่ม ε ในแต่ละค่าของตัวแปร X ที่กำหนด ดังนี้

1. ε มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ค่าเฉลี่ยของ $\varepsilon = E(\varepsilon) = 0$
3. ความแปรปรวนของ $\varepsilon = E[\{\varepsilon - E(\varepsilon)\}]^2 = E[\varepsilon^2] = \sigma_\varepsilon^2$
4. ε เป็นอิสระต่อกัน หรือ $Cov(\varepsilon_j, \varepsilon_k) = 0, j \neq k$

นั้นคือ กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับข้อสมมติฐานของตัวแปรสุ่ม ε ได้ว่า ในแต่ละค่าของตัวแปร X ที่กำหนด ε ต่างมีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระต่อกัน (Normally and Independently Distributed) โดยมีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน σ_ε^2 ซึ่งมีค่าเท่ากันแต่ไม่ทราบค่า เขียนย่อได้เป็น $\varepsilon \sim NID(0, \sigma_\varepsilon^2)$

จากตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย และจากข้อสมมติฐานของ ε จะได้ว่า ในแต่ละค่าของตัวแปร X ที่กำหนด Y เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระต่อกัน ที่มี

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ย} &= \mu_{Y|X} \\ &= E(Y|X) \\ &= E(\alpha + \beta X + \varepsilon) \\ &= \alpha + \beta X \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{และความแปรปรวน} &= \sigma^2_{Y|X} \\ &= E[\{Y|X - E(Y|X)\}^2] \end{aligned}$$

$$= E[\{\propto +\beta X + \varepsilon - (\alpha + \beta X)\}^2]$$

$$= E[\varepsilon^2]$$

$= \sigma_\varepsilon^2$ ซึ่งมีค่าเท่ากันและไม่ทราบค่า

เนื่องจาก $\propto$ และ β เป็นพารามิเตอร์ที่ทราบค่า จึงยังไม่ทราบสมการของเส้นถดถอยของประชากรดังกล่าว ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\propto$ และ β โดยได้สุ่มตัวอย่าง $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \ldots, (X_n, Y_n)$ ขนาด n จะได้เส้นถดถอยของตัวอย่าง (Sample Regression Line) มีสมการเป็นเส้นตรง

$$\hat{Y} = a + bX$$

เมื่อ a และ b เป็นตัวประมาณค่าของ $\propto$ และ β ตามลำดับ

$\hat{Y}$ คือค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม Y เมื่อกำหนดตัวแปร X โดย $\hat{Y}$ เป็นตัวประมาณค่าของ $\mu_{Y|X}$

ในทำนองเดียวกัน จะได้ว่าจากเส้นถดถอยของตัวอย่าง และจากแต่ละค่าของตัวแปร X ที่กำหนดตัวแปรสุ่ม Y มีค่าเป็น

$$Y_i = \hat{Y}_i + e_i$$

$$Y_i = a + bX_i + e_i$$

วิธีการหาตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ของเส้นถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Method of least squares) สามารถหาตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ของเส้นถดถอย α และ β โดยหาผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Error sum of squares : SSE)

โดยนำข้อมูลจากตัวอย่าง $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \ldots, (X_n, Y_n)$ มาลงจุด จะได้กราฟที่มีจุดกระจัดกระจายรวม n จุด เรียกว่า แผนภาพการกระจาย (Scatter diagram) ซึ่งแสดงให้แนวโน้มของรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองอยู่ในรูปเส้นตรง ได้ว่า

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad , \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n$$

เมื่อ Y_i คือ ค่าของตัวแปรสุ่ม Y เมื่อกำหนดตัวแปร X ที่ i

$\bar{Y}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม Y เมื่อกำหนด X ที่ i ที่ได้จากเส้นถดถอยของตัวอย่าง

$$\bar{Y}_i = a + bX_i$$

โดย $\bar{Y} = a + bX$ จะเป็นเส้นถดถอยของตัวอย่างที่ดีที่สุด ถ้าผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน หรือ $\sum_{i=1}^{n} e_i^2$ มีค่าน้อยที่สุด

$$SSE = \sum_{i=1}^{n} e_i^2$$

$$= \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$= \sum_{i=1}^{n} (Y_i - a - bX_i)^2$$

เนื่องจากค่าของ SEE ขึ้นอยู่กับค่าของ a และ b โดยอาศัยความรู้ทางแคลคูลัสต้องหาอนุพันธ์ย่อยของ SSE เทียบกับ a และ b แล้วกำหนดให้อนุพันธ์ย่อยดังกล่าวเท่ากับศูนย์ ได้ว่า

$$\frac{\partial SSE}{\partial a} = -2\sum_{i=1}^{n} (Y_i - a - bX_i) = 0 \qquad (2.6)$$

$$\frac{\partial SSE}{\partial b} = -2\sum_{i=1}^{n} (Y_i - a - bX_i)X_i \qquad (2.7)$$

จาก (1) ได้ $\sum_{i=1}^{n} Y_i - an - b\sum_{i=1}^{n} X_i = 0 \qquad (2.8)$

จาก (2) ได้ $\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - a\sum_{i=1}^{n} X_i - b\sum_{i=1}^{n} X_i^2 = 0 \qquad (2.9)$

เรียกสมการ (3) และ (4) ว่าสมการปกติ (Normal equations) และจากสมการปกติ ได้ว่า

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}$$

เมื่อ $x = X - \bar{X}$ และ $y = Y - \bar{Y}$ จะได้ว่า

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)(\sum_{i=1}^{n} Y_i)}{n}}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}{n}}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

ทั้งนี้ เครื่องหมาย b มีความสำคัญ โดยต้องสอดคล้องกับข้อเท็จจริงหรือทฤษฎี และมีความหมายเสมอของ a หรือระยะตัดแกน Y เมื่อ X = 0 ก็ต่อเมื่อค่าที่เป็นไปได้ของ X ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ เท่านั้น

2.1.6 การทำนายค่าโดยวิธีบูทแสตรป

วิธีบูทแสตรปเป็นวิธีการประมาณค่าโดยใช้การสุ่มตัวอย่างซ้ำ แต่วิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำจะใช้สร้างตัวอย่างชุดใหม่จากตัวอย่างสุ่มที่มีเพียงชุดเดียวโดยการสุ่มตัวอย่างแบบคืนที่ (resampling with replacement) วิธีการนี้ถูกเสนอโดย Efron (1979)

การสุ่มตัวอย่างจะทำการสุ่มตัวอย่างทีละ 1 ค่าจำนวน n ครั้งจากชุดของตัวอย่าง $X_1, X_2, \ldots, X_2$ โดยค่าที่สุ่มได้จะส่งกลับคืนกลับไปในชุดตัวอย่างก่อนที่จะมีการสุ่มตัวอย่างครั้งต่อไปให้ $X_1^*, X_2^*, \ldots, X_3^*$ เป็นชุดของตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มได้ ซึ่งจะเรียกชุดตัวอย่างดังกล่าวนี้ว่าตัวอย่างบูทแสตรป (Bootstrap Sample)

การศึกษาได้ใช้วิธีการบูทแสตรปสองวิธีคือบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและบูทแสตรปแบบเบย์เซียน โดยสองวิธีดังกล่าวจะมีความแตกต่างกันคือ บูทแสตรปแบบดั้งเดิมจะมีการสุ่มตัวอย่างโดยอิสระแต่วิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนมรการนำค่าความน่าจะเป็นหลัง (Posterior Probability) เข้ามาเป็นปัจจัยในการสุ่ม

2.1.6.1 บูทแสตรปดั้งเดิมแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non-parametric classical bootstrap) สำหรับการหาเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนภายใต้วิธีการบันไดลูกโซ่ ขั้นตอนมีดังนี้

1) คำนวณหาค่าประมาณค่าส่วนเกิน (Residuals) $\tilde{\varepsilon}_{i,j}$ สำหรับ $i+j \leq I, j > 0$ โดยมีเงื่อนไขบนตัวประมาณค่า $\hat{f}_{0:j-1}^{(CL)}, \hat{\sigma}_{0:j-1}^{(CL)}$ และข้อมูล D_I ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\tilde{\varepsilon}_{i,j} = \tilde{\varepsilon}_{i,j}(\hat{f}_{j-1}^{(CL)}, \hat{\sigma}_{i,j}^{(CL)}) = \frac{C_{i,j} - \hat{f}_{j-1}^{(CL)} C_{i,j-1}}{\hat{\sigma}_{j-1}^{(CL)} \sqrt{C_{i,j-1}}}$$

2) ค่าประมาณส่วนเกินเหล่านี้ $(\tilde{\varepsilon}_{i,j}^{*})_{i+j \leq I}$ จะให้การแจกแจงเชิงประจักษ์บูทแสตรป (Empirical bootstrap distribution) $\hat{F}_{D_I}$

3) ค่าประมาณส่วนเกินตัวอย่างจะเป็นอิสระต่อกันและมีการกระจายที่เหมือนกัน $\tilde{\varepsilon}_{i,j}^{*} \sim \hat{F}_{D_I}$ สำหรับ $i+j \leq I, j > 0$

4) สร้างข้อมูลบูทแสตรปจาก

$$C_{i,j}^{*} = \hat{f}_{j-1}^{(CL)} C_{i,j-1} + \hat{\sigma}_{j-1}^{(CL)} \sqrt{C_{i,j-1}} \tilde{\varepsilon}_{i,j}^{*}$$

5) คำนวณค่าพารามิเตอร์ของวิธีบันไดลูกโซ่แบบบูทแสตรป

$$\hat{f}_j^{*} = \frac{\sum_{i=0}^{I-i-1} C_{i,j+1}^{*}}{\sum_{i=0}^{I-i-1} C_{i,j}}$$

และ $$\hat{\sigma}_j^{2*} = \frac{1}{I-1-1} \sum_{i=0}^{I-i-1} C_{i,j} \left(\frac{C_{i+j+1}^{*}}{C_{i,j}} - \hat{f}_j^{*} \right)^2$$

6) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3-5 จนกว่าจะได้พารามิเตอร์ที่มีค่าคงที่

2.1.6.2 บูทแสตรปแบบเบย์เซียนโดยใช้การเฉลี่ยในตัวแบบเบย์เซียน (Bayesian Bootstrap Bayesian Model Averaging : BB BMA)

การเฉลี่ยในตัวแบบเบย์เซียน (Bayesian Model Averaging) สามารถอธิบายการประมาณค่าแบบบูทแสตรปแบบเบย์เซียน โดยใช้ความเสี่ยงเบย์ (Bayes Risk) สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองของ

ความสูญเสียในตัวแบบที่มีความไม่แน่นอน สำหรับตัวอย่าง b ค่าเฉลี่ยในตัวแบบเบย์เซียนประมาณค่า $\bar{C}_{i,j}^{(b)}$ เป็นค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก คือ

$$\bar{C}_{i,j}^{BMA} = \sum_{M} \pi(D_I|F, C_{i,j}, \omega^{(BMA)})\bar{C}_{i,j}^{(b)}$$

F คือ ตัวแปรสุ่มของปัจจัยพัฒนา

$C_{i,j}$ คือ ค่าสินไหมทดแทนที่มีปีอุบัติเหตุคือ i และปีพัฒนาคือ j

ω^{BMA} คือ ตัวถ่วงน้ำหนักในแบบจำลอง

${}^{b}\bar{C}_{i,j}^{BMA}$ คือ ค่าประมาณสินไหมทดแทนที่ปีอุบัติเหตุคือ i ปีพัฒนาที่ j และครั้งของการทำบูทแสตรปที่ b โดยใช้วิธีการเฉลี่ยในตัวแบบเบย์เซียน

โดยที่ $\pi(D_I|F, C_{i,j}, \omega^{(BAM)})$ เป็นความน่าจะเป็นหลัง (Posterior Probability) ของตัวแบบ ซึ่งทั้งหมดสามารถนำมาคาดการณ์ในรูปแบบบูทแสตรปแบบเบย์เซียนโดยอาศัยวิธีการเฉลี่ยในตัวแบบเบย์เซียน

$$\bar{C}_{i,j} = \frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B} {}^{b}\bar{C}_{i,j}^{BMA}$$

เมื่อ B คือ จำนวนครั้งในการทำกระบวนการบูทแสตรป

ซึ่ง $\bar{C}_{i,j}^{(b)}$ ได้รวมความไม่แน่นอนในน้ำหนักของตัวแบบโดยมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล และความน่าจะเป็นหลังจะขึ้นอยู่กับ BIC (Bayesian Information Criterion) (Schwarz,1978) นั้นคือ

$$BIC_M = RSS_M + p_M \log(n)$$

และ $\pi(D_I|F, C_{i,j}, \omega^{(BAM)}) = \frac{\exp(-0.5BIC_M)}{\sum_M \exp(-0.5BIC_M)}$

RSS_M คือผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Residual Sum of Squares)

p_M คือจำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบ M และ

n คือขนาดของตัวอย่าง

2.1.7 ร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

ร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเป็นการวัดความแม่นยำจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับข้อมูลจริงโดยไม่คิดเครื่องหมาย ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเป็นค่าวัดความแม่นยำที่ไม่มีหน่วย โดยคำนวณได้จาก

$$\text{MAPE} = \sum_{i,j=0}^{n} \frac{\left|\frac{C_{i,j} - \hat{C}_{i,j}}{C_{i,j}}\right| \times 100}{n}$$

2.1.8 เทคนิควิธีการมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ

เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล หมายถึงเทคนิคการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองสถานการณ์(Simulation) โดยใช้ตัวเลขสุ่ม (Random Number) ที่มีลักษณะการแจกแจงของความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) มาสร้างรูปแบบของข้อมูลให้เหมือนสถานการณ์จริงและมีการทดลองซ้ำ เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ของผลลัพธ์ ที่เกิดขึ้นในการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้ง (รัตนา ศรีเหรัญ ,2539) ซึ่งถ้าต้องการคำนวณค่าคาดหวังหลัง (Posterior Expected Value) สามารถคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

$$E(\theta|y) = \int_{\theta} \theta f(\theta|y) d\theta$$

ถ้าสามารถสร้างลำดับของตัวอย่างสุ่มจำนวน G ครั้ง กำหนดให้ $\theta^{(1)}, \theta^{(2)}, \ldots, \theta^{(G)}$ จาก $f(\theta|y)$ ได้ก็สามารถประมาณค่าคาดหวังหลังได้ดังนี้

$$E(\theta|y) = \int_{\theta} \theta f(\theta|y) d\theta \approx \frac{1}{G} \sum_{g-1}^{G} \theta^{(g)}$$

ส่วนตัวแบบมาร์คอฟ (Markov Model) เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของตัวแปรในอดีตและปัจจุบัน เพื่อพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตของตัวแปรนั้น และจากการประยุกต์ใช้งานผลลัพธ์จากตัวแบบมาร์คอฟสามารถให้ข้อมูลเพื่อตัดสินใจ ในรูปแบบของค่าคาดหมายหรือความน่าจะเป็นในอนาคตของคุณสมบัติที่ศึกษา

โดยความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้น และค่าความน่าจะเป็นจะต้องมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

ตัวแบบมาร์คอฟ เป็นตัวแบบที่สร้างโดยอาศัยธรรมชาติของปรากฏการณ์ซึ่งเรียกว่ากระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟเป็นกระบวนการสโตแคสติกชนิดหนึ่ง ซึ่งก็คือลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้น กล่าวคือ เป็นปรากฏการณ์ของเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นลูกโซ่มีความจำคือจำเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นก่อนเหตุการณ์ต่อไป และเหตุการณ์ก่อนหน้านั้นจะมีผลต่อเหตุการณ์ถัดไปคุณลักษณะเช่นนี้ของกระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟแตกต่างจากการเกิดเหตุการณ์ในกรณีที่แต่ละเหตุการณ์เป็นอิสระต่อกัน (สุวิชช์ รอดภัย, 2551)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การใช้เทคนิคการสุ่มตัวเลขเพื่อที่จะมาสร้างตัวแบบเสมือนจริงโดยการทดลองซ้ำนั้นการสุ่มตัวเลขจะไม่ได้มีการสุ่มอย่างอิสระกล่าวคือการสุ่มดังกล่าวจะต้องใช้ข้อมูลก่อนหน้ามาใช้ช่วยในการสุ่มข้อมูลในเหตุการณ์ถัดไปด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธีการที่ใช้กันทั่วๆไปในการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนนั้นก็คือวิธีบันไดลูกโซ่ (Chain Ladder Method) ซึ่งวิธีนี้ไม่ต้องใช้โปรแกรมที่ทันสมัยมากนัก ดังนั้นจึงมีความง่ายและจุดเด่นอีกประเด็นหนึ่งของวิธีนี้ คือมีความเป็นไปได้ที่จะให้ค่าที่มีความสอดคล้องกับรูปแบบ สโตแคสติกแบบไม่ระบุรูปแบบของการแจกแจง (Distribution Free Stochastic) ของตัวแบบแมกด์ (Mack's Model) (Mack,T, 1993)

Cohen, M (1997) ได้เสนอวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่ใช้กลไกง่ายๆ สำหรับการสุ่มตัวอย่างจากการแจกแจงภายหลัง ในการศึกษานี้พบว่าหากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่และมีความเป็นปกติจะทำให้ง่ายต่อการคำนวณซึ่งได้มีการทดลองและได้ทำการตรวจสอบ เพื่อพัฒนาวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนให้ใช้กับตัวอย่างที่มีความซับซ้อน ซึ่งจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการปฏิบัติและโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสุ่มตัวอย่างหลายๆ ครั้งที่มีความน่าจะเป็นที่ไม่เท่ากัน และสามารถสุ่มได้โดยใช้วิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียน ซึ่งต่อมา Scollnik (2001) ได้อธิบายการวิเคราะห์ข้อมูลในกรอบเบย์เซียน พร้อมทั้งอภิปรายขั้นตอนการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ประกันภัยให้สอดคล้องกับเทคนิคมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo) โดยใช้การอนุมานแบบเบย์เซียน

เมื่อใช้การสุ่มแบบกิบส์ (Bayesian inference Using Gibbs Sampling) หรือ (BUGS) ให้เหมาะกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่

มีงานวิจัยต่างๆ เรื่องที่ได้นำเทคนิคบูทแสตรปมาใช้ในการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อน สำหรับวิธีบันไดลูกโซ่คือ England, P. D. และ Verrall, R. J. (1999) ได้กล่าวถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้เทคนิคบูทแสตปและเปรียบเทียบกับค่าประมาณของตัวแบบพารามิเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ และ Pinheiro,Andrad e Silva และ Centeno (2003) ได้เสนอให้ใช้เทคนิคบูทแสตรปเพื่อหาข้อผิดพลาดการทำนายที่แตกต่างกันของวิธีคำนวณสินไหมทดแทนสำรองโดยใช้ขั้นตอนบันไดลูกโซ่และตัวแบบเชิงเส้น (Linear Model) และได้ทดลองใช้กันหลายรูปแบบในการดำเนินงานแบบบูทแสตรปเพื่อการแก้ปัญหาต่างๆ

ต่อมา ไพรวุฒิ อชินีทองคำ (2553) ได้นำวิธีบูทแสตรปมาใช้ในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ค่าประมาณเงินสำรองสินไหมสำรองทดแทนด้วยวิธีบอร์นฮูตเตอร์เฟอร์กูซัน (Bornhuetter-Fergoson) เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ค่าประมาณเงินสำรองสินไหมทดแทนด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลสินไหมทดแทนจ่ายที่มีลักษณะไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันจะให้ค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ค่าประมาณเงินสำรองสินไหมทดแทนด้วยวิธีบอร์นฮูตเตอร์ เฟอร์กูซัน (Bornhuetter-Fergoson) ต่ำกว่าค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองสินไหมทดแทนด้วยวิธีบันไดลูกโซ่

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อการเปรียบเทียบการประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและบูทแสตรปแบบเบย์ภายใต้วิธีบันไดลูกโซ่โดยใช้ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ในบทนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนการนำข้อมูลที่ได้มาทำการจำลองเพื่อให้เกิดความหลากหลายของเหตุการณ์ และได้นำข้อมูลที่ได้มานั้นคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนทั้งสองวิธี รวมถึงเปรียบเทียบว่าวิธีใดมีความเหมาะสมกับประเภทการประกันภัยและเหตุการณ์แบบใด

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยมีข้อมูลค่าสินไหมทดแทนที่ได้มีการบันทึกไว้ในรูปแบบของตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนสุทธิของแต่ละผลิตภัณฑ์ คือการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ) และการประกันสุขภาพ ของปีอุบัติเหตุที่ พ.ศ. 2548 ถึงปีอุบัติเหตุที่ พ.ศ. 2552 มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2 ถึงตาราง ที่ 3.7 และค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้สุทธิแต่ละปีอุบัติเหตุและประเภทของการประกันภัยแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าเบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้สุทธิของแต่ละปีอุบัติเหตุ และประเภทของการประกันภัย

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
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

ตารางที่ 3.2 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ

[illegible]	ค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสุทธิ ณ ปลายปี				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548	33,993,147	43,975,419	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 3.3 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ

[illegible]	ค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสุทธิ ณ ปลายปี				
	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 3.4 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันอัคคีภัย

□□□□□□□□	ค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสุทธิ ณ ปลายปี				
	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 3.5 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

□□□□□□□□	ค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสุทธิ ณ ปลายปี				
	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				

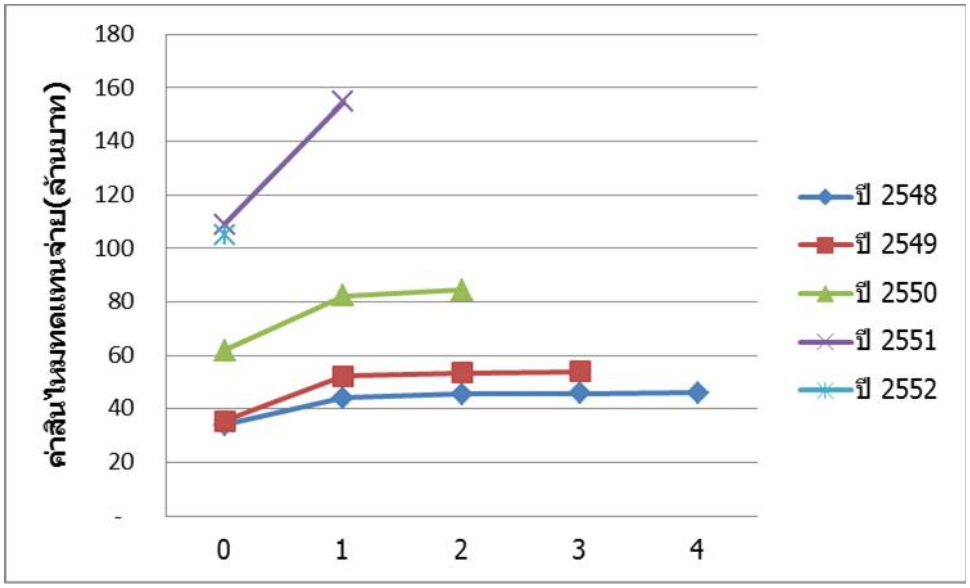
ตารางที่ 3.6 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ)

□□□□□□□□	ค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสุทธิ ณ ปลายปี				
	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 3.7 ตารางพัฒนาการค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิ (Net paid loss) ของการประกันภัยสุขภาพ

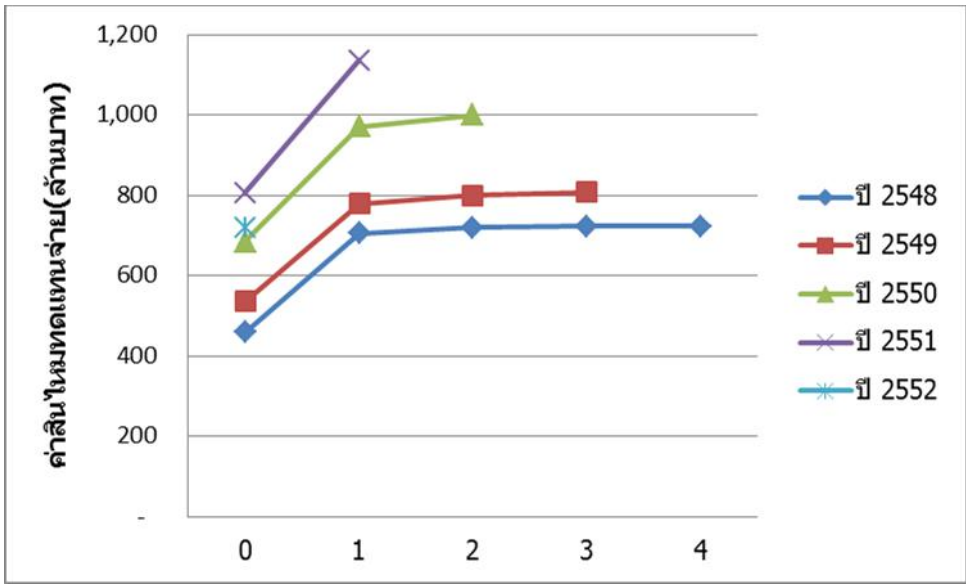
□□□□□□□	ค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นสุทธิ ณ ปลายปี				
	2548	2549	2550	2551	2552
2548	5,489,078	8,817,736	8,829,904	8,829,904	8,830,094
2549	11,548,316	16,054,392	16,063,125	16,063,125	
2550	26,087,320	37,592,330	37,617,805		
2551	43,636,192	62,621,516			
2552	80,614,650				

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 3.2 ถึงตารางที่ 3.7 มาสร้างกราฟเพื่อช่วยในการหารูปแบบของการกระจายของข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้น



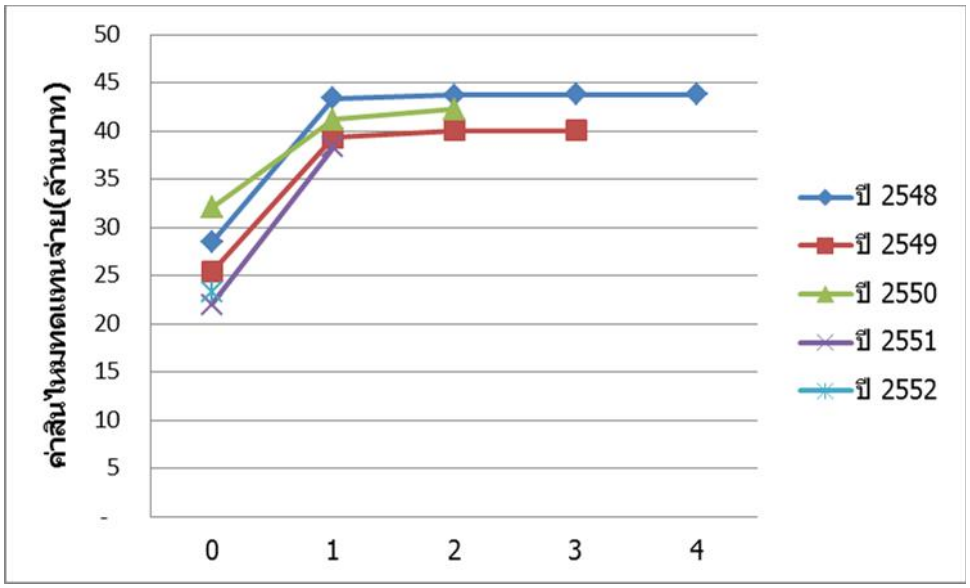
ภาพที่ 3.1 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ

จากภาพที่ 3.1 ที่ได้แสดงค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ พบว่ามีลักษณะที่เพิ่มขึ้นในปีพัฒนาที่ 1 หลังจากนั้นจะมีค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิที่คงที่ และค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของแต่ละปีอุบัติเหตุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



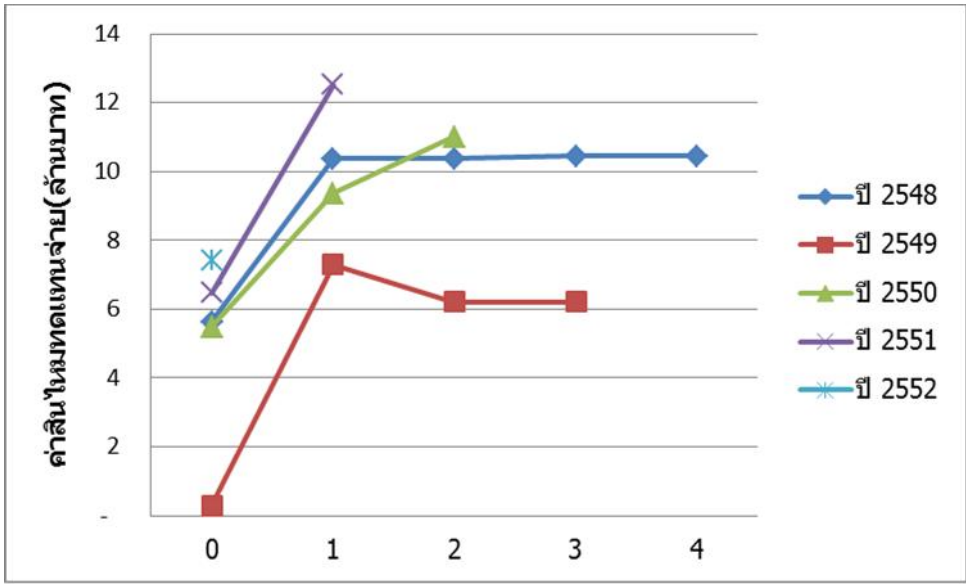
ภาพที่ 3.2 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ

จากภาพที่ 3.2 ที่ได้แสดงค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจพบว่ามีลักษณะที่เพิ่มขึ้นในปีพัฒนาที่ 1 หลังจากนั้นจะมีค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิที่คงที่ และค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของแต่ละปีอุบัติเหตุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



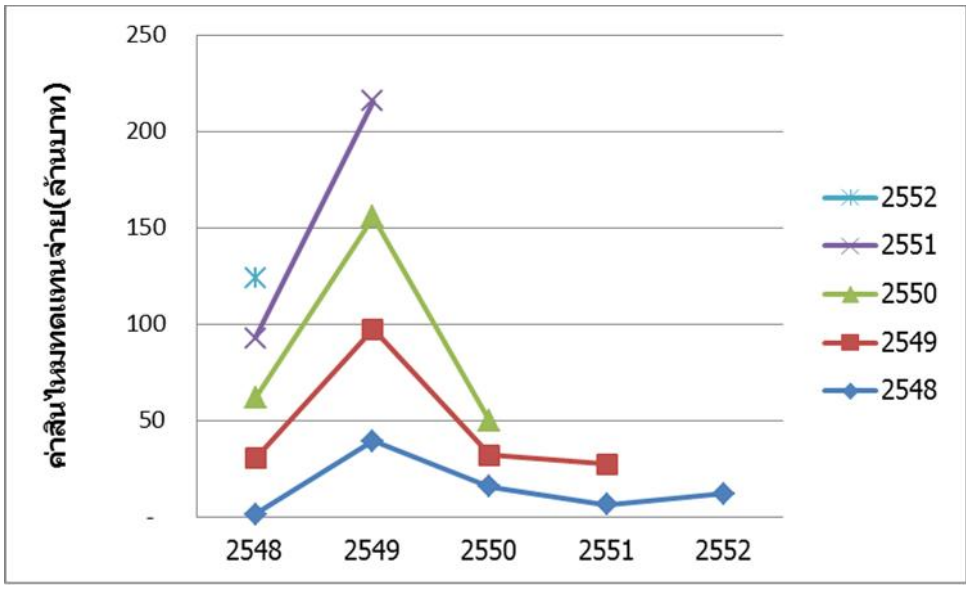
ภาพที่ 3.3 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันอัคคีภัย

จากภาพที่ 3.3 ที่ได้แสดงค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันอัคคีภัยพบว่ามีลักษณะที่เพิ่มขึ้นในปีพัฒนาที่ 1 หลังจากนั้นจะมีค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิที่คงที่ และค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของแต่ละปีอุบัติเหตุมีแนวโน้มลดลง



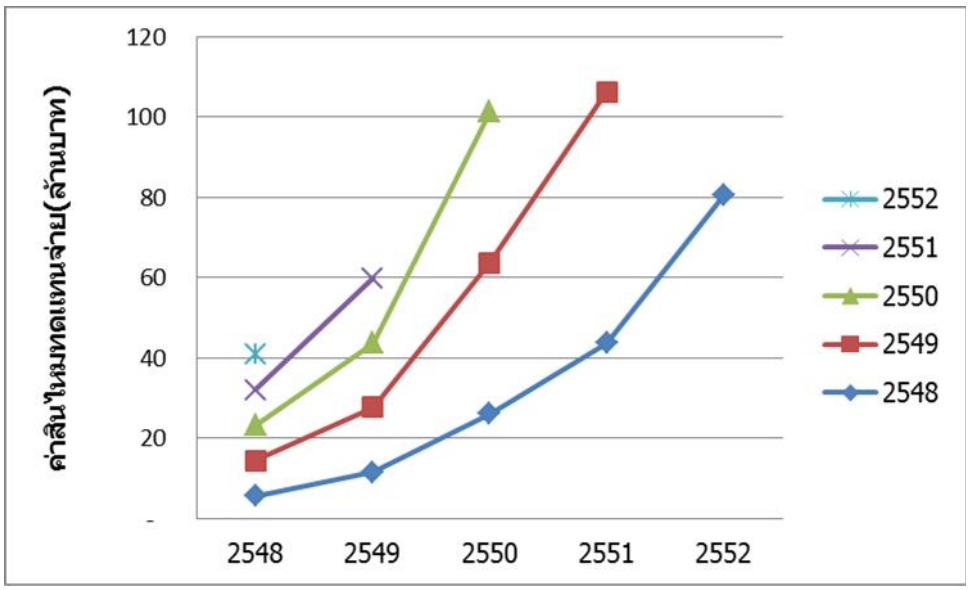
ภาพที่ 3.4 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

จากภาพที่ 3.4 ที่ได้แสดงค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยทางทะเลและขนส่งพบว่ามีลักษณะที่เพิ่มขึ้นในปีพัฒนาที่ 1 หลังจากนั้นจะมีค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิที่คงที่ และค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของแต่ละปีอุบัติเหตุไม่มีแนวโน้ม



ภาพที่ 3.5 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ)

จากภาพที่ 3.5 ที่ได้แสดงค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ) พบว่ามีลักษณะที่เพิ่มขึ้นในปีพัฒนาที่ 1 และลดลงในปีพัฒนาที่ 2 หลังจากนั้นจะมีค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิที่คงที่ และค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของแต่ละปีอุบัติเหตุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3.6 ค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันสุขภาพ

จากภาพที่ 3.6 ที่ได้แสดงค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของการประกันสุขภาพพบว่ามีลักษณะเพิ่มขึ้นทุกปีพัฒนา และค่าสินไหมทดแทนจ่ายสุทธิของแต่ละปีอุบัติเหตุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบวิธีคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนระหว่างวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและบูทแสตรปแบบเบย์ โดยใช้ร้อยละความคลาดเคลื่อนเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ส่วนข้อมูลที่นำมาใช้นั้น ได้มีการจำลองข้อมูลขึ้นโดยใช้วิธีมอลติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ มีวิธีการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิธีการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยวิธีบันไดลูกโซ่

2. ศึกษาวิธีการนำบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและบูทแสตรปแบบเบย์มาใช้ร่วมกับวิธีบันไดลูกโซ่

3. ศึกษาการจำลองข้อมูลโดยวิธีการมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ

4. ศึกษาการหาค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ (prediction error) จากร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

5. จำลองข้อมูลรูปแบบสามเหลี่ยมพัฒนาการโดยใช้วิธีการมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: สร้างตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลในตารางสามเหลี่ยมพัฒนาตามประเภทของการประกันภัย

ขั้นตอนที่ 2: นำตัวแบบที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาพยากรณ์ค่าสามเหลี่ยมพัฒนาการใหม่และหาค่าส่วนต่าง (Residual) ระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากตัวแบบในขั้นตอนที่ 1 ตามตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 แสดงการค่าเศษเหลือระหว่างเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนจริงกับเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่ได้จากตัวแบบการจำลองข้อมูล

Accident year i	Development years j						
	0	1	…	j	…		
	I						
0	$C_{0,0}-\hat{C}_{0,0}$	$C_{0,1}-\hat{C}_{0,1}$	$C_{0,2}-\hat{C}_{0,2}$	$C_{i,j}-\hat{C}_{i,j}$	…		
1	$C_{1,0}-\hat{C}_{1,0}$	$C_{1,1}-\hat{C}_{1,1}$	$C_{i,j}-\hat{C}_{i,j}$	…			
:	$C_{2,0}-\hat{C}_{2,0}$	$C_{i,j}-\hat{C}_{i,j}$	…				
i	$C_{i,j}-\hat{C}_{i,j}$	…					
:	:						
I-1							
I							

ขั้นตอนที่ 3: นำค่าส่วนต่างที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาทำการปรับค่าโดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือ (ร้อยละ) คือ $0, \pm 20, \pm 40, \pm 60, \pm 80, \pm 100$

ขั้นตอนที่ 4: นำค่าส่วนต่างที่ได้จากข้อตอนที่ 3 มาทำการจำลองข้อมูลโดยใช้วิธการมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟ

ขั้นตอนที่ 5: นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 มาจัดรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบตารางสามเหลี่ยมพัฒนา

6. ทำการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้วิธีการบันไดลูกโซ่ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : จากปัจจัยพัฒนาจากตารางสามเหลี่ยมพัฒนาการตามวิธีการบันไดลูกโซ่ $\hat{f}_1, \hat{f}_2, \hat{f}_3, \ldots, \hat{f}_{n-1}$

ขั้นตอนที่ 2: นำปัจจัยพัฒนาที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาแทนค่ากลับเพื่อหาค่าสินไหมทดแทนสำรองใหม่ในส่วนด้านบนตารางสามเหลี่ยมพัฒนาการ

ขั้นตอนที่ 3 : คำนวณหาค่าประมาณส่วนเกินจากสูตรต่อไปนี้

$$\tilde{\varepsilon}_{i,j} = \tilde{\varepsilon}_{i,j}(\hat{f}_{j-1}^{(CL)}, \hat{\sigma}_{i,j}^{(CL)}) = \frac{C_{i,j} - \hat{f}_{j-1}^{(CL)} C_{i,j-1}}{\hat{\sigma}_{j-1}^{(CL)} \sqrt{C_{i,j-1}}}$$

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการสุ่มค่าประมาณส่วนเกินที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 มาแทนในสูตรต่อไปนี้

$$C_{i,j}^{*} = \hat{f}_{j-1}^{(CL)} C_{i,j-1} + \hat{\sigma}_{j-1}^{(CL)} \sqrt{C_{i,j-1}} - \tilde{\varepsilon}_{i,j}^{*}$$

ขั้นตอนที่ 5 : คำนวณหาค่าพารามิเตอร์จากบูทแสตรป

$$\hat{f}_{j}^{*} = \frac{\sum_{i=0}^{I-i-1} C_{i,j+1}^{*}}{\sum_{i=0}^{I-i-1} C_{i,j}}$$

และ $$\hat{\sigma}_{j}^{2*} = \frac{1}{I-i-1} \sum_{i=0}^{I-i-1} C_{i,j} \left(\frac{C_{i+j+1}^{*}}{C_{i,j}} - \hat{f}_{j}^{*} \right)^{2}$$

ขั้นตอนที่ 6 : ทำซ้ำขั้นตอนที่ 4-5 จนกว่าจะได้ค่าพารามิเตอร์ที่คงที่ (1,000 รอบ)

ขั้นตอนที่ 7 : นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 มาทำการประมาณค่าสำรองสินไหมทดแทนในส่วนด้านบนของตารางสามเหลี่ยมพัฒนาการ

7. ทำการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนภายใต้วิธีการบันไดลูกโซ่ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : นำข้อมูลค่าสินไหมทดแทนที่อยู่ในรูปแบบตารางสามเหลี่ยมพัฒนาการ ทำให้เป็นอัตราส่วนเชื่อมโยง (Link Ratio) ตามตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 แสดงวิธีการคำนวณหาค่าอัตราส่วนเชื่อมโยงจากข้อมูลเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน

Accident year i	Development years j 0 1 … j … J						
0	$C_{0,1}/C_{0,0}$	$C_{0,2}/C_{0,1}$	$C_{0,3}/C_{0,2}$	$C_{0,j+1}/C_{0,j}$	…		
1	$C_{1,1}/C_{1,0}$	$C_{1,2}/C_{1,1}$	$C_{1,J+1}/C_{1,j}$	…			
:	$C_{2,1}/C_{2,0}$	$C_{2,2}/C_{2,1}$	…				
I	$C_{1,J+1}/C_{1,j}$	…					
:	:						
I-1							
I							

ขั้นตอนที่ 2 : นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ไปหาค่าพารามิเตอร์โดยกำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบแกมมาและแบบปกติเพื่อมาจำลองข้อมูลใหม่

ขั้นตอนที่ 3 : หาค่าความน่าจะเป็นหลังของตัวแบบจากสูตรต่อไปนี้

$$\pi(D_I|F,C_{i,j},\omega^{(BAM)}) = \frac{\exp(-0.5BIC_M)}{\sum_M \exp(-0.5BIC_M)}$$

ซึ่งค่า BIC สามารถหาได้จากสูตร

$$BIC_M = RSS_M + p_M \log(n)$$

โดยที่

$\pi(D_I|F,C_{i,j},\omega^{(BAM)})$ คือ ความน่าจะเป็นภายหลัง

RSS_M คือ ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Residual Sum of Squares)

p_M คือ จำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบ

n คือ ขนาดของตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 4 : นำค่าส่วนต่างระหว่างวิธีการคำนวณแบบบันไดลูกโซ่และการจำลองจากขั้นตอนที่ 2 มาทำบูทแสตรป

$$\hat{C}_{i,j}^{BMA} = \sum_{M} \bar{C}_{i,j}^{(c)} + \pi\left(D_I | F, C_{i,j}, \omega^{(BMA)}\right)\left(\bar{C}_{i,j}^{(c)} - \hat{C}_{i,j}^{(b)}\right)$$

โดยที่

$\bar{C}_{i,j}^{(c)}$ คือ เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบันไดลูกโซ่

$\bar{C}_{i,j}^{(b)}$ คือ เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่ได้จากการจำลองตามรูปแบบการแจกแจงที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 5 : นำค่าประมาณค่าสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยใช้วิธีการเฉลี่ยในตัวแบบเบย์เซียนมาหาค่าประมาณในรูปแบบบูทแสตรปจากสูตรต่อไปนี้

$$\hat{C}_{i,j} = \frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B} {}^{b}\hat{C}_{i,j}^{BMA}$$

เมื่อ B คือ จำนวนครั้งในการทำกระบวนการบูทแสตรป

8. คำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของวิธีการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้วิธีการบันไดลูกโซ่และวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนภายใต้วิธีบันไดลูกโซ่

9. เปรียบเทียบผลของค่าคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้จากข้อ 8 และข้อ 9

10. สังเคราะห์ผลการศึกษา

11. เขียนรายงานและสรุปผลวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะแสดงผลของการวิจัยซึ่งได้ใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.1 ถึง 3.7 ในรูปแบบของตารางซึ่งจะแบ่งตามแบบของการประกันภัยโดยมี 6 ประเภท ได้แก่ การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ การประกันอัคคีภัย การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง การประกันเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ) และการประกันสุขภาพ ซึ่งมีปีพัฒนาเป็น 5 ปี 7 ปีและ 9 ปี ในแต่ละตารางจะมีข้อมูลที่แบ่งตามรูปแบบการคำนวณ โดยมี 2 วิธีคือ บูทแสตรปแบบดั้งเดิม และบูทแสตรปแบบเบย์เซียนภายใต้วิธีบันไดลูกโซ่ ซึ่งวิธีการบูทแสตรปแบบเบย์เซียนนั้นจะมีรูปแบบการแจกแจง 2 รูปแบบ คือ แบบปกติ และแบบแกมมา นอกจากนั้นแล้วมีการแบ่งตามความคลาดเคลื่อนของค่าเศษเหลือ (ร้อยละ) คือ $0, \pm 20, \pm 40, \pm 60, \pm 80, \pm 100$ ผลแสดงตามตารางที่ 4.1 ถึง 4.6

ตารางที่ 4.1 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ

[illegible]	[illegible] เคลื่อนของ [illegible] ([illegible])	[illegible] ([illegible])		
		5	7	9
แบบดั้งเดิม		9.7122	8.6708	8.1818
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-100	9.2539	7.7350	7.2725
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		9.2566	7.8177	6.8464
แบบดั้งเดิม		5.3822	3.8558	3.6399
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-80	3.5065	3.1801	2.7984
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		3.5453	3.1656	3.2480
แบบดั้งเดิม		6.6188	4.0528	3.4251
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-60	4.2059	3.7105	3.3899
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		4.2400	3.7064	3.4111
แบบดั้งเดิม		4.3963	3.4308	3.2039
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-40	2.8369	2.7206	2.5808
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		2.8455	2.7040	2.6588
แบบดั้งเดิม		3.7444	3.3858	2.9418
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-20	2.7745	2.6592	2.6966
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกม[illegible]		2.8113	2.6234	2.5541
แบบดั้งเดิม		5.4800	5.2557	4.0178
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	0	5.0046	4.3131	3.3103
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		5.0307	4.3193	3.5149
แบบดั้งเดิม		5.3454	4.4846	4.0826
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	20	4.2269	3.6842	3.1001
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		4.2193	3.6267	3.3903
แบบดั้งเดิม		5.7711	5.5632	3.8589
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	40	5.4506	4.8353	3.5671
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		5.4496	4.7907	3.5335
แบบดั้งเดิม		6.6195	6.1080	5.4449
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	60	5.8126	5.0850	4.9366
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		5.8086	5.0716	4.4731

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ

[illegible]	[illegible] (%)	[illegible] (ปี)		
		5	7	9
		6.0109	5.7317	4.3804
เบย์เซียนที่มีกา[illegible]	80	5.2284	4.6506	3.5853
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		5.2082	4.6398	3.4718
แบบดั้งเดิม		5.6412	5.5617	4.0214
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	100	5.0555	4.4696	3.5385
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		5.1003	4.4509	3.5121

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับด้วยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมทุกความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและปีพัฒนา ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน และเมื่อจำนวนปีพัฒนาที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของทุกวิธีมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ตารางที่ 4.2 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ

□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□ เคลื่อนของ □□□□□□□□ (□□□□□□□)	□□□□□□□□□□□□ (□□)		
		5	7	9
แบบดั้งเดิม		4.0019	2.6040	2.2307
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-100	2.3731	2.1293	1.9959
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		2.3782	2.1170	2.0172
แบบดั้งเดิม		4.1363	2.8863	2.3595
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-80	2.6717	2.3330	2.1055
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		2.6881	2.4261	2.1222
แบบดั้งเดิม		3.9124	3.8877	2.8169
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-60	4.6134	3.1995	2.6605
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		4.5940	3.1798	2.8116
แบบดั้งเดิม		3.9906	2.0108	1.7778
□□ย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-40	1.9233	1.6789	1.6238
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		1.9243	1.7593	1.5424
แบบดั้งเดิม		2.6342	2.0268	1.5394
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-20	1.8322	1.6300	1.5344
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		8.4000	1.6313	1.3413
แบบดั้งเดิม		3.1873	1.8024	1.4494
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	0	1.9863	1.6273	1.4455
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		3.8280	1.4468	1.3752
แบบดั้งเดิม		2.8567	1.5101	1.3518
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	20	1.4173	1.2495	1.2403
□□□เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		3.7269	1.2576	1.2135
แบบดั้งเดิม		3.8234	2.1533	1.7631
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	40	1.9328	1.7674	1.7403
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		3.9353	1.7697	1.5746
แบบดั้งเดิม		3.1508	2.5614	2.0571
เบย์เซียนที่มีกา□□□□□□□□□□□□□□□	60	2.2344	2.0009	1.9933
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		2.2747	2.0521	1.9690

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ

[illegible]	[illegible] (ร้อยละ)	[illegible] (ปี)		
		5	7	9
		3.8637	2.4507	2.0304
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	80	2.2089	1.9483	2.0817
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		2.2135	1.9598	1.9694
แบบดั้งเดิม		3.9215	3.2170	2.4436
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	100	2.9581	2.5979	2.1457
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		2.9274	2.6019	2.1185

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจด้วยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมม่ามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมทุกความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและปีพัฒนา ซึ่งการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมาจะมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือมีค่าน้อย ส่วนการคำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการคำนวณ และเมื่อจำนวนปีพัฒนาที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนโดยส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ตารางที่ 4.3 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันอัคคีภัย

□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□ เคลื่อนของ □□□□□□□□ (□□□□□□□)	□□□□□□□□□□□□□□□□ (□□)		
		5	7	9
แบบดั้งเดิม		6.6359	7.2672	5.2715
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-100	6.1642	5.9616	4.3383
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		6.1622	5.9670	4.5352
แบบดั้งเดิม		5.8440	6.3917	3.8780
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-80	5.3088	5.1290	3.0900
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		5.2983	5.0411	3.8556
แบบดั้งเดิม		3.9817	6.4920	4.2133
□□ย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-60	5.4807	5.1388	3.4082
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		5.4963	5.3014	4.0259
แบบดั้งเดิม		4.6204	6.1902	5.0492
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-40	5.0939	4.8653	3.5129
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		5.0608	4.7615	4.0685
แบบดั้งเดิม		5.6081	6.3030	4.8116
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-20	4.9010	5.0244	3.9554
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		4.9249	4.7995	4.0173
แบบดั้งเดิม		6.1243	5.6853	4.2078
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	0	2.8729	3.9557	3.5366
□□□เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		2.8493	3.7318	3.4994
แบบดั้งเดิม		5.6144	6.0087	3.7434
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	20	3.0309	3.9541	3.9580
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		3.0474	3.9497	3.7192
แบบดั้งเดิม		3.9655	6.4011	4.7018
เบย์เซียนที่มีกา□□□□□□□□□□□□□□□	40	3.4608	4.4797	4.5050
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		3.4707	4.3551	4.2401
แบบดั้งเดิม		4.6839	7.2577	4.8755
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	60	4.1982	5.1923	4.3439
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		4.2132	5.1605	4.3201

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันอัคคีภัย

□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□ เคลื่อนของ □□□□□□□□ (□□□□□□□)	□□□□□□□□□□□□ (□□)		
		5	7	9
		6.0889	8.4340	5.0381
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	80	4.6247	5.8878	4.9804
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		4.7000	5.8079	4.4372
แบบดั้งเดิม		5.9597	7.7527	4.9724
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	100	4.5540	5.6921	4.4772
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		4.5486	5.5454	4.2095

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันอัคคีภัยด้วยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมโดยส่วนใหญ่ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน และเมื่อจำนวนปีพัฒนาที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของทุกวิธีมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ตารางที่ 4.4 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

[illegible]	[illegible] เคลื่อนของ [illegible] ([illegible])	[illegible] ([illegible])		
		5	7	9
แบบดั้งเดิม		57.6951	53.6015	36.9658
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-100	50.3140	47.9135	35.1358
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		49.9929	47.3415	33.4258
แบบดั้งเดิม		52.3022	15.4329	7.5694
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-80	72.9722	16.0806	9.4317
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		73.6363	16.3335	9.7583
แบบดั้งเดิม		42.4395	65.7630	45.0165
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-60	50.9470	54.0419	36.4409
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		51.0400	54.3686	37.2907
แบบดั้งเดิม		35.7535	22.3872	11.9566
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-40	17.5610	27.8823	17.9639
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		15.7802	28.2867	17.5353
แบบดั้งเดิม		28.5509	20.7657	10.0940
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-20	18.2073	17.5161	11.0539
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		18.0261	17.0978	10.7261
แบบดั้งเดิม		37.8520	21.4962	13.9935
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	0	17.9986	23.9023	15.5618
เบย์เซียนที่มีก[illegible]		19.4835	24.6919	16.3595
แบบดั้งเดิม		41.2568	19.2361	10.9614
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	20	21.8258	21.8610	13.6309
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		22.0019	21.3883	12.3814
แบบดั้งเดิม		42.4401	20.4127	10.8571
[illegible]ยนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	40	21.7454	21.8014	13.5811
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		21.9809	21.2858	13.2108
แบบดั้งเดิม		42.0777	23.6270	12.9583
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	60	28.7890	19.7541	12.6519
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		28.4125	19.6827	12.9935
แบบดั้งเดิม		38.6031	21.0631	11.6244
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	80	18.7028	17.5494	10.1006
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		18.7383	18.3025	11.6821
แบบดั้งเดิม		25.6063	17.8040	9.5533
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	100	15.7013	15.1096	9.2627

เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		15.7957	15.0452	9.4809

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

[illegible]	[illegible] เคลื่อนของ [illegible] ([illegible])	[illegible] ([illegible])		
		5	7	9
แบบดั้งเดิม		38.6031	21.0631	11.6244
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	80	18.7028	17.5494	10.1006
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		18.7383	18.3025	11.6821
แบบดั้งเดิม		25.6063	17.8040	9.5533
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	100	15.7013	15.1096	9.2627
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		15.7957	15.0452	9.4809

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยทางทะเลและการขนส่งด้วยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมโดยส่วนใหญ่ของการคำนวณที่มีปีพัฒนา 5 ปี ส่วนการคำนวณที่มีปีพัฒนา 7 ปี มีบางความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือที่วิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมม่า และการคำนวณที่มีปีพัฒนา 9 ปี โดยส่วนใหญ่วิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพดีกว่าบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา และโดยส่วนใหญ่เมื่อจำนวนปีพัฒนาที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ตารางที่ 4.5 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ)

□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□ เคลื่อนของ □□□□□□□□ (□□□□□□□)	□□□□□□□□□□□□ (□□)		
		5	7	9
แบบดั้งเดิม		17.6312	18.4673	8.6237
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-100	9.4613	9.0015	3.6318
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		9.4255	10.1569	4.4349
แบบดั้งเดิม		14.2354	17.7678	9.9489
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-80	6.5207	7.7713	3.3394
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		6.5809	11.0930	6.0993
แบบดั้งเดิม		14.7085	19.9015	10.7254
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-60	9.1353	11.9821	5.0763
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		9.2316	9.6303	3.9754
แบบดั้งเดิม		19.1719	49.4253	12.0259
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-40	8.1541	9.5177	5.7019
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		8.1313	10.0679	5.8672
แบบดั้งเดิม		60.3854	19.3092	12.9844
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-20	14.4662	14.8010	10.6624
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		14.5552	13.8720	10.5918
แบบดั้งเดิม		59.9204	44.7944	33.4660
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	0	94.5297	121.5649	41.5826
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		94.9073	121.0823	41.9890
แบบดั้งเดิม		54.3798	45.5321	32.1620
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	20	133.5791	160.3711	45.2042
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		134.0412	159.1720	43.8466
แบบดั้งเดิม		52.4702	47.6224	34.0799
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	40	51.7193	54.5777	39.7525
□□□□□□นที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		52.0365	55.4183	41.2754
แบบดั้งเดิม		64.8967	48.4199	32.5435
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	60	92.4962	120.6182	90.2713
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		105.3775	114.4826	86.4935

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ)

□□□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□ เคลื่อนของ □□□□□□□□ (□□□□□□□)	□□□□□□□□□□□□□□□□ (□□)		
		5	7	9
		67.2491	50.3010	33.8144
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	80	70.8082	77.0939	59.7013
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		71.0511	77.7384	61.1582
แบบดั้งเดิม		57.2010	46.2108	30.2589
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	100	54.9290	71.1642	55.9976
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		56.0564	71.3016	56.4302

จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยเบ็ดเตล็ดด้วยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมโดยส่วนใหญ่ของการคำนวณที่มีปีพัฒนา 5 ปี ส่วนการคำนวณที่มีปีพัฒนา 7 ปีและ 9 ปี ถ้าหากความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือมีค่าเป็นบวกวิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา และโดยส่วนใหญ่เมื่อจำนวนปีพัฒนาที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของการประมาณค่าเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ตารางที่ 4.6 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันสุขภาพ

[illegible]	[illegible] เคลื่อนของ [illegible] ([illegible])	[illegible] ([illegible])		
		5	7	9
แบบดั้งเดิม		86.4840	41.8026	28.7561
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-100	24.2596	27.7061	20.2442
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		24.6162	27.8090	20.3764
แบบดั้งเดิม		82.5269	50.1241	35.9475
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-80	40.1750	47.8744	36.1472
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		44.7033	45.6825	34.3940
แบบดั้งเดิม		42.3398	51.3608	36.7290
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-60	36.7152	44.4656	32.2588
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		44.7092	45.4397	33.2274
แบบดั้งเดิม		28.5385	49.0295	34.9412
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-40	38.2161	50.5508	40.2251
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		44.9624	43.0328	33.0106
แบบดั้งเดิม		38.2113	33.9464	26.0801
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	-20	30.1613	34.4825	27.9188
เบย์เซียนที่มีก[illegible]		29.9246	33.8279	28.1720
แบบดั้งเดิม		19.2121	22.8964	17.4185
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	0	25.6743	24.8870	19.4901
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		25.2289	24.6500	19.6302
แบบดั้งเดิม		23.2113	23.6051	15.9593
[illegible]ยนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	20	30.1613	28.8299	21.9882
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		29.9246	28.7862	21.4389
แบบดั้งเดิม		20.7113	58.5321	48.0897
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	40	30.1613	76.5267	68.9625
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		29.9246	75.5297	66.3971
แบบดั้งเดิม		41.7122	62.0366	45.2726
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	60	71.6580	51.5627	37.6722
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		72.4121	49.2772	38.3768

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่คำนวณด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมา จำแนกตามระดับความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือและจำนวนปีพัฒนา : การประกันสุขภาพ

[illegible]	[illegible] เคลื่อนของ [illegible] ([illegible])	[illegible] ([illegible])		
		5	7	9
		40.2323	48.7889	34.1430
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	80	42.3946	40.4446	33.0494
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		42.3538	40.7302	32.7580
แบบดั้งเดิม		32.1793	33.6059	22.7233
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบปกติ	100	25.4508	25.8796	17.2755
เบย์เซียนที่มีการแจกแจงแบบแกมม่า		25.4051	26.5100	18.7010

จากตารางที่ 4.6 โดยส่วนใหญ่ค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันสุขภาพด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมมาของการคำนวณที่มีปีพัฒนา 5 ปี ส่วนการคำนวณที่มีปีพัฒนา 7 ปีและ 9 ปี บางความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือวิธีการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแบบแกมม่า และโดยส่วนใหญ่เมื่อจำนวนปีพัฒนาที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนมีประสิทธิภาพดีขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้คำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ ประกันอัคคีภัย ประกันภัยทางทะเลและขนส่ง ประกันภัยเบ็ดเตล็ด (ไม่รวมการประกันสุขภาพ) และประกันสุขภาพ โดยใช้วิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมกับบูทแสตรปแบบเบย์เซียนภายใต้วิธีการบันไดลูกโซ่ พร้อมทั้งเปรียบเทียบค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลประสบการณ์ของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง ซึ่งข้อมูลอยู่ในรูปแบบสามเหลี่ยมพัฒนาการ ที่มีปีอุบัติเหตุระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2552 โดยได้จำลองข้อมูลโดยใช้วิธีการมอนติคาร์โลลูกโซ่มาร์คอฟที่จำแนกตามค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเศษเหลือ เพื่อพิจารณาว่าวิธีการหาเงินสำรองวิธีการใดจะเหมาะสมกับลักษณะข้อมูลแบบใด ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

การประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ

เมื่อคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการ**ประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ**ด้วยวิธีบูบแสตรปแบบดังเดิมกับบูทแสตรปแบบเบย์เซียนพบว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าบูทแสตรปแบบดั้งเดิมในทุกค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเศษเหลือ และปีพัฒนาการ 5 ปี 7 ปี และ 9 ปี

การประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ

เมื่อคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดังเดิมกับบูทแสตรปแบบเบย์เซียน พบว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนมีประสิทธิภาพดีกว่าบูทแสตรปแบบดั้งเดิมในทุกค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเศษเหลือของปี

พัฒนาการ 7 ปี แต่ในกรณีที่มีปีพัฒนาการ 5 ปี นั้นมีบางเหตุการณ์ที่บูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าทั้งการแจกแจงรูปแบบปกติ และแกมมาคือ เหตุการณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือเป็น ร้อยละ -60 และที่ดีกว่าเฉพาะรูปแบบการแจกแจงแบบแกมมาคือ ร้อยละ -20 ร้อยละ 0 และร้อยละ 20 และสำหรับปีพัฒนาการ 9 ปี เหตุการณ์ที่วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าวิธีการบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติ คือที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือเป็นร้อยละ 80

การประกันอัคคีภัย

เมื่อคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันอัคคีภัยด้วยวิธีบูบแสตรปแบบดังเดิมกับบูทแสตรปแบบเบย์เซียนและมีการเปรียบเทียบผลที่ได้ พบว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าบูทแสตรปแบบดั้งเดิมในทุกกรณี ของปีพัฒนาการ 7 ปี แต่ในกรณีที่มีปีพัฒนาการ 5ปี นั้นมีบางเหตุการณ์ที่บูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าทั้งการแจกแจงรูปแบบปกติ และแกมมาคือ เหตุการณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือเป็น ร้อยละ -60 และ ร้อยละ -40 และปีพัฒนาการ 9 ปี เหตุการณ์ที่วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าวิธีการบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติ ที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือคือ ร้อยละ 20

การประกันภัยทางทะเลและขนส่ง

เมื่อคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันทางทะเลและขนส่งด้วยวิธีบูบแสตรปแบบดังเดิมกับบูทแสตรปแบบเบย์เซียนและมีการเปรียบเทียบผลที่ได้ พบว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าบูทแสตรปแบบดั้งเดิมในกรณีที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือมีค่าเป็น ร้อยละ -80 และร้อยละ -60 ของปีพัฒนาการ 5 ปี และในกรณีที่มีปีพัฒนาการ 7 ปี นั้นก็มีบางเหตุการณ์ที่บูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าทั้งการแจกแจงรูปแบบปกติ และแกมมาคือ เหตุการณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือเป็น ร้อยละ -80 ร้อยละ 0 ร้อยละ 20 และร้อยละ 40 และปีพัฒนาการ 9 ปี เหตุการณ์ที่วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าวิธีการบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแกมม่า ที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือคือ ร้อยละ - 80 ร้อยละ - 40 ร้อยละ -20 ร้อยละ 0 ร้อยละ 20 และร้อยละ 40 และ

เหตุการณ์ที่วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าวิธีการบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบแกมมา ที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือ ก็อ ร้อยละ 60 และ ร้อยละ 80

การประกันภัยเบ็ดเตล็ด

เมื่อคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยเบ็ดเตล็ดด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดังเดิมกับบูทแสตรปแบบเบย์เซียนและมีการเปรียบเทียบผลที่ได้ พบว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าบูทแสตรปแบบดั้งเดิมในกรณีที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือมีค่าเป็น ร้อยละ -80 ร้อยละ 0 ร้อยละ 20 และร้อยละ 60 ของปีพัฒนาการ 5 ปี และในกรณีที่มีปีพัฒนาการ 7 ปี นั้นก็มีบางเหตุการณ์ที่บูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าทั้งการแจกแจงรูปแบบปกติ และแกมมา คือ เหตุการณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือเป็น ร้อยละ 0 ร้อยละ 20 ร้อยละ 40 ร้อยละ 60 ร้อยละ 80 และร้อยละ 100 สำหรับ ปีพัฒนาการ 9 ปี เหตุการณ์ที่วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าวิธีการบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแกมมา ที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือคือ ร้อยละ 0 ร้อยละ 20 ร้อยละ 40 ร้อยละ 60 ร้อยละ 80 และร้อยละ 100

การประกันสุขภาพ

เมื่อคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนของการประกันสุขภาพด้วยวิธีบูบแสตรปแบบดังเดิมกับบูทแสตรปแบบเบย์เซียนและมีการเปรียบเทียบผลที่ได้ พบว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าบูทแสตรปแบบดั้งเดิมในกรณีที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือมีค่าเป็น ร้อยละ -80 ร้อยละ 0 ร้อยละ 20 ร้อยละ 40 และร้อยละ 60 ของปีพัฒนาการ 5 ปี และในกรณีที่มีปีพัฒนาการ 7 ปี นั้นมีบางเหตุการณ์ที่บูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าทั้งการแจกแจงรูปแบบปกติ และแกมมาคือ เหตุการณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือเป็น ร้อยละ -60 ร้อยละ 0 ร้อยละ 20 ร้อยละ 40 ส่วนที่บูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าเฉพาะการแจกแจงแบบปกติคือ ร้อยละ -20 และ ร้อยละ -40 ส่วนเมื่อปีพัฒนาการเป็น 9 ปี เหตุการณ์ที่วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าวิธีการบูทแสตรปแบบเบย์เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติ ที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือคือ ร้อยละ -40 เหตุการณ์ที่วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมดีกว่าวิธีการบูทแสตรปแบบเบย์

เซียนที่มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติและแกมมา ที่ค่าความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือคือ ร้อยละ -80 ร้อยละ -20 ร้อยละ 0 ร้อยละ 20 และร้อยละ 40

จากผลของการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าเหตุการณ์ที่การคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนจะมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิม มีเหตุการณ์ต่อไปนี้

1. เงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่มีจำนวนปีพัฒนาน้อยกว่า
2. รูปแบบของการแจกแจงที่เลือกใช้มีความเหมาะสมกับข้อมูลเงินสำรองค่าสินไหมทดแทน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมและวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนภายใต้การคำนวณด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ ที่ใช้ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา นั้นจะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่วิธีการคำนวณบูทแสตรปแบบเบย์เซียนจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิม โดยสามารถเห็นได้ชัดเจนในเหตุการณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือมาก เนื่องจากวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนคำนวณโดยการอ้างอิงจากรูปแบบการแจกแจงที่ได้กำหนด ซึ่งถึงแม้ความคลาดเคลื่อนของเศษเหลือมีค่ามาก แต่การแจกแจงที่ระบุนั้นสามารถเข้ากับข้อมูลได้ดี ก็ยังจะสามารถคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนได้ดีอยู่ แต่ถ้าหากว่ารูปแบบการแจกแจงที่ได้เลือกนั้นไม่สามารถเข้ากับข้อมูลได้ ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะแตกต่างจากข้อมูลจริงไปมาก

ในบางกรณีที่ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนระหว่างรูปแบบการแจกแจงแบบปกติกับรูปแบบการแจกแจงแบบแกมมานั้นมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เป็นเพราะรูปแบบการแจกแจงที่เลือกนั้นส่งผลกระทบต่อการคำนวณค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนอย่างมาก

หากพิจารณาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ตามรายปีพัฒนาการ จะพบว่าในปีพัฒนาการหลังๆ วิธีการบูทแสตรปแบบดั้งเดิมจะให้ค่าที่น้อยกว่าวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนแม้ว่าผลรวมทั้งหมดจะมีมากกว่าก็ตามนั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมีจำนวนไม่มาก

ส่วนจำนวนปีพัฒนาการมีผลต่อประสิทธิภาพของการคำนวณค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนเนื่องจากจำนวนปีพัฒนาการที่มากขึ้นจะมีจำนวนค่าเศษเหลือในการคำนวณบูทแสตรปเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้หากมีการเพิ่มตัวอย่างในการสุ่มด้วยวิธีบูทแสตรปแล้วจำเป็นจะต้องเพิ่มรอบของการสุ่มตัวอย่างให้มากขึ้นเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการคำนวณด้วยวิธีบูทแสตรป และในการหารูปแบบการแจกแจงที่เหมาะสมนั้นหากมีข้อมูลที่มากขึ้นจะทำให้ค่าประมาณพารามิเตอร์มีความใกล้เคียงความจริงมากยิ่งขึ้น

เนื่องจากทั้งสองวิธีการคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองที่ศึกษานี้นั้นมีพื้นฐานมาจากการคำนวณด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ ดังนั้นประสิทธิภาพของวิธีการทั้งสองวิธีนั้นจึงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบันไดลูกโซ่ ดังนั้นในบางเหตุการณ์ที่ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์มีค่ามากอาจจะมีผลมาจากวิธีการบันไดลูกโซ่ส่วนหนึ่ง เพราะข้อมูลในบางประเภทของการประกันภัยนั้นมีข้อมูลที่แตกต่างกันมากของข้อมูลในปีพัฒนาเดียวกันแต่ปีอุบัติเหตุต่างกัน

ผลของการวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานของ ไพรวุฒ อชินีทองคำ (2553) ที่ได้พยากรณ์ค่าเงินสำรองวิธีบูทแสตรปแบบภายใต้การคำนวณด้วยวิธีบันไดลูกโซ่นั้นคือผลการศึกษาพบว่าข้อมูลสินไหมทดแทนจ่ายที่มีลักษณะไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งงานวิจัยมีความสอดคล้องกันคือการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนด้วยวิธีบูทแสตรปแบบดั้งเดิมภายใต้การคำนวณด้วยวิธีบันได้ลูกโซ่ที่ได้นั้นมีลักษณะไม่เป็นเป็นในทิศทางเดียวกัน และที่ Cohen, M (1997) ได้เสนอไว้ว่าหากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่จะทำให้ผลการทดลองมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้พบเช่นเดียวกันว่าการคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองด้วยวิธีบูทแสตรปนั้นหากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในหาค่าประมาณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนเพิ่มมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยของการประกันภัยประเภทแบบนั้นมีค่อนข้างน้อยและมีความแปรปรวนสูง จึงส่งผลทำให้ค่าปัจจัยพัฒนา และค่าความแปรปรวนของวิธีบันไดลูกโซ่มีความไม่แม่นยำ ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้วิธีบันไดลูกโซ่เป็นพื้นฐานในการคำนวณ งานวิจัยต่อไปควรทดลองใช้วิธีการอื่น เช่น วิธีบอร์นฮูตเตอร์ เฟอร์กูซัน (Bornhuetter-Ferguson Method) หรือวิธีอื่นๆ ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่าในการประมาณค่าเงินสำรอง ซึ่งอาจทำให้ค่าประมาณมีค่าใกล้เคียงความจริงยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในส่วนของการประมาณค่าเงินสำรองโดยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนนั้น ขั้นตอนการเลือกรูปแบบการแจกแจงมีผลต่อการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนอย่างมาก ซึ่งการประกันภัยแต่ละประเภทก็จะมีรูปแบบของการแจกแจงของข้อมูลที่แตกต่างกัน สำหรับงานวิจัยนี้ไม่ได้เลือกรูปแบบการแจกแจงที่ดีที่สุดของการประกันภัยแต่ละประเภท ดังนั้นงานวิจัยต่อไปควรหารูปแบบการแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลแต่ละชุดก่อนทำการคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองโดยวิธีบูทแสตรปแบบเบย์เซียนต่อไป

รูปแบบการแจกแจงในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกรูปแบบการแจกแจง 2 รูปแบบคือ แบบปกติ และแบบแกมม่า ที่มีลักษณะสมมาตร และเบ้ขวา เนื่องจากโดยทั่วไปธุรกิจประกันภัยจะมีการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนในปีแรกๆ มากและจะลดลงในปีหลัง ดังนั้นจึงไม่ได้เลือกรูปแบบการแจกแจงที่มีลักษณะเบ้ซ้ายในการศึกษาครั้งนี้ ในอนาคตหากลักษณะของการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนของธุรกิจประกันภัยบางประเภทมีลักษณะสอดคล้องกับรูปแบบการแจกแจงดังกล่าวก็ควรพิจารณาเงื่อนไขนี้ให้ครบถ้วน

ในการวางแผนคำนวณหาค่าประมาณเงินสำรองด้วยวิธีบูทแสตรปในการทำวิจัยครั้งนี้ในตอนแรกคาดว่าจะทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 10,000 รอบ แต่เนื่องจากตัวอย่างมีจำนวนน้อยจึงทำการลดรอบของการสุ่มตัวอย่างลง โดยการคำนวณเงินสำรองค่าสินไหมทดแทนที่มีปีพัฒนา 5 ปี และ 7 ปี นั้นกำหนดรอบของการสุ่มตัวอย่างจำนวน 1,000 รอบ และการคำนวณเงินค่าสินไหมทดแทนที่มีปีพัฒนา 9 ปี กำหนดรอบของการสุ่มตัวอย่างจำนวน 2,000 รอบ ในการศึกษาต่อไปหากมีตัวอย่างจำนวนมากขึ้นควรเพิ่มรอบของการสุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจำลองตัวอย่างและคำนวณค่าประมาณซึ่งไม่ใช่โปรแกรมที่มีความเหมาะสมที่สุด ดั้งนั้นการคำนวณครั้งนี้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ผู้ที่จะศึกษาเรื่องนี้ต่อไปนั้นอาจใช้โปรแกรมอื่นๆ ที่อาจให้ค่าที่มีความแม่นยำมากขึ้น และใช้ระยะเวลาในการจำลองชุดตัวอย่างและแต่ละรอบได้เร็วขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์. 2543. สถิติพื้นฐานพร้อมตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB SPSS และ SAS. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นภัสถ์ หาญพรชัย และ พัชรพร เผ่ากันทะ. 2552. การศึกษาเบื้องต้นถึงการจำลองแบบเบเยเซียน. วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นริศรา วิเชียรเจริญ. 2543. การทดสอบความเป็นอิสระแบบเบย์สำหรับการแจกแจงพหุนามโดยใช้การแจกแจงก่อนที่เป็นอิสระต่อกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพรวุฒิ อชินีทองคำ. 2553. ค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ของบอร์นฮูตเทอร์เฟอร์กูซัน โดยใช้วิธีบูตสแตรป. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มานพ วราภักดิ์. 2550. การประมาณเงินสำรองสำหรับค่าสินไหมทดแทนคงค้างด้วยวิธีบันไดลูกโซ่. วารสารจุฬาลงกรณ์ธุรกิจปริทัศน์ 29, 111 (มกราคม-มีนาคม 2550).

รัตนา ศรีเหรัญ. 2539. การเปรียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโลจิสติค 3 พารามิเตอร์ระหว่างวิธีแมกซิมัน ไลค์ลิฮูด วิธีฮิวริสติดและวิธีของเบส์ เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างและจำนวนข้อสอบต่างกันด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล. วิทยานิพนธ์นิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุวิชช์ รอดภัย. 2551. การพัฒนาและออกแบบเทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบมัลติสเตจเบส์เซียนเพื่อประยุกต์ใช้ในการจำแนกลักษณะการกระจายตัวแบบสองมิติของสารปนเปื้อนประเภท DNAPL ณ แหล่งกำเนิดน้ำสารปนเปื้อน. วิทยานิพนธ์ปรัญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Bonnard, R., Greenwood, M., and Greybe, S. 1998. Bootstrapping Reserve Estimates. The Actuarial Society of South Africa 7 : 235-315.

Clyde, M., and Lee, H. 2000. Bagging and The Bayesian Bootstrap. Institute of Statistics & DecisionScience 2001 : 169-174.

Cohen, M. 1997. The Bayesian Bootstrap and Multiple Imputation For Unequal Probability Sample Designs. National Center for Education Statistics 555 : 635-638

Efron, B. 1979. Bootstrapping methods : Another Look at the Jackknife. The Annals of Statistics 7 : 1-26.

England, P. D., and Verrall, R. J. 1999. Analytic and Bootstrap Estimates of Prediction Error in Claim Reserving. Insurance: Mathematics and Economics 25 : 281-293.

Hoeting, J. ,Madigan, D. ,Raftery, A. and Volinsky, C. (1999). Bayesian Model Averaging:A Tutorial . Statistical Science 14 : 382-417.

Mack, T. 1993. Distribution-Free Calculation of the Standard Error of Chain Ladder Reserve Estimates. Astin Bullettin, 23, no.2.

Peters, G.,Wuthrich, M., and Shevchenko,P. 2010. Chain Ladder Method:Bayesian Bootstrap versus Classical Bootstrap. Insurance: Mathematics and Economic 47 : 36-51.

Pinheiro, P., Andrade e Silva, J., and Centeno, M. 2003. Bootstrap Methodology in Claim Reserving. The Journal of Risk and Insurance 70 : 701-714.

Davidson, R., Flachaire, E. 2008. The wild bootstrap, tamed at last. Journal of Econometrics. Volume 146. Issue 1:162–169.

Scheel, W. 2001. Reserve Estimates Using Bootstrapped Statutoty Loss Information. CAS Forum Spring 2001: 265-294.

Schwarz, G. 1978. Estimating the Dimension of a model. The Annals of Statistics 6 : 461-464.

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

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

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คำสั่งในการใช้งาน Marcro Microsoft Excel

คำสั่งในการจำลองข้อมูล

```
Range("B9:F13").Select
    Selection.Copy
    Range("B15").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Range("B21").Select
    Application.CutCopyMode = False
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-18]C-R[-6]C"
    Selection.AutoFill Destination:=Range("B21:F21"), Type:=xlFillDefault
    Range("B21:F21").Select
    Range("B22").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-18]C-R[-6]C"
    Selection.AutoFill Destination:=Range("B22:E22"), Type:=xlFillDefault
    Range("B22:E22").Select
    Range("B23").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-18]C-R[-6]C"
```

```
    Selection.AutoFill Destination:=Range("B23:D23"), Type:=xlFillDefault
    Range("B23:D23").Select
    Range("B24").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-18]C-R[-6]C"
    Selection.AutoFill Destination:=Range("B24:C24"), Type:=xlFillDefault
    Range("B24:C24").Select
    Range("B25").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-18]C-R[-6]C"
Range("B21:B25").Select
    Selection.Copy
    Range("B27").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Range("C21:C24").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.Copy
    Range("B32").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
```

```
Range("C27").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Selection.AutoFill Destination:=Range("C27:C35"), Type:=xlFillDefault
Range("C27:C35").Select
Range("D27").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R27C3:R35C3)"
Selection.AutoFill Destination:=Range("D27:D35"), Type:=xlFillDefault
Range("D27:D35").Select
Range("E27").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R27C2:R35C2,MATCH(ROWS(RC:R27C5),R27C4:R35C4,0))"
Range("B27:B35").Select
Selection.Copy
Range("G27").Select
ActiveSheet.Paste
Range("H27").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("H27:H35"), Type:=xlFillDefault

Range("H27:H35").Select

Range("I27").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R27C8:R35C8)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("I27:I35"), Type:=xlFillDefault

Range("I27:I35").Select

Range("J27").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

    "=INDEX(R27C7:R35C7,MATCH(ROWS(RC:R27C10),R27C9:R35C9,0))"

Range("G27:G35").Select

Selection.Copy

Range("L27").Select

ActiveSheet.Paste

Range("M27").Select

Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"

Selection.AutoFill Destination:=Range("M27:M35"), Type:=xlFillDefault

Range("M27:M35").Select

Range("N27").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R27C13:R35C13)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("N27:N35"), Type:=xlFillDefault

Range("N27:N35").Select

Range("O27").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

    "=INDEX(R27C12:R35C12,MATCH(ROWS(RC:R27C15),R27C14:R35C14,0))"

Range("L27:L35").Select

Selection.Copy

Range("Q27").Select

ActiveSheet.Paste

Range("R27").Select

Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"

Selection.AutoFill Destination:=Range("R27:R35"), Type:=xlFillDefault

Range("R27:R35").Select

Range("S27").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R27C18:R35C18)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("S27:S35"), Type:=xlFillDefault

Range("S27:S35").Select
```

```
Range("T27").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R27C17:R35C17,MATCH(ROWS(RC:R27C20),R27C19:R35C19,0))"
Range("Q27:Q35").Select
Selection.Copy
Range("V27").Select
ActiveSheet.Paste
Range("W27").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Selection.AutoFill Destination:=Range("W27:W35"), Type:=xlFillDefault
Range("W27:W35").Select
Range("X27").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R27C23:R35C23)"
Selection.AutoFill Destination:=Range("X27:X35"), Type:=xlFillDefault
Range("X27:X35").Select
Range("Y27").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R27C22:R35C22,MATCH(ROWS(RC:R27C25),R27C24:R35C24,0))"
```

```
Range("B27:B35").Select

Selection.Copy

Range("B37").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("D21:D23").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

Range("B46").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("C37").Select

Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C37:C48"), Type:=xlFillDefault

Range("C37:C48").Select

Range("D37").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R37C3:R48C3)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("D37:D48"), Type:=xlFillDefault
```

```
Range("D37:D48").Select

Range("E37").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

    "=INDEX(R37C2:R48C2,MATCH(ROWS(RC:R37C5),R37C4:R48C4,0))"

Range("B37:B48").Select

Selection.Copy

Range("G37").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("H37").Select

Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"

Selection.AutoFill Destination:=Range("H37:H48"), Type:=xlFillDefault

Range("H37:H48").Select

Range("I37").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R37C8:R48C8)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("I37:I48"), Type:=xlFillDefault

Range("I37:I48").Select

Range("J37").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R37C7:R48C7,MATCH(ROWS(RC:R37C10),R37C9:R48C9,0))"
Range("G37:G48").Select
Selection.Copy
Range("L37").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("M37").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Selection.AutoFill Destination:=Range("M37:M48"), Type:=xlFillDefault
Range("M37:M48").Select
Range("N37").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],RC[-1]:R48C13)"
Range("N37").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R37C13:R48C13)"
Selection.AutoFill Destination:=Range("N37:N48"), Type:=xlFillDefault
Range("N37:N48").Select
Range("O37").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R37C12:R48C12,MATCH(ROWS(RC:R37C15),R37C14:R48C14,0))"
Range("L37:L48").Select
Selection.Copy
Range("Q37").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("R37").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Selection.AutoFill Destination:=Range("R37:R48"), Type:=xlFillDefault
Range("R37:R48").Select
Range("S37").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R37C18:R48C18)"
Selection.AutoFill Destination:=Range("S37:S48"), Type:=xlFillDefault
Range("S37:S48").Select
Range("T37").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R37C17:R48C17,MATCH(ROWS(RC:R37C20),R37C19:R48C19,0))"
```

```
Range("B42:B48").Select

Selection.Copy

Range("B50").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("E21:E22").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

Range("B57").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("C50").Select

Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C50:C58"), Type:=xlFillDefault

Range("C50:C58").Select

Range("D50").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R50C3:R58C3)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("D50:D58"), Type:=xlFillDefault
```

```
Range("D50:D58").Select

Range("E50").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

    "=INDEX(R50C2:R58C2,MATCH(ROWS(RC:R50C5),R50C4:R58C4,0))"

Range("B50:B58").Select

Selection.Copy

Range("G50").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("H50").Select

Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"

Selection.AutoFill Destination:=Range("H50:H58"), Type:=xlFillDefault

Range("H50:H58").Select

Range("I50").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R50C8:R58C8)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("I50:I58"), Type:=xlFillDefault

Range("I50:I58").Select

Range("J50").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R50C7:R58C7,MATCH(ROWS(RC:R50C10),R50C9:R58C9,0))"
Range("G50:G58").Select
Selection.Copy
Range("L50").Select
ActiveSheet.Paste
Range("M50").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Selection.AutoFill Destination:=Range("M50:M58"), Type:=xlFillDefault
Range("M50:M58").Select
Range("N50").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R50C13:R58C13)"
Selection.AutoFill Destination:=Range("N50:N58"), Type:=xlFillDefault
Range("N50:N58").Select
Range("O50").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R50C12:R58C12,MATCH(ROWS(RC:R50C15),R50C14:R58C14,0))"
Range("B54:B58").Select
```

```
Selection.Copy

Range("B60").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("F21").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

Range("B65").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("C60").Select

Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C60:C65"), Type:=xlFillDefault

Range("C60:C65").Select

Range("D60").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R60C3:R65C3)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("D60:D65"), Type:=xlFillDefault

Range("D60:D65").Select
```

```
Range("E60").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R60C2:R65C2,MATCH(ROWS(RC:R60C5),R60C4:R65C4,0))"
Range("B60:B65").Select
Selection.Copy
Range("G60").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("H60").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Selection.AutoFill Destination:=Range("H60:H65"), Type:=xlFillDefault
Range("H60:H65").Select
Range("I60").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R60C8:R65C8)"
Selection.AutoFill Destination:=Range("I60:I65"), Type:=xlFillDefault
Range("I60:I65").Select
Range("J60").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
```

```
    "=INDEX(R60C7:R65C7,MATCH(ROWS(RC:R60C10),R60C9:R65C9,0))"
  Range("B63:B65").Select
  Selection.Copy
  Range("B67").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
  Range("C67").Select
  Application.CutCopyMode = False
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
  Selection.AutoFill Destination:=Range("C67:C69"), Type:=xlFillDefault
  Range("C67:C69").Select
  Range("D67").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R67C3:R69C3)"
  Selection.AutoFill Destination:=Range("D67:D69"), Type:=xlFillDefault
  Range("D67:D69").Select
  Range("E67").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = _
    "=INDEX(R67C2:R69C2,MATCH(ROWS(RC:R67C5),R67C4:R69C4,0))"
For i = 1 To 1000
```

```
    Sheets("Sheet1").Select
    Range("B71").Select
    Selection.Copy
    Sheets("Sheet2").Select
    Cells(i, 1).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Next i
End Sub
```

คำสั่งในการคำนวณบูทแสตรปแบบดั้งเดิม

```
Range("A9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "F"
    Range("B9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-6]C[1]:R[-3]C[1])/SUM(R[-6]C:R[-3]C)"
    Range("C9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-6]C[1]:R[-4]C[1])/SUM(R[-6]C:R[-4]C)"
    Range("D9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-6]C[1]:R[-5]C[1])/SUM(R[-6]C:R[-5]C)"
    Range("E9").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-6]C[1])/SUM(R[-6]C)"

Range("G3").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(((RC[-4]/RC[-5])-R9C2)^2)*RC[-5]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("G3:G6"), Type:=xlFillDefault

Range("G3:G6").Select

Range("H3").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(((RC[-4]/RC[-5])-R9C3)^2)*RC[-5]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("H3:H5"), Type:=xlFillDefault

Range("H3:H5").Select

Range("I3").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(((RC[-4]/RC[-5])-R9C4)^2)*RC[-5]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("I3:I4"), Type:=xlFillDefault

Range("I3:I4").Select

Range("A10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "VAR"

Range("B10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-7]C[5]:R[-4]C[5])/(5-0-1)"

Range("C10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-7]C[5]:R[-5]C[5])/(5-1-1)"
```

```
Range("D10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-7]C[5]:R[-6]C[5])/(5-2-1)"

Range("J3").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[7]C[-6]/R[7]C[-7]"

Range("J4").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[-7]"

Range("J5").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[5]C[-6]"

Range("E10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(R[-7]C[5]:R[-5]C[5])"

Range("A11").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "S.D"

Range("B11").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-1]C^0.5"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B11:E11"), Type:=xlFillDefault

Range("B11:E11").Select

Range("A1:F7").Select

Selection.Copy

Range("A13").Select
```

```
ActiveSheet.Paste

Range("B15:F19").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.ClearContents

Range("B15").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-12]C"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B15:B19"), Type:=xlFillDefault

Range("B15:B19").Select

Range("C15").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-6]C[-1]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C15:F15"), Type:=xlFillDefault

Range("C15:F15").Select

Range("C16").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-7]C[-1]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C16:E16"), Type:=xlFillDefault

Range("C16:E16").Select

Range("C17").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-8]C[-1]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C17:D17"), Type:=xlFillDefault
```

```
Range("C17:D17").Select

Range("C18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-9]C[-1]"

Range("A1:F7").Select

Selection.Copy

Range("A21").Select

ActiveSheet.Paste

Range("B23:F27").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.ClearContents

Range("B23").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-20]C-R[-8]C"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B23:B27"), Type:=xlFillDefault

Range("B23:B27").Select

Range("C23").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(R[-20]C-R[-8]C)/(R11C2*(R[-20]C[-1]^0.5))"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C23:C26"), Type:=xlFillDefault

Range("C23:C26").Select

Range("D23").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(R[-20]C-R[-8]C)/(R11C3*(R[-20]C[-1]^0.5))"

Selection.AutoFill Destination:=Range("D23:D25"), Type:=xlFillDefault

Range("D23:D25").Select

Range("E23").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(R[-20]C-R[-8]C)/(R11C4*(R[-20]C[-1]^0.5))"

Selection.AutoFill Destination:=Range("E23:E24"), Type:=xlFillDefault

Range("E23:E24").Select

Range("F23").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(R[-20]C-R[-8]C)/(R11C5*(R[-20]C[-1]^0.5))"

Range("C23:C26").Select

Selection.Copy

Range("A29").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("D23:D25").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

Range("A33").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
    :=False, Transpose:=False
Range("E23:E24").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("A36").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("F23").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("A38").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("B29").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Selection.AutoFill Destination:=Range("B29:B38"), Type:=xlFillDefault
Range("B29:B38").Select
Range("C29").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R29C2:R38C2)"
```

```
    Selection.AutoFill Destination:=Range("C29:C38"), Type:=xlFillDefault
    Range("C29:C38").Select
    Range("D29").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=ABS(INDEX(RC[-
3]:R38C1,MATCH(ROWS(RC:R29C4),R29C3:R38C3,0)))"
For i = 1 To 1000
    Sheets("Sheet1").Select
    Range("C47").Select
    Selection.Copy
    Sheets("Sheet2").Select
    Cells(i, 1).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Next i
    For i = 1 To 1000
End Sub
```

คำสั่งในการคำนวณบูทแสตรปแบบเบย์เซียน

```
Range("B9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-6]C[1]/R[-6]C"
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("B9:E9"), Type:=xlFillDefault

Range("B9:E9").Select

Range("B9").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B9:B12"), Type:=xlFillDefault

Range("B9:B12").Select

Range("C9").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("C9:C11"), Type:=xlFillDefault

Range("C9:C11").Select

Range("D9").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("D9:D10"), Type:=xlFillDefault

Range("D9:D10").Select

Range("B14").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=NORM.DIST(R[-5]C,R2C8,R3C8,TRUE)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B14:B17"), Type:=xlFillDefault

Range("B14:B17").Select

Range("B14").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B14:E14"), Type:=xlFillDefault

Range("B14:E14").Select

Range("B15").Select
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("B15:D15"), Type:=xlFillDefault

Range("B15:D15").Select

Range("B16").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B16:C16"), Type:=xlFillDefault

Range("B16:C16").Select

Range("A18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "F"

Range("B18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-4]C[1]:R[-2]C[1])/SUM(R[-4]C:R[-2]C)"

Range("C18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-4]C:R[-2]C)/SUM(R[-4]C[-1]:R[-2]C[-1])"

Range("D18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-4]C[1])/SUM(R[-4]C)"

Range("B14:B17").Select

Selection.Copy

Range("B20").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("C20").Select
```

```
Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-2]C[-1]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C20:E20"), Type:=xlFillDefault

Range("C20:E20").Select

Range("C21").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-3]C[-1]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C21:D21"), Type:=xlFillDefault

Range("C21:D21").Select

Range("C22").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-4]C[-1]"

Range("B25").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=NORM.INV(R[-5]C,R2C8,R3C8)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B25:E25"), Type:=xlFillDefault

Range("B25:E25").Select

Range("B25").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B25:B28"), Type:=xlFillDefault

Range("B25:B28").Select

Range("C25").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("C25:C27"), Type:=xlFillDefault
```

```
Range("C25:C27").Select

Range("D25").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("D25:D26"), Type:=xlFillDefault

Range("D25:D26").Select

Range("B30").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-21]C-R[-5]C"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B30:E30"), Type:=xlFillDefault

Range("B30:E30").Select

Range("B30").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B30:B33"), Type:=xlFillDefault

Range("B30:B33").Select

Range("B31").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B31:D31"), Type:=xlFillDefault

Range("B31:D31").Select

Range("B32").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B32:C32"), Type:=xlFillDefault

Range("B32:C32").Select

Range("B35").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-5]C^2"
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("B35:E35"), Type:=xlFillDefault

Range("B35:E35").Select

Range("B35").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B35:B38"), Type:=xlFillDefault

Range("B35:B38").Select

Range("B36").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B36:D36"), Type:=xlFillDefault

Range("B36:D36").Select

Range("B37").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B37:C37"), Type:=xlFillDefault

Range("B37:C37").Select

Range("A39").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "SUM"

Range("B39").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-4]C:R[-1]C)"

Range("C39").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-4]C:R[-2]C)"

Range("D39").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-4]C:R[-3]C)"
```

```
Range("E39").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-4]C"

Range("A41").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "BIM"

Range("B41").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-2]C+(2*LOG(4))"

Range("C41").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-2]C+(2*LOG(3))"

Range("D41").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-2]C+(2*LOG(2))"

Range("E41").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-2]C+(2*LOG(1))"

Range("B43").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=EXP(-0.5*R[-2]C)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B43:E43"), Type:=xlFillDefault

Range("B43:E43").Select

Range("F43").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(RC[-4]:RC[-1])"

Range("A45").Select
```

```
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "PIE"
    Range("B45").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-2]C/R43C6"
    Selection.AutoFill Destination:=Range("B45:E45"), Type:=xlFillDefault
    Range("B45:E45").Select
Sheets("Sheet2").Select
    Range("A9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "F"
    Range("B9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-6]C[1]:R[-3]C[1])/SUM(R[-6]C:R[-3]C)"
    Range("C9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-6]C[1]:R[-4]C[1])/SUM(R[-6]C:R[-4]C)"
    Range("D9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-6]C[1]:R[-5]C[1])/SUM(R[-6]C:R[-5]C)"
    Range("E9").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-6]C[1])/SUM(R[-6]C)"
    Range("G3").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(((RC[-4]/RC[-5])-R9C2)^2)*RC[-5]"
    Selection.AutoFill Destination:=Range("G3:G6"), Type:=xlFillDefault
```

```
Range("G3:G6").Select

Range("H3").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(((RC[-4]/RC[-5])-R9C3)^2)*RC[-5]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("H3:H5"), Type:=xlFillDefault

Range("H3:H5").Select

Range("I3").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(((RC[-4]/RC[-5])-R9C4)^2)*RC[-5]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("I3:I4"), Type:=xlFillDefault

Range("I3:I4").Select

Range("A10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "VAR"

Range("B10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-7]C[5]:R[-4]C[5])/(5-0-1)"

Range("C10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-7]C[5]:R[-5]C[5])/(5-1-1)"

Range("D10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(R[-7]C[5]:R[-6]C[5])/(5-2-1)"

Range("J3").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[7]C[-6]/R[7]C[-7]"
```

```
Range("J4").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[6]C[-7]"

Range("J5").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[5]C[-6]"

Range("E10").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(R[-7]C[5]:R[-5]C[5])"

Range("A11").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "S.D"

Range("B11").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-1]C^0.5"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B11:E11"), Type:=xlFillDefault

Range("B11:E11").Select

Range("A1:F7").Select

Selection.Copy

Range("A13").Select

ActiveSheet.Paste

Range("B15:F19").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.ClearContents
```

```
Range("B15").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-12]C"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B15:B19"), Type:=xlFillDefault

Range("B15:B19").Select

Range("C15").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-6]C[-1]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C15:F15"), Type:=xlFillDefault

Range("C15:F15").Select

Range("C16").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-7]C[-1]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C16:E16"), Type:=xlFillDefault

Range("C16:E16").Select

Range("C17").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-8]C[-1]"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C17:D17"), Type:=xlFillDefault

Range("C17:D17").Select

Range("C18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]*R[-9]C[-1]"

Range("A13:F19").Select
```

```
Selection.Copy

Range("A21").Select

ActiveSheet.Paste

Range("B23:F27").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.ClearContents

Range("B23").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-20]C-R[-8]C"

Selection.AutoFill Destination:=Range("B23:F23"), Type:=xlFillDefault

Range("B23:F23").Select

Range("B23").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("B23:B27"), Type:=xlFillDefault

Range("B23:B27").Select

Range("C23").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("C23:C26"), Type:=xlFillDefault

Range("C23:C26").Select

Range("D23").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("D23:D25"), Type:=xlFillDefault

Range("D23:D25").Select
```

```
Range("E23").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("E23:E24"), Type:=xlFillDefault

Range("E23:E24").Select

 Range("C23:C26").Select

Selection.Copy

Range("A29").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("D23:D25").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

Range("A33").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

    :=False, Transpose:=False

Range("E23:E24").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

Range("A36").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
    :=False, Transpose:=False
Range("F23").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Range("A38").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
Range("B29").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.AutoFill Destination:=Range("B29:B38"), Type:=xlFillDefault
Range("B29:B38").Select
Range("B29").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Selection.AutoFill Destination:=Range("B29:B38"), Type:=xlFillDefault
Range("B29:B38").Select
Range("C29").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RANK(RC[-1],R29C2:R38C2)"
Selection.AutoFill Destination:=Range("C29:C38"), Type:=xlFillDefault
Range("C29:C38").Select
```

```
    Range("D29").Select

    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=INDEX(RC[-
3]:R38C1,MATCH(ROWS(RC:R29C4),R29C3:R38C3,0))"

     Sheets("Sheet1").Select

    Range("A45:E45").Select

    Selection.Copy

    Sheets("Sheet2").Select

    Range("A40").Select

    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

        :=False, Transpose:=False

    Range("A21:F27").Select

    Selection.Copy

    Range("A42").Select

    ActiveSheet.Paste

    ActiveWindow.ScrollRow = 30

    ActiveWindow.ScrollRow = 32

    Range("B44:F48").Select

    Application.CutCopyMode = False

    Selection.ClearContents
```

```
Range("C44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-29]C+(R29C4*R40C2)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("C44:C47"), Type:=xlFillDefault

Range("C44:C47").Select

Range("D44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-29]C+(R29C4*R40C3)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("D44:D46"), Type:=xlFillDefault

Range("D44:D46").Select

Range("E44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-29]C+(R29C4*R40C4)"

Selection.AutoFill Destination:=Range("E44:E45"), Type:=xlFillDefault

Range("E44:E45").Select

Range("F44").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-29]C+(R29C4*R40C5)"



For i = 1 To 1000

Sheets("Sheet2").Select

Range("C44").Select

Selection.Copy
```

```
    Sheets("Sheet3").Select
    Cells(i, 1).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Next i
End Sub
```

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการคำนวณที่แบ่งตามปีพัฒนาที่มีจำนวนปีพัฒนา 5 ปี

ตาราง ข.1 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อสัมบูรณ์ประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับ (5ปี)

□□□□□□□□□/□□□□□	1	2	3	4	□□□□□□□□ เคลื่อน (□□□□□)
ดั้งเดิม	6.908	8.529	9.770	8.714	0
□□□□□□□□□□□□□□□□	2.790	3.738	5.734	7.756	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.787	3.759	5.730	7.847	
ดั้งเดิม	30.971	30.874	23.932	15.604	20
□□□□□□□□□□□□□□□□	2.782	3.349	4.518	6.258	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.754	3.314	4.528	6.281	
ดั้งเดิม	39.270	31.561	30.327	21.819	-20
□□□□□□□□□□□□□□□□	2.618	4.232	3.992	0.255	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.635	4.231	4.022	0.358	
ดั้งเดิม	36.103	29.442	20.205	13.335	40
□□□□□□□□□□□□□□□□	2.842	3.736	6.216	9.008	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.899	3.765	6.192	8.943	
ดั้งเดิม	50.557	24.255	28.906	21.868	-40
□□□□□□□□□□□□□□□□	2.708	4.387	3.978	0.274	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.654	4.369	3.997	0.363	
ดั้งเดิม	29.061	25.088	18.946	13.383	60
□□□□□□□□□□□□□□□□	2.987	4.205	6.779	9.279	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.989	4.171	6.779	9.295	
ดั้งเดิม	45.134	20.120	27.166	26.055	-60
□□□□□□□□□□□□□□□□	2.521	4.891	5.036	4.376	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.480	4.844	5.119	4.517	
ดั้งเดิม	32.989	26.274	19.564	13.217	80
□□□□□□□□□□□□□□□□	3.028	3.169	5.505	9.212	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	3.028	3.151	5.512	9.142	
ดั้งเดิม	41.734	19.533	29.237	23.025	-80
□□□□□□□□□□□□□□□□	2.364	4.959	5.086	1.617	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.404	4.882	5.111	1.785	
ดั้งเดิม	23.967	26.631	22.619	13.347	100
□□□□□□□□□□□□□□□□	3.424	3.195	4.885	8.718	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	3.501	3.239	4.869	8.792	
ดั้งเดิม	12.696	19.406	29.409	33.339	-100
□□□□□□□□□□□□□□□□	5.699	8.799	9.736	12.781	
□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.552	8.791	9.906	12.777	

ตาราง ข.2 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (5ปี)

□□□□□□□□□□□□□□□□/□□□□□□	1	2	3	4	□□□□□□□□ เคลื่อน (□□□□□□)
ดั้งเดิม	4.623	5.427	2.631	0.068	0
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	0.574	2.079	3.023	2.270	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	4.844	7.668	1.286	1.514	
ดั้งเดิม	4.205	3.592	2.817	0.813	20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	0.748	1.221	1.433	2.267	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.451	6.730	1.500	1.226	
ดั้งเดิม	4.868	2.054	2.332	1.283	-20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.127	1.489	1.667	3.046	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	8.271	9.171	6.395	9.764	
ดั้งเดิม	3.840	5.216	4.854	1.383	40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.051	1.055	2.268	3.357	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.580	6.480	1.823	1.857	
ดั้งเดิม	7.804	3.245	2.537	2.376	-40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.304	1.699	1.632	3.059	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.315	1.720	1.629	3.034	
ดั้งเดิม	4.640	3.512	2.298	2.153	60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.835	1.566	1.863	3.674	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.805	1.575	1.958	3.761	
ดั้งเดิม	5.843	3.113	3.388	3.306	-60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	6.621	8.011	2.436	1.386	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	6.580	7.982	2.445	1.369	
ดั้งเดิม	4.856	4.007	2.621	3.971	80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.929	1.983	2.159	2.765	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.938	1.981	2.201	2.735	
ดั้งเดิม	5.983	5.511	2.807	2.244	-80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.743	2.553	2.193	4.198	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.688	2.546	2.304	4.213	
ดั้งเดิม	8.351	2.280	2.302	2.753	100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.885	2.025	3.114	4.808	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.865	1.962	3.134	4.749	
ดั้งเดิม	5.726	4.734	2.957	2.591	-100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1.990	2.192	2.330	2.980	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	2.028	2.212	2.238	3.035	

ตาราง ข.3 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อสัมบูรณ์ประกันอัคคีภัย (5ปี)

□□□□□□□□□□/□□□□□	1	2	3	4	□□□□□□□□ เคลื่อน (□□□□□□)
ดั้งเดิม	8.397	7.767	7.187	1.145	0
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.960	4.078	1.117	0.336	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.917	4.107	1.092	0.280	
ดั้งเดิม	8.930	8.680	2.926	1.921	20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	6.175	4.168	1.202	0.579	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	6.177	4.168	1.248	0.597	
ดั้งเดิม	8.059	5.679	5.767	2.927	-20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.358	6.603	3.707	3.936	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.385	6.615	3.711	3.989	
ดั้งเดิม	9.712	2.015	2.750	1.386	40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	6.643	4.441	1.560	1.199	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	6.692	4.431	1.579	1.181	
ดั้งเดิม	6.825	5.430	3.422	2.805	-40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	4.725	6.569	4.067	5.015	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	4.723	6.475	4.095	4.950	
ดั้งเดิม	5.203	7.436	4.769	1.328	60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	7.262	4.836	2.458	2.237	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	7.256	4.846	2.452	2.299	
ดั้งเดิม	5.244	4.521	3.760	2.402	-60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	4.543	7.037	4.779	5.564	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	4.510	7.042	4.817	5.617	
ดั้งเดิม	10.956	6.246	5.982	1.172	80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	8.612	5.275	2.228	2.384	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	8.741	5.195	2.239	2.625	
ดั้งเดิม	8.681	8.872	3.077	2.746	-80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	4.918	7.053	4.572	4.693	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	4.927	7.010	4.545	4.711	
ดั้งเดิม	9.926	8.284	4.048	1.580	100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	8.282	5.199	2.468	2.267	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	8.229	5.169	2.499	2.299	
ดั้งเดิม	10.374	9.305	4.141	2.723	-100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.480	7.874	5.272	6.030	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	5.427	7.823	5.321	6.078	

ตาราง ข.4 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อสัมบูรณ์ประกันภัยทางทะเลและขนส่ง (5ปี)

□□□□□□□□□□/□□□□□□	1	2	3	4	□□□□□□□□ เคลื่อน (□□□□□□)
ดั้งเดิม	104.065	24.277	18.335	4.731	0
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	16.352	24.557	16.996	14.089	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	28.758	15.203	19.939	14.034	
ดั้งเดิม	106.654	27.560	24.435	6.377	20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	17.673	21.587	29.338	18.705	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	18.261	21.405	29.254	19.088	
ดั้งเดิม	33.313	14.212	19.384	47.294	-20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	10.518	12.724	21.207	28.380	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	10.074	12.949	20.994	28.087	
ดั้งเดิม	122.878	19.125	23.358	4.399	40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	16.896	20.655	29.370	20.060	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	17.410	20.588	29.301	20.625	
ดั้งเดิม	93.080	21.968	21.090	6.877	-40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	14.568	19.365	23.246	13.065	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	17.976	16.764	13.907	14.474	
ดั้งเดิ□	109.387	19.394	31.233	8.297	60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	16.454	21.621	33.370	43.711	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	17.609	20.948	33.210	41.882	
ดั้งเดิม	122.006	17.385	22.643	7.724	-60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	28.011	41.571	67.909	66.298	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	28.376	41.924	67.485	66.375	
ดั้งเดิม	109.126	16.103	22.752	6.431	80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.688	17.073	23.907	18.143	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	16.089	16.968	23.672	18.225	
ดั้งเดิม	54.713	94.258	31.181	29.057	-80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	39.285	60.816	97.530	94.257	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	37.341	60.831	97.462	98.911	
ดั้งเดิม	52.372	21.193	20.453	8.407	100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	14.016	13.835	19.437	15.517	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	13.858	13.862	19.522	15.941	
ดั้งเดิม	169.080	28.737	26.146	6.817	-100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	24.224	48.755	76.421	51.856	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	25.478	48.627	76.114	49.752	

ตาราง ข.5 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อสัมบูรณ์ประกันภัยเบ็ดเตล็ด (5ปี)

□□□□□□□□□□□□/□□□□□□	1	2	3	4	□□□□□□□□ เคลื่อน (□□□□□□)
ดั้งเดิม	129.397	52.528	31.986	25.771	0
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	47.204	98.350	153.638	78.927	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	46.775	98.639	153.212	81.004	
ดั้งเดิม	99.723	48.617	44.217	24.963	20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	72.021	148.504	241.707	72.084	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	73.711	148.676	243.599	70.179	
ดั้งเดิม	186.396	23.941	21.848	9.356	-20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.226	12.461	15.420	14.758	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.382	12.493	15.562	14.783	
ดั้งเดิม	55.842	81.580	61.168	11.291	40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	44.162	71.642	89.162	1.910	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	44.543	72.402	90.461	0.740	
ดั้งเดิม	12.305	28.205	23.438	12.740	-40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	8.487	6.605	8.351	9.173	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	8.440	6.487	8.386	9.212	
ดั้งเดิม	97.136	78.564	54.160	29.727	60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	56.489	96.714	106.353	110.430	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	69.519	101.579	117.670	132.742	
ดั้งเดิม	3.509	22.745	19.116	13.464	-60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	11.238	6.561	8.849	9.894	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	11.477	6.539	8.887	10.024	
ดั้งเดิม	94.418	40.794	32.002	101.783	80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	48.291	71.072	79.588	84.282	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	48.445	72.872	79.615	83.272	
ดั้งเดิม	11.490	10.544	19.204	15.703	-80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	6.707	5.391	5.043	8.941	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	6.905	5.429	5.032	8.958	
ดั้งเดิม	86.311	68.296	29.623	44.573	100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	41.112	60.413	53.362	64.829	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	41.361	60.345	55.563	66.957	
ดั้งเดิม	8.431	24.779	23.179	14.135	-100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	10.018	8.227	10.386	9.215	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	9.915	8.116	10.307	9.364	

ตาราง ข.6 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อสัมบูรณ์ประกันภัยสุขภาพ (5ปี)

□□□□□□□□□□□□□□□□/□□□□□□	1	2	3	4	□□□□□□□□□ เคลื่อน (□□□□□□)
ดั้งเดิม	30.202	6.832	23.720	16.095	0
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	14.452	20.111	27.070	41.064	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	13.868	20.121	27.067	39.860	
ดั้งเดิม	23.730	14.315	24.562	30.239	20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.306	23.966	36.180	45.193	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.393	23.743	36.016	44.546	
ดั้งเดิม	53.730	14.315	24.562	60.239	-20
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.306	23.966	36.180	45.193	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.393	23.743	36.016	44.546	
ดั้งเดิม	23.730	14.315	24.562	20.239	40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.306	23.966	36.180	45.193	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	15.393	23.743	36.016	44.546	
ดั้งเดิม	72.292	12.885	17.735	11.242	-40
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	42.051	44.264	30.251	36.298	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	70.925	40.832	29.634	38.459	
ดั้งเดิม	71.489	42.583	25.130	27.646	60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	36.232	61.030	96.559	92.811	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	34.994	60.987	96.498	97.169	
ดั้งเดิม	58.944	85.365	17.534	7.515	-60
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	42.513	43.222	27.985	33.141	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	75.939	40.411	27.285	35.202	
ดั้งเดิม	42.802	74.028	25.647	18.452	80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	20.267	35.230	72.375	41.706	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	19.795	34.973	72.601	42.048	
ดั้งเดิม	516.939	180.711	22.063	10.394	-80
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	44.592	43.098	35.654	37.357	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	60.220	44.778	35.423	38.392	
ดั้งเดิม	23.926	41.842	42.076	20.874	100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	12.761	31.052	53.835	4.156	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	12.621	30.537	54.124	4.340	
ดั้งเดิม	283.686	45.565	16.658	0.027	-100
□□□□□□□□□□□□□□□□□□	25.857	16.321	27.358	27.503	
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	27.149	16.678	27.228	27.410	

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกัมพล ประสาทมมงคล เกิดเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2531 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการตลาด คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553