การวัดความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ด้วยวิธีคอปปูลามูลค่าความเสี่ยง และวิธีคอปปูลาค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

นางสาวกุสุมา โคจร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RISK MEASUREMENT OF BOND PORTFOLIO USING COPULA VALUE-AT-RISK AND COPULA EXPECTED SHORTFALL

Miss Kusuma Khochorn

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 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวัดความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ด้วยวิธีคอปปูลามูลค่าความเสี่ยงและวิธีคอปปูลาค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน
โดย	นางสาวกุสุมา โคจร
สาขาวิชา	การประกันภัย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ฐิติวดี ชัยวัฒน์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วัลภา ประกอบผล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ฐิติวดี ชัยวัฒน์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรส ใหญ่สว่าง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. สุนทรี เหล่าพัดจัน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กุสุมา โคจร : การวัดความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ด้วยวิธีคอปปูลามูลค่าความเสี่ยงและวิธีคอปปูลาค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (RISK MEASUREMENT OF BOND PORTFOLIO USING COPULA VALUE-AT-RISK AND COPULA EXPECTED SHORTFALL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. ฐิติวดี ชัยวัฒน์, 103 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเสี่ยงจากการลงทุนในพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ของบริษัทประกันภัย โดยจะใช้ข้อมูลการลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันภัยและข้อมูลอนุกรมเวลาของอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ที่ไม่จ่ายคูปอง เพื่อวิเคราะห์มูลค่าความเสี่ยงและค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ซึ่งเป็นเครื่องชี้วัดความเสี่ยง และได้นำฟังก์ชันคอปปูลามาใช้ เพื่อหาฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของอัตราผลตอบแทนจากตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือ นอกจากนี้ ยังเปรียบเทียบความแม่นยำในการชี้วัดความเสี่ยงระหว่าง Copula VaR กับ Normality VaR อีกด้วย

ผลการวิจัย พบว่า อัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ไม่ได้เป็นแบบปกติ และการหารูปแบบการแจกแจงที่แท้ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR พบว่า อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR มีการแจกแจงแบบ Logistic ทุกช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้ แต่จากการทดสอบความน่าเชื่อถือของตัวแบบคำนวรด้วยการทดสอบข้อมูลย้อนกลับ พบว่า ทั้งค่า Copula VaR และ Normality VaR มีค่าใกล้เคียงกันมาก และสามารถอธิบายการแจกแจงที่เกิดขึ้นจริงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ได้อย่างแม่นยำหรือสามารถวัดระดับความเสี่ยงที่ควรจะเป็นจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การประกันภัย ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5481518926 : MAJOR INSURANCE
KEYWORDS: COPULAS / VALUE AT RISK / EXPECTED SHORTFALL

KUSUMA KHOCHORN: RISK MEASUREMENT OF BOND PORTFOLIO USING COPULA VALUE-AT-RISK AND COPULA EXPECTED SHORTFALL. ADVISOR: ASSOC. PROF. THITIVADEE CHAIYAWAT, Ph.D., 103 pp.

In this research, we aim to measure the risk of investment in a bond portfolio from one of insurance companies by using data on investments in bond securities and historical interpolated zero coupon yields from ThailBMA. We use copula to find a joint distribution function and time to maturity of bond yield. And then we also use Value at Risk (VaR) and Expected Shortfall (ES) to determine the level of risk that may occur to the portfolio in bond. Moreover, we compare the accuracy of risk tolerance between copula VaR and normality VaR.

The result shows that the yield of bond is not a normal distribution, and the distribution pattern of the actual bond yield is Logistic distribution. However, the result of finding the Validity Testing by Bancktesting show that Copula VaR and Normality VaR are very similar. Therefore we can use them to measure the level of risk more effectively.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Statistics
Field of Study: Insurance
Academic Year: 2014

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ในฐานะนิสิตของสาขาวิชาการประกันภัย ข้าพเจ้ารู้สึกภาคภูมิใจเป็นอย่างยิ่งที่ได้มีโอกาสทำวิจัยในหัวข้อ “การวัดความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ด้วยวิธีคอปปูลามูลค่าความเสี่ยงและวิธีคอปปูลาค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน” ซึ่งการทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากหลายท่าน โดยมีรายนามดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวดี ชัยวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้ข้อคิดเห็นและประสบการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วัลภา ประกอบผล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์เสาวรส ใหญ่สว่าง และ ดร.สุนทรี เหล่าพัดจัน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า มาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณวิทวัส พรพิไลพรรณ คุณกรพินธ์ เหลืองสมบูรณ์ ที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือด้วยความหวังดีเสมอมา และขอขอบคุณผู้ที่อยู่เบื้องหลังการจัดทำวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ที่คอยให้ความอนุเคราะห์ ให้กำลังใจและให้คำปรึกษาต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ที่ให้โอกาสส่งเสริมและสนับสนุนด้านการศึกษาของข้าพเจ้า รวมทั้งการอบรมเลี้ยงดูด้วยความรัก ความอบอุ่น คอยช่วยเหลือทุก ๆ ด้าน คอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ จนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ประโยชน์และคุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

สมมติฐานการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

เงื่อนไขที่สำคัญของการวิจัย 4

วิธีการดำเนินงานวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

แนวคิดและทฤษฎี 7

2.1 ตราสารหนี้ 7

2.2 คอปปูลา (Copula) 13

2.3 มูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk) 20

2.4 การวัดความเสี่ยง (Risk Measurement) 27

2.5 การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validity Testing) 30

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34
แหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย 34
ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 35
3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย 35
3.2 ขั้นตอนการคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ 36
3.3 ขั้นตอนการทดสอบรูปแบบการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR 38
3.4 ขั้นตอนการคำนวณหามูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR) 39
3.5 ขั้นตอนการวัดความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหาย
ส่วนเกิน 40
3.6 ขั้นตอนการทดสอบข้อมูลย้อนหลัง (Back testing) 41
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 43
4.1 ผลการเตรียมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย 43
4.2 ผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ 46
4.3 ผลการทดสอบรูปแบบการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR 53
4.4 ผลการคำนวณหามูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR) 55
4.5 ผลการวัดระดับความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหาย
ส่วนเกิน 57
4.6 ผลการเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของพอร์ตโพลิโอตราสารหนี้ 58
4.7 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validity Testing) 59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 64
สรุปผลการวิจัย 64
อภิปรายผลการวิจัย 64
ข้อเสนอแนะ 65
ประโยชน์ 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

รายการอ้างอิง 66
ภาคผนวก 68
ภาคผนวก ก การเตรียมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย 69
ภาคผนวก ข ฟังก์ชันของโปรแกรม Microsoft Excel ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย 96
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการใช้โปรแกรม ค ในการดำเนินงานวิจัย 98
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 จำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่ง แบ่งตามช่วงอายุคงเหลือ 43
ตารางที่ 4.2 จำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง แบ่งตามช่วงอายุคงเหลือ 45
ตารางที่ 4.3 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 8 ปี 46
ตารางที่ 4.4 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 10 ปี 47
ตารางที่ 4.5 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 12 ปี 47
ตารางที่ 4.6 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 1.5 ปี 47
ตารางที่ 4.7 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 2 ปี 48
ตารางที่ 4.8 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 2.5 ปี 48
ตารางที่ 4.9 ดัชนี ZRR และอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR สำหรับตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือ ณ วันที่ 22 สิงหาคม พ .ศ.2556 49
ตารางที่ 4.10 ดัชนี ZRR และอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR สำหรับตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือ ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 50
ตารางที่ 4.11 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life8 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 51
ตารางที่ 4.12 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life10 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 51
ตารางที่ 4.13 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life12 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 51
ตารางที่ 4.14 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life1.5 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 52
ตารางที่ 4.15 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life2 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 52
ตารางที่ 4.16 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life2.5 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 52
ตารางที่ 4.17 ฟังก์ชันการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR 53
ตารางที่ 4.18 ค่า p-value ทดสอบความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR 54
ตารางที่ 4.19 ค่า correlation ระหว่างความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR 54
ตารางที่ 4.20 ค่าทางสถิติเบื้องต้นของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR 55
ตารางที่ 4.21 ค่าทางสถิติเบื้องต้นของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ 56
ตารางที่ 4.22 มูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR) ของอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอ 56

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของพอร์ตตราสารหนี้
ระหว่างตัวชี้วัด ค่า Copula VaR และค่า Copula ES 57
ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของพอร์ตตราสารหนี้
ระหว่างตัวชี้วัด ค่า Copula VaR ค่า Copula ES และค่า Normality VaR 58
ตารางที่ 4.25 ความน่าจะเป็นที่กำหนดจำนวนที่เกิดอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR
เกินกว่าค่า VaR ที่กำหนด ภายใต้ความเชื่อมั่น 95% 59
ตารางที่ 4.26 ช่วงการยอมรับในตัวแบบ ภายใต้ความเชื่อมั่น 95% 60
ตารางที่ 4.27 ความน่าจะเป็นที่กำหนดจำนวนที่เกิดอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR
เกินกว่าค่า VaR ที่กำหนด ภายใต้ความเชื่อมั่น 99% 61
ตารางที่ 4.28 ช่วงการยอมรับในตัวแบบ ภายใต้ความเชื่อมั่น 99% 61
ตารางที่ 4.29 ความน่าจะเป็นที่กำหนดจำนวนที่เกิดอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR
เกินกว่าค่า VaR ที่กำหนด ภายใต้ความเชื่อมั่น 99.5% 61
ตารางที่ 4.30 ช่วงการยอมรับในตัวแบบ ภายใต้ความเชื่อมั่น 99.5% 62
ตารางที่ 4.31 ค่า Copula VaR และค่า Normality VaR (%)
เพื่อทำการทดสอบความสามารถและการแจงนับวันที่ขาดทุนเกินค่า VaR 63

ตารางที่ ก.1 เงินลงทุนในตราสารหนี้เผื่อขายและที่จะถือจนครบกำหนดของ
บริษัทประกันชีวิต จัดตามอายุคงเหลือ 70
ตารางที่ ก.2 เงินลงทุนในตราสารหนี้เผื่อขายและที่จะถือจนครบกำหนดของ
บริษัทประกันวินาศภัย จัดตามอายุคงเหลือ 93
ตารางที่ ข.1 ฟังก์ชันของโปรแกรม Microsoft Excel
ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัทประกันภัยเป็นธุรกิจที่รับโอนความเสี่ยงภัยจากประชาชนหรือภาคธุรกิจ โดยบริษัทจะรับผิดชอบชดใช้ค่าสินไหมทดแทนหากมีความเสียหายเกิดขึ้น แต่จะได้รับชำระเบี้ยประกันภัยเป็นการตอบแทน ซึ่งรายได้ของบริษัทประกันภัย นอกจากจะมาจากการรับประกันภัยแล้ว บริษัทยังมีรายได้ส่วนสำคัญอีกด้านหนึ่ง คือ รายได้จากการลงทุน โดยเงินจากกระแสเงินสดรับ เช่น เบี้ยประกันภัยรับหลังหักกระแสเงินสดจ่าย จะถูกนำไปลงทุนแสวงหาผลกำไร เพื่อให้บริษัทสามารถจัดสรรเงินสำรองประกันภัยได้อย่างเพียงพอต่อภาระผูกพันที่มีกับผู้เอาประกันภัยตามสัญญาประกันภัยที่ได้ตกลงกันไว้

การลงทุนของบริษัทประกันภัยจะกระจายการลงทุนตามนโยบายของแต่ละบริษัท โดยช่องทางการลงทุนนั้น จะลงทุนส่วนหนึ่งในตราสารตลาดเงินระยะสั้นที่มีสภาพคล่องสูงและเปลี่ยนเป็นเงินสดได้ง่าย ได้แก่ ตั๋วสัญญาใช้เงินและเงินฝากประจำ ส่วนหนึ่งจะเป็นการลงทุนที่ให้รายได้คงที่ ได้แก่ พันธบัตรรัฐบาล พันธบัตรรัฐวิสาหกิจ และหุ้นกู้ อีกส่วนหนึ่งเป็นการลงทุนในตราสารทุน ทั้งหุ้นที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์และหุ้นของบริษัทจำกัดนอกตลาดหลักทรัพย์ ตลอดจนลงทุนในหน่วยลงทุนของกองทุนรวมตราสารหนี้ กองทุนรวมตราสารทุนและกองทุนรวมอสังหาริมทรัพย์ ซึ่งออกโดยบริษัทหลักทรัพย์จัดการกองทุนรวมต่าง ๆ

จากประกาศกระทรวงพาณิชย์และประกาศสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย เรื่องการลงทุนประก (.คปภ)อบธุรกิจอื่นของบริษัทประกันวินาศภัย ได้ระบุหลักเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจในการเลือกลงทุนของบริษัทประกันภัย ว่าต้องคำนึงถึงสภาพคล่องของการเปลี่ยนสินทรัพย์ลงทุนเป็นเงินสด ซึ่งบริษัทมีความจำเป็นต้องใช้ในอนาคตอย่างเพียงพอ ความมั่นคงปลอดภัยของเงินลงทุน และการกระจายความเสี่ยง รวมถึงความเสี่ยงด้านต่าง ๆ เช่น ความเสี่ยงด้านตลาด (market risk) ความเสี่ยงด้านเครดิต (credit risk) ความเสี่ยงด้านสภาพคล่อง (liquidity risk) ความเสี่ยงด้านปฏิบัติการ (operational risk) ความเสี่ยงด้านการกระจุกตัว (concentration risk) หรือความเสี่ยงด้านกลยุทธ์ (strategic risk) โดยบริษัทประกันภัยจะต้องพิจารณาผลตอบแทนให้มีความเหมาะสมกับความเสี่ยงที่บริษัทยอมรับได้ (Risk appetite) ประกอบกับระมัดระวังในการลงทุน ทบทวนนโยบายและกลยุทธ์การลงทุนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ ความพร้อมของระบบงาน และความรู้ความเชี่ยวชาญของบุคลากร รวมทั้งต้องปฏิบัติตามประเภท สัดส่วนและเงื่อนไขที่กฎหมายกำหนดอย่างเคร่งครัด โดยกฎหมายที่ใช้ควบคุมการลงทุนของบริษัทประกันภัย

นี้ ได้กำหนดว่า บริษัทประกันภัยสามารถลงทุนในตราสารหนี้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งตราสารหนี้ประเภทที่ออกโดยรัฐบาลไทยหรือกระทรวงการคลัง บริษัทสามารถลงทุนได้โดยไม่จำกัดจำนวน หรือตราสารหนี้ประเภทที่ไม่มีกระทรวงการคลังค้ำประกัน บริษัทก็สามารถลงทุนได้ไม่เกินร้อยละ 60 ของสินทรัพย์ลงทุนของบริษัท (คณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย, 2556)

อีกทั้ง การลงทุนในตราสารหนี้ยังมีข้อดี คือ ตราสารหนี้เป็นเงินลงทุนที่ให้ผลตอบแทนสูงกว่าการฝากประจำ มีความเสี่ยงต่ำกว่าการลงทุนในตราสารทุน สามารถเป็นแหล่งรายได้ประจำ มีความมั่นคงปลอดภัย และยังมีสภาพคล่องสามารถซื้อขายเปลี่ยนมือได้ในตลาดรอง นอกจากนี้การลงทุนในตราสารหนี้ยังช่วยในเรื่องการกระจายความเสี่ยงอีกด้วย เนื่องจากลักษณะของการลงทุนจะถือครองตราสารหนี้หลายตัวพร้อมกันเป็นกลุ่ม หรือที่เรียกว่า พอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ (Bond Portfolio) โดยบริษัทจะต้องเลือกลงทุนในพันธบัตรที่มีความเสี่ยงต่ำ หรือหุ้นกู้ที่ออกโดยกิจการที่ได้รับการจัดอันดับความน่าเชื่อถือที่ดีระดับเพื่อการลงทุน (Investment grade) ตามที่ประกาศของ คปภ. กำหนดไว้

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นและจากรายงานงบการเงินของบริษัทประกันภัยตัวอย่าง พบว่าสัดส่วนของเงินลงทุนส่วนใหญ่ที่บริษัทประกันภัยตัดสินใจเลือกลงทุนจะอยู่ในรูปของตราสารหนี้ ดังนั้น การวัดระดับความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ จึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการบริหารความเสี่ยงที่อาจจะเกิดกับบริษัทประกันภัยได้ ซึ่งโดยทั่วไป การวัดระดับความเสี่ยงที่เป็นจริงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ นิยมใช้มูลค่าความเสี่ยง (Value-at-Risk หรือ VaR) เป็นเครื่องชี้วัด

อัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ สามารถคาดการณ์ได้จากดัชนี ZRR (Zero Rate Return Indices) และสามารถวัดระดับความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง แต่เนื่องจากข้อมูลอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ไทยไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ (อัญญา ขันธวิทย์, 2550 ; ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย: ออนไลน์) จึงทำให้การระบุความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ โดยอ้างอิงค่า Normality VaR ที่ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง อาจจะให้ค่าที่คลาดเคลื่อนไปจากระดับที่แท้จริงและอาจส่งผลให้การตัดสินใจบริหารพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ผิดพลาดได้

เพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงคำนวณหามูลค่าความเสี่ยงจากการแจกแจงที่แท้จริงของอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ และได้นำฟังก์ชันคอปปูลา (Copula) มาหาการแจกแจงร่วมของอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือภายในพอร์ตโฟลิโอ และคำนวณหาค่ามูลค่าความเสี่ยงด้วยวิธีการจำลองข้อมูลแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) อัญญา ขันธวิทย์), 2550: 13-24(นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall หรือ ES) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงอีกชนิดหนึ่งมาชี้วัดระดับความเสี่ยง เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องเหมาะสมกับมูลค่าความเสี่ยงอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวัดความเสี่ยงจากการลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันภัย
2. เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการชี้วัดความเสี่ยงระหว่าง Copula VaR กับ Normality VaR

สมมติฐานการวิจัย

การใช้ค่า Copula VaR และค่า Copula ES สามารถอธิบายการแจกแจงที่แท้จริงของอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ได้ดีกว่าหรือสามารถชี้วัดระดับความเสี่ยงได้แม่นยำกว่า ค่า Normality VaR

ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้ข้อมูลยอดเงินลงทุนในตราสารหนี้ ณ วันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ของบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่งและบริษัทประกันวินาศภัยอีกแห่งหนึ่ง
2. ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลารายวันของ Historical Interpolated Zero Coupon Yields ซึ่งรายงานโดยสมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย (ThaiBMA) ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2545 จนถึง วันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2556 จำนวนทั้งสิ้น 2,850 วันทำการ
3. ใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 3.1.2 จำลองดัชนี ZRR แต่ละช่วงอายุคงเหลือ จำนวน 10,000 ค่า
4. วัดความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง (VaR) และวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (ES)
5. ช่วงความเชื่อมั่นที่ใช้ในการวัดความเสี่ยง คือ 95.0, 99.0 และ 99.5 เปอร์เซ็นต์
6. ทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validity Testing) ด้วยการทดสอบข้อมูลย้อนกลับ (Back testing) ตาม Bank for International Settlements (1996) โดยใช้ข้อมูล Zero Coupon Yields ตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 จำนวน 250 วันทำการ

เงื่อนไขที่สำคัญของการวิจัย

1. ข้อกำหนดเบื้องต้น

ก. การวัดความเสี่ยง

วัดความเสี่ยงโดยใช้วิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ซึ่งเป็นการคำนวณความน่าจะเป็นของอัตราผลตอบแทนที่อาจจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

ข. การจำลองข้อมูล

จำลองข้อมูล (Simulation) โดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 3.1.2

2. ข้อจำกัดของการวิจัย

ค่าอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ที่ไม่จ่ายคูปอง (Zero Coupon Yields) ที่ใช้สำหรับคำนวณดัชนี ZRR (Zero Rate Return Indices) นี้ ข้อมูลได้ถูกรายงานจากสมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย (ThaiBMA) ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2545 เป็นต้นมา แต่จากข้อมูลการลงทุนของบริษัทประกันชีวิตตัวอย่าง พบว่า บริษัทมีการลงทุนในตราสารหนี้ก่อนวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2545 ทำให้ช่วงเวลาก่อนวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2545 ไม่สามารถวัดความเสี่ยงของการลงทุนในตราสารหนี้ด้วยวิธีการนี้ได้

3. คำจำกัดความของงานวิจัย

ตราสารหนี้ คือ ตราสารที่แสดงว่าผู้ออกตราสารมีภาระผูกพันทั้งทางตรงและทางอ้อมที่จะต้องจ่ายเงินสดหรือสินทรัพย์อื่นให้แก่ผู้ถือตราสารตามจำนวนและเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้โดยชัดเจน หรือโดยปริยาย ได้แก่ พันธบัตรรัฐบาล ตั๋วเงินคลัง ตั๋วแลกเงิน ตั๋วสัญญาใช้เงิน สลากออมทรัพย์ หุ้นกู้ ตราสารที่มีลักษณะของสัญญาซื้อขายล่วงหน้าแฝงประเภทคุ้มครองเงินต้น ใบสำคัญแสดงสิทธิที่จะซื้อหุ้นกู้ หรือใบแสดงสิทธิในผลประโยชน์ที่เกิดจากหุ้นกู้ (DR) ตามกฎหมายว่าด้วยหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ และให้หมายรวมถึงศุกูกหรือหลักทรัพย์อื่น ๆ ตามที่นายทะเบียนประกาศกำหนด

ศุกูก คือ ตราสารทางการเงินที่มีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) เป็นใบทรัสต์ที่ออกโดยทรัสต์ผู้ออกศุกูก
2) มีการกำหนดโครงสร้างของการทำธุรกรรมของกองทรัสต์เพื่อนำเงินที่ได้จากการออกตราสารไปหาประโยชน์ในรูปแบบที่เป็นไปตามหลักศาสนาอิสลาม และ
3) มีการกำหนดไว้ล่วงหน้าอย่างชัดเจนนเกี่ยวกับเงื่อนไขการคืนเงินลงทุนและอัตราหรือสัดส่วนการจ่ายผลประโยชน์ตอบแทนที่กองทรัสต์จะได้รับจากผู้ระดมทุนเพื่อประโยชน์ของผู้ถือตราสาร และมีการกำหนดเงื่อนไขการคืนเงินลงทุนและอัตราหรือ

สัดส่วนการจ่ายผลประโยชน์ตอบแทนที่กอบทรัสต์จะจ่ายให้แก่ผู้ถือตราสารด้วย ซึ่งการกำหนดอัตราหรือสัดส่วนการจ่ายผลประโยชน์ตอบแทนดังกล่าวเป็นไปตามหลักศาสนาอิสลาม

วันครบกำหนดไถ่ถอน (Maturity date) คือ วันครบกำหนดอายุของตราสารหนี้ โดยผู้ออกจะจ่ายคืนเงินต้นและดอกเบี้ยงวดสุดท้ายให้กับผู้ถือตราสารหนี้ในวันนี้(ถ้ามี)

อันดับความน่าเชื่อถือที่สามารถลงทุนได้ (investment grade) คือ อันดับความน่าเชื่อถือที่แต่ละสถาบันจัดอันดับความน่าเชื่อถือที่ได้รับการยอมรับจากสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ กำหนดว่าเป็นอันดับความน่าเชื่อถือที่ผู้ลงทุนสามารถลงทุนได้

ตราสารหนี้ประเภทไม่จ่ายดอกเบี้ย (Zero coupon bond) คือ ตราสารหนี้ที่ออกขายในราคาที่หักส่วนลดจากมูลค่าหน้าตั๋ว เมื่อครบกำหนดอายุก็จะได้รับการไถ่ถอนตามราคาที่ตราไว้ของมูลค่าหน้าตั๋ว

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาและค้นคว้าเอกสาร ตำรา งานวิจัย รวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บข้อมูลจำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันภัย
3. คำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้จากดัชนี ZRR (Zero Rate Return Indices)
4. ทดสอบรูปแบบการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR แต่ละช่วงอายุคงเหลือ
5. คำนวณหามูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk หรือ VaR) และค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall หรือ ES) จากฟังก์ชันคอปปูลา
6. เปรียบเทียบระดับความเสี่ยงระหว่าง Copula VaR Copula ES และ Normality VaR ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ
7. ใช้การทดสอบข้อมูลย้อนกลับ (Back testing) ทดสอบความแม่นยำของตัวแบบคำนวณที่ใช้วัดความเสี่ยง
8. เขียนรายงาน สรุปผลที่ได้จากการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำไปใช้วัดความเสี่ยงจากการลงทุนในตราสารหนี้ได้
2. ทราบผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนในตราสารหนี้ที่แม่นยำมากขึ้น ทำให้การตัดสินใจบริหารพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ถูกต้องเหมาะสมและลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ แบ่งเนื้อหาการนำเสนอออกเป็น 5 บท โดยในบทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย สมมติฐานการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย เงื่อนไขที่สำคัญของการวิจัย วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยย่อและประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย ในบทที่ 2 กล่าวถึง ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ในบทที่ 3 กล่าวถึง วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยละเอียด ในบทที่ 4 กล่าวถึง ผลการวิจัยและผลการวิเคราะห์ที่ได้จากงานวิจัย และบทที่ 5 กล่าวถึง ข้อสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป และประโยชน์ที่ได้จากการประยุกต์ผลการวิจัยในครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย ตราสารหนี้ คอปปูลา มูลค่าความเสี่ยง การวัดความเสี่ยง การทดสอบความน่าเชื่อถือ และท้ายบทจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้

แนวคิดและทฤษฎี

2.1 ตราสารหนี้

“การลงทุนทุกอย่างมีความเสี่ยง” ประโยคอมตะสำหรับแวดวงการเงิน ซึ่งผลตอบแทนและความเสี่ยงจากการลงทุนเป็นสองสิ่งที่จะอยู่คู่กันเสมอ โดยระดับของผลตอบแทนและความเสี่ยงจะแตกต่างกันไปในแต่ละหลักทรัพย์ แม้ว่าตราสารหนี้จะเป็นหลักทรัพย์ที่มีความเสี่ยงจากการลงทุนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าการลงทุนในตราสารทุน ตราสารอนุพันธ์ และหลักทรัพย์อื่นอีกหลายประเภท แต่ประโยคข้างต้นก็ยังคงความถูกต้องอยู่เสมอ (ดุสิต โดมทอง, 2551: 46-47)

2.1.1 นิยามของตราสารหนี้

ตราสารหนี้ (ตราสารแห่งหนี้) เป็นตราสารที่แสดงความเป็นหนี้ระหว่างผู้ออกตราสารหนี้ (Issuer) ซึ่งจะอยู่ในฐานะลูกหนี้ กับผู้ถือตราสารหนี้หรือผู้ลงทุน ซึ่งจะอยู่ในฐานะเจ้าหนี้ โดยผู้ออกตราสารหนี้มีภาระผูกพันทั้งทางตรงและทางอ้อมที่จะต้องจ่ายดอกเบี้ยเป็นงวด ๆ และคืนเงินต้นให้แก่ผู้ถือตราสารเป็นเงินสดหรือสินทรัพย์อื่นใด ตามจำนวนและเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้โดยชัดเจนหรือโดยปริยาย ได้แก่ พันธบัตร ตั๋วเงินคลัง ตั๋วแลกเงิน ตั๋วสัญญาใช้เงิน สลากออมทรัพย์ หุ้นกู้ ตราสารที่มีลักษณะของสัญญาการซื้อขายล่วงหน้าแฝงประเภทคุ้มครองเงินต้น ใบสำคัญแสดงสิทธิที่จะซื้อหุ้นกู้ หรือใบแสดงสิทธิในผลประโยชน์ที่เกิดจากหุ้นกู้ (DR) ตามกฎหมายว่าด้วยหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ และให้หมายรวมถึงศุกูกหรือหลักทรัพย์อื่น ตามที่นายทะเบียนประกาศกำหนด

การเรียกชื่อตราสารหนี้สามารถเรียกได้แตกต่างกันตามผู้ออกและคุณสมบัติเฉพาะ ดังต่อไปนี้ (สมาคมตราสารหนี้ไทย, 2552 : ออนไลน์)

2.1.1.1 พันธบัตรรัฐบาล (Government Bond)

พันธบัตรรัฐบาลเป็นตราสารหนี้ที่มีอายุตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป ออกโดยกระทรวงการคลังเพื่อระดมเงินทุนจากนักลงทุนและประชาชนทั่วไป มาใช้จ่ายในกิจการของรัฐ ดังนั้นรัฐบาลจะอยู่ในฐานะเป็นลูกหนี้ และผู้ที่ถือพันธบัตร ได้แก่ ประชาชน สถาบันการเงินหรือองค์กรใด ๆ ก็จะอยู่ในฐานะเจ้าหนี้ นอกจากนี้การถือครองพันธบัตรรัฐบาล ยังถือได้ว่าเป็นการลงทุนไม่มีความเสี่ยงเรื่องการผิดนัดชำระดอกเบี้ยและเงินต้น (Default free) อีกด้วย

2.1.1.2 ตั๋วเงินคลัง (Treasury Bills)

ตั๋วเงินคลัง (T-Bills) เป็นตราสารหนี้ที่กระทรวงการคลังเป็นผู้ออกเช่นเดียวกัน ออกโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการบริหารการเงินระยะสั้นในบัญชีคงคลัง และแตกต่างจากพันธบัตรรัฐบาลตรงที่ตั๋วเงินคลังจะเป็นตราสารหนี้ระยะสั้น มีอายุไม่เกิน 1 ปีเท่านั้น

2.1.1.3 พันธบัตรรัฐวิสาหกิจ (State Enterprise Bond)

พันธบัตรรัฐวิสาหกิจเป็นพันธบัตรที่ออกโดยหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ซึ่งองค์กรผู้ออกจะมีหน้าที่และภาระในการชำระหนี้ทั้งดอกเบี้ยและเงินต้นตามที่กำหนดไว้ เช่น พันธบัตรธนาคารแห่งประเทศไทย พันธบัตรการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ฯลฯ

2.1.1.4 หุ้นกู้ (Corporate Bond)

หุ้นกู้เป็นตราสารหนี้ที่ออกโดยบริษัทเอกชน อายุตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป หรือถ้าเป็นหุ้นกู้อายุสั้น ๆ เช่น อายุไม่เกิน 9 เดือน จะเรียกว่า หุ้นกู้ระยะสั้น ออกโดยมีจุดประสงค์เพื่อระดมเงินจากนักลงทุนและประชาชนทั่วไป มาใช้ในการดำเนินกิจการ โดยทั่วไปแล้ว อัตราผลตอบแทนของหุ้นกู้จะสูงกว่าอัตราผลตอบแทนของพันธบัตรรัฐบาลที่มีลักษณะและอายุเท่ากัน ซึ่งส่วนต่างที่เพิ่มขึ้นมานี้ เรียกว่า Credit spread หรือ Risk premium หรือก็คือ ค่าชดเชยความเสี่ยงนั่นเอง

2.1.1.5 ตั๋วเงิน (Commercial paper)

ตั๋วเงินเป็นตราสารหนี้ระยะสั้นที่ออกโดยบริษัทเอกชน เพื่อการกู้ยืมเงินระหว่างกันในวงแคบ มีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละหน่วย ไม่มีความเป็นมาตรฐานเหมือนหุ้นกู้และมีมูลค่าต่อรุ่นค่อนข้างต่ำมาก จึงแทบไม่มีการซื้อขายในตลาดรอง ดังนั้นเวลาพูดถึงตลาดตราสารหนี้เอกชนมักจะหมายถึงหุ้นกู้เป็นหลัก โดยตั๋วเงินมีทั้งที่ออกในรูปตั๋วแลกเงิน (Bill of exchange) และที่ออกในรูปตั๋วสัญญาใช้เงิน (Promissory note)

2.1.2 ข้อกฎหมายที่เกี่ยวกับการลงทุนในตราสารหนี้

วัตถุประสงค์หลักของบริษัทประกันชีวิตและบริษัทประกันวินาศภัย ก็คือ การรับประกันภัย แต่เนื่องจากบริษัทประกันชีวิตและบริษัทประกันวินาศภัยเป็นแหล่งระดมเงินออมจากผู้เอาประกันภัยในรูปของเบี้ยประกันภัย ด้วยเหตุนี้เอง พระราชบัญญัติประกันชีวิต พ.ศ. 2551 และพระราชบัญญัติประกันวินาศภัย พ.ศ. 2551 จึงได้บัญญัติให้บริษัทประกันชีวิตและบริษัทประกันวินาศภัยสามารถนำเบี้ยประกันภัยและเงินกองทุนของบริษัทไปลงทุนประกอบธุรกิจอื่นได้ ตามประกาศกระทรวงพาณิชย์และประกาศสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย เรื่องการลงทุนประกอบธุรกิจอื่นของบริษัทประกันวินาศภัย

ในปัจจุบันมีการบังคับใช้ประกาศคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย เรื่องการลงทุนประกอบธุรกิจอื่นของบริษัทประกันวินาศภัย พ.ศ. 2556 ซึ่งได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์การลงทุนในตราสารหนี้ไว้ (คณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย, 2556: 5-6, 16, 19-20) ดังต่อไปนี้

ข้อ 5 ในการลงทุนและการประกอบธุรกิจอื่นของบริษัท ให้บริษัทดำเนินการให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ และเงื่อนไข โดยยึดถือหลักการ ดังต่อไปนี้

(1) คระกรรมการบริษัทต้องให้ความสำคัญในการกำหนดนโยบายการลงทุนและการประกอบธุรกิจอื่นของบริษัท นโยบายการบริหารความเสี่ยงรวม และกระบวนการบริหารความเสี่ยง ที่เหมาะสมกับความพร้อมของบริษัท รวมถึงติดตาม ควบคุมดูแล ให้การลงทุนและการประกอบธุรกิจอื่นของบริษัท มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ โดยคำนึงถึงความมั่นคง สถานะทางการเงิน การดำเนินงานของบริษัท รวมถึงหลักธรรมาภิบาลและการบริหารความเสี่ยง

(2) บริษัทต้องบริหารสินทรัพย์ให้สอดคล้องกับลักษณะการประกอบธุรกิจผลิตภัณฑ์ประกันวินาศภัยและเหมาะสมต่อภาระผูกพันที่บริษัทมีต่อผู้เอาประกันภัย ทั้งในรูปกระแสเงินสด จำนวนเงิน ระยะเวลา และสกุลเงิน

(3) ในการลงทุนและประกอบธุรกิจอื่นของบริษัทจะต้องพิจารณาถึงความพร้อง ทั้งทางด้านระบบงาน ความรู้ความเชี่ยวชาญของบุคลากร โดยคำนึงถึงความมั่นคง สภาพคล่อง และการกระจายความเสี่ยง รวมทั้งความเสี่ยงในด้านต่าง ๆ เช่น ความเสี่ยงด้านตลาด (market risk) ความเสี่ยงด้านเครดิต (credit risk) ความเสี่ยงด้านปฏิบัติการ (operational risk) ความเสี่ยงด้านสภาพคล่อง (liquidity risk) ความเสี่ยงด้านการกระจุกตัว (concentration risk) หรือความเสี่ยงด้านกลยุทธ์ (strategic risk)

ข้อ 21 การลงทุนในตราสารหนี้ที่ผู้ออกตราสารหนี้หรือตราสารหนี้ต้องได้รับการจัดอันดับความน่าเชื่อถือ หากต่อมาผู้ออกตราสารหนี้หรือตราสารหนี้ถูกลดอันดับความน่าเชื่อถือต่ำกว่าเกณฑ์ที่สามารถลงทุนได้ ให้บริษัทจำหน่ายตราสารหนี้นั้นในโอกาสแรกที่สามารถกระทำได้

ข้อ 29 บริษัทสามารถลงทุนในตราสารหนี้ในประเทศ ที่ออก สั่งจ่าย รับรอง รับอาวัล หรือค้ำประกันโดยสถาบันการเงิน ตราสารหนี้ที่ออกโดยบริษัทจำกัด หรือองค์การ หรือรัฐวิสาหกิจที่ไม่มีกระทรวงการคลังค้ำประกัน ตราสารกึ่งหนี้กึ่งทุนที่ออกโดยบริษัทจำกัด และตราสารหนี้ที่มีลักษณะของสัญญาซื้อขายล่วงหน้าแฝง รวมทั้งหมดได้ไม่เกินร้อยละ 60 ของสินทรัพย์ลงทุนของบริษัท

ข้อ 38 บริษัทสามารถลงทุนในตราสารหนี้ที่ออก สั่งจ่าย รับรอง รับอาวัล หรือค้ำประกันโดยสถาบันการเงิน หรือออกโดยบริษัทจำกัด หรือองค์การ หรือรัฐวิสาหกิจที่ไม่มีกระทรวงการคลังค้ำประกัน หรือตราสารหนี้ที่มีลักษณ์ของสัญญาซื้อขายล่วงหน้าแฝง แต่ละรายได้ไม่เกินร้อยละ 15 ของสินทรัพย์ลงทุนของบริษัท ทั้งนี้ กรณีผู้ออกหรือผู้ค้ำประกันเป็นนิติบุคคลต่างประเทศ แต่ละรายได้ไม่เกินร้อยละ 5 ของสินทรัพย์ลงทุนของบริษัท

ข้อ 44 บริษัทสามารถลงทุนในตราสารหนี้ในประเทศได้ตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

(1) ตราสารหนี้ที่ออก สั่งจ่าย รับรอง รับอาวัล หรือค้ำประกัน โดยรัฐบาลไทย ธนาคารแห่งประเทศไทย กระทรวงการคลัง หรือกองทุนเพื่อการฟื้นฟูและพัฒนาระบบสถาบันการเงิน บริษัทสามารถลงทุนได้โดยไม่จำกัดจำนวน

(2) ตราสารหนี้ที่ออก สั่งจ่าย รับรอง รับอาวัล หรือค้ำประกัน โดยสถาบันการเงิน ตราสารที่ออกโดยบริษัทจำกัด องค์การหรือรัฐวิสาหกิจ บริษัทสามารถลงทุนได้ตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

ก. เป็นตราสารหนี้ที่มีอันดับความน่าเชื่อถือ ของผู้ออกตราสารหนี้ หรือของผู้ค้ำประกันไม่ต่ำกว่าอันดับความน่าเชื่อถือที่สามารถลงทุนได้ เว้นแต่ ตราสารหนี้ที่ออก สั่งจ่าย รับรอง รับอาวัลหรือค้ำประกันโดยธนาคารที่มีกฎหมายเฉพาะจัดตั้งขึ้น หรือตราสารที่ออกโดยองค์การหรือรัฐวิสาหกิจที่มีกฎหมายเฉพาะจัดตั้งขึ้น

ข. กรณีตราสารหนี้เป็นตั๋วสัญญาใช้เงินหรือตั๋วแลกเงิน ต้องไม่มีข้อจำกัดความรับผิด

ข้อ 45 บริษัทสามารถลงทุนในตราสารหนี้ต่างประเทศได้ตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

(1) ตราสารหนี้ไม่ด้อยสิทธิที่ออกหรือค้ำประกันโดยรัฐบาลต่างประเทศ องค์การ/หน่วยงานของรัฐบาลต่างประเทศ หรือองค์กรระหว่างประเทศ และต้องเป็นตราสารที่มีอันดับความน่าเชื่อถือของตราสาร หรือของผู้ออกตราสาร หรือของผู้ค้ำประกัน ไม่ต่ำกว่าอันดับความน่าเชื่อถือที่สามารถลงทุนได้

(2) ตราสารหนี้ไม่ด้อยสิทธิ ที่ออกโดยนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายต่างประเทศ หรือรัฐวิสาหกิจตามกฎหมายต่างประเทศ และต้องเป็นตราสารที่มีอันดับความน่าเชื่อถือไม่ต่ำกว่าอันดับความน่าเชื่อถือที่สามารถลงทุนได้

(3) ตราสารหนี้ตาม (1) และ (2) จะต้องเป็นตราสารหนี้ที่บริษัทสามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับตราสารหนี้ดังกล่าว เป็นภาษาอังกฤษผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

การกำกับดูแลการลงทุนประกอบธุรกิจอื่นของบริษัทประกันชีวิตและบริษัทประกันวินาศภัย มีหลักการสำคัญ นอกจากเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่ดีแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความมั่นคงปลอดภัยของผู้เอาประกันภัยด้วย ทั้งนี้เพราะการลงทุนที่มีผลตอบแทนสูงก็ย่อมจะมีความเสี่ยงสูงด้วยเช่นกัน หลักการอีกประการหนึ่งก็คือการกระจายการลงทุน ด้วยเหตุผลดังกล่าว การลงทุนที่มีความเสี่ยงสูงจนเกินไปจะไม่อนุญาตให้กระทำได้ เว้นแต่ว่าแม้จะมีความเสี่ยงสูงแต่เชื่อแน่วแน่ว่าในช่วงระยะเวลาที่จะมีการลงทุนดังกล่าว นักลงทุนได้วิเคราะห์และเชื่อมั่นว่าจะได้รับผลตอบแทนที่ดี กรณีเช่นนี้อาจจะสามารถลงทุนได้ แต่ต้องขอความเห็นชอบจากนายทะเบียนก่อน เพื่อให้นายทะเบียนจะได้พิจารณากลั่นกรองอีกชั้นหนึ่งว่ามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด

2.1.3 ข้อดีของการลงทุนในตราสารหนี้

การลงทุนในตราสารหนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตราสารหนี้ภาครัฐ ได้รับความนิยมอย่างมากในหมู่นักลงทุนสถาบันและนักลงทุนรายย่อย (อัญญา ขันธวิทย์, 2550: 14) ซึ่งเหตุผลที่นักลงทุนเลือกที่จะลงทุนในตราสารหนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1.3.1 เป็นตัวเลือกในการลงทุนที่ดี

ในปัจจุบันการลงทุนในพันธบัตรรัฐบาลถือว่าเป็นการลงทุนที่ปราศจากความเสี่ยงเรื่องการผิดนัดชำระหนี้ หรือถ้าหากยอมรับความเสี่ยงที่สูงขึ้นได้ การลงทุนในหุ้นกู้ของบริษัทเอกชนก็จะให้อัตราผลตอบแทนที่สูงกว่าพันธบัตรรัฐบาลที่มีลักษณะและอายุที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับการฝากธนาคาร ตราสารหนี้อาจจะมีความเสี่ยงที่สูงกว่า แต่ก็จะให้ผลตอบแทนที่สูงกว่าด้วย หรือเมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในตราสารทุน ตราสารหนี้อาจจะให้อัตราผลตอบแทนที่ต่ำกว่า แต่ก็จะมีความเสี่ยงที่ต่ำกว่าเช่นกัน

2.1.3.2 เป็นแหล่งรายได้ประจำ

การลงทุนในตราสารหนี้เหมาะสำหรับนักลงทุนที่ต้องการผลตอบแทนที่ค่อนข้างแน่นอนและสม่ำเสมอ โดยผู้ออกตราสารหนี้จะจ่ายดอกเบี้ยเป็นรายงวด และคืนเงินต้นเมื่อครบกำหนดอายุ ซึ่งแตกต่างจากการลงทุนในตราสารทุนที่ผลตอบแทนจากเงินปันผลที่จะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับผลประกอบการของบริษัท

2.1.3.3 เงินลงทุนมั่นคงปลอดภัย

ตราสารหนี้ภาครัฐถือว่าเป็นเงินลงทุนที่มีความมั่นคงปลอดภัยเพราะไม่มีความเสี่ยงจากการผิดนัดชำระหนี้ ส่วนหุ้นกู้หรือตราสารหนี้อื่น ๆ ให้พิจารณาจากอันดับความน่าเชื่อถือ (Credit rating) ซึ่งถ้าอันดับความน่าเชื่อถือสูงก็ถือว่ามีความปลอดภัยสูงตามไปด้วย

2.1.3.4 กระจายความเสี่ยง

การลงทุนในตราสารหนี้จะมีลักษณะกระจายการลงทุนไปในตราสารที่หลากหลาย ทำให้เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ในเรื่องการกระจายความเสี่ยง

2.1.3.5 สามารถซื้อขายเปลี่ยนมือได้ในตลาดรอง

ลักษณะพิเศษของสัญญาการกู้ยืมเงินที่จะจัดเป็นตราสารหนี้ได้นั้น จะต้องเป็นสัญญาที่แบ่งกองหนี้ออกเป็นหน่วยย่อย แต่ละหน่วยย่อยมีค่าเท่ากัน มีคุณสมบัติเหมือนกัน มีความเป็นมาตรฐานที่กำหนดด้วยบัญญัติของกฎหมายและขึ้นอยู่กับการจัดโครงสร้างของตราสารหนี้ที่ผู้ออกจะกำหนดอายุ อัตราดอกเบี้ยหรือผลประโยชน์อื่นใดเป็นจำนวนที่แน่นอน และจะระบุวันที่ชำระดอกเบี้ยกับเงินต้นล่วงหน้าตั้งแต่เมื่อออกตราสาร ด้วยลักษณะที่เป็นมาตรฐาน ทำให้ในระหว่างที่ยังไม่ครบกำหนดอายุหรือวันไถ่ถอนสามารถซื้อขายโอนเปลี่ยนมือกันได้ง่าย (สันติ กีระนันทน์, 2547: 3)

อีกทั้ง ตราสารหนี้สามารถซื้อขายเปลี่ยนมือได้ โดยไม่ต้องรอให้ถึงวันครบกำหนดอายุ ทำให้มีสภาพคล่องหรือลดความเสี่ยงจากการขาดสภาพคล่อง (Liquidity risk) ซึ่งสภาพคล่องของการซื้อขายอาจจะแตกต่างกันออกไปตามปริมาณและประเภทของตราสารหนี้นั้น ๆ

2.1.3.6 สามารถนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น ๆ

ตราสารหนี้ภาครัฐเป็นสินทรัพย์ที่สามารถนำไปใช้ทำธุรกรรมการเงินต่าง ๆ ได้ เช่น ใช้ค้ำประกันธุรกิจ ใช้ค้ำประกันผู้ต้องหา ใช้ในการบริหารเงินนอกงบประมาณสำหรับหน่วยราชการ ใช้เป็นส่วนหนึ่งในการดำรงสินทรัพย์สภาพคล่องตามกฎหมายสำหรับธนาคารพาณิชย์หรือสถาบันการเงิน เป็นต้น

2.1.4 ดัชนีตราสารหนี้ (Bond Index)

ดัชนีตราสารหนี้เป็นเครื่องมือวัดมูลค่าตลาดของตราสารหนี้ โดยจะเปรียบเทียบกับมูลค่าของตราสารหนี้ ณ วันฐาน ซึ่งราคาของตราสารหนี้สามารถเป็นตัวสะท้อนภาวะอัตราดอกเบี้ยในตลาดได้ ถ้าหากอัตราดอกเบี้ยปรับตัวลดลง ราคาของตราสารหนี้ก็จะเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้ดัชนีตราสารหนี้ปรับตัวสูงขึ้นเช่นกัน (สันติ กีระนันทน์, 2547: 48)

นักลงทุนสามารถใช้ดัชนีตราสารหนี้เป็นเครื่องมือในการติดตามความเคลื่อนไหวของราคาและอัตราดอกเบี้ยของตลาดตราสารหนี้โดยรวมหรือของกลุ่มตราสารหนี้ที่สอดคล้องกับการลงทุน เพื่อใช้ในการวางแผนการลงทุนให้ถูกต้องเหมาะสม โดยสามารถเลือกใช้ดัชนีพันธบัตรรัฐบาลและดัชนี

หุ้นกู้ที่อยู่ในระดับน่าลงทุน (Investment grade) เป็นมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานของตนกับผลตอบแทนของตลาดโดยรวม นอกจากนั้นดัชนีตราสารหนี้ยังสามารถใช้เป็นส่วนประกอบหนึ่งในการตัดสินใจเลือกกองทุนที่จะเข้าไปลงทุน ด้วยการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานของแต่ละกองทุนหรือเปรียบเทียบผลตอบแทนจากกองทุนกับผลตอบแทนที่คำนวณได้มาจากค่าดัชนี แล้วนำไปพิจารณาควบคู่กับวัตถุประสงค์ของการลงทุนและความเสี่ยงที่แตกต่างกันในแต่ละกองทุน

ตัวอย่างการเลือกใช้ดัชนีตราสารหนี้ เช่น ดัชนี Clean Price Index เหมาะสำหรับใช้วัดความเคลื่อนไหวของราคาตราสารหนี้ที่ไม่รวมดอกเบี้ยค้างรับ หรือหากเป็นกองทุนรวมตราสารหนี้ที่มีนโยบายการลงทุนในพันธบัตรรัฐบาลเป็นหลัก ตัวชี้วัดมาตรฐาน (Benchmark) ที่เหมาะสม คือ ดัชนีตราสารหนี้พันธบัตรรัฐบาล (TBDC Government Bond Index) ส่วนดัชนีตัวชี้วัดมาตรฐานสำหรับตราสารหนี้ที่อายุคงเหลือคงที่ ใช้ดัชนี CMT (Constant Maturity Treasury Index) ซึ่งเป็นชื่อเรียกสากล แต่ทางสมาคมตราสารหนี้ไทยเห็นว่า ดัชนี CMT อาจจะเป็นชื่อที่สื่อความหมายได้ไม่ดีพอ จึงได้คิดชื่อใหม่เพื่อให้สื่อความหมายได้ดีกว่าว่า ดัชนี ZRR (Zero Rate Return Bond Index)

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ดัชนี ZRR (Zero Rate Return Indices) ที่เป็นดัชนีตัวชี้วัดมาตรฐาน (Benchmark index) ของตราสารหนี้ ซึ่งวัดการลงทุนในตราสารหนี้อายุคงที่ที่ปราศจากความเสี่ยง เพื่อเป็นเกณฑ์การวัดผลตอบแทนทั้งหมดของพอร์ตการลงทุนที่มีนโยบายการลงทุนในตราสารหนี้ที่กำหนดอายุเฉลี่ยคงที่ โดยดัชนี ZRR จะคำนวณมาจากเส้นอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ที่ไม่จ่ายคูปอง (Zero coupon yield curve) ที่รายงานจากสมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย (ThaiBMA) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนกับอายุคงเหลือ (Time to maturity) ของตราสารหนี้

สำหรับวันฐานของดัชนีจะเริ่มต้นที่ 100 ในวันที่ 2 มกราคม พ .ศ.2545 และควรเลือกดัชนี ZRR ในระยะเวลาที่สอดคล้องกับระยะเวลาการลงทุนของตราสารหนี้นั้น ๆ ตัวอย่างเช่น 1 year ZRR index ใช้วัดการลงทุนในตราสารหนี้ที่ไร้ความเสี่ยงซึ่งมีอายุคงที่ที่ 1 ปี หรือการลงทุนในตราสารหนี้ระยะยาวประมาณ 3 ปี Benchmark ที่เหมาะสม คือ 3 year ZRR index เป็นต้น

2.2 คอปปูลา (Copula)

ฟังก์ชันคอปปูลาถูกนำมาใช้ทางสถิติเป็นครั้งแรกโดย Abe Sklar ในปี ค.ศ. 1959 ต่อมาในปี ค.ศ. 2000 Li ซึ่งเป็นผู้อำนวยการกลุ่ม Credit Derivative ของ RiskMetric ได้ประสบความสำเร็จในการนำวิธีคอปปูลารูปปกติ (Gaussian Copula) มาใช้อธิบายความสัมพันธ์ร่วมของสินทรัพย์ด้านเครดิตที่เกิดจากการลงทุนในกลุ่ม เพื่อกำหนดราคาของตราสารอนุพันธ์ชนิด Collateralized Debt Obligation (CDO) ของหลักทรัพย์ด้านเครดิตกลุ่มนั้น จากความสำเร็จของ Li ในครั้งนี้ ส่งผลทำให้ช่วงทศวรรษที่ผ่านมา คอปปูลาได้รับความนิยมนำไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์ต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ทั้ง

นักวิชาการหรือผู้ปฏิบัติงานด้านการบริหารการเงิน เศรษฐศาสตร์ การบริหารความเสี่ยงภัยและด้านการประกันภัย (Nelsen, 2006: 18 ; Scholzel and Friederichs, 2008: 761 ; อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 177)

2.2.1 นิยามของฟังก์ชันคอปปูลา

Nelsen (2006) กล่าวว่า ฟังก์ชันคอปปูลาเป็นทฤษฎีที่อธิบายฟังก์ชันที่ใช้รวมหรือเชื่อมโยงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นเดี่ยว (one-dimensional distribution function) ให้เป็นฟังก์ชันการแจงแจงความน่าจะเป็นแบบหลายตัวแปร (multivariate distribution function) ที่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นอยู่ในช่วง $(0,1)$ นั่นคือ ฟังก์ชันคอปปูลาสามารถอธิบายความเสี่ยงของกลุ่มตัวแปรได้ด้วยการนำฟังก์ชันความน่าจะเป็นเฉพาะตัวของแต่ละตัวแปรมาเชื่อมโยงพฤติกรรมความเสี่ยงผ่านฟังก์ชันคอปปูลา

จากความสามารถของฟังก์ชันคอปปูลาในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ทำให้ฟังก์ชันมีชื่อเรียกว่า คอปปูลา (Copula) ที่มาจากคำภาษาลาติน แปลว่า การเชื่อม ยึดโยง สัมพันธ์กัน หรือเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน (Nelsen, 2006: 2 ; อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 194-195)

2.2.2 ลักษณะเบื้องต้นของฟังก์ชันคอปปูลา

กำหนดให้ $\mathbf{C}$ เป็นสัญลักษณ์แทนฟังก์ชันคอปปูลา ทำหน้าที่อธิบายการแจกแจงของตัวแปรสองตัว หรือเรียกว่าคอปปูลาสองตัวแปร (Bivariate Copula) ถ้า $\mathbf{C}$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงมาร์จินัลเป็นการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (uniform) บนช่วง $[0,1]$ สามารถระบุฟังก์ชัน $\mathbf{C}$ ได้ว่า $\mathbf{C}: \mathrm{I} \times \mathrm{I} \rightarrow \mathrm{I}$ เป็นฟังก์ชันที่ทำการจับคู่จุดบนเซต $[0,1] \times [0,1]$ ไปยังเซต $[0,1]$ หรือกล่าวได้ว่า ฟังก์ชันคอปปูลา $\mathbf{C}$ มีโดเมน (Domain) เป็นเซต $\mathrm{I}^2 = [0,1] \times [0,1]$ และมีค่าของฟังก์ชันหรือเรนจ์ (Range) อยู่ในเซต $\mathrm{I} = [0,1]$

เมื่อกล่าวถึงฟังก์ชันคอปปูลา โดยทั่วไปแล้วจะหมายถึง ฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสม (Cumulative Probability Dencity Function หรือ CDF) เมื่อฟังก์ชันคอปปูลา $\mathbf{C}(\mathrm{v}, \mathrm{z})$ ของตัวแปรคู่ U_1 และ U_2 ใด ๆ ที่เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม ฟังก์ชัน $\mathbf{C}(\mathrm{v}, \mathrm{z})$ จึงมีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสมครบถ้วน จะได้ว่า ความน่าจะเป็นที่ตัวแปรคู่ U_1 และ U_2 ใด ๆ จะมีระดับต่ำกว่าหรือเท่ากับ ค่าอ้างอิงคู่ v และ z ตามลำดับ ต้องมีค่าไม่เกิน 1.00 และไม่ต่ำกว่า 0.00 เพื่อให้สอดคล้องกับคุณสมบัติความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ที่มีระดับสูงสุด เท่ากับ 1.00 และมีระดับต่ำที่สุด เท่ากับ 0.00

คุณสมบัติของตัวแปร U_1 และ U_2 ในฟังก์ชันคอปปูลา ชี้ถึงความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ที่ตัวแปร U_1 และ U_2 เชื่อมโยงกัน การประเมินระดับความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ตามฟังก์ชันคอปปูลา จะเป็นไปตามสมการ ดังต่อไปนี้

$$C(v, z = 0) = C(v = 0, z) = 0 \tag{2.1}$$

$$C(v = 1, z) = z \tag{2.2.1}$$

$$C(v, z = 1) = v \tag{2.2.2}$$

$$C(v = 1, z = 1) = 1 \tag{2.2.3}$$

คุณสมบัติตามสมการที่ (2.1) เป็นผลสืบเนื่องจากความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ 2 เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้พร้อมกันเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งมีค่าเป็นศูนย์แล้ว ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ทั้งสองร่วมกันต้องมีค่าเป็นศูนย์ด้วย คุณสมบัติข้อนี้สังเกตได้ง่ายเพราะเมื่อเหตุการณ์หนึ่งไม่ได้เกิดขึ้น การเกิดขึ้นร่วมของเหตุการณ์นั้นพร้อมกับการเกิดเหตุการณ์อื่นย่อมเป็นไปไม่ได้

ส่วนความสัมพันธ์ตามกลุ่มสมการที่ (2.2) หมายความว่า เมื่อทราบแล้วว่าเหตุการณ์หนึ่งจากสองเหตุการณ์เป็นเหตุการณ์ที่จะต้องเกิดขึ้นอย่างแน่นอน ชี้โดยค่าของตัวแปร U_1 หรือ U_2 ที่มีค่าเป็น 1.00 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ร่วมย่อมมีระดับเท่ากับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ไม่ทราบว่ามีโอกาสจะเกิดขึ้นมากน้อยเท่าใดและถ้าเหตุการณ์อีกเหตุการณ์หนึ่งที่เหลือจะต้องเกิดขึ้นอย่างแน่นอน ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ทั้งสองร่วมกันย่อมมีค่าเท่ากับ 1.00

นอกจากนั้น เมื่อตัวแปร U_1 และ U_2 ชี้ถึงระดับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เชื่อมโยงกับตัวแปรแต่ละตัว ตัวแปร U_1 และ U_2 จึงอาจพิจารณาได้ว่าเป็นตัวแปรที่เกิดจากการประเมินระดับความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ด้วยฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมเฉพาะตัว (Marginal Cumulative Probability Density Function) ของตัวแปรเหตุการณ์นั้น ๆ ตัวแปร U_1 และ U_2 จึงมีระดับที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับของตัวแปรเหตุการณ์ที่อ้างอิงถึง และส่งผลต่อเนื่องไปถึงคุณสมบัติของฟังก์ชันคอปปูลา $C(v, z)$ ของตัวแปร U_1 และ U_2 ต้องเป็นฟังก์ชันเพิ่ม 2 มิติ (2-Increasing Function) ตามระดับที่เพิ่มขึ้นของคู่ตัวแปร U_1 และ U_2

ตัวอย่างคอปปูลาสองตัวแปร เช่น คอปปูลาอิสระ (Independence copula) $C(v, z) = vz$ หรือคอปปูลาโคโมโนโทนิก (comonotonicty copula) $C(v, z) = \min(v, z)$ (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 188-190 ; เพ็ญจิตต์ ตั้งคีรีพิมาน และ รัชฎาภรณ์ โชติอิ่มอุดม, 2552: 1-2)

2.2.3 การเชื่อมโยงพฤติกรรมเชิงสุ่มของตัวแปรเข้ากับฟังก์ชันคอปปูลา

ฟังก์ชันคอปปูลาเป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมที่ใช้อธิบายพฤติกรรมความเสี่ยงร่วมของตัวแปรกลุ่มหนึ่ง เนื่องจากโดเมนของฟังก์ชันคอปปูลาสำหรับตัวแปรต้องมีค่าอยู่ในช่วง [0,1] การใช้ฟังก์ชันคอปปูลาในการอธิบายพฤติกรรมความเสี่ยงของตัวแปรกลุ่มทั่วไป เช่น ตัวแปร X และ Y ใด ๆ จึงไม่สามารถทำได้ เพราะตัวแปรกลุ่มทั่วไปอาจมีค่ามากกว่า 1.00 เช่น ราคาหลักทรัพย์ หรือมีค่าเป็นลบ เช่น อัตราผลตอบแทนของหลักทรัพย์ เพื่อให้ฟังก์ชันคอปปูลาสามารถเชื่อมโยงกับตัวแปรกลุ่มที่พิจารณา จึงใช้เทคนิคการจับคู่ (Mapping) โดยจับคู่ค่าของตัวแปร X และ Y เข้ากับตัวแปร $\mathrm{U_1}$ และ $\mathrm{U_2}$ ตามลำดับ ให้มีค่าที่ตกในโดเมนที่ฟังก์ชันคอปปูลากำหนดไว้

การจับคู่ค่าของตัวแปร X และ Y เข้ากับตัวแปร $\mathrm{U_1}$ และ $\mathrm{U_2}$ เพื่อผันค่าตัวแปร X และ Y เข้ากับตัวแปร $\mathrm{U_1}$ และ $\mathrm{U_2}$ ผ่านฟังก์ชัน $\mathrm{F_1(X)}$ และ $\mathrm{F_2(Y)}$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม CDF เฉพาะตัว (Marginal Cumulative Probability Density Function) ของตัวแปร X และ Y ตามลำดับ แล้วกำหนดให้ค่าตัวแปร X และ Y เชื่อมโยงกับตัวแปร $\mathrm{U_1}$ และ $\mathrm{U_2}$ ตามความสัมพันธ์

$$\mathrm{U_1 = F_1(X)} \tag{2.3}$$

$$\mathrm{U_2 = F_2(Y)} \tag{2.4}$$

เมื่อสามารถจับคู่ตัวแปร X และ Y เข้ากับตัวแปร $\mathrm{U_1 = F_1(X)}$ และ $\mathrm{U_2 = F_2(Y)}$ ผ่านฟังก์ชัน $\mathrm{F_1(X)}$ และ $\mathrm{F_2(Y)}$ ได้แล้ว จึงเขียนฟังก์ชันคอปปูลาให้คู่ตัวแปร X และ Y ได้เป็น

$$\mathrm{C(U_1, U_2) = C\big(F_1(X), F_2(Y)\big)} \tag{2.5}$$

เนื่องจากฟังก์ชันคอปปูลาเป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสมของกลุ่มตัวแปร ดังนั้น ในกรณีที่ต้องการจะประเมินระดับความน่าจะเป็นร่วม $\mathrm{Pr(X \le x, Y \le y)}$ ของเหตุการณ์ที่ตัวแปร X มีค่าไม่มากกว่าระดับ x พร้อม ๆ กับที่ตัวแประ Y มีค่าไม่มากกว่าระดับ y สามารถคำนวณระดับความน่าจะเป็นนี้ได้จากฟังก์ชันคอปปูลา $\mathrm{C\big(F_1(X), F_2(Y)\big)}$ ซึ่งต้องเป็นจริงตามกลุ่มความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\begin{aligned} \mathrm{C\big(F_1(X), F_2(Y)\big)} &= \mathrm{Pr\big(U_1 \le F_1(X), U_2 \le F_2(Y)\big)} \\ &= \mathrm{Pr(F_1^{-1}(U_1) \le x, F_2^{-1}(U_2) \le y)} \\ &= \mathrm{Pr(X \le x, Y \le y) = F(x, y)} \end{aligned} \tag{2.6}$$

จะเห็นว่า ฟังก์ชันคอปปูลามีค่าเท่ากับฟังก์ชัน $F(x,y)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นร่วมแบบสะสมที่เป็นฟังก์ชันดั้งเดิมที่ใช้อธิบายพฤติกรรมความเสี่ยงร่วมกับตัวแปร X และ Y โดยที่ฟังก์ชัน $F(x,y)$ ประเมิน ณ ระดับตัวแปร $X = x$ และ $Y = y$ (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 191-193)

2.2.4 ทฤษฎีบทของสการ์ (Sklar's Theorem)

ฟังก์ชันคอปปูลา $C(v,z)$ มีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสม (Cumulative Probability Density Function หรือ CDF) ของตัวแปร U_1 และ U_2 ที่เชื่อมโยงกับตัวแปร X และ Y ซึ่งฟังก์ชัน $C(v,z)$ ต้องมีความสัมพันธ์กับฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม $F(X,Y)$ ของคู่ตัวแปร X และ Y เท่านั้น (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 193) และต้องเป็นไปตามทฤษฎีบทของ Sklar (1959) กล่าวคือ

เมื่อกำหนดให้ $F(X,Y)$ เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นร่วมแบบสะสมของตัวแปร X และ Y โดยที่ตัวแปร X และ Y แต่ละตัวมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมเฉพาะตัว (Cumulative Probability Density Function: CDF) อยู่ในรูป $F_1(X)$ และ $F_2(Y)$ ตามลำดับ ฟังก์ชันคอปปูลา $C(F_1(X), F_2(Y))$ ที่สัมพันธ์กับตัวแปร X และ Y จะมีรูปแบบได้เพียงหนึ่งเดียว (Unique) และต้องมีค่าเท่ากับฟังก์ชันความน่าจะเป็นร่วมแบบสะสม $F(X,Y)$

$$F(X,Y) = C(F_1(X), F_2(Y)) \tag{2.7}$$

(Nelsen, 2006: 21 ; อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 194)

ส่วนฟังก์ชันคอปปูลาสำหรับกลุ่มตัวแปร กำหนดให้ $F_i(X_i)$ เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสม CDF เฉพาะตัวของตัวแปร X_i ตั้งแต่ $i = 1, \dots, d$ ตามทฤษฎีบทของ Sklar (1959) กล่าวคือ

$$F(X) = C\big(F_1(X_1), \dots, F_d(X_d)\big) \tag{2.8}$$

ถ้า F_i เป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง C จะมีเพียงหนึ่งค่า (Unique) แต่ถ้า F_i เป็นฟังก์ชันไม่ต่อเนื่องแล้ว C จะมีเพียงหนึ่งค่าบน $Ran(F_1) \times \dots \times Ran(F_d)$ (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 208 ; Nelsen, 2006: 46)

2.2.5 อิลิปติเคิลคอปปูลา (Elliptical Copulas)

ฟังก์ชันคอปปูลาแบ่งตามรูปแบบและวิธีการกำหนดฟังก์ชันได้เป็นคอปปูลาที่อ้างอิงค่าพารามิเตอร์ (Parametric Copula) ซึ่งกำหนดให้ฟังก์ชันต้องมีรูปแบบเฉพาะและความสัมพันธ์ของตัวแปรจะต้องถูกกำกับด้วยค่าพารามิเตอร์ และฟังก์ชันคอปปูลาที่ไม่ได้อ้างอิงค่าพารามิเตอร์

(Non-Parametric Copula หรือ Empirical Copula) ซึ่งมีคุณสมบัติที่ลู่เข้าสู่ความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปร (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 197)

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ฟังก์ชันคอปปูลาที่อ้างอิงกับค่าพารามิเตอร์สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงสุ่มของตัวแปรรายตัวและพฤติกรรมร่วมของตัวแปรได้ (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 197) ฟังก์ชันคอปปูลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นฟังก์ชันคอปปูลาที่อ้างอิงกับค่าพารามิเตอร์ ซึ่งฟังก์ชันคอปปูลาที่อ้างอิงกับค่าพารามิเตอร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม นั่นคือ คอปปูลากลุ่มอิลิปติเคิลคอปปูลา (Elliptical Copulas) และคอปปูลากลุ่มอาร์คิมีเดียน (Archimedean Copulas) (Scholzel and Friederichs, 2008: 763)

คอปปูลากลุ่มอิลิปติเคิล ประกอบด้วย ฟังก์ชันคอปปูลาแบบปกติ (Gaussian Copula) และฟังก์ชันคอปปูลาแบบ Student's t ซึ่ง Guegan และ Jouad (2012) ได้อ้างอิงใน Patton (2009) กล่าวไว้ว่า การใช้คอปปูลากลุ่มอิลิปติเคิลสามารถเพิ่มมิติสหสัมพันธ์ได้โดยง่าย แต่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมของสินทรัพย์อ้างอิงในกลุ่ม หากหลักทรัพย์มีการเคลื่อนไหวร่วมที่ไม่สมมาตร

2.2.5.1 ฟังก์ชันอิลิปติเคิลคอปปูลาแบบปกติ สำหรับตัวแปร 2 ตัวแปร

ฟังก์ชันคอปปูลา CDF แบบปกติอยู่ในรูป

$$C^{Ga}(\nu, z) = C^{Ga}\big(\Phi(s), \Phi(t)\big) = \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(\nu)} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(z)} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_{12}^2}} e^{\frac{2\rho_{12}st - s^2 - t^2}{2(1-\rho_{12}^2)}} ds\, dt \quad (2.9)$$

และฟังก์ชันคอปปูลา PDF แบบปกติอยู่ในรูป

$$C^{Ga}(\nu, t) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_{12}^2}} e^{\frac{2\rho_{12}st - s^2 - t^2}{2(1-\rho_{12}^2)}} \quad (2.10)$$

ส่วนการคำนวณค่าฟังก์ชันคอปปูลาอย่างมีเงื่อนไขรูปแบบปกติ สามารถทำได้ตามสมการ

$$C_{2|1}^{Ga}(\nu, z) = \Pr(U_2 = F_2(Y) \le z | U_1 = F_1(Y) \le \nu) = \int_{-\infty}^{\frac{\Phi^{-1}(z) - \rho_{12}s + \Phi^{-1}(\nu)}{\sqrt{1-\rho_{12}^2}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt \quad (2.11)$$

โดยที่ $\Phi(k) = \int_{-\infty}^{k} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}w^2} dw$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบปกติสำหรับตัวแปรเดียว

และ $\Phi^{-1}(k)$ เป็นฟังก์ชันอินเวอร์สของฟังก์ชัน $\Phi(k)$

โดยมีค่า $s = \Phi^{-1}(\nu)$ ค่า $t = \Phi^{-1}(z)$ ค่า $\nu = \Phi(s)$ และค่า $t = \Phi(z)$

ฟังก์ชันคอปปูลาแบบปกติ $C^{Ga}(U_1, U_2)$ จะมีค่าเท่ากับฟังก์ชันการแจกแจงร่วมแบบปกติ $\Phi_{12}(X, Y)$ เฉพาะเมื่อการแจกแจงเฉพาะตัวของตัวแปรเป็นการแจกแจงแบบปกติเท่านั้น กล่าวคือ $F(X) = \Phi(X)$ และ $F(Y) = \Phi(Y)$

ฟังก์ชันคอปปูลารูปปกติสำหรับตัวแปรสองตัวเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องและมีค่าพารามิเตอร์ ρ_{12} ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Linear Correlation Coefficient) ที่บ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y ผ่านความสัมพันธ์ของตัวแปร $F_1(X)$ และ $F_2(Y)$ ในฟังก์ชันคอปปูลา คุณสมบัติข้อนี้ทำให้ฟังก์ชันคอปปูลาปกติมีคุณสมบัติ Positive Order กล่าวคือ

$$C^{Ga}_{12=-1} < C^{Ga}_{12<0} < C^{Ga}_{12=0} < C^{Ga}_{12>0} < C^{Ga}_{12=1}$$

คุณสมบัติ Positive Order กำหนดให้ค่าของฟังก์ชันคอปปูลารูปปกติมีระดับที่สูงขึ้น หาค่าสมสัมพันธ์ ρ_{12} ระหว่างคู่ตัวแปร $F_1(X)$ และ $F_2(Y)$ มีระดับที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นฟังก์ชันคอปปูลาแบบปกติยังมีคุณสมบัติ Comprehensiveness ที่ระบุว่า $C^{Ga}_{12=-1} = C^-$ และ $C^{Ga}_{12=1} = C^+$ ซึ่งหมายความว่าค่าของฟังก์ชันคอปปูลาแบบปกติจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $\rho_{12} = -1$ และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $\rho_{12} = 1$ สัญลักษณ์ C^- และ C^+ แสดงถึงขอบเขตล่าง (Lower Frechet Bound) และขอบเขตบน (Upper Frechet Bond) ของฟังก์ชัน ตามลำดับ (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 198-200)

2.2.5.2 ฟังก์ชันอิลิปติเคิลคอปปูลาแบบปกติ สำหรับกลุ่มตัวแปร (Multivariate Gaussian Copula: MGC)

ฟังก์ชันคอปปูลารูป Gaussian สามารถเชื่อมโยงพฤติกรรมความเสี่ยงร่วมของกลุ่มตัวแปรที่มีพฤติกรรมความเสี่ยงรายตัวรูปแบบใด ๆ ที่อาจแตกต่างกันมากได้โดยง่าย (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 195)

ฟังก์ชันคอปปูลา CDF แบบปกติ (Multivariate Gaussian Copula: MGC) สำหรับกลุ่มตัวแปร $X = \{X_1, \dots, X_N\} = \{\Phi^{-1}(U_1), \dots, \Phi^{-1}(U_n)\}$ ที่ประเมิน ณ ระดับ $u = \{u_1, \dots, u_n\}$

หากกำหนดให้ R เป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่สมมาตรของค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร $\Phi^{-1}(u_i)$ ร่วมกับตัวแปร $\Phi^{-1}(u_j)$ ที่มี $\mathrm{diag}(R) = (1,1, \dots,1)^T$ และมี Φ_R เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน n ตัว ที่มีเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (correlation matrix) R

ฟังก์ชันการแจกแจงคอปปูลาแบบปกติของกลุ่มตัวแปรจะสามารถเขียนได้เป็น

$$C^{Ga}_R(u) = \Phi_R(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2), \dots, \Phi^{-1}(u_n)) \qquad (2.12)$$

โดยที่ Φ^{-1} เป็นฟังก์ชันอินเวอร์สของการแจกแจงสะสมของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน 1 ตัว (Univariate standard normal) Φ

คอปปูลาแบบปกติสามารถสร้างฟังก์ชันการแจกแจงร่วมแบบปกติมาตรฐานตามทฤษฎีของสการ์ และสามารถทำให้การแจกแจงเดี่ยวเป็นการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ซึ่งจะได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็น คือ

$$\frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}}|R|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}X^T R^{-1} X} = C_R^{Ga}(\Phi(x_1), \Phi(x_2), \dots, \Phi(x_n)) \times \prod_{j=1}^{n} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x_j^2}\right) \quad (2.13)$$

ซึ่ง $|R|$ เป็นค่าดีเทอร์มิเนนท์ (Determinant) ของ R จะได้ว่า

$$C_R^{Ga}\left(\Phi(x_1), \Phi(x_2), \dots, \Phi(x_n)\right) = \frac{\frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}}|R|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}x^T R^{-1} x}}{\prod_{j=1}^{n}\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x_j^2}\right)} \quad (2.14)$$

ให้ $u_j = \Phi(x_j)$ ดังนั้น $x_j = \Phi^{-1}(u_j)$ สามารถเขียนฟังก์ชันความน่าจะเป็นได้ดังนี้

$$C_R^{Ga}(u_1, u_2, \dots, u_n) = \frac{1}{|R|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}\varsigma^T (R^{-1} - I)\varsigma} \quad (2.15)$$

โดยที่ $\varsigma = \left(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2), \dots, \Phi^{-1}(u_n)\right)^T$

(Cherubini, Luciano, and Vecchiato, 2004: 147-148)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 มูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk)

สำหรับการวัดความเสี่ยงจากการลงทุนนั้น ในอดีตการคำนวณออกมาเป็นตัวเลขหรือระดับความเสี่ยงค่อนข้างยากเป็นนามธรรม ทำให้นักลงทุนไม่เห็นภาพความเสี่ยงที่ชัดเจน ไม่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบหลักทรัพย์แต่ละประเภทหรือหาความคุ้มค่าของการลงทุนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อหลักทรัพย์หลายประเภทรวมกันเป็นพอร์ตการลงทุน (Portfolio) จนกระทั่งปลายทศวรรษที่ 1980 ต่อเนื่องถึงต้นทศวรรษที่ 1990 ได้เกิดแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวัดความเสี่ยงสมัยใหม่ เพื่อนำไปใช้รับมือกับวิกฤตการณ์ทางการเงินโลก ที่เป็นการนำความรู้ด้านต่าง ๆ (Integrated Sciences) อาทิ คณิตศาสตร์ สถิติ เศรษฐศาสตร์ การเงิน รวมถึงเทคโนโลยีด้านอื่น มาประยุกต์เข้ารวมกัน ได้ออกมาเป็น “มูลค่าความเสี่ยง” (Value at Risk หรือ VaR)

VaR นับว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยบริหารความเสี่ยงทางการเงินที่เป็นรูปธรรมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้รับการพัฒนาด้านเทคนิคและความ

ซับซ้อนอย่างต่อเนื่อง จนสามารถวัดระดับความเสี่ยงของกลุ่มตราสารที่มีความซับซ้อนได้อย่างแม่นยำ และสามารถวัดความเสี่ยงของกลุ่มหลักทรัพย์ที่มีพฤติกรรมความเสี่ยงใด ๆ ที่อาจต่างไปมากจากพฤติกรรมแบบปกติ (Normality) ได้

จากประสิทธิภาพที่สูงมากของ VaR ทำให้ปัจจุบันการใช้ VaR เป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงเป็นวิธีที่นิยมทั้งในหมู่ผู้ลงทุนที่มีความมั่งคั่งสูง ผู้ลงทุนสถาบัน และสถาบันการเงินต่าง ๆ นอกจากนั้น หน่วยงานที่กำกับดูแลตลาดการเงิน ตั้งแต่ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ สำนักคณะกรรมการกำกับซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า ตลอดจนสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย ยังเห็นว่า VaR เป็นวิธีที่ยอมรับได้ สำหรับวัดระดับความเสี่ยงจากการลงทุนในหลักทรัพย์ จึงทำให้ VaR ถูกนำไปใช้กับทุกประเภทผลิตภัณฑ์ทางการเงิน ทั้งตราสารทุน ตราสารหนี้ ตราสารโภคภัณฑ์ และตราสารอนุพันธ์ที่มีความซับซ้อน อาจกล่าวได้ว่า VaR กำลังเปลี่ยนบริบทเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงทางการเงินทั้งหมด (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 178-179 ; ดุสิต โดมทอง, 2551: 46-47)

2.3.1 ความหมายของมูลค่าความเสี่ยง

มูลค่าความเสี่ยง หรือ Value at Risk (VaR) เป็นการวัดความเสียหายหรือผลกำไรขาดทุนสูงสุดที่อาจจะเกิดขึ้นกับพอร์ตการลงทุน อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของราคาหลักทรัพย์ ซึ่งวัดเป็นมูลค่า (บาท) ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง อาจจะเป็นภายใน 1 วัน 5 วัน 10 วัน หรือ 1 เดือนก็ได้ ตามความมุ่งหมายที่ผู้บริหารความเสี่ยงต้องการทราบ ส่วนระดับของความเชื่อมั่นนั้น กำหนดไว้เนื่องจากมูลค่าที่วัดได้เป็นสิ่งที่ยังไม่เกิดขึ้น ตัวเลขที่ได้จึงเป็นเพียงการคาดการณ์ภายใต้สมมติฐานต่างๆ ดังนั้นเพื่อให้ตัวเลขดังกล่าวมีความหมายจึงต้องระบุความน่าเชื่อถือของตัวเลขที่ได้ โดยถ้าตัวเลขของระดับความน่าเชื่อมั่นยิ่งมาก ความน่าเชื่อถือของตัวเลข VaR ก็จะยิ่งมากตามไปด้วย (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย : ออนไลน์)

นั่นคือ ค่า VaR ที่ประเมิน ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ $1-\alpha$ สำหรับระยะเวลาการลงทุน (Investment Horizon) หรือระยะเวลาที่ใช้ในการบริหารความเสี่ยง (Risk Management Horizon) จำนวน h วัน จะมีโอกาสของเหตุการณ์ที่ผลกำไรขาดทุนที่เกิดขึ้นจริง มีระดับเกินกว่าค่า VaR ที่ระบุได้ แต่โอกาสที่เหตุการณ์นั้นจะเกิดขึ้น มีระดับเพียงร้อยละ α ตัวอย่างเช่น เมื่อระดับความเชื่อมั่นร้อยละ $100-\alpha$ เท่ากับร้อยละ 99 ซึ่งสอดคล้องกับค่า α ที่มีระดับเท่ากับร้อยละ 1 แล้ว โอกาสที่ผู้ลงทุนจะได้รับผลขาดทุนเกินกว่าค่า VaR จะเกิดขึ้นได้เพียง 1 ใน 100 ครั้งเท่านั้น (อัญญา ขันธวิทย์ และ ณัฐชัย บุณยะประภัศร, 2553: 126-127 ; อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 179)

2.3.2 หลักการใช้ตัววัดความเสี่ยง VaR

มูลค่าความเสี่ยง (VaR) จัดว่าเป็นแนวคิดเรื่องการวัดและการบริหารความเสี่ยงทางการเงินสมัยใหม่ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย จนอาจกล่าวได้ว่า VaR ถือเป็นหนึ่งในมาตรฐานด้านการบริหารความเสี่ยงทางการเงิน สำหรับสถาบันการเงินหรือองค์กรธุรกิจชั้นนำทั่วโลกในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม จากที่ VaR เกิดขึ้นมาจากการผสมผสานองค์ความรู้ ทั้งทางด้านคณิตศาสตร์ สถิติ การเงิน และเศรษฐศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อนำมาวัดและประเมินความเสี่ยงจากการลงทุนที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต การคำนวณจึงต้องอาศัยสมมติฐานและข้อสมมติทางสถิติบางประการ

ดังนั้นก่อนจะนำค่า VaR ไปใช้ ต้องมีความรู้ความเข้าใจและทราบข้อจำกัดของการใช้งานเสียก่อน ซึ่งสามารถสรุปได้พอสังเขป ดังนี้

2.3.2.1 หลักทรัพย์ที่นำมาคำนวณหาค่า VaR ควรเป็นหลักทรัพย์ที่มีสภาพคล่องและถือครองในวัตถุประสงค์เพื่อการซื้อขาย (Trading Book) ไม่ใช่เพื่อการลงทุนระยะยาวหรือเพื่อการกู้ยืม (Investment or Banking Loan Book)

2.3.2.2 การวัดมูลค่าความเสี่ยงเป็นการวัดความเสี่ยงภายใต้ภาวะตลาดปกติ (Normal Market Situation) ไม่มีเหตุการณ์ใดที่ทำให้ภาวะตลาดผันผวนและส่งผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยงของการคำนวณหลักทรัพย์ประเภทนั้น ๆ ให้มีการเคลื่อนไหวผิดปกติไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการคำนวณเพื่อรองรับภาวะตลาดผันผวนหรือภายใต้สมมติฐานที่ต่างไปจากเดิม สามารถทำได้โดยใช้วิธีการคำนวณและเทคนิคอื่น (Advanced VaR)

2.3.2.3 มูลค่าความเสี่ยงเป็นการคำนวณเพื่อตอบคำถามในอนาคต โดยอาศัยหลักการทางสถิติและคณิตศาสตร์ภายใต้สมมติฐานและระดับความเชื่อมั่นหนึ่ง ๆ จึงเป็นไปได้ที่มูลค่าของผลกำไรขาดทุนจริงอาจแตกต่างหรือเกินกว่าที่คำนวณได้

2.3.2.4 จากที่การวัดมูลค่าความเสี่ยงจะเป็นไปภายใต้ภาวะตลาดปกติ ดังนั้นหากเกิดสถานการณ์วิกฤตหรือผิดปกติไปจากเดิมอย่างมาก เช่น ในกรณีการเกิดวิกฤติของตลาดหุ้น การปรับตัวขึ้นอย่างรุนแรงของอัตราดอกเบี้ย เป็นต้น มูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณแบบเดิมจึงอาจไม่สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ในขณะนั้น ๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้การคำนวณในรูปแบบอื่น เช่น Stress Testing หรือเทคนิคการคำนวณขั้นสูง (Advanced VaR) มาประยุกต์ใช้

2.3.2.5 ตามเกณฑ์ที่ Bank for International Settlement (BIS) กำหนดนั้นให้มีการวัด VaR สำหรับช่วงเวลา 10 วัน หรือ 2 สัปดาห์ ซึ่งโดยปกติในทางการเงินนั้น จะใช้วันทำการเป็นหลัก และให้ใช้ค่าระดับความเชื่อมั่นที่ 99% และกำหนดว่าจากค่า VaR ที่ได้นั้น สถาบันการเงินต้องดำรงเงินกองทุนขั้น 1 และ 2 อย่างน้อย 3 เท่าของค่า VaR ดังกล่าว หากการคำนวณ VaR ที่ได้ตรงตามมาตรฐานที่ BIS กำหนด แต่หากตัวแบบที่ใช้คำนวณ VaR ไม่ได้มาตรฐานก็ต้องทำการปรับตัวเลข

ทวีคูณดังกล่าวขึ้นเพื่อชดเชยความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้น อีกทั้ง BIS ยังกำหนดให้การคำนวณ VaR นั้น ต้องคำนวณจากข้อมูลในอดีตอย่างน้อย 1 ปี และต้องทำการตรวจสอบตัวแบบคำนวณ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง (Back test) เพื่อทดสอบว่าตัวแบบคำนวณที่ได้ ทำการวัดความเสียหายได้ถูกต้องและแม่นยำ

2.3.3 วิธีการคำนวณหามูลค่าความเสี่ยง

การวัดความเสี่ยงด้วยวิธี VaR สำหรับใช้อธิบายพฤติกรรมความเสี่ยงร่วมของหลักทรัพย์ที่ลงทุน สามารถทำได้ทั้งเทคนิคที่ต้องอ้างอิงกับค่าพารามิเตอร์ (Parametric VaR) และเทคนิคที่ไม่อ้างอิงค่าพารามิเตอร์ (Non-Parametric VaR) โดยเทคนิคที่ต้องอ้างอิงกับค่าพารามิเตอร์เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากกว่า ซึ่งสามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ คือ

2.3.3.1 การคำนวณเชิงวิเคราะห์ (Analytical method)

การคำนวณเชิงวิเคราะห์จากเมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Variance Covariance Matrix) หรืออาจเรียกชื่อวิธีนี้ได้อีกว่าวิธี Parametric วิธี Normality VaR วิธี Delta-Normal หรือวิธี Variance-Covariance ก็ได้ เป็นวิธีการวัดความเสี่ยงของกลุ่มหลักทรัพย์ที่สะดวก รวดเร็วและเข้าใจง่ายที่สุด ซึ่งการคำนวณหาค่า VaR จะตั้งสมมติฐานให้อัตราผลตอบแทน (Return) ของหลักทรัพย์ในกลุ่มมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนและค่าความแปรปรวนร่วมของหลักทรัพย์เป็นค่าพารามิเตอร์ (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 180)

สามารถคำนวณหาค่า VaR โดยใช้วิธีเชิงวิเคราะห์ ได้ตามสมการต่อไปนี้

$$\mathrm{VaR} = \mu + Z_{\alpha}\sigma \qquad (2.16)$$

โดยที่ Z_{α} เป็นค่าสัมประสิทธิ์ตามระดับความเชื่อมั่น (α) ที่ต้องการ

เช่น ถ้าระดับความเชื่อมั่นเป็น 95 เปอร์เซ็นต์ ค่า Z_{α} จะเท่ากับ 1.65

ถ้าระดับความเชื่อมั่นเป็น 99 เปอร์เซ็นต์ ค่า Z_{α} จะเท่ากับ 2.33 เป็นต้น

ค่า σ เป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพอร์ตการลงทุน

ข้อควรพิจารณาข้อหนึ่งของการคำนวณ VaR ด้วยวิธีนี้ ที่ต้องสมมติให้การกระจายตัวของผลตอบแทนของหลักทรัพย์อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงมีการกระจายตัวแบบปกติและมีค่าเวคเตอร์ของค่าที่คาดเป็นศูนย์ โดยนำข้อมูลในอดีตมาใช้คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว อัตราผลตอบแทนของหลักทรัพย์โดยทั่วไปไม่ได้มีการกระจายตัวแบบปกติ เช่น มีการกระจายตัวแบบเบ้ขวา หรือมีหางทอดยาวไปทางด้านขวา หรือด้านที่มีอัตราผลตอบแทนเป็นบวก

มากกว่าแบบปกติ หรือการมีหางอ้วน ดังนั้นด้วยสมมติฐานนี้ทำให้มีโอกาสของการได้รับผลตอบแทนขาดทุน มากกว่าปกติได้ (หรือกำไร) (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย: ออนไลน์)

อย่างไรก็ตาม Normality VaR ก็เป็นวิธี VaR ที่นักลงทุนนิยมใช้มากที่สุด เพื่อวัดความเสี่ยงของกลุ่มหลักทรัพย์ จากเหตุผล 7 ประการ ดังต่อไปนี้

1. การแจกแจงร่วมแบบปกติเป็นการแจกแจงที่ผู้ลงทุนคุ้นเคยมากที่สุด และมักถูกใช้เป็นสมมติฐานในการศึกษาหรือใช้ในตำราด้านการลงทุนในหลักทรัพย์ต่าง ๆ

2. ตามทฤษฎี Central Limit Theorem เมื่อกำหนดให้อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่สั้นมาก เช่น ระยะ 1 วินาที มีการแจกแจงรูปแบบใด ๆ ที่มีค่าความแปรปรวนไม่เป็นอนันต์แล้ว อัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้น เช่น ช่วง 1 วันของระยะเวลาการบริหารความเสี่ยง ที่ต้องเท่ากับผลรวมของอัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้นในแต่ละวินาทีของวัน จำนวนรวม 1,440 วินาที จะมีการแจกแจงที่ลู่เข้า (Converge) สู่การแจกแจงแบบปกติ

3. เมื่อลงทุนเป็นกลุ่มหลักทรัพย์ อัตราผลตอบแทนที่ได้รับจะต้องเท่ากับอัตราผลตอบแทนที่เกิดจากหลักทรัพย์ที่เป็นสมาชิกของกลุ่มรวมกันแบบเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ตามน้ำหนักที่เลือกกระจายให้หลักทรัพย์แต่ละตัวเหล่านั้น และเมื่ออัตราผลตอบแทนของหลักทรัพย์แต่ละตัวเป็นตัวแปรเชิงสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ จากคุณสมบัติของตัวแปรแบบปกติ (Normal Variable) จะได้ว่าอัตราผลตอบแทนของกลุ่มหลักทรัพย์ที่เกิดจากการรวมกันในเชิงเส้นตรง (Linear Combination) ของอัตราผลตอบแทนแต่ละตัวแบบเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ต้องเป็นตัวแปรปกติด้วย

4. หากอัตราผลตอบแทนจากกลุ่มหลักทรัพย์เป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ จะทำให้การวัดระดับความเสี่ยงด้วยวิธี VaR ที่ต้องอ้างอิงกับอัตราผลตอบแทนที่คาดหวังและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราผลตอบแทน สามารถปรับให้สะท้อนความเสี่ยงที่เกิดจากระยะเวลาการลงทุนหรือระยะเวลาการบริหารความเสี่ยงที่สนใจจะทราบภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ (Sensitivity Analysis) ได้โดยง่าย

5. เนื่องจากสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติเป็นสมมติฐานที่ได้รับความนิยม ทำให้การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปในเชิงพาณิชย์เพื่ออำนวยความสะดวกในการวัดความเสี่ยงด้วยวิธี VaR จึงใช้สมมติฐานการแจกแจงแบบปกติด้วย เช่น โปรแกรม iRisk ของสมาคมตราสารหนี้ไทย เป็นต้น ดังนั้นหากใช้สมมติฐานอื่น แม้สมมติฐานนั้นจะสอดคล้องกับพฤติกรรมที่เป็นจริงของหลักทรัพย์แต่ต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่เอง อาจเสียเวลามากและไม่คุ้มค่า

6. สำหรับอัตราผลตอบแทนของหลักทรัพย์บางตัว แม้พฤติกรรมความเสี่ยงอาจไม่สามารถอธิบายได้อย่างถูกต้องเคร่งครัดด้วยการแจกแจงแบบปกติ แต่การแจกแจงที่เป็นจริงของหลักทรัพย์นั้น อาจไม่ต่างจากการแจกแจงแบบปกติมาก เช่น การแจกแจงที่เป็นแบบ Student's t ซึ่งมีหางอ้วนกว่าการแจกแจงแบบปกติ แต่การแจกแจงแบบ Student's t มีองศาความเป็นอิสระสูง

เท่ากับ 28 ซึ่งใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติที่สามารถเทียบได้กับการแจกแจงแบบ Student's t ที่มีองศาความเป็นอิสระเท่ากับ 32 ได้ (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 181-182) และเป็นไปตามผลการวิจัยของ ฐิติมา จิรเศรษฐสิริ (2548) ที่กล่าวว่า เทคนิค Student's t เมื่อมีองศาความเป็นอิสระมากขึ้น จะมีขอบเขตของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่สามารถใช้ในการจำลองใกล้เคียงกับเทคนิคการแจกแจงแบบปกติ

7. จากการศึกษาในอดีตของบางงานวิจัย เกี่ยวกับความสามารถของวิธี VaR โดยอ้างอิงกับสมมติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงที่ต่างกันของหลักทรัพย์ รวมถึงการศึกษาที่ใช้ข้อมูลจากตลาดการเงินไทยของ อัญญา ขันธวิทย์ (2550) ได้ผลการศึกษาว่าความแม่นยำจากการวัดความเสี่ยงโดยใช้สมมติฐานที่ต่างจากสมมติฐาน Normality อาจมีระดับที่ใกล้เคียงและบางครั้งด้อยกว่าการวัดโดยใช้สมมติฐานการแจกแจงแบบปกติได้ (อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์, 2553: 180-182)

2.3.3.2 การคำนวณด้วยวิธีจำลอง โดยใช้ข้อมูลในอดีต (Historical Simulation)

การคำนวณหาค่า VaR ด้วยวิธีการจำลองข้อมูลในอดีตของหลักทรัพย์ เพื่อวัดผลตอบแทนที่เคยเกิดขึ้นจริงและคำนวณหาสัดส่วนของผลกำไรหรือขาดทุนที่เกิดขึ้นกับพอร์ตโฟลิโอ ณ ระดับความเชื่อมั่น (Confidence interval) ที่อ้างอิงจากการแจกแจงของผลตอบแทนที่คำนวณจากข้อมูลในอดีต ซึ่งเป็นวิธีพื้นฐานที่สำคัญและให้ความเข้าใจในเรื่องการวัดมูลค่าความเสี่ยงได้ดี เนื่องจากเป็นการนำแนวคิดและวิธีทางสถิติมาใช้อย่างตรงไปตรงมา นอกจากนั้นยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการคำนวณที่มีความซับซ้อนมากขึ้นอย่าง Monte Carlo Simulation ต่อไปได้

จากนิยามของ VaR จะทราบว่า ค่า VaR 1 วันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หมายถึงจะมีเพียง 1 วัน ใน 100 วันข้างหน้า ที่มูลค่าของกำไรหรือขาดทุนมากกว่าค่านี้ ดังนั้นถ้าต้องการหาค่า VaR ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่าใด ก็เอาข้อมูลกำไรหรือขาดทุนมาเรียงกัน แล้วอ่านค่า VaR ต่าง ๆ เช่น หาค่า VaR ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ หรือมีเพียง 10 วัน ใน 100 วัน หรือ 1 วัน ใน 10 วันข้างหน้าที่พอร์ตโฟลิโอจะกำไรหรือขาดทุนได้มากกว่าค่านี้

จะเห็นว่า การหาค่า VaR โดยใช้ข้อมูลในอดีตนั้น สามารถหาได้โดยตรงจากข้อมูลอัตราผลตอบแทนที่สมมติว่าจะเกิดขึ้นจริงจากการจำลองข้อมูลในอดีต และไม่จำเป็นต้องสมมติว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ แต่การใช้ข้อมูลในอดีตเพื่อจำลองสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตก็มีข้อจำกัดเช่นกัน เนื่องจากไม่สามารถแน่ใจว่าอดีตจะสามารถจำลองอนาคตได้หรือไม่

อย่างไรก็ตาม การคำนวณค่า VaR โดยใช้ข้อมูลในอดีตก็เป็นวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ถ้าหากมีข้อมูลในอดีตเก็บไว้มาก ๆ อาจจะใช้ได้กับหตุการณ์ที่สำคัญบางเหตุการณ์ที่ทำให้ราคาหลักทรัพย์เปลี่ยนแปลงไปมาก ๆ เช่น ในช่วงภาวะวิกฤติเศรษฐกิจ เพื่อจำลองดูว่าพอร์ตโฟลิโอจะขาดทุนได้มากแค่ไหน หรือที่เรียกว่า stress test นั่นเอง (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย : ออนไลน์)

เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าความเสี่ยงที่คำนวณโดยวิธี Historical Simulation จะมีค่าที่ไม่เท่ากับมูลค่าความเสี่ยงที่คำนวณโดยวิธี Parametric ทั้งที่เป็นพอร์ตการลงทุนเดียวกันและคำนวณ ณ วันเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันในรายละเอียด แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและสามารถอธิบายความหมายได้ในลักษณะเดียวกัน

2.3.3.3 การคำนวณด้วยวิธีจำลองสถานการณ์ โดยการสุ่มแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation)

การคำนวณหาค่า VaR โดยใช้วิธีจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) นั้น สามารถเรียกอีกชื่อได้ว่าวิธี Semi-parametric เป็นวิธีที่ทันสมัยและสามารถใช้ได้กับการแจกแจงทุกชนิด โดยจะไม่ใช้ข้อมูลในอดีตเพื่อเป็นตัวจำลองเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แต่จะใช้วิธีการสุ่มตัวเลขของอัตราผลตอบแทนที่อาจจะเกิดขึ้นจริงตามค่าความผันผวนหรือรูปแบบของการกระจายตัวที่ต้องการ จากนั้นก็คำนวณหาค่ากำไรหรือขาดทุนของพอร์ตโฟลิโอและอ่านค่า VaR ได้เช่นเดียวกับวิธีการจำลองโดยใช้ข้อมูลในอดีต (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย : ออนไลน์)

จะเห็นว่า วิธีจำลองโดยใช้ข้อมูลจากการสุ่ม สามารถกำหนดรูปแบบการเกิดขึ้นหรือการกระจายตัวของหลักทรัพย์หรือตัวแปรที่สนใจได้ตามต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดให้เหมือนสิ่งที่เคยเกิดขึ้นในอดีต ทำให้วิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการคำนวณ VaR ของหลักทรัพย์ได้หลากหลายประเภทตั้งแต่แบบที่ง่ายไปจนถึงอนุพันธ์ที่มีความยุ่งยากประเภทต่าง ๆ แต่ในขั้นตอนการคำนวณของวิธีการจำลองแบบสุ่มมีความยุ่งยาก โดยเฉพาะในกรณีที่พอร์ตโฟลิโอประกอบด้วยหลักทรัพย์หลายตัว ซึ่งต้องเข้าใจในพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์แต่ละประเภท ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างกัน และยังต้องใช้เวลาในการโปรแกรมมากขึ้นกว่าการใช้สองวิธีแรก (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย : ออนไลน์)

การคำนวณ VaR โดยวิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โลเป็นวิธีที่ซับซ้อนและจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการจำลองค่าปัจจัยเสี่ยง (Simulation Techniques of Risk Factors) เพื่อให้ผลกำไรขาดทุนของพอร์ตการลงทุนครอบคลุมสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น โดยการจำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ ด้วยการเปลี่ยนค่า Volatility และ Correlation ของปัจจัยเสี่ยงที่แตกต่างไปตามประเภทหลักทรัพย์ วิธีคำนวณ VaR แบบมอนติคาร์โลเหมาะกับการประเมินราคาหลักทรัพย์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งหาสูตรคำนวณที่ชัดเจนไม่ได้ เพราะราคาอาจขึ้นกับปัจจัยที่มีความไม่แน่นอน เช่น Structured Notes หรือ Exotic Derivative ประเภทต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันวิธีมอนติคาร์โลซิมูเลชัน (Monte Carlo Simulation) ก็ได้รับความสนใจและมีการประยุกต์ใช้มากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์มีระดับที่สูงขึ้นกว่าแต่ก่อนมาก การวิเคราะห์จึงรวดเร็วและมีต้นทุนที่ต่ำในการประมวลผล สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม @Risk หรือโปรแกรม Crystal Ball ที่รับการออกแบบให้ทำ

หน้าที่ตามวิธีมอนติคาร์โลซิมูเลชันสำหรับประมวลผลได้โดยสะดวก หรืออาจใช้คำสั่ง Random Number Generation ของโปรแกรม Microsoft Excel ก็สามารถทำได้
(อัญญา ขันธวิทย์ และ ณัฐชัย บุณยะประภัศร, 2553: 114)

การคำนวณ VaR ด้วยวิธีมอนติคาร์โลจะมีความคล้ายคลึงกับการคำนวณ VaR ด้วยวิธี Historical Simulation ต่างกันที่วิธีมอนติคาร์โลสามารถจำลองค่าปัจจัยเสี่ยงให้เปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์จำลองต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยมีพฤติกรรมในการเปลี่ยนแปลงเหมือนในอดีต ความถูกต้องแม่นยำของผลลัพย์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับเทคนิคและจำนวนครั้งในการจำลองค่าปัจจัยเสี่ยงเป็นสำคัญ

2.4 การวัดความเสี่ยง (Risk Measurement)

การวัดความเสี่ยงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการบริหารความเสี่ยง เพราะจะทำให้ผู้บริหารความเสี่ยงได้ทราบถึงระดับความเสี่ยงของตน (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย : ออนไลน์)

2.4.1 ทฤษฎีมาตราวัดการเชื่อมโยงความเสี่ยง (Coherent Risk Measures) (Dowd, 2002: 28 ; Dulguerov, 2009: 275)

ทฤษฎีมาตราวัดการเชื่อมโยงความเสี่ยงได้รับการพัฒนาโดย Artzner et at (1997,1999) โดยอธิบายหลักของการเชื่อมโยง (coherence) เอาไว้ ซึ่งมาตราวัดการเชื่อมโยงความเสี่ยงได้รับความสนใจในคุณสมบัติ 4 ประการ กล่าวคือ

กำหนดให้ X และ Y คือ ค่าในอนาคตที่มีความเสี่ยง การวัดความเสี่ยง $\rho(\cdot)$ จะมีความเชื่อมโยง ถ้ามีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

สำหรับ จำนวนจริง n และความจริงบวก t ใดๆ

$$\rho(X) + \rho(Y) \leq \rho(X + Y) \quad \text{การกระจายการบวก (sub-additivity)} \quad (2.17)$$

$$\rho(tX) = t\rho(X) \quad \text{ให้ค่าบวกเหมือนกัน (positive homogeneity)} \quad (2.18)$$

$$\rho(X) \geq \rho(Y), \text{if } X \leq Y \quad \text{การเพิ่มค่าอย่างสม่ำเสมอ (monotonicity)} \quad (2.19)$$

$$\rho(X + n) = \rho(X) - n \quad \text{เงื่อนไขปราศจากความเสี่ยง (risk-free condition)} \quad (2.20)$$

คุณสมบัติแรก คือ sub-additivity เป็นเงื่อนไขที่ชัดแจ้ง คุณสมบัติต่อมา คือ คุณสมบัติ positive homogeneity และ monotonicity เป็นเงื่อนไขที่เป็นเหตุเป็นผล และบ่งบอกได้ว่า

ฟังก์ชัน $\rho(\cdot)$ เป็นฟังก์ชันคอนเวกซ์ (convex) ส่วนคุณสมบัติสุดท้าย คือ risk-free condition หมายความว่า การเพิ่มจำนวน n เข้าไปในฟังก์ชัน จะทำให้ความเสี่ยงลดลงเท่าจำนวนที่เพิ่มเข้าไป เนื่องจาก n จะไปเพิ่มค่าของพอร์ตโฟลิโอในตอนสุดท้าย

2.4.2 ค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall: ES) (Dowd, 2002: 29)

ES เป็นตัวชี้วัดการเชื่อมโยงความเสี่ยง (coherent risk measure) ที่น่าสนใจมาก บางครั้ง ES มีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน เช่น ค่าคาดหวังความเสียหายส่วนหาง (expected tail loss) มูลค่าความเสี่ยงแบบมีเงื่อนไข (conditional VaR) ส่วนหางของมูลค่าความเสี่ยง (tail VaR) ค่าคาดหวังส่วนหางแบบมีเงื่อนไข (tail conditional expectation) และค่าคาดหวังที่เลวร้ายที่สุดแบบมีเงื่อนไข (worst conditional expectation) ซึ่งมีข้อกำหนดหรือการนิยามที่ต่างกันเล็กน้อย

Dowd (2002) อัญญา ขันธวิทย์ (2550) และ Dulguerov (2009) ได้อธิบายไว้ว่า ES คือ ค่าคาดหวัง (expected value) ที่อาจจะเกิดความเสียหาย (L) โดยที่ความเสียหายนั้นมากกว่าค่า VaR

ค่า ES สามารถนิยาม ณ ระดับความเชื่อมัน $1-\alpha$ ได้ดังนี้

$$\mathrm{ES} = \mathrm{E}(\mathrm{L}|\mathrm{L} > \mathrm{VaR}_{\alpha}) \tag{2.21}$$

2.4.3 ความแตกต่างระหว่างมูลค่าความเสี่ยงและค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

มูลค่าความเสี่ยง (Value-at-Risk หรือ VaR) เป็นอัตราผลตอบแทนสูงสุดที่ได้กำหนดไว้ ณ ระดับความเชื่อมั่นของพอร์ตโฟลิโอ แต่ VaR ไม่ใช่มาตราวัดการเชื่อมโยงความเสี่ยงที่ดี เนื่องจาก VaR ขาดคุณสมบัติ sub-additive อันเป็นคุณสมบัติที่ทำให้มั่นใจในหลักการกระจายความเสี่ยง โดยการวัดความเสี่ยง (Ψ) จะมีคุณสมบัติ sub-additive ถ้า $\Psi(\mathrm{x}_1 + \mathrm{x}_2) \leq \Psi(\mathrm{x}_1) + \Psi(\mathrm{x}_2)$ เป็นจริง นั่นคือ หากขาดคุณสมบัติ sub-additive แล้ว ถึงแม้จะกระจายความเสี่ยง แต่ความเสี่ยงกลับมากกว่าตอนที่ไม่ได้กระจายความเสี่ยงได้ ซึ่งโดยทั่วไป sub-additive จะใช้วัดความเสี่ยงที่มีระดับต่ำในพอร์ตโฟลิโอที่มีการกระจายความเสี่ยง (diversified portfolio) มากกว่าใช้ในพอร์ตโฟลิโอที่ไม่มีการกระจายความเสี่ยง (non-diversified portfolio) (Dulguerov, 2009: 275)

อย่างไรก็ตาม VaR ยังสามารถวัดระดับความเสี่ยงได้ดีในฐานะมาตราวัดการเชื่อมโยงความเสี่ยง หากการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนนั้นเป็นการแจกแจงร่วมในกลุ่มอิลิปติเคิล (Elliptical) (อัญญา ขันธวิทย์, 2550: 20 อ้างอิงใน Artzner, Delbaen, Eber & Heath, 1997) ส่วนค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall หรือ ES) เป็นตัวชี้วัดระดับความเสี่ยงที่มีคุณสมบัติของมาตราวัดการเชื่อมโยงความเสี่ยงครบถ้วนในทุกเงื่อนไขของการแจกแจงร่วม (อัญญา ขันธวิทย์, 2550: 20)

นอกจากนี้ VaR สามารถบอกได้ดีที่สุดเพียงค่าคาดหวังที่อาจจะเกิดความเสียหาย หากไม่เกิดเหตุการณ์ที่เลวร้ายซึ่งความเสียหายที่มากกว่าค่า VaR นำไปสู่การล้มละลายของบริษัท ดังนั้น VaR จะชี้จุดของการแจกแจงความน่าจะเป็นที่นำไปสู่การล้มละลายเท่านั้น ส่วนขอบเขตของความเสียหายในกรณีที่เกิดการล้มละลาย VaR ไม่สามารถระบุได้ แต่ ES สามารถบอกถึงขอบเขตค่าเฉลี่ยความเสียหายของการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เกินกว่าค่า VaR ในกรณีที่เกิดการล้มละลายได้ เนื่องจาก ES มีคุณสมบัติที่สามารถบอกความเสียหายที่คาดหวัง ถ้าเกิดเหตุการณ์บริเวณหางเกิดขึ้น (Dowd, 2002: 29 cited in Pflug, 2000 ; Doff, 2007: 24 ; ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย : ออนไลน์)

ถึงแม้ว่า ตามทฤษฎีค่า ES สามารถคำนวณความเสียหายได้ครอบคลุมมากกว่าค่า VaR แต่บริษัทประกันภัยเกือบทั้งหมดก็ใช้ VaR ในการวัดความเสี่ยงมากกว่า ES เนื่องจาก ES ต้องใช้การคำนวณที่ความซับซ้อนมากขึ้น (Doff, 2007: 25)

2.4.4 ระดับความเชื่อมั่นที่เหมาะสมของมูลค่าความเสี่ยง

หลายครั้งที่อาจได้ยินคำถามว่ามูลค่าความเสี่ยง (VaR) ที่เหมาะสมควรอยู่ที่ใด หรือค่า VaR ที่คำนวณได้สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปหรือไม่ หรือจะทำอย่างไรเพื่อให้คำนวณค่า VaR ออกมาแล้วมีค่าต่ำกว่าคู่แข่งในวงการเดียวกัน

คำถามดังกล่าวไม่มีคำตอบสำเร็จรูปได้เพราะมีปัจจัยต่าง ๆ มากมายมากำหนด เริ่มตั้งแต่ประเภทของหลักทรัพย์ที่นำมาคำนวณ การคำนวณอยู่บนพื้นฐานการวัดมูลความเสี่ยงด้านตลาด (Market Risk) ที่ถูกต้องหรือไม่ ใช้วิธีการใดในการคำนวณ ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากขนาดไหน กระบวนการและเทคนิคที่คำนวณถูกต้องตามหลักวิชาการหรือไม่ และอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ธนาคารแห่งประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานในการคำนวณมูลค่าความเสี่ยงไว้ที่ระยะเวลาถือครอง 10 วันทำการ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 จึงสามารถนำเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้เป็นมาตรฐานในการคำนวณ VaR ได้

การคำนวณที่ได้มูลค่าความเสี่ยงน้อยเกินไป อาจจะทำให้เกิดความประมาทในการบริหารความเสี่ยงและมีโอกาสที่ผลขาดทุนสูงสุดเกินกว่าค่าที่คำนวณได้ เช่น หากคำนวณมูลค่าความเสี่ยงที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะได้ค่า VaR ที่ต่ำกว่า ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 แม้ว่าจะเป็นพอร์ตการลงทุนเดียวกันก็ตาม

ในทางกลับกัน หากมูลค่าความเสี่ยงที่คำนวณได้มีค่ามากเกินไป ก็อาจจะทำให้ต้องกันเงินสำรองมากเกินจำเป็นหรือเป็นการเสียโอกาสในการสร้างผลตอบแทนจากเงินก้อนนั้น (Opportunity Cost)

2.5 การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validity Testing) (ศุภชัย ศรีสุชาติ, 2546: 27)

ในการสร้างตัวแบบเพื่อวัดระดับความเสี่ยงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของตัวแบบ แนวทางที่ใช้สำหรับการวิจัยนี้ คือ การทดสอบย้อนกลับ (Backtesting) โดยนำค่า VaR และ ES ที่คำนวณได้จากแต่ละตัวแบบ มาตรวจสอบว่า อัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจริง มีค่าสูงกว่าที่ได้กำหนดไว้ เป็นจำนวนกี่วัน และอาจนับวันที่มีผลอย่างนั้นแล้วเรียกว่าเป็น Number of Exception

เมื่อได้จำนวนวันที่อัตราผลตอบแทนต่ำกว่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้จากตัวแบบ ก็จะนำจำนวนนั้นมาตรวจว่าอยู่ในเกณฑ์อันตราย คือ ต้องปฏิเสธตัวแบบนั้นทิ้งไป (Red Zone) หรืออยู่ในช่วงที่ต้องใช้ดุลพินิจ หากจะนำตัวแบบนั้นไปใช้ (Yellow Zone) หรือตัวแบบนั้นสามารถนำไปใช้ได้ (Green Zone) ทั้งนี้ก่อนที่จะกำหนดว่าจำนวนวันที่เป็น Exception นั้นอยู่ในช่วงใด จำเป็นต้องมีกระบวนการหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นว่า ความน่าจะเป็นที่เกิดวันที่อัตราผลตอบแทนมีปัญหาเป็นเท่าไหร่ โดยมีสูตรการคำนวณ คือ

$$\mathrm{P}(\mathrm{y}/\alpha,\mathrm{N}) = \binom{\mathrm{N}}{\mathrm{y}}(\alpha)^{\mathrm{y}}(1-\alpha)^{\mathrm{N}-\mathrm{y}} \qquad (2.22)$$

เมื่อ y คือ จำนวนวันที่อัตราผลตอบแทนน้อยกว่า VaR หรือ ES ที่กำหนดไว้

N คือ จำนวนวันที่ใช้ในการทดสอบ

$\mathrm{P}(\mathrm{y}/\alpha,\mathrm{N})$ คือ ความน่าจะเป็นที่ตรวจสอบ N วัน ภายใต้ความเชื่อมั่น $(1-\alpha)$ แล้วซึ่งมีจำนวนวันทั้งสิ้น y วัน ที่อัตราผลตอบแทนต่ำกว่าค่า VaR หรือค่า ES ที่กำหนดไว้

และ $\binom{\mathrm{N}}{\mathrm{y}}$ คือ ฟังก์ชันของการจัดหมู่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{\mathrm{N}!}{\mathrm{y}!(\mathrm{N}-\mathrm{y})!}$

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในต่างประเทศ

ก่อนที่จะทำการวัดความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยง (Value-at-Risk) และวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall) ได้นั้น การหาฟังก์ชันแจกแจงของข้อมูลให้เหมาะสมเป็นเรื่องสำคัญ หรือก่อนที่จะนำฟังก์ชันคอปปูลามาใช้งานก็จำเป็นต้องหารูปแบบของฟังก์ชันคอปปูลาที่สอดคล้องกับข้อมูลก่อน สำหรับงานวิจัยในต่างประเทศ ในปี ค .ศ.2005 Abbas Heiat ได้อธิบายการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการเลือกการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลเชิงประจักษ์ (ข้อมูลปฐมภูมิ) โดยอธิบายขั้นตอนการเลือกการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้คำสั่ง add-in แล้วหาความเหมาะสมของการแจกแจงด้วยคำสั่ง optimization และใช้คำสั่ง simulation ในการจำลองข้อมูล เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ทางธุรกิจและทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการหาฟังก์ชันการแจกแจงของข้อมูลหรือการหารูปแบบของคอปปูลาที่เหมาะสมนี้ เรียกว่า วิธีสารูปสนิทดี (Goodness-of- Fit test) และในปี ค .ศ.2008 C. Scholzel และ P. Friederichs ได้แสดงวิธีการใช้ goodness-of-fit ในการทดสอบความสัมพันธ์ของฟังก์ชันคอปปูลา และ Extreme value theories (EVT) รวมทั้งได้กล่าวถึง ความแตกต่างและการคำนวณของคอปปูลาแต่ละแบบ โดยประยุกต์ใช้ฟังก์ชันคอปปูลาในการอธิบายตัวอย่างพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยา แล้วสรุปข้อดีและข้อเสียของการนำไปใช้

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดความเสี่ยงบริเวณหางทั้งวิธี Value-at-Risk และวิธี Expected Shortfall ในปี ค.ศ. 2006 มีงานวิจัยของ Fotios C. Harmantzis Linyan Miao และ Yifan Chien ได้ทดสอบความแตกต่างระหว่างการวัดความเสี่ยงด้วยวิธีทั้งสอง สำหรับข้อมูลในอดีตที่มีลักษณะการแจกแจงแบบหางหนา (heavy tails) พบว่า การวัดความเสี่ยงด้วยวิธี Value-at-Risk สามารถประมาณความเสี่ยงบริเวณหางหนาได้ดีกว่าบริเวณที่หางไม่หนา และสามารถประมาณความเสี่ยงสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงบริเวณหางหนามาก ๆ และไม่สมมาตรได้ ส่วนวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินสามารถประมาณความเสี่ยงบริเวณที่มีหางหนาได้แม่นยำมากกว่าวิธีมูลค่าความเสี่ยง นอกจากนี้ได้สรุปผลจากการทดลองอีกว่า หากวัดความเสี่ยงด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความเสียส่วนเกิน ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติมีค่าความเสี่ยงบริเวณหางน้อยกว่า ส่วนข้อมูลจากวิธีการจำลองจะมีค่าความเสี่ยงบริเวณหางมากกว่า

สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันคอปปูลาในการวัดความเสี่ยงด้วยวิธี Value-at-Risk และวิธี Expected Shortfall มีดังต่อไปนี้ ในปี ค.ศ. 2002 Claudio Romano ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ Elliptical copulas ในการบริหารความเสี่ยงด้านตลาดและด้านเครดิต โดย

พิจารณาเปรียบเทียบส่วนหางของ Gaussian copula และ t-Student copula จากการวัดความเสี่ยงด้วยวิธี Value-at-Risk และวิธี Expected Shortfall ของข้อมูลที่ได้จากการจำลองข้อมูลด้วยวิธี Monte Carlo simulation ต่อมาในปี ค.ศ. 2012 Dominique Guegan และ Fatima Jouad ได้ทดลองรวมความเสี่ยงด้านตลาดโดยใช้คู่คอปปูลา (Pair-Copula) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละคู่ของคอปปูลา ในการรวมความเสี่ยงด้านตลาด ซึ่งได้แก่ คอปปูลา 2 ตัวแปรแบบ Gaussian, Student, Clayton และ Gumbel นอกจากนั้นยังมีการคำนวณหาเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Capital) สำหรับผลกำไร/ขาดทุนที่ไม่คาดหวังในอนาคต โดยพิจารณาที่ค่า 99^{th} Value-at-Risk (VaR) ตามเกณฑ์ของ Solvency II และ 99^{th} Expected Shortfall (ES) ตามเกณฑ์ของ Swiss Solvency Test (SST) แล้วนำค่าเงินกองทุนทางเศรษฐศาสตร์มาเปรียบเทียบผลที่ได้จากคอปปูลาที่ต่างกัน และในปี ค.ศ. 2009 Matthieu Dulguerov ได้ใช้ฟังก์ชันคอปปูลาในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอสินทรัพย์ ซึ่งประกอบไปด้วย ตราสารหนี้ หุ้น อสังหาริมทรัพย์ที่ซื้อขายได้โดยตรง (direct real estate) และสินทรัพย์ที่สามารถแปลงเป็นหลักทรัพย์ (securitised real estate) โดยศึกษาความเสี่ยงที่เกิดจากการรวมพอร์ตโฟลิโอซึ่งมีการแจกแจงแบบ Student-t และศึกษาความเสียหายส่วนเกินบริเวณหาง (CVaR) พบว่า ความเสียหายที่เกิดการรวมพอร์ตโฟลิโอมีค่าน้อยกว่าที่ไม่ได้มีการรวมพอร์ตโฟลิโอ และการสมมติฐานให้การแจกแจงเป็นแบบปกติให้ค่าความเสียหายที่น้อยกว่าความเป็นจริง (underestimate)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. งานวิจัยในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยได้มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติส่วนหางของฟังก์ชันคอปปูลา ดังต่อไปนี้ ในปี พ.ศ. 2548 ฐิติมา จิรเศรษฐสิริ ได้ทำการศึกษาการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมด้วยเทคนิคคอปปูลาเมื่อทราบการแจกแจงส่วนริมและสหสัมพันธ์ พบว่า เทคนิค Gaussian Copula มีขั้นตอนในการทำที่ง่าย แต่ขาดคุณสมบัติบางประการ เช่น คุณสมบัติความสัมพันธ์ส่วนหาง ทำให้ไม่ครอบคลุมลักษณะของการใช้งานบางอย่าง ส่วนเทคนิค Student's t Copula มีคุณสมบัติความสัมพันธ์ส่วนหาง และได้ทำการเปรียบเทียบขอบเขตของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่สามารถใช้ในการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมระหว่างเทคนิค Gaussian Copula และ Student's t Copula พบว่าเทคนิค Gaussian Copula มีขอบเขตของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่สามารถทำการจำลองตัวแปรสุ่มร่วมได้ครอบคลุมมากกว่าเทคนิค Student's t Copula แต่เมื่อเทคนิค Student's t Copula มีองศาความเป็นอิสระมากขึ้น เทคนิค Student's t Copula จะมีขอบเขตของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่สามารถใช้ในการจำลองใกล้เคียงเทคนิค Gaussian Copula

ส่วนการนำคุณสมบัติส่วนหางของฟังก์ชันคอปปูลามาวัดความเสี่ยง ในปี พ.ศ. 2550 มีงานวิจัยของ อัญญา ขันธวิทย์ ได้ศึกษาการวัดระดับความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ไทย พบว่าอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ไทยมีการแจกแจงร่วมแบบ Logistic ซึ่งให้ค่า Copula VaR ต่ำกว่าค่า Normality VaR สำหรับพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ในตัวอย่าง และทดสอบ Out-of-Sample Performance พบว่าค่า Copula VaR ชี้ระดับความเสี่ยงต่ำกว่าระดับที่ควรจะเป็นจริง มีความสามารถด้อยกว่าค่า Normality VaR

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเสี่ยงจากการลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันภัย โดยเป็นกรณีศึกษาจากการนำข้อมูลยอดเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่งและบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง มาวัดระดับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ซึ่งใช้ฟังก์ชันคอปปูลา (Copula) ในการหาฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือภายในพอร์ตโฟลิโอ รวมทั้งนำค่ามูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk) และค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall) มาชี้วัดความเสี่ยง เพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างวิธีคอปปูลามูลค่าความเสี่ยงกับวิธีคอปปูลาค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน นอกจากนี้ยังได้ทดสอบความแม่นยำของการชี้วัดความเสี่ยงระหว่าง Copula VaR กับ Normality VaR อีกด้วย

แหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ของจำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ ณ วันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ของบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่งกับบริษัทประกันวินาศภัยอีกแห่งหนึ่ง และข้อมูลอนุกรมเวลารายวันของ Historical Interpolated Zero Coupon Yields ซึ่งรายงานโดยสมาคมตราสารหนี้ไทย (ThaiBMA) ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2545 ไปจนถึงวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2556 เป็นจำนวน 2,850 วันทำการ เพื่อคำนวณดัชนี ZRR ส่วนการทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validity Testing) หรือการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบคำนวณ จะใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 เป็นจำนวน 250 วันทำการ หรือใช้ Zero Coupon Yield รวมทั้งสิ้น 3,100 วันทำการ

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะนำเสนอวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เก็บข้อมูลจำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันภัย แล้วนำมาหาอายุคงเหลือของตราสารหนี้แต่ละตัว
2. คำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้จากดัชนี ZRR (Zero Rate Return Indices) เป็นรายวัน
3. คำนวณมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk) ของอัตราผลตอบแทนของพอร์ตตราสารหนี้ ด้วยวิธี Normality VaR
4. ทดสอบรูปแบบการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR แต่ละช่วงอายุคงเหลือ
5. คำนวณหามูลค่าความเสี่ยง และค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน จากฟังก์ชันคอปปูลา
6. เปรียบเทียบค่าความเสี่ยงระหว่าง Copula ES, Copula VaR และ Normal VaR ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ
7. ทดสอบความแม่นยำของตัวแบบคำนวณที่ใช้วัดความเสี่ยง ด้วยการทดสอบข้อมูลย้อนหลัง (Back testing)

ในขั้นตอนที่ 6 เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ รายละเอียดการดำเนินงานวิจัยของขั้นตอนนี้ จะนำเสนอไปพร้อม ๆ กับผลการวิจัยในบทที่ 4

ต่อไปนี้จะเป็นรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอน โดยจะอธิบายตามลำดับของการวิจัย ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย

เริ่มต้นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลด้วยการนำตราสารหนี้แต่ละตัวที่บริษัทเลือกลงทุนมาหาอายุคงเหลือ จากนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อ ๆ ไป เข้าใจได้ง่าย รวมทั้งให้ความหมายในทิศทางเดียวกัน จะแบ่งตราสารหนี้เป็นกลุ่มตามช่วงอายุคงเหลือ 3 เดือน 6 เดือน 1 ปี 2 ปี เรื่อยไปจนถึงปีที่อายุคงเหลือของตราสารหนี้มีอายุคงเหลือมากที่สุด โดยในแต่ละช่วงอายุคงเหลือจะประกอบไปด้วยตราสารหนี้ที่มีอายุคงเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับช่วงอายุคงเหลือนั้น แต่จะมากกว่าช่วงอายุคงเหลือก่อนหน้า ตัวอย่างเช่น ช่วงอายุคงเหลือ 3 เดือน ตราสารหนี้ที่อยู่ในช่วงนี้จะมีอายุคงเหลือตั้งแต่ 1 วัน เรื่อยไปจนถึง 3 เดือน หรือช่วงอายุคงเหลือ 6 เดือน ตราสารหนี้ที่อยู่ในช่วงนี้จะมีอายุคงเหลือตั้งแต่ 3 เดือน 1 วัน ไปจนถึง 6 เดือน เป็นต้น

เมื่อแบ่งกลุ่มตราสารหนี้ตามช่วงอายุคงเหลือเรียบร้อยแล้ว จากนั้นรวมยอดเงินลงทุนในแต่ละช่วงอายุคงเหลือ เพื่อใช้หาน้ำหนักของการลงทุนสำหรับการคำนวณในขั้นตอนต่อไป

3.2 ขั้นตอนการคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้

ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการจัดพอร์ตโฟลิโอตัวอย่าง คำนวณอัตราผลตอบแทนของดัชนี ZRR และคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 จัดพอร์ตโฟลิโอตัวอย่าง

ต่อไปนี้จะเป็นการจัดพอร์ตโฟลิโอตัวอย่าง สำหรับเป็นกรณีศึกษา โดยใช้ข้อมูลของบริษัทประกันชีวิตภัยทั้งสองแห่ง เนื่องจากบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่งมีผลิตภัณฑ์ประกันภัย (Product) แบบสะสมทรัพย์ (Endowment Insurance) อายุ 10 ปี มากที่สุด และบริษัทประกันวินาศภัยอีกแห่งหนึ่งมีระยะเวลาการจ่ายค่าสินไหมทดแทนที่ระยะเวลา 2 ปีมากที่สุด ผู้วิจัยจึงจัดพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้อายุเฉลี่ยของตราสารหนี้ (Bond duration) ในพอร์ตโฟลิโอ มีความสอดคล้องกับรายจ่ายที่จะเกิดขึ้นจริง

การคำนวณจะใช้ข้อมูลเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันภัยทั้งสองแห่ง ที่จัดตามช่วงอายุคงเหลือนำมาสร้างพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration น้อยกว่า มากกว่า และเท่ากับ ระยะเวลาของรายจ่ายที่จะเกิดขึ้นจริง ด้วยการนำ duration และน้ำหนักการลงทุนของแต่ละช่วงอายุคงเหลือมาเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักกัน โดยจะจัดพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

Life8 คือ พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มีduration 8 ปี
เพื่อให้สะท้อนถึงduration ที่สั้นกว่า product ของบริษัทประกันชีวิต

Life10 คือ พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มีduration 10 ปี
เพื่อให้สะท้อนถึง duration ที่เท่ากับ product ของบริษัทประกันชีวิต

Life12 คือ พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มีduration 12 ปี
เพื่อให้สะท้อนถึง duration ที่ยาวกว่า product ของบริษัทประกันชีวิต

NLife1.5 คือ พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มีduration 1.5 ปี
เพื่อให้สะท้อนถึง duration ที่สั้นกว่า product ของบริษัทประกันวินาศภัย

NLife2 คือ พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มีduration 2 ปี
เพื่อให้สะท้อนถึง duration ที่เท่ากับ product ของบริษัทประกันวินาศภัย

NLife2.5 คือ พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มีduration 2.5 ปี
เพื่อให้สะท้อนถึงduration ที่ยาวกว่า product ของบริษัทประกันวินาศภัย

3.2.2 คำนวณอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR (Zero Rate Return Indices)

อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR จะคำนวณจากข้อมูลอนุกรมเวลารายวันของ Historical Interpolated Zero Coupon Yields ที่รายงานโดยสมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ที่ไม่จ่ายคูปอง (Zero Rate) กับอายุคงเหลือ (Time to Maturity: TTM) ของตราสารหนี้ โดยเริ่มใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 จำนวน 3,100 วันทำการ

เนื่องจาก อัตราผลตอบแทนของการถือครองตราสารหนี้อายุ 1 ปี เป็นเวลา 1 วัน จะมีค่าเท่ากับ ราคาขายของ T-Bill หารด้วย ราคาซื้อของ T-Bill

$$\text{1 day total return for holding 1 year constant maturity security} = \frac{(\text{Price of Synthetic T} - \text{Bill sold today})}{(\text{Price of Synthetic T} - \text{Bill bought today})}$$

ดังนั้น สามารถคำนวณดัชนี ZRR ในแต่ละวันทำการ สำหรับตราสารหนี้อายุคงเหลือ T ปี ได้ดังต่อไปนี้

วันฐานของดัชนี ZRR (2 มกราคม 2545) เริ่มต้นที่ 100 :

$$\text{Tyr ZRR index}_{d(1)} = 100 \tag{3.1}$$

วันที่ 2 (3 มกราคม 2545):

$$\text{Tyr ZRR index}_{d(2)} = \text{Tyr ZRR index}_{d(1)} \left\{ \frac{\left[\left(1+ZR_{d(1)}\right)\text{^}\left((365*T)/365\right)\right]}{\left[\left(1+ZR_{d(2)}\right)\text{^}\left(\left((365*T)-\Delta d\right)/365\right)\right]} \right\} \tag{3.2}$$

วันที่ n :

$$\text{Tyr ZRR index}_{d(n)} = \text{Tyr ZRR index}_{d(n-1)} \left\{ \frac{\left[\left(1+ZR_{d(n-1)}\right)\text{^}\left((365*T)/365\right)\right]}{\left[\left(1+ZR_{d(n)}\right)\text{^}\left(\left((365*T)-\Delta d\right)/365\right)\right]} \right\} \tag{3.3}$$

ซึ่ง T คือ (ปี) อายุคงเหลือของตราสารหนี้

$d(n)$ คือ วันทำการวันที่ n

$ZR_{d(n)}(TTM)$ คือ อัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ที่ไม่จ่ายคูปองของแต่ละอายุคงเหลือ ในวันที่ n

Δd คือ จำนวนวันระหว่างวันทำการก่อนหน้าจนถึงปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้น จะได้ดัชนี ZRR ของแต่ละช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้ เป็นจำนวน 3,100 ค่า หรือ 3,100 วันทำการ ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 จากนั้นสามารถคำนวณอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ได้จากสูตร

$$r_{d(n)} = \ln\left[\frac{\text{ZRR index}_{d(n)}}{\text{ZRR index}_{d(n-1)}}\right] \tag{3.4}$$

ซึ่ง $r_{d(n)}$ คือ อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ณ วันที่ n

$d(n)$ คือ วันทำการวันที่ n

3.2.3 คำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้

เมื่อทราบอัตราผลตอบแทนของดัชนี ZRR รายวัน ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือแล้ว จะสามารถคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้เป็นรายวัน ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$R_{d(n)} = w_{T1}r_{d(n)(T1)} + w_{T2}r_{d(n)(T2)} + \ldots + w_{TK}r_{d(n)(TK)} \tag{3.5}$$

โดยที่ $R_{d(n)}$ คือ อัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ณ วันทำการที่ n

w_{Tk} คือ น้ำหนักการกระจายเงินลงทุนของตราสารหนี้ที่มีอายุคงเหลือ Tk

k คือ ตราสารหนี้ตัวที่ k ใดๆ ภายในพอร์ตโฟลิโอ ซึ่ง $k = 1,2,\ldots,K$

$r_{d(n)(Tk)}$ คือ อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ณ วันทำการที่ n

3.3 ขั้นตอนการทดสอบรูปแบบการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR

ก่อนการทดสอบรูปแบบการแจกแจงที่แท้จริงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในขั้นตอนนี้ จะตรวจสอบก่อนว่า การแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

3.3.1 ตรวจสอบว่าอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

ทดสอบการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ว่าการแจกแจงเป็นแบบปกติหรือใกล้เคียงปกติหรือไม่ โดยวิธี Kolmogorov-sminov

สมมติฐานของการทดสอบคือ

H_0: สุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: สุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

เขตปฏิเสธ H_0: จะปฏิเสธ H_0 ถ้าค่า Significance น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด หรือ p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด

3.3.2 หารูปแบบการแจกแจงของอัตราผลตอบจากดัชนี ZRR

ในการทดสอบจะพิจารณาอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ของแต่ละอายุคงเหลือทีละช่วง ว่า การแจกแจงใดจะสามารถอธิบายการกระจายตัวของอัตราผลตอบแทนได้ดีที่สุดสำหรับแต่ละอายุคงเหลือ

งานวิจัยนี้ใช้ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi Square) เป็นเครื่องชี้ความสามารถในการอธิบายการกระจายตัวของตราสารหนี้ที่มีการแจกแจงรูปแบบ d ซึ่งการทดสอบจะแบ่งช่วงการกระจายตัวของอัตราผลตอบแทนออกเป็น S ช่วง สามารถคำนวณค่าสถิตินี้ได้จาก

$$\chi^2(d) = \sum_{s=1}^{S} \frac{\{n_s - E_d(ns)\}^2}{E_d(ns)} \quad (3.6)$$

โดยที่ $\chi^2(d)$ คือ ค่าสถิติไคสแควร์

n_s คือ จำนวนอัตราผลตอบแทนที่ตกในช่วง s

$E_d(ns)$ คือ จำนวนอัตราผลตอบแทนที่คาดว่าจะตกในช่วง s ภายใต้การแจกแจง d ที่กำลังพิจารณา

ส่วน s คือ ช่วงที่แบ่งการกระจายตัว ซึ่งมีช่วง$s = 1\ 2 \ldots S$

หากการแจกแจง d เป็นการแจกแจงที่แท้จริงของอัตราผลตอบแทน ค่าสถิติ $\chi^2(d)$ จะต้องมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่มีองศาความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom) เท่ากับ $S - 1$ จะสรุปได้ว่าการแจกแจง d ซึ่งให้ค่าสถิติ $\chi^2(d)$ ที่ต่ำกว่า เป็นการแจกแจงที่อธิบายการกระจายตัวของผลตอบแทนได้ดีกว่า (อัญญา ขันธวิทย์, 2550: 15)

3.3.3 ขั้นตอนการทดสอบความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือภายในพอร์ตโฟลิโอ

ทดสอบความสัมพันธ์ จะพิจารณาจากค่า p-value ซึ่งคำนวณจากโปรแกรม R ด้วยคำสั่ง cor.test

3.4 ขั้นตอนการคำนวณหามูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR)

การคำนวณมูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR) ของอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอ จะเป็นการคำนวณโดยสมมติฐานให้การแจงแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือ มีการแจกแจงแบบปกติ ระดับมูลค่าความเสี่ยง $VaR_\alpha(R)$ ของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ คิดเป็นร้อยละของเงินลงทุน ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ $1 - \alpha$ สามารถกำหนดได้ตามสมการที่ (3.7)

$$\mathrm{VaR}_{\alpha}(\mathrm{R}) = \mu + \mathrm{Z}_{\alpha}\sigma_{\mathrm{R}} \tag{3.7}$$

โดยที่ Z_{α} คือ ค่าสถิติ z (z Score) ซึ่งมีค่าตรงกับระดับความน่าจะเป็น α

σ_{R} คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้

3.5 ขั้นตอนการวัดความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

3.5.1 คำนวณมูลค่าความเสี่ยงจากฟังก์ชันคอปปูลา

จาก Sklar's Theorem หากการระบุฟังก์ชันการแจกแจงร่วม CDF และ PDF ของอัตราผลตอบแทนทำได้ยากหรือทำไม่ได้ในทางปฏิบัติ การระบุค่า VaR อาจทำได้โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงร่วม Copula CDF และ Copula Density เป็นการแจกแจงทดแทน ค่า VaR อาจทำโดยใช้วิธี Monte Carlo Simulation

เมื่ออัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR มีการแจกแจงร่วม ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วย ฟังก์ชัน $\mathrm{F}\{\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)(T1)}}, \dots, \mathrm{r}_{\mathrm{d(n)(TK)}}\}$ และ $\mathrm{C}\left\{\mathrm{F}_{\mathrm{T1}}\{\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)(T1)}}\}, \dots, \mathrm{F}_{\mathrm{TK}}\{\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)(TK)}}\}\right\}$ แล้วการแจกแจงของ $\mathrm{R}_{\mathrm{d(n)}} = \mathrm{w}_{\mathrm{T1}}\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)(T1)}} + \dots + \mathrm{w}_{\mathrm{TK}}\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)(TK)}}$ ซึ่งเป็นอัตราผลตอบแทนของพอร์ตตราสารหนี้ที่เกิดจากการรวมกันของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR แต่ละตัวภายในพอร์ตโฟลิโอ ย่อมสามารถทำได้ทางตรงจากฟังก์ชัน $\mathrm{F}\{.\}$ และ $\mathrm{C}\{.\}$

สมมติต่อไปให้ $\mathrm{f}(\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)}})$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจง PDF ของอัตราผลตอบแทน $\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)}}$ ของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ หาก $\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)}}$ ได้รับการสุ่มขึ้นมากเป็นจำนวนมากครั้งจากการแจกแจง แล้วมีการจัดเรียงข้อมูลจากน้อยไปมาก การระบุค่า VaR ย่อมทำได้อย่างตรงไปตรงมาว่าเป็นค่า -1 คูณอัตราผลตอบแทน $\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)}}$ ที่อยู่ในตำแหน่งควอนไทล์ที่ 100α ของข้อมูลที่ได้จัดเรียง เมื่อการระบุทำ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ $1-\alpha$

การสุ่มอัตราผลตอบแทน $\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)}}$ ของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ขึ้นมาเป็นจำนวนมากจากการแจกแจง สามารถทำได้ง่ายกว่าโดยการใช้การแจกแจงตามฟังก์ชัน Copula ซึ่งการกำหนดค่า VaR ของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ โดยใช้ Monte Carlo Simulation

3.5.2 คำนวณค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกินจากฟังก์ชันคอปปูลา

ค่า ES สามารถนิยามได้ตามสมการที่ (3.8) ณ ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ ว่าเท่ากับ

$$\mathrm{ES} = -\mathrm{E}\left(\mathrm{r}_{\mathrm{d(n)}} \middle| \mathrm{r}_{\mathrm{d(n)}} < -\mathrm{VaR}_{\alpha}\right) \tag{3.8}$$

ซึ่งการคำนวณค่า ES สำหรับพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ โดยใช้ฟังก์ชัน Copula สามารถทำได้ตรงไปตรงมา โดยเป็นส่วนขยายของการระบุค่า VaR โดยวิธี Monte Carlo Simulation

เมื่อการทำ Monte Carlo Simulation ได้สุ่มค่า $r_{d(n)}$ ขึ้นมาเป็นจำนวนมากครั้ง จากฟังก์ชัน Copula ทำการเรียงค่า $r_{d(n)}$ จากน้อยไปมาก และระบุค่า VaR ว่าเป็น -1 คูณค่า $r_{d(n)}$ ในตำแหน่งควอนไทล์ที่ $\alpha 100$ แล้ว ค่า ES จะคำนวณได้โดยใช้ -1 คูณค่าเฉลี่ยของ $r_{d(n)}$ ที่มีระดับต่ำกว่าค่า -1 คูณค่า VaR นั่นเอง (อัญญา ขันธวิทย์, 2550: 20-21)

3.6 ขั้นตอนการทดสอบข้อมูลย้อนหลัง (Back testing)

3.6.1 ทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validity Testing)

เพื่อให้ได้ข้อสรุปอย่างเป็นรูปธรรมเกี่ยวกับความสามารถในการชี้วัดระดับความเสี่ยงที่แม่นยำ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของตัวแบบที่ใช้สำหรับกำหนดมูลค่าความเสี่ยง ซึ่งแนวทางสำหรับงานวิจัยนี้ คือ การทดสอบย้อนกลับ (Backtesting) ตาม Bank for International Settlements (1996) ที่แบ่งผลลัพธ์ออกเป็นโซนสีเขียว สีเหลือง และสีแดง โดยนำค่า VaR ที่คำนวณได้จาก Copula VaR และ Normality VaR มาตรวจสอบว่า อัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจริงมีค่าน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่กำหนดไว้ เป็นจำนวนกี่วันและนับวันที่มีผลอย่างนั้น แล้วเรียกว่าเป็น Number of Exception ซึ่งสูตรการคำนวณความน่าจะเป็นที่เกิดวันที่อัตราผลตอบแทนมีปัญหา คือ

$$P(y/\alpha, N) = \binom{N}{y} (\alpha)^{y} (1-\alpha)^{N-y} \tag{3.9}$$

เมื่อ y คือ จำนวนวันที่อัตราผลตอบแทนน้อยกว่ามูลค่าความเสี่ยงที่กำหนดไว้

N คือ จำนวนวันที่ใช้ในการทดสอบ

$P(y/\alpha, N)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ตรวจสอบ N วัน ภายใต้ความเชื่อมั่น $(1-\alpha)$ แล้วซึ่งมีจำนวนวันทั้งสิ้น y วัน ที่อัตราผลตอบแทนต่ำกว่า VaR ที่กำหนดไว้

$\binom{N}{y}$ คือ ฟังก์ชันของการจัดหมู่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{N!}{y!(N-y)!}$

เมื่อได้จำนวนวันที่อัตราผลตอบแทนน้อยกว่ามูลค่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้จากตัวแบบแล้ว จึงนำจำนวนดังกล่าวมาตรวจสอบว่า อยู่ในเกณฑ์อันตราย คือ ต้องปฏิเสธตัวแบบนั้นทิ้งไป (Red Zone) อยู่ในช่วงที่ต้องใช้ดุลพินิจหากจะนำตัวแบบนั้นไปใช้ (Yellow Zone) หรือตัวแบบนั้นสามารถนำไปใช้ได้ (Green Zone)

3.6.2 ทดสอบความสามารถของค่า VaR ที่ได้จากวิธี Copula VaR และวิธี Normality VaR

ขั้นตอนการเปรียบเทียบคุณภาพของค่า Copula VaR กับค่า Normality VaR เริ่มด้วยแบ่งข้อมูลอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2545 จนถึงวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2556 จำนวนทั้งสิ้น 2,849 วัน ใช้สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของค่า VaR อ้างอิงของแต่ละวิธี และข้อมูลช่วงที่เหลือ ตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2556 จนถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 จำนวน 250 วันทำการ ใช้สำหรับทดสอบความสามารถของค่า VaR โดยนับจำนวนวันที่อัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจริงมีระดับน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนซึ่งเป็นค่า VaR ที่คำนวณได้จากแต่ละวิธี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะแสดงถึงผลการวิจัยและผลการวิเคราะห์ที่ได้จากงานวิจัย นั่นคือ ผลการคำนวณระดับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับพอร์ตการลงทุนตัวอย่าง จากการวิเคราะห์นำข้อมูลเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่งและบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง มาวัดระดับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ โดยใช้ฟังก์ชันคอปปูลา (Copula) หาฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของแต่ละช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้ภายในพอร์ตโฟลิโอ แล้วใช้มูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk) และค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall) ในการชี้วัดระดับความเสี่ยง เพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างวิธีคอปปูลามูลค่าความเสี่ยงกับวิธีคอปปูลาค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน ณ ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ผลการทดสอบความแม่นยำในการวัดความเสี่ยงระหว่าง Copula VaR กับ Normality VaR อีกด้วย ซึ่งมีรายละเอียดของผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเตรียมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย

จากการเตรียมข้อมูลโดยการนำตราสารหนี้แต่ละตัวที่บริษัทประกันภัยทั้งสองแห่งเลือกลงทุนมาหาอายุคงเหลือ เมื่อแบ่งกลุ่มตราสารหนี้ตามช่วงอายุคงเหลือ จะได้ยอดรวมจำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ ดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 จำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่ง แบ่งตามช่วงอายุคงเหลือ

ช่วงอายุคงเหลือ (ปี)	ราคาบัญชี (บาท)
0.25 (3 เดือน)	96,830,109.84
0.50 (6 เดือน)	5,058,464.90
1	71,685,979.14
2	202,850,046.55
3	191,928,824.92
4	74,937,708.91

ช่วงอายุคงเหลือ (ปี)	ราคาบัญชี (บาท)
5	165,125,721.92
6	100,099,932.75
7	109,292,980.27
8	154,358,809.50
9	60,279,015.90
10	68,946,283.10
11	51,735,785.50
13	22,176,332.80
25	141,258,435.00
27	10,275,513.90
28	252,736,419.00
รวม	1,779,576,363.90

จากตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่ง ซึ่งจัดตามช่วงอายุคงเหลือ พบว่า มีช่วงอายุคงเหลือตั้งแต่ 3 เดือน ไปจนถึง 28 ปี ซึ่งเกิดจากลักษณะการลงทุนของบริษัทประกันชีวิตแห่งนี้ที่มีการกระจายการลงทุนในตราสารหนี้ที่หลากหลาย จำนวนทั้งสิ้น 91 รุ่น และลงทุนในตราสารหนี้อายุต่าง ๆ ตั้งแต่สั้นไปจนถึงยาว ทำให้อายุคงเหลือของตราสารหนี้แต่ละตัวแตกต่างกันไปเป็นลำดับต่อเนื่อง

ลักษณะพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ของบริษัทประกันชีวิตแห่งนี้ เมื่อเวลาผ่านไปตราสารหนี้มีอายุลดลง ตราสารหนี้ระยะสั้นจะหมดอายุลงไปเรื่อย ๆ ต่อจากนั้นบริษัทสามารถนำเงินดังกล่าวไปลงทุนใหม่ในตราสารหนี้อายุยาว เพื่อให้ได้อัตราผลตอบแทนที่สูงขึ้น นอกจากนี้บริษัทประกันชีวิตจะมีระยะเวลาการจ่ายค่าสินไหมทดแทนที่ไม่แน่นอน หากเน้นไปที่การลงทุนในตราสารหนี้ระยะยาวเพียงอย่างเดียว ถ้ามีความจำเป็นต้องขายตราสารหนี้ออกไปก่อนครบกำหนดอายุ แล้วอัตราดอกเบี้ยปรับตัวสูงขึ้นก็จะทำให้เกิดการขาดทุนได้ หรือถ้าเน้นลงทุนในตราสารหนี้ระยะสั้นอย่างเดียวก็อาจจะต้องเผชิญกับความเสี่ยงจากการลงทุนต่อ นั่นคือ อาจจะนำเงินไปลงทุนต่อได้ในอัตราผลตอบแทนที่ลดลง ดังนั้นบริษัทไม่ต้องประสบกับปัญหาสภาพคล่อง ขณะเดียวกันก็ได้ผลตอบแทนที่สูง อีกทั้งยังลดความผันผวนของมูลค่าเงินลงทุนอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยด้วย

ตารางที่ 4.2 จำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง แบ่งตามช่วงอายุคงเหลือ

ช่วงอายุคงเหลือ (ปี)	ราคาบัญชี (บาท)
0.50 (6 เดือน)	20,528,486.30
1	10,266,017.30
2	38,382,105.11
3	41,688,190.90
4	28,892,975.38
5	158,908,661.95
11	11,824,207.30
รวม	310,490,644.24

จากตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งหนึ่ง ซึ่งจัดตามช่วงอายุคงเหลือ พบว่า มีช่วงอายุคงเหลือตั้งแต่ 6 เดือน ไปจนถึง 5 ปี และมีช่วงอายุคงเหลือ 11 ปี อีกหนึ่งช่วง เกิดจากลักษณะการลงทุนของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งนี้ที่เลือกลงทุนในตราสารหนี้ที่ไม่หลากหลาย เพียง 28 รุ่น อีกทั้งตราสารหนี้แต่ละตัวมีอายุไม่เกิน 15 ปี ทำให้ช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้ภายในพอร์ตโฟลิโอไม่เป็นลำดับต่อเนื่อง

จากการกระจายน้ำหนักการลงทุนของบริษัทประกันวินาศภัยแห่งนี้ เงินลงทุนส่วนใหญ่จะเป็นตราสารหนี้ที่มีอายุคงเหลือไม่เกิน 5 ปี ซึ่งแสดงให้เห็นถึง นโยบายการลงทุนที่สอดคล้องกับรายจ่ายที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากบริษัทประกันวินาศภัยมีลักษณะการรับประกันภัยในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้นหากมีการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนก็จะเกิดในระยะเวลาที่สั้นเช่นกัน

ลักษณะการจัดพอร์ตโฟลิโอแบบนี้จะได้อัตราผลตอบแทนที่สูงจากตราสารหนี้ระยะยาว ได้ความคล่องตัวจากตราสารหนี้ระยะสั้น และลดความเสี่ยงจากการที่อัตราดอกเบี้ยเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถเอาเงินที่ได้จากพันธบัตรระยะสั้นที่หมดอายุไปลงทุนต่อในอัตราที่สูงขึ้นได้ นอกจากนี้การจัดพอร์ตโฟลิโอแบบนี้ยังมีทางเลือกในการกระจายน้ำหนักที่จะลงทุนทั้งในพันธบัตรระยะสั้นและระยะยาว โดยไม่จำเป็นต้องแบ่งสัดส่วนให้เท่ากัน ขึ้นอยู่กับภาวะอัตราดอกเบี้ยในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต เช่น ถ้าอัตราดอกเบี้ยอยู่ในระดับต่ำอาจจะลงทุนในตราสารหนี้ระยะสั้นในสัดส่วนที่มากขึ้น ถ้าอัตราดอกเบี้ยอยู่ในระดับสูงอาจจะลงทุนในตราสารหนี้ระยะยาวในสัดส่วนที่มากขึ้น หรือถ้าอัตราดอกเบี้ยค่อนข้างนิ่ง การแบ่งน้ำหนักการลงทุนในตราสารหนี้ระยะสั้นและระยะยาวอย่างละครึ่ง ๆ ก็อาจจะเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง

4.2 ผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้

ต่อไปนี้จะเป็นการแสดงผลการจัดพอร์ตโฟลิโอตัวอย่าง ผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR และผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการจัดพอร์ตโฟลิโอตัวอย่าง

เนื่องจากบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่งมีผลิตภัณฑ์ประกันภัย หรือ Product แบบสะสมทรัพย์ (Endowment Insurance) อายุ 10 ปี มากที่สุด และบริษัทประกันวินาศภัยอีกแห่งหนึ่งมีระยะเวลาการจ่ายค่าสินไหมทดแทนที่ระยะเวลา 2 ปี มากที่สุด นอกจากนี้ในการสร้างพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration น้อยกว่า มากกว่า และเท่ากับระยะเวลาของรายจ่ายที่จะเกิดขึ้นจริง ด้วยการนำ duration และน้ำหนักการลงทุนของแต่ละช่วงอายุคงเหลือมาเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก เพื่อให้พอร์ตโฟลิโอมี duration ตามที่ต้องการนั้น สามารถแทนค่า duration ด้วยช่วงอายุคงเหลือได้ทันที เพราะว่าเป็นช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้ที่ไม่มีการจ่ายคูปอง (Zero Rate) เหลือเทียบได้กับการจ่ายดอกเบี้ย 0% ดังนั้นค่า duration จึงมีค่าเท่ากับช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้นั้น ๆ

ต่อไปนี้จะเป็นผลการจัดพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้อายุเฉลี่ยของตราสารหนี้ (Bond duration) ภายในพอร์ตโฟลิโอ มีความสอดคล้องกับรายจ่ายที่จะเกิดขึ้นจริง

ตารางที่ 4.3 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 8 ปี ซึ่งน้อยกว่า product ของบริษัทประกันชีวิต

Life8			
Weight	33.7%	47.7%	18.6%
Year	7	8	9
Amt.	109,292,980.27	154,358,809.50	60,279,015.90

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการสร้างพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration 8 ปี เพื่อให้สะท้อน duration ที่สั้นกว่า product ของบริษัทประกันชีวิต จะเห็นว่า พอร์ตโฟลิโอ Life8 นี้ สร้างขึ้นมาจากตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 7 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุน 33.7% ของพอร์ตโฟลิโอ ตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 8 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุน 47.7% ของพอร์ตโฟลิโอ และตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 9 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 18.6% ของพอร์ตโฟลิโอ

ตารางที่ 4.4 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 10 ปี ซึ่งเท่ากับ product ของบริษัทประกันชีวิต

Life10			
Weight	33.3%	38.1%	28.6%
Year	9	10	11
Amt.	60,279,015.90	68,946,283.10	51,735,785.50

ตารางที่4.4 แสดงผลการสร้างพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration 10 ปี เพื่อให้สะท้อน duration ที่เท่ากับ product ของบริษัทประกันชีวิต จะเห็นว่า พอร์ตโฟลิโอ Life10 นี้ สร้างขึ้นมาจากตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 9 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุน 33.3% ของพอร์ตโฟลิโอ ตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 10 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 38.1% ของพอร์ตโฟลิโอ และตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 11 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 28.6% ของพอร์ตโฟลิโอ

ตารางที่ 4.5 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 12 ปี ซึ่งมากกว่า product ของบริษัทประกันชีวิต

Life12		
Weight	57.6%	42.4%
Year	3	25
Amt.	91,928,824.92	41,258,435.00

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการสร้างพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration 12 ปี เพื่อให้สะท้อน duration ที่ยาวกว่า product ของบริษัทประกันชีวิต จะเห็นว่า พอร์ตโฟลิโอ Life12 นี้ สร้างขึ้นมาจากตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 3 ปี คิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 57.6% ของพอร์ตโฟลิโอ และตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 25 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 42.4% ของพอร์ตโฟลิโอ

ตารางที่ 4.6 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 1.5 ปี ซึ่งน้อยกว่า product ของบริษัทประกันชีวิต

NLife1.5			
Weight	29.7%	14.8%	55.5%
Year	0.5	1	2
Amt.	20,528,486.30	10,266,017.30	38,382,105.11

ตารางที่4.6 แสดงผลการสร้างพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration 1.5 ปี เพื่อให้สะท้อน duration ที่สั้นกว่า product ของบริษัทประกันวินาศภัย จะเห็นว่า พอร์ตโฟลิโอ NLife1.5 นี้ สร้าง

ขึ้นจากตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 0.5 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 29.7% ของพอร์ตโฟลิโอ ตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 1 ปี ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนของน้ำหนักลงทุน 14.8% ของพอร์ตโฟลิโอ และตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 2 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 55.5% ของพอร์ตโฟลิโอ

ตารางที่ 4.7 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 2 ปี ซึ่งเท่ากับ product ของบริษัทประกันชีวิต

NLife2				
Weight	18.5%	9.3%	34.6%	37.6%
Year	0.5	1	2	3
Amt.	20,528,486.30	10,266,017.30	38,382,105.11	41,688,190.90

ตารางที่4.7 แสดงผลการสร้างพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration 2 ปี เพื่อให้สะท้อน duration ที่เท่ากับ product ของบริษัทประกันวินาศภัย จะเห็นว่า พอร์ตโฟลิโอ NLife2 นี้ สร้างขึ้นจากตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 0.5 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 18.5% ของพอร์ตโฟลิโอ ตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 1 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุน 9.3% ของพอร์ตโฟลิโอ ช่วงอายุคงเหลือ 2 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 34.6% ของพอร์ตโฟลิโอ และตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 3 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 37.6% ของพอร์ตโฟลิโอ

ตารางที่ 4.8 พอร์ตโฟลิโอตัวอย่างที่มี duration 2.5 ปี ซึ่งมากกว่า product ของบริษัทประกันชีวิต

NLife2.5		
Weight	47.9%	52.1%
Year	2	3
Amt.	38,382,105.11	41,688,190.90

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการสร้างพอร์ตโฟลิโอตัวอย่างให้มี duration 2.5 ปี เพื่อให้สะท้อน duration ที่ยาวกว่า product ของบริษัทประกันวินาศภัย จะเห็นว่า พอร์ตโฟลิโอ NLife2.5 นี้ สร้างขึ้นจากตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 2 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 47.9% ของพอร์ตโฟลิโอ และตราสารหนี้ช่วงอายุคงเหลือ 3 ปี ถือเป็นสัดส่วนน้ำหนักการลงทุน 52.1% ของพอร์ตโฟลิโอ

4.2.2 ผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR

จากการนำข้อมูลอนุกรมเวลารายวันของ Historical Interpolated Zero Coupon Yields ที่รายงานโดยสมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย ซึ่งเป็นข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ที่ไม่จ่ายคูปอง (Zero Rate) กับอายุคงเหลือ (Time to Maturity) ของตราสารหนี้ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2545 จนถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 จำนวน 3,100 วันทำการ มาคำนวณตามสมการที่ 3.1 ถึงสมการที่ 3.3 จะได้ผลการคำนวณดัชนี ZRR ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือเป็นรายวัน จากนั้นเมื่อนำไปคำนวณตามสมการที่ 3.4 จะได้ผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR สำหรับตราสารหนี้ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือเป็นรายวัน จำนวนทั้งสิ้น 3,099 ค่า ตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2545 จนถึงวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ได้อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR เป็นจำนวน 2,849 ค่า และตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 จำนวน 250 ค่า

ต่อไปนี้จะเป็นผลการคำนวณดัชนี ZRR และอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือ ซึ่งจะแสดงเพียงตัวอย่าง ณ วันที่ 22 สิงหาคม พ .ศ.2556 ดังตารางที่ 4.9 และ ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 ดัชนี ZRR และอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR สำหรับตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือ ณ วันที่ 22 สิงหาคม พ .ศ.2556

TTM	Zero Rate	ZRR Index	r
6 months	2.543796	136.872155	-0.00000716
1 year	2.546755	143.557563	-0.00006246
2 years	2.873986	147.385587	-0.00054644
3 years	3.143631	155.163025	-0.00154576
7 years	4.057582	186.193919	-0.00912063
8 years	4.150752	188.485504	-0.01253088
9 years	4.259886	188.895267	-0.01777909
10 years	4.353807	206.826123	-0.02506094
11 years	4.447591	228.320095	-0.02745795
25 years	5.027029	331.756686	-0.04282902

ตารางที่ 4.10 ดัชนี ZRR และอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR สำหรับตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือ ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557

TTM	Zero Rate	ZRR Index	r
6 months	2.085752	141.1768	0.00017402
1 year	2.132404	144.2395	0.00017044
2 years	2.444133	155.2314	0.00019325
3 years	2.682537	161.6941	0.00013592
7 years	3.398668	205.6067	-0.00031169
8 years	3.505173	206.4433	-0.00021604
9 years	3.557982	210.4479	-0.00201386
10 years	3.621238	232.7995	-0.00275135
11 years	3.745042	259.5202	-0.00027052
25 years	4.229025	423.5895	-0.00211954

จากตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10 แสดงค่าดัชนี ZRR และอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR สำหรับตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือ จะเห็นว่า ดัชนี ZRR จะแปรผันตามค่า Zero Rate ที่เพิ่มขึ้น ตามช่วงอายุคงเหลือที่มากขึ้น ดัชนี ZRR จึงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ตรงข้ามกับอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ที่มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุคงเหลือของตราสารหนี้มากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณระหว่าง 22 สิงหาคม พ .ศ.2556 กับ 1 กันยายน พ .ศ.2557 จะพบว่าวันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 มีค่า Zero Rate ที่เพิ่มขึ้นจากวันที่ 22 สิงหาคม พ .ศ.2557 ในทุกช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้ และส่งผลให้ดัชนี ZRR มีค่าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ส่วนอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุคงเหลือของตราสารหนี้มากขึ้น หลังจากการเปรียบเทียบแล้ว พบว่า อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 มีค่ามากกว่าวันที่ 22 สิงหาคม พ .ศ.2556 เช่นเดียวกับค่า Zero Rate และดัชนี ZRR สามารถสรุปได้ว่าทั้งค่า Zero Rate ดัชนี ZRR และอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557 มีค่ามากกว่า ณ วันที่ 22 สิงหาคม พ .ศ.2556 ทุกช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาผลการคำนวณดัชนี ZRR และอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR เป็นรายวัน ทีละช่วงอายุคงเหลือ พบว่า ทุกช่วงอายุคงเหลือ ค่า Zero Rate มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ดัชนี ZRR มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน ส่วนอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ไม่มีความแน่นอนในแต่ละวัน เนื่องจากเป็นอัตราเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของดัชนี ZRR ระหว่างวันทำการก่อนหน้ากับวัน

ปัจจุบัน จึงทำให้ผลการคำนวณมีความผันผวน ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเป็นแนวโน้มรายวันได้ แต่ก็ยังสามารถเห็นแนวโน้มจากช่วงอายุคงเหลือที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงปีได้

4.2.3 ผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้

เมื่อทราบอัตราผลตอบแทนของดัชนี ZRR เป็นรายวัน ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือแล้ว จะสามารถคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ตัวอย่างทั้ง 6 พอร์ต เป็นรายวัน จากสมการที่ 3.5 ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างของผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ทั้ง 6 พอร์ต ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557

ตารางที่ 4.11 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life8 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557

Life8			
Weight	33.7%	47.7%	18.6%
Year	7	8	9
r	-0.000311686	-0.000216042	-0.002013864
Rate	-0.00058		

ตารางที่ 4.12 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life10 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557

Life10			
Weight	33.3%	38.1%	28.6%
Year	9	10	11
r	-0.002013864	-0.002751353	-0.000270517
Rate	-0.00180		

ตารางที่ 4.13 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life12 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557

Life12		
Weight	57.6%	42.4%
Year	3	25
r	0.000135918	0.00211954
Rate	0.00098	

ตารางที่ 4.14 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต NLife1.5 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557

NLife1.5			
Weight	29.7%	14.8%	55.5%
Year	0.5	1	2
r	0.000174023	0.000170444	0.000193252
Rate	0.00018		

ตารางที่ 4.15 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต NLife2 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557

NLife2				
Weight	18.5%	9.3%	34.6%	37.6%
Year	0.5	1	2	3
r	0.000174023	0.00017	0.000193	0.000136
Rate	0.00017			

ตารางที่ 4.16 อัตราผลตอบแทนของพอร์ต NLife2.5 ณ วันที่ 1 กันยายน พ .ศ.2557

NLife2.5		
Weight	47.9%	52.1%
Year	2	3
r	0.000193252	0.000136
Rate	0.00016	

จากตารางที่ 4.11 ถึงตารางที่ 4.16 เป็นเพียงตัวอย่างเพื่อจะให้เห็นภาพของผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนของแต่ละพอร์ตโฟลิโอ ณ วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 เท่านั้น แต่เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง จะอธิบายผลการคำนวณทั้งหมดของอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอในหัวข้อต่อไป

4.3 ผลการทดสอบรูปแบบการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR

4.3.1 ผลการตรวจสอบว่าอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

ผลการตรวจสอบอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ด้วยการทดสอบ Kolmogorov-Smimov พบว่า ทุกช่วงอายุคงเหลือ ค่า Sig. (Significance) น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (95%) นั่นคือ อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ทุกช่วงอายุคงเหลือไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

4.3.2 ผลการทดสอบรูปแบบการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR

ตารางที่ 4.17 ฟังก์ชันการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR

TTM	distribution	location	scale
6 months	logistic	0.00011192	0.000079
1 year	logistic	0.00011878	0.000154
2 years	logistic	0.00014070	0.000374
3 years	logistic	0.00015112	0.000616
7 years	logistic	0.00021819	0.00197
8 years	logistic	0.00022248	0.00227
9 years	logistic	0.00022324	0.00265
10 years	logistic	0.00025507	0.00297
11 years	logistic	0.00028978	0.00292
25 years	logistic	0.00042093	0.01844

จากตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบฟังก์ชันการแจกแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR พบว่า ทุกช่วงอายุคงเหลือมีการแจกแจงแบบโลจิสติก (Logistic)

4.3.3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือภายในพอร์ตโฟลิโอ

ตารางที่ 4.18 ค่า p-value ทดสอบความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR

p-value <	ZRR1	ZRR2	ZRR3	ZRR8	ZRR9	ZRR10	ZRR11	ZRR25
ZRR0.5	2.20E-16	2.2E-16	2.2E-16					
ZRR1		2.2E-16	2.2E-16					
ZRR2			2.2E-16					
ZRR3								2.2E-16
ZRR7				2.20E-16	2.20E-16			
ZRR8					2.20E-16			
ZRR9						2.2E-16	2.2E-16	
ZRR10							2.2E-16	
ZRR11								
ZRR25								

ตารางที่ 4.19 ค่า correlation ระหว่างความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR

cor_p	ZRR0.5	ZRR1	ZRR2	ZRR3	ZRR7	ZRR8	ZRR9	ZRR10	ZRR11	ZRR25
ZRR0.5	1	0.683173	0.429524	0.3862142						
ZRR1		1	0.541916	0.5086224						
ZRR2			1	0.7938773						
ZRR3				1						0.192207
ZRR7					1	0.920023	0.884604			
ZRR8						1	0.934048			
ZRR9							1	0.912627	0.871444	
ZRR10								1	0.908858	
ZRR11									1	
ZRR25										1

จากตารางที่ 4.18 ถึงตารางที่ 4.19 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือภายในพอร์ตโฟลิโอ แสดงให้เห็นว่า ตราสารหนี้ทุกตัวภายในพอร์ตโฟลิโอ ไม่ว่าจะอยู่ในช่วงอายุคงเหลือเท่าใดล้วนส่งผลต่อภาพรวมของพอร์ตโฟลิโอ และส่งผลต่อการตัดสินใจในการถือครองตราสารหนี้ตัวอื่น ๆ ภายในพอร์ตโฟลิโอด้วย

พอร์ต Life8 ที่ประกอบไปด้วยอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR อายุคงเหลือ 7 8 และ 9 ปี และพรอ์ต Life10 ที่ประกอบไปด้วยอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR อายุคงเหลือ 9 10 และ 11 ปี มีค่าความสัมพันธ์ระหว่าง 0.87144 ถึง 0.934048 ซึ่งเป็นค่าที่เข้าใกล้ 1 มากที่สุด

รองลงมา พอร์ต NLife2.5 ที่ประกอบไปด้วยอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR อายุคงเหลือ 2 และ 3 ปี มีค่าความสัมพันธ์รองลงมานั่น คือ 0.7938773

ต่อมาเป็น พอร์ต NLife1.5 และ NLife2 ที่ประกอบไปด้วยอัตราผลแทนจากดัชนี ZRR อายุคงเหลือ 0.5 1 2 และ 3 ปี มีค่าความสัมพันธ์ระหว่าง 0.3862142 ถึง 0.7938773

สุดท้าย พอร์ต Life12 ที่ประกอบไปด้วยอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR อายุคงเหลือ 3 ปี และ 25 ปี มีค่าความสัมพันธ์เพียง 0.192207

จะเห็นว่า หากภายในพอร์ตโฟลิโอประกอบไปด้วยอัตราผลแทนจากดัชนี ZRR ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ค่าความสัมพันธ์จะมีค่ามากกว่า พอร์ตโฟลิโอที่ประกอบไปด้วยอัตราผลแทนจากดัชนี ZRR ที่มีอายุห่างกัน และพอร์ตที่ประกอบไปด้วย อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ช่วงอายุคงเหลือระหว่าง 7 ถึง 11 ปี มีค่าสัมพันธ์มากกว่า ช่วงอายุคงเหลือระหว่าง 0.5 ปี ถึง 3 ปี นั่นคือ ค่าความสัมพันธ์จะมีค่ามาก หากอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR มีอายุคงเหลือมากและมีช่วงอายุคงเหลือใกล้เคียงกัน

4.4 ผลการคำนวณหามูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR)

เนื่องจากการคำนวณหาค่ามูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR) เป็นวิธีที่ใช้ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และค่าความแปรแปรนเป็นค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นจะแสดงผลการคำนวณค่าทางสถิติเบื้องต้นของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในและช่วงอายุคงเหลือก่อน ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ค่าทางสถิติเบื้องต้นของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR แต่ละช่วงอายุคงเหลือ

TTM	Expected	Std	Var
0.5	0.000112	0.000143	2.04E-08
1	0.000119	0.000281	7.88E-08
2	0.000141	0.00068	4.63E-07
3	0.000151	0.001117	1.25E-06
7	0.000218	0.003582	1.28E-05
8	0.000222	0.004115	1.69E-05
9	0.000223	0.004812	2.32E-05

TTM	Expected	Std	Var
10	0.000255	0.005383	2.9E-05
11	0.00029	0.005303	2.81E-05
25	0.000421	0.03345	0.001119

ต่อมาเมื่อได้ค่าทางสถิติของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือแล้ว จะสามารถนำมากหาค่าทางสถิติของพอร์ตโฟลิตราสารหนี้ได้ ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ค่าทางสถิติเบื้องต้นของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้

port	E(Port)	Var(Port)	Std(Port)
Life8	0.0002212	1.56635E-05	0.0039577
Life10	0.0002544	2.49639E-05	0.0049964
Life12	0.0002655	0.000205042	0.0143193
NLife1.5	0.0001289	1.79E-07	0.0004232
NLife2	0.0001373	4.23E-07	0.0006504
NLife2.5	0.0001461	7.46E-07	0.0008636

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ของแต่ละพอร์ตโฟลิโอแล้ว สามารถนำมาคำนวณตามสมการที่ 3.7 ได้ผลการคำนวณหามูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR) ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, 99 และ 99.5 เป็นไปดังตารางที่ 4.22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.22 มูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR) ของอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอ

พอร์ตตราสารหนี้	ระดับความเชื่อมั่น		
	ร้อยละ 95	ร้อยละ 99	ร้อยละ 99.5
Life8	0.00673162	0.00942947	0.01041230
Life10	0.00847345	0.01187933	0.01312009
Life12	0.02382072	0.03358169	0.03713764
NLife1.5	0.00082514	0.00111365	0.00121875
NLife2	0.00120715	0.00165050	0.00181201
NLife2.5	0.00156672	0.00215540	0.00236986

จากตารางที่ 4.22 แสดงผลการคำนวณมูลค่าความเสี่ยง (Normality VaR) ของอัตราผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ซึ่งสมมติให้การแจงแจงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ในแต่ละช่วงอายุคงเหลือ มีการแจกแจงแบบปกติ จะเห็นว่า ยิ่งมี duration มาก อัตราผลตอบแทนยิ่งมากตามไปด้วย และที่ระดับความเชื่อมั่นมากขึ้น อัตราผลตอบแทนยิ่งมากขึ้นเช่นกัน

4.5 ผลการวัดระดับความเสี่ยงด้วยวิธีมูลค่าความเสี่ยงและวิธีค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน

ต่อไปนี้จะเป็นผลการวัดระดับความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ซึ่งใช้ตัวชี้วัดความเสี่ยง Copula VaR และ Copula ES ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ ซึ่งคำนวณมาจากนำอัตราผลตอบจากดัชนี ZRR ภายในพอร์ตโฟลิโอมาหา ค่า Correlaion (ตารางที่ 4.19) เพื่อนำไปใส่ฟังก์ชัน copula ด้วยโปรแกรม R จากนั้นจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล แล้วหาค่า VaR และ ES ตามลำดับ ได้ผลการคำนวณค่าความเสี่ยงระหว่าง Copula VaR และ Copula ES ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 99 และ 99.5 ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ซึ่งใช้ตัวชี้วัด ค่า Copula VaR และ ค่า Copula ES ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ

พอร์ต	ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95.0		ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99.0		ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99.5	
	VaR	ES	VaR	ES	VaR	ES
Life8	0.006730	0.008983	0.010385	0.012566	0.012125	0.013950
Life10	0.008377	0.010943	0.012505	0.015097	0.014330	0.016820
Life12	0.023028	0.030708	0.035176	0.042965	0.041345	0.047798
NLife1.5	0.000813	0.001053	0.001184	0.001430	0.001332	0.001601
NLife2	0.001200	0.001538	0.001752	0.002124	0.002002	0.002384
NLife2.5	0.001571	0.002043	0.002337	0.002798	0.002642	0.003114

จากตารางที่ 4.23 แสดงระดับความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ซึ่งใช้ตัวชี้วัด VaR และ ES ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ พบว่า ระดับความเสี่ยงชี้วัดด้วย ES มีค่าความเสี่ยงมากกว่า VaR ทุกพอร์ตโฟลิโอตัวอย่าง

4.6 ผลการเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของพอร์ตโพลิโอตราสารหนี้

ผลการเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ระหว่าง Copula VaR Copula ES และ Normality VaR ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 99 และ 99.5 เป็นไปดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของพอร์ตตราสารหนี้ ซึ่งใช้ตัวชี้วัด ค่า Copula VaR ค่า Copula ES และค่า Normality VaR (%) ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ

พอร์ต	ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95.0			ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99.0			ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99.5		
	Copula		Normal	Copula		Normal	Copula		Normal
	VaR	ES	VaR	VaR	ES	VaR	VaR	ES	VaR
Life8	0.6730	0.8983	0.6732	1.0385	1.2566	0.9430	1.2125	1.3950	1.0412
Life10	0.8377	1.0943	0.8474	1.2505	1.5097	1.1879	1.4330	1.6820	1.3120
Life12	2.3028	3.0708	2.3821	3.5176	4.2965	3.3582	4.1345	4.7798	3.7138
NLife1.5	0.0813	0.1053	0.0825	0.1184	0.1430	0.1114	0.1332	0.1601	0.1219
NLife2	0.1200	0.1538	0.1207	0.1752	0.2124	0.1651	0.2002	0.2384	0.1812
NLife2.5	0.1571	0.2043	0.1567	0.2337	0.2798	0.2155	0.2642	0.3114	0.2370

จากตารางที่ 4.24 แสดงผลการเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ ซึ่งคำนวณจาก Copula VaR Copula ES และ Normality VaR ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 99 และ 99.5 พบว่า ค่า Copula VaR มีระดับต่ำกว่าค่า Normality VaR เล็กน้อย และค่า Copula ES มีระดับสูงกว่าค่า Normality VaR สำหรับทุกระดับความเชื่อมั่น

นอกจากนี้จะเห็นว่า อัตราผลตอบแทนของพอร์ต Life12 มีค่ามากสุดที่สุด เนื่องจากมี duration ของพอร์ตมากที่สุด อีกทั้งภายในพอร์ตโฟลิโอ ประกอบด้วย ตราสารหนี้อายุคงเหลือ 25 ปี และ 3 ปี จึงทำให้ได้อัตราผลตอบที่สูงและยังมีสภาพคล่อยจากการถือตราสารหนี้อายุคงเหลือ 3 ปีอีกด้วย

4.7 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validity Testing)

ทดสอบข้อมูลย้อนหลัง เพื่อทดสอบความแม่นยำของตัวแบบคำนวณที่ใช้วัดความเสี่ยง

4.7.1 ผลการทดสอบข้อมูลย้อนหลัง (Back testing)

ผลการคำนวณความน่าจะเป็นที่อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ที่เกิดขึ้นจริง มีค่าสูงกว่าอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR สูงสุดที่กำหนดไว้ โดยคำนวณจำนวน 250 วันทำการ ภายใต้ความน่าเชื่อถือร้อยละ 95.0, 99.0 และ 99.5 เพื่อทดสอบข้อมูลในอดีต (Backtesting) ตาม Bank for International Settlements (1996) โดยคำนวณจากสมการที่ (3.9) และได้ผลการคำนวณภายใต้ความเชื่อมั่นร้อยละ 95.0, 99.0 และ 99.5 ดังตารางที่ 4.24

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อกำหนดขอบเขตว่าหากจำนวนวันที่เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นจริงมากกว่า VaR ที่กำหนดเป็นจำนวนกี่วันจะอยู่ในช่วงใด ซึ่งแบ่งผลลัพธ์ออกเป็นโซนสีเขียว สีเหลือง และสีแดง โดยหาจำนวนวันที่มากจนตกอยู่ในโซนสีแดง แสดงว่าวิธีนั้นใช้ไม่ได้และต้องปฏิเสธ หากตกอยู่ในโซนสีเหลือง แสดงว่าตัวแบบบกพร่อง แต่ยังใช้ได้ภายหลังปรับปรุง และสุดท้าย หากตกอยู่ในโซนสีเขียว แสดงว่าตัวแบบผ่านการทดสอบสามารถนำไปใช้งานได้ทันที ต่อไปนี้จะเป็นผลการคำนวณเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อยอมรับในตัวแบบ

ตารางที่ 4.25 ความน่าจะเป็นที่กำหนดจำนวนที่เกิดอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR เกินกว่าค่า VaR ที่กำหนด ภายใต้ความเชื่อมั่น 95%

จำนวนวันที่เป็น Exception	P (Exception)	P (Type 1 Error)
0	0.0000	1.0000
1	0.0000	1.0000
2	0.0002	1.0000
3	0.0010	0.9997
4	0.0033	0.9987
5	0.0085	0.9954
6	0.0183	0.9869
7	0.0336	0.9686
8	0.0537	0.9350
9	0.0760	0.8814
10	0.0963	0.8054

จำนวนวันที่เป็น Exception	P (Exception)	P (Type 1 Error)
11	0.1106	0.7091
12	0.1160	0.5984
13	0.1117	0.4825
14	0.0996	0.3707
15	0.0824	0.2712
16	0.0637	0.1887
17	0.0462	0.1250
18	0.0315	0.0788
19	0.0202	0.0474
20	0.0123	0.0271
21	0.0071	0.0149
22	0.0039	0.0078
23	0.0020	0.0039
24	0.0010	0.0019
25	0.0005	0.0009
26	0.0002	0.0004
27	0.0001	0.0002
28	0.0000	0.0001

ตารางที่ 4.26 ช่วงการยอมรับในตัวแบบ ภายใต้ความเชื่อมั่น 95%

ความน่าจะเป็น	Zone	จำนวนวัน
P > 50%	Green Zone	0 - 12
0.5% < P < 50%	Yellow Zone	13 - 22
P < 0.5%	Red Zone	≥ 23

ตารางที่ 4.27 ความน่าจะเป็นที่กำหนดจำนวนที่เกิดอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR เกินกว่าค่า VaR ที่กำหนด ภายใต้ความเชื่อมั่น 99%

จำนวนวันที่เป็น Exception	P (Exception)	P (Type 1 Error)
0	0.0811	1.0000
1	0.2047	0.9189
2	0.2574	0.7142
3	0.2149	0.4568
4	0.1341	0.2419
5	0.0666	0.1078
6	0.0275	0.0412
7	0.0097	0.0137
8	0.0030	0.0040
9	0.0008	0.0011
10	0.0002	0.0003
11	0.0000	0.0001

ตารางที่ 4.28 ช่วงการยอมรับในตัวแบบ ภายใต้ความเชื่อมั่น 99%

ความน่าจะเป็น	Zone	จำนวนวัน
P > 10%	Green Zone	0 - 5
0.1% < P < 10%	Yellow Zone	6 - 9
P < 0.1%	Red Zone	≥ 10

ตารางที่ 4.29 ความน่าจะเป็นที่กำหนดจำนวนที่เกิดอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR เกินกว่าค่า VaR ที่กำหนด ภายใต้ความเชื่อมั่น 99.5%

จำนวนวันที่เป็น Exception	P (Exception)	P (Type 1 Error)
0	0.2856	1.0000
1	0.3588	0.7144
2	0.2245	0.3556
3	0.0933	0.1311

จำนวนวันที่เป็น Exception	P (Exception)	P (Type 1 Error)
4	0.0289	0.0379
5	0.0072	0.0089
6	0.0015	0.0018
7	0.0003	0.0003
8	0.0000	0.0000

ตารางที่ 4.30 ช่วงการยอมรับในตัวแบบ ภายใต้ความเชื่อมั่น 99.5%

ความน่าจะเป็น	Zone	จำนวนวัน
P > 5%	Green Zone	0 - 3
0.05% < P < 5%	Yellow Zone	4 - 6
P < 0.05%	Red Zone	≥ 7

ตารางที่ 4.25 ถึงตารางที่ 4.30 แสดงผลการคำนวณความน่าจะเป็นที่กำหนดจำนวนที่เกิดอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR เกินกว่าค่า VaR ที่กำหนด และช่วงการยอมรับในตัวแบบ ภายใต้ความเชื่อมั่น 95 99 และ 99.5 ซึ่งเป็นการทดสอบข้อมูลในอดีต (Backtesting) ตาม Bank for International Settlements (1996) ซึ่งแบ่งผลลัพธ์ออกเป็นโซนสีเขียว สีเหลือง และสีแดง โดยหาจำนวนวันที่หากตกอยู่ในโซนสีแดง แสดงว่าวิธีนั้นใช้ไม่ได้และต้องปฏิเสธ หากตกอยู่ในโซนสีเหลือง แสดงว่าตัวแบบบกพร่อง แต่ยังใช้ได้ภายหลังปรับปรุง และสุดท้าย หากตกอยู่ในโซนสีเขียว แสดงว่าตัวแบบผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้ทันที

4.7.2 ผลการทดสอบความสามารถของค่า VaR ที่ได้จากวิธี Copula VaR และวิธี Normality VaR

การทดสอบคุณภาพของค่า Copula VaR เปรียบเทียบกับค่า Normality VaR โดยใช้ข้อมูลอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเริ่มตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม พ .ศ. 2545 จนถึงวันที่ 22 สิงหาคม พ .ศ.2556 เป็นข้อมูลช่วงแรกจำนวน 2,849 วัน สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของค่า VaR อ้างอิงของแต่ละวิธี ส่วนข้อมูลอีกส่วนตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2556 จนถึงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2557 จำนวน 250 วันทำการ สำหรับทดสอบความสามารถของค่า VaR โดยการนับจำนวนวันที่อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ที่เกิดขึ้นจริง (Exceedants) มีระดับเกินกว่าอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ที่คำนวณได้จากแต่ละวิธี ค่า Copula VaR และค่า Normality VaR

ตารางที่ 4.31 ค่า Copula VaR และค่า Normality VaR (%) เพื่อทำการทดสอบความสามารถและการแจงนับวันที่ขาดทุนเกินค่า VaR

พอร์ต	ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95.0				ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99.0				ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99.5			
	Copula VaR		Normal VaR		Copula VaR		Normal VaR		Copula VaR		Normal VaR	
	ค่า VaR	วัน	ค่า VaR	วัน	ค่า VaR	วัน	ค่า VaR	วัน	ค่า VaR	วัน	ค่า VaR	วัน
Life8	0.6730	3	0.6732	3	1.0385	2	0.9430	3	1.2125	3	1.0412	3
Life10	0.8377	7	0.8474	7	1.2505	4	1.1879	4	1.4330	3	1.3120	3
Life12	2.3028	0	2.3821	0	3.5176	0	3.3582	0	4.1345	0	3.7138	0
NLife1.5	0.0813	2	0.0825	2	0.1184	1	0.1114	2	0.1332	2	0.1219	2
NLife2	0.1200	3	0.1207	3	0.1752	2	0.1651	2	0.2002	2	0.1812	2
NLife2.5	0.1571	3	0.1567	3	0.2337	2	0.2155	2	0.2642	2	0.2370	2

จากตารางที่ 4.31 แสดงการทดสอบความแม่นยำในการวัดความเสี่ยงของวิธี Copula VaR และวิธี Normality VaR โดยการนับวันที่เกิดอัตราผลตอบจากดัชนี ZRR เกินกว่าค่า VaR ผลประกฏว่า จำนวนที่เกินมีค่าเกินกว่าค่า VaR จากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากค่า VaR จากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก และจำนวนดังกล่าวตกในช่วงที่สามารถยอมรับ (Green Zone) ทุกช่วงความเชื่อมั่น แสดงว่าวิธีการวัดความเสี่ยงด้วยวิธี Copula VaR และวิธี Normaliy VaR เป็นวิธีการวัดความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ได้จริง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความเสี่ยงจากการลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันภัย โดยใช้ข้อมูลจำนวนเงินลงทุนในตราสารหนี้ของบริษัทประกันชีวิตแห่งหนึ่งและบริษัทประกันวินาศภัยอีกแห่งหนึ่งมาคำนวณระดับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ของบริษัท และได้ใช้ฟังก์ชันคอปปูลา (Copula) ในการหาฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของตราสารหนี้แต่ละช่วงอายุคงเหลือภายในพอร์ตโฟลิโอ รวมทั้งนำมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk) และค่าเฉลี่ยความเสียหายส่วนเกิน (Expected Shortfall) มาชี้วัดระดับความเสี่ยง นอกจากนี้ ยังได้ทดสอบความแม่นยำในการชี้วัดความเสี่ยงระหว่าง Copula VaR กับ Normality VaR อีกด้วย

ผลการวิจัย พบว่า อัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ไม่ได้เป็นแบบปกติ และจากการหารูปแบบการแจกแจงที่แท้ของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR พบว่า อัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR มีการแจกแจงแบบ Logistic ทุกช่วงอายุคงเหลือของตราสารหนี้ แต่จากการทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validity Testing) ด้วยการทดสอบข้อมูลย้อนกลับ (Backtesting) พบว่า ทั้งค่า Copula VaR และ Normality VaR มีค่าใกล้เคียงกันมาก และสามารถอธิบายการแจกแจงที่เกิดขึ้นจริงของอัตราผลตอบแทนจากดัชนี ZRR ได้อย่างแม่นยำ หรือสามารถชี้ระดับความเสี่ยงที่ควรจะเป็นจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ได้จริง

อภิปรายผลการวิจัย

การทดสอบความสามารถของค่า Copula VaR เปรียบเทียบกับค่า Normality VaR ให้ผลลัพธ์ที่ผิดความคาดหมาย เพราะในหลักการ ฟังก์ชัน Copula ควรอธิบายการแจกแจงที่แท้จริงของอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ได้ดีกว่าฟังก์ชันแบบปกติ แต่การทดสอบ พบว่า ค่า Copula VaR และค่า Normality VaR ให้ค่า VaR ใกล้เคียงระดับที่ควรจะเป็นจริงมาก

จากผลลัพธ์ที่ได้นี้ ชี้ให้เห็นว่า นักลงทุนสามารถเลือกใช้การวัดความเสี่ยงด้วยวิธี Copula VaR และ Normality VaR ตามต้องการ แต่ค่า Normality VaR เป็นวิธีการคำนวณที่ง่ายกว่า อีกทั้งยังมีความแม่นยำสูง เป็นการวัดความเสี่ยงที่คุ้มค่ามากกว่า ใช้เวลาน้อยกว่า เสียต้นทุนต่ำกว่าในการคำนวณ และผู้ลงทุนยังสามารถทำได้เอง โดยอาศัยองค์ความรู้ที่พึงมีอยู่แล้วในองค์กร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

1. เพื่อให้การวัดความเสี่ยงจากการลงทุนในตราสารหนี้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การวิจัยในครั้งต่อไป อาจจะนำปัจจัยความเสี่ยงด้านอื่น ๆ เข้ามาพิจารณาด้วย เช่น ความเสี่ยงอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยในการลงทุนต่อ เป็นต้น
2. งานวิจัยนี้จำลองข้อมูลด้วยวิธีการสุ่มแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) ซึ่งเป็นการคำนวณอัตราผลตอบแทนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายใต้ภาวะปกติ แต่เพื่อให้ได้ภาพรวมของอัตราผลตอบแทนที่ดียิ่งขึ้น การวัดความเสี่ยงภายใต้สถานการณ์ที่ไม่ปกติ หรือที่เรียกว่า Stress test เช่น ในกรณีการเกิดวิกฤติตลาดหุ้น การปรับตัวขึ้นอย่างรุนแรงของอัตราดอกเบี้ย เป็นต้น ซึ่งสามารถหาได้ด้วยวิธีจำลอง โดยใช้ข้อมูลในอดีต (Historical Simulation) เพื่อดูว่าพอร์ตโฟลิโอจะขาดทุนได้มากแค่ไหนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรหาเช่นกัน
3. การจำลองภายใต้สถานการณ์ที่สัมพันธ์กับข้อมูลที่นำมาประมาณค่า จะมีความเหมาะสมเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้อย่างต่อเนื่องโดยที่ไม่ได้มีการปรับปรุงข้อมูลความเสี่ยง

ประโยชน์

ประโยชน์ที่ได้จากการประยุกต์ผลการวิจัยในครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

1. บริษัทประกันภัย หรือสถาบันการเงินต่าง ๆ สามารถนำไปใช้วัดความเสี่ยงจากการลงทุนในตราสารหนี้ได้
2. เป็นแนวทางแก่บริษัทประกันภัยในการนำไปประยุกต์จัดพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ให้เหมาะสมกับนโยบายการลงทุนของบริษัท
3. ทราบผลการคำนวณอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนในตราสารหนี้ที่แม่นยำมากขึ้น ทำให้การตัดสินใจบริหารพอร์ตโฟลิโอตราสารหนี้ถูกต้องเหมาะสมและลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้
4. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยการวัดระดับความเสี่ยงด้วยการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันคอปปูลาสำหรับการลงทุนในสินทรัพย์อื่น ๆ
5. เป็นเอกสารค้นคว้าหรือข้อมูลอ้างอิง สำหรับผู้ที่สนใจจะนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ต่อหรือนำไปศึกษาในประเด็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยอาจจะนำทฤษฎีใหม่ ๆ มาปรับใช้ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย) .30 กันยายน 2556). ประกาศคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย เรื่อง การลงทุนประกอบธุรกิจอื่นของบริษัทประกันวินาศภัย พ .ศ.*2556*.

ฐิติมา จิรเศรษฐสิริ) .2548). การจำลองตัวแปรสุ่มร่วมด้วยเทคนิคคอพพูลาเมื่อทราบการแจกแจงส่วนริมและสหสัมพันธ์(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) ., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สาขาวิชาสถิติ

ดุสิต โดมทอง) .2551). การวัดความเสี่ยงสมัยใหม่ของการลงทุนตราสารหนี้ *BU ACADEMIC REVIEW, 7*(มกราคม(มิถุนายน-, 46-58.

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาศูนย์ซื้อขายตราสารหนี้ไทย ทำความรู้จักกับ :เกร็ดความรู้ .Value at Risk (VaR). Retrieved 21 สิงหาคม 2556 http://www.thaibma.or.th/bond_tutor/pdf/VaR.pdf

เพ็ญจิตต์ ตั้งคีรีพิมาน และ รัชฎาภรณ์ โชติอิ่มอุดม) .2552). ทฤษฎีบทการลู่เข้าของคอปปูลา สำหรับเหตุการณ์บริเวณหาง(โครงงานปริญญาบัณฑิต) ., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ .

ศุภชัย ศรีสุชาติ การวัดค่า .VaR ด้วยสมมติฐานตัวแบบ Student's t. วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*, 99*(กรกฎาคม – กันยายน 2546), 22-35.

สมาคมตราสารหนี้ไทย) .2552). Retrieved 21 สิงหาคม 2556 http://www.thaibond.com/index.html

สันติ กีระนันทน์) .2547). การลงทุนในตราสารหนี้.บริษัท บุญศิริการพิมพ์ จำกัด :

อัญญา ขันธวิทย์ หมายเหตุด้านเทคนิค .Copula VaR และ Copula Expected Shortfall เพื่อการวัดระดับความเสี่ยงของพอร์ตตราสารหนี้ไทย .วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยลัยธรรมศาสตร์*, 30*(มกราคม – มีนาคม 2550), 13-24.

อัญญา ขันธวิทย์ และ ณัฐชัย บุณยะประภัศร) .2553). วิธีมอนติคาโลซิมูเลชัน เพื่อกำหนดราคาและวัดความเสี่ยงของออปชันพิสดาร.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ :

อัญญา ขันธวิทย์ และ สัจพร ทุ่งสงค์) .2553). การวัดความเสี่ยงและการกำหนดราคาของหลักทรัพย์โดยวิธีโคปูลา.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ :

ภาษาอังกฤษ

Cherubini U., Luciano E., & Vecchiato W. (2004). *Copula Methods in Finance*. England: England: John Wiley & Sons Ltd.

Doff R. (2007). *Risk Management for Insurers – Risk Control, Economic Capital and Solvency II*: A Division of Incisive Financial Publishing Ltd.

Dowd K. (2002). *An Introduction to Market Risk Measurement*. England: England: JOHN WILEY & SONS LTD.

Dulguerov M. Real estate and portfolio risk: an analysis based on copula functions. *Journal of Property Research, 26* (September 2009), 265-280.

Guegan D, & Jouad F. (2012). Aggregation of Market Risks using Pair-Copulas. *Document du Travail du Centre d'Economie de la Sorbonne – 2012.31, halshs-00706689*(version 1-11 June).

Harmantzis F.C, Miao L , & Chien Y. (2006). Empirical study of value-at-risk and expected shortfall models with heavy tails. *The Journal of Risk Finance, 7*, 117-135.

Heiat A. Using an Excel Extension for Selecting the Probability Distribution of Empirical Data. *Spreadsheets in Education (eJSiE)*(30th November 2005).

Nelsen R.B. (2006). *An Introduction to Copula*: Springer.

Romano, C. (2002). APPLYING COPULA FUNCTION TO RISK MANAGEMENT. http://www.gravitascapital.com/Research/Risk/Applying%20Copula%20Function%20to%20Risk%20Management.pdf

Scholzel C, & Friederichs P. (2008). Multivariate non-normally distributed random variables in climate research – introduction to the copula approach. *Nonlinear Processes in Geophysics, 15*, 761-772.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
การเตรียมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเตรียมข้อมูลเพื่อทำการวิจัย

ตารางที่ ก.1 เงินลงทุนในตราสารหนี้เผื่อขายและที่จะถือจนครบกำหนดของบริษัทประกันชีวิต จัดตามอายุคงเหลือ

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
1	CB13905A ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 0 พ.ศ.2553	10/6/2013	5/9/2013	14-00-00	16,995,436.86
2	พันธบัตรการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พ.ศ.2546 ครั้งที่ 10 (PEA139A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 10 พ.ศ.2546	25/9/2003	5/9/2013	14-00-00	10,007,615.49
3	บมจแอดวานซ์อินโฟร์. เซอร์วิส ครั้งที่1/2549 ครั้งที่ 3 (AIS139A)	24/10/2007	7/9/2013	16-00-00	20,005,349.60
4	พันธบัตรธนาคารแห่งประเทศไทย รุ่นที่ 3/3 ปี/2553 (BOT139A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 3/3 พ.ศ.2553	16/8/2011	23/9/2013	01-01-00	24,998,121.50
5	บมจทางด่วนกรุงเทพ. ครั้งที่ 1/2551 ชุดที่ 2 (BECL13NA)	7/11/2008	7/11/2013	16-02-00	5,027,214.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
6	พันธบัตรธนาคารแห่งประเทศไทย รุ่นที่ 4/3 ปี/2553 (BOT13NA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 4/3 พ.ศ.2554	19/8/2013	18/11/2013	27-02-00	19,796,372.24
7	บมจแอดวานซ์อินโฟร์. เซอร์วิส ครั้งที่ 1/2552 ชุดที่ 2 (AIS141A)	23/1/2009	23/1/2014	01-05-00	5,058,464.90
8	บมจปตท อะโรเมติกส์. และการกลั่น ครั้งที่ 1/2552 (PTTGC144A)	30/4/2009	30/4/2014	08-08-00	10,159,325.20
9	พันธบัตรการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย พ.ศ.2543 ครั้งที่ 8 (PTT146A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 8 พ.ศ.2543	10/10/2001	27/6/2014	05-10-00	20,586,542.84

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
10	พันธบัตรการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย พ.ศ.2543 ครั้งที่ 8 (PTT146A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 8 พ.ศ.2543	13/11/2003	27/6/2014	05-10-00	10,344,996.40
11	บมจ ทางด่วนกรุงเทพ. ครั้งที่ 1/2550 (BECL148A)	2/8/2007	2/8/2014	11-11-00	20,379,219.80
12	บมจระบบขนส่ง. มวลชนกรุงเทพ จำกัด ครั้งที่ (มหาชน) 1/2552 ชุดที่ 3 (BTS148A)	21/8/2009	21/8/2014	30-11-00	10,215,894.90
13	พันธบัตรการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พ.ศ.2549 ครั้งที่ 14 (PEA149A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 14 พ.ศ.2549	16/11/2006	14/9/2014	23-00-01	10,292,103.70

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
14	พันธบัตรการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พ.ศ.2549 ครั้งที่ 14 (PEA149A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 14 พ.ศ.2549	9/1/2007	14/9/2014	23-00-01	10,292,103.70
15	หุ้นกู้บริษัท การบินไทยจำกัด (มหาชน) ครั้งที่ 1/2547 ชุดที่ 3 (THAI14OA)	20/10/2004	20/10/2014	28-01-01	20,579,004.20
16	บมจ ทุนธนชาต . ครั้งที่ 1/2552 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ.ศ. 2557 (TCAP14NA)	11/11/2009	12/11/2014	21-02-01	50,963,181.50
17	หุ้นกู้บริษัท การบินไทยจำกัด (มหาชน) ครั้งที่ 1/2548 ชุดที่ 3 (THAI155A)	12/5/2005	12/5/2015	20-08-01	30,767,141.70
18	บมจ โกล์ว พลังงาน. ครั้งที่ 1/2551 ชุดที่ 1 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ .ศ.2558 (GLOW156A)	5/6/2008	5/6/2015	14-09-01	10,389,226.60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
19	พันธบัตรการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย พ.ศ.2543 ครั้งที่12 (PTT157A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 12 พ.ศ.2543	18/1/2001	4/7/2015	12-10-01	5,345,141.85
20	พันธบัตรการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย พ ศ.2543 ครั้งที่ 12 (PTT157A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 12 พ.ศ.2543	1/10/2001	4/7/2015	12-10-01	10,690,283.70
21	พันธบัตรการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย พ ศ.2543 ครั้งที่ 12 (PTT157A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 12 พ.ศ.2543	29/10/2001	4/7/2015	12-10-01	10,690,283.70

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
22	พันธบัตรการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย พ ศ.2543 ครั้งที่ 12 (PTT157A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 12 พ.ศ.2543	1/11/2001	4/7/2015	12-10-01	10,690,283.70
23	พันธบัตรรัฐบาลในปีงบประมาณพ.ศ. 2543 ครั้งที่ 2 (LB157A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2543	18/12/2000	7/7/2015	15-10-01	10,739,624.40
24	พันธบัตรรัฐบาลในปีงบประมาณพ.ศ. 2543 ครั้งที่ 2 (LB157A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2543	12/3/2002	7/7/2015	15-10-01	10,739,624.40
25	พันธบัตรการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ.2543 ครั้งที่ 23 (EGAT157A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 23 พ.ศ.2543	22/1/2001	19/7/2015	27-10-01	10,672,043.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
26	หุ้นกู้บริษัท ปตท จำกัด. ครั้งที่ (มหาชน) 2/2551(PTTC15OB)	22/10/2008	22/10/2015	00-02-02	52,510,071.50
27	บมจเจริญโภคภัณฑ์. อาหาร ครั้งที่1/2552 ชุดที่ 3 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ .ศ.2558 (CPF15NA)	25/11/2009	25/11/2015	03-03-02	5,122,306.00
28	บมจเจริญโภคภัณฑ์. อาหาร ครั้งที่1/2552 ชุดที่ 3 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ .ศ.2558 (CPF15NA)	25/11/2009	25/11/2015	03-03-02	10,244,612.00
29	บริษัท ดีเอดี เอสพีวี จำกัด ครั้งที่ 1/2548 ชุดที่ 2 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ.ศ.2558 (DAD15NA)	3/10/2008	29/11/2015	07-03-02	4,318,690.76
30	บมจเคมิคอล.ปตท. ครั้งที่ 2/2551 ชุดที่ 2 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ.ศ.2558 (PTTGC15DA)	4/12/2008	4/12/2015	12-03-02	52,568,821.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
31	พันธบัตรการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย พ.ศ.2544 ครั้งที่ 11 (PTT162A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 11 พ.ศ.2544	16/8/2004	22/2/2016	00-06-02	10,412,590.60
32	บริษัท กัลป์ฟ์ โคเจนเนอเรชั่น จำกัด ครั้งที่ 1/2549 ชุดที่ 3 (GCC164A)	27/4/2006	27/4/2016	05-08-02	6,220,573.92
33	หุ้นกู้บ้านปู ครั้งที่ 1/2552 ชุดที่ 3 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ .ศ.2559 (BP165A)	14/5/2009	14/5/2016	22-08-02	10,301,291.40
34	หุ้นกู้บริษัท ปตท จำกัด. ครั้งที่ (มหาชน) 1/2547 ชุดที่ 2 (PTTC165A)	20/5/2004	20/5/2016	28-08-02	26,496,496.75
35	พันธบัตรรัฐบาลกรณีพิเศษในปีงบประมาณ พ.ศ.2549 ครั้งที่ 2 (LB167A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2549	4/4/2006	27/7/2016	05-11-02	10,595,526.30

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
36	พันธบัตรการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พ.ศ.2549 ครั้งที่ 9 (PEA167A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 9 พ.ศ.2549	27/7/2006	27/7/2016	05-11-02	3,137,844.69
37	หุ้นกู้บริษัท ปตท จำกัด. ครั้งที่ (มหาชน) 2/2549(PTTC16OA)	8/2/2007	12/10/2016	20-01-03	21,195,479.20
38	หุ้นกู้บริษัท ปตท . ครั้งที่ (มหาชน) จำกัด 2/2549 (PTTC16OA)	7/6/2007	12/10/2016	20-01-03	10,597,739.60
39	พันธบัตรรัฐบาลในปีงบประมาณพ.ศ. 2545 ครั้งที่ 3 (LB171A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 3 พ.ศ.2545	15/3/2002	18/1/2017	27-04-03	10,663,343.90
40	บมจ โกล์ว พลังงาน. ครั้งที่ 1/2550 (GLOW175A)	21/5/2007	21/5/2017	29-08-03	5,072,533.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
41	พันธบัตรรัฐบาลในปีงบประมาณพ.ศ. 2550 ครั้งที่ 2 (LB175A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2550	30/5/2008	26/5/2017	04-09-03	6,325,064.66
42	พันธบัตรรัฐบาลในปีงบประมาณพ .ศ. 2550 ครั้งที่ 2 (LB175A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2550	2/6/2008	26/5/2017	04-09-03	10,541,774.10
43	พันธบัตรรัฐบาลในปีงบประมาณพ.ศ. 2550 ครั้งที่ 2 (LB175A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2550	16/6/2008	26/5/2017	04-09-03	10,541,774.10
44	หุ้นกู้บริษัท ปตท . ครั้งที่ (มหาชน) จำกัด 2/2550 ชุดที่ 2 (PTTC17DA)	14/12/2007	14/12/2017	22-03-04	10,721,150.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
45	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณพ.ศ. 2546 ครั้งที่1 (LB183A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 1 พ.ศ.2546	24/11/2003	7/3/2018	13-06-04	10,093,382.70
46	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณพ.ศ. 2546 ครั้งที่ 1 (LB183A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 1 พ.ศ.2546	9/12/2003	7/3/2018	13-06-04	20,186,765.40
47	พันธบัตรรัฐบาล ในปีงบประมาณพ.ศ. 2551 ครั้งที่ 2 (LB183B) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2551	26/11/2007	13/3/2018	19-06-04	10,606,711.30

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
48	พันธบัตรรัฐบาล ในปีงบประมาณพ.ศ. 2551 ครั้งที่ 2 (LB183B) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2551	12/6/2008	13/3/2018	19-06-04	10,606,711.30
49	พันธบัตรรัฐบาล ในปีงบประมาณพ.ศ. 2551 ครั้งที่ 2 (LB183B) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2551	23/6/2008	13/3/2018	19-06-04	10,606,711.30
50	บมจสำรวจและ.ปตท. ผลิตปิโตเลียม (PTEP183A)	27/3/2003	27/3/2018	05-07-04	20,138,912.41
51	บมจสำรวจและ.ปตท. ผลิตปิโตเลียม (PTEP183A)	19/9/2003	27/3/2018	05-07-04	5,034,728.09
52	บมจสำรวจและ.ปตท. ผลิตปิโตเลียม (PTEP183A)	23/9/2003	27/3/2018	05-07-04	5,034,728.10
53	บมจสำรวจและ.ปตท. ผลิตปิโตเลียม (PTEP183A)	8/10/2003	27/3/2018	05-07-04	10,069,456.20
54	บมจสำรวจและ.ปตท. ผลิตปิโตเลียม (PTEP183A)	4/12/2003	27/3/2018	05-07-04	10,069,456.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
55	บมจโกล์ว พลังงาน . ครั้งที่1/2551 ชุดที่ 2 ครบกำหนดไถ่ถอน พ.ศ.2561 (GLOW186)	5/6/2008	5/6/2018	14-09-04	10,808,446.10
56	The Export - Import Bank of Korea No.1/2551 (2008) (KEXIM188A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 0	7/8/2008	7/8/2018	16-11-04	10,872,039.62
57	บมจเจริญโภคภัณฑ์. อาหาร ครั้งที่1/2554 ชุดที่ 1 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ .ศ.2561 (CPF15NA)	19/8/2011	19/8/2018	28-11-04	20,276,523.00
58	พันธบัตรการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ.2551 ครั้งที่ 8 (EGAT189A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 8 พ.ศ.2551	11/9/2008	11/9/2018	20-00-05	10,523,553.30

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
59	พันธบัตรรัฐบาล ในปีงบประมาณพ.ศ. 2550 ครั้งที่ 3 (LB191A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 3 พ.ศ.2550	29/4/2008	12/1/2019	21-04-05	10,885,961.90
60	หุ้นกู้อินโดรามา เวนเจอร์ส ครั้งที่ 1/2555 ชุดที่ 4 ครบกำหนดไถ่ถอน ปี พ .ศ.2562 (IVL194A)	5/4/2012	5/4/2019	14-07-05	30,213,755.70
61	หุ้นกู้บริษัท ปตท จำกัด. ครั้งที่ (มหาชน) 1/2547 ชุดที่ 3 (PTTC195A)	20/5/2004	20/5/2019	28-08-05	26,813,007.25
62	พันธบัตรรัฐบาลกรณีพิเศษในปีงบประมาณ พ.ศ.2547 ครั้งที่ 5 (LB198A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 5 พ.ศ.2547	16/8/2004	13/8/2019	22-11-05	10,831,827.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
63	พันธบัตรรัฐบาลกรณีพิเศษในปีงบประมาณ พ.ศ.2547 ครั้งที่ 5 (LB198A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 5 พ.ศ.2547	2/2/2005	13/8/2019	22-11-05	10,831,827.30
64	พันธบัตรการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ.2547 ครั้งที่ 2 (EGAT198A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2547	26/8/2004	26/8/2019	04-00-06	22,004,296.60
65	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ ปีงบประมาณพ.ศ. 2548 ครั้งที่ 3 (LB19DA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 3 พ.ศ.2548	4/4/2005	3/12/2019	11-03-06	16,164,571.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
66	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ ปีงบประมาณพ.ศ. 2548 ครั้งที่ 3 (LB19DA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 3 พ.ศ.2548	17/1/2005	3/12/2019	11-03-06	21,552,761.40
67	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ ปีงบประมาณพ.ศ. 2548 ครั้งที่ 3 (LB19DA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 3 พ.ศ.2548	17/1/2005	3/12/2019	11-03-06	17,242,209.12
68	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ ปีงบประมาณพ.ศ. 2548 ครั้งที่ 3 (LB19DA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 3 พ.ศ.2548	19/4/2005	3/12/2019	11-03-06	32,329,142.10

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
69	หุ้นกู้บริษัท ปตทจำกัด. ครั้งที่ (มหาชน) 2/2548 ชุดที่ 3 (PTTC208A)	25/8/2005	25/8/2020	03-00-07	10,667,302.00
70	บริษัท ดีเอดี เอสพีวี จำกัด ครั้งที่ 1/2548 ชุดที่ 3 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ.ศ.2563 (DAD20NA)	29/11/2005	29/11/2020	07-03-07	11,603,997.90
71	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2544 ครั้งที่ 2 (LB214A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2544	8/10/2001	9/4/2021	18-07-07	11,480,443.80
72	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2544 ครั้งที่ 2 (LB214A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2544	6/12/2001	9/4/2021	18-07-07	11,480,443.80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
73	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2544 ครั้งที่ 2 (LB214A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2544	10/4/2002	9/4/2021	18-07-07	11,480,443.80
74	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณ พ.ศ.2544 ครั้งที่ 2 (LB214A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2544	17/4/2002	9/4/2021	18-07-07	22,960,887.60
75	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2544 ครั้งที่ 2 (LB214A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2544	17/4/2002	9/4/2021	18-07-07	11,480,443.80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
76	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2544 ครั้งที่ 2 (LB214A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2544	29/4/2002	9/4/2021	18-07-07	11,480,443.80
77	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการปรับโครงสร้างหนี้ในปีงบประมาณ พ.ศ.2544 ครั้งที่ 2 (LB214A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2544	20/5/2002	9/4/2021	18-07-07	11,480,443.80
78	บมจเจริญโภคภัณฑ์. อาหาร ครั้งที่2/2556 ชุดที่ 3 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ .ศ.2564 (CPF218B)	2/8/2013	2/8/2021	11-11-07	40,243,959.20
79	บมจน้ำตาลมิตรผล. ครั้งที่ 1/2555 ชุดที่ 5 ครบกำหนดไถ่ถอน ปี พ .ศ.2564 (MPSC21OA)	30/3/2012	31/10/2021	09-02-08	30,493,349.40

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
80	หุ้นกู้อินโดรามา เวนเจอร์ส ครั้งที่ 1/2555 ชุดที่ 5 ครบกำหนดไถ่ถอน ปี พ .ศ.2565 (IVL224B)	5/4/2012	5/4/2022	14-07-08	29,785,666.50
81	พันธบัตรรัฐบาลในปีงบประมาณ พ .ศ. 2546 ครั้งที่ 2 (LB22NA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2546	23/12/2002	8/11/2022	17-02-09	10,673,487.30
82	พันธบัตรรัฐบาลในปีงบประมาณพ.ศ. 2546 ครั้งที่ 2 (LB22NA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2546	15/10/2003	8/11/2022	17-02-09	10,673,487.30
83	The Export - Import Bank of Korea No.1/2556 (2013) (KEXIM233A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 0	11/3/2013	11/3/2023	17-06-09	47,599,308.50
84	หุ้นกู้บริษัท ปตทจำกัด. ครั้งที่ (มหาชน) 2/2552 ชุดที่ 3 (PTTC247A)	31/7/2009	31/7/2024	09-11-10	51,735,785.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
85	บริษัท ดีเอดี เอสพีวี จำกัด ครั้งที่ 1/2549 ชุดที่ 2 ครบกำหนดไถ่ถอนปี พ.ศ.2568 (DAD25NB)	22/7/2009	29/11/2025	07-03-12	22,176,332.80
86	พันธบัตรรัฐบาล ประเภททยอยชำระคืนเงินต้น ในปีงบประมาณ พ.ศ.2556(LB137DA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 0 พ.ศ.2556	15/3/2013	12/12/2037	20-03-24	94,172,290.00
87	พันธบัตรรัฐบาล ประเภททยอยชำระคืนเงินต้น ในปีงบประมาณ พ.ศ.2556(LB137DA) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 0 พ.ศ.2556	15/3/2013	12/12/2037	20-03-24	47,086,145.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
88	พันธบัตรรัฐบาลเพื่อการบริหารหนี้ในปีงบประมาณ พ.ศ.2553 ครั้งที่ 2 (LB406A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 0 พ.ศ.2555	23/8/2013	22/6/2040	00-10-26	10,275,513.90
89	พันธบัตรรัฐบาล ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ครั้งที่ 2 (LB416A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2554	22/2/2013	14/6/2041	23-09-27	168,490,946.0
90	พันธบัตรรัฐบาล ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ครั้งที่ 2 (LB416A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2554	22/2/2013	14/6/2041	23-09-27	63,184,104.75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
91	พันธบัตรรัฐบาล ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 ครั้งที่ 2 (LB416A) ชำระคืนเมื่อครบกำหนด ครั้งที่ 2 พ.ศ.2554	2/8/2013	14/6/2041	23-09-27	21,061,368.25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.2 เงินลงทุนในตราสารหนี้เผื่อขายและที่จะถือจนครบกำหนดของบริษัทประกันวินาศภัย จัดตามอายุคงเหลือ

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
1	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ PTTGC13DA	4/12/2008	4/12/2013	12-03-00	10,240,329.30
2	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ TOP142A	13/2/2009	13/2/2014	22-05-00	10,288,157.00
3	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ PTTGC144A	30/4/2009	30/4/2014	08-08-00	10,266,017.30
4	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ TICON149A	29/9/2010	29/9/2014	07-01-01	9,967,053.70
5	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ BTG14NA	3/11/2011	3/11/2014	12-02-01	10,112,195.40
6	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ TCAP14NA	12/11/2009	12/11/2014	21-02-01	10,260,302.30
7	รัฐบาล)LB155A) พ.ศ.2553	12/3/2010	22/5/2015	00-09-01	3,012,776.01
8	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ PS156A	24/6/2010	24/6/2015	02-10-01	5,029,777.70
9	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ LH159A	20/7/2012	20/9/2015	29-00-02	10,078,962.70
10	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ PTTC15NA	3/2/2010	23/11/2015	01-03-02	11,099,660.30
11	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ MBK163A	19/3/2011	19/3/2016	26-06-02	10,104,281.70
12	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ PTTC167A	26/3/2010	31/7/2016	09-11-02	10,405,286.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
13	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ PTTC16OA	24/3/2010	12/10/2016	20-01-03	8,195,849.58
14	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ IRPC177A	15/2/2010	2/7/2017	10-10-03	20,697,125.80
15	รัฐบาล)LB170A) พ.ศ.2554	6/1/2011	10/10/2017	18-01-04	9,737,831.67
16	รัฐบาล)LB170A) พ.ศ.2554	24/1/2011	10/10/2017	18-01-04	9,707,760.86
17	รัฐบาล)LB170A) พ.ศ.2554	31/1/2011	10/10/2017	18-01-04	9,686,348.93
18	รัฐบาล)LB170A) พ.ศ.2554	11/2/2011	10/10/2017	18-01-04	9,613,947.10
19	รัฐบาล)LB170A) พ.ศ.2555	17/5/2012	10/10/2017	18-01-04	6,751,534.09
20	รัฐบาล)LB183B) พ.ศ.2552	24/12/2009	13/3/2018	19-06-04	10,495,289.51
21	รัฐบาล)LB183B) พ.ศ.2553	6/1/2010	13/3/2018	19-06-04	10,490,545.15
22	รัฐบาล)LB183B) พ.ศ.2553	6/7/2010	13/3/2018	19-06-04	32,890,392.38
23	รัฐบาล)LB183B) พ.ศ.2553	18/11/2010	13/3/2018	19-06-04	10,816,252.68
24	รัฐบาล)LB183B) พ.ศ.2553	26/11/2010	13/3/2018	19-06-04	10,878,305.48
25	รัฐบาล)LB183B) พ.ศ.2554	2/2/2011	13/3/2018	19-06-04	10,717,954.64

ที่	ผู้ออก ชนิด ครั้งที่ พ.ศ.	วัน เดือน ปี			ราคาบัญชีสุทธิ (บาท)
		ซื้อ	ครบกำหนด	อายุคงเหลือ	
26	รัฐบาล)LB183B) พ.ศ.2554	10/2/2011	13/3/2018	19-06-04	10,710,673.21
27	รัฐบาล) LB183B) พ.ศ.2553	8/1/2010	13/3/2018	19-06-04	16,411,826.25
28	หุ้นกู้ไม่มีประกันไม่ด้อย/สิทธิ PTTC243A	6/3/2009	6/3/2024	13-06-10	11,824,207.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
ฟังก์ชันของโปรแกรม Microsoft Excel ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฟังก์ชันของโปรแกรม Microsoft Excel ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงฟังก์ชันของโปรแกรม Microsoft Excel ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

ฟังก์ชัน	คำอธิบาย
DATEDIF(วันเริ่มต้น,วันสิ้นสุด,“y”)	หาจำนวนปีสะสม
DATEDIF(วันเริ่มต้น,วันสิ้นสุด,“ym”)	หาจำนวนเดือนที่เหลือหลังจากนับปีชนปี
DATEDIF(วันเริ่มต้น,วันสิ้นสุด,“md”)	หาจำนวนวันที่เหลือหลังจากนับเดือนชนเดือน
SUM	หาผลรวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการใช้โปรแกรม ค ในการดำเนินงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการใช้โปรแกรม R ในการดำเนินงานวิจัย

#อ่านข้อมูลจากไฟล์

```
ex<-read.csv("D:\\test.csv",T)
```

#download package

```
install.packages("fBasics")
install.packages("FAdist")
```

#Use Library

```
library(fBasics)
```

#remove variable

```
rm(x)
```

#ดูตัวแปร

```
ls()
```

#ล้างหน้าจอ

ctrl+L

#ลบตัวแปรออกทั้งหมด

misc -> remove all objects

#Load package

```
require(copula)
require(FAdist)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

#Read data from file

```
MyData <- read.csv(file="C:/Users/Hideki/Desktop/R/R/Data.csv", header=TRUE,
sep=",")
```

#Assign data to variable

```
z.5 = MyData[,1]
z1 = MyData[,2]
z1 = MyData[,2]
z2 = MyData[,3]
z3 = MyData[,4]
z7 = MyData[,5]
z8 = MyData[,6]
z9 = MyData[,7]
z10 = MyData[,8]
z11 = MyData[,9]
z25 = MyData[,10]
```

#Covert data to distribution

```
z.5p = plogis(z.5, location = 1.1192E-4, scale = 7.8763E-5)
z1p = plogis(z1, location = 1.1878E-4, scale = 1.5475E-4)
z2p = plogis(z2, location = 1.4070E-4, scale = 3.7498E-4)
z3p = plogis(z3, location = 1.5112E-4, scale = 6.1598E-4)
z7p = plogis(z7, location = 2.1819E-4, scale = 0.00197)
z8p = plogis(z8, location = 2.2248E-4, scale = 0.00227)
z9p = plogis(z9, location = 2.2324E-4, scale = 0.00265)
z10p = plogis(z10, location = 2.5507E-4, scale = 0.00297)
z11p = plogis(z11, location = 2.8978E-4, scale = 0.00292)
z25p = plogis(z25, location = 4.2093E-4, scale = 0.01844)
```

```
#test correlation
cor.test(z.25p,z.5p)
cor.test(z.25,z.5)
cor.test(z.25p,z1p)
cor.test(z.25,z1)

#Use normalCopula function
norcop_Life8 <- normalCopula(c(0.9200233,0.8846037,0.934048),3,"un")
norcop_Life10 <- normalCopula(c(0.912627,0.8714437,0.0.9088583),3,"un")
norcop_Life12 <- normalCopula(c(0.1922071),2,"un")
norcop_NLife1.5 <- normalCopula(c(0.6831726,0.4295237,0.5419161),3,"un")
norcop_NLife2 <-
normalCopula(c(0.6831726,0.4295237,0.3862142,0.5419161,0.5086224,0.7938773),4,"u
n")
norcop_NLife2.5 <- normalCopula(c(0.7938773),2,"un")

#Create distribution
disnorcop_Life8 <-
mvdc(norcop_Life8,c("logis","logis","logis"),list(list(100,134.565749),list(100,137.5553),list(
100,140.2798)))
disnorcop_Life10 <-
mvdc(norcop_Life10,c("logis","logis","logis","logis"),list(list(99.9924466003196,149.389815
34867),list(99.083492158197,154.399838815193),list(97.8915173637881,164.376562320
746),list(96.008330077773,172.491717881857)))
disnorcop_Life12 <-
mvdc(norcop_Life12,c("logis","logis"),list(list(87.8824699224859,224.833944696232),list(
88.146976049763,248.130755409358)))
disnorcop_NLife1.5 <-
mvdc(norcop_NLife1.5,c("logis","logis","logis"),list(list(99.9924466003196,149.389815348
67),list(99.083492158197,154.399838815193),list(97.8915173637881,164.376562320746
)))
```

Chulalongkorn University

```
disnorcop_NLife2 <-
mvdc(norcop_NLife2,c("logis","logis","logis","logis"),list(list(95.2018419127372,187.60251
0644618),list(93.4841563592713,194.215105762147),list(90.7372185379467,199.896762
468878),list(88.0616338033003,203.724382943349)))
disnorcop_NLife2.5 <-
mvdc(norcop_NLife2.5,c("logis","logis"),list(list(87.8824699224859,224.833944696232),lis
t(88.146976049763,248.130755409358)))

#Simualtion
sim_Life8 <- rMvdc(10000,disnorcop_Life8)
sim_Life10 <- rMvdc(10000,disnorcop_Life10)
sim_Life12 <- rMvdc(10000,disnorcop_Life12)
sim_NLife1.5 <- rMvdc(10000,disnorcop_NLife1.5)
sim_NLife2 <- rMvdc(10000,disnorcop_NLife2)
sim_NLife2.5 <- rMvdc(10000,disnorcop_NLife2.5)

#Write data to file
write.csv(sim_Life8,file='C:/Users/Hideki/Desktop/R/R/Life8.csv')
write.csv(sim_Life10,file='C:/Users/Hideki/Desktop/R/R/Life10.csv')
write.csv(sim_Life12,file='C:/Users/Hideki/Desktop/R/R/Life12.csv')
write.csv(sim_NLife1.5,file='C:/Users/Hideki/Desktop/R/R/NLife1.5.csv')
write.csv(sim_NLife2,file='C:/Users/Hideki/Desktop/R/R/NLife2.csv')
write.csv(sim_NLife2.5,file='C:/Users/Hideki/Desktop/R/R/NLife2.5.csv')
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกุสุมา โคจร เกิดจังหวัดกรุงเทพมหานคร ในวันอาทิตย์ที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2531 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาคณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University