วารสารวิจัย UTK ราชมงคลกรุงเทพ

การคำนวณค่าความเสี่ยงและการทดสอบสภาวะวิกฤตสำหรับตราสารหนี้ระยะยาว

An approach calculate value at risk and stress test for long term bond

วิกานดา สุภาสนันท์[1*], สัจจา ดวงชัยอยู่สุข[2]

Wikanda Suphasanun[1], Sartja Duangchaiyoosook[2]

[1*]สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[2]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[1]Division of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

[2]Economic Faculty, University of the Thai Chamber of Commerce

[*]Corresponding author. Tel: 08 0551 1614, E-mail: wikanda.s@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวิธีการบริหารและการทดสอบพอร์ตโฟลิโอภายใต้ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากอัตราดอกเบี้ยของตราสารหนี้ โดยใช้ข้อมูลตัวอย่าง คือ อัตราดอกเบี้ยของตราสารหนี้รัฐบาลที่ไม่มีคูปองที่มีอายุตั้งแต่ 3 เดือน ถึง 45 ปี ของเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 จนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 จากข้อมูลดังกล่าว เมื่อใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก จะพบว่าการอธิบายความผันผวนที่เกิดขึ้นกับข้อมูลอัตราดอกเบี้ยของตราสารหนี้รัฐบาลที่ไม่มีคูปองมีอยู่ 3 องค์ประกอบหลัก คือ การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราดอกเบี้ย ความชันและการเปลี่ยนแปลงของเส้นโค้ง ซึ่งเพียงพอต่อการอธิบายความผันผวนของเส้นอัตราดอกเบี้ย และได้นำองค์ประกอบเหล่านี้มาใช้ในการจำลองอัตราดอกเบี้ยในภาวะที่ผิดปกติ โดยใช้ตัวแปรสุ่มที่ ±1SD, และ ±2SD เพื่อมาคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และเปรียบเทียบกับการวัดมูลค่าความเสี่ยง (VaR) ในการศึกษานี้พบว่าสำหรับค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 การทดสอบในสภาวะวิกฤติจะใช้การคำนวณน้อยกว่าการวัดมูลค่าความเสี่ยงเพราะไม่จำเป็นต้องจำลองสถานการณ์ของเส้นอัตราผลตอบแทน และผลที่ได้ยังสอดคล้องกับการวัดความเสี่ยงด้วยมูลค่าความเสี่ยงที่จำลองเส้นอัตราดอกเบี้ยโดยจากการสุ่มทั้งหมด 100,000 ครั้ง งานวิจัยนี้จึงสามารถช่วยบริหารจัดการในการประเมินความเสี่ยงและผลกำไรที่บริษัทประกันต้องเสี่ยง โดยเกิดจากการลงทุนของการถือตราสารหนี้รัฐบาลเป็นหลักได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ตราสารหนี้รัฐบาลที่ไม่มีคูปอง การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ภาวะที่ผิดปกติ การวัดมูลค่าความเสี่ยง

ABSTRACT

This research presents a method of managing and assessing portfolio under risk from interest rates of bonds. The dataset used is interest rates of government zero coupon bonds data from March 2011 to May 2018. The bonds' maturity ranges between 3 months to

Received 27-03-2019
Revised 01-10-2019
Accepted 04-10-2019

45 years. This research started by evaluating the interest rates of the government zero coupon bonds, using principal component analysis. To explain the fluctuations of the interest rates, the research found that the first three principle components consist of level, slope and hump. The research then performed stress test using sample variables at ±1SD and ±2SD, and computed value at risk (VaR). The results from the two methods were then used to compute Net Present Value (NPV) for comparison. This research found that, for the same 95 percent accuracy, the stress test used less calculation than VaR, since there is no need for Yield-Curve scenario simulation. Also, the stress test's result corresponded to that of VaR, which simulated interest rate curve from 100,000 randomizations. In conclusion, the stress test method presented in this research could be adopted by insurance companies, whose main investment is government bonds, to effectively manage risks and assess profits.

Keywords: Zero coupon bond, Principal component analysis, Stress test, Value at risk

1. บทนำ

การลงทุนตราสารหนี้ หากต้องการผลตอบแทนที่สูงขึ้น นอกจากจะลงทุนในจำนวนที่มากขึ้นแล้ว ควรจะลงทุนในสินทรัพย์ที่มีความเสี่ยงสูงขึ้นด้วยมูลค่าการลงทุนเท่าเดิม ก็จะทำให้มีโอกาสได้ผลตอบแทนสูงขึ้นเช่นกัน โดยเป็นไปตามหลักการลงทุน High risk high return เนื่องจากการบริหารความเสี่ยงเป็นเครื่องมือที่สำคัญต่อการตัดสินใจในทางธุรกิจ เพราะเมื่อบริษัทตัดสินใจที่จะลงทุนกับสินทรัพย์ใด ๆ ก็ตามบริษัทก็จะได้รับผลตอบแทน (Return) จากสินทรัพย์เหล่านั้น แต่ไม่สามารถประเมินได้ว่าผลตอบแทนที่ได้รับในอนาคตนั้น จะขาดทุนหรือกำไร ซึ่งความไม่แน่นอนดังกล่าว ในทางการเงินนั้นคือตัวแทนของ “ความเสี่ยง” และความเสี่ยงนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ โดยความเสี่ยงบางอย่างสามารถป้องกันและหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้นความเสี่ยงนั้นเป็นสิ่งที่สถาบันการเงินจะต้องมีการบริหารความเสี่ยงที่เกิดจากการลงทุนในหลักทรัพย์ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการพิจารณาของความเสี่ยงในการลงทุนพันธบัตร คือ ความเสี่ยงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ย การจัดตั้งเกณฑ์มาตรฐานหนึ่งที่ผู้กำกับดูแลในแต่ละประเทศต่าง ๆ นำมาปรับใช้ในการบริหารค่าความเสี่ยงของสถาบันการเงิน (Basel) เพื่อให้เป็นมาตรฐานในการบริการความเสี่ยงของสถาบันการเงิน โดยทั่วไปแล้วความเสี่ยงหลัก ๆ จะประกอบด้วย 3 ความเสี่ยงหลัก คือ 1) ความเสี่ยงด้านตลาด 2) ความเสี่ยงด้านเครดิต 3) ความเสี่ยงด้านการดำเนินงาน ทั้งนี้ความเสี่ยงที่แฝงอยู่ในความเสี่ยงด้านตลาดอีกประการหนึ่งที่มีผลกระทบต่อพอร์ตโฟลิโอของบริษัทที่มีทรัพย์สินเป็นตราสารหนี้รัฐบาลเป็นส่วนใหญ่ และอีกประการหนึ่ง คือ อัตราความเสี่ยงของดอกเบี้ย ซึ่งบริษัทประกันชีวิตโดยส่วนใหญ่จะถือทรัพย์สินเป็นตราสารหนี้รัฐบาลมากกว่า 70% ของพอร์ตโฟลิโอ ซึ่งความเสี่ยงของพอร์ตโฟลิโอจะเกิดขึ้นโดยสินทรัพย์ที่เป็นอัตราความเสี่ยงของอัตราดอกเบี้ยเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นความผันผวนที่เกิดจากอัตราดอกเบี้ยจะส่งผลกระทบต่อพอร์ตโฟลิโอของบริษัทประกันเป็นอย่างมาก

ถ้าเกิดอัตราดอกเบี้ยต่ำมากจะส่งผลกระทบต่อสินทรัพย์และหนี้สินระยะยาวของบริษัท ซึ่งในพอร์ตโฟลิโอของบริษัทที่ประกอบไปด้วยตราสารหนี้รัฐบาลและมูลค่าเงินสดในกรมธรรม์เป็นหลัก จะทำให้สินทรัพย์ดังกล่าวมีมูลค่าน้อยกว่าหนี้สิน และจะส่งผลกระทบต่อฐานะทางการเงินของบริษัท เช่น เงินกองทุนที่บริษัทควรดำรงไว้ ทั้งนี้อัตราดอกเบี้ยอาจส่งผลทำให้บริษัทเสี่ยงต่อการล้มละลายได้ (เงินกองทุนที่ดำรงไว้ไม่เพียงพอตามที่มาตรฐานของสถาบันที่กำกับได้กำหนดไว้) ดังนั้นความเสี่ยงจากอัตราดอกเบี้ย (Interest rate risk) เป็นความเสี่ยงจากการที่ราคาตราสารหนี้จะลดลงนั้น เมื่ออัตราดอกเบี้ยเปลี่ยนแปลง เนื่องจากราคาตราสารหนี้จะแปรผกผันกับอัตราดอกเบี้ย หากแต่ถือตราสารจนครบกำหนดอายุ จะไถ่ถอนได้ตามราคาหน้าพันธบัตร ซึ่งนักลงทุนสามารถหลีกเลี่ยงความเสี่ยงนี้ได้โดยการถือตราสารจนครบกำหนดอายุ ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ คือ นำเสนอวิธีการบริหารพอร์ตโฟลิโอและวิธีการทดสอบภายใต้ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากอัตราดอกเบี้ยของตราสารหนี้ โดยใช้วิธีการจำลองอัตราดอกเบี้ยและค่าความเสี่ยงด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และการทดสอบสภาวะวิกฤติ เพื่อที่จะช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจและการบริหารพอร์ตโฟลิโอของธุรกิจประกันได้อย่างดียิ่งขึ้น ซึ่งวิธีดังกล่าวนั้นสอดคล้องต่อการอธิบายของพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยตามทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์

2. นิยามและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงคณิตศาสตร์ สถิติ และเศรษฐมิติการเงินเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ย [1]

การวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญเป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่เป็นข้อมูลในการสร้างสมการเชิงเส้น โดยสมการแต่ละเส้นจะมีหน้าที่ในการรวบรวมรายละเอียดเข้าด้วยกัน หรืออยู่ในรูปผลรวมเชิงเส้น (Linear combination) เพื่อใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ในการอธิบายของการเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ย รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของการเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ยอื่น ๆ

2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis, PCA) [2]

การหาองค์ประกอบหลัก จะหาได้จากสมการ $\varepsilon = \omega x$ ซึ่งจะสามารถกระจายให้อยู่ในรูปของผลรวมเชิงเส้นได้ โดยกำหนดให้ $x_1, x_2, ..., x_p$ เป็นเวกเตอร์ที่แตกต่างกัน จะมี $\varepsilon_1, \varepsilon_2, ..., \varepsilon_p$ ที่เขียนเป็นผลรวมเชิงเส้นของ $x_1, x_2, ..., x_p$ ได้ตามสมการดังนี้

$$\varepsilon_1 = \omega_{11}x_1 + \omega_{12}x_2 + ... + \omega_{1p}x_p$$
$$\varepsilon_2 = \omega_{21}x_1 + \omega_{22}x_2 + ... + \omega_{2p}x_p$$
$$\vdots$$
$$\varepsilon_p = \omega_{p1}x_1 + \omega_{p2}x_2 + ... + \omega_{pp}x_p$$

โดยที่จะเรียก $\varepsilon_1, \varepsilon_2, ..., \varepsilon_p$ ว่าเป็นองค์ประกอบหลัก และมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) องค์ประกอบหลักตัวที่หนึ่ง ε_1 จะมีผลรวมของความแปรปรวนของข้อมูลมากกว่าองค์ประกอบหลักตัวอื่น ๆ ε_2 จะมีผลรวมของความแปรปรวนของข้อมูลมากกว่าองค์ประกอบหลักตัวอื่น ๆ แต่จะน้อยกว่าองค์ประกอบหลักตัวที่หนึ่งและจะเป็นไปตามลำดับ

2) $\omega_{i1}^2+\omega_{i2}^2+...+\omega_{ip}^2=1$ สำหรับ $i=1,2,...,p$

3 $\omega_{i1}\omega_{j1}+\omega_{i2}\omega_{j2}+...+\omega_{ip}\omega_{jp}=0$ สำหรับ $i\neq j$

โดยที่ ω_{ij} ค่าสัมประสิทธิ์ของ $x_1,x_2,...,x_p$

2.2 เส้นอัตราผลตอบแทน (Yield curve)

เส้นอัตราผลตอบแทน คือ เส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทน (Yield) กับอายุคงเหลือของตราสารหนี้ (Time to maturity) โดยทุก ๆ จุดบนเส้นอัตราผลตอบแทน โดยจะแสดงถึงอัตราผลตอบแทนตามอายุที่เหลือของตราสารหนี้ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีอยู่ 4 ลักษณะ คือ แบบปกติ (Normal yield curve) แบบลาดลง (Inverted yield curve) แบบหลังเขา (Humped yield curve) และแบบราบ (Flat yield curve)

2.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) [3]

คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน

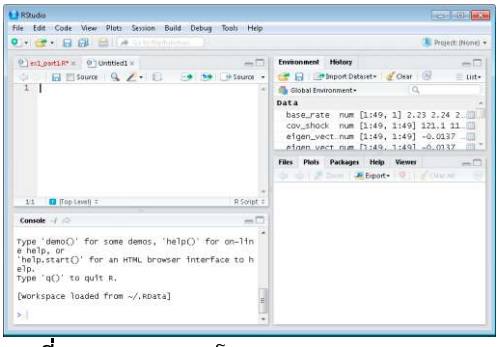
$$NPV=\sum_{i=1}^{k}\frac{net_i}{(1+r_i)^i} \qquad (1)$$

net_i คือ มูลค่าสุทธิที่ได้จากการลงทุนในปีที่ i เมื่อ $i\in\{1,2,...,k\}$

r_i คือ อัตราผลตอบแทน(ดอกเบี้ย) ในปีที่ i เมื่อ $i\in\{1,2,...,k\}$

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

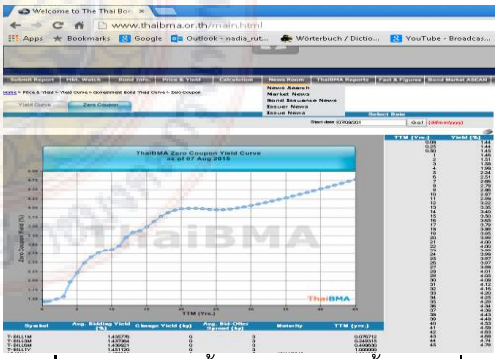
งานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม R -Studio เนื่องจากเป็นซอฟแวร์ที่ไม่มีค่าใช้จ่ายและเป็นที่แพร่หลายมีความน่าเชื่อถือในการคำนวณ แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Window ของโปรแกรม R-Studio

3.1 แบบแผนการวิจัย

ข้อมูลอัตราดอกเบี้ยของตราสารหนี้รัฐบาลที่ไม่มีคูปอง (Zero-coupon bonds) ซึ่งเรียกว่า ข้อมูลเส้นอัตราผลตอบแทน [3-5] ที่ได้มาจากการคำนวณโดยวิธี Cubic spline bootstrapping [6] ของพันธบัตรรัฐบาลที่มีคูปองและไม่มีคูปอง จากการคำนวณด้วยวิธีดังกล่าว จะนำข้อมูลของเส้นอัตราผลตอบแทนที่นำมาใช้ในงานวิจัย คือ เส้นอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ที่ไม่มีคูปองที่มีอายุตั้งแต่ 3 เดือน ถึง 45 ปี โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 จนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 [7]



ภาพที่ 2 อัตราดอกเบี้ยของตราสารหนี้รัฐบาลที่ไม่มีคูปอง

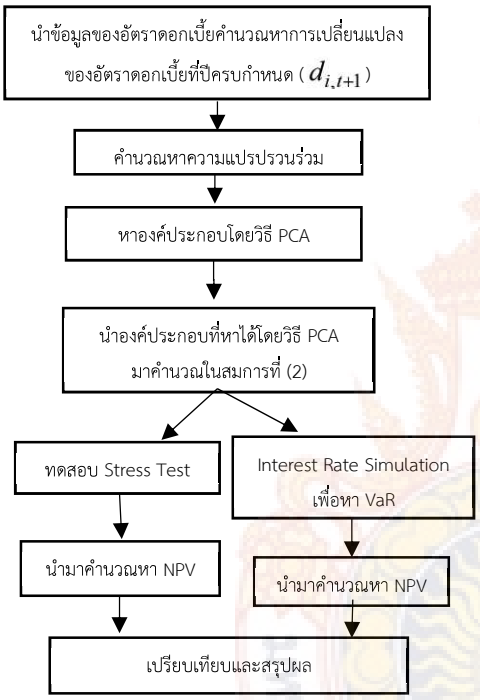
ข้อมูลเส้นอัตราผลตอบแทน (Yield curve) จะถูกอธิบายด้วยสมการ

$$d_{i,t+1} = R_{i,t+1} - R_{i,t}$$

$d_{i,t+1}$ คือ การเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยที่ปีครบกำหนด (Maturity year) *i*

$R_{i,t+1}$ คือ อัตราดอกเบี้ยที่ปีครบกำหนด (Maturity year) *i*

ขั้นตอนในการทำวิจัยทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการขั้นตอนการวิจัย

3.2 การทดสอบสภาวะวิกฤติ

ในงานวิจัยนี้ จะสมมติให้เส้นอัตราดอกเบี้ยสอดคล้องกับแบบจำลองการเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ยด้วยสมการ

$$R_{i,t+1} = R_{i,t} + \sum_{j=1}^{K}\left(\sqrt{\lambda_j}\, w_{i,j}\, \varepsilon_j\right) \qquad (2)$$

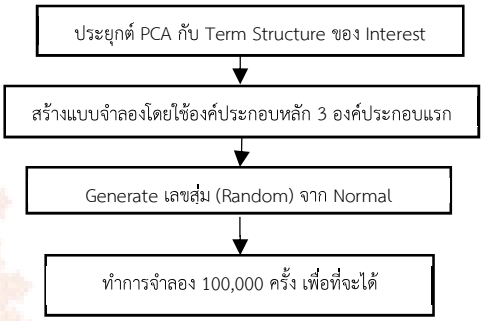
$R_{i,t+1}$ คือ อัตราดอกเบี้ยของปีที่ครบกำหนด *i* (Maturity year)

λ_j คือ Eigenvalue คำนวณมาจาก PCA อันดับที่ *j*

$w_{i,j}$ คือ Eigenvector คำนวณมาจาก PCA อันดับที่ *j* และปีครบกำหนดอันดับที่ *i*

ε_j คือ ตัวแปรสุ่มปกติ (N(0,1))

แสดงขั้นตอนการคำนวณ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบจำลองการเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ย

หมายเหตุ ในการคำนวณหา Eigenvalue และ Eigenvector จะได้มาจากการคำนวณของค่าความผันผวน (ความแปรปรวนร่วม, Covariance) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ $R_{i,t}$

จากแบบจำลองอัตราดอกเบี้ย $R_{i,t}$ ในสมการที่ (2) ผู้วิจัยจะคำนวณค่า NPV เมื่อกำหนดให้เส้นอัตราผลตอบแทนความผันผวนที่ระดับ σ, 2σ และที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เมื่อกำหนดความผันผวนจากตัวแปรสุ่มในสมการที่ (2) และเรียกเส้นอัตราผลตอบแทนเหล่านั้นว่า “เส้นอัตราผลตอบแทนในภาวะวิกฤติ” และค่า NPV ที่ได้นั้นนำไปประเมินผลจากค่า NPV ที่ได้ของพอร์ตโฟลิโอในสภาวะดังกล่าวมีลักษณะอย่างไร ดังนั้น วิธีนี้จึงเรียกว่า “การทดสอบในสภาวะวิกฤติ”

การคำนวณค่า NPV โดยสมมติให้พอร์ตโฟลิโอของบริษัทที่ลงทุนในตราสารหนี้และ

คาดว่าจะมีกำไรทุกปีเป็นจำนวนเงิน 1 ล้านบาท ในระยะเวลาเวลา 45 ปี เพื่อนำค่าดังกล่าวเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานต่อไป

3.3 การวัดมูลค่าความเสี่ยง (Value at Risk, VaR)

มูลค่าความเสี่ยง คือ ตัวเลขในการวัดความเสี่ยงของการลงทุนที่อาจเกิดขึ้นได้ในสภาวะที่แย่ที่สุดของตลาด เนื่องจากเกิดความผันผวน และในปัจจุบันการบริหารความเสี่ยงโดยใช้เทคนิคมูลค่าความเสี่ยง (VaR) ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะสามารถสรุปค่าความเสี่ยงออกมาเป็นตัวเลขเพียงตัวเดียว ทำให้เข้าใจได้ง่ายและตรงประเด็น วิธีการนี้เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับการประเมินความเสี่ยงโดยการนำเส้นอัตราผลตอบแทนจากสมการที่ (2) โดยเริ่มจากการจำลอง (Simulation) ของเส้นอัตราผลตอบแทนทั้งหมด 100,000 เส้น จากแปรสุ่มที่เป็นอิสระต่อกันและมีลักษณะการแจกแจงที่เหมือนกัน IID N(0,1) ซึ่งจะมีทั้งสิ้น 100,000 ค่า และนำค่า NPV ของเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 ของมูลค่าสินทรัพย์สุทธิที่คำนวณได้นั้น จะได้ค่า VaR ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

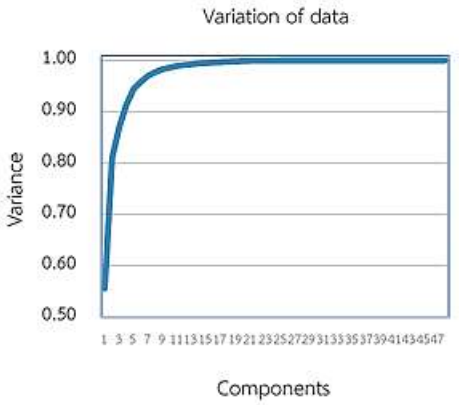
4. การอภิปรายและวิจารณ์ของผลการวิจัย

การนำเทคนิค PCA มาหาองค์ประกอบหลักในการอธิบายความผันผวนที่เกิดขึ้นกับข้อมูลที่นำมาใช้ในการทำวิจัย โดยสมมติฐานการวิจัย คือ องค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบแรก (Principal component analysis 3 factors) ที่สามารถอธิบายความผันผวน (Variation) ของการเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ยได้เกินกว่า 85% ของความผันผวนทั้งหมดที่เกิดขึ้น หมายความว่าการเปลี่ยนแปลงหลัก ๆ จะขึ้นอยู่กับ 3 องค์ประกอบแรก

ตารางที่ 1 การอธิบาย Eigenvalue และสัดส่วนขององค์ประกอบ 3 องค์ประกอบแรกที่สามารถอธิบายความผันผวนของข้อมูลได้ดังนี้

สัดส่วนที่สามารถอธิบายความผันผวนของข้อมูล			
อันดับที่	**Eigen Value**	**องค์ประกอบที่**	**ตั้งแต่องค์ประกอบอันดับที่ 1**
1	7307	0.56	0.56
2	3341	0.25	0.81
3	803	0.06	0.87
4	572	0.04	0.91
5	400	0.03	0.95

จากตารางที่ 1 พบว่า 3 องค์ประกอบแรกของ PCA สามารถอธิบายความแปรปรวนร่วม (Covariance) ของเส้นอัตราผลตอบแทนได้มากกว่า 85% และอธิบายถึงความผันผวนของการเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ยที่เกิดจาก Level, Slope และ Hump ซึ่งสอดคล้องต่อทฤษฎีดอกเบี้ยของเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 5

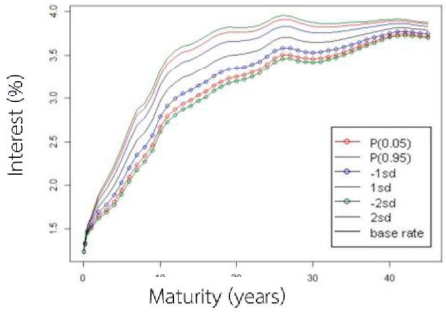


ภาพที่ 5 ความผันผวนของเส้นอัตราผลตอบแทน

4.1 การทดสอบสภาวะวิกฤติ

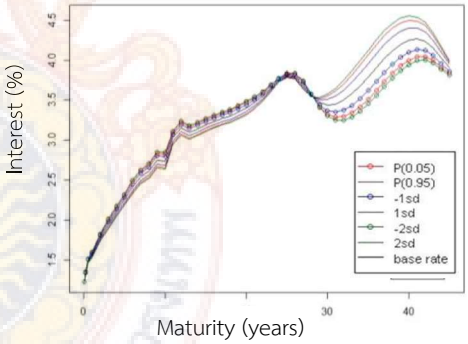
การทดสอบภาวะที่ผิดปกติ (Stress test) ของเส้นอัตราดอกเบี้ยจากแบบจำลองที่ 2 โดยใช้วิธีการตัวแปรสุ่มแบบ ±1SD และ ±2SD [5, 8] ซึ่งวิธีการนี้สามารถอธิบายได้ว่าถ้าตลาดตราสารหนี้มีความผันผวนอยู่ในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยหรือผู้บริหารสนใจ แล้วเส้นอัตราผลตอบแทนของอัตราดอกเบี้ยมีลักษณะเป็นอย่างไร ในสมมติฐานจากการทดสอบสภาวะวิกฤตในหัวข้อ 3.2 ที่ได้แล้วจึงนำเส้นอัตราผลตอบแทนแต่ละเส้นคำนวณหาค่า NPV ที่สภาวะวิกฤติดังกล่าว

จากภาพที่ 6 เมื่อเลือกใช้องค์ประกอบที่ 1 เพียงองค์ประกอบเดียว ซึ่งหมายความว่าความผันผวนที่เกิดขึ้นนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราดอกเบี้ย คือ เส้นจะมีการเพิ่มหรือลดระดับ (Level) แต่ยังคงรูปร่างเดิมไว้



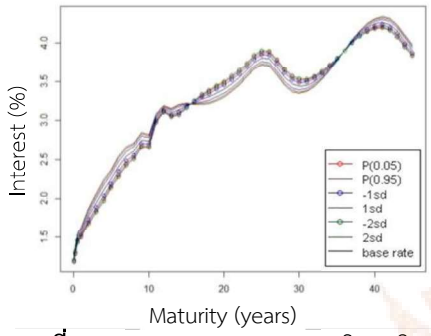
ภาพที่ 6 การทดสอบสภาวะวิกฤติ เมื่อใช้องค์ประกอบที่ 1 เพียงองค์ประกอบเดียว

จากภาพที่ 7 ผู้วิจัยเลือกใช้องค์ประกอบที่ 2 เพียงองค์ประกอบเดียว ซึ่งหมายความว่า ความผันผวนที่เกิดขึ้นนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยความชันและจะเห็นได้ชัดว่าโดยเฉพาะส่วนปลายของเส้นอัตราผลตอบแทน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชันนั้น รูปร่างของเส้นอัตราผลตอบแทนก็เปลี่ยนไปด้วย



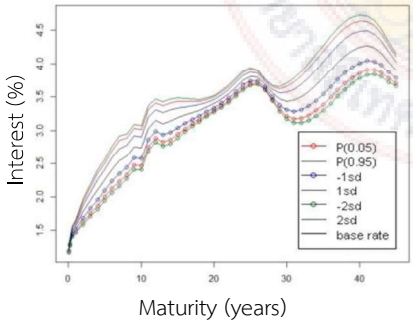
ภาพที่ 7 การทดสอบสภาวะวิกฤติ เมื่อใช้องค์ประกอบที่ 2 เพียงองค์ประกอบเดียว

จากภาพที่ 8 ผู้วิจัยเลือกใช้องค์ประกอบที่ 3 เพียงองค์ประกอบเดียว ซึ่งหมายความว่า ความผันผวนที่เกิดขึ้นนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงของเส้นโค้ง (Hump or curvature or convexity) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะส่วนต้นและส่วนกลาง ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นโค้ง จะทำให้รูปร่างของเส้นอัตราดอกเบี้ยเปลี่ยนไปด้วย



ภาพที่ 8 การทดสอบสภาวะวิกฤติ เมื่อใช้องค์ประกอบที่ 3 เพียงองค์ประกอบเดียว

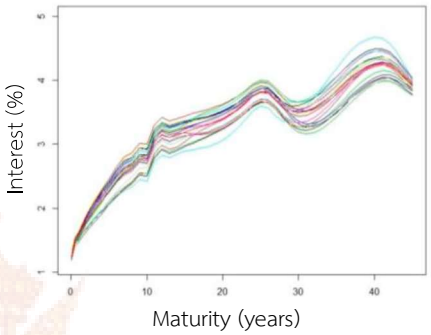
ดังนั้น ที่สภาวะวิกฤติต่างๆ เมื่อแยกแต่ละองค์ประกอบแล้วสามารถอธิบายได้ คือ Level slope และ Hump ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาองค์ประกอบทั้ง 3 ไปแทนในสมการที่ (2) จะเห็นได้ว่าค่าวิกฤติที่ใช้มากขึ้นแล้วความผันผวนที่จะมีมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะสามารถหา NPV ได้ดังนี้



ภาพที่ 9 การทดสอบสภาวะวิกฤติเมื่อ ใช้องค์ประกอบครบทั้ง 3 องค์ประกอบ

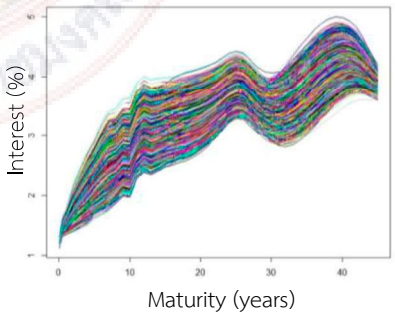
4.2 การสร้างสถานการณ์จำลองของเส้นอัตราผลตอบแทน

ในการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ของเส้นอัตราผลตอบแทนโดยการสุ่มทั้งหมด 100,000 ครั้ง ซึ่งจะทำให้เห็นความเป็นไปได้ต่าง ๆ ของเส้นอัตราผลตอบแทนและความผันผวน ดังภาพที่ 10 เพื่อนำเส้นอัตราดอกเบี้ยมาคำนวณ VaR



ภาพที่ 10 การจำลองสถานการณ์ของเส้นอัตราดอกเบี้ยทั้ง 20 เส้น โดยอาศัยแบบจำลองที่ 2

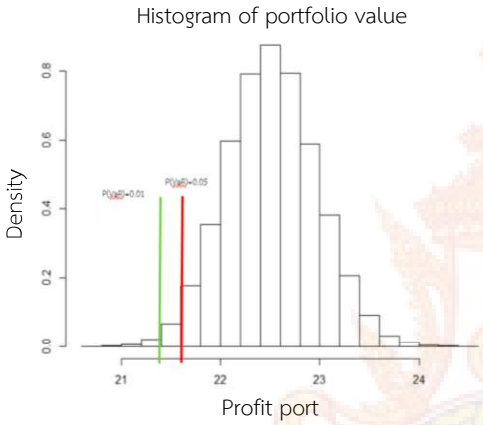
จากภาพที่ 11 การนำเส้นอัตราผลตอบแทนของแต่ละเส้นมาคำนวณ NPV เพื่อนำมาวัดความเสี่ยงด้วย VaR โดยวิธี Simulation VaR เพื่อดูการกระจายตัวของ NPV เมื่อนำไปเปรียบเทียบโดยใช้แผนภูมิแท่ง (Histogram) ดังภาพที่ 9 แล้วจะพบว่าความเสี่ยงที่จะได้ NPV อยู่ภายใต้ระดับความเชื่อมั่น



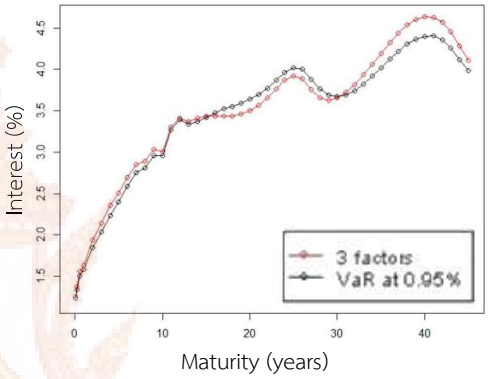
ภาพที่ 11 การจำลองสถานการณ์ของเส้นอัตราดอกเบี้ยทั้ง 100,000 เส้น โดยอาศัยแบบจำลองที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางค่า NPV ของแต่ละองค์ประกอบ

NPV (ล้านบาท)	-2SD	0.05	-1SD	Base	1SD	0.95	2SD
องค์ประกอบที่ 1	23.40	23.24	22.95	22.51	22.07	21.80	21.65
องค์ประกอบที่ 2	22.74	22.69	22.62	22.51	22.41	22.35	22.31
องค์ประกอบที่ 3	22.46	22.47	22.48	22.51	22.53	22.55	22.56
ทั้ง 3 องค์ประกอบ	23.59	23.40	23.03	22.51	22.00	21.69	21.62



ภาพที่ 12 แผนภูมิแท่ง Histogram และโค้งปกติของ NPV Simulation



ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบระหว่างเส้นอัตราผลตอบแทนของเปอร์เซนไทล์ที่ 5 และเส้นอัตราผลตอบแทน ของ VaR ที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 ค่า NPV ในสภาวะต่างๆ

	NPV น้อยสุด เมื่อระดับความเชื่อมั่น (5, 95)%						
	Base Rate	**องค์ประกอบที่ 1**	**องค์ประกอบที่ 2**	**องค์ประกอบที่ 3**	**ทั้ง 3 องค์ประกอบ**	**VaR (95%)**	**VaR (99%)**
NPV (ล้านบาท)	22.51	21.80	22.35	22.55	21.69	21.62	21.38

จากการทดสอบทั้งในสภาวะวิกฤติและการวัดความเสี่ยงด้วย VaR พบว่าผลที่ได้จะไม่แตกต่างกันมาก ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และ 99% ทั้งนี้ในการเลือกจะขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานว่ามีความต้องการตั้งเงินสำรองมากน้อยเพียงใดซึ่งขึ้นอยู่กับความเสี่ยงและจะเห็นได้ว่า VaR ที่ 99% ไม่ได้ทำให้

เพิ่มเงินสำรองมากอย่างมีนัยสำคัญ โดยความแตกต่างที่ชัดเจนนั้น คือ ขั้นตอนในการคำนวณซึ่งการทดสอบในสภาวะวิกฤติ ซึ่งจะมีวิธีการคำนวณที่น้อยกว่า เพราะไม่จำเป็นต้องจำลองสถานการณ์ของเส้นอัตราผลตอบแทน แต่ในขณะที่การวัดความเสี่ยงด้วย VaR นั้นจะสอดคล้องกับมาตรฐานในการวัดความเสี่ยง จากการวิจัยพบว่าเส้นอัตราผลตอบแทนจะถูกอธิบายด้วยความผันผวนขององค์ประกอบที่หามาด้วยวิธี PCA ซึ่งมีเพียง 3 องค์ประกอบหลัก คือ Level, Slope และ Hump และสามารถอธิบายความผันผวนได้มากกว่า 85%

5. บทสรุปผลการวิจัย

ในการจำลองอัตราดอกเบี้ยและค่าความเสี่ยงโดยการนำเทคนิค PCA มาหาองค์ประกอบหลักในการอธิบายความผันผวนที่เกิดขึ้นกับข้อมูลของพอร์ตโฟลิโอภายใต้ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากอัตราดอกเบี้ยของตราสารหนี้ จะพบว่าปัจจัยของความผันผวนที่เกิดขึ้นกับข้อมูลอัตราดอกเบี้ยของตราสารหนี้รัฐบาลที่ไม่มีคูปองมีอยู่ 3 องค์ประกอบหลัก คือ การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราดอกเบี้ย ความชันและการเปลี่ยนแปลงของเส้นโค้ง ซึ่งเพียงพอต่อการอธิบายการเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ยได้เกินกว่า 85% ของความผันผวนทั้งหมดที่เกิดขึ้น และสอดคล้องต่อทฤษฎีดอกเบี้ยของเศรษฐศาสตร์ เมื่อนำข้อมูลนั้นมาคำนวณภาวะที่ผิดปกติ (Stress test) ของเส้นอัตราดอกเบี้ยจากแบบจำลองโดยใช้ตัวแปรสุ่ม สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าตลาดตราสารหนี้มีความผันผวนในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยหรือผู้บริหารสนใจแล้ว เส้นอัตราผลตอบแทนและ NPV จะมีลักษณะเป็นอย่างไร เพื่อจะได้วางแผนและกำหนดนโยบายในกรณีที่เส้นอัตราผลตอบแทนนั้นตกอยู่ในสภาวะวิกฤติดังกล่าว ดังนั้นที่สภาวะวิกฤติต่าง ๆ เมื่อแยกแต่ละองค์ประกอบหลักทั้ง 3 ไปแทนในสมการที่ (2) แล้วจะพบว่าค่าวิกฤติที่ใช้มีค่ามากขึ้นแล้วความผันผวนก็จะมีค่ามากขึ้นเช่นกัน จากการทดสอบในสภาวะวิกฤติจากการจำลอง จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานในการวัดความเสี่ยงแบบมาตรฐานสากลหรือการวัดความเสี่ยงด้วย VaR และข้อดีจากการทดสอบสภาวะวิกฤติของการจำลองนั้น คือ ไม่จำเป็นต้องทำการจำลองสถานการณ์ของเส้นอัตราผลตอบแทน ซึ่งส่งผลให้การจำลองสถานการณ์นั้น มีวิธีการคำนวณและเวลาที่น้อยกว่า เนื่องจากว่าไม่จำเป็นต้องทำการจำลองสถานการณ์ของเส้นอัตราผลตอบแทน และค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการวัดความเสี่ยงด้วย VaR ที่เป็นมาตรฐานสากลในการวัดความเสี่ยงของสถาบันการเงินต่างประเทศ ดังนั้นจากผลวิจัยจึงขอเสนอวิธีการทดสอบในสภาวะวิกฤติเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบริหารความเสี่ยงที่เกิดจากอัตราดอกเบี้ย เพื่อช่วยให้ในการตัดสินใจของบริษัทประกันที่จำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงของการลงทุนและทำให้ทราบว่าวิธีการบริหารพอร์ตโฟลิโอที่มีความเสี่ยงรวมถึงผลกำไรที่บริษัทประกันต้องเสี่ยง (at Risk) ที่อาจเกิดขึ้นนั่นเอง ทั้งนี้สถาบันทางการเงินที่ต้องการลงทุนในสินทรัพย์ระยะยาว เช่น พันธบัตร สามารถนำวิธีการในงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณเงินกองทุนของบริษัทให้สอดคล้องกับความเสี่ยงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยได้ดีกว่าการคำนวณ Historical VaR

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้ให้การการสนับสนุนมอบทุนวิจัยให้แก่คณะผู้วิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Ho T, Lee S. Term structure movements and pricing interest rate contingent claims. Journal of Finance. 1986; 41(5): 1011–29.

[2] Subhash S. Applied Multivariate Techniques. 1st ed. New York: John Wiley Sons; 1996.

[3] Cox JC, Ingersoll JE, Ross SA. An intertemporal general equilibrium model of asset prices. Econometrical. 1985; 53:363–84.

[4] Cox JC, Ingersoll JE, Ross SA. A theory of the term structure of interest rates. Econometrical. (1985b); 53:385–407.

[5] David R, David S, Matteson R. Statistics and data analysis for financial engineering. 2nd ed. New York: Cornell university; 2011.

[6] Jan RM. Creating a zero coupon curve by bootstrapping with cubic splines. Division of Applied Mathematics School of Education, Culture and Communication: Mälardalen University; 2010.

[7] สมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย; 2561.

[8] John H, Alan W. One-factor interest-rate models and the valuation of interest-rate derivative securities. The journal of financial and quantitative analysis. (1993); 28(2): 235-54.