

การคัดเลือกตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ สำหรับโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทย*

Selecting a Parsimoniously Parametric Model of Thailand's Term Structure of Interest Rates

บทคัดย่อ

การศึกษาคัดเลือกตัวแบบจำลองที่เรียบง่าย ซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์สำหรับโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทย โดยใช้วิธีทดสอบใหม่ที่พิจารณาเงื่อนไขความสัมพันธ์ข้ามสมการ ซึ่งอัตราดอกเบี้ยสำหรับกระแสเงินสดอายุจะต้องมีระหว่างกันในแต่ละจุดของเวลา ร่วมกับการเปรียบเทียบตัวแบบจำลองโดยพิจารณาความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงและความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างในอนาคต การศึกษาพิจารณาตัวแบบจำลองจำนวน 6 ตัวแบบ ซึ่งการทดสอบได้ปฏิเสธตัวแบบทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ตัวแบบที่ถูกปฏิเสธยังคงมีประโยชน์และใช้งานแพร่หลาย ดังนั้น การศึกษาจึงดำเนินต่อไปโดยเปรียบเทียบเพื่อระบุตัวแบบที่มีความสามารถสูงที่สุด และพบว่าตัวแบบจำลองของ Bjork and Christensen (1999) ซึ่งใช้ปัจจัยรูปร่างจำนวน 4 ปัจจัย สามารถพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงได้ดีกว่าตัวแบบจำลองอื่น ในขณะที่ความสามารถของตัวแบบในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยไม่ด้อยกว่า และในหลายกรณียิ่งเหนือกว่าความสามารถของตัวแบบจำลองคู่แข่งอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : ตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ โครงสร้างอัตราดอกเบี้ย เงื่อนไขความสัมพันธ์ข้ามสมการ

* ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณสมาคมตลาดตราสารหนี้ไทยที่ให้ข้อมูลอัตราดอกเบี้ย และขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำซึ่งเป็นประโยชน์

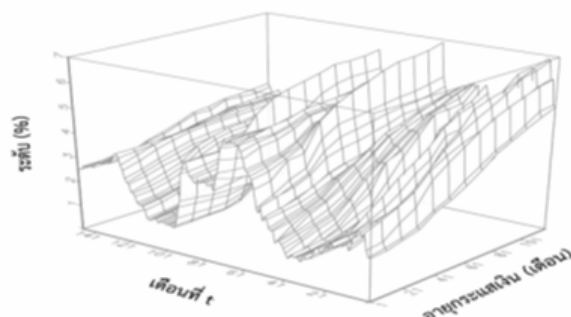
ABSTRACT

The study selects a parametrically parsimonious model of Thailand's term structure of interest rates, based on a new test for cross-equation restrictions which all the interest rates must obey at each point in time. The test is applied jointly with model comparison tests of in-sample t and out-of-sample forecasting performance. Six parametrically parsimonious models are considered but are all rejected by the new test. Despite the rejection, these models are useful and popular. Hence the study proceeds to compare the models in order to identify the best performer. It is found that the four-factor model of Bjork and Christensen (1999) does best in the in-sample t test. In the forecasting performance test the Bjork-Christensen model is not poorer and in many cases is significantly better than the competing models.

Keywords: Parsimoniously Parametric Model, Term Structure of Interest Rates, Cross-Equation Restrictions

บทนำ

โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยแสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างระดับอัตราดอกเบี้ยกับอายุของกระแสเงิน ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยแบบสปอตรายเดือนของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2544 (เดือนที่ $t=1$) ถึงเดือนกรกฎาคม 2556 (เดือนที่ $t=149$) จากภาพ ผู้อ่านจะเห็นว่าโครงสร้างในแต่ละเดือนมีรูปทรงที่ต่างกัน แม้โครงสร้างส่วนใหญ่มีรูปทรงปกติซึ่งรายงานอัตราดอกเบี้ยสำหรับกระแสเงินที่มีอายุน้อยจะมีระดับที่ต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยสำหรับกระแสเงินที่มีอายุมาก แต่โครงสร้างในบางเดือนอาจมีรูปทรงต่างออกไป อาทิ รูปทรงตัวเอสในเดือนมีนาคม 2545 รูปทรงที่มีโหนก 2 โหนกในเดือนมิถุนายน 2548 และที่น่าสนใจมากเป็นรูปทรงตัวยูในเดือนมีนาคม 2550¹



ภาพที่ 1: โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยแบบสปอตของประเทศไทย

ในอดีต นักวิชาการได้เสนอตัวแบบจำลองที่เรียบง่าย แต่มีความสามารถเพียงพอที่จะพรรณารูปทรงของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่อาจแตกต่างกันในแต่ละจุดของเวลา Nelson and Siegel (1987) เสนอว่าตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายในกลุ่มซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์มีข้อดีเหนือกว่าตัวแบบในกลุ่มที่มีได้อ้างอิงค่าพารามิเตอร์ตรงที่ตัวแบบได้รับผลกระทบน้อยกว่าจากความคลาดเคลื่อนที่แฝงในราคาซื้อขายพันธบัตร ทั้งยังสามารถระบุอัตราดอกเบี้ยสำหรับกระแสเงินที่อยู่นอกช่วงอายุที่ใช้กำหนดตัวแบบได้ในระดับที่สมเหตุสมผล นอกจากนี้ Diebold and Li (2006) ได้ตีความความตัวแบบว่าเป็นตัวแบบปัจจัย (Factor Models) แล้วใช้ความสัมพันธ์ตามตัวแบบไปพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยได้อย่างแม่นยำ ด้วยความสามารถดังกล่าว ตัวแบบจึงเป็นที่นิยมใช้งานมากขึ้นเป็นลำดับ และนักวิชาการได้พยายามปรับปรุงตัวแบบเพิ่มเติมจากตัวแบบดั้งเดิมของ Nelson and Siegel (1987) ให้มีความสามารถมากขึ้นโดยเพิ่มหรือลดปัจจัยรูปร่าง อาทิ Svensson (1994) และ Diebold et al. (2005) โดยเพิ่มจำนวนตัวพารามิเตอร์ อาทิ Bliss (1997) และโดยปรับขนาดการตอบสนองของอัตราดอกเบี้ยที่มีต่อปัจจัยรูปร่าง อาทิ Bjork and Christensen (1999)

เนื่องจากตัวแบบในกลุ่มซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์มีจำนวนมาก นักวิชาการจึงศึกษาและเสนอวิธีคัดเลือกตัวแบบที่ดีเพื่อนำไปใช้งาน ตัวอย่างเช่น Nelson and Siegel (1987) ใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีระดับต่ำของความคลาดเคลื่อน ของอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริงจากอัตราที่ตัวแบบระบุ เพื่อสนับสนุนการใช้งานตัวแบบเพราะค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำชี้ว่าตัวแบบสามารถพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงได้ดี แต่ Bliss (1997) เสนอใช้ความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างในอนาคตเพราะการคัดเลือกโดยใช้ความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งชี้วัดจากค่าสถิติ เช่นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มักลำเอียงเข้าข้างตัวแบบซึ่งซับซ้อน ในขณะที่ De Pooter (2007) และ Luo et al. (2012) คัดเลือกตัวแบบโดยพิจารณาความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงได้ใกล้เคียง พร้อมกับพิจารณาความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างในอนาคตได้แม่นยำ

การคัดเลือกตัวแบบจำลองเพื่อใช้งานจำเป็นต้องคัดเลือกตัวแบบจำลองที่ดี ซึ่งหมายถึงตัวแบบจำลองที่ถูกต้อง สามารถพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างใกล้เคียงและพยากรณ์โครงสร้างในอนาคตได้อย่างแม่นยำ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นด้วยในขั้นต้นกับ De Pooter (2007) และ Luo et al. (2012) อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยเห็นว่า การคัดเลือกโดยการศึกษาในอดีตยังไม่ได้ทดสอบความถูกต้องของตัวแบบ และการคัดเลือกโดยพิจารณาความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงตามการศึกษาเหล่านั้นก็ยังดำรงความลำเอียงอยู่

¹ ผู้อ่านสามารถติดต่อเพื่อขอรับภาพ ซึ่งแสดงรูปทรงของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยสำหรับแต่ละเดือนได้จากผู้วิจัย

การคัดเลือกตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์สำหรับโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทย

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยเสนอวิธีทดสอบประกอบการคัดเลือกตัวแบบจำลองที่เรียบง่าย ซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ และใช้ผลลัพธ์ไปพิจารณาพร้อมกับความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงและความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างในอนาคต วิธีทดสอบเป็นวิธีใหม่ ทำโดยอ้างอิงเงื่อนไขความสัมพันธ์ข้ามสมการซึ่งอัตราดอกเบี้ยสำหรับกระแสเงินสดอายุจะต้องมีระหว่างกันในแต่ละจุดของเวลา เงื่อนไขเป็นเงื่อนไขที่พัฒนาจากเงื่อนไขที่ Hansen and Singleton (1982) ระบุจากความสัมพันธ์ที่ตัวแปรต้องมีระหว่างกันจากการพยากรณ์อย่างมีเงื่อนไข การทดสอบใช้ข้อมูลที่สังเกตได้ ดังนั้นจึงไม่ต้องพึ่งพาข้อมูลปัจจัยรูปร่างที่การศึกษาไม่สามารถสังเกตโดยตรง² ส่วนการพิจารณาความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงได้อ้างอิงค่าสถิติ Akaike Information Criterion (AIC) และค่า Bias-Corrected AIC ซึ่งระบุตำแหน่งที่ตั้งที่ใกล้กว่าของตัวแบบจำลองที่กำลังพิจารณาเกี่ยวกับตัวแบบจำลองที่แท้จริง ดังนั้น ความลำเอียงของการเปรียบเทียบตัวแบบจึงลดลง สุดท้าย การศึกษาพิจารณาความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างในอนาคตโดยเปรียบเทียบค่า Root Mean Square Error ของตัวแบบซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ด้วยกันเองในกลุ่ม และเปรียบเทียบกับของตัวแบบจำลองอื่นซึ่งการศึกษาในอดีตนิยมใช้

การศึกษาใช้ข้อมูลโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยแบบสปอตของประเทศไทยเป็นรายเดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2544 ถึงเดือนกรกฎาคม 2556 สำหรับกระแสเงินสดอายุ 1 เดือน 3 เดือน 6 เดือน 1 ปี และเพิ่มขึ้นระยะละ 1 ปี จนถึง 10 ปี ตัวแบบจำลองที่พิจารณาเป็นตัวแบบยอดนิยมจำนวน 6 ตัวแบบ ซึ่งการทดสอบได้ปฏิเสธตัวแบบทั้งหมด แม้ตัวแบบทั้งหมดจะถูกปฏิเสธ แต่ตัวแบบกลุ่มนี้มีประโยชน์และเป็นที่ยอมรับสำหรับพรรณนารูปทรงของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยและประกอบการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ย โดยเฉพาะสำหรับระยะเวลาที่ทอดยาวออกไปในอนาคต 6 เดือนถึง 1 ปี

ดังนั้น การศึกษาจึงดำเนินต่อไปโดยเปรียบเทียบเพื่อระบุตัวแบบที่มีความสามารถสูงที่สุด การเปรียบเทียบพบว่า ตัวแบบจำลองของ Bjork and Christensen (1999) ซึ่งใช้ปัจจัยรูปร่างจำนวน 4 ปัจจัยสามารถพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงได้ดีกว่าตัวแบบจำลองอื่น ในขณะที่ความสามารถของตัวแบบในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยไม่ด้อยกว่า และในหลายกรณียังเหนือกว่าตัวแบบจำลองคู่แข่งอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อผลการศึกษาเชิงประจักษ์เป็นเช่นนี้ การศึกษาจึงเสนอคัดเลือกตัวแบบจำลองของ Bjork and Christensen (1999) ซึ่งใช้ปัจจัยรูปร่างจำนวน 4 ปัจจัย ให้เป็นตัวแทนของตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์สำหรับใช้งานในตลาดการเงินไทย

ระเบียบวิธีวิจัย

ตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์

Nelson and Siegel (1987) เสนอตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ (A Parsimoniously Parametric Model) เพื่อพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยในแต่ละจุดของเวลา ในเวลาต่อมา Diebold and Li (2006) ได้ปรับตัวแบบดังที่ปรากฏในสมการที่ (1) ให้ทำความเข้าใจได้ง่าย แต่ยังคงรักษาความสามารถของตัวแบบ Nelson- Siegel ได้ครบถ้วน

$$y_t(\tau) = \beta_{1,t} + \beta_{2,t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} \right) + \beta_{3,t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} - e^{-\lambda_1 \tau} \right) \quad (1)$$

² ในอดีต Dufre (2006) อ้างอิงเงื่อนไขของ Hansen and Singleton (1982) เพื่อกำหนดตัวแบบจำลองสำหรับโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยโดยอาศัยเพียงข้อมูลที่สังเกตได้ และการศึกษาของ Huse (2011) ตั้งเป็นสมมติฐานให้ตัวแปรแฝงเป็นฟังก์ชันของตัวแปรที่สังเกตได้ จึงทำให้การกำหนดตัวแบบสามารถทำได้โดยใช้เพียงข้อมูลที่สังเกตได้ การศึกษาทั้งสองต่างจากการทดสอบที่ผู้วิจัยเสนอเพราะ Dufre ไม่ได้เสนอวิธีทดสอบตัวแบบจำลอง ส่วนการใช้ข้อมูลที่สังเกตได้ใน Huse เกิดจากสมมติฐาน ในขณะที่การใช้ข้อมูลที่สังเกตได้ในการศึกษานี้เกิดจากวิธีพยากรณ์ปัจจัยรูปร่างเชิงเส้นตรงโดยใช้ข้อมูลที่สังเกตได้เป็นตัวแปรข่าวสาร

โดยที่ $y_t(\tau)$ เป็นอัตราดอกเบี้ย ณ เวลาที่ t ของกระแสเงินที่มีอายุ τ งวด Diebold and Li (2006) เสนอความหมายของความสัมพันธ์ในสมการที่ (1) ว่าเป็นความสัมพันธ์ตามตัวแบบจำลองปัจจัย (A Three-Factor Model) ซึ่งมีปัจจัย 3 ปัจจัยเพื่ออธิบายพฤติกรรมเคลื่อนไหวของอัตราดอกเบี้ยโดยใช้ปัจจัยขับเคลื่อน 3 ตัว ปัจจัย $\beta_{(1,t)}$ เป็นปัจจัยเบต้า (Beta Factor) ซึ่งขับเคลื่อนระดับ (Level Factor) ของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ย ปัจจัย $\beta_{(2,t)}$ เป็นปัจจัยซึ่งขับเคลื่อนความชัน (Slope Factor) และปัจจัย $\beta_{(3,t)}$ เป็นปัจจัยขับเคลื่อนความโค้ง (Curvature Factor) ปัจจัยทั้งสามซึ่งเรียกโดยรวมว่าเป็นปัจจัยรูปร่าง (Shape Factor) ได้รับการพิจารณาให้เป็นตัวแปรเชิงสุ่ม เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เมื่อปัจจัยทั้งสามเปลี่ยนแปลง โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยย่อมต้องเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบตามไปด้วย การตอบสนองของ (Factor Loading) ของอัตราดอกเบี้ย $y_t(\tau)$ ต่อปัจจัย $\beta_{(1,t)}$ ปัจจัย $\beta_{(2,t)}$ และปัจจัย $\beta_{(3,t)}$ มีขนาดเท่ากับ 1.00 เท่ากับ $\frac{1-e^{-\lambda_1\tau}}{\lambda_1\tau}$ และเท่ากับ $\frac{1-e^{-\lambda_1\tau}}{\lambda_1\tau} - e^{-\lambda_1\tau}$ ตามลำดับ

ค่าพารามิเตอร์ λ_1 เป็นอัตราการถดถอยแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Decay Rate) ซึ่งกำกับความสามารถของฟังก์ชันตามสมการที่ (1) ในการพรรณนารูปทรงของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ย กล่าวคือ ค่า λ_1 ที่มีระดับต่ำจะทำให้ฟังก์ชันสามารถพรรณนาระดับอัตราดอกเบี้ยสำหรับกลุ่มกระแสเงินที่มีอายุยาวนานได้ดี ในขณะที่ค่า λ_1 ที่มีระดับสูงจะทำให้ฟังก์ชันพรรณนาระดับอัตราดอกเบี้ยสำหรับกลุ่มกระแสเงินที่มีอายุสั้นได้ดี นอกจากนี้ ค่า λ_1 ยังกำหนดอายุของกระแสเงิน τ ที่ตรงกับระดับสูงสุดของขนาดการตอบสนองของปัจจัยความโค้งด้วย ค่าพารามิเตอร์ λ_1 อาจถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรเชิงสุ่มเช่นในการศึกษาของ Koopman et al. (2010) แต่ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจะกำหนดให้ค่า λ_1 เป็นค่าคงที่ตามเหตุผลที่ Diebold and Li (2006) ได้ให้ไว้ว่า การกำหนดให้ค่า λ_1 เป็นค่าคงที่จะทำให้การกำหนดปัจจัยรูปร่างทำได้ง่ายโดยใช้เพียงเทคนิคสมการถดถอยเชิงเส้นตรง นอกจากนี้ Yu and Zivot (2011) ยังสังเกตพบว่าโครงสร้างของอัตราดอกเบี้ยที่พรรณนาโดยฟังก์ชันตามสมการที่ (1) มีการตอบสนองเพียงเล็กน้อยต่อค่า λ_1 ที่ปรับเปลี่ยนให้ระดับสูงขึ้นหรือต่ำลง และ Koopman et al. (2010) รายงานว่าไม่พบความสามารถที่เพิ่มขึ้นในการพยากรณ์ของตัวแบบกลุ่ม Nelson-Siegel เมื่อการศึกษายินยอมให้ค่า λ_1 เป็นตัวแปรเชิงสุ่ม

Bliss (1997) ตั้งข้อสังเกตว่าการจำกัดให้ขนาดการตอบสนองต่อปัจจัยความชันและความโค้งต้องขึ้นกับค่า λ_1 เพียงค่าเดียวอาจลดความสามารถของตัวแบบลง ดังนั้นจึงเสนอขยายตัวแบบให้ใช้อัตราการถดถอยสองค่า ค่าที่หนึ่งเป็น λ_1 เพื่อระบุขนาดการตอบสนองต่อปัจจัยความชันและค่าอีกค่าเป็น λ_2 เพื่อระบุขนาดการตอบสนองต่อปัจจัยความโค้ง ดังที่ปรากฏในสมการที่ (2)

$$y_t(\tau) = \beta_{1,t} + \beta_{2,t} \left(\frac{1-e^{-\lambda_1\tau}}{\lambda_1\tau} \right) + \beta_{3,t} \left(\frac{1-e^{-\lambda_2\tau}}{\lambda_2\tau} - e^{-\lambda_2\tau} \right) \quad (2)$$

Svensson (1994) ใช้ตัวแบบ Nelson-Siegel เป็นตัวแบบตั้งต้น แล้วขยายตัวแบบโดยเพิ่มปัจจัยความโค้งปัจจัยที่ 2 ดังในสมการที่ (3) การเพิ่มทำให้ตัวแบบของ Svensson สามารถพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่มีรูปทรง 2 โหนด ดังเช่นที่พบสำหรับประเทศไทยในเดือนมิถุนายน 2548 ได้

$$y_t(\tau) = \beta_{1,t} + \beta_{2,t} \left(\frac{1-e^{-\lambda_1\tau}}{\lambda_1\tau} \right) + \beta_{3,t} \left(\frac{1-e^{-\lambda_1\tau}}{\lambda_1\tau} - e^{-\lambda_1\tau} \right) + \beta_{4,t} \left(\frac{1-e^{-\lambda_2\tau}}{\lambda_2\tau} - e^{-\lambda_2\tau} \right) \quad (3)$$

ในเวลาต่อมา Bjork and Christensen (1999) เสนอขยายตัวแบบ Nelson-Siegel จาก 3 ปัจจัยเป็น 4 ปัจจัยคล้ายกับที่ Svensson (1994) ได้ทำ แต่ต่างกันที่ Bjork and Christensen เสนอใช้ปัจจัยความชันที่ 2 เป็นปัจจัยที่เพิ่มขึ้น และกำหนดให้อัตราการถดถอยของขนาดการตอบสนองต่อปัจจัยความชันที่ 2 เป็น 2 เท่าของค่า λ_1 ดังนี้

$$y_t(\tau) = \beta_{1,t} + \beta_{2,t} \left(\frac{1-e^{-\lambda_1\tau}}{\lambda_1\tau} \right) + \beta_{3,t} \left(\frac{1-e^{-\lambda_1\tau}}{\lambda_1\tau} - e^{-\lambda_1\tau} \right) + \beta_{4,t} \left(\frac{1-e^{-2\lambda_1\tau}}{2\lambda_1\tau} \right) \quad (4)$$

นอกจากนี้ Bjork and Christensen (1999) ยังขยายผลตัวแบบในสมการที่ (4) ออกไปอีก 1 ชั้นโดยเพิ่มปัจจัยความชันปัจจัยที่ 3³ ดังในสมการที่ (5)

$$y_t(\tau) = \beta_{1,t} + \beta_{2,t} \left(\frac{\lambda_1 \tau}{2} \right) + \beta_{3,t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} \right) + \beta_{4,t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} - e^{-\lambda_1 \tau} \right) + \beta_{5,t} \left(\frac{1 - e^{-2\lambda_1 \tau}}{2\lambda_1 \tau} \right) \quad (5)$$

ในทางหนึ่ง การขยายตัวแบบ Nelson-Siegel ออกไปจากตัวแบบที่มี 3 ปัจจัยเป็นตัวแบบที่มี 4 ปัจจัยและ 5 ปัจจัยได้รับการสนับสนุนจากผลการศึกษาเชิงประจักษ์ของ Cochrane and Piazzesi (2005) ซึ่งศึกษาการเคลื่อนไหวตามเวลาของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยในประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วพบว่า การเคลื่อนไหวมีโครงสร้างเป็นส่วนประกอบหลัก (Principal Components) จำนวน 4 ถึง 5 ส่วน อย่างไรก็ตาม ในอีกทางหนึ่ง Litterman and Scheinkman (1991) รายงานว่าส่วนประกอบหลักเพียงสองส่วนแรกสามารถอธิบายพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยได้โดยเฉลี่ยกว่าร้อยละ 98 ดังนั้น ตัวแบบจำลองที่เรียบง่าย อาทิ ตัวแบบของ Diebold et al. (2005) ที่พิจารณาเพียงปัจจัยระดับและปัจจัยความชันดังในสมการที่ (6) จึงอาจเพียงพอที่จะพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ย

$$y_t(\tau) = \beta_{1,t} + \beta_{2,t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} \right) \quad (6)$$

การศึกษานี้เสนอคัดเลือกตัวแบบจำลองจากตัวแบบในสมการที่ (1) ถึง (6) เนื่องจากตัวแบบเหล่านี้เป็นตัวแบบซึ่งเป็นที่รู้จักและใช้งานกว้างขวางทั้งในทางทฤษฎีและในทางปฏิบัติ⁴ และการศึกษาในอดีตได้พิจารณาเปรียบเทียบเพื่อคัดเลือกตัวแบบจำลองสำหรับโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยจากตัวแบบข้างต้นทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด อาทิ การศึกษาของ De Pooter (2007) Almeida et al. (2009) และ Luo et al. (2012)

ตัวแบบจำลองทางสถิติ

ตัวแบบที่มีปัจจัยรวม M ปัจจัยสอดคล้องกับสมการถดถอยที่มีรูปทั่วไปตามสมการที่ (7)

$$y_t(\tau) = \beta_{1,t}X_1(\tau) + \dots + \beta_{M,t}X_M(\tau) + e_t(\tau) \quad (7)$$

โดยที่ $X_{(m=1,\dots,M)}(\tau)$ เป็นขนาดการตอบสนองของอัตราดอกเบี้ย $y_t(\tau)$ ต่อปัจจัยที่ m ตามที่ระบุโดยตัวแบบจำลองที่กำลังพิจารณา ตัวอย่างเช่น ตัวแบบของ Diebold et al. (2005) มีขนาดการตอบสนอง 2 ตัวคือ $X_{(m=1)}(\tau) = 1$ และ $X_{(m=2)}(\tau) = \left(\frac{1 - e^{-\lambda_1 \tau}}{\lambda_1 \tau} \right)$ เป็นต้น ส่วน $e_t(\tau)$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบจำลองสำหรับอัตราดอกเบี้ยที่มีอายุ τ ซึ่งมีคุณสมบัติ $E\{e_t(\tau)\} = 0$

นักวิชาการเช่น Diebold et al. (2006) ได้พิจารณาปัจจัยรูปร่าง $\beta_{(m=1,\dots,M,t)}$ ให้เป็นตัวแปรแฝง (Latent Variable) การกำหนดตัวแบบจำลองในสมการที่ (7) จึงอาจทำได้โดยใช้เทคนิค Kalman Filtering ดังที่ Diebold et al. (2006) เคยใช้ หรืออาจกำหนดให้ปัจจัยรูปร่างมีความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับตัวแปรที่สามารถสังเกตได้ดังที่ Huse (2011) เคยใช้

³ ปัจจัยความชันที่ 3 มีลักษณะต่างจากปัจจัยความชันสองปัจจัยแรก เพราะในขณะที่ขนาดการตอบสนองของอัตราดอกเบี้ยต่อปัจจัยความชันสองปัจจัยแรกมีขนาดลดลงตามอายุอย่างไม่เป็นเส้นตรงตามอายุของกระแสเงิน ขนาดการตอบสนองต่อปัจจัยความชันที่ 3 มีขนาดเพิ่มขึ้นตามอายุอย่างเป็นเส้นตรง

⁴ การศึกษาในอดีตอื่นที่เสนอขยายตัวแบบ Nelson-Siegel ยังมีอีกจำนวนหนึ่ง ตัวอย่างเช่น De Pooter (2007) และ Shan (2011) เสนอเพิ่มปัจจัยที่ 4 เป็นปัจจัยความโค้งตัวที่ 2 ซึ่งมีขนาดการตอบสนองต่างออกไป และ De Razende and Ferreina (2013) ที่ขยายผลจากตัวแบบของ Svensson (1994) ให้ปัจจัยที่ 5 เป็นปัจจัยความชันตัวที่ 2 ผู้วิจัยไม่ได้พิจารณาตัวแบบของ De Pooter และของ Shan เพราะตัวแบบยังไม่เป็นที่ยอมรับในวงวิชาการ และผู้วิจัยไม่ได้พิจารณาตัวแบบของ De Razende and Ferreina เพราะแม้ตัวแบบจะได้รับการยอมรับมากขึ้น เช่นจาก Vela (2013) แต่ตัวแบบให้ขนาดการตอบสนองต่อปัจจัยที่แทบไม่แตกต่างกันโดยเฉพาะสำหรับอัตราดอกเบี้ยที่มีอายุยาวนาน

ผู้วิจัยชี้ว่าเทคนิค Kalman Filtering เป็นเทคนิคที่ใช้งานได้ยาก ส่วนการกำหนดให้ปัจจัยรูปร่างมีความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับตัวแปรที่สามารถสังเกตได้มีความเคร่งครัดมากและไม่จำเป็น ผู้วิจัยตระหนักว่าแม้ปัจจัยรูปร่าง $\beta_{(m=1,...,M,t)}$ จะไม่สามารถสังเกตได้ แต่ผู้วิจัยซึ่งอ้างอิง Hansen and Singleton (1982) สามารถพยากรณ์ปัจจัยรูปร่างได้ในเชิงเส้นตรง (Linear Projection) โดยใช้กลุ่มตัวแปรข่าวสาร $Z_{(j=1,...,J,t-s)}$ จำนวน J ตัว ที่เกิดขึ้นไปก่อนหน้านี้แล้วในอดีตจำนวน S งวด การพยากรณ์ปัจจัยรูปร่าง $\beta_{(m,t)}$ ในเชิงเส้นตรงโดยใช้ตัวแปรข่าวสาร $Z_{(j=1,...,J,t-s)}$ เป็นดังสมการที่ (8) โดยที่ $a_{(m,j=1,...,J)}$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ ส่วน $e_t(\beta_m)$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ซึ่งมีค่าที่คาด $E\{e_t(\beta_m)\} = E\{e_t(\beta_m) | Z_{(j=1,...,J,t-s)}\} = 0$

$$\beta_{m,t} = a_{m,1}Z_{1,t-s} + \dots + a_{m,J}Z_{J,t-s} + e_t(\beta_m) \quad (8)$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ (7) ร่วมกับสมการที่ (8) อัตราดอกเบี้ย $y_t(\tau)$ จะต้องสัมพันธ์กับกลุ่มตัวแปรข่าวสาร $Z_{(j=1,...,J,t-s)}$ ตามสมการที่ (9)

$$y_t(\tau) = (a_{1,1}Z_{1,t-s} + \dots + a_{1,J}Z_{J,t-s})X_1(\tau) + \dots + (a_{M,1}Z_{1,t-s} + \dots + a_{M,J}Z_{J,t-s})X_M(\tau) + \varepsilon_t(\tau) \quad (9.1)$$

$$= (a_{1,1}X_1(\tau) + \dots + a_{M,1}X_M(\tau))Z_{1,t-s} + \dots + (a_{1,J}X_1(\tau) + \dots + a_{M,J}X_M(\tau))Z_{J,t-s} + \varepsilon_t(\tau) \quad (9.2)$$

โดยที่ $\varepsilon_t(\tau) = e_t(\tau) + \sum_{m=1}^M e_t(\beta_m)X_m$ เป็นผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการที่ (7) กับความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จากสมการที่ (8) ปรับด้วยขนาดการตอบสนอง ทั้งนี้ ค่าที่คาด $E\{\varepsilon_t(\tau)\} = E\{\varepsilon_t(\tau) | Z_{(j=1,...,J,t-s)}\} = 0$ เป็นไปตามคุณสมบัติของค่าความคลาดเคลื่อน $e_t(\tau)$ และ $e_t(\beta_m)$

การกำหนดตัวแบบจำลอง

เนื่องจากอัตราดอกเบี้ยที่พิจารณามีจำนวน K อัตรา สมการเพื่อพรรณนาพฤติกรรมของอัตราดอกเบี้ยจึงต้องเป็นระบบสมการ (System of Equations) จำนวน K สมการ ตั้งแต่สมการที่ $\tau = 1$ จนถึง $\tau = K$ ดังนี้

$$y_t(\tau) = \alpha_{\tau,1}Z_{1,t-s} + \dots + \alpha_{\tau,J}Z_{J,t-s} + u_t(\tau) \quad (10)$$

โดยที่ $\alpha_{(\tau,j=1,...,J)}$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ ส่วน $u_t(\tau)$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนจากสมการถดถอย การกำหนดกลุ่มสมการถดถอยเชิงเส้นตรงทำได้โดยวิธี Seemingly Unrelated Regression Estimation (SURE) ของ Zellner (1962)

เมื่อตัวแบบจำลองเป็นแบบที่ถูกต้อง สมการที่ (9.2) และสมการที่ (10) จะต้องเป็นจริงพร้อมกัน และค่าสัมประสิทธิ์ $(a_{(1,j)}X_1(\tau) + \dots + a_{(M,j)}X_M(\tau))$ และ $\alpha_{(\tau,j)}$ จะต้องเท่ากัน

$$(a_{1,j}X_1(\tau) + \dots + a_{M,j}X_M(\tau)) = \alpha_{\tau,j} \quad (11)$$

แม้ผู้วิจัยสามารถกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ $\alpha_{(\tau,j)}$ โดยใช้กลุ่มสมการถดถอย SURE และคำนวณขนาดการตอบสนอง $X_{(m=1,...,M)}(\tau)$ โดยอ้างอิงตัวแบบจำลอง แต่ผู้วิจัยไม่สามารถคำนวณหรือกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ $a_{(m,j)}$ ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้งานเงื่อนไขตามสมการที่ (11) ทางอ้อม โดยเมื่อสังเกตสำหรับค่าสัมประสิทธิ์ $\alpha_{(\tau,j)}$ ของอัตราดอกเบี้ยที่มีอายุ τ ถึงอายุ $\tau+M$ ใด ๆ แล้ว ผู้วิจัยพบว่า

$$\begin{bmatrix} X_1(\tau) & \dots & X_M(\tau) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_1(\tau + M) & \dots & X_M(\tau + M) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{1,j} \\ \vdots \\ a_{M,j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{\tau,j} \\ \vdots \\ \alpha_{\tau+M,j} \end{bmatrix} \quad (12)$$

จากสมการที่ (12) สำหรับกลุ่มอัตราดอกเบี้ยอายุ τ ถึงอายุ $\tau+M$ และกลุ่มอัตราดอกเบี้ยอายุ τ^* ถึงอายุ τ^*+M สองกลุ่มใด ๆ ค่าสัมประสิทธิ์ในกลุ่มสมการถดถอย (10) จะต้องมีความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขข้ามสมการ (Cross-Equation Restrictions) ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X_1(\tau) & \dots & X_M(\tau) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_1(\tau + M) & \dots & X_M(\tau + M) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \alpha_{\tau,j} \\ \vdots \\ \alpha_{\tau+M,j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{1,j} \\ \vdots \\ a_{M,j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1(\tau^*) & \dots & X_M(\tau^*) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_1(\tau^* + M) & \dots & X_M(\tau^* + M) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \alpha_{\tau^*,j} \\ \vdots \\ \alpha_{\tau^*+M,j} \end{bmatrix} \quad (13)$$

ในตัวอย่างจำลองที่พิจารณาอัตราดอกเบี้ยจำนวน K อัตรา และใช้ตัวแปรข่าวสารจำนวน J ตัว จำนวนสัมประสิทธิ์ทั้งหมดตามสมการที่ (10) จะมี KJ ตัว ซึ่งเมื่อผู้วิจัยบังคับค่าสัมประสิทธิ์ให้เป็นไปตามเงื่อนไขในสมการที่ (13) ซึ่งมีจำนวน $(K-M)J$ เงื่อนไขแล้ว⁵ จำนวนสัมประสิทธิ์ที่เหลือเป็นอิสระจะเท่ากับ MJ ตัว

การทดสอบตัวแบบจำลอง

การศึกษาการกำหนดกลุ่มสมการถดถอยที่ (10) โดยวิธี SURE ได้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์ $\hat{\Phi} = [\hat{\alpha}_{\tau=1,j=1} \dots \hat{\alpha}_{\tau=K,j=J}]^T$ ขนาด $(KJ \times 1)$ ของค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งการแจกแจงร่วมแบบปกติ มีค่าที่คาดเท่ากับเวกเตอร์ φ ของค่าสัมประสิทธิ์ที่แท้จริง และมีเมทริกซ์ของความแปรปรวนร่วมขนาด $(KJ \times KJ)$ เท่ากับ Ω

$$\text{หาก } \begin{bmatrix} x_1(\tau) & \dots & x_M(\tau) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1(\tau + M) & \dots & x_M(\tau + M) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1(\tau) & \dots & X_M(\tau) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_1(\tau + M) & \dots & X_M(\tau + M) \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\text{และ } \begin{bmatrix} x_1(\tau^*) & \dots & x_M(\tau^*) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1(\tau^* + M) & \dots & x_M(\tau^* + M) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1(\tau^*) & \dots & X_M(\tau^*) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_1(\tau^* + M) & \dots & X_M(\tau^* + M) \end{bmatrix}^{-1} \quad \text{ต่อไป}$$

เมื่อกำหนดเมทริกซ์ R ซึ่งมีขนาด $((K-M)J \times KJ)$ ให้ทำหน้าที่บังคับเงื่อนไขข้ามสมการตามสมการที่ (13) โดยที่สมาชิกของ R ในตำแหน่งที่ $(m\tau \times ((\tau-1)J + j))$ มีค่าเท่ากับ $x_m(\tau)$ และสมาชิกในตำแหน่งที่ $(m\tau \times ((\tau^*-1)J + j))$ มีค่าเท่ากับ $-x_m(\tau^*)$ แล้ว ผู้วิจัยสามารถระบุค่าสถิติ Wald W ให้เท่ากับ

$$W = \hat{\Phi}^T R^T (R \Omega R^T)^{-1} R \hat{\Phi} \quad (14)$$

ภายใต้สมมติฐานที่ตัวแบบจำลองเป็นตัวอย่างจำลองที่ถูกต้อง ค่าสถิติ Wald จะต้องเป็นตัวอย่างแปรเชิงสุ่มแบบไคสแควร์ซึ่งมีองศาความเป็นอิสระเท่ากับ $(K-M)J$

⁵ การศึกษาไม่ได้พิจารณาเงื่อนไขในสมการที่ (13) ทั้ง M เงื่อนไขสำหรับ $a_{(m=1,j)}$ ถึง $a_{(m=M,j)}$ พร้อมกัน เพราะเป็นการใช้งานเงื่อนไขซ้ำซ้อน แต่จะพิจารณาเงื่อนไขเพียงเงื่อนไขเดียวที่อ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์ $a_{(m=1,j)}$ อย่างไรก็ตาม การพิจารณาเงื่อนไขโดยอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์ $a_{(m>1,j)}$ ตัวใดตัวหนึ่งจะให้ผลลัพธ์เดียวกัน

การเปรียบเทียบความสามารถของตัวแบบจำลอง

ตัวแบบจำลองอาจผ่านการทดสอบทั้งหมด ผ่านบางส่วนหรืออาจไม่ผ่านการทดสอบเลย ในกรณีเหล่านี้ การใช้ผลลัพธ์จากการทดสอบเพียงอย่างเดียวย่อมให้ข้อมูลที่ไม่เพียงพอสำหรับคัดเลือกตัวแบบที่ดีกว่าได้ เพื่อเตรียมการรองรับเหตุการณ์ในกรณีดังกล่าว การศึกษาจึงเสนอวิธีเปรียบเทียบตัวแบบจำลองอีก 2 วิธี เป็นการเพิ่มเติม ดังนี้

การเปรียบเทียบโดยการวัดความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริง

การเปรียบเทียบอาศัยข้อความจริงที่ตัวแบบซึ่งถูกต้องและดีกว่าย่อมต้องพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างใกล้เคียง มีความคลาดเคลื่อนน้อย นอกจากนี้ วิธีเปรียบเทียบต้องไม่ลำเอียงเข้าข้างตัวแบบที่ซับซ้อนหรือที่อ้างอิงค่าพารามิเตอร์จำนวนมากตัว การศึกษาเสนอใช้ค่าสถิติ Akaike Information Criterion (AIC) และค่าสถิติ Bias-Corrected AIC (AICc) ในการเปรียบเทียบ เพราะค่าสถิติ AIC และ AICc ได้ทอนค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดจากความซับซ้อนของตัวแบบและจากค่าพารามิเตอร์จำนวนมากตัวออกแล้ว

เมื่อการศึกษาใช้วิธี SURE ในการกำหนดตัวแบบจำลองตามสมการที่ (10) ภายใต้เงื่อนไขข้ามสมการตามที่ระบุในสมการที่ (13) ค่าสถิติ AIC และ AICc ที่คำนวณได้ตามคำแนะนำของ Van Velsen (2009) จะเท่ากับ

$$AIC = T \ln \left(\text{Det}(\hat{\Sigma}) \right) + KT(\ln(2\pi) + 1) + 2MJ + K(K + 1) \quad (15.1)$$

$$AICc = AIC + T^{-1}(3MJ(K + 1) + 2(MJ)^2K^{-1} + K(K + 1)^2) \quad (15.2)$$

โดยที่ T เป็นจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการกำหนดตัวแบบจำลอง $\hat{\Sigma}$ เป็นเมทริกซ์ของค่าความแปรปรวนร่วมของค่าความคลาดเคลื่อน $u_t(\tau)$ ในสมการที่ (10) ซึ่งถูกกำหนดโดยบังคับเงื่อนไขข้ามสมการตามสมการที่ (13) การศึกษาจะสรุปว่าตัวแบบจำลองเป็นตัวแบบซึ่งมีความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริงได้ดีกว่า เมื่อตัวแบบให้ค่าสถิติ AIC และ AICc ที่ต่ำกว่าค่าของตัวแบบคู่แข่ง

การเปรียบเทียบโดยการวัดความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยในอนาคต

การพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยโดยใช้ตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์

การศึกษาพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยตามตัวแบบจำลองโดยวิธี VAR(1) ซึ่ง Diebold and Li (2006) แนะนำ วิธี VAR(1) ซึ่ง Diebold and Li หมายความว่าถึงเป็นการพยากรณ์ปัจจัยรูปร่างตัวหนึ่ง โดยใช้ระดับของตนเอง ร่วมกับระดับของปัจจัยรูปร่างอื่น ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกันในอดีตจุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียว เช่น การพยากรณ์ปัจจัยความชันที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอีก 12 เดือนข้างหน้าจะใช้ระดับปัจจัยความชันร่วมกับปัจจัยระดับและปัจจัยความโค้งที่เกิดขึ้นในอดีต 12 เดือนก่อนหน้านี้เพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ จากนั้นใช้ค่าสัมประสิทธิ์ร่วมกับปัจจัยที่พบ ณ เวลาปัจจุบันสำหรับพยากรณ์ปัจจัยในอนาคต ก่อนที่จะใช้ปัจจัยที่พยากรณ์เหล่านั้นร่วมกับขนาดของการตอบสนองของอัตราดอกเบี้ยไปพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอีก 12 เดือนข้างหน้าในขั้นตอนสุดท้าย เป็นต้น⁶ การศึกษาใช้การพยากรณ์ตามวิธีที่ Diebold and Li แนะนำเพราะเป็นวิธีซึ่งการพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยโดยการศึกษาในอดีตที่ใช้ตัวแบบกลุ่ม Nelson-Siegel นิยมใช้ การศึกษาไม่ได้ใช้วิธี AR(1) แม้จะเป็นอีกวิธีที่ Diebold and Li ได้แนะนำไว้คู่กันเพราะการพยากรณ์ใช้ข้อมูลน้อยกว่าและพบว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในการศึกษาในอดีตบางชิ้น เช่น Almeida et al. (2009) เป็นต้น

มาตรวัดความสามารถในการพยากรณ์

กำหนดให้ $E^0\{y_{(t+h)}(\tau)\}$ เป็นระดับดอกเบี้ย $y_{(t+h)}(\tau)$ อายุ τ งวดที่พยากรณ์ว่าจะเกิดขึ้นในอีก h เดือนข้างหน้า โดยตัวแบบจำลอง θ ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ของตัวแบบจะเท่ากับ

⁶ การพยากรณ์วิธีนี้ต่างจากการพยากรณ์วิธี VAR(1) ตามความหมายปกติที่ใช้ระดับปัจจัยที่เกิดขึ้นในงวดก่อนหน้า 1 งวดไปกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ แล้วใช้ค่าสัมประสิทธิ์ร่วมกับปัจจัย ณ เวลาปัจจุบัน ไปพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยที่จะเกิดขึ้นในอนาคตที่ละงวดจนกว่าจะครบ 12 งวด

$$\xi_{t+h}^0(\tau) = y_{t+h}(\tau) - E^0\{y_{t+h}(\tau)\} \quad (16)$$

โดยที่ $y_{t+h}(\tau)$ เป็นระดับอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริง เมื่อการศึกษาทำการพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจำนวน L ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เริ่มต้นเมื่อเดือนที่ $t=1$ ค่าสถิติ Root Mean Square Error $RMSE_h^0(\tau)$ เพื่อระบุความสามารถในการพยากรณ์ของตัวแบบจำลอง θ จะเท่ากับ

$$RMSE_h^0(\tau) = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{t=1}^L \left(\xi_{t+h}^0(\tau) \right)^2} \quad (17)$$

ค่าสถิติ Root Mean Square Error ชี้วัดความแม่นยำของการพยากรณ์ได้ เพราะการพยากรณ์ที่แม่นยำย่อมให้ค่าความผิดพลาดต่ำ ค่าความผิดพลาดยกกำลัง 2 จึงต้องต่ำด้วย อนึ่ง ค่า Root Mean Square Error สามารถวัดความคลาดเคลื่อนได้ในลักษณะเดียวกันกับค่า Mean Square Error และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่มีความแตกต่างกันที่ค่า Root Mean Square Error ให้น้ำหนักแก่ความผิดพลาดที่มีค่าสูง มากกว่าความผิดพลาดที่มีค่าต่ำ ในขณะที่ค่า Mean Absolute Error ให้น้ำหนักแก่ค่าความผิดพลาดทุกตัวเท่ากัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าทั้งคู่จะเท่ากันหากค่าที่คาดของความผิดพลาดเป็นศูนย์ แต่หากค่าที่คาดต่างจากศูนย์ ค่า Root Mean Square Error จะทอนความน่าเชื่อถือของตัวแบบลงมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการคัดเลือกที่พยายามหลีกเลี่ยงตัวแบบที่ให้ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นถาวร

เพื่อให้มีค่าสถิติที่สรุปความสามารถในการพยากรณ์ของตัวแบบโดยรวม การศึกษาจะคำนวณค่าสถิติ $RMSE_h^0(\tau)$ ดังในสมการที่ (18) ซึ่งประยุกต์จากคำแนะนำของ Christoffersen and Diebold (1998) โดยการใช้ผลรวมของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดยกกำลังสองของอัตราดอกเบี้ยที่มีอายุคงเหลือทั้งหลาย แล้วถอดรากที่ 2

$$RMSE_h^0 = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{t=1}^L \left(\xi_{t+h}^0(\tau = 1) \right)^2 + \dots + \frac{1}{L} \sum_{t=1}^L \left(\xi_{t+h}^0(\tau = K) \right)^2} \quad (18)$$

การศึกษาจะเปรียบเทียบความสามารถในการพยากรณ์ของตัวแบบจำลอง θ_1 และตัวแบบจำลอง θ_2 โดยใช้ส่วนต่าง $\Delta RMSE_h^{\theta_2-\theta_1}(\tau)$ และส่วนต่าง $\Delta RMSE_h^{\theta_2-\theta_1}$ ในกลุ่มสมการที่ (19)

$$\Delta RMSE_h^{\theta_2-\theta_1}(\tau) = RMSE_h^{\theta_2}(\tau) - RMSE_h^{\theta_1}(\tau) \quad (19.1)$$

$$\Delta RMSE_h^{\theta_2-\theta_1} = RMSE_h^{\theta_2} - RMSE_h^{\theta_1} \quad (19.2)$$

การศึกษาจะสรุปว่า ตัวแบบจำลอง θ_1 มีความสามารถในการพยากรณ์เหนือกว่าตัวแบบจำลอง θ_2 เมื่อส่วนต่าง $\Delta RMSE_h^{\theta_2-\theta_1}(\tau)$ และส่วนต่าง $\Delta RMSE_h^{\theta_2-\theta_1}$ มีค่าเป็นบวก ส่วนความมีนัยสำคัญของส่วนต่างจะคำนวณโดยใช้วิธี Bootstrapping ซึ่ง White (2000) ได้แนะนำไว้

ตัวแบบจำลองคู่แข่งที่เรียบง่ายกลุ่มอื่น

การศึกษาในอดีตที่เปรียบเทียบความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยของตัวแบบกลุ่ม Nelson-Siegel นิยมเปรียบเทียบความสามารถของตัวแบบที่สนใจกับความสามารถของตัวแบบที่เรียบง่ายกลุ่มอื่นด้วย เพราะการพยากรณ์โดยใช้ตัวแบบกลุ่ม Nelson-Siegel ต้องดำเนินการจำนวนมากและซับซ้อน การพยากรณ์จึงควรให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่า การนำตัวแบบไปใช้งานจริงจึงจะคุ้มค่า การศึกษาเสนอพิจารณาตัวแบบจำลอง 4 ตัวแบบต่อไปนี้เพิ่มเติมให้เป็นตัวแบบจำลองคู่แข่ง ตัวแบบจำลองทั้งสี่เป็นตัวแบบคู่แข่งที่การศึกษาในอดีตนิยมใช้อ้างอิง ตัวอย่างเช่น Diebold and Li (2006) และ Luo et al. (2012)

(1) ตัวแบบจำลอง Random Walk พยากรณ์ว่าอัตราดอกเบี้ยที่จะเกิดขึ้นในอนาคตมีระดับเท่ากับระดับอัตราดอกเบี้ยปัจจุบัน ดังนั้น อัตราดอกเบี้ย $E^{RM}\{y_{t+h}(\tau)\}$ ที่พยากรณ์ไปข้างหน้าอีก h งวด จึงกำหนดให้เท่ากับ

$$E^{RM}\{y_{t+h}(\tau)\} = y_t(\tau) \quad (20)$$

(2) ตัวแบบจำลอง Slope Regression เชื่อมโยงขนาดการเปลี่ยนแปลงของอัตราดอกเบี้ยที่จะเกิดขึ้นในช่วง h งวดในอนาคตว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับตัวแปรความชันที่คำนวณจากส่วนต่างของอัตราดอกเบี้ย $y_t(\tau)$ สำหรับกระแสเงินที่มีอายุ τ งวดกับอัตราดอกเบี้ย $y_t(\tau_{Min})$ สำหรับกระแสเงินที่มีอายุสั้นที่สุดระยะ τ_{Min} งวด ทำให้การพยากรณ์อัตราดอกเบี้ย $E^{SR}\{y_{t+h}(\tau)\}$ โดยตัวแบบ Slope Regression มีระดับเท่ากับ

$$E^{SR}\{y_{t+h}(\tau)\} = y_t(\tau) + \hat{b}_0 + \hat{b}_1(y_t(\tau) - y_t(\tau_{Min})) \quad (21)$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ $\hat{b}_0$ และ $\hat{b}_1$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่เกิดจากสมการถดถอยของตัวแปร $y_t(\tau) - y_{(t-h)}(\tau)$ กับตัวแปร $y_{(t-h)}(\tau) - y_{(t-h)}(\tau_{Min})$

(3) ตัวแบบจำลอง AR(1) สำหรับระดับอัตราดอกเบี้ย เป็นตัวแบบตามความหมายที่ Diebold and Li (2006) ใช้ ตัวแบบพิจารณาระดับอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นในอนาคตช่วง h งวดใด ๆ ว่าสัมพันธ์กับระดับอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้น ณ งวดเวลาปัจจุบันเท่านั้น ระดับอัตราดอกเบี้ย $E^{AR(1)-L}\{y_{t+h}(\tau)\}$ ที่พยากรณ์โดยตัวแบบจำลอง AR(1) จะถูกกำหนดให้เท่ากับ

$$E^{AR(1)-L}\{y_{t+h}(\tau)\} = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 y_t(\tau) \quad (22)$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ $\hat{\gamma}_0$ และ $\hat{\gamma}_1$ เป็นค่าที่เกิดจากสมการถดถอยของตัวแปร $y_t(\tau)$ กับตัวแปร $y_{(t-h)}(\tau)$

(4) ตัวแบบจำลอง AR(1) สำหรับขนาดการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ย เป็นตัวแบบจำลองตามความหมายทั่วไป การพยากรณ์อัตราดอกเบี้ย $E^{AR(1)-L}\{y_{t+h}(\tau)\}$ ออกไปในอนาคตในอีก h งวดข้างหน้าใช้การพยากรณ์ขนาดการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ยโดยวิธี AR(1) ออกไปครั้งละ 1 งวดจำนวน h ครั้ง แล้วใช้ผลรวมของขนาดการเปลี่ยนแปลง h ค่าที่พยากรณ์ได้ไปบวกกับอัตราดอกเบี้ยปัจจุบัน ดังนี้

$$E^{AR(1)-D}\{y_{t+h}(\tau)\} = y_t(\tau) + \sum_{i=1}^h \widehat{Dy}_{t+i}(\tau) \quad (23)$$

โดย $Dy_t(\tau) = y_t(\tau) - y_{(t-1)}(\tau)$ และ $\widehat{Dy}_{(t+i)}(\tau) = \hat{\psi}_{(0,i)} + \hat{\psi}_{(1,i)} Dy_t(\tau)$ ส่วน $\hat{\psi}_{(0,i)} = \hat{\pi}_0(1 + \dots + \hat{\pi}_1^{i-1})$ และ $\hat{\psi}_{(1,i)} = \hat{\pi}_1^i$ สุดท้าย ค่าสัมประสิทธิ์ $\hat{\pi}_0$ และ $\hat{\pi}_1$ เป็นค่าที่เกิดจากสมการถดถอยของตัวแปร $Dy_t(\tau)$ กับตัวแปร $Dy_{(t-1)}(\tau)$

ข้อมูลที่ใช้

ข้อมูลโครงสร้างอัตราดอกเบี้ย

การศึกษาใช้ข้อมูลโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยแบบสปอตของตราสารหนี้ภาครัฐ (Thai BMA Zero Coupon Yield Curve) จากสมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย ข้อมูลเป็นข้อมูลรายเดือน ณ วันสิ้นเดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2544 ถึงเดือนกรกฎาคม 2556 อัตราดอกเบี้ยที่พิจารณาประกอบด้วยอัตราดอกเบี้ยสำหรับกระแสเงินที่มีอายุคงเหลือรวม 13 ช่วง ตั้งแต่ช่วง 1 เดือน 3 เดือน 6 เดือน 1 ปี และเพิ่มขึ้นทีละ 1 ปี เรื่อยไปจนถึงช่วง 10 ปี ผู้วิจัยตระหนักว่าอัตราดอกเบี้ยที่สมาคมตลาดตราสารหนี้ไทยรายงานมีอัตราดอกเบี้ยสำหรับกระแสเงินที่มีอายุยาวนานกว่า 10 ปี แต่เหตุผลที่ผู้วิจัยจำกัดความสนใจเฉพาะอัตราดอกเบี้ยสำหรับระยะเวลาไม่เกิน 10 ปี เพราะการคาดการณ์ภาครัฐในตลาดตราสารหนี้ไทยยังมีสภาพคล่องโดยรวมต่ำ และปัญหาสภาพคล่องมีระดับที่รุนแรงมากสำหรับตราสารหนี้ที่มีอายุคงเหลือที่ยาวนานจากข้อความจริงที่จำนวนรุ่นและปริมาณตราสารหนี้ระยะยาวที่ภาครัฐออกยังมีน้อย ในขณะที่ผู้ลงทุนหลักเป็นผู้ลงทุนสถาบันกลุ่มประกันภัย ซึ่งมีกลยุทธ์ถือครองตราสารต่อเนื่องยาวนาน

การคัดเลือกตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์สำหรับโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทย

ตารางที่ 1 รายงานค่าสถิติเชิงพรรณนาของอัตราดอกเบี้ยแบบสปรอตที่ใช้ศึกษา การศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยมีโครงสร้างแบบปกติ ส่วนค่าต่ำสุดและสูงสุดของอัตราดอกเบี้ยมีโครงสร้างปกติเช่นกัน เป็นที่น่าสังเกตว่า การแกว่งตัวของระดับอัตราดอกเบี้ยซึ่งชี้วัดโดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีระดับที่สูงสำหรับอัตราดอกเบี้ยระยะสั้น แต่มีระดับที่ต่ำลงสำหรับอัตราดอกเบี้ยระยะยาว และการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับส่วนต่างของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดชี้ว่า ระดับอัตราดอกเบี้ยมีค่าสุดโต่งในบางจุดของเวลา

การทดสอบคุณสมบัติ Non-Stationarity ของอัตราดอกเบี้ยซึ่งใช้วิธี Augmented Dickey Fuller Test (ADF Test)⁷ พบว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานได้ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์ระดับที่ 1 ($\rho(1)$) ในแถวตั้งที่ 7 ที่พบว่ามีความสูงมากและกว่า 0.90 แต่ผู้วิจัยไม่สรุปว่าอัตราดอกเบี้ยมีพฤติกรรม Non-Stationarity เพราะเมื่อผู้วิจัยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์ระดับที่ 12 ($\rho(12)$) แล้ว ผู้วิจัยพบว่าลดลงมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปตามัญญา ชันววิทย์ และคณะ (2556) ว่าอัตราดอกเบี้ยมีพฤติกรรม Long Memory และจะใช้ระดับอัตราดอกเบี้ยในการศึกษาแทนที่จะใช้ส่วนต่างเพื่อเลี่ยงปัญหา Over-Differencing

ตารางที่ 1: ค่าสถิติเชิงพรรณนาของอัตราดอกเบี้ยแบบสปรอต

อายุของกระแสเงิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าสถิติ ADF	$\rho(1)$	$\rho(12)$
1 เดือน	0.0243	0.0110	0.0090	0.0501	-1.2727	0.9815	0.3915
3 เดือน	0.0250	0.0109	0.0102	0.0503	-1.2428	0.9828	0.3840
6 เดือน	0.0260	0.0107	0.0106	0.0519	-1.2671	0.9814	0.3868
1 ปี	0.0272	0.0107	0.0107	0.0529	-1.3459	0.9783	0.3921
2 ปี	0.0301	0.0106	0.0121	0.0548	-1.6560	0.9651	0.3808
3 ปี	0.0324	0.0101	0.0143	0.0562	-1.9330	0.9522	0.3683
4 ปี	0.0349	0.0095	0.0151	0.0593	-2.2563	0.9346	0.3240
5 ปี	0.0371	0.0093	0.0162	0.0615	-2.3935	0.9261	0.2549
6 ปี	0.0394	0.0090	0.0177	0.0642	-2.5517	0.9155	0.1861
7 ปี	0.0414	0.0087	0.0195	0.0660	-2.7503	0.9025	0.1501
8 ปี	0.0429	0.0090	0.0211	0.0664	-2.7345	0.9033	0.1584
9 ปี	0.0440	0.0093	0.0229	0.0672	-2.7117	0.9052	0.1740
10 ปี	0.0454	0.0094	0.0256	0.0689	-2.6615	0.9087	0.1897

การระบุอัตราการถดถอยแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

อัตราการถดถอย λ_1 หรือ λ_1 และ λ_2 อาจจะระบุให้เท่ากับค่าที่มีการใช้งานหรือที่พบก่อนหน้านี้ในการศึกษาในอดีต ตัวอย่างเช่น ัญญา ชันววิทย์ และคณะ (2556) ระบุให้ค่า λ_1 ของตัวแบบ Diebold and Li (2006) เท่ากับ 0.05978 ตามที่ Pinsai (2007) ได้รายงานไปก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกที่จะไม่กำหนดอัตราการถดถอยให้เท่ากับการศึกษาในอดีตได้รายงานหรือใช้งาน เพราะสำหรับประเทศไทย อัตราการถดถอยมีการรายงานสำหรับตัวแบบ Diebold and Li (2006) เพียงตัวแบบเดียว และค่าที่รายงานนั้นเป็นค่าที่กำหนดไว้นานมาแล้ว นอกจากนี้ แม้การกำหนดอัตราการถดถอยอาจใช้ค่าที่พบจากการศึกษาสำหรับตลาดการเงินในประเทศอื่น แต่ค่าที่พบเหล่านั้นอาจไม่สอดคล้องกับโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยไทย

⁷ การศึกษาจะปฏิเสธสมมติฐาน Non-Stationarity และสรุปว่าตัวแปรมีความคงที่ Stationarity ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.00 เมื่อค่าสถิติ ADF มีระดับ -3.15 หรือต่ำกว่า

การศึกษาเลือกดำเนินการตาม De Pooter (2007) และ De Rezende and Ferreina (2013) ที่กำหนดอัตราการถดถอยให้เป็นค่าที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของค่ากลาง (Average Mean Square Error หรือ AMSE) ของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองในสมการที่ (10) ของอัตราดอกเบี้ยทุกระยะ มีระดับที่ต่ำที่สุด^๘ ค่า $AMSE^{\theta}$ ของตัวแบบจำลอง θ เท่ากับ

$$AMSE^{\theta} = \frac{1}{K} \left\{ \sum_{\tau=1}^K \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(u_t^{\theta}(\tau) \right)^2 \right\} \quad (24)$$

โดยที่ $u_t^{\theta}(\tau)$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนจากตัวแบบจำลอง θ

ตารางที่ 2 รายงานอัตราการถดถอยของตัวแบบจำลองทั้งหมด พร้อมกับค่าเฉลี่ยของค่ากลางของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง ผู้วิจัยพบว่าอัตราการถดถอยสำหรับตัวแบบ Debold and Li (2006) ที่เท่ากับ 0.0310 นั้น ต่างจากค่า 0.05978 ที่รายงานโดย Pinsai (2007)^๙ ซึ่งความแตกต่างอาจเกิดขึ้นจากเหตุผลอย่างน้อย 3 ประการคือ ประการแรก การศึกษาใช้ข้อมูลซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาที่ต่างกัน โดย Pinsai ใช้ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนมีนาคม 2550 ในขณะที่ข้อมูลของผู้วิจัยเริ่มต้นเดือนมีนาคม 2544 และสิ้นสุดเดือนกรกฎาคม 2556 ประการที่สอง ผู้วิจัยใช้ข้อมูลอัตราดอกเบี้ยซึ่งมีอายุแตกต่างกัน 13 ช่วง แต่ Pinsai ใช้ข้อมูลซึ่งมีอายุ 19 ช่วง ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นอัตราดอกเบี้ย 13 ช่วงเช่นเดียวกับของผู้วิจัย แล้วเพิ่มอีก 6 ช่วงสำหรับอัตราดอกเบี้ยอายุ 11 ปี ถึง 16 ปี และ ประการที่สาม การคำนวณปัจจัยรูปร่างโดยใช้สมการถดถอยใช้วิธีที่ต่างกันโดยที่ Pinsai ถ่วงน้ำหนักค่าความคลาดเคลื่อนด้วยส่วนกลับของอายุของกระแสเงิน ในขณะที่ผู้วิจัยให้น้ำหนักเท่ากัน

ตารางที่ 2: อัตราการถดถอยแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

ตัวแบบจำลอง	จำนวนปัจจัยรูปร่าง	อัตราการถดถอย		$AMSE^{\theta} \times 100$
		λ_1	λ_2	
DL	3	0.0310	N.A.	0.0651
BL	3	0.0780	0.0410	0.0643
SV	4	0.1070	0.0470	0.0488
BC4	4	0.0480	N.A.	0.0478
BC5	5	0.0360	N.A.	0.0399
DPR	2	0.0220	N.A.	0.1425

หมายเหตุ DL หมายถึง Diebold and Li (2006) BL หมายถึง Bliss (1997) SV หมายถึง Svensson (1994) BC4 และ BC5 หมายถึง Bjork and Christensen (1999) ที่พิจารณาปัจจัยจำนวน 4 และ 5 ปัจจัย ตามลำดับ และ DPR หมายถึง Diebold et al. (2005) ส่วน N.A. หมายถึง ตัวแบบไม่ได้ใช้งานอัตราการถดถอย λ_2 (Not Applicable)

^๘ การคำนวณใช้การสืบค้น โดยผู้วิจัยระบุอัตราการถดถอยก่อน จากนั้นจึงใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงไปคำนวณปัจจัยรูปร่างและค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละเดือนสำหรับอัตราดอกเบี้ยทุกอัตราและบันทึกค่า $AMSE^{\theta}$ ไว้ ต่อไป ผู้วิจัยปรับอัตราการถดถอยเป็นค่าใหม่ แล้วดำเนินการซ้ำอีก ผู้วิจัยดำเนินการเช่นนี้เรื่อยไปจนพิจารณาอัตราการถดถอยที่เป็นไปได้ทุกค่า สุดท้ายเลือกอัตราการถดถอยที่ให้ค่า $AMSE^{\theta}$ ที่ต่ำที่สุด ผู้วิจัยสืบค้นอัตราการถดถอยในช่วง 1.7933 ถึง 0.0149 ซึ่งตรงกับจุดสูงสุดของขนาดการตอบสนองต่อปัจจัยความโค้งที่ 1 เดือนและ 10 ปี การสืบค้นปรับเปลี่ยนอัตราค่าจะ 0.0050 ซึ่งเป็นการขยับจุดสูงสุดให้เปลี่ยนไปค่าจะ 1 เดือน

^๙ อัตราการถดถอยระดับ 0.0310 และ 0.05978 ตรงกับจุดของเวลา 5 ปี และ 2.5 ปีที่ขนาดการตอบสนองต่อปัจจัยความโค้งมีระดับสูงสุด อัตราถดถอย λ_1 สัมพันธ์กับจุดของเวลา τ_{Max} ที่ขนาดการตอบสนองมีระดับสูงสุดดังนี้ $1 + \lambda_1 \tau_{Max} + (\lambda_1 \tau_{Max})^2 = e^{\lambda_1 \tau_{Max}}$

ผู้วิจัยพบว่า ตัวแบบที่ซับซ้อน มีปัจจัยรูปร่างจำนวนมากปัจจัยหรือมีการอ้างอิงอัตราการถดถอยมากตัวให้ค่า $AMSE^0$ ในระดับต่ำ¹⁰ ค่า $AMSE^0$ สนับสนุนข้อสังเกตของ Bliss (1997) ที่ว่าตัวแบบที่ซับซ้อนสามารถพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริงได้ดีกว่า แต่อาจนำไปสู่ปัญหา Over-Fitting

ข้อมูลตัวแปรข่าวสาร

ผู้วิจัยตระหนักว่า ตัวแปรข่าวสารใดที่มีคุณสมบัติ $E\{u_t(\tau) | Z_{(j=1,...,J),t-s}\} = 0$ ย่อมใช้งานได้ อย่างไรก็ตาม หากตัวแปรข่าวสารไม่มีความสามารถในการพยากรณ์อัตราดอกเบี้ย การทดสอบอาจมีความสามารถ (Power) ไม่เพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน ดังนั้น เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าตัวแปรข่าวสารที่การศึกษาเลือกใช้มีความสามารถในการพยากรณ์ การศึกษาจึงเลือกใช้กลุ่มตัวแปร 2 ชุด ดังนี้

(1) ตัวแปรข่าวสารชุดที่ 1 ปัจจัยรูปร่างในอดีต การศึกษาพิจารณาปัจจัยรูปร่างในอดีตเป็นข้อมูลชุดแรก โดยแบ่งข้อมูลเป็นชุดย่อย 3 ชุด คือปัจจัยที่เกิดขึ้นในอดีตก่อนหน้า 1 เดือน 6 เดือนและ 12 เดือน เพื่อให้การพยากรณ์ประกอบการทดสอบเงื่อนไขมีระยะที่สอดคล้องกับการพยากรณ์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของตัวแบบในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ย

ปัจจัยรูปร่างที่พิจารณาประกอบด้วยปัจจัยระดับ ปัจจัยความชันและปัจจัยความโค้งตามตัวแบบของ Diebold and Li (2006) ที่สร้างโดยใช้ข้อมูลโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยของเดือนและจากการกำหนดอัตราการถดถอยเท่ากับ 0.0310 ตามที่พบในตารางที่ 2 เหตุผลที่ผู้วิจัยใช้ปัจจัยรูปร่างเป็นตัวแปรข่าวสารเพราะ การศึกษาในอดีต เช่น Diebold and Li (2006) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา และ Pinsai (2007) สำหรับประเทศไทย พบว่าปัจจัยรูปร่างสามารถใช้ประกอบการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยได้แม่นยำ ปัจจัยรูปร่างที่พบจากการคำนวณ ณ เดือนที่ J ก่อนหน้าเป็นปัจจัยที่ผู้พยากรณ์สังเกตและคำนวณได้จริง นอกจากนี้ การใช้ปัจจัยรูปร่างในการพยากรณ์ยังไม่ได้สร้างความลำเอียงเพื่อสนับสนุนตัวแบบของ Diebold and Li (2006) เพราะมาตรวัดความสามารถไม่ได้อ้างอิงทั้งหมดกับความคลาดเคลื่อนที่พบจากตัวแบบจำลอง

(2) ตัวแปรข่าวสารชุดที่ 2 ตัวแปรเศรษฐกิจในอดีต แบ่งเป็น 3 ชุดย่อยเช่นกันคือ ตัวแปรที่เกิดขึ้นในอดีตก่อนหน้า 1 เดือน ก่อนหน้า 6 เดือนและก่อนหน้า 12 เดือน ตัวแปรในแต่ละชุดย่อยมี 3 ตัวได้แก่อัตราเงินเฟ้อ อัตราการเปลี่ยนแปลงดัชนีตลาดหลักทรัพย์ และอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเงินความหมายกว้าง ตัวแปรทั้งสามเป็นตัวแปร ซึ่งการศึกษาในอดีตนิยมใช้สำหรับการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ย ตัวอย่างเช่นการพยากรณ์สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาโดย De Pooter et al. (2010) เป็นต้น

อัตราเงินเฟ้อคำนวณจากดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไปซึ่งรายงานโดยสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีตลาดหลักทรัพย์คำนวณจากดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยซึ่งรายงานโดยตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเงินความหมายกว้างคำนวณจากปริมาณเงินความหมายกว้างซึ่งรายงานโดยธนาคารแห่งประเทศไทย อัตราที่คำนวณเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงแบบ Log Difference

¹⁰ ยกเว้นกรณีตัวแบบของ Svensson (1994) ที่ให้ค่า $AMSE^0$ ที่สูงกว่าตัวแบบของ Bjork and Christensen (1999) ทั้งที่จำนวนปัจจัยรูปร่างที่พิจารณา มี 4 ปัจจัยเท่ากัน เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นเพราะผู้วิจัยบังคับให้อัตราการถดถอยของ Svensson ต้องมีค่าที่แตกต่างกันอย่างน้อย 0.06 ตามคำแนะนำของ De Porter (2007) อัตราที่ได้ถูกบังคับของตัวแบบของ Svensson เท่ากับ 0.0600 และ 0.0590 ตามลำดับ ซึ่งทำให้ค่า $AMSE^0$ เท่ากับ 0.0473 แต่การใช้อัตราที่ถูกบังคับไม่ได้ทำให้ความสามารถของตัวแบบของ Svensson ลดลง เพราะในการเปรียบเทียบตัวแบบโดยใช้มาตรวัด AIC และ AICc ตัวแบบของ Svensson ที่ใช้งานอัตราที่มีได้ถูกบังคับกลับมีความสามารถที่ดีกว่าค่าที่มีได้ถูกบังคับ ผู้วิจัยไม่ได้รายงานผลสำหรับตัวแบบของ Svensson ซึ่งใช้อัตราที่ไม่ได้ถูกบังคับ แต่ผู้อ่านซึ่งสนใจสามารถติดต่อเพื่อขอรับผลการศึกษานี้ได้จากผู้วิจัย

ตารางที่ 3 รายงานค่าสัมประสิทธิ์จากการกำหนดตัวแบบจำลองในสมการที่ (10) โดยวิธี SURE แบบไม่ได้บังคับเงื่อนไขข้ามสมการ เริ่มต้นที่ผลการศึกษาในส่วนที่ 3.1 ผู้วิจัยพบว่าปัจจัยระดับ ความชันและความโค้งพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยที่มีอายุคงเหลือทุกระยะได้ดี สำหรับการพยากรณ์ระยะ 1 เดือนและ 6 เดือน แต่ความสามารถของตัวแปรลดลงสำหรับการพยากรณ์ระยะ 12 เดือน โดยที่ปัจจัยความโค้งพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยที่มีอายุคงเหลือทุกระยะได้ดี ยกเว้นอัตราดอกเบี้ย 10 ปี ในขณะที่ปัจจัยระดับพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยที่มีอายุไม่เกิน 1 ปีได้ ส่วนปัจจัยความชันแทบไม่มีความสามารถในการพยากรณ์

ในส่วนที่ 3.2 ตัวแปรชุดที่ 2 พยากรณ์ระยะ 1 เดือนได้ดีกว่าระยะ 6 เดือน และความสามารถของตัวแปรในการพยากรณ์ลดลงจนเกือบเป็นศูนย์สำหรับระยะ 12 เดือน ความสามารถในการพยากรณ์แต่ละระยะของตัวแปรแต่ละตัวยังแตกต่างกันด้วย กล่าวคือดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยใช้พยากรณ์ในระยะสั้น 1 เดือนได้ดี ในขณะที่ปริมาณเงินใช้พยากรณ์ระยะสั้น 1 เดือนและปานกลาง 6 เดือนได้ แต่จำกัดไว้เฉพาะอัตราดอกเบี้ยที่มีอายุตั้งแต่ 7 ปีขึ้นไป ส่วนดัชนีราคาผู้บริโภคมีความสามารถในการพยากรณ์เฉพาะระยะ 6 เดือนเท่านั้น

การที่ตัวแปรข่าวสารชุดที่ 2 ไม่สามารถพยากรณ์ระยะ 12 เดือนขึ้นโดยนัยว่าการทดสอบมีความสามารถลดลง แต่การลดลงของความสามารถมิได้ลดลงจนเป็นศูนย์ เพราะค่าสัมประสิทธิ์จุดตัดแกนสำหรับค่าคงที่ยังพบว่ามีความสำคัญสำหรับอัตราดอกเบี้ยทุกช่วงอายุ และเงื่อนไขในสมการที่ (13) ได้อ้างอิงถึงค่าสัมประสิทธิ์ $\alpha_{(r,j=1)}$ ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์จุดตัดแกนของอัตราดอกเบี้ยอายุ T

เมื่อค่าสัมประสิทธิ์สำหรับตัวแบบจำลองในสมการที่ (10) พบว่าเป็นค่าที่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงสรุปว่า การทดสอบเงื่อนไขข้ามสมการเป็นการทดสอบสมมติฐานที่มีความสามารถในการระบุตัวแบบที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับเงื่อนไขข้ามสมการ

ผลการศึกษาเชิงประจักษ์

การทดสอบเงื่อนไขข้ามสมการ

การศึกษารายงานผลการทดสอบเงื่อนไขข้ามสมการตามสมการที่ (13) ไว้ในตารางที่ 4 โดยที่ค่าสถิติในบรรทัดบนเป็นค่าสำหรับตัวแปรข่าวสารชุดที่ 1 และบรรทัดล่างสำหรับตัวแปรข่าวสารชุดที่ 2 การศึกษาพบว่าค่าสถิติ Wald มีระดับที่สูงมากและตรงกับค่า P-Value เท่ากับ 0.00 เมื่อผลการทดสอบเป็นเช่นนี้ การศึกษาจึงปฏิเสธสมมติฐานสำหรับตัวแบบทุกตัวแบบ

ข้อความจริงที่ตัวแบบถูกปฏิเสธพร้อมกันทั้งหมดสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลอย่างน้อย 2 ประการ ประการแรกเป็นเหตุผลที่ตรงไปตรงมา กล่าวคือตัวแบบจำลองมีโครงสร้างที่เคร่งครัดและให้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราดอกเบี้ยและอายุของกระแสเงินที่ราบเรียบ มีองศาความชันและมีระดับความโค้งเฉพาะเจาะจง ในขณะที่โครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงจำนวนหนึ่งมีความชันที่อาจสูงมากหรือต่ำมาก และระดับความโค้งอาจสูงมากหรือต่ำมากด้วย ประการที่สอง จากตารางที่ 1 ค่าอัตราสหสัมพันธ์ของอัตราดอกเบี้ยมีระดับที่สูง ซึ่ง Bliss (1997) และ Diebold and Li (2006) อธิบายว่าค่าอัตราสหสัมพันธ์ที่สูงอาจเกิดจากผลกระทบด้านภาษีหรือสภาพคล่องของการซื้อขาย ซึ่งผลกระทบต่ออัตราดอกเบี้ยต่างอายุและต่างจุดของเวลาอาจมีระดับหลากหลาย ไม่เป็นระบบ และมีรูปทรงของโครงสร้างไม่สอดคล้องกับตัวแบบจำลอง

การเปรียบเทียบความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริง

แม้ตัวแบบจะถูกปฏิเสธ แต่ตัวแบบยังมีประโยชน์เพราะสามารถใช้พรรณนารูปทรงของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยตามที่ Nelson and Siegel (1987) ได้ชี้ และใช้ประกอบการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยให้แม่นยำยิ่งขึ้น¹¹ เช่นในการศึกษาของ Diebold and Li (2006) อย่างไรก็ตาม เมื่อตัวแบบทั้งหมดถูกปฏิเสธ ผู้วิจัยจึงไม่สามารถใช้ผลการทดสอบเพียงอย่างเดียวเพื่อคัดเลือกตัวแบบจำลอง

ค่าสถิติ AIC และ AICc เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริงได้รายงานไว้ในตารางที่ 4 ผู้วิจัยพบว่าตัวแบบจำลองของ Bjork and Christensen (1999) ซึ่งพิจารณาปัจจัย 4 ปัจจัย ให้ค่าสถิติ AIC และ AICc ที่ต่ำที่สุด สำหรับตัวแบบที่กำหนดโดยใช้ตัวแปรข่าวสาร ทั้งชุดที่ 1 และชุดที่ 2 และการใช้ตัวแปรที่เกิดขึ้นในอดีต 1 เดือน 6 เดือน และ 12 เดือน การที่ความสามารถของตัวแบบของ Bjork and Christensen ที่มี 4 ปัจจัยเหนือกว่าความสามารถของตัวแบบของ Svensson (1994) สามารถอธิบายได้โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยในตารางที่ 1 กล่าวคือ โครงสร้างของอัตราดอกเบี้ยในประเทศไทยส่วนใหญ่มีรูปทรงปกติ มีระลอกคลื่นน้อยระลอกหรือไม่ แต่มีระดับความชันสูงในส่วนโครงสร้างสำหรับอัตราดอกเบี้ยระยะสั้น และมีระดับความชันต่ำในส่วนโครงสร้างสำหรับอัตราดอกเบี้ยระยะยาว ดังนั้น ตัวแบบของ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัย และสองในสี่ปัจจัยเป็นปัจจัยความชัน จึงสามารถพรรณนาโครงสร้างที่มีระดับความชันมากระดัดได้ดีกว่า

ตัวแบบของ Bjork and Christensen ที่มี 4 ปัจจัยเหนือกว่าตัวแบบที่มี 5 ปัจจัย เพราะปัจจัยที่ 5 เป็นปัจจัยความชันที่สาม ซึ่งการพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยอาจไม่จำเป็นต้องใช้ปัจจัยความชันถึง 3 ปัจจัย และสุดท้าย ตัวแบบของ Bjork and Christensen ที่มี 4 ปัจจัยเหนือกว่าตัวแบบของ Diebold and Li (2006) Bliss (1997) และ Diebold et al. (2005) เพราะตัวแบบคู่แข่งที่เหลือทั้งสามไม่สามารถปรับความชันที่มีระดับสูงและต่ำต่างกันสำหรับอัตราดอกเบี้ยระยะสั้นและระยะยาวได้เพียงพอ

¹¹ เนื่องจากการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยโดยใช้ตัวแบบเป็นการพยากรณ์อย่างมีเงื่อนไข ตัวแบบจึงอาจประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์สำหรับการทดสอบภาวะวิกฤตของการลงทุนในกลุ่มตราสารหนี้ ตัวอย่างเช่น อัญญา ชันธวิทย์ (2547) บทที่ 12 ผู้วิจัยขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่แนะนำการใช้ประโยชน์ตัวแบบจำลองในลักษณะใหม่นี้

ตารางที่ 3: การพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยโดยตัวแปรข่าวสารแบบไม่บังคับเงื่อนไข

ส่วนที่ 3.1 ตัวแปรข่าวสารประกอบด้วยปัจจัยระดับ ปัจจัยความชันและปัจจัยความโค้งจากตัวแปรจำลองของ Diebold and Li (2006)

อายุของ กระแสเงิน	1 เดือน			6 เดือน			12 เดือน		
	ค่าคงที่	ระดับ	ความชัน	ความโค้ง	ค่าคงที่	ระดับ	ความชัน	ความโค้ง	ค่าคงที่
1 เดือน	-0.0008	0.9974 ^{***}	0.9284 ^{***}	0.0719 ^{***}	-0.0019	0.9753 ^{***}	0.8016 ^{***}	0.1622 ^{***}	0.0171 ^{***}
3 เดือน	-0.0007	0.9946 ^{***}	0.8919 ^{***}	0.0968 ^{***}	-0.0011	0.9530 ^{***}	0.7573 ^{***}	0.1791 ^{***}	0.0188 ^{***}
6 เดือน	-0.0006	0.9910 ^{***}	0.8427 ^{***}	0.1312 ^{***}	0.0001	0.9233 ^{***}	0.7034 ^{***}	0.1994 ^{***}	0.0208 ^{***}
1 ปี	-0.0010	1.0047 ^{***}	0.7971 ^{***}	0.1684 ^{***}	0.0006	0.9142 ^{***}	0.6524 ^{***}	0.2241 ^{***}	0.0225 ^{***}
2 ปี	0.0004	0.9803 ^{***}	0.6642 ^{***}	0.2502 ^{***}	0.0040 ^{***}	0.8462 ^{***}	0.5260 ^{***}	0.2686 ^{***}	0.0270 ^{***}
3 ปี	0.0015	0.9457 ^{***}	0.5468 ^{***}	0.2897 ^{***}	0.0067 ^{***}	0.7825 ^{***}	0.4258 ^{***}	0.2790 ^{***}	0.0297 ^{***}
4 ปี	0.0031 ^{***}	0.8992 ^{***}	0.4399 ^{***}	0.2999 ^{***}	0.0091 ^{***}	0.7288 ^{***}	0.3412 ^{***}	0.2691 ^{***}	0.0331 ^{***}
5 ปี	0.0026 ^{***}	0.9118 ^{***}	0.3894 ^{***}	0.2971 ^{***}	0.0090 ^{***}	0.7352 ^{***}	0.3003 ^{***}	0.2573 ^{***}	0.0341 ^{***}
6 ปี	0.0033 ^{***}	0.9001 ^{***}	0.3317 ^{***}	0.2833 ^{***}	0.0107 ^{***}	0.7088 ^{***}	0.2555 ^{***}	0.2293 ^{***}	0.0352 ^{***}
7 ปี	0.0047 ^{***}	0.8742 ^{***}	0.2861 ^{***}	0.2549 ^{***}	0.0124 ^{***}	0.6812 ^{***}	0.2210 ^{***}	0.1966 ^{***}	0.0373 ^{***}
8 ปี	0.0041 ^{***}	0.8937 ^{***}	0.2754 ^{***}	0.2370 ^{***}	0.0125 ^{***}	0.6920 ^{***}	0.2175 ^{***}	0.1744 ^{***}	0.0361 ^{***}
9 ปี	0.0043 ^{***}	0.8939 ^{***}	0.2525 ^{***}	0.2349 ^{***}	0.0130 ^{***}	0.6891 ^{***}	0.1996 ^{***}	0.1688 ^{***}	0.0360 ^{***}
10 ปี	0.0052 ^{***}	0.8722 ^{***}	0.2064 ^{***}	0.2258 ^{***}	0.0141 ^{***}	0.6636 ^{***}	0.1596 ^{***}	0.1549 ^{***}	0.0374 ^{***}

หมายเหตุ *** หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 99% ** หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 97.50% * หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95%

ส่วนที่ 3.2 ตัวแปรข่าวสารประกอบด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาผู้บริโภค อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเงินความหมายกว้าง

อายุของ กระแสเงิน	1 เดือน			6 เดือน			12 เดือน		
	ค่าคงที่	ดัชนีราคา	ดัชนีตลาด	ปริมาณเงิน	ค่าคงที่	ดัชนีราคา	ดัชนีตลาด	ปริมาณเงิน	ดัชนีตลาด
1 เดือน	0.0240 ^{***}	0.1326	-0.0448 ^{***}	0.1500	0.0226 ^{***}	0.6267 ^{***}	-0.0155	0.1558	0.0233 ^{***}
3 เดือน	0.0246 ^{***}	0.1566	-0.0439 ^{***}	0.1427	0.0233 ^{***}	0.6221 ^{***}	-0.0144	0.1406	0.0241 ^{***}
6 เดือน	0.0255 ^{***}	0.1989	-0.0428 ^{***}	0.1367	0.0243 ^{***}	0.6176 ^{***}	-0.0124	0.1225	0.0251 ^{***}
1 ปี	0.0266 ^{***}	0.2476	-0.0408 ^{***}	0.1155	0.0256 ^{***}	0.5955 ^{***}	-0.0096	0.0941	0.0263 ^{***}
2 ปี	0.0292 ^{***}	0.3325 [*]	-0.0364 ^{***}	0.0865	0.0287 ^{***}	0.5392 ^{***}	-0.0055	0.0263	0.0293 ^{***}
3 ปี	0.0316 ^{***}	0.3275 ^{**}	-0.0317 ^{***}	0.0366	0.0312 ^{***}	0.4465 ^{***}	-0.0047	-0.0121	0.0316 ^{***}
4 ปี	0.0340 ^{***}	0.3017 [*]	-0.0265 ^{**}	-0.0006	0.0339 ^{***}	0.3355 ^{**}	-0.0005	-0.0480	0.0341 ^{***}
5 ปี	0.0364 ^{***}	0.2466	-0.0232 ^{**}	-0.0613	0.0362 ^{***}	0.2579	0.0015	-0.0936	0.0363 ^{***}
6 ปี	0.0388 ^{***}	0.2265	-0.0195 [*]	-0.1042	0.0389 ^{***}	0.1518	0.0046	-0.1410	0.0387 ^{***}
7 ปี	0.0409 ^{***}	0.1844	-0.0158	-0.137	0.0412 ^{***}	0.0454	0.0094	-0.1976 ^{**}	0.0407 ^{***}
8 ปี	0.0425 ^{***}	0.1278	-0.0112	-0.1751 [*]	0.0428 ^{***}	-0.0302	0.0105	-0.2208 ^{**}	0.0423 ^{***}
9 ปี	0.0436 ^{***}	0.1138	-0.0085	-0.1896 [*]	0.0440 ^{***}	-0.0853	0.0085	-0.2285 ^{**}	0.0433 ^{***}
10 ปี	0.0450 ^{***}	0.0941	-0.0075	-0.2062 ^{**}	0.0455 ^{***}	-0.1381	0.0111	-0.2633 ^{***}	0.0447 ^{***}

หมายเหตุ *** หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 99% ** หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 97.50% * หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4: การทดสอบเงื่อนไขความสัมพันธ์ข้ามสมการและ
การเปรียบเทียบความสามารถของตัวแบบจำลองในการพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริง

ตัวแบบจำลอง	อดีต 1 เดือน			อดีต 6 เดือน			อดีต 12 เดือน		
	Wald	AIC	AICc	Wald	AIC	AICc	Wald	AIC	AICc
DL ¹	50796.202 ^{***} 1888.009 ^{***}	-20089.5465 -19450.0849	-20067.1074	12333.400 ^{***} 1910.675 ^{***}	-19721.9119 -19456.4756	-19699.4728 -19434.0365	3001.944 ^{***} 1751.700 ^{***}	-19493.2394 -19436.8946	-19470.8003 -19414.4555
BL ¹	51391.213 ^{***} 1789.400 ^{***}	-20109.5244 -19446.7375	-20087.0853	12483.901 ^{***} 1817.096 ^{***}	-19736.4526 -19454.6296	-19714.0135 -19432.1906	2947.670 ^{***} 1654.525 ^{***}	-19487.6964 -19432.9768	-19465.2573 -19410.5377
SV ¹	49156.837 ^{***} 1673.906 ^{***}	-20241.3938 -19673.8214	-20217.6027	11478.236 ^{***} 1697.876 ^{***}	-19951.3542 -19684.5468	-19927.5630 -19660.7556	2475.360 ^{***} 1521.590 ^{***}	-19748.7365 -19666.9094	-19724.9454 -19643.1183
BC4 ²	48441.206 ^{***} 1667.556 ^{***}	-20253.3927 -19685.8177	-20229.6016	11387.755 ^{***} 1690.749 ^{***}	-19965.2697 -19697.0860	-19941.4786 -19673.2948	2470.918 ^{***} 1518.220 ^{***}	-19756.9157 -19677.6865	-19733.1245 -19653.8954
BC5 ³	46551.529 ^{***} 1820.838 ^{***}	-20034.0741 -19460.0378	-20008.8950	10998.495 ^{***} 1868.505 ^{***}	-19751.9281 -19474.3480	-19726.7490 -19449.1688	2504.055 ^{***} 1689.505 ^{***}	-19536.9451 -19447.4567	-19511.7660 -19422.2775
DPR ³	48926.955 ^{***} 2068.138 ^{***}	-20136.1424 -19628.3742	-20115.0194	14614.338 ^{***} 1932.400 ^{***}	-19921.1486 -19617.7885	-19900.0256 -19596.6656	3169.999 ^{***} 1905.058 ^{***}	-19662.5807 -19609.6131	-19641.4577 -19588.4901

หมายเหตุ ค่าสถิติที่รายงานในบรรทัดบนเป็นค่าสถิติเมื่อการทดสอบและเปรียบเทียบตัวแบบใช้ตัวแปรข่าวสารชุดที่ 1 ส่วนบรรทัดล่างเป็นของการทดสอบและเปรียบเทียบที่ใช้ตัวแปรชุดที่ 2 *** หมายถึงค่าสถิติ Wald มีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 99% ตัวแบบจำลอง DL หมายถึง Diebold and Li (2006) BL หมายถึง Bliss (1997) SV หมายถึง Svensson (1994) BC4 และ BC5 หมายถึง Bjork and Christensen (1999) ที่พิจารณาปัจจัยจำนวน 4 และ 5 ปัจจัย ตามลำดับ และ DPR หมายถึง Diebold et al. (2005) ¹ หมายถึงองค์ความเป็นอิสระเท่ากับ 40 ² หมายถึงองค์ความเป็นอิสระเท่ากับ 36 ³ หมายถึงองค์ความเป็นอิสระเท่ากับ 44 ค่าสถิติ AIC และ AICc ที่ถูกขีดเส้นใต้เป็นค่าสถิติที่ต่ำที่สุดในการวัดตัวแบบจำลองคู่แข่ง

การเปรียบเทียบความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยในอนาคต

การพยากรณ์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถใช้วิธี VAR(1) ตามความหมายของ Diebold and Li (2006) โดยที่ผู้วิจัยใช้ตัวอย่างจำนวน 36 ตัวอย่างเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ แล้วใช้ค่าสัมประสิทธิ์ไปประกอบการพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยในอนาคตนับจากนั้นระยะ 1 เดือน 6 เดือนและ 12 เดือน สำหรับการพยากรณ์ครั้งถัดไป ผู้วิจัยเพิ่มตัวอย่างเดือนที่ 37 เข้ามา 1 ตัวอย่างและตัดตัวอย่างเดือนที่ 1 ออกไป ผู้วิจัยพยากรณ์เรื่อยไปจนใช้ตัวอย่างครบทุกตัวอย่าง ได้ผลลัพธ์จากการพยากรณ์จำนวน 101 ครั้ง อนึ่งในการคำนวณส่วนต่าง $\Delta RMSE_h^{02-01}(\tau)$ และส่วนต่าง $\Delta RMSE_h^{02-01}$ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ตัวแบบจำลองของ Bjork and Christensen (1999) ที่มี 4 ปัจจัยเป็นตัวแทนจำลองอ้างอิง θ_1 เพราะผลการเปรียบเทียบตัวแบบในตารางที่ 4 ชี้ว่าตัวแบบจำลองนั้นมีความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริงได้ดีกว่าตัวแบบคู่แข่ง

จากตารางที่ 5 ส่วนที่ 1 สำหรับการพยากรณ์ระยะ 1 เดือน ผู้วิจัยพบว่าตัวแบบของ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัยมีความสามารถในการพยากรณ์เหนือกว่าตัวแบบจำลองคู่แข่งทุกตัวแบบแต่ไม่มีนัยสำคัญ ยกเว้นตัวแบบของ Svensson (1994) ที่ตัวแบบของ Bjork and Christensen มีความสามารถโดยรวมดีกว่าเล็กน้อย ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% ความสามารถที่ด้อยกว่าเกิดจากความสามารถที่ด้อยกว่าในการพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยอายุ 3 ปี 5 ปี 7 ปี และ 8 ปี

ความสามารถในการพยากรณ์ของตัวแบบของ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัยพัฒนาขึ้นมากสำหรับการพยากรณ์ระยะ 6 เดือนและ 12 เดือน เริ่มต้นที่การพยากรณ์ระยะ 6 เดือน ตัวแบบมีความสามารถโดยรวมเหนือกว่าตัวแบบจำลองทุกตัวแบบ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบของ Diebold et al. (2005) ความสามารถเป็นความสามารถที่เหนือกว่าอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบของ Svensson (1994) เป็นการเฉพาะซึ่งก่อนหน้านี้ในการพยากรณ์ระยะ 1 เดือน ตัวแบบของ Svensson มีความสามารถเหนือกว่า แต่เมื่อระยะที่พยากรณ์ทอดยาวออกไปเป็น 6 เดือน ตัวแบบของ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัยกลับมีความสามารถเหนือกว่า แม้ความสามารถโดยรวมที่เหนือกว่าจะไม่มีนัยสำคัญ แต่ความสามารถที่เหนือกว่าสำหรับอัตราดอกเบี้ยอายุ 9 ปีและ 10 ปีเป็นความเหนือกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่นสูง 97.50% และ 99% ตามลำดับ

สุดท้าย สำหรับการพยากรณ์ระยะ 12 เดือน ความสามารถของทุกตัวแบบถดถอยลง แต่ตัวแบบจำลองของ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัยยังมีความสามารถโดยรวมเหนือกว่าตัวแบบของ Diebold and Li (2006) และ Diebold et al. (2005) ส่วนความสามารถโดยเปรียบเทียบกับตัวแบบคู่แข่งอื่นที่เหลือ แม้จะมีระดับที่ต่างกันบ้าง แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ

ผู้วิจัยเปรียบเทียบความสามารถของตัวแบบของ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัยกับความสามารถของตัวแบบจำลอง Random Walk ตัวแบบ Slope Regression ตัวแบบ AR(1) ของระดับอัตราดอกเบี้ยและตัวแบบ AR(1) ของส่วนต่างอัตราดอกเบี้ย ผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบความสามารถในการพยากรณ์ได้รายงานไว้ในตารางที่ 5 ส่วนที่ 5.2

สำหรับการพยากรณ์ระยะ 1 เดือน ผู้วิจัยพบว่า ตัวแบบของ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัยมีความสามารถด้อยกว่าตัวแบบคู่แข่งทั้งสี่ตัวแบบ โดยเป็นความสามารถที่ด้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบ Random Walk ตัวแบบ Slope Regression และตัวแบบ AR(1) ของระดับอัตราดอกเบี้ย ความสามารถที่ด้อยกว่า โดยเฉพาะที่ด้อยกว่าตัวแบบ Random Walk เป็นเหตุการณ์ในลักษณะเดียวกันกับที่ Diebold and Li (2006) พบสำหรับการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยในประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้ เหตุผลอาจเป็นเพราะอัตราดอกเบี้ยมีค่าอัตราดอกเบี้ยที่ 1 สูงและมากกว่า 0.90 ซึ่งค่าอัตราดอกเบี้ยชี้ว่าการเคลื่อนไหวในช่วงเวลาสั้น ๆ ของอัตราดอกเบี้ยมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับตัวแบบ Random Walk มากที่สุด

ตารางที่ 5: ความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยในอนาคต
ส่วนที่ 5.1 ความสามารถของตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างถึงค่าพารามิเตอร์

อายุ	1 เดือน					6 เดือน					12 เดือน							
	BC4	DL	BL	SV	BC5	DPR	BC4	DL	BL	SV	BC5	DPR	BC4	DL	BL	SV	BC5	DPR
รวม	1.2674 0.0000	1.2712 0.0037	1.2718 0.0043	1.2613 -0.0062	1.2892 0.0218	1.2767 0.0093	2.8346 0.0000	3.0071 0.1725	2.9929 0.1583	2.8388 0.0042	2.8394 0.0048	3.1914 0.3568	2.9582 0.0000	3.0939 0.1357	3.0655 0.1073	2.9507 -0.0076	2.9378 -0.0204	4.0428 1.0845
1 เดือน	0.1945 0.0000	0.1803 -0.0142	0.1840 -0.0105	0.1932 -0.0013	0.1905 -0.0039	0.2271 0.0327	0.7383 0.0000	0.8137 0.0754	0.8170 0.0787	0.7304 -0.0079	0.7405 0.0021	0.8612 0.1229	0.9508 0.0000	1.0180 0.0672	1.0162 0.0654	0.9474 -0.0033	0.9309 -0.0199	1.3175 0.3667
3 เดือน	0.1943 0.0000	0.1899 -0.0045	0.1916 -0.0027	0.1924 -0.0020	0.1944 0.0001	0.2156 0.0213	0.7569 0.0000	0.8343 0.0774	0.8325 0.0756	0.7505 -0.0064	0.7613 0.0044	0.8855 0.1286	0.9530 0.0000	1.0254 0.0724	1.0163 0.0633	0.9500 -0.0029	0.9352 -0.0177	1.3386 0.3856
6 เดือน	0.2177 0.0000	0.2262 0.0084	0.2237 0.0060	0.2164 -0.0013	0.2167 -0.0010	0.2356 0.0179	0.7909 0.0000	0.8706 0.0797	0.8641 0.0732	0.7860 -0.0050	0.7951 0.0042	0.9198 0.1289	0.9518 0.0000	1.0262 0.0744	1.0106 0.0588	0.9478 -0.0040	0.9368 -0.0149	1.3509 0.3991
1 ปี	0.2509 0.0000	0.2643 0.0133	0.2665 0.0156	0.2484 -0.0025	0.2487 -0.0023	0.2712 0.0202	0.8071 0.0000	0.8844 0.0773	0.8762 0.0691	0.8036 -0.0035	0.8143 0.0071	0.9320 0.1249	0.9363 0.0000	1.0006 0.0644	0.9831 0.0469	0.9316 -0.0046	0.9245 -0.0117	1.3306 0.3943
2 ปี	0.3349 0.0000	0.3409 0.0060	0.3376 0.0027	0.3338 -0.0010	0.3310 -0.0039	0.3534 0.0185	0.8520 0.0000	0.9242 0.0722	0.9176 0.0656	0.8495 -0.0025	0.8572 0.0052	0.9607 0.1087	0.9164 0.0000	0.9617 0.0453	0.9482 0.0317	0.9112 -0.0052	0.9078 -0.0086	1.2946 0.3782
3 ปี	0.3603 0.0000	0.3577 -0.0026	0.3574 -0.0029	0.3580 -0.0023	0.3664 0.0062	0.3670 0.0068	0.8406 0.0000	0.9025 0.0619	0.8978 0.0572	0.8413 0.0007	0.8450 0.0044	0.9392 0.0986	0.8502 0.0000	0.8781 0.0279	0.8696 0.0194	0.8471 -0.0031	0.8467 -0.0035	1.1935 0.3433
4 ปี	0.3714 0.0000	0.3711 -0.0003	0.3735 0.0021	0.3697 -0.0017	0.3808 0.0094	0.3655 -0.0059	0.8123 0.0000	0.8620 0.0497	0.8568 0.0445	0.8150 0.0027	0.8181 0.0058	0.8947 0.0824	0.7848 0.0000	0.8055 0.0207	0.7988 0.0139	0.7823 -0.0026	0.7840 -0.0008	1.0827 0.2978
5 ปี	0.3778 0.0000	0.3750 -0.0027	0.3744 -0.0034	0.3749 -0.0028	0.3904 0.0126	0.3711 -0.0067	0.8042 0.0000	0.8376 0.0334	0.8313 0.0271	0.8072 0.0031	0.8095 0.0054	0.8846 0.0805	0.7636 0.0000	0.7811 0.0175	0.7736 0.0100	0.7610 -0.0026	0.7640 0.0004	1.023 0.2595
6 ปี	0.3977 0.0000	0.3938 -0.0040	0.3946 -0.0032	0.3960 -0.0018	0.4089 0.0111	0.3837 -0.0140	0.7891 0.0000	0.8190 0.0299	0.8128 0.0238	0.7929 0.0038	0.7923 0.0033	0.8667 0.0777	0.7289 0.0000	0.7402 0.0114	0.7336 0.0047	0.7273 -0.0015	0.7330 0.0041	0.9589 0.2301
7 ปี	0.4147 0.0000	0.4112 -0.0034	0.4111 -0.0036	0.4118 -0.0029	0.4235 0.0089	0.4017 -0.0130	0.7649 0.0000	0.7845 0.0196	0.7807 0.0158	0.7692 0.0043	0.7685 0.0036	0.8453 0.0803	0.6980 0.0000	0.7085 0.0105	0.7027 0.0047	0.6975 -0.0005	0.7029 0.0049	0.9056 0.2076
8 ปี	0.4251 0.0000	0.4248 -0.0003	0.4256 0.0005	0.4230 -0.0021	0.4371 0.0120	0.4184 -0.0067	0.7576 0.0000	0.7690 0.0114	0.7663 0.0087	0.7646 0.0070	0.7587 0.0011	0.8366 0.0790	0.6917 0.0000	0.7014 0.0098	0.6972 0.0055	0.6921 0.0004	0.6958 0.0041	0.8700 0.1783
9 ปี	0.4400 0.0000	0.4442 0.0042	0.4451 0.0051	0.4384 -0.0016	0.4488 0.0087	0.4396 -0.0004	0.7515 0.0000	0.7620 0.0105	0.7614 0.0100	0.7598 0.0083	0.7416 -0.0099	0.8334 0.0819	0.6818 0.0000	0.6932 0.0113	0.6925 0.0107	0.6844 0.0026	0.6848 0.0030	0.8462 0.1644
10 ปี	0.4398 0.0000	0.4493 0.0095	0.4477 0.0079	0.4400 0.0002	0.4460 0.0062	0.4416 0.0018	0.7446 0.0000	0.7568 0.0122	0.7564 0.0118	0.7556 0.0110	0.7225 -0.0221	0.8343 0.0897	0.6580 0.0000	0.6371 0.0150	0.6745 0.0165	0.6620 0.0040	0.6583 0.0003	0.8301 0.1720

หมายเหตุ *** หมายถึงความแม่นยำสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 99% ** หมายถึงความแม่นยำสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 97.50% * หมายถึงความแม่นยำสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวแบบจำลอง DL หมายถึง Diebold and Li (2006) BL หมายถึง Bliss (1997) SV หมายถึง Svensson (1994) BC4 และ BC5 หมายถึง Bjork and Christensen (1999) ที่พิจารณาปัจจัยจำนวน 4 และ 5 ปัจจัย ตามลำดับ และ DPR หมายถึง Diebold et al. (2005)

ส่วนที่ 5.2 ความสามารถของตัวแบบจำลองคู่แข่งกลุ่มอื่น

อายุ	1 เดือน				6 เดือน				12 เดือน						
	BC4	R. Walk	Slope	AR(1)-L	AR(1)-D	BC4	R. Walk	Slope	AR(1)-L	AR(1)-D	BC4	R. Walk	Slope	AR(1)-L	AR(1)-D
รวม	1.2674 0.0000	1.1625 -0.1049	1.1733 -0.0942	1.1826 -0.0848	1.1948 -0.0727	2.8346 0.0000	3.1043 0.2697	3.1619 0.3273	2.9551 0.1205	1.7949 -1.0397	2.9582 0.0000	4.1122 1.1540	4.3599 1.4016	3.9899 1.0316	2.7624 -0.1958
1 เดือน	0.1945 0.0000	0.2249 0.0304	N.A. N.A.	0.2390 0.0446	0.2218 0.0274	0.7383 0.0000	0.8989 0.1606	N.A. N.A.	0.9534 0.2151	0.6908 -0.0475	0.9508 0.0000	1.4285 0.4777	N.A. N.A.	1.4064 0.4557	0.9419 -0.0089
3 เดือน	0.1943 0.0000	0.2147 0.0204	0.1897 -0.0046	0.2270 0.0327	0.2026 0.0082	0.7569 0.0000	0.8918 0.1349	0.8630 0.1061	0.9384 0.1815	0.4742 -0.2827	0.9530 0.0000	1.4062 0.4532	1.3969 0.4439	1.3844 0.4314	0.9089 -0.0441
6 เดือน	0.2177 0.0000	0.2221 0.0044	0.1994 -0.0183	0.2340 0.0162	0.2174 -0.0004	0.7909 0.0000	0.8794 0.0885	0.8250 0.0341	0.9172 0.1262	0.4596 -0.3313	0.9518 0.0000	1.3711 0.4193	1.3127 0.3609	1.3492 0.3974	0.8058 -0.1460
1 ปี	0.2509 0.0000	0.2362 -0.0147	0.2243 -0.0266	0.2445 -0.0065	0.2346 -0.0163	0.8071 0.0000	0.8800 0.0729	0.8633 0.0562	0.9066 0.0995	0.5017 -0.3055	0.9363 0.0000	1.3412 0.4050	1.3317 0.3954	1.3300 0.3938	0.9203 -0.0160
2 ปี	0.3349 0.0000	0.2916 -0.0433	0.2967 -0.0382	0.2991 -0.0358	0.2976 -0.0373	0.8520 0.0000	0.9095 0.0575	0.9598 0.1078	0.9062 0.0542	0.5009 -0.3511	0.9164 0.0000	1.2987 0.3823	1.4205 0.5041	1.2800 0.3635	0.8863 -0.0301
3 ปี	0.3603 0.0000	0.3147 -0.0456	0.3280 -0.0323	0.3227 -0.0376	0.3262 -0.0341	0.8406 0.0000	0.8839 0.0433	0.9669 0.1263	0.8572 0.0166	0.4729 -0.3677	0.8502 0.0000	1.1769 0.3267	1.3398 0.4897	1.1766 0.3264	0.7831 -0.0670
4 ปี	0.3714 0.0000	0.3386 -0.0327	0.3565 -0.0149	0.3439 -0.0274	0.3526 -0.0188	0.8123 0.0000	0.8578 0.0455	0.9509 0.1386	0.7908 -0.0215	0.4882 -0.3241	0.7848 0.0000	1.0504 0.2656	1.2550 0.4701	1.0509 0.2661	0.7256 -0.0592
5 ปี	0.3778 0.0000	0.3487 -0.0291	0.3654 -0.0124	0.3525 -0.0253	0.3630 -0.0148	0.8042 0.0000	0.8648 0.0606	0.9632 0.1590	0.7720 -0.0321	0.4704 -0.3338	0.7636 0.0000	0.9979 0.2343	1.2558 0.4922	0.9981 0.2345	0.6920 -0.0716
6 ปี	0.3977 N.A.	0.3578 -0.0399	0.3752 -0.0225	0.3623 -0.0355	0.3715 -0.0263	0.7891 0.0000	0.8621 0.0730	0.9556 0.1665	0.7553 -0.0338	0.4610 -0.3281	0.7289 0.0000	0.9554 0.2265	1.2356 0.5067	0.9280 0.1991	0.6574 -0.0715
7 ปี	0.4147 0.0000	0.3736 -0.0410	0.3905 -0.0242	0.3757 -0.0390	0.3859 -0.0288	0.7649 0.0000	0.8290 0.0641	0.9172 0.1522	0.7127 -0.0522	0.4775 -0.2874	0.6980 0.0000	0.9155 0.2175	1.1705 0.4724	0.8355 0.1375	0.6393 -0.0588
8 ปี	0.4251 0.0000	0.3846 -0.0405	0.4004 -0.0247	0.3864 -0.0387	0.3999 -0.0252	0.7576 0.0000	0.8262 0.0686	0.9082 0.1506	0.7040 -0.0536	0.4699 -0.2878	0.6917 0.0000	0.8998 0.2081	1.1333 0.4416	0.7936 0.1019	0.6247 -0.0670
9 ปี	0.4400 0.0000	0.3962 -0.0438	0.4131 -0.0270	0.3988 -0.0412	0.4104 -0.0297	0.7515 0.0000	0.8099 0.0584	0.8908 0.1394	0.6896 -0.0619	0.4807 -0.2708	0.6818 0.0000	0.8712 0.1893	1.1083 0.4265	0.7709 0.0891	0.6387 -0.0431
10 ปี	0.4398 0.0000	0.3959 -0.0439	0.4125 -0.0274	0.3981 -0.0417	0.4107 -0.0291	0.7446 0.0000	0.7902 0.0456	0.8750 0.1304	0.6729 -0.0717	0.4796 -0.2650	0.6580 0.0000	0.8505 0.1925	1.0893 0.4312	0.7274 0.0694	0.6150 -0.0430

หมายเหตุ *** หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 99% ** หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 97.50% * หมายถึงความมีนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ตัวแบบจำลอง BC4 หมายถึง Bjork and Christensen (1999) ที่พิจารณาปัจจัยจำนวน 4 ปัจจัย R. Walk หมายถึงตัวแบบ Random Walk ตัวแบบ Slope หมายถึงตัวแบบ Slope Regression ตัวแบบ AR(1)-L หมายถึง Autoregression ระดับที่ (1) ซึ่งใช้ตัวแปรระดับอัตราดอกเบี้ย และตัวแบบ AR(1)-D หมายถึง ตัวแบบ Autoregression ระดับที่ (1) ซึ่งใช้ตัวแปรส่วนต่างของระดับอัตราดอกเบี้ย

สำหรับการพยากรณ์ระยะ 6 เดือน ความสามารถในการพยากรณ์ของตัวแบบ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัย มีระดับที่เหนือกว่าตัวแบบ Random Walk ตัวแบบ Slope Regression และตัวแบบ AR(1) ของระดับอัตราดอกเบี้ย แต่ตัวแบบพยากรณ์ได้แม่นยำน้อยกว่าตัวแบบ AR(1) ของส่วนต่างอัตราดอกเบี้ยอย่างมีนัยสำคัญ และโดยเปรียบเทียบ ความสามารถในการพยากรณ์ของตัวแบบ Bjork and Christensen ซึ่งมี 4 ปัจจัยมีระดับสูงสุดสำหรับระยะที่พยากรณ์ 12 เดือน ซึ่งเหนือกว่าตัวแบบ Random Walk ตัวแบบ Slope Regression และตัวแบบ AR(1) ของระดับอัตราดอกเบี้ยได้อย่างมีนัยสำคัญ และไม่ด้อยกว่าตัวแบบ AR(1) ของส่วนต่างอัตราดอกเบี้ย

ความสามารถของตัวแบบของ Bjork and Christensen ที่เหนือกว่าหรือไม่ด้อยกว่าตัวแบบจำลองซึ่งเรียบง่ายกลุ่มอื่น สำหรับการพยากรณ์ระยะ 6 เดือนและ 12 เดือน อาจอธิบายได้ในทางหนึ่งว่าเกิดจากคุณสมบัติของตัวแบบที่บังคับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราดอกเบี้ยต่างอายุให้ต้องมีความสัมพันธ์กันตลอดเวลาที่โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยเคลื่อนไหวต่อไปในอนาคต แม้ความสัมพันธ์จะถูกปฏิเสธโดยเงื่อนไขข้ามสมการตามสมการที่ (13) แต่ความสัมพันธ์ยังอาจมีข่าวสารข้อมูลที่เป็นประโยชน์จำนวนหนึ่ง การยึดโยงกันระหว่างอัตราดอกเบี้ยต่างอายุทำให้การพยากรณ์ที่ไกลออกไปในอนาคตไม่กระจกระบาย เป็นระบบและเหนือกว่าการพยากรณ์โดยใช้ตัวแบบซึ่งเรียบง่ายกลุ่มอื่นซึ่งพยากรณ์อัตราดอกเบี้ยแต่ละอัตราแยกกันอย่างอิสระ

สรุป

การคัดเลือกตัวแบบจำลองเพื่อใช้งานจำเป็นต้องคัดเลือกตัวแบบจำลองที่ดี โดยที่ตัวแบบจำลองที่ดีพึงเป็นตัวแบบจำลองที่ถูกต้อง สามารถพรรณนาโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างใกล้เคียงและพยากรณ์โครงสร้างในอนาคตได้อย่างแม่นยำ ในการศึกษา ผู้วิจัยเสนอวิธีทดสอบใหม่ประกอบการคัดเลือกตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ และใช้ผลลัพธ์ไปพิจารณาพร้อมกับความสามารถในการพรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงและความสามารถในการพยากรณ์โครงสร้างในอนาคต การศึกษาพิจารณาตัวแบบจำลองจำนวน 6 ตัวแบบ ซึ่งการทดสอบได้ปฏิเสธตัวแบบทั้งหก แม้ตัวแบบจะถูกปฏิเสธ แต่ตัวแบบยังคงมีประโยชน์และเป็นที่ยอมรับสำหรับพรรณนารูปทรงของโครงสร้างอัตราดอกเบี้ยและสำหรับพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยในอนาคต ดังนั้น การศึกษาจึงดำเนินต่อไปโดยเปรียบเทียบเพื่อระบุตัวแบบที่มีความสามารถสูงที่สุดและพบว่า ตัวแบบจำลองของ Bjork and Christensen (1999) ซึ่งใช้ปัจจัยรูปร่างจำนวน 4 ปัจจัย พรรณนาโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงได้ดีกว่าตัวแบบจำลองอื่น ในขณะที่ความสามารถของตัวแบบในการพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยไม่ด้อยกว่า และในหลายกรณียังเหนือกว่าความสามารถของตัวแบบจำลองคู่แข่งอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อผลการศึกษาเชิงประจักษ์เป็นเช่นนั้น การศึกษาจึงเสนอคัดเลือกตัวแบบจำลองของ Bjork and Christensen (1999) ซึ่งใช้ปัจจัยรูปร่างจำนวน 4 ปัจจัย ให้เป็นตัวแทนของตัวแบบจำลองที่เรียบง่ายซึ่งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์สำหรับใช้งานในตลาดตราสารหนี้ไทย

เอกสารอ้างอิง

อัญญา ชันววิทย์. (2547). *การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการลงทุนในหลักทรัพย์*. กรุงเทพฯ: ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย.

อัญญา ชันววิทย์, ธนนันต์ ศิวโมกษธรรม, กษิตศ ทองปลิว, พาติศ รังศิริกุล และ ไตรรัตน์ พุทธิรักษา. (2556). *การพยากรณ์โครงสร้างอัตราดอกเบี้ยโดยใช้ตัวแบบจำลอง Dynamic Nelson-Siegel เมื่อปัจจัยรูปร่างเคลื่อนตัวตามกระบวนการ Long Memory*. กรุงเทพฯ: รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (ได้ตอบรับให้ตีพิมพ์แล้วใน วารสารบริหารธุรกิจ นิต้า).

Bjork, T., and B. Christensen, (1999). Interest rate dynamics and consistent forward rate curves, *Mathematical Finance*, 9, 323-348.

Bliss, R., (1997). Testing term structure estimation methods, *Advances in Futures and Options Research*, 9, 97-231.

Christoffersen, P., and F. Diebold, (1998). Cointegration and long-horizon forecasting, *Journal of Business and Economic Statistics*, 16, 450-458.

Cochrane, J., and M. Piazzesi, (2005). Bond risk premia, *American Economic Review*, 94, 138-160.

De Pooter, M., (2007). *Examining the Nelson-Siegel class of term structure models*, Discussion Paper. The Netherlands: Erasmus University.

De Pooter, M., F. Ravazzolo, and D. van Dijk, (2010). *Term structure forecasting using macro factors and forecast combination*, Discussion Paper. Washington, D.C.: Board of Governors of the Federal Reserve System.

De Rezende, R., and M. Ferreina, (2013). Modeling and forecasting the yield curve by an extended Nelson-Siegel class of models: A quantile autoregression approach. *Journal of Forecasting*, 32, 111-123.

Diebold, F., and C. Li, (2006). Forecasting the term structure of government bond yields. *Journal of Econometrics*, 130, 337-364.

Diebold, F., M. Piazzesi, and G. Rudebusch, (2005). Modeling bond yields in nance and macroeconomics. *American Economic Review*, 95, 415-420.

Diebold, F., G. Rudebusch, and B. Aruoba, (2006). The macroeconomy and the yield curve: A dynamic latent factor approach. *Journal of Econometrics*, 131, 309-338.

Dufe, G., (2006). Term structure estimation without using latent factors. *Journal of Financial Economics*, 79, 507-536.

Hansen, L., and K. Singleton, (1982). Generalized instrumental variables estimators of nonlinear rational expectations models, *Econometrica*, 50, 1269-1286.

- Huse, C., (2011). Term structure modeling with observable state variables. *Journal of Banking and Finance*, 35, 3240-3252.
- Koopman, S., M. Mallee, M. van der Wel, (2010). Analyzing the term structure of interest rates using the dynamic Nelson-Siegel model with time-varying parameters. *Journal of Business and Economic Statistics*, 28, 329-343.
- Litterman, R., and J. Scheinkman, (1991). Common factors affecting bond returns. *Journal of Fixed Income*, 1, 54-61.
- Luo, X., H. Han, and J. Zhang, (2012). Forecasting the term structure of Chinese treasury yields. *Pacific-Basin Finance Journal*, 20, 639-659.
- Nelson, C., and A. Siegel, (1987). Parsimonious modeling of yield curves. *Journal of Business*, 60, 473-489.
- Pinsai, P., (2007). *Forecasting term structure of government bond yields in Thailand: Nelson-Siegel Approach, An Independent Study*. Bangkok: M. Sc. (Finance). Thammasat Business School,
- Shan, L., (2011). Forecasting interest rates term structure based on dynamic four shape factors model, 2011 *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, IEEE Computer Society, 468-471.
- Svensson, L., (1994). *Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992 – 1994*. NBER Working Paper. Massachusetts: National Bureau of Economic Research.
- Van Velsen, J., (2009). *A corrected AIC for the selection of seemingly unrelated regression models*, Discussion Paper. The Netherlands: Dutch Ministry of Justice.
- Vela, D., (2013). *Forecasting Latin-American yield curves: An artificial neural network approach*, Discussion Paper. Colombia: Banco de la Republica.
- White, H., (2000). A reality check for data snooping. *Econometrica*, 68, 1097-1126.
- Yu, W., and E. Zivot, (2011). *Forecasting the term structure of treasury and corporate yields using dynamic Nelson-Siegel models*, Working Paper. Minnesota: Winona State University.
- Zellner, A., (1962). An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and Tests for aggregation bias. *Journal of the American Statistical Association*, 57, 648-368.