



## เปรียบเทียบการพยากรณ์มูลค่าหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารพาณิชย์โดยใช้ตัวแบบอาร์มีมาและอาร์แม็กซ์

### Comparison of forecasting valuation in commercial banking groups

#### using the ARIMA and ARIMAX Models

#### กำธร ตันศิริรุ่งเรือง<sup>1</sup> และสมพร ปันโกษา<sup>2</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการเงินมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 1730531201004@live4.utcc.ac.th

<sup>2</sup>อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, somporn\_pun@utcc.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์มูลค่าหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารพาณิชย์โดยใช้ตัวแบบอาร์มีมา และอาร์แม็กซ์โดยใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างคือ ธนาคารไทยพาณิชย์ ธนาคารกสิกรไทย และธนาคารกรุงเทพ ในช่วงเวลา 6 ปี ตั้งแต่ เดือน มกราคม ค.ศ. 2013 ถึง เดือน ธันวาคม ค.ศ. 2018 รวมทั้งสิ้น 72 เดือน และพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ล่วงหน้า 1 ปี ตั้งแต่ เดือน มกราคม ค.ศ. 2019 ถึง เดือน ธันวาคม ค.ศ. 2019 แบบจำลองที่ใช้ได้แก่ แบบจำลองอาร์มีมา และแบบจำลองอาร์แม็กซ์ โดยพิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : MAPE) และ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ผลการศึกษาพบว่า การพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ในปี 2019 ด้วยแบบจำลองอาร์มีมา และแบบจำลองอาร์แม็กซ์ ให้ค่าสถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำที่สุด ค่อนข้างสูงกว่าราคาหลักทรัพย์ที่เกิดขึ้นจริง ครั้งนี้จึงได้ทดสอบการพยากรณ์เพิ่มขึ้นอีกช่วงเวลาได้แก่ปี 2018 เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองอาร์มีมา และแบบจำลองอาร์แม็กซ์สามารถนำมาใช้พยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ได้ ผลการทดสอบพบว่าในปี 2018 ทั้งแบบจำลองอาร์มีมา และแบบจำลองอาร์แม็กซ์มีความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์มากกว่าปี 2019 และได้ราคาหลักทรัพย์ใกล้เคียงกับราคาหลักทรัพย์ที่เกิดขึ้นจริง

**คำสำคัญ :** แบบจำลองอาร์มีมา, แบบจำลองอาร์แม็กซ์

#### ABSTRACT

This study aims to compare stock price forecasting in commercial bank sector by using ARIMA and ARIMAX models. Data of a sample group gathered from Siam Commercial Bank, Kasikorn Bank, and Bangkok Bank from January 2013 to December 2018 in total of 72 months or 6 years and stock prices were forecasted in advance for 1 year from January 2019 to December 2019. Models that used in the study included ARIMA and ARIMAX, by considering Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE) to compare performance of the models.

Findings of the study found it that stock prices forecasted by ARIMA and ARIMAX models provided minimum MAPE and RMSE that rather higher than actual stock prices. So, the forecast was conducted in additional period that was to include 2018 in order to test whether could ARIMA and ARIMAX models be used to forecast



stock prices. The trial suggested that in 2018, both ARIMA and ARIMAX models could forecast stock prices more precisely than it was for 2019 and the stock prices derived from the model were similar to actual stock prices.

**Keywords :** ARIMA Model, ARIMAX Model

## 1. บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ธนาคารพาณิชย์มีการขยายตัวในด้านทรัพย์สิน ผลการดำเนินงาน รวมถึงการจ่ายเงินปันผลให้แก่นักลงทุน การที่จะช่วยส่งเสริมให้ธุรกิจธนาคารพาณิชย์มีความคล่องตัวในการพัฒนาไปสู่การแข่งขันอย่างเสรีทางการเงินได้นั้น จำเป็นต้องมีการเผยแพร่ความรู้และข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่การลงทุนในกลุ่มหลักทรัพย์ธนาคารพาณิชย์ให้กับนักลงทุนด้วย และสิ่งจูงใจให้มีการลงทุนนั้นก็คือ ผลตอบแทนจากการลงทุนในหลักทรัพย์ (Stock Return)

มูลค่าหลักทรัพย์หรือราคาหุ้นเป็นข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลา มีลักษณะผันผวนขึ้นลงตลอดเวลา ทำให้คาดเดาทิศทางเคลื่อนไหวได้ยาก จึงมักมีผู้วิจัยนำข้อมูลมูลค่าหลักทรัพย์เหล่านี้ไปใช้ประมาณค่า และพยากรณ์ในรูปแบบต่างๆ ข้อมูลที่นิยมใช้ เช่น ข้อมูลดัชนีราคา SET Index SET100 SET50 กลุ่มอุตสาหกรรม และหมวดธุรกิจต่างๆ เป็นต้น ซึ่งการเลือกข้อมูลมูลค่าหลักทรัพย์นั้นขึ้นอยู่กับความสนใจของผู้วิจัยว่าอยากจะดูภาพรวมของตลาด หรืออยากจะเจาะจงกลุ่มอุตสาหกรรม หรือหมวดธุรกิจใด จากการผันผวนของราคาหลักทรัพย์ทำให้นักลงทุนต้องเผชิญกับความเสี่ยงในการซื้อขายหลักทรัพย์ สิ่งที่นักลงทุนให้ความสนใจคือ เมื่อไหร่จะเกิดภาวะขาขึ้น เมื่อไหร่จะเกิดภาวะตกต่ำ เมื่อไหร่หลักทรัพย์ตัวใดจะมีราคาสูงขึ้นหรือต่ำลง จึงทำให้นักวิเคราะห์หรือนักลงทุนส่วนใหญ่พยายามค้นคิดและหาเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และพยากรณ์แนวโน้มราคาที่จะเป็นในอนาคตของหลักทรัพย์ เพื่อให้สามารถซื้อขายหลักทรัพย์ได้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของราคา ซึ่งมีเครื่องมือหลายชนิดให้นักลงทุนหรือนักวิเคราะห์เลือกใช้ในการพยากรณ์ดัชนีราคา ความเสี่ยงและอัตราผลตอบแทน โดยแต่ละบริษัทหรือนักวิเคราะห์ต่างก็เลือกใช้เครื่องมือแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความถนัดของแต่ละคน หรือขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละธนาคารและบริษัท เครื่องมือแต่ละตัวที่ใช้ในการวิเคราะห์เหล่านั้นต่างมีจุดแข็งจุดอ่อนและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ไม่สามารถใช้ได้กับทุกสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

จากการศึกษาเครื่องมือหรือเทคนิคในการพยากรณ์ดัชนีราคา และอัตราผลตอบแทนของหลักทรัพย์ที่มีข้อมูลเป็นอนุกรมเวลา มีความผันผวนตลอดเวลานั้นได้ ผู้วิจัยจึงตั้งวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับมูลค่าหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารพาณิชย์ด้วยเครื่องมือต่างๆ ซึ่งเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการพยากรณ์คือ วิธีของ Box-Jenkins ด้วยตัวแบบ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average Model) เป็นวิธีหาตัวแบบพยากรณ์โดยอาศัยความสัมพันธ์ของข้อมูลในอดีตเพื่อหาตัวแบบที่แสดงพฤติกรรมของข้อมูล และใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์ค่าในอนาคต ในบางครั้งจะพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาอาจจะได้รับผลกระทบมาจากปัจจัยอื่นๆด้วย ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความแม่นยำของค่าพยากรณ์ได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาแบบจำลองที่เป็นการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาโดยอาศัยปัจจัยอื่น ซึ่งเรียกว่าแบบจำลองออริแม็กซ์ (Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Model : ARIMAX)



## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อมูลค่าหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารพาณิชย์
- 2.2. เพื่อพยากรณ์มูลค่าหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารพาณิชย์ล่วงหน้า 1 ปี ด้วยวิธี Box-Jenkins
- 2.3. เพื่อทดสอบความแม่นยำของการพยากรณ์มูลค่าราคาหลักทรัพย์ล่วงหน้า 1 ปี ด้วยวิธี ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE)

## 3. การดำเนินการวิจัย

### 3.1. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ หลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคาร 3 ธนาคาร ได้แก่ ธนาคารไทยพาณิชย์ (SCB) ธนาคารกสิกรไทย (KBANK) และธนาคารกรุงเทพ (BBL) และตัวแปรอิสระ เพื่อใช้ในการพยากรณ์ของแบบจำลอง ได้แก่ อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินบาท / หยวน (CNY) อัตราเงินเฟ้อ (INF) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (MLR) ดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินบาท/ ดอลลาร์ (USD) และดัชนีการลงทุนภาคเอกชน (PI) โดยใช้ราคาปิดที่เกิดขึ้นรายเดือน ตั้งแต่ มกราคม ค.ศ. 2013 ถึง ธันวาคม ค.ศ. 2018 (6 ปี) และข้อมูลจริงที่นำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง ตั้งแต่ มกราคม ค.ศ. 2019 ถึง ธันวาคม ค.ศ. 2019 ล่วงหน้า 1 ปี ในครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจาก <https://th.investing.com>

### 3.2. ขั้นตอนการศึกษา

#### 3.2.1. วิธีการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารจากแบบจำลองอาร์มีมา (ARIMA)

1. ทดสอบความนิ่งและความไม่นิ่งของข้อมูล (Stationary And Nonstationary) โดยการทดสอบคุณสมบัติ Stationary ของข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบ Unit Root Test ซึ่งการศึกษานี้ได้ใช้วิธีการทดสอบ Unit Root Test ของ Augmented Dickey Fuller (ADF) Test การตรวจสอบว่าข้อมูลมีลักษณะ Stationary หรือไม่ ทำการทดสอบเฉพาะ Intercept การพิจารณาว่าข้อมูล Stationary หรือไม่ให้ดูที่ค่า P-Value หากค่า P-Value < 0.05 (กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ความเชื่อมั่น 95 %) จึงสรุปว่าข้อมูล Stationary

2. เมื่อได้ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) แล้ว จึงนำข้อมูลไปทำการกำหนดแบบจำลอง ARIMA (p,d,q) โดยพิจารณาจากคอเรลโลแกรม ค่าออโตรีเกรสซีฟฟังก์ชัน (Autoregressive Function : ACF) และค่าพารามิเตอร์ของออโตรีเกรสซีฟ (Autoregressive parameter : PACF) เพื่อที่จะระบุว่าแบบจำลองควรมี ออโตรีเกรสซีฟ (autoregressive) (p) และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average) (q) เท่าใด

3. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (estimation parameter) โดยการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary least squares) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของออโตรีเกรสซีฟ (Autoregressive parameter) และพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average parameter)

4. การตรวจสอบความถูกต้อง (diagnostic checking) เพื่อทำการหาแบบจำลองที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบแบบจำลองจากค่าสถิติต่างๆ ประกอบกับการพิจารณาค่า Q-statistic, ค่า Akaike information criterion, Schwarz criterion และพิจารณาค่า Root Mean Square Error (RMSE) หรือค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยเลือกรูปแบบที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด



5. การพยากรณ์ (Forecasting) ใช้สมการพยากรณ์ที่สร้างจากรูปแบบการพยากรณ์ที่กำหนดและผ่านการตรวจสอบตามขั้นตอนดังกล่าวมาพยากรณ์ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

### 3.2.2. วิธีการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารจากแบบจำลองอาร์แมกซ์ (ARIMAX)

1. การทดสอบความเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality Test) ตัวแปรที่จะนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของดัชนีชี้ราคาหลักทรัพย์ จะทำการทดสอบความเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality Test) โดยเป็นการทดสอบทางสถิติในเรื่องของความเป็นเหตุเป็นผลระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลา เมื่อได้ตัวแปรจากการทดสอบดัชนีชี้ราคาหลักทรัพย์แล้วก็นำตัวแปรดังกล่าวมาทำการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ล่วงหน้า ด้วยแบบจำลองอาร์แมกซ์ (ARIMAX)

2. การพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารจากแบบจำลองอาร์แมกซ์ (ARIMAX) การพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์โดยแบบจำลองอาร์แมกซ์ เป็นการนำค่าในอดีตของราคาหลักทรัพย์และปัจจัยชี้ราคาหลักทรัพย์ทำการพยากรณ์ล่วงหน้าในอนาคต โดยพิจารณาแบบการเปลี่ยนแปลงของราคาหลักทรัพย์ ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาเหมือนกับการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์จากแบบจำลองอาร์มา (ARIMA) เพียงแต่เพิ่มตัวแปรอิสระ ซึ่งเป็นปัจจัยชี้ราคาหลักทรัพย์เข้าไปในแบบจำลองการพยากรณ์

### 3.3. การทดสอบความแม่นยำของผลการพยากรณ์จากแบบจำลองอาร์มา (ARIMA) และแบบจำลองอาร์แมกซ์ (ARIMAX)

นำผลการพยากรณ์จากแบบจำลองอาร์มา (ARIMA) และแบบจำลองอาร์แมกซ์ (ARIMAX) มาเปรียบเทียบกับค่าที่เกิดขึ้นจริงแล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error :MAPE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างการพยากรณ์จากแบบจำลองอาร์มา (ARIMA) และ แบบจำลองอาร์แมกซ์ (ARIMAX) ดังนี้

#### 1. ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \times 100 \quad (3.1)$$

โดยที่  $y_t$  คือ ค่าจริงของมูลค่าอนุกรมเวลา ณ เวลาที่  $t$

$\hat{y}_t$  คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลาที่  $t$

$n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

#### 2. ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error :RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2} \quad (3.2)$$

เกณฑ์ในการเลือกตัวแบบพิจารณาจากค่า MAPE และ RMSE ของการพยากรณ์ในแต่ละวิธีที่มีค่าต่ำสุด ซึ่งแสดงว่าวิธีการพยากรณ์ดังกล่าวเหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ใช้สร้างตัวแบบนั้น



#### 4. ผลการศึกษา

##### 4.1. ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit root test)

ในการศึกษานี้พิจารณาจากค่า P-Value ของค่าสถิติ ADF ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller Test หรือ ADF Test ทำการทดสอบข้อมูลที่มี Order of Integration เท่ากับศูนย์ หรือ I(0), I(1) และ I(2) ที่ระดับ Level โดยทดสอบแบบมีเฉพาะ Intercept จากนั้นทำการพิจารณาความนิ่งของข้อมูลโดยการเปรียบเทียบค่า t-statistic ของ ADF Test กับค่า Mackinnon Critical Values ณ ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 ผลการทดสอบพบว่าทุกตัวแปรมีลักษณะนิ่งที่ระดับผลต่างลำดับที่สองเนื่องจากค่า t-statistic มีค่ามากกว่าค่า Mackinnon Critical Values (Prob. <0.01) โดยแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ unit root test ของหลักทรัพย์และตัวแปรอิสระ

หลักทรัพย์	At Level (Prob.)	1 <sup>st</sup> Difference(Prob.)	2 <sup>nd</sup> Difference(Prob.)
BBL	0.0004	0.0000	0.0000
KBANK	0.0252	0.0001	0.0000
SCB	0.0162	0.0001	0.0000
CNY	0.5303	0.0000	0.0000
INF	0.5040	0.0000	0.0001
MLR	0.6800	0.0000	0.0000
SET	0.0025	0.0110	0.0000
USD	0.0118	0.0000	0.0000
PI	1.0000	0.0000	0.0000

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

##### 4.2. การกำหนดรูปแบบ (Identification)

เมื่อพิจารณาจาก Correlogram ของข้อมูลอนุกรมเวลาของราคาหลักทรัพย์ BBL KBANK และ SCB ณ ระดับปกติพบว่าข้อมูลมีลักษณะนิ่งแบบ white noise กล่าวคือราคาหลักทรัพย์ขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบของตัวแบบได้ และเมื่อทำการพิจารณา Correlogram ของผลต่างลำดับที่ 1 และ 2 (1<sup>st</sup> และ 2<sup>nd</sup> Difference) ของข้อมูล (ดังรูปที่ 1-3) ซึ่งพบว่ามีลักษณะนิ่งและสามารถหารูปแบบของตัวแบบได้ โดยการกำหนดตัวแบบเพื่อหาอันดับที่ p ของตัวแบบ autoregressive และอันดับที่ q ของตัวแบบ moving average ซึ่งจะพิจารณาจากค่า Autocorrelation Function (ACF) และค่า Partial Autocorrelation (PACF) ในการสร้างตัวแบบ ARIMA(p,d,q) โดยพิจารณาว่า ACF และ PACF ที่เกินออกมานอกช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะได้ตัวแบบคือ AR (1) และ MA (1) ของแบบจำลองและจะได้ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับหลักทรัพย์ดังตารางที่ 2



Date: 07/18/20 Time: 10:20 Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 72					Date: 07/18/20 Time: 10:21 Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 71					Date: 07/18/20 Time: 10:22 Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 70							
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.576	0.576	24.935	0.000		1	-0.258	-0.258	4.9446	0.026		1	-0.603	-0.603	26.555	0.000	
2	0.388	0.084	36.413	0.000		2	0.056	-0.111	5.1820	0.075		2	0.229	-0.213	30.451	0.000	
3	0.157	-0.145	38.323	0.000		3	-0.227	-0.231	9.1154	0.028		3	-0.120	-0.133	31.541	0.000	
4	0.149	0.131	40.061	0.000		4	-0.171	-0.325	11.388	0.023		4	-0.099	-0.333	32.282	0.000	
5	0.245	0.232	44.844	0.000		5	0.118	-0.035	12.485	0.029		5	0.137	-0.197	33.739	0.000	
6	0.234	-0.033	49.248	0.000		6	0.010	-0.038	12.492	0.052		6	-0.172	-0.321	36.071	0.000	
7	0.245	0.054	54.179	0.000		7	0.293	0.215	19.466	0.007		7	0.362	0.145	46.540	0.000	
8	0.044	-0.190	54.338	0.000		8	-0.282	-0.196	25.988	0.001		8	-0.362	-0.088	57.169	0.000	
9	0.058	0.106	54.619	0.000		9	0.127	0.062	27.343	0.001		9	0.250	-0.006	62.326	0.000	
10	-0.036	-0.099	54.729	0.000		10	-0.157	0.003	29.447	0.001		10	-0.148	0.030	64.172	0.000	
11	-0.026	-0.069	54.790	0.000		11	0.007	-0.036	29.451	0.002		11	-0.046	-0.113	64.351	0.000	
12	-0.037	-0.026	54.911	0.000		12	-0.010	-0.150	29.460	0.003		12	-0.050	-0.117	64.656	0.000	
13	-0.038	0.034	55.042	0.000		13	0.117	0.124	30.676	0.004		13	0.077	0.056	65.192	0.000	
14	-0.119	-0.191	56.343	0.000		14	0.012	-0.031	30.689	0.006		14	-0.013	-0.055	65.206	0.000	
15	-0.220	-0.095	60.851	0.000		15	-0.050	0.020	30.925	0.009		15	-0.052	-0.009	65.454	0.000	
16	-0.269	-0.112	67.755	0.000		16	0.069	0.009	31.369	0.012		16	0.128	0.015	66.986	0.000	
17	-0.355	-0.141	79.947	0.000		17	-0.157	-0.020	34.055	0.008		17	-0.162	-0.024	69.493	0.000	
18	-0.307	-0.063	89.263	0.000		18	0.056	-0.034	34.481	0.011		18	0.100	-0.065	70.468	0.000	
19	-0.279	-0.016	97.080	0.000		19	-0.068	-0.060	34.936	0.014		19	-0.096	-0.060	71.381	0.000	
20	-0.199	0.023	101.12	0.000		20	0.090	-0.050	35.752	0.016		20	0.119	-0.034	72.793	0.000	
21	-0.181	0.036	104.53	0.000		21	-0.007	0.030	35.757	0.023		21	-0.064	-0.032	73.216	0.000	
22	-0.169	-0.005	107.58	0.000		22	0.051	0.020	36.034	0.030		22	0.037	0.014	73.361	0.000	
23	-0.196	-0.028	111.76	0.000		23	-0.007	0.009	36.039	0.041		23	0.003	0.013	73.362	0.000	
24	-0.190	0.035	115.76	0.000		24	-0.043	0.064	36.244	0.052		24	-0.029	0.119	73.453	0.000	
25	-0.198	-0.121	120.20	0.000		25	-0.049	-0.081	36.511	0.064		25	-0.018	-0.005	73.491	0.000	
26	-0.138	0.043	122.42	0.000		26	0.009	0.025	36.521	0.082		26	-0.005	-0.030	73.493	0.000	
27	-0.098	-0.012	123.55	0.000		27	0.075	0.048	37.178	0.092		27	0.059	0.022	73.901	0.000	
28	-0.112	-0.098	125.08	0.000		28	-0.024	-0.024	37.250	0.113		28	-0.070	-0.021	74.484	0.000	
29	-0.096	-0.023	126.22	0.000		29	0.060	-0.009	37.699	0.129		29	0.104	0.014	75.825	0.000	
30	-0.120	-0.030	128.06	0.000		30	-0.140	-0.073	40.172	0.102		30	-0.125	-0.096	77.799	0.000	
31	-0.031	0.024	128.18	0.000		31	0.012	-0.041	40.190	0.125		31	0.076	-0.077	78.546	0.000	
32	0.045	0.069	128.45	0.000		32	-0.005	0.035	40.194	0.152		32	-0.054	-0.030	78.930	0.000	

รูปที่ 1 แสดง Correlogram ของราคาหลักทรัพย์ BBL ที่ระดับปกติ ผลต่างลำดับที่ 1 และ 2

Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 72					Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 71					Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 70							
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.539	0.539	21.762	0.000		1	-0.381	-0.381	10.730	0.001		1	-0.650	-0.650	30.863	0.000	
2	0.435	0.204	36.155	0.000		2	0.055	-0.105	10.960	0.004		2	0.167	-0.442	32.937	0.000	
3	0.283	-0.020	42.338	0.000		3	0.028	0.012	11.014	0.012		3	0.014	-0.250	32.963	0.000	
4	0.114	0.132	43.363	0.000		4	-0.050	-0.034	11.207	0.024		4	-0.060	-0.216	33.223	0.000	
5	0.013	-0.113	43.376	0.000		5	0.055	0.029	11.447	0.043		5	0.114	-0.002	34.230	0.000	
6	-0.198	-0.215	46.544	0.000		6	-0.146	-0.138	13.155	0.041		6	-0.222	-0.248	38.101	0.000	
7	-0.244	-0.061	51.442	0.000		7	0.197	0.112	16.306	0.022		7	0.348	0.150	47.779	0.000	
8	-0.461	-0.321	69.115	0.000		8	-0.376	-0.325	27.912	0.000		8	-0.353	-0.035	57.899	0.000	
9	-0.339	0.104	78.837	0.000		9	0.073	-0.211	28.363	0.001		9	0.163	-0.128	60.096	0.000	
10	-0.295	0.047	86.332	0.000		10	-0.010	-0.134	28.371	0.002		10	-0.024	-0.192	60.142	0.000	
11	-0.244	-0.003	91.550	0.000		11	0.040	0.038	28.508	0.003		11	0.043	0.015	60.300	0.000	
12	-0.240	-0.184	96.677	0.000		12	-0.056	-0.100	28.782	0.004		12	-0.061	-0.059	60.625	0.000	
13	-0.189	-0.077	99.901	0.000		13	0.043	0.029	28.951	0.007		13	0.041	0.105	60.776	0.000	
14	-0.182	-0.234	102.96	0.000		14	-0.032	-0.155	29.045	0.010		14	-0.017	-0.065	60.802	0.000	
15	-0.146	-0.066	104.94	0.000		15	-0.056	-0.081	29.337	0.015		15	-0.075	-0.135	61.323	0.000	
16	-0.047	-0.075	105.15	0.000		16	0.192	-0.002	32.822	0.006		16	0.184	0.041	64.479	0.000	
17	-0.132	-0.192	106.83	0.000		17	-0.157	-0.160	35.197	0.006		17	-0.187	-0.027	67.810	0.000	
18	-0.052	-0.031	107.10	0.000		18	0.088	-0.101	35.950	0.007		18	0.128	-0.038	69.386	0.000	
19	-0.052	-0.083	107.37	0.000		19	-0.089	-0.108	36.748	0.009		19	-0.103	-0.044	70.428	0.000	
20	0.036	-0.069	107.51	0.000		20	0.052	-0.106	37.026	0.012		20	0.090	-0.013	71.240	0.000	
21	0.080	-0.054	108.16	0.000		21	-0.035	-0.117	37.153	0.016		21	-0.056	-0.011	71.567	0.000	
22	0.154	-0.040	110.71	0.000		22	0.032	-0.080	37.259	0.022		22	-0.009	-0.055	71.576	0.000	
23	0.198	-0.080	114.96	0.000		23	0.104	-0.019	38.430	0.023		23	0.105	-0.028	72.749	0.000	
24	0.154	-0.109	117.59	0.000		24	-0.095	0.015	39.427	0.025		24	-0.092	0.177	73.681	0.000	
25	0.189	-0.175	121.64	0.000		25	-0.041	-0.246	39.620	0.032		25	-0.013	0.016	73.700	0.000	
26	0.280	0.115	129.49	0.000		26	0.055	-0.138	39.967	0.039		26	0.030	-0.049	73.900	0.000	
27	0.271	0.046	136.20	0.000		27	0.070	-0.060	40.549	0.045		27	0.022	-0.071	73.858	0.000	
28	0.216	0.002	143.84	0.000		28	0.002	0.029	40.549	0.059		28	-0.042	-0.024	74.073	0.000	
29	0.163	-0.082	147.13	0.000		29	0.056	0.031	40.934	0.070		29	0.058	0.078	74.490	0.000	
30	0.065	-0.087	147.67	0.000		30	-0.073	-0.026	41.599	0.077		30	-0.070	0.023	75.109	0.000	
31	0.038	-0.052	147.85	0.000		31	0.035	0.013	41.756	0.084		31	0.066	0.039	75.665	0.000	
32	-0.027	-0.066	147.95	0.000		32	-0.036	-0.003	41.926	0.113		32	-0.055	0.081	76.064	0.000	

รูปที่ 2 แสดง Correlogram ของราคาหลักทรัพย์ KBANK ที่ระดับปกติ ผลต่างลำดับที่ 1 และ 2



Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 72					Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 71					Sample: 2013M01 2018M12 Included observations: 70				
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat
1		0.474	0.474	16.872	0.000									
2		0.436	0.272	31.326	0.000									
3		0.247	-0.045	36.032	0.000									
4		0.197	0.007	39.088	0.000									
5		0.198	0.104	42.221	0.000									
6		-0.023	-0.238	42.264	0.000									
7		0.063	0.083	42.589	0.000									
8		-0.181	-0.230	45.323	0.000									
9		-0.113	-0.012	46.411	0.000									
10		-0.116	0.075	47.559	0.000									
11		-0.065	0.068	47.925	0.000									
12		-0.023	-0.011	47.973	0.000									
13		-0.072	0.029	48.435	0.000									
14		0.077	0.090	48.982	0.000									
15		0.025	-0.004	49.039	0.000									
16		0.038	-0.103	49.176	0.000									
17		0.015	-0.018	49.198	0.000									
18		0.049	0.054	49.439	0.000									
19		-0.029	-0.151	49.526	0.000									
20		-0.039	0.040	49.681	0.000									
21		0.018	0.091	49.714	0.000									
22		0.036	0.077	49.848	0.001									
23		-0.018	-0.088	49.885	0.001									
24		-0.002	0.071	49.885	0.001									
25		-0.001	-0.055	49.886	0.002									
26		0.047	0.079	50.136	0.003									
27		0.038	0.033	50.305	0.004									
28		0.011	-0.070	50.318	0.006									
29		0.004	-0.046	50.321	0.008									
30		-0.084	-0.034	51.223	0.009									
31		-0.103	-0.101	52.598	0.009									
32		-0.145	-0.063	55.387	0.006									

รูปที่ 3 แสดง Correlogram ของราคาหลักทรัพย์ SCB ที่ระดับปกติ ผลต่างลำดับที่ 1 และ 2

ตารางที่ 2 ตัวแบบที่เหมาะสมของแต่ละหลักทรัพย์

BBL				
ตัวแบบที่เหมาะสม	R-squared	Durbin-Watson	AIC	SIC
ARIMA (1,1)	0.361	2.005	8.29	8.416
ARIMAX (1,0,1)	0.7841	1.9694	7.339	7.6236
KBANK				
ตัวแบบที่เหมาะสม	R-squared	Durbin-Watson	AIC	SIC
ARIMA (1,1)	0.313	2.037	8.788	8.915
ARIMAX (1,0,1)	0.7741	1.9584	7.8543	8.1434
SCB				
ตัวแบบที่เหมาะสม	R-squared	Durbin-Watson	AIC	SIC
ARIMA (1,1)	0.279	2.076	8.308	8.435
ARIMAX (1,0,1)	0.5575	1.9673	7.9563	8.2409

## 4.3. การตรวจสอบความถูกต้อง (Diagnostic Checking)

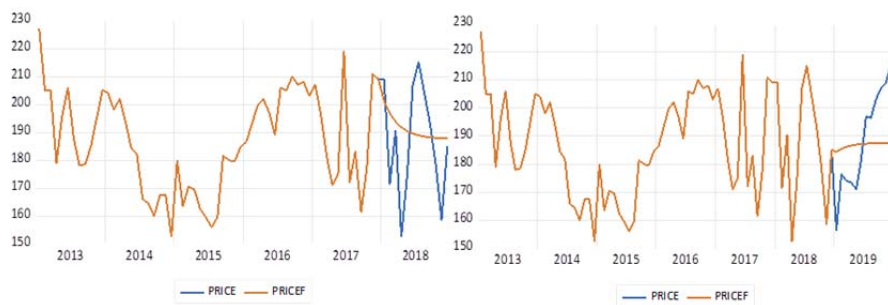
ผลการตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้คุณสมบัติความเป็น white noise ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ พบว่า Q-statistic ที่มีความล่าช้าของช่วงเวลาที่ 36 ของตัวแบบจำลองอาร์มีนา และอาร์แม็กซ์ มีค่า probability ไม่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบมีลักษณะเป็น white noise หรือค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) ค่าเฉลี่ย (mean) เท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนคงที่



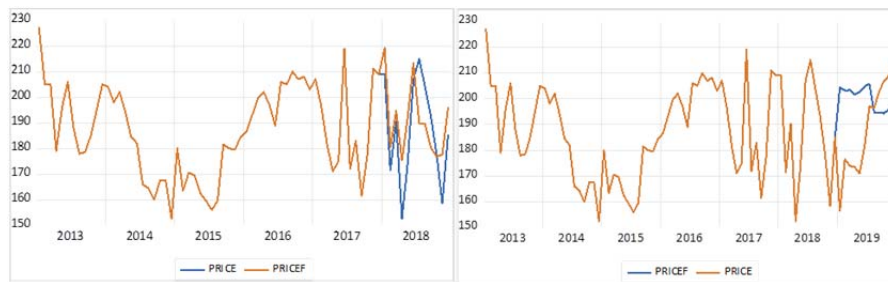
#### 4.4. การพยากรณ์ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพยากรณ์

จากการงานวิจัยนี้เป็นการศึกษา และเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อช่วยพยากรณ์มูลค่าหลักทรัพย์ ล่วงหน้า 1 ปี ของหลักทรัพย์ BBL SCB และ KBank ระหว่างช่วงเดือน มกราคม ค.ศ. 2019 ถึง ธันวาคม ค.ศ. 2019 โดยการใช้แบบจำลอง ARIMA และ ARIMAX โดยเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองด้วยวิธีทางสถิติจาก ค่า MAPE และ RMSE โดยแสดงเป็นรูปภาพ และตารางสถิติได้ดังนี้

**4.4.1. หลักทรัพย์ BBL** ผลการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์โดยใช้แบบจำลอง 2 ตัวแบบ คือ ตัวแบบ ARIMA และตัวแบบ ARIMAX โดยมีผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ดังรูปที่ 4 – 5 และตารางที่ 3



รูปที่ 4 ผลการทำนายตามแบบจำลอง ARIMA ของราคาหลักทรัพย์ BBL ปี 2018 และปี 2019 ตามลำดับ



รูปที่ 5 ผลการทำนายตามแบบจำลอง ARIMAX ของราคาหลักทรัพย์ BBL ปี 2018 และปี 2019 ตามลำดับ

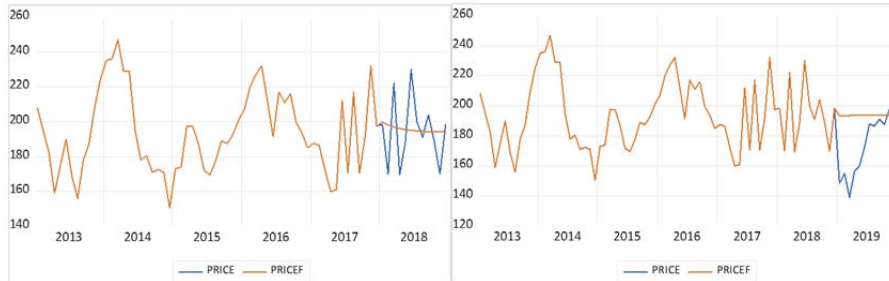
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแม่นยำของการพยากรณ์หลักทรัพย์ BBL

BBL					
Arima Model			Arimax Model		
ค่าสถิติ	พยากรณ์ปี 2018	พยากรณ์ปี 2019	ค่าสถิติ	พยากรณ์ปี 2018	พยากรณ์ปี 2019
MAPE	9.286	8.291	MAPE	7.049	11.992
RMSE	19.852	17.013	RMSE	14.643	24.622

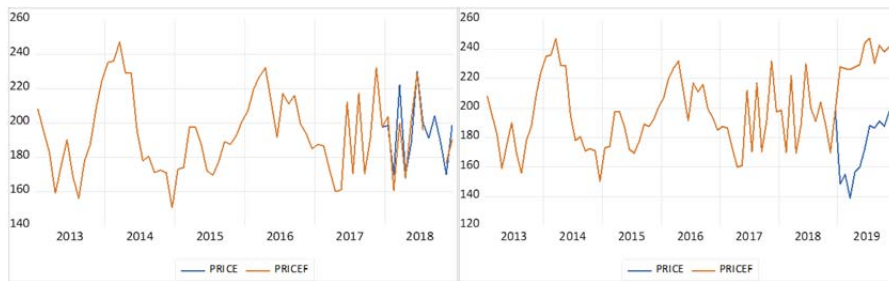




4.4.2. หลักทรัพย์ Kbank ผลการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์โดยใช้แบบจำลอง 2 ตัวแบบ คือ ตัวแบบ ARIMA และตัวแบบ ARIMAX โดยมีผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนดังรูปที่ 6-7 และตารางที่ 4



รูปที่ 6 ผลการทำนายตามแบบจำลอง ARIMA ของราคาหลักทรัพย์ KBank ปี 2018 และปี 2019 ตามลำดับ

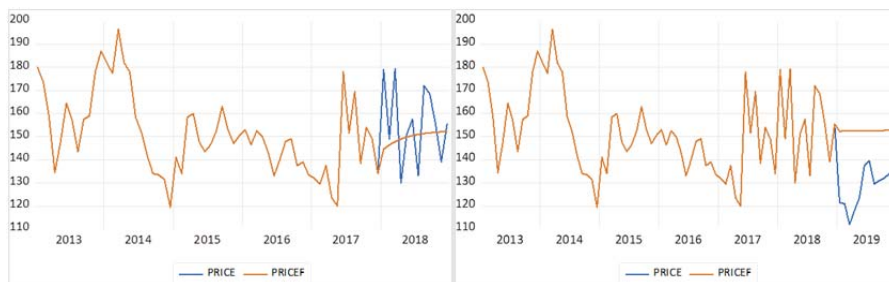


รูปที่ 7 ผลการทำนายตามแบบจำลอง ARIMAX ของราคาหลักทรัพย์ KBank ปี 2018 และปี 2019 ตามลำดับ

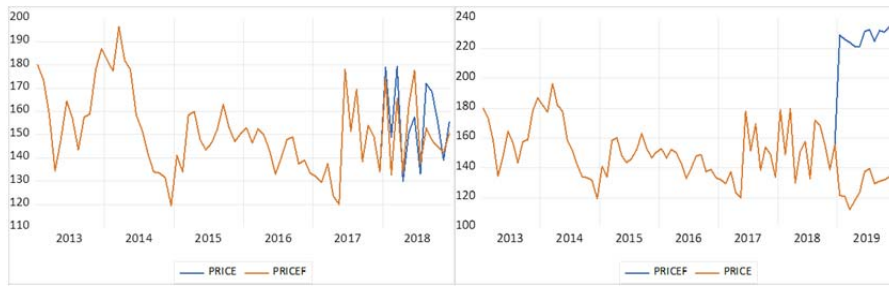
ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความแม่นยำของการพยากรณ์หลักทรัพย์ Kbank

Kbank					
Arima Model			Arimax Model		
ค่าสถิติ	พยากรณ์ปี 2018	พยากรณ์ปี 2019	ค่าสถิติ	พยากรณ์ปี 2018	พยากรณ์ปี 2019
MAPE	8.97	19.979	MAPE	6.985	79.81
RMSE	17.853	26.14	RMSE	12.938	100.944

4.4.3. หลักทรัพย์ SCB ผลการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์โดยใช้แบบจำลอง 2 ตัวแบบ คือ ตัวแบบ ARIMA และตัวแบบ ARIMAX โดยมีผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนดังรูปที่ 8-9 และตารางที่ 5



รูปที่ 8 ผลการทำนายตามแบบจำลอง ARIMA ของราคาหลักทรัพย์ SCB ปี 2018 และปี 2019 ตามลำดับ



รูปที่ 9 ผลการทำนายตามแบบจำลอง ARIMAX ของราคาหลักทรัพย์ SCB ปี 2018 และปี 2019 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความแม่นยำของการพยากรณ์หลักทรัพย์ SCB

SCB					
Arima Model			Arimax Model		
ค่าสถิติ	พยากรณ์ปี 2018	พยากรณ์ปี 2019	ค่าสถิติ	พยากรณ์ปี 2018	พยากรณ์ปี 2019
MAPE	7.623	14.025	MAPE	4.077	38.584
RMSE	18.624	28.319	RMSE	10.078	65.169

## 5. การอภิปรายผล และบทสรุป

จากการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารพาณิชย์ ทั้ง 3 หลักทรัพย์ ได้แก่ BBL KBANK และ SCB พบว่าผลการพยากรณ์ของทั้ง 2 แบบจำลอง ให้ค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่า MAPE และ RMSE ค่อนข้างสูงทั้ง 2 แบบจำลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองอาร์มีน่า และอาร์มีแม็กซ์ให้ผลการพยากรณ์ไม่ค่อยแม่นยำมากนัก เมื่อเทียบกับราคาหลักทรัพย์ที่เกิดขึ้นจริงในปี 2019 ทางผู้วิจัย จึงได้ทดสอบการพยากรณ์ของแบบจำลองอีกครั้ง โดยเป็นการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ในปี 2018 เพื่อพิสูจน์ว่าแบบจำลองอาร์มีน่า และแบบจำลองอาร์มีแม็กซ์ ไม่สามารถนำมาใช้พยากรณ์หลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารได้ ทั้งนี้จากการทดสอบการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ในปี 2018 พบการทดสอบกับให้ค่าทางสถิติในทางตรงกันข้ามกับการพยากรณ์ในปี 2019 อย่างสิ้นเชิง โดยจะพบว่าราคาหลักทรัพย์ที่พยากรณ์ในปี 2018 ให้ค่า MAPE และ RMSE ต่ำกว่าปี 2019 ค่อนข้างมาก และราคาหลักทรัพย์ที่พยากรณ์ได้ มีความใกล้เคียงกับราคาหลักทรัพย์ที่เกิดขึ้นจริง และแบบจำลองที่สามารถพยากรณ์ได้แม่นยำมากกว่าคือ แบบจำลองอาร์มีแม็กซ์ ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟ และค่าสถิติที่แสดงจากข้อมูลข้างต้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดว่าปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อราคาหลักทรัพย์ที่เกิดขึ้นในปี 2019 จนส่งผลให้การพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ไม่มีความแม่นยำเหมือนกับในปี 2018 โดยเหตุการณ์สำคัญๆ ที่คาดว่าจะเกี่ยวข้อง และส่งผลต่อราคาหลักทรัพย์ อาทิ ปัญหาสงครามการค้าระหว่างสหรัฐและจีน ซึ่งส่งผลโดยตรงกับประเทศไทยที่เป็นคู่ค้ากับทั้ง 2 ประเทศค่าเงินบาทที่แข็งค่าขึ้นทำให้ภาคธุรกิจการส่งออกชะงักลง ปัจจัยความไม่แน่นอนของการเมืองในประเทศที่ไม่สามารถจัดตั้งรัฐบาลได้ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของนักลงทุนทั้งในและต่างประเทศ หรือแม้กระทั่งรายได้ที่เคยได้รับจากค่าธรรมเนียมต่างๆ ที่ปัจจุบันมีรายรับดังกล่าวลดลง และสาเหตุอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับราคาหลักทรัพย์โดยตรง จากปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้การพยากรณ์มูลค่าราคาหลักทรัพย์ในปี 2019 พยากรณ์ราคาหลักทรัพย์แตกต่างจากหลักทรัพย์จริงค่อนข้างมากนั่นเอง



## 6. ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อความแม่นยำในการพยากรณ์ครั้งต่อไป ควรใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาราคาหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคาร เป็นข้อมูลรายวัน เนื่องจากข้อมูลรายวันจะทันต่อการเปลี่ยนแปลงในเหตุการณ์ปัจจุบันมากกว่าข้อมูลรายเดือน นอกจากนี้ ควรใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาให้มากขึ้น อย่างเช่น 10 ปี หรือ 15 ปีย้อนหลัง เพื่อให้ผลการพยากรณ์มีความแม่นยำมากเพียงพอที่จะให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับข้อมูลจริง

2. การพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองอาร์แมกซ์ (ARIMAX) เป็นการนำค่าในอดีตของราคาหลักทรัพย์ และปัจจัยชี้้นำของราคาหลักทรัพย์ มาทำการพยากรณ์ราคาหลักทรัพย์ล่วงหน้าในอนาคต ดังนั้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ครั้งต่อไป ควรนำตัวแปรที่มีความหลากหลาย และเหมาะสมในช่วงเหตุการณ์ขณะนั้นเป็นตัวชี้้นำเพื่อเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- พลุทธิ์สรณ์ สุทธิไชยเมธี. (2010). *เศรษฐมิติประยุกต์เพื่อการวิจัย*. (พิมพ์ครั้งที่ 1), สำนักพิมพ์ดวงแก้ว.
- แสวงทอง อินปิ่น, ลิศรา เศษเสริมสุขกุล. (2003). *ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่ส่งผลกระทบต่อดัชนีราคาหลักทรัพย์กลุ่มธนาคารพาณิชย์และราคาหลักทรัพย์ธนาคารพาณิชย์*. (สารนิพนธ์). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- อริพัชร โรจนวุฒิจิตฺตคุณ. (2011). *ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคาหลักทรัพย์ในกลุ่มธนาคารพาณิชย์ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย*. (สารนิพนธ์). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุวพิชญ์ บรรลือฤทธิ. (2011). *ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลกระทบต่อราคาหลักทรัพย์ของกลุ่มธนาคารพาณิชย์ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย*. (สารนิพนธ์). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- บุญทอง ทะกลโยธิน และยุพากรณ์ อารีพงษ์. (2018). *การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ราคาหุ้นโดยใช้ตัวแบบอาร์มาและอาร์แมกซ์*. (งานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Anggraeni, W., Vinarti, R.X., Kurmiawati, Y.D. *Performance comparisons between Arima and Arimax method in moslem kids clothes demand forecasting: case study*. *Procedia ComputSci*2015;72:630-37
- Dickey, D., Fuller, W. *Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root*. *J Am Stat Assoc* 2012; 74(366a) : 427-31
- Dickey, D., Said, E. *Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order*. *Biometrika* 1984;71(3):599-607
- Bowerman, BL, O'Connell RT. *Forecasting and time series: an applied approach*. 3<sup>rd</sup> ed. California: Duxbury Press; 1993.