



ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อราคา Bitcoin

และการพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์

THE IMPORTANT FACTORS THAT AFFECTING TO BITCOIN PRICE
AND PREDICT BITCOIN PRICE WEEKLY

นายธนกร	เดชะ	เลขนิสิต	61149010121	กลุ่มผู้เรียน B02
นายณกมล	วัชรชัยตระกูล	เลขนิสิต	61149010131	กลุ่มผู้เรียน B02
นายณราธิปพงษ์	ศรีสุข	เลขนิสิต	61149010132	กลุ่มผู้เรียน B02
นายเพิ่มพูน	อภิมงคลชัย	เลขนิสิต	61149010152	กลุ่มผู้เรียน B02
นายจิรพัฒน์	ภวนานันท์	เลขนิสิต	61149010204	กลุ่มผู้เรียน B02
นายอภิวัฒน์	จางสกุลเจริญ	เลขนิสิต	61149010215	กลุ่มผู้เรียน B02

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อราคา Bitcoin
และการพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์

นายธนกร	เดชะ	เลขนิสิต	61149010121	กลุ่มผู้เรียน B02
นายณกต	วัชรชัยตระกูล	เลขนิสิต	61149010131	กลุ่มผู้เรียน B02
นายณราธิพงษ์	ศรีสุข	เลขนิสิต	61149010132	กลุ่มผู้เรียน B02
นายเพิ่มพูน	อภิมงคลชัย	เลขนิสิต	61149010152	กลุ่มผู้เรียน B02
นายจิรพัฒน์	ภวนานันท์	เลขนิสิต	61149010204	กลุ่มผู้เรียน B02
นายอภิวัฒน์	จางสกุลเจริญ	เลขนิสิต	61149010215	กลุ่มผู้เรียน B02

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
เศรษฐศาสตร์บัณฑิต สาขา เศรษฐศาสตร์
คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE IMPORTANT FACTORS THAT AFFECTING TO BITCOIN PRICE
AND PREDICT BITCOIN PRICE WEEKLY

THANAKORN	DECHA	Student ID. 61149010121	Section :B02
NOPPADON	WATCHALACHAITRAKUL	Student ID. 61149010131	Section :B02
NARATIBPAPONG	SRISUI	Student ID. 61149010132	Section :B02
POEMPOON	APIMONGKONCHAI	Student ID. 61149010152	Section :B02
JIRAPAT	PHAVANANUN	Student ID. 61149010204	Section :B02
APIVAT	JANGSAKUNCHAROEN	Student ID. 61149010215	Section :B02

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of BACHELOR OF ECONOMICS
(Bachelor of Economics)

Faculty of Economics, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ชื่อเรื่อง	ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อราคา Bitcoin และการพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์
ผู้วิจัย	จิรพัฒน์ ภาวนานันท์ และคณะ
ปริญญา	เศรษฐศาสตรบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล เสงพัฒนา

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อราคา Bitcoin ด้วยการแบบจำลองหลายตัวแปรของสถิติอนุกรมเวลา VAR และ VECM ซึ่งเก็บข้อมูลตัวแปรตามปัจจัย 4 ด้าน คือ ด้าน Cryptocurrency ด้าน Social-Media ด้านเศรษฐกิจมหภาคสหรัฐฯ และด้านการลงทุน ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่สำคัญต่อราคา Bitcoin รายสัปดาห์จากผลการประมาณแบบจำลอง VAR ได้แก่ ราคา Bitcoin ย้อนหลัง (Bitcoin Price) , มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) , อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) , ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) , อัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ (Inflation Rate) และดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) ในขณะที่ตัวแปรที่สำคัญต่อราคา Bitcoin รายสัปดาห์จากผลการประมาณแบบจำลอง VECM ได้แก่ ราคา Bitcoin ย้อนหลัง (Bitcoin) , มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) และค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) ส่วนแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่สุดภายใต้เงื่อนไขการศึกษาครั้งนี้ คือ แบบจำลอง VECM โดยกำหนดคาบเวลาในอดีต (p) หรือ Lag Order อยู่ที่ 2 และจำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว หรือ Rank อยู่ที่ระดับ 4 โดยมีรูปแบบของแบบจำลอง Restricted Constant นอกจากนั้นยังพบว่า 2 ตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองดังกล่าว คือ RMSE และ MAPE อยู่ที่ 2,398.09 ดอลลาร์สหรัฐฯ และ 7.84015 % ตามลำดับ เมื่อนำแบบจำลองมาพยากรณ์ล่วงหน้า 2 สัปดาห์ พบว่า สามารถทำนายราคาพยากรณ์ล่วงหน้าในสัปดาห์ที่ 1 ได้ถึงร้อยละ 95.5 เมื่อเทียบกับราคาจริง และทำนายราคาพยากรณ์ล่วงหน้าในสัปดาห์ที่ 2 ได้ถึงร้อยละ 93.6 เมื่อเทียบกับราคาจริง โดยผลการทำนายราคาเป็นในทิศทางเดียวกันกับราคาจริง

คำสำคัญ: มูลค่าตลาด อัตราการขุด ค่าการทำธุรกรรม

Title	THE IMPORTANT FACTORS THAT AFFECTING TO BITCOIN PRICE AND PREDICT BITCOIN PRICE WEEKLY
Author	JIRAPAT PHAVANANUN and Faculty of Providers.
Degree	BACHELOR OF ECONOMICS
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Suwimon Hengpatana

This research has the purpose to study various factors that affect Bitcoin price by the multivariate model of Econometric VAR model and VECM model which collect variable data based on 4 sides that are Cryptocurrency, Social-Media, USA Macroeconomic and Investment. The results indicated about the factors that affect Bitcoin price significantly of VAR models such as Historical Bitcoin Price, Marketcap of Bitcoin, Hash Rate, Transaction Fee of Bitcoin, USA Inflation Rate and Dow Jones Index while the factors that affect Bitcoin price significantly of VECM models such as Historical Bitcoin Price, Marketcap of Bitcoin, Hash Rate and Transaction Fee of Bitcoin. The most efficient model under the conditions of this study is VECM model which is set with Lag Order at 2, the number of long-run equilibrium relationships or Rank at level 4 and the form of a model at Restricted Constant. It was also found the indicators that were used to measure the error of the best model (VECM) are RMSE and MAPE at 2,398.09 and 7.84015 % respectively. When using the model to forecast 2 weeks in advance found out that model able to predict the Bitcoin price in the first week in advance with an accuracy of 95.5 percent of the actual price while the price was predicted in the second week in advance with an accuracy of 93.6 percent of the actual price. In addition, the model can predict the price in the same direction as the actual price.

Keywords: Market Capacity, Hash Rate, Transactions Fee

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล เสงพัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ให้การชี้แนะแนวทางการศึกษา ตรวจสอบข้อบกพร่อง ตลอดจนให้คำปรึกษา จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์คณะเศรษฐศาสตร์ ที่ถ่ายทอด วิชาความรู้อันเป็นประโยชน์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ต่อการทำวิจัยฉบับนี้

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณครอบครัว ที่ให้กำลังใจ และเป็นแรงผลักดัน รวมถึง เพื่อนๆร่วมหลักสูตร เศรษฐศาสตร์บัณฑิต ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษา จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี

จิรพัฒน์ ภาวนานันท์ และคณะ

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
ที่มาของปัญหาวิจัย	3
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ขอบเขตในการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
นิยามคำศัพท์.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับ Bitcoin	8
2.2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจทอนูกรมเวลา	10
2.3 แนวคิดที่มาและงานวิจัยของตัวแปรอิสระตามแต่ละปัจจัย.....	15
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	28
3.1 แนวคิดและทฤษฎีทางเศรษฐกิจทอนูกรมเวลาที่นำมาใช้	29
3.2 แหล่งที่มาของข้อมูล.....	38
3.3 ขั้นตอนการดำเนินวิจัย	39
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	43
4.1 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	43

4.2 ผลการดำเนินการวิจัย	47
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา.....	61
5.1 สรุปผลการวิจัย	61
5.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	62
5.3 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	68
ภาคผนวก ก.....	69
ภาคผนวก ข.....	75
ภาคผนวก ค	81
ภาคผนวก ง.....	82
ภาคผนวก ฉ.....	87

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับราคา Bitcoin	18
ตารางที่ 3.1 ตัวแปรและตัวแปรอิสระที่ใช้ในแบบจำลอง VAR และแบบจำลอง VECM	29
ตารางที่ 3.2 ข้อมูล และแหล่งที่มาของข้อมูล.....	38
ตารางที่ 4.1 สถิติเชิงพรรณนาของข้อมูล.....	46
ตารางที่ 4.2 การทดสอบความนิ่งตัวแปร ณ ระดับ At Level.....	47
ตารางที่ 4.3 การทดสอบความนิ่งตัวแปร ณ ระดับ First Difference.....	48
ตารางที่ 4.4 การหาจำนวนความล่าช้า (Lag Order) ที่เหมาะสม	49
ตารางที่ 4.5 การทดสอบ Cointegration ด้วยวิธี Johansen and Juselius.....	50
ตารางที่ 4.6 การหาประเภทของแบบจำลอง VECM.....	51
ตารางที่ 4.7 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR ที่ Lag Order 2.....	52
ตารางที่ 4.7 (ต่อ) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR ที่ Lag Order 2	53
ตารางที่ 4.8 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM ที่ Lag Order 2 Rank 4 ประเภทแบบจำลอง Restricted Constant.....	55
ตารางที่ 4.9 ตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง VAR และ VECM.....	59
ตารางที่ 4.10 การทำนายราคา Bitcoin 2 สัปดาห์.....	59

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 การเติบโตของราคา Bitcoin ระยะเวลา 7 ปี	1
ภาพที่ 1.2 มูลค่าตลาด Cryptocurrency	2
ภาพที่ 1.3 มูลค่าตลาด Bitcoin	2
ภาพที่ 2 อัตราการเปลี่ยนแปลงของราคา Bitcoin ในช่วงสุดสัปดาห์.....	14
ภาพที่ 4.1 กราฟเส้นของตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับราคา Bitcoin.....	43
ภาพที่ 4.2 กราฟเส้นของตัวแปรที่เกี่ยวข้องทางอ้อมกับราคา Bitcoin.....	45
ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลการทำนาย และค่าจริง ของแบบจำลอง VAR	58
ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลการทำนาย และค่าจริงของแบบจำลอง VECM	58
ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบผลการทำนาย และค่าจริงของแบบจำลองที่ดีที่สุด.....	60

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

Bitcoin ถูกสร้างมาเมื่อปี พ.ศ.2552 โดยนักพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ผู้ใช้นามแฝงว่าซาโตชิ นาคาโมโตะ ทำหน้าที่ เป็นสกุลเงินที่ไร้ตัวกลางควบคุม สามารถแลกเปลี่ยนได้ทั่วทุกมุมโลก มีค่าธรรมเนียมที่ต่ำ และมีจำนวนจำกัดที่ 21 ล้านเหรียญ Bitcoin เพื่อการเป็นสกุลเงินในอนาคต โดยทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่ใช้เทคโนโลยี บล็อกเชน (Blockchain) ในการบันทึกธุรกรรม โดยบล็อกเชนเป็นเทคโนโลยีในการเก็บข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และปลอดภัยมากที่สุด มีหลักการทำงานแบบกระจายศูนย์ (Decentralized) ที่สำคัญข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในเครือข่าย ระบบจะมีการตรวจสอบให้ข้อมูลทุกเครื่องตรงกันอยู่เสมอ จึงยากต่อการปลอมแปลงข้อมูล และสามารถตรวจสอบได้อย่างโปร่งใส (Finnomena, 2564)

จากความน่าเชื่อถือที่ตรวจสอบได้ และปัจจัยกระตุ้นอื่น ๆ ทำให้การเติบโตของราคา Bitcoin ในช่วงระยะเวลา 7 ปีที่ผ่านมา เติบโตมากกว่า 20,000%

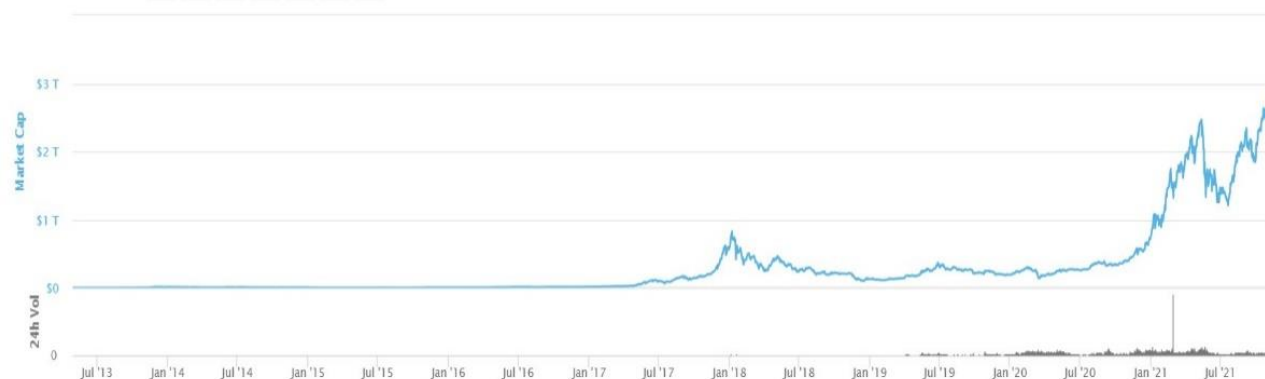
ภาพที่ 1.1 การเติบโตของราคา Bitcoin ระยะเวลา 7 ปี

ที่มา : (Coinmarketcap, 2564)

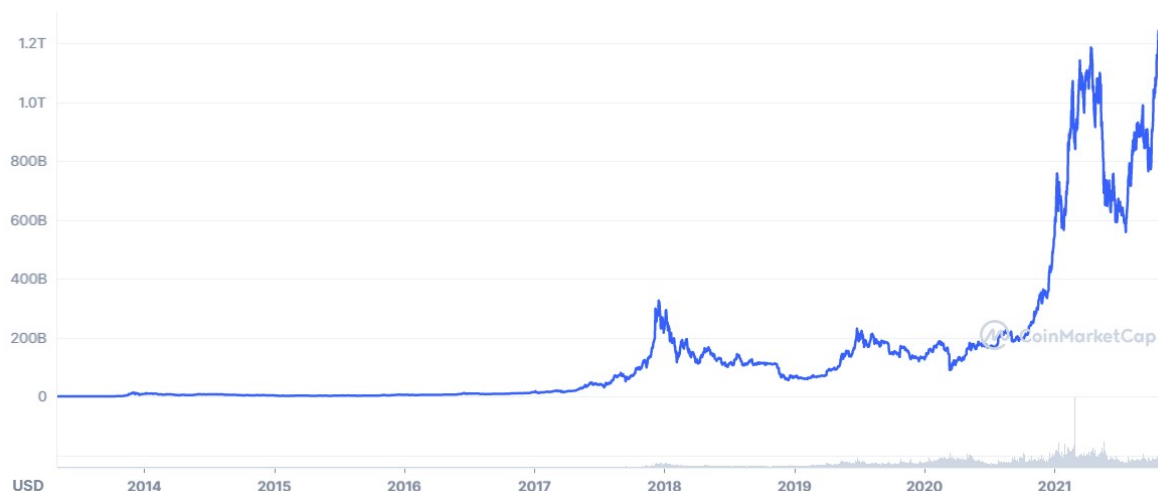


โดยในปัจจุบัน พ.ศ.2564 มีผู้สนใจในการลงทุน Cryptocurrency จำนวนมาก อ้างอิงจากมูลค่าตลาด Cryptocurrency ทั่วโลกสูงถึง 2.5 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐฯ และเฉพาะ Bitcoin นั้นมีมูลค่าตลาดราว 1.2 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ ซึ่งมากกว่ามูลค่าตลาดของแร่เงิน (8marketcap, 2564)

ภาพที่ 1.2 มูลค่าตลาด Cryptocurrency ที่มา : (Coinmarketcap, 2564)



ภาพที่ 1.3 มูลค่าตลาด Bitcoin ที่มา : (Coinmarketcap, 2564)



การลงทุนใน Bitcoin อาจทำให้นักลงทุนบางคนได้กำไรมหาศาล แต่ก็มีผู้ขาดทุนจำนวนมากเช่นเดียวกัน เพราะแต่ละคนมีทักษะ และความสามารถในการวิเคราะห์แตกต่างกัน ราคาที่มีความผันผวนขึ้นอยู่กับการอุปสงค์ อุปทาน และปัจจัยภายนอกที่ทำให้เกิดการขยับของราคา Bitcoin เช่น มูลค่าตลาด Bitcoin, ราคาทองคำ, จำนวนการทำธุรกรรม, จำนวนทวีตรายสัปดาห์ ฯลฯ

ที่มาของปัญหาวิจัย

ปัญหาความผันผวนของราคา Bitcoin เนื่องจากการจำกัดของอุปทาน ที่ปริมาณ 21 ล้านเหรียญ Bitcoin ซึ่งในปัจจุบันถูกผลิตถึง 18 ล้านเหรียญ Bitcoin ผสมกับการเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ จากนักลงทุนสถาบัน และกระแสความสนใจการลงทุนใน Bitcoin (Siambitcoin, 2564) ทำให้เกิดการผูกขาดของตลาดมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งส่งผลให้ปัจจัยภายนอกมีผลกระทบต่อราคามากขึ้น (Finnomena, 2564) เช่น ข่าวการลงทุนของนักลงทุนสถาบัน จำนวนคำค้นหา Bitcoin ในโซเชียล การประกาศขึ้น และลดอัตราดอกเบี้ย ราคาทองคำและอื่น ๆ จากงานวิจัยสินทรัพย์ พบว่าการใช้ตัวแปรปัจจัยภายนอกช่วยเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์สินทรัพย์ (Northbkk, 2554) โดยใช้ตัวแปรทุกตัวเป็นกรอบเวลารายสัปดาห์ในการพยากรณ์ราคา เพื่อลดความผันผวนราคา Bitcoin จากกรอบเวลารายวัน และการใช้กรอบเวลารายสัปดาห์ค่อนข้างแม่นยำ เนื่องจากแหล่งข่าวธุรกิจ และนักลงทุนสถาบันใช้วิเคราะห์ เพื่อตัดสินใจในการลงทุนจากกรอบเวลารายสัปดาห์ (Mtrading, 2564) โดยหวังว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์เพื่อใช้ประกอบกับการประมาณการณ์ทางสถิติอื่น ๆ เพื่อเพิ่มโอกาสความสำเร็จในการลงทุน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. ค้นหาปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ เพื่อเพิ่มองค์ความรู้ และใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุน
2. เปรียบเทียบแบบจำลองพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์ เพื่อทำนายราคาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประกอบการตัดสินใจในการลงทุน

ขอบเขตในการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อราคา Bitcoin และแบบจำลองพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิเป็นรายสัปดาห์ ระยะเวลาตั้งแต่ 1 พฤษภาคม 2559 – 31 ตุลาคม 2564 โดยปัจจัยที่นำมาศึกษามีดังนี้

1. ราคา Bitcoin (Bitcoin Price)
2. มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap)
3. อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate)
4. ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee)
5. จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin (Tweets)
6. อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ (Interest Rate)
7. อัตราเงินเฟ้อสหรัฐฯ (Inflation Rate)
8. ราคาทองคำ (Gold Price)
9. ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones)
10. คำค้นหา Bitcoin Crash (Google Trend)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อราคา Bitcoin
2. เพื่อพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เสริมสร้างองค์ความรู้ และสามารถนำไปใช้ช่วยประกอบการตัดสินใจในการลงทุน

นิยามคำศัพท์

มูลค่าตลาด (Marketcap) หมายถึง เป็นค่าที่คำนวณจากการนำราคาในขณะนั้นของ Bitcoin คูณกับจำนวน Bitcoin ในปัจจุบัน ซึ่งมูลค่าตลาดจะสะท้อนให้ผู้ลงทุนเห็นถึงขนาด และความน่าสนใจลงทุนของตลาดสินทรัพย์นั้น ๆ ทั้งในแง่ของสภาพคล่องปริมาณ และประเภทสินค้าที่จะเลือกลงทุน (Wikipedia, 2556)

อัตราการขุด (Hash Rate) หมายถึง อัตราการคำนวณที่นักขุดใช้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำธุรกรรมบน Bitcoin Blockchain อัตราการขุด (Prove of Work) Bitcoin ต่อวินาทีมีชื่อหน่วยเป็น Theta hash ต่อวินาที (Tnnthailand, 2564)

ค่าการทำธุรกรรม (Transaction Fee) หมายถึง ปริมาณ USD (Dollar) ที่ถูกแปลงจาก Bitcoin ซึ่งเกิดขึ้นจากการทำธุรกรรมในระบบ Blockchain ของ Bitcoin โดยระบบของ Bitcoin จะถูกตั้งให้มีการเกิดขึ้นของ Bitcoin จากการทำธุรกรรมแล้วจะนำไปจ่ายเป็นรายได้ให้กับ นักขุด Bitcoin ต่อไป (นักขุด Bitcoin คือ บุคคลคนที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ แก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อยืนยันการทำธุรกรรมแทนในระบบ และจะได้รับผลตอบแทนเป็น Bitcoin เหรียญใหม่ที่ยังไม่เกิดขึ้นในระบบ) (Moneybuffalo, 2564)

อัตราดอกเบี้ย (Interest Rate) หมายถึง อัตราดอกเบี้ยนโยบาย กำหนดโดยธนาคารกลางของประเทศ (Greedisgoods, 2562)

อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) หมายถึง ดัชนีชี้วัดราคาสินค้า และบริการในประเทศ ว่าเพิ่มสูงขึ้นเพียงใด มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งหาก เงินเฟ้อเพิ่มสูงขึ้นมากจะกระทบต่อฐานะ และความเป็นอยู่ของประชาชน (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2563)

ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones หมายถึง ระบบที่วัดความเคลื่อนไหวประจำวันของ 30 บริษัทอเมริกัน (ที่อยู่ในรายชื่อของ ตลาด Nasdaq หรือตลาดสินทรัพย์นิวยอร์ก) ที่อยู่ในตลาดหุ้น โดยเฉพาะบริษัทเหล่านี้ถือได้ว่าเป็น 30 บริษัทชั้นนำทางด้านเศรษฐกิจอเมริกัน หรือเรียกได้ว่าเป็นหุ้นมูลค่าสูง (Blue Chip Stock) เพื่อช่วยในการชี้วัดถึงคุณภาพ และประสิทธิภาพของบริษัทฯ เพื่อดึงดูด และสร้างความเชื่อมั่นให้กับนักลงทุน (Admiralmarkets, 2564)

คำค้นหา Bitcoin Crash หมายถึง คำค้นหาคำว่า “Bitcoin Crash” จาก Google Trend (Crash เป็นการร่วงลงอย่างรุนแรง ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในตลาดการเงินแบบดั้งเดิมว่าหมายถึงการที่ราคาลดลงเกิน 10% ในช่วงเวลา 1 วัน) (Crypto.busforex, 2564)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

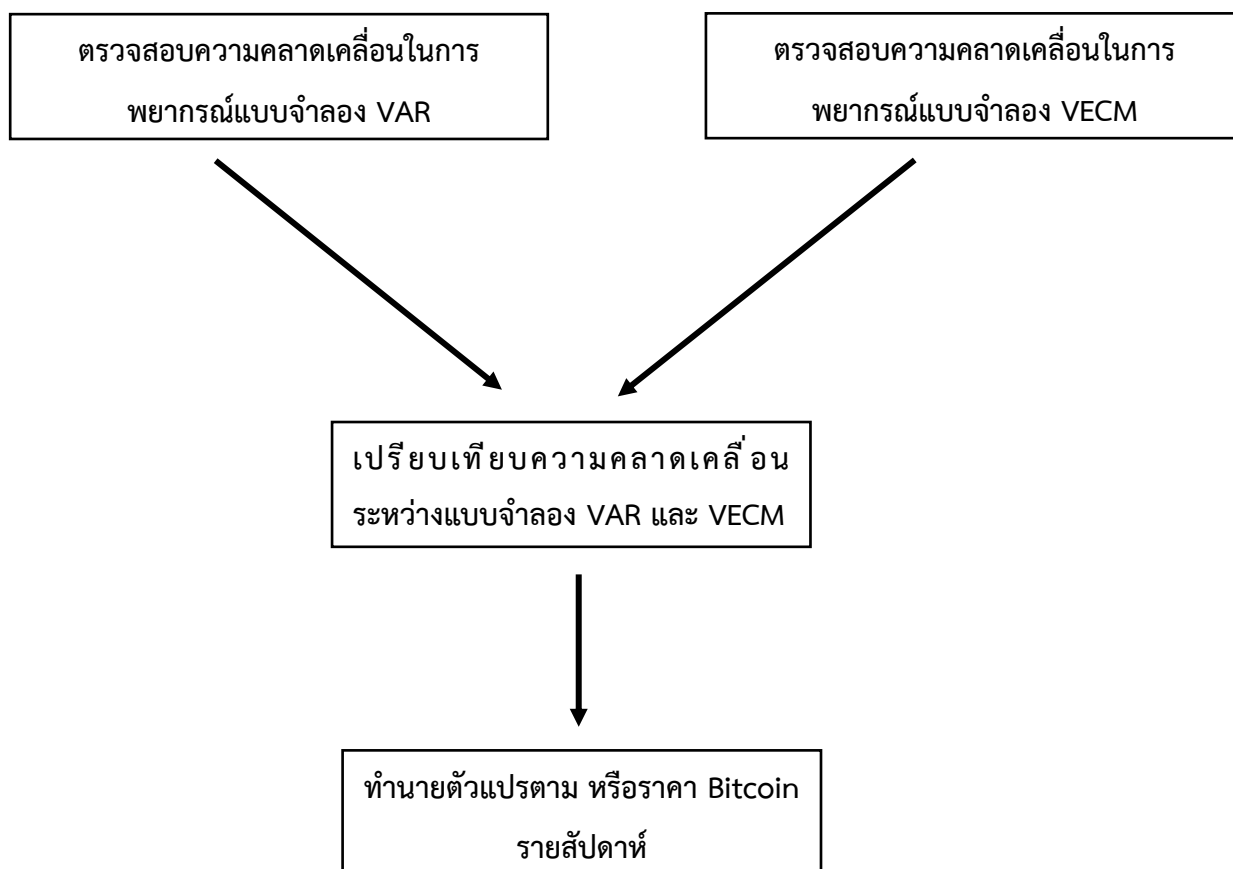
ส่วนที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อราคาBitcoin

ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม
<p>ปัจจัยด้าน Cryptocurrency</p> <ul style="list-style-type: none"> • มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) • อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) • จำนวนการทำธุรกรรม (Transaction) • ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) <p>ปัจจัยทาง Social media</p> <ul style="list-style-type: none"> • จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin (Tweets) • คำค้นหา Bitcoin Crash (Google Trend) <p>ปัจจัยทางเศรษฐกิจมหภาคสหรัฐอเมริกา</p> <ul style="list-style-type: none"> • อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ (Interest Rate) • อัตราเงินเฟ้อสหรัฐฯ (Inflation Rate) <p>ปัจจัยด้านการลงทุน</p> <ul style="list-style-type: none"> • ราคาทองคำ (Gold Price) • ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) 	<p>ราคา Bitcoin (Bitcoin Price)</p>

ภาพที่ 1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย ปัจจัยที่มีผลต่อราคา Bitcoin

ที่มา : ผู้วิจัย

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลอง เพื่อค้นหาแบบจำลองในการพยากรณ์ราคา
Bitcoin ที่ดีที่สุด



ภาพที่ 1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย การพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์
ที่มา : ผู้วิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับ Bitcoin

2.1.1 หลักการทำงานและคุณสมบัติของ Bitcoin

Bitcoin นั้นเริ่มต้นมาจากในช่วงวิกฤติเศรษฐกิจแฮมเบอร์เกอร์ (Hamburger Crisis) ที่ธนาคารในอเมริกาเกือบจะล้มละลายรัฐบาลอเมริกาจึงเกิดความคิดที่จะพิมพ์เงินแบบไม่จำกัด เพื่อประคองไม่ให้ธนาคารในอเมริกาต้องล้มละลาย Bitcoin จึงถูกสร้างขึ้นมามีจุดประสงค์ เพื่อสร้างสกุลเงินที่เป็นอิสระจากรัฐบาล และธนาคาร

Bitcoin หรือที่เรียกเป็นสกุลเงินว่า BTC คือ สกุลเงินดิจิทัลที่ถูกสร้างขึ้นด้วยการเขียนโปรแกรมทางภาษาคอมพิวเตอร์ไม่มีรูปร่าง และไม่สามารถจับต้องได้เหมือนเงินบาท หรือสกุลเงินเฟียต (Fiat) อื่น ๆ ที่เป็นเหรียญ และธนบัตร Bitcoin ถือเป็นสกุลเงินชนิดแรกของโลกที่ถูกเรียกว่า เหรียญสกุลเงินดิจิทัล หรือ Cryptocurrency ระบบของ Bitcoin ถูกประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานทั่วโลก เรียกว่า ระบบ Blockchain โดยใช้ระบบซอฟต์แวร์ในการถอดสมการทางคณิตศาสตร์ถูกสร้างขึ้นมามีกลุ่มนักพัฒนากลุ่มหนึ่งโดยนักพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ผู้ใช้นามแฝงว่า ซาโตชิ นากาโมโตะ เป็นผู้คิดค้น ด้วยความที่เป็นเหรียญแบบกระจายศูนย์ (Decentralized) หมายถึง จะไม่มีสถาบันการเงินใดสามารถควบคุมการตรวจสอบเหรียญ Bitcoin ได้แต่เพียงผู้เดียว แต่ทุกคนสามารถตรวจสอบรายการธุรกรรมได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องผ่านตัวกลาง หรือกระบวนการรวมศูนย์กลาง (Centralized) อย่างสถาบันการเงินในปัจจุบันจึงได้รับการพูดถึง และมีความนิยมเพิ่มขึ้น (Siam Blockchain, 2562)

Bitcoin มีเหตุการณ์สำคัญ คือ Bitcoin Halving เป็นระบบคำสั่งลดค่าผลตอบแทนที่ผู้สร้างได้กำหนดขึ้นมา ซึ่งระบบบล็อกเชนของ Bitcoin มีการจัดเก็บข้อมูลธุรกรรมในบล็อกโดยใช้คอมพิวเตอร์ของนักขุดในการคำนวณ ใช้ระยะเวลา 1 บล็อก ต่อ 10 นาที และได้ผลตอบแทนจากการขุด (Block Reward) โดยทุก ๆ 210,000 บล็อก ใช้เวลา 2,100,000 นาที หรือ 4 ปี จะเกิดปรากฏการณ์ Bitcoin Halving คือการที่ผลตอบแทนการขุดลดลงครึ่งหนึ่ง หากนับจาก ปี พ.ศ. 2552 ที่ Bitcoin เกิดขึ้นมาจนถึงปัจจุบันได้เกิดปรากฏการณ์ Bitcoin Halving ทั้งหมด 3 ครั้ง จากเดิมที่สามารถคำนวณได้ 50 BTC ต่อบล็อกใน ปี พ.ศ. 2552 ลดลงเหลือเพียง 6.25 BTC ต่อบล็อกใน ปี พ.ศ. 2563 ดังนั้น Bitcoin Halving มีหลักการคล้ายคลึงกับทอง คือ ในช่วงแรก Bitcoin จะถูกขุดออกมาได้ง่าย และได้จำนวนมาก จากนั้นจะค่อย ๆ ลดน้อยลงเช่นเดียวกับทองคำในช่วงแรกการขุดเหมืองในแต่ละ

ละครั้งได้ทองเป็นจำนวนมาก ภายหลังกลับได้จำนวนลดลง แต่มูลค่าในตลาดสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับ Bitcoin ยิ่งปริมาณขาดแคลน ราคาในตลาด ยิ่งสูงมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ ชาวโตชิ นากาโมโตะ จึงสร้างกฎให้มี Bitcoin Halving เกิดขึ้นทุก ๆ 4 ปี (Finnomena, 2564)

Bitcoin มี 3 คุณสมบัติสำคัญของสื่อกลางในการแลกเปลี่ยน คือ 1. หายาก เนื่องจาก Bitcoin ถูกสร้างให้มีจำนวนจำกัดเพียง 21 ล้าน Bitcoin เท่านั้น 2. ปลอมแปลงยาก เนื่องจาก Bitcoin ใช้เทคโนโลยี Blockchain 3. Bitcoin สามารถแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ เช่น สามารถซื้อ Bitcoin จำนวน 0.05 BTC แทนที่จะซื้อเต็มหน่วย 1 BTC ทั้งหมดนี้จึงทำให้ Bitcoin เกิดมูลค่าขึ้นมาได้ (Sansiri Blog, 2561)

2.1.2 ผลกระทบของ CBDC ต่อ Bitcoin

Central bank Digital currency (CBDC) ถือเป็นสกุลเงินในรูปแบบดิจิทัลที่ออกโดยธนาคารกลางของแต่ละประเทศ ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสื่อกลาง เพื่อชำระค่าสินค้า และบริการสามารถรักษามูลค่า และเป็นหน่วยวัดทางบัญชีได้ ซึ่งต่างจาก Cryptocurrency อย่าง Bitcoin Ethereum หรือ Ripple ที่ออกโดยภาคเอกชน และมีมูลค่าผันผวนจากการใช้เก็งกำไร จึงไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นสื่อกลางในการชำระค่าสินค้า และบริการ CBDC มีความผันผวนของเงินที่ต่ำเหมือนกับ Stable Coin ซึ่งมีทั้งแบบ Decentralized และ Centralized เป็นเหรียญสกุลเงินดิจิทัลที่มีมูลค่าค่อนข้างคงที่เหมือนธนบัตร และได้รับความนิยมไปทั่วโลกมีการผูกกับเงินสกุลเฟียด อ้างอิงกับค่าเงินดอลลาร์สหรัฐฯ (USD) เป็นหลัก อาทิ USDT, USDC เป็นต้น ทั้งสองเหรียญนี้มีการเปิดให้นักลงทุนซื้อขายถือครองได้ CBDC สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การทำธุรกรรมระหว่างสถาบันการเงิน (Wholesale CBDC) และการทำธุรกรรมรายย่อยของภาคธุรกิจ กับครัวเรือน (Retail CBDC) ดังนั้นสามารถวิเคราะห์ ผลกระทบของ CBDC ต่อ Bitcoin ได้ 2 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 CBDC ส่งผลไม่ดีต่อ Bitcoin : เมื่อ CBDC เปิดตัวออกมาซึ่งอาจจะส่งผลเสียต่ออุตสาหกรรม และ Bitcoin จนอาจกลายเป็นภัยคุกคามต่อสกุลเงินดิจิทัลได้ CBDC โดย Changpeng Zhao (CZ) ซีอีโอของ Binance ได้คาดการณ์ว่า CBDC ที่ออกแบบมาอย่างดีอาจกลายเป็นภัยคุกคามต่อสกุลเงินดิจิทัล โดยกล่าวว่า CBDC ส่วนใหญ่จะมีความ Centralized สูงมาก และจะไม่ให้อิสระเช่นเดียวกับ Bitcoin ดังนั้นรัฐบาลโลกจะผลักดันสิ่งประดิษฐ์ของตนเองต่อไป ในขณะที่เดียวกันก็มีแนวโน้มที่จะลดบทบาทของสิ่งที่เป็น Decentralized เช่น BTC นอกจากนี้ มูลค่าของ CBDC ไม่ผันผวนมากเท่ากับ Bitcoin นี่อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ CBDC ได้รับความนิยม

กรณีที่ 2 CBDC ส่งผลดีต่อ Bitcoin : CBDC เป็นเครื่องมือการชำระเงิน โดย Grayscale Investment ผู้จัดการสกุลเงินดิจิทัลรายใหญ่โต้แย้งว่า เมื่อมีการเปิดตัว CBDC อาจเป็นการเน้นบทบาทของ Bitcoin ในเศรษฐกิจดิจิทัลทั่วโลก หากผู้คนได้ศึกษาหาความรู้ในเรื่องนี้จะสามารถพบความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง Bitcoin และสกุลเงินดิจิทัลที่รัฐบาลเป็นเจ้า เนื่องจาก Bitcoin เป็นสกุลเงินที่หายาก และเปิดกว้างให้แก่ผู้ใช้งานทุกคน (Bitcoin Addict, 2563)

2.2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐมิติอนุกรมเวลา

2.2.1 ทฤษฎีบทข้อมูลอนุกรมเวลา

ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) เป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่ห่างเท่ากัน และต่อเนื่องกัน โดยหน่วยของเวลาอาจเป็น วัน เดือน หรือปี เป็นต้น องค์ประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลาแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ แนวโน้ม (Trend) คือ ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอเป็นเวลานานมากกว่า 1 ปี, ฤดูกาล (Season) คือ ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกันในช่วงเวลาเดียวกันของรอบเวลาแต่ละรอบ เช่น เดือน ไตรมาส เป็นต้น ซึ่งเกิดซ้ำ ๆ ในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละปี, วัฏจักร (Cycle) คือ ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงซ้ำ ๆ กันในช่วงเวลาที่ยาวนานกว่า 1 ปี, ความไม่แน่นอน (Irregular) คือ ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบไม่แน่นอน และไม่สามารถคาดคะเนได้

ในการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติที่สำคัญของข้อมูลอนุกรมเวลา คือ คุณสมบัตินิ่ง (Stationary) หมายถึง การที่ข้อมูลอนุกรมเวลาอยู่ในสภาพของการสมดุลเชิงสถิติ (Statistical Equilibrium) นั่นคือ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) เท่ากันตลอดระยะเวลาที่ศึกษา คุณสมบัติ Stationary สามารถเป็นเงื่อนไขทางสถิติได้ 3 เงื่อนไข ดังนี้ เมื่อสมมติให้ตัวแปร X_t เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) ตัวแปรจะมีคุณสมบัติทางสถิติ ดังนี้

$$\text{Mean : } E(X_t) = \mu$$

$$\text{Variance : } \text{Var}(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2$$

$$\text{Covariance : } E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)] = \gamma_k$$

ส่วนข้อมูลที่มีลักษณะไม่นิ่ง (Non-Stationary) หมายถึง ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) ไม่เท่ากันตลอดระยะเวลาที่ศึกษา เมื่อสมมติให้ตัวแปร X_t เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีความนิ่ง (Stationary) ตัวแปรจะมีคุณสมบัติทางสถิติ ดังนี้

$$\text{Mean : } E(X_t) = t\mu$$

$$\text{Variance : } \text{Var}(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = t\sigma^2$$

$$\text{Covariance : } E[(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)] = t\gamma_k$$

ดังนั้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา จำเป็นจะต้องพิจารณาตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองมีคุณสมบัติ Stationary หรือไม่ เพื่อตัดสินใจในการใช้แบบจำลอง และเพื่อไม่ให้เกิดความสัมพันธ์ที่ไม่แท้จริง ทำให้ผลการทดสอบที่ได้จากแบบจำลองไม่มีประสิทธิภาพ และขาดความน่าเชื่อถือได้ (ณภัทร ใจเอื้อ, 2559)

2.2.2 การทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี Unit Root test

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา ขั้นตอนแรกต้องตรวจสอบคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) ก่อน ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญในการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง และไม่ทำให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองผิดพลาด ไม่มีประสิทธิภาพ วิธีหนึ่งที่นิยมในการทดสอบความนิ่งของข้อมูล คือ การทดสอบ Unit Root

การทดสอบ Unit Root เป็นการทดสอบข้อมูลที่เราศึกษามีคุณสมบัตินิ่งหรือไม่ สามารถทำได้โดยวิธีการทดสอบ DF (Dickey-Fuller Test) ซึ่งถูกเสนอโดย Dickey และ Fuller ในปี พ.ศ. 2524 และวิธีการทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller Test) ซึ่งถูกต่อยอดจากการทดสอบ DF คิดค้นโดย Said และ Dickey ในปี พ.ศ. 2527 ยกตัวอย่างวิธีการทดสอบ DF (Dickey-Fuller Test) โดยมีการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

สมการทดสอบ 3 สมการ (At Level) คือ

$$\Delta X_t = \gamma X_{t-1} + \varepsilon_1 \quad (\text{Random Walk Process})$$

$$\Delta X_t = \alpha + \gamma X_{t-1} + \varepsilon_1 \quad (\text{Random Walk with Drift})$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta_t + \gamma X_{t-1} + \varepsilon_1 \quad (\text{Random Walk with Drift and Trend})$$

สมมติฐานที่ทดสอบ

$$H_0 : \gamma = 0$$

$$H_1 : \gamma \neq 0$$

ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่า X_t ไม่มีคุณสมบัตินิ่ง (Non-Stationary) แสดงถึง ข้อมูลอนุกรมเวลาของตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) ไม่เท่ากัน เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป แต่ถ้าผลลัพธ์เป็นปฏิเสธ H_0 แสดงว่า X_t มีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) แสดงถึง ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) เท่ากัน เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป (ณภัทร ใจเอื้อ, 2559)

วิธีการแก้ไขให้ข้อมูลมีคุณสมบัติ Stationary คือ การ Difference ข้อมูล หรือทำให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบผลต่าง เพื่อลดองค์ประกอบ Trend ของข้อมูล ทำให้ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของข้อมูลมีโอกาสดังที่ได้น่าขึ้น แล้วทำการทดสอบ Unit Root อีกครั้งแล้วสังเกตผลลัพธ์ว่า มีคุณสมบัตินิ่งหรือไม่ หากข้อมูลที่ Difference ยังไม่มีคุณสมบัตินิ่งอีกให้ทำการ Difference แล้วทดสอบ Unit Root จนกว่าจะมีคุณสมบัตินิ่ง เพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ในแบบจำลองได้ เช่น แบบจำลอง VAR ที่ต้องใช้ข้อมูลที่มีคุณสมบัตินิ่งแล้วในการหาความสัมพันธ์ เป็นต้น หรืออีกตัวเลือกหนึ่งหากข้อมูลไม่มีคุณสมบัตินิ่งสามารถใช้แบบจำลอง VECM ในการหาความสัมพันธ์ได้

2.2.3 แบบจำลอง VAR (Vector Autoregression Model)

Vector Autoregression (VAR) คือ แบบจำลองในการพยากรณ์หลายตัวแปร ซึ่งต้องมีตัวแปรที่มีข้อมูลเป็นรูปแบบอนุกรมเวลา อย่างน้อย 2 ตัวแปร ซึ่งควรจะมียุติพลต่อกัน โดยตัวแปรที่นำมาศึกษาไม่ว่าจะเป็นตัวแปรตาม หรือตัวแปรอิสระทุกตัวต้องมีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) โดยตัวแปรตามจะถูกกำหนดด้วยอดีตของตัวเอง (Lagged Variable) และถูกอธิบายด้วยตัวแปรอิสระอื่น ๆ (Lagged of Other Variables) สามารถเขียนแบบจำลอง VAR ได้ ดังนี้

$$y_t = m + A_1x_{t-1} + A_2x_{t-2} + A_3x_{t-3} + \dots + A_px_{t-p} + \varepsilon_t$$

โดยที่ m = เวกเตอร์ของค่าคงที่ขนาด $n \times 1$

A_t = เมทริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์ขนาด $n \times n$

x_t = เวกเตอร์ของตัวแปรอิสระ ณ ช่วงเวลาที่ t ขนาด $n \times 1$

ε_t = เวกเตอร์ของตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อนขนาด $n \times 1$

p = จำนวน Lag order ที่เหมาะสมของข้อมูล

Ahmed Ibrahim and Others (2020) ได้ศึกษา เรื่อง “Bitcoin Network Mechanics: Forecasting the BTC Closing Price Using Vector Autoregressive Models Based on Endogenous and Exogenous Feature Variables” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ. 2017 ถึง เดือนสิงหาคม ค.ศ. 2020 และใช้แบบจำลอง VAR พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคา Bitcoin ได้แก่ ราคา Bitcoin ย้อนหลัง, Hash Rate, จำนวนการทำธุรกรรม และจำนวน Wallet User

2.2.4 แบบจำลอง VECM (Vector Error Correction Model)

VECM (Vector Error Correction Model) คือ แบบจำลองที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง VAR และแบบจำลอง Co-Integration โดยเป็นแบบจำลองที่มีการพิจารณาตัวแปรตาม (Dependent) และตัวแปรอิสระ (Independent) ได้หลายตัวพร้อมกัน และตัวแปรทุกตัวที่นำมาศึกษาไม่จำเป็นต้องมีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) มีจุดประสงค์ เพื่อดูรูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อมูลในอดีตแล้วคาดการณ์ข้อมูลในอนาคตโดยไม่มีทฤษฎีรองรับ

แบบจำลอง VECM สามารถแสดงความสัมพันธ์ในระยะสั้นของตัวแปร โดยคำนึงผลกระทบของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปรับตัวในระยะยาวของตัวแปรในแบบจำลองด้วย สามารถเขียนแบบจำลอง VECM ได้ ดังนี้

$$\Delta X_t = \pi_0 + \pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \pi_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_f$$

โดยที่ ΔX_t	=	เวกเตอร์ของตัวแปรมีขนาด $n \times 1$
πX_{t-1}	=	Vector Error Correction Term
π_i	=	เมตริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์ขนาด $n \times n$
ε_f	=	เวกเตอร์ของตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อนขนาด $n \times 1$
p	=	จำนวน Lag Order ที่เหมาะสมของข้อมูล

Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora (2018) ได้ศึกษา เรื่อง “The New Era of Financial Innovation: The Determinants of Bitcoin’s Price” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ. 2009 ถึง เดือนมกราคม ค.ศ. 2017 และใช้แบบจำลอง VECM พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ ราคา Bitcoin ได้แก่ อุปสงค์ของ Bitcoin, ดัชนี Dow Jones และราคาทองคำ ทั้งในระยะยาว และระยะสั้น

2.2.5 ตัวชี้วัดในการประเมินผลการพยากรณ์

RMSE (Root Mean Squared Error) เป็นตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในการทำนาย โดยคำนวณจากรากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง มีค่าเป็นหน่วยเดียวกันกับข้อมูลที่ใช้ทำนาย ยกตัวอย่าง เช่น $RMSE = 5,000$ หมายความว่า หากข้อมูลตัวแปรตามมีหน่วยเป็น ดอลลาร์สหรัฐฯ การทำนายของแบบจำลองมีคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไป 5,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ เป็นต้น โดยตัวชี้วัดยังมีค่าน้อย ยิ่งแสดงถึงการทำนายของแบบจำลองที่ดี

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (F_t - A_t)^2}{N}}$$

โดยที่ F_t	=	ค่าพยากรณ์ หรือ Forecast Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ
A_t	=	ค่าจริง หรือ Actual Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ
N	=	จำนวนของข้อมูล

MAPE (Mean Absolute Percentage Error) เป็นตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อนของโมเดลในการทำนาย มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%) เพื่อให้สะดวกในการเข้าใจการทำนายของแบบจำลองว่า มีการทำนายผิดพลาดไปถึงกี่เปอร์เซ็นต์ ยกตัวอย่าง เช่น $MAPE = 15\%$ หมายความว่า การทำนายของโมเดลคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไป 15% เป็นต้น โดยตัวชี้วัดนี้เกิดจาก ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างค่าทำนายกับค่าจริงหารด้วยค่าจริงแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยตัวชี้วัดนี้มีค่าน้อย ยิ่งแสดงถึงการทำนายที่ดี

$$MAPE = \left(\frac{1}{N} \sum \frac{|A_t - F_t|}{|A_t|} \right) \times 100$$

โดยที่ F_t = ค่าพยากรณ์ หรือ Forecast Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

A_t = ค่าจริง หรือ Actual Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

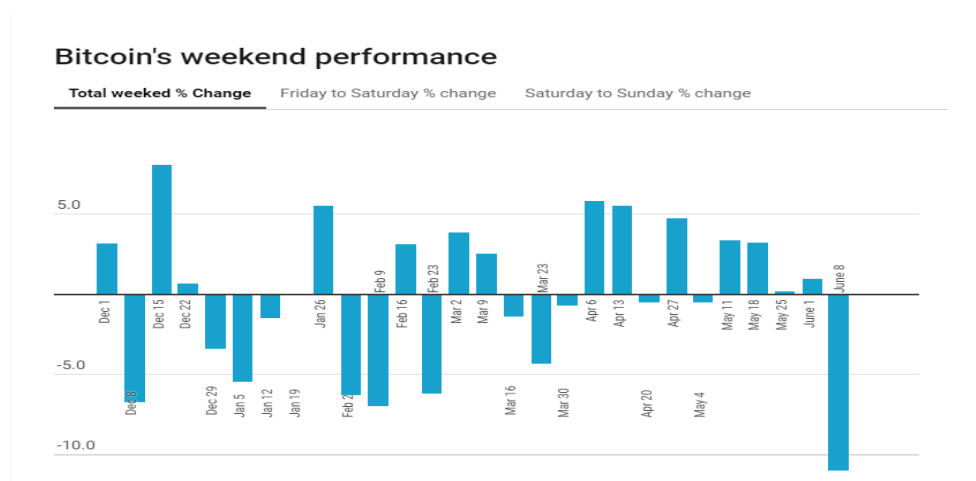
N = จำนวนของข้อมูล

2.2.6 การเลือกความถี่ของข้อมูลอนุกรมเวลา

จากการศึกษา บทความของ SHOBHIT SETH (2564) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของราคาเฉลี่ยมากที่สุดเกิดขึ้นในช่วงสุดสัปดาห์ ตามรายงานของ การศึกษาข้อมูลราคาในอดีตของ Bitcoin เผยให้เห็นว่า

- สกูลเงินเสมือนพุ่งแตะระดับสูงสุดเป็นประวัติการณ์ที่ 19,600 ดอลลาร์สหรัฐฯ ในวันเสาร์ของเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 และลดลงสู่ระดับต่ำสุดล่าสุดที่ 6,648 ดอลลาร์สหรัฐฯ ในช่วงสุดสัปดาห์ของวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2561
- ประมาณ 82 % ของวันหยุดสุดสัปดาห์ได้เห็นอย่างน้อย 3 % เคลื่อนไหวในทิศทางใดของราคา Bitcoin
- ประมาณ 60 % ของวันหยุดสุดสัปดาห์มีราคาขยับ 5 % หรือสูงกว่าในช่วงสุดสัปดาห์ ตั้งแต่ เดือนธันวาคมปีที่แล้ว (Investopedia, 2564)

ภาพที่ 2 อัตราการเปลี่ยนแปลงของราคา Bitcoin ในช่วงสุดสัปดาห์ ที่มา : (Investopedia, 2564)



2.3 แนวคิดที่มาและงานวิจัยของตัวแปรอิสระตามแต่ละปัจจัย

2.3.1 ปัจจัยด้าน Cryptocurrency

สำหรับปัจจัยด้าน Cryptocurrency ได้ทำการศึกษาตัวแปรอิสระต่าง ๆ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

พงศกร พัวพัฒนกุล (2560) ได้ศึกษา เรื่อง “การวิเคราะห์ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความผันผวนของราคา Bitcoin” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2557 ถึง 16 กันยายน พ.ศ. 2560 พบว่า ค่าทำธุรกรรม Bitcoin มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ

Pavel Ciaian and Others (2016) ได้ศึกษา เรื่อง “The economics of Bitcoin price formation” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 2009 ถึง เดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2015 พบว่า จำนวนการทำธุรกรรม (Transaction) จำนวนผู้ใช้ และอุปทานของ Bitcoin มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญในระยะสั้นและระยะยาว แต่อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินยูโรกับดอลลาร์สหรัฐฯ มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญแค่ในระยะสั้น

Eray Gemici and Müslüm Polat (2019) ได้ศึกษา เรื่อง “Relationship between price and volume in the Bitcoin market” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2012 ถึง 7 เมษายน ค.ศ. 2018 พบว่า มูลค่าตลาด Bitcoin มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ

Dean Fantazzini and Nikita Kolodin (2020) ได้ศึกษา เรื่อง “Does the hash rate affect the Bitcoin’s price” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ วันที่ 11 ธันวาคม ค.ศ. 2017 ถึง 24 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2020 พบว่า อัตราการขุด Bitcoin มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin โดยมีระยะเวลาล่าช้า 1-6 สัปดาห์

ดังนั้น สำหรับปัจจัยด้าน Cryptocurrency จึงนำตัวแปรอิสระ คือ มูลค่าตลาด Bitcoin, อัตราการขุด Bitcoin, จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin และค่าทำธุรกรรม Bitcoin มาใช้ในการศึกษาของแบบจำลองในงานวิจัยชิ้นนี้

2.3.2 ปัจจัยด้าน Social Media

สำหรับปัจจัยด้าน Social Media ได้ทำการศึกษาตัวแปรอิสระต่าง ๆ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Erik Parlstrand and Otto Ryden (2015) ได้ศึกษา เรื่อง “Explaining the market price of Bitcoin and other Cryptocurrencies with Statistical Analysis” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2011 ถึง 1 มกราคม ค.ศ. 2015 พบว่า ปริมาณการค้นหาใน Google มีผลเป็นอย่างมากต่อสกุลเงินดิจิทัล โดยเฉพาะ Bitcoin และ Litecoin ผลที่ได้ Bitcoin และ Litecoin นั้นมีความคล้ายคลึงกัน เนื่องจากเงินสกุลดังกล่าว มีโครงสร้างที่เหมือนกัน ทั้งนี้ปริมาณการค้นหาใน Google สามารถวัดได้ถึงปริมาณอุปสงค์ของการใช้งาน

ระบบบล็อกเชน โดยไม่พบความสัมพันธ์ของ S&P500 Index, Nikkei 225 Index, ราคาน้ำมัน และราคาทอง กับ ราคา Bitcoin

Dehua Shen and Others (2019) ได้ศึกษา เรื่อง “Does Twitter predict Bitcoin?” โดยใช้ข้อมูลการ ทวิตช่วง 4 กันยายน ค.ศ. 2014 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม ค.ศ. 2018 พบว่า จำนวนการทวิตเกี่ยวกับ Bitcoin มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น จึงนำตัวแปรอิสระ คำค้นหาใน Google Trend และจำนวนการทวิตเกี่ยวกับ Bitcoin มาใช้ในการ ศึกษาในการศึกษาของแบบจำลองในงานวิจัยชิ้นนี้

2.3.3 ปัจจัยทางเศรษฐกิจมหภาคสหรัฐอเมริกา

สำหรับปัจจัยด้าน เศรษฐกิจมหภาคสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาตัวแปรอิสระต่าง ๆ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Paola Ceruleo (2014) ได้ศึกษา เรื่อง “Bitcoin: A rival to fiat money or a speculative financial asset” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ วันที่ 4 ตุลาคม ค.ศ. 2013 ถึง 4 เมษายน ค.ศ. 2014 พบว่า อัตราเงินเฟ้อสกุล เงินสหรัฐฯ (Inflation Rate), ความเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยน (The Variation in The Exchange Rate) ปริมาณการซื้อขายรายวัน (The Daily Trading Volumes) มีความสัมพันธ์ต่อราคาของ Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ

Niklas Hanes (2021) ได้ศึกษา เรื่อง “Federal fund rate on Bitcoin volatility” โดยใช้ข้อมูลราย เดือน ตั้งแต่ เดือนเมษายน ค.ศ. 2014 ถึง เดือนมกราคม ค.ศ. 2020 พบว่า อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ (Interest rate) มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ในระยะสั้น และมีความสัมพันธ์ทิศทางในทางตรงกันข้ามกับราคา Bitcoin โดย ปกติจะมีการเคลื่อนไหวของราคา Bitcoin ก่อนวันประกาศจริง อย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น ปัจจัยทางเศรษฐกิจมหภาคสหรัฐอเมริกา จึงนำตัวแปรอิสระ คือ อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ, อัตราเงิน เฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ มาใช้ในการศึกษาของแบบจำลองในงานวิจัยชิ้นนี้

2.3.4 ปัจจัยด้านการลงทุน

สำหรับปัจจัยด้านการลงทุน ได้ทำการศึกษาตัวแปรอิสระต่าง ๆ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กึ่งมล นกงาม (2562) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ตัวแบบการพยากรณ์ราคาการซื้อขายบิทคอยน์” โดยใช้ ข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2559 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2561 พบว่า ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์ เช่น ดัชนี Dow Jones ดัชนี Nasdaq, อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ, ราคาทองคำ, ราคาน้ำมัน และปริมาณ การซื้อขาย Bitcoin มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ

Van Wijk (2013) ได้ศึกษา เรื่อง “What can be expected from the Bitcoin?” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ วันที่ 19 กรกฎาคม ค.ศ. 2011 ถึง วันที่ 13 มิถุนายน ค.ศ. 2013 พบว่า Dow Jones, อัตราแลกเปลี่ยน ของเงินยูโรต่อ US. Dollar และราคาน้ำมัน มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ในระยะยาว และ Dow Jones มี

ความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ในระยะสั้น

Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora (2018) ได้ศึกษา เรื่อง “The New Era Of Financial Innovation : The Determinants Of Bitcoin’s Price” โดยใช้ข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ. 2009 ถึง เดือนมกราคม ค.ศ. 2017 พบว่า อุปสงค์ของ Bitcoin, ราคาทองคำโลก และดัชนี Dow Jones มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ทั้งในระยะสั้น และระยะยาว

ดังนั้น สำหรับปัจจัยด้านการลงทุน จึงนำตัวแปรอิสระ คือ ราคาทองคำ และดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones มาใช้ในการศึกษาของแบบจำลองในงานวิจัยชิ้นนี้

ตารางที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับราคา Bitcoin

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
พงศกร พัชพัฒกุล	2560	การวิเคราะห์ปัจจัย ที่ส่งผลกระทบต่อ ความผันผวนของ ราคา Bitcoin	<ul style="list-style-type: none"> - จำนวนธุรกรรมต่อวัน - จำนวนหมายเลขประจำเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่ซ้ำต่อวัน - ค่าธรรมเนียมการทำธุรกรรม 	<ul style="list-style-type: none"> - แบบจำลอง Multivariate GARCH แบบ Constant Conditional Correlation - แบบจำลอง Dynamic Conditional Correlation 	ค่าธรรมเนียมการทำธุรกรรม (Transaction Fee) มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
กึ่งกมล นงงาม	2562	ตัวแบบการ พยากรณ์ราคาการ ซื้อ-ขายบิทคอยน์	<ul style="list-style-type: none"> - ดัชนีราคาตลาด หลักทรัพย์ เช่น ดัชนี Dow Jones ดัชนี Nasdaq - อัตราแลกเปลี่ยน เช่น ดอลลาร์ สหรัฐฯ และ ยูโร - ราคาทองคำ -ราคาน้ำมัน - ปริมาณซื้อขาย Bitcoin 	แบบจำลอง Multiple Regression	จากแบบจำลอง Multiple Regression พบว่า ดัชนีราคาตลาด หลักทรัพย์ เช่น ดัชนี Dow Jones ดัชนี Nasdaq อัตราแลกเปลี่ยน เงินตราต่างประเทศ และปริมาณการซื้อขาย Bitcoin มีผลต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ ต่อมา เมื่อทำการแปลงตัวแปรตามด้วย Box- Cox Transformation ผลที่ได้คือ ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์ ราคา ทองคำ ราคาน้ำมัน อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ และปริมาณ การซื้อขาย Bitcoin มีผลต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
Dennis Wijk	2013	What can be expected from the Bitcoin?	<ul style="list-style-type: none"> - Dow Jones Index - อัตราแลกเปลี่ยนของเงินยูโรต่อดอลลาร์สหรัฐฯ - ราคาน้ำมัน 	<ul style="list-style-type: none"> - แบบจำลอง Multiple Linear Regression - แบบจำลอง Error Correction Model (ECM) 	<p>เพื่อที่จะตรวจสอบว่าปัจจัยอะไรที่ส่งผลกระทบต่อราคาของ Bitcoin เมื่อใช้แบบจำลองถดถอยหลายตัวแปร ด้วยวิธี กำลังสอง น้อย ที่สุด (Ordinary Least Squares : OLS) จากการศึกษา พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญเพียงตัวเดียว คือ Dow Jones ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับราคาของ Bitcoin แต่เนื่องจากเพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับ Cointegration และให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างผลกระทบระยะสั้นและระยะยาว จากการศึกษา พบว่า Dow Jones, อัตราแลกเปลี่ยนของเงินยูโรต่อ ดอลลาร์สหรัฐฯ และราคาน้ำมัน ส่งผลกระทบต่อราคา Bitcoin ในระยะยาว อย่างมีนัยสำคัญ และ Dow Jones ส่งผลกระทบต่อราคา Bitcoin ในระยะสั้น อย่างมีนัยสำคัญ</p>

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
Paola Ceruleo	2014	Bitcoin: A rival to fiat money or a speculative financial asset	<ul style="list-style-type: none"> - The Daily Trading Volumes - The Variation in the Exchange Rate - the Inflation Rate 	แบบจำลอง Linear Regression	Bitcoin เป็นหนึ่งในสินทรัพย์ที่ด้านเงินเฟ้อ เพราะมีอัตราผลตอบแทนที่สูงกว่าระดับเงินเฟ้อ ทำให้การเปลี่ยนแปลง อัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ มีความสัมพันธ์กับราคาของ Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
Erik Parstrand and Otto Ryden	2015	Explaining the market price of Bitcoin and other Cryptocurrencies with Statistical Analysis	<ul style="list-style-type: none"> - Google Trend Index - ราคาตลาดของ Bitcoin USD - ราคาน้ำมัน ดัชนี S&P500 - ดัชนี Nikkei 225 - ราคาทองคำ USD 	แบบจำลอง Linear Regression	ปริมาณการค้นหาใน Google มีผลเป็นอย่างมากต่อสกุลเงิน ดิจิทัล โดยเฉพาะ Bitcoin และ Litecoin ผลที่ได้ความสัมพันธ์ของ Bitcoin และ Litecoin มีความคล้ายกันหมายความว่าโครงสร้างของเหรียญเหมือนกัน และปริมาณการค้นหาใน Google มีผลต่อความต้องการในสกุลเงินดิจิทัล

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
Pavel Ciaian and Others	2016	The economics of Bitcoin price formation	<ul style="list-style-type: none"> - อุปสงค์และอุปทานของ Bitcoin - อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินดอลลาร์สหรัฐกับยูโร - ปัจจัยเฉพาะด้านสกุลเงินดิจิทัล เช่น จำนวนการทำธุรกรรม, จำนวนผู้ใช้งาน 	<ul style="list-style-type: none"> - แบบจำลอง VAR - แบบจำลอง VECM 	แบบจำลอง VECM และแบบจำลอง VAR พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญในระยะสั้น ได้แก่ อุปทาน อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินดอลลาร์สหรัฐกับยูโร จำนวนการทำธุรกรรม และจำนวนผู้ใช้งาน ในส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญในระยะยาว ได้แก่ อุปทานของ Bitcoin จำนวนการทำธุรกรรม และจำนวนผู้ใช้งาน แต่มีการผันแปรตามเวลา
Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora	2018	THE NEW ERA OF FINANCIAL INNOVATION: THE DETERMINANTS OF BITCOIN'S PRICE	<ul style="list-style-type: none"> - อุปสงค์ Bitcoin - อุปทาน Bitcoin - ราคาทองคำ - ดัชนี Dow Jones 	แบบจำลอง VECM	ใช้สมการ Multiple Regression ด้วยวิธี Vector Error Correction Model (VECM) โดยมี ตัวแปรดังต่อไปนี้ อุปสงค์และอุปทานของ Bitcoin, ราคาทองคำโลก, ดัชนี Dow Jones จากผลงานวิจัยพบว่า อุปสงค์ของ Bitcoin, ราคาทองคำโลก และดัชนี Dow Jones มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ทั้งในระยะสั้น และระยะยาว

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
Dehua Shen and Others	2019	Does Twitter predict Bitcoin	<ul style="list-style-type: none"> - จำนวนการทวีต - มูลค่าตลาด - จำนวนการรีทวีต - ค่าความเสี่ยง 	แบบจำลอง VAR	จำนวนการทวีตก่อนหน้ามีผลสำคัญของความผันผวนใน Bitcoin ดังนั้น จำนวนการทวีตมีผลในการทำนายปริมาณซื้อขายของ Bitcoin
Eray Gemici and Müslüm Polat	2019	Relationship between price and volume in the Bitcoin market	- ปริมาณการซื้อขาย Bitcoin	<ul style="list-style-type: none"> - แบบจำลอง VECM - Asymmetric Causality Test - Standard Causality Test 	งานวิจัยได้ทดสอบความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผล และแบบจำลอง VECM พบว่า มูลค่าการซื้อขาย Bitcoin มีความเป็นเหตุเป็นผลกับ ราคา Bitcoin และมีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญใน ระยะยาว

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
Ahmed Ibrahim and Others	2020	Bitcoin Network Mechanics: Forecasting the BTC Closing Price Using Vector Auto-Regression Models Based on Endogenous and Exogenous Feature Variables	<ul style="list-style-type: none"> - ราคา Bitcoin ย้อนหลัง - จำนวน Wallet User - Hash Rate - จำนวนการทำธุรกรรม - Block Size - Difficulty - Miner's Revenue - Total Output Volume 	<ul style="list-style-type: none"> - แบบจำลอง Vector Autoregressive (VAR) - แบบจำลอง ARIMA - แบบจำลอง BR - แบบจำลอง BVAR 	แบบจำลอง VAR เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดในการทำนายราคา Bitcoin พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคา Bitcoin ได้แก่ ราคา Bitcoin ย้อนหลัง, Hash Rate, จำนวนการทำธุรกรรม และจำนวน Wallet User และในการพยากรณ์ พบว่า ตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อน MAPE = 2.49 %, RMSE = 0.3102, MAE = 0.2260

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
Dean Fantazzini and Nikita Kolodin	2020	Does the Hash rate Affect the Bitcoin Price?	<ul style="list-style-type: none"> - Bitcoin Price (USD) - Hash Rate - Transaction Fees (USD) - Transaction Volume (USD) - Google Trends - Gold Price (\$/Ounce) - SP500 	<ul style="list-style-type: none"> - Unit Root Tests - Bivariate Analysis - Multivariate Analysis 	<p>งานวิจัยนี้ค้นคว้าเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างราคาของ Bitcoin และ อัตราการขุดโดยคลี่คลายผลกระทบของประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์ขุด Bitcoin อัตราการขุด Bitcoin และการแบ่งโครงสร้างตามการเปลี่ยนแปลงของราคา Bitcoin โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีแบบจำลองเอ็กซ์โพเนนเชียล เพื่อจำลองพลวัตของประสิทธิภาพของเครือข่ายพลังงาน Bitcoin ผู้จัดทำ พิจารณา อัตราการขุด (Hash Rate) โดยตรง หรือ Bitcoin Cost-of-Production Model (CPM) เป็นตัวแทนสำหรับอัตราการขุด เพื่อนำ Nonlinearity มาคำนวณด้วยในการทดสอบครั้งแรก อัตราการขุดและ CPMs ไม่มีนัยสำคัญ ในขณะที่การรวมตัวที่สำคัญเกิดขึ้นกับตัวอย่างที่ 2 หลักฐานเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่าการพิจารณาอัตราการขุดตรง ๆ ดีกว่าการนำ CMP มาเป็นตัวแทนในการพิจารณาความสัมพันธ์กับราคาของ Bitcoin ยิ่งกว่านั้นความเป็นเหตุเป็นผลทางอ้อมเริ่มจากราคาของ Bitcoin ไปสู่อัตราการขุด (หรือตัวแทนของอัตราการขุด) เสมอโดยมีความคลาดเคลื่อน ตั้งแต่ 1 ถึง 6 อาทิตย์ภายหลัง การค้นพบเหล่านี้สอดคล้อง กับวรรณกรรมส่วนใหญ่ในเศรษฐศาสตร์พลังงาน ซึ่งแสดงถึงน้ำมัน และแก๊สกระทบการขุดเจาะล่าช้า 3 เดือน ในขณะที่ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอัตราการขุดเจาะน้ำมัน และแก๊สมีจำกัด หรือไม่มีนัยสำคัญ</p>

ผู้วิจัย	ปี	เรื่อง	ตัวแปรอิสระ	วิธีวิเคราะห์	ข้อค้นพบ
Niklas Hanes	2021	Federal fund rate on bitcoin volatility	- Federal Fund Rate	- แบบจำลอง Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) - แบบจำลอง Linear Regression	หากเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ มีผลต่อการเคลื่อนย้ายเงินทุนเป็นอย่างมาก ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ มีความสัมพันธ์ต่อราคาของ Bitcoin มากอย่างมีนัยสำคัญ

จากตารางดังกล่าวสามารถสรุปตัวแปรอิสระที่ผู้วิจัยใช้ในการศึกษาเหมือนกัน ดังนี้

1. จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin ได้แก่ พงศกร พัวพัฒนกุล (2560) Ahmed Ibrahim and Others (2020) Dean Fantazzini and Nikita Kolodin (2020) และ Pavel Ciaian and Others (2016)
2. ค่าทำธุรกรรม Bitcoin ได้แก่ พงศกร พัวพัฒนกุล (2560) และ Dean Fantazzini and Nikita Kolodin (2020)
3. จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin ได้แก่ Dehua Shen and Others (2015) Google trend ได้แก่ Dean Fantazzini and Nikita Kolodin (2020) และ Erik Parlstrand and Otto Ryden (2015)
4. ราคาทองคำ ได้แก่ กิ่งกมล นกงาม (2562) Dean Fantazzini and Nikita Kolodin (2020) Erik Parlstrand and Otto Ryden (2015) และ Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora (2018)
5. มูลค่าตลาด Bitcoin ได้แก่ Dehua Shen and Others (2015) และ Erik Parlstrand and Otto Ryden (2015)
6. อัตราการขาด Bitcoin ได้แก่ Ahmed Ibrahim and Others (2563) Dean Fantazzini and Nikita Kolodin (2020) และ Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora (2018)
7. ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones ได้แก่ กิ่งกมล นกงาม (2019) Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora (2018) และ Dennis Wijk (2013)

เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยภายนอก ดังนั้น ตัวแปรที่ผู้วิจัยจะศึกษา ได้แก่ มูลค่าตลาด Bitcoin, อัตราการขาด Bitcoin, จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin, ค่าทำธุรกรรม Bitcoin, จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin, อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ, อัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ, ราคาทองคำ, ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones และคำค้นหา Bitcoin Crash

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคา Bitcoin และตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ราคาของ Bitcoin โดยอาศัยปัจจัยภายนอก ซึ่งใช้การทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี Unit Root Test การหาค่าจำนวนความล่าช้า (Lag) ที่เหมาะสม แบบจำลอง Co-Integration แบบจำลอง VAR (Vector Autoregression Model) แบบจำลอง VECM (Vector Error Correction Model) โดยผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการดำเนินงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 แนวคิด และทฤษฎีทางเศรษฐมิติอนุกรมเวลาที่น่าสนใจ

3.1.1 การทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี Unit Root Test

3.1.2 การหาค่าจำนวนความล่าช้า (Lag) ที่เหมาะสม

3.1.3 แบบจำลอง Co-Integration

3.1.4 แบบจำลอง VAR (Vector Autoregression Model)

3.1.5 แบบจำลอง VECM (Vector Error Correction Model)

3.1.6 ตัวชี้วัดในการประเมินผลการพยากรณ์

3.2 แหล่งที่มาของข้อมูล

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

เนื่องจากในแต่ละสัปดาห์ ราคา Bitcoin ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากมาย ซึ่งปัจจัยดังกล่าว อาจส่งผลหรือไม่ได้ส่งผลต่อราคา Bitcoin ในสัปดาห์นั้น แต่ส่งผลต่อราคา Bitcoin ในสัปดาห์ถัดไป แสดงว่า ราคาในอดีตอาจส่งผลกระทบต่อราคาปัจจุบันของ Bitcoin ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์จากแบบจำลองอนุกรมเวลา ได้แก่ แบบจำลอง VAR และแบบจำลอง VECM

3.1 แนวคิดและทฤษฎีทางเศรษฐมิติอนุกรมเวลาที่นำมาใช้

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรและตัวแปรอิสระที่ใช้ในแบบจำลอง VAR และแบบจำลอง VECM

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
BTC_price	ราคา Bitcoin ปิดเฉลี่ยรายวันตลอดสัปดาห์	USD
Marketcap	มูลค่าตลาด Bitcoin รายวันตลอดสัปดาห์	USD
Hash_rate	อัตราการขุด Bitcoin รายวันตลอดสัปดาห์	TH/s
Transaction	จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin รายวันตลอดสัปดาห์	ครั้ง
Transaction_fee	ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin รายวันตลอดสัปดาห์	USD
Tweets	จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin รายวันตลอดสัปดาห์	ครั้ง
Google_trend	คำค้นหา Bitcoin Crash รายวันตลอดสัปดาห์	เปอร์เซ็นต์
Interest_rate	อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ รายวันตลอดสัปดาห์	เปอร์เซ็นต์
Inflation_rate	อัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ รายวันตลอดสัปดาห์	เปอร์เซ็นต์
Gold_price	ราคาทองคำรายวันตลอดสัปดาห์	USD
Dow_jones	ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones รายวันตลอดสัปดาห์	จุด

3.1.1 การทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี Unit Root Test

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา ขั้นตอนแรกต้องตรวจสอบคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญในการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง และไม่ทำให้ผลของแบบจำลองผิดพลาด หรือไม่มีประสิทธิภาพ วิธีหนึ่งที่ยอมรับในการทดสอบความนิ่งของข้อมูล คือ การทดสอบ Unit Root

การทดสอบ Unit Root เป็นการทดสอบว่า ข้อมูลที่ศึกษามีคุณสมบัตินิ่งหรือไม่ สามารถทำได้โดยวิธีการทดสอบ DF (Dickey-Fuller Test) ซึ่งถูกเสนอโดย Dickey และ Fuller ในปี พ.ศ. 2524 และวิธีการทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller Test) ซึ่งถูกต่อยอดจากการทดสอบ DF คิดค้นโดย Said และ Dickey ในปี พ.ศ. 2527 ยกตัวอย่างวิธีการทดสอบ DF (Dickey-Fuller Test) โดยมีการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

สมการทดสอบ 3 สมการ (At Level) คือ

$$\Delta X_t = \gamma X_{t-1} + \varepsilon_1 \quad (\text{Random Walk Process})$$

$$\Delta X_t = \alpha + \gamma X_{t-1} + \varepsilon_1 \quad (\text{Random Walk with Drift})$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta_t + \gamma X_{t-1} + \varepsilon_1 \quad (\text{Random Walk with Drift and Trend})$$

ถ้า X_t เป็นแนวโน้มเชิงสุ่มที่มีความโน้มเอียงทั่วไปรวมอยู่ด้วยจะเป็นแบบจำลอง Random Walk with Drift ถ้า X_t เป็นแนวโน้มเชิงสุ่มที่มีความโน้มเอียงทั่วไปรวมอยู่ด้วย และมีแนวโน้มตามเวลาเชิงเส้น (Linear Time Trend) จะเป็นแบบจำลอง Random Walk with Drift and Trend

โดยที่ ΔX_t = ผลต่างของ ΔX_t หรือ $X_t - X_{t-1}$

α = ค่าคงที่

β_t = ค่าสัมประสิทธิ์ ของ Time Trend ที่รวมอยู่กับตัวแปร Time Trend

γ = $\rho - 1$

X_{t-1} = ตัวแปรที่ต้องการศึกษาในช่วง $t-1$

ε_1 = ค่าความคลาดเคลื่อนที่มีคุณสมบัติ White Noise

สมมติฐานที่ทดสอบ

$$H_0 : \gamma = 0$$

$$H_1 : \gamma \neq 0$$

เมื่อทำการทดสอบตัวแปรอิสระ ด้วยวิธี Unit Root Test ถ้า $\tau_{cal} < \tau_c$ หมายความว่าไม่สามารถปฏิเสธ H_0 หรือยอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระตัวนั้นไม่มีคุณสมบัตินิ่ง (Non-Stationary) ซึ่งทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลาของตัวแปรมีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) ไม่เท่ากัน เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป แต่ถ้า $\tau_{cal} > \tau_c$ หมายความว่าปฏิเสธ H_0 หรือ ยอมรับ H_1 แสดงว่าตัวแปรอิสระนั้นมีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) แสดงถึง ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) เท่ากัน เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

วิธีการแก้ไขให้ข้อมูลมีคุณสมบัติ Stationary คือ การ Difference ข้อมูล หรือทำให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบผลต่าง เพื่อลดองค์ประกอบ Trend ของข้อมูล ทำให้ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของข้อมูลมีโอกาสดังที่ได้มากขึ้น แล้วทำ **1st Difference** จากนั้นทำการทดสอบ Unit Root อีกครั้ง แล้วสังเกตผลลัพธ์ว่า มีคุณสมบัตินิ่งหรือไม่ หากข้อมูลทำการ **1st Difference** ยังไม่มีคุณสมบัตินิ่งอีกให้ทำการ Difference อีกครั้ง เป็น **2nd Difference** แล้วทดสอบด้วย Unit Root ถ้าตัวแปรนั้นยังคงไม่มีคุณสมบัตินิ่ง จะต้องทำการ Difference และทำการทดสอบ Unit Root ไปเรื่อย ๆ จนกว่าตัวแปรนั้นจะมีคุณสมบัตินิ่ง เพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ในแบบจำลองได้ เช่น แบบจำลอง VAR ที่ต้องใช้ข้อมูลที่มีคุณสมบัตินิ่งในการหาความสัมพันธ์ เป็นต้น

3.1.2 การหาค่าจำนวนความล่าช้า (Lag) ที่เหมาะสม

การศึกษานี้จะใช้เกณฑ์ Akaike Information Criteria (AIC) และ Schwarz's Bayesian Information Criterion (SC , BIC หรือ SBC) เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าจำนวนความล่าช้า (Lag) ใดที่มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ทั้งแบบจำลอง VAR และ VECM โดยมีสูตรดังนี้

$$AIC = 2k - 2\ln(L)$$

$$SC = -2\ln(L) + k\ln(n)$$

โดยที่ L คือ ค่าที่มากที่สุดใน Likelihood Function ของแบบจำลอง

k คือ จำนวนค่าประมาณการสัมประสิทธิ์

n คือ จำนวนข้อมูล

สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกแบบจำลอง จะเลือกแบบจำลองที่มีค่า Akaike Information Criteria (AIC) หรือ Schwarz's Bayesian Information Criterion (SC) ที่มีค่าน้อยที่สุด โดยการทำให้ค่าเหล่านี้มีค่าน้อยได้นั้นสามารถถูกอธิบายด้วยสาเหตุดังต่อไปนี้

- 1) มีความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมน้อย
- 2) มีจำนวนของตัวแปรและจำนวน Lag น้อย
- 3) มีจำนวนข้อมูลในการประมาณค่ามาก

3.1.3 แบบจำลอง Co-Integration

การทดสอบความสัมพันธ์ระยะยาว (Cointegration) การที่ข้อมูลทางเศรษฐกิจที่เป็นอนุกรมเวลาส่วนมากจะมีคุณสมบัติไม่นิ่ง (Non-Stationary) ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของสมการมีความสัมพันธ์ไม่แท้จริง ซึ่งวิธีการจัดการกับข้อมูลที่มีคุณสมบัติที่ไม่นิ่ง (Non-Stationary) จะใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ Two-Step Approach ที่เสนอโดย Engle and Granger และ Full Information Maximum Likelihood Approach ที่เสนอโดย Johansen and Juselius ซึ่งแต่ละวิธี สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. แนวคิดของ Engle and Granger

การศึกษาความสัมพันธ์ระยะยาวด้วยวิธีของ Engle and Granger นั้นเป็นการทดสอบ Cointegration ที่มีความสัมพันธ์กัน 2 ตัวแปร โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) นำตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง ทดสอบด้วย Unit Root เพื่อทดสอบความนิ่ง (Stationary) ของข้อมูล โดยวิธี ADF Test
- 2) จะทำการประมาณสมการถดถอยด้วยวิธี Ordinary Least Squares (OLS) โดยใช้แบบจำลอง

$$Y_t = C + \beta X_t + e_t$$

โดยที่ Y_t คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X_t คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

C คือ ค่าคงที่ (Constant)

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์

e_t คือ Residuals ที่ประมาณได้จากสมการ

3) นำ Residuals ที่ประมาณได้จากสมการด้วยวิธีการ Ordinary Least Squares (OLS) มาทดสอบว่ามีคุณสมบัติที่ระดับ Integrated ที่ Degree 0 หรือ $I(0)$ หรือไม่ ด้วยการทดสอบ Unit Root ด้วยวิธี ADF Test โดยไม่ต้องใส่ค่าคงที่ และแนวโน้มตามเวลา ซึ่งสมการที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$\Delta \hat{e}_t = \gamma \hat{e}_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_i \Delta \hat{e}_{t-1} + v_t$$

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ

$$H_0 : \gamma = 0$$

$$H_1 : \gamma \neq 0$$

เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัตินี้ด้วยวิธี Unit Root ของส่วนที่เหลือ (Residuals) พบว่า ถ้า $\tau_{cal} < \tau_c$ หมายความว่า ปฏิเสธ H_1 หรือยอมรับ H_0 แสดงว่าส่วนที่เหลือไม่มีคุณสมบัตินี้ (Non-Stationary) แต่ถ้า $\tau_{cal} > \tau_c$ หมายความว่า ปฏิเสธ H_0 หรือ ยอมรับ H_1 ส่วนที่เหลือ (Residuals) จะมีคุณสมบัตินี้ (Stationary) จะสามารถสรุปได้ว่าตัวแปร Y_t และ X_t มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว แต่ถ้าส่วนที่เหลือ (Residuals) ไม่มีคุณสมบัตินี้ จะสามารถสรุปได้ว่าตัวแปร Y_t และ X_t ไม่มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว

2. แนวคิดของ Johansen – Juselius

Cointegration เป็นการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันในระยะยาวหรือไม่ วิธีการของ Johansen - Juselius เป็นการทดสอบ Cointegration ที่มีหลายตัวแปร โดยวิธีดังกล่าวสรุปได้ดังนี้

1) หาอันดับความสัมพันธ์ของข้อมูล (Order of Integration) ของตัวแปรทุกตัว ถ้าพบว่าตัวแปรแต่ละตัวมีอันดับความสัมพันธ์ของข้อมูล (Order of Integration) ต่างกันจะไม่รวมตัวแปรเหล่านั้นไว้ด้วยกัน แต่ถ้าตัวแปร

อิสระมีอันดับความสัมพันธ์ของข้อมูล (Order of Integration) สูงกว่าตัวแปรตาม (ควรทำการศึกษาตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป) จึงจะทำให้ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันในระยะยาว

2) ทำการทดสอบหาความยาวของความล่าช้า (Lag) ของตัวแปรด้วยวิธี Akaike Information Criterion (AIC) Likelihood Ratio Test (LR) และ Schwartz Bayesian Criterion (SBC)

3) สร้างรูปแบบจำลอง ซึ่งมีอยู่ 5 รูปแบบ คือ

ก) รูปแบบทั้ง VAR Model และ Co-Integration Model ไม่ปรากฏค่าคงที่และแนวโน้มเวลา

$$X_t = \sum_t^p A_t X_{t-1} + \varepsilon_t$$

ดังนั้น

$$\Delta X_t = \pi X_{t-1} \sum_{t-1}^{p-t} \pi_t \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t$$

โดยค่า π และ π_1 มีค่าดังนี้

$$\pi = \sum_{t=1}^p A_t - I$$

$$\pi_1 = \sum_t^p t + 1^{A_t}$$

โดยที่ X_t = The (n x 1) Vector of Variable

A_t = The (n x n) Matrix of Parameters

I = The (n x n) Identity Matrix

ε_t = The (n x n) Vector of Error Term with Multivariate White Noise

ข) รูปแบบของ VAR Model ที่มีแนวโน้มเวลาแต่จำกัดค่าคงที่ใน Cointegrating Vector มีรูปแบบดังนี้

$$\Delta X_t = \pi^* X_{t-1}^* + \sum_{t=1}^{p-1} \pi_t \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\pi^* = \begin{pmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \cdots & \pi_{1n} & \pi_{01} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \cdots & \pi_{2n} & \pi_{02} \\ \pi_{31} & \pi_{32} & \cdots & \pi_{3n} & \pi_{03} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \pi_{n1} & \pi_{n2} & \cdots & \pi_{nn} & \pi_{0n} \end{pmatrix}$$

$$X_{t-1}^* = (X_{1t-1}, X_{2t-1}, X_{nt-1}, 1)$$

ค) รูปแบบของ VAR Model ที่มีเฉพาะค่าคงที่

$$X_t = A_0 + \sum_{t=1}^p A_t X_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta X_t = A_0 + \pi X_{t-1} + \sum_{t=1}^{p-1} \pi_t \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t$$

โดย A_0 = The $(n \times 1)$ Vector of Constants $(a_{01}, a_{02}, \dots, a_{0n})$

ง) รูปแบบของ VAR Model ที่มีค่าคงที่และจำกัดแนวโน้มเวลาใน Cointegrating Vector

$$\Delta X_t = A_0 + \pi^{**} X_{t-1}^{**} + \sum_{t=1}^{p-1} \pi_t \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\pi^{**} = \begin{pmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \cdots & \pi_{1n} & \pi_{01} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \cdots & \pi_{2n} & \pi_{02} \\ \pi_{n1} & \pi_{n2} & \cdots & \pi_{nn} & \pi_{0n} \end{pmatrix}$$

$$X_{t-1}^{**} = (X_{1t-1}, X_{2t-1}, X_{nt-1}, T)'$$

$$T = 1, 2, 3, \dots, n$$

จ) รูปแบบของ VAR Model ที่มีทั้งค่าคงที่และจำกัดแนวโน้มเวลา

$$\Delta X_t = A_0 + A_1 T + \pi X_{t-1} + \sum_{t=1}^{p-1} \pi_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t$$

โดย A_1 = The (nx1) Vector of Time Trend Coefficient $(t_{01}, t_{02}, \dots, t_{0n})$

4) หาจำนวน Cointegrating Vector โดยใช้ค่าสถิติทดสอบ 2 ตัว คือ Eigenvalue Trace Statistic หรือ Trace Test และ Maximal Eigenvalue หรือ Max Test แล้วเปรียบเทียบค่าสถิติที่คำนวณได้กับค่าวิกฤติ โดยถ้าค่าที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤติจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) นั่นคือทำการทดสอบเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานได้

สมมติฐานที่ใช้สำหรับทดสอบในกรณี Trace Test เป็นดังนี้

H_0 : จำนวน Cointegration Vector อย่างมากเท่ากับ r

H_1 : จำนวน Cointegration Vector มากกว่า r

สมมติฐานที่ใช้สำหรับทดสอบในกรณี Maximum Eigenvalue Test เป็นดังนี้

H_0 : จำนวน Cointegration Vector อย่างมากเท่ากับ r

H_1 : จำนวน Cointegration Vector มากกว่า r + 1

การทดสอบด้วย Trace test ถ้า $T_{cal} < T_c$ หมายความว่า ปฏิเสธ H_1 หรือยอมรับ H_0 แสดงว่าจำนวน Cointegration Vector อย่างมากเท่ากับ r แต่ถ้า $T_{cal} > T_c$ หมายความว่า ปฏิเสธ H_0 หรือยอมรับ H_1 แสดงว่า จำนวน Cointegration Vector มากกว่า r

การทดสอบด้วย Maximal Eigenvalue จะทำการทดสอบค่า Cointegrating Vector ถ้า $T_{cal} < T_c$ หมายความว่าปฏิเสธ H_1 หรือยอมรับ H_0 แสดงว่า จำนวน Cointegration Vector อย่างมากเท่ากับ r แต่ถ้า $T_{cal} > T_c$ หมายความว่าปฏิเสธ H_0 หรือยอมรับ H_1 แสดงว่า จำนวน Cointegration Vector มากกว่า r + 1

3.1.4 แบบจำลอง VAR (Vector Autoregression Model)

Vector Autoregression Model (VAR) คือ แบบจำลองในการพยากรณ์หลายตัวแปร ซึ่งต้องมีตัวแปรที่มีข้อมูลเป็นรูปแบบอนุกรมเวลา อย่างน้อย 2 ตัวแปร ซึ่งควรจะมียุติพลต่อกัน โดยตัวแปรที่นำมาศึกษาไม่ว่าจะเป็นตัวแปรตาม หรือตัวแปรอิสระทุกตัวต้องมีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) โดยตัวแปรตามจะถูกกำหนดด้วยอดีต

ของตัวเอง (Lagged Variable) และถูกอธิบายด้วยตัวแปรอิสระอื่น ๆ (Lagged of Other Variables) สามารถเขียนแบบจำลอง VAR ได้ ดังนี้

$$y_t = m + A_1 x_{t-1} + A_2 x_{t-2} + A_3 x_{t-3} + \cdots + A_p x_{t-p} + \varepsilon_t$$

โดยที่ m = เวกเตอร์ของค่าคงที่ขนาด $n \times 1$

A_t = เมทริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์ขนาด $n \times n$

x_t = เวกเตอร์ของตัวแปรอิสระ ณ ช่วงเวลาที่ t ขนาด $n \times 1$

ε_t = เวกเตอร์ของตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อนขนาด $n \times 1$

p = จำนวน Lag Order ที่เหมาะสมของข้อมูล

3.1.5 แบบจำลอง VECM (Vector Error Correction Model)

VECM (Vector Error Correction Model) คือ แบบจำลองที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง VAR และแบบจำลอง Co-Integration โดยเป็นแบบจำลองที่มีการพิจารณาตัวแปรตาม (Dependent) และตัวแปรอิสระ (Independent) ได้หลายตัวพร้อมกัน และตัวแปรทุกตัวที่นำมาศึกษาไม่จำเป็นต้องมีคุณสมบัติ Stationary) มีจุดประสงค์ เพื่อดูรูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อมูลในอดีตแล้วคาดการณ์ข้อมูลในอนาคตโดยไม่มีทฤษฎีรองรับ จากแบบจำลอง VECM สามารถแสดงความสัมพันธ์ในระยะสั้นของตัวแปร โดยคำนึงผลกระทบของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปรับตัวในระยะยาวของตัวแปรในแบบจำลองด้วย สามารถเขียนแบบจำลอง

$$\Delta X_t = \pi_0 + \pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \pi_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_f$$

โดยที่ ΔX_t = เวกเตอร์ของตัวแปรมีขนาด $n \times 1$

πX_{t-1} = Vector Error Correction Term

π_i = เมทริกซ์ของค่าสัมประสิทธิ์ขนาด $n \times n$

ε_f = เวกเตอร์ของตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อนขนาด $n \times 1$

p = จำนวน Lag Order ที่เหมาะสมของข้อมูล

3.1.6 ตัวชี้วัดในการประเมินผลการพยากรณ์

RMSE (Root Mean Squared Error) เป็นตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองในการทำนาย โดยคำนวณจากรากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง มีค่าเป็นหน่วยเดียวกันกับข้อมูลที่ใช้ทำนาย ยกตัวอย่าง เช่น $RMSE = 5,000$ หมายความว่า หากข้อมูลตัวแปรตามมีหน่วยเป็น ดอลลาร์สหรัฐฯ การทำนายของแบบจำลองมีคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไป 5,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ เป็นต้น โดยตัวชี้วัดยังมีค่าน้อย ยิ่งแสดงถึงการทำนายของแบบจำลองที่ดี

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (F_t - A_t)^2}{N}}$$

โดยที่ F_t = ค่าพยากรณ์ หรือ Forecast Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

A_t = ค่าจริง หรือ Actual Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

N = จำนวนของข้อมูล

MAPE (Mean Absolute Percentage Error) เป็นตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อนของโมเดลในการทำนาย มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%) เพื่อให้สะดวกในการเข้าใจการทำนายของแบบจำลองว่า มีการทำนายผิดพลาดไปถึงกี่เปอร์เซ็นต์ ยกตัวอย่าง เช่น $MAPE = 15 \%$ หมายความว่า การทำนายของโมเดลคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไป 15 % เป็นต้น โดยตัวชี้วัดนี้เกิดจาก ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างค่าทำนายกับค่าจริงหารด้วยค่าจริงแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยตัวชี้วัดยังมีค่าน้อย ยิ่งแสดงถึงการทำนายที่ดี

$$MAPE = \left(\frac{1}{N} \sum \frac{|A_t - F_t|}{|A_t|} \right) \times 100$$

โดยที่ F_t = ค่าพยากรณ์ หรือ Forecast Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

A_t = ค่าจริง หรือ Actual Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

N = จำนวนของข้อมูล

3.2 แหล่งที่มาของข้อมูล

ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลอนุกรมแบบทศนิยมรายอาทิตย์ 1 ช่วง คือ ตั้งแต่ วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 จนถึง วันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2564 ที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.2

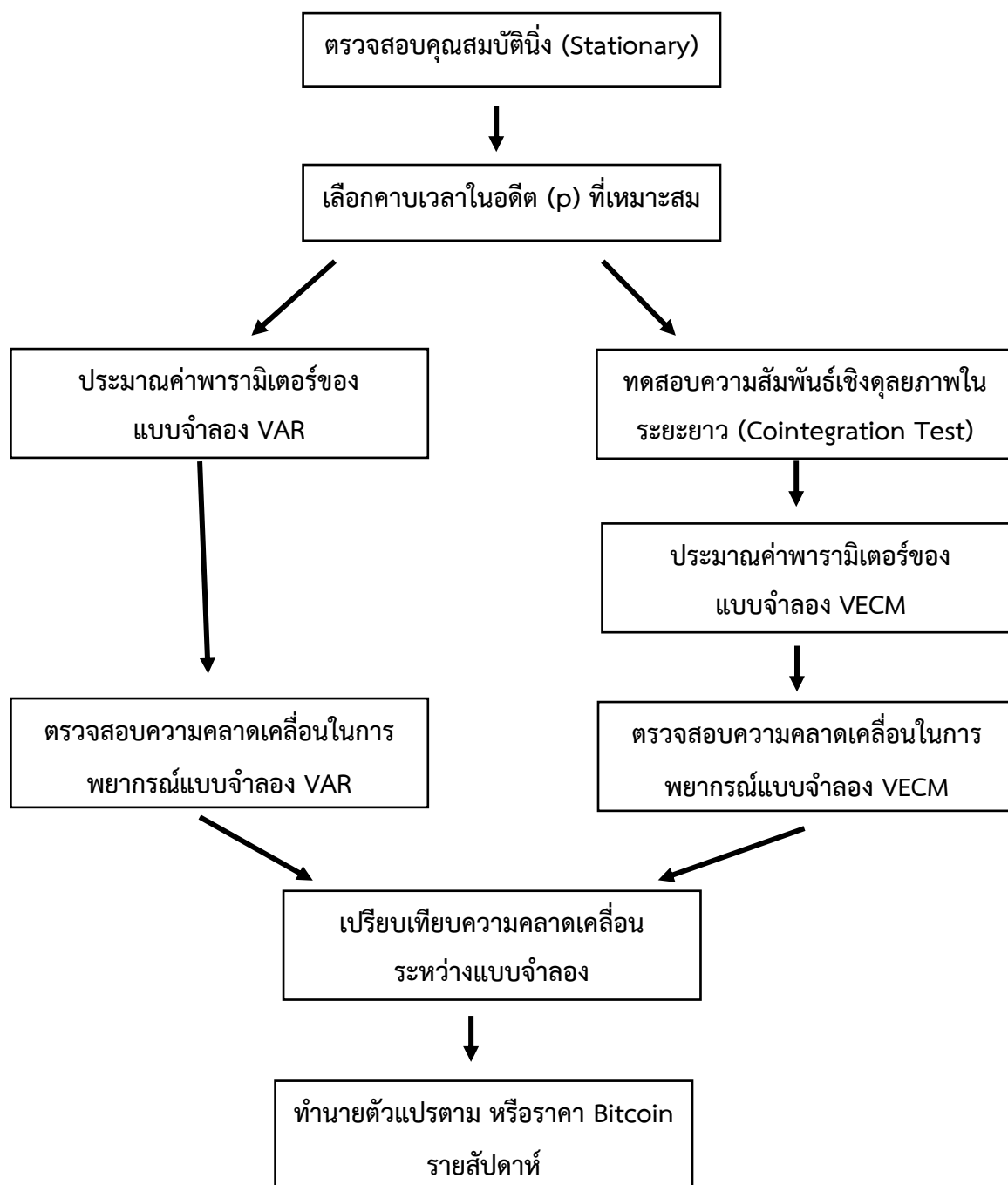
ตารางที่ 3.2 ข้อมูล และแหล่งที่มาของข้อมูล

ตัวแปร	แหล่งที่มา
1. ราคา Bitcoin (Bitcoin Price)	- https://finance.yahoo.com - https://fred.stlouisfed.org
2. ปัจจัยด้าน Cryptocurrency	
- มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap)	- https://www.blockchain.com
- อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate)	- https://www.blockchain.com
- จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction)	- https://www.blockchain.com
- ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee)	- https://www.blockchain.com
3. ปัจจัยทาง Social Media	
- จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin (Tweets)	- https://bitinfocharts.com
- คำค้นหา Bitcoin Crash (Google Trend)	- https://trends.google.com
4. ปัจจัยทางเศรษฐกิจมหภาคสหรัฐอเมริกา	
- อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ (Interest Rate)	- https://fred.stlouisfed.org/
- อัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ (Inflation Rate)	- https://fred.stlouisfed.org
5. ปัจจัยด้านการลงทุน	
- ราคาทองคำ (Gold Price)	- https://fred.stlouisfed.org
- ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones)	- https://fred.stlouisfed.org

3.3 ขั้นตอนการดำเนินวิจัย

การพยากรณ์ราคา Bitcoin และหาปัจจัยที่สำคัญต่อราคา Bitcoin รายสัปดาห์ ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากแบบจำลอง VAR และแบบจำลอง VECM โดยการดำเนินวิจัยเป็นไปตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการดำเนินวิจัย



1. ตรวจสอบคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) ของทุกตัวแปร

1.1) ตรวจสอบคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) ของทุกตัวแปร โดย Unit Root Test ด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller Test พิจารณาจากการทดสอบสมมติฐานความนิ่ง หากปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Reject H_0) แสดงว่า ตัวแปรไม่คุณสมบัตินิ่ง (Stationary) แสดงถึง ข้อมูลอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

1.2) Difference ข้อมูลของตัวแปรที่ไม่มีคุณสมบัตินิ่ง ในกรณีข้อมูลไม่มีคุณสมบัตินิ่ง (Non-Stationary) ต้องทำการ Difference ข้อมูลแล้วตรวจสอบคุณสมบัตินิ่งอีกครั้งจนกว่าจะมีคุณสมบัตินิ่งในทุกตัวแปร แล้วจึงนำข้อมูลทุกตัวแปรที่มีคุณสมบัตินิ่งแล้วไปประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR ในส่วนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM ข้อมูลของตัวแปรไม่จำเป็นต้องมีคุณสมบัตินิ่งสามารถนำข้อมูลประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เลย

2. เลือกคาบเวลาในอดีต (p) ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง

2.1) เลือกคาบเวลาในอดีต (p) ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง VAR (VAR Optimal Lag Selection) โดยใช้เกณฑ์ Akaike Information Criteria (AIC) และ Schwarz's Bayesian Information Criterion (SC หรือ BIC) เป็นเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับพิจารณาเลือกคาบเวลาในอดีต (p) หรือ Lag การเลือกแบบจำลองที่มีคาบเวลาในอดีตที่เหมาะสมจะเลือกแบบจำลองที่มีค่า AIC หรือ SC ที่มีค่าน้อยที่สุด เมื่อได้คาบเวลาในอดีตที่เหมาะสมแล้ว (p) จึงประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR

2.2) เลือกคาบเวลาในอดีต (p) ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง VECM (VECM optimal lag selection) โดยใช้เกณฑ์ Akaike Information Criteria (AIC) และ Schwarz's Bayesian (SC หรือ BIC) เช่นเดียวกับแบบจำลอง VAR การเลือกแบบจำลองที่มีคาบเวลาในอดีตที่เหมาะสมจะเลือกแบบจำลองที่มีค่า AIC หรือ SC ที่มีค่าน้อยที่สุด เมื่อได้คาบเวลาในอดีตที่เหมาะสมแล้ว (p) จึงประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM

3. ทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (Cointegration Test)

ในการสร้างแบบจำลอง VECM ต้องทำการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวก่อน เพื่อหารูปแบบของแบบจำลอง VECM และจำนวน Cointegration Vector ที่เหมาะสมแล้วนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง VECM

3.1) ค้นหาแบบ และจำนวน Cointegration Vector ที่เหมาะสมของแบบจำลอง VECM ก่อนการทดสอบสมมติฐานหาจำนวน Cointegration Vector หรือ จำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว ตามวิธี Max Test และ Trace Test ต้องทำการค้นหาแบบที่เหมาะสมของแบบจำลองก่อน ซึ่งมีทั้งหมด 5 รูปแบบ หรือ 5 เงื่อนไข และทำการค้นหา Rank (r) หรือ จำนวน Cointegration

Vector (r) ในการหารูปแบบของจำลอง และ Rank (r) ที่เหมาะสมจะดำเนินการโดยทำการสร้างแบบจำลองทั้ง 5 รูปแบบ และเลือก Rank ตั้งแต่ 1 ถึง 10 แล้วเปรียบเทียบกับค่า Akaike Information Criteria (AIC) และ Schwarz's Bayesian (SC หรือ BIC) ว่าแบบจำลองรูปแบบไหน และ Rank ไหน มีค่า AIC และ SC หรือ BIC น้อยที่สุด จึงตัดสินใจเลือกรูปแบบของแบบจำลอง และ Rank (r) ที่เหมาะสมนั้นเพื่อไปใช้ในการทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว และสร้างแบบจำลอง VECM ต่อไป

3.2) ทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegration) ด้วยวิธี Johansen and Juselius ซึ่งเป็นการทดสอบหาจำนวน Cointegration Vector (r) หรือ Rank (r) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นจำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสถิติที่ใช้ทดสอบได้แก่ วิธี Trace Test และ Max Test ในการทดสอบด้วย Trace Test หากยอมรับสมมติฐานหลักแสดงถึง การมี Cointegrating Vector (r) หรือ จำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว น้อยกว่า r อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้นทดสอบด้วย Max Test เพื่อยืนยันจำนวน Cointegration Vector (r) หากยอมรับสมมติฐานหลัก แสดงถึง การมี Cointegrating Vector (r) หรือ จำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว เท่ากับ r อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

4.1) ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR ต้องกำหนดคาบเวลาในอดีต (p) หรือ Lag ที่ได้จากขั้นตอน 3 แล้วดำเนินการประมาณผลหลังจากนั้นแบบจำลองจะแสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ (Coefficient) และระดับนัยสำคัญ (Significance) ของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งตัวแปรที่มีนัยสำคัญเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตาม หรือราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึง ตัวแปรหรือปัจจัยนั้นมีความสำคัญต่อราคา Bitcoin

4.2) ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM ต้องกำหนดคาบเวลาในอดีต (p) หรือ Lag ที่ได้จากขั้นตอน 3 และกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง รวมถึง จำนวน Cointegration Vector (r) หรือ จำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว จากขั้นตอนที่ 4 แล้วดำเนินการประมาณผลหลังจากนั้นแบบจำลองจะแสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ (Coefficient) และระดับนัยสำคัญ (Significance) ของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งตัวแปรที่มีนัยสำคัญเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตาม หรือราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึง ตัวแปรหรือปัจจัยนั้นมีความสำคัญต่อราคา Bitcoin

5. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง

ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง โดยใช้ตัวชี้วัด RMSE และ MAPE ทั้งสองหน่วยวัดยังมีค่าน้อย ยิ่งแสดงถึงการทำนายของแบบจำลองที่ดี ในส่วนของการวัดค่าของตัวชี้วัดจะต้องทำการทำนาย (Estimate Value) ตัวแปรตามจำนวน 180 สัปดาห์ และนำค่าจริง (Actual

Value) มาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองผ่านตัวชี้วัด RMSE และ MAPE ซึ่งเป็นการนำข้อมูลที่ทำการทำนาย (Estimate Value) 180 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง (Actual Value)

5.1) ตรวจสอบตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง VAR

5.2) ตรวจสอบตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง VECM

6. เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลอง

นำค่าตัวชี้วัด RMSE และ MAPE เปรียบเทียบกันระหว่างแบบจำลอง VAR และ VECM แล้วตัดสินใจเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดมาใช้ในการทำนาย โดยเลือกแบบจำลองที่มีค่าตัวชี้วัด RMSE และ MAPE น้อยกว่ากับอีกแบบจำลองหนึ่ง

7. ทำนายตัวแปรตาม หรือราคา Bitcoin รายสัปดาห์ เมื่อได้แบบจำลองที่ดีที่สุดแล้วหลังจากนั้นสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการพยากรณ์ หรือทำนายราคา Bitcoin รายสัปดาห์ถัดไป ในขั้นตอนนี้จะทำการทำนายราคา Bitcoin ในอีก 2 สัปดาห์ถัดไป เป็นตัวอย่าง

บทที่ 4

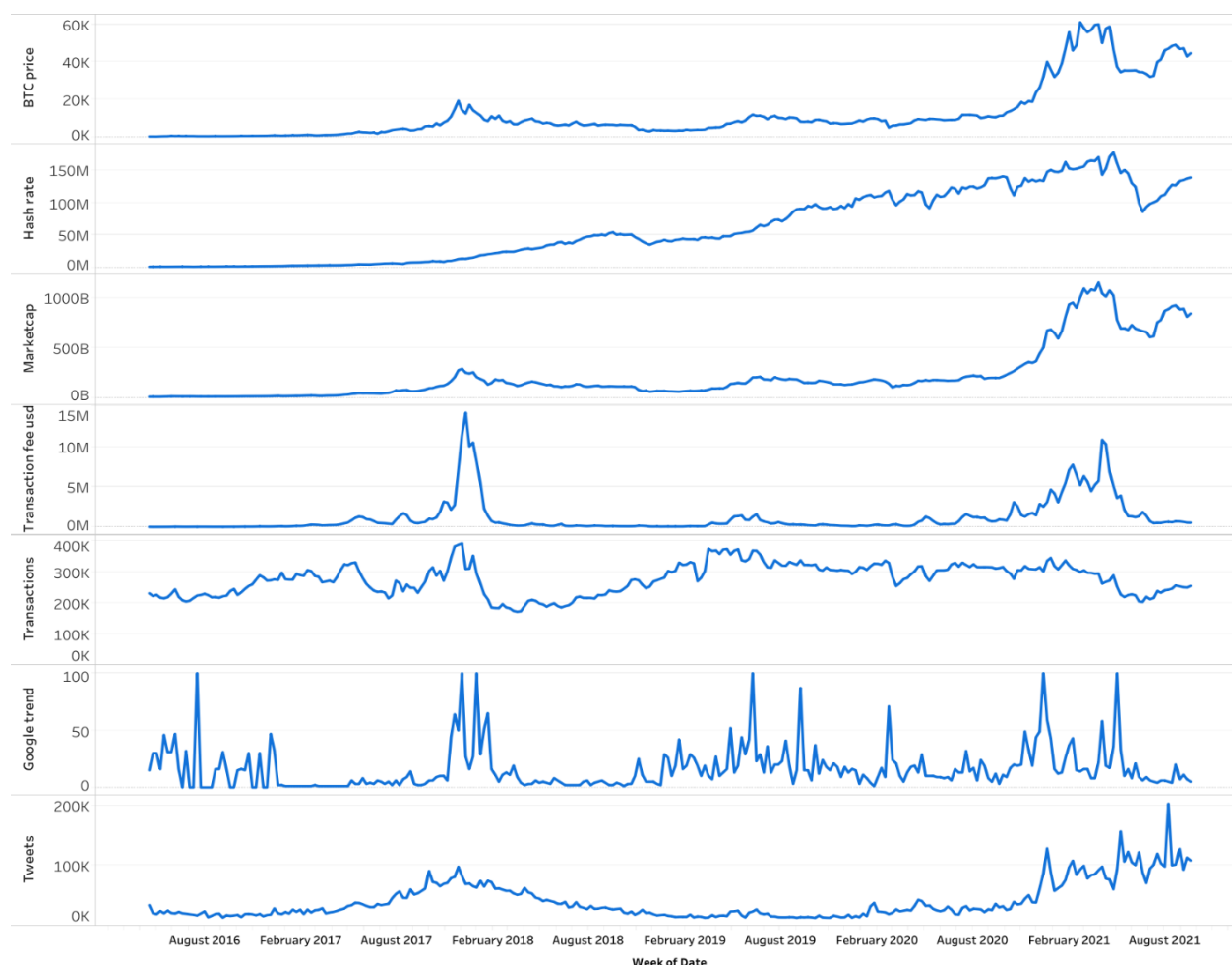
ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์ และตัวแปรต่างๆ ได้แก่ มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction) ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin (Tweets) คำค้นหา Bitcoin Crash (Google Trend) อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ (Interest Rate) อัตราเงินเฟ้อสหรัฐฯ (Inflation Rate) ราคาทองคำ (Gold Price) และดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) โดยใช้แบบจำลอง VAR และ VECM นอกจากนี้ ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการทำนายของแบบจำลอง VAR และ VECM เพื่อหาแบบจำลองที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

4.1.1 วิเคราะห์กราฟเส้นของข้อมูล

ภาพที่ 4.1 กราฟเส้นของตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับราคา Bitcoin



จากภาพ 4.1 แสดงให้เห็นการเคลื่อนไหวของข้อมูลที่น่าสนใจที่มีความไม่คงที่ตลอดช่วงระยะเวลา อีกทั้งยังพบว่า มีความสอดคล้องกันในช่วงเวลาที่มีความผันผวนมาก และผันผวนน้อยระหว่างข้อมูล กล่าวคือ ภายในชุดข้อมูล ข้อมูลแต่ละตัวจะมีความผันผวนน้อย และมีความผันผวนมาก ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ดังเช่น เมื่อวันที่ 1 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 เกิดจากการแยกสายออกจาก Bitcoin มาเป็น Bitcoin Cash (BCH) เนื่องจากเกิดความขัดแย้งในเรื่องวิธีการปรับขนาด (Scaling Solution) ของ Bitcoin เพื่อแก้ปัญหาการโอนช้า และราคาแพง (Coinman, 2560) ซึ่งอาจส่งผลให้ราคา Bitcoin ค่อย ๆ ลดลงมา ก่อนจะเริ่มเคลื่อนตัวขึ้นมาเมื่อมีการอัปเดตใน Bitcoin วันที่ 1 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ต่อมาเปิดตัวโปรโตคอล (Protocol) เวอร์ชันใหม่ที่แยกสายออกจาก Bitcoin บนบล็อกเชน (Blockchain) ของ Bitcoin มาเป็น Bitcoin Gold (BTG) เมื่อวันที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 และเริ่มให้มีการดาวน์โหลดได้ในวันที่ 12 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 (Jiraboon, 2560) ซึ่งอาจส่งผลให้ราคา Bitcoin ตกลงมาในคืนของวันที่เริ่มเปิดให้ดาวน์โหลดก่อนจะค่อย ๆ เคลื่อนตัวขึ้นมา หลังจากนั้นได้มีการทำสัญญาการซื้อขาย Bitcoin ล่วงหน้า หรือ Bitcoin Futures ซึ่งอ้างอิงกับราคา Bitcoin ในตลาดโลก เกิดขึ้น โดยสถาบันการเงินผู้ให้บริการตลาดซื้อ - ขายออฟชั่นที่ใหญ่ที่สุดในสหรัฐฯ Chicago Board Options Exchange (CBOE) ทำการเปิดตัวผลิตภัณฑ์ Bitcoin Futures เมื่อวันที่ 10 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 (DAVITT, 2560) ซึ่งอาจส่งผลให้ราคา Bitcoin มีการเคลื่อนตัวขึ้นมาเรื่อย ๆ

บริษัท Chicago Mercantile Exchange & Chicago Board of Trade หรือที่รู้จักกันในนาม CME Group Inc. (CME) ได้ทำการเปิดให้บริการผลิตภัณฑ์เดียวกันในวันที่ 18 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 (Jiraboon, 2560) ซึ่งอาจส่งผลให้ราคา Bitcoin มีการเคลื่อนตัวขึ้นมามีราคาสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 12,000 ดอลลาร์สหรัฐฯ ก่อนที่ราคา Bitcoin จะตกลง จากนั้นเมื่อวันที่ 28 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ได้มีการกลับมาใช้ บริการ B2X อีกครั้ง หลังจากที่ได้ทำการประกาศยกเลิกการ Hard Fork ไป เมื่อเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2560 เนื่องจากได้สร้างความขัดแย้ง และแตกแยกในกลุ่มผู้ใช้งาน Bitcoin (Jiraboon, 2560) ซึ่งอาจส่งผลให้ราคา Bitcoin เริ่มมีการเคลื่อนตัวขึ้นมา

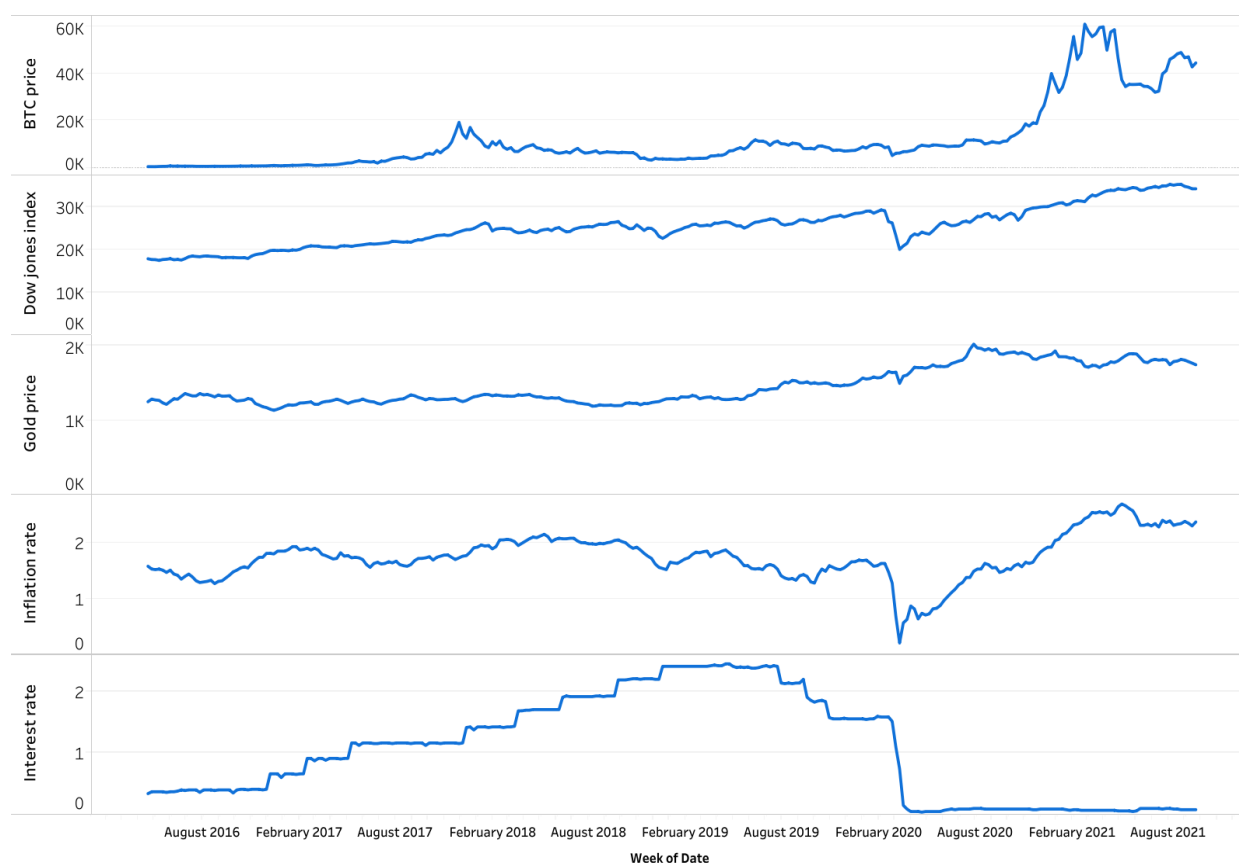
ภายหลัง เริ่มมีการซื้อ-ขาย Bitcoin Diamond (BCD) ที่เกิดจากการแยกสายออกจาก Bitcoin เมื่อวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 โดยเพิ่มปริมาณ Bitcoin ที่มีจำนวนจำกัดเพียง 21 ล้าน BTC เป็น 210 ล้าน BCD ซึ่งอาจส่งผลให้ราคา Bitcoin ค่อย ๆ ตกลงมาเรื่อย ๆ ก่อนจะเริ่มเคลื่อนตัวขึ้นอีกครั้งเมื่อมีสกุลเงินดิจิทัลอีกสกุลเงินหนึ่งที่แยกตัวออกมาจาก Bitcoin เป็น BitcoinZ (BTCZ) ในวันที่ 22 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ซึ่งเปลี่ยนไปใช้ Equihash และเริ่มมีการขุดใหม่ทั้งหมด (Bognone, 2560) ซึ่งอาจส่งผลให้ราคา Bitcoin ค่อย ๆ มีการเคลื่อนตัวขึ้นมา ต่อจากนั้นยังไม่มีเหตุการณ์ที่สำคัญเกิดขึ้น ส่งผลให้ราคา Bitcoin เริ่มเคลื่อนตกลงมา

อีกเหตุการณ์ในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากการระบาดของไวรัสโควิด-19 ซึ่งมีความรุนแรง ตั้งแต่ในช่วงปี พ.ศ. 2563 ที่ผ่านมามาจนถึงปัจจุบัน ตลาดหลักทรัพย์มีการปรับตัวลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของภาวะวิกฤตในไตรมาสที่ 1-2 ของปี พ.ศ. 2563 และมีการเคลื่อนไหวที่ผันผวนตามความรุนแรงที่เพิ่มขึ้น หรือการ

คลี่คลายของการระบาดในประเทศต่าง ๆ ตลอดปี พ.ศ. 2563 นอกจากนี้ ธนาคารกลางทั่วโลกไม่เพียงแต่ FED แต่ ยังรวมถึงธนาคารกลางยุโรป (ECB) ญี่ปุ่น (BOJ) ต่างนำเอามาตรการเพิ่มปริมาณเงินผ่านการทำ QE กลับมาใช้ ใหม่ อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลยุค 4.0 ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาทำให้ Bitcoin ได้รับความเชื่อถือมากขึ้นจากสาธารณะชนในด้านความปลอดภัยในการเก็บรักษาของเทคโนโลยี Blockchain ว่า สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บสะสมความมั่งคั่งได้ในลักษณะเดียวกับทองคำ โดยในบรรดาสินทรัพย์ดิจิทัล Bitcoin ถือว่าเป็นสินทรัพย์ดิจิทัลที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ทำให้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 ที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน การ ลงทุนใน Bitcoin ถูกกล่าวถึงในวงกว้าง และราคาปรับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนมีการกล่าวถึงว่า Bitcoin เปรียบเสมือนเป็นทองคำใหม่ในโลกการลงทุน (New Gold) ซึ่งมีลักษณะเป็นสินทรัพย์ปลอดภัย นอกจากนี้ ราคา Bitcoin ที่เพิ่มขึ้นจนสร้างระดับสูงสุดใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ Bitcoin ได้รับความสนใจในการลงทุนเพื่อเก็ง กำไรจากผลตอบแทนที่สูงในช่วงที่ผ่านมา

โดยเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นดังกล่าวนั้น ส่งผลต่อราคา Bitcoin และมูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction) ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) และจำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin (Tweets) ค่อนข้างมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทาง เดียวกัน

ภาพที่ 4.2 กราฟเส้นของตัวแปรที่เกี่ยวข้องทางอ้อมกับราคา Bitcoin



จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับ Bitcoin กราฟแสดงให้เห็นถึงความผันผวนที่ไม่สอดคล้องกับราคาของ Bitcoin ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2559 สามารถเห็นได้ว่า Dow Jones , Gold Price , Inflation Rate และ Interest Rate มีความเคลื่อนไหวที่ไม่ได้สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับ ราคา Bitcoin

4.1.2 สถิติเชิงพรรณนาของข้อมูล

ตารางที่ 4.1 สถิติเชิงพรรณนาของข้อมูล

ตัวแปรอิสระ	Mean	Median	Minimum	Maximum	Sum
BTC_price	11964.52806	7459.8	443.6	61195.3	3397925.97
Marketcap	2.16412E+11	1.32604E+11	6912937252	1.14727E+12	6.14611E+13
Hash_rate	61726830.36	46877030.78	1346789.464	178331179	17530419823
Transaction_fee_usd	1157539.501	340811.854	19732.33636	14246296	328741218.3
Transactions	276935.6411	281548.6786	172031.7619	392067.0476	78649722.07
Tweets	40482.37183	27809	12982	202925	11496993.6
Google_trend	16.25704225	10	0	100	4617
Interest rate	1.057464789	1.15	0.04	2.44	300.32
Inflation_rate	1.740176056	1.73	0.21	2.69	494.21
Gold_price	1456.41718	1328.26	1133.26	2018.06	413622.479
Dow jones	25356.6313	25352.305	17540.73	35377.2	7201283.29

การวิเคราะห์ข้อมูลรายสัปดาห์ตลอด 285 สัปดาห์ พบว่า แต่ละตัวแปรมีค่าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ ได้แก่ BTC_price เท่ากับ 11964 ดอลลาร์สหรัฐฯ Marketcap เท่ากับ 2 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐฯ Hash_rate 61,726,830 Theta ต่อวินาที Transaction_fee_usd เท่ากับ 1,157,539 ดอลลาร์สหรัฐฯ Transactions เท่ากับ 276,935 ธุรกรรม Tweets เท่ากับ 40,482 ครั้ง Google_trend เท่ากับ ร้อยละ 16.26 Interest_rate เท่ากับ ร้อยละ 1.06 Inflation_rate เท่ากับ ร้อยละ 1.74 Gold_price เท่ากับ 1,456 ดอลลาร์สหรัฐฯ และ Dow Jones เท่ากับ 25,356 จุด

เมื่อดำเนินการในรูปแบบค่าพิสัยพบว่า BTC_price เท่ากับ 60,751.7 ดอลลาร์สหรัฐฯ Marketcap เท่ากับ 1.140357e+12 ดอลลาร์สหรัฐฯ Hash_rate เท่ากับ 176,984,390 Theta ต่อวินาที Transaction_fee_usd

เท่ากับ 14,226,564 ดอลลาร์สหรัฐฯ Transactions เท่ากับ 220,036 ธุรกรรม Tweets เท่ากับ 189,943 ครั้ง Google_trend เท่ากับ ร้อยละ 100 Interest_rate เท่ากับ ร้อยละ 2.4 Inflation_rate เท่ากับ ร้อยละ 2.48 Gold_price เท่ากับ 884.8 ดอลลาร์สหรัฐฯ Dow_jones เท่ากับ 17,836 จุด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่ามัธยฐาน พบว่า ตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่าค่ามัธยฐาน ได้แก่ BTC_price , Marketcap , Hash_rate , Transaction_fee_usd , Tweets , Google_trend , Inflation_rate , Gold_price และ Dow_jones ขณะที่ ตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่ามัธยฐานได้แก่ Transactions และ Interest_rate

4.2 ผลการดำเนินการวิจัย

1) ผลการตรวจสอบคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) ของทุกตัวแปร ด้วยวิธี Unit Root Test

ตรวจสอบคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) ของทุกตัวแปร โดย Unit Root Test ด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller Test พิจารณาจากการทดสอบสมมติฐานความนิ่ง หากปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Reject H_0) แสดงว่า ตัวแปรไม่คุณสมบัตินิ่ง (Stationary) แสดงถึงข้อมูลอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนเท่ากัน เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ได้ผลการตรวจสอบคุณสมบัตินิ่ง ดังนี้

ตารางที่ 4.2 การทดสอบความนิ่งตัวแปร ณ ระดับ At level

Variables	Test Equation	ADF Test Statistic	Test Critical Value			P-Value	Result
			1%	5%	10%		
BTC_price	Intercept	-1.21625	-3.99	-3.43	-3.13	0.9064	Non-Stationary
Market_cap	Intercept	-1.09012	-3.99	-3.43	-3.13	0.9293	Non-Stationary
Hash_rate	Intercept	-3.25631	-3.99	-3.43	-3.13	0.08395	Non-Stationary
Transaction	Intercept	-2.79514	-3.99	-3.43	-3.13	0.199	Non-Stationary
Transaction_fee	Intercept	-4.59148	-3.99	-3.43	-3.13	0.001017	Stationary
Tweets	Intercept	-1.09159	-3.99	-3.43	-3.13	0.9291	Non-Stationary
Google_trend	Intercept	-5.17005	-3.99	-3.43	-3.13	8.306e-05	Stationary
Interest_rate	Intercept	-1.30624	-3.99	-3.43	-3.13	0.8862	Non-Stationary
Inflation_rate	Intercept	-1.90852	-3.99	-3.43	-3.13	0.65	Non-Stationary
Gold_price	Intercept	-1.82521	-3.99	-3.43	-3.13	0.6927	Non-Stationary
Dow_jones	Intercept	-2.54916	-3.99	-3.43	-3.13	0.3042	Non-Stationary

จากตารางที่ 4.2 เริ่มต้นจากการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลในระดับ At Level ด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller Tests จากสมมติฐานที่ว่า

$$H_0 : \gamma = 0 \text{ (ลักษณะข้อมูลไม่มีคุณสมบัตินิ่ง)}$$

$$H_1 : \gamma \neq 0 \text{ (ลักษณะข้อมูลมีคุณสมบัตินิ่ง)}$$

เมื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลในระดับ At Level พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่ยอมรับสมมติฐานหลัก ทำให้ตัวแปรส่วนใหญ่ไม่มีคุณสมบัตินิ่ง (Non-Stationary) และมีเพียง 2 ตัวแปรเท่านั้นที่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ทำให้มีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) คือ Transaction_fee และ Google_trend หลังจากนั้นทำ First Difference ข้อมูลแล้วทำการทดสอบคุณสมบัติของข้อมูลอีกครั้ง

ตารางที่ 4.3 การทดสอบความนิ่งตัวแปรด้วยวิธี ณ ระดับ First Difference

Variables	Test Equation	ADF Test Statistic	Test Critical Value			P-Value	Result
			1%	5%	10%		
BTC_price	Intercept	-15.403	-3.99	-3.43	-3.13	3.952e-29	Stationary
Market_cap	Intercept	-12.7037	-3.99	-3.43	-3.13	2.603e-23	Stationary
Hash_rate	Intercept	-15.1145	-3.99	-3.43	-3.13	1.36e-028	Stationary
Transaction	Intercept	-15.0623	-3.99	-3.43	-3.13	1.714e-28	Stationary
Transaction_fee	Intercept	-12.0682	-3.99	-3.43	-3.13	9.89e-022	Stationary
Tweets	Intercept	-23.7931	-3.99	-3.43	-3.13	1.542e-32	Stationary
Google_trend	Intercept	-25.2472	-3.99	-3.43	-3.13	1.356e-30	Stationary
Interest_rate	Intercept	-12.3782	-3.99	-3.43	-3.13	1.648e-22	Stationary
Inflation_rate	Intercept	-12.6344	-3.99	-3.43	-3.13	3.842e-23	Stationary
Gold_price	Intercept	-15.7743	-3.99	-3.43	-3.13	8.7e-30	Stationary
Dow_jones	Intercept	-12.6567	-3.99	-3.43	-3.13	3.388e-23	Stationary

เมื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลในระดับ First Difference ด้วยวิธีการทดสอบ Unit Root อีกครั้งพบว่า ทุกตัวแปรที่ทำ First Difference ปฏิเสธสมมติฐานหลักทำให้มีคุณสมบัตินิ่ง (Stationary)

ดังนั้น การผลการทดสอบความนิ่งของตัวแปร ทำให้ไม่สามารถใช้แบบจำลอง Regression ในการหาค่าพารามิเตอร์ได้ จำเป็นจะต้องใช้แบบจำลองทางเศรษฐมิติอนุกรมเวลา จึงทำการเลือกแบบจำลอง VAR และ VECM ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ และทำนายราคา Bitcoin รายสัปดาห์

2) ผลการเลือกคาบเวลาในอดีต (Lag Order) ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง

เลือกคาบเวลาในอดีต (p) ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง VAR (VAR Optimal Lag Selection) และ VECM (VECM Optimal Lag Selection) โดยใช้เกณฑ์ Akaike Information Criteria (AIC) และ Schwarz's Bayesian Information Criterion (SC หรือ BIC) เป็นเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับพิจารณาเลือกคาบเวลาในอดีต (p) หรือ Lag การเลือกแบบจำลองที่มีคาบเวลาในอดีตที่เหมาะสมจะเลือกแบบจำลองที่มีค่า AIC หรือ SC ที่มีค่าน้อยที่สุด เมื่อได้คาบเวลาในอดีตที่เหมาะสมแล้ว (p) จึงประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR ได้ผลการเลือกคาบเวลาในอดีต (Lag Order) ดังนี้

ตารางที่ 4.4 การหาจำนวนความล่าช้า (Lag Order) ที่เหมาะสม

Lag	AIC	BIC	HQC
1	201.890595	203.622091*	202.585415
2	201.231234*	204.549934	202.562972*
3	201.258082	206.163988	203.226740
4	201.304071	207.797181	203.909647
5	201.422879	209.503194	204.665373
6	201.489416	211.156936	205.368830
7	201.326800	212.581524	205.843132

เมื่อปรับให้แต่ละตัวแปรมีคุณสมบัตินิ่งแล้ว หลังจากนั้นหาค่าจำนวนความล่าช้า (Lag) ที่เหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ Akaike Information Criteria (AIC) และ Schwarz's Bayesian Information Criterion (BIC) เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าจำนวนความล่าช้า (Lag) ที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยจะทำการเลือกจำนวนความล่าช้า (Lag) ตามค่า AIC หรือ BIC ที่มีค่าน้อยที่สุด จากภาพ พบว่า ค่า AIC มีค่าน้อยที่สุดในจำนวนความล่าช้าที่ย้อนอดีตไป 2 ช่วงเวลา ดังนั้นจึงทำการปรับเปลี่ยนสมการให้กลายเป็นจำนวนความล่าช้าที่ย้อนอดีตไป 2 ช่วงเวลา สามารถนำไปใช้ได้ทั้งแบบจำลอง VAR และ VECM

3) ทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (Cointegration Test)

ในการสร้างแบบจำลอง VECM ต้องทำการหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวก่อน เพื่อหาจำนวน Cointegration Vector และหารูปแบบของแบบจำลอง VECM ที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง VECM เริ่มจากการทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegration) ด้วยวิธี Johansen and Juselius ซึ่งเป็นการทดสอบหาจำนวน Cointegration Vector (r) หรือ Rank (r) ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นจำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสถิติที่ใช้ทดสอบได้แก่ วิธี Trace Test และ Max Test ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.5 การทดสอบ Cointegration ด้วยวิธี Johansen and Juselius

Johansen Test:					
Number of Equations = 11					
Lag Order = 2					
Estimation Period: 2559-05-15 - 2021-10-03 (T = 282)					
Log-Likelihood = -27256.2 (Including Constant Term: -28056.4)					
Rank	Eigenvalue	Trace test	P-Value	Lmax Test	P-Value
0	0.47999	504.74	[0.0000]	184.4	[0.0000]
1	0.2664	320.34	[0.0000]	87.36	[0.0000]
2	0.22205	232.98	[0.0002]	70.809	[0.0009]
3	0.16939	162.17	[0.0343]	52.337	[0.0458]
4	0.11296	109.84	[0.3053]	33.801	[0.5528]
5	0.081507	76.035	[0.5073]	23.976	[0.8241]
6	0.06905	52.059	[0.5493]	20.177	[0.7455]
7	0.043805	31.882	[0.6221]	12.632	[0.8944]
8	0.039273	19.251	[0.4859]	11.298	[0.6274]
9	0.026391	7.9521	[0.4778]	7.5422	[0.4360]
10	0.0014528	0.40998	[0.5220]	0.40998	[0.5220]

สมมติฐานที่ใช้สำหรับทดสอบในกรณี Trace Test เป็นดังนี้

H_0 : จำนวน Cointegration Vector อย่างมากที่สุดเท่ากับ r

H_1 : จำนวน Cointegration Vector มากกว่า r

การทดสอบด้วย Trace Test พบว่า ณ ระดับ Rank = 4 ค่าทางสถิติ $T_{cal} < T_c$ หรือ $p - value > \alpha$ หมายความว่า ปฏิเสธ H_1 หรือยอมรับ H_0 แสดงว่า จำนวน Cointegration Vector อย่างมากที่สุดเท่ากับ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.05$

สมมติฐานที่ใช้สำหรับทดสอบในกรณี Maximum Eigenvalue Test เป็นดังนี้

H_0 : จำนวน Cointegration Vector อย่างมากที่สุดเท่ากับ r

H_1 : จำนวน Cointegration Vector มากกว่า $r+1$

การทดสอบด้วย Maximal Eigenvalue พบว่า ณ ระดับ Rank = 4 ค่าทางสถิติ $T_{cal} < T_c$ หรือ $p - value > \alpha$ หมายความว่า ปฏิเสธ H_1 หรือยอมรับ H_0 แสดงว่า จำนวน Cointegration Vector อย่างมากที่สุดเท่ากับ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.05$

หลังจากนั้นทำการค้นหารูปแบบที่เหมาะสมของแบบจำลอง VECM ซึ่งมีทั้งหมด 5 รูปแบบ โดยทำการสร้างแบบจำลองทั้ง 5 รูปแบบ แล้วเปรียบเทียบด้วยค่า Akaike Information Criteria (AIC) ว่าแบบจำลองรูปแบบไหน มีค่า AIC น้อยที่สุด จึงตัดสินใจเลือกรูปแบบของแบบจำลองที่เหมาะสมนั้นเพื่อไปใช้สร้างแบบจำลอง VECM ต่อไป ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.6 การหาประเภทของแบบจำลอง VECM

Type Model	No constant	Restricted Constant	Unrestricted Constant	Restricted Trend	Unrestricted Trend
AIC	201.1603	201.1098*	201.1657	201.1196	201.1743

ประเภทแบบจำลองที่มีค่า Akaike Information Criteria (AIC) น้อยที่สุด คือ แบบจำลอง VECM ประเภท Restricted Constant ดังนั้น ในขั้นตอนนี้สามารถเลือกจำนวน Cointegration Vector (Rank) อยู่ที่ระดับ 4 และประเภทแบบจำลอง VECM คือ Restricted Constant เพื่อนำไปประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM ได้

4) ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR โดยกำหนดคาบเวลาในอดีต (p) หรือ Lag อยู่ที่ 2 แล้วดำเนินการประมาณผลหลังจากนั้นแบบจำลองจะแสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ (Coefficient) และระดับนัยสำคัญ (Significance) ของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งตัวแปรที่มีนัยสำคัญเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตาม หรือราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญแสดงถึงตัวแปร หรือปัจจัยนั้นมีความสำคัญต่อราคา Bitcoin ได้ผลการประมาณ ดังนี้

ตารางที่ 4.7 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR ที่ Lag Order 2

VAR system, Lag Order 2					
Variable	Coefficient	Std. Error	T-Ratio	P-Value	Significance
const	185.522	125.900	1.474	0.1418	
d_BTC_price_1	0.190716	0.101014	1.888	0.0601	*
d_BTC_price_2	-0.495482	0.130623	-3.793	0.0002	***
d_Marketcap_1	-3.66847e-09	9.67642e-09	-0.3791	0.7049	
d_Marketcap_2	2.39548e-08	6.44106e-09	3.719	0.0002	***
d_Hash_rate_1	1.57272e-05	3.06882e-05	0.5125	0.6088	
d_Hash_rate_2	-6.37441e-05	3.02644e-05	-2.106	0.0361	**
d_Transactions_1	0.00437158	0.00881646	0.4958	0.6204	
d_Transactions_2	-0.0134890	0.00894594	-1.508	0.1328	
d_Transaction_fee_1	0.000714034	0.000215752	3.310	0.0011	***
d_Transaction_fee_2	-0.000240575	0.000203082	-1.185	0.2373	
d_Tweets_1	0.0125741	0.0107131	1.174	0.2416	
d_Tweets_2	0.0154902	0.0102923	1.505	0.1335	
d_Google_trend_1	5.50273	6.90638	0.7968	0.4263	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR ที่ Lag Order 2

Variable	Coefficient	Std. Error	T-Ratio	P-Value	Significance
d_Google_trend_2	1.01902	7.43711	0.1370	0.8911	
d_Interest_rate_1	-169.801	2031.04	-0.08360	0.9334	
d_Interest_rate_2	97.6218	1876.32	0.05203	0.9585	
d_Inflation_rate_1	-1837.48	2327.09	-0.7896	0.4305	
d_Inflation_rate_2	5244.87	2391.05	2.194	0.0292	**
d_Gold_price_1	-6.77814	5.39873	-1.256	0.2104	
d_Gold_price_2	2.68276	5.28892	0.5072	0.6124	
d_Dow_jones_1	0.147196	0.351848	0.4184	0.6760	
d_Dow_jones_2	-0.591420	0.349025	-1.694	0.0914	*

จากผลการประมาณสามารถแปลผล เพื่อค้นหาปัจจัยที่สำคัญต่อราคา Bitcoin ได้ดังนี้

- ตัวแปร BTC_price พบว่า d_BTC_price ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อ ราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.1$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ d_BTC_price ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 USD ส่งผลให้ ราคา Bitcoin เพิ่มขึ้น 0.19 USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.1$ และ d_BTC_price ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อ ราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ d_BTC_price ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 USD ส่งผลให้ ราคา Bitcoin ลดลง -0.49 USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$
- ตัวแปร Marketcap พบว่า d_Marketcap ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อ ราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.1$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ d_Marketcap ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 USD ส่งผลให้ ราคา Bitcoin เพิ่มขึ้น 2.395×10^{-8} USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$
- ตัวแปร Hash_rate พบว่า d_Hash_rate ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อ ราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.05$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ d_Hash_rate ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 TH/s ส่งผลให้ ราคา Bitcoin ลดลง 6.374×10^{-5} USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.05$

- ตัวแปร Transactions พบว่า $d_Transactions$ ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสองช่วงเวลาย้อนหลัง
- ตัวแปร Transaction_fee พบว่า $d_Transaction_fee$ ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อ ราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ $d_Transaction_fee$ ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 USD ส่งผลให้ ราคา Bitcoin เพิ่มขึ้น 7.14×10^{-4} USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$
- ตัวแปร Tweets พบว่า d_Tweets ไม่มีความสัมพันธ์ต่อ ราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสองช่วงเวลาย้อนหลัง
- ตัวแปร Google_trend พบว่า d_Google_trend ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสองช่วงเวลาย้อนหลัง
- ตัวแปร Interest_rate พบว่า $d_Interest_rate$ ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสองช่วงเวลาย้อนหลัง
- ตัวแปร Inflation_rate พบว่า $d_Inflation_rate$ ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อ ราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.05$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ $d_Transaction_fee$ ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ ราคา Bitcoin เพิ่มขึ้น 5244 USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.05$
- ตัวแปร Gold_price พบว่า d_Gold_price ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสองช่วงเวลาย้อนหลัง
- ตัวแปร Dow_jones พบว่า d_Dow_jones ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อ ราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.1$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ d_Dow_jones ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 จุด ส่งผลให้ ราคา Bitcoin ลดลง 0.591 USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.1$

ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM โดยกำหนดคาบเวลาในอดีต (p) หรือ Lag อยู่ที่ 2 และกำหนดจำนวน Cointegration Vector (r) หรือ จำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว อยู่ที่ระดับ 4 รวมถึงกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง คือ Restricted Constant แล้วดำเนินการประมาณผล จากนั้นแบบจำลองจะแสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ (Coefficient) และระดับนัยสำคัญ (Significance) ของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งตัวแปรที่มีนัยสำคัญเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตาม หรือราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงตัวแปร หรือปัจจัยนั้นมีความสำคัญต่อราคา Bitcoin ได้ผลการประมาณ ดังนี้

ตารางที่ 4.8.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM ที่ Lag Order 2 Rank 4 ประเภทแบบจำลอง Restricted Constant

VECM system, Lag Order 2, Cointegration Rank = 4, Case 2: Restricted Constant					
Variable	Coefficient	Std. Error	T-Ratio	P-Value	Significance
d_BTC_price_1	0.449024	0.155179	2.894	0.0041	***
d_Marketcap_1	-2.65727e-08	6.32E-09	-4.201	3.63E-05	***
d_Hash_rate_1	1.48E-05	3.14E-05	0.471	0.638	
d_Transactions_1	-0.000319830	0.00942337	-0.03394	0.973	
d_Transaction_fee_1	0.000748081	0.000186592	4.009	7.93E-05	***
d_Tweets_1	-0.00645360	0.011105	-0.5811	0.5616	
d_Google_trend_1	0.000784614	8.32747	9.42E-05	0.9999	
d_Interest_rate_1	500.149	1982.3	0.2523	0.801	
d_Inflation_ra~_1	-870.265	2372.47	-0.3668	0.714	
d_Gold_price_1	-3.74920	5.41899	-0.6919	0.4896	
d_Dow_Jones_1	0.234037	0.358658	0.6525	0.5146	
EC1	-0.176615	0.224543	-0.7866	0.4322	
EC2	8.59E-09	1.15E-08	0.7462	0.4562	
EC3	7.98E-06	6.91E-06	1.156	0.2487	
EC4	0.00108017	0.00164073	0.6583	0.5109	

จากผลการประมาณสามารถแปลผล เพื่อค้นหาค่าปัจจัยที่สำคัญต่อราคา Bitcoin ได้ดังนี้

- ตัวแปร BTC_price พบว่า d_BTC_price ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ d_BTC_price ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 USD ส่งผลให้ ราคา Bitcoin ลดลง 0.45 USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$
- ตัวแปร Marketcap พบว่า d_Marketcap ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ d_Marketcap ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา

เพิ่มขึ้น 1 USD ส่งผลให้ ราคา Bitcoin ลดลง 2.65×10^{-8} USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$

- ตัวแปร Hash_rate พบว่า d_Hash_rate ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- ตัวแปร Transactions พบว่า d_Transactions ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- ตัวแปร Transaction_fee พบว่า d_Transaction_fee ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$ สามารถ ตีความได้ว่า เมื่อ d_Transaction_fee ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา เพิ่มขึ้น 1 USD ส่งผลให้ราคา Bitcoin เพิ่มขึ้น 7.4×10^{-4} USD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ $\alpha = 0.01$
- ตัวแปร Tweets พบว่า d_Tweets ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- ตัวแปร Google_trend พบว่า d_Google_trend ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- ตัวแปร Interest_rate พบว่า d_Interest_rate ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- ตัวแปร Inflation_rate พบว่า d_Inflation_rate ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- ตัวแปร Gold_price พบว่า d_Gold_price ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- ตัวแปร Dow_Jones พบว่า d_Dow_Jones ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR และ VECM พบปัจจัยที่สำคัญต่อราคา Bitcoin ตีความได้ว่า ตัวแปรที่สำคัญต่อราคา Bitcoin รายสัปดาห์จากผลการประมาณแบบจำลอง VAR ได้แก่ ราคา Bitcoin ย้อนหลัง , มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) , อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) , ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) , อัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ (Inflation Rate) และดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) ในส่วนของ ตัวแปรที่สำคัญต่อราคา Bitcoin รายสัปดาห์จากผลการประมาณแบบจำลอง

VECM ได้แก่ ราคา Bitcoin ย้อนหลัง (Bitcoin), มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) และค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee)

5) ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง

ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง โดยใช้ตัวชี้วัด RMSE และ MAPE ทั้งสองหน่วยวัดยังมีค่าน้อย ยิ่งแสดงถึงการทำนายของแบบจำลองที่ดี ในส่วนของการวัดค่าของตัวชี้วัดจะต้องการทำนาย (Forecast Value) ตัวแปรตามจำนวน 180 สัปดาห์ และนำค่าจริง (Actual Value) มาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองผ่านตัวชี้วัด RMSE และ MAPE ซึ่งเป็นการนำข้อมูลที่ทำการทำนาย (Forecast Value) 180 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง (Actual Value) โดย RMSE และ MAPE มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (F_t - A_t)^2}{N}}$$

โดยที่ F_t = ค่าพยากรณ์ หรือ Forecast Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

A_t = ค่าจริง หรือ Actual Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

N = จำนวนของข้อมูล

$$MAPE = \left(\frac{1}{N} \sum \frac{|A_t - F_t|}{|A_t|} \right) \times 100$$

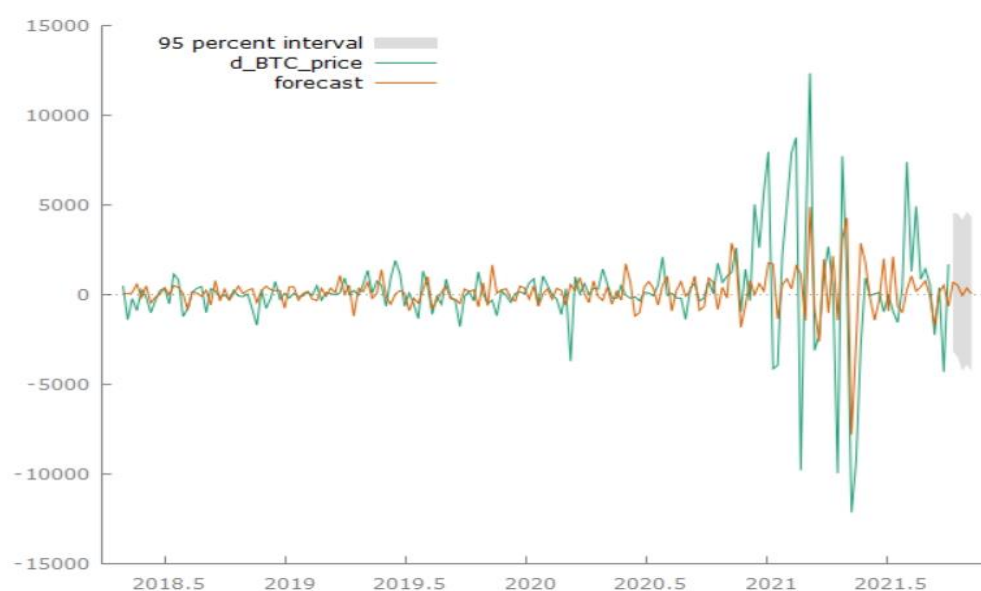
โดยที่ F_t = ค่าพยากรณ์ หรือ Forecast Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

A_t = ค่าจริง หรือ Actual Value ในช่วงเวลา t ตามลำดับ

N = จำนวนของข้อมูล

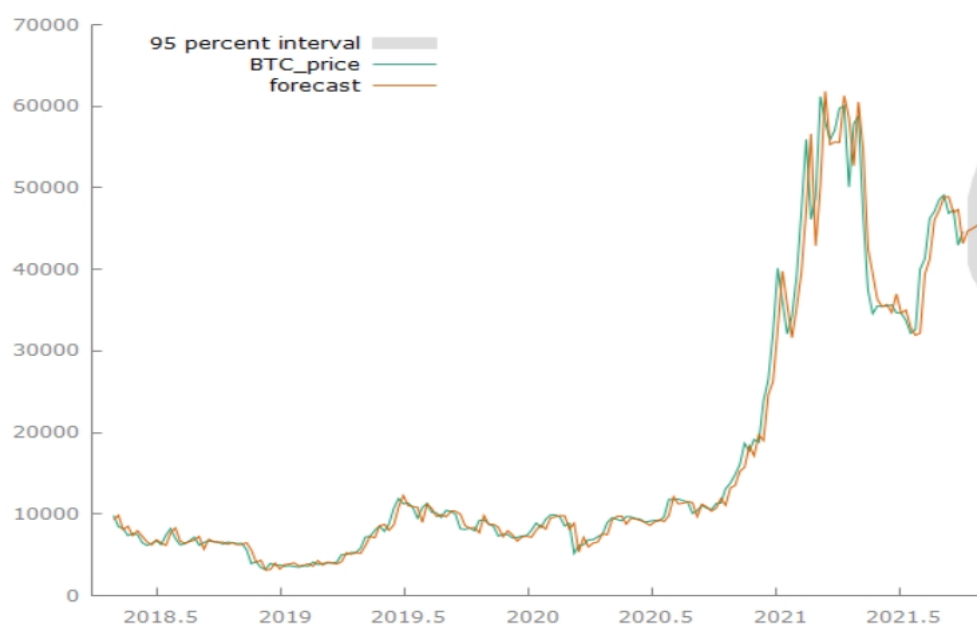
หลังจากนั้นทำการทำนายข้อมูลย้อนหลังตลอด 180 สัปดาห์ของแบบจำลอง VAR จึงได้ข้อมูลผลการทำนายตลอด (Forecast Value) 180 สัปดาห์เป็นรูปแบบ First Difference ของราคา Bitcoin แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ ข้อมูลค่าจริง (Actual Value) นำมาสร้างกราฟได้ลักษณะ ดังนี้

ภาพที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลการทำนาย และค่าจริง ของแบบจำลอง VAR



ในส่วนของการทำนายข้อมูลย้อนหลังตลอด 180 สัปดาห์ของแบบจำลอง VECM จึงได้ข้อมูลผลการทำนายตลอด (Forecast Value) 180 สัปดาห์ในรูปแบบ At Level แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ ข้อมูลค่าจริง (Actual Value) จึงนำมาสร้างกราฟได้ลักษณะ ดังนี้

ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลการทำนาย และค่าจริง ของแบบจำลอง VECM



หลังจากนั้นดำเนินการคำนวณ RMSE และ MAPE ของแบบจำลอง VAR และ VECM โดยในส่วนของผลแบบจำลอง VAR จะต้องแปลงจาก First Difference ให้กลับอยู่ในรูปแบบ At Level ก่อน แล้วนำมาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน ได้ผลดังนี้ ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง VAR มีตัวชี้วัด RMSE เท่ากับ 9,303.25 ดอลลาร์สหรัฐฯ และ MAPE เท่ากับ 84.4753 % ในขณะที่ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการทำนายของแบบจำลอง VECM มีตัวชี้วัด RMSE เท่ากับ 2,398.09 ดอลลาร์สหรัฐฯ และ MAPE เท่ากับ 7.84015 %

6) เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลอง

นำค่าตัวชี้วัด RMSE และ MAPE เปรียบเทียบกันระหว่างแบบจำลอง VAR และ VECM แล้วตัดสินใจเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดมาใช้ในการทำนาย โดยเลือกแบบจำลองที่มีค่าตัวชี้วัด RMSE และ MAPE น้อยกว่ากับอีกแบบจำลองหนึ่ง

ตารางที่ 4.9 ตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง VAR และ VECM

ตัวชี้วัด	RMSE	MAPE (%)
แบบจำลอง VAR	9,303.25	84.4753
แบบจำลอง VECM	2,398.09	7.84015

จากผลความคลาดเคลื่อนของทั้งสองตัวชี้วัด RMSE และ MAPE สามารถเปรียบเทียบผลระหว่างแบบจำลองแล้วตัดสินใจเลือกแบบจำลอง VECM เป็นแบบจำลองที่ทำนายได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า แบบจำลอง VAR อยู่ที่ RMSE เท่ากับ 2,398.09 ดอลลาร์สหรัฐฯ และ MAPE เท่ากับ 7.84015 %

7) ทำนายตัวแปรตาม หรือราคา Bitcoin รายสัปดาห์

นำแบบจำลอง VECM มาอัปเดตข้อมูลเพิ่ม 4 สัปดาห์ แล้วทำนายราคา Bitcoin 2 สัปดาห์ถัดไป เปรียบเทียบแบบจำลอง VECM ไปใช้ทำนายจริง ได้ผลการทำนาย ช่วงความเชื่อมั่น 95 % และเทียบกับค่าจริง ได้ดังนี้

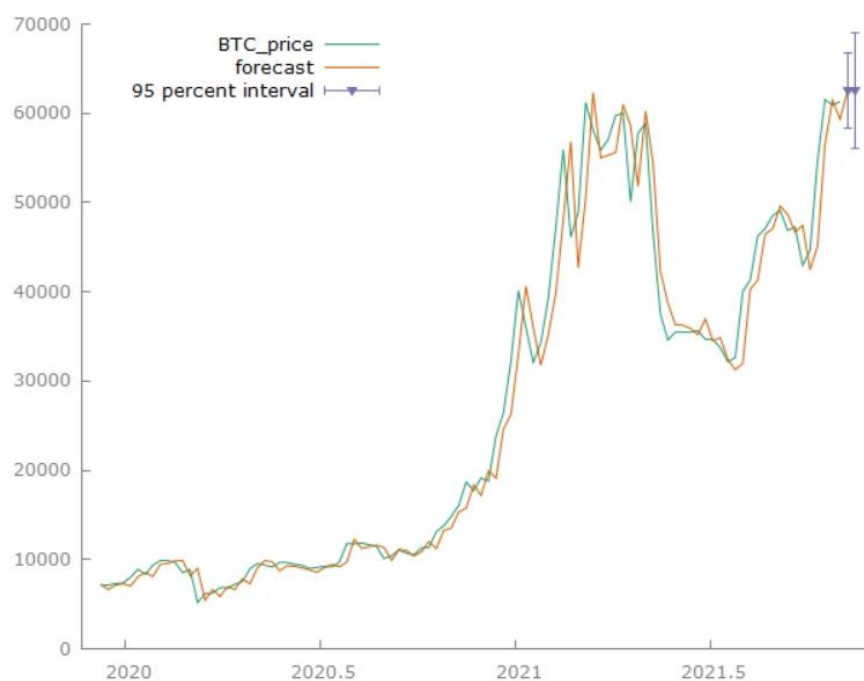
ตารางที่ 4.10 การทำนายราคา Bitcoin 2 สัปดาห์

Date	Forecast Value	Confidence Interval (95%)	Actual Value
07-11-2021	62,513.20	[58,284.89 – 66,741.51]	65,466.84
14-11-2021	62,491.65	[56,034.69 – 68,948.62]	58,706.85

จากผลการทำนายราคา Bitcoin ใน 1 สัปดาห์ถัดไป (Forecast Value) อยู่ที่ราคา 62,513.20 ดอลลาร์สหรัฐฯ อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 58,284.89 ถึง 66,741.51 ซึ่งหมายถึง ราคาจริงอาจจะอยู่ในช่วงราคานี้ ด้วยความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับค่าจริง (Actual Value) เท่ากับ 65,466.84 ดอลลาร์สหรัฐฯ พบว่า ผลการทำนาย 62,513.20 ดอลลาร์สหรัฐฯ มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง 65,466.84 ดอลลาร์สหรัฐฯ และเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันกับค่าจริง

จากผลการทำนายราคา Bitcoin ใน 2 สัปดาห์ถัดไป (Forecast Value) อยู่ที่ราคา 62,491.65.20 ดอลลาร์สหรัฐฯ อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 56,034.69 ถึง 68,948.62 ดอลลาร์สหรัฐฯ เมื่อเทียบกับค่าจริง (Actual Value) เท่ากับ 58,706.85 ดอลลาร์สหรัฐฯ พบว่า ผลการทำนาย 62,513.20 ดอลลาร์สหรัฐฯ มีค่าเริ่มคลาดเคลื่อนกับค่าจริง 58,119.58 ดอลลาร์สหรัฐฯ แต่ยังคงลดลงในทิศทางเดียวกันกับค่าจริง

ภาพที่ 4.5.1 การเปรียบเทียบผลการทำนาย และค่าจริงของแบบจำลองที่ดีที่สุด



หากนำผลการทำนายของโมเดล VECM ที่อัปเดตข้อมูลเพิ่มแล้ว มาสร้างกราฟเปรียบเทียบกับค่าจริง พบว่า ผลการทำนายมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับค่าจริง จึงอาจจะสามารถนำแบบจำลอง VECM ไปใช้ทำนายทิศทางของราคา Bitcoin ได้

ดังนั้น จากภาพการเปรียบเทียบ และตารางผลการทำนายของแบบจำลอง VECM สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง VECM ทำนายราคา Bitcoin ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงเพียงสัปดาห์ถัดไปเท่านั้น แต่ยังคงมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับกับค่าจริง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างราคา Bitcoin (Bitcoin Price) และตัวแปรต่างๆ ได้แก่ มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction) ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin (Tweets) ค่าค้นหา Bitcoin Crash (Google Trend) อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ (Interest Rate) อัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ (Inflation Rate) ราคาทองคำ (Gold Price) และดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) เพื่อค้นหาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อราคา Bitcoin ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลรายสัปดาห์ย้อนหลังตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 จนถึง วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2564 นอกจากนั้นได้ศึกษาถึงการเปรียบเทียบการทำนายของแบบจำลอง VAR และ VECM เพื่อหาแบบจำลองที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ราคา Bitcoin รายสัปดาห์

ในการหาปัจจัยสำคัญต่อราคา Bitcoin ได้ใช้แบบจำลองทางเศรษฐมิติอนุกรมเวลา คือ แบบจำลอง VAR และ VECM ในการหาปัจจัยสำคัญ โดยเริ่มจากตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่ง (Unit Root Test) ของทุกตัวแปร พบว่าทุกตัวแปรผ่านคุณสมบัติหนึ่ง ที่ระดับ First Difference หลังจากนั้นหาจำนวนความล่าช้า (Lag Order) ที่เหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ Akaike Information Criteria (AIC) ได้ผลลัพธ์เป็น Lag Order 2 นำไปกำหนด Lag Order ให้กับแบบจำลองทั้งสอง จากนั้นทำ Cointegration Test เพื่อค้นหาจำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (Rank) ด้วยการทดสอบ Trace และ Maximal Eigenvalue พบว่า จำนวน Cointegration Vector ที่เหมาะสม เท่ากับ 4 หลังจากนั้นทำการค้นหาประเภทของแบบจำลอง VECM ที่เหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ AIC เพื่อมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง VECM ได้ผลลัพธ์เป็น ประเภท Restricted Constant เมื่อตรวจสอบ และค้นหาทุกอย่างครบแล้วจึงทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของทั้งสองแบบจำลอง ได้แก่ ประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR ที่ Lag Order 2 และประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM ที่ Lag Order 2 Rank 4 และใช้ประเภทแบบจำลอง VECM แบบ Restricted Constant หลังจากประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR และ VECM พบว่า ปัจจัยที่สำคัญต่อราคา Bitcoin รายสัปดาห์จากผลการประมาณแบบจำลอง VAR ได้แก่ ราคา Bitcoin ย้อนหลัง (Bitcoin Price) , มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) , อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) , ค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) , อัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ (Inflation Rate) และดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) ในขณะที่ตัวแปรที่สำคัญต่อราคา Bitcoin รายสัปดาห์จากผลการประมาณแบบจำลอง VECM ได้แก่ ราคา Bitcoin ย้อนหลัง (Bitcoin) , มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) และค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee)

ในการเปรียบเทียบการทำนายราคา Bitcoin รายสัปดาห์ของแบบจำลอง VAR และ VECM ได้นำข้อมูลจริง และข้อมูลที่ทำนายย้อนหลัง 180 สัปดาห์มาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน ผ่านตัวชี้วัด RMSE และ MAPE จากการเปรียบเทียบทั้งสองตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อน พบว่า แบบจำลอง VECM เป็นแบบจำลองที่ทำนายได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 2,398.09 ดอลลาร์สหรัฐฯ และ MAPE เท่ากับ 7.84015 % ขณะที่แบบจำลอง VAR มีค่า RMSE เท่ากับ 9,303.25 ดอลลาร์สหรัฐฯ และ MAPE เท่ากับ 84.4753 % จึงทำให้ตัดสินใจเลือกแบบจำลอง VECM ในการทำนายราคา Bitcoin รายสัปดาห์จากนั้นนำแบบจำลอง VECM มาอัปเดตข้อมูลเพิ่ม 4 สัปดาห์แล้วทำนายราคา Bitcoin 2 สัปดาห์ถัดไป พบว่า แบบจำลอง VECM ทำนายราคา Bitcoin ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงเพียงสัปดาห์ถัดไปเท่านั้น ขณะที่สัปดาห์ที่ 2 เริ่มมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงมากขึ้น แต่ผลการทำนายยังคงมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับค่าจริง

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากการค้นหาปัจจัยสำคัญต่อ Bitcoin ของแบบจำลอง VAR ที่ Lag 2 หากเจาะจงรายละเอียดของปัจจัยพบว่า ปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ ราคา Bitcoin ในอดีตย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา การทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา และอัตราเงินเฟ้อสกุลเงินสหรัฐฯ (Inflation Rate) ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา ส่วนปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ในทิศทางตรงกันข้าม ได้แก่ ราคา Bitcoin ในอดีตย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา และดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) ย้อนหลัง 2 ช่วงเวลา ขณะที่ปัจจัยที่ไม่สำคัญต่อราคา Bitcoin ได้แก่ จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction) จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin (Tweets) คำค้นหา Bitcoin Crash (Google Trend) อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ (Interest Rate) และราคาทองคำ (Gold Price) ทั้งสองช่วงเวลาย้อนหลัง

จากการค้นหาปัจจัยสำคัญต่อ Bitcoin ของแบบจำลอง VECM ที่ Lag Order 2 Rank 4 และใช้ประเภทแบบจำลอง Restricted Constant หากเจาะจงรายละเอียดของปัจจัยพบว่า ปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ Bitcoin ในอดีตย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา และค่าการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee) ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลามี ส่วนปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์ต่อราคา Bitcoin ในทิศทางตรงกันข้าม ได้แก่ มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) ย้อนหลัง 1 ช่วงเวลา ขณะที่ปัจจัยที่ไม่สำคัญต่อราคา Bitcoin ได้แก่ อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) จำนวนการทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction) จำนวนการทวีตเกี่ยวกับ Bitcoin (Tweets) คำค้นหา Bitcoin Crash (Google Trend) อัตราดอกเบี้ยสหรัฐฯ (Interest Rate) ราคาทองคำ (Gold Price) ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) ทั้งสองช่วงเวลาย้อนหลัง ซึ่งตัวแปรสำคัญต่อราคา Bitcoin ที่ค้นพบแล้วสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้ ค่าทำธุรกรรม Bitcoin (Transaction Fee)

ได้แก่ พงศกร พัวพัฒนกุล (2560) และ Dean Fantazzini and Nikita Kolodin (2020) มูลค่าตลาด Bitcoin (Marketcap) ได้แก่ Dehua Shen and Others (2015) และ Erik Parlstrand and Otto Ryden (2015) อัตราการขุด Bitcoin (Hash Rate) ได้แก่ Ahmed Ibrahim and Others (2020) Dean Fantazzini and Nikita Kolodin (2020) และ Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora (2018) ตัวแปรสุดท้าย คือ ดัชนีตลาดหุ้น Dow Jones (Dow Jones) ได้แก่ กิ่งกมล นงงาม (2562) Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora (2018) และ Dennis Wijk (2013)

การเปรียบเทียบผลการทำนายระหว่างแบบจำลอง VAR และ VECM ผ่านตัวชี้วัด RMSE และ MAPE ทำให้ตัดสินใจเลือกแบบจำลอง VECM เป็นแบบจำลองที่ทำนายได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการทำนายราคา Bitcoin รายสัปดาห์ และได้นำไปทำนายราคาจริงในอีก 2 สัปดาห์ถัดไป พบว่า แบบจำลอง VECM ทำนายราคา Bitcoin ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงเพียงสัปดาห์ถัดไปเท่านั้น แต่ยังคงมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับกับค่าจริง จึงสรุปได้ว่า หากแบบจำลอง VECM ที่อัปเดตข้อมูลเพิ่มแล้วไปใช้จริง แบบจำลอง VECM เหมาะสมในการทำนายราคา Bitcoin ได้ใน 1 สัปดาห์ถัดไปเท่านั้น และสามารถใช้ทำนายทิศทางการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับราคา Bitcoin จริง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ผู้ที่สนใจจะศึกษา หรือลงทุนเกี่ยวกับ Bitcoin สามารถนำผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ไปใช้ต่อยอดในการศึกษา และประกอบการตัดสินใจการลงทุน Bitcoin ในอนาคต เพื่อลดความเสี่ยงในการลงทุนได้ โดยจากการศึกษาสามารถดูทิศทางการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อราคา Bitcoin รวมถึงสามารถนำแบบจำลองที่ได้จากการศึกษามาใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มของราคา Bitcoin เพื่อใช้ประกอบการลงทุนว่าการลงทุน ว่าจะมีความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด เหมาะสมที่จะลงทุนหรือไม่ แต่แบบจำลองที่ได้จากการศึกษานั้นเหมาะสมที่จะใช้พยากรณ์ราคา Bitcoin ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ 1 สัปดาห์ถัดไป ไม่เหมาะที่จะนำมาพยากรณ์ในช่วงระยะเวลายาว ๆ เพราะราคา Bitcoin ยังมีความผันผวนสูง และมีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยต่าง ๆ ได้นอกเหนือจากที่ทำการศึกษา

2) สามารถเลือกปัจจัยสำคัญที่ค้นพบจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ไปต่อยอดสร้างแบบจำลองหลายตัวแปรในรูปแบบอื่น ๆ ได้นอกจากแบบจำลองที่ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพื่อค้นหาแบบจำลองที่เหมาะสม หรืออาจจะมีประสิทธิภาพในการทำนายที่ดีกว่าได้

บรรณานุกรม

- กึ่งมกล นกงาม. (2562). **ตัวแบบการพยากรณ์ราคาซื้อ-ขายบิทคอยน์**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก <https://repository.nida.ac.th/bitstream/handle/662723737/5136/b210808.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- เกียรติกร เทียนธรรมชาติ. (2561). **อิทธิพลต่อการตัดสินใจยอมรับใช้เงินดิจิทัล (บิทคอยน์) ของผู้บริโภคกลุ่ม Millennials ในกรุงเทพมหานคร**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_5923036171_7492_9464.pdf
- ณภัทร ใจเอื้อ. (2559). **ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อการลงทุนโดยตรงภาคเอกชนในประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก <http://econ.eco.ku.ac.th/2017/is/5714752350.pdf>
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2563). **“เงินเฟ้อ”**. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก https://www.bot.or.th/App/FinancialLiteracy/ExchangeRate/01_01_contentdownload_inflation
- พงศกร พัวพัฒนกุล. (2560). **การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความผันผวนของราคา Bitcoin**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/2768/1/phongsakorn_puap.pdf
- พิพัฒน์ อิ่มคง. (2562). **การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อทองคำและบิทคอยน์รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างกัน**. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2564, จาก <http://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1531/3/61061659.pdf>
- ยุทธนา เศรษฐปราโมทย์. (2564). **การลงทุนในบิตคอยน์และทองคำ: สินทรัพย์ปลอดภัย (Safe Haven) หรือเก็งกำไร (Speculative)**. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก <http://econ.nida.ac.th/2021/05/13808/>
- สุภาวดี ศิริวัฒน์ และนพจักร ทองเรือนดี. (2554). **ปัจจัยที่มีผลต่อราคาทองคำในตลาดโลก**. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2564, จาก http://www.northbkk.ac.th/research_themes_downloads/abstract/1407488_497_abstract.pdf

- อภิญา ภูนิเทศ. (2557). การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างตลาดหลักทรัพย์จากการเชื่อมโยงตลาดทุนอาเซียนหลังจากการรวมตัว. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2564, จาก https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/1924/BUS_59_01.pdf?sequence=1
- Admiralmarkets. (2564). ดาวโจนส์ คืออะไร และทำไมเราควรลงทุนในดัชนีดาวโจนส์?. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก <https://admiralmarkets.sc/th/education/articles/trading-instruments/dow-jones-index-guide>
- Ahmed Ibrahim and Others. (2563). **Bitcoin Network Mechanics: Forecasting the BTC Closing Price Using Vector Auto-Regression Models Based on Endogenous and Exogenous Feature Variables.** Retrieved NOV 10, 2021, from <https://www.mdpi.com/1911-8074/13/9/189>
- Bitkub Team. (2564). การขุด Bitcoin คืออะไรกันแน่. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก <https://thestandard.co/what-is-bitcoin-mining/>
- Blockdit. (2564). **Bitcoin จะมาแทนที่ทองคำจริงหรือไม่?** สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก <https://www.blockdit.com/posts/60a71e4928acf713ccde0161>
- Dean Fantazzini and Nikita Kolodin. (2563). **Does the Hash rate Affect the Bitcoin Price?.** Retrieved OCT 5, 2021, from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3720039
- Dennis Wijk. (2556). **What can be expected from the Bitcoin?.** Retrieved OCT 5, 2021, from <https://thesis.eur.nl/pub/14100/Final-version-Thesis-Dennis-van-Wijk.pdf>
- Dehua Shen and Others. (2562). **Does Twitter predict Bitcoin.** Retrieved OCT 5, 2021, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165176518304634?via%3Dihub>
- Eray Gemici and Müslüm Polat. (2562). **Relationship between price and volume in the Bitcoin market.** Retrieved OCT 5, 2021, from <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JRF-07-2018-0111/full/html#:~:text=It%20was%20observed%20through%20the,stronger%20impact%20on%20trade%20volume>

- Erik Parlstrand and Otto Ryden. (2558). **Explaining the market price of Bitcoin and other Cryptocurrencies with Statistical Analysis**. Retrieved OCT 5, 2021, <http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:814478>
- Finnomena. (2563). **7 เรื่องที่ต้องรู้ก่อนซื้อ Bitcoin**. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก <https://www.finnomena.com/bitkub/7-things-bitcoin/>
- Finnomena. (2564). **FINNOMENA ตอบโจทย์การลงทุนวิถีใหม่ครั้งแรกปี 2564 เผยสินทรัพย์ภายใต้การบริหารโต 90%**. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2564, จาก <https://www.finnomena.com/z-admin/pr-1h2021-performance>
- Jirapjat. (2564). **สาเหตุที่ราคา Bitcoin พุ่งทะลุ 1,200,000 บาทได้ และราคาจะร่วงลงมาให้ช้อนอีกไหม?**. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2564, จาก <https://www.siambitcoin.com/2021/11/10/fed-poll-financial-industry-participants-worried-about-crypto-more-than-climate-change/>
- K. Pair. (2562). **อัตราดอกเบี้ยแท้จริงคืออะไร?(Real Interest Rate)**. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก <https://greedisgoods.com/อัตราดอกเบี้ยแท้จริง>
- Moneybuffalo. (2562). **[สรุปโพสต์เดียวจบ] “Bitcoin คืออะไร” ทำไมถึงมีมูลค่า**. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก <https://www.moneybuffalo.in.th/cryptocurrency/what-is-bitcoin>
- Niklas Hanes. (2564). **Federal fund rate on bitcoin volatility**. Retrieved OCT 5, 2021, from <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1570665/FULLTEXT01.pdf>
- Paola Ceruleo. (2557). **Bitcoin: A rival to fiat money or a speculative financial asset**. Retrieved OCT 5, 2021, from <https://tesi.luiss.it/13806/1/ceruleo-paola-tesi-2014.pdf>
- Pavel Ciaian and Others. (2559). **The economics of Bitcoin price formation**. Retrieved NOV 10, 2021, from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00036846.2015.1109038>
- Sukmawati Sukamulja and Cornelia Sikora. (2561). **THE NEW ERA OF FINANCIAL: INNOVATION :THE DETERMINANTS OF BITCOIN’S PRICE**. Retrieved OCT 5, 2021, https://www.researchgate.net/publication/323786879_THE_NEW_ERA_OF_FINANCIAL_INNOVATION_THE_DETERMINANTS_OF_BITCOIN'S_PRICE

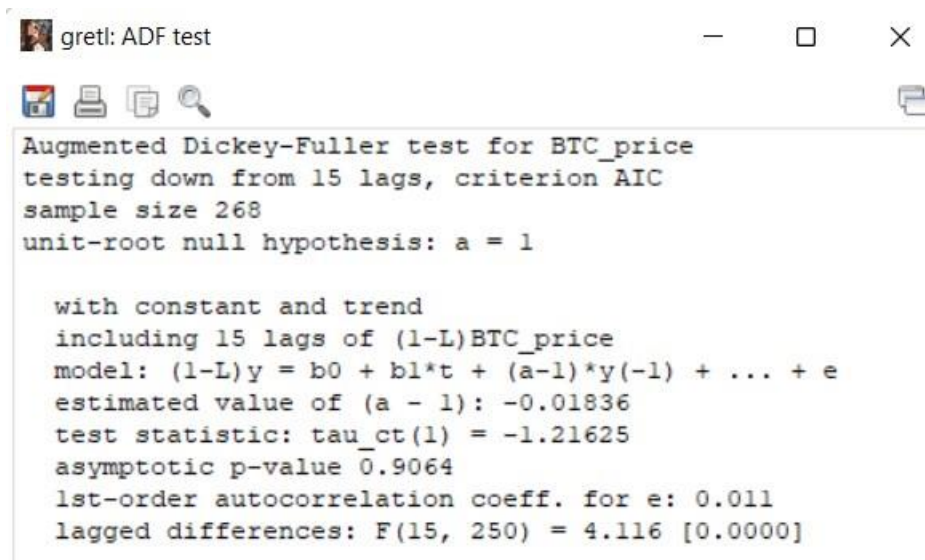
Wikipedia. (2556). **มูลค่าตามราคาตลาด**. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2564, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/มูลค่าตามราคาตลาด>

Yechen Zhu and David Dickinson. (2016). **Analysis on the influence factors of Bitcoin's price based on VEC model**. Retrieved OCT 5, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/315536228_Analysis_on_the_influence_factors_of_Bitcoin%27s_price_based_on_VEC_model

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบคุณสมบัตินิ่ง (Stationary) ของทุกตัวแปร (Unit Root Test) ที่ระดับ At level



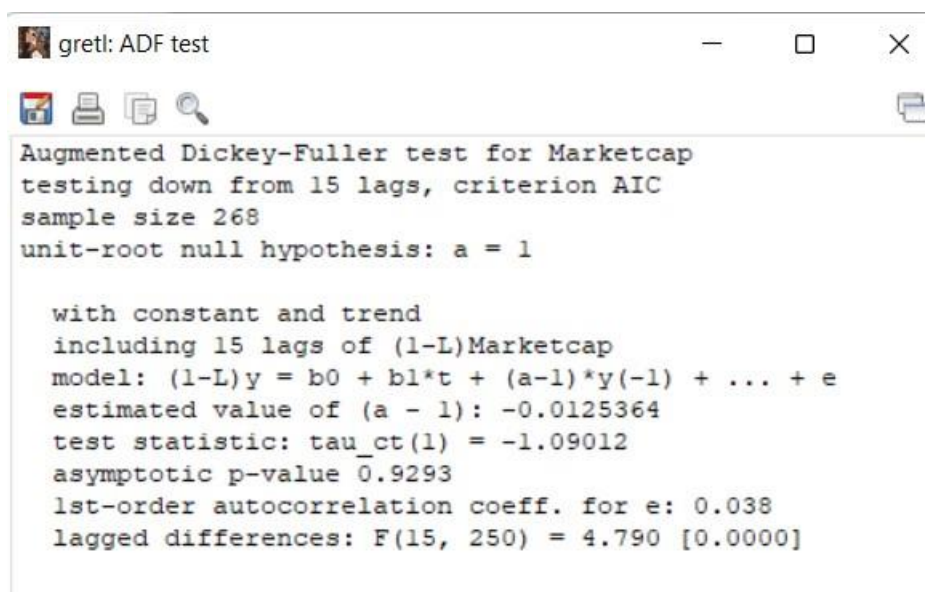
```

gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for BTC_price
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 268
unit-root null hypothesis: a = 1

with constant and trend
including 15 lags of (1-L)BTC_price
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
estimated value of (a - 1): -0.01836
test statistic: tau_ct(1) = -1.21625
asymptotic p-value 0.9064
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.011
lagged differences: F(15, 250) = 4.116 [0.0000]
  
```

ภาพประกอบภาคผนวก 1 การตรวจสอบคุณสมบัตินิ่งของ Bitcoin



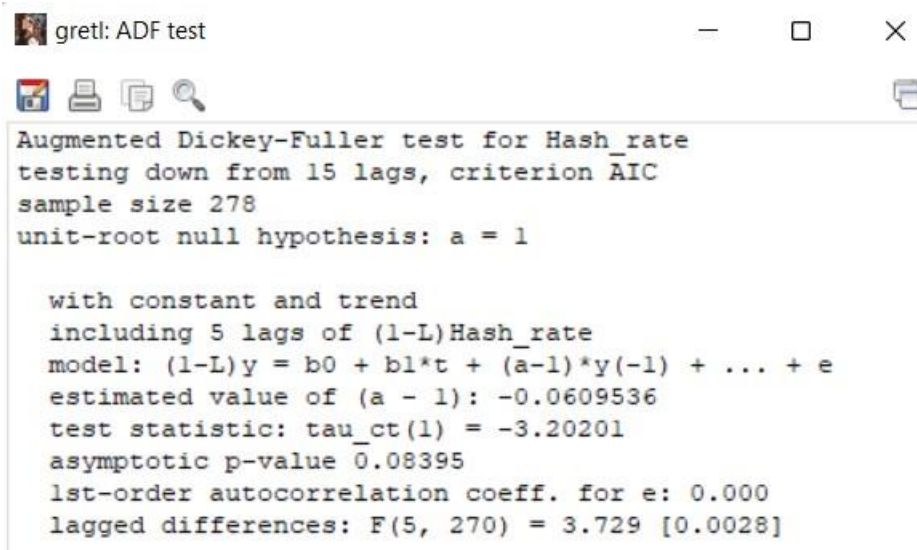
```

gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Marketcap
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 268
unit-root null hypothesis: a = 1

with constant and trend
including 15 lags of (1-L)Marketcap
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
estimated value of (a - 1): -0.0125364
test statistic: tau_ct(1) = -1.09012
asymptotic p-value 0.9293
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.038
lagged differences: F(15, 250) = 4.790 [0.0000]
  
```

ภาพประกอบภาคผนวก 2 การตรวจสอบคุณสมบัตินิ่งของ Marketcap



```

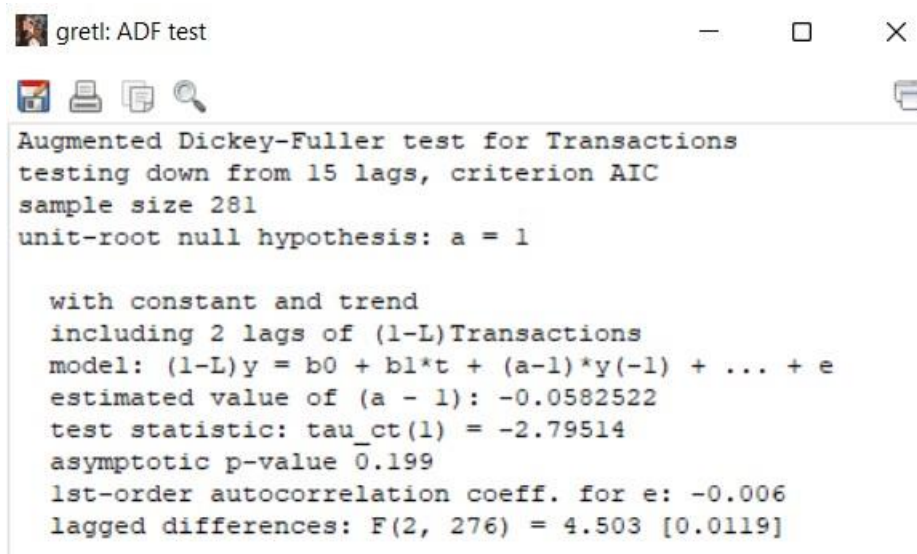
gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Hash_rate
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 278
unit-root null hypothesis: a = 1

with constant and trend
including 5 lags of (1-L)Hash_rate
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
estimated value of (a - 1): -0.0609536
test statistic: tau_ct(1) = -3.20201
asymptotic p-value 0.08395
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.000
lagged differences: F(5, 270) = 3.729 [0.0028]

```

ภาพประกอบภาคผนวก 3 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Hash Rate



```

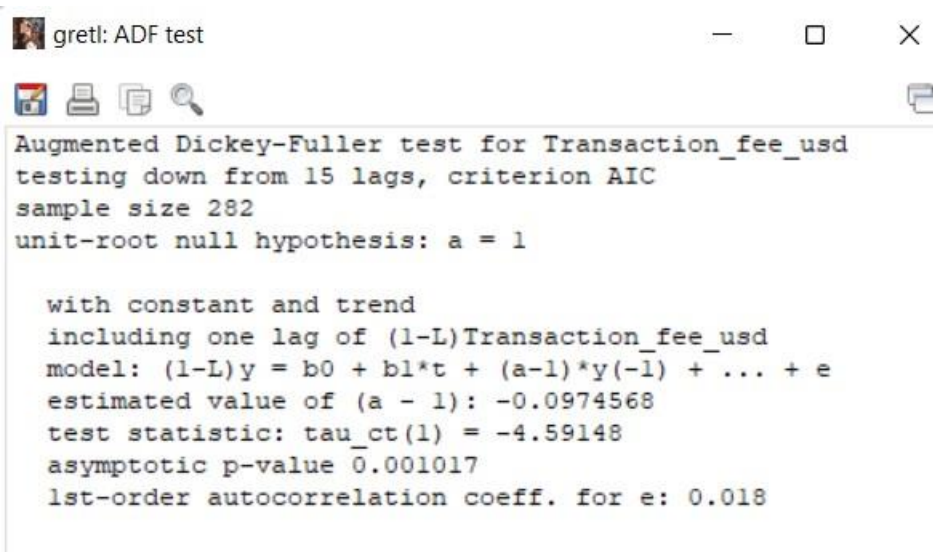
gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Transactions
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 281
unit-root null hypothesis: a = 1

with constant and trend
including 2 lags of (1-L)Transactions
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
estimated value of (a - 1): -0.0582522
test statistic: tau_ct(1) = -2.79514
asymptotic p-value 0.199
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.006
lagged differences: F(2, 276) = 4.503 [0.0119]

```

ภาพประกอบภาคผนวก 4 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Transactions

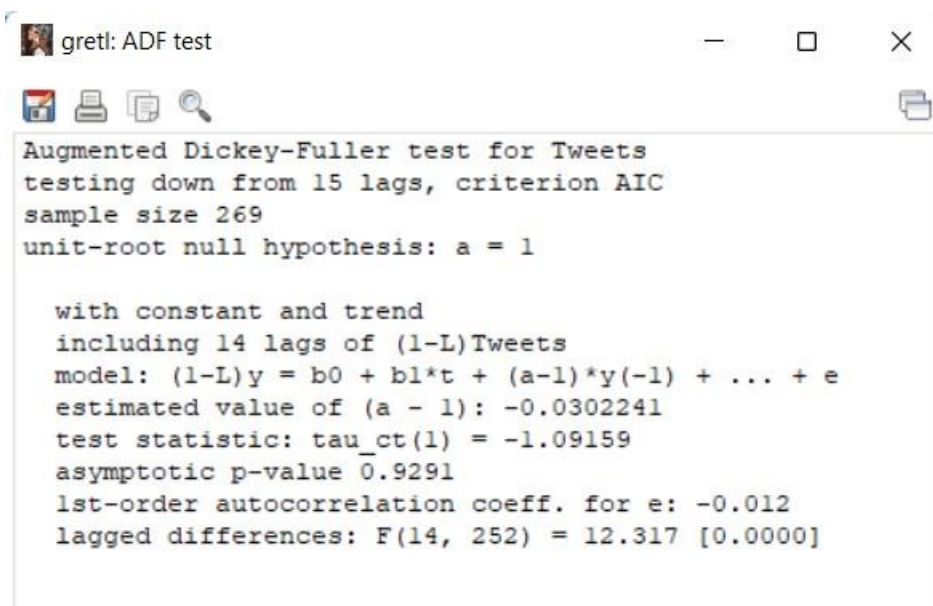


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Transaction_fee_usd
 testing down from 15 lags, criterion AIC
 sample size 282
 unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
 including one lag of $(1-L)Transaction_fee_usd$
 model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 estimated value of $(a - 1)$: -0.0974568
 test statistic: $\tau_{ct}(1) = -4.59148$
 asymptotic p-value 0.001017
 1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.018

ภาพประกอบภาคผนวก 5 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Transactions Fee

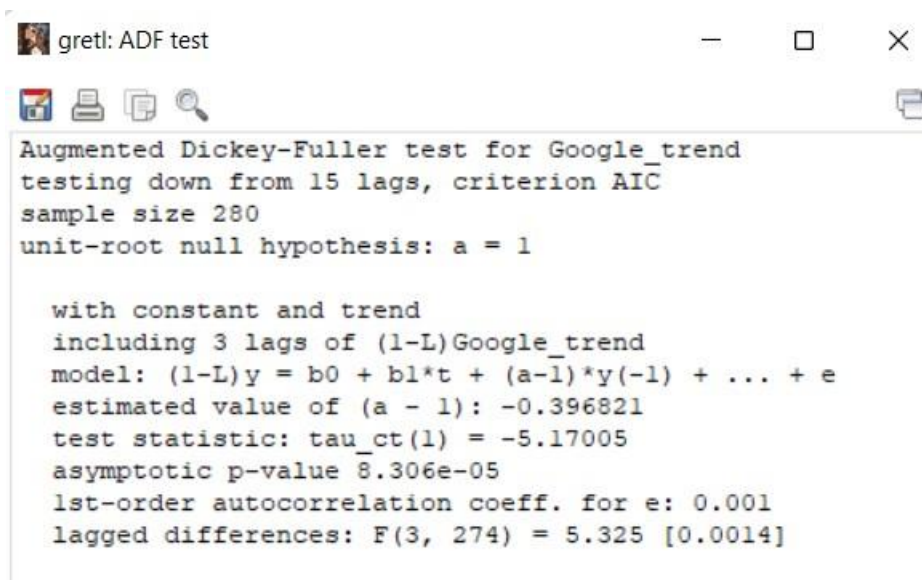


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Tweets
 testing down from 15 lags, criterion AIC
 sample size 269
 unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
 including 14 lags of $(1-L)Tweets$
 model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 estimated value of $(a - 1)$: -0.0302241
 test statistic: $\tau_{ct}(1) = -1.09159$
 asymptotic p-value 0.9291
 1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.012
 lagged differences: $F(14, 252) = 12.317 [0.0000]$

ภาพประกอบภาคผนวก 6 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Tweet



```

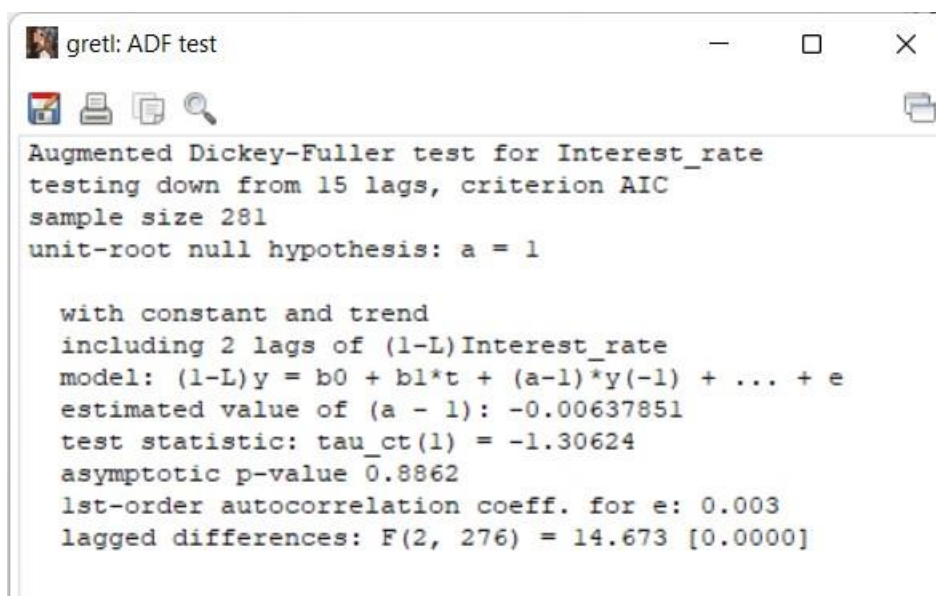
gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Google_trend
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 280
unit-root null hypothesis: a = 1

with constant and trend
including 3 lags of (1-L)Google_trend
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
estimated value of (a - 1): -0.396821
test statistic: tau_ct(1) = -5.17005
asymptotic p-value 8.306e-05
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.001
lagged differences: F(3, 274) = 5.325 [0.0014]

```

ภาพประกอบภาคผนวก 7 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Google Trend



```

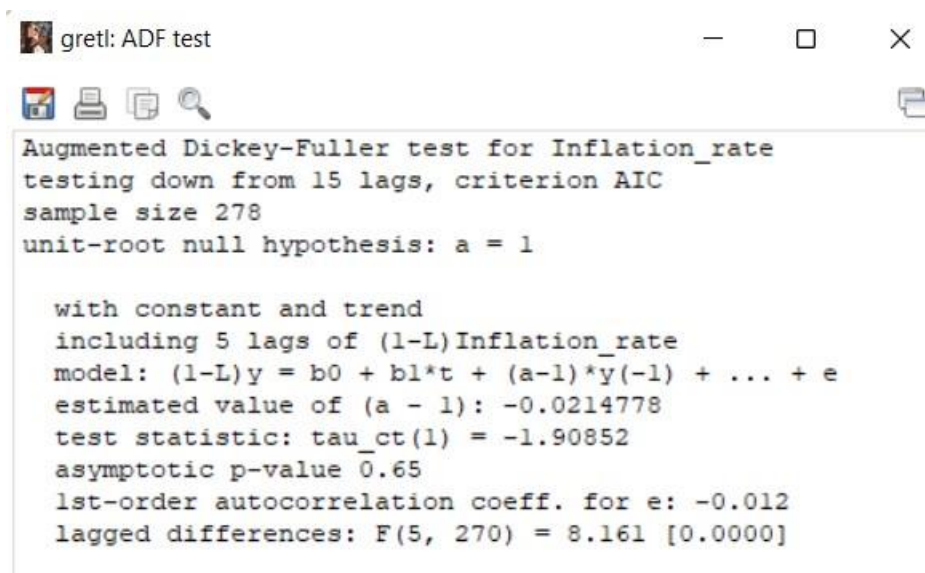
gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Interest_rate
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 281
unit-root null hypothesis: a = 1

with constant and trend
including 2 lags of (1-L)Interest_rate
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
estimated value of (a - 1): -0.00637851
test statistic: tau_ct(1) = -1.30624
asymptotic p-value 0.8862
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.003
lagged differences: F(2, 276) = 14.673 [0.0000]

```

ภาพประกอบภาคผนวก 8 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Interest Rate

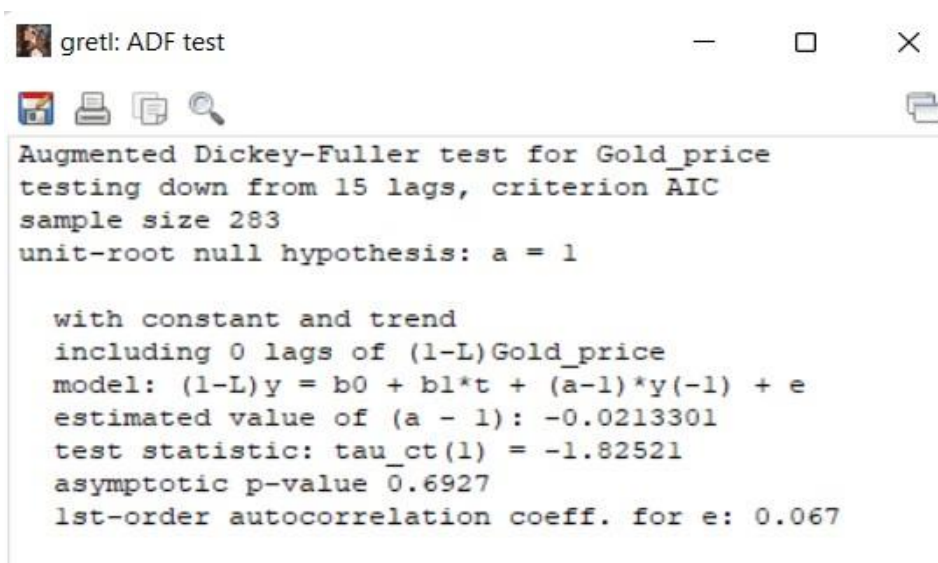


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Inflation_rate
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 278
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 5 lags of (1-L)Inflation_rate
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
estimated value of $(a - 1)$: -0.0214778
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -1.90852$
asymptotic p-value 0.65
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.012
lagged differences: $F(5, 270) = 8.161 [0.0000]$

ภาพประกอบภาคผนวก 9 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Inflation Rate



gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for Gold_price
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 283
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 0 lags of (1-L)Gold_price
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$
estimated value of $(a - 1)$: -0.0213301
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -1.82521$
asymptotic p-value 0.6927
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.067

ภาพประกอบภาคผนวก 10 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Gold Price

```

gretl: ADF test
Augmented Dickey-Fuller test for Dow_jones
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 276
unit-root null hypothesis: a = 1

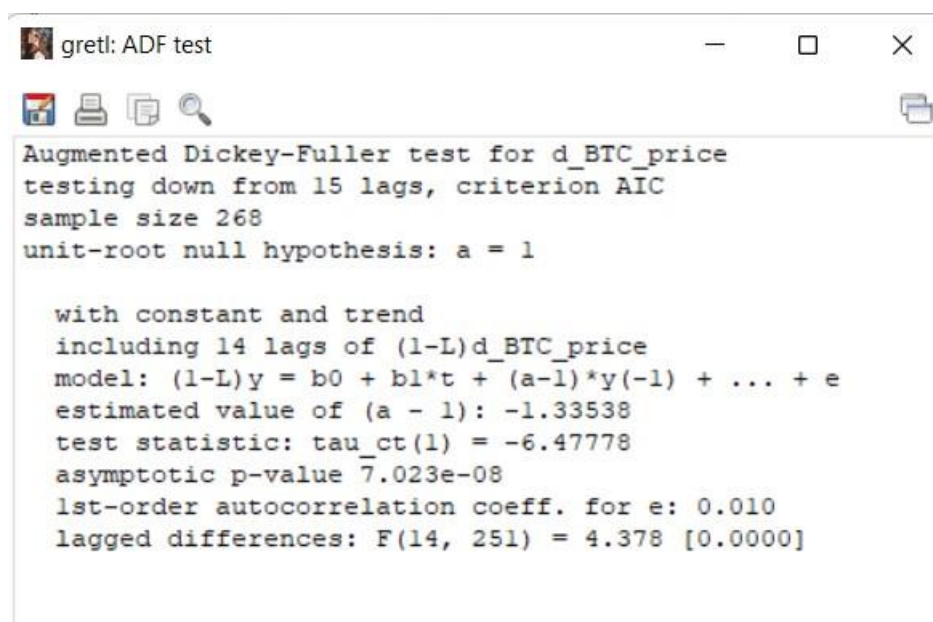
with constant and trend
including 7 lags of (1-L)Dow_jones
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
estimated value of (a - 1): -0.0433487
test statistic: tau_ct(1) = -2.54916
asymptotic p-value 0.3042
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.004
lagged differences: F(7, 266) = 5.601 [0.0000]

```

ภาพประกอบภาคผนวก 11 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ Dow Jones

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณสมบัติ (Stationary) ของทุกตัวแปร (Unit Root Test) ที่ระดับ First Difference

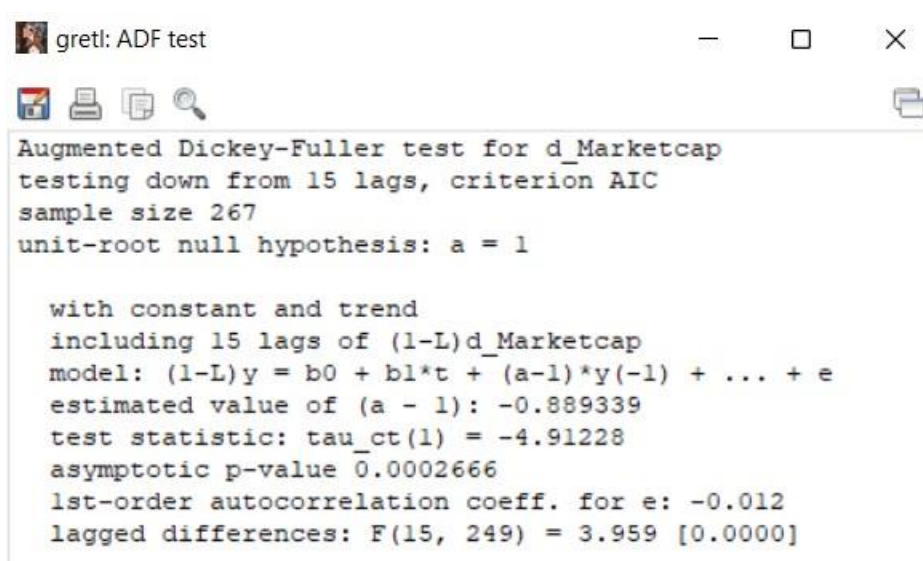


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_BTC_price
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 268
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 14 lags of $(1-L)d_BTC_price$
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
estimated value of $(a - 1)$: -1.33538
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -6.47778$
asymptotic p-value 7.023e-08
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.010
lagged differences: $F(14, 251) = 4.378 [0.0000]$

ภาพประกอบภาคผนวก 12 การตรวจสอบคุณสมบัติของ D(Bitcoin)

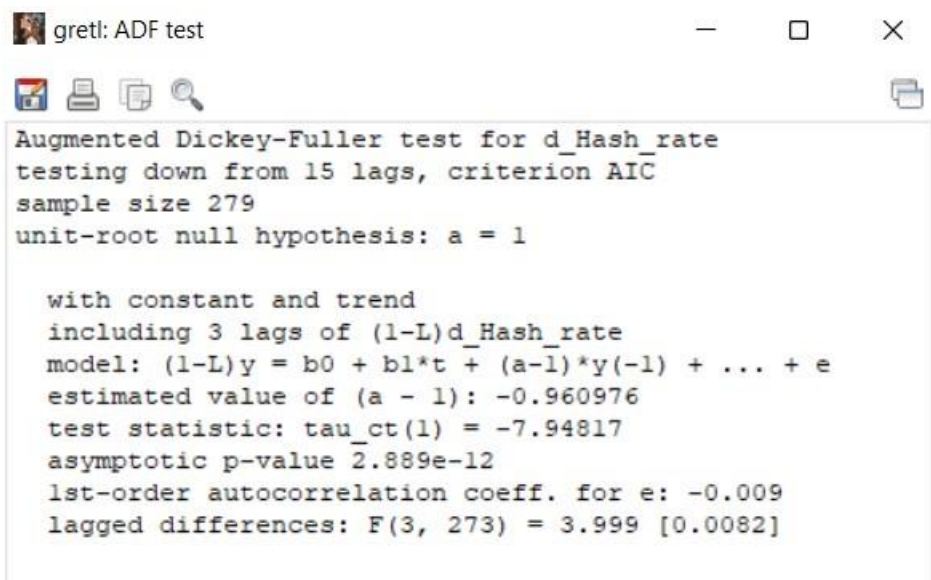


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Marketcap
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 267
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 15 lags of $(1-L)d_Marketcap$
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
estimated value of $(a - 1)$: -0.889339
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -4.91228$
asymptotic p-value 0.0002666
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.012
lagged differences: $F(15, 249) = 3.959 [0.0000]$

ภาพประกอบภาคผนวก 13 การตรวจสอบคุณสมบัติของ D(Marketcap)

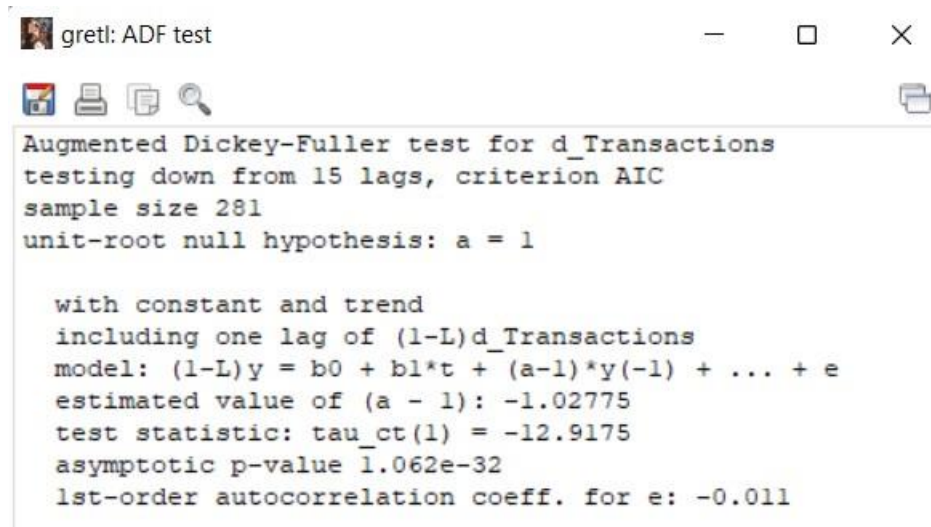


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Hash_rate
 testing down from 15 lags, criterion AIC
 sample size 279
 unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
 including 3 lags of $(1-L)d_Hash_rate$
 model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 estimated value of $(a - 1)$: -0.960976
 test statistic: $\tau_{ct}(1) = -7.94817$
 asymptotic p-value 2.889e-12
 1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.009
 lagged differences: $F(3, 273) = 3.999$ [0.0082]

ภาพประกอบภาคผนวก 14 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Hash Rate)

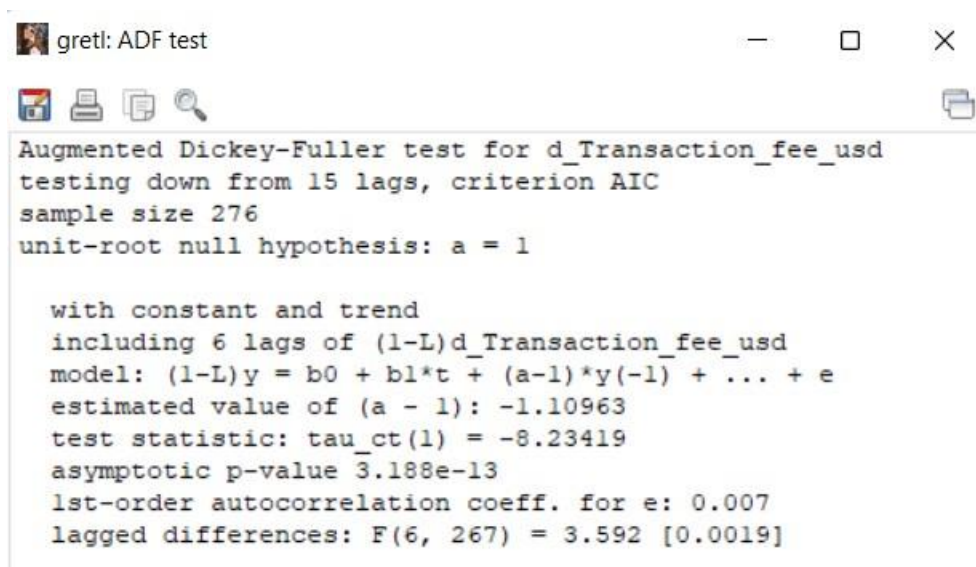


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Transactions
 testing down from 15 lags, criterion AIC
 sample size 281
 unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
 including one lag of $(1-L)d_Transactions$
 model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 estimated value of $(a - 1)$: -1.02775
 test statistic: $\tau_{ct}(1) = -12.9175$
 asymptotic p-value 1.062e-32
 1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.011

ภาพประกอบภาคผนวก 15 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Transactions)

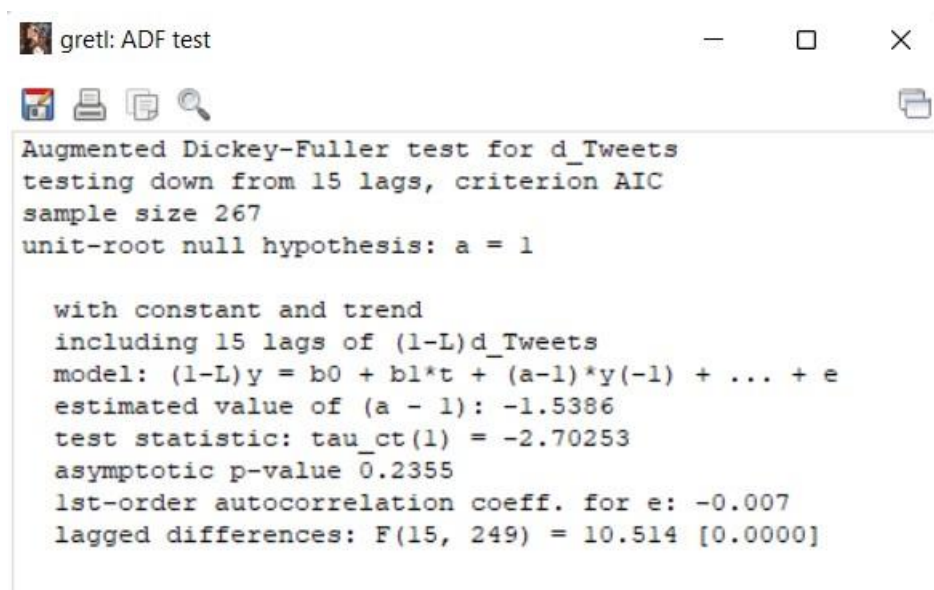


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Transaction_fee_usd
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 276
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 6 lags of $(1-L)d_Transaction_fee_usd$
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
estimated value of $(a - 1)$: -1.10963
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -8.23419$
asymptotic p-value 3.188e-13
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.007
lagged differences: $F(6, 267) = 3.592$ [0.0019]

ภาพประกอบภาคผนวก 16 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Transaction Fee)

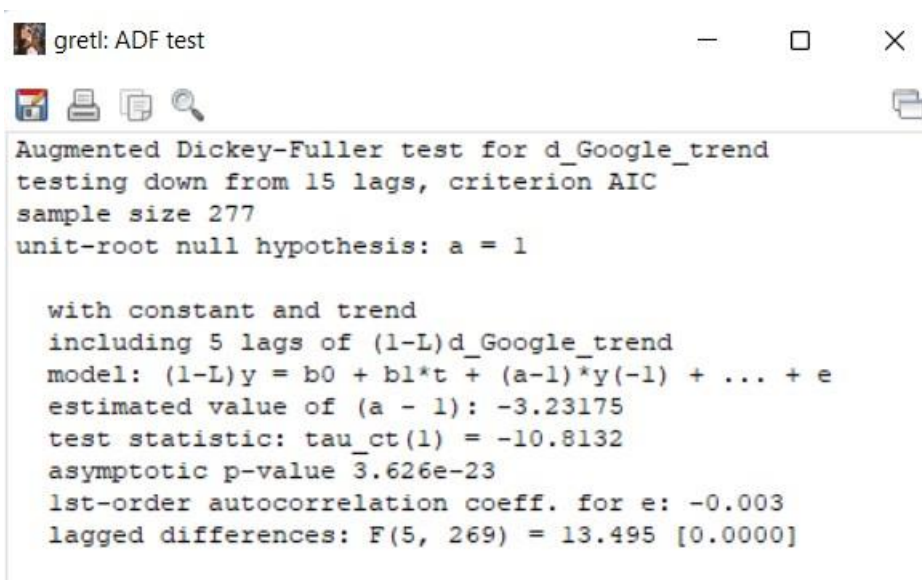


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Tweets
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 267
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 15 lags of $(1-L)d_Tweets$
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
estimated value of $(a - 1)$: -1.5386
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -2.70253$
asymptotic p-value 0.2355
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.007
lagged differences: $F(15, 249) = 10.514$ [0.0000]

ภาพประกอบภาคผนวก 17 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Tweets)

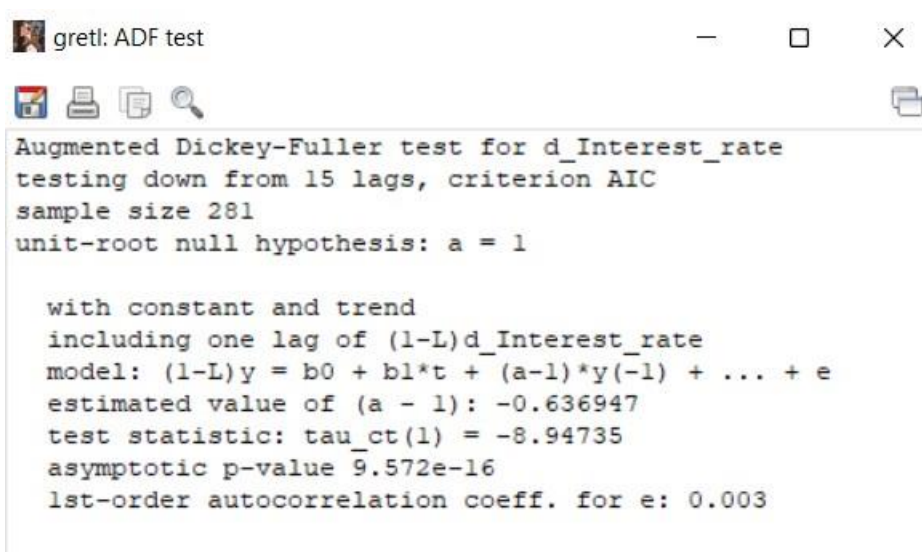


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Google_trend
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 277
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 5 lags of $(1-L)d_Google_trend$
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
estimated value of $(a - 1)$: -3.23175
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -10.8132$
asymptotic p-value 3.626e-23
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.003
lagged differences: $F(5, 269) = 13.495$ [0.0000]

ภาพประกอบภาคผนวก 18 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Google Trend)

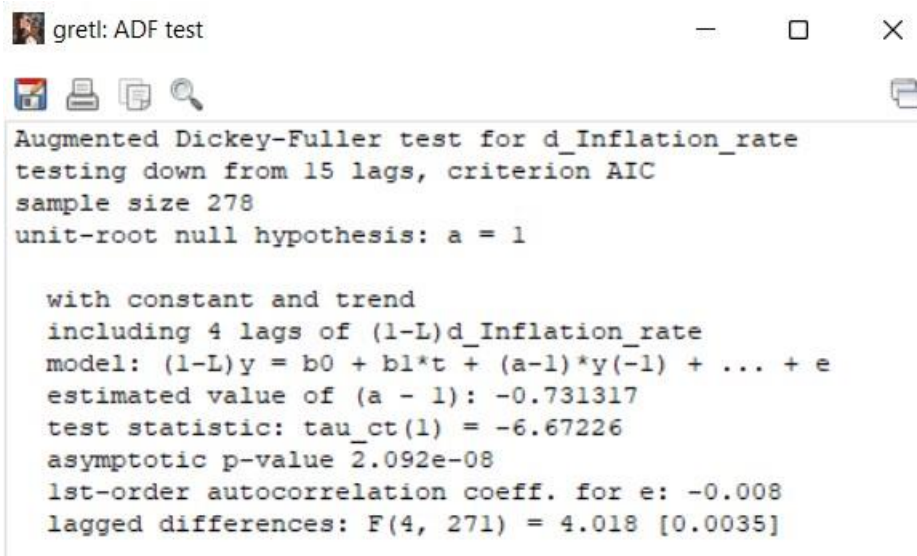


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Interest_rate
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 281
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including one lag of $(1-L)d_Interest_rate$
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
estimated value of $(a - 1)$: -0.636947
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -8.94735$
asymptotic p-value 9.572e-16
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.003

ภาพประกอบภาคผนวก 19 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Interest Rate)

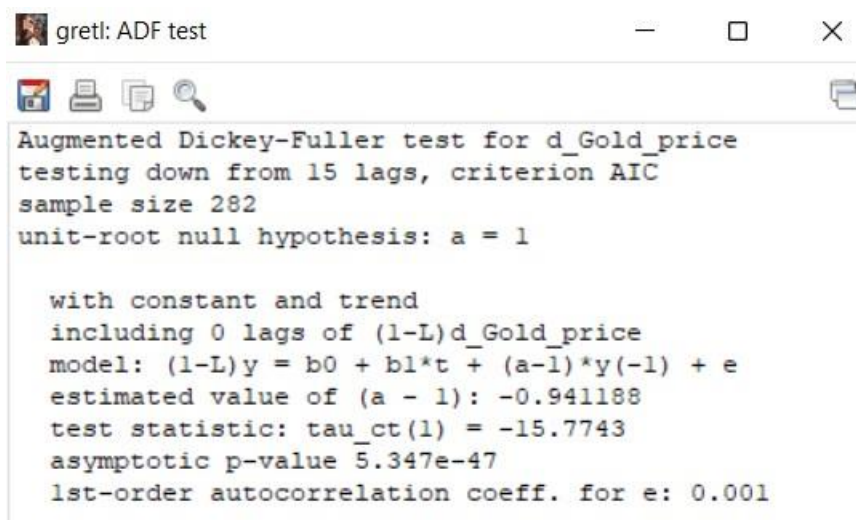


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Inflation_rate
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 278
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 4 lags of $(1-L)d_Inflation_rate$
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
estimated value of $(a - 1)$: -0.731317
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -6.67226$
asymptotic p-value 2.092e-08
1st-order autocorrelation coeff. for e: -0.008
lagged differences: $F(4, 271) = 4.018$ [0.0035]

ภาพประกอบภาคผนวก 20 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Inflation Rate)

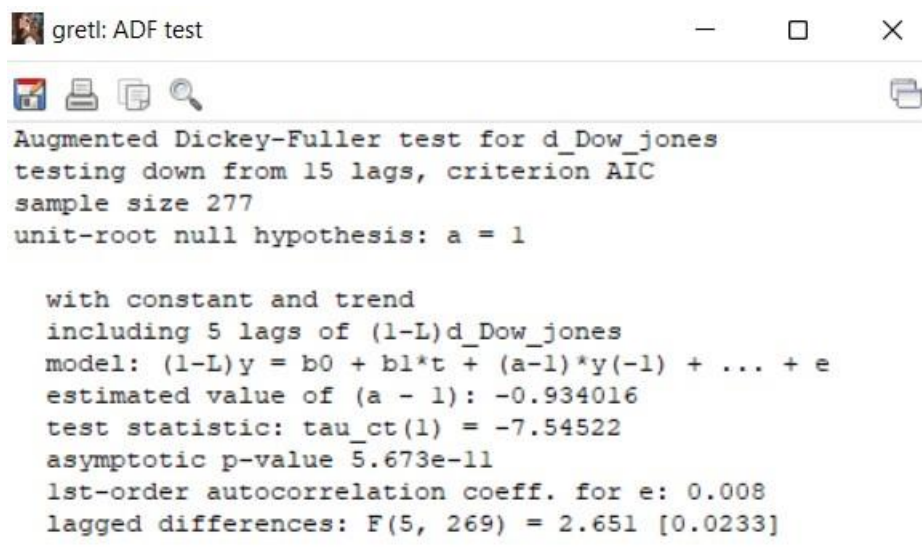


gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Gold_price
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 282
unit-root null hypothesis: $a = 1$

with constant and trend
including 0 lags of $(1-L)d_Gold_price$
model: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$
estimated value of $(a - 1)$: -0.941188
test statistic: $\tau_{ct}(1) = -15.7743$
asymptotic p-value 5.347e-47
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.001

ภาพประกอบภาคผนวก 21 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Gold Price)



```

gretl: ADF test

Augmented Dickey-Fuller test for d_Dow_jones
testing down from 15 lags, criterion AIC
sample size 277
unit-root null hypothesis: a = 1

with constant and trend
including 5 lags of (1-L)d_Dow_jones
model: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
estimated value of (a - 1): -0.934016
test statistic: tau_ct(1) = -7.54522
asymptotic p-value 5.673e-11
1st-order autocorrelation coeff. for e: 0.008
lagged differences: F(5, 269) = 2.651 [0.0233]

```

ภาพประกอบภาคผนวก 22 การตรวจสอบคุณสมบัติหนึ่งของ D(Dow Jones)

ภาคผนวก ค

ผลการเลือกคาบเวลาในอดีต (p) ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง

gretl: VAR lag selection

VAR system, maximum lag order 7

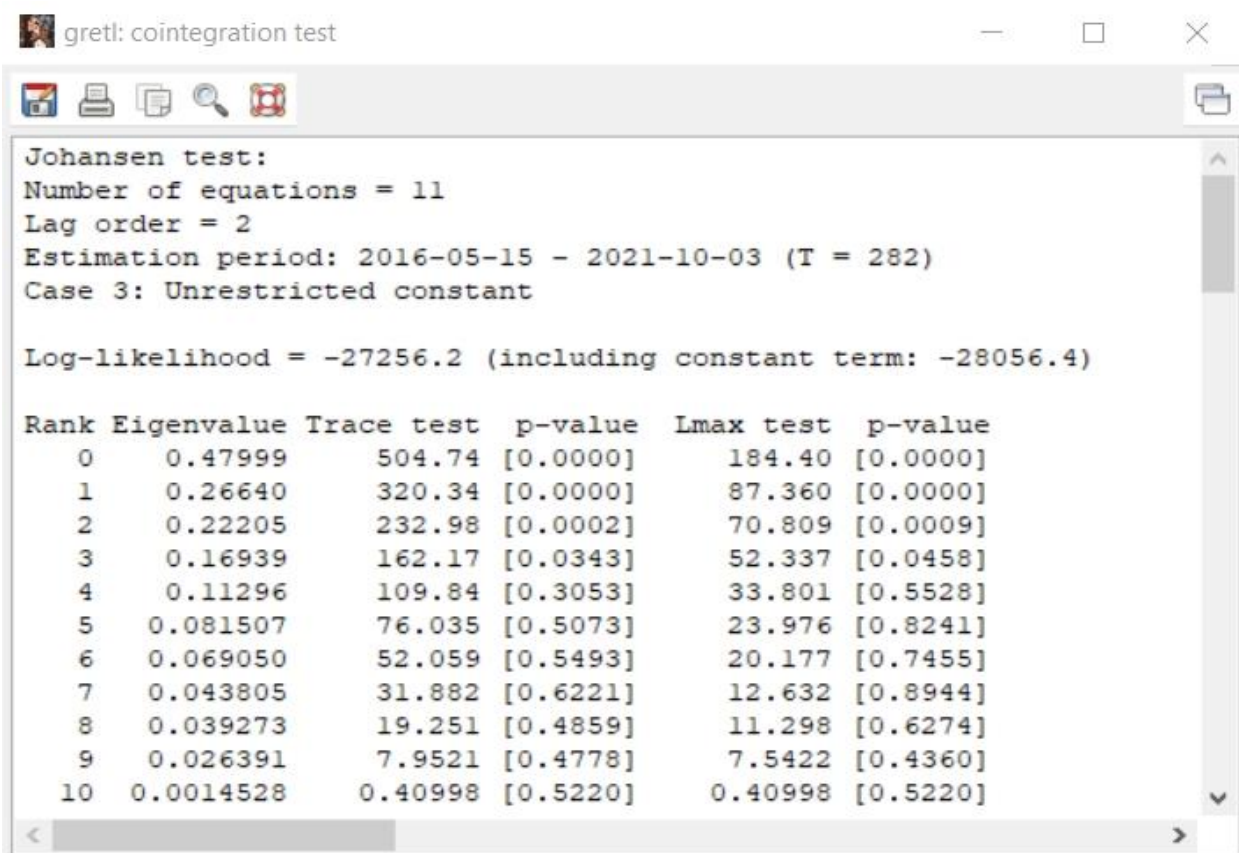
The asterisks below indicate the best (that is, minimized) values of the respective information criteria, AIC = Akaike criterion, BIC = Schwarz Bayesian criterion and HQC = Hannan-Quinn criterion.

lags	loglik	p (LR)	AIC	BIC	HQC
1	-27728.90209		201.890595	203.622091*	202.585415
2	-27516.91025	0.00000	201.231234*	204.549934	202.562972*
3	-27399.61535	0.00000	201.258082	206.163988	203.226740
4	-27284.96182	0.00000	201.304071	207.797181	203.909647
5	-27180.35724	0.00000	201.422879	209.503194	204.665373
6	-27068.53947	0.00000	201.489416	211.156936	205.368830
7	-26925.09840	0.00000	201.326800	212.581524	205.843132

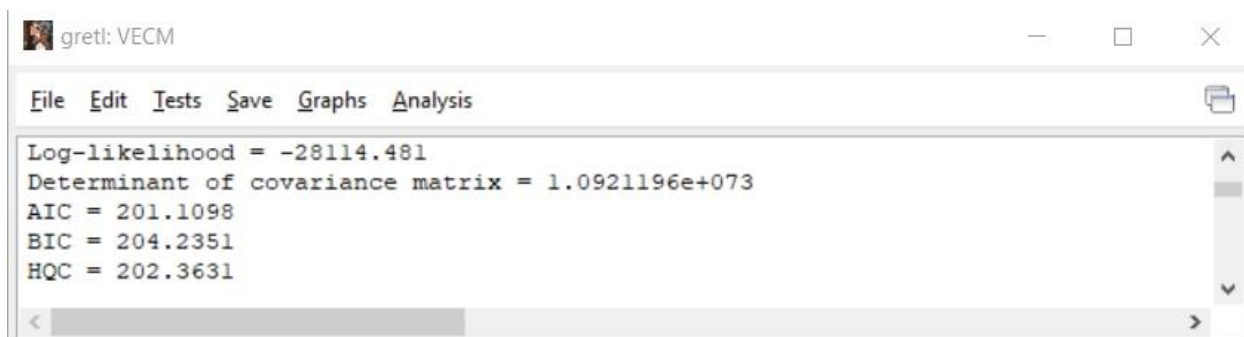
ภาพประกอบภาคผนวก 23 การหาค่าจำนวนความล่าช้า (Lag) ที่เหมาะสมของแบบจำลอง

ภาคผนวก ง

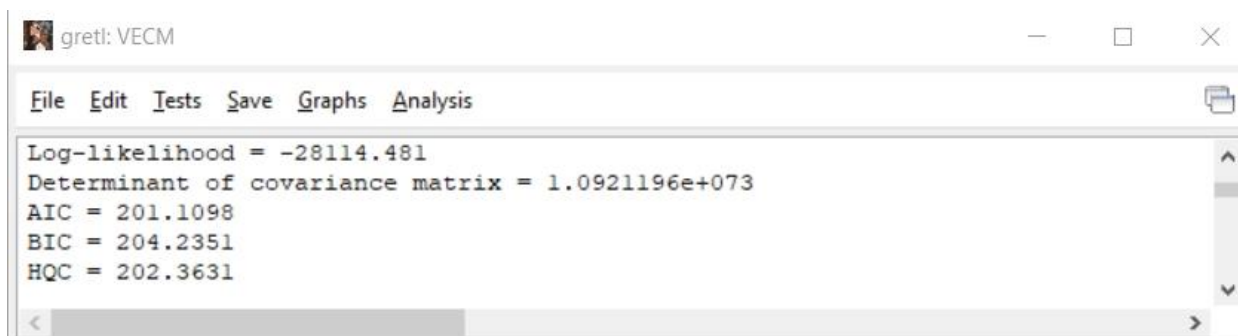
ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (Cointegration Test) และตรวจสอบ
ประเภทของแบบจำลอง VECM ที่เหมาะสม



ภาพประกอบภาคผนวก 24 การทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (Cointegration Test)



ภาพประกอบภาคผนวก 25 AIC ของแบบจำลอง VECM Case 1: No constant

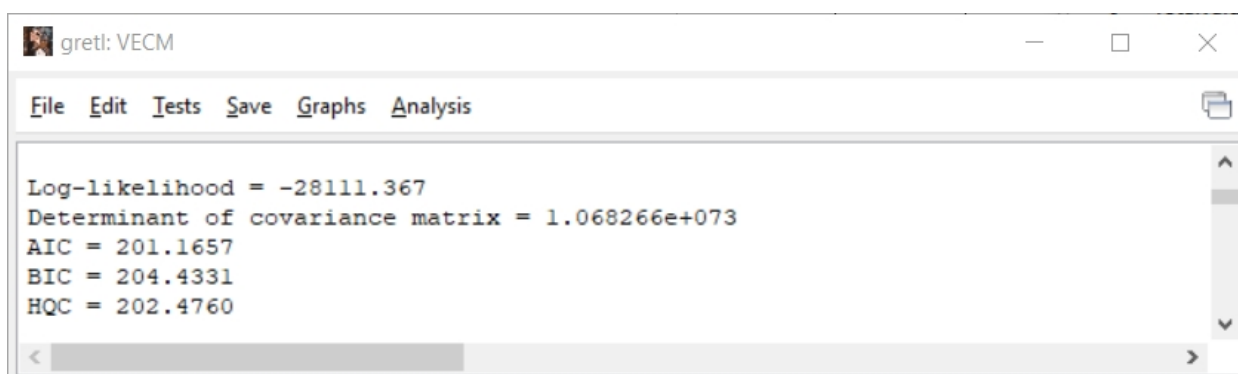


```

gretl: VECM
File Edit Tests Save Graphs Analysis
Log-likelihood = -28114.481
Determinant of covariance matrix = 1.0921196e+073
AIC = 201.1098
BIC = 204.2351
HQC = 202.3631

```

ภาพประกอบภาคผนวก 26 AIC ของแบบจำลอง VECM Case 2: Restricted constant

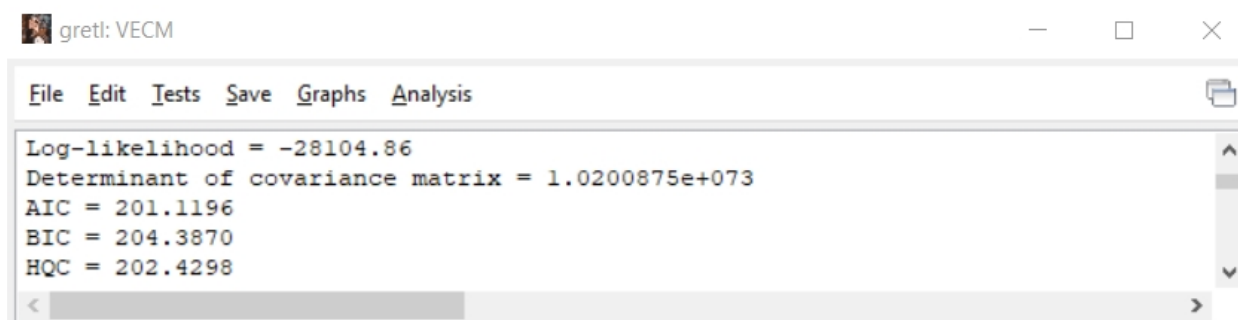


```

gretl: VECM
File Edit Tests Save Graphs Analysis
Log-likelihood = -28111.367
Determinant of covariance matrix = 1.068266e+073
AIC = 201.1657
BIC = 204.4331
HQC = 202.4760

```

ภาพประกอบภาคผนวก 27 ของแบบจำลอง VECM Case 3: Unrestricted constant

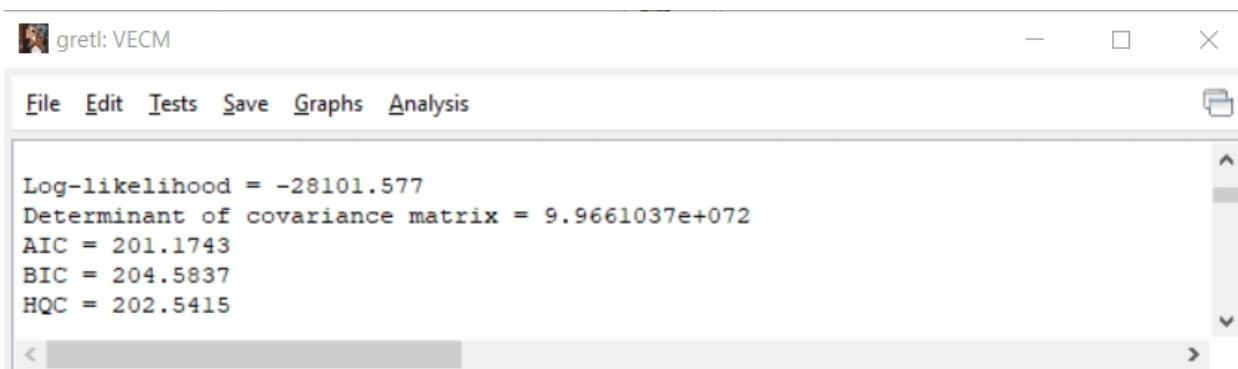


```

gretl: VECM
File Edit Tests Save Graphs Analysis
Log-likelihood = -28104.86
Determinant of covariance matrix = 1.0200875e+073
AIC = 201.1196
BIC = 204.3870
HQC = 202.4298

```

ภาพประกอบภาคผนวก 28 ของแบบจำลอง VECM Case 4: Restricted trend, Unrestricted constant



The screenshot shows a software window titled "gretl: VECM". It has a menu bar with "File", "Edit", "Tests", "Save", "Graphs", and "Analysis". Below the menu bar is a text area containing the following statistics:


```
Log-likelihood = -28101.577  
Determinant of covariance matrix = 9.9661037e+072  
AIC = 201.1743  
BIC = 204.5837  
HQC = 202.5415
```

The text area has a vertical scrollbar on the right and a horizontal scrollbar at the bottom.

ภาพประกอบภาคผนวก 29 ของแบบจำลอง VECM Case 5: Unrestricted trend and constant

ภาคผนวก จ

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR และแบบจำลอง VECM

 gretl: vector autoregression

File Edit Tests Save Graphs Analysis

VAR system, lag order 2

OLS estimates, observations 2016-05-22-2021-10-03 (T = 281)

Log-likelihood = -27997.854

Determinant of covariance matrix = 9.6814417e+072

AIC = 201.0737

BIC = 204.3495

HQC = 202.3875

Portmanteau test: LB(48) = 6115.15, df = 5566 [0.0000]

Equation 1: d_BTC_price

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	185.522	125.900	1.474	0.1418	
d_BTC_price_1	0.190716	0.101014	1.888	0.0601	*
d_BTC_price_2	-0.495482	0.130623	-3.793	0.0002	***
d_Marketcap_1	-3.66847e-09	9.67642e-09	-0.3791	0.7049	
d_Marketcap_2	2.39548e-08	6.44106e-09	3.719	0.0002	***
d_Hash_rate_1	1.57272e-05	3.06882e-05	0.5125	0.6088	
d_Hash_rate_2	-6.37441e-05	3.02644e-05	-2.106	0.0361	**
d_Transactions_1	0.00437158	0.00881646	0.4958	0.6204	
d_Transactions_2	-0.0134890	0.00894594	-1.508	0.1328	
d_Transaction_~_1	0.000714034	0.000215752	3.310	0.0011	***
d_Transaction_~_2	-0.000240575	0.000203082	-1.185	0.2373	
d_Tweets_1	0.0125741	0.0107131	1.174	0.2416	
d_Tweets_2	0.0154902	0.0102923	1.505	0.1335	
d_Google_trend_1	5.50273	6.90638	0.7968	0.4263	
d_Google_trend_2	1.01902	7.43711	0.1370	0.8911	
d_Interest_rate_1	-169.801	2031.04	-0.08360	0.9334	
d_Interest_rate_2	97.6218	1876.32	0.05203	0.9585	
d_Inflation_ra~_1	-1837.48	2327.09	-0.7896	0.4305	
d_Inflation_ra~_2	5244.87	2391.05	2.194	0.0292	**
d_Gold_price_1	-6.77814	5.39873	-1.256	0.2104	
d_Gold_price_2	2.68276	5.28892	0.5072	0.6124	
d_Dow_jones_1	0.147196	0.351848	0.4184	0.6760	
d_Dow_jones_2	-0.591420	0.349025	-1.694	0.0914	*
Mean dependent var	157.3411	S.D. dependent var	2194.677		
Sum squared resid	1.07e+09	S.E. of regression	2038.332		
R-squared	0.205178	Adjusted R-squared	0.137402		
F(22, 258)	3.027308	P-value (F)	0.000013		
rho	0.014561	Durbin-Watson	1.965873		

ภาพประกอบภาคผนวก 30 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VAR

gretl: VECM

File Edit Tests Save Graphs Analysis

Equation 1: d_BTC_price

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
d_BTC_price_1	0.449024	0.155179	2.894	0.0041	***
d_Marketcap_1	-2.65727e-08	6.32492e-09	-4.201	3.63e-05	***
d_Hash_rate_1	1.47970e-05	3.14180e-05	0.4710	0.6380	
d_Transactions_1	-0.000319830	0.00942337	-0.03394	0.9730	
d_Transaction_~_1	0.000748081	0.000186592	4.009	7.93e-05	***
d_Tweets_1	-0.00645360	0.0111050	-0.5811	0.5616	
d_Google_trend_1	0.000784614	8.32747	9.422e-05	0.9999	
d_Interest_rate_1	500.149	1982.30	0.2523	0.8010	
d_Inflation_ra~_1	-870.265	2372.47	-0.3668	0.7140	
d_Gold_price_1	-3.74920	5.41899	-0.6919	0.4896	
d_Dow_jones_1	0.234037	0.358658	0.6525	0.5146	
EC1	-0.176615	0.224543	-0.7866	0.4322	
EC2	8.59476e-09	1.15176e-08	0.7462	0.4562	
EC3	7.98240e-06	6.90548e-06	1.156	0.2487	
EC4	0.00108017	0.00164073	0.6583	0.5109	
Mean dependent var	156.7378	S.D. dependent var	2190.792		
Sum squared resid	1.20e+09	S.E. of regression	2131.931		
R-squared	0.111498	Adjusted R-squared	0.057852		
rho	0.051903	Durbin-Watson	1.894522		

ภาพประกอบภาคผนวก 31 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง VECM

ภาคผนวก จ

ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง VAR และแบบจำลอง VECM

ตัวชี้วัด	RMSE	MAPE	แบบจำลอง VECM		แบบจำลอง VAR		9350			
แบบจำลอง VAR	9302.452379	84.45074312	Actual Value	Prediction	Actual Value (Difference scale)	Prediction (Difference scale)	Actual Value (Original scale)	Prediction (Original scale)		
แบบจำลอง VECM	2398.094942	7.840153069								
			4/29/2018	9853.5	9311.86	4/29/2018	501.1	80.27	9853.5	9430.27
			5/6/2018	8459.5	9856.72	5/6/2018	-1394	46.73	8459.5	9477
			5/13/2018	8245.1	8087.16	5/13/2018	-214.4	118.37	8245.1	9595.37
			5/20/2018	7361.3	8522.89	5/20/2018	-883.8	588.74	7361.3	10184.11
			5/27/2018	7646.6	7362.86	5/27/2018	285.3	-168.01	7646.6	10016.1
			6/3/2018	7515.8	7967.75	6/3/2018	-130.8	492.17	7515.8	10508.27
			6/10/2018	6505.8	7290.4	6/10/2018	-1010	-463.99	6505.8	10044.28
			6/17/2018	6167.3	6612.29	6/17/2018	-338.5	-144.09	6167.3	9900.19
			6/24/2018	6398.9	6222.69	6/24/2018	231.6	35.14	6398.9	9935.33
			7/1/2018	6765.5	6854.2	7/1/2018	366.6	387.44	6765.5	10322.77
			7/8/2018	6254.8	6468.53	7/8/2018	-510.7	-9.87	6254.8	10312.9
			7/15/2018	7408.7	6162.55	7/15/2018	1153.9	508.36	7408.7	10821.26
			7/22/2018	8234.1	7675.63	7/22/2018	825.4	410.42	8234.1	11231.68
			7/29/2018	7014.3	8319.31	7/29/2018	-1219.8	59.91	7014.3	11291.59
			8/5/2018	6231.6	6686.06	8/5/2018	-782.7	-840.02	6231.6	10451.57
			8/12/2018	6379.1	6442.54	8/12/2018	147.5	160.06	6379.1	10611.63
			8/19/2018	6734.8	6635.35	8/19/2018	355.7	103.01	6734.8	10714.64
			8/26/2018	7189.6	6815.3	8/26/2018	454.8	-98.32	7189.6	10616.32
			9/2/2018	6184.3	7265.99	9/2/2018	-1005.3	245.33	6184.3	10861.65
			9/9/2018	6519	5698.7	9/9/2018	334.7	-571.14	6519	10290.51
			9/16/2018	6729.6	6919.47	9/16/2018	210.6	787.99	6729.6	11078.5
			9/23/2018	6603.9	6653.27	9/23/2018	-125.7	-346.62	6603.9	10731.88
			9/30/2018	6596.3	6531.49	9/30/2018	-7.6	311.08	6596.3	11042.96
			10/7/2018	6321.7	6582.81	10/7/2018	-274.6	-293.7	6321.7	10749.26
			10/14/2018	6572.2	6305.28	10/14/2018	250.5	78.85	6572.2	10828.11
			10/21/2018	6494.2	6495.56	10/21/2018	-78	479.51	6494.2	11307.62
			10/28/2018	6386.2	6249.84	10/28/2018	-108	58.26	6386.2	11365.88
			11/4/2018	6427.1	6265.59	11/4/2018	40.9	236.06	6427.1	11601.94
			11/11/2018	5621.8	6499.38	11/11/2018	-805.3	342.08	5621.8	11944.02
			11/18/2018	3920.4	5588.03	11/18/2018	-1701.4	-438.39	3920.4	11505.63

ภาพประกอบภาคผนวก 32 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ของแบบจำลอง VAR และ
แบบจำลอง VECM

