

ความสัมพันธ์ตามแบบจำลองคอปูลาของความผันผวนระหว่างผลตอบแทนของ
ราคาน้ำมันกับผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย
Relationships According to Copula Model Between Volatility of Oil Price Returns
and Returns of Thailand Stock Exchange Indices

ณัฐภา มีศรี* ชัยวุฒิ ตั้งสมชัย² และสุพรรณิพันธุ์ สุวรรณพันธ์³

Natthapha Meesri* Chaiwuth Tangsomchai² and Suchanphin Suwanaphan³

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของความผันผวนโดยใช้แบบจำลองคอปูลา ซึ่งใช้ข้อมูลรายวันตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ระยะเวลารวม 10 ปี จากการศึกษาพบว่าแบบจำลอง Student-t Copula คือ แบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนผลตอบแทนราคาน้ำมันกับความผันผวนผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลลัพธ์จากแบบจำลองนี้พบว่า ทั้งสองตัวแปรมีความสัมพันธ์ที่ปลายหางทั้งสองข้างของข้อมูล ซึ่งบ่งบอกว่าเกิดความสัมพันธ์ในช่วงที่ความผันผวนต่ำมากและความสัมพันธ์ในช่วงที่ความผันผวนสูงมาก แต่เป็นค่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภคพบว่า แบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดคือ แบบจำลอง Normal Copula แสดงว่าความสัมพันธ์ที่ปลายหางทั้งสองข้างของข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นการนำผลตอบแทนของราคาน้ำมันมาใช้เป็นตัวแทนในการหาแนวโน้มของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยอาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยอยู่ในระดับต่ำ

คำสำคัญ : ราคาน้ำมัน, ดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, ความผันผวน, แบบจำลองคอปูลา

* นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

* Master Student, Master of Science in Finance, Faculty of Business Administration, Chiang Mai University

^{2,3} ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

^{2,3} Assistant Professor, Faculty of Business Administration, Chiang Mai University

Abstract

This paper aims at studying the relationship of volatility by using copula model. The daily data from January 2007 to December 2016, totally of 10 years, are used in this study. The results show that Student-t Copula model is the best model for investigating the relationship between volatility of oil price returns and volatility of returns from the Thailand Stock Exchange Index. By using the model, it shows that there is tail dependence of left data and right data. It also shows that their relationship emerged during the very low volatility and the very high volatility, but their relationship is in low level. In addition, the study of relationship between volatility of oil price returns and volatility of returns from SET Energy & Utilities Sector Index, it can be seen that the best model is Normal Copula. The result indicates that there is no relationship between its tails. In short, the oil price returns cannot be a proper indicator of stock price index because oil price changes are slightly related to return from Thailand Stock Exchange Index.

Keywords : Oil price, Thailand Stock Exchange Indices, Volatility, Copula Model

1. บทนำ

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (Stock Exchange of Thailand : SET) มีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวกลางของการระดมทุนจากนักลงทุนไปสู่ภาคธุรกิจ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนภาคธุรกิจ ส่งผลให้ระบบเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศเติบโต โดยตลาดหลักทรัพย์ได้จัดทำดัชนีตลาดหลักทรัพย์ (SET Index) เพื่อแสดงการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์ทั้งหมด ซึ่งใช้วิธีการคำนวณแบบถ่วงน้ำหนักด้วยมูลค่าตลาด โดยใช้หุ้นสามัญจดทะเบียนทุกตัวในตลาด ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในดัชนีตลาดหลักทรัพย์ เนื่องจากน้ำมันถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อกิจการเกือบทุกภาคส่วนทั้งทางตรงและทางอ้อม

ในปัจจุบันสินค้าน้ำมันมีบทบาทต่อเศรษฐกิจ เนื่องจากทุกธุรกิจต้องพึ่งพาน้ำมันและการที่ราคาน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนโดยรวมของบริษัท โดยเฉพาะกลุ่มบริษัทที่ต้องใช้น้ำมันเป็นหลัก ทำให้บริษัทโดยส่วนใหญ่มีความกังวลต่อความผันผวนของราคาน้ำมัน อีกทั้งผลกระทบต่อตลาดการเงินเกิดจากปัจจัยต่างๆ หลายด้านทั้งปัจจัยภายในและภายนอก จากการศึกษาหาความสัมพันธ์โดยทั่วไปในปัจจุบัน นิยมใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ซึ่งต้องอยู่ภายใต้สมมติฐานว่าข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติและมีความสัมพันธ์เชิงเส้น แต่อย่างไรก็ตามทั้งดัชนีตลาดหลักทรัพย์และราคาน้ำมันนั้นมีความผันผวนสูงตามภาวะเศรษฐกิจที่ผันผวน ทำให้ข้อมูลส่วนใหญ่ไม่อยู่ภายใต้ข้อสมมติฐาน (Assumption) ที่ว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ทำให้การใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันมาหาค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว ผลลัพธ์ที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง (Bias) จึงมีการเสนอแนวคิดที่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีการแจกแจงที่แตกต่างกัน และข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปกติโดย Sklar (1959) ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ของความสัมพันธ์มีความถูกต้อง (Unbias) และน่าเชื่อถือมากขึ้น การเชื่อมโยงความสัมพันธ์นี้เรียกว่า "คอปูลา" จากงานวิจัยของ (Ciner C., 2001) ที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างราคาน้ำมันกับตลาดหลักทรัพย์สหรัฐ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างราคาน้ำมันกับดัชนีราคาหลักทรัพย์ในประเทศไทย จึงอาจมีความผันผวนแบบไม่สมมาตร (Asymmetric) และไม่เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง จึงสนใจนำแบบจำลองคอปูลามาหาความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์

แห่งประเทศไทย และความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของอัตราผลตอบแทนจากดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค เนื่องจากเป็นหมวดธุรกิจที่มีบริษัทเกี่ยวข้องกับน้ำมันโดยตรงจึงอาจส่งผลกระทบต่อผลการดำเนินงานของบริษัทในหมวดธุรกิจดังกล่าว เพื่อจะได้ทราบถึงความสัมพันธ์ของความผันผวนระหว่างผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับผลตอบแทนดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการลงทุนของนักลงทุน ผู้จัดการความเสี่ยงและผู้เกี่ยวข้อง

2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nguyen and Bhatti (2012) ได้ศึกษาเรื่อง Copula Model Dependency Between Oil Prices and Stock Markets : Evidence from China and Vietnam โดยใช้วิธีนอนพารามิเตอร์และพารามิเตอร์(Non-Parametric and Parametric Statistics) กับแบบจำลองคอปูลา (Copula Model) ซึ่งใช้ข้อมูลรายวันตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ถึงปี ค.ศ. 2009 ของการศึกษาในประเทศจีน ส่วนของประเทศเวียดนามใช้ข้อมูลรายวันตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 ถึงปี ค.ศ. 2009 การศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างราคาน้ำมันและตลาดหลักทรัพย์ในประเทศเวียดนามโดยใช้แบบจำลองคอปูลาลามีความสัมพันธ์ในช่วงความผันผวนต่ำ ในขณะที่ตลาดหลักทรัพย์จีนไม่พบความสัมพันธ์ใดๆ ในช่วงความผันผวนสูงกับความผันผวนต่ำระหว่างตลาดหลักทรัพย์ประเทศจีนกับราคาน้ำมัน ผลจากการศึกษาครั้งนี้ สามารถช่วยให้นักลงทุนและผู้จัดการกองทุนนำไปใช้เป็นกลยุทธ์การลงทุนเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากราคาน้ำมัน และรัฐบาลก็สามารถนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายเศรษฐกิจ

Guliman (2015) ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างราคาน้ำมันและตลาดหลักทรัพย์ในฟิลิปปินส์ โดยวิธี Vector Autoregression (VAR) Model และ Granger Causality Test โดยใช้ข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมปี ค.ศ. 1996 ถึงเดือนธันวาคมปี ค.ศ. 2014 จากการศึกษาพบว่าตลาดหลักทรัพย์ฟิลิปปินส์หลังจากปรับระดับเงินเฟ้อกับราคาน้ำมันรายเดือนนั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน และจากผลของการทดสอบ Granger Causality นั้นพบว่า ราคาน้ำมันไม่ส่งผลกระทบต่อเคลื่อนไหวของตลาดหลักทรัพย์ฟิลิปปินส์

Hayky and Naim (2016) ได้ศึกษาเรื่อง The Relationship Between Oil Price and Stock Market Index: An Empirical Study from Kuwait โดยใช้แบบจำลอง Markov-switching ซึ่งเป็นการประมาณการค่าความผันผวนในแต่ละสถานะ โดยแบ่งเป็น 2 สถานะคือ สถานะความผันผวนสูงและสถานะความผันผวนต่ำ โดยใช้ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่มกราคมปี ค.ศ. 2005 ถึงเดือนกันยายนปี ค.ศ. 2015 พบว่าในสถานะความผันผวนสูงของราคาน้ำมันส่งผลกระทบความสัมพันธ์ผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์กับผลตอบแทนราคาน้ำมันในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ ในทางกลับกันในสถานะความผันผวนต่ำของราคาน้ำมันไม่ส่งผลกระทบความสัมพันธ์ผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์กับผลตอบแทนราคาน้ำมัน

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตเนื้อหาการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิ (Secondary Data) ใช้ข้อมูลรายวันราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2550 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2559 ระยะเวลารวม 10 ปี โดยเก็บข้อมูลจากฐานข้อมูล Thomson Reuters Datastream

3.2 วิธีการดำเนินการ มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ปรับข้อมูลราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยและดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค ให้อยู่ในรูปอัตราผลตอบแทน (Log Return) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$R(t) = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

โดยที่ $R(t)$ คือ ผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์

P_t คือ ดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ณ เวลา t

P_{t-1} คือ ดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ณ เวลา $t-1$

3.2.2 นำข้อมูลของผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค ซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) ต้องมาทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root Test) เพื่อให้ไม่เกิดปัญหาของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมการที่ไม่แท้จริง (Spurious Regression) (ทรวงศ์ดี ศรีบุญจิตต์, 2547) คือผลค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้มีค่าไม่ถูกต้อง

โดยใช้วิธีการทดสอบ 2 วิธี ดังนี้

1) การทดสอบ Augmented Dickey – Fuller (ADF Test)

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1} = \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1} = C + \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1} = C + \alpha t + \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^n \beta \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t$$

โดยที่ ΔX_t คือ ผลต่าง ณ วันปัจจุบันกับวันก่อนหน้าของผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค

X_t คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยและผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค ณ เวลา t

X_{t-1} คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค ณ เวลา $t-1$

ทั้งนี้ C, α, θ, β คือ ค่าคงที่

t คือ ค่าแนวโน้มเวลา

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

2) การทดสอบ Phillips-Perron (PP Test)

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = C + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = C + \alpha t + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

โดยที่ ΔY_t คือ ผลต่าง ณ วันปัจจุบันกับวันก่อนหน้าของผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค

Y_t คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยและผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค ณ เวลา t

Y_{t-1} คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค ณ เวลา $t-1$

ทั้งนี้ C, α, γ คือ ค่าคงที่

t คือ ค่าแนวโน้มเวลา

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

3.2.3 นำข้อมูลอนุกรมเวลาของผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยและผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค มากำหนดค่าความผันผวนด้วย ARMA(p,q)-GARCH(1,1) เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้ในการประมาณค่าการแจกแจงเดี่ยว (Marginal Distribution) ดังเช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนของผลตอบแทนราคาหุ้นและอัตราแลกเปลี่ยนโดย (Puarattanaarunkorn O., et al., 2016) ได้ใช้ ARMA(p,q)-GARCH(1,1) ในการหาความสัมพันธ์ไม่สมมาตรของผลตอบแทนราคาหุ้นและอัตราแลกเปลี่ยน ซึ่งแบบจำลอง Autoregressive Moving Average (ARMA(p,q)) เขียนเป็นสมการดังนี้ (Box-Jenkins, 1976)

$$X_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t$$

โดยที่ X_t คือ ข้อมูลที่นำมาทดสอบ ณ เวลา t

X_{t-1} คือ ข้อมูลที่นำมาทดสอบ ณ เวลา $t-1$

ทั้งนี้ β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูลที่นำมาทดสอบ

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ε_{t-1} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา $t-1$

γ_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าความคลาดเคลื่อน

3.2.4 การทดสอบข้อมูลอนุกรมเวลา มี 2 วิธีการดังนี้

3.2.4.1 การทดสอบ Lagrange Multiplier (LM-Test) เพื่อบอกว่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่ศึกษามีปัญหาอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation) ของความคลาดเคลื่อน (Error) หรือไม่ โดยวิธีการทดสอบ LM-Test มีสมการดังนี้

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \beta_i X_{it} + \sum_{p=1}^n \rho_p u_{t-p} + \varepsilon_t$$

โดยที่ Y_t คือ ผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค

X_{it} คือ ผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ ผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภคก่อนหน้า

ทั้งนี้ β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของผลตอบแทนที่ศึกษา

ρ_p คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความคลาดเคลื่อน

u_{t-p} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t-p

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

3.2.4.2 การทดสอบ Kolmogorov - Smirnov (KS Test) เพื่อบอกว่าลักษณะข้อมูลของอนุกรมเวลาของผลตอบแทนของตัวแปรที่ศึกษาในครั้งนี้ มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มหรือไม่ โดยค่า KS Test คำนวณจากสมการดังนี้

$$D = \text{Max}|F(x) - S(x)|$$

โดยที่ $F(x)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

$S(x)$ คือ ความถี่สะสมสัมพัทธ์ของค่าสังเกตจากกลุ่มตัวอย่าง

3.2.5 การทดสอบแบบจำลองคอปูลา (Copula Model) เนื่องจากแบบจำลองคอปูลาคือฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของข้อมูลของตัวแปรสุ่ม X_n ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงมาร์จินัล (Marginal Distribution Function : F_n) เหมือนหรือต่างกัน ดังนั้นฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของตัวแปรผ่านฟังก์ชันคอปูลานี้สามารถเขียนได้ดังนี้

$$H(x,y) = C\{F(x), G(y)\}$$

โดยที่ C คือ ฟังก์ชันคอปูลาของฟังก์ชันการแจกแจงมาร์จินัลของตัวแปรสุ่ม

$F(x)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงมาร์จินัลของ x

$G(y)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงมาร์จินัลของ y

3.2.6 การหาความสัมพันธ์ของความผันผวนโดยใช้แบบจำลองคอปูลา โดยในการศึกษาค้นครั้งนี้จึงเลือกรูปแบบฟังก์ชันคอปูลา 5 รูปแบบซึ่งเป็นกลุ่มนิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาทางด้านการเงินที่สำคัญ โดยอธิบายได้ดังนี้

1) Normal Copula เป็นฟังก์ชันคอปูลา $C^{Ga}(u,v)$ ที่เชื่อมโยงตัวแปร X และ Y สำหรับการพรรณนาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวแปร

$$C^{Ga}(u,v) = \Phi_\delta(\Phi^{-1}(u), \Phi^{-1}(v))$$

2) Student-t Copula เป็นฟังก์ชันคอปูลาที่มีการแจกแจงที่มีหางอ้วนกว่าการแจกแจงแบบปกติ

$$C^t(u,v) = \int_{-\infty}^{t_v^{-1}(v)} \int_{-\infty}^{t_u^{-1}(u)} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\delta^2}} e^{\left(1 + \frac{(x^2 - 2\delta xy + y^2)}{2(1-\delta^2)}\right)^{-\frac{(v+2)}{2}}} dx dy$$

3) Clayton Copula เป็นฟังก์ชันคอปูลาที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่มีการกระจุกตัวค่อนข้างต่ำ (Lower Tail Dependence) ได้ดี

$$C^C(u,v) = \text{Max}\left\{\left(u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1\right)^{-\frac{1}{\theta}}, 0\right\}, \theta \in [-1, \infty] \setminus \{0\}$$

4) Gumbel Copula เป็นฟังก์ชันคอปูลาที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่มีการกระจุกตัวค่อนข้างสูง (Upper Tail Dependence) ได้ดี

$$C^G(u,v) = e^{\left\{-[(-\ln u)^\theta + (-\ln v)^\theta]^{\frac{1}{\theta}}\right\}}, \theta \in [1, \infty)$$

5) Frank Copula เป็นฟังก์ชันคอปูลาที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่มีการกระจายไม่ค่อนข้างไปทั้งทางขวาและทางซ้าย (No Tail Dependence)

$$C^F(u, v) = -\frac{1}{\theta} \log \left[1 + \frac{(e^{((- \theta u) - 1)})(e^{((- \theta v) - 1)})}{e^{(- \theta) - 1}} \right], \theta \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$$

3.2.7 การคัดเลือกตัวแบบจำลองคอปูลาที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าเกณฑ์สารสนเทศไอซึกิ (Akaike Information Criteria: AIC) เป็นเกณฑ์ในการเลือกแบบจำลอง โดยตัวแบบจำลองที่มีค่า AIC ต่ำที่สุดนั้นเป็นตัวแบบที่มีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลน้อยที่สุด แม่นยำและมีประสิทธิภาพในการอธิบายการขึ้นอยู่กับกันระหว่างชุดข้อมูลมากที่สุด อย่างไรก็ตาม AIC นั้นจะใช้ได้ดีในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นข้อมูลรายวัน และระยะเวลารวม 10 ปี ดังนั้นตัวอย่างจึงมีขนาดใหญ่ ทำให้เหมาะสมที่จะใช้ AIC เป็นเกณฑ์ในการเลือกแบบจำลอง โดยเมื่อได้แบบจำลองที่เหมาะสมแล้ว จึงมาพิจารณาค่าทาวของเคนดอลล์ (Kendall's Tau) ของคอปูลาที่เหมาะสมนั้น เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์และใช้ในการเปรียบเทียบในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนอัตราผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนอัตราผลตอบแทนของดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

4. ผลลัพธ์การวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 แสดงข้อมูลสถิติทั่วไปของตัวแปร

ตาราง 1 ค่าสถิติทั่วไปของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภคและผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์

ตัวแปร (Variable) (ADF Test)	Prob	Level
SET Index	0.0001	-49.308
Energy & Utilities Index	0.0001	-50.738
Crude Oil Price	0.0001	-49.908
ตัวแปร (Variable) (PP Test)	Prob	Level
SET Index	0.0001	-49.324
Energy & Utilities Index	0.0001	-50.739
Crude Oil Price	0.0001	-49.918

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า ผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยและดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภคให้ผลตอบแทนเฉลี่ยเป็นบวกเท่ากับ 0.0003 และ 0.0002 ตามลำดับ ในขณะที่ผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ให้ผลตอบแทนเฉลี่ยที่เป็นลบเท่ากับ -0.00003 โดยค่าสถิติ JB Statistic ใช้สำหรับการทดสอบการกระจายแบบปกติ พบว่าผลตอบแทนของทั้งสามปฏิเสธสมมติฐาน แสดงว่าผลตอบแทนทั้งสามนั้นไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ และจากค่าความเบ้ (Skewness) จะพบว่าความเบ้ของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภคนั้น มีค่าติดลบ แสดงว่าจุดผลตอบแทนสูงสุดจะอยู่ทางด้านขวามากกว่า และค่าความโด่ง (Kurtosis) ของทั้งผลตอบแทนทั้งสามมีค่าค่อนข้างมากแสดงให้เห็นถึง

ว่าผลตอบแทนมีช่วงปลายหางที่หนา จากสถิติข้างต้นทำให้การหาความสัมพันธ์โดยใช้วิธีคอปูลามีความเหมาะสม เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของความผันผวนช่วงหางได้ (Tail dependence)

4.2 ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root Test) โดยวิธีการทดสอบ Augmented Dickey Fuller Test (ADF Test) และ Phillips – Person Test (PP Test)

ตาราง 2. ผลการทดสอบวิธีการทดสอบ Augmented Dickey Fuller Test และ Phillips – Person Test ของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์

สถิติ	ผลตอบแทนของดัชนีราคา หุ้นตลาดหลักทรัพย์	ผลตอบแทนของดัชนีราคา หมวดธุรกิจพลังงานและ สาธารณูปโภค	ผลตอบแทนของ ราคาน้ำมันดิบ เบรนท์
ค่ามากที่สุด	0.075	0.0979	0.179
ค่าน้อยที่สุด	-0.111	-0.147	-0.168
ค่าเฉลี่ย	0.0003	0.0002	-0.00003
ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.012	0.017	0.022
ความเบ้	-0.642	-0.303	0.243
ความโด่ง	10.725	9.082	8.805
ค่าสถิติ JB Statistic	6666.50(0.00)	4061.192(0.00)	3688.549(0.00)
ผลรวม	0.820	0.397	-0.076
จำนวนข้อมูล	2609	2609	2609

จากตารางที่ 2 พบว่าข้อมูลมีลักษณะนิ่ง (Stationary) ของผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ โดยได้พิจารณาการค่าความน่าจะเป็น (Probability) มีค่าน้อยกว่า 0.01 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ซึ่งหมายความว่าปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4.3 ผลการทดสอบปัญหาอัตสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน (Residual) โดยวิธี LM-Test ตาราง 3 ผลทดสอบ Lagrange Multiplier ความคลาดเคลื่อน (Residual) ของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และผลตอบแทนของน้ำมันดิบเบรนท์

	ตัวแปร (Variable)	F-statistic	Probability
First Lag	SET Index	1.189	0.276
	Energy & Utilities Index	0.099	0.753
	Crude Oil Price	2.373	0.124
	ตัวแปร (Variable)	F-statistic	Probability
Second Lag	SET Index	1.046	0.351
	Energy & Utilities Index	0.451	0.637
	Crude Oil Price	1.460	0.232

จากตาราง.3 ผลการทดสอบปัญหาข้อสันนิษฐานของความคลาดเคลื่อน (Residual) ของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ มีค่า Probability มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.01 ยอมรับสมมติฐานหลักแสดงว่าไม่เกิดปัญหาข้อสันนิษฐานของความคลาดเคลื่อน ทั้งค่า 3 ค่า

4.4 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มโดยวิธี KS Test

ตาราง 4 ผลทดสอบการแจกแจงยูนิฟอร์ม โดยวิธี Kolmogorov Smirnov ของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และผลตอบแทนของน้ำมันดิบเบรนท์

KS Test	Kolmogorov-Smirnov Statistic	P-Value
SET Index	0.044	0.013
Energy & Utilities Index	0.030	0.183
Crude Oil Price	0.023	0.473

จากตาราง 4. แสดงผลทดสอบโดยวิธี Kolmogorov - Smirnov ที่ทดสอบว่าลักษณะข้อมูลของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และผลตอบแทนของราคาน้ำมันดิบเบรนท์ พบว่าค่า P-Value ของข้อมูลของผลตอบแทนของตัวแปรที่ศึกษาในครั้งนี้มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก หมายความว่า ค่ามาร์จินัล (Marginal) ของผลตอบแทนของตัวแปรที่ศึกษาในครั้งนี้มีการแจกแจงเป็นยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution)

4.5 ผลการทดสอบคอปูลาสองตัวแปร

ตาราง 5 ผลการทดสอบคอปูลาสองตัวแปรของความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันและความผันผวนของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

Oil-SET	Estimate	Std. Error	AIC	Kendall Tau	Lower	Upper
Normal	0.140	0.019	-50.123	0.090	0.000	0.000
Student-t	0.139	0.020	-53.815	0.089	0.001	0.001
Clayton	0.191	0.025	-42.065	0.087	0.026	0.000
Gumbel	1.081	0.014	-37.889	0.075	0.000	0.102
Frank	0.812	0.120	-44.015	0.089	0.000	0.000

ตาราง 5 ผลการทดสอบคอปูลาสองตัวแปรพบว่าแบบจำลอง Student-t Copula เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ในการอธิบายความผันผวนระหว่างของผลตอบแทนของราคาน้ำมันและความผันผวนของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย เนื่องจากแบบจำลองนี้ให้ค่า AIC น้อยที่สุด มีค่า AIC = -53.815 ค่าทาวของเคนดอลล์ (Kendall's tau) = 0.089 ของแบบจำลอง Student-t แสดงว่ามีความสัมพันธ์ของความผันผวนที่ปลายหางทั้งสองข้างของข้อมูล โดยมีค่าความสัมพันธ์ที่ปลายหางทั้งค่าปลายหางทางด้านซ้าย (Lower Tail) และปลายหางทางด้านขวา (Upper Tail) คือ 0.001 หมายความว่าเหตุการณ์ที่จะเกิดความสัมพันธ์ในช่วงผลตอบแทนของทั้งคู่ที่มีค่าต่ำมากอยู่ประมาณ 0.001 และเหตุการณ์ของความผันผวนในช่วงผลตอบแทนของทั้งคู่ที่มีค่าสูงมากเท่ากับ 0.001

ตาราง 6 ผลการทดสอบคอปูลาสองตัวแปรของความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของผลตอบแทนของดัชนีราคากลุ่มอุตสาหกรรมพลังงานและสาธารณูปโภคของไทย

Oil-Energy	Estimate	Std. Error	AIC	Kendall Tau	Lower	Upper
Normal	0.188	0.019	-86.788	0.121	0.000	0.000
Student-t	0.188	0.019	-79.429	0.120	0.000	0.000
Clayton	0.265	0.027	-58.447	0.117	0.074	0.000
Gumbel	1.106	0.015	-59.455	0.096	0.000	0.129
Frank	1.082	0.119	-74.329	0.119	0.000	0.000

ตาราง 6 ผลการทดสอบคอปูลาสองตัวแปรพบว่าแบบจำลอง Normal Copula เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีค่า AIC = -86.788 ในที่ค่าทาวของเคนดอลล์ (Kendall's Tau) = 0.121 ของแบบจำลอง Normal Copula แสดงว่าที่เหมาะสมโดยช่วงความสัมพันธ์ที่ปลายหางทั้งสองข้างของข้อมูลจะมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่าในช่วงที่ทั้งคู่มีความผันผวนน้อยมากและผันผวนสูงมาก จะไม่มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือช่วงที่ความผันผวนของผลตอบแทนราคาน้ำมันน้อยจะไม่มีความสัมพันธ์กับช่วงที่ความผันผวนของผลตอบแทนดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภคน้อย ในขณะเดียวกัน ช่วงที่ความผันผวนของผลตอบแทนราคาน้ำมันมากจะไม่มีความสัมพันธ์กับช่วงที่ความผันผวนของผลตอบแทนดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภคสูงมาก

4.6 การอภิปรายผล

การใช้แบบจำลองคอปูลาสองตัวแปรในการศึกษานี้เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ตามแบบจำลองคอปูลาของความผันผวนระหว่างผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย รวมทั้งความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค เนื่องจากแบบจำลองนี้ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ที่มีลักษณะแตกต่างกันได้ทั้งในรูปแบบสมมาตรและไม่สมมาตรได้ดี (Sokolinskiy & Dijk, 2011) ทำให้การศึกษานี้จะให้ค่าความสัมพันธ์ที่มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องแม่นยำ (Unbias)

ในการศึกษานี้พบว่าความสัมพันธ์ตามแบบจำลองคอปูลาของความผันผวนระหว่างผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยมีค่าความสัมพันธ์ของความผันผวนมีลักษณะการแจกแจงแบบ Student-t Copula ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์มีค่าต่ำมาก ส่วนความสัมพันธ์ตามแบบจำลองคอปูลาของความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของผลตอบแทนของดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค มีค่าความสัมพันธ์ของความผันผวนมีลักษณะการแจกแจงแบบ Normal

Copula มีค่าความสัมพันธ์มีค่าต่ำมากเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ของความผันผวนระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของประเทศจีนกับราคาน้ำมันที่ไม่พบความสัมพันธ์ใดๆ โดยใช้แบบจำลองคอปูลา (Nguyen and Bhatti, 2012) รวมทั้งการศึกษาค่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของประเทศฟิลิปปินส์กับราคาน้ำมัน โดยใช้วิธี Vector Autoregression (VAR) Model และ Granger Causality Test ผลการทดสอบพบว่าดัชนีตลาดหลักทรัพย์ของประเทศฟิลิปปินส์กับราคาน้ำมันไม่มีความสัมพันธ์กัน (Guliman, 2015) แต่อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาที่ได้กลับมีความขัดแย้งกับงานศึกษาของ (Hayky and Naim, 2016) ที่พบว่าภาวะความผันผวนสูงของราคาน้ำมันส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ดัชนีตลาดหลักทรัพย์คู่เวตกับราคาน้ำมันในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ ในทางกลับกันในสภาวะความผันผวนต่ำของราคาน้ำมันไม่ส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ผลตอบแทนดัชนีตลาดหลักทรัพย์คู่เวตกับผลตอบแทนราคาน้ำมัน

5. ประโยชน์ของการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ประโยชน์ของการวิจัย

5.1.1 ทราบถึงผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์และราคาน้ำมันไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution)

5.1.2 ทราบถึงความผันผวนระหว่างผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับผลตอบแทนของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย มีความสัมพันธ์ต่ำ โดยใช้แบบจำลองคอปูลา

5.1.3 ทราบถึงการศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวว่ามีความสัมพันธ์ต่ำ ซึ่งอาจไม่เหมาะสมนำมาใช้เป็นกลยุทธ์ในการลงทุนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เน้นไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเป็นหลัก ซึ่งได้ค่าความสัมพันธ์ที่ต่ำมาก ในช่วงระดับความผันผวนสูงมากกับระดับความผันผวนต่ำมาก หรืออาจบอกได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ที่ปลายทางทั้งสองข้าง ดังนั้นนักลงทุนจึงไม่ควรนำราคาน้ำมันมาคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย เพื่อวางแผนการลงทุนหรือใช้เป็นสัญญาณหาจังหวะการเข้าซื้อขายหลักทรัพย์ในตลาดหลักทรัพย์

6. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามแบบจำลองคอปูลาระหว่างความผันผวนผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย มีแบบจำลองที่เหมาะสมคือ แบบจำลอง Student-t Copula โดยบ่งบอกว่าเกิดความสัมพันธ์ในช่วงที่ความผันผวนต่ำมากและความสัมพันธ์ในช่วงที่ความผันผวนสูงมาก แต่มีค่าความสัมพันธ์ของปลายทางที่แสดงโดยค่าทาวอยู่ในระดับต่ำ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนของผลตอบแทนของราคาน้ำมันกับความผันผวนของผลตอบแทนจากดัชนีราคาหมวดธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค มีแบบจำลองที่เหมาะสมคือ แบบจำลอง Normal Copula ซึ่งค่าความสัมพันธ์ที่แสดงโดยค่าทาวอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

- ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์. (2547). *เศรษฐมิติทฤษฎีและการประยุกต์* (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Al Hayky, A., & Naim, N. (2016). The relationship between oil price and stock market index: An empirical study from Kuwait. *As presented at Middle East Economic Association 15th International Conference*.
- Ciner, C. (2001). Energy shocks and financial markets: nonlinear linkages. *Studies in nonlinear dynamics and econometrics*, 5(3), 203-212.
- Guliman, S. D. O. (2015). Oil prices and stock market: A Philippine perspective. *Business and Economic Research*, 5(2), 122-135.
- Nguyen, C. C., & Bhatti, M. I. (2012). Copula model dependency between oil prices and stock markets: Evidence from China and Vietnam. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 22(4), 758-773.
- Puarattanaarunkorn, O., Kiatmanaroch, T., & Sriboonchitta, S. (2016). Dependence between Volatility of Stock Price Index Returns and Volatility of Exchange Rate Returns under QE Programs: Case Studies of Thailand and Singapore. *Springer International Publishing*, 415-435
- Sklar, A. (1959). Fonctions de repartition an dimensions et leurs marges. *Publications de l'Institut de Statistique de l'Universite de Paris*, 8.
- Sokolinskiy, O., & van Dijk, D. (2011). Forecasting volatility with Copula-based time series models. *Tinbergen Institute Discussion Paper*, 11, 125.