

國立臺灣師範大學管理學院
高階經理人企業管理碩士在職專班

碩士論文

Executive Master of Business Administration

College of Management

National Taiwan Normal University

Master's Thesis

美元指數與比特幣匯率在疫情期間下的均衡關係

The Equilibrium Relationship between the US Dollar Index and
the Bitcoin Exchange Rate during the Epidemic



劉人豪

Liu, Jen-Hao

指導教授：印永翔 博士

Advisor: Ying, Yung-Hsiang, Ph.D.

中華民國 111 年 6 月

June 2022

謝辭

很感謝師範大學能提供這樣一個在職進修的機會，讓離開學校多年的我能夠有機會再次的進修。尤其感謝指導教授印永翔老師，在他的教導之下能夠讓我可以對過去一知半解的經濟學產生興趣，並且以計量經濟學的方向完成論文。雖然目前只掌握到了皮毛，但也能對總體經濟數據與金融商品有更進一步的了解與認識，這些都歸功於指導教授給予的啟發。同時也要感謝兩位口試委員何宗武老師與楊淑珺博士的指導，糾正了上一版論文的錯誤地方，特別感謝何老師能給安排時間讓我可以釐清原本研究中的盲點。

同時也感謝同時進修的學長姐們，能在工作繁忙與照顧家庭之餘彼此鼓勵與提攜，讓人豪能跟著大家的腳步朝完成論文的目標邁進，最後謝謝身邊的家人，能夠體諒在求學與論文趕工之際較少的陪伴，感謝大家。



劉人豪 謹誌於國立台灣師範大學

中華民國 111 年 6 月

摘要

2020 年全球爆發 COVID-19，重創世界經濟與金融市場，至 2022 年全球染疫死亡人數超過 600 萬人。為避免因疫情對經濟造成二次傷害，美國率先實施量化寬鬆政策發放大量補助，各國央行紛紛跟進釋放大量貨幣。本研究欲透過時間序列等研究方法探討在疫情爆發的 2020 年至 2021 年間，美元指數期貨價格、比特幣兌美元價格、恐慌指數、黃金期貨價格、銅期貨價格間是否有彼此互相影響關係或長期穩定關係與短期之變化。結果發現，本研究之變數間與銅期貨價格具有共整關係，因此採用向量誤差正模型分析之。結果顯示，在長期共整合下美元指數與比特幣價格兩者之間有格蘭傑因果的回饋關係。同時數據顯示，比特幣兌美元價格的漲跌與銅期貨價格有同步的狀況。後續追蹤 10 個月後的數據預測變化，僅有一個月出現與結果不符合的狀況。

關鍵詞：美元指數、比特幣、銅、Granger 因果關係、VECM



Abstract

The global outbreak of the COVID-19 pandemic in 2020 has severely hit the world economy and financial markets. By 2022, the global death toll from the epidemic will exceed 6 million. To avoid secondary damage to the economy caused by the epidemic, the United States took the lead in implementing the quantitative easing policy to issue large amounts of subsidies, and central banks around the world followed suit and released large amounts of money. This study intends to use time series and other research methods to explore whether there is a causal relationship or a long-term stable relationship and short-term changes between the US dollar index futures price, bitcoin to the US dollar exchange rate, VIX, gold futures price, and copper futures prices during the period from 2020 to 2021 when the epidemic broke out. It is empirically found that the variables in this study have a co-integration relationship with the gold futures price, so the VECM is used to analyze it.

The results show that there is a Granger causal feedback relationship between the US dollar index and Bitcoin price under long-term co-integration. At the same time, the data shows that the rise and fall of the price of Bitcoin against the US dollar is synchronized with the price of copper futures. The data forecast changes after 10 months of follow-up were followed, and only one month appeared inconsistent with the results.

Keywords: US dollar index, Bitcoin, Copper, Granger causality, VECM

目次

謝辭.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目次.....	iv
表次.....	vi
圖次.....	vii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究流程.....	3
第二章 文獻探討.....	4
第一節 美元指數與量化寬鬆政策.....	4
第二節 黃金.....	5
第三節 比特幣.....	6
第四節 VIX 指數.....	7
第三章 研究方法與模型設定.....	9
第一節 研究方法.....	9
第二節 資料來源及變數定義.....	15
第四章 實證結果及分析.....	17

第一節	敘述性統計	17
第二節	單根檢定	20
第三節	共整合檢定	23
第四節	向量誤差回歸模型 (VECM)	24
第五節	Granger 因果關係檢定	27
第六節	變異數分解與衝擊反應	29
第五章	結論及建議.....	41
參考文獻	44



表次

表 3-1 變數說明	15
表 4-1 變數原始資料敘述統計	17
表 4-2 各變數取對數後之敘述統計	18
表 4-3 相關係數表	18
表 4-4 ADF 檢定結果.....	22
表 4-5 PP 檢定結果.....	23
表 4-6 共整合檢定結果	24
表 4-7 VECM 結果.....	25
表 4-8 Granger 因果檢定	28
表 4-9 變異數分解結果	30
表 4-10 新 VECM 模型結果.....	32
表 4-11 修正後變異數分解結果.....	34
表 4-12 修正後格蘭傑因果關係	37
表 5-1 日資料追蹤數據	42
表 5-2 月資料追蹤數據	42

圖次

圖 1-1 美元指數	2
圖 1-2 研究流程	3
圖 3-1 研究步驟流程圖	9
圖 4-1 原始資料散佈圖	19
圖 4-2 原始資料走勢圖	20
圖 4-3 對數資料走勢圖	20
圖 4-4 一階差分後走勢圖	21
圖 4-5 各變數 Granger 因果關係圖	38
圖 4-6 單向格蘭傑因果衝擊反應	40
圖 4-7 互為格蘭傑因果之衝擊反應	40

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

2020年3月11日，世界衛生組織（WHO）正式宣佈冠狀病毒（COVID-19）爆發為全球大流行¹。全球金融市場隨各國確診人數攀升出現劇烈變動，自2020年2月起恐慌情緒伴隨疫情由亞洲擴散至全球，劇烈影響世界經濟。（Ramelli & Wagner, 2020）、（Al-Awadhi et al., 2020），上述研究皆在探討全球針對此一時期之不確定性對金融市場之影響。各國於疫情爆發之初為預防疫情蔓延，實施了許多管制措施如：社交距離、居家隔離、入境隔離、遠距上課、宵禁及停工等。由於疫情的嚴峻以及嚴格的管制措施，由餐飲及旅遊業為首，各行各業於2020年受到重創²。美國股市於2020年3月在兩週內經歷3次熔斷³，將整體不確定性推動至疫情以來最高點。COVID-19的蔓延和各國政府提出的政策對世界的衝擊與影響是史無前例的。研究指出從1900年到2019年間，美國股市有超過1,100次以上日漲跌幅超過2.5%，在2020年前新聞媒體從沒有將這些漲跌原因歸咎於傳染病爆發的紀錄。自2020年2月24日到4月20日，媒體將這段期間金融市場產生的激烈變動歸因於與COVID-19相關的變化。即便是1918~1919年間爆發的西班牙流感，對美國經濟的影響也無法跟此次大流行相比（Baker et al., 2020）。

因此，美國政府於3月23日宣布啟動無限量寬鬆政策（Quantitative Easing, QE），試圖穩定市場情緒。過去的研究證明量化寬鬆政策緩解了2008年的金融危機（Meinusch & Tillmann, 2016）。美國因疫情實施第四次的QE政策，是否為解決經濟學家凱因斯提出的流動性陷阱之答案⁴，也正是全世界都在關注的焦點。然而，要實施量化寬鬆政策就必需為市場投入更多美元刺激市場的交易，受疫情與政策的相互影響下美元指數（USDIX）如圖1-1也反應出不同的走勢。

¹ 英文 Pandemic，瘟疫亦稱為大流行，泛指某傳染病爆發並擴張多國或全球並引起大量人口患病。

² 以美國為例，大流行宣布的次月美國失業率衝破14.7%，創下自大蕭條時期以來的紀錄。

³ 美國股市熔斷機制指標為標普500，單向跌幅達7%、13%全美證券市場將停止交易15分鐘，若跌幅達20%時當天交易停止。

⁴ QE 量化寬鬆政策是美國聯準會的新型貨幣政策，早於1970~1980年代的聯準會的貨幣政策工具，如聯邦利率（Federal Funds Rate）與非借入準備（Non-borrowed Reserves, NBR），通常基於零利率的基礎上所實施的貨幣政策，其目的用於改善通貨緊縮。



圖 1-1 美元指數

資料來源：MacroMicro

第二節 研究目的

早期在亞洲經歷 SARS 時期後即有研究指出，受 SARS 感染後的國家，相較在感染前其股票市場中出現共整關係的現象有顯著增加 (Bhuyan et al., 2010)。過往較多研究數據習慣以月資料探討長期的金融變化與總體經濟之關聯，較少採取日資料做分析。本研究欲探討 2020 年 1 月至 2021 年 6 月在疫情肆虐全球的背景下，以日資料數據藉由 EVIEWS⁵ 透過時間序列方法觀察各金融商品之連動關係。參考 (Akhtaruzzaman et al., 2021; Baek & Elbeck, 2014; Bouri et al., 2020; Elshkaki et al., 2016; Kurka, 2019; Mokni & Ajmi, 2021) 等人之研究，選定貨幣寬鬆政策、避險、投機、恐慌情緒及原物料價格等不同切入點，分別帶入美元指數期貨價格、黃金期貨價格、比特幣兌美元價格⁶、VIX 指數及銅期貨價格。觀察各變數間是否就本文所假設，因為貨幣寬鬆政策的實施因此由美元指數作為推手進而影響其他變數。若能透過本文觀察到特定金融商品間的相互影響關係，未來也能給予預期投入此領域之研究者或經濟與金融從業人員有更多思考方向。

⁵ EVIEWS 為統計分析軟體，主要用於計量經濟分析，本研究採取第 12 版。

⁶ 美元指數期貨價格文中將以美元指數簡稱。比特幣兌美元價格文中將以比特幣價格簡稱。

第三節 研究流程

本文研究共分五個章節，分別如下：

一、緒論

本章共分為三小節，分別闡述研究背景與動機，進而說明本研究之目的，其流程圖如圖 1-2 所示。

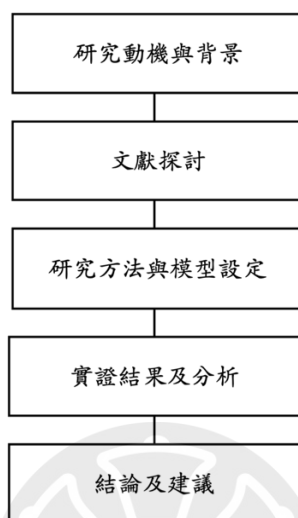


圖 1-2 研究流程

二、文獻探討

針對本文所提出之金融商品：美元指數與量化寬鬆政策、黃金、比特幣、VIX 指數，分別針對疫情爆發前後之相關文獻進行探討，觀察這些金融商品在不同時期中呈現之特性。

三、研究方法與模型設定

探究不同之時間序列模型，藉由選定之研究方式建立完整實證模型。

四、實證結果及分析

透過搜集之數據，藉由第三章的研究方法加以實證分析，並對實證之結果進行說明。

五、結論及建議

將上一章所發現之結果歸納其結論並提出建議，以期後續研究者有更多不同之思維可能。

第二章 文獻探討

為觀察 COVID-19 期間本文選定之金融商品是否存在互動關係，必須先瞭解原本這些金融商品過往之研究文獻。本章將以 COVID-19 爆發前的 2019 作為分水嶺，針對美元指數與量化寬鬆政策、黃金、比特幣、VIX 指數等標的文獻進行討論。

第一節 美元指數與量化寬鬆政策

一、COVID-19 前相關文獻：

1944 年美國邀請當時籌建聯合國的 44 國政府簽訂了 Bretton Woods system，原意為解決金本位制度瓦解後的國際貨幣秩序，並制定固定匯率制度。歷經 29 年後固定匯率制度於 1973 年 3 月正式解體，同時各國重新制定了美元指數，係指將美元對 6 個國際主要貨幣的匯率透過平均加權的方式計算。自美元指數被制定之初該指數便以 100.0000 的數字呈現。若美元指數呈現 91.00，表示美元價格與 1973 年制定之初相較，下降了 9%。反之，若美元指數上升至 102.00，則表示美元價格相較 1973 年來上升了 2%。

其計算公式為⁷：

$$\text{USDX} = 50.14348112 \times \text{EURUSD}^{-0.576} \times \text{USDJPY}^{0.136} \times \text{GBPUSD}^{-0.119} \times \text{USDCAD}^{0.091} \times \text{USDSEK}^{0.042} \times \text{USDCHF}^{0.036}$$

從上列公式可以看出，歐元佔整體比重最高、日幣次之，接續為英鎊、加幣、瑞典克朗與瑞士法郎。當美元指數上升，表示美元升值並且較其他貨幣強勢；反之，當指數下降，則美元較其他貨幣弱勢，即為美元貶值。國際間將美元視為主要貨幣，並且透過美元作為國際金融商品或經濟原物料，如黃金、石油……等之交易幣別。美元指數的起伏，將會直接反應美國與世界各國之經濟變化。

在其他的研究數據中顯示，當美元升值時實際的 GDP 與碳排放將會增加，同時與石油相關的消費也會增加，當美元貶值時則得到反向的數據 (Lee & Yue, 2017)。美元除了會影響原物料之價格外，也可從其他報告中得出量化寬鬆可能對實際的 GDP (Gross Domestic

⁷ 由於歐元與英鎊幣值大於美元，因此在美元指數的公式呈現上以負數計算。

Product, 國內生產毛額)與 CPI(Consumer Price Index, 消費者物價指數)產生影響(Kapetanios et al., 2012), 綜合以上可見美元指數與量化寬鬆政策對經濟的變化具有實質的影響。

二、COVID-19 期間相關文獻

自疫情爆發後從相關研究證實, 美國實施了無限量化寬鬆政策可能帶給全球金融市場更多不確定性(Zhang et al., 2020)。同時根據 Bouri, Cepni, Gabauer, Gupta (2021) 等人的研究中發現, 在疫情爆發前股票市場與美元指數是影響其他金融經濟的主要推手; 然而, 在疫情爆發之後則由債券扮演該角色, 而美元指數則由影響者的身份轉變為被影響者。相較大流行前, 美元指數扮演的經濟領頭羊角色開始產生淡化。

第二節 黃金

一、COVID-19 前相關文獻:

黃金自古便與人類的貨幣體系有緊密之結合, 除了本身是貴金屬外也被歸類為商品與貨幣資產。根據 Lawrence (2003) 在較早的報告中指出, 黃金收益與某些總體經濟變量(如通貨膨脹、GDP 和利率)的變化之間不存在顯著相關性。Tully & Lucey (2007) 的報告中提到, 我們確認美元是影響黃金的主要經濟變數, 在許多情況下, 實際上美元是影響黃金唯一的經濟變數。

在較近期的文獻中有研究分析黃金與債券的避險能力, 實證結果表明黃金能為股票市場扮演避險的角色, 而黃金無法作為債券市場的避險工具。同時黃金只能在有限的時間內作為避險工具, 根據該研究的資料顯示大約為 15 個交易日。換言之, 黃金作為避險工具的操作具有特定的時效性。這一發現表明, 投資者在市場劇烈動盪的時期買入黃金, 並在市場恢復信心且波動率較低時賣出(Baur & Lucey, 2010)。從上述的文獻中, 我們觀察到美元的價格波動會影響黃金, 而黃金的具備短期或特定時期下的避險能力。

二、COVID-19 期間相關文獻

觀察在大流行開始時, 研究發現在 COVID-19 大流行的第一階段(2020 年 1 月 23 日

至 2020 年 3 月 16 日) 黃金是這一時期股票市場的避險工具。然而，在第二階段 (2020 年 3 月 17 日至 2020 年 4 月 24 日)，當各國政府以貨幣和財政刺激方案對市場進行干預時，黃金即失去其作為股票市場的避險作用 (Akhtaruzzaman et al., 2021)。從其他的研究中，同時也提及黃金可以為股票與原油市場在大流行間扮演避險的作用 (Adekoya et al., 2021)。綜觀以上文獻，黃金具有一強烈特色，即不管在 COVID-19 前後都能在短期或特定的時間內為市場扮演資金的避風港。

第三節 比特幣

一、COVID-19 前相關文獻

自 2008 年發展出比特幣後，至今比特幣仍充滿了許多爭議的話題。以去中心化的出發點，15 年過後比特幣仍存在中心化的議題，由少數人持有大量的比特幣。亦有研究提及，從該報告的數據佐證比特幣目前為高度的投機市場 (Baek & Elbeck, 2014)。其他的報告中提到總體經濟和其他金融商品，如：道瓊斯指數、匯率和油價，在短期內往往對比特幣價格的影響相對較小 (Ciaian et al., 2015)，此報告也與其他研究結論相似，比特幣與其他金融商品的關聯度較低 (Brière et al., 2015)。然而近年的研究中提出示警，比特幣雖獨立於金融體系較不受其他傳統的金融商品影響，但是市場的動盪可能會由比特幣傳遞到傳統金融商品 (Kurka, 2019)。

至今我們仍無法完全證實比特幣是否為投資或投機的工具，但從上述文獻可歸納出，比特幣已具備匯率的特質並且獨立於其他金融商品。唯由加密貨幣本身的特質，先前的研究者認為，比特幣或許存在為市場帶來動盪的潛在因子，並且可能會對傳統的金融商品產生影響。

二、COVID-19 期間相關文獻

相關的研究指出，在金融和經濟嚴重動盪的時期，這些金融資產並不能發揮避風港的作用，更像是加深動盪的傳播工具 (Corbet et al., 2020)。除此之外，其他研究指出，對冠狀病毒的日益恐懼導致比特幣的負回報和高交易量，這表明在市場陷入困境時，比特幣的

行為更像其他金融商品，而不是黃金等傳統避險商品(Chen et al., 2020)。該理論也被 Grobys (2021) 研究佐證，該研究驗證了早期的文獻，黃金仍是投資者作為避險的首要手段，但是比特幣作為避險工具的能力很弱。

此外，比特幣反應出與過往疫情前的狀況略有不同，它不再獨立於其他金融體系，如 Mokni & Ajmi (2021) 指出，美元與比特幣兩個市場之間存在顯著的因果關係。在 COVID-19 大流行期間，美元失去了對加密貨幣的預測能力，反之加密貨幣可以作為預測美元很好的指標。

第四節 VIX 指數

一、COVID-19 前相關文獻

VIX 指數是由 CBOE (芝加哥選擇權交易所) 最早在 1993 年推出，作為呈現 S&P 100 指數的變化程度，其作用通常用來評估未來風險。後來於 2003 年推出新的 VIX 指數，反應對象也由 S&P 100 指數調整為 S&P 500 指數。不管新舊 VIX 指數主要反應著投資者願意付出多少代價去面對投資可能產生的風險，因此廣泛用於反應投資者對未來市場的恐慌程度，因此又稱為「恐慌指數」。若恐慌指數低於 20 市場會被認定是穩定的；反之若該指數攀升至 30 或更高的數字則表達出投資人對市場的不確定性。整體而言，VIX 指數不一定能準確預測市場走向，卻能即時反應投資人對當時市場的看法。Carr & Wu (2006) 將 VIX 指數的預測品質與 VXO 指數⁸進行比較，他們發現 VIX 指數在預測未來實際波動率方面優於 VXO 指數。

除了反映美國市場外，在其他的研究中 Sarwar (2012) 研究了 1993 年至 2007 年期間，美國的不確定性與金磚四國股市回報率之間的關聯，發現 VIX 指數同時對巴西、印度和中國股市的投資者來說，也是左右市場的恐慌指標。該研究也符合另一份報告中提到，VIX 指數與新興市場的股票回報率呈現負相關 (Basher & Sadorsky, 2016)，同樣在 Marfatia (2020) 的報告中更指出，VIX 指數與其他 17 個國際股票市場之間存在動態相關性。

⁸ VXO 為最早推出衡量 S&P 100 的 VIX 指數，當新的 VIX 推出後，則改稱舊的 VIX 指數為 VXO。

二、COVID-19 期間相關文獻

在疫情期間，研究指出在大流行時期，S&P 500、VIX 指數、EPU 指數（美國經濟不確定指數）與全球每日累積的 COVID-19 病例和死亡人數之間存在長期關係（Yousfi et al., 2021）。在另一份研究觀察疫情期間，針對石油（OVX）、黃金（GVZ）與 VIX 指數進行研究，發現相較 OVX 與 GVZ，VIX 指數更具主導的溢出效應（Ahmad et al., 2021）。就此我們可以觀察到，VIX 指數無論在疫情前後其數值的波動皆有一定程度能影響美國或其他股市。



第三章 研究方法與模型設定

本研究期待透過時間序列的研究方法，觀察選定的 5 個金融商品之間是否存在影響彼此之能力。以美元指數作為研究基準，探索在選定的特定日期中美元指數是否如假設所想，在 COVID-19 大流行期間作為主要影響其他金融變數之主因。詳細研究方式如圖 3-1 研究步驟流程圖。

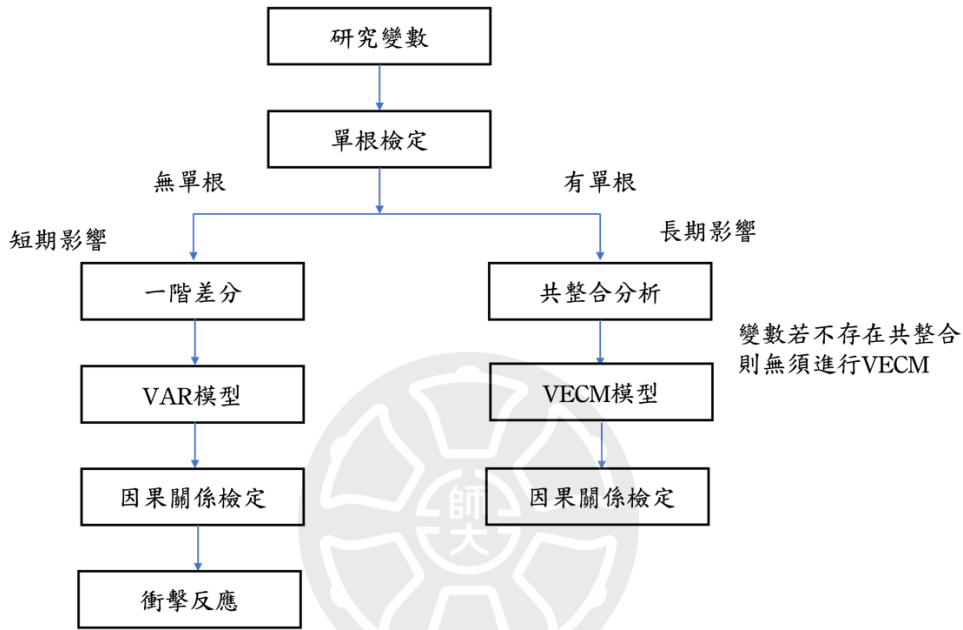


圖 3-1 研究步驟流程圖

第一節 研究方法

一、單根檢定

在進行時間序列的任何分析之前，必須先瞭解數據資料是否具備單位根即數據資料本身是否為定態資料。根據 Nelson & Plosser (1982) 發現，多數總體經濟時間序列均具有隨機趨勢，若只去除時間序列內的固定趨勢，但未去除隨機趨勢，則之後的分析將會出現問題並且為整體研究帶來錯誤的判斷。因此單根檢定為研究方法之第一步，本節將會就本研究單根檢定中所使用的 ADF、PP 檢驗法做介紹。

(一) ADF 檢定 (Augmented Dickey-Fuller)

Dickey & Fuller (1979) 發表了 Dickey-Fuller 檢定法，起初該方法以 OLS (最小

平方法) 計算，因此僅適用於一階自我迴歸模型 AR(1)。該計算法未考慮殘差項是否自我相關，即忽略殘差項是否確定符合白噪音 (White noise)。因此在 Said & Dickey (1984) 提出修正模型，該模型指出當殘差項非白噪音的檢定法，即對解釋之變數加入 Δy_t 差分的落後變數，這將使誤差項更接近白噪音。其迴歸模型共有如下所列之三種模式：

(1) 資料未含截距項與時間趨勢 (Random walk)：

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^P \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

(2) 含截距項 (Random walk with drift)：

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=2}^P \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

(3) 含截距項與時間趨勢 (Random walk with drift and trend)：

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \gamma y_{t-1} + \alpha_2 t + \sum_{i=2}^P \beta_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

計算式中，

Δ ：一階差分運算因子

y_t ：預測變數

α_0 ：截距項

P ：最適落後期

t ：時間趨勢

ε_t ：殘差項且符合白噪音，誤差為 $\varepsilon_t \sim \text{iidN}(0, \sigma^2)$

在 ADF 的檢定下虛無假設為： $H_0: \gamma = 0$ ，若檢定結果無法拒絕虛無假設，則該變數存在單根之現象；反之若可以拒絕該假設，則該變數不存在單根為一定態時間序列資料。

由於 ADF 檢定對於落後期數之選擇非常敏感，在不同的落後期下可能得到不同

之結果，因此可以在檢定前透過訊息準則，如 AIC (Akaike Information Criterion)⁹、SIC (Schwarz Information Criterion)¹⁰協助決定所使用之落後期數。

(二) PP 檢定 (Phillips-Perron)

ADF 檢定隱含檢定式的殘差必須為無自我相關，因此 Phillips-Perron (1988) 提出 PP 檢定作為輔助 ADF 檢定，允許殘差項本身可能具備自我相關與異質變異的問題。

二、共整合分析

根據 Engle & Granger (1987) 提出的共整合的定義，為一組非 I(1) 的序列，透過某線性組合運算後使該組序列轉變成一組新的序列，且該序列呈現 I(0) 之狀態。此結果將被解釋為該組變數之間存在長期的穩定均衡關係。然後，在短期中也許會存在偏離穩定均衡的狀態，但隨著長期的時間調整仍會回到長期的穩定均衡現象。共整合檢定主要有下列兩種方式：

(一) 軌跡檢定 (Trace Test)

$H_0: rank(\Pi) \leq r$ ，最多有 r 個共整向量

$H_1: rank(\Pi) > r$ ，最多有 $r+1$ 個共整向量

該檢定統計量為：
$$\lambda_{trace} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

其中：

T ：為觀察樣本個數

$\hat{\lambda}_i$ ：為第 i 個特徵根的估計值

R ：為共整合向量個數

⁹ 衡量統計模型是否合適的一種標準，為日本統計學家赤池弘次所創立，因此又稱赤池信息量準則。

¹⁰ SIC 也稱為 Bayesian information criterion (縮寫 BIC) 或 Schwarz-Bayesian 信息準則。因使用貝葉斯公式計算，因此有不同之別名。

若無法拒絕 H_0 ，則表示存在 r 組共整合關係。

若可拒絕 H_0 ，則表示存在 $r+1$ 組共整向量。

(二) 最大特性根檢定法 (Maximum Eigenvalue Test)

$H_0: rank(\Pi) = r$ ，最多有 r 個共整向量

$H_1: rank(\Pi) = r + 1$ ，最多有 $r+1$ 個共整向量

該檢定統計量為： $\lambda_{max}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{i+1})$

其中：

T ：為觀察樣本個數

$\hat{\lambda}_{i+1}$ ：為第 $r+1$ 個特徵根的估計值

r ：為共整合向量個數

三、VECM 模型

Engle and Granger (1987) 提出當兩個時間序列具備共整合關係，可透過誤差修正模型描述變數間之關係。當時間序列不具備單根 $I(0)$ 時，可透過一階差分將序列透過 VAR 模型進行進一步分析。當該時間序列彼此存在共整合關係時，透過一階差分後的 VAR 模型將會忽略長期均衡關係，則須將共整合的誤差納入考量，該模型即為向量誤差修正模型 (Vector Error Correction Model)。其模型式如下：

$$\Delta X_t = \mu_1 + \Pi_1 \cdot Z_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_{1x} \cdot \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^q \phi_{1y} \cdot \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta Y_t = \mu_2 + \Pi_2 \cdot Z_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_{2x} \cdot \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^q \phi_{2y} \cdot \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_{2t}$$

其中：

μ_1 、 μ_2 ：為截距項

$Z_{t-1} = X_{t-1} - \alpha \cdot Y_{t-1}$ ：為誤差修正項

Π_1 、 Π_2 ：為誤差修正係數表上一期偏離均衡部分反映在本期的能力

ε_{1t} 、 ε_{2t} ：為透過 p 、 q 的決定後為白噪音

$\phi_{1x}(\phi_{2x})$ ：表示變數 $X_t(Y_t)$ 的變化可由變數 X_t 過去的變化來解釋

$\phi_{1y}(\phi_{2y})$ ：表示變數 $X_t(Y_t)$ 的變化可由變數 Y_t 過去的變化來解釋

四、VAR 模型

傳統在實證經濟研究中經常面臨到內生、外生變數等因素影響研究結果，如何正確假設變數之間的因果關係在過去是相當困難的，Sims (1980) 提出向量自我迴歸模型 (Vector Autoregression Model) 該理論為相較傳統計量經濟研究有顯著成效。該模型以不需先考慮變數間的因果關係，並且將各變數在模型內視為內生變數，用一組迴歸方程式取代單一迴歸方程式用以表示各變數間之動態互動關係。其模型式為：

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-1} + \mu_t$$

以只有兩個變數的序列 Y_1 與 Y_2 ，該 VAR(p)模型為：

$$\begin{bmatrix} y_{1,t} \\ y_{2,t} \end{bmatrix}_{2 \times 1} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}_{2 \times 1} + \begin{bmatrix} a_{11,1} & a_{12,1} \\ a_{21,1} & a_{22,1} \end{bmatrix}_{2 \times 2} \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \end{bmatrix}_{2 \times 1} + \dots + \begin{bmatrix} a_{11,p} & a_{12,p} \\ a_{21,p} & a_{22,p} \end{bmatrix}_{2 \times 2} \begin{bmatrix} y_{1,t-p} \\ y_{2,t-p} \end{bmatrix}_{2 \times 1} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}_{2 \times 1}$$

$$E(\mu_t) = 0 \cdot E(\mu_t \times \mu_t) \Sigma \neq 0 \text{ 且 } E(\mu_t \times \mu_t) = 0$$

其中

Y_t ：為分析模型中($n \times 1$)的內生變數向量

μ_t ：為($n \times 1$)的預測誤差向量

A_i ：為($n \times n$)的 m 階落後變數

若要檢定 y_2 對 y_1 的因果關係，其虛無假設為：

$$\begin{cases} H_0 : a_{12,1} = a_{12,2} = \dots a_{12,p} = 0 \\ H_1 : a_{12,1}、a_{12,2} \dots a_{12,p} \text{ 有一不為 } 0 \end{cases}$$

五、因果關係檢定

Granger (1969) 所提出的因果關係已被證明是一個有用的概念，用於描述經濟學和計量經濟學中時間序列之間的相互依賴關係，該因果關係並非中文使用的前因後果而是變數

與變數間存在一種領先與落後的概念。假使一個變數 X 過去的資訊能夠有助於預測另一變數 Y 的資訊則可以稱為「變數 X Granger cause 變數 Y」，舉下列迴歸式說明：

$$X_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \alpha_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j Y_{t-j} + \varepsilon_{1t}$$

其虛無假設採用 F 檢定上式：

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \cdots = \beta_j$$

若拒絕 H_0 ，則表示 Y 領先 X，該兩變數有因果關係。

依 Granger 定義的因果關係如下：

(一) 因果關係

若 $Var(X_{t+1}|X_t) = Var(X_{t+1}|X_t, Y_t)$ ，且 $Var(Y_{t+1}|Y_t) > Var(Y_{t+1}|X_t, Y_t)$

則稱變數 X 是變數 Y 的因 (X is Granger cause Y)。

(二) 回饋關係

若 $Var(X_{t+1}|X_t) > Var(X_{t+1}|X_t, Y_t)$ ，且 $Var(Y_{t+1}|Y_t) > Var(Y_{t+1}|X_t, Y_t)$

則稱變數 X、變數 Y 之間具有回饋關係，即變數 X 為變數 Y 之因同時變數 Y 也為變數 X 之因。

(三) 聯立因果關係

若 $Var(X_{t+1}|X_t) = Var(X_{t+1}|X_t, Y_t)$ 、 $Var(X_{t+1}|X_t, Y_t) > Var(X_{t+1}|X_t, Y_t, Y_{t+1})$ ，

且 $Var(Y_{t+1}|X_t) = Var(Y_{t+1}|X_t, Y_t)$ 、 $Var(Y_{t+1}|X_t, Y_t) > Var(Y_{t+1}|X_t, Y_t, Y_{t+1})$

則稱變數 X 立即影響變數 Y，也表示若加入 X 與 Y 的過去值後再加入 X 當期數值來解釋 Y，則可降低變數 Y 的變異數。

六、衝擊反應分析

衝擊反應分析 (Impulse-Response Analysis) 為 Sims (1980) 以 VAR 模型所發展之統計分析方式，目的在分析 VAR 模型中的經濟變數之動態影響。透過衝擊反應我們可觀察到內生變數對其他變數影響之幅度 (正負) 與時間長度。雙變量 VAR 衝擊反應模型如下：

簡單雙變量 VAR 衝擊反應分析模型

$$\begin{cases} x_t = a_1x_{t-1} + a_2x_{t-2} + b_1z_{t-1} + b_2z_{t-2} + \varepsilon_{1t} \\ z_t = c_1x_{t-1} + c_2x_{t-2} + d_1z_{t-1} + d_2z_{t-2} + \varepsilon_{2t} \end{cases} \quad t = 1, 2 \dots T$$

當 $t=0$ 時，且 $x_0 = 1$ 、 $z_0 = 0$ ，將變數帶入上式可得 $x_1 = a_1$ 、 $z_1 = c_1$

當 $t=1$ 時可得 $x_2 = a_1^2 + a_2 + b_1c_1$ 、 $z_2 = c_1a_1 + c_2 + d_1c_1$

以此類推，當 t 無限期延伸即可知變數 Z 對變數 X 之動態衝擊反應。

第二節 資料來源及變數定義

如第一章第二節所提，參考其他文獻選定美元指數、黃金期貨價格、比特幣價格、VIX 指數、銅期貨價格等五項數據作為主要研究變數。選定日期為 2020 年 1 月 2 日至 2021 年 6 月 18 日間之日交易數據作為觀測。其中日數據取樣筆數最少的為美元指數與 VIX 指數，共計 369 筆。最多取樣筆數為比特幣的 534 筆。為求分析數據之一致性，將 5 組變數中有任何一天無數據之資料一併刪除，最後共計調整後原始觀察值為 369 筆。變數排序為美元指數、黃金期貨價格、比特幣價格、VIX 指數、銅期貨價格。其初步假設為，疫情期間因受量化寬鬆政策影響，美元指數為此區間的主要影響傳遞者逐一對其他變數產生影響。數據來源統一皆為 Yahoo Finance。

表 3-1 變數說明

代號名稱	變數名稱
USD	美元指數 (美元指數期貨價格)
Gold	黃金期貨價格
BTC	比特幣價格 (比特幣兌換 1 美元價格)
VIX	恐慌指數或稱波動率指數
Copper	銅期貨價格

資料來源：Yahoo Finance

代號名稱與變數說明如表 3-1 所示，若見變數名稱前加英文字母 L，表示該變數已經

取 LOG (自然對數), 若見變數名稱前加英文字母 DL, 則表示該變數在取對數狀態下完成一階差分。



第四章 實證結果及分析

第一節 敘述性統計

本研究主要期待透過前一章節所提及之研究方式，分析在疫情的特定期間下，美元指數、黃金期貨價格、比特幣價格、VIX 指數、銅期貨價格間是否存在特定之動態關係。同時觀察這五組變數中是否存在長期均衡關係或具備格蘭傑因果反饋關係。各變數原始數據之敘述統計如下表：

表 4-1 變數原始資料敘述統計

	USD	GOLD	BTC	VIX	COPPER
Mean	94.2706	1806.3270	22417.7600	26.6120	3.248844
Median	93.2400	1813.2000	11542.5000	24.1000	3.064000
Maximum	103.6050	2103.2000	63503.4600	82.6900	4.759500
Minimum	89.4090	1494.6000	4970.7880	12.1000	2.150000
Std. Dev.	3.5170	120.8647	17860.4700	11.1340	0.695624
Skewness	0.4945	-0.2204	0.9576	2.1323	0.544230
Kurtosis	2.0013	2.4910	2.3428	8.9630	2.190843
Jarque-Bera	30.3764	6.9711	63.0375	826.3343	28.28200
Probability	0.0000***	0.0306**	0.0000***	0.0000***	0.0000***
Sum	34785.8800	666534.6000	8272152.0000	9819.8600	1198.8240
Sum Sq. Dev	4552.1480	5375846.0000	1.17E+11	45619.9300	178.0725
Observations	369	369	369	369	369

資料來源：本研究整理

註：***表示在顯著水準 1%。

從表 4-1 可看出，各變數的原始數值皆不符合 Jarque-Bera 統計量的虛無假設，即各變數的原始數值皆非常態分配。進一步觀察各變數取對數後之敘述統計如下表 4-2：

表 4-2 各變數取對數後之敘述統計

	LUSD	LGOLD	LBTC	LVIX	LCOPPER
Mean	1.9740	3.2558	4.2232	1.3957	0.5021
Median	1.9696	3.2584	4.0623	1.3820	0.4862
Maximum	2.0153	3.3228	4.8027	1.9174	0.6775
Minimum	1.9513	3.1745	3.6964	1.0827	0.3324
Std. Dev.	0.0160	0.0294	0.3245	0.1531	0.0907
Skewness	0.4532	-0.3678	0.5181	0.6848	0.2578
Kurtosis	1.9420	2.6022	1.7210	3.9731	2.0086
Jarque-Bera	29.8451	10.7546	41.6601	43.4087	19.2008
Probability	0.0000***	0.0046***	0.0000***	0.0000***	0.0000***
Sum	728.4349	1201.3940	1558.3640	515.0237	185.2868
Sum Sq. Dev	0.0950	0.3182	38.7736	8.6297	3.0329
Observations	369	369	369	369	369

資料來源：本研究整理

註：***表示在顯著水準 1%。

從表 4-2 可看出，各變數取對數後數值也不符合 Jarque-Bera 統計量的虛無假設，即各變數之原始數值皆拒絕常態分配。由於各變數間之關係，不一定只存在單純的線性關係，將從表 4-3 探討變數間彼此的相關係數，了解變數在原始數值中的線性關聯度。

表 4-3 相關係數表

相關係數	USD	GOLD	BTC	VIX	COPPER
USD	1				
GOLD	-0.5921	1			
BTC	-0.6892	0.0380	1		
VIX	0.5218	-0.2479	-0.4185	1	
COPPER	-0.8562	0.2796	0.8920	-0.5370	1

資料來源：本研究整理

相關係數 Correlation Coefficient (ρ ，有的時候會用 r 來表示) 該數值會在 -1 到 1 之間，用以解釋變數間是高度相關 ($\rho > 0.8$) 或低度相關 ($\rho < 0.3$)。從表 4-3 可以看出以下現象：

一、美元指數與銅期貨價格間有高度的負相關，即美元指數上漲則銅期貨價格下跌。

- 二、比特幣價格與銅期貨指數間有高度的正相關，即比特幣價格上漲則銅期貨價格也會跟著上升。
- 三、黃金期貨價格與其他變數除比特幣價格外皆為中度或低度相關。
- 四、黃金期貨價格與比特幣價格之間從相關係數解讀近乎無關。
- 五、其餘變數除美元指數與比特幣偏高度相關外皆在中度相關之間。

從圖 4-1 的散佈圖亦從另一角度觀察各變數間之關係，其呈現也符合上述從相關係數所分析之現象。

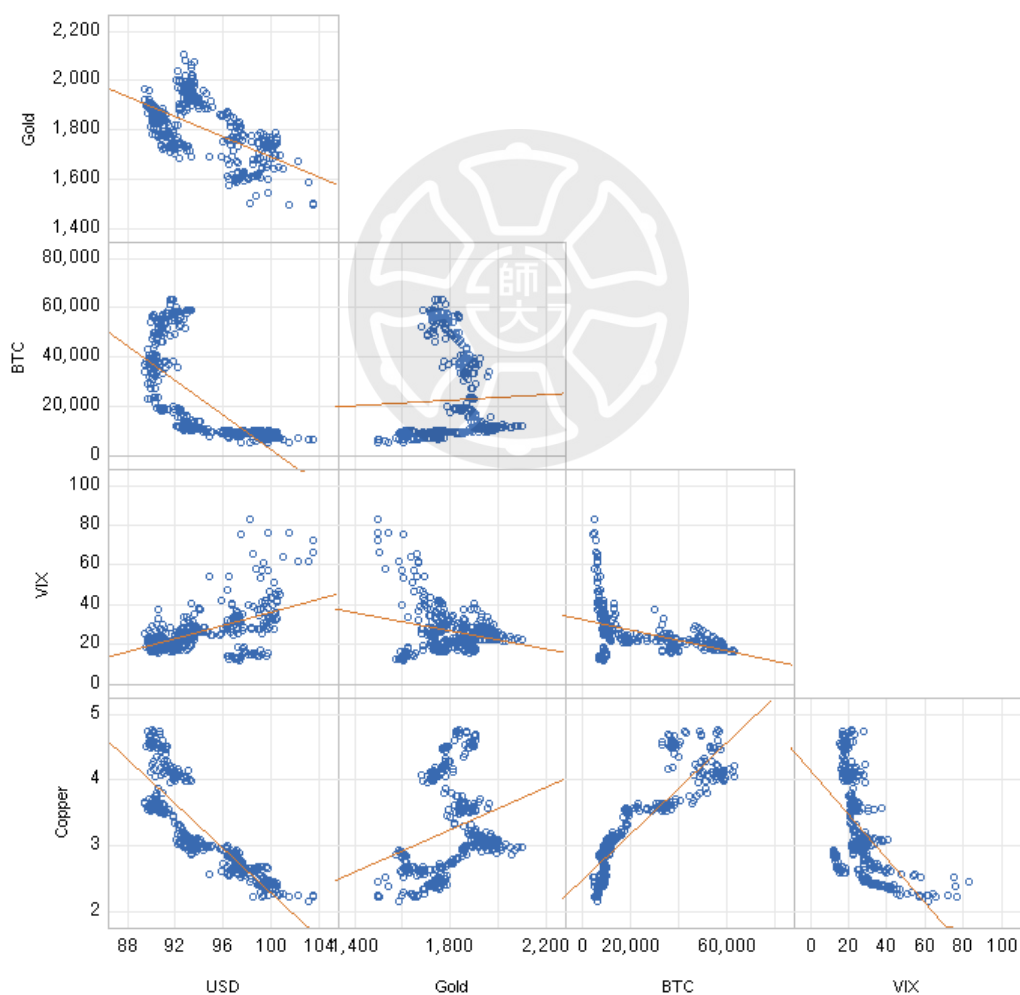


圖 4-1 原始資料散佈圖

第二節 單根檢定

本節將依第三章提到之研究方法，採取 ADF 與 PP 檢定來驗證變數是否為定態資料，最適落後期將採 AIC 準則（最大落後期 16）。從圖 4-2 至 4-3 可發現，變數的原始資料與取對數後之走勢圖，不排除都存在時間趨勢或截距項之可能。

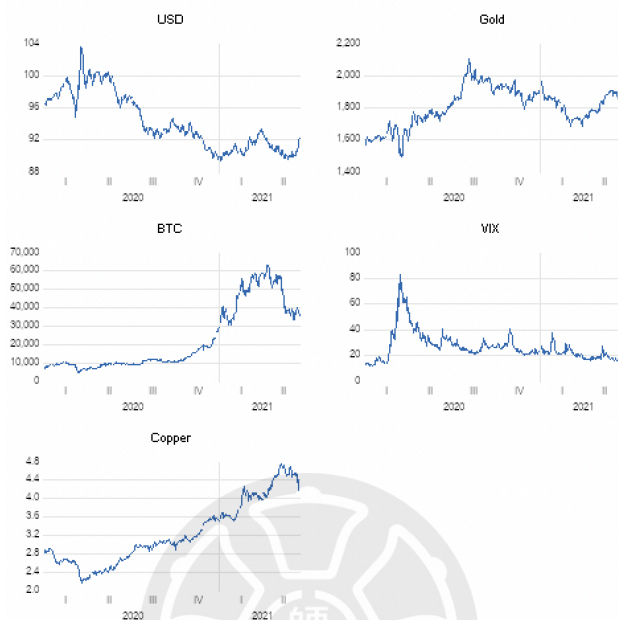


圖 4-2 原始資料走勢圖

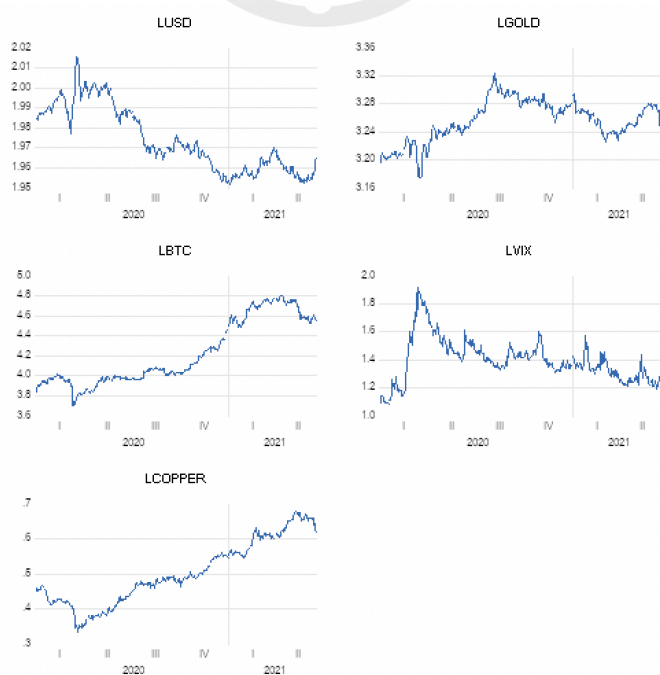


圖 4-3 對數資料走勢圖

因此將取對數後資料進行一階差分並將該數值統一乘上 100，避免數值過小產生計算上之困擾，之後再觀察其走勢圖如圖 4-4 所示。

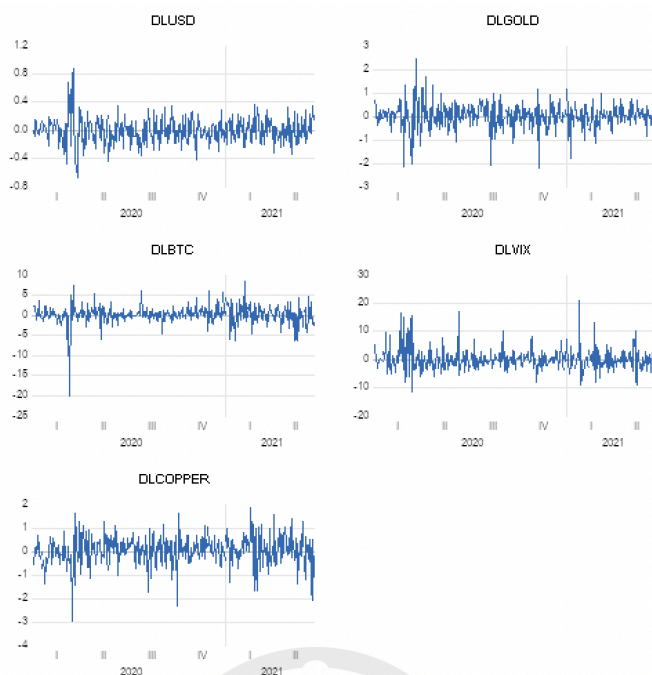


圖 4-4 一階差分後走勢圖

可以從圖 4-4 看出，變數已無呈現趨勢或截距項之可能。經實際檢定後，ADF 檢驗結果如表 4-4，PP 檢驗結果如表 4-5，在各變數的原始數值中除 VIX 指數外，其餘變數皆無法在 ADF 與 PP 檢驗中拒絕單根的虛無假設，即其他變數皆為非定態序列。然而，本研究中 VIX 指數在取對數後呈現了令人意外的結果，原本在原始資料為定態序列的 VIX 指數，在取對數後卻變成了非定態序列。此現象也符合 Konstantinidi & Skiadopoulos (2011)、Ouandlous et al., (2018) 提及 VIX 指數的特性。

表 4-4 ADF 檢定結果

檢定方式	ADF 檢定					
	None		Intercept		Trend & Intercept	
	T 值	P 值	T 值	P 值	T 值	P 值
USD	-0.7846	0.3758	-1.0004	0.7541	-2.1667	0.5062
GOLD	0.4757	0.8172	-2.3079	0.1700	-2.0267	0.5843
BTC	0.2336	0.7535	-0.7995	0.8176	-1.3599	0.8708
VIX	-0.9223	0.3164	-2.9801	0.0377**	-3.6917	0.0241**
COPPER	1.3590	0.9565	-0.1075	0.9464	-2.9072	0.1614
LUSD	-0.7666	0.3837	-1.0008	0.7540	-2.1484	0.5165
LGOLD	0.6224	0.8503	-1.9673	0.3014	-1.5721	0.8022
LBTC	1.3064	0.9518	-0.6619	0.8532	-1.7580	0.7231
LVIX	0.0032	0.6831	-2.4047	0.1411	-2.9099	0.1605
LCOPPER	1.3319	0.9541	-0.0924	0.9480	-3.0964	0.1087
DLUSD	-8.2019	0.0000***	-8.2308	0.0000***	-8.2124	0.0000***
DLGOLD	-9.8425	0.0000***	-9.8533	0.0000***	-9.9300	0.0000***
DLBTC	-9.6854	0.0000***	-9.7897	0.0000***	-9.7764	0.0000***
DLVIX	-22.3894	0.0000***	-22.3624	0.0000***	-22.3775	0.0000***
DLCOPPER	-19.9342	0.0000***	-20.0213	0.0000***	-20.0509	0.0000***

資料來源：本研究整理

註：**，***分別表示在顯著水準 5%、1%。

表 4-5 PP 檢定結果

檢定方式	PP 檢定					
	None		Intercept		Trend & Intercept	
	T 值	P 值	T 值	P 值	T 值	P 值
USD	-0.6561	0.4325	-1.0310	0.7431	-2.2408	0.4650
GOLD	0.4780	0.8178	-2.3079	0.1700	-2.0267	0.5843
BTC	0.2803	0.7667	-0.8424	0.8053	-1.4591	0.8417
VIX	-0.9761	0.2942	-3.4599	0.0096***	-4.0490	0.0081***
COPPER	1.3590	0.9565	-0.1075	0.9464	-2.9072	0.1614
LUSD	-0.6371	0.4409	-1.0300	0.7435	-2.2253	0.4735
LGOLD	0.6385	0.8537	-2.1239	0.2354	-1.6094	0.7877
LBTC	1.4918	0.9667	-0.8189	0.8122	-1.6169	0.7847
LVIX	0.0710	0.7048	-2.5652	0.1012	-3.0948	0.1091
LCOPPER	1.3319	0.9541	-0.0924	0.9480	-3.0964	0.1087
DLUSD	-21.7822	0.0000***	-20.7231	0.0000***	-20.7432	0.0000***
DLGOLD	-32.6005	0.0000***	-31.0585	0.0000***	-28.8138	0.0000***
DLBTC	-22.6988	0.0000***	-22.7361	0.0000***	-22.6989	0.0000***
DLVIX	-22.3894	0.0000***	-22.3624	0.0000***	-22.3775	0.0000***
DLCOPPER	-19.9342	0.0000***	-20.0213	0.0000***	-20.0509	0.0000***

資料來源：本研究整理

註：***表示在顯著水準 1%。

第三節 共整合檢定

經單根檢定的測試後，變數皆無法拒絕虛無假設，即變數皆為非定態資料的 I(1)。因此將在本節進行共整合檢定，進一步觀察各變數間是否存在長期關係。本文將採 Johansen Cointegration Test 進行實證，落後期數根據 AIC 準則建議結果選定為兩期，並以有截距項無趨勢之方式檢測。在表 4-6 的檢定結果中可以看到不管在軌跡檢定或最大特性根檢定，皆得到可拒絕不存在共整合之虛無假設。換言之，在 5 組變數中至少存在 1 組共整合關係並且變數間可能存有長期均衡現象。

表 4-6 共整合檢定結果

軌跡檢定檢定結果

Hypothesized		Trace	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.
None	0.0984	79.5847	76.9727	0.0312**
At most 1	0.0636	41.6391	54.0790	0.3907
At most 2	0.0282	17.5567	35.1927	0.8617
At most 3	0.0133	7.0522	20.2618	0.8939
At most 4	0.0057	2.1265	9.1645	0.7524

最大特性根檢定結果

Hypothesized		Max-Eigen	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.
None	0.0984	37.9456	34.8058	0.0204**
At most 1	0.0636	24.0824	28.5880	0.1695
At most 2	0.0282	10.5045	22.2996	0.7938
At most 3	0.0133	4.9257	15.8921	0.8946
At most 4	0.0057	2.1265	9.1645	0.7524


資料來源：本研究整理

註：**表示在顯著水準 5%。

第四節 向量誤差回歸模型 (VECM)

承上節，因在數據中發現一組共整合關係，因此採取向量誤差回歸模型分析進而了解各變數間的關聯性。模型中的落後期數為求與上一節測試條件一致，因此落後期數仍選定為兩期，並以有截距項無趨勢項之方式檢測。VECM 模型結果數據如表 4-7 顯示。

表 4-7 VECM 結果

Cointegrating Eq: CointEq1					
LUSD(-1)	1				
LGOLD(-1)	-0.2409 (0.1010) [-2.3851]				
LBTC(-1)	-0.1049 (0.0240) [-4.3637]				
LVIX(-1)	0.0651 (0.0203) [3.2098]				
LCOPPER(-1)	0.5836 (0.0964) [6.0506]				
C	-1.1359 (0.3470) [-3.2733]				
					
Error Correction:	D(LUSD)	D(LGOLD)	D(LBTC)	D(LVIX)	D(LCOPPER)
CointEq1	0.0036 (0.0062) [0.5821]	0.0391** (0.0188) [2.0848]	-0.1250 (0.0779) [-1.6042]	-0.1168 (0.1330) [-0.8779]	-0.0940*** (0.0208) [-4.5081]
D(LUSD(-1))	0.0501 (0.0588) [0.8527]	-0.4213** (0.1757) [-2.3969]	1.2431* (0.7289) [1.7054]	-2.3906* (1.2442) [-1.9213]	0.0578 (0.1950) [0.2968]
D(LUSD(-2))	0.1110* (0.0583) [1.9029]	0.1935 (0.1744) [1.1093]	-1.4157* (0.7233) [-1.9570]	0.9992 (1.2347) [0.8092]	-0.2126 (0.1936) [-1.0983]
D(LGOLD(-1))	-0.0345* (0.0174) [-1.9213]	-0.0441 (0.0174) [-2.5345]	-0.0122 (0.0174) [-0.7017]	-0.2293 (0.0174) [-13.1782]	0.1233** (0.0174) [7.0862]

	(0.0188)	(0.0562)	(0.2330)	(0.3978)	(0.0623)
	[-1.8395]	[-0.7856]	[-0.0526]	[-0.5765]	[1.9771]
D(LGOLD(-2))	-0.0238	0.0238	0.0665	0.1461	0.0639
	(0.0188)	(0.0562)	(0.2331)	(0.3979)	(0.0624)
	[-1.2655]	[0.4235]	[0.2854]	[0.3672]	[1.0240]
D(LBTC(-1))	-0.0094**	0.0319**	-0.1094*	0.0701	-0.0168
	(0.0046)	(0.0140)	(0.0580)	(0.0991)	(0.0155)
	[-2.0227]	[2.2795]	[-1.8844]	[0.7081]	[-1.0838]
D(LBTC(-2))	0.0066	0.0121	0.0846	-0.3819***	0.0054
	(0.0047)	(0.0140)	(0.0582)	(0.0994)	(0.0155)
	[1.4131]	[0.8652]	[1.4535]	[-3.8410]	[0.3487]
D(LVIX(-1))	0.0065**	-0.0210***	-0.0150	-0.0906	-0.0231***
	(0.0026)	(0.0080)	(0.0332)	(0.0567)	(0.0089)
	[2.4564]	[-2.6289]	[-0.4530]	[-1.5980]	[-2.6028]
D(LVIX(-2))	0.0010	-0.0122	-0.0281	0.0126	-0.0142
	(0.0026)	(0.0080)	(0.0331)	(0.0566)	(0.0088)
	[0.4108]	[-1.5281]	[-0.8486]	[0.2239]	[-1.6067]
D(LCOPPER(-1))	-0.0220	-0.1307**	-0.1568	0.4459	-0.1384**
	(0.0171)	(0.0511)	(0.2120)	(0.3618)	(0.0567)
	[-1.2881]	[-2.5567]	[-0.7398]	[1.2322]	[-2.4396]
D(LCOPPER(-2))	-0.0185	0.0957*	-0.4308**	0.1979	-0.0228
	(0.0175)	(0.0525)	(0.2178)	(0.3719)	(0.0583)
	[-1.0549]	[1.8229]	[-1.9774]	[0.5322]	[-0.3915]

資料來源：本研究整理

註：()內數值為標準差，[]內數值為 T 統計量。

*, **, ***分別表示在顯著水準 10%、5%、1%。

透過 VECM 模型中發現，當以美元指數、黃金期貨價格、比特幣價格、VIX 指數、銅期貨價格為排序之假設前提時，當黃金期貨價格上升 1%，美元指數將會相對上升 0.24%。

當比特幣價格上升 1%時，美元指數將會相對上升 0.10%。當 VIX 指數上升 1%時，美元指數將會相對下降 0.06%。當銅期貨價格上升 1%時，美元指數將會相對下降 0.58%。

第五節 Granger 因果關係檢定

本節將針對變數進行 Granger 因果關係檢定，判斷變數中是否存在領先或落後的現象，其檢定結果如下表 4-8：



表 4-8 Granger 因果檢定

虛無假設	卡方檢定	P 值	*/**/**
美元指數			
黃金期貨價格沒有領先美元指數	4.6597	0.0973	*
比特幣價格沒有領先美元指數	6.9781	0.0305	**
VIX 指數沒有領先美元指數	5.8032	0.0549	*
銅期貨價格沒有領先美元指數	2.3167	0.3139	
黃金期貨價格			
美元指數沒有領先黃金期貨價格	6.8671	0.0322	**
比特幣價格沒有領先黃金期貨價格	5.3289	0.0696	*
VIX 指數沒有領先黃金期貨價格	8.4554	0.0145	**
銅期貨價格沒有領先黃金期貨價格	11.0438	0.0039	***
比特幣價格			
美元指數沒有領先比特幣價格	6.7393	0.0344	**
黃金期貨價格沒有領先比特幣價格	0.0736	0.9638	
VIX 指數沒有領先比特幣價格	0.7928	0.6727	
銅期貨價格沒有領先比特幣價格	4.2034	0.1222	
VIX 指數			
美元指數沒有領先 VIX 指數	4.3730	0.1123	
黃金期貨價格沒有領先 VIX 指數	0.5280	0.7679	
比特幣價格沒有領先 VIX 指數	16.1283	0.0003	***
銅期貨價格沒有領先 VIX 指數	1.7054	0.4262	
銅期貨價格			
美元指數沒有領先銅期貨價格	1.3078	0.5199	
黃金期貨價格沒有領先銅期貨價格	3.9849	0.1363	
比特幣價格沒有領先銅期貨價格	1.5205	0.4675	
VIX 指數沒有領先銅期貨價格	7.8525	0.0197	**

資料來源：本研究整理

註：*，**，***分別表示在顯著水準 10%、5%、1%。

從表 4-8 觀察到在 90%的顯著水準下，美元指數與銅期貨價格外的變數都存在格蘭傑的因果關係。美元指數與比特幣價格及黃金期貨價格彼此間互為因果關係（回饋現象）。黃

金期貨價格對所有的變數都產生了格蘭傑的因果關係並且扮演落後的關係。

第六節 變異數分解與衝擊反應

透過 VECM 模型與格蘭傑因果檢定已經觀察到變數間的動態變化現象，本節將續討論各變數對彼此間的解釋強度。從表 4-9 的變異數分解中可以觀察到，美元指數對自己本身的解釋力道最強，即使時間拉長至第 10 期仍有 91.26% 的解釋強度。另外觀察比特幣價格在第 10 期後仍有 92.78% 的解釋力道，該數值高於美元指數與黃金期貨價格對本身的解釋強度。該結果不符合一般變異數分解之現象，因此推測在本研究的變數中比特幣價格可能才是最外生之變數，而銅期貨價格則屬於最內生變數。為求研究之嚴謹，將 VECM 模型經反覆測試重新修正排序為比特幣價格、美元指數、VIX 指數、黃金期貨價格、銅期貨價格，並且重新執行新 VECM 模型為表 4-10，新變異數分解結果為表 4-11。



表 4-9 變異數分解結果

LUSD						
Period	S.E.	LUSD	LGOLD	LBTC	LVIX	LCOPPER
1	0.0017	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0027	96.9161	0.7677	1.2025	0.9655	0.1479
3	0.0036	95.7451	1.4660	0.9868	1.5829	0.2190
4	0.0043	94.4101	1.9640	1.3239	2.1011	0.2006
5	0.0050	93.4724	2.3014	1.5431	2.4754	0.2074
6	0.0056	92.7903	2.5373	1.7532	2.7264	0.1925
7	0.0062	92.2650	2.7087	1.9349	2.9124	0.1786
8	0.0067	91.8625	2.8387	2.0836	3.0500	0.1650
9	0.0072	91.5351	2.9418	2.2126	3.1581	0.1522
10	0.0076	91.2626	3.0264	2.3244	3.2458	0.1405

LGOLD						
Period	S.E.	LUSD	LGOLD	LBTC	LVIX	LCOPPER
1	0.0053	12.1746	87.8253	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0076	15.3565	82.6789	0.9438	0.4593	0.5613
3	0.0095	15.0967	81.3787	1.8348	1.2956	0.3938
4	0.0110	14.9305	81.1292	2.0856	1.5601	0.2943
5	0.0123	14.8186	80.8794	2.3400	1.7185	0.2433
6	0.0134	14.6472	80.9623	2.3787	1.7798	0.2318
7	0.0145	14.5196	81.0921	2.3469	1.7975	0.2436
8	0.0154	14.3790	81.2799	2.2665	1.7920	0.2824
9	0.0163	14.2410	81.4828	2.1613	1.7716	0.3431
10	0.0171	14.1001	81.6868	2.0465	1.7423	0.4241

LBTC						
Period	S.E.	LUSD	LGOLD	LBTC	LVIX	LCOPPER
1	0.0220	1.3067	3.8447	94.8485	0.0000	0.0000
2	0.0298	0.7184	3.8833	95.1992	0.0309	0.1679
3	0.0372	0.7503	3.8585	94.2475	0.0404	1.1030
4	0.0436	0.6826	3.7726	94.1013	0.0420	1.4012
5	0.0493	0.6938	3.7570	93.8567	0.0427	1.6495
6	0.0545	0.7178	3.7598	93.6115	0.0475	1.8631
7	0.0593	0.7449	3.7762	93.3916	0.0536	2.0334
8	0.0639	0.7747	3.7975	93.1802	0.0607	2.1867

9	0.0682	0.8040	3.8215	92.9806	0.0685	2.3251
10	0.0724	0.8332	3.8468	92.7892	0.0767	2.4539

LVIX

Period	S.E.	LUSD	LGOLD	LBTC	LVIX	LCOPPER
1	0.0376	0.9815	0.2889	9.0378	89.6917	0.0000
2	0.0500	0.6762	0.3819	7.8220	90.9590	0.1607
3	0.0611	0.4569	0.3776	12.0594	86.8457	0.2603
4	0.0701	0.4199	0.3358	13.3283	85.6581	0.2576
5	0.0777	0.3613	0.3054	14.0785	84.9526	0.3019
6	0.0846	0.3372	0.2762	14.5586	84.5282	0.2996
7	0.0909	0.3256	0.2514	14.7751	84.3628	0.2849
8	0.0966	0.3220	0.2301	14.8855	84.2955	0.2668
9	0.1019	0.3260	0.2112	14.9104	84.3057	0.2464
10	0.1069	0.3349	0.1947	14.8838	84.3597	0.2268

LCOPPER

Period	S.E.	LUSD	LGOLD	LBTC	LVIX	LCOPPER
1	0.0059	12.7477	0.3783	1.0353	5.0186	80.8198
2	0.0079	14.0768	1.9370	1.2632	9.7412	72.9816
3	0.0098	16.9444	3.3843	2.3446	13.1432	64.1832
4	0.0114	18.2486	4.2924	3.8461	15.0694	58.5432
5	0.0129	19.3324	5.0118	5.2045	16.4276	54.0235
6	0.0142	20.2609	5.6107	6.5035	17.4712	50.1535
7	0.0155	21.0532	6.1241	7.7247	18.2924	46.8054
8	0.0167	21.7455	6.5790	8.8845	18.9652	43.8255
9	0.0178	22.3553	6.9898	9.9926	19.5310	41.1311
10	0.0189	22.8952	7.3645	11.055	20.0124	38.6721

資料來源：本研究整理

表 4-10 新 VECM 模型結果

Cointegrating Eq: CointEq1	
LBTC(-1)	1
LUSD(-1)	-9.5292 (4.7089) [-2.0236]
LVIX(-1)	-0.6211 (0.1876) [-3.3096]
LGOLD(-1)	2.2960 (1.2126) [1.8933]
LCOPPER(-1)	-5.5615 (0.7369) [-7.5463]
C	10.8251 (12.7131) [0.8514]
Error Correction:	D(LBTC) D(LUSD) D(LVIX) D(LGOLD) D(LCOPPER)
CointEq1	0.0131 -0.0003 0.0122 -0.0041** 0.0098*** (0.0081) (0.0006) (0.0139) (0.0019) (0.0021) [1.6042] [-0.5821] [0.8779] [-2.0848] [4.5081]
D(LBTC(-1))	-0.1094* -0.0094** 0.0701 0.0319** -0.0168 (0.0580) (0.0046) (0.0991) (0.0140) (0.0155) [-1.8844] [-2.0227] [0.7081] [2.2795] [-1.0838]
D(LBTC(-2))	0.0846 0.0066 -0.3819*** 0.0121 0.0054 (0.0582) (0.0047) (0.0994) (0.0140) (0.0155) [1.4535] [1.4131] [-3.8410] [0.8652] [0.3487]
D(LUSD(-1))	1.2431* 0.0501 -2.3906* -0.4213** 0.0578



	(0.7289)	(0.0588)	(1.2442)	(0.1757)	(0.1950)
	[1.7054]	[0.8527]	[-1.9213]	[-2.3969]	[0.2968]
D(LUSD(-2))	-1.4157*	0.1110*	0.9992	0.1935	-0.2126
	(0.7233)	(0.0583)	(1.2347)	(0.1744)	(0.1936)
	[-1.9570]	[1.9029]	[0.8092]	[1.1093]	[-1.0983]
D(LVIX(-1))	-0.0150	0.0065**	-0.0906	-0.0210***	-0.0231***
	(0.0332)	(0.0026)	(0.0567)	(0.0080)	(0.0089)
	[-0.4530]	[2.4564]	[-1.5980]	[-2.6289]	[-2.6028]
D(LVIX(-2))	-0.0281	0.0010	0.0126	-0.0122	-0.0142
	(0.0331)	(0.0026)	(0.0566)	(0.0080)	(0.0088)
	[-0.8486]	[0.4108]	[0.2239]	[-1.5281]	[-1.6067]
D(LGOLD(-1))	-0.0122	-0.0345*	-0.2293	-0.0441	0.1233**
	(0.2330)	(0.0188)	(0.3978)	(0.0562)	(0.0623)
	[-0.0526]	[-1.8395]	[-0.5765]	[-0.7856]	[1.9771]
D(LGOLD(-2))	0.0665	-0.0238	0.1461	0.0238	0.0639
	(0.2331)	(0.0188)	(0.3979)	(0.0562)	(0.0624)
	[0.2854]	[-1.2655]	[0.3672]	[0.4235]	[1.0240]
D(LCOPPER(-1))	-0.1568	-0.0220	0.4459	-0.1307**	-0.1384**
	(0.2120)	(0.0171)	(0.3618)	(0.0511)	(0.0567)
	[-0.7398]	[-1.2881]	[1.2322]	[-2.5567]	[-2.4396]
D(LCOPPER(-2))	-0.4308**	-0.0185	0.1979	0.0957*	-0.0228
	(0.2178)	(0.0175)	(0.3719)	(0.0525)	(0.0583)
	[-1.9774]	[-1.0549]	[0.5322]	[1.8229]	[-0.3915]

資料來源：本研究整理

註：()內數值為標準差，[]內數值為 T 統計量

*，**，***分別表示在顯著水準 10%、5%、1%。

表 4-11 修正後變異數分解結果

LBTC

Period	S.E.	LBTC	LUSD	LVIX	LGOLD	LCOPPER
1	0.0220	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0298	99.1753	0.6256	0.0309	0.0001	0.1679
3	0.0372	98.4375	0.4188	0.0403	0.0001	1.1030
4	0.0436	98.2017	0.3536	0.0420	0.0012	1.4012
5	0.0493	98.0132	0.2934	0.0427	0.0010	1.6495
6	0.0545	97.8397	0.2487	0.0475	0.0008	1.8631
7	0.0593	97.6968	0.2150	0.0536	0.0008	2.0334
8	0.0639	97.5630	0.1883	0.0606	0.0011	2.1867
9	0.0682	97.4377	0.1669	0.0684	0.0016	2.3251
10	0.0724	97.3177	0.1492	0.0766	0.0023	2.4539

LUSD

Period	S.E.	LBTC	LUSD	LVIX	LGOLD	LCOPPER
1	0.0017	1.3067	98.6932	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0027	4.9034	93.5701	0.9566	0.4217	0.1479
3	0.0036	4.9216	92.2552	1.5652	1.0388	0.2190
4	0.0043	5.9041	90.4524	2.0777	1.3650	0.2006
5	0.0050	6.5153	89.2391	2.4478	1.5901	0.2074
6	0.0056	7.0366	88.3375	2.6962	1.7369	0.1925
7	0.0062	7.4615	87.6408	2.8803	1.8386	0.1786
8	0.0067	7.8001	87.1045	3.0164	1.9138	0.1650
9	0.0072	8.0856	86.6669	3.1234	1.9717	0.1522
10	0.0076	8.3284	86.3023	3.2103	2.0183	0.1405

LVIX

Period	S.E.	LBTC	LUSD	LVIX	LGOLD	LCOPPER
1	0.0376	9.9004	0.4034	89.6961	0.0000	0.0000
2	0.0500	8.3414	0.5183	90.9476	0.0317	0.1607
3	0.0611	12.4479	0.4023	86.8492	0.0401	0.2603
4	0.0701	13.4603	0.5558	85.6714	0.0547	0.2576
5	0.0777	14.0857	0.5723	84.9725	0.0673	0.3019
6	0.0846	14.4462	0.6162	84.5539	0.0839	0.2996
7	0.0909	14.5688	0.6550	84.3930	0.0981	0.2849
8	0.0966	14.5991	0.6924	84.3296	0.1119	0.2668
9	0.1019	14.5530	0.7316	84.3432	0.1254	0.2464

10 0.1069 14.4629 0.7710 84.4003 0.1388 0.2268

Gold

Period	S.E.	LBTC	LUSD	LVIX	LGOLD	LCOPPER
1	0.0053	5.0016	10.5943	0.0041	84.3998	0.0000
2	0.0076	8.8725	12.9923	0.4059	77.1678	0.5613
3	0.0095	11.372	12.4609	1.1927	74.5798	0.3938
4	0.0110	12.2092	12.2056	1.43815	73.8526	0.2943
5	0.0123	12.9228	12.0207	1.58537	73.2277	0.2433
6	0.0134	13.1161	11.8393	1.64076	73.1719	0.2318
7	0.0145	13.1193	11.7190	1.65520	73.2627	0.2436
8	0.0154	12.9809	11.6034	1.64805	73.4851	0.2824
9	0.0163	12.7577	11.5006	1.62688	73.7716	0.3431
10	0.0171	12.4853	11.4014	1.59761	74.0914	0.4241

Variance Decomposition of LCOPPER:

Period	S.E.	LBTC	LUSD	LVIX	LGOLD	LCOPPER
1	0.0059	2.3095	11.6901	5.0057	0.1746	80.8198
2	0.0079	3.1557	12.7680	9.6921	1.4024	72.9816
3	0.0098	5.3152	15.0725	13.0677	2.3611	64.1832
4	0.0114	7.7380	15.9092	14.9802	2.8292	58.5432
5	0.0129	9.8637	16.6037	16.3283	3.1806	54.0235
6	0.0142	11.8379	17.1898	17.3642	3.4544	50.1535
7	0.0155	13.6566	17.6804	18.1792	3.6782	46.8054
8	0.0167	15.3568	18.1013	18.8469	3.8692	43.8255
9	0.0178	16.9599	18.4643	19.4083	4.0363	41.1311
10	0.0189	18.4798	18.7779	19.8859	4.1841	38.6721

資料來源：本研究整理

從表 4-10 新的 VECM 結果中可以觀察到以下現象：

- 一、當美元指數上升 1%，比特幣價格將會相對上升 9.52%。
- 二、當 VIX 指格上升 1%，比特幣價格將會相對上升 0.62%。
- 三、當黃金期貨價格上升 1%，比特幣價格將會相對下降 2.29%。
- 四、當銅期貨價格上升 1%，比特幣價格將會上升 5.56%。
- 五、VIX 指數對落後 2 期的比特幣價格，呈現 1%顯著水準的負向影響。

六、黃金期貨價格對落後 1 期的 VIX 指數，呈現 1%顯著水準的負向影響。

七、銅期貨價格對落後 1 期的 VIX 指數，呈現 1%顯著水準的負向影響。

八、在 1%顯著水準下，銅期貨價格與其他變數具有共整關係來。

九、從 VECM 得到的長期均衡關係為：

$$BTC = -10.82 + 9.52USD + 0.62VIX - 2.296GOLD + 5.56Copper$$

觀察表 4-11，比特幣價格在第 10 期後對於自身仍擁有最佳之解釋力道 (91.31)，其餘變數即便隨時間增加亦難影響比特幣價格變化，確定比特幣價格為研究中最外生之變數。美元指數隨期數增長，逐漸受到比特幣價格與 VIX 指數的影響，其中仍由比特幣價格為影響之首重。VIX 指數主要只受到比特幣價格影響，相較被其他變數影響幅度較低。黃金期貨價格自第 1 期開始即受到美元指數與比特幣價格影響，約第 5 期後對其解釋主力不再由美元指數為主，轉為比特幣價格影響較甚。銅期貨價格主要由美元指數、VIX 指數、比特幣價格等 3 樣變數影響，隨時間增加更有增減之變化。原訂由美元指數為首之假設順序在實證中被推翻，因此重新整理格蘭傑因果關係與重新繪製變數間之關係圖，如表 4-12。

表 4-12 修正後格蘭傑因果關係

虛無假設	卡方檢定	P 值	顯著水準
比特幣價格			
美元指數沒有領先比特幣價格	6.7105	0.0349	**
VIX 指數沒有領先比特幣價格	0.8350	0.6587	
黃金期貨價格沒有領先比特幣價格	0.0877	0.9571	
銅期貨價格沒有領先比特幣價格	4.1815	0.1236	
美元指數			
比特幣價格沒有領先美元指數	7.1225	0.0284	**
VIX 指數沒有領先美元指數	6.0394	0.0488	**
黃金期貨價格沒有領先美元指數	4.5947	0.1005	
銅期貨價格沒有領先美元指數	2.4983	0.2867	
VIX 指數			
比特幣價格沒有領先 VIX 指數	16.4630	0.0003	***
美元指數價格沒有領先 VIX 指數	4.3334	0.1145	
黃金期貨價格沒有領先 VIX 指數	0.5107	0.7746	
銅期貨價格沒有領先 VIX 指數	1.6753	0.4327	
黃金期貨價格			
比特幣價格沒有領先黃金期貨價格	5.4717	0.0648	*
美元指數沒有領先黃金期貨價格	6.9539	0.0309	**
VIX 指數沒有領先黃金期貨價格	8.2929	0.0158	**
銅期貨價格沒有領先黃金期貨價格	11.0477	0.0040	***
銅期貨價格			
比特幣價格沒有領先銅期貨價格	1.4446	0.4856	
美元指數沒有領先銅期貨價格	1.2916	0.5242	
VIX 指數沒有領先銅期貨價格	8.3584	0.0153	**
黃金期貨價格沒有領先銅期貨價格	4.6234	0.0991	*

資料來源：本研究整理

註：*，**，***分別表示在顯著水準 10%、5%、1%。

根據表 4-12 將其繪製成圖 4-5，依顯著程度不同分別繪製不同之線條呈現。

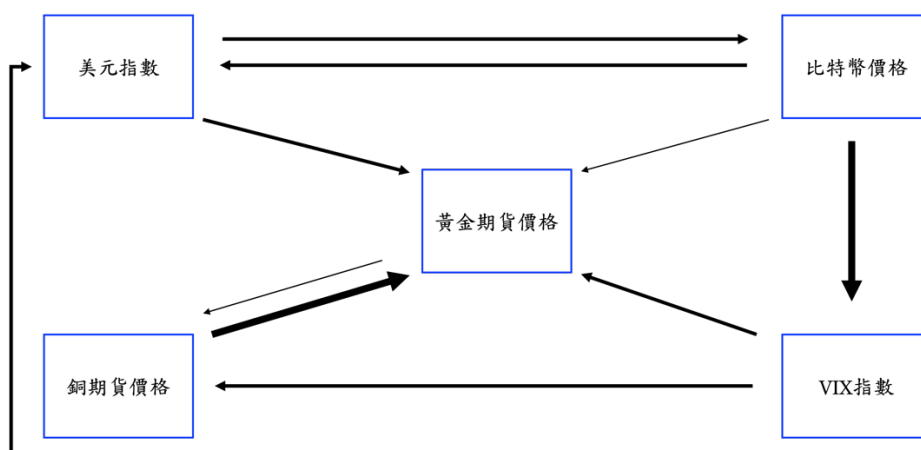


圖 4-5 各變數 GRANGER 因果關係圖

註：在 90%信心水準下， $A \rightarrow B$ 表示 A 變數領先 B 變數。

箭頭線條由粗到細分別代表顯著水準 1%、5%、10%。

綜合表 4-12、圖 4-5 可以觀察到在 90%的顯著水準下，美元指數與黃金期貨價格僅存在單向的格蘭傑因果關係，即加入美元指數過去的資訊後有助於預測黃金期貨價格。此現象與先前之假設表 4-8 有所不同，該關係是由美元指數影響黃金期貨價格，並不見黃金期貨價格有反饋美元指數之現象。與表 4-8 仍相同的為，比特幣價格與美元指數依舊互為因果關係（回饋現象）。根據上述數據顯示黃金期貨價格在本研究取樣期間成為所有變數的接受者，比特幣價格與恐慌指數與則成了主要的傳遞者影響其他變數。

經過本章實證結果，確認其最後的方程式為：

$$\begin{bmatrix} \Delta BTC_{it} \\ \Delta USD_{it} \\ \Delta VIX_{it} \\ \Delta Gold_{it} \\ \Delta Copper_{it} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \end{bmatrix} + \sum_{p=1}^r \begin{bmatrix} \beta_{11p} & \beta_{12p} & \beta_{13p} & \beta_{14p} & \beta_{15p} \\ \beta_{21p} & \beta_{22p} & \beta_{23p} & \beta_{24p} & \beta_{25p} \\ \beta_{31p} & \beta_{32p} & \beta_{33p} & \beta_{34p} & \beta_{35p} \\ \beta_{41p} & \beta_{42p} & \beta_{43p} & \beta_{44p} & \beta_{45p} \\ \beta_{51p} & \beta_{52p} & \beta_{53p} & \beta_{54p} & \beta_{55p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta BTC_{it-p} \\ \Delta USD_{it-p} \\ \Delta VIX_{it-p} \\ \Delta Gold_{it-p} \\ \Delta Copper_{it-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \\ \theta_5 \end{bmatrix} ECT_{it-1} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1it} \\ \varepsilon_{2it} \\ \varepsilon_{3it} \\ \varepsilon_{4it} \\ \varepsilon_{5it} \end{bmatrix}$$

在確認變異數分解的順序後，進一步了解變數產生的衝擊反應。從圖 4-6-1 的單向因果衝擊反應中可以看出，恐慌指數與美元指數呈現正向的變化關係，意即當 VIX 指數上升時

會造成美元指數向上的反應，並且該反應會在約第 5 期後逐漸形成長期的衝擊結果¹¹。圖 4-6-2 比特幣價格對 VIX 指數的衝擊是劇烈的，雖然第 1 期呈現微幅的負向影響，但在第 3、第 4 期呈現劇烈的起伏變化，約在第 5 期後才確認其長期的衝擊方向。圖 4-6-3 美元指數對黃金期貨的衝擊，類似出現與圖 4-6-2 比特幣價格對 VIX 指數類似的現象，不過其衝擊的影響期數略短於比特幣價格對 VIX 指數的影響。圖 4-6-4 是 VIX 指數對黃金期貨價格的影響，可以明顯看出在第 1 期時 VIX 指數並未對黃金期貨價格產生衝擊的影響，但是從第 2 期到第 3 期產生明顯的衝擊變化，並且從第 4 期與第 5 期出現持平的結果，於第 6 期才開始呈現反向的數據變化。圖 4-6-5 是比特幣價格對黃金期貨的影響，明顯與其他衝擊反應不同自第 1 期開始即呈現正向的變化，該影響持續兩期後到衝擊的頂點後逐漸往反向變化。圖 4-6-6 是 VIX 指數對銅期貨價格的變化，初期該衝擊反應與 VIX 指數對黃金期貨價格的變化類似，唯一不同的是並不向影響黃金期貨價格般，出現觸底反彈的變化而是在第 3 期開始出現長期的衝擊變化。觀察黃金期貨價格對其他變數的衝擊反應，由於黃金期貨價格較容易受到其他變數影響，因此常在產生衝擊反應的當下出現波動，1-2 期後又因為受到其他變數的衝擊，因此呈現不同的結果。

在圖 4-6-1 與 4-6-2 中，在互為格蘭傑因果關係的美元指數與比特幣價格可以觀察到，美元指數對比特幣價格的反應更勝於比特幣價格對美元指數之衝擊。反觀圖 4-6-3 與 4-6-4，雖然銅期貨價格對黃金期貨價格的影響是顯著，但是由於黃金期貨價格同時也會受到其他變數的衝擊，因此在混合各變數的狀況下，銅期貨價格並未在第 1 期即對黃金期貨價格產生衝擊，而是從第 2 期後才開始並且又在第 3 期後恢復原來的樣貌，這也說明黃金期貨價格因為落後所有的變數，會在不同期數受到不同變數的干涉與衝擊。

¹¹ VECM 所繪製的衝擊反應圖有別於 VAR 會在長期狀態下回到 0 點的平穩模式，VECM 模型下的變數會在特定走期後呈現永久的現象。主要在於各變數間彼此並不存在共整關係，且變數為定態序列。

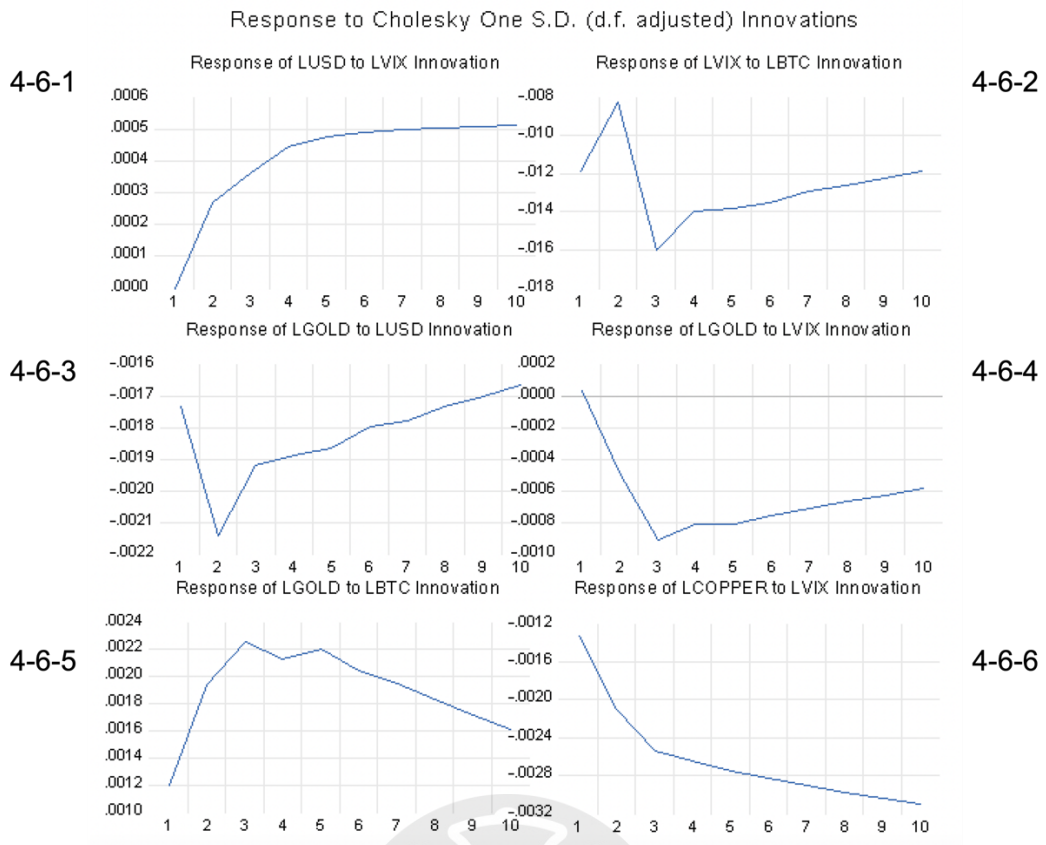


圖 4-6 單向格蘭傑因果衝擊反應

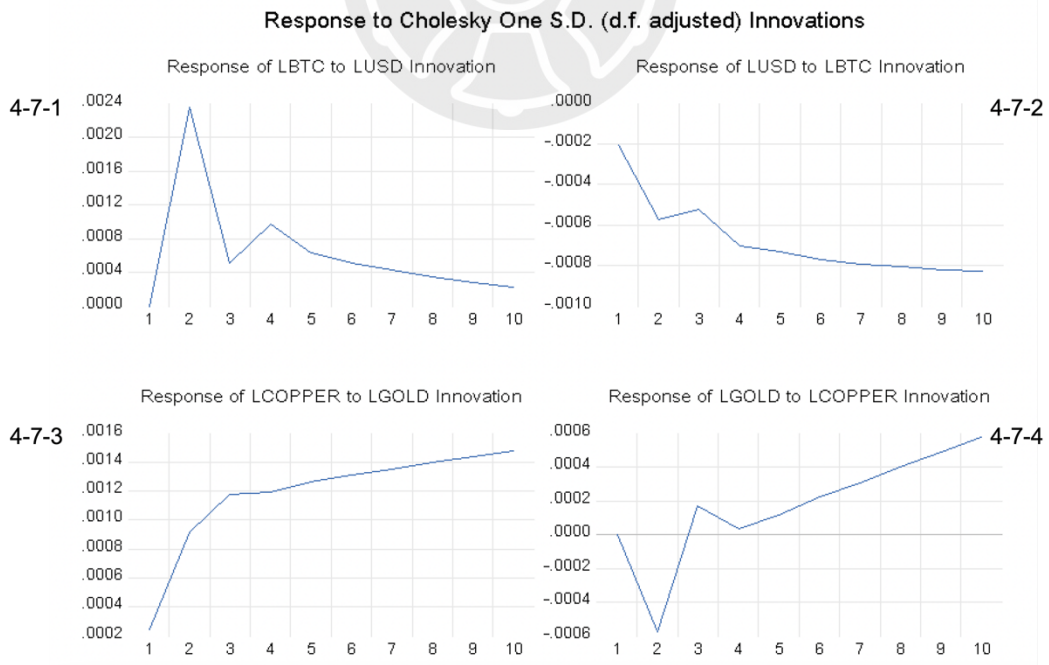


圖 4-7 互為格蘭傑因果之衝擊反應

第五章 結論及建議

透過前一章的結果我們發現，原假設在疫情期間因為美國率先實施無限 QE 政策，將會讓美元指數帶動影響其他變數；然而透過種種的數據顯示在本研究取樣期間，並沒有看到如 Mokni & Ajmi (2021) 的研究結果，顯示比特幣領先美元指數反而是彼此互有動態影響。同時比特幣價格、美元指數、VIX 指數、銅期貨價格等變數，在本研究的取樣中都是 Granger cause 黃金期貨價格的因(領先黃金產生變化)，此現象也吻合 Baur & Lucey(2010)、Adekoya et al., (2021) 之研究，黃金總是在經濟的歷史軌道中扮演資金避險的避風港，不管是否是在疫情的影響下。從 Granger 的因果關係中看到，比特幣與黃金不同本身為市場波動的傳遞者(因)而非接受者(果)，反之黃金則為波動接受者。

為瞭解本研究中 VECM 得到的長期均衡關係：比特幣上升則美元指數、VIX 指數與銅期貨價格上升，同時黃金期貨價格下跌是否如實。於表 5-1、5-2 中追蹤了自變數取樣時間之後 10 個月的數據探討其變化結果。日資料以每月 15 日為基準，由該日數據減前日數據，若為正則紀錄上漲反之紀錄下跌，若當日有任一數據無資料則往前或往後紀錄。月資料由該月數據減前月數據，若為正則紀錄上漲反之紀錄下跌。可以觀察到在隨機的日資料中，黃金期貨價格與銅期貨價格在採樣的 10 次中，各有 6 次符合本研究之結果，然而在美元指數與 VIX 指數上則較難達到預測效果。從較長期的月資料來看並無法達到預測的效果，唯獨銅期貨價格符合研究結果。在本研究的選定取樣的日期中，比特幣相較於金融商品其波動更類似原物料表現。

表 5-1 日資料追蹤數據

VECM	BTC	USD	VIX	GOLD	COPPER
	上漲	上漲	上漲	下跌	上漲
7月15日	下跌	否	否	否	否
8月16日	下跌	否	否		
9月15日	上漲	否	否		
10月15日	上漲	否	否		
11月15日	下跌	否	否	否	
12月15日	上漲	否	否		否
1月14日	上漲		否		否
2月15日	上漲	否	否		
3月15日	下跌	否		否	
4月14日	下跌	否	否	否	否

資料來源：本研究整理

註：否表示當日數據不符合長期均衡下BTC應對應的上漲或下跌表現

表 5-2 月資料追蹤數據

VECM	BTC	USD	VIX	GOLD	COPPER
	上漲	上漲	上漲	下跌	上漲
7月	上漲	否		否	
8月	上漲		否	否	否
9月	下跌			否	
10月	上漲	否	否	否	
11月	下跌	否	否	否	
12月	下跌				
1月	下跌	否	否	否	
2月	上漲			否	
3月	上漲		否	否	
4月	下跌	否	否		

資料來源：本研究整理

註：否表示當月數據不符合長期均衡下BTC應對應的上漲或下跌表現

疫情自 2020 年到撰文的 2022 年間仍持續不斷的影響世界各國，而量化寬鬆政策下預期將會為世界帶來通膨的影響與更多的不確定性。若未來要更進一步觀察總體經濟在疫情肆虐的這幾年間產生了什麼樣的變化，或許可以持續追蹤虛擬貨幣與 VIX 指數在這期間扮演的角色會有更多的樣貌。雖然於本研究中分析各變數與原物料價格間的關係，但是反映在後續追蹤上並不如預期，從 VECM 的結果中發現 VIX 指數對於金屬原物料的影響更顯著於比特幣價格或者美元指數。對原物料的預測或許可以專注在 VIX 指數的變化，亦可能是疫情期間下與原物料的產能、需求與運能有著其他更緊密的可能性。由於本研究主要取樣標準為日資料，若未來要觀察虛擬貨幣為何能在此段大流行期間與銅出現類似或同步的數據，或許未來的研究者可針對較長的取樣資料，如週資料、月資料、年資料等做出更完整之判斷。



參考文獻

- Adekoya, O. B., Oliyide, J. A., & Oduyemi, G. O. (2021). How COVID-19 upturns the hedging potentials of gold against oil and stock markets risks: Nonlinear evidences through threshold regression and markov-regime switching models. *Resources Policy*, 70, 101926.
- Ahmad, W., Hernandez, J. A., Saini, S., & Mishra, R. K. (2021). The US equity sectors, implied volatilities, and COVID-19: What does the spillover analysis reveal? *Resources Policy*, 72, 102102.
- Akhtaruzzaman, M., Boubaker, S., Lucey, B. M., & Sensoy, A. (2021). Is gold a hedge or a safe-haven asset in the COVID–19 crisis? *Economic Modelling*, 102, 105588.
- Al-Awadhi, A. M., Alsaifi, K., Al-Awadhi, A., & Alhammadi, S. (2020). Death and contagious infectious diseases: Impact of the COVID-19 virus on stock market returns. *Journal of behavioral and experimental finance*, 27, 100326.
- Baek, C., & Elbeck, M. (2015). Bitcoins as an investment or speculative vehicle? A first look. *Applied Economics Letters*, 22(1), 30-34.
- Baker, S. R., Bloom, N., Davis, S. J., Kost, K., Sammon, M., & Viratyosin, T. (2020). The unprecedented stock market reaction to COVID-19. *The review of asset pricing studies*, 10(4), 742-758.
- Basher, S. A., & Sadorsky, P. (2016). Hedging emerging market stock prices with oil, gold, VIX, and bonds: A comparison between DCC, ADCC and GO-GARCH. *Energy Economics*, 54, 235-247.
- Baur, D. G., & Lucey, B. M. (2010). Is gold a hedge or a safe haven? An analysis of stocks, bonds and gold. *Financial Review*, 45(2), 217-229.
- Bhuyan, R., Lin, E. C., & Ricci, P. F. (2010). Asian stock markets and the Severe Acute

- Respiratory Syndrome (SARS) epidemic: implications for health risk management. *International journal of environment and health*, 4(1), 40-56.
- Bouri, E., Cepni, O., Gabauer, D., & Gupta, R. (2021). Return connectedness across asset classes around the COVID-19 outbreak. *International Review of Financial Analysis*, 73, 101646.
- Briere, M., Oosterlinck, K., & Szafarz, A. (2015). Virtual currency, tangible return: Portfolio diversification with bitcoin. *Journal of Asset Management*, 16(6), 365-373.
- Carr, P., & Wu, L. (2006). A tale of two indices. *The Journal of Derivatives*, 13(3), 13-29.
- Chen, C., Liu, L., & Zhao, N. (2020). Fear sentiment, uncertainty, and bitcoin price dynamics: The case of COVID-19. *Emerging Markets Finance and Trade*, 56(10), 2298-2309.
- Ciaian, P., Rajcaniova, M., & Kancs, D. A. (2016). The economics of BitCoin price formation. *Applied economics*, 48(19), 1799-1815.
- Corbet, S., Larkin, C., & Lucey, B. (2020). The contagion effects of the COVID-19 pandemic: Evidence from gold and cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, 35, 101554.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.
- Elshkaki, A., Graedel, T. E., Ciacci, L., & Reck, B. K. (2016). Copper demand, supply, and associated energy use to 2050. *Global environmental change*, 39, 305-315.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Grobys, K. (2021). When Bitcoin has the flu: On Bitcoin's performance to hedge equity risk in the early wake of the COVID-19 outbreak. *Applied Economics Letters*, 28(10), 860-865.
- Kapetanios, G., Mumtaz, H., Stevens, I., & Theodoridis, K. (2012). Assessing the economy-wide effects of quantitative easing. *The Economic Journal*, 122(564), F316-F347.

- Konstantinidi, E., & Skiadopoulos, G. (2011). Are VIX futures prices predictable? An empirical investigation. *International Journal of Forecasting*, 27(2), 543-560.
- Konstantinidi, E., & Skiadopoulos, G. (2011). Are VIX futures prices predictable? An empirical investigation. *International Journal of Forecasting*, 27(2), 543-560.
- Kurka, J. (2019). Do cryptocurrencies and traditional asset classes influence each other? *Finance Research Letters*, 31, 38-46.
- Lawrence, C. (2003). Why is gold different from other assets? An empirical investigation. London, UK: The World Gold Council.
- Lee, J., & Yue, C. (2017). Impacts of the US dollar (USD) exchange rate on economic growth and the environment in the United States. *Energy Economics*, 64, 170-176.
- Marfatia, H. A. (2020). Investors' risk perceptions in the US and global stock market integration. *Research in International Business and Finance*, 52, 101169.
- Meinusch, A., & Tillmann, P. (2016). The macroeconomic impact of unconventional monetary policy shocks. *Journal of Macroeconomics*, 47, 58-67.
- Mokni, K., & Ajmi, A. N. (2021). Cryptocurrencies vs. US dollar: Evidence from causality in quantiles analysis. *Economic Analysis and Policy*, 69, 238-252.
- Nelson, C. R., & Plosser, C. R. (1982). Trends and random walks in macroeconomic time series: some evidence and implications. *Journal of monetary economics*, 10(2), 139-162.
- Ouandlous, A., Barkoulas, J. T., & Alhaj-Yaseen, Y. (2018). Persistence and discontinuity in the VIX dynamics. *Chaos, Solitons & Fractals*, 113, 333-344.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Ramelli, S., & Wagner, A. F. (2020). Feverish stock price reactions to COVID-19. *The Review of Corporate Finance Studies*, 9(3), 622-655.
- Said, S. E., & Dickey, D. A. (1984). Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. *Biometrika*, 71(3), 599-607.

- Sarwar, G. (2012). Is VIX an investor fear gauge in BRIC equity markets? *Journal of Multinational Financial Management*, 22(3), 55-65.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1-48.
- Tully, E., & Lucey, B. M. (2007). A power GARCH examination of the gold market. *Research in International Business and Finance*, 21(2), 316-325.
- Yousfi, M., Zaied, Y. B., Cheikh, N. B., Lahouel, B. B., & Bouzgarrou, H. (2021). Effects of the COVID-19 pandemic on the US stock market and uncertainty: A comparative assessment between the first and second waves. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120710.
- Zhang, D., Hu, M., & Ji, Q. (2020). Financial markets under the global pandemic of COVID-19. *Finance research letters*, 36, 101528.

