

初探非同質化代幣-機制與市場

鄭睿中¹、王銘宏²

¹國立中正大學經濟學系、²國立中正大學資訊工程學系
¹zruiz1753@gmail.com、²tonymhwang@cs.ccu.edu.tw

摘要

非同質化代幣(Non-Fungible Token, NFT)的興起，帶動了相關區塊鏈技術的應用與交易市場的崛起，迅速成為在網際網路上交易虛擬資產所有權的平台，其交易標的包含藝術品、數位影音，甚至是推特文章。NFT 為區塊鏈應用帶來全新的概念與創新，其整合區塊鏈技術與智能合約之特點，使其交易具有去中心化、自動化、紀錄公開透明的特質。在此去中心化的系統中，無需第三方的介入，便可以完整紀錄交易細節，具安全且公開的特性，並基於 ERC721 協定，將每一個 NFT 視為獨一無二的個體，並運用智能合約技術，進行交易，轉移 NFT 的所有權；此過程只需要一台行動裝置，顛覆了過往藝術品或數位商品之交易模式。

本文將探討 NFT 市場背後區塊鏈與智能合約的歷史和核心技術，及其衍伸出來的優劣勢，並回顧 NFT 歷史交易紀錄與交易平台。透過介紹 NFT 上架到出售的過程，佐以總體的角度分析 NFT 市場的發展趨勢，及與交易媒介以太幣的關係。我們更運用資料科學技術，分析初級與次級市場資金流向、規模大小。另外也從個體交易的觀點，研究各類別 NFT 的交易金額、交易次數、平均交易價格和活躍錢包數量，藉此探究其初級與次級市場的發展情況，作為區塊鏈技術重要商業應用之初探研究。

關鍵詞：非同質化代幣、區塊鏈、智能合約、資料科學

A Preliminary Study on Non-Fungible Tokens - Mechanisms and Markets

Rui-Zhong Zheng¹, Ming-Hung Wang²

¹Department of Economics, National Chung Cheng University

²Department of Computer Science and Information Engineering, National Chung Cheng University

¹zruiz1753@gmail.com, ²tonymhwang@cs.ccu.edu.tw

Abstract

The rise of Non-Fungible Tokens (NFTs) has driven the rapid development of blockchain applications and the emergence of the trading market. NFT rapidly becomes popular in the marketplace where traders can exchange the ownership of virtual assets, including artwork, digital video, and even Twitter articles on the internet. NFT brings new concepts and innovations to blockchain technologies, and the integration of blockchain and smart contracts makes transactions with decentralization, automation, openness, and transparency. This decentralized system, without third-party interventions, completely records the transaction data, which is secure and transparent. With the ERC721 contract, every NFT is a unique and unmatched individual asset. Both sellers and buyers can conduct the transactions and transfer the ownership of NFTs through the content stipulated in the smart contracts. The process only requires one mobile device, which subverts the previous transaction method on art and digital commodities.

This article discusses the history and core technologies of blockchain and smart contracts behind NFT and its marketplace. First, we reviewed the historical transaction records and trading platforms of NFTs. Then, we analyze the emergence of the NFT market using data science, including the capital flow and the scale of the primary and secondary markets. Besides, we study the transaction sales, number of transactions, average price, and active wallets of each category of NFT individually to explore their development of the primary and secondary markets as preliminary research on significant commercial applications.

Keywords: Non-Fungible Token, Blockchain, Smart Contract, Data Science

壹、前言

非同質化代幣 (Non-Fungible Token, NFT) 是數位虛擬資產的所有權認證，多以圖像、影片、音檔等等的方式呈現，可作為收藏的藝術品，屬於一種區塊鏈 (Blockchain) 上之帳本單位。NFT 的誕生是基於區塊鏈新型態的發展與應用，建立於以太坊的智能合約 (Smart Contract)，其協定創造出 NFT 獨一無二的特性，不同於同質化代幣 (Fungible Token, FT)，例如：比特幣、以太幣等，NFT 更強調個體性，不可分割且無法替代。

NFT 此概念，最早於西元 2017 年由 CryptoKitties 的創辦團隊 Axiom Zen 正式提出 [10]，而 CryptoKitties 也是第一款建立於 ERC721 智能合約的 NFT，不同於 ERC720，ERC721 將每一個 Token 視為獨一無二的，且具有獨立 ID [7]，再運用區塊鏈去中心化共同帳本的優勢，不必透過第三方機構，便可以有效率的記錄 NFT 市場的每一筆交易紀錄，同時也可以降低交易成本，因為區塊鏈的技術與演算法的應用，使區塊鏈上的內容不易串改，在一切資訊公開透明的情況下，依舊可以確保交易上的安全性。

自西元 2018 年起，NFT 市場迅速發展，NFT 交易所、加密貨幣錢包也相繼進步，成功的豐富 NFT 生態圈。NFT 如同虛擬的資產所有權證，加上去中心化與區塊鏈帳本的特色，讓 NFT 的交易、轉移更透明化。OpenSea [21] 是全球目前最大 NFT 交易平台，由 Devin Finzer 和 Alex Atallah 創建，隨著 NFT 的蓬勃發展，OpenSea 平台上的 NFT 種類也更加多元，許多有名的 NFT collections 皆成為 NFT 市場熱門的交易選項。OpenSea 目前市佔率超過九成，市值超過 130 億美元，可說是 NFT 市場的龍頭交易所。由於 NFT 需透過以太幣作為交易媒介，因此，加密貨幣錢包 Metamask、Math Wallet、Coinbase Wallet 等，皆與 NFT 交易平台做連結，透過網際網路便能下單交易 NFT。加密貨幣與 NFT 的盛行，使加密貨幣錢包的數量逐月增加，使用以太幣購買 NFT 的錢包已高達 4000 萬個，成長速度極快。

NFT 市場屬於新型態市場，需透過加密貨幣購買，加密貨幣的漲跌也影響 NFT 的發展 [4]。人們對於此市場研究相對少，有別於股票市場、加密貨幣市場，NFT 市場除了是投資工具 [14]，更是收藏品認證的交易地。西元 2017 年，CryptoKitties 成功開啟 NFT 交易市場的大門，曾創下單日交易額高達 232 萬美元的紀錄，當時也引起一波熱潮。美國數位藝術家 Beeple 於西元 2021 年 3 月，在佳士得以 6930 萬美元出售他的 NFT 創作《Everydays: The first 5000 days》，這也是佳士得第一次販賣數位資產，消息一出便引起不少人的目光，也讓 NFT 成為網路熱門討論話題，未來一年的成交量更是大幅成長。根據 Chainalysis 的 2021 年度報告中提及 NFT 市場規模已超過 269 億元美金 [22]，預計未來將有更多資金投入。

NFT 新興市場的崛起，為世代帶來全新的要素，虛擬物質的資產化，為網際網路的世界帶來所有權認證的概念，並隨著 Web3 的全力發展已經成為未來趨勢，去中心化技術的發展，更凸顯網際網路的獨立運作。本文將於第二章介紹相關 NFT 研究文獻與 NFT 技術的應用，第三章介紹 NFT 市場的交易流程及相關技術，第四章運用資料科學技術，

分析交易市場買賣行為，及 NFT 初級與次級市場的價量關係，我們於第五章針對此研究進行總結並提出未來的研究方向。

貳、文獻探討

2.1 區塊鏈

2008 年，中本聰 (Satoshi Nakamoto) 發表了一篇論文：《Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System》 [17]，透過點對點網路系統 (Peer-to-Peer, P2P) 實現電子支付系統，實作出去中心化的概念，買賣方的交易會更直接，降低交易上的成本。區塊鏈的實現，也正式帶來了比特幣的問世，一切的交易紀錄更加地公開、透明，卻具隱匿性，也具備更高的安全性。區塊鏈可說是去中心化的分散式共同帳本，具有以下關鍵特點：分散式、持久性、具匿名、可審計性 [6]。區塊是區塊鏈的最小單位，而每個區塊間彼此會相互連結、傳送訊息，串成區塊鏈，區塊鏈如同資料庫，記錄所有的交易紀錄。不同於以往需經第三方機構進行交易，區塊鏈實現 P2P 的交易模式，在 P2P 的架構下，每一個使用者或裝置都屬於一個節點，節點間平行制衡。傳統式的網路架構 (Client-Sever model) 會將所有的請求送往單一個伺服器處理，中心化的處理，有效專業分工，加速處理速度 [18]。隨著網路使用的頻繁，伺服器也面臨相關問題：(1) 為了處理大量的請求，需擴大伺服器的規格，雖然現代硬體技術進步，不過升級伺服器也面臨成本提高的窘境 [8]；(2) 中心化的伺服器為核心運作機器，若伺服器遭到駭客入侵或系統維修時，伺服器便無法在提供任何服務，導致使用者的不便 [8]。P2P 的技術解決了傳統式的網路架構，讓每一個節點同時扮演 Client 和 Sever 的角色，能獨立透過 IP 位址提出請求，也能處理其他 Client 發出的請求，獨立運行。就共享網路、表現而言，P2P 的技術較優於傳統式網路架構 [11]，但為了確保 P2P 因存在錯誤資訊，而影響系統的運行，因此，設計共識機制 (Consensus) 以增加系統的容錯能力。

去中心化的概念生成，也意味著不需主要機構的管理與維護，但為了使電子現金系統可以正常、公平的運作下，避免出現雙重支付 (Double Spending) 和拜占庭將軍問題 [9][15][16]，共識機制的存在很重要。雙重支付問題容易出現在電子現金系統中，若同時向不同的兩人支付相同的數位貨幣時，導致相同的數位貨幣重複使用，便破壞原有的交易準則，也破壞數位貨幣數量的平衡。而拜占庭將軍問題是指節點與節點間訊息傳遞的問題，避免受到惡意節點的影響，根據文獻[15]，若惡意節點數量不超過 1/3 時，節點間達成共識，正常運作；反之，系統將受到惡意行為的侵害攻擊。因此，共識機制扮演著第三方機構的角色，透過每一個節點驗證交易事件的真實性，以降低惡意節點的迫害。常見的共識機制有工作量證明 (Proof-of-Work, PoW) [3][16]，運用在比特幣的區塊鏈上，說明去中心化分散式帳本的區塊開發規則。PoW 共識機制利用電腦 CPU 的能源 [12]，

對區塊進行運算，將雜湊需要的參數經過雜湊函數壓縮並打亂，可以得到一組數值，稱為雜湊值，為區塊生成專屬的資訊，不同於加密，一經雜湊後，便不可逆，也意味著無透過雜湊值取得雜湊前的參數資料，這過程由於需要耗費大量運算能力，並取得虛擬貨幣作為獎賞，因此又被稱為挖礦。

2.2 智能合約

智能合約最早是由密碼學專家尼克·薩博 (Nick Szabo) 於 1994 年提出，智能合約是可以自行驗證、自動執行、防止竄改的程式碼 [13]，也如同區塊鏈上的法律條文般。將傳統式的合約運用電腦化的方式，自動在區塊鏈上執行交易合約的內容、條款，當特定條件被觸動時，會根據智能合約內容執行相對的指令，不須第三機構的介入，不但減少因中介產生的意外、風險，同時降低交易成本。尼克·薩博以自動販賣機作為智能合約的例子，消費者只需投入足夠金額，及按下選擇商品的按鈕，自動販賣機便可以根據投入金額的大小與所選商品，將商品給消費者同時找零。然而，在當時並未受到眾人的注意。隨著中本聰發表區塊鏈的技術後，智能合約才有合適的發展根基，隨著區塊鏈的蓬勃發展，智能合約受到熱議，透過技術的整合與應用，發展成「區塊鏈 2.0」，應用於所有權的轉移或交易行為。區塊鏈應用可以確保智能合約的完整性，而不易受到駭客入侵，導致智能合約遭竄改，不過也意味著，智能合約只要一發布至區塊鏈上，便不可更動。

應用在區塊鏈中的協定，可以透過程式碼訂定此協定的內容，當交易過程符合智能合約訂定內容時，便會執行後續動作。ERC20 是廣為人知以太坊主要使用標準，但 ERC20 只適用於同質化資產。為了將智能合約建立起非同質化的概念，以 ERC20 為基礎開發出 ERC721 [5]，可適用於非同質化資產，每一個資產皆有專屬的資產代碼。ERC721 最早使用於 CryptoKitties，目前也成為 NFT 主要使用的智能合約。

2.3 NFT 交易歷史與平台

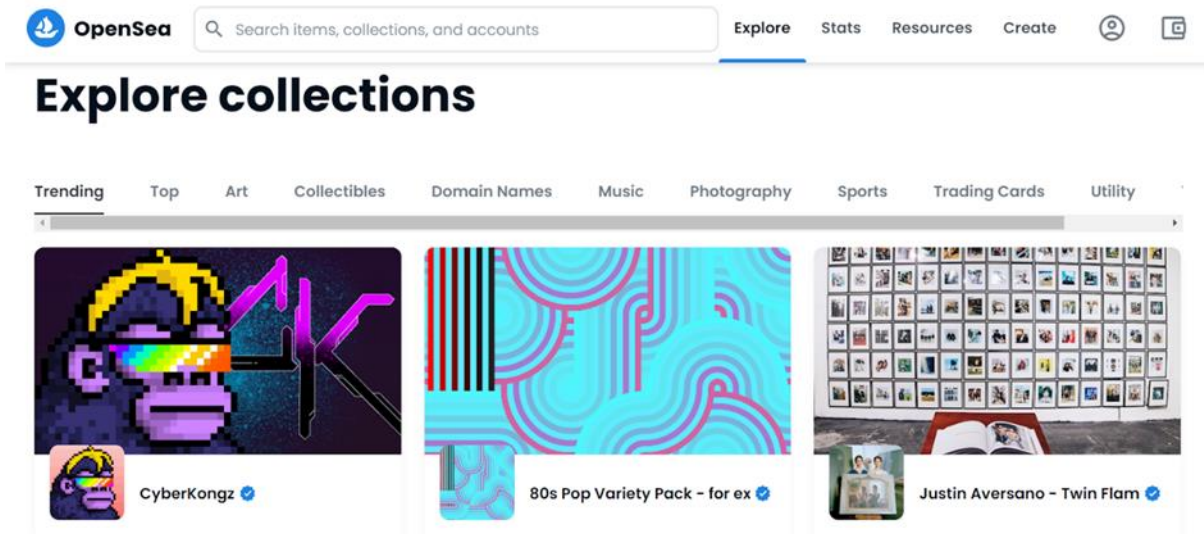
西元 2017 年，CryptoPunks 是第一款出現的 NFT，但因為當時 ERC721 的智能合約尚未發表，所以是以 ERC20 為基礎進行開發，利用像素生成器，生成像素風格的 2D 頭像，隨著生成要素的稀有性，NFT 的價格也不盡相同。CryptoPunks 在 OpenSea 交易平台上，長時間排名在歷年成交量的第一名，至今已累計 983,484.29 以太幣的交易金額 [21]。然而，當時 NFT 市場並不踴躍，甚至出現單日交易量為零的情況，但直到出現 CryptoKitties 這款遊戲，吸引不少玩家購買 CryptoKitties 的 NFT，CryptoKitties 是第一款以 ERC721 為基礎的 NFT。根據 NonFungible.com 的資料 [20]，在當年 12 月 10 日，當日所有 NFT 交易金額為 1,331,445.47 美元，其中 CryptoKitties 的交易金額就高達

1,331,043 美元，佔當日交易量的 99%。往後的三年 NFT 市場依舊沒有太亮眼的表現，不過交易金額及活躍錢包數量都有持續增加。

西元 2021 年正式成為 NFT 交易大爆發的一年，整體交易量較西元 2020 年成長了 21,000%，達到了 176 億美元。西元 2021 年，NFT 市場出現許多令人印象深刻的 NFT，例如 NBA Top Shot 是由 NBA 授權發行的 NFT，如同傳統的球星卡，但卻融合影片，保留下比賽時的精彩美技，相較於一張圖片，NBA Top Shot 更能展現出動態美，使大量粉絲真藏，所有的卡片分成：Common、Rare、Legendary，發行量越少的卡片越珍貴，價格也像對越高。美國數位藝術家 Beeple 創作《Everydays: The first 5000 days》，在佳士得以天價 6930 萬美元出售；Twitter 創始人 Jack Dorsey 將首則貼文製作成 NFT，以 291.5 萬美元出售；Nike、LV、GUCCI 等大廠投入製作限量款 NFT 鞋子、精品等，以及元宇宙的新興發展帶動 The Sandbox 和 Decentraland，使 NFT 在網路上的流量劇增。根據文獻[1]，NFT 大致可以將分為 Art、Collectible、Games、Metaverse、Utility 等，數據顯示西元 2019 年中，每日平均交易量為 60,000 美元，隔年，每日平均交易量竄升至 10,000,000 美元。

數位藝術家 Beeple 的《Everydays: The first 5000 days》一舉創造 NFT 的知名度，藝術的世界無遠弗屆，不受年齡的影響，NFT 藝術拍賣市場亦是如此，創作 NFT 的門檻相對小。年僅 12 歲的 Benyamin Ahmed 透過撰寫程式的方式，推出第一個 NFT 作品——「Minecraft Yee Haa」，努力不懈的他，更於西元 2021 年推出亦二款 NFT 作品——「Weird Whales」，利用 CryptoPunk 的生成技術，創作出 3350 個鯨魚圖像，只在九個小時便售罄。NFT 市場的創作者和交易者並不僅僅侷限於成年人，兒童創作議題也再次浮出檯面熱議，兒童的創造力不在限制於紙筆間，NFT 交易平台更顯示藝術的價值。NFT 的應用極為廣泛，美國歌手琳賽·蘿涵 (Lindsay Lohan) 於西元 2021 年以 NFT 的形式發行新曲，美國搖滾樂團 Kings of Leon 也利用 NFT 的方式出售演唱會門票，NFT 的熱潮也吹進了台灣演藝圈，歌手周興哲、黃明志、吳卓源等，也首度創作 NFT 音樂作品，引起粉絲大量的關注，購買並收藏，更能展現出 NFT 音樂作品獨一無二的特殊感受，隨許多國內外明星投入 NFT 市場，也使 NFT 市場熱議不絕。

作為龍頭 NFT 交易市場的 OpenSea，西元 2017 年成立，在 NFT 生態圈中扮演重要一環，市占率遙遙領先，清晰的介面，易操作的設計，如圖一，為 OpenSea 帶來不少用戶，隨著買賣方的人數增加，NFT 成功交易的機率就越高。西元 2020 年的全年總交易量約為 8200 萬美元，但到了西元 2021 年時，全年總交易量高達 176 億元，西元 2021 年的單日最高交易量已超過西元 2020 年的全年總交易量，過去曾創下單月交易額達 50 億美金、單日交易額達 4.7 億美金的紀錄。作為最大的 NFT 交易平台，提高賣方作品的曝光率，增加媒合的機會，同時，也提供買方更多的選擇。



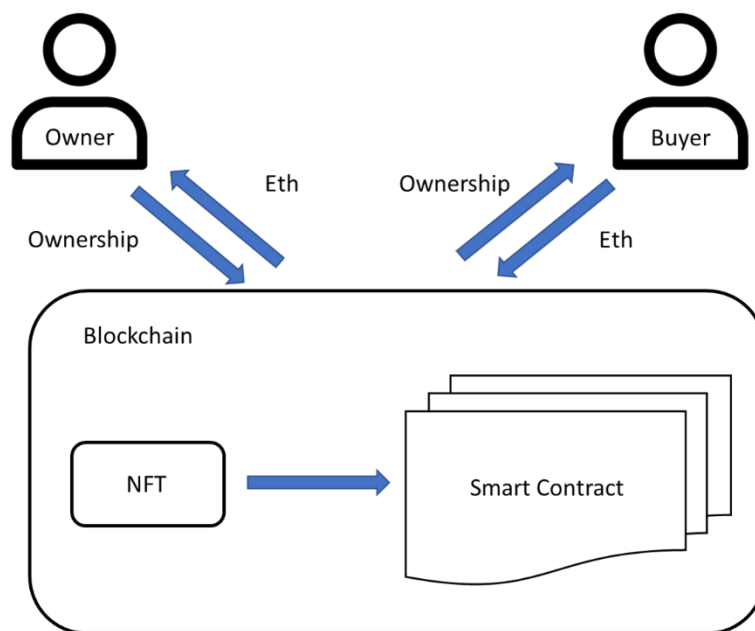
圖一：OpenSea 交易平台 [21]

參、NFT 市場運作機制與交易行為分析

3.1 NFT 市場交易流程

NFT 市場的熱絡，多虧於網際網路無國界的特性，只要一台電腦或平板，甚至是一部手機，都可以輕鬆交易 NFT。上架 NFT 至交易平台的門檻小，相對容易，即使是學生也能一手掌握。投入 NFT 市場的第一步，需要至加密貨幣交易所、虛擬錢包及 NFT 交易平台開戶。加密貨幣交易所眾多，Binance、FTX、CoinbaseExchange 等都是知名且大眾的交易所，全球皆可使用，可以交易的幣種幣種不只有比特幣、以太幣，多達上百種的幣種可以隨時隨地進行交易。加密貨幣交易所如同外匯市場般，可以透過台幣、美金換取加密貨幣，而加密貨幣的價格會隨時波動，交易後的加密貨幣將匯存至加密貨幣錢包中。目前加密貨幣錢包可以分成熱錢包及冷錢包，熱錢包是指將加密貨幣存放在網路上，MetaMask 是目前最受歡迎的錢包之一，下載後可以在瀏覽器的擴充功能上新增，使用介面優美清晰，容易使用者操作，但因為加密貨幣錢包連接網路的關係，也使加密貨幣錢包的風險較高，遭駭客入侵的機會也相對提高。相對熱錢包，冷錢包的安全性相對較高，因為冷錢包是由硬體的方式儲存加密貨幣，並不會與網路相連，所以風險相對較小，不過使用上的便利性較低。加密貨幣是 NFT 市場重要的交易媒介，所以加密貨幣錢包須連結至 NFT 交易平台上。OpenSea 是目前最大的 NFT 交易所，以 OpenSea 為例，在上架 NFT 作品時，會先收取相關費用及手續費 (Gas Free)，之後就可以在 OpenSea 上建立 Collection，並將自己創作的 NFT 新增至 Collection，而 OpenSea 上可資源的檔案格式眾多，如 jpg、gif、mp3 等等，上傳作品並填寫相關資訊後，便可以發行到區塊鏈

上了。OpenSea 上提供了許多 NFT 種類可以購買，NFT 創作者或擁有者決定價格後，並設定出售的期限，經過相關簽署資料後，便可上架等待出售。NFT 交易架構、流程，如下圖二。買方選擇想購買的 NFT 後，會觸發智能合約的啟動，將加密貨幣由賣方轉移至買方，同時轉移 NFT 的所有權，此筆交易內容會詳細的紀錄在區塊鏈上，包含：買賣方、選購的 NFT、交易金額、手續費等資訊，以及經雜湊後的 Transaction Hash，完成一次的交易。

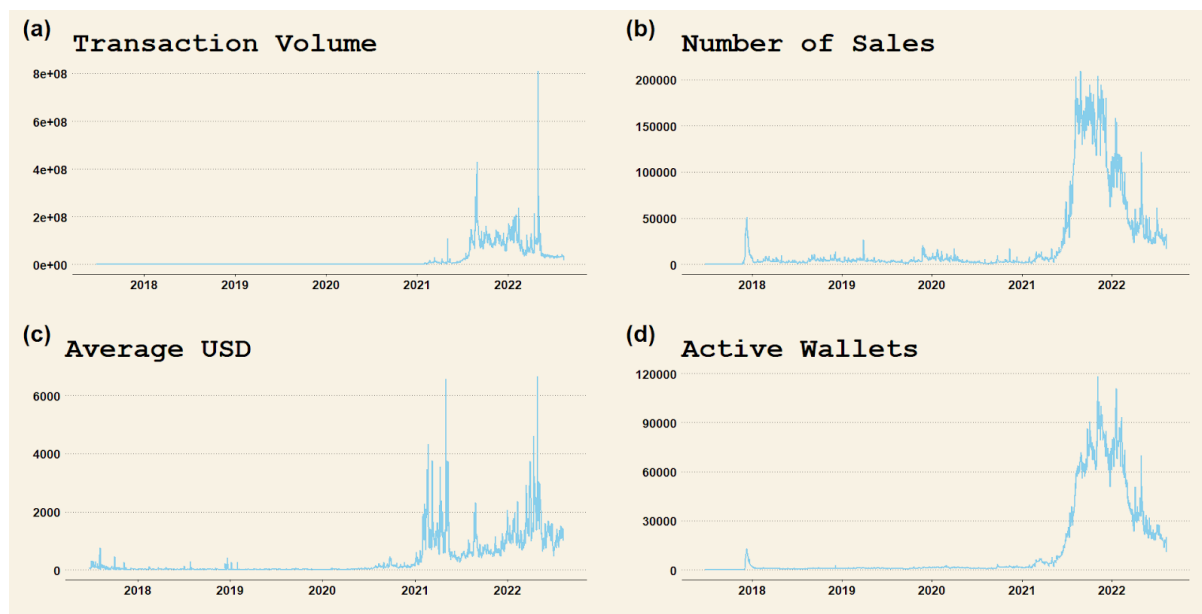


圖二：NFT 交易架構流程圖 [7]

3.2 NFT 市場交易行為模式與加密貨幣

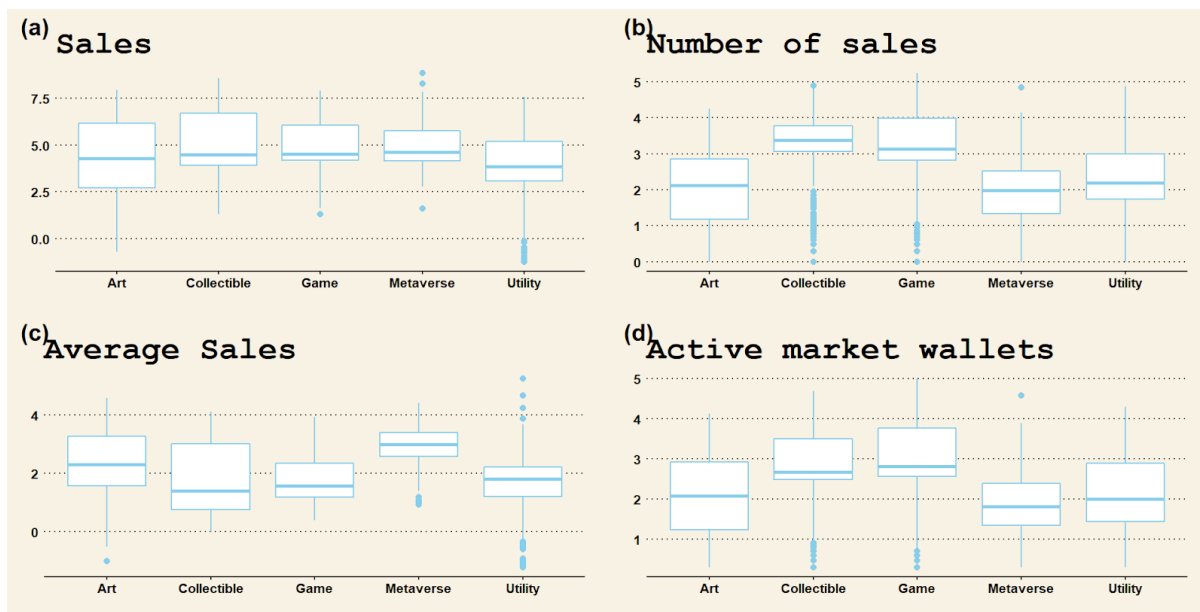
NFT 市場至今發展六年，為發展中的市場，不同於外匯市場、股票市場，NFT 市場屬於去中心化應用，並需以以太幣等加密貨幣作為交易媒介，也發展出新形態的交易模式。西元 2021 年至西元 2022 年，可說是 NFT 市場近期表現最好的時刻，如圖三 (a)，因為疫情的關係，各國政府為了刺激消費、振興經濟，紛紛提出貨幣寬鬆政策，使大量的熱錢流入市場中，再加上遠距與減少社交等措施，都為網際網路帶來了相當大的流量，使交易金額較西元 2020 年成長許多，大量交易金額的背後，往往是交易數量大幅提升所驅動，如圖三 (b)，促進市場上 NFT 的流動，使市場處於活躍狀態。在圖三 (c)，可以發現 NFT 的平均售價的高點在西元 2021 年初及西元 2022 年初，超過 6,000 美元，探討原因認為西元 2021 年初是 NFT 大爆發的時期，許多高單價的 NFT 作品在此時出售，例如：Twitter 創辦人的貼文、Beeple 的《Everydays: The first 5000 days》等；西元 2022 年初，Metaverse 創下單日最高交易金額，也使平均售價來到高點。NFT 市場至西元 2021 年後有了顯著的成長，隨著活躍的錢包數量增加，如圖三 (d)，市場中潛在的買賣方越

多。NFT 市場不論在交易金額、交易數量和活躍錢包數量都大幅提升，透過交易數量和活躍錢包數量更可以看出 NFT 市場的蓬勃發展，以及交易者在市場中的交易熱度。



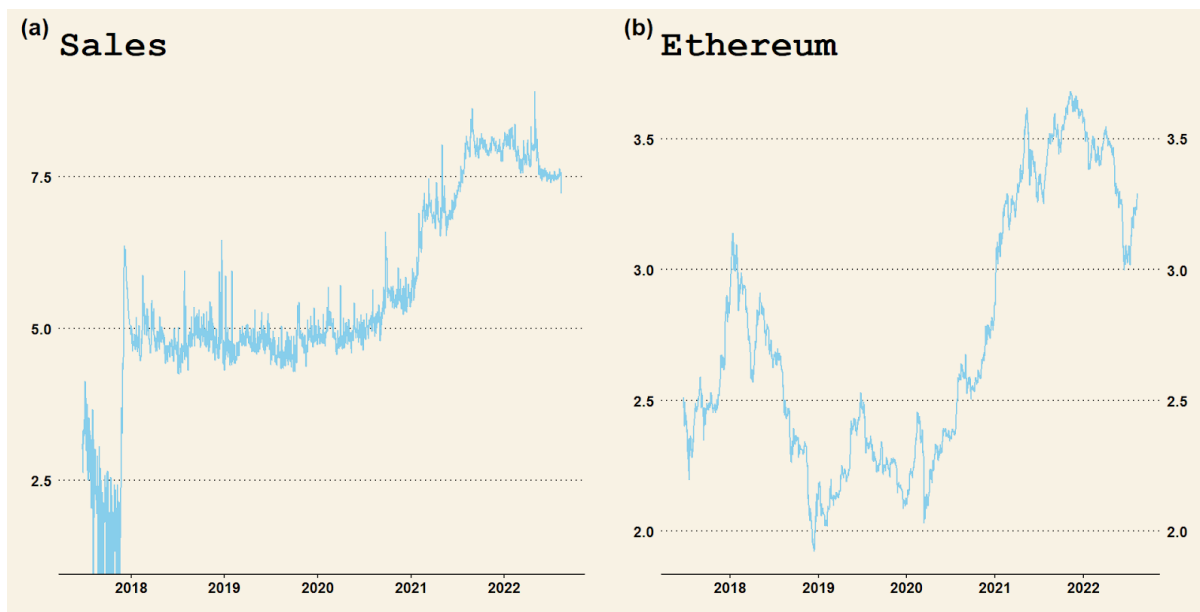
圖三：(a) 美金交易金額、(b) 交易數量、
(c) 平均美金交易金額、(d) 活躍錢包數量 [20]

為了更了解市場各類別的貢獻，將各類別 NFT 做盒鬚圖，並對美金交易金額、交易數量、平均美金交易金額、活躍錢包數量取對數，以方便觀察數據間的關係，為了避免受到極端值的影響，所以透過中位數的方式分析，並做比較。如圖四 (a)，在交易量方面可以發現 Collectible、Metaverse、Game 的中位數相近，Utility 的中位數最低、離群值最多，Art 四分位差最大，表示 Art 類別每日交易金額較分散，除了 Art 類別外，其他皆呈現第三四分位數與中位數差距大的情況，意味著 75% 的數字與 50% 的數字較分散，數值間差距較大。在圖四 (b) 交易數量中，各類別間的交易數量相差較大，Collectible 是較熱門的類別，是最多交易次數的，不過出現了較多的離群值，可能為 NFT 初期乏人問津，導致交易次數極少的情況。其次則是 Game，現在許多網路遊戲創造出虛擬世界，讓玩家可以自行開擴新天地，並結合 NFT，讓玩家可以在虛擬世界中擁有自己的物品，遊戲的熱潮使許多玩家在 NFT 市場做交易，而 Metaverse 則是最少交易次數的。圖四 (c) 中，Metaverse 的總交易金額最高，且交易數次數少，認為 Metaverse 的單價偏高，反觀 Collectible 雖然擁有較高的交易次數，但平均價格而言相對低。導致購買 Metaverse 的買家人數少，活躍的錢包數量是最後一名，而因為 Collectible 的低單價，願意購買的買家人數多，活躍的錢包數量是較多的，如圖四 (d)。



圖四：各類別 (a) 美金交易金額、(b) 交易數量、
(c) 平均美金交易金額、(d) 活躍錢包數量 [20]

NFT 市場的交易需以加密貨幣作為交易媒介，市場上多以以太幣為主要交易媒介，加密貨幣如同外匯般，時時刻刻在波動，且波動的幅度大，並非穩定的成長。作為交易媒介的以太幣，其波動是否成為影響 NFT 市場的關鍵要素之一，因此，透過 NonFungible.com [20]及 Investing.com [19]收集交易金額與以太幣走勢的數據，並同時取對數，以方便觀察。如圖五，可以發現 NFT 市場交易金額與以太幣價格走勢有極大的相似處，西元 2018 年以太幣走勢明顯的向上，處於剛發展的 NFT 在相同時間也大幅躍升，接下來以太幣雖然有向下走低，但 NFT 市場能處在原地波動，受到以太幣的影響較小，一直到西元 2020 年，以太幣開始走強，剛好 NFT 生態圈也發展到一定水準，交易金額順勢上漲，來到 NFT 市場與以太幣的歷史高點，不過在西元 2022 年，受到通膨壓力，各國紛紛升息，民間資金的減少，導致以太幣價格大跌，也間接影響 NFT 市場的交易金額。

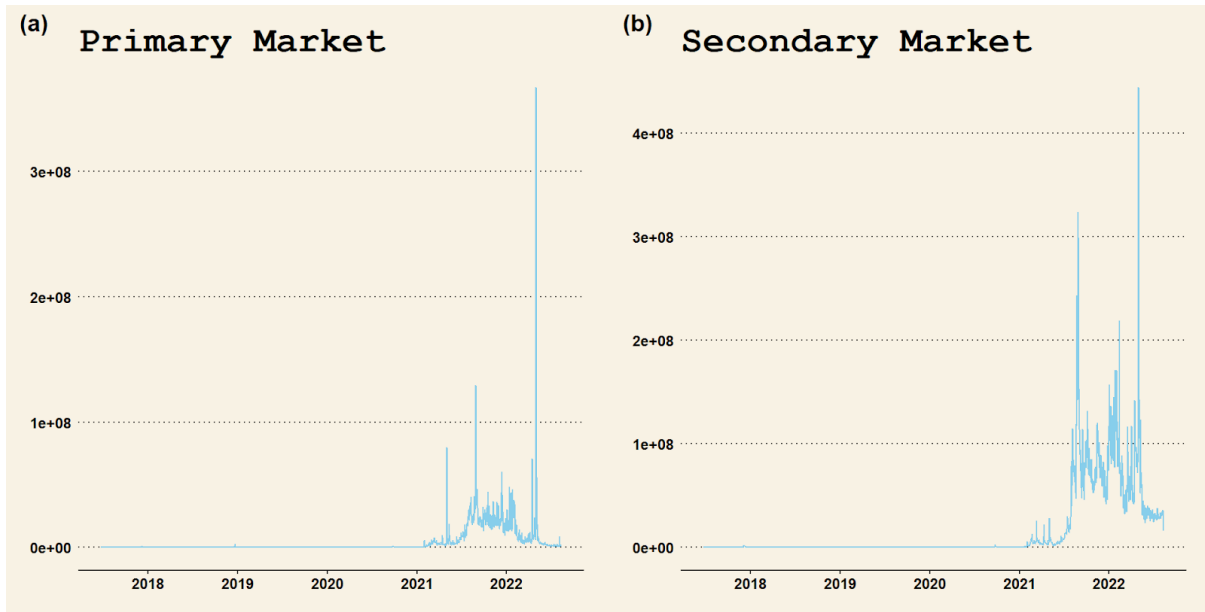


圖五：(a) 美金交易金額與 (b) 以太幣走勢 [19][20]

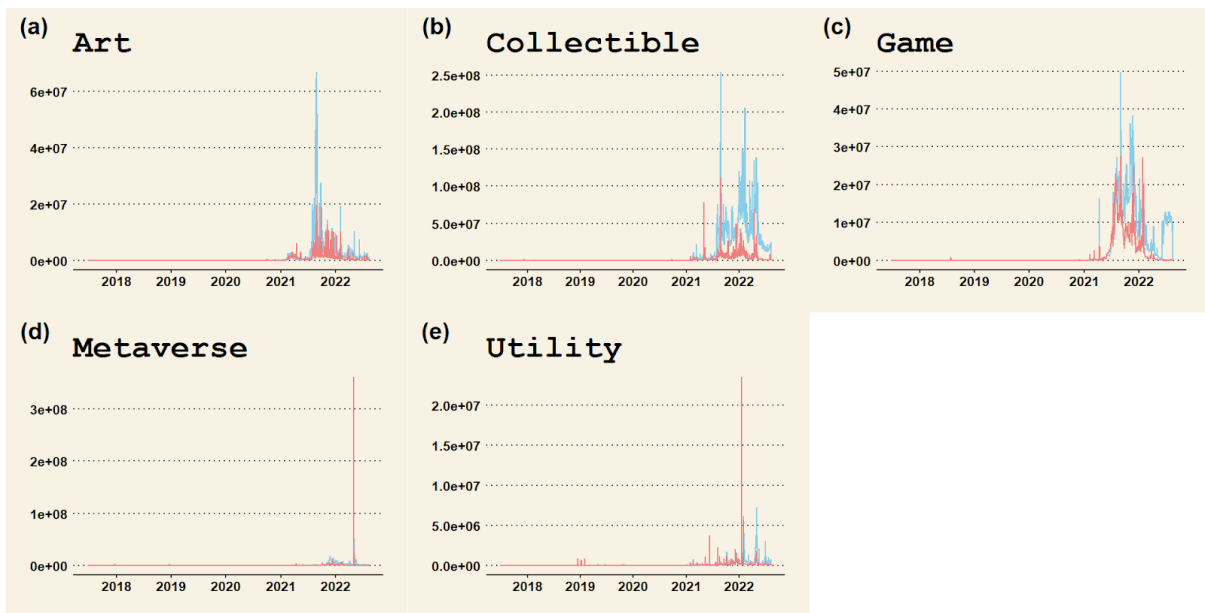
肆、運用資料科學分析 NFT 初級與次級市場運作與交易行為

4.1 NFT 初級與次級市場

NFT 交易市場中，可以分為初級市場 (Primary Market) 與次級市場 (Secondary Market)。NFT 創作後發行，第一次上架到買賣市場，此市場稱為初級市場，經過第一次交易後，再次上架到買賣市場時，則將此市場稱為次級市場，透過 NFT 初級與次級市場，可以了解市場的流動性、活躍程度。根據 NonFungible.com 的數據資料做分析 [20]，圖六中，NFT 初級與次級市場大致上有相同的浮動趨勢，資金並沒有明顯的流入初級或次級市場，到了西元 2021 年後，交易金額開始大爆發，較往年成長不度大大提升，在西元 2022 年，初級市場單日達到最大成交總金額為 367,129,299.65 美元，次級市場單日最大成交總金額竟高達 444,480,312.65 美元。將 NFT 分成 Art、Collectible、Game、Metaverse、Utility 五個類別，將各類別的初級與次級市場繪製成圖七，紅色表示初級市場交易金額，藍色表示次級市場交易金額，可以發現 NFT 市場到西元 2021 年後開始蓬勃發展，NFT 交易大幅成長。Art、Collectible、Game 皆呈現次級市場較活躍，交易金額明顯多於初級市場；Metaverse、Utility 則呈現初級市場交易金額多於次級市場的情況。Art、Collectible、Game 不論在初級或次級市場交易總量都大於 Metaverse、Utility，Collectible 擁有最多的成交金額，但創下單日最高的交易為 Metaverse 的初級市場，當日交易金額為 360,504,272.82 美元。

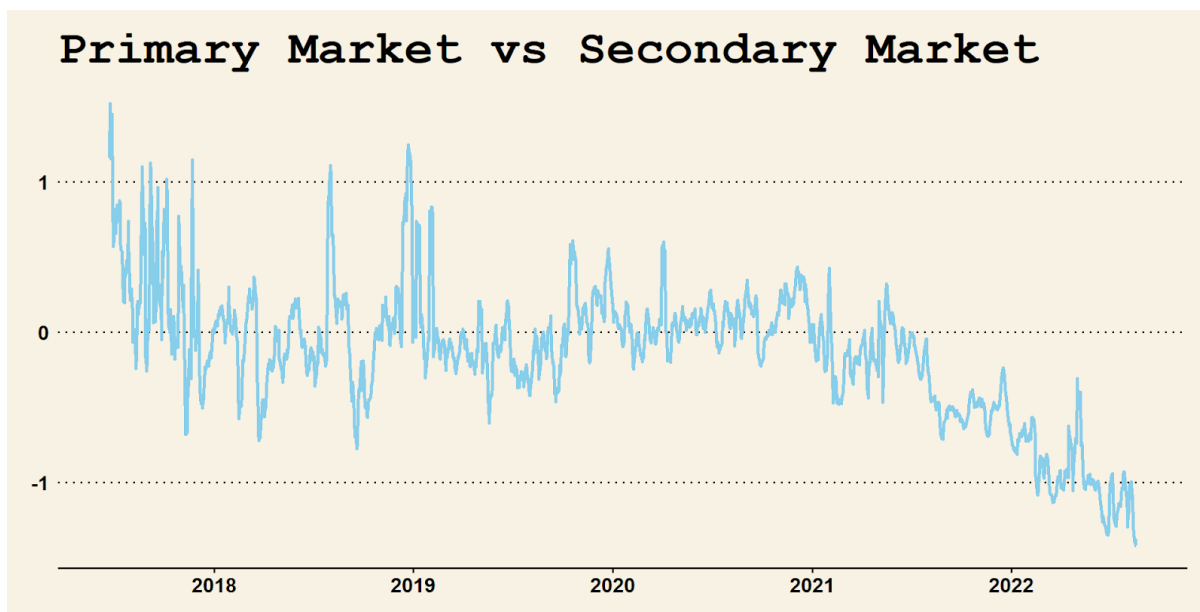


圖六：(a) 初級市場與 (b) 次級市場交易金額 [20]



圖七：初級 (紅線) 與次級 (藍線) 市場各類別走勢 [20]

為了更深入了解資金的走向，我們將初級市場交易金額除以次級市場交易金額，並取其對數，若數值大於零時，可以知道初級市場交易金額多於次級市場交易金額，初級市場買賣較活躍，流動性高；反之，次級市場交易金額多於初級市場交易金額，次級市場買賣較活躍，流動性高。根據圖八，西元 2018 年前，因為 NFT 市場正要啟動，市場新發行的 NFT 眾多，初級市場相對於次級市場更熱絡。西元 2018 年後至西元 2020 年前，市場就漸漸偏向次級市場較熱絡，只有短暫的時間資金偏向初級市場，此時 NFT 生態圈正在發展，相對不穩定，所以投入創作的藝術家少，NFT 的新作品發行少，市面上交易的 NFT 多屬於次級市場的買賣。到了西元 2020 年後至西元 2021 年前，資金流向偏向初級市場，經過三年的發展，NFT 生態圈逐漸成熟，加密錢包、交易平台的穩健，為藝術家帶來穩定的新興交易所，相對於實體藝術創作品能見度低，NFT 交易平台提供無國界、無時差的空間，NFT 創作與買賣也較往年更盛行。西元 2021 年後，因為美國數位藝術家 Beeple 《Everydays: The first 5000 days》的交易事件，使 NFT 名聲大噪，再加上加密貨幣大漲，許多人認為 NFT 具有投資價值，將 NFT 作為投資的工具，因此，NFT 交易非常頻繁，流動性也大大的提升，也使買賣方更活躍。根據統計後，在西元 2017 年至西元 2022 年，有 745 日初級市場交易金額大於次級市場；有 1,134 天次級市場交易金額大於初級市場，可以了解 NFT 次級市場投入資金龐大，NFT 單價提升，交易次數增加，買賣雙方活躍。



圖八：初級與次級市場活躍程度分析 [20]

4.2 NFT 市場交易與資安風險

NFT 屬於新興市場，雖然有區塊鏈去中心化的特質，不需經過第三方機構處理，但仍存在交易上的風險。資訊不對稱的問題容易造成買方承擔風險損失，形成檸檬市場

(The market for lemons) [2]，亦即因買方訊息不對等，導致買家用較高的金額購買較低價格的商品，易使市場惡行循環，進而使市場失靈，因此，市場上的誠信成為關鍵要素。不過去中心化的特質，也造成詐騙、不法行為的問題發生，一旦交易完成便不可逆，NFT 市場不受各國法律控管，也導致買方求助無門的結果。

NFT 驚人的交易金額，吸引不少投資人的關注，一舉投入大量資金，作為投資的工具，但 NFT 目前多數仍為藝術、收藏作品，對於藝術、收藏作品定價相對主觀，尤其 NFT 容易受到社會時事影響，若投資人偏向風險愛好的話，意味著投資人願意冒更大的風險，去獲得較高的報酬，容易形成炒作的風氣，造成價格容易劇烈的波動，交易市場容易不穩定，因此，不適合作為投資的工具，應將 NFT 市場定位為藝術、收藏品交易所。

NFT 的交易媒介是加密貨幣，但因為加密貨幣時時刻刻浮動的特性，使 NFT 容易受到加密貨幣的影響。尤其當加密貨幣價格下跌時，容易造成 NFT 市場低迷，當市場低迷時，資金的流動性會大幅降低，使 NFT 交易次數減少，可能造成初級市場 NFT 不易售出，也導致次級市場 NFT 轉手率下降，NFT 市場屬於完全的自由市場，不受政府管控，所以也不會出現國家護盤等行為出現，一切靠「看不見的手」引導市場的走向，獨自發展市場機制，以穩定市場供給、需求、價格、數量等要素。

近年受到疫情影響關係，各國經濟因疫情受到牽連，失業率上升，民生蕭條，促使政府貨幣寬鬆政策，使熱錢流入市場，刺激民間消費，也使大量資金湧入 NFT，成為 NFT 市場崛起的關鍵。雖然大量的熱錢可以刺激消費、振興經濟，不過也面臨國家通貨膨脹嚴重的窘境，美國政府提出相關貨幣政策，多次的升息，以緊縮市場貨幣，減少市面上金錢的流動，其他各國也相繼施行貨幣緊縮政策，以確保匯率的穩定平衡。隨著各國市面上的貨幣減少，不再有多餘的資金投入市場，進一步影響 NFT 市場的交易量，也造成 NFT 交易量在西元 2022 年時急遽下滑，陷入市場低迷。

此外，加密貨幣與相關 NFT 的詐騙案例也隨著 NFT 的交易量上升而增加。其中包含錢包與 NFT 所有權的金鑰管理、交易平台的開發與營運等項目，都存在著資安風險。儘管 NFT 與加密貨幣等技術為非中心化，然相關交易平台與伺服器往往都還是中心化的架構，一旦遭到駭客攻擊或脅持，則可能導致重大的金融損失，如何在區塊鏈技術及 Web3 架構下維持良好使用者服務品質與資訊安全，都是 NFT 或相關區塊鏈應用是否能持續蓬勃發展需克服的重要議題。

伍、結論

NFT 市場是第一個在網際網路上交易虛擬資產的市場，也象徵著將「擁有」的概念帶入虛擬世界中，可說是開發元宇宙的重要角色之一，因此，了解 NFT 市場背後區塊鏈與智能合約技術的應用，透過數據分析市場是重要的過程。NFT 市場的名聲大噪，確實

吸引不少人的目光，不過 NFT 市場仍屬於開發中的市場，目前眾人視 NFT 市場為投資交易市場，而非藝術品、收藏品的交易所，造成 NFT 容易受時事影響，波動不斷，並非穩定的市場，不過即使如此，NFT 市場未來的發展趨勢仍備受矚目，這也是讓 Web2 跨越到 Web3 的動力之一。

NFT 市場買賣方的活躍程度、資金的流動性、去中心化的安全機制等，都是市場能否穩固的關鍵，近年來 NFT 市場越來越活絡，活躍的錢包數量較往年成長不少，技術的進步也不斷強化交易的安全性，公開透明，達到市場自由。初級市場、次級市場穩健的成長，能確保 NFT 的轉手率及市場機制，同時也讓買賣雙方了解 NFT 市場各類別的發展趨勢。隨著 NFT 生態圈的進步，開啟藝術、收藏品新的交易場合，不同於實體的交易，網際網路已成為未來趨勢，無國界、無時差的空間，減少了交易的限制，更符合現代人的生活模式，是未來的發展重點。

[誌謝]

本研究由國家科學及技術委員會支持，計畫編號為 111-2813-C-194-031-H 及 111-2222-E-194-003。

參考文獻

- [1] L.M. Aiello, L. Alessandretti, A. Baronchelli, F. Di Giacinto, M. Martino and M. Nadini, "Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features." *Scientific reports* 11.1 (2021): 1-11.
- [2] G.A. Akerlof, "The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism." *Uncertainty in economics*. Academic Press, 1978. 235-251.
- [3] K. Andersson, A. A. Monrat and O. Schelén, "A survey of blockchain from the perspectives of applications, challenges, and opportunities." *IEEE Access* 7 (2019): 117134-117151.
- [4] L. Ante, "Non-fungible token (NFT) markets on the Ethereum blockchain: Temporal development, cointegration and interrelations." *Available at SSRN 3904683* (2021).
- [5] G. Azzopardi, D. Chirtoaca and J. Ellul, "A framework for creating deployable smart contracts for non-fungible tokens on the Ethereum blockchain." *2020 IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)*. IEEE, 2020.
- [6] X. Chen, H. Dai, H. Wang, S. Xie and Z. Zheng, "An overview of blockchain technology:

- Architecture, consensus, and future trends." *2017 IEEE international congress on big data (BigData congress)*. Ieee, 2017.
- [7] S. Chen, R. Li and Q. Wang, "Non-fungible token (NFT): Overview, evaluation, opportunities and challenges." *arXiv preprint arXiv:2105.07447* (2021).
- [8] I. Chengalur-Smith and P. Duchessi, "Client/server benefits, problems, best practices." *Communications of the ACM* 41.5 (1998): 87-94.
- [9] U.W. Chohan, "The double spending problem and cryptocurrencies." *Available at SSRN 3090174* (2021).
- [10] J.T. Harviainen, A. Serada and T. Sihvonen, "CryptoKitties and the new ludic economy: How blockchain introduces value, ownership, and scarcity in digital gaming." *Games and Culture* 16.4 (2021): 457-480.
- [11] T. Hoßfeld, K. Leibnitz, M. Murata and N. Wakamiya, "Peer-to-peer vs. client/server: Reliability and efficiency of a content distribution service." *International Teletraffic Congress*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.
- [12] M. Jakobsson and A. Juels, "Proofs of work and bread pudding protocols." *Secure information networks*. Springer, Boston, MA, 1999. 258-272.
- [13] D. Jena, B.K. Mohanta and S.S. Panda, "An overview of smart contract and use cases in blockchain technology." *2018 9th international conference on computing, communication and networking technologies (ICCCNT)*. IEEE, 2018.
- [14] D.R. Kong and T.C. Lin, "Alternative investments in the Fintech era: The risk and return of Non-Fungible Token (NFT)." *Available at SSRN 3914085* (2021).
- [15] L. Lamport, M. Pease and R. Shostak, "The Byzantine generals problem." *Concurrency: the works of leslie lamport*. 2019. 203-226.
- [16] D. Mingxiao, C. Qijun, W. Xiangwei, M. Xiaofeng and Z. Zhe, "A review on consensus algorithm of blockchain." *2017 IEEE international conference on systems, man, and cybernetics (SMC)*. IEEE, 2017.
- [17] S. Nakamoto, "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system." *Decentralized Business Review* (2008): 21260.
- [18] H.S. Oluwatosin, "Client-server model." *IOSR Journal of Computer Engineering* 16.1 (2014): 67-71.
- [19] <https://hk.investing.com/crypto/ethereum/historical-data>
- [20] <https://nonfungible.com/>
- [21] <https://opensea.io/>
- [22] The Chainalysis 2021 NFT Market Report: <https://hkifoa.com/wp-content/uploads/2021/12/Chainalysis-NFT-Market-Report.pdf>