

LUISS



Dipartimento
Di Impresa e Management

Cattedra di Finanza Aziendale

Opportunità di diversificazione
attraverso criptovalute:
un'analisi empirica

Prof. Gianluca Mattarocci

RELATORE

Alessandro Cuzzocrea
MATRICOLA 233781

CANDIDATO

Anno Accademico 2020/2021

Dedico questo mio lavoro
a tutta la mia famiglia,
a nonno Mario ed a nonno Luigi,
che mi guardano dall'alto.

INDICE

INTRODUZIONE	4
CAPITOLO 1	7
IL MODELLO DI MARKOWITZ	7
1.1 - Introduzione	7
1.2 – Teoria di Portafoglio	7
1.3 – La diversificazione	15
1.4 – La Frontiera efficiente	17
1.5 – Conclusioni	22
CAPITOLO 2	23
IL MERCATO DELLE CRIPTOVALUTE	23
2.1 – Introduzione.....	23
2.2 – Le criptovalute	24
2.2.1 – Descrizione.....	24
2.2.2 – Tecnologia e Funzionamento.....	25
2.3 – Il mercato delle criptovalute.....	29
2.3.1 – Descrizione e caratteristiche.....	29
2.3.2 – Negoziazione	32
2.4 – Rassegna delle criptovalute selezionate	33
2.4.1 – Ethereum	34
2.4.2 – Cardano	36
2.4.3 – Dogecoin.....	38
2.4.4 – Aave.....	40
2.5 – Conclusioni	42
CAPITOLO 3	43
ANALISI EMPIRICA	43
3.1 – Introduzione.....	43
3.2 – Campione.....	43
3.3 – Metodologia	45
3.4 – Risultati	47
3.5 - Conclusioni.....	50
CONCLUSIONI	52
BIBLIOGRAFIA	55

INTRODUZIONE

Investire in un portafoglio di asset finanziari è un'attività rischiosa a causa della variabilità e dell'imprevedibilità dei mercati e dei suoi operatori. L'incertezza aumenta notevolmente nel momento in cui l'oggetto di investimento non sono le azioni normalmente negoziate sui mercati tradizionali, bensì le criptovalute. Queste moderne valute oramai richiamano l'attenzione di tutti da qualche anno. Grazie ai loro peculiari funzionamenti e ai loro rivoluzionari obiettivi, le criptovalute si sono guadagnate l'interesse di tutto il mondo.

Dalla nascita della prima criptomoneta, Bitcoin nel 2009, ne sono state create fino ad oggi quasi 5500, con molteplici finalità differenti, sebbene l'intento centrale di Bitcoin, punto cardine del settore, sia l'emissione di moneta e la decentralizzazione del controllo. Gli obiettivi sono molteplici, così come le tecnologie su cui vertono queste valute. Alcune mirano alla sicurezza delle transazioni e alla massimizzazione della privacy; alcune hanno la funzione di token-premio di applicazioni specifiche create su determinate blockchain, tecnologia alla base delle criptomonete; altre hanno come scopo di sostituire la valuta fiat garantendo stabilità.

Dato il crescente interesse per queste criptovalute, vi sono state numerose ricerche da parte di economisti importanti su questi nuovi argomenti (Adhami et al., 2018, Böhme et al., 2015, Ferretti & D'Angelo, 2019, Halaburda & Sarvary, 2016, Hassani et al., 2019), i quali hanno constatato che le criptovalute non solo possono essere un'alternativa alle monete consuete, ma possono esserlo anche nei confronti dei tipici asset finanziari. È questo il motivo per cui queste valute sono diventate un oggetto di investimento molto desiderato, garantendo un rendimenti molto elevati.

Allo stesso tempo, se la variabilità dei classici asset finanziari è alta, per le criptomonete la variabilità raggiunge livelli esorbitanti. Il motivo è dato dall'instabilità di questo settore, il quale non ha ancora trovato un suo assetto. Tuttavia, continuano a nascere nuove monete ogni giorno: tra queste alcune a causa della forte speculazione, la quale è dovuta alla possibilità di muovere il mercato con piccoli capitali, non hanno lunga vita, altre, invece, sono truffe realizzate dagli sviluppatori.

Come evidenziato dagli studiosi del settore (Canh et al., 2019, Katsiampa et al., 2019, Koutmos, 2018, Yi et al., 2018), questo mercato si espone particolarmente alla volatilità ed al rischio sistematico, due fattori che si propagano dalle criptovalute inferiori a quelle più importanti.

La strategia di diversificazione allora è lo strumento fondamentale per un portafoglio composto da sole criptovalute, con lo scopo di proteggersi dai rischi specifici degli asset, i quali sono considerevolmente maggiori rispetto a quelli delle azioni societarie.

Quindi è proprio nella strategia di diversificazione e nella teoria di portafoglio di Markowitz che si basa questo studio, che prosegue selezionando quattro diverse criptomonete, le quali verranno inserite in un portafoglio che verrà analizzato con il metodo di diversificazione, con lo scopo di esaminare il ruolo dei token scelti all'interno del portafoglio.

Il primo capitolo, più teorico, servirà ad esaminare il modello di Markowitz attraverso la teoria di portafoglio, pioniera delle più moderne teorie di portafoglio, dimostrando la sua efficacia attraverso le sue formule, e la strategia di diversificazione, utilizzata nell'analisi empirica della tesi.

Il secondo capitolo tratterà in grande linee il mondo delle criptovalute, evidenziando i motivi che hanno portato alla loro creazione e le tecnologie alla base del loro funzionamento. In seguito, verranno affrontate nel dettaglio le finalità, la storia, le caratteristiche e le peculiarità delle quattro criptovalute selezionate.

Il terzo ed ultimo capitolo è dedicato all'analisi empirica delle criptomonete selezionate e alla messa in atto della strategia di diversificazione di Markowitz. L'analisi si divide in due parti: inizialmente verrà considerato il campione utilizzato, successivamente verrà approfondita la metodologia impiegata per la strategia, infine si potrà studiare e verificare attraverso i risultati della strategia i ruoli delle varie criptovalute all'interno del portafoglio e l'efficienza della diversificazione.

CAPITOLO 1

IL MODELLO DI MARKOWITZ

1.1 - Introduzione

I mercati finanziari sono accessibili a chiunque ma soltanto chi vi opera con competenze e capacità riesce a sfruttarne i benefici e conseguire dei profitti in maniera costante.

Una persona, o un'istituzione, può detenere più asset contemporaneamente, andando a formare un cosiddetto portafoglio di attività finanziarie, e in letteratura sono state presentate diverse teorie di portafoglio che hanno l'intento di fornire linee guida per amministrare nel modo migliore le attività finanziarie.

I nuovi sviluppi sulla teoria del portafoglio hanno reso disponibile un gran numero di tecniche e strumenti per gli investitori di tutto il mondo. Tutte le tecniche e gli strumenti fanno previsioni ex-ante su variabili come rischio, rendimento, varianza e covarianza, utilizzando dati ex-post (Agarwal 2017).

Lo scopo di questo capitolo è quello di approfondire il Modello di Markowitz e la Teoria di Portafoglio. Innanzitutto, si partirà dall'illustrazione generale del Modello di Markowitz e successivamente si presenterà la Teoria di Portafoglio, evidenziandone i principi base.

In questo capitolo si illustreranno alcune formule, utili per chiarire al meglio i concetti alla base della costruzione di portafoglio.

1.2 – Teoria di Portafoglio

Nei primi anni '50 l'economista statunitense Harry Markowitz elabora una moderna teoria economica indirizzata agli investitori più avversi al rischio.

La teoria viene introdotta per la prima volta nel 1952 e successivamente, Harry Markowitz, insieme all'economista Gorge Dantzig, hanno proposto un modello teorico sul tema della "Portfolio selection". L'obiettivo dell'economista statunitense era quello di apprendere tutte le tecniche di ottimizzazione del guadagno grazie ad un asset allocation ideale per marginalizzare il rischio.

Il principio di base che governa la teoria di Markowitz è che al fine di costruire un portafoglio efficiente occorre individuare una combinazione di titoli tale da minimizzare il rischio e massimizzare il rendimento complessivo compensando gli andamenti asincroni dei singoli titoli. Per far sì che ciò accada, i titoli che compongono il portafoglio dovranno essere non correlati o, meglio, non perfettamente correlati.

L'autore parte dall'assunto che gli investitori possono selezionare i portafogli in base a rendimento medio e varianza dei rendimenti ipotizzando la normalità della distribuzione dei rendimenti delle azioni.

La distribuzione normale è infatti al centro della teoria e della pratica degli investimenti. La sua forma simmetrica a campana è completamente definita dai valori della media (rendimento) e dello scarto quadratico medio e nessun'altra misura è necessaria (Bodie, Kane & Marcus, 2019).

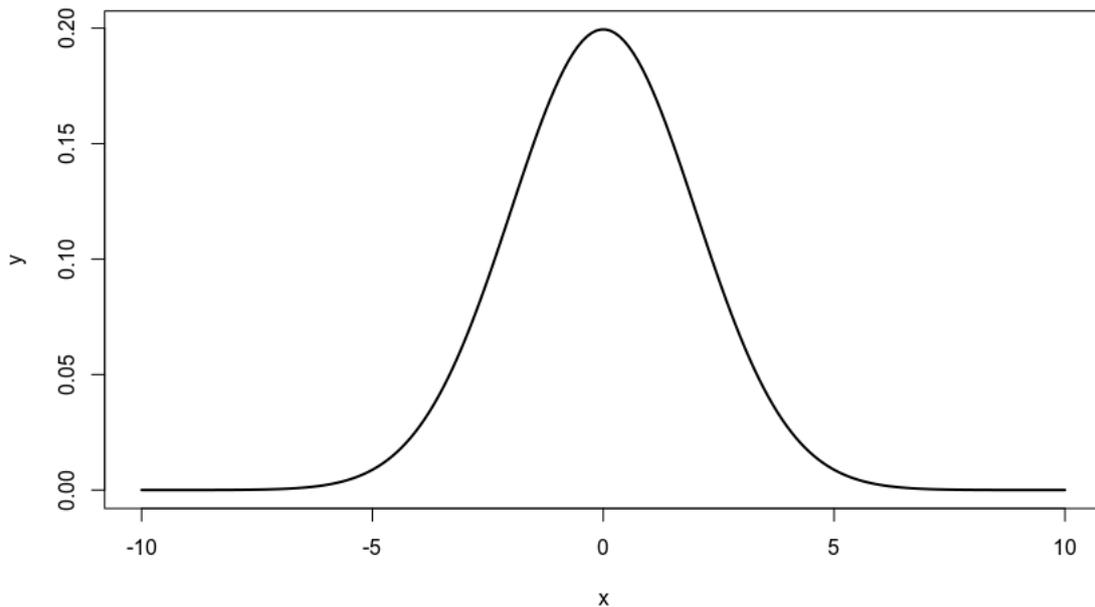


Figura 1 Distribuzione normale. Fonte: gironi.it

Il rendimento atteso di un portafoglio di assets in un determinato periodo di tempo è semplice da calcolare, utilizzando la formula:

$$R_p = w_1R_1 + w_2R_2 + \dots + w_GR_G \quad (1)$$

Dove

R_p = tasso di rendimento del portafoglio nel periodo

R_g = tasso di rendimento degli asset g nel periodo

w_g = peso degli asset g nel portafoglio (vale a dire, valore di mercato degli asset g in proporzione al valore di mercato del portafoglio totale) all'inizio del periodo

G = numero di assets nel portafoglio

Nella notazione stenografica, l'equazione (1) può essere espressa come segue:

$$R_p = \sum_{g=1}^G w_g R_g \quad (2)$$

L'equazione (2) afferma che il rendimento di un portafoglio (R_p) di assets G è pari alla somma del peso di tutte le singole attività nel portafoglio rispetto al rispettivo rendimento. Il rendimento del portafoglio R_p è talvolta chiamato rendimento del periodo di detenzione o rendimento ex post.

Nella gestione del portafoglio, l'investitore vuole anche conoscere il rendimento atteso (o previsto) da un portafoglio di attività rischiose. Il rendimento atteso del portafoglio è la media ponderata del rendimento atteso di ciascun asset nel portafoglio. Il peso assegnato al rendimento atteso di ciascuna attività è la percentuale del valore di mercato dell'attività al valore di mercato totale del portafoglio. Cioè:

$$E(R_p) = w_1 E(R_1) + w_2 E(R_2) + \dots + w_G E(R_G) \quad (3)$$

La $E()$ indica le aspettative e $E(R_p)$ è talvolta chiamato rendimento ex ante, o il rendimento del portafoglio previsto per un periodo di tempo specifico. Il rendimento atteso, $E(R_i)$, su un'attività rischiosa i è calcolato come segue.

In primo luogo, è necessario specificare una distribuzione di probabilità per i possibili tassi di rendimento che possono essere realizzati. Una distribuzione di probabilità è una funzione che assegna una probabilità di occorrenza a tutti i possibili risultati per una variabile casuale. Data la distribuzione di probabilità, il valore atteso di una variabile casuale è semplicemente la media ponderata dei possibili risultati, dove il peso è la probabilità associata ai possibili risultati.

Nel nostro caso, la variabile casuale è il rendimento incerto dell'attività i . Dopo aver specificato una distribuzione di probabilità per i possibili tassi di rendimento, il valore atteso del tasso di rendimento dell'attività i è la media ponderata dei possibili risultati. Infine, anziché utilizzare il termine "valore previsto del rendimento di un asset", usiamo semplicemente il termine "rendimento previsto" (Markowitz, 2011). Matematicamente, il rendimento atteso dell'attività i è espresso come

$$E(R_i) = p_1R_1 + p_2R_2 + \dots + p_NR_N \quad (4)$$

dove,

R_n = l'ennesimo tasso possibile di rendimento per l'attività i

p_n = la probabilità di raggiungere il tasso di rendimento R_n per l'attività i

N = il numero di possibili risultati per il tasso di rendimento

Una volta calcolato il rendimento atteso, si può procedere con il calcolo della varianza. Markowitz utilizza questa misura statistica per descrivere il rischio di un portafoglio (Rebonato & Denev, 2014).

Statisticamente, la varianza è un indice di variabilità che misura la dispersione dei valori intorno alla media. In altre parole, indica quale è la concentrazione dei dati intorno alla media (Monti, 2008).

A livello finanziario, invece, hanno utilizzato una varietà di definizioni per descrivere il rischio. Markowitz ha quantificato il concetto di rischio utilizzando le ben note misure statistiche; la deviazione standard e la varianza. Il primo è il concetto intuitivo. La maggior parte di ogni distribuzione di probabilità è compresa tra la sua media e più o meno due deviazioni standard. La varianza è una deviazione standard al quadrato. I calcoli sono più semplici in termini di varianza. Pertanto, è conveniente calcolare la varianza di un

portfolio e quindi prendere la sua radice quadrata per ottenere la deviazione standard (Markowitz, 1952).

La varianza di una variabile casuale è una misura della dispersione o variabilità dei possibili risultati intorno al rendimento atteso. L'equazione per la varianza del rendimento atteso per l'asset i , indicato $\text{var}(R_i)$, è

$$\text{var}(R_i) = p_1[r_1 - E(R_i)]^2 + p_2[r_2 - E(R_1)]^2 + \dots + p_N[r_N - E(R_i)]^2 \quad (5)$$

oppure

$$\text{var}(R_i) = \sum_{i=1}^N p_n[r_n - E(R_i)]^2 \quad (6)$$

La varianza associata a una distribuzione dei rendimenti misura la ristrettezza con cui la distribuzione è raggruppata intorno al rendimento medio o previsto. Markowitz ha sostenuto che questa ristrettezza o varianza è equivalente all'incertezza o alla rischiosità dell'investimento. Se un asset è senza rischi, ha una dispersione di rendimento prevista pari a zero. In altre parole, il reso (che è anche il rendimento previsto in questo caso) è certo o garantito. Poiché la varianza è di dimensioni al quadrato, come sappiamo da prima in questa sezione, è comune vedere la varianza convertita nella deviazione standard prendendo la radice quadrata positiva:

$$SD(R_i) = \sqrt{\text{var}(R_i)} \quad (7)$$

La varianza e la deviazione standard sono concettualmente equivalenti; cioè, maggiore è la varianza o la deviazione standard, maggiore è il rischio di investimento.

L'equazione (6) fornisce la varianza per il rendimento di un singolo asset. La varianza di un portafoglio costituito da due attività è un po' più difficile da calcolare. Dipende non solo dalla varianza delle due attività, ma anche da quanto strettamente i rendimenti di un asset tengono traccia di quelli dell'altro asset. La formula è:

$$var(R_p) = w_i^2 var(R_i) + w_j^2 var(R_j) + 2w_i w_j cov(R_i, R_j) \quad (8)$$

dove:

$cov(R_i, R_j)$ = covarianza tra il rendimento delle attività i e j

In parole, l'equazione (8) afferma che la varianza del rendimento del portafoglio è la somma degli scostamenti ponderati al quadrato delle due attività più due volte la covarianza ponderata tra le due attività.

La covarianza ha una precisa traduzione matematica. Il suo significato pratico è il grado in cui i rendimenti di due attività che variano in correlazione o cambiano insieme. La covarianza non è espressa in una particolare unità, ad esempio dollari o percentuale. Una covarianza positiva significa che i rendimenti di due asset tendono a muoversi o a cambiare nella stessa direzione, mentre una covarianza negativa significa che i rendimenti tendono a muoversi in direzioni opposte. La covarianza tra due risorse qualsiasi i e j viene calcolata utilizzando la formula seguente:

$$\begin{aligned} cov(R_i, R_j) = & p_1[r_{i1} - E(R_i)][r_{j1} - E(R_j)] + p_2[r_{i2} - E(R_i)][r_{j2} - E(R_j)] \\ & + \dots + p_N[r_{iN} - E(R_i)][r_{jN} - E(R_j)] \end{aligned} \quad (9)$$

dove

r_{in} = l'ennesimo *tasso* di rendimento possibile per l'attività *i*

r_{jn} = l'ennesimo *tasso di* rendimento possibile per l'attività *j*

p_n = la probabilità di raggiungere il tasso di rendimento dei beni *i* e *j*

N = il numero di possibili risultati per il tasso di rendimento

La correlazione è correlata alla covarianza tra i rendimenti previsti per due attività. In particolare, la correlazione tra i rendimenti delle attività *i* e *j* è definita come la covarianza delle due attività divisa per il prodotto delle loro deviazioni standard:

$$cor(R_i, R_j) = cov(R_i, R_j) / [SD(R_i)SD(R_j)] \quad (10)$$

La divisione della covarianza tra i rendimenti di due attività per il prodotto delle deviazioni standard comporta la correlazione tra i rendimenti delle due attività. Poiché la correlazione è un numero standardizzato (cioè, nit è stato corretto per le differenze nella deviazione standard dei rendimenti), la correlazione è comparabile tra le diverse attività.

Il coefficiente di correlazione può avere valori che vanno da +1,0, denotando un perfetto movimento correlato nella stessa direzione, a -1,0 che denota lo stesso movimento però u nella direzione opposta. Si noti inoltre che poiché le deviazioni standard sono sempre positive, la correlazione può essere negativa solo se la covarianza è un numero negativo. Una correlazione pari a zero implica che i rendimenti non siano correlati.

Questo spiega perché Markowitz suggerisca di evitare portafogli le cui attività sono altamente correlate tra loro e consigli di selezionare asset che presentano andamenti non concordi (Markowitz, 1959).

Finora abbiamo definito il rischio di un portafoglio costituito da due attività. L'estensione a tre attività i e k è la seguente:

$$\begin{aligned} var(R_p) = & w_i^2 var(R_i) + w_j^2 var(R_j) + w_k^2 var(R_k) + 2w_i w_j cov(R_i, R_j) \\ & + 2w_i w_k cov(R_i, R_k) + 2w_j w_k cov(R_j, R_k) \end{aligned} \quad (11)$$

In parole, (11) afferma che la varianza del rendimento del portafoglio è la somma degli scostamenti ponderate al quadrato delle singole attività più due volte la somma delle covarianze per le coppie ponderate delle attività. In generale, per un portafoglio con attività G , la varianza del portafoglio è data da,

$$var(R_p) = \sum_{g=1}^G w_g^2 var(R_g) + \sum_{\substack{g=1 \\ \text{and } h \neq g}}^G \sum_{h=1}^G w_g w_h cov(R_g, R_h) \quad (12)$$

1.3 – La diversificazione

Le opportunità di diversificazione rappresentano il motivo principale per la creazione di un portafoglio (Steinbacher, 2016).

Prima dello sviluppo della teoria del portafoglio, gli investitori parlavano spesso di diversificazione ma non possedevano gli strumenti analitici con cui rispondere alle domande al fine di costruire un portafoglio diversificato.

Leavens ha illustrato i benefici della diversificazione con l'ipotesi che i rischi sono indipendenti e aggiunge che l'ipotesi che ogni sicurezza sia esercitata da cause indipendenti è importante, anche se può sempre essere pienamente

soddisfatta nella pratica. La diversificazione tra le imprese di un settore non può proteggere da fattori sfavorevoli che possono interessare l'intero settore; a tal fine è necessaria un'ulteriore diversificazione tra le industrie. Né la diversificazione tra le industrie può proteggere da fattori ciclici che possono deprimere tutti i settori contemporaneamente (Leavens, 1945).

Un contributo importante della teoria della selezione del portafoglio è che utilizzando i concetti discussi sopra, è possibile una misura quantitativa della diversificazione di un portafoglio, ed è questa misura che può essere utilizzata per ottenere i massimi benefici di diversificazione.

In generale, il concetto di diversificazione è semplice: il livello della variabilità dei rendimenti diminuisce all'aumentare del numero dei titoli posseduti (Alexeev, Dungey & Yao, 2016)

La strategia di diversificazione di Markowitz si occupa principalmente del grado di covarianza tra i rendimenti degli asset in un portafoglio. In effetti, un contributo fondamentale della diversificazione di Markowitz è la formulazione del rischio di un asset in termini di portafoglio di attività, piuttosto che in isolamento. La diversificazione di Markowitz cerca di combinare gli asset in un portafoglio con rendimenti che sono meno che perfettamente correlati positivamente, nel tentativo di ridurre il rischio di portafoglio (varianza) senza sacrificare il rendimento. È la preoccupazione di mantenere il rendimento riducendo al contempo il rischio attraverso un'analisi della covarianza tra i rendimenti degli attivi, che separa la diversificazione di Markowitz da un approccio ingenuo alla diversificazione e la rende più efficace.

Il principio della diversificazione di Markowitz afferma che, man mano che diminuisce la correlazione (covarianza) tra i rendimenti degli asset combinati in un portafoglio, diminuisce anche la varianza (da cui la deviazione standard) del rendimento del portafoglio.

La buona notizia è che gli investitori possono mantenere il rendimento atteso del portafoglio e un rischio di portafoglio inferiore combinando asset con

correlazioni più basse (e preferibilmente negative). Tuttavia, la cattiva notizia è che pochissime attività hanno correlazioni da piccole a negative con altri asset. Il problema, quindi, diventa quello di cercare tra un gran numero di asset nel tentativo di scoprire il portafoglio con il rischio minimo a un determinato livello di rendimento atteso a un determinato livello di rischio.

1.4 – La Frontiera efficiente

Harry Markowitz descrive il traguardo a cui deve ambire l'attività di portfolio construction in termini di identificazione del set dei portafogli mean-variance efficient. Come tali, si intendono i portafogli che espongono al minor livello possibile di deviazione standard per ciascun livello di rendimento atteso conseguibile o, equivalentemente, i portafogli che massimizzano il rendimento atteso per ciascun livello di rischio. I portafogli corrispondenti a questa descrizione, rappresentati in un piano di coordinate rischio – rendimento, identificano la cosiddetta frontiera efficiente (o Markowitz's efficient frontier) (Braga, 2013).

Harry Markowitz sviluppa un metodo che consente l'identificazione di una frontiera efficiente, il sottoinsieme di portafogli di investimento che massimizzano il rendimento e riducono al minimo il rischio. Questa frontiera costituisce la composizione ideale dei portafogli su queste due dimensioni. Gli investitori che si trovano all'interno di questo orizzonte hanno il potenziale per aumentare il rendimento senza aumentare il rischio, poiché tollerano un rischio inaccettabile dati i rendimenti realizzati dai loro portafogli di entrate attuali (Markowitz, 1952).

Un altro modo per identificare la frontiera efficiente è “l'efficiente insieme di portafogli” perché graficamente tutti i portafogli efficienti si trovano al limite dell'insieme di portafogli fattibili che hanno il massimo rendimento per un

determinato livello di rischio. Non è possibile ottenere alcuna combinazione rischio-rendimento al di sopra della frontiera efficiente, mentre le combinazioni rischio-rendimento dei portafogli che costituiscono la frontiera efficiente dominano quelle che si trovano al di sotto della frontiera efficiente (Fabozzi, 2011).

Poiché tutti i portafogli sulla frontiera efficiente offrono il massimo rendimento possibile al loro livello di rischio, un investitore o un'entità desidera detenere uno dei portafogli sulla frontiera efficiente. Si noti che i portafogli sulla frontiera efficiente rappresentano i trade-off in termini di rischio e rendimento. Spostando la forma da sinistra a destra sulla frontiera efficiente, il rischio aumenta, ma anche il rendimento previsto.

Quindi il miglior portafoglio da detenere di tutti coloro che si trova sulla frontiera efficiente è il portafoglio ottimale.

Intuitivamente, il portafoglio ottimale dovrebbe dipendere dalla preferenza dell'investitore rispetto ai diversi trade-off rischio-rendimento (Fabozzi, 2011) A livello algebrico la frontiera efficiente è complicata da ricavare. Partiamo dall'ipotesi che:

$$X_t = (X_{t,1}, X_{t,2}, \dots, X_{t,k})^T$$

un vettore casuale di rendimenti su k asset presi al punto temporale t . Assumiamo che i rendimenti delle attività siano infinitamente scambiabili e multivariati centrati sfericamente simmetrici (Bernardo & Smith, 2000). L'ipotesi implica che i rendimenti dell'attività non sono né distribuiti in modo indipendente né che la distribuzione incondizionata sia normale. Infatti, le ipotesi imposte implicano che i rendimenti delle attività sono indipendenti e identicamente distribuite per un dato vettore medio μ e per una data matrice di covarianza Σ con la distribuzione condizionata in $x_t \parallel \mu, \Sigma \sim N_k(\mu, \Sigma)$ (k dimensionale, distribuzione normale con il vettore medio μ e matrice di covarianza Σ).

Le quantità μ e Σ indicano i parametri della distribuzione dei rendimenti dell'attività, dove si assume che Σ sia una matrice definita positiva dimensionale $k * k$. Assegnando a w il vettore dei pesi, cioè le parti della ricchezza dell'investitore investite in ciascuna delle attività selezionate, con $w^T = 1$ dove 1 è il vettore k -dimensionale di uno, viene espresso il problema di ottimizzazione media-varianza come

$$\min w^T \Sigma w$$

sotto il vincolo di

$$\begin{aligned} w^T \mu &= \mu_0 \\ w^T 1 &= 1 \end{aligned}$$

per un dato livello di rendimento atteso μ_0 . Cambiando μ_0 , otteniamo diversi portafogli ottimali. Tutti questi portafogli costituiscono l'insieme dei portafogli ottimali noto come frontiera efficiente, che è una parte superiore di una parabola nello spazio media – varianza (Merton, 1972).

Graficamente è possibile identificare la frontiera efficiente in più modi. Nel caso della figura 2,

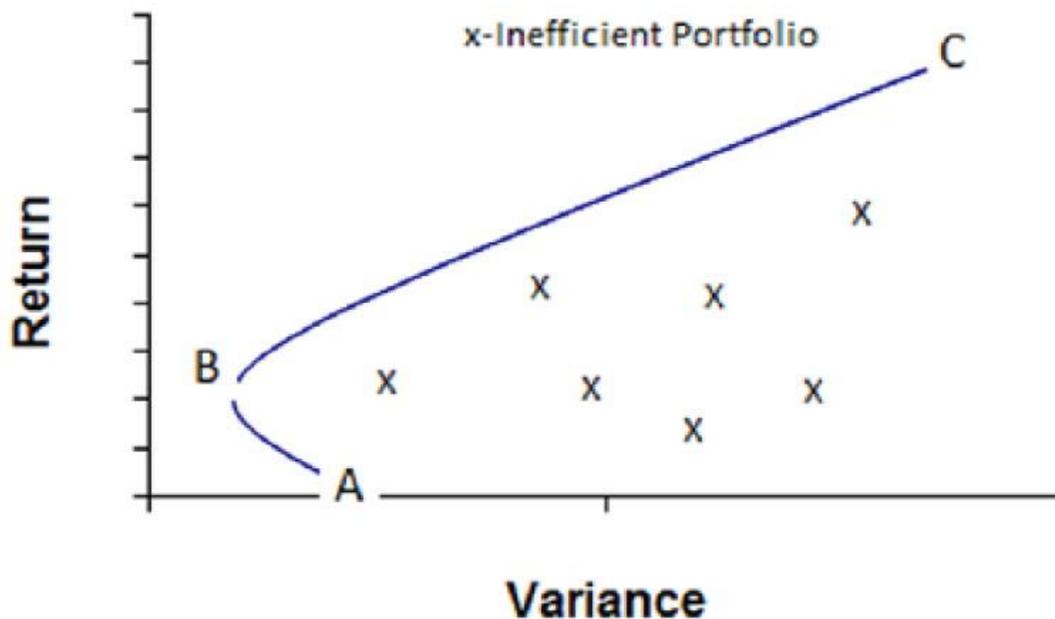


Figura 2 Frontiera efficiente. Fonte: *Modern Portfolio Theory and Nonprofit Arts Organizations: Identifying the Efficient Frontier*

questa frontiera efficiente va dai massimi della curva a sinistra (B) della figura fino in alto a destra (C). Questo è il sottoinsieme di possibili portafogli di entrate che consentirebbero a un'organizzazione di massimizzare il rendimento (asse y) e ridurre al minimo la varianza (asse x). Tutti gli altri portafogli (situati da "A" a "B" o all'interno della curva "X") sono inefficienti perché non riescono a massimizzare il rendimento dato il loro rischio. Solo il bilanciamento di queste preoccupazioni consentirà a un'organizzazione di massimizzare il vantaggio dei propri flussi di entrate (Grasse, Whaley, Ihrke, 2016).

Nel caso della figura 3 invece si evidenziano tre curve di indifferenza che rappresentano una funzione di utilità e la frontiera efficiente sono disegnate sullo stesso diagramma. Una curva di indifferenza indica le combinazioni di rischio e rendimento previsto che danno lo stesso livello di utilità. Inoltre, più la curva di indifferenza è lontana dall'asse orizzontale, maggiore è l'utilità (Fabozzi & Markowitz, 2011).

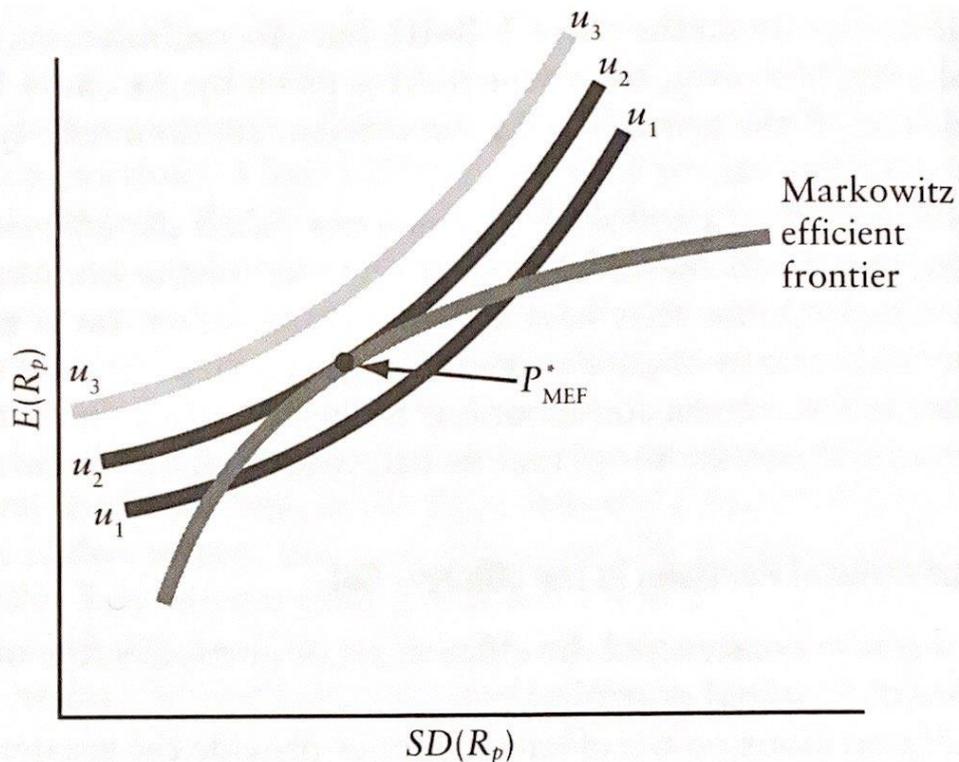


Figura 3 Selezione del portafoglio ottimale. Fonte ¹

$u_1, u_2, u_3 =$ curve di indifferenza con $u_1 < u_2 < u_3$

$P_{MEF}^* =$ portafoglio ottimale sulla frontiera efficiente

Dalla figura 3, è possibile determinare il portafoglio ottimale per l'investitore con le curve di indifferenza mostrate. Ricorda che l'investitore vuole arrivare alla curva di indifferenza più alta ottenibile data la frontiera efficiente. Dato questo requisito, il portafoglio ottimale è rappresentato dal punto in cui una curva di indifferenza è tangente alla frontiera efficiente. Nella figura, il punto di tangenza è il portafoglio P_{MEF}^* (Fabozzi & Markowitz, 2011).

¹Guarda F. J. Fabozzi, Harry Markowitz (2011), "The Theory and Practice of Investment Management", 2nd Edition, John Wiley & Sons, pp. 64

1.5 – Conclusioni

Il modello di Markowitz è il fondamento delle moderne teorie di portafoglio in cui grazie alla combinazione di varianza dei rendimenti e rendimento atteso si riesce ad identificare il portafoglio ottimale per gli investitori.

Nel contesto sua teoria di portafoglio, la diversificazione ha un ruolo fondamentale, poiché dà valore aggiuntivo all'investimento riducendo il rischio specifico. In seconda analisi è stata trattata la strategia di diversificazione esplicitandone i benefici e i difetti nel suo impiego.

Dunque, l'investitore per poter scegliere il modello di Markowitz deve essere propenso allo studio degli asset specifici e sapere quanto rischio sopportare per posizionarsi sulla linea della frontiera efficiente. La scelta del modello di Markowitz, dunque, non è banale e l'investitore dovrà scegliere a seconda degli ambiti finanziari e dalle circostanze di mercato in cui opera.

CAPITOLO 2

IL MERCATO DELLE CRIPTOVALUTE

2.1 – Introduzione

L'innovazione tecnologica, i progressi della crittografia ² e le evoluzioni della rete internet stanno determinando un cambiamento radicale nell'economia globale. La tecnologia, oltre a determinare dei cambiamenti nella nostra quotidianità, ha cominciato ad influenzare anche il settore finanziario, con la nascita di un vero e proprio nuovo settore, il FinTech ³.

Il FinTech, o tecnofinanza, è un termine che descrive le nuove tecnologie applicate ai servizi finanziari (Gai, Qiu & Sun, 2018) che includono big data, disintermediazione, robot-advisor, ecc...

Tra le più significative applicazioni della tecnologia digitale al settore finanziario un ruolo particolare è la nascita e la diffusione di un nuovo ramo nel settore delle valute, le “cryptocurrency” (o “criptovalute”).

In questo secondo capitolo verrà esaminato il mondo delle criptovalute, analizzando il mercato e la moneta in sé. L'analisi partirà dalla descrizione di queste “valute 2.0” e proseguirà con la spiegazione del suo funzionamento, prendendo come punto di riferimento il Bitcoin. Successivamente, verrà definito e presentato un quadro dettagliato del mercato e dei principali prodotti delle criptovalute nel mondo. Nell'ultimo paragrafo verrà svolta la rassegna delle valute selezionate per la diversificazione di portafoglio, approfondendo nel dettaglio la loro storia, il loro meccanismo e il loro obiettivo.

² Tecnica di rappresentazione di un messaggio in una forma tale che l'informazione in esso contenuta possa essere recepita solo dal destinatario – <http://www.treccani.it/enciclopedia/crittografia>

³ Con il termine “FinTech” viene generalmente indicata l'innovazione finanziaria resa possibile dall'innovazione tecnologica, che può tradursi in nuovi modelli di business, processi o prodotti, ed anche nuovi operatori di mercato – <http://www.consob.it/web/area-pubblica/sezione-fintech>

2.2 – Le criptovalute

In questa sezione verranno presentate le caratteristiche principali delle criptovalute, nella prima sottosezione, e la blockchain, ossia la tecnologia che permette il funzionamento di esse, nella seconda sottosezione.

2.2.1 – Descrizione

Il nome criptovaluta si compone di due parole: cripto, che deriva da crittografia, e valuta. Si tratta quindi di valuta “nascosta”, nel senso che sono visibili e/o utilizzabili solo attraverso la conoscenza di un determinato codice informatico.⁴ La crittografia viene così utilizzata per proteggere il valore delle monete, per prevenire la contraffazione e le transizioni fraudolente e per registrare la validazione delle transazioni su un libro mastro, come la blockchain (Geva & Brummer, 2019). Esse non esistono in forma fisica, ma si generano e si scambiano esclusivamente per via telematica.

La criptovaluta può essere scambiata, nel caso di consenso tra i partecipanti alla relativa transazione, in modalità peer-to-peer⁵ (ovvero tra due dispositivi direttamente, senza necessità di intermediari) per acquistare beni e servizi oppure convertita in moneta a corso legale.

Le cryptocurrencies, oltre le due caratteristiche già citate (codice informatico e blockchain), hanno una terza caratteristica che la contraddistinguono; una rete decentralizzata di partecipanti che aggiornano, conservano e consultano la distributed ledger⁶ delle transazioni, secondo le regole del protocollo.

⁴ <http://www.consob.it/web/investor-education/criptovalute>

⁵ <https://www.treccani.it/enciclopedia/peer-to-peer/>

⁶ Diverso modo oltre blockchain per rappresentare il “libro mastro” delle criptovalute

2.2.2 – Tecnologia e Funzionamento

Il successo e la crescita delle criptovalute sono determinanti dalla tecnologia alla base di esse, la blockchain (Swamy, Thompson & Loh, 2018). Per comprendere al meglio il funzionamento delle criptovalute, è necessario approfondire l'argomento delle blockchain (“catena di blocchi”), la quale è stata realizzata per la prima volta con il nome di Bitcoin, dal presunto e misterioso inventore Satoshi Nakamoto.

La blockchain è un registro digitale, decentralizzato e distribuito – appartiene, infatti, alla macrocategoria delle DLT, “Distributed Ledger Technology” – che registra transazioni.

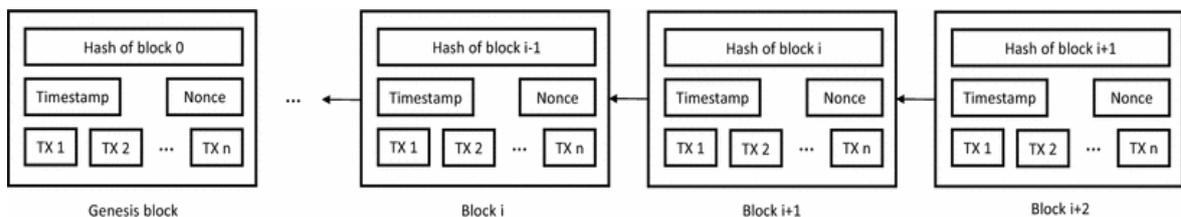


Figura 4 Explanation of a Blockchain. Fonte: link.springer.com

Un esempio tipico per un blockchain è illustrato in Figura 4. Una catena di blocchi consiste di insiemi di dati che sono composte da una catena di pacchetti di dati (blocchi) in cui un blocco comprende transazioni multiple. La blockchain viene estesa da ogni blocco aggiuntivo e quindi rappresenta un registro completo della cronologia delle transazioni. I blocchi possono essere convalidati dalla rete utilizzando mezzi crittografici. Oltre alle transazioni, ogni blocco contiene un timestamp, il valore hash del blocco precedente (“genitore”) e un nonce, che è un numero casuale per la verifica dell’hash. Questo concetto garantisce l’integrità dell’intera blockchain fino al primo blocco (“blocco genesis”). Se la maggior parte dei nodi della rete concorda con un meccanismo

di consenso sulla validità delle transazioni in un blocco e sulla validità del blocco stesso, il blocco può essere aggiunto alla catena. Questo meccanismo di consenso è il processo in cui la maggioranza (o in alcuni casi tutti) dei validatori di rete arriva a un accordo sullo stato di un libro mastro. È un insieme di regole e procedure che consente di mantenere un insieme coerente di fatti tra più nodi partecipanti (Swanson, 2015).

Il sistema di registro distribuito descritto offre molti vantaggi. A differenza dei sistemi centralizzati, le funzionalità della rete persistono anche se particolari nodi si rompono. Ciò aumenta la fiducia poiché le persone non devono valutare l'affidabilità dell'intermediario o di altri partecipanti alla rete. Inoltre, l'assenza di intermediari favorisce la sicurezza dei dati. L'attuale prassi di raccolta di dati personali da parte di terzi implica il rischio di violazioni della sicurezza. Utilizzando la blockchain, terze parti possono diventare obsolete, aumentando in definitiva la sicurezza dell'utente (Zyskind G, Nathan O & Pentland A, 2015).

Quindi, in un'era in cui si sta perdendo sempre di più la fiducia nelle istituzioni, e, quindi, nelle banche, l'assenza di un ente che controlla e gestisce i flussi e le emissioni di moneta può rilevarsi vincente.

Nel caso di Bitcoin, e in generale tutte le valute 2.0, l'emissione di moneta viene gestita tramite due metodi innovativi: l'Initial Coin Offering e il "mining". Le Initial Coin Offering (ICO) sono un nuovo metodo di raccolta di capitali per le iniziative in fase finale, un'alternativa alle fonti più tradizionali di finanziamento per le start-up, come il capitale di rischio e la finanza angelica. In un ICO, un emittente basato su blockchain vende asset digitali protetti crittograficamente, solitamente chiamati token.

Se ben progettate, le ICO possono fornire maggiore sicurezza, liquidità e trasparenza rispetto agli strumenti di finanziamento convenzionali. Queste caratteristiche potenzialmente mitigano i costi delle informazioni asimmetriche e dei problemi di agenzia che hanno a lungo scoraggiato gli investimenti al

dettaglio a lungo termine nelle imprese private in fase iniziale (Hall & Lerner, 2010). Queste frizioni hanno reso difficile la raccolta di fondi per gli imprenditori che si trovano al di fuori degli hub di capitale di rischio o che non hanno reti professionali d'élite (Chen, Gompers, Kovner & Lerner, 2010).

Nelle ICO definiamo tre tipi di risorse digitali. Il primo è un mezzo generico di scambio e di deposito di criptovaluta di valore, come Bitcoin. Il secondo è un token di sicurezza, che rappresenta un titolo convenzionale che viene registrato e scambiato su una blockchain per ridurre i costi di transazione e creare un record di proprietà. Il terzo è un token di utilità, che conferisce al titolare il diritto di accesso a un prodotto o servizio; comprendono gli ICO più grandi e apprezzati.

Il secondo metodo, il mining – nome che rievoca l'attività pratica dell'estrazione dell'oro – è il processo con cui il nuovo bitcoin viene aggiunto alla massa monetaria. Il mining serve anche a proteggere il sistema bitcoin da transazioni o transazioni fraudolente più costose spendendo la stessa quantità di bitcoin più di una volta, noto come doppia spesa. I minatori forniscono potenza di elaborazione alla rete bitcoin in cambio dell'opportunità di essere ricompensati attraverso i bitcoin stessi.

I minatori convalidano le nuove transazioni e le registrano nel registro globale. Un nuovo blocco, contenente le transazioni che si sono verificate dall'ultimo blocco, viene "estratto" ogni 10 minuti in media, aggiungendo così tali transazioni alla blockchain. Questo è assicurato automaticamente aggiustando la difficoltà che i miner devono affrontare nei calcoli, così che il network impieghi circa 10 minuti per risolverli (Halaburda & Sarvary, 2016). Le transazioni che diventano parte di un blocco e aggiunte alla blockchain sono considerate "confermate", il che consente ai nuovi proprietari di bitcoin di spendere ciò che hanno ricevuto in quelle transazioni.

I minatori ricevono due tipi di ricompense per l'estrazione mineraria: nuove monete create con ogni nuovo blocco e commissioni di transazione da tutte le

transazioni incluse nel blocco. Per guadagnare questa ricompensa, i minatori competono per risolvere un difficile problema matematico basato su un algoritmo di hash crittografico. La soluzione al problema, chiamata prova di lavoro, è inclusa nel nuovo blocco e funge da prova che il minatore ha speso uno sforzo di calcolo significativo. La competizione per risolvere l'algoritmo proof-of-work per guadagnare ricompensa e il diritto di registrare transazioni sulla blockchain è la base per il modello di sicurezza di bitcoin. I Bitcoin vengono creati quando un miner risolve con un successo un puzzle matematico (Böhme, Christin, Edelman & Moore, 2015).

Per questo motivo sono venute a costituirsi le cosiddette mining pool – in contrapposizione con il solo “solo mining⁷” -, gruppi formati da miner che lavorano insieme e uniscono la loro potenza computazionale (Gandotra, Racicot & Rahimzadeh, 2019).

Il metodo ideato da Nakamoto consente di combattere l'inflazione, invece, grazie al progressivo esaurimento di moneta. La quantità di bitcoin appena creati, che un minatore può aggiungere al blocco, diminuisce approssimativamente ogni quattro anni. Nel 2009 il premio era di 50 BTC a blocco. Il limite asintotico dei bitcoin è posto a 21 milioni (Nakamoto, 2008).

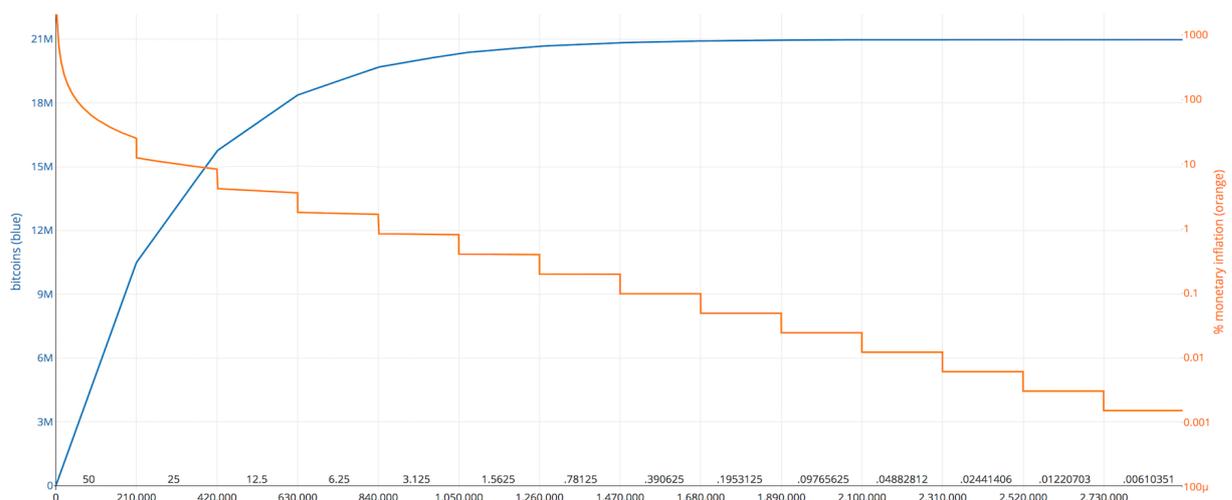


Figura 5 rapporto tra Emissione di bitcoin e tasso d'inflazione. Fonte: bitcoinlock.com

⁷ L'attività di mining svolta individualmente (Gandotra, Racicot & Rahimzadeh, 2019)

Trasparenza, decentralizzazione, sicurezza e immutabilità sono concetti chiave delle criptovalute, prima su tutte Bitcoin, sulla quale si sono basate tutte le alternative coin o “Altcoin”⁸ (più brevemente).

Le Altcoin si basano tutte sulla stessa tecnologia, la blockchain, ma nascono con differenti obiettivi da Bitcoin e perciò hanno delle differenze per quanto riguarda la loro progettazione.

2.3 – Il mercato delle criptovalute

In questa sezione del capitolo, attraverso un breve confronto con i mercati azionari, verranno analizzati gli attributi fondamentali del mercato delle monete virtuali.

Nella seconda sottosezione verranno descritti i due possibili metodi per negoziare le criptovalute.

2.3.1 – Descrizione e caratteristiche

Il mercato delle criptovalute è simile ad un qualsiasi mercato azionario ma, invece che trattare quote societarie, le quali implicano diritti patrimoniali e amministrativi, si scambia unicamente moneta virtuale. Le valute virtuali sono descritte da una capitalizzazione totale, da un prezzo definito in base alla domanda e all’offerta del token, dal rifornimento circolante (numero totale in circolazione di una specifica criptomoneta) e da un volume di scambi.

⁸ si chiamano così perché tutte le criptovalute esistenti si basano sui concetti chiave di Bitcoin

#	Name	Price	24h %	7d %	Market Cap	Volume(24h)	Circulating Supply	Last 7 Days
1	Bitcoin BTC Buy	\$56,659.34	▼ 1.92%	▼ 3.61%	\$1,063,128,662,013	\$69,239,301,100 1,216,382 BTC	18,676,825 BTC	
2	Ethereum ETH Buy	\$1,999.60	▼ 3.02%	▲ 3.11%	\$231,824,519,793	\$36,065,508,133 17,950,239 ETH	115,381,862 ETH	
3	Binance Coin BNB Buy	\$396.96	▲ 1.09%	▲ 27.33%	\$62,197,517,726	\$5,733,159,428 14,244,316 BNB	154,532,785 BNB	
4	Tether USDT Buy	\$1.00	▼ 0.05%	▲ 0.02%	\$43,665,962,056	\$136,585,672,963 136,503,833,435 USDT	43,639,798,245 USDT	
5	XRP XRP	\$0.9459	▲ 0.03%	▲ 67.66%	\$43,535,364,467	\$16,795,956,119 17,516,887,293 XRP	45,404,028,640 XRP	
6	Cardano ADA	\$1.19	▼ 3.79%	▼ 0.47%	\$38,166,103,264	\$3,798,201,622 3,179,421,276 ADA	31,948,309,441 ADA	
7	Polkadot DOT	\$39.81	▼ 3.16%	▲ 5.33%	\$37,348,228,831	\$3,378,444,951 83,812,201 DOT	926,531,968 DOT	
8	Uniswap UNI	\$29.18	▼ 2.43%	▼ 2.52%	\$15,346,231,818	\$588,513,881 20,067,268 UNI	523,278,983 UNI	
9	Litecoin LTC	\$219.74	▼ 3.97%	▲ 11.31%	\$14,780,104,268	\$7,275,060,968 32,856,865 LTC	66,752,415 LTC	
10	Chainlink LINK	\$31.53	▼ 4.24%	▲ 4.74%	\$13,301,904,859	\$1,937,684,116 60,818,480 LINK	417,509,556 LINK	

Figura 6 Prime 10 criptovalute per capitalizzazione. Fonte: coinmarketcap.com

Il mercato delle criptovalute, come i mercati azionari, resta un mercato molto complesso, probabilmente anche più di quelli tradizionali, e si contraddistingue per l'altissima volatilità dei prodotti scambiati. Questa è dovuta alla dimensione di questo mercato, il quale, nonostante comprenda più di 5000 cryptocurrencies, è rispetto agli altri mercati un luogo di contrattazione giovane e con una capitalizzazione totale irrisoria; basti immaginare che negli ultimi giorni la capitalizzazione di mercato di queste valute ha raggiunto quasi i 2000 miliardi.

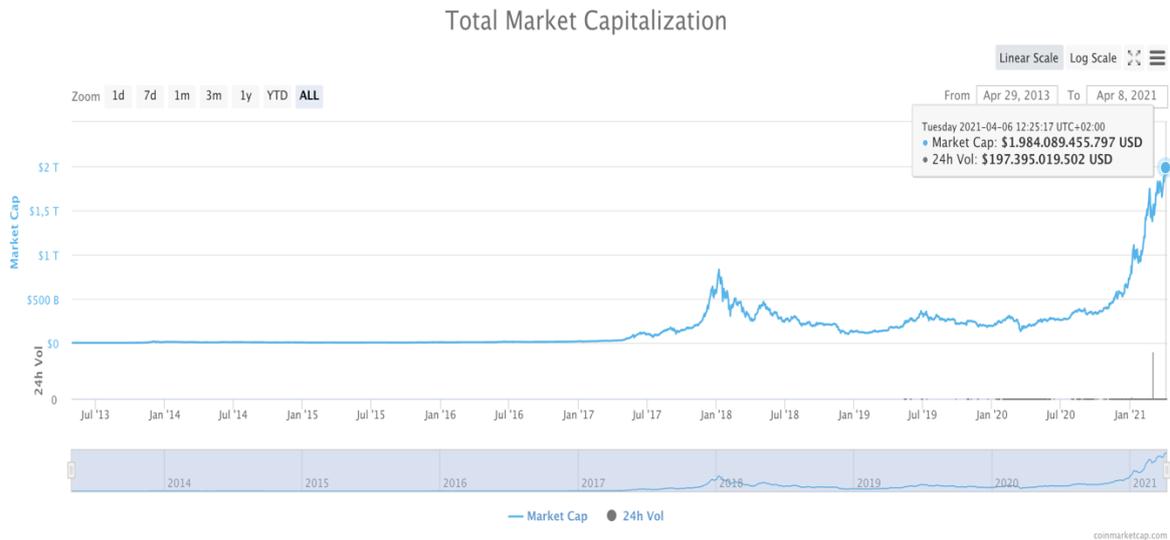


Figura 7 Capitalizzazione e volume di scambio del mercato delle criptovalute. Fonte: coinmarketcap.com

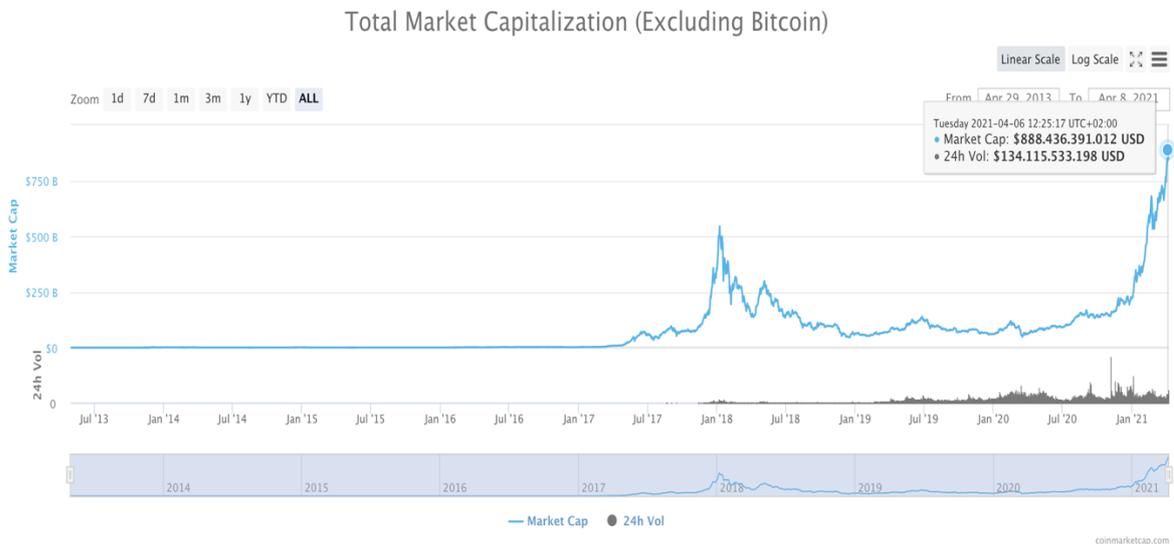


Figura 8 Capitalizzazione e volume di scambio del mercato delle criptovalute senza Bitcoin. Fonte: coinmarketcap.com

Come si evince dai due grafici, la capitalizzazione di mercato di Bitcoin incide sul più del 50% del totale.

Dunque, questo è un mercato che sta attraversando un processo di maturazione, essendo una tecnologia innovativa nuova. Per questo motivo è ancora facilmente influenzabile da voci, notizie e speculazioni che rendono questo mercato ancora più instabile.

Inoltre, i grandi investitori sono attratti da questo mondo, perché grazie all'illiquidità che lo caratterizza, quest'ultimi possono muovere il mercato in entrambe le direzioni tramite acquisti e vendite.

2.3.2 – Negoziazione

Gli Stati hanno incominciato a regolamentare l'utilizzo delle valute 2.0. L'unico problema deriva dal fatto che le piattaforme di scambio non sono sottoposte a regolamentazione e quindi sono esposte al rischio di manipolazione e di poca sicurezza.

Inoltre, ogni piattaforma di scambio, o exchange, ha il proprio prezzo per ogni asset, il quale però è diverso da quello praticato su un exchange differente; questo succede perché il prezzo viene calcolato in base alla domanda e all'offerta dei propri utenti. Per questo motivo è possibile individuare valori considerevolmente diversi per la stessa criptovaluta.

Ciò nonostante, è ovvio che la cripto più costosa sia Bitcoin. Dal suo lancio nel 2009 ha spianato la strada a tutte le altre monete virtuali e se oggi questi mercato è diventato così conosciuto è grazie anche a Satoshi Nakamoto, il creatore di Bitcoin.

Infatti, vedendo anche l'importanza che Bitcoin ha sul totale della capitalizzazioni di mercato delle criptovalute, esiste un indicatore chiamato "Dominanza BTC", con lo scopo di misurare il peso del bitcoin sulla capitalizzazione totale del criptomercato. Ad oggi, si aggira intorno a 50 e il 70%.

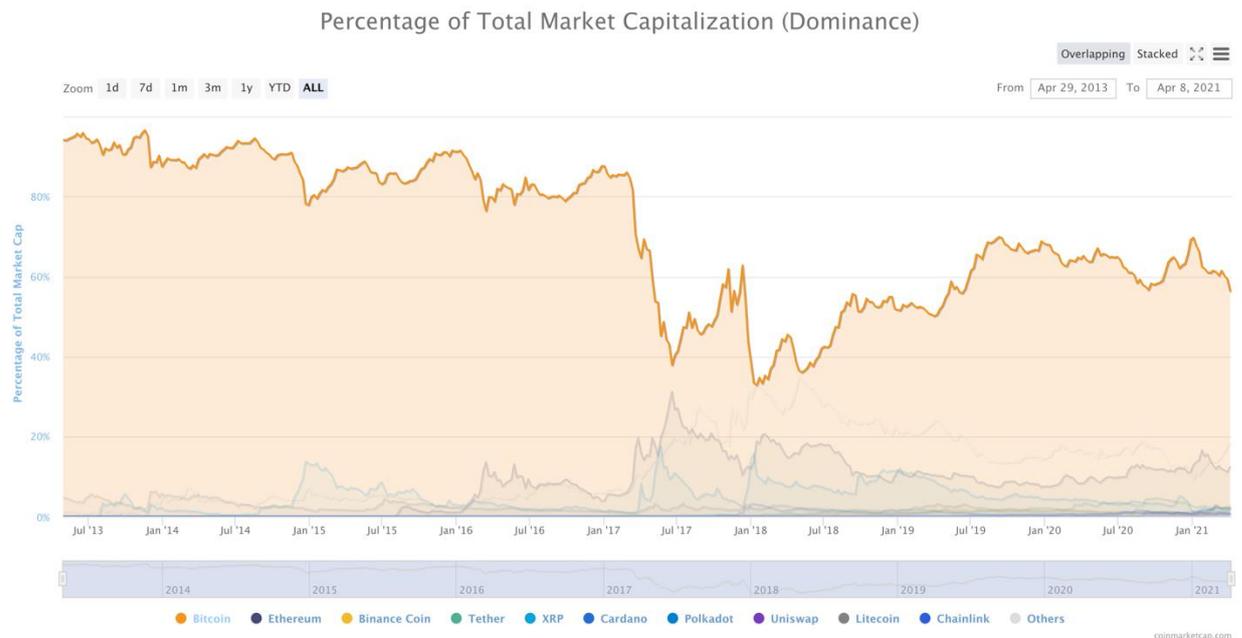


Figura 9 Percentuali di capitalizzazione di mercato totale. Fonte: coinmarketcap.com

Rispetto ai mercati tradizionali, il mercato delle criptovalute, essendo frutto della società digitale, è aperto ogni giorno e ad ogni ora.

Vi sono due modi differenti per negoziare le criptovalute: il primo modo è tramite exchange; il secondo attraverso broker di trading, mediante l'uso di specifici strumenti come i CFD⁹. Tuttavia, solamente l'acquisto attraverso il primo metodo annette la proprietà effettiva della moneta digitale, potendo quindi utilizzarla per le transazioni.

2.4 – Rassegna delle criptovalute selezionate

La scelta delle criptovalute utilizzate nella diversificazione di portafoglio è stata effettuata tramite coimarketcap.com, il sito web più celebre e affidabile per quanto riguarda il mondo delle cripto. Le valute 2.0 sono in totale più di 5000, con alcune che nascono e muoiono ogni giorno. La selezione è stata

⁹ Contratto per differenza, strumento derivato con il quale si scommette sul rialzo o ribasso dell'attività oggetto di negoziazione, tramite una posizione long o short

compiuta tenendo in considerazione criteri come la capitalizzazione di mercato, il funzionamento e le caratteristiche preponderanti.

La scelta, alla fine, è ricaduta su Ethereum (ETH), Cardano (ADA), Dogecoin (DOGE) e Aave (AAVE).

2.4.1 – Ethereum

Ethereum nasce nel novembre del 2013 dall'idea di Vitalik Buterin, uno sviluppatore russo cresciuto in Canada, il quale scrive su un white paper ¹⁰le caratteristiche di questa nuova open source¹¹, decentralizzata e basata sulla blockchain (Buterin, 2014). Venne lanciata ufficialmente nel luglio 2015.

L'obiettivo di Buterin è quello di essere il più grande computer virtuale condiviso del mondo, con l'abilità di fornire potenza ovunque e per sempre.

Quindi, si passa da Distributed Ledger, al concetto di Distributed Computing, ovvero una composizione di tutti i computer connessi alla rete Ethereum che vanno a creare un unico computer mondiale condivisibile tra loro.

In altre parole, questa criptovaluta è una piattaforma di tipo computazionale con la “remunerazione” che avviene mediante scambi che si basano su una cryptocurrency calcolata in Ether.

Il motivo per cui ad Ethereum si riconosce qualità, sicurezza e trasparenza è dato dal fatto che, chiunque entra a far parte della sua rete ha a disposizione un archivio immutabile e condiviso, il quale contiene tutte le operazioni effettuate. Ethereum è progettata per essere flessibile e adattabile e per creare nuove applicazioni. Ethereum è quindi una Programmable Blockchain; non si limita a mettere a disposizione le operations standardizzate e predefinite, ma permette agli utenti di creare le proprie operations. Effettivamente è una piattaforma blockchain che permette di dare vita a diverse tipologie di applicazioni

¹⁰ Documento informativo

¹¹ Software modificabile liberamente dagli utenti

Blockchain decentralizzate non necessariamente limitate alle solo cryptocurrencies, chiamate DApps.

Pertanto, questa piattaforma permette ad ognuno di scrivere gli Smart Contracts¹², che servono a eseguire porzioni di codice che vengono interessate da una transazione. I contratti vengono così eseguiti senza alcuna possibilità di frode, censura o interferenza di terze parti.

Chi partecipa su questa piattaforma di Ethereum, lavora su una rete peer-to-peer e gestisce e sviluppa contratti di Ethereum utilizzando le risorse computazionali della Rete. L'attività, come detto in precedenza, viene remunerata in Ether. Quest'ultima – con il ticket symbol di ETC – ha una duplice ruolo; rappresenta la criptovaluta che permette il pagamento per la realizzazione dei contratti e allo stesso tempo è essa stessa la potenza elaborativa che gli utenti necessitano per produrre i contratti.

Gli Ether iniziali sono stati emessi tramite un'ICO la quale è cominciata il 20 luglio 2014 e si è conclusa il 2 settembre 2014.

Inizialmente l'unico metodo di pagamento erano i Bitcoin. Il prezzo all'inizio ammontava a 1 BTC per 2000 ETH. Con il tempo è variato ed è salito a 1 BTC per 1337 ETH. Durante il periodo dell'ICO è stato raccolto un totale di 31529 BTC, che a quei tempi equivalevano a \$18,4 milioni.

Come con i Bitcoin, gli utenti della blockchain di Ethereum possono minare Ether con lo scopo di migliorare la piattaforma in sicurezza, prestazioni e affidabilità e per aumentare il numero di monete in circolazione.

I miner di Ethereum svolgono gli stessi calcoli di quelli di Bitcoin, ma ad essere diverso è la durata di produzione di un blocco, che in Ethereum è di circa 12 secondi, molto più veloce rispetto a Bitcoin.

¹² contratto intelligente, è la trasposizione di un contratto in grado di verificare automaticamente il realizzarsi di determinate condizioni o il possesso di determinati requisiti e, di conseguenza, eseguire sempre in automatico le azioni previste dal contratto (Comandini, 2020)

Tuttavia, nel 2014 è stato inserito un limite massimo di ether che possono essere estratti annualmente. Ad oggi questo limite ammonta a 18 milioni.

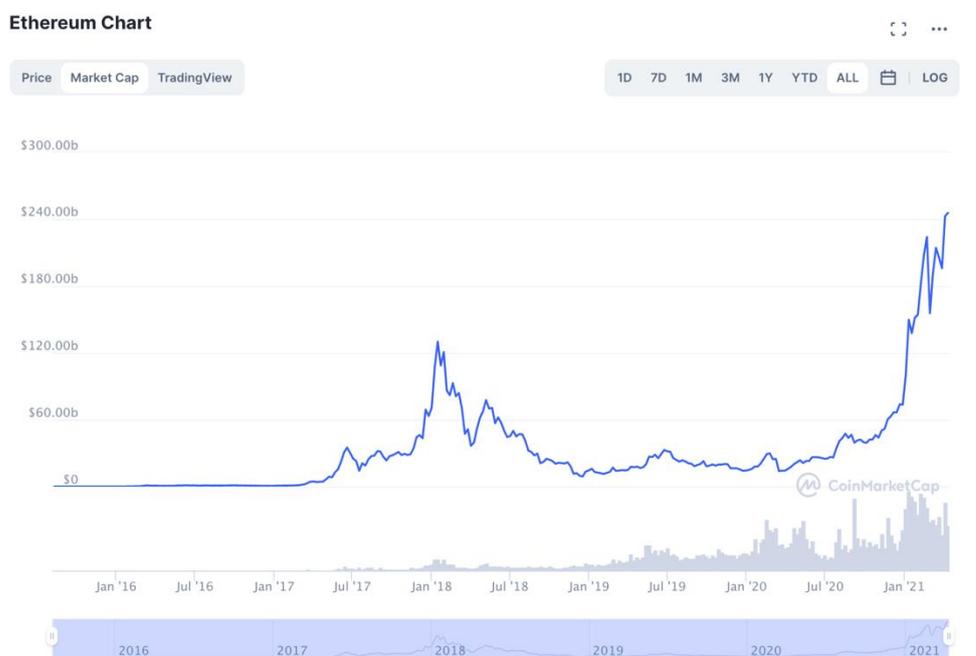


Figura 10 Capitalizzazione di mercato di Ethereum. Fonte: coinmarketcap.com

2.4.2 – Cardano

L'ideatore di Cardano, Charles Hoskinson è uno dei co-fondatori di Ethereum, ciò comporta che Cardano si tratti di una piattaforma di smart contract con caratteristiche simili ad Ethereum.

Cardano nasce nel 2015 e viene considerata fin da subito un “unicum” delle criptovalute perché nasce da un approccio scientifico e filosofico, è chiamata “la criptovaluta creata dagli scienziati”.

Il progetto di questa crypto si basa su un'approfondita mappa dello sviluppo che si basa in 5 fasi. La prima è la fase Byron, dove la rete viene lanciata con le sue funzionalità di base. Successivamente si ha la fase Shelley; vengono intrapresi i passaggi verso la decentralizzazione dei nodi che vengono gestiti dalla comunità. Nella fase Goguen si ha l'abilitazione degli smart contracts

sulla rete. Nella quarta vengono introdotte le sidechain, le quali migliorano la scalabilità e l'interoperabilità e nell'ultima fase, Voltaire, la governance e l'autofinanziamento rendono ADA (cryptocurrency di Cardano) completamente decentralizzata.

Cardano viene definita come una blockchain di terza generazione, quindi progettata per risolvere i problemi di ridimensionamento della prima generazione (ad esempio Bitcoin) che alla seconda (ad esempio Ethereum).

Ad occuparsi di questa moneta 2.0 così innovativa ci sono ben tre organizzazioni distinte: Cardano Foundation con il ruolo di custodia e con il compito di standardizzare, proteggere e promuovere la tecnologia; IOHK – Input Output Hong Kong – che si occupa di applicare a Cardano le innovazioni in ambito blockchain per creare servizi finanziari accessibili a tutti. Infine, Emurgo, che sviluppa e supporta le iniziative commerciali innovative basate sulla tecnologia Blockchain.

Diversamente dalle altre criptovalute, il progetto di Cardano lavora su due layer distinti; il primo, Cardano Settlement Layer (CSL) è dove si trovano tutte le informazioni sulle transazioni, come con Bitcoin, e sempre su questo layer vengono trasferiti gli ADA. Invece, Cardano Control Layer (CCL) gestisce i dati degli account, dunque le informazioni degli smart contracts.

Inoltre, la separazione dei due layer comporta un duplice vantaggio; consente di apportare gli aggiornamenti in modo mirato e separato e di aumentare la sicurezza, dal momento che la compromissione di uno dei livelli non incide sull'altro.

Gli ADA iniziali sono stati emessi attraverso un ICO che si è conclusa il 1° gennaio 2017, dove sono stati raccolti 62 milioni di dollari con un totale di 45 milioni di ADA.

Cardano rispetto ad Ethereum, utilizza un protocollo proof-of-stake, che consente agli sviluppatori di controllare precisamente a quali condizioni un utente può diventare stakeholder. Diventando stakeholder, gli viene assegnato

un ruolo e una funzione di controllo e verifica delle transazioni. Ovviamente più gli stakeholder le confermano, più transazioni vanno a buon fine. Infine, il sistema ricompensa gli stakeholder per la verifica dei blocchi.

Altre due caratteristiche innovative di Cardano sono il linguaggio di programmazione Haskell, che si basa su principi matematici e quindi comporta meno errori umani e facilità di verifica, e il portafoglio Daedalus che gestisce i token di ADA fungendo anche da nodo.

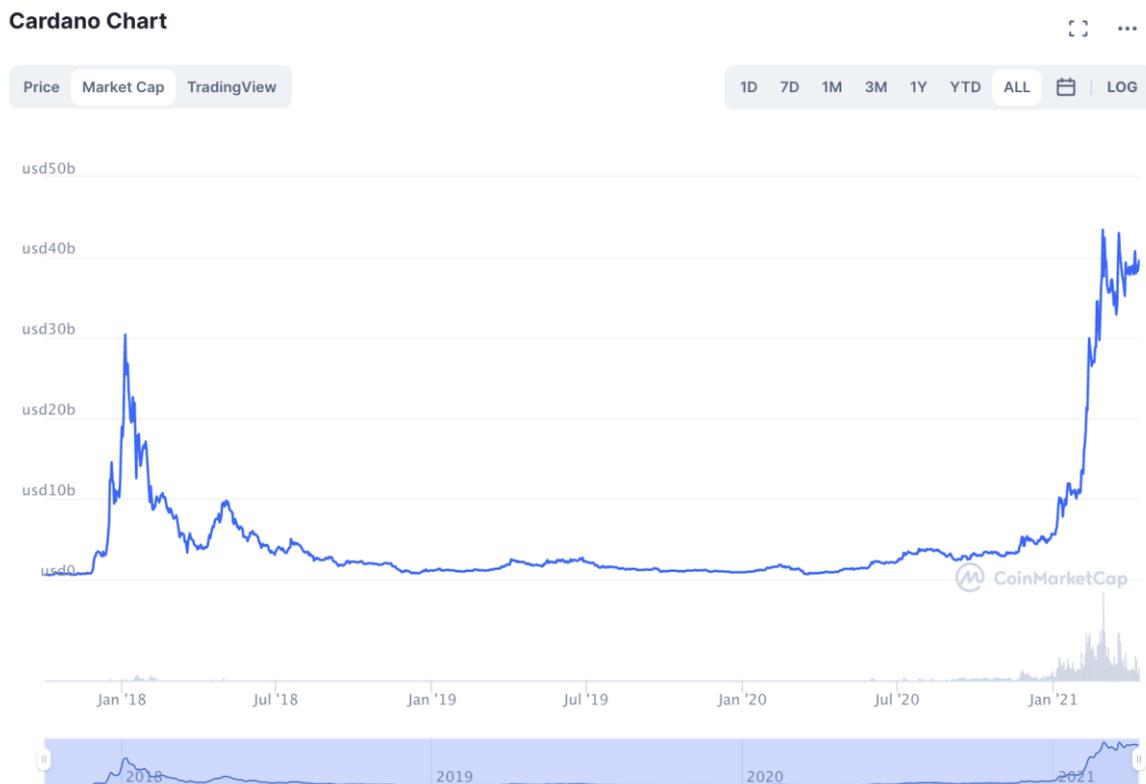


Figura 11 Capitalizzazione di mercato di Cardano. Fonte: coinmarketcap.com

2.4.3 – Dogecoin

Dogecoin nasce nel 2013 da un'idea del fondatore Billy Markus. Il nome deriva dal “Doge” il cane di razza Shiba Inus presente in molti meme¹³.

13

[https://www.treccani.it/vocabolario/meme_%28Neologismi%29/#:~:text=meme%20s.%20m.%20Singolo%20elemento%20di,sito%20internet%2C%20ecc.\)](https://www.treccani.it/vocabolario/meme_%28Neologismi%29/#:~:text=meme%20s.%20m.%20Singolo%20elemento%20di,sito%20internet%2C%20ecc.))

Rispetto alle criptovalute viste in precedenza, Dogecoin si tratta di una criptovaluta pura, ovvero che viene utilizzata solo per fare pagamenti.

È una criptovaluta peer-to-peer, ossia fondata su una rete in cui ogni soggetto collegato sulla piattaforma funge sia da client che da server.

Dogecoin è costruita su un'infrastruttura tecnologica molto simile a bitcoin ma con delle importanti differenze a livello tecnologico. Innanzitutto, grazie al suo protocollo di verifica delle transazioni è possibile verificare e aggiungere transazioni alla blockchain in un solo minuto. Inoltre, a differenza delle altre criptovalute, Dogecoin non ha un numero massimo di Doge (token) minabili, infatti l'offerta è illimitata.

Anche se per molti aspetti questa criptovaluta ha un enorme potenziale, ci sono dei limiti che dovrebbero essere superati. Il limite più evidente è la procedura con cui vengono minati i token; usando il modello di verifica proof-of work, come Bitcoin, per ogni blocco è necessaria molta potenza di calcolo, che ovviamente si traduce in notevoli costi per energia elettrica e attrezzature per il mining.

Ad oggi la capitalizzazione di mercato di Dogecoin è di quasi 10 miliardi di dollari e ciò la rende una delle criptovalute più ricercate e innovative dai professionisti.

Il prezzo di questa moneta è 1 BTC per 0.000001243 Doge.

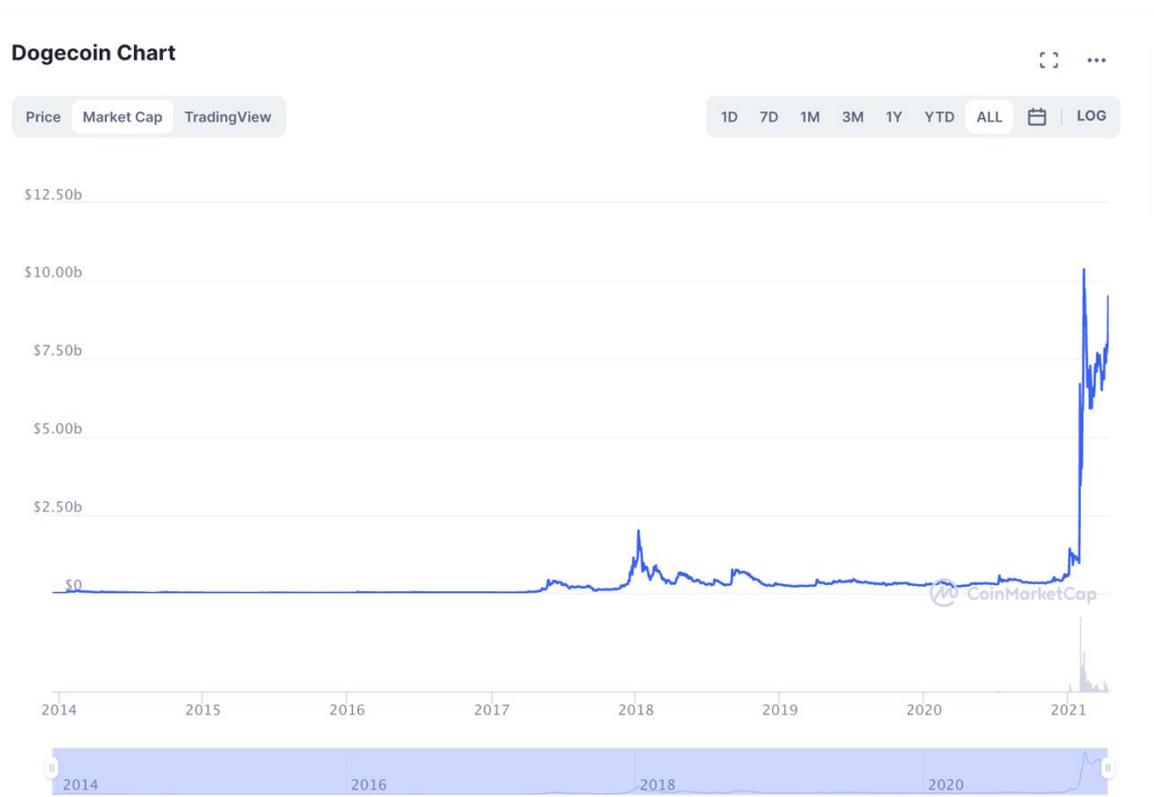


Figura 12 Capitalizzazione di mercato di Dogecoin. Fonte: coinmarketcap.com

2.4.4 – Aave

Aave è stata fondata nel 2017 da Stani Kulechov, inizialmente come ETHland, è un protocollo blockchain nato per retribuire i prestatori all'interno di un sistema di prestiti automatici e di ricevere in prestito criptovaluta, utilizzandone una interna per le fee che permette di versare collateralizzati in forma digitalizzata. L'obiettivo principale di Aave è di fornire liquidità a chi la richiede. Si può ottenere praticamente da ogni crypto, le quali vengono replicate all'interno del network tramite dei token speciali che poi possono essere utilizzati a piacimento. Inoltre, è possibile lasciare collateralizzati sia con cryptocurrency classica o anche con stable coin. Il punto cardine del progetto però rimane la liquidità utilizzata per i progetti, gli sviluppatori delle DApps e in generale l'ecosistema blockchain.

Inoltre, Aave premia chi mette a disposizione valuta per il prestito.

Rispetto alle criptovalute viste in precedenza, il sistema di Aave rappresenta il caso tipico di finanza decentralizzata, ossia di finanza che nasce per operare prestiti, crediti e altri tipi di attività bancarie. Come Ethereum, il protocollo è open source, ma in Aave è completamente orizzontale.

Analizzando questa criptovaluta, da un lato c'è il protocollo con l'insieme di regole, dall'altra parte, invece, si fa riferimento al token AAVE che viene utilizzato per retribuire i partecipanti al network, sia che per il sistema di governance.

Concetto fondamentale se si vuole capire al meglio come funziona AAVE è il pool di prestatori. Tutta la liquidità utilizzata nel sistema viene bloccata dai creditori, che a loro volta mettono a disposizione i propri token criptati, per essere utilizzati dai debitori e a sua volta ottenere un pagamento dell'interesse. Nel momento in cui avviene questo processo, il network di AAVE crea gli aToken, nella stessa misura in cui sono stati prestati.

Invece, per quanto riguarda il token AAVE, quest'ultimo da un lato è il gas del sistema perché viene utilizzato per pagare gli interessi all'interno della piattaforma; dall'altro lato è il premio per coloro che partecipano con la propria liquidità.

Nel novembre del 2017 è stata emessa un'ICO, in cui è avvenuto un guadagno 16,2 milioni di dollari vendendo un miliardo di AAVE al prezzo di 0,0162 dollari l'uno.

La capitalizzazione di mercato di Aave si aggira intorno ai 4 miliardi di euro.



Figura 13 Capitalizzazione di mercato di Aave. Fonte: coinmarketcap.com

2.5 – Conclusioni

In questo capitolo si è analizzato il mondo delle criptovalute e il suo mercato, e di come sia caratterizzato da tecnologie rivoluzionare e innovative che in futuro potranno essere fondamentali per l'uomo, come ad esempio la totale decentralizzazione e privacy nel controllo dei propri portafogli e delle proprie monete. Inoltre, grazie alla vasta scelta che offre questo ambiente, è possibile selezionare le valute che meglio si adattano alle proprie esigenze.

Sfortunatamente questo mondo è ancora troppo giovane per poter essere attrattivo per chiunque e ci vorrà del tempo prima che venga accettato a livello mondiale, come dimostra la scarsa regolamentazione normativa.

In aggiunta, la grande possibilità di speculazione su queste valute rende questo mercato una preda per gli investitori che cercano di guadagnare e, quindi, cercare di monopolizzare questo mondo; dall'altro punto di vista, invece, le criptovalute possono essere trattate come un asset finanziario su cui investire risorse attraverso le tradizionali strategie di investimento.

CAPITOLO 3

ANALISI EMPIRICA

3.1 – Introduzione

In questo terzo ed ultimo capitolo verrà condotta l'analisi empirica sulla diversificazione di un portafoglio di criptovalute.

Le principali criptovalute presenti nel mercato sono correlate fra di loro perché presentano dei movimenti concordi e sono legate e condizionate all'andamento di Bitcoin.

Nonostante ciò, la diversificazione di Markowitz è fondamentale in un portafoglio di asset di questo tipo, poiché consente di diminuire il rischio, il quale è peculiare in questo mercato ancora molto incerto e volatile.

Attraverso dei risultati pratici, si procederà alla performance del modello di Markowitz, in termini di indicatori utili nell'ambito della diversificazione e del ruolo delle criptovalute nel portafoglio. Per poter effettuare ciò sarà fondamentale calcolare i rendimenti giornalieri medi e le varianze delle cripto selezionate e di conseguenza i coefficienti di correlazione e la covarianza tra loro.

Anche in questo capitolo verranno utilizzate formule e grafici, utili per chiarire al meglio i concetti esposti.

3.2 – Campione

Le criptovalute presenti nel portafoglio diversificato sono state selezionate mediante il sito coinmarketcap.com, database principale delle criptovalute, il quale documenta le informazioni in tempo reale dei token, come capitalizzazione, prezzo e volume di scambio.

La scelta è ricaduta su Ethereum, Cardano, Dogecoin e AAVE. Innanzitutto, sono state ritenute necessaria la fama e la longevità di queste monete, anche perché detenere nel proprio portafoglio delle criptovalute sconosciute e create da poco non è la migliore scelta, essendo il mercato di queste monete pieno di truffe. Per cui, le cryptocurrencies selezionate sono nate da 6 o più anni fa, fatta eccezione per AAVE, e sono tra le prime 30 al mondo e sono le migliori nei rispettivi ambiti d'azione – Ethereum per gli Smart Contracts, Cardano come blockchain di terza generazione, Dogecoin tra le criptovalute pure e AAVE per la forma di prestiti.

Successivamente sono stati presi in considerazione gli andamenti delle monete, in quanto secondo il modello di Markowitz, la diversificazione è efficace nel momento in cui gli andamenti degli asset non sono concordi. Bisogna osservare che tutte le criptovalute sono fortemente condizionate dall'andamento di bitcoin, probabilmente perché è la first mover del criptomercato (la prima moneta virtuale creata), nonché quella con la capitalizzazione di mercato maggiore (Koutmos, 2018) e va quindi ad assumere un influente ruolo dominante di trasmissione di rendimenti e volatilità alle altre criptovalute (Ji, Bouri, Lau & Roubaud, 2019).

Nel momento in cui viene meno la fiducia per i bitcoin e allo stesso tempo gli acquisti vengono superati dalle vendite, il prezzo cala e lo shock provocato coinvolge anche le altre criptovalute, con un generale ribasso del mercato, salvo alcune eccezioni.

Al contrario, quando gli investitori hanno fiducia in Bitcoin, il trend si rialza trascinando il mercato con sé.

Quindi una correlazione generale esiste, è molto forte e positiva e va a sottolineare delle interdipendenze nel mercato delle cripto (Katsiampa, Corbet & Lucey, 2019).

Fanno eccezione in questo discorso le stablecoin le quali, tenendo ancorate il loro valore ad una valuta fiat¹⁴, avranno obbligatoriamente un andamento diverso da quello di bitcoin.

Per poter ottenere i dati storici delle criptovalute scelte, è stato utilizzato il sito di Yahoo Finanza, una delle piattaforme più affidabili ed usate. Per ognuna sono stati raccolti i dati dal rispettivo primo giorno di quotazione disponibile, 7 agosto 2015 per Ethereum, 25 settembre 2017 per Cardano, 17 dicembre 2013 per Dogecoin e 1 aprile 2021 per AAVE. Mentre come ultimo è stato posto per tutte il 20 aprile 2021.

Queste date sono state usate per calcolare rendimenti e varianze. Invece, per quanto riguarda le misurazioni di covarianza e correlazione, come prima data dell'intervallo è stata scelta la prima disponibile della criptovaluta più "giovane" della coppia, dovendo necessariamente impiegare lo stesso numero di osservazioni tra le due criptovalute oggetto di calcolo.

3.3 – Metodologia

Per effettuare una migliore e corretta diversificazione di portafoglio sono fondamentali rendimento e deviazione standard degli asset e correlazione e covarianza tra questi. Le misure si possono ricavare partendo dal prezzo giornaliero il quale è stato rilevato su Yahoo Finanza. Infatti, la chiusura aggiustata – prezzo di chiusura corretto dopo le azioni corporate, come i dividendi¹⁵ – è sufficiente per calcolare i valori.

Dalla chiusura aggiustata è possibile esplicitare innanzitutto il rendimento giornaliero dell'asset.

¹⁴ <https://www.ig.com/it/glossario-trading/definizione-di-moneta-fiat#:~:text=La%20moneta%20fiat%20%C3%A8%20una,Stato%20o%20una%20banca%20centrale.>

¹⁵ Nelle criptovalute è il prezzo di chiusura, dato che non esistono dividendi

$$R(t) = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \quad (13)$$

Dove $R(t)$ = rendimento giornaliero in t

P_t = prezzo in t

P_{t-1} = prezzo in t-1

Trovato il rendimento giornaliero, il passo successivo è il calcolo del rendimento giornaliero medio.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n R(i)}{N} \quad (14)$$

Dove $R(i)$ = rendimento nell'osservazione i-esima

N = numero di osservazioni

Usando la formula (6) possibile calcolare le varianze campionarie delle cryptocurrencies e successivamente tramite la formula (7) le deviazioni standard.

Siccome i dati giornalieri vanno riportati su base annuale, il rendimento giornaliero e la varianza devono essere moltiplicati 365. Per la deviazione standard annuale, bisogna moltiplicare la deviazione giornaliera per la radice quadrata del numero di giorni di negoziazione in un anno.

$$\sigma_a = \sigma_g \sqrt[2]{365} \quad (15)$$

Dove σ_a = deviazione standard annuale

σ_g = deviazione standard giornaliera

Vi sono diverse teorie sul numero di giorni da utilizzare sotto la radice nella formula (15). Alcuni investitori ritengono più adeguato usare 260 giorni, basandosi sul fatto che in ogni settimana ci sono 5 giorni di negoziazione (Fabozzi, 2001). Nonostante ciò, il mercato delle criptovalute rimane attivo tutto l'anno senza interruzioni. Per questo motivo 365 è il numero corretto. Per calcolare la covarianza delle criptovalute viene usata la formula (), ricavando attraverso la funzione di excel di correlazione, la correlazione dalle cripto scelte.

3.4 – Risultati

Il calcolo dei rendimenti e delle varianze giornaliere rendono possibile l'osservazione di due fattori. La variabilità dei rendimenti e i rendimenti negativi.

Ethereum, Cardano e Dogecoin hanno registrato uno squarto quadratico medio molto alto. Le loro deviazioni standard sono rispettivamente 130,20%, 112,926% e 331,64 %. Mettendo a confronto questi risultati con quello della S&P 500 la differenza è importante: infatti quest'ultimo, ha registrato negli ultimi 5 anni una deviazione standard annuale del 14%, il quale è ben inferiore rispetto alle criptovalute. Il motivo per cui vi è questa netta differenza è dato dalla consistente instabilità del mercato delle criptovalute, che è di gran lunga

superiore rispetto ai tradizionali mercati azionari. Un'altra motivazione è la bolla speculativa che ha colpito il mercato delle cripto nel gennaio del 2018. I prezzi sono inizialmente aumentati e nel momento in cui scoppiò la bolla, i prezzi diminuirono drasticamente provocando l'aumento della volatilità dei rendimenti. Allo stesso tempo, anche i ritorni annuali delle criptovalute sono più elevati rispetto a quello di S&P 500. Il rendimento annuale di Cardano ammonta al 36,41% e quello dell'indice americano si ferma solamente al 10% circa.

Tuttavia, Dogecoin rispetto alle altre cripto presenta un rendimento annuale negativo, pari a -44,8%. Questo dato è dovuto probabilmente al recente tweet di Elon Musk riguardo la nuova collaborazione tra il patron di Tesla e gli sviluppatori di Dogecoin che ha procurato un'impennata al prezzo della criptovaluta. Da quel giorno, il suo prezzo non ha fatto altro che salire e scendere fino ad oggi. Quindi, mentre gli altri token hanno avuto un periodo di negoziazione in condizioni ottimali dove hanno registrato rendimenti positivi e in crescita, gli scambi di Dogecoin sono iniziati dopo una inaspettata notizia social.

Per quanto riguarda la quarta e più giovane criptovaluta, AAVE, la sua deviazione standard è minore rispetto alle altre cripto, supera leggermente il 50%. Allo stesso tempo il suo rendimento medio si trova intorno al 2%.

Nonostante la giovane età di AAVE, il suo impiego nel portafoglio, insieme a Ethereum, può risultare interessante anche grazie allo stesso protocollo open source che le due criptovalute hanno in comune. Allo stesso tempo, vi è il rischio che l'impiego di Dogecoin sia rischioso all'interno del nostro portafoglio visto i dati prettamente negativi che ha ottenuto nell'analisi.

	Rendimento	Varianza	Deviazione Standard
ETH	9,76%	169,53%	130,2%
ADA	36,41%	127,52%	112,9%
DOGE	-44,80%	1099,8%	331,6%
AAVE	8,19%	33,18%	57,6%

Come detto in precedenza, AAVE condiziona positivamente le altre criptomonete. Dogecoin allo stesso tempo condiziona negativamente il portafoglio. Si trova conferma di ciò osservando le correlazione tra le criptovalute selezionate.

Tutte le coppie che comprendono Dogecoin mostrano correlazione inferiori rispetto alle altre. La coppia che registra la correlazione più bassa è quella tra DOGE e AAVE, con correlazione negativa pari allo 0,2. Segue la coppia DOGE e Cardano, con risultato negativo poco sopra lo zero.

Per quanto riguarda le coppie con all'interno AAVE, le correlazioni sono tutte positive, con la coppia ADA e AAVE con correlazione maggiore (0,03).

In generale tutte le criptovalute presentano correlazioni minore di 1, con altre che allo stesso tempo sono negative.

correlazioni	ETH	ADA	DOGE	AAVE
ETH	1,000	-0,005	-0,080	0,001
ADA	-0,005	1,000	-0,144	0,028
DOGE	-0,080	-0,144	1,000	-0,202
AAVE	0,001	0,028	-0,202	1,000

Essendo tutte le correlazioni minori di 1, il modello di Markowitz può essere sicuramente efficace.

3.5 - Conclusioni

Detenere un portafoglio di criptomonete è molto rischioso rispetto ad un portafoglio di azioni ma è possibile ricevere rendimenti di gran lunga maggiori. Rispetto alla deviazione standard annuale dell'indice S&P 500 degli ultimi cinque anni (14%), la deviazione standard minore riscontrata nel portafoglio di criptovalute analizzato ammonta a 57,6%. Allo stesso tempo anche i rendimenti sono assai maggiori rispetto al rendimento dell'indice S&P 500 con un rendimento di 36,41% di Cardano rispetto al 10% di S&P.

Analizzando i risultati di questo capitolo avvalorare il pensiero che la diversificazione di Markowitz risulta efficiente anche se all'interno del portafoglio vi è una criptovaluta (DOGE) che ha ottenuto un rendimento negativo.

Qualora un investitore sceglierà di utilizzare la diversificazione di Markowitz, avrà comunque dei rendimenti ottimali, però troverà convenienza ad escludere Dogecoin dal proprio portafoglio, a causa di rendimenti storici pesantemente negativi dovuti alla recente crescita di questa criptovaluta rispetto ai suoi dati storici.

AAVE, invece, presenta il miglior trade-off tra rischio e rendimento. La sua variabilità è davvero minima, probabilmente grazie alle caratteristiche della sua piattaforma.

L'impiego di Ethereum e di Cardano è fondamentale, soprattutto per aumentare i rendimenti.

In generale, i risultati dell'analisi constatati hanno evidenziato che la strategia di diversificazione di Markowitz è efficace in un portafoglio di criptovalute, grazie anche alle correlazioni tra gli asset non perfettamente concordi.

CONCLUSIONI

Le criptovalute con il tempo si stanno affermando come asset finanziari ideali per gli investitori.

I rendimenti che provengono da questi token sono invidiabili; per quanto riguarda le criptomonete più importanti i loro ritorni annuali sono maggiori rispetto agli indici azionari più seguiti. Tuttavia, per potersi garantire dei rendimenti così elevati bisogna tollerare una quantità di variabilità e rischio molto alta.

Il rischio derivante da tali investimenti è dato principalmente dalla giovane età di questo mercato, dagli attacchi speculativi, dalle truffe e dall'incertezza della tecnologia usata. Per questo motivo la strategia di diversificazione, per un portafoglio composto da criptovalute, è inevitabile e necessaria.

I risultati ottenuti nell'analisi empirica hanno dimostrato come la diversificazione di Markowitz funzioni e riduca il rischio del portafoglio, diminuendo rigorosamente la variabilità del portafoglio rispetto alla variabilità specifica degli asset che sono presenti in esso.

L'obiettivo primario di questo studio era quello di verificare se la strategia di Markowitz fosse efficace per le criptovalute. Infatti, la teoria di Markowitz ha dimostrato di essere la strategia ideale per un investitore attivo che possiede molte informazioni e capacità di calcolo. Tale teoria ha permesso di riscontrare il portafoglio rischioso ottimale dal rendimento migliore sulla frontiera efficiente.

Inoltre, la frontiera efficiente ha dimostrato come Ethereum sia fondamentale tra le 4 criptomonete scelte. Infatti, un portafoglio, composto solo dal token per le DApps (Ethereum), risulta ancora efficiente sulla frontiera di Markowitz.

L'obiettivo secondario di questa tesi era quello di esaminare il ruolo di Ethereum, Cardano, Dogecoin e AAVE all'interno del portafoglio.

Da un lato l'impiego di Ethereum è fondamentale, dall'altro l'utilizzo di DOGE risulta inefficiente.

I rendimenti storici di DOGE sono pesantemente negativi e allo stesso tempo ha registrato la deviazione standard più alta tra le quattro criptovalute.

Per quanto riguarda AAVE, la moneta rappresenta il perfetto trade-off tra rischio e rendimento. La moneta dalla piattaforma open source riesce a ridurre la variabilità registrando chiaramente la varianza più bassa tra le cripto scelte.

Ciò significa, che se un investitore scegliesse di adottare il suo impiego nel portafoglio, AAVE risulterà perfetta perché ridurrà il rischio del portafoglio.

Allo stesso tempo però portando meno ritorni permetterà al portafoglio di sopportare una variabilità minore.

Cardano dimostra di essere un'ottima alternativa di Ethereum con un rendimento annuale elevato che allo stesso tempo riesce a sopportare una varianza minore rispetto ad Ethereum. L'unica nota negativa è la correlazione negativa di Cardano con Ethereum, la quale è negativa e prossima allo zero.

Quindi, è chiaro quali siano i ruoli delle criptovalute. Invece scegliere se utilizzare la strategia di diversificazione dipende esclusivamente da una decisione soggettiva che si basa sulle circostanze che possono influenzare le condizioni di investimento.

L'investitore sceglierà se utilizzarla a seconda dei suoi obiettivi: massimizzazione dei ritorni o minimizzazione del rischio, investimento sia attivo o passivo, avversione al rischio, disponibilità informativa, capacità di stima e calcolo statistico di condizioni di mercato che sono state riportate nel primo capitolo.

La tesi, in ogni caso, conferma l'efficacia e la validità della strategia di diversificazione all'interno della teoria di Markowitz.

BIBLIOGRAFIA

- Adhami S., Giudici G. & Martinazzi S. (2018), “Why do businesses go crypto? An empirical analysis of initial coin offerings”, in *Journal of Economics and Business*, Elsevier, vol.100, pp.64-75
- Agarwal S. (2017), “Portfolio Selection Using Multi-Objective Optimisation”, Springer International Publishing
- Alexeev V., Dungey M. & Yao W. (2016), “Continuous and Jump Betas: Implications for Portfolio Diversification”, in *Econometrics*, vol. 4, n. 27
- Bernardo, J. M., & Smith, A. F. M. (2000). *Bayesian Theory*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Bodie Z., Kane A. & Marcus A. (2019), “Essentials of Investments”, 11a edizione, McGraw-Hill Education
- Böhme R., Christin N., Edelman B. & Moore T. (2015), “Bitcoin: Economics, Technology, and Governance”, in *The Journal of Economic Perspectives*, American Economic Associations, vol. 29 n.2, pp. 213-238
- Brealey R., Myers S., Allen F. & Sandri S. (2014), “Principi di finanza aziendale”, VII Edizione, McGraw-Hill Education: 222-228
- Cahn N. et al. (2019), “Systematic risk in cryptocurrency market: Evidence from DCC-MGARCH model”, in *Finance Research Letters*, vol. 29, pp 90-100
- Chen H., Gompers P., Kovner A. & Lerner J. (2010), “Buy Local? The geography of venture capital”, *Journal of Urban Economics* 67: 90-102
- D.H. Leavens, “Diversification of Investments,” *Trusts and Estates* 80, no. 5 (1945): 469-473
- Ferretti S. & D’Angelo G. (2019), “On the Ethereum Blockchain Structure: A Complex Networks Theory Perspective” in *Concurrency and computation: practice and experience*
- F. J. Fabozzi, Harry Markowitz (2011), “The Theory and Practice of Investment management”, 2nd Edition, John Wiley & Sons
- Gai K., Qiu M. & Sun X. (2018), “A Survey on FinTech, in *Journal of Network and Computer Applications*”, Elsevier, vol. 103, pp. 262-273
- Gandotra V., Racicot F. & Rahimzadeh A. (2019), “Cryptocurrency Mining”, in *Cryptofinance and Mechanism of Exchange*, Springer

Geva B. & Brummer C. (2019), "Cryptoassets: Legal, Regulatory, and Monetary Perspectives", Oxford University Press

Grasse, NJ, Whaley, KM e Ihrke, DM (2016). Teoria del portafoglio moderno e organizzazioni artistiche senza scopo di lucro: identificare la frontiera efficiente. *Trimestrale per il settore non profit e volontario*, 45 (4), 825–843.

Halaburda H. & Sarvary M. (2016), "Beyond Bitcoin: The Economics of Digital Currencies", Palgrave Macmillan

Halassani H., Huang X. & Silva E. S. (2019), "Fusing big data, blockchain and cryptocurrency: their individual and combined importance in the digital economy", Palgrave Macmillan

Hall B.H., & Lerner J. (2010), "The financing of R&D and Innovation. In Handbook of the Economics of Innovation", vol.1, 609-639, Amsterdam, the Netherlands: Elsevier.

H. Markowitz (1959), "Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment", Yale University Press

H. Markowitz (1952), "Portfolio Selection" *Journal of Finance* 7, no. 1

Katsiampa P., Corbet S. & Lucey B. (2019), "High frequency volatility co-movements in cryptocurrency markets", in *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 62, pp. 35-52

Koutmos D. (2018), "Return and volatility spillovers among cryptocurrencies", in *Economics Letters*, vol. 173, pp. 122-127

M.D Braga (2013), "Manuale del Private Banker", VI Edizione, Egea Editore

Merton, R. C. (1972). An Analytic Derivation of the efficient portfolio frontier. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 7, 1851-1872

Merton, R. C. (1972). An Analytic Derivation of the efficient portfolio frontier. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 7, 1851-1872

Monti A.C. (2008), "Introduzione alla statistica", 2^a Edizione, Edizioni Scientifiche Italiane

Nakamoto S. (2008), "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", White Paper

Rebonato R. & Denev A. (2014), "Portfolio Management Under Stress: A Bayesian-Net Approach to Coherent Asset Allocation", Cambridge University Press

Steinbacher M. (2016), "Portfolio Selection as Multi-period Choice Problem Under Uncertainty: An Interaction-Based Approach", in *Artificial Intelligence in Financial Markets*, Palgrave Macmillan UK, pp. 245-284

Swamy S., Thompson R. & Loh M. (2018) "Crypto Currency: What Do We Know About Investments Performance and Risk?", in *Crypto Uncovered*, Springer International Publishing

Swanson T. (2015), “Consensus-as-a-service: a brief report on the emergence of permissioned, distributed ledger system”. Work Pap

Yi S., Xu Z. & Wang G. (2018), “Volatility connectedness in the cryptocurrency market: Is Bitcoin a dominant cryptocurrency?”, in *International Review of Financial Analysis*, vol. 60, pp. 98-114

Zyskind G., Nathan O. & Pentland A. (2015), “Decentralizing privacy: Using blockchain to protect personal data”. In *Security and Privacy Workshops (SPW)*, IEEE 180-184