資料科學期末成果報告──臺灣發行量加權股價指數、其期貨及選擇權與其他經濟與利率數據的深度學習定價模型之研究

20608 沈威宇、20620 陳曦

2024 年 6 月 19 日

第一章　前言

第一節　研究動機

期貨與選擇權類型的契約作為金融衍生工具，已成為現代金融市場中不可或缺的一部分，在資產管理中扮演著關鍵角色，並提供多樣化的投資與風險管理策略。

一、　期貨契約讓交易者可以在未來某個日期以預定價格買賣標的資產，選擇權提供買方或賣方在特定條件下的交易權利，為市場參與者提供了實用的避險與投資工具，以在不同的市場條件下靈活調整資產組合，實現對自己的效用曲線最優的回報與風險可能點。利用期貨和選擇權，面臨價格波動風險的經濟實體能夠對沖特定風險敞口或鎖定未來價格，使風險管控更加容易；擁有不同價格預測能力的投資者可以有效調整投資組合的槓桿比率，並以包含選擇權或權證的組合部位改變對不同價格區間的曝險，使有把握的部分以槓桿部位投機放大獲利，希望避險的部分則完全規避風險，達到最適合自己的投資策略和組合；套利者可以藉由配對交易等方式實現無風險套利，並促使市場價格回歸無套利定價，反應真正市場均衡價格；高頻交易者頻繁的進出則降低了所有市場參與者的流動性風險，促使人們在投資與避險時不致承擔這項難以規避的風險。

二、　期貨和選擇權興盛顯著影響了整個資本市場及金融市場的運作，成為風險管控與投機的重要工具，在股票、商品、外匯和利率等市場均得到廣泛應用，促進了資產價格發現（price discovery）過程，並具有價格指標的功能，而作為優良的投資與避險工具則鼓勵了更活躍的市場參與，增加了市場的流動性，最終得以增高社會經濟資源的分配效率（allocation efficiency）。

第二節　研究目的

這項研究旨在以深度學習研究期貨、選擇權、股指與其他經濟與利率數據間的關係，並希望建構更準確的定價模型，成為調整資產組合報酬與風險的有用工具，並改善前人研究的以下不足：

一、　將期貨定價與選擇權定價分開對無套利定價理論給出的平價理論公式造成的期貨與選擇權價格連動性資訊未能充分運用。

二、　將現貨定價與期貨定價分開，忽視了可能兩者可以互相給予的資訊，其準確度與取得容易程度遠高於取得多因素模型的因素係數。

三、　資本資產定價模型（CAPM）等模型採用了現代投資組合理論以標準差決定波動性的觀點，忽視了後現代投資理論所提出下行偏差對投資者規避風險心理的影響較大的事實。

四、　投資者預期效用曲線與期望值理論的差距、無風險利率之風險與交易成本等因素在既有模型中往往被假設不存在或未得到充分考慮，可能造成既有模型的更多誤差。

五、　不同商品或服務的通膨率、匯率與遠期匯率、美國股指對外資作為、利率等的影響，應可以通過在資料集增加更多變因得到考慮。

六、　應用於股票現貨與期貨市場時，基於一般均衡與無套利理論的定價模型，對價格的預測可能未能反映短線、波段投資者、主力、三大法人的心理與動作造成的影響，應考慮不同指數走勢與不同 VIX 指數下的情況不同。

七、　無套利定價理論應可以用於修正其他理論，以不同商品定價間的必然關係提高預測準確度。

第二章　文獻探討

第一節　期貨

一、　期貨契約（futures contract）：

簡稱期貨（futures）。發展自遠期契約（forward contract），即到達契約（to-arrive contract，又稱預到契約），指個別簽訂的跨時間買賣契約，交易細則由買賣雙方自行議定，流動性低且違約風險高，最早的記載是日本的農產品遠期契約。現代的期貨標準化契約（standardized contract）源於美國芝加哥期貨交易所（CBOT）。期貨市場是由現貨市場（cash/spot transaction）演進而來，買賣雙方事先約定價格，於交割日（settlement date）時，賣方（the seller）或空頭（the short）將特定數量、品質的標的物（或現金結算）交付給買方（the buyer）或多方（the long），可減少現貨市場部位（position）持有者的價格風險，並降低市場交易成本。

二、　廣義期貨定義

本法所稱期貨交易，指依國內外期貨交易所或其他期貨市場之規則或實務，從事衍生自商品、貨幣、有價證券、利率、指數或其他利益之下列契約或其組合之交易：

一、 期貨契約：指當事人約定，於未來特定期間，依特定價格及數量等交易條件買賣約定標的物，或於到期前或到期時結算差價之契約。

二、 選擇權契約：指當事人約定，選擇權買方支付權利金，取得購入或售出之權利，得於特定期間內，依特定價格及數量等交易條件買賣約定標的物；選擇權賣方於買方要求履約時，有依約履行義務；或雙方同意於到期前或到期時結算差價之契約。

三、 期貨選擇權契約：指當事人約定，選擇權買方支付權利金，取得購入或售出之權利，得於特定期間內，依特定價格數量等交易條件買賣期貨契約；選擇權賣方，於買方要求履約時，有依選擇權約定履行義務；或雙方同意於到期前或到期時結算差價之契約。

四、 槓桿保證金契約：指當事人約定，一方支付價金一定成數之款項或取得他方授與之一定信用額度，雙方於未來特定期間內，依約定方式結算差價或交付約定物之契約。

五、 交換契約：指當事人約定，於未來特定期間內，依約定方式交換約定標的物或其所產生現金流量之契約。

六、 其他類型契約。

七、 非在期貨交易所進行之期貨交易，基於金融、貨幣、外匯、公債等政策考量，得經主管機關於主管事項範圍內或中央銀行於掌理事項範圍內公告，不適用本法之規定。但符合主管機關規定應集中結算之期貨交易範圍者，應於其指定之期貨結算機構依本法規定進行集中結算。

前項集中結算之期貨交易範圍涉及外匯事項者，應先會商中央銀行同意。

三、　期貨交易制度語詞彙釋義

(一)　零和遊戲：在不計交易、持有等成本下，期貨市場是零和遊戲，即所有交易人的報酬總和為零。反觀股票市場則是正和遊戲，即所有交易人的報酬總和大約零。

(二)　避險者與投機者：參與期貨交易者之中，避險者（**hedger**，又稱對沖者、套期保值者）透過買賣期貨，鎖定利潤與成本，減低時間帶來的價格波動風險；投機者（**speculator**，又稱短期投資者）則透過期貨交易承擔更多風險，伺機在價格波動中牟取利潤。

(三)　期貨經紀商（**FCM**）：接受期貨交易人之開戶、交易委託者。

(四)　平倉（**cover**）：在契約到期前以等量之反向交易（**revising trade**）契約沖銷（**offset**）之。可將獲利了結（**realizing**）或停損。

(五)　基差：標的物的現貨價格與期貨價格的差距。

(六)　到期交割（**delivery**）：期貨標準契約規定的最後交易日後，對持有的未平倉契約（**open interest**）以現金或實物交割了結期貨買賣義務的一種平倉形式。實物交割指期貨契約到期時，必須以標的物實際交割。臺灣期貨交易皆採現金交割結算。

(七)　保證金（**margins**）：在（廣義）期貨交易中，交易者必須按照其所買賣期貨契約價值的一定比例繳納資金，保證金帳戶中的資金總值稱為權益數，作為其履行期貨契約的擔保。建立期貨部位時，投資人需在其保證金帳戶中存入原始保證金，每日結算計入變動保證金，若超過初始保證金的部分可由客戶提取；若契約保證金結餘低於維持保證金（較原始保證金低）時，客戶就會收到保證金追繳通知（**margin call**），需在期限內回補到原始保證金的水平，否則將會遭代為沖銷。在臺灣期貨交易所的期貨交易，當盤中風險指標低於 **25%**，期貨商將代為執行全數部位砍倉，若砍倉後權益數為負值（**over loss**），投資人應於限定期限內補足，否則將申報違約。

(八)　每日結算：期貨交易的結算由交易所或結算所統一進行，臺灣期貨交易所實行每日無負債結算制度，又稱「逐日盯市（**marking to market**）」，指每日交易結束後，交易所按當日結算價結算所有契約的盈虧、交易保證金及手續費、稅金等費用，對應收應付的款項同時劃轉，相應增加或減少會員的結算準備金。期交所發行之期貨每日結算價原則上採當日一般交易時段收盤前一分鐘內所有交易之成交量加權平均價，若無成交價時，則依期交所對各期貨制定之交易規則訂定之。

(九)　強行平倉：當會員或客戶的交易保證金不足並未在規定的時間內補足，或當會員或客戶的持倉量超出規定的限額時，或當會員或客戶違規時，交易所為了防止風險進一步擴大，實行強行平倉。

(十)　每日價格最大波動限制（漲跌停板）：期貨契約在一個交易日中的交易價格波動不得高於或低於規定的漲跌幅度，超過該漲跌幅度的報價將被視為無效，不能成交。

(十一)　持倉限額（部位限制）：期貨交易所為了防範操縱市場價格的行為和防止期貨市場風險過度集中於少數投資者，對會員及客戶的持倉數量進行限制，超過限額交易所可按規定強行平倉、禁止開設新的持倉或提高保證金比例。

四、 相關機構

(一) 期貨業

1. 期貨交易所：設置場所及設備，以提供期貨集中交易市場為目的之法人。

臺灣期貨交易所股份有限公司（臺灣期貨交易所，**Taiwan Futures Exchange**，簡稱期交所、**TAIFEX**）：臺灣唯一的期貨交易所，其宗旨為促進國內期貨市場發展，主要業務為提供從交易、結算至市場監理等一整套的服務平臺（即兼營期貨結算機構），以活絡期貨交易、服務實質經濟。

2. 期貨商（**Futures Commission Merchant**，**FCM**）：指經主管機關核准，從事期貨交易業務的公司，包括受託買賣、自行買賣、代理結算及其他經主管機關核准之業務。

(1) 期貨經紀商（**Futures Brokerage Merchant**）：係指得接受客戶委託買賣期貨、選擇權契約並接受客戶委託開設期貨交易帳戶之公司。

(2) 期貨自營商（**Futures Proprietary Merchant**，**Futures Dealer**）：係自行買賣期貨、選擇權契約之期貨商。期貨信託事業：指以經營募集期貨信託基金發行受益憑證，並運用期貨信託基金從事期貨交易、期貨相關現貨商品或其他經主管機關核准項目之交易或投資為業者。

(3) 槓桿交易商（**Leverage Transaction Merchant**）：經營槓桿保證金契約（**Leverage Contract**）交易業務。

(4) 期貨服務事業（**Futures Services Enterprise**）：包含期貨信託事業、期貨經理事業、期貨顧問事業及其他服務事業。

(5) 期貨信託事業（**Futures Trust Enterprise**）：指從事、向不特定人或符合主管機關所定資格條件之人募集期貨信託基金發行受益憑證，並運用期貨信託基金從事交易或投資及其他經主管機關核准之有關業務之機構。

(6) 期貨經理事業（**Managed Futures Enterprise**）：指接受特定人委任從事全權委託期貨交易業務及其他經主管機關核准之有關業務。全權委託期貨交易業務指期貨經理事業接受特定人委任，對委任人之委託資產，就有關期貨交易、期貨相關現貨商品或其他經主管機關核准項目之交易或投資為分析、判斷，並基於該分析、判斷，為委任人執行交易或投資之業務。期貨相關現貨商品係指經主管機關核定准予交易之與期貨交易契約相關之國內及國外現貨商品。

(7) 期貨顧問事業（**Futures Advisory Enterprise**）：指接受委任，對期貨交易、期貨信託基金、期貨相關現貨商品、或其他經主管機關公告或核准項目之交易或投資有關事項提供研究分析意見或推介建議、辦理以上有關之講習及出版品，或其他經主管機關核准之有關業務為業者。

(二) 中華民國期貨業商業同業公會（TAFET）

第二節　選擇權

一、　選擇權（option，或譯期權）

選擇權是一種選擇交易與否的權利。選擇權契約買方付出權利金（**premium**）後，享有在某特定時間內（美式）或在特定時刻時（歐式），向契約賣方依特定條件或履約價格（**exercise price**，**strike price**），買入或賣出一定數量標的物的權利，但無義務，故必在履約可獲利時方執行權利；賣方先收取買方所支付之權利金，當買方要求履約時，有義務依約履行，為防止有違約之虞，故賣方需繳交保證金（**margin**）。若此權利為買進現貨，稱為買入選擇權（**call option**，或稱看漲選擇權、認購選擇權），簡稱買權；若此權利為賣出現貨，稱為賣出選擇權（**put option**，或稱看空選擇權、認沽選擇權），簡稱賣權。

二、　選擇權交易制度語詞彙釋義

(一)　到期日：選擇權契約有到期日，若買方只能在到期日結算時選擇行使權利與否，則稱為該選擇權為歐式選擇權（**European option**）；如果買方在到期日當天或之前任何一天都可以行使權利則稱為該選擇權為美式選擇權（**American option**）。

(二)　交割：選擇權履約時的交割方式分為現金交割與實務交割。

(三)　權利金與保證金：選擇權權利金是買權或賣權的買方必須付給賣方（選擇權出讓人）的金額。不論標的物價格如何變動，選擇權買方的最大損失皆為選擇權的權利金。至於選擇權賣方需要負擔所有選擇權可能的義務，故必須繳交保證金。

三、　選擇權單式部位

註：以下損益計算不含手續費、期交稅及保證金；以選擇權點數為單位。

(一)　買進買權（**buy call(BC)/long call**）

1. 使用時機：預期標的價格將上漲

2. 最大利潤：無上限

3. 最大風險：權利金

4. 最大風險發生時標的價格：　履約價

5. 損益兩平點時標的價格：履約價 ＋ 權利金

(二) 買進賣權（**buy put(BP)/long put**）

1. 使用時機：預期標的價格將下跌

2. 最大利潤：履約價 - 權利金（對標的價格不可為負者而言）; 無上限（對標的價格可為負者而言）

3. 最大風險：權利金

4. 最大利潤發生時標的價格（對標的價格不可為負者而言）: =**0**

5. 最大風險發生時標的價格： 履約價

6. 損益兩平點時標的價格：履約價 - 權利金

(三) 賣出買權（**sell call(SC)/short call**）

1. 使用時機：預期標的價格將不漲的小跌格局

2. 最大利潤：權利金

3. 最大風險：無上限

4. 最大利潤發生時標的價格： 履約價

5. 損益兩平點時標的價格：履約價 + 權利金

(四) 賣出賣權（**sell put(SP)/short put**）

1. 使用時機：預期標的價格將不跌的小漲格局

2. 最大利潤：權利金

3. 最大風險：履約價 - 權利金（對標的價格不可為負者而言）; 無上限（對標的價格可為負者而言）

4. 最大利潤發生時標的價格： 履約價

5. 最大風險發生時標的價格（對標的價格不可為負者而言）: =**0**

6. 損益兩平點時標的價格：履約價 - 權利金

第三節　期貨定價理論

一、　廣義無套利定價理論

(一)　無套利（空間）定價理論

1. 定義：使期貨與期貨間、期貨與現貨間等皆無套利空間之價格即為理論價格。因為交易及持有等成本，產生一無套利價格空間，一旦異常價格變動超出此範圍，產生套利空間，就會有人進場套利，促使價格回到合理價格，有助於市場資金供需均衡。

2. 利率期貨理論價格

$$\text{遠期利率期貨理論價格} = \left(\frac{1+\frac{\text{長期借貸款利率}\cdot\text{長期借貸款天數}}{360}}{1+\frac{\text{短期借貸款利率}\cdot\text{短期借貸款天數}}{360}} - 1 \right) \cdot \frac{360}{\text{長期借貸款天數} - \text{短期借貸款天數}}$$

3. 外匯期貨理論價格

$$\begin{aligned} &\text{單利下外匯期貨理論價格} \\ =&\text{即期匯率} + \text{即期匯率} \cdot \text{本國利率} \cdot \text{剩餘到期期間} – \text{即期匯率} \cdot \text{外國利率} \cdot \text{剩餘到期期間} \end{aligned}$$

$$\text{複利下外匯期貨理論價格} = \text{即期匯率} \cdot \frac{1+\text{本國利率}}{1+\text{外國利率}} \cdot \text{剩餘到期期間}$$

4. 到期日不同之股指或商品指期貨理論價格

$$\text{期指} = \text{現貨指數}(1+\text{利率}–\text{指數報酬率})$$

(二)　持有成本理論

1. 完美市場：沒有交易成本與稅負、資金流通與賣空限制、借款與貸款利率差、儲存的限制等。

2. 持有成本：儲藏成本、保險成本、運送成本、財務（融資）成本等。

3. 持有收益：金融資產所能提供其持有人所有現金流入的終值，如：利息、債息、股利收入。

4. 完美市場下，若欲使一期貨與現貨見無基差套利空間，則：

$$\text{在 } t=0 \text{ 的未來期貨理論價格} = \text{在 } t=0 \text{ 時的現貨價格} + \text{持有成本} - \text{持有收益}$$

5. 完美市場下，若欲使相同商品但不同到期日間無價差套利空間，則：

$$\begin{aligned} &\text{契約到期日較遠的期貨契約在 } t=0 \text{ 的價格} \\ =&\text{契約到期日較近的期貨契約在 } t=0 \text{ 的價格} + \text{持有成本} - \text{持有收益} \end{aligned}$$

6. 不完美市場下，交易成本與稅負、資金流通與賣空限制、借款與貸款利率差、儲存的限制等越大，無套利空間的價格範圍會越大。

二、 期貨貼水與期貨升水

(一) 期貨貼水（**backwardation**，又稱正常逆升（**normal backwardation**）、現貨溢價）：假設未來價格走勢不可預期，且避險者空頭多於多頭，為淨賣空者，則期貨價格將低於現貨的價格，使投機者願意持有期貨的多頭部位，並取得承擔風險的補償性報酬，即基差為正。期貨價格會隨時間向上趨近於現貨價格，且越接近到期日斜率越小，到期日基差為零。

(二) 期貨升水（**contango** 或 **forwardation**，又稱正常補貼（**normal forwardation**）、期貨溢價、持有成本市場）：假設未來價格走勢不可預期，且避險者多頭多於空頭，或存在較高持有成本，則基差為負。期貨價格會隨時間向下趨近於現貨價格，且越接近到期日斜率之絕對值越小，到期日基差為零。

第四節　投資組合理論

一、　符號

應變項之右下標以一個或多個給定自變項，指該一個或多個給定自變項成立下之該應變項。

(一)　自變項與給定自變項

1.　**0**：時間為零時、初始時間。

2.　A、B、C、D、E：序組，其第 **i** 元素分別計作 A_i、B_i、C_i、D_i、E_i。

3.　b：代表整體市場的基準指數。

4.　f：無風險資產。

5.　I：投資、投資組合或資產。

6.　i、j 等：第 i、j 等項。未指明者，項為投資、投資組合或資產。

7.　N：包含 n 項的集合，其中 $n \in \mathbb{N}$，未指明者指資產組合。

8.　p：機率。

9.　t：時間。

10.　tg：目標或最低可接受值。

11.　x：給定值。

(二)　應變項

1.　$DR[x]$：相對於給定值 x 的下行風險。統計母體未指明者為報酬率、對數價格或價格。

2.　$DR[x]_{ij}$：i 與 j 的相對於給定值 x 的共下行風險。

3.　R：投資報酬率。其中 R_f 為無風險利率、R_{tg} 為投資者目標報酬率或最低可接受報酬率。

4.　V：價格、價值或財富。

5.　W：一項或數項資產占投資組合的投資比例（權重）。

6.　α_{ib}：i 以 b 為基準之 α。

7.　β_{ib}：i 以 b 為基準之 β 係數。

8.　${\beta^-}_{ib}$：i 以 b 為基準之下行 β 係數。

9. ε：殘差（隨機報酬），$\approx N(0, \sigma^2)$，時常被省略。

10. σ：標準差。統計母體未指明者為報酬率、對數價格或價格。

11. σ_{ij}：i 與 j 的共標準差。

(三) 函數

1. $avg()$：算術平均數函數。

2. **boolean(condition)**：若 **condition** 為真，則 **boolean(condition)=1**，否則 **boolean(condition)=0**。

3. $F_X(p)$：X 的累積分布函數。

4. $E()$：期望值函數，定義為 $E(X) = \int_0^{\infty} (1 - F_X(p))\, dp - \int_{-\infty}^{0} F_X(p)\, dp$。同時適用期望值與實際值的數學式，將可能省略 $E()$。

5. $N()$：常態分布函數，有二個自變項，第一個為平均數，第二個為變異數。

6. $p()$：相關係數函數，有二個自變項。

7. $U()$：預期效用假說中，預期效用對一決策中可選擇之選項之函數。未指明者，該選項為投資、投資組合或資產。

8. $u(V)$：預期效用假說中，預期效用對價值或報酬之函數。

二、 投資組合之報酬與風險

(一) 報酬

1. 投資組合報酬率

$$R_N = \sum_{i=1}^{n} W_{ii}$$

2. α：用於度量主動投資、投資組合或資產相對於基準指數的報酬之指標。

$$\alpha_{Ib} = \frac{R_I}{R_b} - 1$$

3. 無風險利率 (**risk-free interest rate**)：指持有風險趨近於零的無風險資產 (**risk free asset**) 之報酬率，一般以短期政府債券殖利率作為無風險利率，例如兩年期美國公債殖利率。無風險利率越高，履約價格經折現後價值會愈低，故使買權價格愈高，賣權價格愈低。

(二) 風險：指不確定性對目標的影響，當實際結果可能差於期望結果時即存在風險。

1. 股票的系統性與非系統性風險

(1) 系統性風險（**systematic risk**）：又稱市場風險，指總體經濟之風險，如經濟不景氣、利率水準變動、通膨等，無法透過分散投資標的降低之。

(2) 非系統性風險（**unsystematic risk**）：又稱可分散風險，指個別標的之風險，如公司內部管理、營運狀況、資產結構等，可透過分散投資標的、擴大投資組合以降低或消除之。

2. 標準差：現代投資組合理論（**Modern portfolio theory**，**MPT**）認為標準差與風險正相關，並以之度量風險。

$$A\text{、}B\text{元素數量相同}$$

$$\text{共標準差}\sigma_{AB} = \sqrt{\sigma_A \sigma_B p(A,B)}$$

$$\sigma_N{}^2 = \sum_{i=1}^{n}\left(W_i{}^2 \cdot \sigma_i{}^2 + \sum_{j=1}^{n}(W_i \cdot W_j \cdot \sigma_{ij} \cdot \text{boolean}(i \neq j))\right)$$

3. 下行風險（**downside risk**）：又稱下行偏差（**Downside deviation**），由 **Andrew Donald Roy** 建立，後現代投資組合理論（**Post-modern portfolio theory**，**PMPT**）認為下行風險與風險正相關，並以之度量風險。

x：給定值，在投資上多為平均報酬率、期望報酬率、投資者目標報酬率或最低可接受報酬率

$$DR[x]_A = \sqrt{\sum_{k=1}^{|A|}(A_k - x)^2 \cdot \text{boolean}(A_k < x)}$$

$$A\text{、}B\text{元素數量相同；}C\text{、}D\text{、}E\text{元素數量相同}$$

$$C\text{為}\{i \mid i \in \mathbb{N} \wedge B_i < x\}\text{由小到大排列之序組}$$

$$\forall i : D_i = A_{C_i}$$

$$\forall i : E_i = B_{C_i}$$

$$DR[x]_{AB} = \sqrt{DR[x]_A DR[x]_B p(D,E)}$$

$$DR[x]_N = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(W_i{}^2 \cdot DR[x]_i{}^2 + \sum_{j=1}^{n}(W_i \cdot W_j \cdot DR[x]_{ij} \cdot \text{boolean}(i \neq j))\right)}$$

4. β 係數：現代投資組合理論以之度量投資資產或組合與整體市場波動相關性的指標，即系統性風險。

$$\beta_{ib} = \sigma_{ib} \cdot \sigma_b = p(i, b) \cdot \frac{\sigma_i}{\sigma_b}$$

$$\beta_{Nb} = \sum_{i=1}^{n} W_i \beta_{ib}$$

5. 下行 β 係（**downside beta**）：後現代投資組合理論以之度量投資資產或組合與整體市場波動相關性的指標，即系統性風險。

$$\beta^{-}{}_{ib} = DR[avg(R_b - R_f)]_{(}(R_i - R_f), (R_b - R_f))DR[avg(R_b - R_f)]_{R_b - R_f}$$

三、 投資組合理論

(一) 多元化：多元化投資可以減少非系統性風險，市場投資組合、風險平價投資組合都是常見多元化投資組合，而現代投資組合理論與後現代投資組合理論旨在最大化該投資組合之報酬並最小化其風險。

(二) 現代投資組合理論：主要由 **Harry Markowitz** 與 **William F. Sharpe** 等設計，用於建立投資資產組合的數學框架，主要內容包括「以期望值（平均值）度量報酬並以變異數（標準差）度量風險的平均值-變異數分析（**mean-variance analysis**）」、「持有非完全正相關的資產已降低非系統性風險」、「以 β 係數度量系統性風險」、「以夏普比率度量風險溢酬」、「將投資組合優化為效率前緣與資本市場線市場投資組合」、「均衡定價模型，尤其是資本資產定價模型（**CAPM**）」等。

(三) 後現代投資組合理論：主要由 **William F. Sharpe**、**Brian M. Rom** 與 **Frank A. Sortino** 等改良現代投資組合理論而成，主要改良如：以下行風險取代現代投資組合理論使用的標準差、以索蒂諾比率取代夏普比率等，以達到更好的風險管理。

(四) 現代投資組合理論與後現代投資組合理論之常用假設

1. 不存在非資產價格影響之成本或費用（如持有成本、交易成本、稅收等）。

2. 不存在槓桿限制和做空限制。

3. 可在無風險利率下無限量地借貸。

4. 完善且效率的資本市場，資產價格所有套利 (**Arbitrage**) 空間必將消除。

5. 投資者是價格接受者，無法影響資產定價。

6. 投資者會追求最大經濟效率並規避風險 (**Risk averse**)，風險相同時，將選擇期望報酬率最高的投資組合；期望報酬率相同時，將選擇風險最小的投資組合。

7. 系統性風險影響所有風險資產。

8. 所有資訊同時可供所有投資者使用。

9. 所有資產之數量不變且給定。

10. 所有資產都是完全可分割和流動的。

四、 預期效用假說（**expected utility hypothesis**）

由 Daniel Bernoulli 提出，指以預期效用函數計算每一選項之預期效用後，透過比較預期效用在不同的選項之間做出選擇。

$$U(D) = \sum u(V_k)p_k$$

k：決策 D 中的一個選擇

V_k：k 的（期望）價值

(一) 馮・諾依曼-摩根斯坦效用定理（Von Neumann–Morgenstern (VNM) utility theorem）

由 John von Neumann 和 Oskar Morgenstern 證明。

1. 假設：A、B、C 代表三個選擇，其值為一個人在其之間的偏好，則假設：

(1) 完整性 **(Completeness)**：人們必在不同選擇間有所偏好，即「$A\ B\ C$」。

(2) 傳遞性 **(Transitivity)**：若 $A > B$ 且 $B > C$，則 $A > C$。

(3) 連續性 **(Continuity)**：若 $A > B > C$，則存在 p 使 $p + (1 - p) = B$。

(4) 獨立性 **(Independence)**：每一個選擇為獨立事件。

2. 定理：$E(U(A)) > E(U(B)) \Leftrightarrow A < B$

五、 預期效用對報酬率之函數的絕對與相對風險迴避（risk aversion）

(一) 阿羅-普拉特絕對風險迴避指數（Arrow-Pratt measure of absolute risk aversion，ARA）$A(V)$

$$A(V) = \frac{-u''(V)}{u'(V)}$$

(二) 阿羅-普拉特相對風險迴避指數（Arrow-Pratt measure of relative risk aversion，ARA）$R(V)$

$$R(V) = VA(V)$$

六、 投資組合優化（Portfolio optimization）

(一) 給定時刻之投資組合優化

1. **1.** 市場投資組合（**market portfolio**）：又稱效率投資組合（**efficient portfolio**），指風險相同時期望報酬率最高與期望報酬率相同時風險最小的投資組合，在無法持有無風險資產或以無風險利率借入資金時即效率前緣上的投資組合，在可持有無風險資產或以無風險利率借入資金時即資本市場線上的投資組合。

2. **2.** 效率前緣（**efficient frontier**）：由 **Harry Markowitz** 提出，指無法持有無風險資產或以無風險利率借入資金下，所有「風險相同時，期望報酬率最高的投資組合」與「期望報酬率相同時，風險最小的投資組合」的集合。在橫軸為風險（波動性）、縱軸為報酬（報酬率）的風險**-**報酬圖上，效率前緣略呈雙曲線的一部分，且其上之最小風險投資組合的並非最小報酬投資組合。報酬在最小風險點以上的部分，報酬隨風險增加而遞增、斜率為正且隨風險增加而遞減；報酬在最小風險點以下的部分，報酬隨風險增加而遞減、斜率為負且其絕對值隨風險增加而遞減。

3. **3.** 資本市場線（**capital market line**，**CML**）：指可持有無風險資產或以無風險利率借入資金下，所有「風險相同時，期望報酬率最高的投資組合」與「期望報酬率相同時，風險最小的投資組合」的集合，是效率前緣市場投資組合和無風險資產組成之投資組合。在風險**-**報酬圖上，資本市場線略呈一斜率為正的一次函數；其 **y** 截距為無風險利率；與效率前緣之切點為不持有無風險資產也不借貸的投資組合，資本市場線市場投資組合中，在該點右上者為貸款組合，在該點左下者維持有無風險資產的投資組合。

$$E(R_c) = R_f + \frac{\sigma_c}{\sigma_e}(E(R_e) - R_f)$$

c：資本市場線市場投資組合

e：效率前緣市場投資組合

4. 風險報酬無差別曲線：指風險-報酬圖上對投資者而言滿意度或預期效用相同的投資組合之連線。每位投資者的風險報酬無差別曲線不同，但皆符合相同風險下報率越高、相同報酬下風險越低的風險報酬無差別曲線對投資者而言滿意度或預期效用越高。在風險-報酬圖上，對投資者而言滿意度或預期效用最高的市場投資組合，即效率前緣或資本市場線與滿意度或預期效用最高的風險報酬無差別曲線之交點。由此可知，效率前緣上，報酬在最小風險點以下的部分不可能為對投資者而言滿意度或預期效用最高的市場投資組合。

七、 均衡資產定價模型

(一) 一般均衡理論（**general equilibrium theory**）：通過計算所有需求和供給的相互作用導致全部的一般均衡，以解釋多個市場或具有多個相互作用的市場中的供給、需求和價格行為。均衡資產定價模型（**equilibrium asset pricing model**）基於一般均衡理論建立，如資本資產定價模型、單一指數模型、套利定價理論等。

(二) 單一指數模型（**single-index model，SIM**）：由 **William F. Sharpe** 開發，假設只有一個宏觀經濟因素影響任何資產的系統性風險，且該因素可以用市場指數 (基準指數) 報酬率表示。

$$R_i = R_f + \alpha_i + \beta_{ib}(R_b - R_f) + \varepsilon_i$$

(三) 資本資產定價模型（**capital asset pricing model，CAPM**）：由 **Jack Treynor**、**William F. Sharpe**、**John Lintner**、**Jan Mossin**、**Harry Markowitz**、**Merton Miller** 等人發展，用於確定一項投資資產或組合的理論期望報酬率，以決定是否將資產加入投資組合中，是現代投資組合理論最常用的均衡資產定價模型。

$$E(R_I) = R_f + \beta_{Ib}(E(R_b) - R_f)$$

1. 確定性等價定價公式（**certainty equivalent pricing formula**）：假設資本資產定價模型及其所有參數均正確，則一項資產之正確定價可由確定性等價定價公式算出。

$$E(R_F) = \frac{E(V_F) - V_n}{V_n}$$

$$V_C = \frac{E(V_F) - \beta_{ib}(E(R_b) - R_f)}{1 + R_f}$$

F：未來 i 符合「市價 =CAPM 定價」的時刻

n：現在

V_C：i 現在 CAPM 定價

2. 證券市場線（**security market line，SML**）：以資本資產定價模型度量證券時，將理論期望報酬率與風險的關係繪製於風險-報酬圖上的線，將證券之實際期望報酬率及實際風險與 SML 相較，即可判斷高低估價。

3. 布萊克資本資產定價模型（**Black CAPM**）：又稱零 **beta** 資本資產定價模型（**zero-beta CAPM**），由 **Fischer Black** 提出，即假設無法持有無風險資產或以無風險利率借入資金下的資本資產定價模型。

$$E(R_I) = \beta_{Ib} E(R_b)$$

4. 跨期資本資產定價模型（**intertemporal capital asset pricing model，ICAPM**）：**Robert Merton** 提出，假設連續時間內市場處於均衡狀態，且狀態變數遵循布朗運動。在公式中引入對沖投資組合，又稱套期保值投資組合，指與 I 的狀態變數完全負相關的投資組合，用於對沖 I 的狀態變數。

$$R_I = R_f + \beta_{Ib}(E(R_b) - R_f) + \beta_{IH}(R_H - R_f)$$

H：對沖投資組合

八、 多因素定價模型

(一) 法瑪-弗倫奇三因素模型（**Fama–French three-factor model**）、卡哈特四因素模型（**Carhart four-factor model**）與法瑪-弗倫奇五因素（**Fama–French five-factor model**）在單一指數模型的計算公式後加上各因素乘以其各自之係數，該係數多根據歷史數據迴歸得出。法瑪-弗倫奇三因素模型與法瑪-弗倫奇五因素模型由 **Eugene Fama** 和 **Kenneth French** 提出。三因素模型之三因素為「市場溢酬」、「小市值公司之表現優於大市值公司」與「高股價淨值比公司之表現優於低股價淨值比公司」；五因素模型則增加「盈利能力強之公司表現優於盈利能力弱之公司」與「穩健投資之公司表現優於激進投資之公司」。卡哈特四因素模型由 **Mark Carhart** 提出，採用了法瑪-弗倫奇三因素模型的三項因素並增加了「贏家表現優於輸家」這一因素。

(二) 套利定價理論（**arbitrage pricing theory，APT**）：由 **Stephen Ross** 提出，根據所有套利空間必將消除的假設，認為資產的預期回報是系統中各種因素的線性函數，例如市場基準指數等。

$$E(R_i) = \alpha_i + \sum (b_k f_k)$$

f_k：一項系統因素

b_k：R_i 對 f_k 的靈敏度係數

第五節　選擇權指標與定價理論

一、　符號

1. P：歐式賣權理論價格

2. S：標的資產現貨價格

3. C：歐式買權理論價格

4. K：選擇權履約價

5. D：到期日

6. T：現在時間

7. t：時間

8. r：無風險利率

9. $N()$：累積常態分布函數

10. σ：標的資產波動性（標準差）

二、　實質價值與時間價值

理論上，選擇權的價格為實質價值與時間價值之總和。

(一)　實質價值 **(intrinsic value)**：又稱內生價值，指標的物即期價格與履約價格之間的差異。若履約價格低於標的即期價格，則買權有實質價值；若反之，則賣權有實質價值。故即期價格與買權價格正相關，與賣權價格負相關，履約價格則反之。

1. 價內 **(in-the-money)**：買權的履約價較即期價格低，或賣權的履約價較即期價格高時，即有實質價值。若買方立即要求履約可賺到的金額即為價內大小。

2. 價外 **(out-of-the-money)**：買權的履約價較即期價格高，或賣權的履約價較即期價格低，即無實質價值。若買方立即要求履約虧損的金額即為價內大小。

3. 價平 **(at-the-money)**：履約價與即期價格相等，若此時履約買賣雙方損益皆為零。

(二)　時間價值 **(time value)**：選擇權在存續時間內會因為標的物的價格變動使其實質價值跟著變動，在到期日前實質價值仍可能提高，價外者亦有回到價內的機會。故價格通常比實質價值高，即時間價值不為負。距到期日越久，時間價值越高，隨時間消失而價值遞減。除了距到期日天數外，時間價值的大小亦與價格波動率有關。

三、 選擇權指標

(一) **Rho(ρ)** 指「當無風險利率每變動一單位，選擇權價格的變動程度」。

(二) 隱含波動率 (**implied volatility**)：簡稱 **IV** 或隱波。依實際在市場上成交的價格，以 **BS** 模型的年化變異數回推，常用隱含波動率／同時期交易標的波動率表示。

1. 波動率微笑 (**volatility smile**)：指到期日相同但履約價不同的選擇權中，價平選擇權隱含波動率較低，越深入價內或價外則越高。

2. 波動率傾斜 (**volatility skew** 或 **volatility smirk**)：指到期日相同但履約價不同的選擇權中，履約價越低者其隱含波動率越高，反之亦然。

3. **VIX** 指數：又稱恐懼指數、波動率指數。乃以選擇權價格算出之隱含波動率，是衡量市場對近期波動率預期的指標。當 **VIX** 指數較高時，表示投資者預期市場波動大，恐懼和不確定性高，反之亦然。

4. **Vega(ν)**：指「當隱含波動率每變動一單位，選擇權價格的變動程度」，其值越大，代表選擇權價格與隱含波動率關聯性越高，可視為市場投資人心態改變的程度。

(三) **Delta(Δ)**：指「當標的物價格每變動一單位，選擇權價格的變動程度」，即「選擇權價差 ÷ 標的物價差」。對買權而言，其值介於 **1** 與 **0** 之間；對賣權而言，其值介於 **0** 與**-1** 之間。

(四) **Gamma(Γ)**：指「當標的物價格每變動一單位，**Delta** 的變動程度」。

(五) **Theta(Θ)**：指「當選擇權距到期日距離每變動一日，選擇權價格的變動程度」，即市場對距到期日時間長短的敏感程度，必不為正。

(六) **Put/Call Ratio**：用賣權除以買權之比例。

四、 平價理論

$$C - P = S - K \cdot e^{-r\cdot(D-T)} - S \cdot e^{-q\cdot(D-T)}$$

若等式不成立則表示有套利空間

五、 選擇權定價模型

(一) 假設

1. 金融市場存在最少一種風險資產，如股票，及一種無風險資產，如現金或債券。

2. 無風險資產的投資報酬率稱作無風險利率。

3. 標的價格服從幾何布朗運動及對數常態分配，即金融資產的對數收益率服從常態分配。

4. 不存在套利機會。

5. 能以無風險利率借出或借入任意數量的金錢。

6. 能做多及做空任意數量的標的。

7. 不存在交易稅收和交易成本。

8. 選擇權為歐式。

(二) 布萊克-休斯模型（**Black-Scholes model**），以下簡稱 **BS** 模型：

(三) 理論價格公式：

$$
\begin{aligned}
C &= \max(S \cdot N(d1) – N(d2) \cdot K \cdot e^{-r\cdot(D-T)}, 0) \\
P &= \max(N(-d2) \cdot K \cdot e^{-r\cdot(D-T)} - S \cdot N(-d1), 0) \\
d1 &= \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + (r + \frac{\sigma^2}{2}) \cdot (D-T)}{\sigma \cdot \sqrt{D-T}} \\
d2 &= d1 - \sigma \cdot \sqrt{D-T}
\end{aligned}
$$

1. 布萊克-休斯偏微分方程 **(Black-Scholes PDE)**：

$$
\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\sigma^2 \cdot S^2}{2} \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + r \cdot S \cdot \frac{\partial V}{\partial S} - r \cdot V = 0
$$

$V(t, S)$：選擇權點數 V 對標的資產現貨價格 S 和時間 t 的函數

2.　BS 模型中的選擇權 Greeks 指標

$$\begin{aligned}
\Delta &= \frac{\partial V}{\partial S} \\
&= \begin{cases} N(d1), & \text{對買權} \\ N(d1)-1, & \text{對賣權} \end{cases} \\
\Gamma &= \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \\
&= \frac{N'(d1)}{S\cdot\sigma\cdot\sqrt{D-T}} \\
\nu &= \frac{\partial V}{\partial \sigma} \\
&= S\cdot N'(d1)\cdot\sqrt{D-T} \\
\Theta &= \frac{\partial V}{\partial t} \\
&= \begin{cases} -\frac{S\cdot N'(d1)\cdot\sigma}{2\cdot\sqrt{D-T}} - r\cdot K\cdot e^{-r\cdot(D-T)}\cdot N(d2), & \text{對買權} \\ -\frac{S\cdot N'(d1)\cdot\sigma}{2\cdot\sqrt{D-T}} + r\cdot K\cdot e^{-r\cdot(D-T)}\cdot N(-d2), & \text{對賣權} \end{cases} \\
\rho &= \frac{\partial V}{\partial r} \\
&= K\cdot(D-T)\cdot e^{-r\cdot(D-T)}\cdot N(d2)
\end{aligned}$$

六、　三項式樹選擇權定價模型（**trinomial tree options pricing model**）

(一)　假設標的點數 S 在三項式樹上每次因特定因素移動至下一節點同時 $\times u$ 或 $\times d$ 或 $\times 1$，其中 $u>1$、$0<d<1$。

(二)　**n**：三項式樹長度。

(三)　若 S 自初始點數 S_0 移動 n 個節點至同一點數，則視為同一節點 S_n。

$$\begin{aligned}
u &= e^{\sigma\cdot\sqrt{\frac{2\cdot t}{n}}} \\
d &= \frac{1}{u} \\
pu &= \frac{e^{r\cdot\frac{t}{2\cdot n}}-\sqrt{d}}{\left(\sqrt{u}-\sqrt{d}\right)^2} \\
pd &= \frac{\sqrt{u}-e^{r\cdot\frac{t}{2\cdot n}}}{\left(\sqrt{u}-\sqrt{d}\right)^2} \\
C &= e^{r\cdot\frac{t}{n}}\cdot(pu\cdot(S\cdot u-K)+pd\cdot(S\cdot d-K)+(1-pu-pd)\cdot(S-K)) \\
P &= -e^{r\cdot\frac{t}{n}}\cdot(pu\cdot(K-S\cdot u)+pd\cdot(K-S\cdot d)+(1-pu-pd)\cdot(S-K)) \\
\frac{t}{n} &< \frac{2\cdot\sigma^2}{r^2}
\end{aligned}$$

第六節　利率（interest rate）

一、　利率種類

(一)　物價水平與通貨膨脹（或緊縮）通常用消費者物價指數（**CPI**）或生產者物價指數（**PPI**）衡量。

(二)　名目利率：未考慮通膨因素的利率，也就是基準利率、牌告利率、借款利率。

(三)　有效利率：考慮利息計算次數，以名目利率經複利後，所得到之年化利率。

(四)　實質利率：考慮通貨膨脹率後貨幣購買力的實質利率。

(五)　費雪方程式：實際利率 = 名目利率 - 通貨膨脹率

(六)　實質利率通常不會大幅改變，且央行會盡量避免實質利率過高或過低，以維持溫和的通貨膨漲。若實質利率過高，則代表通貨膨脹可能過於劇烈；若實質利率為負值，則代表可能正陷入通貨緊縮，如日本的負利率政策。

(七)　央行目標利率（或基準利率）：如歐洲央行基準利率、美國聯邦基金目標利率等。

1. 通常當通貨膨脹過高時調低利率；反之亦然。但仍受其他因素影響。

2. 泰勒規則（**Taylor rule**）：目標名目利率 = 實質利率 + 目前通貨膨脹率 + **0.5**(目前通貨膨脹率–目標通貨膨脹率) + **0.5**(目前 **GDP** –充分就業 **GDP**)。

二、　美國聯準會（Fed）

(一)　制度：聯邦準備系統（**Federal Reserve System**），是美國的中央銀行體系，依據美國國會 **1913** 年通過的《聯邦準備法案（**Federal Reserve Act**）》而創設，以避免再度發生類似 **1907** 年銀行危機的事件。聯邦準備系統包括聯邦準備理事會、聯邦公開市場委員會（**FOMC**）、聯邦準備銀行、會員銀行及諮詢委員會。聯邦準備理事會（**Board of Governors of the Federal Reserve System**；**Federal Reserve Board of Governors**；**Federal Reserve Board**）是美國聯邦準備系統的主要管理機關。

(二)　職責

1. 執行國家金融及貨幣政策，影響貨幣及信用條件，以追求充分就業及穩定物價，並促使美元達到其希望的價值。

2. 監管聯邦準備銀行及金融機構、維持金融體系安全穩定，以保障消費者之權益，並遏止金融市場可能出現的系統性風險。

3. 提供美國政府、社會大眾、金融機構及外國官方機構的金融服務，並維持全國支付系統的運作。

4. 進行財經現況研究報告。

(三)　聯邦基金利率（**Federal Fund Rate**）

1. 在現今各國央行及金融監管機構的密切連動下，最重要的利率指標就是美國聯邦基金利率。

2. 聯邦基金有效利率（**Effective Federal Fund Rate**，**EFFR**）：前一個工作日隔夜聯邦基金交易的有效中位利率，由紐約聯邦儲備銀行每日發布。

3. 聯邦基金目標利率（**Federal Funds Target Rate**）：聯邦公開市場委員會對聯邦基金有效利率設定之目標區間，通常每年舉行八次，相隔約七周。

(四)　緊縮貨幣政策（**quantitative tightening**，**QT**）

1. 時機：聯邦基金有效利率小於聯邦基金目標利率。

2. 作為：

(1) 提高銀行準備率。

(2) 拋售美國公債之公開市場操作。

(3) 收回美元。

3. 影響：

(1) 導致聯邦基金有效利率與銀行同業拆借利率及其他短期市場公開利率上揚（升息）。

(2) 美元貨幣總計數（含存款與通貨）成長減緩，甚至在收回美元時達到負成長。

(3) 借款成本提高，使市場熱錢緊縮，從而抑制企業投資需求。

(4) 美元對他國貨幣相對升值，促使進口價格降低、出口成本提高，資金流向美國，對開發中國家投資活動相對減少。

(五)　寬鬆貨幣政策（**quantitative easing**，**QE**）

1. 時機：聯邦基金有效利率大於聯邦基金目標利率。

2. 作為：

(1) 降低銀行準備率。

(2) 買回美國公債之公開市場操作。

(3) 印鈔並用其購買資產。

3. 影響：

(1) 導致聯邦基金有效利率與銀行同業拆借利率及其他短期市場公開利率下降（降息）。

(2) 美元貨幣總計數（含存款與通貨）成長加速，市場上的資金增多。

(3) 借款成本降低，使市場熱錢增多，從而刺激企業投資需求。

(4) 美元對他國貨幣相對貶值，促使進口價格上升、出口成本降低，資金可能流出美國，對開發中國家投資活動相對增加。

三、 升降息單位

1. 基點：**0.01%**

2. 美國聯準會每次升降息多為 **25** 個基點或其倍數。

四、 美國聯準會利率及貨幣政策的指標及影響

(一) 股票價格與經濟發展

1. 若美國聯準會調降聯邦基金目標利率並採取實際動作達成，即降息時，常使股票價格上升、經濟成長趨強；反之，升息則使股票價格下降，經濟衰退。

2. 升降息對經濟發展的影響可能延遲零至三年，平均約延遲一至二年，而對股票市場的影響則較快（股票市場約領先經濟發展 **3-6** 個月）。例如 **2022** 年連續劇烈升息時變導致股市立即重挫。

3. 通常景氣循環股，即股價波動率大於大盤的股票，如科技、金融、通信等產業，受升降息影響較大；防禦性股票或非景氣循環股，如公用事業、能源產業等，受升降息影響則較小。另外，能源、工業等受自然資源影響較大的類股，受到大宗商品景氣循環影響亦大。

(二) 美國公債殖利率

1. 兩年期美國公債殖利率常被視為無風險利率（**risk-free interest rate**）

2. 兩年期美國公債與美國聯邦基金目標利率之間的利差：

(1) 通常前者略高於後者，呈正相關且相關係數高。利率較高時，前者約較後者高出 **50** 個基點，利率較低時則約高出 **75** 個基點。

(2) 近期預期將升息時，前者減後者之利差約為正常情況之 **1.5** 倍；即將升息時，前者減後者之利差約為正常情況之 **2** 倍。

(3) 近期預期將降息時，前者減後者之利差約為正常情況之 **0.5** 倍；即將降息時，前者減後者之利差趨近於零。

(4) 前者跌破後者時多發生於市場預測未來將有劇烈降息時，導致負利差交易，可能使投資人拋售公債。

(5) 前者遠高於後者時多發生於市場出現聯準會升息恐慌時。

3. 美國公債殖利率曲線：

(1) 降息時通常斜率為正，表短期利率低於長期利率；反之亦然。

(2) 通常市場對聯準會政策之信心越不足、不確定性越高，殖利率曲線越陡峭。

(3) 殖利率曲線可預測未來經濟發展，約領先一至二年。

(4) 三個月期美國公債殖利率遠高於十年期美國公債殖利率時，可能表示經濟衰退。據統計，利差 80 個基點時，經濟衰退機率大於二分之一。

(三) 銀行同業拆借（款）利率：又稱銀行同業拆放（款）利率。如歐元區銀行同業拆借利率（Euribor）、倫敦銀行同業拆借利率（LIBOR）。

1. 倫敦銀行同業拆借利率作為全世界的資金利率，一般而言與美國聯邦基金利率相近。

2. 若 LIBOR 上升，表示金融體系間互不現信任，顯示經濟可能出現問題，防禦性類股或信用評級較高之債券表現可能優於景氣循環股。

3. 若銀行同業拆借利率遠高於央行目標利率（基準利率）時，可能使各國央行挹注短期流動資金至市場上。

4. 兩年期以上歐洲美元期貨契約可視為市場對之的預期。

(四) 信用利差：指公債和其他固定收益債券（公司債、抵押貸款債券等）之間的利差（前者減後者），或投資等級債券與高收益債券的利差（前者減後者）。

1. 聯邦基金目標利率與信用利差正相關。

2. 信用利差擴大幅度大於公債殖利率跌幅，代表貸款成本增加。

(五) 交換利率

1. 債務人為避免利率上升使債務成本上升之風險而簽訂交換協議，以固定利率合約取代浮動利率合約。

2. 交換利率與信用利差及聯邦基金目標利率呈正相關。

3. 聯邦基金目標利率上升或預期上升時，債務人鎖定利率需求上升，推升交換利率，使信用利差擴大，此時投資等級債券表現可能優於高收益債券、低風險資產表現可能優於高風險資產。

五、 美元匯率

降息可能使美元相對於他國貨幣貶值，升息時則可能使美元升值。美元指數（USDX）通過平均美元與六種國際主要外匯的匯率得出，是衡量美元匯率走勢的指標之一。

第七節　經濟週期性

一、　週期性（cyclical）：營運狀況受經濟景氣循環之週期變化影響大。當經濟成長時，價格大幅上漲，反之亦然。

二、　非週期性（non-cyclical）：營運狀況受經濟景氣循環之週期變化影響小，又稱防禦性（defensive）。價格受總體經濟週期影響較小，惟仍常隨之有所波動。

三、　經濟循環

(一)　一般景氣循環

1.　美林投資時鐘：用經濟成長率及通貨膨脹率來決定經濟週期，分為：

(1)　通貨再膨脹 (reflation)：通膨率自高點下降至平均，經濟成長自趨勢線下降至低點。常發生於一段時間經濟成長停滯或衰退時，生產力過剩、大宗產品下跌，使通膨率下降。此時企業獲利不佳，政府可能採行刺激消費、抑制通貨緊縮的寬鬆政策，如央行降低短期利率。此時期債券及非週期性成長股、消費品、金融、醫藥產業是較佳投資選擇，大宗商品則最差。

(2)　復甦 (recovery)：通膨率自平均下降至低點，經濟成長自低點向上突破趨勢線。常發生於寬鬆政策起作用後，GDP 成長加速，但過剩的生產力尚未完全消耗，故通膨率持續下降時。此時企業獲利大幅上升，但政府仍保持寬鬆政策，債券殖利率低。此時期股票及週期性成長股科技業、非必需消費品產業是較佳投資選擇，大宗商品則最差。

(3)　過熱 (overheat)：通膨率自低點上升至平均，經濟成長率自趨勢線上升至高點。常發生於企業產能成長趨緩，通膨增溫時。此時政府可能採行緊縮政策，但 GDP 成長率在趨勢線之上。此時期大宗商品及週期性價值型股、工業、能源產業、科技業是較佳投資選擇，債券則最差。

(4)　滯脹 (stagflation)：通膨率自平均上升至高點，經濟成長率自高點向下跌破趨勢線。此時企業產能下降，股票表現不佳，為保持獲利提高產品價格，推升通膨率，使政府無法採取緊縮政策，經濟持續低迷；高通膨導致工資上漲，企業不願調漲工資，使失業率大幅提高，商品供給減少，小型企業可能倒閉；待通膨到達高點並反轉向下，政府轉而採取寬鬆政策，使債券反轉下跌。此時期現金或非週期性價值型股、醫藥產業、公用事業是較佳投資選擇，但若與能源危機相伴發生，該種能源報酬可能最佳；非必需消費品產業、科技業則最差。

2.　循環一週期時長：約 5 至 11 年（週期時長有增加趨勢）。

3.　股票價格與經濟發展：

(1)　股票價格上升將使家庭財富增加，即正財富效應；反之亦然。

(2)　股票市場約領先經濟發展 3-6 個月。

4. 受較大影響產業或資產：

(1) 金融保險業

(2) 耐用品生產（汽車業等）

(3) 服務業（觀光旅遊業等）

(4) 航運業

(5) 工業

(6) 不動產業

(7) 公司債、高收益債：在經濟不景氣時違約可能較高

(8) 科技業（多數電子工業）：在臺北股市，通常電金比（電子指/金融指）與大盤走勢正相關，可見臺北股市電子類股的變異數與 β 值高於金融保險類股。

(二) 原物料超級循環

1. 分期：

(1) 復甦階段：價格自低點上升至平均。歷經衰退階段後，供應商供給減少，市場供需開始新的平衡，週期底部逐漸形成，開始一新的週期循環。

(2) 成長階段：價格自平均上升至高點。需求量因經濟成長與工業用途激增，供給量上升不及，導致原物料價格上漲，供應商因利潤增加投入更多資本支出以增加產量。

(3) 趨緩階段：價格自高點下降至平均。原物料供應商增加供給量，價格高漲使需求量減少，並尋找替代品，供需開始平衡，價格逐漸穩定。

(4) 衰退階段：價格自平均下降至低點。市場供給開始大於需求，價格下跌，供應商因利潤減少而減少資本支出。

2. 循環一週期時長：約 20 至 33 年。

3. 不同原物料種類在原物料超級循環中的性質：

(1) 貴金屬：黃金、白銀、鉑、鈀等。

① 影響因素：通膨、實質利率、美元匯率、景氣循環、國際政治等。

② 黃金受經濟週期循環正影響不大，於經濟危機、政治或戰爭危機、通膨高時，需求量增，價格上漲，故走勢可能與經濟週期循環負相關。

③ 較佳投資時期（與其他原物料相比）：原物料價格處於低點附近。

(2)　農產品：玉米、小麥、大豆等。

影響因素：氣候、種植週期、美元匯率、政策、供給、預期價格等。

(3)　能源：石油、天然氣等。

較佳投資時期（與其他原物料相比）：原物料價格處於高點附近。

(4)　工業金屬：銅、鋁、鋅、鎳等。

較佳投資時期（與其他原物料相比）：一般景氣循環與原物料超級循環均自低點成長時。

4.　受較大影響產業

(1)　天然資源（能源、原材料等）

(2)　工業

(三)　不動產週期

1.　受人口結構、政策等影響。

2.　受較大影響產業：不動產相關產業。

(四)　利率週期

1.　受其他經濟循環及國際政治等因素影響。

2.　受較大影響產業：

(1)　金融保險業

(2)　不動產業

(3)　貴金屬

第三章　研究方法

第一節　資料集取得

一、　選擇權年度行情

臺灣期貨交易所。（無日期）。選擇權每日交易行情下載。臺灣期貨交易所。https://www.taifex.com.tw/cht/3/optDailyMarketView

二、　期貨年度行情

臺灣期貨交易所。（無日期）。期貨每日交易行情下載。臺灣期貨交易所。https://www.taifex.com.tw/cht/3/futDailyMarketView

三、　消費者物價商品性質分類指數

行政院主計總處。（2013）。消費者物價商品性質分類指數。政府資料開放平臺。https://data.gov.tw/dataset/6305

四、　消費者物價特殊分類指數

行政院主計總處。（2014）。消費者物價特殊分類指數。政府資料開放平臺。https://data.gov.tw/dataset/8237

五、　美元即期匯率及遠期信用狀美金利率

中央銀行。（2015）。美元即期匯率及遠期信用狀美金利率。政府資料開放平臺。https://data.gov.tw/dataset/10818

六、　美元兌新臺幣遠期匯率

中央銀行。（2015）。美元兌新臺幣遠期匯率。政府資料開放平臺。https://data.gov.tw/dataset/10817

七、　臺灣發行量加權股價指數歷史資料

Yahoo! 財經。（無日期）。TWII - 加權指數。Yahoo! 財經。https://hk.finance.yahoo.com/quote/%5ETWII/history

八、　納斯達克綜合指數歷史資料

Yahoo! 財經。（無日期）。ÎXIC - 納斯達克指數。Yahoo! 財經。https://hk.finance.yahoo.com/quote/%5EIXIC/history

九、　美國公債殖利率歷史資料

U.S. Department of the Treasury. (n.d.). Interest Rates Data CSV Archive. U.S. Department of the Treasury. https://home.treasury.gov/interest-rates-data-csv-archive

第二節　資料選取

一、　年度

因期交所提供的 **2010-2014** 選擇權交易資料因疑似檔案過大或受損之問題無法開啟，**2023** 年部分資料仍未齊全，故選擇 **2015-2022** 作為取用資料年度。

二、　資料別

為改良前人提出模型資料過少未能考量所有因素、難以得到正確係數與線性假設的問題，本研究使用盡可能多的資料別。包含臺灣與美國指數資料、臺指期貨、選擇權資料、各類消費者物價指數成長率、各期美國公債殖利率、新臺幣兌美元即期與遠期匯率等。

第三節　程式使用工具

一、　Jupyter-notebook

本研究之程式碼均在一 **Jupyter-notebook (.ipynb)** 中，處理過程代碼以 **C++** 為主，**Python** 為輔。安裝與設置 **Pybind11** 等必要的程式後，僅需將該檔案從頭到尾執行，即可從無到有得到整個研究成果。

二、　Python 3.10

本研究之 **Python** 主體採用 **Python 3.10**。

三、　Pycharm

本研究使用 **Pycharm** 作為 **Python** 開發環境。

四、　Code::Block

本研究使用 **Code::Block** 作為 **C++** 編輯、測試與校正時使用的主要開發環境。

五、　Visual Studio

本研究使用 **Visual Studio** 瀏覽與編輯 **XML** 等部分檔案，並作為部分代碼編輯、測試與校正時使用的開發環境。

六、　Selenium

為使取得資料集的過程可重複實現，本研究以 **Python** 使用 **selenium** 進行動態爬蟲取得全部所需資料。

七、　Cython

為加快 **Python** 執行速度，本研究使用 **Cython** 為 **Python** 引入 **C++** 的高效率，但由於在以 **C++** 製作 **Python** 模組時，使用 **Cython** 較不記憶體安全，故本研究僅將 **Cython** 用於字串儲存等方面加快 **Python** 速度，編譯模組部分改用 **Pybind11**。

八、　Pybind11

本研究使用 **Pybind11** 將 **C++** 編譯為 **Python** 模組，原先嘗試過 **Boost.python**，但經過一些困難後決定改用 **Pybind11**。

九、　Cygwin

Cygwin 是一套在 **Microsoft Windows** 系⊗上運行的類 **Unix** 環境，提供 **GNU** 和 **Open Source** 工具集合。本研究使用其提供的 **g++** 以 **Jupyter-notebook** 送出命令列的方式編譯 **C++** 代碼。

十、　Pandas

本研究之資料處理以 **C++** 為主，但後續繪圖步驟使用 **Pandas** 儲存與處理 **DataFrame**。

十一、 Plotly

本研究使用 Plotly 繪製圖表。

十二、 Matplotlib

本研究使用 Matplotlib 繪製圖表。

十三、 ChatGPT 與 Claude

本研究使用 ChatGPT 與 Claude 撰寫部分範例代碼供研究者參考，及檢查研究者之代碼之錯誤，及修善研究者代碼之格式以增加可讀性，及提供研究者相關資訊。

十四、 Stack Overflow、Tex Stackexchange、Wikipedia 與 GitHub

本研究部分內容遇到的問題參考以上提供之內容以利解決。

第四節 深度學習

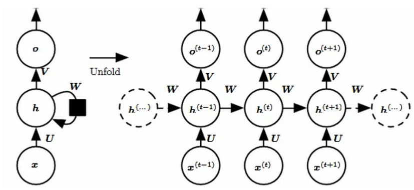


Figure 第三章.1: RNN 示意圖

一、 正向傳播（forward）

(一) 將 6076 大小的金融資料陣列結合成 5 個訊號時步 (x1,x2,x3,x4,x5) 即形成一個大小為 5 的 sequence。

(二) 將此 sequence 通入模型，對每次 t，其 h_t 將傳給下個 $h_t + 1$ 使模型具有記憶性，同時訓練計算 h 的相關權重。

$$\boldsymbol{a}^{(t)}$$

$$= \quad \boldsymbol{b} + \boldsymbol{W}\boldsymbol{h}^{(t-1)} + \boldsymbol{U}\boldsymbol{x}^{(t)}$$

$$\boldsymbol{h}^{(t)}$$

$$= \quad \tanh\left(\boldsymbol{a}^{(t)}\right)$$

$$\boldsymbol{o}^{(t)} \qquad = \quad \boldsymbol{c} + V\boldsymbol{h}^{(t)}$$

(三)　輸出其最終 output_sequence：[o1, o2, o3, o4, o5]，並計算其殘留噪音 $loss(mse)$。

二、　反向傳播（backward）

(一)　依據連鎖率算出各權重對 loss 的梯度並依據梯度下降演算法更新權重。

相關梯度計算公式及推導公式參考文獻https://www.deeplearningbook.org/contents/rnn.html。

三、　訓練

(一)　本研究使用 2015-2020 資料為訓練資料，2021-2022 資料為測試資料。

(二)　因訓練與測試曠日廢時，待完成 code 後已無足夠時間，只好先訓練一個模型並 load，無暇分析不同模型參數造成的不同效果以尋找準確而不過度優化的參數。未來有空將繼續研究之。

第五節　歷史模型

一、　因時間不足無法與深度學習模型比較，但仍完成部分 code 實作。

二、　BS 模型

```
//BlackScholes
//Black-Scholes model
/*
Spot price inputs are stored in vector<vector<double> spot, each sub-vector in it, sorted in ascending order by date, contains date and close price.

\sigma inputs are stored in vector<vector<vector<double>> sigma, each sub-vector in it, sorted in ascending order by date, contains sub-sub-vectors, sorted in ascending order by calculation duration, which contain date, calculation duration, and \sigma.

Real risk-free rate inputs are stored in vector<vector<vector<double>> rate, each sub-vector in it, sorted in ascending order by date, contains sub-sub-vectors, sorted in ascending order by calculation duration, which contain date, calculation duration, and real risk-free rate.

Outputs are stored in vector<vector<vector<double>>> output, each sub-vector, sorted in ascending order by date, contains all data of the specific day, which is stored in sub-sub-vectors in below order:
Ascending order by expiration date,
Ascending order by strike price.
Data in each sub-sub-vector is date, expiration date, strike price, BS call price, BS put price, Delta_call, Delta_put, Gamma, Vega, Theta_call, Theta_put, Rho.
*/

#include <iostream>
#include <cmath>

```

```
using namespace std;

vector<vector<double> spot;
vector<vector<vector<double>> sigma, rate, output;

double N(double x) {
    return 0.5 + 0.5*erf(x / sqrt(2.0));
}

void BS() {
    //C = Max(S*N(d1)  - N(d2)*K*e^(-r*(D-T)), 0)
    //P = Max(N(-d2)*K*e^(-r*(D-T))-S*N(-d1), 0)
    //d1 = [ln(S/K) + (r +  ^2/2)*(D-T)] / ( *sqrt(D-T))
    //d2 = d1 -  *sqrt(D-T)
    //Delta= V/ S=for call: N(d1); for put: -N(-d1)
    //Gamma= 2V/ S2=N'(d1)/S* *sqrt(D-T)
    //Vega= V/  =S*N'(d1)*sqrt(D-T)
    //Theta= V/ t=for call: -S*N'(d1) /2sqrt(D-T)-rKe^(-r(D-T))*N(d2); for put:
       -S*N ' (d1) /2sqrt(D-T)+rKe^(-r(D-T))*N(-d2)
    //Rho= V/ r=K(D-T)*e^(-r(D-T))*N(d2)
    double dt = D - T;
    double sqrtdt=sqrtdt;
    double sigmasqrtdt=sigma * sqrtdt;
    double d1 = (log(S / K) + (r + pow(sigma, 2) / 2) * dt) / (sigmasqrtdt);
    double d2 = d1 - sigmasqrtdt;
    double Nd1=N(d1);
    double Nd2=N(d2);
    double Kexpnrdt=K*exp(-r * dt);
    C_BS = max(S * Nd1 - Nd2 * Kexpnrdt , 0.0);
    P_BS = max((1-Nd2) * Kexpnrdt - S * (1-Nd1), 0.0);
}
    Delta_call = Nd1;
    Delta_put = Nd1 - 1;
    Gamma = Nd1 / (S * sigmasqrtdt);
    Vega = S * Nd1 * sqrtdt;
    Theta_call = -S * Nd1 * sigma / (2 * sigmasqrtdt) - r * Kexpnrdt*Nd2;
    Theta_put = -S *(1 - Nd1) * sigma / (2 * sqrtdt) + r * Kexpnrdt * (1-Nd2);
    Rho = dt * Kexpnrdt * Nd2;
}

int main() {
    //Input
    BS();
    //Output
    return 0;
}
```

三、 三項式樹模型

```
#include <iostream>
#include <vector>
```

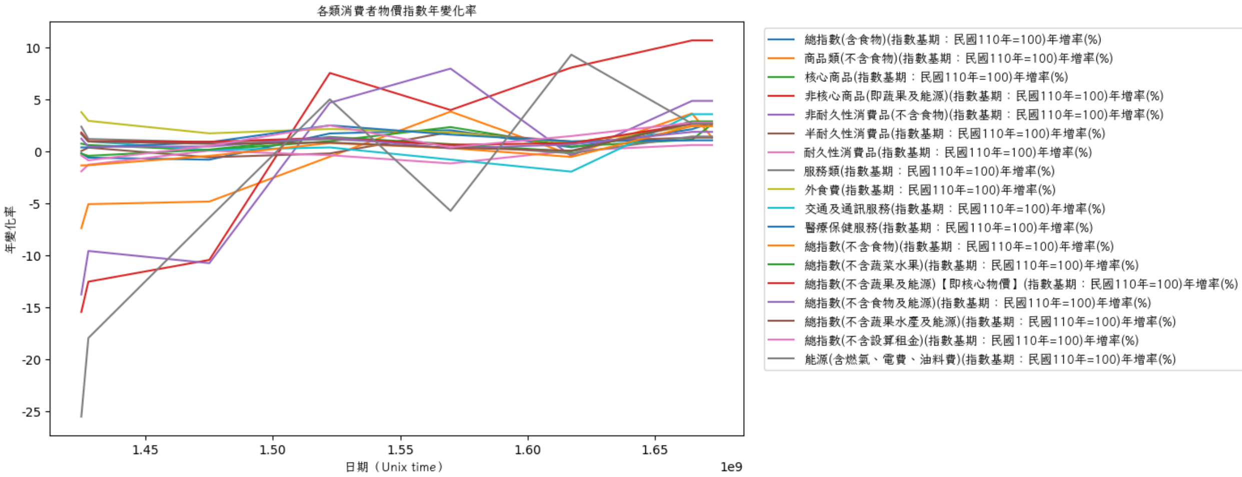
```cpp
#include <cmath>
#include <algorithm>

using namespace std;

float trinomial_tree(float S0, float K, float T, float r, float sigma, int N, const
    string& option_type) {
    float dt = T / N;
    float u = exp(sigma * sqrt(2 * dt));
    float d = 1 / u;
    float m = 1;
    float pu = pow((exp(r * dt / 2) - exp(-sigma * sqrt(dt / 2))) / (exp(sigma *
        sqrt(dt / 2)) - exp(-sigma * sqrt(dt / 2))), 2);
    float pd = pow((exp(sigma * sqrt(dt / 2)) - exp(r * dt / 2)) / (exp(sigma *
        sqrt(dt / 2)) - exp(-sigma * sqrt(dt / 2))), 2);
    float pm = 1 - pu - pd;

    vector<vector<float>> price_tree(2 * N + 1, vector<float>(N + 1, 0.0f));
    price_tree[N][0] = S0;

    for (int i = 1; i <= N; ++i) {
        for (int j = N - i; j <= N + i; j += 2) {
            float ct = 0.0f;

            if (j + 1 <= N + i - 1) {
                price_tree[j][i] += price_tree[j + 1][i - 1] * d;
                ct += 1.0f;
            }
            if (j - 1 >= N - i + 1) {
                price_tree[j][i] += price_tree[j - 1][i - 1] * u;
                ct += 1.0f;
            }
            if (j != N - i && j != N + i) {
                price_tree[j][i] += price_tree[j][i - 1] * m;
                ct += 1.0f;
            }

            price_tree[j][i] /= ct;
        }
    }

    vector<vector<float>> option_tree(2 * N + 1, vector<float>(N + 1, 0.0f));

    for (int j = 0; j <= 2 * N; ++j) {
        if (option_type == "call") {
            option_tree[j][N] = max(price_tree[j][N] - K, 0.0f);
        } else {
            option_tree[j][N] = max(K - price_tree[j][N], 0.0f);
        }
    }

    for (int i = N - 1; i >= 0; --i) {
```

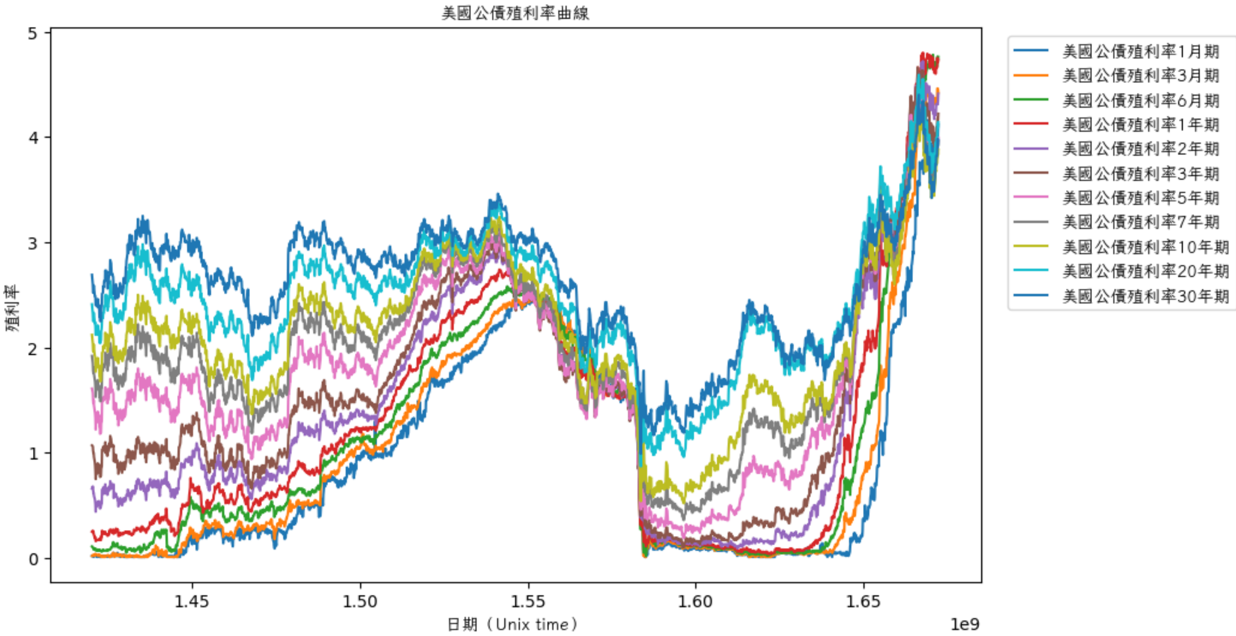
```
        for (int j = N - i; j <= N + i; j += 2) {
            float value_up = (j - 1 >= 0) ? option_tree[j - 1][i + 1] : 0.0f;
            float value_mid = option_tree[j][i + 1];
            float value_down = (j + 1 <= 2 * N) ? option_tree[j + 1][i + 1] : 0.0f;

            option_tree[j][i] = (pu * value_up + pm * value_mid + pd * value_down) *
                exp(-r * dt);
        }
    }

    return option_tree[N][0];
}

int main() {
    float S0 = 21850;  // Initial stock price
    float K = 21750;  // Strike price
    float T = 10.0f / 365.0f;  // Time to maturity (1 year)
    float r = 0.03;  // Risk-free rate
    float sigma = 0.15;  // Volatility
    int N = 10;  // Number of time steps

    string option_type = "call";
    float option_price = trinomial_tree(S0, K, T, r, sigma, N, option_type);
    cout << "option price is: " << option_price << endl;

    return 0;
}
```

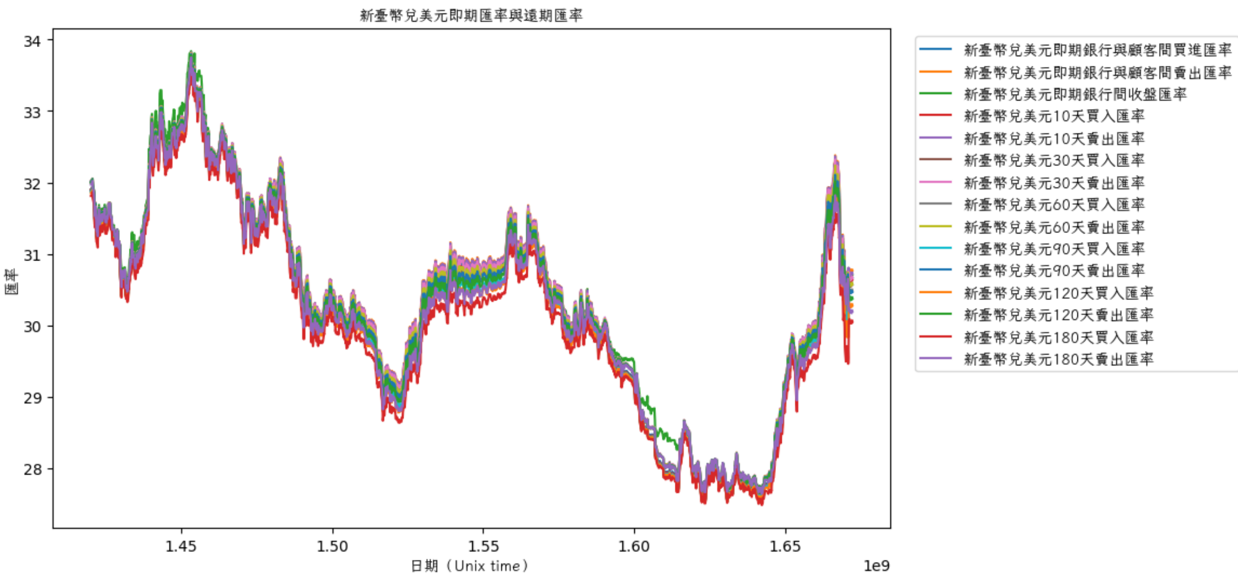
第四章　結果

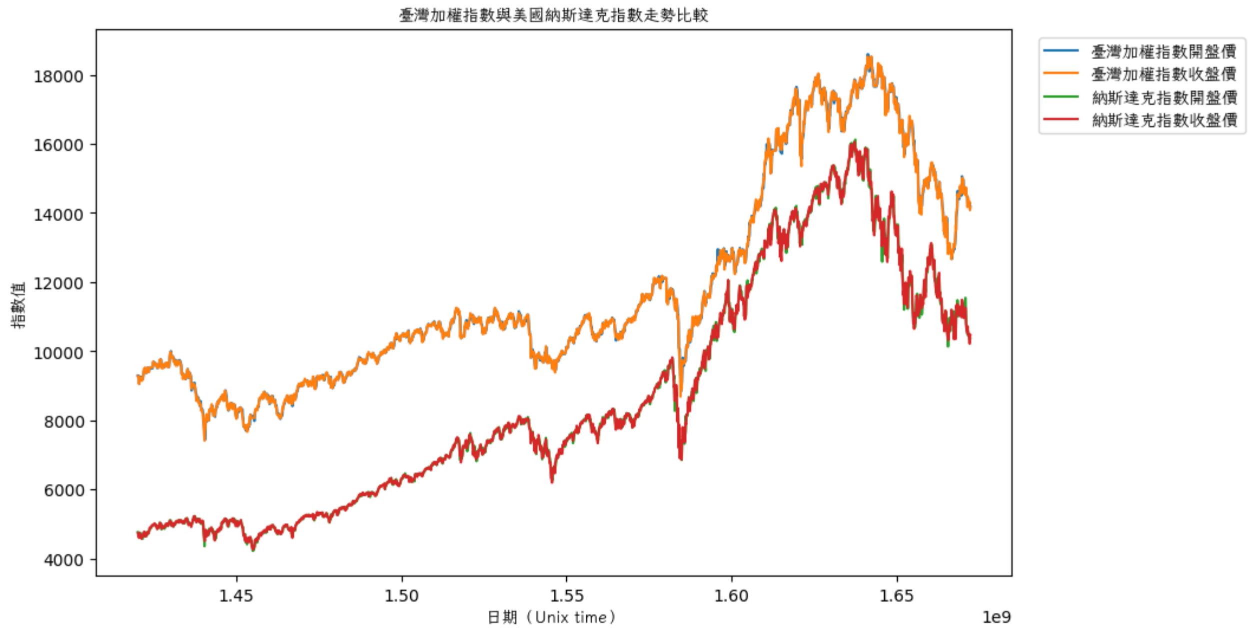
另有.ipynb 檔更利於執行，我們使用 **Python 3.10** 版本，除 **RNN** 部分另外執行外，從動態爬蟲取得資料到處理與繪圖均在之中執行，**RNN** 雖也可在其中，但 **Cygwin** 效率精實測似乎略差於 **Code::Block**，故我們選擇另外執行。

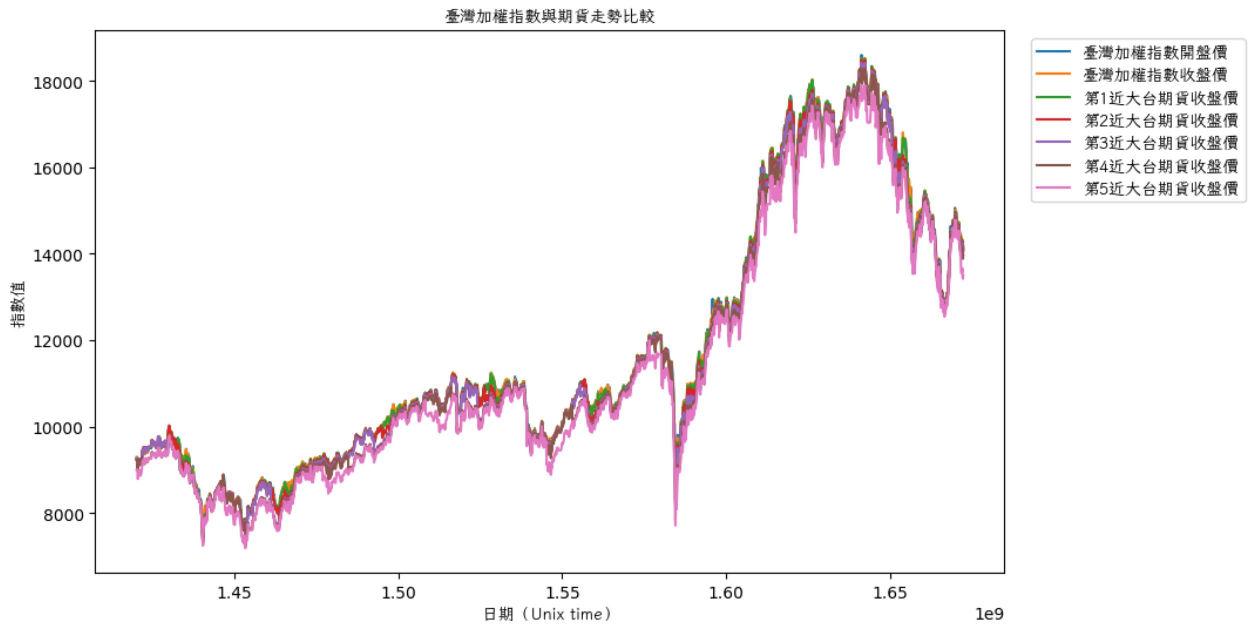
第一節　圖表

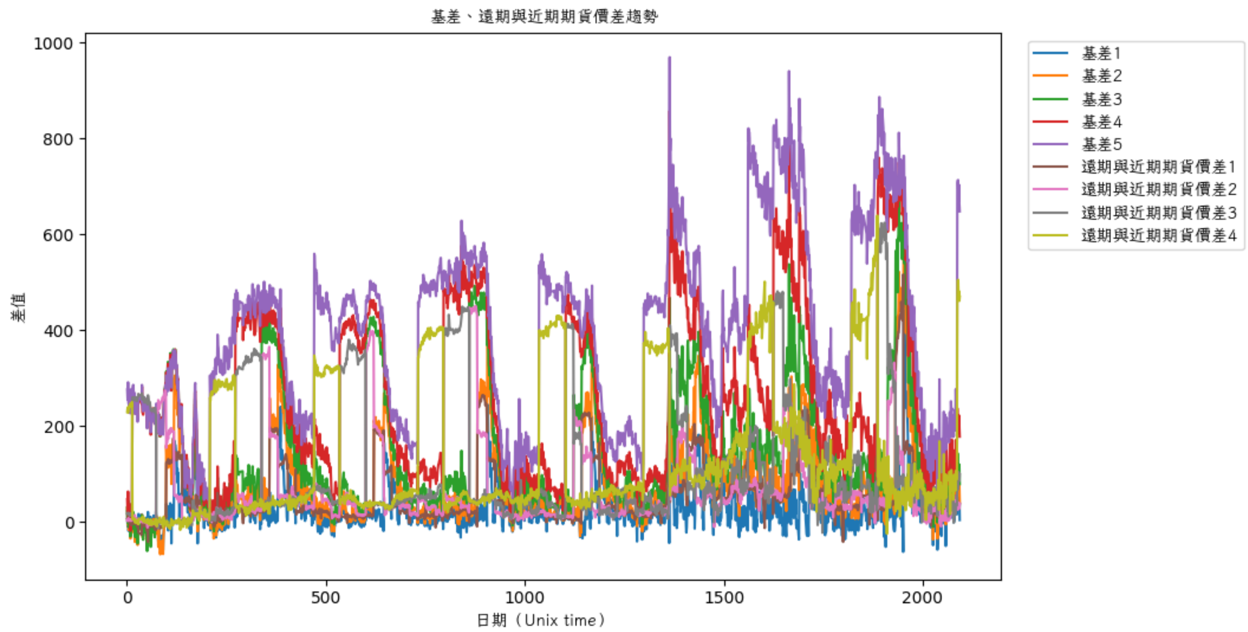

各類消費者物價指數年變化率
年變化率
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
1.45
1.50
1.55
1.60
1.65
日期（Unix time）
1e9
總指數(含食物)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
商品類(不含食物)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
核心商品(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
非核心商品(即蔬果及能源)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
非耐久性消費品(不含食物)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
半耐久性消費品(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
耐久性消費品(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
服務類(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
外食費(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
交通及通訊服務(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
醫療保健服務(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
總指數(不含食物)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
總指數(不含蔬菜水果)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
總指數(不含蔬果及能源)【即核心物價】(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
總指數(不含食物及能源)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
總指數(不含蔬果水產及能源)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
總指數(不含設算租金)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)
能源(含燃氣、電費、油料費)(指數基期：民國110年=100)年增率(%)

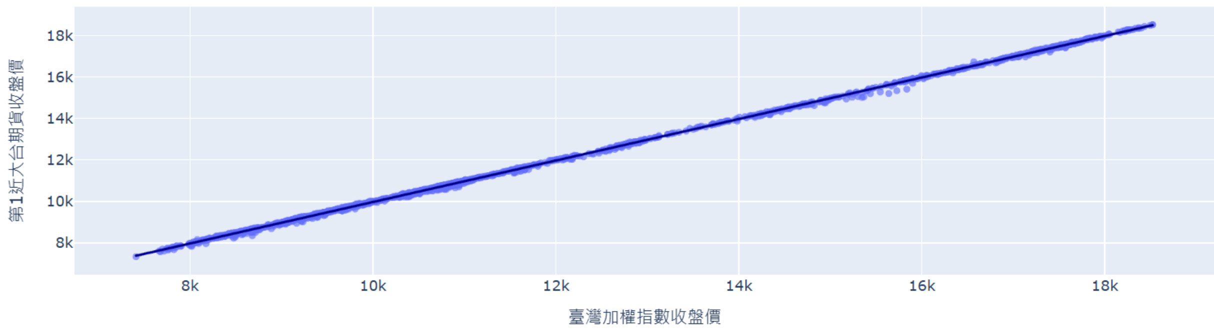

美國公債殖利率曲線
殖利率
5
4
3
2
1
0
1.45
1.50
1.55
1.60
1.65
日期（Unix time）
1e9
美國公債殖利率1月期
美國公債殖利率3月期
美國公債殖利率6月期
美國公債殖利率1年期
美國公債殖利率2年期
美國公債殖利率3年期
美國公債殖利率5年期
美國公債殖利率7年期
美國公債殖利率10年期
美國公債殖利率20年期
美國公債殖利率30年期

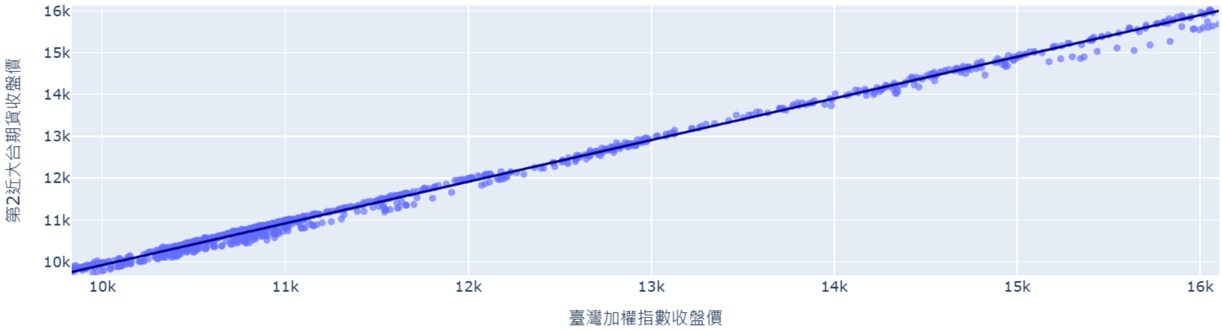

新臺幣兌美元即期匯率與遠期匯率
匯率
34
33
32
31
30
29
28
1.45
1.50
1.55
1.60
1.65
日期（Unix time）
1e9
新臺幣兌美元即期銀行與顧客間買進匯率
新臺幣兌美元即期銀行與顧客間賣出匯率
新臺幣兌美元即期銀行間收盤匯率
新臺幣兌美元10天買入匯率
新臺幣兌美元10天賣出匯率
新臺幣兌美元30天買入匯率
新臺幣兌美元30天賣出匯率
新臺幣兌美元60天買入匯率
新臺幣兌美元60天賣出匯率
新臺幣兌美元90天買入匯率
新臺幣兌美元90天賣出匯率
新臺幣兌美元120天買入匯率
新臺幣兌美元120天賣出匯率
新臺幣兌美元180天買入匯率
新臺幣兌美元180天賣出匯率

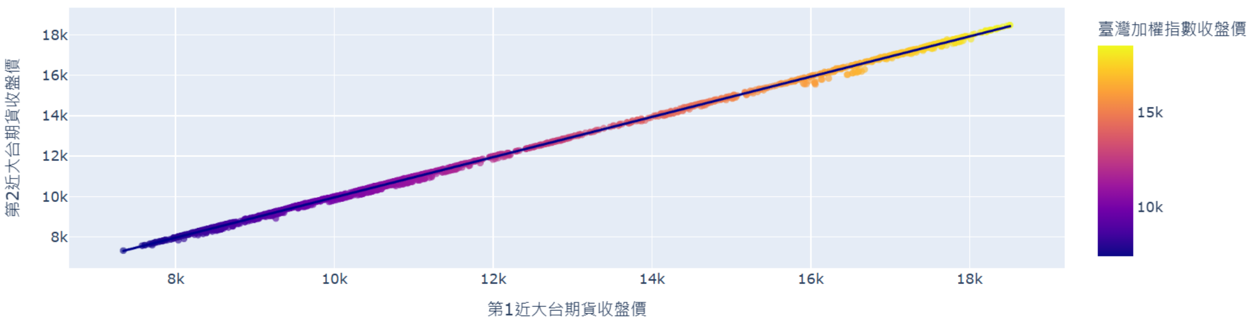

臺灣加權指數與美國納斯達克指數走勢比較
指數值
日期（Unix time）
1e9
臺灣加權指數開盤價
臺灣加權指數收盤價
納斯達克指數開盤價
納斯達克指數收盤價

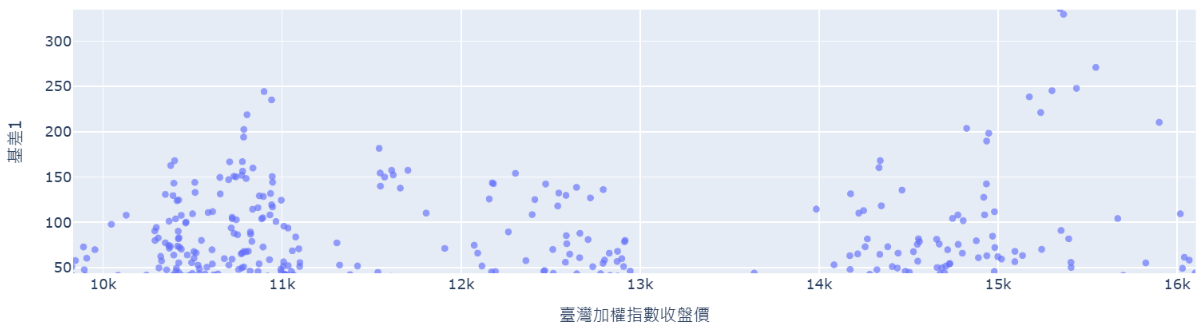

臺灣加權指數與期貨走勢比較
指數值
日期（Unix time）
1e9
臺灣加權指數開盤價
臺灣加權指數收盤價
第1近大台期貨收盤價
第2近大台期貨收盤價
第3近大台期貨收盤價
第4近大台期貨收盤價
第5近大台期貨收盤價

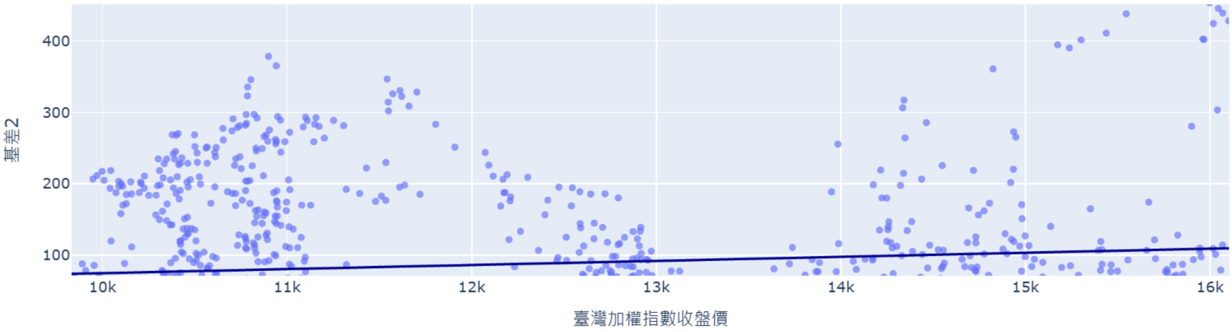

基差、遠期與近期期貨價差趨勢
差值
日期（Unix time）
基差1
基差2
基差3
基差4
基差5
遠期與近期期貨價差1
遠期與近期期貨價差2
遠期與近期期貨價差3
遠期與近期期貨價差4

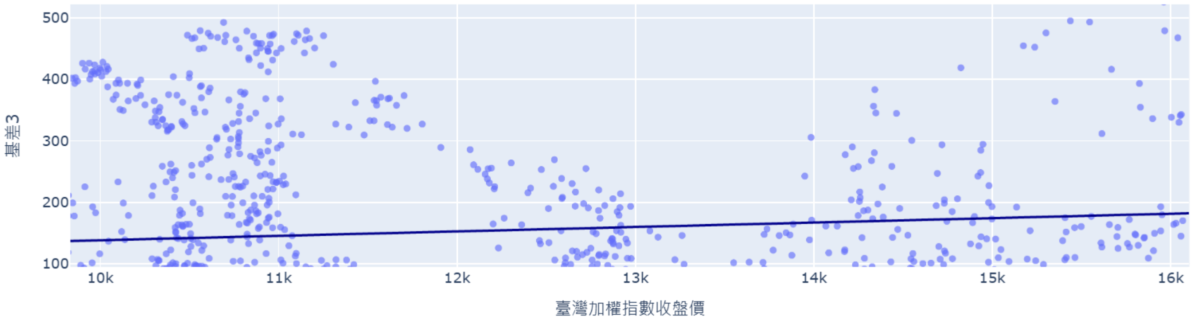

第1近大台期貨收盤價
18k
16k
14k
12k
10k
8k
8k
10k
12k
14k
16k
18k
臺灣加權指數收盤價

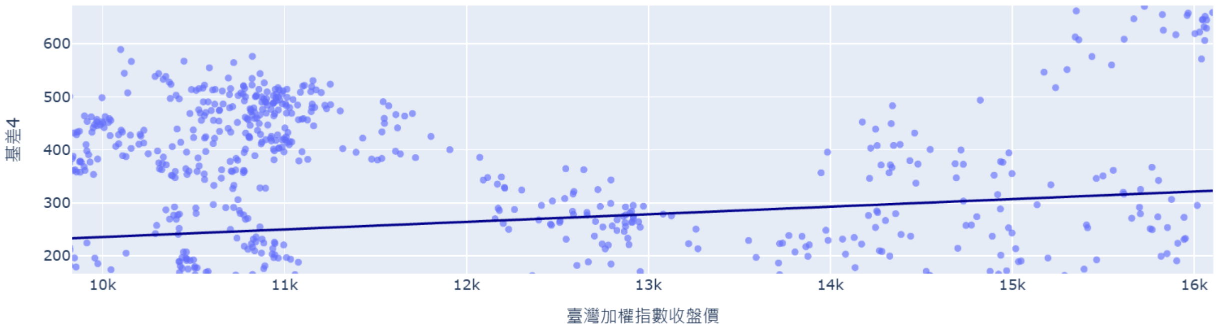

第2近大台期貨收盤價
16k
15k
14k
13k
12k
11k
10k
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

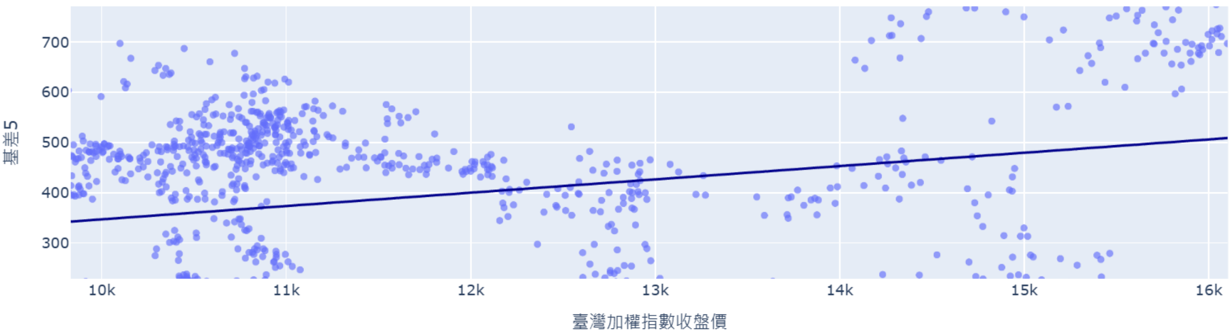

第2近大台期貨收盤價
18k
16k
14k
12k
10k
8k
8k
10k
12k
14k
16k
18k
第1近大台期貨收盤價
臺灣加權指數收盤價
15k
10k

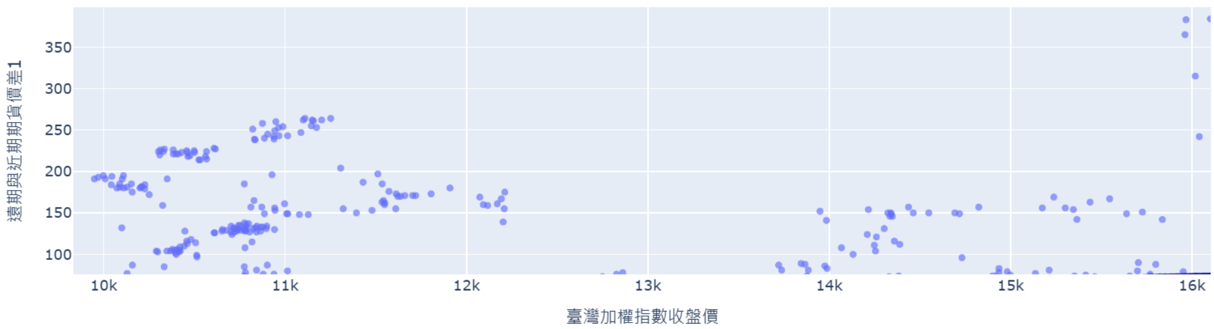

基差1
300
250
200
150
100
50
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

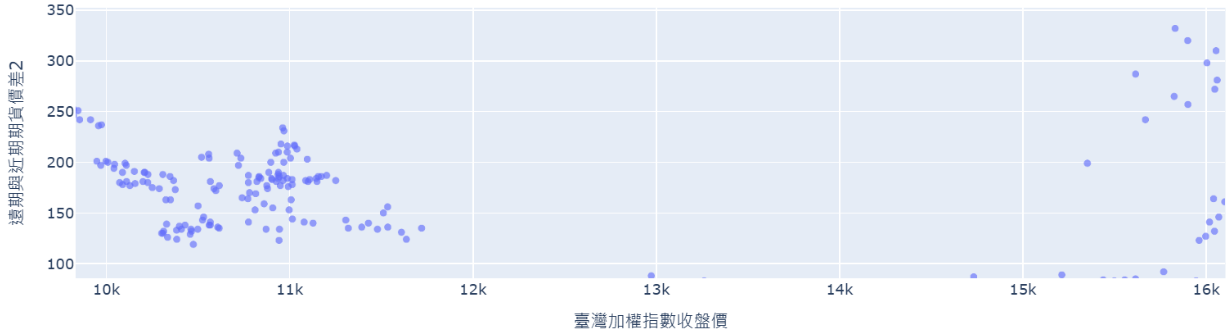

基差2
100
200
300
400
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

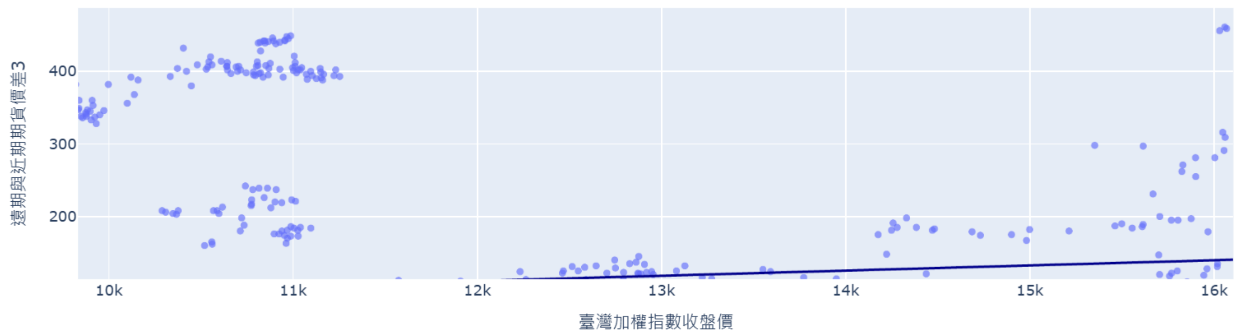

基差3
100
200
300
400
500
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

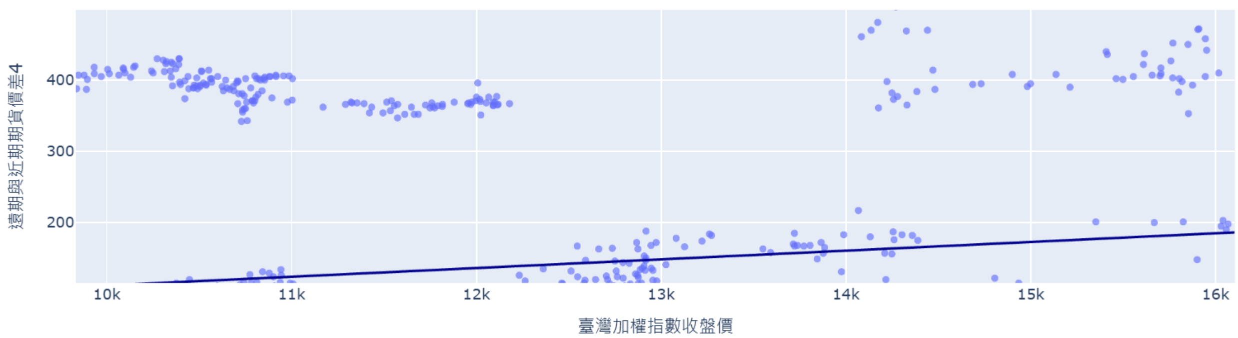

基差4
200
300
400
500
600
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

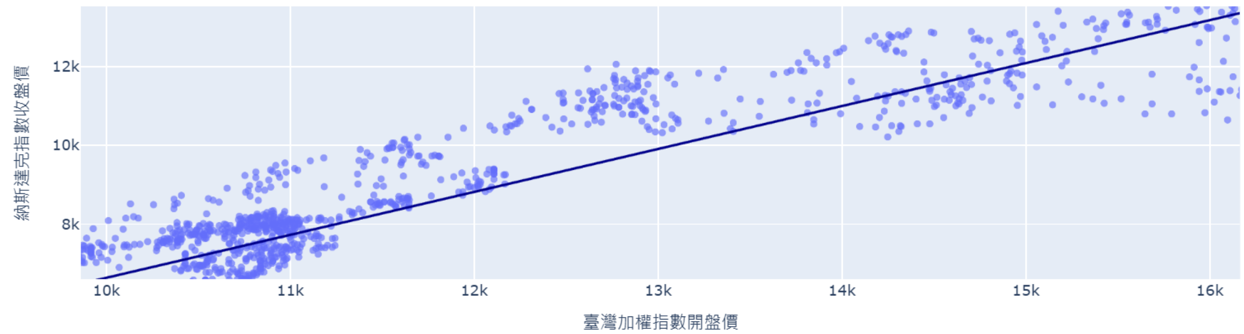

基差5
300
400
500
600
700
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

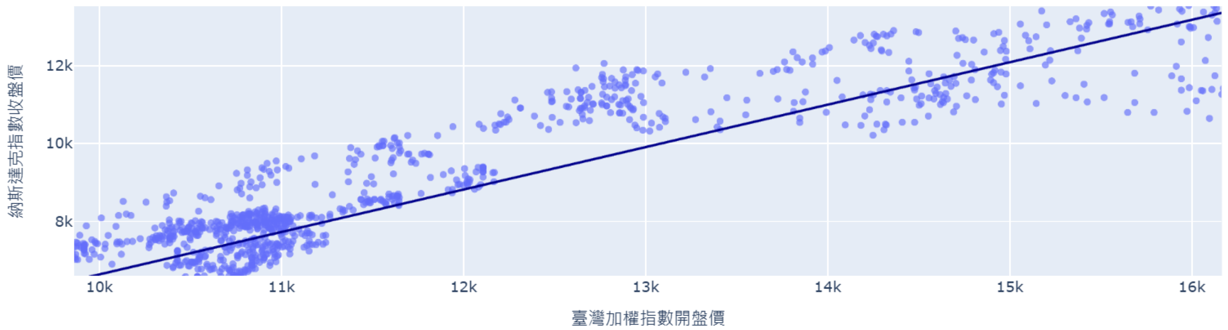

遠期與近期期貨價差1
350
300
250
200
150
100
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

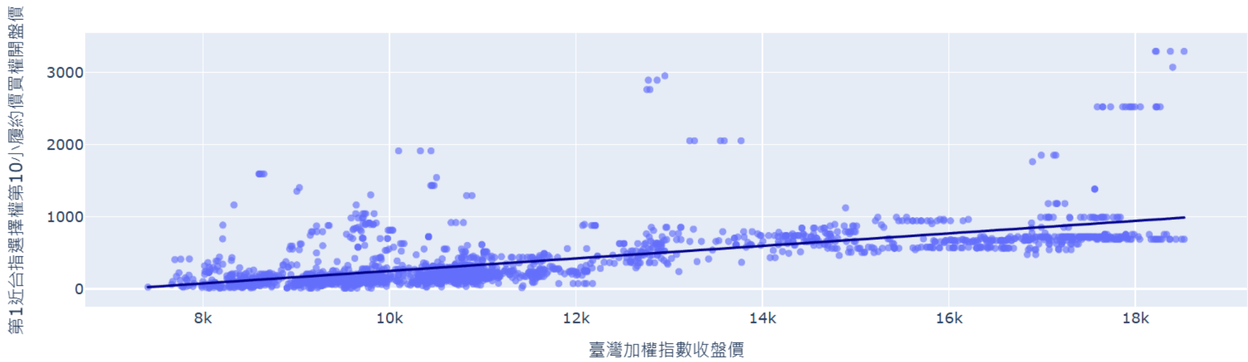

遠期與近期期貨價差2
350
300
250
200
150
100
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

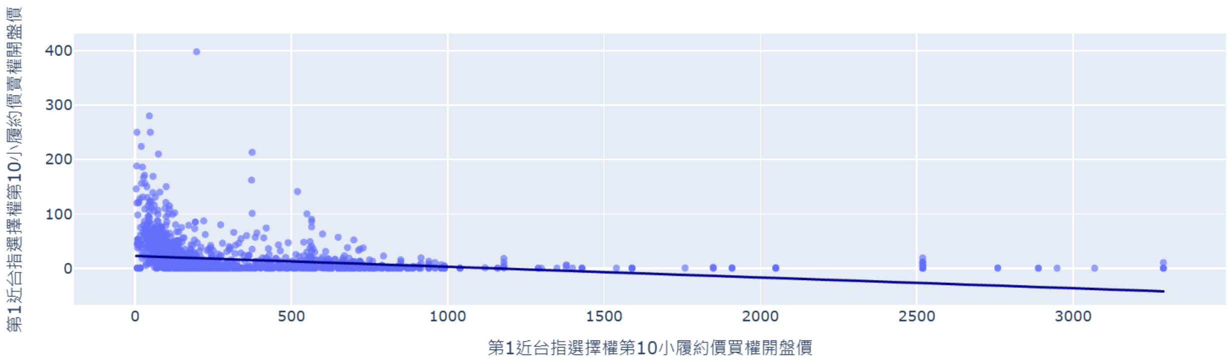

遠期與近期期貨價差3
400
300
200
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價

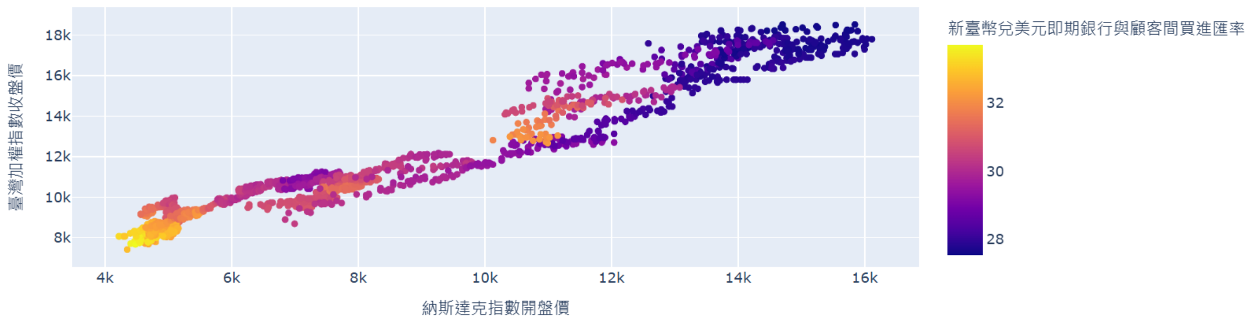

遠期與近期期貨價差4
400
300
200
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數收盤價


納斯達克指數收盤價
12k
10k
8k
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數開盤價

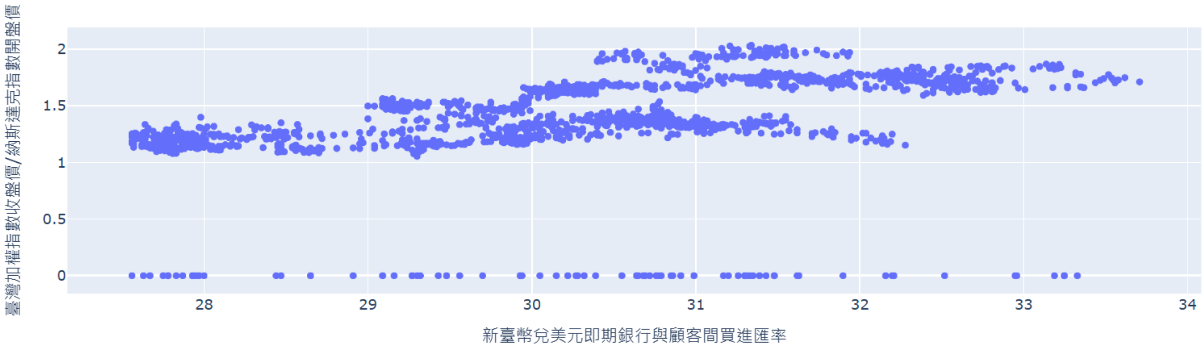

納斯達克指數收盤價
12k
10k
8k
10k
11k
12k
13k
14k
15k
16k
臺灣加權指數開盤價


第1近台指選擇權第10小履約價買權開盤價
3000
2000
1000
0
8k
10k
12k
14k
16k
18k
臺灣加權指數收盤價


第1近台指選擇權第10小履約價賣權開盤價
400
300
200
100
0
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
第1近台指選擇權第10小履約價買權開盤價



新臺幣兌美元即期銀行與顧客間買進匯率
32
30
28
18k
16k
14k
12k
10k
8k
臺灣加權指數收盤價
4k
6k
8k
10k
12k
14k
16k
納斯達克指數開盤價



2
1.5
1
0.5
0
臺灣加權指數收盤價/納斯達克指數開盤價
28
29
30
31
32
33
34
新臺幣兌美元即期銀行與顧客間買進匯率

第3近大台期貨收盤價
15k
10k
第2近大台期貨收盤價
18k
16k
14k
12k
10k
8k
臺灣加權指數收盤價
第1近大台期貨收盤價

第二節　循環神經網路深度學習模型測試輸出

Training Model: 15 21 10 100 0.01 5

157 sequences

epoch 1/5————————mse : 0.000292019

epoch 2/5————————mse : 0.000277335

epoch 3/5————————mse : 0.000270005

epoch 4/5————————mse : 0.000264911

epoch 5/5————————mse : 0.000260859

Weights saved to trainedModel_15_21_10_100_0.01_5

Weights loaded from trainedModel_15_21_10_100_0.01_5

Message:

epoch 1/5————————mse : 0.000292019

epoch 2/5————————mse : 0.000277335

epoch 3/5————————mse : 0.000270005

epoch 4/5————————mse : 0.000264911

epoch 5/5————————mse : 0.000260859

Process returned 0 (0x0) execution time : 803.395 s

Press any key to continue.

參考文獻

[1] MBA 智庫（無日期）。跨期資本資產定價模型。MBA 智庫百科。https://wiki.mbalib.com/zhtw/%E8%B7%A8%E6%9C%9F%E8%B5%84%E6%9C%AC%E8%B5%84%E4

[2] 高級業務員測驗講義（無日期）。98-101。https://publish.get.com.tw/bookpre_pdf/51mb200001-1.pdf

[3] 教育科學研究期刊（2021 年 2 月 1 日）。《教育科學研究期刊》論文撰寫體例。教育科學研究期刊。https://www.bing.com/ck/a?!&&p=000a735134ddf26cJmltdHM9MTY5MjA1NzYwMCZpZ3VpZD0xMzk

[4] 維基百科（無日期）。風險迴避。維基百科。https://zh.wikipedia.org/zhtw/%E9%A3%8E%E9%99%A9%

[5] 維基百科（無日期）。動態規劃。維基百科。https://zh.wikipedia.org/zhtw/%E5%8A%A8%E6%80%81%

[6] 維基百科（無日期）。現代投資組合理論。維基百科。https://zh.wikipedia.org/zhtw/%E7%8E%B0%E4%BB%A3%E6%8A%95%E8%B5%84%E7%BB%84%E5

[7] 維基百科（無日期）。期望值。維基百科。https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%9F%E6%9C%9B%E5

[8] 維基百科（無日期）。資本資產定價模型。維基百科。https://zh.wikipedia.org/zhtw/%E8%B5%84%E6%9C%AC%E8%B5%84%E4%BA%A7%E5%AE%9A%E

[9] 謝明瑞、徐中琦、劉聰衡（1999）。期貨市場（修訂版）。空大。

[10] Application certainty equivalence. (n.d.). https://myhomeworkhelp.com/application-certainty-equivalence/

[11] Behavioral Economics. (n.d.). Behavioral Science Concepts. https://www.behavioraleconomics.com/resources/mini-encyclopedia-of-be/

[12] Behavioral Science Lab. (2017). Glossary of Behavioral Economics Terms. https://www.behavioralsciencelab.com/news/2017/11/6/glossary-of-behavioral-economics-terms

[13] Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (Eds.). (2008). Investments. McGraw-Hill.

[14] Chen, J. (2021, July 9). Mutual Fund Theorem: What it Means, How it Works. https://www.investopedia.com/terms/m/mutualfundtheorem.asp

[15] Curtis Advisory Group, LLC. (n.d.). What Is Asset Allocation? https://curtisadvisorygroup.com/what-is-asset-allocation/

[16] Elsevier Inc. (2010). The Sortino Framework for Constructing Portfolios.

[17] Fama, E. F., & French, K. R. (2004). The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. *Journal of Economic Perspectives, 18*(3), 25–46. https://doi.org/10.1257/0895330042162430

[18] Fishburn, P. C. (1977). Mean-Risk Analysis with Risk Associated with Below-Target Returns. *American Economic Review, 67*(2), 116-126. https://www.jstor.org/stable/1815909

[19] Frankfurter, G. M., Phillips, H. E., & Seagle, J. P. (1971). Performance of the Sharpe Portfolio Selection Model: A Comparison. *Journal of Financial and Quantitative Analysis, 6*(5), 1393–1412. https://www.jstor.org/stable/2329681

[20] Hirschey, M., & Nofsinger, J. R. (2008). Investments: Analysis and Behavior. McGraw-Hill Irwin.

[21] Kengatharan, L., & Kengatharan, N. (2014). The Influence of Behavioral Factors in Making Investment Decisions and Performance: Study on Investors of Colombo Stock Exchange, Sri Lanka. *Asian Journal of Finance & Accounting, 6*(1), 1–23. https://doi.org/10.5296/ajfa.v6i1.4893

[22] Kmenta, J. (2000). *Elements of Econometrics* (2nd ed.). University of Michigan Press.

[23] Levy, H. (2006). *Stochastic Dominance: Investment Decision Making Under Uncertainty*. Springer.

[24] Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance, 7*(1), 77-91. https://doi.org/10.2307/2975974

[25] Merton, R. C. (1973). An Intertemporal Capital Asset Pricing Model. *Econometrica, 41*(5), 867-887. https://doi.org/10.2307/1913811

[26] Mossin, J. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica, 34*(4), 768-783. https://doi.org/10.2307/1910098

[27] Pennings, J. M. E., & Garcia, P. (2004). Hedging Behavior in Small and Medium-Sized Enterprises: The Role of Unobserved Heterogeneity. *Journal of Banking & Finance, 28*(5), 951–978. https://doi.org/10.1016/S0378-4266(03)00016-1

[28] Reinganum, M. R. (1981). Misspecification of Capital Asset Pricing: Empirical Anomalies Based on Earnings' Yields and Market Values. *Journal of Financial Economics, 9*(1), 19-46. https://doi.org/10.1016/0304-405X(81)90019-2

[29] Roll, R., & Ross, S. A. (1980). An Empirical Investigation of the Arbitrage Pricing Theory. *Journal of Finance, 35*(5), 1073-1103. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1980.tb02197.x

[30] Rubinstein, M. (2002). Markowitz's "Portfolio Selection": A Fifty-Year Retrospective. *Journal of Finance, 57*(3), 1041–1045. https://doi.org/10.1111/1540-6261.00455

[31] Shanken, J. (1992). On the Estimation of Beta-Pricing Models. *Review of Financial Studies, 5*(1), 1-33. https://doi.org/10.1093/rfs/5.1.1

[32] Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *Journal of Finance, 19*(3), 425-442. https://doi.org/10.2307/2977928

[33] Sortino, F. A., & Satchell, S. E. (2001). Managing Downside Risk in Financial Markets. Butterworth-Heinemann.

[34] Stiglitz, J. E. (1983). Risk, Incentives and Insurance: The Pure Theory of Moral Hazard. *Geneva Papers on Risk and Insurance, 8*(1), 4–33. https://doi.org/10.1057/gpp.1983.1

[35] Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty, 5*(4), 297-323. https://doi.org/10.1007/BF00122574

[36] Chapter 10. Sequence Modeling: Recurrentand Recursive Nets. (n.d.). https://www.deeplearningbook.org/contents/rnn.html