

運用類神經網路預測國際黃金價格

許文炯

國立豐原高級商業職業學校

johninpfyvs@yahoo.com.tw

摘要

本研究欲探究影響國際金價的因素並依此建構預測模型。以全世界最重要的黃金定價中心「COMEX」的全球期貨黃金價格作為研究依據，運用類神經網路建構金價預測模式。本研究根據文獻探討擬探究影響國際金價的變數有(1)黃金的供給(2)黃金的需求(3)美元(4)銀價(5)國際油價(6)通貨膨脹，欲採用美國的消費者物價指數(CPI)與生產者物價指數(PPI)等兩個重要的指標當作參考。

關鍵詞：金價、銀價、類神經網路、消費者物價指數、生產者物價指數

壹、緒論

國際金價在2013年第二季暴跌約23%，創四十餘年來最大單季跌幅，許多國際銀行紛紛大幅下修未來一至兩年的金價預測，對短中期的趨勢大致偏空，但對長期走勢則出現分歧。

近期大家所討論多集中於美國量化寬鬆的退場、股市、美元等話題，但若簡單來看，其實就是最簡單的黃金需求與供給的問題，目前所發生的情況，也是部分研究分析機構已談論數年的「需求缺口」所爆發的結果。

所謂「需求缺口」主要在描述黃金需求結構轉變時，所發生的數量與時間缺口。過去兩、三年，市場已開始擔心不斷狂飆的金價將可能遭遇需求缺口的打擊。一般認為，一旦發生，金價將至少會有25-35%的跌幅，但由於國際經濟、金融、政治局勢的混亂與渾沌，對於發生的時間點與速度究竟有多快，則難以完全掌握。現在看來，需求缺口是來得又快、又急、又重，令許多投資人憂心忡忡。因此本研究欲探討國際金價的影響因素，使用世界最重要的黃金定價中心「COMEX」的全球期貨黃金價格作為研究依據，利用前述的分析結果來預測國際黃金價格。本研究之研究目的為：

1. 探究影響國際金價的因素有哪些，這些因素和金價的相關性有多少。
2. SPDR黃金ETF存量與國際金價，為現今判斷國際金價未來走勢的重要依據，庫存量是否已經反映了其他經濟因素的影響效果，亦是本研究欲探討的。
3. 運用中性型類神經網路來建構模式並作為預測。

貳、文獻探討

一、金價影響因素

依據經濟學的供需原理，價格與供需是相互作用的連鎖關係，當某

一商品出現供不應求時，價格上漲，反之則下跌。同時價格反過來又影響供給與需求，即當價格上漲時，供應會增加而需求減少，反之就會出現需求上升而供給減少，因此價格與供需之間互相影響。黃金現貨價格與交易市場中庫存量的變化呈現負相關，當黃金交易市場中庫存量愈低時現貨價格波動愈大，庫存量與現貨價負相關性愈顯著(Koyuki Tang,2013)。

供需決定了價格。Ramanujam等(1990)與Pindyck等(1990)提出金屬的價格是隨著供給與需求的矛盾所決定的總體經濟事件而改變，由於美國GDP為每季發佈無法及時反映對價格的影響，故使用每月發佈的CPI與PPI作為衡量總體經濟環境的指標。Ma (1985)認為金價與銀價會隨著時間而達到一定的交易規則。此意味著金價、銀價之間存在一定的關係。

金價影響主要的因素包括以下幾個方面：

1、供給與需求:黃金價格的變動，絕大部分原因是受到黃金本身供需關係的影響。

(1) 黃金的供給：

a. 初級供給：黃金的最初來源是金礦開採，金礦可分為兩大類，一是岩金礦，一是砂金礦。

當前，世界礦產大約在 1400 噸左右，就產量而言，第一產金大國是南非，年產量在 500 噸左右，第二大產金國是美國，其他產金大國是俄羅斯、巴西等。2002 年，中國產金量首次突破 200 噸，躋身世界四大產金國之一。

b. 次級供給——再生金：再生金產量跟金價高低息息相關，金價高時，再生金產量就會增加，金價低時，再生金產量就會減低。

c. 政府、央行售金：人類有史以來的黃金總產量大約為 14 萬噸，其中近 1/3 保存在各國中央銀行裏。近年來，由於黃金貨幣功能的變異，出於為解決各國政府的財政困難等方面的原因，各國中央銀行紛

紛出售黃金，引起黃金市價走低。為穩定黃金市場價格，統一中央銀行出售黃金的行動，歐美儲金大國的央行行長 1999 年在華盛頓召開會議，達成了著名的華盛頓協定，將在 5 年內（2000 年—2004 年）的售金限制在 2000 噸以下，並將貸金和黃金衍生品活動限制在當時水準之內。

(2) 黃金需求：

- a. 珠寶首飾行業需求：珠寶首飾業的黃金需求占全球實物黃金需求的 80% 以上，年需求量在 1200 噸以上。
- b. 牙醫需求：每年，有近 100 噸的黃金用於牙醫。
- c. 工業需求：在電子工業、航太工業領域，每年大約消耗黃金 80 噸。
- d. 投資需求：1974 年黃金價格市場化之後，隨著美元的貶值及世界貨幣的多極化，黃金已成為了人們投資的重要手段，並且，近年來的國際恐怖主義、中東戰爭等地緣政治軍事形勢的惡化，致使黃金越來越受人追捧，其投資需求正在不斷放大。

2、影響黃金價格的敏感因素

(1) 美元走勢：

美元的強弱是黃金價格升降的晴雨表，二者在變動方向上具有十分明顯的負向相關性。

美元雖然沒有黃金那樣的穩定，但是它比黃金的流動性要好得多。因此，美元被認為是第一類的錢，黃金是第二類。當國際政局緊張不明朗時，人們都會因預期金價會上漲而購入黃金。但是最多的人保留在自己手中的貨幣其實是美元。假如國家在戰亂時期需要從他國購買武器或者其它用品，也會賣空手中的黃金，來換取美元。因此，在政局不穩定時期美元未必會升，還要看美元的走勢。簡單的說，美元強黃金就弱；黃金強美元就弱。



通常投資人士採儲蓄保本時，取黃金就會捨美元，取美元就會捨黃金。黃金雖然本身不是法定貨幣，但始終有其價值，不會貶值成廢鐵。若美元走勢強勁，投資美元升值機會大，人們自然會追逐美元。相反，當美元在外匯市場上越弱時，黃金價格就會越強。

(2) 本地利率

銀行利率，特別是美元利率是影響黃金價格的重要因素，加息時，大量的投資資金會拋售黃金去購買美元，致使金價走低，減息時，金價會攀升。

投資黃金不會獲得利息，其投資的獲利全憑價格上升。在利率偏低時，衡量之下，投資黃金會有一定的益處；但是利率升高時，收取利息會更加吸引人，無利息黃金的投資價值就會下降，既然黃金投資的機會成本較大，那就不如放在銀行收取利息更加穩定可靠。特別是美國的利息升高時，美元會被大量的吸納，金價勢必受挫。

利率與黃金有著密切的關係，如果本國利息較高，就要考慮一下喪失利息收入去買黃金是否值得。

(3) 石油價格

石油價格直接關係到世界經濟的運行成本，對黃金價格的影響十分明顯，傳統看法，油價上漲則金價走低，油價下滑則金價升高。黃金本身是通貨膨脹之下的保值品，與美國通漲形影不離。石油價格上漲意味著通漲會隨之而來，金價也會隨之上漲。

(4) 戰亂及政局震盪時期

美國的 911 事件、中東戰爭……等等，政治軍事局勢的動盪不寧，會在短期內造成人們的恐慌心理，促使人們會購置黃金以尋求個人財產的安全。

戰爭和政局震盪時期，經濟的發展會收到很大的限制。任何當地的貨幣，都可能由於通貨膨脹而貶值。這時，黃金的重要性就淋漓盡致的發揮出來了。由於黃金具有公認的特性，為國際公認的

交易媒介，在這種時刻，人們都會把目標投向黃金。對黃金的搶購，也必然會造成金價的上升。

但是也有其他的因素共同的制約。比如，在 1989 至 1992 年間，世界上出現了許多的政治動盪和零星戰亂，但金價卻沒有因此而上升。原因就是當時人人持有美金，捨棄黃金。故投資者不可僅套用戰亂因素來預測金價，還要考慮美元等其他因素。

(5) 世界金融危機

假如出現了世界級銀行的倒閉，金價會有什麼反應呢？其實，這種情況的出現就是因為危機的出現。人們自然都會保留金錢在自己的手上，銀行會出現大量的擠兌或破產倒閉。情況就像前不久的阿根廷經濟危機一樣，全國的人民都要從銀行兌換美元，而國家為了保留最后的投資機會，禁止了美元的兌換，從而發生了不斷的騷亂，全國陷入了恐慌之中。

當美國等西方大國的金融體系出現了不穩定的現象時，世界資金便會投向黃金，黃金需求增加，金價即會上漲。黃金在這時就發揮了資金避難所的功能。唯有在金融體系穩定的情況下，投資人士對黃金的信心就會大打折扣，將黃金賣出造成金價下跌。

(6) 通貨膨脹

我們知道，一個國家貨幣的購買能力，是基於物價指數而決定的。當一國的物價穩定時，其貨幣的購買能力就越穩定。相反，通貨率越高，貨幣的購買力就越弱，這種貨幣就愈缺乏吸引力。如果美國和世界主要地區的物價指數保持平穩，持有現金也不會貶值，又有利息收入，必然成為投資者的首選。

相反，如果通漲劇烈，持有現金根本沒有保障，收取利息也趕不上物價的暴升。人們就會採購黃金，因為此時黃金的理論價格會隨通貨膨脹而上升。西方主要國家的通貨膨脹越高，以黃金作保值的要求也就越大，世界金價亦會越高。其中，美國的通貨膨脹率最容易左右黃金的變動。而一些較小國家，如智利、烏拉圭等，每年的通貨膨脹率最高能達到 400 倍，卻對金價毫無影響。

(7)經濟狀況

經濟欣欣向榮，人們生活無憂，自然會增強人們投資的慾望，民間購買黃金進行保值或裝飾的能力會大為增加，金價也會得到一定的支持。相反之下，民不聊生，經濟蕭條時期，人們連吃飯穿衣的基本保障都不能滿足，又哪裡會有對黃金投資的興致呢？金價必然會下跌。經濟狀況也是構成黃金價格波動的一個因素。

二、類神經網路

類神經網路(Artificial Neural Network)是一種模擬自然界生物腦部受到外界刺激、學習的過程，經由不斷學習與修正錯誤，進而適應環境的法則。根據類神經網路的學習型態，基本上可分為監督式學習(Supervised Learning)、非監督式學習(Unsupervised Learning)、聯想式學習網路(Associated learning network)與最佳化應用網路(Optimization application network)。

監督式學習是依據過去輸入及輸出的範例學習經驗來建構網路模型，從過去不同的學習經驗找出最合理的規則，有特定的輸出變數，並藉由其他輸入變數來推論輸出變數，以大量的範例學習作為預測、分類及決策之用。而非監督式學習前，並沒有明確定義輸出為何，產生的結果並無法預知，網路會將有共通點的資料作分類。

聯想式學習網路是從範例中學習內部聯想記憶規則以應用新的案例，通常應用於資料擷取與雜訊過濾。最佳化應用網路會依據問題設計其變數值，在滿足設計限制條件下，能達到最佳的設計目標。如上述條件下，更多實際應用類神經網路模式必須包含過去網路狀態變數的資訊率，因此，過去歷史的微分應包含於動態方程式。而耦合等神經節的神經網路之動態可由一組中性型類神經網路來描述。其中過去網路狀態變數的微分會含括於系統的目前狀態中，中性時延類神經網路即為所要討論的系統。例如，當中性時延類神經網路被使用於模式化股市交易系統，每一節點的狀態被定義為一代理人的行為如買、賣與持有，藉由一時間點的狀態下動態的被驅動及歷史擾動率的紀錄。因此，中性型時延類神經網路的模式可被建立與做預測。

類神經網路系統，是模擬生物神經的運作方式，利用資料不斷的學習及錯誤修正以達到正確的輸出。類神經網路的主要特點是大量的平行處理、非線性輸出及利用多層結構的預測能力。處理單元 (processing element, PE) 是類神經網路最基本的組成單位，每一個處理單元的輸出必須連結到下一層的處理單元，下一層處理單元的輸入值來自於上一層每個處理單元的輸出值之加總，如[圖1]所示。處理單元的輸出值與輸入值的方程式，一般可以用輸入值與連結加權乘積之和的函數來表示：

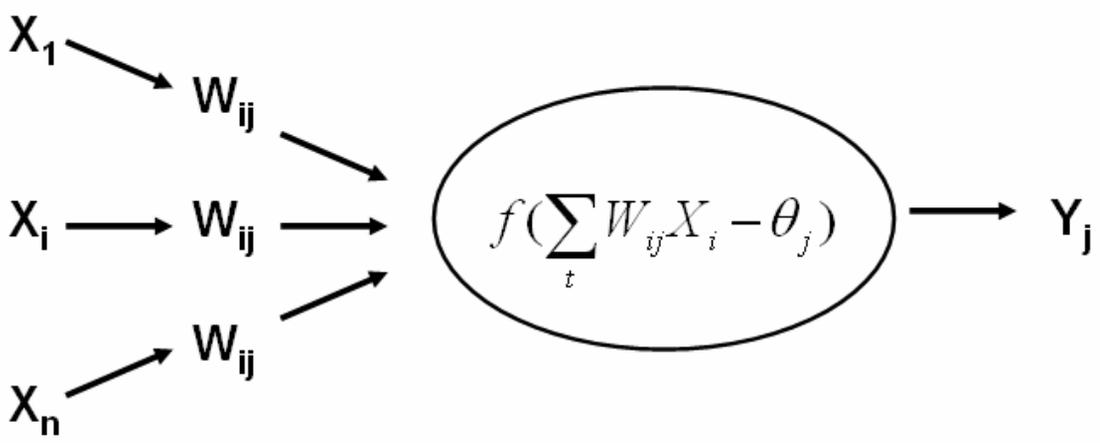


圖 1：類神經網路處理單元

$$Y_j = f(\sum_i W_{ij} X_i - \theta_j) \quad (1)$$

- 其中， Y_j ：類神經網路處理單元的輸出訊號。
- X_i ：輸入變數。
- net：集成函數。
- θ_i ：類神經網路處理單元的門檻值(threshold value)。
- W_{ij} ：類神經網路各處理單元間的連結加權值(weights)，介於處理單元間的資料傳遞路徑之間。其符號表示前層第 i 個處理單元對後層第 j 個處理單元之影響強度。
- f ：類神經網路處理單元的轉換函數(transfer function)，利用從其它處理單元輸入的輸入值與連結權重值相乘之和，經由處理單元轉換函數得到輸出值。

三、類神經網路模式

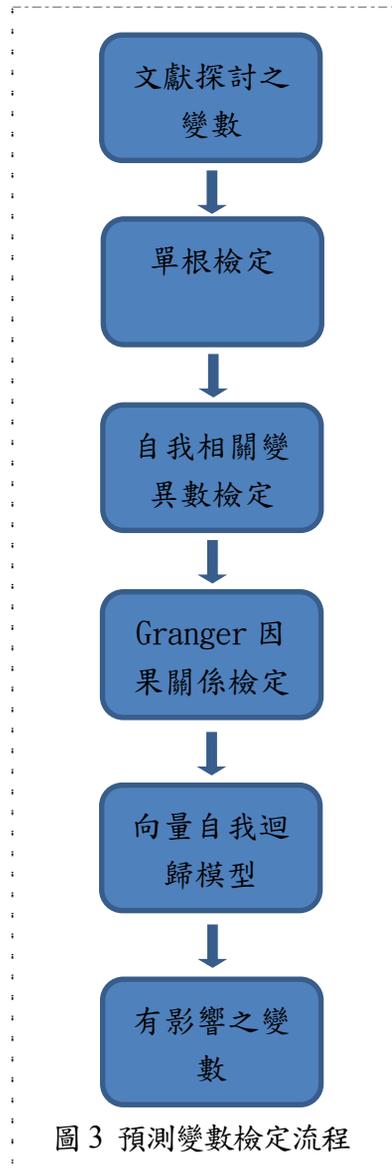
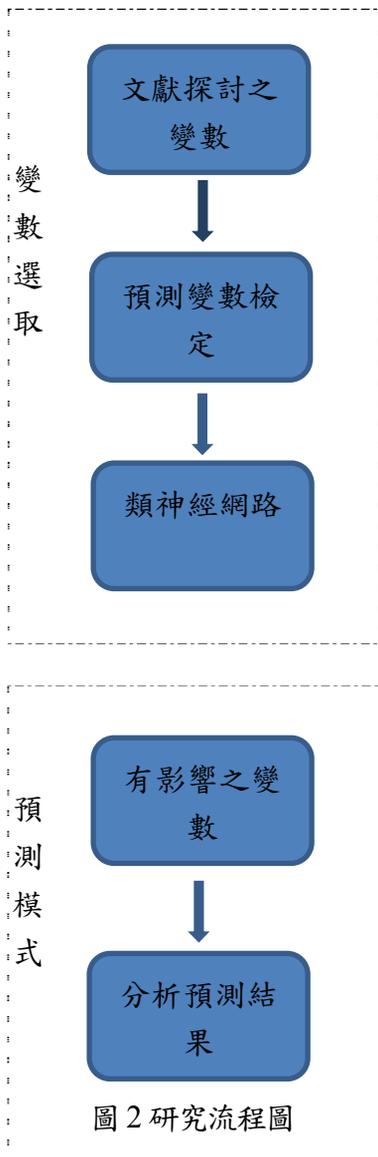
類神經網路模式是模仿生物神經網路的方式，利用已知的輸入與輸出資料所組成的範例，來建立系統模式(即輸入與輸出資料間的關係模式)，然後利用此系統模式從事預測、診斷、決策、分類等工作。類神經網路模式的建構包含“學習過程”與“回想過程”，其運算式，可用 $Y_j = f(S W_{ij}X_i - q_i)$ 數學公式表示，其中 X_i 與 Y_j 分別代表類神經網路模式的輸入值與輸出值。在學習過程中，將已知的訓練範例(即已知的輸入值與輸出值之歷史資料)載入類神經網路系統，由系統求算 W_{ij} 加權值 j 、 q_i 值及 $f(x)$ 轉換函數，使得類神經網路模式可以表現出輸入變數與輸出變數的內在對映關係。經歷過學習過程後，就進入回想過程，這時候訓練好了的類神經網路模式，就可用以從事預測、分類等工作。換句話說，將已知的 X_i 值輸入類神經網路模式，經 $f(S W_{ij}X_i - q_i)$ 的數學式計算，即可得到輸出值 Y_j 。

倒傳遞網路模式是目前類神經網路模式中應用最普遍的模式。其網路架構包括輸入層、隱藏層及輸出層等三部份，每一層皆由許多人工神經元所建構而成，其中輸入層為模式的輸入變數，輸出層為模式的輸出變數，隱藏層提供類神經網路模式處理的能力，隱藏層數目多寡並無標準可循，需以試驗方式求之。隱藏層的數目，可以不只一層，也可以沒有隱藏層。由於倒傳遞網路模式最為普遍，本研究將採用倒傳遞網路架構來建構類神經網路模式。

參、研究方法與設計

本研究欲探究國際金價的影響因素，並運用類神經網路建構預測模式。首先利用向量自我迴歸模型選取變數，本研究欲輸入的變數有(1)黃金的供給(2)黃金的需求(3)美元(4)白金價(5)外匯存底(6)景氣領先指標(7)綜合指數等景氣對策信號(8)經濟成長率(9)重貼現率(10)消費者物價指

數。研究流程如圖2，先選取變數、再建置預測模式以達成研究目的。變數檢定流程如圖3，藉此篩選出有影響力的變數，以免過多的輸入變數產生雜訊降低預測能力。由文獻探討找出金價可能的影響因素，接著利用單根檢定檢驗這些變數是否為定態序列，若非定態序列則對其差分，並對這些變數進行自我相關、異質變異檢定。使用Granger因果關係檢定，檢定變數之間是否具有因果關係，再進一步從向量自我迴歸模型中了解變數之間的關係。得到各變數之間的關係後，便將對金價有影響的變數納入中性型時延類神經網路模型，並藉由方向正確率與交易策略衡量預測能力。



資料描述

文獻探討已分析影響金價的因素可分為供需關係與經濟因素。供給和需求為決定商品價錢的最基本原則。經濟因素諸如美元的漲跌、國際油價、白金、通貨膨脹等因素影響供給與需求的整體環境，決定了供給與需求的均衡點。各變數及資料來源如表1。

表 1 變數一覽表

變數	資料來源	時間	頻率
黃金供給	SPDR 黃金 ETF 存量	2014.01.02~2014.12.31	日
黃金需求	World Gold Council	2014.01.02~2014.12.31	日
美元即期匯率	London Bullion Market Association	2014.01.02~2014.12.31	日
白金價格	London Bullion Market Association	2014.01.02~2014.12.31	日
景氣對策信號	行政院主計總處	2014.01.02~2014.12.31	月
景氣領先指標綜合指數	行政院主計總處	2014.01.02~2014.12.31	月
外匯存底	中央銀行	2014.01.02~2014.12.31	月
經濟成長率	行政院主計總處	2014.01.02~2014.12.31	月
重貼現率	中央銀行	2014.01.02~2014.12.31	月
消費者物價指數	行政院主計總處	2014.01.02~2014.12.31	月

肆、實驗結果

本研究所收集之黃金價格為台灣銀行公布之數據，並透過經濟新報資料庫及行政院主計處資料庫收集影響黃金存摺價格之因素資料，本研究所選定的樣本期間為 2014 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 15 日的黃金存摺牌價，整理出會影響黃金價格的自變數與依變數，再將其數據資料分別帶入類神經網路分析法與複迴歸分析法，去建構黃金價格預測模式。本研究建構預測模式所使用之自變數與依變數如表 2 所示。透過複迴歸分析法可找出影響黃金價格之重要因素。

(一)複迴歸分析法之結果

由於本研究欲知影響黃金價格的自變數對黃金價格的預測是否有顯著差異，將黃金價格當依變數套入複迴歸分析法中，找出會影響黃金價格的變數。有顯著的變數如表 2 所示

表 2 複迴歸分析法之結果

變數	估計值	顯著性
外匯存底	0.004	0.000
白金價格	0.044	0.000
景氣指標-領先指標	-2.469	0.000
景氣指標-對策信號	3.166	0.000
美元即期匯率	18.060	0.000

當顯著性小於 0.05 是表示該變數是顯著與黃金價格有關，由表 2 得知，代表影響黃金價格的自變數有：外匯存底、白金價格、景氣指標-領先指標、景氣指標-對策信號、美元即期匯率。

(二)類神經網路分析法之結果

表 3 類神經網路分析法之結果

變數	估計值	顯著性
美元即期匯率	16.324	0.000
白金價格	0.034	0.000
經濟成長率	7.58	0.000
重貼現率	67.03	0.000
消費者物價指數	28.09	0.000

當顯著性小於 0.05 是表示該變數是顯著與黃金價格有關，由表 3 得知，代表影響黃金價格的自變數有：美元即期匯率、白金價格、經濟成長率、重貼現率、消費者物價指數。

(三)比較複迴歸分析與類神經網路分析法黃金價格預測模式之結果

本研究的樣本選定於台灣銀行從 2014 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日的黃金牌價，整理出會影響黃金價格的因素之數據資料，將其數據

資料帶入複迴歸分析法與類神經網路分析法構建黃金價格預測模式後並利用誤差均方根(root mean square error, RMSE)探討複迴歸分析與類神經網路分析之預測效果，RMSE 之公式如下所示。

$$\sqrt{[\sum di^2/(n-1)]}=Re, (\text{式中}:n \text{ 為測量次數})$$

表 4 類神經網路分析法與複迴歸分析法構建黃金價格預測模式之績效

方法	類神經網路分析法	複迴歸分析法
RMSE	10.2255938	32.95144352
顯著自變數	消費者物價指數	外匯存底
	白金價格	白金價格
	經濟成長率	景氣指標-領先指標
	重貼現率	景氣指標-對策信號
	美元即期匯率	美元即期匯率

由表 4 得知複合式模型分析法的 RMSE 的值(10.225)小於複迴歸的 RMSE 的值(32.951)，而 RMSE 的值是越小越精確，由此可知，用複合式模型分析法來構建黃金價格預測模式較為精確。然後，經研究結果發現影響黃金價格的顯著變數為：白金價格、消費者物價指數、經濟成長率、重貼現率、美元即期匯率、外匯存底、景氣指標-領先指標、景氣指標-對策信號。

伍、結論與建議

(一)結論

本研究以台灣銀行從 2014 年 1 月 2 日至 2014 年 12 月 31 日的黃金牌價為研究樣本，採用類神經網路分析法與複迴歸分析法構建黃金價格預測模式來預測黃金價格。研究結果顯示，兩種方法中以類神經網路分析法的 RMSE 較低，顯示本研究所提出的方法有效。

茲將本研究所得之結論彙總如下：

研究採用類神經網路分析法與複迴歸分析法構建黃金存摺價格預測模式，結果顯示類神經網路模型所構建的黃金價格預測模式較為準確。影響黃金價格的顯著變數為：白金價格、消費者物價指數、經濟成長率、重貼現率、美元即期匯率、外匯存底、景氣指標-領先指標、景氣指標-對策信號。

(二)建議

過去投資人都是傾向於買黃金來規避美元貶值及通膨風險，造成美元與金價走勢呈現負相關，以往美元弱勢，金價才會走強；但金融海嘯後，美元獨強，金價也強，本研究顯示美元與黃金價格是呈現正相關的。而投資人在考慮投資黃金商品時，除了考慮美元外，建議未來在買賣黃金商品時，可考慮國外會影響金價的指標，如美股指數、美國債券、其他金屬商品等，來預測黃金價格的變動。

參考文獻

1. 李惠妍，2003，類神經網路與迴歸模式在台股指數期貨預測之研究，國立成功大學企業管理學系(EMBA)專班碩士論文。
2. 侯惠月，2000，統計方法與類神經網路在台股指數期貨之研究，國立成功大學統計學系碩士論文。
3. 陳國玄，2004，人工神經網路與統計方法應用於台灣上市電子類股價指數預測與分類之研究，國立成功大學統計學系碩士論文。
4. 羅華強，2011，類神經網路：MATLAB的應用，新北市：高立圖書。
5. 黃鴻仁，2012，運用Elman類神經網路與GARCH模型預測LME銅價，國立政治大學資訊管理學系碩士論文。
6. C. Y. Lu, "A dealy-dependent approach to robust control for neutral uncertain neural networks with mixed interval time-varying delays," Nonlinearity, vol. 24, pp. 1121-1136, 2011.

7. Bollerslev, T. “Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity,” *Journal of Econometrics* 31,1986,pp. 307-327.
8. Brooks, Chris, *Introductory Econometrics for Finance*, Cambridge University Press,2002, pp.439-438.
9. Engle, R. F. and C.W.J. Granger, “Cointegration and Error Correction : Representative, Estimation, and Testing,” *Econometrica* 55, 1987,pp. 251-276.
10. Engle, R.F., “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation,” *Journal of Econometrics* 50, 1982, pp.987-1007.