證券分析之計量化技術指標
～2019 輔仁大學 股票投資模擬競賽～

王冠倫[1][2]

國立臺灣大學

民國 108 年 10 月 23 日

[1]電子信箱：polyphonicared@gmail.com
[2]個人網站：https://www.csie.ntu.edu.tw/∼d06922002/

自我介紹

- 研究興趣：
  - 時間序列模型
  - 仿真建模
  - 投資組合選取
- 主要應用：
  - 多資產即時交易
  - 尋找資產間長期均衡
  - 建構可控風險投資組合
- 目前議題：
  - 共整合檢定
  - 結構性變動分析
  - 均值回復機率之估計

柴比雪夫的啓示

柴比雪夫不等式 [33]

任意給定 $r \in \mathbb{N}$, $r > 0$，令一隨機變數 X_t 且其 $\mathrm{E}[|X|^r]$ 存在。那麼，對於任意的 $c \in \mathbb{R}$ 與 $\epsilon > 0$，我們有

$$\Pr\left[|X - c| \geq \epsilon\right] \leq \frac{\mathrm{E}\left[|X - c|^r\right]}{\epsilon^r}.$$

柴比雪夫不等式 ($r = 2$, $c = \mathrm{E}[X]$)

令有一隨機變數 X_t 其變異數有限 ($\mathrm{Var}[X] < \infty$)，則對於任意的 $\epsilon > 0$，我們有

$$\Pr\left[|X - \mathrm{E}[X]| \geq \epsilon\right] \leq \frac{\mathrm{Var}[X]}{\epsilon^2}.$$

比較同策略僅持倉差異 (1/2)

- 單位時間下期望報酬為 μ，變異數為 σ^2。
- 總時間為 T，持倉時間 $\Delta t_1, \ldots, \Delta t_N$。
- 每次報酬 $X_1, \ldots, X_N$：
  - 報酬期望值 $\Delta t_1 \mu, \ldots, \Delta t_N \mu$
  - 變異數 $\Delta t_1^2 \sigma^2, \ldots, \Delta t_N^2 \sigma^2$
- 均時報酬：
  - 平均單位時間報酬 $\mu^* \equiv \sum_{n=1}^{N} X_n / T$
  - 平均單位時間報酬期望值 $\mathrm{E}[\mu^*] = \mu$
  - 平均單位時間報酬變異數 $\mathrm{Var}[\mu^*] = \sigma^2 \sum_{n=1}^{N} \Delta t_n^2 / T^2$

比較同策略僅持倉差異 (2/2)

考慮持倉時間均等，則柴比雪夫告訴我們如下：

$$\Pr\left[\left|\frac{\sum_{n=1}^{N} X_n}{T} - \mu\right| \geq \epsilon\right] \leq \frac{\sigma^2 \sum_{n=1}^{N} \Delta t_n^2}{T^2 \epsilon^2} = \frac{\sigma^2}{N\epsilon^2}.$$

考慮兩策略 X 與 Y，且 $N_X > N_Y$，則策略 Y 的平均報酬較不具有參考性。
同時，我猜測這場比賽如果參加者夠多，則第一名可能是持有期間較長者或是風險較高者。

風險與報酬的兌換性

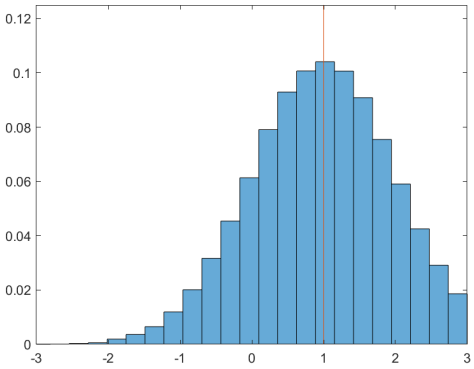


Figure: 風險與報酬

夏普比率比較好？

- 夏普比率 (Sharpe ratio) 為一種常見的績效衡量方式，且考慮風險與報酬的兌換性 [5]。
  - 定義為每單位總波動下的超額報酬，即 $S \equiv \bar{R}/\sigma$。
- 藉由基本定價方程 (basic pricing equation) 可推論出夏普比率，意味著夏普比率應適合套用於具有特定效用函數的個人之上 [8]。
- 股權溢價之謎 (equity premium puzzle) 的實證顯示夏普比率仍然有問題 [34]。
  - 風險–報酬的兌換率於風險較高時有較好的兌換比。
- 未考慮持有期間長短差異。

股票市場的困難點 (1/2)

- 非線性 (non-linear) 與非平穩 (non-stationary) [4]
- 政治事件、市場新聞、營收報告及國際事件等等 [50]
- 效率市場假說 (efficient market hypothesis) [5]
  - 弱式 (weak-form)
    - 股價充分反映了過去所有的歷史訊息，包括各種已發生的交易資訊，如過去的成交價、交易量或短期利率水準等。
  - 半強式 (semistrong-form)
    - 股價已反映所有與公司前景有關的即時公開訊息。
  - 強式 (strong-form)
    - 股價已反映所有與公司有關的訊息，甚至包括內線交易。
- 相對優勢交易規則 (relative strength trading rules) 無效 [21]

股票市場的困難點 (2/2)

西元 2000 年時，全球頂尖學術期刊《Fiance》甚至對於技術分析有如下評論 [32]：

關於基本面分析與技術分析之不同，
如同天文學與占星術的差異一般。

It has been argued that the difference between fundamental analysis and technical analysis is not unlike the difference between astronomy and astrology.

股票市場的希望

- 基本面分析在半强式下仍然有效 [35, 41]。
- 技術分析具有輔助效果 [6, 18, 32, 45]。
- 部分技術分析有效。
  - 如，動量交易 (momentum trading) [1]。
- 嘗試跨領域結合。
  - 用類神經網路 (neural networks) 改善技術分析 [9]。
    - 類神經網路適合小範圍數據處理 [11, 50]。
  - 總體經濟學 (macroeconomic) 數據預測方法與技術分析結合 [39]。
  - 市場互動技術分析 (Intermarket Technical Analysis) [36, 37]。
    - 以某個市場的資訊分析另一個市場的狀況。

策略類型的差異

策略	時效	滑價	獲利	獲利趨勢	風險
均值	無	低	低	穩定	低
趨勢	有	高	高	下降	高

Table: 均值回復策略 (mean-reverting strategies) vs. 趨勢型策略 (trend trading strategies) [55]

應用原則與常見判斷依據

應用原則 [52]

- 選擇適當的技術指標
- 建立各種技術指標買賣紀錄
- 時常檢視各種技術指標的使用結果
- 擬定投資策略及資金管理模式
- 定期評估投資績效

常見判斷依據 [52]

- 技術指標交叉點
- 技術指標上下限值的範圍
- 技術指標走勢圖

技術指標分類–描述與刻度

	長期	中期	短期
價格	MACD, SAR, AR, BR, MA	BIAS, DMI, RSI, TOWER, MTM, OSC, Qstick, CMO, CCI	當日分時走勢圖、3-6日BIAS, KD, WMS%R, Kinder%R, Stoch, RSI, CDP
交易量	逆時鐘曲線、成交量移動平均線	VR, OBV, VAM, EOM, FI, VK	VR, OBV, VAMA, EOM, FI, VK
時間	股市週期循環	?	?
市場寬幅	?	ADL, ADR, PSY, ARMS Index, MT, TO	OBOS
其他	?	融資融券餘額表	委託成交筆數(分)、張數及成交值表、當日沖銷比例

Table: 技術指標分類 [52]

技術指標分類–方法與技術 [16]

- 方法 (methodology)
  - 支援系統 (decision's support trading system) [7, 12, 46]
  - 計算技術 (computational technique) [56]
  - 圖表型態 (chart patterns) [40, 42]
- 技術 (operational tools)
  - 隨機線 (stochastic line) [4, 30]
  - 相對强弱指標 (relative strength index) [22, 30, 46]
  - 基因演算法 (genetic algorithm) [7, 9, 12, 38]
  - 加强增强學習 (evolutionary reinforcement learning) [2, 48]
  - 統計分析 (statistical analysis)
  - 移動平均 (moving averages) [47, 49]
  - 計量經濟學模型 (econometric models) [25, 43, 53]
  - 類神經網路 (neural network) [9, 11, 50, 57]

技術分析前提與調整 (1/6)

布林通道 (Bollinger Bands, BBands) [54]

令一投資組合 A 價格 $\text{Price}_A(t)$，定義簡單移動平均

$$\text{MA}(t; N) \equiv \frac{1}{N} \sum_{t_0=t-N+1}^{t} \text{Price}_A(t)$$

與其於時間 t 時，近 N 筆之樣本變異數序列為 $\sigma_N^2(t)$。在給定了簡單移動平均線樣本數 N (觀察範圍) 與標準差數量 K (軌道寬度) 下，BBands 可定義三條軌道 (線) 如下：

$$\begin{aligned} \text{middleBB}(t) &\equiv \text{MA}(t; N) \\ \text{lowerBB}(t) &\equiv \text{middleBB}(t) - K\sigma_N^2(t) \\ \text{upperBB}(t) &\equiv \text{middleBB}(t) + K\sigma_N^2(t). \end{aligned}$$

技術分析前提與調整 (2/6)

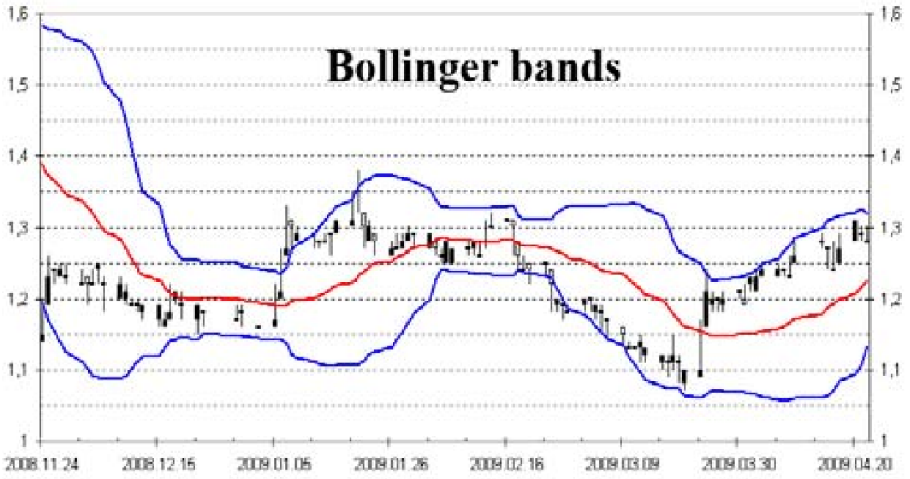


Figure: 布林通道 [24]

技術分析前提與調整 (3/6)

布林通道 (Bollinger Bands, BBands) [54] –續

- 證券於時間 t 之股價分布有一隨機分佈 $D(t)$，而三條軌道則提供一個參考範圍。
- 該 $D(t)$ 應為對稱分佈，或其通常股價範圍應為該二軌道之間，而於兩軌道區間外則為罕見事件。

分析與調整 [54]

- $\text{lowerBB}(t)$ 與 $\text{upperBB}(t)$ 一起向上 (或向下) 調整是可行的 (兩軌道調整幅度並不一定相等)。
- 認為分佈不對稱，可對單一軌道或多個軌道進行修改。
- $\text{middleBB}(t)$ 與 $\sigma_N^2(t)$ 可以替換。

技術分析前提與調整 (4/6)

布林通道 (Bollinger Bands, BBands) [54] –續

- $\text{Price}_A(t_0) \geq \text{upperBB}(t_0) \implies \text{Price}_A(t_1) \leq \text{middleBB}(t_1)$
- $\text{Price}_A(t_0) \leq \text{lowerBB}(t_0) \implies \text{Price}_A(t_1) \geq \text{middleBB}(t_1)$

分析與調整

- 有限時間均值回復
  - 再增加一個上下軌進行停損
  - 藉由計量經濟學模型預測回復時間
- 無法有效加碼進場
- 均值趨勢影響獲利

技術分析前提與調整 (5/6)

注意事項

- 估計參數
  - 以報酬為目標可能導致交易過長或曝險過高等
- 回測與未來上線使用獨立
  - 布林通道未描述跨時間變化
- 直接使用效果差
  - 不如買進持有 [28]
  - 比移動平均差 [29]
  - 反過來交易效果卻意外地不錯 (因單一標的多為趨勢) [28]

技術分析前提與調整 (6/6)

- 所有的方法都有自己前提
- 以方法的意圖著手修改與改良
- 必要時使用其他領域技術解釋
- 需具體描述投資人需求
  - 不是每一種投資人都適用一樣的技術分析

進化

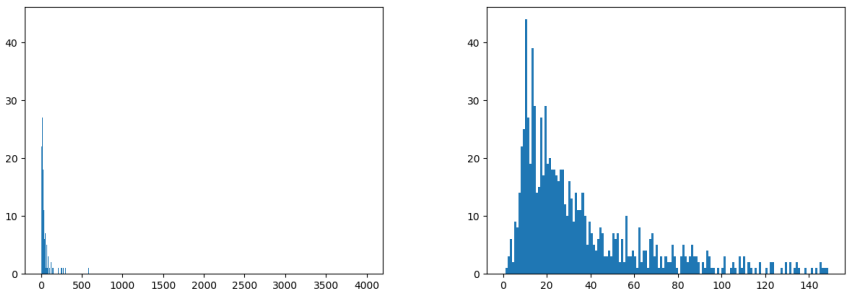
- 參數藉由類神經網路優化
- 跨時間變化藉由計量經濟學模型描述
- 均值回復前提藉由建構投資組合完成

常見缺點真的是缺點？

常見缺點 [52]

- 技術指標間常矛盾
  - 不同指標前提不同自然會矛盾。
- 資料過期
  - 估計需求樣本，以防使用過久以前的資料。
- 說服力低
  - 使用統計分析評估可信度，如多重檢定方法。
- 歷史不一定重演
  - 考慮使用具有時間序列的方法，如傳統的計量經濟學。

上市股價分佈 (1/2)



(a) 全體股價分佈 (b) 150 元以下股價分佈

Figure: 民國107年股價分佈

上市股價分佈 (2/2)

	最小	5%	10%	50%	90%	95%	最大
價格	1.71	8.13	10.08	26.24	94.65	147.43	3940.2

(a) 價格分位表

	1萬	2萬	5萬	10萬	20萬	30萬	50萬
分位	10%	38%	73%	90%	97%	98%	100%

(b) 投資分位表

Table: 分位表

組合的好處

- 讓風險成為可控
- 特定組合方法可有效避免市場風險 (market neutral)
- 特定市場甚至可以達成零本金 (money neutral)
- 達成現有交易策略的前提
- 對投資人偏好客製化投資組合 (下頁圖)

投資流程 (1/3)

Figure: 投資流程圖 [14]

投資流程 (2/3)

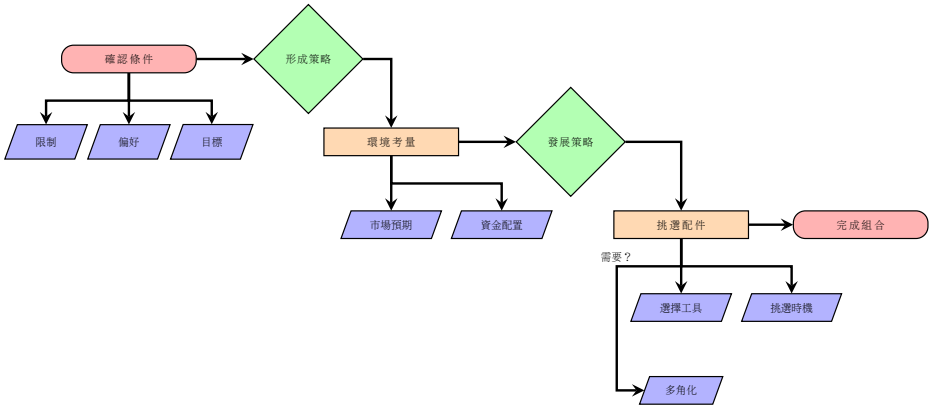


Figure: 投資流程圖 [14]

投資流程 (3/3)

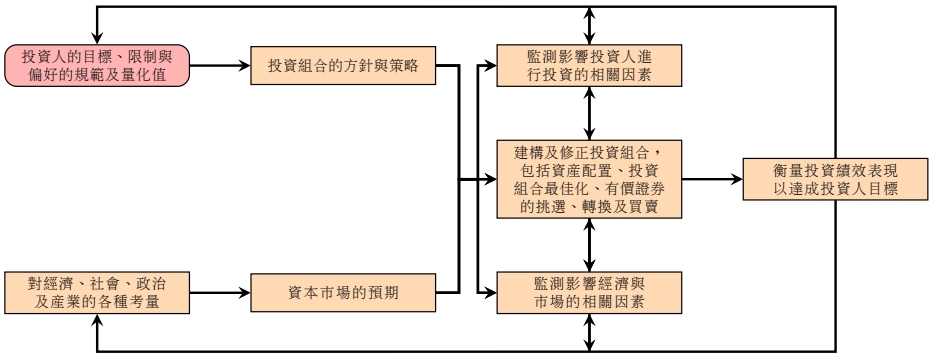


Figure: 投資流程圖 [5]

組合範例

考慮單因子如下

$$\text{price}_A(t) = \beta_{A0} + \beta_{A1}\text{factor}(t) + \epsilon_A(t)$$
$$\text{price}_B(t) = \beta_{B0} + \beta_{B1}\text{factor}(t) + \epsilon_B(t)$$

顯然存在組合消除因子

$$\begin{aligned}\text{price}_C(t) &\equiv \beta_{B1}\text{price}_A(t) - \beta_{A1}\text{price}_B(t) \\ &= (\beta_{A0}\beta_{B1} - \beta_{A1}\beta_{B0}) + (\beta_{B1}\epsilon_A(t) - \beta_{A1}\epsilon_B(t))\end{aligned}$$

配對交易的類型 [26]

- 距離 (distance) [13, 17]
- 共整合 (co-integration) [44, 51]
- 時間序列 (time series) [10, 15]
- 隨機控制 (stochastic control) [23, 31]
- 機器學習 (machine learning) 與綜合預測 (combined forecasts) [19, 20]
- 耦合 (copula) [27, 44]
- 主成分分析 (principal components analysis) [3]

組合+技術指標

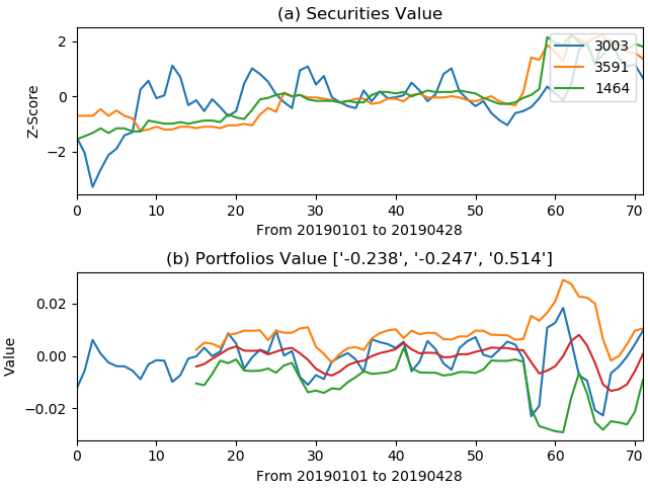


Figure: 共整合+布林通道

策略的測試

以組合各種模型測試現有策略，用以了解該策略不適用的場合。

- 迴歸：$y(t) = X(t)\beta + \epsilon(t)$
- 平滑移動迴歸：$y(t) = X(t)(t\beta/T) + \epsilon(t)$
- 向量自我迴歸：$y(t) = \mu(t) + \sum_{i=1}^{p} A_i y_{t-1} + \epsilon(t)$
  - $\nu(t) = 0, \nu, \nu_1 + \nu_2 t, \ldots$
- 結構性變動：$\begin{cases} y(t) = f_1(t) + \epsilon(t), & t \leq t_* \\ y(t) = f_2(t) + \epsilon(t), & t > t_* \end{cases}$

測試範例

以測試 共整合+布林通道 於具趨勢的自我迴歸上為例。

- 以向量錯誤修正模型估計自我迴歸係數
- 加入趨勢項於向量自我迴歸模型之中
- 隨機生成股價
- 拿現有策略應用並觀察報酬
  - 若有淨利，則適用所加入之趨勢。
  - 若有虧損，則不是用該情況。
    - 詢問該情形出現時，是否有對應的處理方式。
    - 如，即時停損或替換執行新的策略。

References (1/13)

[1] Asness, C. S., Moskowitz, T. J., and Pedersen, L. H. (2013). Value and momentum everywhere. *The Journal of Finance*, 68(3):929–985.

[2] Austin, M. P., Bates, G., Dempster 3, M. A. H., Leemans, V., and Williams, S. N. (2004). Adaptive systems for foreign exchange trading. *Quantitative Finance*, 4(4):37–45.

[3] Avellaneda, M. and Lee, J.-H. (2010). Statistical arbitrage in the US equities market. *Quantitative Finance*, 10(7):761–782.

[4] Bisoi, R. and Dash, P. (2014). A hybrid evolutionary dynamic neural network for stock market trend analysis and prediction using unscented Kalman filter. *Applied Soft Computing*, 19:41–56.

[5] Bodie, Z., Kane, A., and Markus, A. J. (2012). *Essentials of Investments*. McGraw-Hill/Irwin, 9 edition.

References (2/13)

[6] Brock, W., Lakonishok, J., and LeBaron, B. (1992). Simple technical trading rules and the stochastic properties of stock returns. *The Journal of Finance*, 47(5):1731–1764.

[7] Chavarnakul, T. and Enke, D. (2009). A hybrid stock trading system for intelligent technical analysis-based equivolume charting. *Neurocomputing*, 72(16-18):3517–3528.

[8] Cochrane, J. H. (2001). *Asset Pricing*. Princenton, Princeton, NJ, US.

[9] Creamer, G. (2012). Model calibration and automated trading agent for Euro futures. *Quantitative Finance*, 12(4):531–545.

[10] Cummins, M. and Bucca, A. (2012). Quantitative spread trading on crude oil and refined products markets. *Quantitative Finance*, 12(12):1857–1875.

References (3/13)

[11] de Oliveira, F. A., Nobre, C. N., and Zárate, L. E. (2013). Applying Artificial Neural Networks to prediction of stock price and improvement of the directional prediction index - Case study of PETR4, Petrobras, Brazil. *Expert Systems with Applications*, 40(18):7596–7606.

[12] Dempster, M. and Jones, C. (2001). A real-time adaptive trading system using genetic programming. *Quantitative Finance*, 1(4):397–413.

[13] Do, B. and Faff, R. (2010). Does simple pairs trading still work? *Financial Analysts Journal*, 66(4):83–95.

[14] Du, J.-L. (2007). *Investment*. Wealth, Taipei, TW.

[15] Elliott, R. J., Van Der Hoek, J., and Malcolm, W. P. (2005). Pairs trading. *Quantitative Finance*, 5(3):271–276.

References (4/13)

[16] Farias Nazário, R. T., e Silva, J. L., Sobreiro, V. A., and Kimura, H. (2017). A literature review of technical analysis on stock markets. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 66:115–126.

[17] Gatev, E., Goetzmann, W. N., and Rouwenhorst, K. G. (2006). Pairs trading: performance of a relative-value arbitrage rule. *Review of Financial Studies*, 19(3):797–827.

[18] Gunasekarage, A. and Power, D. M. (2001). The profitability of moving average trading rules in South Asian stock markets. *Emerging Markets Review*, 2(1):17–33.

[19] Huck, N. (2009). Pairs selection and outranking: An application to the S&P 100 index. *European Journal of Operational Research*, 196(2):819–825.

References (5/13)

[20] Huck, N. (2010). Pairs trading and outranking: the multi-step-ahead forecasting case. *European Journal of Operational Research*, 207(3):1702–1716.

[21] Jensen, M. C. and Beningto, G. A. (1970). Random walks and technical theories: Some additional evidence. *Journal of Finance*, 25(2):469–482.

[22] Junqué de Fortuny, E., De Smedt, T., Martens, D., and Daelemans, W. (2014). Evaluating and understanding text-based stock price prediction models. *Information Processing & Management*, 50(2):426–441.

[23] Jurek, J. W. and Yang, H. (2007). Dynamic portfolio selection in arbitrage. *SSRN Electronic Journal*.

References (6/13)

[24] Kabasinskas, A. and Macys, U. (2010). Calibration of Bollinger bands parameters for trading strategy development in the Baltic stock market. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 21(3):244–254.

[25] Kazem, A., Sharifi, E., Hussain, F. K., Saberi, M., and Hussain, O. K. (2013). Support vector regression with chaos-based firefly algorithm for stock market price forecasting. *Applied Soft Computing*, 13(2):947–958.

[26] Krauss, C. (2017). Statistical arbitrage pairs trading strategies: review and outlook. *Journal of Economic Surveys*, 31(2):513–545.

[27] Krauss, C., Do, X. A., and Huck, N. (2017). Deep neural networks, gradient-boosted trees, random forests: statistical arbitrage on the S&P 500. *European Journal of Operational Research*, 259(2):689–702.

References (7/13)

[28] Lento, C., Gradojevic, N., and Wright, C. S. (2007). Investment information content in Bollinger Bands? *Applied Financial Economics Letters*, 3(4):263–267.

[29] Leung, J. M.-J. and Chong, T. T.-L. (2003). An empirical comparison of moving average envelopes and Bollinger Bands. *Applied Economics Letters*, 10(6):339–341.

[30] Lin, X., Yang, Z., and Song, Y. (2011). Intelligent stock trading system based on improved technical analysis and Echo State Network. *Expert Systems with Applications*, 38(9):11347–11354.

[31] Liu, J. and Timmermann, A. (2013). Optimal convergence trade strategies. *Review of Financial Studies*, 26(4):1048–1086.

References (8/13)

[32] Lo, A. W., Mamaysky, H., and Wang, J. (2000). Foundations of technical analysis: computational algorithms, statistical inference, and empirical implementation. *The Journal of Finance*, 55(4):1705–1765.

[33] Lütkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer, Berlin.

[34] Mehra, R. (2003). The equity premium: why is it a puzzle? *Financial Analysts Journal*, 59(1):54–69.

[35] Metghalchi, M., Chang, Y.-H., and Marcucci, J. (2008). Is the Swedish stock market efficient? Evidence from some simple trading rules. *International Review of Financial Analysis*, 17(3):475–490.

[36] Murphy, J. J. (1991). *Intermarket Technical Analysis: Trading Strategies for the Global Stock, Bond, Commodity, and Currency Markets*. Wiley, New York, US.

References (9/13)

[37] Murphy, J. J. (2011). *Intermarket Analysis: Profiting from Global Market Relationships*. Wiley, New York, US.

[38] Neely, C. J. (2003). Risk-adjusted, ex ante, optimal technical trading rules in equity markets. *International Review of Economics & Finance*, 12(1):69–87.

[39] Neely, C. J., Rapach, D. E., Tu, J., and Zhou, G. (2014). Forecasting the equity risk premium: the role of technical indicators. *Management Science*, 60(7):1772–1791.

[40] Omrane, W. B. and Oppens, H. V. (2006). The performance analysis of chart patterns: Monte Carlo simulation and evidence from the euro/dollar foreign exchange market. *Empirical Economics*, 30(4):947–971.

References (10/13)

[41] Oppenheimer, H. R. and Schlarbaum, G. G. (1981). Investing with Ben Graham: an ex ante test of the efficient markets hypothesis. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 16(3):341.

[42] Osler, C. L. and Chang, P. H. K. (1995). Head and shoulders: not just a Flaky pattern. Technical report, Federal Reserve Bank of New York, New York, US.

[43] Pérez-cruz, F., Afonso-rodríguez, J. A., and Giner, J. (2003). Estimating GARCH models using support vector machines. *Quantitative Finance*, 3(3):163–172.

[44] Rad, H., Low, R. K. Y., and Faff, R. (2016). The profitability of pairs trading strategies: distance, cointegration and copula methods. *Quantitative Finance*, 16(10):1541–1558.

References (11/13)

[45] Ratner, M. and Leal, R. P. (1999). Tests of technical trading strategies in the emerging equity markets of Latin America and Asia. *Journal of Banking & Finance*, 23(12):1887–1905.

[46] Rodríguez-González, A., García-Crespo, Á., Colomo-Palacios, R., Guldrís Iglesias, F., and Gómez-Berbís, J. M. (2011). CAST: Using neural networks to improve trading systems based on technical analysis by means of the RSI financial indicator. *Expert Systems with Applications*, 38(9):11489–11500.

[47] Shynkevich, A. (2012). Performance of technical analysis in growth and small cap segments of the US equity market. *Journal of Banking & Finance*, 36(1):193–208.

References (12/13)

[48] Tan, Z., Quek, C., and Cheng, P. Y. (2011). Stock trading with cycles: A financial application of ANFIS and reinforcement learning. *Expert Systems with Applications*, 38(5):4741–4755.

[49] Taylor, N. (2014). The rise and fall of technical trading rule success. *Journal of Banking & Finance*, 40:286–302.

[50] Ticknor, J. L. (2013). A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. *Expert Systems with Applications*, 40(14):5501–5506.

[51] Vidyamurthy, G. (2004). *Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis*. Wiley, Hoboken, NJ.

[52] Wang, K.-L. (2015). Introduction to Securities Analysis (III) Technical Index. [PDF files].

References (13/13)

[53] Wang, K.-L. (2017). *Multivariate Pairs Trading with Structural Change Detections in Cointegrated Relationships (Master Thesis)*. National Chiao Tung University.

[54] Wang, K.-L. (2019a). PFA320: Final Exam. [PDF files].

[55] Wang, K.-L. (2019b). PFA320: Investments, lesson 1, notes. [PDF files].

[56] Warburton, A. and Zhang, Z. G. (2006). A simple computational model for analyzing the properties of stop-loss, take-profit, and price breakout trading strategies. *Computers & Operations Research*, 33(1):32–42.

[57] Zhang, G., Eddy Patuwo, B., and Y. Hu, M. (1998). Forecasting with artificial neural networks:. *International Journal of Forecasting*, 14(1):35–62.