

這是一份基於 Shazam 音訊指紋辨識原理，結合 華爾街量化動能交易 的完整策略架構報告。

此策略將音訊處理中的「訊號提取」與「模式匹配」概念，轉化為金融市場的「趨勢捕捉」與「歷史回測」，旨在解決傳統動能策略(如均線交叉)滯後與誤判的問題。

專案報告：自適應頻譜動能交易系統 (Adaptive Spectral Momentum System)

1. 系統架構 (System Architecture)

本系統模仿 Shazam 的運作邏輯：「聽音(輸入) \rightarrow 濾噪(處理) \rightarrow 辨識(匹配) \rightarrow 決策(執行)」。

為了適應金融市場的非平穩性(Non-stationarity)，我們在最外層加入了一個「環境監測器」(HMM)。

數據流與模組層級圖

Level 0: 環境監測 (Gatekeeper)

- 模組：隱馬可夫模型 (Hidden Markov Model, HMM)
- 功能：判斷當前市場是「音樂廳(有序)」還是「戰場(混亂)」。
- 輸出：市場狀態機率 $P(S_t)$ \rightarrow 決定倉位上限 (Max Exposure)。

Level 1: 訊號前處理 (The Filter)

- 模組：小波轉換 (Wavelet Transform)
- 功能：類似 Shazam 的抗噪演算法。將原始價格序列分解，剔除高頻隨機雜訊，保留主要趨勢結構。
- 輸出：去噪後的價格序列 (De-noised Series)。

Level 2: 物理性質檢驗 (The Validator)

- 模組：赫斯特指數 (Hurst Exponent)
- 功能：確認去噪後的序列是否具有「動能慣性」。
- 輸出： H 值。若 $H > 0.6$ ，准許進入下一階段；否則中止。

Level 3: 模式匹配與預測 (The Predictor)

- 模組：動態時間校正 (Dynamic Time Warping, DTW)
- 功能：Shazam 的核心。在歷史資料庫中尋找與當前型態「最相似」的片段(允許時間軸伸縮)。
- 輸出：預測路徑與期望收益 $E(R)$ 。

2. 方法論詳細解析 (Methodology)

第一層：市場體制轉換 (Market Regime Switching)

- 核心技術：**Hidden Markov Model (HMM)**
- 解決痛點：動能策略在震盪市或崩盤時會失效。
- 運作邏輯：
市場就像天氣，我們看不到「氣壓」（隱藏狀態），只能看到「下雨」（價格波動）。HMM 假設市場有三個隱藏狀態：
 1. **Bull** (牛市)：低波動、正回報。 \rightarrow 策略全開。
 2. **Correction** (盤整)：高波動、混合回報。 \rightarrow 策略降頻/減倉。
 3. **Bear/Crisis** (熊市/崩盤)：極高波動、負回報。 \rightarrow 策略關閉 (**Kill Switch**)。
- 數學應用：利用高斯混合模型 (GMM) 擬合觀測數據，透過 Viterbi 演算法計算當前處於各狀態的機率。

第二層：訊號去噪 (Signal Denoising)

- 核心技術：**Wavelet Transform** (小波轉換)
- 解決痛點：移動平均線 (MA) 有延遲 (Lag)，導致進場太慢。
- 運作邏輯：
不同於傅立葉轉換 (Fourier) 只處理頻率，小波轉換能同時處理「時間」與「頻率」。它將股價分解為：
 - 近似係數 (**Approximation Coefficients**)：低頻趨勢（主力動向）。
 - 細節係數 (**Detail Coefficients**)：高頻雜訊（散戶/機器人隨機單）。我們將「細節係數」設為 0 後重組訊號，得到一條幾乎零延遲的光滑曲線。這就是 Shazam 能在酒吧嘈雜環境中聽出歌曲的關鍵——它只聽「特徵」，不聽「雜音」。

第三層：動能物理性驗證 (Momentum Validation)

- 核心技術：**Hurst Exponent** (赫斯特指數)
- 解決痛點：區分「真的趨勢」與「隨機漫步」。
- 運作邏輯：
計算時間序列的自相關性結構：
 - $H = 0.5$ ：布朗運動（隨機漫步）。市場無方向，不交易。
 - $0 < H < 0.5$ ：均值回歸 (Mean Reversion)。漲多必跌，適合逆勢策略。
 - $0.5 < H < 1$ ：持久性 (**Persistence**)。過去漲，未來繼續漲。這是本策略唯一的進場窗口。

第四層：歷史指紋匹配 (Pattern Matching)

- 核心技術：**Dynamic Time Warping (DTW)**
- 解決痛點：歷史會重演，但節奏不同（例如這次漲得比上次快）。傳統歐氏距離 (Euclidean Distance) 無法識別這種「變速」的相似性。

- 運作邏輯：
這是 Shazam 演算法的變體。
 1. 取當前去噪後的 N 天價格曲線。
 2. 在過去 20 年的歷史數據中滑動視窗。
 3. 使用 DTW 計算當前曲線與歷史片段的「距離」。DTW 允許「一對多」的點位映射，能抓出 **「形態一樣，只是時間拉長或縮短」** 的歷史片段。
 4. 找出最像的 K 個歷史片段 (K-Nearest Neighbors)，觀察它們「後續 M 天」是漲是跌，以此作為本次的預測依據。
-

3. 執行與風險管理 (Execution & Risk)

有了上述四層架構，最終的下單決策不能憑感覺，需依靠 凱利公式 (Kelly Criterion) 進行動態調整。

綜合評分公式 (The Alpha Score)

我們定義一個綜合訊號強度 S ：

$$S = \alpha_{\text{HMM}} \times \beta_{\text{Hurst}} \times \gamma_{\text{DTW}}$$

- α_{HMM} : 市場狀態係數 (牛市=1, 震盪=0.5, 熊市=0)。
- β_{Hurst} : 動能強度 (H 值越高，權重越大)。
- γ_{DTW} : 歷史勝率 (若找出的 10 個歷史相似片段中 8 個上漲，則為 0.8)。

倉位管理 (Position Sizing)

最終倉位 P 由修正後的凱利公式決定：

$$P = \text{Leverage} \times \frac{S \cdot (b+1) - 1}{b}$$

(其中 b 為預期賠率)

這確保了：

1. 在 HMM 偵測到風險時， α 歸零，倉位強制歸零。
2. 在趨勢不明顯時， β 較低，倉位自動縮小。
3. 只有在「環境好、趨勢強、歷史勝率高」時，系統才會重倉出擊。

4. 結論 (Conclusion)

這份報告展示了如何將 Shazam 的**「抗噪特徵提取 (Wavelet)」與「指紋模糊比對 (DTW)」**技術，移植到金融交易領域。

此系統的優勢在於它不依賴單一的技術指標(如 RSI 或 MACD), 而是從物理學(Hurst)和訊號處理(Wavelet/DTW)的角度去拆解市場結構。它將「預測股價」轉化為一個更科學的問題:「在當前的噪音水平下(**HMM**), 這段波形的物理特徵(**Hurst**), 與歷史上哪個獲利模式(**DTW**)最為匹配?」