

Final Project 簡化模型問題 (Solvable Model Problem)

主題：「Sim-Coffee」：一個新創咖啡店的智能體模擬器

最終專案目標 (Final Project Goal):

建立一個「AI 企業策略模擬器」。創業者輸入商業計畫，AI 就能啟動一個「數位w生」市場，並**生成 (Generate)** 未來數年的反事實 (What-if) 財務報表與市佔率，作為企業的「模擬飛行器」。

第一步的 Solvable Model Problem:

為邁向此目標，我們的第一步是建立一個極度簡化的 Toy Problem：「Sim-Coffee」，用以模擬一個「單一街區的咖啡店大戰」。

1. 問題設計 (Problem Design)

- 簡化問題如何對應到最終目標：

此 Toy Problem 捕捉了 20 年願景的核心運作循環：「**策略輸入** → **系統模擬** → **結果生成**」。最終目標是模擬一個由「LLM 驅動、非理性」的複雜大市場；而此 Toy Problem 則是用「簡單規則驅動、理性」的智能體，來搭建**同一個模擬框架**。它驗證了「由下而上」(Bottom-up) 的方式——即個體（消費者）的微觀決策，可以「湧現 (Emerge)」出宏觀（市場）的經濟結果（營收、市佔率）。

- 明確定義輸入、輸出、任務目標與資料形式：

- **任務目標 (Task Goal):** 模擬 (Simulate) 一家新創咖啡店在特定策略下，於一個既有市場中 365 天的營運表現，並**生成 (Generate)** 其關鍵經濟數據。
- **輸入 (Input):**
 - **資料形式:** 一組由使用者（創業者）定義的**策略參數 (Strategy Vector)**。
 - **範例:** `My_Shop_Strategy = [Price: 5, Quality: 8, Location: (10, 12)]`
- **輸出 (Output):**
 - **資料形式:** **生成的 (Generated)** 時間序列數據 (Time-Series Data) 與彙總指標 (Scalar)。
 - **範例:** (1) `Daily_Revenue` (365 天的時間序列圖)。(2) `Total_Annual_Profit` (一個最終數值)。
- **環境資料 (Environment Data):** 此模型包含一個固定的「環境」資料集，作為模擬的基礎：
 - a. `Competitor_Agents`: 3 家固定屬性的商店 [`Price`, `Quality`, `Location`]。
 - b. `Consumer_Agents`: 100 個固定屬性的消費者 [`Preference_Weights`, `Home_Location`]。

2. 模型與方法 (Model & Methods)

- 選擇模型：基於智能體的模型 (Agent-Based Model, ABM)。
 - 我們主張 ABM 在此脈絡下，其本質是一種**生成式模型 (Generative Model)**。
- 說明理由：

- i. **超越預測**：傳統 ML (如線性迴歸) 需大量歷史 X, y 數據。但本問題是模擬一家「新」商店對市場的「干預」，這會**改變**系統動態。我們沒有它的歷史數據，因此必須「模擬」而非「預測」。
- ii. **捕捉湧現**：市場的宏觀表現（營收）是由大量個體（消費者）的微觀決策「湧現」出來的。ABM 是專門用於模擬此現象的最佳工具。
- iii. **符合「生成式」本質**：模型的任務是從「規則」中「生成」一整套全新、邏輯一致的未來數據（營收曲線），這與 20 年願景中「生成反事實未來」的目標完全一致。

3. 實作與結果 (Implementation & Results)

- **實作 (Python):**

- **框架**: 使用 **Python**。可使用專門的 ABM 函式庫 (如 Mesa)，或使用純 Python 物件導向程式設計 (OOP) 即可完成。
- **架構**: 核心是建立 `ConsumerAgent` (含效用函數 $Utility = a \cdot Quality - b \cdot Price - c \cdot Distance$) 與 `MarketModel` (含 `step()` 函數) 兩個類別，並迭代 365 次 (天) 來運行模擬。

- **結果 (Results & Analysis):**

此模型**沒有「Loss 曲線」**（因為它在「執行」規則，而非「訓練」數據）。其「解答」就是模擬所生成的數據分析：

- i. **生成範例 (Generated Example):**

- **圖表說明**: 展示兩種不同策略（例如「高價高質」 vs. 「低價搶市」）所**生成**的 365 天「每日營收」曲線。

- ii. **結果分析 (The "Solution" to the Problem):**

- **圖表說明**: 這張「策略熱力圖」就是這個 Solvable Model 的「解答」。
 - **X 軸**: 策略中的「價格」。
 - **Y 軸**: 策略中的「品質」。
 - **顏色**: 模擬生成的「年總利潤」（顏色越亮，利潤越高）。
 - **分析**: 這張圖清楚地向創業者展示了在這個特定市場環境中，哪個「價格-品質」組合是最佳利潤點。

4. 討論 (Discussion)

- **從這個簡化問題中學到了什麼？**

- i. **湧現的力量**：我學到了，複雜的宏觀經濟現象（如市場均衡、利基市場）可以由非常簡單的微觀個體規則（Agent 的效用函數）所「湧現」。
 - ii. **模擬的價值**：我體會到「模擬」與「預測」的根本不同。對於策略制定，「生成」一個可供測試的反事實未來，遠比「預測」一個單一的未來更有價值。

- **它揭示了未來要解決的大問題中，哪個面向的困難或關鍵？**

這個 Toy Problem 最大的簡化在於「智能體的真實性 (Agent Realism)」，這也完美地揭示了 20 年

願景所面臨的兩大核心困難：

i. **關鍵困難一：行為真實性 (Behavioral Realism)**

- **Toy Model:** 我們的 Agent 是「愚蠢」且「完全理性」的（只看 Price, Quality）。
- **20 年願景:** 真實的消費者是**非理性的**，他們會被「品牌敘事」、KOL 行銷、社群「從眾效應」所影響。未來的模型**必須結合大型語言模型 (LLM)**，才能讓 Agent 擁有「信念」、「個性」和「社會性」。

ii. **關鍵困難二：動態博弈 (Dynamic Game)**

- **Toy Model:** 我們的「競爭者」是**靜態的**（它們的價格永遠不變）。
- **20 年願景:** 真實的競爭者會「反擊」。如果你的新創店搶走了市佔率，「星巴克」會發動價格戰。未來的模型必須是「多智能體強化學習 (MARL)」的博弈框架，讓所有 Agent 都能動態學習並調整自己的策略。