

自然演化模擬與演化演算法探討

11100586 黃少甫

摘要

本專題使用基於代理的模型實現了基於蒙特卡洛的捕食者-獵物共同進化的模擬。該模擬整合了自然選擇、突變和競爭適應，以分析獵物和捕食者群體中速度和視覺如何進化。我們利用物件導向程式設計、動態系統建模和視覺化技術來研究演化特徵的出現。本專題還探索了進化演算法與人工智慧（AI）優化之間的關係。

前言

在運算環境中模擬生物演化可以深入了解適應性行為、共同演化動力學和人工智慧技術。該計畫模擬了一個捕食者-獵物生態系統，其中實體根據其逃避、狩獵和繁殖的能力進行生存和繁殖競爭。該模型遵循進化計算原理，透過隨機突變指導多代適應。

系統設計與實作

一、物件導向程式設計：

- 我們使用物件導向程式設計（OOP）方法來封裝生態系統中的行為和互動。
- 實體（基類）：代表所有生物體，包含速度、視覺、能量、壽命等屬性。
- 獵物（實體的子類）：向食物移動並試圖在捕食者面前生存。
- 捕食者（實體的子類）：根據視力和速度捕獵最近的獵物。
- 環境：控制食物的放置、移動限制和人口控制。
- 模擬管理器：處理時間步驟、複製、變異和結果記錄。

二、蒙地卡羅法：

採用蒙特卡羅方法引入隨機性和機率決策，確保生存和繁殖的現實變化。

- 高斯突變：後代繼承了父母的屬性（速度、視覺等），並帶有由高斯分佈建模的輕微突變。
- 基於能量的繁殖：實體必須累積足夠的能量來繁殖，以防止不受控制的人口成長。

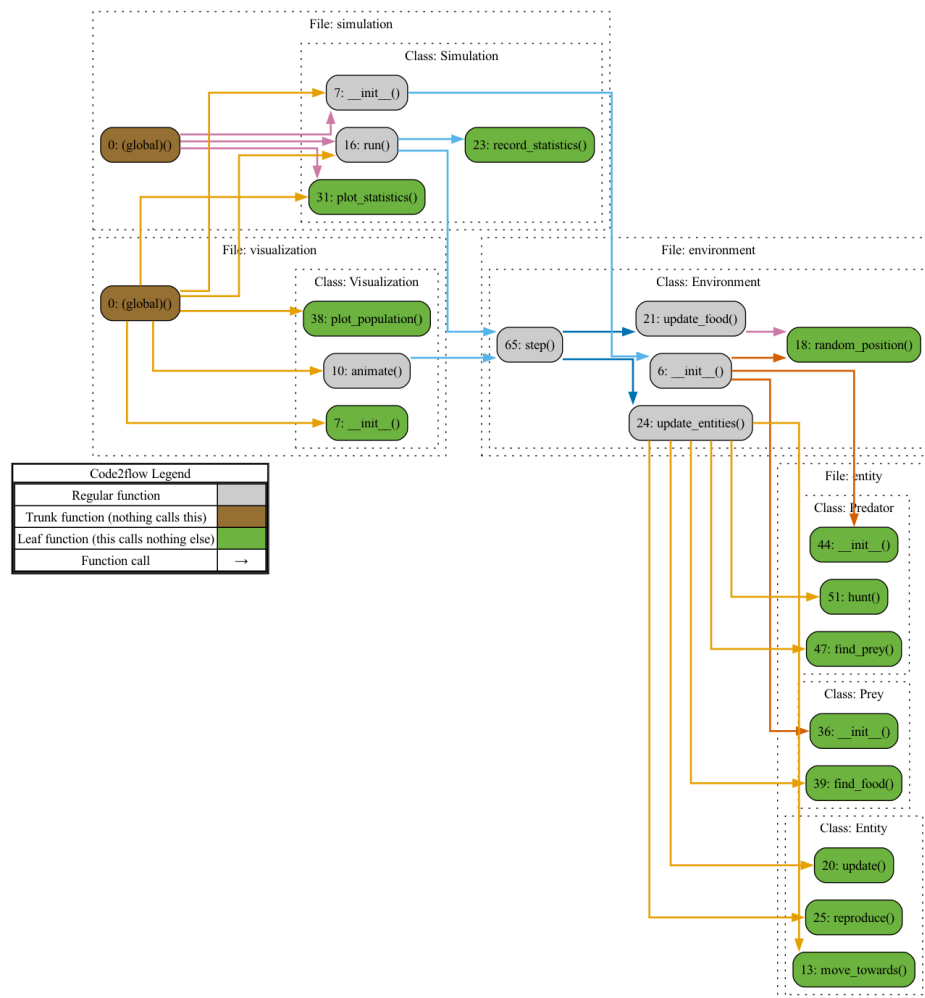
- 隨機壽命分配：每個實體的壽命遵循常態分佈，為存活增加自然差異。

三、演化演算法

- 選擇：具有有益特徵的個體生存更長的生存和繁殖。
- 突變：後代在特徵方面略有變化。
- 協同進化：獵物和捕食者特徵相互響應。
- 適應性功能（隱式）：生存是主要的適應性標準。

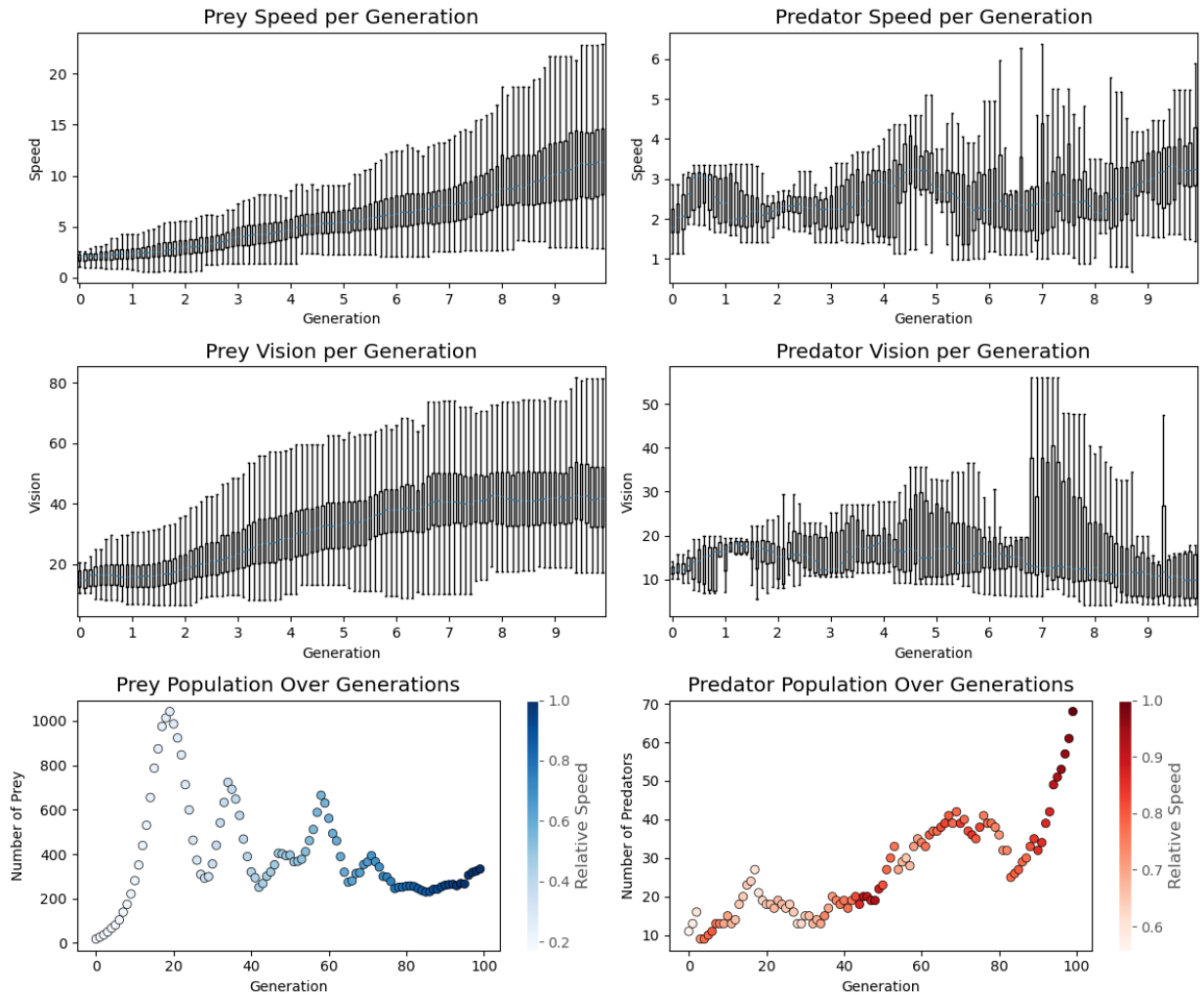
四、資料搜集與視覺化

- 人口每一代變化（獵物/捕食者的數量）。
- 特質分佈（速度，視覺）使用框圖可視化。
- 動畫模擬跟踪實時實體運動。



結果與討論

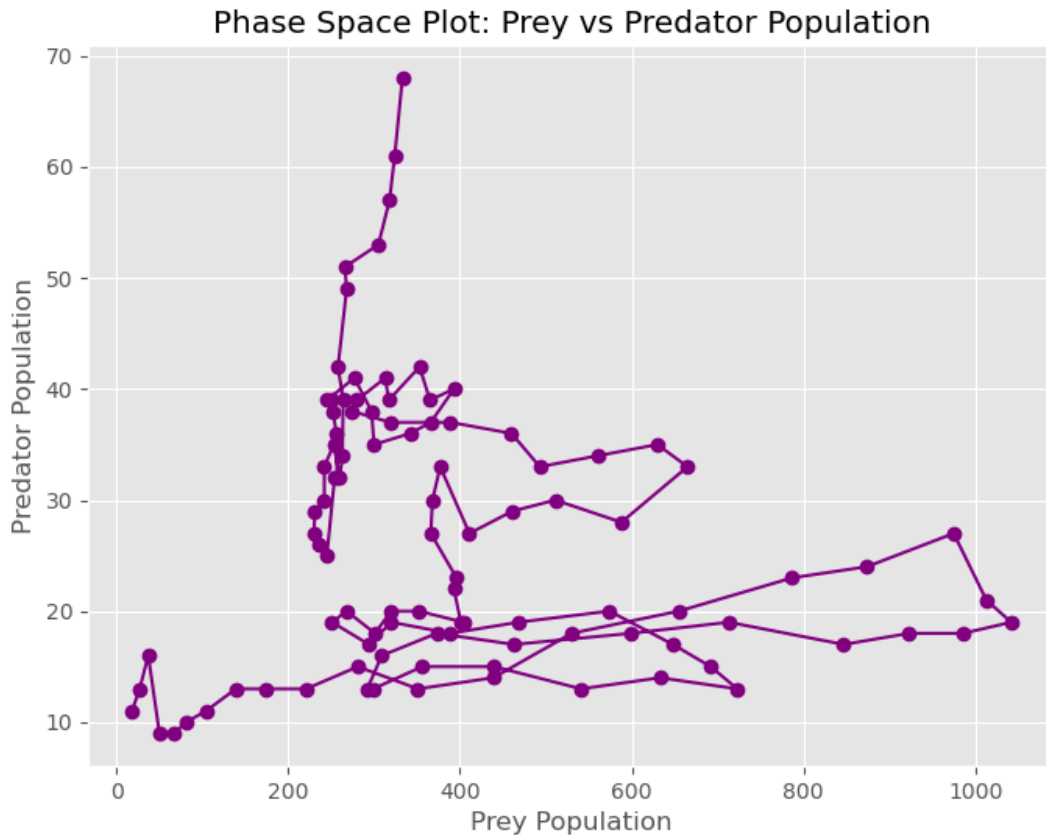
1. 新興進化特徵



獵物的進化：世代相傳，獵物的速度和視力增加，從而使捕食者更好地逃避了掠食者。

捕食者的適應性：捕食者進化出更高的速度以匹配獵物運動，表明了進化的軍備競賽。

人口波動：出現了經典的Lotka-Volterra Predator-Prey循環，人口大小的交替峰值。



2. 與進化算法的關係

生存驅動的適應性而不是明確的適應性功能，驅動了進化壓力，因此與進化策略相似。但與遺傳算法不同，該模型不重組母體性狀，而是依賴於突變驅動的進化。此外基於AI的優化中使用了類似的技術，其中兩個競爭代理會適應性地改善。

結論

本專題成功地模擬了獵物和捕食者的共同進化，證明了進化計算的基本原理。該項目通過在計算框架內整合突變，選擇和適應性來彌合生物建模與基於AI的優化之間的差距。

未來的工作：

- 實施跨界機制，以實現更多遺傳多樣性。
- 引入強化學習（RL），以允許掠食者/獵物學習逃生或狩獵策略。
- 將模型擴展到包括多種物種相互作用和環境因素（季節性食品可用性，地形約束）。

參考資料

- [1] Goldberg, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning.
- [2] Holland, J. H. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems.
- [3] Lotka, A. J. (1925). Elements of Physical Biology.
- [4] Volterra, V. (1926). Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically.
- [5] Koza, J. R. (1992). Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection.