

船舶群集搜救模擬系統

作者姓名

2025 年 9 月 21 日

摘要

海上搜救任務面臨著範圍廣闊、海象險惡、時間緊迫等嚴峻挑戰。為應對此一難題，本專案建構了一套「船舶群集搜救模擬系統」。系統核心旨在模擬並最佳化真實的搜救作業流程：首先，依據目標可能區域進行高效的網格化分割；接著，指揮調度多艘船隻構成的搜救群集，對各區塊展開平行搜索，以最大化覆蓋率並縮短黃金救援時間。我們在 Unity 與 Crest 物理引擎打造的擬真海洋環境中，採用 SAC 深度強化學習演算法，賦予每艘搜救船隻在複雜風浪中自主執行精密搜索路徑、並規避動態障礙物的能力。本專案旨在評估此 AI 驅動的搜救群集，在不同搜救情境下，對於提升目標發現成功率、縮短搜救時間的實際成效，為未來智慧化海上應急響應系統提供關鍵的模擬驗證。

關鍵詞：船舶群集、搜救系統、深度強化學習、多智慧體系統、海洋模擬

目錄

1	緒論	3
1.1	研究背景與動機	3
1.2	問題陳述	3
1.3	研究目的	3
1.4	專題架構	4
2	文獻回顧	4
3	系統設計與實作	4
4	實驗結果與分析	4
5	結論與未來工作	4

1 緒論

1.1 研究背景與動機

海洋覆蓋地球表面超過七成，是全球貿易、資源開發與休閒活動的核心場域。然而，隨著海上交通與作業日益頻繁，船舶事故、惡劣氣候與人員落水的風險持續上升。一旦發生事故，搜救（Search and Rescue, SAR）行動成為攸關人命的即時挑戰，其中「黃金救援時間」決定了受困者的生存率。

傳統搜救模式仰賴人員經驗與指揮調度，在大範圍海域與高風險環境下常受限於人力與效率。隨著人工智慧（AI）、自主系統（Autonomous Systems）與高擬真模擬技術的成熟，發展基於智慧化與自主化的搜救系統已成為突破現有困境的契機。自主船舶群集可藉由耐航性、即時協作與精確導航，提升搜救任務的速度與覆蓋範圍，進而增加受困人員的獲救機率。本研究即在此背景下展開。

1.2 問題陳述

雖然自主船舶與強化學習的應用展現巨大潛力，但在搜救場景中仍面臨多重挑戰：

1. **搜索效率不足：**傳統平行線搜索在大範圍海域下難以兼顧效率與覆蓋率。
2. **環境動態與不確定性：**風浪與洋流使船隻航行與感測受干擾，增加搜尋難度。
3. **群集協同複雜性：**多艘船隻需避免重複搜索、確保安全並即時共享資訊。
4. **時間壓力與決策挑戰：**有限時間內需快速分配資源並做出最佳判斷，錯誤可能導致錯失救援時機。

因此，有必要建構一個智慧化模擬系統，以驗證不同策略並最佳化搜救行動。

1.3 研究目的

本研究的主要目標在於建立一個「智慧化船舶群集搜救模擬系統」，具體目的如下：

- **建立高擬真虛擬環境：**以 Unity 與 Crest 套件模擬真實海象與物理效果，作為測試平台。
- **開發自主搜救智慧體：**利用深度強化學習演算法（SAC 為核心，並比較 PPO 等方法），訓練船舶於動態環境中進行自主導航與避障。
- **設計群集協同策略：**透過分區搜尋與任務分配，提升多船協同效率，避免重複與衝突。
- **效能評估與驗證：**以模擬實驗檢驗系統在搜尋成功率、平均搜救時間與協同效率上的成效。

1.4 專題架構

本專題共分為七章，內容安排如下：

- **第一章 緒論：**說明研究背景、問題陳述、研究目的與章節安排。
- **第二章 文獻回顧與討論：**探討海上搜救、強化學習、多代理人系統與模擬相關研究。
- **第三章 相關使用技術介紹：**介紹研究所採用之深度強化學習演算法(PPO/SAC)、Unity3D、ML-Agents 與 Crest 模擬套件。
- **第四章 系統設計與技術實作：**說明系統硬體與軟體環境、系統架構設計、強化學習架構與套件整合方法。
- **第五章 實驗設計與結果分析：**呈現實驗設計、數據收集與結果分析，驗證系統效能。
- **第六章 結論與未來發展：**總結研究成果，並提出研究限制與未來可能發展。
- **第七章 參考資料：**列出研究所參考之文獻與資料來源。

2 文獻回顧

3 系統設計與實作

4 實驗結果與分析

5 結論與未來工作

參考文獻

[1] 作者姓名, “論文標題,” 期刊名稱, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 月份年份.

[2] 作者姓名, “書籍標題,” 出版社名稱, 年份.