

OAC-114-013 (研究報告)

基於 AIS 與擴增實境之船舶觀測平台-應用於旗津海
洋驛站

(期末報告)

海洋委員會補助研究

中華民國 114 年 5 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用
與否之權利。」

OAC-114-013 (研究報告)

基於 AIS 與擴增實境之船舶觀測平台-應用於旗津海
洋驛站

(期末報告)

學校：國立高雄科技大學

指導教授：蒲鈺琪

學生：王竑翔

研究期程：中華民國 114 年 4 月至 114 年 10 月

研究經費：新臺幣 101,000 元

海洋委員會補助研究

中華民國 114 年 5 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

「本研究報告絕無侵害他人智慧財產權之情事，如有違背願自負民、刑事責任。」

目 次

目 次.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	IV
摘 要.....	V
第一章 前 言.....	1
一、 研究緣起.....	1
二、 問題背景.....	1
三、 現況分析.....	4
四、 研究目的.....	5
五、 研究重點.....	6
六、 預期目標.....	7
第二章 研究方法與過程.....	8
一、 AIS 船舶自動識別系統概述.....	8
二、 AIS 技術原理與應用.....	9
三、 使用 AIS 資料於船舶識別.....	13

四、 應用物件辨識於港邊船舶辨識.....	13
五、 AIS 整合擴增實境於本研究之應用	15
第三章 研究成果與討論.....	17
一、 AIS 資料接收模組	17
二、 觀測台建置.....	19
三、 融合物件辨識與區域 AIS 資料於船舶識別	21
四、 擴增實境模擬觀測平台展示.....	26
第四章 結論.....	28
參考文獻.....	29

表目錄

表 1 動態資訊發送頻率.....	10
表 2 船型類別代號.....	10
表 3 AIS 資料欄位.....	11
表 4 相機規格.....	20
表 5 視訊類比數位轉換器規格.....	20
表 6 船舶類型對照表.....	24

圖目錄

圖 1 臺灣地區船舶自動辨識系統 (AIS) 接收站分布圖	9
圖 2 Marine Traffic 手機的船舶擴增實境顯示	13
圖 3 研究架構圖	14
圖 4 AIS-700 B 類 AIS 船舶自動辨識系統	17
圖 5 Ais Decoder	18
圖 6 觀測台架設情形	19
圖 7 觀測台	19
圖 8 YOLO 與 AIS 的船舶目標關聯架構圖	23
圖 9 船舶影像偵測結果示例	24
圖 10 模型訓練過程之損失函數與評估指標變化圖	25
圖 11 船舶影像偵測與 AIS 資料整合成果圖	26
圖 12 Jetson Orin	27

摘要

本研究針對旗津海洋驛站提出一套結合即時海景、AIS 船舶資料與電腦視覺之固定式船舶觀測台。系統以自建 AIS 接收與解碼取得靜態、動態與航程資訊，並以 SOG/COG 進行時間插補與軌跡預測；透過相機標定與座標轉換將經緯度投影至像素座標，同步導入 YOLO 進行船舶偵測與追蹤，最終由 AR 介面將船名、型別、速度、航向等屬性即時疊加於海景影像。場域驗證顯示，透過整合串流視訊與 AIS 的資料關聯方法，正確率優於單一 AIS 解法，進一步證實其在教育展示與遊客導覽情境中的可用性。研究貢獻包含：建立 AIS 與串流影像之時空對齊與關聯流程、提供智慧海洋情境的可擴充技術底座、以及一套可複製的「科技×觀光×科普」示範原型。應用上，系統可作為海洋教育之互動展示，增進民眾理解高雄港運作，並強化旗津海洋文化旅遊的吸引力。限制方面，能見度、遮擋與 AIS 更新率造成的時序落差仍影響辨識；未來將持續優化標定與關聯策略，導入小目標強化與多感測融合，並完善場域導覽腳本以擴大社會參與與推廣成效。本計畫亦呼應海委會「向海致敬」政策，透過公開展示與資料素養培育，促進民眾親海、知海、用海之價值認同。

關鍵詞：AIS 系統、物件辨識、擴增實境、船舶觀測平台

第一章 前言

一、研究緣起

海委會配合行政院「向海致敬」政策在全臺各地設置 12 處海洋驛站政策，每一驛站配合當地特色，打造海洋社會教育及友善休憩場域。旗津目前雖然沒有設置驛站，但身為旗津在地的師生，我們每天都能看到大船進出高雄港，海邊經常可見的海洋運輸與大型船舶，正是旗津獨特的海洋特色。我們應該善加利用這樣的資源，讓民眾有機會近距離認識各式大型船舶，並更加親近海洋，體驗海洋文化之美。

本研究結合即時海景與 AIS 船舶資訊實現擴增實境展示，開發一套固定式船舶觀測台系統，並於旗津海岸進行架設。系統的設計靈感來自於傳統的海岸望遠鏡站，因為海岸望遠鏡站長期以來是遊客欣賞海景與船舶動態的重要裝置，擁有直觀、簡單且易於使用的特性，能夠提供良好的觀景體驗。有別於傳統的望遠鏡站，本研究開發的觀測台不僅能讓遊客觀看港區的船舶，還結合 AIS、物件辨識與擴增實境技術，實現船舶相關資訊的動態展示。

二、問題背景

船舶自動識別系統 (Automatic Identification System, AIS) 是當前國際港口營運與航運管理中不可或缺的重要工具，能即時提供包括船名、MMSI、位置、速度 (Speed Over Ground, SOG)、航向 (Course Over Ground, COG) 等關鍵資訊，協助實現交通監控、航線規劃與航行安全。然而，這些 AIS 資料大多以地圖標記或數據清單的形式呈現，對於遊客或非專業人士而言往往過於抽象，難以與眼前的實際船舶產生直接連結，因而缺乏直觀性與沉浸式的觀賞體驗。

近年來，深度學習技術在影像辨識領域蓬勃發展，其中影像辨識技術 (You Only Look Once, YOLO) 以其快速且準確的特性，被廣泛應用於小物件偵測與即時影像分析。若將 YOLO 應用於港區攝影機影像，可以補足 AIS 的不足，尤其是在辨識遠距離的小型船舶

時，能提供額外的資訊來源。若能進一步將 YOLO 的影像偵測 AIS 的航行資料結合，不僅可達成船舶身份的確認，亦能提升港口監測之精確度與完整性。

然而，單純的監測與辨識仍無法直接轉化為教育或觀光價值。因此，本研究引入 Unity 擴增實境（Augmented Reality, AR）作為展示平台，將 AIS 與 YOLO 辨識結果即時疊加於海景影像之上，讓使用者能「邊看海、邊看船、邊理解」。這樣的設計靈感來自於傳統的海岸望遠鏡站，這些裝置長期以來是遊客觀賞海景與船舶的重要工具。本研究的觀測台將傳統望遠鏡升級為智慧化、互動式的展示系統，不僅能顯示船舶資訊，還能以圖像化、教育化的方式呈現，提供更直觀的觀景與學習體驗。

1. AIS 系統的限制

船舶自動識別系統（Automatic Identification System, AIS）是目前國際港口與航運管理的重要工具，能即時提供船名、MMSI、位置、速度（Speed Over Ground, SOG）、航向（Course Over Ground, COG）等資訊。然而，AIS 資料多以地圖或數據呈現，對遊客與非專業人士言較為抽象，缺乏直觀體驗。

2. 影像辨識的挑戰

深度學習技術快速發展，其中影像辨識技術（You Only Look Once, YOLO）已廣泛應用於小物件偵測與即時影像分析。然而在港區場景中，仍存在以下挑戰：

- **小物件問題：**遠距攝影機下，船舶常僅佔數十像素，辨識難度高。
- **多船環境：**同時進出港口的船舶數量多，容易造成遮擋與重疊。
- **資訊對應困難：**YOLO 雖能辨識船舶外觀與型別，但無法直接得知 MMSI 與航行資料，因此需要結合 AIS，才能將「影像中的船隻」與「AIS 數據中的船舶」正確關聯。

3. 多模態資料整合的困難

將 AIS 與影像辨識結合，需克服以下技術挑戰：

- **時間不同步**：AIS 資料與影像幀之間存在時間差，需要透過 SOG/COG 外插 (Dead-Reckoning) 進行校正。
- **空間對齊**：必須使用 Homography 或相機標定方法，將 AIS 經緯度投影到影像畫面，確保座標對應正確。

4. 展示與教育應用的不足

即使完成 AIS 與影像辨識的技術整合，若僅停留於專業監測層面，仍難以發揮更大社會價值。因此，本研究引入 Unity 擴增實境 (Augmented Reality, AR) 技術，將船舶資訊即時疊加於港區海景影像中。如此一來，民眾不僅能「看見船」，還能「理解船」，將傳統海岸望遠鏡升級為智慧化觀測台，滿足智慧港口展示、教育推廣與觀光體驗的多重需求。

三、現況分析

目前 AIS 技術的應用已從最初的航行安全與船舶避碰，逐步擴展到更廣泛的海事管理與智慧化服務。除了在國際航行中作為船舶身份識別與交通監控的標準工具外，AIS 也被廣泛應用於港口進出調度、航線規劃與風險預警，透過長期累積的歷史資料進行交通流量分析與航跡模式建模。在漁業管理方面，AIS 可用於監控作業區域與防範非法捕撈行為，而在海上執法與國土安全領域，則能協助偵測可疑船隻或異常航行路徑。此外，隨著人工智慧與大數據分析的引入，AIS 資料逐漸被應用於智慧港口營運效率的提升，例如貨櫃靠泊預測與資源配置優化。同時，在公共展示與教育推廣方面，AIS 已被結合至手機應用程式與擴增實境平台，讓大眾能即時查看周邊船舶資訊，增進互動性與科普效果。整體而言，AIS 技術已成為海事領域不可或缺的資訊基礎，並在智慧航運與海洋數據應用的發展下持續擴展其價值。

在近岸觀光或教育展示的場景中，AIS 資料雖然能提供船舶的身份與動態資訊，但其本質仍以代碼與數值為主，對一般大眾而言缺乏直觀性與可視化效果。單純的 MMSI、航速或航向數據往往難以轉化為具體的感官體驗，觀眾無法直接將資料與眼前所見的船舶建立連結。因此，即使 AIS 在專業的交通管理與海事監控中相當實用，若要應用於觀光展示或教育推廣，仍需要搭配圖像化與擴增實境等技術，將船舶資訊動態地疊加在影像或視覺畫面上，才能讓使用者在觀看海景與船舶時，即時理解其名稱、類型、航向與用途，進而提升互動性與知識傳遞的效果。

在船舶識別相關的背景研究中，傳統方法多半依賴**雷達(Radar)**與**AIS(Automatic Identification System)**作為主要的監測手段。AIS 能即時提供船舶的身份與動態資訊，但其涵蓋範圍僅限於具備 AIS 設備的船舶，對於小型漁船、遊艇或未裝載 AIS 的目標，往往無法取得有效訊息。同時，AIS 訊號也可能因遮蔽、干擾或人為關閉而失效，導致在港灣與近岸高密度環境下產生識別困難。雷達雖能偵測船舶位置，但無法直接辨別船型或船舶身份，因此在複雜場景中常需額外的資訊輔助。

由於 AIS 存在訊號遮蔽、關閉與延遲等限制，近年研究多以「影像偵測 × AIS」的多模態融合來補強。常見做法是先進行相機內外參標定，並以單應性 (homography) 或外部幾何標定將影像座標映射至地理座標，再與 AIS 船位比對 (Gülsoylu, et al. 2024)。融合流程通常包含相機標定與時序校正、偵測與追蹤、以單目幾何或視覺量測估算目標方位與距離，最後採用最近鄰或機率式關聯完成「影像目標—AIS 訊息」的配對。此方法不僅可用於檢核 AIS 訊號的一致性，也能在未裝 AIS 的可見目標上補足外觀與存在資訊。此外，視覺 3D 重建技術顯示僅以影像亦可恢復三維結構與相機／目標軌跡，未來與 AIS 結合可望進一步提升港口監控系統的可靠性。

擴增實境 (Augmented Reality, AR) 技術近年來已逐漸應用於教育、展覽與觀光等多元領域，展現出良好的互動性與資訊可視化能力。在國際應用方面，部分手機應用程式 (如 MarineTraffic 的 AR 模式) 能透過相機鏡頭即時疊加船舶資訊，但多以個人化體驗為主，功能規模有限。另一方面，博物館與科學教育場館則已廣泛採用 AR 技術來提升展示的互動性，使觀眾能在沉浸式的情境中獲取知識，顯示出 AR 在公共教育與科普推廣上的潛力。技術層面上，Unity 作為跨平台的開發引擎，具備強大的即時渲染與互動設計能力，能有效整合 AIS 資料與 YOLO 偵測結果，將船舶資訊直觀地疊加於港區即時影像中，進一步實現教育推廣與觀光展示的雙重價值。

四、研究目的

本研究的主要目的，在於建立一套結合船舶自動識別系統 (Automatic Identification System, AIS)、影像辨識技術 (You Only Look Once, YOLO) 與擴增實境 (Augmented Reality, AR) 的智慧化船舶觀測平台，並於旗津海岸實地建置，達成以下目標：

1. 整合多源資料，提升船舶監測精度

- 透過 AIS 提供的船舶基本資訊 (MMSI、位置、航向、速度等)，搭配 YOLO 影像辨識結果，實現「船舶影像」與「AIS 資料」的正確關聯。

- 克服 AIS 訊號延遲、未配備 AIS 的小型船舶，以及影像小物件偵測的困難，提升監測的完整性與準確度。
2. 資料時間與空間同步技術
- 建立 AIS 資料與影像時間對齊的機制，利用船舶 SOG/COG 進行外插，解決 AIS 更新頻率低於影像幀率的問題。
 - 透過單應性矩陣或相機標定方法，將 AIS 的地理座標準確投影至影像像素座標，達到多模態資料融合。
3. 開發智慧化 AR 船舶觀測台
- 以 Unity 平台建構擴增實境展示介面，將船名、型別、速度、航向、目的港等資訊動態疊加於海景影像中。
 - 打造智慧化的「海岸望遠鏡站」，讓遊客在旗津海岸能即時觀測船舶，並獲得直觀且富教育性的互動體驗。

五、研究重點

在資料接收與處理方面，本研究將建立一套可即時運作的 AIS 管線，負責從接收端取得 NMEA 訊息並完成解碼，萃取出 MMSI、地理位置、速度與航向等關鍵欄位。考量 AIS 更新頻率低於影像幀率的時序落差，系統設計以 SOG/COG 為基礎的 Dead-Reckoning 外插機制，將最新一次的船位外推至影像時間點，降低資料不同步所造成的空間誤差。隨後，透過座標轉換與空間投影流程，先將 WGS84 經緯度轉為平面座標(如 UTM/ENU)，再以單應性矩陣或相機標定模型將其精準對映到影像畫面，為後續的關聯與展示提供一致的座標基準。

在影像辨識技術上，研究以 YOLO 為核心，針對港區監控情境進行模型訓練與優化，特別強化對遠距小物件船舶的偵測能力。為提升召回與定位品質，系統採用高解析度輸入、引入 P2 特徵層增強小尺度表徵，並在推論階段導入切片推論 (Tiling Inference) 以提升大視角場景中的小目標可見度。同時，模型將進行多類別船型辨識 (如貨櫃船、

油輪、漁船)，使影像端能提供外觀與型別資訊，與 AIS 的身份與動態欄位互補，完整支援港區監控、關聯辨識與擴增實境展示的需求。

六、預期目標

本研究結合即時海景與 AIS 船舶資訊實現擴增實境展示，開發一套固定式船舶觀測台系統，並於旗津海岸進行架設。系統的設計靈感來自於傳統的海岸望遠鏡站，因為海岸望遠鏡站長期以來是遊客欣賞海景與船舶動態的重要裝置，擁有直觀、簡單且易於使用的特性，能夠提供良好的觀景體驗。有別於傳統的望遠鏡站，本研究開發的觀測台不僅能讓遊客觀看港區的船舶，還結合 AIS、物件辨識與擴增實境技術，實現船舶相關資訊的動態展示。

觀測台將安裝攝影機、嵌入式系統或電腦、互動式觸控螢幕，透過攝影機捕捉港區的即時影像，經由 Unity 處理後輸出至螢幕，實現即時影像與擴增船舶資訊的同步顯示。我們將自行架設 AIS 船舶自動辨識系統，該系統可以提供方圓 20 哩包括船隻名稱、類型、國籍、目的地等詳細資訊，並利用影像辨識技術在即時影像上進行船隻目標檢測，辨識船隻的位置與類型，並在顯示畫面上進行動態追蹤及標註顯示。相關資訊疊加在港口的即時影像中顯示，提供直觀的擴增展示。

遊客可站在觀測台前透過螢幕觀看港區的即時畫面，當船隻進入攝影範圍時，螢幕會動態顯示該船的相關資訊，包括船名、類型、航行目的地等，並可透過觸控螢幕篩選特定類型船隻（如貨船或郵輪）或查詢特定進港船隻的詳細背景資料。為了確保即時影像處理與擴增實境展示的流暢運行，本研究將在旗津地區進行現場測試，檢查物件辨識的準確性及多船隻資訊同步的穩定性，根據實測結果進行調整與改進。

本系統將以擴增實境技術展示旗津海岸進出船隻的即時資訊，結合科技與觀光，讓遊客能深入了解高雄港的運作與船舶相關知識，從單純的「看見船」進一步提升為「了解船」。這不僅增添了旅遊體驗的深度，也提升了旗津地區的旅遊吸引力，展現其獨特的海洋魅力。

第二章 研究方法與過程

為了提供更豐富的適地性服務船舶資料，本研究結合船舶自動識別系統 (Automatic Identification System, AIS)，結合擴增實境提供船舶的即時訊息。

一、AIS 船舶自動識別系統概述

船舶自動識別系統 (Automatic Identification System，簡稱 AIS) 是國際海事組織 (IMO) 所推動的標準化船舶資訊交換系統，主要透過 VHF 頻段傳輸，使船隻能在不需人為操作的情況下，主動傳送自身的識別、位置與航行資訊。

AIS 系統最早的設計目的是提升海上交通安全，避免船隻間的碰撞。目前，世界各地具一定噸位以上的商船皆須強制裝設 AIS 應答器，能主動回報包括船名、呼號、航速、方向、吃水深度、目的地等動態與靜態資料，並以「時間分多工存取 (TDMA)」的方式與鄰近的船隻與陸地接收站互相溝通。

臺灣自 2000 年代起，即積極建置 AIS 岸站，並廣泛應用於船舶追蹤與交通管理。在學術界，許多研究也已針對 AIS 數據進行交通流量分析、港口管理、非法漁船偵測與智慧航運等方面之延伸應用。



圖片來源：交通部航港局

圖 1 臺灣地區船舶自動辨識系統（AIS）接收站分布圖

二、AIS 技術原理與應用

AIS (Automatic Identification System, 船舶自動識別系統) 的基本運作原理，是透過 VHF 無線電頻段在海上自動廣播與接收船舶資訊。每艘裝設 AIS 的船舶會藉由 GPS 模組取得即時定位資料，並由 AIS 模組以固定的時間間隔廣播出去。AIS 設備主要由 VHF 接收與發射裝置、GPS 全球定位系統以及通訊模組組成，能將船名、船舶識別碼、航速、航向等資訊透過無線電傳送出去，同時也能接收其他船舶的訊號並加以顯示。根據國際海事組織 (IMO) 的規範，AIS 系統必須具備船對船以及船對岸的通訊功能，並能自動且連續地發送資料，無需人工介入。

在資料傳輸上，AIS 的動態資訊會依據船舶速度與航行狀態而有不同的更新頻率。其中，AIS 動態資訊的發送頻率將依據船舶速度與航行狀態而有所不同，如表 1：

表 1 動態資訊發送頻率

船舶速度	訊息發送間隔時間
錨泊船	每 3 分鐘 1 次
航速 0-14 節	每 12 秒 1 次
航速 0-14 節且轉向中	每 4 秒 1 次
航速 14-23 節	每 6 秒 1 次
航速 14-23 節且轉向中	每 2 秒 1 次

相對於動態資訊，靜態資訊與航程資訊的更新頻率較低，約每六分鐘更新一次，或在需要時進行回應，這樣的設計在維持航行安全的同時，也兼顧了頻寬資源的有效利用。

此外，船舶於 AIS 中登錄的「船型類別」係以代碼標示，代號範圍從 0 至 99，並細分各類船舶與載運性質，例如：代碼 30 表示漁船，60-69 代表客船類別，70-79 代表貨船類別，80-89 為油輪類別等，如表 2。

表 2 船型類別代號

代碼範圍	英文分類	中文說明
0	Not available	不可用／預設
1-19	Reserved	保留（未來用途）
20-29	Wing in Ground (WIG)	地效翼船
30	Fishing	漁船
31-39	Towing / Work / Sailing / Pleasure / Military	拖船、作業船、帆船、遊艇、軍事等
40-49	High-speed craft (HSC)	高速船
50-59	Special craft	特殊用途船（引水船、搜救船、醫療船、 執法等）
60-69	Passenger vessels	客船、渡輪、郵輪
70-79	Cargo vessels	貨船、貨櫃船

代碼範圍	英文分類	中文說明
80-89	Tankers	油輪、化學品船、氣體船
90-99	Other / Reserved	其他特殊用途或保留

AIS 系統的運作架構可以分為三個部分。首先是船載應答器，這些安裝在船上的 AIS 設備可分為 A 類（大型商船）與 B 類（中小型船舶）。其次是設置於港口或陸地上的接收基站，負責蒐集 AIS 訊號並彙整至資料庫。最後是資料處理與顯示平台，將接收到的原始 AIS 數據進行解碼與處理，並透過地圖、列表或影像的方式直觀呈現船舶的即時狀態。

在資料內容上，AIS 訊息大致可分為三類。靜態資訊包含船名、呼號、MMSI、IMO 編號、船體尺寸與船舶類型等；動態資訊則包括位置座標、航速（SOG）、航向（COG）、艏向（Heading）、轉向率（ROT）與航行狀態（如錨泊或航行中）；而航程資訊則涉及船舶的目的地、預計抵達時間（ETA）、吃水深度以及是否載運危險貨物等欄位。AIS 資料通常以 NMEA 0183 格式傳輸，不同的 Message Type 對應不同的資料結構。本研究採用 AIS-700 接收器並搭配自建的解碼模組進行即時接收與欄位轉譯，將結果整理為結構化的船舶屬性資料表，如表 3 所示，供後續擴增實境展示模組使用。

表 3 AIS 資料欄位

資料類型	欄位名稱	說明
靜態資訊	船名	船隻的登記名稱
	呼號	無線電通訊識別碼
	MMSI 編號	船舶專屬識別號碼
	IMO 編號	國際船舶識別碼
	船舶類型	船舶用途分類
	船長與船寬	船體尺寸資訊
	GPS 天線位置	天線相對位置

動態資訊	船位 (經緯度)	GPS 座標資料
	航速 (SOG)	每小時航行速度
	航向 (COG)	相對真北的航向
	艏向 (Heading)	船首方向
	時間 (UTC)	訊息時間標記
	轉向率 (ROT)	轉彎快慢速度
	航行狀態	目前航行狀態 (如：停泊)
航程資訊	目的地	預定前往港口或地點
	預計抵達時間 (ETA)	預估抵達時間
	吃水	水下深度
	危險品指示	是否載有危險貨物
	人員數量	船上總人數

AIS 系統最初的設計目的是為了協助海上避免碰撞與進行交通管理。然而，隨著科技的發展與資料整合能力的提升，AIS 的應用範圍已大幅拓展。例如，透過分析歷史 AIS 資料，可以進行航線規劃與風險預警，協助船舶選擇更安全、更節能的航線。同時，當 AIS 訊號異常消失或出現不合邏輯的航行軌跡時，也能作為偵測非法作業與漁業監控的重要依據。此外，結合人工智慧技術，可以利用 AIS 大數據進行交通預測與效率分析，例如分析貨櫃船靠泊港口的頻率與時間，協助港務單位優化資源分配。進一步的應用還包含智慧觀光與教育展示，例如透過手機應用程式或 AR 擴增實境平台，即時顯示周遭船舶的資訊，讓使用者不僅能看到船隻，還能即時了解其航行狀態與屬性。



圖片來源：MarineTraffic

圖 2 Marine Traffic 手機的船舶擴增實境顯示

三、使用 AIS 資料於船舶識別

在相關研究中，(Harati-Mokhtari, et al. 2007) 等人提出以 AIS 資料為基礎的港口交通監控方法，主要依靠地理位置、航速與航向進行船舶識別與交通模式分析，顯示僅使用 AIS 即可在開闊水域有效追蹤船舶並識別異常航行行為。隨後的研究亦嘗試結合 AIS 與地理資訊系統 (GIS) 以支援監控與決策，例如 (Tsou 2010) 從 AIS 資料庫萃取知識以應用於 VTS/港口場景。另一方面，(Iphar, Napoli and Ray 2015) 指出 AIS 假訊息與品質問題在高密度海域會影響識別可靠度；而 (Kontopoulos, et al. 2020) 等人則進一步探討故意關閉 AIS 的即時異常偵測，提示單靠 AIS 在多船或近岸複雜情境下存在限制。綜合而言，單獨依賴地理位置與 AIS 的方法在開放水域與低密度交通下表現良好，但在港灣與近岸環境中，將 AIS 與影像或雷達等多模態感測融合，已成為建立更穩健與精細船舶識別框架的趨勢。

四、應用物件辨識於港邊船舶辨識

在港區或港邊，船舶進出頻繁。雖然現有的 AIS 系統能提供船舶位置與航行資訊，但由於部分小型船舶（如漁船）可能未安裝 AIS，且 AIS 訊號亦可能因遮蔽或偽造而失

準，因此僅依賴 AIS 仍有不足。為此，結合電腦視覺的物件辨識技術，從即時影像中自動偵測船舶，已成為輔助監控與港口管理的有效方法。進一步將影像辨識所得之船舶位置與 AIS 訊號進行比對，不僅能驗證 AIS 資訊的真實性，亦可補足未具 AIS 裝置船舶的相關資料。

在應用層面上，物件辨識於船舶識別主要分為兩種典型場景。其一為岸基（Shore-based）監視系統，透過固定式攝影機或監控裝置，長時間觀測港口出入與近岸海域，應用於港區交通流量分析、港務調度管理以及非法進出監控等任務。其二為船上感測系統（Onboard），於船體或桅桿上搭載攝影機，進行船對船的動態識別與防碰撞，應用於航行輔助與結合雷達、AIS 的綜合導航系統。本研究主要聚焦於港邊固定觀測台之船舶識別，透過物件辨識技術強化港區監控效能，並進一步探討其與 AIS 資料的融合，以提升港口船舶監測與管理之完整性與可靠性。

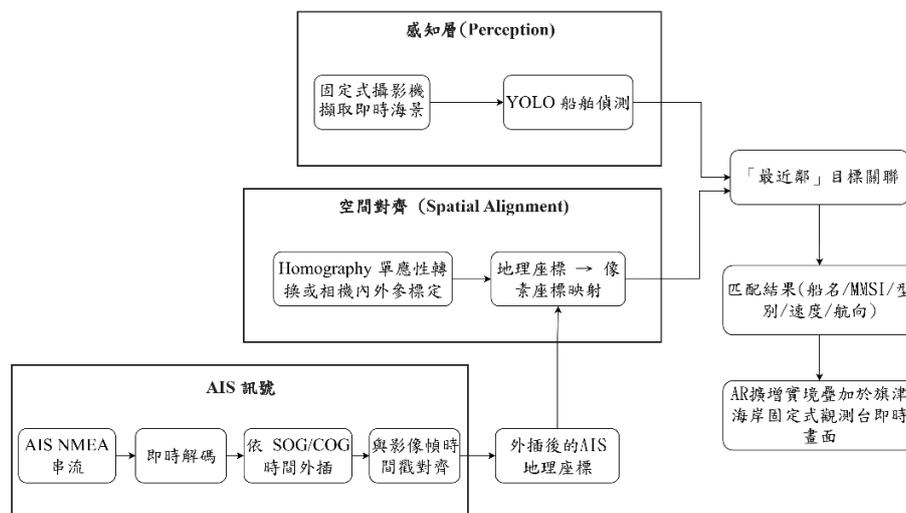


圖 3 研究架構圖

圖 3 為本研究系統之架構圖，展示整體由感知、訊號處理到最終資訊呈現的流程。首先，在感知層部分，系統透過固定式攝影機擷取即時海景影像，並利用 YOLO 模型進行船舶偵測，將畫面中可能出現的多艘船舶目標進行定位與標註，以提供後續追蹤所需的基礎資料。另一方面，系統亦同步接收 AIS NMEA 串流訊號，經由即時解碼取得船

船的 MMSI、位置、速度及航向等動態資訊，並透過 SOG (Speed Over Ground) 與 COG (Course Over Ground) 進行時間外插，使得 AIS 船位能與攝影機影像的時間戳相互對齊，產生對應的地理座標。

接著，在空間對齊階段，系統透過 Homography 單應性轉換或相機內外參數標定方法，將外插後的 AIS 地理座標精準投影至攝影機影像的像素平面，建立兩者間的映射關係。完成時間與空間同步後，系統會將 YOLO 偵測與追蹤所產生的船舶軌跡，與外插後對應至影像的 AIS 投影點進行整合，並結合位置、速度與航向等特徵，透過最近鄰目標關聯方式執行身份比對，最終得到一對一的匹配結果。

在最終呈現階段，經過關聯後的船名、MMSI、船型、速度與航向等資訊，會以擴增實境的方式即時疊加至旗津海岸的觀測畫面，使使用者在觀看海上船舶的同時，能直觀獲取其動態資訊與屬性，達到結合感知、資料處理與視覺化呈現的整合效果。

五、AIS 整合擴增實境於本研究之應用

本研究以「旗津海洋驛站觀測平台」為場域，實作 AIS 與 AR 技術的整合應用。具體流程如下：

1. 資料來源建置：透過架設 AIS 接收器收集港區內船隻的航行資料，並同步使用高畫質攝影機捕捉港區即時畫面。
2. 船舶辨識與位置追蹤：運用 YOLOv8 深度學習模型進行船舶影像辨識，取得畫面中船舶的位置與種類。
3. 資料整合與校正：將 AIS 與影像辨識結果進行交叉比對，確保每艘船舶的資訊一致性，並排除誤判與資料延遲。
4. 擴增實境展示：透過 Unity 與 AR Foundation 開發平台，將船名、航向、船型等資訊即時疊加顯示於觀測畫面上，讓民眾能夠透過互動螢幕「看見船」也「了解船」。

透過這樣的整合方式，讓船舶資訊不再只是表格或雷達畫面，而是結合科技、教育與觀光的互動式展示，達到「智慧海洋」、「教育導向」與「文化推廣」的多重目標。

1. 系統整合與運算平台

- 以 Jetson Orin 為核心運算平台，整合 AIS 接收器、固定式攝影機 與 Unity 展示模組。
- 實現低延遲即時運算，確保船舶辨識與資訊疊加在 1 秒內完成。

2. Unity 擴增實境展示平台開發

- 建立 AR 疊加模組，將船舶名稱、MMSI、型別、速度、航向等資訊動態顯示於即時影像。
- 提供直觀、互動性高的展示介面，提升觀測體驗與教育推廣價值。

3. 場域建置與驗證

- 在高雄港邊建置模擬固定式觀測台，進行場域測試與效能驗證。
- 在旗津海岸實地安裝觀測台，模擬真實港區使用情境，驗證系統在不同天候與船舶密集環境下的穩定性。

第三章 研究成果與討論

本研究旨在建構一套結合 AIS 系統、即時影像辨識與擴增實境顯示技術之港區船舶觀測平台，透過資訊整合與視覺化展示方式，提升港區環境的智慧感知能力與資訊互動性。系統架構包含四大主要模組：AIS 資料接收模組、AI 影像辨識模組與擴增實境視覺展示模組，以下分節說明目前階段之建置成果與系統整合現況。

一、AIS 資料接收模組

本研究為了取得高雄港區的 AIS 資料，於校內自行部署一套實地接收系統，選用 AIS-700 型接收器作為 AIS 訊號的主要接收設備。AIS-700 支援 VHF 頻段下的 Class A 與 Class B 訊號接收，具備高靈敏度與多通道同時接收能力，並能穩定完成訊號解碼，輸出符合國際標準的 NMEA 0183 格式資料。依據實際測試結果顯示，該接收系統可有效涵蓋旗津周邊約 20 海浬範圍內的船舶訊號，足以滿足本研究在港灣監測與船舶辨識應用上的需求。



圖 4 AIS-700 B 類 AIS 船舶自動辨識系統

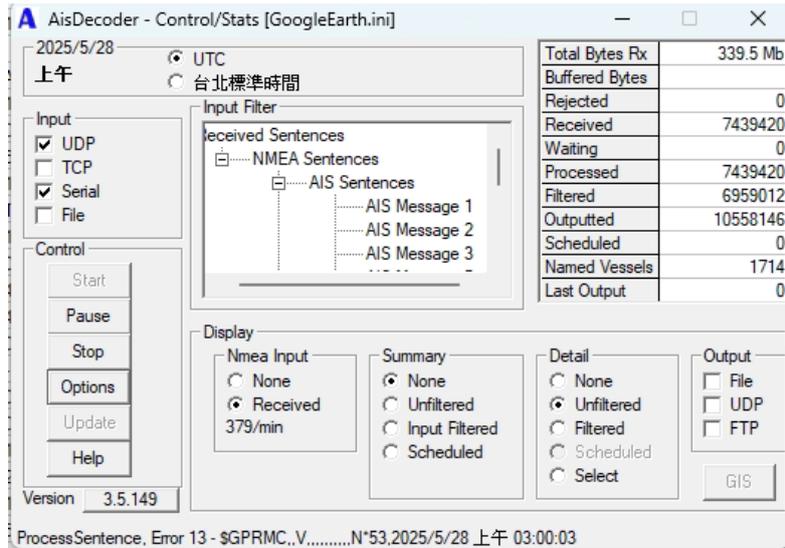


圖 5 Ais Decoder

AIS Decoder 是負責將 AIS-700 所收到的無線電訊號轉換為可用數據的核心模組。船舶在航行過程中會透過 VHF 頻段(161.975 MHz 與 162.025 MHz)不斷發送包含 MMSI、位置、速度與航向等資訊的訊號，這些訊號依循 NMEA 0183 格式表達，通常以「!AIVDM」或「!AIVDO」字串的形式輸出。然而，原始的 NMEA 資料僅是一串包含分片資訊與六位元 ASCII 編碼的字元，需要透過解碼程序將其轉換為結構化的船舶資訊。AIS Decoder 便是這個轉換過程的關鍵工具。

其運作流程大致可分為三個層次。首先，AIS 接收器或 SDR 裝置會從天線收下來的 VHF 訊號轉譯為 NMEA 字串。接著，解碼器會解析 NMEA 訊息中的 Payload，將其由 6-bit ASCII 轉為二進位，再依據 AIS 規範的不同訊息型別（例如 1、2、3 號訊息為動態位置回報，5 號訊息則包含靜態資料如船名、呼號與船體尺寸）還原出各欄位的意義。最後，這些被解譯的資料會以結構化的形式輸出，例如 JSON 或資料表，方便後續模組讀取與使用。透過這樣的解碼程序，原本只是無線電波形式的原始資料，才能轉化成包含船舶身份、經緯度、速度、航向等完整內容的資訊。

在本研究的旗津固定式觀測台系統中，AIS Decoder 扮演了基礎資料來源的角色。在接收船舶相關資訊後，會先進行資料清洗與欄位整理，再將結果存入資料庫，同時建立結構化的船舶屬性資料表，作為後續擴增實境顯示系統的核心基礎資料來源。

二、觀測台建置

我們在旗津海岸完成觀測台雛形的實地架設：先於防波堤選定能俯瞰主航道且不受遊客動線干擾的位置，架設加重型三腳架並以沙包與安全繩固定，裝上攝影機調整水平與方位對準航道。旁側設置行動機櫃，內含邊緣運算主機 Jetson Orion 與電源（延長線／電池），以短線路完成影像、控制與供電佈線。現場以筆電開啟即時預覽，完成焦距、曝光與日夜模式設定，同步啟動 AIS NMEA 串流接收，確認時間校正（NTP/GNSS）、資料寫入與網路連線無誤。



圖 6 觀測台架設情形



圖 7 觀測台

表 4 相機規格

來源：光訊科技有限公司

型號	GC-AHD70
像素/ 分辨率	1920(H) x 1080(V) ; 1080P
鏡頭	3M Board lens 固定 6 mm 或 motor 2.8-8mm 可選
最低照度	0.001 Lux
紅外線/白光	內建 28 高亮度 850nm IR LED' s ; 可視距離 10 公尺
OSD 選單	鏡頭、曝光(快門,增益,寬動態,透霧)、背光、白平衡、日夜切換、降噪、功能(凍結,翻轉,位移,遮蔽,語言,壞點補償,RS-485)、銳利度,暗角補償
白平衡	自動追蹤、室內、室外、自動設定
電子快門	自動:1/30 ~ 1/50,000 秒, 高速及慢快門調整
日夜模式	內建 機械式 ICR 自動切換; 夜間轉黑白: 自動、彩色及外部觸發
影像調整	色調、亮度、對比、飽和度、水平,垂直翻轉、碼流切換
影像遮蔽	四區塊, 大小, 色彩, 馬賽克, 透明度 可調
位移偵測	四區塊, 大小, 色彩, 靈敏度, 透明度, 警報 可調
影像傳輸	系統: PAL、NTS 由 OSD 切換輸出 傳輸: AHD、CVBS 由 OSD 切換輸出
機殼	全鋁合金材質
Cable 線	電源、Video Out(BNC)

表 5 視訊類比數位轉換器規格

來源：昌運科技有限公司

型號	HBS-3600T PLUS
顯示屏	7 寸, IPS, 分辨率 1280x800
AHD/CVI/TVI	最高分辨率支援全面 800 萬 並可盲測出圖(HD AUTO)
視頻信號測試	1 路 Video IN BNC 輸入, 1 路 Video OUT BNC 輸出, 支持 PAL/NTSC 制式
視頻圖像放大	支持類比頻圖像放大, 同軸高清攝影機圖像放大和移動。
視頻拍照、錄像、相片瀏覽、錄像回放	對測試畫面進行截圖、錄像, 支持中文命名保存, 相片瀏覽、錄像回放操作。
HDMI 輸入/輸出	支持分辨率 1920x1080P
彩色圖像發生器	通過視頻 OUT 端口, 發送 PAL/NTSC 多制式彩色圖型條視頻測試信號

本次選用的港邊拍攝設備為一支 1080P (1920×1080) AHD 類比高清攝影機，搭配 3M 板載鏡頭，標配固定 6 mm，亦可選配 2.8–8 mm 電動變焦以兼顧廣角與中遠距需求。相機最低照度達 0.001 Lux，並內建 850 nm 紅外線陣列（約 28 顆 LED），夜間可提供約 10 m 的輔助照明；具備 ICR 機械式日夜切換，可依場景自動轉黑白。影像處理選項完整，包含曝光與增益、寬動態、背光補償、降噪與透霧等功能，並提供白平衡多模式、電子快門 1/30~1/50,000s 調整、水平／垂直翻轉與畫面銳利度、飽和度等參數微調，並可透過 RS-485 進行外部控制。整體配置著重全天候監視下的小目標可見度與畫質穩定性，適合港區固定點長時間運作。

前端維運與監看採用 7 吋 IPS 顯示測試器，解析度 1280×800，兼容 AHD／CVI／TVI 多制式並可自動辨識，最高支援至 8MP。裝置提供一進一出 BNC 端子，可直接接入前端攝影機訊號並回送測試圖，支援 PAL／NTSC，亦能對類比與同軸高清影像進行放大、平移檢視。除即時顯示外，並可截圖與錄影、檔案命名與回放；另具備 HDMI 輸入／輸出（最高 1920×1080）以輸出到 Orion 控制器。此組合有利於港邊建置與日常維運，確保船舶影像監看在日夜環境下均能維持穩定畫質與操作效率。

三、融合物件辨識與區域 AIS 資料於船舶識別

研究進行的步驟分為 AIS 位置與影像對齊、時間外插與目標關聯三個步驟，以下依序說明：

1. AIS 位置與影像資料對齊

資料對齊目的是把 AIS 提供的 WGS84 經緯度座標，準確映射到攝影機影像的像素座標。流程上先將 (lat, lon) 轉為以公尺為單位的平面座標 (UTM/ENU)，再建立相機的投影模型以完成世界座標到影像平面的轉換。投影模型有兩種作法：其一為「簡化法」，將海面視為近似平面，於影像中選取四個以上不移動的地面控制點 (GCP)，例如碼頭角點、燈塔或固定浮標，估計單應性 (Homography) 矩陣以完成平面到影像的對應；

其二為「精準法」，進行相機內參與畸變校正，並求得外參（位姿）以建立完整的成像幾何模型，據以將世界座標投影為影像像素 (u, v) 。完成模型後，即可把經過前處理與時間同步／外插的 AIS 世界座標投影到畫面上，取得與 YOLO 偵測結果可比對的像素位置。

2. AIS 資料外插 (SOG/COG → 影像時間同步)

由於 AIS 的更新頻率遠低於影像的 FPS，如果不做時間對齊，影像中觀察到的船位會與 AIS 回報的船位產生明顯偏差。為此，本研究利用 AIS 資料的速度與方位(SOG/COG) 進行資料外插，在每一幀影像時間點 t_{img} 到來時，先計算與最近一筆 AIS 訊號時間 t_{ais} 的差值 $\Delta t = t_{img} - t_{ais}$ ，再將 AIS 的速度與航向轉為可用於短時預測的連續量：把 SOG (節) 換算為公尺每秒 $v = SOG \times 0.514444$ ，將 COG (角度) 換為弧度 $\theta = COG \times \pi/180$ 。在「幾秒到十數秒」的短時間假設等速直線航行下，將最近一次的平面座標 (X, Y) 以航位推測 (Dead-Reckoning) 外插至影像時間點：

$$1. \quad X' = X + v \Delta t \cos \theta, \quad Y' = Y + v \Delta t \sin \theta$$

若 $|\Delta t|$ 超過閾值 (例如 30 秒) 或 SOG=0 (停泊)，則停止外插或維持靜止，避免累積誤差；新 AIS 到達時立即以其位置重置外插狀態。經由此流程，AIS 船位能被帶到與當前影像一致的時間軸上，降低 AIS 與影像時間不同步造成的空間偏差，為後續投影對齊與多目標關聯奠定基礎。

3. 目標關聯

在完成 AIS 時間外插與影像投影後，目標關聯改採最簡單的「最近鄰」策略：對每一個在時間 t 的 YOLO 船舶偵測 (以框中心或底邊中點代表位置)，先投影到與 AIS 一致的座標系，從同樣時間對齊的 AIS 船位中找出距離最近的那一艘作為配對；若最小距離低於門檻，直接將該偵測配對到其 MMSI，否則標記為「無 AIS」。當多個偵測同時指

向同一 MMSI 時，先把距離最小者配對，其餘依序改找各自的次近鄰；若仍超過門檻則保持未配對。此流程逐幀執行，可選擇加上一個輕量的速度/方向一致性檢查作次要門檻，以抑制明顯誤配，同時維持整體邏輯的簡潔。

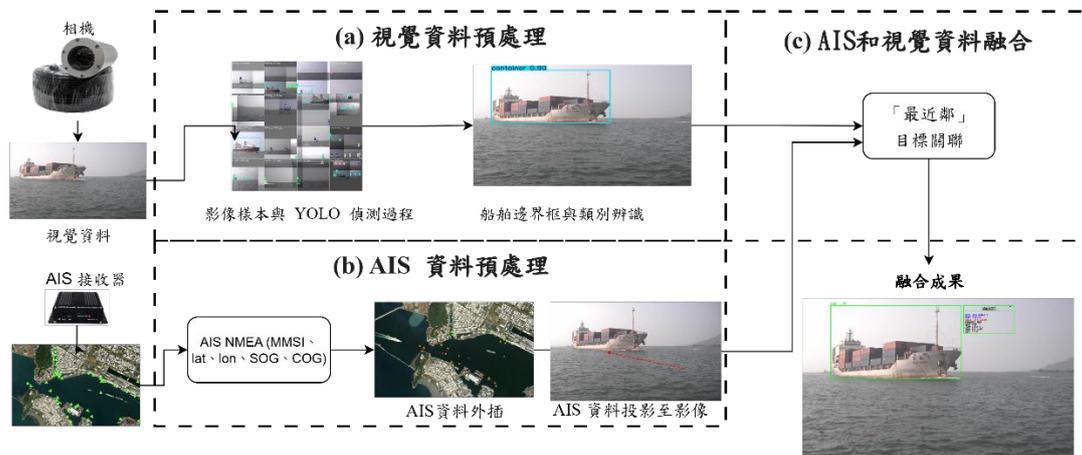


圖 8 YOLO 與 AIS 的船舶目標關聯架構圖

圖 8 展示了整體研究流程，系統先針對視覺與 AIS 資料進行前處理，包括影像偵測與 AIS 解碼及時間外插，確保兩者在同一時間軸上對齊；接著透過投影模型將 AIS 世界座標轉換為影像像素座標，讓 AIS 船位能映射到攝影機畫面中；最後再以最近鄰策略進行目標關聯，將影像中的船舶偵測結果與 AIS MMSI 完成配對。



圖 9 船舶影像偵測結果示例

表 6 船舶類型對照表

編號	類別名稱	中文名稱
1	container	貨船
2	pilot	領航
3	cruise	遊輪
4	fishing	漁船
5	tug	拖船
6	researcher	科考船
7	naval	軍艦
8	yacht	遊艇
9	frigate	執法船
10	sailboat	帆船

表 6 列示本研究所使用之十種船舶類別編碼及其中英文名稱，作為模型分類與辨

識的依據。例如，編號「1」代表貨船 (container)、「4」代表漁船 (fishing)、「6」代表科考船 (researcher)、「8」代表遊艇 (yacht)。透過此對照表，可清楚理解模型在影像輸出中所標示的類別數字所對應的船舶型態。

進一步地，圖 9 展示了模型在多張測試影像上的偵測成果。圖中以方框標註出船舶位置，並在框旁附上對應的類別編號。這些編號與表 6 所示的船舶類型相互對應，例如「1」對應貨船、「2」對應領航船等。由圖可見，模型能夠在不同的海景環境中正確定位並分類船舶，顯示其在多樣化情境下仍具備良好的偵測與分類能力。

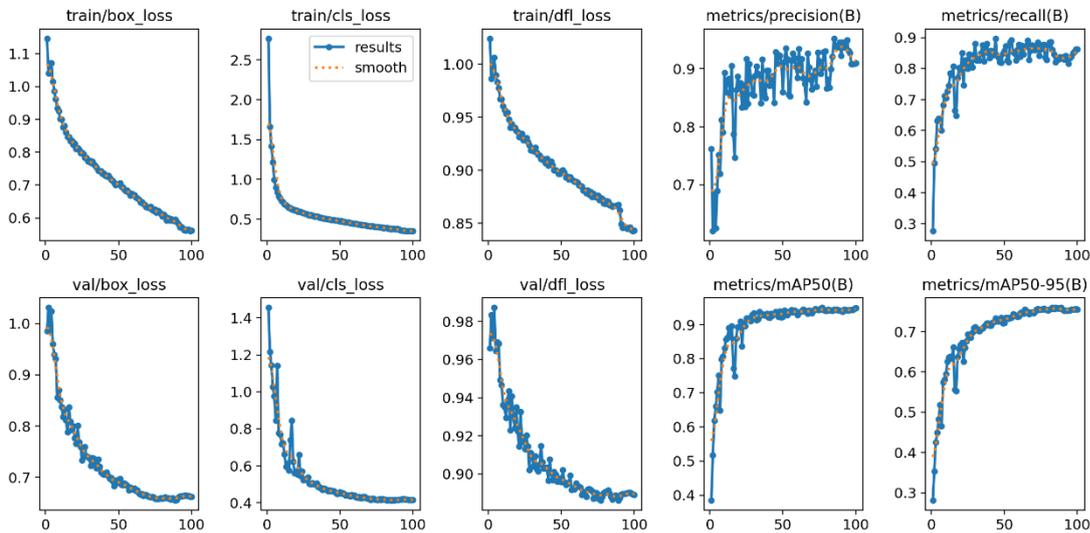


圖 10 模型訓練過程之損失函數與評估指標變化圖

在本研究的模型訓練過程中，整體損失函數 (loss) 呈現穩定下降趨勢，表示模型能逐步學習到有效的特徵表示。具體而言，邊框損失 (box loss) 與分類損失 (cls loss) 在訓練與驗證階段均明顯下降，代表模型在船舶位置預測與類別辨識上的能力持續提升；分布式焦點損失 (DFL loss) 雖下降幅度較小，但仍呈現穩定改善，說明模型在邊界框精細定位上逐漸收斂。值得注意的是，驗證集的 loss 與訓練集趨勢一致，未出現明顯過擬合情形，顯示模型具備良好的泛化能力。

由圖 10 可見，模型的精確率 (Precision) 逐步提升並接近 0.9，表示模型的正確檢

出率相當高；召回率（Recall）亦由初期約 0.3 提升至接近 0.9，顯示模型能有效偵測到大多數目標。mAP50 指標在訓練後期接近 0.95，顯示模型在較寬鬆條件下具有良好檢測能力，而在更嚴格的 mAP50 - 95 指標下，模型仍能達到約 0.75 的表現，證明其在不同 IoU 門檻下依舊維持良好準確度。整體而言，本研究所訓練之模型在數據集上的表現已趨於穩定，具備高度的準確性與可靠性，足以應用於船舶影像偵測與分類任務。



圖 11 船舶影像偵測與 AIS 資料整合成果圖

圖 11 呈現本研究系統於實際場景中的應用成果。畫面中，固定式攝影機拍攝到一艘航行中的貨船，系統透過 YOLO 模型進行船舶偵測，於船體周圍繪製綠色偵測框，並顯示辨識信心值 (0.90)，表示該目標為船舶的可信度。在影像右上方則疊加顯示由 AIS 資料提供的相關資訊，包括船名 (HUA HANG 1)、IMO 編號、MMSI、船舶類型、國籍、長度、寬度以及速度。透過此結合方式，觀看者能在觀看即時影像的同時，直觀獲取船舶之屬性與動態資訊，展現了影像偵測與 AIS 數據整合後的增強實境效果。

四、擴增實境模擬觀測平台展示

在系統整合與運算主機的配置上，本研究為了因應即時資料處理與視覺化運算的需求，選用了 Jetson Orin 作為邊緣運算平台，並在其上進行各項模組的整合。AIS 接收模組透過 AIS-700 接收器將 NMEA 格式的資料以 USB 轉 UART 介面傳入 Jetson Orin，並利用 Python 程式進行解析，確保能即時獲得船舶的動態與靜態資訊。同時，影像擷取模

組負責將攝影機輸入的即時畫面導入運算平台，並在其中進行目標辨識推論，以獲得影像中船舶的定位與分類結果。

在視覺化呈現方面，系統整合了 Unity 平台，於 Jetson Orin 中執行即時的畫面渲染，並將船舶的相關屬性資料以擴增實境的方式疊加於影像畫面中，達到資訊融合與動態展示的效果。整體系統以 Jetson Orin 為核心處理單元，結合 AIS 與影像辨識的結果，並考量未來室外部署的實際環境條件，將進一步搭配防水外殼與工業級電源模組，以確保觀測平台在戶外長時間運作時的穩定性與耐候性。



圖 12 Jetson Orin

第四章 結論

本研究結合即時海景、AIS 船舶資訊與物件辨識技術，完成一套創新的固定式船舶觀測台系統雛形，提供在教育推廣、觀光體驗與智慧海洋應用上的應用。整體成效可歸納如下：

1. 連結海洋教育與社會教育

以擴增實境疊加船舶資訊，讓民眾直觀理解船舶知識與高雄港運作，具體呼應海委會「向海致敬」政策，促進海洋素養與公共科普的深度結合。

2. 強化旗津旅遊吸引力

船舶觀測台裝設在第一或第二港口的民眾休憩區，將港區船舶動態轉化為「科技 × 觀光」的互動展示，提升參與感與體驗感，為地方海洋文化旅遊增添亮點，有助帶動在地經濟。

3. 深化海洋文化體驗

透過即時數據與 AR 展示，促使參觀者由被動觀景轉為主動探索，提升對海洋知識的興趣與理解，豐富民眾的海洋生活。

4. 支撐智慧海洋建設

應用 AIS 資料分析與物件辨識，展現可擴充的技術底座，為未來智慧海洋政策與情境應用（教育、展示、觀測）提供參考與技術支援。

5. 建立教育導向的友善休憩場域

呼應「海洋驛站」理念，觀測台兼具教育性與休憩性，塑造具科技感與海洋文化特色的公共空間，作為後續場域設置與擴散部署的實證範式。

參考文獻

- [1] 劉千豪,《船舶自動辨識系統應用於國際海上避碰規則之研究》(基隆市:國立臺灣海洋大學,民96),頁1-78。
- [2] 陳冠寧,《基於AIS之航路分析與應用研究》(基隆市:國立臺灣海洋大學,民99),頁1-83。
- [3] 陳威成,《應用AIS資料於船舶進港之即時動態追蹤》(高雄市:國立高雄海洋科技大學,民104),頁1-95。
- [4] 黃志豪,《船舶自動識別系統與自動雷達測繪系統對船舶交通服務系統觀測成效之研究》(基隆市:國立臺灣海洋大學,民94),頁1-88。
- [5] 黃柏嘉,《船舶AIS資料庫之建置與應用》(高雄市:國立高雄海洋科技大學,民103),頁1-72。
- [6] Gülsoylu, Emre, Paul Koch, Mert Yıldız, Manfred Constapel, and André Peter Kelm. "Image and AIS Data Fusion Technique for Maritime Computer Vision Applications." *WACV Workshops*. IEEE, 2024.
- [7] Guo, Yu, Ryan Wen Liu, Jingxiang Qu, Yuxu Lu, Fenghua Zhu, and Yisheng Lv. "Asynchronous Trajectory Matching-Based Multimodal Maritime Data Fusion for Vessel Traffic Surveillance in Inland Waterways." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* (IEEE) 24, no. 11 (November 2023): 12779–12792.
- [8] Harati-Mokhtari, A., A. Wall, P. Brooks, and J. Wang. "Automatic Identification System (AIS): Data reliability and human error implications." *The Journal of Navigation* 60, no. 3 (2007): 373-389.
- [9] Iphar, C., A. Napoli, and C. Ray. "Detection of false AIS messages for the improvement of maritime situational awareness." *OCEANS 2015 – MTS/IEEE Washington*. Washington, DC, USA: IEEE, 2015. 1–7.

- [10] Kontopoulos, I., K. Chatzikokolakis, D. Zisis, K. Tserpes, and G. Spiliopoulos. "Real-time maritime anomaly detection: Detecting intentional AIS switch-off." *International Journal of Big Data Intelligence* 7, no. 2 (2020): 85–96.
- [11] Lu, Yongqiang, et al. "Fusion of Camera-based Vessel Detection and AIS for Maritime Surveillance." *Proceedings of the 26th International Conference on Automation & Computing*. University of Portsmouth, UK, 2021.
- [12] Prasad, D. K., M. K. H. Leung, S. Y. Cho, and C. Quek. "Singapore maritime dataset for visual analysis of maritime surveillance." *12th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS)*. 2017.
- [13] Shao, Zhenfeng, Wenjing Wu, Zhongyuan Wang, Wan Du, and Chengyuan Li. "SeaShips: A large-scale precisely annotated dataset for ship detection." *IEEE Transactions on Multimedia* 20 (2018): 2593-2604.
- [14] Tsou, M.-C. "Discovering knowledge from AIS database for application in VTS." *The Journal of Navigation* 63, no. 3 (2010): 449–469.
- [15] Varga, Leon Amadeus, Benjamin Kiefer, Matthias Messmer, and Andreas Zell. *SeaDronesSee: A maritime benchmark for detecting humans in open water*. 2021. <https://arxiv.org/abs/2105.01922> (accessed 5 27, 2025).
- [16] Vespe, Michele, and Fabio Mazzarella. *Maritime Knowledge Discovery and Anomaly Detection Workshop Proceedings*. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2016.