

109-007-7B54

MOTC-IOT-108-H2DB001g

船舶航行安全大數據資料庫 應用與分析



交通部運輸研究所

中華民國 109 年 2 月

109-007-7B54

MOTC-IOT-108-H2DB001g

船舶航行安全大數據資料庫 應用與分析

著作：謝明志、蘇青和、黃茂信、翁健二、潘郁仁

交通部運輸研究所

中華民國 109 年 2 月

GPN: 1010900118

定價:200元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

船舶航行安全大數據資料庫應用與分析 / 謝明
志等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，
民 109.02
面；公分
ISBN 978-986-531-082-0(平裝)

1.航海 2.航海安全設備 3.自動化

444.9029

108023147

船舶航行安全大數據資料庫應用與分析

著者：謝明志、蘇青和、黃茂信、翁健二、潘郁仁

出版機關：交通部運輸研究所

地址：臺北市敦化北路240號

網址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電話：(04)26587120

出版年月：中華民國109年2月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷70冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485臺北市中山區松江路209號F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042臺中市中山路6號•電話：(04)22260330

GPN：1010900118 ISBN：978-986-531-082-0 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：船舶航行安全大數據資料庫應用與分析			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 978-986-531-082-0(平裝)	政府出版品統一編號 1010900118	運輸研究所出版品編號 109-007-7B54	計畫編號 108-H2DB001g
主辦單位：港研中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：蘇青和 研究人員：黃茂信 聯絡電話：04-26587120 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：國立高雄科技大學(楠梓校區) 計畫主持人：翁健二 協同計畫主持人：潘郁仁 研究人員：楊烈、鄒旻珊、向淳暉 地址：高雄市楠梓區海專路142號 聯絡電話：07-3617141 #23329		研究期間 自108年03月 至108年11月
關鍵詞：航行監測、自動識別系統、資料庫、人工智慧、大數據、深度學習、碰撞告警、偏航告警			
本次研究重點主要著重在結合人工智慧與大數據分析技術建置一AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統。透過資料探勘技術挖掘AIS資料庫的船舶資訊，藉以研析我國海域範圍內船舶航行資訊以及我國海域船舶航行特性，並將這些分析完的基礎數據，經過資料錯誤整理與動態壓縮處理後取得具有特徵價值的訓練資料，再藉由所建置之預測模型針對海上AIS船舶進行航行經緯度座標的預測。接著則進一步針對船舶航行行為進行安全評估，其船舶航行安全評估系統能夠分別饋入即時AIS資料與預測系統之預測結果數據進行海上AIS船舶航行異常行為的監測與預測應用。 此次整體研究開發成果包括：船舶航行安全預測系統建置、船舶航行安全評估系統建置、船舶航行位置預測、船舶異常監測功能開發、偏離航道監測功能開發及船舶碰撞預測功能開發。藉由系統功能的開發建置，得以有效協助找出船舶航海時的異常行為並評估其潛在的威脅，使船舶違規航行、海上事故、需水上救援等異常情況事件發生前，岸台監控的當值人員能有足夠預警時間反饋給有關單位處理，提升船舶航行安全。其研究成果將可供我國海洋委員會、交通部航港局、海巡署等單位做為一海上航安監測之輔助系統，從而提升我國海洋事務安全管理之效益。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
109年2月	180	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 (解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密) ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: An analysis of ship navigation safety big data database.			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-082-0(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010900118	IOT SERIAL NUMBER 109-007-7B54	PROJECT NUMBER 108-H2DB001g
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Tsai, Li-Hung PRINCIPAL INVESTIGATOR: Su, Ching-Ho PROJECT STAFF: Huang, Mao-Hsing PHONE: (04)26587120 FAX: (04)26560661			PROJECT PERIOD FROM Mar./2019 TO Nov./2019
RESEARCH AGENCY: National Kaohsiung University of Science and Technology PRINCIPAL INVESTIGATOR: Weng, Chien-Erh PROJECT STAFF: Pan, Yu-Jen PROJECT STAFF: Yang, Lie, Tsou, Min-Shan, ADDRESS: No.142, Haijhuang Rd, Nanzih Dist, Kaohsiung City 81157, Taiwan (R.O.C.) PHONE: (07) 361-7141 # 23329			
KEY WORDS: Navigation monitoring, automatic identification system, database, artificial intelligence, Big data, machine learning, collision warning, yaw warning			
This project is focus on the analysis of ship navigation safety big data database. The content of this project is to extend the research results of the previous year. We use the data mining technology to mine the ship information in the AIS database to study the ship navigation information. After analyzing these basic data, we use the prediction model to predict the latitude and longitude coordinates of the maritime AIS ship. The next step is to further evaluate the safety of the ship's navigation behavior. The ship's navigation safety evaluation system can feed the real-time AIS data and the prediction result data of the prediction system. The results of the overall research and development include: the construction of a ship navigation safety prediction system, the construction of a ship navigation safety evaluation system, the prediction of the ship's navigation position, the development of a ship's abnormality monitoring function, the development of a departure channel monitoring function, and the development of a ship collision prediction function. Relevant technological developments such as aviation security monitoring have become one of the issues. The evaluation of the results of this research will effectively assist Taiwan relevant offices in the efficiency of ship navigation safety management.			
DATE OF PUBLICATION February,2020	NUMBER OF PAGES 180	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	IX
第一章 緒 論.....	1-1
1.1 研究目的、緣起、重要性.....	1-1
1.2 國內、外相關研究.....	1-6
1.3 研究範圍與對象.....	1-15
1.4 研究內容及工作項目.....	1-16
第二章 船舶航行安全大數據資料庫建置.....	2-1
2.1 錯誤數據整理.....	2-2
2.2 資料壓縮.....	2-10
第三章 船舶航行安全監測與預測系統.....	3-1
3.1 特徵與標籤分類.....	3-2
3.2 系統模型建置.....	3-5
3.3 船舶行為預測.....	3-11
3.4 系統預測精度優化.....	3-15
第四章 船舶航行安全大數據資料庫資料應用.....	4-1

4.1 船舶航行異常.....	4-1
4.2 船舶碰撞危險度分級.....	4-9
第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結 論.....	5-1
5.2 建 議.....	5-2
5.3 成果效益與應用情形.....	5-3
參考文獻.....	參-1
附錄一 期中報告簡報資料.....	附1-1
附錄二 期末報告簡報資料.....	附2-1
附錄三 期中報告審查意見處理情形表.....	附3-1
附錄四 期末報告審查意見處理情形表.....	附4-1

圖目錄

圖1.1	人工智慧世代演進.....	1-2
圖1.2	大數據預測分析之市場成長趨勢.....	1-2
圖1.3	中國21世紀海上絲綢之路.....	1-5
圖1.4	模糊系統之基本架構.....	1-9
圖1.5	會遇船舶路權指標計算之模糊區.....	1-9
圖1.6	HDFS架構.....	1-10
圖1.7	分散式儲存資料庫結構.....	1-11
圖1.8	VRNN架構.....	1-12
圖1.9	多船碰撞風險評估系統架構.....	1-13
圖1.10	系統圖形化顯示介面.....	1-13
圖1.11	資料壓縮模擬結果.....	1-14
圖1.12	AIS訊號全解碼顯示介面.....	1-18
圖1.13	AIS訊號多工解碼處理實際畫面.....	1-18
圖1.14	整體研究銜接性.....	1-19
圖1.15	系統研究流程.....	1-20
圖2.1	AIS錯誤數據整理流程.....	2-3
圖2.2	MMSI不足9碼.....	2-4
圖2.3	MMSI不足9碼且資料重複.....	2-5
圖2.4	AIS資料重複性問題.....	2-5
圖2.5	船舶航速異常 (a).....	2-6

圖2.6	船舶航速異常 (b)	2-6
圖2.7	船舶航向異常 (a)	2-7
圖2.8	船舶航向異常 (b)	2-7
圖2.9	船舶經緯度座標短時間變化過大 (a)	2-8
圖2.10	船舶經緯度座標短時間變化過大 (b)	2-8
圖2.11	船舶經緯度座標短時間變化過大 (c)	2-9
圖2.12	船舶經緯度座標與航向矛盾	2-9
圖2.13	AIS資料壓縮處理流程	2-10
圖2.14	AIS資料壓縮處理	2-11
圖2.15	資料壓縮處理前之原始資料量	2-11
圖2.16	資料壓縮後之資料量	2-12
圖2.17	視覺化圖例之資料壓縮處理	2-13
圖3.1	系統架構	3-1
圖3.2	AIS資料特徵與標籤固定取樣方式	3-3
圖3.3	AIS資料特徵與標籤隨機取樣方式	3-4
圖3.4	Elman network架構	3-5
圖3.5	$\tanh$ 函數	3-6
圖3.6	長短期記憶網路架構	3-7
圖3.7	sigmoid 函數	3-7
圖3.8	Forget Gate	3-8
圖3.9	Input Gate	3-9

圖3.10	Output Gate	3-10
圖3.11	雙向循環神經網路架構.....	3-11
圖3.12	系統預測模型架構.....	3-12
圖3.13	AIS資料隨機取樣間隔預測結果	3-13
圖3.14	AIS資料固定取樣間隔預測結果	3-14
圖3.15	系統區域性範圍預測結果 (a).....	3-15
圖3.16	系統區域性範圍預測結果 (b).....	3-15
圖3.17	優化後之船舶航行安全預測模型.....	3-16
圖3.18	優化系統預測模型之預測結果.....	3-17
圖3.19	優化之系統預測模型區域性範圍預測結果 (a).....	3-18
圖3.20	優化之系統預測模型區域性範圍預測結果 (b).....	3-18
圖4.1	船舶航行安全評估系統.....	4-1
圖4.2	船舶異常示意	4-2
圖4.3	偏離航道示意	4-2
圖4.4	船舶航行異常判斷流程.....	4-3
圖4.5	射線式奇偶演算法判別示意.....	4-4
圖4.6	射線式奇偶演算法流程.....	4-5
圖4.7	船舶異常功能開啟.....	4-6
圖4.8	船舶異常船舶資訊.....	4-7
圖4.9	航道預警功能開啟.....	4-8
圖4.10	偏離航道船舶資訊.....	4-8

圖4. 11	系統預測船舶偏離航道資訊.....	4-9
圖4. 12	DCPA與TCPA示意.....	4-10
圖4. 13	VCD示意	4-10
圖4. 14	船舶碰撞危險度分級流程.....	4-11
圖4. 15	碰撞預警功能開啟.....	4-13
圖4. 16	可能發生碰撞之兩船資訊.....	4-14
圖4. 17	個別船舶之資訊.....	4-14
圖4. 18	模型預測可能發生碰撞之兩船資訊.....	4-15
圖4. 19	預測個別船舶之資訊.....	4-15

表目錄

表1-1	近五年我國海域重大海上事故	1-3
表1-2	國內、外相關研究列表	1-6
表2-1	AIS資料內容	2-1
表2-2	AIS資料錯誤數據類型統計	2-4
表3-1	AIS資料隨機取樣間隔分析	3-13
表3-2	AIS資料固定取樣間隔分析	3-14
表3-3	優化系統預測模型之AIS資料隨機取樣間隔分析	3-17
表4-1	碰撞分級標準	4-12

第一章 緒論

在第一章緒論部分，研究將針對此次應用全解碼資料庫的船舶資訊結合人工智慧與大數據分析技術之計畫執行目的、重要性，以及目前國、內外人工智慧與大數據分析技術相關研究發展進行說明。

1.1 研究目的、緣起、重要性

近幾年電子資、通訊技術快速發展，其中最被為矚目的當屬物聯網(Internet of Things, IoT)技術及大數據(Big Data)，主因是隨設備、機器和系統的連接，致使全球數據量產生爆炸式的增長，且資料儲存成本及資料取得成本大幅下降，造就了大數據時代的興起。然大數據並非是一個全新概念。舉例來說：人們在網際網路瀏覽器輸入關鍵字後，所出現的大量搜尋結果就是一個很典型的大數據應用，只不過以往具有如此龐大數據量的商業應用極為少數，並無一明確概念來定義這項技術。隨著各領域產業發現這項技術能產生新的商業機會並提高企業效率，才逐步形成大數據這個概念。大數據並不是著重在於數據量有多大，而是提出一個資料經濟的思維，美國資訊科技研究暨顧問公司The 451 Group經過大量的研究調查後，將大數據定義為過去因為科技所限而忽略的資料，這個說法受到許多資通訊產業的贊同。主要是因為提起大數據多半在於討論這些過去未被挖掘、分析的資料樣本，只有將這些資料經過適當的加工處理和萃取分析後，才能展現出商業價值，而這亦是整體大數據技術的核心理念。

大數據的蓬勃發展也促使人工智慧(Artificial Intelligence, AI)科學能夠在眾多領域向前邁進。對許多人來說，人工智慧是一種較為抽象的概念存在於腦海中的想像，Google DeepMind團隊運用大量的棋譜數據訓練所開發的人工智慧圍棋軟體AlphaGo，於公開比賽中擊敗世界圍棋冠軍後，大數據的潛在發展性開始被正視，各產業都開始積極投入發展AI 大數據應用。

聯網裝置數量 (Number of Connected Devices)
數據量 (Amount of Data Generated)

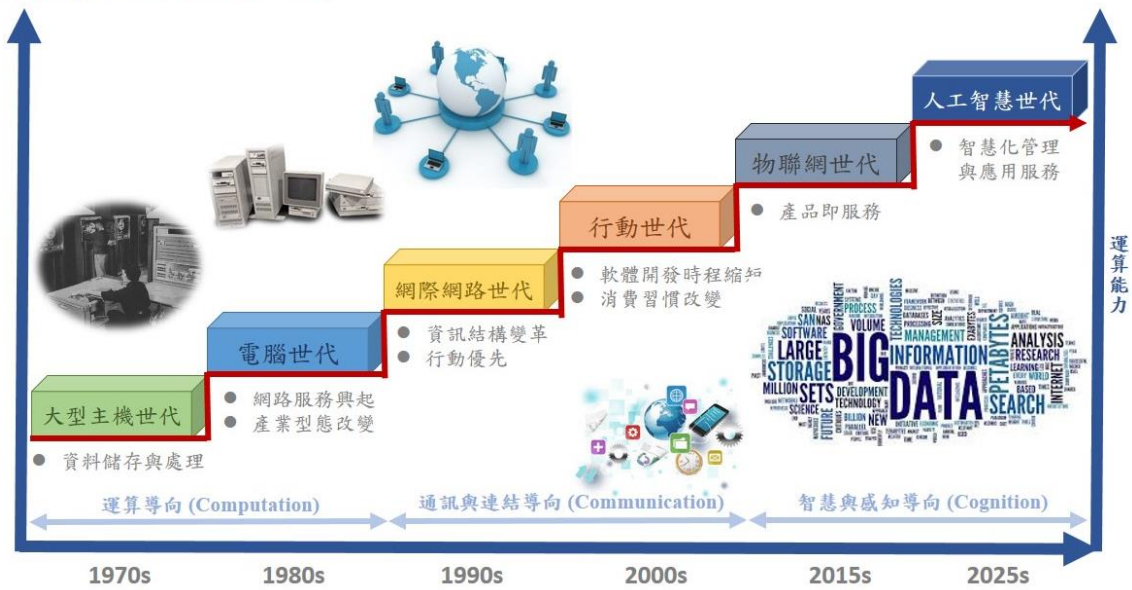


圖1.1 人工智慧世代演進

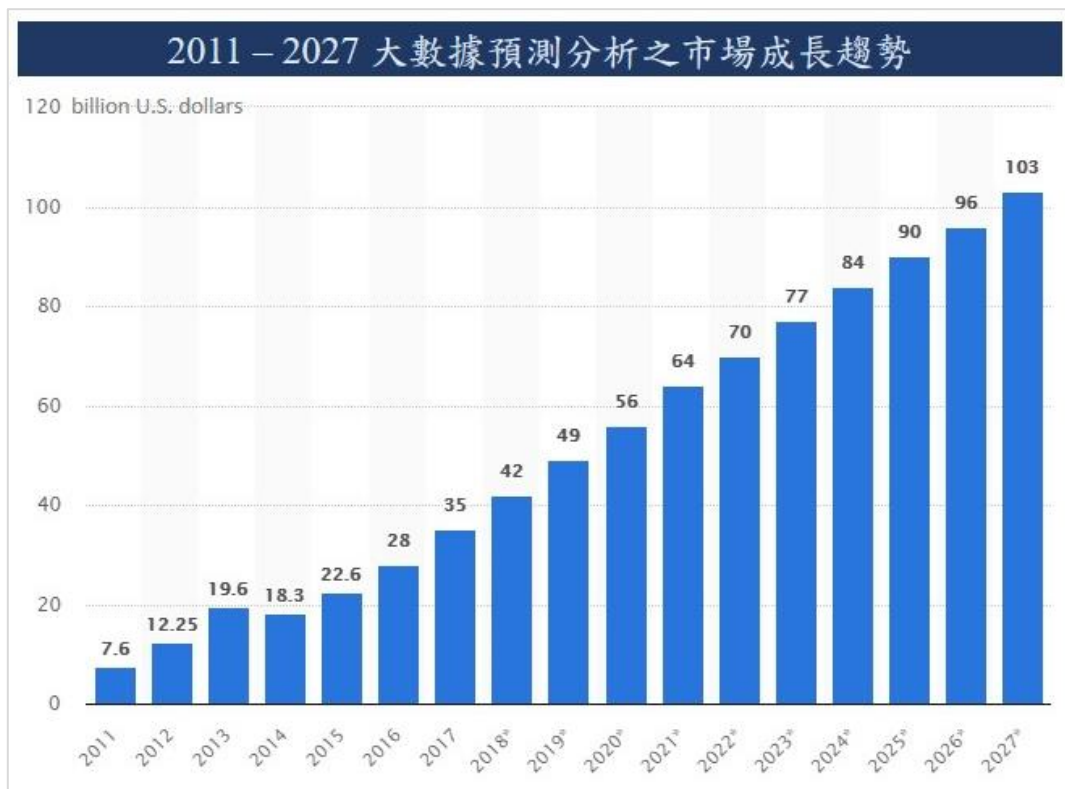


圖1.2 大數據預測分析之市場成長趨勢

資料來源：statista

根據市場研究機構Forrester Research在2018年針對亞太地區企業導入 AI 大數據技術與應用程度的調查報告^[1]指出，亞洲市場中印尼企業佈局AI大數據應用的程度已達65%，受訪者表示其公司已完成導入AI大數據，或是正在朝AI大數據方向發展以加速企業轉型。而我國企業則有近3成受訪者表示公司預計在1年內佈局AI大數據的相關應用，由上述報告可以得知，多數企業都已將AI大數據視為未來發展的重要方向。在商業的應用上，則包括能夠透過大數據分析得知消費者個人及族群的消費習慣、喜好，做為市場走向、服務應用等參考依據。

在海洋產業方面，亦蘊藏著許多潛在價值的數據能藉由AI大數據進行相關的分析、管理應用，諸如海氣象、船舶交通流、港埠物流及航安管理等方面。我國地理位置居於東北亞和東南亞交會處，往上航運路線通往韓國、日本等東北亞各國，往下航運路線通往菲律賓、印尼、泰國、新加坡及馬來西亞等東南亞各國，可說是東北亞與東南亞海上來往航運的樞紐，根據英國勞氏驗船協會 (Lloyd's Register of Ships, LRS)之「海難回顧」資料^[2]顯示，以發生海難事件頻率當作海上風險環境之主要評估準則，並且加入天候能見度、海象潮汐變化、航行船舶密度、交通流量複雜度等因素進行全球海域之評估，我國海域被列為中度海上風險環境(Moderate Risk Environment)，其統計資料是以海難事件之發生頻率做為評估依據。近五年來我國周遭海域重大海上事故如表1-1所示：

表1- 1 近五年我國海域重大海上事故

案件日期	事 由
2019/10	兩艘中國籍運砂船「東泓」、「嘉良」，因惡劣海象造成船隻翻覆，於台灣海峽中線發出求救訊號，我國海巡署接獲通報後立即前往搜救，其中13名船員由附近漁船協助救起，目前仍有12名船員失蹤。
2019/08	我國農委會漁業署獲報臺灣籍漁船「全億財1號」原預計4日回港，但至6日仍未進港，漁業署洽請國家搜救指揮中心等單

	位協助搜尋，經海巡署通報比對船位資料發現，「全億財1號」在3日凌晨於宜蘭頭城外海18.5浬處海域，其船位光點從雷達介面消失，同時有一賽普勒斯籍貨輪航經該海域範圍，初步研判漁船可能遭受貨輪撞擊，目前仍有6名船員失蹤。
2019/08	海巡署金門第9海巡隊接獲通報，中國籍運砂船於金門復國墩漁港東方2浬海域擱淺，由於海況惡劣導致船身傾斜進水沉沒9名船員跳海求生並順利被救起。
2019/08	臺灣籍鮪釣漁船「進隆泰6號」於今年(108)8月18日在太平洋公海失聯，經國家搜救指揮中心與外交部等單位協助洽請附近國家協助救援，並聯繫案發海域附近臺灣籍友船趕往支援搜索行動，發現疑似該船舶殘骸與漂浮物，初步研判遭遇碰撞，造成9名船員失蹤。
2019/01	香港籍貨輪「銀安」與中國籍漁船「閩晉漁05568」在福建平潭外海域發生碰撞，導致該漁船沉沒，船上14名船員全部落水，其中8名船員失蹤。
2017/08	臺灣籍漁船「新凌波16號」、「立發1號」於花瓶嶼海域作業時，疑似未注意雙方距離發生碰撞，造成「立發1號」漁船翻覆，5名船員被救起，1名船員失蹤。
2017/02	中國籍漁船「閩霞漁運08783」於馬祖海域因不知名原因發生爆炸，造成8名船員輕重傷及1名船員失蹤。
2016/08	中國籍漁船「閩晉漁05891」與希臘籍貨輪「ANANGEL COURAGE」，於釣魚台附近海域發生相撞，造成6名船員輕重傷及8名船員失蹤。
2015/09	臺灣籍漁船「世暉31號」於桃園竹圍外海6浬處海域遭「亞泥2號」貨輪撞擊導致船身翻覆，造成4名船員死亡及5名船員失蹤。
2015/03	中國籍貨櫃船「振和168」於西犬島海域發生翻覆，造成4名船員死亡及9名船員失蹤。

在貿易政策自由化及海洋產業興起等因素促使海事活動日趨熱絡，且我國地理位置之優越條件下，促使航經我國海域之船舶數量多不勝數，從表1-1我國重大海上事故案例中，方可得知船舶事故發生的相關因素包含人為、船舶及環境等因素。基此，建立一個健全的海洋事務管理體系，以維持船舶航行秩序進而提升航運安全與航行效率確有其相當之必要性，也一直是被我國列為發展智慧化海洋科技之指標方向。若以經濟層面角度檢視智慧化海洋運輸發展重要性，根據世界經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)的統計報告顯示，目前全球貿易量統計85%的貨物仍是採用海上運輸，全球海運貿易價值約佔貿易總價值的50%^[3]，可見全球貿易物流的主要方式仍以海洋運輸為大宗。因此如何發展智慧型海洋監測系統有效整合我國周遭海域船舶資訊，提升海洋船舶航行安全，予以因應我國周遭海域的船舶航行安全顯得格外重要。



圖1.3 中國21世紀海上絲綢之路

資料來源：The Daily Star^[4]

形成智慧化海洋運輸系統最基本要素即是將電子資通訊技術、系統、網路有效整合並應用於船舶、港埠、以及船岸之間支援系統，使用者藉由系統整合的相關資訊進行彼此間的溝通管理。本次研究目標主

要是為進一步提升船舶於海上航行的安全，針對前期所建置的船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)解碼資料庫進行相關資訊的大數據分析研究，進而建置船舶航行安全大數據資料庫，目的係利用大數據分析方式透過資料探勘技術挖掘AIS資料庫的船舶資訊，以取得船舶相關資訊，並過濾掉重複或是數據不正確的資料，進而獲得有效且正確之我國海域船舶航行資訊，再將分析後的基礎資料依據特徵及類別進行分類，完成分類後則運用深度學習演算法建置船舶航行行為預測模型使其能對船舶航行行為異常、偏航、碰撞做出預測判斷。

1.2 國內、外相關研究

表1-2為研究綜整目前有關海上船舶進行避碰監測、預測之國內外技術相關研究發展：

表1-2 國內、外相關研究列表

編號	文獻資訊	研究重點
1	S. L. Kao, K. T. Lee, K. Y. Chang and M. D. Ko, "A Fuzzy Logic Method for Collision Avoidance in Vessel Traffic Service," <i>The Journal of Navigation</i> , vol. 60(1) pp. 17-31, Jan. 2007.	採用AIS所提供的資訊，透過海洋地理資訊系統 (Marine Geographic Information System, MGIS)及模糊區分法，針對VTS所監視之海域內船舶，建立船舶防撞警報系統模型。
2	C. H. Wen, P. Y. Hsu, C. Y. Wang and T. L. Wu, "Identifying Smuggling Vessels with Artificial Neural Network and Logistics Regression in Criminal Intelligence Using Vessels Smuggling Case Data," <i>Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems (ACIIDS 2012)</i> , pp. 539-548, 2012.	使用海岸巡防署系統資料庫數據進行類神經網路與迴歸分析，做為船舶行為預測模型的建置資訊，藉以幫助相關單位透過資料庫數據及系統預測模型提高查獲走私犯罪的可能性。
3	W. M. Wijaya and Y. Nakamura,	應用Apache HBase的分散式儲存資

	“Predicting Ship Behavior Navigating Through Heavily Trafficked Fairways by Analyzing AIS Data on Apache HBase,” <i>2013 First International Symposium on Computing and Networking</i>, Dec. 2013.	料庫進行船舶大量AIS資料的儲存與分析，並依據AIS資料類別，如船舶類型、航速、航向、目的地等類別進行分類形成能夠有效檢索統計的量化資料，最後根據資料類別、屬性與運動特徵以演算法預測目標船舶行為。
4	S. Mao, E. Tu, G. Zhang, L. Rachmawati, E. Rajabally, and G. B. Huang, “An Automatic Identification System (AIS) Database for Maritime Trajectory Prediction and Data Mining,” <i>Extreme Learning Machines 2016 (ELM-2016)</i>, pp. 241-257, July. 2016.	該研究重點在於針對AIS資料類別與屬性，建置一即用型(Ready-to-Use)的標準化AIS資料庫，使其可以用來比較不同方法、演算法效能的相對應關係，並從中判斷各系統模型在進行海上船舶航行軌跡預測的差異性，用以供船舶航行路徑學習、預測及資料探勘所用。
5	D. Nguyen, R. Vadaine, G. Hajduch, R. Garelo and R. Fablet, “A Multi-task Deep Learning Architecture for Maritime Surveillance using AIS Data Streams,” <i>The 5TH IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (IEEE DSAA 2018)</i>, Oct. 2018.	結合遞迴神經網路(Recurrent Neural Networks, RNNs)與潛在變數模式(Latent Variable Modeling)將AIS資料嵌入新的代表空間，藉以解決AIS資料串流需處理之關鍵問題，如大量的AIS資料串流、不完整的數據及不同時間點採樣的數據等，並以此方式進行船舶航跡重建、異常檢測(Anomaly Detection)與船舶類型識別的模擬研究。
6	A. C. Bukhari, I. Tusseyeva, B. G. Lee, and Y. G. Kim, “An intelligent real-time multi-vessel collision risk assessment system from VTS view point based on fuzzy inference system”, <i>Expert Systems with Applications</i>, vol. 40(4) pp. 1220-1230, Mar. 2013.	主要是將船舶間的最接近點距離(Distance to Closest Point of Approach, DCPA)、最接近點時間(Time to Closest Point of Approach, TCPA)與羅盤方向變化(Variation of a Compass Direction, VCD)等參數，結合模糊演算法規則進行船舶交通管理系統(Vessel Traffic Service,

		VTS)中所有船舶之碰撞風險程度的計算。
7	M. Gao, G. Y. Shi, and W. F. Li, "Online compression algorithm of AIS trajectory data based on improved sliding window," <i>Journal of Traffic and Transportation Engineering</i> , vol. 18(3) pp. 218-227. June. 2018.	該研究透過分析船舶AIS數據中的時間序列特徵與船舶操縱特性，提出一種改良式的滑動視窗 (Sliding Window) 在線壓縮演算法，並計算277艘船舶的航行座標點，確認合適的壓縮閾值。使數據在持續更新的狀態下，進行數據分析處理的過程能夠保持良好的資料壓縮處理效率，提升系統運算效能。

國立臺灣海洋大學的高聖龍博士等人提出一種在船舶交通服務(VTS)以模糊邏輯方法進行船舶避碰的研究^[5]，該研究是採用AIS所提供的資訊，透過海洋地理資訊系統(MGIS)及模糊區分法，針對VTS所監視之海域內船舶，建立船舶防撞警報系統模型。模型中分為三階段共七個模糊區塊的建置，第一階段：船舶操縱能力評估-迴轉能力、衝止距；環境影響力評估-海面風流因素、當前海況。第二階段：船舶運轉能力-船舶操縱能力、環境影響力評估。第三階段：船舶航路權指標-船舶運轉能力、船舶狀態、危險指數。透過得出的船舶航路權指標值，提供船長與VTS管制人員，使管制人員有更充足之時間進行通訊調度。其中，船舶防撞警報系統模型的建置方法則是基於危險指數(Danger Index)與模糊警戒圈(Fuzzy Guarding Ring)組成，而警戒圈的大小則由模糊邏輯方法與危險指數決定，再透過MGIS演算法進行船舶碰撞預測。從該研究中，我們可以得知模糊系統的架構大抵可分為四部分，分別是模糊化機構(Fuzzifier)：負責將明確的輸入數值對應至特定字集中的模糊集合。模糊規則庫(Fuzzy Rule Base)：包含設立條件與結論的各項規則。模糊推論引擎(Fuzzy Inference Engine)：做為整個模糊決策之核心，負責進行模糊蘊涵及合成的動作，並輸出一推論模糊集合結果。解模糊機構(Ddfuzzifier)：負責將模糊集合對應成為明確輸出值的過程。

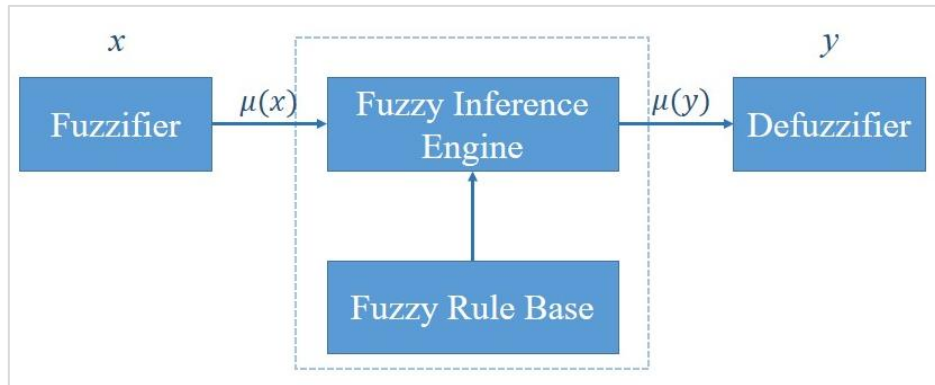


圖1.4 模糊系統之基本架構

其中，在模糊區所用到的資料又分為歷史參數與即時參數兩部分，可以從圖1.5看出該研究以歷史參數做為建立模糊系統的字集與子集，而即時參數則是計算會遇船舶的路權指標藉以做為船舶防撞警報系統模型。



圖1.5 會遇船舶路權指標計算之模糊區

國立中央大學的溫志皓博士等人則提出一種在刑事情報中應用類神經網路(Artificial Neural Network, ANN)與羅吉斯迴歸(Logistics Regression, LR)分析方法識別走私船舶之研究^[6]，該研究指出我國225個漁港皆有設立海岸巡防的檢查哨站，所有漁船在進出漁港時，都須經由海巡人員進行登記做為漁船進出漁港的數據記錄，若該漁船在資料上被登記具有走私犯罪紀錄，海巡人員則會登船進行檢查，而其它船舶則由海巡人員根據專業判斷做抽驗檢查。這些檢查程序與記錄資料則會儲存於海岸巡防署的系統資料庫中，此研究即是使用該資料庫的數據進行類神經網路與迴歸分析做為船舶行為預測模型的建置資訊，藉以幫助相關單位透過資料庫數據及系統預測模型提高查獲走私犯罪的可

能性。

日本防衛大學的Dr. Wayan Mahardhika Wijaya等人則是提出一種分析Apache HBase之AIS資料進行重度交通流量航道導航的船舶行為預測研究^[7]，Apache HBase是一種分散式儲存的資料庫，資通訊技術發展迅速，使資料量不僅愈加龐大，資料廣泛的增長亦會導致屬性複雜度的增加，而分散式檔案系統(Hadoop Distributed File System, HDFS)則能將以往僅使用單一伺服器資料庫進行資料儲存的方式擴增到數以千計的伺服器資料庫進行資料存取，以叢集系統(Cluster System)框架達到大量資料的有效管理。

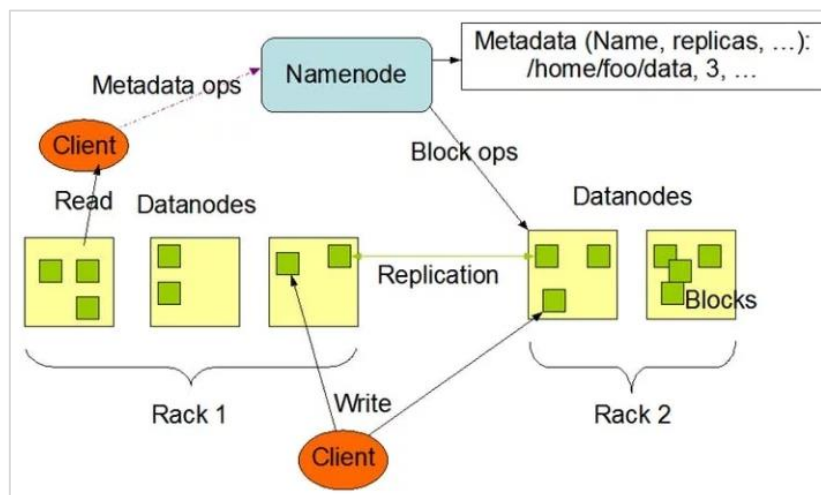


圖1.6 HDFS架構

資料來源：DeZyre

該研究主要是透過應用Apache HBase的分散式儲存資料庫進行船舶大量AIS資料的儲存與分析，並依據AIS資料類別，如船舶類型、航速、航向、目的地等類別進行分類形成能夠有效檢索統計的量化資料，最後根據資料類別、屬性與運動特徵以演算法預測目標船舶的行為。從文獻中可以知道，該研究演算法設計的構思是針對目標船舶的屬性、特徵進行資料庫比對相似屬性與特徵的歷史航跡資訊做為船舶航行行為的預判。也因此，演算法邏輯較為簡化，僅需比對資料庫中與目標船舶屬性與特徵相近的船舶，並假設目標船舶亦會依循相似船舶的航跡從而做出預測。

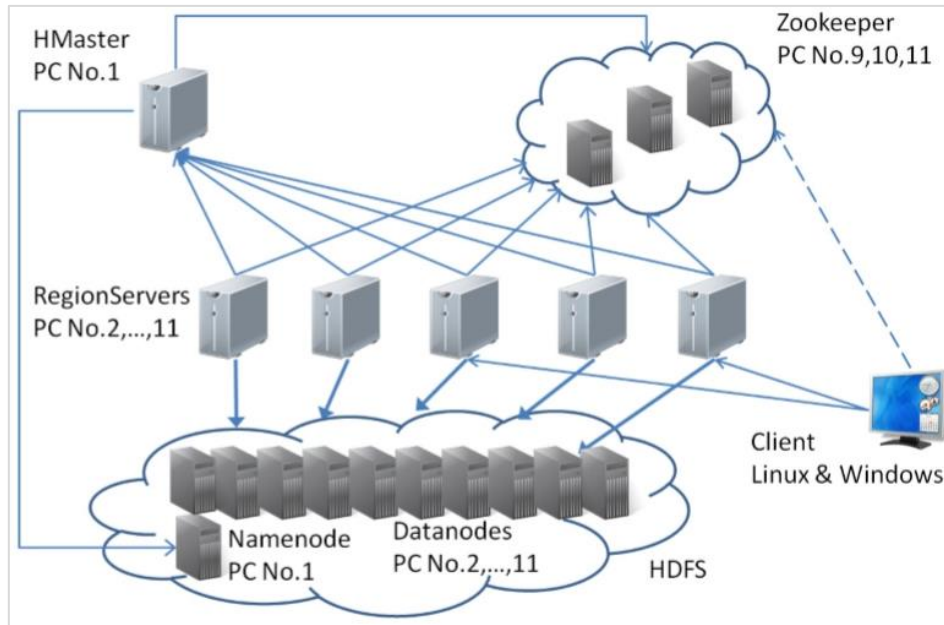


圖1.7 分散式儲存資料庫結構

資料來源：[7]

新加坡南洋理工大學的Dr. Shangbo Mao等人，針對海上船舶航行安全議題提出一種自動識別系統資料庫於海上軌跡預測及資料探勘之研究^[8]，該研究指出目前國際在海洋科技研究領域上，並沒有一個標準化規範的AIS資料庫，海洋科技研究領域人員或相關從業人員進行研究數據蒐集時將會耗費大量時間與精力在AIS資料庫找尋可用資料。此外，從智慧化海洋運輸領域的研究發展趨勢來看，亦可得知有越來越多技術研究需要透過AIS資料庫進行船舶航行軌跡預測研究或其它相關應用。也因此具備一個可以用來比較不同方法、演算法效能的標準AIS資料庫尤為重要，該研究針對AIS資料類別與屬性，並比較這些資料相對應關係，以及是否會在進行海上船舶航行軌跡預測導致差異性，從而建置一即用型的標準化AIS資料庫，以供船舶航行路徑學習、預測及資料探勘所用。

法國IMT Atlantique工程學院的Dr. Duong Nguyen等人則提出一種使用AIS資料串流進行海上監測的多工深度學習(Deep Learning)框架研究^[9]，該研究主要是結合遞迴神經網路(Recurrent Neural Networks, RNNs)與潛在變數模式(Latent Variable Modeling)將AIS資料嵌入至新的

代表空間，藉以解決AIS資料串流需處理之關鍵問題，如大量的AIS資料串流、不完整的數據及不同時間點採樣的數據等，並以此方式進行船舶航跡重建、異常檢測(Anomaly Detection)與船舶類型識別的模擬研究。圖1.8為研究應用於分析AIS資料串流的多工變分遞迴神經網路(Variational Recurrent Neural Network, VRNN)之架構，該研究系統模型的關鍵則是在於嵌入區塊，主要是將不完整或是不同時間點採樣的數據轉換為一致且定期的採樣機制，而子模型則是依據不同的時間週期負責處理船舶異常行為檢測、船舶類型的識別及船舶位置預測等。

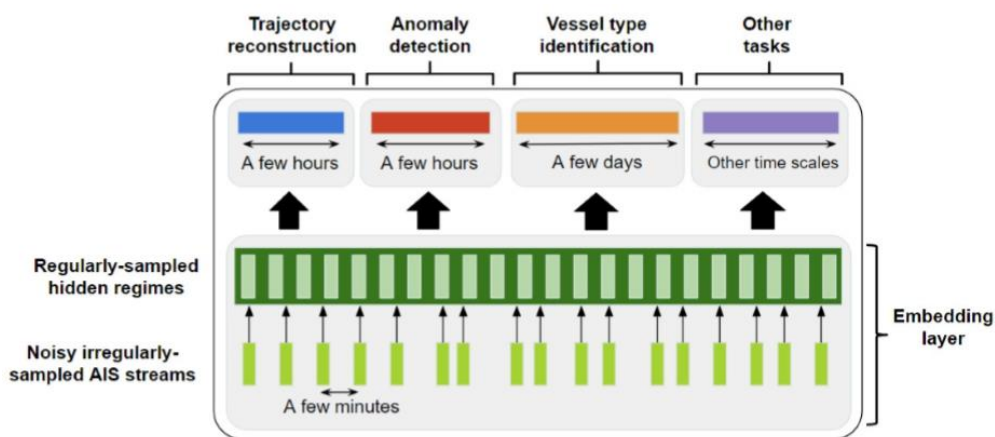


圖1.8 VRNN架構

資料來源：[9]

韓國慶尚大學的Dr. Ahmad C. Bukhari等人提出一種基於模糊推論系統之智慧型即時多船碰撞風險評估系統^[10]。該研究利用船舶交通管理系統(VTS)取得的船舶資訊，進行船舶間最接近點距離(DCPA)、最接近點時間(TCPA)、羅盤方向變化(VCD)的參數計算，並將其結合模糊演算法規則，推估海上船舶的碰撞風險程度。該研究之系統可分為三個功能層，如圖1.9所示。第一層為輸入層，主要是取得計算碰撞風險所需的輸入參數，第二層為模糊推論層亦是系統的核心層，藉由模糊演算法與規則生成決策。所生成的決策結果則進一步發送至第三層並將決策結果經由格式轉換後，呈現於該研究團隊所開發之圖形化顯示介面，如圖1.10所示。

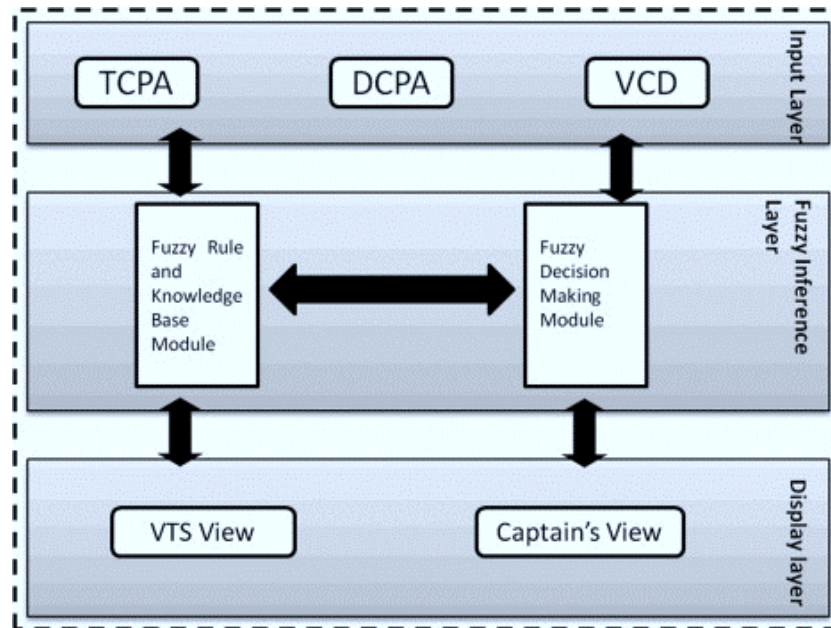


圖1.9 多船碰撞風險評估系統架構

資料來源：[10]

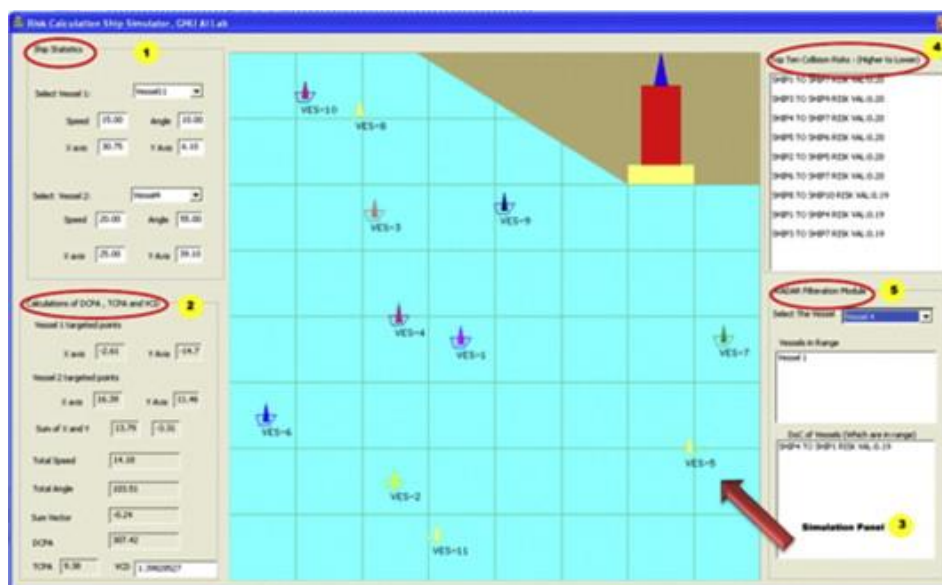


圖1.10 系統圖形化顯示介面

資料來源：[10]

大連海事大學的高邈博士等人，透過分析船舶AIS數據中的時間序列特徵與船舶操縱特性，提出一種改良式的滑動視窗(Sliding Window)在線壓縮演算法^[11]，該研究計算277艘船舶的航行座標點，確認合適的壓縮閾值，並分析船舶距離閾值、船舶角度閾值對於演算法壓縮率的影

響程度及壓縮後之數據品質。該研究之資料壓縮模擬結果如圖1.11所示：

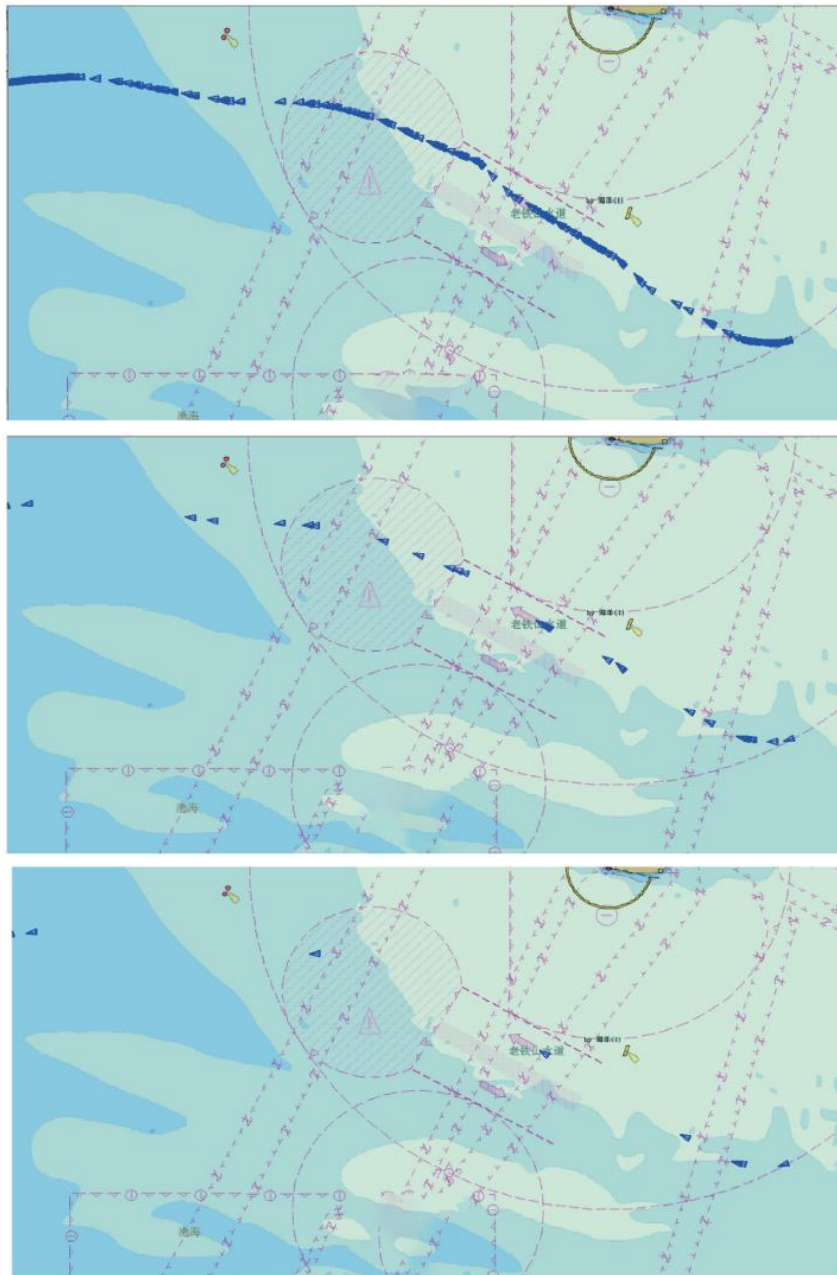


圖1.11 資料壓縮模擬結果

資料來源：[11]

壓縮閥值與參數的設定，會影響資料壓縮率的大小，進而決定數據經過壓縮後所保留的訊息。因此，在使用演算法進行資料壓縮時，最需考量的是如何保留船舶航行的關鍵特徵點，令完成資料壓縮後的訊息仍可有效的替代原始船舶航行軌跡。在該研究中，資料壓縮最主要目的是希望能夠提供一種當數據在持續更新狀態下，進行數據分析處理過程亦能保持良好的資料壓縮處理效率，並且能夠剔除較為冗餘的數據，從而保留具備可靠數據品質的關鍵特徵，進而提升系統運算的效能。

1.3 研究範圍與對象

本研究主要是以船舶動態資料及AIS全解碼資料庫為樣本資料來源，做為建置船舶航行安全大數據資料庫的基礎，並以所建置之資料庫研析船舶航行安全所需之樣本資料的蒐集與分類，從而達到智慧化航安監測與船舶航行行為預測之目標。其研究範圍與相關限制說明如下所示：

1. 以具備AIS系統收發設備並超過300噸以上之大型客、貨輪及油輪為研究探討對象。
2. 以AIS系統可接收範圍內之資料，包括：船舶識別所用之海上通訊識別碼、航行速度、航向、船舶噸位、船舶長寬、狀態及目的地等資訊為主。
3. 由於目前船舶所回傳之AIS資料雖可取得船舶載重噸數據，但在前期研究過程中發現大部分船舶並未即時更新此項資訊，所回傳之船舶載重噸資料多為未知，故研究進行資料蒐集、分類與演算法編譯過程將不主動納入該參數。
4. 資料庫所需之相關船舶的AIS參數或資料，將以現階段AIS系統資料庫所能取得之資訊為主。

海難事件發生往往可能造成莫大的人命安全、財物損失，而應用大數據分析技術協助進行海上船舶的監測與行為預測分析，即是能夠藉助系統資訊協助降低人為操作因素所產生的疏失，提前避免憾事發生的解決之道。研究將以目前國際上針對海上船舶航行安全監測與航跡預測之相關技術研究為參酌。評估透過此次研究開發，將可協助我國交通部及相關權責單位對於我國海洋事務與海上船舶航行安全的規劃上，提供一發展方向與策略制定的輔助。目前海上航行船舶的動態資訊較為完整的莫過於AIS系統，所提供的資訊包括船舶身份識別碼、船舶位置、航速、船向、船舶類型、船舶長度、寬度等，其船舶航行安全大數據資料庫建置，除彙整AIS解碼資料庫的船舶資料外，亦能整合電子海圖地理資料庫使我國周遭海域之AIS船舶資訊更添完整性，並替代或輔助人工對海上船舶行為進行監控做出預測判斷。而完整且詳細的船舶資訊與數據亦能提供給其它單位或團隊做為相關研究之參酌，予以擴大研究執行的效益。除此之外，研究成果亦可因應我國政府之國家長期發展策略對於海洋政策管理與施政方針所需，建立廣泛的船舶航行安全監控，提升船舶於海上航行的安全。

1.4 研究內容及工作項目

在研究內容部分，將依據研究工作項目分為四階段，分別為「船舶航行安全大數據資料庫建置研究」、「AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置」、「船舶航行安全大數據資料庫資料應用」及「系統預測精度及預測功能優化評估」。

由於此次研究是銜接106年度及107年度研究成果進行船舶航行安全大數據資料庫建置，在106年度「行動中繼傳輸技術應用於AIS系統之研發」的研究成果中，主要是透過運用天線特性之設計改善與行動中繼傳輸技術來達成AIS資訊覆蓋範圍的擴展。該年度(106)以行動中繼傳輸技術的方式延伸AIS系統資訊覆蓋的區域，初步構想是針對海洋巡防署海上巡邏艇或其它航行海上之船舶佈署AIS系統行動中繼站，並開發AIS行動中繼站之AIS訊號擷取及解碼方式，再以中繼通訊方式將AIS中

繼訊號轉傳至中繼岸台基站，使AIS中繼站具備接收與轉發AIS資訊功能，從而有效向外延伸我國海域內船舶位置資訊的監測距離，予以建立更廣泛的AIS系統資訊覆蓋區域。在AIS系統資訊覆蓋區域有效提升後，107年度「AIS系統訊號干擾研究與訊號全解碼資料庫建置」的研究則是進一步針對所接收的AIS資訊進行全解碼處理與資料庫的建置，AIS全解碼資料庫對於船舶航行安全大數據資料庫建置相當重要，主要是因為船舶航行安全大數據資料庫的樣本資料源需透過解碼資料庫大量的AIS船舶數據中挖掘出設計船舶航行安全預測模型所需數據與參數。基此，下列將概略說明107年度研究之AIS全解碼資料庫之相關成果，再進行此次研究內容與研究成果之說明。

該年度(107)研究重點在於考量國內現有之AIS訊號解碼系統及設備，僅針對船舶海上航行資訊相關欄位訊息進行部分訊息的解碼，在解碼資訊內容的呈現與蒐集仍有可改善空間。透過AIS全解碼資料庫的建置，即可收集船舶AIS完整解碼資訊，進而提供較完整的AIS全解碼資訊。於AIS訊號全解碼技術部分，主要是以LabVIEW軟體開發全解碼演算法，進行資料格式的轉換，格式轉換的目的是因AIS的資料封包在輸出、輸入的過程中，基於傳輸協定及資料格式定義之差異需要進行不同的資料格式轉換，且AIS資料封包內的封裝訊息是由大小寫英文字母、阿拉伯數字及部分標點符號組成，因此須依循國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC) IEC/PAS 61162-100中定義的6 Bit ASCII表規定，將封裝訊息轉為6 bits的2進制碼，再將6位元2bits的二進制碼依照27種訊息類別格式需求擷取特定長度的二進制碼再轉換為十進制碼，最後則依照解碼需求轉換成數值、代碼或字串完成解碼。接著則依據AIS資料欄位順序進行編排、完成解碼訊息顯示介面以及生成AIS解碼資料表單的功能。其中，在AIS全解碼顯示介面的部分，所提供之資訊包括：系統當前時間、系統執行時間、系統資料庫解碼資訊更新指示燈、資料表單指示燈、解碼檔案位址及AIS解碼資訊。當解碼資料庫之AIS資料進行更新時指示燈即亮起，表示資料庫已匯入新的解碼資料，並將儲存舊有解碼資料的資料表單進行檔案清空之動

作，從而防止資料庫在匯入解碼資訊時出現重複訊息的狀況發生。



圖1.12 AIS訊號全解碼顯示介面

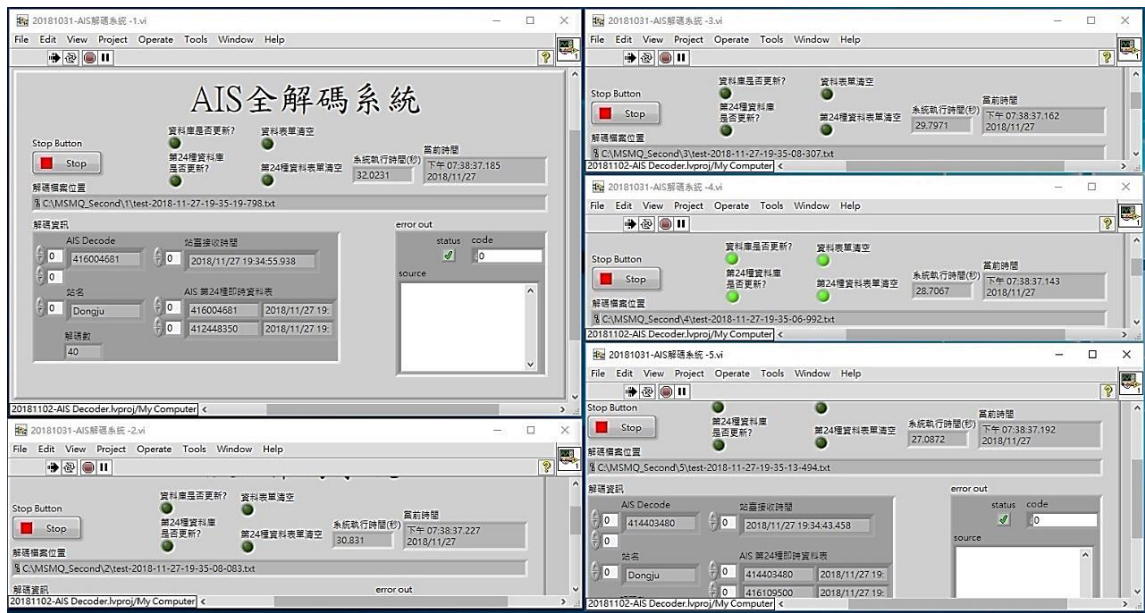


圖1.13 AIS訊號多工解碼處理實際畫面

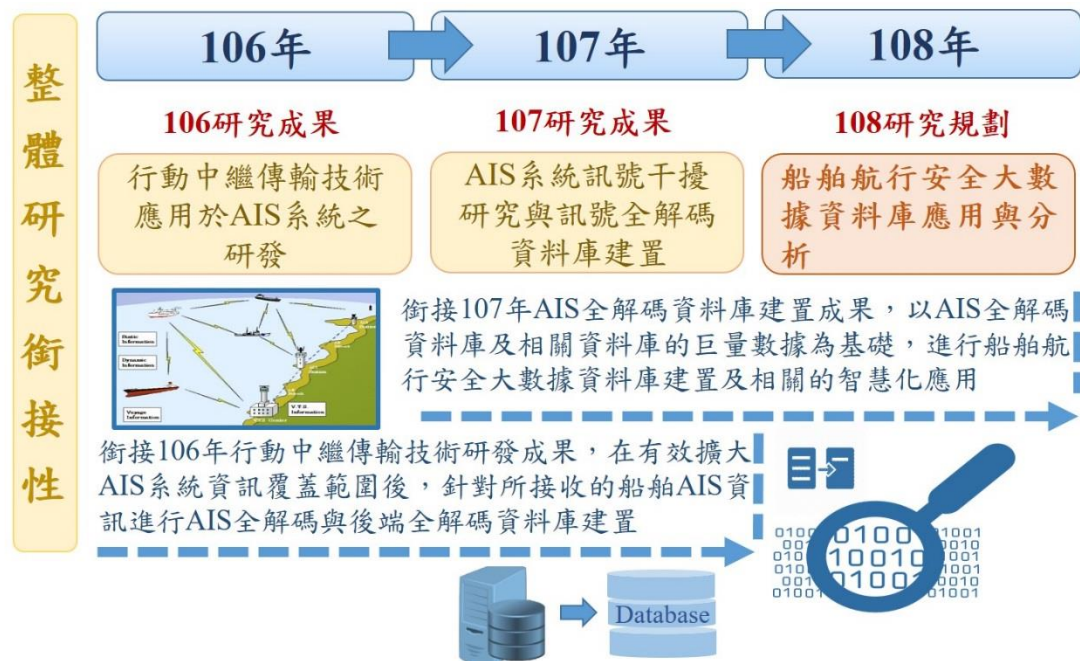


圖1.14 整體研究銜接性

本次研究，首先我們以目前國內、外相關研究發展案例為借鏡，針對目前應用AIS系統資料進行船舶航行安全監測或行為預測之相關研究進行探討與研析，並以各研究文獻中所建立的系統模型為參考依據，分析各研究文獻系統模型建置與演算法之優劣處。接著則以AIS全解碼資料庫為基礎做為建置機器學習架構建置的樣本資料庫，並以資料探勘方式依據資料類型進行初步的特徵(Features)及標籤(Label)分類。而後再透過機器學習演算法進行船舶航行安全大數據資料的分析與探勘，對樣本資料庫分類完成的特徵(Features)及標籤(Label)資料源進行特徵萃取(Feature Extraction)與資料訓練(Training)，從資料庫裡大量、不完全、模糊或重複性質的數據中挖掘出船舶航行行為預測所需的資料參數，如船舶種類、航向、航速及航行軌跡等資料。接著，則進一步透過深度學習方式依據船舶碰撞危險度分級、船艙異常及偏離航道等參數進行相對應關係的演算法撰寫產生船舶航行安全評估系統模型，其模型即是判斷船舶軌跡是否異常、是否與其它船舶會遇距離持續接近的依據。AIS資料經過長時間的累積已形成巨量資料的等級，所以分析這些AIS資料必須仰賴巨量資料分析從其中獲得關連性，而取得具備運算價值或預測所需的資料參數經演算法與模型的計算後，即可識別船

船在海上行駛的行為模式，進一步提供適當的操作建議。整體研究流程如圖1.15所示：

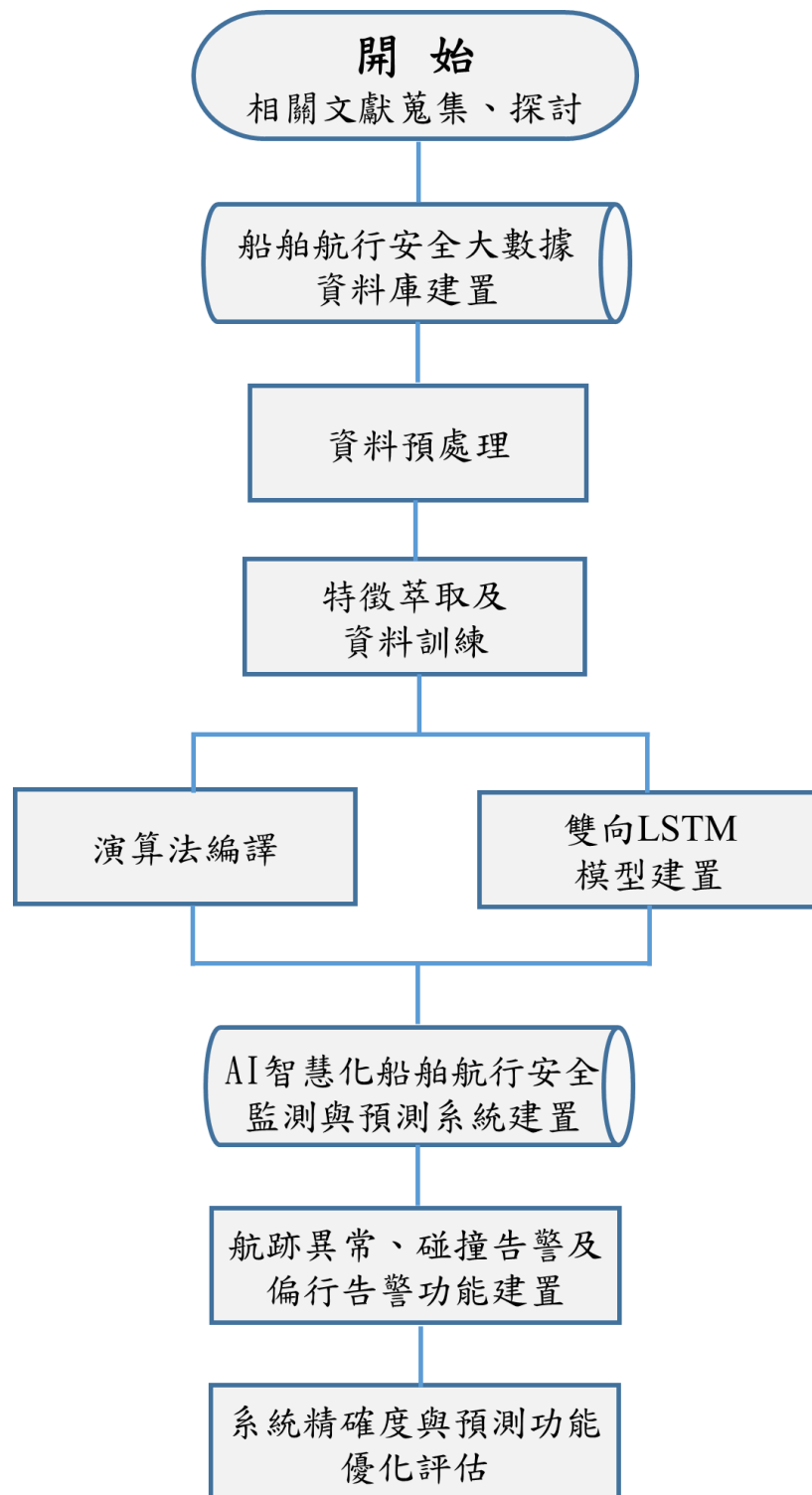


圖1.15 系統研究流程

本次研究開發主軸共包括四個階段，其各階段工作項目區分如下：

1. 船舶航行安全大數據資料庫建置研究：以AIS全解碼資料庫為資料來源，獲取建置船舶航行安全大數據資料庫所需相關數據。並依據所建置資料庫研析船舶航行安全所需之樣本數據的收集與分類，再針對獲取之大量AIS資料進行預處理，包括錯誤數據整理與資料壓縮，從而剷除不完整或重複性質高的次要數據，挖掘出設計船舶航行安全預測模型所需數據與參數。
2. AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置：AIS系統的使用累積了大量的船舶航行資訊，這對船舶異常行為進行檢測提供重要的基礎數據。其船舶航安監測與預測系統的建置，主要是透過前述船舶航行安全大數據資料庫完成收集與分類的數據參數做為進行智慧化船舶航行安全監測與預測系統模型建置的資料源。包括應用學習演算法對完成特徵與類別分類的船舶航行安全大數據資料，如船舶動態資訊時間序列、最接近點距離、最接近點時間、航速、航向、船種及區域船舶密度等資料進行相對應關係的演算法撰寫及預測模型的計算，並以此做為後續海上船舶航行行為、碰撞告警、偏航告警預測功能開發的依據。
3. 船舶航行安全大數據資料庫資料應用：在前述船舶航行安全大數據資料庫與預測系統的建置，得以獲取海上船舶航行行為的預測結果，在此階段，研究將進一步應用船舶航行安全大數據資料庫開發船舶碰撞告警、偏航告警預測功能，協助找出船舶航海時的異常行為並評估其潛在的威脅，使船舶違規航行、海上事故、需水上救援等異常情況事件發生前，岸台監控的當值人員能有足夠預警時間反饋給有關單位處理，提升船舶航行安全。
4. 系統預測精度及預測功能優化評估：在完成船舶航行安全大數據資料庫與海上船舶航行行為監測、碰撞告警、偏航告警預測

的建置及功能開發後，為判斷系統預測精確度是否可靠以及精確度提高可行性，研究進一步應用深度學習方法增加預測模型的層次架構，使不同參數間相互作用關係計算能更加準確，再以遞迴神經網路架構將模型的預測結果回饋進行修正逐步收斂預測結果。最後則針對後續系統優化之目標進行評估，並彙整相關研究成果，建立資料庫與系統操作技術手冊。

第二章 船舶航行安全大數據資料庫建置

AIS是一種輔助船舶航行的系統與設備，其主要功能包括：識別船隻、簡化資訊交換、協助追蹤目標及提供其它輔助資訊，透過這些功能可以有效監測海上船舶動態，並提升船舶航行安全。因此國際海事組織已在國際海上人命安全公約(International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)中要求航行於國際水域總噸位達300以上之船舶及所有客船，均需安裝AIS。根據ITU-R M.1371-5建議書^[12]，已定義的AIS資料類型有27種，分別適用於Class A和Class B數據傳輸使用，而每種資料類型所定義的欄位格式和存放內容又有所差異，分為靜態訊息、動態訊息及航程訊息等三大類如表2-1。於此，本研究將應用107年度建置AIS全解碼資料庫的成果，擷取AIS資料中的水上行動業務識別碼(MMSI)、船長與船寬、船舶類型、經緯度座標、世界協調時間、對地航向(Course Over the Ground, COG)、對地航速(Speed Over the Ground, SOG)，做為後續輸入船舶航行安全監測與預測系統的樣本數據。樣本數據品質對於系統預測模型的影響性相當大，樣本源若有太多錯誤數據，將會嚴重影響訓練資料階段的數據品質，進而造成後續系統預測模型失去其預測精度。基此，在船舶航行安全大數據資料庫的建置階段，則需要先進行AIS資料的預處理。

表2-1 AIS資料內容

靜態訊息	動態訊息	航程訊息
水上行動業務識別碼	經緯度	船舶吃水深度
IMO編號	世界協調時間	危險貨物
呼號與船名	對地航向	目的港口
船長與船寬	對地航速	預計抵達時間
船舶類型	船艏向	
船舶定位天線位置	航行狀態	

2.1 錯誤數據整理

AIS資料預處理分兩步驟，第一步驟是錯誤數據整理。研究在AIS資料預處理過程中，發現於部分欄位上仍有誤差值產生，究其原因可能在於岸台基地的訊號接收效能不佳導致資料接收完整度受影響。然對於系統的學習模型來說輸入數據十分重要，數據的品質及特徵的選取往往決定了系統學習模型的上限。因此，研究需要對AIS資料源進行錯誤數據整理，其錯誤數據整理流程如圖2.1所示。

首先，將MMSI長度不足9碼、座標位置未處於東經117至123之間，以及北緯20至27之間的範圍、航速大於30節等異常數據進行剔除。依據國際電信聯盟規範，全球船舶之MMSI識別碼為固定9碼，因此未符合9碼長度MMSI的AIS數據即被視為異常數據。而東經117至123之間，以及北緯20至27之間的範圍則是我國鄰近海域範圍，未處於該範圍內之船舶則未被系統納入進行預測分析。由於本次研究主要預測船舶種類為大型客、貨、郵輪等船舶，依據資料顯示其航速大多落於20節以下，航速大於30節之狀況極為罕見。在初步篩選後研究將AIS資料依MMSI分類，取同一MMSI的連續兩筆AIS資料 P_1P_2 ，其目的是藉由 P_1 的航向判斷 P_2 的經緯度變化是否正常，若 P_2 經緯度未依照 P_1 的航向所變動，則判定資料異常，需刪除 P_2 ，反之則繼續進行除錯。接著，則是計算 P_1P_2 間的大圓距離 D_a 、接收時間差 T_n ，以及航速較大值 S_i ，當 $(S_i * T_n * 0.5144 + 1) * 1.1 > D_a > (S_i * T_n * 0.5144 + 1) * 0.9$ 時，代表資料的經緯度無異常保留 P_2 ，反之則刪除 P_2 達到數據整理效果，並持續循環此過程直到 P_2 為此MMSI的最後一筆資料。其中，大圓距離的計算是採用半正矢公式(2.1)，令球面上兩點的經度和緯度分別為 $\lambda_s, \phi_s; \lambda_f, \phi_f$ ， $\Delta\phi$ 與 $\Delta\lambda$ 為兩者差的絕對值， d 為兩點間的大圓距離單位為公里， r 為地球平均半徑6,371公里。

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos \phi_s \cos \phi_f \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

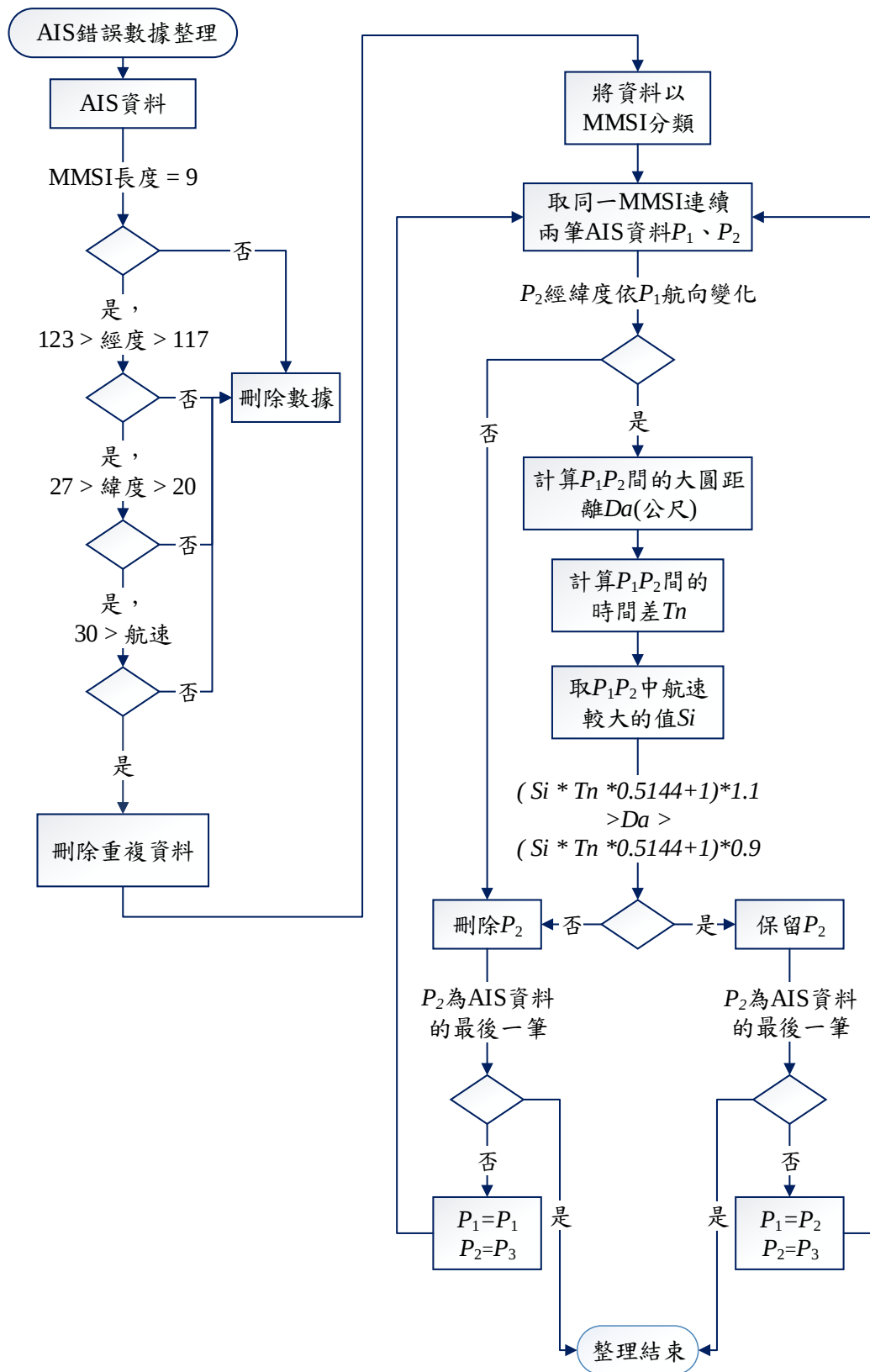


圖2.1 AIS錯誤數據整理流程

後續將說明錯誤數據整理步驟中，系統所篩選及剔除錯誤數據之相關狀況。如表2-2所示，該表為各項錯誤數據類型統計，其中在AIS資料重複性問題是較為嚴重的狀況，另一狀況則是船舶經緯度異常問題，包括航向與經緯度變化出現矛盾、連續兩筆AIS船舶資料出現大幅的經緯度座標距離變化等。此外在錯誤數據類型還包括船舶航向異常、船舶航速異常等問題。研究統計數據除了AIS資料重複性問題，其它錯誤數據類型皆已剔除重複性AIS資料才進行統計。

表2-2 AIS資料錯誤數據類型統計

AIS資料重複性問題	MMSI不足9碼	航向異常	航速異常	經緯度座標異常
57.4%	0.05%	2.6%	0.08%	4.7%

1. MMSI欄位不足9碼：

海上船舶所回傳之AIS資料中，須具備水上行動業務識別碼(MMSI)，做為船舶識別與資料來源的判斷依據，在進行錯誤數據整理階段，發現部分AIS資料出現MMSI不足9碼之狀況。且從圖2.2的資料接收時間可以發現，AIS資料回傳頻率並不穩定，35分鐘的時間區段僅回傳10筆資料，時間間隔亦較不固定。

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
168	8.5	120.169502	26.672772	213.1	2018-08-09 07:09:37.043
168	8.5	120.161657	26.664860	221.6	2018-08-09 07:14:04.417
168	8.4	120.150367	26.653270	231.4	2018-08-09 07:20:31.563
168	8.7	120.139978	26.644100	224.4	2018-08-09 07:26:03.813
168	8.5	120.134350	26.638742	233.4	2018-08-09 07:29:04.637
168	9.0	120.127948	26.633943	232.2	2018-08-09 07:32:06.313
168	8.9	120.125640	26.630868	207.0	2018-08-09 07:33:39.967
168	9.1	120.122063	26.625528	217.3	2018-08-09 07:36:09.770
168	9.0	120.109307	26.611402	237.9	2018-08-09 07:43:34.107

圖2.2 MMSI不足9碼

部分AIS資料除出現MMSI不足9碼的錯誤狀況外，亦存在AIS資料重複性問題。

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23

圖2.3 MMSI不足9碼且資料重複

2. AIS資料重複性問題：

除前述在相同接收時間(Record_Time)出現AIS資料重複性問題外，亦存在不同接收時間的AIS資料欄位數據相同的狀況。此狀況將導致同一接收時間下，該船舶具有兩筆不同AIS資料的問題。

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:50
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:51
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:51
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:52
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:54
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:54
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:57
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:58
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:58
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:59

圖2.4 AIS資料重複性問題

3. 船舶航速(SOG)異常：

本次研究進行船舶航行行為預測之船舶種類係以大型客、貨、油輪為主，平均航速多低於20節以下，70節航行速度以超出多數大型船舶能力範圍。其中若AIS船舶未提供航速(SOG)數據，原始預設值則為102.3節。

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Ship_and_Cargo_Type	boat_length	boat_width	Record_Time
373698000	78.8	120.367167	22.934667	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:16:16.283000000
373698000	80.8	120.362667	22.929333	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:16:31.917000000
373698000	77.4	120.353167	22.918500	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:17:12.090000000
667003031	89.0	120.458983	24.259258	219.0	80	108	15	2018-01-03 05:51:03.927000000
667003031	89.0	120.458892	24.257247	221.8	80	108	15	2018-01-04 08:22:15.883000000
667003031	89.0	120.458842	24.258225	222.2	80	108	15	2018-01-03 10:45:43.840000000
667003031	89.1	120.458762	24.257328	225.1	80	108	15	2018-01-03 00:41:05.313000000
355239000	102.2	120.076817	23.780183	226.0	81	180	32	2018-01-03 09:49:06.883000000

圖2.5 船舶航速異常 (a)

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
412444880	118.431862	24.630837	360.0	102.3	85	14	2019-07-01 11:04:04
413440160	121.387290	25.155203	360.0	102.3	135	19	2019-07-01 11:04:43
413378810	120.444720	26.032403	360.0	102.3	96	15	2019-07-01 11:26:21
413695890	118.047197	24.412292	360.0	102.3	32	7	2019-07-01 11:27:25
477047100	120.269018	22.546218	360.0	102.3	148	24	2019-07-01 11:49:22
414351000	118.608900	24.233650	360.0	102.3	225	32	2019-07-01 11:58:12
667001882	120.249612	22.588078	409.5	82.7	74	11	2019-07-01 12:17:12
477170700	118.839997	23.993855	360.0	102.3	243	42	2019-07-01 13:02:42
311000773	119.817070	23.626228	360.0	102.3	125	20	2019-07-01 13:32:15
353727000	121.737915	21.292488	360.0	102.3	230	36	2019-07-01 13:45:43
636091832	120.077652	22.527263	360.0	102.3	264	32	2019-07-01 13:46:13
477769400	121.757833	24.302167	154.0	64.5	172	27	2019-07-01 13:56:15

圖2.6 船舶航速異常 (b)

4. 船舶航向(COG)異常

船舶正常航向區間範圍為0至359.9度，其中若AIS船舶未提供航向(COG)數據，原始預設值則為360.0度。從圖2.8的數據可以得知，該船舶在2秒間，船舶航行方向變動範圍達到150至180度。

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
413365980	118.102080	24.384075	360.0	0.0	120	20	2019-07-01 12:47:43
413702870	118.183527	24.366830	360.0	0.0	113	24	2019-07-01 12:47:36
477047100	120.124335	22.730833	360.0	102.3	148	24	2019-07-01 12:46:04
416005369	118.287392	24.416723	360.0	0.0	42	10	2019-07-01 12:51:52
416004734	120.385187	22.352322	360.0	0.0	28	6	2019-07-01 12:51:14
414400840	119.769642	25.701402	360.0	0.0	86	20	2019-07-01 12:51:07
416004989	120.444935	22.468763	360.0	0.1	28	6	2019-07-01 12:52:19
412362390	120.090123	22.882458	360.0	0.1	85	13	2019-07-01 12:50:52
564270000	121.766433	26.696277	370.6	12.3	112	18	2019-07-01 19:21:28
667001882	120.249612	22.588078	409.5	82.7	74	11	2019-07-01 12:17:13

圖2.7 船舶航向異常 (a)

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
412354950	118.625253	24.508003	70	65.3	6.4	53	9	2019-07-04 00:05:03
412354950	118.625828	24.508387	70	50.7	5.5	53	9	2019-07-04 00:05:32
412354950	118.625897	24.508470	70	205.0	7.4	53	9	2019-07-04 00:05:34
412354950	118.626462	24.508858	70	49.1	5.5	53	9	2019-07-04 00:06:02
412354950	118.626558	24.508948	70	234.5	6.4	53	9	2019-07-04 00:06:04
412354950	118.627200	24.509467	70	54.5	6.4	53	9	2019-07-04 00:06:34
412354950	118.627357	24.509558	70	50.0	5.6	53	9	2019-07-04 00:06:43
412354950	118.627842	24.509950	70	49.4	5.6	53	9	2019-07-04 00:07:14
412354950	118.628425	24.510388	70	49.8	5.5	53	9	2019-07-04 00:07:33
412354950	118.629170	24.510968	70	144.6	6.4	53	9	2019-07-04 00:08:04
412354950	118.629313	24.511067	70	48.5	5.6	53	9	2019-07-04 00:08:14

圖2.8 船舶航向異常 (b)

5. 船舶經緯度座標短時間變化過大：

以圖2.9為例，在錯誤數據整理的資料比對過程中發現該船舶的經緯度變化並不符合常理，以框線內AIS資料為例，該船舶在28秒間的經緯度變化量高達276公里，欲達到如此大的位移量其船速需高達19,177節。圖2.11則是在航向與航速固定狀況下，船舶經緯度座標距離相差一倍。

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
100900000	8.9	120.593837	26.220395	264.1	2018-08-01 10:24:02.613
100900000	9.0	120.587967	26.219500	258.7	2018-08-01 10:26:10.810
100900000	1.0	120.374548	26.740388	304.9	2018-08-01 10:26:38.093
100900000	8.7	120.585703	26.219217	260.4	2018-08-01 10:27:02.333
100900000	9.0	120.584337	26.218992	258.5	2018-08-01 10:27:33.587
100900000	9.2	120.582963	26.218797	262.7	2018-08-01 10:28:02.937
100900000	9.1	120.573262	26.217323	257.5	2018-08-01 10:31:30.853
100900000	9.1	120.571863	26.217123	261.2	2018-08-01 10:32:02.510

圖2.9 船舶經緯度座標短時間變化過大 (a)

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
412405890	119.780042	25.965817	70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:10:57
412405890	119.780042	25.965817	70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:10:57
412405890	119.780500	25.966550	70	29.7	6.3	52	10	2019-07-01 23:11:27
412405890	119.780552	25.966623	70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:11:27
412405890	122.237332	25.967357	70	32.9	6.5	52	10	2019-07-01 23:11:57
412405890	119.781592	25.968108	70	33.3	6.2	52	10	2019-07-01 23:12:27
412405890	119.781592	25.968108	70	33.3	6.2	52	10	2019-07-01 23:12:27
412405890	119.782117	25.968867	70	33.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:12:57
412405890	119.782637	25.969602	70	31.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:13:27
412405890	119.782637	25.969602	70	31.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:13:27

圖2.10 船舶經緯度座標短時間變化過大 (b)

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time	經緯度距離(m)	與上一筆資料時間差(s)	航速*時間差距離(m)
311000157	121.093167	21.625400	16.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:05	0.000000	0.0	0.00000
311000157	121.093217	21.625667	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:11	30.099043	6.0	43.51824
311000157	121.093383	21.626167	16.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:18	58.205510	7.0	50.77128
311000157	121.093467	21.626417	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:24	29.102748	6.0	43.51824
311000157	121.093600	21.626933	15.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:24:30	59.080763	6.0	43.51824
311000157	121.093683	21.627183	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:35	29.102735	5.0	36.00800
311000157	121.093833	21.627683	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:41	57.719006	6.0	43.51824
311000157	121.093900	21.627933	14.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:24:47	28.640125	6.0	43.51824
311000157	121.094050	21.628450	14.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:53	59.506197	6.0	43.20960
311000157	121.094117	21.628700	14.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:25:00	28.640117	7.0	50.77128

圖2.11 船舶經緯度座標短時間變化過大 (c)

6. 船舶經緯度座標與航向矛盾：

以圖2.12為例，在錯誤數據整理的資料比對過程中發現該船舶的經緯度變化與航向數據互相矛盾，從框線內兩筆AIS資料可以發現該船舶的航向顯示船舶往東偏北方前進，但若由船舶的經緯度來看，其經緯度座標數值下降，表示船舶往西偏南方移動。

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
248357000	6.7	120.310750	22.551320	79.3	2018-08-01 08:44:02.307
248357000	6.6	120.311682	22.551515	79.1	2018-08-01 08:44:31.380
248357000	6.3	120.316545	22.552278	79.6	2018-08-01 08:47:02.587
248357000	9.4	120.286948	22.546005	74.8	2018-08-01 08:49:06.873
248357000	8.2	120.290227	22.546812	74.2	2018-08-01 08:49:30.957
248357000	7.3	120.295073	22.548137	74.2	2018-08-01 08:50:10.407
248357000	7.6	120.297207	22.548752	72.7	2018-08-01 08:50:32.453
248357000	4.6	120.325555	22.553353	95.2	2018-08-01 08:52:10.937
248357000	6.4	120.315260	22.552120	79.8	2018-08-01 08:53:11.210
248357000	6.2	120.317743	22.552487	80.2	2018-08-01 08:53:36.290

圖2.12 船舶經緯度座標與航向矛盾

2.2 資料壓縮

AIS資料進行壓縮主要目的是為了刪除僅具備較低船舶行為特徵的資料，使系統負擔能夠有效降低並提升數據品質。研究參考前述1.2節國內外相關研究文獻中，GAO Miao等人所提出之資料壓縮演算法^[11]，進行本研究AIS資料壓縮之處理。考量到同一船舶連續三筆AIS資料間的距離與航向差，若兩者皆未高於閾值，則刪除三筆資料中的第二筆資料，AIS資料壓縮流程如圖2.13所示。

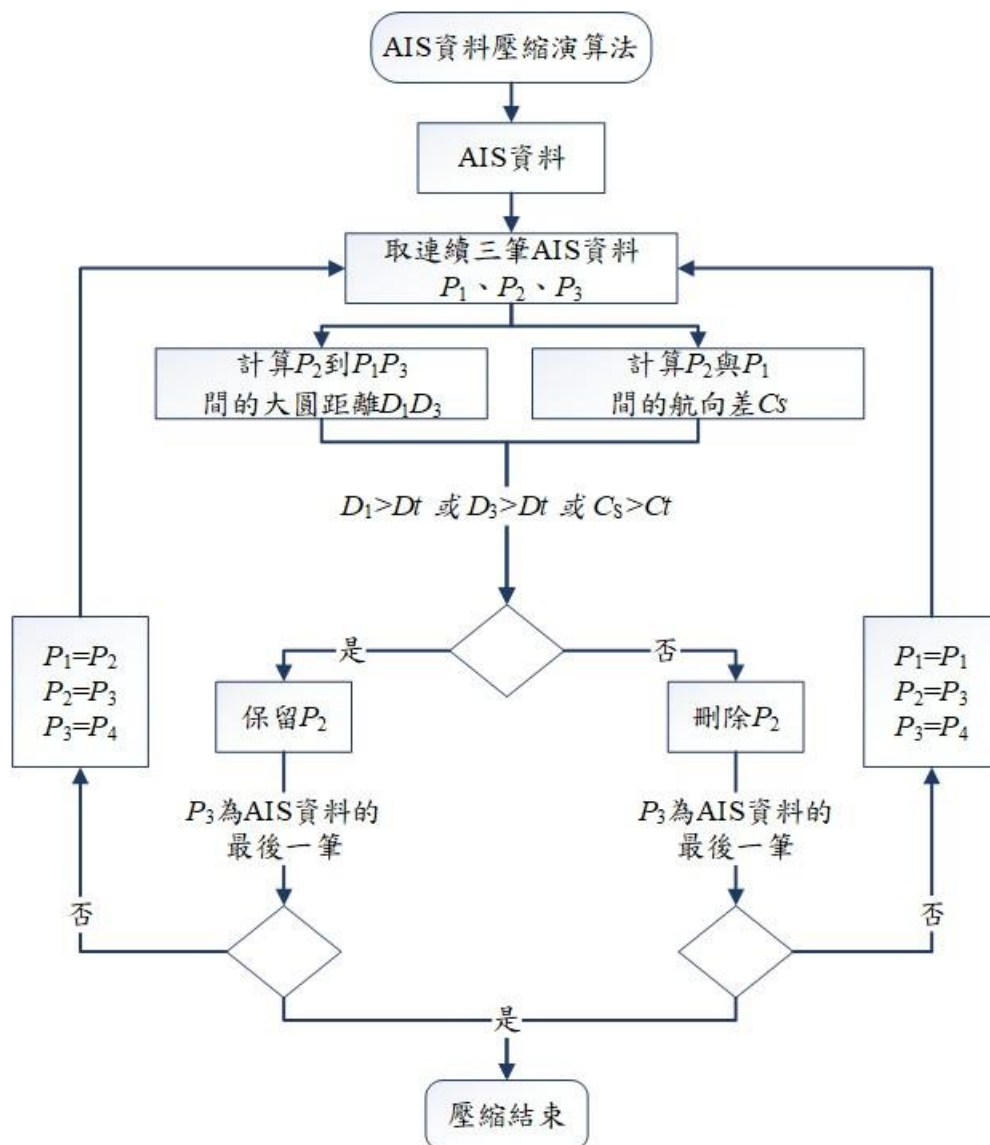


圖2.13 AIS資料壓縮處理流程

首先設初始狀態為連續三筆AIS資料(P_1 、 P_2 、 P_3)，計算 P_2 到 P_1P_3 間的大圓距離(D_1 、 D_3)，若 D_1 或 D_3 小於距離閾值 D_t ，則繼續計算 P_2 與 P_1 間的航向差 C_s 是否小於角度閾值 C_t ，如果兩項條件都滿足，則刪除 P_2 達到壓縮效果，並持續循環此流程直到 P_3 為AIS資料的最後一筆，其中 D_t 與 C_t 的值可依照需求作更改， D_t 與 C_t 設的越大壓縮率就越大，目前設 D_t 為84公尺、 C_t 為9度，其設定標準參考^[11]的中等壓縮率數值。圖2.14為本研究使用AIS資料庫進行原始資料與壓縮後資料之比較，以茲證明此AIS資料壓縮演算法可行性。原始AIS資料樣本為35,683,789筆，經演算法壓縮後之資料量降至14,433,211筆，壓縮率為60%。

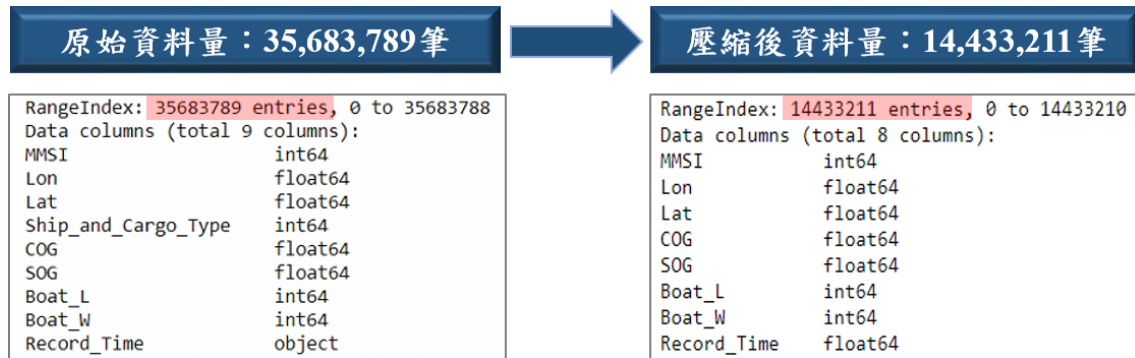


圖2.14 AIS資料壓縮處理

	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	boat_length	boat_width	Record_Time
	413243000	3.0	119.826547	26.117152	166.1	121	20	2019-05-27 07:44:21
↑	413243000	2.8	119.826583	26.117018	162.3	121	20	2019-05-27 07:44:31
	413243000	2.8	119.826613	26.116917	162.9	121	20	2019-05-27 07:44:39
6	413243000	2.7	119.826655	26.116788	161.8	121	20	2019-05-27 07:44:50
	413243000	2.6	119.826735	26.116547	163.3	121	20	2019-05-27 07:45:10
	413243000	2.5	119.826813	26.116293	171.8	121	20	2019-05-27 07:45:31
↓	413243000	2.4	119.826842	26.116202	173.7	121	20	2019-05-27 07:45:39
	413243000	2.4	119.826932	26.115972	149.4	121	20	2019-05-27 07:46:01
	413243000	2.2	119.826965	26.115888	171.4	121	20	2019-05-27 07:46:10

圖2.15 資料壓縮處理前之原始資料量

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	boat_length	boat_width	Record_Time
413243000.0	3.0	119.826547	26.117152	166.1	121.0	20.0	2019-05-27 07:44:21
413243000.0	2.5	119.826813	26.116293	171.8	121.0	20.0	2019-05-27 07:45:31
413243000.0	2.4	119.826932	26.115972	149.4	121.0	20.0	2019-05-27 07:46:01
413243000.0	2.2	119.826965	26.115888	171.4	121.0	20.0	2019-05-27 07:46:10
413243000.0	1.7	119.827145	26.115235	180.6	121.0	20.0	2019-05-27 07:47:21
413243000.0	1.8	119.827162	26.115155	168.6	121.0	20.0	2019-05-27 07:47:31

圖2.16 資料壓縮後之資料量

上述圖例為資料壓縮處理結果，圖2.15為進行資料壓縮處理前之原始資料量，圖2.16則為經演算法壓縮後之資料量，以兩圖實線與虛線框之間的AIS資料為例，從圖中可以發現兩框線區間之AIS資料的欄位數據相似，並未高於演算法所設定的參數閾值，亦即表示該AIS資料可能為重複性質高的次要數據，經壓縮處理後AIS資料量由6筆資料降至1筆資料。

為進一步清楚呈現資料壓縮成效，研究已將資料轉為視覺化圖例，如圖2.17進行相關說明。在圖2.17中，藍色圈點符號為原始未進行壓縮之船舶航跡位置、橘色叉符號則是經壓縮處理後保留之船舶航跡位置。從圖例中可以發現橘色叉符號在緯度26.114至26.115區間、26.119至26.121區間，因船舶處於轉向航行動態，而這些數據對於航行行為預測來說具有較高相關性的船舶行為特徵，在資料壓縮上保留了較高的AIS資料量使資料壓縮量變小。而在緯度26.122至26.134區間，由於船舶處於直線航行動態，壓縮演算法判斷航向差小於角度閾值且船舶移動距離較少，因而有較大的資料壓縮量。

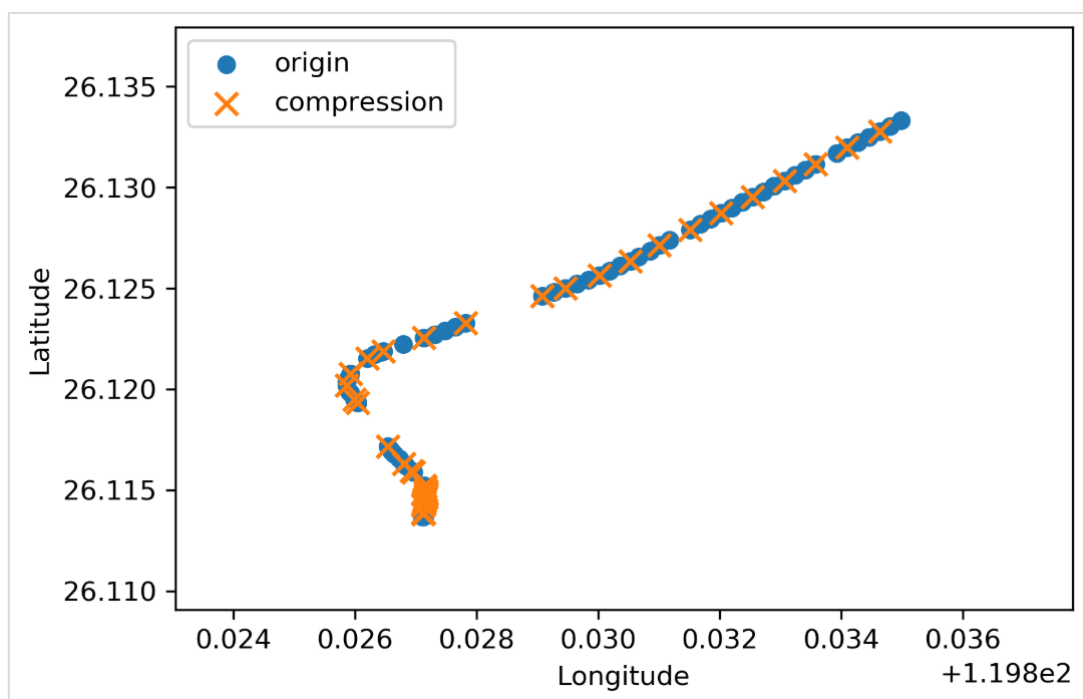


圖2.17 視覺化圖例之資料壓縮處理

第三章 船舶航行安全監測與預測系統

2012 年多倫多大學Hinton教授與其學生在圖像識別競賽中使用圖形處理器 (Graphics Processing Unit, GPU) 加上卷積神經網路 (Convolutional Neural Network, CNN)^[13]，以16%的錯誤率一舉拿下競賽冠軍後，掀起了人工智慧的熱潮，更吸引大眾與媒體注意人工智慧發展的目光。深度學習則是人工智慧發展中成長最快速的領域，深度學習是一種模擬人類神經網路運作方式的大數據分析技術，主要是透過大量的資料源結合演算法進行訓練建立一預測模型，並導入新資料利用預測模型進行相關目標的預測分析。為有效提升船舶海上航行安全與周遭海域船舶活動監測，本研究延續前期研究成果以全解碼的AIS解碼資料為樣本，收集完整的AIS船舶動、靜態資訊，並完成對AIS樣本資料進行初步的錯誤數據整理及資料壓縮。接著在此章節，研究將以人工智慧深度學習演算法為基礎利用完成預處理的AIS資料建立海上船舶航行安全預測模型，系統架構如圖3.1所示

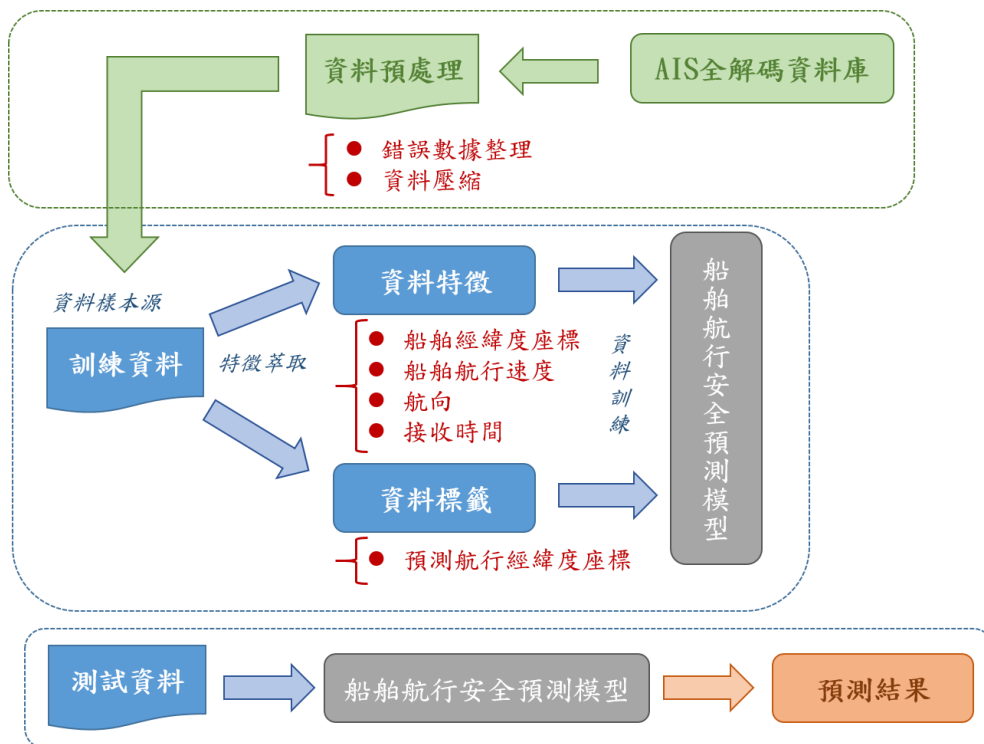


圖3.1 系統架構

3.1 特徵與標籤分類

根據ITU-R M.1371-5建議書^[12]，已定義的AIS訊息資料類型有27種，分別適用於Class A和Class B資料傳輸使用，而每種資料類型所定義的欄位格式和存放資訊內容又有所差異，以訊息1至訊息3來舉例，該資料類型為Class A進行船舶位置訊息回報所適用，而訊息5則用來回報Class A靜態或航行相關數據。因每一種資料類型所含的資訊有所不同，AIS標準中針對每一種資料類型的訊息內容亦分別規劃了不同的訊息格式。因此在完成AIS數據整理與壓縮後，研究需要再依據這些資料類型進行初步的訊息內容分類(特徵萃取)。由於模型的目標為學習船舶的航行行為，因此需要將完成預處理的AIS資料部分欄位做為資料特徵，在這裡資料特徵可以視作影響預測結果的相關參數，包括船舶經緯度、航向、航速及時間，而標籤則是系統模型之預測結果，亦即代表所預測的船舶經緯度座標。

在完成特徵萃取取得資料特徵與標籤後，則開始進行資料訓練。於此，研究分別以固定取樣間隔及隨機取樣間隔兩種方式進行資料訓練處理。固定取樣間隔方式是以5筆資料為一固定取樣間隔，而隨機取樣間隔方式則是在1至3筆資料間採用隨機取樣間隔的方式，利用兩種不同取樣方式進行資料訓練，主要是希望藉以在後續系統預測分析時，能有效評估不同資料訓練方式，其預測分析精度之影響性。其固定取樣與隨機取樣方式之結果如圖3.2與圖3.3所示，訓練資料由3筆特徵(f_1 、 f_2 、 f_3)及1筆標籤(L)組成，其中特徵的時間欄位(t_1 、 t_2 、 t_3)為3筆特徵與標籤的接收時間差。

以固定4筆間隔方式進行AIS資料特徵與標籤之取樣：

	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
f_1	432629000.0	15.7	121.853577	21.381045	231.0	2019-05-28 15:30:26
	432629000.0	15.8	121.852103	21.379937	231.0	2019-05-28 15:30:50
	432629000.0	15.8	121.846888	21.376150	232.0	2019-05-28 15:32:15
	432629000.0	15.8	121.846443	21.375845	232.0	2019-05-28 15:32:21
	432629000.0	15.8	121.845700	21.375303	232.0	2019-05-28 15:32:32
f_2	432629000.0	15.8	121.844270	21.374270	232.0	2019-05-28 15:32:56
	432629000.0	15.8	121.842412	21.372907	232.0	2019-05-28 15:33:26
	432629000.0	15.8	121.841663	21.372363	232.0	2019-05-28 15:33:38
	432629000.0	15.9	121.840163	21.371277	232.0	2019-05-28 15:34:02
	432629000.0	15.9	121.838662	21.370193	232.0	2019-05-28 15:34:26
f_3	432629000.0	15.9	121.837530	21.369380	232.0	2019-05-28 15:34:44
	432629000.0	15.9	121.836782	21.368835	232.0	2019-05-28 15:34:56
	432629000.0	15.9	121.836337	21.368522	232.0	2019-05-28 15:35:02
	432629000.0	15.8	121.828163	21.362505	231.0	2019-05-28 15:37:15
	432629000.0	15.8	121.827493	21.361995	231.0	2019-05-28 15:37:26
L	432629000.0	15.8	121.826320	21.361127	231.0	2019-05-28 15:37:45

特徵					標籤	
	lon1	lat1	t1	cog1	sog1	
f_1	121.853577	21.381045	439.0	231.0	15.7	L
	lon2	lat2	t2	cog2	sog2	
f_2	121.844270	21.374270	289.0	232.0	15.8	
	lon3	lat3	t3	cog3	sog3	
f_3	121.837530	21.369380	181.0	232.0	15.9	

圖3.2 AIS資料特徵與標籤固定取樣方式

以隨機1至3筆間隔方式進行AIS資料特徵與標籤之取樣：

	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
f_1	432629000.0	15.7	121.853577	21.381045	231.0	2019-05-28 15:30:26
	432629000.0	15.8	121.852103	21.379937	231.0	2019-05-28 15:30:50
	432629000.0	15.8	121.846888	21.376150	232.0	2019-05-28 15:32:15
f_2	432629000.0	15.8	121.846443	21.375845	232.0	2019-05-28 15:32:21
	432629000.0	15.8	121.845700	21.375303	232.0	2019-05-28 15:32:32
	432629000.0	15.8	121.844270	21.374270	232.0	2019-05-28 15:32:56
	432629000.0	15.8	121.842412	21.372907	232.0	2019-05-28 15:33:26
f_3	432629000.0	15.8	121.841663	21.372363	232.0	2019-05-28 15:33:38
	432629000.0	15.9	121.840163	21.371277	232.0	2019-05-28 15:34:02
	432629000.0	15.9	121.838662	21.370193	232.0	2019-05-28 15:34:26
	432629000.0	15.9	121.837530	21.369380	232.0	2019-05-28 15:34:44
L	432629000.0	15.9	121.836782	21.368835	232.0	2019-05-28 15:34:56
	432629000.0	15.9	121.836337	21.368522	232.0	2019-05-28 15:35:02
	432629000.0	15.8	121.828163	21.362505	231.0	2019-05-28 15:37:15
	432629000.0	15.8	121.827493	21.361995	231.0	2019-05-28 15:37:26

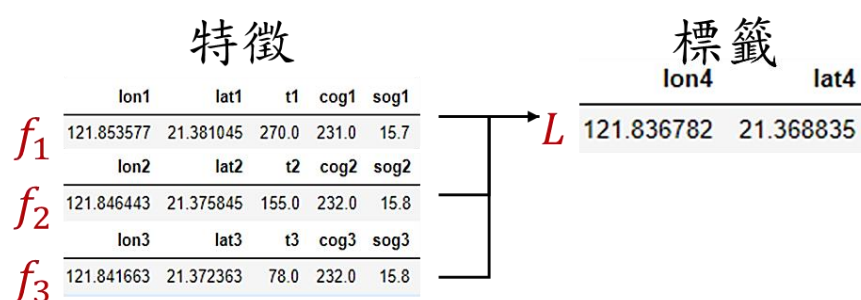


圖3.3 AIS資料特徵與標籤隨機取樣方式

3.2 系統模型建置

在完成不同AIS資料特徵與標籤取樣組合方式後，還需經學習演算法訓練產生一預測模型。由於船舶的AIS資料與時間成對應關係，且該對應關係只與前一個時間狀態有關聯。在神經網路模型中，循環神經網路(Recurrent Neural Network, RNN)架構特殊的隱藏層結構，使其非常適合處理時間序列。循環神經網路是一種具有短期記憶的神經網路，其原理是將神經元的輸出或隱藏層再接回神經元的輸入，使輸出值不僅僅受當下的輸入訊號影響，也受到過去本身的輸出或隱藏層所影響，由於這樣的特性，循環神經網路與其它神經網路相比更適合處理序列數據，因此循環神經網路已經被廣泛運用於語音辨識、語意分析及語言翻譯等領域。循環神經網路有兩種架構，第一種為Elman network、第二種為Jordan network，Elman network使用上一個時間戳記(Timestamp)的隱藏層做為其中一個輸入訊號，在架構上較符合AIS的資料特性，其架構如圖3.4所示：

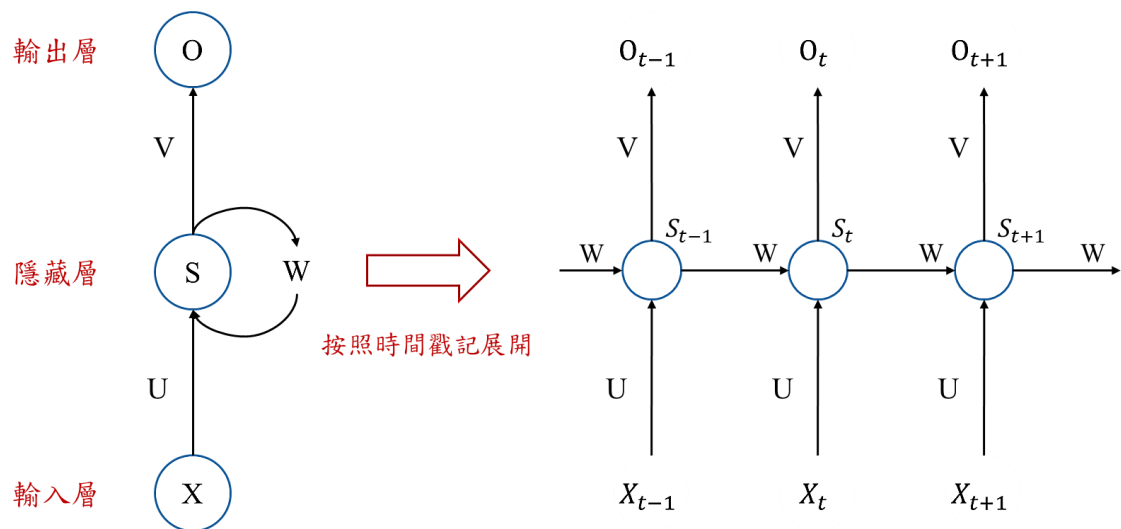


圖3.4 Elman network架構

從圖3.4可以得知。循環神經網路在不同時間戳記的輸入訊號為(X_{t-1} 、 X_t 、 X_{t+1})、隱藏層為(S_{t-1} 、 S_t 、 S_{t+1})、輸出為(O_{t-1} 、 O_t 、 O_{t+1})、激活函數為($\tanh$ 、 f)且權重為(U 、 V 、 W)分別對應不同來源。在輸入訊號為 X_t 時的隱藏層為(3.1)式、輸出為(3.2)式，其中輸出層的激活函

數則可依網路需求做修改，隱藏層的激活函數固定為 $\tanh$ 函數，如圖3.5所示。

$$S_t = \tanh(UX_t + WS_{t-1}) \dots \dots \dots (3.1)$$

$$O_t = f(VS_t) \dots \dots \dots (3.2)$$

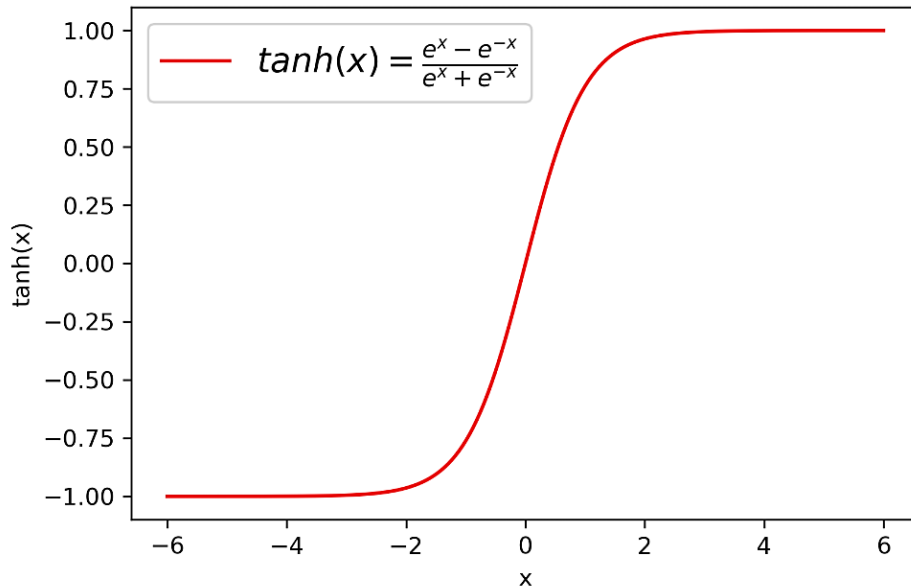


圖3.5 $\tanh$ 函數

長短期記憶網路是循環神經網路的一個變形，主要是為了解決循環神經網路中的長期依賴問題，循環神經網路在處理較長序列數據時，由於隱藏層會持續與權重相乘並透過 $\tanh$ 函數轉換，使距離目前時間戳記較遠的訊息影響力相當小，導致網路難以學習到其訊息。而長短期記憶網路則可透過三個控制閥(Gate)與單元狀態(Cell state)來決定訊息的儲存與丟棄進而解決該問題。長短期記憶網路中三個控制閥分別為Forget Gate、Input Gate及Output Gate，Forget Gate功能為透過當下的輸入與上一個時間戳記的輸出，決定要從單元狀態中刪除多少訊息。Input Gate功能為透過當下的輸入與上一個時間戳記的輸出，決定要將那些訊息加進單元狀態。Output Gate功能為透過當下的輸入與上一個時間戳記的輸出，決定要取單元狀態中的那些部分做為輸出。長短期記憶網

路架構如圖3.6所示。其中每個黃色方格代表一個人工神經元、上一個時間戳記的輸出為 h_{t-1} 、上一個時間戳記的單元狀態為 C_{t-1} 、當下的輸入為 X_t 、sigmoid函數為 σ ，如圖3.7所示。

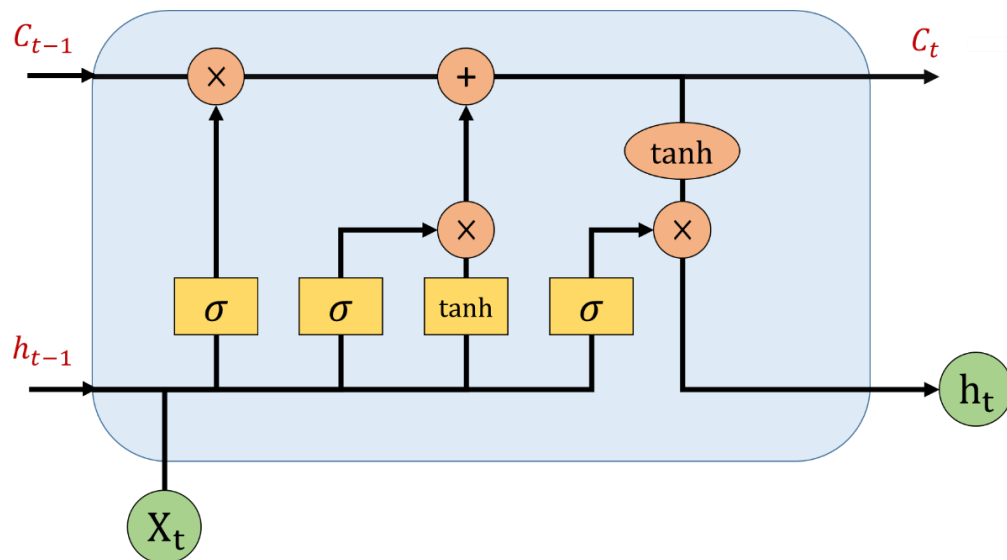


圖3.6 長短期記憶網路架構

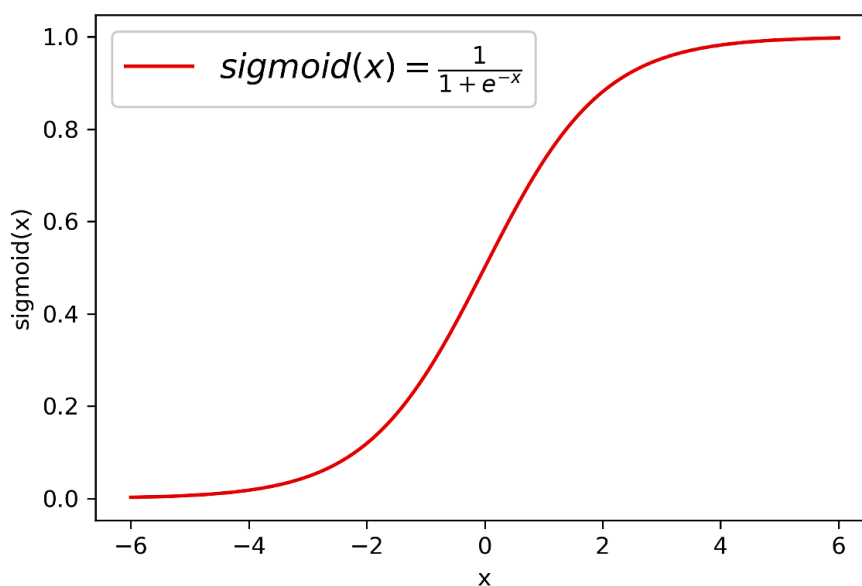


圖3.7 sigmoid函數

以下研究將針對長短期記憶網路中的三個控制閥動作進行說明：

1. Forget Gate

如圖3.8所示，Forget Gate包含一個人工神經元(黃色方格)。當下的輸入為 X_t 、上一個時間戳記的輸出為 h_{t-1} 、 sigmoid 函數為 σ ，將 X_t 與 h_{t-1} 做為輸入並經過 sigmoid 函數轉換後產生 f_t (3.3)式， f_t 會與 C_{t-1} 相乘，決定要從 C_{t-1} 刪除多少訊息， f_t 的範圍在0~1之間，0代表全部刪除，反之1代表全部保留。

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_f) \dots \dots \dots (3.3)$$

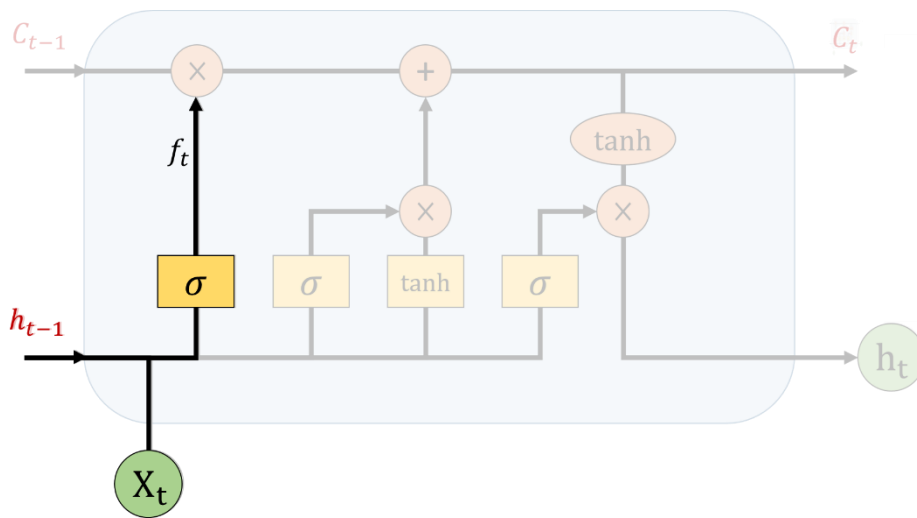


圖3.8 Forget Gate

2. Input Gate

如圖3.9所示，Input Gate中包含兩個人工神經元。 X_t 為當下之輸入、 h_{t-1} 為上一時間戳記的輸出，而上一時間戳記的單元狀態則是 C_{t-1} ，將 X_t 與 h_{t-1} 做為輸入並分別經過 sigmoid 與 tanh 函數轉換後產生 i_t (3.4)式及 $\tilde{C}_t$ (3.5)式， i_t 會與 $\tilde{C}_t$ 相乘，決定要從 $\tilde{C}_t$ 中取出多少訊息與 $f_t * C_{t-1}$ 相加產生新的單元狀態 C_t (3.6)式，其中 $\tilde{C}_t$ 採用 tanh 做為激活函數的目的為將訊息轉換至-1~1間來壓縮訊息。

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_i) \dots \dots \dots (3.4)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_C) \dots \dots \dots (3.5)$$

$$C_t = f_t * C_{t-1} + i_t * \tilde{C}_t \dots \dots \dots (3.6)$$

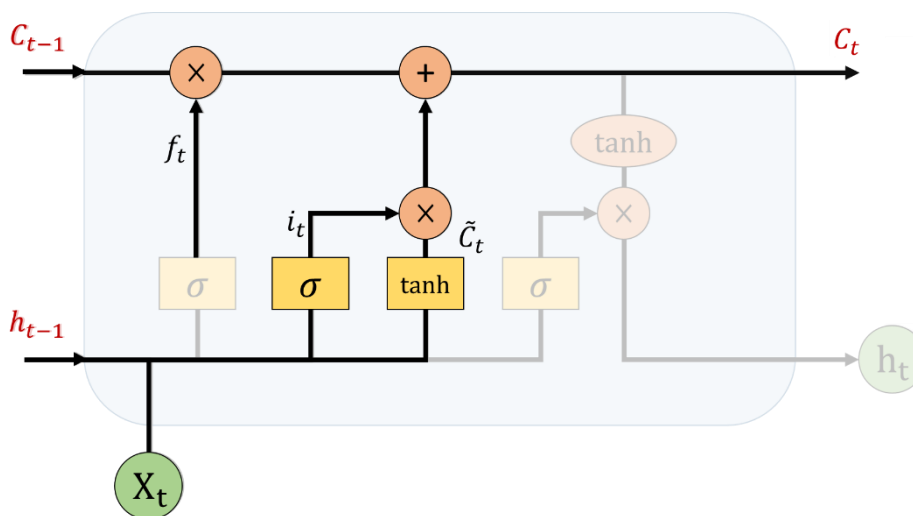


圖3.9 Input Gate

3. Output Gate

如圖3.10所示，Output Gate中包含一個人工神經元。將 X_t 與 h_{t-1} 做為輸入並經過sigmoid函數轉換後產生 o_t (3.7)式， o_t 會與經過tanh函數轉換過的 C_t 相乘，決定要從 C_t 中取出多少訊息做為當下的輸出 h_t (3.8)式。

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, X_t] + b_o) \dots \dots \dots (3.7)$$

$$h_t = o_t * \tanh(C_t) \dots \dots \dots (3.8)$$

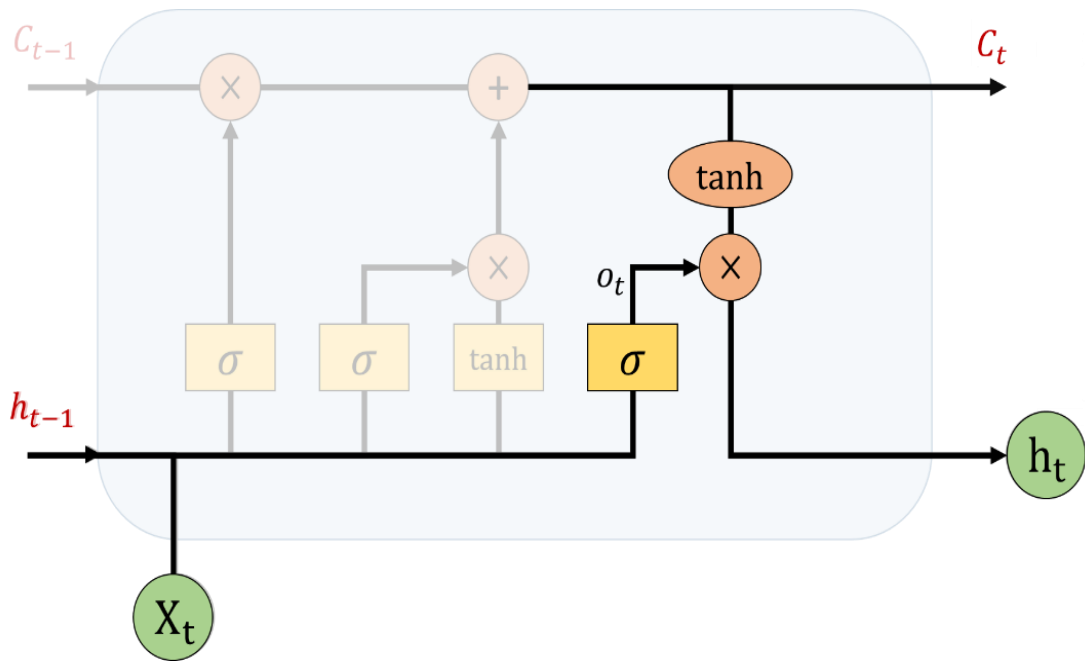


圖3.10 Output Gate

循環神經網路雖然能透過過去時間戳記的隱藏層或輸出決定當下的輸出，但如果可以同時透過過去時間戳記與未來時間戳記的訊息決定當下的輸出，對於預測模型在處理大量序列數據時會具備更好的效果^[14]。其中雙向循環神經網路(Bi-directional Recurrent Neural Network, BRNN)即符合此特性，該網路架構是使用兩個循環神經網路分別對序列數據進行前向及反向運算，且兩個循環神經網路連接著同一個輸出層，這樣的架構使每一個時間戳記的輸出都是透過完整的序列數據所決定，如圖3.11所示。雙向循環神經網路在不同時間戳記的輸入訊號為 $(X_{t-1}、X_t、X_{t+1})$ 、激活函數為 (f) 、權重為 $(W_1、W_2、W_3、W_4、W_5、W_6)$ 分別對應不同來源。雙向循環神經網路在輸入訊號為 X_t 時的前向層如(3.9)式、反向層如(3.10)式、輸出層則為(3.11)式，其中雙向架構只要是循環神經網路架構皆可相容。

$$h_t = f(W_1 X_t + W_2 h_{t-1}) \dots \dots \dots (3.9)$$

$$h_{\hat{t}} = f(W_3 X_t + W_5 h_{\hat{t}+1}) \dots \dots \dots (3.10)$$

$$O_t = W_4 h_t + W_6 h_{\hat{t}} \dots \dots \dots (3.11)$$

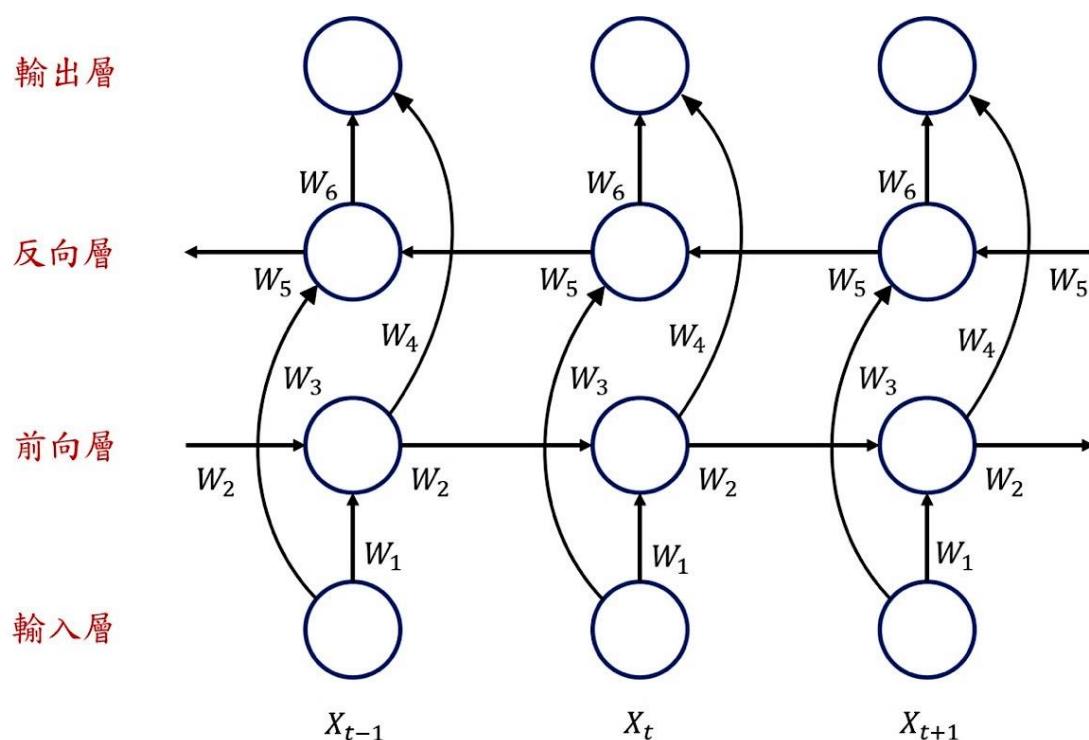


圖3.11 雙向循環神經網路架構

綜合前述各神經網路特性分析，本研究在系統預測模型建置部分，係採用功能性較佳的長短期記憶網路(Long Short-Term Memory, LSTM)，並結合能夠處理大量序列數據特性的雙向循環神經網路架構做為建置船舶行為預測的模型架構。其模型的目標為學習船舶的航行行為，在前述3.1節研究亦已說明特徵萃取是以AIS資料的部分欄位做為資料特徵，包括經緯度座標、航向、航速及接收時間，而標籤則是預測船舶航行的經緯度座標。其中，90%的資料是做為訓練資料提供給模型進行資料訓練，10%資料則做為測試資料提供給模型進行效能評估。後續研究將於3.3節船舶行為預測中呈現系統預測模型之成果。

3.3 船舶行為預測

此次研究之系統預測模型架構是由2層雙向LSTM及2層全連接層所組成，其模型架構如圖3.12所示。

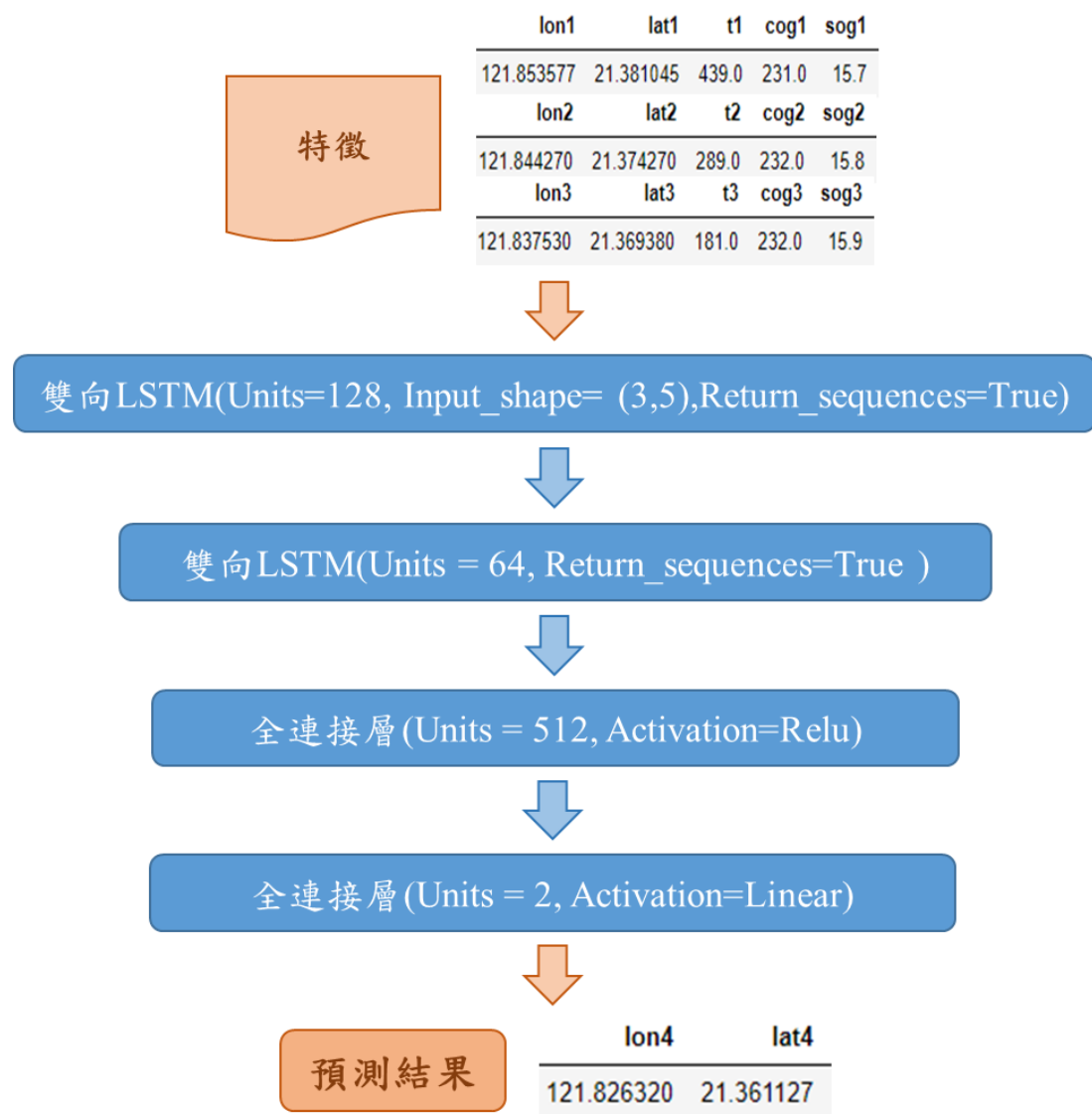


圖3.12 系統預測模型架構

由於每筆訓練資料由3筆AIS資料特徵組成，其中每筆AIS資料特徵又包含船舶經緯度座標、航向、航速及時間5個欄位數據，因此模型第1層輸入型態為(3,5)的設定，使雙向LSTM在3個時間戳記分別以1組特徵做為輸入。而模型輸出層為包含2個神經元的全連接層，代表模型預測的船舶經緯度座標。後續研究將分別以固定取樣間隔以及用隨機取樣間隔的方式來比較差異性，並依時間差及經緯度區間數據量，進行預測結果的呈現。其隨機取樣間隔預測結果之平均誤差為284公尺、固定取樣間隔預測結果的平均誤差則是320公尺，平均誤差為系統預測結果與船舶實際經緯度座標之大圓距離。

圖3.13為使用隨機取樣間隔方式之系統預測結果。其中， t 表示第三筆特徵與標籤的時間差(s)，可以發現相較於 $t < 240$ 時間差而言， $t > 1200$ 的預測結果較差，在 $t > 1200$ 之時間差的預測結果平均誤差為814公尺，而 $t < 240$ 之時間差的預測結果平均誤差為267公尺。從AIS資料隨機取樣間隔分析表中可以發現第三筆資料特徵與標籤平均時間差落在201秒，由此可知在數據中若第三筆特徵與標籤的時間差距較大的話，將會產生較高的預測誤差。

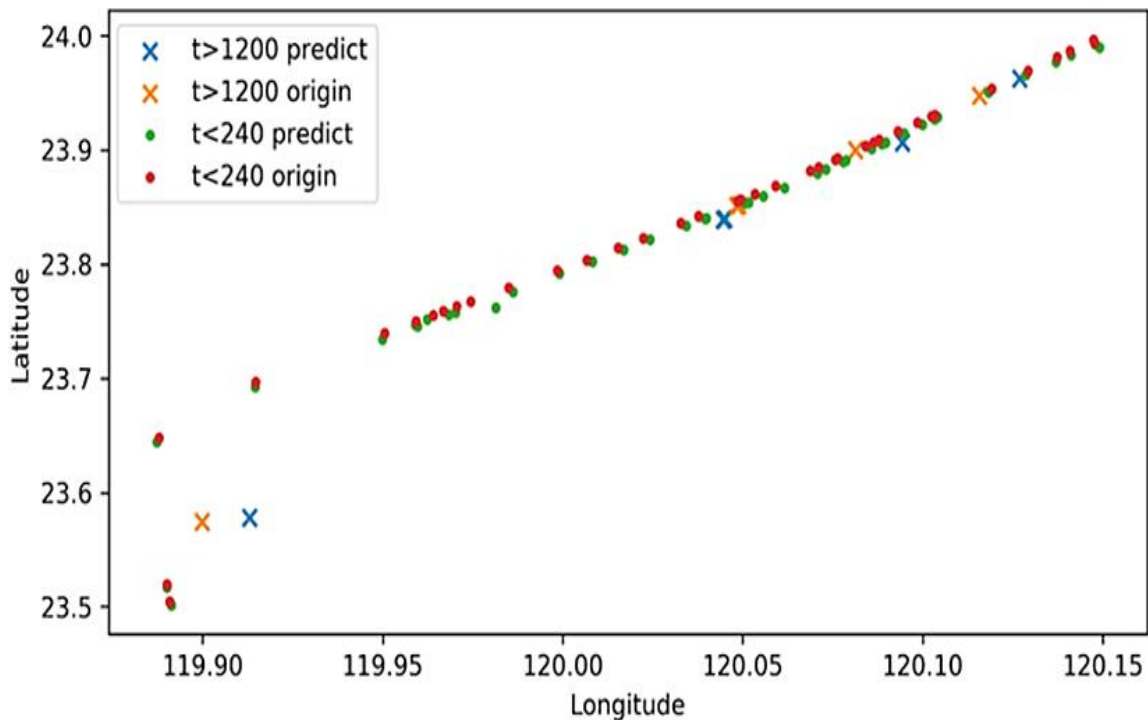


圖3.13 AIS資料隨機取樣間隔預測結果

表3- 1 AIS資料隨機取樣間隔分析

Mean	Min	25%	50%	75%	Max
201	21	97	142	239	1799

圖3.14為使用固定取樣間隔方式之系統預測結果。可以發現 $t > 1200$ 時間差的預測結果相較於 $t < 240$ 時間差的預測結果而言較差， $t > 1200$ 之時間差的預測結果平均誤差為1,261公尺、 $t < 240$ 時間差的預測結果平均誤差為351公尺。根據表3-2分析資料顯示，第三筆資料特徵與標籤平均時間差落240秒。因此，可以知道2種取樣方式皆有第三筆特徵與標籤的時間差距較大導致誤差率上升的情況。

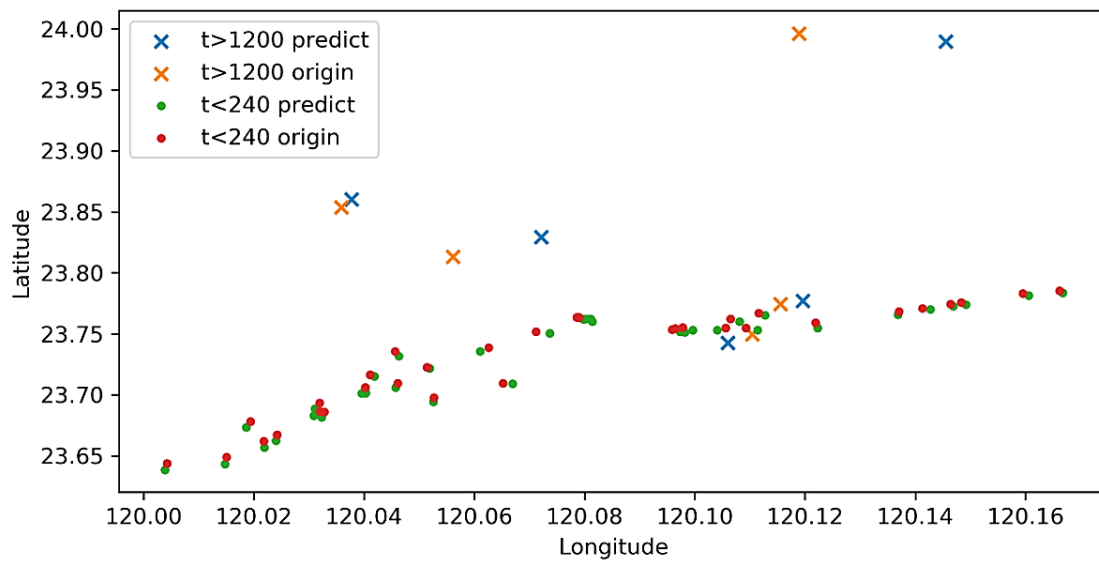


圖3.14 AIS資料固定取樣間隔預測結果

表3-2 AIS資料固定取樣間隔分析

Mean	Min	25%	50%	75%	Max
240	55	122	204	262	1799

接著，為證明預測區域範圍大小與預測精度之間不具影響關聯，研究以預測模型分別對固定及隨機取樣間隔方式進行區域性範圍預測。如圖3.15所示，系統預測模型以東經120至120.5、北緯23.5至24做為預測範圍。而圖3.16則是以東經122.5至123、北緯21.5至22做為系統預測模型之範圍的結果。以圖3.15為例，此範圍之隨機取樣間隔數據量佔整體隨機取樣間隔資料的1.1664%，平均誤差值為370公尺，而固定取樣間隔數據量佔整體固定取樣間隔資料的1.8075%，平均誤差值為379公尺。以圖3.16為例，此範圍之隨機取樣間隔數據量佔整體隨機取樣間隔

資料的0.00144%，平均誤差值為1,322公尺，固定取樣間隔數據量則佔整體固定取樣間隔資料的0.0012%，平均誤差值為963公尺。

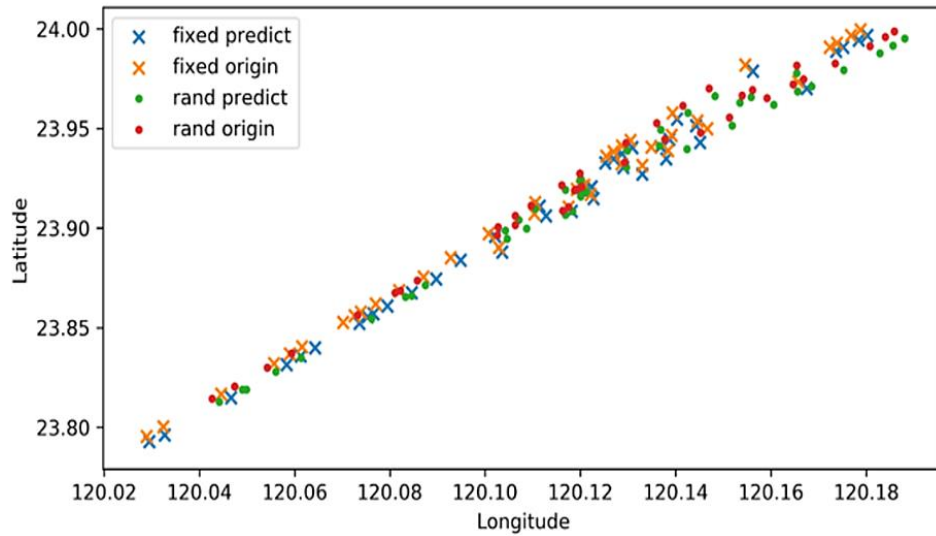


圖3.15 系統區域性範圍預測結果 (a)

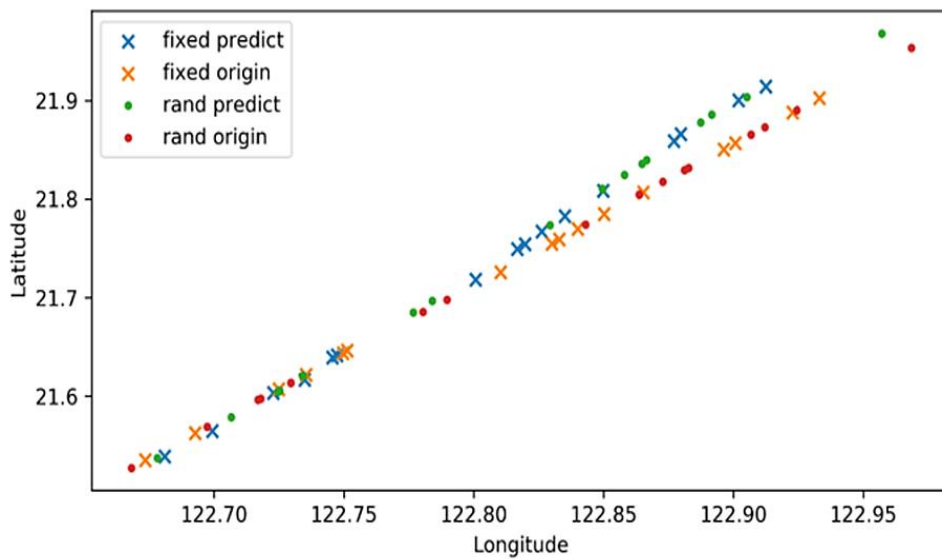


圖3.16 系統區域性範圍預測結果 (b)

3.4 系統預測精度優化

在系統預測精度優化方式，研究除了持續進行系統預測模型演算法與不同資料組合方式外，並建置另一系統預測模型，並與原預測模型

進行參數設定及預測精度之比較與其差異分析。其優化後之船舶航行安全預測模型架構如圖3.17所示。在模型架構方面，增加了第二層雙向LSTM的神經元數，藉以提升模型的學習能力，並使用TimeDistributed層使雙向LSTM的每個時間戳記之輸出應用至全連接層上，提高雙向LSTM對模型的影響力。在訓練資料處理方面，則是將最大預測時間改為10分鐘，由前一船舶行為預測系統模型結果可以看出，過高的最大預測時間會大幅降低模型對時間欄位的學習能力，且欲以AIS資料特性準確預測20至30分鐘後的船舶經緯度座標將會產生較大的誤差。

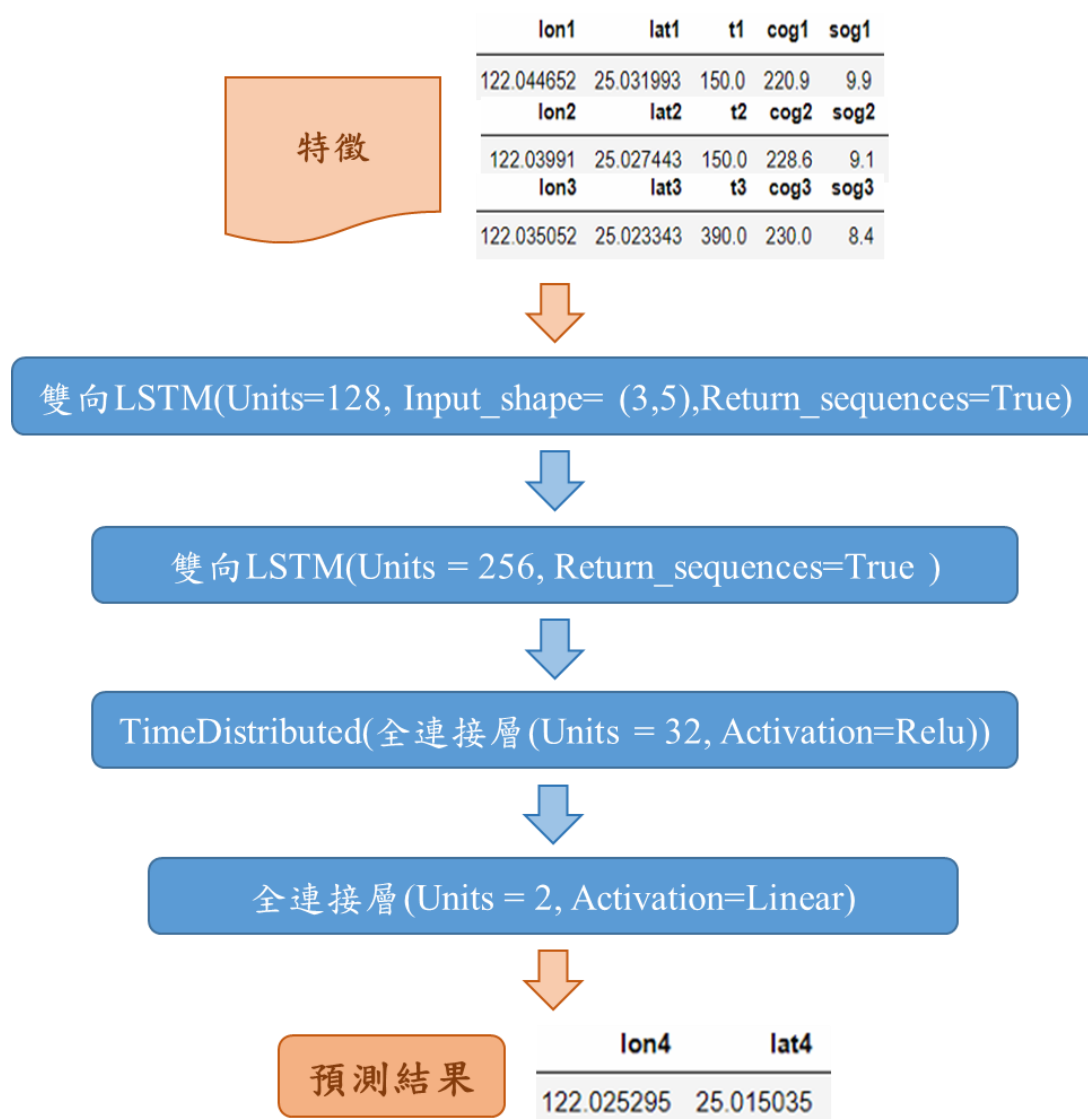


圖3.17 優化後之船舶航行安全預測模型

以下研究將進行優化後之船舶航行安全預測模型隨機取樣間隔之預測結果，以及依據時間差及經緯度區間數據量之預測結果的呈現。其隨機取樣間隔的平均誤差為119公尺。其中平均誤差為系統預測結果與船舶實際經緯度座標之大圓距離。

圖3.18為預測模型使用隨機取樣間隔進行預測之結果。t表示第三筆特徵與標籤的時間差(s)，可以發現與原系統預測模型有著相同問題，在t>268的預測結果相較於t<268的預測結果來說是較差的，而t>268的預測結果的平均誤差則下降至157公尺，t<268預測結果的平均誤差則是106公尺。在使用優化後的船舶航行安全預測模型能夠大幅的降低平均誤差且差距也能有效縮小。由此可知優化的系統預測模型對t數值有著較好的適應能力。

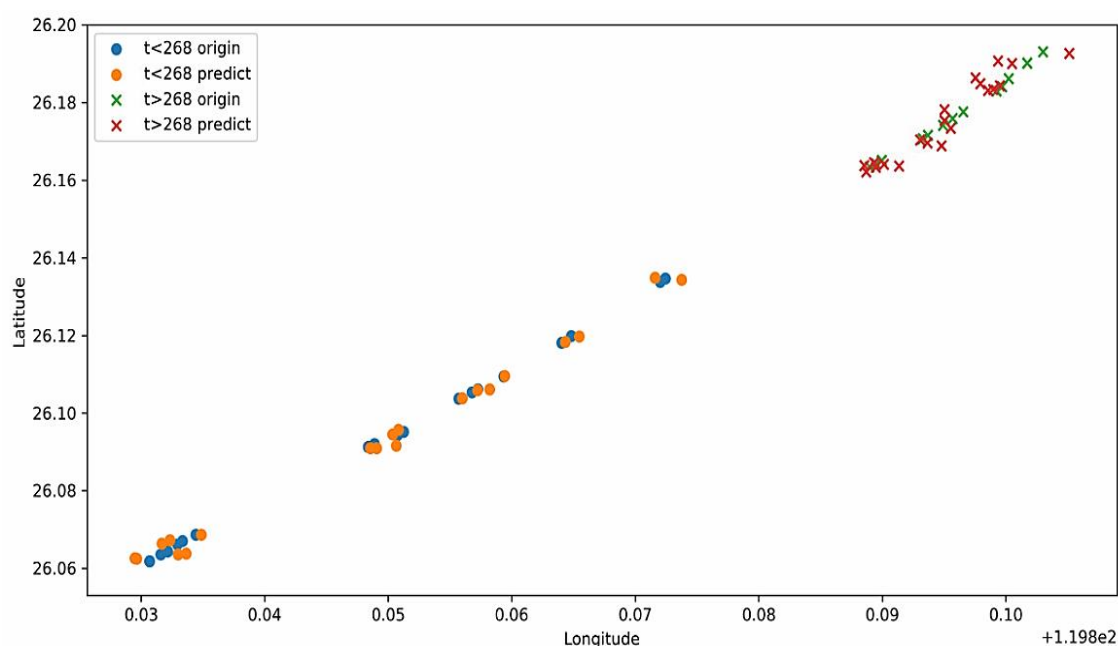


圖3. 18 優化系統預測模型之預測結果

表3- 3 優化系統預測模型之AIS資料隨機取樣間隔分析

Mean	Min	25%	50%	75%	Max
225	33	160	201	268	600

接著，研究同樣以優化之系統預測模型對進行區域性範圍預測，證明預測區域範圍大小與預測精度之間不具影響關聯。圖3.19為東經119.5至120、北緯23.5至24做為預測範圍之結果。圖3.20則是以東經122至122.5、北緯21.5至22做為預測範圍之預測結果。

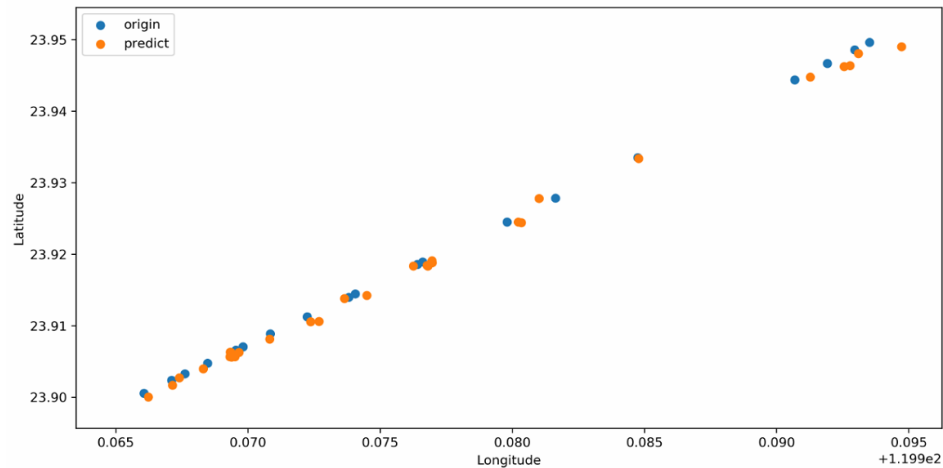


圖3.19 優化之系統預測模型區域性範圍預測結果 (a)

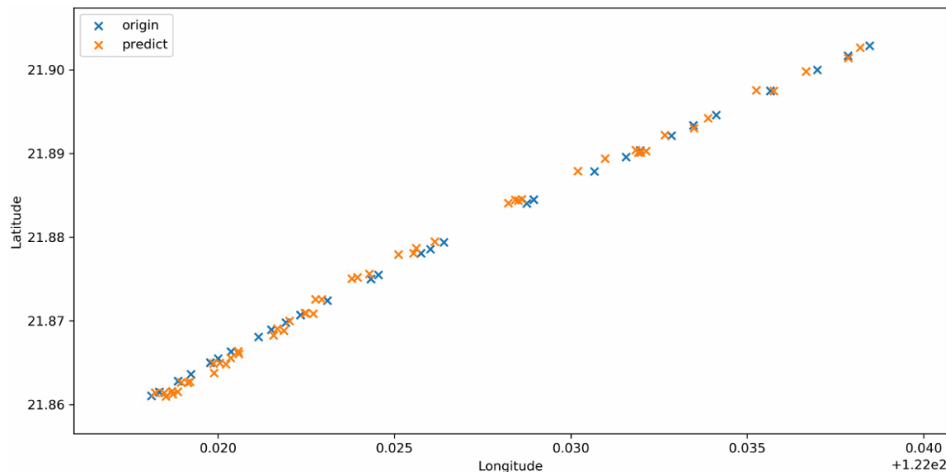


圖3.20 優化之系統預測模型區域性範圍預測結果 (b)

以圖3.19為例，此範圍數據量佔整體數據量的2.003%，平均誤差值為115公尺。以圖3.20為例，此範圍數據量則是佔整體數據量的0.044%，平均誤差值為124公尺。在深度學習的模型中，雖無法避免數據量因為佔整體數據量較少而有較大的誤差結果。但研究在優化系統預測模型後，已能有效縮小兩者間差距，亦即代表模型的預測更為平滑，並不會過度擬合部分資料。

第四章 船舶航行安全大數據資料庫資料應用

本次研究在建置船舶航行安全大數據資料庫最主要目的是期望能夠透過監測AIS資料中的船舶航行訊息，評估船舶是否發生航行異常與碰撞風險，予以避免海上航行船舶發生事故。基此，研究將以系統預測模型之預測結果結合一船舶航行安全評估系統的方式，進一步針對船舶船艙異常、偏離航道及碰撞風險的監測進行規劃，使系統在獲得船舶未來航行經緯度座標後，進而評估船舶是否有偏離航道與發生碰撞的可能性存在。船舶航行安全評估系統架構，如圖4.1所示。

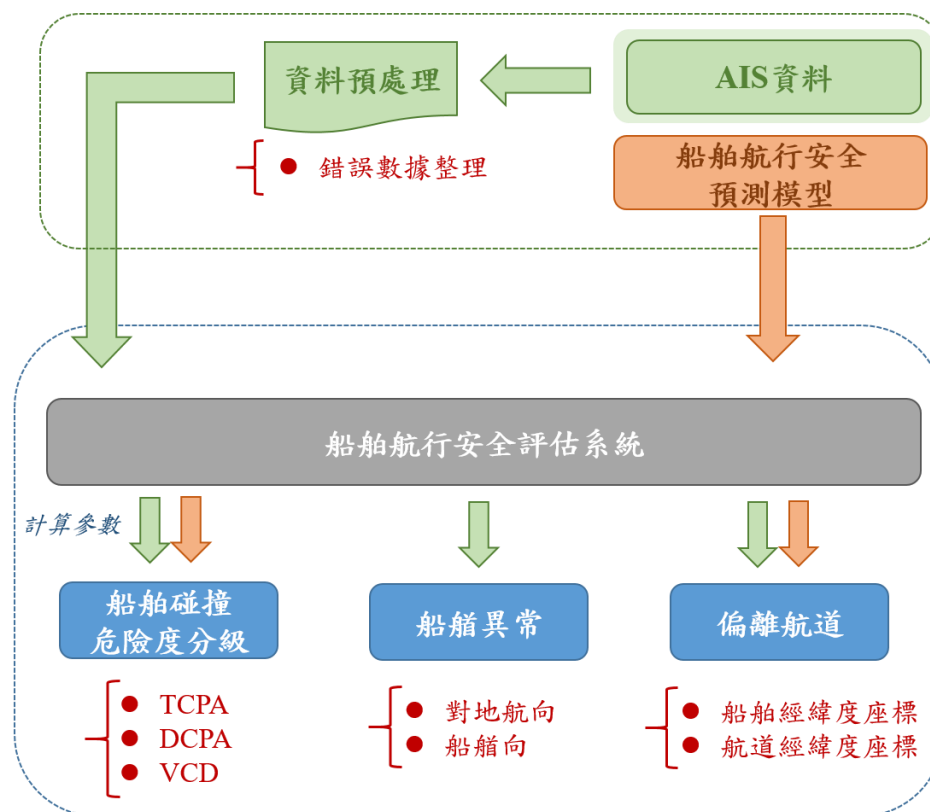


圖4.1 船舶航行安全評估系統

4.1 船舶航行異常

船舶航行安全評估系統主要監測船舶兩種航行異常狀態，分別為船艙異常與偏離航道。其中船艙異常代表船舶有可能因機件故障或天

候不佳等原因，失去自主控制能力，導致船舶未依照船艏向行駛。如圖4.2所示，當船舶AIS資料中對地航向與船艏向攸位相差45度以上，系統將判定該船舶船艏異常。偏離航道則代表船舶有意違反運送契約所規定之航道或未航行在慣用航道內。目前系統在偏離航道告警的測試場域是以交通部公告之彰化外海離岸風電區南北向航道做一系統實測範圍，此航道位於兩離岸風電區範圍之間，在航道臨近風電區的範圍則設有兩浬安全距離，一般情況下船舶禁止駛入。基此，研究將以該範圍做為系統偏離航道告警功能的測試場域。

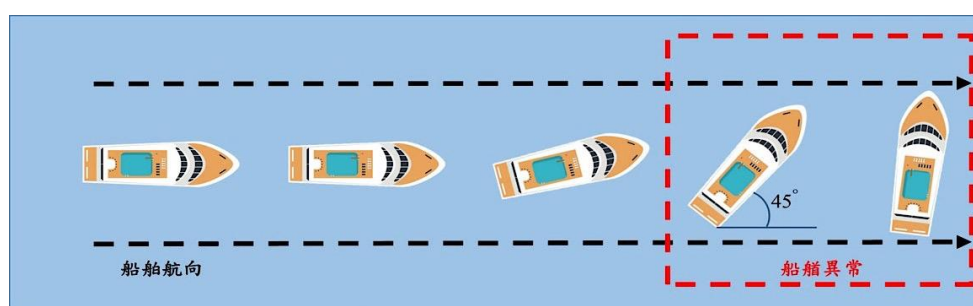


圖4.2 船艏異常示意

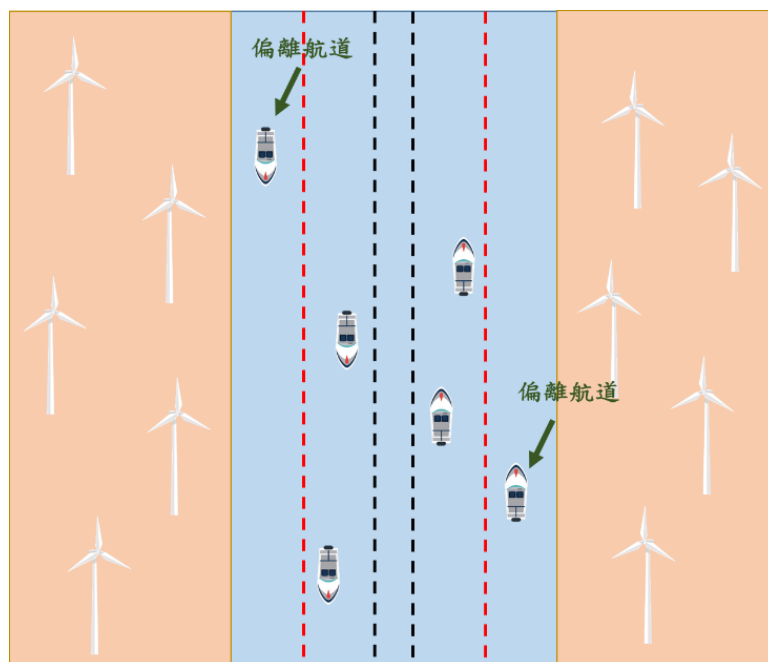


圖4.3 偏離航道示意

圖4.4為系統進行船舶航行異常判斷流程。首先計算AIS資料中對地航向與真航向差之絕對值 C ，若 C 大於45度，代表船舶有船舶異常的情況，則將此船資料包裝成XML檔。完成船舶異常數據篩選後，使用射線法計算船舶經緯度座標與禁航區相交次數，若 N 為偶數，代表船舶在禁航區外，反之則代表船舶在禁航區內，系統判定船舶偏離航道，並將此船資料包裝成XML檔。

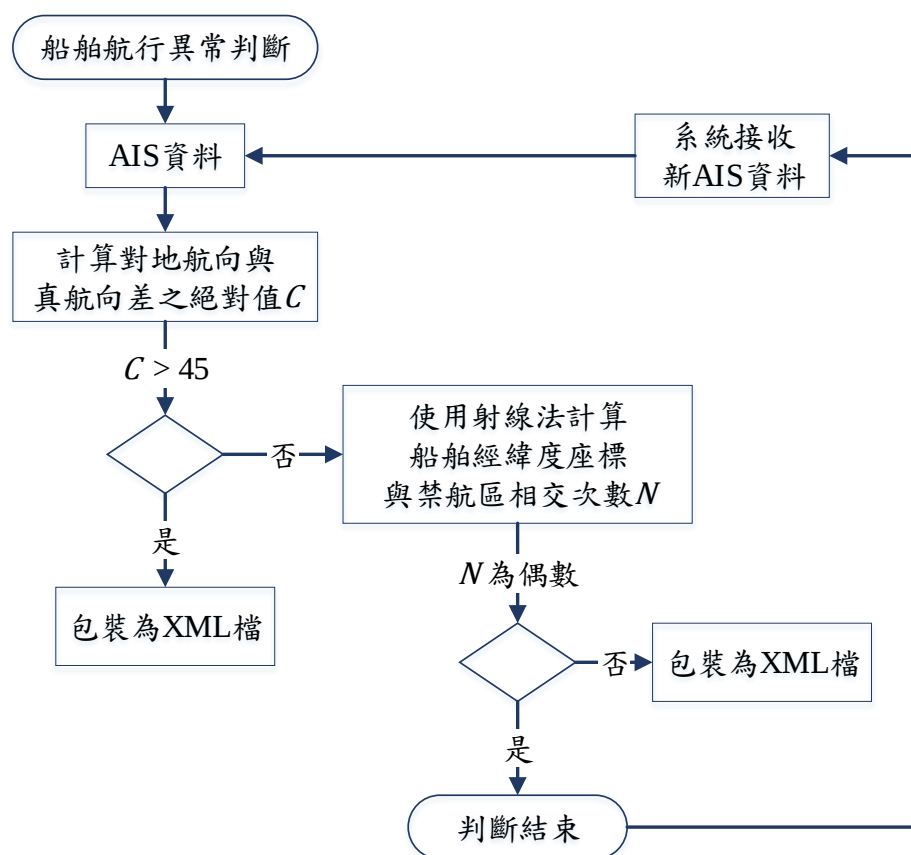


圖4.4 船舶航行異常判斷流程

接著研究參考文獻^[15]所提及之射線式奇偶演算法，用以判斷船舶是否航行於禁航區。此演算法可以判斷任意一點所在位置是否於多邊形內外部或邊界上。

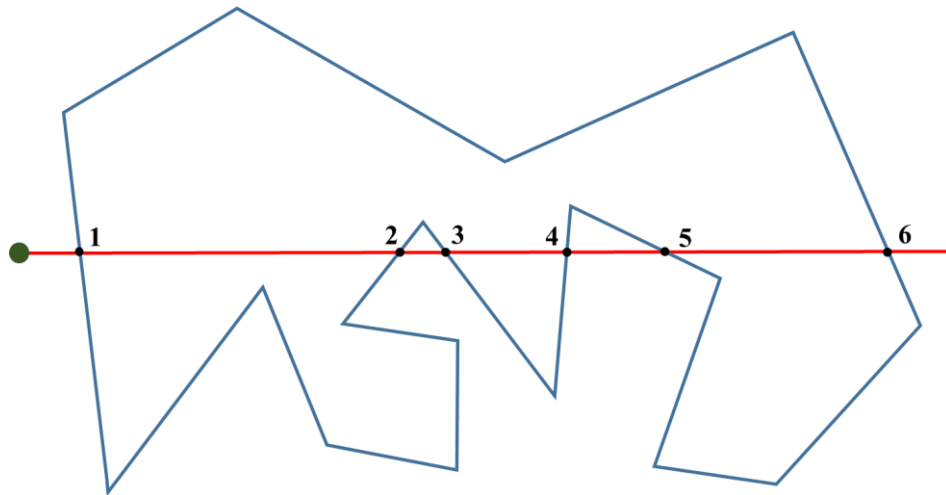


圖4.5 射線式奇偶演算法判別示意

圖4.6為射線式奇偶演算法流程。首先定義 N 為0，並取風電區任一邊界兩點經緯度座標，判斷兩點緯度是否相同，若相同則結束此邊界運算，反之則繼續判斷船舶緯度是否介於邊界緯度內，若不在邊界緯度內則代表射線與所有邊界皆無相交，船舶在禁航區外。反之則繼續判斷船舶經度是否介於邊界經度內，若不在邊界經度內則繼續判斷船舶經度是否皆大於邊界經度，若於邊界經度則代表射線與所有邊界皆無相交，船舶在禁航區外，反之代表射線與邊界相交， N 加1。若在邊界經度內，則計算邊界直線方程式，並將船舶緯度代入求得 Z 值，若船舶經度大於 Z ，代表射線與所有邊界皆無相交，船舶在禁航區外，反之代表射線與邊界相交， N 加1。當所有邊界都計算完成後，判斷 N 是否為偶數，若是則代表船舶位於禁航區外，反之則代表船舶在禁航區內，系統會將此船舶數據包裝為XML檔。

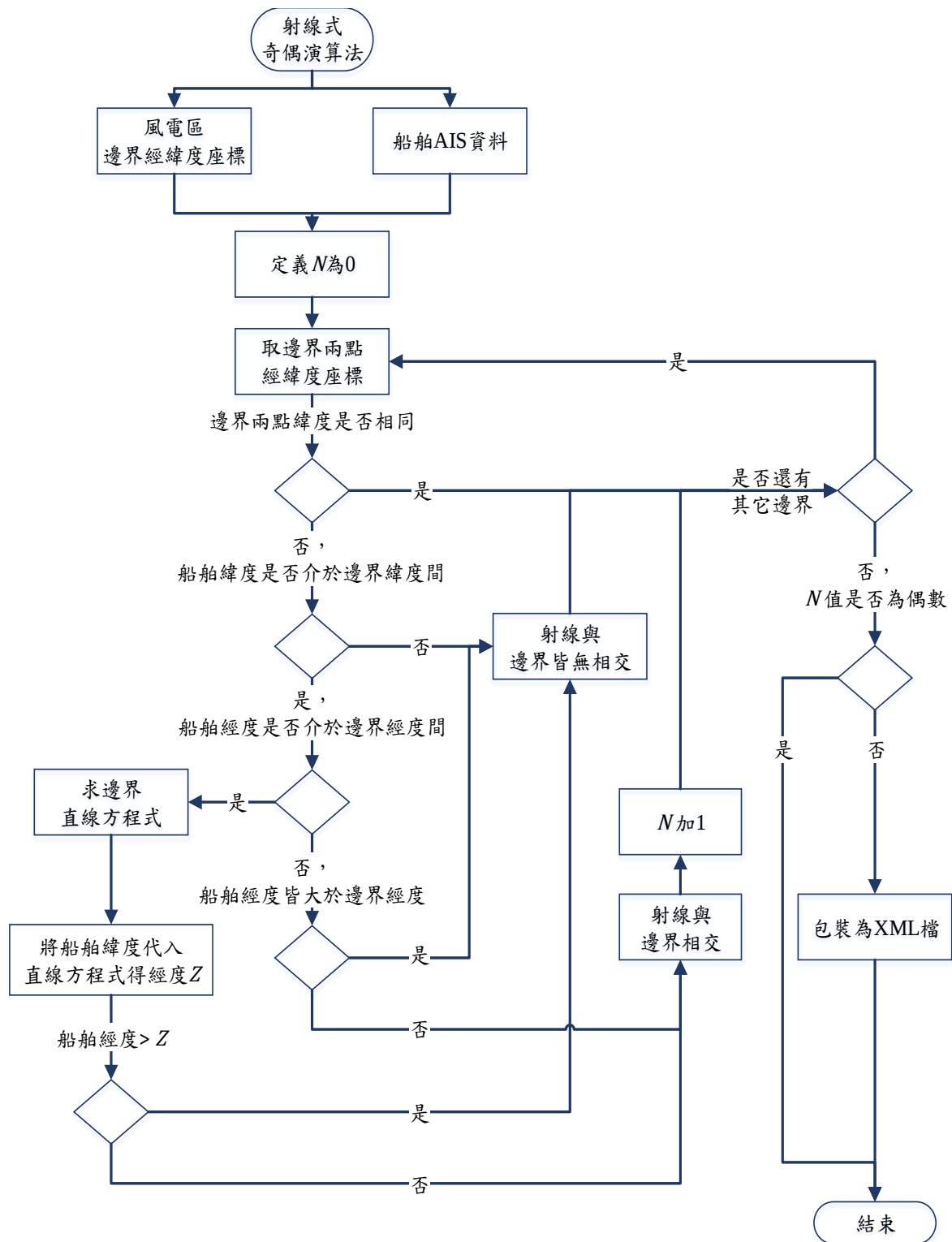


圖4.6 射線式奇偶演算法流程

以下將以AIS資料做為船舶航行安全評估系統輸入數據，並結合本中心AIS暨DSC即時資訊整合系統，展示船舶異常與偏離航道研究成果。船舶航行安全評估系統若判斷船舶出現船舶異常，則將船舶數據包裝為XML檔，並傳送至AIS暨DSC即時資訊整合系統顯示，其成果畫面如圖4.7所示。



圖4.7 船舶異常功能開啟

如圖4.8所示，以MMSI：412458890的船舶資訊為例。在系統顯示介面將船舶異常功能開啟後，系統即在介面中顯示出船舶異常之船舶圖示。點選該船舶圖示後所顯示該艘船舶的詳細資訊則可看出該船舶航向為207.4度、真航向為264度，兩者相差56.6度，已超出系統所規範的45度。



圖4.8 船舶異常船舶資訊

船舶航行安全評估系統若判斷船舶出現偏離航道狀況，則將船舶資訊包裝為XML檔，並傳送至AIS暨DSC即時資訊整合系統顯示。如圖4.9所示，在系統顯示介面將航道預警的功能開啟後，系統即在介面中顯示出偏離航道之船舶圖示。點選該船舶圖示後則可顯示該艘船舶的詳細資訊

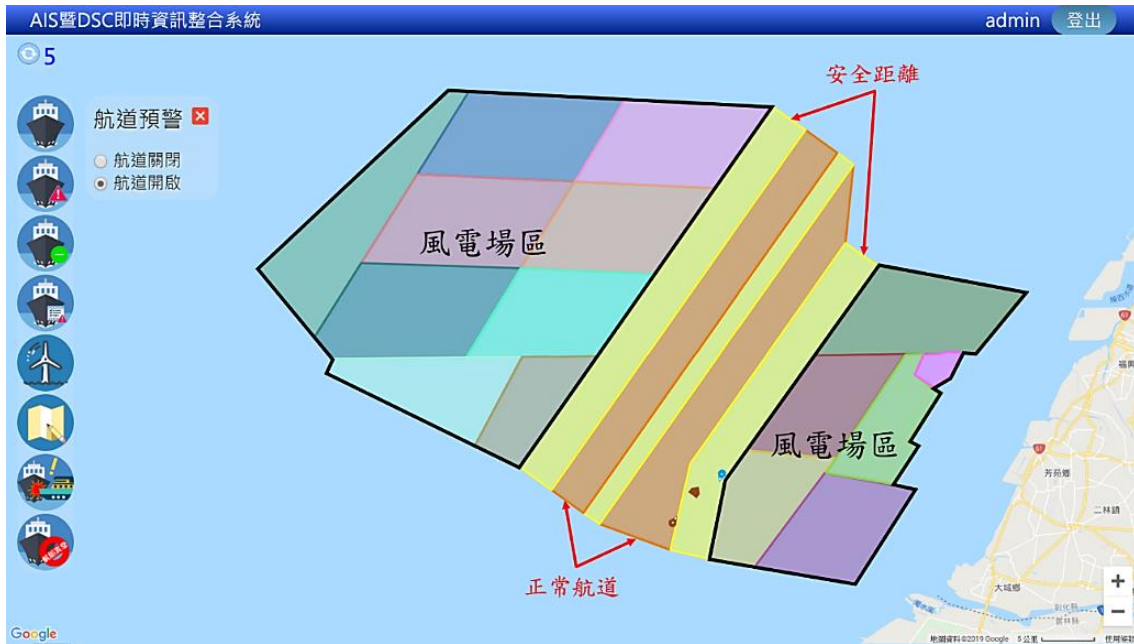


圖4.9 航道預警功能開啟

如圖4.10所示，以MMSI：235074593之船舶為例。可以從系統顯示介面得知該船舶已航行在風電區與航道間的禁航區範圍。

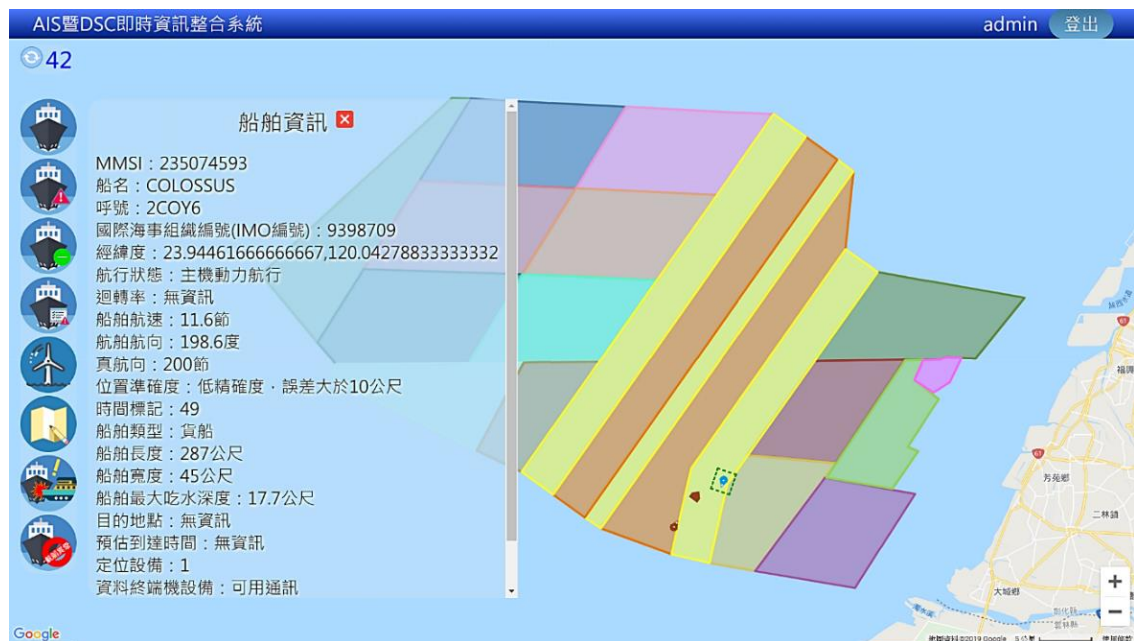


圖4.10 偏離航道船舶資訊

接著，圖4.11為研究以船舶航行安全預測模型進行船舶偏離航道預警案例。在此畫面中，系統會同時顯示該船舶現在位置與船舶下一航行點的預測位置，圖例中實心框線的船舶圖示為船舶現在位置，而虛框線則是系統預測模型預測船舶下一航行點的未來位置。點選該船舶預測位置之圖示則可顯示出系統預測該船舶的動態資訊及靜態資訊，以及航行至該位置的時間。

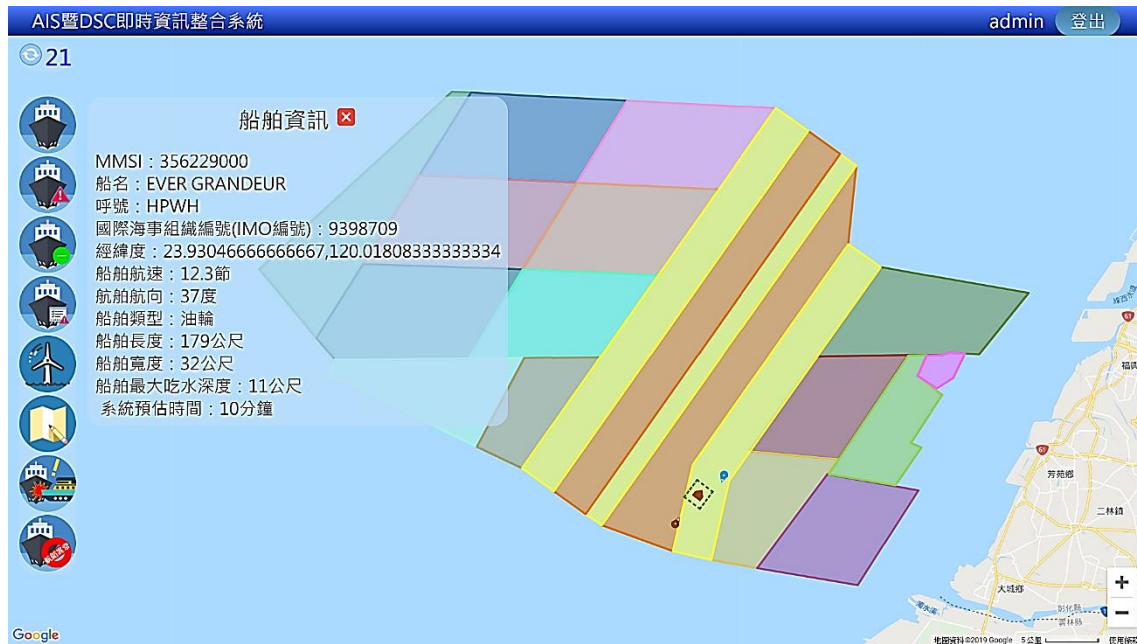


圖4.11 系統預測船舶偏離航道資訊

4.2 船舶碰撞危險度分級

船舶航行安全評估系統是以兩船間的DCPA、TCPA及VCD三個碰撞資訊進行計算，評估船舶間的碰撞風險，並給予碰撞危險度分級，使相關人員可以更直觀的了解各船的碰撞危險度。其中DCPA與TCPA是評估船舶碰撞風險中最具代表性的兩個參數，DCPA為本船與目標船依現在航線的最接近點距離(浬)，TCPA為本船航行至最接近點距離的時間(分)。實際海上操舵船舶的船員也是透過計算本船與它船間的DCPA與TCPA進行碰撞風險評估。圖4.13為VCD示意，VCD為兩船兩個時間的方向角(Bearing)相減之絕對值，透過VCD即可知道兩船航線是否改變。

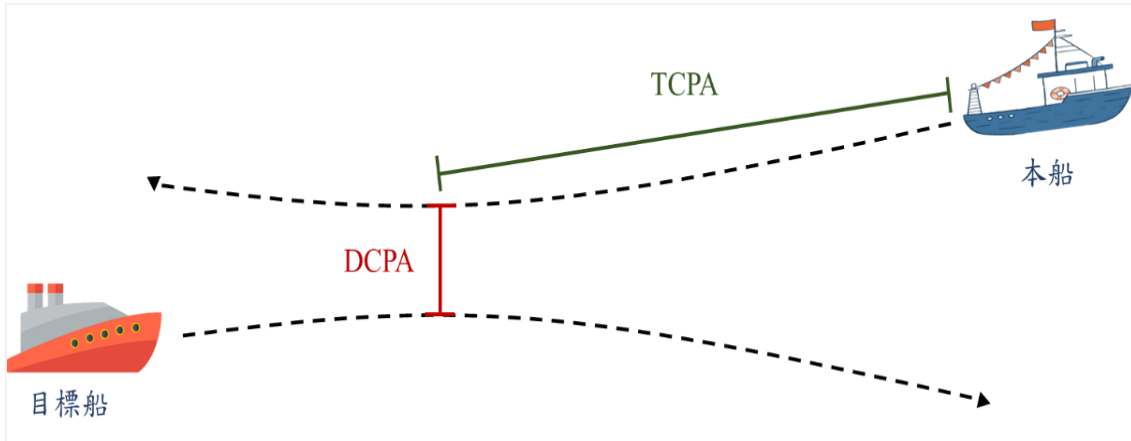


圖4.12 DCPA與TCPA示意

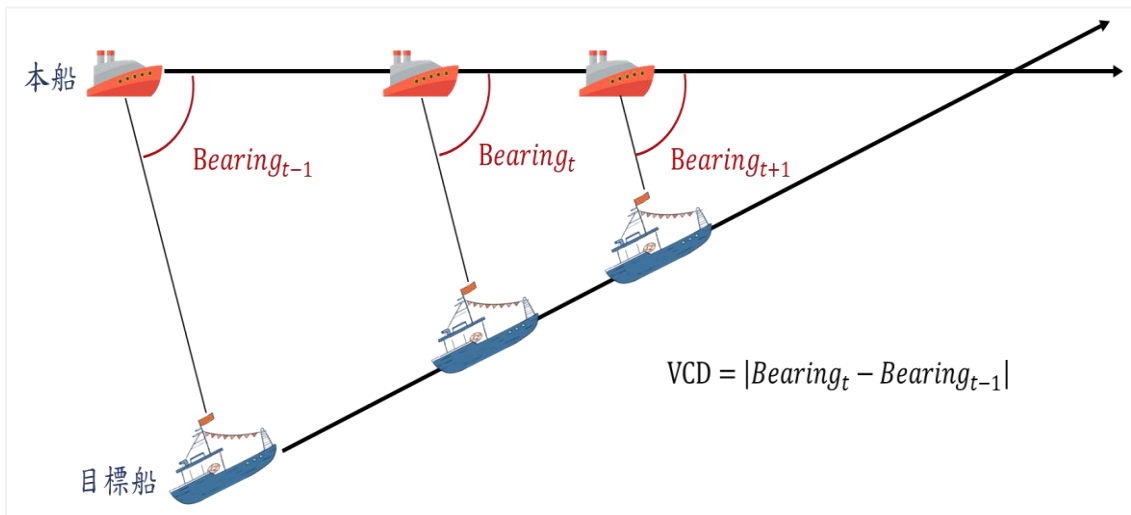


圖4.13 VCD示意

圖4.14為船舶碰撞危險度分級流程。在碰撞分級的參數設定是參考文獻^[10, 17]進行相關的參數設定。首先計算各船間的大圓距離 D (浬)，若 D 小於6浬，則將兩船AIS資料及 D 保留，反之代表兩船距離較遠系統不予計算。初步篩選後計算兩船間的DCPA、TCPA及Bearing，若兩船在系統內已有上述三個參數，則更新系統內兩船參數、計算VCD，並依照碰撞分級標準給予兩船碰撞危險度後，儲存至系統且包裝為XML檔，反之則僅於系統儲存。完成數據更新後，若數據已超過10分鐘未更新，即刪除數據。

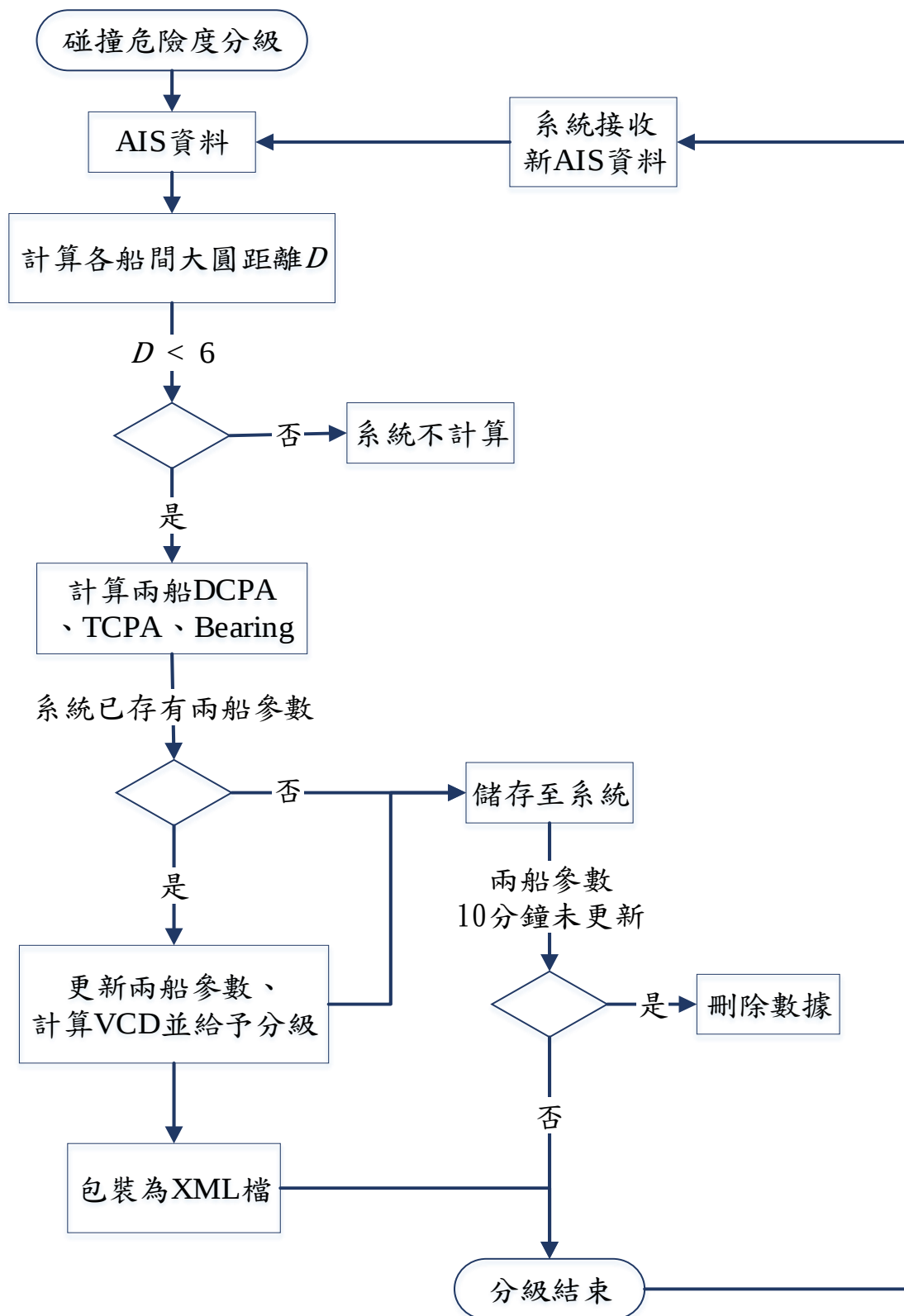


圖4. 14 船舶碰撞危險度分級流程

表4- 1 碰撞分級標準

危險等級	DCPA(浬)	TCPA(分)	VCD(度)
重度	1.0	12	4
中度	2.0	20	7.5
輕度	3.5	30	15

接著，研究將說明DCPA與TCPA計算方法，該計算方法參考文獻^[16]所提出之DCPA與TCPA算法。首先令本船經緯度座標為 (lon_1, lat_1) 、航速為 (V_1) 、航向為 (C_1) ，目標船經緯度座標為 (lon_2, lat_2) 、航速為 (V_2) 、航向為 (C_2) 。本船與目標船的航向差為(4.1)式、相對速度為(4.2)式、相對航向為(4.3)式、相對方位為(4.4)式、相對舷角為(4.5)式、本船與目標船大圓距離為D浬、DCPA為(4.6)式、TCPA為(4.7)式。

$$\alpha = \begin{cases} C_1 - C_2 + 360, & C_1 - C_2 < -180 \\ C_1 - C_2, & -180 \leq C_1 - C_2 \leq 180 \\ C_1 - C_2 - 360, & C_1 - C_2 > 180 \end{cases} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$V_r = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1V_2 \cos \alpha} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$C_r = \begin{cases} C_1 + \arccos\left(\frac{V_r^2 + V_1^2 - V_2^2}{2V_rV_1}\right), & \alpha \geq 0 \\ C_1 - \arccos\left(\frac{V_r^2 + V_1^2 - V_2^2}{2V_rV_1}\right), & \alpha < 0 \end{cases} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$B = \arcsin\left(\frac{\cos lat_2 \sin(lon_2 - lon_1)}{\arccos(\sin lat_1 \sin lat_2 + \cos lat_1 \cos lat_2) \cos(lon_2 - lon_1)}\right) \dots\dots\dots(4.4)$$

$$Q_r = C_r - B \dots\dots\dots(4.5)$$

$$DCPA = D \sin Q_r \dots\dots\dots(4.6)$$

$$TCPA = D \sin Q_r / V_r \dots\dots\dots(4.7)$$

接著則是Bearing計算方法如(4.8)式， (lon_1, lat_1) 為本船經緯度座標， (lon_2, lat_2) 為目標船經緯度座標。

$$Bearing = 90 - \arctan\left(\frac{lat_2 - lat_1}{lon_2 - lon_1}\right) \dots\dots\dots (4.8)$$

以下將以即時AIS資料及船舶航行安全預測模型的預測結果做為船舶航行安全評估系統輸入數據，並結合本中心AIS暨DSC即時資訊整合系統進行船舶碰撞危險度分級之研究成果展示。船舶航行安全評估系統在完成碰撞資訊計算並給予船舶碰撞危險度分級後，會將船舶數據與碰撞危險度分級包裝為XML檔，並傳送至AIS暨DSC即時資訊整合系統顯示，其成果畫面如圖4.15所示。



圖4.15 碰撞預警功能開啟

如圖4.16是使用即時AIS資料的兩艘船舶碰撞資訊已達中度危險。系統以紅色虛線連接兩船，點選虛線上的警示符號即顯示兩船的MMSI、

DCPA、TCPA、VCD及碰撞危險度，若需要船舶其它資訊則可點選船舶圖示，如圖4.17所示。



圖4.16 可能發生碰撞之兩船資訊



圖4.17 個別船舶之資訊

圖4.18為系統模型預測船舶下一航行點可能發生碰撞資訊達中度危險。系統以藍色虛線連接兩船，點選虛線上的警示符號即顯示兩船的MMSI、DCPA、TCPA、VCD、預估時間及碰撞危險度。點選船舶圖示則可顯示系統預測該船舶航行至此位置的相關資訊。



圖4.18 模型預測可能發生碰撞之兩船資訊



圖4.19 預測個別船舶之資訊

第五章 結論與建議

為維護我國海洋事務發展與永續經營之目標，此次研究之執行主要在於配合我國海洋政策發展進行整體系統之建置，並依據AIS全解碼資料庫的船舶資訊，解析我國周遭海域船舶航行特性，以及所設計船舶航行安全預測模型預測船舶航行動向，促進我國周遭海域的航行安全。

5.1 結 論

從前述研究目的、緣起我們可以知道海上船舶航行監測系統建置的重要與需求性，其重點與貢獻在於基於人工智慧基礎海上船舶航行為預測系統建置後的能量衍生，並以涵蓋整體海上船舶航行為預測層面的方式對其功能與介面進行設計及功能建置，由於AIS提供之資料廣泛，且功能訴求各有所不同，在結合後端資料庫、資料探勘、深度學習演算法等分析預測技術後，我們將能提供多元化的海上船舶航行為預測功能與資訊，協助有關單位進行相關應用及研究。研究成果除可做為船舶航安監測應用外，亦能藉此延伸或整合其它智慧化船舶監測技術，擴大此次研究執行之效益。此外在系統後續規劃上也可在樣本資料來源部分增加海象、氣候等資料，使預測分析的運算條件更加健全，有助提升船舶航行安全大數據資料庫完整性並優化智慧化船舶航行安全監測與預測系統之效能。綜合本次研究相關成果提出下述幾點相關結論：

1. 完成船舶航行安全大數據資料庫建置所需之樣本數據的研析，並從中進行數據的收集、分類，以及針對獲取之大量AIS資料進行預處理。主要是因為樣本數據品質對於系統預測模型的影響性相當大，樣本源若有太多錯誤數據，將會嚴重影響訓練資料階段的數據品質，進而造成後續系統預測模型失去其預測精度。而在錯誤數據整理過程中亦能夠透過AIS的錯誤數據進行錯誤數據於整體數據佔比分析及數據錯誤種類統計，以利提供做為後續AIS錯誤數據改善規劃之參酌。

2. 完成船舶航行安全預測系統模型建置，本次研究在建置船舶航行安全大數據資料庫最主要目的是期望能夠透過監測AIS資料中的船舶航行訊息，評估船舶是否發生航行異常與碰撞風險，予以避免海上航行船舶發生事故。在船舶航行安全預測系統模型建置完成後得以順利針對海上AIS船舶航行經緯度位置進行預測。此外，透過系統預測模型優化亦能將平均誤差縮小於115~124公尺範圍，參酌國外相關研究文獻其誤差約坐落於90~100公尺，相信未來在改善AIS錯誤數據問題與納入海氣象資料後，對於系統預測模型的預測精度將可有更加良好的助益。
3. 完成船舶航行安全評估系統建置，透過前述船舶航行安全預測系統的成果，其預測結果能夠提供船舶航行安全評估系統進行海上AIS船舶航行行為的相關監測應用，並能夠以安全評估系統為平台架構針對海上航安進行各項監測與預測功能之開發。
4. 完成船舶異常監測功能開發、偏離航道監測功能開發及船舶碰撞預測功能開發，並結合時間參數與預警時間週期的設定，使系統在監測與預測的分析運算過程，發現船舶可能處於異常行為狀態即發出告警通知，從而提供一輔助性質之船舶航安監測管理應用。

5.2 建議

透過此次執行船舶航行安全大數據資料庫應用與分析之研究開發過程，得以了解現今國內在海上船舶安全監測所面臨之實務問題以及船舶航行安全預警的實際需求。目前研究所完成成果包括：船舶航行安全大數據資料庫建置、船舶航行安全監測與預測系統建置及優化、船舶航行安全評估系統之功能開發。茲就此次研究開發提出相關建議：

1. 目前本研究所開發之船舶航行安全預測模型屬於離線學習模式，若需優化模型，只能透過蒐集新的資料加入歷史資料重新進行訓練，在未來若硬體效能許可情況下，則可將模型改為在線學習模式，模型即可在預測即時資料的同時進行優化。

2. 目前系統使用之資料是以AIS資料為系統預測模型的樣本資料源，然仍有少數船舶可能未加裝AIS系統設備又或是發送假資料之狀況。在未來研究中，應能提升系統樣本資料源多元化特性，加以結合相關航海資訊，如海氣象資料、國際海事衛星系統(International Maritime Satellite, INMARSAT)的相關資訊等，方可使系統對船舶航行的安全評估判斷更加全面且精確。
3. 在研究前期進行AIS資料預處理過程中，透過AIS錯誤數據整理步驟得以知悉資料庫接收的AIS資訊會有資料瑕疵之問題。為提升國內船舶AIS資訊的數據品質，應可進一步針對AIS資訊數據品質、錯誤原因、錯誤數據量佔比及改善方法進行相關的研究探討。
4. 此次研究開發之船舶航行異常的功能開發，包括船艙異常、偏離航道及船舶碰撞告警的實際場域測試是以交通部公告之彰化外海離岸風電區南北向航道做一系統實測範圍。在航道臨近風電區的範圍則設有兩哩海域範圍的安全距離，一般船舶禁止駛入。然目前國內離岸風電區與南北向兩航道間之海域範圍將規劃做為離岸風電工作船舶所使用航道，因此系統在識別船艙異常、偏航告警等部分則需考量如何避免是否因離岸風電工作船舶在管制區域內造成系統誤報的影響。
5. 考量我國相關單位在海事安全管理之責，建議可由交通部主導協調農委會等部會修訂法規，透過強制規範CT1以上漁船全部強制安裝AIS，俾利大型船舶，察覺附近作業漁船動態(特別在瞭望與雷達盲区中的船舶)，也有利相關單位在漁船在海事事故的搜救定位及船舶回跡回放。

5.3 成果效益與應用情形

綜整本研究開發成果，在完成系統預測模型優化後，目前系統預測結果平均誤差值約為115~124公尺，相較國外研究成果其誤差約坐落於90~100公尺。整體上雖仍有約20公尺範圍的預測誤差，但評估若後續針

對現階段AIS錯誤數據問題進行改善後，並修正學習演算法將海氣象資料，如風速、風向、示性波高及海洋流速等資料納入系統預測模型做為訓練資料，應可有更良好的預測精度。此外，考量國內離岸風電產業發展正值起步階段，對於海上離岸風電場區與船舶航安監測管理方面而言，船舶航行於離岸風電場區附近海域之監測更是尤為重要，以我國於苗栗竹南龍鳳漁港外海所架設的兩座4MW離岸風電示範機組為例，該風電機組為60至70公尺高之結構，其機組葉片直徑亦達60公尺長，且我國後續所規劃之離岸風機機組亦都是以大型風電機組為主，若因天災或人為等事件，在離岸風電區域造成風力發電機組損壞、坍塌，皆有可能產生船舶海上航行安全問題，更甚者可能導致嚴重的船舶海難事件發生。藉由系統成果的協助，將可提供制度化、系統化的管理，並達成保障海上船舶航行安全之目的。海洋科技及船舶航安監測等相關技術發展已是國內特別重視的議題之一，評估此次研究成果將能有效協助我國相關單位於船舶航行安全管理之效率。

參考文獻

- [1] N. Yuhanna, “The Forrester Wave™ : Big Data Fabric, Q2 2018.” *Forrester Research*, 2018.
- [2] Lloyd’s Register, “Group Review 2016,” *Global Marine Trends Publications*, 2016.
- [3] Organization for Economic Co-operation and Development, “Shipping intelligence weekly,” *CLarksons research*, 2016.
- [4] The Daily Star, “China presses on with new silk road plan,” 2015.
- [5] S. L. Kao, K. T. Lee, K. Y. Chang and M. D. Ko, “A Fuzzy Logic Method for Collision Avoidance in Vessel Traffic Service,” *The Journal of Navigation*, vol. 60(1) pp. 17-31, Jan. 2007.
- [6] C. H. Wen, P. Y. Hsu, C. Y. Wang and T. L. Wu, “Identifying Smuggling Vessels with Artificial Neural Network and Logistics Regression in Criminal Intelligence Using Vessels Smuggling Case Data,” *Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems (ACIIDS 2012)*, pp. 539-548, 2012.
- [7] W. M. Wijaya and Y. Nakamura, “Predicting Ship Behavior Navigating Through Heavily Trafficked Fairways by Analyzing AIS Data on Apache HBase,” *2013 First International Symposium on Computing and Networking*, Dec. 2013.
- [8] S. Mao, E. Tu, G. Zhang, L. Rachmawati, E. Rajabally, and G. B. Huang, “An Automatic Identification System (AIS) Database for Maritime Trajectory Prediction and Data Mining,” *Extreme Learning Machines 2016 (ELM-2016)*, pp. 241-257, July. 2016.
- [9] D. Nguyen, R. Vadaine, G. Hajduch, R. Garelo and R. Fablet, “A Multi-task Deep Learning Architecture for Maritime Surveillance using AIS Data Streams,” *The 5TH IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (IEEE DSAA 2018)*, Oct. 2018.
- [10] A. C. Bukhari, I. Tusseyeva, B. G. Lee, and Y. G. Kim, “An intelligent real-time multi-vessel collision risk assessment system from VTS view point based on fuzzy inference system”, *Expert Systems with Applications*, vol. 40(4) pp. 1220-1230, Mar. 2013.

- [11]M. Gao, G. Y. Shi, and W. F. Li, “Online compression algorithm of AIS trajectory data based on improved sliding window,” *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 18(3) pp. 218-227. June. 2018.
- [12]ITU-R M.1371-5, “Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band”, *Recommendation*, 2014.
- [13]G. E. Hinton, A. Krizhevsky, I. Sutskever, “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks” *25th International Conference on Neural Information Processing Systems*, vol. 1, pp. 1097-1105, Dec. 2012.
- [14]Y. L. Cun, Y. Bengio, and G. E. Hinton, “Deep learning,” *Nature*, vol. 521, pp. 436–444, 2015.
- [15]M. Galetzka, P. O. Glauner, “A Simple and Correct Even-Odd Algorithm for the Point-in-Polygon Problem for Complex Polygons” , *12th International Joint Conference on Computer Vision*, vol. 1, Feb. 2015
- [16]J. H. Zeng, “Research Of Method of Calculating Ship Collision Risk Index”, *College of Automation of Harbin Engineering University, Master of Telematics*, 2012.
- [17]羅逢源，吳東明，蘇東濤 “多目標船舶碰撞資訊的演算解析法”，*技術學刊*，22 卷，3 期，頁 243~252，2007。

附錄

附錄一

期中報告簡報資料

交通部運輸研究所 港灣技術研究中心研究計畫

期中報告審查會議

委託研究報告：MOTC-IOT-108-H2DB001g

研究計畫名稱：船舶航行安全大數據資料庫應用與分析

國立高雄科技大學 翁健二

Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



大 綱

□ 計畫背景

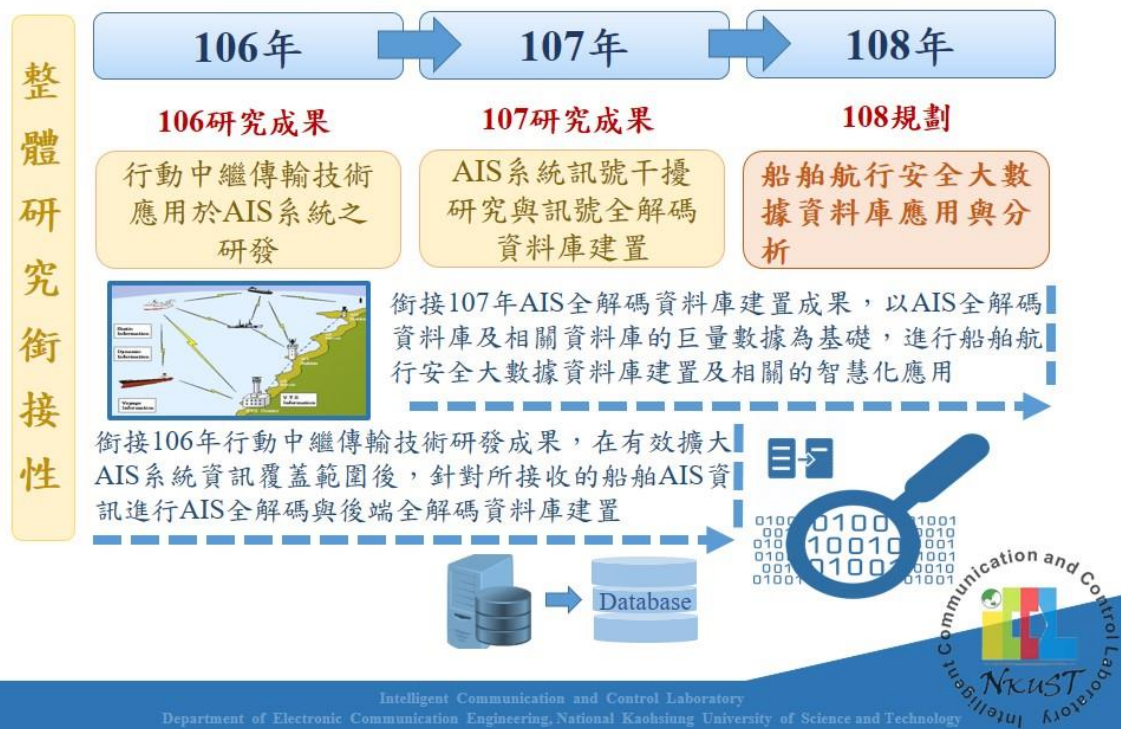
□ 計畫目標

□ 系統架構

□ 現階段研究成果

□ 模型預測結果展示

計畫背景



計畫目標

1

提升海上船舶海域航行安全

在水域交通密度持續增高的發展下，亦即海上航行環境是具有**高風險程度**的海上交通狀況，基此勢必須有一針對我國**海域船舶航行安全監測之系統**，協助相關單位對**海上船舶航安進行管理**。

2

船舶航行安全大數據資料庫開發

延續107年度所完成之AIS解碼資料庫建置成果，介接大量的**AIS解碼資料**，從而收集完整的AIS船舶動、靜態資訊做為**數據樣本源**，並將巨量的AIS船舶資訊運用在**船舶航行安全預測、異常行為預測**。

3

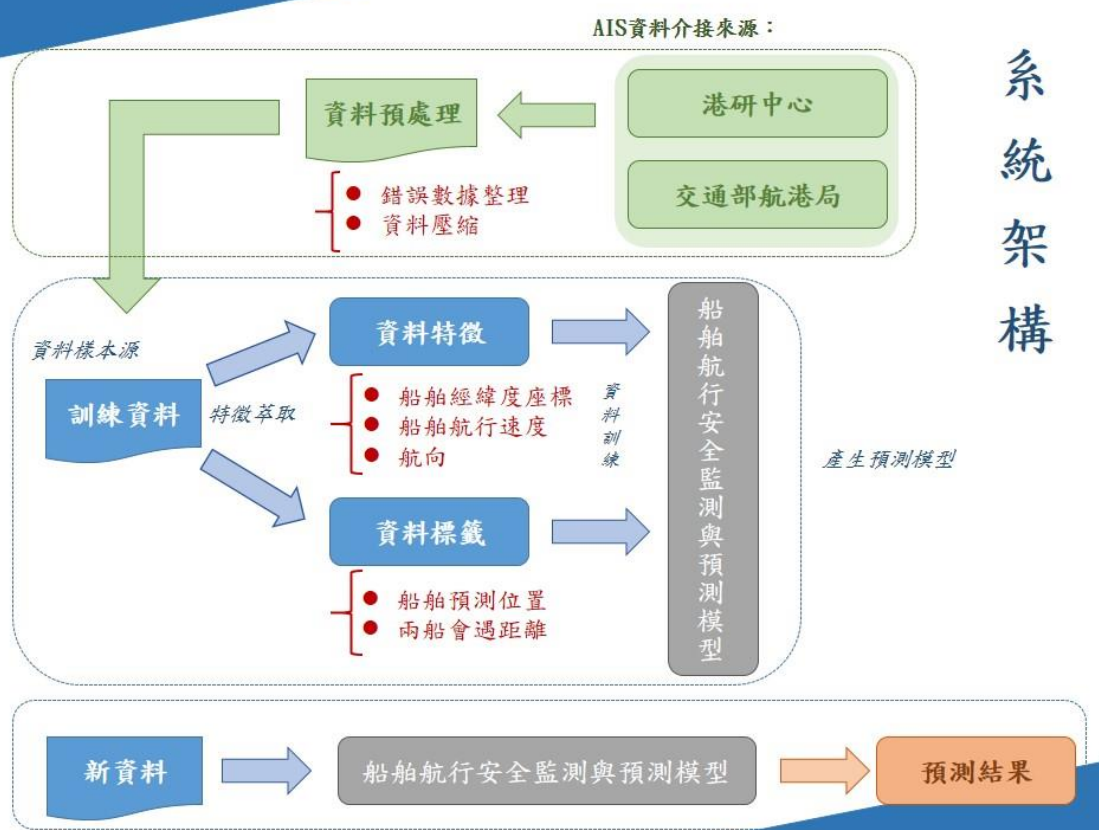
建立智慧化海上船舶監測與預測技術

本次技術研究重點著重在**結合人工智慧(Artificial Intelligence, AI)與大數據(Big Data)分析技術**，建立船舶航行安全監測與預測模型，從而對新的船舶航行資料進行**智慧化監測與預測**。



- 船舶航行安全大數據資料庫建置研究
- AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置
- 船舶航行安全大數據資料庫資料應用
- 系統預測精度及預測功能優化評估

系統架構



研究進度

工作項目	月次	第1個月	第2個月	第3個月	第4個月	第5個月	第6個月	第7個月	第8個月	第9個月	備註
1. 相關文獻蒐集與探討											
2. 樣本資料庫初步特徵及標籤分類											
3. 資料庫數據特徵萃取演算法編譯											
4. 資料訓練演算法編譯											
5. 機器學習演算法編譯											
6. 遞迴神經網路模型建置											
7. 智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置											
8. AIS船舶航跡異常監測參數校正											
9. 碰撞告警及偏航告警參數校正											
10. 系統測試及效能評估											
11. 系統精確度與後續預測功能優化評估											
12. 期末報告											
13. 期末報告審稿修正											
預定進度	計畫期間自民國108年03月至108年11月止 期中：完成期中進度並於108年06月27日前提送期中報告初稿 期末：完成所有工作進度並於108年10月25日前提送期末報告初稿										



現階段研究成果



船舶航行安全大數據資料庫

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

◆ 錯誤數據整理

- AIS資料重複性問題
- 船舶MMSI不足9碼
- 船舶經緯度座標異常
- 船舶航速及航向異常

◆ AIS資料壓縮處理

- 刪除相似船舶行為特徵的資料
- 有效降低系統運算負擔

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

◆ 循環神經網路架構建置

- 雙向長短期記憶網路模型建置

◆ 資料取樣組合測試

- 固定取樣間隔
- 隨機取樣間隔

現階段研究成果



船舶航行安全大數據資料庫

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

◆ 錯誤數據整理

- AIS資料重複性問題
- 船舶MMSI不足9碼
- 船舶經緯度座標異常
- 船舶航速及航向異常

◆ AIS資料壓縮處理

- 刪除相似船舶行為特徵的資料
- 有效降低系統運算負擔

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

◆ 循環神經網路架構建置

- 雙向長短期記憶網路模型建置

◆ 資料取樣組合測試

- 固定取樣間隔
- 隨機取樣間隔

錯誤數據整理

海上船舶所回傳之AIS資料中，須具備**水上行動業務識別碼(Maritime Mobile Service Identity, MMSI)**，做為船舶識別與資料來源的判斷依據，在進行錯誤數據整理階段，發現**部分AIS資料出現MMSI不足9碼之錯誤狀況**。

船舶MMSI不足9碼

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
168	8.5	120.169502	26.672772	213.1	2018-08-09 07:09:37.043
168	8.5	120.161657	26.664860	221.6	2018-08-09 07:14:04.417
168	8.4	120.150367	26.653270	231.4	2018-08-09 07:20:31.563
168	8.7	120.139978	26.644100	224.4	2018-08-09 07:26:03.813
168	8.5	120.134350	26.638742	233.4	2018-08-09 07:29:04.637
168	9.0	120.127948	26.633943	232.2	2018-08-09 07:32:06.313
168	8.9	120.125640	26.630868	207.0	2018-08-09 07:33:39.967
168	9.1	120.122063	26.625528	217.3	2018-08-09 07:36:09.770
168	9.0	120.109307	26.611402	237.9	2018-08-09 07:43:34.107
168	9.0	120.108750	26.611088	234.7	2018-08-09 07:44:02.283

資料介接來源：港研中心AIS歷史資料

Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



錯誤數據整理

部分AIS資料除出現MMSI不足9碼的錯誤狀況外，亦存在AIS資料重複性問題。

船舶MMSI不足9碼

AIS資料重複性問題

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23

6筆重複性AIS資料

3筆重複性AIS資料

資料介接來源：交通部航港局7月份AIS資料

Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



錯誤數據整理

除前述在相同接收時間(Record_Time)出現AIS資料重複性問題外，亦存在不同接收時間的AIS資料，其AIS資料欄位數據相同的狀況。此狀況則造成同一接收時間下，該船舶具有兩筆不同AIS資料的問題。

AIS資料重複性問題

不同接收時間，AIS資料欄位數據相同

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:50
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:51
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:51
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:52
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:54
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:54
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:57
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:58
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:58
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:59

同一接收時間，出現不同AIS資料欄位數據

資料介接來源：交通部航港局7月份AIS資料

Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



錯誤數據整理

本次研究介接AIS資料之船舶種類係以客、貨油輪等大型船舶為主，其平均航速多低於20節以下，70節航行速度已超出多數大型船舶航速能力範圍。

船舶航速(SOG)異常

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Ship_and_Cargo_Type	boat_length	boat_width	Record_Time
373698000	78.8	120.367167	22.934667	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:16:16.283000000
373698000	80.8	120.362667	22.929333	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:16:31.917000000
373698000	77.4	120.353167	22.918500	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:17:12.090000000
667003031	89.0	120.458983	24.259258	219.0	80	108	15	2018-01-03 05:51:03.927000000
667003031	89.0	120.458892	24.257247	221.8	80	108	15	2018-01-04 08:22:15.883000000
667003031	89.0	120.458842	24.258225	222.2	80	108	15	2018-01-03 10:45:43.840000000
667003031	89.1	120.458762	24.257328	225.1	80	108	15	2018-01-03 00:41:05.313000000
355239000	102.2	120.076817	23.780183	226.0	81	180	32	2018-01-03 09:49:06.883000000

資料介接來源：港研中心AIS歷史資料

Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



錯誤數據整理

船舶航速(SOG)異常

*AIS船舶若未提供航速(SOG)數據，其原始預設值為102.3

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
412444880	118.431862	24.630837	360.0	102.3	85	14	2019-07-01 11:04:04
413440160	121.387290	25.155203	360.0	102.3	135	19	2019-07-01 11:04:43
413378810	120.444720	26.032403	360.0	102.3	96	15	2019-07-01 11:26:21
413695890	118.047197	24.412292	360.0	102.3	32	7	2019-07-01 11:27:25
477047100	120.269018	22.546218	360.0	102.3	148	24	2019-07-01 11:49:22
414351000	118.608900	24.233650	360.0	102.3	225	32	2019-07-01 11:58:12
667001882	120.249612	22.588078	409.5	82.7	74	11	2019-07-01 12:17:12
477170700	118.839997	23.993855	360.0	102.3	243	42	2019-07-01 13:02:42
311000773	119.817070	23.626228	360.0	102.3	125	20	2019-07-01 13:32:15
353727000	121.737915	21.292488	360.0	102.3	230	36	2019-07-01 13:45:43
636091832	120.077652	22.527263	360.0	102.3	264	32	2019-07-01 13:46:13
477769400	121.757833	24.302167	154.0	64.5	172	27	2019-07-01 13:56:15

資料介接來源：交通部航港局 7 月份 AIS 資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

船舶正常航向區間的數據範圍為0~359.9

船舶航向(COG)異常

*AIS船舶若未提供航向(COG)數據，其原始預設值為360.0

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
413365980	118.102080	24.384075	360.0	0.0	120	20	2019-07-01 12:47:43
413702870	118.183527	24.366830	360.0	0.0	113	24	2019-07-01 12:47:36
477047100	120.124335	22.730833	360.0	102.3	148	24	2019-07-01 12:46:04
416005369	118.287392	24.416723	360.0	0.0	42	10	2019-07-01 12:51:52
416004734	120.385187	22.352322	360.0	0.0	28	6	2019-07-01 12:51:14
414400840	119.769642	25.701402	360.0	0.0	86	20	2019-07-01 12:51:07
416004989	120.444935	22.468763	360.0	0.1	28	6	2019-07-01 12:52:19
412362390	120.090123	22.882458	360.0	0.1	85	13	2019-07-01 12:50:52
564270000	121.766433	26.696277	370.6	12.3	112	18	2019-07-01 19:21:28
667001882	120.249612	22.588078	409.5	82.7	74	11	2019-07-01 12:17:13

資料介接來源：交通部航港局 7 月份 AIS 資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

在2秒間，船舶航向轉了150至180度

船舶航向(COG)異常

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
412354950	118.625253	24.508003	70	65.3	6.4	53	9	2019-07-04 00:05:03
412354950	118.625828	24.508387	70	50.7	5.5	53	9	2019-07-04 00:05:32
412354950	118.625897	24.508470	70	205.0	7.4	53	9	2019-07-04 00:05:34
412354950	118.626462	24.508858	70	49.1	5.5	53	9	2019-07-04 00:06:02
412354950	118.626558	24.508948	70	234.5	6.4	53	9	2019-07-04 00:06:04
412354950	118.627200	24.509467	70	54.5	6.4	53	9	2019-07-04 00:06:34
412354950	118.627357	24.509558	70	50.0	5.6	53	9	2019-07-04 00:06:43
412354950	118.627842	24.509950	70	49.4	5.6	53	9	2019-07-04 00:07:14
412354950	118.628425	24.510388	70	49.8	5.5	53	9	2019-07-04 00:07:33
412354950	118.629170	24.510968	70	144.6	6.4	53	9	2019-07-04 00:08:04
412354950	118.629313	24.511067	70	48.5	5.6	53	9	2019-07-04 00:08:14

資料介接來源：交通部航港局 7 月份 AIS 資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

船舶航向(COG)異常



錯誤數據整理

從船舶航向推估出該船舶往東偏北方前進，但其經度座標數值卻下降，與東北方航向出現矛盾

船舶經緯度座標異常

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
248357000	6.7	120.310750	22.551320	79.3	2018-08-01 08:44:02.307
248357000	6.6	120.311682	22.551515	79.1	2018-08-01 08:44:31.380
248357000	6.3	120.316545	22.552278	79.6	2018-08-01 08:47:02.587
248357000	9.4	120.286948	22.546005	74.8	2018-08-01 08:49:06.873
248357000	8.2	120.290227	22.546812	74.2	2018-08-01 08:49:30.957
248357000	7.3	120.295073	22.548137	74.2	2018-08-01 08:50:10.407
248357000	7.6	120.297207	22.548752	72.7	2018-08-01 08:50:32.453
248357000	4.6	120.325555	22.553353	95.2	2018-08-01 08:52:10.937
248357000	6.4	120.315260	22.552120	79.8	2018-08-01 08:53:11.210
248357000	6.2	120.317743	22.552487	80.2	2018-08-01 08:53:36.290

資料介接來源：港研中心AIS歷史資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

從船舶航向推估出該船舶往南偏西方前進，但其經度座標數值卻上升，與西南方航向出現矛盾

船舶經緯度座標異常

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
249186000	120.746978	26.050318	206.0	13.2	334	42	2019-07-04 21:14:45
249186000	120.747048	26.049975	203.0	13.1	334	42	2019-07-04 21:14:51
249186000	120.746915	26.049805	201.0	13.0	334	42	2019-07-04 21:14:55
249186000	120.746927	26.049640	200.0	12.9	334	42	2019-07-04 21:14:57
249186000	120.746950	26.049138	196.0	12.7	334	42	2019-07-04 21:15:04
249186000	120.746955	26.048807	192.0	12.6	334	42	2019-07-04 21:15:11
249186000	120.746963	26.048638	189.0	12.4	334	42	2019-07-04 21:15:15
249186000	120.746815	26.047970	185.0	12.3	334	42	2019-07-04 21:15:25
249186000	120.746845	26.047638	183.0	12.3	334	42	2019-07-04 21:15:33
249186000	120.746882	26.046807	182.0	12.4	334	42	2019-07-04 21:15:45

資料介接來源：交通部航港局7月份 AIS資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

船舶在28秒間的經緯度座標距離變化達34浬，欲達到此距離其船速需高達478節

船舶經緯度座標異常

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
100900000	8.9	120.593837	26.220395	264.1	2018-08-01 10:24:02.613
100900000	9.0	120.587967	26.219500	258.7	2018-08-01 10:26:10.810
100900000	1.0	120.374548	26.740388	304.9	2018-08-01 10:26:38.093
100900000	8.7	120.585703	26.219217	260.4	2018-08-01 10:27:02.333
100900000	9.0	120.584337	26.218992	258.5	2018-08-01 10:27:33.587
100900000	9.2	120.582963	26.218797	262.7	2018-08-01 10:28:02.937
100900000	9.1	120.573262	26.217323	257.5	2018-08-01 10:31:30.853
100900000	9.1	120.571863	26.217123	261.2	2018-08-01 10:32:02.510

28秒

資料介接來源：港研中心AIS歷史資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

船舶在30秒間的經緯度座標距離變化達133浬，欲達到此距離其船速需高達1,591節

船舶經緯度座標異常

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
412405890	119.780042	25.965817	70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:10:57
412405890	119.780042	25.965817	70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:10:57
412405890	119.780500	25.966550	70	29.7	6.3	52	10	2019-07-01 23:11:27
412405890	119.780552	25.966623	70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:11:27
412405890	122.237332	25.967357	70	32.9	6.5	52	10	2019-07-01 23:11:57
412405890	119.781592	25.968108	70	33.3	6.2	52	10	2019-07-01 23:12:27
412405890	119.781592	25.968108	70	33.3	6.2	52	10	2019-07-01 23:12:27
412405890	119.782117	25.968867	70	33.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:12:57
412405890	119.782637	25.969602	70	31.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:13:27
412405890	119.782637	25.969602	70	31.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:13:27

30秒

資料介接來源：交通部航港局7月份 AIS資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

於航向與航速幾乎沒有變動的情況，在6秒間船舶的經緯度座標距離卻相差一倍

船舶經緯度座標異常

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time	經緯度距離(m)	與上一筆資料時間差(s)	航速時間差距離(m)
311000157	121.093167	21.625400	16.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:05	0.000000	0.0	0.00000
311000157	121.093217	21.625667	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:11	30.099043	6.0	43.51824
311000157	121.093383	21.626167	16.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:18	58.205510	7.0	50.77128
311000157	121.093467	21.626417	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:24	29.102748	6.0	43.51824
311000157	121.093600	21.626933	15.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:24:30	59.080763	6.0	43.51824
311000157	121.093683	21.627183	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:35	29.102735	5.0	36.00800
311000157	121.093833	21.627683	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:41	57.719006	6.0	43.51824
311000157	121.093900	21.627933	14.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:24:47	28.640125	6.0	43.51824
311000157	121.094050	21.628450	14.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:53	59.506197	6.0	43.20960
311000157	121.094117	21.628700	14.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:25:00	28.640117	7.0	50.77128

資料介接來源：交通部航港局7月份 AIS 資料

現階段研究成果



船舶航行安全大數據資料庫

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

◆ 錯誤數據整理

- AIS資料重複性問題
- 船舶MMSI不足9碼
- 船舶經緯度座標異常
- 船舶航速及航向異常

◆ AIS資料壓縮處理

- 刪除相似船舶行為特徵的資料
- 有效降低系統運算負擔

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

◆ 循環神經網路架構建置

- 雙向長短期記憶網路模型建置

◆ 資料取樣組合測試

- 固定取樣間隔
- 隨機取樣間隔

AIS 資料壓縮處理

AIS資料壓縮處理主要目的是為了刪除相似船舶行為特徵的資料，有效降低系統運算負擔。

原始資料量：35,683,789筆

壓縮後資料量：14,433,211筆

RangeIndex: 35683789 entries, 0 to 35683788
Data columns (total 9 columns):
MMSI int64
Lon float64
Lat float64
Ship_and_Cargo_Type int64
COG float64
SOG float64
Boat_L int64
Boat_W int64
Record_Time object

RangeIndex: 14433211 entries, 0 to 14433210
Data columns (total 8 columns):
MMSI int64
Lon float64
Lat float64
COG float64
SOG float64
Boat_L int64
Boat_W int64
Record_Time float64

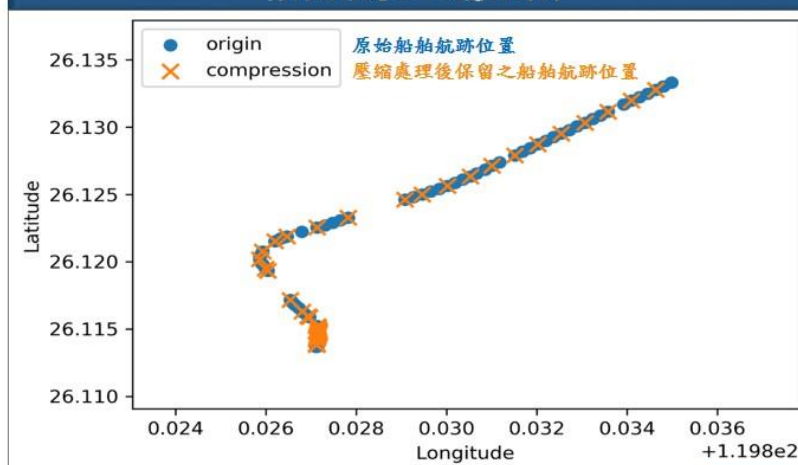
	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	boat_length	boat_width	Record_Time
↑	413243000	3.0	119.826547	26.117152	166.1	121	20	2019-05-27 07:44:21
	413243000	2.8	119.826503	26.117018	162.3	121	20	2019-05-27 07:44:31
	413243000	2.8	119.826613	26.116917	162.9	121	20	2019-05-27 07:44:39
	413243000	2.7	119.826655	26.116788	161.8	121	20	2019-05-27 07:44:50
6	413243000	2.6	119.826735	26.116547	163.3	121	20	2019-05-27 07:45:10
	413243000	2.5	119.826813	26.116293	171.8	121	20	2019-05-27 07:45:31
	413243000	2.4	119.826842	26.116202	173.7	121	20	2019-05-27 07:45:39
↓	413243000	2.4	119.826932	26.115972	149.4	121	20	2019-05-27 07:46:01
	413243000	2.2	119.826965	26.115888	171.4	121	20	2019-05-27 07:46:10

	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	boat_length	boat_width	Record_Time
↑	413243000.0	3.0	119.826547	26.117152	166.1	121.0	20.0	2019-05-27 07:44:21
	413243000.0	2.5	119.826813	26.116293	171.8	121.0	20.0	2019-05-27 07:45:31
	413243000.0	2.4	119.826932	26.115972	149.4	121.0	20.0	2019-05-27 07:46:01
	413243000.0	2.2	119.826965	26.115888	171.4	121.0	20.0	2019-05-27 07:46:10
	413243000.0	1.7	119.827145	26.115235	180.6	121.0	20.0	2019-05-27 07:47:21
↓	413243000.0	1.8	119.827162	26.115155	168.6	121.0	20.0	2019-05-27 07:47:31

AIS 資料壓縮處理

在船舶處於轉向航行動態時，因數據對於航行行為預測來說具有較高相關性的船舶行為特徵，因此保留了較多的AIS資料量。而船舶處於直線航行動態，壓縮演算法判斷航向差小於角度閾值且船舶移動距離較少，因而保留較少的AIS資料量。

資料壓縮處理 - 視覺化圖例



現階段研究成果



船舶航行安全大數據資料庫

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

◆ 錯誤數據整理

- AIS資料重複性問題
- 船舶MMSI不足9碼
- 船舶經緯度座標異常
- 船舶航速及航向異常

◆ AIS資料壓縮處理

- 刪除相似船舶行為特徵的資料
- 有效降低系統運算負擔

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

◆ 循環神經網路架構建置

- 雙向長短期記憶網路模型建置

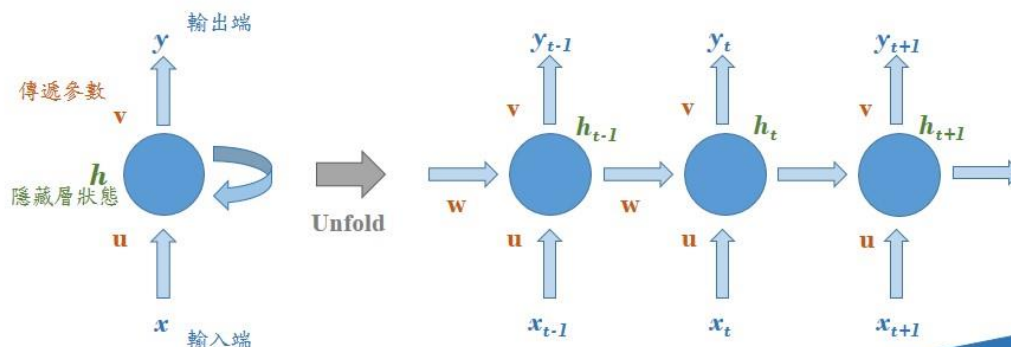
◆ 資料取樣組合測試

- 固定取樣間隔
- 隨機取樣間隔

循環神經網路架構建置

長短期記憶網路(Long Short-Term Memory, LSTM)是循環神經網路的變形，為一種能記憶訊息的神經網路，其透過三個控制閥(Forget Gate、Input Gate及Output Gate)與單元狀態(Cell state)來決定訊息的儲存與丟棄。

會將LSTM比喻成有記憶的原因，是因為其它神經網路都是透過當下的輸入來決定輸出，而LSTM則是能額外考慮過去時間點的訊息來決定現在的輸出。



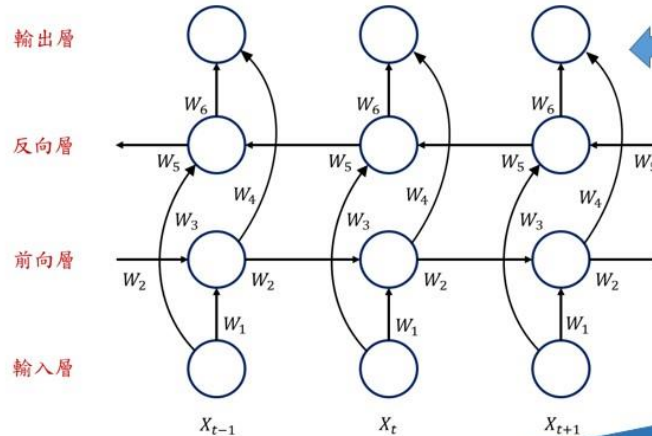
循環神經網路架構建置

LSTM雖然能藉由過去時間戳記的輸出決定當下的輸出，但如果可以同時以過去時間戳記及未來時間戳記的訊息決定當下的輸出，對於處理序列數據來說將會具有更好的效果。因此本研究以雙向LSTM架構分別對序列數據進行前向及反向運算

$$h_t = f(w_1x_t + w_2h_{t-1})$$

$$h_t = f(w_3x_t + w_5h_{t+1})$$

$$o_t = g(w_4h_t + w_6h_t)$$



現階段研究成果



船舶航行安全大數據資料庫

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

◆ 錯誤數據整理

- AIS資料重複性問題
- 船舶MMSI不足9碼
- 船舶經緯度座標異常
- 船舶航速及航向異常

◆ AIS資料壓縮處理

- 刪除相似船舶行為特徵的資料
- 有效降低系統運算負擔

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

◆ 循環神經網路架構建置

- 雙向長短期記憶網路模型建置

◆ 資料取樣組合測試

- 固定取樣間隔
- 隨機取樣間隔

資料取樣組合測試

固定取樣間隔

以4筆AIS資料為一固定取樣間隔進行資料取樣組合

	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
f1	432629000	0	15.7	121.853577	231.0	2019-05-28 15:30:26
	432629000	0	15.8	121.852103	21.379937	2019-05-28 15:30:50
	432629000	0	15.8	121.846888	21.376150	2019-05-28 15:32:15
	432629000	0	15.8	121.846443	21.375845	2019-05-28 15:32:21
	432629000	0	15.8	121.845700	21.375303	2019-05-28 15:32:32
f2	432629000	0	15.8	121.844270	21.374270	2019-05-28 15:32:56
	432629000	0	15.8	121.842412	21.372907	2019-05-28 15:33:26
	432629000	0	15.8	121.841663	21.372363	2019-05-28 15:33:38
	432629000	0	15.9	121.840163	21.371277	2019-05-28 15:34:02
	432629000	0	15.9	121.838662	21.370193	2019-05-28 15:34:26
f3	432629000	0	15.9	121.837530	21.369380	2019-05-28 15:34:44
	432629000	0	15.9	121.836782	21.368835	2019-05-28 15:34:56
	432629000	0	15.9	121.836337	21.368522	2019-05-28 15:35:02
	432629000	0	15.8	121.828163	21.362505	2019-05-28 15:37:15
	432629000	0	15.8	121.827493	21.361995	2019-05-28 15:37:26
L	432629000	0	15.8	121.826320	21.361127	2019-05-28 15:37:45

特徵						標籤	
lon1	lat1	t1	cog1	sog1		lon4	lat4
f1	121.853577	21.381045	439.0	231.0	15.7	L	121.826320 21.361127
	lon2	lat2	t2	cog2	sog2		
f2	121.844270	21.374270	289.0	232.0	15.8		
	lon3	lat3	t3	cog3	sog3		
f3	121.837530	21.369380	181.0	232.0	15.9		



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

資料取樣組合測試

隨機取樣間隔

在1至3筆AIS資料間採用隨機取樣間隔進行資料取樣組合

	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
f1	432629000	0	15.7	121.853577	231.0	2019-05-28 15:30:26
	432629000	0	15.8	121.852103	21.379937	2019-05-28 15:30:50
	432629000	0	15.8	121.846888	21.376150	2019-05-28 15:32:15
f2	432629000	0	15.8	121.846443	21.375845	2019-05-28 15:32:21
	432629000	0	15.8	121.845700	21.375303	2019-05-28 15:32:32
	432629000	0	15.8	121.844270	21.374270	2019-05-28 15:32:56
	432629000	0	15.8	121.842412	21.372907	2019-05-28 15:33:26
f3	432629000	0	15.8	121.841663	21.372363	2019-05-28 15:33:38
	432629000	0	15.9	121.840163	21.371277	2019-05-28 15:34:02
	432629000	0	15.9	121.838662	21.370193	2019-05-28 15:34:26
	432629000	0	15.9	121.837530	21.369380	2019-05-28 15:34:44
L	432629000	0	15.9	121.836782	21.368835	2019-05-28 15:34:56
	432629000	0	15.9	121.836337	21.368522	2019-05-28 15:35:02

特徵						標籤	
lon1	lat1	t1	cog1	sog1		lon4	lat4
f1	121.853577	21.381045	270.0	231.0	15.7	L	121.836782 21.368835
	lon2	lat2	t2	cog2	sog2		
f2	121.846443	21.375845	155.0	232.0	15.8		
	lon3	lat3	t3	cog3	sog3		
f3	121.841663	21.372363	78.0	232.0	15.8		

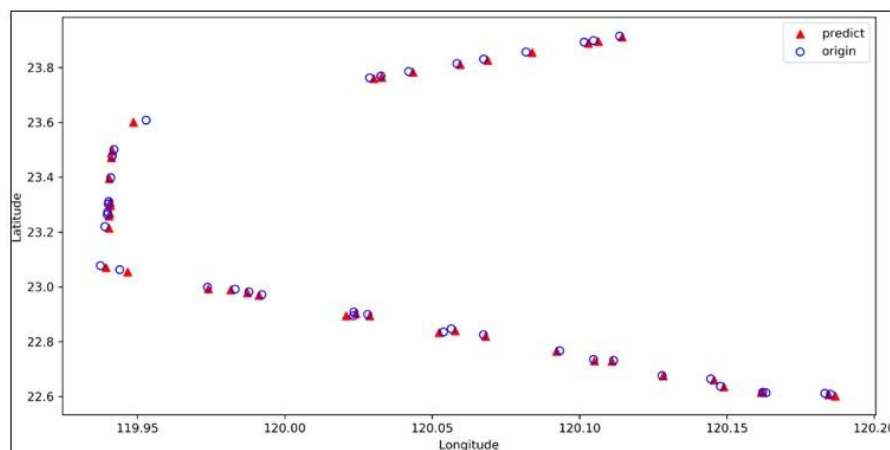


Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

模型預測結果展示

雙向長短期記憶網路(雙向LSTM)系統模型預測結果

我們分別透過港研中心及交通部航港局AIS資料，以**固定取樣間隔**及**隨機取樣間隔**的方式來比較預測結果差異性。

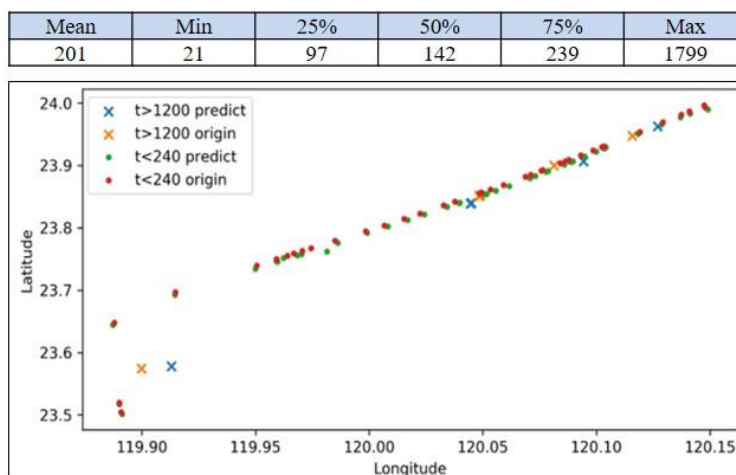


Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

模型預測結果展示

介接港研中心AIS資料隨機取樣間隔分析

t表示第三筆特徵與標籤的時間差(s)，可以發現 $t > 1200$ 的預測結果相較於 $t < 240$ 來說是較差的， $t > 1200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為814公尺、 $t < 240$ 的預測結果與標籤的平均誤差為351公尺。

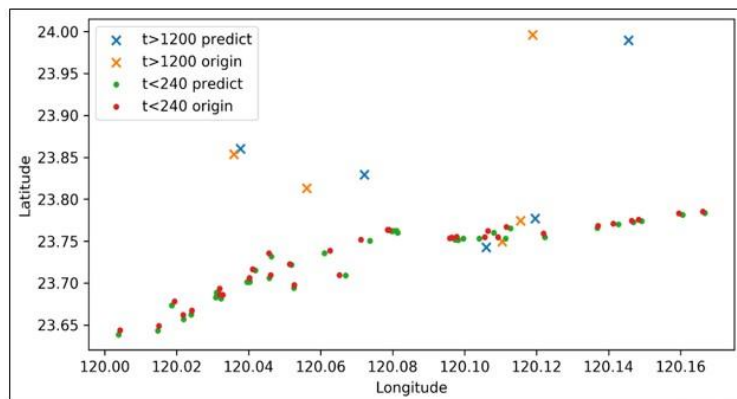


模型預測結果展示

介接港研中心AIS資料固定取樣間隔分析

$t > 1200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為1261公尺、 $t < 240$ 的預測結果與標籤的平均誤差為351公尺，由此可知兩種取樣方式皆有第三筆特徵與標籤的時間差距較大時，產生較高的預測誤差問題。

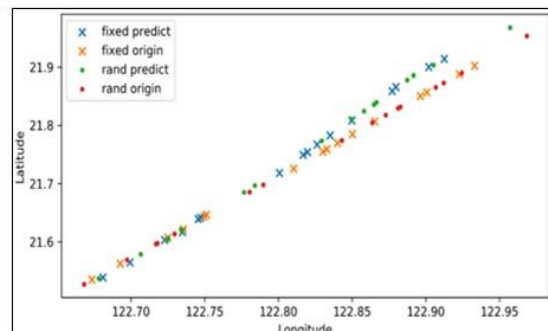
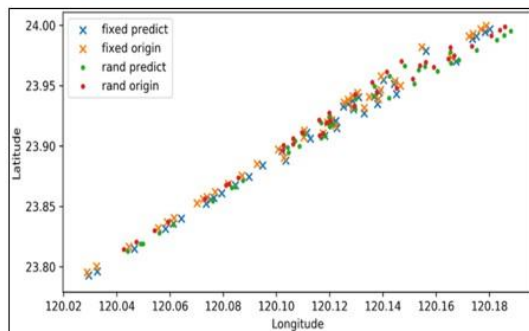
Mean	Min	25%	50%	75%	Max
240	55	122	204	262	1799



模型預測結果展示

介接港研中心AIS資料其固定及隨機取樣間隔經緯度區域性分析

以下為模型對固定及隨機取樣間隔的特徵與標籤進行區域性範圍的預測結果，左圖經緯度區域佔整體隨機取樣間隔資料的1.1664%，平均誤差值為370公尺；固定取樣間隔數據量佔整體固定取樣間隔資料的1.8075%，平均誤差值為379公尺。右圖經緯度區域佔整體隨機取樣間隔資料的0.00144%，平均誤差值為1,322公尺；固定取樣間隔數據量則佔整體固定取樣間隔資料的0.0012%，平均誤差值為963公尺。

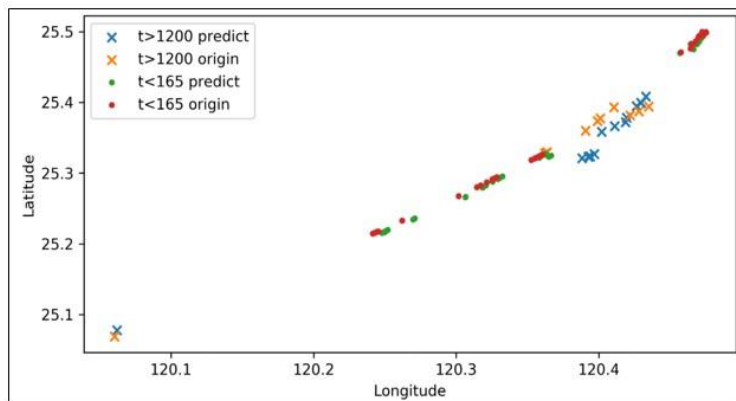


模型預測結果展示

介接航港局AIS資料隨機取樣間隔分析

t表示第三筆特徵與標籤的時間差(s)，可以發現 $t > 1200$ 的預測結果相較於 $t < 165$ 來說是較差的， $t > 1200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為1268公尺、 $t < 165$ 的預測結果與標籤的平均誤差為519公尺。

Mean	Min	25%	50%	75%	Max
147	17	81	120	167	1799

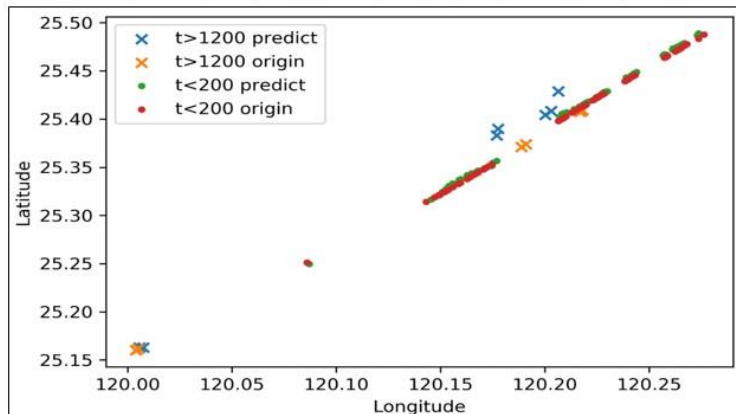


模型預測結果展示

介接航港局AIS資料固定取樣間隔分析

$t > 1200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為1472公尺、 $t < 200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為366公尺。由此可知兩種取樣方式皆有第三筆特徵與標籤的時間差距較大時，產生較高的預測誤差問題。

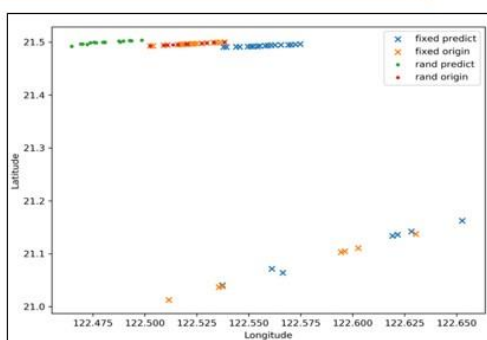
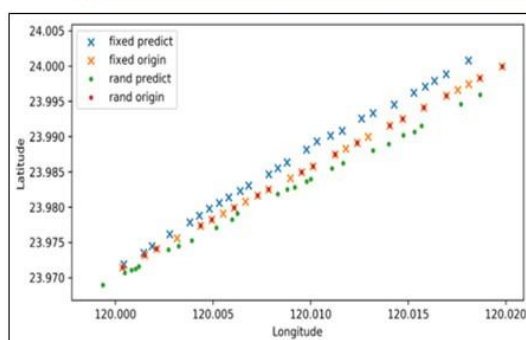
Mean	Min	25%	50%	75%	Max
182	29	114	149	201	1799



模型預測結果展示

介接航港局AIS資料固定及隨機取樣間隔經緯度區域性分析

以下為模型對固定及隨機取樣間隔的特徵與標籤進行區域性範圍的預測結果，左圖經緯度區域佔整體隨機取樣間隔資料的0.695%，平均誤差值為378公尺；固定取樣間隔數據量佔整體固定取樣間隔資料的0.689%，平均誤差值為512公尺。右圖經緯度區域佔整體隨機取樣間隔資料的0.0002%，平均誤差值為4,117公尺；固定取樣間隔數據量則佔整體固定取樣間隔資料的0.0002%，平均誤差值為3,813公尺。



結論與後續工作規劃

初步研究成果

◆ 船舶航行安全大數據資料庫建置

在此工作項目部分，團隊已**完成大數據資料庫之AIS資料預處理**，並針對所介接之港研中心AIS資料與交通部航港局AIS資料**進行除錯及資料壓縮**，從中**挖掘出設計船舶航行安全監測與預測模型所需數據與參數**。

◆ AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

在此工作項目，團隊則以**雙向LSTM架構做為系統預測模型**，其模型架構能夠**有效針對AIS資料在時間性影響的狀況下，進行更適切的序列數據處理**。此外，團隊再藉由**不同資料取樣組合方式，評估其預測分析精度與影響**。



結論與後續工作規劃

後續工作規劃

◆ 船舶航行安全大數據資料庫資料應用

依據船舶航行安全大數據資料庫資料分析預測結果進行船舶監測，並**建立船舶向異常、偏航及碰撞告警功能**，協助找出船舶航海時的異常行為並評估其潛在威脅，**使異常情況事件發生前，具備足夠的預警時間。**

◆ 系統預測精度及預測功能優化評估

在完成系統功能建置與應用後，為判斷系統預測精確度可靠性及精確度提高可行性，研究進一步應用**反向傳播與最優化方法修正預測精確度**，藉以**更新模型參數權重及偏差**，**逐步收斂找出誤差值最小的參數設定方式。**



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

謝 謝 聆 聽

附錄二

期末報告簡報資料

交通部運輸研究所 港灣技術研究中心研究計畫

期末報告審查會議

委託研究報告：MOTC-IOT-108-H2DB001g

研究計畫名稱：船舶航行安全大數據資料庫應用與分析

國立高雄科技大學 翁健二

Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



大 綱

□ 計畫背景

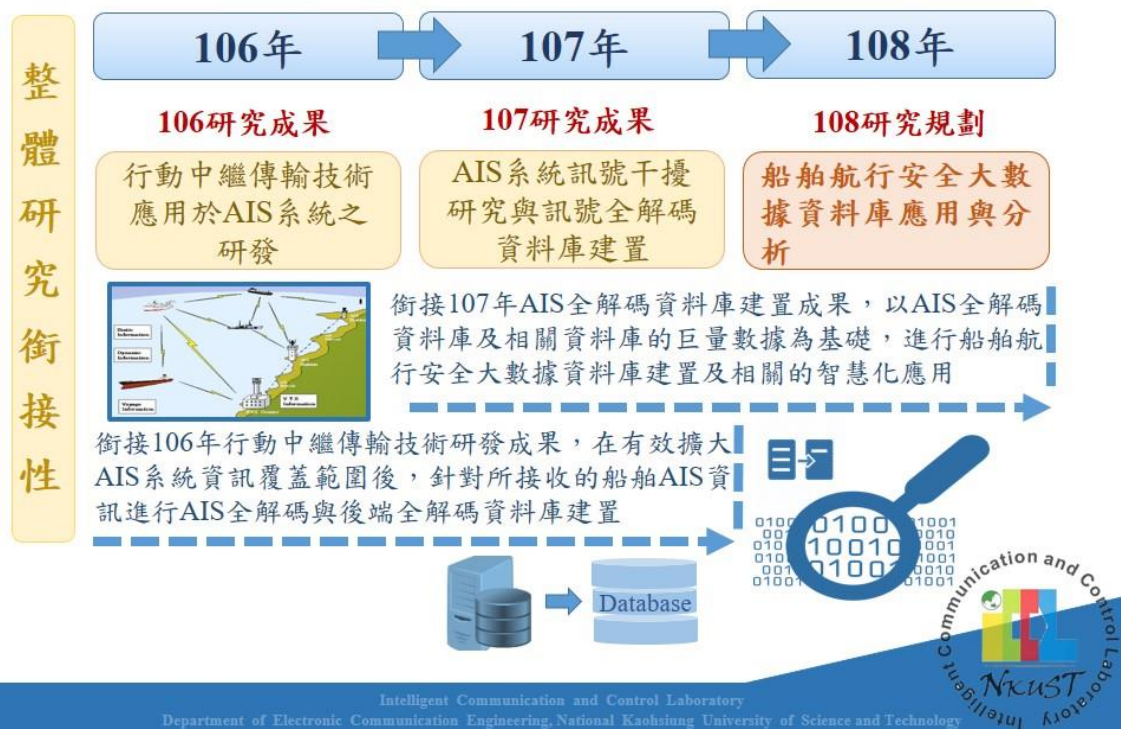
□ 計畫目標

□ 系統架構

□ 研究成果

□ 結論

計畫背景



計畫目標

1

提升海上船舶海域航行安全

在水域交通密度持續增高的發展下，亦即海上航行環境是具有**高風險程度**的海上交通狀況，基此勢必須有一針對我國**海域船舶航行安全監測之系統**，協助相關單位對**海上船舶航安**進行管理。

2

船舶航行安全大數據資料庫開發

延續107年度所完成之AIS解碼資料庫建置成果，介接大量的**AIS解碼資料**，從而收集完整的AIS船舶動、靜態資訊做為**數據樣本源**，並將巨量的AIS船舶資訊運用在**船舶航行安全預測、異常行為預測**。

3

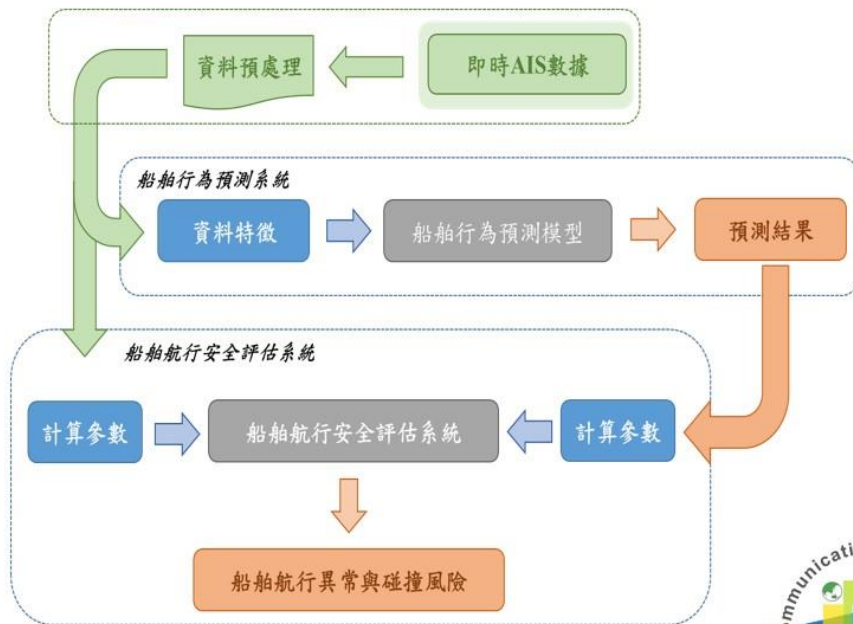
建立智慧化海上船舶監測與預測技術

本次技術研究重點著重在結合**人工智慧(Artificial Intelligence, AI)**與**大數據(Big Data)**分析技術，建立船舶航行安全監測與預測模型，從而對新的船舶航行資料進行**智慧化監測與預測**。



- 船舶航行安全大數據資料庫建置研究
- AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置
- 船舶航行安全大數據資料庫資料應用
- 系統預測精度及預測功能優化評估

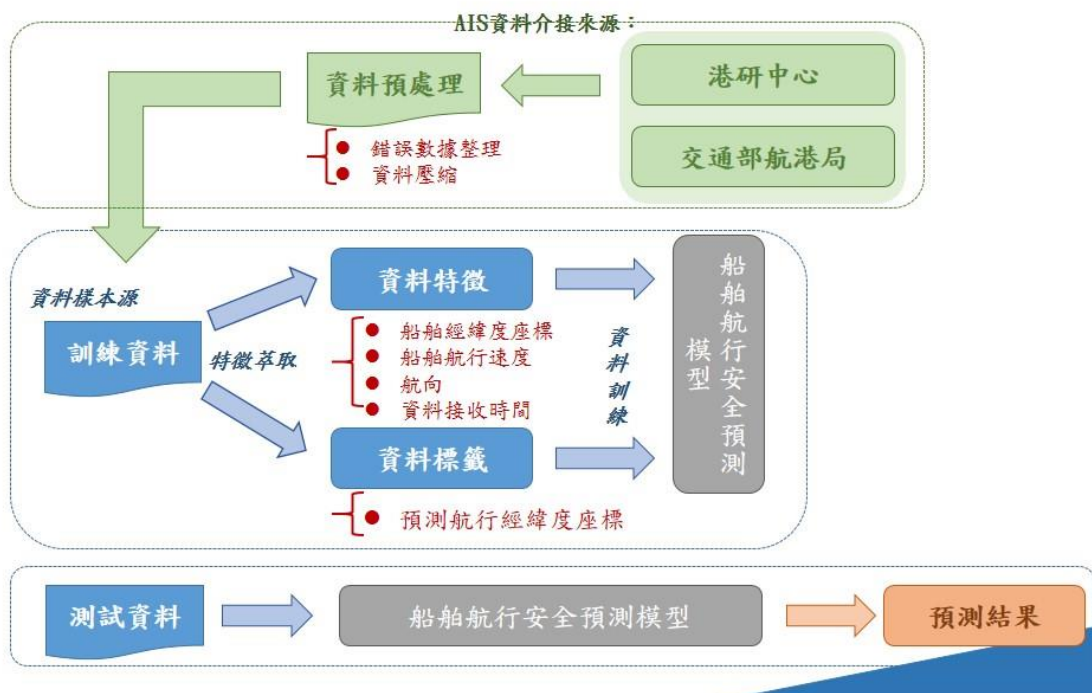
系統架構



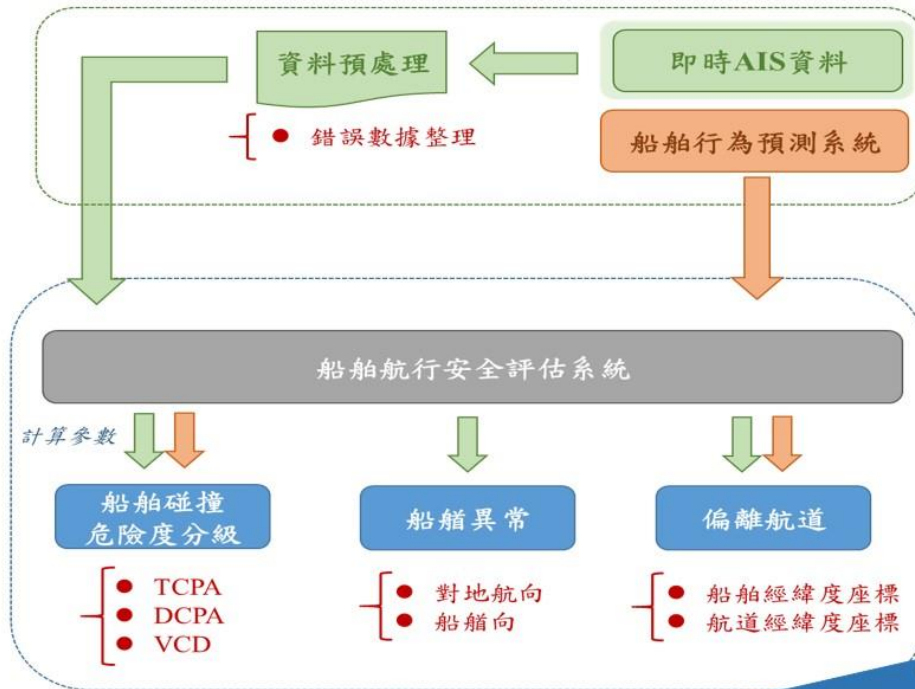
Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



船舶行為預測系統



船舶航行安全評估系統



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



船舶航行安全大數據資料庫研究成果



系統開發之工作項目

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

系統預測精度及預測功能優化評估

- 船舶航行安全預測模型之優化

船舶航行安全大數據資料庫研究成果

系統開發之細部工作項目

- 錯誤數據整理
 - ❑ MMSI欄位不足9碼
 - ❑ AIS資料重複性問題
 - ❑ 船舶航速異常
 - ❑ 船舶航向異常
 - ❑ 船舶經緯度座標異常
- AIS資料壓縮處理
 - ❑ 刪除相似行為特徵資料
 - ❑ 有效降低系統運算負擔

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

系統預測精度及預測功能優化評估

- 船舶航行安全預測模型之優化

錯誤數據整理

海上船舶所回傳之AIS資料中，須具備**水上行動業務識別碼(Maritime Mobile Service Identity, MMSI)**，做為船舶識別與資料來源的判斷依據，在進行錯誤數據整理階段，發現**部分AIS資料出現MMSI不足9碼之錯誤狀況**。

船舶MMSI不足9碼

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
168	8.5	120.169502	26.672772	213.1	2018-08-09 07:09:37.043
168	8.5	120.161657	26.664860	221.6	2018-08-09 07:14:04.417
168	8.4	120.150367	26.653270	231.4	2018-08-09 07:20:31.563
168	8.7	120.139978	26.644100	224.4	2018-08-09 07:26:03.813
168	8.5	120.134350	26.638742	233.4	2018-08-09 07:29:04.637
168	9.0	120.127948	26.633943	232.2	2018-08-09 07:32:06.313
168	8.9	120.125640	26.630868	207.0	2018-08-09 07:33:39.967
168	9.1	120.122063	26.625528	217.3	2018-08-09 07:36:09.770
168	9.0	120.109307	26.611402	237.9	2018-08-09 07:43:34.107
168	9.0	120.108750	26.611088	234.7	2018-08-09 07:44:02.283

資料介接來源：港研中心AIS歷史資料

錯誤數據整理

部分AIS資料除出現MMSI不足9碼的錯誤狀況外，亦存在AIS資料重複性問題。

船舶MMSI不足9碼

AIS資料重複性問題

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:22
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685742	25.204060	70	291.2	0.0	50	6	2019-07-01 11:23:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:22
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23
0	121.685740	25.204060	70	273.1	0.0	50	6	2019-07-01 11:24:23

6筆重複性AIS資料

3筆重複性AIS資料

資料介接來源：交通部航港局7月份AIS資料



錯誤數據整理

除前述在相同接收時間(Record_Time)出現AIS資料重複性問題外，亦存在不同接收時間的AIS資料，其AIS資料欄位數據相同的狀況。此狀況則造成同一接收時間下，該船舶具有兩筆不同AIS資料的問題。

AIS資料重複性問題

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:50
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:51
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:51
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:52
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:53
457610000	121.762185	25.309038	80	268.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:54
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:54
457610000	121.762167	25.309033	80	214.1	1.3	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:55
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:57
457610000	121.762175	25.309038	80	273.8	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:58
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:58
457610000	121.762172	25.309048	80	282.6	0.4	120	19	2019-07-01 13:13:59

不同接收時間，AIS資料欄位數據相同

同一接收時間，出現不同AIS資料欄位數據

資料介接來源：交通部航港局7月份AIS資料



錯誤數據整理

本次研究介接AIS資料之船舶種類係以客、貨油輪等大型船舶為主，其平均航速多低於20節以下，70節航行速度已超出多數大型船舶航速能力範圍。

船舶航速(SOG)異常

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Ship_and_Cargo_Type	boat_length	boat_width	Record_Time
373698000	78.8	120.367167	22.934667	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:16:16.283000000
373698000	80.8	120.362667	22.929333	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:16:31.917000000
373698000	77.4	120.353167	22.918500	218.0	80	106	16	2018-01-30 22:17:12.090000000
667003031	89.0	120.458983	24.259258	219.0	80	108	15	2018-01-03 05:51:03.927000000
667003031	89.0	120.458892	24.257247	221.8	80	108	15	2018-01-04 08:22:15.883000000
667003031	89.0	120.458842	24.258225	222.2	80	108	15	2018-01-03 10:45:43.840000000
667003031	89.1	120.458762	24.257328	225.1	80	108	15	2018-01-03 00:41:05.313000000
355239000	102.2	120.076817	23.780183	226.0	81	180	32	2018-01-03 09:49:06.883000000

資料介接來源：港研中心AIS歷史資料

Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



錯誤數據整理

船舶航速(SOG)異常

*AIS船舶若未提供航速(SOG)數據，其原始預設值為102.3

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
412444880	118.431862	24.630837	360.0	102.3	85	14	2019-07-01 11:04:04
413440160	121.387290	25.155203	360.0	102.3	135	19	2019-07-01 11:04:43
413378810	120.444720	26.032403	360.0	102.3	96	15	2019-07-01 11:26:21
413695890	118.047197	24.412292	360.0	102.3	32	7	2019-07-01 11:27:25
477047100	120.269018	22.546218	360.0	102.3	148	24	2019-07-01 11:49:22
414351000	118.608900	24.233650	360.0	102.3	225	32	2019-07-01 11:58:12
667001882	120.249612	22.588078	409.5	82.7	74	11	2019-07-01 12:17:12
477170700	118.839997	23.993855	360.0	102.3	243	42	2019-07-01 13:02:42
311000773	119.817070	23.626228	360.0	102.3	125	20	2019-07-01 13:32:15
353727000	121.737915	21.292488	360.0	102.3	230	36	2019-07-01 13:45:43
636091832	120.077652	22.527263	360.0	102.3	264	32	2019-07-01 13:46:13
477769400	121.757833	24.302167	154.0	64.5	172	27	2019-07-01 13:56:15

資料介接來源：交通部航港局 7 月份 AIS 資料

Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



錯誤數據整理

船舶正常航向區間的數據範圍為0~359.9

船舶航向(COG)異常

*AIS船舶若未提供航向(COG)數據，其原始預設值為360.0

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
413365980	118.102080	24.384075	360.0	0.0	120	20	2019-07-01 12:47:43
413702870	118.183527	24.366830	360.0	0.0	113	24	2019-07-01 12:47:36
477047100	120.124335	22.730833	360.0	102.3	148	24	2019-07-01 12:46:04
416005369	118.287392	24.416723	360.0	0.0	42	10	2019-07-01 12:51:52
416004734	120.385187	22.352322	360.0	0.0	28	6	2019-07-01 12:51:14
414400840	119.769642	25.701402	360.0	0.0	86	20	2019-07-01 12:51:07
416004989	120.444935	22.468763	360.0	0.1	28	6	2019-07-01 12:52:19
412362390	120.090123	22.882458	360.0	0.1	85	13	2019-07-01 12:50:52
564270000	121.766433	26.696277	370.6	12.3	112	18	2019-07-01 19:21:28
667001882	120.249612	22.588078	409.5	82.7	74	11	2019-07-01 12:17:13

資料介接來源：交通部航港局7月份AIS資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

在2秒間，船舶航向轉了150至180度

船舶航向(COG)異常

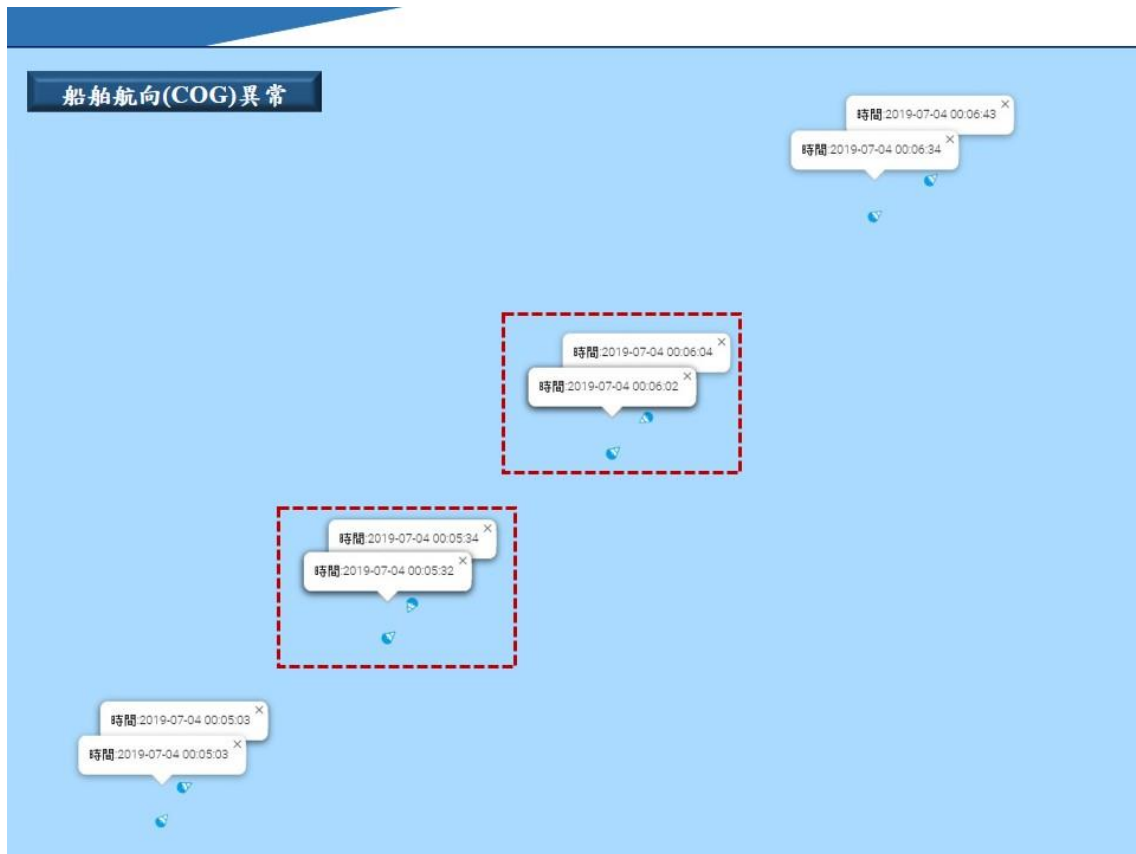
MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
412354950	118.625253	24.508003	70	65.3	6.4	53	9	2019-07-04 00:05:03
412354950	118.625828	24.508387	70	50.7	5.5	53	9	2019-07-04 00:05:32
412354950	118.625897	24.508470	70	205.0	7.4	53	9	2019-07-04 00:05:34
412354950	118.626462	24.508858	70	49.1	5.5	53	9	2019-07-04 00:06:02
412354950	118.626558	24.508948	70	234.5	6.4	53	9	2019-07-04 00:06:04
412354950	118.627200	24.509467	70	54.5	6.4	53	9	2019-07-04 00:06:34
412354950	118.627357	24.509558	70	50.0	5.6	53	9	2019-07-04 00:06:43
412354950	118.627842	24.509950	70	49.4	5.6	53	9	2019-07-04 00:07:14
412354950	118.628425	24.510388	70	49.8	5.5	53	9	2019-07-04 00:07:33
412354950	118.629170	24.510968	70	144.6	6.4	53	9	2019-07-04 00:08:04
412354950	118.629313	24.511067	70	48.5	5.6	53	9	2019-07-04 00:08:14

資料介接來源：交通部航港局7月份AIS資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

船舶航向(COG)異常



錯誤數據整理

從船舶航向推估出該船舶往東偏北方前進，但其經度座標數值卻下降，與東北方航向出現矛盾

船舶經緯度座標異常

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
248357000	6.7	120.310750	22.551320	79.3	2018-08-01 08:44:02.307
248357000	6.6	120.311682	22.551515	79.1	2018-08-01 08:44:31.380
248357000	6.3	120.316545	22.552278	79.6	2018-08-01 08:47:02.587
248357000	9.4	120.286948	22.546005	74.8	2018-08-01 08:49:06.873
248357000	8.2	120.290227	22.546812	74.2	2018-08-01 08:49:30.957
248357000	7.3	120.295073	22.548137	74.2	2018-08-01 08:50:10.407
248357000	7.6	120.297207	22.548752	72.7	2018-08-01 08:50:32.453
248357000	4.6	120.325555	22.553353	95.2	2018-08-01 08:52:10.937
248357000	6.4	120.315260	22.552120	79.8	2018-08-01 08:53:11.210
248357000	6.2	120.317743	22.552487	80.2	2018-08-01 08:53:36.290

資料介接來源：港研中心AIS歷史資料



錯誤數據整理

從船舶航向推估出該船舶往南偏西方前進，但其經度座標數值卻上升，與西南方航向出現矛盾

船舶經緯度座標異常

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time
249186000	120.746978	26.050318	206.0	13.2	334	42	2019-07-04 21:14:45
249186000	120.747048	26.049975	203.0	13.1	334	42	2019-07-04 21:14:51
249186000	120.746915	26.049805	201.0	13.0	334	42	2019-07-04 21:14:55
249186000	120.746927	26.049640	200.0	12.9	334	42	2019-07-04 21:14:57
249186000	120.746950	26.049138	196.0	12.7	334	42	2019-07-04 21:15:04
249186000	120.746955	26.048807	192.0	12.6	334	42	2019-07-04 21:15:11
249186000	120.746963	26.048638	189.0	12.4	334	42	2019-07-04 21:15:15
249186000	120.746815	26.047970	185.0	12.3	334	42	2019-07-04 21:15:25
249186000	120.746845	26.047638	183.0	12.3	334	42	2019-07-04 21:15:33
249186000	120.746882	26.046807	182.0	12.4	334	42	2019-07-04 21:15:45

資料介接來源：交通部航港局7月份 AIS資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

船舶在28秒間的經緯度座標距離變化達34浬，欲達到此距離其船速需高達478節

船舶經緯度座標異常

MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
100900000	8.9	120.593837	26.220395	264.1	2018-08-01 10:24:02.613
100900000	9.0	120.587967	26.219500	258.7	2018-08-01 10:26:10.810
100900000	1.0	120.374548	26.740388	304.9	2018-08-01 10:26:38.093
100900000	8.7	120.585703	26.219217	260.4	2018-08-01 10:27:02.333
100900000	9.0	120.584337	26.218992	258.5	2018-08-01 10:27:33.587
100900000	9.2	120.582963	26.218797	262.7	2018-08-01 10:28:02.937
100900000	9.1	120.573262	26.217323	257.5	2018-08-01 10:31:30.853
100900000	9.1	120.571863	26.217123	261.2	2018-08-01 10:32:02.510

28秒

資料介接來源：港研中心AIS歷史資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

船舶在30秒間的經緯度座標距離變化達133哩，欲達到此距離其船速需高達1,591節

船舶經緯度座標異常

MMSI	Lon	Lat	Ship_and_Cargo_Type	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time	
412405890	119.780042	25.965817		70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:10:57
412405890	119.780042	25.965817		70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:10:57
412405890	119.780500	25.966550		70	29.7	6.3	52	10	2019-07-01 23:11:27
412405890	119.780552	25.966623		70	29.5	6.3	52	10	2019-07-01 23:11:27
412405890	122.237332	25.967357		70	32.9	6.5	52	10	2019-07-01 23:11:57
412405890	119.781592	25.968108		70	33.3	6.2	52	10	2019-07-01 23:12:27
412405890	119.781592	25.968108		70	33.3	6.2	52	10	2019-07-01 23:12:27
412405890	119.782117	25.968867		70	33.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:12:57
412405890	119.782637	25.969602		70	31.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:13:27
412405890	119.782637	25.969602		70	31.1	6.3	52	10	2019-07-01 23:13:27

30秒

資料介接來源：交通部航港局7月份 AIS資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

錯誤數據整理

於航向與航速幾乎沒有變動的情況，在6秒間船舶的經緯度座標距離卻相差一倍

船舶經緯度座標異常

MMSI	Lon	Lat	COG	SOG	Boat_L	Boat_W	Record_Time	經緯度距離(m)	與上一筆資料時間差(s)	航速'時間差距離(m)
311000157	121.093167	21.625400	16.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:05	0.000000	0.0	0.00000
311000157	121.093217	21.625667	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:11	30.099043	6.0	43.51824
311000157	121.093383	21.626167	16.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:18	58.205510	7.0	50.77128
311000157	121.093467	21.626417	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:24	29.102748	6.0	43.51824
311000157	121.093600	21.626933	15.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:24:30	59.080763	6.0	43.51824
311000157	121.093683	21.627183	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:35	29.102735	5.0	36.00800
311000157	121.093833	21.627683	15.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:41	57.719006	6.0	43.51824
311000157	121.093900	21.627933	14.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:24:47	28.640125	6.0	43.51824
311000157	121.094050	21.628450	14.0	14.1	225	32	2019-07-05 00:24:53	59.506197	6.0	43.20960
311000157	121.094117	21.628700	14.0	14.0	225	32	2019-07-05 00:25:00	28.640117	7.0	50.77128

資料介接來源：交通部航港局7月份 AIS資料



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

船舶航行安全大數據資料庫研究成果

系統開發之細部工作項目

- 錯誤數據整理
 - ❑ MMSI欄位不足9碼
 - ❑ AIS資料重複性問題
 - ❑ 船舶航速異常
 - ❑ 船舶航向異常
 - ❑ 船舶經緯度座標異常
- AIS資料壓縮處理
 - ❑ 刪除相似行為特徵資料
 - ❑ 有效降低系統運算負擔

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

系統預測精度及預測功能優化評估

- 船舶航行安全預測模型之優化

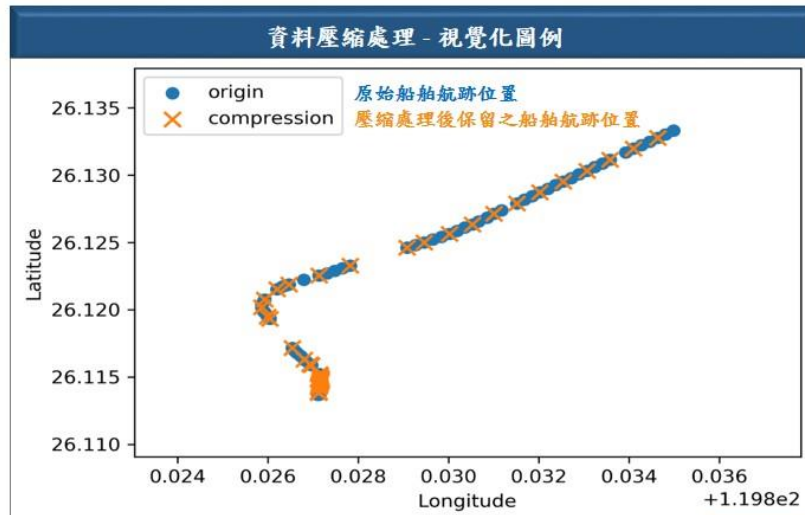
AIS 資料壓縮處理

AIS資料壓縮處理主要目的是為了刪除相似船舶行為特徵的資料，有效降低系統運算負擔。

原始資料量：41,116,990筆								壓縮後資料量：26,806,830筆							
RangeIndex: 41116990 entries, 0 to 41116989 Data columns (total 8 columns): MMSI int64 Lon float64 Lat float64 COG float64 SOG float64 Boat_L int64 Boat_W int64 Record_Time float64								RangeIndex: 26806830 entries, 0 to 26806829 Data columns (total 8 columns): MMSI int64 Lon float64 Lat float64 COG float64 SOG float64 Boat_L int64 Boat_W int64 Record_Time float64							
MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	boat_length	boat_width	Record_Time	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	boat_length	boat_width	Record_Time
413243000	3.0	119.826547	26.117152	166.1	121	20	2019-05-27 07:44:21	413243000	3.0	119.826547	26.117152	166.1	121	20	2019-05-27 07:44:21
413243000	2.8	119.826583	26.117018	162.3	121	20	2019-05-27 07:44:31	413243000	2.8	119.826583	26.117018	162.3	121	20	2019-05-27 07:44:31
413243000	2.8	119.826613	26.116917	162.9	121	20	2019-05-27 07:44:39	413243000	2.8	119.826613	26.116917	162.9	121	20	2019-05-27 07:44:39
413243000	2.7	119.826655	26.116788	161.8	121	20	2019-05-27 07:44:50	413243000	2.7	119.826655	26.116788	161.8	121	20	2019-05-27 07:44:50
413243000	2.6	119.826735	26.116547	163.3	121	20	2019-05-27 07:45:10	413243000	2.6	119.826735	26.116547	163.3	121	20	2019-05-27 07:45:10
413243000	2.5	119.826813	26.116293	171.8	121	20	2019-05-27 07:45:31	413243000	2.5	119.826813	26.116293	171.8	121	20	2019-05-27 07:45:31
413243000	2.4	119.826842	26.116202	173.7	121	20	2019-05-27 07:45:39	413243000	2.4	119.826842	26.116202	173.7	121	20	2019-05-27 07:45:39
413243000	2.4	119.826932	26.115972	149.4	121	20	2019-05-27 07:46:01	413243000	2.4	119.826932	26.115972	149.4	121	20	2019-05-27 07:46:01
413243000	2.2	119.826965	26.115888	171.4	121	20	2019-05-27 07:46:10	413243000	2.2	119.826965	26.115888	171.4	121	20	2019-05-27 07:46:10

AIS 資料壓縮處理

在船舶處於轉向航行動態時，因數據對於航行行為預測來說具有較高相關性的船舶行為特徵，因此保留了較多的AIS資料量。而船舶處於直線航行動態，壓縮演算法判斷航向差小於角度閾值且船舶移動距離較少，因而保留較少的AIS資料量。



船舶航行安全大數據資料庫研究成果

系統開發之細部工作項目

- 特徵與標籤分類
 - 固定取樣方式
 - 隨機取樣方式
- 系統模型建置
 - 雙向循環神經網路架構
- 船舶行為預測
 - 預測結果分析

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

系統預測精度及預測功能優化評估

- 船舶航行安全預測模型之優化

特徵與標籤分類

固定取樣間隔

以4筆AIS資料為一固定取樣間隔進行資料取樣組合

	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
f1	432629000	0	15.7	121.853577	21.381045	231.0 2019-05-28 15:30:26
	432629000	0	15.8	121.852103	21.379937	231.0 2019-05-28 15:30:50
	432629000	0	15.8	121.846888	21.376150	232.0 2019-05-28 15:32:15
	432629000	0	15.8	121.846443	21.375845	232.0 2019-05-28 15:32:21
	432629000	0	15.8	121.845700	21.375303	232.0 2019-05-28 15:32:32
f2	432629000	0	15.8	121.844270	21.374270	232.0 2019-05-28 15:32:56
	432629000	0	15.8	121.842412	21.372907	232.0 2019-05-28 15:33:26
	432629000	0	15.8	121.841663	21.372363	232.0 2019-05-28 15:33:38
	432629000	0	15.9	121.840163	21.371277	232.0 2019-05-28 15:34:02
	432629000	0	15.9	121.838662	21.370193	232.0 2019-05-28 15:34:26
f3	432629000	0	15.9	121.837530	21.369380	232.0 2019-05-28 15:34:44
	432629000	0	15.9	121.836782	21.368835	232.0 2019-05-28 15:34:56
	432629000	0	15.9	121.836337	21.368522	232.0 2019-05-28 15:35:02
	432629000	0	15.8	121.828163	21.362505	231.0 2019-05-28 15:37:15
	432629000	0	15.8	121.827493	21.361995	231.0 2019-05-28 15:37:26
L	432629000	0	15.8	121.826320	21.361127	231.0 2019-05-28 15:37:45

特徵						標籤	
	lon1	lat1	t1	cog1	sog1	lon4	lat4
f1	121.853577	21.381045	439.0	231.0	15.7	L	121.826320 21.361127
	lon2	lat2	t2	cog2	sog2		
f2	121.844270	21.374270	289.0	232.0	15.8		
	lon3	lat3	t3	cog3	sog3		
f3	121.837530	21.369380	181.0	232.0	15.9		



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

特徵與標籤分類

隨機取樣間隔

在1至3筆AIS資料間採用隨機取樣間隔進行資料取樣組合

	MMSI	SOG	Longitude	Latitude	COG	Record_Time
f1	432629000	0	15.7	121.853577	21.381045	231.0 2019-05-28 15:30:26
	432629000	0	15.8	121.852103	21.379937	231.0 2019-05-28 15:30:50
	432629000	0	15.8	121.846888	21.376150	232.0 2019-05-28 15:32:15
f2	432629000	0	15.8	121.846443	21.375845	232.0 2019-05-28 15:32:21
	432629000	0	15.8	121.845700	21.375303	232.0 2019-05-28 15:32:32
	432629000	0	15.8	121.844270	21.374270	232.0 2019-05-28 15:32:56
	432629000	0	15.8	121.842412	21.372907	232.0 2019-05-28 15:33:26
f3	432629000	0	15.8	121.841663	21.372363	232.0 2019-05-28 15:33:38
	432629000	0	15.9	121.840163	21.371277	232.0 2019-05-28 15:34:02
	432629000	0	15.9	121.838662	21.370193	232.0 2019-05-28 15:34:26
	432629000	0	15.9	121.837530	21.369380	232.0 2019-05-28 15:34:44
L	432629000	0	15.9	121.836782	21.368835	232.0 2019-05-28 15:34:56
	432629000	0	15.9	121.836337	21.368522	232.0 2019-05-28 15:35:02

特徵						標籤	
	lon1	lat1	t1	cog1	sog1	lon4	lat4
f1	121.853577	21.381045	270.0	231.0	15.7	L	121.836782 21.368835
	lon2	lat2	t2	cog2	sog2		
f2	121.846443	21.375845	155.0	232.0	15.8		
	lon3	lat3	t3	cog3	sog3		
f3	121.841663	21.372363	78.0	232.0	15.8		



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

船舶航行安全大數據資料庫研究成果

系統開發之細部工作項目

- 特徵與標籤分類
 - 固定取樣方式
 - 隨機取樣方式
- 系統模型建置
 - 雙向循環神經網路架構
- 船舶行為預測
 - 預測結果分析

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

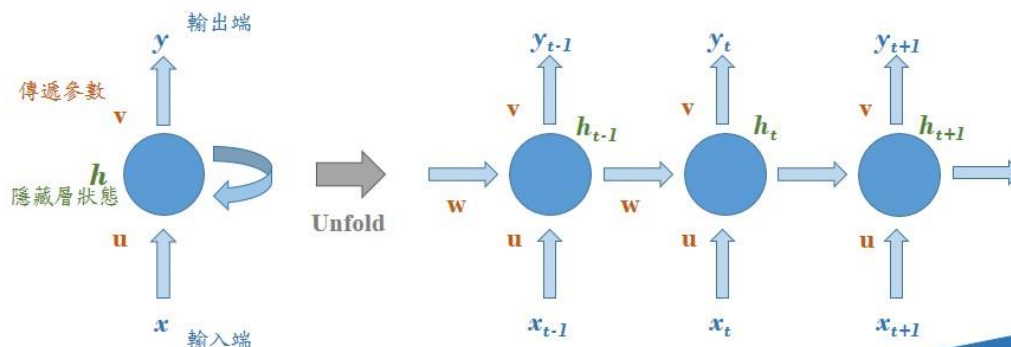
系統預測精度及預測功能優化評估

- 船舶航行安全預測模型之優化

循環神經網路架構建置

長短期記憶網路(Long Short-Term Memory, LSTM)是循環神經網路的變形，為一種能記憶訊息的神經網路，其透過三個控制閥(Forget Gate、Input Gate及Output Gate)與單元狀態(Cell state)來決定訊息的儲存與丟棄。

會將LSTM比喻成有記憶的原因，是因為其它神經網路都是透過當下的輸入來決定輸出，而LSTM則是能額外考慮過去時間點的訊息來決定現在的輸出。



船舶航行安全大數據資料庫研究成果

系統開發之細部工作項目

- 特徵與標籤分類
 - ❑ 固定取樣方式
 - ❑ 隨機取樣方式
- 系統模型建置
 - ❑ 雙向循環神經網路架構
- 船舶行為預測
 - ❑ 預測結果分析

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

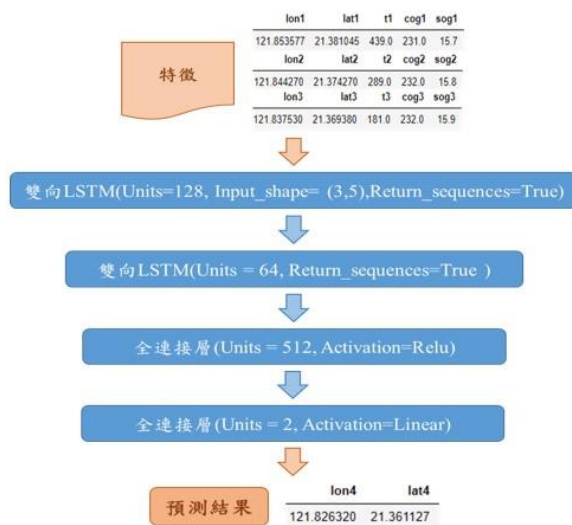
系統預測精度及預測功能優化評估

- 船舶航行安全預測模型之優化

模型預測結果展示

雙向長短期記憶網路(雙向LSTM)系統模型預測結果

我們分別透過港研中心及交通部航港局AIS資料，以固定取樣間隔及隨機取樣間隔的方式來比較預測結果差異性。



系統預測模型架構設計

- 2層雙向LSTM
- 2層全連接層
- 由3筆AIS資料特徵組成1筆訓練資料
- 每筆AIS資料特徵包含5個資料欄位

模型預測結果

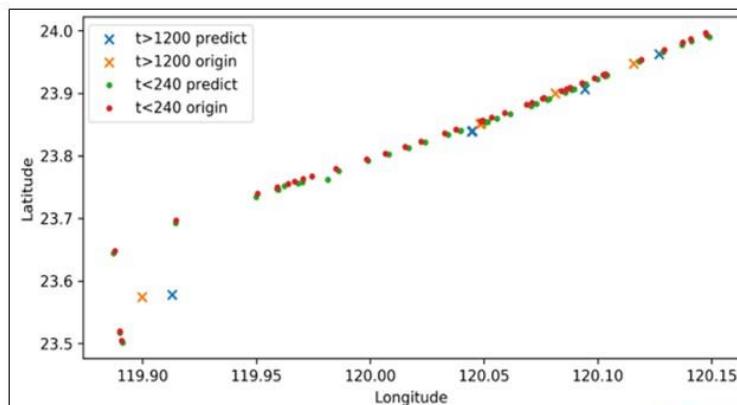
- 港研中心AIS資料
 - 隨機取樣間隔平均誤差：284公尺
 - 固定取樣間隔平均誤差：320公尺
- 航港局AIS資料
 - 隨機取樣間隔平均誤差：395公尺
 - 固定取樣間隔平均誤差：402公尺

模型預測結果展示

介接港研中心AIS資料隨機取樣間隔分析

t表示第三筆特徵與標籤的時間差(s)，可以發現 $t > 1200$ 的預測結果相較於 $t < 240$ 來說是較差的， $t > 1200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為814公尺、 $t < 240$ 的預測結果與標籤的平均誤差為267公尺。

AIS資料取樣坐落區間	Mean	Min	25%	50%	75%	Max
第三筆特徵與標籤時間差(s)	201	21	97	142	239	1799

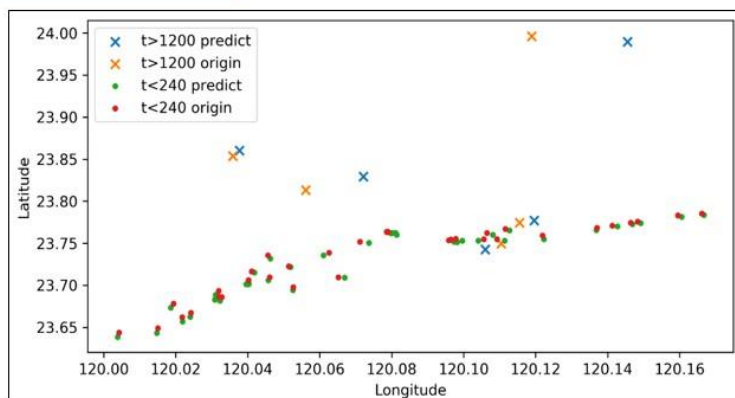


模型預測結果展示

介接港研中心AIS資料固定取樣間隔分析

$t > 1200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為1261公尺、 $t < 240$ 的預測結果與標籤的平均誤差為351公尺，由此可知兩種取樣方式皆有第三筆特徵與標籤的時間差距較大時，產生較高的預測誤差問題。

AIS資料取樣坐落區間	Mean	Min	25%	50%	75%	Max
第三筆特徵與標籤時間差(s)	240	55	122	204	262	1799



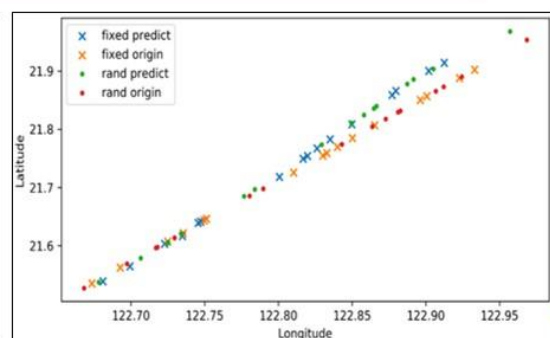
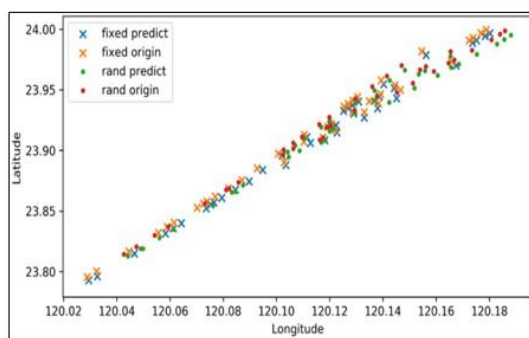
模型預測結果展示

為證明預測區域範圍大小與預測精度之間不具影響關聯，研究以預測模型分別對固定及隨機取樣間隔方式進行區域性範圍預測。

模型對固定及隨機取樣間隔方式進行區域性範圍的預測結果

左圖經緯度區域佔整體隨機取樣間隔資料的1.1664%，平均誤差值為**370**公尺；固定取樣間隔數據量佔整體固定取樣間隔資料的1.8075%，平均誤差值為**379**公尺。

右圖經緯度區域佔整體隨機取樣間隔資料的0.00144%，平均誤差值為**1,322**公尺；固定取樣間隔數據量則佔整體固定取樣間隔資料的0.0012%，平均誤差值為**963**公尺。

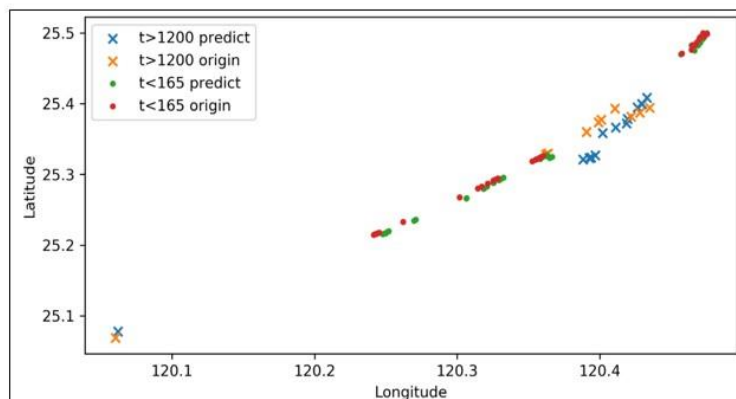


模型預測結果展示

介接航港局AIS資料隨機取樣間隔分析

t表示第三筆特徵與標籤的時間差(s)，可以發現 $t > 1200$ 的預測結果相較於 $t < 165$ 來說是較差的， $t > 1200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為**1268**公尺、 $t < 165$ 的預測結果與標籤的平均誤差為**519**公尺。

AIS資料取樣坐落區間	Mean	Min	25%	50%	75%	Max
第三筆特徵與標籤時間差(s)	147	17	81	120	167	1799

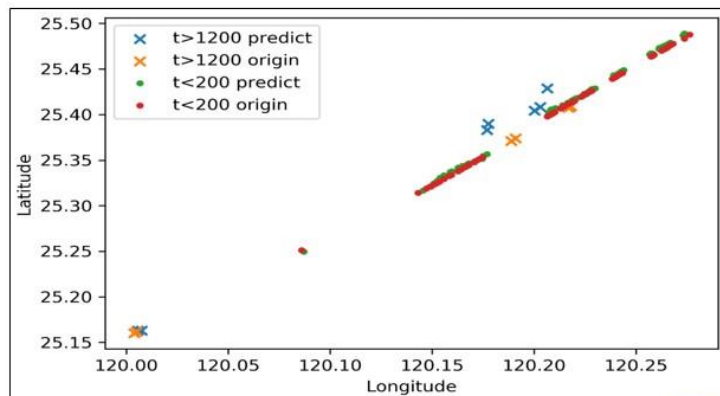


模型預測結果展示

介接航港局AIS資料固定取樣間隔分析

$t > 1200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為1472公尺、 $t < 200$ 的預測結果與標籤的平均誤差為366公尺。由此可知兩種取樣方式皆有第三筆特徵與標籤的時間差距較大時，產生較高的預測誤差問題。

AIS資料取樣坐落區間	Mean	Min	25%	50%	75%	Max
第三筆特徵與標籤時間差(s)	182	29	114	149	201	1799

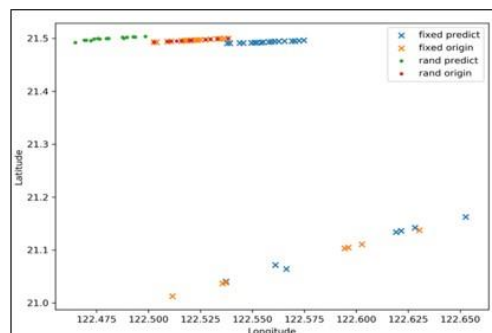
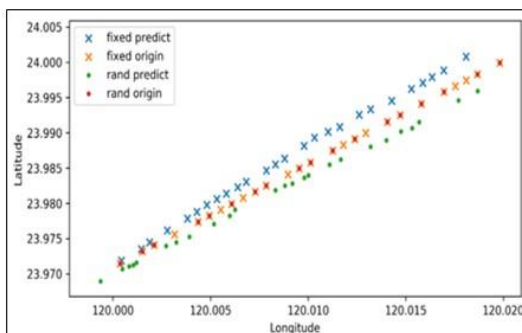


模型預測結果展示

模型對固定及隨機取樣間隔方式進行區域性範圍的預測結果

左圖經緯度區域佔整體隨機取樣間隔資料的0.695%，平均誤差值為378公尺；固定取樣間隔數據量佔整體固定取樣間隔資料的0.689%，平均誤差值為512公尺。

右圖經緯度區域佔整體隨機取樣間隔資料的0.0002%，平均誤差值為4,117公尺；固定取樣間隔數據量則佔整體固定取樣間隔資料的0.0002%，平均誤差值為3,813公尺。



船舶航行安全大數據資料庫研究成果

系統開發之細部工作項目

- 船舶航行異常
 - 船舶異常
 - 偏離航道
- 船舶碰撞危險度分級
 - 碰撞預警

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

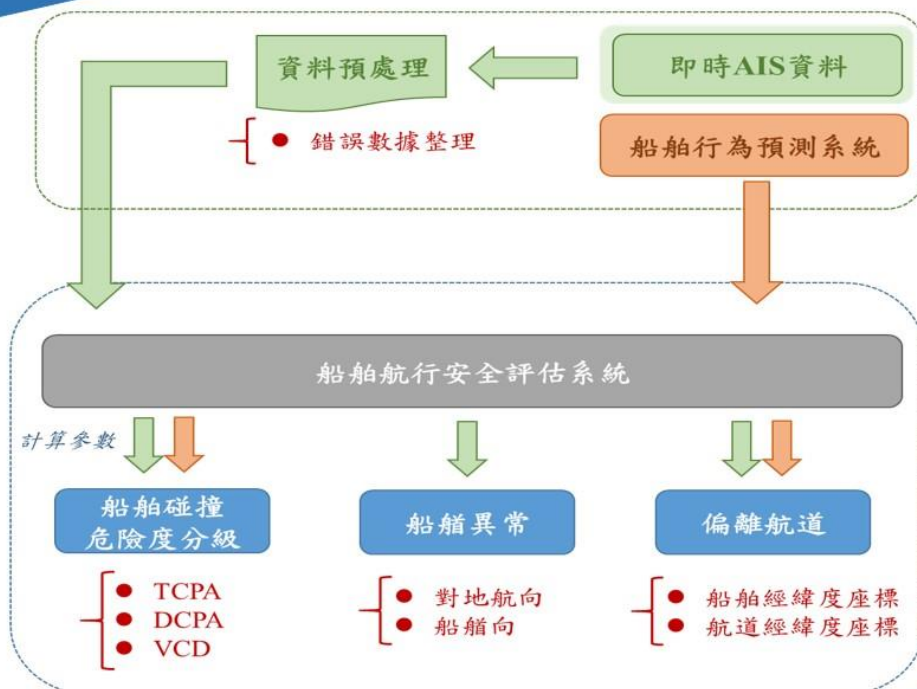
- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

系統預測精度及預測功能優化評估

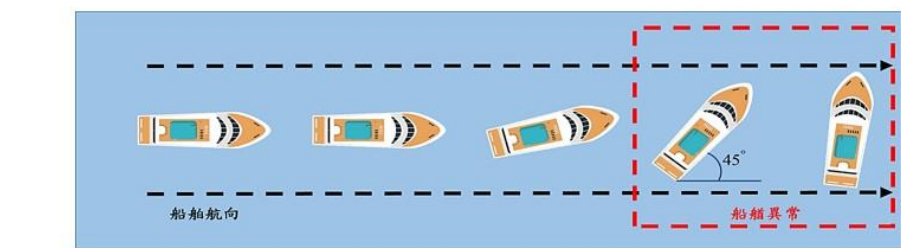
- 船舶航行安全預測模型之優化



船舶航行安全評估系統架構

船舶航

船舶異常
船舶異常代表船舶有可能因機件故障或天候不佳等原因，失去自主控制能力，導致船舶未依照船舶向行駛。



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

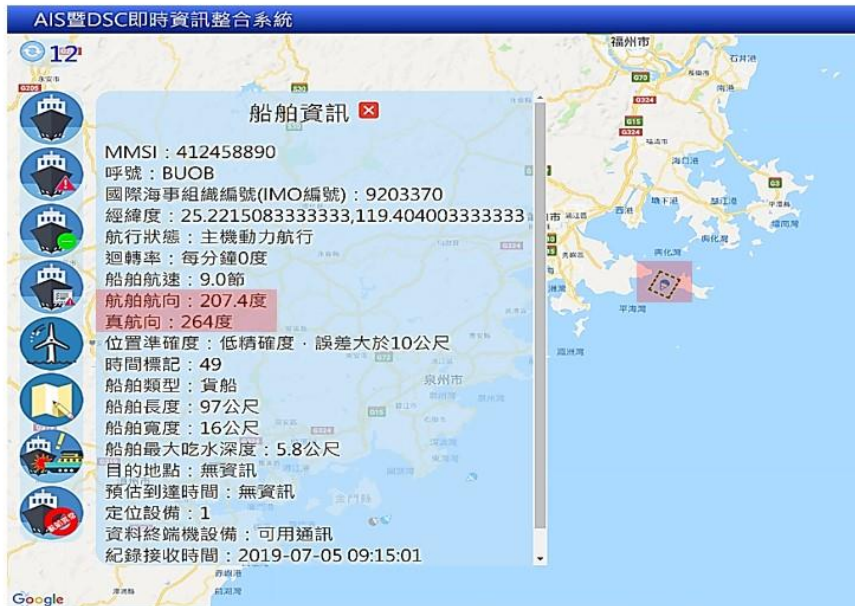


異 艚 船



船舶異常預警功能展示

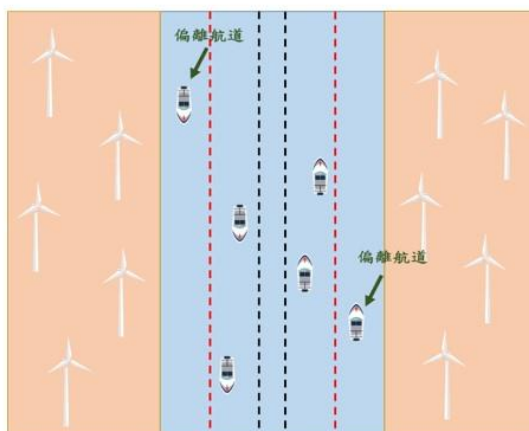
點選船舶圖示可顯示此船舶詳細資訊，如圖所示該船舶航向為207.4度，真航向為264度，兩者相差56.6度，已超出系統所規範的45度。



船舶航行異常功能開發

偏離航道

偏離航道則代表船舶有意違反運送契約所規定之航道或未航行在慣用航道內。系統在偏離航道告警的測試場域是以交通部公告之彰化外海離岸風電區南北向航道做一系統實測範圍。

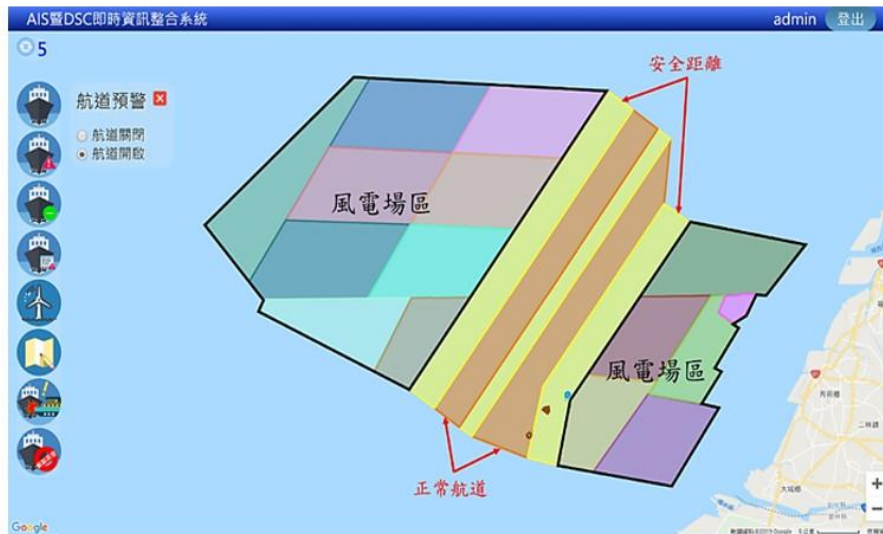


偏離航道預警功能測試場域

- 依據交通部公告，彰化外海離岸風電區航道位於兩離岸風電區範圍之間，在航道臨近風電區的範圍設有兩哩安全距離，一般情況下船舶禁止駛入。



偏離航道預警功能開發

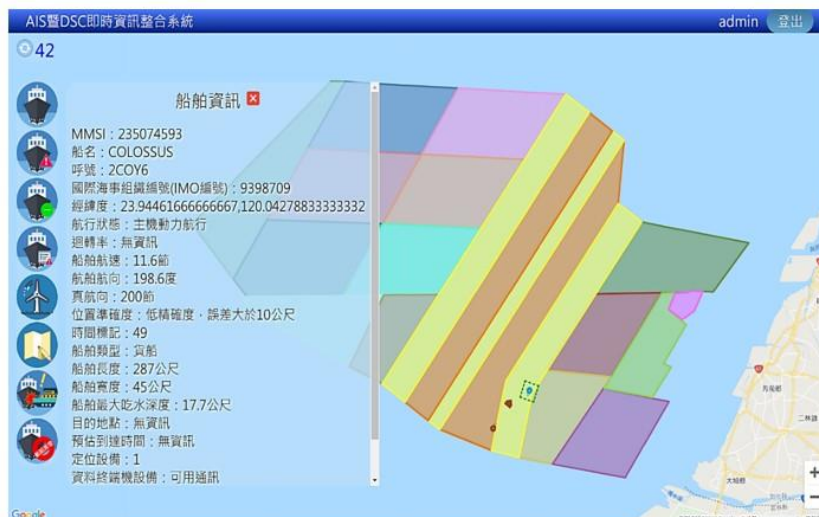


Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



偏離航道預警功能開發

以MMSI：235074593之船舶為例。可以從系統顯示介面得知該船舶已航行在風電區與航道間的禁航區範圍。



Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology



偏離航道預警功能開發

以船舶航行安全預測模型進行船舶偏離航道預警案例。在此畫面中，系統會同時顯示該船舶現在位置與船舶下一航行點的預測位置，圖例中實心框線的船舶圖示為船舶現在位置，而虛框線則是系統預測模型預測船舶下一航行點的未來位置。



船舶航行安全大數據資料庫研究成果

系統開發之細部工作項目

- 船舶航行異常
 - 船舶異常
 - 偏離航道
- 船舶碰撞危險度分級
 - 碰撞預警

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

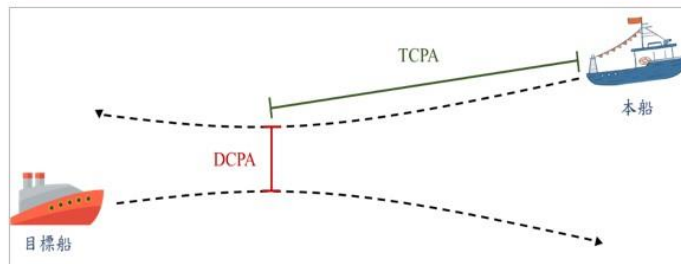
- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

系統預測精度及預測功能優化評估

- 船舶航行安全預測模型之優化

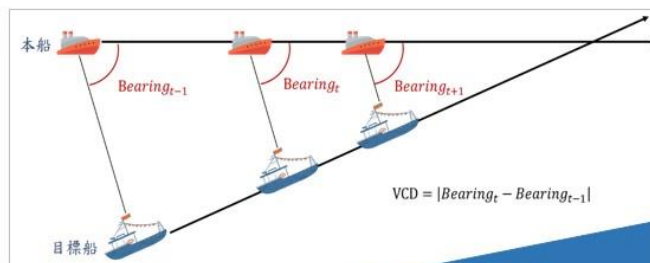
碰撞預警功能開發

船舶航行安全評估系統的**碰撞預警**是以兩船間的**DCPA**、**TCPA**及**VCD**三個**碰撞資訊**進行計算，評估船舶間的碰撞風險，並給予**碰撞危險度分級**，使相關人員可以更直觀的了解各船的碰撞危險度。



DCPA與TCPA

VCD



碰撞預警功能開發

DCPA與TCPA是評估船舶碰撞風險中最具代表性的兩個參數

- **DCPA**為本船與目標船依現在航線的最接近點距離(浬)
- **TCPA**為本船航行至最接近點距離的時間(分)
- **VCD**為兩船兩個時間的方向角(Bearing)相減之絕對值，透過VCD即可知道兩船航線是否改變

碰撞分級標準			
危險等級	DCPA(浬)	TCPA(分)	VCD(度)
重度	1.0	12	4
中度	2.0	20	7.5
輕度	3.5	30	15



碰撞預警功能開發

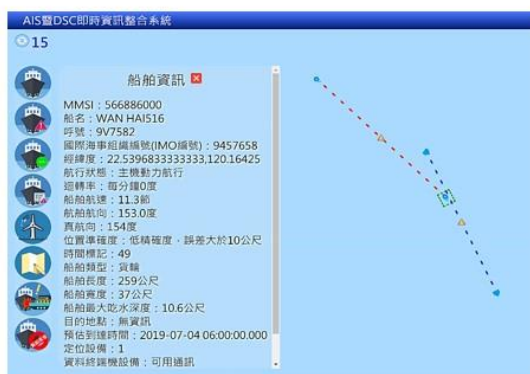


Intelligent Communication and Control Laboratory
Department of Electronic Communication Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

碰撞預警功能開發

系統使用即時AIS資料進行船舶碰撞預警預測

此圖例為兩艘船舶碰撞資訊已達中度危險。系統以紅色虛線連接兩船，點選虛線上的警示符號即顯示兩船的MMSI、DCPA、TCPA、VCD及碰撞危險度，若欲知悉船舶其它資訊則可點選船舶圖示進行顯示。



碰撞預警功能開發

系統使用預測模型資訊進行船舶碰撞預警預測

此圖例為系統模型預測船舶下一航行點可能發生碰撞資訊達中度危險。以藍色虛線連接兩船，點選虛線上的警示符號即顯示兩船的MMSI、DCPA、TCPA、VCD、預估時間及碰撞危險度。點選船舶圖示則可顯示系統預測該船舶航行至此位置的相關資訊。



船舶航行安全大數據資料庫研究成果

系統開發之細部工作項目

➤ 船舶航行安全預測模型之優化

- 系統模型建置
- 預測精度優化

船舶航行安全大數據資料庫建置研究

- 錯誤數據整理
- AIS資料壓縮處理

AI智慧化船舶航行安全監測與預測系統建置

- 特徵與標籤分類
- 系統模型建置
- 船舶行為預測

船舶航行安全大數據資料庫資料應用

- 船舶航行異常
- 船舶碰撞危險度分級

系統預測精度及預測功能優化評估

- 船舶航行安全預測模型之優化

優化模型預測結果展示

雙向長短期記憶網路(雙向LSTM)系統模型優化之預測結果

透過交通部航港局AIS資料，以隨機取樣間隔方式進行預測結果分析。其使用優化後的船舶航行安全預測模型確實能夠大幅的降低平均誤差且差距也能有效縮小。



系統預測模型優化架構設計

- 增加第二層雙向LSTM之神經元數
- 使用TimeDistributed層，提高雙向LSTM對模型之影響力
- 依據AIS資料取樣坐落區間分析，修改最大預測時間

優化模型預測結果

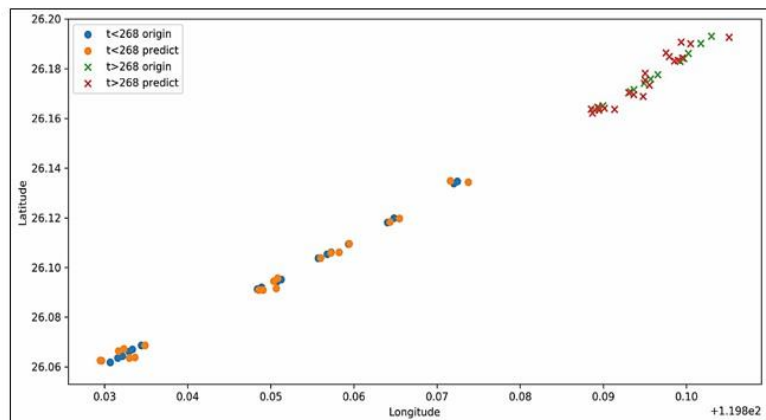
- 航港局AIS資料
隨機取樣間隔平均誤差：119公尺

優化模型預測結果展示

介接航港局AIS資料隨機取樣間隔分析

t表示第三筆特徵與標籤的時間差(s)，可以發現t>268之預測結果的平均誤差下降至157公尺，而t<268預測結果之平均誤差則降至106公尺。

AIS資料取樣坐落區間	Mean	Min	25%	50%	75%	Max
第三筆特徵與標籤時間差(s)	225	33	160	201	268	600



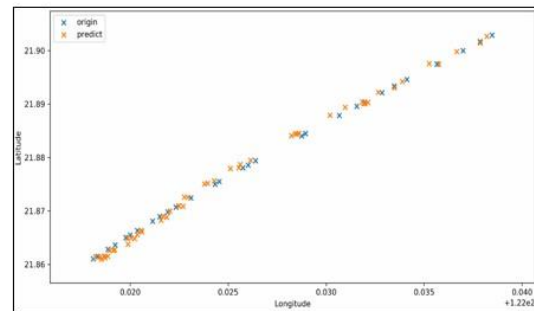
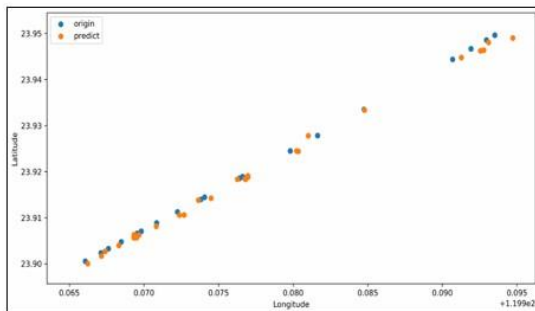
優化模型預測結果展示

同樣以優化之預測模型證明預測區域範圍大小與預測精度之間不具影響關聯。

優化之預測模型以隨機取樣間隔方式進行區域性範圍的預測結果

左圖經緯度區域範圍數據量佔整體數據量的2.003%，平均誤差值為115公尺。

右圖經緯度區域範圍數據量佔整體數據量的0.044%，平均誤差值為124公尺。



結論與建議

結論

- 重點與貢獻在於基於人工智慧基礎**海上船舶航行為預測**系統建置後的能量衍生，並以**涵蓋整體海上船舶航行為預測層面的方式**進行**功能與介面的設計及建置**
- 由於**AIS提供之資料廣泛**，且功能訴求各有所不同，在結合後端資料庫、資料探勘、深度學習演算法等分析預測技術後，我們將能**提供多元化的海上船舶航行為預測功能與資訊**，協助有關單位進行相關應用及研究。
- 研究成果除可**提供港研中心做為船舶航安監測應用**外，亦能**藉此延伸或整合其它智慧化船舶監測技術**，擴大此次研究執行之效益。



結論與建議

建議

- 在未來硬體效能許可情況下，可將模型改為**在線學習模式**，模型即可在**預測即時資料的同時進行優化**
- 在未來研究中，應能**提升系統樣本資料源多元化特性**，加以結合相關航海資訊，如**海氣象資料、國際海事衛星系統**(International Maritime Satellite, INMARSAT)的相關資訊等，方可**使系統對船舶航行的安全評估判斷更加全面且精確**。
- 為**提升國內船舶AIS資訊的數據品質**，應可進一步針對**AIS資訊數據品質、錯誤原因、錯誤數據量佔比及改善方法**進行相關的研究探討。
- 目前**國內離岸風電區與南北向兩航道間之海域範圍**將規劃做為**離岸風電工作船舶所使用航道**，因此系統在識別船艙異常、偏航告警等部分將需要考量**如何避免離岸風電工作船舶在管制區域內造成系統誤報的影響**。

謝 謝 聆 聽

附錄三

期中報告審查意見處理情形表

期中報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-108-H2DB001g

計畫名稱：船舶航行安全大數據資料庫應用與分析

執行單位：國立高雄科技大學

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
溫志宏委員	- 造成AIS資料錯誤或異常的原因為何？是否有改善的方法？ - 資料訓練是採off line訓練？抑或on line訓練？資料是否會再饋入訓練程序以更新預測模型參數？若有，何時饋入？ - 可同時處理的船隻軌跡預測之容量受哪些因素影響？預期幫港研中心建立的系統可同時處理的容量為何？	- 謝謝委員指導，AIS資料錯誤或異常原因推估可能在於岸台基地的訊號接收效能不佳導致資料接收完整度受影響，抑或是海上船舶在回傳AIS資料過程受到干擾等問題所造成。其改善方法則須從船載設備與岸台基地等源頭著手進行。 - 謝謝委員指導，目前研究所採用的資料源包括港研中心與航港局所提供之AIS資料，其資料訓練過程是以off line進行。新資料則是在預測模型建立後，進行預測的同時饋入歷史訓練數據，並在一固定時間重新訓練模型，藉此提高模型訓練精度。 - 謝謝委員指導，系統於船舶軌跡預測容量所受影響條件繁多，包括訓練資料之數據品質、模型建置方式及硬體處理效能等因素。目前系統在處理容量部分是依所	- 同意。 - 符合。 - 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	4. 參考文獻可再增加。報告中所有的圖表於本文論述中皆須有引用之處。	介接的AIS資料進行，其資料源涵蓋我國本島及離島共33座AIS接收站資料。系統可同時處理的容量待系統完全建立後，我們會執行系統壓力測試，了解系統同時處理資料量能力。 4. 謝謝委員指正，後續將依照委員加強蒐集相關參考文獻資料。報告中部分圖表為團隊自行繪製，在引用圖表部分亦已遵循建議註記引用來源。	4. 依處理情形辦理。
張憲國委員	1. 文章架構要符合港研報告要求及工作項目，論述邏輯要通順清楚，以目前報告內容難以了解研究成果。 2. 整體報告的格式及文獻引用等需符合港研報告要求或科技報告格式，圖表說明及抬頭需簡易清楚表達圖表內容，若是引用他人的則需標註資料來源，整體報告的編輯需要再加強。 3. 第一章大幅內容敘述大數據，而僅敘述四個在近五年內臺灣重大海上事故，且其中一例為爆炸事件，如此少的海上事故案例如何說明大數據的重要性。	1. 謝謝委員指導，文章架構與內容論述方式將依照委員建議對研究成果加以補充及修正，予以詳細呈現執行成果。 2. 謝謝委員指導，後續團隊將以運輸研究所出版品規定進行編撰，並對圖、表說明及引用文獻資料做一內容補充。 3. 謝謝委員指導，原表1-1所提之我國重大海上事故案例主要是列出近5年造成傷亡之重大海上事故。已依照委員建議，增加船舶擱淺、擦	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 符合。

審 查 委 員	審 查 意 見	處 理 情 形	本 所 計 畫 承 辦 單 位 審 查 意 見
		撞等相關海上事故案例，並就大數據分析技術能如何協助航行安全之應用做一補充說明。	
	4. 第三章研究方法及成果，列出引用文獻，建議可以整理所有文獻在第一章的文獻回顧一節。	4. 謝謝委員指導，報告將依照委員建議將3.1節所引用之相關文獻說明進行修正，並彙整於1.2節國內、外相關研究發展。	4. 符合。
	5. 流程圖符號須符合一般規定。	5. 謝謝委員指導，報告內容所繪製之流程圖符號將依據規定進行修正。	5. 符合。
	6. 第四章只有一行文字敘述及表格，且列為一章不太合適。	6. 謝謝委員指正，第四章研究進度甘特圖將依照委員建議補充論述，並將其彙整於第二章研究內容與工作項目中。	6. 符合。
	7. 參考文獻格式須依港研報告要求或科技論文標準，中英文分類並依序排列。	7. 謝謝委員指導，後續報告之參考文獻格式將以運輸研究所出版品規定進行編撰。	7. 依處理情形辦理。
	8. 有瑕疵的AIS 資料佔所有資料的比例如何?統計各類瑕疵資料的比例又如何?另外，增加AIS 資料會產生瑕疵的原因探討。	8. 謝謝委員指導，依據交通部航港局提供之7月份AIS 資料進行統計，其錯誤數據佔比約64%，其中又以AIS 資料重複性問題為多數，約57.4%，AIS資料錯誤或異常原因推估可能在於岸台基地的訊號接收效能不佳導	8. 依處理情形辦理。

審查 委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	9. 定義壓縮率及執行原則。 10. 在網路系統的建構除需系統介紹理論及各層輸入方式外，應說明本研究所選擇的條件，如長短記憶的定義，平均誤差的定義，是否輸入固定間距或隨機間距預測中間內差值，還是預測未來時間的位置。 11. 學習及驗證的樣本比例如何？	致資料接收完整度受影響，後續將依循委員建議於報告進行AIS各類錯誤數據統計及原因探究之補充。 9. 謝謝委員指導，其資料壓縮處理及執行原則主要是為了刪除相似船舶行為特徵的資料藉以降低系統運算負擔，以航港局提供之AIS資料為例，原始AIS資料樣本為35,683,789筆，經演算法壓縮後之資料量降至14,433,211筆，壓縮率為60%。 10. 謝謝委員指導，研究所使用之長短期記憶網路模型，輸入層形態為(3,5)，其中包括三個時間的經緯度座標、航向、航速及時間；輸出層形態為(1,2)，其中包括一個時間點的經緯度座標，而平均誤差的定義為實際船舶經緯度座標與模型預測船舶經緯度座標間的大圓距離。 11. 謝謝委員指導，目前系統的資料學習樣本佔整體樣本數的90%，而驗證樣本則佔整體樣本數的10%。	9. 同意。 10. 同意。 11. 同意。

審查 委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	12. 圖3.33 是某艘船舶航行案例的預測結果，是否所有結果都如圖3.33 一樣？ 13. 圖3.34 及表3.1 以後的內容及圖表，不知要討論的重點及顯示的成果。 14. 以航行安全而言，可接受的誤差範圍是多少？預測時間是多久？	12. 謝謝委員指導，圖3.33為介接港研中心AIS資料並透過系統預測模型進行船舶航行行為預測結果，預測結果則會依據取樣組合及資料來源的不同而有些許差異。 13. 謝謝委員指導，報告內容中，圖3.34及表3.1以後的內容主要是分別介接港研中心與交通部航港局AIS資料做一不同取樣間隔組合方式的差異，並依據時間差及經緯度區間數據量進行預測結果的呈現。後續將依照委員建議加以補充圖、表數據的內容說明。 14. 謝謝委員指導，就航安而言，由於船舶噸位、大小及種類的不同，其迴轉半徑、規避條件亦會有所不同，因此較無法訂定一標準誤差範圍。目前研究於介接港研中心AIS資料的平均誤差為284公尺，介接航港局AIS資料的平均誤差為395公尺，預測時間為4分鐘後。後續研究將持續提升訓練資料數據品質，並測試各種不同取樣組合藉以提升模型預測精確度。	12. 符合。 13. 依處理情形辦理。 14. 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	15. 本模式是否依不同船型等分類逐次建構，還是將所有有效的AIS 資料建構好模式，未來應用及驗證只是輸入必要條件就可以預測。 16. 在結論中須清楚列出本研究的結果，不須再贅述其他研究目的及工作項目。後續工作是否會面臨可能的困難及如何處理？	15. 謝謝委員指導，其模式運行部分，目前我們只預測大型船舶，主要是透過資料訓練剔除錯誤數據並進行資料壓縮後，再經由不同的採樣組合測試匯入至系統預測模型進行預測分析。未來應用及驗證只需輸入必要條件就可驗證。 16. 謝謝委員指導，在後續工作面臨之困難及解決方式部分，在資料預處理階段團隊將持續針對AIS資料進行挖掘，藉以探究是否仍有未被發現錯誤資料類型存在，再以不同取樣組合方式繼續進行測試，找出系統預測模型能夠有效改善誤差的組合方式。在系統預測碰撞及偏航告警，則須依據目前系統預測船舶航行位置進行延伸，包括兩船會遇距離、船艏向角度判斷及海上航道與船舶航向相對應關係等。	15. 同意。 16. 依處理情形辦理。
	1. 有關在表3.1系統模型架構中資料特徵相對於各類型船舶，其判別準則為何，建議可再加以論述。另從AIS數據資料整理之中就能辨識出何種船艦。(特徵萃取之依據為何？建議加以說明！)	1. 謝謝委員指導，目前系統預測模型的判別參數主要是針對船舶經緯度座標、航向、航速等數據進行資料特徵的萃取，並從中產生資料標籤，包括船舶預測位置、兩	1. 同意。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
楊瑞源委員	2. 目前研討對象之各類型船舶(貨輪、商船、漁船等)其AIS系統相關資訊其差異性為何？能否整理成表作分析，如船長、船寬、總噸位等資訊。	船會遇距離等預測目標。 2. 謝謝委員指導，目前船舶所提供之AIS系統相關資訊內容可概分為動態資訊與靜態資訊兩類，然部分船舶所提供的AIS資料並未公開船舶長寬、噸位、吃水深及目的地等靜態資訊，因此在製表進行分析上有一定難度存在。	2. 符合。
	3. 預期效益中所提綠色航路可否加以說明之。	3. 謝謝委員指導，後續將依照委員建議於報告進行綠色航路之補充說明。	3. 同意。
	4. 期末成果能否擇選一實際海域進行船舶航安大數據資料庫之應用及預測分析。	4. 謝謝委員指導，系統實測階段將依循委員建議，並以彰化外海離岸風場之南北向航道範圍進行系統實測應用。	4. 依處理情形辦理。
	5. 因應未來臺灣西海岸離岸風場之建置，有關船舶航行安全，本研究能否引入相關加值之分析，以落實船舶海上航安。	5. 謝謝委員指導，後續於系統開發部分將依委員建議針對離岸風場建置，整合相關應用服務，如將船舶偏航告警因應於離岸風場航道管理、船舶航向離岸風場禁航區示警等功能開發。	5. 依處理情形辦理。
	1. 本案著重於應用AIS資料，經過加值分析後，探討航行安全的提升。報告中提到環境參數亦是影	1. 謝謝委員指導，研究將依照委員建議針對環境因素對系統影響加以探究，並對主	1. 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
江文山委員	響因子，然內容較少探討。而中心另案委託中央大學執行的研究則著重於環境參數分析配合AIS數據，探討船舶偵測與航行效率提升。建議兩案執行團隊進行經驗交流與資訊分享，以期兼顧安全與效率，同時考慮被動的AIS資料收集與主動的船舶偵測，資料庫的建置亦同時預留相容性的設計。	動性質之船舶監測系統加以著墨，評估是否能將其納入做為數據樣本源，藉以提升預測系統參數多元性。	
	2. 各項工作的技術細節說明詳細，然成果及應用的部分略為不足，後續報告請針對此部分加強，另報告章節，建議依工作項目安排。	2. 謝謝委員指導，目前整體系統開發進度雖已具有初步研究成果，但部分功能的建置尚處開發階段，因而在成果呈現未達到委員期許，後續將依照委員建議依據工作項目安排加強相關應用說明及研究成果呈現。	2. 同意。
	3. 計畫主旨在航行安全，內容中對於船舶軌跡的預測有詳細說明，但是其結果在航行安全的應用作法並未探討，後續請補充。	3. 謝謝委員指導，目前團隊已初步完成船舶航行位置預測，而後則是針對船舶碰撞、偏航告警進行功能開發建置，後續報告將依照委員建議就系統建置及功能開發於海上船舶航行安全應用與協助做一補充說明。	3. 同意。
	1. 關於團隊所提AIS錯誤數據方面是否考慮撰寫程式以進行資料篩選？	1. 謝謝所長指導，系統在AIS資料預處理過程，於數據除錯階段已有透過初步的偵	1. 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
陳天賜副所長		錯演算法進行資料篩選以利加速整體AIS資料預處理時間。然部分錯誤數據，如船舶經緯度座標異常狀況，則牽涉到航向、航速等數據之間的相對應關係，在偵錯篩選上具有一定難度，後續團隊亦將持續改善數據偵錯演算法處理效能，藉以提升AIS資料預處理效率。	
	2. 對於AIS資料的來源以航港局AIS系統提供為基礎，藉由航港局與其它單位的合作，從源頭部份開始要求起將會減少AIS資料錯誤的產生。	2. 謝謝所長指導，後續研究亦將於報告補充AIS各類錯誤數據統計，藉以提供一AIS資料錯誤改善之參考依據。	2. 符合。
	3. 在報告格式部分須依本所規定辦理，建議從期中報告開始就依照本所規定撰寫。	3. 謝謝所長指正，報告格式將依照所長建議做修正，並以運輸研究所出版品規定格式進行撰寫。	3. 依處理情形辦理。
	4. 本計畫完成後之移轉，在系統功能實際應用部分應符合該業務單位的預期(例：多船碰撞等)並滿足其需求(例：告警的頻率與其精準度)。	4. 謝謝所長指導，系統功能實際應用將依照業務單位需求進行配合。	4. 同意。
	5. 是否可增加海事事故風險熱區的顯示功能，藉由熱區的標示以達警示之作用。	5. 謝謝所長指導，團隊將依循所長意見評估風險熱區顯示功能開發建置之規劃。	5. 同意。
	1. 報告編撰方式請依本所出版品	1. 謝謝委員指導，報告編撰方	1. 符合。

審查 委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
蔡 立 宏 委 員	規定編撰，圖表解析度亦請提高。	式將依運輸研究所出版品之規定格式進行修正，圖表解析度不佳導致研讀不便問題亦會依照委員建議重新繪製予以改善。	
	2. 摘要內容應包括動機、目的、方法(預期)成果及效益應用等。	2. 謝謝委員指導，在摘要內容撰寫部分將重新彙整報告內容，就此次研究動機目的、研究方法、成果與效益做一完整的論述。	2. 依處理情形辦理。
	3. 2-2工作項目應以規範內容再延伸說明。	3. 謝謝委員指導，報告2.2小節內容說明主要共4開發階段，分別為資料庫建置研究、預測系統建置、資料應用及功能優化評估，團隊將依照委員建議針對計畫工作項目加以補充說明。此外，在完成上述系統開發建置後，則彙整計畫相關成果填寫計畫績效管考文件、建立系統操作技術手冊，並移交中心進行後續管理。	3. 依處理情形辦理。
	4. 圖3.1系統模型架構，文中建議詳加說明每步驟輸入及產出，特徵選擇的依據。	4. 謝謝委員指導，團隊將重新繪製系統模型架構圖，從AIS資料介接、預處理、特徵萃取、資料訓練、系統模型建置到最後的預測分析，分別針對上述每個步驟及運作流程做一說明。	4. 符合。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	5. AIS錯誤數據分析上，建議彙整分析目前資料錯誤類別，另外處理方式亦應說明。 6. 應蒐集已發生事故之案例，做模式驗證。 7. AIS壓縮演算，建議以圖形說明，另壓縮後對系統負擔及準確度影響如何？ 8. 以本所及航港局AIS做分析，其資料的時段有相同嗎？	5. 謝謝委員指導，目前系統所介接之AIS資料，分別為交通部航港局提供之7月份AIS資料及港研中心提供之AIS歷史資料，後續將依照委員建議針對資料錯誤類別進行彙整，並於報告中補充偵錯處理相關說明。 6. 謝謝委員指導，系統實測階段將依循委員建議以實際案例進行系統預測之驗證。 7. 謝謝委員指導，於AIS資料壓縮演算法部分將於後續報告中加入圖例做一補充說明。在資料壓縮處理部分，以航港局提供之AIS資料為例，原始AIS資料樣本為35,683,789筆，經演算法壓縮後之資料量降至14,433,211筆，壓縮率為60%。其資料壓縮目的主要是為了刪除相似船舶行為特徵的資料，藉以降低系統運算負擔，對於系統預測準確度影響性較小。 8. 謝謝委員指導，在AIS資料時間性部分，港研中心提供之AIS資料主要為107年度歷史資料，而交通部航港局所提供之AIS資料則以108	5. 依處理情形辦理。 6. 同意。 7. 同意。 8. 符合。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
		年度7月份資料為主。	
蔣敏玲委員	1. 在報告撰寫上，建議進行以下調整： (1) 依本所出版品格式編排。 (2) 「台灣」改成「臺灣」。 (3) 相關用語請一致，例如：本研究、研究、我們、團隊。 (4) 建議報告儘量以列點、圖表等更清楚之呈現方式。 2. P.15的2-1節研究工作項目分為四大項，但P.18之圖2.3卻又將第一項工作項目流程圖，內含第二、三、四項工作項目，建議調整。 3. CH5結論與後續工作，建議具體列點陳述。 4. 請再多加說明預測系統之output為何？及如何應用在航行安全？	1. 謝謝委員指正，後續將依照委員建議依運輸研究所出版品之規定格式進行報告編撰，並修正為一致的相關用語，以及使用列點及圖表方式進行呈現。 2. 謝謝委員指導，已依據委員建議將報告圖例2.3名稱修正為系統開發流程。 3. 謝謝委員指導，在結論與後續工作說明部分，將依照委員建議以列點方式進行論述。 4. 謝謝委員指導，本次研究至期中階段主要是完成大數據資料庫建置、航安監測與預測系統建置。在系統的輸出應用部分則期望能藉由系統針對船舶在海上的異常行為，包括非正常偏離航道、偏離航向、朝禁航區或危險海域前進等異常行為進行預測分析，使船舶異常情況事件發生前能有足夠的預警時間協助相關單位	1. 依處理情形辦理。 2. 符合。 3. 符合。 4. 符合。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	5. 模式驗證如何進行？	進行處理。 5. 謝謝委員指導，在模式驗證部分主要是以預測精確度做為一評估指標，並依據預測結果持續修正逐步收斂預測結果，藉以提升系統預測精度。	5. 同意。
許義宏委員	1. 國內外相關研究發展，建議可將相關文獻整理列表，並敘明主要研究方法及成果產出。 2. 針對AIS數據錯誤或異常，建議可進一步統計分析異常態樣，例如船種、AIS設備等級或者浮標等。並可考慮針對常發生異常的資料進行記錄，於下次分析時先行濾除或建立AI學習機制，減少資料量處理。 3. 研究採用個別船舶不同時間戳記之空間座標進行航行預測，對於航行異常或偏航尚可以處理，但是碰撞預測應考量多船預測，建議進一步說明處理方式。	1. 謝謝委員指導，在報告1.2節國內、外相關研究發展部分，將於內容補充一相關文獻說明列表，使相關文獻重點能清楚呈現。 2. 謝謝委員指導，依據交通部航港局提供之7月份AIS資料進行統計，其錯誤數據佔比約64%，其中又以AIS資料重複性問題為多數，約57.4%，後續將依循委員建議於報告進行AIS各類錯誤數據統計及原因探究之補充，並持續改善數據偵錯演算法處理效能，藉以提升AIS資料預處理效率。 3. 謝謝委員指導，目前碰撞預測功能仍處開發階段，其系統預測模式係以多船預測進行開發，團隊將於期末成果呈現依循委員建議加以說明相關處理方式。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	4. AIS原始資料經過錯誤數據處理及壓縮後，可納入訓練之數據資料量還有多少比例?建議在報告中補充敘明訓練樣本的基本統計。 5. 表3-1~表3-4進行船舶取樣間隔分析，其預測誤差是個別船舶?或者所有訓練樣本的誤差?請補充敘明。	4. 謝謝委員指導，依據交通部航港局提供之7月份AIS資料進行統計，其錯誤數據佔比約64%，其中又以AIS資料重複性問題為多數，約57.4%，後續將依循委員建議於報告加以補充說明訓練樣本統計資料。 謝謝委員指導，其預測誤差 5. 為系統區域性範圍預測結果之平均誤差。	4. 同意。 5. 同意。
交通部航港局	1. 航港局AIS系統於今年一月正式上線，預計今年十月會將運研所港研中心27座接收站整合納入航港局系統內。 2. 關於AIS資料來源錯誤問題，目前與NCC合作進行對AIS設備的管控，例如由NCC指配MMSI與發證等。 3. 對於AIS資料重複問題將由航港局這方面進行處理。 4. 在MMSI異常部分將加強與	1. 謝謝委員指導，目前航港局所提供的AIS資料為33座AIS接收站之資料。在整合中心27座AIS接收站後，於AIS資料源提供上將能有相當大的助益。 2. 謝謝委員指導，透過NCC協助指配MMSI與發證方式，將能有效針對AIS設備進行管控，提升系統效能。 3. 謝謝委員指導，團隊後續將依照委員建議配合航港局針對資料錯誤類別進行彙整，藉以有效處理AIS資料重複問題。 4. 謝謝委員指導，船舶MMSI	1. 符合。 2. 符合。 3. 同意。 4. 同意。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	NCC和漁業署的合作進行管理。 5. 有關GPS座標定位方面，預計於今年十月增加兩項設備進行校正，屆時應會有改善。 6. 另於系統實際應用面上，對告警部分希望增加其精準度，不然屆時將造成值機人員之困擾。	資料欄位異常問題，將配合航港局商請NCC和漁業署協助合作進行管理。 5. 謝謝委員指導，航港局透過增加的兩項設備進行校正，將得以有效改善GPS座標定位的問題。 6. 謝謝委員指導，在系統告警功能開發部分，團隊將持續優化系統預測精度，予以降低系統告警被誤觸的可能性。	5. 同意。 6. 依處理情形辦理。
臺灣港務股份有限公司	1. 建議海事事故案例以航港局例年海事案件之船舶碰撞或擱淺為參考。 2. 建議本研究計畫初期以船舶碰撞或擱淺之航行安全預警為主。	1. 謝謝委員指導，後續研究將依循委員建議以實際案例進行系統預測之驗證。 2. 謝謝委員指導，目前研究在碰撞預測功能仍處開發階段，後續將依委員建議著重於船舶碰撞與擱淺預警功能之開發。	1. 同意。 2. 依處理情形辦理。
海洋委員會	1. 船舶航行海上首重人安、艇安與航安，在航路規劃上除了考量航程外，也會針對人員安全、船舶噸位、載重、貨載安全、吃水、耐浪性、運轉能力、停泊港口、風力風向、浪高、海面船舶交通密度、禁航區、航道寬度、能見度、主輔機運轉能力、海上避碰、TCPA與CPA的設定等來調整	1. 謝謝委員指導，團隊將依照委員建議，針對人員安全、船舶噸位、載重、貨載安全、吃水、耐浪性、運轉能力、停泊港口、風力風向、浪高、海面船舶交通密度、禁航區、航道寬度、能見度、主輔機運轉能力、海上避碰、TCPA與DCPA的設定等進	1. 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	航速與航向，讓船舶可在安全的前提下迅速完成任務。 2. 海上航行當值人員會依據目視、ARPA、GPS、ECDIS等輔助航儀，來判定船舶目前船速、位置、與他船的相對位置，決定是否有碰撞、擱淺或是偏離航道的風險，再依據現況優先用舵(調整航向)、加(減)俾、停俾、甚至是倒俾、下緊急錨、開啟側推器等方式來減少船舶ROLLING/PICTHING、避碰或是擱淺風險。 3. 船舶在建造完成後，會進行公試(海試)，確認其操縱特性等性能諸元表(航速、衝止距、迴轉半徑等)，並會提供測試報告書、PILOT CARD等供操船者參考。 4. 本計畫在AIS錯誤數據處理、資料壓縮演算法、及AI智慧化船舶航行安全監測系統的建置已有相當的進展，建議研究團隊未來在AIS船舶航跡異常、碰撞警告、偏航警告的參數設定，需綜合考量上述因子，才能確認船舶是否有碰撞危機。 5. 未來運研所運用相關資訊及案內研究成果，可提供本會參考，俾利本會海巡署雷達訊號之船	行研析。 2. 謝謝委員指導，團隊將依照委員建議，研析ARPA、GPS、ECDIS等輔助航儀，對於船舶ROLLING/PICTHING、避碰及擱淺等事故風險的應用。 3. 謝謝委員指導，系統開發建置完成後，將以彰化外海離岸風場之南北向航道範圍進行系統實測應用。 4. 謝謝委員指導，團隊將依循委員建議加以探究並持續測試系統參數設定方式，予以有效提升系統預測效能。 5. 謝謝委員指導，在完成系統開發建置後，將彙整計畫相關成果撰寫報告，並建立系	2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。 4. 同意。 5. 同意。

審查 委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	船辨識，及針對異常態樣即時應 處運用。	統操作技術手冊，移交港研 中心進行後續管理。	

附錄四

期末報告審查意見處理情形表

期末報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-108-H2DB001g

計畫名稱：船舶航行安全大數據資料庫應用與分析

執行單位：國立高雄科技大學

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
溫志宏委員	1. 該系統以ON-LINE方式執行，除了須考量硬體設備之外，尚有哪些因素需考量？	1. 謝謝委員指導，系統預測模型若欲以在線學習模式執行，除硬體設備的支援外，大量AIS資料的狀況還需考量演算法計算效能，包括AIS資料預處理階段針對錯誤資料整理的效率、模型預測分析運算能力等因素。	1. 符合。
	2. 後續尚有哪些方法可以提升預測精度？	2. 謝謝委員指導，目前研究所採用的資料源為航港局所提供之AIS資料，未來若加以結合相關航海資訊，如海氣象資料、國際海事衛星系統資訊，將能有助提升系統樣本資料源多元化特性，使系統預測分析條件更為健全，藉以提升預測精度。	2. 同意。
	3. 若將海氣象資料納入考量，對於系統預測模型之功能、精度等方面有何助益？	3. 謝謝委員指導，納入海氣象資訊獲取風速、風向、示性波高及海洋流速等資料對於船舶安全評估系統的船舶預測及監測應用將能有良好的助益，其海氣象優劣狀況資訊可提供給系統進行船舶碰撞風險計算時之	3. 同意。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	4. 以8：2或9：1不同比例進行資料訓練，對預測結果是否會有差異性存在？ 5. 採動態性之AIS資料壓縮處理是本系統優點之一，請簡單描述不同壓縮比例之判斷準則。 6. 預測精度之顯示數據，除了平均誤差，是否可提供該平均誤差值所對應之標準差值？	影響因子參考，對船舶安全評估系統進行碰撞預測的精度具有相當之影響。 4. 謝謝委員指導，團隊參酌目前國內外相關技術文獻，大多以8：2比例進行資料訓練。應用9：1比例進行模型建置亦即代表在建模過程使用的資料量較多，雖可有較好的預測結果，但在模型訓練過程過度擬合的狀況對於新AIS資料導入模型進行預測時會造成較高的誤差存在。 5. 謝謝委員指導，在壓縮處理部分主要是依據AIS資料中船舶航行距離與航向差做一判斷。其閾值的設定會影響資AIS資料的壓縮率，研究分別以50%、60%及70%壓縮比例進行測試後，其60%壓縮率的資料量提供系統模型進行預測運算擁有較好的預測成效。 6. 謝謝委員指導，因系統開發過程所介接之AIS資料過於龐大，且有部分資料錯誤，故研究以系統預測誤差結果進行平均誤差值計算而未針對標準差值進行計算。	4. 符合。 5. 符合。 6. 符合。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	7. 本案之結果若欲納入實際決策應用，應將靜態之船舶資訊一併納入預測評估系統。	謝謝委員指導，後續在系統 7. 優化或擴建功能規劃上，團隊將針對靜態之船舶資訊加以著墨。	7. 同意。
嚴國慶委員	1. 錯誤資料整理出來做了哪些後續處理？ 2. 預測結果愈來愈好；在航行安全的角度上看，目前結果是否可接受？若要再精確是否只要再增加神經元即可，還是有其他方式？ 3. 偏離航道是實際案例，或是 OFF-LINE？ 4. 耗時的問題可否考慮其他類似平行處理、末端計算等等方式？	1. 謝謝委員指導，目前AIS錯誤資料經整理後僅做剔除動作，未進行其它相關處理動作。 2. 謝謝委員指導，提升神經元數雖可增加系統模型預測學習能力，但可能導致過度擬合狀況發生，預測模型的運算時間亦會增加。在預測精度優化部分應可在後續增加資料來源，並重新針對各資料源進行訓練及模型參數的設定，從而取得一權衡予以提升系統預測效能。 3. 謝謝委員指導，系統偏離航道監測功能可由AIS資料做即時監測，亦可由船舶航行安全預測模型進行船舶偏離航道預測。 4. 謝謝委員指導，系統運算耗時問題評估應可從彙集系統、分散式運算架構方式著手，但運算結果整合及系統預測模型之設計邏輯構思，	1. 同意。 2. 依處理情形辦理。 3. 同意。 4. 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
		團隊還需多加著墨。	
楊瑞源委員	1. 建議增列期中報告審查意見之回覆執行情形。	1. 謝謝委員指導，已依循委員建議將期中報告審查意見之回覆執行情形增列於報告附錄三。	1. 符合。
	2. 108年研究成果報告書建議納入106年及107年研究成果之摘要簡述，俾更瞭解各年度整體研究成果之銜接情形。	2. 謝謝委員指導，已依循委員建議將106年度與107年度研究成果簡述補充於報告1.4研究內容及工作項目小節。	2. 符合。
	3. 目前已納入之船舶航行安全大數據資料庫，共有多少船型及不同水域？不同水域是否可將其航道或離岸風場資訊等呈現。另東部水域船舶航行安全是否亦有納入資料庫？此外，環境資訊(風、波、流)未來有必要納入。	3. 謝謝委員指導，目前已納入船舶航行安全大數據資料庫之AIS船舶資料是以大型客、貨、油輪為主。所涵蓋水域範圍則是以目前航港局33座AIS接收站的系統覆蓋範圍為主，包含我國本島與離島地區。於航道與離岸風場資訊的呈現目前研究團隊已著手進行相關開發，並有部分的基礎成果。	3. 符合。
	4. 操作介面之操作演練是否提供予港研中心訓練課程？	4. 謝謝委員指導，操作介面演練部分，團隊將配合港研中心規劃時間進行協助。	4. 同意。
	5. 結論描述比建議論述來得少，是否意味本計畫須再作持續性研究。	5. 謝謝委員指導，已依循委員建議於P5-1補充研究報告結論說明。	5. 符合。
	6. 情境分析(多船航行、船隻失去	6. 謝謝委員指導，目前系統開	6. 同意。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	動力受環境動力作用產生之碰撞)。	發成果還未納入情境分析功能，未來若進一步進行系統開發階段，將依循委員建議納入情境分析功能建置。	
江文山委員	1. 報告摘要建議增加具體的研究成果說明。 2. 研究對象針對300噸以上的船隻，是否涵蓋大部分的船隻，請說明。 3. P2-2除錯使用的公式，請說明考量的重點；另，該公式與圖2.1不同，請確認。 4. 除錯的流程對於定點停留的船隻是排除或納入，對後續的影響？	1. 謝謝委員指導，已依循委員建議針對報告摘要進行研究成果的補充說明。 2. 謝謝委員指導，研究對象針對300噸以上船舶主要是根據國際海事組織的SOLAS公約規範，其規範要求航行於國際水域總噸位達300以上之船舶及所有客船，均需安裝AIS，故團隊研究對象以300噸以上船舶為主。 3. 謝謝委員指導，已依循委員建議補充說明除錯考量點並修正錯誤處。 4. 謝謝委員指導，目前除錯流程對於定點停留的船隻，系統仍會納入運算，在AIS錯誤數據的初步檢測主要是針對是否符合MMSI 9碼規範、經緯度座標坐落於系統設定範圍、航速小於30節，符合初步檢測流程後再以同一船舶的連續兩筆AIS做航向及經緯度是否異常之判斷。而系統模型預測部分	1. 符合。 2. 同意。 3. 符合。 4. 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	5. P2-11依報告中設定的條件壓縮率為60%，據此得到後續的預測誤差，若改變條件對後續的誤差影響？ 6. P3-8部分的參數似未定義，請再檢查。 7. 預測優化的討論主要針對使用模型的影響，資料前處理的相關設定，對預測的結果影響或可納入探討。 8. 建議增加統計圖表說明AIS除錯的結果。	對於定點停留於港區內之船舶則是未納入進行預測。 5. 謝謝委員指導，在壓縮處理部分，研究分別以50%、60%及70%壓縮比例進行測試後，其60%壓縮率的資料量提供系統模型進行預測運算擁有較好的預測成效，且在系統運算負擔上亦能取得一較好的權衡。 6. 謝謝委員指導，已依循委員建議於P3-8頁加以補充。 7. 謝謝委員指導，研究在優化部分主要是針對系統預測模型進行優化，尚未對資料前處理進行相關優化程序，在資料預處理階段仍以錯誤數據整理及資料壓縮處理為主。未來應可依委員建議在系統優化與資料前處理之相關設定做一探討評估兩者間影響。 8. 謝謝委員指導，已依循委員建議於P2-4增加AIS資料除錯統計相關說明。	5. 依處理情形辦理。 6. 符合。 7. 同意。 8. 符合。
	1. 關於AIS資訊來源端存在大量重複性、錯誤性資料等問題，研究團隊可借鑑本所港研中心的處	1. 謝謝所長指導，研究團隊在進行工作會議報告之交流互動過程中，亦時常與中心	1. 符合。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
陳天賜副所長	理經驗。	同仁共同針對系統開發流程及遭遇問題點進行探討。在AIS資料預處理過程，於數據除錯前期階段雖是以人工方式從系統預測回饋結果回頭檢測樣本資料的正確與否，在研究後期團隊亦開發一初步的偵錯演算法進行資料篩選以利加速整體AIS資料預處理時間。然部分錯誤數據，如船舶經緯度座標異常狀況，則牽涉到航向、航速等數據之間的相對應關係，在偵錯篩選上將借鏡中心的處理模式，予以改善本案研究於數據偵錯的處理效能及演算法設計方式。	
	2. 研究團隊目前是在OFF-LINE的條件下進行系統研發，對於系統正式運作上線的時程規劃如何？	2. 謝謝所長指導，由於目前系統所使用的樣本資料源為經過錯誤數據整理演算法處理之AIS歷史資料，而現階段國內AIS系統資料庫提供之AIS即時資料因未經初步整理，若以即時資料上線進行系統實測，評估預測模型會有較大的誤差狀況。	2. 符合。
	3. 市場上有否相關航安應用軟體？研究團隊是否針對此進行瞭解，其實際情形如何？	3. 謝謝所長指導，依據所蒐集之文獻資料顯示目前國際市場上已陸續有應用AI技	3. 符合。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
		術之商品化航安應用軟體，包括商湯科技開發與日本最大海運公司商船三井株式會社共同合作開發之船舶影像識別和記錄系統，主要是應用電腦視覺技術及AI深度學習結合AIS系統進行海上船舶識別與避碰應用。而富士通集團與新加坡海事與港務局則是合作應用機器學習與深度學習等AI技術，開發一動態風險熱點檢測技術進行海上船舶碰撞預測的應用。	
蘇青和委員	1. 資料庫甚多錯誤數據建議制表以說明可能造成的原因，並提出減少錯誤產生之建議。 2. 船舶行為預測模型建置方面，如何選擇資料長度參數評估？自我檢核之過程建議可作較詳細說明，包括建置時間長度為何？未來如何作調度更新？	1. 謝謝科長指導，已依循科長建議於P2-4增加AIS資料除錯統計相關說明。資料錯誤原因初步探究，推測可能原因包括：岸台基站的訊號接收效能不佳、海上船載端未能成功發送完整訊號以及受海上AIS浮標影響。針對減少AIS資料錯誤產生可能須從源頭著手，並探究何者為主要發生之原因。 2. 謝謝科長指導，目前研究在選擇AIS資料的相關參數主要有四項，分別為船舶經緯度座標、航行速度、航行方向與資料接收時間，對於系統的預測模型而言，各參數	1. 同意。 2. 依處理情形辦理。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	3. 建置後的航行安全評估系統在空間解析度為何？包括AIS經緯度誤差、預測行為的誤差、在偏離航道之臨界線如何較佳的辨識，應納入考量。 4. 系統是否以達作業化水準？有哪些困難？建議作詳細說明。 5. 摘要及結論應加強研究成果之論述。	間有相對應的關係，對於系統運算皆有相當之重要性。於自我檢核部分則是在資料訓練階段應用8：2比例檢核系統預測結果，並依據20%驗證資料的預測結果不斷修正系統模型之權重與偏差。 3. 謝謝科長指導，在空間解析度與航道臨界線部分，初步預計以建置後航行安全評估系統進行經緯度誤差與預測誤差及實際值相比較，並依誤差值進行修正。 4. 謝謝科長指導，系統預測結果平均誤差值為115~124公尺，參酌國外相關研究文獻其誤差則坐落於90~100公尺。然本案系統所使用的樣本資料源為經過錯誤數據整理演算法處理之AIS歷史資料，而目前國內AIS系統資料庫提供之AIS即時資料因未經初步整理，若介接至系統預測模型使用將可能導致較大的預測誤差狀況。 5. 謝謝科長指導，已依循科長建議加強報告摘要與結論的補充說明。	3. 依處理情形辦理。 4. 同意。 5. 符合。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	6. 建議重要研究成果製作影片或簡報檔。	6. 謝謝科長指導，研究團隊已依循科長建議，配合中心需求製作研究成果影片。	6. 符合。
蔣敏玲委員	1. 報告定稿請依本所出版品規定，中英文摘要須增加一段文字描述計畫效益與應用，新增5.3小節說明成果效益與應用情形。 2. 中英文摘要內容不一致；5.1小節宜更具體說明研究成果之結論；1.2小節文獻回顧位置是否合適？須調整嗎？ 3. 是否辦理系統操作訓練與教學？ 4. 本系統若要ON-LINE應用，錯誤數據整理時間如何縮短？	1. 謝謝委員指正，後續將依照委員建議依運輸研究所出版品之規定格式進行報告編撰，並增加計畫效益與應用之論述及5.3小節成果效益與應用情形說明。 2. 謝謝委員指導，已依循委員建議修正中英文摘要內容，並加強研究成果結論的補充說明。 3. 謝謝委員指導，團隊將配合中心需求，協助進行系統操作訓練與教學。 4. 謝謝委員指導，若欲以即時資料進行系統應用操作，錯誤數據整理應可從彙集系統、分散式運算架構方式著手。	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。 4. 同意。
許義宏委員	1. 期中報告委員審查意見未放在期末報告中，無法檢視確認各委員先前所提之意見是否都已處理。請再補充相關內容。 2. 第2.1節錯誤數據之各個因素佔總體數據之比重為何？建議補充統計資料。	1. 謝謝委員指導，已依循委員建議將期中報告審查意見之回覆執行情形增列於報告附錄三。 2. 謝謝委員指導，已依循委員建議於P2-4增加AIS資料除錯統計相關說明。	1. 符合。 2. 符合。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	3. 本研究利用來訓練之樣本有多少艘船，還有使用AIS的資料期間為何，建議補充說明。從分析數據及報告內容，均無法瞭解分析的AIS資料來源、船舶類型、數量等分析過程的基本資訊。 4. P3-13對應P3-17優化前後之分析預測範圍(經緯度空間)不同，其預測結果是否適合用來進行比較？請再說明。 5. 表4-1碰撞分級標準係參考文獻資料，應用於本研究之預警效果如何？建議可進一步補充說明。 6. 第5.1結論應將各章節重要研究成果予以列點摘述，以彰顯研究產出。	3. 謝謝委員指導，目前系統監測與預測應用之研究對象主要是以大型客、貨、油輪為主。其AIS資料來源為航港局提供之AIS資料庫數據，資料期間則是由108年06月至108年11月之間。 4. 謝謝委員指導，於報告P3-13及P3-14系統區域性範圍預測結果，不同預測範圍的成果呈現主要是為證明預測區域範圍大小與預測精度之間不具影響關聯，其影響系統預測結果最主要原因係取決於該範圍所佔的資料量多寡。 5. 謝謝委員指導，目前船舶碰撞預測參數設定是參酌國外相關研究文獻之船舶碰撞分級標準，系統發出告警條件須同時滿足DCPA, TCPA及VCD的設定參數，而參數設定則可藉由系統成果回饋進行修正。 6. 謝謝委員指導，已針對委員建議於5.1小節以列點摘述方式呈現說明。	3. 符合。 4. 同意。 5. 依處理情形辦理。 6. 符合。
	1. 有關報告所提本局AIS系統船舶	1. 謝謝委員指導，目前航港局	1. 同意。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
交通部航港局	資料重覆收訊，因本局為增加雙層備援及強化覆蓋率，納入該所16座AIS站，因此，同一船舶資料同時會於2個站點以上接收。 2. 本局AIS系統於108年1月正式上線，上線迄今運用所建置之系統執行海難應變、軌跡查詢及受理其他單位申請符合業務需求，皆未因資料庫船舶資料重複而產生影響，且本局使用目的為業務導向與該所研究開發有所不同，惟此，應以本局權責機關使用為主體，而非以研究方向為第一考量。 3. 有關該所所提意見，希望本局AIS系統更完善，本局表示尊重及支持，惟目前經費不足且對於本局執行業務未產生影響，未來預算足夠支應下，本局將統籌考量請原廠客製過濾重覆資料納入改良。	所提供的AIS資料為33座AIS接收站之資料，於AIS資料源提供上對本次系統開發有相當大的助益。 2. 謝謝委員建議。 3. 謝謝委員支持。	2. 同意。 3. 同意。
海洋委員會	1. 由於本案系統預測模型之樣本資料來源係以AIS資料為主要的運算分析依據，系統開發初始階段耗費大量時間針對介接的AIS樣本資料進行錯誤數據的整理，根據研究結果AIS樣本數據品質對於系統預測模型的影響性相當大。在要求系統預測準確度前，應先就AIS樣本資料源正確性	1. 謝謝委員指導，於未來研究規劃團隊將依循委員建議針對AIS樣本資料源正確性做進一步研析。	1. 同意。

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	進一步處理分析。		
	2. 基於本案進行研究過程中，發現部分AIS數據存在錯誤或不完整之狀況，而AIS系統對我國海域監測應用有不可或缺之必要性，實有必要針對AIS資訊數據品質、錯誤原因、錯誤數據量佔比及改善方法進行相關的研究探討。	2. 謝謝委員指導，於未來研究規劃團隊將依循委員建議，探究AIS系統資料之錯誤原因與改善方法。	2. 依處理情形辦理。
	3. 目前本案在系統預測模型建置過程中，並未考量海氣象參數，建議系統未來優化預測模型時宜在樣本資料來源部分增加海象氣候等資料，使預測分析的運算條件更加健全，從而提升系統預測精確度。	3. 謝謝委員指導，納入海氣象資訊獲取風速、風向、示性波高及海洋流速等資料對於船舶安全評估系統的船舶預測及監測應用將能有良好的助益，後續於系統進行優化時，將納入海氣象資料做為樣本資料源之一。	3. 依處理情形辦理。
	4. 透過AIS提供之廣泛資料，再結合後端資料庫、資料探勘、深度學習演算法等分析預測技術後，本案研究得以提供多元化的海上船舶航行為預測功能與資訊，協助有關單位進行相關應用及研究。研究成果應可藉此延伸或整合其它智慧化船舶監測技術，擴大此次研究執行之效益。	4. 謝謝委員指導，評估此次系統開發研究成果將能結合其它智慧化船舶監測技術，予以提升我國海上船舶監測之相關應用。	4. 同意。
	5. 在文末可新增建議，考量海事安全考量，由交通部主導，協調農委會等部會修訂法規，透過強制規範CT1以上漁船全部強制安	5. 謝謝委員指導，已依循委員意見增列相關建議。	5. 符合。

審查 委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	裝AIS，俾利大型船舶，察覺附近作業漁船動態(特別在瞭望與雷達盲區中的船舶)，也有利相關單位在漁船在海事事故的搜救定位及船舶回跡回放。		