

## 문제 정의서 (연구개발계획서)

프로젝트명	해상교통 빅데이터 분석 및 머신러닝을 활용한 선박 이동 예측 모델 개발
-------	--

조	2 조
지도교수	김경섭 교수님 (서명)
조원	202000826 김연범 202102925 이한을 201802124 이동원 (종합설계 기수강자)

# I. 연구개발의 배경 및 필요성

## 1. 연구개발의 배경

해상교통은 세계 무역의 90% 이상을 차지하는 중요한 물류 수단으로, 선박 이동의 안정성과 효율성 확보는 필수적이다. 최근 글로벌 해운 산업은 디지털 전환을 가속화하고 있으며, 특히 AIS 데이터를 활용한 해상교통 빅데이터 분석이 활발히 이루어지고 있다[1, 2].

국내외적으로 선박 이동 예측 및 충돌 방지를 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 특히 국외에서는 해상교통 데이터 분석을 통해 항로 최적화 및 해양 사고 예방을 위한 모델 개발이 활발하다[3]. 국내에서도 해양수산부 및 한국해양교통안전공단(KOMSA) 등에서 관련 연구를 수행하고 있으나[4], 머신러닝을 활용한 실시간 선박 이동 예측 및 충돌 방지 시스템은 아직 연구 초기 단계에 머물러 있다. 현재 선박의 경로 예측은 통계적 모델이나 단순 규칙 기반의 접근법이 주를 이루며, 실시간 변동성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다.

구체적인 사례로 선박운항자의 경우 선박 운항에서의 실시간 항로 변경 및 위험예측의 어려움을 겪고 있고, 항만 관제사의 경우 AIS 기반 예측의 신뢰성이 높지 않아 실시간으로 대응하고 통제하는 데 어려움을 겪고 있다[5].

## 2. 연구개발의 필요성

기존의 선박 경로 예측 방법은 정적인 해양 환경을 기반으로 하거나[6], 단순한 회귀 모델을 사용하는 경우가 많아 복잡한 해상교통 환경에서의 실시간 의사결정을 지원하기 어렵다. 특히, 해양 사고의 주요 원인 중 하나인 선박 간 충돌은 예측의 정확성과 신속성이 핵심이며, 이를 위해서는 대량의 AIS 데이터를 효과적으로 분석하고 머신러닝 기반으로 선박의 이동 경로를 예측하는 기술이 필수적이다.

본 연구개발을 통해 머신러닝을 활용한 선박 이동 예측 모델을 개발함으로써, 해양 안전성 향상 및 선박 운항 효율 개선을 도모할 수 있다. 또한, 대규모 해상교통 데이터를 활용하여 실시간으로 선박의 이동을 예측하고, 선박 간 충돌 위험을 사전에 감지하는 시스템을 구현함으로써 해양사고를 효과적으로 방지할 수 있다. 이는 해운 산업의 경쟁력을 높이는 동시에 환경 보호 및 경제적 손실 감소에도 기여할 것이다.

따라서, 본 연구개발 과제는 기존 선박 이동 예측 모델의 한계를 극복하고, 해상교통의 안전성과 효율성을 극대화하기 위해 반드시 필요한 연구이며, 해양 빅데이터 분석과 머신러닝 기술의 융합을 통해 해양산업의 디지털 혁신을 주도할 수 있을 것으로 기대된다.

# II. 연구개발의 목표 및 내용

## 1. 연구개발 목표

본 연구의 궁극적인 목표는 AIS(Automatic Identification System) 빅데이터와 인공지능(AI) 기반 예측 모델을 활용하여, 선박의 안전하고 효율적인 운항을 지원하는 지능형 항로 예측 및 충돌 회피 시스템을 개발하는 것이다.

이 시스템은 선박 운항 전과 항해 중 각각의 상황에서 작동하며, 실시간 데이터 기반으로 동적으로 대응할 수 있도록 설계된다.

## 2. 연구개발 내용

본 연구는 출항 전과 항해 중의 두 가지 주요 시나리오를 중심으로 구성된다.

### ① 출항 전 시나리오(Pre-departure Scenario)

- 선박 운항자가 AIS 예측 시스템에 로그인하여 출항지, 목적지, 출항 시간 등 주요 정보를 입력한다.
- 입력된 정보를 기반으로, 본 연구에서 개발한 딥러닝 기반 항로 예측 모델이 출항 조건에 맞는 최적 경로를 예측해 제시한다.
- 운항자는 제안된 경로를 확인하고 필요시 경로를 수정 및 확정하여 항로 계획을 마무리한다.

출항 전 시나리오는 출발지-목적지 간의 AIS 데이터를 학습한 예측 모델을 통해 수행되며, 선박의 실제 운항 데이터를 기반으로 신뢰도 높은 경로를 제시하는 데 목적이 있다.

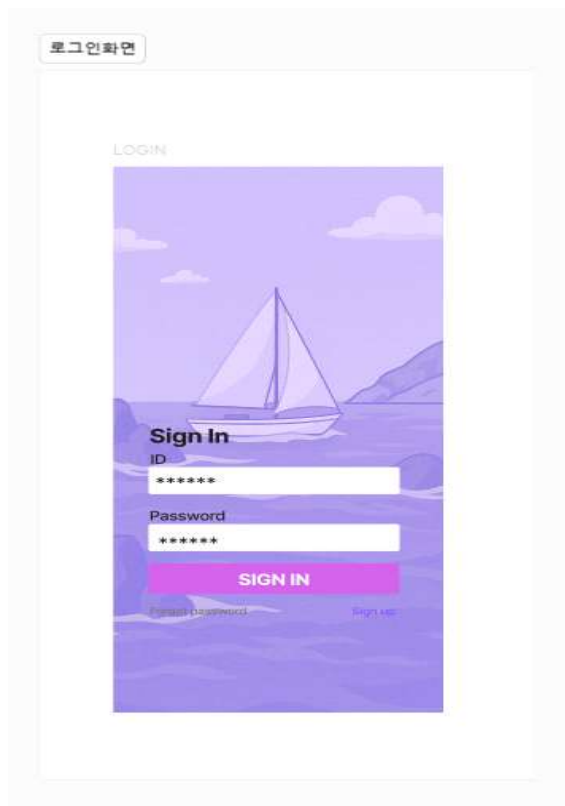
### ② 항해 중 시나리오(Real-time Voyage Scenario)

- 항해 중인 선박은 위치, 속도(SOG), 방향(COG/Heading), 시간 정보를 실시간으로 AIS를 통해 전송한다.
- 이 데이터는 본 연구의 예측 시스템으로 수집되며, 주변 선박과의 상대 위치 및 동선 분석을 통해 충돌 위험도 평가 알고리즘이 작동한다.
- 만약 위험도가 기준값 이상일 경우, 시스템은 즉시 “충돌 위험 감지!” 경고 메시지를 출력하고, 관제센터에 실시간 보고한다.
- 동시에, 인공지능이 기존 항로를 재분석하여 대체 항로를 자동으로 제안함으로써, 선박 운항자가 빠르게 대응할 수 있도록 돕는다.

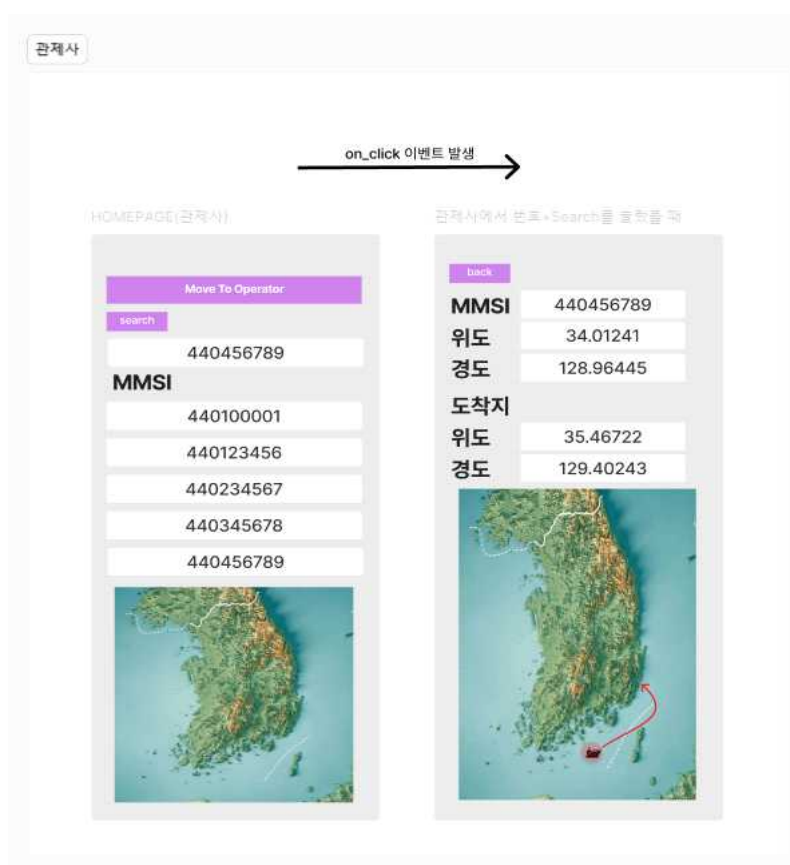
항해 중 시나리오는 실제 운항 데이터의 시계열 처리와 강화학습 기반 충돌 회피 알고리즘 개발을 통해 실현되며, 실시간성과 안전성이 핵심이다.

### 3. 프로토타입

#### ① 로그인 화면



#### ② 관제사 화면



### ③ 선박 운항자 화면



## Ⅲ. 연구개발의 추진전략 및 방법

### 1. 연구개발 추진전략

본 연구개발은 해상교통 빅데이터와 머신러닝 기술을 결합하여 실시간 선박 이동 예측 및 이를 활용한 충돌 방지 시스템을 구축하는 것을 목표로 한다.

#### ① 단계별 개발 전략

- 가. 데이터 인프라 구축 및 정제
  - AIS 데이터 수집 및 전처리 자동화
  - 이상치 탐지 및 데이터 정제 프로세스 구축
- 나. 머신러닝 기반 선박 이동 예측 모델 개발
  - 강화학습 기법을 활용한 예측 모델링
  - 실시간 데이터 스트리밍을 고려한 모델 최적화
- 다. 충돌 위험 감지 시스템 개발
  - 선박 이동 예측 모델 기반 충돌 가능성 평가 모델 개발
  - 실시간 환경 변수 반영 연구
- 라. 실증 테스트 및 시스템 통합
  - 실제 해상 데이터 기반 테스트 및 평가
  - 대시보드 및 시각화 시스템 개발
  - API 제공

#### ② 핵심 기술 개발 전략

- 가. 데이터 수집 및 처리 최적화: 대용량 AIS 데이터 처리 및 이상치 제거 알고리즘 개발
- 나. 머신러닝 모델 고도화: 다양한 신경망 모델 비교 및 최적화
- 다. 강화학습 적용: 강화학습 기반 선박 이동 예측 모델 개발
- 라. 실시간 데이터 반영: 스트리밍 데이터 처리 및 예측 모델 업데이트

### 2. 연구개발 방법

본 연구는 다음과 같은 연구개발 방법을 적용해 목표를 달성하고자 한다.

#### ① 데이터 수집 및 분석

- PostgreSQL 기반 RDBMS를 활용해 AIS 데이터 저장 및 관리
- 데이터 전처리: 결측치 처리, 이상치 탐지, 정규화
- 선박 이동 패턴 분석 및 데이터 전처리를 위한 EDA 수행

#### ② 모델 개발

- 신경망 모델 개발: LSTM, GRU 등을 활용한 신경망 모델 구축
- 강화학습 모델 적용: 머신러닝 기법 적용을 통한 신경망 모델 강화학습 진행

#### ③ 시스템 구현 및 검증

- 대시보드를 통해 예측 결과 및 충돌 위험도 시각화
- 실제 해상 데이터를 활용한 성능 검증 및 모델 튜닝
- API 개발 및 배포

본 연구개발을 통해 실시간 해상교통 관리 및 선박 이동 예측 기술의 실효성을 검증하고, 실질적인 해양 안전성 향상에 기여하고자 한다.

## IV. 연구개발 팀의 구성 및 프로젝트 추진 일정

### 1. 업무 분배

- ① 데이터 인프라 구축 및 정제
  - 서버 관리: 김연범
  - EDA: 김연범, 이한을, 이동원
  - 데이터 정제(전처리): 김연범, 이한을, 이동원
  - 분석할 데이터 범위 추출: 이동원
  - 진행 사항 정리: 이한을
- ② 머신러닝 기반 선박 이동 예측 모델 개발
  - 선행연구 하드코딩: 김연범, 이한을
  - 모델 개발: 김연범, 이한을
  - 모델 성능 향상(최적화작업): 이동원
- ③ 충돌 위험 감지 시스템 개발
  - 충돌 위험 경고 기준 수립: 이동원
  - 충돌 위험 경고 시스템 개발(Backend): 김연범
  - 충돌 위험 경고 시스템 개발(Frontend): 이한을
- ④ 실증 테스트 및 시스템 통합
  - 실제 해상 데이터 기반 테스트 및 평가: 김연범
  - 대시보드 및 시각화 시스템 개발: 이한을
  - API 제공 및 배포: 이동원

## 2. 프로젝트 추진 일정

[간트차트]

구분	3월				4월				5월				6월		
	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주
문제정의															
데이터 인프라 구축															
제안서 작성															
해상네트워크 공부															
데이터EDA															
데이터 전처리															
선행연구 하드코딩															
모델 개발															
모델 성능 향상															
스토어 구현															
충돌위험 경고기준 수립															
충돌위험 경고기능 개발															
시스템 테스트 및 평가															
대시보드&시각화시스템 제작															
API 제공 및 배포															

## - 참고문헌(References)

- [1] 황선일, 박상원, 이경미 그리고 박민정, AIS 데이터 기반 해상교통 안전 평가모델 개발 연구, \*한국해양수산개발원\*, 2024.
- [2] 김상우, 임연희, 조현희 그리고 이길중, AIS 데이터 분석을 통한 선박 안전항로 딥러닝 모듈 개발, \*ACK 2024 학술발표대회 논문집\*, vol. 31, no. 2, pp. 1012-1013, 2024.
- [3]Samuele Capobianco and Leonardo M. Millefiori etc, Deep Learning Methods for Vessel Trajectory Prediction based on Recurrent Neural Netwroks, \*arXiv preprint\*, arXiv: 2101.02486, 2021.
- [4] 이상엽 그리고 박호상 외, 한국해양교통안전공단(KOMSA), 인공지능(AI)으로 해상 교통량 예측한다, \*한국해양교통안전공단 보도자료\*, 2023.
- [5] 김재원 그리고 정민, AIS 데이터 신뢰성 개선에 관한 기초 연구:해상교통관제사를 중심으로, \*한국해양경찰학회보\*, vol. 11, no. 4, pp. 49-68, 2021.
- [6] 오재용, 김혜진 그리고 박세길, AIS 데이터 분석을 통한 이상 거동 선박의 식별에 관한 연구, \*한국항해항만학회지\*, vol. 42, no. 4, pp. 277-282, 2018.



# - 별첨 1 : 컨셉 시트

[컨셉 시트]

아이디어명	AIS 기반 항로예측	슬로건	데이터로 안전한 바다를 미리 그리다
목표고객	선박 운항자, 항만 관제사, 해양 안전 관리 기간	가치	예측 가능한 해상교통, 충돌 위험 감소, 해상교통사고 예방
아이디어 이미지	<div> <div> <div>Use case</div> <div> <div>AIS 기반 항로 예측</div> <div> <div> <div>선박운항자</div> <div>출발지/도착지 입력</div> <div>시스템</div> <div>모델이 최적 항로 계산</div> <div>예상 항로 및 도착 시간 제공</div> </div> </div> </div> </div> <div> <div> <div>Use case</div> <div> <div>충돌 위험경고 시스템</div> <div> <div> <div>선박운항자</div> <div>일정 거리 이내 다른 선박 or 위험요소(암초,부이) 탐지</div> <div>시스템</div> <div>진행 방향/속도 기반 충돌 가능성 계산</div> <div>경고 메시지 전송</div> <div>모델이 대체 항로 계산</div> <div>관제사</div> <div>대체 항로 및 도착 시간 제공</div> </div> </div> </div> </div> </div></div>		

<p><b>주요기능</b></p>	<p>[코어기능]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AIS 데이터 기반 실시간 선박 이동 경로 예측, 시각화</li> <li>• 충돌 위험 경고 기능</li> </ul> <p>[부가기능]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 충돌 위험에 대처하는 대체항로 계산, 시각화</li> </ul>
<p><b>사용자 인사이트</b></p>	<p>[Pain]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 해상교통 시스템의 실시간 대응이 어렵다.</li> <li>• 충돌 방지 시스템의 정밀도가 부족해서 안전한 운행이 힘들다.</li> </ul> <p>[Needs]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 운항할 때 안전하게 항해하고 싶다.</li> <li>• 실시간 데이터 기반 예측 정밀도가 향상돼서 신뢰성 있는 예측모델을 가지고 정확하게 선박운항을 통제하고 싶다.</li> </ul>