

테스트 결과 문서 (Test Result Document)

과제명

해상교통 빅데이터 분석 및 머신러닝을 활용한 선박 이동 예측 모델
개발

조

02 조

지도교수

김경섭 교수님 (서명)

조원

202000826 김연범
202102925 이한을
201802124 이동원 (종합설계 기수강자)

Table of Contents

1. Introduction	1
1.1. Objective	1
2. Level Test Result Report	2
3. 고객 Test Result Report	4

1. Introduction

1.1. Objective

본 문서는 AIS(Automatic Identification System) 데이터를 기반으로 개발 중인 선박 경로 예측 모델 시스템을 대상으로 실시간 시각화 기능 테스트와 예측 경로 기능 테스트를 수행한 결과를 포함하고 있으며, 구체적으로 테스트 결과와 결정에 대한 근거, 결론 및 추천 사항 등을 포함한다.

구체적으로, 실시간 시각화 기능 테스트의 경우 선박 현위치 지도 출력 기능과 예측 경로 지도 출력 기능 테스트를, 예측 경로 기능 테스트의 경우 경로 탐색 기능과 자가 회귀 기능, 그리고 도착 판정 기능 테스트를 포함한다.

2. Level Test Result Report

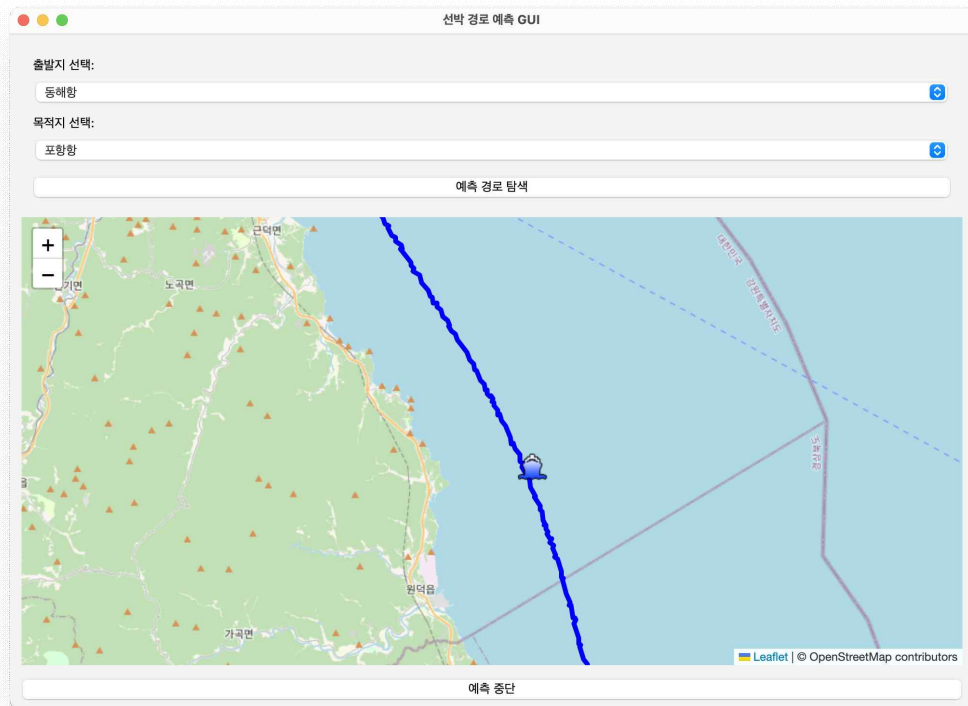
1. 서론				
1.1 테스트 범위				
<p>선박 이동 경로 예측 모델을 대상으로 기능 테스트를 수행하였다. 모델은 선박의 과거, 현재 상태와 목적지에 대한 정보를 입력으로 받아 선박의 다음 위치를 예측하는 기능을 수행한다. 주요 프로세스는 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 선박의 실시간 정보 표시 ● 목적지 선택 ● 선박의 미래 위치를 예측(경로 탐색) ● (자가 회귀 과정을 통해) 전체 예측 경로 생성 후 지도에 표시 				
2. 테스트 결과 상세				
2.1 테스트 결과 개요				
<ul style="list-style-type: none"> ● 선박의 실시간 정보 및 목적지 정보 입력 기능 ● 선박의 현재 위치 지도 출력 기능 ● 예측 경로 지도 출력 기능 				
2.2 테스트 결과				
- 기능(시스템) 테스트 수행				
(1) 실시간 선박의 위치 표시 기능				
Id	테스트 대상	테스트 데이터	예상 결과	Pass / Fail / Inconclusive
TC-01-01	선박 현위치 지도 출력 기능	AIS 실시간 위치 데이터	선박의 현재 위치가 지도에 정확히 표시됨	Pass
TC-01-02	예측경로 지도 출력 기능	초기 시퀀스 20분 + 목적지 좌표	예측 경로가 실선 형태로 지도에 표시됨	Pass
(2) 예측 경로 탐색 기능				
Id	테스트 대상	테스트 데이터	예상 결과	Pass / Fail / Inconclusive
TC-02-01	경로 탐색 기능	정규화된 초기 시퀀스 20분 + 목적지 좌표	예측된 위치 좌표 시퀀스 출력	Pass
TC-02-02	자가 회귀 기능	초기 시퀀스 + 예측된 경로 시퀀스	도착지까지 예측된 전체 경로 시퀀스 출력	Pass
TC-02-03	도착 판정 기능	선박의 현재 위치	목적지가 선박의 현재 위치와 동일하면, 도착 알림 후 종료	pass

2.3 결정에 대한 근거
모든 기능 테스트에 대해 Pass 하였으므로 고객 테스트를 수행할 예정이다.
2.4 결론 및 추천사항
<p>모든 기능 요소에 대해 기능 테스트를 수행한 결과는 모두 Pass이므로 테스트 작업은 성공적으로 수행되었다.</p> <p>따라서 개발된 소프트웨어는 즉시 사용할 수 있으므로 고객과 함께 인수 테스트(acceptance test)를 수행할 상황이 되었다고 판단한다.</p>

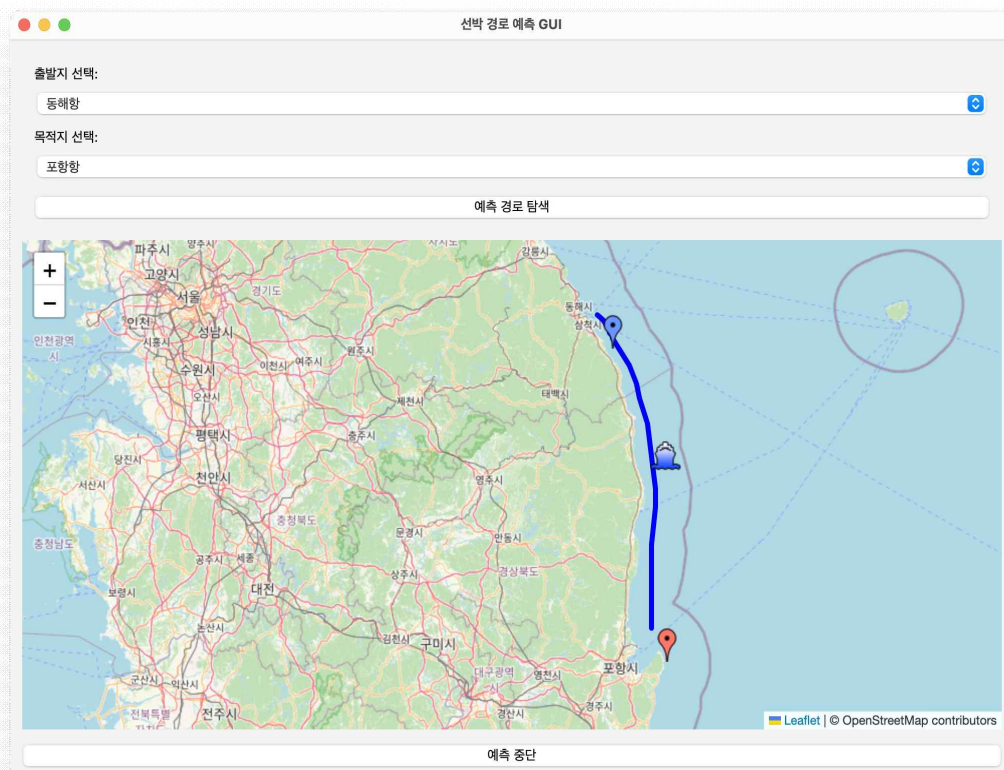
3. 고객 Test Result Report

1. 서론				
1.1 테스트 범위				
<p>선박 이동 경로 예측 모델을 대상으로 기능 테스트를 수행하였다. 모델은 선박의 과거, 현재 상태와 목적지에 대한 정보를 입력으로 받아 선박의 다음 위치를 예측하는 기능을 수행한다. 주요 프로세스는 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 선박의 실시간 정보 표시 ● 목적지 선택 ● 선박의 미래 위치를 예측(경로 탐색) ● (자가회귀 과정을 통해) 전체 예측 경로 생성 후 지도에 표시 				
2. 고객 테스트 결과 상세				
2.1 테스트 결과 개요				
<ul style="list-style-type: none"> ● 고객 테스트에 참여한 고객: 지도교수(김경섭 교수), 학생 A ● 테스트된 기능 요소: 선박의 현재 위치 지도 출력 기능, 예측 경로 지도 출력 기능, 도착 판정 기능 ● 테스트 환경: PyQt6 기반 로컬 GUI 애플리케이션 				
2.2 테스트 결과				
(1) 실시간 선박의 위치 표시 기능				
Id	테스트 대상	테스트 데이터	예상 결과	Pass / Fail / Inconclusive
TC-01-01	선박 현위치 지도 출력 기능	고객이 선택한 현재 위치 (동해항)	선박의 현재 위치가 지도에 정확히 표시됨	Pass
TC-01-02	예측경로 지도 출력 기능	초기 시퀀스 20분 + 고객이 선택한 목적지 좌표 (포항항)	예측 경로가 실선 형태로 지도에 표시됨	Pass

(a) TC-01-01 테스트 화면



(b) TC-01-02 테스트 화면



(2) 예측 경로 탐색 기능

Id	테스트 대상	테스트 데이터	예상 결과	Pass / Fail / Inconclusive
TC-02-01	경로 탐색 기능	정규화된 초기 시퀀스 20분 + 목적지인 제주항 좌표	예측된 위치 좌표 시퀀스 출력	Pass
TC-02-02	자가 회귀 기능	초기 시퀀스 + 예측된 경로 시퀀스	도착지까지 예측된 전체 경로 시퀀스 출력	Pass
TC-02-03	도착 판정 기능	선박의 현재 위치	목적지가 선박의 현재 위치와 동일하면, 도착 알림 후 종료	pass

(a) TC-02-01 테스트 화면

▶ 입력 시퀀스 전체 :

01) 위도 : 37.49694, 경도 : 129.14691, SOG: 8.40, COG: 118.90, Distance: 1.48088
 02) 위도 : 37.49631, 경도 : 129.14828, SOG: 8.73, COG: 119.30, Distance: 1.48006
 03) 위도 : 37.49582, 경도 : 129.14940, SOG: 9.05, COG: 118.55, Distance: 1.47941
 04) 위도 : 37.49506, 경도 : 129.15108, SOG: 9.40, COG: 119.55, Distance: 1.47841
 05) 위도 : 37.49453, 경도 : 129.15228, SOG: 9.60, COG: 118.70, Distance: 1.47772
 06) 위도 : 37.49374, 경도 : 129.15408, SOG: 9.87, COG: 118.53, Distance: 1.47668
 07) 위도 : 37.49314, 경도 : 129.15564, SOG: 9.93, COG: 114.67, Distance: 1.47587
 08) 위도 : 37.49253, 경도 : 129.15726, SOG: 10.13, COG: 114.30, Distance: 1.47503
 09) 위도 : 37.49206, 경도 : 129.15872, SOG: 10.02, COG: 108.63, Distance: 1.47436
 10) 위도 : 37.49191, 경도 : 129.16045, SOG: 9.60, COG: 91.31, Distance: 1.47397
 11) 위도 : 37.49195, 경도 : 129.16200, SOG: 9.68, COG: 88.07, Distance: 1.47380
 12) 위도 : 37.49194, 경도 : 129.16394, SOG: 9.97, COG: 91.53, Distance: 1.47353
 13) 위도 : 37.49195, 경도 : 129.16566, SOG: 10.03, COG: 89.70, Distance: 1.47330
 14) 위도 : 37.49202, 경도 : 129.16742, SOG: 10.00, COG: 89.50, Distance: 1.47312
 15) 위도 : 37.49206, 경도 : 129.16914, SOG: 10.00, COG: 84.90, Distance: 1.47294
 16) 위도 : 37.49217, 경도 : 129.17084, SOG: 9.73, COG: 86.13, Distance: 1.47282
 17) 위도 : 37.49229, 경도 : 129.17255, SOG: 9.87, COG: 86.67, Distance: 1.47272
 18) 위도 : 37.49242, 경도 : 129.17427, SOG: 10.10, COG: 84.43, Distance: 1.47263
 19) 위도 : 37.49253, 경도 : 129.17604, SOG: 10.17, COG: 86.07, Distance: 1.47250
 20) 위도 : 37.49263, 경도 : 129.17783, SOG: 10.30, COG: 84.70, Distance: 1.47237
 21) 위도 : 37.49277, 경도 : 129.17963, SOG: 10.37, COG: 85.83, Distance: 1.47228
 22) 위도 : 37.49289, 경도 : 129.18143, SOG: 10.50, COG: 83.80, Distance: 1.47218
 23) 위도 : 37.49302, 경도 : 129.18330, SOG: 10.60, COG: 85.87, Distance: 1.47207
 24) 위도 : 37.49310, 경도 : 129.18510, SOG: 10.50, COG: 88.67, Distance: 1.47193
 25) 위도 : 37.49305, 경도 : 129.18697, SOG: 10.47, COG: 91.77, Distance: 1.47166
 26) 위도 : 37.49303, 경도 : 129.18878, SOG: 10.57, COG: 88.90, Distance: 1.47142
 27) 위도 : 37.49318, 경도 : 129.19061, SOG: 10.47, COG: 84.17, Distance: 1.47135
 28) 위도 : 37.49330, 경도 : 129.19244, SOG: 10.53, COG: 85.43, Distance: 1.47126
 29) 위도 : 37.49340, 경도 : 129.19429, SOG: 10.67, COG: 86.90, Distance: 1.47114
 30) 위도 : 37.49352, 경도 : 129.19612, SOG: 10.50, COG: 84.93, Distance: 1.47105
 31) 위도 : 37.49366, 경도 : 129.19794, SOG: 10.53, COG: 85.40, Distance: 1.47098
 32) 위도 : 37.49372, 경도 : 129.19980, SOG: 10.53, COG: 89.60, Distance: 1.47083
 33) 위도 : 37.49363, 경도 : 129.20166, SOG: 10.63, COG: 93.33, Distance: 1.47053
 34) 위도 : 37.49360, 경도 : 129.20351, SOG: 10.57, COG: 88.60, Distance: 1.47029
 35) 위도 : 37.49360, 경도 : 129.20532, SOG: 10.47, COG: 90.77, Distance: 1.47009
 36) 위도 : 37.49355, 경도 : 129.20718, SOG: 10.47, COG: 91.97, Distance: 1.46985
 37) 위도 : 37.49351, 경도 : 129.20892, SOG: 10.37, COG: 91.00, Distance: 1.46962
 38) 위도 : 37.49345, 경도 : 129.21078, SOG: 10.40, COG: 91.30, Distance: 1.46937
 39) 위도 : 37.49342, 경도 : 129.21254, SOG: 10.27, COG: 90.10, Distance: 1.46915
 40) 위도 : 37.49341, 경도 : 129.21446, SOG: 10.50, COG: 89.43, Distance: 1.46894

▶ 30초 후 예측 시퀀스 :

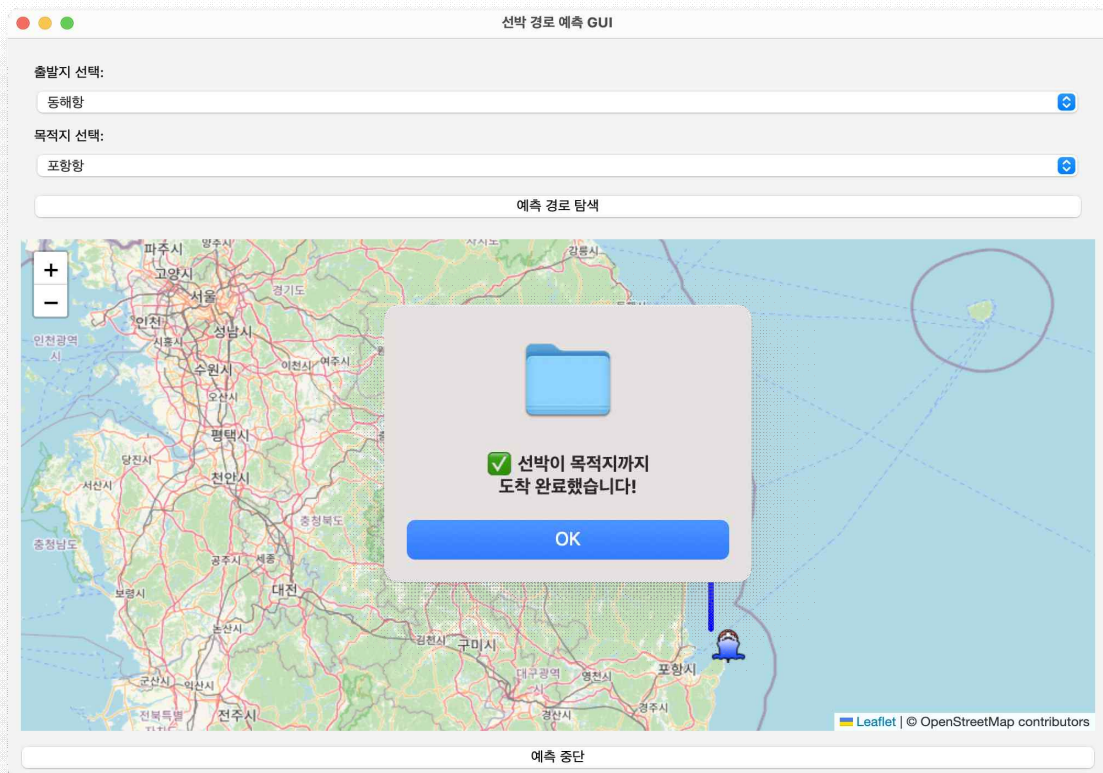
[위도 : 37.48691, 경도 : 129.21521, SOG: 10.14, COG: 103.41]

(b) TC-02-02 테스트 화면

[Step 1]	Pred: (37.48742, 129.21555)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.45522, ΔLon: 0.14945
[Step 21]	Pred: (37.47349, 129.23882)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.44129, ΔLon: 0.12618
[Step 41]	Pred: (37.45098, 129.25647)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.41878, ΔLon: 0.10853
[Step 61]	Pred: (37.42700, 129.27464)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.39480, ΔLon: 0.09036
[Step 81]	Pred: (37.40346, 129.29335)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.37126, ΔLon: 0.07165
[Step 101]	Pred: (37.38084, 129.31238)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.34864, ΔLon: 0.05262
[Step 121]	Pred: (37.35896, 129.32875)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.32676, ΔLon: 0.03625
[Step 141]	Pred: (37.33611, 129.34727)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.30391, ΔLon: 0.01773
[Step 161]	Pred: (37.31556, 129.36241)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.28336, ΔLon: 0.00259
[Step 181]	Pred: (37.29243, 129.37950)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.26023, ΔLon: 0.01450
[Step 201]	Pred: (37.27022, 129.39331)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.23802, ΔLon: 0.02831
[Step 221]	Pred: (37.24768, 129.40613)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.21548, ΔLon: 0.04113
[Step 241]	Pred: (37.22504, 129.41895)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.19294, ΔLon: 0.05395
[Step 261]	Pred: (37.20240, 129.43177)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.17040, ΔLon: 0.06677
[Step 281]	Pred: (37.17976, 129.44459)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.14786, ΔLon: 0.07959
[Step 301]	Pred: (37.15712, 129.45741)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.12532, ΔLon: 0.09241
[Step 321]	Pred: (37.13448, 129.47023)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.10278, ΔLon: 0.10523
[Step 341]	Pred: (37.11184, 129.48305)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.08024, ΔLon: 0.11805
[Step 361]	Pred: (37.08920, 129.49587)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.05770, ΔLon: 0.13087
[Step 381]	Pred: (37.06656, 129.50869)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.03516, ΔLon: 0.14369
[Step 401]	Pred: (37.04392, 129.52151)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 1.01262, ΔLon: 0.15651
[Step 421]	Pred: (37.02128, 129.53433)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.99008, ΔLon: 0.16933
[Step 441]	Pred: (36.99864, 129.54715)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.96754, ΔLon: 0.18215
[Step 461]	Pred: (36.97600, 129.55997)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.94500, ΔLon: 0.19497
[Step 481]	Pred: (36.95336, 129.57279)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.92246, ΔLon: 0.20779
[Step 501]	Pred: (36.93072, 129.58561)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.89992, ΔLon: 0.22061
[Step 521]	Pred: (36.90808, 129.59843)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.87738, ΔLon: 0.23343
[Step 541]	Pred: (36.88544, 129.61125)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.85484, ΔLon: 0.24625
[Step 561]	Pred: (36.86280, 129.62407)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.83230, ΔLon: 0.25907
[Step 581]	Pred: (36.84016, 129.63689)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.80976, ΔLon: 0.27189
[Step 601]	Pred: (36.81752, 129.64971)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.78722, ΔLon: 0.28471
[Step 621]	Pred: (36.79488, 129.66253)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.76468, ΔLon: 0.29753
[Step 641]	Pred: (36.77224, 129.67535)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.74214, ΔLon: 0.31035
[Step 661]	Pred: (36.74960, 129.68817)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.71960, ΔLon: 0.32317
[Step 681]	Pred: (36.72696, 129.70099)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.69706, ΔLon: 0.33599
[Step 701]	Pred: (36.70432, 129.71381)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.67452, ΔLon: 0.34881
[Step 721]	Pred: (36.68168, 129.72663)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.65198, ΔLon: 0.36163
[Step 741]	Pred: (36.65904, 129.73945)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.62944, ΔLon: 0.37445
[Step 761]	Pred: (36.63640, 129.75227)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.60690, ΔLon: 0.38727
[Step 781]	Pred: (36.61376, 129.76509)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.58436, ΔLon: 0.40009
[Step 801]	Pred: (36.59112, 129.77791)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.56182, ΔLon: 0.41291
[Step 821]	Pred: (36.56848, 129.79073)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.53928, ΔLon: 0.42573
[Step 841]	Pred: (36.54584, 129.80355)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.51674, ΔLon: 0.43855
[Step 861]	Pred: (36.52320, 129.81637)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.49420, ΔLon: 0.45137
[Step 881]	Pred: (36.50056, 129.82919)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.47166, ΔLon: 0.46419
[Step 901]	Pred: (36.47792, 129.84201)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.44912, ΔLon: 0.47701
[Step 921]	Pred: (36.45528, 129.85483)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.42658, ΔLon: 0.48983
[Step 941]	Pred: (36.43264, 129.86765)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.40404, ΔLon: 0.50265
[Step 961]	Pred: (36.41000, 129.88047)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.38150, ΔLon: 0.51547
[Step 981]	Pred: (36.38736, 129.89329)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.35896, ΔLon: 0.52829
[Step 1001]	Pred: (36.49791, 129.51408)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.46571, ΔLon: 0.14908
[Step 1021]	Pred: (36.47839, 129.51427)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.44619, ΔLon: 0.14927
[Step 1041]	Pred: (36.46039, 129.51512)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.42819, ΔLon: 0.15012
[Step 1061]	Pred: (36.44099, 129.51454)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.40879, ΔLon: 0.14954
[Step 1081]	Pred: (36.42097, 129.51410)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.38877, ΔLon: 0.14910
[Step 1101]	Pred: (36.40137, 129.51376)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.36917, ΔLon: 0.14876
[Step 1121]	Pred: (36.38046, 129.51244)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.34826, ΔLon: 0.14744
[Step 1141]	Pred: (36.35978, 129.51038)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.32758, ΔLon: 0.14538
[Step 1161]	Pred: (36.33775, 129.50903)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.30555, ΔLon: 0.14403
[Step 1181]	Pred: (36.31667, 129.50841)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.28447, ΔLon: 0.14341
[Step 1201]	Pred: (36.29367, 129.50800)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.26147, ΔLon: 0.14300
[Step 1221]	Pred: (36.27172, 129.50775)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.23952, ΔLon: 0.14275
[Step 1241]	Pred: (36.24953, 129.50700)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.21733, ΔLon: 0.14200
[Step 1261]	Pred: (36.22764, 129.50572)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.19544, ΔLon: 0.14072
[Step 1281]	Pred: (36.20642, 129.50713)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.17422, ΔLon: 0.14213
[Step 1301]	Pred: (36.18592, 129.51227)	Target: (36.03220, 129.36500)	ΔLat: 0.15372, ΔLon: 0.14727

✓ 목적 지 도달 - Step: 1305, 10시간 52분 소요

(c) TC-02-03 테스트 화면



2.3 고객 피드백

- 예측 경로 탐색 단계에서 목적지까지 예상 경로가 그려지는 데 시간이 꽤 소요되기 때문에, 이를 줄일 수 있도록 개선할 필요가 있다.
- 예측된 경로의 신뢰도나 정확도 등 정량적 지표를 표현하는 부분이 없기에, 이를 드러낼 수 있도록 개선할 필요가 있다.
- 모델의 예측 정확도를 높이고, 더 많은 항구를 기준으로 예측 경로가 생성될 수 있도록 개선할 필요가 있다.
- 현재 UI는 기능 중심의 단순한 UI이기 때문에, UX를 고려한 직관적, 시각적으로 향상된 인터페이스로 개선할 필요가 있다.

2.4 고객 피드백 반영 계획

- 자가 회귀 단계를 통해 생성되는 예측 경로를 시각화하는 과정에서, 초 단위(1000ms)로 html 파일을 매번 새롭게 렌더링하는 과정 때문에 경로가 그려지는 데 시간이 오래 소요되는 것으로 확인됐다. 이에 JS 기반으로 화면을 동적으로 최적화하는 방식(CSR, Client-Side Rendering)을 적용해 소요 시간을 절반 이상으로 단축했다.
- 모델의 각 예측 위치 주변 구간에 신뢰 구간을 설정해 시각적으로 표시하거나, RMSE 등 정량적 지표를 활용해 실시간으로 예측 경로의 신뢰도/정확도를 시각화할 예정이다.
- 모델의 입력 데이터에 날씨, 지형 등 부가적인 정보를 추가해 모델의 예측 정확도를 높이고, 더 많은 항로를 AIS 데이터로부터 추출해 모델 학습에 사용할 예정이다.
- 경로 탐색, 도착 판정 등 주요 기능에 대한 접근성을 높이기 위해 버튼 배치, 색상 코드, 상태 알림(도착 판정 알림, ETA) 등을 시각적으로 강화한 UI/UX로 수정할 예정이다.

2.5 결정에 대한 근거

첫 번째 피드백의 경우, CSR 기법을 적용해 예상 경로 시각화 시간을 절반 가까이 단축하는 데 성공, 테스트까지 진행 완료했다.

나머지 피드백의 경우, 차후 이를 반영한 소프트웨어 시스템을 대상으로 추가적인 테스트를 수행할 예정이다.

2.6 결론 및 추천사항

본 문서는 요구사항 명세서에 정의된 모든 시스템 기능에 대해 고객과 함께 수행한 테스트 결과를 포함하고 있다. 각 기능 요소에 대한 고객 테스트 결과는 전 항목 Pass로 확인되었으며, 이에 따라 본 소프트웨어는 실사용이 가능한 수준으로 개발이 완료되었음을 판단할 수 있다.

다만, 향후 남아 있는 고객 피드백을 반영하여 시스템을 더욱 고도화하고 완성도를 높일 수 있는 개선 여지는 존재한다.