META AIS · MARITIME AI & VOYAGE ECONOMICS BRIEFING

AI 기반 선박 AIS 이상항적 탐지 및 운항 채산성 디지털 트윈 해설서

60만 건 AIS 학습 데이터 전처리 · Isolation Forest / LSTM-AE 하이브리드 탐지 원리 · 쇼케이스 3대 관제 화면 완벽 가이드

학습 데이터 규모	AI 탐지 정밀도	하이브리드 가중치	상업 재무 연동
600,000+ AIS	97.4% Precision	Rule 0.55 : AI 0.45	Working C/B & PDA

01. 왜 홍보용 META AIS인가? — 시스템의 목적과 차별성

기존 선박 위치 추적(AIS Map)은 단순히 현재 좌표를 지도 위에 표시하는 데 그쳐, **외해 기관 고장 표류(Drifting)**, **선저 오손에 따른 연료 손실(Under-Performance)**, **항만 주묘 사고(Anchor Dragging)**를 사전에 가려내지 못하고 무수한 오경보(False Alarm)를 유발합니다. **META AIS**는 선박 기구학(Kinematics), 머신러닝/딥러닝 시계열 분석, 그리고 용선 계약상 **운항지시서(Sailing Instruction) 및 실시간 항차 손익(Working C/B)**을 하나로 결합한 해운 의사결정 지원 시스템입니다.

공간 및 특이점 구분	기관 / 운항지시	물리적 항적 및 동역학 특징	AI 판별 및 비즈니스 교차 검증 원리
① **표류 (Drifting)** [대양 Ocean]	기관 정지(Off) 지시 무관	외해 한복판 선속 급락(예: 13.4→1.2kn), 선수방위(HDG)와 진행방향(COG) 각도 급격 괴리	해류·풍압 추측항법(Dead Reckoning) 벡터 매칭 + PoL 표준 회랑 내 동역학 이상 탐지
② **성능 저하 (Under-Perf)** [대양 Ocean]	기관 가동 중 감속지시 없음(X)	동일 출력 대비 대지선속(SOG) 지속 하락(예: -2.5kn), 용선 계약 보증 선속 미달	Speed-Power 기준 곡선 재구성 오차 산출 + 운항지시서 미존재 확인 → 선체 청소/클레임 근거
③ **의도적 감속 (Slow Steam)** [대양 Ocean]	기관 저부하 가동 감속지시 있음(O)	경제속력 운항으로 선속은 낮으나 침로 안정성 유지 및 연료 소모율 계획치 부합	운항지시서(Sailing Instruction) 대조를 통해 성능 저하 오경보에서 자동 분리·정상 분류
④ **항로 이탈 (Deviation)** [회랑 Corridor]	기관 가동 중 우회지시 대조	과거 정상 항적 군집인 표준 안전 회랑(PoL Corridor) 중심선 대비 과도한 이탈(XTE > ±5nm)	기상 우회(Weather Detour) 승인 여부 확인 후 비인가 천수구역 접근·이탈 즉시 경보
⑤·⑥ **접안 / 묘박 / 대기** [항만 Port]	정박 / 저속 기동 항만 Geofence	부두 평행 고박(Berthing), 묘박지 100m 호 스윙(Anchoring), 외항 10NM 체류(Waiting)	항만 Geofence + ST-DBSCAN 시공간 군집 + 스윙 반경 초과 시 **주묘(Anchor Dragging)** 경보

02. 시계열 AIS 데이터 고도화 4단계 전처리 파이프라인

VHF 무선 통신 특성상 발생하는 패킷 누락, 육상 좌표 점프(Location Jump), 송신 주기 불균일(2초~3분) 문제를 해결하기 위해 원본 데이터를 Raw Zone(SHA-256 보존)에 보관한 뒤 4단계 수학적 정제를 수행합니다.

STEP 1 · 논리 정제 & 맵매칭
MMSI 오류·중복 패킷 제거, 비정상 위경도 및 육상 침범 좌표(Coastline Map Matching) 자동 필터링

STEP 2 · 시계열 정규화·보간
5/10분 등간격 정규화, 단기 결측 구간 **라그랑주 보간(Lagrange)**, 장기 단절 구간 강제 보간 금지(Segment 분리)

STEP 3 · 2D 칼만 스무딩
선박 기구학 상태방정식 기반 **2D Kalman Filter** 적용으로 순간 속도 스파이크 및 가속도 노이즈 평활화

STEP 4 · RDP 변곡점 압축
미터 기반 **Douglas-Peucker** 압축으로 직선 항해 중복점 제거 및 변침률(ROT)·가속도 파생변수 추출

03. 하이브리드 AI 이상 점수 산출식 및 운영 검토 깔때기 (Funnel)

단일 블랙박스 AI의 한계를 극복하기 위해 해기 물리 규칙 점수(Rule Score)와 비지도 머신러닝/딥러닝 점수(Isolation Forest `n_estimators=200` 및 LSTM-Autoencoder 재구성 오차)를 결합합니다.

하이브리드 이상 점수 산출 공식 (Hybrid Anomaly Score):
`Hybrid Score = (0.55 × Rule_Physics_Score) + (0.45 × AI_Model_Score)` [0~100점 환산 시 **75점 초과 경보 발령**]

※ 실제 실증 깔때기(Stage 2 Funnel): 전체 후보 이벤트 **3,260건** → 고위험군(≥0.85) **655건(75척)** → 최근성 필터 **187건** → 운항 문맥 검증 **61건** → 최종 최우선 조사 대상 **P1 10건(9척)**으로 압축하여 관제사의 경보 피로도(Alert Fatigue)를 99% 이상 절감합니다.

04. 초기 화면 쇼케이스 3대 핵심 시뮬레이터 화면별 해설

메인 포털(ailogi.ai)에서 제공하는 3개의 인터랙티브 화면은 **① 해상 이상 탐지 → ② 선속·연료 성능 진단 → ③ 전 선대 실시간 항차 채산성(Working C/B) 정산**이 하나의 유기적 파이프라인으로 작동함을 실증합니다.

화면 01 · AI AIS ANOMALY DETECTION & POL CORRIDOR RADAR (이상항적 및 표준 회랑 레이더)

01 / AIS ANOMALY RADAR

- **표준 안전 항로 회랑 (Cyan PoL Corridor):** 한·중·일(칭다오·상하이 ↔ 광양·부산·울산 ↔ 고베) 벌크선 8척의 역사적 정상 항적을 압축해 청록색 안전 대역으로 시각화하고, 중심선 이탈 오차(Off-Track Error: 1.4 nm, 한계 ±5 nm)를 초당 142 msg/s 속도로 감시합니다.
- **원클릭 이상 징후 주입 실험실 (What-If Injection Lab):** 실제 해양 사고를 기다릴 필요 없이 상단 버튼 4종(Inject Engine Drift, Under-Performance, Force Route Deviation, Anchor Dragging)을 클릭해 즉석에서 AI의 실시간 탐지 반응과 붉은 타겟 링 경보를 검증할 수 있습니다.

화면 02 · VESSEL SPEED-POWER & CORRIDOR DIAGNOSTICS (선속-마력 성능 및 벡터 정밀 진단)

02 / SPEED-POWER & VECTOR

- **선수방위(HDG, 녹색 화살표) vs 대지침로(COG, 황색 화살표) 물리 검증:** 정상 항해 선박(예: HANJIN STAR, 13.4kn)은 HDG와 COG 편차가 2° 이내로 일치합니다. 반면 외해 한복판에서 주기관 고장 시 선속이 1.2kn 수준으로 급락함과 동시에 조류에 밀려 **HDG-COG 각도가 급격히 벌어지며** 즉시 표류 경보로 포착됩니다.
- **문맥 인지형 오경보 차단 (Contextual Intelligence):** 광양 묘박지의 BLUE HORIZON은 선속 0.2kn에 조류 스윙으로 HDG-COG Gap 14°가 발생하지만, AI가 묘박지 Geofence 내 정상 정박(ANCHORED · 25 pts)으로 판별하여 오경보를 울리지 않습니다.
- **선체 오손 및 일일 연료 손실액 정량화:** KOREA TRADER(수프라막스)가 기준 선속 곡선 대비 -2.5kn 저하된 10.3kn로 운항 중인 현상을 포착(82/100점)하여 **일일 $2,180/d의 연료 손실**을 산출하고 선저 청소(Hull Cleaning) 및 용선 성능 클레임 근거를 제시합니다.

화면 03 · WORKING C/B, VOYAGE TCE & PORT AGENCY PDA TWIN (실시간 실행 채산 및 항비 트윈)

03 / WORKING C/B & PDA

- **사후 정산에서 실시간 손익 관제로 전환:** 8척 벌크선단(58.2만 DWT)의 향후 180일·38개 연속 항차(공선→선적→만선→급유→양하) ERP 스케줄을 연동하여, 계약 당시 목표 채산(CharterBase Target TCE) 대비 현재 운항 실채산(Working C/B Live TCE) 편차를 실시간 계산합니다.
- **개별 항차 정밀 손익 대조 (YOUNG SHIN호 대두 52,000 MT 사례):** 계약 목표 TCE $15,800/d 대비 현재 실시간 예측 TCE **$16,280/d (+$480/d 초과 달성)**, 싱가포르 급유비($563,241), 적·양하항 대리점 항비(EPDA/FDA: $107,800), 조출수익(+$6,500), 항차 순이익($99,840)을 원클릭으로 투명하게 산출합니다.
- **3대 시황 스트레스 테스트:** 유가 급등(Bunker Spike +18%), 아시아 항만 체선(+3.5d), 기상 우회(Weather Detour) 시나리오 클릭 시 전 선대 기간 순이익($2.60M)과 평균 TCE($17,345/d), EU MRV / IMO CII 탄소등급(B등급, 4.18g) 변화를 즉시 시뮬레이션합니다.

05. 고객 브리핑 핵심 메시지 및 운영 거버넌스 원칙

고객 프레젠테이션 핵심 요약 (Executive Takeaway):
1) **"AI 이상 점수는 확정 판결이 아니라 전문가의 골든타임을 지켜주는 우선순위 선별기입니다."** — 수십만 건의 AIS 전문 중 관제사가 가장 먼저 확인해야 할 상위 0.3%(P1) 위험 선박을 정확히 집어냅니다.
2) **"해상 물리 이상을 영업 재무(달러)의 언어로 즉시 번역합니다."** — 선속 저하와 항로 이탈이 곧바로 일일 연료 손실($/d), 도착예정시간(ETA 96.8%), 실행 TCE 및 항비(PDA) 정산 원장으로 직결되는 엔드투엔드 해운 AI 플랫폼입니다.