

# 자율운항선박 입출항 스케줄링을 위한 AIS 기반 해상 교통 혼잡도 예측 기법 개발

† 김세원 · 이서호\* · 손준배\* · 엄정온\* · 이주향\* · 김혜진\*\* · 김동함\*\* · 윤상웅\*\*

† 세종대학교 지능기전공학부 무인이동체 교수, \*세종대학교 지능기전공학부 무인이동체전공,  
\*\*한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소

**요 약** : 자율운항선박은 선원의 항해 조작 없이 선박 스스로 운항하는 선박을 의미한다. 자율운항선박의 운항 시 충돌 및 사고 위험도가 큰 지역은 운항 중 선박을 많이 조우하게 되는 항 내 및 연안 지역이다. 실제로 충돌사고의 85% 이상이 항 내 및 연안 지역에서 발생한다. 따라서 자율운항선의 운항 안전성 확보를 위해 항 내 및 연안 지역에서의 운항 안전성을 검토하는 것은 미래 자율운항선 항 내 운용 체계에서 중요한 역할을 하게 된다. 대양에서는 선박 자체의 운항성능이 중요하지만, 항구 입출항 시에는 타선 및 터미널등과의 상호작용이 자율운항선의 입출항 안전성과 직결된다. 따라서 본 연구에서는 자율운항선이 항구 근처에 접근하여 입출항을 위해 대기하고 있는 경우에 입출항 결정을 내릴 수 있는 결정 알고리즘을 위한 해상혼잡도를 예측하는 알고리즘을 개발하는 과정을 소개한다. 혼잡 예측 알고리즘 개발을 위해 선박의 AIS통항 데이터를 분석하여 주요 항로를 구분하고 주요 항로의 이용 빈도 및 운항 시점의 선박 집중도 및 충돌위험 상황을 파라미터로 하여 특정 시간이 지난 후의 혼잡도를 예측하는 시스템을 개발하고자 한다.

**핵심용어** : 자율운항선, 자율운항선 입출항, AIS, 항로 혼잡도, 연안 혼잡, 충돌 회피

## 1. 서 론

선박이 스스로 운항하는 자율운항선박 기술은 해운산업의 미래제품으로, 완전 자율운항이 가능한 자율운항 Level 5 구현을 목표로 기술 개발 및 연구 및 해운 항만 시설과의 연계를 준비하고 있다. (해양수산부, 2021). 자율운항선의 안전한 운항을 위해서는 선박의 사고 중 가장 큰 비중을 차지하는 연안 및 항 내에서의 충돌을 방지하는 것이 중요하다. (한국 해양수산 개발원, 2021) 항 내 및 연안 충돌 가능성을 낮추기 위해서는 항 내 입출항 난이도 평가를 위한 혼잡도를 예측하는 것이 중요하며, 선박의 항적을 나타내는 AIS(Automatic Identification System)는 선박의 위치, 속도, 방향 등 운항 정보를 담고 있어 항로 분석의 기초가 되는 자료다. (선박해양플랜트연구소, 2020) 본 연구에서는 자율운항 실증지역인 울산항을 대상으로 선박 자동식별데이터(AIS)의 운항 패턴을 분석하여 혼잡도를 예측하는 모델을 제안하고자 한다.

화학, 철강 등의 화물을 운반한다. 자율운항선이 대양항해를 마치고 입항을 결정할 때, 자율운항선은 예상도착시간(ETA)를 터미널에 전달하고, 의무도착시간(RTA)를 준수해야 하며, 합의 도착시간(PTA)를 터미널과 함께 결정해야 한다. 또한, 도선사, 예인선을 이용하기 위해 합의도선점도착시간(PTA PBP)또한 도출이 필요하다. 자율운항선의 경우 본 Time Stamp들을 스스로 결정하고 모든 관계자가 볼 수 있도록 공유하는 것이 항 내 선박 간 충돌 회피와 항만 운영계획을 위해 필수적인 기능이라고 할 수 있다.

본 연구는 자율 운항선이 합의도착시간(PTA)를 결정할 수 있도록 예상 도착 시간(ETA)로부터 12시간 내의 Time Window에서 주요 입출항 항로의 혼잡도를 제공하여 혼잡도 정보를 바탕으로 입출항을 결정하여 입출항 시 안전성을 높이고자 한다.

## 2. 선박 입출항 모델링

자율운항선은 대양항해를 마치고 항구에 입항하기 위해 묘박점(Anchorage) 혹은 도선점(Pilot Boarding Place)에서 입항을 시작한다. 항구마다 입항 절차는 차이가 있는데, 일반적으로 항구에서 추천하는 입출항 경로가 존재한다. 본 연구에서는 연구 대상인 울산항의 입출항 항로를 화물 선종으로 구분하여 모델링하고, 해상 혼잡도를 도출하고자 한다. 대상 선박은 컨테이너,

## 3. 해상 혼잡도 모델링

항로의 혼잡도는 주요 항로의 방파제 및 부두 근처 병목 지점들을 선정하여 혼잡도를 원활, 정체, 복잡 세 가지 상태로 나타낸다. 혼잡도 판단을 위해서 원활, 정체, 복잡한 기준은 항로면적당 선박 수, 충돌 위험도 및 조우 상황, 타선과 자선의 속도 변화의 함수로 모델링 한다. 시간 변화에 따른 AIS 데이터를 통해 파라미터별로 혼잡도에 미치는 영향 분석을 수행했다.

† 교신저자 : sewonkim@sejong.ac.kr

해상혼잡도 분석을 위해 본 연구는 Figure 2와 같은 혼잡도 분석 방법을 택했다.

- |     |                                |
|-----|--------------------------------|
| 1단계 | - 입출항 기반정보(선석계획, 날씨)와의 연계성 분석  |
| 2단계 | - 선종별 분류 및 주요 항로 모델링           |
| 3단계 | - AIS 패턴 분석을 통한 운항 패턴 반복 주기 결정 |
| 4단계 | - 테스트 데이터를 이용한 혼잡도 예측 성능평가     |

Fig. 2 혼잡도 예측 모델링 방법

#### 4. AIS 데이터 분석

본 연구에서는 AIS 데이터 분석을 위해 기반정보로 항구별 선석계획을 사용하고자 했다. 항구별 선석계획은 선박의 예상 입출항 시간 및 요구 입출항 시간을 파악할 수 있어 혼잡도 예측 시점에 어떤 선박이 입출항할 것인지를 예측할 수 있고, AIS 데이터 모니터링 대상인 선박을 선정하는 기준이 된다. 선박을 탱커, 카고, 예인선, 어선으로 구분하고 수심, 다리, 방파제, 묘박점, 부두를 고려하여 항로 모델링을 수행했다.

Figure 3은 탱커선의 주요 항로를 3개월의 AIS 운항데이터를 기반으로 도시한 것이다. 주로 2곳의 항구에 정박하고 입출항을 수행하는 패턴이 반복적으로 관찰된다.

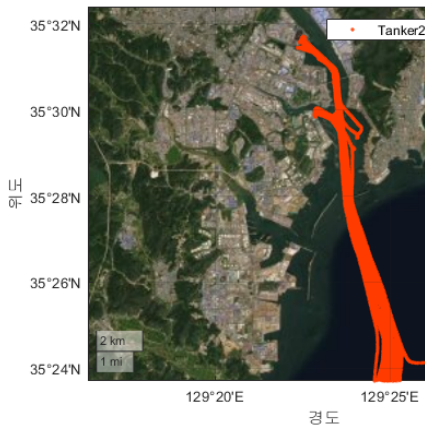


Fig. 3 탱커선 주요항로 모델링

Figure 4는 본 연구의 혼잡도 예측 결과물을 도출한 것으로 선종별로 모델링한 항로 및 운항 패턴을 기반으로 항로의 주요 병목 지역에서의 원할, 혼잡, 정체를 판단하여 도출했다. AIS 데이터 분석에서는 전처리 과정으로 항로별, 선종별, 부두별 분류 및 이상 데이터를 제외하는 작업을 수행했다.

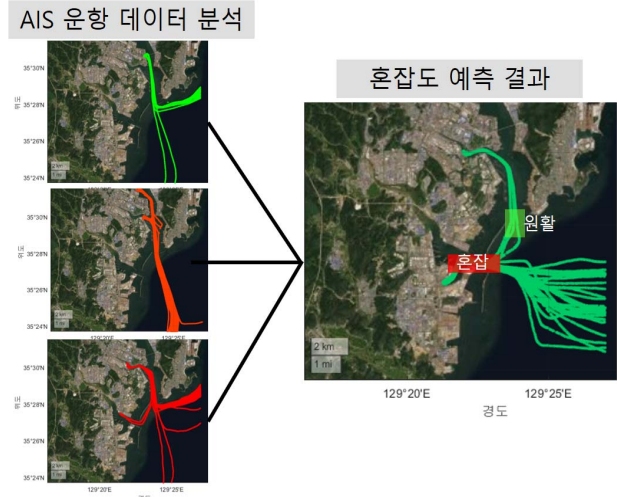


Fig. 4 혼잡도 예측결과

#### 5. 결 론

본 연구는 AIS 데이터에 기초하여, 자율운항선 입출항을 위한 항 내 혼잡도를 예측하는 알고리즘을 제안했다. 혼잡도 예측을 위해서는 항로의 병목 지점을 정의하고 항로 면적당 해당 시점에 위치하는 선박 수 및 조우 상황 그리고 자선과 타선의 속도와 방향 변화를 고려하는 것이 중요했다. 혼잡도 예측성능은 선형 회귀 모델을 이용해서 도출했다. 혼잡도 예측을 위해서는 AIS 항적 분석이 중요하며 항로별, 선종별, 부두별 및 이상 데이터 전처리가 혼잡도 예측성능 변화에 영향을 보이는 것을 관찰할 수 있었다.

#### 후 기

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 ‘스마트항만-자율운항선박 연계기술 개발-1525012520’의 연구 결과입니다.

#### 참 고 문 헌

[1] 해양수산부(2021), 자율운항선박 선제적 규제혁신 로드맵  
 [2] 한국해양수산개발원(2001), AIS데이터기반 해상 교통안전 평가 모델 개발 연구  
 [3] 오재용, 김혜진(2020), 해양환경안전학회지 26권 7호, pp. 759~766.