

선박운항데이터 기반 실시간 선박운항효율 분석 모델 개발

황태민* · 황효선** · 윤익현****

*, ** 목포해양대학교 해상운송시스템학부 석사과정, *** 목포해양대학교 항해정보시스템학부 교수

Development of a Real-time Ship Operational Efficiency Analysis Model

Taemin Hwang* · Hyoseon Hwang** · Ik-Hyun Youn****

*, ** Graduate Student, Department of Maritime Transportation System Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

*** Professor, Division of Navigation & Information Systems, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요 약 : 현재의 해양산업의 기술은 스마트 선박 및 자율운항선박 등의 개발과 같은 자율화 및 지능화와 환경규제의 강화에 맞추어 선박의 운항 효율성을 개선하는 친환경 선박을 위한 기술이 함께 개발되고 있다. 이러한 흐름에 맞추어, 세계각국에서는 선박의 안전운항을 보장하는 선에서 선박운항효율을 극대화하기 위해 다양한 방식으로 노력하고 있다. 본 연구에서는, 현존하는 선박운항효율 개선 기술이 운항 당시의 기상환경, 선박조종 등의 선박운항상태를 실시간으로 반영하지 못하는 문제를 개선하기 위해, 선박에서 수집한 선박운항데이터를 활용하여 실시간 선박운항효율 분석모델을 개발하고자 한다. 본 연구의 실시간 선박운항효율 분석모델은 연료소모를 기준으로 판단한 선박운항효율과 당시의 선박운항상태를 감안하여 판단한 선박운항효율을 비교하여, 식별된 선박운항효율의 타당성을 확인할 수 있는 모델이다. 분석의 주요 내용은 대상선박의 선정과 선박운항데이터의 수집, 선박운항효율 특성과 선박운항상태 특성의 구분, 그리고 이를 활용한 분류모델의 개발을 포함한다. 연구의 결과는 기존의 선박운항효율과 항해 당시 선박운항상태를 감안한 운항효율을 제시하여 선박 운항자의 의사결정을 지원하여 운항효율을 개선하고자 한다.

핵심용어 : 스마트 선박기술, 친환경 선박을 위한 기술, 선박운항효율, 선박운항상태, 실시간 선박운항효율 분석 모델

Abstract : Currently, the maritime industry is focusing on developing technologies that promote autonomy and intelligence, such as smart ships, autonomous ships, and eco-friendly technologies, to enhance ship operational efficiency. Many countries are conducting research on different methods to ensure ship safety while increasing operational efficiency. This study aims to develop a real-time ship operational efficiency analysis model using data analysis methods to address the current limitations of the present technologies in the real-time evaluation of operational efficiency. The model selected ship operational efficiency factors and ship operational condition factors to compare the operational efficiency of the ship with present and classified factors to determine whether the present ship operational efficiency is appropriate. The study involved selecting a target ship, collecting data, preprocessing data, and developing classification models. The results of the research were obtained by determining the improved ship operational efficiency based on the ship operational condition factors to support ship operators.

Key Words : Smart ship technologies, Eco-friendly technologies, Ship operational efficiency, Real-time ship operational efficiency analysis model, Ship operational condition

1. 서 론

4차 산업혁명에 따른 선박의 기술 발전은 스마트 선박 및 자율운항선박과 같은 기존 유인선박의 자율화 및 지능화 (Shin et al., 2017)와 같은 스마트 기술과 함께 강화된 국제 환경규제에 대응하기 위한 친환경 선박을 위한 기술 개발에

집중하고 있다. 스마트 기술은 자율화 자율 운항 시스템, 선박 자동 식별, 항로 최적화 등의 기존의 유인선이 가지고 있는 한계를 데이터 기술을 활용하여 개선하는 기술(Jeon et al., 2018)이며, 친환경 선박을 위한 기술 개발은 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서 선박의 탄소 배출량 관리를 위해 제공하는 선박운항 효율 평가관련 지표 (IMO, 2020)를 바탕으로 선박운항효율을 개선하기 위한 방향으로 이루어지고 있다. 이에 발맞추어, 세계 각국에서는 선

* First Author : taeminhwang11@gmail.com, 061-240-7283

† Corresponding Author : iyoun@mmu.ac.kr, 061-240-7283

박의 안전운항을 보장하는 선에서 선박 운항의 효율을 극대화하기 위해 다양한 접근방식으로 운항효율을 개선하려는 노력이 이루어지고 있다(Kim et al., 2017).

국내의 관련 연구들은 크게 기술 측면과 운항 측면으로 나눌 수 있다. 기술 측면으로는 선체 자체의 운항 효율을 개선시키기 위한 연구로 파랑 중 선체가 받는 저항을 분석하고 선형 및 선체 운동에 따른 운항 효율을 분석하였으며(Kim et al., 2021), 다른 연구에서는 물리적 관점에서 선체의 움직임을 기반으로 에너지 효율을 분석하였다(You and Park, 2018). 기술 측면의 대표적 에너지 효율 평가 지수로는 IMO에서 제시한 EEDI(Energy Efficiency Design Index for new ships)와 EEXI(Energy Efficiency Existing Ship Index)가 있다.

운항 측면에서는 선박 운항 효율 개선을 위해 최적 운항 속력과 RPM을 도출하기 위한 연구가 이루어 졌으며(Kim et al., 2012; Gong et al., 2014), 선박 연료 효율과 관련하여 환경 요인을 반영한 선박 운항 상태의 적정 여부를 판단하고자 한 연구가 있었다(Kim et al., 2017; Lee et al., 2019). 또한 연료 소모량 예측을 통해 최적 항로를 탐색한 연구도 진행되었다(Woo et al., 2018; Kim and Jin, 2020; Choi et al., 2007). 운항 측면의 대표적인 운항 효율 평가 지수로는 IMO에서 제시한 EEOI (Energy Efficiency operational Indicator)와 CII(Carbon Intensity Indicator)가 있다.

운항 측면의 연구들은 모두 대지속력, 대수속력, 운항거리와 같은 항해 데이터 및 RPM, M/E POWER, 연료소모량과 같은 기관 데이터를 기반으로 사용하였으나 기상과 같은 외력의 영향이 반영되지 않거나, 반영되었더라도 요소 간 관계 또는 패턴 파악에 활용이 한정되었다. 또한 선박의 운항 효율을 판단하기 위해 IMO에서 제시한 EEOI와 CII는 항차 및 연간 단위에서 산정되므로, 선박의 항해가 종료된 후 검토되는 한계가 존재한다(Kim and Jin, 2020; Ahn, 2022). 이처럼 선박의 운항 효율을 개선하기 위한 여러 연구들이 이루어지고 있음에도 불구하고, 기상상황과 선박 조종 상황을 포함한 실시간 선박 운항데이터가 고려된 운항 효율을 제시한 연구는 부족하다.

탄소중립을 위해 갈수록 강화되는 탄소 배출량 규제(Ahn, 2022)에 능동적으로 대응하고 선박 운항자에게 효과적인 의사결정 지원을 위해서는 선박이 항해할 당시의 기상환경 및 조종 상태와 같은 운항상태를 함께 고려하여 선박 운항 효율을 실시간으로 판단할 필요가 있다.

이에 본 연구는 현존하는 선박운항효율 분석방식을 개선하기 위해 기상, 선박조종 등의 선박운항상태를 감안한 현실적인 운항효율 분석 모델을 개발하고자 한다.

2. 실시간 운항 효율 분석 방법

2.1 데이터 분석 순서

데이터의 분석과정은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 데이터를 추출할 선박의 선정과 데이터의 수집, 전처리를 먼저 진행하였다. 그 후, 선박운항효율을 대표하는 특성과 선박운항상태 특성을 구분하여, 선박운항상태 특성을 학습하여 각 선박운항효율 대표 특성을 구분하는 분류 모델을 생성하였다.

생성된 선박운항효율 식별 모델의 검증은 검증 데이터의 선박운항효율 특성을 기반으로 도출한 운항효율과 선박운항상태 특성을 기반으로 분류한 운항효율을 비교하였다.

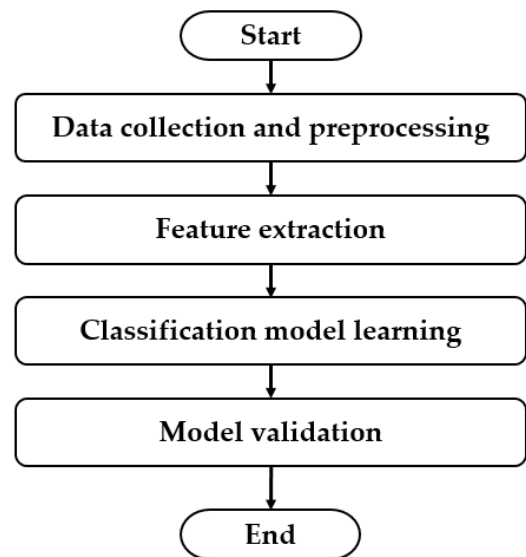


Fig. 1. Research workflow.

2.2 데이터 수집 및 전처리

본 연구에서 데이터를 수집한 대상선박은 목포해양대학교의 실습선 세계로호였으며, 항해장비, 기관장비의 데이터를 취합하여 송수신하기 위한 시스템을 갖추고 있어 대상선박으로 적절하다고 판단하였다. 수집된 데이터의 종류는 항해장비 관련 데이터 8종, 기관장치 또는 설비 관련 데이터 166종으로 정리할 수 있었다.

데이터의 전처리 과정은 우선, 각 장비의 데이터 송수신 시간 간격 차이를 줄이기 위해 매 1분 단위로 단절하여 데이터를 정리하였다. 추가적으로, 손상 및 누락된 데이터의 제거와 수집기간 차이는 데이터 손실이 가장 적은 공통 수집기간의 데이터를 취합하였다. 그 결과, 2022년 11월 28일 00시 30분부터, 11시 38분까지의 데이터를 분석에 활용할 수 있었다.

해당 구간의 데이터는 목포해양대학교 부두를 출발하여 인천항까지 항행하는 구간이었으며, 해당 구간 중 본 연구의 분석 목적에 맞도록 Fig. 2와 같이 연료효율에 직접 변화를 주는 주기관 RPM을 유지한 구간만을 선정하였다.

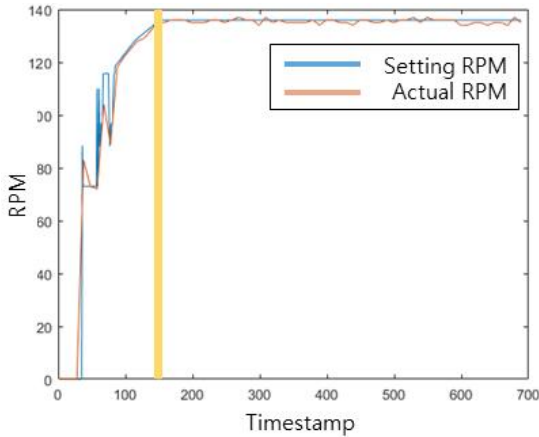


Fig. 2. Data restriction upon setting RPM.

Fig. 2의 노란색으로 표시한 시간 이후, 대상선박 RPM (Revolution Per Minute)은 Setting RPM기준 135로 항행하였고, 기관 대기 상태(Stanby)가 아닌 등속항해 상태(R/up engine) 이후의 구간으로 운항자에 의한 추가 RPM조절이 없는 구간이며, Fig. 3에서 흰색으로 표현한 항해구간으로 협수로를 이탈한 이후의 구간으로 확인되었다. 분석에 활용한 항해구간 중 20%의 항해구간은 검증데이터로 정하여 학습에 사용하지 않고 검증에만 사용하였다.

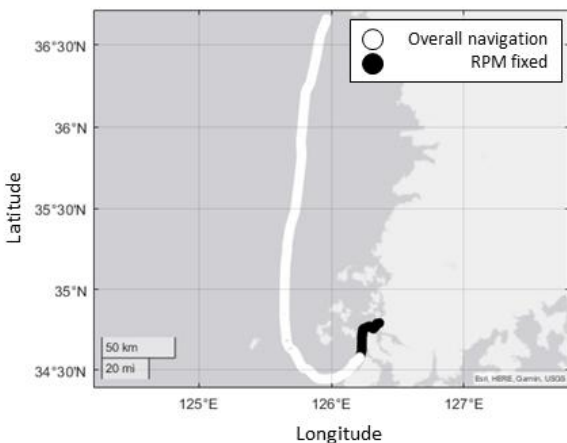


Fig. 3. Data restricted navigation area.

2.3 선박운항효율 특성과 선박운항상태 특성의 추출

전처리 후 데이터는 매 1분마다 하나의 값을 갖는 데이터로서 누락데이터 없이 표 형태(Tabular data)로 정리되었다. 그 중 선행연구를 참조하여 추가적으로 ‘M/E fo consumption’ 변수와 ‘Speed over the ground’를 활용하여 계산한 ‘Fuel oil consumption per nautical miles’과 ‘Heading’ 변수와 ‘Wind direction’ 변수를 활용하여 계산한 ‘Deviation angle of relative wind direction’과 같은 실제 운항 중 선박의 운항과 직접적으로 관련된 특성을 계산하여 추가하였다.

선박운항효율을 나타내는 특성은 연료소모량, 프로펠러 샤프트 힘에 따른 선박의 속력 등 선박의 항진과 관련한 특성 2개를 선정하였으며, 이는 선박운항상태 특성을 활용한 분류모델 학습에서 각각의 응답변수로 활용되었다.

선박운항상태 특성은 기상, 선박조종, 선박 흘수, 항해위치의 UKC(Under Keel Clearance)와 같은 선박이 처한 상태와 관련한 변수 8종을 선정하였다. 특성의 추출은 1분 단위의 데이터를 활용할 때보다 데이터의 경향을 나타낼 수 있도록 데이터 분할(Window size)을 10분으로 정하고 연속적으로 1분씩 데이터 분할 위치를 움직이는 Moving window를 정하여 각 분할 데이터 내 평균, 표준편차, 왜도, 증감 값을 추출하여 32개 특성을 추출하였다.

2.4 선박운항상태 특성을 활용한 분류모델 학습

선정된 선박운항효율 특성 총 2종으로, 각 특성을 구간별로 나누어 응답변수로서 사용하기위해 3개 구간으로 구분하였다. 3개 구간은 선박운항효율을 고려하였을 때, 낮은효율구간을 Good, 중간효율 구간을 Normal, 그리고 높은 효율구간을 Bad로 선정하였다. Good부터 Bad까지의 구간은 해당 선박운항효율 특성의 모든 값을 포함할 수 있도록 Range로 정규화하여 0~0.33, 0.33~0.66, 그리고 0.66에서 1까지로 구분하였다.

선박운항상태 특성을 활용한 분류모델의 학습은 각 3개 구간으로 나뉜 선박운항효율 특성 2가지를 각각 응답변수로 갖도록 진행하였으며, 분류모델의 해석을 위해 정규화 한 값이 아닌 본래의 값을 그대로 사용하였다. 분류모델은 선박운항효율 특성을 대상으로 총 2개 모델을 생성하였다.

2.5 실시간 선박운항효율 식별 모델 검증

분류모델은 선박운항상태 특성만을 활용하여 선박의 운항효율 대표 특성을 Good, Normal, 또는 Bad로 식별하여 운항효율을 분류할 수 있었다. 모델의 검증은 검증데이터에 대하여 기존 선박운항효율 특성 2개만을 사용하여 운항효율을 판단할 때와 선박운항상태 특성을 분류모델에 적용하여 도출한 운항효율을 감안하여 판단할 때의 차이를 설명하고 선박운항상태에 따라 그 원인을 해석하였다.

3. 실시간 운항 효율 분석 결과

3.1 데이터 수집 및 전처리 결과

전처리 된 데이터를 대상으로 수행한 탐색적 데이터 분석 중, 본 연구의 주제와 같은 선박운항효율의 변화를 동시에 관찰하기 위하여 시간당 연료소모량, 대지속력 변화, 바람의 세기 변수를 0부터 1까지 정규화하여, 항적의 색깔 RGB 값으로 나타내면 Fig. 4와 같았다.

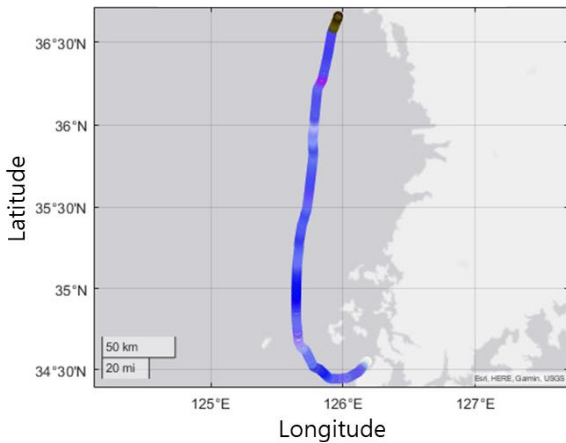


Fig. 4. Energy efficiency in RGB color.

위 그림은, RGB값의 특성상 3개 차원의 값이 모두 0에 가까울수록 하얀색으로 표시되고, 1에 가까울수록 검은색으로 표시된 항적을 보여준다. 이를 통해 본 연구에서는 운항 중 끊임없이 변화하는 선박의 운항환경에 따른 운항상태를 확인할 수 있었다.

3.2 선박운항효율 및 선박운항상태 특성 추출 결과

본 연구에서 수집한 데이터를 활용하여 추출할 수 있는 특성 중, 선박운항효율을 판단하는 특성과 선박운항상태 특성은 아래 Table 1과 같다.

Table 1. Ship operational 'Efficiency' and 'Condition' features

Features	Details
Ship operational Efficiency Feature	'Fuel oil consumption per nautical miles (FOC/NM)', 'Shaft power per ship's speed (ShaftPower/SOG)',
Ship operational Condition Feature	Calculated mean, std, skewness, increment of 'Heading', 'Stern speed', 'Wind speed', 'Rudder', 'Draft (fwd)', 'Draft (aft)', 'Deviation angle of relative wind direction'

3.3 선박운항상태 특성을 활용한 분류 모델 학습 결과

분류모델의 학습은 Coarse Decision Tree 알고리즘을 활용하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 각 선박운항효율 특성을 응답변수로 갖는 분류 모델로써, 루트노드와 내부노드 그리고 단말노드에서 분류에 활용한 선박운항상태 특성을 보여준다.

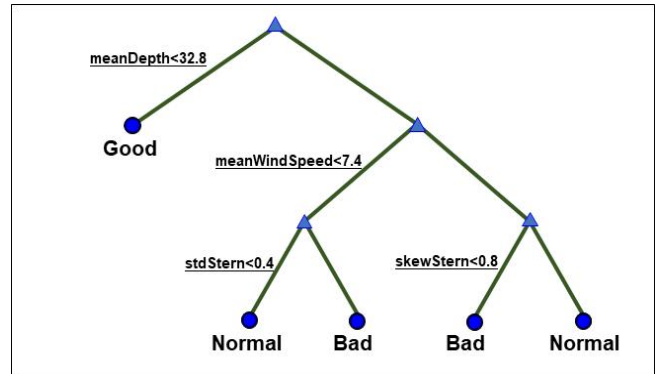


Fig. 5. Decision tree classification model for 'FOC/NM'.

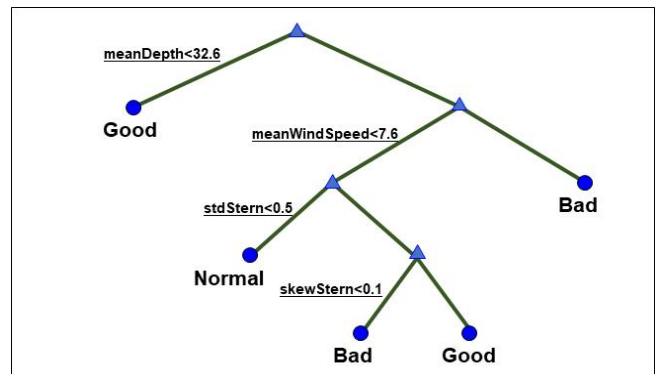


Fig. 6. Decision tree classification model for 'ShaftPower/SOG'.

Fig 5의 분류모델은 선박운항효율 대표 특성 중 FOC/NM의 3단계에 대해, 루트노드를 평균 수심 32.8을 기준으로 우선 분류하고, 내부노드를 평균풍속 7.4를 기준으로 구분한 다음, 말단노드를 선미 측방향 속력의 표준편차와 왜도를 기준으로 사용하여 최종 분류하였다. 이는 FOC/NM 특성이 항행 중인 해역의 수심과 선미의 움직임이 관련되었음을 나타내었다.

Fig. 6의 분류모델은 선박의 프로펠러와 관련된 특성인 ShaftPower/SOG의 3단계에 대해, 가장 먼저 루트노드를 평균 수심을 32.6을 기준으로 분류한 후, 내부노드를 평균풍속 7.6과 선미 흡수 표준편차 0.5로 구분한 뒤, 최종적으로 선미 흡수 왜도 0.1로 말단노드를 구분하였다. 해당 분류모델 역시 항행 해역의 수심, 풍속과 같은 환경요소와 선미의 측방향 속력으로 운항효율을 분류하여 해당 요소들이 선박운항효율에 밀접한 관련이 있음을 나타내었다.

3.4 실시간 운항 효율 분류 모델 검증 결과

앞의 분석 결과는 선박운항효율 특성을 응답변수로 활용한 2개 분류모델이 선박운항상태 특성 중에서 평균 수심, 평균 풍속, 선미 측방향 속력과 관련이 있음을 보여주었다.

본 연구에서는 실시간 운항효율 분류모델의 검증을 진행하는데 있어, 선박운항효율 특성 2개와 선박운항상태 특성만으로 분류된 선박운항효율 2개를 비교하고 이를 감안하는 방법에 대해 설명하였다. 이는 당시의 계산된 운항효율이 선박을 운항하는 상태에 대비하여 높은편이었는지, 적절했는지 또는 낮았는지를 중심으로 설명하였다. Fig. 7과 Fig. 8은 검증 구간의 기존 운항효율특성과 분류된 운항효율특성을 비교한 결과이다.

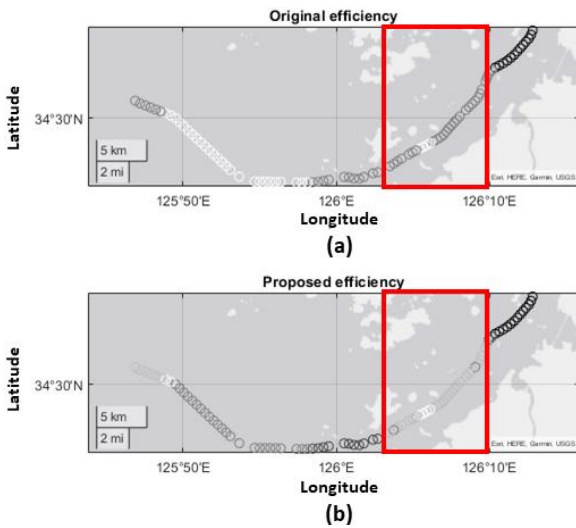


Fig. 7. 'FOC/NM' operational efficiency (Original/Proposed).

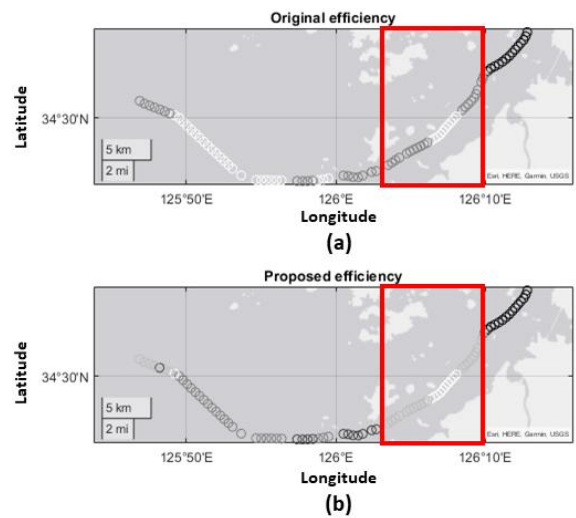


Fig. 8. 'ShaftPower/SOG' operational efficiency (Original/Proposed).

Fig. 7과 Fig. 8의 항해구간은 목포항을 이탈하여 선회지점까지 남진하는 구간이었다. 그림의 흰색부터 검은색까지의 3단계 색깔 구분은 'Good'는 1으로, 'Normal'은 0.5로, 'Bad'는 0으로 치환하여 표시한 것으로 검을수록 운항효율이 좋지 않음을 나타낸다.

대상선박의 운항효율은, Fig. 7과 8(a)에 보이는 기존 선박운항효율 특성과 운항상태를 바탕으로 분류된 값을 감안한 Fig. 7과 8(b)의 개선된 선박운항효율 특성으로서, 각 운항효율 평균의 차이는 아래 Table 2와 같이 정리되었다.

Table 2. Overall comparison of operational efficiency

	FOC/NM	ShaftPower/SOG
Mean of original operational Efficiency	0.6050	0.6250
Mean of proposed operational Efficiency	0.5025	0.5125

Table 2는 검증데이터에서 추출한 기존의 선박운항효율과 본 연구에서 제안하는 개선된 선박운항효율의 평균을 나타낸다. 각 선박운항효율 특성의 평균값에 따르면, FOC/NM의 경우는 0.1025만큼, ShaftPower/SOG는 0.1125만큼 줄어든 것으로 보아, 당시의 선박운항상태를 반영한 운항효율값은 기존의 운항효율보다 평균적으로 더 좋지 않은 것으로 보였다.

이는 대상선박이 검증구간을 항해할 때 주어진 해상환경에 대비하여 더 효율적으로 운항하지 못했음을 나타내었고, 이는 앞의 Fig. 5와 Fig. 6에서 도출된 평균 수심, 평균 풍속, 선미 측방향 속력 특성을 중심으로 정리하면 아래의 Table 3과 같다.

Table 3. Features identified in classifying operation efficiency

Features	meanDepth	meanWindSpeed	stdStem	skewStem
1	32.9	15.1	0.6	-0.2
2	33.7	14.9	0.6	-0.3
3	33.6	14.7	0.6	-0.5
4	33.7	14.6	0.6	-0.7
5	34.3	14.5	0.6	-0.8
6	34.7	14.3	0.5	-1.2
7	35.0	14.2	0.3	1.1
8	35.3	14.2	0.4	-0.7
9	35.9	14.3	0.4	-0.6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
22	37.2	11.8	1.0	0.3
23	35.9	11.1	1.4	1.0
24	34.5	10.6	1.6	0.6
Mean	37.7	13.6	0.5	-0.3

Fig. 7과 8의 표시한 해석은 기존의 선박운항효율 대표 특성이 보이는 운항효율과 본 연구에서 제안하는 개선된 운항효율의 차이가 가장 크게 나타난 구간이다. 해당 구간의 선박운항상태 특성은 Table 3에 나타난 평균 수심, 평균 풍속, 선미 측방향 속력의 표준편차와 왜도로써 해당 구간의 개선된 운항효율이 다르게 나타난 원인을 설명해준다.

해당구간에서의 선박운항상태 특성은 평균 수심이 37.7로, 분류모델의 루트노드 기준인 32.6과 32.8을 초과하였고, 평균 풍속은 13.6으로 분류모델의 내부노드 기준인 7.4와 7.6을 초과하였다. 그리고, 선미 측방향 속력의 왜도가 분류기준인 0.8보다 작은 -0.3으로서 운항효율이 Bad로 분류된 구간이었다. 이를 감안했을 때, 대상선박은 해당구간의 선박운항상태로 보아 운항효율이 나뻐야 했으나, Fig. 7(a), Fig. 8(a)와 같이 보통 이상의 운항효율을 보였기에 본 연구에서 제안한 현실적인 운항효율은 Fig. 7(b), Fig. 8(b)에 나타난 것과 같이 그보다 더 좋은 운항효율을 보였다.

사 사

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다.

4. 결 론

전 세계적으로 환경보호와 관련하여 선박에서 배출되는 탄소량을 줄이고, 선박을 더욱 효율적으로 운항하기 위한 노력이 이루어지고 있는 만큼, 객관적인 데이터를 바탕으로 선박운항효율을 판단하고 이를 실시간으로 모니터링하여 선박운항에 다시 반영하는 일은 중요해지고 있다.

이를 위해, 본 연구에서는 선박운항효율을 대표하는 특성과 선박운항상태 특성을 구분하였고, 선박운항상태 특성을 학습하여 각 선박운항효율 대표 특성에 대한 분류 모델을 생성하였다. 해당 분류모델은 기존의 연료 소모량과 관련된 특성을 기반으로 한 선박 운항효율을 선박 운항 당시의 실시간 기상환경과 조종 요소를 반영하여 재해석하였고, 기존 운항효율 결과가 나뻐더라도 그것을 주어진 운항상태를 감안하면 보통 또는 좋은 결과였음을 나타낼 수 있는 모델을 제안하였다.

결론적으로 재해석한 선박운항효율이 이전과 비교하였을 때 유의미한 차이가 있음을 시각적으로 확인할 수 있었으며, 본 연구의 모델을 고도화하면, 기존보다 더 객관적으로 선박운항효율을 판단할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Ahn, J. K.(2022), A Study on Improvement for Greenship Certification Scheme to Achieve Net-Zero, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 59, No. 6, pp. 372-384.
- [2] Choi, K. S., M. K. Park, J. H. Lee, and G. I. Park(2007), A Study on the Optimum Navigation Route Safety Assessment System using Real Time Weather Forecasting, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 13, No. 2, pp. 133-140.
- [3] Gong, G. Y., B. G. Lee, and Y. S. Lee(2014), Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 2014, No. 1, pp. 198-200.
- [4] IMO(2020), Report of the marine environment protection committee on its seventy-fifth session, MEPC 75/18.
- [5] Jeon, M. Y., Y. J. Noh, K. H. Jeon, and S. B. Lee(2018), Study on Prediction Methods of Fuel Consumption for Real Ship Maritime Big Data, The Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 168-169.
- [6] Kim, B. S., M. J. Oh, J. H. Lee, Y. H. Kim, and M. I. Roh (2021), Study on Hull Optimization process considering operational efficiency in waves. Processes, Vol. 9, No. 5, p. 898.
- [7] Kim, K. J., S. D. Lee, C. H. Jun, K. M. Park, and S. S. Byeon(2017), A statistical procedure of analyzing container ship operational data for finding fuel consumption patterns, The Korean Journal of Applied Statistics, Vol. 30, No. 5, pp. 633-645.
- [8] Kim, S. H. and K. H. Jin(2020), Energy Efficient Route Search Using Marine Data, Vol. 24, No. 1, pp. 44-49.
- [9] Kim, S. K., Y. S. Lee, G. Y. Kong, J. P. Kim, and C. H. Jung(2012), A Study on the Ship's Speed for Reducing the Fuel Oil Consumption in Actual Ships, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 18, No. 1, pp. 41-47.
- [10] Lee, T. H., E. S. Yu, K. M. Park, S. S. Yu, J. P. Park, and D. H. Mun(2019), Detection of Abnormal Ship operational using a Big Data Platform based on Hadoop and Spark, The Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 18, No. 6, pp. 82-90.
- [11] Shin, J. H., J. Y. Shim, J. W. Park, D. H. Choi, and S. S. Byeon(2017), A Study on the Improvement of Sailing Efficiency Using Big Data of Ship operational, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 2017,

No. 4, p. 244.

- [12] Woo, S. M., H. G. Hwang, B. S. Kim, Y. T. Woo and J. S. Lee(2018), Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 22, No. 3, pp. 480-490.
- [13] You, Y. J. and H. R. Park(2018), Development of a Framework to Estimate the EEOI of a Ship Considering the Hydrodynamic Characteristics and Engine Mode, Vol. 55, No. 6, pp. 457-465.

Received : 2023. 01. 12.

Revised : 2023. 01. 31.

Accepted : 2023. 02. 24.