

## Forecasting LNG Freight rate with Artificial Neural Networks

Sangseop Lim\*, Young-Joong Ahn\*

\*Professor, Div. of Navigation Convergence Studies, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

\*Professor, Div. of Navigation Convergence Studies, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

### [Abstract]

LNG is known as the transitional energy source for the future eco-friendly, attracting enormous market attention due to global eco-friendly regulations, Covid-19 Pandemic, Russia-Ukraine War. In addition, since new LNG suppliers such as the U.S. and Australia are also diversifying, the LNG spot market is expected to grow. On the other hand, research on the LNG transportation market has been marginalized. Therefore, this study attempted to predict short-term LNG 160K spot rates and compared the prediction performance between artificial neural networks and the ARIMA model. As a result of this paper, while it was difficult to determine the superiority and superiority of ARIMA and artificial neural networks, considering the relative free of ANN's constraints, we confirmed the feasibility of ANN in LNG 160K spot rate prediction. This study has academic significance as the first attempt to apply an artificial neural network to forecasting LNG 160K spot rates and are expected to contribute significantly in practice in that they can improve the quality of short-term investment decisions by market participants by increasing the accuracy of short-term prediction.

▶ **Key words:** LNG, LNG Spot Rate, Artificial Neural Networks, ARIMA

### [요 약]

LNG는 미래 친환경으로 가는 과도기적 에너지원으로서, 세계적인 친환경 규제, COVID-19 팬데믹, 러시아-우크라이나 전쟁 등을 계기로 엄청난 시장의 주목을 받고 있으며, 미국과 호주 등 새로운 LNG 공급처도 다양화되고 있어 LNG 스팟시장이 갈수록 커질 것으로 예상된다. 이에 반해 LNG 운송시장에 관한 연구는 그동안 소외됐었다. 본 연구는 LNG 160K 스팟운임의 단기예측에 연구를 시도하였으며 인공신경망과 ARIMA 모형을 활용하여 예측성능을 비교하였다. 본 논문의 결과, ARIMA와 인공신경망의 예측성능에 관한 우열을 가리기는 어려웠으나 ARIMA모형이 가지는 데이터 제약이 있으므로 ANN의 상대적인 자유로운 제약조건을 고려하면 LNG 160K 스팟운임 예측에 활용 가능성을 확인하였다. 본 논문은 LNG 160K 스팟운임에 관하여 인공신경망을 적용한 최초의 시도로서 학문적인 의의가 있으며, 스팟운임의 단기예측 정확성을 높여 시장 참여자들의 단기투자 의사결정의 질을 높일 수 있다는 측면에서 실무적인 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

▶ **주제어:** LNG, LNG 스팟운임, 인공신경망, ARIMA

- 
- First Author: Sangseop Lim, Corresponding Author: Young-Joong Ahn
  - \*Sangseop Lim (limsangseop@kmou.ac.kr), Div. of Navigation Convergence Studies, Korea Maritime and Ocean University
  - \*Young-Joong Ahn (yjahn0726@kmou.ac.kr), Div. of Navigation Convergence Studies, Korea Maritime and Ocean University
  - Received: 2022. 07. 05, Revised: 2022. 07. 26, Accepted: 2022. 07. 26.
  - This paper is an extension of the paper presented("Forecasting Spot Freight Rate in LNG Market") at the Conference(Proceedings of the Korea Society of Computer and Information winter Conference 2021).

### I. Introduction

2015년 채택된 파리기후협약(Paris Agreement)은 기후변화에 대해 선진국에 온실가스 감축의무를 부과하여 차별화된 책임을 강조하던 기조에서 UN 당사국 전체에게 공동의 책임을 통해 탄소배출을 줄이고자 하는 목적이다. 이러한 이유는 무분별한 화석연료 사용으로 지구 평균기온이 급격하게 상승하여 임계치 2°C를 넘게 되면 더는 인간의 노력으로 되돌릴 수 없는 재앙을 막기 위한 노력이다 [1,2]. 인간의 삶에 가장 중요한 에너지를 청정한 방법으로 얻기 위한 노력이 진행 중이지만 산업화 이후 1세기 동안 이어져 온 화석연료 중심의 사회·경제 시스템을 한순간에 되돌리기 어려우므로 탄소배출이 상대적으로 적은 천연가스가 과도기적인 에너지원으로 주목받고 있으며 가장 현실적인 대안으로 평가받고 있다 [3].

이에 따라 전 세계적으로 액화천연가스(LNG)에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있는데 2000년 초에는 약 221 Mil·m<sup>3</sup>에서 약 941 Mil·m<sup>3</sup>로 무역 시장이 약 4.25배 확장되었으며 2015년 파리협약 이후부터는 연간 10% 이상으로 증가하는 추세이다.



Fig. 1. World Seaborne LNG Trade and LNG Demand  
Source: Clarkson Research

이러한 친환경 수요와 맞물려 2022년 2월에 발발한 러시아-우크라이나 전쟁에 대한 미국과 유럽 및 우방국들의 대러시아 제재로 원유가격이 폭등하고 있어 그 대체재였던 천연가스의 가격도 상승하고 있다. 유럽은 러시아의 천연가스 파이프라인 수입의존도를 줄이기 위해 중동과 미국에서 LNG 수입처를 다변화함에 따라 LNG선박에 대한 수요도 커지고 있다.

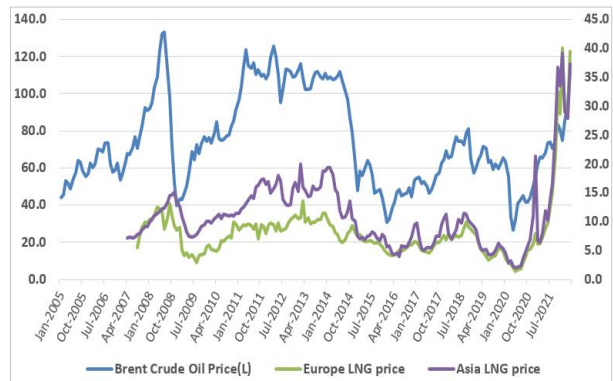


Fig. 2. Brent Oil Price, Europe and Asia LNG Price  
Source: Clarkson Research

LNG 선박 수요는 LNG 선박의 운임에도 영향을 미친다. Stopford[4]에 따르면 운임은 화물 수요에 따른 톤 마일(ton·mile)과 선박공급(dwt) 때문에 가장 크게 영향을 받는다. LNG에 대한 수요는 폭발적으로 증가하고 있지만 LNG 선박의 공급은 제한적이다. LNG 선박은 신조 발주에서 약 2년의 시간지연(time-lag)이 발생하기 때문에 공급 측면에서 제약이 많다. 따라서 현재의 시장국면에서는 LNG선 운임의 변동성이 커질 수 있어 운임관리가 중요하다. 특히 선주와 화주는 당사자로 운임이 비용(cost)과 이익(profit)에 직결되기 때문에 합리적인 의사결정을 하기 위해서는 운임을 정확하게 예측하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 기준으로 화주는 계약 체결을 연기하거나 조기에 시행하여 비용을 최소화하는 의사결정을 선택할 수 있으며 선주는 화주와 반대로 이익을 최대화할 수 있는 전략을 구사할 수 있다.

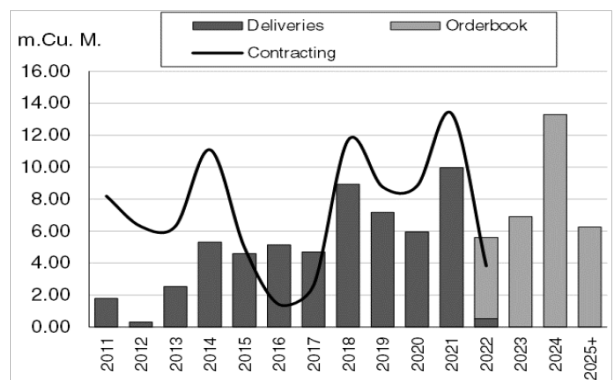


Fig. 3. Supply Trend of LNG Carrier  
Source: Clarkson Research

LNG 시장의 특징 때문에 LNG 운임시장에 관한 연구가 거의 전무한 실정이다. 실무적으로도 운임시장의 변화에 따라 선제적 대응을 위해 관련 연구에 대한 요구가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 기존의 단기 예측연구에 많이 활

용된 시계열 모델인 ARIMA 모형과 비교적 최근 들어 주목받고 있는 인공지능망 모델을 이용하여 LNG 운임 예측 성능을 비교하고자 한다. 학문적으로는 그동안 소외되었던 운임시장의 예측 모델 연구를 수행하였으며 실무적으로 합리적 의사결정 모델이 필요한 LNG 시장의 요구를 충족시킬 수 있을 것이다.

## II. Previous Studies

LNG 산업은 개발, 정제, 액화 저장 및 운송, 수요처 공급까지 대규모 인프라 투자가 필요하므로 국가 주도로 성장하였다. 따라서 LNG 프로젝트가 진행되면 개발 규모에 따라 LNG 선박을 신조하게 되며 LNG 운송을 위한 계약을 20~30년 이상의 장기운송계약으로 대부분 진행된다. 즉 단기거래인 스팟(spot)시장이 작지만 최근 LNG 수요가 급증하고, 카타르, 호주, 미국의 셰일가스 공급처가 다양해짐에 따라 스팟시장도 확대되고 있다[5]. 해운시장에서 의사결정은 과학적 모델보다는 경영자의 경험에 의존하는 경향이 강하다[6]. 스팟시장의 확대에 인하여 시황변동성에 노출이 빈번해지므로 과학적 예측 모델에 관한 연구가 필요하다.

LNG 운임시장에 관한 연구는 소외되어 왔다. [7]의 연구만이 LNG 운임에 영향을 미치는 요인들과의 관계를 벡터오차수정모형(VECM)을 이용하여 분석하였다. 그러나 이 연구에서 선정한 요인들의 경우 LNG 물동량, 선복량, bunker 가격, 세계 GDP의 시차 변수를 영향요인으로 선정하였으나 연별데이터를 기반으로 수행된 연구로 결과물의 실무적인 요구를 충족하기에는 부족한 측면이 있다. LNG 운임에 관한 연구가 부족하므로 다른 운임시장에 대한 기존 연구들을 살펴보면 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Literature Review of Forecasting Shipping Freight Rate

Freight	Research	
Container Freight	[8]	Forecasting Container Freight Rate with Deeplearning models
	[9]	Analyzing Container Freight Rate with Time Series models
	[10]	Prediction for Container Shipping Market with Sentiment Analysis
Bulk Cargo Freight	[6]	Forecasting Baltic Dry Index with Recurrent Neural Networks
	[11]	Forecasting Baltic Dry Index with Combined Model of Machine Learning and EMD
	[12]	Prediction for Baltic Dry Index with Time Series models
	[13]	Forecasting Baltic Dry Index with Long Short Term Memory model
	[14]	Forecasting Baltic Dry Index with ANN and SVM
Oil Tanker Freight	[15]	Analyzing the Demand and Supply in Oil Tanker Market
	[16]	Forecasting Tanker Freight Market with ANN
	[17]	Modelling for Forward Freight Agreement in Tanker Market
	[18]	Forecasting Tanker Spot Rates and Forward Freight Agreement
	[7]	Analyzing the Causal Factors to influence LNG freight rates
	[19]	Forecasting Chemical Freight Rates with ANN and ARIMA

컨테이너 운송시장에서는 컨테이너 운임 예측에 시계열 모형부터 딥러닝 모형을 활용하려는 시도들이 있었다 [8-10]. 특히, [10]의 연구에서는 해운 뉴스에서의 텍스트 마이닝을 통한 감성지수를 기반으로 시황을 예측하였다. 벌크 운송시장에서는 발틱운임지수를 예측하기 위해 다양한 연구들이 있었다[11-14]. 발틱운임지수 자체가 수에즈(Suez) 운임, 파나마맥스(Panamax) 운임, 수프라맥스(Supramax) 운임, 핸디맥스(Hanymax) 운임에 가중평균으로 산출되기 때문에 벌크운송시장을 잘 나타내는 지수이기 때문에 운임 자체보다는 지수를 예측하려는 연구 시도가 많았다. 오일탱커 운송시장에서는 탱커운임에 영향을 미치는 요인에 관한 연구가 많았다[15-19]. 운송시장에서의 운임 예측연구에 기계학습 모형을 활용한 사례가 있으며 특히 단기에측에는 전통적인 시계열 모형인 ARIMA, 벡터자기회귀모형(VAR) 등과 비교하려는 시도가 많았으며 결과적으로 기계학습의 예측성능이 대체로 근소하게 우수하였다. 또한, 상기 선행연구를 살펴보면 기존의 연구들이 대부분 컨테이너와 벌크시장을 중심으로 이뤄져 왔다는 것을 확인할 수 있다.

Table 2. Literature Review of Forecasting Other Transport Sectors

Area	Research	
Seaport Throughput	[20]	Prediction for Suez Canal volume with ANN
	[21]	Forecasting Throughput of Turkish Container Ports with ANN and SVM
	[22]	Forecasting Throughput of Tianjin and Shanghai Container Ports with ANN
	[23]	Forecasting Throughput of Asia 10 Major Ports with ANN
	[24]	Forecasting Throughput of Singapore and Shanghai Container Ports with SVM
	[25]	Forecasting Throughput of Xiamen and Shanghai Container Ports with ANN and SVM
	[26]	Forecasting Throughput of Barcelona Container Ports with ANN
Airport	[27]	Forecasting Demand of Air Cargo between Japan and Taiwan with ANN
	[28]	Prediction for Demand of Colombia Air Cargo with ANN
	[29]	Prediction for Demand of Australia Air Cargo with ANN
	[30]	Forecasting Demand of Air Cargo and Passenger in Indonesia with ANN and SVM
Intermodal	[31]	Forecasting Canadian Terminal Cargo Demand with ANN
	[32]	Analyzing Carrying Capacities of Ningbo Container Terminal with ANN
	[33]	Prediction for Cargo Demand of Ro-Ro Ship in Algeciras Bay with ANN and SVM
	[34]	Forecasting Short-term Rail Cargo Demand between China and Europe with ANN

이 밖에도 선박 통항량, 항만물동량 및 수요예측 [20-26], 항공 여객 및 화물 수요예측[27-30], 복합운송 수요예측[31-34]에 인공지능경망 등과 같은 기계학습 모델이 활용되었으며 ARIMA류의 시계열 모형과 비교연구를 통해 기계학습 모델의 예측 모델로의 활용 가능성을 보여 주었다. 그러나 기존 ARIMA 시계열 모형의 경우 예측 성능은 단기에 훨씬 좋은 성과를 보여주는 연구 결과가 많아 충분히 실무에서도 활용 가치가 있는 것으로 보인다.

따라서 본 연구는 LNG 운송시장에서 LNG운반선 운임의 단기예측에 인공지능경망을 활용하였으며 ARIMA 모형과 비교하였다. 이러한 연구 시도는 기후변화에 따른 친환경 규제, COVID19로 인한 세계적 팬데믹, 러시아-우크라이나 전쟁에 따른 국제정세 불안 속에서 에너지 시장이 급변

하고 있는 상황에서 LNG 공급의 급변으로 운송시장에서 스팟시장이 커지고 있기 때문이다. 본 연구에서는 인공지능경망을 활용하여 LNG 스팟운임의 단기적 예측을 기반으로 항해용선 의사결정의 질을 제고하고자 한다.

### III. Research Design

#### 1. Data

본 연구의 데이터는 LNG 운송시장에서 스팟운임이며 2010년 12월부터 2022년 3월까지 월별 LNG 160K 선형 일당 운임(\$/day)을 대상으로 분석하였다. 이 중 2021년 3월을 기준으로 이전 데이터는 훈련용으로 이후는 검증용으로 활용하였다. LNG 160K 스팟운임의 기술 통계량은 Table 3과 같다.

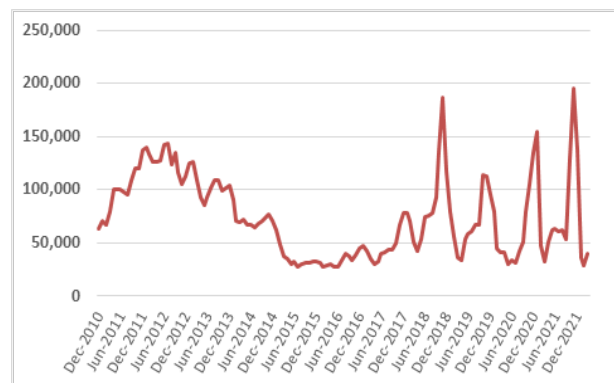


Fig. 4. Spot Freight Rate of LNG 160K  
Source: Clarkson Research

Table 3. Descriptive Statistics of LNG 160K Spot Rate

Statistic	LNG 160K
Observations	136
Mean	73867.57
Std. error	3239.784
Median	67375
Std. dev.	37782.05
Jarque-Bera	11.9996
P-value	0.002479

Fig.4를 보면 LNG 운임은 Fig.2의 LNG나 다른 대체에너지 가격보다도 변동성이 더 큰 것을 확인할 수 있다. 이것은 시황예측을 통해서 단기운임거래를 할 때 LNG 운송에 비용 또는 수익에 큰 영향을 미치기 때문에 화주, 선주, 용선주, 및 중개인 등 다양한 시장 참여자들은 예측 모델을 고도화하여 예측성능을 높이고자 하는 욕구가 있다. 그

럼에도 불구하고 지금까지는 LNG 시장이 크게 주목받지 못하였다가 에너지 환경의 변화로 인하여 LNG 시장에 대한 연구 필요성이 증대되고 있다.

### 2. Research Modeling

본 연구는 LNG 160K 스팟운임 예측에 인공신경망 모델을 적용하는 것이다. 많은 연구에서 인공신경망을 이용한 예측연구에 성과들이 있었으며 기존의 시계열 분석 방법보다 예측성능을 더 뛰어나다고 알려져 있다. 일반적인 인공신경망 모형은 Fig. 5와 같이 입력층, 은닉층, 출력층으로 구분되며 각 노드의 가중치를 조정하면서 학습하게 되며 예측성능을 좌우하게 된다. 특히, 입력 수, 은닉층의 수, 은닉층 노드 수, 활성화함수, 학습률 등의 다양한 파라미터들을 조정해야 하며 이 부분에 대한 정확한 합의나 지침이 없으므로 연구자의 경험적 노하우가 중요하다. 인공신경망 모형의 수리적 표현은 다음 식과 같다.

$$y_t = w_0 + \sum_{j=1}^q w_j g(w_{oj} + \sum_{i=1}^p w_{ij} y_{t-i}) + \varepsilon_t$$

위 식에서  $w$ 는 층간의 가중치,  $p$ 는 입력층 노드 수,  $q$ 는 은닉층 노드 수를 나타낸다. 본 연구에서는 활성화함수  $g(\cdot)$ 를 시그모이드 함수로 사용하였다.

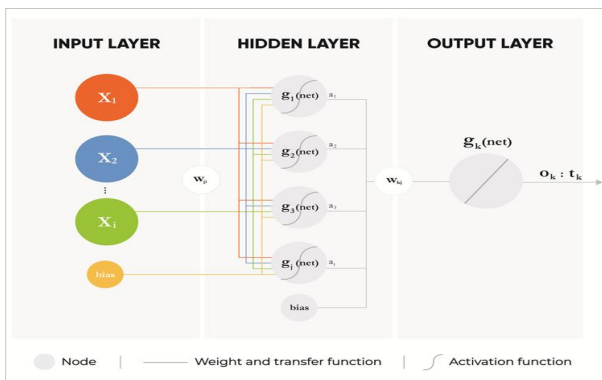


Fig. 5. Structure of Artificial Neural Networks  
Source: Clarkson Research

인공신경망으로 LNG 160K 운임 예측성능을 비교하기 위해서 Box and Jenkins[14]가 처음 고안한 ARIMA(autoregressive integrated moving average) 시계열 모형을 벤치마크 모형으로 설정하였다. ARIMA 모형은 아래 식과 같이  $p$ 차 자기회귀변수와  $q$ 차 이동평균변수의 선형결합으로 나타낼 수 있다. 대부분의 시계열의 비정상성이 내재되어 있으므로 불안정 시계열을 차분을 통해서 안정화한 후 분석을 시도할 것이다.

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

모델의 예측성능을 평가하기 위하여 일반적으로 사용되는 기준인 RMSE(root mean squared error), MAPE(mean absolute percentage error), Correlation, R-square를 이용하였으며 우수한 성능평가기준 하나를 선정하기 어려우므로 모든 기준치를 비교하였다.

### IV. Results

인공신경망 모형을 적용하여 LNG 160K 스팟운임에 대한 단기적 예측을 수행하였으며 벤치마크 모델로 ARIMA 모형을 비교하였다. ARIMA의  $(p,d,q)(P,D,Q)$  차수 중  $p$ 는 자기회귀 차수로 3차,  $q$ 는 평균오차 차수로 2차,  $d$ 는 차분으로 1차분으로 추정되었고,  $P,D,Q$ 는 계절적인 파라미터로  $P$ 는 계절 자기회귀 차수로 1차만 반영되어 모형화되었으며 예측 결과는 Fig. 6과 같다. ANN의 경우도 ARIMA 입력 파라미터와 유사하게 3차 자기회귀 변수, 2차 평균오차, 1차분으로 설정되었으며 예측 결과는 Fig. 7과 같다. 두 모형 모두 계절성 변수를 제외하고는 비슷한 구조로 모형화되었음을 확인할 수 있다.

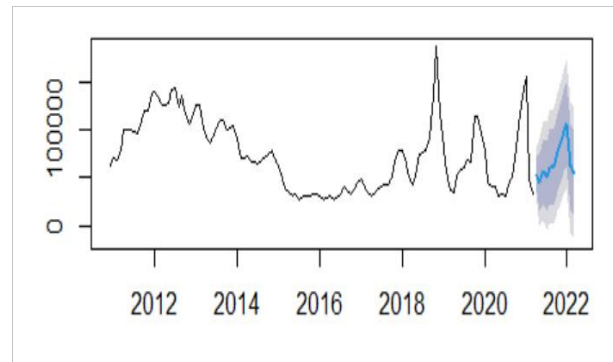


Fig. 6. Forecasts from ARIMA(3,1,2)(1,0,0)[12]

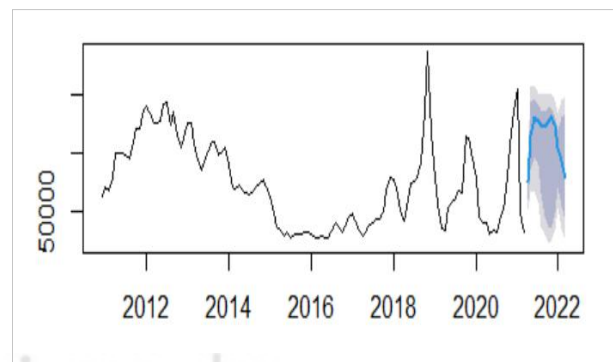


Fig. 7. Forecasts from ANN(3,1,2)[12]

두 모형의 예측치와 실측치와의 비교를 통해서 어느 모형이 LNG 160K 운임 예측에 더 좋은 성능을 보이는지에 관한 결과는 Table 4.에서 확인할 수 있다. 각 예측성능 평가 기준으로 RMSE와 MAPE 기준으로 ARIMA 모형이 ANN보다 더 우수함을 보였다. 그러나 Correlation과 R-square 기준으로는 ANN의 예측성능이 더 뛰어난 것을 볼 수 있는데, Fig.4의 실측치와 각 모형의 예측치인 Fig.6과 Fig.7을 보면 ANN이 실측치의 패턴에 조금 더 유사함을 알 수 있다.

Table 4. Forecasting Performances

Criteria	ARIMA	ANN
RMSE	<b>44018</b>	54947
MAPE	<b>45.2</b>	95.3
Correlation	0.454	<b>0.541</b>
R-square	0.206	<b>0.293</b>

결론적으로 가장 우수한 예측성능을 가지는 모형을 선정하기는 어렵다. ARIMA의 경우 단기예측에 적합한 시계열 모델로서 알려져 있으나 데이터의 정상성을 담보로 모형이 설계되기 때문에 차분하는 과정에서의 데이터 손실이 크다는 한계가 있다. 하지만 ANN의 경우에는 데이터의 선행적인 가정이 필요하지 않을 뿐만 아니라 인간의 학습 과정에서 보이는 직관성이 더 뛰어나며 예측성능 또한 시계열 모형에 뒤지지 않는다는 측면에서 모형의 활용 가능성을 확인할 수 있다.

## V. Conclusions

본 연구는 LNG 160K 스팟운임시장에 대하여 인공지능망을 모형으로 활용하여 단기예측을 하는 것이다. 운임 예측에 관한 기존 연구를 살펴보면 컨테이너, 벌크, 탱커에 비해 그동안 LNG 운임시장이 소외됐었다. 이러한 상황은 전 세계적인 친환경 규제, COVID-19 팬데믹으로 인한 사회경제 체제 변화, 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 지정학적인 긴장 등의 계기로 LNG 에너지에 관하여 관심이 매우 증가하고 있다. 또한, 미국과 호주라는 새로운 LNG 공급처도 부상하고 있어 기존의 장기운송계약이 지배하던 시장구조에서 단기운송시장이 커지는 시장으로 변모하고 있다. 이처럼 LNG에 대한 수급의 변화가 LNG 운임시장에서 큰 영향을 미치고 있으며, 특히 운송시장의 선박 수요공급의 비탄력성 때문에 단기적으로 운임이 급격하게 변동함

으로써 시장 참여자의 수익과 비용에 부담을 줄 수 있다는 측면에서 관련된 연구가 필요하다.

본 연구에서는 커지고 있는 LNG 160K 스팟시장의 운임에 관하여 ANN과 ARIMA모형을 통해 예측하여 비교함으로써 LNG 해운시장의 참여자들의 단기투자 의사결정의 질을 제고하려 하였다. 실증분석 결과를 비교하면 ARIMA 모형과 ANN 모형의 예측성능 측면에서 비교우위를 결론짓기는 어려웠다. 즉, 본 연구에서는 기존 연구들에서 보이는 기계학습 모형의 예측성능의 우위가 확인되지 않았다는 것이 기존 연구와의 차이점이라 할 수 있다. 이는 모형들이 가지는 특성으로 인한 것일 수도 있지만, LNG 운임의 시계열적 특성을 보면 비교적 최근 데이터에서 관측되는 순환적인 패턴으로 인한 영향일 가능성이 크다. 그럼에도 불구하고 데이터에 대한 엄격한 가정이 있는 ARIMA 모형 자체에 내재된 제약이 있으며, 반면에 ANN모형의 경우 상대적으로 데이터에 대한 가정에서 자유롭고 예측성능의 성과를 고려하면 LNG 160K 스팟운임예측에 충분히 활용할 만하다고 판단된다.

본 연구는 LNG 160K 스팟운임에 관하여 인공지능망을 적용한 최초의 시도로서 학문적인 의의가 있으며, 스팟운임의 단기예측 정확성을 높여 시장 참여자들의 단기투자 의사결정의 질을 높일 수 있다는 측면에서 실무적으로 상당한 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 본 연구에서 분석한 LNG 스팟운임시장이 145K, 174K도 존재하기 때문에 다른 시장에도 기계학습을 활용한 연구를 통해 예측모형의 검증이 필요하다. 따라서 아직 시장의 일반적인 모형으로 활용되기에는 아직 한계가 있다. 향후 LNG 스팟운임의 다양한 시장에 대하여 추가로 연구하여 예측모형의 일반화에 대한 검증을 시도할 것이다. 또한, 기존의 연구들에서 보였던 머신러닝모형의 예측 우수성이 LNG 시장에서는 나타나지 않은 이유에 관한 구체적인 연구가 필요하다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea. (NRF-2019S1A5B5A07094519)

## REFERENCES

- [1] Ou, Y. et al. Can updated climate pledges limit warming well below 2 °C? *Science*, Vol.374, No.6568, pp.693-695, 2021. doi: 10.1126/science.abl8976
- [2] UNEP. Emissions Gap Report 2021: The Heat is On - A World of Climate Promises Not Yet Delivered, available: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>
- [3] IEA. World Energy Outlook, 2021. available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- [4] M. Stopford, "Maritime Economics," 3rd ed., Taylor & Francis, pp.233, 2009.
- [5] Vlado Vivoda, "LNG import diversification and energy security in Asia," *Energy Policy*, Vol.129, pp. 967-974, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.073>.
- [6] S. Lim, and H. Yun, "Forecasting Bulk Market Indices with Recurrent Neural Network Models," *The Journal of Maritime Business*, Vol.40, pp.159-180, Aug. 2018.
- [7] Ahn, Y.G., "A Study on Prime Factors Affecting LNG Carrier Freight Rates," *Journal of Shipping and Logistics*, Vol.35, No.1 pp.145-161, 2019. doi:10.37059/tjosal.2019.35.1.145
- [8] Kim, D. and Choi, J.S., "Estimation Model for Freight of Container Ships using Deep Learning Method", *Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 27, No.5, pp.574-583, 2021. doi: 10.7837/kosomes.2021.27.5.574
- [9] Lee, S., "Forecasting Study on Container Shipping Market by Analyzing Trend and Business Cycle", *Journal of Shipping and Logistics*, Vol.36, No.4, pp.597-618, 2020.
- [10] Choi, G. W., Yoon, H., and Kim, D., "Forecasting Container shipping market using sentiment analysis", *Ocean Policy Research*, Vol.34, No.2, pp.273-288, 2019. doi: 10.35372/kmio.pr.2019.34.2.010
- [11] Lim, S. and Kim, S., "Forecasting Bulk Freight Rates with Machine Learning Methods", *Korean Society of Computation Information*, Vol.26, No.7, pp.127-132, 2021. doi: 10.9708/jks ci.2021.26.07.127
- [12] Bae, S. and Park, K.S., "A Study on the Baltic Dry Index Forecasting Using Time Series Models", *Korea International Commercial Review*, Vol. 35, No.4, pp.181-209, 2020. doi: 10.18104/kaic.2020.35.4.181
- [13] Han, M. and Yu, S., "Prediction of Baltic Dry Index by Applications of Long Short-Term Memory", *Journal of Korean Society for Quality Management*, Vol.47, No.3, pp.497-508, 2019. doi: 10.7469/JKSQM.2019.47.3.497
- [14] Bao, J., Pan, L. and Xie, Y. "A new BDI forecasting model based on support vector machine," in 2016 IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, pp. 65-69. 2016 doi: 10.1109/ITNEC.2016.7560320.
- [15] Li, J. and Parsons, M. G., "Forecasting tanker freight rate using neural networks," *Maritime Policy and Management*, Vol. 24, No.1, pp. 9-30, 1997. doi: 10.1080/03088839700000053.
- [16] Lyridis, D., Zacharioudakis, P., Mitrou, P. and Mylonas, A., "Forecasting Tanker Market Using Artificial Neural Networks", *Maritime Economics & Logistics*, Vol.6, pp. 93-108, 2004.
- [17] Lyridis, D., Zacharioudakis, P., Iordanis, S. and Daleziou, S., "Freight-Forward Agreement Time series Modelling Based on Artificial Neural Network Models," *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, Vol.59, No.9, pp. 511-516, 2013. doi: 10.5545/sv-jme.2013.947.
- [18] Von Spreckelsen, C., von Mettenheim, H.-J. and Breitmer, M. H., "Short-Term Trading Performance of Spot Freight Rates and Derivatives in the Tanker Shipping Market: Do Neural Networks Provide Suitable Results?", in Jayne, C., Yue, S., and Iliadis, L. (eds) *Engineering Applications of Neural Networks (EANN 2012)*, Communications in Computer and Information Science. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 443-452. 2012.
- [19] Lim, S. and Kim, S., "Forecasting Chemical Tanker Freight Rate with ANN", *Korean Society of Computation Information*, Vol.26, No.4, pp.113-118, 2021. doi: 10.9708/jks ci.2021.26.04.113
- [20] Mostafa, M. M., "Forecasting the Suez Canal Traffic: A Neural Network Analysis", *Maritime Policy & Management*, Vol.31, No.2, pp. 139-156, 2004.
- [21] Gökkuş, Ü., Yıldırım, M.S., and Aydın, M. N., "Estimation of Container Traffic at Seaports by Using Several Soft Computing Methods: A Case of Turkish Seaports", *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2017. doi: 10.1155/2017/2984853
- [22] Xiao, Y., Wang, S., Xiao, M., Xiao, J., and Hu, Y., "The Analysis for the Cargo Volume with Hybrid Discrete Wavelet Modeling," *International Journal of Information Technology & Decision Making*, Vol.16, No.3, pp. 851-863 2017. doi: 10.1142/S02196 22015500285
- [23] Tsai, F., and Huang, L.J.W. "Using artificial neural networks to predict container flows between the major ports of Asia," *International Journal of Production Research*, Vol. 55, No.17, pp.5001-5010, 2017. doi: 10.1080/00207543.2015.1112046
- [24] Niu, M., Hu, Y., Sun, S., and Liu, Y., "A novel hybrid decomposition-ensemble model based on VMD and HGWO for container throughput forecasting", *Applied Mathematical Modelling*, 2018. doi: 10.1016/j.apm.2018.01.014
- [25] Mo, L., Xie, L., Jiang, X., Teng, G., Xu, L., and Xiao, J., "GMDH-based hybrid model for container throughput forecasting: Selective combination forecasting in nonlinear subseries", *Applied Soft Computing*, Vol.62, pp.478-490. 2018. doi:10.1016/j.asoc.2017.10.033
- [26] Milenković, M., Milosavljevic, N., Bojović, N., and Val, S., "Container flow forecasting through neural networks based on metaheuristics", *Operation Research*, Vol.21, pp.965-997 2021. doi: 10.1007/s12351-019-00477-1

- [27] Chen, S., Kuo, S., Chang, K., and Wang, Y. "Improving the forecasting accuracy of air passenger and air cargo demand: the application of back-propagation neural networks," *Transportation Planning and Technology*, Vol.35, No.3, pp.373-392, 2012. doi: 10.1080/03081060.2012.673272
- [28] Loaiza, M. F., Solano, R. P., Simancas, R., and Ojito, V. H., "Modeling demand for air cargo in the Colombian context", *International Conference on Advanced Materials Science and Civil Engineering*, Vol.70, pp.132-137, 2017. doi: 10.2991/amsce-17.2017.31
- [29] Baxter, G., and Srisaeng, P., "The use of an artificial neural network to predict Australia's export air cargo demand", *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol.8, No.1, pp.15-30, 2018. doi: 0.7708/ijtte.2018.8(1).02
- [30] Sulistyowati, R., Kuswanto, H., and Astuti, E. T., "Hybrid forecasting model to predict air passenger and cargo in Indonesia", *International Conference on Information and Communications Technology*, pp.442-447, 2018. doi: 10.1109/ICOIACT.2018.8350816
- [31] Bilegan, I. C., Crainic, T. G., and Gendreau, M., "Forecasting freight demand at intermodal terminals using neural networks: an integrated framework", *European Journal of Operational Research*, Vol.13, pp.22-36, 2008.
- [32] Wu, H., and Liu, G., "Container sea-rail transport volume forecasting of Ningbo port based on combination forecasting model. In *International Conference on Advances in Energy, Environment and Chemical Engineering*. Atlantis Press, 2015. doi: 10.2991/aece-15.2015.91
- [33] Moscoso-López, J.A., Turias, I.J., Come, M.J., Ruiz-Aguilar, J.J., and Cerbán, M., "Short-term Forecasting of Intermodal Freight Using ANNs and SVR: Case of the Port of Algeciras Bay," *Transportation Research Procedia*, Vol.18, pp.108-114, 2016. doi: 10.1016/j.trpro.2016.12.015.
- [34] Abdirassilov, Z., and Śladkowski, A., "Application of artificial neural networks for shortterm prediction of container train flows in direction of China-Europe via Kazakhstan," *Transport Problems*, Vol.13, No.4, pp.103-113, 2018. doi: 10.20858/tp.2018.13.4.10

## Authors



Sangseop Lim received the B.S. degree in ship engineering and M.A. and Ph.D. degrees in shipping management from Korea Maritime and Ocean University, Korea, in 2007, 2014 and 2018, respectively.

Since 2020, Dr. Lim is currently a professor in the Division of Navigation Convergence Studies at Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea. He is interested in shipping finance, shipping market forecasting and risk management.



Young-Joong Ahn received B.S degree in ship engineering and M.S. and Ph.D. degrees in shipping operation and maritime safety environment from Korea Maritime and Ocean University, Korea, in 2007, 2014 and 2020,

respectively. Dr. Ahn is currently a professor in the Division of Navigation Convergence Studies at Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea. He is interested in ship security and safety environment, navigation equipment, and chemical operation.