

Forecasting Chemical Tanker Freight Rate with ANN

Sangseop Lim*, Seokhun Kim**

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

**Professor, Dept. of Electronic Commerce, PaiChai University, Daejeon, Korea

[Abstract]

In this paper, we propose an efficient dynamic workload balancing strategy which improves the performance of high-performance computing system. The key idea of this dynamic workload balancing strategy is to minimize execution time of each job and to maximize the system throughput by effectively using system resource such as CPU, memory. Also, this strategy dynamically allocates job by considering demanded memory size of executing job and workload status of each node. If an overload node occurs due to allocated job, the proposed scheme migrates job, executing in overload nodes, to another free nodes and reduces the waiting time and execution time of job by balancing workload of each node. Through simulation, we show that the proposed dynamic workload balancing strategy based on CPU, memory improves the performance of high-performance computing system compared to previous strategies.

▶ **Key words:** Chemical Tanker, Shipping Freight rate, Artificial Neural Network, ARIMA, Forecasting

[요 약]

본 논문은 케미컬 탱커시장의 운임예측에 관하여 인공신경망을 적용하였으며 전통적인 시계열 모델인 ARIMA모형과 비교하였다. 케미컬 시장의 경우 상대적으로 소규모이나 범용성이 높은 선박을 이용한 시장으로 수급모형을 활용하여 운임시장을 분석하기 어려우며, 운임의 변동성이 크기 때문에 선형모형을 활용하는데는 한계가 있다. 본 연구는 케미컬 시장의 특성을 고려하여 비선형 모델인 인공신경망을 이용하여 ARIMA와 비교한 결과 RMSE와 Correlation 측면에서 예측 성능이 우수함을 보였으며, 케미컬 탱커의 운임예측에 더 적합함을 보였다. 본 연구는 운임거래에 있어 과학적 모델을 제시함으로써 의사결정의 질을 제고하는데 기여할 뿐만 아니라 학문적으로 소외되어온 케미컬 시장 연구에 도움이 될 것으로 기대된다.

▶ **주제어:** 케미컬 탱커, 해상운임, 인공신경망, ARIMA, 예측

• First Author: Sangseop Lim, Corresponding Author: Seokhun Kim
*Sangseop Lim (limsangseop@kmou.ac.kr), Div. of Navigation Convergence Studies, Korea Maritime and Ocean University
**Seokhun Kim (vambition@daum.net), Dept. of Electronic Commerce, PaiChai University
• Received: 2021. 04. 06, Revised: 2021. 04. 27, Accepted: 2021. 04. 27.

I. Introduction

화학제품은 다양한 산업에서 주요 기초원료로 활용된다. Clarkson Research에 따르면 세계 화학제품 무역량은 2020년 366백만톤이었으며 2022년에는 392백만톤까지 증가할 것으로 예상되며 이런 추세는 당분간 지속될 것으로 보인다.

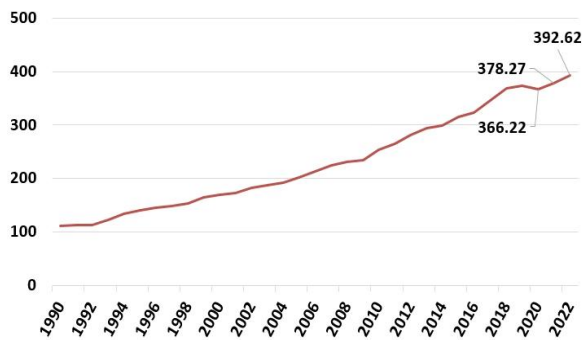


Fig. 1. World Seaborne Chemicals Trade(unit : m.ton)
Source : Clarkson Research

우리나라의 경우, 화학제품을 생산하는 화학산업은 2018년을 기준으로 수출품 4위(약 500억달러)를 차지하고 석유제품까지 합산한 규모는 1,000억달러에 육박하며 수출품 1위인 반도체와 견줄 정도로 큰 규모에서 알 수 있듯이 우리나라 경제를 지탱하는 가장 중요한 산업임에 틀림없다.

정유 및 석유화학산업의 공급체인은 다음 Fig. 1과 같은 구조이다. 원유를 정제하는 과정을 통해 생산된 부산물을 수출하고 이 때 생산된 나프타를 원료로 하여 고부가가치 석유화학제품을 생산한다. 이 과정에서 생산된 화학제품들은 국내 소비를 제외하고 해외수출이 된다.

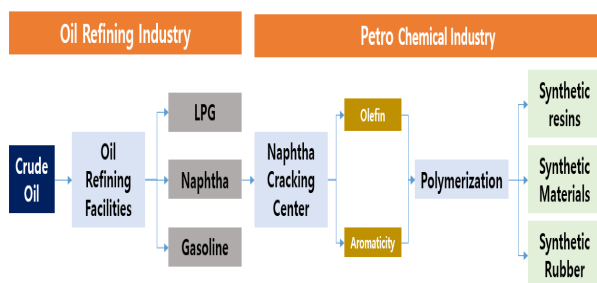


Fig. 2. Supply Chain for Oil and Chemical Industries
Source : KDB Industry Research Center

화학제품 생산과정에서는 원유를 수입해 오는 원유운송 시장이 있으며 7만톤 파나마스, 10만톤 이상의 아프리카스, 13~15만톤 수에즈막스, 20만톤 이상의 VLCC선박을

활용하여 운송한다. 원유 정제과정에서 생산된 LPG, 휘발유같은 제품유들은 제품유운반선 시장이 있다. 나프타를 비롯하여 이를 기초로 생산된 고부가 화학제품들은 상대적으로 작은 규모의 선박이 투입되며 한번에 다양한 종류의 화학제품을 운송하는 것이 특징이다. 이를 케미컬 탱커 시장이라 한다. 위의 원유운송과 제품유운송의 경우에는 운임시장 구조를 분석한 연구들이 그동안 충분히 수행되어왔다. 하지만 고부가 가치인 석유화학제품시장이 중요함에도 불구하고 케미컬 운임시장에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 편이다.

케미컬 운임을 분석하는 연구가 상대적으로 부족한 이유는 건화물 시장에서 단서를 얻을 수 있는데 Supramax 선박의 경우, 석탄과 철광석을 운송하는 대형 Capesize선박이나 Panamax선박에 비해 상대적으로 규모가 작으며 다양한 화물을 취급하기 때문에 정확히 매칭되는 수요를 특징할 수가 없을 뿐만 아니라 설사 가능하더라도 굉장히 복잡한 구조를 가지기 있어 수요-공급모델로 모형화가 힘들다. [1] 케미컬 탱커는 다양한 석유화학제품을 운송할 수 있기 때문에 다른 대형 탱커선보다 범용성이 뛰어난 반면에 운임의 수요-공급 모형화가 어려운 측면을 고려할 필요가 있다. 본 연구는 케미컬운송시장의 구조적인 특징을 반영하여 인공지능경망을 적용한 모델을 구축하고 운임예측을 수행하고자 한다.

일반적인 해상운송에서 해운시장 참여자들은 선박을 확보하여 운송서비스를 제공한 대가로 운임을 획득하거나 선박을 일정기간 빌려주고 용선료를 받거나 선박자체를 매각함으로써 차익을 얻는 수익구조를 가진다. 이 중 운임을 획득하는 거래가 가장 빈번하게 이뤄지므로 가장 중요한 의사결정 중 하나임에도 불구하고 그동안 해운시장에서 대부분의 의사결정은 경험에 의존하는 경향이 강하여 합리적인 의사결정이 어려웠다.[2] 따라서 본 연구는 운임 거래 의사결정의 질을 제고하기 위해 과학적 예측기법인 인공지능경망을 모형을 적용할 것이다. 기존의 연구들의 경우 탱커운임을 예측하는데 있어 인공지능경망과 시계열 모형을 비교한 사례가 종종 있어 왔다.

시계열 예측에 있어서 인공지능경망을 적용한 사례는 다양하게 찾아볼 수 있으며 주식가격[3], 주식트렌드[4], 원유가격[5], 원료탄가격[6] 등 다양한 상품시장에 적용되었고 인공지능경망 모델의 예측성능의 우수함을 확일 수 있다.

본 연구와 관련되어 Table 1은 탱커운임지수 예측에 인공지능경망 모델을 활용한 선행연구들이다. 위에서 언급한 시장구조의 특성으로 수요공급 변수를 도입하기 보다는 시계열 자체를 대상으로 하여 자기변수를 활용한 연구가

주를 이루는 것을 알 수 있다. 예측성능면에서도 기존 시계열모델에 비해 월등히 높은 것을 확인하였으며 이를 고려하여 본 연구에서는 인공지능망을 케미컬 운임예측에 적용할 것이며 수급변수나 외생변수를 활용하기 보다 시계열 자체를 활용하고자 한다.

Table 1. Previous Studies

Ref.	Model	Object
[7]	ARMA ANN	Panamax Tanker Freight Rate
[8]	ANN	Ras Tanura Rotterdam VLCC Spot Freight Rate
[9]	ARIMA ANN VAR	TD3, TD5 Spot freight rate FFA price
[10]	Wavelet ANN ARIMA	Baltic Dirty Tanker Index
[11]	ANN ARIMA	VLCC Time charter rate
[12]	ANN Multivariate ANN	Ras Tanura Rotterdam VLCC Spot Freight Rate
[1]	ARIMA Hybrid ANN	Baltic Dirty Tanker Index Baltic Clean Tanker Index

ARIMA류의 시계열모델을 벤치마크 모델로 성능비교를 수행하여 인공지능망 모델의 예측성능의 우수함을 확인하고자 한다.

II. Data and Modelling

1. Data

본 연구는 케미컬 운송시장의 운임을 대상으로 하였으며, Clarkson Research에서 제공하는 온산-휴스톤 12,000톤 케미컬선박의 운임을 이용하고자 한다.



Fig. 3. Ulsan-Houston 12,000mt Freight Rate
Source : Clarkson Research

인공지능망 모델의 학습과 예측성능 평가를 위해 데이터를 훈련샘플과 검증샘플로 구분하는데 Table 2와 같이 9:1 비율로 나누었다.

Table 2. Description of Data

Data	Periods	
Ulsan - Houston Freight Rate	2008.9 ~ 2021.3. (151 weeks)	
	Training Set	Test Set
	2008.9~2019.12 (136 weeks)	2020.1~2021.3 (15 weeks)

2. Modelling

본 연구에서는 인공지능망 모델을 적용하여 케미컬 탱커운임을 예측하고자 한다. Box-jenkins모델로 알려진 시계열모델들은 대표적인 선형모델로서 연구 대상이 되는 시계열 데이터의 안정성(stationarity) 제약이 있는데 불안정할 경우 안정화단계에서 많은 정보의 소실이 생기는 치명적인 약점이 있다. 연구의 대상이 되는 사회경제 데이터들은 불안정적인 특성을 보인다고 알려져 있기 때문에 위와같은 위험성을 존재한다. [10, 13]

인공지능망 모델의 경우 이러한 시계열 모델의 한계를 극복하여 모형화가 가능하며 다음 Fig. 4와 같이 구조화할 수 있다.

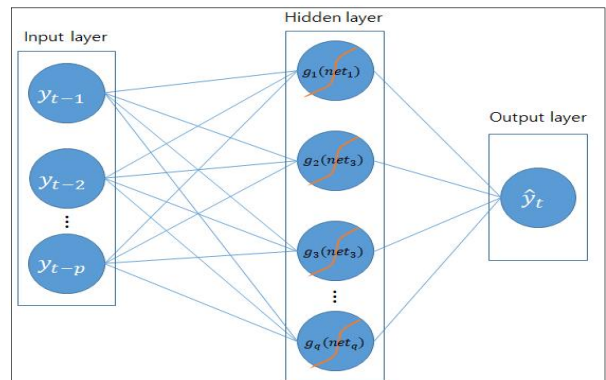


Fig. 4. Structure of ANN

벤치마크 모델로서 Box and Jenkins에 의해 고안된 ARIMA모형은 시계열 데이터 생성과정을 p차 자기변수와 q차 이동평균변수의 선형결합으로 표현된다.[14]

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

불안정한 시계열의 안정화 단계를 거쳐 정보기준 AIC를 기준으로 최적의 모델을 선정하였다.

제시된 모형의 성능평가와 관련하여 2가지 기준(criteria)을 사용하였다. 특별히 우수한 예측기준을 선정하기 어렵지만 Table 3.에서 제시된 기준들은 일반적인 연구에서 받아들여지고 있는 지표들이다. [3, 5, 13, 15]

Table 3. Performance Measurements

Criteria	Equation
RMSE	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$
COR	$\frac{Cov(Y; \hat{Y})}{\sigma_Y \sigma_{\hat{Y}}}$

III. Empirical Results

앞서 그동안 케미컬 탱커 시장이 연구에서 소외된 배경으로 선박의 범용성으로 인한 수요요인을 파악하기 어려운 시장특성을 전술한 바 있다. 따라서 케미컬 탱커 운임 예측에 시계열 분석과 동일하게 외부변수를 제외한 자기변수를 활용한 모델링이 적합하다.

케미컬 운임예측을 위한 최적모형을 찾기위해 파라미터를 선정하였으며, ARIMA의 경우 AIC 정보기준을 기준으로 ARIMA(2,1,0)이 최적의 모형으로 선택되었다. 인공신경망의 경우 최적 입력을 찾는 과정에서 ARIMA에서 적용한 2시차 변수까지 입력변수로 하였으며 은닉층의 경우 선행연구에서와 같이 1개층을 구성하였으며 은닉노드 2, 활성화함수는 가장 널리 활용되는 로지스틱함수를 채택하여 모형화하였다.[13, 16]

Fig. 5는 모형화한 ARIMA 및 ANN모형을 훈련데이터셋에 적합한 그림이다.

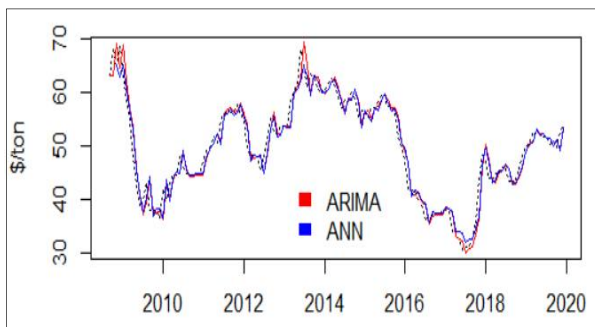


Fig. 5. Fitted ARIMA and ANN in Training Sample

훈련데이터를 활용하여 모델을 학습하여 모형화하고 이를 검증데이터에 적용함으로써 제시된 두모델의 예측성능

을 비교하였다. Fig. 6은 ARIMA와 ANN의 예측값을 실측값과 비교하였다.

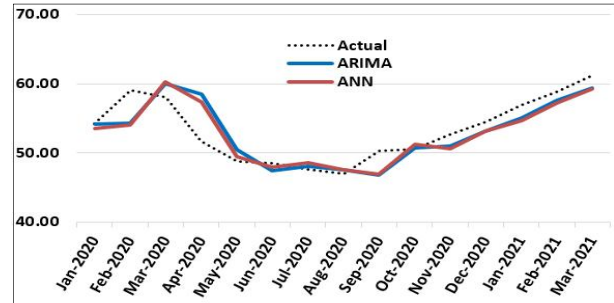


Fig. 6. Prediction Value of ARIMA and ANN

시각적인 비교에서는 우열을 가리기 힘들기 때문에 Table 3.에서 제시된 비교기준 RMSE와 Correlation으로 계량화하여 두 모형의 예측성능을 비교하였으며 그 결과는 Table 4와 같다. RMSE의 경우 예측치를 실측값과 비교하여 Error를 비교하는 지표이기 때문에 작을수록 성능이 우수하다고 평가할 수 있으며 Correlation의 경우 예측치와 실측값의 상관성을 나타내는 기준으로 값이 1에 가까울수록 예측성능이 우수하다고 평가할 수 있다. 따라서 두 성능지표를 기준으로 하였을 때 케미컬 탱커 운임을 예측하는데 있어 ANN이 ARIMA모형보다 더 적합함을 알 수 있다.

Table 4. Model Performance

모델	ARIMA	ANN
RMSE	2.584	2.476
COR	0.832	0.845

IV. Conclusions

케미컬 탱커 운임시장은 해운시장에서의 비중과 산업의 중요성에 비해 그동안 연구에서 소외되어 왔다. 이는 시장의 구조상 수요-공급 변수를 특정하기 어렵기 때문에 기존 수급모형을 적용하기 어려울 뿐만 아니라 운임의 변동성 커 기존의 선형모형인 시계열모형을 적용시켜 예측하는데 한계가 있어왔다.

또한 가장 빈번하게 일어나는 운임거래에 있어 그동안 경험기반 의사결정에 의존하였으며 최근까지 여러 해운기업들이 재무적 어려움에 시달린 원인으로 지목되었고 이를 보완하기 위해 본 논문은 케미컬 탱커 운임시장에 과학적인 방법론인 인공신경망 모형을 적용함으로써 해운시장

참여자들의 합리적인 의사결정의 질을 제고하고자 하였다.

특히, 케미컬 탱커 운임의 비선형적인 특성을 고려하고 수급모델의 적용이 어려운 점을 감안하여 인공지능망을 적용하여 전통적인 시계열 모델인 ARIMA의 예측성능과 비교분석하였으며 본 논문에서 제안한 인공지능망 모델이 높은 예측성능을 나타내었다.

본 연구의 결과를 통해 케미컬 운송시장에서 시장참여자들이 운임에 관한 예측을 통해 단기 상승이 예상되는 경우 선제적 운임거래에 참여하고 수익을 실현하고 단기 하락의 경우 운임거래를 지연하는 전략으로 수익극대화를 실현함으로써 의사결정 질을 제고하는데 기여할 것으로 기대된다. 또한 그동안 소외되어 케미컬 운송시장에 대한 연구의 관심과 촉발되는 시발점이 될 수 있는 학문적인 가치가 있을 것으로 기대된다.

마지막으로 운송시장은 화물에 따라 형성되기도 하지만 항로별로도 이뤄진다. 본 논문에서 사용한 데이터는 특정 항로(온산-휴스턴)의 운임을 고려하면 논문에서 제시한 모델의 다양한 항로로 형성된 시장 전체에 대한 일반화에는 한계가 있을 수 있다. 향후 연구과제로 다양한 항로별로 형성된 운임시장으로 확대 적용하여 모델의 일반화까지 시도될 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the research grant of Pai Chai University in 2020.

REFERENCES

- [1] S. Lim, and H. Yun, "Forecasting Tanker Indices with ARIMA-SVM Hybrid Models," *Korean Journal of Financial Engineering*, Vol.17, No.4, pp.79-98, 2018. DOI: 10.35527/kfedoi.2018.17.4.004
- [2] S. Lim, and H. Yun, "An Analysis on Determinants of the Capesize Freight Rate and Forecasting Models," *Journal of Navigation and Port Research*, Vol.42, No.6, pp.539-545, 2018. DOI: 10.5394/KIN PR.2018.42.6.539
- [3] Vijh, M., D. Chandola, V.A. Tikkiwal, and A. Kumar, "Stock Closing Price Prediction using Machine Learning Techniques", *Proceeding of International Conference on Computational Intelligence and Data Science*, Vol. 167, pp. 599-606, 2020. DOI: 10.1016/j.procs.2020.03.326
- [4] C. Lim, "A Study on Stock Trend Determination in Stock Trend Prediction", *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 25, No. 12, pp. 35-44, 2020. DOI: 10.9708/jksoci.2020.25.12.035
- [5] Gupta N. and S. Nigam, "Crude Oil Price Prediction using Artificial Neural Network", *Proceeding of International Conference on Emerging Data and Industry 4.0*, Vol. 170, pp. 642-647, 2020. DOI: 10.1016/j.procs.2020.03.136
- [6] Matyjaszeka, M., P.R. Fernándezb, A. Krzemieć, K. Wodarskid, and G.F. Valverdeb, "Forecasting coking coal prices by means of ARIMA models and neural networks, considering the transgenic time series theory", *Resource Policy*, Vol. 61. pp. 283-292, 2019. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.02.017
- [7] Li, J. and M. G. Parsons, "Forecasting Tanker Freight Rate Using Neural Networks," *Maritime Policy and Management*, Vol.24, No. 1, pp. 9-30. 1997. DOI: 10.1080/03088839700000053
- [8] Lyridis, D., P. Zacharioudakis, P. Mitrou and A. Mylonas, "Forecasting Tanker Market Using Artificial Neural Networks," *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 6, pp. 93-108, 2004. DOI: 10.1057/palgrave.mel.9100097
- [9] Spreckelsen, C., H. Mettenheim and M. H. Breitmer, "Short-Term Trading Performance of Spot Freight Rates and Derivatives in the Tanker Shipping Market: Do Neural Networks Provide Suitable Results?," In *Engineering Applications of Neural Networks(EANN 2012) Communications in Computer and Information Science*, edited by Chrisina J., S. Yue and L. Iliadis, Vol. 311, pp.443-452, 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-32909-8_45
- [10] Fan, S., T. Ji, W. Gordon and B. Rickard, "Forecasting Baltic Dirty Tanker Index by Applying Wavelet Neural Networks," *Journal of Transportation Technologies*, Vol. 3(January), pp.68-87, 2013. DOI: 10.4236/jtts.2013.31008
- [11] Santos, A. A. P., L. N. Junkes and F. C. M. Pires Jr. (2014), "Forecasting Period Charter Rates of VLCC Tankers through Neural Networks: A Comparison of Alternative Approaches," *Maritime Economics & Logistics*, Vol.16, No.1, pp. 72-91, 2014. DOI: 10.1057/mel.2013.20
- [12] Eslami, P., K. Jung, D. Lee and A. Tjolleng, "Predicting Tanker Freight Rates Using Parsimonious Variables and a Hybrid Artificial Neural Network with an Adaptive Genetic Algorithm," *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 19, No.3, pp.538-550, 2017. DOI: 10.1057/mel.2016.1
- [13] Zhang, G., B. E. Patuwo and M. Y. Hu, "Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art," *International Journal of Forecasting*, Vol.14, No.1, pp.35-62, 1998. DOI: 10.1016/S0169-2070(97)00044-7
- [14] Box, G. E. P., G. M. Jenkins, and G.C. Reinsel, and G.M. Ljung, "Time Series Analysis: Forecasting and Control 5th ED", *Jhon Wiley & Sons*, 2015.
- [15] Paliwal, M. and U. A. Kumar, "Neural Networks and Statistical Techniques: A Review of Applications," *Expert Systems with*

Applications, Vol. 36, No.1, pp.2-17, 2009. DOI: 10.1016/j.eswa.2007.10.005

- [16] Tealab, A., "Time series forecasting using artificial neural networks methodologies: A systematic review," Future Computing and Informatics Journal, Vol.3, No.2, pp.334-340, 2018. DOI: 10.1016/j.fcij.2018.10.003

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.



Seokhun Kim received the M.S and Ph.D. degree in Computer Engineering from Hannam University in 2003 and 2006. He is an assistant professor Mobile Media at Suwon Women's University in from 2012 to 2017.

Dr. Kim is currently an assistant professor in the Electronic Commerce at Paichai University. His teaching and research specialties are in the fields Mobile computing, Web-App programming, E-commerce System.