

신호접근법에 의한 유조선 해운시장 위기 예측 연구

최봉근* · † 류동근

*한국해양대학교 일반대학원 해운경영학과 석사과정, † 한국해양대학교 해운경영학부 교수

A Study on the Early Warning Model of Crude Oil Shipping Market Using Signal Approach

Bong Keun Choi* · † Dong-Keun Ryoo

*Master Candidate, Graduate School of Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† Professor, Division of Shipping Management, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 한국 경제에 근간이 되는 산업은 제조업이고, 그중 석유화학산업은 전량 원유를 수입하여 우리나라의 기술력으로 가공하여 재수출하는 전략적 성장 산업이다. 수많은 제조업의 원료가 되는 원유를 전량 해상운송을 통해 수입하는 우리나라는 변동성이 심한 유조선 운임 시장에 대해 기민하게 대응해야 한다. 유조선 운임 시장의 위기는 관련 해운회사의 위기에서 끝나지 않고 원유를 사용하는 산업에서부터 국민의 생활까지 영향을 미칠 수 있으므로, 본 연구에서 신호접근법을 활용한 조기경보모형을 제시했다. BDTI 운임지수를 활용하여 유조선 해운 시장 위기를 정의하고, 38개의 거시경제, 금융, 원자재 지표 그리고 해운시장 데이터를 활용해 시차상관관계를 분석하여 유조선 해운시장 위기에 선행적으로 반응하는 종합선행지수를 도출했다. 연구 결과, 종합선행지수는 두 달 전 가장 높은 0.499의 시차상관계수 값을 가졌으며, 5개월 전부터 유의미한 상관계수 값을 나타냈다. QPS 값은 0.13으로 위기 예측에 대해 높은 정확성을 지니는 것으로 검증됐다. 더불어 기존의 다른 시계열 예측모형 연구들과 달리 본 연구는 경제 위기와 유조선 해운시장의 위기 간의 시차를 계량적으로 접근하여, 관련 해운산업 종사자들과 정책 입안자들에게 위기에 효과적으로 대처할 수 있는 전략의 기틀을 제공함에 의의가 있다.

핵심용어 : 해운조기경보모형, 신호접근법, 유조선 운임지수(BDTI), 해운 경기, 유조선 해운시장, 시차상관관계

Abstract : The manufacturing industry is the backbone of the Korean economy. Among them, the petrochemical industry is a strategic growth industry, which makes a profit through reexports based on eminent technology in South Korea which imports all of its crude oil. South Korea imports whole amount of crude oil, which is the raw material for many manufacturing industries, by sea transportation. Therefore, it must respond swiftly to a highly volatile tanker freight market. This study aimed to make an early warning model of crude oil shipping market using a signal approach. The crisis of crude oil shipping market is defined by BDTI. The overall leading index is made of 38 factors from macro economy, financial data, and shipping market data. Only leading correlation factors were chosen to be used for the overall leading index. The overall leading index had the highest correlation coefficient factor of 0.499 two months ago. It showed a significant correlation coefficient five months ago. The QPS value was 0.13, which was found to have high accuracy for crisis prediction. Furthermore, unlike other previous time series forecasting model studies, this study quantitatively approached the time lag between economic crisis and the crisis of the tanker ship market, providing workers and policy makers in the shipping industry with an framework for strategies that could effectively deal with the crisis.

Key words : shipping early warning system, signal approach, BDTI(Baltic Dirty Tanker Index), shipping cycle, tanker market, time lagged correlation

1. 서 론

해운산업은 다른 산업에서 파생되는 수요와 공급에 예민하게 반응하는 시장이다. 다양한 선종이 공급하는 수송 서비스는 전 세계 경기 변동에 취약한 구조를 가질 수밖에 없다. 화물의 특성에 따라 해운시장은 건화물선, 컨테이너선, 탱크선 등의 시장이 존재하고, 화물운송계약에 따라 정기선 시장과

부정기선 시장이 존재한다. 광물, 원유, 석탄 등 벌크화물을 운송하는 부정기선 시장은 석유화학산업, 철강산업과 같은 중공업 산업과 깊은 연관성을 지니고 있다. 특히 액체 벌크를 운송하는 유조선 해운시장은 원자재가 생산되는 지리적 분포에 따라 제한적인 수송 서비스를 제공한다. 풍부한 자원을 보유한 미국은 셰일가스 생산 기술을 바탕으로 2021년 최대 원유 생산국이 되었고, 그 뒤를 러시아와 OPEC 국가들이 잇고 있

† Corresponding author : 종신회원, dkryoo@kmou.ac.kr 051)410-4381

* 종신회원, bkchoi5369@g.kmou.ac.kr

(주) 이 논문은 “신호접근법에 의한 유조선 해운시장 위기에측 연구”라는 제목으로 “2023년도 한국해양과학기술협의회 춘계공동학술대회 논문집(BEXCO, 2023.05.02.-04, pp 63-65.)”에 발표되었음.

다. 반면 대한민국은 중국, 인도, 미국 다음으로 가장 많은 원유를 수입하는 국가이다.

일부 국가에 편재된 자원의 특성상 대한민국은 원유 및 정제 원료, 석유제품, LNG 등의 에너지 수입의존도가 94.3%에 육박하고 특히 원유는 전량 해상운송 서비스에 의존하여 수입하고 있다. 이러한 자원의 지형학적 약점에도 불구하고 대한민국에서 원유를 정제하여 제품화하는 석유화학 산업은 자본과 기술이 집약된 정치 산업이다. 석유화학산업은 반도체, 자동차와 함께 국가기반 산업으로 반도체와 함께 국가 주요 수출 품목 중 하나이다.

국가기반산업으로 여겨지는 석유화학산업의 핵심 원료인 원유를 전량 해상운송으로 수입하는 대한민국에서 변동성이 큰 유조선 시장의 위기 흐름을 사전에 파악하여 대처하는 것은 매우 중요하다. 2008년 금융위기와 2020년 코로나 사태에서 비롯된 유조선 해운시장의 변동성 위기는 국내 석유화학업계의 수익성에 악영향을 미쳤을 뿐만 아니라 부족한 위기 대응능력은 해운회사뿐만 아니라 관련 산업들의 자산손실과 구조조정으로 이어졌다. 따라서, 본 연구는 신호접근법을 활용한 위기조기경보 모형을 활용하여 변동성이 강한 유조선 해운 경기시장의 위기를 사전에 발견하여 효과적으로 대처할 수 있는 조기경보시스템을 구축하는 데 그 목적이 있다.

2. 유조선 해운시장의 의의 및 특성

2.1 유조선 해운시장의 의의

유조선은 Dirty Oil이라고 분류되는 원유(Crude Oil)와 중유(Heavy Oil)를 운송하는 선박이다. Dirty Oil을 운반하는 선박은 규모의 경제를 실현하기 위해 초대형 선박이 주를 이룬다. 영국의 해운 시황 분석업체 클락슨 리서치는 80,000DWT에서 125,000DWT 선박을 통상적으로 아프리카막스라고 하고, 아프리카막스보다 더 큰 125,000DWT와 199,999DWT 사이 크기의 선박을 수에즈막스라고 구분한다. 이는 수에즈운하를 통과할 수 있는 선박의 크기의 의미를 지니고 있으며, 이보다 더 큰 VLCC는 200,000DWT에서 320,000DWT까지 크기의 선박으로 정의하고 있다. 아프리카막스 보다 작은 선박들은 Dirty Oil보다 가치가 높은 휘발유, 가솔린, 기타 정제유 등의 Clean Oil을 운송한다.

유조선을 포함한 해운시장은 용선(운임)시장과 신조선, 중고선, 해체선을 거래하는 선박매매시장, 총 4가지 시장으로 구성된다. 탱커선박의 경우, 선박의 크기마다 용선주와 화주가 개입되는 운임 시장이 존재하고, 선주와 조선소 사이에 운영되는 신조선 시장이 있다. 그리고 시장에 빠르게 대응하기 위해 선주 간에 중고선을 매매하는 중고선 시장, 그리고 오래된 선박을 매각하여 현금 유입이 발생하는 해체 시장이 운영되고 있다. 각 선박의 크기에 따라 형성되는 시장의 운임, 신조선

가, 중고선가는 서로 상관성이 높게 나타나지만, VLCC와 같이 상대적으로 크기가 클수록 먼 거리의 운항 서비스를 제공하며, 비교적 선복량이 작은 아프리카막스는 운항 거리가 짧아 운송계약의 형태에는 차이가 있다. 본 연구에서는 아프리카막스, 수에즈막스 그리고 VLCC 선박에 따라 형성된 시장의 운임, 선가, 거래량 등의 데이터를 모두 활용하여 분석한다.

세계적으로 통용되는 유조선 해운시장의 운임지수는 WS(World Scale)이다. WS는 항로별 운임기준표로 불리며, 다양하게 존재하는 서비스 항로의 용선계약을 체결하기 위해 항로마다 가지는 기준운임을 지수로 나타낸 것이다. 주요 항로의 기준운임과 실질 운임의 관계는 월드스케일 협회가 제정하는 유조선의 항로별 기준운임표에 의해 정하고 있는데, 과거 6개월간의 연료비와 항비의 변동을 조사하여 매년 1월 1일과 7월 1일 2회에 걸쳐 발표하고 있다. 본 연구에서는 발틱해운 거래소에서 발표하는 16개 항로의 WS 값을 동일 비중치를 가중 합해 산출한 BDTI(Baltic Dirty Tanker index) 데이터를 활용하여 분석한다. 이와 유사하게 BCTI(Baltic Clean Tanker index)는 6개의 주요 정제유 운송 서비스 항로의 운임을 평균 내어 산출한 값이며, 두 개의 운임 값의 추세는 아래 Fig. 1과 같다.

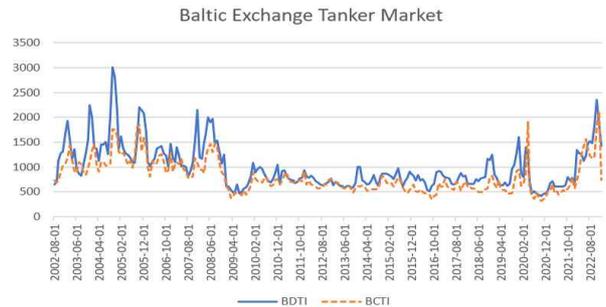


Fig. 1 Trend of BDTI & BCTI

2.2 유조선 해운시장의 특성

유조선 해운시장의 운임은 시장에서 형성되는 공급과 수요에 의해 결정된다. 일부 국가에 밀집되어있는 자원의 특성상, 강대국들의 에너지 정책과 다양한 국제 질서에 민감하게 반응한다. 반면, 유조선 해운시장의 공급은 수요와 달리 변화에 느리게 반응하며 시장의 변동성에 신속히 대처하기 어렵다.

2.2.1 유조선 해운시장의 수요 특성

원유를 운송하는 서비스를 제공하는 시장은 기본적으로 자본 과잉수요에 영향을 받는다. 2001년부터 시작된 중국의 경제개방정책으로 부정기 해운시장에서 큰 수요가 발생했다. 늘어나는 물동량을 소화하기 위해 신조 발주 물량 또한 증가했으며 BDTI 수치 또한 2001년부터 증가했다. 그러나, 2008년 급락한 BDTI 수치를 보면, 글로벌 금융위기로 인한 세계 경

제 침체가 유조선 해운시장에도 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 세계 경제는 2010년부터 회복하기 시작했지만, 유조선 해운시장에 초과 공급된 선박량과 2015년 그리스 경제 위기에서 시작된 유럽재정 위기로 인해 10년 가까이 침체를 겪었다. 2020년에는 유례없는 Covid-19 전염병 사태로 인해 회복세를 보이던 유조선 해운시장은 과잉 공급된 원유와 급격하게 얼어붙은 수요로 인해 BDTI 지수가 급락하는 형태를 보였다.

유조선 해운시장은 계절성을 띠는 시장이다. 원유를 수입하는 주요 국가들이 북반구에 위치하여 있어서 기온이 낮은 겨울에 원유의 수요가 상대적으로 여름보다 많이 증가한다.

2.2.2 유조선 해운시장의 공급 특성

유조선 해운시장 운임에 영향을 미치는 공급요인으로는 선박 크기, 산업생산성, 유류 가격 등이 있다. 가장 주된 공급 요인은 해운시장의 수요에 맞춰 발주되는 신조선 인도이다. 해상운송 사업자는 선박을 건조하는 데 걸리는 시간 때문에 선박량을 단기간에 증가시키기가 쉽지 않다. 물론 중고선 시장을 통한 공급 확대 기회를 찾을 수 있지만, 이 또한 선박 탐색 및 계약, 운송까지 상당한 시간이 소모된다(Yun, 2017). 한편, 2008년부터 시작된 장기 침체기에서 볼 수 있듯이, 증가한 수요에 맞춰 공급된 선박은 경직된 세계 경제 흐름에 따라 즉각적으로 선박량을 줄일 수도 없다. 즉, 선박과잉으로 인한 운임 하락이 지속되어 해운업계 악영향을 미치게 된다. 이처럼 유조선 해운시장뿐만 아니라 해운시장에서 공급의 조절은 수요보다 조절하기 어렵고, 이런 시장의 특성상 해운시장에는 장기 경기순환 주기가 발생하고 있다.

2.2.3 자원의 편재성(정치적 특성)

유조선 해운시장은 특정 국가에서만 생산되는 원유의 특성 때문에, 운송 서비스가 제공되는 국가가 제한적이다. 따라서 세계 경기 흐름만큼 주요 원유 생산국의 정치 상황이 유조선 운임 시장에 큰 영향력을 행사한다. 예컨대, 원유가 대량 생산되고 관련 해운 무역이 활발한 중동 국가들의 정치 상황과 러시아, 미국의 에너지 정책에 따라 유조선 해운시장은 예민하게 반응했다. 또한, 2022년 러시아-우크라이나 전쟁으로 인해 러시아 육상 파이프라인으로 받았던 천연가스의 부족 사태를 우려한 유럽 국가들이 해상운송으로 원유를 비축하고자 하여 운임 상승을 일으켰다. 즉, 전쟁 또는 정치적 갈등으로 인해 파생되는 영향력은 수요와 공급 모두에 영향을 미칠 수 있다.

3. 이론적 고찰

3.1 조기경보모형 관련 선행 연구

조기경보모형에 관한 주요 선행 연구들을 살펴보면 외환위기, 주택시장, 철광석 가격, 국제 곡물 가격, 건화물 해운시장, 한국 해운시장에 적용된 바 있다.

3.1.1 해운시장 외 조기경보모형 선행 연구

Park(1998)은 외환위기에 대한 기존연구가 회귀분석 또는 질적 종속변수 모형을 바탕으로 이루어진 것과 차별적으로 거시경제 및 각종 금융지표를 활용하여 종합선행지수를 작성했다. 환율과 금리 그리고 외환보유고를 바탕으로 만든 외환 시장압력 위기 지수와 윈도우(Window) 조건을 달리한 여러 종합선행지수가 가지는 시차상관관계를 파악했고, 그 결과 24개월 Window 값을 가진 종합선행지수가 가장 비슷한 형태의 변동성을 띠는 것으로 파악됐다.

Suh(2004)은 확장기 주택시장을 기준으로 하여, 주택매매 가격 및 전셋값을 통해 주택시장의 위기를 정의하였다. 거시경제 변수와 부동산 시장 관련 변수를 선정하여 신호접근법과 프로빗 모형을 모두 사용해 설명력을 갖춘 주택시장의 조기경보체계를 구축했다.

Kim(2009)은 대외적 요인에 영향을 받는 대한민국 곡물 수급 및 가격 변동에 대처하기 위해 국제 곡물 현황을 상시 모니터링하고 사전에 위험 요소를 인지할 수 있는 체계를 구축했다. 주요 원자재 가격 지표를 활용하여 만든 선행 위기지표는 약 1-6개월의 시차를 두고 높은 상관계수를 보였으며 위기 경보를 단계별로 필요한 대응 지침의 필요성을 강조했다.

Nam(2016)은 철강 산업의 핵심 원재료인 철광석의 가격 변화를 사전에 인지하여 안정적인 산업 발전을 위한 조기경보모형을 구축했다. 연구를 위해 경제, 원자재, 철강산업 현황 관련 데이터를 활용하였고, 표본 외 예측 검증을 통해 조기경보모형의 실질적인 예측력을 검증했다.

3.1.2 해운시장 조기경보모형 선행 연구

Yun(2017)은 건화물 해운시장에서 발생하는 위기 지수를 BDI를 사용하여 정의 내려 관련 조기경보모형을 만들었다. 금융, 경제, 선박 등 여러 가지 요인들을 활용해 종합선행지수를 구성하였고, 그 결과 실제 위기 지수와 4개월 시차를 두고 가장 높은 시차상관관계를 나타냈다.

Choi(2018)은 침체된 세계 경제에서 비롯되는 한국해운 회사들의 채무불이행과 같은 경영 위기를 사전에 방지하고자 관련 연구를 진행하여, 해운업에 영향을 미치는 60가지 요인을 분석하여 조기경보모형을 제작하였다. KMV-EDF 모델을 사용하여 정의한 한국 해운 위기 지수는 조기경보모형과 6개월 전에 가장 높은 시차상관계수를 가지는 것으로 나타났다.

3.2 신호접근법

조기경보모형에서 신호접근법은 비모수적 방법이며, 모수적 방법인 프로빗(probit)이나 로지(logit) 등 이산적 선택 모형과 다르다. 이산적 선택 모형은 신호접근법에 비해 상대적으로 설명 변수가 제한적으로 설정되어 위기 발생 설명력이 떨어지고, 개별 변수 하나에 의한 위기발생 확률이 변화하는 폭이 크다는 단점이 존재한다(Park, 2008). 그래서 본 연구에

서는 최대한 다양한 변수들을 활용하고, 그에 따른 유조선 해운시장의 위기에 대한 설명력을 높이고자 신호접근법을 이용해 조기경보모형을 이용한다.

신호접근법은 위기에 대한 설명력과 상관성이 높은 변수들을 선택하여 종합적인 위기 지수를 만들어 특정 임계치를 상회하거나 밑돌 때 신호가 발생하였다고 간주하고 위기를 예측하는 방법이다. 신호접근법에서는 위기 구간에 대한 정의가 내려져야 한다. 즉, 시계열 자료를 활용하여 특정 임계치를 상회하거나 하회하는 경우 위기가 발생하였다고 정의를 내린다. 이후 종합위기지수도 역시 임계치를 설정하고, 특정 임계치를 통과할 때 위기 신호가 발생하였다고 가정한다. 신호가 발생 후 실제 위기까지 소요 기간을 Window라고 칭한다.

Table 1 Relation of Signal and Crisis

Crisis \ Signal	Alarm	Normal
Alarm	A	B
Normal	C	D

신호와 위기 간의 관계 및 경우의 수는 Table.1 같이 구성된다. 종합위기지수가 특정 임계치를 지나 신호를 발생한 후 실제 위기가 발생할 때를 A, 신호가 발생하였으나 위기가 발생하지 않았을 때 B라고 한다. 반대로 신호가 발생하지 않았으나 위기가 발생하는 경우를 C, 신호가 발생하지 않고 위기도 발생하지 않은 경우를 D라고 한다. 가장 적합한 관계는 B와 C의 값이 0이 되고 A와 D의 값이 0보다 커야 한다.

정확도가 높은 신호 구간을 찾기 위해서 위기 신호의 위기 예측력이 가장 높은 구간을 찾아야 한다. 따라서 위기 발생하였을 때의 1종 오류 값인 C/(A+C)와 위기가 발생하지 않았을 때의 2종 오류 값인 D/(B+D)을 모두 줄일 수 있는 구간 설정 기준을 제시하기 위해 Noise/Signal ratio를 사용한다. (1)식을 통해 상위 또는 하위 구간을 등분하여 최소화되는 N/S값을 가진 구간을 임계치로 설정하면 제1종 오류와 제2종 오류가 모두 최소화된다.

$$Noise/Signal\ ratio = \frac{B/(B+D)}{A/(A+C)} \quad (1)$$

4. 조기경보모형 설계

4.1 유조선 해운시장 위기의 정의

유조선 해운시장에 참여하는 해운회사는 낮은 운임으로 인해 회사의 경영 수익에 악영향을 받기 때문에, 본 연구에서 위

기는 BDTI 지수가 일정 임계치를 밑도는 경우로 정의한다.

실제 BDTI 지수는 다양한 요인에 의해 급등 또는 급락하기 때문에, 위기 지수는 전년 동월 대비 증감률을 활용하여, 외형적인 추세를 판단하기 쉽게 만들었다. BDTI 값과 BDTI 지수 전년 동월 대비 증감률을 가중치로 곱한 값의 평균치를 위기 지수로 한다. 과도하게 위기 구간이 설정되는 것을 막기 위해서 위기 임계치는 2006년부터 2022년 8월까지 위기 지수 값의 하위 5%로 설정하였다. Fig. 2 에서 보이는 바와 같이 해당 임계치 설정을 통해 파악된 유조선 해운시장 위기는 2009년 금융위기와 2020년 코로나 사태 때 발생한 것으로 확인된다.

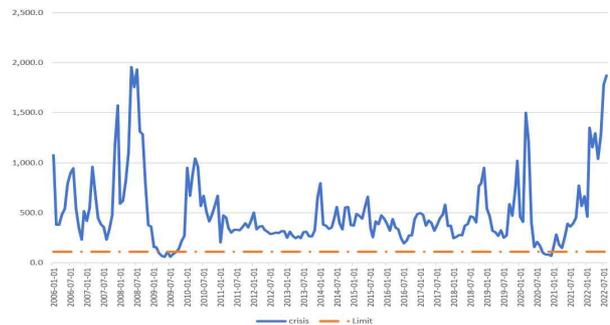


Fig. 2 Trend of BDTI Crisis Index

4.2 시차상관관계를 이용한 선행설명변수의 선정

Stopord(2008)은 해운시장에 존재하는 10가지 변수들을 언급했다. 5가지 공급요인에는 세계 선대량(World fleet), 선대 생산성(Fleet productivity), 신조 선박 생산능력(Shipbuilding production), 해체 및 손실(Scrapping and losses) 그리고 운임률(Freight rates) 이 있다. 수요 요인은 세계 경제(The world economy), 해상무역(Seaborne commodity trades), 평균운송거리(Average haul), 정치적 사건(Political events), 수송비용(Transport costs)으로 구성된다. 또한, Eslami(2016)도 탱커 해운시장에 영향을 미치는 공급·수요 요인을 제시하고 있다. 공급요인에는 선대 수, 선박 해체가격, 신조선가, 조선소 신조 선박 발주 능력, 신조 발주량, 규정, 수리 비용을 제시했다. 수요 요인에는 거시경제, 원유 소비량, 원유 재고량, 원유 보존량, 계절성, 인구, 전쟁 또는 유사 위기가 있다. Ahn(2022)은 해상운임 결정요인과 원인을 분석하여 회귀분석을 통해 장기 균형 함수를 추정하는 연구에서 해상물동량(Seaborne Trade), 선박량(Vessel Fleet), 선박 연료유 가격(Bunker Price), 세계 GDP(World GDP)를 설명 변수로 제시했다.

여러 요인 가운데 가장 큰 영향력을 미치는 단일 요인은 세계 경제이다. 따라서, 종합위기지수의 설명력을 높이기 위해 거시경제 흐름에 선행성을 띠는 여러 지표를 활용했다. National Assembly Budget Office(2006)는 선행성을 가지는 미국과 OECD의 주요 경제 및 금융지표를 제시했다. 제시된

자료 중 월간 데이터를 찾을 수 있는 고용, 생산 소비, 물가, 임금, 금융 그리고 원유 재고와 관련된 경제지표를 Table. 2와 같이 선행설명변수로 구성했다.

Table 2 Variables in the Shipping Freight Market

World Economy Variables (10)		OECD CLI(Composite Leading Indicators), US Unemployment rate, OECD Consumer Price Index, OECD Energy related Consumer Price Index, OECD Producer Price Index, US Producer Energy related Price Index, EU Producer Energy related Price Index, OECD Industrial Production, 10-year US interest rate, S&P500 Stock Price
Shipping	Demand Variables (13)	World Oil Production, OPEC Oil Production(yoy), US Oil Production(yoy), US Oil Stock(yoy), CRB(Commodity Research Bureau) Commodity Index(yoy), IFO380 Bunker Price, WTI Futures, Brent Oil Futures, Natural Gas Price
	Supply Variables (14)	Tanker(150k, 300k) New building Price, Tanker New building Prices Index(yoy), Secondhand Sales Volumes(M.Dwt), Secondhand Sales Volumes(No.), Secondhand Sales Volumes(Value \$m), VLCC 5 year Secondhand Prices, VLCC 10 year Secondhand Prices, Tanker 5 year Secondhand Prices(yoy), VLCC Fleet(M.Dwt), VLCC Fleet(No.), VLCC Orderbook(M.Dwt)
	Freight Variable (1)	VLCC 1 year Time Charter

출처 : Clarksons, FRED, US EIA, OECD

선행설명변수는 위기 지수와의 높은 상관성을 가져야 할 뿐만 아니라, 시간상 선행하는 지표로 선정되어야 한다. 유조

선 운임 시장에 영향을 미칠 수 있는 38개의 경제적, 수요·공급 변수와 본 논문에서 제시한 위기 지수가 어떠한 시차상관 관계를 가지는지를 검증하기 위하여 2006년부터 2022년 8월까지의 월간 데이터를 사용하여 도출하였다.

(2) 계산식을 보면, 시차상관계수 값(r_k)이 최대가 되는 시차 k 가 양수이면 해당 변수는 위기 지수에 후행하는 지표이고, 음수이면 해당 변수는 위기 지수에 선행하는 지표라고 할 수 있다. k 가 0일 때는 교차 상관관계라고 한다. 계산 결과, 상관성이 높으나 시차가 양수 또는 0인 변수와 선행성을 지나 상관계수의 값이 낮은 변수를 제외하면 Table. 3과 같이 총 9개의 선행설명변수를 선정할 수 있다.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

$$(k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm k)$$

Table 3 Leading Factors sorted by Time lagged Cross Correlation

Independent Variables	Lag	Maximum Coefficient
Tanker Secondhand Sales Volumes(No.)	-5	0.337
Tanker Secondhand Sales Volumes(M.Dwt)	-5	0.298
WTI(West Texas Oil Index) Futures	-2	0.390
Brent Oil Futures	-1	0.307
U.S Oil Stock (yoy)	-1	- 0.436
CRB(Commodity Research Bureau) Commodity Index (yoy)	-3	0.528
OECD CLI (Composite Leading Indicators)	-6	0.411
U.S Unemployment rate	-2	0.325
OECD Energy related Consumer Price Index	-1	0.595

4.3 신호접근법을 이용한 Noise-Signal 계산

신호접근법은 특정 임계치를 설정하여 선행설명변수의 값이 특정 임계치를 상회 또는 밑돌 때 신호가 발생하는 것으로 본다. 본 연구에서는 신호가 발생 후 6개월 이내에 위기가 발생하는 것으로 window 값을 설정하였고, 선행설명변수의 신호 임계치는 상위 10~25%를 15등분 하여 구간을 설정하였다. 신호접근법을 이용한 연구들은 12개월 또는 6개월을 window 값으로 설정하는데, 본 연구에서 사용된 선행변수들

이 위기 지표와 유의미한 상관성을 보이는 시차가 6개월 이하인 점을 고려하여, 본 연구에서는 window 값을 6개월로 정했다. 선행설명변수들의 구간별 N/S 신호 중 가장 작은 N/S값은 Table. 4와 같으며, 해당 값이 나온 구간은 유조선 위기 지수에 대한 설명력이 높은 구간으로 선정된다.

Table 4 Minimum Noise/Signal ratio

Independent Variables	Minimum N/S ratio
Tanker Secondhand Sales Volumes(No.)	0.117
Tanker Secondhand Sales Volumes(M.Dwt)	0.233
WTI(West Texas Oil Index) Futures	0.233
Brent Oil Futures	0.117
U.S Oil Stock (yoy)	0.058
CRB(Commodity Research Bureau) Commodity Index (yoy)	0.058
OECD CLI (Composite Leading Indicators)	0.233
U.S Unemployment rate	0.117
OECD Energy related Consumer Price Index	0.058

4.4 유조선 해운시장의 조기경보모형 제시

종합선행지수는 선행설명변수마다 다른 단위를 정규분포로 변환하여 여러 독립변수를 가중 합산 가능한 변수로 변형하였고, 각 선행설명변수에 최소 N/S값을 가중치로 곱하여 합산하였다. Fig. 3에서 표현된 그래프는 변수의 가중 합 결과를 시계열 순서로 나타낸 것이며, 이를 통해 위기가 발생한 2009년 그리고 2020년에 종합선행지수가 시차에 따른 위기 예측력을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.

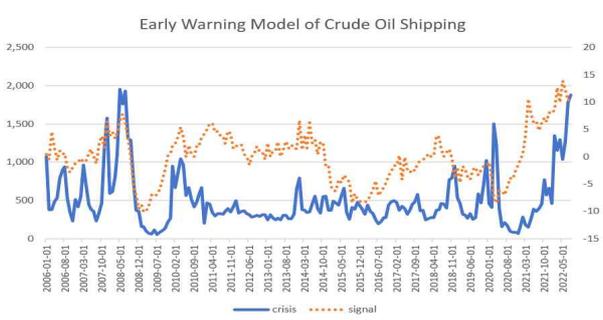


Fig. 3 Result of Applying Early Warning Model of Crude Oil Shipping

5. 조기경보모형 정확성 및 선행성 검증

5.1 QPS(Quadratic Probability Score) 통한 정확성 검증

QPS는 종합선행지수가 현실 위기 사이의 차이를 평가하여 예측모형의 정확성을 검증한다. Kaminsky(1998)는 (3) 식을 통해 산출되는 QPS 수치가 0에서 1까지 범위를 가지고 있으며 0에 근접 할수록 정확성이 높다고 판단한다. 종합선행지수 값을 나누어 구간별 위기 예측력을 파악한 후 계산한 결과, QPS 값이 0.13으로 도출되어 정확도가 높은 것 파악되었다.

$$QPS = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T 2(P_t - R_t)^2 \quad (3)$$

Table 5 Probability of Crisis forecasting in terms of range

Range	Crisis occurrence within 6M	No. of months	Probability of forecasting
10 ≤	0	6	0.0 %
5 ≤ - < 10	0	19	0.0 %
0 ≤ - < 5	0	82	0.0 %
-5 ≤ - < 0	6	62	9.7 %
-10 ≤ - < -5	14	30	46.7 %
-10 ≥ -	1	1	100.0 %

5.2 시차상관관계를 통한 선행성 검증

시차상관관계는 종합선행지수가 유조선 위기 지수보다 선행성을 가지는 지표인지 검증한다. 계산 결과, Fig. 4에서와같이 시차가 두 달 전에 종합선행지수와 유조선 위기 지수 간 상관성이 0.499로 가장 높게 나타난 것이 도출되었고, 0.4가 넘는 유의미한 상관성은 5달 전부터 나타났다.

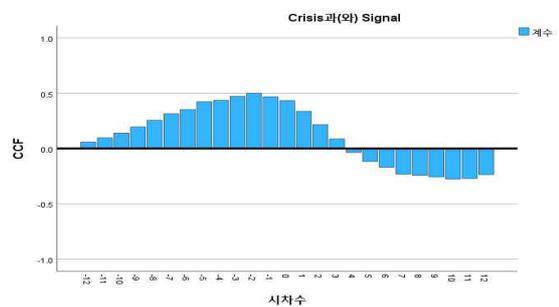


Fig. 4 Time Lag Correlation Coefficient between Crisis and Early Warning Model

6. 결 론

제조업 기반으로 경제를 성장시켜온 대한민국에서 석유화학 산업의 원료가 되는 주 에너지 자원은 원유이다. 원유를 전량 해상운송으로 수입하는 국가에서는 국제 원유선 시장의 상시 모니터링하고 사전에 위험 요소를 인지할 수 있는 조기경보 시스템을 마련해야 한다. 이런 측면에서 본 연구는 BDTI 운임지수를 활용해 만든 유조선 해운시장 위기를 정의하였고, 38개의 거시경제, 금융, 원자재 그리고 선박 관련 통계 데이터를 활용하여 위기 지수와 상관성이 높은 9가지 요인들을 토대로 종합선행지수를 구성했다. 연구 결과, 선행지표는 2달 전 가장 높은 시차상관관계를 나타냈고, 유의미한 경보는 5달 전부터 파악됐다. 그리고 0.13이라는 높은 정확성을 보이는 QPS 값을 통해 모형의 정확성 검증되었다.

2008년 금융위기 그리고 2020 코로나 사태와 같은 세계적인 경제 위기로 인해 소비와 공급이 축소되는 상황에서 전 세계 주요 산업의 원료 역할을 하는 원유에 대한 수요가 줄어들고 유조선 해운시장의 경기가 침체한 것은 자연스러운 흐름이다. 필연적인 결과를 예측할 수 있음에도 불구하고 이 연구가 가지는 의의는 기존의 다른 시계열 예측모형 연구들과 달리 신호접근법을 사용하여 경제 위기와 유조선 해운시장의 위기 간의 시차를 계량적으로 접근하여, 관련 해운산업 종사자들과 정책 입안자들에게 위기에 효과적으로 대처할 수 있는 전략의 기틀을 제공함에 있다.

하지만, 본 연구에서 거시경제에 선행하는 다양한 지표를 활용하여 많은 변수를 사용하였음에도 불구하고 가장 높은 시차상관계수의 값이 타 연구들에 비해 비교적 낮은 0.499의 값을 나타냈다. 더 다양한 자료를 수집하고, 그중에서 상관성이 높은 경제, 금융 및 선박 데이터를 분별해냄으로써 높은 시차상관계수를 가질 수 있는 조기경보모형의 개발이 필요할 것으로 본다.

또한 조기경보모형의 임계치를 기준으로 하는 연구뿐만 아니라 임계치를 기준으로 하여 적절한 단계를 설정하고, 단계별로 정부와 민간의 역할과 필요한 조치 사항을 제시하는 것을 향후 연구과제로 삼고자 한다.

References

- [1] Ahn, Y. G.(2022), "A Study on the Determinants of Seaborne Freight Rates and the Priorities of Response Policies on Freight Rates' Volatility", Pukyong National University, Doctoral Dissertation.
- [2] Choi, J. S., Kim, K. H. and Han, H. J.(2018), "Development of early warning index in Korean shipping industry by using signal approach, Maritime Policy & Management, Vol. 45, No. 8, pp. 1007-1020.
- [3] Clarksons Research(2022), Oil and Tanker Trades Outlook.
- [4] Doopedia(2022), Definition of World Scale, <https://www.doopedia.co.kr>
- [5] Eslami, Payman, Jung, K. Y., Lee, D. W. and Tjolleng Amir(2017), "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.
- [6] Graciela L. Kaminsky(1999), "Currency and Banking Crises: The Early Warnings of Distress", Working Paper of the International Monetary Fund.
- [7] Kim, S. W., Jeong, C. H. and Ji, S. W.(2014), Shipping Practice, pp. 381-392.
- [8] Kim, T. H. and Seong, J. H.(2009), "Early Warning System on World Grain Prices Using Signal Approach", Journal of Rural Development, Vol. 32, No. 3, pp. 71-84.
- [9] Korea Energy Economics Institute(2022), "Monthly Energy Statistics 2022/12", p. 16.
- [10] Martin Stopford(2008), Maritime Economics. 3rd Edition, pp. 160-199.
- [11] Nam, D. Y.(2016), "A Study on Early Warning System of Iron Ore Price based on Signal Approach Model", The Journal of Chinese Studies, No. 76, pp. 131-149.
- [12] National Assembly Budget Office(2006), Understanding the Global Economic Indicator.
- [13] Park, W. A. and Choi, G. P.(1998), "A Study on Foreign Exchange Crisis by Signal Approach", Journal of Economic Theory and Econometric, Vol. 9, pp. 1-38.
- [14] Park, W. A.(2011), "Was 2008 Crisis Predictable in Korea?: A Signal Approach", Journal of East Asian Economic Integration, Vol. 15, No. 3, pp. 49-83.
- [15] Suh, S. H.(2004), "A Study on the Construction of Early Warning Systems of Korean Housing Market", Journal of the KRSA, Vol. 20, No. 3, pp. 17-36.
- [16] Yun, J. N., Kim, G. H. and Ryoo, D. K.(2017), "A Study on Early Warning Model in the Dry Bulk Shipping Industry by Signal Approach", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 42, No. 1, pp. 57-66.

Received 10 April 2023
 Revised 16 May 2023
 Accepted 13 June 2023