

## 해상운임지수와 상품가격 사이의 동적 연계성 분석\*

최기홍\*\* · 김부권\*\*\*

### Analysis of Dynamic Connectedness between Freight Index and Commodity Price

Choi, Ki-Hong · Kim, BuKwon

#### Abstract

This study applied the method of Diebold and Yilmaz (2012, 2014, 2016) to analyze the connectedness between the Freight Index (BDI, BDTI, BCTI), energy price(oil, natural gas, coal), and grain price(soybean, corn, wheat) from July 19, 2007 to March 31, 2022. The main analysis results of this paper are as follows.

First, according to the network analysis results, the total connectedness was measured to be 20.43% for the entire analysis period, indicating that there was a low correlation between the freight index and the commodity price. In addition, looking at the directional results, the variable with the greatest effects was corn, and conversely, the variable with the lowest effects BDI. When classified by events, BCTI was found to play a major role only during the COVID-19 period. Second, according to the results of the rolling-sample analysis, the total connectedness be found to be highly correlated with changes in economic conditions such as the financial crisis, trade war, and COVID-19 when specific events occurred.

*Key words: connectedness, commodity market, network analysis, spillover effects*

▷ 논문접수: 2022. 05. 30.      ▷ 심사완료: 2022. 06. 29.      ▷ 게재확정: 2022. 06. 29.

\* 『이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021S1A5B5A16078200)』

\*\* 부산대학교 경제통상연구원 전임연구원, 제1저자 · 교신저자, stoltz@nate.com

\*\*\* 부산대학교 경제학과 박사과정, 공동저자, kimbk8824@pusan.ac.kr

## I. 서론

해상 운송은 세계 경제에 필수적이며, 전 세계 교역량의 90% 이상이 바다를 통해 운반되고 있다. 해상운임지수는 상품의 종류, 항로, 선박 크기 등에 따라 다양하다. 상품별로 컨테이너선, 건화물선, 유조선 등으로 분류하고 있으며, 크기에 따라 케이프사이즈(capesize), 파나마스(panamax) 등으로 구분된다. 대표적인 해상운임지수인 BDI(Baltic Dry Index)는 세계 해운업계의 경기상황을 나타내는 지수이며 세계경기의 대표적인 선행지표로써 많은 연구들에서 활용되고 있다. BDI는 원자재 수요 변화에 따라 전 세계 교역량을 변화시킴으로써 영향을 받는다(Radlet and Sachs, 1998; Kilian, 2009; Geman and Smith, 2012; Lopez, 2014; Papailias et al., 2017; Lin et al., 2019). 최근 연구들에서도 Radivojević et al. (2021)과 Bandyopadhyay and Rajib (2021)은 해상 무역량과 해상 운임은 수출입의 변화와 상품가격의 변화에 영향을 받는다고 하였다. 그러나 기존 연구에서는 상품(곡물과 비철금속)과 BDI 사이의 관계를 분석하고 있지만, 에너지(원유 천연가스, 석탄)와 유조선 운임지수인 BDTI(Baltic Dirty Tanker Index), BCTI(Baltic Clean Tanker Index)를 고려하고 있지 않다. 정상국·김성기 (2011), 김현석·장명희 (2013), Ruan et al. (2016), Maitra et al. (2020)의 연구들에서 유가와 해상운임지수 간의 관계가 존재한다는 것을 증명하는 등 유가의 중요성을 강조하고 있다. Choi and Yoon (2020)은 유가와 BDTI와 BCTI 사이의 연관성이 있다는 것을 발견하였으며, Stopford (2009)는 해상운임지수가 상품 및 크기별로 구분되어 있지만 다른 종류의 선박이 동일한 화물을 운송할 수 있고, 이러한 방식은 다른 부문 간의 경쟁을 유발하기 때문에 완전히 분리되지 못한다고 하였다. 그리고 Zhang et al.(2010), Avalos (2014), Dillon and Barrett (2016), Karakotsios et al. (2021), Kirikkaleli and Darbaz (2021)은 유가가 상

품가격에 영향을 준다는 결론을 도출하였다. 따라서 본 연구는 위에서 언급된 내용을 고려하여 상품가격과 BDI에 영향을 미칠 수 있는 에너지(원유, 천연가스)와 BDTI와 BCTI를 포함하여 서로 간의 관계를 실증적으로 증명하고자 한다. 이러한 관계를 증명하기 위해 다양한 연구에서 활용되고 있는 Diebold and Yilmaz(2012, 2014, 2015)의 모형을 이용하여 해상운임지수와 에너지(원유, 천연가스, 석탄) 및 곡물(대두, 콩, 밀) 사이의 연계성을 분석한다. 이 분석 방법은 연계성의 크기와 방향성을 구분하여 분석할 수 있으며, 시간 가변적 분석이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 연구는 전체기간에 대한 정적(static) 연계성뿐만 아니라 연계성을 시간 가변적으로 어떻게 변화하는지를 측정하여 시기별 수준 및 패턴의 변화를 파악한다. 또한 분석기간 동안 특정 사건에 대한 분석이 중요할 것으로 판단되어 네트워크 분석기법을 적용하여 글로벌 금융위기, 무역전쟁, COVID-19 기간으로 구분하여 사건별 연계성 정도를 비교·분석한다. 이러한 연계성 분석을 통해 변수 간의 관계를 식별함에 따라 포트폴리오 다양화, 위험회피전략과 관련하여 시장참여자와 정책담당자에게 유용한 정보를 제공해 줄 것이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구와 관련된 선행연구에 대해 검토하고, 3장에서는 자료 및 분석방법을 소개한다. 그리고 4장은 분석결과들에 대해 논의하고, 5장은 본 연구의 분석결과를 정리하고 결론을 도출한다.

## II. 선행연구

주요 거시경제 지표로써 해상운임지수는 해운시장, 상품시장, 금융시장 등 다양한 시장 사이의 관련성을 분석해오고 있다(Mowry and Pescatori, 2008; Bakshi et al., 2011; Apergis and Payne, 2013; Lin, et al., 2019). 연구의 방향은 해상운임지수의 예측력, 해상운임지수와 주식시장의 관계, 해상운임지수

와 상품시장의 관계와 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다.

첫째, 해상운임 대차대조표를 이용해 해상운임지수의 예측력을 분석한 최초의 연구인 Driehuis(1970) 이후 해상운임지수의 예측력에 관한 연구들이 활발히 진행되었다. Driehuis(1970)는 해상운임지수의 예측력에 대해 해상운임지수의 수요 및 비용측면을 강조하였으나, 최근에는 경기상황, 원자재 수요 등 거대적인 측면을 중심으로 해상운임지수의 예측력을 분석하고 있다(Bakshi et.al., 2011; Han et al., 2020). Bakshi et.al.(2011)은 G7국가의 주가, 상품가격, 경제활동 지표를 이용하여 해상운임지수의 예측력을 분석하였는데, 해상운임지수는 산업의 원자재 부문에서 예측 변수로서 가장 유용하다고 주장하였다. Oomen(2012)은 1985년부터 2011년까지 기간 동안 23개의 선진국과 25개의 후진국 산업 부문에 대한 BDI의 예측 능력을 분석했다. 분석결과 BDI가 다양한 산업부문 중 기술, 통신 및 소비자 서비스 영역에서 주요한 예측력을 보인다고 주장하였으며, 해상운임지수가 산업에 평균적으로 0.7%정도 영향을 미친다는 결과를 보고했다. Apergis and Payne(2013)는 1985년부터 2012년까지를 분석대상으로 하여 G7국가의 주식시장 수익률, 장단기 채권 금리, 상품 가격, 산업생산지수 등 다양한 금융자산과 거시경제 변수에 대한 해상운임지수의 정보와 예측 내용을 분석했는데, 분석결과 해상운임지수의 움직임에 따라 G7국가의 거시경제 변수 및 금융자산을 예측하는데 주요한 요소라고 주장했다.

둘째, 주식시장과 해상운임지수 사이의 관계를 분석한 연구를 살펴본다. 주식시장과 해상운임지수 사이의 관계를 파악한 연구들은 해상운임지수를 가격이 아니라, 글로벌 경기상황 지표로 활용하였다(Killian, 2009). Erdogan et al.(2009)과 Giannarakis et al.(2017)은 해상운임지수와 다우존스 사이의 관계를 분석했다. Erdogan et al.(2009)은 VEC, CCC 모형을 이용하여 해상운임지수가 주식시장에 정보

전이효과 있다는 것을 확인하였으며, 호황기의 양(+)의 효과보다 불황기에 음(-)의 영향이 더 크게 나타나 비대칭현상이 존재한다고 주장했다. Giannarakis et al.(2017)은 해상운임지수는 글로벌 경제지표로써 주식시장을 예측하는데 중요한 변수라고 주장했으며, 해상운임지수가 급격히 하락하거나 상승 시기에 주식시장 변동성이 동시에 움직이는 동조화(co-movement) 현상이 나타난다는 것을 발견하였다. 최기홍·김동윤(2019)은 해상운임지수가 주식시장을 업종별, 규모별로 구분하여 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 분석결과 해상운임지수가 대형주와 제조업, 서비스업, 화학부문에서 유의하게 나타났지만 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타나 국내 주식시장이 글로벌 경기지표에 적절히 반응하지 못하고 원자재에 대한 수요의 증가가 실질적인 경기회복으로 이어지지 않는다는 것을 주장했다.

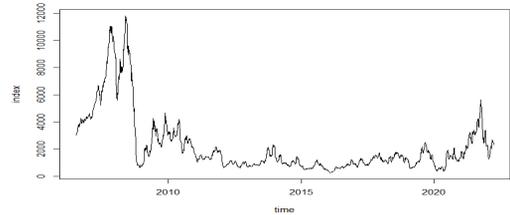
마지막으로 상품시장과 해상운임지수 사이의 관계를 분석한 연구들은 주로 해상운임지수와 상품시장 사이의 전이효과를 분석했다. Lun et al.(2010)에 따르면 미래에 대한 경기가 불확실하다고 여겨지면 생산수준이 떨어지고 이에 따라 해상운임지수가 하락하기 때문에 해상운임지수의 변화는 상품에 대한 수요에 의해 결정된다고 주장하였다. Lin et al.(2019)은 VAR-BEKK-GARCH-X 모형을 적용하여 2007년 9월부터 2018년 10월까지 기간을 설정하고 해상운임지수, 다우존스, 환율, 채권 수익률, 상품가격 사이의 전이효과를 분석했다. 분석결과 전체 기간에 대해서는 전이효과가 없는 것으로 나타났으나 금융위기 기간(2007년부터 2009년)과 중국 수요 감소 기간(2014년부터 2016년)에는 해상운임지수가 금융상품 및 상품시장에 전이효과가 나타나는 것으로 보고하여 경제 위기 시에 상품가격 및 금융상품 가격을 예측하는데 주요한 지표라고 주장하였다.

### III. 자료 및 분석방법

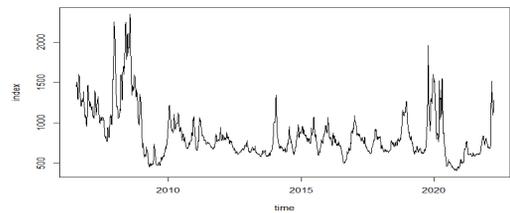
#### 1. 자료

해상운임지수와 상품가격 사이의 연계성을 분석하기 위해 상품 품목을 에너지와 곡물로 선정하였다. 본 연구의 분석기간은 특정 사건별(specific event) 분석을 위해 금융위기 이전인 2006년 7월 19일부터 2022년 3월 31일까지 해상운임지수와 상품가격을 대상으로 연계성을 분석하였다. 해상운임지수는 운송되는 상품의 종류에 따라 건화물(dry cargo)과 유조선(tanker), 컨테이너(container)으로 분류된다. 이 중에 원자재를 주로 운송하는 해상운임지수를(BDI, BDTI, BCTI) 선정하였다. 에너지 상품 가격은 전 세계 에너지 사용량의 80%를 차지하는 원유, 천연가스, 석탄을 선정하였으며, 곡물 가격은 주요 곡물원료 상품인 대두, 옥수수, 밀을 선정하였다. 원유는 WTI 선물가격, 천연가스는 헨리허브(Henry hub) 선물가격, 석탄은 네덜란드 로테르담 선물가격을 이용하였으며, 곡물가격은 시카고 선물가격을 이용하였다. 해상운임지수와 상품가격 자료는 Informax에서 구했다. 각 변수는 시계열 안정성을 위해 로그 수익률로 변환했다.

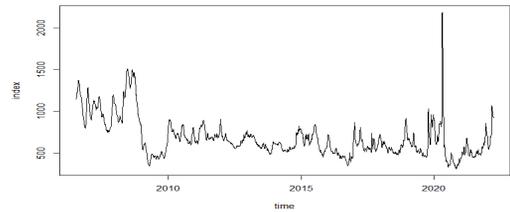
〈그림 1〉과 〈그림 2〉는 해상운임지수와 상품가격의 원자료(raw data) 추이와 로그 수익률 추이를 나타낸다. 먼저 〈그림 1〉의 해상운임지수를 살펴보면, BDI, BCTI, BDTI는 금융 전후로 하여 운임지수가 급격히 급락하는 것을 확인할 수 있다. 금융위기 이후인 2010년~2019년까지 BDI는 큰 움직임이 없지만, BDTI와 BCTI의 경우에는 잦은 변동을 보이는 것을 확인할 수 있다. 또한 모든 해상운임지수는 2018년 무역전쟁, 2020년 COVID-19 기간에 급격한 상승이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 〈그림 2〉의 해상운임지수를 살펴보면 BDI가 BDTI, BCTI에 비해 변동성이 더 큰 것을 확인할 수 있다.



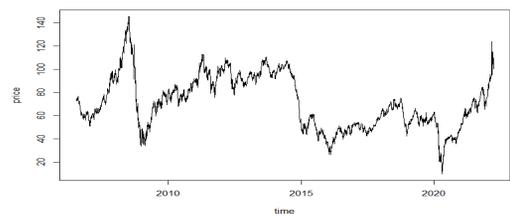
(a) BDI



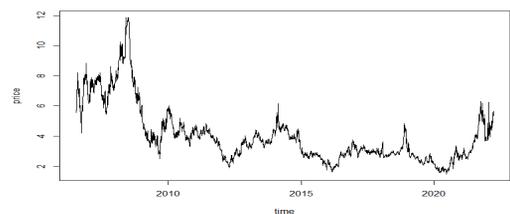
(b) BCTI



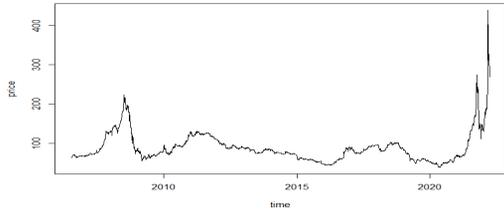
(c) BDTI



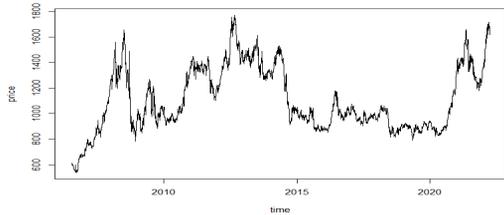
(d) WTI



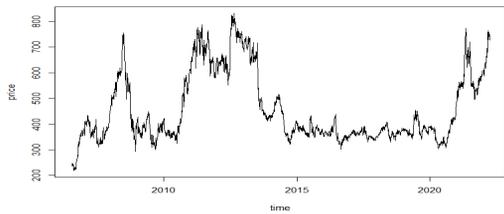
(e) 천연가스



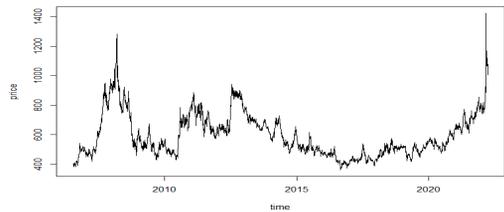
(f) 석탄



(g) 대두



(h) 옥수수

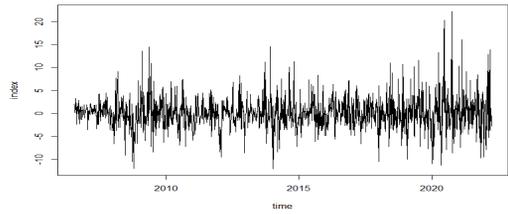


(i) 밀

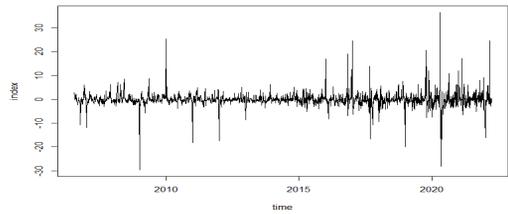
〈그림 1〉 해상운임지수와 상품가격 추이

〈그림 1〉의 에너지 가격은 금융위기를 기점으로 급격한 상승과 하락을 보이고 있으며, 금융위기 이후에는 각 에너지원별 이벤트(event)에 따라 가격 변화가 나타나는 것을 알 수 있다. 특히, 최근

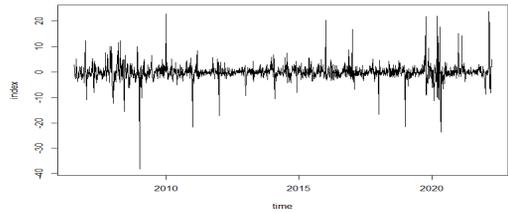
COVID-19, 러시아-우크라이나 전쟁 기간 이후 지속적인 상승을 보이는 것을 확인할 수 있다. 〈그림 2〉의 에너지 가격 수익률의 경우에는 천연가스의 변동성이 가장 크게 나타나지만 변동폭의 경우에는 상대적으로 WTI가 더 큰 것을 확인할 수 있다.



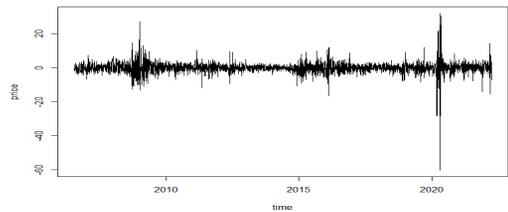
(a) BDI



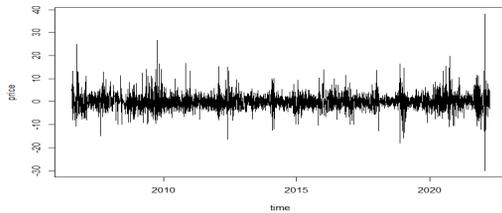
(b) BCTI



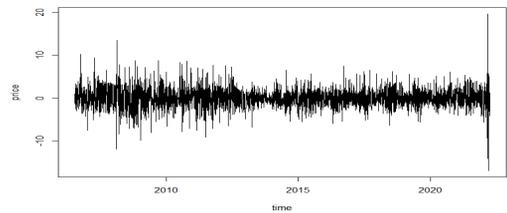
(c) BDTI



(d) WTI

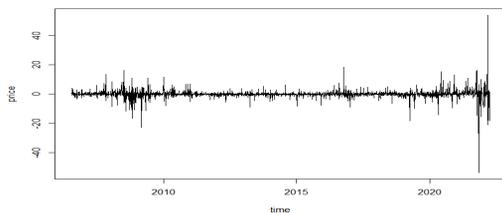


(e) 천연가스

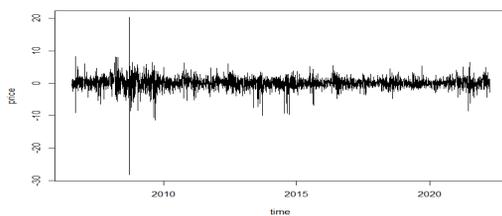


(i) 밀

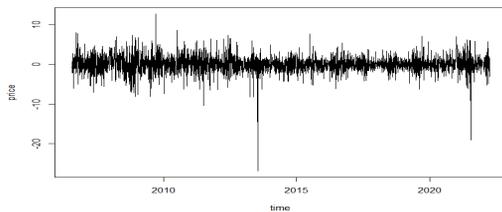
〈그림 2〉 해상운임지수와 상품가격의 변화율 추이



(f) 석탄



(g) 대두



(h) 옥수수

마지막으로 〈그림 1〉의 곡물가격의 경우 에너지 가격 추이와 유사하게 금융위기 전후로 급격한 상승과 하락을 보여주고 있으며, COVID-19 시기, 러시아-우크라이나 전쟁 시기에 지속적인 가격 상승이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 〈그림 2〉의 곡물가격 수익률은 옥수수, 밀의 변동성이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 〈표 1〉은 해상운임지수(BDI, BDTI, BCTI)와 상품가격(에너지 상품, 곡물 상품)의 기초통계량이 제시되어 있다. 먼저, 해상운임지수와 상품가격 수익률 모두 평균이 0에 가깝게 나타났다. 최대값과 최소값의 범위와 표준편차는 에너지 가격이 가장 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 해상운임지수와 상품가격은 모두 첨도가 3보다 커서 정규분포보다 뾰족한 분포를 갖고 있으며, BDI, BCTI, 천연가스 가격, 석탄 가격, 밀 가격은 양의 왜도를 갖고, BDTI, WTI, 대두, 옥수수 가격은 음의 왜도를 갖는 것으로 나타나 정규분포 이외에 다른 분포를 갖는 것을 확인할 수 있다.

〈표 1〉 기초통계량

	평균	최대값	최소값	표준편차	왜도	첨도	ADF
BDI	-0.007	22.242	-12.072	2.840	0.571	7.895	-19.942a
BCTI	-0.006	36.497	-29.647	2.402	1.413	56.484	-21.712a
BDTI	-0.003	23.808	-38.122	2.510	-0.024	40.010	-26.823a
WTI	0.009	31.963	-60.168	3.083	-1.670	59.125	-30.028a
천연가스	0.000	38.173	-30.048	3.461	0.739	12.813	-65.696a
석탄	0.040	54.031	-53.688	2.371	0.040	168.741	-59.386a
대두	0.027	20.321	-28.188	1.719	-1.316	32.055	-63.302a
옥수수	0.030	12.757	-26.862	1.997	-0.876	16.099	-58.806a
밀	0.025	19.701	-17.022	2.218	0.237	7.821	-59.667a

주) a는 1% 유의수준에서 유의하다는 것을 의미함

2. 분석방법

본 연구는 Diebold and Yilmaz (2012)의 방법론을 적용하여 해상운임지수와 상품가격 사이의 연계성을 분석한다. 약안정성(covariance stationary)을 만족하는 n개의 변수를 가진 VAR 모형은 다음과 같이 표현된다.

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \Phi_n Y_{t-i} + \epsilon_t \quad (1)$$

여기서  $Y_t = (Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{Nt})$  는 N개의 내생변수 벡터이고,  $\Phi_n$ 은  $n \times n$  계수행렬이며,  $\epsilon_t$ 는 오차항을 나타낸다. 식 (1)을 이동평균(moving average)으로 전환될 수 있다.

$$Y_t = \sum_{i=0}^{\infty} A_i \epsilon_{t-i} + \epsilon_t \quad (2)$$

여기서  $n \times n$  계수행렬  $A_i$ 는  $A_i = \Phi_1 A_{i-1} + \Phi_2 A_{i-2} + \dots + \Phi_I A_{i-I}$  이다. 단,  $n \times n$  항등행렬이고,  $i < 0$  일 때,  $A_i = 0$  을 만족한다. 총 방향 및 순 연계성은 VAR 모형의 이동평균의 일반화 예측오차 분산분해에 의해 생성된다. 일반화 예측오차 분산분해는 변수 순서에 대한 의존

성을 제거해준다. Koop et al.(1996)과 Pesaran and Shin(1998)는 다음과 같이 일반화 예측오차 분산분해를 제안했다.

$$\theta_{ij}^H = \frac{\sigma_{jj} \sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h \sum e_j)^2}{\sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h \sum A_h' e_i)} \quad (3)$$

여기서  $\sum$ 는 오차 벡터 e의 분산 행렬이고,  $\sigma_{jj}$ 는 j번째식의 표준편차이고,  $e_j$ 는 j번째 원소의 값이 1이고 그렇지 않으면 0인 선택 벡터(selection vector)이다. 자기 및 교차분산비율은 일반화 분해에서 합이 1이 되지 않기 때문에(즉,  $\sum_{j=1}^n \theta_{ij}^H \neq 1$ ), 각 행의 예측오차 분산분해행렬로 나누어 표준화시킨다.

$$\tilde{\theta}_{ij}^H = \frac{\theta_{ij}^H}{\sum_{j=1}^n \theta_{ij}^H} \quad (4)$$

여기서  $\sum_{j=1}^n \tilde{\theta}_{ij}^H = 1$ , 이고  $\sum_{i,j=1}^n \tilde{\theta}_{ij}^H = N$  이다. 이를 통해 총 연계성을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$TS^H = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^n \tilde{\theta}_{ij}^H}{N} \times 100 \quad (5)$$

총 연계성은 전체 예측오차 분산에 대한 모든 변수들의 충격에 의해 설명된 평균적인 비중을 나타낸다. 총 연계성은 상호 간의 연계성을 의미하며, 이 값이 0에 가까울수록 변수 간의 연계성이 낮다는 것을 의미하고, 100에 가까울수록 서로 간의 연계성이 높다는 것을 말한다(정대성, 2020). 총 연계성은 모든 변수에서 방향 연계성을 구분할 수 있다. 다른 모든 변수에서 변수  $j$ 에 미친 영향을 나타내는 방향성(유입 연계성)은 다음과 같이 정의된다.

$$DS_{i \leftarrow j}^H = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^n \tilde{\theta}_{ij}^H}{\sum_{j=1}^n \tilde{\theta}_{ij}^H} \times 100 \quad (6)$$

이와 유사하게, 변수  $j$ 가 다른 모든 변수에 미친 영향을 나타내는 방향 연계성(유출 연계성)은 다음과 같이 정의된다.

$$DS_{i \rightarrow j}^H = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n \tilde{\theta}_{ji}^H}{\sum_{j=1}^n \tilde{\theta}_{ij}^H} \times 100 \quad (7)$$

순 연계성은 다른 변수들에 미친 영향과 다른 변수들로부터 받은 영향의 차이로 계산할 수 있다. 순 연계성은 양(+)과 음(-)의 값을 가질 수 있는데, 양(+)의 값은 변수  $i$ 가 다른 모든 변수에 영향을 미치고 있다는 것이고, 음(-)의 값은  $i$ 가 다른 모든 변수로부터 영향을 받고 있다는 것을 나타낸다.

$$NS = DS_{i \rightarrow j}^H - DS_{j \rightarrow i}^H \quad (8)$$

변수  $i$ 와  $j$  사이의 순 쌍별 연계성은 변수  $i$ 에서  $j$ 로 전달되는 유출 연계성과  $j$ 에서  $i$ 로 전달되는 유입 연계성 사이의 차이이다. 순 쌍별 연계성은 다음과 같이 정의된다.

$$NPS = \left( \frac{\tilde{\theta}_{ji}^H - \tilde{\theta}_{ij}^H}{N} \right) \times 100 \quad (9)$$

순 쌍별 연계성도 순 연계성과 동일하게 양(+)과 음(-)의 값을 가질 수 있다. 양(+)의 값은 변수  $i$ 가  $j$ 에 영향을 미치고 있다는 것이고, 음(-)의 값은  $i$ 는  $j$ 로부터 영향을 받고 있다는 것을 의미한다. 추가적으로 본 연구에서의 분석 기간은 금융위기, 무역전쟁, COVID-19와 같은 시기별 사건을 고려하여 시간 가변 연계성을 포착하기 위해 표본이동분석(rolling sample window analysis)을 사용하여 연계성을 분석한다.

#### IV. 실증분석 결과

##### 1. 연계성분석

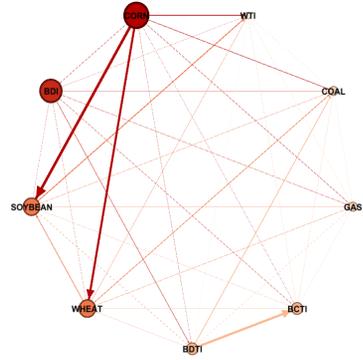
VAR 모형의 시차는 AIC 기준으로 2 시차로 결정하였으며, 일반화 예측오차 분산분해 기간은 12일로 설정하였다. <표 2>는 전체기간에 대한 해상운임지수와 상품가격 간의 연계성 분석결과를 볼 수 있다. 주대각요소(자체 연계성)가 가장 큰 영향력을 주는 것으로 나타났으며, 비대각선요소 열의 합계는 다른 변수에 미친 영향을 나타내는 유출 연계성을 되며, 행 합계는 다른 변수에게서 받은 영향을 나타내는 유입 연계성을 의미한다.

총 연계성은 <표 2>의 오른쪽 하단 모서리에서 볼 수 있다. 총 연계성은 20.43%로 추정되었으며, 해상운임지수와 상품가격 사이는 약 20%가 해상운임지수와 상품가격의 상호영향에 의한 것이다. 총 연계성은 비교적 낮게 추정되었는데, 각 변수는 다른 변수에 대한 영향보다 자체 영향이 더 높은 것으로 나타났다.

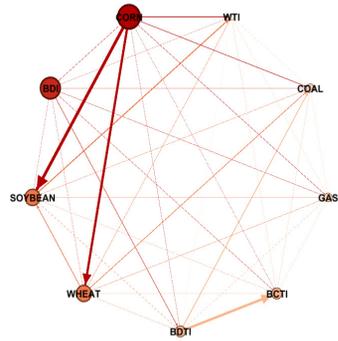
그리고 <표 2>의 맨 오른쪽 열에 있는 값은 다른 변수에서 다른 변수에 유입 연계성을 나타내며, 유입 연계성 범위는 2.34% ~ 42.01% 값을 가진다. 10%가 넘지 않는 변수는 BDI, 천연가스, 석탄으로 다른 변수의 영향을 덜 받는 것으로 나타났으며, 상대적으로 대두와 밀은 다른 변수들에게 영향을 많이 받는 것



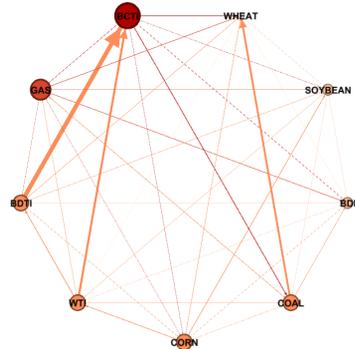
본 연구에서는 네트워크 분석 기법을 적용하여 시기별로 해상운임지수와 상품가격 사이의 순 쌍별 연계성을 분석했다. 지면관계상 분석결과는 제외하고 순 쌍별 결과만 제시하였다. <그림 3>은 전체기간에 대한 분석결과이고, <그림 4>는 특정 사건별로 구분하여 분석한 결과이다. 노드(node)는 원을 의미하며 노드의 크기가 크고 색상이 진하다는 것은 해당 변수가 다른 변수에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다. 노드 사이의 선은 연계성 정도를 나타낸다. 선의 색상이 진할수록 연계성 정도가 높다는 것을 의미하며, 선의 화살표는 연결 방향을 말한다. <그림 3>의 결과를 살펴보면, 옥수수수와 BDTI, 밀의 노드색이 더 진하고 노드 크기도 큰 것으로 나타나 옥수수, 밀, BDTI, WTI가 연계성에서 주도적인 역할을 한다고 판단할 수 있다. <그림 4>은 금융위기, 무역전쟁, COVID-19 사건별 네트워크 분석 결과를 확인할 수 있다. 금융위기부터 무역전쟁 기간까지 옥수수와 BDTI가 주도적인 역할을 하지만, COVID-19 기간에는 BCTI와 천연가스가 주도적인 역할을 하고 있는 것으로 나타났다.



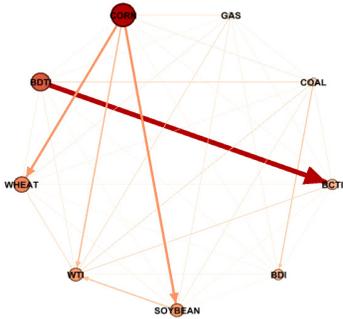
(2) 금융위기 이후



(3) 무역전쟁



(4) COVID-19



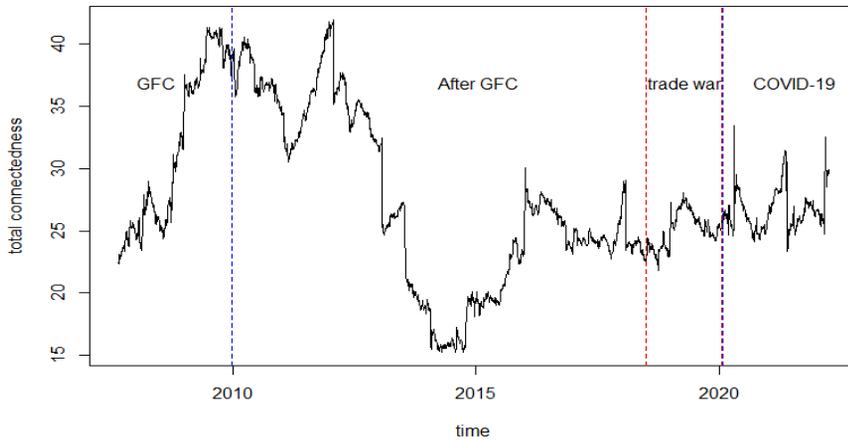
(1) 금융위기

<그림 4> 주요 시점별 순 쌍별 네트워크 연계성

## 2. 표본이동분석을 이용한 연계성

전체기간을 사용한 연계성 분석은 정적(static) 연계성에 중점을 두고 있어서 시간에 따라 변하는 연계성을 파악할 수 없다(Fernández-Rodríguez et al, 2016). 따라서 본 연구는 표본이동분석을 적용하여 해상운임지수와 상품가격 사이의 동적 연계성을 분석한다. 예측 기간을 12일로 설정하였으며, 250일을 표본기간으로 설정하여 표본이동분석을 실시하였다.

본 연구에서는 동적 연계성을 총 연계성, 방향 연계성, 순 연계성 순서로 분석한다. <그림 5>는 표본이동분석으로 추정된 총 연계성의 추이를 볼 수 있다. 그리고 특정 사건별로 구분하여 표시해두었다. <그림 5>에서 볼 수 있듯이, 특정 사건마다 총 연계성이 급격하게 변하고 있다는 것을 알 수 있다. 먼저, 금융위기 기간에 총 연계성이 지속적인 증가를 하고 있다. 금융위기 시작(2007년 중반)과 함께 2009년 9월



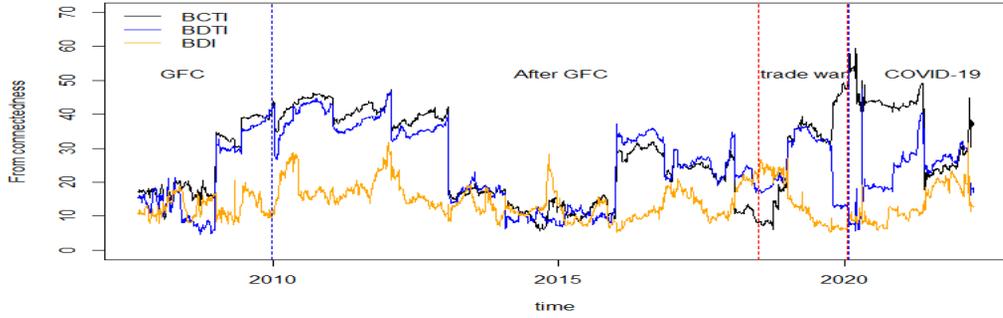
<그림 5> 총 연계성

까지 지속적으로 상승하고 있으며, 2009년 9월에 총 연계성 값이 40%를 넘었다. 이 기간 동안 국제유가는 급격하게 등락을 반복하는 시기였는데, 국제유가의 급등과 하락이 동시에 일어난 것은 금융위기의 영향이 있었던 것으로 판단된다. 기존 연구들에서 금융위기는 원유 가격의 변동성을 증가시킨다고 하였다(Yoshino and Taghizadeh-Hesary, 2014; Yang et al, 2016). 이 시기에는 기상이변으로 인한 세계곡물 생산량 감소, 투기자금 유입, 바이오 연료인 에탄올 생산 증대 등으로 인한 곡물 가격이 급등한 시기와 겹친다. 금융위기의 확산과 곡물 가격의 급등으로 인해 서로 간의 관계가 긴밀하게 연결되면서 시장 간

연계성이 높아진 것으로 판단된다.

그리고 금융위기 이후 기간에 2011년 3월부터 2012년 1월까지 급격하게 총 연계성이 상승했다. 이 시기에는 리비아 정치 위기, 이란 핵 제재와 미국 정유 공장 폐쇄에 따라 유가 변동성이 확대되었고, 기상이변으로 인해 옥수수 가격 상승과 대두 수요 증가에 따른 가격 상승으로 곡물가격이 급등락을 하였다. 이러한 가격 변동성 확산이 서로 간의 연계성을 높인 것으로 판단된다.

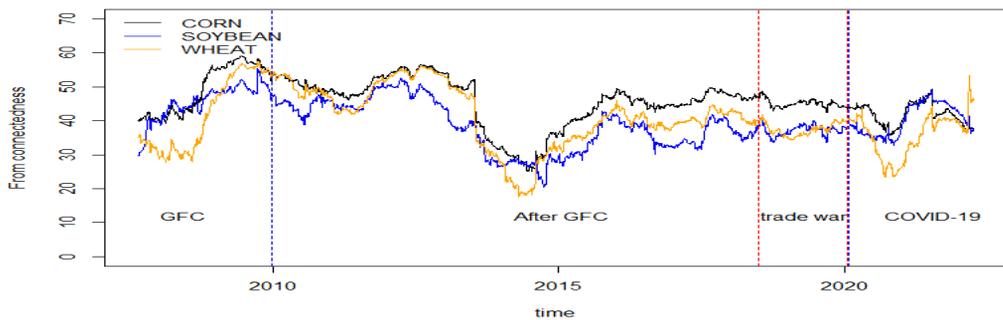
또한 2015년 이후에 총 연계성이 상승하는 모습을 보이고 있다. 전반적으로 2016년 ~ 2017년 국제 원유 가격은 20 달러 ~ 70 달러 내에서 상승세를 보였



(a) 해상운임지수



(b) 에너지



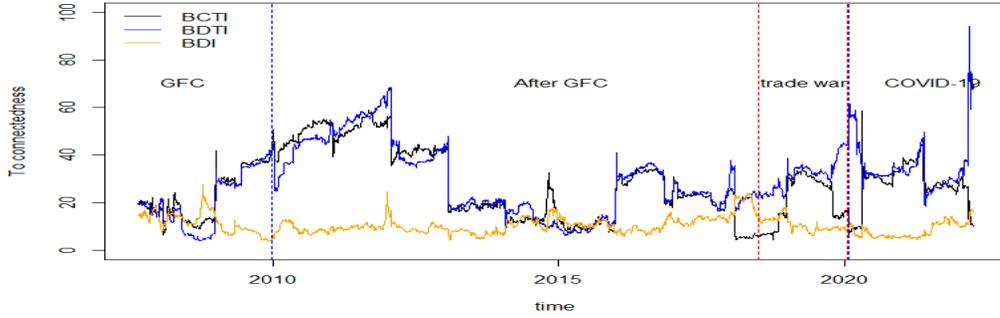
(c) 곡물

〈그림 6〉 유입 연계성

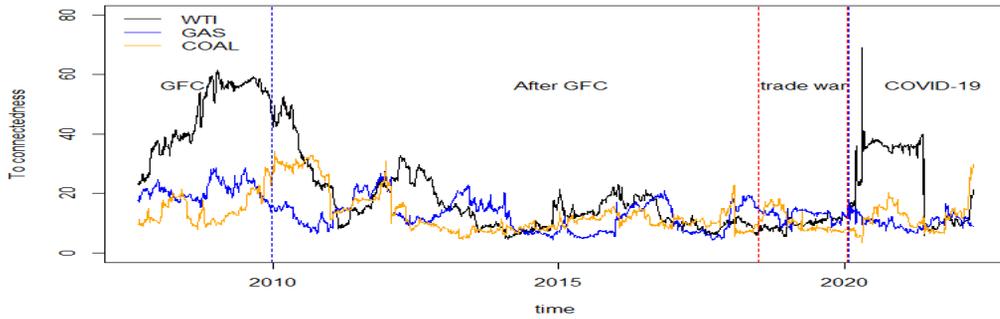
다. 이 기간 동안 유가 상승과 연계성 상승은 나이지리아 석유 인프라에 대한 공격(Yeeles and Akporiaye, 2016), 쿠웨이트 석유 노동자의 파업, OPEC 회원국들의 감산 합의(Ratti and Vespignani,

2015)와 같은 사건들로 인한 것으로 판단된다.

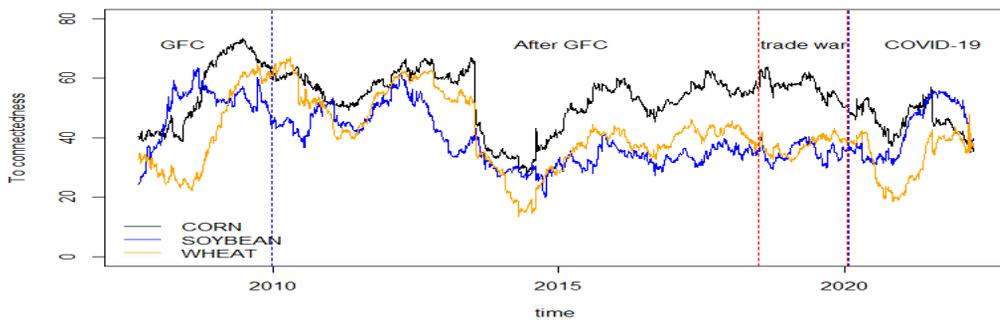
마지막으로 무역전쟁과 COVID-19 기간에 총 연계성이 급격하게 급등락을 하고있는 것을 볼 수 있다. 이는 무역전쟁과 COVID-19로 인한 시장 불확



(a) 해상운임지수



(b) 에너지



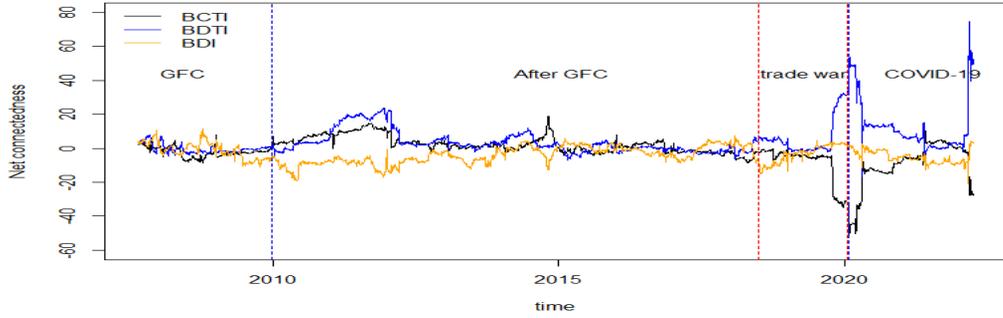
(c) 곡물

〈그림 7〉 유출 연계성

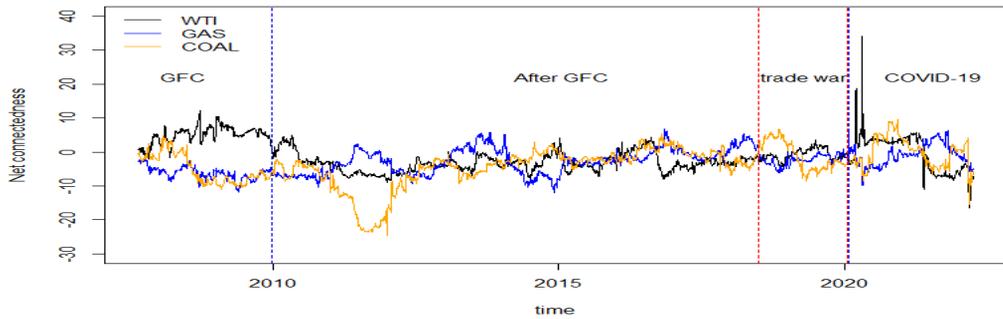
실성의 확대와 팬데믹 상황에 따른 에너지와 곡물 가격의 변동성이 확대된 것으로 판단된다. 이러한 결과들을 보면 금융위기, 무역전쟁, COVID-19 등과 같이 경제 상황의 변화와 특정 사건들이 총 연계성

에 변화에 영향을 미쳤다고 해석할 수 있다.

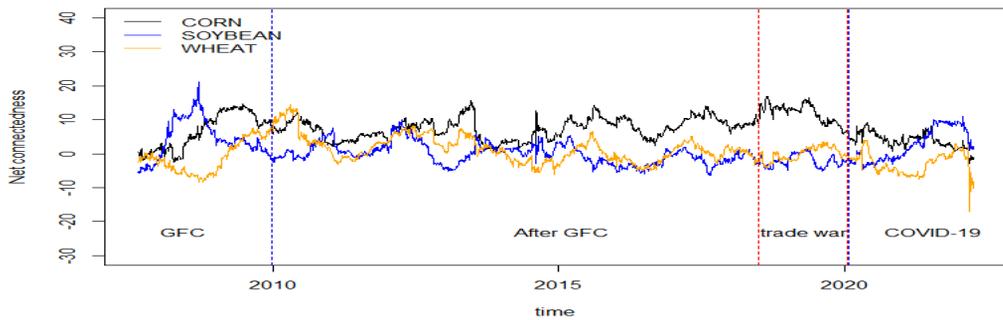
〈그림 6〉 ~ 〈그림 8〉은 변수들의 특성에 따라 해상운임지수, 에너지, 곡물로 분류하였다. 〈그림 6〉은 유입 연계성의 추정결과를 볼 수 있다. 모든 변



(a) 해상운임지수



(b) 에너지

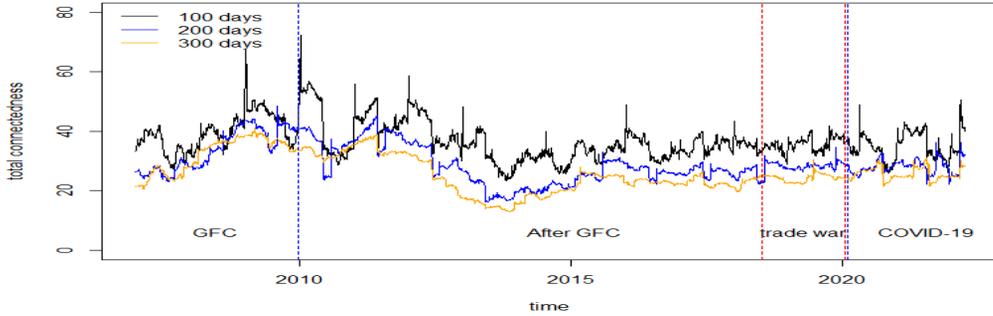


(c) 곡물

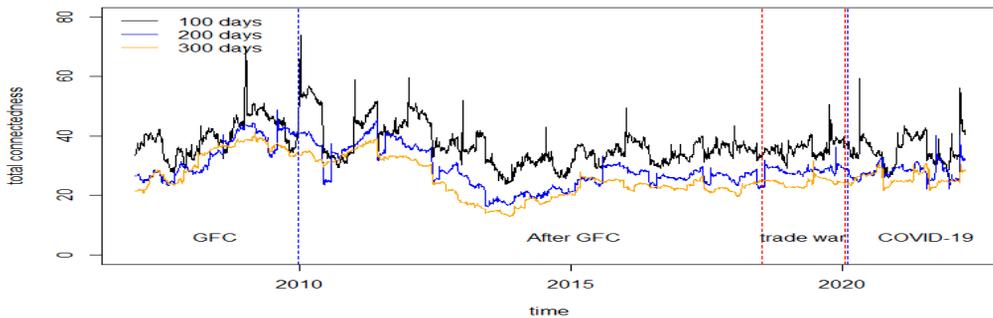
그림 8. 순 연계성

수들이 비슷한 움직임을 보이고 있으며, 특정 사건에 따라 증가하고 감소하고 있다는 것을 볼 수 있다. <그림 7>의 유출 연계성 결과를 보면, <그림

6>의 유입 연계성 결과와 비슷한 움직임을 보이고 있다. 유출 연계성도 특정 시기에 증가하고 있다는 것을 알 수 있다.



〈그림 9〉 총 연계성 (6일)



〈그림 10〉 총 연계성 (10일)

마지막으로 〈그림 8〉은 순 연계성의 분석결과를 볼 수 있다. 순 연계성은 유출 연계성과 유입 연계성의 차이이다. 따라서 어느 한쪽의 연계성의 움직임이 크다면 한쪽의 움직임을 따라 움직이지만, 본 연구의 결과에서는 유입과 유출 연계성은 비슷한 크기로 움직이기 때문에 순 연계성이 크지 않다는 것을 의미한다. COVID-19 기간에는 해상운임지수들이 순 연계성이 다른 시기보다 크게 변화하고 있다는 것을 볼 수 있다. COVID-19 기간에는 해상운임지수 중 BDTI가 주도적인 역할을 하고 있다는 것을 의미한다.

### 3. 강건성 검증

예측기간 및 표본이동에 대한 결과의 강건성을 검증하기 위해 6일, 10일의 예측기간과 100일, 200일, 300일의 표본이동을 고려하여 분석하였다. 예측기간과 표본이동의 변화가 총 연계성에 큰 변화를 일으키는지를 살펴본다. 〈그림 9〉와 〈그림 10〉에서 결과를 보여준다. 〈그림 9〉는 6일 예측기간의 경우에 표본 이동 값이 커질수록 총 연계성은 약간 감소하지만 총 연계성의 추세와 변동은 변하지 않는다. 〈그림 10〉에서도 동일한 결과를 확인할 수 있다. 요약하면, 예측기간과 롤링 샘플 윈도우의 변경은 총 연계성의 상대적인 가치에 작은 영향을 주지만 추세나 변동성

에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 예측기간 및 표본이동 선택은 강건한 결과를 보여주는 있는 것을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

최근 COVID-19, 러시아-우크라이나 전쟁 등 세계 경제의 불확실성이 확대되고 있다. 불확실성의 확대는 기업 및 소비자의 투자와 소비를 미래로 연기하여 경제에 부정적인 영향을 미칠 수 있고, COVID-19와 같은 팬데믹 충격은 장기화된 수요 및 공급 감소로 인해 상품 운송의 공급체인을 변화시킬 우려가 존재한다. 따라서 국제 무역의 연계성을 파악할 목적으로 해상운임지수와 상품가격 연계성을 파악하는 것은 중요한 문제이다. 이에 본 연구는 Diebold and Yilmaz (2012, 2014, 2016)의 분석방법을 적용하여 2007년 7월 19일부터 2022년 3월 31일까지 해상운임지수(BDI, BDTI, BCTI)에너지(원유, 천연가스, 석탄), 곡물(대두, 옥수수, 밀)을 대상으로 연계성을 분석하였다.

주요 실증분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 전체 분석기간에 대한 분석결과를 살펴보면, 총 연계성은 20.43%로 측정되어, 해상운임지수와 상품가격 사이에 상호 연관성이 낮은 것으로 나타났다. 그리고 방향 연계성 결과에 따르면, 영향력이 가장 큰 변수는 옥수수로 나타났으며, 그 반대로 BDI가 가장 낮은 변수로 나타났다. 이러한 결과는 네트워크 분석을 통해서 확인하였다. 그리고 시기별로 구분하였을 때, COVID-19 기간에만 BCTI가 주도적인 역할을 하는 것으로 나타났다. 둘째, 표본이동분석결과에 따르면, 총 연계성이 시기에 따라 상승과 하락을 반복하고 있는 것으로 나타났다. 특히 금융위기, 무역전쟁, COVID-19 등과 같이 경제 상황의 변화와 특정 사건이 발생할 때 서로 간의 상호 연관성이 높은 것으로 나타났다.

이러한 결과들은 정책입안자들과 투자자들에게 좋

은 정보를 제공해줄 것이다. 정책입안자들에게 해상운임지수와 상품가격 사이의 연계성과 시간 가변적 특성을 고려하여 에너지 정책의 효과와 상품가격의 변화를 예측하는데 도움을 줄 것이다. 투자자들에게 상품가격의 동향과 관계를 판단하는데 도움을 줄 것이며, 이는 현물시장과 선물시장에서의 투자위험을 회피하는데 도움이 될 것이다. 학문적으로는 새로운 관계의 결과를 제시함으로써 향후 연구에 새로운 방향성을 제공해줄 것이다.

#### 참고문헌

- 김현석·장명희(2013), 벙커가격과 건화물선 지수 (Baltic Dry-bulk Index) 간의 비대칭 장기균형 분석. 한국항만경제학회지, 제29권 2호, 63-79.
- 정대성(2020), 변동성전이지수를 이용한 한국금융시장의 전이효과에 관한 연구. Journal of The Korean Data Analysis Society, 제22권 3호, 1241-1253.
- 정상국·김성기(2011), 국제유가의 변화가 건화물선 운임에 미치는 영향과 건화물선 운임간의 상관관계에 관한 연구. 한국항만경제학회지, 제27권 2호, 217-240.
- 최기홍·김동윤(2019), 발틱운임지수가 한국 주가 변동성에 미치는 영향. 한국항만경제학회지, 제35권 2호, 61-75.
- Apergis, N., and J. E. Payne(2013), New evidence on the information and predictive content of the Baltic Dry Index, *International journal of financial studies*, 1(3), 62-80.
- Avalos, F.(2014), Do oil prices drive food prices? The tale of a structural break, *Journal of International Money and Finance*, 42, 253-271.
- Bakshi, G., G. Panayotov, and G. Skoulakis(2011), The Baltic Dry Index as a predictor of global stock returns, commodity returns, and global economic activity, *In AFA 2012 Chicago Meetings Paper*.
- Bandyopadhyay, A. and P. Rajib(2021), The asymmetric relationship between Baltic Dry Index and commodity spot prices: evidence from non-parametric causality-in-quantiles test, *Mineral Economics*, 1-21.
- Choi, K. H. and S. M. Yoon(2020), Asymmetric de-

- pendence between oil prices and maritime freight rates: A time-varying copula approach, *Sustainability*, 12(24), 10687.
- Diebold, F. X. and K. Yilmaz(2012), Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers, *International Journal of forecasting*, 28(1), 57-66.
- Diebold, F. X. and K. Yilmaz(2014), On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms, *Journal of econometrics*, 182(1), 119-134.
- Diebold, F. X. and K. Yilmaz(2015), Trans-Atlantic equity volatility connectedness: US and European financial institutions, 2004-2014, *Journal of Financial Econometrics*, 14(1), 81-127.
- Dillon, B. M. and C. B. Barrett(2016), Global oil prices and local food prices: Evidence from East Africa, *American Journal of Agricultural Economics*, 98(1), 154-171.
- Driehuis, W.(1970), An econometric analysis of liner freight rates, *Review of World Economics*, 104(1), 96-119.
- Erdogan, O., K. Tata, H. Sengoz and B. C. Karahasan(2009), The Investigation of Relationship between Stock Markets and Maritime Markets, *In Global Business and Technology Association Conference*.
- Fernández-Rodríguez, F., M. Gómez-Puig, and S. Sosvilla-Rivero(2016), Using connectedness analysis to assess financial stress transmission in EMU sovereign bond market volatility, *Journal of international Financial Markets, institutions and Money*, 43, 126-145.
- Geman, H. and W. O. Smith(2012), Shipping markets and freight rates: an analysis of the Baltic Dry Index, *The Journal of Alternative Investments*, 15(1), 98-109.
- Giannarakis, G., C. Lemonakis, A. Sormas and C. Georganakis(2017), The effect of Baltic Dry Index, gold, oil and usa trade balance on dow jones sustainability index world, *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(5), 155.
- Han, L., L. Wan and Y. Xu(2020), Can the Baltic Dry Index predict foreign exchange rates?, *Finance Research Letters*, 32, 101157.
- Karakotsios, A., C. Katrakilidis and N. Kroupis(2021), The dynamic linkages between food prices and oil prices. Does asymmetry matter?, *The Journal of Economic Asymmetries*, 23, e00203.
- Kilian, L.(2009), Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market, *American Economic Review*, 99(3), 1053-69.
- Kirikcaleli, D. and I. Darbaz(2021), The Causal Linkage between Energy Price and Food Price, *Energies*, 14(14), 4182.
- Koop, G., M. H. Pesaran and S. M. Potter(1996), Impulse response analysis in nonlinear multivariate models, *Journal of econometrics*, 74(1), 119-147.
- Lun, Y. V., K. H. Lai and T. E. Cheng(2010), Shipping and logistics management(pp. 205-218). London, Springer.
- Lin, A. J., H. Y. Chang and J. L. Hsiao(2019), Does the Baltic Dry Index drive volatility spillovers in the commodities, currency, or stock markets?, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 127, 265-283.
- López, R.(2014), Volatility contagion across commodity, equity, foreign exchange and Treasury bond markets, *Applied Economics Letters*, 21(9), 646-650.
- Maitra, D., S. Chandra and S. R. Dash(2020), Liner shipping industry and oil price volatility: Dynamic connectedness and portfolio diversification, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 138, 101962.
- Mowry, B. and A. Pescatori(2008), Industrial Production, Commodity Prices, and the Baltic Dry Index, *Economic Trends*.
- Oomen, J.(2012), The Baltic Dry Index: A predictor of stock market returns. Unpublished Master Thesis, Tilburg, *Tilburg University Department of Finance*.
- Papailias, F., D. D. Thomakos and J. Liu(2017), The Baltic Dry Index: cyclicalities, forecasting and hedging strategies, *Empirical Economics*, 52(1), 255-282.
- Pesaran, H. H. and Y. Shin(1998), Generalized impulse

- response analysis in linear multivariate models, *Economics letters*, 58(1), 17-29.
- Radelet, S. and J. D. Sachs(1998), Shipping costs, manufactured exports, and economic growth.
- Radojević, N., A. Muhović, M. Joksimović and M. Pimić(2021), Examining the Impact of Movements of the Commodity Price on the Value of the Baltic Dry Index during Covid19 Pandemic, *Asian Journal of Economics and Empirical Research*, 8(2), 67-72.
- Ratti, R. A. and J. L. Vespignani(2015), OPEC and non-OPEC oil production and the global economy, *Energy Economics*, 50, 364-378.
- Ruan, Q., Y. Wang, X. Lu and J. Qin(2016), Cross-correlations between Baltic Dry Index and crude oil prices, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 453, 278-289.
- Stopford, M.(2009), *Maritime Economics 3e. Routledge.*
- Yang, W., A. Han, Y. Hong and S. Wang(2016), Analysis of crisis impact on crude oil prices: a new approach with interval time series modeling, *Quantitative Finance*, 16(12), 1917-1928.
- Yeeles, A. and A. Akporiaye(2016), Risk and resilience in the Nigerian oil sector: The economic effects of pipeline sabotage and theft, *Energy Policy*, 88, 187-196.
- Yoshino, N. and F. Taghizadeh-Hesary(2014), Monetary policy and oil price fluctuations following the subprime mortgage crisis, *International Journal of Monetary Economics and Finance*, 7(3), 157-174.
- Zhang, Z., and L. Lohr, C. Escalante and M. Wetzstein(2010), Food versus fuel: What do prices tell us?, *Energy policy*, 38(1), 445-451.

## 해상운임지수와 상품가격 사이의 동적 연계성 분석

최기홍 · 김부권

### 국문요약

본 연구는 Diebold and Yilmaz (2012, 2014, 2016)의 분석방법을 적용하여 2007년 7월 19일부터 2022년 3월 31일까지 해상운임지수(BDI, BDTI, BCTI)에너지(원유, 천연가스, 석탄), 곡물(대두, 옥수수, 밀)을 대상으로 연계성을 분석하였다.

본 논문의 주요 분석결과는 다음과 같다. 첫째, 네트워크 분석 결과에 따르면 전체 분석기간의 경우 총 연계성은 20.43%로 추정되어, 해상운임지수와 상품가격 사이에 상호 연관성이 낮은 것으로 나타났다. 또한, 방향 연계성 결과를 살펴보면, 영향력이 가장 큰 변수는 옥수수로 나타났으며, 그 반대로 BDI가 가장 낮은 변수로 나타났다. 마지막으로 시기별로 구분하였을 때, COVID-19 기간에만 BCTI가 주도적인 역할을 하는 것으로 나타났다. 둘째, 표본이동분석결과에 따르면, 총 연계성이 금융위기, 무역전쟁, COVID-19 등과 같이 경제 상황의 변화와 특정 사건이 발생할 때 서로 간의 상호 연관성이 높은 것으로 나타났다.

주제어: 연계성, 상품시장, 네트워크 분석, 전이효과