

다변량 시계열 모형을 이용한 컨테이너선 시장 분석*

고병욱** · 김대진***

Analysis of Container Shipping Market Using Multivariate Time Series Models

Ko, Byoung-Wook · Kim, Dae-Jin

Abstract

In order to enhance the competitiveness of the container shipping industry and promote its development, based on the empirical analyses using multivariate time series models, this study aims to suggest a few strategies related to the dynamics of the container shipping market. It uses the vector autoregressive (VAR) and vector error correction (VEC) models as analytical methodologies. Additionally, it uses the annual trade volumes, fleets, and freight rates as the dataset. According to the empirical results, we can infer that the most exogenous variable, the trade volume, exerted the highest influence on the total dynamics of the container shipping market.

Based on these empirical results, this study suggests some implications for ship investment, freight rate forecasting, and the strategies of shipping firms. Concerning ship investment, since the exogenous trade volume variable contributes most to the uncertainty of freight rates, corporate finance can be considered more appropriate for container ship investment than project finance. Concerning the freight rate forecasting, the VAR and VEC models use the past information and the cointegrating regression model assumes future information, and hence the former models are found better than the latter model. Finally, concerning the strategies of shipping firms, this study recommends the use of cycle-linked repayment scheme and services contract.

Key words: Container Shipping Industry, Multivariate Time Series Model, Vector Autoregressive Model(VAR), Vector Error Correction Model(VECM)

▷ 논문접수: 2019. 08. 05. ▷ 심사완료: 2019. 09. 16. ▷ 게재확정: 2019. 09. 23.

* 본 연구는 한국해양수산개발원 연구비(해운-조선산업 관측 사업) 지원으로 수행되었음

** 한국해양수산개발원 부연구위원, 제1저자, valiance@kmi.re.kr

*** 한국산업은행 미래전략연구소 연구위원, 교신저자, moogi16@kdb.co.kr

I. 서론

우리나라 컨테이너 해운산업은 2016년 8월 한진해운이 구조조정 논의 중에 갑작스럽게 법정관리를 신청하면서 큰 충격을 받았다. 그리고 다음 해인 2017년 2월에 한진해운은 결국 파산했다. 한진해운의 파산과 관련해서 제시되고 있는 다양한 원인분석 중에서, 1980년대 해운산업 합리화 시기와 유사하게 해운시장의 동태적 움직임에 대한 전략적 대응이 미흡하여 우리 컨테이너 해운산업의 경쟁력 저하로 이어졌다는 설명은 어느정도 설득력을 가지는 것으로 판단된다.

한편, 우리 정부는 한진해운 파산 이후 급격히 저하된 컨테이너 정기선 해운산업을 재건하고자 2018년 4월 정부부처합동으로 「해운재건 5개년 계획」을 발표하고, 같은 해 7월에는 한국해양진흥공사를 설립하여 운영에 들어갔다. 이 과정에서 우리나라 최대 컨테이너 선사인 현대상선이 20 척의 초대형 컨테이너선을 발주했으며, 2019년 7월에는 THE 얼라이언스에 2020년 4월부터 정식 회원으로서 가입한다는 발표가 있었다. 이러한 해운산업의 전개과정에서 윤재웅·전형진·고병욱(2016)은 초대형 컨테이너선 투자에 따르는 위험관리 우선순위를 분석적 계층화 방법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 통해 제시하여 학술적·실무적 차원에서 유의한 정보를 제공한 것으로 평가된다. 또한 김대진·김주현(2019)은 최근 빠르게 성장하고 있는 중국의 선박금융 시장을 분석하여 우리나라 선박금융의 활성화를 위한 시사점을 제공해 주고 있다.

이러한 산업 여건 속에서 우리나라 컨테이너 해운산업이 경쟁력을 제고하기 위해서는 사업수익의 기반이 되는 운임이 어떠한 메카니즘으로 변화하는지 이해하는 것이 매우 중요하다. 건화물선 시장에서는 임종관·김우호·고병욱(2010) 벡터자기회귀모형을 이용해 이러한 동태적 메카니즘을 분석하고 결과를 제시하였지만, 국내에서 컨테이너선 시장에

이러한 정보를 제공하는 학술적 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

본 연구는 이 같은 배경에서 컨테이너 해운산업의 수급 요인과 가격 변화가 어떻게 상호 작용하는지를 검토하여 전략 및 정책 시사점을 도출하고자 했다. 이를 위해 대표적 다변량 통계분석 기법인 VAR과 VECM 모형을 활용했다. 특히 이러한 시장에 대한 동태적 분석이 신조선 건조, 장기 용대선 계약 등의 선박투자 의사결정에 어떠한 의미를 지니는 지 밝히고자 했다. 또한 연간 사업 계획 수립에 있어 연평균 운임 수준을 예측하는 것이 요구되는 바, 이러한 정량적 시계열 분석을 활용할 수 있는지를 검토하고자 했다. 나아가 이러한 동태적 특성에 대한 분석으로부터 선사의 선박금융의 원리금상환과 화주에 대한 마케팅 전략에 대한 시사점을 제시했다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되었다. 다음 절에서는 컨테이너선 시장의 동태적 분석과 관련된 국내외 문헌을 살펴본다. 그리고 3절에서는 본 연구에서 활용한 실증 모형 및 자료에 대한 설명을 제시한다. 4절에서는 실증 분석 결과와 해석을 서술하며, 이에 기초해 5절에서는 전략 및 정책적 시사점을 제시한다. 6절에서는 연구 요약 및 향후 연구 과제를 결론에 제시하였다.

II. 선행연구 검토

1. 다변량 시계열 모형의 일반적 논의

제2차 세계 대전 이후 케인즈의 거시경제학적 접근법을 통해 경제의 안정화와 성장을 주도하던 시절에 정부와 중앙은행 등은 매우 큰 규모의 통계적 거시경제 모형을 통해 경제정책의 효과 분석 및 예측을 수행했다. 그러나 소위 Lucas 비판에 의해 이러한 계량경제학적 접근법의 방법론적 오류가 지적

되고, 단일변수 시계열 모형이 오히려 예측성과가 우수하다는 점이 지적되면서 새로운 대안적 계량경제학 방법론으로서 비이론적인(atheoretical) 벡터자귀회귀모형(VAR 모형, Vector AutoRegression 모형)이 Sims(1980)에 의해 제시되었다.

Sims(1980) 이후 다양한 사례에 VAR 모형이 광범위하게 적용되면서 방법론의 유용성이 검증되었다. 이러한 노력의 성과에 대한 평가가 Stock and Watson(2001)에 의해 정리된 바 있다. Stock and Watson(2001)의 평가에 따르면, VAR 모형은 거시계량경제학에서 크게 기술(description), 예측(forecasting), 거시 구조 분석, 정책 분석 등의 4 가지 분야에서 사용되었는데, 특히 기술과 예측 부문에서 우수한 성과를 보였다고 평가하고 있다. 본 연구는 Stock and Watson(2001)의 구분에 병행하여, 컨테이너선 시장에서 VAR 모형을 포함하는 다변량 시계열 모형이 기술, 예측, 시장 구조 분석 등에 활용될 수 있는지를 검토하고 있다는 점에서 의미가 있다.

한편, 다변량 시계열 모형으로서 벡터오차수정모형(VECM 모형, Vector Error Correction Model)은 VAR 모형에 오차수정 부분을 포함함으로써 표현될 수 있다. VECM 모형에 대한 초기의 종합적 연구논문으로서는 Engle and Granger(1987)가 있다. 이들은 최근에 많이 사용되고 있는 최우추정법(MLE, Maximum Likelihood Estimation)을 통한 공적분 검증이 아닌, 잔차 기준 검증(residual-based test) 방법을 제시하고 있다. 본 논문에서도 이들의 방법론에 따라 잔차 기준 검증을 통해 공적분을 검증하고 있다.

한편, Hoover, Johansen and Juselius(2008)은 VECM 모형을 CVAR(Cointegrated VAR)으로 명기하고, 이 방법론의 우수성을 아주 간략하면서도 강력하게 제시하고 있다. 익히 알려진 바와 같이, VECM 모형은 공적분 관계(cointegrating relationship)와 오차항에 대한 조정계수(adjusting coefficient)를 통해 관련 변수 간의 균형으로의 당김(pulling forces)을 설명하고, VAR 부분을 통해 단

기적 변동을 설명하고 있다. 나아가 이들은 실증적 증거가 경제학의 추동의 힘(pushing force)이 되고, 경제학 이론이 이에 맞춰 수정되어 나가야 함을 역설하고 있다. 즉 VECM에 의해 발견되어지는 불안정한(nonstationary) 경제변수 간의 실증적 패턴이 경제이론에 의해 설명되어야 한다는 것이다.

2. 다변량 시계열 모형의 해운산업에의 적용

Luo, Fan and Liu(2009)는 구조 방정식을 통해 본 연구와 같이 컨테이너선 시장에서 수급변수에 의해 운임이 결정되는 실증분석 방정식을 추정했다. 본 연구에서는 수요, 공급, 가격 변수를 모두 VAR 모형 또는 VECM 모형에 적용한데 비해, Luo, Fan and Liu(2009)는 해운경제학적 행태식(behavioral equation)을 가정했다는 차이가 있다. 즉 이들은 운송량은 모형 밖에서 주어지는 것으로 간주하고, 선박량은 2년 전(신조선 건조 소요 시간) 이윤율에 의해 결정되고, 운임은 이러한 운송량과 선박량을 균형으로 유도하는 수준에서 결정된다는 것이다.

허남균·정재윤·김상용(2009)은 항공수요 예측분야에서 사용되는 계절형 ARIMA 모형과 다변형 계절형 시계열모형을 비교하여 국제 여객수요와 국제 화물 수요예측시 다변량시계열 모형이 예측의 정확도 면에서 우수하다는 것을 보여주었다.

한편, 건화물선 시장에 대한 다변량 시계열 분석 연구로서 임종관·김우호·고병욱(2010)의 연구가 있다. 이들은 본 논문과 같이, 건화물선의 운송량, 선박량, 운임 자료를 활용하여, Stock and Watson(2001)에서 보여주고 있는 바와 같이, VAR 모형이 경제변수의 기술(description)에 적합한 실증분석 수단임을 보여주고 있다.

Yin, Luo and Fan(2017)은 VAR 모형 및 VECM 모형을 활용하여 건화물선 시장에서의 현물 운임(spot rate)과 선물 운임(FFA rate) 간의 관계를 월간 자료에 기반하여 실증적으로 보여주고 있다. 나아가 특정 운송 화물량과 선박량 변수를 외생 변수

로 반영하여 통계적 유의성을 분석하고 있다.

한편, 최근에 VECM 모형을 활용하여 주요 해상 운송시장의 운임의 동태적 특성을 규명한 일련의 연구 논문이 있다. 고병욱·안영균(2018)은 글로벌 화학제품 운반선 운임의 결정요인으로 물동량, 선박량, 연료유 가격, 리보 금리를 가정하고, 이들 변수 간에 공적분 관계가 있음을 보이고 있다.

한편, 안영균·고병욱(2018a)에서는 고병욱·안영균(2018)의 방법론을 활용하여, 건화물선 시장의 운임이 물동량, 선박량, 연료유 가격, 리보 금리와 공적분 관계가 있음을 보이고 있다. 안영균·고병욱(2018b)은 초대형 원유운반선 시장에서, 안영균·고병욱(2018c)은 컨테이너선 시장에서, 고병욱·안영균(2018)의 방법론을 활용하여 운임과 수급 변수, 연료유 가격 및 리보 금리 간에 공적분 관계가 있음을 보이고 있다.

III. 실증 모형 및 자료 설명

1. 실증 모형

본 연구에서 사용하는 다변량 시계열 모형은 벡터자기회귀(VAR, Vector AutoRegression) 모형과 벡터오차수정 모형(VECM, Vector Error Correction Model)이다.

1) VAR 모형

먼저 다음과 같은 동태적 연립방정식 모형(dynamic simultaneous equations model)을 생각할 수 있다.

$$B \Delta Y_t = \Gamma \Delta Y_{t-1} + E_t, \quad (1)$$

$$\text{여기서 } \Delta Y_t = \begin{bmatrix} \Delta y_{1t} \\ \Delta y_{2t} \\ \Delta y_{3t} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix}, \Gamma = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} \end{bmatrix},$$

$$E_t = \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \end{bmatrix} \sim iid \left[\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right].$$

한편 우리가 통상적인 최소자승법(OLS, Ordinary Least Squares)을 적용할 수 있는 VAR 모형은 다음과 같이 유도할 수 있다.

1단계) 식(1)의 양변에 B^{-1} 을 앞에서 곱하면 다음과 같다.

$$B^{-1}B \Delta Y_t = B^{-1}\Gamma \Delta Y_{t-1} + B^{-1}E_t. \quad (2)$$

2단계) 식(2)을 풀어 쓰면 다음과 같다.

$$\Delta Y_t = \Phi \Delta Y_{t-1} + U_t, \quad (3)$$

여기서 $\Phi = B^{-1}\Gamma$, $U_t = B^{-1}E_t$,

$$U_t = \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \end{bmatrix} \sim iid \left[\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \Omega \equiv \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_3^2 \end{bmatrix} \right].$$

우리는 식(3)에서 추정할 모수(parameters)를 이용해 식(1)의 계수를 도출해야 한다. 여기서 식(1)의 모수의 개수와 식(3)의 모수의 개수의 차이가 $(n^2 - n)/2$ (여기서 n 은 ΔY_t 벡터의 원소의 개수)이므로, 여기서는 $n=3$ 이기 때문에, 3개만큼 식별 제약(identifying restrictions)이 필요하다.

본 연구에서는 ΔY_t 가 운송량 변화율, 선박량 변화율, 운임 변화율의 순서로 정의된 축차형(recursive) VAR 모형을 가정한다. 즉 운송량이 가장 외생적으로 결정되고, 선박량이 그 다음, 운임이 가장 내생적으로 결정된다고 가정한다는 의미이다. 이 같은 가정은 해운산업계 종사자들이 일상에서 받아들이고 있는 경험과 부합하는 것으로 이해된다. 즉 운송량은 세계 무역 여건에 따라 해운산업 외부에서 결정되고, 운임은 운송량과 선박량을 균형으로 수렴시키는 가격변수로서 내생적으로 결정된다는 경험칙을 모형에 도입하는 것이다. 이렇게 본 연구에서는 구조적 VAR (structural VAR)모형의 하나로 축차형 VAR 모형을 활용한다.

위와 같은 축차형 VAR 모형이 수용가능하면, 행

렬 B는 하삼각행렬(lower triangular matrix)이 된다. 따라서 아래와 같이 B^{-1} 를 추정할 수 있다.

$U_t = B^{-1}E_t$ 이기 때문에 콜레스키 분해(Cholesky Decomposition)를 이용해 다음과 같이 B^{-1} 를 계산할 수 있다.

$$B^{-1} = chol(\Omega).$$

나아가 우리가 분석하는 VAR 모형이 안정적이면(stationary), Wold 표현법(Wold representation)을 사용하여 식(3)을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\Delta Y = \Theta_0 E_t + \Theta_1 E_{t-1} + \Theta_2 E_{t-2} + \dots \quad (4)$$

$$\text{여기서 } \Theta_0 = B^{-1}, \Theta_1 = \Phi B^{-1}, \Theta_2 = \Phi^2 B^{-1}, \dots$$

한편, 다음과 같이 표기법을 정한다.

$$\Phi_i \equiv \begin{bmatrix} \theta_{11}^i & \theta_{12}^i & \theta_{13}^i \\ \theta_{21}^i & \theta_{22}^i & \theta_{23}^i \\ \theta_{31}^i & \theta_{32}^i & \theta_{33}^i \end{bmatrix}.$$

식(4)에 기반하여 서로 상관관계가 없는 e_{1t} (수요 충격), e_{2t} (공급 충격), e_{3t} (가격 충격)이 Δy_{1t} (운송량 변화율), Δy_{2t} (선박량 변화율), Δy_{3t} (운임 변화율)에 미치는 영향을 분석할 수 있다. 구체적으로 j 충격(j=수요, 공급, 또는 가격)이 k 기간 후에 i 변수(i= 운송량, 선박량, 운임)에 미치는 영향은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial \Delta y_{i+k}}{\partial e_{jt}} = \frac{\partial \Delta y_i}{\partial e_{j,t-k}} = \theta_{ij}^k. \quad (5)$$

다음으로 각 변수(Δy_{1t} , Δy_{2t} , Δy_{3t})의 예측에 있어, 예측오차(forecasting error)를 만들어 내는 충격들의 상대적 비중을 분석하기 위해 예측 오차의 분산을 분석할 수 있다.

먼저, t 시점까지의 관찰 자료를 활용해 p 기 이후의 ΔY_t 값, 즉 $E[\Delta Y_{t+p} | I_t]$ 를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$E[\Delta Y_{t+p} | I_t] = \Phi_p E_t + \Phi_{p+1} E_{t-1} + \dots$$

예를 들어, 이러한 표기법을 이용해 t 시점에서 ΔY_{t+1} 을 예측하면서 발생하는 예측오차($\eta_{t+1|t}$)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \eta_{t+1|t} &\equiv \Delta Y_{t+1} - E[\Delta Y_{t+1} | I_t] \\ &= \Phi_0 E_{t+1} \\ &= \begin{bmatrix} \theta_{11}^0 e_{1t+1} + \theta_{12}^0 e_{2t+1} + \theta_{13}^0 e_{3t+1} \\ \theta_{21}^0 e_{1t+1} + \theta_{22}^0 e_{2t+1} + \theta_{23}^0 e_{3t+1} \\ \theta_{31}^0 e_{1t+1} + \theta_{32}^0 e_{2t+1} + \theta_{33}^0 e_{3t+1} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Δy_{it+1} 의 예측에 e_{jt+1} 가 차지하는 비중을 유도하기 위해 e_{jt+1} 의 분산이 1이라는 사실을 적용하여 계산식을 도출하면 다음과 같다.

$$\text{Fraction of } e_j = \frac{(\theta_{ij}^0)^2}{\sum_{k=1}^3 (\theta_{ik}^0)^2}. \quad (6)$$

이와 같은 방식으로 p 기 이후의 예측오차에 대한 분석을 수행할 수 있다.

2) VECM 모형

지금까지의 VAR 모형은 Δy_{1t} (운송량 변화율), Δy_{2t} (선박량 변화율), Δy_{3t} (운임 변화율)이 안정적인 것으로 가정했다. 뒤에 살펴볼 단위근 검증에서 알 수 있듯이, 이들 변수들은 수준값에서는 불안정하기 때문에, 1차 차분하여 안정적인 변수로 변환할 수 있다. 즉 1차 차분을 통해 VAR 모형을 적용할 수 있는 것이다.

한편, y_{1t} (운송량), y_{2t} (선박량), y_{3t} (운임)이 수준값 사이에서 일정한 선형(linear) 관계를 지니는 경우, 이를 공적분 관계(cointegrating relationship)가 있다고 한다. Engle and Granger(1987)에 따르면 공적분 관계에 있는 변수들은 아래와 같은 VECM 모형으로 표현이 가능하다.

$$\Delta Y_t = C \Delta Y_{t-1} + \alpha \beta Y_{t-1} + V_t, \quad (7)$$

$$\text{여기서 } C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix},$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix},$$

β 는 공적분 관계를 나타내는 계수 행렬 그리고 V_t 는 충격항.

본 연구에서는 해운시장의 경험에 기초해 운임은 운송량과 선박량의 영향을 받으며 이들 수급에 맞추어 조정되는 것으로 이해한다. 따라서 다음과 같은 공적분 관계가 있을 것으로 생각한다.

$$y_{3t} = a + \beta_1 y_{1t} + \beta_2 y_{2t} + z_t.$$

따라서 식(7)을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$\Delta Y_t = C \Delta Y_{t-1} + \alpha z_{t-1} + V_t, \quad (8)$$

$$\text{여기서 } z_{t-1} = y_{3t-1} - (a + \beta_1 y_{1t-1} + \beta_2 y_{2t-1}).$$

2. 자료 설명

본 연구에서는 운송량은 톤(ton), 선박량은 재화 중량톤수(DWT), 운임은 Clarksons에서 제공하는 용선료 값(달러/일)을 사용했다. 표본기간은 1990년부터 2018년까지이다.

표 1. 변수의 설명

구분	설명
운송량	해당 연도 운송량(톤)
선박량	해당 연도 말기 선박량(DWT)
운임	Clarksons Average Containership Earnings(달러/일)

각 변수는 자연로그 값으로 변환하였다. 따라서 y_{it} 는 i 변수의 자연로그 값이 되고, Δy_{it} 는 지수 변화율(exponential change rate)이 된다.

1) 단위근 검증

우선 각 변수의 안정성(stationarity)을 다음 수식과 같이 ADF(Augmented Dickey-Fuller) test를 통해 검증했다.

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x_t' \delta + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + v_t$$

단, 여기서는 x_t 는 상수만 포함

최적 시차 개수는 SIC(Schwarz Information Criterion)를 활용하여 산정했으며, 그 결과는 다음과 같다.

표 2. 변수의 단위근 검증

		t-값	p-값
운송량	수준값	-2.275	0.186
	1차 차분	-4.446	0.001
선박량	수준값	-2.006	0.282
	1차 차분	-2.267	0.189
운임	수준값	-2.325	0.171
	1차 차분	-5.601	0.0001

위의 표에서 알 수 있듯이, 각 변수들은 수준값에서 불안정하며, 1차 차분하는 경우 선박량을 제외하고는 단위근이 있다는 귀무가설을 1% 유의수준에서도 기각하는 것으로 나타났다.

2) 공적분 검증¹⁾

본 연구에서는 공적분 검증을 위해 다음과 같이 잔차 기준 검증(residual-based test)을 실시한다.

1단계) OLS를 이용한 공적분 벡터를 추정

1) 본 연구에서는 공적분 검증을 위해 Hamilton(1994)에서 Phillips and Ouliaris(1990)를 인용하여 제시하고 있는 2단계 추론 과정을 활용했다. 한편, 고병욱-안영균(2018)에서는 분석의 용이성을 위해 추정된 벡터가 실제 모수값이라고 가정하고, 잔차항의 단위근을 검증하는 2단계 추론을 하고 있다. 그러나, 엄밀하게는 공적분 관계가 없다는 가설이 귀무가설이 되기 때문에, 잔차항의 단위근을 검증할 때, 임계치가 전통적인 분포를 따르지 않는다는 점을 반영하지 못하고 있다는 점에서 이 논문의 한계가 있다.

$$y_{3t} = -1.08 + 4.63 \times y_{1t} - 4.43 \times y_{2t} + \hat{z}_t \quad (9)$$

2단계) \hat{z}_t 의 단위근 검증

표 3. \hat{z}_t 의 단위근 검증

DF t-값	7.5% 임계치
-3.79	-3.65

주 : Phillips and Ouliaris(1990)의 p.190; 7.5% 임계치는 Hamilton(1994)의 p.766의 Table B.9에서 재인용

위의 표에서 보는 바와 같이, 7.5% 유의수준에서 “공적분이 없다” 라는 귀무가설을 기각할 수 있다. 따라서 통계적으로 y_{1t} (운송량), y_{2t} (선박량), y_{3t} (운임)이 수준값 사이에서 일정한 선형(linear) 관계를 지니는 것으로 추론된다.

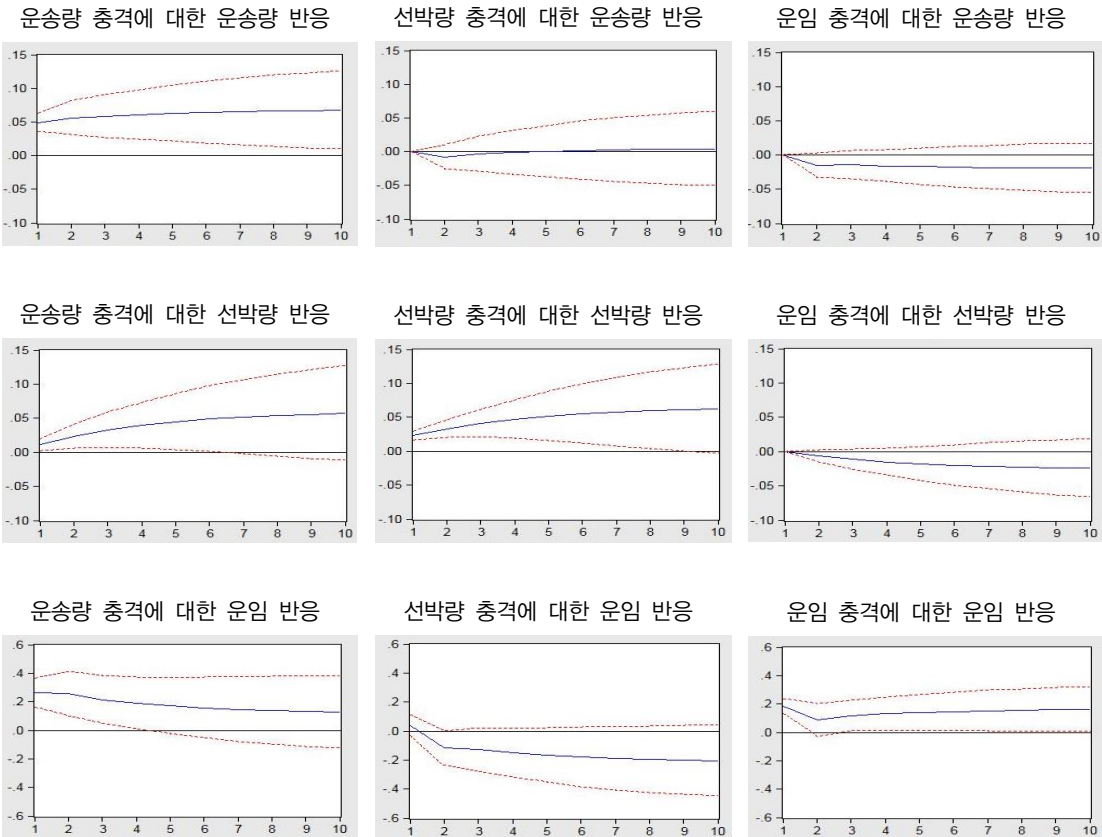
IV. 실증 분석 결과와 해석

1. 충격 반응 분석

아래의 충격 반응 분석은 식(5)에 의해 계산되는 각각의 충격에 반응하는 변수들의 변화율의 합계, 즉 누적 반응(accumulated response)을 보여주고 있다.

먼저 운송량(y_{1t})는 운송량 자체의 충격에 가장 크게 반응하는 것으로 나타난다. 구체적으로 운송량은 선박량, 운임에 대해서는 거의 반응하지 않는다.

그림 1 컨테이너선 시장의 충격 반응



이는 해운의 수요 변수인 운송량이 해운 산업 내에서 결정되기 보다는, 국제무역 여건 등의 외생적 요인에 의해 결정된다는 해운산업계의 경험과도 일치하는 것이다.

다음으로 선박량(y_{2t})은 운송량 충격이 발생하면 이에 대응해서 꾸준히 선박량이 늘어나는 모습을 보여주고 있다. 그러나 운임 충격에 대해서는 이론적으로는 선박량이 늘어나는 반응이 기대되지만, 실증분석에서는 통계적 유의성은 낮지만 오히려 줄어드는 모습을 보이고 있다.

한편, 운임은 수요 변수인 운송량에 대해서는 상승하는 모습을 보이고 있고, 공급 변수인 선박량에 대해서는 하락하는 모습을 보여 이론적 예측과 부합하는 것으로 나타났다.

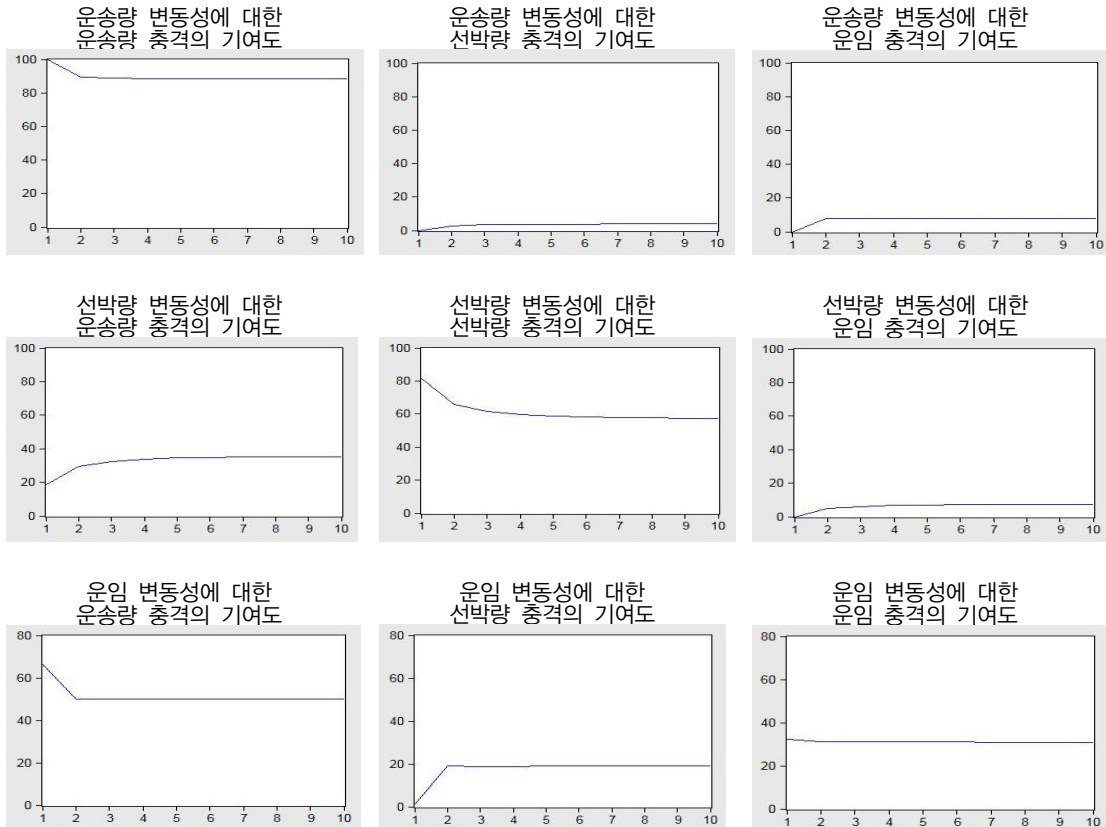
2. 예측 오차 분석

아래의 예측 오차 분석은 식(6)을 이용하여 각 변수의 예측 오차(미래의 변동성 또는 불확실성)에서 각각의 충격 요인이 기여하는 비중을 보여주고 있다.

먼저 운송량의 변동성에 있어 가장 큰 설명력을 지니는 충격은 운송량 자체의 충격인 것으로 나타난다. 이는 충격 반응 분석에서와 같이, 운송량이 해운산업의 내부 요인에 의해 결정되기 보다는 외생적으로 결정된다는 사실을 뒷받침하는 것으로 해석된다.

다음으로 선박량 변동성은 선박량 자체의 충격이 가장 큰 비중을 차지하고, 운송량 충격이 두 번째

그림 2 컨테이너선 시장의 예측 오차 분석



로 기여하는 것으로 나타났다. 한편, 선박의 수익 창출의 기반이 되는 운임의 기여도는 매우 낮은 것으로 보인다. 이는 선박량이 시장의 수급 균형과 가격에 의해 설명되기 보다는 서비스 공급자인 선사들의 전략적 선박투자과 선박 공급자인 조선소의 자체 마케팅 활동 등에 의해 큰 영향을 받는다는 가설로 이어질 수 있다. 이 같은 특징은 건화물선 시장의 경우, 선박량 변동성에 운송량이라는 수요 충격이 가장 큰 기여를 하고 있다는 점과 다소 차이를 보이는 것이다. 나아가 현재의 선박량은 2기 전의 운임에 영향을 받는 시간 지연 효과도 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 그리고 수요인 운송량이 가격 변수보다는 선박량 변동성의 근본 요인임을 보여주는 결과로 해석된다.

마지막으로 운임의 변동성은 (운송량 충격) > (운임 자체 충격) > (선박량 충격)의 순으로 설명됨을 알 수 있다. 가장 작은 비중은 차지하는 선박량의 비중도 약 20% 수준으로 적지 않기 때문에, 운임은 수요 및 공급 요인의 불확실성이 미래 불확실성의 근원임을 알 수 있다.

특히 주목되는 것은 해운산업 외부에서 결정되는 운송량이 운임 변동성의 50% 이상을 차지하고 있다는 사실이다. 이러한 실증분석 결과는 컨테이너 선박의 투자에 있어, 원리금 회수의 기반이 되는 운임의 변동성이 해운산업의 외부적 요인에 의해 결정된다는 것을 의미한다. 따라서 해운산업이 통제할 수 있는 영역을 벗어나는 운송량 변수에 의해 크게 영향을 받는 미래 운임 수입 흐름을 현재가치화 하여 선박 투자의 의사결정을 수행하는 관행이 근본적으로 컨테이너선 시장의 특성과 상충관계를 만들 수 있음을 보여주는 것이다.

3. 공적분 분석

앞서 식(9)를 이용해 공적분 검증을 수행한 결과, 운송량, 선박량, 운임 간에 공적분이 있다고 추론한 바 있다. 여기서는 공적분 관계식으로 표현되

는 회귀식의 설명력과 공적분 관계에서 도출되는 오차항이 운임 변화율에 미치는 영향에 대해서 분석한다.

먼저 식(9)의 추정 결과를 보다 상세히 정리하면 다음과 같다. 표에서 보는 바와 같이, 운송량은 운임 상승으로, 선박량은 운임 하락으로 이어짐을 확인할 수 있다.

표 4. 공적분 벡터의 추정

회귀식 : $y_{3t} = c + \beta_1 y_{1t} + \beta_2 y_{2t} + z_t$				
구분	c	β_1	β_2	조정 R^2
추정치	-1.08	4.63	-4.43	0.74
t-값	-0.67	7.40	-7.89	

위의 결과는 공적분 관계를 이용해 미래 운송량과 선박량의 예측치가 주어질 경우 운임을 예측할 수 있다는 것을 보여준다.

한편, 공적분 관계에서 도출되는 오차항을 이용해 VECM 모형의 추정이 가능하다. 여기서는 운임 변화율에 대한 다음의 회귀식의 추정결과를 검토한다.

표 5. 오차항을 이용한 운임 변화율 방정식 추정 결과

회귀식 :					
$\Delta y_{3t} = c_0 + c_1 \Delta y_{1t-1} + c_2 \Delta y_{2t-1} + \alpha_3 z_{t-1} + v_{3t}$					
구분	c_0	c_1	c_2	α_3	조정 R^2
추정치	-0.002	0.02	-0.23	-1.19	0.43
t-값	-0.01	0.01	-0.10	-3.85	

조정 R^2 이 0.43 수준임을 감안하면 운임 변화율의 예측에도 VECM 모형이 어느 정도 유용하게 사용될 수 있음을 보여주고 있다. 또한 공적분 관계의 오차항에 대한 운임 변화율의 조정 속도 (adjustment speed)를 나타내는 α_3 또한 이론에 예측하는 바와 같이 음수로 나타나, 1기 전에 운임이 균형치 보다 큰 경우(작은 경우), 다음 기의 운임은 하락(상승)하는 압력을 받는 것을 보여 준다.

V. 시사점

앞의 세 가지 실증분석(충격 반응 분석, 예측 오차 분석, 공적분 분석)은 시장의 동태적 움직임을 다변량 시계열 모형으로 정량화했을 뿐 아니라, 선박 투자, 운임 예측, 선사의 전략 수립 등에 실천적 시사점을 제공한다.

먼저 선박 투자 관점에서는 운임의 예측 오차에서 가장 외생적 요인인 운송량 충격이 50% 이상의 기여도를 나타내고 있다는 사실이 주목된다. 운재용-전형진고병욱(2016)이 선사 및 금융투자자 등을 대상으로 AHP 분석을 한 바에 따르면, 초대형 컨테이너선의 투자는 재무리스크를 가장 중요한 지표로 사용하고 있으며, 선사와 금융기관과의 정보의 비대칭성이 존재하고 있어 이를 해소하지 못할 경우 금융기관의 투자기회는 위축되기 때문에 선사와 금융기관이 함께 사용할 수 있는 객관적 지표 개발이 중요하단 것이다. DSCR, 용선료/매출액, EBIT/매출액 등 주요지표 외에도 운임수입의 불확실성이 중요하며, 운임수입 불확실성의 50% 이상은 외생적 인 운송량 충격에 좌우된다는 측면에서 연결고리를 가지고 있다. 선사는 선박금융 조달시 낮은 이율로 충분한 자금을 조달하고자 하나 선사가 통제할 수 없는 요인(운송량 충격)에 의해 선박투자자금의 원리금 회수의 기초가 되는 운임이 결정되기 때문에 금융기관이 요구하는 신용등급, 대출기간 등에 따라 원리금 상환계약을 맺을 수 밖에 없다는 것이다.

두 번째로, 본 연구를 통해 1년 후의 연평균 운임을 예측하는 두 가지 예측 모형이 제시되었다. 운임 수준을 예측하기 위해서는 공적분 벡터를 추정하는 회귀식 자체를 예측 모형으로 사용할 수 있고, 운임 변화율을 예측하기 위해서는 오차항이 포함된 VECM 모형을 활용할 수 있다. 전자의 공적분 벡터를 사용하는 경우는 예측대상 시점의 변수의 값이 주어져야 하기 때문에, 1 기 전의 값만을 가지고 예측을 수행할 수 있는 VECM 모형에 비해 현실적 활

용 가능성이 떨어진다고 볼 수 있다. 한편, VAR 모형에서도 VECM 모형과 같이 1 기전의 값만을 가지고 미래의 운임 변화율을 예측할 수 있다.

마지막으로 선사의 전략 수립과 관련하여 선박금융 계약방식의 개선과 영업 전략적 시사점을 논의해 볼 수 있다. 우선 선박금융 계약방식의 경우, 고정금리 이거나 변동금리이더라도 시황과 연계되지 않고 Libor 금리 변동에 따라 금리가 변하는 계약을 하고 있는 것으로 알려져 있다. 이렇게 선사의 수익흐름의 변동성과 관련 없이 원리금의 회수가 이루어지면, 해운 불황기에 불가피한 금융 경색과 함께 원리금 상환의 부담이 겹치면서 운항 선사의 재무적 위험이 커지는 문제가 심화될 우려가 있다. 따라서 GDP 연계 채권(GDP-linked bond)과 같이 시황 연계(cycle-linked) 원리금 상환 계약의 도입을 검토하는 것이 해운산업의 특성에 부합하는 금융혁신 과제로 판단된다.

다음으로 선사가 화주를 대상으로 집화 마케팅을 수행하면서 시황 지표와 반대로 움직이는 운임 항목을 두는 전략을 도입하는 것을 검토해 볼 수 있다. 즉 SCFI 등의 운임 지표가 상승할 경우에는 선사의 운임 수입이 호전되기 때문에, 상승한 운임의 일정 부분을 할인하여 화주에게 운임을 청구하는 것이다. 반대로 운임 지표가 하락하는 경우에는 선사의 운임 수입이 악화되기 때문에, 하락한 운임의 일정 부분을 할증 운임에 포함하여 화주에게 운임을 청구하는 마케팅 전략을 도입하는 것을 검토해 볼 수 있을 것이다.

VI. 결론

본 연구는 VAR 모형 및 VECM 모형을 이용해 컨테이너 해운산업의 수급 요인과 가격 변화가 상호 작용하는 메카니즘을 정량적으로 분석했다는 점에서 의의가 있다. 분석 결과에 따르면, 컨테이너

해운시장에서 가장 외생적인 운송량(수요) 변수가 전체 컨테이너 해운시장의 동태적 움직임에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 실증적으로 확인할 수 있었다. 따라서 이렇게 도출된 실증적 패턴에 기초해서 컨테이너선 투자의 기업 금융적 성격에 대한 해석이 제시되었으며, 1년 후의 운임 예측에 대한 방법론을 권고할 수 있었고, 시황 연계 원리금 상황과 화주와의 시황 연계 운임 계약의 도입을 제안할 수 있었다.

한 가지의 연구 한계점과 두 가지의 향후 연구 과제를 제안하면서 결론에 갈음하고자 한다. 먼저 본 연구는 운임 상승에 반응하여 선박량이 감소하는 이론과 상반되는 패턴을 보여주고 있는 바, 이러한 변칙(anomaly)을 해소할 수 있는 방법론적 개선이 필요하다. 미래 연구 과제와 관련하여, 우선 본 연구에서 수행한 다변량 시계열 분석방법론을 건화물선 시장, 유조선 시장에 적용하여 컨테이너선 시장과의 유사성과 차이점을 분석해 보는 연구가 필요하다. 이를 통해 해운업계 종사자들이 실제 업무 과정에서 획득한 지식을 모형을 통해 실증적으로 검증해 볼 수 있을 것이다. 두 번째 후속 연구 주제로는, 다변량 시계열 모형을 이용한 연구를 시변계수모형으로 확장하는 것을 권고할 수 있다. 해운시장의 변동성은 여타의 금융시장과 비교하여 결코 적지 않다. 따라서 변수의 값만이 변하는 것이 아니라, 변수들 간의 관계를 나타내는 계수의 값들도 변할 수 있다고 생각하는 것이 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

고병욱 · 안영균(2018), 글로벌 화학제품 운반선 운임에 영향을 미치는 주요 요인에 관한 연구, 해운물류연구, 제99호, 251-269.
 김대진 · 김주현(2019), 중국 선박금융 시장 연구를 통한 국내 선박금융 활성화, 한국항만경제학지, 제35집

제2호, 1-20.
 안영균 · 고병욱(2018a), 세계 건화물선 시장의 운임 결정 요인 분석, 국제상학, 제33권 제4호, 2018, 211-224.
 안영균 · 고병욱(2018b), 초대형 원유운반선 운임에 영향을 미치는 주요 요인에 관한 연구, 해운물류연구, 제101호, 545-563.
 안영균 · 고병욱(2018c), 컨테이너 운임에 미치는 영향요인 분석, 무역학회지, 제43권 제5호, 159-177.
 윤재용 · 전형진 · 고병욱(2016), AHP를 이용한 초대형 컨테이너선 투자리스크 우선순위 분석, 77-104.
 임종관 · 김우호 · 고병욱(2010), 벡터자기상관 모형을 이용한 건화물선 시장 분석, 해운물류연구, 제64호, 17-35.
 허남균 · 정재윤 · 김삼용(2009), 다변량 시계열 모형을 이용한 항공수요 예측 연구, 응용통계연구, 제22호, 1007-1017.
 Engle, R. F. and C. W. J. Granger(1987), Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing, *Econometrica*, 55(2), 251-276.
 Hamilton, J. D.(1994) *Time Series Analysis*.
 Hoover, K. D., S. Johansen and K. Juselius(2008), Allowing the Data to Speak Freely: The Macroeconomics of the Cointegrated Vector Autoregression, *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 98(2), 251-255.
 Luo, M., L. Fan and L. Liu(2009), An Econometric Analysis for Container Shipping Market, *Maritime Policy and Management*, 36(6), 507-523.
 Phillips, P. C. B. and S. Ouliaris(1990), Asymptotic Properties of Residual Based Tests for Cointegration, *Econometrica*, 58(1), 165-193.
 Sims, C. A.(1980), Macroeconomics and Reality, *Econometrica*, 48(1), 1-48.
 Stock, J. H. and M. W. Watson(2001), Vector Autoregressions,, *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 101-115.
 Yin, J. B., M. F. Luo and L. X. Fan(2017), "Dynamics and interactions between spot and forward freights in the dry bulk shipping market", *Maritime Policy & Management*, 44(2), 271-288.

다변량 시계열 모형을 이용한 컨테이너선 시장 분석

고병욱 · 김대진

국문요약

본 연구는 컨테이너 해운산업의 경쟁력 제고와 발전을 위해 다변량 시계열 모형을 이용한 컨테이너선 시장의 실증적 분석에 기초하여 컨테이너 해운시장의 동태적 움직임에 대한 전략을 제시하고자 했다. 분석 방법론으로는 벡터자기회귀모형(VAR), 벡터오차수정모형(VECM) 등의 다변량 시계열 모형을 사용했다. 실증분석을 위해 컨테이너선 시장의 연간 운송량, 선박량, 운임 자료를 활용했다. 분석 결과에 따르면, 가장 외생적 변수인 운송량 변수가 전체 컨테이너선 시장의 동태적 움직임에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 실증분석 결과에 기초하여 본 논문은 선박 투자, 운임 예측, 선사의 전략 수립 등에 대한 시사점을 제시했다. 선박 투자와 관련해서는 해운시장의 외생 변수인 운송량이 운임 불확실성에 가장 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 미래 운임수입 흐름에 기반한 프로젝트 금융 보다는 운항 선주의 재무적 안정성을 강조하는 기업 금융 방식이 컨테이너선 투자의 위험관리에 적합하다는 것을 알 수 있다. 운임 예측과 관련해서는 미래 예측대상 시점의 변수 값을 사용하는 단순 회귀 예측에 비해 과거의 값만으로 예측값을 도출할 수 있는 VAR 모형 또는 VECM 모형이 보다 현실성이 있다는 점을 살피고 있다. 마지막으로 선사의 전략 수립과 관련하여 시황과 연계한 원리금 상환 계약과 회주와의 운송 계약 도입을 권고하고 있다.

주제어: 컨테이너 해운산업, 다변량 시계열 모형, VAR 모형, VECM 모형