

분위수 공적분 모형과 해운 경기변동 분석*

김현석**

Quantile Co-integration Application for Maritime Business Fluctuation

Kim, Hyun-Sok

Abstract

In this study, we estimate the quantile-regression framework of the shipping industry for the Capesize used ship, which is a typical raw material transportation from January 2000 to December 2021. This research aims two main contributions. First, we analyze the relationship between the Capesize used ship, which is a typical type in the raw material transportation market, and the freight market, for which mixed empirical analysis results are presented. Second, we present an empirical analysis model that considers the structural transformation proposed in the Hyunsok Kim and Myung-hee Chang(2020a) study in quantile-regression. In structural change investigations, the empirical results confirm that the quantile model is able to overcome the problems caused by non-stationarity in time series analysis. Then, the long-run relationship of the co-integration framework divided into long and short-run effects of exogenous variables, and this is extended to a prediction model subdivided by quantile. The results are the basis for extending the analysis based on the shipping theory to artificial intelligence and machine learning approaches.

Key words: Maritime Business Cycle, Quantile Regression, Quantile Co-integration

▷ 논문접수: 2022. 6. 10.

▷ 심사완료: 2022. 6. 29.

▷ 게재확정: 2022. 06. 29.

* 이 과제는 부산대학교 교수국외장기과건지원비에 의하여 연구되었음

** 부산대학교 경제학과 교수, 제1저자, hyunsok.kim@pusan.ac.kr

I. 서론

건화물선은 물류 공급망 설계에서 핵심적으로 운영되며, 선박의 화물 용량에 따라 크게 Handysize, Handymax, Panamax 및 Capesize로 구분한다. 석탄과 철광석 같은 원재료는 일반적으로 크기가 120,000톤 이상의 Capesize 벌크선으로 운송하며 해운산업에 대한 투자자는 주요 상품 거래의 운임수익을 기준으로 신규 및 중고 자산 취득에 자본을 할당한다. 즉, 해운산업에 대한 투자도 선박 운용에 의한 현금 창출로 발생하는 영업 이익을 포함하여 선박 자산의 가치변화를 수반한다. 이때, 매수-매도 스프레드에 의한 가치투자 전략(asset play)¹⁾은 기존 금융 자산과 유사한 투자 전략에 의존하며, 포트폴리오 관리는 필수 구성 요소다.

투자 자산에 대한 신용평가 측면에서 은행의 재무감사는 자산 가치하락에 대해 일반적으로 최소 담보약정으로 관리하는 유형자산 손상차손에 주의해야 한다(Duru, 2018, p. 8장). 이를 Capesize 중고선의 구체적인 사례로 살펴보면 지난 30년 동안 중고 자산 시장에서 Capesize는 USD 30-140백만 수준의 가격에 머물면서, USD 50백만 이상에서 상대적으로 높은 변동성을 나타보인다. 그러나 해운 경기변동을 나타내는 건화물선 운임지수의 급격한 충격을 포함하는 2008년 6월 대형 Capesize(120k+ metric ton)가 USD 140백만 달러에 판매되었으나, 동일한 자산이 2008년 11월에 40백만 달러에 거래되었다. 이는 6개월 만에 약 USD 100백만의 급격한 자산가치 변동을 보인다. 이는 해운 자산을 대표하는 선박 가치를

2008년 해운 경기변동과 연계한 분석의 중요성을 보여주는 대표적인 사례다. 이는 금융기관의 선박에 대한 담보자산 가치측정에서 해운 경기변동과 연계된 신용 분석이 무엇보다 중요함을 보여준다.

김현석·장명희(2014a, 2014b, 2014c, 2020b)의 선박 자산 가격과 해운 경기변동 분석에서 제기된 바와 같이 해운 서비스 공급의 경직성은 새로운 화물 운송 수단을 구축하여 선단에 인도하는데 요구되는 기간과 투자자의 결정, 투자 실현 사이에 경직된 시차가 존재함을 지적한다. 그러나 여전히 해운 자산 가격을 거미집 이론(coweb theory)이 적용되는 것으로 오인하여 투자를 유도한다(Greenwood and Hanson, 2015)는 문제를 다양한 연구에서 제기한다.

시장 진입-퇴출 결정을 통해 투자 시기와 성과 측정을 위한 연구는 해상운송 자산 가격에 대한 잠재적인 예측 변수로서 운임 등의 해운 경기지표가 미래 자산가치 변화에 대한 예측력과 연관성이 높음을 보인다. 기존 연구는 다양한 실증분석으로부터 요인 분석과 예측의 정확성을 동시한 평가한 결과를 제시한다. 특히, 분석 결과는 다양한 선령 및 선박 프로파일로부터 벌크선에 대한 주어진 예측 모형의 요인 간 인과관계와 향상된 정확도를 제시하고, 최근 기계학습(machine learning, 이하 ML)과 같은 사전정보 학습을 통한 경험자료의 분석은 향상된 예측력을 나타내지만, 이론모형과의 연관성을 찾기 어려운 한계가 존재한다.

따라서 본 연구는 두 가지 측면의 학술적 기여를 목표로 한다. 첫째, 대표적 중고선 가격을 통해 해운 경기지표와 선박 가격변화의 관계를 분석한다. 기존 연구의 해운 경기지표와 선박 가격지표가 개별 시계열 자료를 가중평균으로 사용하는 반면 본 연구는 건화물선 시장의 대표로 Capesize 선종의 선가와 운임을 대상으로 한다. 둘째, 분위수(quantile) 추정을 공격분 모형으로 확장한다. 이는 기존 연구에서 드러난 선가와 해운 경기지표에 대한 개별 시계열 자료의 불안정성(nonstationarity)과 비선형성(nonlinearity)

1) Lynch 는 asseet play를 투자자가 시장에서 저평가되었다고 생각되는 자산을 적극적으로 찾을 때 가치투자와 유사하다고 정의한다. 이 전략을 사용하는 투자자는 시장이 좋은 소식과 나쁜 소식에 과민 반응을 하여 기업의 장기적 펀더멘털과 일치하지 않는 주가 움직임을 일으켜 가격이 하락할 때 이익을 얻을 수 있는 기회를 제공한다고 믿는다. 가치 투자자들이 사용하는 다양한 방법론에도 불구하고 근본적인 논리는 현재 가치가 있다고 생각하는 것보다 더 낮은 가격에 구매하려고 시도하는 것을 의미한다.

을 고려할 수 있는 분석이다. 이는 기존의 해운 이론 모형에 기반한 분석을 인공 지능(artificial intelligence 이하 AI)과 ML로 확장하기 위한 이론적 근거가 된다.

선가와 운임지수를 분위수 공적분 모형(quantile error correction model) 적용에 앞서 본 연구의 II 장은 기존 해운 경기 및 선가에 대한 이론 및 실증적 연구의 흐름을 살펴보고 III장에서 패널자료에 대한 인과성 검정을 제시한다, IV장에서는 개별시계열에 대한 검정 결과를 제시하고, 패널 인과성 검정 결과를 정리한다. 마지막 V장에서는 본 연구의 결과와 의의를 제시한다.

II. 선행연구

기존의 선박 투자와 예측 관련 연구에서 경기변동 및 상품 시장에 대한 분석은 금융 계량 모형을 응용하여 다양한 분석을 제시하였으나, 중고 또는 신규 건조 선박 투자 관련 연구는 상대적으로 제한적이다 (Karlis et al. 2019).

2.1. 선박 투자

해운 경제에서 1990년대 이후의 연구는 선박 투자 의사 결정 과정에 초점을 맞추고 선박 투자 시기 결정, 경기변동 연관성 등을 대상으로 한다.

대표적으로 Girgin et al. (2018)은 다양한 기법과 접근 방식으로 선박 투자 결정 요인을 제시한다. 투자 모델링에 대한 Dikos and Marcus(2003)의 연구는 1976년부터 2002년까지의 중고선 투자 결정 과정을 이해하기 위해 ROA(Real Options Approach)에서 파생된 모델을 활용하여 중고 건화물선의 가치 평가를 제시한다. Tsolakis et al.(2003)은 1960년부터 2001년까지의 기간을 대상으로 중고 탱커선과 건화물선의 가치를 신조선 가격과 용선료로 중고선 가격

을 오차수정모형으로 분석한다.

Alizadeh and Nomikos(2007)는 투자 시기 연구를 통해 해운 시장 예측 가능성을 건화물선의 가격 대비 이익 비율을 통해 선박 투자 결정을 분석한다. 특히 투자 및 매각 시기를 식별하기 위해 공적분 검정을 적용하였으며, 이후 Merikas et al. (2008)은 중고 탱커 시장의 의사결정을 신조선가 대비 중고가격 비율을 이용하여 예측모형을 정교화한다. 그러나 이러한 연구들은 해운업종별 지수의 예측력 검정을 수행하지 않는 한계가 있다.

최근에는 산업의 지속 가능한 성장을 유지하기 위해 투자 시기와 시장의 동태적 특징이 갖는 중요성을 인식함에 따라 다양한 모형에 근거한 전략적 투자 정책을 분석한다. Rau and Spinler(2016)는 최적 투자 분석을 위해 컨테이너 운송에 ROA를 적용하였으며, Kou and Luo(2018)도 ROA 접근 방식을 활용하여 특정 수준의 운임을 대상으로 선박 투자를 최적화하는 분석을 제시한다. Jeon et al.(2020)은 컨테이너 해운 시장의 순환적 특성을 주기로 모델링하고 예측하기 위해 Forrester(1958)가 개발한 시스템 동학 모델을 적용하여 컨테이너 시장의 동태적 패턴을 제시한다.

초기 문헌에서 최신에 이르기까지 선박 투자 관련 연구는 정태적 시장 가격 분석을 사용하는 것에서부터 선박 투자를 동태적으로 최적화하기 위한 모델링으로 확장하고 있다.

2.2. 예측 연구

선박투자에 대한 예측 관련 연구는 크게 세 부분으로 구분한다. 첫 번째와 두 번째 부분은 가장 일반적인 선형과 비선형 예측 성능에 대한 연구를 제시한다. 그리고 마지막 세 번째 부분은 하이브리드 모형의 예측을 제시한다.

2.2.1. 선형 예측 모델

해운 시황에 대한 예측은 계량경제학 모형으로부터 다양하게 시도되어 왔다. Box and Jenkins(1976)의 적분된 자기회귀이동평균(autoregressive integrated moving average, 이하 ARIMA) 모형, Sims(1980)의 벡터자기회귀(vector autoregressive, 이하 VAR) 모형, Engle and Granger(1987)의 벡터 오차수정모형(vector error correction model, 이하 VECM)은 널리 사용하는 대표적인 선형 예측 모형이다. Franses and Veenstra(1997)는 발틱건화물선운임지수(Baltic Dry-bulk Index, 이하 BDI)를 예측하기 위해 VAR 모형을 제안했으며, Cullinan and Khanna(1999)는 ARIMA 모형을 사용하여 BFI(Baltic Freight Index)를 대상으로 예측한다. Batchelor et al.(2007)은 파나마스 지수를 대상으로 분석한 결과 ARIMA 및 VAR 모형이 VECM 모델보다 더 나은 예측 정확도를 나타냄을 제시한다.

이상의 단일변수(univariate)에 관한 초기 예측에 대하여 Chen et al.(2012)은 건화물 시장에서 VAR, ARIMA, ARIMAX 모형을 대상으로 예측력 검증 결과 VAR 및 VARX 모형이 다른 모형에 비해 향상된 예측력을 나타냄을 제시한다. 이는 다변수 모형의 예측력이 단일변수보다 향상됨을 의미하는 실증분석 결과다.

2.2.2. 비선형 예측 모델

운임 자료가 선형이고 안정적인 경우 해당 모형은 예측 측면에서 유용한 결과를 생성할 수 있으나, 운송 가격 자료에 비선형성이 존재하기 때문에 선형분석을 통한 예측이 어려운 경우가 다수 존재한다(김현석·장명희, 2014). 따라서 인공 지능 모델로서 인공 신경망(artificial neural network, 이하 ANN)과 벡터 기계(support vector machine, 이하 SVM)가 해운 경기지표의 하나로 운임 시장을 분석한 결과를 제시한다(Li and Parsons, 1997).

특히, Lyridis et al. (2004)은 VLCC(Very Large

Crude Carriers)를 예측하기 위해 ANN 및 ARMA 모델, ANN과 ARMA 모델을 비교 분석한 결과 ANN 모델이 ARMA 모델보다 성능이 우수함을 제시하며, ANN 모델을 활용한 비선형 모델링이 보다 적합함을 제시한다. Thalassinou et al. (2013)은 BDI를 예측하기 위해 FNN(False Nearest Neighbors, 이하 FNN) 비선형 분석을 제시하였으며, Uyar and Ilhan(2016)은 순환 퍼지 신경망을 사용하여 연간 운임을 예측한 결과로부터 비선형 분석의 우월성을 제시하지만, 기존 연구는 비선형 분석의 해운 이론과 구조적 적합성 제시와 비선형 분석의 필요성을 제시하지 못한 한계가 있다.

2.2.3. 하이브리드(hybrid-type) 예측 모델

최근 제기되는 하이브리드 모형을 기존 선형과 비선형 예측과 비교할 때 기존 모형의 제약을 우회하는 우수한 기능이 선형 및 비선형 분석의 결합을 통해 광범위하게 확장되고 있다. Han et al. (2014)는 wavelet 변환을 통해 BDI 계열의 잡음을 제거함으로써 불안정성을 제거하고 SVM을 결합한 알고리즘 추정을 제안하였으며, Zeng et al.(2016)은 실증 모드 분해(Empirical Mode Decomposition, 이하 EMD)를 사용하여 예측 정확도를 높이는 방법을 제시한다. 특히, 하이브리드 모형에서 대표적 해운 경기지표 BDI는 각 구성 요소가 ANN을 사용하여 여러 독립적인 모드(mode)를 나타내는 함수로 제시되었는데, EMD-ANN 방식으로 제안된 추정 방법은 표본 외 예측력(out-of-sample) 비교에서 VAR 모델보다 향상된 예측 성능을 나타낸다.

Guan et al. (2016)은 하이브리드 다단계 SVM을 사용하여 Baltic supramax Index를 예측을 실시했으며, Eslami et al. (2017)은 예측 정확도를 개선하기 위해 ANN 모델과 적응 유전자 알고리즘(adaptive genetic algorithm)을 결합한 새로운 하이브리드 예측으로부터 하이브리드 모형의 예측력이 회귀 모델, 이동 평균(MA) 모델, ANN 모델보다 작은 평균제곱

오차(mean squared error)를 제공함을 제시한다.

이상의 하이브리드 모형은 이론모형과 결합한 기존의 계량 분석이 제시하는 모형보다 예측력 측면에서 향상된 결과를 제시할 수 있으나, 실증분석 모형의 유효성에는 여전히 의문이다. 즉, 추정에 대한 모형의 과도식별(over-specification) 문제와 해운 경제이론에 대한 추정 모형의 설명력이 존재하지 않는 문제가 있다. 따라서 보다 엄밀한 추정 모형의 구조를 도출하기 위한 연구가 우선 필요하다.

III. 분석모형

앞서 제기한 기존연구는 갈수록 고도화되는 AI 및 ML에 의존한 연구가 갖는 근본적인 문제에 있다. 즉, 연관변수에 관한 충분한 분석과 논의가 필요하며 이를 뒷받침하는 충분한 실증결과가 제시되었는가이다.

본 연구가 제시하는 실증분석은 기존 연구에서 제기된 불안정한 자료를 추정하기 위한 다양한 분석에서 상관 변수들 관계로부터 안정적인 균형 관계 도출과 이를 토대로 변수 간의 관계를 규범적으로 제시할 수 있는 분석 방법을 제시한다. 이에 본 연구는 해운산업의 대표적인 투자 자산이며, 해운 경기에 민감하게 반응하는 증고선 가격과 경기지표 간의 분석에서 잔차의 불안정성에 의해 혼재된 결과를 제시하는 원인을 규명하는데 유용한 분위수 모형을 제시한다.

1. 불안정시계열 자료와 자기회귀시차분포

(autoregressive distributed-lag, 이하 ARDL)모형

단일 방정식 시계열 설정에서 자기회귀(autoregressive, 이하 AR) 모형을 다변수 모형으로 확장한 ARDL(p, q) 모형은 경제변수 간의 관계 분석을 위해 다양한 방향으로 적용되었으며, 구체적인 모형은 식(1)과 같다.

$$Y_t = \gamma_* + \sum_{j=1}^p \phi_{j*} Y_{t-j} + \sum_{j=0}^q \theta_{j*} X_{t-j} + Z_t \quad (1)$$

$$= \gamma_* + \alpha_* X_t + \sum_{j=1}^p \phi_{j*} Y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \theta_{j*} X_{t-j} + Z_t$$

이때, 시차 $p \geq 1, q \geq 0$ 일 때, X_{t-j} 는 모평균이 0이고 안정적인 k 차원 실수 공간에서 정의되며, 가장 작은 정보집합 시그마 필드(σ -field)가 $\{X_t, Y_{t-1}, X_{t-1}, \dots\}$ 일 때, 오차항 Z_t 는 $Y_t - E[Y_t | \mathcal{J}_{t-1}]$ 을 각각 의미한다. $\gamma_* := \sum_{j=1}^p \theta_{j*}$ 일 때, Y_t 와 X_t 간의 장기균형관계는 $\mu_* := \gamma_*(1 - \sum_{i=1}^p \phi_{i*})^{-1}$, $\beta_* := \gamma_*(1 - \sum_{i=1}^p \phi_{i*})^{-1}$ 관계에서 식(2)과 같다.

$$Y_t = \mu_* + \beta_* X_t + U_t \quad (2)$$

ARDL 모형은 불안정(nonstationary) 시계열에 대해 오차수정(error-correction, 이하 EC) 모형으로 유도가능한 장점으로 다양하게 확장해 왔다(Engle and Granger, 1987; Hassler and Wolters, 2006). EC 모형은 식(3)과 같다.

$$\Delta Y_t = \gamma_* + \alpha_* U_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \phi_{j*} \Delta Y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \theta_{j*} \Delta X_{t-j} + Z_t \quad (3)$$

이때, 조정속도 α 는 $\sum_{i=1}^p \phi_{i*} - 1$, 장기균형계수 β 는 $\sum_{j=1}^q \theta_{j*} / \alpha$ 를 각각 나타낸다. 이러한 확장은 ARDL/EC 모형이 다변수 벡터(vector) 모형과 동일한 장·단기 분석과 예측이 가능하며, 변수가 $I(0)$ 와 $I(1)$ 과정을 따르는가에 의한 제약이 없는 범위검정(bound test)이 가능하다(Pesaran, Shin, and Smith, 2001). 범위검정은 변수들이 모두 $I(0)$ 일 때와 모두 $I(1)$ 일 때의 임계값 사이를 구간으로 설정하여 검정통계량이 이 구간 밖에 위치하면 받아들인다.

2. 분위수 자기회귀시차분포(quantile autoregressive distributed-lag, 이하 QARDL)모형

회귀분석 모형의 오차항의 정규분포 가정에 대해 소표본의 경우 이를 위배하는 경우가 다수 존재함에 따라 Koenker and Bassett(1978)는 분위수 회귀 모형을 제시하였다. 최근 시계열 자료의 불안정성을 대상으로 하는 연구에서 하위 분위, 중위 분위, 상위 분위가 각각 다른 성질을 가질 때 이를 분석에 고려함으로 오차항의 분포에 대한 가정에 적용하고 있다.

QARDL(p,q) 모형은 AR 모형을 다변수 분위수로 확장한 분석으로 식(4)와 같다.

$$Y_t = \gamma_*(\tau) + \sum_{j=1}^p \phi_{j*}(\tau) Y_{t-j} + \sum_{j=0}^q \theta_{j*}(\tau) X_{t-j} + Z_t(\tau) \quad (4)$$

이때, $(\gamma_*(\tau), \phi_{1*}(\tau), \dots, \phi_{p*}(\tau), \theta_{0*}(\tau), \dots, \theta_{q*}(\tau))$ 는 QARDL 계수를 각각 나타낸다. 식(4)를 EC 모형으로 유도하면 식(5)와 같다.

$$\Delta Y_t = \gamma_*(\tau) + \alpha_*(\tau)(Y_{t-1} - \beta_*(\tau)X_{t-1}) + \sum_{j=1}^{p-1} \phi_{j*}(\tau) \Delta Y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \theta_{j*}(\tau) \Delta X_{t-j} + Z_t \quad (5)$$

Cho et. al.(2015)는 식(5)으로부터 장기균형계수 $\beta(\tau)$ 와 다른 단기매개변수를 추정한다. 이는 Koenker and Bassett(1978)가 제시한 분위수 추정과 일치하며, 세부 각각의 분위수 계수는 $(\gamma_*(\tau), \phi_{1*}(\tau), \dots, \phi_{p-1*}(\tau), \theta_{0*}(\tau), \dots, \theta_{q-1*}(\tau))$ 에 대해 식(6)을 최소화하는 계수를 추정한다.

$$\sum_t \xi_t \left(Y_t - \gamma_*(\tau) - \sum_{j=1}^p \phi_{j*}(\tau) Y_{t-j} - \sum_{j=0}^q \theta_{j*}(\tau) X_{t-j} \right) \quad (6)$$

Cho et. al.(2015) τ 를 여러 분위수 수준의 집합으

로 QARDL 모형의 범위를 확장하고 τ 에 대한 장기 균형 계수를 추정한다. 다변수 모형으로 확장한 경우에 대해서도 장기균형 계수가 수렴하며, 검정통계량이 χ^2 분포함을 제시한다. 이상과 같은 장기모수에 대한 추정량과 이의 점근분포를 제시하였지만 단기모수를 추정하기 위한 추정량을 제시하지 않았다. 본 연구는 단기모수도 함께 제시한다.

IV. 실증분석 결과

1. 시계열 자료 검정 결과

본 연구의 실증분석 대상은 기존 연구에서 혼재된 실증분석 결과를 제시하는 건화물선 Cape size의 운임과 10년 이상 된 중고선 가격에 대하여 글로벌 금융위기의 영향이 다소 제거된 2000년 1월부터 최근 코로나 사태에 의한 리스크 영향이 존재하지 않는 2021년 12월까지의 Clarkson에서 제공하는 월별 시계열 자료를 사용한다. 선가와 운임지수는 중고선가 지수와 평균 운임수의 자료를 사용하였다.

선종별 운임지수와 선가 간의 관계 분석에 앞서 상수항과 추세를 포함하는 ADF (Augmented Dickey-Fuller) 검정을 통해 시계열 자료의 안정성 검정을 실시한다.²⁾ 시계열 분석에서 단위근 검정은 고려하는 자료의 불안정성으로 발생할 수 있는 가성적 회귀(spurious regression) 문제를 해결하고 자료의 특성에 따라 추정 모형을 결정한다.

본 연구의 ADF 검정 결과는 <표 1>과 같다. Cape size에 대한 운임과 중고선가에 대한 수준변수에서 단위근 검정결과 모두 1% 유의수준에서 단위근을 기각

2) ADF (Augmented Dickey-Fuller) 검정

$\Delta y_t = a + bt + \beta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta y_{t-i} + \xi_t$ 은 귀무가설 $H_0 : \beta = 0$ 의 유의성을 대립가설 $H_1 : \beta < 0$ 에 대하여 검정한다. 이때, 상수항 a 과 추세 b 를 고려하는 각각의 경우에 대하여 계수 β 에 대한 t -통계량을 사용하여 검정한다.

할 수 없어 모두 불안정 시계열로 나타났다. 그리고 1차 차분된 자료에 대해서는 모두 안정적인 것으로 나타나 본 연구에서 고려하는 자료는 cape size를 제외하고 모두 1차 차분안정적인 $I(1)$ 으로 나타났다.³⁾

표 1. ADF 검정 결과

변수	Type	수준	1차차분
Cape size	Intercept	-2.06	-6.35*
	Intercept +trend	-2.33	-6.99*
BDI	Intercept	-2.43	-6.95*
	Intercept +trend	-3.12	-6.89*

주) * 는 ADF 검정결과 1% 수준에서 유의함을 의미함

단위근 검정결과 수준변수에서 모두 불안정시계열로 드러남에 따라 차분 안정적인 변수들을 대상으로 식(1)의 Granger 인과성 검정결과를 <표 2>는 제시한다. 개별시계열로 인과성 검정결과 운임의 선가에 대한 영향은 인과관계가 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 드러났다. 그리고 선가의 운임에 대한 분석은 통계적으로 유의하지 않는 것으로 드러났다.

<표 2>의 실증분석 결과는 기존연구에서 제시한 개별 시계열자료에 대한 선형모형으로 추정된 결과와 크게 다르지 않다.

표 2. Granger 인과성 검정 결과

dependent variable	independent variable	F-stat
ΔP	$=f(\Delta BDI)$	4.21 +
ΔBDI	$=f(\Delta P)$	2.54

주) + 는 5% 수준(3.99)에서 통계적으로 유의함

3) 김현석·장명희(2020b)의 2015-2019년 기간을 대상으로 하는 분석에서는 cape size의 경우 수준변수에서 안정적인 것으로 나타난다. 이는 기존의 다른 연구에서와 혼재된 결과를 제시한 것으로 이에 본 연구는 capesize 10년 이상의 증고선을 대상으로 분석한다.

2. QARDL-ECM 추정 결과

해운 경기변동에 대한 김현석·장명희(2020a)의 실증분석은 BS(binary segmentation)와 PELT(pruned exact linear time)를 적용한 평균과 분산에 대한 단절점 추정을 통해 구조변화 모형의 필요성을 제기한다.

이는 평균과 분산에 대한 분석이고 여러 분위를 대상으로 분석이 필요함을 제기한다. Cho et al.(2015)는 이러한 한계에 대하여 적절한 실증분석 모형을 제시한다. ARDL(p, q) 모형에 대한 AIC, BIC를 최소화하는 최적시차 추정 결과 ($p=1, q=1$)이 적절한 것으로 나타났으며, 추정된 분위수 모형의 모수에 대한 통계량은 <표 3>과 같다.

표 3. 분위수 추정 결과

분위수(τ)	$\beta(\tau)$	$\phi(\tau)$	$\theta(\tau)$
0.2	0.0074	0.2895	0.0022
	(0.0116)	(0.0126)	(0.0000)
0.4	0.0104	0.2313	0.0022
	(0.0390)	(0.0118)	(0.0000)
0.6	0.0261	0.2495	0.0018
	(0.3151)	(0.0119)	(0.0000)
0.8	0.0378	0.1322	0.0032
	(0.2682)	(0.0201)	(0.0000)

주) 1. ()은 표준오차를 의미하며 장기계수는 델타방법으로 도출됨

2. 분위수 추정모형

$$\Delta Y_t = \gamma_s(\tau) + \alpha_s(\tau)(Y_{t-1} - \beta_s(\tau)X_{t-1}) + \sum_{j=1}^{p-1} \phi_{j^s}(\tau)\Delta Y_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \theta_{j^s}(\tau)\Delta X_{t-j} + Z_t$$

<표 3>의 추정 결과를 살펴보면 장기 목표 지불성향은 0.0074-0.01 수준에 있으며, 가속도, 충격 반응 모수의 크기는 각각 0.13-0.28, 0.0018-0.0032에 있다. 이는 선박 가격변화는 해운 경기변동의 변화보다

과거 선가에 더 영향을 받는다는 것을 의미한다. 본 연구는 ARDL(1,1)모형을 QARDL(1,1)모형으로 기존 연구에서 제기된 구조변화를 반영한 추정 결과를 제시한다.

〈표 4〉는 공적분 검정을 통해 분위수 회귀의 장기·단기 균형 관계에 대한 통계적 유의성을 나타낸다. QARDL(1,1) 추정 결과 장기균형 관계를 의미하는 $\beta(\tau)$ 와 충격반응 모수 $\theta(\tau)$ 는 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 단기 모수도 5% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

표 4. QARDL 에 대한 Wald 검정 결과

$\beta(\tau)$	$\phi(\tau)$	$\theta(\tau)$
87.1801	6.2213	10.0931
(0.0000)	(0.0445)	(0.0064)

주) ()는 *p*-value 를 의미함.

김현석·장명희(2014c) 연구가 제시한 결과와 마찬가지로 선박 수급 변화의 해운 경기변동에 대한 영향은 존재하지 않으며, 해운 경기변동의 해상운송 서비스 수요에 대한 영향은 통계적으로 일치한다. 그러나, 여전히 해운 호황기의 선박 수요 증가가 해체 선가 상승과 선박 해체 지연이 선박 공급증가로 연결되어 선박공급 과잉을 유발하는 과정으로 이어져 운임하락으로 나타나는 선박 수급에 의한 해운 경기에 대한 영향에는 여전히 의문이다.

특히, 기존의 연구에서 선박 수요와 해운 경기변동 간에 서로 양방향(bilateral)의 혼재된 인과관계가 있음을 제기하는 Capesize 중고선에 대한 결과와 다르게 본 연구 결과는 변수 간에 일방향(oneway)의 장단기균형 관계를 제시하며, 선박 가격의 변화는 해운 경기변동의 영향보다 과거 선가의 영향이 더 크게 작용함을 제기하는 실증분석 결과이다.

V. 결 론

본 연구는 불안정성과 높은 변동성을 갖는 해운 경기지표와 기존 연구에서 혼재된 실증분석 결과를 제시하는 대표적 원자재 운송 수단인 Capesize 중고 선가를 대상으로 해운산업에 대한 분위수 공적분 모형을 적용한다. 특히, 선형, 비선형, 최근 AI와 ML에 의존해서 다양하게 제시된 분석이 갖는 이론과 실증 분석의 한계를 지적하고 기존 연구에서 지적하는 구조변화와 비선형성을 고려할 수 있는 분위수 추정을 제시한다.

분석은 다음 두 가지 측면에서 학술적 기여를 목 표한다. 첫째, 혼재된 실증분석 결과를 보이는 원자 재 운송 시장의 대표적 선종인 Capesize 중고선 가 격과 운임의 연관성을 자료를 세분화한 모형으로 분 석한다. 둘째, 분위수 회귀로 김현석·장명희(2020a) 연구에서 제기하는 구조변환을 고려하는 실증분석 모형의 다른 측면에서 유의성을 도출하였다. 특히, 선형모형의 평균과 분산에 대한 가정을 분위별 상이 할 수 있는 모형으로 추정함으로써 보다 유연한 모 형으로 기존 분석이 갖는 한계를 우회한다.

분석에서 개별 시계열 자료에 대한 안정성 검정에 서 수준 변수는 모두 불안정시계열로 나타났으며, 개 별시계열에 대한 Granger 인과성 검정 결과는 운임 의 선가에 대한 관계가 통계적으로 5% 수준에서 유 의한 것으로 나타났다. 이는 기존 연구에서 제시된 선형모형에 의존한 추정과 일치한다.

이상의 실증분석은 김현석·장명희(2014c) 연구가 제시한 해운업 호황기 선박 수요 증가가 해체선가 상 승과 선박 해체 지연이 선박 공급증가로 연결되어 선 박공급 과잉을 유발하는 과정으로 이어져 운임하락으 로 나타나는 선박 수급에 의한 해운 경기에 대한 영 향에는 여전히 의문이지만, 선박 수급 변화의 해운 경기변동에 대한 영향은 존재하지 않는다는 지적과 동일한 실증분석 결과며, 해운 경기변동의 해상운송 서비스 수요에 대한 영향도 통계적으로 일치한다.

무엇보다 기존 연구에서 선박 수요와 해운 경기변동 간에 존재된 양방향(bilateral)의 인과관계를 제시하는 Capesize 중고선 결과와 상이하다. 즉, 본 연구의 실증분석은 해운 경기의 선박 가격에 대한 영향이 통계적으로 유의한 영향이 존재하는 장단기균형관계를 제시하며, 선박 가격변화가 해운 경기변동의 영향보다 과거 선가의 영향이 상대적으로 크게 작용함을 제기하는 실증분석 결과를 제시한다.

김현석·장명희(2020a)의 비선형 분석의 필요성 제기의 맥락에서 구조단절/변화의 영향을 실증분석에 반영한 본 연구는 기존 실증분석이 제시하는 평균과 분산의 단절/변화 고려가 향상된 결과를 나타냄을 확인한다. 즉 해운시장에서 경기변동 요인과 선가 간의 인과관계는 운임의 선가에 대한 영향이 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났으나, 선박에 대한 수급 변화로 발생하는 선가 변화의 해운 경기에 대한 영향은 존재하지 않는 것을 확인한다. 이는 호황과 불황으로 나타나는 해운 경기변동은 해상운송 시장도 이에 상응하여 변화함을 의미하며, 선박에 대한 직접적인 수요로 연결되어 전반적인 운송 서비스 공급에 대한 결과로 이어진다는 Chiste and Vuuren(2014)의 논의와 일치하는 결과다.

본 연구의 분석 결과는 해운 경기변동에서 선박 수요와 해운 경기에 대한 구조변환/단절을 고려한 분석이 필요함을 검정한 것으로 기존 비선형 모형을 포함한 하이브리드 시계열 분석이 갖는 두 가지 문제를 해결하였다는 점에서 학술적 기여가 있다. 첫째, 분위수 모형은 시계열 자료에서 구조변화를 분석에 반영함으로써 오차의 불안정성으로 제기되는 문제를 우회할 수 있음을 확인하였다. 둘째, 공적분 모형의 장기균형 관계를 장기와 단기 추정변수를 통해 외생변수의 장·단기 영향으로 구분하고, 이를 분위별로 세분화한 예측 모형으로 확장한다. 이러한 구조설정의 확인은 하이브리드 모형을 통해 구체적인 ML 모형 설정에 활용할 수 있는 이론적 근거가 된다.

참고문헌

- 김원재(2011), 해운산업 수익성 제고 투자사결정 모델 구축에 관한 연구, 한국항만경제학회지, 제27권 제2호, 297-311.
- 김현석·장명희(2013), 병커가격과 건화물선 지수(Baltic Dry-bulk Index) 간의 비대칭 장기균형 분석, 한국항만경제학회지, 제29권 제2호, 63-79.
- 김현석·장명희(2013), 물동량과 산업생산지수 간의 비선형 공적분 검정, 해운물류연구, 제29권 제4호, 1079-1093
- 김현석·장명희(2014a), 해운경기변동과 선박수요·공급 간의 비선형 장기균형관계 분석, 한국해운물류, 제30권 제2호, 381-399.
- 김현석·장명희(2014b), Bayesian VAR를 이용한 해운경기, 환율 그리고 산업생산 간의 동태적 상관분석, 한국항만경제학회지, 제30권 제2호, 77-92.
- 김현석·장명희(2014c), 운임수익과 선박가격 변동이 선박투자 결정에 미치는 영향 -비선형 장기균형관계, 한국해운물류, 제30권 제4호, 859-877.
- 김현석·장명희(2020a), 고빈도 장기시계열을 활용한 해운산업의 경기변동 구조변화 분석, 한국해운물류, 제36권 제2호, 285-304.
- 김현석·장명희(2020b), 해운경기변동과 선박시장에 대한 다차원 혼합 패널 인과성 분석, 한국항만경제학회지, 제36권 제2호, 109-123.
- Adland, R., Jia, H. and S. Strandenes (2006), Asset Bubbles in Shipping? An Analysis of Recent History in the Drybulk Market, Maritime Economics & Logistics, 8(3), 223-233.
- Alizadeh, A. and Nomikos, N. K. (2007), Investment timing and trading strategies in the sale and purchase market for ships, Transportation Research Part B: Methodological, 41(1), 126-143.
- Beenstock, M. (1985), A Theory of Ship Prices, Maritime Policy and Management, 12, 215-225.
- Beenstock, M., Vergottis, A.(1989), An econometric model of the world market for dry cargo freight and shipping. Applied Economics 21(3), 339-356.
- Chiste, C., and G. V. Vuuren.(2014). Investigating the Cyclical Behavior of the Dry Bulk Shipping Market, Maritime Policy & Management 41 (1): 1-19. doi:10.1080/03088839.2013.780216.

- Cho, J. S., M. J. Greenwood-Nimmo, and Y. Shin (2019). "Estimating the Nonlinear Autoregressive Distributed Lag Model for Time Series Data with Drifts," Mimeo: University of York.
- Cho, J. S., T.-H. Kim, and Y. Shin (2015). "Quantile Cointegration in the Autoregressive Distributed Lag Modeling Framework," *Journal of Econometrics*, 188, 281-300.
- Dikos, G., & Marcus, H. (2003). The term structure of second-hand prices: A structural partial equilibrium model. *Maritime Economics & Logistics*, 5(3), 251-267.
- Duru, O. (2013). Irrational exuberance, overconfidence and short-termism: Knowledge-to-action asymmetry in shipping asset management. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 29(1), 43-58.
- Duru, O. (2018). Shipping business unwrapped: Illusion, Bias and fallacy in the shipping business. Routledge.
- Engle, R. F. and C. W. J. Granger (1987) "Co-Integration and Error-Correction: Representation, Estimation, and Testing." *Econometrica*, 55, 251-276.
- Forrester, J. W. (1958). Industrial dynamics. A major breakthrough for decision makers. *Harvard business review*, 36(4), 37-66.
- Girgin, S. C., Karlis, T., & Nguyen, H.-O. (2018). A critical review of the literature on firm-level theories on ship investment. *International Journal of Financial Studies*, 6(11).
- Gkochari, C. (2015), Optimal investment timing in the dry bulk shipping sector, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 79, 102-109.
- Granger, C. W. J. (1969). "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods". *Econometrica*, 37 (3): 424-438.
- Greenwood, R., & Hanson, S. G. (2015). Waves in ship prices and investment. *The Quarterly Journal of Economics*, 130(1), 55-109.
- Haralambides, H. E., Tsolakis, S. D., Cridland, C., (2004). *Econometric Modelling Of Newbuilding And Secondhand Ship Prices*. *Research in Transportation Economics* 12, 65-105.
- Hawdon, D. (1978). Tanker freight rates in the short and long run. *Applied Economics* 10(3), 203-218.
- Jeon, J.-W., Duru, O., & Yeo, G.-T. (2020). Modelling cyclic container freight index using system dynamics. *Maritime Policy & Management*, 47(3), 287-303.
- Kalouptsi, M. (2014). Time to build and fluctuations in shipping. *American Economic Review* 104(2), 564-608.
- Kavussanos, M. G. (1997). The dynamics of time-varying volatilities in different size second-hand ship prices of the dry-cargo sector. *Applied Economics* 29 (4), 433-443.
- Kavussanos, M. G., and A. H. Alizadeh-M. (2001). Seasonality Patterns in Dry Back Shipping Spot and Time Charter Freight Rates. *Transportation Research Part E* 37 (6): 443-467.
- Kavussanos, M.G., Alizadeh, A.H. (2002). Efficient pricing of ships in the dry bulk sector of the shipping industry. *Maritime Policy & Management* 29(3), 303-330.
- Koekebakker, S., Adland, R. (2004). Market Efficiency in the Second-hand Market for Bulk Ships. *Maritime Economics and Logistics* 6(1), 1-15.
- Koenker, R. and G. Bassett (1978). "Regression Quantiles," *Econometrica*, 46, 33-50.
- Kou, Y., Liu, L., Luo, M. (2014). Lead-lag relationship between new-building and second-hand ship prices. *Maritime Policy & Management* 41 (4), 303-327.
- Levin, A., C.-F. Lin, and C.-S. J. Chu. (2002). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics* 108: 1-24.
- Lin, F., and N. C. S. Sim. 2013. Trade, Income and the Baltic Dry Index. *European Economic Review* 59 (4): 1-18. doi: 10.1016/j.eurocorev.2012.12.004.
- Li, J., & Parsons, M. G. (1997). Forecasting tanker freight rate using neural networks. *Maritime Policy & Management*, 24(1), 9-30.
- Lyridis, D., Zacharioudakis, P., Mitrou, P., & Mylonas,

- A. (2004). Forecasting tanker market using artificial neural networks. *Maritime Economics & Logistics*, 6(2), 93-108.
- Merikas, A. G., Merika, A. A., & Koutroubousis, G. (2008). Modelling the investment decision of the entrepreneur in the tanker sector: Choosing between a second-hand vessel and a newly built one. *Maritime Policy & Management*, 35(5), 433-447.
- Pesaran, M. H. AND Y. Shin (1998). "An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis," in *Econometrics and Economic Theory: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, ed. by S. Strom, Cambridge: Cambridge University Press, *Econometric Society Monographs*, 371-413.
- Pesaran, M. H., Y. Shin, AND R. J. Smith (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships," *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Rau, P., Spinler, S.(2016). Investment into container shipping capacity: A real options approach in oligopolistic competition. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 93, 130-147.
- Sodal, S., Koekebakker, S., Adland, R.,(2009). Trading rules with analytical ship valuation under stochastic freight rates. *Applied Economics* 41(22), 2793-2807.
- Stopford, M.,(2009). *Maritime Economics*, 3rd ed. Routledge, London.
- Strandenes, S. P.(1984). Price determination in the time charter and second hand markets. Center for Applied Research, Norwegian School of Economics and Business Administration, Working Paper MU, 6.
- Thalassinos, I., Haniyas, M. P., Curtis, G., & Thalassinos, E. (2013). Forecasting financial indices: The Baltic dry indices. In *Marine navigation and safety of sea transportation: STCW, maritime education and training (MET), human resources and crew manning, maritime policy, logistics and economic matters*. pp. 190-283.
- Toda, H.Y., Yamamoto, T.(1995), Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics* 66, 225-250.
- Tsolakis, S., Cridland, C., & Haralambides, H. (2003). Econometric modelling of second-hand ship prices. *Maritime Economics & Logistics*, 5(4), 347-377. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100086>
- Tsouknidis, D. A.(2016). Dynamic Volatility Spillovers across Shipping Freight Markets. *Transportation Research Part E* 91: 90-111.
- Tvedt, J.(2003). A New Perspective on Price Dynamics of the Dry Bulk Market. *Maritime Policy & Management* 30 (3): 221-230.
- Uyar, K., & Ilhan, A. (2016). Long term dry cargo freight rates forecasting by using recurrent fuzzy neural networks. *Procedia Computer Science*, 102, 642-647.
- Zeng, Q., Qu, C., Ng, A. K., & Zhao, X. (2016). A new approach for Baltic Dry Index forecasting based on empirical mode decomposition and neural networks. *Maritime Economics & Logistics*, 18(2), 192-210.

분위수 공적분 모형과 해운 경기변동 분석

김현석

국문요약

본 연구는 2000년 1월부터 2021년 12월까지의 대표적 원자재 운송 수단인 Capesize 중고선가를 대상으로 해운산업에 대한 분위수 모형을 추정한다. 본 연구는 두 가지 학술적 기여를 목표로 한다. 첫째, 존재된 실증분석 결과가 제기되는 원자재 운송 시장의 대표적 선종인 Capesize 중고선과 운임시장의 연관성을 분석한다. 둘째, 분위수 회귀로 김현석·장명희(2020a) 연구에서 제기하는 구조변환을 고려하는 실증분석 모형을 제시한다. 분석 결과는 분위수 모형은 시계열 자료에서 구조변환을 분석에 반영함으로써 오차의 불안정성으로 제기되는 문제를 우회할 수 있음을 확인한다. 그리고 공적분 모형의 장기 균형관계를 장기와 단기 추정변수를 통해 외생변수의 장·단기 영향으로 구분하고, 이를 분위별로 세분화한 예측으로 확장한다. 이상의 추정결과는 해운 이론모형에 기반한 분석을 인공지능과 기계학습으로 확장할 수 있는 근거가 된다.

주제어: 해운경기변동, 분위수 회귀, 분위수 공적분 검정