

Bayesian VAR를 이용한 해운경기, 환율 그리고 산업생산 간의 동태적 상관분석†

김현석* · 장명희**

Bayesian VAR Analysis of Dynamic Relationships among Shipping Industry, Foreign Exchange Rate and Industrial Production

Hyunsok Kim · Myunghee Chang

Abstract : The focus of this study is to analyse dynamic relationship among BDI(Baltic Dry-bulk Index, hereafter BDI), forex market and industrial production using monthly data from 2003-2013. Specifically, we have focused on the investigations how monetary and real variable affect shipping industry during recession period. To compare performance between general VAR and Bayesian VAR we first examine DAG(Directed Acyclic Graph) to clarify causality among the variables and then employ MSFE(mean squared forecast error). The overall estimated results from impulse-response analysis imply that BDI has been strongly affected by other shock, such as forex market and industrial production in Bayesian VAR. In particular, Bayesian VAR show better performance than general VAR in forecasting.

Key Words : BDI, Foreign Exchange Rate, Industrial Production, Bayesian VAR

▷ 논문접수 : 2014. 05. 01. ▷ 심사완료 : 2014. 06. 10. ▷ 게재확정 : 2014. 06. 13.

† 이 논문은 2013학년도 부산대학교 교내학술연구비(신임교수연구정착금)지원에 의한 연구임.

* 부산대학교 경제학부 조교수, hyunsok.kim@pusan.ac.kr, 051)510-2534, 대표집필

** 한국해양대학교 해운경영학부 교수, cmhee2004@kmou.ac.kr, 051)410-4384, 교신저자

I. 서론

글로벌 금융위기 이후 산업 전반에 걸쳐 지속되고 있는 경기불황은 기존의 거시경제 모형을 통한 예측을 어렵게 하고 있다. 최근 해운경기와 그 관련 산업을 중심으로 진행된 연구들은 급격한 변동성을 고려하기 위해 다양한 방법론의 필요성을 제기해왔다.

대표적 해운경기지표라 할 수 있는 발틱운임지수(Baltic Dry Bulk Index 이하 BDI)를 예측하기 위한 연구는 단일변수(univariate) 혹은 다변수(multi-variate)모형을 통해 다양하게 진행되어왔다. 최근 모수원(2012, 2013)은 ARIMA 모형을 이용하여 글로벌 금융위기 이후 2012년과 2013년의 BDI를 추정하여 예측력을 평가한 결과 일부모형의 예측치가 상당히 높은 것으로 나타나 단일변수 모형의 한계를 제기하였다. 이에 대하여 김현석·장명희(2013)는 2008년 글로벌 금융위기 이후의 예측에 관한 연구는 급격한 변동성으로 인해 비선형모형으로의 확장이 필요함을 제기한다.

단일변수 모형의 구조변환에 따른 한계를 극복하기 위해 해운산업과 직접적으로 연관성이 높은 변수들에 대하여 부분균형을 중심으로 한 최근의 주요 연구를 살펴보면, 장기균형관계를 중심으로 다양하게 진행되어왔다. 김현석·오용식(2012)은 해운경기와 해운기업 주가의 관계를 상태공간모형을 사용하여 영속적 변동성과 일시적 변동성으로 분해하여 분석하였다. 실증분석 결과 2008년의 급격한 변동성에 대하여 비대칭적인 모형 보다 대칭적인 모형이 적절한 것으로 나타났으며, 변수들의 영속적 변동성간에는 장기균형관계가 존재한다고 주장한다. 최근 김현석·장명희(2013)는 유가의 상승기와 하락기의 비대칭적인 움직임과 BDI의 동태적 움직임 간에 존재하는 비대칭성을 분석하였다. 특히, 기존연구에서 제시된 선형모형에 근거한 분석은 두 변수 간의 관계가 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타난 반면 비대칭 모형 분석은 BDI로부터 벙커가격에 대하여 장기균형관계가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 운임이 벙커가격변동의 영향을 받는다는 기존의 정태분석에서 제시하는 가정과는 방향성이 상이한 결과를 제시하고 있다.

이상과 같은 동태적이고 비선형분석에 근거한 최근 연구결과들은 장기균형관계가 존재하나 방향성에 있어 양방향의 인과관계가 존재하는 특징을 보이거나, 선형분석 결과 장기균형관계가 존재하지 않는 것으로 드러났다. 이는 2008년 글로벌 금융위기로 인한 급격한 변동성으로부터 유발된 자료의 외생성 문제가 큰 영향을 미치고 있음을 의미한다. 따라서 국제금융시장의 상황을 고려하는 것이 필요하며 이들 변수를 고려한 동태적 상관관계를 분석하는 것이 필요하다.

이에 본 연구는 아시안 금융위기의 영향이 다소 사라진 2003~2012년까지 월별 시계열 자료를 토대로 해운경기와 실물·금융변수들 간의 동태적 상관관계를 분석하고자 한다. 특히 해운경기는 2002년부터 지속적인 상승국면에 접어들었으나 2008년의 글로벌 금융위

기를 거치면서 급격한 하락을 경험하고 있다. 이를 분석하기 위해 본 연구는 다음의 네 가지를 중심으로 분석한다. 첫째, 기존 장기균형상태(steady-state)를 가정한 VAR 모형과 베이지안 VAR 모형을 비교·분석한다. 특히 동태적계수에 대한 사전정보(prior)를 해운경기예측에 적용한다. 둘째, 베이지안 VAR의 동태적계수에 대한 사전정보에 대하여 추가적으로 상수항에 대한 사전정보를 설정하여 분석한다. 셋째, VAR 모형의 식별문제에 대하여 Swanson and Granger(1990)가 적용한 그래프 이론(Graph Theory)의 DAG(Directed Acyclic Graph)를 적용하였다. 이는 각 내생변수 교란항간의 통계적인 상관관계를 바탕으로 변수간의 인과관계를 분석한다. 이는 두 변수 간의 인과성 분석으로부터 제기되는 순환문제와 출레스키 분해의 임의설정문제를 우회할 수 있다. 마지막으로 충격반응분석과 조건부 예측을 실시하여 실물·금융변수의 해운경기에 대한 영향을 분석하고 두 모형 간의 예측력을 비교한다.

이상과 같은 베이지안 VAR 모형 분석은 해운경기의 지속적인 상승과 급격한 하락을 경험하면서 실물·금융변수와의 상호간의 충격을 통해 변동성의 영향이 경기예측에 대하여 얼마나 영향이 있는가를 분석한다. 이는 향후 해운경기의 변동과 관련한 대응방향 등에 대하여 유의미한 분석으로 활용 될 수 있다. 특히 동태적 상관관계분석에 대하여 예측력이 높은 모형을 제시함으로써 향후 해운경기 예측에 대한 보다 심도 있는 연구에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 BDI 예측을 포함한 실물시장과 통화정책과의 관계를 분석한 기존연구에 대하여 이들 변수간의 영향을 살펴보기에 앞서 VAR 모형 식별을 위한 DAG(Directed Acyclic Graph)와 베이지안 VAR모형 추정에 대하여 살펴본다. III장에서는 실증분석 결과를 제시하고 마지막으로 IV장에서는 이상의 결과를 정리하고 이에 대한 시사점을 제시한다.

II. 분석모형

1. DAG(Directed Acyclic Graph) 분석

그랜저 인과성 분석은 두변수간의 인과관계를 분석하는데 유용한 측면이 있으나 세 변수 이상의 관계를 분석함에 있어서는 다소 혼재된 결과를 가져올 수 있으며, 출레스키 분석은 임의로 변수의 외생성 순위를 설정해야하는 문제가 존재한다. 따라서 본 연구는 변수들에 대한 외생성 추정을 위해 Swanson and Granger(1990)가 VAR 분석에 사용한 DAG(Directed Acyclic Graph)분석을 고려한다. 이는 교란항간의 인과흐름을 분석하여 변수간의 인과관계를 $X \rightarrow Y$ 로 나타내며, 인과관계는 알 수 없으나 상관성이 존재하는 경우에

대하여 $X \rightarrow Y$, 그리고 상관관계가 존재하지 않는 경우 $X \perp Y$: 에 대하여 각각 에지(edge) 혹은 화살표(arrow)로 제시한다. 그리고 세 변수간의 관계는 casual chain $X \rightarrow Y \rightarrow Z$, casual fork $X \leftarrow Y \rightarrow Z$, 그리고 casual inverted fork $X \rightarrow Y \leftarrow Z$ 3가지로 요약된다.³⁾ 본 연구는 이를 활용하여 BDI, 환율, 그리고 산업생산지수의 VAR 모형에 대한 외생성을 분석하여 이를 고려한 분석을 실시한다.

2. Bayesian VAR

본 연구는 식 (1)과 같이 정의되는 안정적인 차수 p 벡터시계열 $\{y_t\}$ 의 VAR(p) 모형을 기반으로 BDI, 환율, 그리고 산업생산 간의 동태적 상관관계에 대한 분석으로부터 출발한다.

$$y_t = a_0 + \sum_{j=1}^p A_j y_{t-j} + \epsilon_t \quad (1)$$

a_0 는 M 차원 벡터, y_t 는 $t = 1, \dots, T$ 에 대하여 M 개의 변수를 포함하는 $M \times 1$, A_j 는 $M \times M$ 그리고 $\epsilon_t \sim N(0, \Sigma)$ 이다. 식 (1)은 시계열자료에서 한 시계열자료를 독립적으로 분석하는 것보다는 이와 연관성이 있는 다른 시계열들과의 종속관계를 고려하고, 이로부터 백색 잡음의 역할을 연관시키는 선형모형이다. 그러나 일반적인 VAR 모형의 경우 제한된 데이터 시계열에 비해 추정해야 하는 모수가 많아 추정결과의 신뢰성이 저하되는 차원의 문제가 있다. 따라서 본 연구는 일반적인 VAR 모형을 기반으로 추정한 결과와 베이지안 VAR 모형을 추정하여 두 모형간의 예측력을 비교분석하고자 한다.

베이지안 분석은 자료에 대한 사전정보를 이용하여 일반적인 VAR 모형의 동태적 계수 및 상수항에 대한 적절한 제약을 통해 이상에서 제기한 차원의 문제를 우회할 수 있으며, 무엇보다도 안정적인 자료를 대상으로 분석해야한다는 제약으로부터 자유로운 장점이 있다. 특히 미네소타 사전정보(Minnesota Prior Information)는 동태적계수에 대해서만 제약을 설정한 데 비해 본 연구에서는 Villani(2009)가 적용한 상수항에 대한 제약을 설정한다. 이는 해운경기와 고려하는 변수들이 장기적으로는 균형상태에 있다는 가정하에 상수항에 대한 사전정보로 설정한 것이며 일반적인 VAR 모형의 내생변수들의 예측과 DSGE(Dynamic Stochastic General Equilibrium)분석에서 장기균형상태를 설정하여 추정한 예측력 비교에 적용될 수 있다. 그러나 해운경기에 대한 분석의 대부분의 연구와 마찬가지로

3) 본고에서 활용한 DAG 알고리즘은 <http://www.phil.cmu.edu/project.tetrad> 의 TETRAD IV를 사용하였다.

가지로 이론모형을 통한 사전 분석이 어려운 한계가 있다. 따라서 본 연구에서 고려하는 변수들에 대하여 역사적 실현치를 설정하여 그 평균수준을 균형상태로 설정한다.

베이저안 VAR 분석은 로그우도함수와 사전정보(prior information)를 토대로 베이즈룰(Bayes Rule)을 이용하여 조건부 사후적 분포(Conditional Posterior Density)를 도출하고 이를 토대로 사후적 분포를 추정하는 과정으로 요약할 수 있다. 이때 고려하는 모수 벡터에 대한 각각의 사전정보를 바탕으로 도출되는 사후적 결합확률밀도함수는 다음과 같다.

식 (1)로부터 $A = (a_0 A_1 \dots A_p)'$ 로 정의할 때, 모든 VAR 모형의 계수 $PM \times 1$ 를 $\alpha = \text{vec}(A)$ 으로 정의하면 식 (1)의 VAR 모형은 식 (2)와 같이 재정의 된다.

$$Y = XA + E \tag{2}$$

or

$$y = (I_M \otimes X)\alpha + \epsilon$$

식 (2)와 같은 베이저안 VAR 모형은 $\epsilon \sim N(0, \Sigma \otimes I_T)$ $\hat{A} = (X'X)^{-1}X'Y$, 그리고 $\hat{\alpha} = \text{vec}(\hat{A})$ 으로 정의할 때, α 에 대한 조건부 확률밀도함수는 식 (3)과 같다.

$$\alpha | \Sigma, y \sim N(\hat{\alpha}, \Sigma \otimes (X'X)^{-1}) \tag{3}$$

이때, 조건부확률밀도함수 $p(y|\alpha, \Sigma)$ 로부터 초기의 베이저안 VAR는 Litterman(1986)이 제시한 Minnesota 사전정보(prior)를 적용해 표본 외 예측을 실시하였다. 이는 Σ 를 추정된 $\hat{\Sigma}$ 의 대각행렬을 가정함으로써 사전정보를 간략하게 도출할 수 있는 장점이 있으며 Minnesota 사전정보(prior)의 가장 큰 장점은 식 (4)와 같이 사후추론(posterior inference)이 정규분포한다는 점이다.

$$\alpha | y \sim N(\overline{\alpha}_{Mn}, \overline{V}_{Mn}) \tag{4}$$

식 (4)의 $\overline{\alpha}_{Mn} = \overline{V}_{Mn} \left[\overline{V}_{Mn}^{-1} \alpha_{Mn} + (\widehat{\Sigma}^{-1} \otimes X)' y \right] \overline{V}_{Mn}^{-1} = \left[\overline{V}_{Mn}^{-1} + (\widehat{\Sigma}^{-1} \otimes (X'X)) \right]^{-1}$ 을 각각 나타낸다. 이러한 사후적 결합확률밀도함수는 조건부 분포에서 각각의 모수 벡터를 순차적으로 추출하는 Gibbs Sampling을 사용하여 수치적 방법을 적용한다. 이때 표본수가 커지면 조건부 분포에서 추출한 모수벡터는 사후적 결합확률밀도함수에서 추출한 모수로 수렴하며, 베이저안 VAR의 각 계수에 대한 추정치는 Gibbs Sampling으로 추정되기 때문에 사후적 추정치가 일

정한 편차를 두고 변한다. 본 연구에서는 강건성을 확보하기 위해 10,000회의 시뮬레이션에 대한 평균과 표준편차를 사용한다.

이상의 과정으로부터 추정된 베이지안 VAR 모형에 대하여 일반적인 VAR 모형의 추정과 비교하기 위해 식 (5)와 같이 정의되는 평균자승예측오차(mean squared forecast error 이하 MSFE)를 통해 두 모형간의 예측력을 검정한다.

$$MSFE = \frac{\sum_{\tau=\tau_0}^{T-h} [y_{i,\tau+h}^0 - E(y_{i,\tau+h} | Data_{\tau})]^2}{T-h-\tau_0+1} \quad (5)$$

식 (5)에서 $y_{i,\tau+h}^0$ 는 관측치를 나타내며, $y_{i,\tau+h}$ 는 $\tau = \tau_0, \dots, T-h$ 시점에서 $h = 1, \dots, H$ 에 대한 예측치를 각각 나타낸다.

III. 실증분석 결과

1. 분석자료와 기초자료 검정

본 연구는 베이지안 VAR 분석을 위해 해운경기와 실물·금융부문의 대표적인 지표에 대하여 2003년 1월부터 최근 2013년 12월까지의 월별자료를 사용하였다. 해운경기 지표로는 발틱건화물운임지수(BDI)를 사용하였으며, 실물부문은 산업생산지수(이하 IPI), 그리고 금융부문은 소규모 개방경제의 특성을 고려할 수 있는 환율(이하 FX)을 각각 한국은행 ECOS의 자료를 사용하였다.

BDI는 주로 국제통화의 움직임과 산업생산의 변동과 직접적인 연관이 존재한다. 그러나 앞서 살펴본 바와 같이 기존 연구는 비선형의 장기균형관계는 있으나 방향성은 양방향의 인과성이 모두 존재하는 특징을 보이거나 선형분석결과는 장기균형관계가 존재하지 않는 것으로 나타난다. 특히 2008년 글로벌 금융위기로 인한 급격한 변동성으로부터 유발된 자료의 외생성 문제가 큰 영향이 있음을 역설하고 있다. 그리고 국제금융시장의 상황을 나타내는 환율부분에 있어서의 영향을 살펴볼 때 본 연구에서 고려하는 변수들과의 관계가 선형의 분석보다는 비선형움직임에 더 적합함을 주장한다.

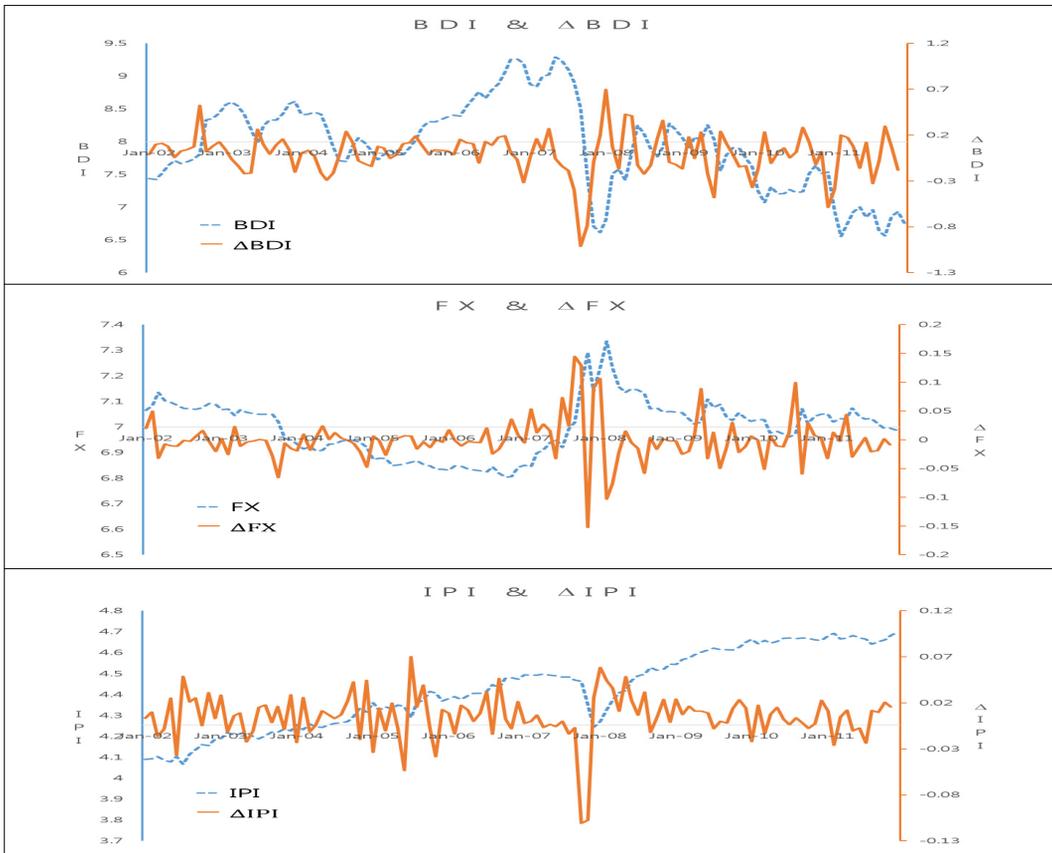
본 연구는 이들 변수 간의 동태적 상관관계를 통해 분석하고자 하며 각각의 변수에 대한 요약통계는 <표 1>과 같다. 비대칭 정도를 측정하는 왜도의 경우 고려하는 모든 변수가 0보다 큰값을 나타냄으로써 오른쪽 꼬리가 긴 분포를 나타낸다. 첨도의 경우 산업생산

지수를 제외하고는 모두 정규분포의 첨도 3보다 큰 값을 보인다.

〈표 1〉 시계열 자료의 요약 통계

	평균	중위수	최대값	최소값	첨도	왜도	표준편차
BDI	3500.19	2746	10844	703	4.41	1.31	2351.89
FX	1099.32	1119.15	1534	900.8	3.73	0.52	120.96
IPI	84.57	82.60	109.30	58.30	1.74	0.09	15.39

〈그림 1〉 BDI, FX, 산업생산지수 추이



본 연구에서 고려하는 변수들에 대하여 로그변환 한 변동추이를 살펴보면 〈그림 1〉과

같다. BDI의 경우 2008년 이전에는 대체로 일정한 수준에서 등락을 보이고 있으나 2004년 이후 상승 국면을 지속하였으나 글로벌 금융위기를 전후하여 큰 폭의 하락을 경험한 이후에도 지속적인 하락추세에 놓여있다. 반면 환율의 움직임은 BDI와는 다소 반대방향의 움직임을 보인다. 즉 2003년 이후 하락하는 추세에서 등락을 거듭하고 있으나 2008년을 전후하여 급등하는 패턴으로부터 균형수준으로 하락하는 추세를 보인다. 산업생산의 경우 BDI와 매우 유사한 움직임으로 상승과 하락 추세를 나타낸다. 이러한 수준변수의 움직임에 대하여 변화율 측면에서는 일정한 수준에서 등락을 반복하고 있으나 2008년의 글로벌 위기를 전후하여 급격한 변동성을 나타낸다.

이상과 같은 자료에 대하여 VAR 모형 추정을 위해 변수들에 대한 안정성 검정 결과는 <표 2>와 같다. <그림 1>에서 나타난 바와 같이 본 연구에서 고려하는 자료는 모두 추세적으로 상승하고 있다. 그러나 차분변수들의 경우 균형수준에서 안정적인 움직임을 보이고 있으나, 2008년을 전후하여 급격한 변동을 보인다. 따라서 절편과 기울기를 갖는 ADF, PP, 그리고 KPSS 검정 결과 고려하는 변수들은 모두 수준변수에서는 불안정적인 반면 1차 차분변수들에 대하여 모두 1% 유의수준에서 단위근을 갖는다는 귀무가설을 기각함에 따라 본 연구에서 고려하는 변수는 모두 $I(1)$ 과정을 따른다.

<표 2> 단위근 검정 결과

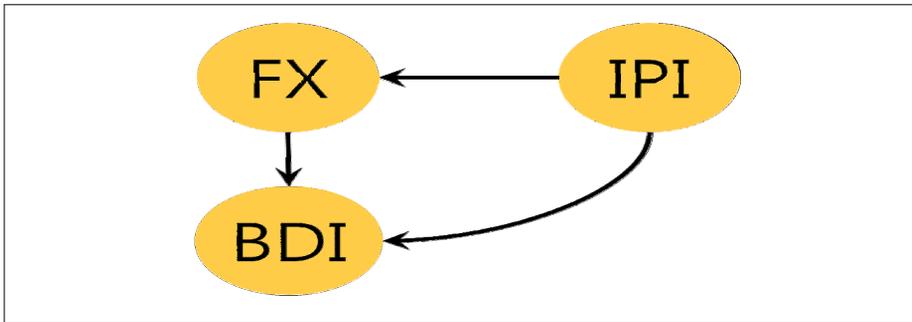
Variables		ADF		PP		KPSS	
		수준	차분	수준	차분	수준	차분
BDI	intercept	-2.54(1)	-7.92(1)***	-1.97(2)	-7.47(1)***	1.93(1)	0.12(1)***
	intercept and trend	-2.76(3)	-7.38(1)***	-2.74(2)	-7.52(1)***		
FX	intercept	-2.29(5)	-5.66(2)***	-2.12(5)	-11.51(1)***	1.70(1)	0.09(1)***
	intercept and trend	-2.51(10)	-9.24(1)***	-2.15(11)	-11.47(1)***		
IPI	intercept	-1.51(6)	-6.88(1)***	-1.10(3)	-10.05(4)***	3.79(3)	0.043(3)***
	intercept and trend	-2.78(0)	-6.86(1)***	-3.10(5)	-10.02(4)***		

주) ***는 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타내며, ()의 시차는 0~12시차를 추정하여 이에 대한 AIC(Akaike Information Criteria)에 의해 결정된 최적시차를 나타낸다.

2. DAG 분석과 일반적인 VAR 모형분석

기존연구는 VAR 모형의 추정을 위해 식별과 관련하여 그랜저 인과성 분석과 출레스키 분해를 주로 고려하였으나, 이상의 식별체계는 세 변수 이상의 분석에는 순환성 문제와 간결하지만 변수의 외생성 순위를 임의로 설정해야하는 한계가 있다. 따라서 앞서 제시한 인과관계추론을 위하여 그래프 이론(graph theory)의 DAG를 통해 변수들의 통계적 상관관계로 추론하였다. 추론한 결과는 <그림 2>와 같다.

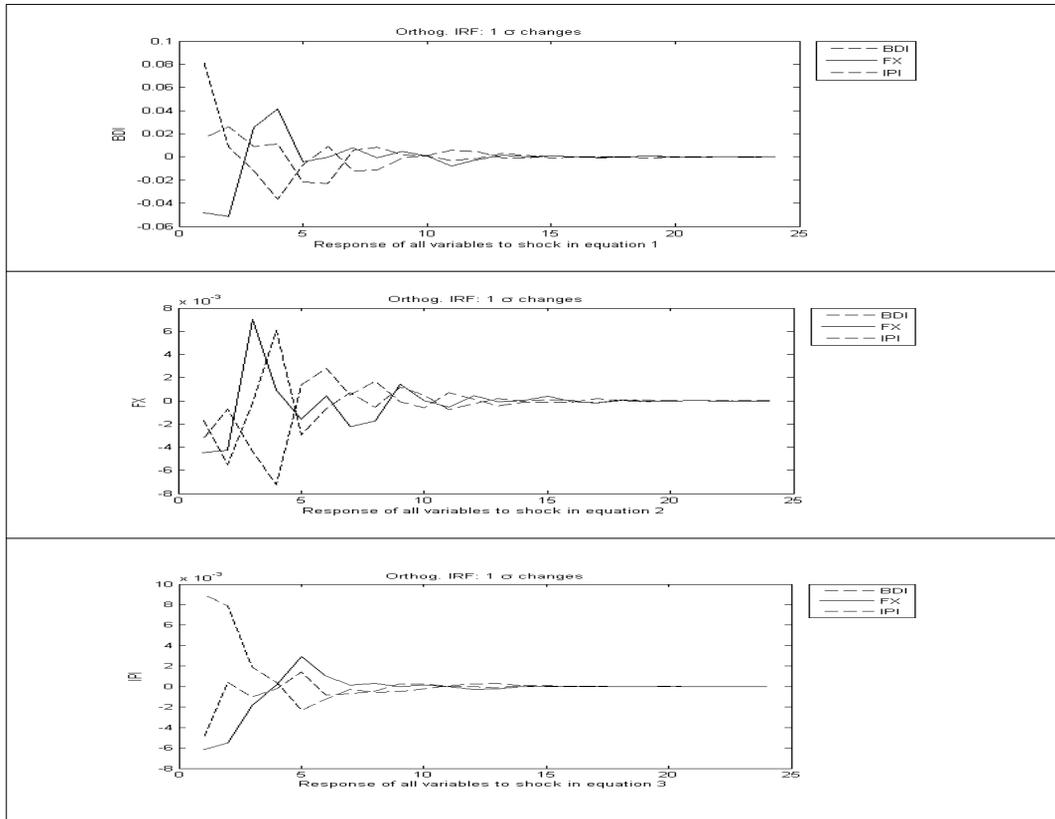
<그림 2> DAG



<그림 2>에서 보는 바와 같이 DAG는 교란항 간의 동시적 인과관계를 요약하여 제시하고 있으며, 본 연구에서 제시하고자하는 바는 내생변수들의 교란항을 이용하여 변수들 간의 상관관계를 확인하였다. 특히 베이지안 사후적 점수(posterior score)를 활용하여 인과관계를 유추한 결과는 산업생산으로부터 외환, 그리고 BDI로의 인과관계를 제시한다. 즉, 산업생산의 외생성이 가장 높게 나타났으며, 산업생산은 환율에 영향을 미치고 환율은 BDI에 영향이 있는 것으로 드러났다.

이상과 같은 모형식별에 근거한 일반적인 VAR 모형의 충격반응 분석 결과는 <그림 3>과 같다. 환율과 산업생산 교란항의 1 표준오차 상승 충격에 대한 BDI의 변동률 반응에서 보는 바와 같이 각각의 변수는 BDI의 변동률에 대하여 차이가 존재함을 확인할 수 있다. 특히, 변수들의 변동률에 대한 영향은 서로 매우 미미한 것으로 드러났으며, 일정시차가 경과한 이후 모두 균형수준으로 수렴함을 보인다. 이는 BDI 변동에 대한 분석을 위한 DAG 모형 식별에 따른 외생성을 고려한 결과와 매우 유사한 반응경로를 따른다고 할 수 있으며, 실증분석을 위한 VAR 모형 설정이 적절하다고 판단된다.

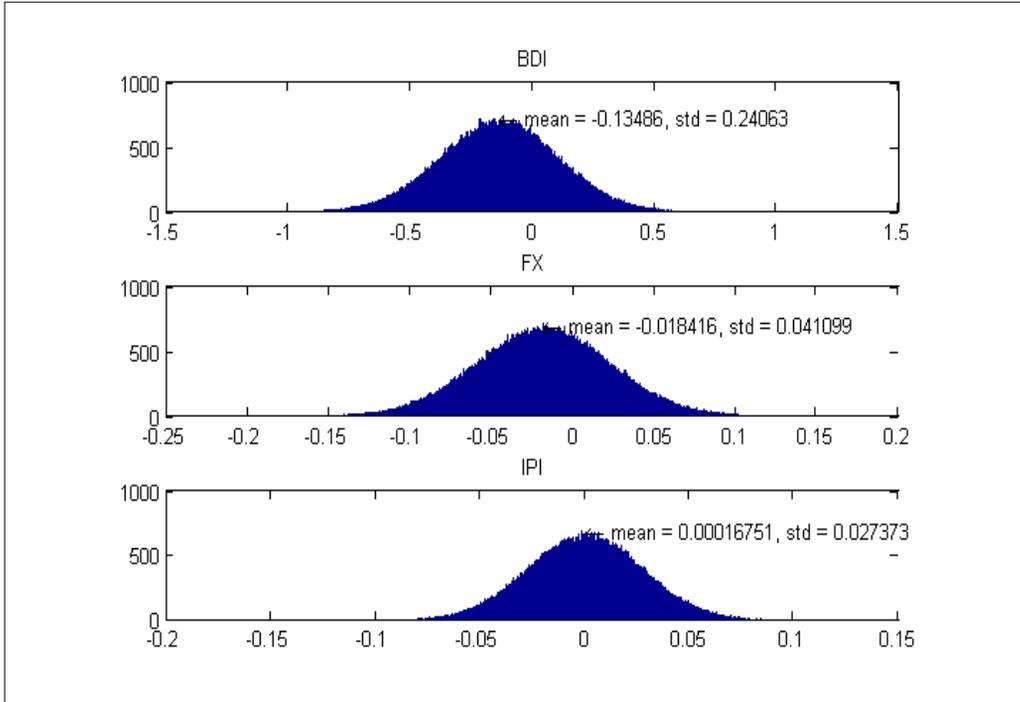
〈그림 3〉 VAR 모형 충격반응 결과



3. 베이저안 VAR 분석

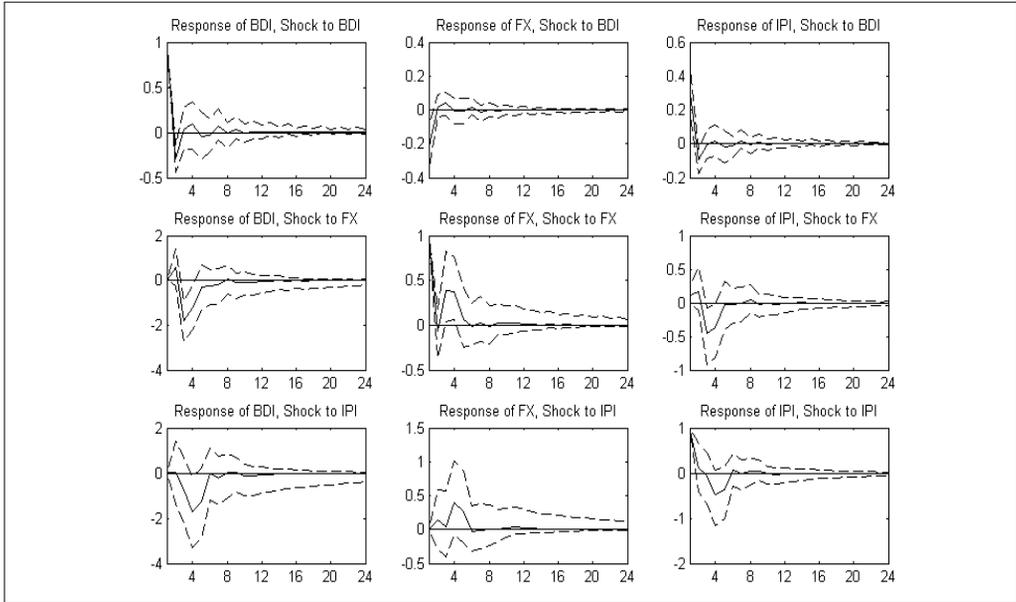
일반적인 VAR 모형을 통해 BDI에 대한 환율과 산업생산의 영향을 살펴보았다. 〈그림 4〉는 장기균형상태 사후 추정치의 평균과 표준편차를 보여준다. 추정된 사후추정치는 앞서 설명한 바와 같이 정규분포하는 것으로 나타났으며, 추정결과 사전정보의 평균과 표준편차 범위 내에서 사후 추정치 평균이 추정되었고 표준편차도 사전정보에 비하여 작게 나타났다.

〈그림 4〉 베이저안 BVAR모형의 장기균형상태 사후 추정치 평균과 표준편차



앞서 일반적인 VAR 모형의 추정과 마찬가지로 DAG에 근거한 베이저안 VAR 모형의 충격반응 분석 결과는 〈그림 5〉와 같다. 환율과 산업생산 교란항의 1 표준오차 상승 충격에 대한 BDI의 변동률 반응은 일반적인 VAR 추정으로부터의 결과는 차이를 보인다. 즉 환율충격에 대한 BDI 변동률 반응에 대하여 일반적인 VAR 추정에서는 뚜렷한 반응이 드러나지 않았으나 베이저안 VAR 추정에서는 4시차를 2% 포인트 수준의 뚜렷한 하락을 보인다. 그리고 산업생산의 변화에 대하여도 이와 유사한 크기의 하락을 보인다. 반면 BDI의 여타 변수들에 대한 영향의 정도나 여타 변수들 간의 영향은 상대적으로 매우 적은 것으로 드러났다. 이는 모형식별에 따른 외생성을 고려한 결과와 매우 유사한 반응경로를 나타내며, 일반적인 VAR 모형에 근거한 분석보다 명확한 실증분석 결과를 제시하고 있다.

〈그림 5〉 베이지안 BVAR 모형 충격반응 결과



이상과 같은 일반적인 VAR와 베이지안 VAR 모형의 충격반응분석에 따른 결과로는 명확하게 그 설명력을 비교하기에는 한계가 있다. 따라서 모형의 예측력 차이를 비교함으로써 분석 모형의 설명력을 평가한다. 이를 위해 본 연구는 Waggoner and Zha(1999)가 제시한 Gibbs Sampling 사용한 조건부 예측을 실시한다. MSFE 추정을 위해 베이지안 VAR 모형으로부터 최근 4년간 예측치의 사후적 분포를 산출하고 이를 식 (5)에서 정의되는 바와 같이 $h = 1, \dots, 4$ 에서 추정된 결과는 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 MSFE 추정결과

	VAR			BVAR		
	BDI	FX	IPI	BDI	FX	IPI
h = 1	0,039	0,003	0,004	0,012	0,000	0,000
2	0,082	0,002	0,001	0,003	0,000	0,000
3	0,025	0,002	0,001	0,022	0,000	0,000
4	1,201	0,069	0,002	0,035	0,001	0,001

〈표 3〉의 MSFE 결과에 의하면 베이지안 VAR 모형의 예측력이 일반적인 VAR 모형보다 우월한 결과를 보여준다. 특히 예측기간 길어질수록 예측력에서 매우 큰 차이를 나타낸다.

IV. 결론

본 연구는 해운경기를 나타내는 대표적인 지표, BDI와 외환시장 그리고 실물시장의 상황을 나타내는 산업생산지수간의 동태적 관계를 분석하였다. BDI와 각각의 변수에 대한 장기균형관계를 분석한 기존 연구는 2008년 글로벌 위기의 영향으로 인해 선형분석에서는 두 변수 간에 장기균형관계가 존재하지 않는 결과를 보인다. 반면 분석모형을 확장하여 이러한 급격한 변동성을 고려하기 위한 비선형·비대칭 분석은 이들 변수 간에 장기 균형관계가 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 기존 연구에서 밝혀진 이상과 같은 혼재된 결과에 대하여 이들 변수들을 금융시장과 실물시장 상황이 해운경기에 어떠한 영향이 있는가를 분석함으로써 향후 해운산업의 경기변동 예측에 적용하기 위한 예측력 검정을 실시하였다.

이상과 같은 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 일반적인 VAR 모형의 추정에서 외생성 분석을 위해 graph theory의 DAG를 적용하였다. 그 결과 산업생산지수가 외생성이 가장 높은 것으로 나타났으며 외환 그리고 BDI 순으로 드러났다. 이는 기존분석에서 사용한 그랜저 인과성 분석이나 출레스키 분석에 근거한 분석결과와는 상이한 결과를 제시하고 있다. 둘째, 외생성 분석에 근거하여 추정한 베이지안 VAR 모형의 충격반응 분석 결과에 따르면 BDI의 변동률 반응은 환율과 산업생산 교란항의 1 표준오차 상승 충격에 대하여 일반적인 VAR 추정으로부터의 결과는 차이를 보인다. 즉 환율충격에 대한 BDI 변동률 반응에 대하여 일반적인 VAR 추정에서는 뚜렷한 반응이 드러나지 않았으나 베이지안 VAR 추정에서는 4시차에서 2% 포인트 수준의 뚜렷한 하락을 보인다. 즉, 충격반응분석에서 두 모형 간의 차이가 방향성은 큰 차이가 존재하지 않으나 그 크기에 있어서는 매우 상이하다. 마지막으로 예측력 분석 결과는 베이지안 VAR 모형의 예측력이 일반적인 VAR 모형보다 매우 높은 것으로 드러났다. 이는 다수의 제약이 존재하는 일반적인 VAR 모형의 한계로 인한 차이에 때문인 것으로서 베이지안 모형을 통한 추정의 우월성을 보여주는 의미 있는 결과라 할 수 있다.

이상과 같은 분석결과에 대한 함의를 정리하면 해운경기에 대한 금융·실물 부문의 영향을 베이지안 VAR 모형을 통해 분석함으로써 기존 연구들의 혼재된 결과를 보다 엄밀하게 분석한 새로운 실증분석 결과를 제시하였다. 특히 모형식별 문제를 해결하는 새로운 방법을 제시함으로써 이에 근거한 분석모형의 예측력 향상은 향후 해운산업 전반에 대한 다양한 변수들과의 관계를 분석하기 위한 새로운 방법론을 제시한 것이다. 이는 해운산업에 대한 다양한 분야로부터의 영향을 분석하기 위한 모형식별 문제를 해결함으로써 해운산업 뿐만 아니라 다른 산업분야의 예측모형으로 확장할 수 있을 것으로 사료되며, 해운산업에 대한 다양한 변수들과의 관계를 통한 분석은 향후의 연구과제로 남겨둔다.

참고문헌

- 모수원, “2012 BDI의 예측”, 『한국항만경제학회지』, 제27권 제4호, 2011, 1-11.
- 모수원, “해운경기의 예측: 2013년”, 『한국항만경제학회지』, 제29권 제1호, 2011, 67-76.
- 김동현·황영식, “유가충격과 산업생산 간 관계 분석”, 『한국경제의 분석』, 제18권 제1호, 2012, 55-121.
- 김현석·오용식, “해운선사 주가와 운임지수 BDI 변동성간의 관계 분석”, 『해운물류연구』, 제28권 제4호, 2012, 637-652.
- 김현석·장명희, “빙커가격과 건화물선 지수(Baltic Dry-bulk Index) 간의 비대칭 장기균형 분석”, 『한국항만경제학회지』, 제29권 제2호, 2013, 63-79.
- 김현석·장명희, “물동량과 산업생산지수 간의 비선형 공적분 검정”, 『해운물류연구』, 제29권 제4호, 2013, 1079-1093.
- 김현석·장명희, “선박연료유 수요에 대한 환율 변동성의 비대칭 영향 분석”, 『해양정책연구』, 제28권 제2호, 2013, 95-112.
- 정상국·김성기, “국제유가의 변화가 건화물선 운임에 미치는 영향과 건화물선 운임간의 상관관계에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제27권 제2호, 2011, 217-240.
- Engle, R. F. and Granger, C.W.J., “Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing,” *Econometrica*, Vol.155, 1987, 251-276.
- Geiger, D. and J. Pearl, “On the Logic of Causal Models,” *Uncertainty in Artificial Intelligence*, Vol.4, 1990, 3-14.
- Glymour, C., Scheines, R., Spirtes, P., and K. Kelly, *Discovering Causal Structure*, Academic Press, San Diego, 1987.
- Kim, S. and Roubini, N., “Exchange Rate Anomalies in The Industrial Countries: A Solution with a Structural VAR Approach,” *Journal of Monetary Economics*, Vol.45, 2000, 561-586.
- Litterman, R., “Forecasting with Bayesian Vector Autoregressions: Five Years of Experience,” *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol.4, 1986, 25-38.
- Pearl, J. and T. S. Verma, “A Formal Theory of Inductive Causation,” Technical Report R-155, Cognitive Systems Laboratory, University of California, Los Angeles, 1990.
- Smith, A. and G. Roberts, “Bayesian Computation via the Gibbs Sampler and Related Markov Chain Monte Carlo Methods,” *Journal of the Royal Statistical Society Series B(Methodological)*, Vol.55, 1993, 3-23.
- Swanson, N. and Clive W. J. Granger, “Impulse Response Functions Based on a Causal Approach to Residual Orthogonalization in Vector Autoregressions,” *Journal of the American Statistical Association*, Vol.92, 1997, 357-367.

- Villani, M., "Steady State Priors for Vector Autoregressions," *Journal of Applied Econometrics*, Vol.24, 2009, 630-650.
- Waggoner, D. and T. Zha, "Conditional Forecasts in Dynamic Multivariate Models," *The Review of Business and Economic Statistics*, Vol.81, 1999, 639-651.
- Zellner, A., *An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics*, Oxford: Wiley, 1971.

국문요약

Bayesian VAR를 이용한 해운경기, 환율 그리고 산업생산 간의 동태적 상관분석

김현석 · 장명희

본 연구는 2000~2013년까지의 월별 시계열 자료를 이용하여 실물·금융변수와 해운경기간의 동태적 상관관계를 분석한다. 특히, 2008년 글로벌위기 이후 운임지수의 지속적인 하락국면에서 실물·금융변수가 얼마만큼의 영향을 미쳤는가를 중심으로 분석하였다. 모형의 적합성과 예측력 비교를 위해 기존의 일반적인 VAR 모형과 베이지안 VAR를 비교하였으며, VAR 모형 설정에 있어 외생성을 보다 객관적으로 도출하기 위해 DAG(Directed Acyclic Graph)를 활용하여 충격반응분석을 실시하고 각각의 모형에 대한 예측력을 비교하였다. 분석결과 BDI에 대한 금융·실물 부문의 영향에 대하여 베이지안 VAR 모형의 충격반응분석 결과는 일반적인 VAR 모형보다 명확하게 드러났으며, 두 모형 간의 예측력을 검증한 결과 베이지안 VAR 모형의 예측력이 매우 우월한 것으로 나타났다.

핵심 주제어 : BDI, 환율, 산업생산, 베이지안 VAR