

확률변동성 모형을 적용한 해운산업의 벙커가격과 환율 리스크

추정*

김현석**

Application to the Stochastic Modelling of Risk Measurement in Bunker Price and Foreign Exchange Rate on the Maritime Industry

Kim, Hyunsok

Abstract

This study empirically examines simple methodology to quantify the risk resulted from the uncertainty of bunker price and foreign exchange rate, which cause main resources of the cost in shipping industry during the periods between 1st of January 2010 and 31st of January 2018. To shed light on the risk measurement in cash flows we tested GBM(Geometric Brownian Motion) frameworks such as the model with conditional heteroskedasticity and jump diffusion process. The main contribution based on empirical results are summarized as following three: first, the risk analysis, which is dependent on a single variable such as freight yield, is extended to analyze the effects of multiple factors such as bunker price and exchange rate return volatility. Second, at the individual firm level, the need for risk management in bunker price and exchange rate is presented as cash flow. Finally, based on the scale of the risk presented by the analysis results, the shipping companies are required that there is a need to consider what is appropriate as a means of risk management.

Key words: Bunker Price, Foreign Exchange Rate, Risk Measurement, Geometric Brownian Motion, GARCH, Jump Diffusion Process

▷ 논문접수: 2018. 03. 02. ▷ 심사완료: 2018. 03. 19. ▷ 게재확정: 2018. 03. 26.

* 이 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2015S1A5A8017553)

** 부산대학교 경제학부 부교수, 주저자, 교신저자, hyunsok.kim@pusan.ac.kr

I. 서론

과거의 경제충격을 중심으로 기업이 직면한 리스크를 살펴보면, 경제위기를 전후하여 여러 거시경제 변수들의 움직임과 경제 환경의 큰 변화로 경제정책의 역할에 대한 의문은 더욱 높아졌다. 국내외적으로도 경제상황에 대한 불확실성의 수준이 과거 금융위기 이전과는 비교할 수 없는 수준으로 높아지고 있는 현실에서 해운산업도 국제금융시장 통합, 유가변동, 글로벌 금융위기 등의 충격에서 나타난 바와 같이 국내외 실물과 자본시장 변화의 영향을 크게 받는 것으로 드러났다. 무엇보다도 1997년 외환위기와 최근 2008년 미국발 경제위기와 유가변동 등에서 드러난 바와 같이 기업은 경제충격에 대하여 매우 민감하게 반응하고 있으며 이는 기업의 혁신역량, 성장잠재력을 약화시켰다. 특히, 국가 간 자본 및 경상거래 증가로 환율과 관련된 기업 활동을 재무적 리스크를 중심으로 국제적 맥락에서 이해하는 것은 기업 자체뿐만 아니라 국민경제 전체의 리스크관리 차원에서도 매우 중요하며, 변화하는 국제 환경에서 해운기업의 경영성과에 비용측면의 가장 큰 요인인 선박연료유가격과 환율변동이 어떤 영향을 미치게 될지를 판단하고 이에 따라 위험을 관리하는 것이 필요하다.

거시경제관점에서 기업 수준에서 리스크가 제대로 관리되지 않는 상황은 해당 기업에 대한 영향뿐만 아니라, 이에 따른 기업의 손실이 금융기관으로 이전되어 금융시스템 전체에 위험요소로 작용할 가능성 때문에 관련 정책당국자는 거시경제 차원에서 리스크를 관리하는 유인이 존재하지만, 리스크요인들에 대해서 정책적으로 시장에 지속적으로 개입하는 것은 국민경제 전반에 비용을 수반한다. 따라서 기업 수준에서 이루어지는 리스크 요인을 분석하고 이에 대한 관리 현황을 분석함으로써 미시적 수준에서 기업의 리스크 관리가 이루어질 수 있도록 시사점을 도출하는 것은 시장개입으로 인한 경제 전

반의 비용을 관리하는 차원에서도 의미 있는 분석이다.

기업의 리스크관리 필요성과 동기에 대한 연구는 Froot, Scharfstein, and Stein(1993)가 있다. 즉, 내부 재원에 비하여 외부로부터 재원을 조달하는 경우가 보다 많은 비용이 수반되는 상황이라면 기업은 헤징(hedging) 유인이 존재한다는 측면에서 리스크 관리를 위한 분석체계를 제시한다. 이때, 기업이 리스크를 관리하지 않으면 현금흐름에 변동이 존재하고 이는 외부조달 자금의 변동이나 자체 투자재원의 변동을 의미한다. 따라서 본 연구는 글로벌 금융위기를 전후하여 급변하는 경제 상황에 대한 인식에 바탕을 두고, 해운기업의 비용측면에서 가장 큰 변동요인인 선박연료유 가격변화와 환율변동에 따른 리스크 분석이 엄밀하게 진행되었는가에 대한 의문을 밝히기 위해 다음 두 가지 측면에 초점을 둔다. 첫째, 벙커가격과 환율 변동성의 불확실성을 확률적 동태 모형화한다. 특히, 확률모형 중에서 가장 널리 활용하는 기하브라운(Geometric Brown Motion 이하 GBM) 모형을 기초로 변동성 군집(volatility clustering)과 점프확산(jump diffusion) 과정을 포함하는 모형으로 확장하여 추정한다. 둘째, 분석대상 기간의 선박연료유 가격과 환율에 적합한 모형으로 민감도 분석(sensitivity analysis)을 실시한다. 이를 통해 선박연료유 벙커가격과 환율로부터 발생할 수 있는 리스크를 현금흐름으로 나타내고 위험관리의 필요성을 제기한다.

II. 해운기업의 벙커가격과 환율출 리스크 관리

시장 불확실성은 기업의 리스크를 높이고, 관리수단의 필요성을 증가시킨다. 글로벌화에 따른 실물 및 금융시장개방의 가속화는 유가, 환율 등 주요 거시경제변수들의 상호관계를 더욱 밀접하게 만드는 요인이 되고, 마찬가지로 변동성 증가는 불확

실성을 증가시키는 요인이 된다. 한국의 경우도 외환위기 이후 급속한 금융자유화로 인해 거시경제변수들의 변동성 확대와 함께 대외 의존도가 크게 높아졌다.

환율이 경상수지에 미치는 영향에 초점을 두는 전통적 접근방법은 자국통화 가치 하락을 의미하는 환율상승의 경상수지 개선에 주목한다. 특히, 경제 위기를 전후한 자본시장 개방의 가속화와 환율 변동성 증대는 자국재와 외국재에 대한 소비자 수요에 기초한 전통적 메카니즘보다 국제투자자들에 의해 결정된다는 사실에 보다 비중이 있다. 이와 관련된 연구는 주로 금융시장이 자유로울수록 주가 변동이 환율에 밀접하게 관련이 있는가를 중심으로 수행되어왔다. 대표적으로 Wu(2000)는 싱가포르의 경우를 대상으로 분석하였으며, 이근영(2007)은 외환위기 이후 한국을 대상으로 주가와 환율의 영향을 각각 제시하였는데, 우리경제와 같이 대외의존도가 높은 소규모 개방경제에서 유가, 환율 관련 변수들은 국내는 물론 대외적 충격에 매우 민감하게 반응하며, 이들 변수들의 향후 변동 및 크기를 예측하는 것이 갈수록 복잡하게 되었음을 보여준다. 특히, 기대수익을 목표로 하는 직·간접 투자와 기업의 리스크 관리와 관련된 합리적 의사결정을 위해서는 거시경제변수들의 상호관계를 체계적으로 이해하는 것이 중요함을 함축적으로 제시한다.

이러한 기존연구에 대해 최근, 김현석·장명희(2013)는 국제유가충격과 국제원유공급은 병커가격의 높은 변동성에 직접적으로 영향을 미치고 있다는 사실로부터 원유가격의 변동, 수요·공급 불균형, 계절적 요인, 그리고 환율과 같은 요인들에 의해 단기적인 병커가격 변동에 지역 간 차이가 존재한다는 사실에 주목해서 외환변동과 병커수요 간의 관계를 분석하였다. 무엇보다도 우리나라의 해운기업의 리스크 관리는 주로 운임수익 변화에 집중되어 왔으며, 해운산업의 특성상 대외결제와 주된 비용부문의 선박연료유 병커가격 변화에 따른 리스크

에 대한 인식이 매우 부족했다. 이에 대해서 해운업의 특성상 크게 주목받지 않던 환율 변동성이 해운산업에 미치는 영향을 중심으로 변수간의 장기균형관계가 존재함을 규명하였다.

유가변동성에 관한 기존연구에서 드러난 바와 같이 환율과 선박연료유 가격은 다양한 요인들에 의해 영향 받기 때문에 특정 변수들과 연계된 구조모형으로 예측할 경우 불완전한 예측이 될 가능성이 높다. 무엇보다도 제한적인 자료만으로 확률적 움직임을 포함하는 유가나 환율의 패턴을 발견하는 것이 매우 힘들다. 따라서 최근 연구는 예측을 위한 분석대상 기간동안 자료의 특성을 반영한 확률모형들을 적용한다. 김우환·김주현(2010)은 자산수익률 리스크에 대한 전통적 추정 모형을 수익률이 기하브라운(Geometric Brown Motion 이하 GBM)을 따른다고 가정하는 확률모형으로 유가의 충격에 따른 CFaR(cash flow at risk)을 추정하였다. 그러나, 선박연료유가 아니라 원유가격을 분석하였으며, 리스크 요인을 유가하나만을 가정하고 환율을 주어진 것으로 추정하였다는 점에서 한계가 있다.

이상의 문제에 대해 해운기업의 리스크 분석은 선박연료유와 환율 변동성에 대한 추정이 동시에 필요하다. 이후 개별모형에 대한 추정된 모수로부터 자산가격 변화를 예측하고 이에 따른 기업의 지출 규모를 가정한 현금흐름 리스크를 추정해야 한다. 따라서 본 연구는 해운기업의 비용측면에서 가장 큰 리스크 요인인 선박연료유 가격과 환율에 의한 비용측면의 리스크를 분석하고, 이를 통해 해운기업의 리스크관리 체계의 필요성을 제기하고 정책적 함의를 도출한다.

III. 실증분석모형

1. 분석모형

금융과 실물부문의 변동을 모형화하기 위해서는,

과거 특징을 반영하는 추정모형이 필요하다. 이때, 자산가치 변화의 불확실성이 반영된 확률적 부분에 대한 모형화가 무엇보다 중요하다. 이러한 모형 중에서 가장 널리 활용하는 확률모형이 자산의 속성을 잘 반영하는 기하브라운(Geometric Brown Motion 이하 GBM) 모형이다. 그러나 변동성을 상수로 가정하는 제약 때문에 자산가치 변화를 추정하는 확률모형으로 한계가 존재하지만, 여전히 확률변동성을 모형화하는 근본모형이며, 이로부터 변동성이 포함하는 다양한 현상을 확장한 변동성 군집(volatility clustering)과 점프확산(jump diffusion) 과정을 포함하는 모형으로 확장되어왔다.

1) 기하브라운(Geometric Brown Motion) 모형

확률과정은 기초자산의 불확실성을 모형에 포함한다. 이때, 자산가치 변화는 연속적이고 자산의 수익률은 양의 정규분포하며, 주가는 로그정규분포를 따른다. 이러한 특징을 반영한 GBM은 자산수익률 변동성을 식(1)과 같이 정의한다.

$$\frac{dP_t}{P_t} = \mu dt + \sigma dW_t \tag{1}$$

이때, P_t 는 시점 t 에서의 자산 가격, μdt 는 시간변화 동안 자산 가격 P_t 의 변화분을 각각 의미하는 확정적인(deterministic) 추세를 의미한다. 그리고 식(1)에서 σdW_t 는 시간변화, dt 동안 자산 가격변화의 변동성을 의미하며 확률적(stochastic) 불확실성을 나타낸다. 이때, 변수 W 는 자산 가격변화의 불확실성을 반영하는 것으로 위너과정(Wiener Process)을 따른다. 식 (1)의 μ 와 σ 는 GBM 모형의 모수로서 각각 유가 변동의 추세(drift)와 변동성(volatility)을 의미하는 상수이다. 그리고 W_t 는 표준 브라운과정(standard Brownian motion)을 각각 나타낸다.

2) GBM-GARCH 모형

변동성에 관하여 일반적인 현상중 하나가 변동성 군집현상(volatility clustering)이다. 이러한 변동성을 분석에 반영하기 위해 기존모형은 주로 일반화 자기회귀 조건부 이분산(GARCH) 특징을 모형화하여 추정한다. 마찬가지로 본 연구의 확률모형은 기본적인 GBM 모형에서 변동성을 상수로 가정하는 것을 시간에 따라 변화하는 특징을 모형에 포함한다.

본 논문의 GBM-GARCH는 GBM과 GARCH 모형을 결합한 확률과정으로 병커가격과 환율의 변동은 식(2)와 같이 정의한다.

$$\frac{dP_t}{P_t} = \mu dt + \sigma_t dW_t \tag{2}$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha r_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

식(2)에서 σ_t 는 시간 가변적인 변동성을 나타내고 σ_t 를 GARCH(1,1)에 적용해서 모형화하면 σ_t 는 식(2)와 같다. 이때, 식(2)에서 σ_t^2 는 시점 t 에서 변동성의 제곱항을 의미하며, r_{t-1}^2 는 자산수익률의 제곱항을 의미하는 ($r_{t-1} = \ln(P_{t-1}/P_{t-2})$)을 각각 나타낸다. GBM-GARCH는 μ, ω, α 그리고 β , 4개의 모수를 포함하며, 자산수익률의 변동성에 대해서 식(1)과 식(2)는 각각 변동성이 상수(σ)이거나 시간에 따라 변하는(σ_t) 경우를 각각 모형화 한다. 특히, GBM-GARCH는 GBM 모형을 추정모수 $\theta \in \{\mu, \omega, \alpha, \beta\}$ 를 포함하는 확률모형으로 확장한다.

3) 점프확산(jump diffusion)과정

산차 μ 를 포함하는 GBM과 Poisson 과정을 결합한 점프확산과정에서 자산수익률의 변동은 점프를 포함하는 식(3)와 같다.

$$\frac{dP_t}{P_t} = \mu dt + \sigma dW_t + dJ_t \quad (3)$$

이때, J_t 는 점프를 의미하며 식(4)로 정의한다.

$$J_t = \sum_{i=1}^{N_t} Y_i \quad (4)$$

or

$$dJ_t = Y_{N_t} dN_t$$

이때, Poisson 분포는 일정 기간 혹은 장소에서 이벤트의 발생 확률을 나타내는 이산 확률 분포로 희귀 사건의 발생을 모형화하는데 적합하다. 식(4)의 $N_t \geq 0$ 는 점프의 평균발생횟수(intensity)가 λ 인 동질적인 Poisson 과정을 모형화한다. 즉, 점프모형에서 N_t 는 $[1, T]$ 기간 동안 발생횟수를 의미하며, Y_i 는 i 번째 점프의 크기(size)를 모형화하는 확률변수로 N_t 와 W_t 는 독립이다.

$$Y_i \sim \exp(N(\mu_y, \sigma_y^2)) \quad (5)$$

점프확산과정은 $\theta \in \{\mu, \sigma, \lambda, \mu_y, \sigma_y\}$ 를 추정한다.

2. 모형추정

이상의 GBM과정을 확장한 세 가지 확률모형에 대한 표본경로 생성을 위해서는 연속형 확률미분방정식으로 표현된 GBM, GBM-GARCH 그리고 점프확산과정의 해(solution)를 도출해야 한다. 점프확산과정은 GBM과 GBM-GARCH의 확장된 모형이기 때문에 식(4)의 점프확산과정 P_t 에 대한 해는 식(6)과 같다.

$$P_t = P_0 \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T + \sigma W_T\right) \prod_{i=1}^{N_T} Y_i \quad (6)$$

식(6)을 이산형(discrete)으로 제시하면 식(7)과 같다.

$$P_t = P_{(t-\Delta t)} \exp\left(\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_t\right) \prod_{i=1}^{n_T} Y_i \quad (7)$$

식(7)에서 Δt 는 시간 간격이고, ϵ_t 는 표준정규분포를 의미하며, $n_T = N_t - N_{t-\Delta t}$ 로 시점 t 와 Δt 사이에서의 점프 발생 횟수를 각각 나타낸다. 식(7)은 지수함수를 포함한다. 로그(log)변환하면 수익률과 일치하는 형태로 식(7)을 식(8)과 같이 정의한다.

$$X_t = \Delta \log P_t \quad (8)$$

$$= \left(\mu + \lambda\mu_y - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_t + \Delta J_t^*$$

식(8)에서 $\Delta J_t^* = \sum_{i=1}^{n_T} \log(Y_i) - \lambda\Delta t\mu_y$ 을 함축한다.

본 연구는 세 가지 확률과정의 모수, θ 추정에 활용되는 방법으로 우도함수(likelihood function)를 최대화하는 최우추정법(maximum likelihood method)으로 추정한다. 즉, 시점 $t = t_1, \dots, t_n$ 에서 관찰된 로그 수익률 X_t 에 대한 로그우도함수(log-likelihood), $L(\theta)$ 는 식(9)와 같다.

$$L(\theta) = \sum_{i=1}^n f(x_i; \mu, \mu_y, \lambda, \sigma, \sigma_y) \quad (9)$$

$$= (1 - \lambda\Delta t) f_N\left(x_i; \mu - \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t, \sigma^2\Delta t\right) + \lambda\Delta t f_N\left(x_i; \mu - \frac{1}{2}\sigma^2\Delta t + \mu_y, \sigma^2\Delta t + \sigma_y^2\right)$$

이때, $f(x_i; \mu, \mu_y, \lambda, \sigma, \sigma_y)$ 는 정규분포의 확률 밀도함수다. GBM과 GBM-GARCH와 달리 점프확산 과정은 수익률이 서로 다른 두 정규분포의 혼합분포(mixed distribution)로 혼합분포의 가중치는 Δt 기간 동안 점프가 발생하지 않으면 0이 되고, 점프가 발생하면 평균이 μ_y 이고, 분산이 σ_y^2 인 점프의 크기만큼 영향이 더해진다.

IV. 분석결과

1. 연구 자료

글로벌 금융위기에 따른 영향이 다소 완화된 2010년 1월 4일부터 최근 2018년 1월 31일까지를 대상으로 벙커가격과 환율에 대한 전체 1,959일의 일별 자료로 실증분석을 실시한다. 벙커가격은 세계주요 항만의 개별가격을 가중 평균한 BIX(Bunker Index)를 사용하며, 환율은 일별 원/달러 명목환율(Nominal Exchange Rate)을 각각 추정한다. 실증분석을 위한 벙커가격 자료는 Bunker Index(<http://www.bunkerindex.com>)의 자료이며, 일별 환율 자료는 서울외국환중개 고시 기준으로 한국은행 경제통계시스템(ECOS) DB로부터 각각 추출하였다.

2. 벙커가격

앞서 제시한 설명과 같이 GBM 모형은 벙커가격의 로그변화율이 정규분포를 따라야 하며 평균과 분산은 일정해야 한다. 본 연구의 GBM을 확장한 두 모형을 포함하는 세 가지 확률과정 모형의 모수 추정 결과는 <표 1>과 같다.

표 1. 일별 벙커가격의 확률모형 모수 추정치

추정모수	GBM	GBM-GARCH	Jump-Diffusion
μ	-0.00002675***	0.000014808***	-0.0000000705***
σ	0.1255*		0.0078***
ω		0.0000025097**	
α		0.1861**	
β		0.3223***	
λ			0.1000
μ_y			0.1000
σ_y			0.1000

주) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 그리고 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

벙커가격의 변화율에 대한 확률과정에 적합한 모형 선택을 위해 모형별 추정된 모수의 유의성을 살펴보면 GBM 모형과 GBM-GARCH로 추정된 모수는 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타난다. 그러나, 점프확산과정을 모형화하여 추정된 모형에서 변동성의 점프확산과 관련된 추정모수들(λ, μ_y, σ_y)이 모두 유의하지 않는 것으로 드러났다. 이는 벙커가격 변화율이 점프확산과정에 대해서 유의하지 않음을 의미한다. 즉, 점프확산모형이 급격한 가격 변동을 추정할 수 있다는 장점이 있으나 본 연구에서 고려하는 기간동안 벙커가격의 변동성에는 이러한 변동성이 존재하지 않음을 의미한다. 이는 유가 혹은 선박연료유 벙커가격에 대한 다수의 기존연구가 급격한 가격변동에 초점을 맞추고 있지만, 점프확산과정을 본 연구의 분석모형에 반영하는 것은 과도식별(over specification) 우려가 있다.

특히, <표 1>의 모수 추정에서 드러난 결과를 바탕으로 벙커가격과 수익률에 대하여 <그림 1>의 그래프를 보면 동분산성(homoskedasticity)과 달리 로그변화율의 변동성이 시간에 따라 상이하며 어떤 기간 동안 상당한 폭의 변동성을 보이다가 상대적으로 안정적인 기간이 이어지는 변동성 군집현상을 보이는 것처럼 나타난다¹⁾. 시뮬레이션을 통한 벙커가격의 변동성에 대한 결과에서 나타난 변동성 폭도 GBM 모형보다는 GBM-GARCH 모형이 다소 작은 것으로 드러났다.

1) 자료에 대한 사전검정과정에서 Jarque-Bera Test를 이용해 로그변화율의 정규성을 검정한 결과 벙커가격의 변화율과 외환 수익률 모두 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각한다. 따라서 벙커가격의 변화율과 외환 수익률의 변동성을 고려하는 GBM 모형을 확장한 이분산성 모형과 점프확산 모형으로 확장하여 추정하는 것이 필요하다.

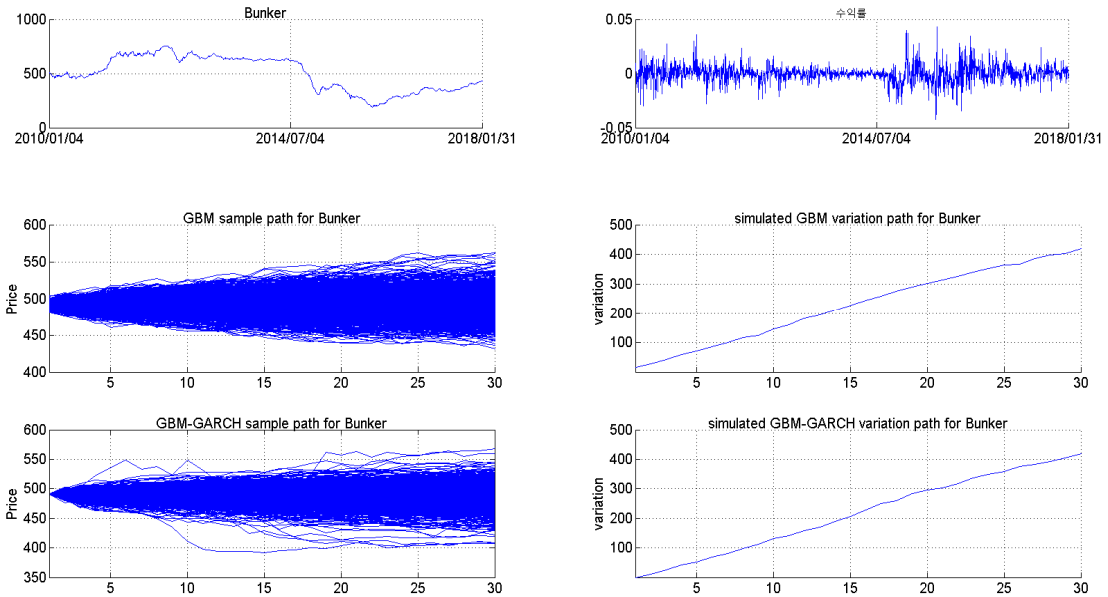


그림 1. 선박연료유 벙커가격 변화율과 GBM과 GBM-GARCH 100,000회 시뮬레이션 결과

3. 환율

벙커가격의 변화율에 대한 추정과 마찬가지로 동일한 GBM류의 모형에 대한 추정 결과는 <표 2>와 같다. 벙커가격 수익률과 마찬가지로 환율 수익률에 대한 확률과정 모형으로부터 추정된 모수의 유의성을 살펴보면, 벙커가격의 변화율과 마찬가지로 GBM 모형과 GBM-GARCH로 추정된 모수는 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났으나, 점프확산과정을 모형화하여 추정된 모형에서 변동성의 점프확산과 관련된 추정모수들(λ , μ_y , σ_y)이 모두 유의하지 않다. 이는 벙커가격 변화율과 마찬가지로 본 연구에서 포함하는 분석대상기간동안 추정된 자료에는 변동성의 급격한 변화가 존재하지 않음을 의미한다.

이상의 모수 추정결과에 대하여 <그림 2>에 포함된 여섯 개의 그래프를 살펴보면 수익률의 변동성은 동분산성(homoskedasticity)과 달리 로그변화율의 변동성이 시간에 따라 상당한 변동을 보이다가 이후 평균을 중심으로 안정적인 변동성 군집현상을 벙커가격과 마찬가지로 보인다.

표 2. 일별 환율의 확률모형 모수 추정치

추정모수	GBM	GBM-GARCH	Jump-Diffusion
μ	-0.000016641	-0.0000060761	-0.0000043867
σ	0.0836		0.0052
ω		0.0000020197	
α		0.0985	
β		0.1215	
λ		0.1284	0.1000
μ_y			0.1000
σ_y			0.1000

주) 괄호 안의 숫자는 시차이며, ***은 1% 유의수준에서 기각됨을 의미함.

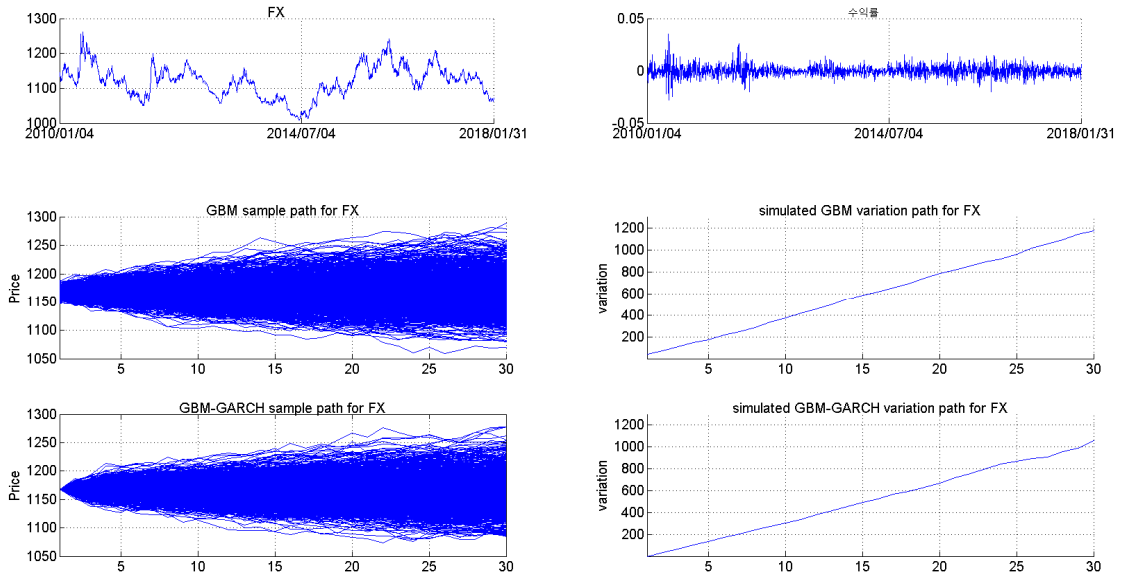


그림 2. 환율 수익률과 GBM과 GBM-GARCH 100,000회 시뮬레이션 결과

이상의 환율 수익률에 대한 결과는 벅커가격 변화율과 마찬가지로 기존의 금융시계열 자료에 대한 GBM류의 분석에서 점프확산과정을 모형화하는 것을 중요하게 다루고 있으나, 본 연구의 분석대상 기간의 환율 자료는 점프확산과정보다는 변동성 모형이 보다 적합함을 의미한다.

4. 민감도 분석

본 연구는 원양을 운항하는 handy size 선박이 월 1,000 톤의 선박연료유 벅커를 사용한다고 가정할 때, 벅커가격과 환율의 불확실성에 따른 기업의 현금흐름에 대한 영향으로 추정한다. 선박연료유 사용량에 대한 가정에 대해서 GBM - GARCH 모형에 대한 100,000회 시뮬레이션을 통해서 평균 벅커가격과 평균 환율에 대한 예측치를 각각 5개씩 도출하였다. 이때, 현금흐름 추정을 위한 예측치는 식 (9)의 추정식으로부터 생성한다. 그리고, 95% 유의

수준에서 표준오차를 사용해서 벅커가격의 최대 변동폭을 추정하고 환율의 예측치를 생성하여 현금흐름을 통해 추정한 결과는 <표 3>과 같다.

GBM-GARCH 모형에 의한 벅커가격은 톤당 \$491부터 \$501까지 변화하고 있으며, 각각에 대한 95% 유의수준에서 추정된 최대 추정치는 톤당 \$406에서 \$514로 추정되었다. 그리고, 환율 변화에 대한 GBM-GARCH 모형의 시뮬레이션 결과는 다소 상이한 움직임을 보인다. 즉, 초기에는 점차 감소하다가 1,173₩/\$ 까지 변화하는 것으로 추정되었다. 이상의 시뮬레이션 결과로부터 추정된 월평균 현금흐름과 월별 최대 현금흐름으로부터 추정된 현금흐름 최대 리스크는 5,972,311원으로 추정된다. 즉, 벅커가격 변화와 환율변화로부터 발생할 수 있는 최대 리스크 크기의 현금이 해운기업에 더 필요할 수 있음을 의미한다.

표 3. 벙커가격과 환율 변화에 의한 민감도 추정

벙커사용량	평균 벙커가격	최대 벙커가격	환율 평균변화	평균현금흐름	최대현금흐름	현금흐름 최대 리스크
491	496		1,168	573,431,712	579,166,029	5,734,317
			1,173	576,314,579	582,077,725	5,763,146
			1,162	570,645,163	576,351,615	5,706,452
			1,150	564,763,795	570,411,433	5,647,638
			1,144	561,751,630	567,369,146	5,617,516
			1,168	577,614,274	583,390,417	5,776,143
			1,173	580,518,169	586,323,351	5,805,182
			1,162	574,807,401	580,555,475	5,748,074
			1,150	568,883,134	574,571,965	5,688,831
			1,144	565,848,999	571,507,489	5,658,490
495	500		1,168	585,939,575	591,798,970	5,859,396
			1,173	588,885,324	594,774,177	5,888,853
			1,162	583,092,245	588,923,168	5,830,922
			1,150	577,082,590	582,853,416	5,770,826
			1,144	574,004,723	579,744,770	5,740,047
			1,168	589,048,447	594,938,931	5,890,484
			1,173	592,009,825	597,929,923	5,920,098
			1,162	586,186,010	592,047,870	5,861,860
			1,150	580,144,469	585,945,914	5,801,445
			1,144	577,050,271	582,820,774	5,770,503
1,000	502	507	1,168	594,243,637	600,186,074	5,942,436
			1,173	597,231,134	603,203,446	5,972,311
			1,162	591,355,955	597,269,514	5,913,560
			1,150	585,261,130	591,113,741	5,852,611
			1,144	582,139,643	587,961,039	5,821,396
			1,168	592,009,825	597,929,923	5,920,098
			1,173	594,938,931	599,867,870	5,942,436
			1,162	589,048,447	594,004,723	5,890,484
			1,150	583,092,245	588,186,010	5,830,922
			1,144	577,082,590	582,050,271	5,770,826
1,000	504	510	1,168	594,243,637	600,186,074	5,942,436
			1,173	597,231,134	603,203,446	5,972,311
			1,162	591,355,955	597,269,514	5,913,560
			1,150	585,261,130	591,113,741	5,852,611
			1,144	582,139,643	587,961,039	5,821,396
			1,168	592,009,825	597,929,923	5,920,098
			1,173	594,938,931	599,867,870	5,942,436
			1,162	589,048,447	594,004,723	5,890,484
			1,150	583,092,245	588,186,010	5,830,922
			1,144	577,082,590	582,050,271	5,770,826
1,000	509	514	1,168	594,243,637	600,186,074	5,942,436
			1,173	597,231,134	603,203,446	5,972,311
			1,162	591,355,955	597,269,514	5,913,560
			1,150	585,261,130	591,113,741	5,852,611
			1,144	582,139,643	587,961,039	5,821,396
			1,168	592,009,825	597,929,923	5,920,098
			1,173	594,938,931	599,867,870	5,942,436
			1,162	589,048,447	594,004,723	5,890,484
			1,150	583,092,245	588,186,010	5,830,922
			1,144	577,082,590	582,050,271	5,770,826

V. 결론

본 연구는 벙커가격과 환율의 변동성 리스크를 현금흐름을 통해 추정하였다. 특히, 해운산업과 관련된 기존의 리스크 관련 연구가 주로 운임 리스크 분석에 치중한 반면, 본 연구는 최근 국제유가의 변동성 증대로 선박연료유 가격변화에 대한 어려움과 널리 알려진 환율의 변동성 특성을 적절히 모형

화 할 수 있는 GBM - GARCH 모형으로부터 추정된 현금흐름 리스크를 추정하였다.

무엇보다도 기존의 해운산업 리스크와 관련된 연구가 선박연료유와 환율로부터 유발된 리스크의 중요성을 간과해 왔다는 점에서 현금흐름 리스크의 크기로 추정된 본 연구에서 제시하는 실증분석 결과는 다음 세 가지 측면에서 의의를 갖는다. 첫째, 운임수익률과 같은 단일 변수에 의존한 리스크 분

석을 벙커가격과 환율 수익률 변동성과 같은 복합 요인으로부터 발생하는 영향으로 분석을 확장하였다. 따라서 향후에는 해운산업에 존재하는 복합적인 요인들의 영향을 반영한 모형으로 확장한 분석이 가능함을 제시한다.

둘째, 개별기업 수준에서 벙커가격과 환율 리스크 관리의 필요성을 민감도 분석을 통해 현금흐름 수준으로 제시하였다. 물론, 선종별로 다양한 벙커 소비량을 가정할 수 있으며 이를 필요에 따라 반영한 분석이 가능하다. 즉, 대형 선종의 경우 하루 400톤 이상의 선박연료유를 소비할 수도 있으며, 월평균 1000톤의 선박연료유를 소비하는 선종을 15~20척 보유한 중견선사의 경우 현재 추정된 금액의 선박보유수 만큼 현금 리스크를 현실에서 매월 가질 수 있다. 따라서 본 연구의 실증분석 결과는 최근 벙커가격과 환율 변동성으로부터 리스크 관리 규모를 파악할 수 있음을 제시하는 유의미한 분석 결과다.

마지막으로 본 연구의 실증분석 결과는 위험의 크기를 중심으로 분석하였다. 특히, 개별기업 수준에서 리스크 관리가 이루어지기 위해서는 어느 정도의 규모가 필요한가를 가늠할 수 있다. 따라서 분석결과가 제시하는 리스크 규모를 근거로 해운기업은 리스크 관리를 위한 수단으로 무엇이 적절한가를 고민해야 할 필요성이 있음을 제기한다. 가령 유사한 업종에 해당하는 항공 산업의 경우 적극적으로 유가와 환리스크 관리를 하고 있는 현실에서 볼 때, 해운산업도 이러한 필요성이 존재하는지를 엄밀하게 파악해서 적절한 관리수단을 찾아서 활용해야 한다.

본 연구는 해운기업에 대한 가정을 보유선박 운용에서 발생하는 가장 큰 비용부문의 특성과 미래 시점에 외화로 지불할 금액이 있다는 특성으로 단순화하여 리스크관리 규모를 분석하였다. 특히, 현실에서 개별기업 수준에서 리스크관리 강화의 필요성을 현금흐름으로 추정해서 제기하였다. 그러나

현실에서는 일정 규모 이하의 기업들이 리스크관리 체계를 갖추기가 힘들다는 한계가 있기 때문에 어려운 경영상황에 있는 해운산업에 존재하는 다양한 리스크를 분석해서 이를 최소화하기 위한 관리수단을 공공부문에서 제공하는 것이 필요하다. 따라서 리스크관리 비용문제를 극복할 수 있도록 지원하거나, 최소한 중견기업이 리스크를 효과적으로 관리하는 데 사용할 수 있는 수단들을 보다 체계적으로 제공하기 위한 정부의 노력이 필요하다. 그리고, 실제 리스크에 노출될 수 있는 해운기업들이 그 노출 규모를 평가하고, 리스크관리 체계를 갖출 수 있는 지원책이 마련되어야 한다.

참고문헌

- 김동현·황영식, “유가충격과 산업생산 간 관계 분석”, 『한국경제의 분석』, 제18권 제1호, 2012, 55-121.
- 김우환·김주현, “유가 불확실성과 해운기업의 리스크 관리에 관한 연구”, 『해양정책연구』, 제25권 제1호, 2010, 1-18.
- 김현석·장명희, “벙커가격과 건화물선 지수(Baltic Dry-bulk Index) 간의 비대칭 장기균형 분석”, 『한국항만경제학회지』, 제29권 제2호, 2013, 63-79.
- 김현석·장명희, “선박연료유 수요에 대한 환율 변동성의 비대칭 영향 분석”, 『해양정책연구』, 제28권 제2호, 2013, 95-112.
- 김현석, 장명희, “선박연료유 수요·공급 충격과 해운기업 주가와와의 관계 분석”, 『해운물류연구』, 제78호, 2013, 한국해운물류학회, pp.609-626.
- 김현석, 장명희, “Bayesian VAR를 이용한 해운경기, 환율 그리고 산업생산 간의 동태적 상관분석”, 『한국항만경제학회지』, 제30권 제2호, 2014, 77-92.
- 이근영, “주가와 환율이 상호작용분석”, 『국제경제연구』, 제13권 제2호, 2007, pp.55-82.
- 정상국·김성기, “국제유가의 변화가 건화물선 운임에 미치는 영향과 건화물선 운임간의 상관관계에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제27권 제2호, 2011, 217-240.
- Alizadeh, A. H. and N. K. Nomikos (2009), Shipping Derivatives and Risk Mangement, Palgrave, pp.425-450.

- Ang, A. Bekaert, G. and Wei, M., "Do Macro Variables, Asset Markets, or Surveys Forecast Inflation Better?", *Journal of Monetary Economics* 54 (2007), 1163-1212.
- Bernanke, B.S., Boivin, J. (2003). Monetary policy in a data rich environment. *Journal of Monetary Economics* 50 525-546.
- 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, pp.3-14.
- Geweke, J. and Amisano, G., "Hierarchical Markov Normal Mixture Models with Applications to Financial Asset Returns", *Journal of Applied Econometrics* forthcoming (2010).
- Glymour, C., Scheines, R., Spirtes, P., and K. Kelly, *Discovering Causal Structure*, Academic Press, San Diego, 1987.
- Hoogerheide, L., Kleijn, R., Ravazzolo, F., van Dijk, H. and Verbeek, M., "Forecast Accuracy and Economic Gains from Bayesian Model Averaging using Time-Varying Weights", Tinbergen Institute Discussion Paper 2009-061/4, 2009.
- Jazwinsky, A., *Stochastic Processes and Filtering Theory* (New York: Academic Press, 1970).
- Kavussanos, M. and Visvikis, I. (2006) *Derivatives and risk management in shipping*, London: Whitherby Publishing.
- 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, pp.561-586.
- Koop, G. and Potter, S., "Forecasting in Dynamic Factor Models using Bayesian Model Averaging", *The Econometrics Journal* 7 (2004), 550-565.
- Korobilis, D., "Assessing the Transmission of Monetary Policy Shocks using Dynamic Factor Models", Discussion Paper 9-14, University of Strathclyde, 2009.
- Litterman, R., "Forecasting with Bayesian Vector Autoregressions: Five Years of Experience", *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 4, 1986, pp.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, pp.3-23.
- Stock, J. H., Watson, M.W. (1999). Forecasting inflation. *Journal of Monetary Economics* 44 293-335.
- Stock, J.H., Watson, M.W. (2002a). Macroeconomic forecasting using diffusion indexes. *Journal of Business & Economic Statistics* 20 147-162.
- Stock, J. H., Watson, M.W. (2002b). Forecasting using principal components from a large number of predictors. *Journal of the American Statistical Association* 97 1167-1179.
- Stock, J. H., Watson, M.W. (2005). Implications of dynamic factor models for VAR analysis. Princeton University, mimeo.
- 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, pp.357-367.
- Villani, M., "Steady State Priors for Vector Autoregressions", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 24, 2009, pp.630-650.
- Waggoner, D. and T. Zha, "Conditional Forecasts in Dynamic Multivariate Models", *The Review of Business and Economic Statistics*, Vol. 81, 1999, pp.639-651.
- Wu, "Stock prices and exchange rates in VEC model —The case of Singapore in the 1990s", *Journal of Economics and Finance*, Vol.24, 2000, pp.260-274.

확률변동성 모형을 적용한 해운산업의 벙커가격과 환율 리스크 추정

김현석

국문요약

본 연구는 해운기업의 주요 비용요인 벙커 가격과 환율의 불확실성으로 인한 재무적 리스크를 수치화하는 방법론을 2010년 1월 1일부터 2018년 1월 31일까지의 일별자료를 대상으로 적용한다. 기하브라운 운동 (Geometric Brownian Motion 이하 GBM)과 이를 확장한 조건부 이분산성(heteroskedasticity) 및 점프 확산 프로세스(jump diffusion process)에 의존하는 모형으로부터 추정된 현금 흐름 리스크 추정치는 다음 세 가지 학술적 기여로 요약할 수 있다. 첫째, 운임수익률과 같은 단일 변수에 의존한 리스크 분석을 벙커가격과 환율 수익률 변동성과 같이 복합요인으로부터 발생하는 영향으로 분석을 확장하였다. 둘째, 개별기업 수준에서 벙커가격과 환율 리스크 관리의 필요성을 민감도 분석을 통해 현금흐름수준으로 제시하였다. 마지막으로 분석결과가 제시하는 리스크 규모를 근거로 해운기업은 리스크 관리를 위한 수단으로 무엇이 적절한가를 고민해야 할 필요성이 있음을 제기한다.

주제어: 벙커가격, 환율, 리스크 추정, 기하브라운 운동, GARCH, 점프확산과정