

# 우리나라 도소매기업의 운영효율성에 대한 실증분석 : 코로나19 기간(2020년 1~2분기)을 중심으로

(Analyzing the Operational Efficiency of South Korea Wholesalers  
and Retailers during COVID-19 period (Q1 to Q2 2020))

김길환<sup>1)</sup>\*  
(Gilwhan Kim)

**요약** 본 연구의 목적은 코로나19가 국내에 유입되고 확산되는 기간 동안 국내 도소매기업의 성과를 분석하는 것이다. 기업성과에 대한 변수로는 운영효율성 (Operational efficiency)을 선택하였으며, 확률변경분석 (Stochastic frontier analysis)을 통해 운영효율성을 추정하였다. 이후 운영효율성에 미치는 코로나19 기간 (2020년1~2분기)의 효과를 살펴보기 위해 해당 기간의 분기별 고정효과 (Quarterly fixed effect)를 회귀분석을 통해 검토하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 분석 기간 (2019년 1분기~2020년 2분기) 동안 운영효율성의 평균적 수준은 대략 0.7138이었다. 둘째, 운영효율성에 대한 코로나19 기간 (2020년 1분기~2분기)의 고정효과는 유의미하지 않았다. 셋째, 운영효율성과 기업규모 사이의 정적 결과를 확인하였다. 한편 본 연구는 운영효율성이라는 기업차원의 성과변수와 코로나19 기간이라는 거시경제적 변수의 관련성을 검토하였다는 점에서 의미가 있다고 볼 수 있다.

**핵심주제어:** 코로나19, 운영효율성, 확률변경분석, 분기별 고정효과, 도소매기업

**Abstract** We analyze the performance of South Korea wholesalers and retailers during the period when COVID-19 emerged and began to spread in South Korea. Specifically, we choose operational efficiency as a proxy variable for reflecting corporate performance and apply stochastic frontier analysis for estimating operational efficiency. Importantly, in order to examine the impact of the COVID-19 period (Q1 to Q2 2020) on operational efficiency, we consider the quarterly fixed effect corresponding to the COVID-19 period. Our findings include: (i) the average level of operational efficiency is approximately 0.7138 during the analysis period (Q1 2019 to Q2 2020); (ii) the fixed effect of the COVID-19 period on operational efficiency is not significant; and (iii) operational efficiency is positively correlated with the scale of the company. Moreover, from an academic perspective, we make a contribution by examining the relationship between the operational efficiency as a firm-level variable and the COVID-19 period as a macroeconomic variable.

**Key Words:** COVID-19, Operational efficiency, Stochastic frontier analysis, Quarterly fixed effect, Wholesalers, Retailers

---

\* Corresponding Author: gilwhan@kmu.ac.kr  
Manuscript received November 03, 2020 / revised  
November 30, 2020 / accepted November 30, 2020

1) 계명대학교 경영학과, 제1저자, 교신저자

## 1. 서론

2019년 말 중국 우한에서 발생한 코로나19는 2020년 상반기에 전 세계로 확산되면서 인류의 삶에 엄청난 부정적 영향을 끼치고 있다. 우리나라도 2020년 1월 20일에 첫 확진자가 보고된 이후 확진자 수가 큰 폭으로 증가하여 사회적 거리두기에 따른 방역조치들이 시행되었고 현재까지 이어지고 있다. 코로나19 예방을 위한 일련의 방역조치는 국민의 생명을 지키기 위한 공중보건의 측면에서 매우 적절한 것이나, 국가의 경제활동에는 매우 부정적이다. 방역조치의 기본은 가능한 한 사람들이 모이지 않도록 하는 것이기 때문이다. 이런 측면에서 코로나19 예방을 위한 방역조치는 기업 활동의 위축을 초래하고 있다고 볼 수 있다 (Samil Industry View, 2020; The Bank of Korea, 2020).

특히, 소상공인연합회의 조사에 따르면 코로나19의 피해를 가장 많이 본 업종이 도소매인 것으로 드러났다 (Maeil Daily Newspaper, 2020). 이 결과는 코로나19의 여파로 소비자들의 매장 방문이 감소하고, 소비자들이 외출을 자제하였으며, 각종 모임의 취소가 증가하였다는 점을 감안하면 도소매업종의 특성상 예측 가능한 것이라고 볼 수 있다. 이와 관련하여 KIEP (2020)은 2020년 1분기 도소매업종 기업의 경영악화를 주요 지표 (고객수 감소율, 업종별 실적 등)를 통해 언급하였고, GRI (2020)은 같은 기간 도소매업종의 역 성장을 확인하였다. 이러한 상황에서 코로나 발생 전후 도소매기업의 운영성과를 검토해볼 필요가 있다. 즉, 코로나19가 국내 도소매기업의 운영성과에 실질적으로 어떠한 영향을 미치고 있는지를 분석해 보는 작업은 코로나19의 종료시점을 예측할 수 없는 현재 상황에서 검토할 만한 기초 연구라고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 코로나19가 국내에 유입되어 확산되기 시작한 기간 동안 국내 도소매기업의 운영성과를 분석하는 것이다. 이를 위하여 2020년 1~2분기를 코로나19가 등장 및 확산된 코로나19 기간으로 정의한 후 해당 분기별 기업자료 (2020년 1~2분기)를 이용하여 분석하였다. 또한 코로나19 기간 이전 상황과의 비교를 위하여 2019년 1

~4분기의 자료를 함께 분석하였다. 기업의 운영성과에 대한 변수로는 도소매기업의 운영성과를 평가할 수 있는 운영효율성 (Operational efficiency)의 개념을 차용하였다 (Chuang et al., 2019). 운영효율성의 개념은 생산경제 (Production economics) 연구에서 사용되는 기술적 효율성 (Technical efficiency) 개념과 같은 것으로 볼 수 있다. 기술적 효율성 개념은 투입물을 산출물로 변화시키는 과정이 얼마나 생산적인가를 나타내는 것이고, 투입물을 산출물로 변환시키는 생산시스템을 얼마나 효과적으로 운영했는지의 여부 역시 투입물을 얼마나 생산적으로 산출물로 변환시켰는지에 따라 평가될 수 있기 때문이다. 이러한 측면에서 상당수 운영관리 연구 또는 생산경제 연구에서 기술적 효율성을 운영효율성으로 정의하여 사용하고 있다 (Lam et al., 2016; Lee and Johnson, 2013; Sranga, 2009; Sarkis, 2000; Yu and Ramanathan, 2008).

또한 운영효율성은 생산과정에 투입되는 요소들을 얼마나 효과적으로 활용하여 경제적 부가가치 (Economic value added)를 만들어 내고 있는지를 반영하는 상대적 지표이며 (Chuang et al., 2019), 현 투입요소에서 기대되는 최대 산출물 수준과 비교하여 평가될 수 있는 상대적 산출 수준 (또는 최대 산출능력을 기준으로 평가되는 상대적 산출능력)으로 볼 수 있다. 운영효율성에 대한 추정에는 모수적 (Parametric) 방법인 확률변경분석 (Stochastic frontier analysis)을 적용하였다.

한편, 코로나19 기간이 운영효율성에 어떠한 영향을 미치고 있는지를 엄밀하게 분석하기 위하여 분기별 고정효과를 고려한 회귀분석을 실시하였다. 구체적으로 분기별 더미변수 (Dummy variable)를 이용하여 운영효율성에 미치는 분기별 고정효과를 분석하였다. 특별히 분기별 고정효과는 해당 시기의 경제 상황, 이자율, 가격 수준 등의 분기별 특징 (Secular characteristics) 또는 거시경제적 상황을 반영한다고 볼 수 있다 (Gaur et al., 2005). 따라서 코로나19 기간에 해당하는 고정효과를 분석하게 되면 운영효율성에 미치는 코로나19 기간의 효과를 검토하는 것이 가능하다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 문헌을 검토하고, 제3장에서는 운영효율성 및

운영효율성에 미치는 코로나19 기간의 효과를 분석하기 위한 연구모형을 제시하며, 제4장과 제5장에서 분석자료 및 분석결과를 각각 살펴본다. 마지막으로 제5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 문헌 검토

앞서 언급했듯이 본 연구에서 차용하고 있는 운영효율성은 생산경제 연구의 기술적 효율성과 개념적으로 같다. 따라서 성과변수로 기술적 효율성을 차용하여 분석을 시도한 연구들을 살펴볼 필요가 있다. 이와 관련하여서는 방대한 연구들이 존재하나 기업경영성과에 대한 변수로 기술적 효율성을 고려한 연구들을 간략히 검토하면 다음과 같다.

먼저 Chuang et al. (2019)은 재고최소화(Inventory leanness) 수준과 기술적 효율성으로 측정된 운영효율성과의 관계를 검토하였으며, 특히 재고최소화 수준과 운영효율성의 역U자형 관계와 이에 미치는 기업규모 및 수요불확실성의 조절효과를 규명하였다. Lam et al. (2016) 역시 기술적 효율성으로 측정된 운영효율성에 미치는 소셜 미디어(Social media)의 영향을 검토하여 소셜 미디어의 활용이 운영효율성 개선에 긍정적 역할을 하고 있음을 확인하였다. 한편, Lieberman and Dhawan (2005)은 자원기반이론(Resource-based view theory)을 기술적 효율성 개념에 접목하여 일본 및 미국 자동차회사의 성과를 비교·분석하였으며, 일본 자동차회사가 미국 자동차회사에 비해 훨씬 효과적으로 운영되고 있음을 보였다. Dutta et al. (2005)도 자원기반이론에서 정의되는 능력(Capability) 개념이 기술적 효율성 개념으로 설명이 가능하다고 언급하였으며, 반도체기업의 자료를 이용하여 연구개발능력(R&D capability)이 기업별로 상이함을 확인하였다.

또한 Miller and Parkhe (2001)는 이익을 산출물로 하여 측정된 기술적 효율성을 통해 외국인 소유 은행이 경쟁적 상황에 더 큰 영향을 받고 있음을 확인하였다. Tecles and Tabak (2010)도 이익을 산출물로 하여 베이지안(Bayesian) 접근을 통해 기술적 효율성을 측정하였으며, 브라질 은행 자료를 이용하여 규모가 큰 은행이 더 효율적이라는 것을 보였다. 동일한 방법론으로

Tabak and Tecles (2010)는 공적은행(Public bank)이 외국은행(Foreign bank) 및 사적은행(Private bank)보다 효율적임을 확인하였다.

한편, Chang and Gurbaxani (2013)는 기술적 효율성 개념을 차용하여 기업성과에 미치는 정보통신기술(Information technology; IT)의 영향을 살펴보았으며, 정보통신기술과 경쟁 수준은 기술적 효율성을 증가시키는 데 유의미한 효과가 있음을 보였다. 반대로 Lin and Shao (2006)는 기술적 효율성과 정보통신기술 관련 투자 사이에 유의미한 관계가 존재하지 않음을 보여, 이른바 IT 생산성 역설(IT productivity paradox)을 확인하였다. Kim et al. (2015)은 베이지안 확률변경함수를 이용하여 IT의 효과성을 기술적 효율성으로 평가하여 산업마다 IT의 효과성이 다르게 나타남을 보였다.

또한 기업성과로 기술적 효율성을 선택한 국내 연구를 살펴보면 다음과 같다. 우선 Heo and Cin (2004)은 기술적 효율성과 종업원 1인당 인건비, 자본집중도, 부채비율, 자기자본수익률, 자산수익률의 유의한 관계를 37개의 철강기업 자료를 이용하여 확인하였다. Shin (2007)도 세계 주요 철강기업의 기술적 효율성을 분석하여 기술적 효율성과 시장점유율의 정의 관계 및 설비연령과의 부의 관계를 밝혀내었다. 또한 Huh and Kim (2007)은 세계 주요 철강기업들의 기술적 효율성 수준이 전체적으로 낮게 형성되고 있음을 확인하였는데, 그 이유로 노후화된 설비, 불충분한 자본축적도 등을 지적하였다. Kim (2020)은 국내 철강기업을 대상으로 재고관리성과 변수로 재고자산회전율을 선택하여 기술적 효율성과 정의 관계를 이루고 있음을 분석하였다. 이렇듯 기술적 효율성을 기업성과로 선택한 다수의 연구들은 철강기업을 주 분석대상으로 한 경우가 많았다.

한편, 타 업종에 속한 기업을 대상으로 한 연구는 다음과 같다. Kim and Kwak (2017)은 사회적 기업 158곳을 대상으로 기술적 효율성을 분석하여 기술적 효율성 정도가 높을수록 수익성이 증가함을 확인하였다. Sung and Kang (2011)은 부산시 소재 물류창고업에 속한 기업을 대상으로 기술적 효율성을 분석하여 위험물 보관업과 기타 창고업의 기술적 효율성이 상대적으로 높다는 것을 밝혔다. 또한 Cin and Lee (2010)는 국내 제조업체의 연구개발투자과 기술적 효율성의 관계를 분석하였으며, 연구

개발 집중도가 기술적 효율성을 증가시킨다고 언급하였다. Roh (2011)는 정보통신기술의 활용이 기업의 기술적 효율성을 개선하는 데 효과가 있음을 제조기업 자료를 통하여 확인하였다.

이와 같이 기술적 효율성은 이론적 강점에 기인하여 다양한 분야에서 기업성과의 변수로 활용되어 왔다. 본 연구도 기술적 효율성의 개념을 기업의 운영성과 변수로 사용한다는 점에서 기존 연구와 동일한 맥락에 있다고 할 수 있으나, 코로나19 기간이라는 특정 기간이 운영효율성에 어떠한 영향을 미치고 있는지를 검토하고 있다는 점에서 차별성이 있다.

한편, 앞서 언급했듯이 본 연구는 운영효율성에 미치는 코로나19 기간의 효과를 검토하기 위하여 분기별 고정효과를 고려한다. 특별히 분석모형을 통해 검토되는 고정효과는 해당 시기의 경제적 상황, 이자율, 가격 수준 등을 반영하는 것으로 (Gaur et al., 2005), 기업의 운영활동에 영향을 주는 전반적인 거시경제 상황의 효과를 나타낸다고 볼 수 있다. 이러한 측면에서 기업의 운영활동에 영향을 줄 수 있는 거시경제학적 변수를 고려한 연구를 살펴볼 필요가 있으며, 대표적인 연구로 다음의 두 연구를 들 수 있다.

첫째, Kesavan and Kushwaha (2014)는 거시경제적 충격을 분기별 GDP자료를 통해 측정된 후, 거시경제적 충격하에서 소매점들의 재고투자행동이 어떠한 방식으로 반응하는지를 분석하였다. 이를 통해 높은 서비스 수준을 보이는 소매점들이 낮은 수준의 소매점들보다 재고투자를 더 많이 한다는 것을 밝혀내었다. 둘째, Kesavan et al. (2016)은 높은 재고회전율 수준을 보이는 소매점과 낮은 재고회전율 수준을 보이는 소매점이 거시경제적 수요충격 (Demand shock)에 각각 다르게 반응하는지 여부를 분석하였다. 구체적으로 각 분기의 소비자가격지수를 거시경제적 수요충격으로 간주하여 분석하였고, 높은 재고회전율 수준을 보이는 소매점은 구매량을 빠르게 조절함으로써 거시경제적 수요충격에 대응하지만 낮은 재고회전율 수준을 보이는 소매점은 가격에 변화를 줌으로써 그에 대응한다는 것을 확인하였다.

본 연구는 분기별 고정효과를 고려하여 거시경제 변수들의 수준을 확인한다는 점에서 위에서 언급한 두 연구와 유사한 맥락을 보인다고 할 수 있으나 운영효율성에 미치는 전반적인 거시경제변수의 효과를 검토한다는 점에서 차별성을 갖는다고 할 수 있다.

### 3. 연구모형

앞서 언급했듯이 본 연구에서 기업의 운영성과 변수로 선택된 운영효율성은 생산경제이론에 바탕을 둔 기술적 효율성의 개념과 본질적으로 같다. 따라서 운영효율성에 대한 이해를 위하여 식 (1)과 같은 확률변경생산함수 (Stochastic frontier production function)를 고려한다.

$$Y_{it} = F(K_{it}, L_{it})OE_{it}e^{v_{it}} \quad (1)$$

$$= F(K_{it}, L_{it})e^{-u_{it}}e^{v_{it}}$$

식 (1)에서  $Y_{it}$ 는 실제 산출물 (Observed output)을 의미하며,  $F(K_{it}, L_{it})$ 는 자본 ( $K_{it}$ )과 노동 ( $L_{it}$ )을 투입물로 하는 확률변경 (Stochastic frontier)으로 생산함수를 나타낸다. 특히,  $F(K_{it}, L_{it})$ 는 투입물인  $K_{it}$ 와  $L_{it}$  수준에서 기대되는 최대 산출물 (Maximum output)을 의미한다. 그리고  $OE_{it}$ 는 운영효율성을 나타내며,  $e^{-u_{it}}$ 로 표현되고 비음의 값을 갖게 되는  $u_{it}$ 는 운영비효율성으로 정의된다. 구체적으로  $u_{it}$ 는 확률변수로, 최대 산출물 수준에 실제 산출물 수준이 도달하지 못 하게 하는 요소라고 볼 수 있다 (Kumbhakar et al., 2015). 마지막으로  $v_{it}$ 는 우연적 변동을 고려하기 위한 오차항이다. 한편 위 식에서  $i$ 와  $t$ 는 기업과 기간을 나타내는 첨자이다. 그리고 생산경제 연구에서 분석을 위하여 자주 선택되는 콥-더글라스 (Cobb-Douglas)형태의 생산함수를 식 (2)와 같이 고려한다.

$$F(K_{it}, L_{it}) = e^{c+f_i+\alpha_t} K_{it}^{\alpha_K} L_{it}^{\alpha_L} \quad (2)$$

식(2)에서  $f_i$ 는 산출에 영향을 줄 수 있으나 현재로서는 관측되지 않는 기업의 이산성 (Heterogeneity)을 고려하기 위한 것으로, 시간불변의 기업고정효과 (Time-invariant firm effect)이며, 기업별 더미변수를 통해 추정된다. 그리고  $t$ 는 시간변수이며,  $\alpha_t$ 는 산출에 영향을 주는 시간효과 (Time effect) 또는 시간추세 (Time trend)를 반영하는 모수이다.

운영효율성을 추정하기 위해서는 식(1)로 주어진 확률변경생산함수를 추정해야 한다. 이를 위하여 식(2)를 식(1)에 대입한 후 자연로그를 취하게 되면 모수적으로 추정이 가능한 확률변경생산함수를 얻게 되고, 확률변수인  $u_{it}$ 와  $v_{it}$ 의 분포에 대한 가정[식(4)와 식(5)]를 추가하여 아래와 같은 연구모형1을 구성한다.

연구모형1:

$$\ln Y_{it} = \alpha_c + f_i + \alpha_t t + \alpha_K \ln K_{it} + \alpha_L \ln L_{it} - u + v_{it} \quad (3)$$

$$u_{it} \sim i.i.d.N^+(0, \sigma_u^2) \quad (4)$$

$$v_{it} \sim i.i.d.N(0, \sigma_v^2) \quad (5)$$

위의 식(3)에서  $\alpha_K$ 와  $\alpha_L$ 은 산출에 미치는 자본과 노동의 효과를 의미한다. 또한 식(4)를 통해 알 수 있듯이 운영비효율성인  $u_{it}$ 는 독립적이고 비음의 반정규분포 (Half-normal)를 따르며,  $\sigma_u^2$ 인 등분산성 (Homoscedasticity)을 갖는다고 가정된다. 그리고 식(5)로부터 오차항인  $v_{it}$ 는 평균이 0이고 분산이  $\sigma_v^2$ 인 정규분포를 따른다는 것을 알 수 있다.

한편, 위의 연구모형은 기업별 더미변수가 포함된 고정효과 (True-fixed effect)모형이다 (Greene, 2005). 일반적으로 각 기업의 연도별 자료로 구성된 패널자료의 경우, 독립변수와 기업효과 (Firm-specific effect)가 높은 상관관계가 있을 가능성이 있는 것으로 알려져 있다 (Kolias et al., 2011; Shan and Zhu, 2013). 이런 경우에 확률효과 (Random effect)모형에 대한 추정은 비일관적 추정량 (Inconsistent estimates)을 보이기 때문에 고정효과모형을 선택하는 것이 합리적이다 (Wooldridge, 2016). 추가로 본 연구의 사용자료에 부합하는 모형을 통계적으로 판단하기 위하여 고정효과모형과 확률효과모형에 대한 하우스만 검정 (Hausman test)을 실시하고자 하였으나, 확률효과모형에 대한 최우도추정법 (Maximum likelihood estimation)이 수렴하지 않아 추정값을 얻지 못하였다. 따라서 본 연구의 사용자료가 각 기업의 연도별 자료로 구성된 패널자료라는 점과 확률효과

모형에 대한 추정이 수렴하지 않았다는 점을 감안했을 때, 고정효과모형이 더 적절하다고 판단할 수 있다. 구체적인 모형의 추정은  $u_{it}$ 와  $v_{it}$ 의 분포에 대한 가정으로부터 로그우도함수 (Log likelihood function)를 구성한 뒤 최우도추정법을 적용함으로써 실시하게 된다. 이후 추정결과를 이용하여 운영비효율성인  $u_{it}$ 와 운영효율성 ( $OE_{it}$ )인  $e^{-u_{it}}$ 를 얻을 수 있다 (로그우도함수 및  $u_{it}$ ,  $e^{-u_{it}}$ 의 추정식에 대한 내용은 Appendix.A 참조). 한편, 운영효율성인  $e^{-u_{it}}$ 는 0과 1 사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 운영효율성이 더 높음을 의미한다.

한편, 운영효율성에 미치는 코로나19 기간의 효과를 분석하기 위하여 연구모형2를 다음과 같이 구성한다.

연구모형2:

$$\ln OE_{it} = \beta_c + f_i + c_t + \beta_S \ln S_{it} + \phi_{it} \quad (6)$$

식(6)에서 종속변수로 고려된  $\ln OE_{it}$ 는 연구모형1의 추정을 통해 얻게 되는 운영효율성에 자연로그를 취한 변수이다. 또한 연구모형1과 동일하게 운영효율성에 영향을 줄 수 있는 기업의 이산성을 고려하기 위하여 시간불변의 기업고정효과인  $f_i$ 를 추가하였고, 이는 기업별 더미변수를 통해 추정된다. 그리고 운영효율성에 영향을 줄 수 있는 기간효과를 고려하기 위하여  $c_t$ 를 추가하였다.  $c_t$ 는 분기별 고정효과 (Quarterly-specific fixed effect)를 나타내며, 분기별 더미변수를 통해 추정된다.<sup>2)</sup> 그리고 앞서 언급했듯이  $c_t$ 는 경제상황, 가격수준, 이자율 등과 같은 각 분기의 특징을 반영한다고 볼 수 있다 (Gaur et al., 2005). 따라서 코로나19 기간에 해당되는  $c_t$ 에 대한 추정값을 통해 운영효율성에 미치는 코로나19 기간의 효과를 살펴볼 수 있다.

한편, 운영효율성에 영향을 줄 수 있는 통제변

2) 구체적으로  $c_1$ 은 2019년 1분기의 고정효과,  $c_2$ 는 2019년 2분기의 고정효과,  $c_3$ 는 2019년 3분기의 고정효과,  $c_4$ 는 2019년 4분기의 고정효과,  $c_5$ 는 2020년 1분기의 고정효과,  $c_6$ 는 2020년 2분기의 고정효과로 정의하였다.

수로서 기업규모를 고려하기 위하여 기업규모에 자연로그를 취한 변수 ( $\ln S_{it}$ )를 모형에 추가하였다. 기업규모를 통제변수로 고려한 이유는 다수의 기존 연구에서 기업성과에 영향을 미치는 기업규모의 유의미한 효과를 확인할 수 있기 때문이다. 이와 관련하여 Chari et al. (2008)은 Tobin's Q에 영향을 미치는 기업규모의 긍정적 효과를 확인하였으며, Diaz and Sanchez (2007)는 기업규모가 작을수록 기술적 효율성이 낮게 나타난다는 결과를 얻었다. 그리고 Kim (2020)은 기술적 효율성에 영향을 미치는 재고자산회전율의 한계효과가 기업규모가 커짐에 따라 감소하고 있음을 보였다.

이런 측면에서 본 연구에서 고려하고 있는 운영 효율성에도 기업규모가 유의미한 영향을 줄 수 있다. 마지막으로 식(6)에서 오차항을 의미하는  $\phi_{it}$ 는 독립적이고, 평균이 0이면서 등분산성을 갖는 정규분포를 따른다고 가정하며, 모형의 추정은 최소자승법 (OLS)을 적용하여 실시한다.<sup>3)</sup>

한편, 연구모형2도 연구모형1과 마찬가지로 기업별 더미변수가 포함된 고정효과 (Fixed effect) 모형이다. 따라서 고정효과모형을 선택한 이유 역시 본 연구의 사용자료가 패널자료라는 점에 일차적으로 기인한다. 추가로 모형의 적합성을 살펴보기 위하여 하우스만 검정을 실시하였고,  $\chi^2=202.37$  ( $p$ -값=0.000)이라는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 “독립변수와 기업효과의 상관관계가 0이다”라는 귀무가설을 기각할 수 있으므로 고정효과모형이 적절한 것으로 판단할 수 있다.

#### 4. 분석자료

앞서 언급한 바와 같이 본 연구의 사용자료는 2019년 1분기부터 2020년 2분기까지의 국내 도소매기업의 자료를 이용하였으며, NICE평가정보의 KISVALUE에서 확보하였다. 특별히 코로나19가 유입되어 확산되기 시작한 기간인 2020년 1~2분기를 코로나19 기간으로 정의하여 이용한다.

3) 더미변수를 고려한 추정이기 때문에 더미변수최소자승 (least squares dummy variables, LSDV) 추정법이 적용되었다고 볼 수 있다.

산출물 ( $Y_{it}$ )에 대한 대리변수 (Proxy variable)는 매출총이익 (Gross profit)을 사용하였다. 매출총이익을 사용할 경우, 생산함수의 투입요소로 고려되지 않는 투입비용에 대한 효과를 어느 정도 통제할 수 있기 때문에 (Chuang et al., 2019), 매출수준, 부가가치 (Economic value added) 등을 산출물에 대한 변수로 사용할 때보다 장점이 있다. 투입물인 자본 ( $K_{it}$ )과 노동 ( $L_{it}$ )에 대한 대리변수는 유형자산과 노동자 수를 각각 이용하였다. 그리고 기업규모 ( $S_{it}$ )에 대한 대리변수로 매출액을 사용하였다 (Eroglu and Hofer 2011).

한편, 극단치 (Outlier)의 영향을 차단하기 위하여 전체 기간의 매출액 기준으로 상위 5%와 하위 5%의 자료는 제외하였고, 6분기의 연속적 자료를 보이지 않는 기업도 제외하였다. 그리고 물가상승효과 (Inflation effect)를 고려하기 위하여 통계청에서 제공하는 2015년 기준 생산자물가지수 (Producer price index)를 사용하여 노동자 수를 제외한 나머지 자료에 대해 실질변수를 구한 뒤 사용하였다. 최종적으로 분석을 위하여 사용된 자료의 기업 수는 106개이며, 총 관측치는 636개이다.

Table 1은 분석자료의 기업들이 포함된 세부업종과 기업수를 보여주고 있으며 Table 2는 변수의 기술통계량을 보여주고 있다.

#### 5. 분석결과

Table 3는 연구모형1에 대한 추정결과를 보여주고 있다. 한편, 일반적으로 확률변경분석에서 효율성에 대한 분석을 실시하기 전에 선행되어야 하는 부분은 비효율성의 통계적 존재 여부의 확인이다 (Kumbhakar et al., 2015). 이를 위하여 운영비효율성에 대한 다음의 귀무가설을 설정하였다.

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0$$

위의 귀무가설을 검정하기 위하여 LR (Likelihood ratio)-test를 실시하였고 (Kumbhakar et al., 2015), Table 3에서 확인할 수 있듯이 연구모형의 LR-statistic (39.08567)이 1% 수준에서 통

Table 1 Sub-industry and Number of Firms

Sub-industry	Number of Firms
Non-store retail business	7
Textile, apparel, footwear and leather goods retail business	10
Information and communication equipment retail business	2
General retail business	10
Commodities brokerage	7
General merchandise wholesale business	12
Beverage, food and tobacco wholesale business	18
Machinery and machinery goods wholesale business	16
Household goods wholesale business	14
Other wholesale business	10

Table 2 Summary Statistics of the Variable

Variable	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Gross Profit ( $Y_{it}$ )	26,589.17	59,220.28	6.31	340,000.00
Tangible Asset ( $K_{it}$ )	149,999.11	481,173.19	8.62	3,730,000.00
Number of Employee ( $L_{it}$ )	447.94	1,019.67	6.00	7,022.00
Sale ( $S_{it}$ )	121,125.27	222,082.57	1,660.00	1,180,000.00

Note: Except for the number of employee(unit: a person), the unit of the other variable is 1million won.

계적으로 유의하였다.4) 따라서 이후의 운영효율성

4) LR 검정통계량은  $-2\{\ln L(H_0) - \ln L(H_1)\}$ 이고  $L(H_0)$ 는 귀무가설하에서의 로그우도 값을,  $L(H_1)$ 은 대립가설하의 로그우도 값을 나타낸다.  $L(H_0)$ 는 최소자승법 (OLS)을 통해 얻으며  $L(H_1)$ 은 최우도추정법을 통해 얻는다 (Kumbhakar et al., 2015).

Table 3 Coefficients' Estimates for Model 1

	Estimate	t-value
stochastic frontier( $f$ )		
$\alpha_c$	18.8197***	17.09
$\alpha_K$	0.1693***	5.77
$\alpha_L$	0.1849	1.10
$\alpha_t$	0.0132	1.49
operational inefficiency( $u$ )		
$\sigma_u^2$	0.2766***	4.71
$\sigma_v^2$	0.0565***	3.59
Log-likelihood	-294.2745	
LR-statistic	39.0856***	

\*\*\* significant at 1%

\*\* significant at 5%

\* significant at 10%

에 대한 분석이 가능하다고 볼 수 있다.

추정결과와 관련하여 먼저 Table 3를 통해 산출물에 미치는 자본에 대한 효과를 나타내는  $\alpha_K$ 의 추정계수가 1% 수준에서 통계적으로 유의한 값을 보인다는 것을 확인할 수 있다. 그러나 노동에 대한 효과인  $\alpha_L$ 은 정의 추정계수를 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 이 결과는 노동자 수와 매출총이익 사이에 유의미한 관계가 없다는 것을 의미한다. 즉 매출총이익을 발생시키는 데 노동자의 수는 유의미한 영향을 주지 않는 것으로 해석될 수 있다. 그리고 시간의 효과를 나타내는  $\alpha_t$ 는 정의 값을 보였으나 역시 통계적으로 유의하지 않았다.

추가로 시간불변 기업고정효과인  $f_i$ 를 연구모형 1에 고려한 것이 적절했는지를 판단하기 위하여 “모든  $f_i$ 는 0이다”라는 귀무가설을 설정하여 Wald-test를 실시하였고, Table 3은 그 결과이다.

Table 4에서 알 수 있듯이 Wald-statistic은 1% 수준에서 유의함으로 귀무가설이 기각되었다. 따라서 기업별 효과를 고려한 연구모형1은 유의한 것으로 볼 수 있다.

Table 4 Test of Significance of Firm-specific Effect( $f_i$ ) in Model 1 (Wald-test result)

	Wald-statistic	p-value
Value	3129.69	0.000

한편, 연구모형1의 추정결과를 바탕으로 운영 효율성 ( $OE_{it}$ )을 추정할 수 있으며, 관련 결과는 Table 5와 같다.

Table 5 Result of Operational Efficiency( $OE_{it}$ )

Variable	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
$OE_{it}$	0.7138	0.1298	0.0205	0.9751

우선 Table 5를 통해  $OE_{it}$ 의 평균값이 0.7138임을 확인할 수 있다. 즉, 국내 도소매기업의 운영 효율성에 평균적 수준은 최적 수준에 비해 낮은 71.28% 수준이었다. 그리고 표준편차가 0.1298이므로, 운영 효율성의 평균적 차이는 대략 12.98%였다는 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 최솟값과 최댓값은 각각 0.0205와 0.9751로 그 차이가 큰 것으로 나타났다.

그리고 분기별 운영 효율성에 대한 결과는 다음의 Table 6에 나타내었다.

Table 6에서 볼 수 있듯이 코로나19 기간(2020년 1~2분기)의 운영 효율성은 2019년 각 분기(2019년 1~4분기)보다 소폭 하락한 것으로 나타난다. 그러나 이러한 운영 효율성의 감소가 통계적으로 유의한 변화인지에 대한 추가적인 검토가 필요하다. 이를 위하여 연구모형2에 대한 추정결과를 살펴보아야 한다. 관련하여 Table 7은 연구모형2에 대한 추정결과를 보여주고 있다.

Table 7에서 확인할 수 있듯이 코로나19 기간에 해당하는 분기별 고정효과인  $c_5$ 와  $c_6$ 는 정의 값을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 그리고 2019년 2분기와 3분기에 해당하는 분기별 고정효과인  $c_2$ 와  $c_3$ 도 유의하지 않았고, 유일하게 2019년 4분기에 해당하는 분기별 고정효과인

Table 6 Results of Quarterly  $OE_{it}$

Quarter \ $OE_{it}$	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Q1 2019	0.7166	0.1466	0.0213	0.9105
Q2 2019	0.7168	0.1295	0.1490	0.9014
Q3 2019	0.7144	0.1248	0.0205	0.8609
Q4 2019	0.7263	0.1368	0.1448	0.9751
Q1 2020	0.7008	0.1113	0.1695	0.9084
Q2 2020	0.7080	0.1284	0.1352	0.9376

$c_4$ 가 통계적으로 유의한 부의 값을 보였다. 위의 결과를 통해 코로나19 기간은 국내 도소매기업의 운영 효율성에 큰 영향을 주지 않았던 것으로 평가할 수 있다. 즉, 2019년 1분기를 기준으로 평가했을 때 2019년 4분기의 고정효과를 제외하고 다른 분기의 고정효과는 2019년 1분기의 고정효과와 큰 차이가 없다고 볼 수 있다. 따라서 2019년 1~2분기와 2020년 1~2분기의 고정효과는 유의미한 차이가 있다고 보기 어렵다.

한편, 특별히 본 연구에서는 산출변수로 매출총이익을 고려하였기 때문에, 추정된 운영 효율성은 매출총이익을 발생시키는 기업의 상대적 능력으로 볼 수 있다. 따라서 위의 결과는 코로나19라는 외부 충격 기간 동안 매출총이익을 발생시키는 기업의 상대적 능력은 유의미한 변화를 보이지 않았다는 것을 나타낸다고 할 수 있다. 코로나19가 전반적인 국가경제에 미치고 있는 부정적 효과(The Bank of Korea, 2020)와 코로나19로 인한 소비자들의 변화된 구매 추세 등을 고려했을 때(Samil Industry View, 2020), 기업에 미치는 코로나19의 부정적 효과를 우리는 쉽게 예측할 수 있다. 이러한 측면을 고려한다면 Table 6의 결과는 상당히 흥미로운 것으로 볼 수 있다. 코로나19라는 외부 충격에 국내 도소매기업들이 효과적으로 대처했다고 해석될 수 있기 때문이다. 그러나 이러한 해석에는 주의를 기울일 필요가 있는



데, 코로나19 기간 이전인 2019년에도 4분기를 제외한 나머지 분기에 해당하는 분기별 고정효과 모두 유의한 영향을 보이지 않았기 때문이다.

이 결과를 통해 국내 도소매기업들이 매출총이익을 발생시키는 데 외부 조건에 덜 민감한 구조를 보유했을 가능성을 추론할 수도 있다. 이와 관련하여 코로나19 기간 동안 기업의 대응능력이 효과적으로 작동했는지 아니면 외부 충격에 덜 민감한 구조를 보여 왔는지에 대한 추가 분석이 향후 필요할 것으로 보인다.

한편, 기업규모에 대한 효과를 나타내는  $\beta_S$ 는 1% 수준에서 통계적으로 유의한 정의 결과 (0.7398)를 보였다. 이 결과는 기술적 효율성과 기업규모의 관계를 밝힌 Diaz and Sanchez (2007)의 주요 결과와 유사한 것으로, 규모가 큰 기업일수록 더 높은 운영효율성을 보이고 있다는 것을 나타낸다. 이는 운영효율성 측면에서 큰 기업이 더 강점을 보인다는 것을 암시한다.

추가로 연구모형2에 시간불변의 기업고정효과인  $f_i$ 를 고려한 것이 적절했는지를 검토하기 위하여 “모든  $f_i$ 는 0이다”라는 귀무가설을 설정하여 F-test를 실시하였으며, Table 8은 그 결과이다.

Table 8을 통해 알 수 있듯이 F-statistic은 1% 수준에서 유의하므로 귀무가설이 기각될 수 있다. 따라서 기업효과를 고려한 연구모형2는 유의한 것으로 볼 수 있다.

**6. 결 론**

코로나19의 확산은 세계경제에 엄청난 부정적 충격을 주고 있으며, 주요국의 경제성장률 하락과 글로벌 교역의 축소 등으로 이어지고 있다 (The Bank of Korea, 2020). 또한, 코로나19에 따른 소비자 행동의 변화는 기업경영에 예상치 못한 변화를 초래하고 있으며 (Samil Industry View, 2020), 특히 도소매업종에 부정적 타격을 주고 있다 (Maililbo, 2020). 이러한 상황에서 본 연구는 국내 도소매기업을 대상으로 코로나19 기간 동안 기업의 운영관리 성과를 실증분석함으로써, 기업에 미치는 코로나19 기간의 효과를 검토

Table 7 Coefficients' Estimates for Model 2

	Estimate	t-value
$\beta_c$	-18.6522***	-18.94
$c_2(Q2\ 2019)$	-0.0096	-0.32
$c_3(Q3\ 2019)$	-0.0176	-0.58
$c_4(Q4\ 2019)$	-0.0609**	-1.99
$c_5(Q1\ 2020)$	0.0296	0.98
$c_6(Q2\ 2020)$	0.0044	0.15
$\beta_S$	0.7398***	18.69
<i>R-squared</i>	0.5831	
<i>Adj R-squared</i>	0.4948	

\*\*\* significant at 1%  
 \*\* significant at 5%  
 \* significant at 10%

Note: To avoid multicollinearity problem, we dropped the dummy variable corresponding to Q1 2019.

Table 8 Test of Significance of Firm-specific Effect ( $f_i$ ) in Model 2 (F-test result)

	F-statistic	p-value
Value	6.37	0.000

하고자 하였다.

이를 위하여 기업의 운영관리에 대한 성과변수로 운영효율성을 선택하여 코로나19 기간 동안의 변화추이를 살펴보았다. 구체적으로 코로나19 기간이 포함된 총 6분기 (2019년 1분기~2020년 2분기)의 국내 도소매기업 자료를 이용하여 확률변경분석을 통해 기업의 운영효율성을 분석하였다. 그리고 각 분기에 해당하는 더미변수를 활용하여 기업의 운영효율성에 미치는 코로나19 기간의 분기별 고정효과를 살펴보았다.

본 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 분석기간 (2019년 1분기~2020년 2분기) 동안 운영

효율성의 평균적 수준은 약 0.7138이었다. 이를 통해 현재 기업이 최적 운영효율성에 못 미치는 수준에서 운영되고 있다는 것을 알 수 있고, 역으로 운영효율성 개선의 여지가 있다는 것을 확인할 수 있다. 둘째, 운영효율성에 대한 코로나19 기간 (2020년 1~2분기)의 고정효과는 유의미하지 않았다. 이 결과는 두 가지 가능성에서 기인했을 수 있는데, 코로나19에 대한 기업의 효과적 대처능력과 외부조건에 덜 민감한 구조의 보유가능성이 그것이다. 셋째, 운영효율성과 기업규모 사이의 정의 결과를 확인하였다. 즉, 운영효율성 측면에서 규모가 큰 기업일수록 강점을 보이고 있다는 것을 알 수 있었다.

한편, 본 연구는 운영효율성이라는 기업차원의 성과지표와 코로나 19 기간이라는 거시경제적 변수와의 관계성을 살펴봤다는 점에서 학문적 시사점이 있다. 앞서 언급했듯이 기업차원의 변수와 거시경제적 변수의 관계성을 검토한 기존 연구 (Kesavan and Kushwaha, 2014; Kesavan et al., 2016)들은 운영효율성이라는 변수를 고려하지 않았다. 이런 측면에서 본 연구는 관련 분석의 첫 시도로 평가할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는 다음의 한계점을 갖고 있다.

첫째, 본 연구는 운영효율성에 미치는 코로나 19 기간의 분기별 고정효과가 유의미하지 않았다는 것을 보였고, 그 원인에 대한 가능성을 제시하였지만 엄밀한 분석을 시도하지 않았다. 따라서 이와 관련된 실무적 시사점을 제시할 수 없었다. 향후 추가 자료의 확보와 이에 수반되는 실증분석을 통해 원인 파악을 위한 체계적 접근이 필요할 것으로 보인다. 구체적으로 코로나19 기간의 거시경제변수 (분기별 GDP 등)를 이용하여 시계열분석 방법을 적용한다면 추가 논의를 확장할 수 있을 것이다. 그리고 이를 통해 운영효율성 향상을 위한 유의미한 실무적 시사점을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

둘째, 코로나 이전과 이후의 도소매업체의 운영성과는 경제 전반의 다양한 요소 (이자율, 환율 등)에 의해 영향을 받고 있다고 볼 수 있는데, 본 연구는 이를 검토하지 않았다. 따라서 경제전반에 미치는 코로나의 영향과 도소매업체의 운영성과에 파급되는 그 영향의 정도를 관련 요소 (또는

변수)를 검토함으로써 향후 살펴볼 필요가 있다.

셋째, 본 연구에서 고려된 총 6분기의 자료는 결과의 일반성을 담보하기에 충분한 분석기간이라고 볼 수 없다. 따라서 향후 추가 분기별 자료를 확보하여 분석을 진행할 필요가 있다. 마지막으로 본 연구는 운영효율성에 미치는 효과로 기업별 고정효과, 분기별 고정효과 그리고 기업규모를 고려하였다. 그러나 운영효율성에 미치는 기업의 운영관리 관련 변수를 고려하지 않았다. 특히, 재고관리성과 변수 (재고자산회전율, 재고최소화 정도, 재고보유 일수 등)는 기업의 운영관리 수준을 반영하는 대표적 지표이기 때문에 (Chuang et al., 2019; Eroglu and Hofer, 2011; Gaur et al., 2005), 운영효율성을 분석하기 위하여 선택 가능한 주요 변수로 볼 수 있다. 이후의 연구에서 위에서 언급한 한계점을 극복할 수 있는 연구가 진행된다면 기업의 운영효율성에 미치는 코로나19 기간 및 운영관리 관련 변수의 효과를 더욱 심도 있게 살펴볼 수 있을 것이다. 구체적으로 코로나19 기간의 거시경제변수와 운영관리 수준에 대한 변수를 동시에 고려하여 운영관리 수준의 조절효과를 살펴본다면 코로나19 기간 동안에 기업의 운영관리 역할이 운영효율성 측면에서 어떻게 작용했는지를 깊이 있게 이해할 수 있을 것이다.

## References

- Battes, G. E., and Coelli, T. J. (1988). Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data, *Journal of Econometrics*, 38(3), 387-399.
- Chang, Y. B., and Gurbaxani, V. (2013). An Empirical Analysis of Technical Efficiency: The Role of IT Intensity and Competition, *Information System Research*, 24(3), 561-578.
- Chari, M. D., Devaraj, S., and David, P. (2008). Research Note—the Impact of Information Technology Investments and Diversification Strategies on Firm Performance, *Management Science*, 54(1), 224-234.

- Chuang, H.H-C., Oliva, R., and Heim, G. R. (2019). Examining the Link between Retailer Inventory Leanness and Operational Efficiency: Moderating Roles of Firm Size and Demand Uncertainty, *Production and Operations Management*, 28(9), 1-27.
- Cin, B-C., and Lee, E-Y. (2010). Effects of R&D and Exports on Technical Efficiency Using Stochastic Frontier Approach, *Korean Corporation Management Review*, 17(1), 1-21.
- Diaz, M. A., and Sanchez, R. (2007). Firm Size and Productivity in Spain: a Stochastic Frontier Analysis, *Small Business Economics*, 30(3), 315-323.
- Dutta, S., Narasimhan, O., and Rajiv S. (2005). Conceptualizing and Measuring Capabilities: Methodology and Empirical Application, *Strategic Management Journal*, 26, 277-285.
- Eroglu, C., and Hofer, C. (2011). Lean, Leaner, too Lean? The Inventory-performance Link Revisited, *Journal of Operations Management*, 29(4), 356-369.
- Gaur, V., Fisher, M.L., and Raman, A. (2005). An Econometric Analysis of Inventory Turnover Performance in Retail Services, *Management Science*, 51(2), 181-194.
- Greene, W. H. (2005). Fixed and Random Effects in Stochastic Frontier Models, *Journal of Productivity Analysis*, 23(1), 7-23.
- GRI. (2020). *Post-Corona 19, New Normal-Industry-Strategy in the Era*, Gyeonggi Research Institute: Issue and Diagnosis.
- Heo, Y., and Cin, B-C. (2004). Technical Efficiencies of World's Major Steel Firms Using Stochastic Frontier Function, *Korea Trade Review*, 29(2), 31-51.
- Huh, K-S., and Kim, J. R. (2007). Analyzing the Determinants of Technical Efficiency in World Steel Industry with Stochastic Frontier Production Function, *Journal of Industrial Economics and Business*, 20(5), 1785-1801.
- Jondrow, J., Lovell, C. K., Materov, I. S., and Schmidt, P. (1982). On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model, *Journal of Econometrics*, 19(2-3), 233-238.
- Kesavan, S., and Kushwaha, T. (2014). Differences in Retail Inventory Investment Behavior During Macroeconomic Shocks: Role of Service Level, *Production and Operations Management*, 23(12), 2118-2136.
- Kesavan, S., Kushwaha, T., and Gaur, V. (2016). Do High and Low Inventory Turnover Retailers Respond Differently to Demand Shocks? *Manufacturing & Service Operations Management*, 18(2), 198-215.
- KIEP. (2020). Economic Impact of the International Spread of Coronavirus Infectious Disease (COVID)-19, *Korea Institute for International Economic Policy: Today's World Economy*, 20(10), 11
- Kim, G. (2020). Impact of Inventory Management Performance on Technical Efficiency of Korean Steel Companies, *Journal of the Korean Production and Operations Management Society*, 31(1), 71-93.
- Kim, G., Lin, W. T., and Simpson, N. C. (2015). Evaluating the performance of US manufacturing and service operations in the presence of IT: a Bayesian stochastic production frontier approach, *International Journal of Production Research*, 53(18), 5500-5523.
- Kim, Y-D., and Kwak, D-C. (2017). Analysis of Relationship between Profitability and Efficiency of Social Enterprise using the Stochastic Frontier Translog Function, *Social Enterprise Studies*, 11(1), 75-93.
- Kolias, G. D., Dimelis, S. P., and Filios, V. P. (2011). An Empirical Analysis of Inventory Turnover Behaviour in Greek Retail Sector: 2000-2005, *International Journal of Production Economics*, 143(1), 143-153.

- Kumbhakar, S. C., Wang, H., and Horncastle, A. P. (2015). *A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis using Stata*, Cambridge University Press.
- Lam, H. K. S., Yeung, A. C., and Cheng, T. C. E. (2016). The Impact of Firms' Social Media Initiatives on Operational Efficiency and Innovativeness, *Journal of Operations Management*, 47(48), 28-43.
- Lee, C. Y., and Johnson, A. L. (2013). Operational Efficiency. A.B. Badiru, (ed.) *Handbook of Industrial and System Engineering*, CRC Press, Boca Raton, FL, 17-44.
- Lieberman, M. B., and Dhawan, R. (2005). Assessing the Resource Base of Japanese and US Auto Producers: A Stochastic Frontier Production Function Approach, *Management Science*, 51(7), 1060-1075.
- Lin, T., and Shao, B. B. M. (2006). The Business Value of Information Technology and Inputs Substitution: The Productivity Paradox Revisited, *Decision Support Systems*, 42(2), 493-507.
- Maeil Daily Newspaper. (2020). *The Biggest Damage to Wholesale and Retail Business caused by COVID-19*, 2020.2.11. Maeil Daily Newspaper Article
- Miller, S., and Parkhe, A. (2001). Is there a Liability of Foreignness in Global Banking? An Empirical Test of Banks' X-efficiency, *Strategic Management Journal*, 23(1), 55 - 75.
- Roh, J-W. (2011). Measuring the Effects of ICT on Productivity and Technical Efficiency in Manufacturing Industry by Using Stochastic Frontier Model, *The e-Business Studies*, 11(2), 273-293.
- Samil Industry View. (2020). *The Changes in Consumer Behavior Accelerated by COVID-19*, Samil PWC, 2020.8.
- Saranga, H. (2009). The Indian Auto Component Industry-estimation of Operational Efficiency Determinants using DEA, *European Journal of Operation Research*, 196(2), 707-718.
- Sarkis, J. (2000). An Analysis of the Operational Efficiency of Major Airports in the United States, *Journal of Operations Management*, 18(3), 155-171.
- Shan, J., and Zhu, K. (2013). Inventory Management in China: An Empirical Study, *Production and Operations Management*, 22(2), 302-313.
- Shin, H-G. (2007). Measuring the Efficiency, Technological Change and TFP of Global Steel Industry using the Stochastic Frontier Approach, *Journal of Industrial Economics and Business*, 20(4), 1319-1343.
- Sung, S., and Kang, S. (2011). The Comparison of Efficiency for Busan Warehousing Firms using DEA and SFA, *Korea Logistics Review*, 21(3), 157-180.
- Tabak, B. M., and Tecles P. L. (2010). Estimating a Bayesian Stochastic Frontier for the Indian Banking System, *International Journal of Production Economics*, 125(1), 96-110.
- Tecles, P. L., and Tabak, B. M. (2010). Determinants of Bank Efficiency: The Case of Brazil, *European Journal of Operation Research*, 18(3), 1587-1598.
- The Bank of Korea. (2020). The Impact of the Global Spread of COVID-19 on the Global Economy, *International Economy Review*, 2020(9), 96-110.
- Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, Nelson Education.
- Yu, W., and Ramanathan, W. (2008). An Assessment of Operational Efficiencies in the UK Retailer Sector, *International Journal of Retail Distribution Management*, 36(11), 861-882.

**Appedix A. 로그우도함수 및  $u_{it}$ 와  $e^{-u_{it}}$ 에 대한 추정**

로그우도함수는 다음과 같다 (Kumbhakar et al., 2015).

$$L_{it} = -\ln\left(\frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2}\ln(\sigma_v^2 + \sigma_u^2) + \ln\phi\left(\frac{\epsilon_{it}}{\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}}\right) + \ln\Phi\left(\frac{\mu_{it}^*}{\sigma^*}\right) \quad (A.1)$$

운영비효율성항인  $u_{it}$ 는 Jondrow (1982)에서 제시한 아래 식으로 추정한다.

$$E[u_{it}|\epsilon_{it}] = \frac{\sigma^* \phi\left(\frac{\mu_{it}^*}{\sigma^*}\right)}{\Phi\left(\frac{\mu_{it}^*}{\sigma^*}\right)} + \mu_{it}^* \quad (A.2)$$

그리고 운영효율성  $e^{-u_{it}}$ 에 대한 추정값은 아래 식을 통해 얻게 된다 (Battes and Coelli, 1988).

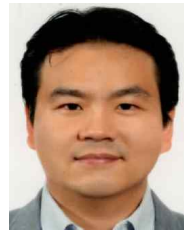
$$E[\exp(-u_{it})|\epsilon_{it}] = \exp\left(-\mu_{it}^* + \frac{1}{2}(\sigma^*)^2\right) \frac{\Phi\left(\frac{\mu_{it}^*}{\sigma^*} - \sigma^*\right)}{\Phi\left(\frac{\mu_{it}^*}{\sigma^*}\right)} \quad (A.3)$$

식(A.1), 식(A.2), 식(A.3)에서  $\phi(\cdot)$  및  $\Phi(\cdot)$ 는 각각 표준정규분포의 확률밀도함수와 누적확률밀도함수를 의미하며  $\epsilon_{it}$ ,  $\mu_{it}^*$ ,  $\sigma_{it}^*$ 는 아래와 같다.

$$\epsilon_{it} = v_{it} - u_{it} \quad (A.4)$$

$$\mu_{it}^* = -\frac{\sigma_u^2 \epsilon_{it}}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad (A.5)$$

$$\sigma^* = \left(\frac{\sigma_u^2 \sigma_v^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (A.6)$$



**김길환 (Gilwhan Kim)**

- 2006년 중앙대학교 경제학과 (경제학사)
- 2009년 고려대학교 경제학과 (경제학석사)
- 2015년 뉴욕주립대학교 버펄로캠퍼스 경영학과(경영학박사)
- 2014년~2017년 에너지경제연구원 부연구위원
- 2017년~현재 계명대학교 경영학과 조교수
- 관심분야: 생산성, 서비스운영, 지속가능경영, etc