

Relationship between Firm Efficiency and Stock Price Performance

Sungmook Lim[†]

Dongguk Business School, Dongguk University-Seoul

기업의 운영 효율성과 주식 수익률 성과와의 관계

임 성 목[†]

동국대학교-서울캠퍼스 경영대학 경영학과

Modern investment theory has empirically proved that stock returns can be explained by several factors such as market risk, firm size, and book-to-market ratio. Other unknown factors affecting stock returns are also believed to still exist yet to be found. We believe that one of such factors is the operational efficiency of firms in transforming inputs to outputs, considering the fact that operations is a fundamental and primary function of any type of businesses. To support this belief, this study intends to empirically study the relationship between firm efficiency and stock price performance. Firm efficiency is measured using data envelopment analysis (DEA) with inputs and outputs obtained from financial statements. We employ cross-efficiency evaluation to enhance the discrimination power of DEA with a secondary objective function of aggressive formulation. Using the CAPM-based performance regression model, we test the performance of equally weighted portfolios of different sizes selected based upon DEA cross-efficiency scores along with a buy & hold trading strategy. For the empirical test, we collect financial data of domestic firms listed in KOSPI over the period of 2000~2016 from well-known financial databases. As a result, we find that the portfolios with highly efficient firms included outperform the benchmark market portfolio after controlling for the market risk, which indicates that firm efficiency plays a important role in explaining stock returns.

Keywords : Firm Efficiency, Stock Price Performance, Data Envelopment Analysis, Cross-Efficiency, CAPM

1. 서 론

기업의 본질은 원자재, 설비, 에너지 등의 자원을 투입 요소로 하여 재화와 용역 등 더 높은 가치를 가지는 산출 요소를 생산해내는 변환 프로세스의 효과적이며 효율적인 관리에 있으며, 이를 경영학적 용어로 운영(operations)이라고 한다. 생산된 재화와 용역을 소비자에게 제공하여 매출을 일으키는 기능인 마케팅과 더불어 운영은 기업의

양대 핵심기능이라고 볼 수 있다[12]. 따라서 기업이 운영 기능을 얼마나 효율적으로 관리하는지에 따라 해당 기업의 경쟁우위가 결정되며, 차별적인 경쟁우위를 가지는 기업은 시장에서 더 높은 가치로 평가받게 된다. 주식시장에 상장되어 공개된 기업의 경우 해당 주식이 시장에서 거래되는 가격, 즉 주가를 통해 그 가치가 적정하게 평가된다고 볼 수 있으며, 주식시장이 효율적이라면 기업의 운영 효율성이 주가 성과로 잘 반영되어야 할 것이다.

본 논문에서는 주식시장에서 기업의 운영 효율성이 해당 기업의 가치평가, 즉 기업 주가의 등락에 미치는 영향을 실증적으로 살펴보고자 한다. 기업의 효율성이라는 함의 기업이 가진 운영 프로세스 상에서 투입요소를 산출

요소로 변환하는 과정이 얼마나 효율적으로 관리되는지를 의미한다. 효율적인 기업일수록 자금 등 보유한 자원을 더 잘 활용하므로 부도의 위험이 낮아지게 되고, 이에 따라 주식시장에서 투자자들이 그 가치를 높게 평가할 것이다. 한편, 기업의 비효율성은 분산 가능한 위험이 아닐뿐더러, 투자론에서 논의되는 주가 수익률을 설명하는 요인들, 즉 시장위험이나 기타 요인으로 설명하기 어렵기 때문에, 기업의 효율성이 주가 수익률에 미치는 영향을 검토하는 것은 의미 있는 연구 주제가 된다.

기업의 운영 효율성과 주가 수익률간의 관계에 관한 연구는 그간 종종 있어왔는데, 대부분의 연구에서는 효율적인 기업이 비효율적인 기업에 비해 더 높은 주가 수익률을 보인다는 비교적 상식에 부합하는 결론을 도출하고 있다. 반면, 일부 연구에서는 그 반대의 결과를 제시하고 있기도 하다.

Frijns et al.[10]은 1988년부터 2007년까지 미국 주식시장에 상장된 기업들을 대상으로 운영 효율성과 주가 수익률과의 관계를 분석하였다. 방향거리 함수 기반의 DEA 모형을 통해 운영 효율성을 측정하고 그 결과를 토대로 포트폴리오를 구성하였으며, 표준적인 주가 수익률 성과 분석 모형들을 활용하여 포트폴리오의 성과를 분석하였다. 그 결과 효율적인 기업이 비효율적인 기업에 비해 더 우수한 주가 수익률 성과를 나타냄을 보였다.

Edirisinghe and Zhang[7]은 기본적 분석의 일환으로 각종 재무비율들을 투입-산출요소로 하는 DEA 모형을 통해 기업의 효율성을 구하고 이를 통해 해당 기업의 재무건전성 지표를 산출하는 방법을 제시하였다. 더불어, 재무건전성 지표에 기초한 주식 선택방법을 포트폴리오 최적화 모형과 결합한 방법을 개발하고, 미국 주식시장 내 테크놀로지 섹터 기업들을 대상으로 성과를 검증하였다.

Alam and Sickles[1]은 미국 항공산업을 대상으로 기업의 운영효율성과 주가 수익률 성과간의 관계를 분석하였는데, 가장 효율적인 기업들이 가장 비효율적인 기업들에 비해 더 높은 주가 수익률을 보임을 실증하였다.

Nguyen and Swanson[22]은 미국 주식시장을 대상으로 SFA(stochastic frontier analysis)를 통해 기업의 효율성을 측정하고 그 효율성과 주가 수익률간의 관계를 분석하였다. 이 연구에서는 비효율적인 기업이 더 높은 위험을 가지므로 더 높은 주가 수익률을 보여야 한다고 주장하였고, 실증결과를 통해서도 그 주장이 타당함을 보였다.

국내 주식시장을 대상으로 하는 연구도 있었다. Gu and Jang[11]은 2000년부터 2012년까지의 국내 주식시장을 대상으로 CCR 모형과 Super Efficiency 모형을 통해 기업의 효율성을 측정하고 이를 통해 구성된 포트폴리오가 시장 벤치마크 대비 더 높은 수익률과 더 낮은 변동성을 가짐을 보였다.

Kim[13]은 1989년부터 2014년까지 국내 거래소에 상장된 주식을 대상으로 기업의 효율성과 주가 수익률간의 관계를 검토하였다. 매출 또는 시가총액 중 어느 하나만을 산출요소로 하여 효율성을 측정한 경우 효율성이 낮을수록 더 높은 수익률을 보였는데, 이는 정보가 선 반영되어 오히려 향후 수익률에는 음의 관계를 갖기 때문이라고 저자는 주장하였다. 반면, 두 가지 산출요소를 모두 사용하여 효율성을 측정한 경우에는 시가총액 측면의 효율성은 낮으면서 매출 측면의 효율성이 높을수록 미래 수익률은 더 높다는 사실을 발견하였다.

본 연구에서는 그간 국내 주식시장을 대상으로 이루어진 기존 연구들과 차별화된 방법으로 기업의 운영 효율성과 주가 수익률 성과간의 관계를 실증적으로 살펴보고자 한다. 먼저, 기업의 운영 효율성을 측정하는 방법으로 DEA를 사용하되, 교차효율성 DEA 모형을 이용하여 통상적인 DEA 모형이 가지는 효율성 분별력 저하의 문제를 해소하고자 한다. 또한, DEA 교차효율성 점수에 따라 포트폴리오 편입종목을 선택하는 매매전략이 시장 대비 더 높은 초과수익률을 보이는 유효한 투자전략이 될 수 있는지 실증하고자 하며, 이를 통해 기업의 운영 효율성이 주가 수익률 성과에 중요한 역할을 한다는 것을 보이고자 한다. 이와 더불어, 단순히 수익률만 비교하는 방식이 아닌 투자 포트폴리오가 가지는 시장위험 요인을 고려한 CAPM 기반 주가 수익률 성과 회귀모형을 사용하여 시장 대비 초과 수익 달성 여부를 실증하고자 한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 논의의 전개를 위해 필요한 이론적 사항들을 소개하는데, 운영 효율성의 측정에 사용되는 DEA 모형의 기본적인 내용과 교차효율성 모형의 유용성에 대해 설명하고, CAPM 기반의 주가 수익률 성과 회귀모형에 대해 소개한다. 제 3장에서는 재무데이터 수집, 실증기간의 설정, 투입-산출요소의 선택 등 효율성 측정을 위한 DEA 모형의 구성방법, 포트폴리오 구성 및 매매전략 등 실증을 위한 구체적인 사항들을 논의한다. 제 4장에서는 DEA 포트폴리오와 벤치마크인 시장 포트폴리오와의 성과 비교 결과를 제시하고, 제 5장에서는 결론을 제시한다.

2. 이론적 배경

2.1 운영 효율성과 DEA

기업의 운영(operations)은 노동, 자본 등의 투입요소를 제품 또는 서비스 등의 산출요소로 변환하는 과정으로 이해할 수 있고, 그 변환과정을 얼마나 효율적으로 실행하는지가 기업의 경쟁력을 결정짓는 중요한 요인이 된다[12].

이러한 기업의 운영이 얼마나 효율적인지를 측정하고 평가하려는 연구는 생산경제학의 오랜 주제가 되어 왔는데, 대표적인 초기 연구로서 Koopmans[14]는 사회후생함수의 극대화에 대한 Pareto[23] 조건의 개념을 투입 및 산출요소를 가지는 운영 프로세스에 적용하였고, 가용 자원 조건 하에서 다른 산출요소 수준을 악화시키지 않으면서 어느 한 산출요소 수준을 개선시킬 수 있는지의 여부를 효율적 운영 프로세스의 요건으로 정의하였다. Farrell[9]은 전적으로 개념적 수준에 머물렀던 Pareto와 Koopmans의 접근법을 실제 데이터에 적용하여 상대적 효율성을 측정할 수 있는 방법을 처음으로 제시함으로써 효율성의 실증적 측정을 가능케 하는 토대를 제공하였다. 하지만, 이 방법은 Pareto-Koopmans의 효율성 개념을 완전히 구현하지 못하고 약효율성(weak efficiency)만을 측정한다는 한계점을 가졌다. 이후 Pareto와 Koopmans의 효율성 개념을 완전한 형태로 측정할 수 있는 선형계획법 기반의 방법이 제안되기에 이르는데, 이 방법이 Charnes et al.[4]에 의해 개발된 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)이다. 당초 DEA는 비영리 조직 또는 프로그램을 대상으로 운영 효율성을 측정하는 목적으로 주로 사용되었지만[15], 최근 들어서는 기업과 같은 영리 조직 등 다양한 형태의 운영 조직을 대상으로도 널리 사용되고 있다.

기본적으로 DEA 모형은 생산가능집합을 구성하기 위한 공리적 가정들을 어떻게 설정하는지, 그리고 효율적 경계선까지의 거리를 어떻게 측정하는지에 따라 다양한 모형으로 나누어진다. 먼저, 생산가능집합을 구성하기 위한 가정들로는 자유가처분성, 볼록성, 규모수익성 등이 있는데, 그 선택 조합에 따라 FDH(free disposal hull) 모형, CRS(constant returns-to-scale) 모형, VRS(variable returns-to-scale) 모형 등이 도출된다. 또한, 효율적 경계선까지의 거리를 측정하는 함수의 형태에 따라 방사형(radial) 모형, SBM(slacks-based measure) 모형, 방향거리함수 모형 등이 도출된다.

가장 통상적인 DEA 모형인 CCR 모형[4]은 자유가처분성, 볼록성, 그리고 불변규모수익성을 가정하여 생산가능집합을 구성하고, 투입지향 또는 산출지향 방사형 거리함수를 사용하는 모형으로서 다음과 같다. 우선, n 개의 의사결정단위(decision making unit, DMU)가 존재하고, 각 DMU는 동질적인 투입-산출구조를 가지면서 m 개의 투입요소를 이용해 s 개의 산출요소를 생산한다고 하자. DMU $j(j \in \{1, 2, \dots, n\})$ 가 가지는 투입요소의 양을 $x_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj})^T \in R_+^m$, 산출요소의 양을 $y_j = (y_{1j}, \dots, y_{sj})^T \in R_+^s$ 라고 할 때, 투입지향 CCR 모형에서는 DMU j 의 효율성 점수를 다음의 선형최적화 모형을 풀어 구한다.

$$\begin{aligned} \min \theta \\ \text{s.t. } (\theta x_j, y_j) \in P. \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 $P = \{(x, y) \mid X\lambda \leq x, Y\lambda \geq y, \lambda \geq 0\}$ 는 생산가능집합을 의미하고, 모든 DMU들의 투입-산출요소 값을 행렬의 형태로 정리한 X 와 Y 는 각각 $X = (x_{ij}) \in R^{m \times n}$ ($i = 1, \dots, m$), $Y = (y_{kj}) \in R^{s \times n}$ ($k = 1, \dots, s$)로 정의된다.

상기 모형 (1)의 쌍대모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \min u^T y_j \\ \text{s.t. } v^T X - u^T Y \geq 0, \\ v^T x_j = 1, \\ v, u \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

이는 일정 조건 하에서 산출요소의 가중합을 투입요소의 가중합으로 나눈 공학적 효율성 비율을 최대화하는 가중치 벡터 v 와 u 를 찾는 선형최적화 모형이 된다.

한편, DEA 모형을 통해 기업의 운영 효율성을 측정할 때 중요한 이슈 중의 하나는 투입요소 및 산출요소의 선택 문제이다[16]. 기업의 효율성과 주가 수익률간의 관계에 관한 기존 연구에서 어떤 투입-산출요소 조합이 사용되었는지 알아보기 위해 일부 문헌을 살펴보면 다음과 같다.

Frijns et al.[10]는 투입요소로 유형자산, 비유동부채, 총자산, 총자본, 자본적 지출, 매출원가, 판매및관리비 등을 사용했고, 산출요소로는 매출액과 시가총액 등을 채택하였다. Edirisinghe and Zhang[6, 7], Lim et al.[17]은 기업의 수익성, 활동성, 유동성, 성장성, 레버리지(leverage) 등 5가지 분야의 재무비율들을 투입요소 및 산출요소로 선택하였다. 매출과 수익의 창출이 기업의 주요 목표기준이므로 수익성과 성장성 분야의 재무비율들은 산출요소로 간주하였고, 활동성, 유동성, 레버리지 분야의 재무비율들은 기업의 계획 및 운영전략과 관련이 있으므로 투입요소로 분류하였다.

국내 연구를 보면, Gu and Jang[11]은 투입요소로 PER, PBR, PCR, 주가/순유동자산, EV/EBITDA, 부채비율의 6가지를 사용하였으며, 산출요소로는 배당수익률, 유동비율, ROE, 영업이익익률, 재고자산회전율, 매출채권회전율, EPS 성장률, 매출 성장률의 8가지를 사용하였다. Kim[13]은 투입요소로 매출원가, 판매 및 관리비, 유형자산을 활용하였고, 투입요소로는 매출액과 시가총액을 사용하였다.

2.2 DEA 교차효율성

DEA는 기본적으로 최소한의 제한 조건 하에서 평가 대상 DMU로 하여금 자신에게 가장 유리한 투입 및 산출요소 가중치를 선택할 수 있도록 허용한다. 이러한 방식은 가중치 선택에 지나친 유연성을 부여하게 되고, 이로 인해 모형의 효율성 분별력(discrimination power)을 저해하는 결과로 이어진다. 즉, 효율적이라고 판별되는 DMU의 수가 지나치게 많아지게 되고, 효율적인 DMU들 간에 어느 것이 더 우수한지 판단하기도 어렵게 된다. 이러한

현상은 DMU의 개수에 비해 투입요소 및 산출요소의 개수가 많아질수록 더 심화된다. DEA의 효율성 분별력을 높이고 DMU간의 순위를 보다 명확히 결정할 수 있도록 하는 방법으로 문헌에서는 AR(assurance region) 모형[26], 초효율성 모형[2], 교차효율성 모형[5, 24] 등이 제안되어 왔다. 그러나 AR 모형은 투입-산출요소에 부여되는 가중치의 범위를 정할 때 의사결정자의 자의적 판단이 일정부분 요구된다는 어려움이 있고, 초효율성 모형은 효율적인 DMU들만을 대상으로 순위를 결정해줄 수 있을 뿐 비효율적인 DMU들에 대해서는 기본적인 DEA 모형과 동일한 결과를 나타낸다는 한계점이 있다. 반면, 교차효율성 모형은 자의적인 가중치 범위 설정 없이 동료평가(peer appraisal)라는 방식을 통해 과도한 자기평가(self appraisal)가 가지는 문제를 해소하고 보다 공평한 평가를 가능케 한다. 또한, 비합리적인 가중치 설정으로 효율적이라는 평가를 받는 DMU보다 비효율적이지만 합리적인 가중치 설정 하에서 높은 효율성 점수를 가지는 DMU가 더 우수하게 평가될 수 있는 상황도 허용된다. 이러한 장점을 이유로 본 연구에서는 교차효율성 모형을 활용하며, 교차효율성 모형에 대한 구체적 설명은 아래와 같다.

앞서 살펴본 모형 (2)에서 각 DMU는 자신에게 가장 유리한 최적 가중치를 선택하는데, 이렇게 선택된 최적 가중치를 다른 DMU의 효율성을 계산하는데 적용할 수 있다. 즉, 각 DMU는 자신이 선택한 최적 가중치 이외에 다른 DMU가 선택한 최적 가중치에 의해서도 교차 평가될 수 있으며, 그 결과는 교차효율성 행렬로 정리될 수 있다. DMU p 가 선택한 최적 가중치로 DMU q 를 평가한 교차효율성 e_{pq} 는 다음과 같이 계산된다.

$$e_{pq} = u_p^* y_q / v_p^* x_q.$$

여기서 u_p^* 와 v_p^* 는 DMU p 에 대해 모형 (2)를 풀어 얻은 산출요소 및 투입요소 가중치를 각각 뜻한다. DMU j 의 교차효율성 점수는 자신을 포함하여 다른 모든 DMU들에 의한 교차효율성의 평균값으로 정의할 수 있으며, 교차효율성 행렬 $C = (e_{pq})$ ($p, q = 1, \dots, n$)에서 j 번째 열의 평균값에 해당한다.

교차효율성 모형의 약점 중 하나는 교차효율성 값이 유일하지 않을 수 있다는 점이다. 즉, 모형 (2)의 최적해는 대안해가 존재할 경우 유일하지 않을 수 있고, 이에 따라 교차효율성 행렬도 유일하게 결정되지 않을 수 있다. 이 경우 모형 (2)의 최적해 중 어떤 것을 택하느냐에 따라 교차효율성 점수는 다르게 도출될 수 있고, 교차효율성 점수에 따른 DMU간 순위는 크게 달라질 수 있다. 이러한 문제점을 해결하는 방법으로 Doyle and Green[5]은 이차적인 목적함수를 도입하는 방법을 제안하였는데, 모형 (2)의 최적해 중에서 평가대상 DMU를 제외한 나머지 DMU들

로 구성된 평균 DMU의 교차효율성을 최소화 또는 최대화하는 것을 선택하도록 하는 방법이다. 이 이차적인 목적함수를 최소화하는 모형을 공격적(aggressive) 정형화, 최대화하는 모형을 호의적(benevolent) 정형화로 칭한다.

상기와 같은 교차효율성 모형은 DMU간의 (교차)효율성 점수의 차이를 보다 명확하게 나타내어 DEA 모형의 효율성 분별력을 높일 뿐만 아니라, DMU 중 어느 특정 투입요소 또는 산출요소의 가중치를 비정상적으로 강조하는 방법으로 효율적이라는 판정을 받는 일명 매버릭(maverick) 문제[5]도 해소할 수 있다는 장점을 가진다. 결과적으로 교차효율성 모형에서는 모든 투입요소 및 산출요소 측면에서 고르게 좋은 성과를 보이는 DMU가 더 높은 평가를 받게 되는 경향을 보인다.

2.3 주식 수익률 성과 회귀모형

주식 수익률을 다양한 요인으로 설명하는 모형의 개발은 현대 금융경제학과 투자론의 핵심적인 연구주제 중 하나이다. 그러한 모형 중 가장 기초적인 모형은 자본자산가격결정모형(Capital Asset Pricing Model)으로 흔히 CAPM으로 불린다. Markowitz[19]에 의해 포트폴리오 선택 원리가 개발된 이후 Sharpe[25], Lintner[18], 그리고 Mossin[20]에 의해 개발된 CAPM은 자본자산의 기대수익률과 위험과의 관계를 정립시킨 균형모델로서 “주식의 기대수익률은 체계적 위험(시장위험)의 함수”라고 주장하는 모형이다.

CAPM에서는 어떤 주식 포트폴리오의 초과수익률을 해당 포트폴리오가 가지는 시장위험에의 노출 수준이라는 단일 요인으로 설명한다. 시장위험에 더 많이 노출된 주식일수록 그 위험을 감수할 수 있을 만큼의 더 높은 수익률로 투자자에게 보상해야 한다는 것이다. 즉, 서로 다른 주식 또는 서로 다른 포트폴리오 간에 발생하는 수익률 성과의 차이는 서로 다른 시장위험에의 노출 정도에 의해 설명되는 것이다. 이러한 논리에 따라, CAPM에서는 주식 포트폴리오의 수익률 성과를 확인하기 위해 다음과 같은 선형 회귀모형을 추정한다.

$$(r_t - r_{ft}) = \alpha + \beta(r_{mt} - r_{ft}) + \epsilon_t \quad (3)$$

여기서 r_t , r_{mt} , r_{ft} 는 시점 t 에서의 주어진 포트폴리오의 수익률, 시장 포트폴리오의 수익률, 그리고 무위험수익률을 각각 의미하고, $(r_t - r_{ft})$ 과 $(r_{mt} - r_{ft})$ 은 시점 t 에서 주어진 포트폴리오와 시장 포트폴리오의 무위험수익률 대비 초과수익률을 각각 뜻한다. β 는 주어진 포트폴리오가 가지는 시장위험에의 노출 수준, ϵ_t 는 시점 t 에서 주어진 포트폴리오가 가지는 비체계적 위험에 따른 수익률, α 는 주어진 포트폴리오의 비정상 수익률을 각각 의미한다. 상기

<Table 1> Mean Values of Financial Data

(unit : 100 million won)

Year	Total assets	Cost of goods sold	Selling, general and administrative expenses	Capital expenditure	Property, plant and equipment	Sales
2000	10,430	8,084	1,081	810	5,326	9,931
2001	9,843	7,985	1,144	612	4,518	9,666
2002	9,244	6,666	1,160	511	4,164	8,488
2003	9,530	6,628	1,265	605	4,154	8,624
2004	10,399	7,893	1,366	770	4,437	10,255
2005	11,125	8,318	1,407	858	4,602	10,533
2006	12,008	8,814	1,466	900	4,810	11,009
2007	13,294	9,358	1,518	858	4,880	11,690
2008	15,666	11,696	1,700	1,010	5,422	14,260
2009	16,969	11,667	1,794	967	6,009	14,342
2010	18,911	13,475	2,201	1,213	6,635	16,908
2011	21,070	15,112	2,271	1,281	7,407	18,405
2012	21,934	15,891	2,453	1,260	7,699	19,333
2013	22,706	15,900	2,574	1,149	7,938	19,471
2014	23,473	15,707	2,639	1,127	8,059	19,268
2015	23,472	14,113	2,549	1,301	8,231	17,674

회귀모형 추정 결과 얻어지는 비정상 수익률 α 의 추정치에 따라 주어진 포트폴리오의 시장 대비 초과수익률 여부를 판단할 수 있다.

한편, 시장위험이라는 단일 요인 이외에 주식의 수익률에 영향을 미치는 다른 요인들도 존재한다는 사실이 알려지게 되는데, 이러한 추가 요인들을 모형에 포함시켜 CAPM을 확장하고 그 설명력을 높이려는 연구가 있어왔다. 대표적으로, Fama and French[8]는 기업규모와 시장가대비장부가(book-to-market) 비율이 시장위험보다 주식 수익률에 더 큰 설명력을 가진다고 주장하였고, 이에 더해 Carhart [3]는 과거에 좋은 수익률을 보였던 가까운 미래에도 지속적으로 좋은 수익률을 보인다는 모멘텀 효과에 기초하여 모멘텀 요인을 추가하는 모형을 제시한 바 있다. Fama and French의 모형과 Carhart의 모형은 그 요인 개수에 따라 3-요인 모형과 4-요인 모형으로 각각 불린다. 이들 모형들도 (3)과 같은 형태의 선형 회귀분석 모형을 추정하여 그 결과로 도출되는 비정상 수익률의 크기 및 유의도에 따라 시장 대비 포트폴리오의 초과수익률 성과를 평가할 수 있다.

3. 실증 방법

3.1 데이터 및 실증기간

DEA 효율성 점수에 따라 포트폴리오를 구성하는 매매 전략이 시장 대비 더 높은 수익률을 보여서 유효한 투자 전략이 될 수 있는지 여부를 실증하기 위해, 본 연구에서는 한국증권거래소(KOSPI)에 상장된 보통주를 대상으로 실험을 실시하였다. 금융업에 속하는 기업들은 비금융업과는 상이한 회계기준 및 규제 하에 있으므로 분석 대상에서 제외하였고, 12월이 아닌 결산월을 채택하고 있는

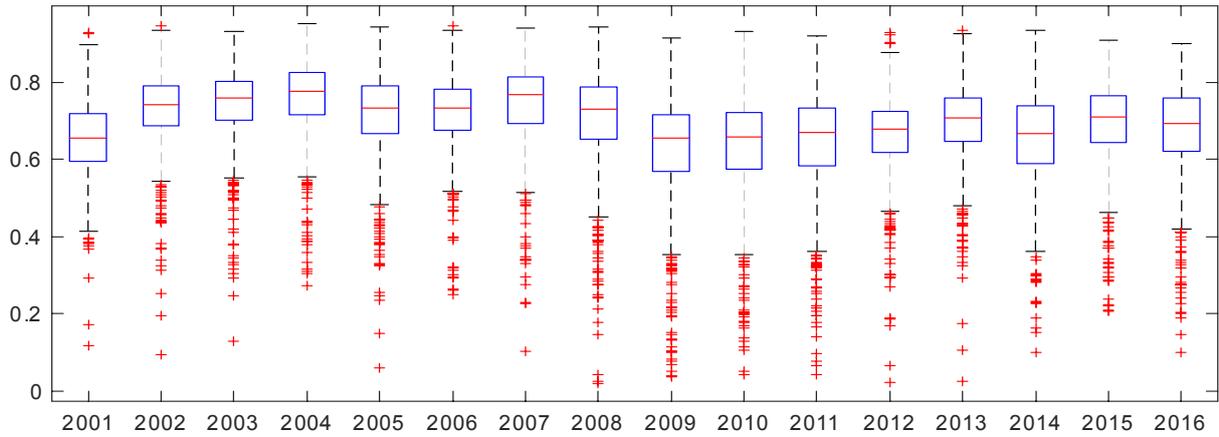
기업들도 분석에서 제외하였다. 주가 수익률 분석 기간은 2001년 3월말부터 2017년 3월말까지 총 16년간 192개월이며, 포트폴리오 구성을 위한 DEA 효율성 측정에 필요한 재무데이터 분석 기간은 2000년부터 2015년까지로 설정하였다. 분석 대상에 포함되는 기업의 수는 시점에 따라 485~622개에 이른다.

DEA를 통한 효율성 평가에 필요한 재무데이터는 NICE 평가정보에서 제공하는 기업재무정보 데이터베이스인 KIS-VALUE에서 추출하였고, 주가 수익률 정보는 에프앤가이드에서 제공하는 주식시장 데이터베이스인 DataGuide에서 추출하였다.

데이터에 결측치 또는 명백한 오류가 있는 기업은 분석에서 제외하였다. 주가 수익률의 경우 현금배당의 재투자율을 가정한 총수익률(total return) 데이터를 사용하였고, 로그 변환된 로그수익률을 사용하였다. 초과수익률을 계산하기 위해 필요한 무위험수익률은 3년 만기 국고채 수익률을 사용하였다.

3.2 효율성 측정을 위한 DEA 모형의 구성

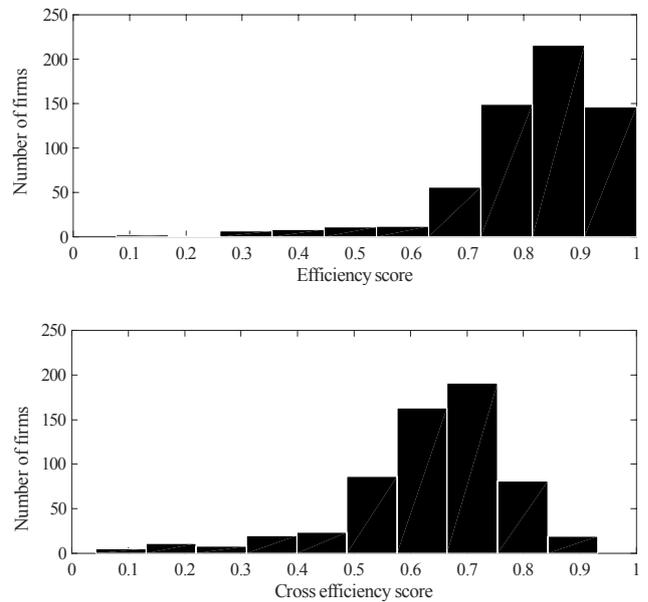
기업의 운영 프로세스를 특징짓는 투입-산출요소의 조합은 본 논문과 가장 유사한 방법론을 취한 Frijns et al. [10]에서 제시한 방법을 따랐는데, 투입요소로는 유형자산, (총자산-유형자산), 자본적 지출, 매출원가, 판매 및 관리비를 사용했고, 산출요소로는 매출액을 채택하였다. Frijns et al. [10]는 산출요소로 매출액 하나만을 취하는 모형, 시가총액 하나만을 취하는 모형, 그리고 매출액과 시가총액을 모두 포함시키는 모형을 분석하였는데 서로 크게 다르지 않은 결론을 보였으므로, 본 연구에서는 그 중 첫 번째 모형을 적용하여 분석하였다. 각 투입요소 및 산출요소의 기술통계량은 <Table 1>과 같다.



<Figure 1> Box Plots of DEA Cross Efficiency Scores of Firms

기업의 운영 효율성 측정을 위한 DEA 모형으로는 투입지향 CCR 모형을 토대로 한 교차효율성 모형을 적용하였다. 교차효율성 모형에서 발생하는 해의 비유일성 문제를 해결하기 위해 공격적 정형화 방식의 이차적 목적함수를 사용하였는데, 기업들이 시장에서 더 나은 평가를 받기 위해 서로 경쟁하는 관계라는 점을 고려할 때 호의적 정형화보다는 공격적 정형화 방식이 더 적합한 것으로 판단하였다. 이러한 방식으로 측정된 연도별 DEA 교차효율성 평가 결과를 상자그림으로 나타내면 <Figure 1>과 같다. 각 연도별 효율성 평가는 직전연도의 재무데이터를 이용하여 수행하였다. 예를 들어, 2001년 DEA 교차효율성 점수는 2000년 말에 공시된 재무데이터를 이용하여 계산되었다. 평가 결과를 보면 비교적 연도별로 고른 교차효율성 점수 분포를 보이고 소폭의 등락이 관찰되었다. 2009년 교차효율성 점수가 가장 낮게 산출된 것은 직전연도인 2008년에 발생한 글로벌 금융위기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 본 연구에서는 일반적인 DEA 모형인 CCR 모형이 가지는 효율성 분별력 저하의 문제를 해소하기 위해 교차효율성 모형을 적용한다고 앞서 언급하였다. 이러한 교차효율성 모형의 효과를 확인하기 위해 CCR 효율성 점수의 분포와 교차효율성 점수의 분포를 서로 비교해 볼 수 있다. <Figure 2>의 상단에 위치한 히스토그램은 2009년 데이터를 이용하여 CCR 모형으로 계산한 단순 효율성 점수의 분포를 보여주고 있는데, 효율점 점수가 대부분 높고 1 또는 1에 가까운 값을 가지는 기업의 비율이 상당히 높다는 것을 볼 수 있다. 이 경우 보다 효율적인 기업을 선별해내는데 어려움이 있을 수 있다. 반면, 같은 그림 하단에는 교차효율성 모형으로 산출한 점수의 분포를 히스토그램으로 제시하고 있다. CCR 모형의 단순 효율성 분포보다 점수가 대체적으로 낮고 효율적인 기업을 선별하는데 보다 분명한 기준을 제공함을 알 수 있다.



<Figure 2> Efficiency Scores vs. Cross Efficiency Scores in 2009

3.3 DEA 포트폴리오 구성 및 매매전략

본 연구에서 성과를 실증하고자 하는 포트폴리오 구성 및 매매전략은 다음과 같이 구성한다. 우선, 매년 초에 해당 연도 KOSPI에 상장되어 있는 전체 기업들을 대상으로 DEA 교차효율성 평가를 실시하여 순위를 매기고, 상위 순위에 위치한 일정 비율의 기업을 선별하여 포트폴리오에 편입한다. 그 선택 비율은 투자 의사결정자가 선호하는 포트폴리오 규모에 따라 달라질 수 있는데, 본 연구에서는 전체 기업 중 상위 15%의 기업을 선별하는 방식을 기본적으로 실증하되 그 비율을 다양하게 조정하였을 때 결과에 어떤 변화가 일어나는지 추가적인 민감도 분석을 실시하기로 한다.

매년 초에 실시하는 DEA 교차효율성 평가를 위해 참조하는 투입-산출요소로서의 재무데이터는 그 직전 연도 말에 발표된 재무제표 자료를 이용한다. 다만, 12월을 결산월로 하는 기업이라도 재무제표 자료의 획득에 소요되는 기간을 고려하여, 매년 3월말에 직전 연도의 재무제표 자료를 확인하는 것으로 가정한다. 즉, 매년 3월말에 확인되는 직전 연도의 재무데이터를 활용하여 DEA 교차효율성 평가를 실시하고, 그 결과를 이용하여 포트폴리오를 구성한다.

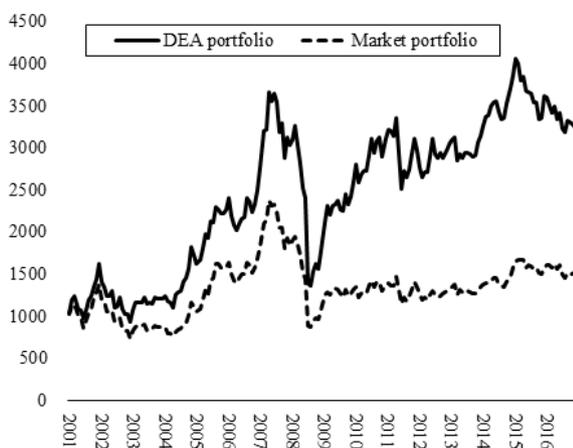
매년 3월말에 구성된 포트폴리오의 편입종목을 4월초에 매입하고 이를 1년간 지속 유지하는 buy & hold 전략을 가정하며, 포트폴리오에 편입된 모든 주식에는 동일한 금액 비중으로 투자하는 것을 가정한다. 즉, 본 연구에서는 포트폴리오 편입종목을 선택하는 방법에 대한 성과만 평가하기로 하고, 편입종목에 대한 투자 가치치를 결정하는 방법은 논외로 한다.

한편, 상기와 같이 구성된 DEA 포트폴리오와의 성과 비교를 위한 벤치마크로서 시장 포트폴리오는 해당 연도 KOSPI에 상장된 모든 기업을 동일한 금액 비중으로 편입하는 방식으로 구성한다.

4. 실증 결과

4.1 투자 성과 비교

DEA 포트폴리오와 시장 포트폴리오의 투자 성과를 단순히 비교하기 위해, 2001년 4월초에 1,000이라는 금액을 동일하게 투자하였을 때 투자금액의 등락을 비교하였고 그 결과는 <Figure 3>과 같다. 시장 포트폴리오의 경우 2017년 3월말 기준 투자금액이 1,527에 불과한 반면, DEA 포트폴리오는 투자금액이 3,221이 되어 두 배 이상 증가하였다. 다만, DEA 포트폴리오의 수익률 변동성이 시장



<Figure 3> Investment Value Growth

포트폴리오에 비해 더 크다는 사실도 관찰할 수 있다. 2008년 글로벌 금융위기의 여파로 주가가 급격히 떨어졌을 때를 보면 DEA 포트폴리오가 시장 대비 더 큰 하락폭을 보여 당시 시장 포트폴리오의 투자금액 수준까지 떨어지는 상황도 일어났다.

이러한 더 높은 변동성 또는 위험을 감안하고서도 DEA 포트폴리오의 주가 수익률 성과가 시장 포트폴리오 대비 더 높다는 사실은 이후 이어지는 CAPM 기반 성과 회귀분석을 통해서 통계적으로 검증하도록 한다.

4.2 CAPM 기반 주가 수익률 성과 회귀분석

앞서 이론적 배경에서 살펴보았듯이, 주가 수익률은 시장위험에의 노출정도를 비롯해 기업규모, 시장가대비장부가 비율 등의 요인으로 설명될 수 있다. CAPM에서는 더 높은 주가 수익률은 해당 주식이 시장위험에 노출된 정도가 더 크기 때문인 것으로 설명한다. 즉, 더 큰 위험을 가진 주식이므로 이를 보상하기 위해 더 높은 주가 수익률을 보인다는 것이다. 투자 성과 비교에서 나타난 것처럼 DEA 포트폴리오가 더 높은 수익률을 거두었다고 해서 시장 포트폴리오 보다 더 나은 성과를 보인다고 할 수 없으며, DEA 포트폴리오가 더 큰 위험을 가지므로 당연한 결과인 것으로 볼 수도 있다. 따라서 DEA 포트폴리오가 시장 포트폴리오보다 더 나은 성과를 보인다는 것을 보이기 위해서는 두 포트폴리오의 위험 수준 차이를 통제된 이후에도 수익률 차이가 발견되는지에 대한 통계적인 검증이 요구된다.

<Table 2> Monthly Excess Returns(selected)

Year/Month	Monthly excess returns(%)	
	DEA portfolio	Market portfolio
2001/04	4.01	1.68
2002/04	-13.30	-13.68
2003/04	14.38	10.55
2004/04	2.16	0.78
2005/04	-5.96	-6.09
2006/04	5.92	3.82
2007/04	10.18	7.86
2008/04	1.66	2.68
2009/04	18.98	16.43
2010/04	7.82	1.28
2011/04	3.02	1.40
2012/04	-7.01	-5.60
2013/04	1.16	1.14
2014/04	3.34	1.68
2015/04	5.24	4.76
2016/04	-0.38	2.25
2017/03	-1.61	0.32
Mean	0.55	0.12
S.D.	6.96	6.49

(Mean and S.D. are calculated over the entire 192 months.)

시장위험을 감안한 DEA 포트폴리오의 시장 포트폴리오 대비 초과 성과를 확인하기 위해 CAPM 기반 주가 수익률 성과 회귀분석을 실시하였다. 이를 위해 2001년 4월부터 2017년 3월까지, 총 192개월에 걸쳐 두 포트폴리오의 월간 초과수익률(수익률에서 무위험수익률을 차감)을 계산하였다. 지면의 한계로 192개월 전체의 초과수익률 결과를 제시하기는 어려워 매년 4월의 초과수익률만을 <Table 2>에 제시하였다.

우선, 앞서 살펴본 투자 성과 비교에서 확인한 바대로, DEA 포트폴리오의 월간 초과수익률 평균은 0.55%로 시장 포트폴리오의 0.12% 대비 높았지만, 그 표준편차는 6.96%로 시장 포트폴리오의 6.49% 대비 높아 더 높은 변동성을 보였다.

서로 다른 시장위험 노출수준을 통제된 상태에서 DEA 포트폴리오가 시장 포트폴리오 대비 추가적으로 가지는 비정상 수익률(α)를 확인하기 위해, 이론적 배경에서 설명하였던 CAPM 기반 회귀모형 (3)을 추정하였다. 회귀모형 추정은 STATA 버전 12.0을 활용하였으며, 자기상관관계 및 동분산 가정이 유지되지 못하는 상황을 대비하여 Newey-West 표준오차 보정[21]을 적용하였다.

회귀모형 추정 결과는 <Figure 4>와 같은데, DEA 포트폴리오의 시장위험에의 노출수준을 뜻하는 베타(β)는 1.03으로 추정되었고, 비정상 수익률 α 는 0.42로 추정되었다. 두 계수 모두 유의수준 5% 하에서 유의한 것으로 판명되었고, 회귀모형 자체의 유의성도 확보된 것으로 나왔다. 즉, CAPM 하에서 DEA 포트폴리오는 시장 포트폴리오 대비 더 높은 초과수익률을 보인다고 할 수 있다.

(STATA screen output)

```

Regression with Newey-West standard errors      Number of obs =      192
maximum lag: 1                                F( 1, 190) =     1522.78
                                                Prob > F          =      0.0000
    
```

DEA_excess	Newey-West				
	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Market_excess	1.030968	.0264196	39.02	0.000	.9788549 1.083082
_cons	.4220704	.1415687	2.98	0.003	.1428221 .7013186

<Figure 4> CAPM-based Performance Regression with Newey-West Standard Errors

한편 지금까지의 실증결과는 DEA 포트폴리오의 크기를 전체 기업 수의 15%로 설정한 경우에 대한 결과이다. 이제 그 비율을 5%에서 95%까지 5%p 단위로 증가시켜 갈 때 그 결과가 어떻게 달라지는지 확인하고자 한다. 우선, 월간 초과수익률의 평균과 표준편차가 어떻게 달라지는지 확인한 결과 <Table 3>과 같다.

먼저, 5%에서 15%까지 커지는 구간을 제외하고는 포트폴리오 크기를 크게 할수록 월간 초과수익률 평균은

떨어지는 반면 변동성은 줄어드는 경향을 대체적으로 관찰할 수 있다. 포트폴리오 크기가 커질수록 변동성이 주는 것은 분산효과에 따른 것이고, 초과수익률이 떨어지는 것은 DEA 교차효율성 모형에 의한 주식 선별 효과가 감소하기 때문인 것으로 이해할 수 있다.

<Table 3> Monthly Excess Returns and Regression Estimates by Different Portfolio Sizes

Portfolio size	Monthly excess returns		Regression estimates		
	Mean	S.D.	α	β	R^2 (adj.)
5%	0.44	7.27	0.32 (1.52)	1.02*** (25.51)	0.84
10%	0.43	7.03	0.31* (1.84)	1.03*** (31.85)	0.90
15%	0.55	6.96	0.42*** (2.98)	1.03*** (39.02)	0.92
20%	0.54	6.89	0.41*** (3.61)	1.03*** (56.95)	0.95
25%	0.51	6.86	0.38*** (3.71)	1.04*** (66.10)	0.96
30%	0.47	6.78	0.34*** (3.67)	1.03*** (65.08)	0.97
35%	0.44	6.70	0.32*** (3.93)	1.02*** (74.24)	0.97
40%	0.43	6.70	0.30*** (4.00)	1.02*** (79.69)	0.98
45%	0.40	6.64	0.28*** (4.09)	1.01*** (81.27)	0.98
50%	0.42	6.65	0.30*** (4.73)	1.01*** (89.40)	0.98
55%	0.41	6.66	0.29*** (5.03)	1.02*** (98.89)	0.99
60%	0.41	6.61	0.29*** (5.31)	1.01*** (98.38)	0.99
65%	0.41	6.58	0.29*** (5.92)	1.01*** (105.84)	0.99
70%	0.40	6.60	0.28*** (6.34)	1.01*** (115.57)	0.99
75%	0.38	6.59	0.26*** (5.99)	1.01*** (114.32)	0.99
80%	0.36	6.56	0.24*** (6.41)	1.01*** (129.21)	0.99
85%	0.33	6.53	0.20*** (6.36)	1.00*** (132.27)	1.00
90%	0.27	6.50	0.15*** (6.28)	1.00*** (175.95)	1.00
95%	0.21	6.50	0.09*** (5.13)	1.00*** (323.27)	1.00

(* , ** , and *** indicate being significant at the 10%, 5%, and 1% levels, respectively.)

또한, 회귀분석을 통해 추정된 비정상 수익률 α 의 경우에도 5%에서 15%까지 커지는 구간을 제외하고는 포트폴리오 크기를 크게 할수록 그 값이 줄어드는 경향을 보이는데, 마찬가지로 DEA 교차효율성 모형에 의한 주식 선별 효과가 감소하기 때문인 것으로 이해할 수 있다. 포트폴리오의 크기를 15%로 설정했을 때 월간 초과수익률 평균과 비정상 수익률 α 값이 최대가 된 것을 볼 수 있다. 한편, 조정된 결정계수가 높게 산출되어 포트폴리오의 초과수익률이 CAPM에 의해 잘 설명되고 있음을 보여준다.

마지막으로 포트폴리오에 편입된 종목들의 업종 편향이 존재하는지 검토하기 위해 분석 기간 동안 포트폴리오에 편입된 종목들의 업종 분포를 살펴보았다. 연구에 사용된 기업 재무데이터의 원천 데이터베이스인 KISVALUE에서는 18개 업종으로 주식을 분류하고 있는데, 해당 업종 분류 체계에 따라 포트폴리오 편입 업종 빈도를 상위 5개 업종 중심으로 표시하면 <Table 4>와 같다. 화학, 유통, 건설, 철강금속, 전기전자 업종이 상위 빈도에 해당하며, 전반적으로 고른 분포를 보여 포트폴리오 내 업종 편향은 발견되지 않았다.

<Table 4> Sector Frequency in the Portfolios by Industries

Industry sector	Frequency in the portfolios (%)
Chemicals	18.4
Distribution Industry	14.2
Construction	10.2
Iron & Metal Products	10.1
Electrical & Electronic Equipments	6.9
Others	40.2

5. 결론

현대 금융경제학과 투자론에서는 시장위험, 기업규모, 시장가대비장부가 비율 등 여러 요인들로 주가 수익률을 설명할 수 있다는 사실을 규명해 왔다. 하지만, 지금까지 밝혀진 요인들 이외에도 다른 알려지지 않은 요인들이 여전히 존재할 것이고, 특히 운영관리 분야의 일부 연구들은 투입요소를 산출요소로 변환하는 운영 프로세스 상에서의 기업 효율성이 그러한 요인들 중 하나에 해당할 것이라고 주장해 왔다. 마케팅과 더불어 운영 기능은 기업의 가장 본질적이고 중요한 기능 영역임을 고려할 때 이러한 주장은 상당 부분 타당하다고 판단된다.

이러한 주장을 뒷받침하기 위해, 본 연구에서는 기업의 운영 효율성과 주가 수익률 간의 관계를 2001년부터 2016년까지 KOSPI에 상장된 기업을 대상으로 실증적으로 분석하였다. 기업의 운영 효율성은 재무제표에서 파악할 수 있는

투입요소 및 산출요소의 값을 토대로 DEA 모형을 통해 측정하였고, DEA 모형이 가지는 효율성 분별력 저하 문제를 해소하기 위해 공격적 정형화 방식의 교차효율성 모형을 적용하였다. DEA 교차효율성 점수에 따라 편입될 주식을 선정하여 포트폴리오를 구성하였고, 이를 벤치마크인 시장 포트폴리오와 그 성과를 비교하였다. 주가 수익률 성과 평가를 위해 CAPM 기반의 주가 수익률 성과 회귀모형을 사용하여 포트폴리오 간 시장위험의 차이를 통제하였다.

실증분석 결과 높은 DEA 교차효율성 점수를 가지는 기업의 주식으로 구성된 포트폴리오가 시장 포트폴리오 대비 더 높은 초과수익률을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 사실은 기업의 운영 효율성이 주가 수익률을 설명하는데 중요한 역할을 하고 있음을 시사한다.

본 연구가 가지는 다양한 한계점이 존재하고, 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 추후 추가적인 연구가 필요하다. 우선 본 연구에서는 포트폴리오 편입종목 선택 문제만을 다루었고 편입종목별 투자 비중을 결정하는 최적화 문제는 고려하지 않았다는 한계점이 있는데, DEA 효율성 점수에 기초한 투자비중 결정 모형에 관한 연구가 추후 흥미로운 주제가 될 수 있을 것이다. 또한, 직전 연도의 재무지표를 토대로 당해 연도의 포트폴리오를 구성하는 방식을 사용했는데, 이는 작년의 운영 효율성 성과가 올해의 주가 수익률 성과로 이어지는 것을 가정한 것으로, 두 성과 간 발생 시간간격을 1년으로 가정한 것으로 볼 수 있다. 그러나 올해 상반기 운영 효율성 성과가 하반기 주가 수익률 성과로 빠르게 나타날 수도 있고, 올해의 운영 효율성 성과가 몇 년 뒤의 주가 수익률 성과로 나타날 수도 있다. 이러한 timing effect에 대한 추가 연구도 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로, 본 연구에서는 주가 수익률 검증을 위해 CAPM 기반 주가 수익률 성과 회귀모형을 사용하였는데, Fama and French[8]의 3-요인 모형 또는 Carhart[3]의 4-요인 모형으로 확장하여 보다 엄격한 통계적 검증을 시도하는 것도 의미 있는 추후 연구과제가 될 것이다.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2016R1A2B1016388) and the research program of Dongguk University (Dongguk Grant, 2018).

References

- [1] Alam, I. and Sickles, R., The relationship between stock market returns and technical efficiency innovations :

- evidence from the US airline industry, *Journal of Productivity Analysis*, 1998, Vol. 9, No. 1, pp. 35-51.
- [2] Andreson, P. and Petersen, N.C., A procedure for ranking efficient unit in data envelopment analysis, *Management Science*, 1993, Vol. 39, No. 10, pp. 1261-1294.
- [3] Carhart, M., On the persistence in mutual fund performance, *Journal of Finance*, 1997, Vol. 52, No. 1, pp. 57-82.
- [4] Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E., Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 1978, Vol. 2, No. 6, pp. 429-444.
- [5] Doyle, J. and Green, R., Efficiency and cross-efficiency in DEA : Derivations, meanings and uses, *Journal of the Operational Research Society*, 1994, Vol. 45, No. 5, pp. 567-578.
- [6] Edirisinghe, N. and Zhang, X., Generalized DEA model of fundamental analysis and its application to portfolio optimization, *Journal of Banking and Finance*, 2007, Vol. 31, No. 11, pp. 3311-3335.
- [7] Edirisinghe, N. and Zhang, X., Portfolio selection under DEA-based relative financial strength indicators : case of US industries, *Journal of the Operational Research Society*, 2008, Vol. 59, No. 6, pp. 842-856.
- [8] Fama, E. and French, K., Common risk factors in the returns on stocks and bonds, *Journal of Financial Economics*, 1993, Vol. 33, No. 1, pp. 3-56.
- [9] Farrell, M.J., The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 1957, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
- [10] Frijns, B., Margaritis, D., and Psillaki, M., Firm efficiency and stock returns, *Journal of Productivity Analysis*, 2012, Vol. 37, No. 3, pp. 295-306.
- [11] Gu, S.H. and Jang, S.Y., A study on the investment portfolios of stocks using DEA, *Korean Management Science Review*, 2014, Vol. 31, No. 3, pp. 1-12.
- [12] Jacobs, F.R., Chase, R.B., and Lummus, R.R., *Operations and supply chain management*, McGraw-Hill/Irwin, New York, 2014.
- [13] Kim, S.-H., The effect of operation and market value efficiency on the Korean stock market, *Korean Journal of Futures and Options*, 2015, Vol. 23, No. 1, pp. 29-40.
- [14] Koopmans, T.C., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Wiley, New York, 1951.
- [15] Lee, S.-Y., Lim, S., and Chae, M., Management efficiency estimation of social enterprises with data envelopment analysis, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2017, Vol. 41, No. 2, pp. 121-128.
- [16] Lim, S., A method for selection of input-output factors in DEA, *IE Interfaces*, 2009, Vol. 22, No. 1, pp. 44-55.
- [17] Lim, S., Oh, K.W., and Zhu, J., Use of DEA cross-efficiency evaluation in portfolio selection : An application to Korean stock market, *European Journal of Operational Research*, 2014, Vol. 236, No. 1, pp. 361-368.
- [18] Lintner, J., The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets, *The Review of Economics and Statistics*, 1965, Vol. 47, No. 1, pp. 13-37.
- [19] Markowitz, H., Portfolio selection, *The Journal of Finance*, 1952, Vol. 7, No. 1, pp. 77-91.
- [20] Mossin, J., Equilibrium in a capital asset market, *Econometrica*, 1966, Vol. 34, No. 4, pp. 768-783.
- [21] Newey, W. and West, K., A simple positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix, *Econometrica*, 1987, Vol. 55, No. 3, pp. 703-708.
- [22] Nguyen, G. and Swanson, P., Firm characteristics, relative efficiency, and equity returns, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 2009, Vol. 44, No. 1, pp. 213-236.
- [23] Pareto, V., *Manuel d'economie politique*, Marcel Giard, Paris, 1927.
- [24] Sexton, T.R., Silkman, R.H., and Hogan, A.J., Data envelopment analysis : Critique and extensions, In *Measuring efficiency : An Assessment of Data Envelopment Analysis*, Jossey-Bass, San Francisco, 1986, pp. 73-104.
- [25] Sharpe, W., Capital asset prices : a theory of market equilibrium under conditions of risk, *Journal of Finance*, 1964, Vol. 19, pp. 425-442.
- [26] Thompson, R.G., Langemeier, L.N., Lee, C.T., Lee, E., and Thrall, R.M., The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming, *Journal of Econometrics*, 1990, Vol. 46, No. 1, pp. 93-108.

ORCID

Sungmook Lim | <http://orcid.org/0000-0003-2690-1133>