

범주형 환경변수를 고려한 공정한 효율성측정: DEA와 제약정준상관분석의 결합사용

이경원

고려대학교 경영대학 박사과정
(kma6443@korea.ac.kr)

박명섭

고려대학교 경영대학 교수
(mspark@korea.ac.kr)

박경삼*

고려대학교 경영대학 부교수
(sampark@korea.ac.kr)

중요한 경영성과 중의 하나인 효율성은 투입과 산출요소에 의해 직접적으로 영향을 받을 뿐만 아니라 때로는 환경변수에 의해서도 큰 영향을 받는다. 본 논문에 기술된 A 패스트푸드사의 사례를 살펴보면, 각 매장의 환경특성(상업지역, 비상업지역)이 경영성과에 상당한 영향을 미치고 있어서, 매장의 유리한 입지조건만으로도 우월한 성과평가를 받을 수 있는 문제점이 대두되었다. 따라서 공정한 효율성평가를 위해서는 이러한 범주형(categorical) 환경변수의 고려가 요구된다. 공정한 평가와 나아가 효율성 순위부여를 가능하게 하기 위하여, 본 연구에서는 DEA와 제약정준상관분석(Constrained Canonical Correlation Analysis: CCCA)을 동시에 사용하는 접근법을 제안한다. 본 접근법의 개괄적인 절차는 DEA를 이용하여 먼저 효율적인 관측치를 선정한 후 선정된 자료를 가지고 CCCA를 수행하여 효율적인 생산프론티어(production frontier)를 결정하는 방식으로 이루어진다. 만약 범주형 변수를 고려하지 않는다면 이러한 접근법은 기존연구와 크게 다르지 않다. 그러나 범주형 변수를 DEA단계에서 고려해야 할지 CCCA단계에서 고려해야 할지에 관한 판단여부가 중요한 문제로 대두되며, 이에 관한 지침이 존재하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 두 가지 가능한 방법을 비교·분석하여 범주형 변수의 고려에 관한 지침을 제공한다. 모든 분석은 A 패스트푸드사의 실제자료를 바탕으로 이루어진다.

1. 서론

우리나라에 있는 A 패스트푸드사는 프랜차이즈 음식점으로서 전국에 약 180개의 매장을 임대형식으로 운영하고 있는 대규모 기업이다. 본 회사는 매장을 효율적이고 효과적으로 관리하기 위하여 몇 가지 주요평가요소를 가중합산하는 방식의 성과평가 체계를 활용하고 있었으나, 여러 가지 문제점을 가지고 있었다. 대표적인 문제점으로는 본사에서 고정된 가중치를 일괄적으로 부여함으로써 상이한 경영

여건하에 있는 매장들의 유연한 경영활동을 반영·유도하기 어렵다는 점이다. 또한 각 매장의 위치환경특성(고객분포, 교통, 유동인구 등)이 경영성과에 상당한 영향을 미치고 있다는 사실이 기존 평가방식에 전혀 고려되어 있지 않기 때문에, 매장의 유리한 입지조건만으로도 우월한 성과평가를 받고 있다는 문제점이 심각하게 대두되었다. 성과평가 결과가 매장 관리자의 인사고과, 직무회전, 인센티브 등의 핵심 관리요소에 직접적으로 반영된다는 점을 감안하면, 이러한 비공정성의 문제는 상대적으로 불리한 지역에 있는 매장 관리자의 사기저하와 나아가 우수

한 신규관리자의 이직의 원인이 될 수 있어서 본사 차원의 핵심 경영문제로 인식되고 있다.

본 연구에서는 A 패스트푸드사 매장들의 공정한 경영성과평가 체계로써 DEA와 제약정준상관분석(Constrained Canonical Correlation Analysis: CCCA)을 동시에 사용하는 방법을 제안한다. 본 방법론은 매장들의 상대적 효율성 성과평가에 기초하고 있기 때문에 가중치의 사전부여 문제 및 비공정성의 문제를 기본적으로 해결할 수 있고, 나아가 매장들의 경영성과 순위부여를 가능하게 한다. 한편, 개발된 방법론은 A 패스트푸드사와 유사한 사례로 적용가능하며, 이러한 사례는 빈번히 발생한다. 예를 들면, 도시지역과 농촌지역, 자동인출기 또는 드라이브인(drive-in) 시설과 같은 특정설비의 보유 여부 등 범주형(categorical) 환경변수의 고려가 필요한 경우이다.

의사결정단위(Decision Making Unit: DMU)들의 효율성 평가를 위한 방법은 모수적 접근법과 비모수적 접근법으로 나눌 수 있다. 모수적 접근법은 투입과 산출변수간의 회귀분석을 통하여 생산프론티어(production frontier)를 결정한 후 DMU의 효율성을 구한다. 회귀분석의 확장인 정준상관분석은 다수의 투입·산출 구조를 갖는 DMU의 효율성 측정을 가능하게 한다. 모수적 접근법의 장점으로는 공통의 가중치를 갖는 단일 형태의 생산프론티어를 바탕으로 단일 형태의 효율성 측도를 제공할 수 있다는 점이다. 단점으로는 모든 DMU들의 자료를 가지고 생산프론티어를 설정했기 때문에 설정된 프론티어가 효율적이라는 보장이 없다. 한편, 비모수적 접근법의 대표적 방법인 DEA는 생산가능영역을 볼록집합(convex set)으로 가정하여 생산프론티어를 결정하고 동시에 DMU의 효율성을 구한다. DEA는 효율적인 DMU와 비효율적

인 DMU를 명확히 구별할 수 있기 때문에 생산프론티어는 효율적인 DMU들만으로 구성된다. 그러나 잔여비효율요소(slacks)가 수반됨으로써 단일 형태의 효율성 측도를 제공하기 어렵고, DMU별로 상이한 요소가중치를 적용함으로써 DMU의 순위 부여가 곤란하다.

Tofallis(2001)의 연구를 살펴보면 DEA와 CCCA의 결합사용에 관한 이론적 근거가 가장 잘 나타난다. CCCA는 정준상관분석의 확장으로서 정준계수(canonical coefficient)가 음의 값이 되는 것을 방지할 수 있게 고안된 기법이다(Tofallis, 1999). 정준계수는 투입(또는 산출)군의 결합변수에 대한 개별 투입(또는 산출)변수의 기여도를 나타내므로 음의 값이 발생할 경우 해석을 곤란하게 만들기 때문이다. Tofallis(2001)는 DEA를 먼저 이용하여 효율적인 DMU들을 선정한 후 선정된 DMU들의 자료를 가지고 CCCA를 수행하여 효율적인 생산프론티어를 결정하였다(이하 효율적인 생산프론티어를 간략히 효율프론티어라 칭함). 따라서 공통가중치를 가진 단일 형태의 효율프론티어를 바탕으로 개별 DMU의 효율성측도를 구할 수 있어서 앞에서 언급한 DEA의 단점을 극복할 수 있다. 또한, 효율적인 DMU들의 자료만을 가지고 효율프론티어를 도출함으로써 기존의 모수적 접근법의 약점을 극복할 수 있다.

본 논문은 범주형 변수의 취급을 위하여 Tofallis의 방법을 확장하고, A 패스트푸드사의 사례로 적용한다. 본 확장과 적용에 있어서 고려되어야 할 사항은 Banker와 Morey(1986)의 범주형 DEA모형이다. 즉 DEA에서도 범주형 변수의 취급이 가능하다는 점이다. 이는 평가의 공정성을 기하기 위해 열등한 환경에 처한 DMU들만 서로 비교하여 상대적 효율성을 구하고, 양호한 환경하에 있는 DMU들은 열등한 환경하에 있는 DMU들과 함께 비교하여 효율

성을 구하는 것이다. 한편, 회귀분석에서 더미변수를 다루는 것과 같이 CCCA에서도 범주형 변수를 취급할 수 있다. 따라서 범주형 변수를 DEA단계에서 고려해야 할지 CCCA단계에서 고려해야 할지에 관한 판단여부가 중요한 문제로 대두되며, 본 연구에서는 두 가지 가능한 방법을 비교·분석하여 범주형 변수의 고려에 관한 지침을 제공한다.

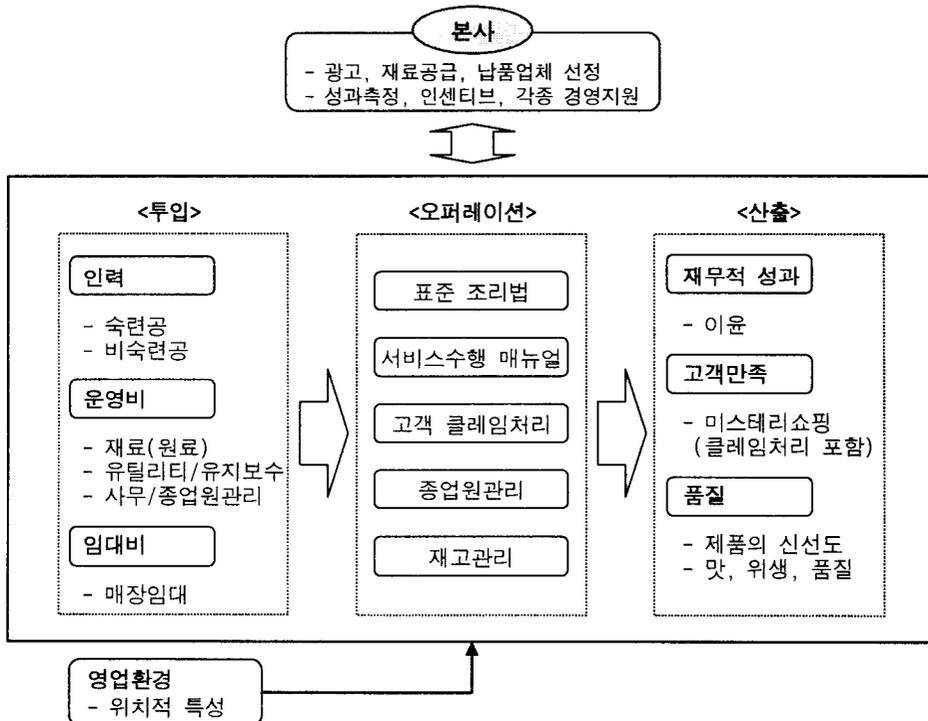
본 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저 A 패스트푸드사의 사례문제를 기술한다. 3절에서 관련 문헌 및 기존 방법론을 고찰 한 후, 4절에서 사례문제 해결을 위한 두 가지 방법을 개발한다. 5절에서 개발된 방법을 사례문제에 적용하고 비교·분석하여 범주형 변수의 고려에 관한 지침을 제공한다. 마지막으로 요약과 추후 연구과제를 기술한다.

II. 사례문제

2.1 개요

A 패스트푸드사의 각 매장은 본사 정규직인 지점장과 부지점장 2인의 관리하에 필요하다고 판단된 종업원을 관리자가 직접 비정규직으로 고용한다. 판매하는 제품의 재료는 매장의 수요에 따라 본사에서 전량 공급하고 규격화된 매뉴얼을 통해 조리하기 때문에, 매장간의 제품의 차이(맛, 재료 등)는 조리사의 고유한 노하우나 공급하는 재료의 차이라기 보다는 조리 매뉴얼의 준수여부와 깊은 관계가 있다. 본사에서는 필요한 재료의 선정과 공급, 광고, 매장 입

〈그림 1〉 각 매장의 서비스운영 시스템



대료 등에 관한 업무를 지원하기 때문에 매장 관리자는 매장내의 종업원 관리와 서비스프로세스 관리를 포함한 전반적인 운영관리에 중점을 두고 있다. <그림 1>은 A사의 서비스운영 시스템을 묘사하고 있다.

본사 평가팀은 주기적으로 매장의 성과를 측정하여 매장 관리자에 대한 인사고과와 인센티브에 직접적으로 반영하고 있으며, 유사한 성과를 보이는 매장들을 그룹화하여 자체적인 성과비교 및 목표치의 자료로 활용하고 있다. 또한 평가점수가 저조한 매장에 대해서는 본사 지원팀이 파견되어 영업지원 활동을 수행한다. A사의 기존 평가방식은 일정한 평가 요소들에 대하여 본사에서 부여한 가중치를 결합한 가중합산 점수로 측정하는 것이다. 평가 요소는 4가지로 다음과 같다. 첫째, 본사 직원에 의한 미스터리 쇼핑 결과로써 종업원의 고객대응 친절도, 클레임 처리방법 등이 포함된다. 둘째, 우수한 인적자원을 유치하기 위한 매장 관리자의 노력으로서, 이직율과 일정기간 이상의 장기복무 숙련자의 보유수를 등급화한 점수이다.¹⁾ 셋째, 지난해 매출실적을 바탕으로 매장 관리자가 설정한 차기 연도 목표 매출액 대비 매출액 달성율, 넷째, 매출에서 매장 운영비를 제외한 이윤을 사용한다.

A사의 성과평가 방법은 Metters등(2003)이 지적하듯이 본사에서 일괄적으로 정한 성과요소에 대한 고정된 가중치를 부여함으로써 매장별 경영여건에 따른 관리자의 유연한 경영활동 결과를 반영하지 못하고, 목표수립 및 달성과 관련된 샌드백 효과를 방지하기 위하여 당해 연도의 성과를 스스로 제한하려는 현상이 발생할 가능성이 있다. 더욱이 성과에

영향을 미치는 주요 투입요소들이 반영되지 못한 채, 산출요소위주의 평가가 이루어지고 있다. 따라서 새로운 평가시스템을 위하여 아래와 같이 투입 및 산출요소를 선정하였다.

2.2 투입 및 산출요소

패스트푸드점은 일반 음식점과 달리 비교적 서비스프로세스의 표준화 정도와 서비스프로세스에 고객의 참여도가 높은 특성으로 인해 종업원의 재량이 제한되어 있다(Fitzsimmons와 Fitzsimmons, 2003). 종업원들은 고객이 매장에 들어오는 순간부터 정해진 매뉴얼에 따라 환영메시지 전달, 주문접수 등의 과정을 수행하게 된다. 특히, 고객이 집중적으로 몰리는 상황에서의 능숙하고 신속한 고객대응, 효과적인 클레임처리 등은 고객만족과 더불어 서비스 재구매에 직접적인 영향을 미침으로 숙련된 종업원이 많을수록 고객이 다시 찾을 기회가 높다. 따라서 인적 투입요소는 일정기간 이상 장기간 근무한 숙련종업원수(Skilled manpower)와 그 외 비숙련 종업원수(Unskilled manpower)로 나누는 것이 보다 적합하다.

투입요소로서 고려할 수 있는 재무적 요소는 임대료(Rent fee)와 매장 운영에 따른 운영비용(Operating cost)이다. A사의 전 매장은 임대차형식으로 운영되고 있다. 임대료는 매장의 크기뿐만 아니라 매장이 위치한 지역에 따라서도 상이하다. 운영비는 재료비, 시설보수비, 사무비용, 공공요금 등으로 구성되며, 이 중 재료비가 가장 많은 부분을 차지한다.

1) 패스트푸드점의 서비스수행 종업원은 정규직보다 비정규직 인원이 대부분이기 때문에, 잦은 종업원 교체로 인한 고객서비스 저하를 방지하는 것이 매우 중요하다

재무적 산출요소인 이윤(Gross profit)은 매출액에서 임대비용, 운영비, 인건비를 제외한 금액이다. 신생 매장일 경우에는 기존 경쟁업체의 고객을 확보하기 위하여 이윤보다는 고객인지도 및 시장점유율 확대를 위한 부분에 더욱 많은 노력의 투입이 이루어질 수 있겠지만, 이러한 초기 시장진입을 마친 매장들을 대상으로 하는 본 연구에서는 단순한 매출보다는 비용을 줄이고 매출을 증가시킴으로써 얻는 이윤을 성과요소로 선정하였다.

두 번째 산출요소로는 본사 평가팀에 의해 측정되는 미스터리쇼핑(Mystery shopping) 성적이다. 미스터리쇼핑이란 고객으로 가장한 평가팀의 일원이 종업원의 친절도, 주문처리, 불만사항처리 등을 종합 평가하는 것으로서, 최근 많은 서비스 기업이 고객서비스의 질적 향상을 위해 사용하는 방법이다. 이러한 암행측정을 통하여 매장의 고객서비스 제공 상태를 평가함은 고객이탈의 잠재적 가능성을 탐지하고, 고객위주의 매장운영을 지향하도록 감독·통제하는 역할을 한다.

세 번째 산출요소인 제품품질(Product quality)은 전국매장에 동일한 메뉴와 재료를 공급하는 프랜차이즈점의 특성과 요구되는 품질을 유지하기 위한 평가요소이다. 이미 매뉴얼화된 조리법을 통하여 제

공되는 제품(음식)의 균일성, 맛, 외관 등의 질적 측면과 위생, 조리규정준수 등의 처리과정을 평가함으로써, 전국 매장을 가지고 있는 자사 브랜드 제품의 품질수준과 매장의 실제 판매 제품의 질을 일치시키려고 하는 평가요소이다.

선정된 7개의 투입·산출요소를 정리하면 <표 1>과 같다. 선정된 변수는 A사의 서비스운영 시스템인 <그림 1>에서 보여주는 모든 투입·산출요소를 포함한다. 즉, 효율성 성과평가에 있어서 중요한 변수의 누락이 없음을 의미한다. 또한 선정된 변수들간의 의미상 중복이 없기 때문에, (환경변수를 제외하면) 특정 매장이 유리하거나 불리하게 평가되지는 않는다. 덧붙여 4개의 투입변수들간의 상관분석을 실시한 결과 임대료와 운영비용 사이만 유의하게 높은 상관계수(0.74)를 보였다. 그러나 이 두 변수는 의미가 상이하며 모두 중요한 투입변수로서 산출에 영향을 미치므로, 상관관계가 높다는 이유만으로 둘 중 하나를 제거하는 것은 위험하다. 제거할 경우 효율프론티어 설정에 필요한 효율적인 매장을 잃어버릴 수 있고 실제로 비효율적인 매장이 효율적으로 나타나 진정한 효율프론티어를 구할 수 없게 된다. 산출변수들간의 상관계수(± 0.13 이내)는 매우 낮게 나타났다.

<표 1> 투입 및 산출 요소

구분	요소	내용
투입	Skilled manpower (ISM)	300시간 이상 장기 근무한 숙련된 종업원의 수
	Unskilled manpower (IUM)	숙련된 종업원을 제외한 종업원의 수
	Rent fee (IRF)	매장 임대 비용
	Operating cost (IOC)	재료비, 사무비, 유틸리티 사용료 등의 운영비용
산출	Gross profit (OGP)	총매출액에서 인건비와 운영비를 제외한 금액
	Mystery shopping (OMS)	암행 측정된 친절도, 클레임처리 등의 서비스수행 태도
	Product quality (OPQ)	제품의 품질 및 균일성

2.3 환경투입변수 및 자료

각 매장이 위치한 환경적 특성인 주요고객의 분포, 교통, 유동인구 등은 매장의 성과에 상당한 영향을 미치고 있으나, 이에 대한 고려가 기존 평가방식에는 전혀 되어있지 않기 때문에 매장의 유리한 입지조건만으로도 매장의 성과가 상당히 좌우되는 결과를 초래할 수 있다. 실제로 평가팀의 설명에 따르면 매장을 입지환경에 따라 상업, 주거, 업무, 기타 지역으로 분리하고 있으며, 이중 상업지역의 매출 및 운영실적이 가장 좋은 것으로 평가되고 있었다. 상업지역이라 함은 주로 상가가 밀집된 지역으로서, 이 지역의 주요고객은 인근지역에 근무하고 있는 사람들뿐만 아니라 쇼핑 및 상업활동을 위해 방문하는 사람들을 모두 포함한다. 따라서 타 지역보다 유동인구가 현저히 많아 높은 매출의 달성이 용이하며, 종업원들의 잦은 이직에 대해서도 비교적 신속히 인

력을 충원할 수 있는 장점을 가지고 있다.²⁾ 또한 상업지역에 위치한 대부분의 매장들은 교통 및 상업의 요지에 위치하기 때문에 약속장소, 정류장 명칭 등으로도 사용되는 등 비상업지역에 위치한 매장들보다 지명도 및 인지도에서 매우 유리하다. 상업지역에 위치한 매장은 비상업지역에 위치한 매장이 가지고 있지 않은 유리한 “상업적 환경”이라는 투입요소를 가지고 있으므로, 공정한 성과평가를 위해서는 투입으로서의 환경변수가 반드시 고려되어야 한다.

본 연구에서는 A사의 매장을 상업지역과 비상업지역(업무, 주거, 기타지역)의 2개 군으로 구분하여 범주형 변수로 취급한다. 그리고 신규개점에 따른 추가적인 노력을 필요로 하지 않는, 개점 후 3년 이상이 된 안정적인 매장들 중에서 상업지역 44개와 비상업지역 28개, 총 72개 매장을 대상으로 자료를 수집하였다.³⁾ <표 2>는 상업지역과 비상업지역 매장들의 투입과 산출의 평균을 요약한 것이다. 모든

<표 2> 지역별 투입과 산출의 평균

구분	IUM (명)	ISM (명)	IRF (천원)	IOC (천원)	OGP (천원)	OMS (점수)	OPQ (점수)
모든 매장의 평균	3.81	9.07	13,052	17,569	21,110	92.76	89.28
상업지역 평균	3.86	9.70	14,191	19,157	25,790	93.15	88.02
비상업지역 평균	3.71	8.07	11,262	15,072	13,757	92.14	91.25
t 값	0.25	2.32*	2.57*	3.76*	7.18*	0.39	-1.94

*: $p < 0.05$

2) 평균적으로 비정규직 종업원의 근무기간은 3~5개월인 것으로 나타났다.
 3) 보다 세분화된 군으로 구분할 수 있지만, 2개 군으로 나눈 보다 자세한 이유는 다음과 같다. 먼저 업무지역은 대도시 중심의 셀러리 맨들이 주로 근무하는 고층건물 밀집지역으로서, 식사시간과 출퇴근시간에 고객들이 집중적으로 방문하는 지역이다. 주거지역은 주택이 주로 밀집된 지역으로 해당 거주민이 주요고객이 된다. 기타지역은 공원 및 유원지 시설, 스포츠 경기장 등 특정 시기 및 시간에 수요가 집중적으로 발생하는 지역이다. 따라서 비상업지역으로 분류된 군의 경우 상업지역 보다 고객층이 한정적이고 수요발생 시간도 매우 제한적이라는 공통점을 가지며, 상업지역 보다 불리한 입지조건하에 있기 때문에 이원화하였다. 덧붙여 <표 3>을 보면 기본형 DEA 수행결과 28개의 비상업지역 매장 중에서 5개가 효율적으로 나타남을 알 수 있다. 이 5개는 주거지역 3개, 업무지역 1개, 기타지역 1개로 구성되어 심각한 편중현상을 발견하기 어렵다. 또한 평균효율성도 주거지역 0.755, 업무지역 0.758, 기타지역 0.789로 나타나, 비상업지역 전체 평균인 0.764를 중심으로 큰 편차를 보이지 않는다.

투입요소의 규모는 상업지역이 더 크며, 산출의 경우는 제품품질을 제외한 두 요소에서 상업지역이 더욱 크게 나타났다. 이를 통해 상업지역에 위치한 매장들이 상대적으로 보다 큰 규모로 운영되고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 투입을 반영하지 않고 산출 위주의 평가가 이루어 진다면 비상업지역의 매장들은 상대적으로 평가에 있어서 불이익을 받게 될 것이다.

III. 문헌 및 방법론 고찰

Banker와 Morey(1986)는 범주형 변수를 고려한 효율성평가를 위하여 기존 DEA를 확장하였다. 이는 평가의 공정성을 기하기 위해 열등한 환경에 처한 DMU들만 서로 비교하여 상대적 효율성을 구하고, 양호한 환경하에 있는 DMU들은 열등한 환경하에 있는 DMU들과 함께 비교하여 효율성을 구하는 것이다. 범주형 DEA라 일컬어지는 본 방법은 추후 Kamakura(1988), Rousseau와 Semple(1993)에 의해 보다 정교화되었다. 범주형 DEA는 A 패스트푸드사의 사례로 적용 가능하나, 오직 범주형 DEA의 적용만으로는 요구되는 효율성평가 결과를 얻기는 어렵다. 서론에서 언급한 바와 같이 DEA 특성상의 이유 때문이며, 이를 보다 구체적으로 기술하면 다음과 같다.

비모수적 기법인 DEA의 많은 장점들은 익히 잘 알려져 있다. 대표적인 장점으로서는 생산함수의 형태를 사전적으로 가정하지 않고 다수의 투입·산출을 평가에 반영할 수 있고, 동시에 효율적인 DMU와 비효율적인 DMU를 명확히 구분할 수 있다. 반면, 선행연구에서 지적했듯이 잔여비효율요소(slacks)와 비율효율성측도(radial efficiency)가 분리되어 나타남으로써 단일 형태의 효율성측도를 제공하지 못한다.⁴⁾ 또한 DMU별로 상이한 요소가중치를 적용함으로써 특이한 투입·산출구조를 갖는 DMU가⁵⁾ 효율적으로 나타나는 등 효율적인 DMU가 과다하게 나타날 수 있다. 이러한 이유 등으로 인하여 DEA 효율성측도만으로는 DMU들의 순위부여가 어렵다.⁶⁾

효율성평가를 위한 또 다른 대표적 접근법은 회귀분석을 중심으로 한 모수적 통계기법이다. 회귀분석과 DEA간의 장단점을 파악하기 위한 비교연구가 이루어졌다. 예를 들면, Banker등(1993, 2004)은 DEA가 회귀분석보다 정확한 효율성에 근접함을 모의실험을 통하여 보인 반면, Gong과 Sickles(1992)와 Chapple등(2005)은 DEA의 결정모형적(deterministic) 성격이 백색잡음(white noise)을 비효율에 포함시키기 때문에 통계적 접근의 타당성을 주장하였다. 이러한 상반된 주장은 평가의 목적과 자료의 성격에 따라 두 가지 평가결과를 선택적으로 사용하도록 하고 있다(Cubbin과 Tzanidakis, 1998; Weill, 2004). 한편, 두 접근법을 결합하려는

4) Cooper등(1999)은 가산형(additive) DEA모형에 기초하여 잔여비효율요소를 구하고, 이를 단일 형태의 효율성측도를 만들기 위한 시도를 하였다. 그러나 비율효율성평가를 위한 기본형 DEA가 보다 많이 사용되고 있고, 이 경우 발생하는 잔여비효율요소로 인하여 단일 형태의 효율성측도를 만들기 어렵다. 여기서 기본형 DEA라 하면 CCR(Charnes, Cooper, Rhodes, 1978)모형과 BCC(Banker, Charnes, Cooper, 1984)모형을 포함한다. Cooper등(2000)을 참조하면 다양한 DEA모형을 이해할 수 있다.

5) Charnes등(1990)에 의하면 이러한 DMU를 maverick DMU라 일컬었으며, 다른 DMU들의 참조집단(peer group)으로 거의 사용되지 않는 특징을 가진다.

6) Adler등(2002)은 DMU들의 순위부여를 위한 제반 방법들을 고찰하였다. 이러한 방법들은 추가적인 선호정보(요소가중치 등)를 요구하거나 추가적인 순위부여 절차개발을 통하여 달성된다.

시도가 있었는데, 이는 DEA 효율성을 회귀분석모형에서 종속변수로 사용하거나(Ruggiero와 Vitaliano, 1999; Anderson 등, 2002; Shao와 Lin, 2002), DEA 수행결과 도출된 DMU들의 효율 또는 비효율의 여부를 더미변수로서 회귀분석에 반영하는 형태(Brockett 등, 2004) 등으로 나타났다. 덧붙여서 Banker 등(2004)은 DEA 수행결과 도출된 가중산출합을 종속변수로 이용하는 회귀분석모형이 다른 통계적 접근법보다 우수함을 보이기도 하였다.

DEA와 회귀분석의 결합사용에 관한 노력은 다수의 투입·산출을 평가하기 용이한 정준상관분석의 사용으로 이어졌다. 정준상관분석은 회귀분석의 확장된 형태로서, 투입군과 산출군을 각각의 결합함수 형태로 변환하고 이들의 상관계수가 최대화되도록 하는 공통의 가중치를 찾는 다변량 통계기법이다. Sengupta(1990)는 DEA에 사용될 투입·산출변수를 선정하기 위하여 정준상관분석을 최초로 사용했고, Friedman과 Sinuany-Stern(1997)은 효율성평가에 있어서 DEA의 대안으로 제안했다.

이후 Tofallis(2001)는 정준상관분석의 확장인 CCCA와 DEA의 결합사용을 최초로 제안했다. 본 방법을 요약하면 3단계로 구성된다. 첫째 동질적인 DMU를 가정하여 DEA를 수행하고, 효율적인 투입과 산출을 가진 DMU를 찾아낸다. 둘째 단계에서는 효율적인 DMU의 투입자료와 산출자료를 각각의 선형함수로 구성하고, 이들 사이의 상관관계를 최대화하기 위한 개별 변수들의 기여도를 결정한다. 이 과정에서 개별 변수의 영향력에 대하여 음의 값을

배제할 수 있는 CCCA를 이용하였다. 이후 결합된 산출과 결합된 투입을 회귀분석함으로써 기대효율프론티어(expected efficient frontier)를 찾게 된다. 셋째 단계는 개별 DMU의 효율성측도를 계산하고 이를 바탕으로 순위를 부여한다. 이때 개별 DMU의 효율성은 투입자료의 기대효율프론티어 값에 대한 실제 산출자료의 선형함수 값의 비율로 계산된다.

상기 방법을 수학적으로 묘사하면 다음과 같다. 우선 m 개의 투입변수 x_i ($i = 1, \dots, m$)와 s 개의 산출변수 y_r ($r = 1, \dots, s$)가 있다고 가정한다. 첫째 단계에서 DEA를 수행하여 얻어진 효율적인 DMU들의 투입자료와 산출자료 행렬을 각각 X 와 Y 라 하자. 둘째 단계에서 X 와 Y 를 가지고 투입과 산출에 대한 선형결합변수 X 와 Y 를 다음과 같이 정의한다.

$$X = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m$$

$$Y = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_sy_s$$

그리고 X 와 Y 의 상관관계를 최대화하기 위한 CCCA를 다음과 같이 사용하여 정준계수의 벡터 $\mathbf{a} = (a_i)$ 와 $\mathbf{b} = (b_r)$ 를 추정한다.⁷⁾

$$\max_{\mathbf{a}, \mathbf{b} \geq 0} \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{Var}(X)\text{Var}(Y)}} = \frac{\mathbf{a}^T \mathbf{X}^T \mathbf{Y} \mathbf{b}}{\sqrt{(\mathbf{a}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \mathbf{a})(\mathbf{b}^T \mathbf{Y}^T \mathbf{Y} \mathbf{b})}}$$

비록 비선형 최적화 문제이지만 Lagrange함수나 엑셀(Excel) 등을 이용하여 최적해를 찾을 수 있다.⁸⁾

7) Tofallis(2001)는 CCCA가 상관관계를 최대화하기 위한 기법임을 강조하고 기존의 CCA와 뚜렷이 구별하기 위하여, CCCA를 최대 상관관계모델링(Maximum Correlation Modeling: MCM)이라고 칭하였다.

8) 만약 X 와 Y 의 상관계수가 충분히 높지 않거나 만족스럽지 못할 경우, 위에서 사용한 선형결합 대신 비선형결합 등을 고려하여 정준계수를 다시 추정할 수 있다. 덧붙여 Tofallis(1999)의 연구를 보면 비선형 최적화 문제인 CCCA에서 그 최적해가 유일하게 존재함을 보였다. 또한 Yanai와 Takane(1992)는 정준계수에 대한 비음제약조건뿐만 아니라 보다 일반적인 선형제약조건을 갖는 CCCA 문제의 최적해를 구하기 위한 수학적 알고리즘을 개발하였다.

추정된 X 와 Y 를 가지고 단순회귀분석을 수행함으로써, 다음과 같은 기대효율프론티어를 설정한다.

$$\begin{aligned} EY &= \gamma_0 + \gamma_1 X \\ &= \gamma_0 + \gamma_1 (a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m) \end{aligned}$$

마지막 단계에서 DMU_j 의 효율성 값은 Y_j/EY_j 로 주어진다. 따라서 효율성이 효율적인 것으로 기대되는 산출에 대한 실제 산출의 비율로 계산된다.

상기 언급한 바와 같이 본 접근법은 오직 DEA만의 사용으로부터 도출된 효율성의 단점을 극복할 수 있다. 즉 잔여비효율요소의 처리문제가 사라지고, 공통가중치를 적용한 단일 형태의 효율프론티어를 바탕으로 효율성측도를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 더 나아가 DMU들의 순위부여를 가능하게 한다. 또한, 효율적인 DMU들의 자료만을 가지고 효율프론티어를 도출함으로써 기존의 모수적 접근법의 약점을 극복할 수 있다.

IV. 방법론 개발

본 절에서는 범주형 변수의 취급을 위해 상기 Tofallis의 방법을 확장한다. 우선 범주형 변수를 고려하지 않은 Tofallis의 방법을 접근법#1이라 하자. A 패스트푸드사의 사례에서 보여주는 것과 같이 공정한 효율성평가를 위해서는 범주형 변수의 고려가 필요하다. 즉 A사의 경우 상업지역을 양호한 환경으로, 비상업지역을 열등한 환경으로 볼 수 있는 범주형 변수이다. 이 범주형 환경변수가 매장의 성과에 지대한 영향을 미치기 때문에 성과를 평가할

때 고려되어야 한다.

전술한 바와 같이 범주형 변수를 DEA단계에서 고려해야 할지 CCCA단계에서 고려해야 할지에 관한 판단여부가 중요한 문제로 대두된다. DEA단계에서의 고려는 범주형 DEA기법을 활용함으로써 가능하다. CCCA단계에서의 고려는 회귀분석에서 더미변수를 다루는 것과 같이 CCCA에서 범주형 변수를 더미변수로 취급함으로써 가능하다. 따라서 다음 2가지 접근법을 생각할 수 있다.

접근법#2: [단계1] 범주형 DEA를 적용하여 효율적인 DMU를 선정한다. [단계2] 효율적인 DMU들의 투입과 산출자료 각각에 대한 선형결합을 통하여 정준변수(X , Y)를 구성한 후, CCCA를 사용하여 정준계수를 추정한다. 이어서 추정된 X 와 Y 를 가지고 단순회귀분석을 수행하여 기대효율프론티어(EY)를 설정한다. [단계3] 개별 DMU의 효율성측도를 계산하고 순위를 부여한다. 이때 효율성측도는 효율적인 것으로 기대되는 산출(EY)에 대한 실제 산출(Y)의 비율로 계산한다.

접근법#2는 단계1을 제외하면 접근법#1과 동일하다. 즉, 접근법#1에서는 기본형 DEA (각주 4 참조)를 적용한 반면, 접근법#2에서는 범주형 DEA를 적용함으로써 DEA단계에서 범주형 변수를 고려하고 있다. 참고로 기본형 DEA를 적용할 경우 대부분 상업지역과 같이 양호한 환경하에 있는 DMU들이 효율적인 것으로 나타날 것이며, 따라서 CCCA를 통하여 얻어지는 기대효율프론티어는 양호한 환경하에서 나온 자료에 의해 결정되어 열등한 환경이라는 측면을 보상해주기 어렵다. 반면 범주형 DEA를 사용함으로써 열등한 환경하의 DMU들도 효율적인 것으로 나타나, 기대효율프론티어에 반영될 수 있다.

접근법#3: [단계1] 기본형 DEA를 적용하여 효

율적인 DMU를 선정한다. [단계2] 효율적인 DMU들의 투입과 산출자료 각각에 대한 선형결합을 통하여 정준변수(X, Y)를 구성한다. 이때 범주형 투입 변수를 다음과 같이 고려한다.

$$X = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + a_{m+1}x_{m+1}$$

여기서 x_{m+1} 은 범주형 변수로서 열등한 환경일 경우 0, 양호한 환경일 경우 1을 부여한다. 이후 CCCA를 사용하여 정준계수를 추정하고, 추정된 X 와 Y 를 가지고 단순회귀분석을 수행하여 기대효율 프론티어(EY)를 다음과 같이 설정한다.

$$\begin{aligned} EY &= \gamma_0 + \gamma_1 X \\ &= \gamma_0 + \gamma_1(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + a_{m+1}x_{m+1}) \\ &= \gamma_0 + \gamma_1 a_{m+1} x_{m+1} + \gamma_1(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m) \end{aligned}$$

[단계 3] 개별 DMU의 효율성측도를 계산하고 순위를 부여한다. 이때 효율성측도는 효율적인 것으로 기대되는 산출(EY)에 대한 실제 산출(Y)의 비율로 계산한다.

접근법#3은 범주형 변수를 CCCA단계에서 고려하고 있다. 설정된 기대효율프론티어에서 계수 $\gamma_1 a_{m+1}$ 은 범주형 투입변수가 산출에 기여하는(또는 영향을 주는) 정도를 나타낸다. 범주형 투입변수의

값이 양호한 환경일 경우 1, 열등한 환경일 경우 0이라는 점을 감안하면, 양호한 환경하의 DMU를 평가할 때는 그렇지 못한 DMU를 평가할 때보다 절편이 $\gamma_1 a_{m+1}$ 만큼 상향된 기대효율프론티어를 사용하는 결과를 가져온다. 따라서 양호한 환경하의 DMU를 평가할 때는 범주형 투입변수의 기여도만큼 벌칙을 부여함으로써, 상대적으로 열등한 환경하에 있는 DMU의 효율성을 보상해주는 효과를 가져온다.

이제 대두되는 문제는 접근법#2와 접근법#3 중에서 어느 방법이 보다 효능적(efficacious)인가이다. 다음 장에서 A 패스트푸드사의 자료를 바탕으로 두 가지 방법을 비교·분석하여 범주형 환경변수의 고려에 관한 지침을 제공하고자 한다.

V. 적용결과

5.1 DEA 수행결과

DEA 수행결과 효율적인 DMU의 수는 <표 3>과 같다. 환경변수를 고려하지 않은 기본형 DEA의 경우 72개의 DMU중 18개가 효율적인 것으로 판정되었는데, 이중 상업지역이 13개, 비상업지역이 5개로서 대부분 상업지역에 위치한 DMU들이 효율

<표 3> DEA 수행결과 판정된 효율적인 DMU의 수

구분	총 DMU	기본형 DEA		범주형 DEA	
		효율적인 DMU의 수	평균효율성	효율적인 DMU의 수	평균효율성
계	72	18(25%)	0.804	23(32%)	0.832
상업지역	44	13(30%)	0.829	13(30%)	0.829
비상업지역	28	5(18%)	0.764	10(36%)	0.838

적인 것으로 나타났다. 이때 사용된 기본형 DEA는 CCR모형(각주 4 참조)이다. 한편, 환경변수를 고려한 범주형 DEA의 경우 비상업지역의 DMU가 대거 효율적인 DMU에 포함되었다. 효율적인 DMU는 23개로 증가하였으며, 오직 비상업지역에서만 5개의 DMU가 효율적인 것으로 새로이 추가되었다. 평균효율성 측면에서도 범주형 DEA를 적용함으로써 비상업지역에서 상당한 효율성 향상이 나타났다. 즉, 기본형 DEA 수행결과 상업지역의 평균효율성이 더 높았으나, 범주형DEA 수행결과 오히려 비상업지역의 평균효율성이 더 높게 나타났다.

5.2 효율프론티어 도출

각 접근법에 따라 CCCA를 수행한 결과 얻어진 개별변수의 기여도는 <표 4>와 같다. 이때 DEA 수행으로부터 판단된 효율적인 투입·산출자료를 각각의 선형함수로 구성함에 있어서 단위의 영향을 배제하기 위하여 각 자료들을 모두 해당 변수의 최대값으로 정규화 하였다. 최적화 문제인 CCCA에 사용된 제약식은 선형함수를 구성하는 각각의 투입·산

출의 기여도가 비음조건을 만족하도록 한 것이다.

<표 4>에 있는 각 변수의 계수를 살펴보면 투입 중에서는 운영비(IOC)가 매장의 효율성 성과에 가장 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있고, 다음으로는 비숙련종업원수(IUM)로 나타났다. 반면 가장 낮은 영향을 미치는 변수는 숙련종업원수(ISM)로 나타났다. 산출변수들 중에서는 이윤(OGP)이 가장 큰 값을 나타내고 있다. 이러한 결과는 효율성의 차이를 유발하는 중요한 요소가 이윤임을 알 수 있고, 각 매장 관리자는 자신의 효율성을 향상시키기 위하여 이윤에 대한 상대적 관심을 증대시켜야 할 필요가 있음을 암시한다.

각 접근법에 따라 선형결합된 투입과 산출의 상관계수에서도 뚜렷한 차이를 발견할 수 있다. 접근법 #1보다 접근법#3에서의 상관계수가 높게 나왔으며, 접근법#2에서 가장 낮은 상관계수를 보였다. 이는 성과에 영향을 미치는 범주형 환경변수(Env)를 추가시킴으로써 투입군(X)과 산출군(Y)의 상관관계를 증대시킬 수 있었던 것이다. 접근법#2에서 가장 낮은 상관계수를 보임은 비상업지역만을 평가집단으로 구성하여 선정·추가된 효율적인 DMU들의 자

<표 4> CCCA 수행결과 도출된 각 변수의 계수

구분		접근법#1	접근법#2	접근법#3
투입	IUM	0.3259	0.3874	0.3737
	ISM	0.000001	0.0102	0.0450
	IRF	0.2023	0.1472	0.1290
	IOC	0.4719	0.4552	0.3819
	Env	-	-	0.0705
산출	OGP	2.4358	13.3608	3.3824
	OMS	0.4502	3.3371	0.7791
	OPQ	1.1677	5.3460	0.4486
상관계수		0.9139	0.8435	0.9417

〈표 5〉 도출된 기대효율프론티어의 회귀계수

구분	접근법#1	접근법#2	접근법#3
γ_0	1.384 (0.132)	6.797 (0.935)	0.717 (0.170)
γ_1	3.339 (0.371)	19.730 (2.742)	5.224 (0.467)
R^2	0.835	0.711	0.887

(): 표준오차

효율성이 전체 DMU를 비교하여 도출한 효율적인 DMU들과는 상이하였기 때문이다.

〈표 4〉에서 얻은 정준계수를 가지고 단순회귀분석을 통하여 도출한 기대효율프론티어를 〈표 5〉에서 보여준다. 모형의 설명력을 나타내는 R^2 역시 접근법#3 > #1 > #2의 순으로 나타났다. 접근법#1에 비해 접근법#3에서는 환경투입변수를 더미변수로 포함시킴으로써 비상업지역의 환경적 불리함을 보상하기 위하여 상업지역의 기대효율프론티어의 절편을 0.3683 (= $\gamma_{1am+1} = 5.224 \times 0.0705$)만큼 상향조정하게 된다. 참고로 각 방법의 회귀계수(γ_1)는 p 값이 0.001이하로 나타나 통계적으로 유의하였다.

5.3 비교분석

접근법 별로 설정된 기대효율프론티어를 이용하여 각 DMU의 효율성을 결정할 수 있다. 이제 각 접근

법 별로 도출된 효율성이 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 검정한다. 즉, 접근법#1(환경변수를 전혀 고려하지 않음)에 비해 접근법#2(DEA단계에서 환경변수를 고려)에서 도출된 효율성이 어느 정도 변화하였는지, 그리고 접근법#1에 비해 접근법#3(CCCA단계에서 환경변수를 고려)에서 도출된 효율성이 어느 정도 변화하였는지의 여부를 판단하고자 한다. 본 비교에서 변화가 없다면 비록 환경변수를 고려했다 하더라도 그 효능이 없다는 것으로 판단할 수 있다. 도출된 효율성 값은 구간척도를 나타내기보다는 비율척도를 나타내는 순위의 의미를 가지므로, 효율성의 변화를 비교하기 위해서는 비모수통계기법의 사용이 바람직하다고 볼 수 있다. 따라서 Mann-Whitney rank sum test를 실시하였고, 그 결과를 〈표 6〉에 정리하였다.

〈표 6〉에서 우선 접근법#1과 접근법#2의 비교결과를 살펴보면, 전체(모든 지역)에 대한 효율성 차

〈표 6〉 접근법 별로 도출된 효율성의 통계적 차이검정

구분	접근법#1과 접근법#2의 비교			접근법#1과 접근법#3의 비교		
	전체	상업지역	비상업지역	전체	상업지역	비상업지역
U 통계량	2460.0	898.0	373.0	2271.0	746.0	373.0
Z 값	-0.527	-0.584	-0.311	-1.283	-1.853	-0.311
p 값	0.598	0.559	0.756	0.200	0.064	0.756

이를 나타내는 p 값이 0.598로서 전혀 유의한 차이를 보이지 않는다. 상업지역 또는 비상업지역으로 나누어 보더라도 접근법#1과 접근법#2에서 도출된 효율성간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않는다. 따라서 환경변수를 접근법#2와 같은 방법으로 고려하는 것은 (A 패스트푸드사의 경우) 효능이 부족함을 알 수 있다. 이제 접근법#1과 접근법#3의 비교결과를 살펴보자. 전체에 대한 p 값은 0.200로서, 접근법#2의 결과와 비교할 때 상당히 낮아졌으나 유의한 차이를 보인다고 판단하기에는 충분치 않다. 그러나 상업지역을 살펴보면, 접근법#1과 접근법#3간의 효율성차이는 p 값이 0.064로서 유의한 차이를 발견할 수 있다. 이는 상업지역이라는 유리한 환경적 조건을 기대효율프론티어의 절편을 (0.3683만큼) 상향 조정하는 방식으로 평가에 반영함으로써, 상업지역에 위치한 많은 DMU들의 효율성 값을 유의하게 낮추었기 때문이다. 반면, 비상업지역의 DMU들을 평가할 때는 기대효율프론티어의 조정이 없기 때문에, p 값이 0.756으로서 접근법#1과 접근법#3간의 효율성차이는 보이지 않는다. 다시 말해, 상업지역이라는 유리한 환경조건에 대해 상업지역에 위치한 DMU들만을 대상으로 벌칙을 부과함으로써, 상업지역에 위치한 DMU들의 효율성을 (환경변수가 미치는 영향만큼) 하향조정하게 되었다. 그리고 비록 비상업지역의 DMU들에 대해서는 아무런 보상을 하지는 않았으나, 상업지역에 대한 벌칙으로

인해 상대적으로 비상업지역에 위치한 DMU들의 효율성을 보상해주는 효과를 가져온다. 따라서 접근법#3의 결과는 합리적일 뿐만 아니라 범주형 환경변수의 고려에 있어서 효능적이라 할 수 있다.

〈표 7〉은 접근법 별로 각 지역별 평균효율성 및 평균순위를 나타내고 있다. 우선 접근법 별 평균효율성을 살펴보면, 평균효율성의 크기는 접근법#2 > #1 > #3의 순서로 나타났다. 접근법#2의 평균효율성이 가장 높은 이유는 다음과 같다. 접근법 #2에서는 범주형 DEA를 수행하면서 상업지역보다 상대적으로 성과가 낮은 비상업지역의 DMU들이 대거 기대효율프론티어 결정단계에 포함되었다. 따라서 기대효율프론티어는 비상업지역의 프론티어로 이동하게 되고, 이는 성과가 낮은 방향으로의 이동을 의미하기 때문에 효율성 값은 전체적으로 상승하게 된다. 접근법#3의 효율성이 낮아진 이유는 상업지역에 대한 기대효율프론티어의 상승으로 인해 상업지역에 위치한 DMU들의 효율성이 유의하게 낮아졌기 때문이다. 접근법#3에서의 유의한 변화는 평균순위에서도 유사하게 나타난다. 상업지역의 경우 평균순위는 29.4, 29.8, 33.5로서 접근법#3에서 가장 낮게 나타났으며, 접근법#1과 #2간에는 거의 같은 수준을 보인다. 비상업지역의 경우는 47.6, 47.1, 41.2로서 접근법#3에서 가장 높게 나타났으며, 접근법#1과 #2간에는 거의 같은 수준을 보인다. 따라서 접근법#1과 #2사이에는 유의한 차이가

〈표 7〉 접근법 별 평균효율성 및 평균효율성순위

구 분	접근법#1		접근법#2		접근법#3	
	효율성	평균순위	효율성	평균순위	효율성	평균순위
계(평균)	0.864	-	0.873	-	0.832	-
상업지역	0.906	29.4	0.918	29.8	0.857	33.5
비상업지역	0.796	47.6	0.801	47.1	0.792	41.2

〈표 8〉 순위 변화 비교

구분	접근법#1에 비해 접근법#2에서		접근법#1에 비해 접근법#3에서	
	순위가 향상된 DMU의 수	순위가 낮아진 DMU의 수	순위가 향상된 DMU의 수	순위가 낮아진 DMU의 수
계	28	28	25	40
상업지역	19	14	5	35
비상업지역	9	14	20	5

전혀 나타나지 않는 반면, 접근법#3은 가시적인 차이를 보여 그 효능을 다시 확인할 수 있다.

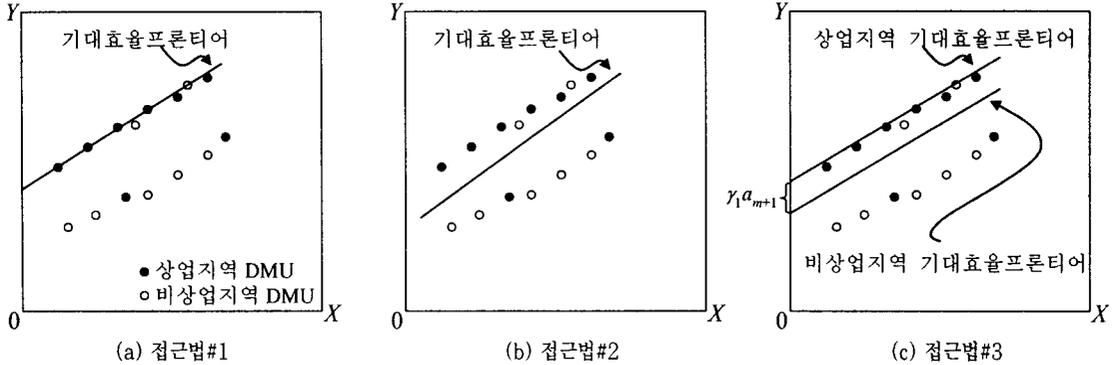
〈표 8〉에서는 환경을 고려하지 않은 접근법#1과 환경을 고려한 접근법들을 비교했을 때, 순위에 영향을 받은 DMU들의 수를 나타내고 있다. 접근법#2에서는 총 28개의 DMU가 향상된 순위를 나타내었다. 이중 상업지역에서는 19개, 비상업지역에서는 9개가 향상된 순위를 보였다. 전술한 바와 같이 접근법#2에서는 기대효율프론티어가 전체적으로 하향 조정되었기 때문에, 상업지역 DMU들의 효율성 순위가 보다 향상되는 바람직하지 않은 결과를 초래한다. 반면, 접근법#3의 결과를 살펴보면 상업지역에서는 5개만이 순위가 상승하였고, 35개의 DMU가 순위저하를 보였다. 그리고 비상업지역에서는 20개의 순위상승과 5개의 순위하락을 보여, 접근법#3과 같이 환경변수를 고려하는 것이 효능적임을 보다 구체적으로 보여준다. 덧붙여서 강조하고자 하는 점은 접근법#3에서 순위가 향상된 비상업지역의 DMU들은 거의 대부분 범주형 DEA 수행결과 효율적인 것으로 판정 받은 양호한 성과의 소유자들이기 때문에, 접근법#3의 결과가 합리적임을 뒷받침한다. 보다 구체적으로 범주형 DEA 수행결과 비상업지역에서 효율적인 DMU는 10개인데(〈표 3〉 참조), 접근법#1에 비해 접근법#3에서는 이중 9개의 순위가 향상되었다.

5.4 시사점

상기 A 패스트푸드사의 자료분석을 통하여 CCCA 단계에서 범주형 환경변수를 고려한 접근법#3이 보다 효능적임을 알 수 있었다. 본 절에서는 A 패스트푸드사 사례의 학습을 통하여 얻을 수 있는 시사점, 즉 다른 사례문제의 경우에도 접근법#3이 보다 효능적임을 보여주하고자 한다. 이를 위해서 〈그림 2〉와 같이 각 접근법의 의미를 도식적으로 재조명해 보는 것이 유익하다. 우선 A 패스트푸드사의 자료와 유사하게 양호한 환경(상업지역)하에 있는 DMU들이 열등한 환경(비상업지역)하에 있는 DMU들 보다 (동일한 조건으로 비교했을 때) 대체적으로 효율적이라고 가정하자. 〈그림 2〉에서 보여주는 자료도 이와 같이 가정하고 있으며, 이러한 가정이 보편적으로 타당하다고 할 수 있다.

먼저 환경변수를 전혀 고려하지 않은 접근법#1의 경우를 〈그림 2(a)〉에서 보여준다. 기본형 DEA 수행결과 양호한 환경하의 DMU들이 대부분 효율적으로 나타날 것이며, 이러한 효율적인 DMU들의 자료에 의해 기대효율프론티어가 설정된다. 따라서 열등한 환경하의 DMU들의 효율성 값은 낮게 결정될 것이며 열등한 환경에 대한 보상을 전혀 받지 못한다. 〈그림 2(b)〉에서 보여주는 접근법#2를 살펴보면, 먼저 범주형 DEA 수행결과 양호한 환경하의

〈그림 2〉 접근법들의 도식적 해석



DMU들 뿐만 아니라 열등한 환경하의 DMU들도 효율적으로 나타날 것이다. 효율적으로 나타난 자료를 가지고 기대효율프론티어를 설정하게 되면 접근법#1 보다 아래로 이동하는 결과가 될 것이다. 즉 동일한 조건으로 비교하면 상대적으로 성과가 미흡한 열등한 환경하의 DMU들이 기대효율프론티어에 반영되기 때문에 낮은 수준의 프론티어를 구성하게 된다. 따라서 열등한 환경하의 DMU들의 효율성 값은 상승하게 되고 주어진 환경에 대한 보상을 어느 정도 받는 듯 하다. 그러나 낮아진 기대효율프론티어로 인해 양호한 환경하의 DMU들의 효율성 값 또한 상승하게 되어 양호한 환경에 대한 벌칙은 고사하고 오히려 보상을 받는 결과를 초래한다. 결과적으로 열등한 환경하의 DMU들의 효율성에 대한 실질적인 보상이 이루어진다고 보기 어려운 접근법#2의 효능을 기대하기 어렵다.

마지막으로 〈그림 2(c)〉에서 보여주는 접근법#3을 살펴보면, 우선 기본형 DEA를 수행함으로써 양호한 환경하의 DMU들이 대부분 효율적으로 나타날 것이다. 선정된 효율적인 DMU들의 자료를 가지고 기대효율프론티어를 구성함에 있어서, CCCA단계에서 범주형 환경변수를 더미변수의 형태로 반영

한다. 그 결과 실질적으로 두 개의 다른 기대효율프론티어를 구성하게 되는데, 하나는 양호한 환경하의 DMU를 평가할 때, 다른 하나는 열등한 환경하의 DMU를 평가할 때 사용하기 위한 것이다. 열등한 환경에 대한 것 보다 양호한 환경에 대한 기대효율프론티어는 환경변수의 기여도만큼 절편이 상향 조정된 것이다. 따라서 양호한 환경하의 DMU를 평가할 때 환경변수의 기여도만큼 벌칙을 부여함으로써, 열등한 환경하에 있는 DMU의 효율성을 상대적으로 보상해주는 효과를 가져온다. 환경변수의 기여도가 크게 나타날수록 두 개의 기대효율프론티어는 보다 뚜렷이 구분될 것이며, 열등한 환경하의 DMU의 효율성을 보다 많이 보상해주는 효과를 발휘할 것이다. 따라서 접근법#3의 결과는 합리적일 뿐만 아니라 범주형 환경변수의 고려에 있어서 효능적이라 할 수 있다.

덧붙여 〈그림 2〉와 달리, 양호한 환경하의 DMU들이 열등한 환경하의 DMU들 보다 (동일한 조건으로 비교했을 때) 대체적으로 비효율적이라고 가정하는 것은 보편적으로 타당하지 못하다. 한편, 양호한 환경과 열등한 환경하의 DMU들이 환경과 무관하게 성과를 나타내는 경우가 있을 수 있다. 이러한 경

우는 환경의 영향이 유의하게 작용한다고 보기 어려워 어떠한 접근법을 사용하더라도 비슷한 효율성 평가결과를 가져다 줄 것이다.

VI. 결론

본 논문에서는 공정한 경영효율성 평가체계로서 DEA와 제약정준상관분석을 동시에 사용하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 DEA의 장점을 유지하면서 단점을 극복할 수 있는 접근법이기 때문에 현실문제로의 응용 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. 특히 본 연구의 핵심은 공정한 효율성 측정을 위해 범주형 환경변수를 어떻게 취급할 것인가에 대한 방법 및 지침을 제공한 것에 있다. 즉 범주형 변수를 DEA단계에서 고려해야 할지 제약정준상관분석 단계에서 고려해야 할지에 관한 판단여부에 대해 비교·분석함으로써, 제약정준상관분석 단계에서 고려하는 것이 효율적임을 보였다. 모든 분석은 A 패스트푸드사의 실제자료를 바탕으로 이루어졌다.

본 연구에서 수행한 제약정준상관분석에서는 선형 형태의 결합함수만을 구성하였으나, 필요할 경우 비선형 형태의 결합함수를 구성할 수 있다. 그리고 오직 두 가지 (0 또는 1) 값을 갖는 범주형 변수를 고려하였으나 세 가지 이상의 값을 갖는 범주형 변수의 취급으로 즉시 확장할 수 있다. 한편 본 연구에서는 기대효율프론티어만을 고려하여 효율성을 측정하였기 때문에, 효율프론티어의 변동(variance)을 고려하지 못했다. 따라서 효율프론티어의 변동을 고려하여 효율성의 변동을 측정하는 것이 흥미로운 추후 과제가 될 것이다.

참고문헌

- Adler, N., L. Friedman, and Z. Sinuany-Stern (2002), "Review of Ranking Methods in the Data Envelopment Analysis Context," *European Journal of Operational Research* 140, 249-265.
- Anderson, R.I., F. Robert, T. Springer, and J. Webb (2002), "Technical Efficiency and Economies of Scale: A Non-parametric Analysis of REIT Operating Efficiency," *European Journal of Operational Research* 139, 598-612.
- Banker, R.D., H. Chang, and W.W. Cooper (2004), "A Simulation Study of DEA and Parametric Frontier Models in the Presence of Heteroscedasticity," *European Journal of Operational Research* 153, 624-640.
- Banker, R.D., A. Charnes, and W.W. Cooper (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science* 30, 1078-092.
- Banker, R.D., V.M. Gadh, and W.L. Gorr (1993), "A Monte Carlo Comparison of Two Production Frontier Estimation Methods: Corrected Ordinary Least Squares and Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research* 67, 332-343.
- Banker, R.D. and R.C. Morey (1986), "The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis," *Management Science* 32, 1613-627.
- Brockett, P.L., W.W. Cooper, S.C. Kumbhakar, M.J. Kwinn Jr, and D. McCarthy (2004), "Alternative Statistical Regression Studies

- of the Effects of Joint and Service Specific Advertising on Military Recruitment." *Journal of the Operational Research Society* 55, 1039-1048.
- Chapple, W., A. Locket, D. Siegel, and M. Wright (2005), "Assessing the Relative Performance of U.K. University Technology Transfer Offices: Parametric and Non-Parametric Evidence," *Research Policy* 34, 369-384.
- Charnes, A., W.W. Cooper, Z.M. Huang, and D.B. Sun (1990), "Polyhedral Cone-Ratio DEA Models with an Illustrative Application to Large Commercial Banks," *Journal of Econometrics* 46, 73-91.
- Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research* 2, 429-444.
- Cooper, W.W., K.S. Park, and J.T. Pastor (1999), "RAM: A Range Adjusted Measure of Inefficiency for Use with Additive Models, and Relations to Other Models and Measures in DEA," *Journal of Productivity Analysis* 11, 5-42.
- Cooper, W.W., L.M. Seiford, and K. Tone (2000), *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cubbin, J. and G. Tzanidakis (1998), "Regression versus Data Envelopment Analysis for Efficiency Measurement: An Application to the England and Wales Regulated Water Industry," *Utilities Policy* 7, 75-85.
- Fitzsimmons, J.A. and M.J. Fitzsimmons (2003), *Service Management* (4th Eds), New York: McGraw-Hill.
- Friedman, L. and Z. Sinuany-Stern (1997), "Scaling Units via the Canonical Correlation Analysis in the DEA," *European Journal of Operational Research* 100, 629-637.
- Gong, B. and R.C. Sickles (1992), "Finite Sample Evidence on the Performance of Stochastic Frontiers and Data Envelopment Analysis Using Panel Data," *Journal of Econometrics* 51, 259-284.
- Kamakura, W.A. (1998), "A Note on the Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis," *Management Science* 34, 1273-276.
- Metters, R., K. King-Metters, and M. Pullman (2003), *Successful Service Operations Management*, Cincinnati: South-Western College Publishing.
- Rousseau, J.J. and J.H. Semple (1993), "Categorical Outputs in Data Envelopment Analysis," *Management Science* 39, 384-386.
- Ruggiero, J. and D.F. Vitaliano (1999), "Assessing the Efficiency of Public Schools Using Data Envelopment Analysis and Frontier Regression," *Contemporary Economic Policy* 17, 321-331.
- Sengupta, J.K. (1990), "Tests of Efficiency in Data Envelopment Analysis," *Computers & Operations Research* 17, 123-132.
- Shao, B.B.M. and W.T. Lin (2002), "Technical Efficiency Analysis of Information Technology Investments: A Two-Stage Empirical Investigation," *Information & Management* 39, 391-401.
- Tofallis, C. (1999), "Model Building with Multiple Dependent Variables and Constraints," *The Statistician* 48, 371-378.
- Tofallis, C. (2001), "Combining Two Approaches to

- Efficiency Assessment," *Journal of the Operational Research Society* 52, 1225- 231.
- Weill, L. (2004), "Measuring Cost Efficiency in European Banking: A Comparison of Frontier Techniques," *Journal of Productivity Analysis* 21, 133-152.
- Yanai, H. and Y. Takane (1992), "Canonical Correlation Analysis with Linear Constraints," *Linear Algebra and Its Applications* 176, 75-89.

Joint Use of DEA and Constrained Canonical Correlation Analysis for Equitable Efficiency Valuations When Involving Categorical Variables

Kyung Won Lee* · Myung Sub Park** · Kyung Sam Park***

Abstract

Efficiency performance or productivity analyses are vital management tools for assessing the extent to which inputs are utilized in the process of achieving desired outputs. There are two distinct approaches to efficiency valuations. One is the parametric approach based on multiple regression, often used in econometric studies, and the other is the nonparametric approach known as data envelopment analysis (DEA). The parametric approach provides a convenient formula relating output to inputs, upon which a single efficient frontier can be based, but is not based on a clearly identified set of efficient units. In sharp contrast, DEA clearly identifies the efficient units and easily incorporates multiple inputs and outputs, but it does not provide a single formula to model the efficient frontier and it suffers from the problems associated with slacks and ranking units. This paper is concerned with a hybrid approach which not only brings together the positive aspects of the two methods but also avoids their drawbacks. The overall process of hybrid approach can be outlined as, first, applying DEA for selecting the efficient units and, second, utilizing constrained canonical correlation analysis (CCCA) for constructing an efficient frontier with the efficient units only. The CCCA is an extension of CCA, a technique for finding linear (or nonlinear) combinations of two sets of input and output variables such that the correlation between these two combined variables is maximized. As a constrained optimization model, the CCCA can avoid an underlying problem of CCA that negative weights may arise.

* Ph.D. Candidate, Korea University Business School

** Professor, Korea University Business School

*** Associate Professor, Korea University Business School

It is noted that there has been a similar hybrid approach, a joint use of DEA and CCCA, to efficiency valuations. However, the existing approach does not consider any categorical variable that often reflects an environmental effect on efficiency performance. Categorical variables are such that some branches of a bank may have a drive-in capability and some others may not, some branches may have automatic tellers while some may not, or branches are rated in terms of their operating situations as "good" or "bad." The main purpose of this paper is to study how to treat such categorical variables in the framework of the hybrid approach. As illustrated by a managerial performance evaluation problem for the branches of a fast-food company in Korea, the need arises to consider a categorical variable for an equitable efficiency valuation, since the location of branches, "commercial area" or "non-commercial area," significantly affects their performances. Specifically, a particular branch can be evaluated much more favorably by virtue of its advantageous location (commercial area) only, which is problematic. Therefore, the issue of rising importance in the treatment of categorical variable in the hybrid approach becomes whether we incorporate the categorical variable in the DEA stage, via employing categorical variable DEA, or in the CCCA stage, via introducing a dummy variable. This study compares two possible ways and, as a result, suggests that the way of incorporating the categorical variable in the CCCA stage yields a reasonable result and becomes efficacious in terms of penalizing the advantageous location effect and compensating the disadvantageous location effect. All the comparative analysis is made with the real data from 72 branches of a fast-food company in Korea.

Key words: DEA, Canonical correlation analysis, Efficiency valuations, Categorical variables