

SOC 도로부문 민간투자사업의 효율성 분석에 관한 연구

백인호¹ · 이항숙^{2*}

¹인천대학교 동북아물류대학원 박사과정, ²인천대학교 동북아물류대학원 부교수

A Study on the Efficiency Analysis of SOC Road Private Investment Projects

PAEK, Inho¹ · LEE, Hyangsook^{2*}

¹Ph.D. Candidate, Graduate School of Logistics, Incheon National University, Incheon 22012, Korea

²Associate Professor, Graduate School of Logistics, Incheon National University, Incheon 22012, Korea

*Corresponding author: hslee14@inu.ac.kr

Abstract

Since the enactment of the Private Investment Promotion Act in 1994, domestic SOC private investment projects have contributed significantly to revitalizing the Korean economy by addressing the government's fiscal shortage and attracting private investment by promoting creativity and efficiency. So far, no research has been conducted to properly evaluate private investment projects. This study aims to diagnose the efficiency of private investment projects by comparing and analyzing the relative efficiency of private investment projects and public investment projects in the domestic road sector, which have been completed and operated. This study analyzed efficiency using Data Enforcement Analysis (DEA) and derived measures to promote private investment through Importance-Performance Analysis (IPA). As of 2018, 28 public and private investment highways nationwide were analyzed by dividing the efficiency of each project into construction, operation, revenue, and integration efficiency. The efficiency of each highway was calculated through the DEA and the average difference between groups through T-Test was analyzed to compare the efficiency between groups of public and private investment projects. As a result of the T-Test analysis, the average difference between groups of operational and profit efficiency was significant, indicating that private investment projects were more efficient than public investment projects in operational and profit efficiency. This study demonstrated that domestic road private investment projects, which have long been promoted to overcome the limitations of SOC infrastructure financial investment and increase private investment, were efficient in line with the original purpose of private investment projects. In addition, they discussed what activation efforts were needed to revitalize private investment projects that could supplement government finances and facilitate efficient projects. Factors for activation of private investment projects were derived through expert surveys and implications were derived. According to the analysis, the importance score of the activation factors was higher than the satisfaction score, and while experts judged that the factors needed to revitalize the private sector project were important, the satisfaction level of the government policy fell short of that. Through this study, the policy implications include expanding government-announced projects, allowing and expanding private proposals for BTL (Build-Transfer-Lease) private projects, introducing new private investment methods, revitalizing old facilities, and simplifying eligibility investigation procedures. We hope this research result will be used as an important reference for revitalizing private investment projects, and based on this, private investment projects will be activated.

Keywords: active solution, DEA, IPA, PPP, SOC infra efficiency

J. Korean Soc. Transp.
Vol. 39, No. 1, pp. 43-61, February 2021
<https://doi.org/10.7470/jkst.2021.39.1.043>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 7 January 2021

Revised: 12 January 2021

Accepted: 26 January 2021

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초록

국내 SOC 민간투자사업은 1994년 민간자본유치촉진법 제정 이후 정부의 재정부족을 해소하고 민간의 창의성과 효율성을 도모하여 민간 투자를 유인함으로써 한국경제 활성화에 중요한 기여를 한 것으로 평가되고 있으나, 재정투자에 한계가 존재하여 민간투자사업의 증대를 통한 국가경제 활성화가 필요한 시점이다. 현재까지 민간투자사업에 대한 적절한 평가를 수행한 연구는 없는 실정이다. 본 연구는 건설이 완료되어 운영되고 있는 국내 도로분야 민간투자사업과 공공투자사업의 상대적 효율성을 비교, 분석하여 민간투자사업의 효율성을 진단하고자 하였다. 본 연구는 자료포락분석(data envelopment analysis, DEA)을 이용하여 효율성을 분석하였고, 중요도-만족도 분석(importance-performance analysis, IPA)을 통해 민간투자 활성화 방안을 도출하였다. 2018년 기준 전국의 28개 공공투자고속도로와 민간투자고속도로의 사업별 효율성을 건설, 운영, 수익, 통합 효율성으로 구분하여 분석하였다. DEA를 통하여 각 고속도로의 효율성을 산출하였으며, 공공투자와 민간투자사업의 그룹 간 효율성을 비교하기 위해 T-Test를 통한 그룹 간 평균 차이를 분석하였다. T-Test 분석결과, 운영 및 수익 효율성의 그룹 간 평균 차이가 유의한 것으로 분석되어 운영 및 수익 효율성에서 민간투자사업이 공공투자사업보다 효율성이 높음을 알 수 있었다. 본 연구는 SOC 사회기반시설의 재정투자의 한계를 극복하고, 민간투자의 증대를 꾀하고자 오랫동안 추진되어온 국내 도로분야 민간투자사업이 공공투자사업에 대비하여 민자사업의 본래 취지에 부합하여 효율성을 발휘하였다는 것을 입증하였다. 또한, 정부재정을 보완하고 효율적인 사업추진이 가능한 민간투자사업이 활성화되기 위해서는 어떠한 활성화 노력이 필요한지 논의하였다. 민간투자사업 활성화를 위한 요인들을 전문가 설문조사를 통하여 활성화 요인을 도출하고, 시사점을 도출하였다. 분석결과, 활성화 요인들의 중요도 점수가 만족도 점수보다 높게 나타났다. 전문가들은 민자사업 활성화에 필요한 요인들이 중요하다고 판단한 반면, 정부정책에 대한 만족도는 거기에 미치지 못한 것으로 확인되었다. 본 연구를 통해 정부고시사업 확대, 임대형(build-transfer-lease, BTL) 민자사업에 대한 민간제한 허용 및 확대, 새로운 민간투자 사업방식의 도입, 노후시설의 민자사업 활성화, 적격성조사 절차 간소화 등 도출된 활성화 요인들을 정책적 시사점으로 제시하였다. 본 연구결과가 민간투자사업 활성화에 중요한 참고자료로 활용되고, 이를 기반으로 민간투자사업이 활성화되는 계기가 마련되었으면 한다.

주요어: 활성화 방안, DEA, IPA, 민간투자사업, SOC 효율성 분석

서론

도로, 철도, 항만, 공항과 같은 교통 사회기반시설뿐만 아니라 학교, 군 관사, 하수관거, 복지시설과 같은 사회기반 시설은 전통적으로 공공투자사업으로 추진되었다. 우리나라의 민자사업은 지난 1994년에 「민자유치법」이 제정되면서 시작되었고, 2005년에 「민간투자법」이 전면 개편되어 임대형(BTL) 사업이 도입되면서 사업의 건수와 규모 면에서 본격화되었다. 1995년부터 2018년까지 추진 중인 민자사업은 협약 체결 기준으로 총 724개로 총투자비는 약 118조원에 이른다. 정부는 1995-2018년간 민자사업을 통한 취업유발 효과가 72만 명, 생산유발 효과가 152조 원에 이르는 것으로 분석하고 있다.¹⁾

국내 SOC 민간투자사업은 오랫동안 국가공공투자사업을 대신하여 대형 사회기반시설을 구축하고, 지역균형 발전을 도모하여 왔다. 정부의 재정부족을 해소하고, 민간의 창의성과 효율성을 도모하기 위하여 시행된 민간투자사업은 건설사 및 금융권으로부터 민간투자를 유인하여 국가경제활동에 이바지하여 한국경제의 활성화에 중요한 기여를 한 것으로 평가되고 있다. 그러나 부정확한 수요예측, 초기 민간투자사업에서의 금융투자자의 과도한 수익 향유, 공공투자사업 대비 상대적으로 높은 통행료, 정부의 재정지원 과다 등 민자사업의 부정적인 문제점도 야기되었다. 민자사업은 2007년에 제일 많은 117개 사업에 총투자비 10조원을 기록한 이후, 투자비 규모가 꾸준히 감소세를

1) 기획재정부, "2019년 민간투자사업 추진방향", 2019년 민간투자사업 세미나, 부산민간투자포럼, 2019.7.3.

나타내고 있다. 민간투자사업 추진 단계별 투자비 실적과 연도별 민자사업 사업 수와 투자비 추이 등 종합적으로 볼 때 현재의 민간투자시장은 활성화보다는 정체되어있는 것으로 볼 수 있다.

정부는 민간투자 활성화를 위한 다양한 대책을 추진한 바 있다. 2013년부터 2020년에 이르기까지 경제활력을 제고하고 재정부담을 완화하기 위해 신규 민자사업 발굴과 민자 활성화 기반 강화 차원에서 다양한 민간투자 활성화 정책을 추진한 바 있다.²⁾ 그런데 이와 같은 노력에도 불구하고 민자사업은 실질적으로 활성화되지 못하고 있다. 민간투자사업이 장기간 추진되었으나, 민간투자사업에 대한 적절한 평가를 위한 연구는 현재까지 거의 이루어지지 않고 있다. 이에 따라 본 연구는 민간투자사업의 본래의 취지에 맞게 민자사업이 효율성을 발휘했는지를 판단하고, 민간투자사업이 더 활성화되기 위해서는 어떠한 활성화 노력이 필요한지를 검토하고자 한다. 적절한 평가를 위해서 도로분야 민간투자사업과 공공투자사업의 상대적 효율성을 비교, 분석하여 민간투자사업의 효율성을 진단하고자 한다.

본 연구는 고속도로 건설에 있어서 민자사업과 공공투자사업의 건설 효율성을 측정하고, 건설단계 이후 고속도로 운영관리에 있어 운영 효율성, 수익 효율성을 분석하고, 마지막으로 건설 및 운영, 수익을 통합하는 통합 효율성을 판단한다. 이어서 민자사업 활성화를 위한 요인들을 중심으로 민자사업 전문가들의 중요도와 만족도 설문조사를 통하여 민자사업 활성화 요인을 도출하여 활성화를 제고할 수 있는 시사점을 제시한다. 본 연구의 결과는 향후 민간투자사업의 활성화를 위한 정책을 수립하기 위한 기초자료 또는 참고자료로 활용될 수 있으며, 또한, 민간투자사업에 대한 활용 가능한 가이드라인을 제공할 것으로 기대한다.

선행연구

국·내외 선행연구를 검토해 보면 민간투자사업에 대한 연구는 대부분 민자사업의 정책방향, 자원조달방안, 투자 위험관리에 대한 연구가 주류를 이루고 있는 반면, 민간투자사업의 효율성과 관련된 연구는 많지 않은 실정이다. 관련된 논문으로는 수익형 민간투자사업 중 도로사업의 입찰 평가자료를 분석하여 정책적 시사점 제시, 민간투자사업의 형평성을 대구시의 사례를 중심으로 분석, SOC 민간투자사업의 추진과정별 효율성 평가와 개선방안 고찰, 민간투자사업에서의 공공성과 경제성 확보방안에 대한 연구, 정부와 사업자가 위험을 공유 할 수 있는 대안으로 BTO 방식과 Shadow Toll방식을 혼합한 방식 제안, 민간투자사업의 실패요인에 대한 연구, 민간투자제도에서 국가 책임의 내용을 구체화할 수 있는 방법 제시 등이 있다. 본 연구에서는 교통분야에서의 자료포락분석(data envelopment analysis, DEA) 방법론을 이용한 연구를 고찰하였다. 선행연구로는 아시아 공항의 운영 효율성 분석, 대중교통체계 개편에 따른 시내버스업체의 생산성 변화를 분석, DEA-AR을 활용한 한국철도화물역의 효율성에 대한 분석, 광주광역시 시내버스노선을 대상으로 하여 효율성을 분석, 지방 SOC의 지역생산성 효과분석 등이 있다. DEA분석을 통한 효율성 분석 연구 중 도시철도사업 및 고속도로의 효율성분석의 사용변수는 Table 1과 같다. 민간투자사업 부문에 IPA(importance-performance analysis, IPA) 방법론을 이용하여 분석한 연구를 검토하였다. 교통분야 IPA분석에 대한 연구로는 VMS 서비스의 평가와 정보제공의 개선전략에 대해 분석, 지하철 이용자 서비스 특성에 관한 분석, 고속철도와 항공을 중심으로 지역 간 교통수단의 이동단계별 서비스에 대한 분석, 변형된 IPA분석 기법을 활용하여 도시부 도로 서비스 품질 평가, 인천공항 이용자 유형별 서비스 만족도 특성 비교, 철도운송과 철도관광열차의 특성을 중심으로 철도관광열차의 선택시 중요도 및 성취도의 차이 규명 등이 있다.

본 연구는 선행연구와는 달리 기존 고속도로 노선뿐만 아니라 최근 건설이 완료되어 운영을 시작한 신규 민자도로 노선에 대해서도 서로 비교·평가를 실시하였으며, 노선의 효율성을 건설, 운영, 수익 분야의 효율성뿐만 아니라 통합 효율성을 상대적으로 비교 분석하였다. 또한, 도출된 효율성 결과에 대해서 공공투자 도로사업과 민자 도로사

2) 기획재정부(2013), “민간투자사업 활성화 방안”, 2013.7.5., 기획재정부(2015), “민간투자사업 활성화 방안”, 2015.4.8., 기획재정부(2019), “2019년 민간투자사업 추진방향 발표(제10차 경제활력대책회의)” 2019.3.13., 기획재정부(2020), “「제11차 비상경제 중앙대책본부 회의」겸 「제1차 한국판 뉴딜 관계장관회의」 개최, 2020.07.23.”

업의 그룹별 T-TEST을 수행함으로써 그룹 간의 평균 차이에 대한 유효성을 검증하였다. 그리고 기존의 민자사업 활성화를 위한 정책제안에서 실제 민간투자사업의 전문가들을 대상으로 민자사업 활성화를 위한 IPA분석을 통한 요인 도출을 시도하였다는 점에서 차별성을 가진다.

Table 1. Precedent study factor analysis for efficiency analysis (DEA)

Paper	Year	Analysis method	Input variable	Output variable
A Study on the Efficiency Analysis of Urban Railway Operation Using DEA Techniques	2012	DEA analysis	Labor cost, Number of vehicles held, Station, Water supply, Train composition, Business distance, Expression speed, Number of operations, Number of transfers	Transportation personnel, Passengers, Transportation revenue
A Comparison of Efficiency between the Private Investment Project of Highway and the D Construction Expressway D	2009	DEA analysis Time series analysis	Construction costs, Labor costs, Expenses, Daily traffic volume	Road length, Bridge length, Tunnel length, Traffic volume, Traffic revenue
Transportation Efficiency Analysis of Urban Railway Lines Using DEA	2015	DEA analysis	Route extension, Station number, Train composition, Vehicle -km, Transportation cost, Number of operations	Number of passengers, Transportation income

연구방법론

1. DEA(data envelopment analysis) 기법

DEA 기법은 유사한 목적을 가진 조직의 상대적 효율성을 평가하기 위한 수리 계획법으로 Charnes, Cooper, Rhodes가 1978년에 제시하였다. 다수의 투입변수와 다수의 산출변수의 비율을 이용하여 의사결정단위(decision making unit, DMU)의 상대적 효율성을 측정한다. 모형을 추정할 때 중요 고려사항은 규모에 대한 수익(returns to scale)의 가정을 어떻게 해야 될 것인지에 관한 것이다. DEA 기법의 대표적인 모형은 규모에 대한 수익불변성(constant return to scale, CRS)을 이용한 CCR 모형과 규모에 대한 수익가변성(variable return to scale, VRS)을 이용한 BCC 모형의 두 가지로 구성된다.

1) CCR 모형

CCR 모형은 산출변수와 투입변수를 최적화시키는 가중치에 의해 각각 DMU의 효율성을 극대화시키고자 하는 선형분수계획모형이다. DMU의 효율성을 최대화시키기 위해 투입변수를 최소화하거나 산출변수를 최대화한다. CCR 모형을 통해 DMU의 기술효율성(technical efficiency, TE)을 구할 수 있다. CCR 모형은 Equation 1과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 &Max \ E_0 = u_1y_{1o} + u_2y_{2o} + \dots + u_ay_{ao} \\
 &s.t \ E_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \\
 &E_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq E_{i=1}^m v_i x_{ij} (j = 1, 2, \dots, s) \text{ and } v_i \geq 0 (i = 1, 2, \dots, m), u_r \geq 0 (r = 1, 2, \dots, s)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

위의 수식은 투입에 해당되는 분모를 1로 고정시켜 산출변수(분자)를 최대화하는 CCR모형의 목적함수를 나타낸다.

2) BCC 모형

Banker et al.(1984)이 DMU의 전체 효율성을 추정하기 위해 제시한 BCC 모형은 CCR 모형에서 규모의 보수불변을 나타내는 무한확장 가능성을 배제한 순기술효율성(pure technical efficiency, PTE)을 추정한다. BCC 모형은 Equation 2와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 &Max \ E_0 = u_1y_{1o} + u_2y_{2o} + \dots + u_sy_{so} + u_0 \\
 &s.t \ E_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \\
 &E_{r=1}^s u_r y_{rj} + u_0 \leq E_{i=1}^m v_i x_{ij} \ (j=1,2,\dots,n) \ \text{and} \ v_i \geq 0 \ (i=1,2,\dots,m), \ u_r \geq 0 \ (r=1,2,\dots,s)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

위 수식과 같이 자유변수(u_0)가 추가되며, 자유변수(u_0)는 효율적 DMU의 규모수익효과(returns to scale)를 평가하는 척도이다. 즉, 자유변수가 0보다 클 경우($u_0 > 0$)에는 규모수익체증(increasing returns to scale, IRS)으로 자유변수가 0보다 작을 경우($u_0 < 0$) 규모수익체감(decreasing returns to scale, DRS)으로 판단한다. CCR 모형의 기술효율성(TE)을 BCC 모형의 순기술효율성(PTE)으로 나누면 규모효율성(scale efficiency, SE)이 Equation 3과 같이 산출된다.

$$SE = TE/PTE
 \tag{3}$$

SE<1일 경우는 기술적으로 효율적이나 규모면에서 효율적이지 않은 경우(CCR<1, BCC=1, SE<1)와 기술과 규모측면에서 모두 비효율적일 경우(CCR<1, BCC<1, SE<1) 두 가지로 구분할 수 있다. 기술적으로 효율적이나 규모면에서 효율적이지 않은 경우(CCR<1, BCC=1, SE<1)는 DMU가 BCC 효율성 영역(frontier)상에만 존재하고, 기술과 규모측면에서 모두 효율적이지 않은 경우는 해당 DMU가 CCR, BCC 효율성 영역(frontier)상에 모두 존재하지 않음을 의미한다. SE=1일 경우는 CCR 효율성 영역(frontier)와 BCC 효율성 영역(frontier)상에 동시에 위치하고 있으며, 규모와 기술측면 모두에서 효율적(CCR=1, BCC=1)임을 의미한다. Figure 1은 CCR 효율성과 BCC 효율성 영역의 차이를 나타낸다.

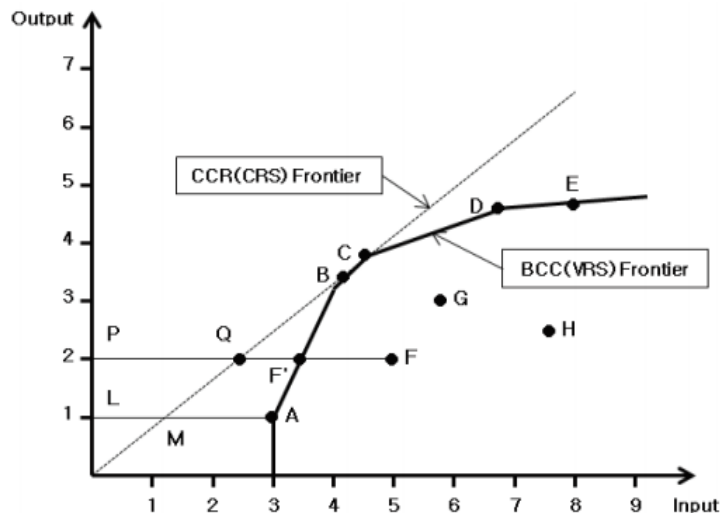


Figure 1. Comparison of CCR and BCC differences

source: Kim et al. (2013) on the efficiency analysis for air logistics of asian international airport using DEA model.

3) DEA 기법 적용

DEA 기법은 유사한 DMU를 비교하는 것으로 다수의 투입변수와 산출변수를 수학적 모델로서 적용하여 DMU 간의 효율성을 비교·산정한다. 이 기법은 여러 투입변수와 산출변수를 하나의 지수로 나타내며, 투입변수와 산출변수의 측정단위가 다른 경우에도 적용이 가능하다. DMU의 효율성을 최대로 하는 투입변수와 산출변수에 대한 가중치를 추정하기 위해 항목별 가중치를 주관적으로 측정할 필요가 없다는 장점을 가진다. 단, DMU의 수가 투입변수 및 산출변수의 항목수보다 많을 때 결과가 더 정확하기 때문에 DMU 수와 투입변수 및 산출변수의 항목수를 적절하게 조정해야 한다. 일반적으로 DMU의 수가 투입변수와 산출변수의 총 항목 수보다 두 배 이상이다. 본 연구는 규모에 대한 수익불변성과 수익가변성을 CCR 모형과 BCC 모형을 통해 분석하고자 한다.

효율성은 제한된 자원 내에서 최대의 산출물을 창출해 내는 생산기술로, 일반적으로 투입량에 대한 산출량의 비율로 정의한다. 즉, 일정한 투입수준에서 산출물을 최대화하는 능력 또는 일정한 산출수준에서 투입물을 최소화하는 능력을 의미한다. 고속도로 사업에서 효율성을 향상시키기 위해서는 공공재로서 공공성을 기본적으로 충족시키면서 수익성을 추구하여야 한다. 그러므로 본 연구에서는 운영수입의 대부분을 차지하고 있는 도로 통행수입의 수익성에 주안점을 두고, 효율성의 개념을 투입된 자원대비 운영수익을 최대화할 수 있는 능력으로 정의하였다.

DEA분석의 기본모형인 CCR 모형은 규모수익불변을 가정하고 있는데, 이는 모든 기업이 최적의 규모로 운영되고 있을 때 적합한 모형이다. 의사결정단위 규모의 변화에 따른 효과의 정도가 일정한 비례 관계에 있다고 가정한다. 반면, BCC 모형은 규모의 효과가 의사결정단위에 대하여 변동적임을 가정한 모형이다. 공공 SOC 사업의 경우 투입요소의 변화에 따라 산출이 일정한 비례관계를 나타내는 특성이 있기 때문에 본 연구에서는 CCR 모형을 기준으로 평가하기로 한다.

2. IPA 기법

IPA 기법은 측정된 성과요인들의 우선순위를 상대적 중요도 그리고 만족도 및 성취도를 비교 분석하는 기법으로 사용된다. IPA분석은 다속성 모델(multi-attribute model)의 각 속성의 상대적인 중요도와 성취도를 동시에 비교 분석하는 평가기법으로 Martilla and James(1977)에 의해 자동차 산업의 소비자 의견조사에 의한 경영진단 기법을 제안하는 연구에서 사용된 후 다양한 분야에서 연구되고 있다(Lee and Lee, 2006). IPA의 분석방법은 매우 간단하여 통계적인 기법을 사용하지 않고도 평가속성에 따른 평균값과 매트릭스를 이용하여 쉽고 빠르게 결과를 도출할 수 있으므로 시간과 비용에 따른 한계를 가지고 있는 실무담당자에게 매우 유용하게 사용할 수 있으며 그 결과를 누구나 쉽게 이해할 수 있으며 공감대를 형성하는 것도 다른 분석기법에 비해 비교적 쉽다는 장점을 가지고 있다.

상품이나 서비스가 지니고 있는 속성들을 이용하기 이전에 어떠한 속성을 중요하게 여기고 있는지를 조사하며, 이용 후에는 이용자 스스로가 만족도를 평가하게 함으로써 속성들의 상대적인 중요도와 만족도를 동시에 비교·분석하여 소비자의 인식을 파악함으로써, 정해진 인력과 예산으로 우선적으로 해결해야 할 것과 지양해야 할 것을 결정하는데 유용한 정보를 제공하는 기법이다(Kim, 2019). 즉, 기업이 통제할 수 있는 변수들의 상대적인 중요도와 만족도를 파악하여 중요도 대비 만족도가 낮은 변수를 우선 개선한다는 논리로서, 중요도와 만족도를 숫자로 표현하여 중요도-만족도 분석(IPA) 매트릭스에 시각화하여 확인할 수 있다(Lee and Chae, 2010).

1사분면은 강점 항목, 2사분면은 집중보완 항목, 3사분면은 취약 항목, 4사분면은 과대평가 항목으로 Figure 2와 같이 나타낸다. 강점 항목(1사분면)은 중요한 속성으로 인식되며 높은 실행능력 보유영역으로 좋은 성과를 지속하기 위한 노력이 필요하다. 집중보완 항목(2사분면)은 대단히 중요하게 인식되지만 만족도가 매우 낮으므로 투자자 집중되어야 하는 영역이다. 취약 항목(3사분면)은 중요도와 만족도가 매우 낮기 때문에 원인 파악을 통한 근본적 보완이 필요한 영역이다. 과대평가 항목(4사분면)은 중요도가 높지 않지만 상대적으로 높은 만족도를 보이는 영역으로 과대평가 요소가 내재되어 있는 영역이다.

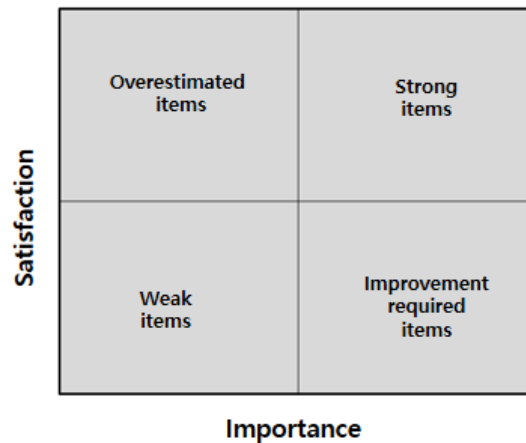


Figure 2. IPA analysis conceptual diagram

실증분석

1. 분석 대상사업 및 변수 선정

본 연구의 효율성 분석은 공공 및 민자 도로사업의 건설, 운영, 수익 분야의 분야별 효율성을 분석하고, 각 분야를 통합하는 통합 효율성을 분석한다. 건설, 운영, 수익 측면에서의 효율성뿐만 아니라, 이 세 분야를 통합하는 통합 효율성을 추가하여 네가지 효율성을 분석하기로 한다. 또한, 본 연구에서 분석한 효율성 분석은 정량적인 지표를 토대로 한 객관적인 학술 목적의 분석결과로서, 그 외 다른 정성적인 요인들은 본 분석에서 고려하지 않았다. 본 분석에서는 민간투자사업과 공공투자사업의 효율성 및 두 그룹 간 차이를 비교, 진단하는 학술 목적의 분석결과를 얻고자 한다.

분석대상은 전국의 공공투자 고속도로와 민자 고속도로를 대상으로 하며, 2010년 이후에 준공되어 운영 중인 사업으로, 2018년 기준자료를 운영현황자료로 반영하였다. 한국도로공사에서 운영 중인 공공투자 고속도로와 민간이 건설, 운영 중인 민자 고속도로를 포함하여 28개 대상사업을 선정하였다. 현재 개통되어 운영 중에 있는 전국의 민자도로는 19개 사업이나, '18년 이후에 최근 개통되어 실적 기간이 짧아 반영하기 어려운 옥산-오창, 서울-문산 고속도로 2개 사업은 분석대상에서 제외하였다.

고속도로의 효율성을 측정하기 위한 지표를 도출하기 위하여 각 개념을 대표하는 변수를 선정하였다. 건설 효율성을 측정하기 위해서 투입변수로 공사비용을 적용하였으며, 산출변수로 도로연장, 차로수를 선정하였다. 투입변수로 건설 총사업비용을 적용할 경우, 민자사업은 프로젝트 파이낸싱을 위한 금융부대비 등을 포함하게 되어 공공사업의 사업비 항목과 상이하여 사업비 중 제일 큰 비중을 차지하는 공사비 항목을 적용하였다. 도로길이는 본선 연장을 기준으로 하였으며, 차로수는 연장별 환산 차로수로 환산하여 산정하였다. 운영 효율성의 투입변수로 인건비, 경비, 고속도로 관리운영비, 유지보수비 등을 포함하는 전체운영비로 선정하였다. 운영비는 도로공사 해당 사업노선의 지사 직원, 관리자, 유지보수원 및 영업소 근무자 등의 인건비를 포함한 도로관리 사업비 및 고속도로 연차별 표준유지관리비를 적용하였고, 민자사업은 각 사업의 집행운영비를 적용하였다. 산출변수로 도로연장, 차로수, 교통량을 선정하였다. 수익 효율성의 투입변수로 공사비 및 운영비를 포함하였고, 산출변수로 통행수입을 적용하였다. 통행수입과 교통량은 상관관계가 높은 변수이므로 투입변수에 교통량을 포함하지 않았다. 통합 효율성의 투입변수로 도로연장, 차로수, 공사비, 운영비를 포함하였고, 산출변수로 교통량 및 통행수입을 포함하였다. Table 2는 본 연구의 투입변수 및 산출변수를 정리하였다.

Table 2. Input and output variables

Sortation	Model	Input variable	Output variable
Construction efficiency	CCR, BCC	Construction cost	Road extension, Number of lanes
Operational efficiency	CCR, BCC	Operating expenses	Road extension, Number of lanes, Traffic volume
Profit efficiency	CCR, BCC	Construction cost, Operating expenses	Income
Integration efficiency	CCR, BCC	Road extension, Number of lanes, Construction cost, Operating expenses	Traffic volume, Income

2. 상관분석 결과

투입변수와 산출변수 간의 상관분석 결과에 의해 상관계수는 0.01 수준에서 유의할 경우, 도로연장과 운영비가 0.925로 가장 높은 상관계수임을 알 수 있다. 이어서 도로연장과 공사비, 공사비와 운영비, 교통량과 통행수입의 순으로 나타났다. 도로연장의 증가에 따라 공사비 및 운영비는 증가하므로 양의 상관관계를 나타내며, 이들 세 변수 사이의 상관관계에 따라 공사비와 운영비의 상관관계도 양의 상관관계를 나타낸다. 통행수입은 교통량과 통행료에 의해 결정되므로, 교통량과 통행수입 변수는 서로 상관관계가 높다고 할 수 있다. Table 3은 상관분석 결과를 정리하였다.

Table 3. Correlation analysis results

Section		Traffic volume	Income	Road extension	Number of lanes	Construction cost	Operating expenses
Traffic volume	Pearson correlation coefficient	1					
	Significant probability						
	N	28					
Income	Pearson correlation coefficient	0.638	1				
	Significant probability	0.000					
	N	28	28				
Road extension	Pearson correlation coefficient	0.083	0.353	1			
	Significant probability	0.675	0.066				
	N	28	28	28			
Number of lanes	Pearson correlation coefficient	0.450	0.226	-0.417	1		
	Significant probability	0.016	0.248	0.027			
	N	28	28	28	28		
Construction cost	Pearson correlation coefficient	0.216	0.455	0.914	-0.254	1	
	Significant probability	0.269	0.015	0.000	0.000		
	N	28	28	28	28	28	
Operating expenses	Pearson correlation coefficient	0.188	0.308	0.925	-0.317	0.895	1
	Significant probability	0.337	0.111	0.000	0.100	0.000	
	N	28	28	28	28	28	28

3. 효율성 분석결과

1) 건설 효율성 결과

건설 효율성에 대한 DEA 분석결과는 Table 4와 같으며, 기술효율성(CCR)이 최적으로 나타난 사업은 민자사업만 3개밖에 없었으며, 순기술효율성(BCC)은 공공투자사업 1개, 민자사업 7개, 총 8개로 분석되었다. 평택-시흥고속도로, 광주-원주고속도로, 안양-성남고속도로의 3개 사업이 기술효율성(CCR)이 1.0으로 최적으로 나왔으며, 서울외곽순환도로, 인천대교 등 비효율적으로 나타난 사업의 경우 노선연장 및 차로수에 비해 터널, 교량 등의 구조물 비율이 높기 때문에 기술효율성(CCR)이 낮게 나온 것으로 판단된다.

Table 4. Construction efficiency analysis results

Type	Business name	Input variable	Output variable		Efficiency results		
		Construction expenses (KRW 100 million)	Road extension (km)	Number of lanes	Technical efficiency (CCR)	Net technical efficiency (BCC)	Scale efficiency (SE)
Public investment project	Namhae line (G-M)	24,456	107	4	0.617	0.86	0.717
	Gwangju-Daegu line	7,455	41	4	0.803	0.82	0.979
	Gochang-Damyang line	10,957	42	4	0.558	0.699	0.798
	Saemangeum port (I-J)	16,152	61	4	0.532	0.733	0.726
	Dangjin-Yeongdeokseon	64,907	280	4	0.608	1	0.608
	Pyeongtaek-Jechon line	33,246	129	4	0.547	0.836	0.654
	Central inland line	21,453	99	4	0.65	0.868	0.749
	Seoul Yangyang (C-Y)	29,077	89	4	0.431	0.702	0.614
	Donghae line	25,960	79	4	0.429	0.691	0.62
	Seocheon-Gongju line	11,090	61	4	0.775	0.848	0.914
	Suncheon-Wanju line	24,368	118	4	0.682	0.921	0.741
	Private investment project	Cheonan-Nonsan	22,600	81	4	0.505	0.749
Incheon international airport		9,503	38	7	0.694	1	0.694
Seoul Metropolitan ring		20,708	36	8	0.325	1	0.325
Incheon bridge		17,196	21	6	0.29	0.781	0.371
Daegu-Busan		31,545	82	4	0.366	0.656	0.558
Seoul-Chuncheon		17,460	61	4	0.492	0.712	0.692
Busan-Ulsan		12,084	47	6	0.597	0.902	0.662
Yongin-Seoul		9,293	23	6	0.536	0.867	0.619
Seosuwon-Pyeongtaek		10,222	38	5	0.576	0.782	0.737
Sangju-Yeongcheon		13,649	94	4	0.97	1	0.97
Gury-Pocheon		9,997	51	5	0.745	0.9	0.828
Pyeongtaek-Siheung		6,426	43	5	1	1	1
Gwangju-Wonju		8,032	57	4	1	1	1
Suwon-Gwangmyeong		8,893	27	5	0.528	0.74	0.713
Incheon-Kimpo		8,488	29	5	0.579	0.773	0.748
Anyang-Seongnam		4,153	22	5	1	1	1
Busan new Port		3,618	15	4	0.918	1	0.918

T 검증을 통해서 통계적으로 공공투자사업과 민간투자사업의 건설 효율성의 기술효율성(CCR) 평균이 동일한지를 분석하였다. T-test 분석 결과는 Table 5와 같다. 신뢰구간을 90%로 설정하여 분석한 결과, levene의 등분산 검정에서 유의확률이 0.011 < 0.1, 등분산을 가정하지 않으며, 평균의 동일성에 대한 T 검증 유의확률은 0.469 > 0.1, 귀무가설이 채택되어 평균 차이가 없다고 판단할 수 있다.

Table 5. T-test (CCR for construction efficiency)

	Test for equal variances in Levene		T test for equality of means						
	F	Significant probability	t	Degree of freedom	Significant probability (both sides)	Mean difference	Standard error difference	90% confidence interval of difference	
								Lower limit	Upper limit
Assume equal variances	7.51	0.01	-0.64	26.00	0.53	-0.05	0.08	-0.19	0.08
Do not assume equal variances			-0.74	24.80	0.47	-0.05	0.07	-0.17	0.07

건설 측면의 공공투자사업 보다 민간투자사업의 기술효율성(CCR)의 평균값이 높게 나왔으나, 이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 사업규모에 비해 공사비가 적게 투입될수록 건설 효율성은 높아진다. 건설공사비 측면에서 정부 공공사업의 공사비 낙찰율이 민자사업 공사비 적용율보다 높은 편이기 때문에 민자사업이 효율성이 높게 나타난

것으로 판단되며, 민자사업의 경우, 금융기관의 PF조달로 공사비의 적기투입이 이루어져 공사기간 단축 및 적기 시공으로 건설공사를 효율적으로 완료한 원인도 있었을 것으로 판단된다. 민자사업 초기 정부의 최소운영수입보장 (minimum revenue guarantee, MRG)으로 인해 공사비가 높게 적용되어 민간투자사업의 건설 효율성을 저해하는 원인도 있는 것으로 판단된다.

2) 운영 효율성 결과

운영 효율성에 대한 DEA 분석결과는 Table 6과 같으며, 기술효율성(CCR)이 최적으로 나타난 사업은 민자사업 만 3개밖에 없었으며, 순기술효율성(BCC)은 공공투자사업 1개, 민자사업 7개, 총 8개로 분석되었다.

Table 6. Operational efficiency analysis results

Type	Business name	Input variable	Output variable		Efficiency results		
		Operating expenses	Traffic volume	Number of lanes	Road extension	Technical efficiency (CCR)	Net technical efficiency (BCC)
Public investment project	Namhae line (G-M)	112,929	65,000	4	107	0.191	0.593
	Gwangju-Daegu line	39,667	72,548	4	41	0.302	0.423
	Gochang-Damyang line	42,596	12,980	4	42	0.226	0.228
	Saemangeum port (I-J)	60,809	57,043	4	61	0.228	0.295
	Dangjin-Yeongdeokseon	257,861	62,223	4	280	0.188	1
	Pyeongtaek-Jechon line	126,430	96,897	4	129	0.217	0.939
	Central inland line	85,332	96,482	4	99	0.267	0.995
	Seoul Yangyang (C-Y)	84,117	28,064	4	89	0.19	0.198
	Donghae line	85,125	85,194	4	79	0.221	0.622
	Seocheon-Gongju line	58,864	7,825	4	61	0.205	0.206
	Suncheon-Wanju line	114,745	27,206	4	118	0.178	0.414
Private investment project	Cheonan-Nonsan	***1)	52,806	4	81	0.375	0.62
	Incheon international airport	***	82,015	7	38	0.328	0.758
	Seoul Metropolitan ring	***	122,041	8	36	0.452	1
	Incheon bridge	***	47,848	6	21	0.288	0.526
	Daegu-Busan	***	49,374	4	82	0.57	0.887
	Seoul-Chuncheon	***	50,724	4	61	0.485	0.55
	Busan-Ulsan	***	39,161	6	47	0.551	0.975
	Yongin-Seoul	***	93,656	6	23	0.603	1
	Seosuwon-Pyeongtaek	***	65,047	5	38	0.56	0.672
	Sangju-Yeongcheon	***	22,612	4	94	1	1
	Gury-Pocheon	***	36,979	5	51	0.83	1
	Pyeongtaek-Siheung	***	64,980	5	43	0.83	1
	Gwangju-Wonju	***	42,081	4	57	0.959	0.962
	Suwon-Gwangmyeong	***	52,049	5	27	0.76	0.796
	Incheon-Kimpo	***	31,146	5	29	0.889	0.947
	Anyang-Seongnam	***	60,130	5	22	1	1
	Busan new port	***	7,754	4	15	1	1

Note 1) The operating expenses of the private investment project are not disclosed in connection with the management items of the relevant corporation.

상주-영천고속도로, 안양-성남고속도로, 부산신항고속도로의 기술효율성(CCR)이 1.0으로 효율성이 최적인 반면에, 공공투자사업은 대부분 기술효율성(CCR)이 0.3 이하로 낮게 나타났다. 민자사업이 대부분 운영 효율성이 높은 것으로 나타났다. 공공 고속도로 사업들은 전반적으로 운영 노하우가 우수하고 운영 서비스 품질이 높은 반면, 운영비용이 상대적으로 높아 효율성이 낮게 나타난 결과로 해석된다.

T 검증을 통해서 통계적으로 공공투자사업과 민간투자사업의 운영 효율성의 기술효율성(CCR) 평균이 동일한지를 분석한 결과는 Table 7과 같으며, 두 그룹 간의 평균 차이가 있다고 판단할 수 있다. 이는 공공투자사업보다

민간투자사업의 운영 효율성이 상대적으로 높다고 할 수 있다. 공공투자사업은 평균값이 0.219, 민간투자사업은 평균값이 0.675으로, 두 그룹 간의 효율성 차이의 결과는 통계적으로 의미 있는 것으로 판단된다.

Table 7. T-test (CCR for operational efficiency)

	Test for equal variances in Levene		T test for equality of means						
	F	Significant probability	t	Degree of freedom	Significant probability (both sides)	Mean difference	Standard error difference	90% confidence interval of difference	
								Lower limit	Upper limit
Assume equal variances	36.57	0.00	-6.00	26.00	0.00	-0.46	0.08	-0.59	-0.33
Do not assume equal variances			-7.43	17.09	0.00	-0.46	0.06	-0.56	-0.35

3) 수익 효율성 분석결과

수익 효율성에 대한 DEA 분석결과는 Table 8과 같으며, 기술효율성(CCR)이 최적으로 나타난 사업은 민자사업만 3개밖에 없었으며, 순기술효율성은 공공투자사업 1개, 민자사업 7개, 총 8개로 분석되었다.

Table 8. Profit efficiency analysis results

Type	Business name	Input variable	Output variable		Efficiency results		
		Construction expenses	Operating expenses	Income	Technical efficiency (CCR)	Net technical efficiency (BCC)	Scale efficiency (SE)
Public investment project	Namhae line (G-M)	24,456	112,929	746	0.193	0.249	0.776
	Gwangju-Daegu line	7,455	39,667	937	0.796	0.932	0.854
	Gochang-Damyang line	10,957	42,596	248	0.144	0.366	0.395
	Saemangeum port (I-J)	16,152	60,809	661	0.267	0.353	0.756
	Dangjin-Yeongdeokseon	64,907	257,861	1,727	0.168	0.184	0.917
	Pyeongtaek-Jechon line	33,246	126,430	1,031	0.201	0.222	0.905
	Central inland line	21,453	85,332	2,614	0.771	1	0.771
	Seoul Yangyang (C-Y)	29,077	84,117	222	0.059	0.136	0.43
	Donghae line	25,960	85,125	489	0.134	0.189	0.707
	Seocheon-Gongju line	11,090	58,864	311	0.178	0.373	0.476
	Suncheon-Wanju line	24,368	114,745	485	0.126	0.201	0.627
Private investment project	Cheonan-Nonsan	22,600	*** ¹⁾	1,523	0.635	0.641	0.991
	Incheon international airport	9,503	***	1,501	1	1	1
	Seoul Metropolitan ring	20,708	***	2,081	1	1	1
	Incheon bridge	17,196	***	905	0.5	0.527	0.948
	Daegu-Busan	31,545	***	1,675	1	1	1
	Seoul-Chuncheon	17,460	***	1,272	0.803	0.833	0.964
	Busan-Ulsan	12,084	***	578	0.464	0.543	0.854
	Yongin-Seoul	9,293	***	541	0.513	0.585	0.876
	Seosuwon-Pyeongtaek	10,222	***	845	0.79	0.846	0.933
	Sangju-Yeongcheon	13,649	***	512	0.546	0.656	0.833
	Gury-Pocheon	9,997	***	642	0.785	0.897	0.876
	Pyeongtaek-Siheung	6,426	***	683	0.948	1	0.948
	Gwangju-Wonju	8,032	***	567	0.785	0.933	0.841
	Suwon-Gwangmyeong	8,893	***	571	0.865	1	0.865
	Incheon-Kimpo	8,488	***	381	0.655	0.882	0.743
	Anyang-Seongnam	4,153	***	320	0.73	1	0.73
	Busan new port	3,618	***	55	0.153	1	0.153

Note 1) The operating expenses of the private investment project are not disclosed in connection with the management items of the relevant corporation.

공공도로사업 중 중부내륙 고속도로와 대구-광주 고속도로는 비교적 수익 효율성이 높은 것으로 나타났으며, 민자사업 중 서울외곽순환, 대구-부산고속도로, 인천공항고속도로의 수익 효율성(CCR)은 1.0으로 최적으로 나타났다. 민간투자사업의 특성상 수익성 및 재무타당성이 기본으로 충족되어야 하기 때문에 민간투자 고속도로 사업의 대부분이 수익 효율성이 높게 나타난 것으로 판단된다.

T-Test를 통해서 통계적으로 공공투자사업 및 민간투자사업의 수익 효율성의 기술효율성(CCR) 평균이 동일한지를 분석한 결과는 Table 9와 같으며, 평균 차이가 있다고 판단할 수 있다. 수익 효율성 측면에서는 민자사업이 공공투자사업보다 효율성이 높다고 할 수 있다. 공공투자사업은 평균값이 0.276, 민자사업은 평균값이 0.716으로, 평균값의 차이가 크므로 두 그룹 간의 효율성 차이의 결과는 통계적으로 유의한 것으로 판단된다.

Table 9. T-test (CCR for profit efficiency)

	Test for equal variances in Levene		T test for equality of means						
	F	Significant probability	t	Degree of freedom	Significant probability (both sides)	Mean difference	Standard error difference	90% confidence interval of difference	
								Lower limit	Upper limit
Assume equal variances	0.00	0.96	-4.73	26.00	0.00	-0.44	0.09	-0.60	-0.28
Do not assume equal variances			-4.62	19.80	0.00	-0.44	0.10	-0.60	-0.28

4) 통합 효율성 결과

통합 효율성에 대한 DEA 분석결과는 Table 10과 같으며, T-test 분석 결과는 Table 11과 같다. 분석결과 공공투자사업 3개, 민자사업 6개, 총 9개 사업은 기술효율성이 최적으로 나타났다. 순기술효율성은 공공투자사업 3개, 민자사업 11개, 총 14개로 분석되었다. 공공투자사업 중 중부내륙고속도로, 광주-대구고속도로, 평택-제천고속도로는 기술효율성이 최적으로 나타났으며, 민자사업 중 서울외곽순환, 대구-부산고속도로, 인천공항고속도로, 용인-서울고속도로, 평택-시흥고속도로, 안양-성남고속도로 등이 기술효율성이 1.0으로 최적으로 나타났다. 민자사업 중 부산-울산고속도로, 상주-영천고속도로, 부산신항고속도로는 기술효율성이 낮게 나타났다.

전체적으로 기술효율성(CCR)은 민자사업이 공공투자사업보다는 높은 것으로 나왔으나, 규모효율성(SE)는 공공투자사업과 민자사업이 각각 6개로 나왔다. 이는 공공투자사업의 사업규모가 최적이 아니지만 순기술효율성이 높아, 도로사업의 규모효율성은 높게 나온 것으로 판단된다. 민자사업은 부산신항고속도로를 제외하고 규모효율성이 최적이 가깝게 나왔으며, 순기술효율성도 높게 분석되어 민자사업의 규모효율성은 대부분 높은 결과가 도출되었다.

Table 10. Integration efficiency analysis results

Type	Business name	Technical efficiency (CCR)	Net technical efficiency (BCC)	Scale efficiency (SE)
Public investment project	Namhae line (G-M)	0.673	0.673	1
	Gwangju-Daegu line	1	1	1
	Gochang-Damyang line	0.189	0.257	0.736
	Saemangeum port (I-J)	0.704	0.706	0.997
	Dangjin-Yeongdeokseon	0.661	0.661	1
	Pyeongtaek-Jechon line	1	1	1
	Central inland line	1	1	1
	Seoul Yangyang (C-Y)	0.304	0.304	0.999
	Donghae line	0.964	0.966	0.999
	Seocheon-Gongju line	0.21	0.227	0.929
	Suncheon-Wanju line	0.282	0.282	1

Table 10. Integration efficiency analysis results (continued)

Type	Business name	Technical efficiency (CCR)	Net technical efficiency (BCC)	Scale efficiency (SE)
Private investment project	Cheonan-Nonsan	0.841	0.861	0.977
	Incheon international airport	1	1	1
	Seoul Metropolitan ring	1	1	1
	Incheon bridge	0.746	1	0.746
	Daegu-Busan	1	1	1
	Seoul-Chuncheon	0.928	1	0.928
	Busan-Ulsan	0.47	0.482	0.977
	Yongin-Seoul	1	1	1
	Seosuwon-Pyeongtaek	0.878	0.981	0.895
	Sangju-Yeongcheon	0.546	0.627	0.871
	Gury-Pocheon	0.787	0.885	0.889
	Pyeongtaek-Siheung	1	1	1
	Gwangju-Wonju	0.828	1	0.828
	Suwon-Gwangmyeong	0.965	1	0.965
	Incheon-Kimpo	0.71	0.812	0.875
	Anyang-Seongnam	1	1	1
	Busan new port	0.197	1	0.197

Table 11. T-test (CCR for integration efficiency)

	Test for equal variances in Levene		T test for equality of means						
	F	Significant probability	t	Degree of freedom	Significant probability (both sides)	Mean difference	Standard error difference	90% confidence interval of difference	
								Lower limit	Upper limit
Assume equal variances	3.72	0.07	-1.71	26.00	0.10	-0.18	0.11	-0.36	0.00
Do not assume equal variances			-1.58	15.99	0.13	-0.18	0.12	-0.38	0.02

비효율적인 DMU를 효율적으로 개선하기 위해 참조해야 할 고속도로는 Table 12와 같이 도출되었다. 비효율적인 고속도로의 경우 집단비교에서 효율적 고속도로를 벤치마킹하여 산출변수를 증대시킴으로써 효율성을 개선할 수 있도록 가이드라인을 제시하는 것이다. CCR 모형의 분석결과 집단비교를 살펴보면 7개 비효율적인 공공투자 고속도로들은 모두 중부내륙고속도로를, 11개 비효율적인 민자 고속도로는 서울외곽순환고속도로를 참조하도록 되어 있다. 다시 말해서, 중부내륙 및 서울외곽순환 고속도로는 비효율적 고속도로들에게 벤치마커의 역할을 가장 많이 하는 것이다. 비효율적으로 나타난 사업들의 개선 목표를 살펴보면 공공투자사업 중 서천-공주, 고창-담양 고속도로가 큰 폭으로 교통량 및 통행 수입을 개선해야 하는 것으로 분석되었다. 민자사업보다 공공투자사업의 조정율이 전반적으로 더 많이 개선할 필요가 있다고 판단할 수 있다. 기술효율성 CCR을 기준으로 공공투자사업은 서천-공주, 고창-담양고속도로가 교통량 및 통행수입의 실적개선이 필요하며, 민자사업 중 부산-울산, 상주-영천, 부산신항 고속도로가 교통량 및 통행수입의 증대가 필요하다.

Table 12. Reference groups and improvements objectives (CCR for integration efficiency)

Type	Business name	Reference groups	Reference weight	Traffic volume	Income
Public investment project	Namhae line (G-M)	Jungbu inland, Pyeongtaek Jecheon	0.745, 0.255	49%	196%
	Gwangju-Daegu line	Gwangju Daegu line	1	0%	0%
	Gochang-Damyang line	Gwangju Daegu, Incheon airport, Jungbu inland, Seoul Metropolitan ring	0.259, 0.118, 0.213, 0.161	429%	429%
	Saemangeum port (I-J)	Yongin-Seoul, Jungbu inland	0.303, 0.546	42%	141%
	Dangjin-Yeongdeokseon	Jungbu inland line	1	55%	51%
	Pyeongtaek-Jecheon line	Pyeongtaek Jecheon line	1	0%	0%
	Jungbu inland line	Jungbu inland line	1	0%	0%
	Seoul Yangyang (C-Y)	Jungbu inland, Yongin-Seoul	0.88, 0.08	229%	956%
	Donghae line	Jungbu inland, Yongin-Seoul	0.761, 0.159	4%	324%
	Seocheon-Gongju line	Incheon international airport, Jungbu inland	0.37, 0.353	723%	375%
	Suncheon-Wanju line	Jungbu inland, Pyeongtaek Jecheon	0.753, 0.247	255%	358%
Private investment project	Cheonan-Nonsan	Jungbu inland, Seoul Metropolitan ring, Daegu-Busan	0.325, 0.134, 0.408	28%	19%
	Incheon international airport	Incheon international airport	1	0%	0%
	Seoul Metropolitan ring	Seoul Metropolitan ring	1	0%	0%
	Incheon bridge	Seoul Metropolitan ring	0.583	49%	34%
	Daegu-Busan	Daegu-Busan	1	0%	0%
	Seoul-Chuncheon	Jungbu inland line, Seoul Metropolitan ring, Daegu-Busan	0.094, 0.31, 0.286	20%	8%
	Busan-Ulsan	Pyeongtaek-Siheung, Seoul Metropolitan ring, Anyang-Seongnam	0.424, 0.449, 0.015	113%	113%
	Yongin-Seoul	Yongin-Seoul	1	0%	0%
	Seosuwon-Pyeongtaek	Seoul Metropolitan ring, Pyeongtaek-Siheung, Yongin-Seoul, Gwangju Daegu line	0.335, 0.235, 0.189, 0.003	14%	14%
	Sangju-Yeongcheon	Seoul Metropolitan ring, Daegu-Busan	0.227, 0.278	83%	83%
	Gury-Pocheon	Seoul Metropolitan ring, Daegu-Busan	0.378, 0.017	27%	27%
	Pyeongtaek-Siheung	Pyeongtaek-Siheung	1	0%	0%
	Gwangju-Wonju	Seoul Metropolitan ring, Anyang-Seongnam	0.29, 0.258	21%	21%
	Suwon-Gwangmyeong	Seoul Metropolitan ring, Anyang-Seongnam	0.213, 0.465	4%	4%
	Incheon-Kimpo	Seoul Metropolitan ring, Anyang-Seongnam	0.212, 0.3	41%	41%
	Anyang-Seongnam	Anyang-Seongnam	1	-	-
	Busan new port	Seoul Metropolitan ring, Anyang-Seongnam	0.049, 0.555	407%	407%

본 연구는 Output-orientated(투입불변) 방식으로 산출변수를 극대화시키는 목적에 있어 비효율적인 고속도로에 대한 개선 목표가 참고집단에 해당된 고속도로들의 실적과 가중치에 의해 결정된다. 특히, 공공투자사업의 비효율적인 고속도로는 통행수입에 대한 개선이 가장 많이 필요하다는 것을 알 수 있다.

분석결과를 살펴보면 공공투자사업의 효율성 결과가 낮게 나타난 이유는 공공투자사업은 경제적 타당성이나 사업성보다는 고속도로의 공공성이나 형평성, 지역균형발전 등을 고려하여 사업추진을 결정하는 경향이 있기 때문에 경제성이 낮더라도 사업추진을 하는 경우가 있다. 공공투자사업은 교통수요가 적은 노선이거나, 사업성이 낮더라도 국가 전체의 도로 네트워크 연결차원에서 정책적으로 사업을 추진하는 경우가 있으므로 효율성이 낮은 결과를 가져온 것으로 판단된다. 민간투자사업도 초기 운영수입보장이 있었던 일부 사업의 경우도 분석결과 효율성이 높지 않았다. 이는 초기 사업성이 부족하더라도 MRG 효과를 이용하여 사업추진이 됐기 때문에 효율성이 높지 않은 것으로 해석된다.

비효율적인 도로 사업들의 효율성을 개선하기 위해서는 도로 통행수입의 증대가 필요하며, 이를 위해서는 IC 개설 또는 타 도로와 연결, 통행료 인하 등의 교통수요 유인책을 강구하여야 할 것이다. 사업추진 결정 초기 단계에서 교통수요 예측의 면밀한 검토가 선행되어야 하며, 경제성과 사업성을 충족시키기 위한 과도한 수요예측은 사업추진

과정에서 사전 예방하는 조치가 강화되어야 할 것이다.

도로 전체의 네트워크 연결을 위한 사업제안 시부터 정부 요청 사항에 포함하고, 도로 상위계획이나 정부정책에 반영될 수 있도록 이와 관련된 노력이 필요할 것이다. 또한, 도로 운영비용 절감이나 운영서비스 질 개선, 각 사업별로 사용자들에게 노선에 대한 적극적인 홍보 등이 동시에 이루어져야 할 것이다. 결과적으로 민간투자사업과 공공투자사업의 효율성의 차이는 정부 정책상의 사업추진 과정에서 부분적으로 원인을 찾을 수 있다고 할 수 있다.

4. IPA 분석 결과

1) 조사대상 요인선정

전문가들의 중요도-만족도 설문조사는 민간투자 활성화 방안을 모색하는 데에 있으며, 그 요인을 도출하기 위하여 실시하였으며, 분석을 위하여 민간투자사업 활성화 요인을 유사 요인별로 4개 그룹으로 나누어 전문가 설문을 조사하였다. 전문가 설문을 위한 전문가로는 민간투자사업과 관련한 종사자인 건설사, 금융기관, 회계사 및 변호사, 학계/연구기관, 기타(공무원 등) 등을 대상으로 하였다.

SOC 도로부문 민간투자사업의 활성화 요인은 기획재정부가 3회에 걸쳐 발표한 민간투자사업 혁신방안 보도자료 및 SOC 정책자료 등을 참조하여 선정하였다(기획재정부(2019), “2019년 민간투자사업 추진방향 발표(제10차 경제활력대책회의)”(2019.3.13.), 기획재정부(2020), “2020년 제1차 민간투자활성화 추진협의회 개최(「민간투자사업 혁신방안」 발표)”(2020.1.14.), “「제11차 비상경제 중앙대책본부 회의」 겸 「제1차 한국판 뉴딜 관계장관회의」 개최”(2020.07.23.))

기발표된 민간투자사업의 활성화 요인 및 정책대안을 기초로 실무전문가 및 학계전문가를 대상으로 일대일 면접 인터뷰 등을 통하여 활성화 요인에 대한 지표를 선정하였다. 일대일 면접인터뷰를 통해 먼저 SOC 민간투자사업의 활성화 요인을 공익성, 수익성(경제성), 신뢰성(투명성), 안정성(법·제도) 등 4개의 카테고리 대항목으로 분류하였다.

2) 분석 결과

설문조사는 2주(2020.10.25-11.6)에 걸쳐 실시하였으며, 실증적 측정분석이 가능한 리커트식 5점 척도를 이용한 응답식 설문기법을 활용하였다. 응답자는 37명으로 성별은 남성이 97%, 연령대는 40대가 53%로 가장 큰 비율을 차지하였다. 종사 직종은 건설사, 회계사/변호사, 금융기관, 학계/연구기관, 기타(공무원 등) 총 5개로 분류할 수 있으며, 10년 이상 경력을 보유하는 응답자는 75% 정도인 것으로 나타났다.

IPA 분석한 결과, 19개의 요인항목 중 전문가들이 가장 중요하다고 생각한 상위 5개 항목은 다음과 같이 나타났다. 민간투자사업의 절차 간소화 및 추진기간 단축과 민자 SPC 법인세 특례적용 및 부가세 영세율 일몰 연장이 4.5점으로 중요도 항목에서 가장 높은 점수 항목으로 나타났다. 다음으로 노후 인프라에 대한 활성화와 민간 제안시 제출서류 간소화가 4.4점, 민간 제안시 적격성조사 절차 간소화가 4.3점으로 나타났는데, 이를 통해 민간투자사업에 대한 추진절차 및 그에 따른 소요시간 단축방안이 활성화에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 또한 19개의 항목 중 전문가들의 만족도가 가장 높은 항목 상위 5개를 살펴보면, 민자 SPC 법인세 특례적용 및 부가세 영세율 일몰 연장이 4.1점으로 가장 높았으며, 민간 제안시 제출서류 간소화 및 민자 특수목적법인을 공정거래법상 기업집단 범위에서 제외가 3.8점, 민자사업 대상시설 범위 확대 및 민간투자사업 절차 간소화 및 추진기간 단축이 3.7점 순으로 나타났다. IPA 분석결과는 Table 13과 같다.

Table 13. Results of IPA analysis to revitalize SOC private investment projects

Field	Factor	Case matching	Importance (X)	Satisfaction (Y)
Public interest aspect	Allowing and expanding private proposals for rental (BTL) ppp	A	4.1	3.3
	Introducing a new method of PPP	B	4.2	3.4
	the expansion of government examination projects	C	4.1	3.2
	Expanding the improvement and operation model of existing facilities	D	4.2	3.6
	Activation of aging infrastructure facilities	E	4.4	3.6
	Expanding the scope of facilities subject to ppp	F	4.2	3.7
Profitability	Improving risk-sharing ppp (BTO-rs)	G	3.1	2.6
	Mitigation of minimum equity capital ratio	H	3.4	3.3
	Activation of supplementary business	I	3.4	3.0
	Improve regulations on infrastructure funds and encourage retirement and public pensions to participate in private projects	J	3.8	3.2
Reliability	Simplifying submission documents for private proposals	K	4.4	3.8
	Streamline eligibility investigation procedures for private proposals	L	4.3	3.6
	Simplified private investment business procedures and shortened implementation	M	4.5	3.7
	Disclosure of the process of private investment projects	N	3.6	3.2
Stability	Private-owned special purpose corporations are excluded from the scope of business groups under the fair trade act	O	4.1	3.8
	Increase first proposal preference points	P	3.9	3.4
	Special application of the private SPC corporate tax and extension of the sunset of the additional tax rate	Q	4.5	4.1
	Diversified institutions to review proposals and introduced rules for exemption from economic analysis	R	3.9	3.5
	Strengthen the private business of the competent government office and ease the burden of audit by the board of audit and inspection	S	3.9	3.5
Average			4.0	3.4

민간투자 활성화 요인들에 대해 중요도 및 만족도 평균은 각각 4.0, 3.4로, 전문가들이 생각하는 중요도에 비해 정부 정책에 대한 만족도는 높지 않은 것으로 확인되었다. SOC 민간투자사업 활성화 방안 사면도는 Figure 3과 같으며, 이를 IPA 사면도 분석결과에 따라 Table 13과 같이 정리하였다.

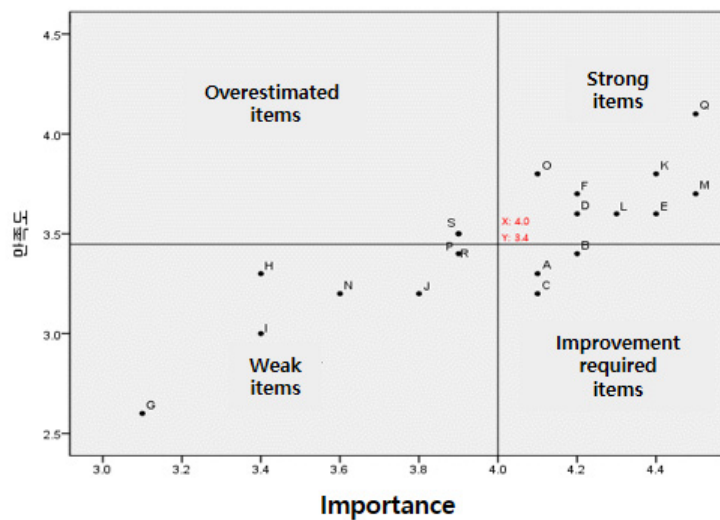


Figure 3. Four quadrants for promoting SOC private investment projects

또한, T 검증을 통해서 통계적으로 중요도 및 만족도 평균이 동일한 지를 분석하였다. 신뢰구간을 90%로 설정하여 분석한 평균의 동일성에 대한 T 검증 결과는 대립가설이 채택되어 평균의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

결론

1. 연구 결론

1) 결론 및 연구요약

본 연구는 효율성분석(DEA) 기법을 이용하여 2018년 기준 전국 28개 공공투자고속도로와 민자고속도로의 사업별 효율성을 건설, 운영, 수익, 통합 효율성으로 구분하여 분석하였고, 공공투자사업과 민자사업의 효율성 평균차이에 대한 검증을 실시하였다. 건설 효율성을 측정된 결과, 기술효율성(CCR)이 최적으로 나타난 사업은 민자사업만 3개 나왔으며, 순기술효율성(BCC)은 공공투자사업 1개, 민자사업 7개, 총 8개로 분석되었다. 공공투자사업 대비 민자사업의 건설 효율성이 높게 나타났으며, 효율성의 평균 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

운영 효율성 분석결과, 기술효율성(CCR)이 최적으로 나타난 사업은 민자사업만 3개로, 순기술효율성(BCC)은 공공투자사업 1개, 민자사업 7개, 총 8개로 분석되었다. 공공투자사업은 대부분 기술효율성(CCR)이 낮게 나타났다. 공공투자사업 대비 민자사업이 운영 효율성이 높은 것으로 분석되었다.

수익 효율성 분석결과, 기술효율성(CCR)이 최적으로 나타난 사업은 민자사업 3개밖에 없었으며, 순기술효율성은 공공투자사업 1개, 민자사업 7개, 총 8개로 분석되었다. 민자사업은 수익성 및 재무타당성이 기본적으로 충족되어야 하기 때문에 민자 고속도로 사업의 대부분은 수익효율성이 높게 분석된 것으로 판단된다. 운영 및 수익 효율성을 측정된 결과 공공투자사업 대비 민자사업이 상대적으로 효율성이 높게 나타났으며, 통계적으로 평균 차이도 유의하게 분석되었다.

통합 효율성 분석결과, 공공투자사업 3개, 민자사업 6개 사업은 기술효율성이 최적으로 나타났다. 순기술효율성은 공공투자사업 3개, 민자사업 11개, 총 14개로 분석되었다. 기술효율성(CCR)은 민자사업이 공공투자사업보다는 높은 것으로 나왔으나, 규모효율성(SE)는 공공투자사업과 민자사업이 각각 6개로 최적으로 분석되었다. 통합 효율성은 공공투자사업과 민자사업의 평균 차이는 있으나, 통계적으로 유의미한 결과를 얻지는 못했다.

민자사업 활성화를 위한 요인들을 대상으로 전문가 설문조사를 통하여 중요도와 만족도를 근간으로 활성화 요인을 도출하였다. 중요도-만족도(IPA) 분석결과, 19개의 요인항목 중 전문가들이 가장 중요하다고 생각하는 항목으로 민간투자사업의 절차 간소화 및 추진기간 단축과 민자 SPC 법인세 특례적용 및 부가세 영세율 일몰 연장이 4.5점으로 높은 점수를 받았다. 활성화 요인들에 대해 중요도가 만족도 평균점수보다 높게 나타났으며, 전문가들은 민자사업 활성화에 필요한 요인들이 중요하다고 판단한 반면, 정부정책에 대한 만족도는 거기에 미치지 못한 것으로 확인되었다.

본 연구는 SOC 사회기반시설의 재정투자의 한계를 극복하고, 민간투자의 증대를 꾀하고자 현재까지 장기간 추진되어온 국내 도로분야 민간투자사업이 공공투자사업에 대비하여 민간투자사업의 본래 취지에 부합하여 효율성을 발휘하였다는 것을 입증하였다. 본 연구결과는 향후 민간투자사업 활성화를 위한 중요한 참고자료로 활용될 수 있을 것이며, 이를 기반으로 민간투자사업이 활성화되는 계기가 마련되었으면 한다.

2) 시사점

본 연구를 통해 민자사업의 활성화를 위한 전문가 설문조사 결과를 토대로 민간투자의 활성화 우선순위가 높은 항목을 도출하여, 민자사업의 활성화를 제고할 수 있는 방안을 정책 시사점으로 제시하고자 하였다. 앞서 IPA 분석으로 도출된 민간투자사업의 활성화 요인들 가운데 집중으로 보완해야 할 3가지 요인과 강점항목 중 보완이 필요한 3가지 요인을 포함하여 6가지 요인으로 도출하고자 한다.

첫째, 정부고시 사업을 확대하여야 한다. 기본적으로 인프라시설의 제공과 유지관리의 주체는 중앙정부, 지자체 및 공사 등 공공부문이며, 민자사업도 각 시설별 중장기 공급계획에 맞추어서 순차적으로 공급되고 관리되어야 한다. 민자사업을 적정하게 활용하기 위해서는 적정 개수의 정부고시사업이 꾸준히 공급되어야 한다. 우선 중앙정부 사업을 대상으로 추진하고, 향후 지자체 순으로 확대할 필요가 있다. 확보된 민자사업 대상사업은 민간투자심의위원회 심의를 거쳐 정부고시사업으로 확정하여 추진하는 것이 필요하다.

둘째, 임대형(BTL) 민자사업에 대한 민간제안을 원칙적으로 허용 및 확대하여야 한다. 민간제안사업으로 임대형(BTL) 민자사업을 추진하기 위해서는 우선 주무관청과의 긴밀한 협의와 동의가 필요하고, 관련 예산을 주무관청의 중장기 예산에 반영해야 한다. 사업 추진상의 인허가 리스크에 대한 부담으로 임대형(BTL) 민자사업의 민간제안사업과 혼합형(BTO+BTL) 사업이 추진되지 않았을 것이며, 이들 사업을 추진하기 위한 명확한 가이드라인도 필요한 상황이다. 혼합형 방식은 국가적인 차원에서 공공성이 높은 사업을 대상으로 해야 할 것으로 보이므로 민간제안보다는 정부 고시사업으로 추진하는 것이 바람직하다.

셋째, 새로운 민간투자 사업방식 도입이 필요하다. 이제 보다 합리적인 민자사업을 위해 사업특성별 맞춤형 사업 방식을 검토할 필요가 있다. 예측 가능한 민자사업을 추진하기 위해 교통 인프라 사업의 경우 AP(availability payment) 방식을 생각해 볼 수 있다. AP 방식과 BTL 방식은 시설의 운영 주체만 다를 뿐 수요위험을 정부가 부담한다는 점에서 동일하다. 우리나라는 BTL 방식의 추진 경험을 많이 갖고 있으며, AP 방식은 외국의 교통시설 민자사업에서 일반화된 방식으로 추진되어지고 있다.

넷째, 노후시설의 민간투자사업 활성화가 필요하다. 우리나라의 인프라는 1970-1990년대에 걸쳐 단기간에 집중적으로 건설되어 2000년대에 들어서면서 점차 노후 인프라 시설이 빠르게 누적되고 있다. 노후 인프라 시설의 유지 보수 및 성능개선을 포함해 자연재해·재난을 대비한 인프라의 성능개선과 신규 투자가 필요하다. 이들 모두를 만족하기 위해서는 막대한 재정의 투입이 불가피하다. 재해·재난 대비 인프라의 신규 공급과 노후 인프라의 성능 개선 등을 적기에 적절히 공급하기 위한 민자사업 방식을 적극적으로 활용해야 한다.

다섯째, 적격성조사 추진 절차 간소화가 필요하다. 사업추진 절차 간소화 및 검토기간 단축은 지속적으로 개선되어야 할 필요성을 제시해왔으나, 아직까지 개선되지 않고 있는 실정이다. 적격성 검토기관을 다양하게 확대할 필요성이 있으며, 협상과정 단축, 관련 인허가 조기진행, 민간투자심의위원회 심의대상 축소 등의 사업추진 절차를 간소화하여 민자사업의 소요시간을 단축하여야 한다.

여섯째, 기존 시설의 개량·운영형 민자모델을 확대하여야 한다. 기존 민간투자사업으로 운영 중인 사업 중에 사업운영이 종료되는 사회기반시설에 대한 개량·운영형 사업모델을 개발하여 정부 공공투자사업 대신에 민자사업으로 계속 운영하는 방안을 고민할 필요가 있다. 관리운영기한이 도래한 민자사업의 재투자모델을 개발하고, 노후 재정시설에 대한 민자사업을 활용하여 대규모 개량투자사업을 추진하여야 한다.

2. 한계점 및 향후 연구방향

본 논문의 한계점과 향후 연구 과제는 다음과 같다.

첫째, 본 연구결과와 관련하여 공공투자사업이 민간투자사업에 비해 상대적으로 효율성이 낮게 나타난 원인은 앞서 언급하였듯이 도로 전체 네트워크, 공공성, 형평성, 지역균형발전 등을 고려할 수밖에 없는 공공투자사업의 한계에서 찾을 수 있었다. 공공투자사업은 교통수요가 낮거나 사업성이 낮더라도 국가 전체의 도로 네트워크 연결 차원에서 정책적으로 사업을 추진하는 경우가 있기 때문에 민자도로와의 효율성 비교에서 일부 한계점이 있었다. 향후 연구에서는 도로 전체 네트워크 특성을 고려하여 기존 도로와의 연계성 향상으로 이동성 및 접근성의 개선, 편익 발생 등의 요인을 평가에 활용할 수 있는 분석기법을 개발할 경우 개선된 연구결과를 도출해 낼 것으로 사료된다.

둘째, DEA 기법은 어떠한 변수들을 투입 및 산출 변수로 선정하느냐에 따라 상이한 결과들을 가져올 수 있다. 차 후 연구에서는 민자 고시사업과 제안사업의 차이, 초기 민자사업들의 운영수입보장(MRG) 유무에 따른 차이, 도로

공사와 민자도로의 통행료 차이 등을 고려한 분석이 필요하다.

노선의 위치에 따른 해당 노선의 지역별 특성을 고려하여 분석할 경우 더 의미 있는 연구결과를 얻을 수 있을 것으로 판단한다. 건설과 관련된 투입변수를 공사비만을 고려하였으나, 그 외에 토지보상비나 부대사업비 등 총사업비 항목을 추가하거나, 산출변수에 도로연장, 차로수 외에 터널 및 교량 연장, 인터체인지 개소 등을 추가하여 분석하는 방안도 의미 있을 것으로 판단된다.

셋째, DEA는 상대적 비교를 통하여 효율적이거나 비효율적인 DMU를 평가할 수 있으나, DMU들 간의 순위를 결정하거나 절대적인 효율성을 제시하기에는 한계가 있다. 차후 연구에서는 DMU들 간의 순위를 파악할 수 있는 통계분석 기법을 보완하여 한층 발전된 연구결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.


Funding


This paper was conducted with the support of the 4th Shipping & Port Logistics Professionals Training Project of the Ministry of Oceans and Fisheries.

알림

본 논문은 대한교통학회 제83회 학술발표회(2020.10.29)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

ORCID

PAEK, Inho  <http://orcid.org/0000-0003-1398-1621>

LEE, Hyangsook  <http://orcid.org/0000-0002-7057-4208>

References

- Banker R., Charnes D., Coper W. W. (1984), Simulation Studies of Efficiency, Returns to Scale and Misspecification with Nonlinear Function in DEA, *Anal. of Operations Research*, 231-253.
- Kim K. J. (2019), A Study on the Service Quality of Buffet Restaurant Using Kano Model and Timko Customer Satisfaction Index, *Tourism Leisure Research*, 31, 247-264.
- Kim Y. J., Cho G. P., Jung J. J. (2013), The Efficiency Analysis for Air Logistics of Asian International Airport Using DEA Model, *Journal of Aviation Management Society Of Korea*, 2013, 413-442.
- Lee D. H., Chae H. S. (2010), A Decision Making Process for Improving Quality Cost: A Case Study of C&C Product Failure Cost, *Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 33(2), 162-169.
- Lee H. K., Lee D. H. (2006), Analysis of Japanese Tourists' Satisfaction according to Their Tourism Motivation: Focused on visitors at the Nam-i island in Chunchon, *International Journal of Tourism and Hospitality Research*, 20(3), 123-136.
- Martilla J. A., James J. C. (1977), Importance- Performances Analysis, *Journal of Marketing*, 41(1), 77-79.