

자료포락분석기법(DEA)을 이용한 지역 간 보건의료자원 효율성 분석

김경민¹, 조민정¹, 이수경², 안진현^{1,3*}

¹제주대학교 지속성장데이터사이언스학부(경영정보학전공), ²서울대학교 빅데이터혁신융합대학, ³제주대학교 경영정보학과

Efficiency Analysis of Regional Health Care Resources using Data Envelopment Analysis

Gyeong Min Kim¹, Min Jeong Jo¹, Soo-Kyoung Lee², Jinhyun Ahn^{1,3*}

¹Faculty of Data Science for Sustainable Growth(Information Management Systems Major),
Jeju National University

²Big data Convergence and Open Sharing System, Seoul National University

³Department of Management Information Systems, Jeju National University

요약 의료 기술 발달로 수명이 길어짐에 따라 의료서비스의 중요성은 높아지고 있다. 하지만 지역마다 인구밀집도, 인구이동과 같은 다양한 이유로 인해 의료기관의 수는 차이가 있으며, 이로 인한 병원의 의료시설과 보건의료 인력 보유량에는 차이가 있다. 이는 지역 사이의 병원 접근성과 의료자원 활용의 평등성에 격차를 야기할 수 있다. 본 논문에서는 지역 간 병원 접근성과 의료자원 활용의 격차를 알아보기 위해서 자료 포락 분석(DEA)을 통해 상대적인 효율성을 분석하였다. 연구 설정 연도인 2017년부터 2020년의 데이터로 분석을 하였을 때 투입변수 중 병상과 정류장 개수를 고려하여 분석한 결과 서울의 보건의료자원 효율성은 '1.00->0.92'로 감소하였고, 부산은 '1.00->0.8'로 감소하였다. 그리고 인천은 '1.00->0.95'로, 광주주는 '1.00->0.88'로, 대구는 '1.00->0.75'로 감소하는 것으로 분석되었다. 반면 울산, 세종, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남 지역에서는 투입변수 변동에 따른 효율성에는 차이가 없는 것으로 분석되었다. 이를 종합적으로 고려하였을 때, 감소한 지역의 경우 비효율적인 보건의료자원의 배치를 보이고 있음을 알 수 있었고, 효율성 차이가 없는 지역들은 효율적인 자원의 배치가 이루어진다고 볼 수 있다. 이 연구에서는 공공서비스의 측정을 통해 지역이 가진 격차를 알 수 있었으며, 특히 접근성 측면이 보건의료자원 효율성에 중요한 변수로 작용함을 알 수 있었다. 따라서 향후 도시 개발 계획에서 보건의료자원의 효율성을 증진하기 위해서는 의료 접근성을 고려할 필요가 있다.

Abstract Healthcare is becoming more important as people live longer due to advances in medical technology. However, due to population density and migration differences, the number of healthcare organizations in different regions varies, resulting in interregional differences between hospitals, medical facilities, and healthcare support levels, which result in disparities in hospital access and equality of healthcare resource utilization. To investigate interregional disparities between hospital access and healthcare resource utilization, relative efficiencies were analyzed using data envelopment analysis (DEA). When data from 2017 to 2020 were analyzed, including the number of beds and stops as input variables, the efficiency of healthcare resources in Seoul decreased to '1.00->0.92' and in Busan to '1.00->0.8'. In addition, healthcare efficiency in Incheon decreased to '1.00->0.95', in Gwangju to '1.00->0.88', and in Daegu to '1.00->0.75'. This study reveals public service disparities between regions and, in particular, shows that accessibility importantly contributes to healthcare resource efficiency. In addition, it demonstrates the need to consider healthcare accessibility in future urban development plans to promote the efficiency of healthcare resources.

Keywords : Data Envelopment Analysis, Health Care Resources, Efficiency, Region, Hospital Accessibility

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1A2C2095271).

Gyeongmin Kim and Minjeong Jo contributed equally

*Corresponding Author : Jinhyun Ahn(Jeju National Univ.)

email: jha@jejunu.ac.kr

Received October 23, 2023

Revised December 13, 2023

Accepted January 5, 2024

Published January 31, 2024

1. 서론

현재 한국의 공공의료 비중은 수도권과 농어촌 간의 격차가 심해지고 있다. 주로 대도시와 수도권에 의료기관, 의료인 등 보건의료자원이 집중되어 있어 지역 간 의료 공급과 이용 불균형이 고착화되고 있다. '제2차 공공보건의료 기본계획(2021~2025)'과 '공공의료 확충의 필요성과 전략'에 따르면 한국의 공공의료 비중과 OECD 평균 공공의료 비중은 각각 5.1%와 53.6%로 대략 10배의 정도의 차이가 난다. 또한 21년 기준 1천 명당 활동 의사 수는 전국 평균이 2.13명 수준이지만, 서울은 3.35명, 대구 2.55명, 광주 2.54명, 부산 2.44명, 세종시는 1.24명으로 최하위로 나타났다. 더불어 응급의료 기관이 없는 시군구는 32개이고, 이 중 12개는 응급의료시설이 없는 것으로 파악되었다. 또한, 치료가 시의적절하게 효과적으로 이뤄진다면 발생하지 않을 수 있는 수치인 '치료 가능 사망률'은 전국 평균 41.83명 수준이지만 서울은 36.36명, 광주 39.12명, 경남 42.95명, 43.28명으로 지역 간 보건의료자원의 상대적인 차이를 확인할 수 있다[1].

국토교통부에서 발간한 '2020년 국토모니터링보고서'에 따르면 서울의 경우, 가장 가까운 종합병원과의 거리가 2.85km였다. 전국 시도 중 접근성 2위인 광주는 6.04km였다. 전국에서 종합병원 접근성이 가장 낮은 경상남도의 경우, 31.45km를 이동해야 가장 가까운 종합병원에 도착할 수 있다. 또한 종합병원 서비스권역 10km 밖으로 거주하는 영유아 및 고령자 즉, 의료취약 인구의 비율은 서울의 경우 0.02%에 불과하였지만, 경상북도는 48.68%, 전라남도 47.86%, 충청남도 45.40%에 달하였다[3]. 또한, 한국의 간호인력 연구에 따르면 대부분 신입 간호사는 급여와 복지 수준이 높은 큰 규모의 의료기관에서 근무하고자 하기 때문에 이는 대부분 대도시에 밀집되어 있다[2].

한국의 의료자원과 관련된 선행연구를 찾아보았을 때 지역마다 보건의료자원 측면에서 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 선행연구에 따르면 보건의료 서비스와 직접적인 연관을 가지고 있는 대상에 대해 연구가 진행된 것으로, 자원 혹은 서비스인 종합병원에서 이용하고 있는 의료기기, 의료인력, 병원의 수 등을 이용하였다. 하지만 병원 접근성과 같은 외부 요인의 경우는 추가적인 분석이 진행되어야 한다. 실제로 통계청 KOSIS 자료에 따르면 병원 이용 시 주로 이용하는 교통수단 1위가 일반/저상 버스로 나타난 것으로 보아 접근성 측면 역시 고려해

야 한다[4]. 본 연구에서는 보건의료자원에서 의료자원과 함께 접근성 측면을 고려하여 효율성을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 비영리기관의 효율성을 평가할 때 주로 활용하는 DEA(자료 포락 분석)를 사용하여 의료 장비 개수, 의사 수, 간호사 수 등뿐만 아니라 의료 접근성의 변수인 인구수와 지역별 버스 정류장 개수를 함께 분석하여 지역별 보건의료자원의 효율성을 파악하였다.

2. 이론적 배경

2.1 DEA(자료 포락 분석)

DEA는 Data envelopment analysis의 줄임말로, 다수의 투입과 다수의 산출 모형에 적용하기 위한 수학적 프로그래밍 최적의 방법을 통해서 이루어진 비모수적 선형계획방식이다[5]. 이는 단일 혹은 다수의 투입과 단일 혹은 다수의 산출을 동시에 고려한다. 선형계획법을 이용하여 단위 투입 당 최대의 산출을 가져오는 활동에 대한 상대적인 효율성을 측정하고 동시에 개선안을 제시하는 분석기법이다[6]. 그리고 자료집합 내의 유사한 투입과 산출 관계를 갖는 모든 의사결정 단위를 직접적으로 비교할 수 있고, 일반적으로 DEA 분석에서 산출된 효율성 지수는 1에 가까울수록 최적의 규모를 갖는다[7]. 장점으로는 다투입-다산출의 생산구조에서 생산성을 하나의 측정 지표로 나타낼 수 있고, 상대적 효율성을 측정하므로 생산 이론이 요구하는 절대적 기준이 필요 없다. 또한 생산 함수를 추정하지 않고도 효율성의 평가가 가능한 특징들을 가지고 있다[8].

본 연구에서는 효율성 측정을 위해 CCR-I, BCC-I 모형을 사용한다.

2.2 CCR-I 모형

CCR-I 모형은 규모 수익성이 일정하다는 가정하에 투입 중심의 CCR 모형을 말한다. 해당 모형은 선형계획 모형으로 정식화할 수 있다[9]. 이는 모든 의사결정 단위들의 각각의 투입물 가중 합계에 대한 산출물 가중 합계의 비율이 1을 초과해서는 안 되며, Eq. (2), Eq. (3), Eq. (4)과 같이 각 투입 요소와 산출 요소의 가중치들은 0보다 크다는 제약조건 하에 의해 상대적 효율성 평가를 위해 최초로 개발한 모형이다[10].

$$\begin{aligned} \min \theta & \quad (1) \\ \text{constraints } \theta x_0 - X\lambda & \geq 0 & (2) \\ y_0 - Y\lambda & \leq 0 & (3) \\ \lambda & \geq 0 & (4) \\ \theta & : DMU_0 \text{'s input multiplier} \\ x_0, y_0 & : DMU_0 \text{'s input and output vectors} \\ X, Y & : \text{Matrix of inputs and outputs for all DMUs} \\ \lambda & : \text{Weight Vector} \end{aligned}$$

투입물 승수는 1 이하의 값을 가지며, 이를 DMU의 CCR 효율성이라고 한다. 효율성 값이 1이면 DMU가 효율적이고, 효율성 값이 1보다 작으면 비효율적인 것으로 평가된다. DMU가 비효율적인 경우에는 가상적 DMU가 존재하고 이것은 0보다 큰 DMU들의 선형결합으로 구성된다[11].

2.3 BCC-I 모형

BCC-I 모형은 Banker 등이 개발한 CCR 모형의 확장 모형이고, 투입 중심 BCC 모형이다. 해당 모형 또한 선형계획모형으로 정식화할 수 있다[12]. 이는 CCR 모형에서 가정하는 규모의 수익 불변을 완화하여 규모에 대한 보수 가변이라는 가정을 적용하고, 효율적 프론티어는 주어진 DMU들의 블록성 필요조건을 추가한 모형이다[10].

$$\begin{aligned} \min \theta & \quad (5) \\ \text{constraints } \theta x_0 - X\lambda & \geq 0 & (6) \\ y_0 - Y\lambda & \leq 0 & (7) \\ e^\lambda & = 1 & (8) \\ \lambda & \geq 0 & (9) \end{aligned}$$

여기서는 Eq. (8)과 같이 = 1이라는 제약조건이 추가되어 규모 수익성의 증가/일정/감소 상태를 모두 포괄하였다. CCR 효율성과 BCC 효율성이 일치하면 규모 수익성이 일정하고, 다르면 $\sum \lambda_j^* < 1$ 일 때, 규모 수익성 증가, $\sum \lambda_j^* > 1$ 일 때, 규모 수익성이 감소 상태이다[11].

DMU의 규모 효율성은 $SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*}$ 를 통하여 측정

된다. 일반적으로 CCR 효율성은 BCC 효율성보다 작거나 같기 때문에 규모 효율성은 1보다 작거나 같다. 효율성을 순수기술 효율성과 규모 효율성으로 분해하면 비효

율성의 원인이 비효율적인 운영에 의한 것인지 규모로 인한 불리한 상황에 의한 것인지 혹은 둘 다 인지 분석할 수 있다[11].

Technical efficiency (TE) = Pure technical efficiency (PTE) x Scale efficiency (SE)

Eq. 4. Technical Efficiency Formula

2.4 효율성

효율성에 대한 정의는 자원의 사용에 대한 결과의 비율로 정의한다. 즉, 효율성을 투입과 산출물 간의 비율로 정의하며, 주어진 투입 요소를 사용하여 산출의 최대화를 의미한다. 그러하여 투입/산출 간의 비율을 결정하는 투입은 여러 가지 인적/물적 요소를 의미하고, 산출은 주어진 목표의 달성 정도를 의미한다[5].

3. 연구 방법

3.1 투입 및 산출변수의 선정

지역 간 보건의료자원의 효율성을 측정하기 위한 방법으로 자료 포락 분석을 실시한다. 자료 포락 분석에서는 DMU, 투입변수, 산출변수를 설정하여 효율성을 측정하게 된다. 자료 포락 분석은 투입 요소와 산출변수의 선택에 따

Table 1. Analysis of variables in the literature

Item	DMU	Input Variables	Output Variables
Tae-Rim Um, Min Ha Ju, Kwang-Soo Lee [15]	18 Health Centers in Gangwon Province	Medical staff, nursing staff, administrative support staff	Medical services, oral health services, maternal and child health services
Jae-Yong Dong, Kwang-Soo Lee [16]	226 cities, counties, and districts	Medical personnel, medical equipment, and medical facilities	Inpatient and outpatient salaries
Sun-Ah-Park, Chang-Jin Suh [17]	17 Metropolitan Cities and Provinces	Beds, specialists, nurses	Treatment outcomes, chronic disease benefit status
Ours	17 Metropolitan Cities and Provinces	Medical Equipment, Staffing, Facilities, Accessibility	Inpatient, Outpatient

른 효율성이 크게 달라진다[14,15]. DEA를 이용한 의료자원의 효율성을 측정할 연구와 병원 간 효율성을 비교한 연구를 통해 변수를 참고하여 설정한다. 다음은 선행연구의 투입 및 산출변수 선정에 관한 표이다[14,16,17].

3.2 연구 설계 및 분석 방법

본 논문에서는 의사결정 단위를 광역시·도 지역으로 설정하여, 총 17개의 DMU(Decision Making Unit)를 비교한다. DMU란 다수의 투입 요소를 통해서 다수의 산출 요소를 생산해 내는 동질의 의사결정 단위를 뜻한다 [14]. Fig. 1처럼 각 지역이 가진 보건의료자원을 투입과 산출 요소를 분류하여 효율성을 측정·비교하고 지역 간 의료 격차를 확인하고자 한다.

각 광역시·도가 보유하고 있는 보건의료자원을 가지고 지역민에게 의료서비스를 제공하는 것은 공익적인 측면을 띄고 있다. DEA를 활용한 선행연구를 보면 화폐단위를 가지고 효율성을 비교한 경우가 많이 찾을 수 있었다. 하지만 공익적인 목적의 서비스를 화폐단위로만 비교하는 것은 적합하지 않다. 공공서비스의 경우는 기술적인 효율성을 측정해야 하고, 이는 의사결정 단위의 목적을 표현해 주는 계량적 지표의 역할을 한다[5].

효율성을 측정하기 위해서는 특정 상품의 생산에 사용된 모든 변수를 투입해야 한다. 하지만 공적인 상품의 경우 투입 요소 간에 관계가 복잡하여 명확한 변수를 설정하기 어렵다. 지역이 가진 투입 요소를 살펴보면 인력, 예산, 건물, 자원 등 직간접적인 요소가 유기적으로 연결되어 있다. 이 때문에 공적인 서비스의 효율성을 비교하는 선행연구에서는 모든 투입변수를 사용하기보다는 측정할 수 있는 인력과 혹은 자원을 중점으로 선정하고 있다. 본 논문에서는 의료서비스가 사람에게 의해서 서비스된다는 노동집약적 측면과 의료서비스 제공에 필요한 자원에 초점을 두고 변수를 설정하였다.

투입변수는 표2와 같이 선정하였다. 각각의 변수 단위는 10만 명당 n개(명)로 표현하여 지역의 인구수에 따른 격차를 배제하고자 하였다. 각각의 데이터는 2017년부터 2020년까지 KOSIS 국가통계포털에서 제공하는 데이터를 2차 가공한 형태이다. 의료 장비 개수는 시도별 주요 의료 장비 현황으로 병원이 보유하고 있는 자기공명영상기, CT, 유방 촬영용 장치, 초음파영상 진단기, 체외 충격파 쇄석기 등을 모두 합한 수로 구성되어 있다. 의사, 간호사 약사는 시도별 의료인력 수, 병상 수는 시도별 상급/일반 병원의 병상 수를 나타낸다. 정류장 수는 각 지역이 보유한 정류장의 수를 비교한다. 이는 의료기

관까지의 접근성 비교하기 위해 투입변수로 설정하였다. 대중교통 접근성을 비교하기 위해서는 지하철, 고속철, 비행기 등도 있지만 이는 연결된 지역 모두이기에 본 연구에 적합하지 않아 배제하였다. 변수 선정 및 전처리와 관련된 과정은 Fig. 1에 정리하였다.

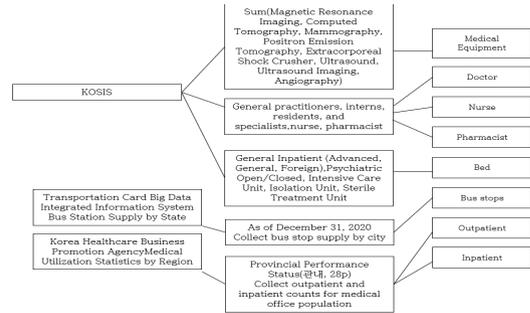


Fig. 1. Data sources and preprocessing

Table 2. DEA Variable Settings
(Unit: Rate per 100,000)

Property	Property Name
DMU(17)	Seoul, Busan, Daegu, Incheon, Gwangju, Daejeon, Ulsan, Sejong, Gyeonggi, Gangwon, Chungbuk, Chungnam, Jeonbuk, Jeonnam, Gyeongbuk, Gyeongnam, Jeju
Input Variables(6)	Number of medical equipment, Number of doctors, Number of nurses, Number of pharmacists, Number of beds, Number of bus stops
Output variable(2)	Inpatient, Outpatient

산출변수는 투입에 이용된 요인의 최종산출물이라는 특징이 있다[5]. 투입변수를 인력을 중심으로 잡아 분석하기 위해서는 마찬가지로 인력 중심의 산출변수가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 의료서비스를 받는 대상인 환자를 산출변수로써 활용한다. 환자는 병원에서 진단 및 치료받은 입원환자와 외래환자로 설정한다.

4. 결과

4.1 시도별 보건의료자원 간 효율성 분석

Fig. 2는 DEA 분석을 통해 시도 간 보건의료자원의 효율성을 분석한 결과이다. 노란색에 가까운 지역일수록 기술적 효율성이 낮음을 의미하는데, Fig. 2를 통해서 부산, 대전, 강원, 충북 등 총 4개 지역이 비효율적인 DMU

Table 3. Input Variable Removal Results

Removed Variable	2017						2018					
	Medical Equipment	Doctors	Nurses	Pharmacists	Beds	Bus Stop	Medical Equipment	Doctors	Nurses	Pharmacists	Beds	Bus Stop
Seoul	1	1	1	1	0.92	0.8	1	1	1	1	0.92	0.77
Busan	0.87	0.87	0.87	0.86	0.87	0.8	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87	0.81
Daegu	1	1	1	1	1	0.77	1	1	1	1	1	0.75
Incheon	1	1	1	1	1	0.97	1	1	1	1	1	0.96
Gwangju	1	1	1	1	1	0.87	1	1	1	1	1	0.86
Daejeon	0.93	0.93	0.91	0.92	0.93	0.75	0.92	0.92	0.9	0.91	0.92	0.72
Ulsan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sejong	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gyeonggi	1	1	1	1	1	0.99	1	1	1	1	0.99	0.98
Gangwon	0.95	0.95	0.95	0.91	0.93	0.95	0.94	0.94	0.94	0.91	0.91	0.94
Chungbuk	0.99	0.99	0.95	0.98	0.99	0.99	0.96	0.96	0.94	0.95	0.96	0.96
Chungnam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jeonbuk	1	1	0.99	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jeonnam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gyeongbuk	1	1	1	1	1	1	1	0.99	1	1	1	1
Gyeongnam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jeju	1	1	1	1	0.94	1	1	1	1	1	0.9	1
Removed Variable	2019						2020					
	Medical Equipment	Doctors	Nurses	Pharmacists	Beds	Bus Stop	Medical Equipment	Doctors	Nurses	Pharmacists	Beds	Bus Stop
Seoul	1	1	1	1	0.93	0.74	1	1	1	1	0.93	0.75
Busan	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.81	0.9	0.9	0.9	0.88	0.89	0.85
Daegu	1	1	1	1	1	0.75	1	1	1	1	1	0.75
Incheon	1	1	1	1	1	0.95	1	1	1	1	1	0.96
Gwangju	1	1	1	1	1	0.88	1	1	1	1	1	0.88
Daejeon	0.93	0.93	0.92	0.93	0.93	0.73	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.75
Ulsan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sejong	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gyeonggi	1	1	1	1	1	0.98	1	1	1	1	0.99	1
Gangwon	0.95	0.95	0.95	0.91	0.92	0.95	0.95	0.95	0.95	0.9	0.93	0.95
Chungbuk	0.99	0.99	0.94	0.99	0.98	0.99	1	1	0.96	1	1	1
Chungnam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jeonbuk	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jeonnam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gyeongbuk	1	1	1	1	1	0.99	1	1	1	1	1	1
Gyeongnam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jeju	1	1	1	1	0.9	1	1	1	1	1	0.94	1

인 것을 볼 수 있다. 특히 부산의 경우 2017년 0.87, 2018년 0.88, 2019년 0.87, 2020년 0.9로 다른 시도에 비해 가장 비효율적인 것으로 분석되었다. 또한 강원과 충북의 경우에도 2018년 각각 0.94와 0.96으로 다른 해에 비해 효율성이 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 기술적 효율성이 낮아진 원인을 분석하기 위해서는 추가로 산출 변수와 투입변수를 각각 제거함으로써 각 변수가 효율성에 미치는 영향을 고려해야 한다.

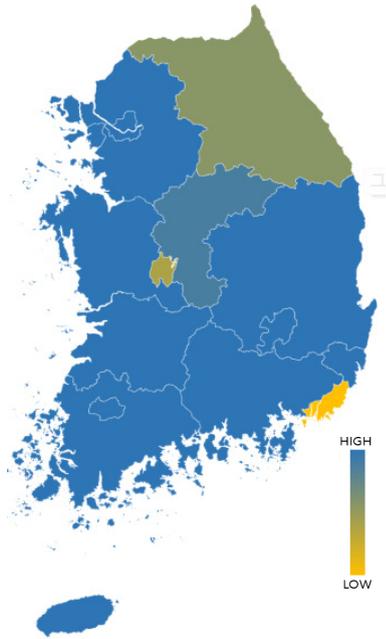


Fig. 2. Analysis of Technical Efficiency of Healthcare Resources

4.2 시도별 보건의료자원의 산출변수 제거

Fig. 3은 산출변수를 제거한 결과를 시각화한 그림이고, Fig. 2와 마찬가지로 노란색에 가까운 지역일수록 기술적 효율성이 낮음을 의미한다. Fig. 3에서는 부산, 대전, 강원, 경북의 효율성이 떨어졌음을 확인할 수 있다. 부산은 2017~2020년도의 외래환자만을 산출변수로 하여 분석하였을 때 효율성이 0.9 → 0.84로 떨어졌음을 확인하였다. 또한 경북의 경우 1 → (0.9 ~ 0.84)로 떨어졌음을 확인하였다. 이는 입원환자의 수가 부산과 경북의 보건의료자원 효율성의 긍정적인 영향을 미치는 변수임을 나타낸다. 하지만 대전과 강원도의 경우 모든 변수를 투입하여 확인한 기술적 효율성 분석과 산출변수를 제거한 분석 모두에서 일정한 값을 보여 산출변수를 통한 해석은 할 수 없다. 환자 수에 의한 효율성 하락에 대한 해

석에 있어 환자는 자원이 아닌 서비스의 대상으로 증감의 필요성이 없기 때문이다. 따라서 지역별 보건의료자원에 대한 변수별 효율성은 투입변수에 의해 보는 것이 적합하다.

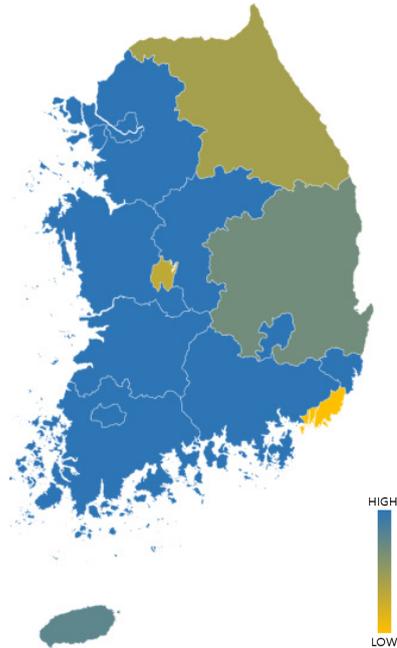


Fig. 3. The Results of Variable Exclusion in Healthcare Resource Efficiency Analysis

4.3 시도별 보건의료자원 간 투입변수 제거

각 시도별 보유하고 있는 보건의료자원 각각의 효율성을 보기 위해서 투입변수를 제거하는 분석을 실시하였다. 투입변수는 의료 장비 개수, 의사 수, 간호사 수, 약사 수, 병상 수, 정류장 수로 구성되어 있다. 이는 모두 지역 거주민이 의료서비스를 받을 때 이용되는 자원으로서 각각의 중요도를 파악할 필요가 있다.

기술적 효율성 분석에서 비효율적인 DMU로 나타난 부산, 경북을 제외하고 보면 대부분 지역에서 의료 장비 개수, 의사, 간호사, 약사를 제거하여도 크게 변동이 생기지 않았다. 이는 위 변수는 효율성에 있어 큰 영향력이 있지 않음을 의미한다. 반면 병상 수와 정류장 수를 제거하였을 때는 대부분 지역에서 큰 하락 폭이 나타났다. 특히 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전 등 6개 지역에서 나타났다. 이는 각 지역에서 병상 수와 정류장 수가 보건의료자원의 효율성에 있어 큰 영향을 미치고 있으며 향후 지속적인 관리가 필요하다는 것을 의미한다. 반면 제주도는 병상 수를 제거했을 경우 큰 하락을 보였는데, 이

는 병상 개수가 제주가 가진 보건의료자원 중 중요한 자원을 의미한다. 기술 효율성 분석 및 변수 제거 분석 모두 효율적인 DMU라고 판단된 지역은 울산, 세종, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남으로 총 7개이다. 이 지역에 대해서 효율적인 DMU라고 판단할 수 있지만, 모든 경우가 아닌 투입변수에 대한 자원이 효율적인 지역이라고 할 수 있다.

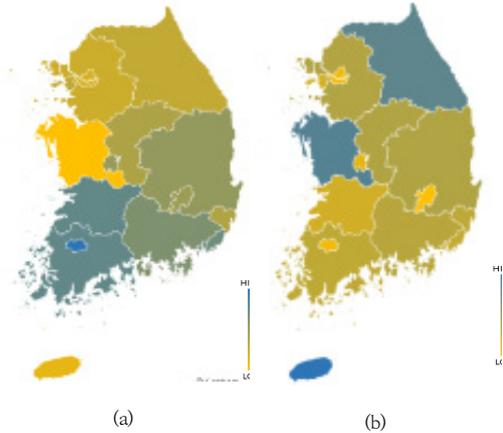


Fig. 4. Visualization of the Number of Input Variables
(a) Hospital Beds Variable (b) Bus Stops Variable

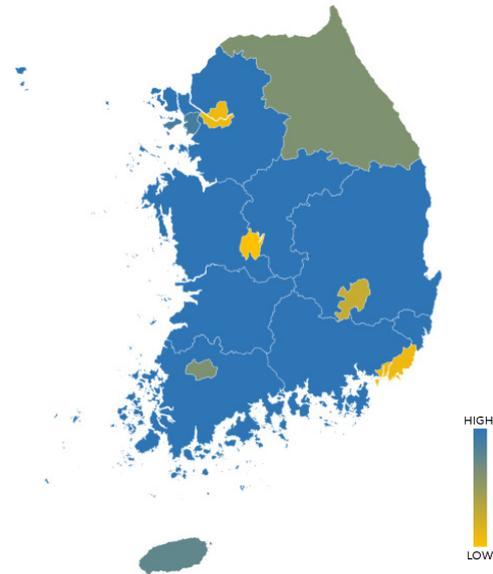


Fig. 5. Visualization of DEA Analysis after Excluding the Number of Hospital Beds and Bus Stops among Input Variables

5. 논의 및 결론

DEA 분석을 통해서 지역 간 보건의료자원의 효율성을 측정하고 결과 산출변수를 제거한 경우, 부산, 경북 보건의료자원의 기술적 효율성이 떨어졌다. 이는 기존 사전 연구와 비교하였을 때, 부산의 경우 2007년부터 2011년까지 5개년간 효율성 값이 낮은 것으로 나타나는 비슷한 결과를 보였다[18]. 또한, 비효율적인 DMU에 대한 원인을 알기 위해 투입변수를 제거하여 자원의 영향력을 배제하는 분석을 실시한 결과, 부산의 경우는 지역 내 정류장의 개수가 보건의료자원의 효율성에 밀접한 영향을 주는 것으로 보여 향후 의료기관에 대한 접근성 개선을 시사한다. 대전도 부산과 마찬가지로 정류장의 개수가 중요한 변수로 작용하였다. 강원은 병상 수에 따라 효율성이 나뉘었다. 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전 지역에서는 병상 수와 정류장 수가 중요한 보건의료자원임을 파악하였다. 그중에서도 정류장 수가 효율성에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 보아 의료서비스 제공에 있어 중요한 변수로 파악되었다. 이 외에 울산, 세종, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남에서는 모든 변수에 대해서 효율적으로 분석되었다.

지역에 따라 특정 보건의료자원의 배치 차이에 따라 격차가 있음을 확인하였고, 특히 의료 격차의 원인을 분석함에 따라 정류장의 개수를 늘리거나, 투입되는 보건의료자원을 줄여서 효율성을 늘릴 수 있는 지역의 인구와 접근성 등을 고려한 개선의 여지를 찾아내었다. 반면, 사전 연구에서는 시도별 의료인력 현황, 특수 의료 장비 현황, e-지방지표 변수 등을 투입하였을 때, 효율성 점수에 미치는 변수에는 고용률, 1인당 지역 내 총생산, 10만 명 당 사망률 변수가 통계적으로 유의미하게 나온 차이점을 보였다. 그러하여 지역별로 의료자원 효율성을 개선하기 위해서는 지역 내 대중교통 시설과 의료자원뿐만 아니라 고용시장과 지역 내 총생산과의 관련성도 고려해 보아야 한다.

본 연구에서 진행된 분석에서는 변수 선정에 있어 한계가 있다. 의료서비스는 공적인 성격을 가지고 있어, 그 결과를 수치로만 판단할 수 없다. 또한 수치화되지 않는 특성이 존재하기 때문에 본 연구에서는 의료서비스에서 측정할 수 있는 영역인 인력과 자원을 가지고 분석하였다. 따라서 변수의 복잡성으로 인해 분석 결과가 실제 자원의 배치 적합도와 차이가 있을 수 있다.

DEA 분석 방법의 한계점으로는 효율성 평가 시 전체를 비교 집단으로 사용하지 못하고 산출과 투입의 비슷

한 규모를 갖는 DMU를 비교 대상으로 하기 때문에 모든 집단을 대상으로 한 일률적인 평가를 하기 곤란하다[19]. 또한, 분석 대상이 내재적으로 안고 있는 비효율성을 밝혀내지 못하고, 변수의 선정과 평가대상의 선정에 따라 결과가 변화할 수 있음을 조심해야 한다. DEA는 극점들의 영향력이 크기 때문에 변수 선정에 매우 민감하게 반응하기 때문에[5] 분석에 있어 의미 있는 결과를 도출하기 위해서는 DMU의 수와 투입 및 산출변수의 수 사이에 일정한 관계를 요구한다[19]. 가장 권장되는 기준은 DMU의 수가 투입 및 산출 요소 수의 합보다 3배 이상 커야 한다는 것이다[13]. 그리고 DEA는 상대적 효율성을 측정하기 때문에 효율성 점수가 1로 계산된 DMU에 대해서는 어떠한 효율성 정보도 제공해 주지 못하므로 개선이 필요 없는 최선의 효율적 단위로 단정 지을 수는 없는 한계점을 시사한다[13]. 다른 국가들과 비교하였을 때 한국은 의료산업이 상대적으로 발달한 국가에 속한다. 하지만 지역적으로는 근처 병원의 의료자원이나, 접근성으로 인하여 의료서비스의 빈부격차를 느낄 수 있다. 본 연구는 한국의 의료서비스 빈부격차 문제를 해결하기 위해 보건의료자원의 영향력을 파악하고, 의료기관 접근성을 비교하여 효율성을 검토하는 데에 초점을 맞추었다. 연구 결과를 통해 지역적으로 의료 접근성을 파악하고 개선하는 방안을 도출하였으며, 의료서비스의 효율성을 높이기 위해 의료기관 접근성 요인들을 적극적으로 활용할 수 있음을 확인하였다. 향후 의료서비스 계획과 개선 정책 수립에 있어서는 이러한 연구 결과를 활용함으로써 의료 접근성의 개선과 격차 축소를 효과적으로 이루어 낼 수 있을 것이다. 정부 및 관련 기관들은 이러한 연구를 참고하여 지역 의료서비스 개선에 집중하고, 지속적인 평가와 개선을 통해 국민의 건강과 복지를 증진할 수 있는 의료정책을 수립에 활용할 수 있을 것이다. 본 연구의 결과와 기대효과는 의료서비스를 개선하고 사회적 만족도를 향상하는 데에 큰 도움이 될 것으로 기대한다. 이러한 연구는 미래에도 지속적인 의료서비스 개선과 국민 건강 증진을 위한 중요한 기반이 될 것으로 판단된다.

References

- [1] W. B. Park, Intractable disparities in public healthcare supply and utilization across regions, Hwaseong Shinbo, 2021, Oct. 21, Available From: <http://www.whosaeng.com/131231>, (accessed 2023.06.15.)
- [2] K. J. Hong, Regional differences in nurse staffing levels and their impact on patient outcomes in long-term care hospitals. *Journal of Korean Academy of Nursing Administration*, vol. 26, no. 4, pp. 354-364, 2020. DOI: <http://doi.org/10.11111/jkana.2020.26.4.354>
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2021 National Land Survey Report, National Geographic Information Institute, Republic of Korea, pp. 90-124, Available From: <https://map.ngii.go.kr/ms/pblict/nationalYearBook.do>
- [4] Y. C. Byun, S. H. Kim, S. Y. Yoon, & S. E. Lim, "A study on the current situation of facilities for people with disabilities and ways to improve them - Focusing on welfare centers for the disabled", *Korea Health and Social Research Institute*, KOREA, 2005.
- [5] Y. M. Kim, S. W. Baek, "Study on the measures to increase efficiency of the local cultural infrastructures - Focusing on libraries in gwangju, jeollanam-do, and jeollabuk-do", *Journal of Regional Studies*, Vol.23, No.4, pp.63-86, 2015. DOI: <https://doi.org/10.22921/jrs.2015.23.4.004>
- [6] K. H. Kim, A. Park, S. H. Yoo, & N. S. Lee, "Efficiency Analysis of Elderly Welfare Facilities in Gyeonggi Province Using DEA," *Venture and Entrepreneurship Research*, vol.8, no.3, pp. 165-177, 2013. DOI: <https://doi.org/10.16972/APIBVE.8.3.201309.165>
- [7] S. Y. Park, E. K. Cho, G. S. Lee, "How Were the Regional Health Care Resources Used Efficiently in Korea?" *Korean Public Health Research*, Vol. 40, No. 4, pp. 107-119, 2014. DOI: <https://doi.org/10.22900/kphr.2014.40.4.009>
- [8] K. H. Son, A study on the evaluation of efficiency of social welfare agencies using data envelopment analysis (DEA): Focusing on the case of Busan area. *Korean Journal of Social Welfare*, vol. 52, pp. 117-141. 2003.
- [9] G. S. Song, Performance Analysis of Local Public Enterprises by DEA-Malmquist Productivity Index: A Typology Approach. *Korean Journal of Public Administration*, vol. 24, no. 3, pp. 525-544. 2012.
- [10] J. Kim., & D. Y. Kang, Efficiency analysis of domestic apartment construction companies (listed companies) using DEA model. *Journal of the Korea Contents Association*, vol. 8, no. 7, pp. 201-207. 2008.
- [11] H. S. Lee, and K. S. Kim. "Efficiency analysis of Korean steel industry using DEA model," *Journal of the Korean Content Society*, vol.7, no.6 pp. 195-205, 2007. DOI: <https://doi.org/10.7837/kosomes.2017.23.2.161>
- [12] J. Y. Choi, & J. H. Park. "Relative Efficiency Analysis of Domestic Freight Trucking Companies using DEA Model", *Journal of the Korea Contents Association*, vol. 11, no.1, pp. 317-328, 2011. DOI: <https://doi.org/10.12939/FBA.2017.48.1.001>

- [13] D. K. Yeom, & H. D. Shin, "Evaluation of relative efficiency of industry-university cooperation centers using data envelopment analysis (DEA)", Korean Journal of Policy Studies, vol.51, no.1, pp. 293-319, 2013.
- [14] S. M. Lim, "Input-output factor selection method in DEA", Industrial Engineering, no.22. vo.1, pp. 44-55, 2009.
- [15] T. R. Um, H. J. Min, & K. S. Lee, "Analysis of productivity change in Gangwon-do public health centers using the Malmquist productivity index (2006-2013)", Journal of Health Industries and Services, vol.10, no.2, pp. 15-23.
DOI: <https://doi.org/10.12811/kshsm.2016.10.2.015>
- [16] J. Y. Dong, & K. S. Lee, "Analysis of productivity change in regional healthcare resource utilization. Journal of Health Industries and Services", vol.10, no.2, pp. 71-82.
DOI: <https://doi.org/10.12811/kshsm.2016.10.2.071>
- [17] S. A.Park, & C. J. Seo, "The impact of efficient utilization of healthcare resources by region on residents' healthcare utilization", Journal of the Korea Contents Association, vol.22, no.11, pp. 309-321.
DOI: <https://doi.org/10.5392/KCA.2022.22.11.309>
- [18] S. Y. Park, E. K. Cho, and K. S. Lee, "Efficiency analysis of medical resource utilization among regions," Korean Public Health Research, vol. 40, no.4 pp. 107-119, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.22900/kphr.2014.40.4.009>
- [19] C. H. Park, A Study on the Efficiency Analysis of Fish Farms using Super-SBM. Journal of Fisheries Business Administration, vol.41, no.3, pp. 129-151, 2010.

김 경 민(Gyeong-Min Kim)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 2023년 8월 : 제주대학교 경영정보학과 (경영정보학사)
- 2023년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 지속성장데이터사이언스학부 경영정보학과 (경영정보석사)

<관심분야>

정보통신, 인공지능, 딥러닝

조 민 정(Min-Jeong Jo)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 2023년 8월 : 제주대학교 경영정보학과 (경영정보학사)
- 2023년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 지속성장데이터사이언스학부 경영정보학과 (경영정보석사)

<관심분야>

정보경영, 정보통신, 머신러닝, 알고리즘

이 수 경(Soo-Kyoung Lee)

[종신회원]



- 1994년 2월 : 연세대학교 간호대학 간호학과 (학사)
- 2005년 8월 : 연세대학교 보건대학원 보건정보관리학과 (석사)
- 2013년 2월 : 서울대학교 대학원 의료경영과정보학 (박사)
- 2023년 5월 ~ 현재 : 서울대학교 빅데이터혁신융합대학

<관심분야>

헬스테크놀러지, 헬스빅데이터, 머신러닝, 네트워크분석

김 경 민(Gyeong-Min Kim)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 2023년 8월 : 제주대학교 경영정보학과 (경영정보학사)
- 2023년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 지속성장데이터사이언스학부 경영정보학과 (경영정보석사)

<관심분야>

정보통신, 인공지능, 딥러닝

안 진 현(Jinhyun Ahn)

[정회원]



- 2005년 8월 : 고려대학교 컴퓨터교육학과 (이학학사)
- 2007년 8월 : 고려대학교 컴퓨터교육학과 (이학석사)
- 2017년 2월 : 서울대학교 의료경영과정보학 (공학박사)

• 2017년 3월 ~ 2018년 2월 : 서울대학교 의생명식품공학 연구실 선임연구원

• 2018년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 경영정보학과 부교수

<관심분야>

의료정보, 지식그래프, 인공지능