

# 基于 DEA 模型与面板 Tobit 的我国公共卫生资源配置效率研究

朱依曦\* 冯语盈

中国药科大学国际医药商学院 江苏南京 211198

**【摘要】**在“大卫生、大健康”的背景下,随着公共卫生支出和需求的不断增加,如何公平、高效的配置公共卫生资源成为政府亟待解决的重要问题。本文基于2013—2020年全国31个省域的相关指标数据,首先采用投入导向的三阶段DEA模型对我国公共卫生资源的整体和分地区配置效率进行测算,并构建提出外部环境因素和随机误差的Malmquist生产率指数对配置效率进行动态评价;此后基于受限随机效应面板Tobit模型检验外部经济因素和人口特征对公共卫生资源配置效率的影响。研究结果显示,我国各地区公共卫生资源整体配置效率过低主要是由于规模效率不高所致,而历年配置效率的生产率表明,技术进步是制约其提升的主要原因,经济发展水平是促进公共卫生资源配置效率优化的重要因素,而过大的投入规模则是阻碍公共卫生资源配置效率优化的关键因素。相对于其他人口学特征,地区内的老年人口比重对于公共卫生资源优化配置效率具有更为显著的影响。最后,本文据此提出一系列优化我国公共卫生资源配置效率的政策建议。

**【关键词】**公共卫生资源;配置效率;三阶段DEA模型;面板Tobit

中图分类号:R197 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1674-2982.2022.12.008

## A study on public health resource allocation efficiency in China: Based on DEA model and Panel Tobit

ZHU Yi-xi, FENG Yu-ying

School of International Pharmaceutical Business, China Pharmaceutical University, Nanjing Jiangsu 211198, China

**【Abstract】**With the continuous increase of public health expenditure and demand, how to allocate public health resources fairly and efficiently has become an important issue for the Chinese government that urgently awaits a solution under the background of Great Health. Taking advantage of related index data from 31 provinces and regions of China during the years of 2013—2020, this paper first used input-oriented three-stage DEA model to evaluate the overall and regional allocation efficiency of public health resources in China, and dynamically reviewed the allocation efficiency by constructing Malmquist productivity index with environmental factors and random errors excluded; then, the work tested the impact of external economic factors and population characteristics on the overall allocation efficiency of public health resources by using the restricted random effect Panel Tobit model. The results showed that the main reason of low overall allocation efficiency across all regions of China is due to the low level of scale efficiency. Meanwhile, the productivity of allocation efficiency over the years showed that technological progress is the main reason that restricted its improvement, and the level of economic development is a major factor for promoting the optimization of public health resource allocation efficiency, whereas an excessive scale of investment is a key impeding factor of this optimization. Compared with other population characteristics, it was found that the proportion of the elderly population in a region has a more significant impact on the optimization of public health resource

\* 基金项目:江苏省高校哲学社会科学项目(2018SJA0056)

作者简介:朱依曦(1984年—),女,讲师,主要研究方向为医疗保障政策,卫生经济学。E-mail:cpuzhuyixi@outlook.com

allocation efficiency. Finally, this paper put forward a series of suggested policies for optimizing the public health resource allocation efficiency of China.

**【Key words】** Public health resources; Allocation efficiency; Three-stage DEA model; Panel Tobit

## 1 引言

深化医疗卫生体制改革至今已有十余年,在此期间公共卫生资源配置的效率是否与我国各地经济、人口的发展情况相协调已成为重要课题。随着公共卫生支出和需求的不断增加,评价和优化公共卫生资源的配置效率已成为中国社会的当务之急。在“大卫生、大健康”的背景下,如何公平、高效的配置公共卫生资源是亟待解决的重要问题。

针对卫生资源配置效率的评估,现有研究主要从区域性和全国性两个层面展开。区域研究方面,姚萱等运用 Malmquist 指数评价了乌鲁木齐 2007—2015 基层医疗卫生机构的资源配置效率的情况<sup>[1]</sup>;梁黎明等则对天津 16 个辖区的基本公共卫生服务效率进行评价<sup>[2]</sup>;林小丹等结合描述性分析和 HARD 分析,评估了广东省 2013—2019 年的卫生资源配置现状及公平性<sup>[3]</sup>。全国性研究方面,郝义彬等采用基尼系数、泰尔指数对全国医疗资源配置进行公平性分析<sup>[4]</sup>;赵康普等运用 DEA 对全国各地区的基层卫生资源配置效率进行评价<sup>[5]</sup>;阮智慧等则运用集聚指数、熵权法和 DEA 对我国公共卫生资源的利用效率进行分析<sup>[6]</sup>。

综上所述,现有研究主要采用传统 DEA 模型对公共卫生资源的配置效率进行分析,然而由于公共卫生资源存在集聚效应,配置具有显著的地区差异性,受到地区内资源禀赋、经济水平等环境因素的影响较大,而传统 DEA 模型在进行效率测算时无法识别环境因素,从而会造成结果偏差。同时,目前研究的相关结论主要针对效率的数值变化进行阐述,鲜少有对影响配置效率的因素进行探索和讨论的研究。

鉴于此,本文首先采用三阶段 DEA 模型剔除外部环境因素,利用 2013—2020 年全国 31 个省域的相关数据,对我国公共卫生资源整体和分地区的配置效率进行分析,并在此基础上构建剔除外部环境和随机误差的 Malmquist 生产率指数,动态考察我国公共卫生资源配置的发展趋势。最后采用受限随机效应面板 Tobit 模型对影响我国公共卫生资源配置的影响因

素进行探索,通过上述研究,以期寻找优化公共卫生资源配置的有效途径,提高公共卫生资源的公众可及性。

## 2 我国公共卫生资源配置效率评价

### 2.1 研究方法 with 指标选取

#### 2.1.1 三阶段 DEA 模型的构建

本文采用 Fried 等人提出的三阶段 DEA 方法对我国公共卫生资源配置效率进行测度。<sup>[7]</sup>该方法将传统数据包络分析(Data envelopment analysis, DEA)方法和随计前沿方法(Stochastic frontier approach, SFA)相结合,在控制外部环境因素和随机误差影响后对效率进行测度。具体的模型构建过程如下:

首先,采用传统 DEA 模型进行数据分析,从管理角度出发,本文选取投入导向的 BCC 模型对配置效率进行测度。

定义  $x_{ij}$  表示  $j$  地区的评价指标体系中的第  $i$  个投入指标,  $m$  为投入指标的个数;  $y_{rj}$  表示  $j$  地区的评价指标体系中的第  $r$  个产出指标,  $s$  为产出指标的个数。则此时公共卫生资源配置效率与约束条件满足方程(1):

$$\begin{aligned} \min \theta - \varepsilon & \left( \sum_{r=1}^s S_r^+ + \sum_{i=1}^m S_i^- \right) \\ \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- = \theta x_{ik}; \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + S_r^+ = y_{rk}; \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1; \\ & \lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n; \\ & i = 1, 2, \dots, m; \quad r = 1, 2, \dots, s \end{aligned} \quad (1)$$

其中,  $\theta$  表示技术效率;  $S_r^+$  和  $S_i^-$  为松弛变量,分别表示产出不足和投入冗余的部分。

接下来,本文将构建各投入松弛变量与环境因素的 SFA 模型,以剥离出环境因素和统计误差对配置效率的干扰,从而区分技术无效率的来源,使各决策单元在公平的运营环境和统计误差下进行比较。具体构建过程如下:定义  $Z_{ej}$  表示  $j$  地区的外部环境因素( $e = 1, 2, \dots, p$ )。首先从 SFA 模型的混合误差中把随机误差从管理无效率中分离出来,在估计管理无效率的条件期望  $E[v_{ij} | v_{ij} + u_{ij}]$  的基础上,可以通过方程(2)得到随机误差的估计:

$$E[v_{ij} | v_{ij} + u_{ij}] = s_{ij} - \alpha Z_{ij} - E[u_{ij} | v_{ij} + u_{ij}] \quad (2)$$

其次,利用 SFA 的回归结果,从原始投入值中减去外部环境影响和随机干扰,并将结果定义为调整后的投入值。将方程(2)代入,得到  $j$  地区公共卫生资源投入  $i$  的调整值  $adx_{ij}$  如方程(3)所示:

$$adx_{ij} = x_{ij} + [\max_j \{Z_i \alpha_i\} - Z_j \alpha_j] + [\max_j \{v_{ij}\} - v_{ij}] \quad (3)$$

最后,基于方程(3)计算出的调整后的投入值和初始产出值,再次使用方程(1)计算公共卫生资源配置效率。此时所计算的效率值则是控制了外部环境因素后的最终结果。

### 2.1.2 Malmquist 生产率指数的计算

以  $t$  期技术为基准,从时期  $t$  到时期  $t+1$  生产率变化的 Malmquist 指数及其分解如式(4)所示,式中  $(x_{t+1}, y_{t+1})$  和  $(x_t, y_t)$  分别表示时期  $t+1$  和时期  $t$  的投入和产出向量;  $d_0^t$  和  $d_0^{t+1}$  分别表示以时期  $t$  的技术  $T_t$  为参照,时期  $t$  到时期  $t+1$  的距离函数。

$$M_0(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \times \left[ \frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{d_0^t(x_t, y_t)}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2} = EC \times TP \quad (4)$$

公式左端的 Malmquist 指数可以分解为不变规模报酬假定下的技术效率变化指数( EC)和技术进步指数(TP),其中 EC 指数测度了从时期  $t$  到时期  $t+1$  每一个决策单元对生产可能性边界的追赶程度;TP 指数测度了技术边界在时期  $t$  到时期  $t+1$  之间的移动情况。

### 2.1.3 指标选取与数据来源

本文基于已有文献研究以及《国家公共卫生服务规范》,同时考虑公共卫生服务与其他医疗机构服务的差异性,选取甲乙类法定报告传染病发病率、孕产妇保健系统管理率和 3 岁以下儿童系统管理率作为产出指标,专业公共卫生机构数、公共卫生机构人员数以及公共卫生机构床位数作为投入指标,地区内 GDP 总量作为环境变量,各地区历年相关指标的数据均来源于《中国卫生和计划生育统计年鉴》(2014—2017)和《中国卫生健康统计年鉴》(2018—2021)。

## 2.2 结果分析

### 2.2.1 配置效率及其分解

首先本文应用 BCC 模型,测算了 2013—2020 年我国公共卫生资源配置效率基期分解效率值,结果如表 1 所示。

表 1 我国历年公共卫生资源配置效率及其分解效率值

	综合效率	纯技术效率	规模效率
2013	0.215	0.928	0.232
2014	0.278	0.942	0.295
2015	0.296	0.964	0.307
2016	0.336	0.969	0.341
2017	0.359	0.966	0.365
2018	0.367	0.965	0.374
2019	0.384	0.974	0.39
2020	0.377	0.985	0.381
均值	0.327	0.962	0.336

从表 1 可以看出,2013—2020 年我国公共卫生资源配置效率值均值为 0.327,说明我国公共卫生资源配置效率还处于非常低的水平,尚有很大的提升空间。进一步对综合效率进行分解可以发现,历年公共卫生资源配置中纯技术效率均值为 0.962,规模效率均值为 0.336。这一结果表明,相对于纯技术效率,制约我国公共卫生资源配置效率整体提升的原因主要是规模效率过低。由于纯技术效率的经济涵义主要体现在制度安排及管理等方面,规模效率的经济涵义主要体现在生产规模与资源优化配置等方面。<sup>[8]</sup>因此,对上述结果进一步分析,可以发现,目前我国公共卫生资源配置的制度安排与管理水平已经相对较高,但相对应的,规模与公共卫生资源的投入并不匹配,造成规模效率无法充分释放。纯技术效率与规模效率相互冲抵,导致我国公共卫生资源整体配置效率还处于较低水平。

本文进一步对各省域的公共卫生资源配置效率及其分解值进行分析,以考察不同地区效率水平的差异,结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出,虽然我国大多数省份的公共卫生资源整体配置效率还处于较低水平,但各省公共卫生资源配置的纯技术效率具有较高水平,年均纯技术效率均在 0.9 以上,说明目前各省社会保障部门在制度安排和管理能力方面已经到了较优水平,较低的配置效率主要是由于规模效率不高所导致的。更进一步,天津、青海、上海、北京等地则由于规模效率较高,从而具有较高的整体配置效率,这些地区的年均配置效率均在 0.8 以上。另一方面,河南、山东等部分省份整体配置效率较低则主要是由于规模效率较低所致,同时各省规模报酬类型均为递减,这说明对于各省公共卫生资源而言,持续扩大规模将会导致规模不经济。因此,对于各省域来说,要提高公共卫生资源的配置效率,首先需要从规模入手,适当调整规模,与资源投入相匹配,促进规模

经济的形成,释放规模效率,从而提高公共卫生资源的整体配置效率。

表 2 各地区公共卫生资源配置效率及其分解效率平均值

地区	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
北京	0.8166	0.993	0.8228	递减
天津	0.9814	0.9982	0.9832	递减
河北	0.1226	0.933	0.1314	递减
山西	0.2238	0.9272	0.2414	递减
内蒙古	0.2374	0.989	0.2398	递减
辽宁	0.2346	0.9642	0.243	递减
吉林	0.2948	0.951	0.3096	递减
黑龙江	0.1808	0.9678	0.187	递减
上海	0.8394	0.9986	0.8406	递减
江苏	0.1372	0.986	0.1394	递减
浙江	0.2266	0.999	0.2268	递减
安徽	0.1882	0.9204	0.2038	递减
福建	0.2212	0.9748	0.2266	递减
江西	0.15	0.954	0.1568	递减
山东	0.082	0.9578	0.0856	递减
河南	0.0678	0.9072	0.0746	递减
湖北	0.1876	0.9732	0.1926	递减
湖南	0.1272	0.985	0.1286	递减
广东	0.098	0.9864	0.0994	递减
广西	0.096	0.9858	0.0972	递减
海南	1	1	1	递减
重庆	0.628	0.963	0.652	递减
四川	0.1264	0.9822	0.1286	递减
贵州	0.2686	0.9502	0.2824	递减
云南	0.1682	0.9366	0.1796	递减
西藏	1	1	1	固定
陕西	0.161	0.9802	0.1642	递减
甘肃	0.1512	0.9616	0.1572	递减
青海	0.9732	1	0.9732	固定
宁夏	1	1	1	固定
新疆	0.309	0.9988	0.3094	递减
全国	0.3646	0.9718	0.3702	—

2.2.2 全要素生产率增长及其分解

本文采用 Malmquist 生产率指数对各地区公共卫生资源配置的全要素生产率指数及其分解指数进行测算,其中投入和产出均采用剔除了环境影响因素之后的数值,结果如表 3 所示。

表 3 我国公共卫生资源配置 Malmquist 生产率指数及其分解指数

年份	生产率指数	技术进步指数	技术效率变化指数
2013—2014	1.048	0.913	1.148
2014—2015	1.017	0.899	1.132
2015—2016	1.064	0.951	1.119
2016—2017	1.078	0.954	1.130
2017—2018	1.027	0.984	1.044
2019—2019	1.054	0.966	1.090
2019—2020	1.241	0.907	1.368

根据表 3 结果,可以看出,我国公共卫生资源配置效率呈现出增长趋势,而从生产率指数的分解来看,各时期技术效率变化指数均大于 1,而技术进步指数均小于 1,这表明我国公共卫生资源配置的技术效率相较于上一年均得到了改善,而技术进步指数相较于上一年均出现了下降趋势。结合表 1 和表 2 的结果分析,生产率的改善主要得益于纯技术效率较高,即公共卫生资源配置的制度安排和管理水平较高。另一方面,技术进步表示前沿面的向外移动,其经济含义是在不增加投入要素的条件下,仅仅由于技术进步而增加产出。从产出角度来看,在公共卫生资源投入的早期阶段,加大投入可以获得较大的产出,从而提高配置效率;但随着经济的发展以及人们对于公共卫生资源需求的不断提高,需要相对应的制度安排与管理创新来匹配规模的发展,否则将制约产出的提升,从而导致技术前沿曲线下移。从投入角度来看,由于社会保障的公共事业属性,卫生资源的投入并不一定会转化为相应的卫生产出,盲目扩大投入规模,造成冗余,产生规模不经济,也将造成技术前沿曲线下移,从而阻碍技术进步的发生。

3 基于面板 Tobit 的公共卫生资源配置影响因素分析

为了更加深入的分析影响我国公共卫生资源配置效率的各种外部环境因素,本文将上述公共卫生资源整体配置效率作为因变量,利用受限 Tobit 随机效应面板模型对各种可能影响公共卫生资源配置效率的环境因素进行实证分析。

3.1 变量说明与模型建立

根据本研究的需要,构建回归模型,首先,公共卫生资源在地区内的配置会受到当地宏观经济运行状况的影响,本文引入地区人均 GDP (RGDP) 和城镇化水平 (PUP) 来表示地区内的经济发展水平,其中城镇化水平采用城市人口占总人口的比重来衡量。另一方面,地区内对公共卫生资源的支出是各地区财政支出中的主要组成部分,也体现了当地卫生事业的资金支持与组织规划的能力,本文引入公共预算支出中的卫生健康支出 (HE) 来表示对公共卫生资源的投入。其次,由于针对老年人群的疾病防治是公共卫生工作中最为重要的一环,因此,地区内老年人口比重增加会引起对公共卫生资源的需求上升,同时也对地区内卫生资源规划与配置提出更高

的要求,本文引入老年人口抚养比(*EDR*)这一解释变量,以每 100 名劳动年龄人口所需负担的老年人口数来衡量。再次,人口结构可以体现地区内教育、医疗、交通等公共服务的水平,对于公共卫生资源配置的影响较大,本文引入文盲人口比重(*KLP*),即文盲人口占 15 岁以上人口的比重,来反映地区人口统计学指标对于公共卫生资源配置效率的相关影响。

由于公共卫生资源的配置效率是一个数值介于 0~1 的受限变量,如果采用传统的线性方法对模型直接进行回归可能会产生负的拟合值。因此,本文将采用处理受限因变量的面板 Tobit 模型来检验配置效率的影响因素。同时,对于面板数据而言,固定效应的 Tobit 模型通常难以得到一致的估计值,所以本文将采用随机效应 Tobit 模型进行分析,并对自变量取对数以消除变量间的多重共线性和异方差性。具体的回归模型如方程式(5)所示:

$$y_{it} = \beta_1 \ln PGDP_{it} + \beta_2 \ln PUP_{it} + \beta_3 \ln HE_{it} + \beta_4 \ln EDR_{it} + \beta_5 \ln KLP_{it} + u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, $u_{it}$ 为公共卫生资源配置不可预测的地区效应, $\varepsilon_{it}$ 为随机干扰项, $i$ 代表地区截面, $t$ 代表时间。

### 3.2 计量回归结果分析

本文运用 Stata16.0 软件对方程(5)所示的受限 Tobit 随机效应面板模型进行回归。根据解释变量的不同,本文估计了三个受限 Tobit 随机效应面板模型,模型 1、2 分别考察了外部环境宏观经济运行状况以及人口特征对公共卫生资源配置效率的影响,模型 3 考察了所有变量对公共卫生资源配置效率的影响。三个模型的受限回归结果如表 4 所示。

表 4 我国公共卫生资源配置效率影响因素的 Tobit 随机效应面板估计结果

解释变量	模型 1	模型 2	模型 3
<i>PGDP</i>	0.15*** (3.98)		0.17*** (4.89)
<i>PUP</i>	0.14* (1.62)		0.28*** (2.76)
<i>HE</i>	-0.07** (-1.88)		-0.12*** (-3.38)
<i>EDR</i>		0.04** (2.21)	0.16*** (4.05)
<i>KLP</i>		-0.06*** (-6.15)	-0.05*** (-2.72)
个体效应标准差	0.32	0.39	0.32
随机干扰项标准差	0.03	0.03	0.03
<i>Rho</i>	0.9908	0.9942	0.9926
似然比	171.47	169.58	184.12

注: \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示  $P < 0.1$ ,  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ 。

从表 4 可以看出,模型的估计结果较为理想。三个模型的个体效应标准差和随机干扰项标准差均比较小,*Rho* 值均接近 1.0000,说明个体效应的变化主要解释了各省域公共卫生资源配置效率的变化。此外,估计结果的似然比值说明三个模型的拟合优度均较好。

对实证结果做进一步的分析:

(1)从模型 1 的结果可以看出,人均 GDP 和城镇化水平的系数为正, $P < 0.01$ 。这说明,各省市的经济发展水平对公共卫生资源的配置效率具有显著的促进作用,这与本文对于效率的分析结论一致。经济越发达的地区,相应的公共卫生资源的配置效率也越高。另一方面,公共卫生资源支出的系数为负, $P < 0.05$ 。这说明,公共卫生资源的支出对于配置效率具有显著的阻碍作用。由于公共卫生支出包括支出数额与支出结构两方面,基于上文对于效率的分析,支出总量过剩以及支出结构的不合理,都会阻碍配置效率的改善。这也与上文对于效率的分析结论一致,目前我国大多数省域公共卫生资源配置的规模报酬类型为递减,盲目增加卫生资源的投入,并不能带来规模效率的提高,如果持续扩大规模,容易造成规模不经济,反而会制约规模效率,从而造成整体资源配置效率的下降。

(2)从模型 2 的结果可以看出,老年人口抚养比的系数为正, $P < 0.05$ 。这说明,老年人口抚养比会促进地区内的公共卫生资源的配置效率。对于有限的公共卫生资源而言,较高的老年人口比重意味着对公共卫生资源较高的需求,从而促使保障部门进一步扩大地区内公共卫生资源的投入规模,并对相应的管理水平进行改善,加速配置效率的不断优化。另一方面,文盲人口比重的系数为负, $P < 0.01$ ,说明文盲人口比重对公共卫生资源的配置效率具有显著的阻碍作用。地区内受教育人口的比重越高,对于公共卫生资源利用效率的要求也越高,因而能够刺激公共卫生资源配置效率的优化。

(3)通过模型 3 的结果可以看出,外部环境、宏观经济运行状况以及人口特征对于公共卫生资源配置效率具有显著影响。就公共卫生事业的整体发展来看,经济发展水平是促进公共卫生资源配置效率优化的重要因素,而过大的投入规模则是阻碍公共卫生资源配置效率优化的关键因素。结合模型 2 的结果可以发现,相对于其他人口学特征,地区内的老

年人口比重对于公共卫生资源优化配置效率具有更为显著的影响。

#### 4 结论与建议

本文的效率测算结果显示,我国各地区公共卫生资源整体配置效率还处于较低水平,主要是由于规模效率不高所致,历年配置效率的生产率表明,技术进步是制约其提升的主要原因。计量回归结果显示,经济发展水平是促进公共卫生资源配置效率优化的重要因素,而过大的投入规模则是阻碍公共卫生资源配置效率优化的关键因素。相对于其他人口学特征,地区内的老年人口比重对于公共卫生资源优化配置效率具有更为显著的影响。

基于以上研究结论,为了有效提高我国公共卫生资源优化配置效率,本文提出以下两点政策建议:(1)优化公共卫生资源的投入规模与结构。由于公共卫生资源较低的配置效率主要是由于规模效率过低所导致,并且规模报酬类型属于规模递减,因此对于公共卫生资源的投入不能习惯性的以加大投入规模的方式为主,应该通过适当的结构性调整,提高绝对规模投入下的公共卫生资源产出。(2)促进公共卫生资源服务的经济能动性。由于公共卫生资源的配置效率受到外部宏观经济运行状况的影响比较大,因此,对于经济较为落后的地区来说,应当通过提高区域整体经济发展水平,促进整体公共卫生资源配置的效率。

作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

#### 参 考 文 献

- [1] 姚莹,赵延芳,买买提·牙森,等. 乌鲁木齐市基层医疗卫生资源配置效率研究[J]. 中国卫生资源, 2017, 20(2): 136-141.
- [2] 梁黎明,王延赏,王鑫峰,等. 基于超效率 DEA 的天津市基本公共卫生配置资源效率研究[J]. 中国农村卫生事业管理, 2020, 40(4): 246-250.
- [3] 林小丹,徐碧霞,姚卫光. 广东省专业公共卫生机构卫生资源配置公平性分析[J]. 现代预防医学, 2021, 48(10): 1839-1842, 1853.
- [4] 郝义彬,裴青燕,鲁锋,等. “十二五”末期我国医疗卫生资源配置的公平性及效率研究[J]. 中国卫生资源, 2017, 20(6): 511-515.
- [5] 赵康普,马爽. 基于 DEA 的全国各地基层卫生资源配置效率分析[J]. 中国医院, 2021, 25(12): 27-30.
- [6] 阮智慧,钱爱兵. 基于集聚度和 DEA 模型的我国公共卫生资源公平与效率分析[J]. 卫生软科学, 2022, 36(1): 54-57.
- [7] Fried, Lovellm, Chimidt, et al. Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002, 17(1): 157-174.
- [8] 白俊红,江可申,李婧. 中国地区研发创新的技术效率与技术进步[J]. 科研管理, 2010, 31(6): 7-18.

[收稿日期:2022-08-19 修回日期:2022-11-29]

(编辑 薛云)