

## 2011—2020年江苏省医疗卫生资源配置效率分析\*

史卫红<sup>①</sup>, 乔学斌<sup>②</sup>, 姜 仑<sup>③</sup>, 周致用<sup>①</sup>, 魏志明<sup>①</sup>, 刘 红<sup>①</sup>

**摘要** 目的: 分析2011—2020年江苏省13个地区医疗卫生资源配置状况和各地区医疗机构服务的产出效率, 为改善卫生资源配置效率提供参考。方法: 采用DEA-BCC和DEA-Malmquist模型分析卫生资源输入与产出的静态及动态效率。结果: 2020年江苏省全要素生产率指数均值为0.993, 表明医疗服务产出效率整体有所下降, 平均降低0.3%。其中技术进步指数变动幅度不大, 反应服务创新能力停滞不前; 2011—2020年江苏省13个地区中, Malmquist生产率指数5个大于1, 7个小于1, 说明大部分地区有不同程度的卫生服务输入与产出效率下降。结论: 江苏省医疗卫生资源配置存在地区差异性、综合效率欠佳、创新能力停滞不前, 需要加快薄弱地区的技术创新和区域协同, 合理规划和调控, 提升医疗卫生资源利用效率。

**关键词** 卫生资源配置; 配置效率; DEA-Malmquist指数; 全要素生产率; 江苏

**中图分类号** R1-9; F207 **文献标志码** A **文章编号** 1003-0743(2023)01-0047-05

Efficiency Analysis on the Medical and Health Service Resource Allocation in Jiangsu Province from 2011 to 2020/SHI Wei-hong, QIAO Xue-bin, JIANG Lun, et al./Chinese Health Economics, 2023, 42(1): 47-51

**Abstract Objective:** To analyze the allocation of health resources and the service output efficiency of medical institutions in 13 regions of Jiangsu Province from 2011 to 2020, so as to provide references for improving the allocation efficiency of health resources. **Methods:** DEA-BCC and DEA-Malmquist models were used to analyze the static and dynamic efficiency of input and output of health resources. **Results:** In 2020, the average value of total factor productivity index of Jiangsu Province was 0.993, indicating that the output efficiency of medical services decreased on the whole, with an average reduction of 0.3%. Among them, the change range of technological progress index was small, and the ability of service innovation was stagnant. From 2011 to 2020, among the total factor productivity index in the 13 regions, 5 regions were greater than 1 and 7 regions were less than 1, indicating that the efficiency of service output declined in most regions. **Conclusions:** There were regional differences in the allocation of medical and health resources, poor comprehensive efficiency and stagnant innovation ability in Jiangsu. It was necessary to accelerate technological innovation and regional coordination in weak areas, make reasonable planning and regulation, and improve the utilization efficiency of health resources.

**Keywords** health service resource; allocation efficiency; DEA-Malmquist Index; total factor productivity; Jiangsu

**First-author's address** Jiangsu Primary Health Development and General Health Education Research Center, Jiangsu Vocational College of Medicine, Nanjing, 224000, China

**Corresponding author** QIAO Xui-bin, E-mail: qiaoxb.njmu@edu.cn

合理的医疗卫生资源布局和高效率的资源配置效率是筑牢医疗卫生服务体系根基的基本要素。目前, 医疗卫生资源配置动态变化的研究已见有报道<sup>[1]</sup>, 但对现阶段江苏各地区医疗卫生机构的服务效率、资源配置的动态研究还相对较少。本研究主要采用数据包络中的DEA变量规模回归模型和DEA-Malmquist模型<sup>[2]</sup>分析新医改以来江苏省13个地区医疗卫生服务产出效率, 并进行静态和动态综合评价, 旨在评估静态和动态结果是否达到的最佳运行, 为江苏省提高卫生资源

配置效率提供参考建议。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料来源

依据国内外关于医疗卫生服务产出效率相关研究指标<sup>[3]</sup>, 评估指标的分析力、代表性和可操作性, 并咨询专家确定。最终明确选择输入指标为医疗机构执业(助理)医师数、注册护士数、医疗机构数量及床位数, 而输出指标为年诊疗人次及年入院人数, 并分析服务输出效率。在DEA模型评价中, 必须满足“最小样本容量 $K$ (决策单元数)要大于或等于总投入指标数 $M$ 和总产出指标数 $N$ 个数乘积的2倍”条件, 即:  $2(M+N) \leq K$ <sup>[2]</sup>, 并分别代入CRS与VRS应用模型中。数据来源于历年的“江苏省卫生和计划生育统计年鉴”或“江苏省卫生健康统计年鉴”。

### 1.2 研究方法

1.2.1 DEA变量规模回归模型。数据包络分析法(data envelopment analysis, DEA)是由Charnes、Coopor和Rhodes于1978年提出的一种数据分析法<sup>[4]</sup>。DEA通过优化每个决策单元(DMU)的加权输出和加权输入

\* 基金项目: 江苏高校哲学社会科学重点研究基地重点项目(2019A02); 盐城市社科联基金项目(22skB95); 江苏省教育科学“十四五”规划课题(D202103115)。

① 江苏医药职业学院江苏基层卫生发展与全科医学教育研究中心 南京 224000

② 南京中医药大学 南京 210000

③ 江苏省卫生健康委员会 南京 210000

作者简介: 史卫红(1967—), 女, 博士学位, 教授; 研究方向: 全科医学教育、基层医疗服务; E-mail: ycweihongs@sina.com。

通信作者: 乔学斌, E-mail: qiaoxb.njmu@edu.cn。

之间的比率来建立一个效率边界，DMU的集合应该包含相对同质的DMU。效率边界通常由输入和产出的技术有效组合来表示，这个边界描述了底层输入可以产生最大产出<sup>[4]</sup>。

Farrell<sup>[5]</sup>提出使用持续规模回归(CRS)模型，Chames<sup>[6]</sup>等开发了变量规模回归(VRS)模型。DEA技术的使用可获得3种类型的效率：CRS模型提供的技术效率(TE)、VRS模型提供的纯技术效率(PTE)以及从公式中获得的规模效率(SE)。CRS分数=VRS分数×规模效率(TE=PTE×SE)。因此，将DMU的技术效率分解为纯粹的技术效率和规模效率，这意味着，纯粹的技术效率包括不属于偏离最优规模的技术效率。此外，规模效率衡量了DMU偏离最优规模的程度，规模效率允许决策者选择达到预期生产水平所需的最佳资源量及不适宜的操作规模所导致的低效率。CRS模型只能说明技术效率，不能准确反映纯技术效率和规模效率<sup>[2,7]</sup>。VRS技术效率应用更为广泛，VRS中有效DMU的数量等于或更多，并且假设的分数也等于或更大。与VRS边界相比，CRS边界容易降低对资源利用率的估计和产量的提高，VRS技术模型对应着输入和产出处于变化状态的更广泛的资源<sup>[8]</sup>。

本研究将江苏省13个地区作为决策单位，每个市代表一个DMU<sub>i</sub> (i=1, ..., 13)，并使用4个输入 $X_i=(X_{1i}, X_{2i}, X_{3i}, X_{4i})$ 产生两个输出 $Y_i=(Y_{1i}, Y_{2i})$ 。基于BCC-VRS模型分别代入CRS模型和VRS模型，评价2020年江苏省医疗卫生服务输出的相对效率。

1.2.2 DEA-Malmquist模型。追求效率和生产力是卫生系统的一个中心目标，必须遏制资源的浪费，以确保人口在不承受财政困难的情况下可持续地获得所需和

有效的保健服务。但卫生机构的特殊性在于，它们有大量的投入和产出，其中许多投入难以通过价格来表达。生产率可以表示为输出和输入之间的比率，其中每个输入水平可达到的最大输出表示生产前沿<sup>[9]</sup>。

根据Malmquis的概念，Kakemam等<sup>[10-11]</sup>开发了基于DEA-Malmquis指数法的总因子生产率，以包括所有生产的因子。它依赖于DEA，并测量时间点 $t$ 和 $t+1$ 之间的特定值的生产率变化是指决策单元在一段时间内的生产力的变化，被定义为每单位输入的产出水平，其组成部分为效率变化和技术变化。常用DEA模型-Malmquis指数法检验生产率的变化<sup>[12-13]</sup>。ECH表示技术效率的变化，而TECH表示不同时间点之间的技术差异。即Malmquist指数决定了扩散和学习(效率变化或追赶效应)和创新(技术变化)对生产率变化的贡献。Malmquis的生产力指数被分为两个要素：第一个要素是效率的技术变化(ECH，追赶效应)，第二个要素是技术变革(TECH，前沿转移效应)<sup>[14]</sup>。

Malmquist生产率(全要素生产率)指数(TFPCH)的变化是ECH和TECH的乘积(TFPCH=ECH×TECH)，如果该指数大于1，则生产率在 $t$ 和 $t+1$ 时间点之间增加。否则，如果TFP小于1，生产力下降；如果TFP等于1，生产力停滞<sup>[15]</sup>。

## 2 研究结果

### 2.1 各市医疗机构卫生资源输入与产出指标

2020年江苏省13个市的卫生资源输入指标与产出指标见表1。

### 2.2 各市医疗机构卫生资源配置效率DEA结果分析

2.2.1 基于DEA-BCC模型分析2020年医疗服务产出效率。本研究运用了DEA中变量规模回归模型，利用

表1 2020年江苏省各市医疗机构卫生资源投入和产出情况

城市	输入指标				产出指标	
	X <sub>1</sub> : 执业(助理)医师数(人)	X <sub>2</sub> : 注册护士数(人)	X <sub>3</sub> : 医疗机构数(个)	X <sub>4</sub> : 机构床位数(张)	Y <sub>1</sub> : 年诊疗人次(万人次)	Y <sub>2</sub> : 入院人数(万人)
南京市	37 823	45 473	3 439	62 937	7 852	166
无锡市	25 031	27 999	2 952	51 562	5 064	108
徐州市	29 840	33 067	4 552	59 392	5 526	188
常州市	15 408	17 349	1 564	29 327	2 920	69
苏州市	37 185	41 969	3 836	74 684	8 556	170
南通市	22 375	22 437	3 429	49 511	4 045	124
连云港市	13 398	14 879	2 772	28 443	2 620	67
淮安市	14 632	16 697	2 290	30 430	2 567	79
盐城市	21 167	20 307	3 303	43 324	4 347	107
扬州市	13 203	12 800	1 964	26 316	2 301	72
镇江市	8 965	9 678	1 052	17 300	2 152	36
泰州市	14 029	13 728	2 134	30 384	2 304	81
宿迁市	14 733	17 776	2 459	31 396	3 228	90

注：资料来源于国家卫生健康委统计信息中心。

DEAP 2.1 软件将输入指标  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ ，输出指标  $Y_1$ 、 $Y_2$  分别带入 VRS 与 CRS 两种应用模型中进行效率分析，从表 2 中可以看出，2020 年有 7 个 DMU 的纯技术效率和规模效率同为 1，为 DEA 有效，占比 53.85%；有 2 个地区只有一项为 1，为 DEA 弱有效，占比 15.38%；有 4 个地区两项均小于 1，为 DEA 无效，占比 30.77%<sup>[2,7]</sup>。

结合规模效应来看，南通市为递减，表明医疗卫生资源输入大于产出，应适当减少资源配置规模；5 个地区（常州、无锡、扬州、连云港、淮安）规模效应递增，表明这 5 个地区的资源输入增长率低于输出，考虑优势资源输入适度增长或扩大规模，以获更多的产出；7 个地区（南京、徐州、苏州、镇江、泰州、宿迁、盐城）规模效应不变，其卫生资源输入要素配置合理，输入与产出相对已达最大。

表 2 2020 年江苏省各市卫生资源配置效率分析结果

城市	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模效应	DEA 有效性
南京市	1.000	11.000	1.000	不变	有效
无锡市	0.895	0.898	0.997	递增	无效
徐州市	1.000	1.000	1.000	不变	有效
常州市	0.966	1.000	0.966	递增	弱有效
苏州市	1.000	1.000	1.000	不变	有效
南通市	0.983	0.988	0.995	递减	无效
连云港市	0.903	0.923	0.978	递增	无效
淮安市	0.879	0.939	0.936	递增	无效
盐城市	1.000	1.000	1.000	不变	有效
扬州市	0.995	1.000	0.995	递增	弱有效
镇江市	1.000	1.000	1.000	不变	有效
泰州市	1.000	1.000	1.000	不变	有效
宿迁市	1.000	1.000	1.000	不变	有效

2.2.2 松弛变量分析影响 DEA 有效性的原因。S- 和 S+ 分别表示输入和产出指标的松弛变量，前者表明输入冗余程度，后者则为产出不足程度，其为 0 时即表示该单元的输入要素合理，输入与产出达到最大值，实现了 DEA 有效。表 3 中，13 个 DMU 中有 4 个地区（无锡、南通、连云港、淮安）的纯技术效率和规模效率均小于 1，为 DEA 无效，表明这 4 个地区执业（助理）医师数、注册护士数、医疗机构及配置的床位未能被

合理利用<sup>[2,7]</sup>。

表 4 产出指标表明，在输入不变的情况下，淮安市年诊疗人数显现出一定程度的不足，即在该规模下，医疗卫生资源利用不充分，输入与产出达不到帕累托最优条件<sup>[2]</sup>；如达决策单元为 DEA 有效，需增加年诊疗人数至 128.557 万名。这提示要增强医疗水平，提高医疗服务质量，才能吸引更多人就医。可以考虑通过改善技术效率提高医疗卫生资源产出效率，促进 Malmquist 生产率指数提高。

表 4 2020 年江苏省非 DEA 有效城市卫生资源配置产出指标情况

城市	年诊疗人次（万人次）			入院人数（万人）		
	原始值	理想值	S+	原始值	理想值	S+
无锡市	5 064	5 064.000	0.000	108	108	0
南通市	4 045	4 045.000	0.000	124	124	0
连云港市	2 620	2 620.000	0.000	67	67	0
淮安市	2 567	2 695.557	128.557	79	79	0

### 2.3 基于 Malmquist 指数的医疗卫生服务产出效率动态分析

2.3.1 2011—2020 年江苏省整体服务输入与产出效率变动情况。从表 5 可知，2011—2020 年江苏 Malmquist 生产率指数总体上升 5.10%，但均值仅 0.993，表明江苏省医疗卫生服务输入效率整体下降。分解来看，技术效率变化（纯技术效率变化指数增长 0.165、规模效率变化指数增长 0.034）指数增长 0.199，技术进步指数降低 0.084，分析对 Malmquist 生产率指数产生主要影响的为技术进步指数<sup>[8]</sup>。另外，仅 2012—2013 年、2016—2017 年、2018—2019 年江苏医疗卫生服务 Malmquist 生产率指数是上升的，其他年份呈下降趋势。2011—2020 年 Malmquist 生产率指数的均值为 0.993，总产出效率年均降低了 0.70%。技术效率均值为 1.004，技术进步变化均值为 0.997，总生产效率下降是由技术倒退致生产力下降所致，纯技术效率与规模效率分别为 1.003 和 1.001，技术效率提升是源于规模效率的改善<sup>[2,16]</sup>。

2.3.2 2011—2020 年各市服务输入和产出效率变动情况。2011—2020 年，全省 13 个市中，仅南京、南通、常州、扬州和镇江 5 个市 Malmquist 生产率指数大于 1，而其余 8 个市则均小于 1（生产力下降），表明江苏省

表 3 2020 年江苏省非 DEA 有效城市医疗机构输入指标情况

城市	执业（助理）医师数（人）			注册护士数（人）			医疗机构数（个）			机构床位数（张）		
	原始值	理想值	S-	原始值	理想值	S-	原始值	理想值	S-	原始值	理想值	S-
无锡市	25 031.000	22 469.305	2 561.695	27 999.000	25 133.557	2 865.443	2 952.000	2 649.890	302.11	51 562.000	45 126.067	6 435.933
南通市	22 375.000	21 550.046	824.954	22 437.000	22 165.359	271.641	3 429.000	3 311.602	117.398	49 511.000	44 127.454	5 383.546
连云港市	13 398.000	12 370.235	1 027.765	14 879.000	13 737.627	1 141.373	2 772.000	1 850.799	921.201	28 443.000	25 359.246	3 083.754
淮安市	14 632.000	13 738.451	893.549	16 697.000	14 911.415	1 785.585	2 290.000	2 150.154	139.846	30 430.000	28 571.696	1 858.304

表5 2011—2020年江苏省整体医疗卫生服务全要素生产率

年限	综合技术效率变化	技术进步变化	纯技术效率变化	规模效率变化	全要素生产率变化
2011—2012	0.967	0.743	0.996	0.971	0.718
2012—2013	1.044	1.357	1.011	1.033	1.417
2013—2014	1.000	1.016	1.004	0.995	1.015
2014—2015	1.023	0.973	1.010	1.013	0.996
2015—2016	0.982	1.010	0.992	0.989	0.992
2016—2017	0.996	1.022	0.999	0.998	1.018
2017—2018	0.998	0.955	0.990	1.008	0.952
2018—2019	0.856	1.239	0.863	0.993	1.061
2019—2020	1.166	0.659	1.161	1.005	0.769

注：全要素生产率指数总体上升。

13个DMU有不同程度地输出不足和产出下降，其中以无锡、盐城、宿迁3个市幅度较大，其中盐城市最大，达到3.1%（表6）。从全江苏省的均值来看，2011—2020年各市医疗卫生服务输入技术效率变化指数、纯技术效率变化指数、技术进步指数和规模效率均大于1，其中规模效率变化仅为1.001，表明影响医疗卫生服务输入与产出效率主要受规模效率变化指数变动的的影响，说明部分地区医疗机构规模需要适当调整。2011—2020年江苏省医疗卫生机构Malmquist生产率指数在1上下波动（图1），技术进步指数曲线与全要素生产率指数曲线几乎重合，说明技术进步对输入与产出的影响较大；而通过规模效应提高技术效率，未呈现出与Malmquist生产率指数曲线的一致性。说明在规模效应一定时，生产力主要受技术进步的影响<sup>[27]</sup>。

### 3 讨论与建议

#### 3.1 优化部分地区医疗机构卫生资源配置，确保DEA有效

江苏省13个市中，7个市医疗服务产出为DEA有效、占比53.85%。分析影响DEA有效性的原因主要为



图1 基于Malmquist指数分析江苏医疗卫生服务输出生产率指数

卫生资源投入量较大，但产出相较于投入没有达到最优化，反映DEA无效地区的卫生资源配置效率相对较低，江苏省客观存在着卫生资源配置不均衡的问题。第一，可以参照DEA有效地区的实际情况，提高技术效率，从生产力方面进行改善和优化，改善服务水平，提升医疗服务质量，增加年诊疗人数，提高医疗资源的利用效率；第二，分析投入相对冗余的原因，实施卫生资源的再配置。依据《“健康中国2030”规划纲要》的战略部署和要求，开辟新的卫生健康服务，提升医疗资源的利用和产出效率；第三，DEA弱

表6 江苏省各市2011—2020年的医疗卫生服务全要素生产率

城市	技术效率变化	技术进步变化	纯技术效率变化	规模效率变化	全要素生产率变化
南京市	1.003	1.011	1.001	1.001	1.013
无锡市	0.988	0.987	0.989	1.000	0.974
徐州市	1.008	0.998	1.007	1.000	0.986
常州市	0.999	1.014	1.002	0.996	1.004
苏州市	1.000	0.983	1.000	1.000	0.983
南通市	1.025	1.003	1.024	1.000	1.008
连云港市	0.997	0.980	0.994	1.001	0.989
淮安市	1.002	1.009	1.010	0.995	0.990
盐城市	1.000	0.969	1.000	1.000	0.969
扬州市	1.025	1.000	1.019	1.005	1.012
镇江市	1.002	1.149	1.000	1.002	1.164
泰州市	1.024	0.996	1.010	1.012	0.992
宿迁市	1.006	0.981	1.005	1.000	0.976

注：盐城市全要素生产率指数降幅为 $(1.000-0.969) \times 100\% = 3.1\%$ 。

有效的地区需要提高投入资源的利用和减少资源浪费,动态调控输入与产出效率,优化资源配置<sup>[2]</sup>。

### 3.2 降低卫生医疗服务资源的投入与产出比,提高Malmquist生产率指数

提高医疗卫生服务效率意味着利用每个国家有限的医疗可用资源,在给定水平的投入下实现产出最大化,是至关重要的<sup>[4]</sup>。解决部分地区投入相对冗余现象,4个产出为无效的DEA地区存在不同程度的输入相对过剩与产出不足问题。产出不足往往受限于自身的医疗服务水平和卫生服务质量,更多的患者不满足于当地卫生机构提供的医疗服务,而转诊于医疗更发达的地区。自2011年以来,表6中江苏省有8个地区医疗卫生服务Malmquist生产率指数小于1,占比61.54%。图1表明生产率指数的提升主要是受技术变化的影响,创新(技术变化)对生产率变化的贡献最相关。为了提高医疗卫生服务的产出,需要提高技术进步指数,即提升全要素生产率<sup>[7]</sup>。医疗机构可以根据自身发展需要,充分利用地方特点和优势,增加推动医疗技术进步的投入,提高医疗机构的服务能力。并采取有效措施,激活区域间的积极互动,促进区域间的沟通,建成区域医疗联合体系。同时运用互联网信息技术,实现远程医疗、区域医疗中心协作医疗网的建立,合理科学配置各级医疗资源,强化培训基层医生的服务能力,优化基层卫生人力资源配置和利用效益<sup>[6]</sup>。

### 3.3 发挥政府主导作用,改善管理模式,合理调控规模

虽然研究结果揭示江苏医疗服务产出效率的Malmquist生产率指数明显优于其他省份<sup>[2,15]</sup>,但江苏省卫生资源配置普遍还存在问题,地区间资源利用水平和资源分配存在不平衡,未达到最佳的规模状态。规模效率的评估对于解决卫生服务机构最佳生产规模至关重要,因为表明了如何最有效地分配资源,这在每单位投入产生最大产量和降低平均单位生产成本方面提供了规模经济的充分优势。首先,江苏省为我国经济发达省份,要发挥地方政府政策主导作用,因地制宜,制定科学可行的医疗卫生资源规划,推动区域医疗中心的引领带动作用。医联体内合作、人才的“传帮带”、信息技术互通等促进区域优质医疗卫生资源共享,提升卫生资源的利用效率,推动区域卫生健康发展。其次,改革和优化管理体制机制,提升内部管理水平,使规模效率达到预期生产水平所需的最佳资源量,提高医疗服务资源的技术效率<sup>[6]</sup>。同时,加强精细化管理,合理规划医疗卫生服务的层级结构,优化三级医疗网的管理模式、提升各层级医疗机构管理水平,提高医疗保健系统的效率,控制医疗保健成本增长。再次,应依据年度规模效应,合理调控规模,避免因资源地过多投入导致资源的浪费与闲置,根据基层实际情况合理配置卫生资源,提高输入与产出效率。

### 参 考 文 献

- [1] 徐婷婷, 杨若愚. 国内外卫生资源配置研究进展[J]. 中国公共卫生管理, 2019, 35(1):56-59,67.
- [2] 梅子鸿, 刘婵娟. 2012—2020年我国基层医疗卫生资源配置效率分析[J]. 中国卫生经济, 2022, 41(10):54-58.
- [3] PANWAR A, OLFATI M, PANT M, et al. A review on the 40 years of existence of data envelopment analysis models: historic development and current trends[J]. Arch comput methods Eng, 2022(10):1-30.
- [4] DAR A H, MATHUR S K, MISHRA S. The efficiency of Indian banks: ADEA, Malmquist and SFA analysis with bad output[J]. J quant econ, 2021, 19(4):653-701.
- [5] FARRELL M J. The measurement of productive efficiency[J]. Journal of the royal statistical society, 1957, 120(3):253-290.
- [6] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. Eur j oper Res, 1978 (2):429-444.
- [7] 张成, 倪洁, 巫抑扬, 等. 基于DEA和Malmquist的四川省医疗服务产出效率研究[J]. 中国卫生统计, 2022, 39(2): 263-266.
- [8] OZCAN Y A. Health care benchmarking and performance evaluation[M]. Boston: Springer, 2008.
- [9] DIEWERT E W, FOX K J. The difference approach to productivity measurement and exact indicators. in advances in efficiency and productivity analysis[M]//PARMETER C F, SICKLES R C, Eds. Springer Proceedings in Business & Economics. Switzerland: Springer, 2020:9-40.
- [10] KAKEMAM E, DARGAHI H. The health sector evolution plan and the technical efficiency of public hospitals in Iran[J]. Iran j. public health, 2019, 48(9):1681-1689.
- [11] FARE R, GROSSKOPF S, NORRIS M, et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries[J]. Am econ rev, 1994(84):66-83.
- [12] MASRI M D, ASBU E Z. Productivity change of national health systems in the WHO eastern mediterranean region: application of DEA-based Malmquist productivity index[J]. Glob health res policy, 2018(3):22.
- [13] VARMAGHANI M, MESHKINI A H, FARZADFAR F, et al. Evaluation of productivity in Iranian pharmaceutical companies: ADEA-based Malmquist approach and panel data analysis[J]. J res pharm pract, 2015, 4(2):51-56.
- [14] MEDAREVIC A, VUKOVIC D. Efficiency and productivity of public hospitals in Serbia using DEA-Malmquist model and Tobit regression model, 2015-2019[J]. Int j environ res public health, 2021, 18(23):12475.
- [15] 牛帅, 韩民春. 我国医疗资源配置的全要素生产率研究[J]. 中国卫生经济, 2016, 35(9):59-61.
- [16] 赵临, 张航, 王耀刚. 基于DEA和Malmquist指数的我国省域卫生资源配置效率评价[J]. 中国卫生统计, 2015, 32(6):984-987.

[收稿日期: 2022-10-23] (编辑: 毕然, 滕百军)