
四川基层医疗服务支出效率评价及对比研究

——基于超效率四阶段 DEA 模型¹

张仁杰，史本山

(西南交通大学经济管理学院，四川成都 610031)

【关键词】: 基层医疗 政府采购 公共卫生 四川省 社区卫生服务 财政支持 公共服务 投入产出分析

【摘要】: 随着我国各级政府加强对基层医疗服务的财政支持力度，社会各界也密切关注基层医疗机构的支出效率。以 2015 年四川各市社区卫生服务中心和乡镇卫生院的相关数据为基础，采用四阶段 DEA 方法评估四川省购买基层医疗服务的支出效率，结果显示：社区卫生服务中心在 DEA 效率值上差距较大，而乡镇卫生院相对均衡；常住人口、城镇化率和 GDP 对社区卫生服务中心影响较大，但对乡镇卫生院几乎没有影响；将社区卫生服务中心的效率值进行调整后，各城市的差距缩短，但总体上与乡镇卫生院相比差异性仍然较大。因此，政府应重点完善监督机制以提高支出效率，而非盲目扩大财政投入，

【中图分类号】: F812.45 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1009-4474(2018)06-0090-08

一、引言

基层医疗服务作为公共服务的重要组成部分，是政府履行服务公众职能的重要途径之一。四川省政府近年对于医疗卫生的财政支持力度逐步加强，从 2012 年的 420 多亿增长到 2015 年的 680 多亿，四年间增长幅度超过 50%。但侯佳乐认为投入资金的增大并不一定能带来医疗服务质量的提升，提高财政支出效率才是根本途径^[1]。因此，应当对四川省医疗卫生的财政投入效果进行检验。

赵茜等通过分析成都市基层医疗机构的住院服务发现，基层医疗机构的服务特点在城乡间有明显差异，如住院医疗量、住院医疗服务强度等指标农村要明显高于城市^[2]。而这些城乡间的差异很可能对其支出效率产生影响。所以，有必要从城乡差异的角度来分析基层医疗机构的支出效率。

基于上述考量，本文将对四川省城市和农村基层医疗机构的财政支出效率进行分析，旨在了解四川省基层医疗机构支出效率现状以及城乡间支出效率的差异。

二、文献综述

由于医疗机构多投入多产出的特点，与医疗机构支出效率相关的研究都倾向于使用数据包络模型(DEA)。如 Laura Asandului

¹收稿日期：2017-11-28

基金项目：国家社会科学基金项目“地方政府向社会力量购买公共服务的评估指标研究”(15XZZ011)

作者简介：张仁杰(1994-)，男，江苏苏州人。硕士研究生，主要从事公共服务研究。E-mail: zrzj9497@163.com。

对欧洲各国的医疗效率进行评价并发现仍有部分国家处于无效率的状态^[3]。Felix Masiye 通过对赞比亚健康系统的支出效率进行研究,发现仅有四成医院处于有效状态且医院规模过大是导致无效率的重要原因^[4]。肖海翔等对湖南省各市的卫生支出效率进行评价,发现支出效率存在明显的地区差异^[5]。

上述研究均采用传统 DEA 方法,该方法虽然简单易行,但也有一些缺陷。缺陷之一便是忽略了外部因素对于医疗机构效率的影响。基于这个问题,部分学者开始使用两阶段 DEA。如庞瑞芝使用两阶段 DEA 模型对我国 249 家城市医院进行研究,发现医院性质对支出效率影响显著,股份医院与民营医院支出效率较好,部队医院和事业医院的支出效率不高^[6]。Jose M. Kirigia 使用两阶段 DEA 对厄立特里亚的社区医院效率进行研究,各社区的综合效率、纯技术效率和纯规模效率的效率值都表现良好。第二阶段的 Tobit 回归发现门诊数与住院天数之比对支出效率有负向影响,平均住院天数对支出效率有正向影响^[7]。韩华为使用两阶段 DEA 对 1997~2007 年中国 31 个省份的卫生支出效率进行研究,通过 Tobit 回归发现外部因素,如人口密度、人均 GDP、财政分权等,对支出效率有显著影响^[8]。

传统 DEA 除了上述的缺点外,还存在有效单元间无法进一步区分的问题。针对这个问题,张哲基于超效率 DEA 对 2009 年全国社区医疗服务效率进行评价,发现上海市在超效率排名中位居第一,效率值为 3.5899,病床量投入过剩和疾病预防控制产出不足是最突出的问题^[9]。

尽管很多学者从不同的角度出发对评价医疗机构的 DEA 模型进行了改进,但综合多个角度进行改进的文章还很少,主要包括:(1)从城乡对比的角度来考虑医疗机构的支出效率,(2)对有效评价单元进行进一步排名,(3)考虑外部性因素对于医疗机构效率的影响。本文将综合上述三个角度,使用超效率四阶段 DEA 模型对四川省基层医疗机构中的社区卫生服务中心和乡镇卫生院进行评价。

三、超效率四阶段 DEA 模型

传统 DEA 方法有 CCR 和 BCC 两种模型^[10-11],分别基于规模报酬不变和规模报酬可变的前提。但这两种方法主要有以下两个缺陷:(1)测算出的效率值最高为 1,无法对效率值为 1 的评价单元进行进一步的排序分析;(2)无法估计并剔除外部环境对于评价单元效率值的影响。

针对第一个缺陷,Andersen 提出了超效率模型,使有效决策单元间也能进行对比^[12]。针对第二个缺陷,Fried 提出了四阶段模型,对初始效率值进行修正以消除外部环境的影响^[13]。通过结合这两种改进方法,最终得到超效率四阶段 DEA 模型。

(1) 第一阶段:采用投入导向型的超效率 CCR 模型:

$$\begin{aligned}
 \min \theta &= V \\
 \sum_{j=1, j \neq j_0}^J \lambda_j X_j + S^- &= \theta X_0 \\
 \text{s. t. } \sum_{j=1, j \neq j_0}^J \lambda_j Y_j - S^+ &= Y_0 \\
 \lambda_j &\geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0, j = 1, \dots, J
 \end{aligned} \tag{1}$$

其中 j 表示评价单元, Y_j 表示第 j 个评价单元的所有产出项, X_j 表示第 j 个评价单元的所有投入项, S^- 和 S^+ 分别表示投入项和产出项的松弛变量, $j \neq j_0$ 。使得 DEA 有效单元的分数可以超过 1, θ 是第 j 个评价单元的相对效率。

(2) 第二阶段:对松弛量进行 Tobit 回归。由于有效评价单元的松弛量为 0,是典型的截断数据(censored data),因此需要采用 Tobit 回归来进行分析。通过将松弛量与外部因素进行回归分析,可以确定各外部因素对决策单元的松弛量的影响程度。

$$\begin{cases} S_{ik} = \beta_0 + \beta_i X_k + \mu_i, & i = 1, \dots, n \\ S_{ik}^* = S_{ik} & S_{ik} > 0 \\ S_{ik}^* = 0 & S_{ik} \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中 S_{ik} 为第 k 个评价单元的第 i 个投入总松弛量, X_k 为第 k 个评价单元的所有外部环境变量, β_0 为常数项, β_i 为对对应估计系数向量, μ_i 为误差项。Tobit 回归的重点在于当 $S_{ik} \leq 0$ 时,拟合值取 0。

(3) 第三阶段:根据拟合出来的投入松弛量 S_{ik}^* 对初始的投入量进行调整,调整公式为:

$$X_{ik}^* = X_{ik} + [\max(S_{ik}^*) - S_{ik}^*] \quad (3)$$

其中 $\max(S_{ik}^*)$ 相当于所有评价单元中 K 投入的最大总松弛量,等同于最差的外部环境集。当某决策单元处于该环境集中时, $\max(S_{ik}^*) - S_{ik}^* = 0$, 不对它进行调整;若某个评价单元处于较好的环境集中,则这两者之差将大于 0,使得: $X_{ik}^* > X_{ik}$, 等同于增加了投入量。在产出量不变的情况下,投入量的增加会导致效率值的下降。通过这种措施可以对所有评价单元进行外部环境的调整,即使所有评价单元都处于同一水平线上。

(4) 第四阶段:通过使用调整后的投入值和原始产出值,再次进行超效率 DEA 分析,得到新的效率值 θ 。

四、实证研究

(一) 评价单元及指标选取

在选取评价单元时,多数研究没有对医疗机构进行细分。然而,医疗机构包括公立医院、私立医院、社区卫生所、农村卫生室等机构,不同机构的特点和医疗侧重点差异较大。如果笼统地将所有子单元合并成一个单元进行评价,就无法发现子单元之间的差别。为了探究这种差别,后续分析将从基层医疗机构的视角出发,以城市与村镇作为划分依据,选取社区卫生服务中心和乡镇卫生院这两个子机构作为评价单元。

DEA 指标包括投入指标和产出指标。多数学者从人、财、物三个方面选取相应的投入指标^[14-16]但考虑到资金的投入一定程度上已经在人和物两个方面得到了体现,如果继续引入“资金”作为投入指标,会导致投入指标的重复。为保证指标的独立性,在前人研究的基础上,本文从人、物两个方面选取了以下投入指标:社区卫生服务中心方面,选取社区卫生服务中心数量、执业医师人数、注册护士人数和床位数;乡镇卫生院方面,选取乡镇卫生院数量、执业医师数量、注册护士数量、农村人均医师数量和床位数。相关研究在产出指标上多选取门诊人数、平均诊疗人数、住院人数和病床使用率作为衡量标准^[17-18]。由于门诊人数和平均诊疗人数存在相关性,最终选取了诊疗人次、入院人数和病床使用率这三个指标,表 1 为各指标的描述性统计结果。

表 1 基层医疗机构的 DEA 变量描述性统计结果

	变量名	观测量	均值	标准差	最小值	最大值
社区卫生服务 中心	社区卫生服务中心数量	20	19.80	21.07	4	105.00
	执业医师人数	20	265.95	499.84	23	2350.00
	注册护士人数	20	310.65	585.63	16	2755.00
	床位数	20	449.25	713.96	15	3405.00
	诊疗人次	20	896581.70	2355787	20872	1.09E+07
	入院人数	20	10563.80	18553.83	117	87346
	病床使用率	20	53.43	16.82	8.34	73.67
	乡镇卫生院数量	21	214.71	123.93	43.00	571
	执业医师人数	21	915.48	492.84	156.00	2159
	注册护士人数	21	1111.05	592.40	254.00	2911
乡镇卫生 院	农村每千人人均医师数	21	1.77	0.50	1.12	2.91
	床位数	21	5670.86	3100.32	784	13352
	诊疗人次	21	4368296	2692845	719010	1.07E+07
	入院人数	21	202704.30	125461.90	12543	474886
	病床使用率	21	62.368	13.66	23.77	78.14

因甘孜州在社区卫生服务中心方面缺乏大量数据，故社区卫生服务中心的样本量为剩余的 20 城市。

（二）结果分析

基于超效率四阶段 DEA 模型，使用 Mydeal.0 和 Stata15 两个软件，对 2015 年四川省各市社区卫生服务中心和乡镇卫生院的相关数据进行分析。

1. DEA 分析

表 2 中，DMU 代表评价单元，即四川省的各城市或自治州；TE 代表综合效率；PTE 代表纯技术效率，能够观察该城市在当前规模下是否技术有效；SE 是规模效率，由 TE 与 PTE 相除得到；超效率是在超效率 GCR 下每座城市的效率值；排名依据超效率值对各城市进行从高到低的排序。

根据表 2 结果可以看出，在社区卫生服务中心上，综合效率的全省平均值为 84%，纯技术效率平均值为 90%，规模效率平均值为 93%。这说明全省还可以通过减少 16% 的投入来提高效率，有待提高的空间还有很大。从具体城市或自治州来看，综合效率有效城市或自治州共有 9 座，占总体的 45%，不甚理想。其中阿坝州的超效率值为 2.58，排名第一，说明其投入量即使再扩大 2.58 倍也依旧综合效率有效，阿坝州在社区卫生服务中心中有明显的优势。在无效的城市中，资阳市的效率值仅为 51%，说明与其他城市相比，在当前投入下，可以减少 49% 的投入，其无效率程度相对较大。除资阳市外，遂宁市、内江市、南充市和自贡市的提升空间也很大。

乡镇卫生院方面，综合效率全省平均 97%，纯技术效率平均值为 98%，规模效率平均值为 99%，全省仅需减少 3% 的投入就可以达到相对有效。综合效率有效城市或自治州达 15 座，占总体的 71%。其中，攀枝花市为第一名，效率为 2.32；最后一名为阿坝州，效率为 83%。整体而言，各市在乡镇卫生院的支出效率上表现优秀。

表 2 基层医疗机构的 DEA 结果

DMU	社区服务中心					乡镇卫生院				
	TE	PTE	SE	超效率	排名	TE	PTE	SE	超效率	排名
成都市	1.00	1.00	1.00	2.03	2	1.00	1.00	1.00	1.10	10
自贡市	0.61	0.67	0.92	0.61	16	1.00	1.00	1.00	1.17	6
攀枝花市	0.91	0.91	0.99	0.91	10	1.00	1.00	1.00	2.32	1
泸州市	0.81	0.81	1.00	0.81	14	1.00	1.00	1.00	1.05	14
德阳市	1.00	1.00	1.00	1.08	8	1.00	1.00	1.00	1.37	3
绵阳市	0.74	0.78	0.95	0.74	15	1.00	1.00	1.00	1.07	11
广元市	0.87	1.00	0.87	0.87	12	0.91	0.91	0.99	0.91	19
遂宁市	0.56	0.97	0.58	0.56	18	1.00	1.00	1.00	1.15	7
内江市	0.55	0.88	0.62	0.55	19	1.00	1.00	1.00	1.13	8
乐山市	0.86	1.00	0.86	0.86	13	0.91	0.91	1.00	0.91	18
南充市	0.58	0.63	0.92	0.58	17	1.00	1.00	1.00	1.49	2
眉山市	1.00	1.00	1.00	1.50	4	1.00	1.00	1.00	1.12	9
宜宾市	0.88	0.89	0.99	0.88	11	1.00	1.00	1.00	1.23	4
广安市	1.00	1.00	1.00	1.44	5	0.95	1.00	0.95	0.95	17
达州市	1.00	1.00	1.00	1.01	9	1.00	1.00	1.00	1.05	12
雅安市	1.00	1.00	1.00	1.98	3	0.86	0.93	0.93	0.86	20
巴中市	1.00	1.00	1.00	1.10	7	0.98	0.99	0.99	0.98	16
资阳市	0.51	0.52	0.98	0.51	20	1.00	1.00	1.00	1.22	5
阿坝州	1.00	1.00	1.00	2.58	1	0.83	0.94	0.89	0.83	21
甘孜州	-	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.03	15
凉山州	1.00	1.00	1.00	1.20	6	1.00	1.00	1.00	1.05	13
全省平均	0.84	0.90	0.93	-	-	0.97	0.98	0.99	-	-

社区卫生服务中心方面因甘孜州缺少大量数据，因此没有进行排名分析。

对比来看，虽然社区卫生服务中心和乡镇卫生院的效率值不能直接进行比较，但从第一名和最后一名的差距可以看出：社区卫生服务中心与乡镇卫生院相比，发展明显不平衡。四川省政府应该多关注社区卫生服务中心的发展，缩短城市间的差距。

当然，该阶段还没有考虑外部因素对于基层医疗机构效率的影响，因此下一阶段将通过回归分析对投入项的冗余进行调整。

2. Tobit 回归

由于不同城市所处的外部环境各不相同，对其效率值也会产生较大的影响。因此，本部分将对上阶段得出的松弛量进行回归以确定外部环境对其的影响大小。在外部因素指标选取上，刘自敏和韩华为考虑了常住人口、GDP、城镇化水平和文盲率等因素^[8, 19]，但后者的实证分析发现文盲率并不适用于我国的评价环境。因此，最终使用常住人口、城镇化水平和 GDP 对松弛量进行回归分析。

通过将松弛变量与外部环境变量构建 Tobit 回归模型，回归结果如表 3 所示。根据表 3 结果可以看出，社区卫生服务中心方面，社区卫生服务中心数量、执业医师人数、护士人数和床位数都受到外部因素较大的影响。具体来说，常住人口、城镇化水平有负向影响，GDP 有正向影响。这说明，常住人口越多、城镇化水平越高，产生的投入冗余就越多。而 GDP 越高，产生的冗

余就越少。

常住人口和城镇化率与松弛量之间的关系表明，在城市医疗机构中，大量医疗资源的投入并未有效增加产出值，投入与产出不成正比，即城市人口的增加加大了医疗压力，但简单的投入医疗资源并不是最佳的解决办法。不对资源支出的结果进行监督和管理，不仅不能使医疗效率上升，反而会导致投入项的冗余变多。而 GDP 与松弛量之间的关系表明经济水平的发展确实能够改善投入冗余情况，这一点与大多数文章的研究结果相同。但 GDP 对社区卫生服务中心床位数影响不显著，说明床位数的支出效率受 GDP 的影响不大。

表 3 基层医疗机构的 Tobit 回归结果

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4		
	社区卫生服务中心数量	执业医师人数	护士人数	床位数		
社 区 卫 生 服 务 中 心	常住人口	0.0420** (0.0190)	0.738*** (0.201)	0.508 ** (0.206)	0.720*** (0.326)	-
	城镇化水平	0.943 *** (0.314)	9.665*** (3.197)	9.996*** (3.381)	10.60** (4.923)	-
	GDP	-0.00888 ** (0.00352)	-0.127*** (0.0403)	-0.101 ** (0.0370)	-0.145 (0.0922)	-
	常数	-44.09** (16.08)	-532.0*** (167.1)	-480.4** (174.0)	-532.4** (245.6)	-
	观测值	20	20	20	20	-
	变量	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8	模型 9
	乡镇卫生院数量	执业医师人数	护士人数	农村人均医师数/千人	床位数	
乡 镇 卫 生 院	常住人口	-0.207 (0.417)	0.382 (0.443)	-0.232 (0.766)	-0.00104 (0.00223)	0.295 (1.475)
	城镇化水平	-0.799 (4.657)	3.052 (5.598)	-0.754 (9.226)	-0.00168 (0.0240)	3.593 (18.12)
	GDP	-0.106 (0.136)	-0.297 * (0.163)	-0.132 (0.258)	-0.000725 (0.000719)	-0.597 (0.519)
	常数	160.9 (194.7)	-5.878 (227.0)	143.3 (382.8)	0.833 (1.006)	184.9 (744.4)
	观测值	21	21	21	21	21

表中数值为系数（标准误差）；***p<0.01, **p <0.05, *p<0. 1。

乡镇卫生院的結果与城市卫生服务中心截然相反，除了执业医师人数松弛量受 GDP 较小的影响外，其余变量皆不受影响。这说明各市的乡镇卫生院支出效率基本不受外部因素的影响，各城市之间的差异较为真实的体现了它们之间支出效率的差距。

总体来说，社区卫生服务中心比乡镇卫生院更易受到外部因素的影响。因此第一阶段得出的结论可能存在偏误，应当消除外部因素的影响后重新进行比较分析。由于乡镇卫生院基本不受外部因素的影响，故仅对社区卫生服务中心的投入变量进行调

整并重新进行 DEA 分析。

3. 调整后 DEA

根据 Tobit 回归得到的结果，通过式(3)对社区卫生服务中心的投入变量进行调整。使用调整后的投入变量和原产出变量重新进行超效率 DEA 分析，结果如表 4 所示。从表 4 可以看出，社区卫生服务中心有显著名次变化的城市或自治州有 5 座，其中遂宁市与南充市显著上升，眉山市、雅安市和阿坝州显著下降。根据表 3 的回归结果，常住人口和城镇化率与社区卫生服务中心的松弛变量正相关，即常住人口越多、城镇化率越高，投入冗余越多。而排名显著下降的城市或自治州因其常住人口较少、城镇化率不高，处于较好的环境集中。当通过式(3)增加它们的 DEA 投入量时，其投入冗余便显著增加，因此排名发生了较大的变化。此外，从效率值上来说，最后一名内江市的效率值下降至 27%，投入严重冗余。可见，外部因素对社区服务中心的效率有显著的影响。

表 4 基层医疗机构 DEA 得分调整后排名变化

社区卫生服务中心						
评价单元	调整前超效率	调整前排名	调整后 CCR	调整后超效率	调整后排名	变化
成都市	2.03	2	1	3.23	1	1
自贡市	0.61	16	0.61	0.61	18	-2
攀枝花市	0.91	10	1	1.04	9	1
泸州市	0.81	14	0.85	0.85	16	-2
德阳市	1.08	8	1	1.17	4	4
绵阳市	0.74	15	0.97	0.97	14	1
广元市	0.87	12	1	1.02	11	1
遂宁市	0.56	18	1	1.04	7	11
内江市	0.55	19	0.27	0.27	20	-1
乐山市	0.86	13	0.93	0.93	15	-2
南充市	0.58	17	1	1.04	8	9
眉山市	1.50	4	1	1.01	12	-8
宜宾市	0.88	11	1	1.03	10	1
广安市	1.44	5	1	1.11	5	0
达州市	1.01	9	1	1.29	3	6
雅安市	1.98	3	0.99	0.99	13	-10
巴中市	1.10	7	1	1.08	6	1
资阳市	0.51	20	0.55	0.55	19	1
阿坝州	2.58	1	0.70	0.70	17	-16
凉山州	1.20	6	1	1.31	2	4
均值			0.89			

根据表 4 的结果，效率值达到 1 及以上的城市或自治州的数量从调整前的 9 座上升到 12 座，总体效率从原本的 84%提高到了 89%，说明通过外部因素的调整缩短了各城市之间的差距。但与之前的分析相同，即使是调整后的效率值，各市之间的社区卫生服务中心差距仍然大于乡镇卫生院，说明各市应当调整社区服务中心的资源分配。

五、结论

传统的四阶段方法在调整前后的评价单元对比中,只能对非有效单元进行比较,而无法看出有效单元中的增减变化。同时,与基层医疗机构支出效率评价相关的文章没有从城乡对比的角度进行 DEA 的分析,不能探索城乡之间在基层医疗机构上的差距。为了克服以上问题,本文在四阶段 DEA 的基础上引入超效率对 2015 年四川省两类基层医疗机构进行分析,不仅能使有效单元间可比,还能发现城乡间的不同特点。

(1) 社区卫生服务中心的效率在各城市之间差距明显,而乡镇卫生院的效率则差距不大;(2) 外部因素对于社区卫生服务中心的影响较大,而对乡镇卫生院则几乎没有影响。说明社区卫生服务中心的发展不平衡与外部环境有关;(3) Tobit 分析发现,常住人口、城镇化水平和 GDP 对社区卫生服务中心有显著影响;(4) 在消除外部影响因素后,各社区卫生服务中心支出效率的差距缩小,但城市间的差距依然较大,说明社区卫生服务中心的支出效率在城际间有明显差距。通过上述分析可以看出,各市应当关注社区卫生服务中心的发展状况,不能盲目扩大医疗资源的投入,而应当关注投入与产出是否成正比,并完善事中及事后的监管和评价体系。

参考文献:

- (1) 侯佳乐, 马进. 中国医药卫生体制改革的主要政策分析 (J). 上海交通大学学报(医学版), 2013, 32(6):707-711.
- (2) 赵茜, 刘齐荣, 代华, 等. 成都市城乡基层医疗机构住院医疗服务对比分析 (J). 华西医学, 2017, 32(8):1162-1167.
- (3) Asandului L, Roman M, Fatulescu P. The Efficiency of Healthcare Systems in Europe: A Data Envelopment Analysis Approach [J]. Procedia Economics & Finance, 2014, (10) : 261 -268.
- [4] Masiye F. Investigating Health System Performance ..An Application of Data Envelopment Analysis to Zambian Hospitals C J] . BMC Health Services Research, 2007, 7(1) : 1 - 11.
- (5) 肖海翔, 周帆, 邵彩霞. 地方政府卫生支出效率核算及影响因素分析 (J). 统计与决策, 2011, 26(23):80-83.
- (6) 庞瑞芝. 我国城市医院经营效率实证研究——基于 DEA 模型的两阶段分析 (J). 南开经济研究, 2006, 21(4):71-81.
- (7) Kirigia J M, Emrouznejad A, Sambo L G, et al. Using Data Envelopment Analysis to Measure the Technical Efficiency of Public Health Centers in Kenya [J]. Journal of Medical Systems, 2004, 28(2) : 155 - 166.
- (8) 韩华为, 苗艳青. 地方政府卫生支出效率核算及影响因素实证研究——以中国 31 个省份面板数据为依据的 DEA-Tobit 分析 (J). 财经研究, 2010, 36(5):4-15.
- (9) 张哲. 基于超效率 DEA 的社区医疗服务效率评价 (J). 山东大学学报(医学版), 2011, 49(8)-. 148-152.
- (10) Charnes A. , Cooper W. W. ' Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision-making Units [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6) : 429 - 444.
- (11) Banker R D, Charnes A, Cooper W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis (J)• Management Science, 1984, 30(9) : 1078 -1092.
- (12) Andersen P, Petersen N C. A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis [J J . Management

Science, 1993, 39(10): 1261 -1264.

(13) Fried, H. O. , Schmidt, S. S. , Yaisawamg S. Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency[^]]. Journal of Productivity Analysis, 1999, 12(3) : 249 - 267.

(14) 卢秀芳, 尹畅, 李超凡, 等. 中国民营医院医疗服务资源配置效率分析与评价(1). 中国公共卫生, 2017, 32(10):1478-1481.

(15) 张晓岚, 刘朝. 我国医院效率的省域水平及影响因素分析——基于省际面板数据的 DEA-Tobit 估计 (门. 华东经济管理, 2014, 28(11):172-176.

(16) Hsin-Hui HU, Qinghui QI, Chih-Hai YANG. Analysis of Hospital Technical Efficiency in China: Effect of Health Insurance Reform (J) . China Economic Review, 2012, 23(4) : 865 -877.

(17) 金荣学, 宋弦. 新医改背景下的我国公共医疗卫生支出绩效分析——基于 DEA 和 Mulmquist 生产率指数的实证 (J) . 财政研究, 2012, 32(9):54-60.

(18) Du J, Wang J, Chen Y, et al. Incorporating Health Outcomes in Pennsylvania Hospital Efficiency—An Additive Super-efficiency DEA Approach[^]]. Annals of Operations Research, 2014, 221 (1) :161 - 172.

(19) 刘自敏, 张昕竹, 杨丹. 我国省级政府卫生投入效率的时空演变——基于面板三阶段 DEA 模型的分析 (J) . 中央财经大学学报, 2014, 34(6):97-104.