

# 青海省医疗资源配置的空间公平与效率评价

刘 泽<sup>1</sup>, 张娜娜<sup>2</sup>, 程 杨<sup>1\*</sup>, 陶卓霖<sup>1</sup>, 孔劲松<sup>1</sup>

(1. 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875; 2. 青海师范大学地理科学学院, 西宁 810016)

**摘 要:**青海省是青藏高原的重要组成部分,也是少数民族重要的聚居区,研究该省医疗资源配置的空间公平与效率,并为优化医疗资源布局提供参考,具有重要的现实意义。论文基于人口和医疗资源数据,运用成本栅格法评价了青海省区/县尺度的医疗可达性,结合卫生技术人员数和医疗经费投入等数据,分别采用基尼系数和数据包络分析评价了青海省医疗资源配置的空间公平和效率。结果表明:青海省卫生技术人员数、医疗机构数、医疗机构床位数与医疗经费投入的基尼系数均小于0.3,公平性良好;而医疗可达性的基尼系数为0.6546,地区差异性明显。人均医疗资源的空间公平性优于空间可达性。数据包络分析结果表明,青海省有18个区/县的综合效率与规模效率为1,实现了医疗资源的最优配置,未实现的区/县中有7个属于规模效率递减的类型,需增加投入。论文建立的医疗资源空间公平和效率评价方法,可服务于青海省医疗资源的空间布局规划,为促进医疗服务均等化提供科学依据。

**关键词:**医疗资源配置;空间公平与效率;基尼系数;数据包络分析;青海省

医疗资源配置的公平与效率是公共卫生管理的重要目标,也是世界卫生组织倡导的基本原则。提升基本医疗卫生服务的公平性和可及性,缩小城乡、区域、人群之间资源配置、服务能力和健康水平差异是《“十四五”国民健康规划》的重要任务<sup>[1]</sup>。公共卫生资源配置的公平性和效率的空间差异是重要的研究内容,也是影响医疗公平性和可及性的核心因素。

医疗资源空间公平性的研究最初关注居住地前往最近的医疗设施所需的时间<sup>[2]</sup>,随后拓展到对医疗机构的质量及其服务能力的评价。随着GIS技术的发展,研究尺度涵盖公里格网、社区等小尺度到国家乃至全球范围<sup>[3-4]</sup>。对医疗资源配置的空间差异性研究常采用可达性的评价方法,从供需角度考虑医疗资源、人口分布及其之间的距离屏障,分析居民获取医疗服务的便利程度<sup>[5]</sup>。基尼系数和

泰尔指数是评价公平性常采用的指标,用于衡量可达性或资源配置在空间层面的公平程度。基尼系数通过描绘洛伦兹曲线得到<sup>[6-9]</sup>;泰尔指数则是从信息量与熵的角度分析数据的差异,可衡量组内差距和组间差距对总差距的贡献,与基尼系数之间存在一定的互补性<sup>[10]</sup>。在效率评价方面,常采用数据包络分析的方法对综合经费与人员投入以及服务人口和范围等产出进行评价。数据包络法是公共卫生领域常用的方法,是一个线性规划模型,通过计算产出对投入的比率来综合评价资源配置效率。

在全国范围的研究发现,各省市的医疗资源配置在人口公平性角度属于绝对公平,而在空间公平性方面则差异悬殊<sup>[11-12]</sup>。东部地区公共卫生资源的人口均衡性较差,而在地广人稀的西部地区,公共卫生资源的空间均衡性较差<sup>[13]</sup>。从效率评价来看,中国卫生资源配置效率在2013—2020年间总体有

收稿日期:2023-03-18;修订日期:2023-07-12。

基金项目:第二次青藏高原综合科学考察研究项目(2019QZKK040603);青海省科技厅面上项目(2021-ZJ-909)。**[Foundation:**

The Second Tibetan Plateau Scientific Expedition and Research Program, No. 2019QZKK040603; Project of Science and Technology Department of Qinghai Province, No. 2021-ZJ-909. ]

第一作者简介:刘泽(1998—),男,湖北武汉人,硕士生,主要从事健康地理学研究。E-mail: 202021051051@mail.bnu.edu.cn

\*通信作者简介:程杨(1982—),女,四川自贡人,副教授,中国地理学会会员(S110009832M),主要从事健康地理学研究。

E-mail: chengyang@bnu.edu.cn

引用格式:刘泽,张娜娜,程杨,等. 青海省医疗资源配置的空间公平与效率评价[J]. 地理科学进展, 2023, 42(10): 1891-1903. [Liu Ze, Zhang Nana, Cheng Yang, et al. Spatial equity and efficiency of medical resource allocation in Qinghai Province. Progress in Geography, 2023, 42(10): 1891-1903. ] DOI: 10.18306/dlkxjz.2023.10.003

所提升,但未达到有效配置,80%以上的省份基层医疗机构的效率低下<sup>[12,14-15]</sup>。中部地区基层医疗配置效率最优,东部次之,西部最低<sup>[15]</sup>。从全要素生产率的空间演化上看,西部地区受政策、环境等影响,变动较大<sup>[14]</sup>。

在区域尺度,对广东省的研究发现医疗资源的配置高度失衡,广东省东部、西部和山区的大多数城市面临医疗资源相对匮乏且配置效率低的双重压力<sup>[16]</sup>。Hu等<sup>[17]</sup>则基于空间可达性的评价原理对南京市基本公共卫生服务机构空间配置的公平性与效率开展研究,采用医疗设施在一定时间阈值范围内所覆盖的居住区面积占总居住区面积的百分比来比较区县尺度上医疗资源空间配置的公平性,并采用医疗设施在时间阈值内所覆盖区域面积中居住区面积占比来评价医疗资源的空间配置效率,发现城市中心区医疗资源的空间配置公平性和效率都较高,城市边缘区公平性较低而效率差异大,而县域医疗资源空间公平性高于效率。

目前关注中国西部地区医疗资源配置的研究为数不多<sup>[11,18-19]</sup>,对甘肃省的研究同样发现按人口分布配置医疗资源的公平性要明显高于按地理空间配置的公平性<sup>[11]</sup>。王东华等<sup>[18]</sup>采用了医疗资源指数对中国14个原集中连片特困地区的677个县级单元医疗资源配置情况进行评价,比较了该指数与医疗可达性对贫困的影响情况。对位于甘肃、青海、陕西、宁夏等省份的六盘山原集中连片特困区医疗可达性的研究表明,青海省东部的西宁市和海东市部分郊县所处的特困区虽然经济发展水平低,但由于靠近省会城市,医疗资源相对丰富,因此,其医疗可达性处于较好的水平<sup>[19]</sup>。

国外的相关研究中,Maire等<sup>[20]</sup>构建了卫生资源分配模型,综合考虑医疗资源的覆盖率、患者的就医出行意愿、交通状况等因素,分析医疗资源配置的公平性,该模型能解释大多数国家医疗资源不公平的情况。Love-Koh等<sup>[21]</sup>总结了在中低收入国家促进医疗资源分配公平的措施,具体分析了位于非洲、中东与拉丁美洲一些国家的政府在医疗资源配置方面存在的问题,并使用了基尼系数衡量公平性,认为在医疗资源缺乏的国家应建立公共医疗基金并减少政府的过度干预。Balakrishnan等<sup>[22]</sup>采用Anderson模型研究了加拿大安大略省医疗机构的服务效率,发现位于农村的小型医疗机构往往比位于城市的大型医疗机构服务效率更高。

可见,已有研究结果虽然揭示了中国医疗资源空间配置公平性与效率的区域差异,但缺乏对空间公平性和效率构建分析框架开展精细化评价,不能服务于提出医疗资源空间优化配置的建议。青海省地处青藏高原,面积约占青藏高原总面积的28%。根据第七次全国人口普查结果,该省人口约占青藏高原人口总数的28%,但总体上地广人稀。青海省2020年人均预期寿命为73.7岁,比全国平均水平低1.4岁<sup>[23]</sup>。受到自然环境、交通、经济等因素的影响,全省各地区的医疗服务水平具有明显的空间差异<sup>[23]</sup>。开展省级医疗资源统筹配置、基本实现优质医疗卫生资源配置均衡化是“健康青海2030”行动计划的重点工作<sup>[24]</sup>。目前,尚缺少对青海省全域医疗资源配置的空间公平与效率开展研究。因此,根据实地调研、统计数据和基础地理信息等资料,分析医疗经费与人员投入、医疗可达性、门诊服务人次、医疗机构入院人数、出院者平均住院日等指标,采用基尼系数和数据包络分析方法来评价青海省县级行政单元的医疗资源配置的公平性和效率,对于促进青海省的医疗公平性和可达性、实现城乡卫生服务体系高质量发展具有重要现实意义。

## 1 研究区域、数据与方法

### 1.1 研究区概况

青海省包含2个市与6个民族自治州,行政范围除海东市最东部的3个区/县的部分区域外,全部位于青藏高原范围内,是青藏高原重要的组成部分。海拔处于3500 m以上的区域占全省面积的72.49%。青海省2020年末常住人口为562.67万人,其中49.47%的人口为少数民族,全省人口的出生率为13.66‰,死亡率为6.08‰,自然增长率为7.58‰。近年来,青海省卫生事业发展迅速,全省卫生技术人员与医疗床位资源逐渐增加,每千人拥有的床位数从2012年的4.54张增长到2020年的6.96张,每千人拥有的卫生技术人员数从2012年的4.91人增长到8.27人<sup>[25]</sup>。截至2021年7月,青海省共有三级医院26家、二级医院101家、卫生院411家,但果洛藏族自治州(下文简称“果洛州”)与海北藏族自治州(下文简称“海北州”)内尚无三级医院。青海省与甘肃省近年来在发展兰州—西宁城市群,推进区域医疗中心建设,支持两省医疗机构建立跨区域医联体,深化“互联网+医疗”合作,支持远程医疗服务





$$\text{无道路栅格: } \text{cost}_i = \frac{1}{V_i \times \text{slope}_i \times \text{height}_i \times \text{usage}_i} \quad (1)$$

$$\text{有道路栅格: } \text{cost}_i = \frac{1}{V_i \times \text{slope}_i \times \text{height}_i} \quad (2)$$

式中:  $i$  代表各栅格,  $\text{cost}_i$  为栅格  $i$  的成本值(即通行时间),  $V_i$  为该栅格所属道路类型的赋值速度,  $\text{slope}_i$  为该栅格对应的坡度影响系数,  $\text{height}_i$  为对应的高程影响系数,  $\text{usage}_i$  为对应的用地类型影响系数。

通过 ArcGIS 的成本距离工具进行计算, 栅格点  $a$  前往医疗设施  $b$  的最短路径所通过的全部栅格属性值的加和即为最短时间成本。计算公式为:

$$T_{ab} = \min \sum_{i=1}^n \text{cost}_i \quad (3)$$

式中:  $\text{cost}_i$  为由  $a$  点前往  $b$  点所途经的  $n$  个栅格的时间成本属性值, 进行加和计算是指该路径方案的总时间成本, 最短时间成本  $T_{ab}$  需取各方案的最小值。

在计算人口加权就医时间时, 本文以县级行政单元为单位, 计算各单元前往最近的医疗机构的人口加权就医时间, 得到各区/县综合人口加权就医时间, 用于反映医疗可达性, 为医疗资源指数的重要组成部分。

### 1.3.3 医疗资源配置公平性

本文采用基尼系数来评价各类卫生资源在空间层面上的公平性, 投入指标的公平性即代表各地居民获得卫生资源的机会的公平性, 产出指标的公平性即量化表达了这些指标在人口层面的均衡性, 该结果可以比较各市/州和全省的卫生资源的公平性差异。其计算公式为<sup>[31]</sup>:

$$G = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k |X_i - Y_i| \quad (4)$$

式中:  $G$  为基尼系数,  $X_i$  代表行政单元  $i$  的医疗资源(如卫生技术人员数、医疗经费投入、医疗机构数与医疗机构床位数等)占总体医疗资源的相对比例,  $Y_i$  代表行政单元  $i$  人口占总体人口的相对比例,  $k$  代表总体行政单元个数。每个指标都可以计算出各自的基尼系数。若基尼系数低于 0.20 表示指数等级极低(高度平均); [0.20, 0.29) 表示指数等级低(比较平均); [0.30, 0.39) 表示指数等级中(相对合理); [0.40, 0.59) 表示指数等级高(差距较大); 0.60 以上表示指数等级极高(差距悬殊)<sup>[32]</sup>。

### 1.3.4 医疗资源配置效率

本文通过数据包络分析方法评价医疗配置效率, 该方法是综合考虑多个投入与产出指标, 通过

线性规划的方式衡量各投入要素的效率与产出的冗余<sup>[33]</sup>。由 Charnes 等<sup>[33]</sup>于 1978 年提出的最基础的 CCR(三位提出者 Charnes、Cooper、Rhodes 的姓氏首字母)模型, 可计算投入与产出的效率, 不需要考虑各投入要素的权重与量纲, 该模型本质上是一种线性规划模型, 其中规模报酬是固定不变的, 具体需满足以下条件:

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ & \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{ij_0} \\ & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rj_0} \\ & \quad \theta \geq 0, \lambda_j \geq 0, s_r^+ \geq 0, s_i^- \geq 0, \\ & \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (5)$$

式中:  $n$  代表决策单元数量(在本文中即代表青海省的 45 个县级行政单元),  $j$  表示特定的决策单元, 其本身含有  $m$  个投入变量  $x_{ij}$ ,  $\lambda_j$  为该单元的权重系数, 在这些投入变量的影响下生成  $t$  个产出变量  $y_{rj}$  ( $r=1, 2, \dots, t$ ),  $\theta$  表示决策单元的综合效率值;  $s_r^+$  表示产出缺失值;  $s_i^-$  表示投入过剩值。而本文决策单元的收益会随着投入规模的变化而产生变化, 因此, 可使用 BCC(三位提出者 Banker、Charnes、Cooper 的姓氏首字母)模型<sup>[33]</sup>, 该模型是 CCR 模型增加了  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$  这一约束条件后的变式, 在该模型中规模报酬可变, 且将综合效率分解为了规模效率与纯技术效率的乘积。

该模型可通过 DEAP 软件实现, 以线性规划的方式评价投入与产出的效率, 从综合效率、纯技术效率与规模效率 3 个方面对青海省医疗资源利用效率进行分析。综合效率为式(5)中的  $\theta$ , 可评价目前的投入产出是否达到了最佳的规模。在该模型中, 当评价第  $j_0$  个决策单元时,  $x_{ij_0}$ 、 $y_{rj_0}$  分别表示该决策单元的投入和产出指标。当  $\theta=1$  且  $s_r^+ = s_i^- = 0$  时, 说明该决策单元在数据包络分析方面有效, 实现了最优的组合; 当  $\theta=1$  且  $s_r^+ = s_i^- \neq 0$  时, 说明该决策单元在数据包络分析方面弱有效; 当  $\theta < 1$  时, 则说明该决策单元在数据包络分析方面无效。当规模效率  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$  时则表示达到了最大产出规模, 即决策单元规模有效; 当规模效率小于 1 时, 则表示规模报酬递增、应扩大生产规模的类型与规模报酬递减、应缩小生产规模的类型。纯技术效率为综合效



率 $\theta$ 与规模效率 $\sum_{j=1}^n \lambda_j$ 相除的商,代表最优化利用现有资源的能力,当该值为1时,说明该决策单元在数据包络分析方面处于技术有效状态,无需增加或减少产出。

在本文中,所选取的决策单元为青海省的45个县级行政单元,投入变量为每千人医疗经费投入、每千人卫生技术人员数、每千人医疗机构数与每千人医疗机构床位数4项指标,产出变量为每千人门诊服务人次、每千人医疗机构入院人数、出院者平均住院日与人口加权就医时间这4项指标。以往的数据包络分析研究中,将时间作为产出变量的研究较少,本文的结果也将解释各医疗资源投入与人口加权就医时间这一产出要素所存在的联系。

## 2 结果分析

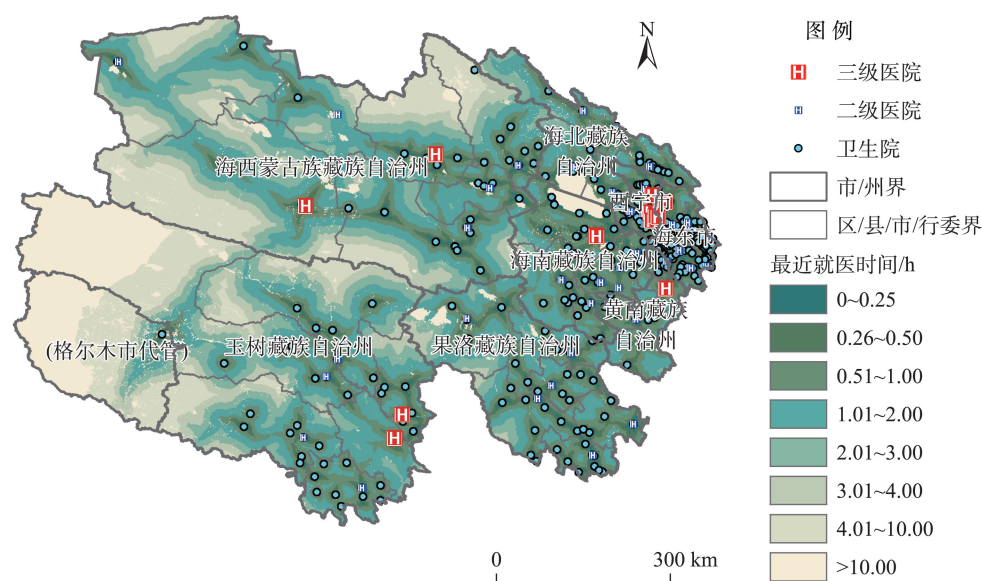
### 2.1 投入产出要素空间格局

基于成本栅格法对青海省全域的医疗可达性进行评价,结果如图2所示。医疗可达性情况表明,东部人口密集的区域医疗可达性好。从不同时间阈值覆盖的人口来看,医疗设施15 min服务半径内覆盖全省77.11%的人口;在30 min内累计覆盖全省87.86%的人口;在1 h内累计覆盖人口比例达到95.03%;有0.59%的人口医疗设施就医时间超过4 h。

分市/州来看(表2),在15 min内,除果洛州与玉树州外的各市/州均可覆盖超过半数的人口,西宁市与海东市则可覆盖80%以上的人口,医疗可达性较好。在2 h内,西宁市与海东市的全部人口可被医疗设施全覆盖;在3 h内,黄南州与海南藏族自治州(下文简称“海南州”)的医疗设施可覆盖当地全部人口;在4 h内,海北州与果洛州的医疗设施可覆盖当地全部人口。玉树州医疗设施就医时间处于2 h以上的人口占比达到了6.56%,而其余各市/州均低于4%。玉树州与海西蒙古族藏族自治州(下文简称“海西州”)由于包含自然保护区且在可可西里与唐古拉山镇等区域路网稀疏,因此部分人口的就医时间超过10 h,基层医疗条件有待加强。

为了解医疗资源的实际分配情况,本文在考虑投入指标时,将卫生技术人员数、医疗经费投入与医疗机构床位数按每千人的拥有量统计。青海省医疗资源投入与产出的各项指标分布结果见图3。

在投入指标方面,西宁市城东区、城中区在所有结果中均处于领先水平;每千人医疗资源方面,青海省西部人口密度较低的区域的情况较好,如格尔木市、德令哈市、茫崖市。每千人医疗经费投入方面,青海南部的果洛州各县与除西宁市和玉树州外的各市/州基本位于较高水平,玉树州杂多县、海西州大柴旦行委由于自身投入较低而处于每千人经费投入较低的水平,西宁市则因总体人口较多而



注:该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2022)4306号的标准地图制作,底图无修改。下同。

图2 青海省医疗可达性分布

Fig.2 Spatial accessibility to healthcare facilities in Qinghai Province

表2 青海省各市/州医疗设施不同时间阈值服务人口占比

Tab.2 Proportion of population served by healthcare facilities in different cities/prefectures of Qinghai Province at various time thresholds (%)								
区域	0~0.25 h	0.26~0.50 h	0.51~1.00 h	1.01~2.00 h	2.01~3.00 h	3.01~4.00 h	4.01~10.00 h	>10.00 h
全省	77.11	10.75	7.17	3.69	0.58	0.11	0.07	0.53
西宁市	95.41	3.37	1.16	0.05	0	0	0	0
海东市	82.70	14.11	2.86	0.33	0	0	0	0
海北州	59.01	21.36	14.63	4.38	0.58	0.03	0	0
黄南州	55.21	19.50	17.10	8.06	0.12	0	0	0
海南州	59.78	20.04	16.45	3.71	0.02	0	0	0
果洛州	40.91	19.75	20.78	16.65	1.59	0.31	0	0
玉树州	33.71	15.38	22.90	21.46	5.08	0.85	0.21	0.42
海西州	66.78	11.39	11.07	7.19	1.47	0.37	0.59	1.15

其各区/县处于中等或较低水平。玉树州曲麻莱县与杂多县在所有指标中均处于最低水平,该区域海拔较高,与玉树州行政中心玉树市距离较远,亟待优化医疗资源的空间布局。

在产出指标方面,西宁医疗资源丰富,是青海省居民大病医疗的首选,在空间分布上也影响着周围邻近各区/县,每千人门诊服务人次最多的2个区/县均位于省会西宁市。每千人医疗机构入院人数方面,除海东市外各市/州行政中心处于高或者较高水平,西宁市除湟中区外其他区/县均处于高或者较高水平,反映了省会与各市/州行政中心较强的医疗服务承载力。从平均住院日看,时间最长的9个区/县中有6个位于医疗资源相对丰富的西宁市与海东市,其余均位于海拔较高的青南三州,其中玉树州称多县平均住院日最长,高达26.3 d,是排序第二的黄南州泽库县(11.8 d)的2倍多。医疗可达性好的区域位于西宁市和邻近的区/县。海东市平安区与海西州德令哈市在各项指标中均处于低或较低的水平。

2.2 医疗资源配置的空间公平性

2.2.1 投入指标的公平性

根据青海省的医疗资源的空间配置情况,对卫生技术人员数、医疗机构数、医疗机构床位数与医疗经费投入这4项指标进行排序,并评价其空间公平性。卫生技术人员数、医疗机构数与医疗机构床位数最小尺度为区/县,即以各区/县人口累计百分比为X轴,以相应指标的累计百分比为Y轴,按这3项指标的实际情况分别绘制洛伦兹曲线;医疗经费投入的最小尺度为市/州,即以各市/州人口累计百分比为X轴,以医疗经费投入的累计百分比为Y轴,

按医疗经费投入升序排列绘制洛伦兹曲线,结果如图4所示。4项指标的基尼系数分别为0.2312、0.2149、0.2480与0.2046。根据Price<sup>[32]</sup>的划分标准,[0.20, 0.29)表示较公平,[0.30, 0.39)表示相对合理。可见卫生技术人员数、医疗机构数、医疗机构床位数、医疗经费投入4项指标处于较公平的状况,且医疗经费投入公平性最好,说明青海省的医疗资源总体配置合理,公平性良好。

对卫生技术人员数、医疗机构数与医疗机构床位数这3项指标在市/州尺度进行评价,分析青海省卫生资源配置公平性的区域差异(表3)。结果表明,从全省来看医疗机构数的空间公平性最好。除西宁市的3项指标和海西州的医疗机构数外,各市/州投入指标的公平性比青海省的总体情况更好,且其他6个市/州的各项指标的基尼系数均低于0.2,说明这些区域的医疗资源配置总体处于绝对公平状态。海西州医疗机构数的基尼系数仅次于西宁市,说明该区域内部医疗机构数量差异明显,海西州拥有医疗资源丰富的格尔木市与德令哈市,而该州其他区域的医疗资源则位于青海省相对落后的水平。西宁市内部差异明显,且由于西宁市医疗机构数量占全青海的29%以上,卫生技术人员数与医疗机构床位数均超过了50%,对全青海的基尼系数有显著的影响。该结果与本课题组在青海各市/州实地调研的结果相符,居民在大病医疗方面会首选在西宁寻求医疗服务。海东市各项指标基尼系数均低于0.1,是青海省医疗资源最公平的区域,该市的各区/县的医疗资源配置均属于全省领先的水平,且市内差异较小,该市海拔相对较低,气候相对适宜,适合发展医疗服务。

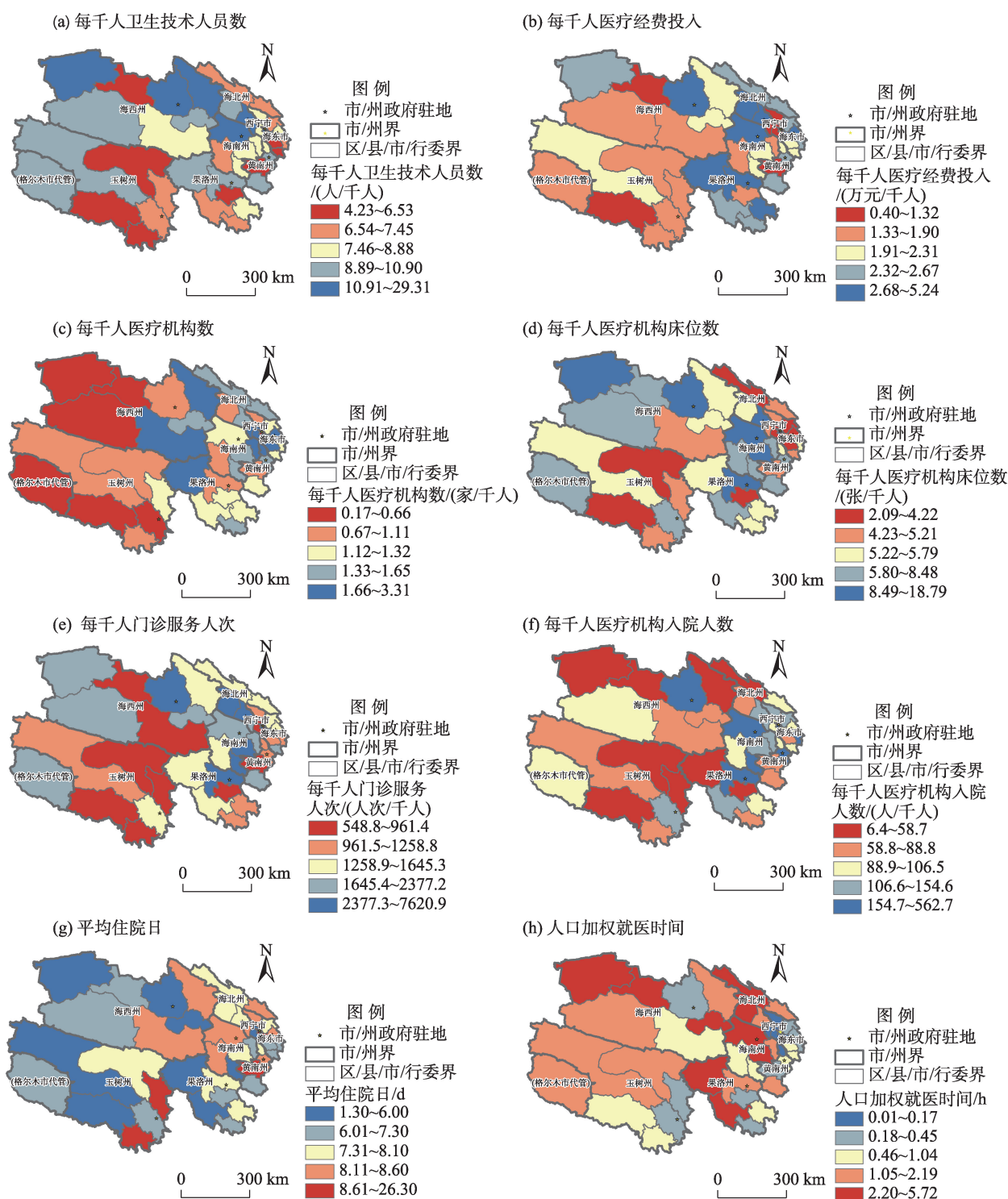


图3 青海省医疗资源投入产出指标的空间分布

Fig.3 Spatial distribution of input-output indicators of medical resources in Qinghai Province

### 2.2.2 产出指标的空间公平性

根据青海省的医疗资源的配置情况,对门诊服务人次、医疗机构入院人数、平均住院日、人口加权就医时间这4项指标进行排序。所有产出指标最小尺度为区/县,即以各区/县人口累计百分比为 $X$ 轴,

以相应指标的累计百分比为 $Y$ 轴,按这4项指标的实际情况分别绘制洛伦兹曲线。如图5所示,门诊服务人次、医疗机构入院人数、平均住院日、人口加权就医时间的基尼系数分别为0.3039、0.2720、0.3797、0.6546,说明医疗机构入院人数属于较公平



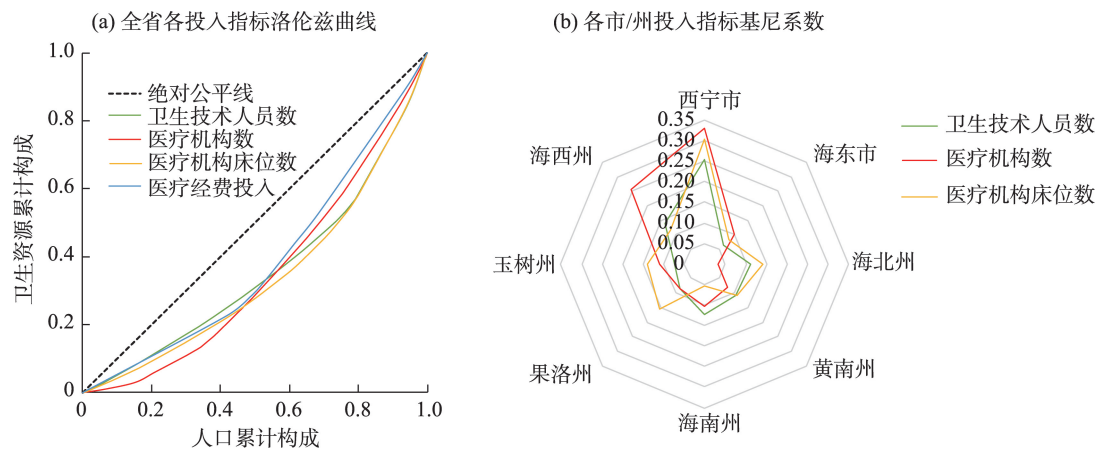


图4 投入指标公平性评价结果

Fig.4 Evaluation results of equity of input indicators

表3 青海省各市/州投入指标基尼系数

Tab.3 Gini coefficient of input indicators of cities/prefectures in Qinghai Province

指标	青海省	西宁市	海东市	海北州	黄南州	海南州	果洛州	玉树州	海西州
卫生技术人员数	0.2312	0.2554	0.0657	0.1115	0.1074	0.1235	0.084	0.0728	0.1382
医疗机构数	0.2149	0.3285	0.0998	0.0319	0.0793	0.1026	0.086	0.1094	0.2563
医疗机构床位数	0.2480	0.3046	0.0837	0.1414	0.1095	0.0529	0.1542	0.1407	0.1172

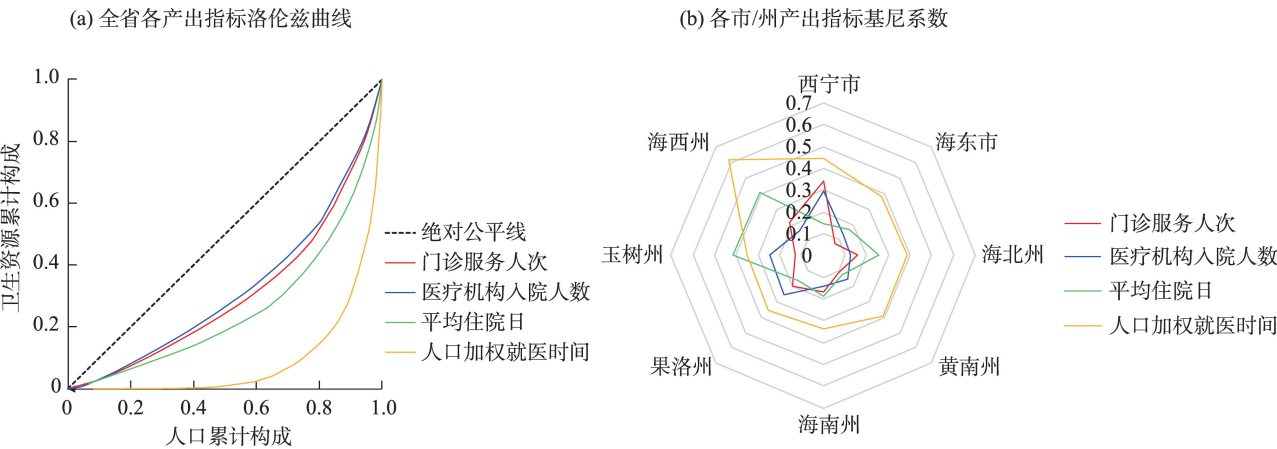


图5 产出指标公平性评价结果

Fig.5 Evaluation results of equity of output indicators

的类型,门诊服务人次与平均住院日属于相对合理的类型,人口加权就医时间高度不公平,与投入指标相比,产出指标的公平性较差,存在较大差异。

对所有产出指标在市/州尺度进行评价,分析青海省卫生资源配置公平性的区域差异,具体的基尼系数结果见表4。可以发现,产出指标的基尼系数明显高于投入指标的基尼系数。与投入要素中主要的公平性差异由西宁市贡献不同,产出指标中平均住院日的公平性差异是由玉树州、海西州所

贡献,人口加权就医时间的公平性差异则在海西州最突出。

**2.3 医疗资源配置效率分析**

采用数据包络分析方法计算青海45个县级行政单元的医疗资源配置投入产出效率,并通过DEAP软件计算综合效率、纯技术效率与规模效率,绘制上述结果的空间分布图(图6)。结果表明,青海省45个区/县中有18个区/县综合效率值与规模效率值均为1,实现了最优组合,属于数据包络分析强

表 4 青海省各市/州产出指标基尼系数

Tab.4 Gini coefficient of output indicators of cities/prefectures in Qinghai Province

指标	青海省	西宁市	海东市	海北州	黄南州	海南州	果洛州	玉树州	海西州
门诊服务人次	0.3039	0.3428	0.0720	0.1558	0.1070	0.1701	0.2020	0.1268	0.2173
医疗机构入院人数	0.2720	0.2962	0.1332	0.1239	0.1551	0.1385	0.2570	0.2483	0.1584
平均住院日	0.3797	0.1422	0.1669	0.2572	0.1248	0.1872	0.1631	0.4151	0.4096
人口加权就医时间	0.6546	0.4450	0.3812	0.3840	0.3912	0.3398	0.3557	0.3481	0.6175

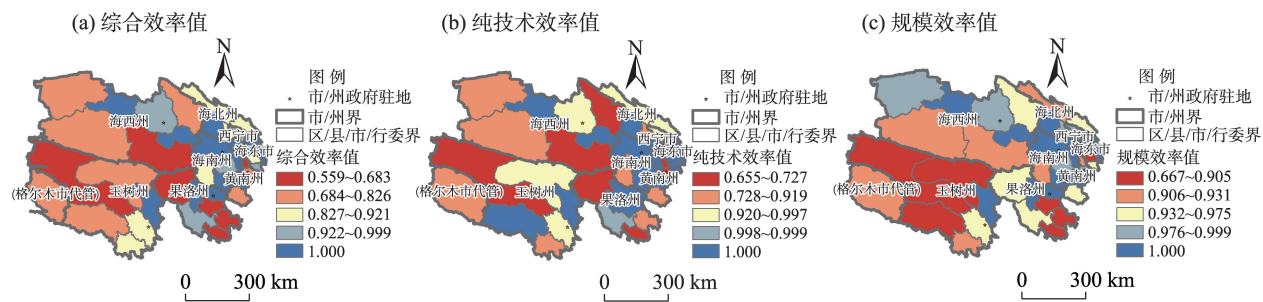


图 6 青海各区/县投入产出效率分布

Fig.6 Distribution of input-output efficiency of districts/counties in Qinghai Province

有效。综合效率方面,青海省 45 个区/县的平均值为 0.881,说明总体上各区/县医疗资源投入产出水平较高。纯技术效率均值为 0.922,略高于综合效率,其中有 23 个区/县的纯技术效率值为 1,除包含所有综合效率值为 1 的 18 个区/县外,还有海东市化隆回族自治县和循化撒拉族自治县、海南州贵南县、果洛州甘德县与玉树州杂多县,即这些区域的医疗资源投入相对产出达到最小或产出相对投入达到最大,实现了投入产出效率最大化。规模报酬方面,未实现数据包络分析有效,即规模效率小于 1 的 27 个区/县中,西宁市城西区、大通回族自治县、海北州海晏县,黄南州同仁市,海南州贵南县,海西州德令哈市、茫崖市等 7 区/县属于规模报酬递减的状态,说明其产出不足,需要进一步增加投入来增加产出,以提高效率,其余 20 个区/县属于规模报酬递增的状态,说明其投入超出了产出所需的最佳水平,需要进一步扩大规模来增加产出,以提高效率。因此,青海省部分区域医疗资源未达到最佳的投入规模,未来应在产出不足,即规模报酬递减的区域进一步部署医疗资源。

对规模报酬递减、需要增加投入的区/县进行分析,可以明确其医疗卫生资源投入不足的方面,有针对性地增加投入以提高效率。其中,西宁市城西区、大通回族自治县,海西州德令哈市、茫崖市的医疗经费投入不足,缺口分别为 1.203 万元/千人、1.478

万元/千人、2.538 万元/千人和 0.544 万元/千人;海北州海晏县,海西州德令哈市、茫崖市的卫生技术人员不足,缺口分别为 2.323 人/千人、1.324 人/千人和 0.804 人/千人;西宁市城西区、大通回族自治县、黄南州同仁市医疗卫生机构不足,缺口分别为 0.111 家/千人、0.816 家/千人、0.149 家/千人;西宁市城西区、海北州海晏县、黄南州同仁市、海西州茫崖市医疗机构床位不足,缺口分别为 1.179 张/千人、1.069 张/千人、0.364 张/千人、1.744 张/千人。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

本文所采用的评价青海省医疗资源配置公平性的指标中,基尼系数反映了医疗资源配置的空间公平程度,而数据包络分析反映医疗资源的配置效率,为未来的医疗资源布局提供参考。但在评价方面,由于过往年份的精细数据难以获取,因此没有 在时间层面比较青海省的基尼系数与数据包络分析中的各效率值。投入与产出指标选取方面,本文仅考虑了医疗机构数、门诊人次、住院人数等指标,并未分医疗级别进一步讨论,只能初步反映青海省总体的医疗资源的投入与产出格局情况与效率。此外,采用基尼系数评价医疗资源配置的空间公平性也存在一定的局限性。青海省内各市州之间不

均衡,行政中心医疗资源分布较为集中,医疗服务质量高,而一些地处偏僻、环境艰苦、人口稀少的地区医疗资源配置相对不足,且本文的度量指标未考虑医疗资源质量的差异。为实现基本医疗服务均等化的目标,亟待加强基本医疗服务的配置,并通过对口帮扶、省市县乡四级体系的建设等措施改善基层医疗服务质量。

通过成本栅格法计算人口加权就医时间时,由于目前青海省玉树州、果洛州、黄南州、海南州这4个市级行政单元的州府未通铁路,玉树州虽有青藏铁路经过,但只是经过了该州西北部位于治多县境内、人口稀少的可可西里自然保护区,东南部人口密集的玉树市、称多县仍然没有铁路经过,因此,对于人口稀少、医疗条件落后的青南三州,公路仍然是主要的交通运输方式。因而本文仅考虑了公路的情况,且由于青海省大多数城市建成区面积较小,部分县城沿交通干线修建设没有考虑城市交通内部的发展情况,可能会高估所测算的可达性。航空方面,目前青海省拥有6座民用机场,分别位于海东市、玉树州、果洛州以及海西州德令哈市、格尔木市、茫崖市,已实现了对于青海省大部分区域的覆盖,没有考虑航空运输方式存在不足。青海省地域广阔,偏远地区的居民对空中运输方式的高等级急救服务提出了需求,而青海省红十字医院是青海省唯一配备直升机紧急迫降停机坪的医疗机构,发挥着关键的作用,后续的研究可关注空中急救医疗服务。

居民选择医疗机构不仅只考虑距离因素,还应考虑医疗服务质量、文化习俗(青海省拥有大量的回族、藏族等少数民族人口)等因素。自2010年第五次西藏工作座谈会提出“对口援青”以来,内地6省市对于青海藏区的援助均在有效进行,医疗专家定期前往当地医院坐诊,可减小各医院间服务质量的差距。而《健康青海2030行动计划》制定了“在2020年,100%的医院、乡镇卫生院(城市社区卫生服务中心)、75%村卫生室(城市社区卫生服务站)能够提供中藏蒙医药服务;到2030年,100%的医疗机构能够提供中藏蒙医药服务”的目标。

### 3.2 主要结论

本文根据青海省45个区/县的医疗资源配置情况,分别采用基尼系数与数据包络分析评价医疗资源配置的空间公平性与效率。基尼系数结果表明,青海省卫生技术人员数与医疗经费投入在人口层

面的基尼系数均小于0.3,公平状况良好。而各产出指标的基尼系数明显高于各投入指标,其中医疗可达性的基尼系数大于0.6,公平性需尽快优化,这与何军等<sup>[6]</sup>在四川进行的医疗资源公平性研究的“人口层面的医疗资源公平性好于空间层面”的结果一致。各市/州内部的基尼系数多数低于青海省总体水平,说明青海省各市/州之间医疗资源配置的差异较各市/州内部更明显。

本文以每千人医疗经费投入、每千人卫生技术人员数、每千人医疗机构数与每千人医疗机构床位数作为投入指标,每千人门诊服务人次、每千人医疗机构入院人数、出院者平均住院日与人口加权就医时间作为产出指标,并进行了效率评价。结果表明,有18个区/县实现了医疗资源的最优配置,而有23个区/县的纯技术效率值达到了1,实现了投入产出效率的最大化,最大程度合理利用了医疗资源。在未实现数据包络分析有效的27个区/县中,西宁市城西区、大通回族自治县,海北州海晏县,海南州同仁市、贵南县,海西州德令哈市、茫崖市等7区/县属于规模报酬递减的状态,说明其产出不足,需要进一步增加投入来扩大产出,为实现《“健康青海2030”规划纲要》中的于2030年基本形成15 min基本医疗服务圈的指标做好充足的准备。

### 参考文献(References)

- [1] 国务院办公厅. “十四五”国民健康规划 [EB/OL]. 2022-05-20 [2023-02-07]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-05/20/content\\_5691424.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-05/20/content_5691424.htm). [General Office of the State Council. National health plan of the 14th five-year plan. 2022-05-20 [2023-02-07]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-05/20/content\\_5691424.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-05/20/content_5691424.htm).]
- [2] Jeffery J D. Thoughts on the poor-law: With reference to the medical care of the poor [J]. Provincial Medical & Surgical Journal, 1842, 3: 535-536.
- [3] Ouma P O, Maina J, Thurairara P N, et al. Access to emergency hospital care provided by the public sector in sub-Saharan Africa in 2015: A geocoded inventory and spatial analysis [J]. Lancet Global Health, 2018, 6(3): e342-e350.
- [4] Weiss D J, Nelson A, Vargas-Ruiz C A, et al. Global maps of travel time to healthcare facilities [J]. Nature Medicine, 2020, 26(12): 1835-1838.
- [5] 陶卓霖, 程杨. 两步移动搜索法及其扩展形式研究进展 [J]. 地理科学进展, 2016, 35(5): 589-599. [Tao Zhuolin, Cheng Yang. Research progress of the two-step floating catchment area method and extensions. Progress in Geog-



- raphy, 2016, 35(5): 589-599. ]
- [6] 何军, 杨建, 孟玲, 等. 基于洛仑兹曲线和基尼系数的四川卫生资源配置公平性评价 [J]. 西北人口, 2015, 36(1): 44-47, 54. [He Jun, Yang Jian, Meng Ling, et al. Equity evaluation of health resources allocation in Sichuan based on Lorenz curve and Gini coefficient. Northwest Population Journal, 2015, 36(1): 44-47, 54. ]
- [7] 赵红, 王小合, 应心, 等. Lorenz 曲线和 Gini 系数在卫生资源配置公平性评价应用中的几个问题与思考 [J]. 中国卫生经济, 2012, 31(4): 25-27. [Zhao Hong, Wang Xiaohe, Ying Xin, et al. Several problems and thinking of the Lorenz curve and Gini coefficient method application research in fairness evaluation of medical health resources allocation. Chinese Health Economics, 2012, 31(4): 25-27. ]
- [8] 贺买宏, 王林, 贺加, 等. 我国卫生资源配置状况及公平性研究 [J]. 中国卫生事业管理, 2013, 30(3): 197-199. [He Maiahong, Wang Lin, He Jia, et al. Studying on the status and equity of health services resources allocation in China. Chinese Health Service Management, 2013, 30(3): 197-199. ]
- [9] 李勇, 杨方娜. 基于基尼系数实证分析我国医疗卫生资源配置公平性 [J]. 中国药物评价, 2021, 38(2): 104-110. [Li Yong, Yang Fangna. An empirical analysis on the equity of allocation of medical and health resources in China: Based on the comprehensive perspective of "population equity" and "geographical equity". Chinese Journal of Drug Evaluation, 2021, 38(2): 104-110. ]
- [10] 张彦琦, 唐贵立, 王文昌, 等. 基尼系数和泰尔指数在卫生资源配置公平性研究中的应用 [J]. 中国卫生统计, 2008(3): 243-246. [Zhang Yanqi, Tang Guili, Wang Wenchang, et al. Application of Gini coefficient and Theil index in study on equity of health resources distribution. Chinese Journal of Health Statistics, 2008(3): 243-246. ]
- [11] 韩雪梅, 贾登勋. 甘肃省卫生资源配置公平性的实证分析 [J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2013, 41(6): 90-96. [Han Xuemei, Jia Dengxun. Analysis on the fairness of healthcare resource allocation in Gansu Province. Journal of Lanzhou University (Social Sciences), 2013, 41(6): 90-96. ]
- [12] Zhang Y, Wang Q, Jiang T, et al. Equity and efficiency of primary health care resource allocation in China [J]. International Journal for Equity in Health, 2018, 17(1): 140. doi: 10.1186/s12939-018-0851-8.
- [13] 张涛, 孙立奇, 李书婷, 等. 我国公共卫生资源配置的公平与效率分析: 基于 HRAD 和 DEA 的研究 [J]. 中国卫生政策研究, 2017, 10(9): 57-62. [Zhang Tao, Sun Liqi, Li Shuting, et al. Analysis of equity and efficiency of public health resource allocation in China: Based on HRAD and DEA. Chinese Journal of Health Policy, 2017, 10(9): 57-62. ]
- [14] 胡梅玲, 陈少晖. 医疗卫生资源配置效率测度及时空演化分析 [J]. 统计与决策, 2023, 39(1): 72-76. [Hu Meiling, Chen Shaohui. Measurement of allocation efficiency and analysis of spatio-temporal evolution of medical resources. Statistics and Decision, 2023, 39 (1): 72-76. ]
- [15] 梅子鸿, 刘婵娟. 2012—2020 年我国基层医疗资源配置效率分析 [J]. 中国卫生经济, 2022, 41(10): 54-58. [Mei Zihong, Liu Chanjuan. Analysis on the resource allocation efficiency of primary care in China from 2012 to 2020 based on DEA model. Chinese Health Economics, 2022, 41(10): 54-58. ]
- [16] Su W, Du L L, Fan Y J, et al. Equity and efficiency of public hospitals' health resource allocation in Guangdong Province, China [J]. International Journal for Equity in Health, 2022, 21(1): 138. doi: 10.1186/s12939-022-01741-1.
- [17] Hu P, Liu Z, Lan J, et al. Equity and efficiency in spatial distribution of basic public health facilities: A case study from Nanjing metropolitan area [J]. Urban Policy and Research, 2019, 37(2): 243-266.
- [18] 王东华, 曹小曙, 黄晓燕. 中国集中连片特困地区医疗可达性对贫困的影响 [J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2021, 49(2): 2-14. [Wang Donghua, Cao Xiaoshu, Huang Xiaoyan. The impact of health care accessibility on poverty in the concentrated contiguous severe poverty areas in China. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2021, 49(2): 2-14. ]
- [19] 霍青兰, 唐新明, 王鸿燕, 等. 六盘山地区医疗设施空间分布及可达性研究 [J]. 测绘科学, 2021, 46(7): 189-195. [Huo Qinglan, Tang Xinming, Wang Hongyan, et al. Research on the spatial distribution and accessibility of medical facilities in Liupanshan area. Science of Surveying and Mapping, 2021, 46(7): 189-195. ]
- [20] Maire N, Hegnauer M, Nguyen D, et al. The health resources allocation model (HRAM) for the 21st century [J]. Geospatial Health, 2012, 6(2): 295-298.
- [21] Love-Koh J, Griffin S, Kataika E, et al. Methods to promote equity in health resource allocation in low- and middle-income countries: An overview [J]. Global Health, 2020, 16(1): 1-12. doi: 10.1186/s12992-019-0537-z.
- [22] Balakrishnan R, Gruca T S. Cost stickiness and core competency: A note [J]. Contemporary Accounting Research, 2008, 25(4): 993-1006.
- [23] 杨松义. 青海年鉴 2021 [M]. 西宁: 青海年鉴社, 2021: 45. [Yang Songyi. Qinghai Yearbook 2021. Xining, China: Qinghai Yearbook Press, 2021: 45. ]

- [24] 青海省卫生健康委员会. “健康青海 2030”行动计划 [EB/OL]. 2019-08-08 [2023-02-07]. <https://wsjkw.qinghai.gov.cn/zwgk/xxgkml/ghyxx/2019/08/08/1565234640354.html>. [Qinghai Provincial Health and Health Commission. "Healthy Qinghai 2030" Action Plan. 2019-08-08 [2023-02-07]. <https://wsjkw.qinghai.gov.cn/zwgk/xxgkml/ghyxx/2019/08/08/1565234640354.html>. ]
- [25] 青海卫生健康委员会. 青海卫生统计年鉴 [M]. 西宁: 青海年鉴社, 2021: 37, 67. [Qinghai Health Commission. Qinghai health statistics yearbook 2021. Xining, China: Qinghai Yearbook Press, 2021: 37, 67. ]
- [26] 青海省人民政府办公厅, 甘肃省人民政府办公厅. 兰州—西宁城市群发展“十四五”实施方案 [EB/OL]. 2022-02-07 [2023-02-07]. [http://www.qinghai.gov.cn/xxgk/xxgk/fd/ghxx/202203/t20220324\\_189332.html](http://www.qinghai.gov.cn/xxgk/xxgk/fd/ghxx/202203/t20220324_189332.html). [General Office of Qinghai Provincial People's Government, General Office of Gansu Provincial People's Government. The implementation of the 14th five-year plan for the development of Lanzhou- Xining urban agglomeration. 2022-02-07 [2023-02-07]. [http://www.qinghai.gov.cn/xxgk/xxgk/fd/ghxx/202203/t20220324\\_189332.html](http://www.qinghai.gov.cn/xxgk/xxgk/fd/ghxx/202203/t20220324_189332.html). ]
- [27] 青海省卫生与健康委员会. 青南支医创新帮扶举措 强基惠民助力乡村振兴 [EB/OL]. 2022-08-12 [2023-02-07]. <https://wsjkw.qinghai.gov.cn/zhxw/xwzx/2022/08/12/1660294890392.html>. [Health Commission of Qinghai Province. Innovative measures to help doctors in Qingnan to strengthen the foundation and benefit the people for the revitalization of the countryside. 2022-08-12 [2023-02-07]. <https://wsjkw.qinghai.gov.cn/zhxw/xwzx/2022/08/12/1660294890392.html>. ]
- [28] 王振波, 徐建刚, 朱传耿, 等. 中国县域可达性区域划分及其与人口分布的关系 [J]. 地理学报, 2010, 65(4): 416-426. [Wang Zhenbo, Xu Jiangang, Zhu Chuangeng, et al. The county accessibility divisions in China and its correlation with population distribution. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(4): 416-426. ]
- [29] 汪延彬, 何瑞东, 王娅妮, 等. 基于成本距离的铁路客运站交通可达性空间特征研究: 以甘肃省为例 [J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2022, 45(1): 58-63, 77. [Wang Yanbin, He Ruidong, Wang Yani, et al. Research on spatial characteristic of railway passenger station accessibility based on cost distance: A case of Gansu Province. *Journal of Anhui Normal University (Natural Science)*, 2022, 45(1): 58-63, 77. ]
- [30] 苗毅, 卢文清, 戴特奇, 等. 青藏高原市域综合交通优势度评价及空间特征: 以林芝市为例 [J]. 地理科学进展, 2021, 40(8): 1332-1343. [Miao Yi, Lu Wenqing, Dai Teqi, et al. Comprehensive traffic advantage degree and its spatial characteristics at the prefecture level on the Qinghai-Tibet Plateau: A case study of Linzhi City. *Progress in Geography*, 2021, 40(8): 1332-1343. ]
- [31] Horev T, Pesis-Katz I, Mukamel D B. Trends in geographic disparities in allocation of health care resources in the US [J]. *Health Policy*, 2004, 68(2): 223-232.
- [32] Price M. The consequences of health service privatisation for equality and equity in health care in South Africa [J]. *Social Science & Medicine*, 1988, 27(7): 703-716.
- [33] 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.

## Spatial equity and efficiency of medical resource allocation in Qinghai Province

LIU Ze<sup>1</sup>, ZHANG Nana<sup>2</sup>, CHENG Yang<sup>1\*</sup>, TAO Zhuolin<sup>1</sup>, KONG Jinsong<sup>1</sup>

(1. Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. School of Geography, Qinghai Normal University, Xining 810016, China)

**Abstract:** Qinghai Province is an important part of the Qinghai-Tibet Plateau and an important inhabited area of ethnic minorities. It is of high practical significance to study the spatial equity and efficiency of the allocation of medical resources in this province and provide references for optimizing the distribution of medical resources. Based on population and medical resource data, this study used the cost grid method to evaluate the population-weighted accessibility to medical treatments at the district/county scale in Qinghai Province. Combining the data of the number of healthcare personnel and medical expenditure input, this study used Gini coefficient and data envelopment analysis to evaluate the spatial equity and efficiency of medical resources in the province. The results show that the values of Gini coefficient of the number of healthcare personnel, the number of hospitals, the number of beds in hospitals, and medical expenditure in Qinghai Province were all less than 0.3, which was relatively equal, while the Gini coefficient of the population-weighted accessibility for medical services was 0.6546, showing considerable regional differences. The spatial equity of medical resources at the population level is better than that at the spatial level. The result of data envelopment analysis shows that both the comprehensive efficiency and the scale efficiency are 1 in 18 districts/counties in Qinghai Province, where the optimal allocation of medical resources has been achieved. The districts/counties not achieving the value of 1 are generally of the type of decreasing scale efficiency, where investment needs to be increased. The spatial equity and efficiency evaluation method of medical resources established in this study can serve the spatial planning of medical resources in Qinghai Province and provide a scientific basis for promoting the equalization of medical services.

**Keywords:** allocation of medical resources; spatial equity and efficiency; Gini coefficient; data envelopment analysis; Qinghai Province