

引文格式: 武文娟, 徐京华, 时进, 等. 基于GWR的四川省医院床位数时空分布及其影响因素研究[J]. 测绘通报, 2016(4): 49-53. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2016.0119.

基于GWR的四川省医院床位数时空分布及其影响因素研究

武文娟¹, 徐京华¹, 时进², 任红艳³, 王渊博¹

(1. 西南交通大学地理信息工程中心, 四川 成都 610031; 2. 解放军 306

医院医疗科, 北京 100000; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

Study on the Spatial-temporal Distribution and Influence of the Hospital-beds in Sichuan Province with GWR Method

WU Wenjuan, XU Jinghua, SHI Jin, REN Hongyan, WANG Yuanbo

摘要: 合理配置医疗资源是加快医疗体系建设的重要基础和内在要求, 研究自然和社会经济因素对医疗资源配置的影响, 可为医疗服务体系科学规划和建设提供有力支持。本文以2000—2002年、2005—2007年、2010—2012年3个时期的四川省区县公立医院床位数为例, 利用空间分析技术研究了区县床位的时空变化特征, 并采用地理加权回归模型方法解释了经济、人口、交通、地形等因素对其时空异质性的影响。结果表明: 2000—2012年, 川东地区的床位数总体高于川西高原, 在区县尺度呈现显著的空间聚集性分布特征(3个时期的莫兰指数分别为0.16、0.15、0.18, $p < 0.01$)。其时空异质性与地形、人口、经济及交通等因素关系密切, 且地形起伏度、人口、交通要素在川西高原影响尤为明显。因此, 应依据四川省医疗水平的现状和驱动因子的效应机理, 因地制宜规划和建设医疗卫生服务体系, 促使其平衡发展, 以提高医疗卫生基础设施对居民健康的保障能力。

关键词: 地理加权回归模型; 四川省医疗床位; 空间异质性; 空间分析

中图分类号: P208

文献标识码: B

文章编号: 0494-0911(2016)04-0049-05

随着社会经济的快速发展、居民健康意识的增强, 以及智慧城市的不断探索与实践^[1], 如何提高区域公共医疗服务能力逐渐成为政府和公众关注的热点。公立医院床位数是公共医疗资源的重要指标^[2], 其规模大小和区域空间分布对基层医疗卫生条件的改善、区域医疗服务体系的均衡发展和居民健康的有效保障等方面有直接影响^[3]。与此同时, 受自然条件、经济水平、人口数量与健康状况、交通条件、政府卫生政策与规划等因素影响, 区域医院数在一定时期呈现一定的空间分布形态^[4]。

目前研究公共医疗资源影响因素和配置方法主要包括需求法、工作量法、多元线性回归法、灰色模型法、时间序列法、资源/人口比值法^[5-7]等。这些方法多在长时间序列数据的基础上建立全局模型, 进而对区域公共医疗资源在全局上的时间变化进行定量分析和估算。这些全局性的分析和估算往往会忽略医疗资源和影响因子的局部空间差异, 掩盖空间位置对医疗资源与影响因素之间关系的影响。地理加权回归模型(geographically weighted regression, GWR)能够充分考虑各影响因子在不同空间位置上的差异, 适于探索这些影响因子与研究对象关系的空间分布^[8-9]。本研究拟应用GIS的空间分析功能^[10], 采用地统计方法探究四川省区县尺度医院床

位数的时间和空间变化特征, 引入GWR模型剖析床位数与人口、经济水平、地形条件、交通状况等因素之间的关系, 并从地理学角度探讨医疗卫生服务体系建设过程中发展不平衡、资源配置不合理等问题, 为四川省医疗卫生服务体系决策与建设提供有力的支撑。

一、材料与方法

1. 数据收集与指标计算

本文拟选取2000—2002年、2005—2007年、2010—2012年3个时期(I、II、III)的四川省各县医院床位数(number of bed, BedNUM)的平均值作为因变量, 选取国内生产总值(GDP)、人口数(POP)、公路里程(ROAD)、地形起伏度(relief degree of land surface, RDLS)作为BedNUM的解释指标。

地形地貌因素通过影响医院选址和布局, 对医院床位配置产生作用^[11]。本文将地形起伏度(RDLS)作为反映地形因子的指标, 并将其作为第4个变量。RDLS的计算参照公式为^[12]

$$RDLS = ALT/1000 + \{ [\max(H) - \min(H)] \times [1 - P(A)/A] \} / 500 \quad (1)$$

式中, RDLS为地形起伏度; ALT为区县的平均海拔; $\max(H)$ 和 $\min(H)$ 分别为该区域内的最高与最低

收稿日期: 2015-04-07; 修回日期: 2015-11-02

作者简介: 武文娟(1990—), 女, 硕士生, 主要研究方向为3S理论研究与应用。E-mail: jhxv@swjtu.edu.cn

海拔; $P(A)$ 为区县平地(5 km×5 km 区域内海拔差值小于 30 m) 面积; A 为区域总面积。DEM 是空间分辨率为 1 km×1 km 的数字高程数据, 从中国科学院资源环境科学数据中心离线申请获得。

2. 分析方法

首先, 应用软件 OpenGeoDa 对四川省区县尺度的 BedNUM 分别进行全局和局部空间自相关分析, 探索其空间分布特征; 其次, 基于空间特征的探索性分析结果, 引入 GDP、POP、ROAD 及 RDLS 等因素, 并利用 GWR 模型研究区县尺度 BedNUM 的空间异质性。

(1) 空间自相关

空间自相关分析包括全局自相关和局部自相关两种。其中, 全局空间自相关以全局的同质性为前提, 衡量 BedNUM 在四川省的空间差异程度和空间关联性。本文采用 Global Moran's I 指数为统计量^[13], 其计算公式为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x}) / S^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (2)$$

式中 x_i, x_j 为区县 i, j 的 BedNUM; \bar{x} 为 BedNUM 的均值; W_{ij} 为空间权重值; n 为区县数量 ($n=1, 2, \dots, 164$)。

Moran's I 指数的取值为 (-1~1), 其中 $I>0$ 时表示空间正相关, 各区县之间距离越近 BedNUM 越相似, 即 BedNUM 呈空间集聚分布; $I<0$ 时表示空间负相关, 即高值 BedNUM 被低值包围或高值包围着低值; $I=0$ 时表示空间不相关, BedNUM 呈现随机分布模式。

在进行全局空间自相关分析之前, 需要采用 Rook 权重矩阵的方法来构造空间权重矩阵, 然后利用蒙特卡罗模拟方法对空间自相关的显著性水平进行检验^[13], 即

$$Z = (I - E(I)) / \sqrt{\text{var}(I)} \quad (3)$$

式中 E 和 var 均为理论上的方差和均值, 通过对 Z 统计量进行显著性检验来验证是否存在空间自相关。通常定义原假设为 H_0 , 即假设 164 个区县的 BedNUM 之间不存在空间自相关。计算 Z 值的 P 值, 通过比较 P 值和显著性水平 α (取 0.05) 来决定是否拒绝原假设。若 $P<\alpha$, 则拒绝原假设, 即认为各区县的 BedNUM 之间存在空间自相关。

全局自相关虽然可以揭示区县 BedNUM 在全局范围内的空间分布特征, 但无法解释局部区县 BedNUM 的高低聚集分布, 因此需要进行局部空间自相关分析以弥补其不足^[14]。本文研究拟采用 Local Moran's I 指标来分析区县 BedNUM 在各自局

部空间位置上的分布模式和关联模式, 其本质是将全局空间相关指数分解到各个位置上^[15]。

(2) 地理加权回归模型(GWR)

地理加权模型作为一种模型驱动方法^[12], 在传统的普通线性回归模型(OLS)的基础上, 将样本数据的地理位置嵌入到回归系数中。本文建立的 GWR 模型如下^[16]

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (4)$$

式中 (u_i, v_i) 为第 i 个区县的空间坐标; $\beta_k(u_i, v_i)$ 为第 i 个区县的第 k 个回归系数; ε_i 为第 i 个区县的误差项且 $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma)$ 。本文在进行 GWR 建模时, 应用 ArcGIS 10.1 软件, 以调整型空间核为基础, 采用 AIC_c 方法进行 GWR 模型带宽的计算, 并对各影响因素空间变异的显著性进行显著性检验^[17-18]。

二、结果与分析

1. 3 个时期 BedNUM 基本特征

全省所有区县 BedNUM 的平均值稳步增长。从各区县的 BedNUM 空间分布(如图 1 所示)可知, BedNUM 高于全省平均的区县主要分布在四川省东部海拔较低区域, 且 3 个时期保持一致; 同时, 位于川西高原的攀枝花市、西昌市、康定县、冕宁县、会理县的 BedNUM 也高于全省平均水平。3 个时期高于全省平均水平的区县个数分别为 62、54、57; 虽然 III 期同 I 期相比, 高于全省平均水平的区县个数呈现小幅度减少, 但是除川西高原的阿坝州金川县、黑水县、理县和甘孜州的巴塘县、新龙县、攀枝花市及泸州市外, 其他地区的床位数均有所增加, 且川东地区增加程度要大些。造成这种现象的原因, 一方面是由于四川省位于龙门山断裂带, 频发地震、泥石流等灾害, 给当地居民造成了一定的安全隐患, 当地政府加强了医疗卫生的投资; 另一方面是在市场机制和利益最大化的驱动下, 卫生资源往往会流向经费充裕、经济发展好的川东地区, 加之病人往往会选取条件好、医疗设施完备的地区, 使得医院为了提升服务能力而增加床位数量^[19]。

2. 区县 BedNUM 空间非平稳性

四川省区县尺度的 BedNUM 呈现明显的空间非平稳性(空间聚集性)。从全局空间自相关分析结果来看, 3 个时期的区县 BedNUM 均呈现极显著 ($p<0.01$) 的空间聚集性, 而且同前两期(漠然指数为 0.16 和 0.15)相比, III 期的空间聚集性(漠然指数为 0.18)有所增加。

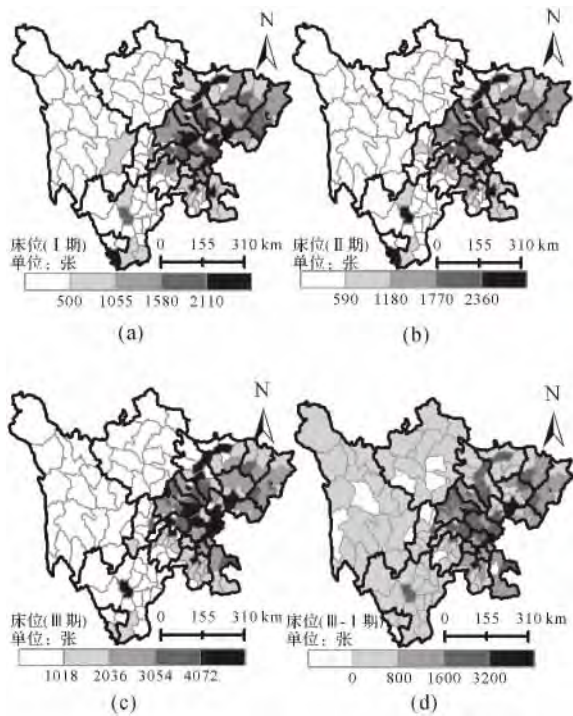


图1 医疗床位分布图

同时,四川省区县尺度 BedNUM 局部空间自相关分析结果(如图2所示)表明, BedNUM 呈现4种类型的空间分异格局:①局部空间差异较小,区县自身和相邻区县的床位数都较高的区县(高-高):如郫县、成都市、德阳市、绵阳市、内江市、自贡市,其中成都市、德阳市、绵阳市、内江市、自贡市在3个时期均为高-高型。②局部空间差异较小,区县自身和相邻区县的床位数都较低的区县(低-低):这些区县集中在川西高原;和I期相比,II期减少了凉山州的昭觉县、金阳县、会理县,III期则只减少了凉山州的会理县。③局部空间差异较大,区县自身水平高但周边较低的区县(高-低):如西昌市(县级市)。④空间差异较大,区县自身水平低但周边较高的区县(低-

高):如III期出现的乐至县和汶川县。

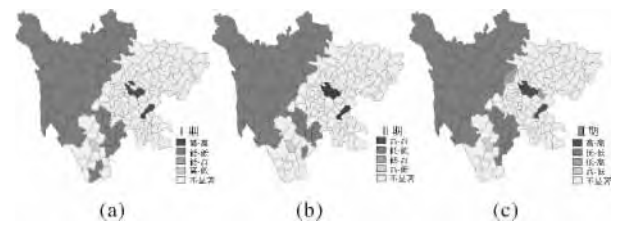


图2 3个时期的床位LISA聚集图

3. BedNUM 空间非平稳性的影响因素

由于区县 BedNUM 呈现明显的空间聚集性,因此需要采用考虑空间位置关系的 GWR 模型来综合考察人口、经济、交通及地形等因素对 BedNUM 空间非平稳性的影响程度。在运行 GWR 模型之前,需要采用 VIF 指数对变量进行多重共线性检验,以防止共线性问题导致系数矩阵不可逆和模型不可识别。将3个时期 POP、ROAD、GDP 和 RDLS 进行多重共线性检验,VIF 都小于 7.5,说明它们之间不存在严重共线性,可以引入到 GWR 模型中。

从 GWR 模型拟合参数(见表1)的总体校正 R^2 来看,所拟合的模型可以分别解释3个时期四川省区县 BedNUM 大约 95% 的方差,而且达到极显著水平 ($P < 0.1$)。同时,局部回归值与各区县 BedNUM 实际值的拟合程度也较高,局部 R^2 在3个时期分别为 71%~98%、82%~98%、54%~98%(见表1),且呈现明显的空间分布及变化特征:3个时期的局部 R^2 在四川省区县内均呈现先升后降的趋势;其中成都平原及川西高原的阿坝州东南部区县为最高,而川西高原的甘孜州、凉山州、攀枝花及川东地区的所有区县的局部 R^2 较低,表明该区域区县的 BedNUM 可能还受到其他因素的影响,如人口结构、政策等影响^[11]。

表1 GWR 模型估计结果

| 回归系数 与模型参数 | 时期 | | |
|------------------|--|--|--|
| | I 期 | II 期 | III 期 |
| 截距 | -819.87~387.64 | -291.09~410.13 | -1 784.41~412.02 |
| POP | -4.79~33.82 | -0.11~14.01 | 1.51~55.52 |
| GDP | $0.97 \times 10^{-3} \sim 0.45 \times 10^{-2}$ | $0.11 \times 10^{-2} \sim 0.22 \times 10^{-2}$ | $0.90 \times 10^{-4} \sim 0.14 \times 10^{-2}$ |
| ROAD | -0.92~0.10 | -0.57~0.09 | -1.15~0.11 |
| RDLS | -86.80~537.69 | -19.19~286.90 | -267.74~772.87 |
| 局部 R^2 | 0.71~0.98 | 0.82~0.98 | 0.54~0.98 |
| R^2 | 0.95 | 0.96 | 0.96 |
| R^2 adjust | 0.94 | 0.96 | 0.95 |
| AIC _c | 2 434.26 | 2 455.72 | 2 661.12 |
| P-value | <0.01 | <0.01 | <0.01 |

从区县 BedNUM 的局部回归系数估计结果(如图3所示)可见,各因素对床位分布的影响随时间变化而变化,呈现不稳定的状态。其中地形起伏度 RDLS 对医疗床位数的影响最显著,3个时期 RDLS 回归系数均为正值,但在川西高原 RDLS 较大区域回归系数较小,在川东地区 RDLS 较小的地区回归

系数反而变大。这说明 RDLS 加速了 BedNUM 区域不平衡现象,逐渐成为限制型因素。同时, RDLS 大的区县会对 GDP、POP 带来一定程度的阻碍作用,现实中应考虑发展经济、提高医疗资源通达性来合理分配医疗床位,从而使得医疗资源能得到高效利用。

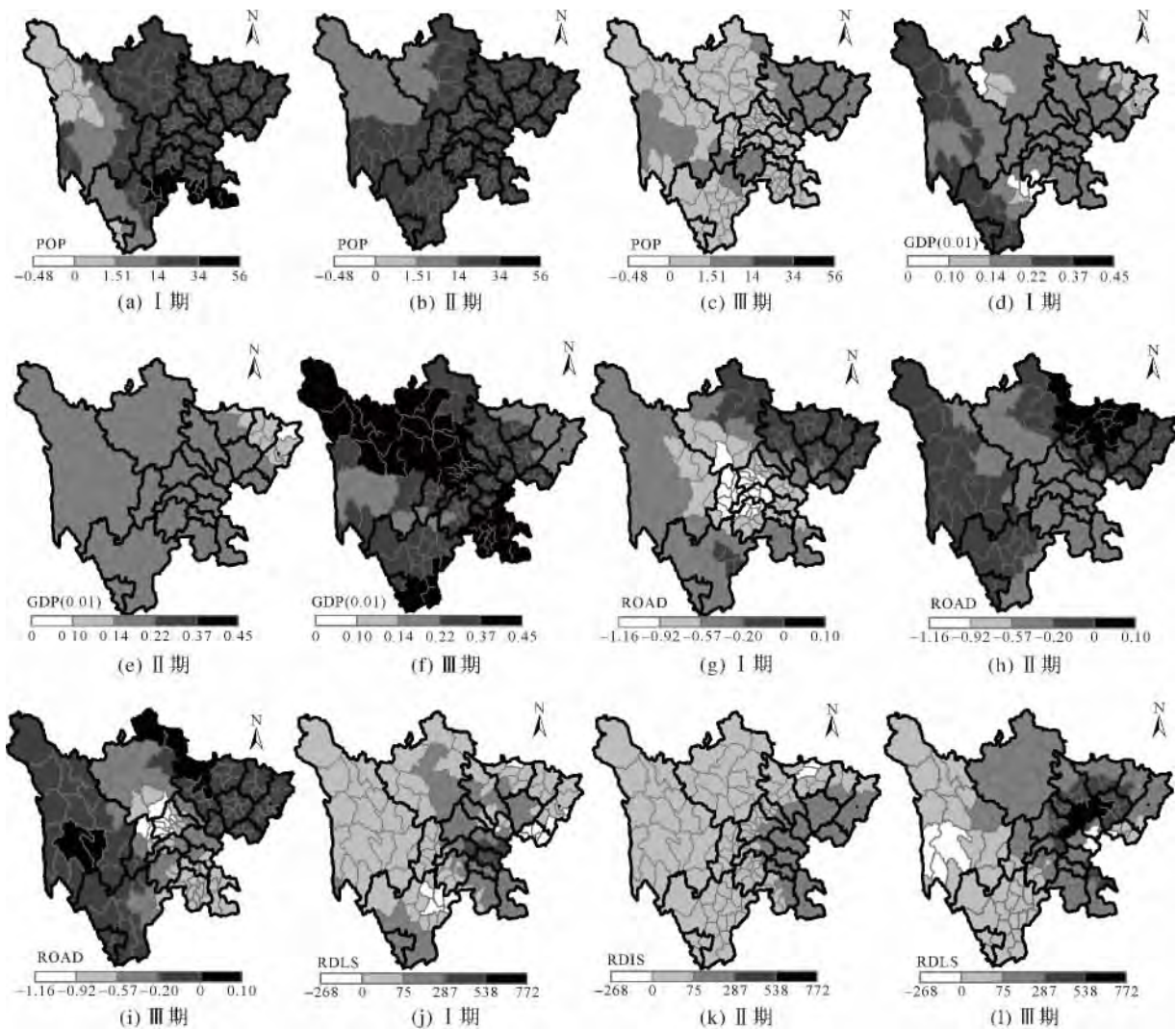


图3 GWR模型的回归系数分布图

人口是医疗床位分布的重要因素,它对 BedNUM 的影响程度位居第2。3个时期 POP 的回归系数均为正数,且影响程度呈现上升的态势。III期回归系数较大的区县集中在人口稀少的川西高原阿坝州、甘孜州北部区县、凉山州南部区县,以及泸州市、宜宾市,较低的地区则为达州、广元、巴州所有区县和川西高原的巴塘县、理塘县、雅江县、九龙县和越西县、美姑县。

公路里程数作为反映区域交通发达程度的重要指标,也是反映医疗床位可达性的基本要素。3个

时期 ROAD 的回归系数变化不大,一半以上的县域为负值,且 ROAD 为促进作用的县域个数逐期减少。III期回归系数为正的地区为川西高原的若尔盖、九寨沟、理塘县、雅江县和成都平原的平武、梓潼县。而且在 ROAD 为限制因子的县域中,川西高原的 ROAD 值最小,限制程度也相对较小。综上,ROAD 在多数县域为限制因子,因此在加强道路建设的同时,结合人口分布和医疗服务需求者的活动规律,在农村地区尽量选择交通状况好的、人口较集中的地区作为医院的最佳选址,确保医疗服务的均

衡性和公平性,提高医疗服务的利用效率。

GDP对BedNUM的影响程度最低,两者之间呈现逐时期递减的正相关关系。即GDP虽然会在一定程度上提高医疗水平,但其边际效应在逐时期递减,并有向限制性因子转变的趋势。I期回归系数较高的地区为GDP较低的川西高原的昭君县、雷波县、越西县,以及宜宾市的马边县、屏山、兴文县,泸州市的叙永县和古蔺县,回归系数较低的地区仍为GDP较低的川西高原的甘孜州的北部县域和攀枝花市的绝大多数区县;II期回归系数较低的地区集中在甘孜州北部区县和阿坝州东部区县。造成这种现象的原因可能是各县域的卫生财政支出、政策、交通状况各不相同。

三、结论与讨论

本文运用探索性的空间分析方法和基于空间位置关系的GWR模型,揭示了2000—2012年期间四川省区县BedNUM分布所呈现的时空差异特征及其与人口、经济、交通及地形条件之间的关系。四川省东部地区床位资源相对丰富,可能与密集的人口、较高的经济水平和较好的基础条件有关,同时平坦的地形与便利的交通使得这些地区床位资源的可得性较高;而川西高原地区人口密度较低、经济发展水平较低,造成绝对数较低,其不利条件(如较大的地形起伏度和较差的交通条件)又使得这些地区的床位资源的可得性较低;地形起伏度、公路里程及经济水平因素的限制作用明显,在这些地区需要根据各区县的人口、经济、交通状况及地形条件,因地制宜规划和建设医疗卫生服务体系,促使其平衡发展,以提高医疗卫生基础设施对居民健康的保障能力。

对3个时期四川省164个县域床位资源进行GWR的局域估计时,本研究所选择4个要素对一些区县BedNUM的估计能力有所不足,可能与本研究中缺少人口结构、医疗卫生服务体系政策等影响因素有关。因此,未来研究中需要收集相关资料并进行科学量化,再将其纳入GWR模型,以提高模型拟合驱动因子和解释局部差异的效能。

参考文献:

[1] 李成名,刘晓丽,印洁,等.数字城市到智慧城市的思考与探索[J].测绘通报,2013(3):1-3.
[2] 葛建一,葛国曙,熊威.论医院床位管理[J].苏州大学学报(哲学社会科学版),2010(6):53-55.

[3] 贺买宏.我国卫生服务公平性研究[D].重庆:第三军医大学军事预防医学院,2013.
[4] 于元元,刘京京,卞鹰,等.中国医院床位资源分布公平性研究[J].中国卫生资源,2011(14):394-396.
[5] 徐琨.四川省医疗卫生资源配置、利用及优化研究[D].成都:西南石油大学,2013.
[6] 徐玲,刘华,饶克勤.沈阳、成都市卫生服务需要、需求和利用分析[J].中国卫生经济,2003,22(243):15-17.
[7] 陈天歌,董四平,郭淑岩,等.卫生资源规划技术与方法研究述评[J].中国卫生经济,2014,33(3):60-63.
[8] STEWART F A, CHARLTON M, BRUNSDON C. The Geography of Parameter Space: An Investigation of Spatial Nonstationarity [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1996, 10(5): 605-627.
[9] 肖雄,杨长虹,谭柯,等.地理加权回归模型在传染病空间分析中的应用[J].中国卫生统计,2013,30(6):833-841.
[10] 杨驰.GIS空间分析建模构想[J].测绘通报,2006(11):22-25.
[11] 王国栋.论医院建设选址[J].中国医院建筑与装备,2010(10):54-56.
[12] 封志明,张丹,杨艳昭.中国分县地形起伏度及其与人口分布和经济发展的相关性[J].吉林大学社会科学学报,2011,51(1):146-151.
[13] SANJEEV S, HELENA T, RICHARD L, et al. An Exploratory Spatial Data Analysis Approach to Understanding the Relationship between Deprivation and Mortality in Scotland [J]. Social Science & Medicine, 2007, 65(9): 1942-1952.
[14] 吴玉鸣.中国区域研发、知识溢出与创新的空间计量经济研究[M].北京:人民出版社,2007:60-64.
[15] ANSELIN L. Local Indicators of Spatial Association LISA [J]. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93-115.
[16] FOTHERINGHAM A S, BRUNSDON C, CHARLTON M. Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships [M]. UK: Jone Wiley & Sons, LTD, 2002.
[17] 吴玉鸣,李建霞.省域经济增长与电力消费的局域空间计量经济分析[J].地理科学,2009,29(1):31-35.
[18] 白景峰,张海军.基于EOF和GWR模型的中原经济区经济增长的时空分析[J].地理研究,2014,33(7):1230-1238.
[19] 刘丽娜.我国医院卫生院床位配置情况及预测研究[D].济南:山东大学,2007.