

# 基于地统计学的三峡库区重庆段 耕地人口承载力时空特征研究

周启刚, 张晓媛, 曹倩倩

(重庆工商大学 旅游与国土资源学院, 重庆 400067)

**摘要:** 采用三峡库区 2007 和 2010 年遥感数据及社会经济统计数据, 采用全覆盖的 20 km×20 km 网格划分空间样地, 运用地统计学方法对三峡库区重庆段耕地人口承载力空间分布特征进行了模拟与分析。结果表明, 2007—2010 年三峡库区耕地承载力盈亏值发生改变。2007 年耕地承载力超载 463.76 万人, 2010 年耕地承载人口具有 56.57 万人的潜力空间。三峡库区耕地承载力具有明显的趋势效应, 东西方向呈 1 阶, 南北方向呈多阶。耕地承载力的空间相关性较高。三峡库区耕地承载力空间分布呈现明显的条带状, 并具有由西南到东北逐渐降低的趋势。2007—2010 年, 耕地承载力空间分布有所变化, 主城 9 区的西南部承载力上升, 江津区以及长寿区的耕地承载力降低明显。

**关键词:** 耕地人口承载力; 地统计学; 三峡库区重庆段

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2014)05-0140-06

中图分类号: F323.21

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.033

## Research on Spatial-temporal Characteristics of Population Carrying Capacity of Cropland in Three Gorges Reservoir Area at Chongqing Section Based on Geo-statistical Method

ZHOU Qi-gang, ZHANG Xiao-yuan, CAO Qian-qian

(School of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

**Abstract:** Collecting the statistical data of remote sensing and socio-economy in Three Gorges Reservoir area in 2007 and 2010, the full cover 20 km×20 km grid were adopted to generat the space plots. Based on the geo-statistical method, the spatial distribution of population carrying capacity of cropland in Chongqing section of the Three Gorges Reservoir area were simulated and analyzed. The results indicated that, the carrying capacity of cropland's profit and loss value in Three Gorges Reservoir area changed from 2007 to 2010. The carrying capacity of cropland overloaded 4. 637 6 million people in 2007. And in 2010, the carrying capacity of cropland had a potential space for 565 700 people. The carrying capacity of cropland in Three Gorges Reservoir area had an obvious trend effect. In east-west direction, the trend effect was 1-order, and was multi-order in the north-south direction; The carrying capacity of cropland had strong spatial correlation. The spatial distribution of carrying capacity of cropland was in banding shape in the Three Gorges Reservoir area, and it reduced gradually from southwest to northeast. From 2007 to 2010, the spatial distribution of carrying capacity of cropland changed, and the capacity increased in the southwest part of nine districts, while reduced obviously in Jiangjin and Changshou Districts.

**Keywords:** population carrying capacity of cropland; geostatistics; Three Gorges Reservoir area in Chongqing section

土地资源作为人类基本需求——食物的根本来源,是人类生存最基本的自然资源,是承载力研究的重点<sup>[1-2]</sup>。土地承载力的研究为土地资源优化配置,区域人地关系定量分析提供了新思路<sup>[3]</sup>;同时考虑了

区域的开放性和综合性,对地区的发展有一定的指导作用,为地区的土地开发利用,产业结构调整,生态建设和社会发展提供了规划依据<sup>[4]</sup>,有利于寻找土地开发与人口增长,经济发展与生态保护间的平衡点<sup>[5]</sup>。

收稿日期:2013-11-01

修回日期:2013-11-06

资助项目:国家自然科学基金项目“三峡库区屏障带土地利用生态风险数值模拟”(41101503);国家社科基金重大项目(11&ZD161)

作者简介:周启刚(1976—),男(汉族),重庆市铜梁区人,副教授,博士,硕士生导师,主要研究方向为 3S 理论与应用、土地利用与规划、环境监测与保护。E-mail: xiaoyuan. kul@163. com。

目前,国内外关于土地承载力的传统计算模型很多,诸如根据粮食作物产量预测的方法和现在常用的 FAO 农业生态区方法、系统动力学方法、灰色系统模型和一元回归分析模型、人工神经网络方法等<sup>[6-9]</sup>,但研究方法计算复杂,且对土地承载力的样点选取的合理性考虑较少。

研究表明,地统计学是研究量化空间变异特征的有效方法,已在地质、生态、土壤等领域应用<sup>[10-15]</sup>,但是地统计学在耕地承载力方面的研究应用成果相对缺乏。基于地统计学的耕地承载力研究能科学地模拟出三峡库区耕地承载力的空间分布特征,对三峡库区的管理与保护具有重要的意义。

三峡库区的土地承载能力直接影响库区土地资源的优化配置、区域人地关系的协调度以及三峡水库的正常运营<sup>[16]</sup>。因此,本文以土地利用现状数据、社会经济统计数据为基础数据源,采用地统计学方法,对三峡库区重庆段耕地承载力的空间分布特征进行模拟研究。研究结果可以为科学规划和合理利用库区土地、土地利用规划的实施以及土地资源的可持续利用提供参考。

## 1 研究区概况

三峡库区是指受长江三峡工程淹没的地区,包含了重庆市所辖的 22 个区县以及湖北省所辖的 4 个县,总面积约  $7.90 \times 10^4 \text{ km}^2$ ;三峡库区地处四川盆地以东、江汉平原以西,大巴山脉以南,鄂西武陵山脉以北的山区地带,地形十分复杂。

在整个库区,河谷平坝地仅占总面积的 4.3%,丘陵占 21.7%,山地占 74%。全库区规划农村移民生产安置人口 40.5 万人,在库区淹没涉及县内安置 32.2 万人,出县外迁安置 8.3 万人;规划搬迁建房总人口 44 万人,其中重庆段 37.5 万人,所占比例达到 85.2%;县内搬迁建房 32.2 万人,其中重庆段 28.2 万人。

由于三峡库区重庆段所涉及的居民以及移民数量较大,其耕地承载力研究有助于三峡库区人口的控制、人地矛盾的协调以及生态环境的保护。目前,我国已建成大中小型水库 8 万余座,面积总和巨大,三峡库区耕地承载力在重要性、特殊性和典型性方面均具有代表性。

## 2 研究方法

### 2.1 遥感影像的解译

本研究采用 2007 和 2010 年重庆三峡库区

LandSat TM 遥感影像数据,选用 LandSat TM 4,3,2 波段组合成假彩色遥感影像,结合三峡库区重庆段的实际情况,采用目视解译与计算机分类相结合的方法,获取 2007 及 2010 年三峡库区内土地利用现状数据。采用中国科学院“八五”期间“国家资源环境遥感宏观调查”的土地利用分类体系,将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地以及未利用地 6 个地类。

### 2.2 空间样地的选择

为使地统计学计算中各样区的耕地承载力指数能够代表一定区域承载力的综合状况,研究利用全覆盖的等积网格对三峡库区 2007 和 2010 年数据进行系统采样。根据研究区实际情况,采用  $20 \text{ km} \times 20 \text{ km}$  的网格进行采样。研究区边缘的不规则地块,面积  $\geq 1/2$  的单独作为一个样区,面积  $< 1/2$  个规整样区的并入相邻样区。对落入每个网格的各种耕地承载力数据进行计算,把所获得指数赋予样区的中心点。

### 2.3 耕地承载力测算方法

鉴于三峡库区的农业生产在居民生产活动中占有相当大的比例,且主要以传统的生产方式为主,研究借鉴其他研究成果<sup>[17]</sup>,对库区 22 个县区进行了温饱粮食安全水平下的耕地承载力分析。

耕地承载力 = 区域耕地粮食生产总量 / 全国人均粮食消耗量,即:

$$E_s = C_t / C_p \quad (1)$$

式中: $E_s$ ——耕地承载力; $C_t$ ——区域耕地粮食生产总量; $C_p$ ——全国人均粮食消耗量。

区域耕地粮食生产总量 = 区域耕地面积  $\times$  耕地单产量。

### 2.4 耕地承载力空间模拟方法

研究采用地统计学的变异函数和 Kriging 插值方法对耕地承载力进行空间插值模拟。变异函数常用来表示区域化变量的空间变异和相关程度。变异函数  $\gamma(h)$  可以定义为随机函数  $Z(x)$  增量方差的  $1/2$ ,计算公式如下<sup>[18]</sup>:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \quad (2)$$

式中: $N(h)$ ——研究区内间隔为  $h$  的点对数; $h$ ——步长; $Z(x)$ ,  $Z(x+h)$ —— $x$  及  $x+h$  点的变量值。

Kriging 插值是在给定一个随机过程的实测值的条件下,来得到该过程的无偏最优估计,利用已知样点  $Z(x_i)$  的数据估计未样点  $Z(x_i+h)$  的数值<sup>[19]</sup>,计算公式如下:

$$Z(x_i+h) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (3)$$

式中： $\lambda$ ——各实测样点的权重，通过变异函数分析确定； $h$ ——步长； $N$ ——样点个数； $Z(x_i)$ ——已知样点的数据。

### 2.5 数据处理

利用 SPSS 19.0 对数据值进行正态分布性检验，采用地统计学软件 GS+ 9.0 对三峡库区耕地承载力进行半方差函数的计算和最佳模型的拟合以及各向异性半方差函数计算，对耕地承载力的空间 Kriging 插值由 ArcGIS 9.3 完成。

## 3 结果与分析

### 3.1 三峡库区重庆段耕地承载力统计

根据公式(1)对三峡库区重庆段 2007 及 2010 年各样地耕地承载力进行计算，并运用 SPSS 19.0 进行正态分布检验(表 1)。K—S 检验表明研究区耕地承载力符合正态分布( $p > 0.05$ )，满足地统计学空间插

值分析的要求。

从表 1 可以看出，三峡库区重庆段各样地耕地承载力差异明显，最大承载力与最小承载力之间的差距较大，且承载力离散程度较大。2007—2010 年最大承载力增加，由 2007 年的 35.29 万人增加到 50.84 万人；最小承载力减小，由 0.25 万人减少到 0.19 万人；承载力平均水平也相对上升，由 12.448 万人增加到 17.327 万人，表明三峡库区土地粮食产量相对提高；耕地承载力的偏度与峰度变化较大，偏度由 0.76 变为 0.64，说明耕地承载力的非对称偏态方向程度减小；峰度由 0.54 减小为 0.28；耕地承载力变异系数变化不明显，表明其离散程度不变。

综上所述，从 2007—2010 年，三峡库区耕地承载能力增加，表明耕地承载力并非一直不变，而是随三峡库区社会、经济的发展以及生态保护工程的建设有所提高，近年来，三峡库区的土地得到合理保护以及可持续发展。

表 1 三峡库区重庆段耕地承载力的统计特征值

年份	样地数	耕地承载力/万人					变异系数/ %	K—S 检验
		范围	均值	标准差	偏度	峰度		
2007	135	0.25~35.29	12.448	7.137	0.76	0.54	57.3	0.198
2010	135	0.19~50.84	17.327	9.993	0.64	0.28	57.7	0.700

### 3.2 耕地承载力趋势效应分析

由于受多种因素的影响，耕地承载力的空间分布

具有明显的趋势。运用 ArcGIS 9.3 中的地统计学模块对三峡库区耕地承载力趋势进行分析，结果见图 1。

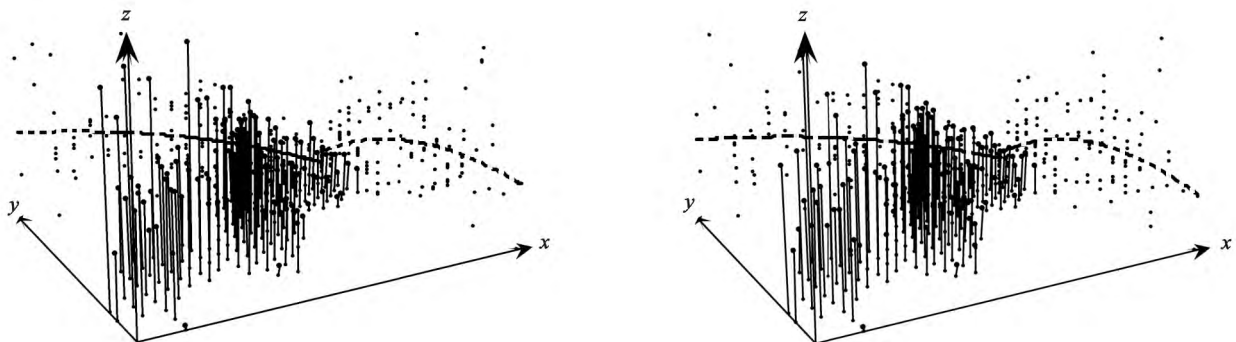


图 1 2007 及 2010 年耕地承载力趋势效应

注： $x$  轴表示正东方； $y$  轴表示正北方； $z$  轴表示各样点耕地承载力的大小；

$yz$  投影平面上的虚线表示耕地承载力在东西方向上的趋势效应变化； $xz$  投影平面上的虚线表示耕地承载力在南北方向上的趋势效应变化。

趋势效应一般分为 0 阶，即没有趋势效应，常量即变量在一定方向上呈常量增或减，一阶即变量沿一定方向呈直线变化，二阶或多阶即变量在一定方向上呈多项式变化。

从图 1 可以看出，2007 及 2010 年，三峡库区重庆段耕地承载力具有明显的趋势效应，且趋势相同。

2007 年耕地承载力在东西方向与南北方向上的趋势效应具体为：由西向东表现为 1 阶，呈直线上升趋势，而由北向南呈多阶，为多项式变化趋势。2010 年耕地承载力趋势效应与 2007 年大致相同。但 2007 年东西方向上的趋势效应相对于 2010 年较明显，具体表现为 2007 年  $yz$  投影平面上的直线斜率大于 2010

年;而南北方向上的趋势效益低于2010年,具体表现为2007年 $xz$ 投影平面上的线条变化程度小于2010年。

综合以上分析,从2007—2010年,三峡库区耕地承载力趋势效应明显,在东西方向与南北方向的变化特征不同,表明耕地承载力在受南北方向的水源等结构性因素影响明显,在提高耕地承载力过程中,应注重此类因素的改善。

### 3.3 耕地承载力空间变异结构特征分析

通过GS+9.0对耕地承载力的实验变异函数值,计算最佳拟合模型具体结果见表2。结果显示2007年与2010年耕地承载力变异函数最佳拟合模型不同,2007年为Exponential模型,而2010年变异函数为Gaussian模型。2007与2010年耕地承载力决定系数均大于90%,说明最佳模型很好地反映了三峡库区耕地承载力的空间结构特征。

表2 耕地承载力半方差函数模型的类型及其参数值

年份	方向	模型	块金值 $C_0$	基台值 ( $C_0+C$ )	$C_0/$ ( $C_0+C$ )	变程/m		决定系数 $R^2$	残差 RSS
						长轴	短轴		
2007年	主轴	Exponential	0.001	0.623 0	0.002 0	181 800		0.965	0.011 8
	0°	Exponential	0.172	1.437 0	0.119 0	339 400	339 400	0.632	1.48
	45°	Exponential	0.172	1.437 0	0.119 0	339 400	339 400	0.632	1.48
	90°	Exponential	0.172	1.437 0	0.119 0	339 400	339 400	0.632	1.48
	135°	Exponential	0.172	1.437 0	0.119 0	339 400	339 400	0.632	1.48
2010年	主轴	Gaussian	0.019	0.707 0	0.027	72 399		0.948	0.024
	0°	Exponential	0.328	1.880 5	0.174	494 900	494 900	0.371	1.91
	45°	Exponential	0.328	1.880 5	0.174	494 900	494 900	0.371	1.91
	90°	Exponential	0.328	1.880 5	0.174	494 900	494 900	0.371	1.91
	135°	Exponential	0.328	1.880 5	0.174	494 900	494 900	0.371	1.91

注:此表来自GS+9.0计算。

从表2可以看出,三峡库区重庆段耕地承载力特征发生了质的变化,半变异函数的结构特征呈现出显著的差异。2007年耕地承载力块金值为0.001,2010年为0.019,说明耕地承载力在当前的采样尺度范围内存在的采样误差、测量误差等随机变异较小,但2010年相较于2007年随机变异增加,表明耕地承载力的空间变异性结构性因素起重要作用,即样点的地质、海拔、水文、坡度和土壤质量等自然因素对耕地承载力的空间分布具有较大的影响。基台值( $C_0+C$ )表示耕地承载力最大变异,其值越大表示空间异质性变化越快。两个时段耕地承载力的基台值分别为0.623和0.707,2007—2010年基台值是增加的,表明2007—2010年耕地承载力的空间分布差异呈增大趋势。块金系数 $[C_0/(C_0+C)]$ 用来反映耕地承载力块金方差占空间异质性的比例。比值越高,说明随机部分引起的异质性程度越大;比值越小,说明结构性因素引起的异质性程度越大,是研究变量空间自相关度量。三峡库区耕地承载力2007年块金值与基台值之比为0.002,2010年为0.027,块金系数均 $<25\%$ ,说明耕地承载力具有强烈的空间自相关性,但空间自相关性减弱。耕地承载力2010年变程较2007年多100 000 m,说明耕地承载力的趋同性增加,相关性的范围也呈明显的增大趋势。

2007年承载力在0°,45°,90°以及135°这4个方向上的拟合模型与整体模型相同,但基台值与整体表现不相同,表明三峡库区耕地承载力在不同方向上的变异程度一致,具有明显的各向同性特征。2010年承载力在不同方向上的拟合模型和基台值等都表现相同,但与整体模型不相同,耕地承载力在4个方向上的长短半轴相同;表明耕地承载力具有各向同性特征。三峡库区耕地承载力各向同性的半方差模型(Exponential模型)是对其整体半方差模型(即Gaussian模型)均化的结果,不会对Kriging插值产生影响。因此,可采用各向同性半方差模型进行Kriging插值。

综上可知,三峡库区耕地承载力2007及2010年最佳拟合模型不同,但都具有显著的各项同性,且存在的随机变异较小,空间相关性强烈,适合用同性半方差模型及Kriging插值法进行空间插值。

### 3.4 三峡库区耕地承载力分析

#### 3.4.1 三峡库区耕地承载力数量分析

根据三峡库区耕地承载力的均值以及三峡库区的总体面积,计算出三峡库区理论承载人口数量,与三峡库区实际人口数量进行对比分析,结果见表3。

由表3可知,2007—2010年三峡库区耕地承载盈亏值发生显著的改变。2007—2010年耕地承载力增

加,2007 年耕地承载人口数量为 1 433.75 万人,2010 年为 1 995.14 万人,增加 36.37%。2010 年三峡库区的实际人口也较 2007 年有所增加,但增加幅度小于耕地承载力的增加幅度,导致从 2007—2010 年三峡库区耕地承载力盈亏值发生改变,由超载转为具有一定的潜力空间。2007 年耕地承载力出现亏损,耕地盈亏值为-463.76 万人,达到当年人口的 24.44%,表明库区人口严重超载,对库区的生态安全产生巨大的威胁及破坏,应对库区人口进行一定的迁出,且要注重保护耕地数量及提高耕地质量,以提高库区的耕地承载力;2010 年耕地承载力出现盈余,耕地承载还有 56.57 万人的潜力空间,表明三峡库区人口数量较为合理,在其耕地承受范围内,不需要再对人口进行转移。从 2007—2010 年,三峡库区土地利用结构得到了改善,耕地数量以及质量的提高,保证了三峡库区的粮食安全,提高了耕地人口承载力。

表 3 2007—2010 年三峡库区耕地承载力对比 万人

2007 年			2010 年		
实际人口	理论人口	盈亏值	实际人口	理论人口	盈亏值
1 897.51	1 433.75	-463.76	1 939.14	1 995.71	56.57

注:实际人口数据来自 2008 和 2011 年重庆市统计年鉴。

综合上述分析可知,三峡库区 2010 年耕地承载人口大于现有人口,但潜力空间较小,表明库区粮食安全具有一定的保障,不需再进行移民。但在库区的生态保护工程中,应加强耕地质量的提高,以及对人口增长的控制。

3.4.2 三峡库区耕地承载力空间分析 根据上述半方差函数模型,利用 Kriging 最优内插法,绘制三峡库区重庆段耕地承载力的空间插值图(图 2—3),显示了不同级别耕地承载力的分布情况。

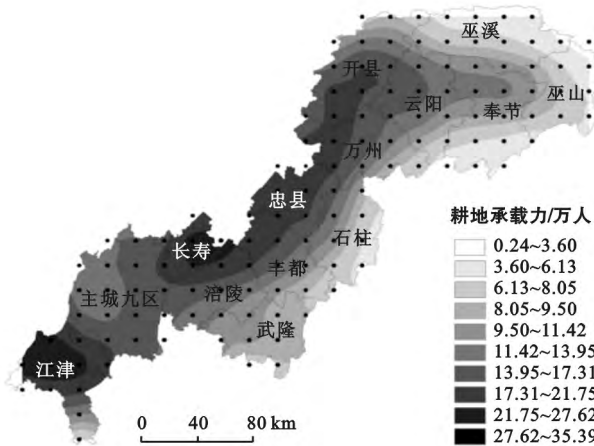


图 2 2007 年三峡库区耕地承载力空间分布

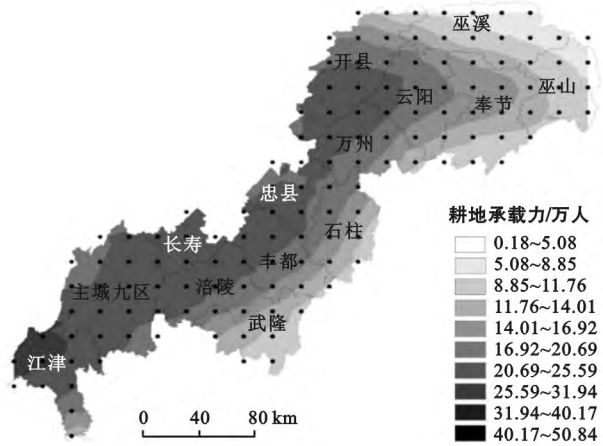


图 3 2010 年三峡库区耕地承载力空间分布

由图 2—3 可以看出,三峡库区重庆段耕地承载力在空间上的分布呈现明显的条带状,并具有由西南到东北逐渐降低的趋势。2007 年耕地承载力最大的位于江津区与长寿的东北区,因其地势较为平坦,农业发展较好。其次,耕地承载力较高的区域包括长寿区、涪陵区、丰都县、忠县、万州区以及开县的部分区域,此条带耕地数量和质量都优于其他区域,水田比例较高,粮食产量相对较高。沿长江两岸的条带耕地承载力处于中等水平,该区域因三峡水库蓄水以及生态环境保护工程等原因,耕地面积较少,但其紧靠长江,水资源丰富,单产量较高,两者综合作用价格使其粮食产量处于中等水平。武隆县、石柱县、奉节县、巫山县以及巫溪县的耕地承载力处于较弱的条带,该区域地质条件复杂,地势起伏较大,耕地质量较差,且耕地面积较少,农业生产水平较低,耕地承载力弱。2010 年耕地承载力的分布态势与 2007 年相似,但其条带之间的间隔相较 2007 年稀疏,说明三峡库区耕地承载力从 2007—2010 年空间差异降低。江津区以及长寿区的耕地承载力降低明显,因其大力发展工业产业,导致耕地面积减少,耕地质量下降所导致;涪陵区、丰都县、忠县、万州区以及开县的部分区域耕地承载力有所降低,因三峡工程的生态保护,耕地面积减少所导致;主城九区的西南区域耕地承载力增加,表明该区域耕地质量增加,粮食产量提高。

分析可知:耕地承载力较小的区域集中在武隆、石柱、奉节、巫山以及巫溪等县。该区域自然条件恶劣,生态环境脆弱,在发展经济和吸收更多的人口时,要注意保护环境,维持生态系统的稳定性和可持续性。长寿及涪陵耕地承载力降低明显,应严格控制工业发展所带来的耕地面积减少,以确保粮食安全。

### 4 结论

(1) 通过半方差函数模型分析,发现三峡库区重

庆段耕地承载力具有明显的趋势效应,由西向东表现为 1 阶,呈直线上升趋势,而由北向南呈多阶,以多项式变化趋势,且 2007 年的东西方向的趋势比 2010 年明显,但南北方向趋势 2010 年较为明显。

(2) 三峡库区耕地承载力具有强烈的空间相关性。其 2010 与 2007 年的最佳拟合模型不同,但两个阶段在  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  以及  $135^\circ$  这 4 个方向上的拟合模型和基台值等都表现相同,变异程度一致,具有明显的各向同性特征。

(3) 从 2007—2010 年,三峡库区耕地承载力盈亏值发生改变,2007 年耕地承载力超载 463.76 万人,2010 年耕地承载人口具有 56.57 万人的潜力空间。

(4) 三峡库区重庆段耕地承载力在空间上的分布呈现明显的条带状,并具有由西南到东北逐渐降低的趋势,承载力最大的位于江津区,最小的位于巫山、巫溪地区,且从 2007—2010 年空间差异降低。江津以及长寿区的耕地承载力降低明显,涪陵区、丰都县、忠县、万州区以及开县的部分区域耕地承载力有所降低,主城 9 区的西南区域耕地承载力增加。

(5) 本文对耕地承载力的计算方法较为简单,未综合考虑样点的社会、经济以及生态等其他因素,在以后的研究中应进一步加强。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 杨亮,吕耀,郑华玉. 城市土地承载力研究进展[J]. 地理科学进展, 2010, 29(5): 593-600.
- [2] 郭秀锐,毛显强. 中国土地承载力计算方法研究综述[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 705-711.
- [3] 王书华,毛汉英. 土地综合承载力指标体系设计及评价: 中国东部沿海地区案例研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 248-254.
- [4] 袁艺,史培军. 快速城市化过程中土地覆盖格局研究: 以深圳市为例[J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1832-1840.
- [5] 叶伟,赵善伦,孙静. 土地人口承载力计算方法综述[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(3): 40-44.
- [6] 熊利亚,夏朝宗,刘喜云,等. 基于 RS 和 GIS 的土地生产力与人口承载量: 以向家坝库区为例[J]. 地理研究, 2004, 23(1): 10-19.
- [7] 王书华,曹静. 土地综合承载力评判指标体系的构建及应用[J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 2001, 25(1): 129-133.
- [8] 余万军,吴次芳. 基于生态足迹和农业生态区域法的土地人口承载力比较研究: 以贵阳市为例[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2007, 33(4): 466-472.
- [9] 岳晓燕,宋伶俐. 土地资源承载力研究方法的回顾与展望[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 254-257.
- [10] 赵明松,张甘霖,李德成,等. 苏中平原南部土壤有机质空间变异特征研究[J]. 地理科学, 2013, 33(1): 83-88.
- [11] 杨奇勇,蒋忠诚,马祖陆,等. 基于地统计学和遥感的岩溶区石漠化空间变异特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 243-247.
- [12] 汪璇,王成秋,唐将,等. 基于地统计学和 GIS 的三峡库区土壤微量营养元素空间变异性研究[J]. 土壤通报, 2009, 40(2): 359-365.
- [13] 苏海民,何爱霞. 基于 RS 和地统计学的福州市土地利用分析[J]. 自然资源学报, 2010, 25(1): 91-99.
- [14] 钟喜,刘学勇,管恩森,等. 基于 GIS 和地统计学的植烟土壤养分空间分析[J]. 现代农业科技, 2013(8): 197-199.
- [15] 廖桂堂,李廷轩,王永东,等. 基于 GIS 和地统计学的低山茶园土壤肥力质量评价[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1979-1986.
- [16] 刘春,姜德义,任松. 三峡库区消落带典型地质灾害成因分析[J]. 中国矿业, 2004, 13(10): 53-55.
- [17] 马景娜,苏维词. 重庆三峡库区生态经济区土地承载力差异分析[J]. 人民长江, 2009, 40(3): 7-12.
- [18] Goovaerts P. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives [J]. Geoderma, 1999, 8899(1/2): 1-45.
- [19] 史舟,李艳. 地统计学在土壤学中的应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.