

# 全国建设用地占用耕地的空间相关性与热点分析

傅靖, 羊秀丹 (海南省国土资源厅信息中心, 海南海口 570203)

**摘要** 为进一步了解我国由于建设用地增加而导致的耕地面积减少的空间分布情况, 以1987~2010年我国32个省级行政区(未统计香港、澳门数据)建设用地占用耕地的统计数据作为研究对象, 采用空间自相关全局 Moran's I 指数、局部 Getis-Ord  $G_i^*$  系数对其进行了分析。结果表明: ①从全局来看, 当距离阈值为 500 km 时, 全国建设用地占用耕地的空间自相关性最强, 全局 Moran's I 指数达到 0.512。②从局部来看, 建设用地占用耕地区域差异明显。北京、天津、河北、广东、江苏、安徽、上海和浙江高值显著聚集, 属于热点区域, 宁夏低值显著聚集, 属于冷点区域。通过对我国建设用地占用耕地的空间相关分析及热点分析探测, 弥补了以往耕地变化研究重视数量分析而忽略空间关联性的缺陷, 为全面认识我国建设用地占用耕地的空间分布特征, 科学合理地制定区域耕地保护政策提供帮助。

**关键词** 空间自相关; 热点分析; 耕地; 建设用地

**中图分类号** S-29 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)09-238-03

## The Spatial Correlation of Cultivated Land Occupied by Construction Land and Hot Spot Analysis

**FU Jing, YANG Xiu-dan** (Information Center of Hainan Provincial Department of Land and Resources, Haikou, Hainan 570203)

**Abstract** In order to further understand the space distribution of China's cultivated land decline due to construction land increase, based on 1987-2010 statistical data of cultivated land occupied by construction land in 32 provincial regions (not including Hongkong, Macao data), the spatial autocorrelation global Moran's I index, the coefficient of local Getis-Ord  $G_i^*$  was used to analyze. The results showed that: ① from the global perspective, when the distance threshold is about 500 km, the national construction land occupying the cultivated land is the most relevant, global Moran's I index is 0.512. ② from the perspective of local, the regional difference is obvious. Beijing, Tianjin, Hebei, Guangdong, Jiangsu, Anhui, Shanghai and Zhejiang are high value significantly gathered, and belongs to the hot spots, Ningxia low-value gathered, belongs to the cold spot area. Based on the analysis of the spatial correlation of cultivated land occupied by construction land and hot spot analysis detection, make up the shortcomings of past research attaches great importance to the number and ignores the space correlation, it contributes to comprehensive understanding spatial distribution of cultivated land occupied by construction land in China and offers help to reasonable regional cultivated land protection policy-making.

**Key words** Spatial autocorrelation; Hot spot analysis; Cultivated land; Construction land

耕地是土地资源利用中最重要的一种, 关系到国家的粮食安全和生态安全<sup>[1]</sup>。改革开放以来, 随着我国经济快速发展, 城市化与工业化造成的城镇建设用地规模的扩大占用了大量的耕地资源, 且年均占用速率呈显出增加的趋势<sup>[2]</sup>, 城市化与耕地保护的矛盾进一步凸显。同时从人类生存和可持续发展的角度来看, 土地利用/覆被变化(LUCC)作为国际地圈生物圈计划及全球环境变化人类行为计划的核心内容, 一直以来是国内外相关学者研究的热点和前沿问题<sup>[3-4]</sup>, 有力地推动了土地利用变化相关技术和方法的研究进展。土地利用变化是在不同时空尺度上由人类社会和自然环境相互作用引起的一种复杂变化, 影响土地利用发生变化的因素是复杂的, 由于区域间驱动因素的差异性, 土地利用变化呈现出空间异质性特征。但从短时间尺度来看, 人类活动是土地利用变化最主要的驱动因素<sup>[5]</sup>, 人类活动受政策支配、区域经济发展水平等的影响, 使土地利用变化存在某种规律性, 呈现出一定的空间分布特性<sup>[6-8]</sup>。以往对土地利用变化的分析多是基于经典统计模型研究区域地类面积变化、地类间转移方向、土地利用程度等数量变化的研究上<sup>[9-10]</sup>, 但实际上土地利用变化数据存在空间相关性, 这使得经典统计学模型无法很好地认识土地利用变化的空间分布特性。基于此, 笔者运用空间统计学分析方法, 以我国建设用地占用耕地情况为例, 探索各地区的区域差异性与空间关联性特征, 以期为我国耕地资源可持续利用提供科学依据和理论基础。

## 1 数据来源与研究方法

**1.1 基础数据** 以全国 1:100 万省级行政区划地图作为工作底图, 将其与各省份 1987~2010 年间建设用地增加导致耕地面积减少比例数据进行关联方便进行相关分析, 主要数据有: ①属性数据资料, 包括 1987~2010 年全国 32 个省级行政区(未统计香港、澳门数据)建设用地增加导致的耕地面积减少比例统计数据资料; ②地图数据资料, 即全国 1:100 万省级行政区划数字地图。

**表 1 1987~2010 年我国 32 个省级行政区建设用地增加导致的耕地面积减少比例**

**Table 1 Reduction ratio of cultivated land area due to construction land increase in 32 provincial regions during 1987-2010**

序号 Serial No.	地区 Region	比例 Proportion %	序号 Serial No.	地区 Region	比例 Proportion %
1	北京	82.97	17	湖北	40.88
2	天津	76.36	18	湖南	51.63
3	河北	89.78	19	广东	68.26
4	山西	52.06	20	广西	71.20
5	内蒙古	4.43	21	海南	43.76
6	辽宁	42.47	22	重庆	55.57
7	吉林	23.86	23	四川	59.95
8	黑龙江	14.79	24	贵州	16.13
9	上海	96.24	25	云南	38.99
10	江苏	87.41	26	西藏	80.39
11	浙江	73.82	27	陕西	26.59
12	安徽	89.84	28	甘肃	23.11
13	福建	76.87	29	青海	46.53
14	江西	56.00	30	宁夏	15.51
15	山东	83.09	31	新疆	19.65
16	河南	71.88	32	台湾	80.61

**作者简介** 傅靖(1987-), 女, 湖南汉寿人, 工程师, 从事土地管理、土地评价研究。

**收稿日期** 2016-03-10

## 1.2 研究方法

**1.2.1 空间自相关分析方法。**Tobler<sup>[11]</sup>地理学第一定律指出:任何事物与别的事物之间都是相关的,但近处的事物比远处的事物相关性更强。相关性大小可以通过空间自相关分析来度量,相关性在空间分布上表现为聚集、离散和随机分布 3 种形态。空间自相关分为全局空间自相关和局部空间自相关,全局空间自相关使用单一值反映属性值在空间域中的整体分布特征,用于判断属性值在空间域中是否呈聚集状态,但是并不能发现存在与局部区域的空间关联模式<sup>[12-13]</sup>。局部空间自相关表示的是每个要素属性值与周围要素之间的一致性,与整体分布特征相比较,用于判断要素属性值与周围要素属性值的高高、高低、低高和低低分布。该研究采用计算全局空间自相关常用的方法 Global Moran's I,探索我国减少耕地数量在省域尺度上是否有聚集性。其表达式如下:

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

式中, $x_i$ 、 $x_j$  分别代表要素  $i$  与要素  $j$  的属性值; $n$  为要素点的个数; $\bar{x}$  代表  $n$  个要素的属性平均值; $w_{ij}$  为要素  $i$  与要素  $j$  的空间权重,设定要素  $i$  与  $j$  相邻时为 1,不相邻时则为 0。对于相邻的定义有 2 种方法:①要素在空间上相邻有共享边;②要素在某一空间距离阈值范围内。因此不同的定义方法会产生不同的邻近单元及空间权重矩阵  $w$ ,从而产生不同的空间相关性<sup>[14]</sup>。在应用中,应根据实际需要进行定义。为了检验 Global Moran's I 自相关性的显著度,首先需要将 Global Moran's I 值进行标准化,其标准化方法为:

$$Z = \frac{1 - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad (2)$$

式中, $E(I)$  为 Global Moran's I 指数的期望值; $VAR(I)$  为其方差。利用  $Z$  值大小判断属性空间自相关性,若  $Z = 0$ ,即 Global Moran's I 指数值等于其期望值,则认为属性值在空间上是随机分布的;若  $Z > 0$ ,即 Global Moran's I 指数值大于其期望值,则认为属性值在空间上是正自相关的,且值越大,正自相关性越强;若  $Z < 0$ ,即 Global Moran's I 指数值小于其期望值,则认为属性值在空间上是负自相关的,且值越小,负自相关性越强。

**1.2.2 空间自相关系数图。**空间权重矩阵是进行空间自相关分析的前提和基础<sup>[15]</sup>。在采用共享边的方法定义相邻时,由于海南省和台湾省作为岛屿省份,在生成邻接矩阵时会出现“孤岛”现象<sup>[16]</sup>,因此该研究采用设定空间阈值的方法定义相邻。基于距离阈值的空间权重矩阵,距离阈值直接决定了空间单元的邻近对象,不同的空间距离阈值定义了不同的空间权重矩阵,所得的空间自相关指数亦不同。分别以 300、400、500、600、700、800 km 为距离阈值构造空间距离权重矩阵计算 Global Moran's I 值,从探测结果中筛选存在正的且统计学显著的空间自相关指数(即  $Z > 1.96$ ,  $P < 0.05$ ),以距离阈值和空间自相关指数分别为 X 轴、Y 轴制作空间自相关系数图。该图的制作,有利于客观描述我国各省

级行政区建设用地增加导致的耕地面积减少比例的空间自相关程度随距离的变化趋势,为进一步进行热点探测提供适度的参数选择。

**1.2.3 局部 Getis-OrdGi\* 热点分析。**热点分析是用于识别具有统计显著性的热点和冷点的空间聚类,通过计算空间域中每个要素 Getis-OrdGi\* 统计值,得到每个要素的  $Z$  得分和  $P$  值,要成为具有显著统计学意义的热点,要素应具有高值,且被其他同样具有高值的要素所包围。对于具有显著统计学意义的正的  $Z$  得分, $Z$  得分越高,热点的聚类就越紧密。相反对于负  $Z$  得分, $Z$  得分越低,冷点的聚类就越紧密。通过热点分析,可得知建设用地占用耕地热点和冷点在空间上发生聚类的位置。局部 Getis-OrdGi\* 表达式为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n W_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij} - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (3)$$

式中, $S$  为  $n$  个要素属性值的标准差;其他同式(1)。 $G_i^*$  即为要素的  $Z$  得分, $Z(G_i^*) > 1.96$  表示显著的热点区域, $1.65 < Z(G_i^*) < 1.96$  表示较显著的热点区域, $-1.65 < Z(G_i^*) < 1.65$  表示空间集聚不显著的区域, $-1.96 < Z(G_i^*) < -1.65$  表示较显著的冷点区域, $Z(G_i^*) < -1.96$  则表示显著的冷点区域。

## 2 结果与分析

**2.1 全局自相关性分析** 该研究以省级行政区为单元探索我国建设用地占用耕地的热点区域,利用空间统计分析软件 Geoda 分别以 300、400、500、600、700、800 km 为距离阈值构造空间权重矩阵进行全局空间自相关分析,根据距离阈值和 Global Moran's I 值与  $Z$  得分绘制空间自相关系数曲线(图 1)。为细化分析,额外计算了空间距离阈值为 450 和 550 km 的空间自相关系数。当距离阈值为 450 km 时,Moran's I 值为 0.470, $Z$  得分为 3.40;当距离阈值为 550 km 时,Moran's I 值为 0.354, $Z$  得分为 2.78 当距离阈值为 400~500 km 时,Global Moran's I 值与  $Z$  得分逐渐升高;当空间距离阈值为 500~550 km 时,Global Moran's I 值与  $Z$  得分陡然下降;当空间距离阈值大于 550 km 时,Global Moran's I 值稳定在 3.0 左右, $Z$  得分稳定在 0.3 左右。由以上分析可知,当距离阈值在 500 km 时,Global Moran's I 值最大为 0.512,此时空间自相关性最强。

**2.2 热点分析** 为更好地认识我国建设用地占用耕地高低局部聚集性特点,探索其热点与冷点空间分布情况。考虑到不同距离阈值对空间相关性的影响,依据相关系数最大的原则,选择距离阈值在 500 km 时对应的空间权重矩阵计算各省份 Getis-OrdGi\* 统计值,分析结果见图 2。红色区域表示  $Z$  得分大于 1.96 的区域,集中分布在东部沿海省份,北京、天津、河北、广东、江苏、安徽、上海和浙江 8 个行政区属于 1987~2010 年建设用地占用耕地显著的热点区域,这些区域均属于经济较发达的地区,随着城市化加速,建设用地占用大量耕地,导致耕地非农化,建设用地占用耕地占耕地面积减少比例的 84.88%;宁夏(蓝色区域)属于 1987~2010 年建设用

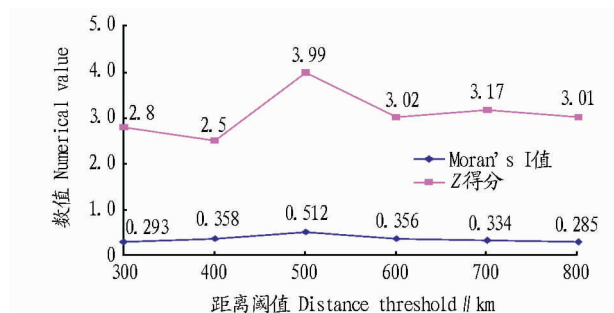


图1 不同距离阈值的空间自相关系数曲线

Fig.1 Spatial autocorrelation coefficient curve with different distance thresholds

地占用耕地显著的冷点区域,建设用地占用耕地占耕地面积减少比例的16%。

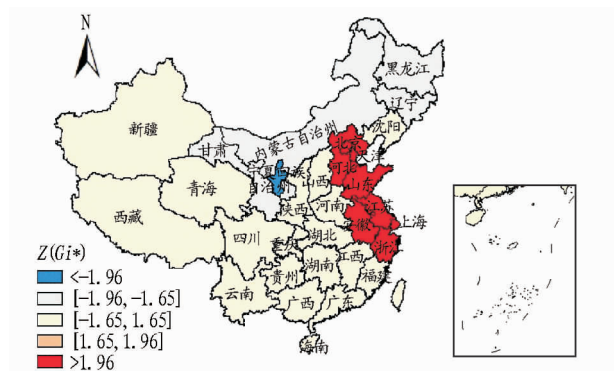


图2 1987~2010年全国32个省省级行政区建设用地占用耕地热点分析结果

Fig.2 The analysis results of hot spots of cultivated land occupied by construction land in 32 provincial regions in China during 1987-2010

3 结论

该研究采用空间自相关分析和空间热点分析方法,对1987~2010年我国建设用地占用耕地占耕地面积减少的比率进行空间分析。

(1)在距离阈值为500 km时,建设用地占用耕地情况的

(上接第163页)

要通过线粒体通路发挥调控布鲁氏菌16M介导的细胞凋亡,其具体机制还有待于进一步探索。

参考文献

[1] LACERDA T L, CARDOSO P G, AUGUSTO D E ALMEIDA L, et al. Inactivation of formyltransferase (wbkC) gene generates a *Brucella abortus* rough strain that is attenuated in macrophages and in mice[J]. *Vaccine*, 2010, 28: 5627-5634.

[2] 尚德秋. 布鲁氏菌病及其防治[J]. *中华流行病学杂志*, 1998, 19(2): 67-68.

[3] OLSEN S C, PALMER M V. Advancement of knowledge of *Brucella* over the past 50 years[J]. *Vet Pathol*, 2014, 51: 1076-1089.

[4] WANG J, YUAN L, XIAO H, et al. Momordin Ic induces HepG2 cell apoptosis through MAPK and PI3K/Akt-mediated mitochondrial pathways[J]. *Apoptosis*, 2013, 18: 751-765.

[5] TAO J J, CASTEL P, RADOSEVIC-ROBIN N, et al. Antagonism of EGFR and HER3 enhances the response to inhibitors of the PI3K-Akt pathway in triple-negative breast cancer[J]. *Sci Signal*, 2014, 7: 29.

[6] 刘婷婷, 马丽娜, 李凤云, 等. 伤寒沙门菌诱导巨噬细胞凋亡机制的探讨[J]. *中国人兽共患病学报*, 2010, 26(3): 239-242.

空间自相关性最强, Global Moran's I 指数达到0.512, 表明我国建设用地占用耕地存在着较强的空间相关性。

(2)以500 km作为距离阈值构建空间距离权重矩阵, 利用局部 Getis-Ord Gi\* 系数进行热点分析。北京、天津、河北、广东、江苏、安徽、上海和浙江8个行政区属于显著的热点区域, 建设用地占用耕地是耕地减少的主导因素, 占84.88%; 而宁夏属于冷点区域。

参考文献

[1] 赵晓丽, 张增祥, 汪潇, 等. 中国近30a耕地变化时空特征及其主要原因分析[J]. *农业工程学报*, 2014(3): 1-11.

[2] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. *地理学报*, 2014(1): 3-14.

[3] 马彩虹, 任志远, 李小燕. 黄土台塬区土地利用转移流及空间集聚特征分析[J]. *地理学报*, 2013(2): 257-267.

[4] TURNER B L, LAMBIN E F, REENBERG A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability[J]. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*, 2007, 104(52): 20666-20671.

[5] 任春颖, 张柏, 王宗明, 等. 松嫩平原西部农牧交错区土地利用变化及驱动力分析: 以吉林省通榆县为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2010(6): 96-102.

[6] 管翔, 金晓斌, 潘倩, 等. 基于县域尺度的中国土地整治新增耕地空间差异分析[J]. *农业工程学报*, 2013(20): 226-233.

[7] 谢花林, 刘黎明, 李波, 等. 土地利用变化的多尺度空间自相关分析: 以内蒙古翁牛特旗为例[J]. *地理学报*, 2006(4): 389-400.

[8] 刘敏, 赵翠薇, 施明辉. 贵州山区土地利用变化多尺度空间自相关分析[J]. *农业工程学报*, 2012(20): 239-246.

[9] 马松增, 史明昌, 杨贵森, 等. 基于GIS的土地利用时空动态变化分析: 以塔里木盆地农垦区为例[J]. *水土保持研究*, 2013(1): 177-181.

[10] 李云亮, 谈俊忠. 基于GIS的岳阳县土地利用变化研究[J]. *测绘科学*, 2009(2): 216-218.

[11] TOBLER W R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region[J]. *Economic geography*, 1970, 46(2): 234-240.

[12] 戚晓鹏, 周脉耕, 胡以松, 等. 应用地理信息系统探测消化道癌症死亡率空间聚集性[J]. *地理研究*, 2010(1): 181-187.

[13] 胡庆武, 王明, 李清泉. 利用位置签到数据探索城市热点与商圈[J]. *测绘学报*, 2014(3): 314-321.

[14] 冯昕, 杜世宏, 舒红. 空间权重矩阵对空间自相关的影响分析: 以我国肾综合征出血热疾病为例[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2011(12): 1410-1413.

[15] 熊昌盛, 韦仕川, 栾乔林, 等. 基于Moran's I分析方法的耕地质量空间差异研究: 以广东省广宁县为例[J]. *资源科学*, 2014(10): 2066-2074.

[16] 陈江平, 张兰兰, 余远剑, 等. 利用空间自相关的中国内陆甲型H1N1流感疫情分析[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2011(11): 1363-1366.

[7] MENAKER R J, CEPONIS P J, JONES N L. *Helicobacter pylori* induces apoptosis of macrophages in association with alterations in the mitochondrial pathway[J]. *Infect Immun*, 2004, 72: 2889-2898.

[8] VOTH D E, HOWE D, HEINZEN R A. *Coxiella burnetii* inhibits apoptosis in human THP-1 cells and monkey primary alveolar macrophages[J]. *Infect Immun*, 2007, 75: 4263-4271.

[9] MALIK S N, BRATTAIN M, GHOSH P M, et al. Immunohistochemical demonstration of phospho-Akt in high Gleason grade prostate cancer[J]. *Clin Cancer Res*, 2002, 8: 1168-1171.

[10] WALKER E H, PAEOLD M E, PERISIE O, et al. Structural determinants of phosphoinositide 3-kinase inhibition by wortmannin, LY, quercetin, myricetin, and staurosporine[J]. *Mol Cell*, 2000, 6: 909-919.

[11] WEI L, ZHU S, WANG J, et al. Activation of the phosphatidylinositol 3-kinase/Akt signaling pathway during porcine circovirus type 2 infection facilitates cell survival and viral replication[J]. *J Virol*, 2012, 86: 13589-13597.

[12] SOARES J A, LEITE F G, ANDRADE L G, et al. Activation of the PI3K/Akt pathway early during vaccinia and cow-pox virus infections is required for both host survival and viral replication[J]. *J Virol*, 2009, 83: 6883-6899.

[13] WANG P, GUO Q S, WANG Z W, et al. HBx induces HepG-2 cells autophagy through PI3K/Akt-mTOR pathway[J]. *Mol Cell Biochem*, 2013, 372: 161-168.