

# 基于 GIS 的黑龙江省耕地集约利用水平的空间格局分析

李 静, 宋 戈, 郭 蒙, 郑园园

(东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘 要:** 利用现代信息手段研究一定尺度的耕地集约利用水平空间分布, 为促进区域规模化耕地集约经营以及缩小区域耕地集约利用水平差距具有重要的作用。以黑龙江省 64 个县(市)为评价单元, 采用熵值法和综合指数法定量计算各县(市)耕地集约利用水平, 利用 GIS 手段和地学模型方法, 分析和研究各县(市)耕地集约利用水平的空间分布。结果表明, 64 个县(市)耕地集约利用水平呈现 4 级分布, 东南部耕地集约利用水平明显高于西北部, 全局 Moran 指数  $I$  为 0.23, 各县(市)耕地集约利用水平趋向聚集, 但聚集程度不强, 耕地集约利用高值区的扩散效应不显著。

**关键词:** 耕地集约利用; 空间格局分析; GIS; 黑龙江省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)01-0123-05

中图分类号: F301.24

## Spatial Pattern Analysis of Intensive Use of Cultivated Land in Heilongjiang Province Based on GIS

LI Jing, SONG Ge, GUO Meng, ZHENG Yuan-yuan

(College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

**Abstract:** This study takes advantage of modern information means to study the spatial distribution of the intensive use of cultivated land on a certain level. Modern information means play a very important role in promoting farmland management at regional scale and reducing the gap of the intensive use of farmland. The study takes 64 counties as evaluation units to study and analyze the level of spatial distribution of the intensive use of cultivated land by adopting entropy and aggregative index number method and using GIS and geoscience model. Results show that the intensive land use level in 64 counties appears 4 grade distributions. The intensive use of cultivated land in southeast is higher than northwest. The global Moran index  $I$  is 0.23, indicating that the intensive use level of cultivated land appears an aggregated trend in each county, but the aggregated level is not very high. It is not obvious for the high intensive use level region to diffuse its effects.

**Keywords:** intensive use of cultivated land; spatial pattern analysis; GIS; Heilongjiang Province

耕地集约利用具有一定的地域空间特征<sup>[1]</sup>, 基于影响因素空间分布的差异性及其地域组合的复杂性<sup>[2]</sup>, 采取科学有效方法计算耕地集约利用水平, 并用现代信息手段研究分析耕地集约利用空间分布格局, 为提高耕地集约利用水平提供科学依据<sup>[3]</sup>, 为促进区域形成合理的耕地集约利用空间分布格局、发挥耕地集约利用高值区的扩散效应, 大力促进区域规模化耕地集约经营以及缩小区域耕地集约利用水平差距具有非常重要的现实意义。

黑龙江省是我国重要的商品粮基地, 土壤有机质含量高于全国其它地区, 主要以黑土、黑钙土和草甸土为主。黑龙江省耕地总面积大约占全国总耕地面

积 9.7%<sup>[4]</sup>, 近 90% 的耕地分布在本文研究区 64 个县(市)所辖范围内<sup>[5]</sup>, 黑龙江省耕地的粮食产量和耕地集约利用水平直接关系到国家粮食安全<sup>[6]</sup>, 同时对守住国家  $1.20 \times 10^8 \text{ hm}^2$  耕地红线起到举足轻重的作用。客观评价黑龙江省粮食主产区——64 个县(市)所辖范围内耕地集约利用程度和集约利用水平, 摸清黑龙江省 64 县(市)耕地集约利用水平空间分布格局至关重要。本文采用图形与数据相结合, 利用 ESDA—GIS 手段和地学模型方法, 突破目前国内多数学者侧重用数量统计模型, 只对单个评价单元耕地集约利用水平排序归类评价的局限<sup>[7]</sup>, 在计算黑龙江省 64 县(市)耕地集约利用水平基础上, 分析和研究

收稿日期: 2008-08-17

修回日期: 2008-09-24

资助项目: 国家社科基金“资源型城市土地集约利用的对策研究”(07CJY025); 中国博士后基金“城市化进程中土地利用变化机制及规律研究”(20060391066); 黑龙江省博士后基金“黑龙江省城镇化过程中城市土地利用变化机制与趋势研究”(LBH-Q06096)

作者简介: 李静(1983—), 女(汉族), 内蒙古自治区赤峰市人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地利用、房地产经济。E-mail: lijing806521@hotmail.com。

64 个县(市)耕地集约利用水平的空间分布,这对有针对性采取必要措施全面提高耕地集约利用水平和耕地利用效益具有重要的现实意义,为其它地区评价土地集约利用水平和分析耕地集约利用空间分布提供参考,更为完善和丰富耕地集约利用评价理论提供科学依据。

## 1 研究区概况与资料来源

### 1.1 研究区概况

黑龙江省所辖 64 个县(市)地处东经 121°11'—135°05',北纬 43°26'—53°33',温带大陆性季风气候,年平均气温多在 -5 ~ 5 之间,由南向北降低,无霜冻期平均介于 100 ~ 150 d 之间,年降水量介于 400 ~ 650 mm 之间,中部山区降水多,东部次之,西、北部少。年日照时数多在 2 400 ~ 2 800 h,其中生长季日照时数占总时数的 44% ~ 48%,西多东少。2006 年研究区土地总面积 3.70 × 10<sup>5</sup> km<sup>2</sup>,耕地面积 1.06 × 10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup>,总人口 2 441.56 万人,人均耕地 0.43 hm<sup>2</sup>,农业生产总值 679.46 亿元,化肥施用总量 1.10 × 10<sup>5</sup> t,农用机械总动力 1.80 × 10<sup>7</sup> kW。研究区范围内的 64 个县(市)耕地面积占黑龙江省耕地总面积的 89.6%,其中分布在松嫩平原和三江平原的耕地面积占全省耕地总面积的 83.8%,北部大、小兴安岭山区耕地占 0.3%,南部张广才岭、老爷岭山区耕地占 5.5%。大部分耕地地势平坦,坡度平缓,土壤比较肥沃,适于大规模集约化经营。

### 1.2 资料来源

本研究的数据来源于《黑龙江统计年鉴 2006—2007》、《中国城市统计年鉴 2007》、《中国农村统计年

鉴 2007》和《黑龙江省国土资源公报 2007》,鉴于原始数据繁多,这里不一一列出。

## 2 研究方法

### 2.1 耕地集约利用评价指标体系的构建

依据科学性、整体性、层次性、可操作性、动态性和前瞻性原则<sup>[8]</sup>,以耕地可持续利用和社会经济可持续发展为目标,结合研究区所处经济发展阶段、社会生态实际情况以及 64 个县(市)耕地利用特点,从投入强度、土地利用程度、土地利用效率和持续状况 4 个层面构建耕地集约利用评价指标体系<sup>[9]</sup>(图 1)。采用比重法<sup>[10]</sup>对原始数据进行标准化处理,见公式(1)。

$$P_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

式中:  $X_{ij}$  ——第  $i$  个样本 ( $i=1, 2, 3, \dots, 64$ ) 第  $j$  项评价指标 ( $j=1, 2, 3, \dots, 16$ ) 的实际数值;  $P_{ij}$  ——标准化后所得值。

### 2.2 黑龙江省耕地集约利用水平现状评价

在对原始数据标准化的基础上,采用熵值法确定评价指标权重,将各指标加权求和,得到研究区各县(市)耕地集约利用综合指数<sup>[11]</sup>,即耕地集约利用综合指数表征了各县(市)耕地集约利用水平值。在信息论中,信息熵是系统无序程度的度量,信息是系统某项指标变异程度的表现,即某项指标的变异程度越大,信息熵越小,该指标提供的信息量越大,权重也应越大。反之,某项指标的变异程度越小,信息熵越大,该指标提供的信息量越小,其权重也越小。依据上述原理可以计算出各指标的权重,为多指标综合评价提供依据。其步骤为:

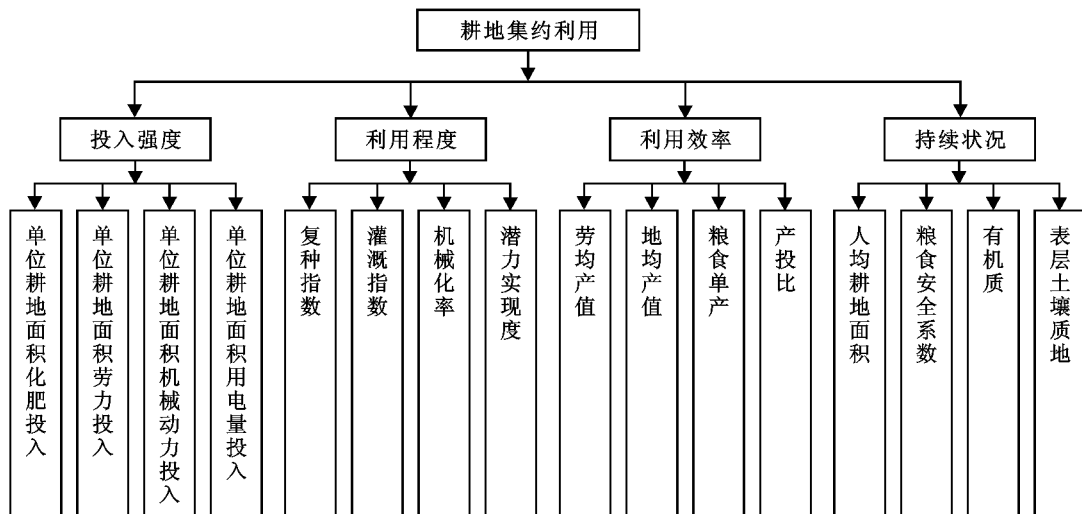


图 1 黑龙江省耕地集约利用评价指标体系

(1) 计算第  $j$  项指标的熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}, \text{ 令 } k = \frac{1}{\ln n}, \text{ 则 } 0 < e_j < 1$$

(2) 计算第  $j$  项指标的差异性系数:

$$g_j = 1 - e_j$$

(3) 计算第  $j$  项指标的权重:

$$W_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j}$$

(4) 根据前面指标值标准化和权重的计算,采用综合指数法计算 64 县(市)耕地集约利用综合指数。其计算公式为:

$$Y_i = \sum_{j=1}^m W_j P_{ij}$$

以黑龙江省 64 个县(市)为评价单元,根据耕地集约利用评价结果,结合各县(市)耕地利用的现状及特点,以 64 个县(市)耕地集约利用综合指数作为数据源,运用 ArcGIS 9.2 将研究区耕地集约利用水平分为以下 4 个级别。

集约利用 级:漠河县、塔河县、呼玛县、嫩江县、孙吴县、逊克县、嘉荫县、抚远县、五大连池市、讷河市、北安市、克山县、克东县、依安县、拜泉县、富裕县、明水县、林甸县、杜蒙自治县、兰西县、青冈县、望奎县、绥芬河市和穆棱市。

集约利用 级:甘南县、龙江县、泰来县、肇源县、肇州县、肇东市、双城市、安达市、海伦市、绥棱县、铁力市、巴彦县、木兰县、宾县、依兰县、萝北县、绥滨县、汤原县、集贤县、桦南县、勃利县、鸡东县、林口县、东宁县、海林市和宁安市。

集约利用 级:同江市、饶河县、桦川县、友谊县、宝清县、尚志市、延寿县、方正县、通河县和庆安县。

集约利用 级:包括富锦市、五常市、虎林市和密山市。

### 2.3 基于 GIS 的黑龙江省耕地集约利用水平空间格局分析

传统的数量统计模型只注重数值之间相关性<sup>[12]</sup>,对单个评价单元土地集约利用水平排序归类评价。然而基于影响因素空间分布的差异性及其地域组合的复杂性,耕地集约利用水平具有时间和空间上的变化特征<sup>[13]</sup>,分析耕地集约利用水平的空间相关性具有重要的现实意义,有利于协调整个区域耕地集约利用水平。ESDA (exploratory spatial data analysis,探索性空间数据分析)是一系列空间数据分析方法和技术的集合,以空间关联测度为核心,通过对事物或现象空间分布格局的描述与可视化,发现空间集聚和空间异常,揭示研究对象之间的空间相互作用机制<sup>[14]</sup>。空间自相关是空间依赖性的重要形式,是检验某一要素的属性值是否显著地与其相邻空间

点上的属性值相关联的重要指标,正相关表明某单元的属性值变化与其相邻空间单元具有相同变化趋势,负相关则相反<sup>[15]</sup>。

因此,空间自相关可以用来发现空间的异质性和空间聚集。基于 ESDA—GIS 的空间自相关分析提供了一个有效地解释空间数据的理论方法,可以科学地揭示耕地集约利用水平的空间格局<sup>[16]</sup>。

2.3.1 总体空间格局分析 全局空间自相关是对属性值在整个区域的空间特征的描述,主要通过 Global Moran's  $I$ , Geary's  $C$  和 Join Count 等全局空间自相关统计量的估计,分析区域总体的空间关联和空间差异程度<sup>[17]</sup>。其中,最常用的是 Moran 指数  $I$ ,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:  $x_i, x_j$  ——为位置  $i$  和位置  $j$  的观测值;  $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ ;  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ;  $W_{ij}$  ——空间权重矩阵的任一元素,其目的是定义空间对象的相互邻接关系,便于把 GIS 数据库中的有关属性数据放到所研究的地理空间上进行分析对比。Moran 指数  $I$  的取值一般在  $[-1, 1]$  之间,当  $I < 0$  时代表空间负相关,  $I = 0$  时代表不相关,  $I > 0$  时代表空间正相关。对 Moran 指数  $I$ ,可用标准化统计量  $Z$  来检验  $n$  个区域是否存在空间自相关关系,在给定显著性水平时,若 Moran 指数  $I$  显著为正,则表示集约利用水平较高(或较低)的区域在空间上显著集聚;若 Moran 指数  $I$  显著为负,则表明具有显著的空间差异<sup>[18]</sup>。

本研究以 64 个县(市)耕地集约利用水平值作为数据源,运用 ArcGIS 9.2 进行全局空间自相关分析。由于全局空间自相关检验要求变量满足正态分布,因此首先采用 box-cox 变换使耕地集约利用水平的频率呈正态分布,再利用 spatial analyst tools 模块测算研究区耕地利用集约水平的全局空间自相关指数 Global Moran 指数  $I$ <sup>[19]</sup>。64 个县(市) Moran 指数  $I$  为 0.23,  $Z$  值为 5.5,大于 0.01 水平下的 2.58,通过统计检验。Moran 指数  $I$  为 0.23 表明黑龙江省 64 个县(市)耕地集约利用趋向聚集,但聚集程度不强。结合上文耕地利用水平的 4 级分布结果,从分布格局来看,研究区耕地集约利用的高值区和低值区有聚集趋势,但高值区与低值区之间相互交错,是造成聚集程度不强的主要原因。

2.3.2 局部空间格局分析 全局 Moran 指数  $I$  统计量是一种总体统计指标,仅说明所有区域与周边地区之间空间差异的平均长度。在区域总体空间差异

缩小的情况下,局部空间差异有可能扩大。为了全面反映区域耕地利用集约水平空间差异的变化趋势,还需采用 ESDA 局部分析方法。空间联系的局部指标 LISA (local indicators of spatial association) 可以揭示局部直至每个空间单元的空间自相关性质<sup>[20]</sup>。LISA 本质上将 Moran's  $I$  分解到各个区域单元局部 Moran's  $I$  与全局 Moran's  $I$  是相联系的。

本研究运用 ArcGIS 9.2,采用 Moran 散点图研究局域空间的异质性,并将局部差异的空间格局可视化。图中 4 个象限表达了某一县(市)和其周围县(市)4 种类型的局域空间关系,第一象限为“高一高”(HH),第二象限为“低—高”(LH),第三象限为“低—低”(LL),第四象限为“高—低”(HL),(图 2)。

### 3 结果与分析

(1) 空间差异较小、区域自身和周边水平均较高的县(市)(HH)主要包括以富锦市为中心的 6 个县(市)和哈尔滨市附近的县(市)。

三江平原开发历史较短,土壤肥沃,农业生产潜力大,既能从事无灌溉的旱作农业,也具有发展水田种植业的良好水源条件<sup>[22]</sup>。耕地利用作为一种人类的社会与经济活动,必然会受到经济规律的制约。在市场经济规律的作用下,土地利用总是不断地由低值向高值转移,以实现土地利用的高产出率与高效益。富锦、虎林、密山和同江等县(市)加大水利设施、农用机械等各项生产投入,旱田与水田的转化以及大量开垦水田,导致这一地区县(市)耕地集约利用水平较高。基于区位优势,城市近郊的耕地,蔬菜种植比重较大,单位面积上所投资金和劳力也较多,随着与城市的距离加大,粗放农作物的比重加大,单位面积上投资投劳的数量随之减少。哈尔滨市附近的各个县(市)多属于经济基础比较好,经济增长速度较快,耕地质量较高的地区<sup>[23]</sup>。

位于 HH 象限的县(市)个数越多,耕地集约利用程度的总体空间差异就越小,但由图 2 可见,位于 HH 象限的县(市)集中程度不高,因此需要继续加大对耕地集约利用潜力较高县(市)的农业生产投入,扩大耕地集约利用高水平县(市)的影响规模,加快农业现代化进程,增强其对保障国家粮食安全的贡献率。然而耕地集约利用是一个可持续过程,因此,应针对目前社会对农产品的需求程度、农业技术发展水平和投入的能力,同时结合土地本身的肥力来确定研究区各县(市)合理的耕地利用集约度,采取多项技术措施来防范耕地集约利用水平提高带来的负面影响,以实现农业生产可持续发展,保障国家粮食安全。

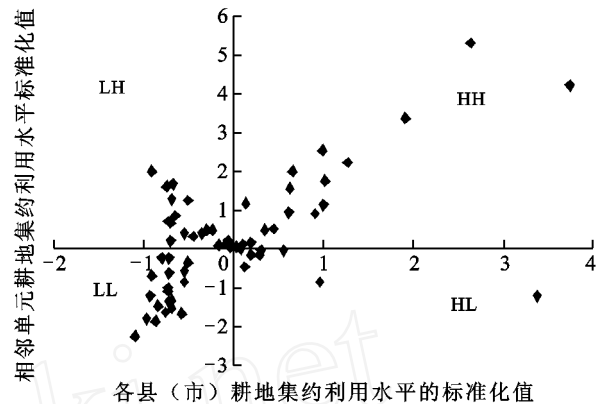


图 2 64 个县(市)耕地集约利用水平的 Moran 散点图

(2) 空间差异较小、但区域自身和周边水平均较低的县(市)(LL),主要位于研究区的北部和西部。

北部大、小兴安岭山区耕地占全省耕地总面积的 0.3%,虽然投入强度不低,但耕地面积小且质量较差,利用程度和利用效率不高,导致耕地集约利用水平处于最低水平。

西部克山、克东、嫩江、逊克县一带是典型的旱作农业区,降水偏少,2006 年各县(市)农业生产由于受各种自然灾害的影响,受灾面积达到 80%以上,旱灾严重制约着农业生产的发展。这些地区需要政府关注和政策倾斜,加快经济发展,加大资金和技术投入,充分利用科技进行中低产耕地的改造,通过采取改水、改土和综合农艺技术相结合的办法,提高耕地质量、抗灾能力和耕地集约利用水平。

小兴安岭和东部山地的山前地带分布着冲积洪积台地,如拜泉、北安一带的波状台地以及海伦、绥化一带的平坦倾斜状台地以及阿什河以东的丘陵状台地等。松嫩平原的这一地区,其组成物质上部为亚黏土,下部为砂砾层,地表广泛发育着黑土,土壤养分丰富,保水、保肥力强<sup>[22]</sup>,但与三江平原相比,松嫩平原开发历史较长,主要以种植旱田为主,该地区应合理分配单位耕地面积资金、劳力和技术的投入,积极调动农民从事农业生产的积极性,发挥出该地区最大的耕地生产潜力,合理调整种植结构,以达到耕地利用的最大经济效益。同时实行动养结合,不断提高耕地质量<sup>[23]</sup>。

嫩江东岸,富裕到杜尔伯特蒙古族自治县一带有沙丘分布,该区大部分地带是大庆油田区,盐碱化和沙化面积较大,土壤虽有可耕性,但漏水漏肥,风蚀严重时易埋藏良田<sup>[24]</sup>,不宜垦殖。

(3) 空间差异较大、区域自身水平较高,但周边水平低的县(市)(HL),以五常市、庆安县和桦川县为代表。

由于自身的区位和资源优势,这些地区投入水平以及耕地利用程度和利用效益较高,耕地集约利用水

平较之周边地区要高的多。因此,今后应发挥高值区的带动作用 and 辐射范围,促进邻近县(市)耕地集约利用水平的提高,加速 HL 区域的县市向 HH 区域转化,逐步缩小区域耕地集约利用水平的空间差异性。

(4) 空间差异较大、区域自身水平较低、但周边较高的县(市)(LH),以抚远县和穆陵县为代表。

空间差异较大、区域自身水平较低、但周边较高的县(市)主要位于研究区周边区域,这些县(市)未与邻近县(市)协调一致,可见高值区的扩散效应不显著,范围比较局限,对周边县(市)未产生较大的辐射带动作用。因此,今后应加强各县(市)之间的合作和交流,依靠科技进步提高耕地资源的综合效益及土地的产出率。集约化农业对保障我国粮食安全发挥了巨大的作用,但其长期的土地高强度利用和农用化学品过量投入的负面影响也日益呈现,给生态系统本身与环境都带来了巨大压力和严重威胁<sup>[25]</sup>。因此应指导农民科学种田,集约经营,平衡配方,科学施肥,积极开发有机肥源,改善土壤的生态环境,引导农户提高耕地集约利用程度。

## 4 结 论

采用熵值法和综合指数法对黑龙江省所辖 64 个县(市)耕地集约利用现状进行评价与分析,以地理信息系统作为技术手段,借助 ArcGIS 9.2 软件,挖掘数据空间位置信息,深入分析研究区耕地集约利用水平的空间分布态势,得出 64 县(市)耕地集约利用水平呈现 4 级分布,耕地集约利用聚集程度不是太强,高值区的扩散效应不显著,这与实际是吻合的。与传统方法相比具有明显的优越性,在一定程度上丰富和完善了耕地集约利用评价研究,提高了评价的科学性与准确性,但是耕地集约利用是一个动态的过程,随着社会经济的发展,社会对农产品的需求程度、农业技术发展水平、种植结构的调整、农民的观念、投入的能力和土地的转化力都会发生变化,耕地的集约利用水平也会随之变化。因此,研究者还应根据经济发展的不同阶段对指标进行修正和调整,同时选择合适的方法进行评价、分析和判断,以便更好地指导土地利用行为。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] 刘德钦,刘宇,薛新玉. 中国人口分布及空间相关分析[J]. 遥感信息,2002(6):1-6.  
 [2] 何芳,吴正训. 国内外城市土地集约利用研究综述与分析[J]. 国土经济,2002(3):35-37.  
 [3] 何伟. 耕地资源节约和集约利用的对策研究[J]. 国土资

源导刊,2006(2):45-46.

- [4] 国家统计局城市社会经济调查总队. 中国城市统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2007:326-327.  
 [5] 黑龙江省统计局. 黑龙江统计年鉴[M]. 哈尔滨:中国统计出版社,2007:269-270.  
 [6] 王杨,宋戈. 黑龙江省城市土地集约利用潜力时空变异规律[J]. 经济地理,2007,27(2):315-317.  
 [7] 陈志强,曹蕾,邱道持. 重庆市渝北区城镇土地集约利用评价与空间格局分析[J]. 经济地理,2006,26(12):159-160.  
 [8] 王蒲吉,王占岐,孟蒲伟. 农用地节约集约利用评价指标体系研究[J]. 资源开发与市场,2007,23(4):303-304.  
 [9] 崔丽,许月卿. 河北省农用地利用集约度时空变异分析[J]. 地理科学进展,2007,26(2):117-118.  
 [10] 陶晓燕. 基于改进熵值法的城市可持续发展能力的评价[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(5):40-41.  
 [11] 宋红梅. 基于熵值法的城市土地集约利用评价:以徐州市为例[J]. 资源开发与市场,2007,23(2):116-117.  
 [12] Anselin L. Local indicators of spatial association:LISA[J]. Geographical Analysis,1995,27(3):93-115.  
 [13] 李宪文,林培. 国内外耕地利用与保护的理论基础及其进展[J]. 地理科学进展,2001,20(4):305-312.  
 [14] 聂尊贤,周志跃. 重庆市城镇土地集约利用时空动态变异分析[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版,2007,26(5):146-148.  
 [15] 韦素琼,张金前,陈健飞. 基于空间自相关的闽台城镇建设用地分布研究[J]. 地理科学进展,2007,26(3):11-13.  
 [16] 何佑勇. 潜江市耕地集约利用评价研究[D]. 武汉:华中农业大学,2007:68-72.  
 [17] 韦玉春,陈锁忠. 地理建模原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2005:52-53.  
 [18] 吴玉鸣,徐建华. 中国区域经济增长集聚的空间统计分析[J]. 地理科学,2004,24(6):655-657.  
 [19] 张松林,张昆. 全局空间自相关 Moran 指数和 G 系数对比研究[J]. 中山大学学报:自然科学版,2007,46(4):94-96.  
 [20] 张松林,张昆. 局部空间自相关指标对比研究[J]. 统计研究,2007,24(7):67-68.  
 [21] 蒲英霞. 基于 ESDA 的区域经济空间差异分析:以江苏省为例[J]. 地理研究,2005,24(6):966-968.  
 [22] 宋开山. 1954 年以来三江平原土地利用变化及驱动力[J]. 地理学报,2008,63(1):96-98.  
 [23] 宋戈. 大城市周边卫星城土地集约利用评价方法研究[J]. 经济地理,2005(6):887-890.  
 [24] 张树文. 东北地区土地利用/覆被时空特征分析[M]. 北京:科学出版社,2006:312-322.  
 [25] 张桃林. 集约农业利用下红壤地区土壤肥力与环境质量变化及调控[J]. 土壤学报,2007,44(4):584-591.