

文章编号: 1008 - 2786 - ( 2012) 2 - 156 - 09

# 不同地貌区耕地集约利用水平空间分异及驱动机制 ——以江西省为例

朱传民 黄雅丹 吴佳 彭琼

( 东华理工大学地球科学学院 江西 抚州 344000)

**摘 要:** 在构建衡量耕地集约利用水平的 P - S - R 模式指标体系基础上,以县域为基本空间单元,借助 GIS 空间分析软件,利用 ESDA 等方法,对江西省各地貌区耕地集约利用水平空间差异及其驱动机制进行了研究,针对各地貌区制约耕地集约利用因素,分别提出了今后耕地利用过程中应注意的问题。结果表明:两时段基于综合度的 Global Moran's I 分别为 0.16 和 0.30,在显著性水平  $\alpha = 0.05$  下呈空间正相关,耕地集约利用水平在地域上呈现出较明显的空间集聚特征与区域差异性,且有不断加强趋势。总体上平原区的集约水平高于丘陵与山区的,经济发展较快地区的相对较高;各研究实体 Local Moran's I 及 Grid 图,反映了耕地集约利用水平在局域空间上的均质性,即水平高、低区域各自集聚;LISA 显著集聚四种类型中,正空间自相关的“H-H”、“L-L”占主体部分,时段 I 二者约占总数的 73.33%,时段 II 则提高到 80.95%。其中,“H-H”关联的区域主要分布在北部平原区、经济实力较强的县(市),而赣东北、西北及南部的丘陵山区则表现出明显的“L-L”关联特征;平原、丘陵、山区三大地貌区影响耕地集约利用水平的因素各异。

**关键词:** 耕地;集约利用;空间分异;IDW 插值;驱动机制;江西

**中图分类号:** F301.2

**文献标识码:** A

随着工业化、城镇化水平的不断提高,农地非农化较为严重,尤其是耕地资源,再加上自然灾害的损毁,耕地保护压力日益加大,粮食安全受到威胁。在耕地面积不断减少,人口仍不断增加的压力下,势必要求各地区提高耕地集约利用水平。江西省地形复杂,自然条件多样,再加上长期形成的社会、经济发展水平的地域分异,省内各地貌区的农业生产呈现明显的地域性。因此,加强区域耕地集约利用水平空间格局特征、影响耕地集约利用因素等方面研究,对指导区域耕地保护,提高耕地集约利用水平,实现社会经济持续、健康发展具有重要的理论与实际意义。目前在耕地集约利用水平空间分异测度上,对研究单元的空间关系考虑较少,区域总体差异与局

部空间异质性难以完全体现。ESDA ( Exploratory Spatial Data Analysis ) 是一系列空间数据分析方法和技术的集合,其提出空间权重矩阵,界定研究实体之间的空间关系,为定量研究某种地理现象的空间差异提供了新的思路。目前,ESDA 技术在社会与经济问题、城镇扩展、房地产业等领域均得到了初步应用<sup>[1-11]</sup>,其在何佑勇的潜江市耕地集约利用评价研究一文中得到了应用<sup>[12]</sup>,李静、朱传民等人分别尝试利用 ESDA - GIS 手段等探讨了耕地集约利用水平空间格局<sup>[13-14]</sup>。总体上,该技术在耕地集约利用测度等相关领域应用较少,已有研究为本文的撰写提供了有益的借鉴。

收稿日期( Received date ): 2011 - 09 - 11; 改回日期( Accepted ): 2012 - 01 - 08。

基金项目( Foundation item ): 江西省社会科学规划 2010 年项目( 项目编号: 10JL07 )、江西省数字国土重点实验室基金( 项目编号: DLLJ201008 ) 和东华理工大学校长基金( 项目编号: DHXK1026 )。[Supported by Jiangxi 2010 Program for Social Science ( 10JL07 ) and Foundation of Digital Land Key Laboratory of Jiangxi Province( DLLJ201008 ) . ]

作者简介( Biography ): 朱传民( 1979 - ),男,山东枣庄人,讲师,主要从事区域发展、土地利用与管理方面研究。[Zhu Chuanmin( 1979 - ), male, university lecturer, major in region development, land use and manage. ] E-mail: minchzhu@126.com

## 1 研究区与数据

江西省位于长江中下游交界处南岸,地处  $24^{\circ}29' \sim 30^{\circ}04'N$ 、 $113^{\circ}34' \sim 118^{\circ}28'E$ 。全省辖南昌、九江等 11 个设区市,贵溪、乐平等 10 个县级市,南昌、新建等 70 个县。全境以山地、丘陵为主,东南西三面环山,内侧丘陵广亘,中部、北部平原坦荡。地势整体从外向里、由南及北,渐次向鄱阳湖倾斜。依据《中国自然资源丛书》(江西卷)、《江西统计年鉴》,结合高程和地貌类型特点,把江西行政区域划分为 3 种地貌区,即平原区、丘陵区、山地区(图 1)。

本文数据主要包括土地、社会经济统计数据等,均来源于历年的《江西统计年鉴》、《中国农业全书》(江西卷)。考虑到数据的可比性,在空间尺度上以 2009 年的江西省行政单位归属为基准,对之前的行政区划调整及名称变更的单元进行修正,以修正后的市辖县(市)为基本研究对象采集数据。其中,新建县因在地域上分离,为不失空间分析的科学性,将其作为两个空间实体。

## 2 研究方法

### 2.1 基于 P-S-R 模式的耕地集约利用水平测度指标体系设置

耕地利用是一个社会-经济-自然复合的系统,随着社会、经济逐步发展及人口不断增加,耕地非农化较为严重,耕地承载力不断加大。再加上人类活动对自然环境的影响,耕地利用系统所承受的压力不断增加,这就提出了耕地集约利用压力(Pressure)。在粮食安全受到威胁等情况下,人们势必要在人力、物力、财力、科技等方面对耕地追加投入,来改善农业生产条件,增加粮食单产,提高单位耕地面积产出效益,即为耕地集约利用的状态(State)与响应(Response)。PSR 模型已为可持续发展、生态安全评价框架的建立提供了重要思路<sup>[15]</sup>,其亦较好的描述耕地集约利用变化情况。鉴于此,本文在参考相关文献基础上,以耕地集约利用综合度为目标层,以 Pressure-State-Response 为准则层,结合研究区实际情况,选择一系列单项测度指标构成指标层。单项测度指标选取时,在兼顾所选指标全面性的基础上,应用 pearson 系数与离散系数( $C_v$ )剔除相关程度较强的指标,防止指标的重复。一般而言,当两指

标 pearson 系数  $|r| < r_{0.1}$  时,则认为两要素不相关。当某指标的离散系数值小于临界阈值(5%)时,去掉该指标<sup>[16]</sup>。

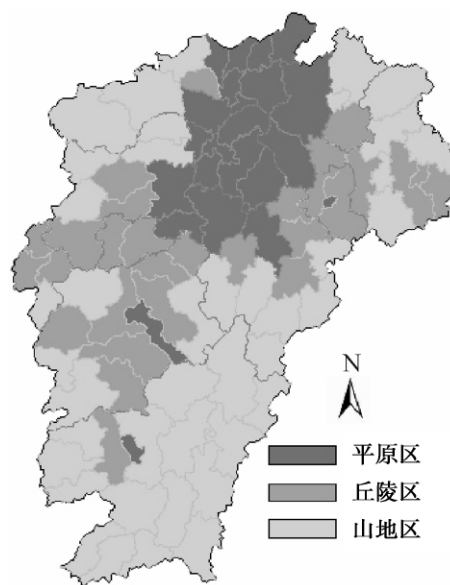


图 1 各地区地貌类型划分

Fig. 1 Region division by different types of geomorphology

### 2.2 耕地集约利用水平测度

衡量耕地集约利用水平的因素较多,不同因素的量纲与效应各异。为统一各指标量纲与缩小指标数量差异,本文采取如下原始数据标准化处理。设每个研究单元统一选  $p$  个准则层,  $q$  个因素层,则正效应指标

$$x'_{pq} = \frac{x_{pq} - \min\{x_{pq}\}}{\max\{x_{pq}\} - \min\{x_{pq}\}}$$

负效应指标

$$x'_{pq} = \frac{\max\{x_{pq}\} - x_{pq}}{\max\{x_{pq}\} - \min\{x_{pq}\}} \quad (1)$$

根据各指标的标准化值,以多因素综合加权法,计算耕地集约利用综合度如下

$$F_p = \sum_{q=1}^5 x'_{pq} \times w_{pq} \quad F = \sum_{p=1}^3 F_p \times w_p \quad (2)$$

式中  $x'_{pq}$  为单项指标标准化值,  $w_{pq}$ 、 $w_p$  分别为因素层、准则层指标贡献度,  $F$ 、 $F_p$  分别为耕地集约利用综合度、P-S-R 分项集约度。

### 2.3 耕地集约利用水平空间分异定量分析

#### 2.3.1 全局空间自相关测度

其可以较好的定量测度地理现象的空间总体差异。测度全局空间自相关的统计量主要有 Moran's  $I$ 、Geary's  $C$  与 Getis's  $G$ ,其中 Moran's  $I$  较为常用<sup>[17]</sup>。

本文采用 Moran's  $I$  指数来衡量耕地集约利用水平的全局空间自相关程度。其统计模型如下

$$I = \frac{n}{\sum_i \sum_{j \neq i} W_{ij}} \cdot \sum_i \sum_{j \neq i} w_{ij} (x_i - \bar{x}) (x_j - \bar{x}) / \sum_i (x_i - \bar{x})^2$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i(j)} x_{i(j)} \quad (3)$$

式中  $x_i, x_j$  为研究单元  $i$  与  $j$  的地理属性观测值,  $\bar{x}$  为区域变量的平均值,  $W_{ij}$  为空间权重值。常用标准化  $Z_{\text{Score}}$  来检验 Moran's  $I$  的显著性水平。Moran's  $I$  的取值范围  $[-1, 1]$ , 在设定的显著性水平下, 当 Moran's  $I > 0$  时, 存在正的空间自相关, 空间地理现象呈集聚态势; 当 Moran's  $I < 0$  时, 存在负的空间自相关, 空间地理现象呈离散状态; 当 Moran's  $I = 0$  时, 不存在空间自相关。

### 2.3.2 局域空间自相关计算

LISA (Local Indicators of Spatial Association) 是对全局空间自相关进行分解的一系列指标<sup>[18]</sup>。其可度量区域  $i$  与其周边区域的空间分异程度, 即局部的均质与异质性。对第  $i$  个研究单元而言, 局域空间关联性指标 Local Moran's  $I$  数学模型如下

$$I_i = z_i \sum_{j \neq i} w_{ij} z_j \quad (4)$$

式中  $z_i, z_j$  分别为研究单元  $i, j$  的观测值标准化,  $w_{ij}$  为空间权重。通常亦用  $Z_{\text{Score}}$  值检验其显著性程度。在某显著水平  $\alpha$  下, 如  $I_i$  显著为正, 则研究单元  $i$  与周边区域的空间差异小, 即耕地集约利用水平高、低的区域各自集聚; 如  $I_i$  显著为负, 研究单元耕地集约利用水平与其周围区域存在显著的差异。同时, 可以诊断局域空间集聚的“凸点”与“凹点”。

## 3 实证分析

### 3.1 江西省耕地集约利用水平地域分异总体测度

本文在选取指标时, 以历年研究区各指标的总体水平为样板值来衡量指标间的相关程度, 即控制在  $|r| < 0.622$ 。结合实际情况, 选择耕地负载压力指数、复种指数、农田机械化水平等 15 项指标, 采用专家打分法确定各要素的贡献度(表 1)。同时, 以 2000—2007 年、2008—2009 年各指标均值求得研究单元变异系数, 均超过了临界阈值, 其进一步验证了指标选取的可行性与科学性。

表 1 耕地集约利用多因素综合评价指标参数

Table 1 The comprehensive evaluation index on intensive use of cultivated land

目标层 ( $F$ )	准则层 $F_p(w_p)$	指标层 $x_{pq}(w_{pq})$	指标说明
耕地集约利用综合度	压力准则 (Pressure $p=1$ ) (0.182 2)	耕地负载压力指数(0.220 1)	总人口/耕地面积 -
		稳产指数(0.210 5)	有效灌溉面积/耕地面积 +
		耕地变化压力指数(0.184 8)	期初与期末耕地面积差/期初面积 -
		粮食安全指数(0.195 7)	人均粮食产量/400 +
		耕地安全指数(0.188 9)	人均耕地面积/0.053 3 +
	状态准则 (State $p=2$ ) (0.461 2)	垦殖指数(0.1787)	耕地面积/土地总面积 +
		复种指数(0.233 0)	农作物播种总面积/耕地面积 +
		耕地供养指数(0.187 2)	种植业总产值/乡村人口 +
		地均产值(0.204 1)	种植业总产值/耕地总面积 +
		食粮播面单产(0.197 0)	粮食总产量/粮食播种面积 +
	响应准则 (Response $p=3$ ) (0.356 6)	灌溉指数(0.210 3)	有效灌溉面积/农作物播种总面积 +
		劳动力投入指数(0.192 5)	农业从业人员/耕地面积 +
		农田机械化水平(0.208 2)	机械总动力投入量/耕地面积 +
		塑料地膜投入(0.205 4)	地膜投入量/耕地面积 +
		化学化投入(0.183 6)	化肥、农药投入量(各半)/耕地面积 +

注 “+”为正效应指标, “-”为负效应指标。国际上通用的粮食安全警戒线: 人均粮食占有量为 400 kg; 0.053 3  $\text{hm}^2$  为联合国粮农组织确定的人均耕地警戒线。

根据衡量耕地集约利用水平的各指标标准化值及其相应权重,应用式(2)计算出各研究单元耕地集约利用综合度  $F$ , 并以其为统计变量,运用式(3)计算 Moran's  $I$  指数,分析江西省耕地集约利用水平空间总体分异。在计算  $F$  时,为避免个别年份原始数据异常值的影响,本文分别利用时段 I (2004—2007 年)、时段 II (2008—2009 年) 均值求其各指标。同时,以 Rook 相邻规则确定研究单元在空间上的相邻性。借助 Geoda 空间统计分析软件,计算出江西省时段 I、II 耕地集约利用综合度的 Global Moran's  $I$  值分别为 0.16、0.30,通过显著性水平  $\alpha = 0.05$  的检验。在 95% 置信区间其指数均  $> 0$ ,表明江西省耕地集约利用水平区域分布总体上存在显著的集聚特征,且有不断加强趋势。两时段 P-S-R 分项集约度在 95% 置信区间亦呈现出明显的区域集聚特点,尤其是耕地集约利用压力与响应两准则自相关性较强,具有明显的一致性(表 2)。

表 2 江西省县域耕地集约利用综合度的 Global Moran's  $I$  值  
Table 2 Global Moran's  $I$  based on  $F_p$  at the county level in Jiangxi province

Moran's $I(F_p)$	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F$
时段 I (2004—2007 年)	0.49	0.17	0.53	0.16
时段 II (2008—2009 年)	0.51	0.33	0.59	0.30

3.2 不同地貌区的耕地集约利用水平空间分异  
3.2.1 基于 Local Moran's  $I$  的耕地集约利用水平局域特征

以  $F$  为样板值,通过计算,两时段各研究单元 Local Moran's  $I$  范围在  $[-1.20, 2.15]$ 、 $[-0.66, 2.69]$  极差为 3.35,其中 60% 以上的区域耕地集约利用水平呈现较明显的空间集聚性。以县(市)政府驻地作为离散点,采用反距离加权插值,以各研究单元的 Local Moran's  $I_i$  为统计量,进行栅格大小为  $500\text{ m} \times 500\text{ m}$  空间化,得到耕地集约利用水平的空间分异图(图 2)。由局域 Moran's  $I_i$  值 Grid 图,可以看出江西省耕地集约利用水平呈现出较明显区域化分异特征,尤其是高值区域和低值区域各自集聚特征显著,局域呈现均质状态。位于平原区的研究单元,两时段平均约有 68.75% 的区域具有集聚特征,丘陵区为 74.00%,山地区则为 55.00%。

3.2.2 耕地集约利用水平局域聚类标准

根据局域空间自相关原理,分别以研究单元的观测值标准化 ( $Std - F$ ) 及其相应空间滞后 ( $Lag - F$ ) 为横轴、纵轴,把 Local Moran's  $I_i$  分解构成 Moran 散点图(图 3)。

当  $Std - F > 0$ ,研究单元自身属于耕地集约利用水平较高区域,反之为相对较低区域;当  $Lag - F > 0$ ,研究单元周围区域耕地集约利用水平较高,反之较低。散点图中,两时段  $Std - F > 0$  的区域所占比重分别为 40.74%、41.98%, $Lag - F > 0$  的由时段 I 的 48.15% 提高到时段 II 的 53.09%。

据各研究单元  $Std - F$  及其空间滞后  $Lag - F$  的正、负极性匹配,可把耕地集约利用水平局域分异划分为正、负空间关联的四种类型,即正相关的“高—

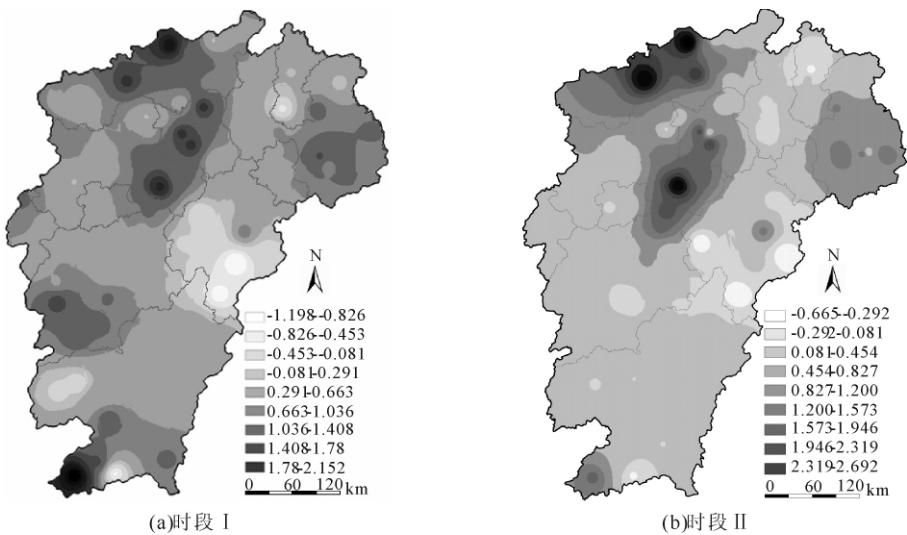


图 2 耕地集约利用综合度 Local Moran's  $I_i$  分异  
Fig. 2 Spatial distribution about Local Moran's  $I_i$  based on  $F$

高”(H-H)类型、“低-低”(L-L)类型与负相关的“低-高”(L-H)类型、“高-低”(H-L)类型(表3)。

3.2.3 不同地貌区耕地集约利用水平聚类与分布特征

依据耕地集约利用水平聚类标准,经计算可得到江西省不同地貌区的耕地集约利用水平分异类型(表4),表中数值为>95%置信区间的两时段各类型所占比例。

为更直观呈现不同类型的空间分布,将各研究单元的组合类型与其空间相匹配,形成LISA集聚专题图(图4)。从图可得出江西省耕地集约利用四种类型的空间分布及特点:

1. “高-高”类型(H-H)。此为局域高值聚集类型区,耕地集约利用水平区域分布呈正的空间自相关,区域本身与周边地区耕地集约利用程度均较高,局域空间差异小、均质性较强。该类型区的耕地集约利用水平高于全省的平均水平。从地貌区来

看,显著的H-H类型主要分布在中北部平原区与部分经济较发达、农业生产条件较好山地区,如新建、丰城、高安等县市。此类型中,属平原的县市所占比例最大,且由时段I的75.00%提高到时段II的85.71%,与时段I相比所增加的地区绝大多数属于平原区。

2. “低-低”类型(L-L)。研究单元自身与其周边区域耕地集约利用水平均较低,局域空间差异小。从两时段看,此类型涉及的区域较多,近30余个县市,主要分布在赣东北、西北及南部的丘陵与山区,如德兴、铅山、玉山、上饶、横峰、德安、瑞昌、武宁、修水、遂川、瑞金、石城等。显著L-L类型山地区所占比例高于丘陵区,两时段分别占总数的57.14%、60.00%,平原区最少分别仅占14.29%、20.00%。

3. “低-高”类型(L-H)。耕地集约利用水平空间集聚呈负的自相关,利用水平局域差异较大,局部异质性较强,形成局域异质“凹点”,即集约水平较

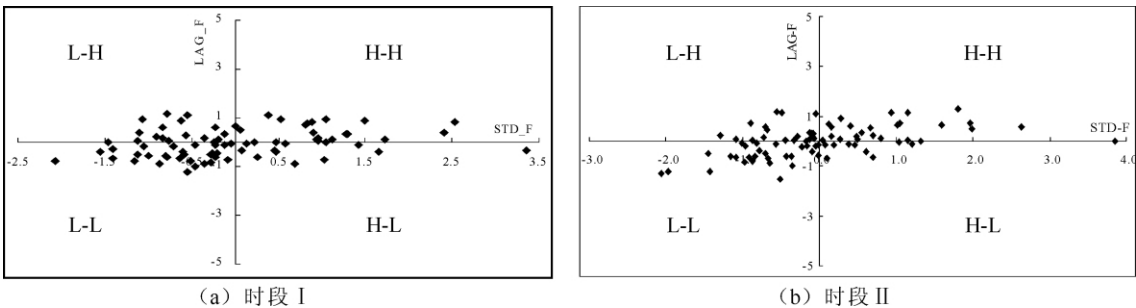


图3 江西省县域耕地集约利用综合度F的Moran散点图  
Fig. 3 Moran scatterplot based on F at the county level

表3 区域耕地集约利用水平分类标准

Table 3 Classification standard for the level of cultivated land intensive utilization

聚类类别	H-H		H-L		L-L		L-H	
	组合	空间关联性	组合	空间关联性	组合	空间关联性	组合	空间关联性
聚类标准	$Std - F_{(p)} > 0$	正	$Std - F_{(p)} > 0$	负	$Std - F_{(p)} < 0$	正	$Std - F_{(p)} < 0$	负
	$Lag - F_{(p)} > 0$		$Lag - F_{(p)} < 0$		$Lag - F_{(p)} < 0$		$Lag - F_{(p)} > 0$	

表4 江西省不同地貌区耕地集约利用水平类型比重

Table 4 Types of cultivated land intensive utilization in different geomorphic regions

地貌区	H-H		H-L		L-L		L-H	
	时段 I	时段 II	时段 I	时段 II	时段 I	时段 II	时段 I	时段 II
平原区/%	75.00	85.71	0.00	0.00	14.29	20.00	0.00	0.00
丘陵区/%	0.00	0.00	50.00	0.00	28.57	20.00	0.00	0.00
山地区/%	25.00	14.29	50.00	0.00	57.14	60.00	100.00	100.00

低的区域被较高的区域包围。此类型主要分布在山地、丘陵向平原区过渡地带,部分平原县市也属于此类型,其主要位于鄱阳湖湖区,如余干、鄱阳等,此类型受洪涝灾害影响较大。

4. “高-低”类型(H-L)。研究单元的耕地集约利用水平较高,其周边区域则较低,局域差异较大,形成局域异质“凸点”。此类型涉及的区域相对较少,主要有上犹、金溪、大余县等 10 余个县市,占四类型总数的 12.35%。显著 H-L 类型主要分布于部分经济发展水平较高,农业生产条件良好的山地与丘陵县市。

3.3 不同地貌区耕地集约利用水平空间分异驱动机制

灰色系统理论是研究灰色系统分析、建模、预

测、决策和控制的理论。耕地集约利用作为一个灰色系统,本文在江西三大典型地貌区的基础上,引入灰色关联模型,探讨各地貌区耕地集约利用的驱动机制,判断引起该系统发展的主要和次要因素。本文以综合度  $F$  为参考序列,准则层  $F_p$ 、指标层  $x_{pq}$  分别作为比较序列,在数据标准化的基础上,运用灰色关联模型求出两时段一、二级关联系数与关联序。

3.3.1 赣北鄱阳湖平原与河谷区

两时段该地貌类型区的耕地集约利用程度在三类型区中均最高,分别为 0.55、0.58。根据灰色关联模型,可求得两时段耕地集约利用地域分异驱动机制的一、二级关联系数与关联序(表 5),表中括号内数值为时段 II 数据。三个准则层中,对耕地集约利用程度影响最大的是状态准则,两时段其一级关联

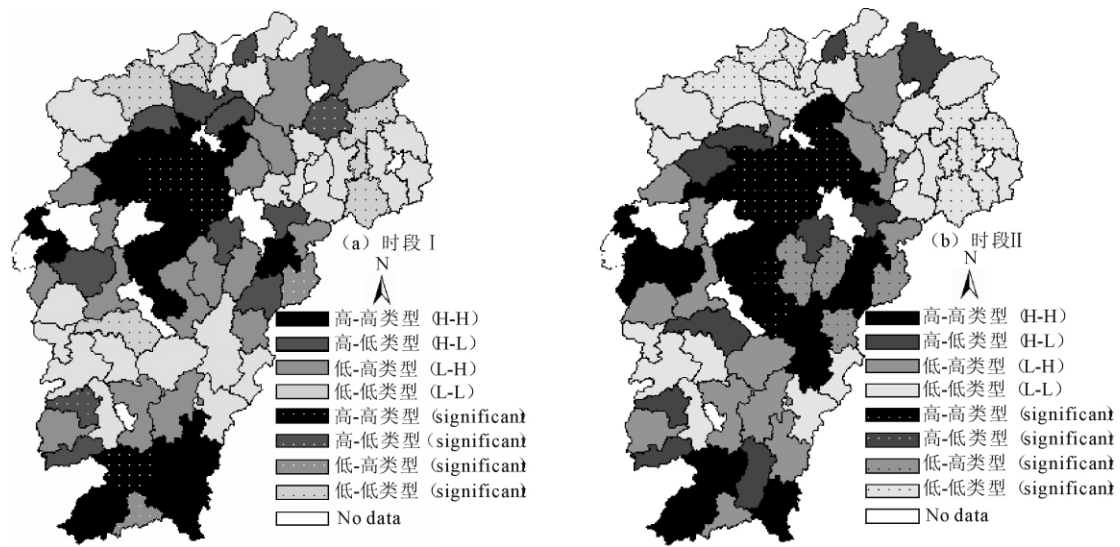


图 4 县域耕地集约利用综合水平的 LISA 集聚图

Fig. 4 LISA clustering based on intensive use of cultivated land

表 5 江西省各地貌区耕地集约利用驱动机制灰色关联

Table 5 Gray relevance of driving forces of cultivated land intensive utilization in different geomorphic regions

$G(F, x_{pq})$	平原区	丘陵区	山地区	$G(F, x_{pq})$	平原区	丘陵区	山地区
$p=1, q=1$	0.77(0.66)	0.71(0.76)	0.75(0.79)	$p=2, q=5$	0.80(0.71)	0.78(0.82)	0.72(0.72)
$p=1, q=2$	0.80(0.75)	0.67(0.76)	0.72(0.75)	$p=3, q=1$	0.73(0.64)	0.63(0.70)	0.68(0.71)
$p=1, q=3$	0.81(0.68)	0.66(0.71)	0.67(0.72)	$p=3, q=2$	0.64(0.56)	0.67(0.69)	0.70(0.73)
$p=1, q=4$	0.82(0.74)	0.73(0.82)	0.72(0.74)	$p=3, q=3$	0.77(0.67)	0.72(0.77)	0.76(0.79)
$p=1, q=5$	0.82(0.72)	0.72(0.77)	0.67(0.69)	$p=3, q=4$	0.71(0.62)	0.71(0.74)	0.78(0.79)
$p=2, q=1$	0.83(0.77)	0.72(0.71)	0.66(0.74)	$p=3, q=5$	0.75(0.64)	0.71(0.81)	0.80(0.82)
$p=2, q=2$	0.76(0.67)	0.76(0.82)	0.72(0.78)	$G(F, F1)$	0.87(0.82)	0.71(0.80)	0.70(0.71)
$p=2, q=3$	0.85(0.79)	0.75(0.80)	0.79(0.83)	$G(F, F2)$	0.91(0.86)	0.89(0.89)	0.86(0.87)
$p=2, q=4$	0.78(0.76)	0.71(0.75)	0.83(0.85)	$G(F, F3)$	0.70(0.63)	0.69(0.72)	0.77(0.78)

度分别高达 0.91、0.86,此地貌类型区的状态准则指数( $F_{p=2}$ )平均为 0.32,分别高于压力与响应准则指数 0.14、0.10,进一步证实了其贡献程度。影响最小的为响应准则,两时段其一级关联度平均值仅有 0.66。从影响因素的二级关联度来看,关联度较高的有地均产值、耕地供养指数、垦殖指数、稳产指数等,从这几个指标所涉及到的具体影响因素,可以看出经济技术是影响本区耕地集约利用的主要因素。本区平均垦殖指数高达 25.46%、耕地供养指数 1 215.98 元/人、化学投入 334.14 kg/hm<sup>2</sup> 等指标在三类型区中均最高,表明随着经济的发展、技术的进步此类型区土地资源的开发利用程度逐步提高,耕地的投入相对较高。但本区因地势起伏较小,部分地区排水困难,在强降雨时常形成洪涝灾害,对农业生产带来一定威胁,特别是鄱阳湖湖区及部分河谷区。因此,本区应加强农田基础设施的修建与完善,建设通畅的排涝系统,沿河地区加固堤防,适当退田还湖,增强区域的滞洪蓄洪能力,保障农业生产的安全与稳定。同时,还应加强农业生产的机械化推广,提高本区农业生产效率。

### 3.3.2 丘陵地区

该类型区耕地集约利用水平仅低于平原区,两时段平均综合度为 0.47,略高于山区 0.38 和研究区 0.45 的水平,丘陵县市中耕地集约利用综合度以低值为主。据一级关联度看,状态准则大于压力准则,响应准则最小。状态准则指数由时段 I 的 0.23 提高到时段 II 的 0.27,其对丘陵地区耕地集约利用的贡献最大,且有逐步加强趋势。据影响因素的二级关联度,对耕地集约影响较大的有复种指数 0.76 (0.82)、粮食安全指数 0.73 (0.82)、粮食播面单产 0.78 (0.82) 等。其中,复种指数是自然和人文因素的综合反映,一方面受热量与水分等气候、地形等自然条件的影响,另一方面受农户行为等社会因素的影响。该类型区的平均复种指数为 2.36,高于其他两类型区。而化学投入、灌溉指数则相对较小,制约着耕地的深度利用。同时,此类型区坡度较大,大都在 15°~25° 间,再加长期相对落后的经济造成了当地居民不合理的耕地利用行为与不合理的种植方式等,导致此区水土极易流失。没有足够资金投入农田水利基础设施的建设,再加上地形复杂,起伏较大,使得沟渠布设困难,灌排条件差。今后应该重点防止水土流失及解决灌溉问题,加大耕地的投入力度与提高产出并举。

### 3.3.3 山地区

此类型区主要分布在江西东、南、西省境周围。该区耕地集约利用程度最低,综合指数平均为 0.38,低于研究区 0.45 的平均水平。耕地集约利用综合度以低值为主,山区县市中绝大多数属于 L-L 与 L-H 低值类型区。山地区属三类型区中压力最大的一个,与其对应的是响应准则对耕地集约利用贡献在三类型区中最大,如劳动力投入指数、塑料地膜投入指数较高。本区粮食安全指数、播面单产在三类型区中最低,而复种指数稍低于丘陵区且较高,反映了此区存在一定程度的广种薄收现象,成为耕地集约利用程度较低的一个重要因素。本区耕地安全指数、垦殖指数也处最低水平,反映山地区耕地面积及人均面积相对较小,其中人均耕地面积小于联合国粮农组织确定的 0.053 3 hm<sup>2</sup> 的县市约占 60%。同时,本区的机械化水平、农业科技化等投入明显不足,再加上本区交通不便,居民思想较为封闭,以传统农业为主,生产方式落后,经济实力弱,致使该类型区耕地集约利用水平相对较低。今后应在保护生态平衡的基础上,加强在科技、资金方面的投入,强化深度开发,提高耕地的产出效益。

## 4 结语

耕地利用作为自然-社会-经济的复合系统,其中影响耕地集约利用水平的经济状况、区域劳动力等因素都具有一定的区域集聚性,因此耕地集约利用水平在空间上亦呈现出较为明显的区域集聚特点。本文以耕地保护前沿阵地——小尺度的县域为基本研究实体,采用以空间关联测度为核心的 ES-DA 方法展开研究,研究结果较好的反映了此客观情况。通过以  $F$  为统计变量的 Global Moran's  $I$  与各研究单元的 Local Moran's  $I_i$  计算分析,揭示了江西省耕地集约利用水平的区域分布在整体上具有较显著的集聚特征,局部呈现出集约水平高值、低值区域各自集聚的均质状态;同时,平原区主要以空间正关联性的高值“H-H”类型为主,低值的“L-L”与“L-H”类型主要分布在赣东北、西北、南部的丘陵山区及其向平原区过渡地带,而“H-L”类型在经济发展水平较高、农业生产条件良好的山地与丘陵区表现明显;因自然条件、经济发展水平、人们的决策行为的区域分异,不同地貌区耕地集约利用水平差异形成的机制各异,必须结合各类型区实际情况,有针

对性的制定提高耕地集约利用水平的有效对策。

## 参考文献(References)

- [1] Chen Gangqiang, Li Xun, Xu Xueqiang. Spatial agglomeration and evolution of urban population in China[J]. Acta Geographica Sinica 2008 63(10): 1045 - 1054 [陈刚强, 李郇, 许学强. 中国城市人口的空间集聚特征与规律分析[J]. 地理学报 2008 63(10): 1045 - 1054]
- [2] Cem Ertur Wilfried koch. Regional disparities in the European Union and the enlargement process: an exploratory spatial data analysis, 1995 - 2000 [J]. Ann Reg Sci 2006 40: 723 - 765
- [3] Mcguffog I, Western J S, Mulns P. Exploratory spatial data analysis techniques for examining urban crime [J]. British Journal of Criminology 2001 41(2): 309 - 329
- [4] Yu Jianhui, Zhang Wenzhong. A spatial autocorrelation analysis of the Residents' Living distribution by groups in Beijing based on their social characteristics [J]. Geographical Research 2010 29(5): 820 - 829 [余建辉, 张文忠. 基于社会属性的北京市居民群体空间自相关分析[J]. 地理研究 2010 29(5): 820 - 829]
- [5] Pan Jinghu, Li Tianyu. Analysis of spatial pattern and influencing factors on population mobility in Gansu Province based on ESDA [J]. Statistics & Information Forum 2009 24(9): 62 - 66 [潘竟虎, 李天宇. 甘肃省人口流动空间格局和影响因素的 ESDA 分析[J]. 统计与信息论坛 2009 24(9): 62 - 66]
- [6] Wang Shijie, Zhao Jun. Analysis of regional economy in time-space disparities of Gansu Province based on GIS and ESDA [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment 2009 23(8): 5 - 8 [王世杰, 赵军. 甘肃省区域经济时空差异 GIS - ESDA 分析[J]. 干旱区资源与环境 2009 23(8): 5 - 8]
- [7] Pu Yingxia, Ge Ying, Ma Ronghua, et al. Analyzing regional economic disparities based on ESDA [J]. Geographical Research, 2005 24(6): 965 - 974 [蒲英霞, 葛莹, 马荣华等. 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): 965 - 974]
- [8] Meng Bin, Zhang Jingqiu, Wang Jingfeng, et al. Application of spatial analysis to the research of real estate: taking Beijing as case [J]. Geographical Research 2005 25(6): 956 - 964 [孟斌, 张景秋, 王劲峰等. 空间分析方法在房地产市场研究中的应用——以北京市为例[J]. 地理研究 2005 25(6): 956 - 964]
- [9] Ma Xiaodong, Ma Ronghua, Xu Jiangang. Spatial structure of cities and towns with ESDA - GIS framework [J]. Acta Geographica Sinica 2004 59(6): 1048 - 1057 [马晓东, 马荣华, 徐建刚. 基于 ESDA - GIS 的城镇群体空间结构[J]. 地理学报 2004 59(6): 1048 - 1057]
- [10] Mei Zhixiong, Li Xia. Spatial. Analysis of houses' price in Dongguan based on ESDA and Kriging techniques [J]. Economic Geography 2008 28(5): 862 - 866 [梅志雄, 黎夏. 基于 ESDA 和 Kriging 方法的东莞市住宅价格空间结构[J]. 经济地理 2008, 28(5): 862 - 866]
- [11] Ma Ronghua, Gu Chaolin, Pu Yingxia, et al. Urban spatial sprawl pattern and metrics in south of Jiangsu Province along the Yangtze River [J]. Acta Geographica Sinica 2007 62(10): 1011 - 1022 [马荣华, 顾朝林, 蒲英霞. 苏南沿江城镇扩展的空间模式及其测度[J]. 地理学报 2007 62(10): 1011 - 1022]
- [12] He Youyong. Study on assessment of the cultivated land intensive use — on case of Qianjiang, Hubei [D]. Wuhan: Hua Zhong Agricultural University 2007 [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]
- [13] Li Jing, Song Ge, Guo Meng, et al. Spatial pattern analysis of intensive use of cultivated land in Heilongjiang Province based on GIS [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation 2009 29(1): 123 - 127 [李静, 宋戈, 郭蒙等. 基于 GIS 的黑龙江省耕地集约利用水平的空间格局分析[J]. 水土保持通报 2009 29(1): 123 - 127]
- [14] Zhu Chuanmin, Ye Changsheng, Huang Yadan, et al. ESDA supported spatial pattern analysis of cultivated land intensive use based on county scale in Jiangxi province [C] // China land science society. 2010 Academic Annual conference Proceedings of China land science society. Beijing: China Land Press, 2011: 34 [朱传民, 叶长盛, 黄雅丹, 等. 基于 ESDA 的江西省县域尺度耕地集约利用水平空间格局分析[C] // 中国土地学会. 2010 年中国土地学会学术年会论文集. 北京: 中国大地出版社 2011: 34]
- [15] Su Weizhong, Yang Guishan, Gu Chaolin. Research on gradation evaluation of cultivated land conservation in Suzhou City [J]. Journal of Natural Resources, Acta Geographica Sinica 2007 22(3): 353 - 360 [苏伟忠, 杨桂山, 顾朝林. 苏州市耕地保护等级评价[J]. 自然资源学报 2007 22(3): 353 - 360]
- [16] Nie Yan, Zhou Yong, Yu Jing, et al. Farmland quality evaluation based on GIS and Fuzzy Matter - Element Proximity Cluster Analysis Model [J]. Acta Pedologica Sinica 2005(4): 551 - 558 [聂艳, 周勇, 于婧等. 基于 GIS 和模糊物元贴近度聚类分析模型的耕地质量评价[J]. 土壤学报 2005(4): 551 - 558]
- [17] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by the use of distance statistics [J]. Geographical Analysis 1992 24(3): 189 - 206
- [18] Xuan Guofu, Xu Jiangang, Zhao Jing. An analysis of urban social space based on ESDA — a case study of the central urban district in Shanghai [J]. Scientia Geographica Sinica 2010 30(1): 22 - 29 [宣国富, 徐建刚, 赵静. 基于 ESDA 的城市社会空间研究——以上海市中心城区为例[J]. 地理科学 2010 30(1): 22 - 29]



# Spatial Disparity of Cultivated Land Intensive Utilization and Its Driving Forces Based on Different Types of Geomorphology

——A Case Study of Jiangxi Province

ZHU Chuanmin ,HUANG Yadan ,WU Jia ,PENG Qiong

( College of Geosciences ,East China Institute of Technology ,Fuzhou 344000 ,China)

**Abstract:** Based on global and local spatial autocorrelation analyses of exploratory spatial data ,the spatial disparity and driving forces of cultivated land intensive utilization at the county level were discussed by using ArcView GIS and Geoda software. The results show that: Global Moran's I value was 0.16 and 0.30. There was an obviously temporal increase of Moran's I value from time I to II. The global spatial autocorrelation for intensive utilization levels of cultivated land was significant. The spatial clustering phenomenon about regional intensive utilization levels of cultivated land appeared on the whole. The intensive utilization levels was almost the same in some region by analyzing the Grid figure of Local Moran's I. The character of spatial clustering about regions of high value and low value was significant. The quantity of counties with the positive association was higher than that with the negative association. The regions with the "high-high" correlation were mainly located in the north of Jiangxi Province. However ,the regions with the "low-low" correlation were distributed in hilly area of northeast ,northwest and south. The result of study conforms to the facts basically and has certain feasibilities. The main driving forces influencing cultivated land intensive use in different regions were different.

**Key words:** cultivated land; intensive utilization; spatial disparity; IDW interpolation; driving forces; Jiangxi

## 封面照片说明: 青藏高原高寒草甸

高寒草甸(Alpine meadow)又称为高山草甸,是发育在高原和高山地带的一种草地类型。由于处在寒冷的环境条件下,其植被组成主要是冷中生的多年生草本植物。

在青藏高原东部及其周围海拔3 000 m以上的高海拔山地,广泛分布着由蒿草等高寒植被组成的草甸,是青藏高原高寒生态系统的主要草地类型,分布面积约 $70 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占青藏高原可利用草场的近50%。作为具有水平地带性及山地垂直地带性的独特植被,高寒草甸在很多方面表现出极为明显的独特性。其分布区海拔高,气温低,气候寒冷,太阳辐射强,风大、风多,土层浅薄,生态环境恶劣,使得植物的生长期很短。蒿草等植物能适应这一恶劣的生态环境,因而形成大面积的以蒿草为主,还有高禾草、苔草及杂类草等种类繁多植物组成的草本植物群落,其草层低,草质良好,成为当地良好的夏季牧场,适于牛、羊等畜群放牧。

照片为西藏东南部米林县境内喜马拉雅山北坡海拔约3 500 m地带的高寒草甸。

(嘉益)