

江西省县域耕地集约利用水平时空差异研究

朱传民, 黄雅丹, 吴佳, 彭琼

(东华理工大学 地球科学学院 江西省数字国土重点实验室, 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,将 GIS 技术与空间相关分析等方法相结合,测度了江西省耕地集约利用水平状况,划分为 5 个利用水平等级与 4 种分异类型,并从时空角度探讨集约利用水平变化及其空间分异性。结果表明:近年来江西耕地集约利用总水平与单项水平不断提高,状态准则为影响主导因素;集约利用水平呈现出较明显的空间集聚特征与区域差异性,平原区集约水平高于丘陵与山区,经济发展较快地区水平相对较高;局域空间上,水平高、低区域各自集聚;LISA 集聚类型中,以“H—H”、“L—L”类型为主,分别对应于高、低水平等级。其中,“H—H”关联的县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较为明显的“L—L”关联特征。

关键词:耕地; 集约利用; ESDA; Moran 指数; 时空差异; 县域

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0160-05

Study on Spatio-temporal Difference in Intensive Use of Cultivated Land at the County Scale in Jiangxi Province

ZHU Chuan-min, HUANG Ya-dan, WU Jia, PENG Qiong

(College of Geosciences, Key Laboratory of Digital Land of Jiangxi Province, East China Institute of Technology, Fuzhou, Jiangxi 344000, China)

Abstract: This paper established an evaluation index system based on PSR model for intensive utilization of cultivated land, and determined the evaluation methods. On the platform of GIS and ESDA, the research for evaluation on intensive use of cultivated land was carried out on the county scale in Jiangxi Province. The intensive utilization level of cultivated land was divided into five grades and four types by using ArcView GIS and Geoda software. Based on global and local spatial autocorrelation analyses of exploratory spatial data, the spatio-temporal characteristics of intensive use of cultivated land were discussed. Results showed that the intensive utilization levels of cultivated land showed a general uptrend in recent 10 years in Jiangxi Province; the spatial clustering phenomenon for intensive utilization levels of cultivated land appeared on the whole; 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.

Key words: cultivated land; intensive utilization; ESDA; Moran's Index; spatio-temporal difference; county scale

耕地是人类赖以生存的基本资源与条件,在工业化、城镇化进程快速推进的背景下,耕地保护的逐渐加大。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。因此,加强区域耕地集约利用水平的时空变化及其特征等相关研究,对加强耕地保护,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。传统的耕地集约利用水平空间差异测度方法对研究实体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) 提出空间权重矩阵,界定研究实体之间的空间关系,以空间关联测度为核心,

收稿日期:2011-07-22

修回日期:2011-09-09

资助项目:江西省社会科学“十一五”(2010年)规划项目(10JL07);江西省数字国土重点实验室开放基金(DLLJ201008);东华理工大学校长基金(DHXXK1026)

作者简介:朱传民(1979—),男,讲师,主要从事区域发展、土地利用与管理研究。E-mail: minchzhu@126.com

可对地理现象空间分布格局可视化,为定量研究某种地理现象的空间差异提供新的思路。本文以市辖县(市)域为基本研究单元,将 ESDA 空间相关等分析理论与 GIS 技术相结合,探讨江西省耕地集约利用水平时间序列变化和地域空间格局特征。

1 研究区域概况与数据说明

江西省位于长江中下游交界处南岸,地处北纬 $24^{\circ}29'—30^{\circ}04'$ 、东经 $113^{\circ}34'—118^{\circ}28'$,东邻浙江、福建,南连广东,西接湖南,北毗湖北、安徽。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。省境边陲东南西三面环山,内侧丘陵广布,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。地貌以山地、丘陵为主,全省土地面积 16.69 万 km^2 ,其中山地占总面积的 36%,丘陵占 42%,平原、水面等占 22%。

考虑资料的可获得性与数据统计口径的一致性,在空间尺度上,以 2008 年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。本研究数据主要包括土地数据、社会经济统计数据等,均来源于历年的《江西统计年鉴》。

2 耕地集约利用水平评价

2.1 基于 P—S—R 评价指标体系设置

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,耕地保护压力越来越大,单位面积耕地承载量增大,粮食安全受到威胁,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(Pres-sure)。在此种情况下,人们通过人力、物力、财力、科技等对耕地的追加,改善了农业生产条件,增加了单位粮食播种面积产量,提高了单位耕地面积的产出效益,即为耕地集约利用的状态(State)与响应(Response)。

本文以耕地集约利用综合度为目标层,以压力—状态—响应为准则层,结合江西省实际情况提出一系列单项测度指标构成因素层(表 1)。

表 1 耕地集约利用水平测度指标体系

目标层(F)	准则层 $F_p(w_p)$	因素层 $x_{pq}(w_{pq})$	表达式	指标效应	
耕 地 集 约 利 用 综 合 度	(p=1) (0.1822)	耕地负载压力指数(0.2201)	总人口/耕地面积	负效应	
		压力准则	稳产指数(0.2105)	有效灌溉面积/耕地面积	正效应
		耕地变化压力指数(0.1848)	期初与期末耕地面积差/期初面积	负效应	
		粮食安全指数(0.1957)	人均粮食产量/400	正效应	
		耕地安全指数(0.1889)	人均耕地面积/0.0533	正效应	
	(p=2) (0.4612)	垦殖指数(0.1787)	耕地面积/土地总面积	正效应	
		状态准则	复种指数(0.2330)	农作物播种总面积/耕地面积	正效应
		耕地供养指数(0.1872)	种植业总产值/乡村人口	正效应	
		地均产值(0.2041)	种植业总产值/耕地总面积	正效应	
		单位食粮播种面积产量(0.1970)	粮食总产量/粮食播种面积	正效应	
	(p=3) (0.3566)	响应准则	灌溉指数(0.2103)	有效灌溉面积/农作物播种总面积	正效应
		劳动力投入指数(0.1925)	农业从业人员/耕地面积	正效应	
		农田机械化水平(0.2082)	机械总动力投入量/耕地面积	正效应	
		塑料地膜投入(0.2054)	地膜投入量/耕地面积	正效应	
		化学化投入(0.1836)	化肥、农药投入量(各半)/耕地面积	正效应	

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 hm^2 为联合国粮农组织确定的人均耕地警戒线。

在评价因素选取时,既要考虑所选指标的全面性,又要防止指标的重复。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;另一方面,要使所选取的指标值变异较大。当某指标的离散系数值小于临界阈值(5%)时去掉该指标^[1]。本文在选取指标时,以 2000—2007 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 15 项单项指标,采用专家打分法确定各要素的贡献度。同时,以

2000—2007 年各指标均值求得研究单元离散系数,其范围为 $[10.41, 322.21]$,其值均超过了临界阈值,进一步验证指标选取的可行性与科学性。

2.2 评价思路

在确立 P—S—R 评价指标体系及其相应贡献度的基础上,为统一各指标量纲与缩小指标数量差异,本文对正、负效应指标采取如下的原始数据标准化处理。设有 n 个研究样本,每个样本选 p 个准则层, q 个因素层,则:

$$\begin{aligned} \text{正效应: } x'_{pq} &= \frac{x_{pq} - \min\{x_{pq}\}}{\max\{x_{pq}\} - \min\{x_{pq}\}} \\ \text{负效应: } x'_{pq} &= \frac{\max\{x_{pq}\} - x_{pq}}{\max\{x_{pq}\} - \min\{x_{pq}\}} \end{aligned} \quad (1)$$

最后,以多因素综合加权法,计算耕地集约利用综合度与 P—S—R 分项集约度,以此为基础探讨江西省耕地集约利用水平的时空特征。

3 耕地集约利用水平时空特征分析

3.1 动态变化测度

据测度耕地集约利用水平的各指标标准化值及相应权重,可计算出全省近年耕地集约利用的总体与分项水平(图 1)。

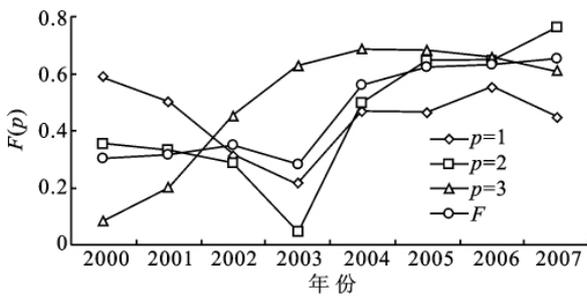


图 1 江西省耕地集约利用水平 (F_p) 变化

由图 1 可知,耕地集约利用综合度从 2000 年的 0.30 上升到 2007 年的 0.65,耕地集约利用整体水平不断提高;从单项指标看,除压力指数呈波动下降趋

势外,状态指数、响应指数都处在上升趋势,分别年均提高 16.45%,87.08%。这表明随着人们对耕地物质、财力投入的不断加大,耕地的经济产出及生产率不断提高。

选择历年全省耕地集约利用水平指标与三个准则层 F_p 进行灰色关联分析。采用初值标准化,分辨系数取 0.5,求得与三个准则层的关联度分别为 r(F₁)=0.81,r(F₂)=0.92,r(F₃)=0.49。从关联度可知,状态准则层为影响耕地集约利用水平变化的主导因素,其次为压力准则层。最小的则为响应准则层,虽然近年人们加大了对耕地的投入,但今后对耕地集约利用的响应仍需进一步提高。

3.2 空间分布格局分析

3.2.1 耕地集约利用水平分级 采用上述方法,可计算出各研究单元耕地集约利用综合度 F。为避免原始数据部分年份异常值的影响,本文利用 2004—2007 年 4 a 原始数据的均值求其各指标。利用 Arc-View 中自然断点法,把研究区分为基于 F 的 5 个水平等级(表 2)。其中,Ⅲ级在五级类型中占的比重最大,为 32.50%,其次为Ⅳ级、Ⅱ级,分别占 25.00%,23.75%。而属于Ⅴ级、Ⅰ级的地区仅占研究单元总数的 3.75%和 13.75%。低于研究区耕地集约利用平均水平的研究单元占 86.25%,则表明全省耕地集约利用水平高、低的地域分异较大。

表 2 耕地集约利用水平分类

等级	分类标准	研究单元
I	F ≤ 0.28	瑞昌、遂川、修水、弋阳、武宁、井冈山、星子、鄱阳、乐安、广昌、都昌、上饶
II	0.28 < F ≤ 0.32	婺源、横峰、崇义、资溪、万安、德兴、定南、吉安、瑞金、玉山、宜黄、万年、铜鼓、万载、黎川、九江、泰和、德安、宁都
III	0.32 < F ≤ 0.38	余干、铅山、赣县、广丰、永新、兴国、于都、南康、进贤、彭泽、贵溪、分宜、永丰、莲花、余江、石城、东乡、安义、会昌、永修、安福、吉水、湖口、上栗、浮梁县、靖安
IV	0.38 < F ≤ 0.47	宜丰、丰城、金溪、上犹、信丰、高安、龙南、南城、上高、峡江、奉新、乐平、新建、芦溪、寻乌、新干、大余、樟树、崇仁、安远
V	> 0.47	南昌、全南、南丰

3.2.2 集约利用的空间集聚性分析

(1)全局空间自相关分析。要科学分析耕地集约利用的空间关联性,就要注重二维空间的关联及其属性值间的相关性。目前,在社会与经济问题、城镇扩展、房地产业等领域初步应用的 ESDA 技术^[2-12],是一系列空间数据分析方法和技术的集合,提出空间权重矩阵,界定研究实体之间的空间关系,为本文耕地集约利用水平地域分异研究提供了有益借鉴。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^[13]。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:

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

$$Z_{score} = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{var}(I)}} \quad (3)$$

式中: x_i, x_j——研究单元 i 与 j 的地理属性观测值; \bar{x} ——区域变量的平均值; W_{ij}——空间权重值; E(I) 与 var(I) 分别为 Moran's I 的期望值与方差。常用标准化 Z_{score} 来检验 Moran's I 的显著性水平,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,空间地理现象呈离散状态;当 Moran's $I=0$ 时,呈随机分布。

以各研究单元的 F 为统计变量,以 Rook 相邻规则确定研究单元在空间上的相邻性,计算出 Global Moran's I 值为 0.16,在 95% 置信区间其指数大于 0,表明江西省耕地集约利用水平地域分布总体上存在较强的空间自相关,水平相当地域具有集聚的特征。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 3)。

表 3 基于县域 F_p 的 Global Moran's I 值与检验

F_p	Moran's I	$E(I)$	Z_{score}
F_1	0.49	-0.0125	6.88
F_2	0.17	-0.0125	2.29
F_3	0.53	-0.0125	6.97
F	0.16	-0.0125	2.19

(2)局域集聚性分析。LISA 是对全局空间自相关进行分解的一系列指标^[14]。其可度量区域 i 与其周边区域间的空间差异程度,即局域的均质与异质性。对第 i 个研究单元而言,局域空间关联性指标

表 4 基于 F_p 的江西省县域 Local Moran's I

F_p	最小值	最大值	平均值	Moran's $I_i > 0 / \%$	Moran's $I_i < 0 / \%$	极差
F_1	-0.63	3.49	0.48	75.31	24.69	4.12
F_2	-0.91	2.42	0.16	64.20	35.80	3.33
F_3	-0.72	4.72	0.52	66.67	33.33	5.44
F	-1.20	2.15	0.16	63.96	37.04	3.35

3.2.3 空间集聚类型与分布特征 以各研究单元的 F 为样板值,计算出其观测值标准化(Std- F)及相应空间滞后(Lag- F),构成耕地集约利用水平局域分异的不同类型图(图 2)。

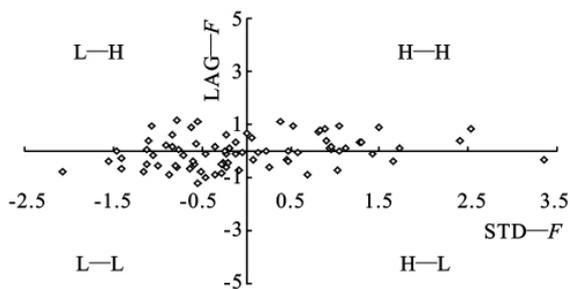


图 2 江西省县域耕地集约利用局域分异类型散点图

在图 2 中,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。据标准化值 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空间集聚划分成“高一高”(H-H)、“低—低”(L-L)、“低—高”(L-H)、“高一低”(H-L)4 种类型。

Local Moran's I 数学模型:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^n \tau_{ij} z_j (i \neq j) \quad (4)$$

式中: z_i, z_j ——研究单元 i, j 的观测值标准化; τ_{ij} ——空间权重。

在某显著水平 α 下,如 I_i 显著为正,则研究单元 i 与周边区域之间的空间差异小,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,研究单元水平与其周围区域存在显著的差异。经计算,基于 F 的 Local Moran's I 范围在 $[-1.20, 2.15]$,极差为 3.35,其中 60% 以上的研究单元其值大于 0,即耕地集约利用水平局域具有空间集聚的特征,局域呈均质状态(表 4);其中,压力指数的局域 Moran's I 极差为 4.12,75% 以上的研究单元耕地集约利用水平具有较明显的集聚性,25% 的区域具异质性;状态指数的局域 Moran's I_i 最大值 $I_{(樟树)} = 2.42$,最小 $I_{(广昌)} = -0.91$,极差为 3.33。状态指数、响应指数均有约 65% 的区域呈集聚状态。总体上,江西省县域耕地集约利用总体、分项水平空间分布上呈较明显的局域均质特征(表 4)。

从类型划分结果可得出,H—H、H—L 两类型主要对应于耕地集约利用水平较高的 IV—V 等级。两等级中,H—H 类型占 69.57%,H—L 类型占 30.43%。从空间上,H—H 类型为局域高值聚集类型,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、均质性强,此类型主要分布在江西省的中北部平原区及部分县级市;H—L 类型局域差异较大,形成局域异质“凸点”,此类型区涉及的区域相对较少,占四种类型总数的 14.81%。其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;L—L 类型主要对应于集约利用水平较低的 I—II 等级,两个等级中有 70.97% 的属于 L—L 类型。此类型研究单元自身与其周边区域集约利用水平均较低,局域空间差异小。其涉及的区域较多,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、横峰、武宁、修水、泰和、德安、遂川、宁都等;L—H 类型有 83.33% 的对应在 II—III 等级,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”。此类型区主要分布在山地、丘陵向

平原区过渡地带。鄱阳湖湖区部分平原县市(如进贤、余干、鄱阳等)也属于此“凹点”类型,此区受洪涝灾害影响较大。

4 结论

耕地利用作为自然—社会—经济的复合系统,不同的社会、经济、自然条件对耕地的投入、产出有一定的影响。影响耕地集约利用的经济、区域劳动力等因素具有一定集聚性,因此耕地集约利用水平亦呈现出较明显的区域特点。本文以耕地保护前沿阵地——小尺度县域为基本研究实体,采用以空间关联测度为核心的 ESDA 方法展开研究,研究结果较好地反映区域差异的客观情况。本文得出以下主要结论:(1)基于 Pressure—State—Response 三个层面选择 15 个单项指标,测度了江西省近年耕地集约利用水平,集约综合度 F 从 2000 年的 0.30 上升到 2007 年的 0.65,集约利用水平不断提高。(2)基于耕地集约利用综合度的 Global Moran's I 为 0.16,通过著性水平 $\alpha=0.05$ 的检验。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。(3)各研究实体 Local Moran's I 反映了集约利用水平在局域空间上的均质性,即耕地集约利用水平高、低区域各自集聚。(4)LISA 集聚 4 种类型中,空间自相关的“H—H”、“L—L”占主体部分。其中,“H—H”类型对应于集约利用水平较高的 IV—V 等级,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”关联特征且主要对应于水平较低的 I—II 等级。

参考文献:

- [1] 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,2005,42(4): 551-558.
- [2] 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.
- [3] 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(4):723-765.
- [4] 陈刚强,李郁,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.
- [5] 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] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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,2005,24(6):956-964.
- [11] 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] 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.
- [13] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by the use of distance statistics[J]. Geographical Analysis,1992,24(3):189-206.
- [14] 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.