

DOI:10.11830/ISSN.1000-5013.201703112



# 福建省耕地保护成效评价与 地域差异分析

王成军<sup>1,2,3</sup>, 徐伟铭<sup>1,2,3</sup>, 罗星<sup>1,2,3</sup>, 董小帅<sup>1,2,3</sup>, 翁谦<sup>1,2,3</sup>

- (1. 福州大学 地理空间信息技术国家地方联合工程研究中心, 福建 福州 350002;  
2. 福州大学 空间数据挖掘与信息共享教育部重点实验室, 福建 福州 350002;  
3. 福州大学 福建省空间信息工程研究中心, 福建 福州 350002)

**摘要:** 从耕地数量、质量及资源承载力等 3 个方面构建耕地保护成效评价指标体系,运用层次分析法和专家打分法确定指标权重,引入物元模型完成福建省耕地保护成效评价,并利用空间自相关指标探索福建省耕地保护成效的空间分异规律,从经济发达程度和耕地资源地域禀赋两个角度分析耕地保护成效评价结果. 研究表明:福建省耕地保护成效呈现出两极分化的态势,评价结果为优和差的地区基本相当,二者合计占全省 65.67%;在空间分布上,存在较强的空间正相关性,表现出明显的聚集特征;整体趋势是西北部优于东南部,内陆优于沿海,需依据各地区实际情况制定相应的耕地保护政策.

**关键词:** 耕地保护; 评价指标体系; 物元模型; 空间自相关; 福建省

**中图分类号:** S 117; F 301.21(257) **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2018)01-0152-07

## Evaluation and Regional Differences Analysis on Effect of Cultivated Land Protection in Fujian Province

WANG Chengjun<sup>1,2,3</sup>, XU Weiming<sup>1,2,3</sup>,  
LUO Xing<sup>1,2,3</sup>, DONG Xiaoshuai<sup>1,2,3</sup>, WENG Qian<sup>1,2,3</sup>

- (1. Key Laboratory of Spatial Data Mining Information Sharing of MOE, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China;  
2. National Engineering Research Center of Geo-Spatial Information Technology, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China;  
3. Spatial Information Engineering Research Centre of Fujian Province, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** Based on quantity, quality and carrying capacity of cultivated land, an index system for cultivated land protection performance evaluation was constructed by analytic hierarchy process (AHP) and experts grading method. Additionally, the matter-element model was introduced to implement the evaluation section, and the spatial autocorrelation analysis of Moran's I was used to study the spatial differences of evaluation results. Furthermore, the evaluation results were analyzed from the perspective of economic development and cultivated land resources endowment. Results showed that there was a tendency of polarization in the cultivated land protection evaluation in Fujian Province, areas of regions which were high-quality marked or low-quality marked were roughly numerically equal to each other and the sum of them accounted for approximately 65.67% of the study areas; besides, spatial distribution of the evaluation results revealed a positive correlation and demonst-

收稿日期: 2017-03-26

通信作者: 徐伟铭(1985-),男,讲师,博士,主要从事地理国情监测技术的研究. E-mail: xwming2@126.com.

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2013BAC08B02);福建省科技厅引导性项目(2017Y01010103);福建省国土资源厅计划项目(2016350104000235);福建省莆田市国土资源局计划项目(2016350104000228)

rated a cluster characteristics, which manifested as a superiority of west and north areas over the east and the south, inland areas over the costal. Thus, the cultivated land protection policy should be made to fit with local needs.

**Keywords:** cultivated land protection; evaluation index system; matter-element model; spatial autocorrelation; Fujian Province

耕地保护是关系国计民生的大事,我国颁布了最严格的耕地保护制度,但耕地减少的趋势并没有因此得到有效的遏制,耕地保护机制建设与耕地保护现状的不一致是制约耕地保护成效的重要因素<sup>[1-2]</sup>. 对此,许多学者进行了积极地探索,得到许多有意义的结论<sup>[3-7]</sup>. 现有耕地保护评价方面的研究成果的局限性表现在以下 3 个方面:1) 仅从某一个方面构建指标体系,据此得到的评价结果不能全面准确地反映耕地保护成效;2) 所采用的指标评价方法<sup>[8-11]</sup>存在明显的缺陷,不能恰当地处理耕地保护指标因子的多样性、指标结果之间的互不相容性,以及指标评价结果与评价等级复杂的非线性对应关系;3) 忽略了评价结果间存在的对耕地保护分区及制定耕地差别化保护措施有重要作用的空间分布特征. 本文以福建省为实验区,从耕地数量、质量及资源承载等 3 个方面构建指标体系,引入物元模型开展耕地保护成效方法和实证研究,并利用空间自相关指标分析实验区耕地保护成效的空间尺度与空间分异特征.

## 1 数据与研究方法

福建省地处我国东南沿海,耕地面积占本省土地总面积的比例及人均耕地面积均低于全国平均水平. 在经济高速发展的背景下,大量耕地转化为建设用地,耕地刚性需求持续增长与适合作为耕地开发利用的后备土地资源不足的矛盾对农业生产发展的制约日益凸显.

### 1.1 数据来源

依据下列数据完成 2015 年福建省耕地保护成效评价:福建省各市、县(区)行政区划基础地理数据(以下数据均不含金门县);2006—2020 年福建省土地利用总体规划数据(指标评价所用数据来源);2013—2015 年福建省土地利用现状面积汇总表;2013—2015 年福建省耕地质量等别年度更新评价结果表;福建省农村土地整治系统数据库;2013—2015 年福建省统计年鉴.

### 1.2 研究方法

1.2.1 物元模型 考虑到耕地保护成效评价指标体系涉及的指标较多,且指标评价结果不相容<sup>[12-14]</sup>,文中采用我国学者蔡文提出的物元模型<sup>[15]</sup>.

1) 确定待判物元. 物元是指由一个确定的事物  $N$ ,  $N$  的特征  $c$ , 以及特征  $c$  的量值  $v$  三者组成的有序三元组  $R(N, c, v)$  描述事物的基本元<sup>[16]</sup>. 事物  $N$  可能有多个特征  $c_1, c_2, \dots, c_n$ , 其相应的量值为  $v_1, v_2, \dots, v_n$ , 则  $N$  可以表示为

$$R = \begin{bmatrix} N & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix}.$$

(1)

2) 确定经典域和节域矩阵. 在进行物元评价时,需考虑多个指标,而每个指标的评价等级各不相同,要把评价结果的不相容性转化为相容性. 确定经典域和节域便是实现这个转化的重要前提<sup>[17]</sup>. 待判物元的经典域物元矩阵与节域物元矩阵分别为

$$R_j = \begin{bmatrix} N_j & c_1 & (a_{j,1}, b_{j,1}) \\ & c_2 & (a_{j,2}, b_{j,2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & (a_{j,n}, b_{j,n}) \end{bmatrix}, \quad R_p = \begin{bmatrix} N_p & c_1 & (a_{p,1}, b_{p,1}) \\ & c_2 & (a_{p,2}, b_{p,2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & (a_{p,n}, b_{p,n}) \end{bmatrix}.$$

式中:  $R_j$  表示经典域物元;  $(a_{j,i}, b_{j,i})$  表示第  $i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) 个特征所对应的第  $j$  个等级的取值范围,即经典域取值范围;  $R_p$  表示节域物元;  $(a_{p,i}, b_{p,i})$  表示第  $i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) 个特征的节域取值范围.

3) 确定关联度函数. 待评价指标  $X_i$  的关联度函数定义为

$$K(X_i)=\begin{cases}-\frac{\rho(X,X_0)}{|X_0|}, & X\in X_0, \\ \frac{\rho(X,X_0)}{\rho(X,X_p)-\rho(X,X_0)}, & X\notin X_0.\end{cases}\tag{2}$$

式(2)中: $\rho(X,X_0)$ 表示点 $X$ 与待判物元经典域区间 $X_0=[a_0,b_0]$ 之间的距离, $\rho(X,X_0)=|X-\frac{1}{2}(a_0+b_0)|-\frac{1}{2}(b_0-a_0)$ ;  $\rho(X,X_p)$ 为点 $X$ 与待判物元节域区间 $X_p=[a_p,b_p]$ 的距离, $\rho(X,X_p)=|X-\frac{1}{2}(a_p+b_p)|-\frac{1}{2}(b_p-a_p)$ ;  $|X_0|$ 表示经典域区间的模,  $|X_0|=|b_0-a_0|$ .

4) 计算综合关联度. 待评价对象  $N_x$ 关于等级  $j$  的综合关联度为

$$K_j(N_x)=\sum_{i=1}^nW_iK_j(X_i).\tag{3}$$

式(3)中: $K_j(N_x)$ 为评价物元  $N_x$ 关于第  $j$  等级的综合关联度;  $W_i$ 为各评价指标  $X_i$ 的权重值,  $\sum_{i=1}^nW_i=1$ ;  $K_j(X_i)$ 为待评价物元  $N_x$ 关于等级  $j$  的单指标关联度, 若  $K_j(N_x)=\max K_j(N_x)$ , 则评价指标  $N_x$ 属于第  $j$  个等级.

1.2.2 空间自相关 空间自相关分析是理论地学邻域的基本研究方法之一. 空间自相关关注对象(或要素)的属性值在空间上的相关性,或者说由对象(或要素)的地理次序或地理位置造成的属性值的相关性<sup>[18]</sup>. 度量空间自相关的指标有很多,其中,最常用的是 Moran's I<sup>[19]</sup>指数. 该指数用于衡量空间要素之间的空间自相关性,取值区间为±1. 指数取值大于零,说明存在空间正相关关系;取值小于零,说明存在空间负相关关系;取值为零,则说明不存在空间相关关系<sup>[20]</sup>. Moran's I 指数的计算公式为

$$\text{Moran's I}=\frac{N}{\sum_{i=1}^N\sum_{j=1}^N\mathbf{W}_{i,j}}\cdot\frac{\sum_{i=1}^N\sum_{j=1}^N\mathbf{W}_{i,j}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\sum_{i=1}^N(x_i-\bar{x})^2},\quad i\neq j.\tag{4}$$

式(4)中: $x_i,x_j$ 分别为在  $i,j$  位置的观测值;  $\bar{x}$ 为观测值的平均值;  $\mathbf{W}_{i,j}$ 表示空间权重,文中采用基于距离关系的空间权重矩阵<sup>[21]</sup>.

局部空间自相关用于反映微观空间单元及其邻域空间单元就某一属性值在局部空间上所表现出的相关性程度<sup>[22-23]</sup>. 全局空间自相关指数(Moran's I)仅能够揭示耕地保护成效在空间尺度上是否存在聚集性,无法揭示空间聚集的位置和特征<sup>[24]</sup>. 将全局空间自相关和局部空间自相关结合起来,既揭示了耕地保护成效的空间聚集性,又表明了其空间聚集的分异特征.

2 指标体系的构建及评价

2.1 指标体系的构建

对福建省耕地保护现状进行多次实地调研分析,了解各业务科室的实际工作需求,从耕地数量、耕地质量及耕地资源承载等 3 个方面进行指标的初步选取.

在此基础上,以国土资源部下发的《关于强化管控落实最严格耕地保护制度的通知》作为参考,对初选指标进行筛选,邀请相关领域的教授和专家对初步筛选的指标进行论证,确立耕地保护成效评价指标体系及其权重. 具体指标论证及指标权重确定流程,如图 1 所示.

文中所确定的指标体系与权重,如表 1 所示. 表 1 中: $c_1\sim c_{10}$ 分别表示耕地保有量目标完成率、基本

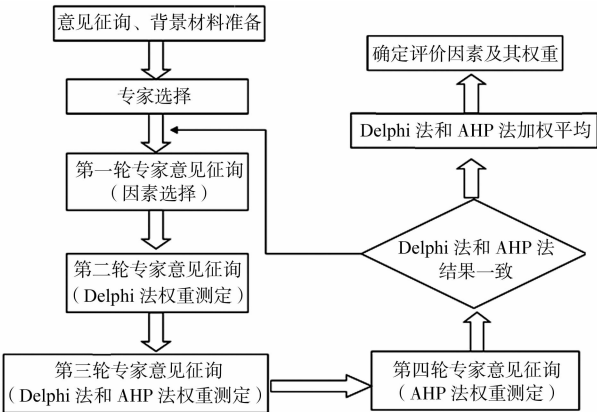


图 1 指标论证及权重确定流程

Fig. 1 Index system demonstration and weight determination procedure

农田目标完成率、高标准农田建设完成率、补充耕地任务完成率、建设占用耕地比例、占补平衡自主完成率、耕地总面积动态变化率、补充耕地质量符合率、耕地质量平均等别变化率、粮食自给率.

2.2 指标体系物元评价及结果分析

2.2.1 指标体系评价经典域与节域的确定

将耕地保护成效分为优、良、中、差 4 个等级，记为： $N_1 = \{ \text{优} \}$ ， $N_2 = \{ \text{良} \}$ ， $N_3 = \{ \text{中} \}$ ， $N_4 = \{ \text{差} \}$ .

根据长期积累的耕地保护评价经验，结合各指标单因子聚类分析结果，确定耕地保护成效物元评价经典域矩阵  $R_1, R_2, R_3, R_4$  和节域矩阵  $R_p$ ，其中：

$$R_1 = \begin{bmatrix} N_1 & c_1 & (1.05, 2.06) \\ & c_2 & (1.00, 1.07) \\ & c_3 & (1.50, 4.50) \\ & c_4 & (1.50, 3.82) \\ & c_5 & (0.20, 0.60) \\ & c_6 & (1.00, 1.74) \\ & c_7 & (1.50, 4.16) \\ & c_8 & (1.10, 1.34) \\ & c_9 & (1.01, 1.25) \\ & c_{10} & (1.50, 2.43) \end{bmatrix}, \quad R_2 = \begin{bmatrix} N_2 & c_1 & (1.00, 1.05) \\ & c_2 & (0.80, 1.00) \\ & c_3 & (1.00, 1.50) \\ & c_4 & (1.00, 1.50) \\ & c_5 & (0.60, 1.00) \\ & c_6 & (0.80, 1.00) \\ & c_7 & (0, 1.50) \\ & c_8 & (1.00, 1.10) \\ & c_9 & (1.00, 1.01) \\ & c_{10} & (1.00, 1.50) \end{bmatrix},$$
$$R_3 = \begin{bmatrix} N_3 & c_1 & (0.95, 1.00) \\ & c_2 & (0.60, 0.80) \\ & c_3 & (0.60, 1.00) \\ & c_4 & (0.60, 1.00) \\ & c_5 & (1.00, 1.50) \\ & c_6 & (0.60, 0.80) \\ & c_7 & (-1.50, 0) \\ & c_8 & (0.80, 1.00) \\ & c_9 & (0.99, 1.00) \\ & c_{10} & (0.50, 1.00) \end{bmatrix}, \quad R_4 = \begin{bmatrix} N_4 & c_1 & (0.83, 0.95) \\ & c_2 & (0.54, 0.60) \\ & c_3 & (0, 0.60) \\ & c_4 & (0, 0.60) \\ & c_5 & (1.50, 1.86) \\ & c_6 & (0.03, 0.60) \\ & c_7 & (-8.81, -1.50) \\ & c_8 & (0.38, 0.80) \\ & c_9 & (0.95, 0.99) \\ & c_{10} & (0, 0.50) \end{bmatrix},$$
$$R_p = \begin{bmatrix} N_p & c_1 & (0.83, 2.06) \\ & c_2 & (0.54, 1.07) \\ & c_3 & (0, 4.50) \\ & c_4 & (0, 3.82) \\ & c_5 & (0.20, 1.86) \\ & c_6 & (0.03, 1.74) \\ & c_7 & (-8.81, 4.16) \\ & c_8 & (0.38, 1.34) \\ & c_9 & (0.95, 1.25) \\ & c_{10} & (0, 2.43) \end{bmatrix}.$$

表 1 福建省耕地保护成效评价指标体系及权重

Tab. 1 Evaluation index system and index weights of cultivated land protection performance in Fujian Province

目标层	准则层	指标层	权重
耕地保护	耕地规模保障指数	$c_1$	0.098
		$c_2$	0.097
		$c_3$	0.088
		$c_4$	0.107
		$c_5$	0.098
		$c_6$	0.098
	耕地质量稳定性指数	$c_7$	0.114
		$c_8$	0.137
		$c_9$	0.063
	耕地资源承载指数	$c_{10}$	0.100

2.2.2 耕地保护成效指标物元分析评价 以仙游县为例,对计算过程进行简单说明.

$$R_{\text{仙游县}} = \begin{bmatrix} \text{耕地保护成效} & c_1 & 1.02 \\ & c_2 & 0.92 \\ & c_3 & 2.27 \\ & c_4 & 3.70 \\ & c_5 & 1.41 \\ & c_6 & 1.00 \\ & c_7 & -0.72 \\ & c_8 & 1.06 \\ & c_9 & 1.00 \\ & c_{10} & 0.37 \end{bmatrix}.$$

2015 年仙游县耕地保有量目标完成率为 1.02,将其输入式(2),可得评价等级关联度为  $K_{0.1}(c_1) = -0.027\ 958\ 06$ ;  $K_{0.2}(c_1) = 0.435\ 247$ ;  $K_{0.3}(c_1) = -0.435\ 247\ 09$ ;  $K_{0.4}(c_1) = -0.598\ 019\ 622$ . 可得  $K_{0.2}(c_1) = \max K_{0,j}(c_1)$ , 则判定该指标评价等级属于  $R_{0.2}$ , 等级为良.

同理,可得其他指标的关联度及等级. 将各指标的关联度及对应的权重值代入式(3),可得 2015 年仙游县耕地保护成效各等级的综合关联度为  $K_{0.1}(\text{仙游县}) = -0.575\ 97$ ;  $K_{0.2}(\text{仙游县}) = -0.681\ 75$ ;  $K_{0.3}(\text{仙游县}) = -1.127\ 34$ ;  $K_{0.4}(\text{仙游县}) = -1.128\ 30$ ;  $K_{0.1}(\text{仙游县}) = \max K_{0,j}(\text{仙游县})$ . 由此可判定 2015 年仙游县耕地保护成效等级为优.

经过运算得出各评价单元的综合评价等级. 全省 67 个评价单元中,耕地保护成效为优、良、中、差的评价单元数依次为 21,11,12,23,分别占全省评价单元的 31.34%,16.42%,17.91%,34.33%.

3 耕地保护成效空间分异特征分析

在 ArcGIS 10.1 桌面平台支持下对评价结果进行可视表达,如图 2 所示. 由图 2 可知:福建省耕地保护成效在空间上存在明显的分布差异,总趋势为东南地区耕地保护成效低于西北地区,沿海地区低于内陆地区.

对福建省耕地保护成效评价结果进行空间自相关分析,计算得到 Moran's I 指数的值为 0.364,表明福建省各地域单元耕地保护成效存在较强的空间正相关性. 各等级空间分布特点,如表 2 所示.

为进一步探究其空间聚集特征,引入局部空间

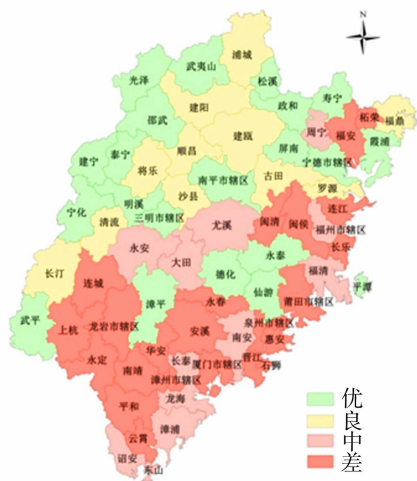


图 2 福建省耕地保护成效评价等级空间分布  
Fig. 2 Spatial distribution of evaluation grades of the cultivated land protection performance in Fujian Province

表 2 耕地保护成效评价结果空间分布特点				
Tab. 2 Spatial distribution characteristics of the cultivated land protection performance evaluation results				
等级	优	良	中	差
分布 区位 与特点	分布较松散,分散分布在福建省内陆地区,如三明市辖区、明溪县、泰宁县、建宁县、宁化县,南平市辖区、武夷山市、松溪县、政和县、光泽县、邵武县,宁德市辖区、霞浦县、寿宁县、屏南县,及莆田市仙游县、平潭综合实验区,福州市永泰县,泉州市德化县及龙岩市武平县、漳平等地	具有明显的集聚效应,重心偏向西北,且大多是在福建省内陆地区,如南平市浦城县、建阳县、建瓯县、顺昌县,宁德市古田县,三明的沙县、将乐县、清流县及龙岩市的长汀县. 此外,还包括宁德市福鼎市和福州市罗源县	主要分布在闽东南沿海一带地区,如福州市辖区、福清市,泉州市南安县,漳州市长泰县、龙海县、漳浦县、诏安县和东山县,以及内陆地区的宁德市周宁县,三明市尤溪县、大田县和永安市	主要分布在闽东南沿海一带,特别是闽南地区. 具体包括:福州市长乐市、闽清县、闽侯县、连江县,厦门市,泉州市辖区、惠安县、晋江市、石狮市、安溪县,漳州市辖区、华安县、云霄县、平和县、南靖县,龙岩市辖区、永定县、上杭县、连城县,莆田市辖区,宁德市福安县、柘荣县

自相关(LISA)局部聚集图,如图 3 所示.图 3 中:High-High(HH)表示本地区及其周边地区耕地保护成效都较好;Low-Low(LL)表示本地区及其周围地区耕地保护成效都较差;Low-High(LH)表示本地区耕地保护成效较差,但其周边地区耕地保护成效却较好;High-Low(HL)表示本地区耕地保护成效较好,但其周边地区耕地保护成效较差;Not-Significance 表示不存在显著的空间聚集现象.

由图 3 可知:HH 型聚集位于闽西北内陆的泰宁县;LL 型聚集主要分布在闽南沿海地区;LH 型聚集位于闽中部内陆及闽北地区;HL 型聚集位于闽西南内陆地区.

从耕地保护成效的空间分布及 LISA 分布聚集特征看,评价结果为中、差级别的地区,尤其是东南沿海的泉州、厦门及漳州一带经济普遍较发达.经济发展水平的差异对耕地保护工作所带来的压力也会有所差异,不同地区之间的经济发展程度必定会影响区域之间耕地保护成效,统筹兼顾经济发展和耕地保护,合理地开发利用耕地资源是今后耕地保护工作的关键内容.

同时,还应当注意到,耕地资源禀赋对耕地保护成效也有一定的影响,评价结果较好的闽西北内陆地区耕地资源较为丰富,先天充裕的耕地后备资源为城市发展所需的土地资源及占补平衡提供了良好的基础.这对耕地资源禀赋不足的地区势必加大了耕地保护工作的难度.全面掌握全省耕地保护成效的空间分布特征,注重耕地资源禀赋的地域差异,有所侧重的调配耕地保护指标是政府部门制定耕地保护政策时需要考虑的重点.

## 4 结论

1) 基于耕地的数量、质量和资源承载指标体系的评价结果显示,福建省耕地保护成效呈现出两级分化的态势,评价结果为优的地区和差的地区分别为:21,23,福建省耕地保护成效不均衡,地区之间耕地保护成效差距较大.空间自相关分析结果表明:耕地保护成效评价结果在空间上存在较强的空间正相关,具有明显的地域分布特征,区域分异明显,表现出由西北部向东南部、由内陆向沿海两个方向上的分布规律.

2) 地区经济发达程度、地区的耕地资源禀赋对耕地保护成效有一定的影响,国土部门在制定耕地保护政策时,需要综合平衡地区之间经济发达程度、耕地资源禀赋与耕地保护的关系,有针对性、差别化的开展耕地保护工作,对进一步研究耕地保护方案有一定的启示意义.

3) 物元模型的结果减少了人为主观判断因素,评价结果更加可靠,但是物元模型在耕地保护成效评价中的运用目前研究尚少,评价指标的选取、评价指标权重及评价物元经典域和节域区间的确定都存在一定的缺陷,需要进一步研究和商榷.

### 参考文献:

[1] 李广东,邱道持,王平.中国耕地保护机制建设研究进展[J].地理科学进展,2011,30(3):282-289.  
[2] 蔡运龙.中国农村转型与耕地保护机制[J].地理科学,2001,21(1):1-6.  
[3] 谭术魁,张红霞.基于数量视角的耕地保护政策绩效评价[J].中国人口·资源与环境,2010,20(4):153-158. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2104.2010.04.027.  
[4] 张衍毓,史衍玺,王静,等.基于 RS 和 PRA 的横山县耕地质量综合评价研究[J].测绘科学,2008,33(2):133-136. DOI:10.3771/j.issn.1009-2307.2008.02.046.  
[5] 吴泽斌,刘卫东.中国地方政府耕地保护事业的绩效审计探讨[J].中国土地科学,2009,23(6):26-30. DOI:10.

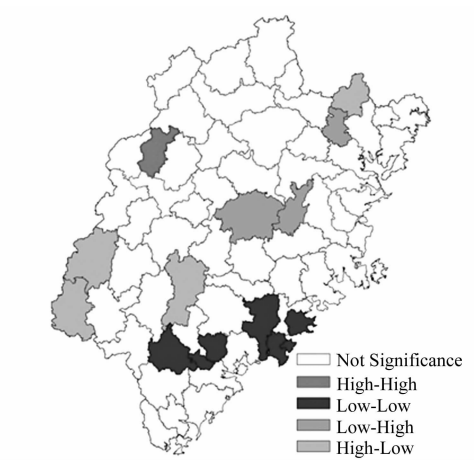


图 3 福建省耕地保护成效等级 LISA 聚集图  
Fig. 3 Local indicators of spatial association of evaluation grades of the cultivated land protection performance in Fujian Province

- 3969/j. issn. 1001-8158. 2009. 06. 005.
- [6] 张全景,欧名豪.我国土地用途管制之耕地保护绩效的定量研究:以山东省为例[J].中国人口·资源与环境,2004,14(4):56-59. DOI:10.3969/j. issn. 1002-2104. 2004. 04. 012.
- [7] 张贵军,朱永明,张蓬涛,等.石家庄市耕地资源人口承载力评价[J].中国农业资源与区划,2013,34(6):120-126. DOI:10.7621/cjarrp. 1005-9121. 20130618.
- [8] 赵建军,张洪岩,王野乔,等.基于 AHP 和 GIS 的省级耕地质量评价研究:以吉林省为例[J].土壤通报,2012(1):70-75.
- [9] 邵晖,胡宝清,王瑜.基于模糊综合评判的耕地整理潜力评价:以南宁市江南区为例[J].资源科学,2007,29(4):146-151. DOI:10.3321/j. issn:1007-7588. 2007. 04. 023.
- [10] 吴泽斌,刘卫东,罗文斌,等.我国耕地保护的绩效评价及其省际差异分析[J].自然资源学报,2009(10):1785-1793. DOI:10.11849/zrzyxb. 2009. 10. 012.
- [11] 高明秀,李占军,赵庚星.面向土地整理的项目尺度耕地质量评价[J].农业工程学报,2008(增刊1):128-132.
- [12] 罗文斌,吴次芳,吴一洲.城市土地生态水平物元分析评价:以山东省滨州市为例[J].生态学报,2009,29(7):3818-3827. DOI:10.3321/j. issn:1000-0933. 2009. 07. 044.
- [13] 张锐,郑华伟,刘友兆.基于 PSR 模型的耕地生态安全物元分析评价[J].生态学报,2013,33(16):5090-5100.
- [14] 聂艳,周勇,于婧,等.基于 GIS 和模糊物元分析法的农用地定级评价研究[J].农业工程学报,2004,20(5):297-300. DOI:10.3321/j. issn:1002-6819. 2004. 05. 067.
- [15] 蔡文.物元模型及其应用[M].北京:科学技术文献出版社,1994.
- [16] 黄辉玲,罗文斌,吴次芳,等.基于物元分析的土地生态安全评价[J].农业工程学报,2010,26(3):316-322. DOI:10.3969/j. issn. 1002-6819. 2010. 03. 054.
- [17] 王兰霞,李巍,王蕾.哈尔滨市土地利用与生态环境物元评价[J].地理研究,2009,28(4):1001-1010. DOI:10.3321/j. issn:1000-0585. 2009. 04. 014.
- [18] 陈江平,张瑶,余远剑.空间自相关的可塑性面积单元问题效应[J].地理学报,2011,66(12):1597-1606.
- [19] MORAN P A P. Notes on continuous stochastic phenomena[J]. Biometrika,1950,37(1/2):17-23.
- [20] 邱炳文,王钦敏,陈崇成,等.福建省土地利用多尺度空间自相关分析[J].自然资源学报,2007,22(2):311-320. DOI:10.3321/j. issn:1000-3037. 2007. 02. 019.
- [21] 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,2014,36(10):2066-2074.
- [22] ANSELIN L. Local indicators of spatial association-LISA[J]. Geographical Analysis,1995,27(2):93-115.
- [23] 熊昌盛,谭荣,岳文泽.基于局部空间自相关的高标准基本农田建设分区[J].农业工程学报,2015,31(22):276-284. DOI:10.11975/j. issn. 1002-6819. 2015. 22. 038.
- [24] 肖建英,谭术魁.中国粮食产量省级尺度下的空间分异规律[J].中国土地科学,2013(8):26-32. DOI:10.3969/j. issn. 1001-8158. 2013. 08. 004.

(责任编辑:钱筠 英文审校:吴逢铁)