

基于耕地质量指数和空间自相关的 苏南地区耕地保护分区

高建岗¹, 黄锐^{1,2}

(1. 南京师范大学 地理科学学院, 南京 210023; 2. 江苏苏地仁合土地房地产评估咨询有限公司, 南京 210029)

摘要:掌握耕地质量指数的空间集聚性和异质性特征,对耕地质量利用分区管理与制定差异化保护政策提供科学依据。运用江苏省 2016 年度耕地质量等别更新数据库,以耕地质量指数为空间变量,采用面积加权平均法和空间自相关的分析方法,计算县区的耕地质量等别指数,探究耕地质量等别指数的集聚性规律和异质性特征。结果表明:(1) 苏南地区耕地质量等别在空间分布上呈现较强的集聚性规律,呈现由东南向西北逐级递减的趋势;(2) 苏南地区耕地质量整体上呈现显著的空间正相关特征,从全局 Moran's I 值分析,表现为国家利用等指数>自然等指数>经济等指数;(3) 从县级耕地质量局部空间自相关分析得出耕地质量 HH 型呈现组团集中分布特征,LH 型和 HL 型则零星分散在个别县区,LL 型按条带状集中分布。研究基于县区耕地利用特点与局部空间自相关分析类型,将苏南地区划分为重点保护区、质量提升区、结构调整区和优先建设区 4 个耕地保护分区。

关键词:耕地质量指数; 空间自相关; 耕地保护分区; 苏南地区

中图分类号:F301.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)03-0213-06

Protection Zoning of Cultivated Land Based on Cultivated Land Quality Index and Spatial Autocorrelation on Southern Area of Jiangsu Province

GAO Jiangang¹, HUANG Rui^{1,2}

(1. School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China;

2. Jiangsu Sudirenhe Real Estate Appraisal & Consultation Co., Ltd., Nanjing 210029, China)

Abstract: We explored the spatial structural characteristics and agglomerate regulation of cultivated land quality by taking the cultivated land quality index of 2016 in Jiangsu Province as the spatial variable. In addition, we analyzed the reasons for the differences in the studied area by using the cultivated land quality index. The results indicated that the cultivated land quality exhibited the strong agglomeration pattern in spatial distribution in the south of Jiangsu Province besides that the local distribution of cultivated land quality showed that the level of northwest area was less than southeast. The quality of cultivated land had a significant spatial positive correlation in the south of Jiangsu Province. From the overall Moran's I value analysis, the performance index decreased in the order: utilizing the index>nature index>economic index; according to the analysis of local spatial autocorrelation of cultivated land quality at county level, the HH type of cultivated land quality showed cluster concentration distribution characteristics, LH type and HL type scattered in individual counties, but the LL type of cultivated land mostly distributed in strips. Based on the characteristics of cultivated land use and local spatial autocorrelation analysis in the counties, the southern part of Jiangsu Province is divided into four arable land protection areas such as key protected areas, quality improvement areas, structural adjustment areas, and priority building areas. The measures were also put forward for differential farmland protections.

Keywords: Cultivated land quality index; Spatial autocorrelation; Cultivated land protection zone; Southern area of Jiangsu

耕地是承载着人类生存和农业发展的物质基础,耕地质量的优劣对保障粮食安全、生态安全以及可持续发展具有重要作用,是重要的生产、生活和生态空间^[1]。随着我国工业化、城镇化进程的快速推进,我国人均耕地不足、耕地质量等别总体偏低,优等地分布范围小、耕地后备资源减少,耕地面临着越来越大的压力。因此耕地数量安全和质量的维持与提升将成为阻碍中国社会经济发展的重要因素。

目前国内外相关学者从各个视角对耕地质量进行了探讨,研究主要集中在耕地质量评价^[2-4]、指标体系^[5-7]、评价方法^[8-9]、尺度^[10-12]等方面。韦仕川等^[13]通过局部空间自相关的方法对广宁县耕地质量指数进行了分析,划定了耕地保护分区方案。李武艳等^[14]发现浙江省在不同尺度下耕地质量指数均呈现显著地空间正相关性,研究结果为不同级别的行政主体制定耕地保护政策提供依据。郭敏等^[15]将九台市耕地自然条件、利用条件和经济条件进行分类讨论,提出了耕地保护分区的最优方案,为实现耕地的精细化管理和差异化保护提供基础。任平等^[16]运用核密度计算和空间自相关等研究方法对比分析出龙泉驿区2005—2013年耕地空间分布格局分析及其变化规律和特征。张晗等^[17]以耕地图斑为空间单元,运用空间自相关分析方法探讨耕地质量的空间差异特征,为区域耕地质量监测、耕地保护与管理分区和空间优化布局等提供借鉴参考。熊昌盛等^[18]以广宁县的耕地图斑为研究单元,运用 Moran's I 指数进行空间自相关分析,以此探讨县级和乡镇尺度上的变化情况及相关应用。杨建宇等^[19]结合耕地的空间属性,借助空间自相关分析方法,最终基于综合质量的分析结果提出了耕地保护分区的新思路。党国锋等^[20]通过分析陇南市武都区耕地不同自然条件、利用水平、经济状况下的空间分布特征,并且提出了区域性的耕地保护措施。高星等^[21]应用面积加权平均法、等别均值二分法、局部自相关分析法,揭示了雄安新区耕地质量等别的空间分布特征,以此作为建设占用耕地分区的基础。

综上所述,目前关于耕地质量的研究极大丰富了耕地质量的内涵,但从现有的相关研究来看,国内从空间角度研究耕地质量的文献较少,未能充分考虑空间属性特征对耕地质量空间差异的变化特征影响。基于此,本文以江苏省苏南地区为研究区,以国家级耕地质量等别指数(国家自然等指数、国家利用等指数和国家经济等指数)为空间变量,分析苏南地区耕地质量指数的空间关联,研究耕地质量等别、规模与空间分布特征;运用空

间自相关分析方法,探讨耕地质量指数在空间上的集聚性规律和异质性特征,从县域尺度分析苏南地区耕地质量的空间差异和集聚特征。并且基于耕地质量空间分异特征对耕地保护进行分区,进而提出相应的耕地保护对策,以期对耕地利用分区管理、耕地质量管理提升等提供科学依据,为不同级别的行政主体制定耕地差异化保护政策提供科学依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

苏南地区地处长江三角洲核心区,即江苏省南部,包括南京、苏州、无锡、常州、镇江5市,苏南地区东临上海市,西接安徽省,南靠浙江省,北依长江(苏中,苏北),位于东经 $118^{\circ}29'$ — $121^{\circ}20'$,北纬 $30^{\circ}44'$ — $32^{\circ}16'$,是我国经济社会最发达、现代化程度最高的地区之一。土地总面积 $27\,872\text{ km}^2$,占江苏省土地面积的 27.17% 。2016年总人口逾 $3\,300$ 万人,人口城镇化率远超过 70% 。

1.2 数据来源

本文的数据资料来源于江苏省国土厅和江苏省统计局。江苏省国土厅提供的数据包括:(1) 2016年度土地利用变更数据库、土地利用总体规划图与行政区划图;(2) 2016年苏南地区耕地质量等别更新数据、第二次土地资源调查成果;(3) $1:500$, $1:1\,000$, $1:2\,000$ 比例尺地形图数据(2016年)、遥感影像图(0.3 m 分辨率)(2016年度)。江苏省统计局提供的数据包括:2016年度苏南地区统计年鉴和各县区统计年报。

1.3 数据预处理

将图件资料通过数据格式转换、地图投影及坐标校正,以 ArcGIS 为操作平台,采用 Identity analysis 对耕地要素与行政界线等基础矢量数据叠加分析,建立空间属性数据库。为消除离群值对数据产生的影响,采用探索性数据分析法(EDA)提出离群值。以苏南地区县(区)为研究单元,以苏南地区耕地质量等别国家级汇总数据为基础数据,采用面积加权平均法,计算县级耕地质量等别指数,获取苏南地区耕地质量国家级自然等指数、利用等指数和经济等指数。

2 研究方法

2.1 面积加权平均法

本文考虑到较大范围尺度的空间分析难以表征耕地质量的内部差异,而以耕地地块为空间单元进行空间自相关分析会导致结果辨识性差,故选择县级行政区为研究单元,采用国家自然等、利用等和经济等

指数与县级行政区内耕地地块图斑面积进行加权平均,以计算县级耕地质量平均等别指数,探索耕地质量3类等指数的空间关联性强弱,以揭示江苏省各县区耕地质量空间分布特点及其空间异质性。县级耕地质量平均等别指数采用以下公式计算:

$$R_i = \frac{R_{ij} \cdot S_{ij}}{\sum_{j=1}^n S_{ij}} \quad (1)$$

式中: R_i 为第 i 个县级行政区的国家级耕地质量平均等别指数; R_{ij} 为第 i 个县级行政区中第 j 块图斑的国家级耕地质量指数; S_{ij} 代表第 i 个县级行政区中第 j 块耕地的图斑面积; n 为研究区的耕地总面积。

2.2 空间权重矩阵构建

地理学第一定律指出:任何事物之间均相关,离的较近的事物总比离的较远的事物,其相关性要高^[22]。空间自相关能够探讨事物的空间分布规律,对研究空间中某空间单元与其周围单元间的某种属性值之间的空间相关性程度,分析空间单元统计性分布规律以及空间数据之间相互依赖关系^[23]。

空间权重矩阵的确定是进行空间自相关分析必不可少的前提与关键。对耕地质量进行全局、局部空间自相关分析时,采用由 Open GeoDa 软件生成的空间权重文件来定量表达地理要素之间在空间上的关系,分别计算基于 Rook, Queen 和 Bishop 邻接原则的一阶邻接空间邻接性,经计算对比, Rook 邻接关系的空间邻接性频率直方图更符合正态分布特征。故选择以 Rook 邻接原则确定空间权重。

2.3 全局空间自相关

全局空间自相关是对属性值在整个区域空间特征的描述,能够反映空间邻域单元属性值的相似程度,侧重对空间数据中某一属性在整个区域中的分布状态以及趋势进行分析,并以 Moran's I 指数来表征。Moran's I 指数可以全面测度空间变量的整体分布状况,判断区域空间要素属性值聚合或离散的程度。可表达为:

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

式中: n 代表研究对象的个数; \bar{x} 表示空间对象属性值的平均值; x_i 和 x_j 分别表示空间对象 i 和 j 的属性值; W_{ij} 为空间邻接矩阵;表示空间单元 i 和 j 之间的邻接关系,当 i 和 j 相邻时; W_{ij} 为 1,不相邻时则为 0。

Moran's I 值的取值范围为 $[-1, 1]$, Moran 散点图来表现某单元与周边单元之间的空间集聚性。当 I 取

正值,表示范围内的空间单元间存在正的空间自相关,即邻近空间单元的属性值差异较小,属性值呈现“高一高”集聚和“低—低”集聚的分布格局,并且 I 值越接近于 1 表示空间单元间联系越密切或属性值差异越小;当 I 取负值,表示范围内的空间单元间存在负的空间自相关,即邻近空间单元的属性值差异较大,并且 I 值越趋近于 -1 表示空间单元之间分布越不集中或属性值差异越大;当 I 为 0,表示范围内的空间单元不存在空间自相关性,空间变量呈现随机分布格局。

2.4 局部空间自相关

局部空间自相关则用于进一步度量每个地域单元与其临近空间单元的属性特征值之间的相似性和相关性,能以图形的形式直观地展现研究区耕地质量的空间集聚状况。全局 Moran's I 指数是一种总体测度指标,虽然能够说明所有区域与周边地区之间的空间差异平均程度并揭示事物在总体上的依赖性,但却忽略了由于空间异质性使得空间范围内可能潜在的局部不平衡现象,全局空间自相关无法反映这种局部区域的空间异质性和不稳定性。因此,为了探索空间分布的局部特征差异,使用局部空间自相关分析,其计算公式如下:

$$I_i = (x_i - \bar{x}) \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

式中: x_i, x_j 分别表示 i, j 单元的属性值; W_{ij} 表示空间邻接矩阵。 I_i 为正值表示该空间单元与邻近单元的属性值近似,为负值表示该空间单元与邻近单元的属性值迥异。同时,在随机分布假设下,局域 Moran's I 指数是以数值标准化的形式来检验其显著性水平。

3 结果与分析

3.1 县级耕地质量空间分布特征

耕地质量等别反映土壤本身的生产潜力水平,与土壤理化性质、农田基本建设条件、光温(气候)生产潜力、耕地投入管理水平等自然和社会经济条件密切相关。通过面积加权方法得出县级耕地质量指数,运用 ArcGIS 软件,依据对应等别及分等原则,输出得到附图 7 所示的 3 类耕地质量等别空间分布图。

从空间分布上看,苏南地区耕地自然等别在 5~7 等之间,以 6 等地为主,平均为 6 等。其中高分值耕地主要分布于苏南地区的西南部、北部和东部地区,即高淳区、扬中市、镇江新区、武进区、锡山区、昆山市、虎丘市等地,以水田为主,耕地自然条件优越,耕地产量较高,可见耕地自然等指数高分值耕地有明

显的沿河分布特征。自然等指数低分值耕地主要为旱地,大部分分布于中部和西部区域,主要集中于六合区、浦口区、江宁区、金坛市、新北区等地。耕地质量在空间分布上呈现出东南向西北递减的规律。

耕地利用等指数的高低与地理条件及社会经济发展的关系比较大。苏南地区耕地利用等指数在 4~7 等地之间,以 6 等地为主,平均为 5.8 等。利用等指数分值较低的主要分布在南部和西部区域,如江宁区、句容市、六合区和高淳区等地。而利用等指数高分值耕地分布在北部的扬中市地区,该区域耕地生产投入、田间基础设施状况以及田间管理技术等方面的社会利用水平较高。

耕地经济等指数在 6~9 等之间,以 7 等地为主,

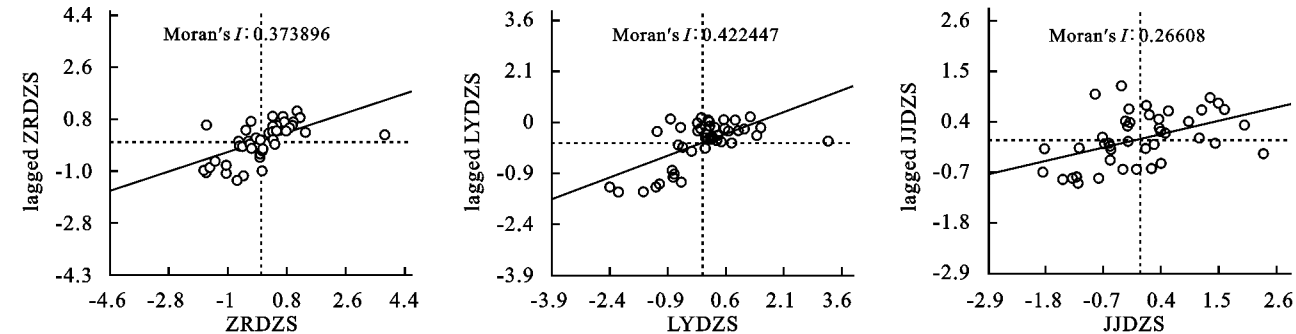


图 1 苏南地区耕地质量指数 Moran 散点图

由表 1 与图 1 可知,苏南地区耕地质量指数 Moran's I 值均大于 0.2,且显著性检验 p 值均为 0,明显小于显著型水平 0.05。从全局 Moran's I 值来看,耕地质量国家利用等指数>国家自然等指数>国家经济等指数,表明苏南地区县区级耕地质量指数在全局上都呈现显著的空间正相关性,耕地利用质量所表现出的空间正相关集聚特性相对最强,耕地自然质量其次,而耕地经济质量所表现出的空间正相关集聚特性相对最弱,即耕地经济质量、自然质量和利用质量空间聚合性呈现递增的趋势。

表 1 苏南地区耕地质量指数 Moran's I 值

耕地质量指数	Moran's I	Zscore	p	标准化统计量阈值
国家自然等指数	0.373	108.72	0	1.96
国家利用等指数	0.423	115.26	0	1.96
国家经济等指数	0.266	102.68	0	1.96

3.3 耕地质量局部空间自相关分析

局部空间自相关可以由 LISA 集聚图直观地反映出苏南地区耕地质量集聚或离散的空间差异特征。以苏南地区各县区耕地质量等别指数为研究对象,进行局部空间自相关分析,在 99% 的置信水平下,划定苏南地区县域耕地质量 LISA 集聚图(附图 8)。表 2 为苏南地区县区级耕地质量指数局部空间自相关类

平均为 7.3 等。经济等中等质量的耕地面积相对较多,中部和北部地区中等质量耕地占据主体位置,其投入产出水平较高,经济效益好。高分值耕地集中分布在北部的扬中市、中部的金坛区,该区域耕地生产投入、田间基础设施状况以及田间管理技术等方面的社会利用水平较高;低分值耕地多位于南部。

3.2 耕地质量全局空间自相关分析

较小尺度的空间自相关分析能够反映研究区耕地质量的内部差异和细部特征。本文以研究区下辖 43 个县区的耕地质量指数为研究单元采用 Open GeoDa 软件进行空间自相关分析,计算苏南地区 2016 年苏南地区耕地质量指数的全局 Moran's I 值,得到如图所示的 Moran 散点图(图 1)。

型与数量统计。其中,“HH”代表了高高集聚类型,其表示该区域及周围区域的耕地质量指数高于研究区该指标的均值;“LL”代表了低低集聚类型,其表现出耕地质量指数低于研究区该指标的均值;“HL”和“LH”分别代表高低集聚类型和低高集聚类型,该集聚类型说明这些区域与周边区域的空间差异性较强;“NN”代表了非显著型,表示空间集聚性较差,局部的 Moran's I 显著性检验未通过。

(1) 耕地质量国家自然等局部空间自相关分析。表 2 结果显示,HH 型和 LL 型县区个数分别占总县区个数的 34.88% 和 16.28%;HL 型和 LH 型县区个数分别占总县区个数的 2.33% 和 4.65%;非显著性 NN 型县区个数占总县区个数的 41.86%。从空间分布上来看,正相关类型呈现“组团集聚分布”特征,聚合特性较强。其中,HH 型占比最高,表现出明显的集聚特征,主要分布在润州区—京口区、扬中市—新北区沿线、无锡市—昆山沿线;LL 型主要分布在南京市区。LH 和 HL 型则零星分布在苏州工业园区、丹阳市、雨花台区等地区。耕地质量自然等指数 HH 型所在区域地形开阔,地势较为平缓,土壤肥力较高,有机质含量高,耕层质地优良,排灌设施完善,水源充足,交通便利,耕作自然条件优越。

(2) 耕地质量国家利用等局部空间自相关分析。

HH 型和 LL 型县域个数分别占总县域个数的 27.91% 和 18.6%;离散分布(负相关)HL 型和 LH 型县域个数分别占总县域个数的 0% 和 9.3%;非显著性 NN 型县区个数占总县区个数的 44.19%(表 2)。其中,HH 型呈团状集中分布在南部地区,以组团式集中包括在昆山市、常熟市、相城区、宜兴市、武进区、惠山区等地区。LL 型则聚集在南京市等地区;LH 型分布无明显规律,零散分布于丹阳、滨湖区和苏州工业园区。耕地质量利用等指数 HH 型这些区域地势平坦,自然条件良好,灌溉设施齐备,排水条件较优,交通设施条件便利,农村居民点集中分布,农户耕作距离较短,机械化程度高,便于耕作和管理,土地利用条件较优。而 LL 型主要集中在低山丘陵区或沿海垦区,土壤侵蚀和土壤盐渍化现象相对较严重,土壤养分含量低,农田水利基础设施还不完善,耕地利用条件较差;同时,由于城镇扩张和道路建设等不断侵占优质耕地,导致耕地受损,边界分割度高,呈零星状分布,田块规整度及聚集度低。

表 2 苏南地区耕地质量指数局部空间自相关类型与数量统计

自相关类型	自然等指数		利用等指数		经济等指数	
	个数	占比/%	个数	占比/%	个数	占比/%
高一高型(HH)	15	34.88	12	27.91	7	16.28
低一低型(LL)	7	16.28	8	18.60	7	16.28
低一高型(LH)	2	4.65	4	9.30	3	6.98
高一低型(HL)	1	2.33	0	0	1	2.33
非显著型(NN)	18	41.86	19	44.19	25	58.13
总计	43	100	43	100	43	100

(3) 耕地质量国家经济等局部空间自相关分析。HH 型和 LL 型县域个数分别占总县域个数的 16.28% 和 16.28%;HL 型和 LH 型县域个数分别占总县域个数的 2.33% 和 6.98%;非显著性 NN 型县区个数占总县区个数的 58.13%(表 2)。其中,HH 型呈现组团集中分布特点,主要集中分布在常熟、太仓市、惠山区、锡山区、相城区;LL 型主要分布在栖霞区—江宁区沿线;HL 和 LH 型则呈现零星分布的特点,主要分布于浦口区、新北区、江阴市。

其中,HH 型所在区域地势平坦,道路交通网络发达,灌溉设施齐备,排水条件较好,农村居民点分布密集,农户耕作距离较短,农业机械化水平高,有利于农业耕作和农田管理,加之耕地自然条件和利用条件较优越,经济发展程度较高,耕地的投入水平和产出效益亦较高。而 LL 型所在区域田丘相间,海拔较高,地形起伏较大,农田水利基础设施不完善,耕地自然条件和利用状况较差,经济发展水平相对落后,对

耕地的投入少,不利于耕地经济效益提升。同时,市区附近的县区社会经济发展程度较高,但人口密集、建设用地需求量大,普遍存在耕地被建设占用以及非农化现象,以致耕地种植或耕作成本大幅提高,从而降低了耕地的经济质量。

4 耕地保护分区

综合县(区)级耕地质量的 3 类等级指数的局部空间自相关类型组合进行统计,从耕地的综合质量出发,依据局部空间自相关类型及其特征,将耕地质量指数自相关类型进行叠加分析,对苏南地区进行保护分区,具体划分为重点保护区、质量提升区、结构调整区、优先建设区 4 个保护分区(附图 9)。

(1) 重点保护区主要分布在惠山区、崇安区、北塘区、宜兴市、无锡新区、锡山区等区域。该区域地势较为平坦、土壤肥沃,同时具备较高的田块连片度和规整度、完备的农业生产配套设施,其耕地自然条件、利用水平和产出效益较优,应保护和维持现有耕地质量的高值区,持续加大耕地后期管护,注重扩散效应的作用,限制非农建设。努力把该区建设成与现代化农业生产经营相契合的集约化、规模化示范区,培育一批具有广泛代表性的高效益农业产业,同时将耕地质量提升、耕地可持续利用结合起来,通过采取一定的工程技术措施使得耕地发挥长期产出效益,为适应农业向规模化、现代化发展提供有效保障。

(2) 质量提升区零星分布在丹阳市和苏州工业园区。该区域耕地质量高值区与低值区或交错分布、或高值区包围低值区,应在保护耕地质量的高值区的同时,侧重结合耕地自然条件、利用程度或产出效益低值区进行中长期土地综合整治开发和工程技术改造,连片推进土地综合整治,开展高标准农田建设,多措并举改良土壤,调理土壤理化性状,改善土壤缓冲性能,防控农田生态环境污染,提高低质量耕地持续生产能力,促进作物高产稳产。

(3) 结构调整区主要分布在高淳区、溧水区、吴中区、宜兴市、金坛区、溧阳市、张家港市、江阴市等地区。该区域内耕地质量无明显聚集性规律,呈空间随机分布,很难进行集中连片开发。为此该区域的县区应充分发掘区域特色,进行综合调整,形成“一乡一业”、“一村一品”的特色经济,从而实现提高本区域的耕地质量,达到投入产出最大化的目的。对于低质量耕地,可因地制宜进行轮耕和休耕试点,降低耕地利用强度、逐步减少农药化肥的使用,有助于耕地污染修复,缓解生态环境破坏程度,促进农业可持续发展。而且轮耕和休耕可以调整优化种植结构,增加紧缺农

产品供给,满足多元化消费需求,全面提升农业供给体系的质量和效率。

(4) 优先建设区主要分布在南京市区。此区域内耕地综合质量普遍偏低,空间低值聚集分布。此区域内耕地的投入产出相对较差,耕地质量受到耕作便利度和区位条件等因素间接影响,导致区域内耕地质量普遍偏低,需要进行综合的改良措施才能提高耕地质量。可结合耕地质然条件、利用水平和投入产出效益等实际情况进行综合性改良,多方面大力采取各项改良技术与保护措施,因地制宜实施生态退耕,是非农建设较为理想的区域。

5 结论

(1) 空间分布上,苏南地区耕地质量呈现一定规律的集聚性特点。耕地自然质量在空间分布上呈现由东南向西北递减的规律。耕地利用等和经济等在空间分布上较为一致,高值区主要分布在苏南地区北部,低值区主要集中在西南部。

(2) 苏南地区耕地质量整体上呈现显著的空间自相关特征,耕地经济质量、自然质量和利用质量空间聚合性呈现递增的趋势。从全局 Moran's I 值来看,耕地质量国家利用等指数>国家自然等指数>国家经济等指数。

(3) 从县级耕地质量局部空间自相关研究结果可以看出:耕地质量 HH 型呈现组团集中分布特征, LH 型和 HL 型则零星分散在个别县区,而耕地质量 LL 型多按条带状集中分布。基于局部空间自相关分析类型,结合各地耕地利用特点,将苏南地区划分为重点保护区、质量提升区、结构调整区和优先建设区等 4 个耕地保护分区,并对各个耕地保护分区提出了差别化耕地保护对策建议。

参考文献:

- [1] 孔祥斌,张青璞,鄯文聚,等. 基于平衡转换的国家级农用地分等成果汇总方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(16): 238-246.
- [2] 徐明岗,卢昌艾,张文菊,等. 我国耕地质量状况与提升对策[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(7): 8-14.
- [3] 陈诚,林晨. 苏南地区耕地质量评价与分区保护研究[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(12): 1860-1869.
- [4] 陈镜宇,龚涛,陈运春,等. 云南乌蒙山片区耕地自然质量等空间分布特征[J]. 水土保持研究, 2017, 24(3): 214-220.
- [5] 奉婷,张凤荣,李灿,等. 基于耕地质量综合评价的县域基本农田布局[J]. 农业工程学报, 2014, 30(1): 200-210.
- [6] 侯现慧,王占岐,杨俊,等. 基于产能核算和土地质量地球化学评估的县域基本农田布局研究[J]. 中国土地科

学, 2016, 30(1): 89-96.

- [7] 曹丽萍,罗志军,冉凤维,等. 基于耕地质量和空间集聚格局的县域基本农田划定[J]. 水土保持研究, 2018, 25(4): 349-355, 364.
- [8] 黄厅厅,卢德彬,杨建. 基于 GIS 的省级耕地质量综合评价及时空演变分析:以贵州省为例[J]. 水土保持研究, 2017, 24(3): 253-257.
- [9] 赵丹,赵华甫,饶杰,等. 基于趋势面的耕地质量空间分异特征及影响因素[J]. 水土保持研究, 2015, 22(6): 219-223.
- [10] 宋文,吴克宁,张敏,等. 基于村域耕地质量均匀度的高标准农田建设时序分区[J]. 农业工程学报, 2017, 33(9): 250-259.
- [11] 郭晓飞,李建华,李成学. 基于多尺度的祥云县县域耕地自然质量空间分布特征分析[J]. 云南农业大学学报, 2016, 31(5): 923-929.
- [12] 张晗,赵小敏,欧阳真程,等. 基于空间自相关的耕地质量空间差异特征及耕地保护分区:以江西省上高县为例[J]. 水土保持研究, 2018, 25(1): 304-312.
- [13] 韦仕川,熊昌盛,栾乔林,等. 基于耕地质量指数局部空间自相关的耕地保护分区[J]. 农业工程学报, 2014, 30(18): 249-256.
- [14] 李武艳,朱从谋,王华,等. 浙江省耕地质量多尺度空间自相关分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(23): 239-245.
- [15] 郭敏,李淑杰. 基于局部空间自相关的耕地质量空间集聚性和保护分区:以吉林省九台市为例[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(3): 206-210.
- [16] 任平,吴涛,周介铭. 基于 GIS 和空间自相关模型的耕地空间分布格局及变化特征分析:以成都市龙泉驿区为例[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(3): 325-334.
- [17] 张晗,赵小敏,匡丽花,等. 基于空间自相关的耕地质量空间分布特征研究:以江西身南昌县为例[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(8): 1365-1374.
- [18] 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.
- [19] 杨建宇,杜贞容,杜振博,等. 基于耕地质量评价和局部空间自相关的高标准农田划定[J]. 农业机械学报, 2017, 48(6): 109-115.
- [20] 党国锋,朱晨. 基于空间自相关分析的山区耕地质量分区研究:以陇南市武都区为例[J]. 中国农学通报, 2015, 31(36): 131-138.
- [21] 高星,陈景,刘蕾,等. 雄安新区耕地质量空间分布特征与建设占用推荐分区[J]. 农业工程学报, 2018, 34(1): 1-7.
- [22] 孙俊,潘玉君,和瑞芳,等. 地理学第一定律之争及其对地理学理论建设的启示[J]. 地理研究, 2012, 31(10): 1749-1763.
- [23] 何宗贵,韩世民,崔道永,等. 空间自相关分析的统计量探讨[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2008, 20(4): 315-318.