

山地丘陵区村级尺度耕地质量评价及保护分区

熊想想¹, 杨朝现¹, 信桂新², 魏朝富¹

(1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715; 2. 长江师范学院 武陵山区特色资源开发与利用研究中心, 重庆 408100)

摘要:科学开展耕地质量评价,合理划定耕地保护分区,是实现耕地差异化保护和管理的的重要前提。研究采用空间自相关方法,以重庆市荣昌区为例,以国家等耕地质量指数为空间变量,从村级尺度探讨山地丘陵区耕地质量的空间关联性与集聚特征,并基于局部空间自相关分析结果提出了耕地保护分区方案。结果表明:(1)荣昌区耕地质量全局空间上呈现较弱正相关性,全局 Moran's I 值表现为耕地等别指数>利用等指数>自然等指数;局部空间上呈现较强变异特征,70%以上空间类型表现为随机分布,正相关类型(HH型和LL型)多以“组团”形态存在,负相关类型(LH型)以“点状”形态存在;(2)基于局部空间自相关类型特征及顺序组合,将耕地保护划分为重点保护区、重点改良区、适度改良区和适度调整区4类,并针对性提出耕地保护措施及管控说明。因此,在自然地理条件欠佳的山地丘陵区,研究结果可为各级行政主体精准有效地实施耕地保护和建设提供参考。

关键词:耕地质量指数;村级尺度;空间自相关;耕地保护分区;荣昌区

中图分类号:F301.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)01-0308-08

Evaluation and Protection Zoning of Cultivated Land Quality on Village Scale in Mountainous Hilly Region

XIONG Xiangxiang¹, YANG Chaoxian¹, XIN Guixin², WEI Chaofu¹

(1. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Research Center for Development and Utility of Unique Resources in the Wulingshan Region, Yangtze Normal University, Chongqing 408100, China)

Abstract: The quality evaluation and protection zoning of cultivated land are effective ways to promote the differential protection and management. Taking Rongchang District of Chongqing as example, we studied the spatial autocorrelation and agglomerate characteristics of cultivated land on village scale. Cultivated land quality index was used as the spatial variable, the method of spatial autocorrelation was employed, and the protection partition scheme was put forward based on the analysis results. Firstly, the overall spatial distribution of cultivated land in Rongchang District was relatively weak and positive correlation; for the Moran's I value, spatial correlation of the grade index was strongest, followed by the use index and the natural index; the variation characteristics were obvious in local space, over 70 percent of spatial types presented the pattern of random distribution. The positive correlation types (HH and LL types) existed in the form of 'group', and the negative correlation type (LH type) existed in the 'point' form. Secondly, according to characteristics and sequential combination of local spatial autocorrelation type, the protection zone of cultivated land was divided into four sub-regions including the major reserve region, the major improved region, and the moderate improved region and the moderate adjustment region. The protection measures were put forward correspondingly, which guides different village-level units to protect and improve farmlands. Therefore, in hilly area with poor geographical conditions, such as Rongchang District, the study results could provide references to implement the comprehensive protection and quality construction of cultivated land accurately and effectively.

Keywords: cultivated land quality index; village scale; spatial autocorrelation; protection zoning of cultivated land; Rongchang District

耕地质量是耕地生产力的重要保障,与我国粮食安全、生态安全以及可持续发展战略密切相关,其维护和提高是耕地保护中的一项极为重要的任务^[1]。2017年1月9日中共中央、国务院《关于加强耕地保护和改进占补平衡的意见》提出“推进耕地质量提升和保护,严格落实耕地占补平衡管理”,明确进一步保障耕地,强化耕地数量、质量和生态“三位一体”保护;2018年1月18日国务院办公厅印发修订后的《省级政府耕地保护责任目标考核办法》,从行政管理层面深刻认识坚持最严格的耕地保护制度重要性。在耕地保护和管理中,耕地质量评价和空间分布是基础底数,是耕地保护得以落实的重要保证。

目前,关于耕地质量评价的研究已经比较成熟,重点围绕耕地质量评价的内容^[2-3]、方法^[4-5]和尺度^[6-7]等方面。评价内容主要从耕地的自然条件、利用状况和经济水平3个属性方面综合考虑^[8-9];研究方法广泛运用GIS空间分析功能进行耕地质量评价^[10-11];评价范围涉及全国、省、市(县)、乡镇等不同行政区域^[12-15]。这些研究丰富了耕地质量评价的内涵,但耕地质量空间分布并不是独立存在的,其受地形地貌、光照、水文等自然条件和种植制度、耕地利用方式、发展水平等社会经济条件影响,在空间上存在集聚或异质性^[16]。因此,耕地质量空间特性研究也逐渐成为学术界关注热点。在空间格局上,张贞等^[17]首次采用空间自相关方法,以重庆市合川区为例,分析丘陵山区水田和旱地自然等质量的空间分布规律;在空间尺度变化上,熊昌盛^[18]、李武艳^[19]等探讨了耕地质量在省、市、县、乡级尺度下的空间分布变化情况;在此分析基础上,韦仕川^[20]、党国锋^[21]、陈黎黎^[22]等相继探讨了如何进行耕地保护分区。总体来说,耕地质量评价的研究从内在涵义与外在空间两方面已较为全面;但在空间维度上,主要探讨县域或特定地域空间范围上耕地质量分布规律或变化差异及保护,而结合微观单元尺度对山地丘陵区耕地质量空间特征差异进行评价与保护的研究尚显不足。山地丘陵区是以地形地貌主导的复合系统,地域条件差异显著,耕地质量空间分布差异明显。行政村是我国基层组织管理的最小单元,是开展各类土地利用活动和落实各项土地管理政策的主体,耕地保护和建设的落实与其息息相关。从村级尺度分析山地丘陵区耕地质量的空间分异特性,并据此进行耕地的差异性保护与建设很值得探究。基于此,本文选择重庆市荣昌区为研究区,以耕地质量指数为空间变量,采用空间自相关分析法,探索耕地质量在村级空间尺度上的分布特性,据此提出具体耕地保护分区方案,以期对山地丘陵区耕地差异性保护和管理及不同级别的行政主体制定耕地保护政策提供参考。

1 研究区与数据来源

1.1 研究区概况

荣昌区地处重庆市西部边缘,东经105°17′—105°44′、北纬29°15′—29°41′,位于四川盆地川中丘陵和川东平行岭谷区交界处,是川、渝、黔“西三角”成渝经济发展带的结合部,素有“渝西门户”之称。境内以低山丘陵地貌为主,地势南北高、中间低,气候属典型的中亚热带湿润季风气候区。境内水、热条件较好,温度适宜,年平均日照1 282 h,年降雨量1 111.8 mm。全区土壤类型主要有水稻土、紫色土、冲积土、黄壤土等土类、6个亚类、20个土属。2015年荣昌区土地利用变更数据显示,全区土地总面积1 076.71 km²,其中耕地面积587.28 km²(58 727.55 hm²),占全区土地总面积54.54%;人均耕地面积695 m²,约占全国人均耕地983 m²的70.72%。县域耕地质量受地形地貌、水文等自然条件影响相对较差,最优是国家自然等八等地,最差是国家自然等十一等地。研究区下辖6个街道、15个乡镇,村级行政单元(含行政村、社区、国有权属)359个。2015年末全区户籍总人口84.48万人,农业人口44.06万人,农业总产值63.58亿元,全年粮食总产量31.27万t。荣昌区是典型的农业生产大县和粮油生产基地,也是全国高标准农田建设示范县。因此,对该区域进行耕地质量评价及保护分区具有典型性和代表性。

1.2 数据来源及处理

本文以重庆市荣昌区为研究区,所涉及数据时间节点主要为2015年,研究基础数据包括:(1)文件资料,包括2015年土地利用变更调查、耕地质量等级成果补充完善、土壤普查、农业区划等成果文件以及相关土地经济条件和农业统计资料;(2)图件资料,包括2015年土地利用现状图、耕地质量等级补充完善等别图、地形图、土壤图、农业区划图等;(3)数据库资料,包括2015年土地利用变更调查数据库、农用地分等数据库、耕地质量等级成果补充完善数据库、土壤普查数据库等。

对以上收集的数据资料进行严格的核实,检查数据的可靠性以及计量单位的统一性,并按照《中国耕地质量等级调查与评定》中耕地质量以自然质量等指数、利用等指数以及等别指数来计算,得到各个耕地图斑单元的自然等、利用等和等别指数,再按照重庆市2015年耕地质量等级成果补充完善确立的国家级等别转换规则,将市级耕地质量指数转换为国家级耕地质量指数,构建耕地质量指数基础空间数据库,经统计共58 349个耕地图斑单元。

为了避免异常值对分析的影响,结合荣昌区县级耕地质量指数空间数据和行政区划数据,剔除无耕地

分布的村级行政单元,最终确定涉及荣昌区乡镇级行政单元 21 个,村级行政单元共 214 个。基于耕地图斑质量指数,通过面积加权的方法计算村级行政单元耕地质量指数,得到村级耕地质量指数空间数据,也是空间自相关分析的基础数据。

2 研究方法

2.1 空间自相关

空间自相关是一种重要的空间统计方法,主要用于分析空间数据的分布规律,揭示空间变量的区域结构形态^[23]。通过该方法衡量研究对象的空间自相关特性是依据空间自相关指数实现的,本研究即采用全局 Moran's *I* 指数和局部 Moran's *I* 指数空间自相关来进行耕地质量的空间分布特征探讨。

全局空间自相关主要用于描述空间变量在区域整体上的分布状况,判断其在空间上是否有聚集特性存在,以全局 Moran's *I* 指数表示;其表达式为:

$$I = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{(i,j)}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{(i,j)} \cdot (X_i - \bar{X}) \cdot (X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \tag{1}$$

局部空间自相关用于进一步反映某一空间单元同临近空间单元之间空间变量的相关程度,识别其在局部空间位置的聚合或分散特性,以局部 Moran's *I* 指数表示,它是 Moran's *I* 指数的分解形式,其表达式为:

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)}} \cdot \sum_{j=1}^N W_{(i,j)} \cdot (X_j - \bar{X}) \tag{2}$$

式中:*N* 为研究单元的数目;*X_i* 为研究单元空间属性值, \bar{X} 为 *X_i* 均值;*W_(i,j)* 为研究单元 *i* 与 *j* 之间的空间交互权重值,本文研究单元即村级耕地质量空间单元属性。Moran's *I* 值取值范围为 $[-1, 1]$,通过 *I* 值大小可判断空间变量是否存在空间自相关性及其相关程度。*I* > 0 表示空间正相关,研究对象呈空间集聚特性;*I* < 0 表示空间负相关,研究对象呈空间离散特性;*I* = 0 则表示不存在空间相关性,研究对象呈随机分布。一般用 *Z* 值进行显著性检验,本文取显著性水平 0.05,临界值为 1.96。

2.2 空间权重

空间权重是对变量之间空间关系的度量,是进行空间自相关分析的前提条件。选择合宜的空间权重矩阵是空间自相关分析的有效关键。一般用空间权重矩阵来度量空间单元之间位置上相互关联的程度,Anselin 最早提出了空间权重的确定方法^[24],把空间

位置的相邻关系分为 3 类:邻接关系、距离关系和最近 *K* 点关系。邻接关系又分为 3 种,本文运用 ArcGIS 软件对研究区村级耕地质量单元邻接关系进行空间统计分析,分别基于 Rook, Queen 和 Bishop 邻接原则的一阶邻接空间邻接性,经计算对比空间自相关性分布规律,确定使用 Rook 邻接关系表示村级研究单元之间的邻接关系,可保障模型拟合结果最优。

2.3 村级耕地质量指数

本文从村级尺度探讨耕地质量空间特性,以往研究在对县域进行研究时,将研究单元设定为乡镇,这样可以解决因图斑面积过小导致局部空间自相关分析结果辨识性差的问题^[25]。为了尽可能降低对耕地实际情况的影响,使研究更具科学性,分别从耕地图斑、村级和镇级单元 3 个层次,计算其均值以及方差,比较分析耕地质量指数变化差异。基于耕地图斑的坐落位置,在衔接以图斑耕地质量指数向村级、镇级单元耕地质量指数转变的过程中,若将行政村作为研究单元,则村级耕地质量指数计算式为:

$$R_o = \frac{R_o \cdot S_o}{\sum S_o} \tag{3}$$

式中:*R_o* 表示第 *O* 个行政村的平均耕地质量指数(自然等、利用等、等别);*R_o* 为第 *O* 个行政村中第 *i* 块耕地图斑的质量指数;*S_o* 为第 *O* 个行政村中第 *i* 块耕地图斑的面积(m²)。镇级耕地质量指数采用类比的方法计算得到。分别对比分析图斑、村级、镇级单元耕地质量 3 种指数的特征,村级耕地质量指数的均值和方差较镇级的更接近于图斑单元本身的均值和方差,即村级耕地质量指数更接近实际,结果见表 1。因此,以村级单元来研究将较为科学。

表 1 不同单元尺度下耕地质量指数均值、方差统计

研究单元	自然等指数		利用等指数		等别指数	
	均值	方差	均值	方差	均值	方差
图斑	2438.42	58569.21	1237.21	23094.12	1242.03	30926.09
村级	2474.63	26285.56	1266.22	16649.96	1282.54	27623.88
镇级	2479.39	4672.87	1274.34	7334.02	1293.00	15815.63

3 结果与分析

3.1 村级耕地质量空间分布特征

参照《重庆市荣昌区耕地质量等级成果补充完善技术方案》建立的市级等别和国家级等别对应关系,在 ArcGIS 软件平台中,采用自然断点法设置不同耕地质量指数间距,将村级耕地质量指数划分为相应等别并输出成图,得到村级耕地质量空间分布图。如图 1 所示,荣昌区耕地质量自然等指数整体偏低,这主要是受低山丘陵地形地貌、水源等自然条件的影响。在空间分布上,自然等指数高值区域主要分

布在县域中部城镇周边地区及南北部分区域,结合荣昌区地形、水系分布来看,其主要是位于 340 m 以下低海拔区、平坝区及灌溉水源条件较好地区。低分值区域主要分布于北部中谷区,其自然条件相对较差,附近水源较为缺乏。利用等指数整体上与自然等指数的空间分布特征相似,由于农地整治、基础设施建

设等原因,质量有所提高,分布较为连片。等别指数空间分布差异性比较明显,这也是区域经济发展不平衡的反映,高值区域主要集中分布在中部及西南区域,低值区在全县零散分布,这主要与中部城镇周边区域地形、水源、耕作、技术、资金投入等条件都较为优越有较大关系。

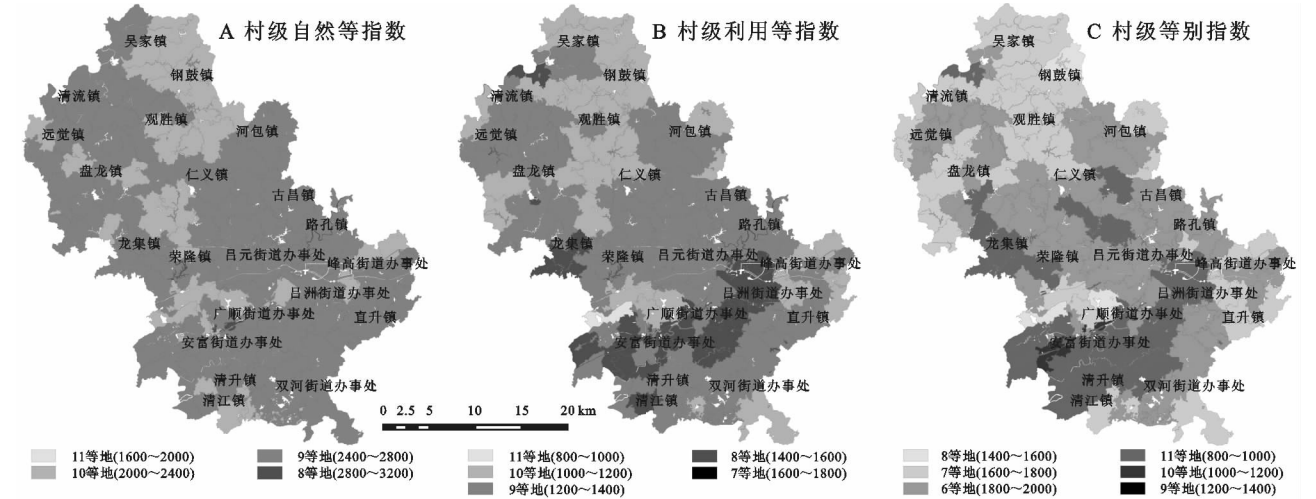


图 1 荣昌区村级耕地质量指数空间分布

3.2 村级耕地质量全局空间自相关分析

本文采用 Moran's *I* 指数作为度量荣昌区村级耕地质量在空间上自相关性的指标,利用 ArcGIS 软件 Spatial Statistics Tools 计算 2015 年荣昌区耕地质量国家自然等、利用等和等别指数的全局空间自相关指数。实际过程中以荣昌区村级空间尺度为研究单元,村级耕地质量 3 类指数为研究变量,采用 Rook 邻接原则设定空间权重矩阵,参照全局空间自相关公式,计算结果见表 2,分析结果均通过 *Z* 值显著性检验。

表 2 2015 年荣昌区村级耕地质量 Moran's *I* 指数

耕地质量指数	自然等指数	利用等指数	等别指数
Moran's <i>I</i> 值	0. 2238	0. 4622	0. 5049

如表 2 所示,村级耕地自然等指数、利用等指数和等别指数的全局自相关 Moran's *I* 值分别为 0. 223 8,0. 462 2 和 0. 504 9,表明 3 种不同类型耕地质量均表现出空间正相关性,但总体上空间相关性较弱。从 Moran's *I* 值大小来看,耕地等别指数>利用等指数>自然等指数,这说明在空间分布上,荣昌区耕地质量自然等指数表现为相对较弱的空间相关特性,利用等指数和等别指数表现为相对较强的空间相关特性,反映出县域耕地质量自然条件在空间上的分异性相对较大,而利用状况和经济水平在空间上的分异性相对较小。

3.3 村级耕地质量局部空间自相关分析

通过对荣昌区村级耕地质量进行全局自相关性分析可知,耕地质量指数在整体上呈现出较弱空间

正相关性,在此基础上,局部自相关分析能够更深入地发现局部的集聚和变异特征。局部自相关空间上具有 4 种不同的自相关类型,其中,HH 和 LL 集聚型表明空间正相关,区域具有较高的空间聚合特性;HL 和 LH 变异型表明空间负相关,区域具有离散特性。对村级耕地质量指数进行局部空间自相关性分析,分类汇总得到局部空间自相关类型统计表(表 3),同时,其结果可用空间关联局域指标(LISA)聚集图表示(图 2)。

依据统计结果与关联图,荣昌区村级耕地质量指数在局部的空间分布状态为:在 95% 的置信度下,大部分村级单元在空间上表现为非显著型;除此,3 种耕地质量指数呈 HH 型和 LL 型的单元个数比例反映了耕地质量指数的正相关显著程度,其正相关显著性由大到小依次为:村级耕地等别指数、村级耕地利用等指数、村级耕地自然等指数,表明随着荣昌区耕地质量利用水平、经济水平的提高,空间关联性增强,此结果与全局空间自相关结果分析一致。

表 3 荣昌区村级耕地质量指数局部空间自相关类型与村级单元个数统计

自相关类型	自然等指数		利用等指数		等别指数	
	个数	比例/%	个数	比例/%	个数	比例/%
高一高型(HH)	13	6. 08	26	12. 15	31	14. 48
高一低型(HL)	0	0	0	0	0	0
低一高型(LH)	2	0. 93	1	0. 47	1	0. 47
低一低型(LL)	5	2. 34	14	6. 54	16	7. 48
非显著性	194	90. 65	173	80. 84	166	77. 57
总计	214	100	214	100	214	100

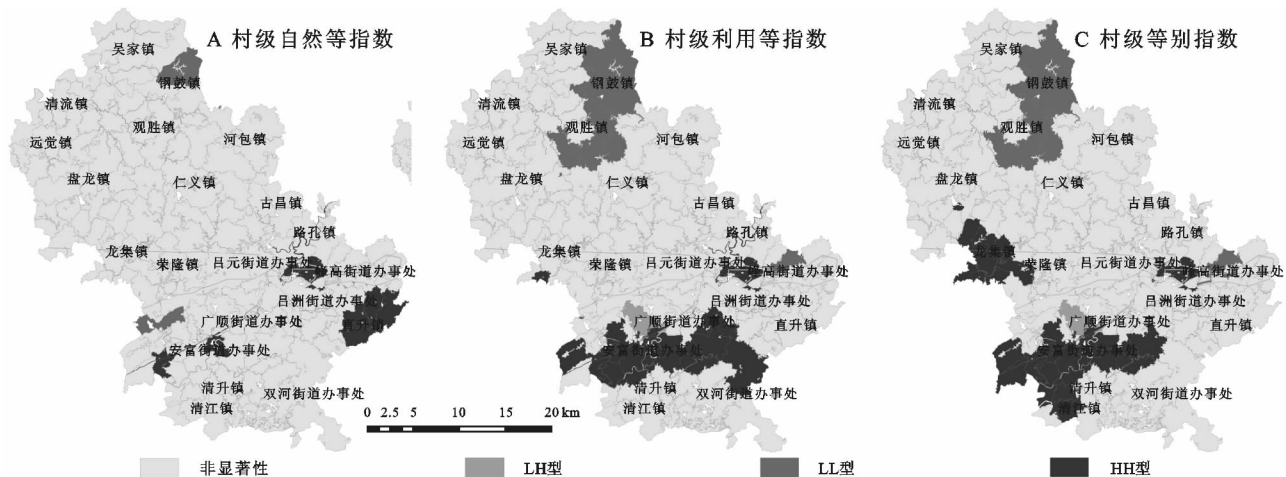


图 2 荣昌区村级耕地质量指数空间关联聚集图

3.3.1 村级耕地质量自然等指数局部空间自相关分析 表 3 耕地质量自然等指数的局部自相关结果显示,空间正相关的 HH 型和 LL 型村级单元分别为 13,5 个,仅占总单元个数的 8.42%;空间异常分布的 LH 型单元仅为 2 个,不存在 HL 型;非显著型单元个数占到村级总数的 90.65%,该种类型单元没有通过显著性检验,呈空间随机分布。耕地自然等指数主要受自然因素的影响,这也充分表明以低山丘陵为典型地貌的荣昌区耕地质量受地势、坡度、水源等自然条件的限制,区域耕地质量自然等分布差异性很大,在少数区域呈现出规律性,空间集聚关联性较弱。结合关联图,HH 型村级单元主要“组团”分布在直升镇东北部与峰高街道西南部,聚集分布于县域的东南角;LL 型则“点状”分布在安富街道与铜鼓镇的北部区域。

在实际中,耕地自然等 HH 型分布的直升与峰高街道交界区域以浅丘平坝地形为主,兼有少量低山,地势起伏不大,土壤肥沃,区域内有 7 座中型水库,排灌条件较好,耕作自然条件优越;这是耕地自然等 HH 型集中分布在此的主要原因。县域内耕地自然等 LL 型较为典型的分布在安富街道与铜鼓镇北部,其受安富街道北部鸭屿山和铜鼓镇北部铜鼓山的影响,地势较高、坡度较大,水土流失较为严重,土壤厚度不足,排灌条件较差,自然条件恶劣。县域其他区域受低山丘陵地貌影响,各区域耕地质量自然资源禀赋差异较大,分布呈现出随机、异常现象。由此,基于耕地自然质量指数的局部空间自相关分析所得到的空间关联聚集图与荣昌区实际耕地自然质量情况基本一致。

3.3.2 村级耕地质量利用等指数局部空间自相关分析 表 3 耕地质量利用等指数的局部自相关结果显示,空间正相关的 HH 型和 LL 型村级单元分别为 26,14 个,占总单元个数的 18.69%,较村级耕地质量自然等指数显著增加;空间异常分布的 LH 型单元仅

为 1 个,不存在 HL 型,与自然等指数空间分布略有差异;非显著型单元个数占到村级总数的 80.84%,呈空间随机分布的村级较自然等指数显著减少。耕地利用等指数是在自然等指数的基础上考虑耕作利用水平,耕地利用等指数的相关性效应显著提高表明:随着土地整治、道路、水利基础设施建设的实施,改善了耕地生产条件,区域间耕地生产能力差距缩小,总体上耕地利用质量差异性减小,空间集聚关联性增强。结合关联图,HH 型村级单元主要分布在安富街道东南部、广顺街道南部、昌洲街道南部及东北部以及双河街道的东北部,形成自安富—广顺—昌洲—双河的“街道连片式”分布形态,HH 型集聚单元较自然等指数明显增多;LL 型则主要分布在吴家镇东部、铜鼓镇全镇以及观胜镇南部,较自然等指数表现出“点带面”延伸式扩展;空间异常分布的 LH 型仅分布在广顺街道西北部,1 个行政村表现出这种现象。

结合荣昌实际情况,耕地利用等 HH 型的耕地多分布于主城区街道周边村域,地势平缓,路网、水系均较为发达,耕地条件较好,距离城镇较近,能得到较好的管理,尤其安富街道是土地整治的重点乡镇,因此在耕地利用情况上表现出高值的聚集分布;而荣昌区北部以低丘中谷地貌为主,吴家镇、铜鼓镇、观胜镇部分区域地形起伏较大,距离县城较远,道路硬化率和道路网密度均较低,农村道路等基础设施较为欠缺,耕作难以连片化进行,因此耕地的利用情况较差,而呈现出典型的 LL 型分布,铜鼓镇由于铜鼓山的原因表现尤其突出。LH 型分布的村域位于广顺街道城镇南部,由于广富工业园区拓展,其耕地利用的水平较为低下。县域其他区域耕地质量利用等在自然条件约束下并未明显改善,仍呈现出随机、异常分布。

3.3.3 村级耕地质量等别指数局部空间自相关分析 表 3 耕地质量等别指数的局部自相关结果显示,

空间正相关的 HH 型和 LL 型村级单元分别为 31, 16 个, 占总单元个数的 21.96%, 较村级耕地质量利用等指数略有增加; 空间异常分布的 LH 型单元仅为 1 个, 不存在 HL 型, 与利用等指数空间分布相同; 非显著型单元个数占总数的 77.57%, 呈空间随机分布的村级较利用等指数也稍有减少。耕地等别指数是在利用等指数的基础上考虑经济水平, 包括种植成本、劳动力成本、资金和技术投入等。耕地等别指数的空间关联性增强表明: 不同区域的种植成本和收益、经济发展水平、劳动力成本不同, 但随着社会经济的发展, 资金、技术、劳动力要素的流入, 不同程度提高了区域耕地等别质量, 总体上等别指数的空间关联性进一步提高。空间分布上, 村级耕地质量等别指数的局部空间自相关分布大致与利用等指数相似。HH 型村级单元主要分布在安富街道中部及南部、广顺街道南部、昌洲街道南部及东北部、清江镇的中部及北部以及龙集镇全域、盘龙镇东南部、荣隆镇西北部, 形成自昌洲—广顺—安富—清江与盘龙—龙集—荣隆的“两组团式”分布形态, 较利用等指数空间集聚有所增强; 其余空间类型分布与利用等指数基本一致。

实际上, 耕地等别指数 HH 型的耕地分布于以“安富—广顺—昌洲南部连线”为核心的周边区域, 其地势、交通、水系条件均要好, 在城镇发展辐射带动下, 资金、人才、技术等资源都比较丰富, 优质稻、油菜等农产业均分布在此; 龙集辐射片区是荣昌区的粮油主产区, 水资源丰富, 经过近年的土地整治, 耕地集中连片, 打造成中西部特色种养示范片区。因此, “两组团”在耕地经济水平上表现出高值的聚集分布。耕地等别指数其余空间类型分布与利用等指数基本一致, 在地域分异明显条件下难以实现显著提高。

3.4 基于局部空间自相关的耕地保护分区

在实际中, 耕地质量的保护与建设应结合耕地质量空间差异特征制定差别化的保护措施, 切实加强耕地有效保护。以往研究多数是从耕地质量自然、利用、经济 3 个方面的空间分布差异分别提出不同的保护措施, 而忽视了耕地本身的整体和综合性能。本文基于耕地质量的局部空间自相关分析结果, 综合考量耕地质量 3 种指数在空间上的分异效应, 提出耕地保护分区及措施。

通过对耕地村级自然等指数、利用等指数和等别指数的局部空间自相关结果进行空间叠加, 属性连接, 分类汇总, 统计得出村级耕地质量 3 种类型的空间组合, 共 16 种组合方式, 其中绝大多数的组合为非—非—非, 见表 4。最终依据村级的 3 种耕地质量的空间类型组合, 结合相关耕地保护原则, 划为以下

4 种耕地保护分区, 并提出相应的保护措施, 具体见表 5; 对应的还有保护分区图(图 3)。

(1) 重点保护区: 该区域耕地 3 种质量水平呈空间高值集聚分布, 主要分布在主城安富—广顺—昌洲街道南部及周边区域、峰高街道与直升镇交汇处、龙集镇周边片区等, 应在维持与保护现状耕地质量水平基础上, 综合提高耕地质量水平, 禁止非农建设, 切实划定城镇周边永久基本农田, 避免城镇扩张占用优质耕地。

(2) 重点改良区: 该区域耕地 3 种耕地质量呈低高异常分布状况, 仅在广顺街道北部及峰高街道高速公路周边分布, 是向高质量耕地改良的首选地区, 需避免非农建设, 对耕地进行综合整治, 重点改善低值耕地的自然条件、利用管理条件、投入产出效应水平, 提高地区耕地综合质量水平。

(3) 适度改良区: 该区域耕地综合质量大多呈空间随机分布, 少量存在低值、异常分布情况, 分布在县域中部、南部及西北部, 由于地域条件的分异性, 大部分地区耕地均呈随机分布, 无规律特征, 故需结合区域实际情况, 对耕地地块从自然、利用、经济效益进行针对性适度改良, 提高生产能力, 定位农业发展方向, 形成特色农业模式。

(4) 适度调整区: 该区域耕地综合质量呈空间低值集聚分布, 主要分布在吴家镇东部、铜鼓镇、观胜镇南部及峰高街道西北部, 受自然、经济条件综合限制, 应结合实际对耕地质量低值聚集分布区域进行适当调整, 减少对耕地的利用和投入, 发展非粮产业, 有条件的地区可逐步实施农业调整或退耕还林还草。

表 4 荣昌区村级耕地质量局部空间自相关类型组合统计

局部空间自相关 类型组合	村级单元 个数	耕地 面积/hm ²	面积 比例/%
非—非—非	152	42190.43	71.84
非—非—HH	10	3723.35	6.34
非—非—LL	3	1.8	0
非—HH—非	2	1631.92	2.78
非—HH—HH	15	3884.02	6.61
非—LH—LH	1	190.6	0.32
非—LL—非	1	4.95	0.01
非—LL—LL	10	3915.54	6.67
HH—非—非	4	1477.29	2.52
HH—HH—非	3	7.91	0.01
HH—HH—HH	6	908.13	1.55
LH—非—非	1	5	0.01
LH—非—LL	1	0.25	0
LL—非—非	2	123.17	0.21
LL—LL—非	1	0.01	0
LL—LL—LL	2	663.18	1.13
汇总	214	58727.55	100

表 5 基于局部空间自相关类型组合的荣昌区耕地保护分区

保护分区	局部空间自相关类型组合	典型区域	保护措施	管控说明
重点保护区	HH—HH—HH	安富、广顺、昌洲街道南部、双河街道北部、清江镇、龙集镇以及直升镇与峰高街道交汇处等	维护与保持现有高值耕地质量状况,依据区域实际情况,综合性提高耕地自然、利用、经济水平	禁止非农建设,可切实划定城镇周边永久基本农田
	HH—HH—非			
	HH—非—非			
	非—HH—HH			
	非—HH—非			
重点改良区	非—非—HH	广顺街道北部、峰高街道成渝高速周边	重点改善低值耕地的自然条件、利用管理条件、投入产出效应水平	避免非农建设,可针对性提高耕地自然、利用、经济水平的优势
	LH—非—非			
适度改良区	非—LH—LH	县域中部、南部及西北部,包括中部典型粮油农业大镇(盘龙、仁义镇等)	结合区域实际情况,对低值与随机分布耕地地块从自然、利用、经济条件进行针对性改良提高	适度非农建设,可单方面改善耕地质量,提高生产能力,突出农业特色
	LH—非—LL			
	LL—非—非			
	非—非—非			
	非—LL—非			
适度调整区	非—非—LL	吴家镇东部、铜鼓镇、观胜镇南部及峰高街道西北部	结合实际,对耕地质量低值聚集分布区域进行适当调整,发展非粮产业,减少对耕地的利用、投入水平	适宜非农建设,可有条件的逐步实施农业结构调整或退耕还林还草
	非—LL—LL			
	LL—LL—非			
	LL—LL—LL			

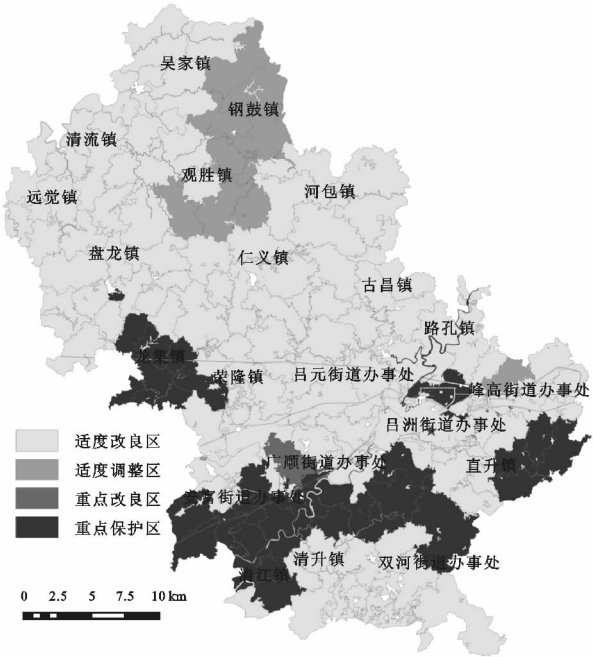


图 3 荣昌区耕地保护分区

4 讨论

(1) 基于村级尺度的空间自相关方法能够有效地综合评价山地丘陵区耕地质量的全局空间分布规律及局部变异特征。近年来,耕地质量的重要性愈益受到政府和学术界的关注,但专门针对丘陵区耕地质量空间特性差异研究却不多。目前多数研究是以东北、南部平原地区典型县域范围为对象,分析耕地质量的空间相关性及变异特征,表明了耕地质量较强的空间关联特性以及局部空间类型特征(4 种类型均存在)^[22,25]。鉴于此,本文从村级尺度分析山地丘陵区,相对于其他地区的自然条件特殊性,突出地形地

貌、水资源等劣势自然条件的限制作用,表明山地丘陵区耕地质量的空间关联性较弱,局部特征差异明显。多数地区均是随机分布,少量区域存在局部变异类型;而高值类型分布区均以自然条件优越为基础,多出现在主城城镇周边,低值类型区存在明显的高山、高坡等自然恶劣情况。相比其他地域研究结果^[18,26],山地丘陵区耕地质量空间分布差异性很大,局部变异性较强,极化效应较为显著,即自然条件优越一般存在高值类型集聚,自然条件恶劣一般存在低值类型集聚;也突出丘陵山区自然条件是影响耕地质量分布关联的重要障碍因素。

(2) 基于耕地质量空间类型组合,制定保护分区方案,可综合性从自然、利用、经济水平实现山地丘陵区耕地差异性保护。以往研究多是以耕地不同类型质量的空间分布特征,分别进行提出耕地保护分区与措施,然后依据研究区状况,确定使用某一种方案^[22-23]。基于此,研究对 3 种耕地质量指数进行局部空间自相关分析,既综合考虑耕地自然等、利用等、等别质量的内在涵义,又依据区域 3 种质量相对应的局部空间类型组合结果,提出耕地保护分区方案;突破了单纯从耕地某一方面质量空间特性角度制定耕地保护分区方式的局限,综合性保护耕地,为耕地保护分区、耕地的差异化保护和管理提供新的思路。特别在山地丘陵地区,具有地理条件差、耕地破碎、基础设施建设滞后的劣势,又有资源条件、立体气候、耕种结构等多样化差异,其决定耕地质量的空间分布差异特性。在大力推进高标准农田建设进程中,应结合耕地质量的空间分异特征,优先选择重点保护区、重点改良区,做到“先保优,后提升”,从而为耕地质量的有效

提升和建设提供保障,科学合理地对区域耕地进行综合性和差异性保护。

5 结论

(1) 受地形地貌、水资源等劣势自然条件的限制,山地丘陵区耕地质量的空间关联性较弱,局部特征差异明显。全局空间下,研究区耕地质量空间分布呈现较弱的正相关性,全局 Moran's I 值表现为耕地等别指数(0.504 9) > 利用等指数(0.462 2) > 自然等指数(0.223 8);局部空间下,则呈现较强的变异特征,70%以上局部空间类型为非显著性,分布为随机性。从具体类型来看,正相关类型(HH型和LL型)多以“组团”形式存在,且自然条件优越区一般存在高值类型集聚,自然条件恶劣区一般存在低值类型集聚;负相关类型(LH型)以“点状”形式存在,无明显集聚区,表明自然条件是山地丘陵区耕地质量分布的重要影响因素。

(2) 针对耕地质量的空间聚集特征,基于局部空间自相关分析结果,将耕地保护划分为重点保护区、重点改良区、适度改良区和适度调整区4类,并根据不同空间自相关类型的特征及顺序组合,分别从耕地自然条件、利用水平和经济效益角度,提出了符合区域实际情况的耕地保护措施及管控说明,为山地丘陵区各级行政主体精准有效地实施耕地保护和质量建设提供了差异化应对策略。

参考文献:

- [1] 付国珍,摆万奇.耕地质量评价研究进展及发展趋势[J].资源科学,2015,37(2):226-236.
- [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] Yang Z, Yu T, Hou Q, et al. Geochemical evaluation of land quality in China and its applications[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2014,139(1):122-135.
- [4] 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,2012,43(1):70-75.
- [5] 于东升,张广星,张忠启,等. BIO-NORM与NORM耕地质量评价方法对比研究[J].土壤学报,2011,48(2):238-245.
- [6] 魏洪斌,吴克宁,赵华甫,等.中国中部粮食主产区耕地等别空间分布特征[J].资源科学,2015,37(8):1552-1560.
- [7] 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.
- [8] 石淑芹,陈佑启,姚艳敏,等.东北地区耕地自然质量和利用质量评价[J].资源科学,2008,30(3):378-384.
- [9] 侯现慧,王占岐,杨俊.富硒区耕地质量评价及利用分区

研究:以福建省三元区为例[J].资源科学,2015,37(7):1367-1375.

- [10] Zhou R, Wu Y, Hai C, et al. Comprehensive Evaluation of Cultivated Land Quality Based on GIS in Tumote Right Banner of Inner Mongolia Autonomous Region[M]//Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013:499-508.
- [11] 杜昭阳,辛磊,李超,等.基于质量评价的耕地建设分区研究:以河北省望都县为例[J].农业现代化研究,2013,34(6):733-737.
- [12] 孔祥斌,张青璞.中国西部区耕地等别空间分布特征[J].农业工程学报,2012,28(22):1-7.
- [13] Wang Z, Wang L, Xu R, et al. GIS and RS based assessment of cultivated land quality of Shandong province[J]. Procedia Environmental Sciences, 2012, 12(4):823-830.
- [14] 王树涛,许策,李子良,等.县域尺度耕地生产能力的空间变异[J].农业工程学报,2013,29(17):230-239.
- [15] 秦元伟,赵庚星,董超,等.乡镇级耕地质量综合评价及其时空演变分析[J].自然资源学报,2010,25(3):454-464.
- [16] 刘露,周生路,田兴,等.不同比例尺下耕地质量分等结果的差异及影响因素研究[J].自然资源学报,2016,31(4):629-638.
- [17] 张贞,魏朝富,尚慧.丘陵山区耕地质量的空间格局分析[J].长江流域资源与环境,2010,19(8):901-907.
- [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] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 陈黎黎,宋戈,邹朝晖,等.基于改进局部空间自相关分析的萝北县耕地保护分区[J].资源科学,2016,38(10):1871-1882.
- [23] Overmars K P, De Koning G H, Veldkamp J A. Spatial autocorrelation in multi-scale land use models[J]. Ecological modelling, 2003,16(4):257-270.
- [24] Anselin L. Local indicators of spatial association-LISA[J]. Geographical Analysis, 1995,27(2):93-115.
- [25] 熊昌盛,栾乔林,韦仕川.基于空间自相关的耕地质量分布格局[J].地域研究与开发,2016,35(5):128-132,148.
- [26] 宋戈,李丹,梁海鸥,等.松嫩高平原黑土区耕地质量特征及其空间分异:以黑龙江省巴彦县为例[J].经济地理,2012,32(7):129-134.