

基于生态环境保护视角的农村居民点用地布局适宜性评价 ——以江苏省宜兴市为例

文博¹, 刘友兆¹, 夏敏¹, 王玮²

(1. 南京农业大学 公共管理学院, 江苏 南京 210095; 2. 南京林业大学 家居与工业设计学院, 江苏 南京 210000)

摘要: [目的] 以生态环境保护为视角, 根据江苏省宜兴市经济发达、生态环境优越的特点, 从水土保持和生物多样性保护两方面探讨农村居民点用地布局适宜性, 为该区农村居民点规划、整理提供依据。[方法] 基于宜兴市 2010 年 ETM 遥感数据、DEM 数据和植被覆盖数据, 运用最小累积阻力模型得到水土保持和生物多样性保护最小累积阻力面, 借助 ArcGIS 9.3 软件, 采用空间叠加分析方法和自然断点法对宜兴市农村居民点用地布局适宜性进行分类。[结果] 宜兴市农村居民点用地可划分为高度适宜、中度适宜、低度适宜、不适宜 4 种类型, 分别占农村居民点用地总面积的 57.67%, 12.82%, 22.83%, 6.68%。[结论] 不同适宜程度的农村居民点用地应当分别采取重点发展、适度建设、限制扩张以及优先整治的对策, 基于生态环境的农村居民点用地布局适宜性评价能够满足宜兴市农村居民点用地布局中保护生态环境的要求。

关键词: 农村居民点; 生态环境保护; 最小累积阻力模型; 适宜性评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)04-0280-06

中图分类号: F301.23

文献参数: 文博, 刘友兆, 夏敏, 等. 基于生态环境保护视角的农村居民点用地布局适宜性评价[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 280-285. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.04.048

Suitability Evaluation of Rural Residential Land from Perspective of Ecological Environment Protection — A Case Study on Yixing City of Jiangsu Province

WEN Bo¹, LIU Youzhao¹, XIA Min¹, WANG Wei²

(1. College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;

2. College of Furniture and Industrial Design, Nanjing Forestry University Nanjing, Jiangsu 210000, China)

Abstract: [Objective] To evaluate the suitability of rural residential land from the perspective of ecological environment protection, this paper took the conservation of water, soil and biodiversity into consideration according to the present characteristics of well-developed economy and superior ecological environment in Yixing City of Jiangsu Province. [Methods] Based on data of ETM, DEM, and vegetation coverage in Yixing City in 2010, the method of minimum cumulative resistance model was used to calculate the minimum cumulative resistance surfaces of water-soil conservation and biodiversity conservation, then the methods of spatial overlay analysis and natural break were used to determine the suitability grades by ArcGIS 9.3. [Results] The suitability of the rural residential land in Yixing City can be divided into four grades: highly suitable, medium suitable, lowly suitable and unsuitable, which accounts for 57.67%, 12.82%, 22.83% and 6.68% of the total area, respectively. [Conclusion] Suggestions of key development, moderate construction, restricted expansion and prior remediation were proposed at the above mentioned grade of rural residential land. The research results can not only satisfy the requirements of rural residential land layout in Yixing City for the purpose of ecological environment protection, but also can provide some references for the rural resi-

收稿日期: 2015-09-21

修回日期: 2016-04-26

资助项目: 中国科学院流域地理学重点实验室开放基金项目“城乡统筹背景下基于多智能体的农村土地利用变化模拟研究”(WSGS2015008); 江苏省国土资源厅科技项目(2015023); 中央高校基本科研业务费人文社科基金项目(SK2016024); 教育部人文社会科学研究青年基金(14YJC760061); 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(KYZZ15_0161)

第一作者: 文博(1989—), 男(汉族), 江西省萍乡市人, 博士研究生, 主要研究方向为土地可持续利用。E-mail: njndwb@126.com。

通讯作者: 夏敏(1971—), 女(汉族), 江苏省南京市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土地利用与规划、土地信息技术等方面的研究。E-mail: xm@njau.edu.cn。

dential land layout optimization in other similar area.

Keywords: rural residential land; ecological environment protection; minimum cumulative resistance model; suitability evaluation

农村居民点作为我国农村人口生产和生活的主要场所,长期以来,由于缺乏整体系统的规划和有效约束与管理,出现了村庄布局零落、分散、扩张无序等现象,不仅造成了土地资源的严重浪费,同时农村居民点用地布局的适宜性问题往往也被忽视。随着我国经济社会的不断发展,城镇化水平的日益推进,人们的生产生活方式发生了改变,土地利用方式也随之改变。土地利用的适宜性问题已经成为解决人地矛盾、实现土地资源的可持续利用所必需要研究的内容。国外学者较早地对土地利用适宜性评价展开了积极探索。MacDougall,Steinitz 等^[1-2]利用图像叠加的方法进行土地利用适宜性研究。随着 GIS 的出现,并且与多指标决策方法、人工智能方法的结合,使土地利用适宜性研究朝着综合化、精确化和动态化的方向发展^[3-4]。随着土地适宜性研究领域的不断发展,土地利用适宜性的研究对象也得到了丰富,学者们对耕地适宜性^[5]和建设用地适宜性^[6]进行了研究。在我国,农村居民点用地作为一种特殊的土地利用类型,其适宜性问题得到了不少学者的重视,有学者针对评价指标体系进行了探讨^[7],也有研究者针对生态脆弱区展开了研究^[8],还有学者尝试将生态位理论方法^[9-10]、引力模型^[11]等方法引入,极大程度地丰富了农村居民点用地适宜性评价的内容和方法;在农村居民点整治适宜性评价方面,不仅有针对特定区域的研究^[12],有些学者探讨了综合评价法^[13]、递阶模糊评价模型^[14]的应用问题。目前,国内外研究者在农村居民点用地布局适宜性和整治适宜性方面已初步形成了一套理论方法,但是对于特定视角的农村居民点用地布局适宜性研究较少,目前仅有少数学者基于生计转型等视角进行探讨^[15]。当经济发达地区的经济水平发展到一定的阶段,经济因素便不再是限制农村居民点用地布局的主要问题,应针对研究区选择适当的评价指标、评价途径,才能有针对性的提出布局方案。

江苏省宜兴市地处苏南经济发达地区,具有经济水平发达、基础设施建设优越、自然环境优美等特点。因此,经济因素已经不再是该地区农村居民点用地布局的主要限制因素,而应该更多考虑地水土保持、生物多样性保护等宜兴市面临的问题。基于以上考虑,本研究以生态环境保护为视角,从水土保持和生物多样性保护两方面来探讨农村居民点用地布局适宜性,借助 ArcGIS 9.3 空间分析工具,对两种农村居民点用地布局适宜性结果进行叠加分析,采用自然断点法

将结果划分不同适宜性等级,并且针对不同等级提出相应的建议。从该视角进行农村居民点适宜性研究不仅可以为当地的农村居民点规划、整理提供依据,同时为农村居民点用地布局优化研究提供一种新的思路。

1 数据准备

研究选用宜兴市 2010 年 ETM 遥感数据,通过解译划分了耕地及其它农用地、园地、城镇建设用地、农村居民点用地、水域和林地共 6 种土地利用类型,得到土地利用类型矢量图;将宜兴市的 1:10 万的地形图扫描,应用 ArcGIS 9.3 进行矢量化,经处理得到拓扑关系完整的矢量图,通过栅格化处理得到栅格大小为 30 m×30 m 的该市 DEM 数据,最终生成坡度图;植被覆盖度由遥感影像混合光谱分解获得,由于部分数据缺失,最终得到研究区面积 $1.71 \times 10^5 \text{ hm}^2$,农村居民点用地面积 $1.06 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

2 研究方法

农村居民点用地扩张过程从空间上可以认为是农村居民点用地与周围环境之间竞争性控制和覆盖过程,即农村居民点用地不断拓展、自然空间不断后退。随着社会经济的不断发展,农村居民点的面积在不断的增加,农村居民的生产和生活不可避免的对周围生态环境造成破坏。由于篇幅有限,仅从水土保持和生物多样性两个方面对生态环境保护视角下的农村居民点用地布局适宜性进行研究。本文以水土保持、生物多样性保护为研究视角,引入最小累积阻力模型进行农村居民点用地布局适宜性分析,具体分析框架如图 1 所示。

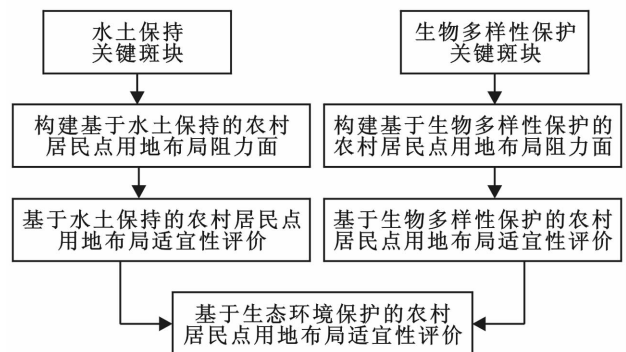


图 1 基于生态环境保护的农村居民点用地布局适宜性评价分析框架图

3 最小累积阻力模型概述

采用最小累积阻力模型 (minimum cumulative resistance, MCR) 来建立阻力面。该模型已广泛应用于土地资源空间格局生态优化、城镇土地空间重构等方面,该模型考虑 3 个方面的因素,即源、距离和景观基面特征。基本公式为:

$$MCR = f \min \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \cdot R_i) \quad (1)$$

式中: f ——一个未知的正函数; D_{ij} ——从 j 点到点 i 所穿越的空间距离; R_i ——在景观 i 表面运动的阻力系数。

公式(1)根据 Knaapen 等人^[16]的模型和地理信息系统中常用的费用距离(Cost-distance)修改而来。尽管函数 f 通常是未知的,但 $(D_{ij} \cdot R_i)$ 的积累值通常被认为是源到空间某一点的需要克服的阻力总和。其中从所有源到该点阻力的最小值被用来衡量该点

的易达性。因此,阻力面反映了农村居民点布局适宜性的大小。该模型可以通过 ArcGIS 9.3 中的 Cost-Weighted 工具实现。

4 宜兴市农村居民点用地适宜性评价

基于宜兴市自身特点考虑,宜兴市的农村居民点用地布局适宜性应该重点考虑生态环境保护方面的因素。

因此,本部分基于水土保持、生物多样性保护对宜兴市的农村居民点用地布局适宜性进行探讨。

4.1 “源”的确定

针对水土保持、生物多样性保护的不同目的,确定各种保护目的的关键性斑块,并以此作为源地。根据所获得的数据,参考农村居民点用地布局适宜性评价的相关文献^[8-12],结合宜兴市的实际特征,对本文所需要的数据进行分类(表 1)。

表 1 关键斑块“源”的提取

源类别	提取内容
水土保持 关键斑块	将宜兴市坡度分为 $\leq 2^\circ$, $2^\circ \sim 6^\circ$, $6^\circ \sim 15^\circ$, $15^\circ \sim 25^\circ$, $\geq 25^\circ$ 共 5 个等级;将植被覆盖度通过 ArcGIS 9.3 中的重分类工具,采用自然断点法(Natural Break)将植被覆盖度分成 0.051, 0.140, 0.217, 0.275, 0.329, 0.391, 0.455 和 0.528, 8 个断点 9 个等级。通过 ArcGIS 9.3 的栅格计算工具,将研究区内坡度最大和植被覆盖度最低的栅格作为水土保持源。
生物多样性保护 关键斑块	经过对宜兴市的实地调查发现,宜兴市的动植物大都集中在南部丘陵山区,具体集中地包括铜官山、桃花山、龙池山、鸡笼山、蜀山、青龙山等丘陵山区,同时,溇湖、横山水库以及靠近城市的龙背山国家森林公园和城市内的洺滨公园等地由于植被覆盖度高、丰富度大,因而成为众多生物的聚集地。所以,此处选择这些地区作为宜兴市生物多样性保护源。

4.2 阻力面的确定

4.2.1 基于水土保持的农村居民点用地布局阻力面构建 针对不同的保护目的,构建不同的阻力面。对于水土保持,由于坡度、植被覆盖度、土地利用类型是引起水土流失的主要因素,若是局部环境催生水土流失,进而引发土地塌陷、山体滑坡,对居住在周围的农村居民形成人身安全和财产安全的危险,因此,选取坡度、植被覆盖度、土地利用类型作为阻力因子,构建阻力面。此处,同样将坡度分为 $\leq 2^\circ$, $2^\circ \sim 6^\circ$, $6^\circ \sim 15^\circ$, $15^\circ \sim 25^\circ$, $\geq 25^\circ$ 共 5 个等级,将植被覆盖度分成 0.051, 0.140, 0.217, 0.275, 0.329, 0.391, 0.455 和 0.528, 8 个断点 9 个等级。坡度越大越容易发生水土流失,植被覆盖度越低越容易发生水土流失的原则对不同类别的坡度和植被覆盖度进行阻力系数的赋值。由于不同生态系统所提供的生态服务功能包括气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与营养循环、废物处理、生物多样性保护、食物生产、原材料和娱乐功能,因此,不同土地利用类型的阻力系数参考

生态系统单位面积生态服务价值(表 2)所确定。水土流失主要涉及水源涵养能力和土壤形成和保护能力。综合考虑生态系统单位面积生态服务价值表、宜兴市自然情况综合分析,得到各土地利用类型对水土流失的阻力系数。综合上述分析,对坡度、植被覆盖度和土地利用类型的阻力系数和权重赋值详见表 3。需要注意的是,本研究认为坡度、植被覆盖度和土地利用类型对于水土流失具有同样的影响,同时,阻力系数仅表示相对阻力大小,并非阻力的实际值。

4.2.2 基于生物多样性保护的农村居民点用地布局阻力面构建 由于人类活动对野生动物的生存和迁徙有着直接地影响,农村居民点的布局也是如此。野生动物栖息繁衍的区域在地势、水源等因素上可能适宜农村居民点布局,但是,以生物多样性保护为视角的农村居民点用地布局,就要考虑农村居民点对周围生物环境的影响,将野生动物活动的核心区域以及生物廊道人为的确定为不适宜农村居民点布局的区域,以达到保护生物多样性的目的。选择植被覆盖度和

土地利用类型作为代表生物多样性保护的阻力因子建立阻力面,考虑到土地利用类型和植被覆盖度对生物多样性保护的影响重要性一致,最终对这两个阻力面赋以 0.5 的权重进行栅格计算,得到生物多样性保护阻力面。

植被覆盖度越高,生物活动、迁徙越容易,生物多样性保护受到的阻力越小,土地利用类型方面的阻力依据生态系统单位面积生态服务价值中生物多样性保护功能价值排序,对宜兴市的植被覆盖度和土地利用类型进行阻力系数的赋值(表 4)。

表 2 中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值

元/(hm²·a)

服务功能	森林	草地	农田	湿地	水体	荒漠
气体调节	3 097.0	707.9	442.4	1 592.7	0.0	0.0
气候调节	2 389.1	796.4	787.5	15 131.0	407.0	0.0
水源涵养	2 831.5	707.9	530.9	13 715.0	18 033.0	26.5
土壤形成与营养循环	3 450.9	1 725.5	1 291.9	1 513.1	8.8	17.7
废物处理	1 159.2	1 159.2	1 451.2	16 087.0	16 087.0	8.8
生物多样性保护	2 884.6	964.5	628.2	2 212.2	2 203.3	300.8
食物生产	88.5	265.5	884.9	265.5	88.5	8.8
原材料	2 300.6	44.2	88.5	61.9	8.8	0.0
娱乐	1 132.6	35.4	8.8	4 910.9	3 840.2	8.8
合计	19 334.0	6 406.5	6 114.3	55 489.3	40 676.6	371.4

表 3 水土保持影响因素及其阻力系数

影响因素	权重	分级	阻力系数
植被覆盖度	0.333	≥0.528	9
		0.455~0.528	8
		0.391~0.455	7
		0.329~0.391	6
		0.275~0.329	5
		0.217~0.275	4
		0.140~0.217	3
		0.051~0.140	2
		≤0.051	1
坡度	0.333	≤2°	9
		2°~6°	7
		6°~15°	5
		15°~25°	3
		≥25°	1
土地利用类型	0.333	林地	9
		水域	8
		园地	7
		耕地	6
		草地	5
		建设用地	3
		未利用地	1

阻力面。根据空间分析得到的格点频率序列图,由于变化曲线中较为明显的转折处反映阻力值已发生了较大的突变,两侧的最小累积阻力类型异质性较大,可以认为这些明显转折点为最小累积阻力发生变化的点,因而,根据这些拐点进行各保护目标的最小累积阻力面重分类,结果如图 2 所示。

表 4 生物多样性保护影响因素及其阻力系数

影响因素	权重	分级	阻力系数
植被覆盖度	0.5	≥0.528	1
		0.455~0.528	2
		0.391~0.455	3
		0.329~0.391	4
		0.275~0.329	5
		0.217~0.275	6
		0.140~0.217	7
		0.051~0.140	8
		≤0.051	9
土地利用类型	0.5	林地	1
		水域	2
		园地	3
		草地	4
		耕地	5
		建设用地	7
		未利用地	9

5 结果与分析

5.1 最小累积阻力面的构建

根据水土保持和生物多样性保护源和相应的阻力面,运用费用距离模型(cost-distance model)在 ArcGIS 9.3 中分别计算不同保护目标下的最小累积

水土保持、生物多样性保护与农村居民点用地布局息息相关,农村居民点用地布局的不合理,会对研

究区的水土保持、生物多样性保护造成一定的破坏;本研究利用不同保护目标的最小累积阻力面来测算农村居民点用地布局的适宜性。根据专家意见及前人研究成果,本研究认为水土保持、生物多样性保护对于研究区具有同样的重要性,此处将基于水土保持

的最小累积阻力面与基于生物多样性保护的最小累积阻力面分别进行重分类处理后进行等权重叠加分析,并将叠加分析结果与 2010 年的宜兴市农村居民点用地现状进行进一步叠加,得到宜兴市的农村居民点用地布局适宜性评价结果(表 5)。

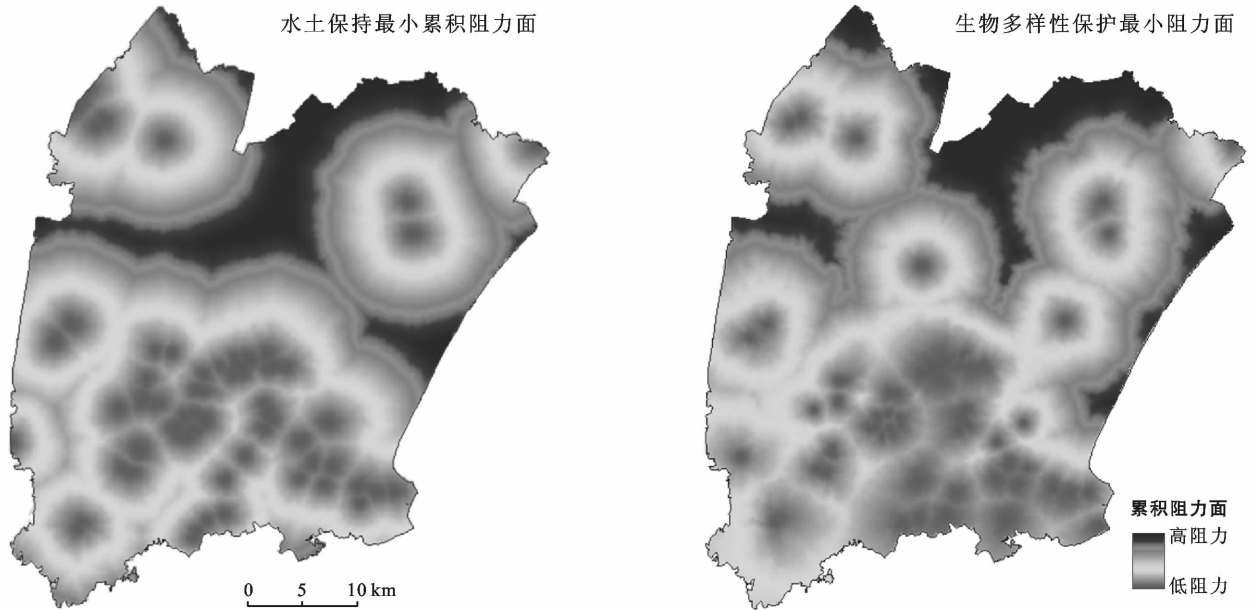


图 2 基于水土保持和生物多样性保护的最小累积阻力面

表 5 宜兴市农村居民点用地布局适宜性评价结果

地区	不适宜	低适宜	中度适宜	高度适宜
丁蜀镇	122.94	434.17	231.94	427.79
芳桥镇	61.07	110.11	74.94	102.93
高塍镇	0.00	0.01	14.23	687.82
官林镇	44.71	123.18	64.85	554.18
和桥镇	5.81	32.27	14.37	602.17
屺亭街道	0.36	64.28	24.29	347.86
太华镇	26.44	156.95	115.12	21.51
万石镇	1.76	29.47	7.56	293.09
张渚镇	224.47	532.71	85.47	33.40
西渚镇	1.23	148.49	94.92	176.26
新街街道	38.05	94.58	206.65	243.63
湖父镇	95.32	190.41	0.00	0.00
新建镇	0.00	0.00	0.51	347.44
新庄街道	0.00	19.11	76.63	434.19
徐舍镇	20.66	155.38	140.52	1 080.43
杨巷镇	55.69	278.38	86.28	167.90
宜城街道	0.00	3.53	75.22	86.13
周铁镇	10.55	50.81	47.58	516.43
合计	709.06	2 423.84	1 361.08	6 123.16

5.2 适宜性等级划分

通过对研究区农村居民点用地布局适宜性进行

分析,得到农村居民点用地布局适宜性评价结果。在水土保持方面,水土保持高阻力区域主要分布于宜兴市南部山区植被覆盖度很低的坡度大、裸岩化、砾石化程度高的地区,该区域非常容易发生水土流失;水土保持低阻力区域主要分布在宜兴市北部平原地区,是水土流失等地质灾害非发生区,且距离水土流失易发、多发地区较远,是水土保持前提下,农村居民点用地布局的理想场所;区域分布由高阻力区域向低阻力区域蔓延,阻力值逐渐减小。在生物多样性保护方面,高阻力区域主要分布在南部龙池山、铜官山、鸡笼山等地区,该区域虽然人烟稀少、交通条件较差,但是植物分布集中、生态环境优越、生物资源量丰富、适宜动植物生存繁衍;由高阻力区域为中心向外扩展,阻力逐渐下降,进入低阻力区域;低阻力区域主要位于宜兴市北部平原地区,用地类型主要为建设用地,由于远离动物栖息、生活的场所,该区域内的人类活动对宜兴市的生物多样性影响较小,可以作为农村居民点用地布局的主要区域。

将经过重分类之后的水土保持和生物多样性保护最小累积阻力面进行叠加分析,并将结果与 2010 年的宜兴市农村居民点用地现状进行叠加,得到基于生态环境保护视角的农村居民点用地布局适宜性划

分为4个等级。①高适宜农村居民点用地。宜兴市高适宜农村居民点用地面积为6 123.16 hm²,占农村居民点总面积的57.67%,主要分布在宜兴市的中部和北部区域的徐舍镇、屹亭街道、和桥镇、宜城街道、新庄街道、周铁镇等镇(街道)。这些区域基本无地质灾害,而且自然条件优越、交通便捷、易于对外交流,人口密集,可以在集约利用的前提下重点发展农村居民点用地。②中度适宜农村居民点用地。宜兴市中度适宜农村居民点用地面积为1 361.08 hm²,占农村居民点总面积的12.82%,杨巷镇、官林镇、屹亭街道、宜城街道等地均有少量分布。这些区域下垫面地势稍有起伏,但基础服务设施完善,交通方便,可以给农民提供较为优越的生产和生活条件;但是由于面积较小,可以在注重水土保持、生物多样性保护的前提下适度建设。③低适宜农村居民点用地。宜兴市低适宜农村居民点用地面积为2 423.84 hm²,占农村居民点总面积的22.83%,张渚镇、湖父镇、丁蜀镇等地分布较多。该区域地形复杂,靠近不适宜农村居民点用地布局区域,同时优质农业资源较少,应限制农村居民点用地规模,合理引导农村居民迁入中度适宜和高适宜区域。④不适宜农村居民点用地。宜兴市不适宜农村居民点用地面积为709.06 hm²,占农村居民点总面积的6.68%,主要分布在太华镇中部,张渚镇、湖父镇和丁蜀镇交界处,西渚镇和徐舍镇交界处,湖父镇和丁蜀镇交界处。从分布上看,南部乡镇街道交界处多为高山,坡度较大、地势陡峭、为地质灾害的极易发生区、交通条件较差,人口稀疏,农业资源少,从保护生态环境、自然景观和人文景观的角度考虑,该区域不适宜农村居民点布局。

6 讨论与结论

(1) 针对研究区的发展特征,选择适当的视角进行农村居民点用地布局适宜性评价,改变了现有研究从自然、区位、经济发展选择指标进行综合评价的思维定式,能够更有针对性地反映特定区域对于农村居民点用地布局适宜性的特殊考虑。

(2) 传统农村居民点用地布局适宜性的方法中,较少针对水土保持、生物多样性保护来探讨农村居民点用地布局适宜性问题。本研究优先划定水土保持、生物多样性保护的关键斑块,再进行农村居民点用地适宜性评价,从源头上体现了生态环境保护优先的思想,最大限度的保证农村居民点布局时候的生态环境适宜性。

[参 考 文 献]

- [1] Macdougall E B. The accuracy of map overlay[J]. *Landscape Planning*, 1975,75(2): 23-30.
- [2] Steinitz C, Parker P, Jordan L. Hand drawn overlays: Their history and prospective uses[J]. *Landscape Architecture*, 1976, 66(5): 444-455.
- [3] Piotr J. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision making methods[J]. *International Journal of Geographical Information System*, 1995, 9(3): 251-273.
- [4] Li Xia, Anthony G Y. Modeling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2000, 14(2): 131-152.
- [5] 王筱明. 生态位适宜度评价模型在退耕还林决策中的应用[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(8): 113-116.
- [6] 王成金, 张岸. 基于交通优势度的建设用地适宜性评价与实证: 以玉树地震灾区为例[J]. *资源科学*, 2012, 34(9): 1688-1697.
- [7] 徐保根, 赵建强, 薛继斌, 等. 村级土地规划中的农村居民点用地方式适宜性评价[J]. *中国土地科学*, 2012, 26(1): 27-31.
- [8] 郭月婷, 廖和平, 徐建刚. 三峡库区农村居民点用地适宜性评价[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(5): 252-259.
- [9] 曲衍波, 张凤荣, 姜广辉, 等. 基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(11): 290-296.
- [10] 秦天天, 齐伟, 李云强, 等. 基于生态位的山地农村居民点适宜度评价[J]. *生态学报*, 2012, 32(16): 5175-5183.
- [11] 杨立, 郝晋珉, 王绍磊, 等. 基于空间相互作用的农村居民点用地空间结构优化[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(10): 308-315.
- [12] 双文元, 郝晋珉, 艾东, 等. 基于区位势理论的农村居民点用地整治分区与模式[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(10): 251-261.
- [13] 高燕, 叶艳妹. 农村居民点用地整理的适宜性评价指标体系及方法研究[J]. *土壤*, 2004, 36(4): 365-370.
- [14] 林爱文, 庞艳. 农村居民点用地整理的递阶模糊评价模型[J]. *武汉大学学报: 信息科学版*, 2006, 31(7): 624-627.
- [15] 陈秧分, 刘彦随, 杨忍. 基于生计转型的中国农村居民点用地整治适宜区域[J]. *地理学报*, 2012, 67(3): 420-427.
- [16] Knaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. *Landscape and Urban Plann*, 1992, 23(1): 1-16.