

# 基于最小累积阻力模型的农村 居民点用地生态适宜性评价 ——以都江堰市为例

洪步庭 任平<sup>1</sup>

(1. 四川师范大学 西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 四川 成都 610066;

2. 四川师范大学 国土资源开发与保护协同创新中心, 四川 成都 610066)

**【摘要】:** 农村居民点用地是乡村聚落景观的重要组成部分, 其新建或重建过程从空间上来看是其与内部和周围环境之间相互竞争控制与覆盖的过程。在我国城市化加速推进的背景下, 农村居民点用地却不降反升, 其空间布局与扩张对自然生态环境的影响及反馈还考虑不足。借鉴景观生态格局的相关理论与方法, 运用最小累积阻力模型, 以都江堰市为例进行农村居民点用地的生态适宜性评价与分析。结果表明: (1) 近十年来, 研究区各土地生态适宜性分区空间分布相对集中, 生态较适宜与高度适宜区域有一定程度的收缩, 而较不适宜与不适宜区域则扩张明显, “一减一增”的鲜明对比表明人类活动对当地景观生态格局的干扰在明显增强; (2) 不同时间段农村居民点用地的生态适宜性变化存在明显差异, 在生态不适宜区, 农村居民点的数量与面积始终保持了较高的增长势头, 而中等适宜及以上等级区域的农村居民点数量与面积则经历了先增加后减少的变化趋势; (3) 农村居民点用地的生态适宜性处于不断变化之中, 2005~2010 年和 2010~2015 年, 分别有 559.39 和 781.11hm<sup>2</sup> 的农村居民点生态适宜性等级发生了变化。研究结果对于加强当地重要生态景观单元的保护, 协调人与土地、人与自然之间的矛盾, 提高农村土地资源的利用效率和制定村庄建设发展规划等具有一定的实践指导意义。

**【关键词】:** 农村居民点用地 生态适宜性评价 最小累积阻力模型 都江堰市

**【中图分类号】:** F311 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2019)06-1386-11

随着我国经济的发展和人口的增长, 城市化以及相关的建设活动正在以前所未有的步伐蓬勃开展<sup>[1]</sup>, 城市化的快速推进使我国城乡面貌发生了巨大的变化, 也不可避免地对自然生态环境产生了负面影响, 导致了一系列生态环境问题<sup>[2]</sup>。如何协调好经济发展的用地需求与生态环境保护之间的关系正日益成为各级政府面临的重要议题。土地的生态适宜性评价是以生境保护为导向, 评定土地对于生态需求用途是否适宜以及适宜的程度, 除了可以支撑生态脆弱区和生态保护区的生态规划<sup>[3]</sup>, 在目前城市化加速推进的背景下, 对于优化区域土地利用结构, 有效防止因建设用地盲目扩张引发的一系列生态环境问题, 提升区域生态环境承载力, 进而促进区域经济与生态保护的协调可持续发展具有重要的实践指导意义。

**作者简介:** 洪步庭(1989-), 男, 助理研究员, 主要研究方向为国土资源评价与管理. E-mail: 302506861@qq.com; 任平, E-mail: pren121680@126.com。

**基金项目:** 教育部人文社会科学研究青年基金项目(19YJCZH051); 四川省社会科学“十三五”规划 2018 年度青年项目(SC18C033); 四川省教育厅自然科学重点项目(18ZA0400)。

近年来,在 3S 技术的支持下,学者们在土地生态适宜性评价方面开展了大量富有成效的研究。但已有研究主要集中在城市建设用地的生态适宜性评价实证方面<sup>[4-6]</sup>,对于农村土地在开发与利用过程中的生态适宜性关注较少;在评价结果上,侧重于宏观评价分区结果的展示<sup>[7,8]</sup>,缺乏对现状建设用地布局与生态需求是否冲突的深入分析<sup>[9]</sup>。另外,静态评价无法揭示土地生态适宜性的动态变化过程,基于时间序列的适宜性判定将使得结果具有趋势预见性,可以有效提升评价结果的实用性<sup>[3]</sup>。农村居民点用地作为乡村聚落景观的重要组成部分,是农村人口聚居和生产生活的主要形态和场所。在当前农村人口大量向城市涌入的同时,农村居民点用地却不降反升<sup>[10]</sup>,这一方面在不同程度上挤占了农村的生态空间,为农村生态环境问题的出现埋下了隐患;另一方面,由于农村居民点的布局与扩张主要从农户自身的意愿和需求出发,对自然生态环境的影响及其反馈还考虑不足。因此,开展农村居民点用地的生态适宜性评价,探讨农村居民点用地是否适宜于生态需求用途,对于有效盘活和合理高效利用农村存量建设用地,促进人与自然的和谐共生,形成“三生”(生产、生活、生态)融合的农村土地利用开发与保护新格局则显得尤为重要。

基于以上分析,本文以成都平原重要的生态屏障和水源涵养地——都江堰市作为研究区域,尝试引入景观生态格局的相关理论和方

法,从“生态保护”的角度运用最小累积阻力模型模拟研究区生态用地扩张的阻力,并将其与农村居民点的空间分布进行叠加,进而反推得到“生态优先”视角下农村居民点布局的适宜性,对当地农村居民点用地的生态适宜性开展动态评价,分析农村居民点用地变化与生态适宜性之间的冲突,识别农村居民点用地布局的不合理之处,以期协调人与土地、人与自然之间的矛盾,制定和实施农村建设用地整治规划以及提高农村土地资源的利用效率等提供决策参考和依据。

## 1 研究区概况

都江堰市是成都市管辖的县级市,位于成都平原西北边缘,地处岷江出山口,地跨川西龙门山地带和成都平原岷江冲积扇扇顶部位,介于 30° 44' 54" N~31° 22' 35" N,103° 25' 42" E~103° 47' 0" E 之间,市域面积 1208km<sup>2</sup>,下辖 17 个镇、2 个乡和 1 个街道办(2013 年)(图 1)。都江堰市属四川盆地中亚热带湿润季风气候区,雨量充沛,气候温和,四季分明。常年气温在 10℃~22℃之间,平均气温 15.2℃,平均年降雨量为 1244mm。境内地质结构复杂,地貌类型多样,海拔 572~4458m。龙门山脉中南段褶皱地带贯穿市境西部和北部,地势西北高、东南低,西北向东南依次可划分为高山、中低山、丘陵和平原,山区占 54.3%,丘陵占 11.5%,平坝占 34.2%,地貌特征大致可概括为“五山二丘三分坝”。

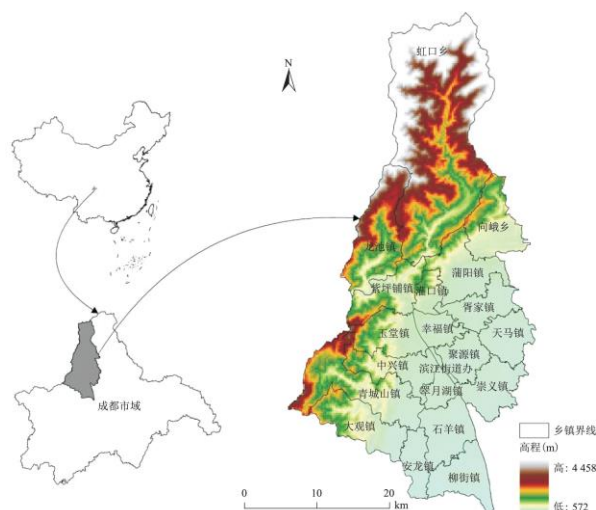


图 1 都江堰市地理位置

近 10 年来(2005~2015 年),都江堰市的城镇化进程明显加快,按常住人口计算,城镇化率由 2005 年的 28.19%提高到 2015 年的 55.86%,年均增长约 7.1 个百分点。但与此同时,农村居民点用地却不降反升,10 年间增长了约 14.31%。截止 2015 年末,全市

农村居民点面积约为 7043.01hm<sup>2</sup>, 占全市建设用地总量的近 40%, 人均农村居民点用地面积高达 424.74m<sup>2</sup>, 远超国家镇规划的最高标准<sup>[11]</sup>。农村居民点规模较大、人均用地超标严重、集约利用程度低等问题日益突出, 在一定程度上也挤占了当地的生态用地。

## 2 数据来源及预处理

本文土地利用数据采用都江堰市 2005 年土地利用现状数据和 2010、2015 年国土资源二次调查及年度变更调查数据, 由于研究时段内土地利用类型的分类标准不同, 参考《土地利用现状分类 GB/T21010-2007》对相关地类进行对应与合并, 将土地利用类型划分为耕地、园地、林地、草地、水体、建设用地以及其他土地共 7 类, 并从中提取农村居民点(村庄)斑块信息; 地质灾害数据采用都江堰市地质灾害防治专项规划中的专题研究成果; 以上数据来源于都江堰市国土资源局。DEM 数据采用研究区 SRTMDEM 数字高程数据产品, 空间分辨率为 90m; 归一化植被指数(NDVI)数据采用全球 MODIS NDVI16d 合成产品, 根据研究需要, 选取研究区 2005、2010 和 2015 年 3 个年份每年 6~8 月的 NDVI 数据求平均作为当年的 NDVI 均值, 条带号为 5, 行编号为 26; 以上数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(<http://www.gscloud.cn>)。土壤侵蚀数据采用中国土壤侵蚀空间分布数据, 数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>)。考虑到评价模型适用的数据类型、研究精度的需要以及软件的计算处理速度, 上述数据在经过拼接、配准、裁剪、投影变换和重采样等一系列预处理后, 统一转换成 grid 栅格数据类型, 空间分辨率为 250m, 并统一投影坐标系为 Xian\_1980\_3\_Degree\_GK\_CM\_105E。

## 3 研究方法

最小累积阻力模型(Minimum Cumulative Resistance Model, MCR)是模拟物种从源地穿越不同景观基质的过程中所耗费代价的最小成本路径, 它实际是一种用“成本/阻力”来表示适宜程度的度量, 体现了研究对象在空间上的潜在可达和扩张趋势。该模型最早由 Knaapen 等<sup>[12]</sup>提出, 后经俞孔坚<sup>[13]</sup>结合地理信息系统中常用的费用距离加以改进, 目前已在景观生态安全格局构建<sup>[14]</sup>、土地资源开发利用<sup>[15]</sup>、城市空间拓展优化<sup>[16]</sup>等有关方面得到了广泛的应用。其基本公式如下:

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

式中:MCR 为从源扩散到空间某一点的最小累积阻力值;f 为一个未知的正函数, 反映空间任一点的最小阻力与其到所有源的距离和景观基面特征的正相关关系<sup>[17]</sup>;D<sub>ij</sub>为从源 j 到空间某一点所穿越的景观基面 i 的空间距离;R<sub>i</sub>为景观单元 i 对运动过程的阻力系数。该模型主要通过 ArcGIS9.3 中的 Cost Distance 工具予以实现。在 MCR 模型中, 源的选择、阻力面的构建和阻力系数的确定是关键。

### 3.1 源的选择

在景观生态安全格局的研究中, 源一般指生境质量较好、空间规模较大的重要生态用地, 包括物种的自然栖息地(自然保护区)、稳定且面积较大的林地(天然林区和人工林场)以及水源保护区和水体等<sup>[18]</sup>。由于研究区各类自然保护区、风景名胜区和水源保护区的确切空间界线数据较难获取, 但这些自然保护区和风景名胜区内土地利用类型主要为林地, 而水源保护区则可以用水体及其一定范围内的缓冲区间接表征。因此, 本文根据研究区的实际情况, 并参考相关已有研究成果<sup>[15, 19]</sup>, 选择林地中面积大于 9hm<sup>2</sup>的有林地和灌木林地以及水体(河流水面、湖泊水面和水库水面)及其 200m 缓冲区作为源。

### 3.2 阻力面的构建、权重与阻力系数

本文结合研究区的实际情况, 并参考已有的研究成果, 主要从高程、坡度、NDVI、土地利用、土壤侵蚀和地质灾害等 6 个方

面建立阻力面,各阻力面的分级主要参考相关文献确定(表1);权重采用AHP法确定,CR=0.0816<0.1,通过一致性检验;阻力系数的赋值主要根据各阻力面生态地位的重要性和生态敏感性,采用1~5标度法来确定。其中,海拔越高、坡度越大、植被覆盖越密、生态地位越重要(是否为生态或潜在生态用地)、生态敏感性越脆弱,阻力系数越小,反之越大。

表 1 都江堰市生态用地(源)扩张的阻力面体系、权重及阻力系数

阻力面/权重	分级依据	阻力系数				
		1	2	3	4	5
高程(m)/0.110	文献[20]	3500~4458m	2500~3499m	1500~2499m	1000~1499m	572~999m
坡度(°)/0.156	文献[21]	>35°	25° ~35°	15° ~25°	5° ~15°	<5°
NDVI/0.236	文献[21]	高	较高	中	较低	低
土地利用/0.082	文献[22]	林地、水体	草地	耕地、园地	未利用地	建设用地
土壤侵蚀/0.220	文献[23]	极强度	强度	中度	轻度	微度
地质灾害/0.196	文献[23]	高易发区	中易发区(2.5)	低易发区	不易发区	

具体评价过程如下:(1)利用最小累积阻力模型计算生态用地(源)在各阻力面扩张的最小累积阻力值,运用 ArcGIS9.3 的 Raster Calculator 模块将各阻力面进行加权叠加,得到生态用地扩张的综合最小累积阻力值。该阻力值越小,意味着这些区域越需要加强生态保护,应避免建设占用和开发,因此也就越不适宜农村居民点布局。换句话说,这些区域的土地应优先考虑作为生态用途加以保护或利用,从生态保护优先的角度来说,布局在其中的现状农村居民点转变为生态用地的适宜性就越好,这也是评价农村居民点生态适宜性状况的依据;(2)为了保证评价结果的统一,以 2015 年的评价结果为基准,根据栅格数量和栅格像元值之间的关系,以阻力值发生明显突变的位置处作为阈值,将综合最小累积阻力值重分为 5 类,与土地利用的生态适宜性等级进行对应,分别为高度适宜(0~431.55)、较适宜(431.55~1774.14)、中等适宜(1774.14~3740.08)、较不适宜(3740.08~6329.36)和不适宜(6329.36~12227.18)(综合最小累积阻力值由小到大);(3)将各年的土地生态适宜性评价结果赋予相应年份的农村居民点矢量面元,从而得到农村居民点用地的生态适宜性状况。

4 结果与分析

4.1 土地生态适宜性评价结果与分析

都江堰市 2005、2010 和 2015 年土地生态适宜性评价结果如图 2 和图 3 所示。从整体来看,研究区土地生态适宜性等级呈现出两级分化的状态,较适宜与高度适宜区基本维持在 80%左右,主要分布在北部、中部和西南部的高山与中低山地区,特别是北部的虹口-龙池国家森林公园以及西南部的青城前后山、王婆岩和赵公山等风景名胜区,林地资源分布集中,水源涵养和生物多样性保护功能突出,使得这些区域的土地利用更倾向于生态用途,因此生态适宜性等级较高;而东南部和南部的平原地区,由于地势低平,生产生活以及交通条件便利,是城市发展、居住和产业布局的主要区域,因此生态适宜性等级较低。同时,受主要河流干流及其支流的影响,生态较不适宜与不适宜区被河流阻隔,表现出沿河谷地带呈狭长状分布的态势。这种分布特点与当地的地形地貌特征较为一致。

从近 10 年来土地各生态适宜性等级的面积变化来看,作为生态需求和建设需求“缓冲区域”的中等适宜区尽管经历了先上

升后下降的变化趋势, 2005、2010 和 2015 年面积分别为 12813、13381 和 12856hm<sup>2</sup>, 但基本维持了十年前的面积水平。较适宜与高度适宜区均有小幅度的收缩, 特别是较适宜区的减少幅度在显著加速, 从 2005 年的 31444hm<sup>2</sup> 下降到 2010 年的 30775hm<sup>2</sup>, 进而下降到 2015 年的 29275hm<sup>2</sup>。与此相对, 较不适宜与不适宜区则扩张明显, 十年间分别增加了 18.63% 和 107.19%。这几者“一减一增”的鲜明对比, 也从侧面反映出当地人与生态环境的矛盾与冲突在增强, 建设活动对当地生态空间的侵占在明显加剧。

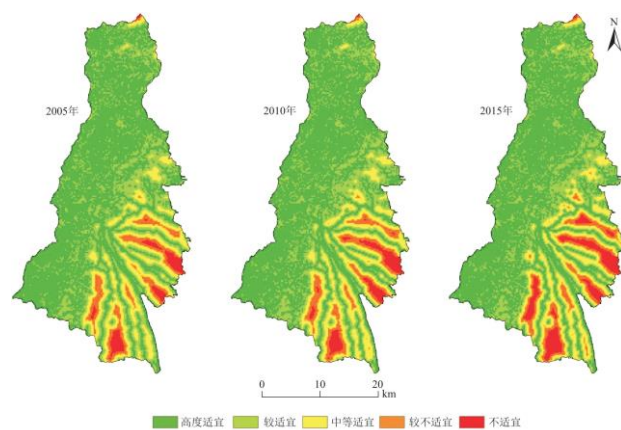


图 2 都江堰市 2005、2010 和 2015 年土地生态适宜性评价结果

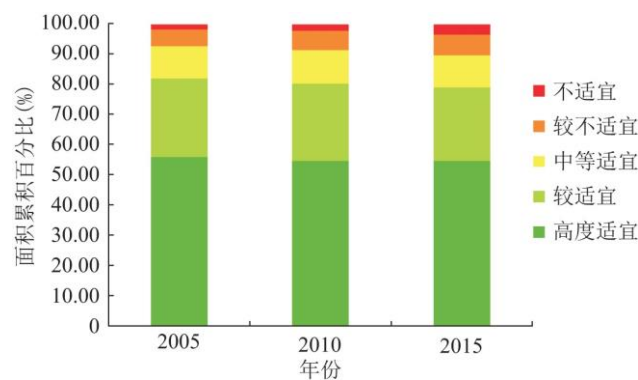


图 3 都江堰市 2005、2010 和 2015 年各土地生态适宜性等级区域占比情况

4.2 农村居民点用地生态适宜性评价结果与分析

4.2.1 现状农村居民点用地生态适宜性分析

从现状农村居民点 (2015 年) 的分布来看 (表 2), 以中等适宜为界, 不同生态适宜类型的农村居民点分布特征差异明显。中等适宜以上等级的农村居民点占比较大, 面积和斑块数占比均超过了 50%, 但平均斑块面积相对较小; 而中等适宜以下等级的农村居民点占比较小, 特别是生态不适宜区的农村居民点, 面积和斑块数占比还不到 10%, 但平均斑块面积相对较大。这一方面说明, 现状农村居民点的分布与其生态适宜性之间存在一定的冲突, 主要反映在大量斑块较小的农村居民点布局在本应作为生态保护优先的区域内, 当地农村居民点用地转变为生态用地的潜力较大, 应考虑将这些区域的农村居民点作为土地整治项目实施的重点对象; 另一方面, 从保护当地良好自然生态本底和受地形地貌特征影响的角度来看, 适宜农村居民点布局的土地相对缺乏, 尽管平原地区农村居民点的集约利用程度较高, 但仍有一定的提升空间。

#### 4.2.2 农村居民点用地生态适宜性整体变化分析

从各时间段农村居民点用地生态适宜性的整体变化来看(表2):

(1) 2005~2010年,农村居民点用地由6161.43hm<sup>2</sup>猛增至7265.43hm<sup>2</sup>,增长了约17.92%,各生态适宜类型区农村居民点用地都有不同程度的增加。就变化量而言,高度适宜区农村居民点增长最多,面积和斑块数分别增加了463.36hm<sup>2</sup>和2863块;就变化率来看,生态不适宜区农村居民点增长最为明显,面积和斑块数增幅分别为46.87%和138.25%。与此同时,农村居民点平均斑块面积由0.37hm<sup>2</sup>/块骤降至0.28hm<sup>2</sup>/块,不同生态适宜类型区农村居民点平均斑块面积都出现了不同程度的下降,并且随着生态适宜程度的提高,降幅大体呈递减趋势。这一时期,政府规划的引导和农民自身的建房需求对农村居民点用地的扩张起到了明显的推动作用。一方面,汶川大地震后政府主导了一系列农村住房灾后重建工程,特别是在尊重受灾农户意愿的前提下,政府通过统规统建、统规联建、统规代建等方式,新修了大量农民集中居住区和农村新型社区;另一方面,农户根据自身的家庭情况,采取原址重建、异地重建等方式自行恢复重建。在内外力的共同作用下,农村居民点用地的斑块数量出现了爆发式的增长,并且远远高于面积的增长幅度,从而导致平均斑块面积出现了明显的下降。

表2 都江堰市 2005~2015 年农村居民点用地的生态适宜性类型及整体变化

生态适宜类型	2005 年			2010 年			2015 年		
	面积 (hm <sup>2</sup> )/ 占比(%)	斑块数 (块)/ 占比(%)	平均斑块面 积(hm <sup>2</sup> /块)	面积 (hm <sup>2</sup> )/ 占比(%)	斑块数 (块)/ 占比(%)	平均斑块 面积(hm <sup>2</sup> / 块)	面积 (hm <sup>2</sup> )/ 占比(%)	斑块数(块)/ 占比(%)	平均斑块面 积(hm <sup>2</sup> /块)
高度 适宜	1191.15/ 19.33	3735/ 22.58	0.32	1654.52/ 22.77	6598/ 25.36	0.25	1619.36/ 22.99	6545/ 25.28	0.25
较适宜	2059.16/ 33.42	5948/ 35.95	0.35	2158.43/ 29.71	8245/ 31.69	0.26	1964.87/ 27.90	7539/ 29.12	0.26
中等 适宜	1646.23/ 26.72	4006/ 24.22	0.41	1832.95/ 25.23	5841/ 22.45	0.31	1616.42/ 22.95	5513/ 21.29	0.29
较不 适宜	989.19/ 16.05	2224/ 13.44	0.44	1214.61/ 16.72	3833/ 14.73	0.32	1201.40/ 17.06	4031/ 15.57	0.30
不适宜	275.70/ 4.47	630/ 3.81	0.44	404.92/ 5.57	1501/ 5.77	0.27	640.96/ 9.10	2262/ 8.74	0.28
合计	6161.43/ 100	16543/ 100	0.37	7265.43/ 100	26018/ 100	0.28	7043.01/ 100	25890/ 100	0.27
生态适宜类型	2005~2010 年农村居民点用地变化			2010~2015 年农村居民点用地变化					
	面积变化 (hm <sup>2</sup> /%)	斑块数变化 (块/%)	平均斑块面积 变化(hm <sup>2</sup> /块)	面积变化 (hm <sup>2</sup> /%)	斑块数 变化(块/%)	平均斑块面积 变化(hm <sup>2</sup> /块)			
高度 适宜	463.36/ 38.90	2863/ 76.65	-0.07	-35.16/-2.12	-53/-0.80	0.00			

较适宜	99.27/ 4.82	2297/ 38.62	-0.08	-193.56/ -8.97	-706/ -8.56	0.00
中等 适宜	186.73/ 11.34	1835/ 45.81	-0.10	-216.53/ -11.81	-328/ -5.62	-0.02
较不 适宜	225.42/ 22.79	1609/ 72.35	-0.13	-13.21/ -1.09	198/ 5.17	-0.02
不适宜	129.22/ 46.87	871/ 138.25	-0.17	236.04/ 58.29	761/ 50.70	0.01
合计	1104.00/ 17.92	9475/ 57.27	-0.09	-222.42/ -3.06	-128/ -0.49	-0.01

(2)2010~2015 年,农村居民点用地则有所减少,面积略减至 7043.01hm<sup>2</sup>,减少了约 3.06%,平均斑块面积也进一步降至 0.27hm<sup>2</sup>/块,两者表现出相对一致的变化趋势。但生态不适宜区农村居民点异军突起,斑块面积和数量继续保持了较高的增长势头,增幅分别为 58.29%和 50.70%,这也导致该区域农村居民点的平均斑块面积有所提升,但变化不大;中等适宜及以上等级区域的农村居民点斑块数量和面积都有不同程度的下降,虽然面积的降幅要普遍高于数量的降幅,但与上一时段相比,平均斑块面积的变化却并不显著。这一时期,大量土地整治工程的实施使生态高度适宜与较适宜区农村居民点的数量和面积均有所减少,在一定程度上对居民点布局与生态保护的矛盾有所缓和,但平均斑块面积却没有得到有效的提高,小规模、细碎化仍是目前都江堰市农村居民点用地的主要特点。

#### 4.2.3 农村居民点用地内部生态适宜性变化分析

由于研究时段内,各时期农村居民点用地内部生态适宜性之间的变化较为繁复,为了清晰展示,本文将各年农村居民点图斑进行叠加,绘制各时期农村居民点的空间变化图(图 4)。同时,对农村居民点用地内部各生态适宜性等级的变化情况进行统计(表 3)。

(1)2005~2010 年,都江堰市共新增农村居民点 1837.89hm<sup>2</sup>,几乎每个乡镇农村居民点用地都有不同程度的增加。除生态不适宜区农村居民点增加较少外,其它生态适宜类型区的农村居民点规模都有较大的增长,特别是在生态中等适宜以上等级的区域,新增农村居民点面积约占新增总量的 63.73%,主要分布在研究区北部和西南部的虹口、蒲阳、中兴和青城山等乡镇,这主要与这些乡镇受灾严重、住房重建需求旺盛有关;南部的石羊、安龙和柳街等平原地区乡镇的农村居民点则表现出分散的小规模扩展,既有原居民点的扩建,也有新居民点的出现;东南部的聚源和崇义则呈现出大、小规模农村居民点共同扩张的特点,新增居民点的生态适宜性等级均较低。与此同时,研究区形成了 2 个农村居民点减少较为集中的区域,分别是中心城区城市建成区的外围区域以及中兴、青城山和翠月湖镇的交界处,共减少农村居民点 733.88hm<sup>2</sup>,主要涉及生态较不适宜及以上等级的小规模农村居民点。另外,约有 559.39hm<sup>2</sup>农村居民点生态适宜性等级发生了变化,其中,中等适宜区农村居民点的转入和较适宜区居民点的转出较为剧烈。



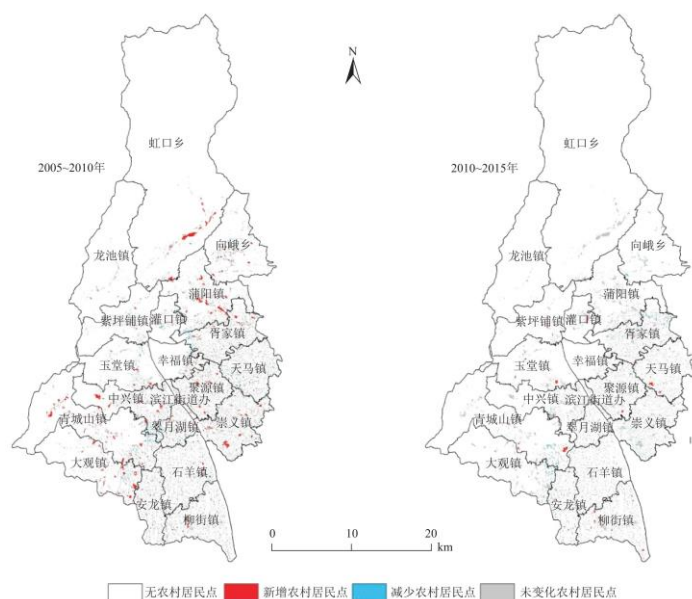


图 4 都江堰市 2005~2015 年农村居民点用地空间变化

表 3 都江堰市 2005~2015 年农村居民点用地内部各生态适宜性等级变化

时间段	变化情况	生态适宜类型					小计
		高度适宜	较适宜	中等适宜	较不适宜	不适宜	
2005~2010 年	新增 <sup>a</sup> (hm <sup>2</sup> )	608.20	563.10	350.80	242.05	73.74	1837.89
	新增 <sup>b</sup> (hm <sup>2</sup> )	5.08	40.13	237.24	196.70	80.23	559.39
	未变化 (hm <sup>2</sup> )	1041.23	1555.20	1244.91	775.86	250.96	4868.16
	减少 <sup>a</sup> (hm <sup>2</sup> )	122.42	269.72	194.71	126.64	20.38	733.88
	减少 <sup>b</sup> (hm <sup>2</sup> )	27.50	234.23	206.60	86.69	4.37	559.39
2010~2015 年	新增 <sup>a</sup> (hm <sup>2</sup> )	50.39	79.32	45.55	25.23	16.68	217.17
	新增 <sup>b</sup> (hm <sup>2</sup> )	5.38	13.74	177.93	328.02	256.04	781.11
	未变化 (hm <sup>2</sup> )	1563.59	1871.81	1392.95	848.15	368.24	6044.73
	减少 <sup>a</sup> (hm <sup>2</sup> )	86.18	131.23	120.16	82.50	19.56	439.64
	减少 <sup>b</sup> (hm <sup>2</sup> )	4.80	155.39	319.85	283.96	17.12	781.11

(2) 与上一时段相比, 2010~2015 年农村居民点的变化则并不明显。这一时期, 农村居民点的增长主要集中在部分区位优势较好的乡镇, 包括中部的紫坪铺、灌口、玉堂等紧邻城市建成区的乡镇, 西南部旅游资源丰富的青城山镇东部, 南部的柳街以及东部的天马等平原区域, 并且主要以规模较大的居民点扩张为主, 共新增居民点 217.17hm<sup>2</sup>。其中, 新增中等适宜以上等级的农村居民



点仍占据主导,面积约占新增总量的 59.73%。相对而言,农村居民点减少的区域则较为广泛,例如东北部的向峨、蒲阳,胥家的北部、东南部的聚源、崇义的南部以及西南部的大观、青城山镇等区域,共减少农村居民点 439.64hm<sup>2</sup>。其中,减少的中等适宜以上等级区域居民点约占减少总量的 49.45%,并且规模较小。由此可见,这一时期居民点的变化受政府主导因素明显,一方面,新增居民点规模较大,并且面积比上一时段有大幅回落;另一方面,部分生态中等适宜以上等级的零星小规模居民点得到了迁并。另外,约有 781.11hm<sup>2</sup>农村居民点生态适宜性等级发生了变化,变化较为剧烈的主要有生态较不适宜区农村居民点的转入和中等适宜区居民点的转出。

## 5 讨论与结论

### 5.1 讨论

与目前学者们开展的农村居民点用地开发适宜性评价<sup>[24]</sup>、综合影响力评价<sup>[25]</sup>、综合发展潜力评价<sup>[26]</sup>等研究相比,本文突出了“生态保护优先”的思想和原则,采用最小累积阻力模型对都江堰市近十年来农村居民点用地的生态适宜性进行了评价,深入分析了不同时间段农村居民点用地生态适宜性的变化特征,在一定程度上揭示了当地农村居民点布局与生态环境保护的关系,研究不仅丰富了土地生态适宜性评价在农村土地开发与利用过程中的实践案例,而且更有针对性地反映了重要生态区域对于农村居民点用地布局的特殊考虑,对于未来当地推进农村居民点整理和空间布局优化具有一定的指导意义,同时对于同类区域划定生态保护红线、优化农村土地开发格局也具有一定的借鉴和参考价值。但由于本文在生态源地选择和各阻力面等级赋值方面,主要参考了相关已有研究成果,主观性较强,未来应进一步细化源地类型和探索更为科学的阻力系数赋值方法,从而保证研究结果的科学性和合理性。

### 5.2 结论与建议

(1)从土地的生态适宜性评价结果来看,近十年来,由于研究区重要的生态地位和受当地地形地貌的限制,大部分区域的土地利用更倾向于生态用途,这也使得适宜农村居民点布局的区域相对缺乏,主要集中在研究区东部和东南部的平原地区。同时,研究区生态较适宜与高度适宜区均有小幅度的收缩,而较不适宜与不适宜区则扩张明显,尤其是生态不适宜区,由较早时期的“孤岛”日益扩张与延伸,“一减一增”的鲜明对比表明人类活动对当地景观生态格局的干扰在明显增强。

(2)从现状农村居民点用地的生态适宜性评价结果来看,大量小规模农村居民点分布在研究区北部、西北部和西南部等生态中等适宜以上等级的区域,说明当地生态需求用地供给能力的潜力较大。在今后的一段时期内,政府应通过继续大力推进农村居民点用地整理、实施城乡建设用地增减挂钩项目和加强规划的控制作用,在生态中等适宜以上等级的区域,以部分区位条件较好、规模较大的居民点为节点,有计划的逐步迁并部分零散的小规模居民点,推进农村新型社区建设。同时,加强基础设施和公共服务配套建设,引导农户依托良好的自然生态环境发展乡村旅游、森林康养、野生动物驯养观赏等农村新产业新业态,将当地的生态优势转化为经济优势。

(3)不同时间段农村居民点用地的生态适宜性变化存在明显的差异。2005~2010年,农村居民点的扩张主要以小规模的数量激增为主,特别是在生态高度适宜与不适宜两个极端区域,居民点数量和面积的增幅较大;2010~2015年,农村居民点的变化则表现出扩张与消减并存的态势,生态不适宜区农村居民点的数量和面积则继续保持了较高的增长势头。针对生态中等适宜以下等级区域占比较小、新增居民点扩张明显的趋势,应着重盘活居民点用地存量,严控增量,在提高这些地区农村居民点节约集约利用水平和效率的基础上,将人类活动对生态环境的影响控制和限制在一定的范围内。

(4)2005~2010年和2010~2015年,分别有559.39和781.11hm<sup>2</sup>农村居民点生态适宜性发生了变化,无论是新增还是减少,生态中等适宜区农村居民点的变化均较为剧烈,这也从侧面反映出该类型区域土地利用的多功能性。因此,要做好生态中等适宜区域土地开发利用的科学论证,积极谋求土地利用经济、社会、生态效益三者的统一。

---

## 参考文献:

- [1] LONG H L, LI Y R, LIU Y S, et al. Accelerated restructuring in rural China fueled by ‘increasing vs. decreasing balance’ land-use policy for dealing with hollowed villages[J]. Land Use Policy, 2012, 29(1):11-22.
- [2] 张骞, 高明, 杨乐, 等. 1988-2013 年重庆市主城九区生态用地空间结构及其生态系统服务价值变化[J]. 生态学报, 2017, 37(2):566-575.
- [3] 刘焱序, 王仰麟, 彭建, 等. 耦合恢复力的林区土地生态适宜性评价——以吉林省汪清县为例[J]. 地理学报, 2015, 70(3):476-487.
- [4] 张宸睿, 符海月, 张鑫, 等. 基于生态约束-发展潜力的城镇建设用地开发适宜性分区[J]. 水土保持通报, 2017, 37(3):174-181, 187.
- [5] 孙凌蔚, 李月臣, 朱康文, 等. 生态视角下的山区城镇建设用地适宜性评价[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2017, 34(3):121-127.
- [6] 王宪恩, 丁炎军, 王硕. 基于 ANP-GIS 的长春市城市建设用地生态适宜性评价[J]. 水土保持研究, 2018, 25(3):232-236, 244.
- [7] 邵丽亚, 陈荣蓉, 侯俊国, 等. 城镇建设用地生态适宜性评价研究——以重庆市荣昌县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2013, 34(6):86-92.
- [8] 赵小娜, 宫雪, 田丰昊, 等. 延龙图地区城市土地生态适宜性评价[J]. 自然资源学报, 2017, 32(5):778-787.
- [9] 邱从毫, 李阳兵, 冯元嵩. 贵阳市城市土地扩展空间的生态适宜性与优化[J]. 应用生态学报, 2015, 26(9):2777-2784.
- [10] 周华, 陆春锋, 昌亭, 等. 基于人口流动模型与生态连通性的农居点整理模式优选[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15):281-288.
- [11] 中华人民共和国建设部. GB50188——2007 镇规划标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2007.
- [12] KNAAPEN J P, SCHEFFER M, HARMS B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape and Urban Planning, 1992, 23(1):1-16.
- [13] YU K J. Ecological security patterns in landscapes and GIS application[J]. Geographic Information Sciences, 1995, 1(2):88-102.
- [14] 周锐, 王新军, 苏海龙, 等. 平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建[J]. 生态学报, 2015, 35(6):2003-2012.
- [15] 王旭熙, 彭立, 苏春江, 等. 基于景观生态安全格局的低丘缓坡土地资源开发利用——以四川省泸县为例[J]. 生态学报, 2016, 36(12):3646-3654.

- 
- [16]肖长江, 欧名豪, 李鑫. 基于生态-经济比较优势视角的建设用地空间优化配置研究——以扬州市为例[J]. 生态学报, 2015, 35(3):696-708.
- [17]李晖, 易娜, 姚文璟, 等. 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划[J]. 生态学报, 2011, 31(20):5928-5936.
- [18]李健飞, 李林, 郭冻, 等. 基于最小累积阻力模型的珠海市生态适宜性评价[J]. 应用生态学报, 2016, 27(1):225-232.
- [19]江文渊. 基于生态适宜性评价的武清区生态空间规划[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2018, 41(2):17-25.
- [20]范建容, 张子瑜, 李立华. 四川省山地类型界定与山区类型划分[J]. 地理研究, 2015, 34(1):65-73.
- [21]刘孝富, 舒俭民, 张林波. 最小累积阻力模型在城市土地生态适宜性评价中的应用——以厦门为例[J]. 生态学报, 2010, 30(2):421-428.
- [22]吕剑成, 周磊, 洪武扬, 等. 城市土地生态适宜性分区划分研究——以常州市武进区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(9):1560-1567.
- [23]叶玉瑶, 苏泳娴, 张虹鸥, 等. 生态阻力面模型构建及其在城市扩展模拟中的应用[J]. 地理学报, 2014, 69(4):485-496.
- [24]杨昕, 贺贤华, 毛熙彦, 等. 基于城乡联系的农村居民点布局优化研究——以重庆市为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2016, 52(2):336-344.
- [25]邹亚锋, 吕昌河, 周玉, 等. 规划调控下的农村居民点整治潜力测算研究[J]. 资源科学, 2016, 38(7):1266-1274.
- [26]关小克, 张凤荣, 刘春兵, 等. 平谷区农村居民点用地的时空特征及优化布局研究[J]. 资源科学, 2013, 35(3):536-544.