



杨 柳, 余平祥, 胡月明, 等. 基于景观生态指标的农用地连片阈值调整方法[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(2): 112-117.

基于景观生态指标的农用地连片阈值调整方法

杨 柳¹, 余平祥¹, 胡月明², 陈联诚², 张飞扬²

(1 华南农业大学 数学与信息学院, 广东 广州 510642; 2 广东省土地利用与整治重点实验室/
广东省土地信息工程技术研究中心/国土资源部建设用地再开发重点实验室/
国土资源部-华南土地综合整治野外科学观测研究基地, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】集中连片是当前农用地整治的推进手段,集中连片阈值的不同对农用地整治工程成本有直接影响。本文基于景观生态指标,研究农用地整治中连片阈值的优化方法。【方法】通过引入景观生态指标,应用 GIS 平台的空数据功能获取指标数据,实现连片性评价的定量化;基于 GIS 平台的缓冲功能,模拟设定不同阈值(d_x)时连片性的变化;观察 d_x 在一定范围内变化时连片性的变化曲线图,识别农用地连片的最优阈值(d_0)。【结果】以广东省罗定市 2010 年优质农用地空数据为例,当农用地整治连片间距范围在 0~50 m 时,阈值 d_0 为 12 m,因此建议将全区间距 ≤ 12 m 的相邻地块进行连接。对佛山市高明区农用地数据重复试验,得到了该地区最优连片阈值,表明该方法可用。【结论】基于景观生态指标确定农用地连片阈值,具有直观、可靠和普适的优点,可以为全国范围内的农用地整治工作提供参考。

关键词:连片性; GIS; 农用地整治; 景观生态指标; 最优连片阈值

中图分类号:S231

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2017)02-0112-06

Farmland connectivity threshold adjustment based on landscape ecological indexes

YANG Liu¹, YU Pingxiang¹, HU Yueming², CHEN Liancheng², ZHANG Feiyang²

(1 College of Maths and Information, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Guangdong Provincial Laboratory of Land Use and Reconstruction/Guangdong Provincial Land Information Engineering Technology Center/Key Laboratory of Construction Land Transformation, Ministry of Land and Resources of China/South China Land Comprehensive Reconstruction Field Observation and Research Base Ministry of Land and Resources of China, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】Concentrated connectivity is the propulsion in current farmland consolidation, and concentrated connectivity threshold has a direct effect on engineering cost. This research focuses on studying the adjustment method of concentrated connectivity threshold based on landscape ecological indexes.【Method】Five landscape ecological indexes, which were obtained based on special processing functions in GIS platform, were used to achieve the quantitative evaluation of farmland connectivity. Based on the buffer function in GIS platform, the changes of farmland connectivity were simulated by setting different threshold d_x . The curve of farmland connectivity was observed when the threshold d_x was changing, and the optimal connectivity threshold d_0 was identified.【Result】Taking farmland in Luoding City, Guangdong Province as an example, when the consolidation threshold ranged from 0 to 50 m, the optimal connectivity threshold d_0 was 12 m. The farmlands, which separated less than or equal to 12 m, should be

收稿日期:2016-06-16 优先出版时间:2017-01-10

优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20170110.1424.038.html>

作者简介:杨 柳(1992—),女,硕士研究生, E-mail:282072568@qq.com; 通信作者:胡月明(1966—),男,教授,博士,青海大学客座教授, E-mail:yhmh@scau.edu.cn

基金项目:广东省科技计划项目(2014B020206002,2015B010110006);广东省高校国家级重大培育项目(珠三角基本农田生态质量建设技术与示范)

connected. As the experiment was repeated in Gaoming District of Foshan City, the optimal connectivity threshold was also found, which testified the feasibility of this method. 【Conclusion】The method, which finds the optimal connectivity threshold based on landscape ecological indexes, is straightforward, reliable and pervasive, and can provide the technical reference for national farmland consolidation.

Key words: connectivity; GIS; farmland consolidation; landscape ecological index; optimal connectivity threshold

优质农用地资源稀缺是中国的基本国情,农用地保护在中国农业与农村可持续发展中处于关键地位^[1-3]。现有农用地格局多呈现低效、无序、自然的状态。农用地被分成细碎的小块,导致田埂过多,地块之间遗留下的路障没有移除。以集中连片为推进手段^[4],开展定向目标为导向的农用地整治是当前农用地整治的基本方向。连片性,也称连通性、连接度,是指同一质量范围(同一类型等级,或某一等级以上,或某等级区间内)地块的相连程度^[5]。对于农用地的连片性可以被定义为在空间上的相对相连度,即相邻程度。两块地在空间上相隔的距离越小,它们的连片性就越高,当距离小于一定阈值(d)时,则可以认为是连片的。 d 可以根据不同需要来设定,周尚意等^[5]在其连片性分析的研究中,假设距离在20 m以内的地块是相连的,即设定 d 为20 m。集中连片作为农用地整治的推进手段,是将全区农用地距离小于特定 d 的相邻地块,通过移除地块间障碍物、对相邻地块之间间隔的土地进行开垦或修路,使原本分开的地块之间达到连接的效果,提高全区农用地的连片性。理论上说, d 越大,相邻地块间的空间距离越小,全区内被视作“连片”的区域范围越大^[13]。当 d 的数值选取全区相邻地块的最大值 d_{\max} 时,即将所有相邻地块进行连接,此时全区地块连接成一个成片的整体,连片性最好。以集中连片为目标导向的农用地整治是一个复杂的系统工程^[6]。追求最大化集中连片目标的同时,还应考虑农用地整治的工程成本和可实施性。在实践过程中,管理部门对于连片性中 d 的设定通常是依据主观判断、个人经验或沿用过往数值,设定过程缺乏理论依据和数据支持,过于随意,决策者容易片面追求集中连片而盲目扩大连片阈值,造成巨大的工程成本浪费。

国内外有关土地连片性的研究和应用大多应用于生态物种保护、栖息地选择、林地保护、湿地保护、景观连接度,即景观连片性等,其核心意义在于保护物种的多样性,并没有涉及农用地保护方面^[7,14]。当前有关连片性评价的研究,多是将连片性作为研究其他对象时的一个评价因子,在建立基本农田的

指标体系时,连片性作为一个重要的评价因子,以连片地块的面积占总面积的比率作为连片度评价分值^[8-10],其局限性在于连片性评价中仅单一考虑面积因素。周尚意等^[5]对连片性的评价方法做了探讨,基于土地空间关系提出了3种基于GIS的定量计算连片度方法,即空间相连性计算法、模糊纹理定量法和基本农田保护指数法,并对第1种方法进行验证,该方法的特点是加入了空间距离作为连片性的考量因素,但最终连片性评价分值依然只考虑面积因素;张保华等^[11]将景观格局指数引入基本农田集中连片性的研究,借助景观格局计算软件计算5个相关的景观指标,对济南市历城区基本农田保护区的连片性进行评价,从农田面积、地块间距离、地块面积稳定性、全区地块分散程度等方面衡量农田连片性,该方法对连片性评价的考量更系统可靠,且基于GIS平台的指标数据读取方便。卢艳霞等^[12]基于龙州县“小块并大块”经验的土地整治研究也仅停留在整治模式的探讨层面。对集中连片方法的研究鲜见报道,本研究引入景观生态评价指标,基于GIS平台的数据处理功能,实现连片性评价的定量化,以 d 作为一个切入点,通过调整 d 的取值,观察全区连片性的变化情况,并在此基础上模拟不同 d_x 下连片性评价值的变化曲线,以确定农用地连片的最优阈值,为农用地整治工作提供理论参考。

1 基于景观生态指标的连片性评价模型

连片性即同一质量范围地块间的相连程度,是一个模糊的概念。为了更好地识别全区连片性随 d 变化的情况,本研究引入景观生态指标,借助GIS平台的空数据获取指标数据,设计基于景观生态指标的定量化连片性评价模型(图1)。

1.1 景观生态指标及计算方法

随着景观生态学的发展,景观生态指数的定量化方法也不断完善。本研究根据需要,选择用来描述同类景观要素斑块、空间关系的5个景观生态指

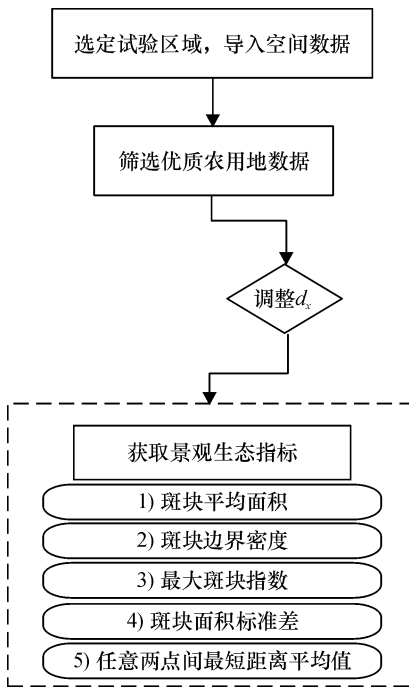


图1 定量化连片性评价模型

Fig. 1 Quantitative evaluation model of connectivity

数作为评价指标，定量描述农用地的连片性^[11]。5个景观生态指标的意义及公式如下：

1) 斑块平均面积(A):反映选定区域地块规模的平均水平,是正相关指标。 $A = S/n$, 式中, S 为全区农用地面积, n 为地块总数。

2) 斑块边界密度(D):即地块总周长与总面积的比值,反映地块被边界的分割程度和破碎化程度,是负相关指标。 $D = C/S$, C 为地块总周长, S 为全区农用地面积。

3) 最大斑块指数(I):即最大图地块积占全区农用地面积的比例,是正相关指标。 $I = S_{\max}/S$, 式中, S_{\max} 为最大地块面积, S 为全区农用地面积。

4) 斑块面积标准差(S^2):反映农用地地块规模的变异程度,是负相关指标。 $S^2 = [(x_1 - x)^2 + (x_2 - x)^2 + \dots + (x_n - x)^2]/n$, 式中, x_n 为第 n 地块面积, x 为地块平均面积, n 为地块总数。

5) 任意两点间最短距离平均值 $R(i)$:即某一地块到一定范围内其他地块的最近距离之和,除以该范围内其他地块总数;其值越大,说明地块间距离越远,分布较离散,是负相关指标。 $R(i) = \sum_{k=1}^p C_{i(k)}/p$, 式中, $C_{i(k)}$ 为地块 i 与邻近的地块 k 之间最短距离, p 为与地块 i 的邻近地块总数。

1.2 基于GIS平台的功能实现

ArcGIS是目前最流行的地理信息系统平台,主要用于创建和使用地图,编辑、管理地理数据等。本

<http://xuebao.scau.edu.cn>

研究主要使用其 ArcMap 应用程序实现数据输入、编辑等操作。

1) 导入数据。空间数据采集往往使用矢量的方法, ArcMap 能识别大部分常见的矢量格式数据。在 ArcMap 主菜单中通过“添加数据”导入试验地块的空间数据 Shapefile 文件。

2) 筛选优质农用地数据。优质农用地空间连片性评价更能准确地表达农用地空间连片性程度,本研究采用 ArcMap 的图层编辑功能,在原有农用地质量分等数据中筛选出一定比例的优质农用地,获得优质农用地的初始数据。

3) 模拟设定阈值 d_x 。ArcGIS 的编辑工具 Toolbox 的 Buffer 即“缓冲区分析”,是指以点、线、面实体为基础,自动建立其周围一定范围内的缓冲区多边形图层,然后建立该图层与目标图层的叠加,分析得到所需结果。它是用来解决邻近度问题的空间分析工具之一,而邻近度描述了地理空间中2个地物距离相近的程度。即通过设定一个缓冲阈值 d_x 进行缓冲,可以实现全区范围内间距小于 d_x 相邻地块之间的连接。对同一组农用地数据定义不同缓冲距离进行缓冲处理,即可得到 d_x 在一定范围内变动时全区连片性的变化情况。

4) 读取景观生态指标。在 ArcMap 中打开图层属性表,通过“添加字段”、“统计数据”、“汇总”等,可读取斑块平均面积、斑块边界密度、最大斑块指数和斑块面积标准差4个指标;通过 Toolbox 中的“邻域分析”创建邻近表,读取任意2点间最短距离平均值。

2 农用地连片最优阈值 d_0 的确定

本研究是基于影响工程成本的唯一因素是整治过程中连接的地块距离阈值(d)的假设。选定一个特定研究区域,基于 GIS 空间数据处理模拟 d 在一定范围内变动,观察 d 处于不同数值时连片性评价指标的变化情况。由于同一区域内地块在空间上排列方式的独特性, d 在某一范围内变化会影响全区连片性,但当 d 增大到一定值时,可能会出现一个或多个转折点 d_0 ,由 d 产生的全区连片性的变化缓慢甚至停滞。选择 d_0 作为农用地整治时连接的距离范围,可以避免农用地整治过程中由于盲目扩大连接地块的距离产生的工程成本,从而在实现有效改善农用地连片性的同时把整治的成本控制在最低。这里把 d_0 称为最优阈值,即农用地连片的最优距离。

由定量化评价模型可以获取不同 d_x 的5个景观指标数据,5个评价指标会随着阈值的变化呈现各自

的特征曲线变化, 得到一个“阈值 - 连片度多因素”的关系图。为了便于分析 5 个指标对连片度的共同作用以识别 d_0 , 需要对每一组数据进行处理。最优阈值 d_0 的识别模型如图 2。

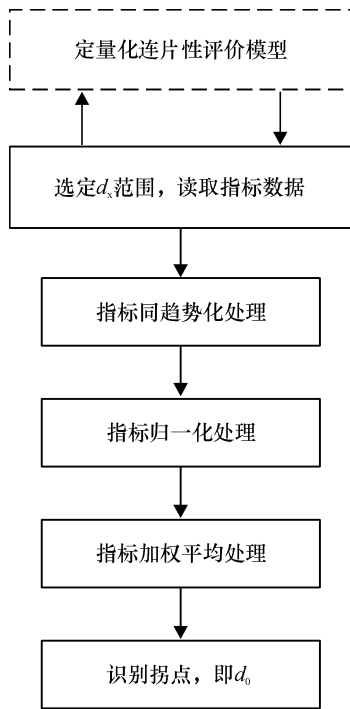


图 2 最优连片阈值 d_0 识别模型

Fig. 2 Identification model of the optimal connectivity threshold d_0

1) 选定 d_x 的范围, 读取指标数据。基于景观生态指标的农用地连片距离确定, 是指在一个范围内选择出最优的连片阈值。根据实际情况选择 d_x 的变动范围, 再由量化评价模型获取该范围内不同 d_x 的景观生态指标数据。

2) 指标同趋势化处理。即要求所有指标变化方向一致, 转化方法是倒数法, 公式如下:

$$x^* = 1/x,$$

式中, x^* 为同趋势化变量 x 处理后的值。

3) 指标归一化处理。对 5 个指标进行无量纲的归一化处理, 即把指标数据压缩到 0 ~ 1 之间, 公式如下:

$$X = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}),$$

式中, X 为变量 x 归一化处理后的值, x_{\min} 为变量 x 的最小值, x_{\max} 为变量 x 的最大值。

4) 指标加权平均处理。加权平均法是指指标综合的基本方法, 加权平均值即将各指标乘以相应的权重, 然后求和, 再除以总的单位数得到的数值。公式如下:

$$\varphi_i = \sum_{j=1}^n W_j a_{ij} / n,$$

式中, φ_i 为加权平均值; a_{ij} 为指标值; W_j 为指标权重; i 为试验次数, $i = 1, 2, \dots, n$; n 为指标数。

5) 识别 d_0 。经上述 4 个步骤得到一个拟合的“阈值 - 连片性评价加权值”关系图, 观察曲线的拐点对应的阈值, 即可能是最优连片距离 d_0 。

3 试验验证与结果

为验证模型的有效性, 现以广东省罗定市 2010 年农用地分等成果为实例进行验证。

3.1 筛选优质农用地

据罗定市 2010 年耕地质量等级成果年度变更成果中国国家级自然质量等, 将罗定市耕地质量分为 8 个等级。选出质量等级在 1 ~ 4 级之间的农用地块, 获得罗定市 2010 年优质农用地质量分等数据 (图 3), 可以看出该地区优质农用地主要集中在罗定市的东部以及东南部。

经过筛选的罗定市优质农用地, 原始地块数有 5 074 块, 全区农用地块面积 25 405.3 hm^2 , 最大地块面积 556.85 hm^2 , 地块面积标准差 23.62, 总周长 9 296.33 km , 任意两点间最短距离平均值是 62.93 m 。

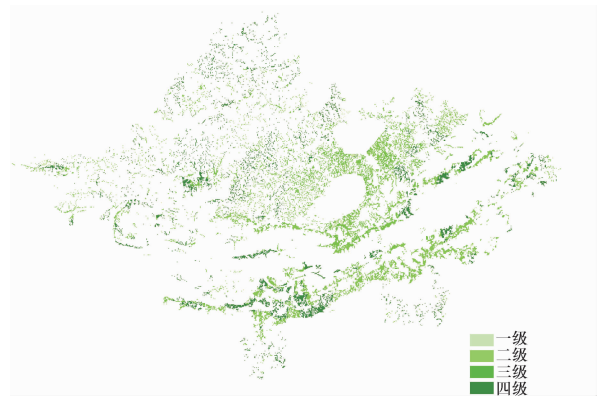


图 3 罗定市 2010 年优质农用地质量分布

Fig. 3 Distribution of high quality farmland in Luoding City, 2010

3.2 调整阈值 d_x

以罗定市 2010 年优质农用地空间数据作为初始数据, 模拟调整阈值 d 的数值变化区间为 0 ~ 50 m ; 共进行 50 次试验, 每次试验调整阈值变化跨度为 1 m ; 每次试验记录 5 个评价指标的数值, 共获得 50 组初始试验数据。

随着 d 由 0 ~ 50 m 的变化过程, 近距离地块之间的连接合并的地块数目呈减少的趋势, 全区农用地面积因为边界的缓冲一定程度出现变大趋势, 地块面积标准差、最大地块指数的试验数据也变大, 任意两点间最短距离平均值指标则呈现变小趋势。当

d 取 50 m 时,地块数减少到 2 707 块,全区农用地面积增加到 47 642.4 hm^2 ,最大地块面积 2 240.7 hm^2 ,标准差增加到 100.39,总周长为 8 397.65 km,任意两点间最短距离的平均值 43.93 m。

3.3 确定最优连片阈值 d_0

将试验得到的 50 组指标数据经同趋势化处理、归一化处理,得到罗定市的“阈值-连片度多因素”关系图(图 4)。

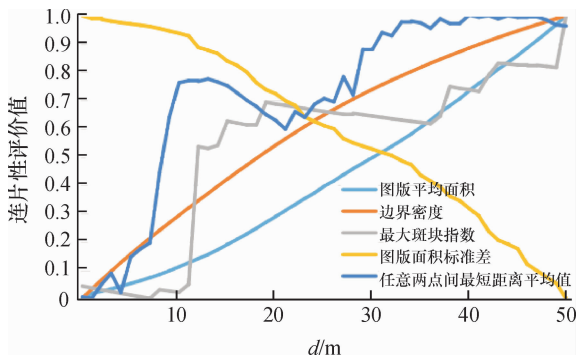


图 4 罗定市农用地连片性评价指标变化

Fig. 4 Index variation of connectivity evaluation in Luoding City

对 5 个指标赋予相同权重,平均加权拟合成最终的“阈值-连片性评价加权值”关系图(图 5)。由最终的连片性评价结果变化图,可以直观地看到最优连片阈值 d_0 处于 12 m 的位置。 d 为 4~11 m 时,连片性的评价价值由最初的 0.2 左右提升到接近 0.6,农用地连片性提升幅度近 0.4;随着 d 从 12 m 继续变大到 28 m 这一过程中,连片性的提升幅度很微弱; d 从 12 m 变到 50 m 的过程中,连片性的评价价值由 0.6 提升到接近 0.8,与 d 为 0~12 m 时连片性评价价值从 0.2 提升到 0.6 相比,对连片性的改善能力只有后者的 50%,而连接距离接近后者的 3 倍多。

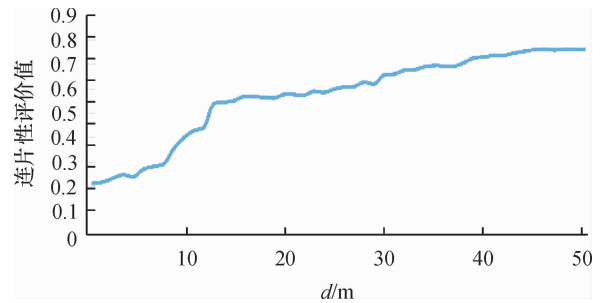


图 5 罗定市农用地连片性评价结果

Fig. 5 Results of connectivity evaluation in Luoding City

对罗定市实施集中连片为目标导向的农用地整治,当整治连接间距范围在 50 m 内时,建议考虑将全区间距离小于 12 m 相邻地块进行连接;对于间距大于 12 m 的相邻地块,连接成本较大且连接后对全区连片性影响不大,建议不连接。最大范围内连接间距在 12 m 内的地块,能在控制整治成本最低的基础上最大化提升全区连片性。

3.4 评价指标对比分析

国家新一轮土地利用总体规划期是 2010—2020 年。2011 年是规划实施后的第 1 年,对于基本农田划定后的耕地质量具有很好的评价效果。根据罗定市 2010、2011 年耕地质量等级成果年度变更数据,读取连片性评价的 5 个指标值,与试验结果的最优连片阈值 $d_0 = 12$ m 时罗定市的评价指标值对比,结果见表 1。由表 1 可知,规划期(2011 年)相对于基期(2010 年)在图斑平均面积、边界密度、最大斑块指数、任意两点间最短距离平均值 4 个连片性评价指标上有一定程度优化,但是效果并不显著,且负相关指标图斑面积标准差增加到 30.343,表明对整体连片性是负影响,即规划期相对于基期农用地连片性优化效果并不明显。

表 1 评价指标对比

Tab. 1 Comparison of evaluation indexes

项目	图斑平均 面积/ hm^2	边界密度/ ($\text{km} \cdot \text{hm}^{-2}$)	最大斑 块指数	图斑面积 标准差	任意两点间 最短距离平均值/m
2010 年(基期)	5.007	0.366	0.022	23.624	61.839
$d_0 = 12$ m	6.783	0.210	0.035	32.241	47.592
2011 年(规划期)	5.289	0.352	0.030	30.343	57.827

按照最优阈值 d_0 进行整治时,任意两点最短距离平均值由基期的 61.839 m 降低到 47.592 m,规划期是 57.827 m;图斑平均面积由基期的 5.007 hm^2 增大到 6.783 hm^2 ,规划期是 5.289 hm^2 ;边界密度由基期的 0.366 $\text{km} \cdot \text{hm}^{-2}$ 降低到 0.300 $\text{km} \cdot \text{hm}^{-2}$,规划期是 0.352 $\text{km} \cdot \text{hm}^{-2}$;最大斑块指数由基期 0.022 增大到 0.035,规划期是 0.030。虽然负相关指标图斑面积标准差也相应增加到 32.241,对连片

性产生负影响,但其他 4 个指标的变化对连片性评价都是正影响,且相对规划期优化效果明显。表明选取试验结果 $d_0 = 12$ m 对罗定市进行集中连片,连片效果显著。

3.5 方法应用的普适性

本研究中定义的最优阈值 d_0 是研究区域连片性评价结果变化图的折点。而折点的出现是基于同一区域内地块在空间上排列方式的独特性,阈值 d

变大产生的全区连片性提高是呈现变化趋势的理论假设。罗定市农用地的评价结果验证了这一假设。

为了说明该研究具有一定的普适性,即 d_0 并不是针对罗定市农用地数据存在。本文对陈显光等^[17]在研究基于 GIS 的基本农田空间连片性评价中使用的佛山市高明区基本农田数据,选择 d 的变化范围为 0~20 m,跨度为 1 m,重复上述试验得到结果见图 6 和 7。由连片性评价结果可以清晰看到,对高明区基本农田实施集中连片为目标导向的农用地整治,当整治连接间距范围在 20 m 以内时,可以找到 2 个最优阈值 d_0 ,即 5.0 和 16.5 m,建议考虑将全区间距小于 5.0 m 或 16.5 m 相邻地块进行连接,具体可以根据该地区对农用地连片性的要求和管理部门相关成本预算和整治能力进行选择。试验结果对该地区的农田整治规划具有指导作用。

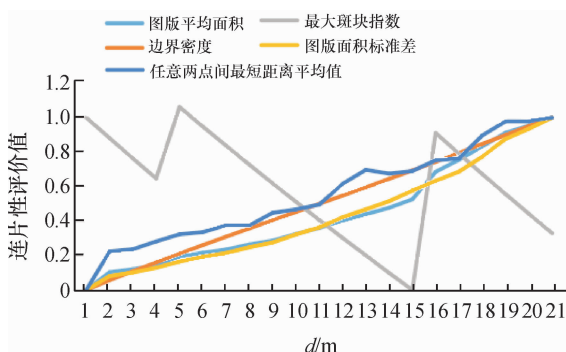


图 6 高明区连片性评价指标变化

Fig. 6 Index variation of connectivity evaluation in Gaoming Region

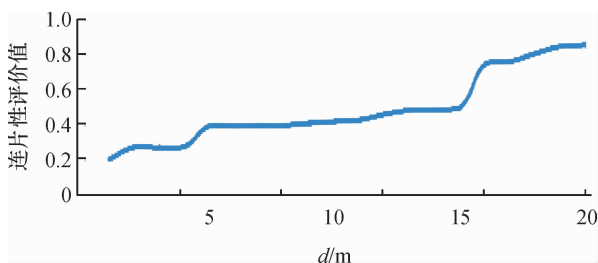


图 7 高明区连片性评价结果

Fig. 7 Results of connectivity evaluation in Gaoming Region

4 结论

本研究将景观生态指标引入连片性定量评价,以定义连片的距离阈值 d 为切入点,研究农用地整治中连片阈值的调整,并提出最优连片阈值的概念,试图为农用地整治中的集中连片提供技术参考。该方法经实例验证,具有直观、可靠和普适的优点。相关管理部门可以根据需要调整阈值 d 的变化范围和跨度,灵活应用。

参考文献:

[1] 张清. 江西省土地整治战略研究[D]. 南昌:江西农业

大学, 2012.

- [2] 刘彦随. 科学推进中国农村土地整治战略[J]. 中国土地科学, 2011(4):3-8.
- [3] 朱晓华, 陈秧分, 刘彦随, 等. 空心村土地整治潜力调查与评价技术方法:以山东省禹城市为例[J]. 地理学报, 2010(6):736-744.
- [4] 冯应斌, 杨庆媛. 转型期中国农村土地综合整治重点领域与基本方向[J]. 农业工程学报, 2014, 30(1):175-182.
- [5] 周尚意, 朱阿兴, 邱维理, 等. 基于 GIS 的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7):72-77.
- [6] 刘巧芹, 张敬波, 阮松涛, 等. 我国农用地整治潜力评价的研究进展及展望[J]. 水土保持研究, 2014(2):327-332.
- [7] 杨绪红, 金晓斌, 郭贝贝, 等. 2006—2012 年中国土地整治项目投资时空分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(8):227-235.
- [8] 黄辉玲, 吴次芳, 张守忠. 黑龙江省土地整治规划效益分析与评价[J]. 农业工程学报, 2012, 28(6):240-246.
- [9] 孙祥龙, 涂建军, 黄九松, 等. 基于 ArcGIS 空间分析技术和农用地分等成果划定基本农田:以重庆市秀山县为例[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(8):130-135.
- [10] 沈明, 陈飞香, 苏少青, 等. 省级高标准基本农田建设重点区域划定方法研究:基于广东省的实证分析[J]. 中国土地科学, 2012, 26(7):28-33.
- [11] 张保华, 王雷, 白振华, 等. 基于景观格局指数的基本农田保护区集中连片性研究:以济南市历城区为例[J]. 山东国土资源, 2014(2):80-82.
- [12] 卢艳霞, 黄盛玉, 王柏源, 等. 农村土地整治创新模式的思考:基于广西壮族自治区崇左市龙州县“小块并大块”的启示[J]. 中国土地科学, 2012, 26(2):84-87.
- [13] 崔勇, 刘志伟. 基于 GIS 的北京市怀柔区高标准基本农田建设适宜性评价研究[J]. 中国土地科学, 2014, 28(9):76-94.
- [14] 杨绪红, 金晓斌, 管栩, 等. 2006—2012 年中国土地整治项目空间特征分析[J]. 资源科学, 2013(8):1535-1541.
- [15] 刘文平, 宇振荣, 郎文聚, 等. 土地整治过程中农田防护林的生态景观设计[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18):233-240.
- [16] 我国土地整治的实践创新与理论进步:国土资源部土地整治中心副主任郎文聚研究院接受本刊专访[J]. 上海国土资源, 2012(33):1-6.
- [17] 陈显光, 张强胜, 等. 基于耕地质量的基本农田空间连片性评价[J]. 广东农业科学, 2015(23):159-163.

【责任编辑 周志红】