

# 基于 GIS 的低丘缓坡土地利用建设适宜性评价——以大理市为例

张洪, 曹京, 董世杰 (云南财经大学城市与环境学院, 云南昆明 650221)

**摘要** 选择大理市作为研究区域, 根据大理市全国第二次土地调查数据、土地利用总体规划数据和社会经济统计数据, 结合相关研究和区域特点, 从地形地貌、生态环境、空间区位、地质条件、社会经济 5 个方面选择了 18 项相关性因子构建起一套适应研究区域实际情况的评价指标体系, 采用层次分析法确定指标权重, 并在利用传统的多因素综合评价模型的基础上, 引入 CA 模型的原理进行适宜性模拟, 并利用 GIS 空间分析功能对评价结果进行分级, 按照适宜性分值划分为不适宜、一般适宜、中等适宜、高等适宜 4 级, 并以适宜性结果为基础进行土地利用分区研究, 将评价区域划分为优先建设区、选择建设区、建设保障区和生态功能保护区。研究结果可为低丘缓坡地区开发建设适宜性评价以及区域新型山地城镇建设研究提供一定参考。

**关键词** 低丘缓坡; GIS; 建设; 适宜性评价; 大理市

**中图分类号** S127 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)06-0212-06

## Suitability Evaluation of Land Construction Use about Gentle Hills Based on GIS—A Case Study of Dali City

ZHANG Hong, CAO Jing, DONG Shi-jie (School of Urban and Environment, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming, Yunnan 650221)

**Abstract** Choosing Dali City as the research area, based on the overall plan of data and social economic statistical data of land use in the second national land survey data, using GIS spatial analysis functions, combining research and related regional characteristics, selecting from topography, ecological environment, spatial location, geological conditions, socio-economic aspects of 18 correlation factor to construct the evaluation index system. Using analytic hierarchy process to determine the weight of index. Based on the traditional multi factor comprehensive evaluation model, the CA model was used to simulate the model. And using the spatial analysis function of GIS, evaluation results were divided into four levels basing on suitability scores: inappropriate, generally, moderate, and higher suitability and the suitability of the results as the basis for land use zoning study, the assessment area was divided into priority areas, selecting construction area, building security and ecological function protected areas. The results could be reference to similar gentle hills development suitability evaluation and the construction of regional new mountain towns.

**Key words** Gentle hills; GIS; Construction; Suitability evaluation; Dali City

随着社会经济的不断发展, 工业化、城市化进程的不断加快, 我国人多地少及用地需求与供地不足之间的矛盾日益凸显, 建设占用耕地已成为一种必然的趋势<sup>[1]</sup>。这种农地过度非农化的现象, 会导致耕地大量流失, 威胁粮食安全, 同时会产生大量失地农民, 不利于社会的稳定<sup>[2]</sup>。低丘缓坡土地利用资源是主要的土地后备资源, 采用科学合理的方法进行低丘缓坡建设适宜性评价, 对土地合理利用及耕地保护具有积极作用, 对综合效益的提高及土地可持续利用具有十分重要的意义<sup>[3]</sup>。

在长期的研究与实践中, 国外对山地、坡地资源的开发利用、城镇发展建设以及生态环境保护方面都形成了一定的理论体系, 并且从实践中积累了很多成功的经验<sup>[4-6]</sup>。随着信息技术的不断发展, 新的技术方法如遥感、地理信息系统等与土地评价研究相结合并得到了广泛的应用, 土地评价自动化程度越来越高, 并不断向定性定量相结合的方向发展。Kollias 等<sup>[7]</sup>、Bojórquez-Tapia 等<sup>[8]</sup>、Fang 等<sup>[9]</sup>运用 GIS 技术进行土地适宜性评价。我国较为全面、系统的土地评价工作开始于 20 世纪 50 年代的荒地资源调查。近些年, 土地适宜性评价是土地利用评价的主要方面, 我国建设用地评价重点则从平地转向山地<sup>[10]</sup>, 李伟松等<sup>[11]</sup>、刘卫东等<sup>[12]</sup>、吕杰等<sup>[13]</sup>对不同区域山地开发适宜性进行研究。同时, GIS 技术

的应用也更加普遍<sup>[14-16]</sup>。目前, 我国土地评价研究多结合 GIS 技术, 并以定性定量相结合为基础, 其中多因素综合评价模型的建立是较为常见的研究方法。如李伟松等<sup>[11]</sup>构建生态适宜性综合评价模型, 利用 GIS 空间分析功能对湖北省赤壁市低丘缓坡土地建设用地进行适宜性评价。

大理市是我国低丘缓坡开发的典型区域, 但目前对大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性评价的研究相对较少, 将元胞自动机模型的原理应用到大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性评价中的研究更少。刘焱序等<sup>[17]</sup>从景观风险和灾害风险 2 个指标集共选取 12 个评价指标, 并运用有序加权平均法对指标进行重新排序, 对大理市低丘缓坡区域建设适宜性进行综合评价。笔者在多因子综合评价模型的基础上, 引入约束性因子, 两者结合求得综合适宜性分值, 并运用生态位元胞自动机的原理对适宜性进行模拟<sup>[18-19]</sup>, 得出大理市低丘缓坡土地建设适宜性的概率, 利用 GIS 空间分析功能, 根据适宜性分值对大理市低丘缓坡区域的建设适宜性进行分级。

## 1 研究区概况及低丘缓坡评价范围确定

### 1.1 研究区概况

大理市是大理白族自治州州府所在地, 位于滇西中部, 是滇西的交通枢纽。大理市为高原盆地地形, 总体呈西北高东南低、四周高中间低的特征。地处低纬度高海拔地带, 属于典型的亚热带高原季风气候区, 土壤类型多样, 干湿季分明, 年温差小, 日温差大。大理市降水丰富, 地表水和地热水资源较丰富, 洱海为云南省第二大高原淡水湖泊, 属于天然湖泊。大理市辖 10 个镇、1 个乡及 1 个国家级经济开发区, 辖区内有国家级重点文物保护单位 4

**基金项目** 国家自然科学基金项目(71363061)。

**作者简介** 张洪(1958—), 男, 四川成都人, 教授, 博士生导师, 从事城市经济与房地产、山地土地利用研究。

**收稿日期** 2016-12-06

处,省级重点文物保护单位 2 处,是国家级优秀旅游城市。

**1.2 低丘缓坡评价范围确定** 结合低丘缓坡相关概念和云南省实际情况,将低丘缓坡地定义为具有一定成片开发条件、在云南省划定的坝区范围以外、坡度为  $8^{\circ} \sim 25^{\circ}$  的包括各种土地利用类型的土地资源。该研究对象为低丘缓坡土地资源开发建设适宜性,根据低丘缓坡的定义及土地开发利用的基本条件,结合大理市的实际情况,确定大理市低丘缓坡建设适宜性评价的范围。扣除大理市坡度  $25^{\circ}$  以上集中连片的区域,海拔大于 3 000 m 的区域,洱海和湖泊、水库水面,坝区范围,其他区域作为该研究评价范围(图 1)。

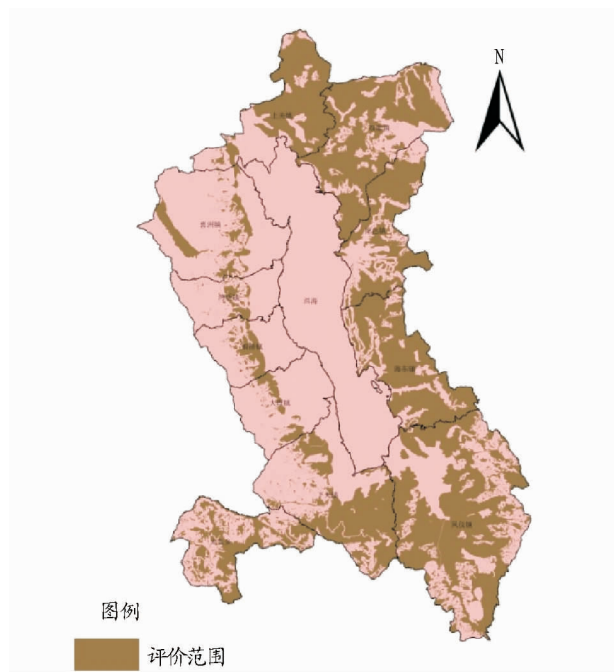


图 1 大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性评价范围

Fig.1 Suitability evaluation range of land construction use about gentle hills in Dali City

## 2 低丘缓坡建设适宜性实证研究

**2.1 数据来源** 空间数据均采用西安 80 坐标系。数据主要来源于:大理市第二次全国土地调查数据库、《大理市低丘缓坡土地综合开发利用专项规划(2012—2016 年)》《大理白族自治州大理市矿产资源规划(2008—2015 年)》《云南省大理市地质灾害防治规划(2011—2020 年)》《大理生态市建设规划(2009—2020 年)》、MODIS13Q1 产品数据集及 2009 年大理市社会经济统计资料等。

**2.2 适宜性评价原则** 进行低丘缓坡土地建设适宜性评价,需要考虑长远目标,考虑其可持续发展性,需要坚持开发利用与保护相结合,在注重生态保护的前提下,提高土地利用综合效益。该研究遵循综合性和主导因素原则,生态保护优先原则,因地制宜原则,经济、社会、生态效益相结合原则,针对性原则及可持续利用原则进行大理市低丘缓坡土地建设适宜性评价。

**2.3 评价单元划分** 根据数据特点选择采用网格法进行适宜性评价研究,运用 GIS 地理空间分析功能进行大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性评价。选择较大尺度的评价单元将

降低评价单元数据的准确性,而评价单元太小则可能导致数据量过大,对数据精度的要求相对更高。因此,根据 1:10 000 比例尺数据,构建  $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$  的评价单元。

**2.4 评价指标体系构建** 低丘缓坡土地利用建设适宜性评价是一个较为复杂的评价过程,参评因子的选择是其建立合理指标体系的重要条件。按照低丘缓坡土地利用建设适宜性评价因子的选择原则,结合大理市自然地理环境、社会经济条件及生态环境等多方面的因素,根据低丘缓坡土地开发利用所应该考虑的评价因子并结合数据收集情况及其可操作性,从评价指标体系构建的科学合理性出发,建立大理市低丘缓坡建设适宜性评价体系,此体系主要包括地形地貌、生态环境、地质条件等 5 个不同方面共 18 个一般性评价因子及 6 个约束性因子,用以反映大理市低丘缓坡土地建设适宜性情况及其适宜程度。根据数据收集情况,确定研究的约束性评价因子为规划基本农田保护区、国家级公益林和省级公益林、禁止建设区、苍山洱海保护区、距断裂带 500 m 范围区矿产资源重点勘查。

**2.5 权重的确定** 考虑到大理市山地生态系统复杂性和基础数据的可操作性及指标量化的准确程度,采用完全量化的方法确定指标权重的数学模型难度较大,因此,该研究采用层次分析确定指标权重,结果见表 1。

**2.6 评价模型的确定** 静态数学模型主要是建立在多因子综合评价模型的基础上,引入约束性因子的影响值,计算一般性评价因子的综合影响值和约束性因子综合影响值,根据两者结合求得最后分值确定适宜性程度。该研究低丘缓坡土地利用建设适宜性评价采用静态数学模型,根据适宜性评价因子的特点,采用以下数学模型进行计算:

$$Y = \lambda \sum_{i=1}^m X_i \cdot W_i \quad (1)$$

$$\lambda = \prod_{j=1}^n P_j \quad (2)$$

式中, $Y$  为评价单元的综合评价价值; $\lambda$  为约束性因子综合评价价值; $m$  为一般性评价因子个数; $X$  为第  $i$  项一般性因子分值; $W$  为第  $i$  项一般性因子权重; $n$  为约束性因子个数; $P$  为第  $j$  项约束性因子分值。

在上述模型中,一般性因子采用累加求和的方法计算,因子分值通过引入模糊数学方法,建立评价因子的模糊隶属度函数,该研究隶属度函数主要包括 3 种类型:阈值型、“S”型隶属度函数及抛物线型,并在实际中将曲线型函数转化为相应的折现型函数,以便于计算<sup>[20]</sup>。约束性因子采用求积的方法计算。约束性因子赋值采用“一票否决制”,只取 0 和 1 进行赋值计算,从而保证当评价单元为约束性因子所在评价单元时否定其他评价因子的作用。

土地适宜性的状态是由其本身的适宜性及其相邻元胞的状态所决定的,周边土地具有更高适宜性,则中心元胞开发建设的可能性越高。因此,该研究运用 CA 模型的原理进行适宜性模拟,评价单元的元胞在下一时刻的适宜性是由其与周边邻居状态及一定的转换规则共同作用所决定的,公式表示为:

表 1 大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性评价指标权重

Table 1 Index weight of suitability evaluation of land construction use about gentle hills in Dali City

目标层 Target layer	准则层 Criteria layer	指标层 Index layer	权重 Weight
低丘缓坡建设适宜性评价 Suitability evaluation of land construction use about gentle hills	地形地貌	坡度	0.050
		坡向	0.019
		高程	0.013
	生态环境	相对高差	0.029
		生态敏感性	0.090
		生物多样性	0.057
		水土保持重要性	0.050
		植被覆盖指数	0.042
		距河流距离	0.025
		地质条件	0.041
	地质条件	岩土种类	0.112
		地质灾害	0.159
		距断裂带距离	0.071
		水土流失	0.105
	空间区位	交通通达度	0.105
		城镇影响力	0.052
	社会经济	土地利用类型	0.046
		人口密度	0.025
		非农人口比例	0.014

$$S_{ij}^{t+1} = f(S_{ij}^t, \Omega_{ij}, T) \quad (3)$$

公式(3)表示过去的土地适宜性是通过土地之间的相互作用来影响未来土地适宜性的。该研究采用 Moore 型邻域,通过  $3 \times 3$  的窗口,中心元胞的值由其周围相邻的 8 个邻居单元获取,由此计算出下一时刻的土地适宜性状态,利用概率的方法可以对转化规则进行灵活定义<sup>[21]</sup>。土地开发建设适宜性转化规则表示为:

$$R_{i+1}(ij) = Q_i(ij) \cdot \text{con}[\text{suit}(ij)] \cdot \Omega_i(ij) \quad (4)$$

式中, $R_{i+1}(ij)$ 为元胞在  $t+1$  时刻的建设适宜性概率; $Q_i(ij)$ 为单因子的综合适宜性,即  $\sum_{i=1}^m X_i \cdot W_i$ ;  $\text{con}[\text{suit}(ij)]$  为约束性条件,即  $\lambda$ ;  $\Omega_i(ij)$  为邻域影响值。

其中,邻域影响值以  $3 \times 3$  邻域窗口进行计算:

$$\Omega_i(ij) = \frac{\sum_{3 \times 3} N[\text{suit}(ij)]}{3 \times 3 - 1} \quad (5)$$

具体做法如下:通过  $R_i(ij)$  获取格网单元适宜性值,并根据适宜性分值建立一个 0 和 1 的专题图,0 代表不适宜,1 代表适宜。 $\Omega_i(ij)$  通过目标专题图获取,公式表示为:

$$\Omega_i(ij) = \left[ \sum_{i=x-1j=y-1}^{x+1} \sum_{y-1}^{y+1} OL_{ij} - OL_{xy} \right] / \left[ \sum_{i=x-1j=y-1}^{x+1} \sum_{y-1}^{y+1} N_{ij} - 1 \right] \quad (6)$$

式中, $OL_{ij}$  为单元网格的值(0 或 1);  $N_{ij}$  为用以处理边界元胞,若格网是空值(即超出格网边界), $N_{ij} = 0$ ,反之,则为 1。

土地适宜性模拟演化过程的结束通过观察  $t+1$  时刻与  $t$  时刻的建设适宜性分布值,比较两者无差别,倘若两者之间没有什么差别,则可以判定其达到稳定状态,结束演化<sup>[22]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 适宜性分级及评价结果分析

**3.1.1 适宜性分级结果。**采用 ArcGIS 空间分析模块(Spatial Analyst)中的重分类功能(Reclassify),根据大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性评价结果数据及相关研究的划分标

准,按照适宜性分值的大小从高到低划分为 4 类:高度适宜、中等适宜、一般适宜和不适宜。分类结果为:0~0.4 为不适宜建设, >0.4~0.6 为一般适宜建设, >0.6~0.8 为中等适宜建设, >0.8 为高等适宜建设。

#### 3.1.2 适宜性评价结果分析。

(1)一般性因子综合适宜性分析。根据表 1 中的地形地貌因子、生态环境因子、地质条件因子、空间区位因子和社会经济因子,并根据相对应的权重,计算一般性评价因子的综合适宜性,结果见图 2。

(2)约束性因子综合适宜性分析。根据所确定的 6 类约束性因子及相应的赋值,利用的静态数学模型中公式(2),计算得到约束性因子的综合适宜性值,结果见图 3。

(3)静态数学模型适宜性评价结果。根据以上计算得出的一般性因子综合适宜性分值和综合约束性因子分值进行叠加分析,利用公式(1)计算得到大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性评价结果(图 4)。

(4)适宜性模拟结果。对评价区域土地利用建设适宜性进行模拟分析,将上述评价结果代入公式(4),运用 Focalsum 函数求得邻域范围内适宜建设的元胞数,并运用 GIS 空间模拟求得,运行结果见图 5。并按照上述分级标准进行分级,结果见图 6。

该研究土地适宜性模拟结果相对于静态数学模型的评价结果,一般适宜和不适宜区域相对变大,2 种评价结果分布及趋势是一致的,变化主要体现在细部。该研究选择适宜性模拟结果作为最终结果进行分析。从图 6 可以明显看出,大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性较高的区域分布在洱海以东部分地区,此区域属于地势相对平缓、区位条件、生态环境等条件相对较好的地区,不适宜建设区域主要分布在洱海以西地区以及大理市西南部分地区。结合图 1 中划定的低

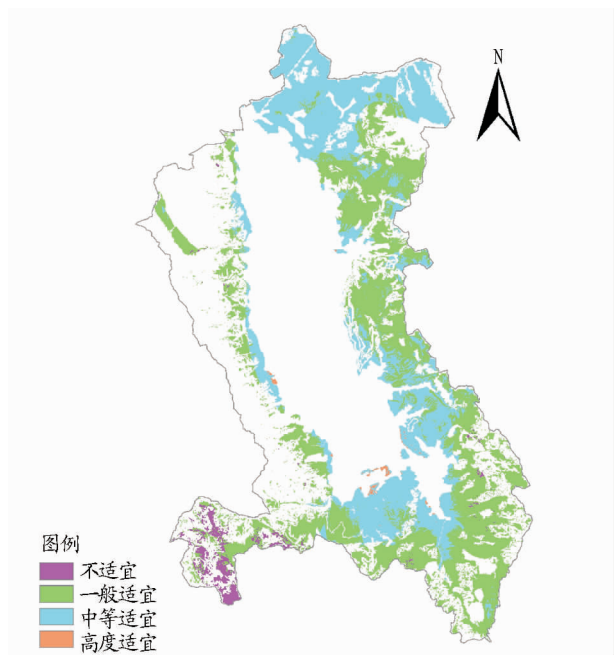


图 2 大理市低丘缓坡建设适宜性一般性因子综合分析  
Fig.2 General factor comprehensive analysis of land construction use about gentle hills in Dali City

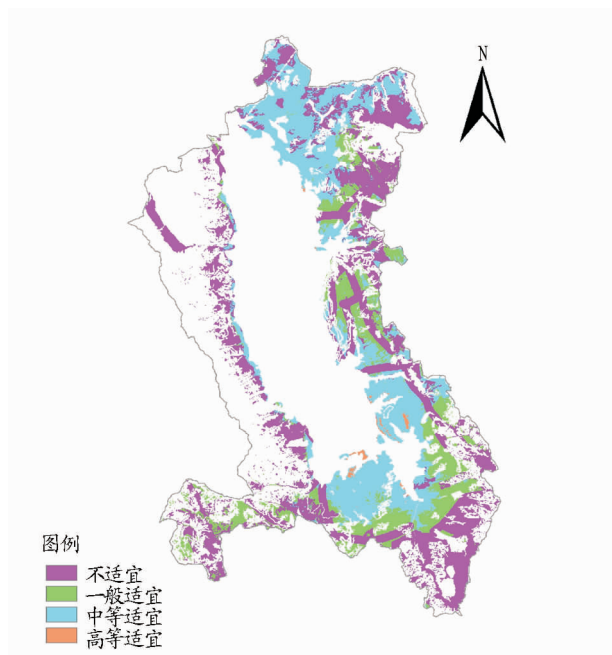


图 4 大理市低丘缓坡土地开发建设综合适宜性分析  
Fig.4 Comprehensive suitability analysis of land use about gentle hills in Dali City

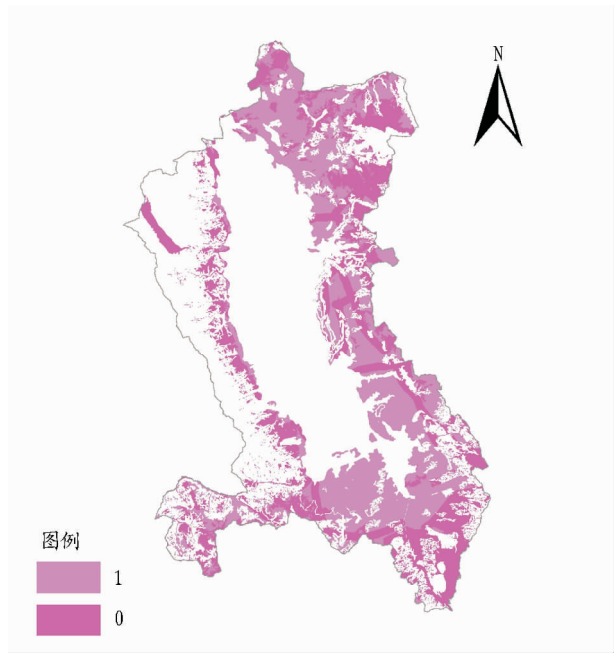


图 3 大理市低丘缓坡建设适宜性约束性因子综合分析  
Fig.3 Constraint factor synthesis analysis of land construction use about gentle hills in Dali City

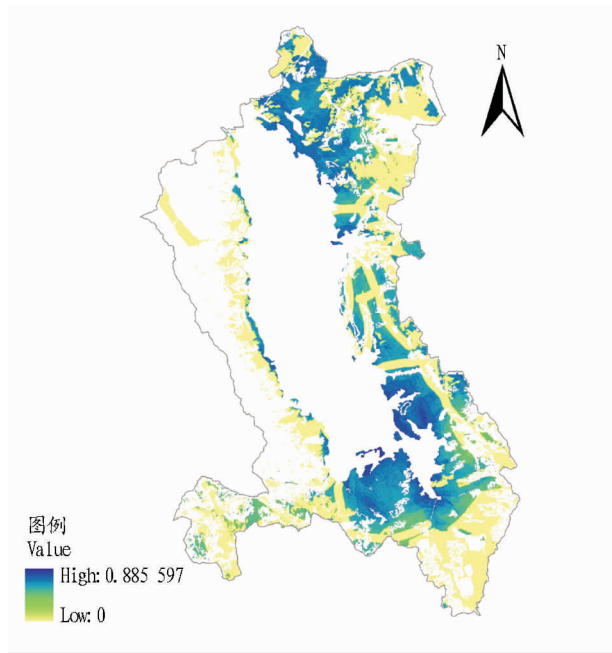


图 5 大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性概率  
Fig.5 Suitability probability of land construction use about gentle hills in Dali City

丘缓坡评价区域范围,经 ArcGIS 软件分析,根据分级标准进行统计,大理市低丘缓坡开发建设适宜性评价结果为:不适宜建设面积 34 114.45 hm<sup>2</sup>,占评价结果总面积的 48.92%;适宜建设总面积 35 625.68 hm<sup>2</sup>,占 51.18%。其中适宜建设的低丘缓坡土地面积分为:一般适宜土地面积 12 548.42 hm<sup>2</sup>,中等适宜土地面积 22 683.56 hm<sup>2</sup>,高等适宜土地面积 393.69 hm<sup>2</sup>。适宜建设的低丘缓坡土地资源主要分布在大理市经济开发区、海东镇、凤仪镇,还包括上关镇、下关镇、双廊

镇的部分地区。  
3.2 土地利用分区结果分析 按照大理市低丘缓坡开发建设适宜性评价结果将评价区域分为适宜建设区及不适宜建设区,将不适宜建设区划分为生态功能保护区,结合“宜农则农,宜林则林”的原则再划分为农地保护区和林地保护区,禁止一切与生产建设有关的活动;适宜建设区按照“宜建则建”的原则,根据适宜性分值的大小及其分布区域的集聚性进行划分,结果见图 7。

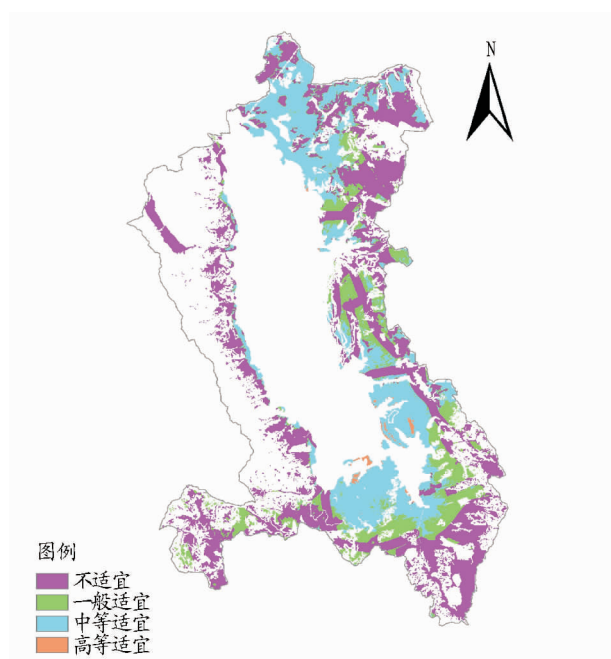


图6 大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性分级

Fig. 6 Suitability classification of land construction use about gentle hills in Dali City

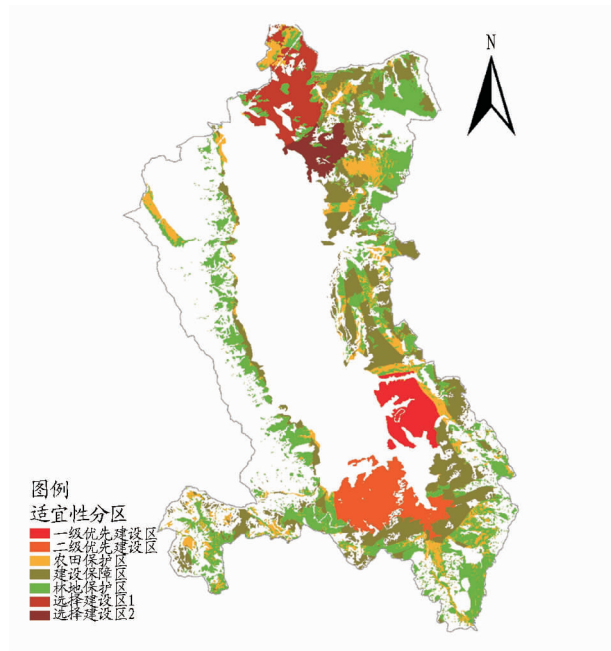


图7 大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性分区

Fig. 7 Suitability partition of land construction use about gentle hills in Dali City

**3.2.1 优先建设区。**根据适宜性评价结果划分优先开发建设区块,由于高等适宜性区块相对面积较小,因此主要以中等适宜性区块与高等适宜性区块结合确定优先建设区域。优先建设区块具有优越的建设条件,是城镇发展需求用地的主要供给区域,适宜连片的城镇开发和工业建设<sup>[23]</sup>,大理市低丘缓坡优先建设区划定的建设用地区域面积相对较大,建设用地一般是按照时序性进行开发,据此将优先建设区划分为一级优先建设区和二级优先建设区(次级优先建设区)。

次级优先建设区目前不以开发建设为主,可进行适当开发,但需要辅以耕地保护和林地保护等生态保护作用,此区域主要以连片区块划分。

**3.2.2 选择建设区。**选择建设区也具有较高的建设适宜性,相对于优先建设区,选择建设区可以根据具体开发建设的需要及当地发展的具体情况,进行适当的开发,一般考虑一定的生态保护作用,并不完全用于开发建设,如不以连片开发为目的的点状式开发。与优先建设区相同的是主要选择相对较高适宜性的连片区块划分,与优先建设区的区别主要是考虑现实的开发情况和交通条件。

**3.2.3 建设用地保障区。**建设用地保障区是除优先建设区和选择建设区以外的适宜建设区域,从城市发展的需要及耕地、林地保护等方面考虑,此区域亦可称为建设用地储备区即后备建设用地区,当城市发展建设用地需要扩张并且建设用地指标增加时可以发展为城镇居住用地、工业用地的土地资源。与选择建设区不同的是,建设用地保障区在开发利用前以保护区域生态环境为主,避免进行生产建设。

**3.2.4 生态功能保护区。**生态功能保护区即为划定的不适宜建设区域,此区域可以遵循“宜农则农,宜林则林”的原则进一步划分为农地保护区及林地保护区。农地保护区是进行耕地保护的重要区域,城镇发展必须符合国家保护耕地的基本国策,需要始终坚持保护耕地保证粮食安全,建设尽量少占耕地,特别是优质耕地,同时要保持耕地占补平衡,不仅要保证数量上的平衡,还要考虑质量上的平衡。该区域的划定主要考虑现状为耕地、牧草地、园地等土地类型。林地保护区主要分布的土地类型为林地,其对当地生态系统的稳定及可持续发展有重要的作用。林地对于区域生态环境及人居环境等存在影响,林地保护区主要是现状为林地或者能够发展为林地的区域,主要参考公益林及土地利用现状条件进行划定。

**3.3 低丘缓坡开发用地建议** 以实现环境友好型城市发展建设为土地利用目标,注重实现土地节约集约利用,并在土地利用过程中重视生态保护,实现经济效益与生态效益的统一,有利于促进城镇可持续发展<sup>[24]</sup>。

对于优先建设区,选择组团式用地布局方式,大理市低丘缓坡优先建设区主要包括海东组团、凤仪组团及下关组团。由于其具有优越的区位条件,可以沿交通干线发展建设,加强各组团之间的联系<sup>[25]</sup>,有利于今后发展形成规模效应。同时,应该根据当地发展的实际情况,推动土地利用结构及产业结构的调整,避免分散布局,将各类型用地尽量安排在同一地区集中分布,杜绝重复性建设,促进土地节约集约利用。选择建设区可以根据发展需要辅以开发建设,或者依当地特点进行旅游用地的开发,建设保障区以保护生态为主,可以发展生态景观。切实保护基本农田,并适当改善农田保护区内非基本农田区域土地的质量,大力发展特色种植业并保持优势种植业的发展,有利于形成规模化生产,提高土地利用效率。林地是生物多样性保护和生态系统协调发展的重要用地类型,因此应该对林地实施有力的保护,不仅

要对集中连片的森林地带进行保护,对优化城区范围内的林地资源也要进行保护。对于可以发展为林地的未利用地可以根据需要进行发展,一些荒地、裸地可以作为后备的重点造林土地。

该研究进行土地分区的过程中并未考虑矿产资源区及风景保护区等类似区域,但是自然景观及人文景观的保护对城镇文化传承与发展有重要作用,对此类用地,应该保留,避免占用,并与生态保护相结合进行发展,提高经济效益和生态效益。大理市低丘缓坡开发建设应该形成新型城镇化、产业化发展方式,按照建设适宜性结果进行有区分的、集中的适度开发,并坚持以生态环境保护为前提,充分发挥其自身的地域优势、文化优势及生态优势<sup>[26]</sup>,构建环境友好的新型山区城镇。

#### 4 结语

该研究采用元胞自动机对大理市低丘缓坡土地利用建设适宜性进行评价,在传统的多因素综合评价模型的基础上,将生态学概念引入到低丘缓坡土地的建设适宜性评价中来,更具现实意义和针对性。虽然元胞自动机的方法在我国已得到应用<sup>[18]</sup>,但是将此方法直接运用到大理市低丘缓坡适宜性评价中的研究还较少。而且土地适宜性评价的核心是建立适应研究区域自身特点的评价指标体系,在以往的研究中土地适宜性评价多侧重于土地本身的自然属性,该研究结合大理市具体情况增加了社会经济指标,使评价指标更具全面性和科学性,对于大理市低丘缓坡资源的开发具有重要意义。

由于时间的限制、资料数据的局限以及知识结构及研究经验和能力不足等原因,该研究还存在许多不足之处,主要表现为:①指标体系的构建方面仍处于研究阶段,指标选择的科学性和合理性可能存在一定的欠缺,需要研究和完善;②层次分析法确定指标权重,具有较强的主观性,可以与客观赋权法相结合;③结合 CA 模型原理进行土地利用适宜性模拟,分析较为单一,可更多地从定量的角度进行模型的检验与研究;④对土地分区标准及不同分区具体用地布局可进一步研究。

#### 参考文献

[1] 于亢元. 低丘缓坡土地开发利用效益评价研究[D]. 西安:长安大学, 2014.  
 [2] 王骄. 生态视角下城镇上山实施回顾与规划对策[D]. 重庆:重庆大学, 2014.  
 [3] 朱山华. 新的土地补充源值得研究:对浙江省丽水市低丘缓坡综合开发利用的思考[J]. 中国土地, 2011(8): 15-17.

[4] KALOGIROU S. Expert systems and GIS: An application of land suitability evaluation[J]. Computers, environment and urban systems, 2002, 26(2/3): 89-112.  
 [5] AHAMED T R N, RAO K G, MURTHY J S R. GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis[J]. Agricultural systems, 2000, 63(2): 75-95.  
 [6] NGOUFO R. The bamboutos mountains: Environment and rural land use in west Cameroon[J]. Mountain research and development, 1992, 12(4): 349-356.  
 [7] KOLLIAS V J, KALIVAS D P. The enhancement of a commercial geographical information system(ARC/INFO) with fuzzy processing capabilities for the evaluation of land resources[J]. Computers and electronics in agriculture, 1998, 20(1): 79-95.  
 [8] BOJÓRQUEZ-TAPIA L A, DIAZ-MONDRAGÓN S, EZCURRA E. GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment[J]. International journal of geographical information science, 2001, 15(2): 129-151.  
 [9] FANG S F, GERTNER G Z, SUN Z L, et al. The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl[J]. Landscape and urban planning, 2005, 73(4): 294-306.  
 [10] 李坤, 岳建伟. 我国建设用地适宜性评价研究综述[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2015, 51(S1): 107-112.  
 [11] 李伟松, 李江风, 钟紫玲. GIS 支持下的湖北省赤壁市低丘缓坡建设用地生态适宜性评价[J]. 国土资源科技管理, 2014, 31(1): 24-30.  
 [12] 刘卫东, 严伟. 经济发达地区低丘缓坡土地资源合理开发利用:以浙江省永康市为例[J]. 国土资源科技管理, 2007, 24(3): 1-5.  
 [13] 吕杰, 袁希平, 甘淑. 低丘缓坡土地资源开发利用战略分析研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(35): 225-229.  
 [14] 倪绍祥. 近 10 年来中国土地评价研究的进展[J]. 自然资源学报, 2003, 18(6): 672-678.  
 [15] 李可. GIS 支持下的低丘缓坡土地开发建设适宜性评价研究:以郧县为例[D]. 武汉:湖北大学, 2014.  
 [16] 朱晓芸. 低丘缓坡土地资源开发利用评价研究[D]. 杭州:浙江大学, 2008.  
 [17] 刘焱序, 彭建, 韩亿楠, 等. 基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价:以云南大理白族自治州为例[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3188-3197.  
 [18] 李红波, 张慧, 赵俊三, 等. 基于元胞生态位适宜度模型的低丘缓坡土地开发建设适宜性评价[J]. 中国土地科学, 2014, 28(6): 23-29.  
 [19] 魏海, 秦博, 彭建, 等. 基于 GRNN 模型与邻域计算的低丘缓坡综合开发适宜性评价:以乌蒙山集中连片特殊困难片区为例[J]. 地理研究, 2014, 33(5): 831-841.  
 [20] 庞悦. 基于 GIS 低丘缓坡土地资源开发利用评价研究[D]. 北京:中国地质大学, 2014.  
 [21] 黎夏, 叶嘉安, 刘小平, 等. 地理模拟系统: 元胞自动机与多智能体[M]. 北京:科学出版社, 2005: 50-69.  
 [22] 於家. 基于人工智能的土地利用适宜性评价模型研究与实现[D]. 上海:华东师范大学, 2010: 23-58.  
 [23] 孙伟, 陈雯. 市域空间开发适宜性分区与布局引导研究:以宁波市为例[J]. 自然资源学报, 2009, 24(3): 402-413.  
 [24] 毛德华, 陈秋林, 汪子一. 关于环境友好型土地利用模式的若干基本问题的探讨[J]. 资源环境与工程, 2007, 21(1): 75-78.  
 [25] 王科. 丘陵山区城镇建设用地空间布局研究[D]. 重庆:西南大学, 2013.  
 [26] 王辉. 中国西南山区城镇建设用地适宜性评价研究:以云南瑞丽市为例[D]. 昆明:云南财经大学, 2012: 39-42.

**本刊提示** 《安徽农业科学》是全国为数不多各大数据库同时收录的农业刊物之一。面向全国,融学术性、指导性于一体,既刊登作物育种与栽培、植物保护、土壤肥料、园艺、林业、蚕桑、烟草、茶叶、畜牧兽医、水产及其他农业相关科学的研究报告、综述、研究简报;也发表农业经济、农业科技管理、农业发展战略及农业产业化等方面的研究论文、调查报告和对策性文章等。