引文格式：李益敏,邓选伦,杨一铭,等. 基于GIS的怒江州建设用地生态适宜性评价[J]. 地理空间信息, 2023, 21(9): 27-30. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.09.007

基于GIS的怒江州建设用地生态适宜性评价

李益敏[1,2]，邓选伦[1*]，杨一铭[1]，计培琨[1]，赵娟珍[3]
（1. 云南大学 地球科学学院，云南 昆明 650500；2. 云南省高校国产高分卫星遥感地质工程研究中心，云南 昆明 650500；
3. 云南大学 国际河流与生态安全研究院，云南 昆明 650500）

摘　要：综合自然环境、社会经济等因素对建设用地生态适宜性进行定量分析评价可有效解决城市扩张与土地资源有限的矛盾。以云南省怒江州为研究区，根据区内地质环境特征，选取高程、坡度、河流、湖库、归一化植被指数、与建成区距离、与交通距离、人口密度和生产总值9个指标因子，利用层次分析法（AHP）和GIS的空间分析对怒江州建设用地生态适宜性进行了评价。结果表明，最适宜和适宜区占总面积的21.085%，其中兰坪和泸水区域地质环境最优越，建议怒江州向南发展，同时做好生态环境保护工作。

关键词：GIS；建设用地；AHP；生态适宜性评价；怒江州
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）09-0027-04

Ecological Suitability Evaluation of Construction Land in Nujiang Prefecture Based on GIS

LI Yimin[1,2], DENG Xuanlun[1], YANG Yiming[1], JI Peikun[1], ZHAO Juanzhen[3]
(1. School of Earth Sciences, Yunnan University, Kunming 650500, China;
2. Research Center of Domestic High-resolution Satellite Remote Sensing Geological Engineering, Kunming 650500, China;
3. Institute of International Rivers and Ecological Security, Yunnan University, Kunming 650500, China)

Abstract: The contradiction between urban expansion and limited land resources can be effectively solved by quantitative analysis and evaluation of construction land suitability based on natural environment, social economy and other factors. According to the geological environment characteristics of study area, we selected nine index factors, including elevation, slope, river, lake, normalized vegetation index, built-up area distance, traffic distance, population density and GDP, to evaluate the suitability of construction land in Nujiang Prefecture by using analytic hierarchy process(AHP) and GIS spatial analysis. The results show that the most suitable and suitable area accounts for 21.085% of the total area, among which Lanping and Lushui areas enjoy the best geological environment. It is suggested that Nujiang Prefecture should develop southward and do a good job in ecological environment protection.

Key words: GIS, construction land, AHP, ecological suitability evaluation, Nujiang Prefecture

城市是人类活动对自然环境干预最强烈的地区，也是各种环境工程地质问题和地质灾害多发区域[1]。随着经济的高速发展和城市化进程的急剧加快，越来越多的人涌入城市，但城市基础建设用地有限，需要大量新建、扩建[2]。很多建设项目为了经济利益，对城市土地进行不合理开发、盲目扩张，导致城市及其周边生态环境受到严重破坏[3]。国家高度重视生态环境保护，颁发了许多相关生态建设政策，同时人们的生态环境理念也逐渐加强，开始提高自己生活和工作环境质量，从两方面推动了城市的生态建设[4]。

传统的土地适宜性仅从土地的自然属性、城市的经济发展等基础状况进行分级评价，带有很大的主观色彩。将GIS技术引入土地生态适宜性评价，可有效规避传统方法的不足。在GIS技术支撑下的客观、定量评价进一步推动了建设用地生态适宜性评价的发展[5]。国外对土地评价的研究开始较早，17世纪以前就有为获得土地税收而开展的土地评价研究[6]。1933年《雅典宪章》最早提出了用地适宜性的概念[7]。20世纪中期，环境与资源问题越来越受学者们重视，以合理分布土地资源为目的的土地评价理论逐渐发展起来[8]。GIS技术的应用和城市生态研究的深入推动了土地生态适宜性评价技术的应用与发展[9]。相对于国外土地生态适宜性的研究进展，我国的研究开始较晚，但发展非常迅速，且对土地生态适宜性研究

收稿日期：2022-04-27；修回日期：2022-07-11。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（41161070）；云南省科技厅—云南大学联合基金重点资助项目（2019FY003017）。
第一作者简介：李益敏（1965—），研究员，研究方向为3S技术在山地资源环境与地质灾害中的应用，E-mail：liym@ynu.edu.cn。
通信作者：邓选伦（1995—），硕士研究生，研究方向为机器学习技术在地质灾害中的应用，E-mail：2822122987@qq.com。

的不足与局限性提出了合理可行的改进意见，为城市规划者提供了决策依据，如王宪恩[10]等采用ANP-GIS耦合模型评价了长春市建设用地的生态适宜性，从社会、自然和经济3个方面进行综合评价，将网络分析法与GIS技术相结合，定量分析了建设用地生态适宜性；针对单纯权重叠加法的不足，宗跃光[11]等以大连城市化区为例提出了加权的“潜力—限制评价法”，进一步完善了土地生态适宜性评价方法。然而，目前土地生态适宜性评价还面临4个问题：定性评价多于定量评价、农用土地适宜评价多于城市用地评价、评价过程缺乏城市规划数据的支持、从生态角度进行适宜性评价的研究较少。

我国城市化进程不断加快，建设用地需求与有限土地资源之间的矛盾不断加剧，不仅带来了土地资源急剧缩减的危险，而且严重破坏了生态环境[12]。由于城市处于一定的生态环境中，其产生和发展都要受生态系统和环境容量的支撑和约束[13]。城市建设用地的生态适宜性评价可有效解决城市扩张与土地资源有限之间的矛盾[14]。本文利用层次分析法（AHP）与GIS技术相结合的方法进行城市建设用地生态适宜性评价，从生态环境保护的角度对城市建设用地的规划布局进行合理性评价，得到研究区建设用地生态适宜性的不同等级分布，对于怒江州自然资源与规划局进行土地资源管理、优化与配置具有重要的参考价值，可保证城市用地开发的合理性和可持续性，提高人居环境质量，优化城市生态环境。

1 研究区概况

本文以怒江州为典型研究区开展研究。怒江州位于云南省西北部横断山脉纵向岭谷区，地理范围为25°33′~28°23′E、98°09′~99°39′N，辖泸水、福贡、贡山和兰坪4县，总面积为14 703 km^2；地处独特的高原山地环境，为世界典型的高山峡谷深切割地带，担当力卡山、独龙江、高黎贡山、怒江、碧罗雪山、澜沧江、云岭依次纵列，三江从北向南倾斜穿过全境，形成典型的高山峡谷地貌。由于板块碰撞与俯冲作用，怒江州形成了一系列纵深大断裂带，区内构造发育，受侵蚀与重力作用影响，岩体破碎、松散物堆积，加之陡坡垦殖现象明显，导致水土流失严重、地质灾害频发、人地矛盾突出。

2 评价方法

2.1 指标体系的确定

按照各指标对研究区建设用地的影响程度，本文将其划分为多个生态适宜性等级，为使分级更加合理，将单因子生态适宜性分为最适宜、适宜、较适宜、一般适宜、不适宜5级（9、7、5、3、1），分值越高表示建设用地生态适宜性越高（表1）。

表1 单因子生态适宜性等级划分标准

指标	分类	赋分	指标	分类	赋分	指标	分类	赋分
	<450	9		0~500	9		0~200	9
	450~550	7		500~1 000	7		200~500	7
高程/m	550~700	5	湖库/m	1 000~1 500	5	与交通距离/m	500~1 000	5
	700~900	3		1 500~2 000	3		1 000~2 000	3
	>900	1		>2 000	1		>2 000	1
	0~5	9			9			9
	5~10	7			7			7
坡度/(°)	10~15	5	归一化植被指数	自然间断点分级	5	人口密度	自然间断点分级	5
	15~20	3			3			3
	>20	1			1			1
	0~200	9		0~500	9			9
	200~500	7		500~1 000	7			7
河流/m	500~1 000	5	与建成区距离/m	1 000 ~2 000	5	生产总值	自然间断点分级	5
	1 000~2 000	3		2 000~4 000	3			3
	>2 000	1		>4 000	1			1

2.2 指标权重的确定

本文将建设用地生态适宜性评价作为目标层，将自然环境因素、社会经济因素作为准则层，将下一级因素作为指标层，建立建设用地生态适宜性评价层次结构模型，权重确定过程见表2~5。

2.3 单因子评价分析

根据各指标的量化分级，本文利用ArcGIS10.3的空间分析功能，得到研究区各二级指标影响下的建设用地生态适宜性专题图（图1），并对每个单因子进行分析。由图1a可知，怒江州北部多为高山，海拔过高，不适宜建设用地，包括贡山县、福贡县北部、泸水市北部和兰坪西部；但海拔普遍高的地区也呈现了部分较适宜建设用地的区域，主要是由于该区域处于山沟，沿河流地势偏低。由图1b可知，怒江州西北部

表2　目标矩阵

	自然环境因素	社会经济因素	权重
自然环境因素	1	2	0.666 7
社会经济因素	1/2	1	0.333 3

注：CR=0，权重为1.000 0，r_{max}=2。

表3　自然环境因素矩阵

	C11	C12	C13	C14	C15	权重
C11	1	1/2	2	4	1/4	0.142 2
C12	2	1	4	6	1/2	0.268 6
C13	1/2	1/4	1	3	1/6	0.081 7
C14	1/4	1/6	1/3	1	1/8	0.039 9
C15	4	2	6	8	1	0.467 6

注：C11为高程，C12为坡向，C13为河流，C14为湖库，C15为植被；CR=0.019 7 8，权重为0.666 7，r_{max}=5.088 6。

表4　社会经济因素矩阵

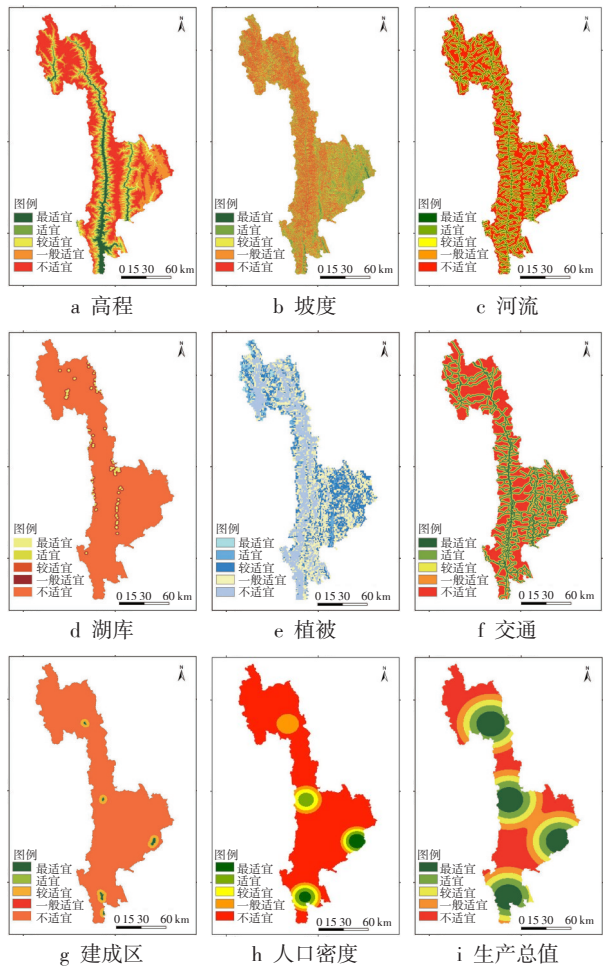
	C21	C22	C23	C24	权重
C21	1	2	4	4	0.5
C22	1/2	1	2	2	0.25
C23	1/4	1/2	1	1/1	0.125
C24	1/4	1/2	1	1	0.125

注：C21为交通，C22为建成区，C23为人口密度，C24为生产总值；CR=0，权重为0.333 3，r_{max}=4。

表5　怒江州建设用地生态适宜性评价各因子权重

一级指标	二级指标	权重
自然环境	高程	0.094 8
	坡度	0.179 0
	河流	0.054 5
	湖库	0.026 6
	植被	0.311 7
	交通	0.166 7
社会经济	建成区	0.083 3
	人口密度	0.041 7
	生产总值	0.041 7

地区的坡度总体大于20°，不适宜建设用地；泸水南部、兰坪南部的坡度基本小于5°，建设用地的开发难度小、安全系数高，最适宜建设用地。由图1c、1d可知，怒江州水系网发达，流经每个区县，建设用地生态适宜性是对河流作缓冲区处理，再分级得到的结果，因此在河流、湖库一定范围内，建设用地适应性较高。由图1e可知，怒江州北部贡山县、福贡县北部、泸水市北部不适宜建设用地，这是由于该区域有生态保护区、景区，归一化植被指数高，原始生态环境好；最适宜区域位于怒江州主城泸水市、兰坪县，这些地区是怒江州的中心区域。由图1f可知，怒江州南部地区交通网发达，兰坪县、泸水市的交通网非常密集，但北部地区交通欠发达，贡山县、福贡县只有几条主干路，交通越发达的地方，越适宜建设用地。由图1g可知，怒江州主城区的建成区面积越大，其吸引力就越大，越适宜建设用地；怒江州各区县都有建成区，根据其缓冲区距离可得到建设用地的适应性评价等级，越靠近建成区越适宜建设用地。由图1h、1i可知，怒江州的泸水市、兰坪县人口数量大，根据空间分析的反距离权重插值，人口数量越大的区域越适宜建设用地；泸水市、兰坪县的建设生态适宜性最高。



a 高程　b 坡度　c 河流
d 湖库　e 植被　f 交通
g 建成区　h 人口密度　i 生产总值

图1　单因子生态适宜性专题图

2.4　评价模型的构建

本文采用基于GIS的多因子综合评价模型，表达式为：

$$S_i=\sum_{i=1}^{n}A_iW_i$$

式中，S_i为第i个评价单元的综合得分；A_i为该评价单元第i个评价指标的分级量化值；W_i为第i个评价指标的权重；n为评价指标个数。

3　评价结果

3.1　加权叠加出图

在进行加权叠加综合出图前，需对数据格式进行统一，将矢量数据转换为栅格数据；根据多因子综合评价

模型，利用栅格计算器计算权重，采用自然分级法将生态适宜性分为5个等级，得到综合适宜性图（图2）。各等级面积占比见表6。

表6 怒江州建设用地各等级生态适宜性统计

等级	适宜性指数	像元个数	比例/%
最适宜	7.14~9.00	388 665	3.34
适宜	5.86~7.14	2 064 926	17.745
较适宜	4.25~5.86	2 913 239	25.035
一般适宜	2.70~4.25	2 540 866	21.835
不适宜	1.18~2.70	3 728 969	32.045

3.2 结果分析

通过比较怒江州建设用地生态适宜性等级图和2018年怒江州土地利用类型图（图3）发现，图3中建设用地处于建设用地最适宜和适宜地区，集中于交通发达、水系网密集、人口经济发达的城市中心及其周边郊区；而林地则处于不适宜建设用地区域。因此，本文的建设用地生态适宜性评价结果可为怒江州现阶段建设用地规划提供参考。由图2和表6可知，怒江州建设用地生态适宜性评价的最适宜区域约占总面积的3.34%，主要为怒江州经济发达、人口密度大的中心区域；适宜区域约占总面积的17.745%，主要分布在城市建成区周围和乡镇建成区；较适宜区域约占总面积的25.035%，主要为各区县的郊区以及主要河流、交通的缓冲区范围；一般适宜区域约占总面积的21.835%，主要为怒江州远郊区，交通、水系不发达，植被覆盖较密集；不适宜区域约占总面积的32.045%，主要为贡山县、福贡县，植被覆盖特别密集，有很多原始森林、自然保护区，且具有海拔高、坡度陡、交通极不发达等特点。

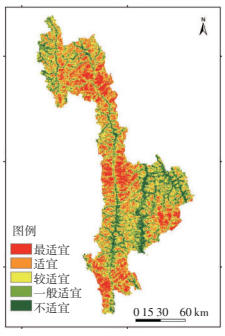


图2 建设用地生态适宜性图

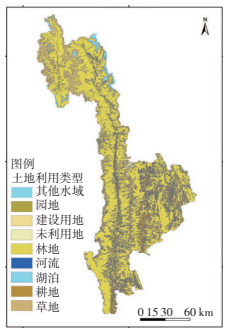


图3 怒江州土地利用类型

4 结 语

1）本文在综合国内外土地利用适宜性分析方法的基础上，提出并建立了AHP与GIS技术相结合的评价指标体系，并以怒江州为研究区，通过ArcGIS软件得到怒江州建设用地生态适宜性评价图。

2）怒江州建设用地最适宜区和适宜区占总面积的21.085%，总体生态适宜性良好；一般适宜区域主要为地下水位埋深较浅和地质灾害中易发区域；不适宜区域主要为高山地区，植被覆盖率高、坡度较大、工程建设开发难度较大。

3）从行政区划来看，怒江州泸水市东部区域开发程度较高、人口密集、空间利用有限，限制了城市的进一步发展；兰坪南部区域地质环境条件更优越，适宜区面积更广阔，有助于城区的进一步扩大升级。因此，建议怒江州适度向南发展，做好规划，在合理利用开发建设的同时做好生态环境和永久基本农田的保护工作。

参考文献

[1] 迟文飞,侯晓亮,赵卫东,等. 基于ArcGIS的肥东县建设用地地质环境适宜性评价[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2021,44(5):679-684

[2] 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(增刊1):107-113

[3] 伍世代. GIS支持的福清市多目标土地适宜性评价[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2000,16(3):87-90

[4] 肖莉,李韦,冯长春,等. 湖南湘江新区建设用地适宜性评价研究[J]. 地域研究与开发,2016,35(4):131-136

[5] 王建伟,陈桂虎,宋立东,等. 基于GIS的牡丹江市主城区建设用地适宜性评价[J]. 地质与资源,2021,30(4):499-504

[6] Zhang X R, Fang C L, Wang Z B, et al. Urban Construction Land Suitability Evaluation Based on Improved Multi-criteria Evaluation Based on GIS(MCE-GIS): Case of New Hefei City, China[J]. Chinese Geographical Science,2013,23(6):740-753

[7] 丁凌. 城市规划三大宪章的分析与比较[J]. 特区经济,2014,(6):220-221

[8] 姜英超. 基于GIS的威海环翠区城市土地适宜性评价[J]. 北京测绘,2018,32(5):594-598

[9] 张富荣,张丽倩. 城市地质未来发展方向及前景分析[C]//《环境工程》2018年全国学术年会论文集(中册),2018:344-345

[10] 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

[11] 宗跃光,王蓉,汪成刚,等. 城市建设用地生态适宜性评价的潜力—限制性分析:以大连城市化区为例[J]. 地理研究,2007,26(6):1 117-1 126

[12] 宋丽美. 基于GIS的建设用地生态适宜性评价研究:以株洲市云龙示范区为例[D]. 株洲:湖南工业大学,2018

[13] 朱虹. 基于GIS的工业园土地生态适宜性评价研究[D]. 大连:大连理工大学,2007

[14] 潘倩红. 兰州市建设用地适宜性评价[J]. 地理空间信息,2020,18(7):100-102