

陈杜彬, 岳建伟, 丁克松. 基于模糊综合评价的多障碍因子建设用地空间拓展评价 [J]. 亚热带资源与环境学报, 2017, 12 (2): 51-57.
CHEN D B, YUE J W, DING K S. Land use development based on fuzzy comprehensive evaluation for multi-obstacle factor construction land use [J]. Journal of Subtropical Resources and Environment, 2017, 12 (2): 51-57.

基于模糊综合评价的多障碍因子建设用地空间拓展评价

陈杜彬, 岳建伟*, 丁克松

(北京师范大学 地理科学学部, 北京 100875)

摘要: 将模糊综合评价方法应用于土地供需紧张的福建邵武市建设用地空间拓展评价, 根据研究区所处的自然地理环境及城市发展需求, 利用专家知识、文献资料法提取研究区建设用地空间拓展障碍因子, 并将障碍因子归类分为土地资源适宜性障碍因子、生态安全与生态服务障碍因子和地质灾害风险障碍因子。建立模糊综合评价指标体系及模糊综合评价模型, 对研究区进行建设用地空间拓展模糊综合评价, 得到研究区建设用地空间拓展适宜性程度空间分布状况, 为海西地区的城市发展空间规划和优化配置提供数据参考。

关键词: 障碍因子; 建设用地; 空间拓展; 模糊综合评价

中图分类号: F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7105 (2017) 02-0051-07

Land Use Development Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation for Multi-Obstacle Factor Construction Land Use

CHEN Dubin, YUE Jianwei*, DING Kesong

(Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Fuzzy comprehensive evaluation is a method of making comprehensive decision-making for the purpose of evaluation in a fuzzy environment. Considering influence of many factors, the fuzzy comprehensive evaluation method is used to evaluate the spatial development of construction land in Shaowu, Fujian Province, which is based on the tight supply and demand of land supply and demand. Regarding natural geographical environment and urban development needs of the study area, this paper uses expert knowledge and literature data to extract the spatial expansion barrier, and classify the barrier factors into land resource suitability disorder, ecological security and ecological service obstacle factor, and geological hazard risk factor. The fuzzy comprehensive evaluation index system and the fuzzy comprehensive evaluation model are established, and the fuzzy comprehensive evaluation of the land use space of the construction area is carried out. The spatial distribution of the spatial degree of spatial development of the construction land in the study area is obtained, which is the spatial planning and optimal allocation of urban development in the Economic Zone on the Western Coast of the Taiwan Straits.

Key words: obstacle factor; construction land; spatial expansion; fuzzy comprehensive evaluation

收稿日期: 2017-04-20

基金项目: 国土资源公益性行业科研专项项目 (201411003-3)。

作者简介: 陈杜彬 (1992—), 男, 山东菏泽人, 硕士研究生, 从事国土资源信息化研究, (E-mail) chendubin@mail.bnu.edu.cn。

* 通信作者: 岳建伟 (1975—), 男, 河南郑州人, 高工, 博士, 硕士生导师, 从事国土资源信息化研究, (E-mail) 08108@bnu.edu.cn。

0 引言

近年来关于建设用地评价的研究,许多专家学者探索了很多评价方法包括:主成分分析法、情景分析法、BP神经网络、模糊综合评判法以及多因素综合叠加模型等。多因素综合叠加模型也称单纯权重叠加法,在建设用地评价中得到了广泛的应用^[1-2],但是在构建评价指标体系时,不能很好地解决影响因素之间出现的隶属关系,指标分级不能起到良好的缓冲作用。由于评价使用的评语具有一定的模糊特色,所以宜采用模糊综合评价方法。应用这种评价方法,各指标权重具有举足轻重的地位,且各指标间进行了隶属度的计算。模糊评价的权重通常是专家根据经验给出,难免带有主观性。层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是一种定量和定性相结合,将人的主观判断用数量形式表达和处理的方法,尽量减少个人主观臆断所带来的弊端,使评价结果更可信^[3]。因此基于层次分析模糊综合评价方法更有利于建设用地空间拓展评价研究。

1 邵武市概况

邵武市位于福建省内陆地区,地处武夷山脉南麓、闽江支流富屯溪中上游,史称南武夷,地跨 $26^{\circ}55' \sim 27^{\circ}35'N$, $117^{\circ}2' \sim 117^{\circ}52'E$ 。全市总人口 30 万,土地面积 $2\,859.4\text{ km}^2$,中心城区面积 467.66 km^2 ,涵盖 4 个街道、17 个行政村和 1 个综合农场,其中建成区面积 16.15 km^2 。邵武市拥有丰富的森林资源,其森林覆盖率高达 75%,森林面积为 $2\,126.67\text{ km}^2$ 。地势由北部、西南部向中部、东南部富屯溪谷地倾斜,地形多以山地丘陵为主,邵武市有“八山一水一分田”之说,属于典型的山区丘陵地貌,全市海拔在 124 m 以上^[4]。邵武市数字高程数据(DEM)如图 1。

根据《邵武市城乡总体规划修编(2015—2030年)》,邵武市规划中心城区远期 2030 年规划城市建设用地 51.13 km^2 ,邵武中心城区空间拓展基本思路为“东延、西拓、南联、北控”,中心城区将形成“一城两区、一核两轴”的总体空间结构。邵武市用地政策以优化空间布局、优化土地供应结构、发挥市场配置资源基础性作用、促进土地集约节约利用为导向。统计邵武市近 4 年土地供应计划情况:2014 年度邵武市国有建设用地供应总量控制在 173.3 hm^2 以内,2015 年度邵武市国有建设用地供应总量控制在 152 hm^2 以内,2016 年度邵武市国有建设用地供应总量控制在 222.5 hm^2 以内,2017 年度邵武市国有建设用地供应总量控制在 283 hm^2 以内,供地计划呈现逐年增加的趋势,

然而邵武市国有建设土地可供应总量却在逐年减少,土地供需矛盾日渐突出。利用综合评价的方法对该区域内的土地资源进行评价,在评价结果的基础上有针对性地合理开发利用,可为缓解土地供需矛盾起到积极作用。

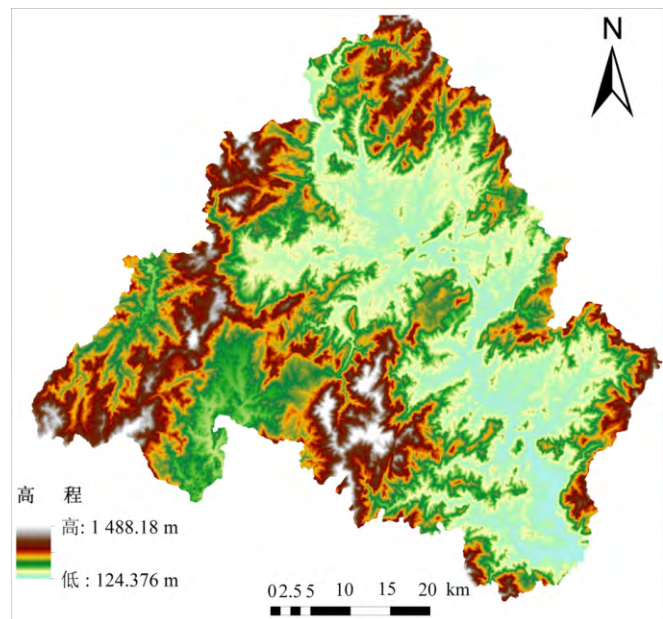


图 1 邵武市 DEM 数据
Figure 1 DEM of Shaowu

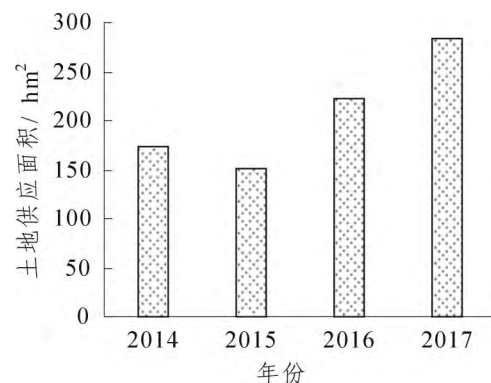


图 2 2014—2017 年邵武市年度土地供应计划
Figure 2 Annual land supply plan in Shaowu during 2014—2017

2 AHP – 模糊综合评价原理与步骤

2.1 AHP – 模糊综合评价原理

AHP – 模糊综合评价方法是模糊综合评价方法结合层次分析法确定指标权重来对评价对象进行客观的真实评价。层次分析法是美国运筹学家 T. L. Saaty 等人于 20 世纪 70 年代提出的, 得到了广泛应用, 层次分析法是一种把定性与定量分析相结合的多准则决策方法^[5]。本研究基于 AHP – 模糊综合评价方法针对邵武市自然环境和社会经济状况以及面临的土地供需矛盾, 通过约束建设用地空间拓展的障碍因子作为评价指标, 评价出研究区内适宜建设用地的拓展区域, 为城市规划提供建设用地拓展方向。1965 年, 美国 L. A. Zadeh 教授宣告了模糊数学的建立。1980 年左右, 模糊理论引入中国, 引起了国内一些学者的关注并逐步开展了研究, 取得了丰富的理论与应用成果。模糊综合评价的基本思想是利用模糊线性变换原理和最大隶属度原则考虑与被评价事物相关的各个因素, 对其做出合理的综合评价^[2,6-7]。由于模糊综合评价是将定量与定性分析、精确分析与不确定性分析相结合, 模型简单、计算方便, 因而在土地资源评价中已得到应用, 主要应用方面包括土地质量评价、土地适宜性评价、土地集约利用评价等, 随着对土地资源复杂系统评价研究的逐步深入, 模糊综合评价方法越来越受到重视^[2]。

2.2 AHP – 模糊综合评价的步骤

2.2.1 层次分析法

层次分析法通过分析复杂系统所包含的因素及相关关系, 将问题条理化、层次化, 构造一个层次分析结构模型, 将每一层次的各要素两两比较, 按照一定的标度理论, 得到相对重要程度的比较标度并建立判断矩阵, 计算判断矩阵的最大特征值及其特征向量, 得到各层次要素对上层次某要素的重要性次序, 从而建立权重向量^[3,8]。其主要步骤如下:

①构造两两比较判断矩阵 A:

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

式中 $a_{ij} = 1/a_{ji}$

②矩阵 A 各列做归一化处理:

$$\bar{a}_{ij} = a_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{kj} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

③矩阵 A 各元素求和并归一化:

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

$$w_i = \bar{w}_i / \sum_{j=1}^n \bar{w}_i \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

④根据 $A \bar{w} = \lambda_{\max} \bar{w}$, 求出最大特征根和其特征向量。

⑤进行一致性检验: 计算一致性指标: $C. I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$; 找出相应的平均随机一致性指标 R. I. 计算

一致性比例 $C. R. = C. I. / R. I.$; 当 $C. R. < 0.1$ 时, 可接受一致性检验, 否则对 A 修正。

2.2.2 模糊综合评价

模糊综合评价, 就是应用模糊变换原理和最大隶属原则, 对多因素影响的事物或现象进行总的评价, 其具体步骤如下^[5-6,9]:

①根据建立的评价指标体系来确定障碍因素集 $C = (c_1, c_2, \dots, c_q)$, 表示有 q 个评价因素;

②各评价因素重要程度不同, 采用层次分析法确定模糊权重集 $A = (a_1, a_2, \dots, a_q)$;

③对于每个评价单元确定评语集 $V = (v_1, v_2, \dots, v_p)$, 即将评语集划分为 p 个等级;

④建立模糊评价矩阵, 专家填写评价卡, 统计评价情况, 列出评价结果统计表, 计算出各因素属于不同等级评语的隶属度, 建立模糊评价矩阵 R 如下:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{q1} & \cdots & r_{qp} \end{bmatrix}$$

⑤综合评价集合的计算 $B = A \times R$ 即用集合 A 中第一个数和集合中第一列方向的第一个数模糊相乘 ($V_1 U_1$) 按相乘取小, 相加取大得出各数值集合 B 。

$$B = A \times R = (a_1, a_2, \dots, a_q) \times \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{q1} & \dots & r_{qp} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_q) \quad (1)$$

根据最大隶属度原则, 选择模糊综合评价集 $B = (b_1, b_2, \dots, b_q)$ 中最大值 b_i 所对应 (v_1, v_2, \dots, v_p) 的 v_i 作为最终的评价结果。

3 邵武市建设用地空间拓展评价

3.1 建设用地空间拓展与障碍因子

对于城市建设用地的拓展研究, 许多专家和学者利用自然环境数据以及社会经济数据对城镇建设用地拓展驱动力加以研究, 得出了促进城镇建设用地拓展的驱动力因子, 为城镇规划及经济发展提供了指导。与建设用地空间拓展驱动力理论研究相对应的建设用地空间拓展障碍因子研究则是从建设用地空间拓展的另一个角度分析其发展障碍因素, 每一个驱动力因素也可作为障碍因子加以研究。所谓障碍因子, 即某一对象在其发展方向上起到阻滞作用的影响因子, 在此是指建设用地在拓展过程中对其拓展过程有阻碍影响的因子, 可以是指建设用地开发的难度、成本、经济效益等。

3.2 构建评价指标体系

障碍因子指标选取时要考虑系统性与层次性, 全面性与概括性等相结合的原则, 结合邵武市土地资源和社会经济现状, 利用层次分析法, 查阅文献^[1]并咨询相关专家, 从土地资源适宜障碍性因子、生态服务功能与生态安全障碍性因子、地质环境与灾害风险障碍因子 3 个方面, 构建了邵武市建设用地空间拓展评价指标体系^[10-12] (表 1)。

在土地资源适宜性障碍因子选择中, 选取了自然因素中的地形指数和海拔指数, 这 2 个障碍因子是影响建设用地空间拓展的地形障碍因素, 地形指数通过计算地形的坡度、坡向和起伏度表达了地形的复杂程度; 社会经济因素中的城镇区位和交通区位作为城镇发展的主体和血脉对建设用地空间拓展具有很大的影响力。城镇区位和交通区位是通过计算评价单元至周围城镇和道路的距离表示城镇和道路对该评价单元的区位影响。

生态服务功能与生态安全障碍因子指标选取从生态

服务价值和生态安全 2 个方面考虑, 生态系统服务功能主要是通过生态系统的过程作用而产生不同的变化, 即生态过程为生态系统服务功能提供了物质基础, 分别设定支持服务、供给服务、调节服务、文化服务作为评价指标, 支持服务包括土壤形成与土壤保持和生态多样性的保护, 供给服务是指水源涵养、食物生产、原材料生产等, 调节服务则包括大气气体调节、气候调节以及废物处理, 文化服务是指文化遗产、文化旅游娱乐等。根据“结构—过程—功能”生态安全指标评价体系概念框架模型, 该框架利用

表 1 邵武市建设用地空间拓展评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of spatial expansion of construction land in Shaowu

目标层 A	准则层 B	领域层 C	指标层 D
邵武市建设用地空间拓展 A	土地资源适宜性障碍 B ₁	自然因素 C ₁	地形指数 D ₁
			海拔指数 D ₂
	生态服务功能与生态安全 B ₂	社会经济因素 C ₂	城镇区位 D ₃
			交通区位 D ₄
		生态服务功能 C ₃	支持服务 D ₅
			调节服务 D ₆
	生态安全 C ₄	供给服务 D ₇	
		文化娱乐 D ₈	
		结构安全 D ₉	
	地质环境与灾害风险 B ₃	灾害危险性 C ₅	过程安全 D ₁₀
			功能安全 D ₁₁
			地质构造 D ₁₂
			孕灾环境 D ₁₃
			河流密度 D ₁₄

生态系统生态结构影响生态过程, 生态结构和生态过程综合影响生态功能的理论模式进行构建, 与以往的评价生态安全评价指标体系相比, 从生态功能发生机理的角度进行了剖析, 更能反映生态系统内部环境作用状况和外界的影响^[11]。生态安全包括结构安全、过程安全及功能安全, 结构安全是指在水平结构和垂直结构上生态系统的安全性, 过程安全则是指生态过程中的支持功能安全性, 功能安全包括了生态服务功能中的调节功能、供给功能以及文化娱乐功能的安全性。

地质环境与灾害风险障碍因子的选取, 地质构造决定了地基承载力, 影响建设用地建筑选址; 孕灾环境主要是自然条件下产生滑坡、泥石流、崩塌等自然灾害发生的积极条件; 河流密度则是考虑了山区洪涝灾害的发生条件, 历史灾点指标是指历史灾害频发区影响。

3.3 指标权重确定

根据 AHP 方法中的 1-9 标度法构建评判矩阵, 计算指标的权重值, 并对矩阵进行一致性检验^[5,13] (表 2)。

表 2 A-B 的评判矩阵
Table 2 A-B judgment matrix

A-B	B ₁	B ₂	B ₃
B ₁	1	2	2
B ₂	1/2	1	1/3
B ₃	1/2	3	1

表 3 A-B 的评判矩阵归一化处理
Table 3 A-B judgment matrix normalization

A-B	B ₁	B ₂	B ₃	\bar{w}_t	\bar{w}_i
B ₁	0.5	0.333	0.6	1.433	0.478
B ₂	0.25	0.167	0.1	0.517	0.172
B ₃	0.25	0.5	0.3	1.05	0.35

根据公式 $A \bar{w} = \lambda_{\max} \bar{w}$, 求出 $\lambda_{\max} = 3.1356$, 对结果进行一致性检验, 计算一致性指标 $C.I. = 0.0678$, $R.I. = 0.9$, $C.R. = C.I. / R.I. = 0.0753 < 0.1$ 具有满意的一致性。

用同样方法, 可以求出领域层和指标层各个因素的权重值, 并对指标进行层次总排序 (表 4)。

3.4 确定评语集

根据研究目标及研究区实际情况, 参考国家标准及中国部分城市现状将建设用地空间拓展评价划分为“适宜建设”、“较适宜建设”、“一般适宜建设”、“限制建设”、“禁止建设”5个等级 (表 5)。

3.5 评价指标的隶属度确定

面向评价对象对指标层进行分级如表 6, 由于评语等级 v_5 属于极限障碍因子, 具有一票否决权, 因此不参与建设用地空间拓展障碍因子评价指标分级。

极限障碍因子 v_5 所代表区域包括: 基本农田保护区、重要生态保护区、建成区、河流水域、交通道路等用地。如图 3 所示:

以准则层为例请 21 位专家对各指标通过投票进行评价, 得到准则层评价矩阵:

$$R_i = \begin{bmatrix} 0.146 & 0.233 & 0.307 & 0.314 \\ 0.328 & 0.237 & 0.401 & 0.034 \\ 0.220 & 0.322 & 0.342 & 0.116 \end{bmatrix}$$

表 4 邵武市建设用地空间拓展综合评价指标权重

Table 4 Comprehensive evaluation index weights of Shaowu

准则层	权重	领域层	权重	指标层	权重	总排序
B ₁	0.478	C ₁	0.7	D ₁	0.558	0.187
				D ₂	0.442	0.141
		C ₂	0.3	D ₃	0.467	0.067
				D ₄	0.533	0.076
D ₅	0.375			0.032		
D ₆	0.250			0.022		
B ₂	0.172	C ₃	0.5	D ₇	0.250	0.022
				D ₈	0.125	0.011
		C ₄	0.5	D ₉	0.200	0.017
				D ₁₀	0.300	0.026
D ₁₁	0.500			0.043		
D ₁₂	0.120			0.042		
B ₃	0.35	C ₅	1	D ₁₃	0.373	0.131
				D ₁₄	0.188	0.066
				D ₁₅	0.319	0.112

表 5 邵武市建设用地空间拓展综合评价评语集
Table 5 A comprehensive evaluation of spatial expansion of construction land in Shaowu

序号	评语等级 V	说明
1	适宜建设 v_1	符合建设用地开发条件可优先考虑开发
2	较适宜建设 v_2	较符合建设用地开发条件
3	一般适宜建设 v_3	一般符合建设用地开发条件
4	限制建设 v_4	不符合建设用地开发条件, 开发难度大
5	禁止建设 v_5	基本农田、生态保护区等特殊用地禁止建设开发

表 6 邵武市建设用地空间拓展障碍因子准则层评价指标分级标准
Table 6 Criterion layers of evaluation index grading standard of construction land spatial expansion barrier factor

障碍因子准则层 B	标注	建设用地空间拓展障碍因子评价指标分级标准			
		v_1	v_2	v_3	v_4
土地资源适宜性	+	<0.1	0.1~0.2	0.2~0.35	>0.35
生态服务与生态安全	+	>0.7	0.5~0.7	0.18~0.5	<0.18
地质构造与灾害风险	+	<0.2	0.2~0.5	0.5~0.7	>0.7

注 “+”表示该数据进行了标准化处理取值在(0,1)之间。

根据公式 (1) 计算得: $B_i = [0.478 \quad 0.172 \quad 0.52] \times \begin{bmatrix} 0.146 & 0.233 & 0.307 & 0.314 \\ 0.328 & 0.237 & 0.401 & 0.034 \\ 0.220 & 0.322 & 0.342 & 0.116 \end{bmatrix};$

$B_i = [0.203 \quad 0.183 \quad 0.277 \quad 0.150];$ 归一化得: $B'_i = [0.25 \quad 0.225 \quad 0.337 \quad 0.185].$

按照最大隶属原则, 上述结果表明研究区“一般适宜建设区”土地占大部分区域, 适宜建设区次之。通过获得的研究区数据将准则层障碍因子指标进行各自模糊评价, 得到基于土地资源适宜性障碍因子建设用地空间拓展评价结果、基于生态服务与生态安全障碍因子建设用地空间拓展评价结果, 基于灾害风险障碍因子评价结果, 利用 GIS 专业软件进行空间分析, 获得研究区多障碍因子建设用地空间拓展模糊综合评价结果 (图 4)。



图 3 邵武市极限障碍因子分布
Figure 3 Distribution pattern of limit obstacle in Shaowu

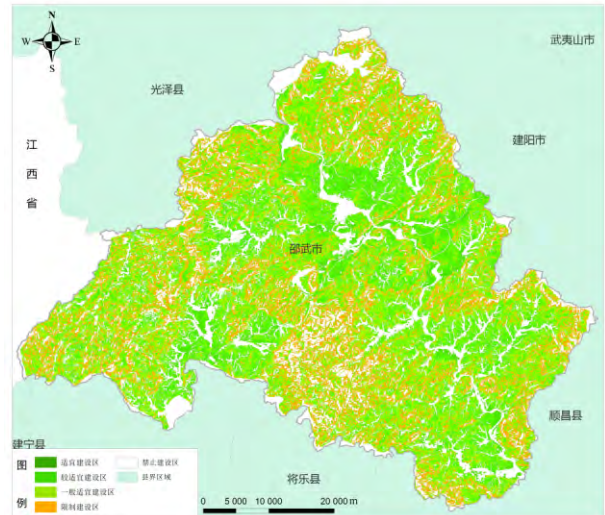


图 4 邵武市建设用地空间拓展模糊综合评价结果
Figure 4 Fuzzy comprehensive evaluation results of spatial expansion of construction land in Shaowu

3.6 评价结果分析

由评价结果可知, 邵武市“适宜建设区”土地占全市面积的 5.34% (表 7), 多数以低丘缓坡地为主, 分布在沿富屯溪两岸、主干城市道路以及中心城区周边地区, 大部分区域属于一般适宜建设区, 分布在中心城区西南部的绍南地区和东南部的邵东地区, 适合开发生态旅游区及生态工贸区等, 评价结果

整体符合规划中邵武市中心城区空间拓展基本思路。

根据评价结果进行实地考察验证,在邵武市的水北镇(117.41°E,27.45°N)、低丘缓坡用地建设开发实验基地(117.50°E,27.29°N)以及浦建高速一侧附近的考察点(117.46°E,27.23°N)(图5),经过实地考察发现均符合评价结果,某些适宜建设区域已经开始了开发建设,主要建设项目为车间厂房等。因此利用基于AHP-FCE综合评价建设用地空间拓展的方法是科学可行的,评价结果符合研究区实际情况,对缓解土地供需矛盾具有现实意义。

表7 邵武市建设用地空间拓展模糊综合评价
Table 7 Fuzzy comprehensive evaluation form for spatial expansion of construction land in Shaowu

评价等级	面积/km ²	占比/%
适宜建设区	117.58	5.34
较适宜建设区	259.62	11.79
一般适宜建设区	884.97	40.19
限制建设区	411.31	18.68
禁止建设区	528.57	24.00

4 结论

本研究基于层次分析法—模糊综合评价方法对福建省邵武市典型丘陵山区地区进行建设用地空间拓展综合评价,从土地资源适宜性、生态服务与生态安全以及地质构造与灾害风险3个准则层层分析获取各个障碍因子指标权重,通过模糊综合评价原理计算邵武市建设用地空间拓展隶属度,进而利用地理空间分析方法将3个准则层加权得到邵武市建设用地空间拓展综合评价等级图,将邵武市土地资源分为了“适宜建设区”、“较适宜建设区”、“一般适宜建设区”、“限制建设区”及“禁止建设区”5个评价区域及其空间分布。对于指导邵武市及其他地区的建设用地空间拓展具有现实指导意义。

参考文献:

- [1] 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,(S1):107-113.
- [2] 李希灿,王静,邵晓梅.模糊数学方法在中国土地资源评价中的应用进展[J].地理科学进展,2009,(3):409-416.
- [3] 韩利,梅强,陆玉梅,等.AHP-模糊综合评价方法的分析与研究[J].中国安全科学学报,2004,(7):89-92.
- [4] 尤笛,蒋金豹,郭海强.低丘缓坡建设用地空间拓展评价——以福建邵武市为例[J].江苏农业科学,2016,(7):508-512.
- [5] 李俊晓,李朝奎,罗淑华,等.基于AHP-模糊综合评价方法的泉州市水资源可持续利用评价[J].水土保持通报,2015,35(1):210-214,286.
- [6] 柳顺,杜树新.基于数据包络分析的模糊综合评价方法[J].模糊系统与数学,2010,(2):93-98.
- [7] 张震,于天彪,梁宝珠,等.基于层次分析法与模糊综合评价的供应商评价研究[J].东北大学学报(自然科学版),2006,27(10):1142-1145.
- [8] 沈简,饶军,傅旭东.基于模糊综合评价法的泥石流风险评价[J].灾害学,2016,(2):171-175.
- [9] 张骏鹏,卓文珊,周月英,等.基于模糊综合评判法的湛江市区地下水水质变化分析[J].亚热带资源与环境学报,2013,(3):44-51.
- [10] 邵强,李友俊,田庆旺.综合评价指标体系构建方法[J].大庆石油学院学报,2004,(3):74-76,105-123.
- [11] 王晓峰,吕一河,傅伯杰.生态系统服务与生态安全[J].自然杂志,2012,(5):273-276,298.
- [12] 傅伯杰,周国逸,白永飞,等.中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全[J].地球科学进展,2009,(6):571-576.
- [13] 李玉琳,高志刚,韩延玲,等.模糊综合评价中权值确定和合成算子选择[J].计算机工程与应用,2006,(23):38-42,197.

(责任编辑:钟菱芳)



图5 邵武市综合评价结果实地验证点
Figure 5 Comprehensive evaluation results test point of Shaowu