

基于层次分析法和 GIS 的西昌市空间形态变化特征研究

杨 斌^{1a,2}, 顾秀梅^{1a,b}, 武锋强^{1a}

(1. 西南科技大学 a. 环境与资源学院; b. 保密办公室, 四川 绵阳 621010; 2. 北京师范大学 水科学研究院, 北京 621010)

摘要: 城市空间形态变化研究涉及到自然条件、资源分布、人类活动、社会经济发展等诸多方面,运用层次分析法对复杂因素构成的整体问题进行层次分解和重新构造,建立多目标的综合评价指标体系和模型。以西昌市为例,将影响城市化发展和空间形态发展变化的特征因子概括分解为自然因子和人类活动因子两大类,并基于 DEM 数据分别提取出坡度、相对高程、坡向、地面粗糙度数据,利用两个不同时期的遥感数据求取出土地变化率数据,从而作为分析西昌市空间形态变化特征的驱动力因子。结合层次分析法计算出来的 5 个因子权重值,在 ArcGIS 9.3 中利用栅格计算器进行叠置分析,求取出西昌市空间形态变化模式趋势图和空间发展模式分类图。

关键词: 层次分析法;地理信息系统;空间形态;发展模式;西昌市
中图分类号: TU982.29 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-2363(2012)02-0145-05

0 引言

城市空间形态变化特征是研究城市发展趋势的基础,对城市远景规划有十分重要的指导作用^[1]。然而在研究城市空间形态发展变化过程中涉及到诸多因素,对于综合研究城市空间形态变化带来诸多的不确定因素。层次分析法(AHP)是一种定性与定量相结合的多目标决策分析方法,特别适于处理多目标、多层次的复杂大系统和难于完全用定量方法来分析与决策的社会系统工程中的复杂问题^[2-3]。其基本原理是将与决策相关的元素分解成目标、准则、方案层次,并在此基础上进行定性和定量分析^[4]。

随着空间信息技术的飞速发展,越来越多的关于城市空间形态特征变化问题可以借助于 GIS 等手段予以解决,为此类问题奠定了技术解决途径^[5]。尝试将 AHP 和 GIS 技术集成应用到城市空间形态变化特征研究中,不仅可以将定性分析与定量分析有机结合,实现科学抽象问题的定量化判断,而且也得多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题空间化表达提供一种全新的决策评价方法体系。

1 递阶层次结构模型体系的建立

层次分析法是通过分析复杂问题所包含的因素及

其相互关系,将复杂问题分解为不同的要素,并将这些要素归并为不同的层次,从而形成多层次结构。在每一层次可按某一规定准则对该层元素进行逐对比较,建立判断矩阵^[6]。通过计算判断矩阵的最大特征值及对应的正交化特征向量,得出该要素对于准则的权重^[7]。

区域空间结构变化涉及到自然条件、社会经济发展等诸多方面,而其中自然环境起着基础性的作用^[8]。鉴于此,根据区域城市化自然形态特征的表现形式和因子之间的相关性规律,分别选取了坡度、相对高差、坡向、地面粗糙度及土地变化率这 5 类作为建立评价预测城市化空间形态发展模式的因子。此次研究采用专家打分,用层次分析法确定权重来进行城市化空间形态变化分析。运用层次分析法首先需要建立层次结构模型,城市化空间形态变化特征研究就采用递阶层次结构模型^[9],具体构建过程如下。

应用 AHP 分析决策问题时,首先要把问题条理化、层次化,构造出一个有层次的结构模型。在这个模型下,复杂问题被分解为元素的组成部分。这些元素又按其属性及关系形成若干层次,且上一层次的元素可作为准则对下一层次有关元素起支配作用,这些层次可以分为三类。最高层:这一层次中只有一个元素,一般它是分析问题的预定目标或理想结果,因此也称为目标层。中间层:这一层次中包含了为实现目标所涉及的中间环节,它可以由若干个层次组成,包括准则、子准则,因此也称为准则层。最底层:这一层次包括了为实现目标可供选择的各种措施、决策方案,也称为措施层或方案层。

递阶层次结构中的层次数与问题的复杂程度及需要分析的详尽程度有关,一般层次数不受限制。每一层次中各元素所支配的元素一般不要超过 9 个。这是因

收稿日期: 2010-08-12; 修回日期: 2012-01-27
基金项目: 四川省教育厅人文社会科学重点研究基地西昌学院彝族文化研究中心资助项目(YZWH1030); 四川省教育厅重点基金项目(11ZA135)
作者简介: 杨斌(1979-),男,新疆石河子市人,副教授,博士,硕士生导师,博士后,主要从事空间信息技术在生态环境地质领域中的应用研究,(E-mail)xjgis@126.com。

为支配的元素过多会给两两比较判断带来困难。

根据已有的 5 类分类因子,结合区域城市化空间形态分级评价指标,将指标体系分为目标层 A、指标层(因素层)B 两个层次进行构建。具体层次结构见图 1。

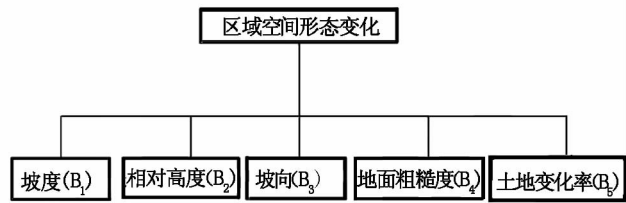


图 1 区域空间形态模式分级体系

Fig.1 The hierarchical structure of regional space patterns

2 层次分析法的应用过程

2.1 判断矩阵的构建

层次分析法要求逐层计算有关相互联系的元素间影响的相对重要性,并予以量化,组成判断矩阵,作为分析的基础^[10]。构造判断矩阵时常用的是 Satty 提出的标度方法,即分别以 1,3,5,7,9 来标度两个元素之间的重要性程度。

根据前人研究经验,虽然 Satty 比例标度法在确定事物的排序上基本是合理的,但其对相互之间的重要性程度差异的描述与人的常识有一定偏差。例如“稍微重要”的标度值为 3,也就是将比“同等重要”大 3 倍的情况认为是稍微重要,而“明显重要”的标度值为 5,与“稍微重要”的标度比为 $5/3 = 1.67$,远小于 3,即“明显重要”的事物与“稍微重要”的事物相比较得出的差异,还远不能与“稍微重要”的事物与“同等重要”的事物相比较得出的差异相比较,这是不合理的^[11]。汪树玉提出了新的比例标度值(表 1),使得重要性等级之间数量差异能更真实地反映人们的量化概念^[12]。

表 1 改进的比例标度法汇总表

Tab.1 The summary sheet of the modified scaling method

定义	Satty 1~9 标度	9/9~9/1 标度	10/10~18/2 标度	指数 标度
同样重要	1	9/9(1)	10/10(1)	$9^0(1)$
稍微重要	3	9/7 (1.286)	12/8 (1.50)	$9^{(1/9)}$ (1.277)
明显重要	5	9/5 (1.800)	14/6 (2.333)	$9^{(3/9)}$ (2.080)
重要得多	7	9/3 (3.00)	16/4 (4.000)	$9^{(6/9)}$ (4.327)
极端重要	9	9/1 (9.00)	18/2 (9.00)	$9^{(9/9)}$ (9.00)
通式	K	9/ (10-K)	(9+k)/ (11-K)	$9^{(K/9)}$
K 值	K = 1~9	K = 1~9	K = 1~9	K = 0,1, 3,6,9

本研究使用的比例标度法为指数标度,即按因子 a 比因子 b 的重要性,从“同等重要”到“极端重要”,只分别取 1,1.277,2.080,4.327,9.00;反之,若因子 a 比因子 b 次要,则取相应权重的倒数^[13]。据此构建了区域城市化空间形态变化的判断矩阵(表 2)。

表 2 A-B_i(1,2,3,4,5)判断矩阵

Tab2. The judgment matrix of A-B_i(1,2,3,4,5)

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	权重
B ₁	1.000	0.783	2.080	4.327	1.277	0.25
B ₂	1.277	1.000	4.327	9.000	2.080	0.42
B ₃	0.481	0.231	1.000	1.277	0.783	0.10
B ₄	0.231	0.111	0.783	1.000	0.481	0.07
B ₅	0.783	0.481	1.277	2.080	1.000	0.16

2.2 特征向量及权重的计算

在区域城市化空间形态变化特征研究中,利用方根法来计算判断矩阵 B 的最大特征根及其对应特征向量,步骤如下^[14]。

(1) 计算判断矩阵每一行的元素的乘积: $M_i = \prod_{j=1}^m B_{ij}, (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ 。

(2) 计算 M_i 的 m 次方根: $\bar{W}_i = \sqrt[m]{M_i}$ 。

(3) 对向量 $\bar{W} = (\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_m)^T$ 作归一化处理,即: $W_i = \bar{W}_i / (\sum_{j=1}^m \bar{W}_j)$,则 $W = (W_1, W_2, \dots, W_m)^T$ 即为所求特征向量。

经计算,A-B_i矩阵的特征向量为: $W = (0.25, 0.42, 0.10, 0.07, 0.16)$,此即为 B₁,B₂,B₃,B₄,B₅ 分别对 A 的权重,即坡度因子对区域城市化空间形态发展影响的贡献权重是 0.25,相对高差是 0.42,坡向是 0.10,地面粗糙度是 0.07,土地变化率是 0.16。

(4) 计算判断矩阵的最大特征根 λ_{\max}

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(BW)_i}{W_i}。$$

式中:(BW)_i表示向量 BW 的第 i 个元素。代入有关数据,得 $\lambda_{\max} = 5.0862$ 。

2.3 一致性检验

由于客观事物的复杂性或对事物认识的片面性,通过判断矩阵求出特征向量,需要对判断矩阵进行一致性和随机性检验^[15],检验公式: $CR = CI/RI$ 。

式中:CR 为判断矩阵的随机一致性比率;RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标,由大量试验给出。对于低阶判断矩阵,RI 取值列于表 3。

表 3 1~10 阶矩阵的 RI 值

Tab.3 The RI value of matrix with 1~10 order

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

CI 为判断矩阵的一致性指标,由下式确定:

$$CI = (\lambda_{\max} - m) / (m - 1)。$$

式中: λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征根; m 为判断矩阵的阶数。

对于判断矩阵 $A - B_i; m = 5, RI = 1.12, CI = (5.0862 - 5) / (5 - 1) \approx 0.0215$, 则 $CR = CI / RI = 0.0215 / 1.12 = 0.0192 < 0.10$ 。

当 $CR < 0.10$ 时认为判断矩阵具有一致性;否则,不具有一致性,需要重新构造判断矩阵。对于判断矩阵 $A - B_i, CR < 0.1$,表明判断矩阵 $A - B_i$ 具有满意的一致性。

3 西昌市空间形态变化特征分析

3.1 西昌市空间形态特征因子提取与分析

将影响西昌市城市化发展和空间形态趋势的特征

因子概括为自然因子和人类活动因子两大类。通过对比分析,选取坡度、相对高程、坡向和地面粗糙度作为自然因子,该类因子可以利用等高线数据通过插值方法生成的 DEM 数据在 ArcGIS 平台下进行归类提取;选取土地利用变化率作为研究城市化空间形态发展趋势的人类活动因子,该类因子提取选用 1989,1999 年两个不同时间段的该地区的 TM(ETM)数据,并参照 2007 年 9 月《土地利用现状分类》国家新标准,通过监督分类方法在 ENVI 软件下提取两个时期的影像数据,最后利用土地利用类型变化率计算模型在 ArcGIS 栅格计算器中获取该类因子数据。这两大类因子提取结果见图 2。

3.2 空间形态发展趋势分析

通过以上提取出的 5 类影像特征因子的量化结果,根据层次分析法计算出来的各因子权重值,在 ArcGIS

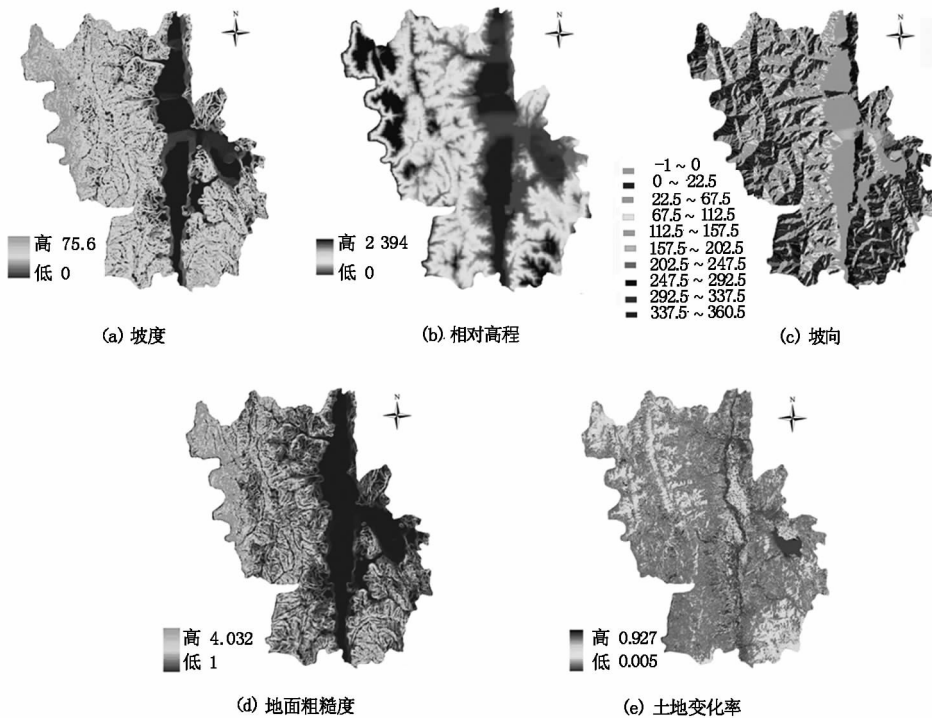


图 2 5 种特征因子提取结果

Fig.2 The extraction data of five characteristic factors

Desktop 9.3 平台下运用空间分析工具中的栅格计算器,将西昌市的坡度、相对高差、坡向、地面粗糙度以及土地变化率进行加权叠置运算,便可得到西昌市空间形态变化趋势结果图层。通过对该图层的数据集进行直方图观察分析,采用适合于自然形态特征分析的自然裂点法进行分级评价,最终以专题图的形式得到了西昌市空间形态发展分类结果图层(图 3)。

3.3 西昌市空间形态发展结果分析

通过分析西昌市空间变化趋势和空间形态发展分类结果图(图 4)发现,空间形态变化活跃的地方主要集中在泸黄高速公路两旁、邛海周围以及周边城镇化附近边缘,这主要是由于西昌市属于中低海拔地区典型的山

地型城市,人类活动趋向于平原地区、沿河沿湖区域以及公路两边的郊区地带,这也和该方法提取出的结果数据相一致。同时,从结果数据中还可以看出,西昌市城市布局 and 空间区位属于条状格局,其城市空间形态受外部条件影响较大,需要对该地区的空间发展布局进行更加详细的局部和整体优化,才能适合未来的城市化。

4 结论

城市空间形态变化研究是一项复杂的多目标决策评价问题,尝试将层次分析法和地理信息系统引入到城镇化空间形态变化研究中,实现对这一复杂问题特征的定量分析评价,理论上很好地解决了区域空间形态这一

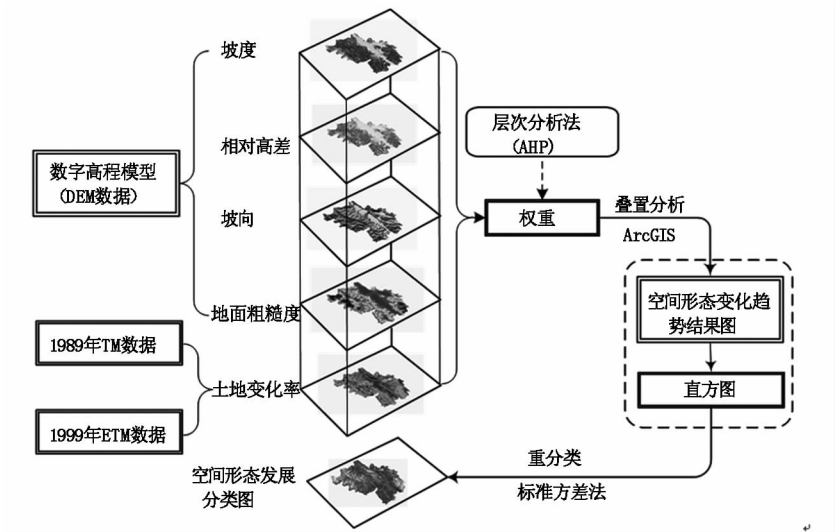


图 3 空间形态发展分类结果流程图

Fig. 3 The flow diagram of spatial form development classification results

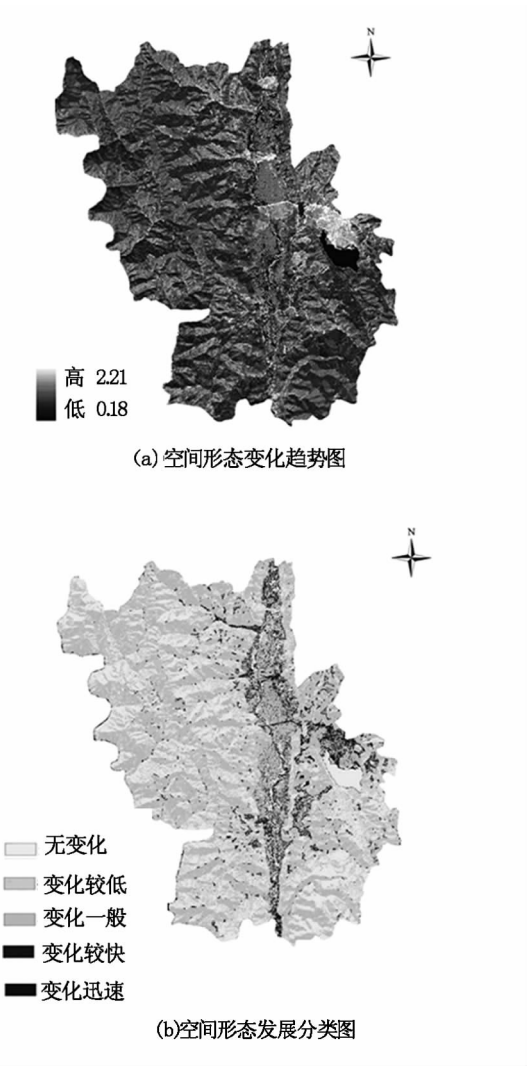


图 4 西昌市空间形态发展特征

Fig. 4 The spatial form development feature in Xichang City

析法建立起来的层次递阶结构模型体系特征模型,圆满地解决了分类多因素的排序与权重计算以及一致性检验,也为运用 GIS 工具进行数字化特征分级分类奠定了基础。同时,为保证研究的科学性和客观性,还需要对特征数据的实时性和关联性进行深入地分析和探讨。该方法为城市化空间形态格局变化研究提供了一种全新的思路,也为空间区域发展研究奠定了理论基础。

参考文献:

[1] 刘辉,段汉明,范熙伟,等. 西宁城市空间形态演化研究[J]. 地域研究与开发,2009,28(5): 56-61.

[2] 韩玉薇. GIS 空间分析支持下长春市城镇化趋势模型研究[D]. 长春:东北师范大学,2006.

[3] 曹丽娟. 基于层次分析法的农业技术推广评价指标体系研究[J]. 地域研究与开发,2011,30(3): 144-148.

[4] 梁子森,杨丽娟,郅艳丽. 城市空间形态演进的影响因素分析——以赤峰市为例[J]. 中国科技信息,2008,45(17): 295-297.

[5] 祁燕. 基于遥感与 GIS 的北京市城镇化进程的动态研究[D]. 北京:北京林业大学,2009.

[6] 阮晨. 西昌城市空间结构变迁探索[J]. 城乡规划与环境建设,2009,29(9): 25-29.

[7] 蒋金龙,薛重生,李建. 基于 RS 和 GIS 的武汉市城区扩展变化研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(16): 4806-4807.

[8] 杨斌. “数字山地”框架下的山地本体及数字化分类研究——以四川省为例[D]. 成都:成都理工大学,2009.

[9] 许榕峰,徐涵秋. 多步骤分类法在土地利用/覆盖专题提取中的应用[J]. 福州大学学报,2003,31(4): 409-412.

[10] 汤尚颖. 中部地区区域空间形态创新发展路径选择研究[J]. 宏观经济研究,2009,16(6): 52-54.

[11] 何瑞珍,孟庆法,刘志杰,等. 基于 RS 和 GIS 技术的

复杂多变类型的特征分析。实践结果发现,基于层次分

森林立地类型分类研究——以河南省商城县国营黄柏山林场为例[J]. 河南科学,2010,28(7):38 – 43.

[12] 杨斌, 顾秀梅,刘建,等. 基于 ArcGIS 的山地与非山地分类方法体系研究[J]. 国土资源遥感,2011,91(4):64 – 68.

[13] Bittner T. Approximate Qualitative Temporal Reasoning [J]. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 2002, 35(1 – 2): 39 – 80.

[14] Egenhofer M. Toward the Semantic Geospatial Web[C]// Proceedings of the Tenth ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems. New York: ACM Press,2002:1 – 4.

[15] Yang Bin, Gu Xiumei, Xu Huixi, *et al.* Classification and Evaluation of Mountains Terrain Characteristics Based on AHP [C]// Geoinformatics 2010. IEEE GRSS. Beijing:2010:484 – 488.

The Study of Spatial Pattern

Change Features in Xichang City Based on AHP and GIS

Yang Bin^{1a,2}, Gu Xiumei^{1a,b}, Wu Fengqiang^{1a}

(1a. College of Environment and Resource; 1b. Office of Confidentiality ,Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China; 2. College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Morphological changes of urban spatial development related to natural conditions and resource distribution, human activities and many other aspects of social and economic development. Multi-objective comprehensive evaluation index system and the feature are built on AHP to hierarchical decomposition and restructure. It should be split urban spatial development into natural factor and human activity factor with an example of Xichang City of Sichuan Province. Extracting the slope, aspect, relative elevation, surface roughness based on the DEM data of Xichang City, making the land use rate based on two different period’s remote sensing data as driving force factors for the researches of the morphological change of urban spatial development. Combined the weight of the five factors with Analytical Hierarchy Process (AHP), space form change trend and space development pattern classification in Xichang City is made using raster calculator of spatial analysis tools in ARCGIS 9.3. It should supply the new workable method means for many complicated factors environment to the problems of target tendency.

Key words: AHP;GIS;spatial pattern;development features; Xichang City

~~~~~  
(上接第 144 页)

Research on the Construction of Toponym Database of Henan Province

Liu Bin , Liu Jianzhong , Liu Hongjian

(Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** First we introduce the background of toponym database of Henan Province which is an important part of national toponym database which includes three levels as database of province, database of city, and database of county. Then we specify the logical construction and physical construction of the toponym database, suggests the basic technology of building the toponym database: construction scenario based on metadata and technology of geospatial database based on Supermap. The construction of toponym database of Henan Province sufficiently considered the characteristics and demands of city toponym service, and made a beneficial experiment in information-based services of civil administration.

**Key words:** toponym database;SuperMap;metadata system;geospatial data;Henan Province