

# 基于 GIS 和 BP 神经网络技术的 建设用地适宜性评价研究

孙华芬<sup>1</sup>, 赵俊三<sup>1</sup>, 潘邦龙<sup>1</sup>, 肖龙山<sup>2</sup>

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093;

2. 云南省林业调查规划院 昆明分院, 云南 昆明 650200)

**摘要:**提出在地理信息系统(GIS)和 BP 神经网络技术支持下,对建设用地适宜性进行评价的一种新方法。阐述了建设用地适宜性评价的评价原则与体系,并提出了新方法的技术路线。最后以珠海市横琴岛为研究实例,基于 GIS 平台,利用 BP 模型,对横琴岛建设用地的适宜性进行了评价。

**关键词:**建设用地; 适宜性评价; GIS; BP 神经网络模型

**中图分类号:**P208      **文献标识码:**A      **文章编号:**1009-4210(2008)01-112-05

在目前的土地适宜性评价工作中,地理信息系统已经得到广泛应用,这大大提高了评价工作的精度和效率。但传统的基于 GIS 技术的土地适宜性评价也存在一定的不足,表现在缺乏空间建模能力,对模型的管理能力也较弱<sup>[1]</sup>,这些缺点使评价缺乏对空间问题决策的支持能力,阻碍了 GIS 在土地适宜性评价中的进一步应用。

因此,本文探索利用地理信息系统, BP 神经网络技术来进行建设用地的适宜性评价。建设用地适宜性评价涉及与空间分布有关的因子,利用 GIS 技术可以将空间数据很好地管理起来。但 GIS 缺乏数据的智能化处理能力,将 GIS 与 BP 神经网络技术相结合,可以互相促进,取长补短,可以增强 GIS 的建模能力,拓宽应用范围。

## 1 评价原则与体系

### 1.1 评价原则<sup>[2]</sup>

(1)建设费用低,表现为建设基地的平整工作量小,土壤承载力符合要求;道路、管线建设等量小。

(2)安全、方便,表现为环境条件要利于防灾:

洪水、地震、滑坡;且不受严重污染:大气、粉尘、噪声等,生产、生活、交通便利。

(3)利于可持续发展,表现为少占耕地、良田和其他应保护的人文景观;不破坏环境或降低环境质量,即保护好生物资源、水资源,保持绿化率和大气、水的质量。

### 1.2 评价体系

建设用地适宜性评价,通常是根据建设用地的自然条件,结合建设用地对土地质量的要求,进行全面地综合分析。这里初拟建设用地适宜性评价体系为高度适宜-较适宜-中度适宜-不适宜四个等级。

本文针对研究区域的具体情况,综合考虑各方面因素,用地分析中选取了 7 个和城市建设有关的自然因素进行综合评价:高程、坡度、地下水埋深、切割密度、地基承载力、交通区位和土地利用。

## 2 基于 GIS 和 BP 评价的技术路线

建设用地适宜性评价的主要思路是在资料收集整理的基础上,首先建立评价体系、选取评价因子及确定评价单元,并将评价因子输入,然后训练

收稿日期:2007-07-18;改回日期:2007-09-12

作者简介:孙华芬(1984-),女,硕士研究生,从事 3S 技术集成与应用研究。

神经网络评价模型和利用神经网络进行评价,最后生成各评价单元适宜性分布图,其技术流程如图 1 所示。

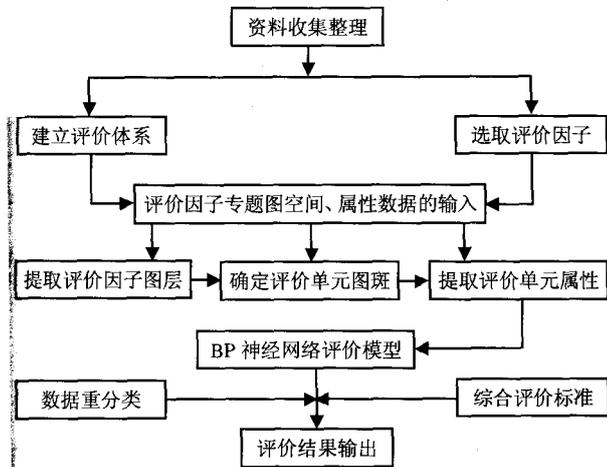


图 1 建设用地适宜性评价流程

### 3 实例研究

结合珠海市横琴岛的具体实例,介绍如何基于该方法进行建设用地的适宜性评价。

#### 3.1 选取评价因子

合理的选择对评价起主导限制作用,选择比较稳定可用量比表示的参评因子,是评价工作的关键。本文论述的评价,是依据珠海市横琴岛土地利用总体规划,以横琴岛为例,选取地形因素(高程、坡度)、水文因素(地下水埋深)、地质因素(切割密度、地基承载力)、社会经济条件因素(交通区位)和土地利用因素(土地利用现状)等 5 个方面共 7 个因子作为建设用地适宜性评价因子,如表 1 所示。

(1)高程。在进行建设用地适宜性评价时,要对规划区域进行地势分析,从高程因子方面找出适合建设的土地。

表 1 横琴岛建设用地适宜性参评因子、分等指标及指数赋值<sup>[3]</sup>

评价指标	分级标准和分值					备注
	适宜	基本适宜	中度适宜	勉强适宜	不适宜	
高程 (m)	<150	150~200	200~250	250~300	>300	
高程分值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
坡度	<6°	6°~11°	11°~16°	16°~21°	>21°	由高程数据经GIS分析获得
坡度分值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
地下水 (m)	围垦地 (2~4)	填海地 (1~2)	滩涂 (<1)	丘陵 (4~6)	山地 (>6)	
地下水分值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
地貌(切割密度等级)	丘陵坡地 (10~15)	丘陵台地 (8~10)	宽谷垌田三角洲 (6~8)	泥滩 (0~5)	鱼塘 (0~5)	
切割密度分值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
地基承载 (kPa)	花岗岩 (>200)	中粗黑云母 (150~200)	柱头群砾 (100~150)	海击相泥沙 (50~100)	冲击泥沙 (20~50)	
地基承载力分值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
交通区位 (m)	<200	200~300	300~400	400~500	>500	通过分析交通现状图层缓冲区获得
交通区位分值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	
土地利用	港口娱乐口岸	居住商业工业	行政市政医疗学校	未来利用土地	水域	
土地利用分值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	

(2)坡度。一般来说,主要的建设都要求地势平坦,排水良好、土石方工程量小,以节约开发资源。

(3)地下水埋深。横琴岛地下水受地质构造、断面影响的控制,分布不均,各地段差异较大,地下水位埋藏深度和水质状况直接影响开发建设。

(4)切割密度。切割密度的大小直接影响建设的难度及开发成本。

(5)地基承载力。不同的地质类型对于开发建设有不同程度的限制和影响。

(6)交通区位。交通区位是评价建设用地适宜程度的重要条件,规划合理和高效便捷的交通会为开发建设增添有力的一笔,反之,可能会限制其发展。

(7)土地利用现状。现有的土地利用方式直接决定建设用地的适宜性。

### 3.2 评价单元及评价标准的确定

3.2.1 评价单元的确定。评价单元主要以 7 个单因子评价图层为基础,借助 ArcGIS 9.0 平台叠加分析中的 Union 工具,对因子及分级单元图层进行叠加分析,共得到 1822 个评价单元图斑作为建设用地适宜性评价的基本单元,从而实现了图形数据的叠加,同时也实现了属性数据的叠加。这些属性数据也正是建设用地适宜性神经网络的训练样本和测试样本的数据来源。

3.2.2 评价标准的确定。根据研究区域的实际情况,本研究中将评价因子对区域可能产生的影响程度划分为 4 类,分别为高度适宜、较适宜、中度适宜和不适宜,把它们依次标准化,即{高度适宜,较适宜,中度适宜,不适宜}={1~0.75,0.75~0.5,0.5~0.25,0.25~0}。以上述 7 项指标各自对应的 4 种影响等级为标准,各等级的因子影响指标值均有上限和下限,当因子各项指标的神经网络测试值在某等级所规定的范围时,该评价单元对应的因子影响程度就属于相应类别。

### 3.3 单因子赋值

根据建设用地对土地质量的要求,联系评价区域土地的具体实际加以制定。通过参考高度适宜的建设用地要求和不宜建设用地的要求来制定单因子评价分级指标。实验中我们通过使用 ArcGIS 9.0 对各个评价因子图层进行数据重分类,把每个单因子分为 5 类,即适宜,基本适宜,中度适宜,勉强适宜,不适宜,分别赋属性值为 0.9,0.7,0.5,0.3,0.1(表 1)。这样,一个具体的土地利用要求就被相应的限定条件所满足。

### 3.4 因子权重确定

各参评因子对评价目标的影响大小不是完全一致的,在评价单元中,不但要反映各评价单元内在差异,而且要反映各参评因子间的内在差异,要根据每个因子对土地利用贡献大小赋予一定的权重,避免一些贡献不大的因子参评,力求结果尽可能准确反映土地质量。

### 3.5 建立用地适宜性评价模型

3.5.1 神经网络原理和算法。BP 神经网络是多层前向网络,是 1974 年哈佛大学 P·Werbos 提出

来的。BP 神经网络模型由输入层、输出层和隐含层三部分组成;相邻层之间的神经元由权重系数互相连接;同一层内的神经元之间是平行、无连接的关系<sup>[4]</sup>。

BP 模型是一种正向求解、反向传播误差并达到修改网络层次之间连接权数的网络模型。在正向传播中,输入信号,从输入层通过变换函数向隐层逐层正向传播,得到输出层的结果并与期望输出相比较,若偏差超出允许范围,则将误差信号向输入层逆向传播,通过修改各层的连接权重值与阈值,使输出误差信号减小,从而使网络输出逼近期望输出,通常达到误差均方差最小为止。常用的变换函数为:

$$F_i = \frac{1}{1 + \exp\left[-\sum_{i=0}^n W_{ij} X_i\right]} \quad (1)$$

式中: $F_i$  为实际的输出结果; $W_{ij}$  为第  $i$  个输入结点至结点  $j$  的权重; $X_i$  为第  $i$  个结点的输入值; $n$  代表结点个数。

每个神经元的输出为:

$$Y_i^{(k)} = F\left[\sum_{i=1}^{N_{k-1}} W_{ij}^{(k-1)} Y_i^{(k-1)} - \theta_j^{(k)}\right] \quad (2)$$

式中: $Y_i^{(k)}$  为第  $k$  层第  $i$  个隐结点的输出; $\theta_j^{(k)}$  为对应神经元的阈值; $N_{k-1}$  为第  $k-1$  层的神经元数目计算时,根据输入的量化值和期望输出,从输入层到输出层,通过公式(2)逐个结点进行重复迭代计算。直到输出误差信号满足要求、网络处于稳定状态为止。反向误差传播修改权值的方法遵循下列公式:

$$W_i^{(k+1)} = W_i^k + \eta \delta_j Y_i^k - \alpha [W_{ij}^k - W_{ij}^{(k-1)}] \quad (3)$$

式中: $\eta$  为学习步长; $\alpha$  动量因子,且有  $0 \leq \alpha \leq 1$ ;  $j$  为  $i$  结点下一层的某个结点, $\delta_j$  为  $j$  结点误差。

由公式(3)可见,权值的变化依赖于  $\eta \delta_j Y_i^k$  项,学习步长越大,学习速度越快,但过大会引起震荡。因此,是一个较灵活的选择因子,另外, $\alpha$  也是一个人工控制变量,有赖于经验。

应用 BP 网络模型对建设用地适宜性评价时,由于网络自身的缺陷,容易遇到两大困难,一是训练时间长;二是容易陷入局部极小。在实际应用

中,可以通过寻求最佳隐结点数,动态处理学习步长等方法来提高网络的能力。

3.5.2 BP 模型的建立。BP 模型的实际应用需要确定其结构参数(神经元的个数,层数)和学习参数。这些参数影响 BP 的收敛稳定性、样本记忆容量和学习速率。目前有关网络隐含层节点的个数、层数的确定还缺乏理论指导。学习参数  $\eta$ (学习率)、 $\alpha$ (动量系数)的选择,也没有统一的依据。通常输入、输出层单元数由具体问题本身需要的输入、输出分量加以决定,在本研究中输入层的神经元数目为 7,输出层的神经元数目为 1,而隐含层的节点数、学习率、动量系数经过实验确定如下:

隐含层的节点数 = 12,  $\eta = 0.9$ ,  $\alpha = 0.01$ 。

选定误差  $E = 0.00001$ , 选取 11 个具有代表性的包含各等级的样本,作为训练样本,对网络进行训练。经过训练,网络收敛。

### 3.6 应用 BP 模型进行评价

在地理信息系统的支持下,以评价单元图为基础,提取评价因子的数据。利用上面训练好的网络,对珠海市横琴岛的建设用地适宜性进行了评价,部分评价结果见表 2。

表 2 部分评价单元图斑属性值及评价结果

ID	高程	坡度	土地利用	地下水埋深	地基承载力	切割密度	交通区位	评价结果
1	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3	0.9	0.9	0.936945
2	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3	0.9	0.9	0.936945
3	0.9	0.9	0.7	0.3	0.3	0.9	0.9	0.886356
4	0.5	0.9	0.7	0.3	0.3	0.9	0.9	0.886356
5	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3	0.9	0.9	0.936945
6	0.9	0.9	0.7	0.3	0.3	0.9	0.9	0.886356
7	0.9	0.9	0.7	0.3	0.3	0.3	0.9	0.825151
8	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3	0.9	0.9	0.936945
9	0.9	0.9	0.7	0.9	0.3	0.3	0.9	0.909379
10	0.9	0.9	0.5	0.3	0.7	0.0	0.9	0.789932

### 3.7 评价图绘制和结果分析

样本学习完后,就可以判断评价单元的建设用地适宜性程度。将各评价单元的指标特征输入已经训练验证过的 BP 网络,经网络的映射作用,得到相应的输出参数,将这输出结果利用 Excel 导入 ArcGIS 评价单元图层的属性表中,按照建设用地总体评价标准,运用 ArcGIS 数据重分类功能自动判断出某一评价单元属于那一类适宜级别(图 2)。

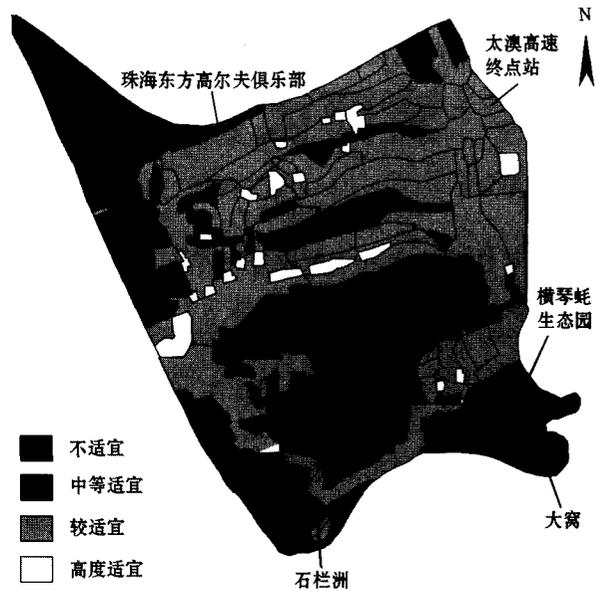


图 2 横琴岛建设用地适宜性评价结果示意

从图 2 中我们可以对适宜性评价结果分析如下:

(1) 建设用地高度适宜区,主要分布在海拔低于 50 m 处,位于现有的道路交通周围、东南、东北旅游和商业设施比较齐备的周围和西部海洋乐园周围,这里发展潜力较大,面积占整体评价面积的 6%。

(2) 建设用地较适宜区,主要分布在东部狭长的横琴口岸、中部旅游资源丰富的区域、西北高尔夫球场辐射区域以及西部的主要交通道路周围。这非常符合横琴岛现有的土地利用情况和未来以科研、会议商展、高新产业和旅游休闲为主要功能的建设用的发展规划,面积占整体评价面积的 44%。

(3) 中度适宜区,主要分布在西部和南部的丘陵和部分未开发用地地带,占评价面积的 18%。

(4) 不适宜区域,主要分布在水域、坡度大地质条件差等区域,面积为评价面积的 32%,主要分布在大横琴山地区,中部中心沟十字水域带以及西北角未开发的水域区域。

从图 2 可以看出,横琴的大部分地区适宜建设用的开发,并且目前土地利用现状较为合理。在未来的规划设计过程中,仍需要加大力度开发未利用的土地资源,充分发挥横琴岛的山水优势;如何选择旅游资源丰富、进入性高的区域大力发展旅游业;以商

业服务、生态居住为蓝图构想合理规划居住用地、商业用地等建设用地类型,提高横琴岛的综合经济吸引力和市场竞争力。

#### 4 结论

利用 GIS 技术和 BP 神经网络模型对建设用地适宜性进行评价,其方法切实可行,且具有传统评价不可比拟的优越性。

(1)一旦建立了有效的 GIS 空间数据库,便能快捷地获得所需信息,并利用 GIS 强大的空间分析功能完成复杂的运算操作。

(2)利用 BP 网络模型对建设用地适宜性进行评价,可在一定程度上减少评价者主观因素的影响,更能准确地反映建设用地的适宜性差异,提高建设用地适宜评价结果的精度。

(3)利用 GIS 技术和 BP 神经网络模型对建设用地适宜性进行评价,节省了时间,缩短了工作周期,极大地提高了工作效益。在资料可靠、方案合理

(如评价因素选择、因素权重确定等)的前提下,其评价结果为合理开发和利用土地资源提供依据。

由于本例中评价因子的选取仅考虑建设用地的自然状况,具有一定的局限性。在实际的总体规划操作中,对建设用地的适宜性评价还要考虑多方面的影响因素诸如该地的气候条件、内外交通、绿化状况、基础设施、城市建设现状与特点、景区与古建筑的保护、农耕地保护政策等等多方面的因素。

#### 参考文献:

- [1] De la Rosa D F Mayol, E Diaz-Pereira. A land evaluation decision support system (MicmLEIS DSS) for agricultural soil protection [J]. Environmental Modelling & Software, 2004, (19):929-942.
- [2] 陆洲杰,王裕俭.基于 GIS 的武汉城市建设用地适宜性评价[J]. 武汉大学学报(工学版),2003,36(3B):63-65.
- [3] 程吉宏,王晶日.区域环境影响评价中土地使用生态适宜性分析[J].环境保护科学,2002,112(28):52-54.
- [4] 吴泽宁,崔荫,等. BP 网络模型在水资源利用方案评价中的应用 [J]. 南水北调与水利科技,2004,2(3):25-28.

### Assessment of Suitability of Construction Land Based on GIS and BPNN

SUN Hua-fen<sup>1</sup>, ZHAO Jun-san<sup>1</sup>, PAN Bang-long<sup>1</sup>, XIAO Long-shan<sup>2</sup>

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China ;2.Kunming Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650200, China)

**Abstract:** This paper advances a new assessment method for the suitability of the land of construction which is based on geographic information system (GIS) and BP neural network model (BPNN), expounds the principles of this assessment and system and the technical route of the new method, uses fuzzy technology, BP model and GIS to assess the suitability of construction land.

**Key words:** construction land; suitability assessment; GIS; BPNN