

文章编号: 1004-4353(2022)03-0278-05

# 基于 GIS 和 BP 神经网络的 生态疗养中心选址研究

夏晓琢, 韩佳芮, 董龙, 张家杰, 李泮洋, 权赫春

( 延边大学 地理与海洋科学学院, 吉林 延吉 133002 )

**摘要:** 为了科学合理地选择生态疗养中心建筑地址,提出了一种将 GIS(地理信息系统)与 BP 神经网络技术相结合的选址方法.该方法首先选取高程、坡度、坡向、水文、交通、土壤、土地利用、人口密度、地质灾害等 9 个指标作为评价指标,并利用 GIS 技术对这 9 个指标进行栅格化、量化和归一化处理;然后利用训练所得的 BP 神经网络模型计算出评价指标的权重值,并利用 GIS 的权重叠加方法最终确定生态疗养中心位置.研究结果显示,利用 BP 神经网络方法选取合理的学习速率与动量值可以有效地计算出评价因子的权重大小,进而可合理地选取生态疗养中心的建设位置.该方法对其他建筑或场所的选址也具有良好的参考价值.

**关键词:** 建筑选址; BP 神经网络; 地理信息系统; 生态疗养中心

**中图分类号:** TU24

**文献标识码:** A

## Research on site selection of eco-recuperation center based on GIS and BP neural network

XIA Xiaozhuo, HAN Jiarui, DONG Long, ZHANG Jiajie, LI Fengyang, QUAN Hechun

( College of Geography and Ocean Sciences, Yanbian University, Yanji 133002, China )

**Abstract:** In order to choose the location of eco-recuperation center scientifically and rationally, a site selection method combining GIS and BP neural network technology was proposed. Firstly, nine indexes, including elevation, slope, aspect, river, road, soil, land use, population density and geological hazard, were selected as evaluation indexes, and the nine indexes were rasterized, quantified and normalized by GIS technology. Then the BP neural network model was used to calculate the weight value of the evaluation index, and the weight superposition method of GIS was used to determine the site selection of eco-recuperation center. The results show that BP neural network method can effectively calculate the weight of evaluation factors by selecting a reasonable learning rate and momentum value, and then rationally select the construction location of eco-recuperation center. This method also has good reference value for other buildings or sites.

**Keywords:** building site selection; BP neural network; GIS; eco-recuperation center

## 0 引言

随着社会经济的飞速发展和人们生活水平的提高以及独生子女家庭的增加,人们对生态疗养

中心的需求也在不断增长.建筑生态疗养中心时首先要考虑建筑选址的合理性.通常,生态疗养中心的建筑选址需融合当地的生态环境,使其形成

收稿日期: 2022-02-24

基金项目: 国家自然科学基金(42067065)

第一作者: 夏晓琢(2003—),女,本科生,研究方向为地理科学.

通信作者: 权赫春(1979—),男,博士,副教授,研究方向为 GIS 与 RS 应用.

一个安全、美观、便利和具有生物气候调节功能的建筑<sup>[1-2]</sup>。目前,对生态建筑选址的研究大多采用的是层次分析法(AHP)和网络分析法(ANP)等定向方法<sup>[3-4]</sup>。这些方法虽然具有不需要训练和验证数据以及操作简单等优点,但由于评价因子之间的权重主要是由专家主观判定的,因此评价过程中存在较强的主观性。

BP神经网络是一种按照误差逆向传播算法进行训练的多层前馈神经网络,由于其具有较强的学习和记忆能力,因此目前被广泛运用在人工智能、灾害预测等领域。目前,有学者将BP神经网络应用于酒店和变电站等的选址研究中,但由于这些研究在分析过程中并没有考虑BP神经网络的学习速率与动量,因此其研究结果的精度较低<sup>[5]</sup>。基于上述研究,本文将GIS与BP神经网络相结合进行生态疗养中心选址研究,并验证了本文方法的可行性。

## 1 生态疗养中心选址的影响因子分析

利用GIS的空间分析、缓冲区、叠加等功能可以有效处理生态疗养中心选址时所需考虑的多个因素<sup>[6]</sup>,这些因素主要包括地形地貌与地质、气候条件、生物多样性、地表土地利用、水文条件与水文地质、现有建筑与设施、现有社会与经济条件、现有绿化与环境保护等。

本研究以吉林省延吉市周边地区为研究对象。根据研究区域的地形地貌等特征,将高程、坡度、坡向、水文、交通、土壤、土地利用、人口密度、地质灾害等作为生态疗养中心建筑选址分析的主要影响因素。利用Arcgis软件对每个选址因子进行栅格化处理(栅格大小为90 m×90 m),同时对每个栅格赋予其属性值,以此对每个选址因子的属性值进行量化。

### 1.1 高程

延吉市属于山地地区,平均海拔为150 m。由于山地的气温随海拔的升高会出现降低(海拔每升高100 m,气温下降约0.6℃),因此分析地形的高程变化可以为生态疗养中心选址提供合理的高程设计。本研究区域的高程如图1所示。

### 1.2 坡度

坡度的大小不仅会影响建筑平面布局、施工

难易程度和工程费用,而且还会影响建设的安全性,如坡度越大越容易发生水土流失、崩塌、泥石流等地质灾害;因此,在生态疗养中心选址时应尽量选择坡度平缓的区域作为建设用地。本研究区域的坡度如图2所示。

### 1.3 坡向

区域的日照时数和太阳辐射强度主要受坡向条件(坡向方位)影响<sup>[3]</sup>。由于南坡是日照时数及太阳辐射强度最大的区域,因此相比其他坡向其日照量和气候条件最佳,植被也最为丰富,故本文选取南坡方向作为生态建筑选址的方位。本研究区域的坡向如图3所示。

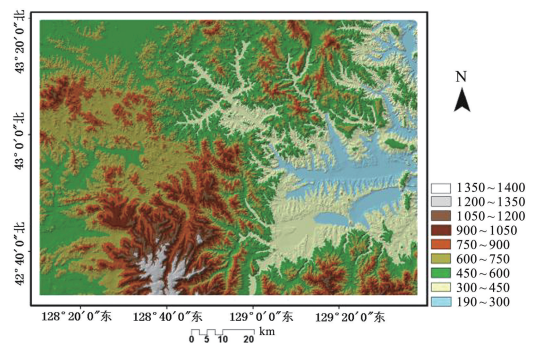


图1 研究区域高程图

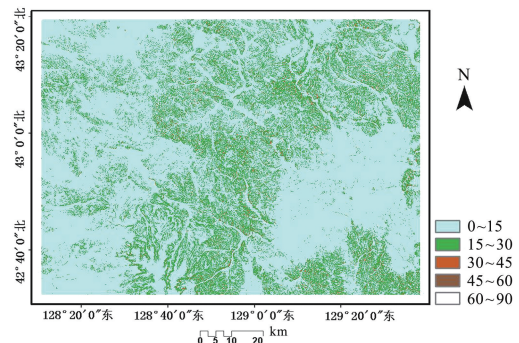


图2 研究区域坡度图

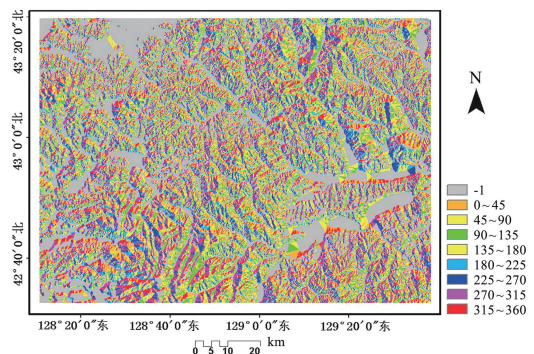


图3 研究区域坡向图

### 1.4 水文

水文条件是确保建筑安全的重要条件之一。

选址时要充分考虑地下水文条件和地表水文条件,防止因地下水文条件和地表水文条件使建筑出现倾斜、沉降或者开裂等现象,以及避免因发生泥石流、山洪、山体滑坡等自然灾害而使建筑受损.另外,还要防止施工对周边水源的破坏.根据研究区域的水文条件及建筑离河流的距离,本文将研究区域划分为 5 个分类(见图 4),其中数值越高表示越有利于建筑选址.

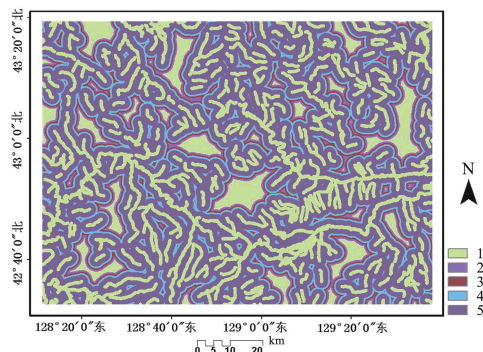


图 4 研究区域河流分布图

### 1.5 交通

交通便利不仅可提高建筑的可达性、可使用性,还能够节省建筑成本;但在考虑便利性的同时,要尽可能避免车辆噪音和尾气对疗养中心的影响,提高环境的舒适性.根据研究区的道路网络以及建筑与道路间的距离,本文将研究区域划分为 5 个类别(见图 5),其中数值越高表示更有利于建筑选址.

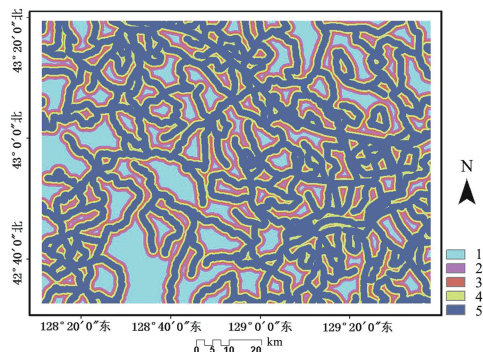


图 5 研究区域道路分布图

### 1.6 土壤

由于不同土壤条件对施工的难易程度、施工费用以及建筑周边的人工生态环境具有较大影响,因此本文根据研究区域的土壤特点(如图 6 所示),将其对施工和周围人工生态环境的影响程度划分为“Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级”5 个等级,等级越高表示越不利于建筑选址.

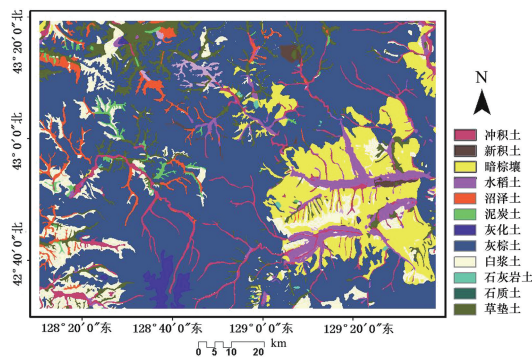


图 6 研究区域土壤图

### 1.7 土地利用

由于土地利用开发程度对选址的可达性具有重要影响<sup>[7]</sup>,因此本研究将研究区域分为水系、森林、荒地、果园和居民区 5 个类型进行选址分析(见图 7).经对比分析,本文将邻近森林和水系的荒地区域作为建筑选址区域.

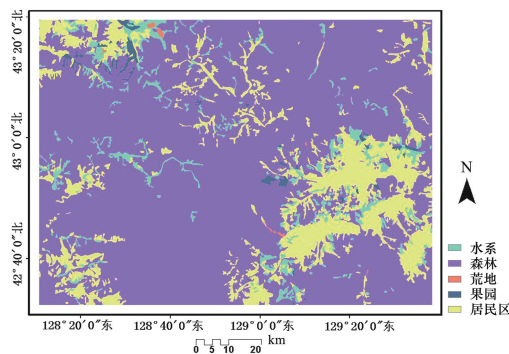


图 7 研究区域土地利用图

### 1.8 人口密度

由于人口密度过大会影响生态疗养的体验感与疗愈效果,因此选址时应选取人口密度低的区域作为最佳的选址位置.研究区域的人口密度图如图 8 所示.

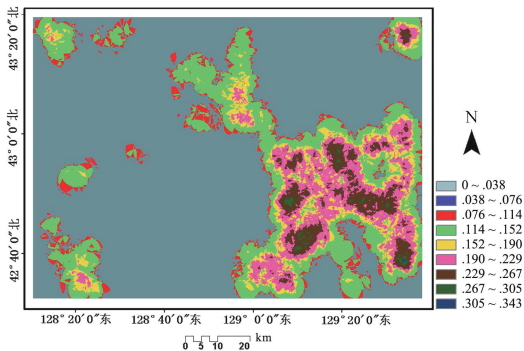


图 8 研究区域人口密度图

### 1.9 地质灾害

为避免研究区域发生崩塌、泥石流和滑坡等



地质灾害,进而给建筑带来安全问题,本研究根据研究区域内的危险性分布情况将其分为“Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级”5 个等级(见图 9),等级越高表示安全性越低.

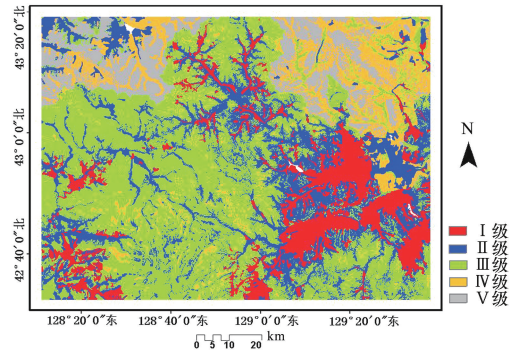


图 9 研究区域地质灾害危险性区划图

2 基于 BP 神经网络技术的生态疗养中心选址的影响因子权重分析

2.1 BP 神经网络模型的参数设置

根据 BP 神经网络的结构和本文所选的 9 个影响选址的因子,构建了一个由 1 个输入层、1 个隐藏层和 1 个输出层组成的 BP 神经网络,各参数设置如表 1 所示.设置权重时,首先随机生成每层节点之间的初始权重值,然后循环计算 5 000 次,以此最终确定最优权重值.输入层为 9 个节点,包含的输入因子分别为高程、坡度、坡向、土壤、土地利用、人口密度、交通、水文和地质灾害等 9 个指标;隐藏层为 18 个节点;输出层为 1 个节点.

表 1 神经网络的设置参数

参数名称	数值
输入层节点个数	9
隐含层节点个数	18
输出层节点个数	1
输入层与隐含层之间的权重个数	162
隐含层与输出层之间的权重个数	18
学习周期/次	5 000

利用公式(1)对 9 个因子的属性数据进行归一化处理,并将所有数据映射到(0,1)之间,以此实现输入数据范围的统一.

$$X_{\text{norm}} = (X - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}), \quad (1)$$
式(1)中  $X_{\text{norm}}$  为归一化后的数据, $X$  为原始数据,  $X_{\text{max}}$  和  $X_{\text{min}}$  分别为原始数据集的最大值和最小值.利用 BP 神经网络确定因子权重的流程如图

10 所示.

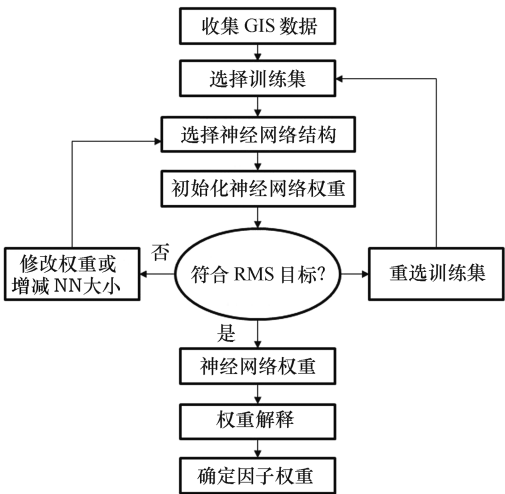


图 10 神经网络确定权重的流程图

2.2 BP 神经网络的学习速率与动量

为提高神经网络的分析精度,本研究共采用 16 组连接强度用于神经网络的结构优化,如表 2 所示.采用带动量项的 BP 学习规律作为 BP 神经网络运行的学习函数,采用将梯度下降法和拟牛顿法相结合的算法作为 BP 神经网络的训练函数,学习周期为 5 000,均方误差为 0.001.实验数据为 48 个数据,并将数据随机分为两类:一类为学习数据(36 个),另一类为预测数据(12 个).实验矩阵数据由 48 行 9 列构成,每一行数据由 9 个选址因子的属性数据组成.

表 2 不同组别的学习速率与动量的值

要素	序号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
学习速率	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1
动量	0.1	0.3	0.5	0.7	0.1	0.3	0.5	0.7

要素	序号							
	9	10	11	12	13	14	15	16
学习速率	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5
动量	0.1	0.3	0.5	0.7	0.1	0.3	0.5	0.7

输入层、隐含层和输出层之间的连接权重及阈值的初始值均由系统随机产生,并由反向传播进行调整,以使 BP 神经网络的性能分析函数值达到最小.按上述方法对 16 组的学习速率和动量进行对比后,最终确定学习速率与动量的比为 0.3/0.5,此时其 RMSE 误差值最小(0.1),如图 11 所示.按该比值进行因子权重计算得到的各因子的权重值如图 12 所示.



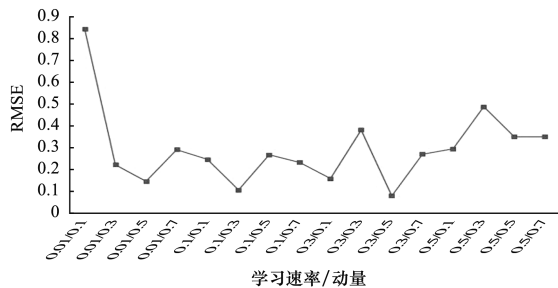


图 11 学习速率和动量间的 RMSE 值

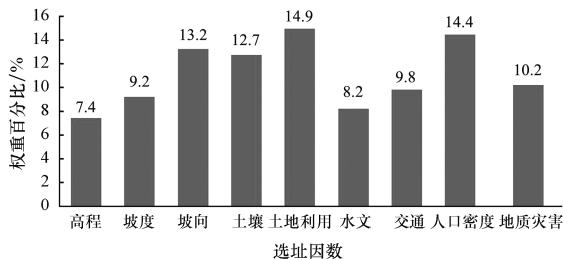


图 12 各选址因素的权重百分比

### 3 基于 GIS 技术的生态疗养中心选址分析

根据上述计算得到的各因子的权重值,利用 GIS 的栅格数据叠置分析功能对 9 个图层进行叠加运算后绘制出的生态疗养中心选址等级图如图 13 所示. 叠加运算在栅格数据内部实现,其运算方程为:  $E = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , 其中  $E$  为输出层的属性值,  $f$  为输入层的叠置运算函数<sup>[6]</sup>,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  分别为第 1 层至第  $n$  层上的同一坐标属性值. 本文将 9 个评价因子作为输入层( $x_1$  到  $x_9$ ). 将每个输入层的属性值乘以权重值(用 BP 神经网络计算得到)后进行叠加运算即可获得生态疗养中心的选址图. 为了合理划分选址区域,本文利用自然断点法将生态疗养中心选址等级图划分为“低、较低、中、高、极高”5 个等级(见图中不同颜色区域),等级越高的区域越适合建筑选址.

为了验证 BP 神经网络模型选址的准确性,本文通过比对 BP 神经网络的学习速率与动量,计算得出了二者的 RMSE 值(0.247). 该值表明,可以利用 BP 神经网络进行选址(通常情况下 RMSE 值小于 0.3 即可认为满足选址要求)<sup>[8]</sup>. 与文献[9-10]进行对比可知,由于本文在研究过程中增添了对地质灾害危险性因素的分析,以及合理调整了 BP 神经网络结构中的学习速率和动量值,因此本文方法的选址精度优于文献[9-10]中的方法.

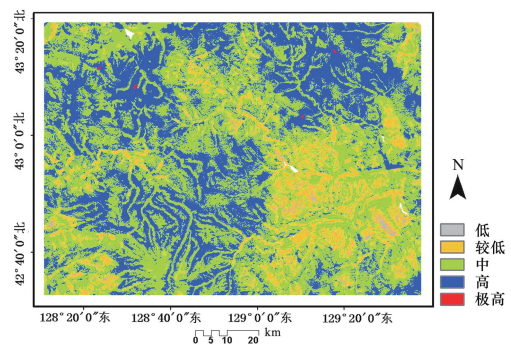


图 13 建筑选址等级图

### 4 结论

本文利用 GIS 与 BP 神经网络技术相结合的方法研究了生态疗养中心的选址方法,研究结果表明该方法通过选取合理的学习速率与动量值可以有效地计算出评价因子的权重大小,进而可合理地选取生态疗养中心的建筑地址. 该方法同时可为其他建筑或场所的选址提供良好参考. 由于影响选址的相关因子较多,而本文只考虑了 9 个因子,因此在以后的研究中我们将选取更多的选址因子,以进一步提高选址的合理性.

### 参考文献:

- [1] 杜慧. 基于建筑环保理念下我国绿色生态建筑的发展趋势[J]. 戏剧之家, 2018(1): 177-178.
- [2] 敬星. 基于绿色生态建筑评价标准的建筑设计策略分析[J]. 中国标准化, 2018(2): 71-73.
- [3] 王成. 基于 GIS 和 AHP 法的乡村避暑地选址研究: 以重庆市南川区为例[D]. 重庆: 西南大学, 2014: 16-17.
- [4] 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): 222-236.
- [5] 刘海芹. 基于 GIS 与人工神经网络的经济型酒店选址研究: 以徐州国家高新技术产业开发区为例[D]. 北京: 中国矿业大学, 2017.
- [6] 汤国安, 刘学军, 闫国年, 等. 地理信息系统教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 213-214.
- [7] 葛永. 交通系统可达性变化对居住选址的影响研究[D]. 西安: 长安大学, 2017: 25-26.
- [8] 房金鹏. 延边州泥石流灾害生态风险评价[D]. 延吉: 延边大学, 2020.
- [9] 罗东. 基于 IBA-BP 神经网络的物流中心选址研究[J]. 河南科学, 2021, 39(9): 1396-1404.
- [10] 刘倩, 高轩能. 考虑自然灾害等多因素的 BWM-GIS 城市医院选址[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2021, 43(3): 83-90.