

基于 GIS 与人工神经网络的广州森林景观生态规划*

郭 砾, 夏北成, 江学顶

(中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 应用 GIS 空间分析构建各景观要素的专题图层, 建立了森林景观生态模拟的人工神经网络 (ANN) 模型, 并应用分维数、破碎化指数、多样性指数和聚集度指数进行了系统分析, 对广州市森林景观进行规划和评价。结果表明: 人工神经网络模型泛化能力强, 对于研究自然、社会驱动因素与城市森林景观结构变化的非线性对应关系提供了一条有效的途径, 是森林景观格局预测、模拟分析及景观规划的新方法。

关键词: 景观生态; 森林; GIS; 人工神经网络

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) 05-0121-03

定量分析城市森林景观的空间格局, 深入研究景观格局的变化机制, 有助于制定更有效的森林景观管理策略^[1,2]。人工神经网络 (Artificial Neural Network, ANN) 是具有高度非线性的超大规模连续时间动力系统, 由大量的处理单元 (神经元) 广泛互连而形成的网络, 适合于模拟复杂系统, 且具有自学习功能、联想存贮和高速寻找优化解的功能^[3], 在石油开采、病虫害防治、地质水文等领域的应用日益广泛^[4,5]。该方法在城市森林景观动态和驱动机制研究中的应用还较少^[6]。本研究应用地理信息系统与人工神经网络耦合技术, 充分利用 ANN 的强大的自组织、自适应和分类计算, 以及高度非线性映射处理能力和 GIS 空间分析和处理方面的优势, 在分析广州森林景观结构动态的基础上, 研究森林景观结构变化的驱动机制, 并对城市森林景观格局进行规划。

1 研究区与方法

1.1 研究区域 广州市位于东经 112°57' ~ 114°13', 北纬 22°26' ~ 23°56', 总面积为 7434.4 km², 属亚热带湿润季风气候区, 南部是珠江三角洲冲积平原, 为河网区和河口。广州市森林主要分布在从化、增城, 并从北向南逐渐减少。树种构成中马尾松、常绿阔叶林占的比重大, 由于长期的人为干扰原生植被残存不多, 植被以人工林为主。

1.2 模型的构建 以 2000 年 ETM 遥感影像为数据源, 结合 1:1 万森林资源分布图和 1:5 万地形图, 将研究区森林景观划分为 6 个基本类型: 松林、常绿阔叶林、杉木林、针阔混交林、经济林和竹林。

借助 GPS 实地调查, 在 ERDAS 下对遥感数据进行监督分类, 采用交互综合解译对分类的结果进行纠正, 获得广州市森林景观类型图。利用 ArcGIS 建立数字高程模型 (DEM), 并生成坡度图、坡向图。利用 GIS 的空间分析功能, 将研究区森林划分成 100 个大小为 6 km × 6 km 的样方, 用景观空间格局分析软件进行景观指数的计算。利用神经网络研究常用的误差反向传播算法模型 (Error back propagation, BP 模型), 其包含输入层、隐含层和输出层, 输入层和隐含层各有 4 个神经元, 输出层有一个神经元 (图 1)。取 80 个样方的数据对神经网络进行训练, 根据训练集数据序列, 利用人工神经网络的自适应与学习功能, 以简单函数的多次迭代实现对映射函数 f 的逐次逼近, 最终得到满意的预测模型。BP 网络可以被看成是一个从输入到输出的高度非线性映射, 即 $f: R^n \rightarrow R^m$, $f(x) = y$ 。给定任意 $\epsilon > 0$ 和任意函数 $f: [0, 1]^n \rightarrow R^m$,

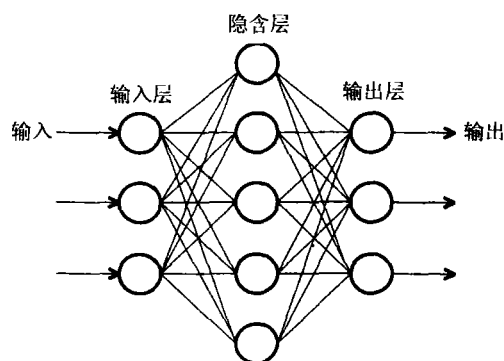


图 1 三层 BP 网络结构图

Fig.1 Structure of BP network with three layers

* 收稿日期: 2005-06-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30300242)

作者简介: 郭 砾 (1975 年生), 女, 博士后; 通讯联系人: 夏北成; E-mail: zsuxbc@163.com

存在一个3层BP网络,它可以在任意 ϵ 平方误差精度内逼近 f 。

研究选取每一样方的高程、坡度、地貌分区、距市中心距离、距河流距离和居民点数6因子作为模型的输入变量。选取每一样方景观水平上的形状指数(SI)、分维数(FD)、多样性指数(SHDI)和聚集度(CON)4个景观指数作为模型的输出变量。从100个样方中随机抽取20个样方作为验证数据,剩余80个代入模型进行训练。选取的TRAINLM算法可以迅速收敛以缩小训练误差,本模型选用平均方差来计算误差。考虑到原始数据的量纲不同,指数值数量级存在差异,在进入系统前对原始数据进行标准化处理,公式如下:

$$x'_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j,$$

$$\text{其中, } \bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij},$$

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x'_{ij} - \bar{x}_j)^2}$$

2 结果与分析

2.1 森林景观结构特征 广州市森林斑块平均形状指数为0.45,斑块的形状较复杂。近十几年来除杉木林和常绿阔叶林外,各森林景观斑块的数量均有所增加。其中尤以经济林、混交林和竹林斑块增长较快,但各类型斑块的平均面积都有所减少,反映了研究区破碎化程度加大。各景观类型的分维数较高,均在1.20以上,并在1.220~1.505之间变化,说明各斑块的形状不规则。广州市近年来对部分灌丛、疏林地进行了更新,快了荒山绿化进程,松林破坏较严重,林业部门进行了补植,调整针叶林和阔叶林比重,尽量保留杉木林、混交林,在荒山、无林地上营建松林、经济林。管理部门也加大了林区开发的力度,森林旅游发展较快,开发项目包括修建新的旅游公路和旅游景点,在公路终点修筑大型停车场以及护林点,建设占地面积加大,林区开发建设切割了林地成为森林斑块增加的主因,也是森林景观格局变化的驱动因素之一。

2.2 模型的训练 网络模型的学习过程中训练样本的输出误差变化趋势可以看出(图2),在开始训练时训练样本的输出误差较迅速的下降,大约在180次迭代训练后训练样本的输出误差开始缓慢下降,并趋于稳定,经过1280次迭代后训练结束,训练数据的平均方差为0.061,网络模型趋于理想的收敛效果,人工神经网络模型对4项景观指数的模拟值与目标值之间的拟合完成。结果表明,人工神经网络较好地模拟了景观指数随各影响因子改变而变化的趋势,样方的模拟值和目标值拟合程度较

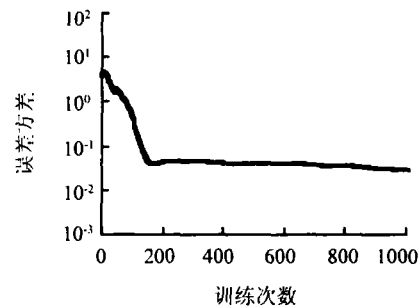


图2 学习进程中训练样本的误差变化过程

Fig.2 The performance change during the model-training

高,并较好地反映了各个景观指标由城区向北部山区的梯度变化趋势。

2.3 模型的检验 为检验模型的可靠程度,用模型对未参与训练的20个样方进行仿真模拟(见图3),以检验人工神经网络模型。结果表明样本的模拟输出与期望输出的误差值均在 $\pm 8\%$ 的范围内,模型泛化能力较强,适用性好。

3 结论

BP人工神经网络模型可以完成任何从 n 维空间到 m 维空间的函数映射,不需要假设前提条件,不需要人为地确定因子权重,作为一个黑箱综合地映射出研究对象的整体性,模型精度较高。本文建立的人工神经网络较好地模拟了地形、地貌、道路密度、居民点、城市扩展等因素对广州市森林景观结构的影响,模型具有较好的适用性和可操作性,适于自然、社会等因素与森林景观结构的非线性对应关系,输出的景观结构指数对森林景观生态规划进行了量化,对于森林的管理规划具有指导意义。

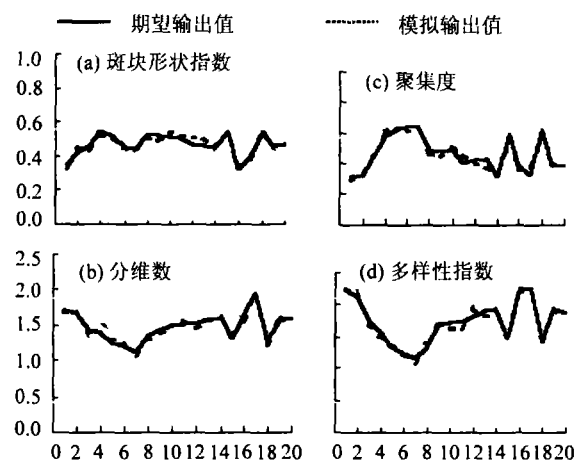


图3 ANN模型期望值与模拟值比较

Fig.3 Comparison of expected and simulated values of ANN model

参考文献:

- [1] ZHANG L Q, WU J P, ZHEN Y, et al. A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai

- metropolitan area, China [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 69(1): 1 – 16.
- [2] WHITFORD V, ENNOS VAR, HANDLEY J F. City form and natural process—indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 57(2): 91 – 103.
- [3] 阎平凡, 张长水. 人工神经网络与模拟进化计算[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [4] LEK S, GUEGAN J F. Artificial neural networks as a tool in ecological modeling: an introduction [J]. *Ecology Modelling*, 1999, 120(23): 65 – 73.
- [5] BERBEROGLU S, YILMAZ K T, ZKAN C. Mapping and monitoring of coastal wetlands of Çukurova Delta in the Eastern Mediterranean region [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2004, 13(3): 615 – 633.
- [6] COPPOLA J R, EMERY, POULTON M, et al. Application of artificial neural networks to complex groundwater management problems [J]. *Natural Resources Research*, 2003, 12(4): 303 – 320.

GIS and ANN-based Ecological Planning of Forest Landscape in Guangzhou

GUO Luo, XIA Bei-cheng, JIANG Xue-ding

(School of Environmental Science & Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The subject maps of each dominant landscape factor were built under spatial analysis of the geography information system (GIS), and forest landscape simulative ecological model was established by an artificial neural network (ANN). Shape index, fractal dimension, Shannon's diversity index, contagion index were chosen as output of the model and system analysis was performed based on the model for assessment and planning of forest landscape of Guangzhou. The results revealed that the ANN model could be appropriate to study driving mechanism of dynamics of forest landscape pattern under nonlinear relationship among the natural and social factors. It could be a new simulative method for analysis of forest landscape dynamics.

Key words: landscape ecology; forest; GIS; ANN model