

城市土地集约利用程度的人工神经网络判定

——以深圳市为例

常 青^{1,2}, 王仰麟^{1,2}, 吴健生^{1,2}, 李双成¹

(1. 北京大学环境学院, 北京 100871;

2. 北京大学深圳研究生院, 城市人居环境科学与技术重点实验室, 广东 深圳 518055)

摘要: 研究目的: 探索适合城市土地集约利用综合评价的非线性定量方法。研究方法: 人工神经网络(ANN)模型及实证分析。研究结果: 深圳市土地集约利用 ANN 模型评价结果显示, 全市土地集约利用水平基本分 4 类, 即集约利用—效益均衡型、集约/适度利用—效益偏好型、适度/低度利用—效益不均衡型和低度利用型。研究结论: 基于 ANN 的城市土地集约利用评价模型, 在处理不同量纲指标和减少人为主观因素上具有优势, 其结果不仅能反映土地集约利用程度的区域差异, 也能反映各指标对土地集约利用水平的贡献。

关键词: 土地利用; 城市土地集约利用; 人工神经网络; 深圳市

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-8158(2007)04-0026-06

Urban Land Use Intensity Assessment based on Artificial Neural Networks: A Case of Shenzhen

CHANG Qing^{1,2}, WANG Yang-lin^{1,2}, WU Jian-sheng^{1,2}, LI Shuang-cheng¹

(1. College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: The purpose of the paper is to explore a nonlinear quantified method for urban land use intensity assessment which is integrated into the revision of comprehensive land use planning. Method of artificial neural network model (ANN) was employed. The results indicate the land use intensity can be classified into four types: intensive with benefit-balance, intensive/moderate with economic/ecological preference, moderate with non-benefit-balance and relative extensive. The ANN model takes advantages in treating indexes with different dimensions and in decreasing the subjective influence. The results of the model may reflect not only the regional differences but also the contributions of all indexes to land use intensity.

Key words: land use; urban land use intensity; Artificial Neural Network; Shenzhen

收稿日期: 2006-11-28

修稿日期: 2007-06-24

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40635028); 国家自然科学基金资助项目(40471002)。

第一作者: 常青(1978-), 女, 内蒙古丰镇人, 博士生, 主要研究方向为景观生态及土地利用。E-mail: nmevergreen@163.com

集约利用土地是 21 世纪中国城市土地利用的重要方向^[1]。应用定量方法对城市土地利用程度进行评价,明确区域土地使用潜力差异,不仅是城市土地利用总体规划修编工作的重要内容,也是制定城市土地利用政策与管理措施的基础。人工神经网络模型(Artificial Neural Networks, ANN),作为一种具自学习能力的综合评价方法,被越来越多地应用于生态学、地理学和社会经济学研究中^[2-7]。笔者试图将其应用于城市土地集约利用评价,探索适合城市土地集约利用综合评价的非线性定量方法。

1 城市土地集约利用及其评价回顾

城市土地集约利用概念源于农业土地集约利用^[8],但其内涵远比后者丰富和复杂。目前中外学者对其概念尚未达成共识^[9],但从可持续发展角度看,城市土地集约利用不单单是节约用地与提高经济效益,更强调土地利用的综合效益。

中国学者以城市土地集约利用内涵界定为基础,围绕土地利用现状及潜力评价展开研究,不仅提出了适宜不同评价单元的评价层次^[9-17](如宏观的全市综合评价、中观的分区或分类型评价和微观的具体地块评价),并构建了适合不同层次的指标体系^[4,6-11]。但目前评价工作多采用定性分析和特尔斐法、层次分析、秩相关系数及聚类等传统分析方法^[5-11],常遇到归一化不同量纲指标、排除人为主观因素影响确定指标权重等难题。不同领域的学者曾应用 ANN 模型进行过此类问题的探讨^[2,4,5]。鉴于此,笔者试图应用 ANN 技术对城市土地集约利用综合评价作一些改进。

2 城市土地集约利用评价的 ANN 模型

2.1 ANN 简述及模型选择

ANN 是通过数学方法对人脑及神经元系统进行抽象来模拟处理复杂非线性系统问题的模型。它由大量简单神经元广泛联接,具备并行分布处理、自学习和鲁棒性等性质,尤其在信息不完备情况下,具有很强的模式识别、方案决策和知识处理能力^[18],能较逼真地模拟自然——社会经济系统^[6]。目前有代表性的网络模型有感知器、BP 网络、径向基函数网络等。

本研究采用改进算法的 BP 网络,它是 ANN 技术中应用最广泛的一类^[7,18]。此网络构建简单、训练算法丰富、映射能力强,适合预测预报、优化及评价工作。其基本原理如图 1,网络通过不断迭代重复输入 p 与输出 a 信息的正向传递和根据误差的逆向修改网络权重 w 这一过程,不断调整神经元连接权值 W ,来实现网络输出误差逼近最小精度或达到预期学习次数的目的。偏置节点 b 可增加网络泛化性能。

2.2 城市土地集约利用的 ANN 评价模型——以深圳市为例

2.2.1 评价目标单元与指标的确定 深圳市作为中国典型的快速城市化地域,其地均 GDP、投资强度均高于全国其他城市(图 2),其土地利用效率已很高,但其单位建设用地产出仅为香港的 5.54%,仍表现出相对粗放的特点。而且特区内政策、区位及发展历程的不同,使得其土地利用效率具有显著的区域差异。因此,本研究评价目标是明晰深圳市土地集约利用现状及潜力的区域差异;评价单元为特区内 23 个镇区(特区内 4 区、特区外 18 个街道办事处和 1 个大工业区)。

影响城市土地集约利用的因素很多,如土地投入、使用强度、产出及用地结构布局约束等,且每一因素包括许多影响因子。为了避免因子间的相关性,这里参考相关研究结果^[4,6-11],综合考虑指标的可获得性及单元间的可比性,从投入强度、利用强度和利用效益三方面构建指标体系,选择单位建设用地固定资产投资(I_1)、社会基础设施完善程度(I_2)、人均交通用地面积(I_3)、人均建设用地面积(I_4)、生态用地面积比(I_5)、单位建设用地 GDP

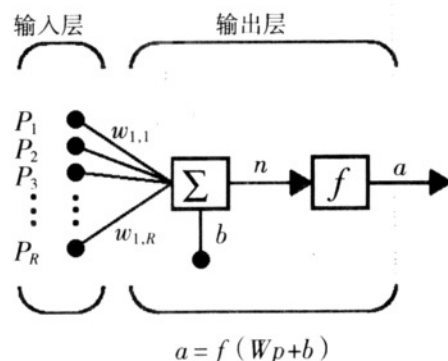


图 1 BP 网络神经元工作结构

Fig.1 Neuron structure of BP network

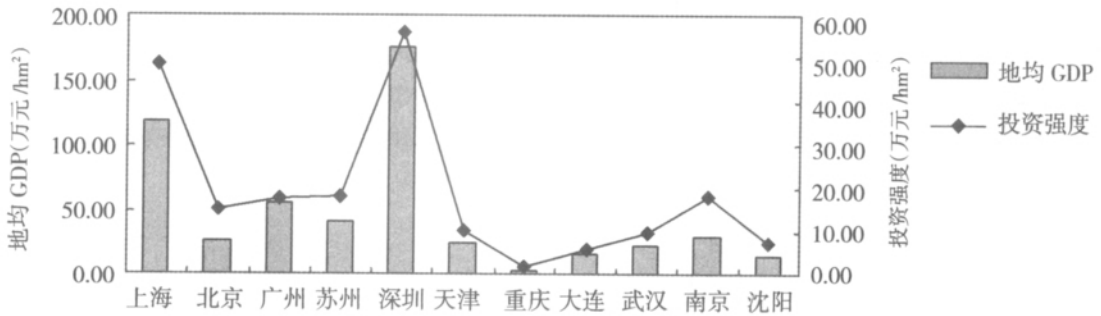


图2 2004年全国各大城市地均GDP与投资强度比较

Fig. 2 GDP and investment intensity of big cities of China in 2004

表1 深圳市土地集约利用区域差异综合评价指标体系

Tab.1 Index system of regional land use intensity differences assessment in Shenzhen

总指数	指标集	评价指标/代码	单位
城市土地集约利用指数	土地投入强度	单位建设用地固定资产投资(I ₁)	万元/hm ²
		社会基础设施完善程度(I ₂)*	%
城市土地集约利用指数	土地利用强度	人均交通用地面积(I ₃)	m ² /人
		人均建设用地面积(I ₄)	m ² /人
		生态用地面积比率(I ₅)**	%
城市土地集约利用指数	土地利用效益	单位建设用地GDP(I ₆)	万元/hm ²
		单位工业用地总产值(I ₇)	万元/hm ²
		单位建设用地社会消费品零售额(I ₈)	万元/hm ²

注:*以公共设施面积占建设用地面积的比例表征;**参考《深圳市城市规划标准与准则(2004)》相关规定。

(I₆)、单位工业用地总产值(I₇)和单位建设用地社会消费品零售额(I₈)共8个因子进行评价(表1)。

2.2.2 网络结构 本次评价网络结构为8×5×1(图3):以表1中评价指标(I₁—I₈)作为8个输入层神经元,隐含层包括5个神经元,输出层神经元为城市土地集约利用指数,它包括集约、适度和低度三个等级,量化值分别对应6、4、2;输出指数值若>6,说明土地利用已达一定集约水平,开始向过度利用转变;指数在6—4、4—2之间分别对应集约—适度和适度—低度利用之间的状态;若指数<2则属低度利用。此外,网络传递函数采用S型函数,

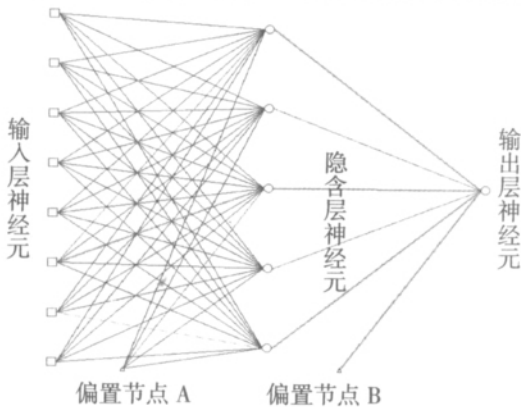


图3 深圳市土地集约利用评价BP网络结构

Fig.3 BP network structure of land use intensity

输出层传递函数采用线性函数,具有两个偏置节点(A, B)。

2.2.3 网络模型的训练、测试与检验 准备训练数据是网络模型训练、测试和检验的基础和关键。本文以评价区域差异和分析驱动因素为目标,将表1中各指标在全市及特区内外的平均值或相关规定作为评价标准,构建训练数据集(表2)。为增大网络训练样本,利用线性内插法对表2中各项数据进行内插,部分训练数据见表3。最后网络训练的基本参数为:学习速率0.1,动量0.1,输入噪声0.001;网络训练的终止参数为:最大训练批次为10000次,最大误差为0.01。

2.2.4 模型应用及评价 网络训练调试完毕后保存网络,并调入各镇区相应数据,利用测试好的BP网络,计算深圳市23个评价单元的土地集约利用程度指数。网络中各指标权重最大

表 2 深圳市土地集约利用 ANN 模型的评价标准

Tab.2 Criteria for land use intensity assessment ANN Model in Shenzhen

等级	分值 S	I ₁ *	I ₂ *	I ₃ *	I ₄ **	I ₅ ***	I ₆ *	I ₇ *	I ₈ *
集约	6	340.6	13.3	18.4	71.1	55.7	1083.1	10800.6	370.7
适度	4	158.5	6.3	22.9	115.0	50.0	496.5	2753.0	140.1
低度	2	90.3	3.7	26.5	130.0	40.0	276.9	1640.5	53.8

注:* 特区内、全市及特区外各指标平均值作为土地集约、适度和低度利用评价的相应标准;** 参考《深圳市城市规划标准与准则(2004)》中有关人均建设用地面积的相关规定;*** 参考《深圳市城市规划标准与准则(2004)》与《深圳市绿地系统规划(2004-2020)》中的相关规定与目标。

表 3 深圳市土地集约利用评价的网络训练数据(部分)

Tab.3 Partial data used in network training and test

I ₁	I ₂	I ₆	I ₇	I ₈	I ₅	I ₃	I ₄	S
340.6	13.3	1083.1	10800.8	370.7	55.7	18.4	71.1	6.0
307.2	12.0	975.4	9322.6	328.3	54.7	19.3	79.2	5.6
266.3	10.4	843.7	7515.9	276.6	53.4	20.3	89.1	5.2
221.7	8.7	700.0	5545.1	220.1	52.0	21.4	99.8	4.4
169.6	6.8	532.4	3245.7	154.2	50.4	22.7	112.4	4.1
125.1	5.1	389.0	2208.1	97.8	45.1	24.7	122.4	3.0
90.3	3.7	276.9	1640.5	53.8	40.0	26.5	130.0	2.0

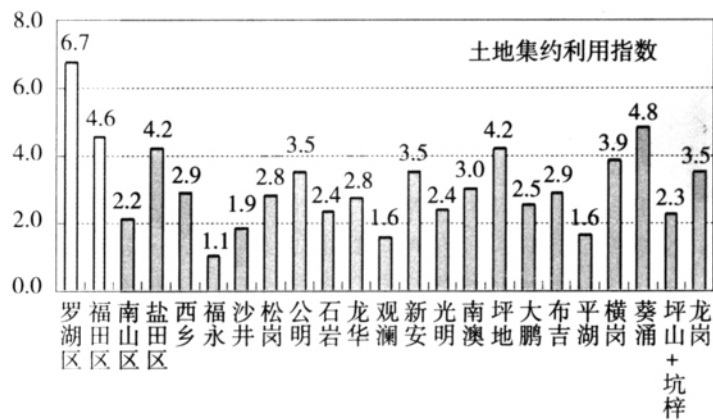


图 4 深圳市土地集约利用 ANN 评价结果

Fig.4 Results of land use intensity ANN assessment in Shenzhen

的为 I₆, 说明单位建设用地 GDP 是影响土地集约利用程度的主要因子。各单元计算结果在 1.1 — 6.7 之间(图 4)。

3 深圳市土地集约利用 ANN 评价结果分析

图 4 显示, 深圳市 70% 以上土地属低度到适度利用的中间状态。根据网络中各指标权重及其大小对比关系(图 4, 图 5), 可将全市土地利用现状与使用潜力分为 4 类(图 6), 不同镇区土地集约利用特征和优劣势如下:

(1) 集约利用 — 效益均衡型(S>6): 仅有罗湖, 该区土地投入、利用程度和产出均很高, 且生态用地面积大, 城市经济发展和生态保护较均衡。但它作为深圳市最早开发的区域, 其用地功能布局存在不足, 在一定程度上限制了土地集约利用水平。因此, 此区应结合产业与城市规划来优化用地结构布局。

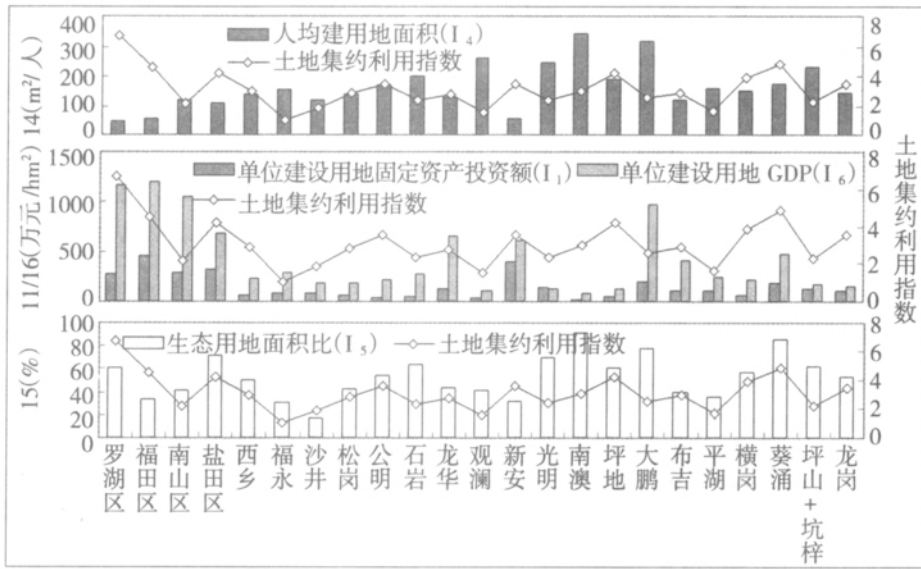


图5 深圳市土地投入、利用程度及效益的区域差异

Fig.5 Regional difference of land investment/use intensity and benefits in Shenzhen

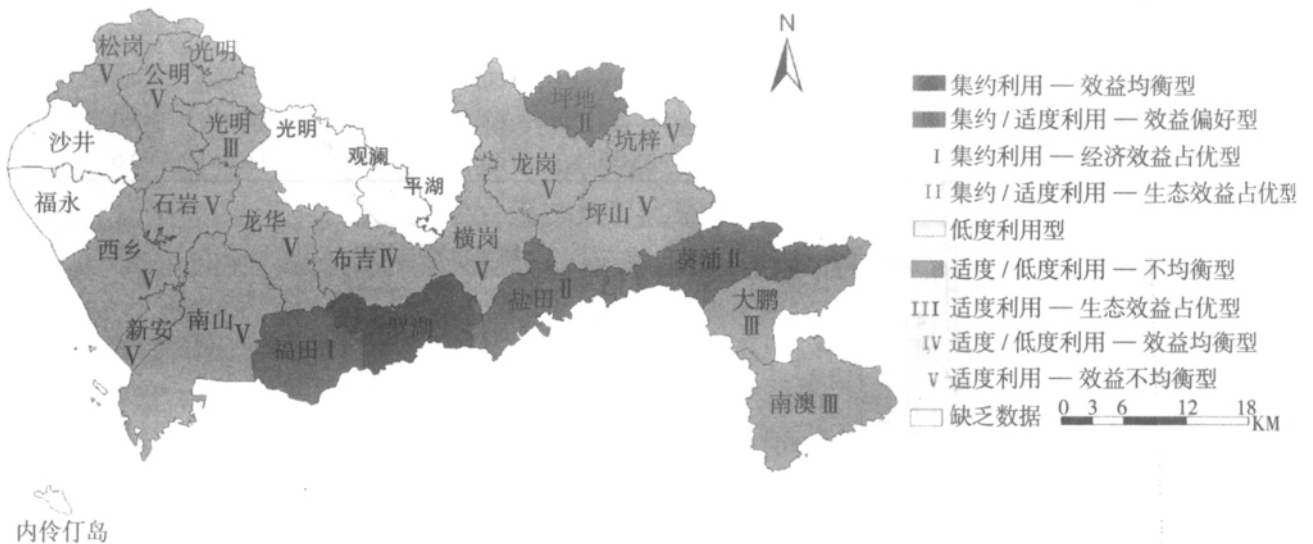


图6 深圳市土地集约利用程度区域差异分区图

Fig.6 Regional difference of land use intensity in Shenzhen

(2)集约/适度利用—效益偏好型($S \in [4,6]$):包括福田、盐田、坪地和葵涌,此4区因发展和保护缺乏协调而使其土地集约水平低于罗湖区。又可根据经济产出和生态用地特征分为经济占优型和生态占优型。其中,福田属于前者,其土地利用效率高,生态用地比例低;盐田、葵涌和坪地属于后者,三者的土地投入产出虽低于福田,但丰富的生态用地(60%以上)提升了区域土地集约利用水平。因此,福田区应在发展经济同时适当提高绿地面积,而对盐田、坪地和葵涌而言,加快产业调整、提高土地利用效率更重要。

(3)适度/低度利用—不均衡型($S \in [2,4]$):包括南山、新安、西乡、松岗、公明、光明、石岩、南澳、大鹏、横岗、龙岗、龙华、布吉和坪山/坑梓,这些区域土地投入、利用强度、经济效益和生态用地比例均小于前所述5区,且经济发展与生态保护不均衡。其中,光明、南澳和大鹏的生态用地比例均在70%以上,但其土地使用强度和投入产出率却远低于罗湖、福田;南山、西乡、公明、布吉等区域生态用地面积居中,土地投入/产出不均衡。今后,进

一步提高土地投入与利用程度、加强生态协调是此类区域挖掘土地使用潜力的主要方向。

(4)低度利用型($S < 2$):包括福永、沙井、观澜和平湖,此4区土地投入、利用强度和产出效益、生态用地均很低。因此,这些区域不仅需要提高土地投入/利用强度,而且加快产业结构调整、加强生态环境保护建设,对提高土地利用效率极为重要。

4 结论与讨论

城市土地集约利用评价不仅需要构建完整的指标体系和合理的评价标准,更需要有适合的评价方法支撑。以往的评价多数采用特尔斐法、层次分析等方法,相关研究成果虽然在很大程度上为中国城市土地管理提供了丰富的数据和信息,但这些基于人为设定权重的评价并不能很好地反映多因素非线性定量关系。因此,加强非线性定量分析方法的研究与应用,对于开展城市土地集约利用定量研究与制定相关政策措施具有重要意义。

ANN模型具有自学习与容错性等独特性能,在信息不完备的情况下,具备很强的模式识别和知识处理等能力。因此,笔者以深圳市为例,提出一种基于改进的BP网络模型的城市土地集约利用评价模型。运用模型评价结果,可将深圳市土地集约利用水平分为4类:即集约利用—效益均衡型、集约/适度利用—效益偏好型、适度/低度利用—效益不均衡型和低度利用型,这不仅显示了深圳市特区内外土地集约利用的差异,且能够区别不同指标对各镇区土地集约利用的贡献,确定今后提高土地集约水平的方向。因此,ANN评价模型适合进行城市土地集约利用评价工作。然而,作为解决问题的一种手段,ANN技术本身也存在着不足,如模型数理基础尚需进一步完善、建模需要一定技巧等^[18]。本研究中以指标平均值或相关规划规定作为评价标准,对评价结果的外延有一定影响,但足以说明深圳市土地集约利用程度的区域差异。因此,随着模型自身的不断完善及土地利用问题研究的深入,ANN技术可成为土地集约利用非线性定量评价的一个较好方法。而今后针对不同评价对象与层次,制定相对完整的城市土地集约利用评价标准是十分必要的。

参考文献(References):

- [1] 董黎明,袁利平. 集约利用土地——21世纪中国城市土地利用的重要方向[J]. 中国土地科学, 2000, 14(5): 6-8.
- [2] 宋松柏,蔡焕杰. 旱区生态环境质量的综合定量评价模型[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2509-2515.
- [3] 刘耀林,焦利民. 基于计算智能的土地适宜性评价模型[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(4): 283-287.
- [4] 李双成,吴绍洪,戴尔卓. 生态系统响应气候变化脆弱性的人工神经网络模型评价[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 621-626.
- [5] 李春花,李宁,史培军. 我国耕地利用压力区域差异的RBF模型判定[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16: 67-71.
- [6] 李双成. 中国可持续发展水平区域差异的人工神经网络判定[J]. 经济地理, 2001, 21(5): 533-536.
- [7] 苑希民,李鸿雁,刘树坤,等. 神经网络和遗传算法在水科学领域的应用[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.
- [8] 陶志红. 城市土地集约利用几个基本问题的探讨[J]. 中国土地科学, 2000, 14(5): 1-5.
- [9] 林坚,陈祁晖,晋瑶. 土地应该怎么用——城市土地集约利用的内涵与指标评价[J]. 中国土地, 2004(11): 4-7.
- [10] 陈莹,刘康,郑伟霖,等. 城市土地集约利用潜力评价的应用研究[J]. 中国土地科学, 2002, 16(4): 26-29.
- [11] 邵晓梅,刘庆,张衍毓. 土地集约利用的研究进展及展望[J]. 地理科学进展, 2006, 25(2): 85-95.
- [12] 龚义,吴小平,欧阳安蛟. 城市土地集约利用内涵界定及评价指标体系设计[J]. 浙江国土资源, 2002, 2: 46-49.
- [13] 章其祥,孙在宏,沈剑荣,等. 城市土地集约利用潜力评价——以南京市为例. 南京师大学报(自然科学版), 2004, 27(3): 101-105.
- [14] 张富刚,郝晋珉,姜广辉,等. 中国城市土地利用集约度时空变异分析[J]. 中国土地科学, 2005, 19(1): 23-29.
- [15] 甄江红,成舜,郭永昌,等. 包头市工业用地土地集约利用潜力评价初步研究[J]. 经济地理, 2004, 24(2): 250-253.
- [16] 郑新奇,王筱明,王爱萍,等. 城市宗地集约利用潜力评价方法研究——以济南市城区为例[J]. 资源科学, 2005, 27(6): 71-75.
- [17] 王梅,曲福田. 昆山开发区企业土地集约利用评价指标构建与应用研究[J]. 中国土地科学, 2004, 18(6): 22-27.
- [18] 李双成,郑度. 人工神经网络模型在地学研究中的应用进展[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 68-76.

(本文编辑 李翰)