
BP 人工神经网络在 城市土地集约利用评价中的应用 ——以长沙市为例

朱红梅, 周子英, 黄纯, 李兰

(湖南农业大学资源与环境学院, 中国 湖南 长沙 410128)

【摘要】利用ANN 模型进行城市土地集约利用评价, 可以排除人为设定权重的主观因素对评价结果的影响, 免除繁重的计算, 使得到的结果更加科学、客观, 从长沙市土地利用现状出发, 确定了由9 个指标构成的土地集约利用评价体系, 运用BP 人工网络模型, 通过测试数据对网络进行训练, 评定出1999—2006 年长沙市土地集约利用水平等级。结果表明: 长沙市近8 年城市土地处于集约利用状态, 且呈现波动上升趋势。

【关键词】城市土地集约利用; BP 人工神经网络; 评价指标; 长沙市

【中图分类号】F224.9; F293.2 **【文献标识码】**A

开展城市土地集约利用评价, 可以把握城市土地集约利用在空间上的分布和时间上的演替规律, 了解其内部各因素发挥作用的机理和在不同环境条件下所发挥作用的大小, 为相关政府部门及时掌握区域土地利用状态, 科学制定城市土地集约利用政策法规、措施、运作模式等提供依据^[1]。

传统的评价方法由于受人的主观影响较大导致评价结果的不准确性, 而人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN) 的评价与优化功能在近几年的地学研究中得到充分体现^[2]。人工神经网络是由大量神经元节点互连而成的复杂网络, 是反映人脑结构及功能的一种抽象数学模型。它通过对大量样本的反复学习, 由内部自适应过程不断修改各神经元之间互连的权值, 最终使神经网络的权值分布收敛于一个稳定的范围。一个已建立的人工神经网络可用于相关问题的求解, 对于特定的输入模式, 神经网络通过前向计算可得出一个输出模式, 从而得到输入模式的一个特定解。BP(Back Propagation)人工神经网络是目前应用最广泛的一类, 此网络构建简单, 训练算法丰富、映射能力强^[3], 本文尝试利用BP人工神经网络对城市土地集约利用进行评价, 利用这种非线性定量分析的方法来减少人为确定权重的主观性和模糊性, 同时还可以精简评价过程。

1 长沙市土地利用状况

截至2007 年底, 长沙市建设用地面积181.23km², 其中居住用地面积56.11 km², 占31%, 公共设施用地39.02 km², 占22%, 工业用地面积23.59km², 占13%, 仓储用地为5.19km², 占3%, 对外交通用地3.60 km², 占2%, 道路广场用地23.56km², 占13%, 市

收稿时间: 2009 - 01 - 18; **修回时间:** 2009 - 04 - 22

作者简介: 朱红梅(1967—), 女, 湖南慈利人, 副教授, 硕导。主要研究方向为土地经济与土地利用。E-mail: zhuhm2004@126.com。

政设施用地4.24 km²，占2%，绿地16.39 km²，占9%，特殊用地9.53km²，占5%。

2 长沙市土地集约利用ANN 评价

2.1 确定评价体系及标准

城市土地系统本身是一个区域性、动态性、开放性的系统，这就决定了城市土地集约利用的具体内容和程度上的非等同性，要寻找适合所有城市发展评价的统一标准和方法是很困难的，至少在现阶段中是不可能的。因此，参考相关的研究成果^[3-5]，在土地资源学、经济学、环境科学、系统科学等基础理论的指导下，综合考虑指标的可获得性、单元间的可比性，特别是长沙市土地利用的实际，本研究从土地投入强度、土地利用强度和土地产出效益三方面构建指标体系，选择单位用地固定资产投资完成额 I_1 、每10万人拥有医院床位数 I_2 、每万人拥有公共汽电车（辆） I_3 、绿化覆盖率 I_4 、人均住宅使用面积 I_5 、城市人口密度 I_6 、单位面积工业总产值 I_7 、地均GDP I_8 和单位面积社会消费品零售总额 I_9 个评价指标（表1）。

表1 土地集约利用评价指标体系及指标参考标准
Tab.1 The evaluation index system on urban land intensive utilization and the system of reference standard

总指数	指标集	评价指标	单位	标准值来源
城市 土地 集约 利用 指数	土地投入强度	单位用地固定资产投资完成额 I_1	万元 /km ²	同类城市平均水平
		每 10 万人拥有医院床位数 I_2	张 /10 万人	经验值
		每万人拥有公共汽电车(辆) I_3	辆 / 万人	经验值
	土地利用强度	绿化覆盖率 I_4	%	国家标准
		人均住宅使用面积 I_5	m ² / 人	国家标准
		城市人口密度 I_6	人 /km ²	同类城市最高水平
	土地产出效益	单位面积工业总产值 I_7	万元 /km ²	同类城市最高水平
		地均 GDP I_8	万元 /km ²	同类城市平均水平
		单位面积社会消费品零售额 I_9	万元 /km ²	同类城市最高水平

2.2 数据标准化处理

城市土地集约利用评价指标体系中的各个评价指标，由于其量纲、经济意义、表现形式以及对总目标的作用趋向各不相同，不具有可比性，必须对其进行无量纲化处理^[5]。

2.3 评价模型的建立

根据建立的评价系统，利用城市土地集约利用的 9 个影响因子的级别标准作为训练学习样本，由于输入层有 9 个神经元，输出层有一个神经元，隐含层的神经元数目可以在此基础上逐步确定。由 Kolmogorov 定理可知，一个三层的神经网络可以完成任意精度 n 维到 m 维的映射，因此，本研究将隐含层设为一层，而隐含层神经元数目的确定是一个比较复杂的问题，并不存在一个理想的解析式来确定。隐含层单元的数目与问题的要求、输入输出单元的数目都有直接的关系。数目太多会导致学习时间过长，然而误差不一定最佳，也会导致容错性差、不能识别以前没有看到的样本，参考相关的研究成果^[4]，通过多次反复地试验，本研究最后确定隐含层神经元为 6，此时网络收敛最快，其中输出层神经元为城市土地集约利用水平分级，BP 网络的结构为 9×6×1 结构，如图 1 所示。

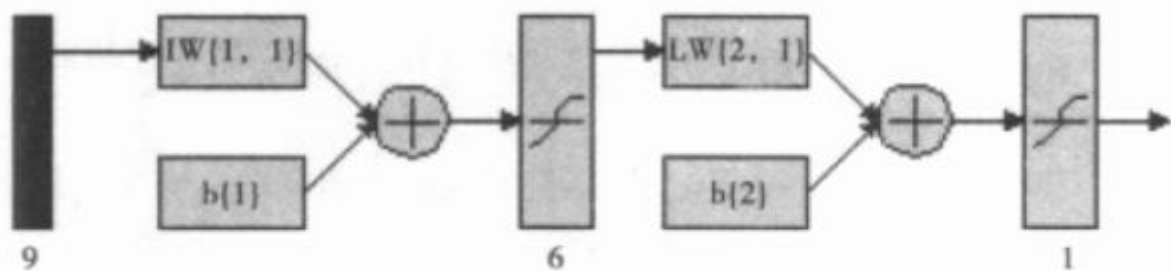


图 1 BP 神经网络结构

Fig.1 Structure of BP neural network

2.4 确定评价水平

评价等级系统是对评价结果的科学表达，本研究参照城市用地分类与规划建设用地标准 GBJ137- 90，将城市土地集约利用水平等级分为低度、适度、集约和过度四个级别（表 2）。

表 2 城市土地集约利用水平等级标准

Tab.2 The classification standard of urban land intensified utilization

等级	低度	适度	集约	过度
评估值 Y	$Y \leq 1$	$1 < Y \leq 3$	$3 < Y \leq 5$	$Y > 5$

表 3 长沙市土地集约利用 ANN 部分训练数据

Tab.3 Partial data used in BP network traing and test in Changsha city

等级	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉
5	1.0000	0.9780	1.0000	0.5800	0.7304	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4.4	0.3305	0.6122	0.3695	0.5516	0.6899	0.7613	0.3424	0.3770	0.3637
4.2	0.3056	0.5390	0.2857	0.5503	0.6957	0.7460	0.2752	0.3419	0.3022
4	0.2190	0.5146	0.2208	0.5497	0.6725	0.7236	0.2639	0.2802	0.2637
3.6	0.1701	0.4878	0.1474	0.5003	0.6725	0.6373	0.2031	0.1751	0.2182
3.2	0.1268	0.4707	0.1325	0.4663	0.6377	0.5063	0.1406	0.1103	0.2051
3	0.1051	0.4415	0.1240	0.4565	0.6725	0.4471	0.1310	0.0765	0.0778
2.8	0.0921	0.4317	0.1130	0.4503	0.6029	0.4053	0.1108	0.0610	0.0661
2	0.0520	0.4024	0.0429	0.3947	0.3652	0.1319	0.0345	0.0257	0.0211
1.4	0.3281	0.1829	0.0156	0.0920	0.4574	0.0126	0.0150	0.0081	0.0400
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

数据来源：根据湖南统计年鉴、中国城市统计年鉴和城市用地分类与规划建设用地标准 GBJ137- 90 的数据和线性内插法得来。

2.5 网络训练与仿真

根据湖南统计年鉴、中国城市统计年鉴和城市用地分类与规划建设用地标准 GBJ137- 90 的数据，按照表 1 的各项标准，

确定低度、适度、集约三个等级，因为 ANN 模型训练需要足够多的样本，模型才能获得足够的信息，才能使模型快速收敛。为了增加训练样本，本研究采用线性内插的方法，得到训练数据（表 3），利用训练数据，再利用 Matlab 软件包按照下述程序对其进行训练，得到网络计算结果。其中，BP 神经网络是采用函数 `traingda` 进行训练。通过对计算结果与已有成果进行分析^[5]，来研究神经网络模型的模拟精度，最后网络的终止参数为最大批量训练次数 10 000 次，最大误差为 0.0001。当网络的输出与已有的研究成果一致时^[5]，网络停止训练，保存网络。具体代码如下：

```
%p 为原始输入数据
%t 为目标数据
Function y = Bptrian(p,t,p_test) %BP 网络训练
与仿真
threshold = [0 1;0 1;0 1;0 1;0 1;0 1;0 1;0
1];
net = newff(threshold, [6, 1], {'tansig','purelin'},
'traingdx');
net.trainParam.epochs = 5000;
net.trainParam.goal = 0.00001;
net = init(net);
net = train(net, P, T);
y = sim(net, p_test)
```

2.6 评价结果的确定

利用已经训练好的网络，导入 1999—2009 年长沙市的各项指标值，得出长沙市 1999—2006 年城市土地集约度分值分别为 3.2542、3.4987、3.7074、3.8376、3.5731、3.8828、4.2970、4.6405，与表 2 对照可知，长沙市近 8 年城市土地处于集约利用状态（图 2）。

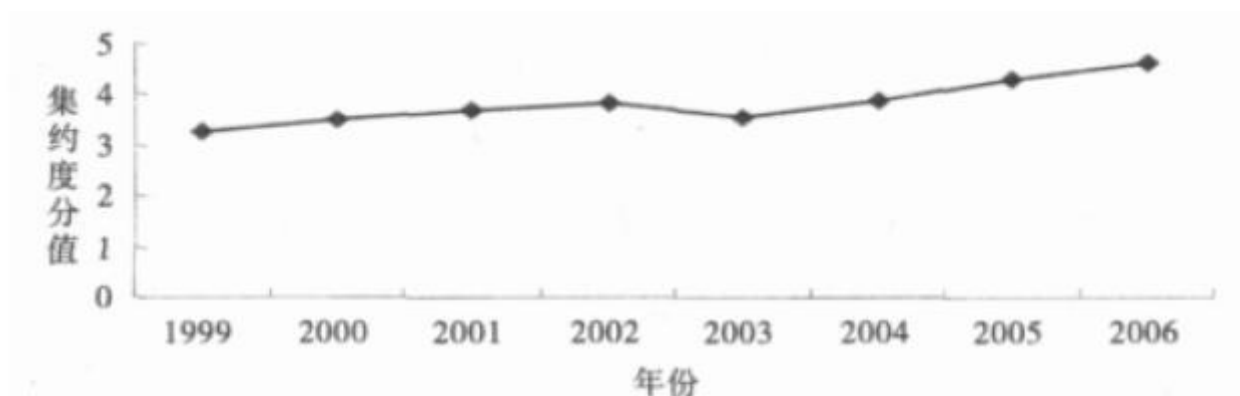


图2 长沙市1999—2006年城市土地集约利用趋势图
Fig.2 The trend of urban land intensified utilization
in Changsha in 1999—2006

3 评价结果分析

1999—2007年这8年间，长沙市城市土地集约利用水平整体处于上升趋势，2003年出现小幅度下降，降到3.5731。由此可以预测，长沙市土地集约利用水平随着土地投入强度不断提高，土地利用程度不断加强，土地经济产出也会越来越大，土地集约利用的趋势也会越来越明显。

作为湖南省的省会城市，长沙市今后的发展，应该充分利用现有的城市土地，进一步走内涵挖潜的道路，消化闲置土地，加大对低效利用土地的投入和城市基础公用设施的投入力度，以不断提高城市土地集约利用水平。同时也要注意对城市中心区建筑密度、容积率的限制，防止对城市土地的过度利用引起城市中心区功能衰退，进而影响整个城市经济的可持续发展。

4 结语

利用ANN模型进行城市土地集约利用评价，这种非线性定量评价的方法，不同于以往的特尔斐法、层次分析法等方法，可以排除许多人为设定权重的主观因素对评价结果的影响，而且可以免除许多繁重的计算，使得到的结果更加科学、客观。

ANN模型具有很强的自学习与容错能力，在信息不完备的情况下，具有较强的模式识别和知识处理等能力，本文在城市土地集约利用水平评价中利用ANN模型进行了有益的尝试，但作为解决地学问题的一种手段，人工神经网络也并非万能，它本身也存在一些不足：首先模型不是十分稳定，建立模型需要一定的技巧，利用人工神经网络进行地学问题分析，不可能穷尽所有解，因此，很难得到最优解，而只能得到满意解；其次受获取资料的局限性，本研究参考相关的规定和湖南统计年鉴、中国城市统计年鉴作为城市土地集约利用的评价标准，对评价结果也有一定的影响。如果将各种评价指标扩大到全国范围内进行考虑，能使结果更加客观、准确地反映城市土地的集约利用水平。

参考文献：

[1] 张旭光. 我国城市土地集约化利用及其评价[D]. 西安建筑科技大学, 2005: 35.

[2] 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 - 78.

[3] 何芳, 吴正训. 国内外城市土地集约利用研究综述与分析[J]. 国土经济, 2002, (3): 35 - 36.

[4] 常青, 王仰麟, 吴健生, 等. 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[J]. 中国土地科学, 2007, 21 (4): 26 -31.

[5] 朱红梅, 王小伟, 谭洁. 长沙市城市土地集约利用评价[J]. 经济地理, 2008, 28 (3): 442 - 444.