

# 沿海城市土地集约利用程度的人工神经网络判定

## ——以大连市为例

马占东

(辽宁师范大学城市与环境学院 大连 116029)

**摘要** 在明确城市土地集约利用概念和内涵的基础上,建立了沿海城市土地集约利用评价指标体系,运用BP神经网络构建了一个定量评价模型,并应用其对大连市城市土地集约利用水平进行综合评价和分区判定。评价结果表明,大连市城市土地集约利用处于适度水平,区域差异显著,其中西岗区集约水平最高,金州区最低;而土地投入产出偏低是影响大连市城市土地集约利用的主要原因。

**关键词** 城市土地;集约评价;BP神经网络;大连市

大连作为东北亚国际航运中心,在振兴东北老工业基地政策的推动下,经济社会发展迅速,土地投资强度逐步增强,地均GDP显著增加(图1),大连已经成为东北地区典型的快速城市化区域。但是由于区位、政策、产业结构和发展历程的不同,大连城市内部不同区域土地利用效率和集约程度存在一定的差异。文章按照大连市现有行政区划将整个城市划分为6个评价单元,通过人工神经网络分析大连市城市土地集约利用的整体水平和区域差异,探求导致差异的内在原因,为土地资源的合理利用、开发、保护和整治提供科学依据。

### 1 城市土地集约利用的概念和内涵

城市土地集约利用的概念是从农业土地集约利用借鉴过来的,它是指在现期和可以预见的未来条件下,在满足城市发展适度规模、使城市获得最大规模效益和集聚效益的基础上,以城市合理布局、优化用地结构和可持续发展为前提,通过增加存量

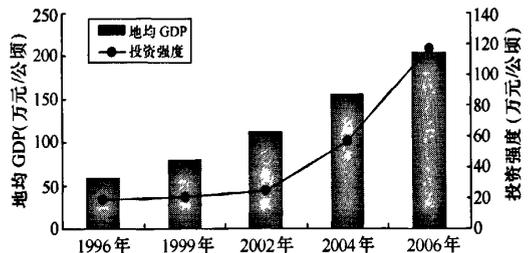


图1 1996—2006年大连市地均GDP与投资强度比较

土地投入、改善经营管理等途径来不断提高城市土地的使用效率,取得更高的经济、社会和生态环境效益<sup>[1]</sup>。换言之,城市土地集约利用的重点应放在建成区现有土地的再开发和挖潜改造上,走内涵发展的道路。

城市土地集约利用的内涵复杂多样,归纳国内城市土地集约利用的相关研究,大致有以下几种观点:(1)将城市土地集约利用理解为通过增加对土地的投入,以获得更多产出的土地开发经营方

式<sup>[3-4]</sup>; (2) 理解为土地利用率的提高<sup>[5]</sup>; (3) 理解为城市土地利用结构和布局的优化问题<sup>[6]</sup>; (4) 理解为通过充分挖掘城市土地资源经济供给潜力, 使城市土地利用率和投入产出比最佳<sup>[7]</sup>。

## 2 城市土地集约利用评价

### 2.1 城市土地集约利用评价的概念

对一个城市土地集约利用的评价分宏观、中观、微观三个层次。宏观层次的评价是对一个城市土地集约利用水平的总体评价, 中观层次是对城市内部分区或分类的评价, 微观层次则是对具体地块的评价<sup>[8]</sup>。因此, 可以将城市土地集约利用的评价体系依次分为城市土地集约利用总体评价、城市土地集约利用区域评价和城市土地集约利用地块评价。

目前, 城市土地集约利用的综合评价主要集中在宏观和中观层次, 这是对一定范围内土地集约利用的综合评价与反映。其核心内容是按城市土地集约利用的内涵, 结合城市规划的 implementation 和城市发展的要求, 以国家标准和有关规定为依据, 建立一个描述土地集约利用总体水平的指标体系, 对城市土地的使用效率和集约利用程度进行综合评价。通过指标体系的实际值与合理值的比较, 反映城市当前或一定时期内土地集约利用水平的高低, 以及城市间或城市内部区域间土地集约利用水平的差距, 并提出进一步加强城市土地集约利用的途径和措施。

笔者根据影响城市土地集约利用的因素, 按照国土资源部颁布的《城市土地集约利用潜力评价技术方案》的具体要求, 结合大连市自然和经济社会的整体特点以及各个区域的实际情况, 对大连市城市土地集约利用情况进行评价分析。

### 2.2 城市土地集约利用评价的方法

在研究方法上, 以前多采用定性分析和统计分析法、特尔菲法、层次分析法和聚类等传统分析方法, 常遇到归一化不同量纲指标、排除人为主观因素影响确定权重等难题。随着研究方法的不断改进和发展, GIS 技术、系统动力学模型 (system dy-

namics model, SDM)、人工神经网络 (artificial neural networks, ANN) 和遗传算法 (genetic algorithm, GA) 等现代新方法、模型和技术已在城市研究中得到应用和发展, 尤其是计算机技术和应用软件的发展, 为城市的量化研究提供了极好的应用平台, 使城市研究进入一个新的发展阶段<sup>[1]</sup>。鉴于此, 笔者试图应用人工神经网络 (ANN) 技术对城市土地集约利用进行综合评价。

## 3 基于 ANN 模型的城市土地集约利用评价

### 3.1 ANN 简述及模型选择

ANN 是近年来广泛兴起的可应用于模式识别、方案决策等信息处理的有力工具, 具有很强的自适应学习能力、鲁棒性和容错能力, 能较逼真地模拟自然-社会经济系统, 使信号处理过程更接近于人类思维活动。目前有代表性的前向型神经网络模型主要有感知器、BP 网络、线性神经网络和径向基函数网络等。

土地利用变化是一个与很多因素相关的非线性函数。对于抽取和逼近这种非线性函数, BP 网络是一种合适的方法。BP 网络是利用非线性可微分函数进行权值训练的多层网络, 它具有模拟多变量而不需要对各个变量做复杂的相关假定的能力, 它不需要依靠专家经验确定权值, 只需通过学习观测得到的数据来抽取和逼近隐含的输入、输出非线性关系。近年来的许多研究都表明, BP 网络是 ANN 技术中应用最广泛的一类<sup>[9]</sup>, 在评价预测中, 尤其是非线性系统的评价预测中具有较高的精度, 因此将采用 BP 网络的方法建立模型对城市土地集约利用进行评价。

### 3.2 大连市城市土地集约利用评价的 ANN 模型及 MATLAB 实现

#### 3.2.1 评价指标体系的建立和评价标准的确定

城市土地集约利用主要是通过考察土地经济供给能力和产出水平, 来反映城市土地的集约利用现状和经济发展水平。影响城市土地集约利用的因素有很多, 如土地投入水平、土地利用效率、土地利

用程度和土地利用结构等。综合考虑指标的可获得性和评价单元的可比性,选择地均固定资产投资( $U_1$ )、劳动力投入水平( $U_2$ )、基础设施完善程度( $U_3$ )、地均社会消费品零售总额( $U_4$ )、地均一般

预算财政收入( $U_5$ )、地均工业总产值( $U_6$ )、地均二、三产业增加值( $U_7$ )、人均建设用地面积( $U_8$ )和土地利用结构协调度( $U_9$ ) 9个指标建立评价指标体系(表1)。

表1 大连市土地集约利用区域差异综合评价指标体系及指标范围

评价指标层	单 位	指标范围*	
$U_1$ - 地均固定资产投资	万元/hm <sup>2</sup>	[10 350]	
$U_2$ - 劳动力投入水平	人/km <sup>2</sup>	[500 24 000]	
$U_3$ - 基础设施完善程度	%	[0 100]	
建设用地集约 利用综合指数 $-R_i$	$U_4$ - 地均社会消费品零售总额	万元/hm <sup>2</sup>	[5 450]
	$U_5$ - 地均一般预算财政收入	万元/hm <sup>2</sup>	[335]
	$U_6$ - 地均工业总产值	万元/hm <sup>2</sup>	[20 250]
	$U_7$ - 地均二、三产业增加值	万元/hm <sup>2</sup>	[40 350]
	$U_8$ - 人均建设用地面积	m <sup>2</sup> /人	[40 500]
	$U_9$ - 土地利用结构协调度	%	[0 100]

注:指标范围\*主要参考《大连市统计年鉴(2007)》、《中国城市统计年鉴(2006)》、《城市用地分类与规划建设用地标准》和《“十一五”城市环境综合整治定量考核指标实施细则》中的相关标准和规定。

建设用地集约利用综合指数 $R_i$ 的范围设定在[0 1]之间,并以0.31、0.49、0.71和0.89作为界址点,将建设用地集约利用程度划分为低效、适度用、集约和过度4个等级,同时参照表1中的指

标范围,将每个指标也相应地划分为4个范围,对应4个等级,然后通过无量纲化将各指标数据处理到[0 1]区间内,构建大连市建设用地集约利用评价标准(表2)。

表2 大连市建设用地集约利用评价标准

等级	$R_i$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$U_6$	$U_7$	$U_8$	$U_9$
低效	0.31	0.058 82	0.021 28	0.40	0.013 48	0.166 66	0.043 47	0.032 25	0.565 21	0.50
适度	0.49	0.264 70	0.191 49	0.55	0.550 56	0.400 00	0.304 34	0.322 58	0.239 10	0.68
集约	0.71	0.500 00	0.404 26	0.70	0.775 28	0.566 66	0.565 21	0.580 64	0.130 43	0.75
过度	0.90	0.705 88	0.914 89	0.85	0.932 58	0.900 00	0.826 08	0.838 7	0.043 47	0.85

### 3.2.2 评价模型的设计和创建

BP神经网络一般包括输入层、隐含层(可以有2层以上)和输出层,网络的结构设计主要是确定网络层数、每层的神经元个数以及每层的传递函数。理论已经证明,三层结构的BP神经网络可以任意精度逼近任何一个具有有限间断点的非线性函数<sup>[10]</sup>。输入层神经元个数取决于影响城市土地集约利用指标的个数,本次评价以表1中评价指

标( $U_1 - U_9$ )作为9个输入层神经元;隐含层神经元个数的确定直接影响到网络的学习精度,根据隐含层设计经验公式<sup>[10]</sup>,以及本次评价的实际情况,笔者设计了一个隐含层神经元数可变的BP神经网络,通过对比误差和网络性能,确定最佳隐含层神经元个数为5;输出层神经元个数为1,即大连市城市土地集约利用综合指数 $R_i$ 。本次评价确定网络结构为 $9 \times 5 \times 1$ (图2)。

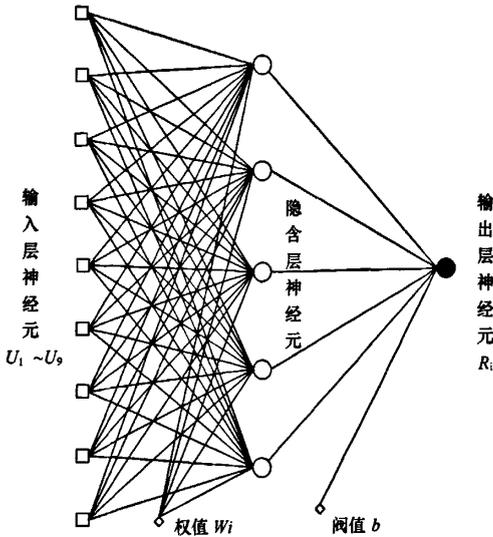


图 2 大连市建设用地集约利用评价 BP 网络结构图

3.2.3 网络模型的 MATLAB 实现

以仿真软件 MATLAB7 作为研究工具，利用 BP 神经网络工具箱中的前向网络创建函数 newff 来实现神经网络模型。按 BP 网络的一般设计原则，网络隐含层传递函数采用 tansig 函数，输出层传递函数采用 logsig 函数，学习函数采用 learnngdx，训练函数采用 trainlm，具体 MATLAB 代码为 net = newff (threshold, [5, 1], { 'tansig', 'logsig' }, 'trainlm', 'learnngdx')。

设定好函数以后，以表 2 中的数据进行网络训练，训练后确定基本参数为：学习速率 LP. lr = 0.1，

最大训练次数为 1 000 次，最大误差为 0.002 2。然后利用训练好的 BP 网络，调入各评价单元的数据，计算出大连市和 6 个评价单元的土地集约利用综合指数  $R_i$ ，计算结果在 0.447 5 ~ 0.819 1 之间 (表 3)。

4 大连市城市土地集约利用评价结果及分析

4.1 大连市城市土地集约利用总体水平适度，区域差异显著

从神经网络模型的运行结果来看，大连市城市土地集约利用综合指数为 0.640 6，总体上处于适度利用水平，但距高度集约利用状态 0.9 还有很大差距。这一方面说明大连市城市土地利用效率总体不高，需要加大城市存量土地的投入，提高土地利用强度和效率；另一方面也说明大连市城市土地有较大的效益增长空间，土地集约利用还大有潜力可挖。因此，必须减缓城市外向型扩张步伐，减少对耕地的占用，城市的发展方式要切实做到从外延式发展向内涵式发展的转变。

具体到评价单元，可以将其分为三类，第一类为西岗区、沙河口区和中山区，集约利用水平较高，其中西岗区集约利用程度最高，得分为 0.819 1；第二类为甘井子区，土地利用适度；第三类为旅顺口区 and 金州区，土地利用率较低，其中金州区得分最低，仅 0.447 5 (图 3)。这说明城市内部土地集约利用水平差异较大。

表 3 大连市土地利用集约评价数据与结果

区 域	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$U_6$	$U_7$	$U_8$	$U_9$	$R_i$	级别
中山区	0.646 00	0.351 87	0.90	0.644 42	0.547 66	0.051 56	0.711 65	0.160 87	0.80	0.75 11	集约
西岗区	0.771 61	0.526 63	0.89	0.627 57	0.703 33	0.728 43	0.751 96	0.082 60	0.85	0.81 91	集约
沙河口区	0.657 79	0.778 85	0.85	0.835 23	0.543 66	0.116 52	0.791 96	0.028 26	0.83	0.77 17	集约
甘井子区	0.241 85	0.106 97	0.75	0.066 94	0.089 66	0.218 47	0.221 27	0.595 65	0.75	0.591 5	适度
旅顺口区	0.098 23	0.037 36	0.70	0.015 50	0.066 00	0.162 78	0.081 55	0.917 39	0.70	0.46 31	低效
金州区	0.036 79	0.059 48	0.60	0.001 93	0.056 00	0.299 26	0.290 20	0.580 43	0.73	0.447 5	低效
大连市	0.408 71	0.310 19	0.78	0.365 26	0.334 38	0.262 83	0.474 76	0.394 20	0.77	0.640 6	适度

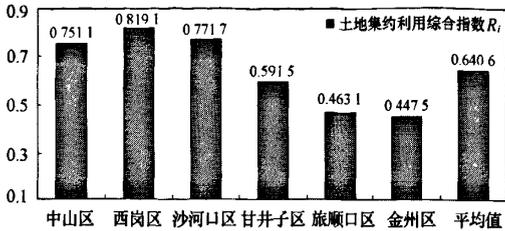


图3 大连市土地利用集约程度评价结果

#### 4.2 土地投入产出偏低是影响大连市城市土地集约利用的突出因素

固定资产投资是影响建设用地规模增长的重要因素,也是体现土地集约利用程度的重要指标。通过对表2各项指标进行相关性分析,发现与土地集约利用综合指数  $R_i$  相关性最大的是地均固定资产投资  $U_1$ , 相关系数为0.99, 这说明土地投入水平的高低是影响一个城市土地集约利用程度的主要因素。

从投入产出水平来看,大连市2006年平均固定资产投资为每公顷149万元,平均二、三产业增加值为每公顷177万元,投入产出比为1:1.6。以江苏省13个城市2004年的情况作为对照,江苏省平均固定资产投资为每公顷258万元,平均二、三产业增加值为每公顷545万元,苏州市土地投入产出比为1:3<sup>[11]</sup>,相比之下,大连市的投入产出水平明显偏低,这是导致大连市城市土地集约利用综合指数较低的主要原因。

从大连市城市内部来看,由于大连市各区经济社会投入和产出水平的差异,导致城市内部土地集约利用水平差异明显。6个区域的地均固定资产投资,西岗区最高,为每公顷272万元,而金州区仅为每公顷22.5万元,两者相差12倍(图4),这充分说明金州区土地投入强度不够,城市的地均固定资产投资投入和基础设施投入明显不足,一部分土地处于低效利用或者闲置状态。

#### 4.3 大连市城市土地集约利用水平与土地利用结构协调度呈正相关

从城市土地集约利用影响因素相关性分析得

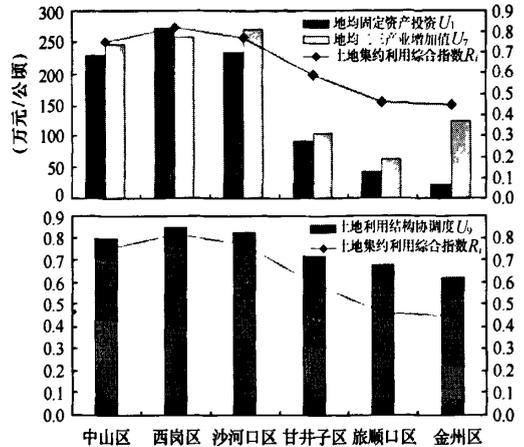


图4 大连市土地利用投入、产出和结构协调度的区域差异

出,土地利用集约程度与土地利用结构具有深刻的内在联系与明显的阶段性特征,而土地利用结构又是城市产业结构的具体体现。产业结构演变,尤其是第二产业与第三产业相对地位的改变,以及工业内部结构调整,导致土地利用结构发生变化,从而对城市土地集约利用水平产生很大影响。从图4可以看出,大连市的土地集约利用曲线与土地利用结构协调度呈正相关,西岗区、中山区和沙河口区通过退二进三、产业转移等措施,优化土地资源配,协调土地利用结构,土地集约程度得到提高;而甘井子区、旅顺口区和金州区作为大连西拓北进的重点发展区域以及中心城区产业转移的主要承载地,土地利用相对粗放,土地利用结构的优化还需要一个过程。

## 5 政策建议

### 5.1 严格用地标准,提高土地利用效率

提高新增建设用地的利用效率,是促进节约集约用地最重要的任务。一是要强化集聚利用土地资源,要引导并逐步实现工业向集聚区集中、人口向城镇集中和住宅向社区集中,各类行政管理、生活服务、仓储、道路和绿化等配套设施,要统筹规

划、集中布局,避免“村村点火,户户冒烟”,努力提高区域性社会资源的共享程度;二是要提高建设用地准入“门槛”、土地供应必须有保有压,对符合产业结构调整要求、投资强度大、科技含量和附加值高、低能耗、环保型并且符合新的用地标准的项目要优先供地,反之则限制或不予供地。

## 5.2 完善市场机制,优化配置土地资源

完善的市场机制,是节约集约用地的内在动力,是优化配置土地资源最有效的方式。实践证明,土地资源市场化配置程度越高,土地的节约集约利用程度就越高。为进一步完善土地市场秩序,提升土地资源的市场化配置程度,一是要不断完善“招拍挂”制度,推行经营性土地“招拍挂”出让,规范“招拍挂”出让程度和环节;二是要扩大国有土地有偿使用范围,积极推行工业用地公开出让,通过用地者之间的“公开、公平、公正”竞争,加强用地中的利益约束;三是要改革土地供应方式,积极探索和推行工业用地年租制。

## 5.3 盘活存量,挖掘土地潜力

挖掘现有土地潜力,是节约集约用地的重点。

### 参考文献:

- [1] 郑新奇.城市土地优化配置与集约利用评价[M].北京:科学出版社,2004.
- [2] 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.
- [3] 马克伟.土地大辞典[K].长春:长春出版社,1991.
- [4] 毕宝德.土地经济学[M].北京:中国人民大学出版社,2000.
- [5] 丘金峰.房地产法辞典[K].北京:红旗出版社,1993.
- [6] 肖梦.城市微观宏观经济学[M].北京:人民出版社,1993.
- [7] 何芳.城市土地集约利用及其潜力评价[M].上海:同济大学出版社,2003.
- [8] 陈莹,刘康,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.
- [9] 李双成,郑度.人工神经网络模型在地质研究中的应用进展[J].地球科学进展,2003,18(1):68-76.
- [10] 飞思科技产品研发中心.神经网络理论与MATLAB7实现[M].北京:电子工业出版社,2005:102-104.
- [11] 陈海燕,李闽.江苏省城市土地利用集约评价及区域分异特征[J].中国土地科学,2007:61-65.

一是要依法处置闲置土地,定期开展闲置土地清理活动,对建设用地批准后,相当长时间内不到有关部门办理用地手续的,原订立的相关协议无效,退还用地单位所缴款项,土地由政府另行调剂安排;二是要盘活利用存量土地,工业企业实施技术改造或扩大生产规模,首先要充分利用原有厂房、场地,对在符合规划和不改变用途的前提下,通过内部挖潜增加容积率的,按照现有政策给予优惠政策。

## 5.4 加大监管力度,从严控制项目用地

一是要强化建设项目用地审批管理,对不符合国家土地供应政策,未达到“双控”标准等供地要求的项目一律不予供地;二是要加强建设用地跟踪管理;国土部门督促用地单位严格按照合同约定进行建设,对未履行合同约定的,要严格按照约定处置,招商部门要加强项目跟踪管理,切实按照招商协议履行各项规定,根据用地单位履行协议情况相应享受优惠政策。