

城市水资源社会再生能力评价信息发布系统

曾维华 张永军 祝捷 杨志峰

(北京师范大学环境学院 北京 100875)

摘要 提出以城市基础、工业用水、生活用水、农业及景观用水为社会再生能力评价指标,利用人工神经网络的方法,建立城市水资源社会再生能力评价模型。以黄河流域主要城市为例,进行水资源再生能力评价,并利用 Web-GIS 建立了黄河流域主要城市水资源社会再生能力评价信息发布系统,将评价结果由互联网进行发布。通过对各城市水资源社会再生能力地评价及其结果分析,可了解各城市水务工作中的不足,为水资源开发利用政策的制定起辅助决策的作用。

关键词 资源再生能力 黄河流域 人工神经网络

中图分类号:TV211.1 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2004)06-0012-04

黄河是我国第二条大河,全长 5 464 km,流域面积 75.2 万 km²,总面积达 79.5 万 km²。流域内总人口 29 037 万人,耕地 0.13 亿 km²。近年来,人类活动对黄河流域水资源的影响十分强烈,主要表现在两个方面:一是流域内耗水量和流域外引水量不断增加,直接造成各控制断面实测径流的减少;二是因工程措施和生物措施改变了流域内的下垫面条件,导致天然产水量的衰减。与此同时,随着人口的急剧增长与经济地飞速发展,用水需求不断加大,水环境污染也在不断加重,黄河水问题的主要矛盾便是来水和用水之间的“剪刀差”,而这一矛盾在城市尤为突出。

城市水资源系统是一个动态的系统,是气候水源条件、给排水工程能力、城市性质、人口规模、生活水平、工艺技术水平、城市经济强度和产业结构等的函数^[1]。因此,城市水资源评价不仅是对水资源本身,如水质、水量进行评价,它也是对水资源的使用、调配、监督管理水平的评价;不仅是对自然资源的评价,也是对整个社会经济系统的评价。

本文提出一种新的城市水资源评价思路——以社会再生能力为核心对城市水资源进行评价。以往的水资源评价,多是基于自然水循环,社会循环往往只是附带考虑,即使是专门针对城市的水资源评价,也大都针对城市水资源自然状况^[2-3]。以社会再生能力为研究重点,使得评价结果能够更好地揭示城市水资源利用的潜力;并通过对城市水再生各个部

类的分析,能够有针对性地指出被评价城市水资源利用的“短板”在何处,因此对城市用水规划具有建设性的帮助。

1 城市水资源社会再生能力及其评价指标体系

水资源的再生性是指水资源存储量可以通过某种循环不断补充,且能够重复地开发利用的特征,这是水资源的一个基本属性^[4]。这种属性决定了水资源在一个循环系统内的使用量可以大于总输入量。水资源的社会再生是水资源在城乡地区通过人类的干预而再次获得使用价值的过程。再生能力则是指再次获得的使用价值的大小。这个概念中强调的是水资源在社会系统内部的重复利用及其价值的多次重现。其中的主要核心无外乎以下几点:一是人为干预的因素;二是作用于城市这个空间范围;三是实现内部的重复利用。

城市水资源社会再生能力的存在使得水循环流程更加复杂和多元化,而水的利用效率和实际可使用量也因此得到提高。城市水资源社会再生能力可从以下两个方面分析,即绝对再生能力及相对再生能力。绝对再生能力,即城市水资源社会再生的总水量,或城市水资源社会再生能力的再生量方面。它与城市的规模及自然条件等密切相关,在一定程度上反映了该城市获得的社会再生水资源的绝对数

基金项目:国家 973 重点基础研究发展规划项目(G1999043605);国家 863 自然科学基金资助项目(70273005);国家技术研究发展项目(2003AA601010)

作者简介:曾维华(1965—),男,北京人,副教授,博士,主要从事环境系统工程、环境信息学、环境规划管理与水资源水环境的教学与科研工作。

表 1 城市水资源可再生能力评价指标层次结构

再生量评价指标											
城市基础				工业				生活		农业及景观	
人均 GNP /万元	环境管理 水平	污水处理 能力/(t·d ⁻¹)		水库库容量 /亿 t	工业废水排放达 标量/万 t	工业废水处理 回用量/万 t	治理废水 投资/万元	生活用 水价格 (元·t ⁻¹)	园林绿地 面积/hm ²	有效灌溉 面积/hm ²	
再生效率评价指标											
城市基础				工业				生活		农业及景观	
人均 GNP /万元	人均教育 事业 费支出 /元	排水管 道密度/ (km·km ⁻²)	售水成本 (元· (10 ³ t) ⁻¹)	工业废水 排放达 标率 /%	工业废水 处理回用率 /%	治理废水 投资力度 (投资额 /GNP)	人均生活 用水量/t	千吨水含 工资水平 (元· (10 ³ t) ⁻¹)	城市供水 普及率/%	建成区绿化 覆盖率/%	农业产值 耗水量 (t·万元 ⁻¹)

量。相对再生能力主要是城市水资源社会再生能力在再生效率方面的反映,即抛开城市规模的影响而将水资源再生能力置于城市综合能力的基础上,使不同的城市之间形成可比性。它与城市的发展程度、环保重视程度、相关项目投资力度等相关,它在一定程度上反映了该城市在水资源社会再生方面的工作状况和潜力。

表 1 包括两套指标,一套是绝对再生能力评价指标体系,其指标是具有量纲的,评价结果能在一定程度上说明水资源再生总量的大小;另一套是相对再生能力评价指标体系,其指标为无量纲的比率型指标和具有量纲的比值型指标组成,评价结果可以说明城市水务管理、再生潜力等方面的水平。每组指标都分四部分:城市基础性指标,工业用水指标,生活用水指标和农业及景观生态用水指标。

2 基于人工神经网络的城市水资源社会再生能力评价模型

2.1 评价标准与训练样本的建立

人工神经网络(Artificial Neural Network—ANN)是 20 世纪 80 年代中后期出现的一种人工智能理论。它是在对人脑组织结构和运行机制的认识理解基础之上,模拟其结构和智能行为的一种工程系统。为了利用人工神经网络进行评价,需要建立训练样本。本文选择自行构建的评价标准作为网络训练样本。在构建训练样本过程中,引入虚拟城市概念,即将上述的各个指标,取得其全国最大值和最小值,而后将各个指标的最大值集中到一个虚拟城市 A,这个城市作为最高等级(5);同理将各个指标的最小值集中到一个虚拟城市 B,作为最低标准(0);然后将最高标准和最低标准之间平均分为 6 级(0,1,2,3,4,5)。这样,就将评价问题被转化为归类问题,就此可以发挥人工神经网络的特性,对城市水资源的再生能力进行评价。

2.2 基于 ANN 的评价模型的建立

经过近 20 年的完善和发展,众多研究人员提出

了各种各样的神经网络模型,也发展了多种学习算法^[5]。不同的算法,它们的擅长工作不同。对于本文研究的城市水资源社会再生能力评价是一分类(级)问题,所以选用适于模式识别的多层前向神经网络模型和 BP 算法。

BP 算法神经网络通常是指基于误差反向传播算法(BP 算法)的多层前向神经网络,当给定网络的一个输入时,它由输入层单元传递到隐含层单元,经过隐含层的逐层处理后再送入到输出层单元。当输出响应与期望输出模式的误差达不到要求的误差容量时,就转入误差后向传播。将误差值沿连接通路逐层传递,并修正各层连续权值和阈值^[6]。图 1 为本文所选用的由一个输入层、一个隐含层和一个输出层组成的前向式三层神经网络。

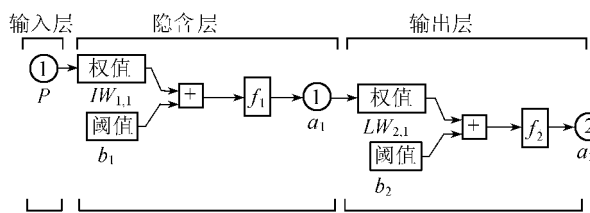


图 1 具有单隐层的 BP 神经网络

首先,人工设定输入权重、阈值以及隐含层单元数,然后,利用式(1)(2)计算训练结果,并将训练结果与要求目标进行比较,不符合则反馈调整,根据设定的调整规则(动量或学习率)不断改变权值及阈值,再进行训练,比较结果,如此往复,直到结果满足输出误差;至此,黄河流域主要城市水资源社会再生能力评价模型就建立了。

$$Y_i = f\left(\sum_{j=1}^N u_j \times W_{ij} + \theta_i\right) \tag{1}$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{-x}{u_0}\right)} \tag{2}$$

式中: $f(x)$ 为 Sigmoid 激励函数; Y_i 为各单元输出值; u_j 为前层单元输出值; W_{ij} 为与前层单元之间的联结权值; θ_i 为各单元阈值; N 为前层单元个数。

3 黄河流域主要城市水资源社会再生能力评价

从表 2 中可以看出 ,黄河流域主要城市的水资源绝对再生能力水平大都处在全国较低水平 ,这与当地普遍缺水的情况是相吻合的。具体分析 ,在黄河流域 ,只有济南、郑州等少数城市能够达到中等水平 ,这在普遍缺水的北方已经是很好的成绩了。

表 2 黄河流域主要城市水资源社会再生能力评价结果(2000 年)

城市	绝对再生能力		相对再生能力	
	评价结果	级别	评价结果	级别
太 原	0.739 26	0.7	2.475 5	2.5
济 南	2.550 20	2.6	2.444 6	2.4
东 营	0.011 04	0.0	2.064 5	2.1
郑 州	2.304 40	2.3	1.994 2	2.0
开 封	0.091 81	0.1	1.309 7	1.3
洛 阳	0.664 88	0.7	1.063 2	1.1
新 乡	0.609 51	0.6	1.054 2	1.1
西 安	2.178 40	2.2	1.534 6	1.5
宝 鸡	0.452 20	0.5	1.223 8	1.2
咸 阳	0.511 97	0.5	0.789 4	0.8
西 宁	1.654 00	1.7	1.276 1	1.3
呼和浩特	1.335 30	1.3	1.466 4	1.5
包 头	0.467 66	0.5	1.403 6	1.4
兰 州	1.206 90	1.2	1.807 9	1.8
银 川	1.496 40	1.5	1.628 7	1.6

对于相对再生能力评价 ,各城市得分虽然也是处在全国中下级别 ,但是相比绝对再生能力得分要高。由此看出 ,黄河流域的城市用水紧张 ,绝对再生能力比较低 ,而相对再生能力相对较好。相对再生能力主要体现城市水务工作的状况。因此 ,尽管这些城市的社会再生水资源量缺乏 ,各城市对相关工作还是比较重视的。另一方面 ,各城市的水资源社会再生能力评价结果中省会城市的得分较高 ,这与城市综合能力较强也是吻合的。

4 基于 Web-GIS 的黄河流域主要城市水资源评价信息发布系统

黄河流域主要城市水资源社会再生能力评价信息发布系统包括两个子系统 :①水资源社会再生能力评价子系统 ;②评价信息发布子系统(如图 2 所示)。前者的主要功能是数据维护 ,人工神经网络的构建和训练以及水资源社会再生能力评价与评价结果管理 ;后者的主要功能是通过互联网将评价结果向公众发布。

黄河流域主要城市水资源社会再生能力评价系统信息发布部分是一个 Web-GIS 系统 ,整个系统采用标准的 B/S 结构(如图 3 所示)。其中 ,服务器端 :

Web 服务器负责 www 服务 ;应用服务器负责对用户请求的管理 ,分发完成复杂的空间计算 ;数据服务器负责数据的存贮和管理。客户端 :浏览器软件 ,如 IE6.0 或其他浏览器软件 ,从 Web 服务器下载程序和数据 ,用户进行地图操作、属性信息查询以及专题图制作。

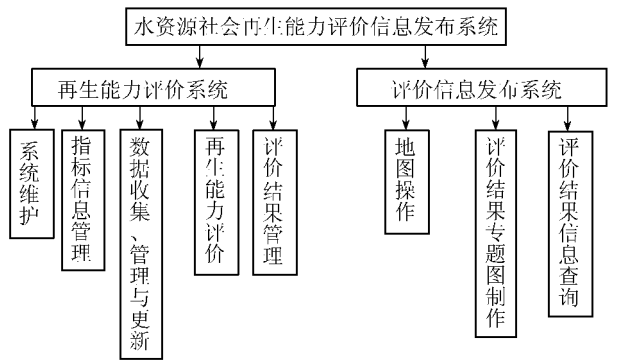


图 2 水资源社会再生能力评价信息发布系统模块结构

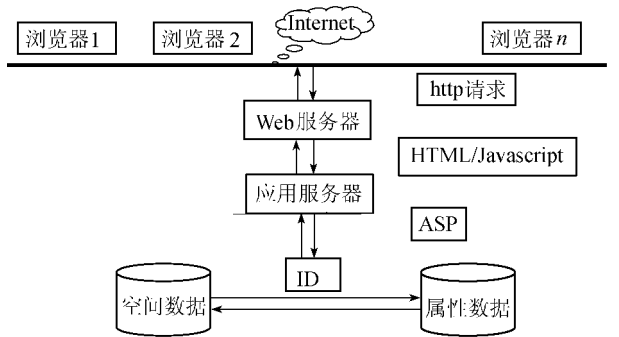


图 3 水资源社会再生能力评价信息发布系统框架

各类用户可以通过 Internet 访问本网站的矢量地图主页 ,进行各城市水资源社会再生能力评价结果信息的图文互查以及专题图制作。本系统把地图空间数据以 Java Applet 嵌入到 HTML 中 ,通过 Javascript 调用该 Applet 的方法、属性、事件来实现其与 HTML 的通讯 ,同时通过 ADO 组件 ,利用 ASP 调用数据库 ,实现属性数据和图形数据连接下的双向查询 ,完成客户端和服务器的数据交互。系统利用 ASP 通过 ADO 组件调用数据库 ,图形属性 ID 号和外挂数据库中的地区编码 ID 相同 ,从而实现空间图形数据库和城市水资源社会再生能力评价结果数据库的完全连接 ,并通过脚本语言的命令进行显示和操作管理。图 4 为黄河流域 1998 ,1999 与 2000 年主要城市的水资源社会再生能力评价结果直方图。

5 结 论

a. 为建立黄河流域水资源社会再生能力评价标准 ,本文将所有评价指标的极大值和极小值分别集中到一起 ,构成两个极端的虚拟城市作为评价标准中最高和最低的两个标准 ,其他各级别在最高和



图4 水资源社会再生能力评价系统页面

最低两个级别中划分,形成一组代表各级评价标准的虚拟城市,以虚拟城市作为基于人工神经网络评价模型训练样本。

b. 人工神经网络方法与传统方法相比,具有很多优势:它可以处理复杂的非线性问题,可以进行自适应的调整,具有容错能力,不依赖于评估人员的经验等等,因而避免主观性,评价结果比较客观。另外,对于这样训练好的网络,日后任何城市的数据只要输入网络便可立刻得出评价级别。这样的效率是别的评价方法所不能比拟的,这正是人工神经网络大规模处理数据的特点所在;由此,评价工作就可以不仅仅限于目前的范围,它具有了更大的扩展性能。

c. 对 1998、1999 与 2000 年黄河流域主要城市水资源社会再生能力进行了评价,评价结果表明黄河流域主要城市的水资源社会再生能力大都处在全国中下游水平,其中绝对再生能力差是整个流域缺水状况的体现,尤其是中西部的一些城市,相对再生能力低是和这些城市的发达程度低相一致的。根据评价结果,再结合原始数据的分析,就可能找到影响城市水资源再生能力的因素;为这些城市今后的工作的改进提供帮助。虽然黄河流域水资源相对社会再生能力普遍较低,不过总体上还是一个不断增强的趋势。有些城市在 2000 年水资源社会再生能力得分很低,但是从进行年际变化评价结果可以明显地看出其上升势头。

d. 本文所建立的基于 Web-GIS 的黄河流域主

要城市水资源社会再生能力评价系统可根据评价指标信息实时更新,评价结果利用 Web-GIS 实时发布。用户可以进行地图操作,查询城市基础数据、环境数据、评价结果,还可以生成直方图以使结果更加直观。本系统的建成必将有利于社会公众了解当地城市的水资源社会再生能力状况,为科研机构的工作提供一定的数据支持,同时还为政府部门的一些宏观决策提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 洪阳,曹静.城市水资源系统综合评价指针体系初探[J].上海环境科学,2000,19(6):269~271.
- [2] Xu Chong-yu. Application of water balance models to different climatic regions in China for water resources assessment[J]. Water Resources Management,1997,11(1):51~67.
- [3] 彭玉怀,杨兆军,王少龙.用于规划目的的水资源评价方法讨论[J].安徽地质,2000,10(2):138~141.
- [4] 曾维华,杨志峰,蒋勇.水资源可再生能力探讨[J].水科学进展,2001,12(2):276~279.
- [5] 王旭,王宏,王文辉.人工神经网络的原理与应用[M].沈阳:东北大学出版社,2002.66~70.
- [6] 杨振宏.基于神经网络理论的安全预评价方法[J].黄金,2001,22(11):12~15.

(收稿日期 2004-05-31 编辑:舒建)