

南四湖水安全评价研究

梁春玲¹, 张祖陆^{*}, 牛玉生²

(1. 山东师范大学人口·资源与环境学院, 山东济南250014; 2. 吉林省有色金属地质勘查局, 吉林长春130021)

摘要 南四湖近些年来出现的湖泊水情要素较多灾变、水质污染、泥沙淤积以及人为围湖造田和水资源纠纷等一系列问题, 已成为湖泊水安全的重大威胁因素。研究将南四湖水安全评价指标定为水质、沙容比、水域面积、年降水量、水位和水因患病率等6大指标, 并将6种指标依据各自实际影响程度分为5个数量级段, 相应地将湖泊水安全标准定为5级, 利用人工神经网络中的BP神经网络模型对南四湖水安全进行了定量评价。研究表明, 南四湖水安全现状处于4级, 即差的状况。

关键词 南四湖; 水安全; 人工神经网络

中图分类号 X824 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)07-03178-04

Water Security Evaluation of Nansi Lake

LIANG Chun-ling et al (School of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014)

Abstract A series of water security problems of Nansi Lake which appear in recent years, such as lake pollution, silt next, man made change from lake to cropland and water resources disputes, have been great threat factors for the water security of lake. Six indices of water quality, the proportion of silt to the lake volume, water area, annual rainfall, water level and water-caused incidence were confirmed as the water security evaluation indices of Nansi Lake. According to the actual impact degree, six indices were divided into five magnitude levels. So the water security standards of lake were confirmed as five levels. BP neural network model in the artificial neural network was used to evaluate quantitatively the water security of Nansi Lake. The research results showed that the water security status of Nansi Lake was the fourth level, being bad.

Key words Nansi Lake; Water security; Artificial neural network

南四湖水域面积1 266 km², 湖泊容积16.06 × 10⁸ m³, 是我国十大淡水湖泊之一, 也是山东省重要的水源地; 同时, 南四湖现在是南水北调东线工程的主要调蓄枢纽区, 其战略位置十分重要。自20世纪80年代以来, 伴随区域经济的快速发展, 南四湖湖泊水质遭受严重污染^[1], 泥沙淤积和人工围垦^[2]导致湖体萎缩; 此外, 蓄水量波动起伏、旱涝灾害频发、水环境恶化以及省区间的水资源纠纷等一系列水安全问题, 已成为区域生态环境、南水北调东线工程建设以及当地社会经济可持续发展的主要障碍和威胁因素之一。因此, 对其水安全进行定量化研究与评价的意义非常重大。

水安全问题研究起步于20世纪70年代, 近几年开始将水安全作为一个综合性整体来认识和研究。目前, 对水安全定量度量方面的研究还鲜有文献出现, 在水安全评价指标和评价方法方面, 也仅有少数学者进行过较深入的研究。如陈绍金针对水安全概念、定义、原则等提出了自己的见解, 并且提出了水安全方程^[1]; 韩宇平等初步研究了水安全评价指标体系和方法, 利用多层次多目标决策和模糊优选理论建立了区域水安全评价的模糊优选模型, 并应用于我国西北地区水安全评价的具体实践中^[2]; 陈守煜把模糊数学的理论与方法引入水文水资源系统的研究, 利用模糊优化原理对水资源系统进行模糊识别, 提出了多目标决策系统模糊优选理论、模型与方法^[3], 在实际工作中发挥了重要作用。该研究在对南四湖水环境各主要影响素进行分析与综合评估的基础上, 选用人工神经网络模型方法, 对南四湖水安全进行了定量的评价研究, 以期能为区域水资源与南水北调工程管理提供依据。

1 南四湖水安全态势

1.1 水情要素分析

1.1.1 年降水量分析。南四湖属暖温带季风型大陆性气

候, 多年平均气温13.8℃, 年降水量一般在650~820 mm之间。东部山丘区及南四湖南部区域降水量多于西部平原区, 全市降水量区域分布由东南向西北递减。南四湖湖面降水量明显大于周边流域降水量, 据1951~2002年连续观测资料统计, 南四湖多年平均降水量为720.4 mm, 周边流域为673.2 mm。流域降水受季风气候和大范围气流变化影响, 年际差异较大, 表现在丰、枯水年交替发生, 而又连续丰水年和连续枯水年相继发生, 且变幅较大。年最大降水量为1 219.15 mm (1958年), 最小降雨量为391.30 mm (2002年), 差值827.85 mm, 最大值为最小值的3.12倍。按频率计算, 1951~2002年间丰水年(P=20%) 798.8 mm, 平水年(P=50%) 669.5 mm, 偏枯水年(P=75%) 562.1 mm, 枯水年(P=95%) 417.2 mm。年内季节降水量的分配也极不平均: 夏季最多, 平均为446.8 mm, 占年均降水的60.1%; 冬季最少, 仅为41.2 mm, 占多年平均降水量的5.5%; 春季降水123.4 mm, 占16.6%; 秋季降水96.9 mm, 占13.0%。

1951~2002年南四湖降水量年际变化如图1所示。由图1可见, 近50年来南四湖地区降水量总体呈现明显减少的趋势, 其气候倾向率为-42.54 mm/10 a。这与马晓波^[4]、黄荣辉等^[5]对华北地区降水呈减少趋势的研究结果相一致。在52年的降水资料中, 有28年出现负距平, 比正距平多4年, 20世纪50、60、70、80、90年代出现次数分别是4、2、4、9、7次, 负距平出现的年份增加较快, 而且降水量距平较大, 2002年甚至出现了近50年最小降水量, 致使南四湖整个湖泊干涸。

1.1.2 水位分析。南四湖水位的时空分布, 除主要取决于湖泊水量平衡组成要素的时空变化(降水形成的流域、入湖径流的年内或年际分配具有决定性作用)外, 还在很大程度上受湖区工农业耗水量的多寡所制约。虽然南四湖为二级坝分割成上、下级湖, 水位高低有所差别, 但是在时间演化上基本上是同步的, 所以在进行湖泊水位变化的分析中, 笔者主要以上级湖为例来进行研究。

近50年来, 由于来水量减少、气候干旱, 致使南四湖水

基金项目 山东省自然科学基金资助项目(Y2008E13)。

作者简介 梁春玲(1982-), 女, 山东菏泽人, 博士研究生, 研究方向: 环境变化与可持续发展。* 通讯作者。

收稿日期 2008-12-19

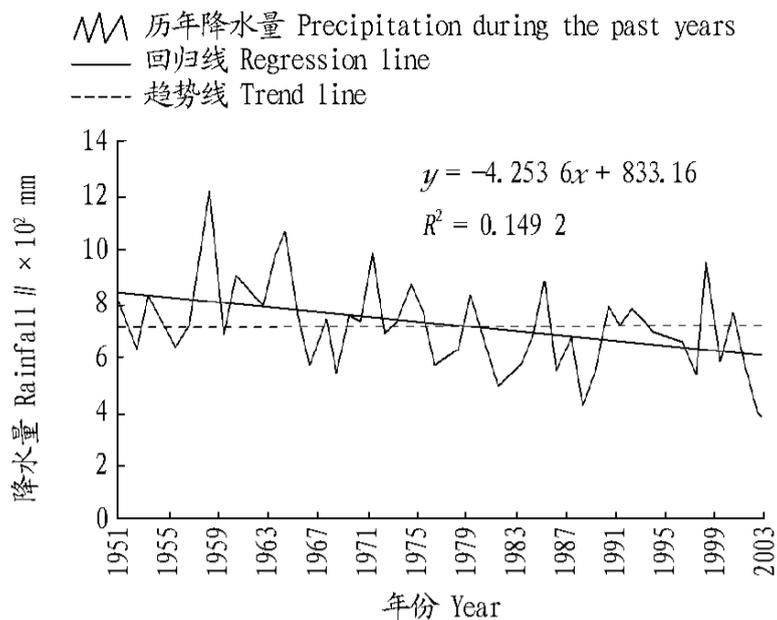


图1 1951~2002年南四湖降水量变化

Fig.1 The changes of rainfall about Nansi Lake from 1951 to 2002

位降低,水面面积呈萎缩和减小趋势,上级湖最高水位以0.15 m/10 a 递减,月最低水位以0.083 m/10 a 的速率递减,月平均水位倾向率在丰水季节下降较快,其中6月份下降最快,速率为0.47 m/10 a,枯水季节呈现出上升趋势,倾向率约为0.1 m/10 a。南四湖最高月平均水位为36.77 m(1957年8月),相对应的蓄水量为50.32 × 10⁸ m³。由图2可以看出,近期南四湖水位变化波动频率和幅度都有所增加,上级湖水位低于32 m时,湖泊已经处于干涸状态,近50年来,1989年南四湖干涸,相隔12年后,2002年南四湖又一次干涸,这对南四湖的生态系统造成了无法挽回的损失。

---- 月平均最高水位 Monthly mean maximum water level
 ^^^ 月平均最低水位 Monthly mean minimum water level
 —— 回归线 Regression line

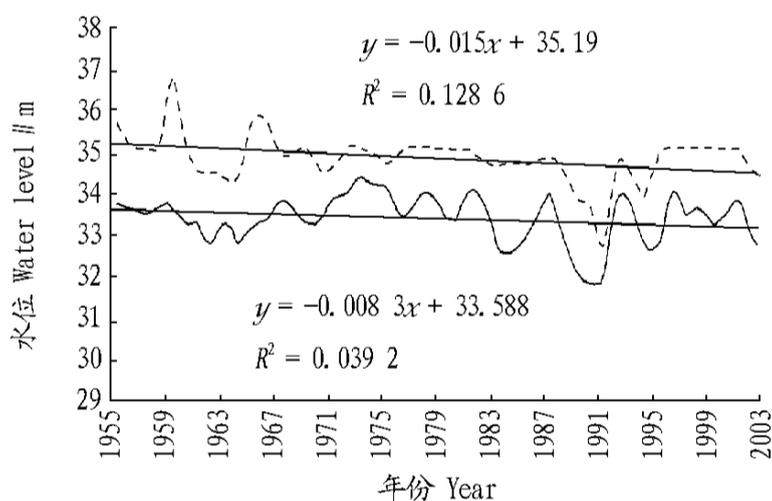


图2 1955~2002年南四湖上级湖月平均最低和最高水位变化

Fig.2 The change of monthly mean minimum and maximum water level of upriver lake of Nansi Lake from 1955 to 2002

1.1.3 水域面积。南四湖水位不断下降,并且湖区围湖造田面积不断上涨,2000年南四湖湖内围垦面积已达156.07 km²,占南四湖最大湖面面积的12.3%,南四湖水域面积也是呈不断下降的趋势。从1953~2002年南四湖年平均水面面积变化(图3)可以看出,南四湖年平均水面面积呈明显的下降趋势,下降趋势率为60.73 km²/10 a,特别是1988~1989、2001~2002年出现了2次严重的湖泊干涸现象。南四湖年平均水面面积最大为1218.2 km²(1958年),最小水面面积为450.3 km²(2002年),多年平均为1056.96 km²,极值倍数为2.7。

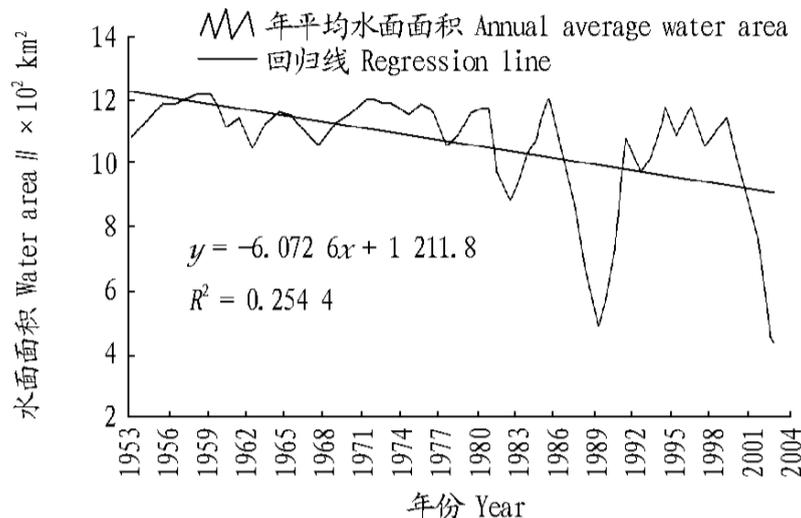


图3 1953~2002年南四湖年平均水面面积变化

Fig.3 The changes of annual average water area about Nansi Lake from 1953 to 2002

1.2 水质分析 随着南四湖流域工业、城市、矿区的发展,全区水环境质量不断下降,长期监测资料表明,区内主要的13条入湖河流均呈现不同程度的污染,水质最好的河流也仅达到国家地面水质Ⅲ类标准,大部分河流水质均超过Ⅲ类标准,根据综合污染指数对南四湖水质进行评价后可知,南四湖整体水质已经由20世纪80年代的轻污染型转变到现在的中污染-重污染型,而且近年来,铅、镉、砷、汞等重金属在水质、底质和水产品中均有检出,据监测南四湖水质2003年为Ⅳ类^[6]。按照水质营养参数、藻类与底栖动物及浮游动物优势种评价,南四湖是一个蓝藻-隐藻型的中富-富营养湖泊,局部富营养化。南四湖湖水已不适宜作为饮用水源和游泳用水,部分地区已不适宜作为养殖用水。污水经过陆地生态系统和水生生态系统的循环使湿地动植物受到严重的危害,大量入湖污染物在水生生物体内富集,以重金属为例,南四湖7种主要经济鱼类及鸭、螺、藕、菱角等湖产品与池养物、家鸭对照表明,铅、汞、镉含量均高于对照组,最高超标2.7倍^[7]。

表1 南四湖历年泥沙量统计

Table 1 The quantity of bedload of Nansi Lake

10⁴t

统计指标 Statistical indices	上级湖 Upriver lake (1961~2002年)			下级湖 Downriver lake (1966~2002年)		
	入湖 Aflux	出湖 Outflow	淤积 Sedimentation	入湖 Aflux	出湖 Outflow	淤积 Sedimentation
累计 Total	14 520	130.55	14 390	2 234.5	99	2 135.5
年平均 Annual average	346	3.11	343	67.7	3	64.7

1.3 泥沙淤积分析 统计表明(表1),南四湖多年平均入湖泥沙量为410.7 × 10⁴ t,上级湖多年平均入湖泥沙量为346 × 10⁴ t,下级湖多年平均入湖泥沙量为67.7 × 10⁴ t。南四湖多年平均出湖泥沙量为3 × 10⁴ t,年淤积量为407.7 × 10⁴ t。年淤积量占入湖总泥沙量的99.3%,其中只有0.7%的入湖

泥沙随泄流排出,年平均淤积厚度为4 mm,但淤积不均匀,首先在河道入湖口淤积,然后向湖内延伸^[8]。如果按照南四湖多年平均水位计算,南四湖损失库容为3.12 × 10⁶ m³。泥沙淤积极大地影响了南四湖的调蓄能力,破坏了水生态环境,增加了洪涝灾害的危险性。

2 水安全评价指标体系

2.1 评价指标选取原则 水安全系统是一个庞大的、复杂的、多变的系统,既受到各种自然条件的影响,又受到各种社会、经济、人文因素的影响。因此,在对水安全状况进行定量评价时,难以将所有涉及因素都列为评价指标,在确定评价指标时要依据一定的原则进行。

2.1.1 科学性原则。即所选取的指标既要反映水安全概念的内涵,又要符合南四湖的实际,并且包含的内容又是明确合理的。

2.1.2 完备性原则。即指标体系既要有反映湖区水质、泥沙淤积、水情变化等方面的指标,又要有反映社会、经济、人文因素的影响的指标,还要有反映上述各系统和因子相互协调程度的指标。

2.1.3 主导性原则。即各影响因素对水安全的影响程度是不同的,不但有主次之分,而且有的因子还可以忽略。并且诸因子之间存在相互联系、相互映射的关系,一种因子可以用另一种因子映射出来,甚至可以映射出众多因子。因此,选取那些主要的、便于获取的、能够尽可能多的映射其他一些因素的因子作为评价指标,可以获得较为符合实际的评价结果。

2.1.4 定性与定量相结合原则。即指标体系应尽量选择可量化指标,难以量化的重要指标可以采用定性描述指标,但为了参与计算,必须以某种方式将其量化。

2.1.5 可操作性原则。即指标体系要充分考虑到资料的来源和现实可能性,因为所需的因子和指标多,指标值搜集整理是一项十分复杂而庞大的工作,因而必须考虑资料的可得性,既满足计算评价的需要,又相应降低工作量。

2.2 评价指标体系的选取 根据以上评价指标体系的选取原则及南四湖自身的水安全态势,选取水质、沙容比、水域面积、年降水量、水位和水因患病率等6大要素为南四湖水安全评价的指标。其具体依据如下。

(1) 水质状况直接关系到湖区及周边地区的社会经济发展和人类的健康状况以及生态环境质量状况,因此,这是水安全的一个重要指标。

(2) 南四湖近年来泥沙淤积现象非常严重,泥沙年均淤积量为 $410.7 \times 10^4 \text{t}$,年淤积量占入湖总泥沙量的99.3%,年损失库容为 $3.12 \times 10^6 \text{m}^3$,造成库容减小、水面萎缩、调蓄能力下降、洪涝灾害频繁等,因此,入湖泥沙量成为制约南四湖水安全状况的一个重要因素,以年入湖泥沙量占湖泊容积的百分比为定量标准。

(3) 由于自然因素和人为因素的共同作用,南四湖水域面积呈逐年减少趋势。湖内湿地由于长年来的围湖垦殖和泥沙淤积,造成水域面积不断萎缩,使得南四湖沼泽化严重,其边缘逐渐成为生产芦苇、菱角等产物的水草地,湖内景观类型逐渐破碎,各项生态功能严重受损。因此,水域面积也是影响南四湖水安全的一个重要因素。

(4) 对近50年来南四湖流域年降水量和相应入湖径流量进行相关分析,结果表明,年降水量和年径流量相关系数达到0.82,达到0.01信度的显著性水平,这说明南四湖水量主要受降雨径流控制,枯水与丰水直接取决于降水量的

多少。

(5) 南四湖用水以农业灌溉用水为主,但近年来工业用水逐年增加,多年平均用水量为 $11.82 \times 10^8 \text{m}^3$,并且以 $3.03 \times 10^8 \text{m}^3/10 \text{a}$ 的速度增加,而南四湖平水时湖泊总蓄水量仅为 $12.06 \times 10^8 \text{m}^3$,且补给流域内降水与河流径流量等因素却不稳定、不充足,因此,水供需矛盾十分严峻,进出水量差值变化大,表现为水位的变化。

(6) 湖区的水质污染,不仅对农、牧、副、渔各业造成了严重的影响,同样对16.5万渔湖居民带来了直接和间接的危害,使各种疾病发生率、死亡率明显提高。根据1999年对南四湖湖滨渔、居民的肠道蠕虫感染调查,调查男性866人,感染人数327人,占37.76%;调查女性726人,感染人数210,占28.93%。另外,南四湖渔民发汞含量为当地农民发汞含量的5倍^[9],这与直接或间接饮用南四湖水、过多食用南四湖水产品密切相关。因此,南四湖能否提供安全卫生的饮用水对尽量减少由于饮用不卫生水导致的健康问题是十分重要的,饮用水安全是水安全的一个重要方面,其定量标准为水因患病人口占总人口的比率。

3 定量评价计算方法

3.1 BP 神经网络模型 BP 神经网络结构模型是一个有指导的前馈型网络,由输入层、隐蔽层(可有多层)和输出层3个部分组成,每层有若干个神经元(如图4)。

设 $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ 为输入向量, n 为输入层的神经元个数; $Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_m)$ 为输出向量, m 为输出层神经元个数; $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n1})$ 为第一隐蔽层的输入向量; $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n2})$ 为第二隐蔽层的输入向量; n_1, n_2 分别为第一、第二隐蔽层的神经元个数。输入数据经过各隐蔽层节点,最后到达输出层节点,从而获得输出数据。每个节点代表一个神经元,其对应的传递函数采用S型(Sigmoid)函数,以实现从输入层到输出层的高度映射^[10]。对于南四湖水安全评价的BP神经网络模型,除输入和输出层外,该研究的模型设计中有一个隐蔽层,输入层和隐蔽层各有6个神经元,其模型结构如图4所示。

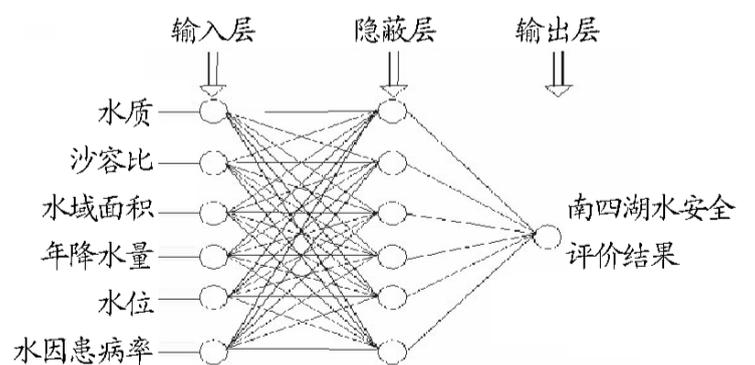


图4 神经网络示意

Fig.4 The sketch map of neural network

3.2 BP 神经网络模型的算法 解算BP神经网络模型,实际上就是BP神经网络的学习训练过程,其基本思路是:首先,对网络中各神经元之间的连接权值及阈值初始化,输入学习样本信息经输入层和隐蔽层的神经元逐层处理,正向传输到输出层输出结果;然后,将网络的期望输出与实际输出之间的误差信号,沿正向传播的连接通路由输出层经隐蔽层反向传播到输入层,并按照一定的准则逐层修正各神经元的连接权值和阈值。通过这种“模式正向传播”和“误差逆

向传播”反复交替地进行,逐步使网络的实际输出值逼近期望输出值,即使计算误差逐渐减小。当网络的全局误差小于预先给定的允许误差时,学习训练结束。其具体步骤如下。

(1) 网络初始化。赋值于2层节点间的连接权值和隐蔽层、输出层节点的阈值为 $[-1, 1]$ 之间的随机小量。

(2) 输入学习样本。随机选取一模式对 $X_k = (x_1, x_2, \dots, x_6)$ 及 Y_k 提供给网络, K 为学习模式对数。其中, X_k 为输入模式向量, Y_k 为期望输出向量。

(3) 计算隐蔽层、输出层的输入值和输出值,得出网络的实际输出值 Z_k 。

(4) 计算各神经元的一般误差 δ_j 。

$$\delta_j = \sum_{p=1}^6 W_{jp} \delta_p / Y_j (1 - Y_j) \quad (1)$$

式中, W_{jp} 为隐蔽层和输出层的连接值, δ_p 为输出层的神经元的阈值, Y_j 为隐蔽层输出。

(5) 用神经元的一般化误差 δ_p 及各神经元的输出 Y_j 修正连接权 W_{jp} 及阈值 θ_p 。

$$W_{jp}(H+1) = W_{jp}(H) + \delta_j Y_j \theta_p \quad (2)$$

$$\theta_p(H+1) = \theta_p(H) + \delta_p \quad (P=1) \quad (3)$$

其中, η 为学习系数, $0 < \eta < 1$; H 为学习训练的次数。

(6) 随机选取下一模式提供给网络,重复以上步骤,直至 N 个模式对全部训练完毕。

(7) 计算网络的全局误差函数值 E 。

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (y_k - z_k)^2 \quad (4)$$

若 $E < \epsilon$ (ϵ 为规定误差),则网络收敛,此时模型为训练好的模型,否则网络无法收敛,重新从 N 个模式对中随机选取一个,返回以上操作,直至 $E < \epsilon$ 为止。

4 评价标准及评价结果

评价标准的确定是南四湖水安全评价中十分重要的一环。根据南四湖实际状况,并参照我国其他湖泊等水体的水安全研究,把南四湖水安全等级定为5级,与评价等级相对应的期望输出值设定为:优,0.00;良,0.25;合格,0.50;差,0.75;极差,1.0。优为水安全等级最高的等级,极差为水安全等级最差的等级(表2),余者依次类推。6大评价指标也相应地分为5级,其分级标准及依据如下:按照国家水质分类5级标准的原则,南四湖水安全评价水质评价标准按从~级分别对应从优到极差。根据南四湖区泥沙淤积现状及其对南四湖的危害程度建立沙容比评价标准。南四湖最高水位上级湖为36.87 m,下级湖为35.37 m,此时水域面积是1 266 km²;兴利水位上级湖为34.2 m,此时对应水域面积是599 km²,下级湖为32.5 m,对应水域面积为585 km²,总面积为1 184 km²;平均水位上级湖为34.13 m,对应面积为599 km²,下级湖为32.25 m,对应面积为481 km²,总面积为1 080 km²;控制水位上级湖为34.07 m,对应面积为566 km²,下级湖为32.07,对应面积为450 km²,总面积为1 016 km²;死水位上级湖为32.87 m,对应面积为235 km²,下级湖为31.37 m,对应面积为280 km²,总面积为515 km²,所以建立水域面积和水位评价标准如表2所示。南四湖年最大降水量为1 219.15 mm(1958年),最小降雨量为391.3 mm(2002年)。1951~2002年间丰水年($P=20\%$)798.8 mm,平水年($P=50\%$)669.5 mm,偏枯水年($P=75\%$)562.1 mm,枯水年($P=95\%$)417.2 mm。年降水量评价标准见表2。根据南四湖水因患病情况,并结合其他地区由水因导致的病死情况,建立水因患病率评价标准(表2)。

表2 南四湖水安全BP神经网络评价指标及评价标准

Table 2 The evaluation indices and standards of BP neural network about water security of Nansi Lake

评价指标 Evaluation indices	评价等级 Evaluation grade				
	优(0.00) Excellent	良(0.25) Good	合格(0.50) Eligibility	差(0.75) Bad	极差(1.00) Worse
水质 Water quality					
沙容比 %	0 ~0.1	0.1 ~0.5	0.5 ~1.0	1.0 ~2.0	2.0 ~4.0
Proportion of silt to the lake volume					
水域面积 km ² Water area	1 266 ~1 184	1 184 ~1 080	1 080 ~1 016	1016 ~515	515 ~0
年降水量 mm Annual precipitation	1 219 ~799	799 ~670	670 ~562	562 ~417	417 ~391
水位 m Water level	36.87 ~34.20	34.20 ~34.13	34.13 ~34.07	34.07 ~32.87	< 32.87
水因患病率 % Water-caused incidence	0 ~5	5 ~10	10 ~20	20 ~40	40 ~100

通过对图4所示的人工神经网络进行学习训练1 025次后,网络的全局误差 E 小于预先给定的允许误差,即 $E < \epsilon = 0.000 1$,网络学习训练结束。其网络的输出结果,即与评价等级相对应的实际输出值为:优- 0.010 8,良- 0.249 1,合格- 0.501 2,差- 0.750 8,极差- 0.9917。至此可应用训练好的神经网络进行南四湖水安全评价。通过对南四湖大量的调查、监测及收集资料分析可知:湖泊水质为Ⅴ类(极差),湖泊沙容比为0.3%(良),水域平均面积为1 057 km²(合格)、年均降水量为720.4 mm(良),平均水位为34.10 m(合格),水因患病率为33.73%(差)。将6项指标的实际数据输入训练好的神经网络模型,通过计算获得南四湖水安全评价的结果为:0.685。这个数据离0.75(差)最近,所以南四湖水

安全状况为差。

5 结论与讨论

南四湖区经济发展迅速,湖区周围城镇化速度快,在改善湖区周围居民生活的同时给南四湖区及周边生态环境带来沉重压力,加上近些年自然不良因素的影响,南四湖水安全局势趋于紧张。在自然方面,南四湖区降水量近50年来呈不断下降趋势,甚至在2002年整个湖泊出现干旱现象,由此造成了水位下降、水域面积减少、生态环境恶化、水供需矛盾加剧、生物多样性及生物产量减少等一系列的问题;在社会经济方面,由于人口的膨胀及经济的迅速发展,造成对湖区资源过度及不合理的开发,围湖造田、过度捕捞等对生态

(下转第3307页)

善1 万 m³/h 海水循环冷却技术。另外在有条件的地区和企业可以尝试进行海水冲灰、海水印染、海水除硫等试点应用,扩大海水直接利用范围。

3.3 深化海水化学资源提取 改进海盐生产技术,在适当减少盐场用地的基础上保证海盐产量稳中有升。依托江苏省暨有海洋化工基础,优化产业结构,提高产品层次,进一步整合深化钠、钾、镁盐类及溴化物深加工技术项目,形成钾、溴、镁系列以及纯碱、烧碱、金属钠等系列产品。同时依托田湾核电站的技术优势,在海水提铀和海水提重水技术方面力争有所突破,引领我国海洋核能产业科技发展。

3.4 重视海水综合利用产业链条建设 科学技术进步和工业的发展为海水资源的开发利用提供了廉价的能源,沿海地区电力、冶金和化工等产业的集聚可使电、水、热实现联产联供,将海水冷却、海水淡化、海水化学物质提取相结合^[10],提高产业综合效应,培育海水利用产业链条(图2)。将火电厂、核电厂的低品位热能作为海水淡化的能量来源而加以利用,可节约大量煤炭资源和电能;充分利用海水淡化、海水循环冷却所排放的浓缩海水制盐,可缩短晒盐工艺流程,节约大量盐田面积。

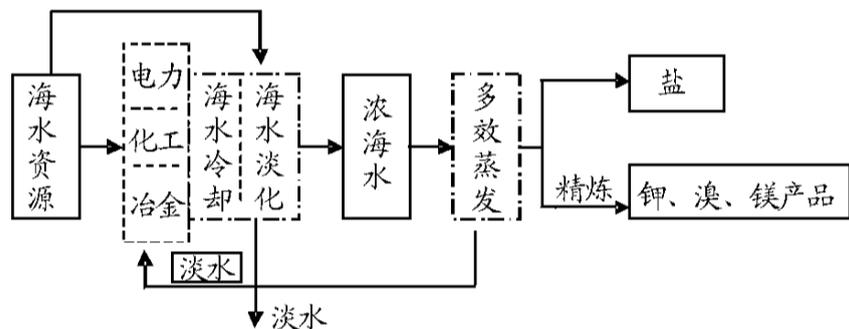


图2 水、电、热联产与海水利用结合简易示意

Fig 2 The combination of water-heat-power joint production and seawater utilization

3.5 培育海水利用设备研发生产基地 江苏省具有完善的科研体系,深厚的制造业基础和强大的经济实力,这都是发

展海水利用装备制造的有利条件。面对海水利用产业的飞速增长,江苏省必须依靠自身产业经济优势夺得市场先机,争创海水利用设备生产基地。要积极研制成本低、效率高、竞争力强的中小型海水淡化装置;研制海水直流冷却及循环冷却成套技术装备;加快对反渗透膜、能量回收装置和高压泵等组件以及高效蒸馏部件的自主化研发制造。

3.6 利用自身资源,发展特色“海水农业” “海水农业”就是直接用海水灌溉农作物,江苏沿海广布的滩涂资源为发展“海水农业”提供了得天独厚的条件。积极开发海水灌溉技术,引进、培育耐海水、耐盐碱高经济附加值农作物,如海蓬子、海芹菜等,建立海水农业生态园^[11]。首先可以节约大量的淡水资源,作为优化水资源结构的有效途径;另外为解决农业增产、农民增收提供了崭新的思路。开发利用淤泥、滩涂海岸,化劣势为优势,将“海水农业”特别是“海水蔬菜”产业打造成江苏省特色海洋产业。

参考文献

- [1] 杨尚宝. 关于我国海水淡化产业发展的政策思考[J]. 水处理技术, 2008,34(1): 1-4.
- [2] 吕振霖. 江苏水资源管理与保护的形势与任务[J]. 江苏水利, 2008(1): 4-7.
- [3] 黄敬军, 陆华. 江苏沿海地区深层地下水开发利用现状及环境地质问题[J]. 水文地质工程地质, 2004(6): 64-68.
- [4] 赵志凌. 走出“洼地”走向海洋——山东海洋经济发展对江苏的启示[J]. 唯实, 2005(S1): 46-49.
- [5] 高从皆. 加快我国海水利用技术产业发展及政策[J]. 中国海洋大学学报, 2004(3): 1-4.
- [6] 国家发展改革委环资司. 国外海水淡化发展现状、趋势及启示[J]. 中国经贸导刊, 2006(12): 34-35.
- [7] 谭永文, 谭斌, 王琪. 中国海水淡化工程进展[J]. 水处理技术, 2007, 33(1): 1-3.
- [8] 国家发改委宏观经济研究院课题组. 加快海水利用步伐发展海水淡化产业[J]. 宏观经济研究, 2004(9): 37-41.
- [9] 刘洪滨. 青岛市海水利用产业发展现状及展望[J]. 海洋通报, 2006, 25(2): 35-40.
- [10] 伍联营, 夏艳, 高从皆. 海水淡化技术集成的研究进展[J]. 现代化工, 2006, 16(12): 13-16.
- [11] 王海军. 江苏海盐产区海水蔬菜产业化发展前景[J]. 苏盐科技, 2006(9): 19-20.

(上接第3181页)

环境造成沉重压力,并且,工业、农业和生活污水的大量排放严重地破坏了水质,根据湖区常规监测站水质监测资料分析,南四湖上级湖和下级湖2002年水质为超类,水质污染严重,2003年水质为类,由饮用污染水及食用湖内水产品引起的病死现象逐年增高。

综上所述,南四湖水安全状况比较差,这与用人工神经网络对南四湖水安全评价的结果相符合。人工神经网络方法相对简便,结果具有很强的可判性,尤其对于处理环境因子间的非线性关系很适应。另外,网络中的大量参数不是人为给定,均由学习所得,避免了人为因素的影响。人工神经网络法在水安全评价应用中精度高,运算快速简便,评价结果合理客观,具有很强的实用性。

参考文献

- [1] 陈绍金. 水安全概念辨析[J]. 中国水利, 2004(17): 13-15.

- [2] 韩宇平, 阮本清, 解建仓. 多层次多目标模糊优选模型在水安全评价中的应用[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 37-42.
- [3] 陈守煜. 模糊水文学与水资源系统模糊优化原理[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1990: 70-85.
- [4] 马晓波. 华北地区水资源的气候特征[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 520-524.
- [5] 黄荣辉, 许予红, 周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 465-476.
- [6] 朱顺初, 彭波. 南四湖自然保护区环境现状分析[J]. 水利规划与设计, 2005(1): 32-34.
- [7] 刘钧, 张淑伟, 史可江, 等. 山东南四湖水产品中铅、镉、砷、汞污染状况调查与分析[J]. 现代预防医学, 1996, 23(3): 164-166.
- [8] 汪中华, 张承续, 曾庆昌. 南四湖退化问题研究[J]. 济宁水利, 2001(3): 9-14.
- [9] 冯宪勋. 南四湖区渔民发汞含量的调查[J]. 环境与健康, 1988, 5(6): 33-35.
- [10] 胡守仁, 余少波. 神经网络导论[M]. 北京: 国防科技大学出版社, 1993: 73-88.