

文章编号:1001-4810(2010)02-0170-06

基于人工神经网络的喀斯特地区 水资源承载力综合评价 ——以贵州省为例

郑长统, 梁虹

(贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001)

摘要:运用BP网络对贵州喀斯特地区水资源承载力进行综合评价,并与灰色关联投影法评价结果进行对比。结果表明,两种方法的评价结果整体差别不大,但安顺市和铜仁地区的承载力差别很大。神经网络法所得结果,铜仁地区水资源开发利用潜力最大,而安顺市则很小,仅高于贵阳市;但灰色关联投影法所得结果,铜仁地区的水资源承载力却比安顺市低很多。通过与前人研究结果比较,BP网络的评价结果更加符合实际情况。应用Kohonen网络进行分析,结果表明水资源总量和经济发展水平是影响贵州各地区水资源承载力的主要因素;此外,人口对遵义市的水资源承载力也有较大的影响,铜仁和毕节地区受喀斯特的影响较其他地区显著。

关键词:水资源承载力;喀斯特地区;BP网络;Kohonen网络

中图分类号:TV211.1⁺2;TP183

文献标识码:A

可持续发展是人类生存与发展的自身需要和必然选择,它是对现行经济发展模式的改革和对环境保护、资源利用永远持续下去的保障^[1]。水资源的可持续开发利用是保障社会经济可持续发展的重要因素,而保证水资源可持续开发利用的关键任务是保护水资源的再生能力,只要当代人对水资源的开发利用不超过水资源的承载能力,水资源就能持续利用下去^[2]。喀斯特地区独特的水文地貌结构及其功能效应,使其在流域空间结构、水系发育规律、水文动态等方面与常态流域存在巨大差异^[3],增加了喀斯特地区水资源的开发利用难度。同时,喀斯特地区生态环境脆弱,因而合理估算喀斯特地区水资源可开发利用的程度,明确喀斯特发育与水资源承载力的关系,对喀斯特地区水资源承载力作出合理评价^[4],对于我国西南喀斯特地区水资源可持续开发利用有重要意义。

我国目前研究水资源承载力的方法主要有主成

分分析方法^[5]、系统动力学方法^[6]、模糊综合评价法^[7]、投影寻踪法^[8]、神经网络法^[9]等方法,但这些研究方法应用于喀斯特地区的很少。对喀斯特地区水资源承载力的研究主要有王在高对喀斯特地区水资源承载力指标体系及理论模型进行了构建^[10];周亮广应用多目标灰色关联投影法对喀斯特地区水资源承载力进行了预测^[4]。水资源承载力指标多种多样,各指标与承载力等级之间存在复杂的非线性关系。神经网络具有高度的非线性映射和自学习功能,鉴于其在模式识别与分类方面取得的良好效果^[11,12],本文采用BP网络对喀斯特地区水资源承载力进行综合评价,并通过Kohonen网络将各地区按影响水资源承载力的因素进行分类,分析影响各地区水资源承载力的主要因素,为喀斯特地区水资源可持续开发利用提供决策依据。

基金项目:贵州省优秀科技教育人才省长专项资金项目[黔科教办(2004)04]、贵州省科学技术基金[黔科合人字(2005)2085]

第一作者简介:郑长统(1983—),男,硕士研究生,主要从事水文水资源与GIS研究,E-mail:zctczyzy@163.com。

收稿日期:2009-09-20

1 人工神经网络原理

人工神经网络以生物大脑的结构和功能为基础,以网络结点模仿神经元,以连接权值模拟神经元的膜电位,通过将大量功能简单的神经元按一定拓扑结构组织起来,从而实现以简单的数学方法完成复杂分析的任务。

1.1 BP 网络原理

BP 网络是由 Rumelhart、McClelland 和他们的同事于 1985 年提出的一种多层前馈型神经网络,是目前应用最为广泛的神经网络模型。BP 网络模型由输入层、输出层和隐含层构成(见图1)。层内神经元之间并不互联,层间神经元通过连接权及阈值相互连接。理论上三层网络结构的 BP 网络能够实现任意的连续映射^[13]。

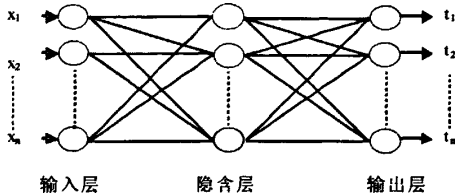


图1 BP网络结构

Fig.1 Structure of BP network

BP 网络学习规则的指导思想是:对网络权值和阈值沿表现函数下降最快的方向(负梯度方向)进行修正。图1中输入层有 n 个神经元组成,输入值为 x_i ($i=1, 2, \dots, n$),输出层有 m 个神经元,输出值为 t_k ($k=1, 2, \dots, m$)。网络可以有一个或多个隐含层,每个隐含层由 p 个神经元组成,神经元的个数可以进行自动调节。隐含层节点输出为

$$y_j = f(s_j) = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ij}x_i - \theta_j\right) \quad (1)$$

式中: s_j 为第 j ($j=1, 2, \dots, p$)个神经元输入, w_{ij} 为输入层第 i 个神经元与隐含层第 j 个神经元间的连接权值, θ_j 为第 j 个神经元的阈值, $f(x)$ 为S型激活函数,其形式为:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2)$$

输出层节点输出为:

$$t_k = f(l_k) = f\left(\sum_{j=1}^p v_{jk}y_j - \theta_k\right) \quad (3)$$

式中: l_k 为第 k ($k=1, 2, \dots, m$)个神经元输入, v_{jk} 为隐含层第 j 个神经元与输出层第 k 个神经元间的连接权

值, θ_k 为第 j 个神经元的阈值。

网络完成了一次正向传播后,根据实际输出与期望能输出差值的大小对连接权值和阈值进行修正,即逆向传播过程。修正后的连接权值和阈值为:

$$v_{jk}(k+1) = v_{jk}(k) + \Delta v_{jk} = v_{jk}(k) + \alpha e_k y_j \quad (4)$$

$$w_{jk}(k+1) = w_{jk}(k) + \Delta w_{jk} = w_{jk}(k) + \beta e_j x_i \quad (5)$$

$$\theta_i(k+1) = \theta_i(k) + \alpha e_k \quad (6)$$

$$\theta_j(k+1) = \theta_j(k) + \beta e_j \quad (7)$$

式中: α ($0 < \alpha < 1$)为动量因子, β ($0 < \beta < 1$)为学习因子, e_k 为输出节点的误差, e_j 为 e_k 通过权值 v_{jk} 向节点 y_j 反向传播成为隐节点的误差。

BP 网络的学习就是通过正向传播与逆向传播反复交替实现的,直到网络累积误差小于某一限定值时学习结束。

1.2 Kohonen 网络原理

Kohonen 网络又称自组织特征映射网络(简称 SOM 网络),是由 Kohonen 于 1982 年提出的。Kohonen 网络是由输入层和竞争层构成的两层网络(图2),输入层负责接受外界信息并将输入模式传递到竞争层,竞争层通过对该模式的比较分析,寻找最优权值矢量对输入模式集合进行分类^[14]。

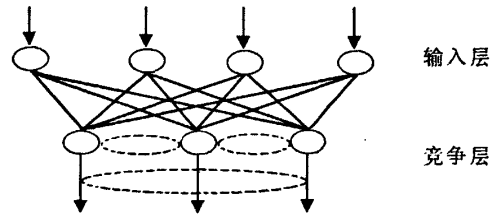


图2 Kohonen网络结构

Fig.2 Structure of Kohonen network

网络学习时,对输入层与竞争层的连接权值赋予 $[0, 1]$ 的随机值;任选一学习模式提供给网络的输入层,将当前输入模式向量 x 和竞争层各神经元对应的权向量 w_j 全部进行归一化处理,得到 $\bar{x}_i$ 和 $\bar{w}_{ij}$;在竞争层计算各神经元的权值向量和输入向量的欧氏距离:

$$d_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{w}_{ij})^2}$$

选择 d_j 最小的神经元为获胜神经元,记为 g ,只有获胜神经元才有权调整其权向量 w_g ,调整后的权向量为:

$$w_g(t+1) = \bar{w}_g(t) + \Delta w_g = \bar{w}_g(t) + \eta(\bar{x}_i - \bar{w}_g(t)) \quad (9)$$

式中: η 为学习速率。

完成上述步骤后,选取另一种学习模式提供给网

络输入层,进入新一轮学习,学习速率随学习的进展不断减小,直到衰减到0或规定值时学习结束。

2 基于BP网络的水资源承载力综合评价

为了便于同文献[4]的评价结果进行对比,针对文献[4]提供的喀斯特地区水资源承载力评价指标体系,在借鉴文献[15]给出的区域水资源承载力综合评价指标的基础上制定了喀斯特地区水资源承载力综合评价指标(表1)。

表1 喀斯特地区水资源承载力综合评价指标
Tab.1 Water resource carrying capacity evaluation indexes system in karst area

评价因素	I	II	III
灌溉率/%	>60	60~20	<20
水资源开发利用率/%	>70	70~20	<20
工业用水重复利用率/%	>60	60~30	<30
供水模数/10 ⁴ m ³ /km ²	>15	15~1	<1
需水模数/10 ⁴ m ³ /km ²	>15	15~1	<1
人均供水量/m ³ /人	<200	200~400	>400
生态用水率/%	<1	1~5	>5
承载力指数	0.05	0.5	0.95

表1将水资源承载力分为三级,I级属状况较差,表明水资源承载能力已接近其饱和值,进一步开发利用的潜力较小;II级属情况较好,说明区域水资源承载力有较大开发利用潜力;III级情况则介于上两级之间,表明区域水资源开发利用已有相当规模,但仍有一定开发利用潜力^[15]。

根据表1的评价指标,随机产生24个样本,其中21训练样本3个检验样本,为了保证预测精度,将24个样本与文献[4]的统计资料统一做标准化处理,处理结果见表2。评价指标中的7个因素作为网络的输入节点,通过不断实验调整,确定隐含层节点数为5个较好,输出层节点为1个,因此,网络结构为7-5-1。将训练样本输入网络进行训练,网络经过1937次迭代,系统误差SE=3.03848e⁻¹⁶,虽然网络性能还没有为0,但输出的均方差已经很小,此时的网络输出已经比较精确,将三个检验样本输入训练好的网络,检验结果如表3所示。由检验结果可以认为网络已经学到了评价水资源承载力的知识,可以投入使用。

利用训练好的网络对各地区进行评价并将评价结果与文献[4]进行对比,对比结果见表4。

表2 评价指标统计值
Tab.2 Statistic value of evaluation indexes

样本类型	灌溉率	水资源开发利用率	工业用水重复利用率	供水模数	需水模数	人均供水量	生态用水率
训练样本	0.935 2	1.210 5	1.683 6	1.401 0	2.759 2	-0.072 1	-0.634 8
	-0.237 3	0.106 9	-0.678 4	-0.364 2	0.325 3	-0.005 1	-0.470 9
	-1.493 6	-0.528 6	-0.805 0	-0.933 0	-0.909 7	2.056 0	1.788 7
	1.186 5	1.544 9	0.586 9	0.910 7	1.587 3	-0.793 5	-0.971 5
	0.223 4	0.541 6	-0.003 6	-0.364 2	-0.395 9	0.458 6	0.193 7
	-1.242 3	-0.628 9	-1.184 6	-0.883 9	-0.900 7	1.107 9	1.212 8
	1.521 5	1.611 8	0.586 9	0.616 5	0.685 9	-0.819 3	-0.829 7
	-0.069 8	0.541 6	-0.003 6	0.028 1	-0.305 7	-0.030 9	0.415 3
	-1.326 1	-0.829 6	-1.226 8	-0.883 9	-0.873 6	1.205 8	1.567 2
	1.228 4	2.013 1	0.629 1	1.989 4	1.316 9	-0.468 9	-0.670 2
	-0.027 9	0.842 6	-0.509 7	0.322 3	0.325 3	0.355 6	0.725 4
	-0.949 2	-1.030 2	-1.353 3	-0.864 3	-0.909 7	1.592 2	1.522 9
	1.772 8	1.377 7	1.767 9	0.910 7	2.218 3	-0.881 1	-0.741 1
	0.307 1	-0.261 0	-0.045 8	-0.070 0	-0.666 3	0.561 7	0.060 8
	-1.326 1	-0.796 1	-1.015 9	-0.876 1	-0.860 1	1.365 5	1.301 4
	2.275 3	1.578 4	0.924 3	1.106 8	1.136 6	-0.927 5	-0.953 8
	0.684 0	-0.428 2	0.418 2	-0.658 4	-0.125 4	0.922 4	0.415 3
	-1.074 8	-0.929 9	-1.184 6	-0.872 2	-0.865 5	1.040 9	1.434 3
	0.893 4	1.210 5	1.852 3	3.460 4	0.505 6	-0.968 7	-0.847 4
	-0.781 7	-0.194 1	0.080 8	0.420 3	-0.756 4	0.664 7	0.282 3

续表 2

样本类型	灌溉率	水资源开发利用率	工业用水重复利用率	供水模数	需水模数	人均供水量	生态用水率
检验样本	-0.991 1	-0.528 6	-1.606 4	-0.879 0	-0.848 4	1.504 6	1.744 4
	1.102 7	1.444 6	0.882 2	1.106 8	1.767 6	-0.906 9	-0.719 0
	0.349 0	0.575 1	-0.214 5	-0.168 0	-0.576 2	0.355 6	0.282 3
贵阳市	-1.200 4	-0.695 8	-1.226 8	-0.883 9	-0.882 6	1.386 1	1.611 5
	-0.037 5	-0.417 9	0.844 2	0.420 3	0.595 7	-0.919 8	-0.665 8
	-0.125 1	-0.772 7	0.932 8	-0.266 1	-0.125 4	-0.927 5	-0.905 0
安顺市	-0.087 4	-0.802 8	1.654 0	-0.266 1	-0.125 4	-0.954 9	-0.856 3
黔南州	0.120 8	-0.973 4	-0.813 4	-0.560 3	-0.486 0	-0.958 3	-0.918 3
黔东南州	0.691 1	-0.942 9	-0.433 8	-0.560 3	-0.486 0	-0.932 5	-0.940 5
铜仁地区	-0.052 2	-0.980 1	-1.108 7	-0.560 3	-0.486 0	-0.988 7	-0.936 1
毕节地区	-1.057 2	-0.938 3	-0.214 5	-0.658 4	-0.666 3	-1.024 4	-0.869 6
六盘水市	-0.681 6	-0.916 2	0.768 3	-0.462 2	-0.395 9	-0.995 5	-0.745 5
黔西南州	-0.530 0	-1.004 1	0.017 5	-0.658 4	-0.576 2	-1.001 7	-0.882 9

表 3 训练结果

Tab. 3 Results of training

评价等级	I	Ⅱ	Ⅲ
理论输出	0.05	0.5	0.95
检验样本输出	0.050 0	0.557 7	0.950 0

表 4 评价结果对比

Tab. 4 Comparison of evaluation results

评价方法	贵阳市	遵义市	安顺市	黔南州	黔东南州	铜仁地区	毕节地区	六盘水市	黔西南州
神经网络	0.052 2	0.101 0	0.096 2	0.929 7	0.667 2	0.944 0	0.859 0	0.462 9	0.749 0
灰色投影	0.206 6	0.243 8	0.297 2	0.360 1	0.280 3	0.259 8	0.274 7	0.298 8	0.258 7

通过对比可以看出,两种方法的评价结果整体差别不大,但安顺市和铜仁地区的承载力差别很大。采用神经网络方法得到的评价结果中,铜仁地区水资源开发利用的潜力是最大的,而安顺市的水资源承载能力的潜力很小,仅高于贵阳市;而在灰色关联投影法的评价结果中,铜仁地区的水资源承载力却比安顺市低很多。比较文献[4]中两地水资源承载力的7个指

标值(表5)可以看出,除灌溉率和生态用水率两个指标所体现的水资源开发利用潜力铜仁地区略小于安顺市外其它5个指标所体现的水资源开发利用的潜力铜仁地区均明显大于安顺市,总体而言铜仁地区的水资源承载力必然大于安顺市,因此采用神经网络计算得到的评价结果更符合实际。

表 5 铜仁和安顺水资源承载力指标

Tab. 5 Water resource carrying capacity indexes in Tongren and Anshun

地区	灌溉率 /%	水资源开发利用率 /%	工业用水重复利用率 /%	供水模数 /10 ⁴ m ³ /km ²	需水模数 /10 ⁴ m ³ /km ²	人均供水量 /m ³ /人	生态用水率 /%
铜仁地区	39.42	5.50	20.80	4	5	291.2	0.25
安顺市	38.58	10.80	86.30	7	9	256.8	0.43

分析神经网络的评价结果,将贵阳、安顺、遵义的水资源承载力评定为Ⅰ级,说明三地区水资源的开发

利用的潜力已很小,特别是贵阳市,其水资源开发利用程度已近饱和,如不采取措施,必将对环境产生破

坏;六盘水市、黔东南州、黔西南州、毕节地区水资源承载力综合评价为Ⅲ级,说明各地区水资源开发利用已有一定规模且有一定开发利用潜力,今后应重视水资源的合理开发利用;黔南州、铜仁地区的水资源承载力评价为Ⅲ级,说明两地区的水资源仍有较大的开发利用潜力。

3 基于Kohonen 网络的水资源承载力影响因素分析

通过上文分析可以看出在水资源承载力等级评价中BP 网络方法的效果较好,但是仅仅判断出水资源承载力的等级是不够的,因为造成各地区水资源承载力差异的因素不尽相同,既使水资源承载力等级相同的地区,影响水资源开发利用潜力的主导因素也存

在一定差别。造成水资源承载力差异的因素综合起来主要有经济水平、水资源总量、人口、喀斯特地貌特征四个方面。

BP 网络在模式识别方面效果很好,Kohonen 网络在类型划分方面效果显著^[16]。在此应用 Kohonen 网络对各地区按影响因素进行分类,通过比较,分析造成水资源承载力差异的主要原因。为此,对各地区2007 年人均GDP、水资源总量、人口和喀斯特面积比重进行统计,其统计结果见表6。

将表5 指标标准化后输入Kohonen 网络,由于网络输入层神经元个数为4,所选择网络训练的迭代最大次数为1 000 次,经过多次分类比较,最后确定分类结果为4 类,即竞争层神经元个数为4 个时效果最佳,分类结果见表7。

表6 分类指标

Tab.6 Classification indicators

指 标	贵阳市	遵义市	安顺市	黔南州	黔东南州	铜仁地区	毕节地区	六盘水市	黔西南州
人均GDP/元	19 507	7 592	5 266	5 898	4 350	4 539	4 355	9 824	5 260
水资源总量/10 ⁸ m ³	56.46	163.5	72.05	178.1	160.2	127	122.3	306.1	321.6
喀斯特面积比重/%	85.0	65.8	71.5	81.5	23.2	60.6	73.3	63.2	60.3
人口/万人	357	746	267	371	446	397	735	306	315

表7 分类结果

Tab.7 Results of classification

类别	1 类	2 类	3 类	4 类
分区	贵阳	黔东南	安顺、毕节、铜仁	遵义、六盘水、黔西南、黔南

首先,通过各类之间的比较可以看出:1 类贵阳和2 类黔东南与3 类、4 类的典型差别体现在人均GDP 和喀斯特面积上,贵阳喀斯特面积比重最大,经济水平最高;而黔东南则是喀斯特面积比重最小,经济水平最低。由于在喀斯特地貌条件下水资源开发利用比较困难,所以如果单从喀斯特面积比重来看,贵阳的水资源开发利用程度应该低于黔东南,水资源承载力应高于黔东南。而从上文水资源承载力的评价结果表明,贵阳的承载力水平最低,黔东南则相对较高。这说明对于贵阳和黔东南两个地区的水资源承载力而言,喀斯特地貌的影响已经很小,影响两地区水资源承载力的主要因素是经济水平。贵阳经济水平较高,水资源的开发利用已接近饱和,开发利用的潜力已经很小,同时贵阳水资源总量全省最小,人均水资源量也为全省最低,其水资源承载力已接近饱和值,因此必须采取相应措施,必要时可进行跨流域调水,

不然将对环境产生严重破坏。黔东南经济水平很低,水资源开发利用率低,开发潜力巨大,应着重采取措施提高水资源开发利用水平。

第二,分析3 类分区中各地区的影响因素可以看出,水资源总量与经济水平是导致该类分区中水资源承载力差异的主要因素,喀斯特面积也有一定影响,而人口的影响相对较小。安顺地区的水资源总量小,经济水平较高,水资源可开发利用的潜力已经很小,今后水资源开发利用的重点是节约用水、提高水资源利用率。由于铜仁和毕节的经济水平很低,仅比黔东南稍高,而两地的喀斯特面积所占比重又很大,从而导致水资源开发利用程度较低,开发利用的潜力较大,应适当加大水利设施建设,提高水资源开发利用水平。

第三,4 类地区的水资源总量都非常丰富。由于遵义和六盘水的经济比较发达,开发利用度高,因此两地水资源承载力低于黔西南和黔南,而且由于遵义的人口压力比较大,其人均水资源量仅高于贵阳,因此应注意加强水资源的合理利用、创建节水型城市。对于黔西南和黔南两个地区而言,由于水资源丰富,人口经济的压力相对较小,可开发利用的潜力很大。

综合以上分析可以看出,水资源总量和经济发展

水平是影响贵州各地区水资源承载力的主要因素,受人口影响较大的主要是遵义市,铜仁和毕节地区受喀斯特的影响较其他地区显著。

4 结 论

区域水资源承载力与各评价指标之间存在复杂的非线性关系,神经网络具有高度的非线性映射和自学习功能,将BP网络应用到喀斯特地区的水资源承载力综合评价研究中,并与灰色关联投影法评价结果的对比,结果表明,两种方法的评价结果整体差别不大,但安顺市和铜仁地区的承载力差别很大。神经网络法所得结果,铜仁地区水资源开发利用潜力最大,而安顺市则很小,仅高于贵阳市;但灰色关联投影法所得结果,铜仁地区的水资源承载力却比安顺市低很多。通过与前人研究结果比较,BP网络的评价结果更加合理;应用Kohonen网络将贵州各地区按影响因素进行分类,分析比较影响各类型区的主要因素,结果表明水资源总量和经济发展水平是影响贵州各地区水资源承载力的主要影响因素;此外,人口对遵义市的水资源承载力也有较大的影响,铜仁和毕节地区受喀斯特的影响较其他地区显著。

参考文献

- [1] 冯尚友,刘国全. 水资源持续利用框架[J]. 水科学进展, 1997, 8(4): 301-307.
- [2] 傅春,冯尚友. 水资源持续利用(生态水利)原理探讨[J]. 水科

进展, 2000, 11(4): 436-440.

- [3] 杨明德,谭明,梁虹. 喀斯特流域水文地貌系统. 北京:地质出版社[M], 1998: 2-23.
- [4] 周亮广,梁虹. 喀斯特地区水资源承载力评价研究——以贵州省为例[J]. 中国岩溶, 2006, 25(1): 23-28.
- [5] 傅湘. 区域水资源承载力综合评价[J]. 长江流域资源与环境, 1999, 8(2): 168-172.
- [6] 陈冰. 柴达木盆地水资源承载力方案系统分析[J]. 环境科学, 2000, 21(3): 17-21.
- [7] 许有鹏. 干旱区水资源承载能力综合评价研究[J]. 自然资源学报, 1993, 8(3): 229-237.
- [8] 王顺久,侯玉,张欣莉,等. 流域水资源承载能力的综合评价方法[J]. 水利学报, 2003, (1): 88-92.
- [9] 苏伟,刘景双,李方. BP神经网络在水资源承载能力预测中的应用[J]. 水利水电技术, 2007, 38(11): 1-4.
- [10] 王在高,梁虹. 岩溶地区水资源承载力指标体系及其理论模型初探[J]. 中国岩溶, 2001, 20(2): 144-148.
- [11] Korbicz J, Janczk A. A neural network approach to identification on of structural systems [C]. ISIE '96, Proceedings of the IEEE International Symposium on, Industrial Electronics, 1996, 1: 98-103.
- [12] 徐宏根,马洪超,李德仁. 结合SOM神经网络和混合像元分解的高光谱影像分类方法研究[J]. 遥感学报, 2007, 11(6): 778-786.
- [13] Kitahara M, Achenbach J D, Guo Q C. Neural network for crack-depth determination from ultrasonic back-scattering data [J]. Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, 1992, (11): 701-708.
- [14] Abbas H. M. et al. Neural networks for maximum likelihood clustering[J]. Signal processing, 1994, 36(1): 111-126.
- [15] 秦莉云,金忠育. 淮河流域水资源承载能力的评价分析[J]. 水文, 2001, 21(3): 14-17.
- [16] 韩力群. 人工神经网络教程. 北京:北京邮电大学出版社[M]. 2006: 78-265.

Comprehensive evaluation on carrying capacity of water resources based on the artificial neural network — A case study in Guizhou Province

ZHENG Chang-tong, LIANG Hong

(School of Geography and Environment Science, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: This paper uses BP network to evaluate the water resource carrying capacity in karst area and compares the evaluating results with that calculated by gray relational projection method. Evaluating results of the two methods are similar overall. However, the water resource carrying capacity in Anshun and Tongren calculated by the two ways are quite different. The result of BP network shows that the water resource carrying capacity in Tongren is the greatest, while Anshun is very small, only higher than Guiyang. But the result of gray relational projection shows that the water resource carrying capacity in Tongren is much lower than that in Anshun. To compare with former research results, it is proves that the method of BP network is more reasonable. By means of Kohonen network, the analyzed results show that the amount of water resources and economic level is the dominant factors impacting the water resource carrying capacity. In addition, the population has a greater influence to the water resource carrying capacity in Zunyi. The influence of karst conditions to the water resource carrying capacity in Tongren and Bijie is higher than other regions.

Key words: water resource carrying capacity; karst area; BP network; Kohonen network