

文章编号: 1007-7596(2019)06-0005-06

# 盘锦市水资源可持续利用评价分析

张 芳 芳

(盘锦海陆土木工程有限公司 辽宁 盘锦 124000)

**摘 要:** 以盘锦市水资源可持续利用为例,运用 AHP 层次分析法分别从水资源管理能力、合理配置、生态环境、开发利用效率以及水资源条件 5 个方面选择 50 项代表性指标并构建评价体系与分级标准,然后根据 BP 网络与 AHP 层次分析原理构建建立评价模型,综合评价了盘锦市可持续利用状况。研究表明:盘锦市各分区水资源利用在不同规划水平年整体位于 2-3 级区间,评价结果能够较好的反映该区域中长期水资源利用状况;模型有效避免了判断矩阵一致性不易检验与主观性较强的不足,相对于单隐层网络双隐层 BP 网络具有自适应能力强、参数收敛速度快以及学习时间短等优点。

**关键词:** AHP-BP 网络;可持续;水资源;盘锦市;规划水平年

中图分类号: TV213.9

文献标识码: B

## Evaluation and Analysis of Water Resources Sustainable Use in Panjin City

ZHANG Fang-fang

(Panjin Hailu Civil Works Engineering Limited Company, Panjin 124000, China)

**Abstract:** Taking the sustainable use of water resources in Panjing City as the example, this paper used AHP to select 50 representative indexes and constructed the evaluation system and grading standard from five respects of water resources management capability, reasonable allocation, ecological environment, development efficiency and water resources conditions, then, in accordance with BP net and AHP hierarchical analysis theory, to construct the evaluation model, which evaluated comprehensively the sustainable use state in Panjin City. The study shows that: water resources use in each region of Panjing City is located in level 2 to 3 interval on the whole in different planning level year, the evaluation results can reflect better the water resources use of the region in middle and long period; the model avoids effectively the lack of easy to check the judgement matrix consistency and strong subjectivity, having the advantages of strong adaptability, fast convergence parameter and short study time comparable with single hidden layer BP and double hidden layer BP.

**Key words:** AHP-BP net; sustainability; water resources; Panjin City; planning level year

DOI:10.14122/j.cnki.hskj.2019.06.002

## 0 引 言

水资源可持续利用是指在现有技术水平和条件下,能够维持生态自然完整性与水系统持续性

以及最大程度的实现环境、自然、人口与经济社会的协调可持续发展,并符合当下与后代的发展用水需求。水资源不仅要保证其开发利用的持久性与连续性,而且还要满足当代人类活动与经济发展要求,二

[收稿日期]2019-05-22

[作者简介]张芳芳(1985-),女,河北涿州人,工程师,从事水利行业水资源论证、勘察设计工作。

者具有密切的作用关系<sup>[1-3]</sup>。目前,树立统计法、灰色理论法、BP网络以及模糊集理论为最为常用的水资源可持续利用评价方法,然而由于评价系统涉及到的因素较多、系统构成复杂等因素,采用层次分析法筛选评价指标往往具有明显的主观随意性<sup>[4-6]</sup>。目前,虽然国内一些学者构建相应的指标体系,然而大多存在参数信息重叠或指标信息不完全等现象,从而使得评价结果与区域水资源实际状况存在偏差现象。

文章参考现有文献使用较为频繁的指标,分别从5个不同的方面建立评价体系与分级标准,通过在双隐层BP神经网络中引入AHP层次分析法有效避免了传统方法构造的判断矩阵一致性检验困难与主观性较强的不足,运用AHP-BP模型综合评价了盘锦市各分区在不同规划水平年的水资源可持续利用状况,可为促进区域经济健康发展和水资源管理规划提供一定理论依据。

## 1 构建AHP-BP网络模型

### 1.1 基本原理

AHP层次分析法是由T. L. Saaty教授提出的一种综合考虑了定量与定性因素的评价方法,其基本原理可描述为:通过全面、客观、系统分析水资源各影响因素之间的重要性程度,将定性的要素作近似的量化处理,然后向经验丰富的专家学者咨询较为复杂的影响因素决策问题;在不同区域实际应用中或不同层次下相同的两个评价指标的重要性程度可能存在差异,对其标度应依据实际状况进行确定,因此所构建的判断矩阵往往具有一定的主观臆断成分<sup>[7-10]</sup>。

BP神经网络是一种包含输出层、输入层以及若干隐含层的多层前馈网络,并以全互连的连接模式作为各层神经元之间的连接方式,各层次神经元之间存在相互连接关系。实践表明,多隐层BP网络相对于单隐层具有预测精度高、泛化能力强等优点,并且需要根据训练时间与网络精度选择隐层层数。因此在满足预测精度要求的条件下,为了达到较快的训练速度可利用单隐层反映简单的各参数之间的映射关系,为提高计算速度和输出结果的可靠性可利

用多隐层反映复杂的映射关系。

在网络设计中可以发现,双隐层BP网络在多指标大系统水资源评价体系中的效果与优势更加明显。文章运用双隐层BP网络优点与AHP法特征构建综合评价模型,并以盘锦市为例综合评价了各区域水资源状况。

### 1.2 构造评价体系与等级标准

文章结合国内现有研究成果和盘锦市水资源开发利用状况、经济社会发展要求以及当地自然特征,运用层次分析法构建适用于盘锦市的评价体系。为了更加真实、准确的衡量当地水资源状态,所构建的评价体系与分级标准应符合如下条件:

1) 所选择的评价指标和建立的分级标准应尽可能与国标保持一致。

2) 根据水资源承载力与可持续利用相关研究确定各指标标准值,目标值应尽量与当地水利规划相符;采用专家咨询法确定没有类比或参考的指标标准值。

为了更加科学、准确的评价水资源可利用现状,参考现有研究将分级标准分为1-5级,不同分级标准下各指标取值见表1。表1中 $C_1 - C_9$ 分别为降水量、径流深、水资源稳定性、人均水资源、人均可利用量、水资源密度、地表水比重、水功能达标率、有效降水率; $C_{10} - C_{21}$ 分别为水资源开发利用率、地表水控制利用率、GDP用水量、工业增加值用水、工业用水比、农业灌溉用水定额、综合用水定额、农田灌溉水利用系数、万元工业增加值用水下降率、不安全饮水人口比、地下水利用指数、人均供水量; $C_{22} - C_{30}$ 分别为GDP废水排放、工业废水排放、人均废水排放、综合污染指数、区域污径比、植被覆盖率、河道生态用水比、污水处理率、水土流失率; $C_{31} - C_{43}$ 分别为缺水率、10a用水变化均衡率、用水结构系数、用水弹性系数、单方水GDP、年用水增长率、工业重复利用率、自来水普及率、管网漏损率、供水保证率、区域平均城镇化率、人均GDP以及单方水粮食产量; $C_{44} - C_{45}$ 分别为万人拥有水利科技人员、水利信息化程度、节灌率、水资源费收取率、工程配套率、取水许可率、计划用水率。

表 1 不同分级标准下水资源可持续利用各指标取值

目标层 A	准则层 B	指标层 C	可持续利用分级标准					界限值
			1	2	3	4	5	
盘锦市水资源 可持续利用	水资源条件 B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> /mm	≥1600	≥1300	≥1000	≥800	<800	500 – 3000
		C <sub>2</sub> /mm	≥800	≥600	≥400	≥200	<200	100 – 1500
		C <sub>3</sub>	≥0.95	≥0.90	≥0.85	≥0.80	<0.80	0.50 – 2.0
		C <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup>	≥6000	≥5000	≥4000	≥3000	<3000	100 – 10000
		C <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup>	≥2500	≥1800	≥1000	≥600	<600	300 – 4000
		C <sub>6</sub> /m <sup>3</sup> ·km <sup>-1</sup>	≥85	≥65	≥45	≥25	<25	10 – 150
		C <sub>7</sub> /%	≥95	≥80	≥65	≥50	<50	20 – 100
		C <sub>8</sub> /%	≥90	≥75	≥60	≥55	<55	15 – 100
		C <sub>9</sub> /%	≥50	≥40	≥30	≥20	<20	5 – 100
		C <sub>10</sub> /%	≤10	≤20	≤30	≤40	>40	2 – 85
		C <sub>11</sub> /%	≥20	≥10	≥5	≥1	<1	0.5 – 60
	水资源开发 利用效率 B <sub>2</sub>	C <sub>12</sub> /m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup>	≤120	≤180	≤250	≤320	>320	40 – 500
		C <sub>13</sub> /m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup>	≤50	≤80	≤120	≤150	>150	20 – 300
		C <sub>14</sub> /%	≥45	≥35	≥25	≥15	<15	10 – 80
		C <sub>15</sub> /m <sup>3</sup> ·亩 <sup>-1</sup>	≤200	≤300	≤400	≤500	>500	100 – 800
		C <sub>16</sub> /m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup>	≥100	≥160	≥250	≥300	<300	50 – 500
		C <sub>17</sub>	≥0.60	≥0.55	≥0.50	≥0.45	<0.45	0.15 – 1.0
		C <sub>18</sub> /%	≥10	≥8	≥6	≥4	<4	2 – 20
		C <sub>19</sub> /%	≤15	≤25	≤35	≤45	>45	5 – 85
		C <sub>20</sub>	≤1.2	≤1.3	≤1.4	≤1.5	>1.5	0.5 – 3.0
		C <sub>21</sub> /m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup>	≥550	≥400	≥350	≥300	<300	100 – 800
		C <sub>22</sub> /m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup>	≤10	≤20	≤30	≤40	>40	2 – 40
		C <sub>23</sub> /m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup>	≤25	≤35	≤45	≤55	>55	10 – 85
		C <sub>24</sub> /m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup>	≤10	≤20	≤30	≤40	>40	5 – 60
	生态环境状况 B <sub>3</sub>	C <sub>25</sub>	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤0.8	>0.8	0.08 – 2.0
		C <sub>26</sub> /%	≤1.0	≤5.0	≤10.0	≤15.0	>15.0	0.5 – 35
		C <sub>27</sub> /%	≥45	≥35	≥25	≥15	<15	5 – 90
		C <sub>28</sub> /%	≥50	≥40	≥35	≥30	<30	10 – 100
		C <sub>29</sub> /%	≥90	≥70	≥50	≥30	<30	15 – 100
		C <sub>30</sub> /%	≤10	≤20	≤30	≤40	>40	10 – 100
		C <sub>31</sub> /%	≤1	≤5	≤10	≤15	>20	1 – 50
		C <sub>32</sub> /%	≤20	≤30	≤40	≤50	>50	5 – 100
		C <sub>33</sub> /%	≤0.2	≤0.4	≤0.6	≤0.8	>0.8	0.1 – 1.5
		C <sub>34</sub>	≤0.2	≤0.4	≤0.6	≤0.8	>0.8	0.1 – 1.5
盘锦市水资源 可持续利用	水资源合理 配置 B <sub>4</sub>	C <sub>35</sub>	≥50	≥40	≥30	≥20	<20	6 – 70
		C <sub>36</sub>	≤0.6	≤0.8	≤1.0	≤1.2	>1.2	0.2 – 2.0
		C <sub>37</sub> /%	≥60	≥50	≥40	≥30	<30	10 – 120
		C <sub>38</sub> /%	≥85	≥80	≥75	≥70	<70	20 – 100
		C <sub>39</sub> /%	≤15	≤20	≤25	≤30	>30	2 – 20
		C <sub>40</sub>	≥90	≥80	≥70	≥60	<60	30 – 100
		C <sub>41</sub> /%	≥40	≥30	≥20	≥10	<10	8 – 100
		C <sub>42</sub> /万元·人 <sup>-1</sup>	≥5	≥3	≥1	≥0.2	<0.2	0.1 – 20
		C <sub>43</sub> /kg·m <sup>-3</sup>	≥2.5	≥2.0	≥1.5	≥1.0	<1.0	0.2 – 4.0

续表 1 不同分级标准下水资源可持续利用各指标取值

目标层 A	准则层 B	指标层 C	可持续利用分级标准					界限值
			1	2	3	4	5	
盘锦市水资源 可持续利用	水资源管理 能力 B <sub>5</sub>	C <sub>44</sub>	≥5	≥3	<3	—	—	1—10
		C <sub>45</sub> /%	≥80	≥60	<60	—	—	15—100
		C <sub>46</sub> /%	≥80	≥50	<50	—	—	20—100
		C <sub>47</sub> /%	≥90	≥60	<60	—	—	30—100
		C <sub>48</sub> /%	≥85	≥60	<60	—	—	35—100
		C <sub>49</sub> /%	≥95	≥85	<85	—	—	45—100
		C <sub>50</sub> /%	≥80	≥50	<50	—	—	15—100
		隶属度	≥0.8	≥0.6	≥0.4	≥0.2	0.0	—

### 1.3 建立水资源可持续利用 AHP—BP 模型

对区域水资源可持续利用水平运用 AHP—BP 网络模型进行综合评价,大致流程可以分为 3 个步骤:①利用 AHP 法构建评价体系并建立合适的双隐层 BP 网络;②初始化网络模型,训练 BP 网络直至满足精度要求;③各指标参数输入已训练好的模型并预测区域水资源可持续利用水平,BP 神经网络预测训练、预测流程图见图 1。

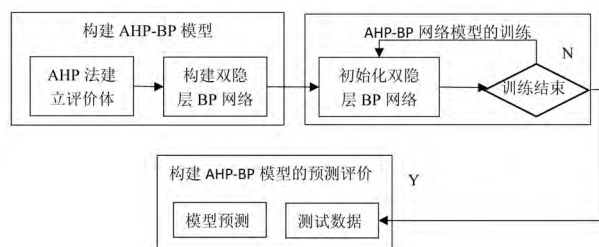


图 1 BP 神经网络预测训练、预测流程图

### 1.4 评价过程分析

1) 一致性处理。根据各参数的内涵可将评价体系各指标分为正向与负向指标,负向指标是参数值越小则可持续利用水平越高的指标,正向指标是参数值越大则可持续利用水平越高的指标。文章对负向指标进行标准化处理,对参数取倒数作为负向指标的数据。

2) 标准化处理。输入网络模型的各项指标数据的数量级、量纲以及物理意义不同,因此文章利用最大最小法标准化处理各参数初始数据,经过处理后的各指标数据位于 0—1 之间,然后用于 BP 网络的训练,处理公式为下:

$$\hat{x} = (x - x_{\max}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (1)$$

式中:  $\hat{x}$  分别为指标初始数据与标准化处理后的数据;  $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$  为序列中最大与最小数据值。

3) 设计训练样本。利用线性插值法将评价体系中准则层 B<sub>1</sub>—B<sub>4</sub> 指标插值成 20 个训练样本,即 1—5

级每个等级中各包含 20 个样本,因此 B<sub>1</sub>—B<sub>4</sub> 指标可构成 1—100 号的样本,各等级所对应的隶属度为 0.8—1.0、0.6—0.8、0.4—0.6、0.2—0.4、0.0—0.2。同理,可将 B<sub>5</sub> 指标数据线性插值成 20 个学习样本,即 1—3 级每个等级中均包含 20 个学习样本,所对应的隶属度分别为 0.7—1.0、0.4—0.7、0.0—0.4。将评价体系中准则层 B<sub>1</sub>—C<sub>1-9</sub>、B<sub>2</sub>—C<sub>10-21</sub>、B<sub>3</sub>—C<sub>22-30</sub>、B<sub>4</sub>—C<sub>31-43</sub> 分为 5 个等级,所对应的评语依次为优、良、中、差、劣,B<sub>5</sub>—C<sub>44-50</sub> 为 3 个等级,所对应的评语为高、中/低;目标层 A—B<sub>1-5</sub> 分为 4 个等级,所对应的评语依次为理想可持续、可持续、基本可持续以及不可持续。

4) 网络训练。文章以评价体系中 B<sub>1</sub>—C<sub>1-9</sub> 为例说明网络学习训练过程,对区域水资源条件 B<sub>1</sub> 利用四层 BP 神经网络进行评价,其中网络输入向量为 C<sub>1</sub>—C<sub>9</sub> 指标数据,输出为各指标所对应的隶属度值,输入与输出神经元分别为 9 个、1 个。目前还没有形成统一的方法计算隐含层神经元个数,其中 Kolmogorov 定理为应用较为广泛且常见的方法,即根据用公式  $M = 2n + 1$  确定具有一个隐层的神经元个数,对于二层或二层以上的隐层其神经元必须  $< 2n + 1$ ,并且每个隐层也必须  $< 2n + 1$ 。文章采用该方法确定神经元个数的主要流程为:首先利用 Kolmogorov 定理计算一个初始神经元数,然后运用逐步修剪或逐步增长法计算最终的个数,经过多次的试算最终确定网络结构为 9—8—4—1,即双隐层神经元分别为 8 个、4 个,采用 tansig 与 purelin 函数分别作为隐含层与输出层的传递函数,利用 traingdx 和 learnr 作为训练函数、学习函数,期望误差设定为 0.0001,mse 为性能函数,最大迭代次数为 2000 次。经过计算,BP 网络检验样本和训练样本的均方根误差分别为  $1.2 \times 10^{-5}$  和  $1.7 \times 10^{-5}$ ,据此可认为该网络结构具

有良好的泛化能力,能够满足训练精度与区域水资源条件的评价要求。同理,可利用上述方法和流程分别训练  $B_2 - C_{10-21}$ 、 $B_3 - C_{22-30}$ 、 $B_4 - C_{31-43}$ 、 $B_5 - C_{44-50}$  以及  $A - B_{1-5}$ , 确定双隐层神经元并用于区域水资源可持续利用评价。

5) 基于双隐层 BP 神经网络的水资源可持续利用评价。按照自下而上的次序利用 AHP - BP 网络进行评价,其主要流程为: 首先将指标层 C 各参数初始数据输入神经网络,由此可得到准则层 B 的网络输出与评价结果,然后将准则层各参数数据输入网络并得到相应的输出向量,通过各层级之间的训练与计算得到最终的评价结果。在指标体系各层级之间的评价过程中,选择合适的语言描述相应的输出。

## 2 实例应用

盘锦市位于辽宁省的西南部,冬与鞍山相邻、南与渤海辽东湾相接、东南与营口隔大辽河相望,西北与锦州接壤,地理位置处于  $E121^{\circ}25' - 122^{\circ}31'$ ,  $N40^{\circ}39' - 41^{\circ}27'$  之间,主要下辖大洼区、上台子区、兴隆台区以及盘山县,总面积为  $4071\text{km}^2$ 。属于大陆性季风气候,年均降雨量  $564.5\text{mm}$ ,并且主要集中在 7、8 两月,占全年降雨量的 53%,年蒸发量 > 年降水量,年平均蒸发量是年降水量的 2.7 倍为  $1669.6\text{mm}$ 。气候特定为干冷同期、雨热同季、四季分明、温差较大。境内大小河流 21 条,其中大型河流有大凌河、绕阳河、大辽河等,流域面积为  $3570\text{km}^2$ ,水资源总量为  $46.1\text{亿 m}^3$ ,人均占有量相对较低不足全国平均水平的 1/2。农业灌溉每公顷用水  $5780\text{m}^3$  且远远低于辽宁省平均水量,盘锦市域水资源已呈现出短缺趋势。近年来,随着城镇化建设与经济的不断发展,河流水系水环境问题日趋突出,部分河流的水质污染已超过水系统的自净化能力和纳污极限承载力,水资源可持续利用已经对盘锦市的生态文明建设与经济健康发展形成瓶颈效应。

文章以盘锦市为例,对各分区水资源可持续利用在不同规划水平年的状况运用 AHP - BP 模型进行综合评价,网络输出结果盘锦市各区域不同规划水平的水资源可持续利用评价见表 2。根据各等级评语和网络输出,得出的主要结论如下:

1) 不同规划水平年盘锦市各分区水资源可持续利用总体处于基本可持续与可持续之间,即处于 2 - 3 级水平,由此表明盘锦市在现状以及中长期水资源

利用符合区域发展要求,所构建的 AHP - BP 网络模型能够更加系统、全面的反映区域水资源状况,可为水资源管理规划及其开采利用提供一定的参考价值。

2) 各分区现状、中期水平年在水资源管理能力与合理配置方面较差,综合评价整体处于 2 - 3 级;水资源可持续利用在长期规划年为可持续水平,由此表明在现状、中期、长期该区域水资源逐渐区域可持续状态。

3) 各区域水资源条件  $B_1$  在不同规划水平年相差不大,其原因为水资源稳定性、径流深以及降水量等为相对静态评价指标,随着时间的推移这些指标对区域水资源可持续利用的影响基本无变化。

4) 盘锦市各区县的水资源开发利用效率  $B_2$  在不同规划水平处于高、中等之间,即位于 1 - 3 级。横向来看,兴隆台区、大洼区以及双台子区的水资源开发利用水平较高,其原因为兴隆台区的经济较为发达,为盘锦市经济、政治与文化的集中区域,因此具有较高的开发利用程度;双台子区以及大洼区的工业、农业发展较快,具有一定的水资源开发利用规模。纵向分析,在现状、中、长期各区域水资源开发利用程度呈现出不断增大的变化趋势。

5) 盘锦市各区县的生态环境状况  $B_3$  在不同规划水平的变化趋势不明显,其主要原因为,在现状、中、长期内污水处理率、工业废水排放、GDP 废水排放以及水土流失率等对生态环境逐渐呈现出正面影响的变化趋势,而综合污染植物、污径比以及人均废水排放量呈现出负面影响的变化趋势。因此,为改善区域水体环境必须采取减少废水排放、加大污水处理以及提高用水效率等措施。

6) 盘锦市各区县的水资源合理配置  $B_4$  在不同规划水平逐渐区域合理,由此表明,随着用水效率的提升、产业结构的优化以及水利设施的不断建设,区域水资源配置在现状、中、长期发展进程中日趋合理。

7) 各区县的水资源管理能力  $B_5$  在不同规划水平总体处于较低水平,其原因为盘锦市计划用水、取水许可以及水利信息化建设等措施起步较晚,因此对管理能力可产生较大的影响,而后期 BP 网络数据结果基本保持不变,这可能与采取地方规划作为模型输入数据相关。盘锦市各区域不同规划水平的水资源可持续利用评价,见表 2。

表 2 盘锦市各区域不同规划水平的水资源可持续利用评价

规划水平年	评价区域	盘锦市	兴隆台区	双台子区	大洼区	盘山县		
2020 年	水资源条件	输出	0.6345	0.5892	0.5157	0.7623	0.6205	
		评价	2 级	3 级	3 级	2 级	2 级	
	开发利用效率	输出	0.6342	0.7552	0.5408	0.6210	0.5433	
		评价	2 级	2 级	3 级	2 级	3 级	
	生态环境	输出	0.6862	0.7780	0.5641	0.7265	0.5861	
		评价	2 级	2 级	3 级	2 级	3 级	
	合理配置	输出	0.4680	0.6115	0.4110	0.4937	0.4451	
		评价	3 级	3 级	3 级	3 级	3 级	
	管理能力	输出	0.2780	0.2745	0.2682	0.3236	0.2618	
		评价	3 级	3 级	3 级	3 级	3 级	
	可持续利用	输出	0.5381	0.6345	0.6142	0.4280	0.4733	
		评价	3 级	2 级	2 级	3 级	3 级	
	2030 年	水资源条件	输出	0.6205	0.5741	0.5221	0.5916	0.7438
			评价	2 级	3 级	3 级	3 级	2 级
		开发利用效率	输出	0.6962	0.7451	0.7156	0.7066	0.7122
			评价	2 级	2 级	2 级	2 级	2 级
生态环境		输出	0.8320	0.8236	0.8541	0.5725	0.8034	
		评价	1 级	1 级	1 级	3 级	1 级	
合理配置		输出	0.7442	0.6250	0.6651	0.6348	0.6102	
		评价	2 级	2 级	2 级	2 级	2 级	
管理能力		输出	0.5118	0.5118	0.5118	0.5118	0.5118	
		评价	2 级	2 级	2 级	2 级	2 级	
可持续利用		输出	0.6902	0.6481	0.6645	0.5826	0.6481	
		评价	2 级	2 级	2 级	3 级	2 级	
2040 年		水资源条件	输出	0.6124	0.5796	0.5164	0.5848	0.7315
			评价	2 级	3 级	3 级	3 级	2 级
		开发利用效率	输出	0.6572	0.8451	0.7446	0.6418	0.6260
			评价	2 级	1 级	2 级	2 级	2 级
	生态环境	输出	0.7105	0.5642	0.5780	0.6933	0.7582	
		评价	2 级	3 级	3 级	2 级	2 级	
	合理配置	输出	0.6732	0.9390	0.8115	0.7792	0.8104	
		评价	2 级	1 级	1 级	2 级	1 级	
	管理能力	输出	0.5116	0.6228	0.6228	0.6228	0.6228	
		评价	2 级	2 级	2 级	2 级	2 级	
	可持续利用	输出	0.6540	0.7732	0.6875	0.6971	0.7602	
		评价	2 级	2 级	2 级	2 级	2 级	

### 3 结 论

文章基于 AHP 层次分析与 BP 神经网络理论构建了 AHP - BP 网络模型, 然后结合盘锦市水资源开发利用实际状况分别从 5 个方面建立了评价体系与标准。为满足训练样本精度要求并解决难以获取训练样本的问题, 将指标层、准则层各指标利用线性插值法计算, 然后综合评价了盘锦市各分区在 5 个方面的状况, 得出的结论如下:

1) 盘锦市在现状以及中长期水资源利用符合区域发展要求, 各分区现状、中期水平年在节约用水、综合利用率与合理配置方面有待加强, 水资源管理能力有待进一步提高; 水资源条件  $B_1$  在不同规划水平年相差不大。在生态环境状况  $B_3$  不同规划水平的变化趋势不明显, 在水资源管理能力  $B_5$  不同规划水平总体处于较低水平。

( 下转第 64 页)

MATLAB 软件建立了相应的仿真模型。仿真模型不仅可模拟保护零序电流、变压器总差保护以及电力系统故障,而且还可以实际模拟微机保护、励磁涌流以及相间短路,实践表明在水电站继电保护仿真过程中 MATLAB 软件具有较强的可行性与有效性。通过详细分析各自的仿真结果可为提高水电站各元件的保护功能和工作状态提供一定理论依据。

#### 参考文献:

- [1]张慎明,姚建国.调度员培训仿真系统(DTS)的现状和发展趋势[J].电网技术,2002,26(07):60-66.
- [2]王为国,代伟,万磊,等.DTS中继电保护和安全自动装置方法的分析[J].电力系统自动化,2003,27(05):58-60.
- [3]孙宏斌,张伯明,吴文传,等.面向地区电网的调度员培训仿真系统[J].电力系统自动化,2001,25(04):49-52.
- [4]姚建国,张慎明.调度员培训仿真系统的功能要求和设

计原理[J].电力系统自动化,1999,23(23):15-19.

- [5]章志刚,李兴源.基于开发平台的继电保护仿真系统[J].四川电力技术,2003(02):43-46.
- [6]胡青,倪琼.水电站继电保护系统仿真建模研究[J].电网与清洁能源,2009,25(07):65-69.
- [7]杨雄平,石东源,杨增力,等.继电保护整定计算中故障计算模型的选择与比较分析[J].继电器,2004,32(21):17-20.
- [8]施念,李咸善.水电站继电保护整定计算一体化建模方法研究[C].2008,系统仿真技术及其应用学术会议论文集,2008.
- [9]李咸善,胡翔勇,袁兆强.大型水电站实时仿真电气部分建模方法研究[J].电力系统及其自动化学报,1999,11(05):76-80.
- [10]杨胜春,王力科,张慎明,王元林.DTS中基于定值判断的继电保护仿真[J].电力系统自动化,1998(08):30-32.

(上接第10页)

评价结果更加全面系统的反映了当地水资源实际状况,所构建的 AHP-BP 网络模型能够更加系统、全面的反映区域水资源状况,可为水资源管理规划及其开采利用提供一定的参考价值。

2) BP 网络是诸多人工神经网络算法中应用最为常见且比较普遍的方法,具有可操作性强、结构简单以及精确度高等优点。双隐层 BP 网络相对于单隐层网络具有泛化能力强、训练速度快、运算时间段以及系统稳定性好等优点。

3) 文章采用 AHP-双隐层 BP 神经网络有效的避免了多因素大系统水资源评价主观臆断性的不足,指标权重的确定比较客观、科学,评价结果能够更加系统、全面的反映当地实际状况, AHP-BP 双隐层网络具有一定的推广与使用价值。

4) 目前,盘锦市水资源相对匮乏,其开发利用程度较高,仍然依靠外调水源进行补充,建议今后应提高水资源综合利用率,优化配置水资源,全面开展节水型城市建设,把盘锦市建设成适应新时代发展的海绵城市。

#### 参考文献:

- [1]刘毅,贾若祥,侯晓丽.中国区域水资源可持续利用评价

及类型划分[J].环境科学,2005,26(01):42-46.

- [2]刘恒,耿雷华,陈晓燕.区域水资源可持续利用评价指标体系的建立[J].水科学进展,2003,14(3):265-270.
- [3]金菊良,洪天求,王文圣.基于熵和 FAHP 的水资源可持续利用模糊综合评价模型[J].水力发电学报,2007,26(04):22-28.
- [4]邓雪,李家铭,曾浩健,等.层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J].数学的实践与认识,2012(07):93-100.
- [5]金菊良,魏一鸣,付强,等.计算层次分析法中排序权值的加速遗传算法[J].系统工程理论与实践,2002(11):39-43.
- [6]万坤扬,胡其昌.基于层次分析法的杭州市水资源安全现状评价及趋势[J].水电能源科学,2013(01):21-25,222.
- [7]王海刚.辽宁省地下水污染脆弱性分析与评价[J].水土保持应用技术,2016(01):16-18.
- [8]全占东.基于生态水文理念下的流域水资源评价[J].黑龙江水利科技,2016(12):108-111.
- [9]徐飞.沈阳地区水资源短缺原因分析及对策研究[J].水资源开发与管理,2015(01):24-26.
- [10]吕宝华,郭纯一,高世斌,等.辽宁省水资源承载能力的探讨分析[J].地下水,2008(01):109-111.