

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2018.04.011

淳化县水资源承载力预测评价

冯湘华¹, 宋孝玉¹, 晁智龙²

(1. 西安理工大学 省部共建西北旱区生态水利国家重点实验室, 陕西 西安 710048;

2. 陕西省水文水资源勘测局, 陕西 西安 710068)

摘要: 随着最严格水资源管理制度的出台以及“三条红线”的确立,明确一个地区水资源承载力已成为开展后期工作的基础性环节。针对淳化县特殊的水文地质条件和社会经济发展状况,建立了区域水资源承载力综合评价指标体系,通过熵权法消除评价过程中的主观影响,应用模糊综合评判模型、TOPSIS模型、径向基神经网络模型完成了对淳化县2007—2015、2020、2030年水资源承载力的综合评价。随着时间推移,三种评价方法所得结果在变化趋势上显现一致,都表现为从逐步趋好再变坏的过程,现阶段主要表现为工程性缺水,后期规划水平年则水资源的开发利用已初具规模,未来势必要控制经济发展势头,以保障区域生态环境的健康发展。本次运用以上三种评价方法对同一指标体系下的淳化县水资源承载力作出综合评价,使得所得结论精准度较高,能够为当地的社会生态协调发展提供科学支撑。

关键词: 淳化县; 水资源承载力; 模糊综合评判模型; TOPSIS模型; 径向基神经网络模型

中图分类号: TV213

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2018)04-0447-07

Evaluation of Chunhua county's water resources carrying capacity prediction

FENG Xianghua¹, SONG Xiaoyu¹, CHAO Zhilong²

(1. State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region of China, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. Shaanxi Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Xi'an 710068, China)

Abstract: The determination of water resources carrying capacity in a certain region has become a basis for follow-up work at present owing to the implementation of the most stringent water management system and the formulation of “Three Red Lines” policy by China for water resources development and utilization. In this study, Chunhua county is selected as the study area due to its social and economic development and special hydrogeological conditions. On this basis, the comprehensive evaluation index system of water resources carrying capacity is established, with the subjective influence in the evaluation process eliminated using the entropy weight method. Then, fuzzy comprehensive evaluation model, TOPSIS model and Radial basis function neural network model are used respectively to evaluate the carrying capacity of water resources in Chunhua county from 2007 to 2015 and in 2020 and 2030. The main conclusions are as follows: the evaluation results of the three models are consistent in the changing trend, showing a gradual process from ideal situation to a bad state from 2007 to 2015 with a main problem of engineering water shortage. In 2020 and 2030, the development and utilization of water resources in Chunhua county would have reached a larger level, so it would be imperative to control the momentum of economic development so as to ensure the healthy development of regional ecological environment. In this study, the application of the three evaluation models would improve the accuracy and reliability of the conclusions, and the evaluation results would provide scientific support for the coordinated development of local social ecology.

Key words: Chunhua county; water resources carrying capacity; fuzzy comprehensive evaluation model; TOPSIS model; RBF neural network model

收稿日期: 2017-11-24

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2016YFC0400301);陕西省教育厅服务地方专项计划资助项目(2013JC18);陕西省水利科技计划资助项目(2016slkj-11)

作者简介: 冯湘华,男,硕士生,研究方向为水文学及水资源。E-mail: 1042067132@qq.com

通讯作者: 宋孝玉,女,教授,博导,博士,研究方向为水文学及水资源。E-mail: songxy@xaut.edu.cn

当前环境下,留住“绿水青山”已是民之所愿,国之所需,明确一个区域水资源承载力能够更加恰合水资源管理制度的要求,并为之提供理论依据,以实现人与自然的和谐发展。水资源承载力概念的提出已有近30年^[1],通过其定义^[2,3]可知,对水资源承载力的研究不但要着眼于当下,更重要的是要着眼于可预见的未来,不但要反映同一时间水资源承载力的状况,还要能反映不同时间水资源承载力的变化情况。目前,水资源承载力研究存在的问题在于,一方面大多是对区域水资源承载力现状的描述,没有一个较长的时间序列来反映水资源的变化过程,且缺少对未来可预见的几年或规划水平年的评价分析,其所得结果对区域发展的指导性不强;另一方面是大多集中在国家和社会经济较发达的省市层面对水资源承载力加以评价,大范围的特性变成了小范围的共性,小范围内的区域特性便难以得到体现。

其次,就水资源承载力研究方法而言,已由过去对单一评价指标做静态的分析发展为对系统整体进行多目标、动态变化的综合分析,常用的方法有主成分分析法、常规趋势法、背景分析法、层次分析法、综合评价法、系统动力学法、多目标分析法及常规趋势法等^[4]。无论何种评价方法,就方法本身来说都是比较成熟的,且都有较全面的理论体系作为支撑。然而,在进行水资源承载力评价时,这些方法均显现出了一定程度的不足,造成这一现象的主要原因是水资源系统自身的复杂性、随机性和模糊性以及影响水资源承载力的因素是多方面、多层次的。所以,今后水资源承载力评价研究的方向应当是根据不同研

究区特点,建立一套综合评判指标体系,通过方法的集成,在实现多种成果相结合的基础之上,得出可行的成果理论,以适应水资源承载力动态变化的特点。

本文在总结分析当前研究成果的基础上,发现模糊综合评判模型、TOPSIS模型、径向神经网络模型三种方法皆是以建立评价指标体系为前提,完成对区域水资源承载力的评价,且能够恰合文章的主题,即完成对淳化县2007—2015、2020、2030年的水资源承载力评价,使之能够为淳化县后期发展中水资源的开发利用和生态建设提供理论依据。

1 研究区概况

1.1 基本情况简介

淳化县位于陕西省中部偏西,咸阳市北部,渭北黄土高原沟壑区南缘,地形呈北高南低状,地势由西北向东南单向倾斜,总面积983.81 km²,其区域位置如图1所示。该研究区属温带大陆性季风气候,多年平均气温10℃,无霜期年平均193天。多年平均年降水量589.7 mm,年平均降雨日数为54天,降雨集中在每年7月至9月,年均水面蒸发量962 mm,干旱指数介于1.5~1.9之间,北小南大,东北部最大。淳化县境内可划分为两大水系,分别为泾河水系和石川河水系,全县自产水资源总量为5462.0万 m³,水资源可利用总量为5113.8万 m³,其中地下水可开采量为1016.4万 m³,地表水可利用量为4915.1万 m³,两者间重复计算量为817.7万 m³。现阶段淳化县的大部分用水皆来源于地下水。

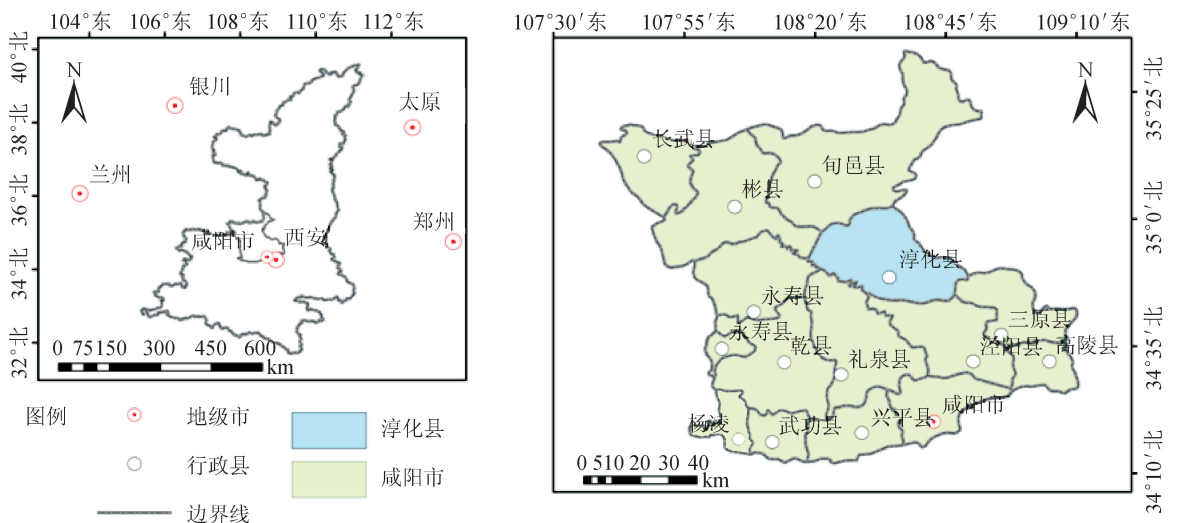


图1 淳化县区域位置图

Fig. 1 Location map of Chunhua county

1.2 地区宏观经济现状及发展目标

紧扣“一带一路”的时代背景,淳化县 2015 年实现地区生产总值 57.38 亿元,是 2010 年的 1.8 倍;规划 2020 年地区生产总值达到 85 亿元,年均增长 8%。为实现这一经济发展目标,在对各典型部门用水普查的基础上,并充分考虑科学用水、节约用水情况,预测 2020 年淳化县需水量将达到 2 871.5 万 m^3 ,2030 年将达到 3 505.1 万 m^3 。

1.3 水资源开发现状及发展规划

淳化县地下水资源短缺,地表水利用率低。2015 年,淳化县供水设施主要有地表水源工程和地下水工程两类,实际供水量为 825.0 万 m^3 ,且此前完成了境内一系列水库的除险加固及水利工程的改造,使年可供水总量达 1 698.2 万 m^3 。规划期内将新增屯庄水库、姜家河水库、寨子沟水库等地表水源工程,外加其它水源工程的利用,并在 2030 年依托从泾河东庄水库调水,使得淳化县在 2020、2030 年的可水量分别达到 3 175.1 万 m^3 和 3 832.8 万 m^3 ,故此,淳化县在规划水平年仅能基本满足供需平衡的要求。

1.4 区域特性及存在的问题

从 5 个方面分析淳化县的区域特性及存在的问题:①对生态环境保护的重视程度不够,过去对生态的破坏较为严重,随着强化政府监管、调整经济结构等措施的实施,区域整体生态得到较好改善;②节水

这一举措在全县范围内得到有效实施,并取得了较好成绩。但因其地处渭北黄土高原沟壑区,水资源短缺,资源性缺水问题依然是区域长足发展的重要障碍;③地表水源工程的规划建设不能满足社会经济发展对水的需求,致使地下水与地表水源工程供水不均衡问题较为突出。因此,淳化县现阶段处于工程性缺水阶段,改造旧水源、开发新水源,特别是新建地表水源工程,已经成为淳化县经济和社会发展的必要举措;④社会经济发展落后,远远低于国家平均水平;⑤耕地面积保有量约占总面积的 1/3,农业用水需求量大。

2 水资源承载力评价指标体系的构建

2.1 构建评价指标体系

水资源承载力评价指标体系是区域水资源承载力研究的核心内容,且影响区域水资源承载能力的因素涉及水资源系统的各个领域,故应在全面分析水资源承载能力的各影响因素之后,根据研究区域的特殊性构建评判指标体系。其后,严格遵循科学性、整体性、定性定量相结合的原则,考虑实际的可操作性,并借鉴已有的研究成果^[2,5-7],参照全国水资源供需分析中的指标体系和其它水资源评判指标体系,选取 8 个指标($u_1 \sim u_8$)对该地区的水资源承载力做出综合评价。各评价指标的意义及计算方法详见表 1。

表 1 淳化县水资源承载力指标体系及分级指标

Tab.1 Indicator system and classification index for water resources carrying capacity of Chunhua county

| 评价指标 | 指标来源 | V_1 | V_2 | V_3 |
|---|----------------|--------|---------|--------|
| 水资源利用率 $u_1/\%$ | 供水量与可利用水资源总量之比 | <30 | 30~75 | >75 |
| 人口密度 $u_2/(\text{人}/\text{km}^2)$ | 总人口与土地面积之比 | <200 | 200~400 | >400 |
| 生态环境用水率 $u_3/\%$ | 生态环境用水量与总用水量之比 | >5 | 5~1 | <1 |
| 生活用水定额 $u_4/(\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d}))$ | 生活用水总量与总人口之比 | <50 | 50~90 | >90 |
| 供水模数 $u_5/(\text{万 } m^3/\text{km}^2)$ | 供水量与土地面积之比 | <2 | 2~15 | >15 |
| 万元 GDP 用水量 u_6/m^3 | 统计数据 | <50 | 50~100 | >100 |
| 农田灌溉用水率 $u_7/\%$ | 农田灌溉用水量与总用水量之比 | <20 | 20~50 | >50 |
| 地下水供水量占比 $u_8/\%$ | 地下水供水量与总供水量之比 | <30 | 30~80 | >80 |

2.2 评价指标等级划分标准

根据各评价指标对水资源承载力的影响程度划分等级,划分时主要依据已有研究成果^[7-12]和政府各项指标设定的相关标准以及全国、所处省市的一个平均水平。本次水资源承载能力综合评价将上述各个评价指标按其影响程度划分为 3 个等级 $\{V_1, V_2, V_3\}$,各评价指标对应的等级划分如表 1

所示。其中, V_1 级表示区域承载情况较好,水资源保持着较大的承载能力,其水资源开发利用程度、社会经济发展规模都较小,这时的水资源将不是制约社会经济发展的主要因素,而是谋取社会经济发展的有效保证; V_3 级表示区域水资源承载情况较差,水资源承载能力已达阈限,进一步的开发利用将直接影响社会经济发展的可持续性,危及生态安全; V_2 级

表示水资源承载情况一般,表现为现有的水利工程可供水量与社会经济发展水平所需的水量之间存在一定的供需矛盾,只是问题还不突出,应结合当地可利用的水资源总量来确定其发展方向,如限制社会经济发展、加大工程规模、提高水资源的开发利用程度等,但应以保持水资源可持续开发利用为前提。

2.3 各水平年原始数据及规划值

表2 淳化县2007—2030年水资源承载力评价指标值

Tab. 2 Evaluation of water resources carrying capacity of Chunhua county assessed from 2007 to 2030

| 年份 | $u_1/\%$ | $u_2/(\text{人}/\text{km}^2)$ | $u_3/\%$ | $u_4/(\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d}))$ | $u_5/(\text{万 m}^3/\text{km}^2)$ | u_6/m^3 | $u_7/\%$ | $u_8/\%$ |
|------|----------|------------------------------|----------|--|----------------------------------|------------------|----------|----------|
| 2007 | 20.02 | 212 | 0.49 | 35 | 1.04 | 66.64 | 28.13 | 57.81 |
| 2008 | 20.55 | 209 | 0.57 | 37 | 1.07 | 50.55 | 28.07 | 58.52 |
| 2009 | 20.96 | 208 | 0.65 | 38 | 1.09 | 45.65 | 27.80 | 58.40 |
| 2010 | 19.59 | 207 | 0.70 | 38 | 1.02 | 31.10 | 29.54 | 56.49 |
| 2011 | 18.77 | 208 | 0.83 | 38 | 0.98 | 26.09 | 31.25 | 58.13 |
| 2012 | 15.82 | 203 | 0.99 | 39 | 0.82 | 18.96 | 15.33 | 84.05 |
| 2013 | 15.92 | 207 | 1.11 | 38 | 0.83 | 16.20 | 14.62 | 91.28 |
| 2014 | 15.94 | 196 | 1.23 | 39 | 0.83 | 15.22 | 16.44 | 91.17 |
| 2015 | 16.13 | 200 | 1.33 | 39 | 0.84 | 14.38 | 15.39 | 91.03 |
| 2020 | 56.15 | 206 | 2.85 | 69 | 2.92 | 33.78 | 40.99 | 35.41 |
| 2030 | 68.54 | 218 | 3.06 | 71 | 3.56 | 25.22 | 36.64 | 29.01 |

3 研究方法

3.1 熵权法

熵权法是以整体的观念去度量水资源承载力各变量所具有的不确定性,从而能够避免主观因素的影响,使指标权重更符合客观实际,进一步保证了最终评价结果的客观性^[13-15]。用熵权法计算各指标权重的步骤为:

步骤一 对各个评价指标的数据进行标准化处理。其目的在于消除指标间不同单位、不同度量的影响。对指标水平矩阵 $\mathbf{X} = (x_{ij})_{m \times n}$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) 进行标准化处理,得到归一化矩阵 \mathbf{Y} 的元素为:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

步骤二 计算第 j 个评价指标下第 i 个评价对象指标值占所有对象指标值的比重 p_{ij} :

$$p_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^m y_{ij}$$

步骤三 计算各评价指标的信息熵 E_j :

结合淳化县社会经济条件以及自然环境状况,8个评价指标在2007—2015年的实际计算数值与2020年、2030年的规划计算数值如表2所示。数据主要来源于《咸阳市统计年鉴》(2007—2015年)、《淳化县水资源统计年报》(2007—2015年)、《淳化县水资源开发利用规划》(2015—2030年)、《淳化县国民经济和社会发展十三五规划纲要》。

$$E_j = -(\ln(m))^{-1} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij})$$

其中定义当 $p_{ij} = 0$ 时, $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln(p_{ij}) = 0$ 。

步骤四 计算各个评价指标的权重系数 ω_j :

$$\omega_j = (1 - E_j) / (n - \sum_{j=1}^n E_j)$$

即可求得指标权重集为 $A = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$ 。

3.2 模糊综合评判模型

模糊综合评判模型能够集合多种因素对一个地区水资源承载力作出综合评价,借此能够全面地反映区域水资源承载力状况。综合评判模型^[8,14,16]为:

设有 n 个综合评价指标构成的评价指标集为 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, 由 m_1 种评价等级组成的评价指标标准集为 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_{m_1}\}$, 其模糊综合评判的模糊变换为 $B = A \cdot \mathbf{R}$, 其中 A 为 U 上的模糊子集, $A = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$, $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$, ω_j 表示第 j 个指标的权重系数,用来衡量各评价指标对水资源承载力影响的大小;而评判结果 B 则是 V 上

的模糊子集, $B = \{b_1, b_2, \dots, b_{m_1}\}$, $b_q = \sum_{j=1}^{m_1} \omega_j r_{jq}$, $0 \leq b_q \leq 1$, b_q 为评价等级集合 V_q 对综合评判所得模糊子集 B 的隶属度, 它们表示综合评判的结果; \mathbf{R} 称为综合评判矩阵, 代表了每一个水资源承载力评价指标对每一级水资源承载力标准的隶属程度。评

$$\text{判矩阵 } \mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m_1} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m_1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm_1} \end{bmatrix}, \text{ 其中 } r_{jq} \text{ 表示 } U_j$$

的评价对等级 V_q 的隶属度, 矩阵 \mathbf{R} 中第 j 行 $\mathbf{R}_j = \{r_{j1}, r_{j2}, \dots, r_{jm_1}\}$ 即为对第 j 个因素 U_j 的单因素评判结果。

采用模糊综合评判法评价水资源承载力的优势就在于能够将各个因素综合起来, 从而更加全面地反映各等级水资源承载力情况。因此, 为了定量反映各等级因素对承载力的影响程度, 在 $0 \sim 1$ 之间对 V_1, V_2, V_3 3 个评判等级进行取值, 分别为 $T_1 = 0.95, T_2 = 0.5, T_3 = 0.05$, 然后按式(2)计算出水资源承载力综合评分值 T 。水资源承载力综合评分值是衡量水资源承载程度的综合性指标, 评分值越高, 表明水资源承载状况越好^[16]。取 $m_1 = 3$, 水资源承载力综合评分值为:

$$T = \frac{\sum_{q=1}^3 b_q^k T_q}{\sum_{q=1}^3 b_q^k} \quad (2)$$

式中, k 值是为了突出优势等级的作用, 本文中取 $k=1$ ^[7]。

3.3 TOPSIS 模型

该方法是系统工程有限方案多目标决策分析的一种, 由 Hwang 和 Yoon^[17] 首次提出, 可用于效益评价、决策和管理等多个领域。其基本原理在相关文献中皆有介绍^[12, 15, 18], 建模步骤包括:

1) 为使计算结果能够恰合指标等级的分级标准, 故此将分级标准与原始数据形成新的目标决策矩阵 $\mathbf{L} = (l_{ij})_{m \times n}$, 利用式(1)对目标决策矩阵进行标准化处理, 得到标准化矩阵 $\mathbf{C} = (c_{ij})_{m \times n}$;

2) 与 3.1 节熵权法指标权重集 A 计算方法类似, 得到 TOPSIS 模型指标权重集 A' 。构造加权矩阵 $\mathbf{Z} = (z_{ij})_{m \times n}$, $z_{ij} = c_{ij} \times \omega_j$;

3) 确定正理想解 V^+ 和负理想解 V^- , 设 Q 代表评价指标越大越优型目标集, Q' 代表评价指标越小越优型目标集, u 表示某个评价指标, 则:

$$V^+ = (\max_j z_{ij} \mid u \in Q, \min_j z_{ij} \mid u \in Q') =$$

$$(v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) \quad (3)$$

$$V^- = (\min_j z_{ij} \mid u \in Q, \max_j z_{ij} \mid u \in Q') =$$

$$(v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \quad (4)$$

4) 计算各评价对象与正、负理想解的距离:

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - v_j^+)^2}, \quad s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - v_j^-)^2} \quad (5)$$

5) 计算各评价对象与理想解的相对接近程度:

$$h_i = \frac{s_i^-}{s_i^+ + s_i^-}, \quad 0 \leq h_i \leq 1 \quad (6)$$

其计算结果越大, 则对应年份的承载状况越好。

3.4 径向基神经网络模型

径向基函数(Radial Basis Function, 简称 RBF)神经网络模型是由 Moody J 和 Darken C^[19] 于 20 世纪 80 年代末提出的, 具有很强的处理复杂非线性系统及不确定性系统的能力, 正好切合水资源承载力评价系统的特点, 且该方法在此前的研究中运用效果较好^[9, 10, 20]。本文在 Matlab7.0 环境下建立了水资源承载力评价 RBF 模型, 其基本步骤为:

1) 沿用 3.1 节中得到的归一化矩阵 $\mathbf{Y} = (y_{ij})_{m \times n}$ 成果。

2) 设计 RBF 神经网络模型, 并对数据样本进行训练。本文基于 Matlab7.0 计算平台, 通过 Matlab 工具箱提供的径向基网络实现函数 newrb 完成对 RBF 网络模型的建立, 格式为: $\text{net} = \text{newrb}(x, y, \text{goal}, \text{spread})$, 其中 $x, y, \text{goal}, \text{spread}$ 分别为输入向量、目标向量、均方误差和 RBF 分布。通过 sim 函数得出样本的训练结果, 格式为: $t = \text{sim}(\text{net}, x)$ 。

3) 对研究区域水资源承载力状况进行仿真。同样由 sim 函数实现, 其格式为: $g = \text{sim}(\text{net}, f)$ (f, g 分别为待评价区域的归一化输入向量和用 RBF 神经网络对水资源系统进行评价的等级值), 计算所得值越小, 表明其承载状况越好。

4 水资源承载力评价

4.1 各评价模型计算结果

由前述研究方法可得目标决策矩阵 $\mathbf{X} = (x_{ij})_{m \times n}$ 和 $\mathbf{L} = (l_{ij})_{m \times n}$, 其对应的权重系数集合分别为 $A = (0.24, 0.03, 0.09, 0.14, 0.18, 0.15, 0.13, 0.04)$ 和 $A' = (0.15, 0.18, 0.10, 0.13, 0.23, 0.09, 0.07, 0.05)$, 可以看出, u_1, u_5 是影响该区域水资源承载力的主要指标, 这也与淳化县现阶段处于工程性缺水阶段的实际相符合。通过计算得出三种水资源承载力预测模型的评价值, 如表 3 所示。

表3 淳化县2007—2030年各模型水资源承载力评价成果

Tab.3 Evaluation results of water resources carrying capacity of various models in Chunhua county from 2007 to 2030

| 模型 | 对应各年份的评价值 | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2020 | 2030 | |
| 模糊综合评判模型 | 0.663 | 0.683 | 0.689 | 0.698 | 0.699 | 0.726 | 0.726 | 0.726 | 0.727 | 0.563 | 0.543 | |
| TOPSIS模型 | 0.741 | 0.755 | 0.760 | 0.770 | 0.774 | 0.784 | 0.783 | 0.789 | 0.793 | 0.651 | 0.607 | |
| 径向基神经网络模型 | 1.334 | 1.412 | 1.432 | 1.368 | 1.351 | 1.155 | 1.131 | 1.084 | 1.11 | 1.531 | 1.647 | |

4.2 评价结果分析

以上三种水资源承载力评价成果在时间序列上的变化趋势上基本一致,表现出淳化县2007—2015年水资源承载力状况逐步趋好,而2020年、2030年的承载状况相比于2015年之前下降较为明显,其中TOPSIS模型和径向基神经网络模型都很好地表现了这一点,表明区域水资源的开发利用已初具规模,未来势必要控制经济发展势头,以保障区域生态环境的健康发展。

从评价结果来看,现状年2015年以前,淳化县整体的水资源承载能力均保持在 V_1 级与 V_2 级之间,表明区域承载状况较好,且仍保持上升趋势,表明区域水资源尚有一定的开发潜力;另外,生产技术的提升以及一系列基础节水设施和节水灌溉项目的建设,使得淳化县实现经济增长的方式由粗放型向集约型转变。在2020年、2030年,淳化县水资源承载能力在 V_2 级以下,水资源承载状况一般,区域水资源基本能够保证供给,进一步的开发潜力不足。这主要归因于“一带一路”政策带动区域经济的飞速发展,使得区域需水量急剧增加,即便在2020年前后将修建一系列大型水利工程,仍难以解决区域水资源的供需矛盾,使得区域水资源承载能力下降。

5 结论与建议

1) 本文在分析已有研究成果之上,结合当地的区域特征,建立了一套恰合研究区实际的评价指标体系,通过熵权法消除评价过程中的主观影响,并运用模糊综合评判模型、TOPSIS模型以及径向基神经网络模型完成了对该地区的水资源承载力评价,所得结论基本一致,保证了结论的精准度,且成果在很大程度上符合区域实际,故此对淳化县今后的发展有一定的导向作用,同时也表明本次评价指标选取的可行性。

2) 依据前述研究成果,淳化县当下的首要任务是通过引进有效的水资源开发利用手段,加快完成对规划水源工程的建设,确保其在规划期内发挥作

用,解决区域供需不协调的问题;其次,淳化县水资源短缺是一个始终困扰决策者的难题,要想依靠有限的水资源条件在“一带一路”和西部大开发的时代背景之下抓住机遇,谋求发展,优化水资源配置、构建节水型社会已成为其必然的选择。

3) 评价结果对淳化县今后的水资源规划和水资源可持续开发利用具有一定的借鉴和参考价值,未来淳化县应当在保持适当发展速度的同时,积极加强生态环境建设,以留住绿水青山,保证人与自然的和谐健康发展。

参考文献:

- [1] COHER J E. Population, economics, environmental and culture: an introduction to humancarrying capacity [J]. Journal of Applied Ecology, 1997, 34: 1325-1333.
- [2] 惠洪河,蒋晓辉,黄强,等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 30-34.
XI Yanghe, JIANG Xiaohui, HUANG Qiang, et al. Research on evaluation index system of water resources bearing capacity[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2001, 21(1): 30-34.
- [3] 夏军,朱一中. 水资源安全的度量:水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 262-269.
XIA Jun, ZHU Yizhong. The measurement of water resources security: a study and challenge on water resources carrying capacity[J]. Journal of Natural Resources, 2002, 17(3): 262-269.
- [4] 段春青,刘昌明,陈晓楠,等. 区域水资源承载力概念及研究方法的探讨[J]. 地理学报, 2010, 65(1): 82-90.
DUAN Chunqing, LIU Changming, CHEN Xiaonan, et al. Preliminary research on regional water resources carrying capacity conception and method[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(1): 82-90.
- [5] 王友贞,施国庆,王德胜. 区域水资源承载力评价指标体系的研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(4): 597-604.
WANG Youzhen, SHI Guoqing, WANG Desheng. Study on evaluation indexes of regional water resources carrying capacity[J]. Journal of Natural Resources, 2005, 20(4): 597-604.

- [6] 王建华,翟正丽,桑学锋,等. 水资源承载力指标体系及评判准则研究[J/OL]. 水利学报, 2017, 48(9): 1023-1029.
WANG Jianhua, ZHAI Zhengli, SANG Xuefeng, et al. Study on index system and judgment criterion of water resources carrying capacity[J/OL]. Journal of Hydraulic Engineering, 2017, 48(9):1023-1029.
- [7] 高彦春,刘昌明. 区域水资源开发利用的阈限分析[J]. 水利学报,1997,(8):73-79.
GAO Yanchun, LIU Changming. Limit analysis on the development and utilization of regional water resources [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1997, (8): 73-79.
- [8] 朱一中,夏军,谈戈. 西北地区水资源承载力分析预测与评价[J]. 资源科学,2003,25(4):43-48.
ZHU Yizhong, XIA Jun, TAN Ge. Measurement and evaluation of water resources carrying capacity of northwest China[J]. Resources Science, 2003, 25(4): 43-48.
- [9] 郭靖. 承德市水资源研究及优化配置[D]. 邯郸: 河北工程大学,2009.
GUO Jing. Water resources research and optimization allocation of Chengde[D]. Handan: Hebei University of Engineering,2009.
- [10] 王学全,卢琦,李彬. 水资源承载力综合评价的RBF神经网络模型[J]. 水资源与水工程学报,2007,18(3):1-5.
WANG Xuequan, LU Qi, LI Bin. RBF neural network models for comprehensive assessment of carrying capacity of water resources[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2007,18(3):1-5.
- [11] 张永勇,夏军,王中根. 区域水资源承载力理论与方法探讨[J]. 地理科学进展,2007,26(2):126-132.
ZHANG Yongyong, XIA Jun, WANG Zhonggen. Research on regional water resources carrying capacity theory and method[J]. Progress in Geography,2007, 26(2):126-132.
- [12] 王江,李靖,魏红义,等. 基于TOPSIS法的区域水资源承载力预测评价:以陕西省关中地区为例[J]. 水土保持研究,2008,15(3):161-163.
WANG Jiang, LI Jing, WEI Hongyi, et al. The forecast evaluation of water resources carrying capacity of regional water resources based on TOPSIS model: a case study of Guanzhong region in Shaanxi province [J]. Research of Soil and Water Conservation,2008,15 (3):161-163.
- [13] 罗军刚,解建仓,阮本清. 基于熵权的水资源短缺风险模糊综合评价模型及应用[J]. 水利学报,2008,39(9):1092-1097,1104.
LUO Jungang, XIE Jiancang, RUAN Benqing. Fuzzy comprehensive assessment model for water shortage risk based on entropy weight[J]. Journal of Hydraulic Engineering,2008,39(9):1092-1097,1104.
- [14] 戴明宏,王腊春,魏兴萍. 基于熵权的模糊综合评价模型的广西水资源承载力空间分异研究[J]. 水土保持研究,2016,23(1):193-199.
DAI Minghong, WANG Lachun, WEI Xingping. Spatial difference of water resource carrying capacity of Guangxi using fussy comprehensive evaluation model based on entropy weight method[J]. Research of Soil and Water Conservation,2016,23(1):193-199.
- [15] 刘晓君,付汉良. 基于变权信息熵改进TOPSIS法的水资源承载力评价:以陕西省地级城市为例[J]. 水土保持通报,2015,35(6):187-191.
LIU Xiaojun, FU Hanliang. Evaluation on water resources carrying capacity based on variable-weight and entropy-weight methods with improved TOPSIS: a case study of prefecture cities in Shaanxi province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2015,35(6): 187-191.
- [16] 闵庆文,余卫东,张建新. 区域水资源承载力的模糊综合评价分析方法及应用[J]. 水土保持研究,2004,11(3):14-16,129.
MIN Qingwen, YU Weidong, ZHANG Jianxin. Fuzzy-based evaluation of water resources carrying capacity and its application[J]. Research of Soil and Water Conservation,2004,11(3):14-16,129.
- [17] HWANG C L, YOON K. Methods for multiple attribute decision making [M]. Berlin: Springer Press, 1981: 58-191.
- [18] 屈小娥. 陕西省水资源承载力综合评价研究[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(2):91-97.
QU Xiaoe. Comprehensive evaluation of water resources carrying capacity in Shaanxi province [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017,31(2):91-97.
- [19] MOODY J, DARKEN C J. Fast learning in networks of locally-tuned processing units[J]. Neural computation, 1989, 1(2): 281-294.
- [20] 邵金花,刘贤赵. 烟台市水资源承载力的RBF神经网络评价法[J]. 水土保持研究,2007,14(6):115-117,121.
SHAO Jinhua, LIU Xianzhao. Comprehensive evaluation on water resources carrying capacity in Yantai city based on radial basis function neural network[J]. Research of Soil and Water Conservation,2007,14(6): 115-117,121.