

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2021.04.010

基于熵权物元模型的长三角幸福河层次评价

王子悦,徐 慧,黄丹姿,周 惟

(河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要:将幸福河概念与长江三角洲区域一体化发展战略相结合,基于自然、人类社会、人水关系 3 个系统构建了包含 24 个指标的长三角幸福河层次评价指标体系;引入需求层次理论,以基础 I 层次、基础 II 层次、提升 I 层次、提升 II 层次、幸福层次 5 个层次作为幸福河的层次评价等级,运用熵权物元模型,建立了长三角幸福河层次评价模型,并对 2018 年长三角三省一市幸福河层次等级进行了评价。结果表明,三省一市均处于转化中的中间状态,其中江苏省向提升 I 层次转化,浙江省、安徽省向提升 II 层次转化,上海市向幸福层次转化,说明区域整体幸福河层次处于较高水平,但稳定性较差。

关键词:幸福河;需求层次理论;熵权;物元模型;长三角

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2021)04-0069-06

Hierarchy evaluation of Happy River in the Yangtze River Delta based on entropy weight and matter element model// WANG Ziyue, XU Hui, HUANG Danzi, ZHOU Wei (College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Combining the concept of Happy River with the regional integration development strategy of the Yangtze River Delta, a hierarchy evaluation system of Happy River in the Yangtze River Delta including 24 indicators was established from natural system, human social system and human-water relationship system. Introducing the hierarchy of needs theory, the hierarchy evaluation level of Happy River was divided into Basic I, Basic II, Upgrade I, Upgrade II, and Happiness level. Entropy weight and matter element method was utilized to build the hierarchy evaluation model of Happy River in the Yangtze River Delta and the Happy River's level of three provinces and one city in the Yangtze River Delta in 2018 was evaluated. The results show that three provinces and one city are all in intermediate state of transformation. Among them, Jiangsu Province is transforming to Upgrade I level, Zhejiang Province and Anhui Province are transforming to Upgrade II level, and Shanghai City is transforming to Happiness level. The results illustrate that the overall level of Happy River in the region is at a relatively high level, but the stability is poor.

Key words: Happy River; hierarchy of needs theory; entropy weight; matter element model; Yangtze River Delta

随着时代的发展,人们对水的理解和认识不断加深,人类社会对水资源的需求层次也不断提高。2019 年 9 月 18 日,习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上,发出了“让黄河成为造福人民的幸福河”的号召,第一次提出了“幸福河”这个新名词,为新时代生态文明条件下的黄河流域治理与发展提出了新的目标和方向。

认真学习领会习近平总书记重要讲话精神时,应明确幸福河不仅仅是黄河流域治理发展的目标,更是新时代水利事业发展的基本要求。要深刻理解

幸福河的内涵特性,科学建立幸福河评价指标体系方法,努力使每条河流、每个流域都成为造福于人类的“幸福河”。

2019 年 12 月 1 日,中共中央、国务院印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》,正式将长江三角洲区域(以下简称“长三角”)一体化发展上升为国家战略,其中提出强化生态环境共保联治,强调对长三角水环境水生态的协同保护治理。本文将幸福河的概念及评价应用与长三角一体化发展战略相结合,为丰富幸福河相关研究、推动长三角生态绿色

基金项目:江苏水利科技项目(2017045);国家重点研发计划(2016YFC0401502)

作者简介:王子悦(1996—),男,硕士研究生,研究方向为流域人文地理。E-mail: ziyue0822@163.com

通信作者:徐慧(1969—),女,副教授,博士,主要从事水生态及景观规划、水土资源综合利用与保护研究。E-mail: njxh@hhu.edu.cn

一体化发展提供参考。

1 幸福河的内涵

1.1 幸福河的概念

幸福河是基于新时代生态文明框架提出的一个新概念,目前相关研究尚少,还需进一步深入挖掘其内涵特性。左其亭等^[1]从水安全、水资源、水生态角度,认为幸福河是保持河流生态系统的自然结构和功能,持续满足人类社会合理需求,且实现人与河流和谐相处的河流,并提出了其特性和判断准则;陈茂山等^[2]从洪水有效防御、供水安全可靠、水生态健康、水环境良好、流域高质量发展及水文化传承6个方面阐述了幸福河的内涵,并初步建立了幸福河评价指标体系;韩宇平等^[3]构建了包含流域自然属性、社会经济属性、人水和谐关系3个方面的幸福河评价指标体系,采用模糊综合评价法对黄河流域进行了评价。

笔者认为,幸福河是以河流为中心的流域多功能性的集中体现,是自然系统与人类需求实现共同、协调、高质量发展的流域系统。幸福河的研究对象是流域系统,包含了流域内一切的自然要素、人类社会要素,以及由它们相互作用产生的人水关系要素。幸福河要关注到整个流域,并建立在山水林田湖草的生命共同体和人与自然的命运共同体上,体现其协调综合性和人水耦合性。它是人-水系统可持续发展的结果,是人类幸福感对流域多功能性建设导向的一种体现。

1.2 引入需求层次理论的幸福河内涵

“幸福”是一个主观性很强的概念,它很难直接用某一普适的指标体系来衡量,自古以来一直是人类思考和讨论的重要话题之一。马斯洛在需求层次理论中提出,不同层次的需求和满意度决定着幸福的层次^[4]。马斯洛的需求层次理论认为,人们从低到高有5个基本需求层次:生理需求、安全需求、归属(社交)需求、尊重需求、自我实现需求^[5]。

目前在水利领域相关工作的研究实践中,对需求层次理论的应用尚较少。韩宇平等^[3]依据需求层次理论将幸福河指数划分为基本需求、发展需求、和谐需求3个层次。钟华平^[6]根据马斯洛需求层次理论,提出了水资源管理需求的5个相应层次,即取水管理、供水管理、需水管理、智水管理和绿水管理。李华斌等^[7]结合马斯洛需求层次理论,将综合治水需求划分为3个层次:基本需求、中级需求和高级需求。

将需求层次理论引入幸福河的相关研究,可以将马斯洛提出的5个层次作为幸福河评价的基础框

架,建立幸福河层次等级,对流域内自然、社会、人水关系要素与各层次等级的契合程度进行评价,其中生理需求、安全需求可对应2个基础层次,即表现为流域自然环境基础良好、人民生活富裕、水资源开发利用基本合理;归属需求、尊重需求可对应2个提升层次,即流域生态环境优越、社会经济发展及人民生活水平不断提高、水资源的规划管理利用合理科学;自我实现需求可对应幸福层次,即流域生态景观功能良好实现、社会经济与生活质量实现可持续发展、人水关系和谐协调发展。因此,本文建立包含自然、人类社会、人水关系3个系统的评价指标体系,并结合需求层次理论,以基础Ⅰ层次、基础Ⅱ层次、提升Ⅰ层次、提升Ⅱ层次、幸福层次5个层次作为幸福河的层次评价等级。

2 研究区概况

根据《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》,长三角位于中国东部,包括江苏省、上海市、浙江省和安徽省,面积35.8万km²,属亚热带季风气候,温和湿润,但水资源时空分布极不均匀。长三角是中国河网密度最高的地区,水环境良好,多年平均当地水资源量为537.79亿m³,水资源丰富。同时,长三角也是中国经济发展最快、开放程度最高、创新能力最强的地区之一,总体城市化水平高,人口密集,因此也造成了水资源人均占有量低,部分流域水污染严重等问题,水资源形势严峻。

本文采用的数据来自2018年上海市、江苏省、浙江省、安徽省三省一市的水资源公报、水利年鉴、统计年鉴等资料。

3 研究方法

3.1 评价指标体系构建

关于幸福河相关评价指标的选取,目前还没有统一公认的标准。本文根据前文对幸福河概念的分析,参照目前比较成熟的全国重要河湖健康评估标准、黄河流域幸福河层次评价^[3]、水资源开发利用综合评价^[8]、水环境安全评价^[9]、水资源系统评价^[10]、长三角绿色发展评价^[11]等评价指标体系,从中选取部分合适的指标,结合长三角三省一市实际情况和专家学者的建议,遵照科学实用、数据完整可获得的原则,基于自然、人类社会和人水关系3个系统构建了包含24个指标的幸福河层次评价指标体系如图1所示,其中C₅、C₁₀、C₁₁、C₁₃、C₁₆、C₂₁、C₂₂、C₂₃等8个指标为逆向指标,其他均为正向指标。采用熵权法计算各指标的熵值作为权重(图1括号中数据)。

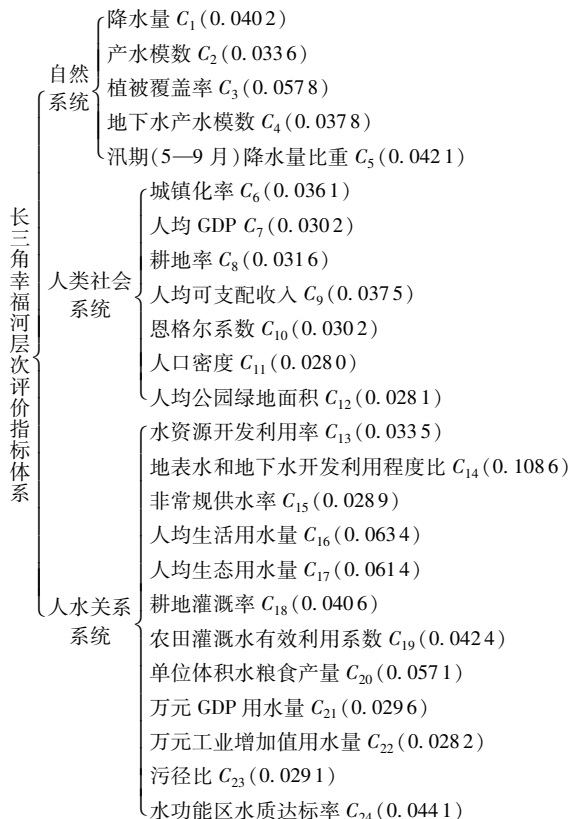


图1 长三角幸福河层次评价指标体系及权重

Fig.1 Hierarchy evaluation index system and weight of Happy River in the Yangtze River Delta

3.2 熵权法

本文采用熵权法计算评价指标权重。熵权法是一种客观的赋权方法,尽可能避免了人为主观性的干扰,能更好反映指标熵值的效用价值^[12]。计算权重时需要对各评价指标的数据进行归一化处理,对于正、负向指标,分别采用以下公式进行归一化:

$$b_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{imin}}{x_{imax} - x_{imin}} \quad (1)$$

$$b_{ij} = \frac{x_{imax} - x_{ij}}{x_{imax} - x_{imin}} \quad (2)$$

式中: x_{ij} 为评价对象 j 评价指标 i 的值; b_{ij} 是归一化后的指标值; x_{imin} 、 x_{imax} 分别为评价指标 i 的最小和最大值。

根据熵的定义,评价对象 j 评价指标 i 的熵值为

$$H_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

其中

$$f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{k=1}^n b_{ik}}$$

式中: b_{ik} 为评价对象 k 评价指标 i 的值; m 为评价指标总数; n 为待评价对象总数。

评价指标 i 的权重 w_i 为

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (4)$$

3.3 物元模型

物元模型由我国学者蔡文教授于20世纪80年代初提出,主要用于解决不相容的复杂问题,适用于多因子综合评价^[13]。该方法可以全面综合各个因素的全部信息,通过定量的数值来表达评价的结果^[14],同时可反映评价结果的中间转化状态,使得评价结果更具科学性。幸福河的概念具有模糊性,其评价涉及的指标较多,且具有不相容性,因此根据物元分析法可以构建幸福河评价物元模型。物元模型的具体计算过程较繁琐^[15],本文仅列出最终的关联函数及关联度的计算方法。

关联函数 $k(x)$ 定义为

$$k(x) = \begin{cases} \frac{-\rho(x, X)}{|X|} & x \in X \\ \frac{\rho(x, X_p)}{\rho(x, X_p) - \rho(x, X)} & x \notin X \end{cases} \quad (5)$$

其中

$$\rho(x, X) = \left| x - \frac{1}{2}(a + b) \right| - \frac{1}{2}(b - a)$$

$$\rho(x, X_p) = \left| x - \frac{1}{2}(a_p + b_p) \right| - \frac{1}{2}(b_p - a_p)$$

式中: $|X|$ 为区间 X 的长度; x 、 X 、 X_p 为待评物元的量值、经典域物元的量值区间和节域物元的量值区间; a 、 b 分别为区间 X 的左、右端点值; a_p 、 b_p 分别为区间 X_p 的左、右端点值。

评价对象 j 关于等级 z 的综合关联度 K_{sj} 为

$$K_{sj} = \sum_{i=1}^m w_i k_z(x_i) \quad (6)$$

式中 $k_z(x_i)$ 为评价对象 j 评价指标 i 关于等级 z 的关联度。

若 $k_u(x_i) = \max_k k_i(x_i)$,则评价对象 j 评价指标 i 属于等级 u ;若 $K_{ij} = \max K_{sj}$,则待评对象 j 属于等级 v 。对于关联度 K ,当 $K \geq 1$ 时,表示评价对象超过标准对象的上限,数值越大,说明其在该等级中越稳定;当 $0 \leq K < 1$ 时,表示评价对象符合标准要求,数值越大,越接近标准的上限;当 $-1 \leq K < 0$ 时,表示评价对象不符合标准要求,但具备转化为标准对象的条件,且数值越大,越容易转化;当 $K < -1$ 时,表示评价对象不符合标准要求,又不具备转化成该标准的条件。

3.4 经典域、节域和待评物元的确定

将前文划分的基础I层次、基础II层次、提升I层次、提升II层次、幸福层次5个层次,采用I级、II级、III级、IV级、V级5个等级表示,依据幸福河各层次的内涵,结合相关研究成果、专家学者建议和长三角实际情况,对各评价指标等级进行量化分级,构建长三角幸福河层次评价的经典域物元矩阵 R_e 及节

域物元矩阵 R_p 如表 1 所示。

根据获得的各评价指标数据,得到待评物元矩阵 R_j 如表 2 所示。

4 结果与分析

4.1 评价结果

将待评物元代入相应公式,即可得到对应的指标关联度。以江苏省降水量指标 C_1 为例,将 $C_1 = 1088.1\text{ mm}$ 代入式(6),得到该评价指标对应每个等级的关联度: $k_1(C_1) = -0.2881$ 、 $k_2(C_1) = -0.1101$ 、 $k_3(C_1) = 0.4405$ 、 $k_4(C_1) = -0.1358$ 、

$k_5(C_1) = -0.3046$,其中 $k_3(C_1)$ 最大,可以判定江苏省该指标属于Ⅲ级,即提升 I 层次。同理可计算出其他评价指标及其他省市相应评价指标的对应等级结果,如表 3 所示。

将图 1 中各评价指标权重分别代入式(9),可计算得到所有指标的综合关联度。以江苏省为例,每个层次对应的综合关联度为: $K_{1\text{江苏}} = -0.4485$ 、 $K_{2\text{江苏}} = -0.2720$ 、 $K_{3\text{江苏}} = -0.1090$ 、 $K_{4\text{江苏}} = -0.2903$ 、 $K_{5\text{江苏}} = -0.4593$,其中 $K_{3\text{江苏}}$ 最大,由此可判断江苏省幸福河层次等级为Ⅲ级,即提升 I 层

表 3 长三角幸福河层次评价指标等级

表 1 长三角幸福河层次评价经典域物元矩阵 R_c 与节域物元矩阵 R_p 元素的值

Table 1 The elements' values of classical domain matrix R_c and nodal domain matrix R_p of hierarchy evaluation of Happy River in the Yangtze River Delta

等级与节域	C_1/mm	$C_2/(\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$C_3/\%$	$C_4/(\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$C_5/\%$	$C_6/\%$	$C_7/\text{万元}$	$C_8/\%$
I	(0,800)	(0,40)	(0,15)	(0,10)	(75,100)	(0,30)	(0,4)	(0,40)
II	[800,1000)	[40,60)	[15,30)	[10,15)	(60,75]	[30,50)	[4,6)	[40,50)
III	[1000,1200)	[60,80)	[30,40)	[15,20)	(45,60]	[50,65)	[6,8)	[50,60)
IV	[1200,1400)	[80,100)	[40,50)	[20,25)	(30,45]	[65,80)	[8,10)	[60,70)
V	[1400,1800]	[100,120]	[50,90]	[25,50]	[20,30]	[80,100)	[10,20]	[70,90]
节域	(0,1800]	(0,120]	(0,90]	(0,50]	[20,100)	(0,100)	(0,20]	(0,90]
等级与节域	$C_9/\text{万元}$	C_{10}	$C_{11}/(\text{人} \cdot \text{km}^{-2})$	C_{12}/m^2	$C_{13}/\%$	C_{14}	$C_{15}/\%$	$C_{16}/(\text{L} \cdot \text{d}^{-1})$
I	(0,2)	(50,100)	(2000,5000]	(0,5)	(100,200]	(0,10)	[0,1)	(300,500]
II	[2,3)	(40,50]	(1000,2000]	[5,10)	(70,100]	[10,20)	[1,2)	(200,300]
III	[3,4)	(30,40]	(600,1000]	[10,15)	(50,70]	[20,50)	[2,3)	(150,200]
IV	[4,5)	(25,30]	(200,600]	[15,20)	(20,50]	[50,100)	[3,5)	(100,150]
V	[5,10]	(0,25]	(0,200]	[20,50]	(0,20]	[100,1200]	[5,10]	(0,100]
节域	(0,10]	(0,100)	(0,5000]	(0,50]	(0,200]	(0,1200]	[0,10]	(0,500]
等级与节域	$C_{17}/(\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1})$	$C_{18}/\%$	C_{19}	$C_{20}/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	C_{21}/m^3	C_{22}/m^3	$C_{23}/\%$	$C_{24}/\%$
I	(0,1)	(0,30)	(0,0.4)	(0,0.5)	(80,100]	(80,100]	(50,100]	(0,50)
II	[1,3)	[30,50)	[0.4,0.5)	[0.5,1)	(60,80]	(60,80]	(25,50]	[50,70)
III	[3,6)	[50,60)	[0.5,0.6)	[1,2)	(40,60]	(40,60]	(10,25]	[70,80)
IV	[6,10)	[60,80)	[0.6,0.7)	[2,3)	(20,40]	(20,40]	(5,10]	[80,90)
V	[10,20]	[80,100]	[0.7,1]	[3,5]	(0,20]	(0,20]	(0,5]	[90,100]
节域	(0,20]	(0,100]	(0,1]	(0,5]	(0,100]	(0,100]	(0,100]	(0,100]

表 2 长三角幸福河层次评价待评物元矩阵 R_j 元素的值

Table 2 The elements' values of evaluation matrix R_j of hierarchy evaluation of Happy River in the Yangtze River Delta

待评物元	C_1/mm	$C_2/(\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$C_3/\%$	$C_4/(\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$C_5/\%$	$C_6/\%$	$C_7/\text{万元}$	$C_8/\%$
江苏	1088.1	37.1	23.2	11.16	63.1	69.61	11.52	70.15
上海	1266.6	61.0	16.9	15.17	54.9	88.10	13.50	45.00
浙江	1640.3	83.5	61.2	20.28	59.0	68.90	9.86	20.26
安徽	1314.7	59.7	28.7	14.54	61.1	54.69	4.70	62.59
待评物元	$C_9/\text{万元}$	C_{10}	$C_{11}/(\text{人} \cdot \text{km}^{-2})$	C_{12}/m^2	$C_{13}/\%$	C_{14}	$C_{15}/\%$	$C_{16}/(\text{L} \cdot \text{d}^{-1})$
江苏	3.81	26.1	751	14.66	121.62	24.39	2.1	214
上海	6.42	24.8	3823	8.49	196.87	1143.86	0	120
浙江	4.58	27.8	473	13.73	20.06	53.68	1.5	204
安徽	2.51	31.9	451	14.67	34.20	2.24	1.6	191
待评物元	$C_{17}/(\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1})$	$C_{18}/\%$	C_{19}	$C_{20}/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	C_{21}/m^3	C_{22}/m^3	$C_{23}/\%$	$C_{24}/\%$
江苏	3.1	55.58	0.612	1.34	49.7	34.2	21.26	85.1
上海	3.3	65.97	0.737	0.63	23.0	40.0	71.75	79.2
浙江	11.0	67.42	0.597	0.88	30.9	30.9	0.05	89.1
安徽	10.6	51.74	0.538	2.77	95.2	78.1	0.05	81.1

Table 3 The index level of hierarchy evaluation of Happy River in the Yangtze River Delta

待评物元	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
江苏	Ⅲ	I	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	V	V	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ
上海	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	V	V	Ⅱ	V	Ⅳ	I	Ⅱ
浙江	V	Ⅳ	V	Ⅳ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅳ	I	Ⅳ	Ⅲ	V	Ⅲ
安徽	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅳ	V	Ⅲ

待评物元	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{18}	C_{19}	C_{20}	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}
江苏	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ
上海	I	V	I	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	V	Ⅱ	V	Ⅳ	I	Ⅲ
浙江	V	Ⅳ	Ⅱ	Ⅲ	V	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	V	Ⅳ
安徽	V	I	Ⅱ	Ⅳ	V	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	I	I	V	Ⅳ

次,但由于 $K_{3江苏} < 0$,因此最终评价结果为“向Ⅲ级(提升I层次)转化”。同理可得到其他省市幸福河层次评价结果如表4所示。

表4 长三角幸福河综合关联度与评价结果

Table 4 Comprehensive correlative degree and evaluation results of Happy River in the Yangtze River Delta

等级	$K_{\pm江苏}$	$K_{\pm上海}$	$K_{\pm浙江}$	$K_{\pm安徽}$
I	-0.4485	-0.5320	-0.5214	-0.3983
Ⅱ	-0.2720	-0.3883	-0.4287	-0.3407
Ⅲ	-0.1090	-0.4355	-0.3098	-0.3250
Ⅳ	-0.2903	-0.4565	-0.2247	-0.3206
V	-0.4593	-0.3844	-0.3140	-0.4685
评价结果	向Ⅲ级转化	向V级转化	向Ⅳ级转化	向Ⅳ级转化

4.2 长三角幸福河层次总体分析

依据表4的评价结果,可得到以下结论:

a. 2018年长三角三省一市的幸福河层次均位于向提升I、Ⅱ和幸福层次转化的状态,整体处于中高水平,上海市在向最高的幸福层次转化。

b. 长三角三省一市的综合关联度均在-1到0之间,说明它们均处于向某个层次转化的中间状态,整体稳定性较差,对外界的干扰比较敏感。

c. 江苏省的最高综合关联度最高,且最接近于0,其次依次为浙江省、安徽省、上海市,说明江苏省最容易转化为最高关联度对应的提升I层次,而浙江省、安徽省、上海市转化为对应层次的难度依次增加。

d. 从三省一市自身相对于5个层次的关联度来看,江苏省的最高综合关联度与次高综合关联度之间的差距最大,说明若无高权重指标值的大幅变化,其幸福河层次能较稳定地处于向提升I层次转化的过程中,而其余三省市自身最高与次高综合关联度之间的差距较小,说明向各自最高综合关联度对应层次的转化较不稳定,也易转化为次高综合关联度对应的层次,需要注意对限制因子的改良,从而稳定或提高其幸福河层次。

4.3 长三角幸福河层次指标分析

从图1中各评价指标的权重可见,地表水和地下水开发利用程度比(C_{14})、人均生活用水量(C_{16})、

人均生态用水量(C_{17})、森林覆盖率(C_3)、单位体积水粮食产量(C_{20})等指标权重较大,是长三角三省一市幸福河层次差异的主要影响因素,而对于每个省市,结合表4各评价指标的等级,可见影响其等级和稳定性的主要限制因子又不尽相同。

对于江苏省,其主要限制因子为 C_3 、 C_{16} 。由于江苏省以平原为主,森林资源偏少,且由于历史原因区域发展不均衡,苏南地区工业化、城市化率高,经济发达,人口众多,苏中苏北地区以农业经济为主,是我国重要的农业区。相对发达的工农业和地区间不平衡的发展状态,造成全省整体生态压力较大,人水和谐建设水平有待提高,因此幸福河层次较稳定地处于向中等水平的提升I层次转化的过程中。

对于上海市,主要限制因子为 C_{16} 、 C_{17} 、 C_3 、 C_{20} 。上海市位于长江入海口的冲积平原,面积狭小,造成植被资源和水资源总量偏少,生态压力大,且不能满足用水需求;上海城市化率极高,人口众多,且经济以第二、三产业为主,因此造成水资源开发利用程度高,污染负荷大,人水关系协调难度大。极其发达的社会经济支撑着上海市幸福河层次,虽向最高的幸福层次转化,但限制因子较多,很不稳定。

对于浙江省,主要限制因子为 C_{16} 、 C_{20} 。浙江省多山地丘陵,整体自然生态条件较好,多形成小流域,但崎岖的地形造成了较多阻断,不利于城乡供水综合优化治理和大规模农业发展。而有利的自然环境、较发达的社会经济水平和不断提升的人水和谐理念,使得浙江省幸福河层次向中高水平的提升Ⅱ层次转化。

对于安徽省,主要限制因子为 C_{14} 、 C_3 。安徽省是长三角唯一处于内陆的省区,植被资源与地表水资源均偏少,且社会经济发展水平偏弱,农业经济比重较大,是我国的重要产粮区,耕地面积大,农业用水量大。这种较不利的自然经济条件及水资源利用方式,使得安徽省幸福河层次向提升Ⅱ层次的转化极不稳定。

5 结 语

本文旨在将幸福河的概念及应用与长三角一体化发展战略相结合,通过对长三角幸福河层次的评价,可以充分认识区域内三省一市的发展现状与生态优势,助力长三角生态绿色一体化发展精准取长补短,推进水生态水环境协同防治,整合绿色发展的生态基础,实现生态效益向发展效益的转化,在保证经济社会高质量发展的同时,守好生态绿色的底线。应用熵权物元模型对长三角幸福河层次进行了评价,对每个指标评定了等级,评价结果也能反映对象所处等级的稳定状态,包含的信息更加丰富,克服了幸福河概念的模糊性和单个指标结果的不相容性,同时尽可能避免主观不确定性,评价结果是相对可靠的,可为长三角地区河湖综合保护治理与幸福河建设工作提供参考。

参考文献:

- [1] 左其亭,郝明辉,马军霞,等.幸福河的概念、内涵及判断准则[J].人民黄河,2020,42(1):1-5. (ZUO Qiting, HAO Minghui, MA Junxia, et al. Happy river: the concept, connotation and judgement criteria [J]. Yellow River, 2020, 42(1): 1-5. (in Chinese))
- [2] 陈茂山,王建平,乔根平.关于“幸福河”内涵及评价指标体系的认识与思考[J].水利发展研究,2020,20(1):3-5. (CHEN Maoshan, WANG Jianping, QIAO Genping. Understanding and thinking on the connotation and evaluation index system of “Happy River” [J]. Water Resource Development Research, 2020, 20(1): 3-5. (in Chinese))
- [3] 韩宇平,夏帆.基于需求层次论的幸福河评价[J].南水北调与水利科技(中英文),2020,18(4):1-7. (HAN Yuping, XIA Fan. Evaluation of happy river based on hierarchy of needs theory [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2020, 18(4): 1-7. (in Chinese))
- [4] 向玉乔.马斯洛的人本主义幸福观探析[J].贵州师范大学学报(社会科学版),2010(3):1-5. (XIANG Yujiao. On Maslow's humanistic view of happiness [J]. Journal of Guizhou Normal University (Social Science), 2010(3): 1-5. (in Chinese))
- [5] 马斯洛.动机与人格[M].许金声,译.北京:中国人民大学出版社,2007.
- [6] 钟华平.基于马斯洛需求层次理论的水资源管理探讨[J].中国水利,2018(1):35-37. (ZHONG Huaping. Water resources management based on Maslow's hierarchy of needs [J]. China Water Resources, 2018(1): 35-37. (in Chinese))
- [7] 李华斌,王银龙.马斯洛需求层次理论在综合治水工作中的应用[J].浙江水利科技,2019,47(4):14-16. (LI

Huabin, WANG Yinlong. Applying Maslow's hierarchy of needs to comprehensive water regulation and management [J]. Zhejiang Hydrotechnics, 2019, 47(4): 14-16. (in Chinese))

- [8] 来海亮,汪党献,吴涤非.水资源及其开发利用综合评价指标体系[J].水科学进展,2006(1):95-101. (LAI Hailiang, WANG Dangxian, WU Difei. Comprehensive assessment indicator system for water resources and its development and use [J]. Advances in Water Science, 2006(1): 95-101. (in Chinese))
- [9] 何月峰,沈海萍,冯晓飞,等.基于压力-状态-响应模型和“五水共治”决策的浙江省水环境安全评价[J].水资源保护,2016,32(6):104-109. (HE Yuefeng, SHEN Haiping, FENG Xiaofei, et al. Assessment of water environmental security in Zhejiang Province based on PSR model and policy of co-governance of five water categories [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(6): 104-109. (in Chinese))
- [10] 郑德凤,张雨,魏秋蕊,等.基于可持续能力和协调状态的水资源系统评价方法探讨[J].水资源保护,2016,32(3):24-32. (ZHENG Defeng, ZHANG Yu, WEI Qiurui, et al. Study of method for evaluation of water resources system based on sustainability and coordinated condition [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(3): 24-32. (in Chinese))
- [11] 张婕,吴寿敏,张云.长三角城市群绿色发展水平测度与分析[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2020,22(4):53-60. (ZHANG Jie, WU Shoumin, ZHANG Yun. Measurement and analysis of green development level of Yangtze River delta urban agglomeration [J]. Journal of Hohai University (Philosophy and Social Sciences), 2020, 22(4): 53-60. (in Chinese))
- [12] 张志君,陈伏龙,龙爱华,等.基于模糊集对分析法的新疆水资源安全评价[J].水资源保护,2020,36(2):53-58. (ZHANG Zhijun, CHEN Fulong, LONG Aihua, et al. Xinjiang water resources security evaluation based on fuzzy set pair analysis [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(2): 53-58. (in Chinese))
- [13] 蔡文.物元模型及其应用[M].北京:科学出版社,1994.
- [14] 赵衡,闫旭,王富强,等.基于PSR模型的三门峡库区湿地生态系统健康评价[J].水资源保护,2020,36(4):21-25. (ZHAO Heng, YAN Xu, WANG Fuqiang, et al. Assessment on ecosystem health of Sanmenxia Reservoir wetland based on PSR model [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(4): 21-25. (in Chinese))
- [15] 斯嵩,任继海,杜关记,等.基于物元可拓模型的天津浅层地下水水质评价[J].水资源保护,2015,31(2):15-19. (SI Ai, REN Jihai, DU Guanji, et al. Evaluation on shallow groundwater quality in Tianjin areas based on matter-element extension model [J]. Water Resources Protection, 2015, 31(2): 15-19. (in Chinese))

(收稿日期:2020-07-28 编辑:熊水斌)