

DOI: 10.20103/j.stxb.202303040397

于佳睿, 孙璐娜, 刘慕义, 王 帅, 刘焱序. 基于农户感知的黄河下游人-水关系结构分析. 生态学报, 2024, 44(1): 183-195.

Yu J R, Sun L N, Liu M Y, Wang S, Liu Y X. Analysis of human-water relationship structure in the lower reaches of Yellow River Basin based on farmers' perception. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(1): 183-195.

基于农户感知的黄河下游人-水关系结构分析

于佳睿, 孙璐娜, 刘慕义, 王 帅, 刘焱序*

北京师范大学地理科学学部 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875

摘要: 人-水关系研究是社会-生态系统研究的重要领域。识别黄河下游农户对人-水关系的感知及其影响因素, 对黄河下游因人施策开展生态保护与高质量发展政策调控具有重要作用。但已有研究多从区域水资源、水环境、水文化等某一种或几种关系开展居民感知调查及归因, 忽视了人-水关系之间结构化的相互影响机制。基于对黄河下游山东省 10 个县的农户发放的 1651 份问卷, 经过验证性因子分析后, 最终引入水资源与生态关系、水文化与旅游关系、居住地生态功能、河口湿地功能、文化旅游功能五个潜变量, 建立结构方程模型发现: 农户对水资源与生态关系的认识正向影响其对居住地生态功能和河口湿地功能的评估, 农户对水文化与旅游关系的认识正向影响其对居住地生态功能、河口湿地功能和文化旅游功能的评估。研究结果通过基于农户感知刻画人-水关系结构, 揭示人-水系统功能认知的影响机制, 有助于为黄河下游地区生态保护和乡村振兴提供决策参考。

关键词: 黄河下游; 人-水关系; 结构方程模型; 农户感知; 社会-生态系统

Analysis of human-water relationship structure in the lower reaches of Yellow River Basin based on farmers' perception

YU Jiarui, SUN Luna, LIU MUYI, WANG Shuai, LIU Yanxu*

State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: The study of human-water relationship is an important field of social-ecological system research. Identification of farmers' perception of human-water relationship and its influencing factors plays an important role in implementing ecological protection and high-quality development policy in accordance with human requirements in the lower reaches of the Yellow River Basin. However, the existing studies have mostly carried out residents' perception survey and attribution from one or several relationships such as regional water resources, water environment, water culture, etc., but ignore the structural interaction mechanism between human and water. Based on 1651 questionnaires distributed to farmers in 10 counties of Shandong Province in the lower reaches of the Yellow River, after the analysis of confirmatory factors, we finally introduced five latent variables: water resources and ecological relationship, water culture and tourism relationship, residential ecological function, estuarine wetland function, and cultural tourism function, and established a structural equation model. It found that the farmers' understanding of water resources and ecological relationship positively affected their assessment of residential ecological function and estuarine wetland function. The farmers' understanding of the relationship between water culture and tourism had positive impact on their assessment of the ecological function of their residence, the function of estuarine wetland, and the function of cultural tourism. The results revealed the influence mechanism of the function cognition of the human-water system by describing the structure of the human-water relationship based on the perception of farmers, which is helpful to provide decision-making reference for ecological protection and rural

基金项目: 国家自然科学基金项目(42041007, U2243601); 中央高校基本科研业务费专项资金资助

收稿日期: 2023-03-04; **网络出版日期:** 2023-10-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yanxuli@bnu.edu.cn

revitalization in the lower reaches of the Yellow River Basin.

Key Words: lower reaches of the Yellow River; human-water relationship; structural equation model; farmers' perception; socio-ecological system

人-水关系是指人文系统与水系统之间复杂的相互作用关系^[1]。人文系统是指以人类为中心,由与人类生存发展相关的社会发展、经济活动、科技进步等诸多因素所构成的系统^[2];水系统是指以水为中心,由水资源、生态环境等因素所构成的系统^[3]。两个系统对立统一,相互联系又相互冲突,耦成复杂的人-水系统^[1,4-5]。人-水系统是典型的社会-生态系统^[6],它的元素和过程是跨尺度连接的^[7]。人-水关系包含水资源、水环境、水文化等多种关系^[8]。对以上关系的结构化分析是理解区域人-水系统、调控区域人-水关系的核心研究内容,也是社会-生态系统研究的重要领域。

感知,是客观事物通过大脑等感官在人脑中的主观映像,是意识对内外界信息的觉察、感觉、注意、知觉的过程^[9]。在社会-生态系统研究中,可以直接从感知调查问题中提取指标,或根据调查指标之间的关系计算派生指数,开展定量分析^[10-11]。前人研究依托居民感知调查,基于生态系统服务付费等方法,通过建立人工神经网络流域多主体水生态补偿核算模型^[12]、水质净化服务供需模型等^[13-14],评估了提供水资源和净化水环境的生态系统服务价值^[12-14]。针对水文化的评估,黄越等通过 PPGIS 和半结构访谈进行调查,基于质性分析和空间分析揭示了束河古镇居民复杂感知内容及其空间特征^[15];沈啸等和张环宙等运用网络文本分析对游记、潜在狄利克雷分布主题模型评论等,分析游客对河湖景区的感知内容和影响因素,并讨论其作用机制^[16-17]。但是,已有研究多从区域水资源、水环境、水文化等某一种或几种关系开展感知调查及归因,忽视了人-水之间结构化的相互影响机制。

黄河下游地区人多水少,生活用水、农业用水主要依赖黄河,人-水矛盾突出制约着黄河下游的高质量发展^[18]。识别黄河下游农户人-水关系感知的影响机制,对黄河下游人-水和谐的政策调控具有重要作用。本研究以黄河下游研究区域,以“人-水关系”为主线,建立关系认知、功能评估、政策支持分析框架,运用结构方程模型,尝试从农户感知视角开展对人-水关系的研究,一方面在理论上基于农户感知揭示黄河下游人-水系统的要素交互影响机制,另一方面在实践中为更有效地处理好黄河下游生态保护和乡村高质量发展的关系提供参考。

1 研究区概况与数据获取

1.1 研究区概况

黄河是我国仅次于长江的第二长河,其干流河道全长 5464km,流域面积 79.5 万 km²。黄河下游是指从桃花峪至入海口的这一段,约占全长的 14%。目前,黄河下游灌区仍存在水资源浪费、节水灌溉发展不足等水资源利用问题;黄河三角洲的破碎化程度高^[19]。同时,黄河下游地区拥有深厚的文化底蕴,人文景观众多,文旅产业正在加速发展。本研究以黄河下游山东段为研究区,选取河道周边乡村开展农户调研。

1.2 数据获取

本研究结合黄河下游的特点,选择和设计农户感知与影响因素的测量表。问卷内容包括被调查者的人口统计学特征、17 个测量变量,使用李克特五级量表法进行测量,数值从小到大表示人-水关系更加紧密。研究团队在黄河下游山东段的菏泽市鄄城县、济宁市梁山县、泰安市东平县、聊城市东阿县、德州市齐河县、济南市济阳县、滨州市惠民县、淄博市高青县、东营市利津县、东营市垦利县共 10 个包含黄河河道的县开展正式调研,每个县随机选取 3—5 个镇,每个镇随机选取 1 个村进行入户调查。问卷取样点如图 1。

本研究问卷调查根据各地区之间的人口比例和误差估计确定各个地区目标样本量,并采取配额抽样的方法对总体样本按照性别、年收入等要素进行分层,确定各层单位样本数额并按照随机抽样方法选择调研对象,

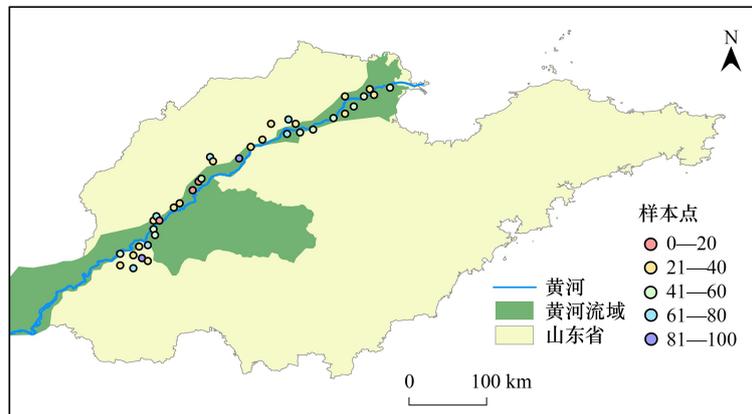


图 1 研究区与问卷样本点

Fig.1 Study area and questionnaire sample points

共回收问卷 1651 份,样本特征如表 1 所示。性别结构上,男女比例接近 1:1;年龄以 45 岁以上中老年群体为主;年收入集中在 1 万至 10 万元,且各区间比例相当;25%的受访者家庭主要依靠农业收入,75%的受访者家庭有务工、产业工资;多数家庭拥有 2 个以上劳动力;78.6%的受访者文化程度在初中及以下,仅有 9.1%的受访者在未来有迁居计划。

表 1 黄河下游农户人-水关系感知调查的受访者人口学特征($n=1651$)Table 1 Demographic characteristics of respondents to the survey on perception of human-water relationship among farmers in the lower reaches of the Yellow River ($n=1651$)

变量 Variable	类别 Category	频数 Number of respondents	有效百分比 Valid percentage/%	变量 Variable	类别 Category	频数 Number of respondents	有效百分比 Valid percentage/%
性别 Gender	男	882	53.4	劳动力数 Number of labor force	0	42	2.5
	女	763	46.2		1	78	4.7
年龄 Age	16—25 岁	44	2.7		2	763	46.2
	26—35 岁	58	3.5		3	381	23.1
	36—45 岁	136	8.2		4	285	17.3
	46—55 岁	263	15.9		5	67	4.1
	56—65 岁	392	23.7		6	29	1.8
	66 岁以上	758	45.9		7	5	0.3
年收入 Annual income	1 万以下	74	4.5	8	1	0.1	
	1—3 万	543	32.9	文化程度 Education level	小学及以下	984	60.2
	3—6 万	508	30.8		初中	465	28.4
	6—10 万	380	23.0		高中或中专	147	9.0
10 万以上	142	8.6	大专或本科及以上		37	2.3	
收入来源 Income source	农业收入	419	25.4	迁居计划 Relocation plan	没有	1500	90.9
	务工产业	1232	74.6		有	151	9.1

2 研究方法

2.1 信度效度分析

信度分析即可靠性,采用同样的方法对同一对象重复测量,检测题项的内部一致性,以反映可信程度。Cronbach α 信度系数是最常用的信度系数,在 0.6 以下就要考虑重新编写问卷。 α 信度系数的公式为:

$$R_s = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right)$$

式中, K 为量表中题项的总数, S_i^2 为第 i 题得分的题内方差, S_T^2 为全部题项总得分的方差。

效度分析即有效性,使用测量工具能够准确表达测量指标的程度。利用因子分析测量量表的结构效度是效度分析最理想的方法。本文使用 SPSS 软件对总体样本数据进行信度、效度分析。

2.2 差异性检验

作为统计假设检验,差异显著性检验是用于检测实验中实验组与对照组之间是否有差异以及差异是否显著的办法。依据是否依赖总体参数,分为参数检验和非参数检验二者的重要区别是数据是否符合正态分布,因而首先要进行正态性检验。当数据量 >50 时,倾向于以柯尔莫戈洛夫-斯米诺夫(K-S)检验结果为准。

当数据不符合正态分布,进行差异性检验时,使用非参数检验。Mann Whitney U 检验是检验两个总体的中位数是否有显著差异,应用最为广泛的双独立总体大小关系的非参数假设检验方法之一。

2.3 测量变量评价标准

本调查共 44 题,与人-水关系相关的共 17 题。其中,八道题关于影响的问题,涉及对水资源与生态关系、对河口湿地功能、文化旅游功能的认识,按照影响大小依次为很大影响、有些影响、没影响、不知道,赋值分别为 3、2、1、0 分;三道题为关于政策的问题,涉及节水政策、黄河出海口政策、文旅政策,按照对政策的意愿分为即使略有损失也无条件支持政府、只要产量不下降就支持、心里不太支持这个政策但也可以接受、非常反对、不知道,赋值分别为 4、3、2、1、0 分;三道题为关于影响价值的问题,涉及对水文化与旅游关系、居住地生态功能的认识,分为影响价值很大、有些影响价值、没影响价值、不知道,赋值依次为 3、2、1、0 分;一道题为到访文旅景区次数,分为去过多、去过 1—2 次、没去过,赋值为 3、2、1 分;还有一道题为黄河河口湿地变化认识,分为有大幅缩小、大幅扩大、变化不大、不清楚,赋值依次为 3、2、1、0 分。

2.4 结构方程模型

2.4.1 模型假设

(1) 水资源与生态关系感知

农户对周边水环境的感知情况的研究主要集中在农户认知的内容与维度^[20-22]、农户认知差异的影响因素^[23]、农户认知与环保态度之间的作用模式^[24]等方面,对水环境与生态之间关系的认知是其中的重要内容。针对人-水关系中的水资源与生态关系认知,大量实证研究讨论了影响农户环境行为的意识性因素,例如生态环境认知^[20]、生态环境关注程度或污染程度^[21]、行动技能熟知度和农户的行为态度^[22]等。研究表明,生态环境认知对生态环境友好行为存在显著正向影响^[24]。因此,结合本文主题提出以下研究假设:

H1: 农户对水资源与生态关系的认识正向影响其对河口湿地功能评估。

(2) 水文化与旅游关系感知

文化感知是指人们在不同文化场所之下,通过自身的文化背景对客观文化环境产生感性认知的过程^[25]。文化能够间接影响认知,不同文化背景可能塑造了不同认知风格的人^[26]。旅游感知是指游客感觉和直觉的综合,而游客的感知往往涉及文化、形象、质量感知等多个方面^[27]。文化与旅游作为两个关系密切的系统,其融合是文化与旅游的“结构-功能”融合,在融合中体现了文化与旅游的关系^[28]。居民对文化与旅游关系的感知有融合和分裂之分,由于个体差异,居民可能对黄河文化与周边旅游的关系存在不同感知,进而影响其生态环境管理行为^[29]。已有研究对游客感知和行为意愿的路径关系进行了检验^[30],但农户感知下的文化与旅游关系研究相对少见。因此,结合本文主题提出以下研究假设:

H2: 农户对水文化与旅游关系的认识正向影响其对居住地生态功能评估。

(3) 河口湿地功能评估

Noe 等认为人在一定的社会文化背景下,通过感知赋予景观价值^[31]。作为一种独特的“半水半陆”景观,河口湿地在气候、资源、旅游、经济等方面对于人类都有不同程度的影响,对于碳收支、气候变化等方面都要重

要影响^[32]。农户对湿地景观的功能感知并非都集中在生态功能方面,河口湿地功能评估需要考虑到景观的社会文化属性^[33]。因此,结合本文主题提出以下研究假设:

H3:农户对水文化与旅游关系的感知正向影响其对河口湿地功能的评估。

(4) 居住地生态功能评估

生态系统所体现的各种功效或作用被称为生态系统功能。在本文中,生态系统功能是从经济学领域来定义的,这个功能主要体现在对人类的功能,即直接或间接为人类提供产品和服务来满足人类需求^[34-35]。有研究从居民对生态环境感知认识出发,探索并构建城市生态功能评价体系^[36];也有学者将对生态功能的评估作为因变量,探究其影响因素^[37]。因此,结合本文主题提出以下研究假设:

H4:农户对水资源与生态关系的认识正向影响其对居住地生态功能评估。

(5) 文化旅游功能评估

文化旅游指的是旅游者体验旅游地文化的过程,而这也是文化旅游的重要功能之一。随着乡村振兴战略的提出,文化对于我们乡村旅游的重要性逐渐日益增高。Hatch 等^[38]曾经提出分布式认知理论(Distributed Cognition Theory),认为“个人力、地域、文化力”会综合影响个体认知活动,该理论被广泛用于农户认知活动研究^[39-40]。因此,结合本文主题提出以下研究假设:

H5:农户对水文化与旅游关系的认识正向影响其对文化旅游功能评估。

(6) 政策支持度

政策支持度在本研究中,是指黄河下游农户对节水农业政策、黄河出海口政策以及文化旅游政策的支持度。学者们从不同角度对功能区的评估能够为相关政策的制定规划提供参考^[41]。有研究将政策支持度作为因变量,对政策支持的影响因素进行了实证分析^[42]。因此,结合本文主题提出以下研究假设:

H6:农户对河口湿地功能评估正向影响其政策支持度。

H7:农户对居住地生态功能评估正向影响其政策支持度。

H8:农户对文化旅游功能评估正向影响其政策支持度。

在上述假设的基础上,运用 Amos 24.0 软件构建黄河下游人-水关系感知及其影响因素的假设模型(图 2)。

2.4.2 结构方程模型构建

在探索性因子分析的基础上,采用验证性因子分析方法对假设模型进行内在结构适配度检验。由探索性因子分析结果可知,本文的结构方程模型由 6 个潜变量(水资源与生态关系、水文化与旅游关系、居住地生态功能、河口湿地功能、文化旅游功能、政策支持度)及 17 个测量变量(RWRE-4、RWCT-2、EFH-2、EWF-3、CTF-3、DPS-3)构成。运用 Amos 软件对人-水关系感知结构方程模型的相关假设进行检验,得到路径分析结果和假设检验结果。以 P 值是否小于 0.05 以及 C.R. 的绝对值是否大于 1.96 作为标准,来判断支持或拒绝假设。

3 结果分析

3.1 信度和效度分析

由检验结果可知,Cronbach's α 系数为 0.836,表明样本数据信度很好。效度分析借助 KMO 值和 Bartlett 球形检验确定数据是否适合做因子分析。结果显示,在 Bartlett 球形检验给出卡方值为 16347.344 情况下,KMO 值为 0.673,相伴概率 Sig 为 0.000,效度可接受,表示数据适合做因子分析。

分别对沿黄农业节水的认识、对黄河河口湿地的认识、对黄河文化旅游的认识的测量指标做降维处理,同时进行方差最大正交旋转,旋转后因子载荷均大于 0.5(表 2)。影响因素的 17 个测量指标中提取出 6 个特征值大于 1 的因子,累计方差贡献率达 74.975%,分别为水资源与生态关系(RWRE)、水文化与旅游关系(RWCT)、居住地生态功能(EFH)、河口湿地功能(EWF)、文化旅游功能(CTF)、政策支持度(DPS)说明这 6 个公因子的信度和效度是可以接受的。

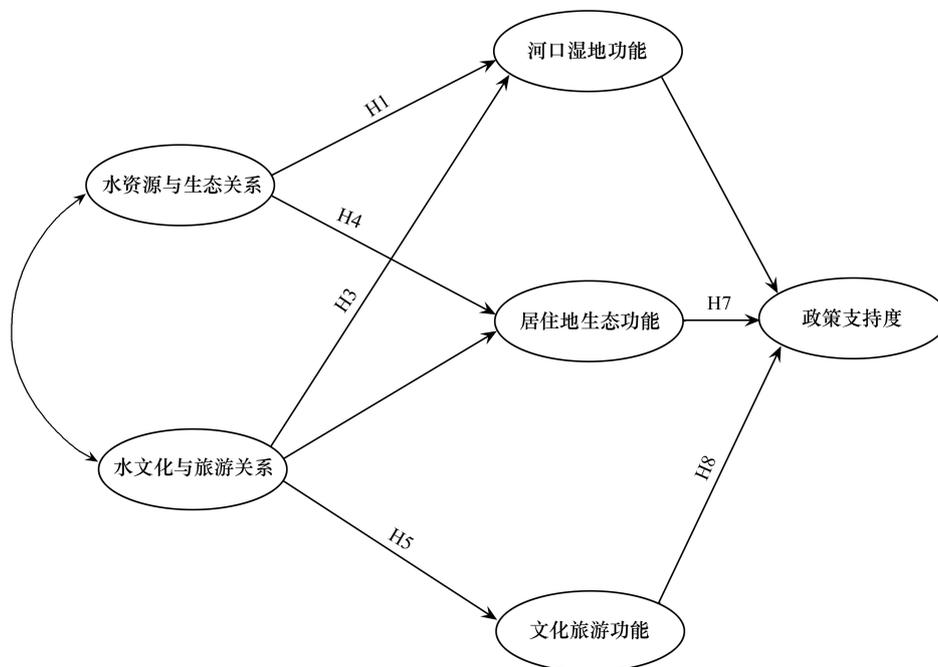


图2 黄河下游人-水关系感知及其影响因素的假设模型

Fig.2 Hypothetical model of perception of human-water relationship and its influencing factors in the lower Yellow River

H1: 农户对水资源与生态关系的认识正向影响其对河口湿地功能评估; H2: 农户对水文化与旅游关系的认识正向影响其对河口湿地功能评估; H3: 农户对水文化与旅游关系的感知正向影响其对河口湿地功能的评估; H4: 农户对水资源与生态关系的认识正向影响其对居住地生态功能评估; H5: 农户对水文化与旅游关系的认识正向影响其对文化旅游功能评估; H6: 农户对河口湿地功能评估正向影响其政策支持度; H7: 农户对居住地生态功能评估正向影响其政策支持度; H8: 农户对文化旅游功能评估正向影响其政策支持度

3.2 差异性检验结果分析

通过对水资源与生态关系、水文化与旅游关系、河口湿地功能、文化旅游功能五个变量的探索性分析,可得正态性检验结果。五组变量检验的 P 值均小于 0.05,说明这五组变量均不符合正态分布,故只能使用非参数检验。

在进行非参数检验前,先对关系感知影响下的功能感知可视化。自变量各自对应 2—4 个题目,每个题目根据影响程度或变化大小打分,由大到小依次为 4、3、2、1、0 分。0、1、2 分为人-水关系不紧密,3、4 分为人-水关系紧密。然后,根据自变量每个题目的分组情况,对因变量各个题目进行分组,计算各组的均值大小。每组关系感知对功能感知的影响分析中,选择最具代表性的组间差异呈现如图 3。从图中可以看出,在农户对水资源与生态关系的感知差异影响下,对河口湿地功能的感知有较大的差别;农户对水资源与生态关系的感知影响农户对河口湿地功能的感知;农户对水文化与旅游关系的不同感知使其对河口湿地功能的感知有所差异;农户感知的水文化与旅游关系的紧密与否,影响了农户对居住地生态功能的感知;在农户对水文化与旅游关系的感知差异影响下,对文化旅游功能的感知有较大的差别。

在使用 Mann-Whitney U 检验时,由于三个因变量的两个总体大小关系不定,因而对立假设为双侧。原假设为在自变量影响下,因变量两个总体的大小没有显著差异;对立假设为在自变量影响下,因变量两个总体的大小有明显差别。探究水资源与生态关系的影响时,河口湿地功能、居住地生态功能的显著性水平均小于 0.001,说明在 99.9% 置信水平下呈现显著性,因而拒绝原假设,即水资源与生态关系不同时,河口湿地功能和居住地生态功能均存在内部的显著差别,来自不同总体。在探究水文化与旅游关系的影响时,河口湿地功能、居住地生态功能、文化旅游功能的显著性水平也都小于 0.001,则水文化与旅游关系不同时,河口湿地功能、居住地生态功能、文化旅游功能均存在内部的显著差别。

表 2 黄河下游农户人-水关系感知探索性因子分析结果
Table 2 Exploratory factor analysis results of farmers' perception of human-water relationship in the lower reaches of the Yellow River

公因子 Common factor	题项及编号 Item and number	信度/因子载荷 Reliability/ factor loading	方差贡献率 Variance contribution rate/%	公因子 Common factor	题项及编号 Item and number	信度/因子载荷 Reliability/ factor loading	方差贡献率 Variance contribution rate/%
公因子 1: 水资源与生态关系 Common factor 1: Relationship between water resources and ecology	RWRE1: 灌溉水对生态的 影响	0.818	16.195	公因子 4: 居住地生态功能 Common factor 4: Ecological function of habitation	EFH1: 生态系统对国家的 功能	0.892	11.388
	RWRE2: 农药水对生态的 影响	0.838			EFH2: 生态系统对家庭的 功能		
	RWRE3: 灌溉水对黄河出 海口的影响	0.769			CTF1: 文旅对全县经济的 影响		
	RWRE4: 农药水对黄河出 海口的影响	0.769			CTF2: 文旅对家庭发展的 影响		
公因子 2: 水文化与旅游关系 Common factor 2: Relationship between water culture and tourism	RWCT1: 旅游与黄河文化的 关系	0.870	9.590	公因子 5: 文化旅游功能 Common factor 5: Cultural tourism function	CTF3: 文旅的宣传	0.663	13.714
	RWCT2: 到访文景区次数	0.897					
公因子 3: 河口湿地功能 Common factor 3: Estuarine wetland function	EWFF1: 黄河口对国家的 影响	0.874	14.475	公因子 6: 政策支持度 Common factor 6: Degree of policy support	DPS1: 节水农业政策	0.741	9.612
	EWFF2: 黄河口对家庭的 影响	0.858			DPS2: 黄河出海口政策		
	EWFF3: 黄河口湿地变化	0.519			DPS3: 文旅政策		

RWRE: 水资源与生态关系 Relationship between water resources and ecology; RWCT: 水文化与旅游关系 Relationship between water culture and tourism; EWF: 河口湿地功能 Estuarine wetland function; EFH: 居住地生态功能 Ecological function of habitation; CTF: 文化旅游功能 Cultural tourism function; DPS: 政策支持度 Degree of policy support

3.3 验证性因子分析

验证性因子分析结果显示,政策支持度的三个测量变量的标准化路径系数 λ 值分别为 0.23、1.30、0.23,均小于 0.5 或大于 1,说明三者并不能很好地反映对应的潜变量政策支持度,因此将此潜变量删除。删除后再次进行拟合,结果显示 EWF3 的 λ 值为 0.38,小于 0.5,说明 EWF3 不能很好地解释对应的潜变量黄河口价值,因此将此测量变量删除,得到修正后的结构方程模型 M1。随后对修正后的模型进行内在结构适配度检验。选择组合信度 (C.R.) 值和平均方差萃取值 (AVE) 作为收敛效度判断标准,结果如表 3 所示。各测量变量标准化因子载荷介于 0.525—0.981 之间,潜变量 CR 值均高于 0.7,平均方差萃取值 (AVE) 均高于 0.5,均达到建议标准,即测量变量对潜变量解释性较好,模型收敛效度较高。最后,对模型的区分效度进行检验,以各潜变量的内部相关与外部相关作为指标,结果显示各个潜变量的内部相关均高于与其他潜变量的内部相关,表示模型区分效度较高。

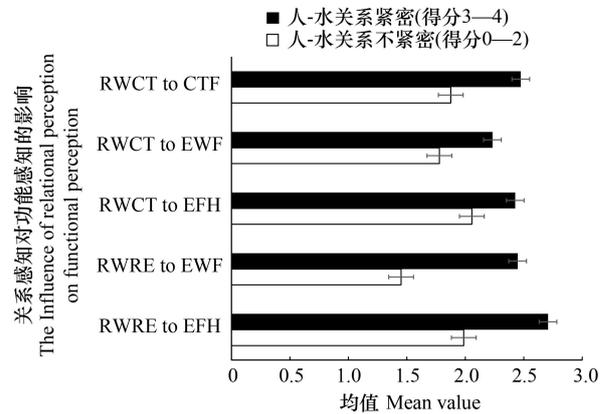


图 3 关系感知对功能感知的影响

Fig.3 Effect of relationship perception on function perception

RWRE:水资源与生态关系;RWCT:水文化与旅游关系;EWF:河口湿地功能;EFH:居住地生态功能;CTF:文化旅游功能

内部相关均高于与其他潜变量的内部相关,表示模型区分效度较高。

表 3 黄河下游农户人-水关系感知测量模型验证性因子分析

Table 3 Validation factor analysis of farmers' perception measurement model of human-water relationship in the lower reaches of the Yellow River

潜变量 Latent variable	测量变量 Measurement variable	Unstd.	S.E.	<i>t</i>	<i>P</i>	λ	C.R.	AVE
水资源与生态关系 Relationship between water resources and ecology	RWRE1	1				0.872 ***	0.836	0.569
	RWRE2	1.067	0.026	41.036	***	0.898 ***		
	RWRE3	0.732	0.029	25.626	***	0.596 ***		
	RWRE4	0.765	0.03	25.668	***	0.596 ***		
水文化与旅游关系 Relationship between water culture and tourism	RWCT1	1				0.805 ***	0.758	0.611
	RWCT2	0.646	0.056	11.641	***	0.757 ***		
河口湿地功能 Estuarine wetland function	EWF1	1				0.861 ***	0.937	0.882
	EWF2	1.131	0.036	31.051	***	1.011 ***		
居住地生态功能 Ecological function of habitation	EFH1	1				0.857 ***	0.920	0.852
	EFH2	1.12	0.035	31.973	***	0.985 ***		
文化旅游功能 Cultural tourism function	CTF1	1				0.920 ***	0.841	0.650
	CTF2	1.008	0.026	38.769	***	0.909 ***		
	CTF3	0.549	0.024	22.448	***	0.527 ***		

Unstd.:非标准化回归系数 Unstandardized regression coefficient;S.E.:标准误 Standard error; λ :标准化因子载荷 Standardized regression coefficient;C.R.:组合信度 Composite reliability;AVE:平均方差萃取量 Average variance extracted; *** 表示 $P<0.001$

3.4 结构模型检验与修正

首先对修正后的初始结构方程模型 M1 进行检验,数据拟合结果如表 4 所示。从表 4 中可以看出,初始结构方程模型适配度指标没有达到建议标准,需要对模型进行修正。根据 Amos 修正索引中修正指标值可修正模型^[43]。考虑到“水资源与生态关系”中四个测量变量之间,RWRE1 和 RWRE4、RWRE2 和 RWRE3、RWRE3 和 RWRE4 之间的修正指数较高,因此尝试增加 e1 和 e4,e2 和 e3,e3 和 e4 之间的共变关系(图 4)。从表 4 中可以看出,修正模型 M2 所有拟合指标均得到优化,8 个拟合指标参数中有 6 个达到建议标准,仅有

CMIN/DF 指标高于建议值 3,且其他指标均有显著的提升。从总体上看,修正模型 M2 拟合度较好,与数据的适配度也较为理想。

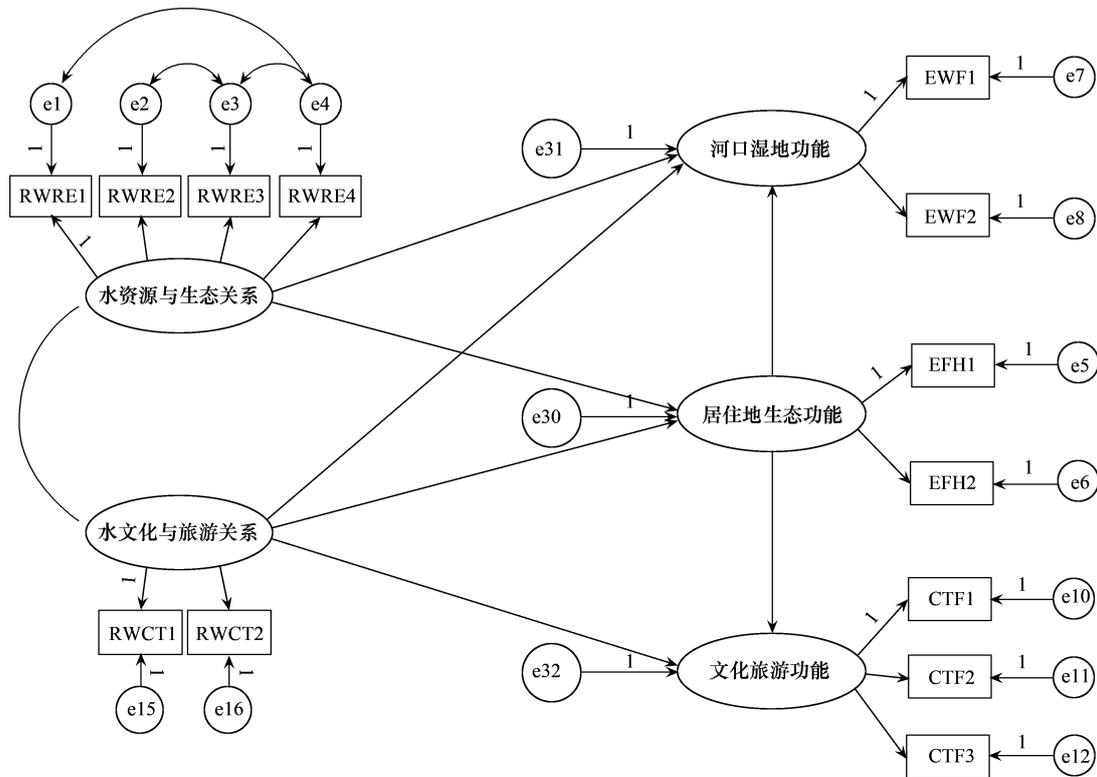


图 4 最终修正模型

Fig.4 Final revised model

表 4 模型 M1 和模型 M2 拟合度比较

Table 4 Comparison of fit between model M1 and model M2

指标 Index	CMIN/DF	GFI	AGFI	NFI	IFI	TLI	CFI	RMSEA
判断标准 Judgment criteria	< 3	> 0.9	> 0.9	> 0.9	> 0.9	> 0.9	> 0.9	<0.08
模型 M1 Model M1	53.904	0.836	0.738	0.785	0.788	0.709	0.788	0.179
模型 M2 Model M2	10.698	0.947	0.911	0.96	0.963	0.947	0.963	0.077

CMIN/DF: 卡方/自由度 Chi-square/ degree of freedom; GFI: 拟合优度 Goodness-of-fit index; AGFI: 调整拟合优度指数 Adjusted goodness-of-fit index; NFI: 规范拟合指数 Normed fit index; IFI: 增量拟合指数 Incremental fit Index; TLI: 塔克·刘易斯指数 Tucker-Lewis Index; CFI: 比较性适配指标 Comparative fit index; RMSEA: 近似均方根误差 Root mean square error of approximation

3.5 结构方程构建结果

由结构方程模型路径分析结果(表 5)可知,黄河下游农户对水资源与生态的关系的感知对其居住地生态功能评估具有正向作用(标准化路径系数为 0.328),对其河口湿地功能评估也具有正向作用(标准化路径系数为 0.207),假设 1 和假设 2 成立。水资源、居住地生态环境、河口湿地景观三者是空间联动的,研究结果暗示着正确认识水资源与生态紧密关系的农户,能够更好的理解河口湿地系统对黄河流域生态环境乃至个人的重要价值。同时,研究结果进一步证实了对水资源与生态关系的认识也可以显著提高对居住地生态功能本身价值的认识。而价值认知的提高,可以提高农户的环境友好行为^[31-33],这在微观层面提供了一种农户人-水关系认知的内部过程,即认识到水与生态系统的紧密关系可以提高农户对居住地生态功能的认知,进而促进黄河下游人-水关系和谐。

黄河下游农户对水文化与旅游的关系的感知对河口湿地功能评估具有正向作用(标准化路径系数为 0.112),对居住地生态功能评估具有正向作用(标准化路径系数为 0.086),对文化旅游功能评估也具有正向作用(标准化路径系数为 0.277),假设 3、假设 4 和假设 5 成立。作为地方文化传承重要载体的黄河水文化,在与旅游的结合中能够发挥其价值。本文证明了黄河下游农户对水文化与旅游关系的认识能够影响其对河口湿地功能、居住地生态功能、文化旅游功能的评估。认识水文化与旅游关系紧密性的农户,能够意识到生态环境对文旅发展的重要性,从而对河口湿地功能、居住地生态功能持有更高评价;其也能够认识文化旅游对家庭、社会、国家的重要意义,从而对文化旅游功能的评价也就越高。因此,认识水文化与旅游关系紧密性的农户,在评估河口湿地功能、居住地生态功能、文化旅游功能时赋分也越高,即能更加紧密地理解黄河下游人-水关系。

表 5 结构方程模型路径分析结果

Table 5 Structural equation model path analysis results

路径 Path	标准化路径系数 Standardized path coefficient	<i>t</i>	<i>P</i>	
居住地生态功能 Ecological function of habitation	← 水资源与生态关系 Relationship between water resources and ecology	0.328	12.059	<0.001
居住地生态功能 Ecological function of habitation	← 水文化与旅游关系 Relationship between water culture and tourism	0.086	3.098	0.002
河口湿地功能 Estuarine wetland function	← 水资源与生态关系 Relationship between water resources and ecology	0.207	7.809	<0.001
文化旅游功能 Cultural tourism function	← 水文化与旅游关系 Relationship between water culture and tourism	0.277	8.877	<0.001
河口湿地功能 Estuarine wetland function	← 水文化与旅游关系 Relationship between water culture and tourism	0.112	4.105	<0.001
河口湿地功能 Estuarine wetland function	← 居住地生态功能 Ecological function of habitation	0.294	11.471	<0.001
文化旅游功能 Cultural tourism function	← 居住地生态功能 Ecological function of habitation	0.268	10.578	<0.001

4 讨论与结论

4.1 讨论

本文是基于对黄河下游山东省 10 个县的农户发放的 1651 份问卷,问卷数量较多,样本量充足。但在数据收集中也存在不确定性,主要是由于问卷调查面对的对象为农村居民,大多为年龄较长且受教育程度较低的人群,因此,问卷调查采用问卷发放人员一对一访谈的方式完成,对问题逐条解释,再根据被调查者的回答来完成问卷,中间易受被调查者对问题的理解程度、问卷发放人员在转述问题的主观性以及方言等因素的影响。在问卷发放时,虽然尽量追求各县的采样点的随机性和合理性,但囿于当时的现实条件和时间条件的限制,可能会出现某个县采样点之间距离较近。在问卷设计上,由于针对政策支持度方面的题目数量不足,导致在结构方程模型验证性因子分析中政策支持度这一潜变量被迫删除,使得本文无法研究功能评估与政策支持度之间的关系。此外,由于目前针对人-水关系结构的研究较少,本文在提出假设时的理论依据有所欠缺,这可能对问卷题目设置有所影响。

已有研究结论表明,环境认知对环境行为存在显著的正向影响^[20];在一定的社会文化背景下,感知影响景观价值^[31];文化认知会影响个体认知活动^[38]。本研究问卷调查了黄河下游农户的水生态、水环境、水文化要素感知,对应了水资源与生态关系和水文化与旅游关系两个潜变量。对于水资源与生态关系这一潜变量,通过调查农户是否认为乡镇农业大量灌溉用水以及带有剩余农药化肥的农业排水会影响乡镇的生态环境这一问题来了解农户对于水资源与生态关系的认知程度。当农民认为这些灌溉用水、农业排水对生态环境造成影响越大,那么农户对于水资源与生态关系认知更强,农户会更加赞同这些不良影响会导致地下水降低、鱼类减少等生态破坏的观点,也就会更加赞同这些不良影响会造成居住地生态功能和河口湿地功能的削弱的,对于家庭、社会、国家的多个方面都会带来不良影响。对于水文化与旅游关系这个潜变量,通过调查农户对黄河文旅关系的感知以及对黄河文化景区的支持度,了解其对水文化与旅游关系的认识程度。当农户认为当地旅游景区跟黄河文化关系越大、去过黄河文化景区次数越多,那么农户对水文化与旅游关系紧密性的认识程度更深,农户会更加赞同弘扬全县的黄河文化旅游对全县经济发展、家庭生活质量提升是有价值的,也就是对文化旅游功能评价更高。本研究得出的以上结果都与已有结论在逻辑上相符。这些也暗示着在乡村生态振兴过程中,有必要加强针对农户的科普宣传和教育,使农户“知其然更知其所以然”,深入理解水生态、水环境、水文化要素的内部关联,从而正确判断区域人与水两个子系统之间的相互影响。

社会-生态系统是自然科学与社会科学研究的交集,而人-水系统是流域社会-生态系统的重要组成部分^[44-46]。黄河流域农村居民是人-水系统的重要利益相关者,也是地方人-水系统的管理主体。当前研究虽然对农村居民在水资源、水环境等感知及行为方面取得进展,但侧重于资源生态或社会文化某一视角,对人-水系统缺乏结构化的刻画,因此不能整体反映社会-生态系统中的生态、社会过程的交互。本研究的特色在于从水资源与生态关系、水文化与旅游关系两大方面入手,链接了水生态和水文化要素,识别了黄河下游农村居民对人-水系统的结构化感知,刻画了人-水关系结构,识别了人-水系统功能认知的影响路径。然而,本研究存在的不足在于未能取得社会-生态功能与政策的级联,不能证明正向的农户人-水关系感知可以放大其政策支持度。因此,未来研究应进一步把握人-水关系结构感知的区域性特征和个体差异特征,探讨人-水系统结构化调控政策支持度的影响因素,推动人-水系统研究从利益相关者感知调查分析走向流域社会-生态系统管理政策支持。

4.2 结论

识别黄河下游农户对人-水关系的感知及其影响因素,对黄河下游因人施策开展生态保护与高质量发展政策调控具有重要作用。本文最终引入了水资源与生态关系、水文化与旅游关系、居住地生态功能、河口湿地功能、文化旅游功能、政策支持度五个因素,构建了黄河下游农户对人-水关系感知及其影响因素的结构方程模型,模型中8个假设有5个得到了验证。结果表明:第一,农户对水资源与生态关系的认识正向影响其对居住地生态功能和河口湿地功能的评估。通过调查农户是否认为乡镇农业大量灌溉用水以及带有剩余农药化肥的农业排水会影响这个乡镇的生态环境来了解农户对于水资源与生态关系的认识程度。当农民认为这些灌溉用水、农业排水对生态环境造成影响越大,那么农户对于水资源与生态关系认识更强,农户会赞同这些不良影响会导致地下水降低、鱼类减少等等的生态破坏,也就会赞同这些不良影响会造成居住地生态功能和河口湿地功能的削弱,对于家庭、社会、国家的多个方面都会带来不良影响。第二,农户对水文化与旅游关系的认识正向影响其对居住地生态功能、河口湿地功能和文化旅游功能的评估。通过调查农户对黄河文旅关系的感知以及对黄河文化景区的支持度,了解其对水文化与旅游关系的认识程度。当农户认为当地旅游景区跟黄河文化关系越大、去过黄河文化景区次数越多,那么农户对水文化与旅游关系紧密性的认识程度更深,农户会更加赞同弘扬全县的黄河文化旅游对全县经济发展、家庭生活质量提升是有价值的,也就是对文化旅游功能评价更高。第三,农户对居住地生态功能、河口湿地功能、文化旅游功能评估正向影响其政策支持度三条假设未得到验证。本文研究结果通过基于农户感知刻画人-水关系结构,揭示人-水系统功能认知的影响机制,有助于为黄河下游地区生态保护和乡村振兴提供决策参考。

参考文献 (References):

- [1] 左其亭, 毛翠翠. 人水关系的和谐论研究. 中国科学院院刊, 2012, 27(4): 469-477.
- [2] Shin S M, Lee S H, Shin S K, Jang I, Park J. STPA-based hazard and importance analysis on NPP Safety I& C Systems focusing on human-system interactions. *Reliability Engineering& System Safety*, 2021, 213: 107698.
- [3] 左其亭. 和谐论: 理论·方法·应用. 2 版. 北京: 科学出版社, 2016.
- [4] Choi S, Lee S O, Park J. A comprehensive index for stream depletion in coupled human-water systems. *Journal of Hydro-Environment Research*, 2017, 16: 58-70.
- [5] 左其亭. 人水关系学的学科体系及发展布局. *水资源与水工程学报*, 2021, 32(3): 1-5.
- [6] Dunham J, Angermeier P, Crausbay S, Cravens A E, Gosnell H, McEvoy J, Moritz M, Raheem N, Sanford T. Rivers are social - ecological systems: time to integrate human dimensions into riverscape ecology and management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2018, 5(4): 10.
- [7] Cumming G S, Allen C R, Ban N C, Biggs D, Biggs H C, Cumming D H M, De Vos A, Epstein G, Etienne M, Maciejewski K, Mathevet R, Moore C, Nenadovic M, Schoon M. Understanding protected area resilience: a multi-scale, social-ecological approach. *Ecological Applications: a Publication of the Ecological Society of America*, 2015, 25(2): 299-319.
- [8] 管欣, 张玉玲, 贾晓宇, 熊广森. 永定河上游流域水生态系统服务价值评估. *自然资源学报*, 2020, 35(6): 1326-1337.
- [9] 黄希庭, 郑涌. 心理学导论. 3 版. 北京: 人民教育出版社, 2015.
- [10] Andrachuk M, Armitage D. Understanding social-ecological change and transformation through community perceptions of system identity. *Ecology and Society*, 2015, 20(4): 26.
- [11] Su F, Song N N, Shang H Y, Wang J, Xue B. Effects of social capital, risk perception and awareness on environmental protection behavior. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2021, 7(1): 1942996.
- [12] 刘家宏, 鲁佳慧, 燕文昌, 于赢东, 张蕊. 基于人工神经网络的流域多主体水生态补偿核算模型. *应用基础与工程科学学报*, 2022, 30(2): 257-267.
- [13] 李兆碧, 陶宇, 欧维新, 宋奇海. 基于水量与水质的太湖流域水生态服务供需关系及多情景评估. *生态学报*, 2023, 43(5): 2088-2100.
- [14] 杜世勋, 刘海江, 张梦莹, 王亚璐, 刘雪佳, 刘军会. 水源涵养型国家重点生态功能区生态系统服务功能评估. *生态学报*, 2022, 42(11): 4349-4361.
- [15] 黄越, 赵振斌. 旅游社区居民感知景观变化及空间结构——以丽江市束河古镇为例. *自然资源学报*, 2018, 33(6): 1029-1042.
- [16] 沈啸, 张建国. 基于网络文本分析的绍兴镜湖国家城市湿地公园旅游形象感知. *浙江农林大学学报*, 2018, 35(1): 145-152.
- [17] 张环宙, 应舜, 吴茂英. 文化型旅游目的地游客感知意象的主题识别与非对称性效应——以运河城市绍兴为例. *地理科学*, 2022, 42(12): 2131-2140.
- [18] 刘建华, 黄亮朝. 黄河下游水资源利用与高质量发展关联评估. *水资源保护*, 2020, 36(5): 24-30, 42.
- [19] 陈琳, 任春颖, 王灿, 姚云长, 宋开山. 6 个时期黄河三角洲滨海湿地动态研究. *湿地科学*, 2017, 15(2): 179-186.
- [20] 刘雪芬, 杨志海, 王雅鹏. 畜禽养殖户生态认知及行为决策研究——基于山东、安徽等 6 省养殖户的实地调研. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(10): 169-176.
- [21] 高海清. 农村生态环境治理的社区促动机制分析. *经济问题探索*, 2010(4): 41-43.
- [22] 张董敏, 齐振宏, 李欣蕊, 曹丽红, 朱萌, 邬兰娅. 农户两型农业认知对行为响应的作用机制——基于 TPB 和多群组 SEM 的实证研究. *资源科学*, 2015, 37(7): 1482-1490.
- [23] 高阳, 杨小柳, 冯喆, 蔡运龙. 德州市农村居民对周边水环境的认知研究. *人民黄河*, 2012, 34(3): 47-51.
- [24] 段雪梅, 陆海明, 赵海涛, 孟丹, 严明. 苏北地区农村居民生活用水排水方式及对周边环境认知研究. *中国农学通报*, 2013, 29(11): 173-179.
- [25] 郭文, 王丽. 文化遗产旅游地的空间生产与认同研究——以无锡惠山古镇为例. *地理科学*, 2015, 35(6): 708-716.
- [26] 周国梅, 傅小兰. 分布式认知——一种新的认知观点. *心理科学进展*, 2002, 10(2): 147-153.
- [27] 韩雪, 刘爱利. 旅游感知的研究内容及测评方法. *旅游学刊*, 2019, 34(4): 106-118.
- [28] 李宇军. 文旅融合发展中的“文化-旅游”“政府-市场”“中央-地方”三大关系. *贵州民族研究*, 2021, 42(3): 171-175.
- [29] Zeweld W, Van Huylenbroeck G, Tesfay G, Speelman S. Smallholder farmers' behavioural intentions towards sustainable agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, 2017, 187: 71-81.
- [30] 曹月娟. 红色文化旅游游客服务质量感知对行为意愿的影响研究. *旅游科学*, 2020, 34(3): 94-102.
- [31] Noe F P, Hammitt W E, Bixler R D. Park user perceptions of resource and use impacts under varied situations in three National Parks. *Journal of Environmental Management*, 1997, 49(3): 323-336.

- [32] 韩广轩, 宋维民, 李培广, 王晓杰, 王光美, 初小静. 长期生态学研究为滨海湿地保护提供科技支撑. 中国科学院院刊, 2020, 35(2): 218-228.
- [33] 朱红根, 姚莉萍. 信息来源对鄱阳湖区农户湿地功能认知及保护态度的影响效应分析. 农林经济管理学报, 2016, 15(3): 307-315.
- [34] de Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393-408.
- [35] 李宇亮, 温荣伟, 陈克亮. 海洋生态系统服务价值研究进展. 生态经济, 2017, 33(6): 120-126.
- [36] 张利华, 邹波, 黄宝荣. 城市绿地生态功能综合评价体系研究的新视角. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(4): 67-71.
- [37] 金燕, 钟家雨. 国家生态旅游示范区生态价值评估及其影响因素——以大围山国家生态旅游示范区为例. 经济地理, 2016, 36(4): 203-207.
- [38] Hatch T, Gardner H. Finding cognition in the classroom: An expanded view of human intelligence//Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations. Cambridge: Cambridge University Press, 1993: 171-184.
- [39] 任立, 吴萌, 甘臣林, 陈银蓉. 城市近郊区农户土地投入风险认知及影响因素研究——基于分布式认知理论的微观调查实证. 中国土地科学, 2019, 33(9): 66-73.
- [40] 任立, 吴萌, 甘臣林, 陈银蓉. 基于 SEM-SD 模型的城市近郊区农户土地投入行为决策机制仿真研究. 资源科学, 2020, 42(2): 286-297.
- [41] 李辉, 苏昌贵, 魏晓. 省级主体功能区规划实施效果评估与政策启示——以《湖南省主体功能区规划》实施为例. 经济地理, 2022, 42(5): 45-55.
- [42] 王生叶, 薛兴利. 农民专业合作社政策支持影响因素分析——基于山东省蔬菜专业合作社的问卷调查. 农村经济, 2013(9): 122-126.
- [43] 吴明隆. 结构方程模型: AMOS 的操作与应用. 重庆: 重庆大学出版社, 2009: 311-312.
- [44] 傅伯杰, 王帅, 沈彦俊, 程昌秀, 李琰, 冯晓明, 刘焱序. 黄河流域人地系统耦合机理与优化调控. 中国科学基金, 2021, 35(4): 504-509.
- [45] 孙晶, 王俊, 杨新军. 社会-生态系统恢复力研究综述. 生态学报, 2007, 27(12): 5371-5381.
- [46] 王凯歌, 郑慧慧, 徐艳, 张凤荣. 社会—生态系统结构研究进展与网络化探索. 地理科学进展, 2022, 41(12): 2383-2395.