

中国省域生态文化健康评价及时空演化特征

秦英洁^{a, b} 刘春腊^{a, b1}

(湖南师范大学 a. 地理科学学院; b. 地理空间大数据挖掘与

应用湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410081)

【摘要】:生态文化健康是评估地方、区域、全球各级自然与文化生存能力和可持续性的重要准则。在界定生态文化健康内涵的基础上, 构建我国省域生态文化健康评价指标体系, 采用综合评价指数和耦合协调度模型综合分析 2000–2020 年我国生态文化健康时空演变特征。结果表明:①我国生态文化健康综合评价价值及协调发展度均呈上升趋势, 东部地区始终保持领先地位, 中西部地区提升速度加快, 逐渐赶超东北地区。②我国生态文化健康综合水平呈现“一轴两翼”的空间分布格局, 且具有显著的空间正相关关系。③各省份生态文化健康水平的空间差异表现出 σ 收敛, 差距逐渐缩小。

【关键词】:生态文化 健康评价 评价指标体系 时空特征

【中图分类号】:K901 **【文献标志码】:**A **【文章编号】:**1005-8141 (2022)09-1109-07

0 引言

伴随城市化和经济社会的快速发展, 人类活动对生态系统健康日益构成威胁。国外较早开始生态系统健康的研究, 1989 年 Rapport 首次提出生态系统健康(Ecosystem health)概念, 即一个生态系统所具有的稳定性和可持续性^[1]。1991 年, 国际生态系统健康学会(International Society for Ecosystem Health, ISEH)成立, 旨在实现生态系统的可持续发展, 为生态系统的评价提供基础理论和方法^[2]。此后, 除了概念辨析^[3], 学者们逐渐关注健康状态的评价^[4-6], 并对草原、森林、流域等不同生态系统单元的健康状况进行了定量评估^[7-9]。2004 年, 《生态健康》杂志创刊, 生态系统健康研究在欧美发达国家出现重要转型^[10], 学者们开始关注生态健康与可持续发展^[11]、生态系统过程对人类健康的影响^[12]和生态健康水平的评估^[13]。21 世纪初, 我国学者开始关注生态系统健康, 对其概念内涵、评价指标和评估方法进行了深入研究, 取得了丰硕成果^[14-16]。

近年来, 生态系统健康的研究不断拓展, 开始加强对文化因素的考量和对人类健康福祉的关注, 认为自然和文化之间的相互联系和相互依存需要更广泛的综合, 并发展出一个新的研究方向——生态文化健康^[17]。但相关研究主要关注区域、河流等的生态文化健康综合评价^[17-21], 缺乏对生态文化健康概念的科学界定, 且存在研究区域不平衡, 微观尺度多而中观宏观尺度少等问题, 对省域尺度生态文化健康时空分异特征的研究更少。自 2000 年以来, 我国相继提出“建设生态文明”“推动高质量发展”等举措, 有力地促进了人与自然的和谐发展。鉴于此, 本文基于对生态文化健康概念内涵的探讨, 以“活力—组织力—恢复力”为评估框架, 考虑生态与文化之间的耦合关系, 对 2000—2020 年我国省域生态文化健康水平进行定量评估, 以期丰富生态文化健康理论内

¹**基金项目:**湖南省教育厅科学研究项目(编号:20B362);湖南省社科成果评审委员会项目(编号:XSP21YBC106);湖南省自然科学基金项目(编号:2022JJ30388)。

作者简介:秦英洁(1998-), 女, 山东省潍坊市人, 硕士研究生, 主要研究方向为人文地理与区域发展。

刘春腊(1985-), 男, 湖南省衡阳人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为人文地理与区域发展。

涵,推动其定量评价研究。

1 概念界定与指标体系

1.1 生态文化健康内涵

生态文化健康是生态系统健康的进一步扩充^[10]。在漫长的历史进程中,人类作为生态系统的一部分,始终与自然生态系统保持着紧密的相互联系,并以自然生态系统为蓝本构建自身的文化,自然立法脱胎于此,寄生于此^[22,23]。文化的发展影响生态环境,而生态的改善推动文化进步^[24]。因此,只要人类在生态系统中生存并与之相互作用,就难以明确区分自然和文化,在一个“生态文化”系统中整合自然和文化更为合适^[17,18]。这里的“文化”是相对于自然而言的,属于广义上的文化,是人类社会实践的一切成果,并非局限于人类精神方面的创造^[10]。对于生态系统“健康”的定义,学术界进行过大量的理论探讨。如:Rapport^[11]认为“健康”即生态完整性和生态系统的可持续性;Costanza 等^[25]认为健康的生态系统是活跃的,能保持其组织结构并能从胁迫中恢复过来;肖风劲等^[22]认为健康的生态系统是持久的、连续的和可持续的。

基于此,本文认为生态文化健康可以定义为生态—文化系统具备应对外界干扰的能力,且能从生态和社会动荡中恢复过来,能够持续提供生态系统服务支持和保持文化生命力,平衡自然生态和人类文化之间的动态交互作用,使自然和文化协同进化,实现可持续发展。即,健康的生态文化系统是活跃的,能保持其组织结构,可从胁迫中恢复过来且各子系统间协同发展的。生态文化健康内涵具体如图 1 所示。

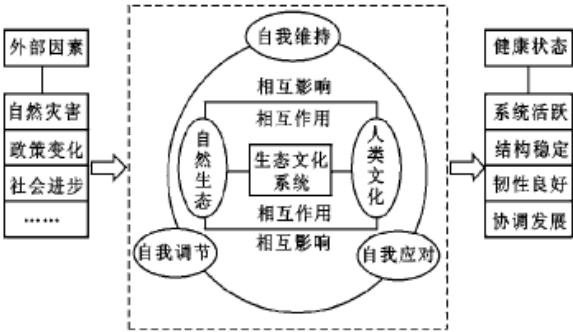


图 1 生态文化健康内涵

1.2 评价指标体系

生态文化系统是一个复杂的耦合系统,包含自然生态和人类文化两个子系统,系统间相互作用、相互影响,通过自我维持、自我调节和自我应对功能来保持系统的健康状态。在生态系统健康评价之中,Costanza 提出的以“活力—组织力—恢复力”分解框架为基础的评价指标体系得到了国内外学者的广泛认可^[26]。生态文化健康作为生态系统健康的进一步扩充,仍可以在此框架下构建我国生态文化健康评价指标体系。①活力指系统的新陈代谢和初级生产力。其中:生态系统活力通常采用总初级生产力、净初级生产力、生态系统生产总值等指标进行测度^[14-16],但这类指标只反映了系统自身的活跃程度,生态系统服务功能能否满足人类的需求也应是生态系统活力的体现,因此选用植物生产力和生态服务能力来衡量;文化系统的活力通过经济生产力和文化创造力来表征。②组织力指系统结构的稳定性,常用多样性指标、各组分间的交互程度等指标衡量,选用景观多样性、文化多样性和产业结构分别表征生态、文化系统的组织力。③恢复力是指系统在外界干扰因素下维持结构和功能的能力。因为土地利用在生态系统恢复力中起着重要作用,所以通过各类土地利用面积加权生态系统恢复力系数的求和来表征生态系统的恢复力^[27-29];而文化系统恢复力则借鉴吴绍洪等^[30]提出的自然灾害韧性社会指标体系,选用医疗救助、文化保护、消费水平等指标来表示。除此之外,在生态

文化健康中,较重要的一个方面是两个子系统要协同进化。即,只有两个子系统间协调且均处于较高发展水平时,该生态文化系统才是健康的。系统之间的协调发展水平通过引入耦合协调度模型来计算。

2 研究方法与数据来源

2.1 熵值法

熵值法^[31]是一种客观赋权方法,当涉及多个评价对象时使用该方法对各因子赋权,可在保证权重客观合理基础上简化计算过程。首先将数据进行标准化处理,然后通过信息熵计算各指标权重,最后采用综合指数加权法计算出综合评价值。

中国生态文化健康评价体系中的生态与文化子系统的计算采用多目标线性加权函数法,函数表达公式为:

$$U = \sum_{j=1}^n W_j X_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

式中:U 为中国省域生态文化健康评价结果;W_j 为 j 项指标的权重值;X_{ij} 为 i 评价单元 j 项指标数据的标准化值;n 为指标数。

为体现各子系统间的互补关系,综合评价指数 S 采用算数加权计算,计算公式为:

$$S = \sum_{i=1}^n (\alpha_i \times U_i), \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \dots\dots\dots (2)$$

式中:U_i 和 α_i 分别为第 i 个子系统的评价值和权重;n 为子系统数,n=2。本文认为我国生态文化健康中生态与文化同等重要,故 α_{生态}=α_{文化}=0.5。

2.2 耦合协调度模型

耦合度表示两个或两个以上的系统通过受自身和外界的各种相互作用而彼此影响的现象。构建以下自然生态与人类文化的耦合度模型:

$$C = \sqrt{U_{生态} \times U_{文化}} / (U_{生态} + U_{文化}) \dots\dots\dots (3)$$

式中:C 为耦合度值;U_{生态}为生态健康;U_{文化}为文化健康。进一步构造生态健康与文化健康的耦合协调度模型,以判别生态与文化的协调程度:

$$D = \sqrt{C \times S} \dots\dots\dots (4)$$

式中:S 为综合评价指数;D 为协调度值。D 值越大,说明生态与文化之间的协调发展水平越高;反之,协调发展水平越低。

参考相关的研究成果^[26-28, 32, 33],本文按照 2000—2020 年生态文化健康各项评价全距(最大值—最小值)的六分位数间距,将

各项评价价值划分为健康、较健康、亚健康、不健康和病态 5 个等级。

2.3 空间自相关分析

空间自相关分析包括全局空间自相关和局部空间自相关。全局空间自相关反映了生态文化健康水平在全局空间下的集聚效应,局部空间自相关则反映了生态文化健康水平在局部地区的集聚状态。计算公式为:

$$\text{Moran's } I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Local Moran's } I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sum_j W_{ij} (x_j - \bar{x}) \dots\dots\dots (6)$$

式中:n 为研究对象数量; x_i 和 x_j 为省份 i 和 j 的生态文化健康水平; $\bar{x}$ 为全部研究对象生态文化健康水平的平均值; W_{ij} 为空间权重矩阵。

2.4 收敛分析

采用 σ 收敛来分析生态文化健康水平在时空上的演进,本文选取现阶段应用较为广泛的 σ 系数进行检验^[34],计算公式为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (\ln S_{it} - \overline{\ln S_t})^2}{N}} \dots\dots\dots (7)$$

式中: $\ln S_{it}$ 为 i 省份在 t 时期的生态文化健康水平综合评价值 S 的对数值; $\ln S_t$ 为 t 时期各省份生态文化健康水平综合评价值的对数值的均值;N 为 t 时期的省份数量。

2.5 数据来源

本文采用数据主要包括我国 31 个省份(由于数据收集原因,本文研究区域未包含香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区)的净初级生产力、土地利用和社会经济统计等数据。其中,社会经济数据源自 2001 年、2011 年、2021 年《中国统计年鉴》和全国第五次、第六次、第七次人口普查结果;NPP 数据为 2000 年、2010 年、2020 年的 MOD17 数据集(<https://earthdata.nasa.gov/>),分辨率为 500m;土地利用数据源自中国科学院资源与环境数据中心,分辨率为 1km,包括 6 个一级地类和 25 个二级地类;个别缺失数据采用线性插值法补充。

3 结果及分析

3.1 总体分析

我国省域生态文化健康水平评价结果所示,整体较好。从表 3 可见,2000—2020 年我国生态子系统与文化子系统健康水平均

呈上升趋势,且文化子系统上升幅度更显著。生态子系统健康均值由 0.134 上升至 0.156,由亚健康提升至健康水平;文化子系统均值由 0.070 上升至 0.280,由病态提升至较健康水平;生态与文化子系统间的耦合度均值由 0.466 上升至 0.474,始终保持在较健康水平;协调发展度均值由 0.217 上升至 0.321,由不健康提升至健康水平;综合评价均值由 0.102 上升至 0.218,从病态提升至较健康水平。这主要得益于生态工程的实施及文化相关产业发展:一是生态方面,《2020 中国生态环境状况公报》显示,2000 年以来我国植被生态持续改善,水土保持功能提升,人民生态环境获得感显著增强;二是文化方面,《中国文化产业发展报告(2020—2021)》显示,2020 年全国规模以上文化及相关产业企业实现营业收入 98514 亿元,并在数字文化融合、知识产权保障、文创跨界开发等方面取得积极进展。

为描述生态文化健康水平在不同区域的演变趋势,将全样本数据按东部、中部、西部、东北划分为四大地区^[29],四大地区生态文化健康综合指数结果如图 2 所示。从图 2 可见,2000—2010 年,各地区生态文化健康综合指数均小幅度上升,且综合指数均值表现为东部地区>东北地区>西部地区>中部地区,仅东部地区上升至亚健康水平,其他地区由病态上升至不健康水平。这主要是由于东部和东北地区受区位和政策等影响,经济发展较快,人口大量向两个地区流动,消费水平、文化创造力、医疗救助水平等随之提升,从而增强了文化系统的活力、组织力和恢复力。2010—2020 年,四大地区的生态文化健康综合指数再度提升,上升至较健康水平,但东北地区提速减缓,逐渐让位于西部和中部地区,从 2000 年的第二位下降至最后一位。东北地区主要受经济转型影响,老工业区衰落、人口大量迁移、经济和文化活力衰退,加之前期大规模的重工业发展,生态破坏严重。而中部和西部地区得益于“中部崛起”和“西部大开发”战略的实施,经济发展加速,人均 GDP 由 2000 年的 5521 元、4814 元增长至 2020 年的 60600 元、55373 元,文化活力显现,文化艺术相关机构分别增加了 1200 个和 400 个,消费水平提升,人均消费支出增加上万元,生态文化保护意识逐渐强化。

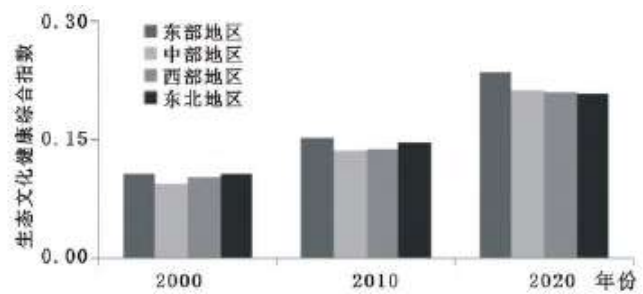


图 2 2000—2020 年中国四大地区生态文化健康综合指数对比

从图 3 可见,2000—2020 年四大地区的生态文化协调发展度均呈上升趋势,东部和西部地区由病态上升至健康水平,东北和中部地区上升至较健康水平。且东部地区始终处于领先地位,中西部地区在 2010—2020 年间提升速度加快,逐渐赶超东北地区。究其原因:十八大以来,生态文明建设被纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局,各地将更多的精力放在提高发展质量和优化生态环境上,促进了生态与文化系统之间的协调,而东北地区受阻于落后的产业结构优化,生态文化协调发展速度逐渐放缓。

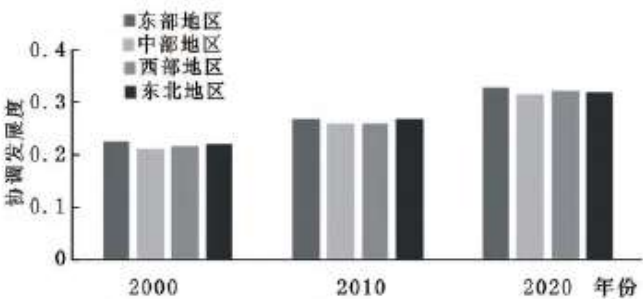
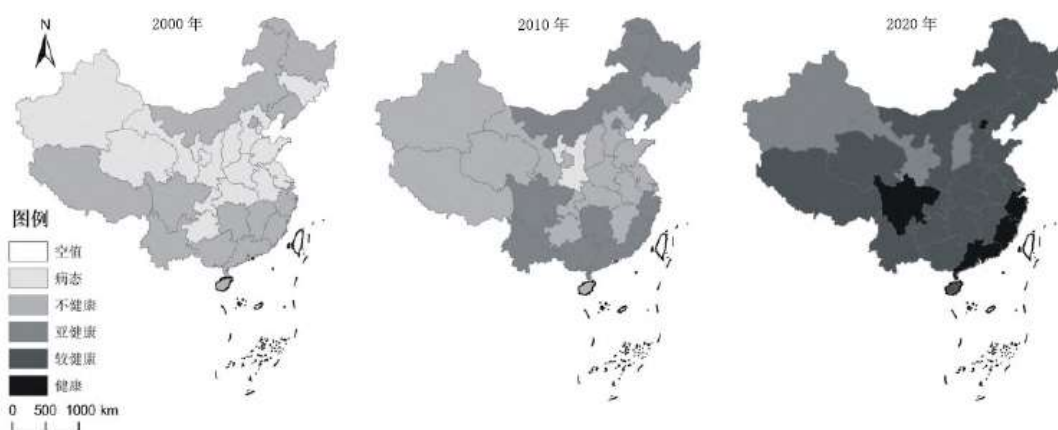


图3 2000—2020年中国四大地区生态文化协调度对比

3.2 省域差异分析

借助 ArcGIS10.2 软件进一步分析我国省域生态文化健康的空间差异,结果如图4所示。从图4可见,2000—2020年各省份生态文化健康综合指数显著提升,但省域之间差异明显,总体呈现“一轴两翼”的空间分布格局。表现为:新疆、甘肃、宁夏、山西连线上生态文化健康综合指数最低,向南北两侧递增,南侧广东、四川、福建等地和北侧内蒙古、黑龙江、辽宁等地指数较高。2000年,各省份生态文化综合评价指数普遍处于病态、不健康等级,其中,病态省份16个、不健康省份15个;2010年除宁夏、陕西外,其他省份皆在原来基础上提升了一个或两个等级,各地普遍处于不健康、亚健康水平,病态省份由16个减少至2个,不健康省份16个、亚健康省份13个;2020年各省均在原有基础上再次提升了一个或两个等级,北京、上海、浙江、福建、广东、四川跻身健康等级,新疆、甘肃、山西由不健康提升至亚健康等级,宁夏由病态提升至亚健康等级,其他省份均上升至较健康等级,陕西进步最大,由2010年的病态等级跃升为较健康等级。



注:基于全国地理信息资源目录服务系统 GS(2016)2556 号标准地图制作,底图边界无修改。

图4 2000—2020年中国省域生态文化健康综合指数的空间格局演变

2000—2020年,我国省域生态文化健康综合指数提升主要得益于文化系统健康水平的改善。由图5可知,生态健康指数变化不显著,广东、福建、云南、广西、海南等省份排名靠前,上海、山东、宁夏等省份生态健康指数偏低。而文化子系统健康指数则逐年提升,赶超生态子系统。其中,北京、上海、广东的文化健康指数最为突出,这得益于北上广地区区位优势、人才汇聚,经济生产力、文化创造力、消费水平和医疗救助水平等领先于其他省份。四川省由于深入贯彻文化强国战略,加快建设文化强省步伐,文化产业对经济发展的拉动作用不断增强,2020年全省文化新业态较为明显的16个行业实现营业收入790.8亿元,文化系统的活力、组织力、恢复力持续提升。新疆、宁夏、青海、甘肃、陕西等省份由于地处西部内陆地区,经济发展势头、文化创造力、消费水平等皆落后于东部地区,文化健康指数偏低。此外,各省份生态与文化系统之间的协调发展水平也在不断改善,其中:北京、浙江、广东、四川、福建等省份的协调度排名靠前,而甘肃、宁夏、山东、河南等省份协调度排名靠后。

借助空间统计工具刻画中国省域生态文化健康的空间关联特征,得到 Moran' sI 值及其显著性变化,结果如图6所示。从图6可见,2000—2020年中国生态文化健康水平 Moran' sI 指数均为正,考察期内各年份的 Z 值均大于 1.96,且 P 值小于 0.05,均通过 0.05 严格水平下的显著性检验。这表明中国生态文化健康综合水平在空间分布上呈显著的正向空间自相关,即生态文化健康综合指数等级相同的区域在空间上趋于邻近,集聚程度逐年增强。因此,相邻区域应依托相关性,加强彼此之间的联系,共同促进生态文化健康水平的提高。进一步利用 σ 系数考察中国生态文化健康水平差异的演化趋势,结果如图7所示。从图7可见,我国生态

文化健康水平存在 σ 收敛, σ 系数介于 0.114—0.186 之间,2020 年比 2000 年缩小了 0.072。这表明虽然我国省域间生态文化健康水平的差异在逐渐缩小,但是这种差异性仍然存在。

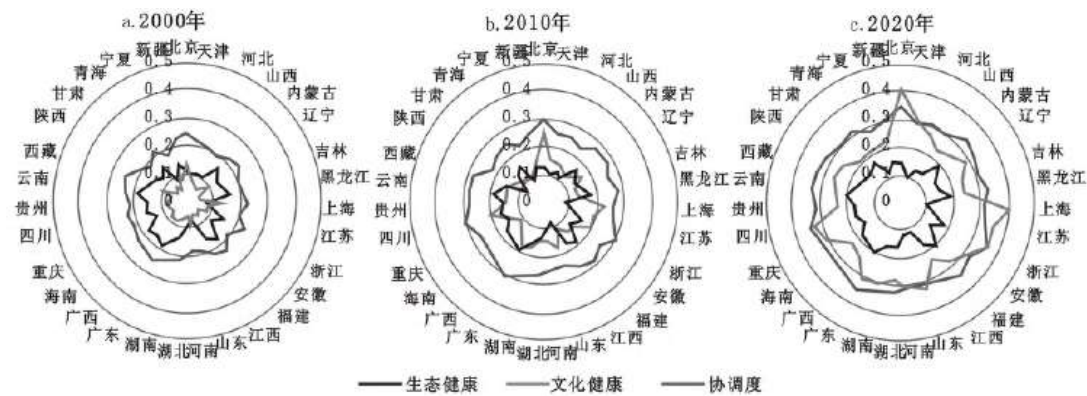


图 5 2000—2020 年中国省域生态、文化健康及协调度得分

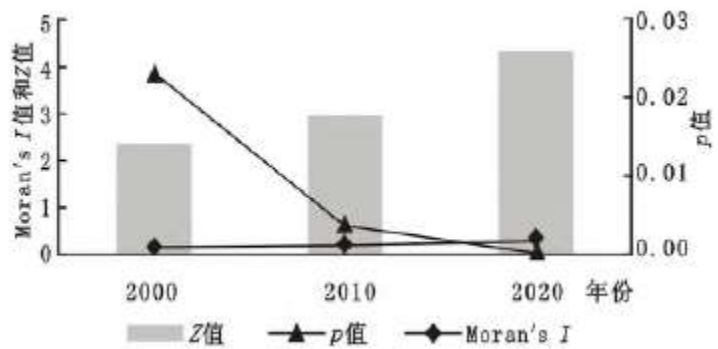


图 6 中国生态文化健康综合指数的 Moran' sI 值及其变化

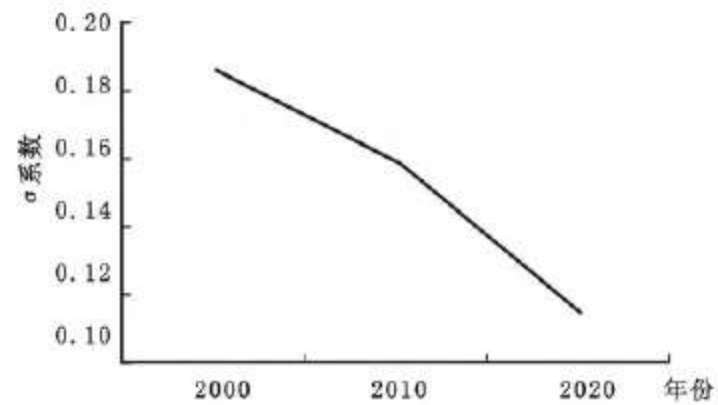


图 7 2000—2020 年中国生态文化健康综合指数收敛趋势

4 结论与讨论

4.1 结论

本文在对生态文化健康概念进行界定的基础上,明确了生态文化健康评价的基本逻辑,并依据“活力—组织力—恢复力”框架,构建了我国生态文化健康评价指标体系。以省域为单元,采用综合评价指数 S 评估生态文化系统的综合发展状况,进一步引入耦合协调度模型,评估生态与文化子系统的协调发展状况,以此综合分析 2000—2020 年我国生态文化健康水平的动态变化。主要结论如下:①通过梳理相关理论知识,提出生态文化健康即生态—文化系统活跃,能保持其组织结构,可从胁迫中恢复过来,且各子系统间协同发展,并明确了以综合评价价值和协调发展度整体反映生态文化健康水平的基本逻辑。②通过构建中国生态文化健康评价指标体系发现,2000—2020 年我国生态文化健康综合指数显著提升,其中:文化子系统健康水平大幅提升,生态子系统健康水平缓慢提升,生态与文化子系统的协调发展度平稳上升。③从区域来看,2000—2020 年东部地区的生态文化健康综合指数始终领先,中部和西部地区的生态文化综合指数加速上行,并逐渐赶超东北地区,整体上呈现东部地区>西部地区>中部地区>东北地区的空间布局。④从省域来看,2000—2020 年我国各省份生态文化健康综合指数显著提升,呈现“一轴两翼”的空间分异格局,表现为新疆、甘肃、宁夏、山西连线上生态文化健康综合指数最低,并向南、北两侧逐步递增,但省份之间的差异在逐渐缩小。

4.2 讨论

本文的实证分析结果对我国生态文化保护政策制定具有一定的参考价值。第一,充分重视生态文化保护的重要性。加强生态文化教育,借助微博、微信公众号、抖音 APP 等宣传媒介,普及生态文化知识,促进生态文化保护与大众生活的深度融合。第二,充分重视生态与文化子系统的协调发展。依托各省份自然资源和文化资源,加快发展生态文化旅游业,深入挖掘地方文化内涵,激活民族文化中的魅力元素和生态元素,把各民族文化灵活巧妙地融入旅游项目开发与生态景观设计中,实现生态与文化的有效融合。第三,充分重视生态文化健康水平的空间非均衡特征。积极制定生态文化协调发展的差异化政策,推动东北地区生态文化健康水平提升,加快东北地区“转方式、调结构”步伐,强化生态文化协调发展理念,促进经济、科技、文化等社会更深层次的振兴,努力缩小与其他地区的差距。第四,充分重视生态系统的脆弱性。从研究结果看出,生态子系统的健康水平提升缓慢,这是由于生态系统一旦遭到破坏将难以在短时间内恢复。因此,西部地区等生态环境脆弱地区要进一步强化植树造林和退耕还林,提高植被覆盖率,严格控制城市发展过程中建设用地的扩张,推动绿色低碳经济发展。生态文化健康研究视角能反映人类活动对自然生态的胁迫和自然环境对人类健康的影响,有利于综合全面地解决各种资源环境问题。本文通过构建生态文化健康评价指标体系,实证测度了各省的生态文化健康水平,丰富了生态文化健康的研究内容,为全面把握生态文化系统的健康状况做出了一定贡献。同时,通过测度生态文化健康水平的区域差异,为中国生态文化保护政策制定提供了一定依据。但本文构建的指标体系只是初步探索,选取的指标均为可以量化的指标,考虑到直观性和普适性,一些具有高显示度的定性指标没有使用,导致评价指标体系不够完整。今后,应以结合大数据等技术方法,进一步完善评价体系,补充定性指标来综合衡量生态文化健康水平。此外,生态与文化之间的交互关系纷繁复杂,本文仅用耦合协调度表征两者的耦合关联尚存在一定缺陷,有待进一步改善解决。

参考文献:

- [1]Rapport D J.What Constitutes Ecosystem Health[J].Perspectives in Biology and Medicine,1989,33(1):120-132.
- [2]Rapport D J,Bhm G,Buckingham D,et al.Ecosystem Health:The Concept,the ISEH,and the Important Tasks Ahead [J].Ecosystem Health,1999,5(2):82-90.
- [3]Costanza R.Ecosystem Health and Ecological Engineering[J].Ecological Engineering,2012,45:24-29.
- [4]F L Xu,S Tao,Dawson R W,et al.Lake Ecosystem Health Assessment:Indicators and Methods [J].Water Resources,2001,35(13):3157-3167.

-
- [5]Harvey S,Nancy SS,Paul B,et al.The Development and Implementation of Indicators of Ecosystem Health in the Great Lakes Basin[J].Environmental Monitoring and Assessment,2003,88(1-3) : 119-151.
- [6]Sheaves M, Johnston R, Connolly R M.Fish Assemblages as Indicators of Estuary Ecosystem Health[J].Wetlands Ecology and Management,2012,20(6) : 477-490.
- [7]Bunn S E, Abal E G, Smith M J, et al. Integration of Science and Monitoring of River Ecosystem Health to Guide Investments in Catchment Protection and Rehabilitation[J].Freshwater Biology,2010,55(S1) : 223-240.
- [8]Thomsen Marianne, Faber Jack H, Sorensen Peter Borgen. Soil Ecosystem Health and Services-evaluation of Ecological Indicators Susceptible to Chemical Stressors[J].Ecological Indicators,2012,16 : 67-75.
- [9]Anaya-Romero Maria, Munoz-Rojas Miriam, Ibanez Beatriz, et al. Evaluation of Forest Ecosystem Services in Mediterranean Areas. A Regional Case Study in South Spain[J].Ecosystem Services,2016,20 : 82-90.
- [10]刘焱序, 彭建, 汪安, 等. 生态系统健康研究进展[J]. 生态学报, 2015, 35(18) : 5920-5930.
- [11]Rapport D J. Sustainability Science:An Eco-health Perspective[J].Sustainability Science,2007,2(1) : 77-84.
- [12]Speldewinde P C, Cook A, Davies P, et al. The Hidden Health Burden of Environmental Degradation:Disease Comorbidities and Dryland Salinity[J].Eco-health,2011,8(1) : 82-92.
- [13]Y Wang, H Li, Z C Jiang, et al. A System of Wetland Monitoring and Eco-health Assessment Based on 3S[J].2010 IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems,2010,3 : 449-451.
- [14]曾德慧, 姜凤岐, 范志平, 等. 生态系统健康与人类可持续发展[J]. 应用生态学报, 1999, 10(6) : 751-756.
- [15]傅伯杰, 刘世梁, 马克明. 生态系统综合评价的内容与方法[J]. 生态学报, 2001, 21(11) : 1885-1892.
- [16]王立新, 刘钟龄, 刘华民, 等. 内蒙古典型草原生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2008, 28(2) : 544-550.
- [17]酆天日失, 彭建, 刘焱序, 等. 基于集对分析的区域生态文化健康评价:以云南省大理白族自治州为例[J]. 地理科学进展, 2017, 36(10) : 1270-1280.
- [18]Rapport D J, Maffi L. Eco-cultural Health, Global Health, and Sustainability[J]. Ecological Research,2011,26(6) : 1039-1049.
- [19]章晶晶, 陈波, 卢山. 基于生态文化健康的城市河流健康评价指标体系探索[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(4) : 575-577.
- [20]章晶晶, 陈波, 卢山. 京杭大运河(杭州段)生态文化健康评价[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(10) : 1931-1933, 1938.
- [21]郑瑾. 基于生态文化健康理论的传统村落空间格局评价方法研究[D]. 长沙:湖南大学博士学位论文, 2019.

-
- [22]肖风劲, 欧阳华. 生态系统健康及其评价指标和方法[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2) : 203-209.
- [23]罗康隆. 论民族文化与生态系统的耦合运行[J]. 青海民族研究, 2010, 21(2) : 64-71.
- [24]余谋昌. 生态文化问题[J]. 自然辩证法研究, 1989, (4) : 1-9.
- [25]Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management[M]. Washington, DC: Island Press, 1992 : 239-256.
- [26]彭建, 王仰麟, 吴健生, 等. 区域生态系统健康评价——研究方法与进展[J]. 生态学报, 2007, (11) : 4877-4885.
- [27]J Peng, Y X Liu, J S Wu, et al. Linking Ecosystem Services and Landscape Patterns to Assess Urban Ecosystem Health: A Case Study in Shenzhen City, China[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 143 : 56-68.
- [28]J Peng, Y X Liu, T Y Li, et al. Regional Ecosystem Health Response to Rural Land Use Change: A Case Study in Lijiang City, China[J]. Ecological Indicators, 2017, 72 : 399-410.
- [29]Foster D, Swanson F, Aber J, et al. The Importance of Land-use Legacies to Ecology and Conservation [J]. Bio Science, 2003, 53 (1) : 77-88.
- [30]吴绍洪, 高江波, 韦炳干, 等. 自然灾害韧性社会的理论范式[J]. 地理学报, 2021, 76(5) : 1136-1147.
- [31]邹志红, 孙靖南, 任广平. 模糊评价因子的熵权法赋权及其在水质评价中的应用[J]. 环境科学学报, 2005, 25(4) : 552-556.
- [32]袁毛宁, 刘焱序, 王曼, 等. 基于“活力-组织力-恢复力-贡献力”框架的广州市生态系统健康评估[J]. 生态学杂志, 2019, 38(4) : 1249-1257.
- [33]马振刚, 李黎黎, 杨润田, 等. 京张区域生态系统健康评价与应对策略[J]. 干旱区研究, 2019, 36(1) : 228-236.
- [34]周敏, 匡兵, 陶雪飞. 空间收敛视角下中国城市土地开发强度演变特征[J]. 经济地理, 2018, 38(11) : 98-103, 122.