基于 GIS 空间分析的河北省生态环境质量评价研究

孙月芳[1]　刘玉燕[2]　郭照庄[1]　王子豪[1]　1. 北华航天工业学院 文理学院　2. 北华航天工业学院 遥感信息工程学院

摘要：本文立足于河北省环境现状的深度解析，从社会经济、自然资源、环境污染、环境保护四大维度，选取了 18 个指标，构建符合河北省各市实际生态环境的评价指标体系。通过层次分析法对各项指标的权重进行测定，同时利用 GIS 技术对河北省各市的生态环境状况进行可视化与空间分析。研究结果显示，河北省各市的生态环境水平大致呈现出由北向南逐渐变差的趋势。自然资源状况与生态环境质量综合评价的空间分布格局表现出相似的特性。另外，社会经济、环境污染、环境保护对生态环境也具有重要影响，并在一定程度上改变了生态环境的空间分布格局。最后，本文提出了提高河北省生态环境的对策与建议，这些策略和建议可提供给相关部门作为生态环境规划和决策的科学依据，从而推动河北省生态环境的持续改善。

关键词：生态环境质量评价；层次分析法；GIS

【DOI】10.12229/j.issn.1672-5719.2023.46.006

引言

河北省作为中国的重要工业基地之一，近年来经济发展迅速，但也面临着严峻的生态环境问题。为了有效管理和保护生态环境，需要对生态环境进行科学评价。随着计算机和地理信息系统技术的飞速发展，地理信息系统（GIS）在生态环境领域的应用已经越来越广泛。国内外学者利用 GIS 技术对生态环境进行了大量的评价和研究，涉及土地利用变化、水资源管理、大气污染等多个方面。本文利用 GIS 技术与层次分析法对河北省生态环境质量进行评价，揭示河北省各城市生态环境在空间格局下的差异，为相关部门进行生态环境规划和决策提供直观的分析资料和科学依据[1]。

一、河北省环境现状

凭借独特的环京津、环渤海圈的区位优势，河北省经济快速发展。2021 年河北省 GDP 为 40391.3 亿元，人均 GDP 为 54172 元，一、二、三产业的比重为 10:40.5:49.5。河北省人均水资源量为 505 立方米，大部分水系呈良好及以上，但少部分水系有轻度污染。森林覆盖率为 26.8%，高于全国平均水平 3.8 个百分点。河北省环境空气质量优良率为 92.9%，11 个设区市的空气中可吸入颗粒物（PM10）、二氧化硫、二氧化氮浓度均达到国家二级空气质量标准。总体上河北省生态环境呈现持续向好的态势。

二、河北省生态环境质量综合评价

（一）生态环境质量指标体系构建及数据来源

本文根据河北省的整体情况，从社会经济、自然资源、环境污染、环境保护四个维度选取 18 个指标，构建符合河北省各市实际情况的生态环境质量评价指标体系（见表 1）。指标数据来自源于《2022 年河北省统计年鉴》《2022 年中国城市统计年鉴》等文献。

（二）数据处理

由于不同属性的数据都有自身一定的量纲和数量级，无法直接进行比较，需要对数据进行标准化处理。根据评价指标对生态环境评价的效应，将其分为正向指标和负向指标，采用极差标公式对数据进行标准化[2]。对于正向指标采用公式：

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

负向指标采用公式：

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij\max} - x_{ij}}{x_{ij\max} - x_{ij\min}} \quad (2)$$

其中，i 是各评价单元的序号，$i=1,2,\cdots11$，j 是各指标的序号，$j=1,2,\cdots18$，xij 是第 i 个评价单元的第 j 个指标的原始值，x'_{ij} 是该指标标准化后的值，x_{ijmin} 是该指标的最小值，x_{ijmax} 是该指标的最大值。

（三）利用层次分析法确定权重

基金项目：本文系河北省高等学校科学技术研究项目资助《基于 GIS 空间分析的河北省生态环境质量评价研究》（项目编号：ZC2022014）

作者简介：孙月芳（1979-09），女，汉族，河北石家庄，硕士研究生，副教授，研究方向：区域经济研究。

指标体系中选取的不同指标对生态环境的影响程度是不一样的，因此需要对评价指标进行权重测定，本研究采用层次分析法对指标权重进行测定。层次分析法是一种定性和定量相结合、系统化、层次化的分析方法。优点在于能够将一个庞大的复杂系统通过量化、系统化的方式进行科学的评价。借助 MATLAB 软件采用层次分析法确定每个指标权重的具体步骤为：①建立层次结构模型；②邀请专家对指标体系中每个层次的指标进行打分，采用 Saaty 的 1-9 尺度构建判断矩阵；③计算单层的每个指标对上层的权重，并对其进行一致性检验；④层次总排序及其一致性检验 [3]。

经过专家咨询，构建每层对上层的判断矩阵。经计算准则层对目标层的判断矩阵的特征向量为 w=［0.2290,0.3630,0.3020,0.1060］，矩阵的最大特征根为 λ_{max}=4.1707，一致性指标 $CI=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1}=0.0569$，随机一致性指标 RI=0.9，一致性比率 $CR=\frac{CI}{RI}=0.0632<0.1$，说明该判断矩阵具有满意的一致性。由此可以确定社会经济、自然资源、环境污染、环境保护四个要素相对于河北省生态环境质量评价的总目标的重要性权重分别为：0.2290、0.3630、0.3020、0.1060。同样的方法可以得到指标层每个要素相对于准则层对应要素的权重值（见表 1）。

表 1 河北省生态环境质量评价指标体系

目标层	准则层	权重	指标层	权重
河北省生态环境质量评价	社会济	0.2290	人均 GDP	0.3282
			第三产业占 GDP 比重	0.4037
			人口自然增长率	0.0554
			城镇居民人均可支配收入	0.1064
			农村居民人均可支配收入	0.1064
	自然源	0.3630	建成区绿化覆盖率	0.3112
			人均水资源量	0.0837
			森林覆盖率	0.4870
			空气质量优良天数比率	0.1181
	环境染	0.3020	可吸入颗粒物（PM10）年平均浓度	0.2879
			二氧化硫年平均浓度	0.1640
			二氧化氮年平均浓度	0.2594
			区域环境噪声平均等效声级值	0.0368
			工业颗粒物排放量	0.0840
			工业氮氧化物排放量	0.0840
			工业二氧化硫排放量	0.0840
	环境保护	0.1060	污水处理厂集中处理率	0.5
			生活垃圾无害化处理率	0.5

（四）运用 GIS 技术进行可视化与空间分析

在 ArcGIS 软件中统一各栅格数据，按照河北地州界对河北省进行分块，形成 11 个地级市的空间图形。将河北省生态环境的指标数据输入到 ArcGIS 软件中形成数据库。为了能够直观有效反映区域生态环境状况，有利于生态总体保护与防治，对同一类指标数据进行重分类，根据评分大小将生态环境质量评价结果分为较好、好、一般、较差四个等级 [4]。对数据进行可视化处理，得到生态环境质量综合评价等级分布图（如图 1）以及各评价单元的社会经济、自然资源、环境污染及环境保护四个维度的评价等级分布图（如图 2 －图 5)。

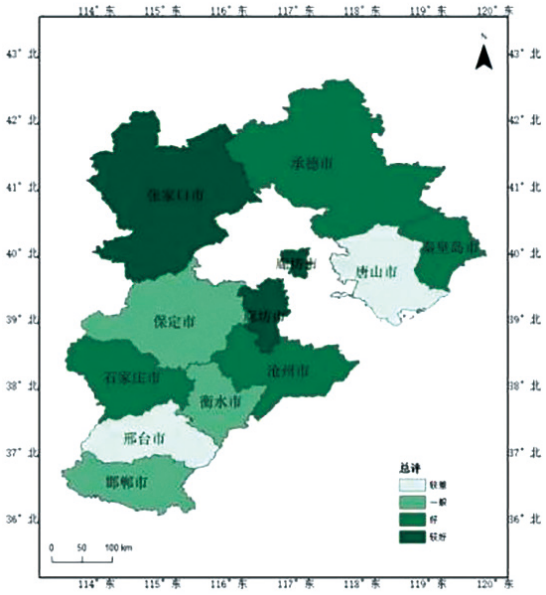

图 1 河北省生态环境质量综合评价等级分布

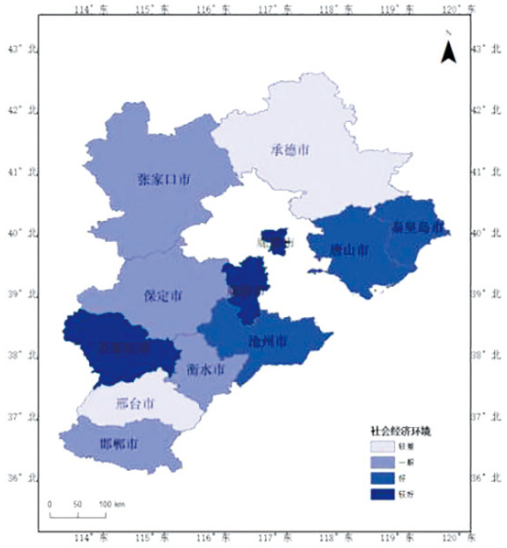

图 2 社会经济评价等级分布

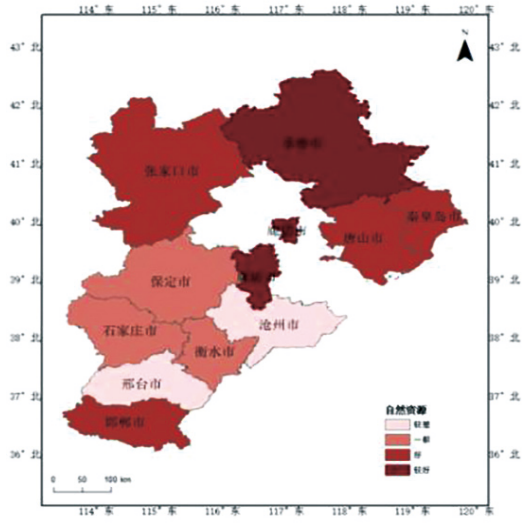

图 3 自然资源评价等级分布

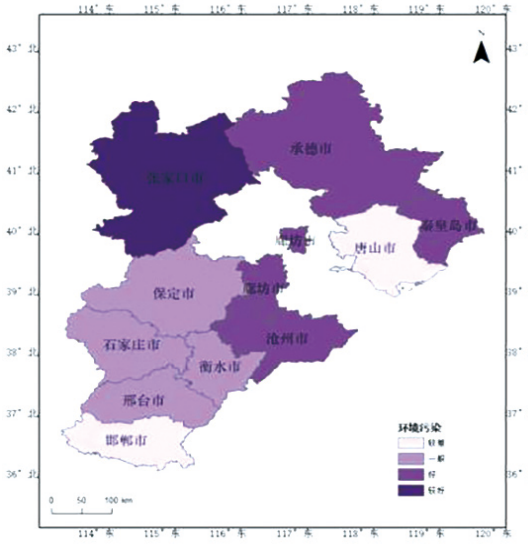

图 4 环境污染评价等级分布

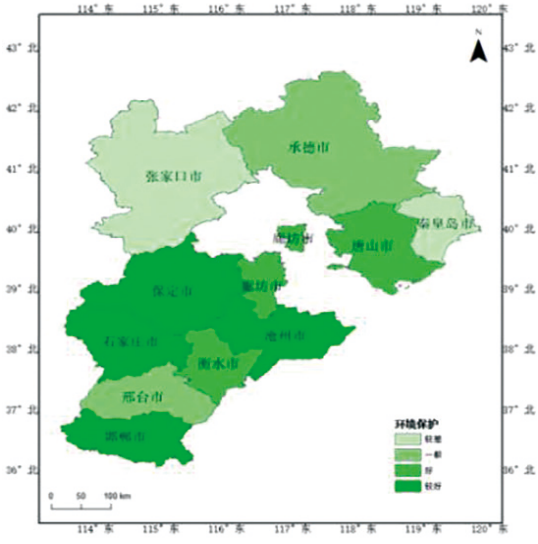

图 5 环境保护评价等级分布

（五）结果分析

（1）通过计算 2021 年河北省生态环境质量综合得分在 0.3-0.6 之间。生态环境质量综合评价较好的 2 个单元位于中北部地区的廊坊、张家口，约占全省总面积的 22.92%。评价为好的单元位于承德、石家庄、秦皇岛、沧州，约占全省总面积的 40.24%。评价为一般的单元位于中南部地区的保定、衡水、邯郸，约占全省总面积的 22.98%。评价为较差的单元位于唐山、邢台，约占全省总面积的 13.86%。软件输出的结果与河北省的实际情况基本符合，河北省的生态环境质量总体状况在空间上大体呈现由北向南逐渐变差 [5]。

（2）社会经济环境维度，评价较好的单元位于中部地区的廊坊、石家庄。自然资源维度，评价较好的单元位于北部地区的廊坊、承德。环境污染维度，污染较严重的地区分布在唐山、邯郸。环境保护维度，评价较好的单元在沧州、保定、石家庄、邯郸。自然资源状况与生态环境质量综合评价的空间格局表现出相似性，由此可以看出自然资源环境决定了河北省生态环境分布的大趋势，但社会经济、环境污染、环境保护对生态环境也具有重要影响，在一定程度上也改变生态环境的空间分布格局 [6]。虽然石家庄、唐山等地市的社会经济环境较好，但其一些主导产业对环境污染造成较大影响，致使生态环境质量的综合评级较低。这就表明经济的快速发展不能建立在环境污染的基础上。

三、提高河北省生态环境质量的对策与建议

生态环境是一个错综复杂的多元系统，其中每一个因素都能够在一定程度上影响生态环境的质量。因此，为了促进河北省生态环境的健康和可持续发展，应该从

多个方面提出相应的对策和建议。

（一）坚持绿色发展，加快发展方式绿色转型

第一，积极发展绿色产业。在拉动经济增长过程中，鼓励环保、节能、低碳等新兴产业的发展，推动传统产业的转型升级。同时，要加强对企业的引导和支持，引导企业在生产过程中实施绿色生产，减少废弃物的排放。第二，加强环保科技创新。加强环保科技创新的投入和支持，推动环保技术的研发和应用。加强环保技术创新，提高污染防治和资源利用的水平。

（二）推进减污降碳，防治环境污染

第一，加快能源低碳转型。积极发展清洁能源，减少对传统能源的依赖。第二，加强重点行业减排对环境污染治理。对钢铁、焦化、热电等行业企业实施深度治理，精细化管控，严格控制生产过程中的大气、水和废弃物等多种污染物的排放。

（三）加强生态环境的保护和修复

第一，严守生态保护红线，保护水资源、土壤资源和大气环境的稳定性。第二，推进生态修复。实施北方防沙带保护、重大生态修复和雄安新区森林城市建设等重点工程，提高森林覆盖率。

（四）加强环境监管

利用现代信息技术构建现代环境治理体系，建成集互联网、人工智能、大数据为一体的河北省环境综合管理平台。加强对企业的监管和指导，推动企业实施环保措施和技术创新，增强企业的环保意识和能力。

（五）推进生态文明教育

大力宣传环保理念，提升人们的生态文明意识。我们可以采取各种措施，如利用媒体资源进行广泛的宣传，制作环保公益广告，开展环保主题的讲座、研讨会等活动，以增强公众对环保重要性的认识。同时，我们还可以通过教育机构，将环保理念融入课程中，从小培养孩子们的环保意识。这些举措的实施，将有助于形成全社会尊重环境、爱护环境、保护环境的良好氛围。

四、结语

结合层次分法与 GIS 技术对河北省生态环境质量进行综合评价，可以充分发挥层次分法在综合评价不同属性要素方面的优势，以及 GIS 技术在空间分析方面的强大能力。这种评价方法为河北省生态环境质量评价提供了新的可视化研究思路，评价结果基本符合河北省的实际情况。当然，如果对指标体系进行适当的调整，评价结果可能会有所不同。

参考文献：

[1] 刘辉 . 复杂生态区生态环境质量评价与方法探讨 [D]. 河北 : 河北师范大学 ,2015.

[2] 王静雅 , 何政伟 , 于欢 .GIS 与层次分析法相结合的生态环境综合评价研究——以渝西地区为例 [J]. 生态环境学报 ,2011,20(Z2):1268-1272.

[3] 刘庄 , 谢志仁 , 沈渭寿 . 提高区域生态环境质量综合评价水平的新思路——GIS 与层次分析法的结合 [J]. 长江流域资源与环境 ,2003,(02):163-168.

[4] 王军伟 . 基于 GIS 的安庆市生态环境综合评价 [J]. 农业与技术 ,2021,41(19):104-105.

[5] 张萍萍 , 赵文吉 . 基于 RS 与 GIS 的北京区域生态环境综合评价研究 [J]. 首都师范大学学报 (自然科学版),2008(4):84-88.

[6] 程子卿 , 李勇 . 黑龙江省湿地生态状况评价体系及空间分布格局研究 [J]. 防护林科技 ,2016,5:40-42.