

基于 GIS 的平原河网水系连通性评价

周高桥 徐建

如皋市水资源调度中心

DOI:10.32629/pe.v4i1.19011

[摘要] 平原河网是陆地水文系统的重要组成部分,担负着水资源调配、洪水宣泄、生态维持等多种功能,水系连通性是表征河网结构完整性、功能协调性的核心指标,水系连通性评价对区域水资源管理、生态环境保护有重大意义。本文以平原河网为研究对象,用地理信息系统(GIS)的空间分析、数据建模等技术,建立科学合理的水系连通性评价体系,确定评价指标、模型、流程,系统分析平原河网水系连通性现状、影响因素和优化方向。希望为平原河网水系修复、水资源优化配置、生态环境保护提供理论支持和技术借鉴,促进区域水生态系统可持续发展。

[关键词] GIS平原河网; 水系连通性评价

中图分类号: TV212.5+1 **文献标识码:** A

Evaluation of River Network Connectivity in Plain Based on GIS

Gaoqiao Zhou Jian Xu

Rugao Water Resources Dispatch Center

[Abstract] As a vital component of terrestrial hydrological systems, plain river networks perform multiple functions including water resource allocation, flood discharge, and ecological maintenance. River connectivity serves as a core indicator of network structural integrity and functional coordination, playing a pivotal role in regional water resource management and ecological conservation. This study investigates plain river networks by employing GIS-based spatial analysis and data modeling techniques to establish a scientific evaluation framework. Through defining assessment metrics, developing analytical models, and implementing systematic processes, we examine current connectivity status, influencing factors, and optimization strategies. The research aims to provide theoretical foundations and technical references for river network restoration, optimized water resource allocation, and ecological protection, thereby promoting sustainable development of regional aquatic ecosystems.

[Key words] GIS plain river network; connectivity evaluation of water system

平原河网广泛分布于我国东部沿海、长江中下游等地,是区域经济社会发展和生态环境稳定的基础,水系连通性直接关系到水资源循环效率、水生态服务功能、防洪排涝能力。近些年来,由于城市化进程的加速,水利工程建设无序,土地利用类型的变化等因素的影响,平原河网出现了河道淤积,断流,水系碎片化等问题,连通性不断降低,引发水资源短缺,水环境污染,生物多样性减少等一系列生态环境和社会问题。地理信息系统(GIS)属于一种空间数据处理、分析、可视化交叉技术,具备高效、准确、可视化的特性,已经被广泛地应用到水文水资源、生态环境等各个方面。因此本文以GIS为基础,开展平原河网水系连通性评价研究,确定评价思路和方法,揭示平原河网连通性的内在规律,为解决目前平原河网面临的连通性问题提供技术支持,对区域水生态系统修复和可持续发展有重要的现实意义和应用价值。

1 平原河网水系连通性概述

1.1 平原河网水系连通性的核心概念

平原河网水系连通性是指平原区域内河流、湖泊、沟渠、水库等各种水文要素之间,以及水文要素与周边生态环境之间,通过水流、物质、能量交换实现相互联系、相互作用的程度,是表征河网结构完整性、功能协调性的核心指标。平原河网水系连通性有别于山区河网,其核心不单单体现在河道物理空间上的连通,而且包含水文功能上的连通性,即水流的畅通无阻、水资源的合理调配、水生态系统的良性循环。从本质上讲,平原河网水系连通性是自然因素和人为因素共同作用的结果,自然条件决定着连通性的先天基础,人类活动是影响连通性演化的主要因素^[1]。根据GIS技术的评价视角,可以将连通性细化为空间结构连通性和水文功能连通性两个方面,给后续评价指标的构建和模型的建立提供明确的分类依据。

1.2 平原河网水系连通性的主要特征

平原河网水系连通性的特点有四个,即结构复杂性、功能综合性、动态变化性以及人为干扰性。结构复杂性是由平原河网密集的河道分布、多样化的水文节点(闸坝、桥梁、河口)以及河道之间复杂的连接关系所造成的,因此连通性评价既要考虑整体,也要考虑局部。功能综合性指的是连通性不仅对水资源的分配和循环有影响,还同防洪排涝、水质净化、生物栖息地保护等多项生态服务功能相联系,单一功能的评价不能完全体现出连通性的水平。动态演变性表现为连通性随时间的变化,自然因素(降水、径流)和人类活动(水利工程建设、河道整治)的动态变化都会使连通性表现出不同的演变趋势。人为干扰性是平原河网连通性最显著的特征,城市化进程中的河道填埋、闸坝建设、水资源过度开发等人类活动,已经成了影响连通性退化的主要因素,也是后面评价和优化的主要对象^[2]。

1.3 平原河网水系连通性的影响因素

平原河网水系连通性受到自然因素和人类活动因素两方面的影响,两类因素相互影响、共同决定了连通性水平。自然因素作为先天条件,主要有地形地貌、气候条件、水文特征三个方面。地形地貌决定了平原河网的分布格局和水流方向,平缓的地形使得河网密集,但是存在局部洼地或者高地会阻碍水流连通;气候条件通过影响降水、蒸发量来决定河网的径流量,进而影响水流的连通性,降水充足、径流稳定的地区连通性较好;水文特征中的河流坡度、河道断面形态、径流速度等,直接影响水流的顺畅程度,坡度平缓、断面规整的河道连通性更好。人类活动因素属于后天主导因素,主要包含水利工程建设、土地利用变化、水资源开发利用、河道整治等,其中闸坝建设会直接阻断水流连通,土地利用变化(耕地变为建设用地)会破坏河网结构,水资源过度开发会导致河道断流,都会明显降低水系连通性。

2 基于GIS的平原河网水系连通性评价意义

2.1 保障水生态系统良性循环

基于GIS的平原河网水系连通性评价,对于保持水生态系统的良性循环有重要的生态意义。平原河网是水生态系统的主要承载者,连通性决定水生动植物栖息地的质量、物质能量交换效率、水质净化能力。利用GIS技术的空间分析功能可以准确找到连通性薄弱区域和生态敏感点,找出影响连通性的主要生态因子,为水生态修复工程的规划和实施提供科学依据。连通性较差的断流河道,根据评价结果制定河道疏浚、生态补水等修复措施,改善水流连通,提高水生动植物的生存环境;水质污染造成功能连通性不足时,结合GIS的水质空间分布分析优化排污口布局,提高河网水质净化能力。连通性评价可以建立完整的水生态廊道,有利于区域生物多样性的保护,维持水生态系统的稳定性、完整性,实现生态环境的可持续发展^[3]。

2.2 提升防洪排涝与供水保障能力

平原河网水系连通性同人类社会生产生活息息相关,利用GIS进行连通性评价具有重要的社会意义,主要体现在提高防洪排涝能力、供水保障能力两个方面。防洪排涝方面,平原地区地

势平坦、河道坡度小,水流宣泄速度慢,容易发生洪涝灾害,水系连通性好可有效加快洪水宣泄,减少洪涝灾害的发生次数和危害程度。利用GIS技术建立河网连通性评价模型,可以准确地分析河道的行洪能力、节点连通效率,找到防洪的薄弱环节,为防洪排涝工程(闸坝调度、河道拓宽)的优化配置提供技术支持,保障人民群众的生命财产安全。平原地区人口密集、工农业发达,水资源需求量大,良好的水系连通性可以实现水资源的跨区域、跨河道调配,提高水资源的利用效率。根据GIS进行评价可以明确各个区域的水资源分布和连通状况,优化水资源调配方案,解决水资源短缺问题,保证工农业生产、居民生活用水需求。

2.3 促进区域经济可持续发展

以GIS为基础的平原河网水系连通性评价,可以给区域经济的可持续发展提供重要的支持,具有明显的经济意义。平原河网周边是我国工农业生产的主要区域,改善连通性可以提高水资源利用效率、降低工农业生产的用水成本,促进农业、工业、旅游业等相关产业的健康发展。良好的水系连通性可以实现农田灌溉的均匀化、高效化,减少干旱、洪涝灾害对农业生产的影响,提高农作物的产量和质量,促进农业现代化的发展。水资源的充足供应、良好的水质条件,可以吸引高耗水、高技术产业进驻,促进工业产业结构升级,降低工业废水处理成本。连通性好的河网水系可以发展滨水生态旅游景观,带动旅游业、餐饮业、住宿业等相关产业的发展,提高区域的经济收入。同时基于GIS的评价可以改善水利工程建设布局,缩减工程建设费用,优化工程的经济和社会效益,促使区域经济同生态环境实现协调发展。

3 基于GIS的平原河网水系连通性评价策略

3.1 评价指标体系构建策略

评价指标体系的构建是平原河网水系连通性评价的核心,依据GIS技术特点与平原河网连通性的内涵来建立科学、合理、可操作的评价指标体系,必须遵循系统性、科学性、可操作性、针对性四大原则。首先确定评价指标的选取范围,根据平原河网连通性两个维度(空间结构连通性和水文功能连通性)来选择有代表性的指标。空间结构连通性指标主要是河网物理连接状况,包括河网密度、节点连通度、河道连通率、河网复杂度等;水文功能连通性指标主要是水流连通性与水资源循环效率,包括径流保证率、水流速度、水质达标率、生态流量保障率等。

3.2 GIS数据预处理策略

GIS数据的准确性、完整性直接决定连通性评价结果的好坏,因此,数据预处理是基于GIS的平原河网水系连通性评价的重要环节,主要包括数据源选取、数据格式转换、数据清洗、数据整合四个步骤。在数据源选择方面根据评价需求选择多源数据作为参考,主要包含地形数据DEM数据、遥感影像数据(高分影像、无人机影像)、水文监测数据径流、水质数据,水利工程数据闸坝、桥梁位置数据以及土地利用数据等等,使得数据源能够全面和精确。在数据格式转换上,由于不同数据源的格式不一样(DEM数据是TIFF格式,遥感影像是JPG格式,水利工程数据是SHP格式),所以需要使用GIS软件(ArcGIS等)将各种数据转换成统一

的格式(SHP格式、GRID格式等),方便之后的数据处理和分析。数据清洗方面,选择的各种数据要进行筛选和修正,去掉异常值、缺失值,对数据中出现的错误进行修正,保证数据的准确性、完整性。数据整合,用GIS的空间叠加分析功能将地形数据、遥感影像数据、水利工程数据等整合起来,建立统一的平原河网水系连通性评价数据库,实现各种数据的协同利用,为后面指标计算和模型构建提供数据支撑。

3.3 评价模型构建与实现策略

基于GIS的平原河网水系连通性评价模型要结合平原河网的特征和GIS技术的优势,建立考虑空间结构和水文功能的综合评价模型,主要包括模型选择、模型构建、模型实现三个步骤。在模型选择上,根据平原河网连通性评价的需求选择合适的评价模型,常用的评价模型有网络分析法、层次分析法(AHP)、模糊综合评价法、熵权法等,其中网络分析法可以分析河网的空间连接关系,层次分析法和熵权法可以用于指标权重的确定,模糊综合评价法可以有效处理评价过程中的模糊性问题,将各种模型相结合,构建综合评价模型,提高评价结果的精度。模型构建上,以GIS技术为基础,把评价指标体系与评价模型融合起来,确定模型的输入参数(预处理后的GIS数据、评价指标数据)、计算过程(指标量化、权重确定、综合评分)和输出结果(连通性评价等级、空间分布图谱)。模型实现时使用GIS软件(ArcGIS等)的空间分析工具、模型构建工具,实现评价模型的自动化运行,用GIS的可视化功能将评价结果以专题图的形式展示(连通性等级

分布图、薄弱区域分布图),直观体现平原河网水系连通性的空间差异和整体水平,为之后优化措施的制定提供直观的技术支持。

4 结束语

综上所述,本文围绕基于GIS的平原河网水系连通性评价进行了系统研究,从平原河网水系连通性概述、评价意义、评价策略的分析出发,结合GIS技术优势,构建了科学合理的评价体系和技术流程,完成相关研究内容,得出如下主要结论,平原河网水系连通性是结构与功能的统一,受自然和人类活动共同影响,目前整体呈退化趋势;基于GIS的连通性评价在生态、社会、经济、技术层面都具有重要意义;通过构建评价指标体系、完善数据预处理、构建综合评价模型、加强结果验证与优化,可以实现平原河网水系连通性的精准、高效评价。

[参考文献]

- [1]董冰霜.平原城市河网水系生态连通度综合分析[J].水利技术监督,2025,(05):238-242.
- [2]刘思琦,杨海燕,张钦城,等.粤东水系连通工程对练江流域水质改善效果研究[J].四川水利,2025,46(01):122-127.
- [3]张开鑫,吴德安,李玉明.基于数值模拟的平原河网水质改善精准化引水方案研究[J].水电能源科学,2024,42(10):64-68.

作者简介:

周高桥(1981--),男,汉族,江苏南通如皋人,本科,工程师,水利工程运行管理。