

基于GIS的灌区水资源空间分布特征分析

何男

吉林省水利水电勘测设计研究院

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6704

[摘要] 水资源是灌区农业生产的命脉,其空间分布特征直接影响灌溉效率和农业可持续发展,地理信息系统(GIS)技术以其强大的空间数据处理和可视化分析能力,为灌区水资源管理提供科学有效的技术手段。本文基于GIS技术,系统分析灌区水资源空间分布研究的重要意义,探讨GIS空间数据采集与数据库构建、水资源空间分布特征指标体系建立、空间分析模型与可视化技术应用关键方法,并深入剖析灌区水资源空间格局特征、时空演变规律及影响因素,进而提出水资源空间优化配置策略。研究表明,GIS技术能够有效揭示灌区水资源的空间异质性和时空动态变化规律,为实现水资源精准管理和优化配置提供科学依据,对保障灌区农业用水安全和促进农业高质量发展具有重要意义。

[关键词] GIS; 灌区; 水资源; 空间分布; 优化配置

中图分类号: S274.3 **文献标识码:** A

Analysis of spatial distribution characteristics of water resources in irrigation area based on GIS

Nan He

Jilin Province Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute

[Abstract] Water resources are the lifeblood of agricultural production in irrigation areas, and their spatial distribution characteristics directly affect irrigation efficiency and agricultural sustainable development. Geographic Information System (GIS) technology provides scientific and effective technical means for water resources management in irrigation areas with its powerful spatial data processing and visual analysis capabilities. Based on GIS technology, this paper systematically analyzes the significance of the research on spatial distribution of water resources in irrigation areas, discusses the key methods of GIS spatial data collection and database construction, the establishment of the index system of spatial distribution characteristics of water resources, the spatial analysis model and the application of visualization technology, and deeply analyzes the spatial pattern characteristics, temporal and spatial evolution laws and influencing factors of water resources in irrigation areas, and then puts forward the strategies for spatial optimal allocation of water resources. The research shows that GIS technology can effectively reveal the spatial heterogeneity and spatio-temporal dynamic change law of water resources in irrigation areas, provide scientific basis for accurate management and optimal allocation of water resources, and have great significance for ensuring the safety of agricultural water use in irrigation areas and promoting the high-quality development of agriculture.

[Key words] GIS; Irrigation area; Water resources; Spatial distribution; Optimal allocation

引言

灌区作为我国农业生产的重要基础设施,承担着保障粮食安全和促进农村经济发展的重任。然而,随着气候变化和人类活动的加剧,灌区水资源供需矛盾日益突出,水资源空间分布不均问题愈发严峻,传统的水资源管理方法难以全面把握灌区水资源的空间分布规律,制约水资源配置效率的提升,地理信息系统作为一种集数据采集、存储、分析和可视化于一体的空间信息技术,能够实现水资源空间数据的高效管理和深度挖掘,为灌

区水资源空间分布特征分析提供新的技术路径。基于GIS技术开展灌区水资源空间分布研究,不仅有助于揭示水资源的空间异质性和时空演变规律,更能为水资源优化配置决策提供科学支撑。本文旨在探讨GIS技术在灌区水资源空间分布分析中的应用方法与策略,以期对灌区水资源精细化管理提供理论参考和实践借鉴。

1 基于GIS分析灌区水资源空间分布的意义

1.1 提升灌区水资源管理的科学性与精准性

GIS技术可以将灌区地形、水文、气象、土壤等多源空间数据进行整合,形成统一的水资源信息管理平台。借助空间叠加分析以及属性查询的功能,管理者能够准确把握灌区各个区域的水资源禀赋情况,从而实现从宏观到微观的多尺度水资源监测。基于空间位置的精准管理模式,突破了传统管理方式数据零散、信息滞后的局限,明显提升了灌区水资源管理的科学化与精细化程度。GIS技术可对多时相数据进行对比分析,便于管理者追踪变化轨迹,为水资源动态预测提供数据基础^[1]。

1.2 促进水资源空间配置优化与高效利用

灌区水资源分布具有明显的空间异质性,各个区域的水资源丰缺程度差别很大,GIS空间分析技术可以识别水资源供需的空间错配问题,确定水资源富余区和紧缺区的分布格局。在此基础上,利用空间模拟和情景分析的方法,可以优化灌溉渠道的布置以及水量调度方案,从而实现水资源在空间上的合理配置。这不仅可以提高灌溉水的利用率,还可以有效缓解局部地区用水紧张的问题,促进水资源的均衡利用。通过建立水资源供需平衡模型,GIS可以对不同的配置方案进行经济效益和生态效益的量化评价,给决策者提供多目标权衡的依据^[2]。

1.3 支撑灌区农业可持续发展决策

农业可持续发展离不开水资源的长期稳定供给,GIS技术通过对历史水资源数据进行时空分析,可以发现水资源变化趋势和潜在风险,为中长期水资源规划提供依据。同时,将水资源的空间分布信息与作物需水规律、土地利用格局结合起来,就能科学地划分灌溉分区,指导种植结构调整。以空间信息为基础的决策支持体系,有利于水资源与农业生产协调发展,保证灌区农业的可持续性。GIS平台可以整合气候变化预测数据和水资源承载力评价结果,制定应对极端气候事件的风险管理预案^[3]。

2 基于GIS的灌区水资源空间分布分析方法

2.1 GIS空间数据采集与数据库构建

灌区水资源空间分析的基础是建立完善的数据库,数据采集涵盖基础地理数据、水文水资源数据、气象数据、社会经济数据等几类。基础地理数据包括灌区边界、地形高程、渠系分布,可利用遥感影像解译和地形图数字化的方式来获取。水文水资源数据包含地表水、地下水的水量水质监测信息,需要整合水文站点观测资料和野外调查数据,降水、蒸发是影响水资源形成和消耗的重要因素,在数据采集的基础上,采用统一的空间参考系统和数据编码标准。建立包含空间位置信息和属性信息的地理数据库,数据库设计要遵守完整性、一致性、可扩展性原则,建立拓扑关系、空间索引,保证数据查询、分析的高效性^[4]。

2.2 水资源空间分布特征指标体系建立

科学的指标体系是准确刻画水资源空间分布特征的关键,指标选取应遵循代表性、可获取性和可比性原则,涵盖水资源数量、质量和开发利用多个维度。数量指标包括地表径流量、地下水埋深、可利用水资源总量,反映水资源的丰枯程度,质量指标涉及水体矿化度、污染物浓度,表征水资源的可用性,开发利用指标包括灌溉水利用系数、水资源开发利用效率,体现水资源的

利用效率。在指标量化基础上,采用层次分析法或熵权法确定各指标权重,构建综合评价模型,通过空间插值将离散监测数据转化为连续的空间分布图层,实现水资源特征的空间可视化表达,指标体系的建立为后续的空间格局分析和优化配置研究奠定方法论基础^[5]。

2.3 空间分析模型与可视化技术应用

GIS空间分析模型是揭示水资源空间分布规律的核心工具,空间插值方法如克里金法、反距离权重法,可将离散观测点数据扩展为连续的空间分布面,生成水资源要素等值线图 and 栅格图。空间统计分析包括全局和局部空间自相关分析,用于检验水资源空间分布的聚集性和异质性,缓冲区分析和叠加分析可识别水资源与灌溉需求的空间匹配关系,网络分析适用于渠系输水效率和水量调度路径的优化。在模型分析基础上,借助GIS可视化技术将分析结果以专题地图形式直观展示,通过色阶渐变、符号分级制图方法,清晰表达水资源的空间差异和变化趋势,三维可视化技术还可结合地形数据,构建水资源空间分布的立体场景,增强决策者对空间信息的感知和理解能力。

3 灌区水资源空间分布特征与优化配置策略

3.1 灌区水资源空间格局特征分析

灌区水资源空间分布呈现显著的区域差异性和梯度变化特征,从总体格局看,水资源分布受地形地貌、水系分布和气候条件的综合影响,表现出明显的空间异质性。上游区域通常靠近水源,水资源相对丰富,而下游末端区域往往面临供水不足的困境,从局部特征看,渠系沿线区域水资源可获得性较高,远离干渠的区域则存在灌溉盲区,地下水资源分布同样存在空间分异,浅层地下水埋深在灌区内部呈现从核心区向边缘区逐渐加深的趋势,空间自相关分析表明,水资源分布具有正向空间聚集特征,即高值区与高值区相邻、低值区与低值区相邻,这种空间聚集格局的形成是自然本底条件与人工灌溉系统共同作用的结果,反映水资源空间配置的内在规律,识别水资源空间格局的热点区和冷点区,对于明确重点管理区域和制定差异化调控策略具有重要指导意义。

例如,在开展灌区水资源空间格局分析时,技术人员首先利用GIS软件导入灌区边界、渠系分布、地形高程基础数据图层,然后将各监测站点的地表水流量、地下水埋深观测数据录入系统。通过克里金空间插值方法,将离散的监测点数据转化为连续的空间分布栅格图,生成水资源丰度级分布图,在此基础上,运用局部空间自相关分析工具,识别出水资源高值聚集区和低值聚集区的空间位置。分析结果以专题地图形式呈现,用不同颜色标识水资源丰富区、一般区和紧缺区,清晰展示灌区内部水资源的空间差异格局,技术人员还可通过空间统计报表,量化各级区域的面积占比和分布特征。这些分析成果为后续的分区管理和资源调配提供直观、精准的空间信息支撑。

3.2 水资源时空演变规律与影响因素

灌区水资源空间分布并非静态不变,而是呈现明显的时空动态演变特征。从季节变化看,汛期与非汛期水资源空间格局存

在显著差异,汛期降水补给使得水资源分布趋于均衡,而非汛期则更依赖工程调水,空间差异加大,从年际变化看,受气候波动影响,丰水年与枯水年的水资源空间分布格局呈现周期性变化,枯水年份空间供需矛盾更为突出。从长期趋势看,气候变化导致的降水格局改变正在重塑灌区水资源空间分布,影响水资源时空演变的因素可归纳为自然因素和人为因素两类,自然因素包括气候变化、地形条件,决定水资源空间分布的本底格局,人为因素涵盖灌溉制度、水利工程建设,对水资源空间格局产生深刻改造,掌握水资源时空演变的周期性规律,能够为灌溉调度提供前瞻性的决策参考。深入分析这些因素的作用机制和相对贡献,有助于预测水资源空间分布的未来趋势,为制定适应性管理策略奠定科学基础。

例如,在分析灌区水资源时空演变规律时,技术人员首先收集灌区近二十年的水文气象监测数据,按月度 and 年度分别整理入库。利用GIS时序分析功能,将不同时期的水资源空间分布图层进行叠加对比,生成水资源变化量的空间分布图,通过设置时间滑块,动态展示水资源空间格局的季节性波动和年际变化过程。同时,将降水量、蒸发量、灌溉用水量影响因素数据与水资源变化数据进行空间相关分析,识别不同区域水资源变化的主导驱动因素,对于人为因素的影响,可通过对比水利工程建设前后的水资源空间分布变化来评估工程效益,技术人员还需建立多因素回归模型,定量分析各影响因素对水资源时空变化的贡献程度。最终形成水资源时空演变的综合分析报告,揭示演变趋势和驱动机制,为制定适应性管理策略提供系统的数据支撑。

3.3 水资源空间优化配置策略

基于GIS的空间分析结果,应从工程措施、管理措施和技术措施多方面入手,推进灌区水资源空间优化配置。在工程措施方面,针对水资源空间分布不均的问题,应优化渠系布局,加强骨干渠道与田间工程的衔接,缩短输水距离,减少渗漏损失,在水资源紧缺区域,可考虑建设调蓄工程,增强区域水资源调控能力。在管理措施方面,应建立基于GIS的水资源动态监测和预警系统,实时掌握各区域水资源供需状况,实施精准调度,推行差异化的用水管理政策,在水资源丰富区适度扩大灌溉规模,在紧缺区推广节水灌溉,在技术措施方面,应充分发挥GIS空间决策支持功能。构建水资源优化配置模型,实现灌溉水量的时空优化

分配,将GIS与物联网技术相结合,建设智慧灌区管理平台,提升水资源配置的智能化水平,多种措施协同发力,能够形成系统完整的水资源空间优化配置体系。同时,应建立长效运行机制,确保优化配置策略得到持续有效执行,不断提升灌区水资源利用效率和管理水平。

4 结语

灌区水资源空间分布特征分析,是进行水资源科学管理、合理配置的前提。GIS技术凭借其独特的空间数据处理和分析能力,为灌区水资源的空间分布规律揭示、空间配置问题识别、优化策略制定提供强有力的技术支持。本文从理论和方法的层面系统阐述基于GIS的灌区水资源空间分布分析框架,分析水资源的空间格局特征和时空变化规律,提出相应的优化配置策略。经过研究发现,GIS技术可以很好地将多种空间数据进行整合,并且能够对水资源信息进行可视化的表达以及深入的挖掘,从而给灌区水资源管理决策提供科学依据。在新时代农业高质量发展、乡村振兴战略的大背景下,应该进一步加强GIS技术同遥感、物联网新技术的融合应用,创建起更加智能化的灌区水资源管理体系,为保证国家粮食安全、推进农业现代化做出贡献。未来研究还应注重多学科交叉融合,将水文模型、机器学习算法和GIS技术深度耦合,进一步提高灌区水资源空间预测和智能决策能力。

[参考文献]

- [1]陈静,刘小学,魏晓妹.基于GIS的灌区水资源管理信息系统研发[J].水土保持研究,2007,14(A4):69-73.
- [2]刘贵德,郭凤台,迟艺侠.GIS在灌区水资源管理中的应用及进展[J].水科学与工程技术,2006,(1):16-18.
- [3]丁伟强,段福义,段鹏.基于组件式GIS的灌区水资源管理系统设计[J].河南水利与南水北调,2007,36(10):39-40.
- [4]王文川,徐冬梅.基于GIS的灌区水资源用水管理系统设计[J].东北水利水电,2004,22(11):63-64.
- [5]邢云飞,丁雨晴,马莉.基于BIM+GIS的智慧灌区水资源管理分析[J].中国水运,2023,(8):137-139.

作者简介:

何男(1994—),女,汉族,吉林省长春市人,硕士研究生,中级工程师,研究方向:水资源综合利用、水利水电工程。