

The Application and Optimization of GIS Technology in the Division of Drinking Water Source Protection Areas

Haili Peng

Jiangxi Ganhuan Technology Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract

The scientific division of drinking water source protection areas is an important foundation for ensuring water quality safety and ecological stability. GIS technology, with its powerful spatial data processing and analysis capabilities, shows significant advantages in the division work. By integrating remote sensing images, topography and geomorphology, hydrological data and land use information, GIS can achieve precise modeling and comprehensive evaluation of environmental factors within the region, thereby promoting the scientific determination of protected area boundaries and the optimization of functional zoning. This paper conducts research on the specific application of GIS in the division of drinking water source protection zones, systematically explores its key roles in spatial analysis, index extraction, zone fitting and dynamic supervision, and simultaneously analyzes the technical bottlenecks and optimization paths in current applications, aiming to provide technical support for improving the scientificity of water source protection zone division and the effectiveness of management.

Keywords

drinking water; Water source protection area; Geographic Information System; Spatial analysis; Partition optimization

饮用水水源保护区划分中 GIS 技术的应用与优化

彭海利

江西赣环科技有限公司, 中国·江西 南昌 330000

摘要

饮用水水源保护区的科学划分是保障水质安全与生态稳定的重要基础。GIS技术凭借其强大的空间数据处理与分析能力,在划分工作中展现出显著优势。通过整合遥感影像、地形地貌、水文数据与土地利用信息, GIS能够实现区域内环境因子的精准建模与综合评价,进而推动保护区边界科学确定与功能分区优化。本文围绕GIS在饮用水水源保护区划分中的具体应用展开研究,系统探讨其在空间分析、指标提取、分区拟合与动态监管等方面的关键作用,同时分析当前应用中的技术瓶颈与优化路径,旨在为提升水源保护区划分的科学性与管理的实效性提供技术支撑。

关键词

饮用水; 水源保护区; 地理信息系统; 空间分析; 划分优化

1 引言

饮用水安全是社会可持续发展的基础保障,水源地保护作为重要的生态安全屏障,其科学合理划分对防控污染、保障供水质量具有关键意义。传统的划分方式多依赖静态图件与经验判断,存在信息滞后、分区模糊、监管难度大等问题。地理信息系统(GIS)作为集空间数据采集、分析、建模于一体的综合平台,正在成为饮用水水源保护区划分中的重要技术工具。通过多源数据的叠加分析与空间模型构建, GIS不仅提升了划分的精度与客观性,也为动态监管与预警提供技术支持。本文基于GIS技术的理论优势与实际应用需求,深入研究其在水源保护区划分中的功能实现路径与系

统优化方向,推动保护区划定工作从静态管理走向动态精细治理。

2 GIS 技术在水源保护区划分中的基础作用

GIS系统具备对空间数据进行叠加分析、缓冲区生成和可视化表达的综合能力,在饮用水水源地环境评估中能够准确反映污染源分布、水文路径和生态敏感区域的空间关系。通过构建数字高程模型、流域边界线及集水区分布图, GIS能实现对自然地理与人类活动干扰因子的同步分析,提升水源地安全风险的综合识别效率。其三维分析功能可辅助评估不同地形条件下污染物迁移趋势,并为保护边界线的科学划定提供技术支撑。在评价指标提取方面, GIS可对水体缓冲带、土地利用结构、降雨径流等数据进行量化处理,构建多变量影响因子模型,为环境影响等级分类与保护优先级排序提供可靠依据。

【作者简介】彭海利(1990-),女,中国江西高安人,硕士,工程师,从事环境影响评价、环境规划、环保咨询研究。

3 饮用水水源保护区划分的 GIS 技术流程构建

3.1 目标区域识别与基础数据构建

饮用水水源保护区划分的首要环节是明确供水区域、水源涵养带及潜在污染影响区等核心目标区域。GIS 系统可整合地形图、水系图、土地利用图、生态红线图等基础图层，通过遥感影像提取地表覆盖信息，并利用无人机和 GPS 实地测绘手段提升空间数据精度。移动采集设备可完成对排污口、水源点、水体边界等关键区域的现场标注和上传，构建高精度、实时可更新的目标区域图层。多源数据经过配准、分类、裁切和编码处理后，形成结构清晰、信息完备的保护区划分数据基础，为后续分析与建模提供空间决策依据。

3.2 指标体系量化与空间分析判定

在明确划分区域的基础上，需构建多维度评价指标体系用于空间适宜性判断与分区模型建立。通过 GIS 系统对地形坡度、汇水密度、土地利用强度、生态敏感性和污染风险等级等指标进行量化处理，形成可叠加的空间变量图层。采用权重分配与加权叠加方法可生成综合适宜性评价图，结合模糊逻辑分析可提高边界过渡区判定的精准性。空间分析过程包含栅格重分类、数据归一化和空间聚类识别操作，以形成划分逻辑统一、区域边界清晰的技术判定体系，支撑保护区各等级区域的科学划定。

3.3 边界拟合与划定成果生成

在空间评价图层基础上，利用 GIS 的缓冲分析、拓扑处理与空间插值功能可生成初步划界线。拟合过程中需结合遥感数据识别的地貌边界和实地勘测点位，进行边界线形态优化与误差修正。对于不规则地形区，三维地形模型提供地貌高差分析支撑，确保划定边界与自然分界高度一致。划定成果导入行政区划、土地用途和生态功能区图层后，通过边界线叠合分析实现管理图层一体化。最终成果以矢量图形式输出，配套属性信息和图例，支持在审批、监管和执法等环节中高效调用与更新，构建动态可维护的保护区管理图谱。

4 GIS 辅助决策在分区管理策略中的嵌入路径

4.1 高风险因子识别与风险分布图谱构建

水源地周边存在农田施肥、道路污染风险、工业排放等多类面源和点源污染隐患。GIS 系统可整合土地利用图层、企业分布信息及环境监测数据，对高风险点进行空间精确定位与属性标签赋值。通过构建污染物迁移路径模型，并结合水文模拟结果生成扩散方向图，可识别重点污染影响带与迁移趋势。基于综合因子分析构建污染风险等级图谱，为饮用水水源保护区的分级划定提供科学支撑。对一级保护区范围内的关键区域可强化限制措施，二级保护区则设定分区管控标准，准保护区依据风险等级实行分类准入。通过多时段对比图层，可反映季节性风险动态演化规律，为应急响应与常态化化管理提供数据支撑与预警基础。

4.2 不同保护级别的空间分区与管理分层模型

饮用水水源保护区分为一级保护区和二级保护区，必要时可划定准保护区。GIS 可依据缓冲距离、水流路径与污染源浓度场模型实现分区自动生成。一级保护区以水源取水点为中心生成高强度保护圈，GIS 支持在 DEM 与水系图上自动生成等距缓冲带，结合土地利用阻隔要素进一步微调边界。二级保护区根据集水面积与污染传输途径计算防护带宽度，并引入风险权重重新调整范围边界。准保护区则涵盖更广范围，兼顾生态服务功能与土地发展，GIS 提供的分区模板与空间规则约束功能可支持管理制度自动挂接。通过建立图层分级管理体系，实现保护区内差异化管理措施与审批流程的自动调用。

4.3 GIS 支持下的动态监管与实时反馈体系

饮用水水源保护区的监管需要实现动态更新与高效联动，GIS 为构建这一体系提供了强有力支撑。通过与遥感监测、地理编码视频监控及传感器设备集成，可实现对水体质量、周边开发活动与环境变化的实时感知。GIS 平台可设定关键指标报警阈值，触发风险区域高亮标注与责任单位通报机制。监管人员可通过移动端 GIS 平台接入边界图层和基础数据，实现现场信息快速定位与比对。动态监管系统支持日志追踪与执法流程记录，确保监管行为全流程可溯源。GIS 还支持多部门数据联动，推动信息互通与处置结果反馈，为保护区分区制度提供稳定的信息保障基础。

5 饮用水水源保护区划分中的 GIS 优化手段

5.1 基于遥感数据的实时更新与补全算法优化

遥感数据具有覆盖广、更新快、可量化等特性，在水源保护区划分中可提供最新的地表信息支撑。通过引入高分辨率多时相影像，结合 NDVI、水体指数等分类参数，能有效识别植被变化、水域扩张与人类活动迹象。为提高数据完整性，GIS 平台可部署自适应插值算法与缺失区域智能补全机制，增强对云遮、影像断裂区的填补能力。在动态变化区域中，遥感数据的自动识别与比对机制可实时生成更新图层并触发划界修正程序，构建从遥感解译到保护边界自动更新的闭环系统，显著缩短划分成果更新周期，提升保护响应的敏捷性。

5.2 栅格与矢量混合建模提升划分精度

栅格模型适用于连续变量表达，矢量模型擅长边界精确控制，两者融合建模能有效兼顾大范围评估与局部细化要求。在水源保护区划分中，GIS 平台可通过将栅格化水文模拟结果与矢量化地形边界进行叠加处理，实现污染风险空间场与行政边界的高效融合。对于保护区内复杂地形或人为干扰强的区域，矢量模型可用于边界微调与缓冲控制，而栅格数据则用于生成风险等级分布图，实现多尺度数据统一分析。通过网格-矢量联合建模，提升边界拟合的空间分辨率与边界线光滑性，有效解决保护区精度不足与边界断裂的

问题。

5.3 多目标权重分析与机器学习耦合的智能划分优化

保护区划定中面临水质安全、生态完整性、土地使用等多重目标的权衡，GIS系统可集成多目标决策分析法，将影响因子权重通过层次分析、熵值法等方式进行计算。结合机器学习算法，系统可在历史划分样本中挖掘规律，建立保护区边界预测模型。采用随机森林或支持向量机算法，对地形、水系、土地利用等变量进行特征训练，实现划界路径的智能推荐。通过持续反馈优化机制，不断调整模型权重与空间逻辑，提升划分成果的适应性与稳定性。此类智能划分系统具备可解释性强、预测能力高的优势，有助于推进划分工作从规则导向走向数据驱动。

6 GIS在保护区划定成果管理与应用中的拓展方向

6.1 划分成果与生态保护数据库的对接集成

水源保护区划分成果作为生态管理基础数据，应实现与现有生态保护信息系统的高效衔接。GIS平台支持将划定结果以矢量图层形式接入国家或地方生态保护数据库，与自然保护区、湿地红线、生态功能区等数据图层实现空间叠加管理。划分图层属性可嵌入水质类别、风险等级、管控措施等多维信息，建立统一的保护区空间信息档案。数据库中应设置变更记录与版本管理机制，保障划界成果的动态可追溯性。通过与国土空间基础信息平台的集成，实现划分成果在规划审批、土地用途监管等环节中的数据联通与制度对接，提升保护措施的执行效率与数据可信度。

6.2 移动终端与可视化平台的协同发布机制

水源保护区划分成果具备公共属性，应通过多渠道发布提升数据可获取性与公众认知度。基于GIS构建的可视化平台可嵌入在线地图、图表组件与信息弹窗，实现划分边界、分级信息、动态监测数据的可视化表达。平台支持权限分级访问管理，保障不同用户群体的数据获取需求。在移动终端部署轻量化GIS客户端，可提供现场定位、划界边界比对、实景同步采集等功能，方便管理人员进行实时核查与执法取证。系统还应接入网络反馈通道，公众可提交疑似破坏点位、环境异常线索等数据，形成数据共建与动态监督机制，推动水源保护社会参与与智慧治理同步提升。

6.3 划分成果在规划审批与执法巡查中的高效嵌入应用模式

水源保护区划定成果作为刚性约束边界，应嵌入城市

规划、建设审批与执法监管各项流程。GIS系统可将划分成果挂接至建设项目审批平台，通过空间匹配判断项目位置是否重叠保护区，自动提示审批权限与限建条件。在日常巡查中，执法人员可通过移动GIS终端加载保护边界图层，结合卫星图像与实时位置，精确开展现场核查与违规拍照取证。数据回传系统可将巡查结果上传至保护区监管平台，构建闭环管理机制。在土地用途变更、产业调整等关键环节，GIS划定成果为决策部门提供了科学的空间依据，强化生态红线底线管控能力，提升生态政策执行力与保护刚性，图1为某智慧水务GIS系统可视化平台监管画面。



图1 某智慧水务GIS系统可视化平台监管画面

7 结语

GIS技术在饮用水水源保护区划分中的应用，极大提升了划定工作的科学性与效率。通过空间分析、数据融合、建模优化等手段，GIS实现了从静态描图向动态监管的跨越，为保护区的合理布局与精细化管理提供了坚实支撑。随着遥感技术、机器学习算法与移动终端系统的不断进步，GIS平台在成果集成、监督执法与公众参与中的功能也将持续拓展。推动GIS技术与生态保护管理深度融合，有助于构建以数据驱动为核心的水源安全保障机制，强化资源环境底线约束，保障饮用水源长期稳定与可持续利用。

参考文献

- [1] 侯平舟.GIS技术在水文地质领域的应用研究[J].科技风,2021(11):129-130.
- [2] 鲁智杞.GIS技术支持下的县域“多规合一”探索与实践[D].导师:张述清;甘淑.昆明理工大学,2018.
- [3] 于志刚.GIS技术在水文地质领域的应用进展[J].世界有色金属,2017(15):207+209.
- [4] 周棉.基于GIS水库水源保护管理系统的设计与实现[J].人民珠江,2017,38(07):89-92.