

基于GIS的区域水资源承载力评价与分析

吉永虎

新疆维吾尔自治区阿克苏水文勘测中心 新疆 阿克苏 843000

摘要: 本文基于GIS技术开展区域水资源承载力评价与分析。先阐述GIS技术、水资源承载力概念及评价方法等理论基础,接着构建基于GIS的评价指标体系,明确指标选取原则、体系框架及权重确定方法。随后构建评价模型,说明模型选择、GIS空间分析流程与模型验证方法。最后提出分区管控、技术保障、政策支持等水资源承载力提升对策,旨在为区域水资源合理配置与高效利用提供科学依据。

关键词: GIS; 水资源承载力; 评价与分析; 合理配置; 高效利用

1 理论基础

1.1 GIS技术简介

地理信息系统(GIS)是借助计算机硬、软件系统,对地球表层(含大气层)空间地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示与描述的关键空间信息系统,核心在于强大的空间数据处理能力。数据采集上,GIS能整合卫星遥感影像、地形图、地面观测数据等多源数据,这些数据涵盖地形地貌、土地利用类型等丰富地理信息。借助专业采集设备与软件,可将其转化为GIS可识别的格式,为后续分析筑牢基础。数据存储与管理方面,GIS采用专门数据库管理系统,能高效存储和管理海量空间与非空间数据,支持数据分类、索引和检索,方便用户快速获取所需信息。运算和分析是GIS的优势,可进行空间查询,如查询特定区域内水资源分布;开展空间分析,像缓冲区分析能确定水体周边土地利用情况,叠加分析可综合分析多因素对水资源承载力的影响。还能进行模型运算,将数学模型与空间数据结合,为复杂问题提供科学分析手段。显示和描述上,GIS能以直观地图呈现分析结果,通过颜色、符号和标注清晰展示水资源承载力空间分布特征,为决策者制定政策提供直观依据。

1.2 水资源承载力概念

水资源承载力指在一定时期和区域范围内,以维护生态良性循环和可持续发展为前提,在水资源合理开发利用条件下,该区域水资源能持续供养的人口数量和经济规模。从时间维度看,它是动态变化的。社会经济发展、人口增长及气候变化等因素会改变水资源供需状况^[1]。如经济快速发展时,工业和生活用水需求大增,可能超出水资源承载能力;气候变化致降水减少,水资源可利用量降低,也会影响承载力。空间维度上,不同区域水资源承载力差异显著。水资源丰富的河流流域、湖泊周边等

地,承载力较高,能支撑较大规模人口和经济活动;干旱半干旱地区水资源匮乏,承载力低,需严格控制人口增长和经济发展规模,避免过度开发。水资源承载力与生态系统良性循环紧密相关,过度开发利用水资源会引发河流断流、湖泊萎缩、地下水超采等生态问题,破坏生态平衡。

1.3 评价方法概述

当前,水资源承载力评价方法主要有综合指标法、系统动力学方法、多目标决策分析法。综合指标法是选取一系列反映水资源承载力各方面的指标构建体系,确定各指标权重后,通过综合评价模型算出综合得分。此方法简单直观,能全面考量各种影响因素。例如可选取水资源总量、人均水资源量等指标,用加权求和等方式计算承载力指数。系统动力学方法从系统角度出发,分析水资源系统内部各要素关系与反馈机制,建立系统动力学模型。通过模拟不同政策和发展情景下的水资源供需变化,预测承载力发展趋势。比如模拟不同节水措施实施后水资源供需平衡变化,评估承载力变化情况。多目标决策分析法用于在经济发展、生态保护、水资源可持续利用等多个目标间权衡决策。它将评价问题转化为多目标优化问题,建立目标函数和约束条件,寻找最优决策方案。

2 基于GIS的水资源承载力评价指标体系构建

2.1 指标体系构建原则

构建基于GIS的水资源承载力评价指标体系应遵循科学性、系统性、可操作性和动态性等原则。科学性原则要求指标的选择必须基于科学理论和实践经验,能够准确反映水资源承载力的本质特征。指标的定义、计算方法和数据来源都应具有科学依据,确保评价结果的客观性和准确性。例如,在选择水资源量指标时,应采用权威部门发布的准确数据,并按照科学的计算方法进行处

理。系统性原则强调指标体系应全面涵盖影响水资源承载力的各个方面，包括水资源数量、质量、开发利用程度、生态环境需求等。各个指标之间应相互关联、相互补充，形成一个有机的整体，以全面反映水资源承载力的综合状况。可操作性原则是指指标的数据应易于获取和计算，评价方法应简便易行^[2]。在构建指标体系时，应充分考虑数据的可得性和可靠性，尽量选择那些能够通过常规统计渠道或实地调查获取的指标。同时评价方法应具有可操作性，便于在GIS平台上进行实现和分析。动态性原则考虑到水资源承载力是一个动态变化的过程，指标体系应能够反映这种动态变化。随着社会经济的发展、技术的进步和气候变化等因素的影响，水资源承载力的评价指标和权重可能会发生变化。因此，指标体系应具有一定的灵活性，能够根据实际情况进行调整和优化，以适应不同时期和不同区域的评价需求。

2.2 评价指标体系框架

基于上述原则，构建的基于GIS的水资源承载力评价指标体系框架可分为目标层、准则层和指标层。目标层为水资源承载力，是整个评价指标体系的最终评价目标。准则层包括水资源条件、水资源开发利用程度、经济社会发展和生态环境等四个方面。水资源条件准则层主要反映区域水资源的自然禀赋，如水资源总量、人均水资源量、降水量等指标；水资源开发利用程度准则层体现人类对水资源的开发利用状况，如水资源开发利用率、万元GDP用水量等指标；经济社会发展准则层考虑人口、经济等因素对水资源承载力的影响，如人口密度、城镇化率等指标；生态环境准则层关注水资源与生态系统的关系，如生态需水满足程度、水功能区水质达标率等指标。指标层则是对准则层各指标的具体细化。

2.3 指标权重确定方法

指标权重的确定是评价指标体系构建的关键环节，常用的方法有层次分析法（AHP）、熵权法和主成分分析法等。层次分析法是一种定性与定量相结合的决策分析方法。它通过构建层次结构模型，将复杂问题分解为多个层次和因素，然后通过专家打分等方式确定各因素的相对重要性，进而计算各指标的权重。例如，在确定水资源承载力评价指标权重时，可以邀请相关领域的专家对各指标的重要性进行两两比较，通过数学计算得出各指标的权重值。熵权法是一种基于信息熵理论的客观赋权方法，它根据各指标数据的变异程度来确定权重，数据变异程度越大，提供的信息量越多，权重越大。例如，通过计算各指标的熵值，确定各指标在评价体系中的权重，避免主观因素的影响。主成分分析法则是通过

降维的思想，将多个相关指标转化为少数几个不相关的综合指标（主成分），根据主成分的贡献率确定各指标的权重。

3 基于GIS的水资源承载力评价模型构建

3.1 评价模型选择

在基于GIS的水资源承载力评价中，多指标综合评价模型是常用的选择，它能巧妙融合GIS的空间分析功能与数学模型。比如加权求和模型，该模型先对各评价指标进行标准化处理，再将标准化后的指标值与对应权重相乘，最后把所有乘积结果相加，从而得出水资源承载力的综合得分。这一过程综合考虑了不同指标对水资源承载力的影响程度，通过权重分配体现各指标的重要性。另外，还可结合模糊综合评价模型。由于水资源承载力评价中部分指标存在模糊性和不确定性，模糊综合评价模型能很好地应对这一问题。它借助隶属度函数来确定各指标在不同评价等级上的隶属程度，基于这些隶属度进一步计算水资源承载力的综合评价结果，使评价结果更加科学合理。

3.2 GIS空间分析流程

在GIS平台上进行水资源承载力评价的空间分析流程主要包括数据准备、空间叠加分析、空间插值分析和结果可视化等步骤。数据准备阶段，需要收集和整理各类空间数据和非空间数据，如地形图、土地利用图、水资源监测数据、社会经济数据等，并进行数据预处理，确保数据的准确性和一致性。空间叠加分析是将多个图层（如水资源分布图、土地利用图、人口分布图等）进行叠加，综合分析各因素对水资源承载力的影响。例如，通过叠加分析可以找出水资源丰富但土地利用不合理或人口密集的区域，为制定分区管控策略提供依据。空间插值分析是针对数据不完整或分布不均匀的情况，利用已知点的数据推算未知点的数据，生成连续的空间分布图^[3]。结果可视化是将分析结果以地图、图表等形式展示出来，便于决策者直观了解水资源承载力的空间分布特征和变化趋势。例如，制作水资源承载力等级分布图，用不同颜色表示不同承载力等级的区域。

3.3 模型验证方法

模型验证是确保评价模型准确性和可靠性的重要环节。常用的验证方法包括与历史数据对比、与其他评价方法对比和实地调研验证。与历史数据对比是将评价模型的结果与过去实际发生的水资源承载力状况进行对比，检验模型的预测准确性。例如，对比模型预测的某区域水资源承载力与实际水资源供需状况，验证模型的可靠性。与其他评价方法对比是将基于GIS的评价模型

结果与其他传统评价方法（如专家打分法、层次分析法等）的结果进行对比，分析差异原因，优化模型参数。例如，发现GIS模型与专家打分法在部分区域评价结果不一致时，进一步分析数据差异，调整模型权重或指标体系。实地调研验证是通过实地走访、问卷调查等方式，收集实际数据，验证模型的实用性。例如，实地调研某区域的水资源利用情况和生态环境状况，与模型评价结果进行对比，确保模型能够真实反映实际情况。

4 水资源承载力提升对策与建议

4.1 分区管控策略

依据水资源承载力评价结果，对区域进行科学细致的等级划分，一般可分为高承载力区、中承载力区和低承载力区，并针对不同等级区域制定具有差异性的管控措施。在高承载力区，因其水资源相对充裕，可适度鼓励水资源的高效利用，引导企业采用先进节水工艺，同时推动产业升级，发展低耗水、高附加值的产业，实现水资源与产业发展的良性互动。在中承载力区，要着重加强水资源保护，严格限制过度开发行为，合理规划水资源开发项目，并强化用水总量控制，通过用水定额管理等手段，确保水资源在合理范围内使用。在低承载力区，必须严格限制高耗水产业的发展，对现有高耗水企业进行改造或逐步淘汰，同时积极实施水资源调配工程，如跨区域调水，并大力推广雨水收集利用等措施，以增加可用水资源量，提高区域水资源承载力。

4.2 技术保障措施

积极推广各类节水技术和设备，是提高水资源利用效率、缓解水资源供需矛盾的关键举措。在农业领域，大力推广滴灌、喷灌等节水灌溉技术，这些技术能够精准控制灌溉水量，减少水分蒸发和渗漏损失。同时推广水肥一体化技术，将灌溉与施肥有机结合，根据作物生长需求精准供水和养分，提高水肥利用效率。在工业领域，鼓励企业建立中水回用系统，对生产过程中的废水进行处理后再次利用，降低新鲜水的取用量。另外，研发和应用工业循环水利用技术，实现水资源的循环使用，减少废水排放。在生活领域，普及节水器具，如节水马桶、节水水龙头等，引导居民养成节水习惯，

从日常生活细节中减少水资源浪费，全面提升水资源利用效率。

4.3 政策支持建议

完善水资源管理制度、制定水资源保护法规是保障水资源可持续利用的重要基础。要明确各部门在水资源管理中的职责，避免出现职责不清、管理混乱的情况，加强部门间的协调配合，形成水资源管理的合力^[4]。同时加大执法力度，对非法取水、浪费水资源等行为进行严厉打击，确保水资源管理法规得到有效执行。出台水资源税政策，通过经济杠杆调节用水行为，对用水量大的企业征收较高水资源税，促使其节约用水；对节水成效显著的企业给予税收优惠，激励企业主动采取节水措施。建立水资源补偿机制，对为保护水资源做出贡献、牺牲经济发展机会的地区给予经济补偿，促进区域间的协调发展，实现水资源保护与经济社会发展的双赢。

结束语

本文借助GIS技术对区域水资源承载力展开评价与分析，构建了科学的评价指标体系与评价模型，并提出针对性提升对策。通过研究，为区域水资源管理提供了新的思路与方法。未来，可进一步优化评价模型，提高评价精度，同时加强政策落实与技术推广，实现区域水资源承载力的有效提升，保障区域经济、社会与生态的可持续发展。

参考文献

- [1]李沁峰.甘肃省水资源承载力评价与分析[J].绿色科技,2025,27(1):254-260.DOI:10.3969/j.issn.1674-9944.2025.01.043.
- [2]孟庆伟,蒲莉莉.乌鲁木齐市水资源承载力评价与分析[J].测绘与空间地理信息,2022,45(z1):29-33.DOI:10.3969/j.issn.1672-5867.2022.z1.010.
- [3]廖家,欧阳鑫,周祥,等.基于主成分分析的S市水资源承载力时空演变研究[J].安徽农学通报.2024,30(11).DOI:10.3969/j.issn.1007-7731.2024.11.017.
- [4]任晓燕,纪永福,张恒嘉,等.基于主成分分析的旱区水资源承载力评价[J].水利规划与设计.2022,(4).DOI:10.3969/j.issn.1672-2469.2022.04.013.