

GIS技术在生态环境监测中的应用及前沿展望

刘 昭

新疆维吾尔自治区辐射环境监督站, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年4月11日; 录用日期: 2024年5月13日; 发布日期: 2024年6月20日

摘 要

随着全球环境问题的日益严峻, 生态环境监测成为重要的研究领域。地理信息系统(GIS)技术作为一种强大的空间数据处理和分析工具, 已经在生态环境监测中得到广泛应用。本论文旨在探讨GIS技术在生态环境监测中的应用, 并展望其未来发展方向。首先介绍了GIS技术的基本原理和特点, 详细阐述了GIS在生态环境监测中的应用, 包括资源调查与评估、生物多样性研究、土地利用变化监测等方面。讨论了GIS技术在生态环境监测中存在的挑战和问题, 并提出相应的解决对策。最后, 展望了GIS技术在生态环境监测中的前沿发展方向, 包括遥感与GIS的融合、大数据与人工智能的应用、空间模拟和预测等方面。

关键词

GIS技术, 生态环境监测, 资源调查, 生物多样性

Application and Prospect of GIS Technology in Ecological Environment Monitoring

Zhao Liu

Radiation Environmental Supervision Station of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi Xinjiang

Received: Apr. 11th, 2024; accepted: May 13th, 2024; published: Jun. 20th, 2024

Abstract

With the increasingly severe global environmental problems, ecological environment monitoring has become an important research field. As a powerful spatial data processing and analysis tool, geographic information system (GIS) technology has been widely used in ecological environment monitoring. This paper aims to explore the application of GIS technology in ecological environment monitoring, and prospect its future development direction. Firstly, the basic principles and characteristics of GIS technology are introduced, and the application of GIS in ecological environment monitoring is described in detail, including resource survey and assessment, biodiversity

*作者简介: 刘昭(1984-), 女, 新疆伊宁人, 高级工程师, 博士在读。主要从事辐射环境监测与环境保护工作。

文章引用: 刘昭. GIS技术在生态环境监测中的应用及前沿展望[J]. 环境保护前沿, 2024, 14(3): 501-508.

DOI: 10.12677/aep.2024.143069

research, land use change monitoring. The challenges and problems existing in GIS technology in ecological environment monitoring are discussed, and the corresponding solutions are proposed. Finally, the frontier development direction of GIS technology in ecological environment monitoring is prospected, including the integration of remote sensing and GIS, the application of big data and artificial intelligence, spatial simulation and prediction.

Keywords

GIS Technology, Ecological Environment Monitoring, Resource Survey, Biodiversity

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

随着全球环境问题的日益突出，生态环境监测成为了解和保护自然环境的重要手段。GIS 技术作为一种集空间数据处理、分析和可视化于一体的工具，在生态环境监测中具有不可替代的优势。

1.2. 研究目的和意义

本论文旨在系统梳理和总结 GIS 技术在生态环境监测中的应用，并展望其未来发展方向。通过深入研究和分析，可以为生态环境监测工作提供参考和借鉴，推动 GIS 技术在该领域的广泛应用。

2. GIS 技术概述

2.1. GIS 技术原理

GIS (地理信息系统) 技术是一种用于捕捉、存储、管理、分析和展示地理空间数据的技术。它结合了地理学、信息科学和计算机科学的原理和方法，可以对地理空间数据进行有效的处理和分析[1]。

1) 地理数据模型：GIS 技术使用地理数据模型来描述和组织地理空间数据。常见的地理数据模型包括矢量模型和栅格模型。矢量模型使用点、线和面等几何对象来表示地理要素，而栅格模型则将地理空间划分为规则的像素网格。

2) 数据采集与处理：GIS 技术通过各种手段采集地理空间数据，包括 GPS 定位、遥感影像解译、调查问卷等。采集到的数据需要进行预处理和清洗，包括数据格式转换、去噪处理等，以确保数据的质量和准确性。

3) 空间数据存储与管理：GIS 技术使用专门的空间数据库来存储和管理地理空间数据。空间数据库采用特定的数据结构和索引技术，以提高数据查询和分析的效率。同时，还需要考虑数据的安全性和备份策略。

4) 空间数据分析：GIS 技术提供了丰富的空间数据分析功能，包括空间查询、空间叠加分析、网络分析、空间插值等。这些分析功能可以帮助用户发现地理空间数据中的模式、关联和趋势，并支持决策制定和规划设计。

5) 地图制作与可视化：GIS 技术可以将地理空间数据以地图形式进行展示和可视化。通过地图制作，可以将各种地理要素、属性信息和分析结果直观地表达出来，以便用户更好地理解 and 利用地理空间数据。

2.2. GIS 技术特点

- 1) 空间关联性: GIS 技术能够有效地捕捉和分析地理空间数据之间的关系。通过空间叠加分析、邻近分析等功能,可以发现地理要素之间的相互作用、关联性和空间模式。
- 2) 多源数据集成: GIS 技术可以将来自不同来源和不同格式的地理数据进行集成和统一管理。它可以处理矢量数据、栅格数据、遥感影像、地理数据库等多种数据类型,为用户提供一个一体化的数据平台[2]。
- 3) 可视化表达: GIS 技术可以将地理空间数据以地图形式进行可视化展示。通过地图制作和可视化技术,用户可以直观地了解和分析地理数据,更好地理解地理现象和问题。
- 4) 空间分析功能: GIS 技术提供了强大的空间分析功能,包括空间查询、缓冲区分析、网络分析、空间插值等。这些功能可以帮助用户深入挖掘地理数据中的信息和规律,并支持决策制定和规划设计。
- 5) 决策支持: GIS 技术可以为决策者提供准确、及时的地理空间信息,帮助他们做出科学决策。通过 GIS 分析和模拟,可以评估不同方案的效果,并为决策制定者提供参考和依据。
- 6) 空间数据共享: GIS 技术支持地理空间数据的共享与交换。通过标准化的数据格式和协议,不同机构和用户可以方便地共享和获取地理空间数据,促进信息资源的共享与合作。
- 7) 实时更新: GIS 技术可以实时更新地理空间数据。通过与实时传感器、移动设备等的结合,可以及时获取地理数据的变化和更新,保持数据的准确性和时效性。

3. GIS 在生态环境监测中的应用

3.1. 资源调查与评估

- 1) 生态环境监测: GIS 可以帮助监测和评估生态系统的健康状况。通过将遥感影像、地理数据库和野外调查数据等整合到 GIS 中,可以对植被覆盖、土地利用变化、水体质量等进行实时监测和分析,及早发现和预警生态环境问题。
- 2) 自然灾害风险评估: GIS 可以用于评估自然灾害风险,如洪水、地震、滑坡等。通过整合地理空间数据和历史灾害数据,可以制作灾害风险地图、计算灾害概率和影响范围,为灾害管理和规划提供科学依据。
- 3) 空气质量监测: GIS 可以集成大气监测站点数据、空气质量传感器数据等,实时监测和评估城市空气质量。通过空间插值和空间分析技术,可以生成空气质量热力图、污染源分布图等,为环境保护和决策制定提供支持。
- 4) 水资源管理: GIS 可以用于水资源的调查、评估和管理。通过整合地形数据、气象数据、水文数据等,可以模拟水文过程、分析水资源供需平衡,并优化水资源配置方案,实现有效的水资源管理与利用。
- 5) 生态保护规划: GIS 可以用于生态保护区的规划和管理。通过整合生物多样性数据、土地利用数据、遥感影像等,可以进行生态敏感区划定、物种分布分析、环境影响评价等,为保护区的规划和管理提供科学依据。
- 6) 土地资源调查与评估: GIS 可以用于土地资源的调查与评估。通过整合土地利用数据、土壤数据、地形数据等,可以制作土地资源分布图、评估土地适宜性和可持续利用性,并支持土地规划和决策制定[3]。

3.2. 生物多样性研究

- 1) 物种分布研究: GIS 可以帮助研究物种的分布范围和分布规律。通过整合物种分布数据、气候数据、土地利用数据等,可以生成物种分布热力图、物种分布模型等,为保护和管理物种提供科学依据。

2) 生境评估: GIS 可以用于评估不同生态系统的适宜性和健康状况。通过整合生境数据、野外调查数据等,可以绘制生境类型图、评估生境质量等,为生态保护和管理提供支持。

3) 种群分布研究: GIS 可以帮助研究物种的种群分布和数量变化。通过整合野外调查数据、遥感影像数据等,可以生成种群密度分布图、种群变化趋势图等,支持物种保护和管理。

4) 生态网络建设: GIS 可以用于构建生态网络,保护和恢复生态连通性。通过整合地形数据、生境数据等,可以确定生态节点和生态走廊,并制定保护和管理策略,实现生态系统的保护与恢复。

5) 物种保护规划: GIS 可以用于制定物种保护规划。通过整合物种分布数据、生境数据等,可以确定物种受威胁的原因和程度,并制定保护措施和管理方案,提高物种的保护效果。

3.3. 土地利用变化监测

1) 土地利用变化检测: GIS 可以用于检测不同时间点的土地利用情况,通过遥感影像、地理数据库等数据源,可以识别和量化不同土地利用类型的分布和变化情况,为土地利用调控提供科学依据。

2) 土地利用适宜性评估: GIS 可以用于评估土地利用的适宜性和可持续性。通过整合土地利用数据、土壤数据、地形数据等,可以制作土地利用潜力图、评估土地适宜性和可持续利用性,为土地规划和管理提供支持。

3) 土地利用变化驱动因素分析: GIS 可以帮助分析土地利用变化的驱动因素。通过整合经济、社会、环境等多种数据源,可以识别和评估影响土地利用变化的因素,并为土地利用决策提供支持。

4) 土地利用变化趋势预测: GIS 可以用于预测土地利用变化的趋势和模式。通过整合历史土地利用数据、地形数据、气候数据等,可以建立土地利用变化趋势模型、预测未来土地利用变化情况,并为土地规划和管理提供决策支持。

5) 土地利用管制和监管: GIS 可以用于制定土地利用管制和监管措施。通过整合土地利用数据、遥感影像等,可以对违规用地进行检测和监管,支持土地资源的保护与利用[4]。

4. GIS 技术在生态环境监测中的步骤和影响因素分析

4.1. GIS 技术在生态环境监测的步骤

1) 数据采集: 利用遥感技术获取大面积、实时的环境参数如植被覆盖度、土地利用类型等影像数据。通过 GPS 技术确定污染源位置、监测站点位置以及其他地理坐标信息。收集地面实测数据,如水质、空气质量、土壤样本分析等。

2) 数据预处理: 对遥感图像进行辐射校正、几何校正、大气校正等,确保数据准确性。整合 GPS 和其他实地采集的数据,形成具有地理坐标的数据库。

3) 空间数据分析: 在 GIS 平台上构建生态环境专题图层,例如土地利用分布图、水系分布图、污染源分布图等。运用叠加分析、缓冲区分析、网络分析等功能,分析不同环境要素之间的空间关系、相互影响及潜在风险。

4) 动态监测与模拟: 利用时间序列数据实现生态环境变化的动态监测,揭示长期趋势或短期突发事件的影响。开展环境质量预测、生态风险评估、环境承载力分析等模型模拟。

5) 结果表达与决策支持: 将分析结果以图表、地图等形式展现,便于直观理解生态环境现状及变化趋势。根据分析结果为环保政策制定、规划优化、生态保护修复等提供科学依据。

4.2. 主要影响因素分析

1) 数据质量: 数据来源的多样性和质量直接影响 GIS 分析的精度和可靠性,需要确保数据的时效性、

完整性、准确性和一致性。

2) 技术集成程度：如何有效集成 3S (RS、GIS、GPS)技术，并与其他监测技术(如传感器网络、无人机等)联动，对于提高生态环境监测效率至关重要。

3) 模型选择与算法优化：选用合适的环境模型和分析算法对结果解释能力和预见能力有直接影响，需考虑模型假设条件是否符合实际情况、计算方法是否适应复杂生态系统的变化。

4) 系统维护与更新：GIS 平台本身的更新换代和技术支持也会影响其在生态环境监测中的应用效果，包括软硬件升级、数据库维护、用户培训等方面。

5) 政策法规与资源共享：法律法规对数据开放共享的规定，以及部门间数据互联互通的程度，对能否构建全面、高效的生态环境监测体系起着决定性作用。

5. GIS 在生态环境监测中的挑战与对策

5.1. 数据质量问题

GIS 在生态环境监测中的应用面临许多挑战，其中一个重要问题是数据质量。在生态环境监测中，数据质量是非常重要的，因为不准确、不完整、不一致或不可靠的数据会影响到决策的有效性和可靠性。以下是 GIS 在生态环境监测中数据质量问题的一些对策：

1) 数据来源的可靠性：确保数据来源是可靠的、合法的和准确的。在获取数据时，需要了解数据提供者的信誉度和数据质量保证措施。

2) 数据准确性的检查：在使用数据之前，需要对其进行准确性检查。可以使用各种技术，例如统计学方法、空间分析和地图匹配等，来检测数据的准确性并进行修正。

3) 数据格式的标准化：为避免数据不一致和混淆，需要制定数据格式标准。这将确保数据以统一的方式记录和表示，并且可以方便地进行比较和合并。

4) 数据共享的规范化：数据共享是生态环境监测中的重要组成部分。因此，需要制定数据共享规范和政策，以确保数据的安全和隐私，同时促进共享和合作。

5) 数据更新和维护：在数据采集后，需要对其进行更新和维护。这包括数据的质量控制、数据的备份和恢复等工作。同时，需要制定数据更新和维护的规范和程序。

5.2. 空间分析问题

在 GIS 生态环境监测中，空间分析是一个重要的工具和技术。然而，空间分析也面临着一些挑战。以下是一些常见的空间分析问题以及相应的对策：

1) 空间数据质量：空间数据的质量对于空间分析至关重要。数据的准确性、完整性和一致性都会影响到空间分析结果的可靠性。因此，需要进行数据质量检查，并采取措施来纠正和改进数据。

2) 空间数据不一致性：不同数据源和数据集之间存在空间数据不一致性的问题。这可能包括投影坐标系的差异、拓扑错误和边界一致性等。解决这个问题的对策是在进行空间分析之前，对数据进行一致性检查和处理，确保数据在同一空间参考框架下一致。

3) 空间分析方法选择：在进行空间分析时，选择合适的空间分析方法是关键。不同的分析方法适用于不同的问题和数据类型。对策是充分了解各种空间分析方法的原理和适用范围，并根据具体问题选择最合适的方法。

4) 数据量和计算复杂度：大规模空间数据和复杂空间分析模型可能导致计算复杂度的增加和计算效率的降低。对策包括优化算法和数据结构、并行计算和分布式处理等，以提高计算效率和应对大规模数据处理。

5) 空间分析结果可视化：将空间分析结果以可视化的方式呈现对于决策支持至关重要。然而，合适的空间分析结果可视化方法的选择和设计也是一项挑战。对策是选择合适的地图符号化和表达方式，以及交互式可视化工具，以清晰、直观地展示空间分析结果。

5.3. 数据集成问题

在 GIS 生态环境监测中，数据集成是一个重要的问题。由于生态环境监测涉及到多个领域和多个组织，数据来源和格式非常多样化，因此需要进行数据集成。以下是一些常见的数据集成问题以及相应的对策：

1) 数据格式和标准化：不同数据源和数据类型之间存在数据格式差异和不一致性的问题。解决这个问题的对策是制定数据格式标准和规范，确保数据可以方便地被整合和比较。

2) 数据识别和匹配：不同数据源的数据可能使用不同的名称、符号和单位，使得数据识别和匹配变得困难。解决这个问题的对策是使用自动化数据识别和匹配工具，并建立数据元数据管理系统，以存储有关数据的元数据信息。

3) 数据质量和准确性：不同数据源的数据质量和准确性可能不同。解决这个问题的对策是进行数据质量检查和控制，并采用合适的数据清理和纠错技术。

4) 数据安全和隐私：在数据集成过程中，需要考虑数据的安全和隐私问题。对策包括制定数据共享和隐私保护规则，采用数据加密和访问控制技术，并确保数据集成过程中的数据安全和隐私。

5) 数据集成和管理工具：为了实现数据集成，需要采用合适的数据集成和管理工具。对策是选择合适的数据集成和管理软件，并建立数据集成和管理流程，以确保数据集成的顺利进行。

6. GIS 在生态环境监测中的前沿展望

6.1. 遥感与 GIS 的融合

GIS 在生态环境监测中一直处于不断发展和创新的前沿。近年来，随着技术的不断进步和应用需求的不断增加，GIS 在生态环境监测中的应用也呈现出一些新的前沿展望。其中，遥感与 GIS 的融合是一个重要的趋势。

遥感技术可以获取大范围、高分辨率、多时相的地表信息，可以提供各种生态环境监测数据，包括植被覆盖度、水体面积、土地利用类型等。而 GIS 则可以将这些数据进行整合、分析和可视化，支持决策制定和管理实践。遥感与 GIS 的融合可以充分发挥两者的优势，提高生态环境监测的效率和精度[5]。

具体来说，遥感与 GIS 的融合在以下几个方面有着广泛的应用前景：

1) 生态环境监测：利用遥感技术获取的数据，通过 GIS 进行空间分析和模型建立，可以帮助进行生态环境监测，如林地覆盖度、土地利用变化情况等。

2) 自然资源管理：通过遥感和 GIS 技术，可以对自然资源进行评价和管理，如水资源、土地资源、野生动植物资源等。

3) 灾害应急响应：遥感与 GIS 融合可以支持灾害应急响应，通过遥感技术获取受灾区域影像数据，通过 GIS 进行空间分析，实现灾情报告、救援指挥等。

4) 人类活动监测：遥感和 GIS 技术可以对城市和人类活动进行监测和管理，如道路交通、建筑物分布、垃圾分类等。

6.2. 大数据与人工智能的应用

1) 大数据应用：随着技术的不断进步，各种传感器、监测设备和遥感卫星等数据获取手段产生的数

据量不断增加。利用这些大数据，可以更全面、更准确地了解生态环境的状态和变化趋势。通过大数据分析，可以发现隐藏在海量数据中的规律和趋势，为生态环境监测提供更深入的认识。

2) 人工智能应用：人工智能技术如机器学习、深度学习等在生态环境监测中具有广泛的应用前景。通过训练模型和算法，人工智能可以对大量的生态环境数据进行自动化分析和处理，从而实现对生态环境的智能监测和预测。例如，可以利用人工智能技术进行植被分类、物种识别、水体污染监测等任务。

3) 数据挖掘与知识发现：结合大数据和人工智能技术，可以进行数据挖掘和知识发现，从海量数据中发现新的规律和趋势。通过挖掘数据中的潜在关联和模式，可以提供有关生态环境的深入洞察和决策支持。

4) 实时监测与预警：利用大数据和人工智能技术，可以建立实时监测和预警系统，对生态环境的变化进行快速响应和预测。例如，可以利用实时遥感数据和传感器网络数据，结合人工智能算法，实现对自然灾害、水体污染等事件的及时预警和响应。

6.3. 空间模拟和预测

1) 空间模拟：利用 GIS 技术，结合遥感数据、地理数据和环境模型，可以进行生态环境的空间模拟。通过构建准确的地理模型，模拟生态系统的结构和功能，可以预测不同干扰因素对生态环境的影响，如土地利用变化、气候变化等。这有助于了解生态系统的响应和恢复能力，为环境规划和管理提供科学依据。

2) 生态服务评估：空间模拟和预测可以用于评估生态系统提供的各种生态服务，如水源涵养、土壤保持、碳储存等。通过模拟和分析，可以量化不同区域的生态服务价值，为决策者提供生态环境保护和恢复的经济、社会和生态效益评估。

3) 生态风险评估：利用空间模拟和预测，可以识别和评估生态风险，如自然灾害风险、生物入侵风险等。通过分析生态系统的脆弱性和抗干扰能力，可以提前预警和采取相应措施，减少生态系统受到的损失和影响。

4) 空间规划和管理：空间模拟和预测可以为生态环境的规划和管理提供决策支持。通过模拟不同发展方案的效果，可以评估不同政策和管理措施对生态环境的影响，帮助制定合理的土地利用规划、生态保护区划等。

5) 智能决策支持：结合空间模拟和预测与人工智能技术，可以为决策者提供智能化的决策支持。通过模型优化、多目标分析等方法，可以生成多种方案并进行比较，帮助决策者做出科学、综合的决策。

7. 结论

7.1. 研究总结

GIS 技术在生态环境监测中扮演了不可或缺的角色，凭借其空间数据处理、分析和可视化的核心功能，实现了对生态环境多维度、多层次的监测与评估。通过整合多源数据，GIS 技术应用于资源调查与评估、生物多样性研究、土地利用变化监测等多个方面，有力支持了生态环境的保护、管理和决策制定。

面对数据质量、空间分析、数据集成等方面的挑战，提出了一系列解决方案，强调了数据质量保障、空间分析方法优化以及数据集成和管理的重要性。同时，文章展望了 GIS 技术与遥感、大数据、人工智能等先进技术的融合发展趋势，认为这将进一步提升生态环境监测的智能化水平和决策支持能力，有利于实现生态环境的精细化管理与科学规划。

7.2. 研究不足与展望

本论文对 GIS 技术在生态环境监测中的应用进行了初步探讨，但还存在一些不足之处。未来的研究

可以进一步深入探讨 GIS 技术在生态环境监测中的新方法和新技术，推动其在该领域的持续发展。

虽然 GIS 在生态环境监测中已经有了广泛的应用，但仍面临一些挑战和研究不足。未来的展望是进一步提高数据质量和准确性，平衡高分辨率监测与大范围监测的需求，整合多源数据进行一体化分析，耦合空间与时间尺度，以及推动智能化分析与决策支持的发展。这些努力将促进 GIS 在生态环境监测中的应用更加全面、准确和智能化。

参考文献

- [1] 张娟, 朱美琪. 3S 技术在生态环境监测中的应用[J]. 黑龙江环境通报, 2022, 35(1): 86-87.
- [2] 刘晓乐, 曹晓霞, 车彦丽, 等. 3S 技术在生态环境监测中的应用[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(6): 227-228.
- [3] 杨柳. 基于云计算的 GIS 应用模式研究[D]: [硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2011.
- [4] 张雁, 谭伟, 冯仲科. 广义 3S 技术在林业上的应用现状与发展趋势[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(增刊 2): 213-217.
- [5] 于洪苹, 程朋根, 夏友青. 土地动态监测中 3S 技术的应用[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(3): 1844-1846.