

基于地理信息系统的DEM数据管理

宗婷婷

河南省地质局矿产资源勘查中心 河南 郑州 450006

摘要: 随着地理信息技术的不断进步与发展,数字高程模型(DEM)作为地表形态的重要数字化表达,在地理空间数据的采集、处理和应用中扮演着愈发重要的角色。本文旨在探讨基于地理信息系统的DEM数据管理,包括其概念、重要性、关键技术及管理策略,以期为相关领域的研究与实践提供参考与借鉴。

关键词: 地理信息系统; 数字高程模型; DEM数据管理; 数据处理

引言

地理信息系统(GIS)作为一种集成、存储、编辑、分析、显示和应用地理信息的计算机系统,为地理空间数据的处理提供了强大的工具。其中,数字高程模型(DEM)作为描述地表形态的三维数据模型,是GIS中不可或缺的重要组成部分。有效的DEM数据管理不仅能够提高数据的利用率,还能为地形分析、水文模拟、城市规划等多个领域的研究提供有力支持。

1 DEM数据概述

1.1 DEM数据的定义

数字高程模型(DEM)是地理信息科学中的核心组成部分,它通过采集地表上有限数量的高程数据点,以数字化的方式精准地描述和表达真实的地形地貌。这些数据点通常以规则格网或不规则三角网的形式进行组织和存储,每个点或每个小区域都与一个特定的高程值相关联。这种表达方式不仅使得地形信息得以量化,还为后续的空间分析、地形模拟以及可视化表达等提供了坚实的基础。简言之,DEM数据是地形三维形态的数字化身,为地理信息系统的三维空间分析提供了可能。

1.2 DEM数据的来源

DEM数据的获取途径丰富多样,涵盖了遥感影像提取、地形图数字化、激光雷达扫描(LiDAR)等多种方法。这些不同的获取方式各有特点,决定了所获取的DEM数据的精度和分辨率的高低。例如,遥感影像提取能够覆盖大范围区域,但精度可能受到影像分辨率和处理技术的限制;地形图数字化则依赖于原始地图的精度和更新频率;而激光雷达扫描(LiDAR)则以其高精度和高分辨率在DEM数据获取中占据重要地位。这些多样化的数据来源为DEM的构建提供了丰富的数据基础。

2 DEM数据管理的重要性

随着大数据时代的快速发展,DEM数据的规模急剧增长,数据类型也日趋复杂多样。在这样的背景下,有

效的DEM数据管理显得尤为关键。它不仅能够确保数据的准确性和一致性,避免因数据错误或不一致而导致的决策失误,还能够保证数据的时效性,使决策者能够及时获取最新的地形信息。此外,通过科学的数据管理,可以显著提高数据处理的效率,降低时间和成本消耗。最终,高质量的DEM数据管理为各类地理空间决策提供了坚实可靠的数据基础,推动了地理信息科学及相关领域的持续发展和创新。因此,加强DEM数据管理已成为当前和未来地理信息工作的重要任务之一。

3 DEM数据管理的关键技术

3.1 数据存储技术

针对DEM数据大规模、高维度和复杂性的特点,高效的数据存储技术是确保数据质量、提高处理速度的关键所在。关系型数据库以其强大的结构化数据存储和查询能力,成为DEM数据管理的常用手段之一。通过合理的表结构设计、索引优化以及事务管理,关系型数据库不仅能够保证DEM数据的完整性、一致性,还能提供高效的并发访问和复杂查询支持。然而,随着DEM数据规模的不断扩大,传统文件系统的应用也不可忽视^[1]。文件系统在存储海量小文件和提供高速IO访问方面具有一定优势,尤其适用于大规模DEM数据的存储和快速检索。通过合理的文件组织、分块存储以及缓存策略,文件系统能够满足DEM数据的高效读写需求。除了关系型数据库和文件系统外,随着技术的不断发展,新型存储技术如分布式存储系统、云存储等也在DEM数据管理中展现出巨大的潜力。这些技术通过将数据分散存储在多个节点上,不仅提高了数据的可靠性和可扩展性,还能实现数据的并行处理和高效访问。针对DEM数据的特点,需要综合考虑多种存储技术的优势,根据具体应用场景和需求选择合适的存储方案。通过采用高效的数据存储技术,我们可以确保DEM数据的安全存储、快速访问以及高效处理,为后续的地理空间分析和决策提供有力支持。

3.2 数据索引技术

在DEM数据管理中,为了实现对海量数据的快速检索和精确定位,建立有效的数据索引机制显得尤为重要。数据索引技术能够大大提高数据访问的效率,使得用户能够迅速找到所需的地形信息。其中,四叉树和R树是两种常用的空间索引结构。四叉树索引通过将空间递归划分为四个象限,每个节点代表一个空间区域,直至达到预定的划分终止条件。这种索引结构适用于规则网格DEM数据的管理,能够快速定位到目标数据所在的区域。同时,四叉树还支持数据的层次性访问,便于进行多尺度的地形分析^[2]。R树则是一种更为通用的空间索引结构,适用于不规则形状的空间对象索引。在R树中,空间对象被划分为一组嵌套的矩形,每个矩形都包含了一定数量的空间对象。通过这种层次性的划分方式,R树能够高效地管理不规则三角网(TIN)等类型的DEM数据,并提供快速的空间检索功能。除了四叉树和R树外,还有许多其他的空间索引技术可用于DEM数据管理,如kd树、B树等。这些索引技术各有优缺点,需要根据具体的应用场景和需求进行选择。

3.3 数据压缩技术

在DEM数据管理中,数据压缩技术扮演着至关重要的角色。鉴于DEM数据通常包含大量的高程信息,其存储需求往往相当庞大,这不仅增加了存储成本,还可能对数据处理效率造成一定影响。因此,采用数据压缩技术成为解决这一问题的有效途径。数据压缩技术的核心在于通过特定的算法或编码方式,去除DEM数据中的冗余信息,从而在保证数据精度的前提下,显著减少其存储空间。这些技术能够识别并利用数据中的重复模式、空间相关性等特征,实现高效的数据压缩。常用的DEM数据压缩方法包括游程编码、差分脉冲编码调制等。游程编码通过识别连续相同或相似的数据值,将它们合并为一个更短的代表形式,从而节省存储空间。而差分脉冲编码调制则是一种有损压缩方法,它通过计算相邻数据点之间的差异来减少数据中的冗余。应用数据压缩技术不仅能够显著降低DEM数据的存储成本,使其更加经济高效,还能提高数据处理的效率。压缩后的数据在传输、存储和处理过程中所需的时间和资源都会减少,从而加快了整体的工作流程。然而,需要注意的是,在选择和应用数据压缩技术时,必须权衡压缩比和数据精度之间的关系。过高的压缩比可能导致数据质量的损失,进而影响后续的分析和应用。因此,在实际应用中,需要根据具体需求和场景选择合适的压缩方法和参数设置。

3.4 数据更新与维护技术

DEM数据作为描述地表形态的重要数字产品,其准确性和现势性对于各种地理空间应用至关重要。然而,随着时间的推移,地表形态可能会由于自然因素或人为活动而发生变化,如河流改道、建筑物兴建、地形侵蚀等。这些变化都可能导致原有的DEM数据失效或不再准确,因此需要进行及时的更新和维护。数据更新技术主要涉及对新数据的获取和处理,以反映地表形态的最新变化。这可以通过遥感影像解译、地面测量、激光雷达扫描(LiDAR)等多种手段实现。新获取的数据需要与原有的DEM数据进行融合和整合,以确保数据的一致性和连续性。此外,还需要对数据进行质量检查和验证,以确保其准确性和可靠性。数据维护技术则更注重对已有DEM数据的管理和保护。这包括数据的备份和恢复、版本控制、安全性管理等方面。通过定期备份和恢复机制,可以确保数据在意外情况下不会丢失,并能够迅速恢复到正常状态。版本控制可以记录数据的变化历史,便于追踪数据的来源和演变过程。安全性管理则能够防止未经授权的数据访问和修改,保证数据的安全性和完整性。

4 DEM数据管理策略

4.1 制定统一的数据标准

由于数据来源的多样性和数据格式的差异性,往往导致数据在共享、交换和使用时存在诸多障碍。这不仅影响了数据的有效利用,也增加了数据处理的复杂性和成本。为了打破这些壁垒,确保DEM数据的兼容性和共享性,我们必须制定一套统一的数据标准。这包括明确的数据格式、规范的命名规则以及严格的质量评价标准。通过这些标准,我们可以确保不同来源、不同格式的DEM数据能够无缝对接,实现数据的互通互用。统一的数据格式是数据共享的基础。它规定了数据的存储结构、编码方式以及传输协议等,确保数据在传输和使用过程中保持一致性。命名规范则能够消除数据命名上的混乱和歧义,提高数据的可读性和可管理性。而质量评价标准则是对DEM数据质量进行量化评估的依据,它能够帮助我们识别数据的准确性和可靠性,为数据的应用提供有力保障^[3]。制定这些统一标准不仅需要技术人员的努力,更需要政府、企业和研究机构的共同参与和推动。通过广泛的合作与交流,我们可以共同制定出一套既符合国际惯例又适应我国实际需求的DEM数据标准体系。

4.2 建立完善的数据管理体系

完善的数据管理体系应覆盖数据的采集、处理、存储、分发到应用等所有关键环节。在数据采集阶段,管理体系应明确数据来源、采集方法和数据验证等流程,

确保原始数据的准确性和可靠性。数据处理环节则需要制定严格的处理标准和流程,包括数据清洗、格式转换、坐标转换等,以保证处理后的数据质量。数据存储是数据管理体系中的核心环节之一。为了确保数据的安全性和可访问性,我们需要建立稳定可靠的存储环境,制定备份和恢复策略,同时实施严格的数据访问控制。在数据分发环节,管理体系应明确数据的共享机制、访问权限和数据传输安全等要求,确保数据在共享过程中不被泄露或滥用。最后,在应用环节,管理体系应关注数据的使用情况、应用效果和用户反馈等信息,以便及时发现问题并进行优化。同时,建立数据应用的责任体系,明确数据使用者的权利和义务,防止数据被滥用或误用。为了实现这一完善的数据管理体系,我们需要借助先进的技术手段和管理工具,如数据管理系统、访问控制技术。同时,加强人员培训和管理制度建设也是必不可少的。

4.3 强化数据安全与备份

在数字时代,数据的安全性无疑是最为关键的问题之一,特别是对于DEM数据这种地理空间信息的核心组成部分。为了确保这些数据的完整性和机密性,我们必须采取一系列严格的安全措施。加密技术是数据安全的重要保障。通过对DEM数据进行加密处理,即使在不安全的环境中传输或存储,也能有效防止未授权用户的访问和恶意利用。这种技术将数据转化为一种只有持有特定密钥的用户才能解读的形式,从而大大提高了数据的安全性。除了加密技术,访问控制也是防止数据泄露的关键手段。通过设置严格的访问权限和身份验证机制,我们可以确保只有合法的用户才能访问到DEM数据。这不仅能防止外部攻击,还能避免内部人员因误操作或恶意行为导致的数据泄露。当然,无论我们采取多么严密的安全措施,数据丢失或损坏的风险总是存在的^[4]。因此,建立一个可靠的数据备份和恢复机制至关重要。通过定期备份数据,并在安全的环境中存储备份文件,我们可以确保即使在最坏的情况下,也能迅速恢复数据的完整性和可用性。

4.4 促进数据共享与交流

在信息化社会,数据的价值在于流动与共享。对于DEM数据而言,其蕴含的丰富地理空间信息对于众多领域的研究与应用都具有重要意义。然而,由于数据孤岛、技术壁垒等原因,这些宝贵的数据资源往往未能得到充分利用。为了打破这一局面,我们必须积极促进DEM数据的共享与交流。建立数据共享平台是实现这一目标的有效途径。通过搭建一个开放、共享的数据平台,我们可以将分散在各地的DEM数据汇聚起来,形成一个庞大、多元的数据资源池。这样的平台不仅可以为研究者提供丰富的数据支持,还能促进不同领域、不同学科之间的交流与合作,从而催生出更多的创新成果。此外,参与国际合作项目也是提升DEM数据利用价值的重要途径。地理空间信息是全球性的,许多地理现象和问题都需要跨国界、跨领域的合作才能得到有效解决。通过参与国际合作项目,我们可以与世界各地的科研机构 and 专家建立联系,共同研究、共享数据、交流经验,从而推动DEM数据在全球范围内的广泛应用。

结语

基于地理信息系统的DEM数据管理是一项系统而复杂的工作。本文通过对DEM数据概述、管理的重要性、关键技术及管理策略的探讨,旨在为相关领域的研究者和实践者提供有益的参考。随着技术的不断进步和应用需求的日益增长,DEM数据管理将面临更多的挑战和机遇,需要持续关注和深入研究。

参考文献

- [1] 王晓燕. 测绘地理信息系统建设中的数据收集工作探讨[J]. 科学技术创新, 2019(26):34-36.
- [2] 陈钊, 白穆, 郭春喜, 余晓松, 王泓森. 地理空间大数据中心基础设施架构研究与应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2021(12):87-88.
- [3] 殷钦霞. 地图制图技术在地理信息系统数据集成中的应用[J]. 住宅与房地产, 2020(24):227.
- [4] 廖军华, 刘鹏举. 新时期下地理信息系统中测量数据的管理方式研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2021(32):27-28.