水土保持中3S技术与大数据技术的应用研究

吴晨晖
福建省水土保持试验站　福建 福州　350003

摘　要　水土保持是生态文明建设的重要环节，随着我国整体科技实力的不断增强，3S技术与大数据技术也逐步发展成熟，可以运用到更多全新且复杂的领域，其中就包括传统的水土保持领域。同时在现代化计算机技术的加持与推动下，3S技术与大数据技术的有机结合可以为水土保持工作带来全新的范式，为水土保持工作带来更多的活力与创新性。本文将从3S技术与大数据技术的基本原理入手，研究二者在水土保持领域中各环节的运用，首先介绍3S技术在水土保持监测体系、规划辅助与现代化监管中的作用，其次介绍大数据技术在水土保持领域中趋势预测模型的建模与水土保持措施优化的作用，最后重点阐述二者的技术集成机制以及协同运作的效应，并展望二者在未来融合人工智能的全新发展方向。

关键词　水土保持；3S技术；大数据；技术融合；人工智能

Research on the Application of 3S Technology and Big Data Technology in Soil and Water Conservation

Wu Chen-hui
Fujian Provincial Soil and Water Conservation Experimental Station, Fuzhou 350003, Fujian Province, China

Abstract　Soil and water conservation is a crucial component of ecological civilization construction. With the continuous advancement of China's overall scientific and technological capabilities, 3S technology and big data technology have gradually matured and can be applied to more new and complex fields, including the traditional domain of soil and water conservation. Meanwhile, driven by modern computer technology, the organic integration of 3S technology and big data technology can bring a new paradigm to soil and water conservation efforts, injecting more vitality and innovation into this field. This paper begins with the fundamental principles of 3S technology and big data technology to examine their applications in various aspects of soil and water conservation. It first introduces the role of 3S technology in soil and water conservation monitoring systems, planning assistance, and modernized supervision, and then discusses the application of big data technology in constructing predictive models for soil and water conservation trends and optimizing soil and water conservation measures. Finally, it focuses on the technological integration mechanisms and synergistic effects of the two technologies, and explores their future development direction integrated with artificial intelligence.

Key words　Soil and Water Conservation; 3S Technology; Big Data; Technology Integration; Artificial Intelligence

水土保持是生态文明建设的重要环节。随着我国科技实力的增强，3S技术与大数据技术逐步成熟，并应用于传统的水土保持领域[1]。本文从基本原理入手，研究两项技术在水土保持各环节的运用，阐述其在监测体系、规划辅助、趋势预测及措施优化中的作用，并探讨技术集成机制与协同效应，展望未来与人工智能融合的发展方向。

1　3S技术和大数据技术的基本原理

水土流失是我国生态安全的重要威胁，需要精准、高频、大范围的生态环境监测手段。传统的地面监测技术成本和时效性受限，不易满足全域动态管理。3S技术和大数据技术的结合，为新时代水土保持提供从数据采集到智能决策的全新技术手段。

1.1 3S技术的概念和集成机制

3S技术是遥感技术（RS）、地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS）的总称，三者既独立又相互联系，在水土保持信息化过程中形成了数据采集、数据处理和数据分析应用的完整技术体系。

遥感技术是利用人造卫星、飞机或其他飞行器上的传感器探测地面物体反射或辐射的电磁波来获取非接触式的地表信息，具有大面积同时观测、时效性强、信息量大等优点，适合大范围水土流失监测。GIS是一项结合计算机、地理学、测绘学等领域的技术，通过空间数据库的建立可以对空间数据进行管理、存储、查询，也可以通过空间分析功能和可视化表达功能提取分析水土保持所需地理信息要素，从而对水土保持地理信息要素进行管理和分析。GPS是利用卫星导航系统提供全天

候、高精度的三维空间定位技术，用于野外调查、水土保持动态监测[2]。

1.2 大数据技术的特点与支撑作用

大数据技术为海量的水土保持数据提供了新的处理模式，其主要特征为：①大规模性：高分辨率遥感、物联网技术将产生规模更大的数据集，比如全国“天地一体化”监管系统需要处理数十万计个的扰动图斑，数据量巨大。②多样性：大数据融合了遥感影像、地形数据、气象记录、工程档案等各种结构化与非结构化数据，构成多维度的信息网络。③快速性：大数据生成和处理的速度非常快，可以做到实时或者近实时地分析海量的数据。④价值性：数据本身的价值密度不高，需要通过大数据智能算法从海量的数据中分析挖掘，提取有效的数据，挖掘数据的潜在价值。

1.3 技术协同逻辑

3S技术解决了“数据从哪里来”的问题，大数据技术解决了“数据如何用”的问题，两者共同推动了水土保持从定性描述向预测决策的转变。

2 水土保持中的典型技术应用

2.1 3S技术的主要应用场景

3S技术在水土保持中有三大具体应用场景，包括水土保持监测、规划和监管的全流程。

1.水土保持监测体系。监测是3S技术的一种基本应用，GIS利用地理信息空间数据库可以管理、分析、可视化所有与水土保持相关的地理信息数据，并提供决策支持信息，如同监测的“大脑”；遥感技术利用卫星、无人机等平台采用的专用传感器获取地表多光谱、高分辨的影像，可以实现较大范围水土流失的监测，并能够快速且持续地获取地表信息，如同高空的“天眼”。GPS利用卫星的信号获取水土流失地区的经纬度、高程等三维坐标，如同一把“尺子”，为野外调查提供精准的空间位置信息以便精准定位、导航和测量。三者构成水土保持现代化监测的核心技术体系，使水土保持由传统的经验主导、点状调查向现代的数据驱动、全域管控的智慧化方向转变[3]。

2.水土保持规划辅助。3S技术实现了空天地一体化的技术体系，其中遥感技术作为宏观感知手段，通过多光谱影像解译和时序分析获得水土保持规划区内的地形地貌、植被覆盖、土地利用状况、水土流失分布特征等信息，为水土保持规划提供数据支持。GPS通过准确定位水土保持野外调查中的重点区域、水土流失现状措施位置、规划图斑边界等，使水土保持规划要素中的空间位置的准确性能够得到有效保障。GIS则集成多源空间数据，通过叠加分析、适宜性评价模型等空间分析手段，可以科学划定水土流失防治分区，合理优化措施布局，实现水土保持规划成果的可视化和数字化管理，也可以按照要求生成各种简洁直观的图表数据，提升水土保持规划的科学性、精准性和可操作性。三者共同构成了从现状调查到空间分析再到规划落地3个不同层次的水土保持规划辅助技术体系。

3.水土保持精准监管。3S技术同样能够在水土保持监管中发挥重要的作用。遥感技术可通过周期性观测高分辨率影像来发现地表变化，辅助辨识违规开挖、植被破坏等水土流失现象。GPS可通过其定位功能，为水土保持监管工作人员提供精确坐标，保证水土保持监管现场核查内容的准确性和采集证据的可信性。GIS技术可将多源监管数据进行融合分析，通过空间查询、叠加分析和专题制图等方式，对水土保持监管信息进行可视化、智能化的管理和分析。3S技术的应用使水土保持监管工作从传统的人工巡查转变为智能、精准化的现代化监管，提高了水土保持监管工作的科学性与有效性[4]。

2.2 大数据技术在水土保持中的应用拓展

大数据技术聚焦于挖掘水土保持数据的深层价值，促进水土保持实现预测化转型、智能化发展。

1.趋势预测模型。大数据技术利用3S技术获取的多源遥感影像序列，通过构建时序分析模型，借助机器学习算法，可以通过对历史气候模型、土壤植被覆盖变化、土壤侵蚀速率等数据进行分析，用以预测未来该区域水土流失发展趋势。该模型通过将长期、大量的遥感影像序列、气象观测数据、水土保持治理效果数据进行统一整合，建立土壤侵蚀风险预警模型，识别高风险区域和水土流失重点治理时段，最后对不同治理期的效果进行对比分析，以判断不同治理方法的长期效益，为日后的水土保持规划调整提供依据。趋势预测模型可以使水土流失治理由被动治理向主动预测预警转变，进而提升水土保持工作的前瞻性和精准性。

2.助力水土保持措施优化。3S技术是水土保持现代化监测体系的技术支撑，在3S技术支撑的基础上，大数据技术将有助于进一步推动水土保持措施优化决策的发展。大数据技术通过对过去的治理案例数据库的挖掘，建立从侵蚀环境到治理措施，再到效益产出的关联规则库，大数据系统通过使用者输入的地形、土壤、降雨信息等参数，让系统自主选择出最优的工程组合（如对陡坡耕地智能推荐“梯田+灌木篱”）。王家沟流域系统就是通过“一键式”设计方法将复杂分析转化为实用操

作，降低了专业技术门槛。大数据技术将有助于降低水土保持规划试错的成本，增强措施针对性，进而提升治理成效[5]。

3 3S技术与大数据技术的融合

3.1 多源时空数据融合与大数据智能处理

基于3S技术获取的多源异构数据，可以通过大数据技术构建统一的时空数据仓库。遥感技术可以得到多时相、多分辨率的遥感影像数据，反映地表土壤覆盖变化，也能反映地表土壤侵蚀状况。GPS可以提供空间位置信息，保证水土保持监测数据的空间准确性。GIS则可用于空间数据集成与可视化。基于3S技术，大数据技术通过使用分布式存储架构（如Hadoop HDFS）与非关系型数据库（如MongoDB）来存储与管理海量的空间数据。大数据技术通过数据清洗、数据格式转换、时空配准等方法将海量、多源的数据整合在统一的时空基准框架下，建立全新的水土保持全域数据库。该数据融合的过程解决了传统水土保持监测数据分散、格式不统一的问题，为后续水土保持智能分析与预测提供了高质量的数据，使得数据的可用性与价值得到进一步的提升，同时提升了数据对于决策的支撑能力[6]。

3.2 智能预测模型构建与风险评估

在数据融合的基础上，可以利用大数据中机器学习的方式来挖掘时空数据的价值，构建水土流失的趋势预测和风险评估模型。如长短期记忆网络（Long Short-Term Memory，LSTM）通过对遥感技术所获取的植被覆盖时序变化数据，结合温度、降雨侵蚀力等气象要素，构建土壤侵蚀风险预警模型。还可以通过模型对多期遥感影像进行时序分析，准确识别出土壤侵蚀的重点区域与变化趋势，结合气象预报等数据，便可预测未来一段时间内该地区的水土流失风险等级，为下一步的水土流失防治提供前瞻性建议。这些算法构建的模型可以利用历史数据进行深度学习，预测未来水土流失可能的发展趋势，为后续的水土流失防治提供量化依据。

3.3 智能监管建模与辅助决策

在大数据背景下，基于知识图谱可构建水土保持智能监管决策系统。该系统利用Neo4j等图数据库技术，将遥感监测、GPS定位、地理空间数据与自然语言处理相结合，通过“实体—关系—属性”的知识表示体系，将分散的监管信息转化为结构化知识网络。通过语义关联分析，系统可自动识别违规行为与地理环境、时间序列等因素的关联规律，并利用图神经网络算法预测监管风险的传导路径与影响，最终借助智能推理引擎生成针对性处置建议，显著提升监管的系统性与智能化水平。后续研发中，可引入以时空分布特征为核心的时空知识图谱，结合多源时空数据构建更复杂的数据库，进一步强化模型应对复杂场景的能力[7]。

4 人工智能驱动的技术融合展望

人工智能正推动水土保持向智能化发展。采用Transformer架构的预训练模型，凭借自注意力机制高效处理遥感影像、气象与地形等多源时空数据，提升水土流失预测的准确性与时效性，为精准预测提供技术支撑；在监管领域，AI可基于光谱、纹理等特征智能预判图斑属性，显著提高解译效率。未来，随着大模型技术演进，具备自主学习能力的AI体系将推动行业从经验驱动向数据智能驱动转型，为智慧生态治理体系建设奠定基础，助力水土保持迈入高质量发展新时代[8]。

5 结束语

综上所述，3S技术与大数据在水土保持领域中的应用，能为水土保持带来智能化、现代化的变革，同时二者的技术融合也是促进水土保持工作迈向更加智能化的关键。随着日后科学技术的不断发展，人工智能或将被引入水土保持领域，相信人工智能将在日后生态保护与水土流失治理领域发挥重要作用，引领水土保持走向全新的AI时代。

参考文献

[1]申贵旭.3S技术在水土保持与荒漠化防治中的主要应用[J].赤峰学院学报(自然科学版),2015,31(6):142-143.

[2]吴旭阳.3S集成技术在土地工程监测中应用现状及展望[J].建筑设计管理,2024,41(16):78-83.

[3]张洪云.3S技术在水土保持中的应用[J].江西建材,2020(8):221-222.

[4]刘林.基于3S技术的黄土丘陵沟壑区水土保持信息管理系统建设[J].中国水土保持,2018(3):59-61.

[5]李子镛,脱博栋.基于大数据的水土保持监测与预警系统构建[J].区域治理,2024(26):95-97.

[6]宋健,万振帮.融合深度学习与遥感技术的区域降水估算方法研究[J].生态与资源,2025(6):151-153.

[7]毛亮坚,李直旭.融合多源时空知识图谱与图神经网络的智慧选址模型[J/OL].北京大学学报(自然科学版),1-12[2026-01-21].https://doi.org/10.13209/j.0479-8023.2025.087.

[8]姜德文,蒋学玮,周正立.人工智能对水土保持信息化监管技术支撑[J].水土保持学报,2021,35(4):1-6.

（本文编辑 杜宇琪）