引文格式：李飞, 孟静涛, 刘元亮, 等. 自然资源资产审计一体化云服务平台与应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 88-92. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.10.022

自然资源资产审计一体化云服务平台与应用

李　飞[1]，孟静涛[1]，刘元亮[1]，张　伟[1]
（1. 山东省国土测绘院，山东 济南 250102）

摘　要：针对当前自然资源资产审计工作中存在的审计多级协同难、数据汇聚发布慢、共享利用率低、人工作业量大任务重等问题，尝试创新了审计作业模式，建立了在线分析、深度挖掘、发现疑点、分散核实、精确定位和多级应用的多层级一体化审计作业流程，提出了一种时空语义自适应的审计数据融合处理方法，构建了审计在线智能分析模型，利用地理信息、遥感AI提取、大数据、云计算等技术，研发了自然资源资产审计一体化云服务平台，支撑了山东省自然资源资产审计工作开展，提升了审计工作的效率和质量，着力践行了“科技强审”理念，推动了审计信息化建设。

关键词：自然资源资产；一体化；云服务；地理信息
中图分类号：P25　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）10-0088-05

Natural Resource Asset AuditIntegrated Cloud Service Platform and Its Application

LI Fei[1], MENG Jingtao[1], LIU Yuanliang[1], ZHANG Wei[1]
(1. Shandong Provincial Institute of Land Surveying and Mapping, Jinan 250102, China)

Abstract: In view of the problems existing in the current natural resource assetaudit, such as difficult multi-level coordination, slow data collection and release, low sharing utilization, large amount of manual work and heavy tasks, we tried to innovate the audit operation mode and established a multi-level integrated audit operation process of online analysis, in-depth mining, finding doubts, decentralized verification, accurate positioning and multi-level application. We proposedaspatio-temporal semantic adaptive audit data fusion processing method, constructed an online intelligent audit analysis model, researched and developed annatural resource asset audit integrated cloud service platform by using technologies such as geographical information, remote sensing AI extraction, big data, cloud computing, which could support the development of natural resource asset audit in Shandong Province, improveaudit work efficiency and quality,put into practice the concept of “strengthening audit through science and technology”, and promoteaudit informatization.

Key words: natural resource asset, integration, cloud service, geographical information

党的十八届三中全会提出对领导干部实行自然资源资产离任审计，之后印发了《领导干部自然资源资产离任审计规定（试行）》，标志着一项全新的、经常性的审计制度正式建立[1-2]。目前领导干部自然资源资产离任审计工作已在全国全面开展实施，取得了较好成效。但是，由于自然资源资产数据涉及多个政府部门，涵盖土地、海洋、矿产、水、森林和生态等资源[3-5]，数据繁杂分散、标准不统一，数据传输过程多为线下人工拷贝，重复工作量大，共享利用率低，数据使用情况难以追溯[6-7]。并且各级审计机关分散作业，作业效率、数字化程度和人员专业技术能力不同，如何快速、准确的进行自然资源资产审计工作成为了亟需解决的问题[8-9]。因此，有必要建立标准化、规范化的自然资源审计服务平台[10-11]，实现自然资源资产数据的一体化管理、作业和服务，以便促进领导干部自然资源资产离任审计工作科学实施[12]。

本文尝试结合地理信息、云服务等技术应用现状和审计部门业务需求，建立了多层级一体化审计作业模式，提出了一种时空语义自适应的审计数据融合处理方法，构建了审计在线智能分析模型库，突破了数据自动发布、多维动态高效渲染等技术，设计并实现了自然资源资产审计一体化云服务平台，为自然资源资产审计工作开展提供了新的思路和方法。

收稿日期：2022-07-18。
项目来源：山东省重大科技创新工程资助项目（2019JZZY020103）。
第一作者简介：李飞（1987—），硕士，高级工程师，主要研究方向为地理信息系统研究与应用，E-mail：lifei1199@126.com。

1　总体设计

1.1　总体架构

平台采用云架构多层分层体系设计，分为基础设施层、数据层、服务层和应用层4层框架体系。

1）基础设施层主要依赖于省电子政务云，包括云网络、云服务器集群、云存储、云安全体系等，以及平台运行所需的专业软件及中间件，确保平台通信畅通、安全稳定。

2）数据层提供数据治理能力，根据自然资源资产审计业务需求，汇聚融合土地、林业、海洋、水利、环保等部门自然资源专题数据，建立多源异构审计数据的汇聚融合，数据处理、更新管理能力，形成统一技术标准和规范的一体化数据资源中心，建成自然资源资产审计时空数据中心。

3）服务层提供面向审计全业务的地图服务、检索服务、遥感影像提取服务、分析服务以及管理与聚合能力。通过统一的接口服务和定制化的应用提供在线、标准、专业、高效的自然资源资产审计服务。接口层面上，服务层根据不同审计用户对业务的共性需求设计了系列标准服务接口，实现平台的统一服务管理。

4）应用层提供资源和服务能力，研发了涵盖Web端、桌面端、移动端于一体的自然资源资产审计云服务平台，面向省、市、县多级审计业务人员，实现数据资源的一站式服务。

1.2　技术流程

依托测绘部门基础地理数据，结合审计业务相关的自然资源专题数据，充分发挥测绘地理信息、大数据技术，通过数据汇聚整理、上传入库、处理分析、服务自动发布、目录动态授权、疑点数据提取以及取证等业务流程，建立了全流程审计作业体系，构建了一体化审计方式。

1.3　功能设计

自然资源资产审计一体化云服务平台包括6个子系统。

1）数据资源管理子系统作为平台的时空数据管理中心，是以自然资源资产数据的共享需求为切入点，基于QGIS等桌面端软件，通过插件的方式集成到桌面端软件中，结合桌面端软件本身的空间数据处理优势，提供审计数据获取、清洗、标准化处理、元数据编辑、上传、下载、加载显示等功能。各级审计工作者通过该系统完成了审计数据的汇聚、处理、入库和管理的一体化。

2）切片服务管理子系统是对已入库的数据进行切片化处理，并发布切片服务，包括切片数据管理、切片服务管理、数据配图管理等功能模块。其中数据配图模块是通过在线的方式对切片数据配置点、线、面和注记的样式，图层透明度、显示比例尺等信息，实现切片数据的可视化。

3）地理信息一张图子系统是平台的主要模块，不仅提供了资源数据、疑点和平台运行等相关的管理功能，如元数据、服务、资源目录等资源管理功能，疑点数据、疑点取证等疑点管理功能，基础数据和疑点数据的权限管理功能，用户、角色、组织、日志等系统管理功能，还提供了地图浏览、时空影像、数据专题目录、数据检索识别等地图功能。通过该系统实现了自然资源资产审计相关业务数据的“一张图”管理。

4）外业核查子系统是疑点数据实地取证的重要举措，主要包括资源目录、疑点核查上报、拍摄照片、坐标定位和其他APP辅助功能。核查人员根据核查计划登录手机或平板安装的审计外业核查APP，通过疑点图层数据叠加显示、疑点检索、坐标定位等方式精确找到疑点数据，结合位置定位技术，核查疑点图斑是否准确，录入现场取证信息、拍摄现场照片完成数据上报。

5）智能分析子系统包括在线定制模型、利用已有模型设定参数并在线分析、分析结果输出等功能。其中在线定制模型功能提供叠加分析等空间分析，区域、年份等属性筛选，模型按需智能化拼接组合等多种方式进行定制模型，模型支持共享重用。该系统提供了涵盖土地、矿产、林业、海洋、水利、交通、农业、生态等多领域、多行业的在线分析模型。

6）遥感影像AI提取子系统是利用遥感影像AI提取技术，通过样本训练、实地抽样调查等方式，针对选定的遥感影像数据，自动提取指定区域内的特征图斑数据，如土地利用变化图斑、水面、人工构筑物等，并可对数据进行编辑和提交入库，可以大大的减少人工参与，提高了疑点数据获取的效率和准确度。

1.4　数据库设计

自然资源资产审计工作主要涉及地理国情普查和监测、电子地图、历年遥感影像、地名地址、地理实体等基础地理数据；土地、林业、海洋、矿产、水资源、生态环境等专题数据；审计疑点图斑、外业核查、分析结果等审计业务数据；用户、权限、日志等平台运行支撑数据。根据数据类型、来源以及用途等

特点，将数据分为基础地理数据库、自然资源专题数据库、审计业务数据库、系统支撑数据库。每个分库中的空间数据将采用统一的空间坐标参考，利用PostgreSQL+PostGIS进行存储管理，非空间数据采用PostgreSQL+文件库存储管理。

2 关键技术

2.1 多层级一体化审计作业模式

传统审计作业模式和流程比较繁琐，多为人工作业，自动化低，审计工作效率低下，难以快速准确掌握自然资源资产变化情况。进行疑点图斑数据实地核查时，存在疑点图斑难以现场准确定位、无法配合其他数据实时查看分析等问题，缺乏有效的外业反馈机制。且省市县各级审计机关分散作业，存在数据及成果共享应用难、审计质量不均衡等问题。因此为了更好地管理审计业务，需要建立一种新的审计业务治理体系。

本文首先根据审计业务内容，构建了审计时空大数据一体化作业流程，形成了统一的数据汇聚、组织目录体系，实现审计数据资源的共建共享共用。其次，利用地理信息、遥感智能提取、大数据分析等技术手段，建立了“在线分析、深度挖掘、发现疑点、分散核实、精确定位、多级应用”的多层级一体化审计作业流程，省、市、县三级审计机关数据分析团队上下协同、内外联动、在线作业，实现了工作实时调度、数据实时共享、问题实时反馈。最后，采用云服务模式，依托政务云集中部署，省市县联网使用，三级审计机关联建联用，共享分析结果和技术方法，实现了全省审计工作多层级一体化审计作业。

2.2 时空语义自适应的审计数据融合处理和发布方法

自然资源资产审计涉及到的部门、主体、资源众多，数据量巨大，类型多样，数据具有格式与空间基准不统一，结构化和非结构化并存、时空性、相关性等特点。若采用传统数据整合技术和处理方法，将难以高效精准地完成自然资源资产数据的汇聚、清洗、融合等工作。此外，在开展自然资源资产审计业务时，需要审计作业组将汇聚的数据交由省级统一进行处理、存储入库和服务发布，然后再分发给审计作业组进行数据和服务的使用，整体流程繁琐，人工参与量大，自动化程度低。为了优化审计数据融合处理和发布流程，提高审计工作效率，本文提出了一种时空语义自适应的审计数据融合处理和发布方法（见图1）。

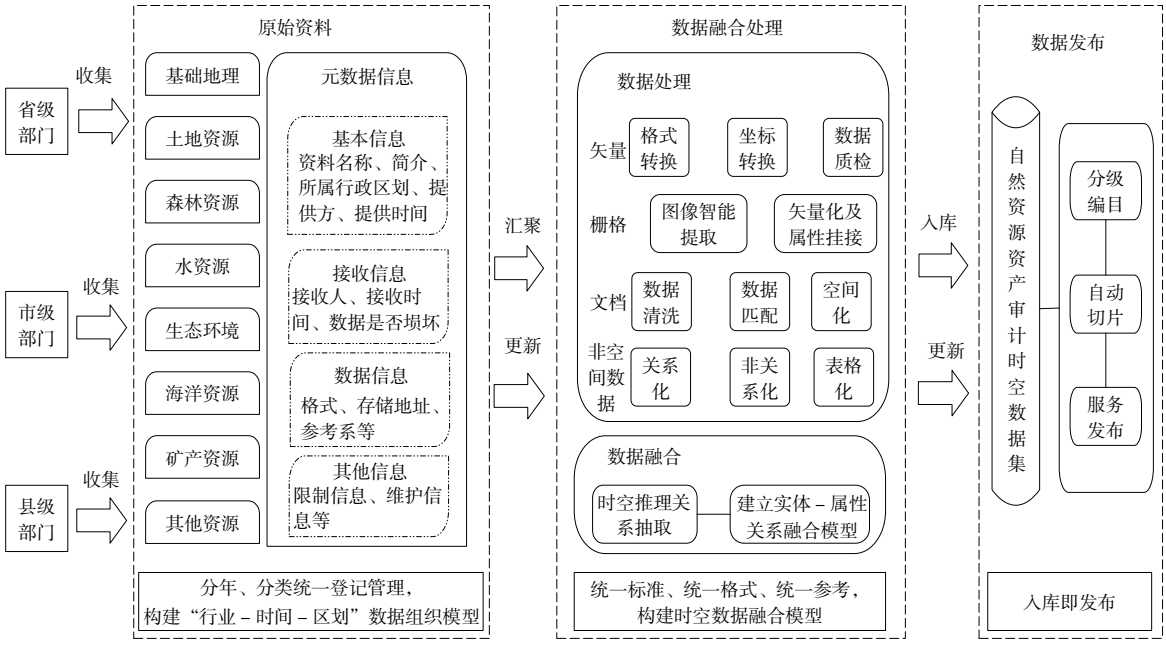


图1 审计数据融合汇聚更新流程

1）数据组织：审计业务是对被审计对象任职期间在土地、海洋、矿产、水、森林和生态等方面所作所为情况进行审计。根据审计业务的行业性、时间性、区域性等特点，构建面向审计应用场景的“行业–时间–区划”混合关联网络的时空数据组织模型，利用空间信息匹配、时态聚合、主题语义一致性分析等关联方法，以行业为组织梯度、区划为参考梯度、时间为串联梯度组织审计基础和专题数据，实现自然资源资产数据的统一组织管理。

2）数据融合处理：基于大数据技术，采用卷积

神经网络方法进行时空推理和关系抽取，建立空间实体与非空间属性文本信息关联匹配，通过格式转换、坐标转换、动态匹配、业务挂接、数据清洗、数据编辑等标准化数据处理工作，经过数据质量检查合格后进行数据的存储管理。

3）数据发布：PostGIS是PostgreSQL数据库的一个扩展，通过其提供的矢量切片生成函数可以将空间数据进行切片，从而提供矢量切片服务。为了减少审计业务人工数据拷贝和发布服务过程，基于“天地图”地图瓦片切片规则，利用PostGIS矢量切片技术，对存储的数据进行自动切片，实现数据“入库即发布”一体化过程。

2.3　审计在线智能分析模型

自然资源资产数据审计分析工作复杂，基本以线下人工作业为主，需要审计工作者学习使用专业GIS软件，存在数据分析技术门槛高、软件操作复杂、审计思路方法重用性低等问题。因此，为了降低了技术门槛，提高审计作业自动化和智能化水平，本文建立了省级审计在线智能分析模型库，实现了一套操作简单、支持在线重复使用的智能分析模型，模型构建技术路线如图2所示。

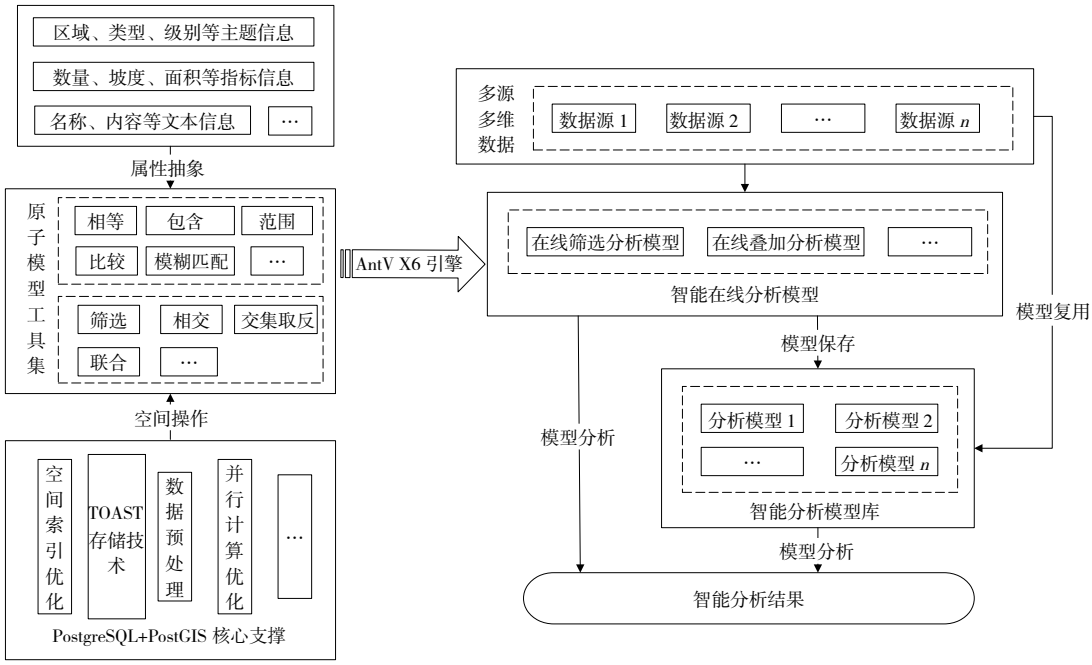


图2　在线分析模型构建技术路线

1）基于PostGIS空间操作函数，结合空间索引优化、TOAST存储技术、数据预处理和并行计算调优等技术，实现审计业务通用空间分析工具，形成一套包含标识、相交、联合、交集取反等操作的叠加分析工具集。

2）根据自然资源资产数据属性内容，对主题信息（区划、类型、级别等）、指标信息（数量、坡度、面积等）、文本信息（名称、内容等）等进行抽象，构建一套包含相等、包含、范围、比较、模糊匹配等操作的属性筛选工具集。

3）利用可视化的图编辑引擎，将叠加分析工具集和属性筛选工具集进行按需拼接组合，根据自然资源资产数据审计分析指引，实现了包括土地、海洋、矿产、水、森林等多领域、多行业的85类常用在线智能分析模型。通过选择分析模型和数据、设定分析参数、提交分析等操作就可以进行分析，分析结果可以在线可视化查看。

2.4　多维动态高效渲染的可视化技术

审计业务涉及的专题数量目前已达6 000多个，年均增长1 000多个，部分专题的图斑数据量达到千万级，传统的地理信息服务软件在托管空间数据服务时，为获得最佳服务性能会生成大量服务实例，消耗过多资源，当随着托管服务量的增大，操作系统内存占用资源更多，需要配备更多的硬件资源来支撑。同时，WMS、WMTS等OGC服务，渲染工作大多在服务器端完成，造成服务器端压力过大，且服务渲染不够灵活，不能满足高效动态可视化渲染的需求。

因此，为了解决专题服务数量多、内存资源占比高、并发访问性能低、可视化渲染速度慢等问题，本文采用云服务模式，基于矢量切片技术，利用渲染预处理、服务资源智能回收、流数据加速、渲染自适应等策略，研发了多维动态高效渲染的可视化云服务引

擎（见图3）。

1）根据数据切片层级和内容负载需求特征，对数据进行抽稀、属性筛选、分层切片、样式配图等处理，实现切片服务的渲染预处理和发布。

2）根据服务访问热度将生成的切片缓存至内存或存储中，构建热度数据索引，结合预设定时间阈值，对内存或存储中缓存的数据进行资源回收，建立服务资源智能回收机制，提升服务访问效率。

3）针对切片数据建立解压缩和加解密机制，在服务端对数据切片进行编码、压缩和加密处理，在客户端进行解压缩和解密处理，保证数据传输效率和安全。

4）在客户端浏览器，根据当前地图显示窗口大小、分辨率和用户权限等因素动态计算应请求的切片列表以及切片中应渲染的图斑，对点状和标注的要素使用避让动态计算模型智能选择需要渲染的图斑，对处在切片边界处的图斑和跨越切片存在的图斑进行处理优化，避免渲染时显示位移和重复渲染，降低客户端的渲染压力，从而实现自然资源资产数据的高效可视化渲染。

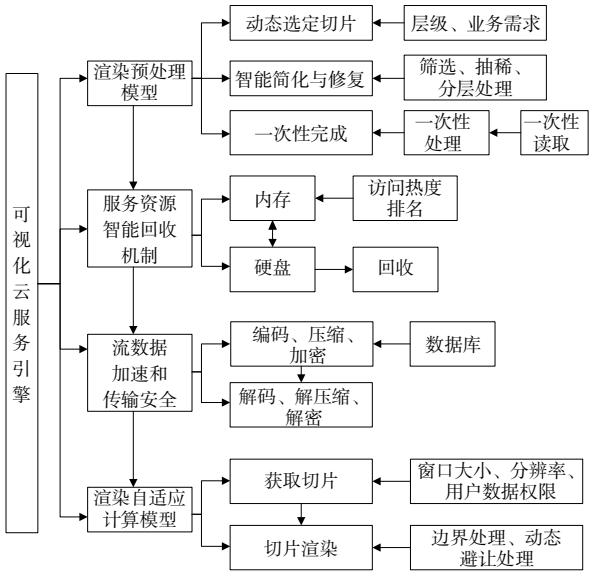


图3 可视化云服务引擎

3 应用成效

平台成功应用于山东省自然资源资产审计工作，自2017年以来，支撑了全省耕地保护和土地利用审计、环渤海地区生态环境保护情况审计、领导干部经济责任和自然资源资产离任审计等200余个重大审计项目的开展和实施，将审计方法由人工测量改为遥感测量，由翻阅资料改为机器分析，由图上查找改为智能识别，审计作业时间从数月缩短到天，极大地提升了审计工作效率和质量。实践证明，利用本平台进行自然资源资产审计工作，提高了审计深度和精准度，创新了审计工作模式，对推动“科技强审”和加强审计信息化建设具有重要示范意义。

4 结 论

本文根据自然资源资产审计实际业务需求，建立了内外联动、上下协同的多层级一体化审计作业流程，创新了审计作业模式，提出了新型的数据融合处理方法，改善了传统资源资产审计数据融合汇聚发布方式，实现了审计数据快速汇聚发布，构建了审计在线智能分析模型，降低了技术门槛，整体提升了审计作业自动化和智能化水平。利用移动GIS技术、遥感AI技术、大数据技术、云计算等技术，开发了自然资源资产审计一体化云服务平台，满足了自然资源资产审计工作的需求，在实际应用中取得了丰硕成果，具有较高的推广应用价值。在如何提高遥感信息自动提取的准确度和在线服务能力方面，还有待我们进一步研究。

参考文献

[1] 谢美玲. 地理国情监测服务自然资源审计应用方法研究[J]. 地理空间信息,2021,19(11):22-25

[2] 彭晖儿,魏瑄,王思敏. 地理信息智能支撑辅助自然资源资产离任审计[J]. 地理空间信息,2021,19(10):26-29

[3] 余丽钰,余远剑,陈德权. 领导干部自然资源资产离任审计分析平台研究[J]. 地理信息世界,2019,26(3):82-87

[4] 邓晓岚,余远剑,茅金焰,等. 领导干部自然资源资产离任审计的大数据技术应用研究[J]. 审计研究,2020(5):19-29

[5] 余远剑,赵丰,周婷婷. 基于地理信息技术的禁止开发区审计方法研究[J]. 地理空间信息,2018,16(11):47-49

[6] 陶金梅,王勇,徐贵阳. 地理信息技术服务自然资源资产审计的应用研究[J]. 现代测绘,2021,44(4):34-37

[7] 车一鸣,唐晓霏. 地理信息技术在自然资源资产审计方面的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(4):91-95

[8] 杨斌,安丹,谷延群. 地理信息技术在自然资源资产审计中的应用探讨[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(4):164-167

[9] 陈鹏. 领导干部自然资源资产离任审计的部门协调机制构建[J]. 天津商业大学学报,2019,39(6):62-67

[10] 贾红珍. 领导干部自然资源资产离任审计评价指标体系与遥感技术应用研究[D]. 杭州:浙江大学,2019

[11] 潘琰,朱灵子. 领导干部自然资源资产离任审计的大数据审计模式探析[J]. 审计研究,2019(6):37-43

[12] 张丽达,谢宸湘. 深度卷积神经网络对领导干部自然资源资产离任审计疑点提取的应用[J]. 统计与信息论坛,2021,36(8):75-83