

开源GIS软件在资源环境审计 数据分析中的应用

何秀芝 李朝旗

摘要：针对当前资源环境审计数据分析存在数据处理复杂、软件工具使用成本高等问题，本文基于开源地理信息系统软件QGIS在支持数据格式全面、获取网络数据渠道多样、数据分析功能丰富等方面的主要特点和优势，从空间数据生成、对比分析、连接转换、结果输出等方面探讨了QGIS在资源环境审计中的应用，并从进一步研究主管部门数据、积极获取外部数据资源和研究与其他软件和编程语言的结合等方面提出了应用建议。

关键词：开源；地理信息系统；资源环境；审计

中图分类号：F239.1 **文献标志码：**A **文章编号：**1003-286X(2020)09-0060-04

资源环境审计涉及的被审计单位如自然资源、生态环境、农业、规划等部门，其管理对象大多带有地理空间位置属性，使用这些数据需要专门的空间数据分析方法。近年来，随着国家大数据战略的全面实施，我国资源环境审计特别注重空间数据分析工作，但在分析软件应用上仍面临许多突出问题。一方面

资源环境审计接触数据多样，对分析软件的兼容性要求较高。另一方面商业版地理信息系统软件授权费用较高，操作复杂，进行二次开发和维护的成本也较高。这些都在一定程度上制约了资源环境审计数据分析的深入开展和应用。基于这些考虑，结合当前大数据环境下地理信息技术应用软件的发展趋势，本文研究了开源地理信息系统软件QGIS的主要特点，并初步探索了该软件在资源环境审计中的应用方向。

一、资源环境审计数据分析难点及应对

资源环境审计，是审计机关对政府和企事业单位有关自然资源开发利用管理和生态环境保护情况实施的审计监督。当前这类审计工作的对象范围已经突破了财政、财务收支的范畴，逐步开始关注被审计单位业务管理和项目绩效等情况。在新形势和新要求的背景下，资源环境审计数据分析在软件选择、数据资源利用等方面面临诸多难题。经过多年探索，我们发现开源地理信息系统软件QGIS在资源环境审计数据分析中具有较好应用前景，它用户界面设置友好，使用通用公用许可证进行授权，具

有较高的软件使用和开发的自由度。针对当前资源环境审计数据分析面临的突出问题，QGIS软件的主要特点和优势体现在以下三个方面。

第一，资源环境审计涉及部门较多，接触的各类空间数据结构复杂、格式不一，对软件工具的数据格式兼容性要求较高。QGIS软件支持多种空间数据文件格式，能够较好地满足这一需求。该软件通过GDAL/OGR扩展，可以支持多达几十种格式的空间地理信息数据。其中支持的矢量数据文件格式包括ESRI的shapefile文件，MapInfo的mif文件，AutoCAD的dxf文件，以及GeoJSON和KML等空间数据交换格式文件等。支持的栅格数据文件格式包括了常见的tif、img等。基本涵盖了当前资源环境相关业务主管部门和主流地理信息系统软件所应用和支持的大部分数据文件格式，可以满足资源环境审计数据分析中对各类空间数据格式的查阅和转换等需求。

第二，资源环境审计面临数据资源短缺的困境。一方面各资源环境业务主管部门信息化程度和管理水平差异较大，数据提供的及时性和实时性往往难以保证，导致数据不可用。另一方面，大

基金项目：广州市社科联2018年度“羊城青年学人”资助研究项目(18QNXR47)

作者简介：何秀芝，广东外语外贸大学南国商学院，博士；

李朝旗，审计署广州特派办，博士，审计师。



图1 文本数据转换为空间数据示意图

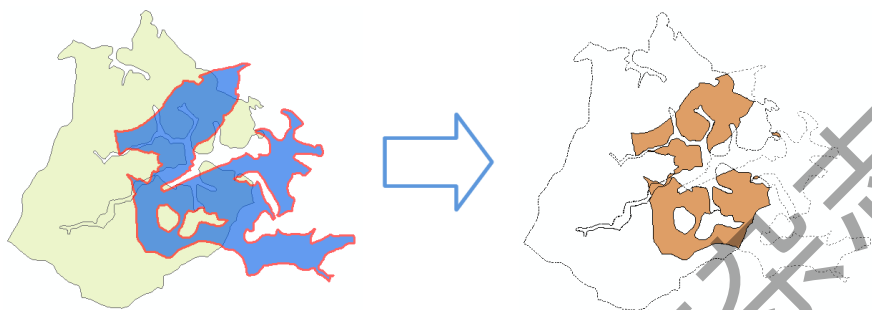


图2 相交功能分析示意图

量互联网等外部数据资源可供审计参考借鉴,但往往因缺乏简单高效的获取手段而利用程度不高。QGIS采用简单直观的操作方式,支持从开放的网络地图服务器中获取数据。QGIS默认封装了网络瓦片地图服务(WMTS),支持采用通用标准从网络地图服务器中获取相关数据,大大丰富了资源环境审计可获得的数据资源。利用QGIS直接获取在线数据主要有两种方法:一是采用QGIS默认封装的WMTS接口获取在线地图数据。如国家地理信息公共服务平台“天地图”提供的地图服务采用开放地理空间信息联盟的WMTS标准,且对所有用户开放,只要在其网站申请获取一个服务许可(key)即可在QGIS中设置后实时加载矢量底图、影像底图和矢量注记等图像数据,在审计中可以作为数据分析的底图辅助判断。二是采用QGIS提供的各类插件工具获取数据。如“OSMDownloader”插件工具可根据选

定的区域自动下载并加载开源的“Open Street Map”(OSM)开放地图数据,该数据完全开源免费,且定期更新,可为后续开展交通线路及网络分析等提供重要数据支撑。

第三,资源环境审计数据分析涉及的地理信息系统商业软件授权费用较高,而且这类软件对于审计工作而言功能过于庞大和冗余。为解决这类问题,部分审计机关采取与技术单位联合开发软件平台或采取购买数据分析服务等方式解决,虽短期内取得较好效果但后续更新维护成本较高,各地开发应用平台不一也不利于统一和固化分析模块。这些都在一定程度上制约了资源环境审计数据分析技术的应用和推广。而作为一款开源的地理信息系统软件,QGIS通过其处理工具箱可以免费提供对空间数据分析的基本操作并提供了丰富的扩展功能。如数据查看、数据编辑、数据导入导出、

空间分析、数据制图等,几乎实现了商业软件ArcGIS的常用功能,可满足资源环境审计对相关数据的存储管理、数据挖掘分析和数据可视化等基本需求。另外,QGIS还可以通过加载大量不断丰富完善的插件工具,实现对相关分析功能的进一步扩展。如对车辆GPS轨迹数据分析和模拟等就可通过其“time manager”插件实现。相关研究和实际应用表明,QGIS在处理这类数据结构简单但数据量较大的车辆GPS轨迹数据时,其处理效率比部分商业软件还要高很多,说明其在这些方面有自己的独到优势。

二、资源环境审计数据分析的具体应用

(一) 基于开源软件快速生成空间数据资源

在资源环境审计过程中,我们经常会面对大量带有空间属性的文本和表格数据,如生态环境部门所做的污染源普查结果中的入河排污口信息表就包含了排污口名称、设置时间、排污口性质以及排污口所在经纬度等信息,根据其经纬度是可以直接定位到该排污口所在位置的。类似的还有危险废物运输车辆行驶过程中产生的GPS信息,该文本数据包含了营运车辆车牌号码、行驶时间、经纬度、速度等主要信息。这类数据是开展资源环境审计数据分析的重要补充。利用QGIS软件的“添加文本数据图层”功能,设置相应坐标信息等参数后,可将这些看似常规的文本和表格数据转换为空间地理信息数据,方便后续开展比对分析,为在审计中运用空间思维方式思考问题提供了重要手段和新的数据源。如将入海排污口位置落到图上后与海洋功能区规划对比,看排污口设置是否符合相关要求,排污口污染物排放对各功能区的影响等。又如,将危险废物运输车辆的行驶轨迹与饮用水水源地保

保护区或自然保护区等图层叠加分析,看这些车辆是否违规进入某些生态环境敏感区域等。QGIS将文本数据转换为空间地理信息数据的过程如图1所示。

(二) 基于开源软件进行空间数据分析和比对

空间数据分析和挖掘需要空间分析功能的支撑,资源环境审计中常用的空间数据分析功能主要有图层相交、对称差分、缓冲区分析和图层的拓扑规则检查等,这些都可以通过QGIS软件提供的工具箱和插件扩展功能来实现,资源环境审计可以利用这些分析结果实现不同的审计目标。下面依次进行说明。

第一,利用“相交”工具快速提取不同空间图层数据间的重叠部分。该工具可以将两个图层空间数据中重叠的部分提取出来,提取后的重叠部分同时保留了原两个图层的属性信息。图层叠加求相交是地理信息系统软件的核心功能,也是资源环境审计最常用的分析操作。如,近年来在各类审计项目中发现由于不同部门对用地类型认定标准不一,导致某一地块被A部门认定为耕地同时又被B部门认定为林地。又如由于各类规划之间冲突,部分区域被A规划划定为禁止开发区同时又被B规划划定为允许建设区等。对于这些问题的揭示,可通过相交分析快速得到重叠结果形成疑点问题线索,并且可以将疑点地块精确定位。利用QGIS软件实现相交功能的分析过程如图2所示。

第二,利用“对称差分”工具快速提取不同空间图层数据间的非重叠部分。该工具与相交工具的功能正好相反,它是从两图层中提取不重叠的要素部分,两图层之间的重叠区域被移除,对称差分结果保留原两图层的原始属性。在资源环境审计中对被审计区域内某个时间段的变化情况进行分析时,有时候我们对其保持不变的部分并不关注,更多关注其变化情况。如在领导干

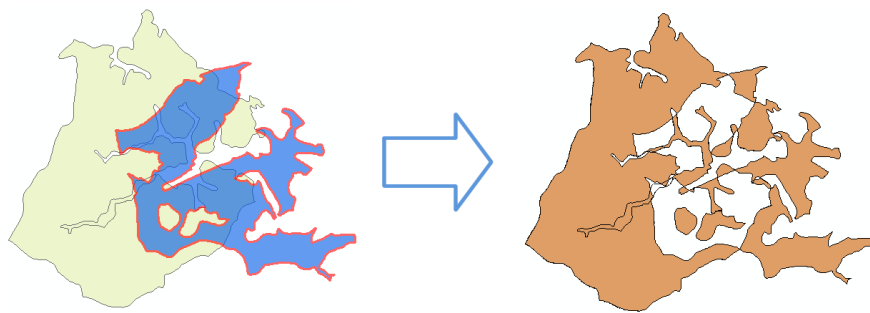


图3 对称差分功能分析示意图

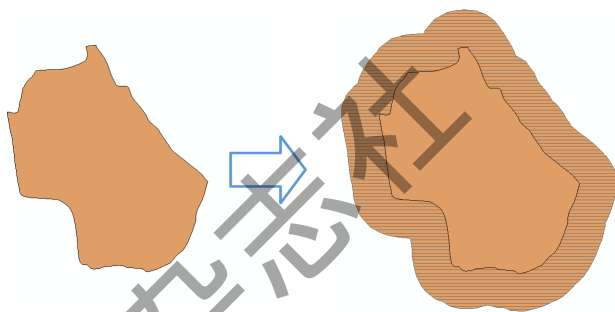


图4 缓冲区功能分析示意图

部自然资源资产离任审计项目中,我们不仅关注领导干部任期内耕地资源的数量变化情况,更关注耕地资源分布的时空变化情况,即增加的耕地和减少的耕地分别分布在什么区域,这种调整是否符合国家和上级有关政策及要求。类似的还有在对土地利用总体规划的分析中,需要对规划期初和规划期末永久基本农田调入和调出的情况进行研究等等。这些都可通过对称差分工具将期初和期末的图层叠加后去除保持不变的部分,直接形成变化区域的分析结果。利用QGIS软件实现对称差分功能的分析过程如图3所示。

第三,利用“缓冲区分析”工具分析特定对象的空间覆盖情况。空间数据由点、线、面等基本要素构成,缓冲区分析工具可以把空间数据中的点、线、面分别向外延伸特定的距离后形成一个新的面状数据。在资源环境审计中经常碰到一类与距离分析有关的事项。如在矿产资源审计中,根据相关规定,国家对

在铁路线路两侧各1 000米范围内从事露天采矿、采石或者爆破作业有严格的论证和审批要求,禁止在大型公路桥梁和公路渡口的上、下游各200米范围内采挖沙石、进行爆破作业等。又如在城市环境审计中,根据相关技术标准,垃圾填埋场不得设置在距公共场所或人畜供水点800米以内的地区,医疗废物处置厂选址应按照环境影响评价要求的距离远离居(村)民区、交通干道。审计中,就可采用缓冲区分析工具,将铁路和公路线路、垃圾填埋场和医疗废物处置厂等沿着区域边界向外缓冲特定距离,将形成的缓冲区范围可再与其他相关图层进行相交等叠加操作,看是否存在不符合规定和技术标准的情况。利用QGIS软件实现缓冲区功能的分析过程如图4所示。

第四,利用“拓扑检查”工具检查空间要素是否符合特定规则。拓扑是空间地理信息系统图层中相邻或相连各要素之间的关系;拓扑检查检查的是空间数

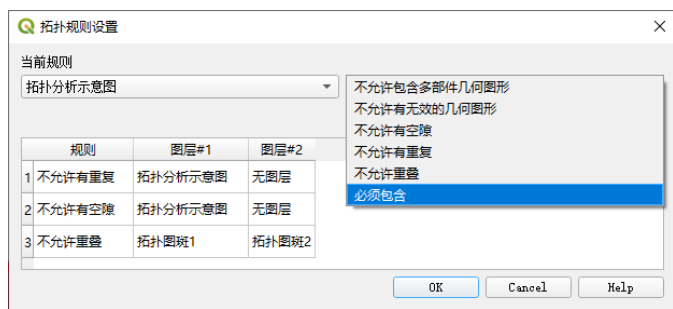


图5 拓扑规则设置示意图

据质量能否达到要求。在资源环境审计中，我们可以利用拓扑检查的不同规则实现审计目标。主要有以下三种常用的检查规则：“不允许有重复”“不允许有空隙”和图层间“不允许重叠”。如在历次资源环境审计中经常发现的地方政府将同一农田水利建设项目向不同主管部门多头申报财政补助资金的问题，以及利用往年已建成的土地开发项目重复立项虚报新增耕地面积的问题等，均可采用此工具快速分析发现疑点问题线索。利用QGIS软件设置拓扑规则的界面如图5所示。

(三) 基于开源软件实现不同数据库间的连接和转换

在当前大数据环境下，资源环境审计涉及的数据大都分布在不同的信息系统中，如何进行各类信息系统之间的数据交互成为必需解决的问题。QGIS软件广泛支持与其他数据库和编程语言的连接交互。一方面，QGIS可以与其他支持空间数据的关系型数据库如PostgreSQL、SQL Server等建立连接，充分利用传统关系型数据库的稳定性实现对空间数据的存储和管理。另一方面，QGIS连接到关系型数据库后，审计人员可以通过比较熟悉的SQL语句命令操作空间数据。进一步，还可以与审计现场管理软件(AO)建立连接，或者通过数据转换实现与互联网地图软件的交互，大大降低审计人员开展数据分析的专业门槛。另外，QGIS软件原生支持Python

语言进行编程操作，可以实现数据分析处理的批量化和自动化。

(四) 基于开源软件实现数据分析的可视化和结果输出

资源环境审计中涉及的空间数据本来就是反映的带有地理位置的图形图像数据，因此，它可以很方便地进行数据分析的可视化。如在生态公益林效益补偿资金审计中，我们将某地所属各个区域发放的补偿资金数额与该地各区域行政区划底图进行连接，可对该地发放金额的空间分布情况进行可视化展示。进一步将我们掌握的该地各区域实际可发放补贴的林地图面积叠加对比后，可以较为直观地分析出那些金额与面积不匹配的区域，直接锁定疑点、重点地区。另外，为了便于对数据分析发现的问题线索进行延伸核实，QGIS软件可以通过空间运算函数对分析结果重新计算面积、长度等，并通过空间坐标信息精准定位。最后，QGIS的制图功能可将经核实后的结果快速输出成对应的图像和表格，以用于审计取证。

三、总结及展望

针对当前资源环境审计数据分析接触数据类型多样、空间分析工具缺乏等现状，本文探讨了开源地理信息系统软件QGIS的具体应用路径。通过实际应用，我们发现该软件小巧灵活、分析功能齐全、操作界面友好，是一款较好的获取空间数据、分析空间数据和有效

利用分析结果的工具，基本能满足当前资源环境审计对空间数据分析工作的需要。接下来，可在逐步探索和广泛应用的基础上进行深入研究：一是进一步研究总结各行业主管部门相关数据应用的成功经验，在摸清数据结构和相互关系的基础上开展多部门间数据关联对比分析，提高数据分析结果的精准度。二是进一步研究QGIS获取网络地图数据的接口和规范，并对各类网络渠道获取的空间数据如何统一坐标投影等进行研究，在做好保密等措施的前提下将其作为获取审计参考数据的有效途径，提高此类数据分析结果用于审计项目的参考价值。三是进一步研究QGIS与其他开源关系型数据库和开源编程语言等的连接和转换功能，研究通过关系型数据库如PostgreSQL操作空间数据的便捷方法和利用Python进行批量分析的功能模块，使审计人员可以将对空间数据的操作转换到执行SQL命令或编程语句上来，同时也便于在开源软件的基础上进行二次开发，降低应用门槛并提高软件稳定性和处理效率，为资源环境审计数据分析的推广应用提供切实保障。

责任编辑 武献杰

主要参考文献

- [1]Menke K, Sutton T. Mastering QGIS : go beyond the basics and unleash the full power of QGIS with practical, step-by-step examples[M]. Birmingham:Packt Publishing Ltd., 2016.
- [2]刘俊,温四林,姚福顺等. 基于QGIS的交通设施采集系统设计与实现[J]. 地理空间信息, 2018, 16(3): 80-83.
- [3]陈永刚. 开源GIS与空间数据库实战教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2016.