引文格式：唐 辉,何宗,王岚,等. 基于GNSS轨迹大数据的测绘质量监管关键技术研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(2): 90-93. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.02.020

基于GNSS轨迹大数据的测绘质量监管关键技术研究

唐 辉[1]，何 宗[1*]，王 岚[1]，袁烽迪[1]，唐亚洲[1]，张成宁[1]
（1. 重庆市地理信息和遥感应用中心，重庆 401147）

摘 要：为提升测绘质量监管工作的主动性，提出了一种基于GNSS轨迹大数据的测绘质量监管方法，具体步骤为：首先对已监管的测绘项目范围进行坐标转换和信息融合形成监管现状“一张图”，再通过聚类算法对测绘单位测绘活动产生的GNSS轨迹点按名称属性和空间位置进行聚类，模拟测绘项目实际作业区域“分布图”，然后将现状“一张图”与模拟“分布图”进行叠加分析，得到各区域测绘项目的监管水平，从而发现监管的薄弱区域。该方法有效解决了因测绘单位漏报瞒报、择优报送等造成的项目信息难以获取的问题，通过模拟测绘作业的真实分布和分析被监管项目的占比，主动发现监管的薄弱环节，有效提升了测绘质量主动监管的能力。

关键词：GNSS轨迹大数据；测绘质量；聚类算法；主动监管
中图分类号：P205　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）02-0090-04

Research on Key Technologies of Surveying and Mapping Quality Supervision Based on GNSS Trajectory Big Data

TANG Hui[1], HE Zong[1], WANG Lan[1], YUAN Fengdi[1], TANG Yazhou[1], ZHANG Chengning[1]
(1. Chongqing Geomatics and Remote Sensing Center, Chongqing 401147, China)

Abstract: To enhance the initiative of surveying and mapping quality supervision, we proposed a surveying and mapping quality supervision method based on GNSS trajectory big data. Firstly, we carried out coordinate transformation and information fusion on the projects that had already been supervised and managed to form a “one map” of regulatory status. Then, we classified GNSS trajectory points according to their name attribute and spatial positions using clustering algorithm, and simulated the actual operation area “distribution map” of surveying and mapping projects. Finally, we overlay analyze the simulated “distribution map” with the current “one map” to obtain the regulatory level of surveying and mapping projects in each district and county, discovering weak areas of regulation. This method effectively solves the problem that difficult to obtain the complete information caused by omissions, concealment, and selective reporting those submitted by surveying and mapping units. By simulating the real distribution of surveying and mapping operations and analyzing the proportion of supervised projects, it proactively identifies weak links in supervision and effectively enhances the proactive ability of quality supervision.

Key words: GNSS trajectory big data, surveying and mapping quality, clustering algorithm, proactive supervision

测绘成果质量监督管理是一项基础性工作，是测绘地理信息行业准确把握“两支撑、两服务”工作定位，全面推动高质量发展的重要保障[1]。当前，测绘项目质量监管手段一定程度上依赖于测绘单位的主动填报，存在漏报瞒报、择优报送等情况[2]，对项目开展的实际情况及成果质量难以全面掌握，不利于质量监管职责的全面履行。随着大数据、云计算、物联网、移动互联网、地理空间信息技术等新一代信息技术的兴起与发展，人类进入了大数据时代[3]，为测绘地理信息行业发展带来了新的重大机遇[4]，测绘质量监管手段方面，利用新时期信息化手段强化监管的需求日益迫切[5]。目前，GNSS以测量精度高、作业速度快、成本效益高、全天候作业能力等优势[6]，在测绘领域普及程度极高，是广大测绘单位开展测绘活动的最主要技术手段[7]。各省市均已建立了广覆盖的GNSS测量服务系统[8]，为用户提供全天候的定位服务，其轨迹数据包含大量测绘单位的作业点位、测量时间等信息[9]，能反映测绘作业的整体分布情况。

本文以重庆市为例，开展基于GNSS轨迹大数据的测绘质量监管关键技术研究。通过对全市GNSS用户外业测量形成的轨迹大数据进行处理和分析，模拟出测绘项目分布情况；在此基础上探索与测绘成果质量委托检验、测绘成果质量监督检查等已纳入监管项目之间的关系，反映出各区县测绘项目的监管水平，

第一作者简介：唐辉（1989—），硕士研究生，高级工程师，从事测绘地理信息数据处理和质量检验工作，E-mail：382871610@qq.com。
通信作者：何宗（1981—），硕士研究生，正高级工程师，研究方向为时空大数据、卫星遥感技术及应用，E-mail：707430339@qq.com。

从而分析找到监管中的薄弱区域，并实施有针对性的监管建议，强化了测绘质量的主动监管能力。

1　技术路线

本文研究目的总体技术路线是：通过将测绘单位在1 a内施测的GNSS轨迹点进行聚类分析，并和已纳入质量监管的项目范围“一张图”进行匹配分析，来获得当年各区域测绘项目质量监管水平的分布，发现监管的薄弱区域，从而为有针对性加强测绘成果质量监管提供支撑和依据。总体技术路线如图1所示。

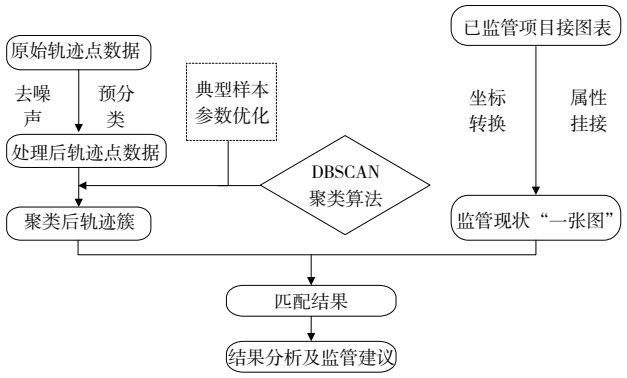


图1　总体技术流程图

2　数据预处理方法

为实现坐标系统不同、属性信息不完整的项目数据整合形成“一张图”，本文提出了基于FME与Python结合的多坐标系矢量数据信息融合方法。融合方法主要分为三步：第一步，基于FME软件二次开发了面向接图表的项目范围自动提取程序，实现了在dwg格式数据中自动提取项目范围线图层并输出为shp格式成果。第二步，基于FME软件二次开发批量坐标转换程序，将不同分带、不同坐标系的项目范围线批量转换统一到2000国家大地坐标系（108°带）。第三步，基于Python二次开发项目范围线融合及属性挂接程序，将大批量测绘单位名称、项目属地等信息与项目范围线自动挂接，形成带属性的项目矢量范围一张图。通过本算法，准确、高效完成了多坐标系矢量数据的批量信息提取和融合，形成了测绘项目监管现状“一张图”。

本文选取了重庆市卫星导航定位基准服务管理平台（CQGNSS）于2022年提供的轨迹点数据，以及2022年重庆市测绘成果质量监督抽查项目数据、2022年重庆市测绘成果质量委托检验项目数据开展分析研究。数据预处理主要包括：①2022年CQGNSS轨迹点数据包含轨迹点223万点，涉及用户单位326家。将轨迹点进行预处理，剔除重庆市域范围外的离散点、非测绘资质单位用户施测的轨迹点、沿道路长距离连续分布的非测绘活动的点等噪声点。②2022年重庆市测绘成果质量监督抽查项目50项，包含测绘项目接图表50份，涉及资质单位50家，将接图表统一转换至2000国家大地坐标系（108°带）并挂接测绘单位名称信息。③2022年重庆市测绘成果质量委托检验项目614项，包含测绘项目接图表614份，涉及资质单位约220家。将接图表统一转换至2000国家大地坐标系（108°带）并挂接测绘单位名称信息。数据预处理流程及结果如图2、3所示。

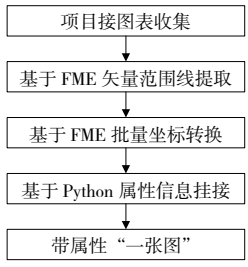


图2　项目数据预处理流程

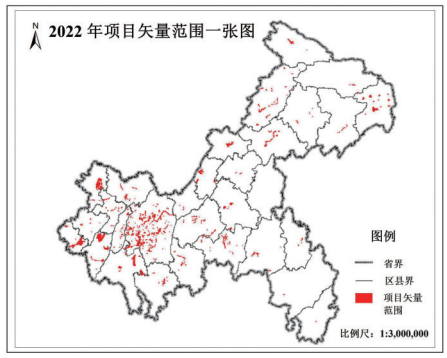


图3　“一张图”示意图

审图号：渝S(2024)045号

3　基于典型样本的DBSCAN聚类算法

DBSCAN是一种基于密度的聚类方法[10]，聚类前不需要预先指定聚类的个数，生成簇的个数不定[11]。该算法利用基于密度的聚类的概念，即要求聚类空间中的一定区域内所包含点的数目不小于某一给定阈值。该方法能在具有噪声的空间数据库中发现任意形状的簇，并有效剔除数据中离群点[12]。其算法特点与CQGNSS轨迹数据量大、密度较大、分布不规则等的数据特征相吻合，是较适用于本文研究的聚类算法。DBSCAN算法的一般流程为：

1）从目标轨迹数据点集合中抽取一个未处理的点；

2）如果抽出的点是核心点，则找出所有从该点出发的密度可达对象（半径 < 最小距离Eps且点数≥

最小点数MinPts），形成簇；

3）如果抽出的点是非核心点，则跳出循环，寻找下一个点；

4）循环直到所有的点都被处理。

DBSCAN算法执行完成后，将全部轨迹数据点分为三类：核心点，即在半径Eps内含有不少于MinPts数目的点；边界点，在半径Eps内点的数量少于MinPts数目的点，但是落在核心点的邻域内；噪声点，不是核心点也不是边界点的点[13]。DBSCAN算法是根据轨迹点的空间位置关系来进行聚类，但是因为单一项目的轨迹点必定是由同一家测绘单位施测，且轨迹数据中每个点都有施测的测绘单位名称这一属性，为使聚类结果更加客观、准确并缩短聚类时间，在进行聚类分析前对轨迹点按从属于不同测绘单位进行预分类处理。

DBSCAN算法对所选择的邻域半径Eps和邻域内最小样本数MinPts十分敏感[14]，若参数选取不当，聚类效果会大大下降。因此采用DBSCAN算法对GNSS轨迹点进行聚类时，合适的（Eps，MinPts）的选取对算法执行效率和结果的符合程度至关重要[15]。本文提出了一种基于典型样本的DBSCAN聚类算法，其思路是根据中位数原则选取典型测绘单位的轨迹点数据，并采用不同的（Eps，MinPts）组合分别进行聚类实验，将典型样本的聚类结果与其实际项目分布情况最符合的一组参数，作为最优（Eps，MinPts）参数；再根据最优（Eps，MinPts）参数对全部GNSS轨迹数据进行聚类，提高聚类结果的可靠程度并缩短聚类时间。算法实现流程如图4所示。

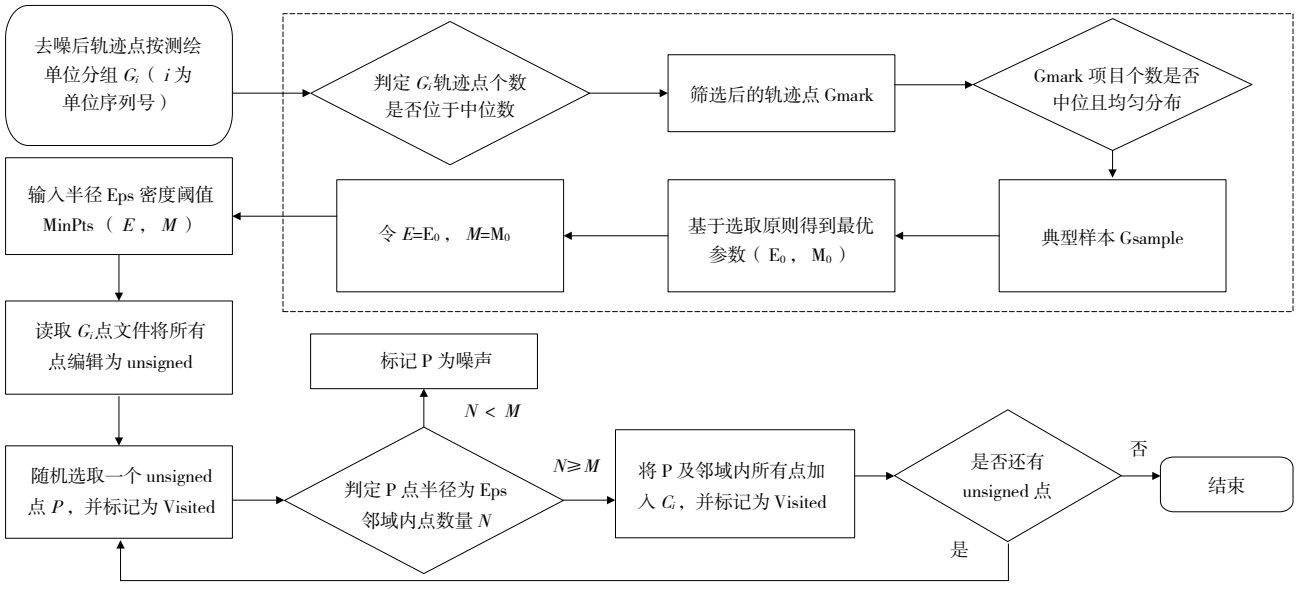


图4 基于典型样本的DBSCAN聚类算法流程图

对重庆市2022年GNSS轨迹点数据进行处理分析。首先按测绘单位不同对轨迹点预分类为326组。其次，采用中位数原则选取典型样本，即选取轨迹数据点数量、测绘项目数量均处于中位的测绘单位的轨迹点作为典型样本。经分析和实验，“重庆银航勘测设计有限公司”为数据中的典型样本。在此基础上，采取DBSCAN算法对典型样本聚类分析，计算得到最优参数，具体方法为：按照测绘项目的数据点分布的一般特征，测量点间距通常位于50~2 500 m之间，单个项目测量点位密度通常在3~70个点。按距离、点个数设置参数矩阵，即Eps从50 m开始每次增加50 m直至2 500 m，生成50组距离参数区间；MinPts从3点开始每次增加2点直至70点，生成34组点个数参数区间，从而得到1 700组不同（Eps，MinPts）参数，形成1 700组聚类结果。对聚类结果进行统计分析，发现当（Eps，MinPts）取（1 300，7）时，聚类结果所得到的项目数量、项目分布与重庆银航勘测设计有限公司2022年项目的实际分布情况符合程度最好，因此将（1 300，7）作为本次实验数据聚类的最优参数。最后，采用最优参数对全部轨迹点数据进行聚类，结果如图5所示（以某一测绘单位为例），为直观展示聚类后轨迹点的分布，对每个点按30 m半径缓冲生成面以表示生成的簇，并用不同颜色区分。图中高亮部分为聚类后某项目的范围示意，左表为聚类成该簇的GNSS轨迹点的集合。从万州区规划自然资源局收集到万州区2022年测绘项目清单，共计测绘项目232项，涉及24家不同测绘单位，其中万州区规划设计研究院项目最多，为

41个。采用万州区县界对聚类后的轨迹点进行裁剪，并按测绘单位名称分别统计聚类簇个数，得到测绘单位27家、测绘项目245项，其中万州区规划设计研究院项目43个，统计结果与清单记录的项目情况基本吻合，证明实验得到的最优参数可靠，聚类结果能够整体反映测绘作业的真实情况。

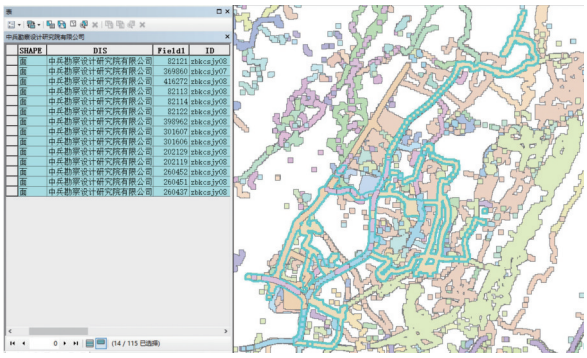


图5　基于典型样本的DBSCAN聚类算法聚类结果示意图

基于该算法得到的聚类结果模拟出了测绘项目实际的作业分布。在此基础上，将监管现状“一张图”与之进行叠加分析，并按区县分别统计已监管项目占模拟项目的比例，以获得目标区域当年测绘项目质量监管水平的分布情况。按照实验数据（不代表真实情况）的分析结果，2022年中心城区、主城新区、渝东北、渝东南整体受监管率分别是7.8%、3.4%、3.0%、2.1%，各区县平均受监管率为4.7%，如图6所示。主城区外的各区县中，受监管率最高的区县南川区，达到了7.9%，其次分别为荣昌区、垫江县、武隆区、开州区。受监管率较低的区县有忠县、云阳县、酉阳县、奉节县、石柱县。

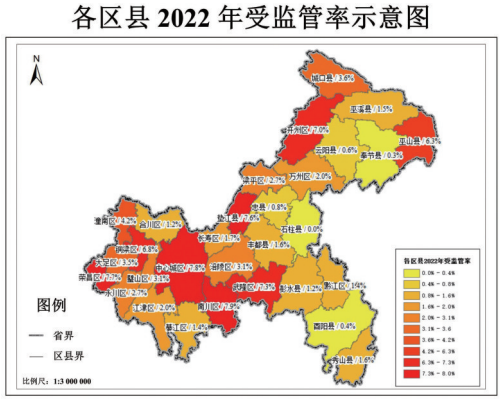


图6　各区县2022年受监管情况

审图号：渝S(2024)045号

4　结　语

本文探索性研究了GNSS轨迹大数据在测绘质量监管中的应用，通过提出的“基于典型样本的DBSCAN聚类算法”对轨迹点进行聚类，并与已监管项目范围进行空间关系叠加分析，得到目标区域内测绘项目质量受监管的总体情况，直观地反映出了质量监管薄弱区域，为强化质量监管提出了有利建议。GNSS轨迹数据具有空间位置、测量时间、用户名称等多重属性，能反映测绘作业的整体情况，将其运用到测绘质量监管中，主动分析发现监管的薄弱环节并实施有针对性的监管，为强化测绘质量的主动监管能力提供了可借鉴的思路。

参考文献

[1] 自然资源部关于加快测绘地理信息事业转型升级更好支撑高质量发展的意见[J]. 中华人民共和国国务院公报，2023(30):45-48

[2] 李方林，沈正中，曾文华，等. 面向“最多跑一次”改革的测绘成果服务平台建设及其关键技术[J]. 测绘通报，2019(1):56-57

[3] 袁磊，杨昆，罗毅，等. 大数据时代空间信息与数字技术专业建设探讨[J]. 地理空间信息，2024，22(4):125-127

[4] 曾锐. 大数据及其对测绘地理信息工作的启示[J]. 数字技术与应用，2020，38(12):208-210

[5] 曹俊，张志艺，黄海英，等. 湖北省测绘质量智慧监管平台建设探索与实践[J]. 地理空间信息，2022，20(7):161-164

[6] 胡超. BDS-2/BDS-3卫星观测数据联合处理关键技术研究[J]. 测绘学报，2024，53(2):392

[7] 张盟. GNSS测绘技术的特点及其在工程测绘中的运用[J]. 科技资讯，2021，19(36):31-33

[8] 成英燕，常春涛，王虎，等. 基于CGCS2000新框架的地物坐标更新策略研究与分析[J]. 测绘通报，2024(3):54-62

[9] 李丞，花向红，赵不钒，等. 一种利用GNSS数据进行城市交通状况变化探测的方法[J]. 测绘地理信息，2023，48(1):132-137

[10] 钱政，毛志华，姚宝恒. 基于改进DBSCAN的星载激光雷达数据多尺度滤波研究[J]. 激光杂志，2024，45(4):154-158

[11] 刘宏凯，张继福. 一种基于逆近邻和影响空间的DBSCAN聚类分析算法[J]. 计算机应用与软件，2022，39(2):287-293

[12] 王梓豪，唐炉亮，杨雪，等. 利用车载GNSS轨迹大数据的U-Turn道路结构信息获取方法[J]. 测绘学报，2023，52(8):1 330-1 341

[13] 董一强. 基于DBSCAN改进算法的时空轨迹聚类分析与研究[D]. 天津:天津大学，2018

[14] 宋金玉，郭一平，王斌. DBSCAN聚类算法的参数配置方法研究[J]. 计算机技术与发展，2019，29(5):44-48

[15] 朱俊杰，袁嘉铭. 改进DBSCAN算法下的轨迹点到充电站位置的探测方法[J]. 北京测绘，2023，37(7):1 037-1 044