引文格式：苗苗,宋天阳,胡国华. 城市行道树健康调查空间化方法研究[J]. 地理空间信息, 2026, 24(6):37-40. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.06.006

城市行道树健康调查空间化方法研究

苗　苗[1]，宋天阳[2]，胡国华[2*]
（1. 上海市绿化管理指导站 上海城市树木生态应用工程技术研究中心，上海 201020；
2. 地理信息科学教育部重点实验室 华东师范大学地理科学学院，上海 200241）

摘　要：针对城市行道树健康调查中传统人工巡查数据缺乏空间表达结构、难以开展空间分析的问题，提出一种面向线性道路场景的空间数据构建方法。该方法以单株树木为基本单元，通过标准化影像采集与自动分组策略实现调查数据结构化组织，并基于线性参考与侧向偏移提出无需GPS记录的树木空间定位方法。在此基础上，构建林荫道行道树空间数据库，并结合GIS方法开展健康风险类型及空间分布分析，以上海市多区域林荫道调查数据为例进行应用验证。结果表明，该方法可在无需逐株定位设备条件下实现调查数据空间化组织，可为城市林荫道精细化管理与风险评估提供数据支撑。

关键词：行道树管理；健康调查；空间数据构建；线性参考
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）06-0037-04

Research on Urban Avenue Tree Health Survey Spatialization Method

MIAO Miao[1], SONG Tianyang[2], HU Guohua[2]
(1. Shanghai Urban Tree Ecology Application Engineering Research Center, Shanghai Greening Management Guidance Station, Shanghai 201020, China;
2. Key Laboratory of Geographic Information Science, Ministry of Education, School of Geographic Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: To address the limitation that traditional manual inspection data for urban avenue tree health surveys lacked spatial representation and were difficult to support spatial analysis, we proposed a spatial data construction method for linear road environments. The method took individual trees as the basic unit and organized survey data through standardized image acquisition and an automatic grouping strategy. A tree positioning approach without GPS recording was further developed based on linear referencing and lateral offset along road centerlines. On the basis of this, a tree-level spatial database for urban avenues was constructed, and GIS-based methods were applied for health risk classification and spatial distribution analysis. We used survey data from multiple urban avenues in Shanghai City to validate this method. Results indicate that the proposed method enables the spatialization of survey data without the need for tree-by-tree positioning devices, providing effective data support for fine-scale urban avenue management and risk assessment.

Key words: avenue tree management, health survey, spatial data construction, linear referencing

城市行道树是城市绿色基础设施的重要组成部分，在调节微气候、改善环境质量及提升城市景观等方面发挥着重要作用[1-3]。在强人为干扰条件下，行道树易受到土壤压实、交通活动及不当养护等因素影响，产生衰退及安全风险问题[4-5]。因此，开展行道树健康调查，对于城市绿化精细化管理具有重要意义[6-8]。

目前道树健康调查主要依赖人工巡查方式[9-11]，缺乏高精度定位手段，调查数据多以文本或表格形式记录，导致现场调查结果难以与地理空间建立一致关联，无法直接开展基于GIS的空间统计与风险预警分析[12-15]。

为实现城市行道树调查数据空间化，当前主流方法主要包括：①基于高精度GPS或RTK的逐株定位，精度高但设备成本高、现场作业效率低，不适用于大规模快速普查；②基于车载或机载激光点云（LiDAR）的自动提取与定位，可批量获取树木三维信息，但设备与数据处理成本高昂，且对树干基部病害等细节识别能力有限；③基于街景图像与计算机视觉的树木识别定位，自动化程度高，但严重依赖街景数据的覆盖度、时效性和拍摄角度，难以稳定获取树皮健康状况等健康指标。

针对上述问题，本文提出一种低成本、高效率、且能与人工精细调查紧密结合的空间化解决方

项目来源：教育部人文社会科学研究项目（23YJAZH050）；国家自然科学基金面上项目（42571465）。
第一作者简介：苗苗（1990—），硕士，工程师，从事城市树木养护管理工作，E-mail：zdzmiao@163.com。
通信作者：胡国华（1989—），博士，副教授，研究方向为城市遥感与GIS，E-mail：ghhu@geo.ecnu.edu.cn。

案。该方法规避对单株进行绝对坐标测量，利用行道树固有的线性排列特征，通过线性参考和侧向偏移定位的相对空间化策略，将人工记录高效地转换为结构化空间数据，实现无需GPS记录的树木空间定位。在此基础上开展健康风险的空间分析，实现从现场调查到空间数据的转化。

1 数据与方法

1.1 技术框架

针对城市行道树健康调查数据缺乏空间表达结构的问题，本文提出一种面向线性道路场景的空间数据构建方法（图1）。技术路线设计遵循以下原则：①数据采集便捷化：最大限度利用现有的人工巡查、拍照调查流程，不增加复杂设备；②空间定位算法简化：以相对位置关系代替绝对坐标测量，降低空间化门槛；③数据结构标准化：确保生成的数据能与主流GIS平台无缝对接，支持空间分析。

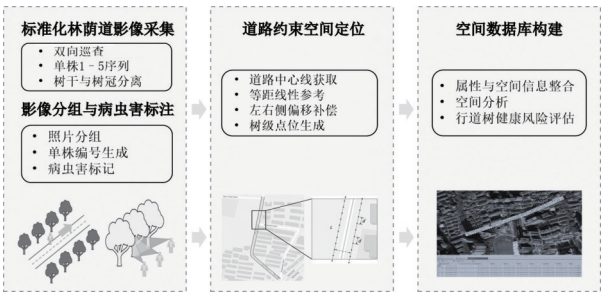


图1 城市行道树健康调查技术总体框架图

在道路空间约束下，将行道树调查视为沿道路展开的有序序列，通过线性参考与侧向偏移推断树木空间位置，在无需逐株GPS记录的条件下构建行道树空间数据。

1.2 数据采集与结构化处理

以上海市40条典型林荫道为研究对象（图2），覆盖12个区，共采集行道树影像28 590张，对应5 718株树木，形成多树种、多道路类型的调查数据集。

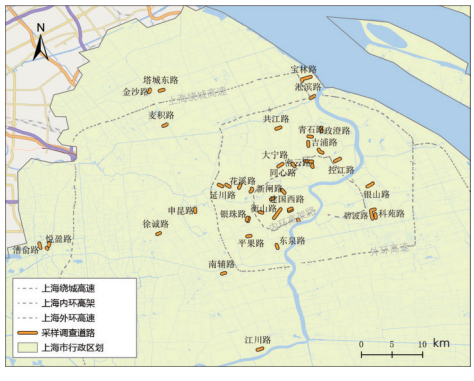


图2 上海市林荫道调查范围与街道空间分布

审图号：GS(2024)0650

外业调查采用双向巡查方式，沿道路两侧连续采集影像。以单株树木为单位，建立1～5序列的影像采集标准，即每株树木获取2幅树冠影像与3幅树干影像，实现树木整体形态与局部结构信息的统一记录。采集完成后，依据影像时间顺序进行自动排序，并按连续5张照片划分为一组，每组对应一株树木。以中间树干影像作为Tree ID，从而将非结构化的影像转换为标准化的数据。

1.3 健康风险标注方法

基于结构化影像数据，构建行道树健康标注体系。在统一标注规范下，将树木健康问题划分为8类（图3）典型风险，包括腐朽、机械损伤、虫害及枯枝等类型。



图3 8种典型行道树健康风险（以悬铃木为例）

标注以单株树木为单位开展，树干影像用于识别结构性与生物性风险，树冠影像用于识别枯枝问题。所有标注信息均与Tree ID关联，形成包含风险类别、影像路径及树种信息的属性数据。通过统一编码与质量控制流程，实现标注结果的一致性与可比性，最终构建可用于统计分析与空间表达的行道树健康数据库。

1.4 行道树空间定位方法

为解决逐株GPS定位效率低且精度不稳定的问题，本文提出基于道路约束的无GPS树木定位方法。

首先，将树木调查序列映射至道路中心线，基于线性参考生成等间距点位，实现树木沿道路方向的位置分配。设道路长度为 L，树木数量为 n，则间距为：

$$d=\frac{L}{n} \tag{1}$$

在此基础上，根据树木所在道路侧别，对点位进行侧向偏移，使其从中心线移动至实际种植带位置，从而完成空间校正。最终将生成点位与Tree ID及其属性信息进行关联，构建行道树空间对象数据。

该方法利用道路几何结构替代逐点定位，实现树木空间位置的整体推算，显著提高数据获取效率，并

适用于连续林荫道场景。

1.5　空间分析方法

在行道树空间数据基础上，构建多尺度健康风险分析方法。以单株树木为单元，结合标注结果建立事件级、树木级和道路级三类指标体系。

其中，道路尺度健康风险采用病树率表征：

$$R_i = \frac{N_{d,i}}{N_i} \tag{2}$$

式中，$N_{d,i}$ 为道路 i 中存在健康问题的树木数量；N_i 为该道路树木总数。

基于上述指标，结合GIS空间分析方法，从单株、道路及区域3个尺度开展风险分布分析，并通过专题制图表达不同类型健康问题的空间格局，实现林荫道健康状况的空间化评估。

2　结　果

基于所提出的行道树空间化调查方法，本文完成了从现场巡查影像到行道树空间对象的构建，并在此基础上实现了多尺度健康风险分析。结果表明，该方法能够在无需逐株GPS定位的条件下，将传统调查数据转化为可计算、可分析的空间数据体系，并支持后续多层级空间分析功能。

2.1　行道树空间数据构建结果

基于标准化影像采集与自动分组方法，共处理影像28 590张，形成包含5 718株行道树的空间数据库，并建立统一Tree ID。通过人工标注，共识别健康风险10 978处，形成包含影像路径、风险类型及树种信息的属性数据集，并支持GIS环境下的查询与分析。

如图4所示构建的行道树风险档案，可在单株尺度上实现精确定位与查询。结果表明，该方法能够在无GPS条件下稳定生成连续、完整的行道树空间数据，为林荫道调查提供一种低成本的数据空间化路径。

2.2　调查数据的空间组织形式

基于构建的行道树空间数据库，行道树健康调查首次由离散记录转化为可直接参与GIS分析的空间数据对象，从而显著拓展了数据应用能力。在道路尺度上，可基于空间对象自动统计病树率及风险类型组成，实现不同道路之间的定量比较；在区域尺度上，可对多道路结果进行空间叠加分析，识别健康风险的整体分布格局（图5）。

该结果表明，空间化数据结构使调查结果由描述记录转变为可分析的空间数据，显著提升了数据在统计分析与空间表达中的应用能力。



图4　树木风险档案数据库交互示例



图5　行道树健康调查空间数据库

审图号：GS(2024)0568

2.3　健康风险的空间分布表达能力

在空间化数据支持下，可将行道树健康风险以点状要素形式进行可视化表达，并进一步生成道路尺度与区域尺度的专题分布结果（图6）。

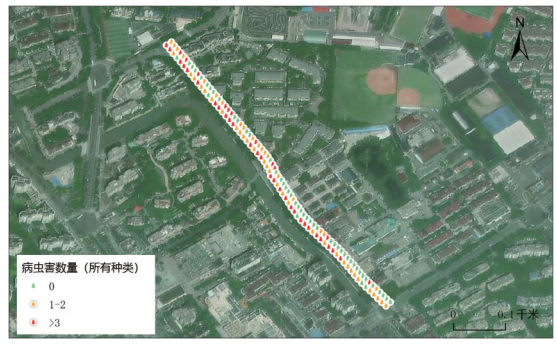


图6　行道树健康综合风险空间分布图

审图号：GS(2024)0568

通过空间表达，可直观识别高风险路段及重点区域，实现由单点信息向整体格局认知的转化。该结果说明，道路约束定位方法不仅能够恢复树木空间位置，还能够支撑城市尺度的空间格局分析，这是传统

巡查数据难以实现的。

2.4 行道树健康综合评估能力

基于统一的空间数据结构，可进一步对不同类别、不同树种的健康风险特征进行跨区域统计比较，例如基于空间数据库，可以实现病虫害种类的快速分析，调查发现行道树健康问题以结构性损伤为主导。其中机械损伤（34.59%）、损伤腐败（27.82%）及枯枝（27.78%）为主要风险类型，三者合计占比超过90%；生物性病虫害占比较低，其中腐败树洞占7.77%，其余类型均不足2%。

按照树种进行分类（表1），可以发现不同树种在风险结构上表现出明显差异。例如悬铃木以机械损伤与腐败问题为主，部分道路病树率较高；香樟以机械损伤和枯枝为主，腐败问题相对较少；其他树种样本量较小，但呈现类型集中现象，如珊瑚朴表现出真菌与损伤复合风险。

表1 按不同树种统计行道树健康风险

树种类别	腐败树洞	腐败	白蚁	天牛	损伤	真菌	枯枝	病树占比/%
悬铃木	245	645	21	25	921	13	168	59
香樟	175	179	0	6	454	22	425	52
栾树	160	178	0	3	419	7	576	65
榉树	14	63	0	0	131	0	72	36
臭椿	6	1	0	1	1	0	22	25
苦楝	0	0	0	0	1	0	38	37
朴树	0	0	0	0	4	0	7	12
珊瑚朴	6	2	0	0	36	31	11	69
无患子	13	5	0	0	9	0	6	26

此外，该方法不仅支持单一指标分析，还能够实现综合评估，使行道树健康调查具备区域尺度决策支持能力。通过空间数据库，可对各区的行道树病树率进行统计分析和对比，以反映各区的行道树养护水平。

3 结 语

本文面向城市行道树健康调查中数据难以空间表达与综合分析的问题，提出了一种融合调查流程与空间建模的数据生产方法。该方法以单株树木为基本单元，通过标准化影像采集与自动分组，将传统巡查过程转化为结构化数据获取过程；并结合线性参考与侧向偏移机制，在无需逐株GPS定位的条件下实现树木空间位置推断，从而构建行道树空间数据库。在此基础上，构建的数据体系支持多尺度空间分析与综合评估，使调查结果能够直接用于风险分布识别、道路对比分析及区域尺度决策。相比传统方法，该方法在降低外业成本的同时显著提升了数据的组织效率与分析能力，并避免了复杂城市环境中逐点定位带来的误差累积。总体而言，本研究提出了一套新的城市行道树调查技术流程，为城市林荫道精细化管理与长期动态监测提供了新的实现路径。

参考文献

[1] Nowak D J, Crane D E. Carbon Storage and Sequestration by Urban Trees in the USA[J]. Environ Pollut, 2002, 116(3):381-389

[2] Bowler D E, Buyung-ali L, Knight T M. Urban Greening to Cool Towns and Cities: A Systematic Review of the Empirical Evidence[J]. Landscape Urban Plann, 2010, 97(3):147-155

[3] 郭文婷,梁晶,杨瑞卿,等.“生长-管护-环境”协同视角下的上海市行道树健康评价[J]. 中南林业科技大学学报,2025,45(5):185-197

[4] 贺坤,王俊洁,王本耀,等.上海市行道树土壤肥力特征及其空间分布[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2023,47(3):164-172

[5] 李颖,陈黎,张慧.浅析城市绿化行道树养护管理存在的问题及对策[J]. 林业世界,2024,13(5):93-97

[6] 姚娜,马履一,杨军,等.3s技术在城市林业中的应用[J]. 世界林业研究,2014,27(2):23-28

[7] 何兴元,金莹杉,朱文泉,等.城市森林生态学的基本理论与研究方法[J]. 应用生态学报,2002,13(12):1679-1683

[8] 张胜.城市行道树种植与养护分析存在的问题及管理技术要点研究[J]. 城市建设理论研究(电子版),2025,(20):220-222

[9] 赵娟娟,欧阳志云,郑华,等.城市植物分层随机抽样调查方案设计的方法探讨[J]. 生态学杂志,2009,28(7):1430-1436

[10] 江南,徐卫华,赵娟娟,等.城市植物地面抽样调查方法综述[J]. 云南大学学报(自然科学版),2021,43(3):587-597

[11] 张炜,颜雅涵.城市绿地信息模型研究进展[J]. 风景园林,2025,32(5):62-70

[12] 董元彪,肖鹏峰,刘豪,等.基于gis空间分析的城市行道树安全评估[J]. 南京大学学报(自然科学版),2023,59(2):201-212

[13] 许士翔,宋清欣.数字化技术在城市绿地调查中的应用[J]. 风景园林,2014,21(4):34-36

[14] 王越,石森,文琳,等.车载移动测量技术在市政道路调查中的应用[J]. 地理空间信息,2024,22(6):89-93

[15] 杜顺季,卢少少.建成区古树资源现状调查和空间分析:以广州市某区为例[J]. 地理空间信息,2025,23(3):43-45