

# 基于百度街景图像的兰州市安宁区行道树研究

## Study on Street Trees in Anning District of Lanzhou City Based on Baidu Street View Images

胡童童 张晓玮 周晓雷\*

HU Tongtong, ZHANG Xiaowei, ZHOU Xiaolei\*

### 摘要

对城市绿视率和行道树结构特征进行综合研究, 可为提升城市绿化效果和生态环境质量提供参考, 为城市绿化规划提供科学依据。选取兰州市安宁区 6 个中心街区共 40 条街道, 利用 ArcGIS 和 Python 软件获取百度街景图像, 运用 ImageJ 或 Sketchup 获得行道树的结构特征数据, 使用 DeepLabv3+ 模型获得绿视率数据并进行定量分析。结果表明: 在安宁区街道绿化中整体应用最多、频度最高的是槐 *Styphnolobium japonicum*; 树高 5 m~10 m 的树木达到 75.5%, 冠幅在 4 m~8 m 的树木达到 58.3%, 胸径大于 45 cm 的树木仅有 2.3%; 低绿视率街道占研究区域的 75.3%、高绿视率街道仅占 7%。植物的树高、冠幅、胸径等生长指标的变化会影响叶片郁闭度, 从而影响绿视率, 且均与绿视率呈正相关关系, 在一定程度上影响了居民的视觉体验和心理感受。基于结果, 建议对高绿视率的培黎街道进行定期修剪和维护, 对中低绿视率的孔家崖街道和安宁堡街道等, 以乔灌草搭配的方式, 种植本土树种, 提升绿视率。

### Abstract

Comprehensive research on the urban green visible index and the structural characteristics of street trees can provide a reference for improving the urban greening effect and ecological environment quality as well as provide a scientific basis for urban greening planning. A total of 40 streets in 6 central blocks of Anning District of Lanzhou were selected for this study. ArcGIS and Python software were used to obtain Baidu Street View images, ImageJ or Sketchup was used to obtain street tree structural feature data, and the DeepLabv3+ model was used to obtain green view rate data and conduct quantitative analysis. The results showed that the most frequently used street greening in the Anning district was *Styphnolobium japonicum*. Trees with a height of 5 m~10 m reached 75.5%, trees with a crown width of 4 m~8 m reached 58.3%, and trees with a diameter at breast height greater than 45 cm only 2.3%. Streets with low green vision accounted for 75.3% of the study area, while streets with high green vision accounted for only 7%. The changes in plant growth indicators such as the tree height, crown width and diameter at breast height will affect the leaf canopy and thus affect the green visible index, and all of them are positively correlated with the green visible index, which affects the visual experience and psychological feeling of residents to a certain extent. Based on the conclusion, it is suggested that the streets of Peili with high green vision should be trimmed and maintained regularly, and the streets of Kongjiaya and Anningbao with medium and low green vision should be planted with native tree species to improve the green vision.

### 关键词

园林植物; 行道树; 道路绿化; 绿视率; 百度街景; ArcGIS 软件; DeepLabv3+ 模型

### Keywords

Landscape plant; Street tree; Road greening; Green visible index; Baidu street view; ArcGIS software; DeepLabv3+ Model

收稿日期: 2024-08-26

修回日期: 2024-09-30

## 文章亮点

1) 利用百度街景图片实现了自动化、量化的城市街道绿化研究, 突破了传统研究方法在数据收集和处理等方面的局限; 2) 使用轻量化 DeepLabv3+ 模型获得绿视率数据并进行定量分析, 提高精度和效率, 使街道绿化评估的方法更加科学高效。

城市的道路绿化以线状方式散布在城市各处, 构成了城市园林绿化的核心部分, 它们连接了城市中散布的“点”与“面”的园林绿地, 共同构建了完善的城市园林绿地体系<sup>[1-3]</sup>。街道两旁的树木作为城市绿化材料的重要组成部分, 不仅能够改善城市气候、净化空气、降低噪声, 还对提升城市景观和居民的生活质量具有重要意义<sup>[4]</sup>。近些年, 兰州市对多条城市道路进行了翻新, 并对这些道路进行了绿化和美化, 取得了一定的效果。然而, 行道树的种植和管理在实际中面临着诸多挑战, 如树种选择、种植密度、养护管理等。

目前我国大多数城市都有不同程度的街道绿地系统规划, 但大多只是针对部分特定区域或路段而设计, 没有形成统一规范。随着社会对城市绿化越来越重视, 街道绿化研究也得到了广泛的关注和重视。目前, 国内外对于城市街道植物景观的评价方法还未形成统一的标准。传统的城市绿化调查通常采用拍摄现场照片和人工计算的方式, 这种现场调研、手动处理图像的分析方法虽然精度高, 但受限于技术条件, 数据收集和处理过程异常复杂, 效率极低、工作量巨大, 难以满足大范围规划研究的实际需求<sup>[5]</sup>。现如今网络大数据技术正迅猛发展, 许多学者选择百度街景大数据对城市街道绿化进行研究, 百度街景大数据也为行道树研究领域带来了创新的观察视角与研究手段。曹越皓、龙瀛<sup>[6]</sup>利用腾讯街景数据对全国 24 个城市的街道绿化进行分析研究; 唐婧娴团队<sup>[7]</sup>利用点位图像数据, 鉴别了 12 个独特类别的元素。这些研究对城市绿化建设水平的评估都是以绿地率或绿量的二维平面面积作为基础数据, 无法对城市三维空间绿化效果做出直观的评价。日常生活中, 人在环境中所接收到的信息有大部分来源于视觉, 而视觉是城市居民直观了解城市绿化建设水平的重要渠道, 也是有关部门制定绿化建设策略的感性依据。因此, 日本学者青木阳二于 1987 年率先提出了“绿视率”(Green Visible Index, GVI) 概念<sup>[8]</sup>, 将城市绿地评价范围从二维平面扩大到三维立体层面, 并从物理量化的角度分析视觉环境, 为城市绿地视觉质量的评价确立了量化的指标标准, 使城市绿地视觉价值得到数量化的统计<sup>[9-10]</sup>。张伟等<sup>[11]</sup>研究证明绿色植物对提升视觉舒适度有正向作用, 并基于绿视率对街道步行空间视觉舒适度进行评估。由此可知, 借助百度街景所提供的数据, 研究者能够直接且生动地观察行道树的分布模式、形态特征及其生长状态, 进而为分析行道树的结构特征与绿视率提供有力支撑。

本文将兰州市安宁区 6 个中心街区共 40 条街道作为研究对象, 利用百度街景数据和机器学习算法实现量化、较大范围的城市街道绿化研究, 分析兰州市安宁区部分道路行道树绿化现状与绿视率, 以期为兰州安宁区街道绿化的改造工作提供数据支撑。

## 1 研究地点与研究方法

### 1.1 研究区概况

兰州市安宁区(103°34'~103°47'E, 36°5'~36°10'N) 总占地面积为 441.74 km<sup>2</sup>, 是兰州市的西北郊区。该地的平均海拔为 1 520 m, 具有温带大陆性气候特点, 气候干燥且降雨稀少, 冬季寒冷, 夏季炎热, 春秋两季温差较大; 年平均气温为 8.9°C, 极端最高温度可达 39.8°C, 而极端最低温度可降至 -19.7°C; 气温的平均日较差为 12.9°C, 而年较差则为 29.1°C; 年平均降水量为 349.9 mm, 主要的降水时间集中在 6 月—9 月, 占全年降水量的 60% 以上; 全年的日照时间平均为 2 476.4 h, 而年蒸发量达到了 1 664 mm, 是年降水量的 4~6 倍, 年相对湿度为 58%; 土壤质地属中壤土或砂壤土, 主要为黄绵土, 肥力中等以上; 无霜期在 185~200 d, 最大的冻土层达到 1.2 m<sup>[12]</sup>。安宁区是兰州市的文化教育、电子仪表和高新技术产业的功能区域, 对城市绿化发展的要求较高。据笔者统计, 目前, 安宁区北山绿化面积达到 2 600 hm<sup>2</sup>, 绿化率达到 56.9%, 沿北滨河路已建成兰州最大的园林绿化带, 且区内 80% 以上的单位为园林绿化单位。鉴于此, 本文选取安宁区的安宁堡街道、西路街道、培黎街道、刘家堡街道、银滩路街道、孔家崖街道 6 个中心街区为研究区, 针对研究区内的所有道路, 总计 40 条, 进行分析计算(图 1)。

### 1.2 研究步骤

通过查阅大量资料发现, 已有学者开始探索利用最前沿的数据和技术手段来深入研究城市街道绿化的相关问题<sup>[13-15]</sup>, 这些研究成果在一定程度上为本文关于城市街道绿化的学习与分析奠定了基础。本文通过分析不同尺度下

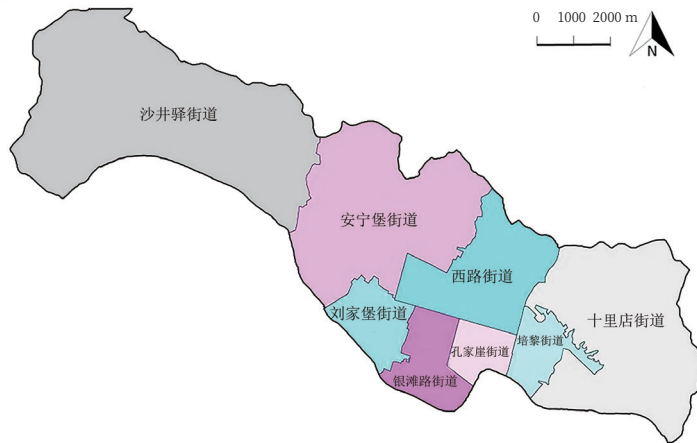


图 1 研究区域  
Fig.1 Study area

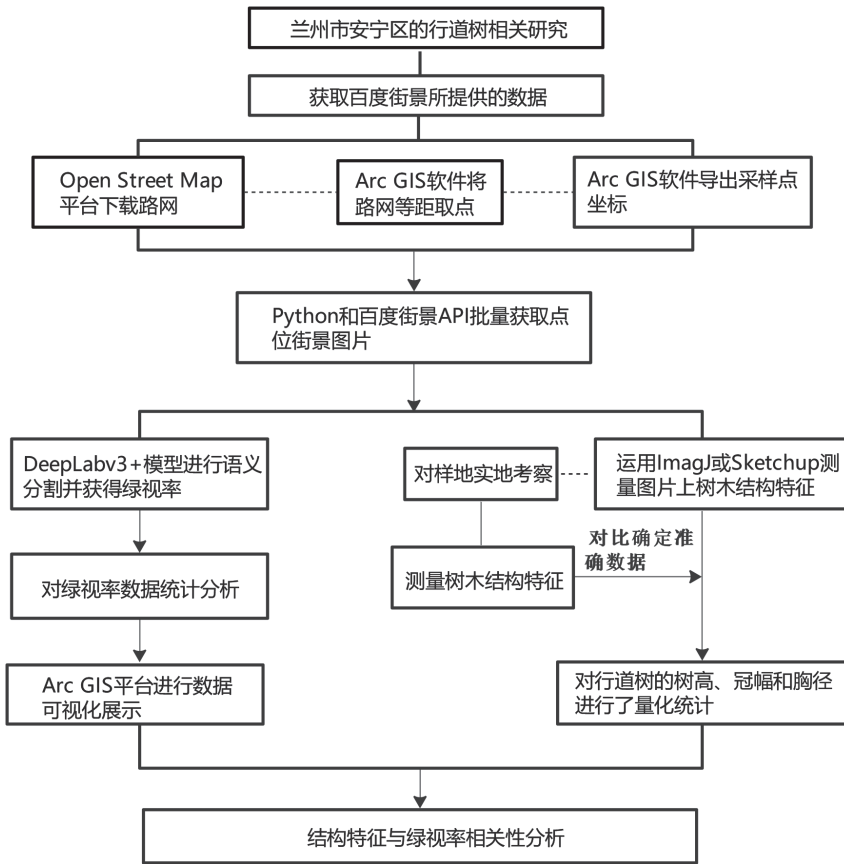


图2 研究技术路线  
Fig.2 Research technical rout

的街道景观影像数据，达到对街道景观格局进行量化描述的目的。

在对上述众多资料进行归纳总结后，本研究划分为4个步骤（图2）：

1) 首先在 Open Street Map 平台免费下载研究范围内的路网，然后运用 ArcGIS 软件将获得的路网进行等距取点，导出采样点坐标，最后使用 Python 和百度街景图像应用程序接口（API）批量获取每个点位的街景图片。

2) 采用与机器学习有关的 DeepLabv3+ 模型技术来对街道照片进行语义分类，并从每个取样点中计算获取绿视率，运用 ImageJ 或 Sketchup 软件结合实地考察的方法，测量树木结构特征。

3) 本文对研究区内每条道路上的采样点进行了绿视率的统计分析，并使用 ArcGIS 平台将研究成果进行可视化展示。

4) 对研究区内的街道绿化状况进行深入探讨，并对研究成果进行了详细的描述和相关性分析。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 百度街景图片获取

本文所采用的数据来自开源的百度街景资料。如图3，本研究在研究



图3 研究区采样点分布  
Fig.3 Distribution of sampling points in the study area

区内每条街道上每隔 100 m 选取 1 个样本点，于 40 条街道上均匀地布置了 5 325 个取样点。通过对这些采样点进行坐标转换，得到各个路段对应的地图像素值。考虑到这些采样点的具体位置以及百度街景图像应用程序 API 接口的特点，研究使用爬取工具来捕捉百度街景的图像，确保每一个样本点的视野角度都被设置为 360°，从而获得完整的全景视图，并把收集到的照片上传到云端的服务器进行保存。为了保证图片的质量，对每张图片进行标注，包括相机参数、曝光时间等，然后通过网络传输给客户端。每张图片的大小均为 2 048×1 024 像素，共爬取 5 325 张街景图像（图 4）。

### 1.3.2 街景图的语义分割与绿视率计算

在众多的深度学习语义分割模型研究中，DeepLabv3+ 模型被广大学者认为是精确度相当高的语义分割模型<sup>[16-17]</sup>。DeepLabv3+ 最大特点是在 DeepLabv3 的基础上采用了编码-解码架构<sup>[18]</sup>。本文决定采用 DeepLabv3+ 作为本研究的模型，此模型会在特征提取的过程中融入空洞卷积方法来扩大模型的感知范围，这确保了在不损失任何数据的前提下，能够进行更广阔范围的多尺度信息提取<sup>[19]</sup>。Mark Sandler 等<sup>[20]</sup>在 DeepLabv3+ 模型基础上以 MobileNetV2 作为主干网络架构进行轻量化 DeepLabV3+ 网络模型，实验数据显示，与其他几种模型相比，这一模型能够在短时间内以较小参数获取更为丰富的细节纹理和更精确的目标轮廓等关键的几何结构信息。

本文基于 Cityscapes 数据集形成 DeepLabv3+ 语义分割模型，采用编程语言进行程序编写，对特定的数据样本进行模拟分析，以此获得最终图像（图 5）。Cityscapes 是关于城市街道场景的语义理解图片数据集，具有 19 个类别标签，是深度学习语义分割中最基本的训练集。

在城市景观绿视感知评价中，计算绿化要素所占像素在全幅图像像素的占比可以得到 GVI（绿视率）指数，指数范围为 0~1，数值越高表示该采样

点绿化可視度越高<sup>[21]</sup>。

$$GVI = \frac{N_{greenpixel}}{N_{pixel}} \times 100\% \quad (1)$$

式中， $N_{pixel}$  表示图像总像素，为定值； $N_{greenpixel}$  表示从图像中提取的绿化要素所占的像素。

GVI 水平与人的感受相关，评价标准<sup>[22]</sup>如表 1 所示。

### 1.3.3 行道树结构特征测算

本文采用随机抽样的方法，覆盖安宁区的 40 条主要道路，在每条道路上，随机选择 20 株行道树，共 800 棵树木，并详细记录它们的胸径（ $D$ ）、冠幅（ $W$ ）和树高（ $H$ ）的数据，进而计算平均值。同时选取部分典型街道作为研究对象，对该地区常见植物种



图 4 街景图片示例  
Fig.4 Example of Street view image

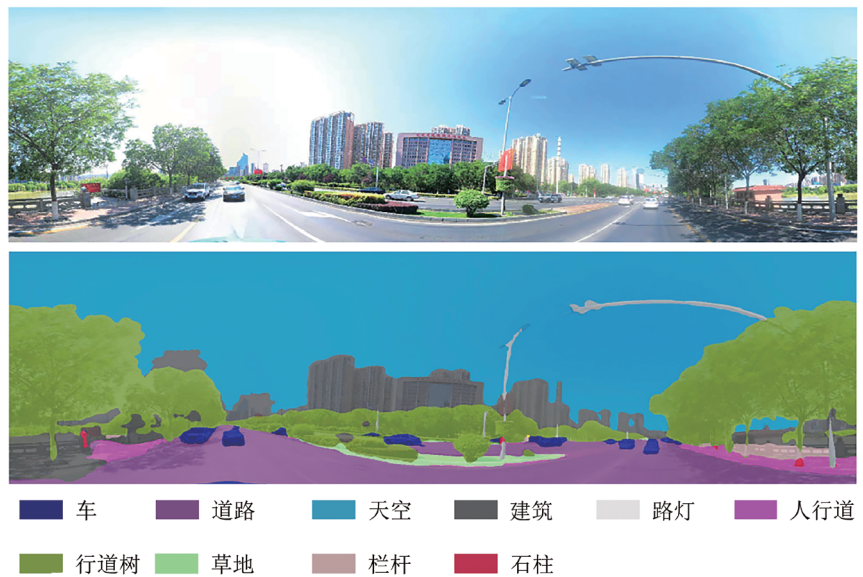


图 5 语义分割示例  
Fig.5 Example of semantic segmentation

表 1 不同绿视率水平的感受  
Tab.1 The feeling of different green visible index

绿视率水平	感受
<15%	环境人造感过强，使人感到焦虑、压抑、紧张、焦躁，绿量感知较差
15%~25%	环境较为自然，使人感受到绿化带来的舒适
>25%	舒适且有益于健康，使人感到清凉、湿润、放松、舒适

类及其生态适应性等方面展开实地调查。

为了测量树木的结构特性(图6),研究参照 Wenjie Wang 等<sup>[23]</sup> 研究的城市行道树街景测树法,收集了街道的照片,并将其导入 ImageJ 软件中,以完成各种指标的测量工作。同时对采集到的图像进行预处理,得到彩色纹理图像,再将彩色图像转换为灰度图像。基于实际测量的数据,研究绘制了兰州市安宁区的道路景观图,并对其主要树种在安宁区各个区域的分布模式和优势进行了分析。同时分析该地区常见的植物种类及其生态适应性。本文以《道路交通标志和标线》实用手册(修订版)(GB 5768-1999)为准进行测算,如交通警告标线的宽度是 15 cm、车道的宽度为 3.5 m、道路上的树木涂上白漆的高度范围为 1.0~1.3 m(经验值)等。

## 2 结果分析

### 2.1 行道树树种分析

研究区行道树均为落叶乔木,共有 9 个树种,包括:槐 *Styphnolobium japonicum*、银杏 *Ginkgo biloba*、二球悬铃木 *Platanus acerifolia*、黄山栾树 *Koelreuteria bipinnata* ‘integrifoliola’、七叶树 *Aesculus chinensis*、毛洋槐 *Robinia hispida*、金叶榆 *Ulmus pumila* ‘Jinye’、兰考泡桐 *Paulownia elongata*、元宝槭 *Acer truncatum*。在安宁区的样地中,整体上行道树种选择比较多样化,种类相对较为丰富。但在其中出现频度最高的是兰州市市树槐,约占全区道路的 40%,而其他 8 种植物均匀分布在街道中,均占比较小。

### 2.2 行道树结构特征分析

研究通过量化统计所选择地行道树的树高、冠幅和胸径,了解树木的分布和生长情况(图7)。

1) 树高(H):研究区内 4.0% 的行道树树高小于 5 m,占比较小。而树高 5 m~10 m 的树木数量最多,达到 75.5%,在样本中占据主导地位。树高 10~15 m 的树木占

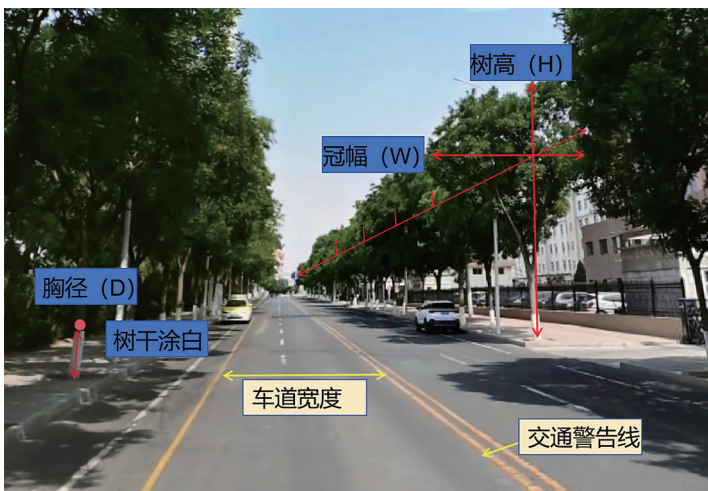


图6 树木测量示例  
Fig.6 Example of tree measurement

20.0%,而超过 15 m 的树木仅有 0.5%,这表明高大树木样本在样地中较为稀少。

2) 冠幅(W): 25.4% 的树木冠幅小于 4 m,而冠幅 4 m~8 m 的树木数量最多,达到 58.2%。这表明大部分行道树的冠幅适中,能提供适当的遮荫和美化作用。冠幅大于 8 m 的树木占 16.4%,这些树木对街道的景观、生态效益和绿视率有较为明显的贡献。

3) 胸径(D): 胸径小于 15 cm 的树木数量最多,达到 44.9%;胸径 15 cm~30 cm 的树木占 39.6%;而胸径 30 cm~45 cm 的树木占 13.3%;胸径大于 45 cm 的树木数量最少,仅占 2.3%。这表明样地中少部分树木有较高的生态和观赏价值。

### 2.3 研究区绿视率

通过对整体绿视率的空间分布进行分析,以表1标准为参照,研究发现样地内绿量的感知程度相对较低;而采样点的 GVI 分布特征表现为“东西方向较高,南北方向较低”的聚类模式;GVI 道路的分布表现为“环线低环内高”的中心发散模式。安宁堡街道整体绿视率低,其中兰州北环公路绿视率最低,应修整和养护现有绿化不足之处;而培黎街道整体绿视率最高,只需定期进行树木的修剪和维护,在一定程度上能让居民感受良好。兰州市安宁区整体绿视率在数据分布上基本符合正态分布规律,表明其分布符合随机分布的规律,但绿视率仍有待提升(图8~9)。

对研究区域内 5 325 个采样点和街景图片进行绿视率计算得知(图10),总体上兰州市安宁区道路平均绿视率约为 9.95%,各街道绿视率最大值为 56.80%,最小值为 0.02%,具体情况如下:

1) 低绿视率(GVI < 15%)的采样点约占研究区域的 75.3%,这些地点的大多数行道树生长情况不良,冠幅、树高和胸径数值均较低。受此影响,环境的人造感过强,缺乏足够的自然元素,导致居民感到焦虑、压抑、紧张和焦躁。这种低绿视率的环境无法有效缓解城市生活的压力,且绿量

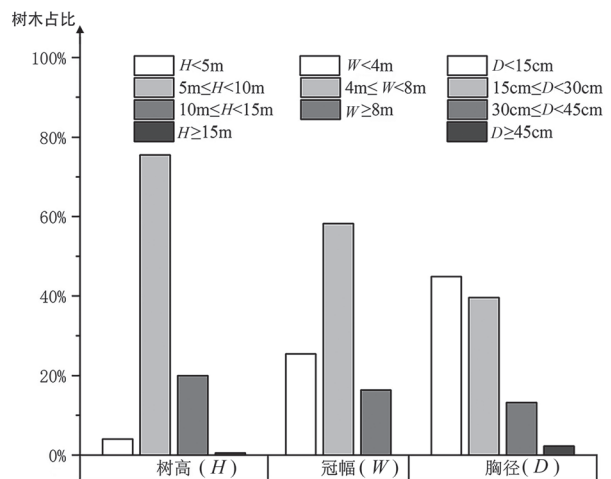


图7 行道树结构特征分布  
Fig.7 Distribution of structural characteristics of street trees



图8 GVI 空间分布图及采样点  
Fig.8 GVI spatial distribution map and sampling points

感知较差,对居民的心理健康和也将产生负面影响。

2) 中等绿视率 (GVI 为 15%~25%) 的采样点约占整体的 17.7%, 其环境氛围较为自然, 绿化覆盖率较高, 行道树生长状态良好, 树木的排列形式和间距也较为合理, 所以居民在其中能够感受到绿化带来的舒适感。中等水平的绿视率有助于提升居民的生活质量, 创造更加宜人的城市环境。绿化的增加可以提供遮荫、降低温度、减少噪声污染, 同时为城市增添美感和活力。

3) 高绿视率 (GVI >25%) 的采样点仅占 7.0%, 这些地区行道树生长状态较好, 高大的树木可以提供更广阔的树冠, 增加绿视率; 同时树木的排列间距也较为紧密, 不仅环境舒适, 而且对健康有益。高绿视率的环境有助于提升城市的生态价值, 不仅能让居民获得清凉、湿润、放松和舒适等积极的心理感受, 还能提升居民的心理健康水平和整体福祉。

#### 2.4 行道树结构特征与绿视率相关性分析

通过评估兰州市安宁区行道树的绿视率, 发现行道树

在提升绿视率方面发挥了重要作用。以之前随机抽样选取的 800 棵行道树为样本, 研究分析绿视率和冠幅、胸径、树高 3 项结构特征之间的相关关系, 使用 Pearson 相关系数表示相关关系的强弱情况 (表 2)。绿视率和冠幅之间的相关系数为 0.597, 且  $P < 0.01$ , 说明绿视率和冠幅之间

表 2 行道树结构特征与绿视率的相互关系  
Tab.2 The relationship between the structural characteristics of street trees and green visible index

结构特征	绿视率		
	相关系数	P 值	样本量
树高	0.216	0.1670	800
冠幅	0.597	0.0046	800
胸径	0.129	0.0350	800

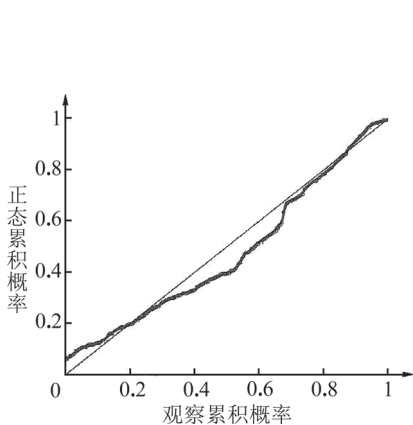


图9 线状 GVI 正态性 P-P  
Fig.9 Linear GVI normality P-P plot

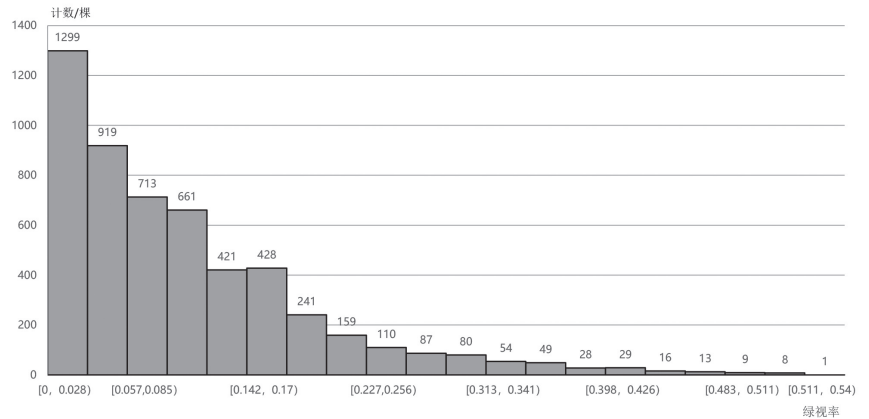


图10 不同绿视率范围计数  
Fig.10 Counting of different green visible indices

存在极显著的正相关关系。绿视率和胸径之间的相关系数数值为 0.129, 且  $P < 0.05$ , 说明绿视率和胸径之间存在显著的正相关关系。绿视率和树高之间的相关系数数值为 0.216, 且  $P > 0.05$ , 说明绿视率和树高之间成正相关, 但显著性不强。

树高与绿视率之间存在正相关关系, 即树高越高, 绿视率也相应提高; 而冠幅较大的树木能够提供更多的阴影和更好的遮盖效果, 也与绿视率之间存在显著的正相关关系; 胸径与树木的生长速度和健康状况有关, 较大的胸径意味着树木更加成熟, 能够提供更长时间的绿化效果, 从而影响绿视率, 为正相关关系。综上所述, 植物的树高、冠幅、胸径等生长指标的变化会影响到叶片的郁闭度, 从而影响绿视率, 且均与绿视率呈正相关关系。并且行道树的分布也直接影响了绿视率的水平, 进而影响了居民的视觉体验和心理感受。

### 3 讨论

张瑜等<sup>[24]</sup>研究表明, 兰州行道树主要以槐、刺槐 *Robinia pseudoacacia*、臭椿 *Ailanthus altissima*、旱柳 *Salix matsudana*、白蜡树 *Fraxinus chinensis* 等树种为主。随着城区建设的扩大, 外来树种如栾 *Koelreuteria paniculata*、二球悬铃木、银杏、七叶树等应用于新建街道和旧城区的改造上, 行道树的种类多样性得到了一定的提高。本研究得出安宁区的行道树主要树种组成与张瑜等人的研究结果基本一致。赵峰等<sup>[25]</sup>的研究指出, 兰州市 4 区行道树的胸径主要集中在 15~30 cm, 树高多分布在 5~15 m, 占各区调查样本数的 90% 以上, 冠幅主要处于 4~8 m, 占样本数的 56.72%, 这与本文的研究结果高度一致。

本文结合实地调查和软件数据分析等方法, 重点从植物种类的组成、树木的结构特征等多个维度进行了系统分析, 旨在揭示城市绿视率对城市生态环境的影响, 不仅科学合理, 还可获得安宁区行道树树种组成、树种结构和行道树绿视率等数据。同时, 本文利用百度街景图片实现了自动化、量化的城市街道绿化研究, 突破了传统研究方法在数据收集和处理等方面的局限<sup>[26]</sup>; 以创新的观察视角和研究方法, 更直接且生动地观察行道树的分布模式、形态特征及其生长状态; 并利用轻量化 DeepLabV3+ 网络算法进行数据处理, 提高数据的精度和效率, 使街道绿化评估的方法更加科学高效。

本研究对绿视率的评估, 从侧面反映了优化行道树种植和管理策略对于创造健康舒适城市生活环境、保证城市绿地的连续覆盖的必要性。兰州市安宁区部分街道的绿视率仍有待提升, 其中兰州北环公路绿视率最低, 说明现有绿化存在一定问题, 应对现有绿化不足之处进行修整和养护, 以乔灌木搭配的方式, 种植更适宜于当地气候的本土树木, 以此提高绿视率。培黎街道整体绿化效果最好, 只需定期进行树木的修剪和维护, 在一定程度上能带给居民较为良好的感受。而孔家崖街道和西路街道、银滩路街道绿视率水平中等, 建议与高绿视率街道采用相同的养护模式, 同时以灌木、草本植物相结合的方式, 在现有绿化的基础上进一步提升绿化效果。此外, 绿化管理人员应密切关注行道树的生长状况, 使

用现代技术手段, 如无人机航拍、卫星遥感等, 结合传统的地面巡查, 全面评估行道树的生长状况, 记录和分析数据, 及时发现问题并采取相应措施, 以保证行道树在健康状态中生长, 并最大化展现其绿化价值。城市规划者应选择适合当地气候和土壤条件的树种, 合理规划树木的种植密度和布局, 定期进行树木的修剪和维护。通过优化行道树的种植和管理策略, 有效提高绿视率, 创造更加健康、舒适的城市生活环境。

### 4 结论

本研究基于兰州市安宁区的 6 个中心街区的百度街景数据, 对行道树的结构特征与绿视率进行深入的分析与评估。通过对 5 325 张全景图片的细致研究, 并结合实地调查和软件数据分析等方法, 研究发现街景图片中的植被结构特征在一定程度上反映了居民真实视角的街道绿化情况, 兰州安宁区所选样地街道行道树生长情况一般, 低绿视率街道占比较多, 高绿视率街道占比少, 整体绿视率水平一般, 需进一步提升。基于研究结论, 建议对于绿视率高的培黎街道, 定期进行树木的修剪和维护; 对于绿视率水平中等的孔家崖街道、西路街道等, 应定期修剪和维护, 并以灌木、草本植物相结合的方式, 在现有绿化基础上进行提升; 对于安宁堡街道等绿视率低的区域, 以乔灌木搭配的方式, 种植本土树种, 提升绿视率。

本研究也存在一定的局限性。首先, 百度街景图片数据是由街景采集车拍摄, 部分道路周边的带状公园由于道路狭窄而未能被拍摄采集, 这在一定程度上可能会影响研究结果。其次, 受季节、天气等因素的影响, 部分街景图片中的绿化要素不清晰, 可能导致绿视率识别存在一定的误差。另外, 由于研究采用的是安宁区 2022 年的百度街景图片, 可能与安宁区当前实际的道路绿化水平有所差异。

此次研究指明了今后可能的研究趋势, 如更深入地探索各种树木类型、不同的结构特色及绿化结构如何影响绿视率和心理感受; 如何将现代城市规划和科学技术手段整合, 从而创建更加高效且可持续的城市绿化的监管与优化系统; 探索绿色视率如何与其他城市环境元素(如空气质量和噪声等级)相互影响, 并研究如何将这些因素融合起来, 以打造更加健康、宜居和舒适的城市居住氛围。通过一系列深度探究, 可以更加完整并深刻地洞悉城市绿化所蕴含的巨大价值和未来的发展空间, 这为推进城市向着绿色、生态友好型及以人为本的方向发展, 提供了坚实的科学支撑和实践建议。

注: 图1、3底图审图号为GS(2022)1873号, 图4~6来自百度地图街道实景图, 其余均由作者自绘。

### 参考文献:

- [1] 谢盛强. 依据城市自然条件和规划性质做好行道树树种规划[J]. 中国园林, 1998, 14(57): 20-21.
- [2] 张境北, 孙长运. 行道树的选择与应用[J]. 当代生态农业, 2011(1): 133-135.

- [3] 戴腾伟, 黄碧丽. 福建泉州城区道路主要行道树调查分析 [J]. 亚热带植物科学, 2010 (4) : 57-61.
- [4] 梁陈涛, 杨艳波, 田盼立, 等. 基于街景测量的南昌市行道树结构特征与健康状况研究 [J]. 生态学报, 2022, 42 (2) : 12.
- [5] 佟旭. 基于百度街景数据的苏州古城区街道绿化研究 [J]. 城市建筑空间, 2021 (11) : 50-53.
- [6] 曹越皓, 龙瀛, 杨培峰. 基于网络照片数据的城市意象研究——以中国 24 个主要城市为例 [J]. 规划师, 2017, 33 (2) : 61-67.
- [7] 唐婧娴, 龙瀛. 特大城市中心区街道空间品质的测度: 以北京二三环和上海内环为例 [J]. 规划师, 2017, 33 (2) : 68-73.
- [8] 青木阳二. 视野的开阔与绿色量感的关联 [J]. 造园杂志, 1987, 51 (1) : 1-10.
- [9] LI X, ZHANG C, LI W, et al. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2015, 14 (3) : 675-685.
- [10] YANG J, ZHAO L, MCBRIDE J, et al. Can You see green? Assessing the visibility of urban forests in cities [J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 91 (2) : 97-104.
- [11] 张伟, 侯宏飞. 基于绿视率的街道步行空间视觉舒适度评估 [C]//中国城市规划年会. 人民城市, 规划赋能——2023 中国城市规划年会论文集 (12 风景环境规划). 北京: 中国建筑工业出版社, 2023.
- [12] 兰州市安宁区地方志编纂委员会. 兰州市安宁区志 [M]. 甘肃: 兰州大学出版社, 1999: 114-118.
- [13] 成实, 张冠亭, 张潇涵, 等. 基于 LiDAR 点云的景观空间“绿视率”量化分析方法研究 [J]. 中国园林, 2022, 38 (2) : 12-19.
- [14] 郑俊鸣, 关雷, 陈雅珊. 城市绿视率影响因素和健康效应的研究进展 [J]. 莆田学院学报, 2023, 30 (2) : 11-17.
- [15] LI X, ZHANG C, LI W, et al. Who lives in greener neighborhoods? The distribution of street greenery and its association with residents' socioeconomic conditions in Hartford, Connecticut, USA [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2015, 14 (4) : 751-759.
- [16] 刘春亭, 冯权泷, 刘建涛, 等. DeepLabv3+ 语义分割模型的济南市防尘绿网提取及时空变化分析 [J]. 遥感学报, 2022, 26 (12) : 2518-2530.
- [17] 任月娟, 葛小三. 改进 DeepLabV3+ 网络的遥感影像道路综合提取方法 [J]. 测绘通报, 2022 (6) : 55-61.
- [18] 刘文雅, 岳安志, 季珏, 等. 基于 DeepLabv3+ 语义分割模型的 GF-2 影像城市绿地提取 [J]. 国土资源遥感, 2020, 32 (2) : 120-129.
- [19] CHEN L-C, ZHU Y, PAPANDREOU G, et al. Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation [C]//FERRARI V, HEBERT M, SMINCHISDESCU C, et al. Computer Vision - ECCV 2018. Cham: Springer, 2018: 833-851.
- [20] SANDLER M, HOWARD A, ZHU M L, et al. MobileNetV2: Inverted residuals and linear bottlenecks [C]//Proceedings of 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Salt Lake City, USA: IEEE, 2018.
- [21] 王鸿雁, 车向红, 徐辛超, 等. 利用 DeepLabv3+ 模型提取分析街景图像绿视率——以北京三环内为例 [J]. 测绘通报, 2024 (3) : 88-94.
- [22] 但新球, 但维宇. 森林城市建设: 理论、方法与关键技术 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2011: 28-30.
- [23] WANG W, XIAO L, ZHANG J, et al. Potential of Internet street-view images for measuring tree sizes in roadside forests [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2018, 35: 211-220.
- [24] 张瑜, 杨永花, 王世新. 兰州市行道树树种现状调查 [J]. 甘肃林业科技, 2012, 37 (2) : 40-43.
- [25] 赵峰, 黄蓉, 张建旗, 等. 兰州市不同区域行道树结构特征研究 [J]. 甘肃农业大学学报, 2022, 57 (4) : 156-162.
- [26] 冯思远, 魏亚楠, 王振娟, 等. 基于百度街景图像的行人视角城市街道植被绿化格局分析 [J]. 植物生态学报, 2020, 44 (3) : 205-213.

---

## 作者简介:

胡童童 / 2001 年 / 女 / 甘肃通渭人 / 甘肃农业大学林学院 (兰州 730070) / 在读硕士研究生 / 专业方向为城市景观林研究

张晓玮 / 1985 年 / 男 / 陕西扶风人 / 博士 / 甘肃农业大学林学院 (兰州 730070) / 副教授 / 研究方向为植物生理生态, 植物多样性与生态系统功能研究

(\* 通信作者) 周晓雷 / 1973 年 / 男 / 甘肃通渭人 / 博士 / 甘肃农业大学林学院 (兰州 730070) / 教授 / 研究方向为森林生态及景观生态研究 / E-mail: zhouxl@gsau.edu.cn