9

Another type of research focuses on the comparison of a wider range of streets. With the addi tion of fine-grained big data [9], streets are described in a more specific and scientifically objective way [10], which allows us to compare the similarities of any street [11]. For example, studies such as digital portraits of streets provide dimensions about the intrinsic attributes and external characteristics of streets [12]. However, such studies can only broadly compare similarities between categories of streets, and are unable to differentiate between streets with diverse forms, elements, and characteristics. Therefore, the study of street similarity should not be limited to street categorization but should cover multiple dimensions for quantitative research.

Another type of research focuses on the comparison of a wider range of streets. With the addi tion of fine-grained big data [9], streets are described in a more specific and scientifically objective way [10], which allows us to compare the similarities of any street [11]. For example, studies such as digital portraits of streets provide dimensions about the intrinsic attributes and external characteristics of streets [12]. However, such studies can only broadly compare similarities between categories of streets, and are unable to differentiate between streets with diverse forms, elements, and characteristics. Therefore, the study of street similarity should not be limited to street categorization but should cover multiple dimensions for quantitative research.

现有的街道相似性研究着重于街道类别间的相似性,强调场所营造和功能定义的差异。例如,数字街道肖像提供了关于街道内在属性和外部特征的维度 [12]。然而,这些研究是宽泛地对街道做类别间的相似性对比，缺少量化的研究结论。而目前,借助包括POI、道路网络和街景等多源大数据 [13],结合相关机器学习算法,可以对街道多维量化描述 [14],有助于探索更细化的街道特征量化 [15]。街景图像是街道特征量化的优秀数据源,它由专门的街景车沿道路拍摄的360度全景图像组成 [16],被认为是大规模研究中最接近人眼视角的数据 [17]。同时,语义分割可用作对街景图像量化的手段 [18],它将每个像素与特定语义类别相关联 [14]。这一过程可借助卷积神经网络(CNN)等训练模型[19,20]提取和分类图像的语义信息。常用算法模型包括FCN [21]、U-Net [22]、SegNet [23]、DeepLab [24,25]和PSPNet [26]。

除了量化表面呈现的基本特征,如何量化街景图像的感知质量也是街道相似性研究的重要问题 [27]。在这方面已开展了一些重要研究。例如,2010年,麻省理工学院媒体实验室开展了PLACE PULSE项目 [28],旨在收集居民对城市场景的视觉感知评估,建立城市感知的量化方法论 [29]。此外,胡等人利用武汉的街景图像,结合人机对抗框架和随机森林算法,获得了一个城市感知数据集 [30][31]。然而,目前对街道特征量化的绝大多数街道研究都采用概要或静态的研究方法 [7]，从特定视角聚合街道信息来评估整体街道 [32],常常忽略了行人在街道上的体验。

为弥补这一研究缺口,本研究提出了一种方法,将每条城市街道重新想象为具有不等长向量的序列,聚焦于视觉景观、安全感知和功能结构三个维度。利用包括街景图像和兴趣点(POI)数据在内的多元城市大数据源,该方法旨在准确描述城市街道在行人视角下的动态变化。它采用动态时间规整(DTW) [34]等动态规划思想来比较街道序列的相似性。这种方法构建了一个通用且客观的评估体系,可用于定量评估同一城市或不同城市内任何街道对的相似性,为城市规划和景观设计提供方法学支持。

同时，语义分割可作为街景图形量化的一种手段[18]。它借助卷积神经网络（CNN）作为训练模型[19, 20]，可根据语义类别对街景图像中的各种物体进行区分。常见的算法模型包括 FCN [21]、U-Net [22]、SegNet [23]、DeepLab [24, 25] 和 PSPNet [26]。研究者通常通过语义分割计算某一类要素的像素占比，来量化其这种街道要素特征，例如计算绿视率和天空可视率。