

# 街道绿化:一个新的可步行性评价指标

## Street Greenery: A New Indicator for Evaluating Walkability

郝新华 龙 瀛

文章编号1673-8985 (2017) 01-0032-05 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘要** 街道绿化对居民尤其是行人的生活质量至关重要,是评估街道可步行性的重要指标之一。传统受限于数据获取的困难,对街道绿化的研究多局限于较小的地域,而目前运用新兴的街景图片进行评价的方法也多基于人工判断。通过构建一种自动的方法,实现了大规模、精细化尺度的街道绿化的量化评价,并以成都一、二圈层的街道为案例进行实践。研究发现:成都街道以不绿和一般绿街道为主;二圈层的街道绿化好于一圈层的街道;东部、北部个别街道绿化较好,南部、西部整体绿化相对较好;绿化相对较好的街道主要与大学、公园景点、河流两侧、居住区有关;街道绿化与道路等级、街道周边地块性质、区位等相关。对步行系统规划、街道品质改善提升等工作具有一定的指导意义。

**Abstract** We propose an automatic method using emerging online street view service for quantitatively evaluating greenery at street level in a large area, and then apply it for analyzing street greenery in the first and second circle of Chengdu, one of large cities in the west of China. We calculate the greenery of each street by Green Looking Ratio, one index suitable for evaluating visible greenery. We find that (1) streets closer to city center tend to be less green; (2) greener streets of Chengdu are more frequently related with the riverside, parks, spots and communities in the fringe of core area; (3) different road grade and different land use around show different greenery of streets. The findings may help draft more appropriate policies in planning and engineering practices for street greenery.

**关键词** 可见绿 | 绿视率 | 街景 | 街道城市主义 | 可步行性 | 成都

**Keywords** Visible greenery | Green Looking Ratio | Street view | Street urbanism | Walkability | Chengdu

### 作者简介

郝新华

北京清华同衡规划设计研究院有限公司  
规划师, 硕士

龙 瀛 (通讯作者)

清华大学建筑学院

副教授, 博士生导师, 博士

## 0 引言

绿化是建成环境的重要要素,具有净化空气、缓解紧张情绪等作用,与居民生活的幸福指数息息相关。城市空间的绿化也一直受到人们的重视,霍华德所倡导的“田园城市”就建议在城市的周围布局广阔绿带,以形成兼具城乡优势的良好生活环境<sup>[1]</sup>。城市绿地包含公园绿地、防护绿地、生产绿地、附属绿地等,不同的绿地类型承载不同的功能,空间规划对各类绿地类型均有一定的规定;控制性详细规划中,为了保证居民的生活质量,也对居住类地块中的绿地率进行了规定。

然而,受绿地实施情况等多重因素影响,实际的绿地空间往往比空间规划中的要少<sup>[2]</sup>,平面图纸上的绿化并不是人们能够感受到的尺度,人肉眼可见的绿化才是与居民心情直接相关

的因素。因此,可见绿日益得到学界和业界的关注,并建议在实践中应用<sup>[3-4]</sup>,受限于数据获取的困难,对其的客观认识均受到评价方法、时间和人力等方面的约束,已有研究也多局限于较小的地域,如Yang<sup>[5]</sup>等通过实地调查和摄影解释相结合,建立评价城市森林景观的绿色景观指数。

同时,随着国家新型城镇化、中央城市工作会议等国家政策把对人的关注提高到新的高度,人的尺度的城市形态不断得到重视<sup>[6]</sup>,街道作为人本尺度城市形态的重要体现,近年来也得到广泛的关注。街道绿化是以街道为视角的绿化,虽然不受空间管制的约束,却是在城市设计层次评估城市形态的重要指标之一,对街道的可步行性至关重要。然而,同样受限于数据获取的困难,街道研究多为定性描述,缺乏定量分析<sup>[7]</sup>,街道绿化也是如此。

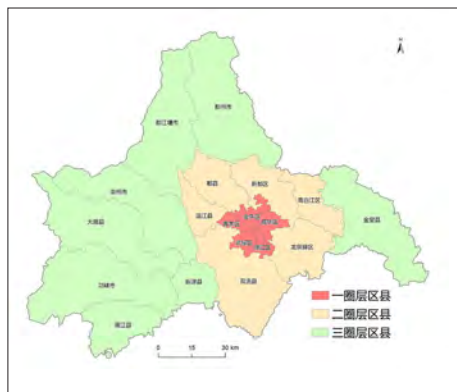


图1 成都市域  
资料来源:作者自绘。

传统基于现场调研的方法难以在大范围、精细化的尺度上进行评估,以大数据和开放数据为代表的新数据环境和新技术及方法为精细尺度下的街道定量研究提供了可能,龙瀛和沈尧<sup>[9]</sup>率先在国内提出街道城市主义 (Street Urbanism),并在大范围、精细化尺度上进行街道的活力<sup>[7,9]</sup>、品质<sup>[10-11]</sup>、可步行性<sup>[12]</sup>等量化研究及实践。

新兴的街景图片等以人视为基准视角的海量数据为街道绿化研究提供了一个重要的数据源,数据获取便捷,且不受天气、时间、地点的限制,已被证实是测量建成环境(如社区、街道)的有效手段<sup>[13-15]</sup>,并用于街道空间品质评价<sup>[10-11]</sup>等多个方面,但多是人工判读的方法。

街景数据的格式为图片,在计算机领域,已从图片中识别地面的行人、汽车、建筑和天空等要素<sup>[16]</sup>,可见计算机领域的前沿技术方法并未在城市研究领域得到推广。目前,城市研究领域,运用计算机技术自动从图片中提取城市研究要素的研究有:Liu等构建了基于社交媒体的带地理坐标的照片的自动识别城市认知的方法框架<sup>[17]</sup>,这是城市研究领域首个基于计算机技术自动提取城市研究要素的研究。在街道绿化研究领域,Li等提出了一个基于google街景图片的自动评估城市街道尺度绿化的框架<sup>[18]</sup>,并将其应用于曼哈顿市纽约区东村的实践中,同年,他又基于google街景图片评估了街道绿化与居民社会经济特征的相关性<sup>[19]</sup>;2016年,他又探索了城市绿地环境的不平等问题<sup>[20]</sup>。

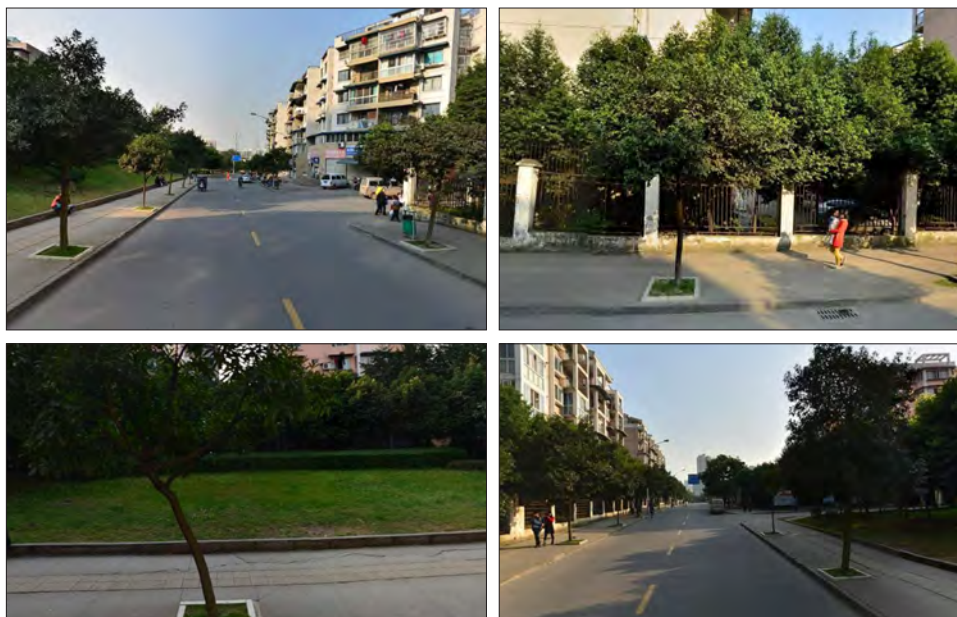


图2 几条典型路段街景图片展示  
资料来源:腾讯街景数据抓取。

本文借鉴Yang<sup>[5]</sup>和Li<sup>[18-19]</sup>等的研究成果,并进行必要的修改,以街道为研究对象,尝试通过使用新兴的街景视图来实现大规模、精细化尺度上、自动的街道可见绿的量化评价。本文接下来的章节组织如下:第一及第二部分对腾讯街景图片的获取、评价指标、街道绿化自动化评估方法进行介绍,第三部分展示以成都为案例进行评估的实践结果,分别从以行政区为单元的描述性统计分析、街道绿化空间分布和解释模型3个方面展开,最后文章对研究的理论、实践意义进行了总结并提出改进计划。

## 1 数据及方法

### 1.1 研究范围

本文的研究范围为成都市一、二圈层区县。成都市域共分为3个圈层,共19个区市县,一圈层包含5个,二圈层包含6个,三圈层8个。第三圈层的区县街景图片未能覆盖,一、二圈层区县的总面积约3 678 km<sup>2</sup> (图1)。

### 1.2 数据

本文研究数据主要包括路网数据、腾讯街景图片数据、用地类型数据。

#### (1) 路网数据

为了更便捷地抓取街道上不同位置的街景图片(每隔50 m),本文的道路数据为来自导航公司的道路导航数据,本文对路网数据进行了预处理,包含合并多车道多单车道、简化路网和拓扑处理3个步骤,最终所有道路均为单线,且均在交叉口处打断,成都一、二圈层参与计算的道路有33 732条。

#### (2) 街景图片数据

考虑到腾讯街景覆盖的范围相对百度、高德等地图的街景覆盖范围较广,本研究的街景图片来源于腾讯街景地图。本文采用网络爬虫的方法获取街景图片,在腾讯地图开放平台上可以获取街景信息查询的API<sup>①</sup>详细说明,需要输入的参数包括图片大小、位置或者ID、方向、相机拍摄角度以及开发者密钥。根据输入参数的不同可分为两种获取方法,分别是按照通过位置查询和通过ID查询(ID可通过腾讯地图开放平台上的街景拾取器获得)。

本文按照位置查询的方式获取了成都的街景图片,图片大小为960\*640像素,相机拍摄角度统一设置为0°,即平视;在抓取时,对同一条街道,按照每隔50 m的间隔大小取一个点,对每个点获取前、后、左、右4个方向的照片,每张图片包含了位置点唯一标示符、经纬度、水平角

注释 ① [http://lbs.qq.com/panostatic\\_v1/guide-getImage.html](http://lbs.qq.com/panostatic_v1/guide-getImage.html)。

度、方位等信息(图2)。

(3) 用地类型

参考《城市用地分类与规划建设用地标准(GB50137—2011)》，将原始地块数据分为9类：R(居住用地)、A(公共管理与公共服务用地)、B(商业服务业设施用地)、M(工业用地)、W(物流仓储用地)、S(道路与交通设施用地)、U(公用设施用地)、G(绿地与广场用地)、TESHU(其他用地)。本文计算街道周边地块性质的方法参照龙瀛等<sup>[9]</sup>的文章，最后多出unknown和mixed类，分别对应未知类及混合型，街道周边地块性质共分为10类。

2 方法

2.1 评估指标

绿视率指人们眼睛所看到的物体中绿色植物所占的比例，即可见绿所占的比例，它强调立体的视觉效果，代表城市绿化的更高水准，与“绿化率”、“绿地率”相比，“绿视率”更能反映公共绿化环境的质量，更贴近人们的生活。因此，本文选择绿视率作为评估指标。

2.2 基于街景图片的街道绿化自动化评估方法

街道绿化自动化评估即实现街道绿视率的自动、批量化计算。包含两个步骤，分别是解析街景图片的颜色构成和把基于点的绿视率聚合到街道。

本文街景图片颜色构成的解析在Matlab中完成，步骤如下所示：对每一张照片，将照片的色彩模式从RGB导为HSV，并从数字图像中提取各色相通道的值；对每一个像素，计算像素的颜色在颜色光谱中的度数(共360°，图3)；根据对颜色光谱的观察，定义60°—180°为绿色，因此，对每一张街景图片，绿色的比例为度数落在60°—180°之间的像素个数与总像素个数的比值。考虑到每一个位置点有前、后、左、右4个方向的街景图片，对每一个位置点，取4个方向的街景图片绿色比例的平均值为该位置点的平均绿色比例，即为该位置点的绿视率。

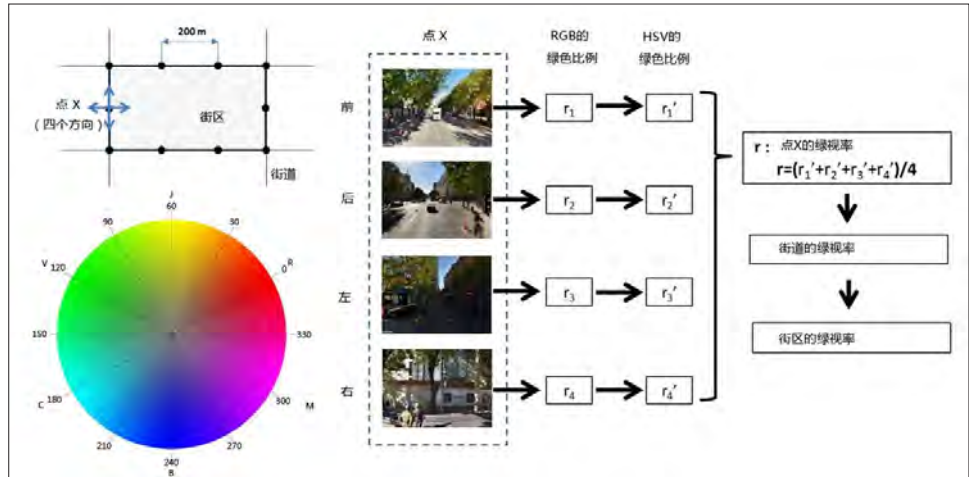


图3 绿视率计算框架  
资料来源：作者自绘。

为便于理解不同绿视率的真实街景情况，图4展示了不同街景对应的绿视率大小，并将绿视率分成了4种程度，分别是不绿、一般绿、绿及非常绿，4类对应的绿视率大小分别是≤0.2, (0.2-0.4], (0.4-0.5] 以及>0.5。

每一条街道上有多个位置点用来获取街景图片，即有多个绿视率的值，对每一条街道，取多个位置点的绿视率的平均值，即为该街道的绿视率，同时还可计算各条街道的绿视率的标准差，用来表示绿视率在街道上分布的不均匀性，标准差越大，各个位置点的绿视率差异越大，分布越不均匀。

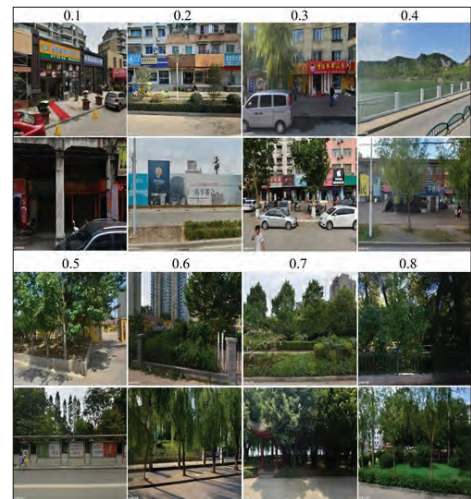


图4 不同绿视率水平对应的街景图片示意图  
资料来源：腾讯街景数据抓取。

3 研究结果

为避免某些街道上街景图片位置点过少造成误差，本文选取位置点数大于3的街道进行分析，以下分析均基于位置点大于3的街道，成都一、二圈层范围内的街道数为33 372；有研究表明，绿色在人的视野中达到25%时，人感觉最为舒适，因此当绿视率大于0.25时，判定为绿色舒适型街道。

各区县参与统计的街道条数中，双流县参与计算街道数较多，青白江区参与计算的街道条数最少，但最低也有1 112条，仍有较大的量，具有统计意义。

3.1 街道绿化描述性统计

成都一、二圈层内整体街道绿视率为

0.202, 低于0.25(让人感觉舒适的街道绿视率)。

从平均绿视率来看，成都金牛区的平均绿视率最低，其次是青羊、成华、武侯区等，锦江区的绿视率也同样低于一、二圈层内平均水平，这几个区均位于一圈层内，为成都的中心老城区，人口密度大、商贸繁荣、经济活跃；二圈层的新都区、双流县、龙泉驿区、郫县、青白江区的街道绿视率接近，高于一、二圈层平均水平，这几个区县的绿视率均低于0.25，从可见绿的角度来看，这几个区县的舒适度仍有待提升；温江区的街道绿视率为成都一、二圈层内区县最高，且平均街道绿视率高于0.25，从绿化的角度看，整体街道让人感觉舒适，符合其国际花园城市的定位(图5)。

结合街道绿视率和街道绿视率标准差,总体上,平均绿视率越高,区内各街道的绿视率的差异越大;一圈层的金牛、青羊、成华、武侯区平均绿视率和标准差均较低,说明这几个区的街道绿视率普遍偏低;一圈层的锦江区街道绿视率低于二圈层内平均水平,但标准差与二圈层内平均水平接近,说明锦江区的街道整体绿视率低,但少部分街道的绿视率相对较高;二圈层的新都区、双流县、郫县、青白江区的街道绿视率和标准差分别是中等和较高的水平,说明这几个区县的街道绿视率总体差异大,街道绿视率高、低分化;平均绿视率最大的温江区标准差也最大,说明温江区的街道整体绿视率较好,个别街道较差。

统计各区县不同等级绿化的街道占比,总体上,各个区中不绿和一般绿的街道占比最高,绿和非常绿的街道占比较小;从非常绿的街道占比来看,温江区的非常绿街道占比最高,其次双流县、锦江区等,而不绿的街道占比来看,温江区的非绿街道占比最低,一般绿街道占比高于不绿街道占比的区县主要有温江区和青白江区(图6)。

从各区县不同等级的街道绿化结构来看,青羊、成华、武侯区具有相似的结构,各等级绿化街道的占比依次是64:33:2:0;郫县、青白江区、新都区的结构具有较高的相似性,各等级绿化街道的占比依次是48:45:5:1,绿和非常绿的街道占比处于中等水平,这3个区县的共同特点是位于二圈层的北部。

从一、二圈层的街道绿视率和标准差来看(图7),表现为一圈层街道绿视率普遍偏低,二圈层街道绿视率整体高于一圈层街道绿视率,但也存在个别绿视率较差的街道。

### 3.2 街道绿化空间分布

可视化表达需求,本文选取成都市三环内的街道进行展示。本文采用ArcGIS的Natural Break法进行分级。

总体上,南部、西部的街道绿视率高于北部、东部的街道绿视率,北部、东部的高绿视率街道集中在个别街道,西部、南部整体绿视率较

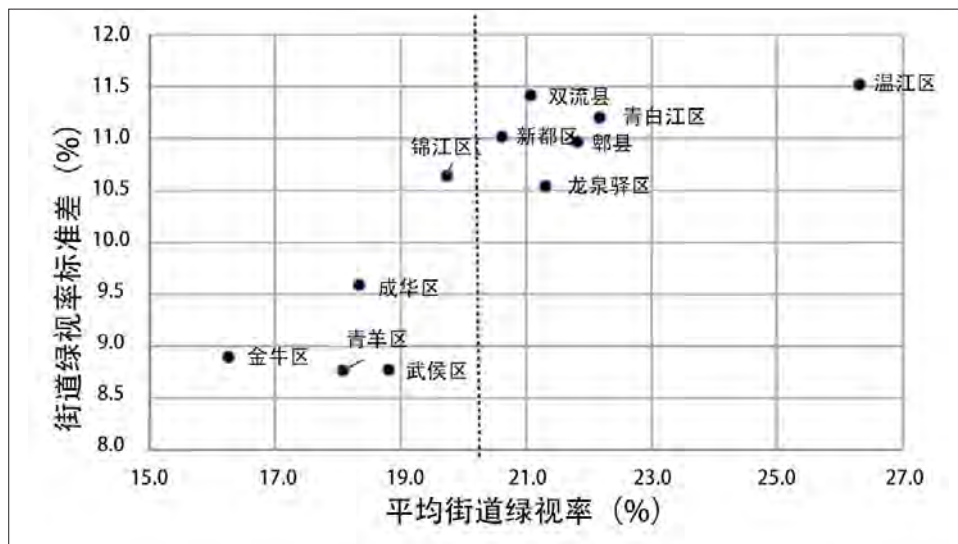


图5 各区县平均绿视率和标准差分布  
资料来源:作者自绘。

高,且越往外围绿视率越高(图8)。

除上述整体的高绿视率分布区域之外,绿视率相对较高的街道分布如下:

东部和北部片区主要以沙河沿岸的街道及靠近沙河的电子科技大学沙河校区、星汉北路等为主。

西部的街道整体较绿,绿化更为明显的区域以公园景点及居住小区为主,公园景点有:青羊区的浣花溪公园、黄忠公园一带、清水河沿线、海斯凯体育公园;居住小区有:青羊区的中大·金沙君瑞苑、华语印象金沙西园、金牛区的茗园尚筑、四川师范大学实验外国语学院、清水河周边小区等,推测西部的居住小区整体较为高档,居住环境整体较好。

南部的街道主要指武侯区内的街道,相对较绿的区域以学校和居住区为主,学校有:四川大学等;居住区有:桐梓林附近的锦绣花园、倪家桥附近的盘古花园、玉林小学附近的居住区、玉林中街东侧的天府花园、成都大世界中心商厦附近的紫竹苑等。

主要商业中心春熙路、市中心天府广场等街道绿化相对较差,而主要办公区如人民南路商务区、金融城则总体绿化相对较好。

### 3.3 街道绿视率解释模型

统计二圈层内不同等级街道的平均绿视

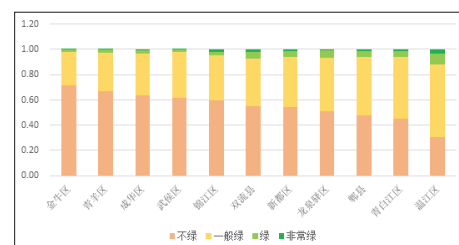


图6 不同等级绿化的街道的区县占比  
资料来源:作者自绘。

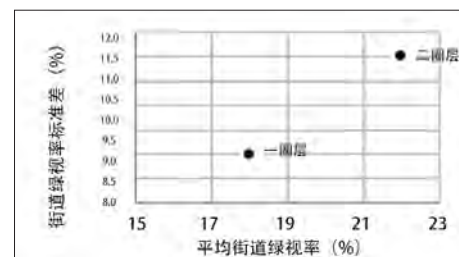


图7 一、二圈层平均绿视率和标准差分布  
资料来源:作者自绘。

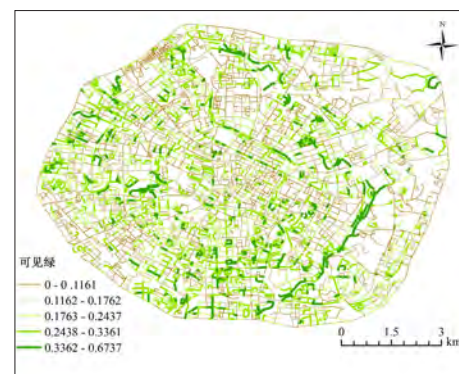


图8 街道平均绿视率空间分布  
资料来源:作者自绘。

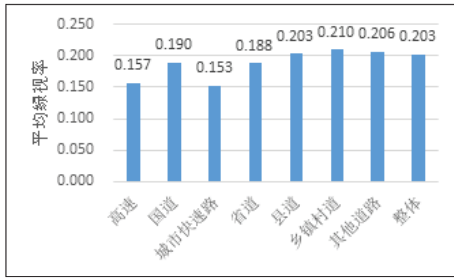


图9 不同等级街道平均绿化率  
资料来源:作者自绘。

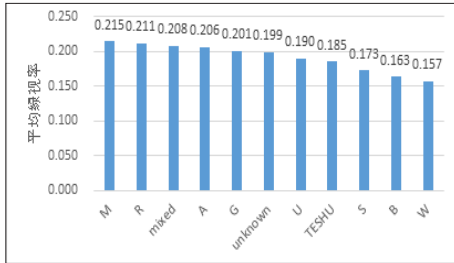


图10 不同性质的街道平均绿化率  
注:A:公共管理与公共服务用地, B:商业服务业设施用地, M:工业用地, R:居住用地, W:物流仓储用地, S:道路与交通设施用地, U:公用设施用地, G:绿地与广场用地, mixed:混合型, TESHU:其他用地, unknown:未知。  
资料来源:作者自绘。

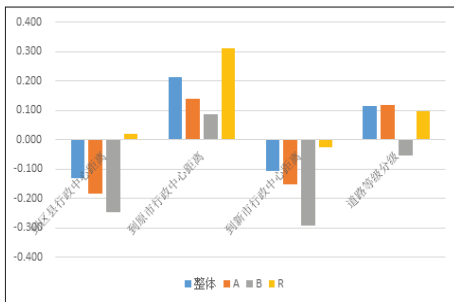


图11 回归结果——标准系数  
注:A:公共管理与公共服务用地, B:商业服务业设施用地, R:居住用地。  
资料来源:作者自绘。

率,可以看出,不同等级的道路,绿视率有所差异(图9),整体来看:高速、城市快速路等较宽的道路绿视率水平相对较低;县道及以下等级道路绿视率接近,相对较高;其次是国道和省道。

统计不同类型街道的平均绿视率(图10),可以看出,工业、居住、混合、公共管理与公共服务、绿地类的街道绿视率整体较高,物流仓储用

表1 回归结果——R方

	A (公共管理与服务)	B (商业服务)	R(居住)	整体
R方	0.064	0.077	0.090	0.074

地、商业、道路交通广场等类型的街道绿视率整体较低。

根据前文统计分析结果,街道绿视率可能与道路等级、区位、道路的周边地块性质等因素相关,本部分选用成都二圈层内的路网,选择居住(R)、商业(B)、公共管理与服务(A)3类街道,采用回归分析的方法从定量的角度探讨绿视率与道路等级和区位的相关关系。选用的因变量为各个位置点的平均绿视率,自变量为各个位置点所在道路的道路等级和区位,道路等级分为高速公路、国道、城市快速路、省道、县道、乡镇道路和其他道路,依次赋值为1, 2, …, 7, 区位分别采用到区县行政中心距离、到成都原市政中心距离、到新市政中心距离表示,整体、各类街道计算所得R方如表1所示, R方均较低,但各项显著性检验结果均为0,说明街道绿视率与区位、道路等级均相关。标准系数如图11所示,可见,无论整体还是分类型的街道,街道绿视率总体与道路等级成正相关,即道路级别越低,街道两旁绿化越好,而离原行政中心越远,街道绿化越好,离区县行政中心和市新行政中心越近,街道绿化越好;例外的情况是,居住类街道离区县行政中心越远,街道绿化越好,但这类相关性较弱,商业类街道道路级别越高,街道两旁绿化越好;原市行政中心对居住类的负影响、及新市行政中心对商业类的街道绿视率正影响较为突出。

#### 4 结果与讨论

本文采用腾讯街景图片数据,从街景图片中提取绿色像素所占比重作为图片的绿视率,并将基于位置点的绿视率聚合到街道,以此对成都一、二圈层的街道绿化进行实证研究。理论上,绿视率的概念比绿化率、绿地率等能够更加科学地表征步行环境感受,其定量研究以及从人工判断到自动化评估的方法具有重要的学术与应用价值;突破以往街道量化研究采用

人工调研、少量街道等的限制,实现大范围、精细化尺度上的街道量化研究,是街道量化领域的一大进步。

研究发现:(1)金牛区的街道绿化普遍偏差,温江区的街道绿化总体最好;二圈层的街道绿化好于人口密度大、商贸繁荣、经济活跃的一圈层街道;(2)总体上,东部、北部个别街道绿化较好,南部、西部整体绿化相对较好;绿化相对较好的街道主要与大学、公园景点、居住区有关,商业中心春熙路街道绿化差、CBD街道绿化相对较好;(3)街道绿化与道路等级、区位相关,原市行政中心与居住类街道绿化的负相关、新市行政中心与商业类街道绿化的正相关较为明显。

本文具有一定的实践意义,首先,基于各个点的街道绿视率计算结果,对街道层次的绿化进行评价,较高的街道可以作为步行系统规划的参考,而对于较低的街道,在进行街道改善提升的工作时可提供决策支持;其次,街道层次的绿化对于个人进行户外活动、路线选择具有一定的参考意义,在进行最优路径规划时,多一层考虑的因素。

当然,本文研究及方法仍具有一定的局限性。由于街景图片缺乏时间信息,无法准确获知街景图片的季节,当图片季节为晚秋或冬季时,会对街道绿化的结果造成误差,同时难以满足对城市建设更新快速地区及时掌握街道运营情况的需求;由于采用绿色像素所占比重作为图片的绿视率,对于道路两旁由于施工等因素盖上绿色的网或者篷布时,这种情况无法识别,造成一定的误差。街景图片应用于城市空间的研究仍具有较大的拓展空间,后续可采用机器学习的方法对街景图片进行深度挖掘,对街道空间的元素构成进行更加精细、细致的刻画。

analysis: theory and application to travel demand[M]. Cambridge: MIT press, 1985.

- [20] Stinson M, Bhat C. Commuter bicyclist route choice: analysis using a stated preference survey[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2003 (1828): 107-115.
- [21] Kelly C E, Tight M R, Hodgson F C, et al. A comparison of three methods for assessing the walkability of the pedestrian environment [J]. Journal of Transport Geography, 2011, 19(6): 1500-1508.
- [22] Davies A, Laing R, Craig A, et al. Streetscapes: their contribution to wealth creation and quality of life[R]. Final Research Report to Scottish Enterprise, 2002.
- [23] Sheldon R., Heywood C., Buchanan P., et al. Valuing urban realm: business cases for open spaces[D]. Paper Presented at the European Transport Conference, 2007.
- [24] 赵鹏. SP 调查方法在交通预测中的应用[J]. 北方交通大学学报, 2000, 24 (6): 29-32.  
ZHAO Peng. SP survey method in the application of traffic prediction[J]. Journal of Northern Jiaotong University, 2000, 24(2): 29-32.
- [25] 王方, 陈金川, 陈艳艳. 交通SP调查的均匀设计方法[J]. 城市交通, 2000, 13 (5): 69-72.  
WANG Fang, CHEN Jinchuan, CHEN Yanyan. Orthogonal design in SP survey method[J]. Urban Transport of China, 2000, 13(5): 69-72.
- [26] Hochmair H H. Decision support for bicycle route planning in urban environments [C]//Proceedings of the 7th AGILE Conference on Geographic Information Science. 2004.
- [27] Aspinal P A, Ward Thompson C, Alves S, et al. Preference and relative importance for environmental attributes of neighborhood open space in older people[J]. Environment and Planning. B, Planning & Design, 2010, 37(6): 1022.

## 上接第36页

## 参考文献 References

- [1] Howard E. To-morrow: a peaceful path to real reform[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [2] 韩昊英, 龙瀛. 绿色还是绿地? ——北京市第一道绿化隔离带实施成效研究[J]. 北京规划建设, 2010 (3): 59-63.  
HAN Haoying, LONG Ying. Green or green land? research about implementation of first green isolation belt in Beijing[J]. Beijing Planning Review, 2010(3): 59-63.
- [3] Aoki Y. Relationship between perceived greenery and width of visual fields[J]. Journal of the Japanese Institute of Landscape Architects, 1987, 51 (1): 1-10.
- [4] Ohno R. A hypothetical model of environmental perception[M]. New York: Springer US, 2000.
- [5] Yang J, Zhao L, McBride J, et al. Can you see green? assessing the visibility of urban forests in cities[J]. Landscape & Urban Planning, 2009, 91(2):97-104.
- [6] 龙瀛, 叶宇. 人本尺度城市形态: 测度、效应评估及规划设计响应[J]. 南方建筑, 2016 (5): 39-45.  
LONG Ying, YE Yu. Humanistic scale of urban morphology: measurement, effect assessment and design implication[J]. South Architecture, 2016(5): 39-45.
- [7] 郝新华, 龙瀛, 石森, 等. 北京街道活力: 测度、影响因素与规划设计启示[J]. 上海城市规划, 2016 (3): 37-45.  
HAO Xinhua, LONG Ying, SHI Miao, et al. Street vibrancy of Beijing: measurement, impact factors and design implication[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2016 (3):37-45.
- [8] 龙瀛. 街道城市主义——新数据环境下城市研究与规划设计的新思路[J]. 时代建筑, 2016 (2): 128-132.  
LONG Ying. Street urbanism: a new perspective for urban studies and city planning in the new data environment[J]. Time Architecture, 2016(2):128-132.
- [9] 龙瀛, 周垠. 街道活力的量化评价及影响因素分析——以成都为例[J]. 新建筑, 2016 (1): 52-57.  
LONG Ying, ZHOU Yin. Quantitative evaluation on street vibrancy and its impact factors: a case study of Chengdu[J]. New Architecture, 2016(1):52-57.
- [10] 唐婧娴, 龙瀛, 翟炜, 等. 街道空间品质的测度、变化评价与影响因素识别——基于大规模多时相街景图片的分析[J]. 新建筑, 2016 (5): 130-135.  
TANG Jingxian, LONG Ying, DI Wei, et al.

Measurement, change evaluation and impact factors identification of quality of street space based on analysis of large-scale and multi-temporal street view[J]. New Architecture, 2016 (5): 130-135.

- [11] 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 (待发表) .  
TANG Jingxian, LONG Ying. Measurement of quality of street space in central urban area of megacity with examples of second and third ring of Beijing and inner ring of Shanghai[J]. Planners (In press).
- [12] 龙瀛, 周垠. 成都街道可步行性评价[EB/OL]. <https://geohey.com/apps/dataviz/fbacf0f113e9456988f8e27f373a61e2/share?ak=ZmYzNmY0ZWJhYjcwNGU2ZGExNDgxMWUxNmZiOWNhNGY>.  
LONG Ying, ZHOU Yin. Evaluation of street walkability of Chengdu[EB/OL]. <https://geohey.com/apps/dataviz/fbacf0f113e9456988f8e27f373a61e2/share?ak=ZmYzNmY0ZWJhYjcwNGU2ZGExNDgxMWUxNmZiOWNhNGY>.
- [13] Rundle A G, Bader M D M, Richards C A, et al. Using Google Street View to audit neighborhood environments[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2011, 40(1):94-100.
- [14] Odgers C L, Caspi A, Bates C J, et al. Systematic social observation of children's neighborhoods using Google Street View: a reliable and cost-effective method[J]. Journal of Child Psychology & Psychiatry, 2012 (53):1009-1017.
- [15] Kelly C M, Wilson J S, Baker E A, et al. Using Google Street View to audit the built environment: inter-rater reliability results[J]. Annals of Behavioral Medicine, 2013, 45(1):108-112.
- [16] Liu M Y, Lin S, Ramalingam S, et al. Layered interpretation of street view images[J]. Computer Science, 2015 (10):393-396.
- [17] Liu L, Zhou B, Zhao J, et al. C-IMAGE: city cognitive mapping through geo-tagged photos[J]. Geojournal, 2014: 1-45.
- [18] 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.
- [19] 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):100-106.
- [20] Li X, Zhang C, Li W, et al. Environmental inequities in terms of different types of urban greenery in Hartford, Connecticut[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2016 (18):163-172.