

街道步行指数的大规模评价 ——方法改进及其成都应用

Large-scale Evaluation for Street Walkability: Methodological Improvements and the Empirical Application in Chengdu

周 垠 龙 瀛

文章编号1673-8985 (2017) 01-0088-06 中图分类号TU981 文献标识码A

摘 要 步行交通对于城市可持续发展的积极意义,已经得到国际、国内的广泛接受和肯定,可步行性评价也得到了越来越多的关注。基于国际上流行的WalkScore的评价思路,对其计算方法进行简化,并加入街道环境影响因子,对成都市一、二圈层区县内的街道可步行性展开综合评价。根据可步行性的评价结果,与人口空间分布展开相关分析,评价临街设施分布的合理性;并对比分析住宅类街道(R)、公共管理与公共服务类街道(A)和商业服务业设施类街道(B)的可步行性的差异及不同类型街道的圈层分布差异。研究表明,住宅类街道可步行性最高,其次为公共服务类街道,商业类街道可步行性相对较低;然后分析了市中心、区县中心、地铁口、商业综合体等区位因素对街道可步行性的影响,其中原市中心(天府广场)对街道可步行性的影响最大,其次为区县中心,地铁口和商业综合体能一定程度提升周边街道可步行性。

Abstract The significant effect of walking on urban sustainability has attracted worldwide attention. More and more walkability evaluation studies have been conducted in recent years. In this paper, we revised the evaluation method for WalkScore via introducing street greenery and applied the revised method in Chengdu. The application results reveal that streets in residential areas are associated with greater WalkScore, in comparing with those in business areas. In addition, streets being closer to the city center, sub centers, subway stations and shopping centers have greater WalkScore values as well.

关键词 可步行性 | WalkScore | 街景 | 人本尺度 | 成都

Keywords Walkability | WalkScore | Street view | Human-scale | Chengdu

作者简介

周 垠
成都市规划设计研究院
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

伴随我国城镇化进程的加快,城市人口和空间规模不断扩张,城市居民的出行总量和出行距离大幅增长,机动化出行比例迅速上升,道路设计以车行为主导,步行环境在很长一段时间不受重视。步行是人类的本能和需要,是健康且最为低碳的出行方式。推广步行理念,鼓励步行友好的街道发展,能为城市居民和城市发展本身带来诸多好处^[1-2]。同时,步行城市为人们审视城市空间提供了一个自下而上的人本视角,能够让人们摆脱鸟瞰视角宏大但比较粗糙的叙事,让市民深入体验城市空间的细节,让城市空间富有人文关怀、生活气息和艺术气质^[3]。关于城市街道可步行性的研究,也逐渐受到重视。

可步行性是一种空间属性,描述了空间对

于人们步行出行的引导能力,具体是指出发地和目的地之间的空间邻近性及两点间步行的便捷性和舒适性^[4]。步行指数被公认会影响行人活动,部分研究以地块或者街区为研究单元,通过住宅密度、容积率、道路交叉口密度、用地混合度等因素计算步行指数,尝试分析收入水平与步行上班的关系^[5]、与空气质量的关系^[6],与行人活动的关系^[7]。步行指数的评价方法众多,其中最直接的方法是统计步行者的数量和从事的活动^[8-9]。Reid Ewing通过街景视频剪辑和专家评分的方法,观察人的活动,评估了城市意象、围合度、人性尺度、透视性、复杂性、识别性、连续性和一致性对步行行为的影响^[10-13]。观察或监测的人流量和人口密度虽然客观性强,但并

不能反映行人的活动目的和种类,无法判别活动的积极性,且成本高^[14]。因此,需要探索定量评价街道可步行性的方法,并提供一套统一的测度指标和计算方法,用于不同街道和城市之间的纵向对比。

目前关于可步行性的测度指标,主要有两个不同的研究方向:一个侧重于街道(或地块)的功能,也就是在这里步行的目的^[15-18];另外是从街道的设计来考量,也就是步行的环境要宜人、安全等^[19-20]。2007年,美国研究者提出了基于日常设施布局的“步行指数”(WalkScore)的概念,主要考虑了日常设施的种类和空间布局,同时,引入了步行距离衰减、交叉口密度、街区长度等因素,提高测度的准确性。它是目前唯一的国际性量化测度可步行性的方法,已在美国、加拿大、澳大利亚等国家广泛应用。吴健生等人采用WalkScore的研究思路,将设施分类与权重本地化,并将距离衰减简化为分段函数,计算了深圳市福田区步行指数^[21]。WalkScore是典型的功能主导的计算方法,且考虑了街道的连通性,但忽略了街道环境。因此,本研究尝试着将街道环境指标对WalkScore进行修正,以对街道可步行性展开综合评价。

1 研究范围与数据

1.1 研究范围

本文研究区域为成都市,位于四川盆地西部、成都平原腹地,境内地势平坦,河网纵横,物产丰富,农业发达,自古就有“天府之国”的美誉。2016年5月,经国务院同意,发改委和住建部联合印发《成渝城市群发展规划》指导文件,文件中将成都定位为国家中心城市。成都市域分为3个圈层,共19个区市县,一圈层包含5个,二圈层包含6个,三圈层包含8个。由于第三圈层的区县街景图片未能覆盖,本文的研究范围为成都市一、二圈层区县,总面积约3 678 km²(图1)。

1.2 研究数据

本文数据主要包括如下几类:街道可步行性评价的数据,包括路网、设施分布、街景图片;

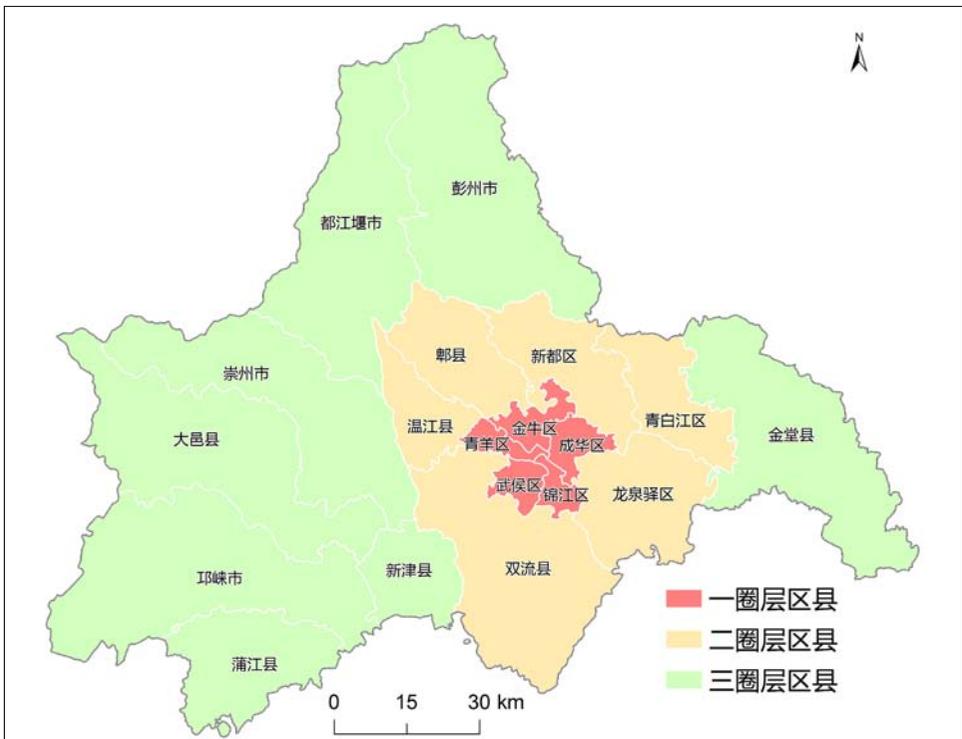


图1 成都市域
资料来源:作者自绘。

测度街道人口的手机信令数据;现状用地数据。

(1) 路网。源于2014年的测绘数据,道路不仅仅是网络分析的基础,也是可步行性评价的基本单元。原始路网数据细节过多,且存在可能的拓扑错误等问题,因此需要进行制图综合与拓扑处理,简化为拓扑无误的道路中心。

(2) 设施分布。运用网络爬虫的方法,爬取某大型地图网站的POI数据(2014年),然后参照WalkScore设施分类标准,对POI数据重分类,分为杂货店、餐馆与酒吧、银行等。

(3) 街景图片。运用网络爬虫的方法,与腾讯街景地图提供的应用程序接口,每隔50 m获取一个点的街景图片(2016年),用于街道环境评价。

(4) 街道人口。街道人口数据通过手机信令数据来推测,为了减少日常必要性活动(比如上下班)对人口密度分布规律的影响,本文选取2015年9月某个周末下午14:00—17:00的手机信令数据来反映与街道可步行性相关的人口密度^[22]。

(5) 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)和TESHU(其他用地)^[22]。

2 研究方法

2.1 街道可步行性指标体系

本研究在WalkScore的评价体系基础之上,尝试对街道功能和街道环境进行综合评价。街道功能的评价方法类似于WalkScore,但部分设施需要本地化,比如将茶馆纳入咖啡店这一类。街道环境变量可通过街景图片识别,目前已经实现街道绿化的自动计算方法,而街道铺装、沿街立面设计等因素目前还未能实现计算机自动评价,暂未纳入本次计算(后续将进一步研究),评价指标体系如图2。

2.2 设施服务水平

设施服务水平计算的总体思路参照

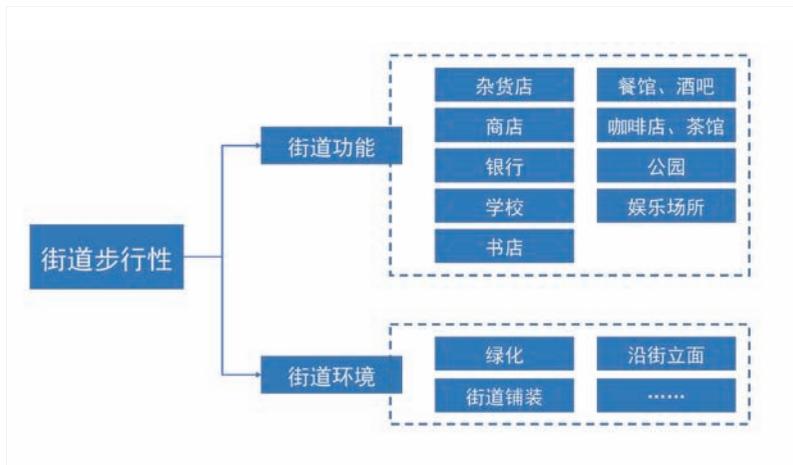


图2 街道可步行性测度指标体系
资料来源：作者自绘。

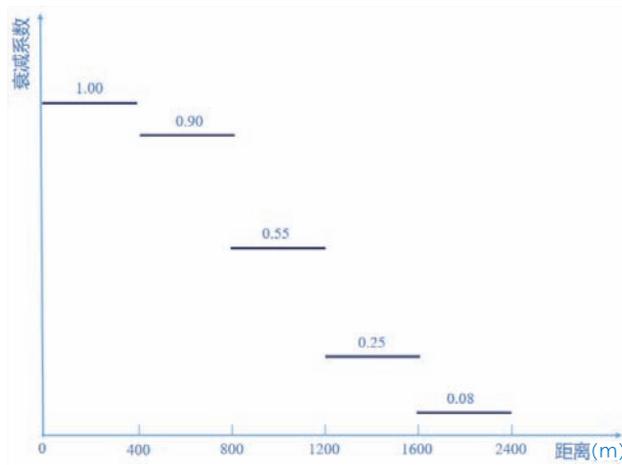


图3 距离衰减函数
资料来源：作者自绘。

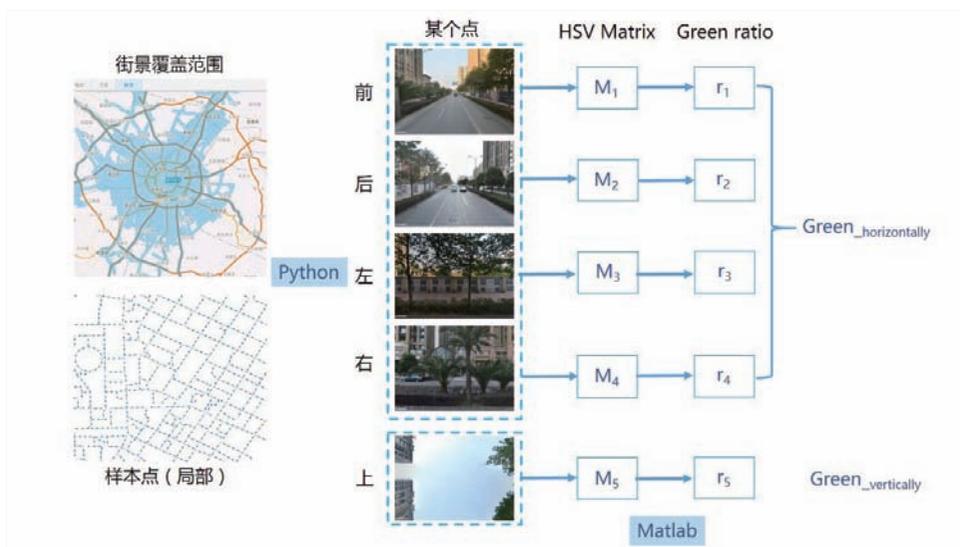


图4 街道绿化率计算方法
资料来源：作者自绘。

表1 设施分类及权重

设施分类	权重	设施分类	权重	设施分类	权重
杂货店	3	咖啡店、茶馆	2	学校	1
餐馆、酒吧	3	银行	1	书店	1
商店	2	公园	1	娱乐场所	1

资料来源：作者自制。

WalkScore, 首先对POI数据重新分类, 并给不同类型赋予相应的权重; 基于分类之后的结果, 和简化、拓扑处理的路网, 构建网络数据集, 计算各类POI的400 m、800 m、1 200 m、1 600 m、2 400 m的服务范围; 各类POI的服务范围乘以相应的衰减系数后, 按权重叠加即可得到设施

服务水平的评价结果。

相对WalkScore的计算方法, 本研究在如下两方面有所简化:

(1) 重点考虑设施的功能混合度, 不考虑功能密度。比如, 400 m范围内有1个杂货店和2个杂货店权重相同, 重要的是设施的多样性,

能满足日常生活的需求。已有研究表明, 街道功能混合度对街道活力的影响高于街道功能密度^[22], 且简化之后计算速率大大提高。参照WalkScore的设施分类与权重赋值的方法, 部分设施本土化, 比如将咖啡店和茶馆划为一类, 设施分类及权重如表1。

(2) 计算采用分段函数, 400 m内设施服务无衰减, 400—800 m衰减系数为0.9, 800—1 200 m衰减系数为0.55, 1 200—1 600 m衰减系数为0.25, 1 600—2 400 m衰减系数为0.08, 距离超过2 400 m不考虑服务水平 (图3)。

2.3 街道绿化

城市街道绿化水平一直是评价城市环境和环境品质的重要因素之一。良好的街道绿化可使人心情平静, 减少道路路面的热岛效应, 吸收大气中其他有害物质能力, 吸尘, 隔音, 降噪。街景图片是一种人本视角判断街道绿化水平的重要数据源, 图片的自动获取与客观分析降低了调研成本, 且提升了评价的科学性。

笔者曾选取成都市内腾讯街景地图覆盖的所有街道 (街景地图仅覆盖了第一、二圈层区县) 为研究对象, 每50 m选一个样本点, 通过腾讯地图提供的应用程序接口, 用Python程序提取每个样本点前、后、左、右、正上方5个方向近百万张街景图片, 运用MATLAB图像识别的方法, 分析每张图片绿色植被面积占比, 客观评价

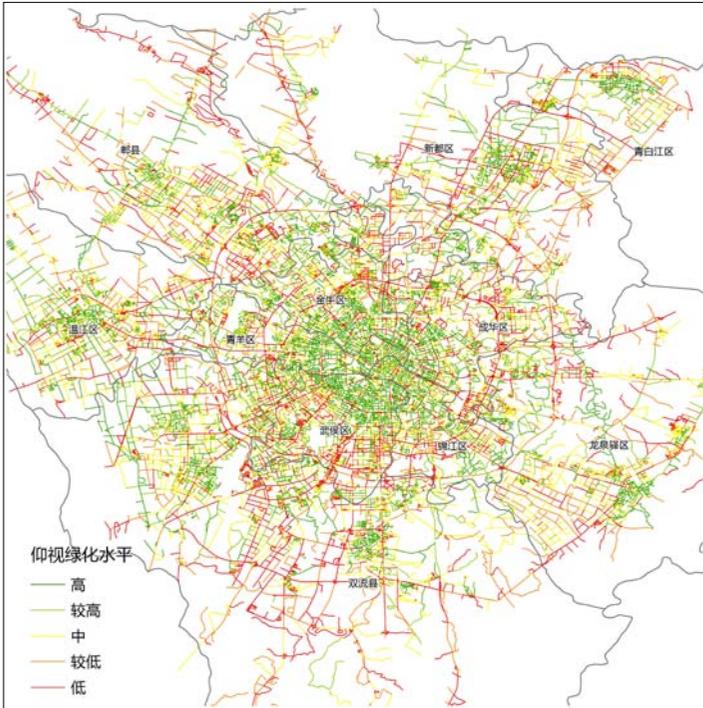


图5 街道仰视绿化水平
资料来源:作者自绘。

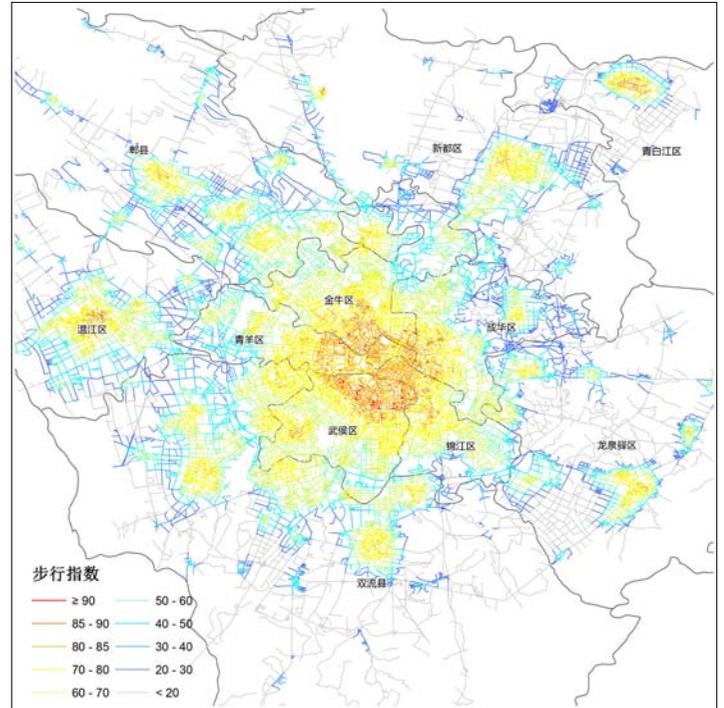


图6 可步行性综合评价结果
资料来源:作者自绘。

每个点的平视绿化率和仰视绿化率,街道的绿化率为该街道上所有样本点的平均值,方法如图4^[23]。

种植乔木可改善道路空间尺度关系、降低空旷感、塑造道路景观等功能,进而提升街道可步行性。因此,本次研究选取“林荫率”代表街道绿化水平,即仰视绿化率(图5)。运用ArcGIS等数量分级的方法,将仰视绿化率等数量分5级(图5),清晰地反映出:中心5城区仰视绿化水平总体高于周边区县,特别是二环内,明显高于其他区域。

2.4 综合评价

本次研究综合考量街道的功能和街道环境,街道功能即上述设施服务水平,街道环境目前实现了街道绿化率率的程序自动计算。通过专家打分确定绿化对街道可步行性的影响权重,影响系数为0.15,即仰视绿化率最高的街道得分为1,仰视绿化率最低的得分为0.85,其他街道绿化得分介于0.85—1.0。计算方法如下:

$$Green = 0.85 + 0.15 \times \frac{Green_V}{Green_{max}}$$

$$Walk = \sum_{i=1, j=1}^{m, n} (w_i \times S_{i, j} \times DD_j) \times Green$$

式中, Green_V表示某条街道的仰视绿化水平; Green_max表示研究范围内仰视绿化的最大值; Green为参与街道可步行性评价的最终绿化水平; w_i表示某类设施的影响权重; Walk表示本研究评价的可步行性结果; i表示不同类型的设施; j表示不同的步行距离; S_{i,j}表示某类设施和步行距离的服务范围; DD_{ij}表示设施的距离衰减系数。

3 结果分析

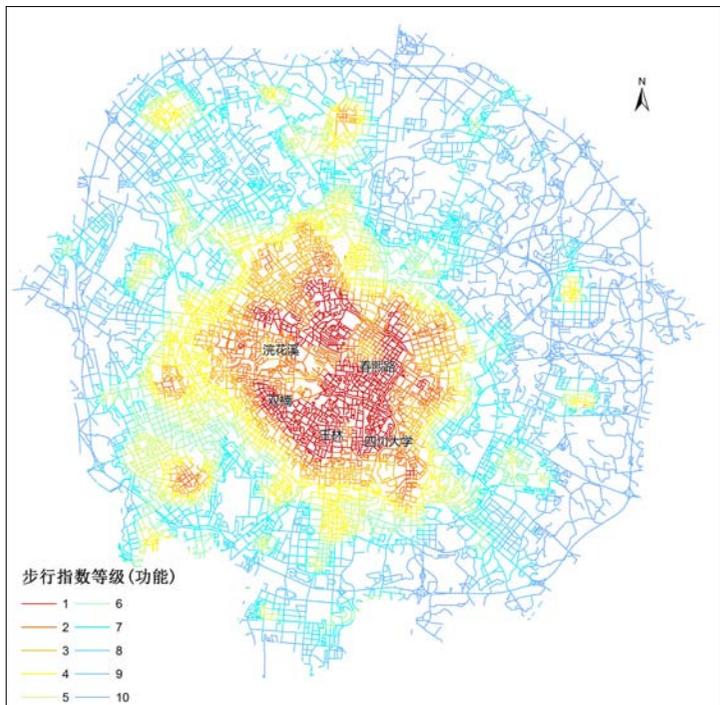
3.1 步行指数综合评价结果

根据如上方法,对成都街道可步行性综合评价结果如图6。由图可知,成都市中心城区的可步行性明显高于二圈层区县;在中心城区内,总体而言,以天府广场(成都的几何中心)为中心,随着距离的增加,可步行性逐渐降低;西

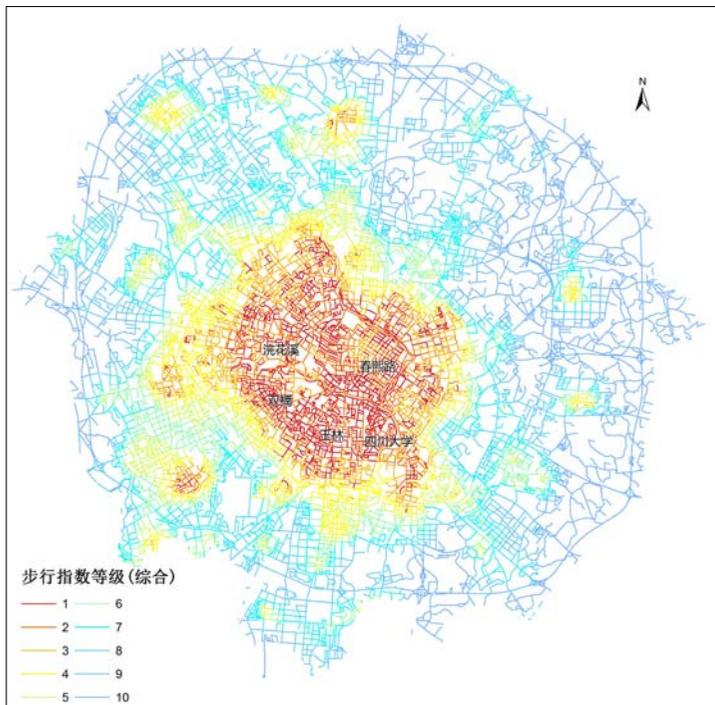
边的可步行性整体高于东边,南边高于北边;周边区县,温江县的可步行性高于其他区县。根据手机信令数据反映的人口密度数据和本研究步行指数的评价结果可知,两者的皮尔逊相关系数为0.517,通过0.05水平显著性检验。

为了便于清晰地展示出不同方法评价结果的差异性,本文给出成都市中心城区内,街道可步行性的计算方法改善前(功能主导)和改善后(综合考量功能和环境)的评价结果(图7)。采用等数量分级的方法,将评价结果分为10级。若沿用WalkScore的计算思路,步行指数最高的等级在春熙路、四川大学、玉林片区、双楠片区集中(图7a)。综合评价的结果,总体规律与左图一致,但春熙路步行街由于绿化较差,评价水平明显降低;部分区域环境良好,比如浣花溪公园、杜甫草堂等区域综合评价的结果明显提升,更符合实际情况。

本研究根据街道两侧用地性质,将街道类型划分为9类^[22]。下面将重点对比不同圈层、不同类型与日常生活息息相关的几类街道的可步行性:公共管理与公共服务类街道(A)、商业



a) 功能主导街道可步行性评价结果



b) 街道可步行性综合评价结果

图7 中心城区可步行性评价结果对比
资料来源:作者自绘。



图8 不同类型街道可步行性评价结果
资料来源:作者自绘。

服务业设施类街道 (B)、住宅类街道 (R)。图8清晰地反映了如下规律:

- (1) 总体上,一圈层区县街道可步行性明显高于二圈层;
- (2) 无论哪个圈层,R类街道可步行性最高,其次为A类,B类街道可步行性相对较低;
- (3) 随着圈层的变化,不同类型街道圈层之间的可步行性差异相当(数值为10左右),其中B类街道受圈层的影响略高,R类略低。

3.2 步行指数的解释模型

本研究步行指数的评价考虑了设施的多样性、街道的连通性和绿化水平,其中设施功能是主要影响因素。设施的布局受多种因素的影响,而设施的布局受区位影响较大,本文考虑影响可步行性的区位因素如下:与原行政中心的距离(即天府广场)、与新行政中心的距离(在原行政中心的位置南迁9.5 km)、区县中心、地铁口距离、商业综合体距离。参与回归分析的街道样本有33 732条,回归分析结果如表2,新行政中心影响未通过0.05水平显著性检验,已剔除。

从回归分析的结果可知,街道可步行性受原市中心的距离影响最为显著(距离市中心越近,街道可步行性越高),区县行政中心的距离影响次之,离地铁口和商业综合体能一定程度上促进附近临街设施的分布,进而促进街道可步行性。

4 结论与讨论

成都街道可步行性评价是基于笔者与

合作者曾经提出的街道城市主义^[24]、图片城市主义^[23]等理论研究基础之上的,对人本尺度城市形态研究的一次实践尝试。本文基于WalkScore的研究思路,综合考量街道的功能和街道环境,基于人本视角引入了街景图片,获取街道环境,并计算街道的仰视绿化率,对成都市二圈层区县街道可步行性展开评价。

从理论上而言,综合考量街道功能和街道环境的影响,是对Walkscore计算方法的优化;在实践中,考虑街道功能多样性,以及采用分段函数替代连续函数计算设施服务的距离衰减系数,大大降低了计算的时间,便于大范围推广计算。

本研究的计算结果表明:成都市二圈层区县内街道可步行性与人口分布较为一致,即人口密度高的区域可步行性高,说明成都临街功能布局较为合理;成都街道可步行性的区位因素影响因子中,天府广场最为明显,区县中心、地铁口、商业综合体对周边街道可步行性的提升有一定促进作用;住宅类街道可步行性最高,其次为公共管理与公共服务类街道,商业服务业设施类街道可步行性相对较低。

表2 可步行性区位影响因子回归分析

	原行政中心距离	区县中心距离	地铁口距离	商业综合体距离
影响系数	-0.334	-0.140	-0.085	-0.084

资料来源:作者自制。

然而本文也有待进一步优化的地方,比如街道环境的影响目前仅仅实现了街道的仰视绿化率,程序自动计算,其他指标比如街道铺装、沿街立面的好坏已实现人工判读的方法来评价^[25],但难以用于大范围的研究,后续可通过机器学习的方法实现自动街道环境评价,从而对可步行性计算进一步完善。

参考文献 References

[1] 自然资源保护协会. 2015年中国城市步行友好性评价报告[R]. 2016.
Natural Resources Defense Council. 2015 Walkability evaluation report of Chinese cities[R]. 2016.

[2] 自然资源保护协会. 中国城市步行友好性评价(阶段性报告) [R]. 2014.
Natural Resources Defense Council. Walkability evaluation report of Chinese cities[R]. 2014.

[3] 朱力,张楠. 人民日报新知新觉:城市规划应重视步行者视角[EB/OL]. (2016-08-04) [2016-12-01]. <http://opinion.people.com.cn/n1/2016/0804/c1003-28609054.html>.
ZHU Li, ZHANG Nan. New knowledge and new sense of people's daily: urban planning should pay attention to the perspective of pedestrians[EB/OL]. (2016-08-04) [2016-12-01]. <http://opinion.people.com.cn/n1/2016/0804/c1003-28609054.html>.

[4] 卢银桃,王德. 美国步行性测度研究进展及其启示[J]. 国际城市规划, 2012, 27(1): 10-15.
LU Yintao, WANG De. Walkability measuring in America and its enlightenment[J]. Urban Planning International, 2012, 27(1): 10-15.

[5] Frank L D, Sallis J F, Saelens B E, et al. The development of a walkability index: application to the neighborhood quality of life study[J]. British Journal of Sports Medicine, 2010, 44(13): 924-933.

[6] Marshall J D, Brauer M, Frank L D. Healthy neighborhoods: walkability and air pollution[J]. Environmental Health Perspectives, 2009, 117(11): 1752-1759.

[7] Rundle A G, Sheehan D M, Quinn J W, et al. Using GPS data to study neighborhood walkability and physical activity[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2016, 50(3): e65-e72.

[8] Lo R H. Walkability: what is it?[J]. Journal of Urbanism: International Research on Place making and Urban Sustainability. 2009, 2(02): 145-166.

[9] 黄建中,胡刚钰. 城市建成环境的步行性测度方法比较与思考[J]. 西部人居环境学刊, 2016, 31(1): 43-47.
HUANG Jianzhong, HU Gangyu. Comparison and thinking of the walkability measure methods on urban built environment[J]. Journal of Human Settlements In West China, 2016, 31(1): 43-47.

[10] Ewing R, Clemente O, Handy S, et al. Identifying and measuring urban design qualities related to walkability——final report[R]. Princeton, NJ: Robert Wood Johnson Foundation, 2005.

[11] Ewing R, Handy S, Brownson R, et al. Identifying and measuring urban design qualities related to walkability[J]. Journal of Physical Activity and Health. 2006(3): 223-240.

[12] Ewing R, Handy S. Measuring the unmeasurable: urban design qualities related to walkability[J]. Journal of Urban Design, 2009, 14(1): 65-84.

[13] Ewing R, Cervero R. Travel and the built environment[J]. Journal of the American Planning Association, 2010, 76(3): 265-294.

[14] 刘迎宾. 深圳市桃源街区可步行性测度及验证研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
LIU YingBin. The walkability measurement and the validation study of the Taoyuan District in Shenzhen[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013.

[15] Cervero R, Kockelman K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 1997, 2(3): 199-219.

[16] Forsyth A, Hearst M, Oakes J M, et al. Design and destinations: factors influencing walking and total physical activity[J]. Urban Studies, 2008, 45(9): 1973-1996.

[17] Frank L D, Pivo G. Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single-occupant vehicle, transit, and walking[J]. Transportation Research Record, 1994 (1466): 44-52.

Krizek K J, Johnson P J. Proximity to trails and retail: [18] Doyle S, Kelly-Schwartz A, Schlossberg M, et al. Effects on urban cycling and walking[J]. Journal of the American Planning Association, 2006, 72(1): 33-42.

[19] Active community environments and health: the relationship of walkable and safe communities to individual health[J]. Journal of the American Planning Association, 2006, 72(1): 19-31.

[20] Southworth M. Designing the walkable city[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2005, 131(4): 246-257.

[21] 吴健生,秦维,彭建,等. 基于步行指数的城市日常生活设施配置合理性评估——以深圳市福田区为例[J]. 城市发展研究, 2014 (10): 49-56.
WU Jiansheng, QIN Wei, PENG Jian, et al. The evaluation of walkability and daily facility distribution reasonability of Futian District, Shenzhen based on WalkScore[J]. Urban Development Studies, 2014 (10): 49-56.

[22] 龙瀛,周焜. 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.

[23] 龙瀛,周焜. 图片城市主义:人本尺度城市形态研究的新思路[J]. 规划师, 2016.
LONG Ying, ZHOU Yin. Picture urbanism: understanding human scale urban form with the lens of geotagged pictures[J]. Planners, 2016.

[24] 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.

[25] 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, 168(5): 110-115.
TANG Jingxian, LONG Ying, ZHAI Wei, et al. Measuring quality of street space, its temporal variation and impact factors: an analysis using massive street view pictures[J]. New Architecture, 2016, 168(5): 110-115.