

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

吴健生^{1,2} 秦维^{1,2,*} 彭建^{1,2} 李卫锋³ (1. 北京大学深圳研究生院 城市人居环境科学与技术重点实验室, 广东 深圳, 518055; 2. 北京大学城市与环境学院 地表过程与模拟教育部重点实验室, 北京, 100871; 3. 香港大学建筑学院 城市规划与设计系, 香港)

【摘要】定量评价城市步行性,优化日常生活设施布局,提高居民步行出行便利度,是缓解拥堵及污染问题、改善城市人居环境的一个重要途径。通过国外步行指数方法计算得到深圳市福田区步行指数,可用于评价福田区总体以及各街道的步行性水平,并根据日常设施在选取的样本点周围的分布现状,对福田区的日常生活设施配置合理性进行总体评估。结果表明,福田区总体具有较高的步行性。结合新浪微博签到数据,发现其与步行指数高度的空间分布一致性。福田区的日常设施总体分布合理,居民日常需求基本可以得到满足,但书店布局较不合理,需适当补充该类设施。

【关键词】步行指数;日常生活设施合理性;百度地图;新浪微博

【中图分类号】TU984.191 **【文献标识码】**A

0 引言

城市居民在享受城市带来的福利的同时,不得承受交通拥堵、空气污染、资源分配不均等众多城市问题。倡导绿色出行方式可以有效缓解这些问题,然而由于日常生活设施数量的缺乏或分布的不合理,居民日常需求不能就近得到满足,导致车行方式仍占主导地位。因此,对城市日常生活设施布局合理性进行评价,优化设施布局,提高城市居民步行出行便利度,成为节能减排、改善城市人居环境的重要一环。由于缺乏科学的定量评价方法,国内仍在不断学习国外经验,对于城市步行性的研究主要从交通层面考虑^[1-3],而从居民实际日常需要的角度进行的研究并不丰富^[4,5],步行指数方法的出现可以改善这一局面。

步行指数^[6]是国际上一种量化测度步行性的方法,是美国研究人员于2007年提出的基于日常服务设施来测度城市步行性的指标,根据出发点一定半径内服务设施的空间布局和种类,得到一个单点

步行性得分,进而得到步行性趋势面^[7]。步行指数主要反映的是一定步行范围内日常设施配置的合理性,已被确定为评价城市日常设施配置效率的依据之一,可用于城市步行性排名,街区步行性实时查询,城市内租房价格参考以及城市社区居民健康水平研究等,已在美国、加拿大、澳大利亚、英国、新西兰等国家广泛应用。Dustin Duncan Aldstadt、Whalen等^[8]以及Carr、Dunsiger以及Marcus^[9]分别于2010年和2011年利用GIS手段验证了步行指数用于度量步行性的合理有效性。

本文选取城市建设水平较高的深圳市福田区为研究对象,以百度地图为日常设施搜索数据库,利用步行指数方法得到福田区的步行性面状数据,了解福田区日常生活设施分布现状,根据结果评判社区日常生活设施在步行层面上的布局合理性,为未来的城市设施布局规划提供参考依据。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

福田区位于深圳中部,东起红岭路,西至华侨城,北接龙华,南临深圳河,与香港以深圳河相隔,是深圳的行政、文化、信息、国际展览、商务和金融中心。本文借鉴国外步行指数计算方法,在其基础

基金项目:国家自然科学基金项目(41271101)

* 通讯作者:秦维(1987—),男,北京大学深圳研究生院城市规划与设计学院硕士研究生,主要研究方向为景观生态与GIS。

上根据国内学者的步行性研究成果,对步行指数的计算方法做出了调整,依托福田区较高的城市发展水平,计算福田区步行指数。

本研究的数据准备包括:2010年福田区遥感解译路网数据、福田区行政区划图,日常设施现状数据来源于百度地图数据库。近年来,国内基于互联网地图API的地理学研究开始兴起,而百度地图API成为研究首选的互联网地图资源,所开展的研究包括旅游地理信息系统的开发^[10]、乡镇精细化天气预报系统开发^[11]、房地产展示系统开发^[12]等。这些研究从一个侧面反映了百度地图数据的可信度,本文利用百度地图数据库,作为步行指数计算的日常生活设施数据来源。

步行指数计算总体分为单点指数计算与面状指数计算两部分,单点步行指数的计算可以分为以下三个步骤:设施分类表的准备;基础步行指数计

算;指数衰减。面状指数通过单点指数进行空间插值得到。

1.2 设施分类与基础步行指数

本文的设施分类表根据国情适当做出调整,与国外的设施类别有一定差异,添加了理发店、邮局、药店等设施,各类设施的权重也作了相应的调整。日常设施的选取需要尽可能全面地覆盖城市居民日常出行的需求,本文构建的设施分类表包含了餐饮、购物、休闲、教育、公共服务、个人护理、医疗7个方面共13类设施,每类设施根据相对重要性,通过专家打分法赋予权重,权重总和为15(表1)。餐馆、咖啡店和酒吧,不同于其他设施,由于种类多样,各有特色,这类设施的类型丰富程度对居民出行影响较大,因此考虑了多个设施,并分别赋予权重。

表1 设施分类表及权重

	设施分类	分类权重							权重	
		0.75	0.45	0.25	0.25	0.25	0.2	0.2		0.15
餐饮	餐馆	0.75	0.45	0.25	0.25	0.25	0.2	0.2	0.15	2.5
	咖啡店	0.45	0.2	0.1						0.75
	酒吧	0.45	0.2	0.1						0.75
购物	便利店	3								3
	商场	0.5								0.5
休闲	书店	0.5								0.5
	公园	1								1
	娱乐场所	1								1
教育	学校	1								1
公共服务	银行	1								1
	邮局	1								1
个人护理	理发店	1								1
医疗	药店	1								1
	总计	15								15

在以上设施分类表基础上,考虑距离衰减规律,就可以计算从某一点出发到达一定范围内的不同目的地的步行指数。本文的距离衰减为区间函数,按距离区间划分,每个距离区间内确定一个固定的衰减率。一般来说,按照标准步行速度4.8公里/小时(80m/min)计算,5min可以到达的范围约为400m,20min可以到达的范围约为1600m,30分钟可以到达的范围约为2400m^[7]。有研究指出,大多数人最为舒适的出行距离是300~500m,步行的优势出行距离为1200m范围内,时间为20min^[13]。

由于需要调用百度地图数据库计算一定距离内的日常设施权重,而其距离选择工具以500m为

基本单位,因此为方便计算,本文假定,当设施距离出发点在500m以内,即约步行6min时距内,认为其不发生距离衰减;当设施距离大于500m时,快速衰减,当设施位于500m到1000m内时,衰减率为25%;当设施距离为1000m到1500m之间,衰减率为88%,直到距离大于1500m,衰减率大于1,即1500m以外的设施对出发点的步行指数无影响(图1)。

根据设施分类表寻找起点周边1500m范围内的设施并赋予相应权重;然后根据距离衰减规律对权重进行衰减;最后将各类设施的权重相加,得到基础步行指数。

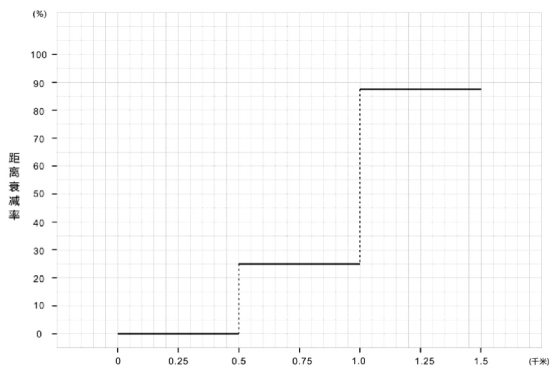


图1 设施权重距离衰减函数

1.3 步行指数归一化与面域步行指数

得到基础步行指数后,由于只进行了简单的直线距离衰减计算,而现实出行则是沿道路出行,道路交叉口越多,街区越短,步行出行的路线选择越多样,因此进一步考虑实际步行环境的影响,通过所在地区的道路交叉口密度和街区长度测度对其进行修正^[7,14]。交叉口密度和街区长度的衰减率各分为五级,两者可衰减率最大为10%(表2)。经过步行环境影响衰减后的步行指数最高为15,为了便于测度,将其等比例放大到100,即放大约6.67倍,得到的最终步行指数是一个0到100的数值。

表2 道路交叉口与街区衰减

交叉口密度 (个/km ²)	衰减率 (%)	街区长度 (m)	衰减率 (%)
>77	0	<120	0
58-77	1	120-150	1
47-58	2	150-165	2
35-47	3	165-180	3
23-35	4	180-195	4
<23	5	>195	5

单点步行指数只是测度了某一点的步行性,当需要知道一个区域(如一个街区、一个社区、一个城市等)的步行性时,就需要计算面域的步行指数。首先在研究范围内构建一个均匀分布的正方形格网点阵数据集,计算每个点的单点步行指数,将每个单点的步行指数值赋予对应的格网,即得到面状步行指数,可以直观表现一个地区的可步行性。

当构建的格网点阵密集到一定程度时,可以在计算单点步行指数之后,直接赋值给所在的格网。由于单点步行指数计算繁琐,本研究以500m为间隔构建正方形格网点阵数据集,相对福田区,单点步

行指数过于稀疏,因此引入空间插值方法,由已有单点步行指数值得到15m间隔的面状步行指数。

2 结果分析

2.1 基于普通克里格与反距离权重法的面域步行指数插值对比

在ArcMap中对福田区计算500m格网,获取每个格网中心点,得到福田区格网点阵数据(图2),共314个样本点。利用百度地图中心点附近搜索功能,分别获取每个格网点500m、1000m、1500m半径范围内日常设施分布数据,根据上文确定的距离衰减函数,计算每个格网点的各类设施的权重值,各类设施权重值相加计算得到的各个格网点的基础步行指数。利用每个格网内的道路交叉口以及街区长度对其进行进一步衰减,并作归一化处理,即得到取值为0到100的步行指数值。将得到的归一化单点步行指数值导入ArcMap,选择普通克里格方法(Ordinary Kriging)进行空间插值得到福田区的面域步行指数(图3)。

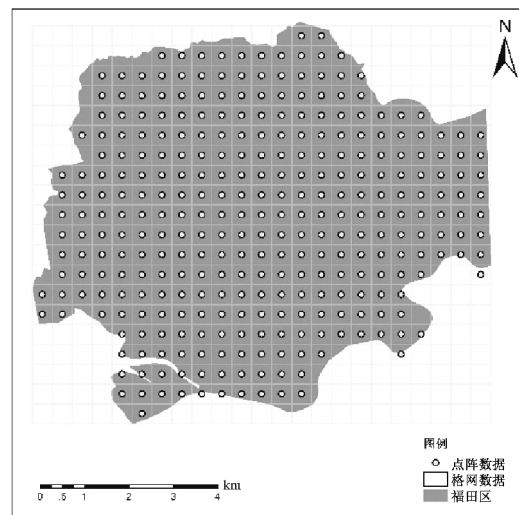


图2 福田区格网点阵图

在进行插值方法的选取时,对比了反距离权重法(Inverse Distance Weighted)的插值精度。从误差分析结果来看,普通克里格方法的平均误差(0.007)远小于反距离权重方法的平均误差(1.326)。从误差的散点图(图4,a,b)可以看出,普通克里格的误差集中分布于(-16.6,16.6)之间,且最大误差值未超过30;而反距离权重法则集中分布于(-24.5,24.5),甚至有极端的误差值达到了

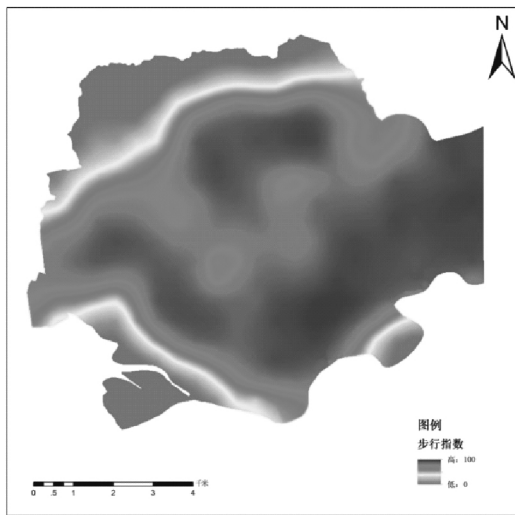


图3 福田区面域步行指数

2.2 福田区日常生活设施步行性评价

(1) 总体特征

福田区步行指数最大值为97,最小值为0,平均得分68.67,呈现西低东高的趋势。总体来看,福田区是一个较适宜步行出行的城区。

福田区存在四个明显的高步行适宜性区域,同时具有两个明显的低步行适宜性区域。总体格局可以概括为:东西南北四个高步行性区及其围合的中心区域组成了福田区步行性较高的大区,低步行性区域分布在其周边(图5)。除了很容易识别的塘朗山公园、梅林水库以及红树林自然保护区,步行指数趋势面还可以直观的辨别出镶嵌于福田区内部的公园绿地等(图5)。需要提及的是,这些区域的相对低步行性仅仅只是从居民日常生活出行的角度来看,但从其自身的功能出发,作为城市休闲游憩场所,这些区域仍可看作步行适宜区。

(2) 分级对比

对福田区步行指数进行分级,可以更具体地了解福田区步行性的分布情况。将0到100的步行指数从高到低分为五个层级(表3),得到步行指数分级图(图6)。

50以上;实测值与预测值之间的偏离程度(图4,c、d)可以更为直观的看到两者的精度差异。

造成这一差异的原因是由于克里格法以空间结构分析为基础进行估值,因此该法充分利用了数据空间场的性质,在插值过程中充分利用数据点之间的空间相关性,自动识别样品点的空间分布。

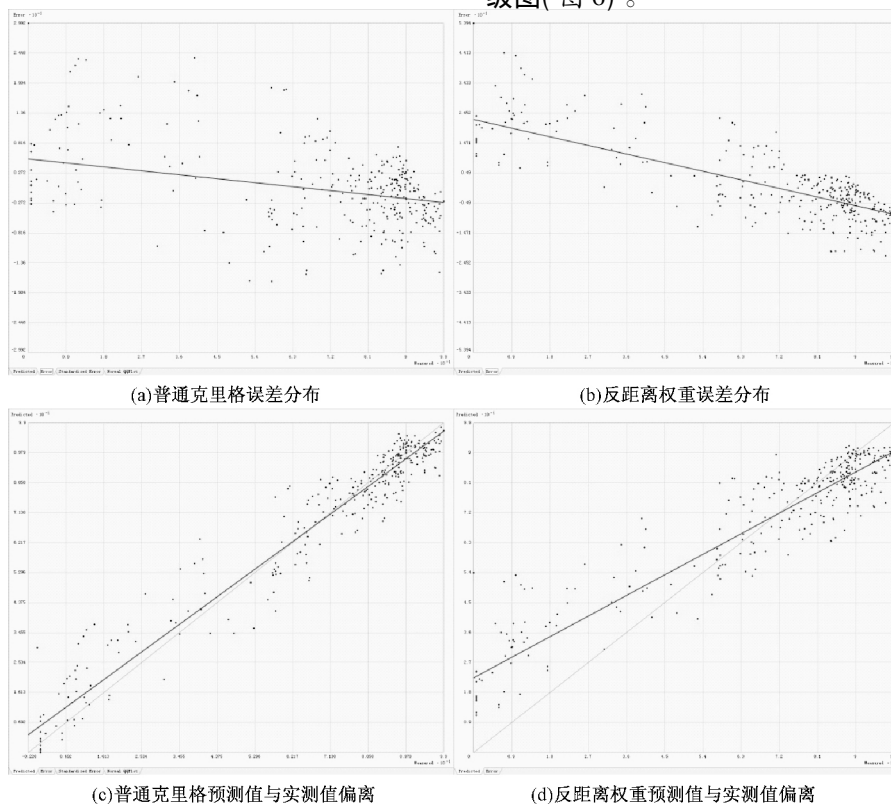


图4 普通克里格与反距离权重方法精度对比

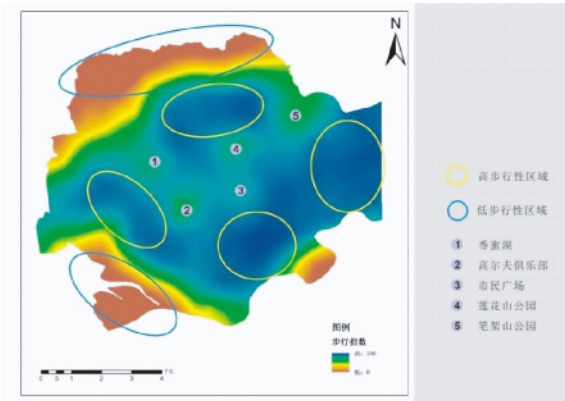


图5 步行指数总体特征

分级结果突出显示了前文提到的四个高步行性区域以及两个低步行性区域,福田区步行性极高和较高面积比例达到 67.08%,占到全区面积的三分之二,而极不适宜步行区域为塘朗山郊野公园、梅林水库和红树林自然保护区,这些区域的低步行性基本不会影响居民的日常出行。

(3) 街道对比

福田区目前下辖十个街道办事处,各街道平均步行指数得分如下图(图7)。除梅林、沙头两个街道步行指数较低外,其余街道步行指数均在 70 以上,达到较适宜步行的水平。其中华强北、园岭两个街道步行指数达到 90 以上,属高步行适宜性区域。

表3 步行指数分级标准及分级结果

步行指数	等级评价	面积(km ²)	比例(%)
>90	步行性极高,日常出行完全可以通过步行完成	13.4	17.02
70-90	步行性较高,大部分出行可以通过步行完成	39.42	50.06
40-70	步行性一般,部分日常设施不在步行范围内	12.02	15.26
20-40	步行性较低,步行范围内日常设施较少	5.54	7.03
<20	步行性极低,日常出行依赖汽车	8.37	10.63

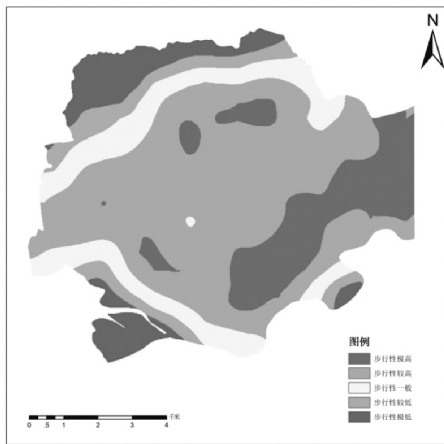


图6 福田区步行指数分级图

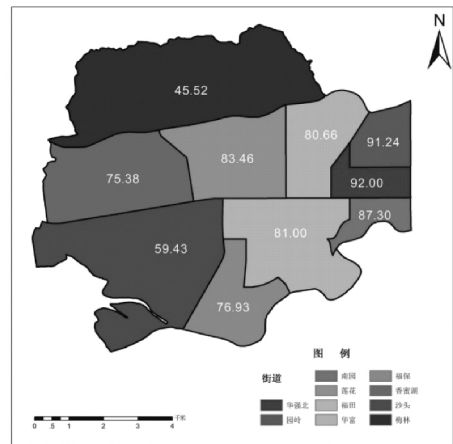


图7 各街道平均步行指数

2.3 微博签到与步行指数关系研究

自 2009 年 8 月新浪在国内推出微博服务以来,微博这一新兴的互联网科技产物已经日渐成熟,成长为与人人网、腾讯 QQ、豆瓣等共享目标人群最大的社交网络平台之一。腾讯、搜狐、网易等互联网公司均相继推出其微博产品,但新浪微博无论从功能服务或用户人数来看都具有更大的优势,其市场占有率甚至接近 87%^[15]。其中的微博签到功能,用户可以在到达某一特定地点时,利用手机的定位功能,为其发送的微博添加当前位置信息,从

而达到告知其他用户的目的。通过签到数据的统计分析,可以得到一定范围内微博用户的空间分布特征。本研究利用新浪微博庞大的用户基数,获取用户的地理位置信息,得到深圳市微博用户 2009 年 8 月至 2013 年 9 月签到地点的空间点数据及其签到次数,结合福田区步行指数数据,探究两者之间的内在关联。

从以上图表可以看出(图8,图9)微博的签到数据(包括签到点及签到次数),绝大部分都包含在步行性极高区和步行性较高区内,在这两个区域内

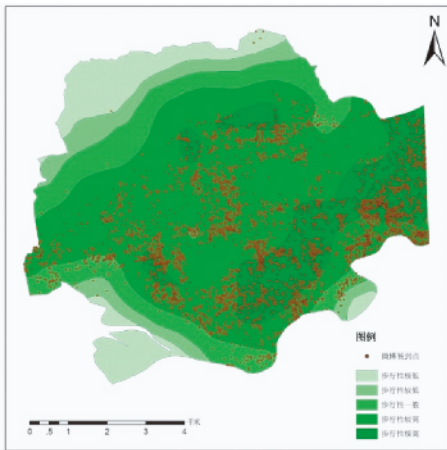


图8 步行指数与微博签到数据叠加图

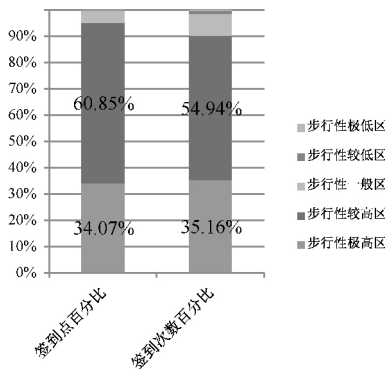


图9 步行性分区签到数据百分比

的签到点与签到次数比例分别达到了 94.92% 和 90.1%。从步行指数分布及微博签到点密度的对比也可以看出两者空间上的同步性(图 10)。通过斯皮尔曼相关分析的计算,步行指数与微博签到密度呈显著正相关关系。

虽然步行指数与微博签到数据表现出明显的

空间相关性,但是由于本文所采用的微博签到点及签到次数只能代表人员往来频次的高低,而往来人员的出行方式或是出行目的无法得知,不能分离出数据中通过步行出行的部分,以及出行目的为所列出的日常设施的人群。其中工作日上午时段及周末的签到数据可能会掺杂较多工作通勤和周末出游的签到。如果能获取更精细的签到数据分类,只选取工作日下午时段的数据,筛选出步行指数计算所选取的日常生活设施的签到,两者将更具可比性。

2.4 福田区日常设施空间配置合理性评估

基于 314 个步行指数样本点及各类基础设施权重得分表,按照小于 500m、500 ~ 1000m、1000 ~ 1500m 和大于 1500m 四个半径范围,分别统计某类日常基础设施在一定半径范围内出现的样本点的频次,并得出该范围内出现该类基础设施的样本点比例。统计结果如图 11 所示。

考虑到步行方式的优势距离,本文以小于 500m 及小于 1000m 两个范围讨论福田区的日常基础设施分布的合理性。

(1) 在小于 500m 的范围内,60% 以上的样本点可以找到便利店、餐馆、咖啡店、学校、理发店、银行以及娱乐场所;而酒吧、商场、书店、公园以及邮局则相对缺乏,500m 范围内样本点覆盖比例分别为 34.39%、41.08%、26.43%、45.22%、38.54%。

(2) 在小于 1000m 的范围内,80% 以上的样本点可以找到便利店、餐馆、咖啡、学校、理发店、银行、娱乐场所以及药店;当范围扩到到 1000m 时,60% 的样本点可以找到酒吧、商场、公园、邮局,而书店的样本覆盖率仅 53.82%。

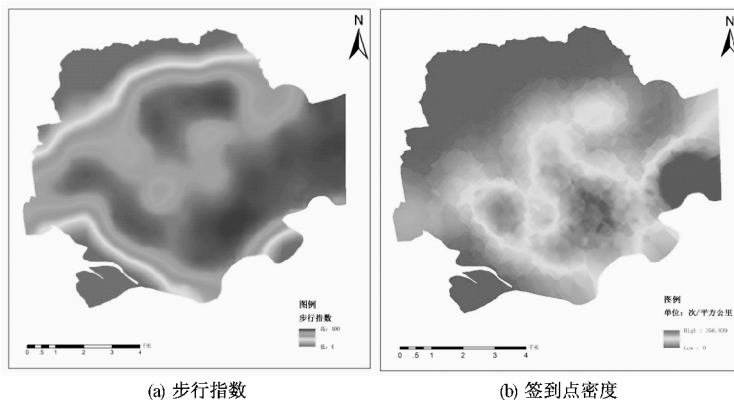


图10 步行指数与微博签到点密度图对比

统计结果显示福田区日常设施在数量上相对丰富,居民在 1000m 的步行范围内,可以基本满足日常生活需求,但仍有部分设施相对缺乏,包括酒吧、商场、书店、邮局,其中书店的覆盖度远低于其

他类型,只有不到三分之一的样本点可以在 500m 范围内享受到书店相关服务。从空间分布上看,排除郊野公园、水库及城市绿地的影响,福田区书店设施有五个低覆盖区(图 12)。

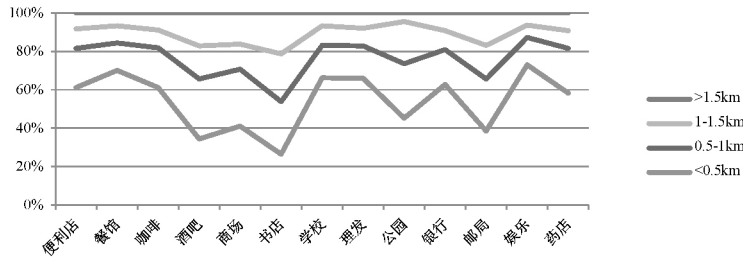


图 11 一定半径范围内包含某类基础设施的样本点累积比例



图 12 福田区书店低覆盖区

3 结语

本文利用国际步行指数计算方法计算得出福田区的平均步行指数为 68.67,具有较高的步行性,步行适宜性呈现西低东高的趋势。从街道尺度来看,福田区下辖的十个街道步行性水平高低不一,其中华强北、园岭两个街道步行指数达到 90 以上;梅林、沙头两个街道步行指数低于 60。

结合微博签到数据,可以验证步行性与居民日常出行的直接联系。90% 以上的微博签到点以及签到次数都集中于福田区步行性高的区域内,斯皮尔曼相关分析结果显示微博签到密度与步行指数呈显著正相关关系。

通过对各类日常设施的权重得分统计,用于评估各类设施的布局合理性。福田区居民以步行方式出行,在 1000m 半径范围内可以满足基本的日常

需求。但对于书店设施服务存在五个低覆盖区,这些区域需要适当补充书店或图书馆等设施,以完善日常设施服务。

关于步行指数的研究,文章尚有多个方面可以改进:

首先,本文在方法上借鉴国外步行指数方法,虽已根据研究区对计算方法做出调整(增加日常设施类型、调整设施权重),但由于国内外城市建设差异,文中步行指数计算过程中的参数设定(衰减函数的设定、交叉路口密度及街区长度的阈值选取等)会导致该方法在国内的研究结果仍然会与实际出行体验存在偏差,仍需进一步讨论。

其次,文中计算单点步行指数是基于百度地图网页版的附近搜索功能,其调用的日常生活设施数据库可能与其他研究所使用的 API 接口调用的数据库不同,并且搜索范围为规整圆形,会在一定程度上影响指数计算的精度。可以通过建立道路网络,在 ArcMap 中计算实际出行路径,从而得到和实际最为接近的出行范围,并以此计算交叉路口密度以及街区长度,可以提高步行指数反映现实情况的水平。

最后,本文只列举了最为典型的书店,给出日常生活设施布局的建议,其他类型尚未讨论,并且步行指数结果未叠加人口分布数据,仅体现福田区日常生活设施空间供给现状,没有结合实际社区人口,计算出福田区日常设施的需求量空间分布。空间人口数据的加入将使步行指数具有更加现实的规划指导意义。

步行作为日常生活出行的主要方式,可以基于步行性的扩展研究进一步提高城市居民出行便利

度。步行指数表征居民步行出行的便捷度,同样的方法也可以用于计算自行车出行便捷度,将两种主流的慢行交通方式与城市绿道规划、城市公园、区域商业中心结合,可以得到区域休闲游憩网络,在更大程度上满足城市居民日常出行需求。

本文采用人工计算单点步行指数效率较低,限制了研究区域的尺度。在以后的研究中,可以借助编程手段,利用网络地图的 API 接口,高效计算区域步行指数,将步行指数应用于更大尺度的研究中。市域尺度的步行指数可以从城市综合交通体系的构建考虑,公交站点及地铁出入口是公共交通网络的接入点,居民出行的便捷程度与这些接入点的可达性密切相关,可以将公共交通站点距离及密度纳入步行指数考虑的因素,反映公共交通系统的便捷水平,为公交站点及地铁出入口设置提供参考依据。

随着研究尺度的变化,格网数据的规格也应该相应调整,街道尺度、市区尺度、市域尺度甚至区域尺度的研究,各自应采用何种尺寸格网才能达到准确度与效率的平衡,在今后的研究中也值得思考。△

【参考文献】

- [1] 郭湘闽,王冬雪. 健康城市视角下加拿大慢行环境营建的解读[J]. 国际城市规划, 2013(05): 53 - 57.
- [2] 戴德胜,姚迪. 全球步行化语境下的步行交通策略研究——以苏黎世市为例[J]. 城市规划, 2010(08): 48 - 55.
- [3] 赵俊. 我国城市步行交通发展策略探讨[J]. 交通与运输(学术版), 2011(01): 99 - 102.
- [4] 王慧,黄玖菊,李永玲,等. 厦门城市空间出行便利性及小汽车依赖度分析[J]. 地理学报, 2013(04): 477 - 490.
- [5] 陈大琳,林航飞. 城市道路步行适宜性研究——以拉萨中心城区为例[J]. 城市发展研究, 2014(02): 98 - 105.
- [6] Walk Score [Z]. 2007: 2013, <http://www.walkscore.com/methodology.shtml>.
- [7] 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.
- [8] Duncan D T, Aldstadt J, Whalen J, et al. Validation of Walk Score for estimating neighborhood walkability: An analysis of four US metropolitan areas[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2011(8): 4160 - 4179.
- [9] Carr L J, Dunsiger S I, Marcus B H. Walk Score™ As a Global Estimate of Neighborhood Walkability [J]. *American Journal of Preventive Medicine*. 2010, 39(5): 460 - 463.
- [10] 王红崧,周海晏. 基于百度地图 API 的旅游地理信息系统开发[J]. 现代计算机(专业版), 2012(23): 60 - 63.
- [11] 白学文,杨红,杨韬. 基于百度地图 API 发布乡镇精细化天气预报[J]. 云南科技管理, 2012(01): 46 - 48.
- [12] 殷玥,刘伟,郭东恩. 基于百度地图 API 的房地产展示系统的实现[J]. 软件导刊, 2012(09): 163 - 164.
- [13] 杨观宇. 城市舒适性步行系统的影响要素及其应用研究[D]. 华南理工大学, 2012: 40 - 41.
- [14] 肖亮. 城市街区尺度研究[D]. 同济大学, 2006: 47 - 50.
- [15] 廉捷,周欣,曹伟,等. 新浪微博数据挖掘方案[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2011(10): 1300 - 1305.

作者简介: 吴健生(1965 -), 男, 湖南人, 北京大学城市与环境学院教授。主要研究方向: 景观生态与 GIS。

收稿日期: 2014 - 07 - 16

The Evaluation of Walkability and Daily Facility Distribution Reasonability of Futian District , Shenzhen Based on Walk Score

WU Jiansheng ,QIN Wei ,PENG Jian ,LI Weifeng

【Abstract】One of the main reasons of urban traffic congestion and air pollution is automobile-dominated transportation. Quantitatively evaluating the city walkability , optimizing daily living facilities are important ways to ease congestion and pollution problems , to improve the urban living environment. In this study , the walk score of Futian district , Shenzhen has been calculated with the method of walk score. The score has been used to evaluate the walkability of the overall district as well as the ten sub-district offices. The result shows that the overall Futian district has a high walkability with a trend of low in west and high in east. Combine with the registration function of Sina Microblog , we find that the walkability has strong spatial consistence with the registration point. The result shows the distribution of the daily facilities of Futian is reasonable , the basic daily needs of residents can be met. But the facility of bookstore is relatively lack , the abundance need to be enhanced.

【Keywords】 Walk Score; Baidu Map; Daily Facility; Reasonability Evaluation; Sina Microblog