

社区生活圈基础教育设施空间 可达性评价与布局优化研究

——以大连市沙河口区为例

韩增林 董梦如 刘天宝 李 源

【摘 要】使用基于Rhino平台的UNA工具包,从住宅楼层面对大连市沙河口区幼儿园、小学和初中3类基础教育设施的空间可达性进行分析,并提出布局优化措施及新增选址方案。主要结论如下:①各类基础教育设施空间分布不均,存在重复与缺失并存的现象;设施与住宅楼空间分布“错位”现象严重。②各类基础教育设施均存在服务范围内住宅楼数量较少的问题,学区内的学生上下学需要耗费较长的路程与时间,若设施仅服务于规定服务范围内的居民,则部分设施会存在利用不足的情况。③在规定服务范围内,初中的可达比重最大,其次是小学和幼儿园。在规定服务范围外,幼儿园可达性为差及以下的比重最大,其次是初中和小学。④设施布局主要存在2个问题:设施供应不足和设施利用不足,对此提出相应的优化思路。并在考虑可达性和供需的情况下,提出2个新增设施参考选址方案,以改善设施可达性。其中方案一增加140所,方案二增加107所。

【关键词】空间可达性;公共服务设施;基础教育;布局优化;大连市沙河口区

【作者简介】韩增林(1956-),男,山东商河人,教授,博导,主要从事区域发展规划、交通运输地理及海洋经济地理研究,E-mail:hzl@lnnu.edu.cn,辽宁师范大学海洋可持续发展研究院(辽宁 大连 116029);董梦如,辽宁师范大学地理科学学院(辽宁 大连 116029);刘天宝(通讯作者),E-mail:liutb5678@163.com,辽宁师范大学海洋可持续发展研究院(辽宁 大连 116029);李源,华东师范大学城市与区域科学学院(上海 200241)。

【原文出处】《地理科学》(长春),2020.11.1774~1783

【基金项目】国家自然科学基金项目(41571122,41971203)、教育部人文社科重点研究基地重大课题(18JJD79005,17JJD790010)资助。

2019年国务院政府工作报告指出,要大力改造提升城镇老旧小区,健全便民市场、便利店等生活服务设施。公共服务设施作为城市公共服务的空间载体,是满足城市居民生活,维持社会稳定的重要基础。完善的公共服务设施是一个城市城市化水平的重要体现,而社区周边配置的各类设施是影响城市居民生活质量的重要因素^[1],设施的配置水平直接影响到居民生活的便捷程度^[2]。近年来,生活圈理论逐渐在中国城市规划中得到应用,上海市于2016年8

月发布的《上海市15分钟社区生活圈规划导则》^[3]将打造都市圈、城镇圈和15分钟社区生活圈作为提升居民生活品质的手段^[4]。2018年12月新版《城市居住区规划设计标准》^[5]发布,该标准将“生活圈”作为居住区分级控制的标准,目的是使居民可以在适宜的步行范围内到达其所需的各类公共服务设施,以满足其生活需求。根据居民日常活动的不同,生活圈可以划分为社区生活圈、通勤生活圈、扩展生活圈^[6,7],其中社区生活圈作为生活圈中最基础、最核心

的圈层,可以满足居民日常的大多数生活需求。目前,北京、广州、首尔、新加坡等国内外城市均将打造便捷完善的社区生活圈作为社区治理的重点任务。

《中国教育现代化2035》^[8]提出推进义务教育优质均衡发展,推进学前教育普及普惠发展。基础教育设施是公共服务设施的重要组成部分,作为教育活动的空间载体,不仅受到了人们的广泛重视,同样也受到了规划学者和地理学者的共同关注。规划学者主要关注教育设施的配置问题^[9,10];地理学者则主要对设施空间布局和设施可达性进行研究^[11~14]。

可达性是评价公共服务设施布局合理性的重要依据,国内外学者先后对可达性的概念以及内涵做出了不同解释^[15~21]。从地域尺度来看,可达性的研究主要包括区域间可达性以及城市内可达性两方面^[22]。关于区域间可达性的研究主要为铁路、公路^[23]等交通可达性的空间格局与演变研究,及交通可达性对经济^[24]、人口^[25]、城市与区域空间结构^[26]等的影响机制研究。关于城市内可达性的研究主要是对各类公共服务设施的可达性进行分析与评价,设施的可达性主要分为空间可达性和非空间可达性,前者主要关注地理因素对供需点之间的影响,后者则主要侧重非地理因素影响。公共服务设施空间可达性主要有3个构成要素,分别是起点、终点以及他们之间的连接形式^[27],起点即人,终点即为人所需的服务或设施,连接形式即二者之间产生相互作用的方式以及影响因素。公共服务设施可达性的相关研究方法主要是应用各种可达性测度模型,如空间阻隔模型^[16]、基于机会累积的方法^[28]、空间相互作用的方法^[29]等对各类公共服务设施如医疗^[30]、教育^[31]、养老^[32]、绿地^[33]等的可达性的分析与评价以及设施配置布局优化方式研究。此外,还有学者在对设施可达性测度的基础上,从设施可达性对区位价值、房价等的影响角度进行了研究^[34,35]。近年来,随着互联网电子地图服务的逐渐成熟,学者们将其应用到城市公共服务设施可达性测度中^[36,37],基于电子地图服务的可达性计算具有简单、高效、精确的特性,能够更加真实地对设施的可达性进行测度。

综上所述,目前对于教育设施的研究比较全面,主要集中在空间布局、空间可达性与设施配置等方

面,对于各类设施空间可达性的研究内容与研究方法同样已经非常丰富,国内外学者都已经做了大量研究。但研究对象多为单一类型的公共服务设施,不同类别设施可达性对比较少,且在研究尺度上多以住宅小区甚至是街道为基本单元,这样的精度显然欠佳,社区生活圈设施可达性的研究,应更倾向于政府更关注的设施。接受教育是每个人成长过程中不可缺少的一部分,上下学则是居民获取基础教育资源的必须行为,尺度精细的研究有利于更好地优化设施布局,提高设施可达性,这对改善居民生活品质具有重要意义。同时合理的设施布局对促进教育机会均等、提升城市运行效率同样具有重要作用。

基于此,本文选取大连市沙河口区的基础教育设施为研究对象,以住宅楼作为研究的最小尺度,同时鉴于电子地图的精确性特点,获取百度地图中的道路网数据、建筑轮廓数据,使用基于Rhino的UNA工具包从住宅楼层面对各类基础教育设施的空间可达性进行分析与评价,提出各类设施的具体优化方式,并基于供需和可达性2个方面选出新增设施的参考位置,从而为基础教育设施在空间上的合理布局提供依据,同时可为其它公共服务的设施优化布局提供参考。

1 研究区域、数据来源及研究方法

1.1 区域概况

沙河口区位于大连市中心城区,是传统的居民聚集区,同时也是大连市人口密度最大的区域。区内共有9个街道,下辖90个社区,总面积约为48.32km²(图1)。根据大连市沙河口区教育局最新统计显示,2015年以来幼儿园在校生生增加了202人,小学在校生生增加了3762人,而学校数量和建筑面积并未增加,且每年幼儿园离园人数均少于当年小学入学人数,幼儿园和小学可能存在一定缺口。而初中在校生生逐年减少,初中校舍可能出现一些空余的情况。这就需要对部分学校进行撤并,并在合适的区位建设新的学校,实现设施在空间上的合理布局。

1.2 数据来源与数据处理

1.2.1 基础地图数据

利用高德地图获取2018年大连市行政区划边界数据、建筑轮廓数据、道路网数据并投影至WGS 1984 UTM Zone 51N。结合Google Earth、百度街景,



图1 研究区域概况
Fig.1 Study area

进行人工判读及修改:①利用 ArcGIS 提取出沙河口区建筑轮廓数据中的住宅楼轮廓,共 6363 栋。②对沙河口区行政边界以外 800m 范围内的道路进行保留。③将提取的路网数据中不适合步行的道路进行删除,增加居住区级道路、过街天桥、过街通道等道路,并进行拓扑检查。

1.2.2 设施数据

本文所指的基础教育设施包括幼儿园、小学和初中。根据大连市教育局网站(www.edu.dl.gov.cn)的学校名单,利用高德地图 API 中的地理编码服务获取各基础教育设施的校门坐标点,然后将坐标系转换为 WGS 1984 地理坐标系,最后投影到 WGS 1984 UTM Zone 51N 投影坐标系。由于基础教育设施通常只服务于本区内居民,因此本文最终选取了大连市沙河口区内的 91 个幼儿园、35 所小学和 19 所初中,共 145 个基础教育设施。

1.3 研究方法

基于由城市形态实验室(City Form Lab)开发的基于 Rhino 平台的 UNA 工具包进行分析。UNA 是一种城市空间网络分析工具,其基本分析思路为网络+节点,即将道路抽象为网络,将建筑、设施等作为节点。该工具可以为节点赋予权重,为距离设置距离衰减,特别适合城市中基于步行或骑行的可达性测算。基于 ArcGIS 平台的 UNA 工具进行的研究已经较多,内容以交通网络中心性、设施可达性研究为主^[38-40],相对基于 Rhino 平台的 UNA 工具,存在功能较少、运行速度慢、无法分割起止点等不足,不利于分析。

1.3.1 Reach 函数

Reach 函数描述了出发点在给定最短路径距离内可到达的目的地数量或对应权重。用公式表示为:

$$Reach[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} W[j]$$

式中,Reach[i]^r表示出发点 i 在缓冲距离 r 上可以到达的地点 j 的数量,G 为城市交通网络,d[i,j]表示网络中出发点 i 与目的地点 j 的最短距离,W[j]为目的地点 j 的权重。图 2a 展示了自每个住宅楼出发可达设施的数量,若为设施点赋予权重,则返回设施所包含的各种属性,如可达教育设施的建筑面积、班额、学位数等。若以设施为出发点,则可测算设施可达居民数量等。

1.3.2 服务区工具

服务区工具可以搜索距出发点在给定距离范围内的目的地点,并显示多少目的地点和哪些目的地点被搜索到。图 2b 展示了设施点在一定范围内可以服务哪些住宅楼及可服务住宅楼的数量,若有多个设施点,则可返回可服务住宅楼的数量之和。

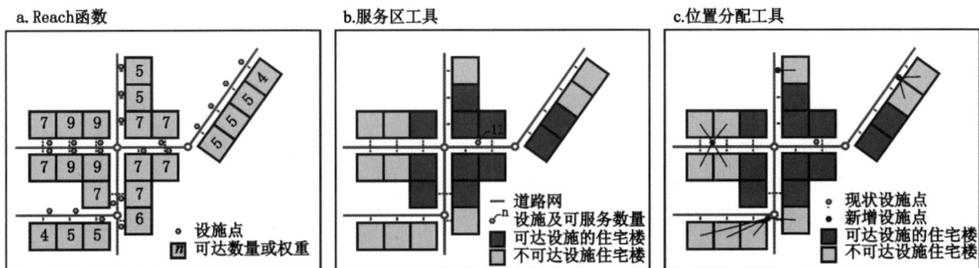


图2 研究方法

Fig.2 Research method

1.3.3 位置分配工具

位置分配工具可通过对一系列需求点位置的分析,基于路网距离挑选出基于特定需求下的设施最佳布局位置。图2c展示了公平原则下的新增设施位置,此外,该工具还可根据不同的需求,如需要新增教育设施的规模等设置不同的设施新增与布局方式。

2 基础教育设施空间布局与空间可达性

2.1 基础教育设施与住宅楼空间分布特征

3类基础教育设施空间分布形态存在一定差别(图3a)。从分布趋势来看,幼儿园分布主趋势为西北—东南方向,小学和初中则呈现出南北稍偏西的分布态势。从离散程度来看,幼儿园和初中分布较为离散,小学分布离散程度较小。具体到社区,部分社区如红星社区、书香园社区等存在没有基础教育设施或某类学校缺失的情况,同时也存在部分区域教育资源分布过于集中的情况。如幼儿园在李家街道北部、南沙河口街道中部和西部、星海湾街道西部等区域的分布远比其他区域密集,小学在李家街道东侧和春柳街道南侧分布较为密集,初中在春柳街道和兴工街道交界区域和南山河口街道中部分布较为集中。

根据对六普街道人口数据与各街道住宅楼数量的 Pearson 相关性检验,二者相关系数为 0.798,在 0.01 水平上(双侧)显著相关,具有较强的相关关系,因此住宅楼的分布基本可以反映人口分布情况。通过对各社区住宅楼数量统计(图3b),住宅楼在黑石礁街道、星海湾街道富国公园周围社区以及李家街道

部分设施分布较多,对比基础教育设施与住宅楼的分布情况,二者空间分布“错位”现象严重。

2.2 基础教育设施空间可达性分析

基础教育设施作为保障居民基本教育权利的重要设施,应布置在居民较为便捷可达的位置。不同规范对基础教育设施的布置提出了不同的要求,多数规范仅对服务半径进行了规定,同时也有规范根据使用步行可达距离对设施布局进行确定,如《上海市15分钟社区生活圈规划导则》^[1]。使用服务半径的布置方式未考虑山地、河流等地物对居民的影响,可能会高估设施的可达性,使用网络距离可以更真实反映居民可达各类学校的情况。因此,参考各类教育设施布局规范将幼儿园、小学、初中的服务范围分别设置为距学校步行300m、500m、1000m的区域。

2.2.1 基础教育设施服务范围内住宅楼数量分析

使用 Reach 函数测算各个基础教育设施在规定距离范围内住宅楼的数量,由于设施所处位置以及服务范围不同,住宅楼的数量存在差异。幼儿园服务范围内住宅楼数量为1~82栋;小学为11~132栋;初中为5~352栋。3类基础教育设施不存在在规定的服务范围内住宅楼数量过度的问题,但出现了在规定的服务范围内住宅楼数量较少的情况,这些设施可能并未处于较优区位上,学区内的学生可能存在上下学距离较远的问题。若这些设施仅服务于规定服务范围内的居民,部分设施则会存在利用不足的情况。

2.2.2 住宅楼层面基础教育设施空间可达性分析

使用服务区工具测算各类基础教育设施的可达性(图4)。根据可达各类基础设施距离由短到长对各住宅楼可达性划分为好、一般、差、极差4类,由于不同设施的服务范围不同,所以不同类别分别对应不同距离。幼儿园4类可达性分别为300m以内、300~500m、500~800m和800m以上;小学4类可达性分别为500m以内、500~1000m、1000~1500m和1500m以上;初中4类可达性分别为1000m以内、1000~1500m、1500~2000m和2000m以上。其中可达性类别为“好”的住宅楼位于设施规定服务范围内,其他3类为处于规定服务距离外的不同可达程度。

在规定的服务距离范围内,即幼儿园可达性为好的比重为35.25%,小学为38.43%,初中的比重最大,

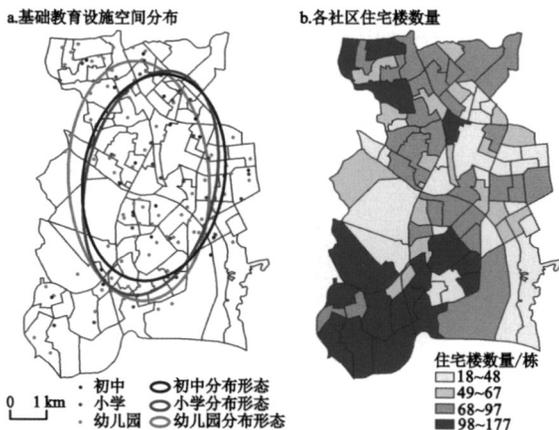


图3 基础教育设施与住宅楼空间分布情况

Fig.3 Spatial distribution of basic education facilities and residential buildings

为62.85%。3类基础教育设施可达性均为好的住宅楼占比13.03%，仅有少部分住宅楼中的居民可以在规定距离范围内获取全部3类基础教育设施，这些住宅楼主要分布在李家街道的北部和西部、春柳街道的南部、南沙河口街道的中部等区域。可达基础教育设施存在缺口的住宅楼占86.97%，其中不可达任何设施的住宅楼占到19.63%，即大多数住宅楼中的居民存在不能到达某类或某几类基础教育设施的情况。

小学和初中可达性在一般及以上的住宅楼超过85%，幼儿园为64.17%，即多数住宅楼中的居民可在1.5~2倍的规定服务范围内到达各类设施。小学和初中可达性为差及以下的住宅楼较少，分别为11.05%和14.64%，幼儿园则较多，为35.83%，这些住宅楼多位于与其他区县交界处、邻近海岸或山体的区域。3类基础教育设施可达性均在差及以下的住宅楼占2.97%，主要分布在马栏街道的红凌社区、星海湾街道的星海广场社区和星南社区、黑石礁街道的红星社区和书香园社区，这些居民需要花费较远的路程才能获取到各类基础教育设施，因此这些区域应作为增加设施的优先和重点区域。

3 基础教育设施布局优化思路与新增方案

3.1 基础教育设施布局优化思路

通过以上分析，大连市沙河口区基础教育设施的布局主要存在2个问题：①设施利用不足，即设施未处于较优位置，在规定服务范围内可服务住宅楼数量较少，设施可能存在部分闲置的情况。②设施

供应不足，即部分住宅楼未处于规定的服务范围内，或距离设施较远，居民不能方便的获取到该设施。

3.1.1 设施利用不足的区域

对于设施利用不足的区域，可将学校撤并或更改学校的类型，如初中撤并可改办小学，小学撤并可改为幼儿园。对于出现部分闲置的学校，可借此改善或解决学校“大班额”的问题，或在闲置校舍举办素质教育或课外活动等，以改善教学环境以及提高教学质量。

3.1.2 设施供应不足的区域

对于设施存在缺口的区域，除了增加设施的数量，优化布局，跨区县就学外，还可以采用其他方式。如有条件的学校可采取建立完全中学的形式，使高中具备初中的教学功能；建立九年制学校，使初中或小学满足更多学生的就学需求。对于幼儿园，各住宅小区均应配建，同时要鼓励民办幼儿园的开办，借鉴先进经验，探索幼儿园与养老院共享布置的可行性。

3.2 新增基础教育设施供需分析与参考方案

3.2.1 新增基础教育设施供需分析

基础教育设施的新增要兼顾效率与公平，在降低成本的同时，提高资源利用效率与提升办学效果。仅追求满足可达性会造成区域教育资源供需失衡，这就需要着重考虑供需匹配的问题。

(1)供给容量分析。根据《城市居住区规划设计标准》(GB50180-2018)^[9]、《中小学校设计规范》(GB50099-2011)^[41]以及《城市普通中小学校校舍建设标准》(建

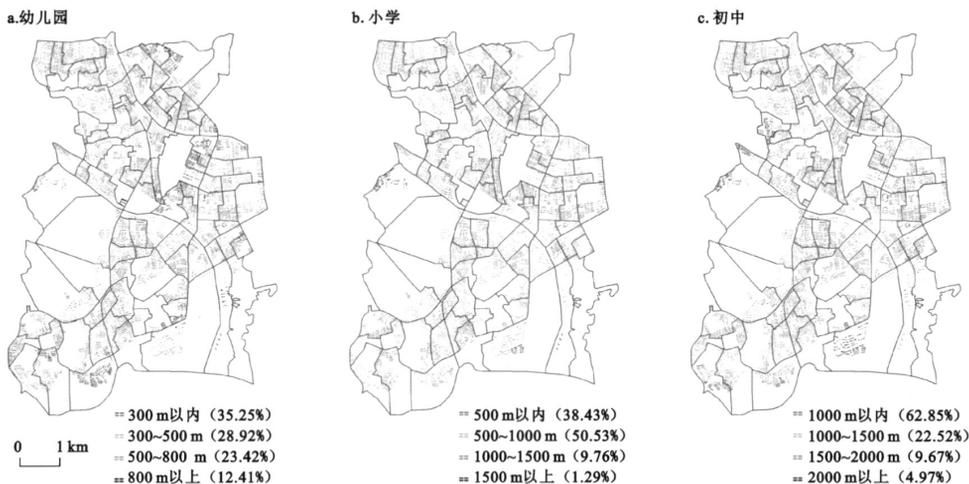


图4 住宅楼层面基础教育设施可达性

Fig.4 Accessibility of basic education facilities at the residential building level

标[2002]102号)^[42]对中小学及幼儿园规模的规定,中小学最小规模为12班,最大规模不宜超过36班。小学、初中每班分别不宜超过45人和50人,幼儿园规模不宜超过12班,每班人数在20~35人。同时结合沙河口区基础教育设施班额现状,确定新增的小学、初中每班至少20人,幼儿园最小规模按大中小班至少各一个班,每班至少10人计算。即新增幼儿园总人数应为30~420人,小学240~1620人,初中240~1800人。

(2)需求数量分析。根据相关统计资料显示,截至2018年末,大连市沙河口区幼儿园在园13366人,小学在校生27480人,初中在校生9187人。据此估算每栋住宅楼幼儿园、小学、初中的需求人数分别约为2.1人、4.3人和1.4人。按此计算,为满足居民就学可达性需求,幼儿园缺少学位数8652个,小学缺少学位数16926个,初中缺少学位数3404个。按最大规模计算,幼儿园缺口21所,小学缺口11所,初中缺口2所。综上,具体供需规模如表1所示。

3.2.2 新增基础教育设施参考方案

方案一。结合以上对各类基础教育设施可达性的分析,在保留现状学校的前提下,根据相关规范要

求及对供需规模的分析,在可达性未满足要求的区域新增基础教育设施,改善其空间可达性。新增学校满足可达性及规模2个要求(图5)。

本方案新增基础教育设施共140所。幼儿园、小学和初中分别新增109、24、7所,新增的设施可服务住宅楼数量分别为15~71、57~103、167~320,新增后总体可达比重分别为84.80%、69.45%、88.45%。

方案二。由于方案一新增设施后仍有大量住宅楼中的居民不能在规定步行距离内到达各类基础教育设施,且在这些区域的适龄人口数量并不能满足增加设施的最低门槛人口数量,仅靠增加设施的方式并不能完全改善所有区域的基础教育设施可达性(图6)。根据《城市居住区规划设计标准》(GB50180-2018)^[4]对基础教育设施服务范围要求用词为“宜”,即允许稍有选择,因此,通过扩大设施的服务范围,将步行距离增加到规定距离的1.2倍,对仍不可达的住宅楼进行设施新增。

本方案新增基础教育设施共107所。幼儿园、小学和初中分别新增78、24、5所,新增的设施可服务住宅楼数量分别为16~79、57~146、135~319,新增后总体可达比重分别为89.23%、82.85%、94.12%。

表1 新增基础教育设施供需规模
 Table 1 The supply and demand scale of new basic education facilities

	班级数/个	班额/人	总人数/人	对应住宅楼数量/栋
幼儿园	3~12	10~35	30~420	15~200
小学	12~36	20~45	240~1620	56~375
初中	12~36	20~50	240~1800	166~1250

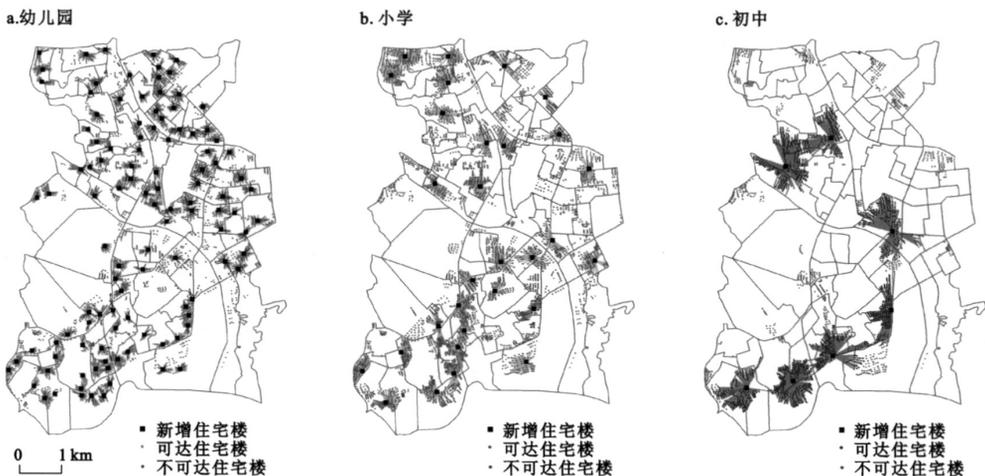


图5 新增基础教育设施位置参考方案一

Fig.5 A reference plan A for the location of new basic education facilities was added

对比上述新增方案发现,在设施新增选址时很难规划出效率与公平兼顾的方案。因此,在进行设施新增优化时,应深入研究供需关系,在适龄人口数量、分布的基础上,还需考虑周边地理环境、土地利用等因素影响,以此确定新增学校的具体位置与规模,使学生在适宜的步行距离范围内可达即可。此外在部分需求数量不能满足学校最低门槛人口数量的区域,除了对路网进行优化还可采取学校开办班车等方式对基础教育设施的可达性进行改善。

4 结论与讨论

本文使用基于 Rhino 的 UNA 工具包,从住宅楼层面对大连市沙河口区的基础教育设施空间可达性进行分析,结果如下:①各类基础教育设施空间分布不均,存在设施重复建设与设施缺失并存的现象。住宅楼与基础教育设施空间分布“错位”现象严重。②从各基础教育设施服务范围内住宅楼数量来看,各类基础教育设施均存在服务范围内住宅楼数量较少的问题,学区内的学生上下学需要耗费较长的路程与时间,若设施仅服务于规定服务范围内的居民,则部分设施会存在利用不足的情况。③从各类设施可达性来看,在规定服务范围内,初中的可达性最好,可达比重为 62.85%,其次是小学(38.43%)和幼儿园(35.25%)。在规定服务范围外,幼儿园可达性为差及以下的比重最多,为 35.83%,其次是初中(14.64%)和小学(11.05%),而 3 类可达性均处于差及以下的住宅楼比重为 2.97%,在新增设施或设施优

化时,应将这些区域作为优先和重点区域。④通过对可达性的测算与评价发现,基础教育设施服务范围、住宅楼密度以及路网结构是影响设施可达性的重要因素。⑤大连市沙河口区基础教育设施布局主要存在 2 个问题,即设施利用不足以及设施供应不足。为此,提出相应的优化思路,在考虑可达性和供需的情况下,提出 2 个新增设施参考选址方案。

本文基于特定条件对基础教育设施可达性进行了测度并提出选址方案,结果有助于基础教育设施布局的评价与优化,所使用的方法对解决类似设施配置如基层医疗设施、小型体育休闲设施等同样具有一定的借鉴意义。然而,本文仍存在两点不足:一是未对现在供需进行分析,一是在供需分析中将在校学生平均分配到每栋住宅楼,忽略了不同区域之间的差异,部分区域可能出现与现实存在偏差的情况,未来研究可基于更精确的人口数据使计算结果更加准确合理。二是在选址时未考虑土地利用等因素的影响,在后续研究中,应不仅考虑可达性和供需分析,还应考虑更多因素的影响,使选址依据更加充分。在更加精细、动态数据的支持下更精准地对设施进行优化配置将是下一步的研究方向。

参考文献:

- [1]Michalos A C, Zumbo B D. Public services and the quality of life[J]. Social Indicators Research, 1999, 48(2): 125-157.
[2]Macintyre S, Macdonald L, Ellaway A. Do poorer people

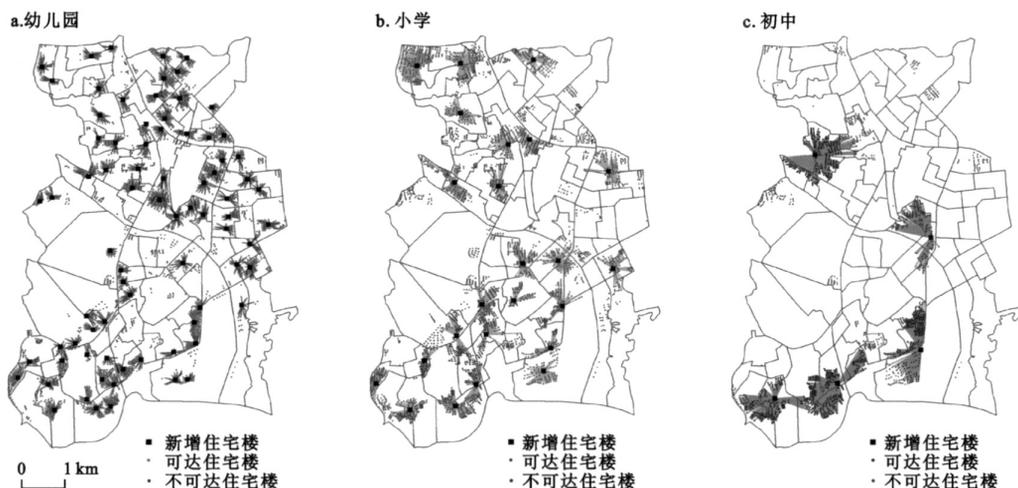


图 6 新增基础教育设施位置参考方案二

Fig.6 A reference plan B for the location of new basic education facilities was added

have poorer access to local resources and facilities? The distribution of local resources by area deprivation in Glasgow, Scotland [J]. *Social Science and Medicine*, 2008, 67(6): 900-914.

[3]上海市规划和国土资源管理局.上海市15分钟社区生活圈规划导则.[EB/OL].<http://hd.ghzyj.sh.gov.cn/2009/zcfg/cxgh/202008/P020200828544446443884.pdf>, 2016.

[4]程蓉.15分钟社区生活圈的空间治理对策[J].*规划师*, 2018, 34(5): 115-121.

[5]中华人民共和国住房和城乡建设部.城市居住区规划设计标准(GB50180-2018)[S].北京:中国建筑工业出版社, 2009.

[6]柴彦威,张雪,孙道胜.基于时空间行为的城市生活圈规划研究——以北京市为例[J].*城市规划学刊*, 2015(3): 61-69.

[7]孙道胜,柴彦威,张艳.社区生活圈的界定与测度:以北京清河地区为例[J].*城市发展研究*, 2016, 23(9): 1-9.

[8]中共中央,国务院.中国教育现代化2035[EB/OL].http://www.gov.cn/zhengce/2019-02/23/content_5367987.htm, 2019.

[9]蔡辉,王少博,余侃华.公平与效益视角下乡村地区基础教育设施配置初探——以陕西省泾阳县为例[J].*现代城市研究*, 2016(3): 83-91.

[10]孙雯雯.存量规划背景下基础教育设施配置问题刍议[J].*现代城市研究*, 2017(11): 51-56.

[11]刘科伟,史茹,康智渊.基于供需关系的城市边缘区基础教育设施布局研究——以西安市长安区韦曲街道为例[J].*地域研究与开发*, 2018, 37(5): 83-88.

[12]涂唐奇,陈江龙,魏也华,等.南京市基础教育设施空间结构及其演化[J].*中国科学院大学学报*, 2018, 35(1): 66-74.

[13]刘天宝,郑莉文,杜鹏.市域义务教育资源均衡水平的空间特征与分布模式——以大连市小学为例[J].*经济地理*, 2018, 38(7): 67-74.

[14]程顺祺,祁新华,林涵,等.移动搜索法在教育公共服务可达性评价中的改进与应用——以福州城区幼儿园为例[J].*人文地理*, 2017, 32(3): 53-60.

[15]Hansen W G. How accessibility shapes land use[J]. *Journal of the American Institute of Planners*, 1959, 25(2): 73-76.

[16]Ingram D R. The concept of accessibility: A search for an operational form[J]. *Regional Studies*, 1971, 5(2): 101-107.

[17]Morris J M, Dumble P L, Wigan M R. Accessibility indicators for transport planning[J]. *Transportation Research Part A General*, 1978, 13(2): 91-109.

[18]Vickerman R W. Accessibility, attraction, and potential: A review of some concepts and their use in determining mobility [J]. *Environment and Planning A*, 1974, 6(6): 675-691.

[19]Koenig J G. Indicators of urban accessibility: Theory and application[J]. *Transportation*, 1980, 9(2): 145-172.

[20]杨家文,周一星.通达性:概念,度量及应用[J].*地理学与国土研究*, 1999(2): 62-67.

[21]陈洁,陆锋,程昌秀.可达性度量方法及应用研究进展评述[J].*地理科学进展*, 2007(5): 100-110.

[22]蒋海兵,张文忠,祁毅,等.区域交通基础设施可达性研究进展[J].*地理科学进展*, 2013, 32(5): 807-817.

[23]陈娱,金凤君,陆玉麒,等.京津冀地区陆路交通网络发展过程及可达性演变特征[J].*地理学报*, 2017, 72(12): 2252-2264.

[24]陈博文,陆玉麒,柯文前,等.江苏交通可达性与区域经济发展水平关系测度——基于空间计量视角[J].*地理研究*, 2015, 34(12): 2283-2294.

[25]王振波,徐建刚,朱传耿,等.中国县域可达性区域划分及其与人口分布的关系[J].*地理学报*, 2010, 65(4): 416-426.

[26]孟德友,魏凌,樊新生,等.河南“米”字形高铁网构建对可达性及城市空间格局影响[J].*地理科学*, 2017, 37(6): 850-858.

[27]Moseley M J. Accessibility: The rural challenge[M]. London: Methuen, 1979.

[28]Wachs M, Kumagai T G. Physical accessibility as a social indicator[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 1973, 7(5): 437-456.

[29]Luo W, Wang F. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: Synthesis and a case study in the Chicago region[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2003, 30(6): 865-884.

[30]钟少颖,杨鑫,陈锐.层级性公共服务设施空间可达性研究——以北京市综合性医疗设施为例[J].*地理研究*, 2016, 35(4): 731-744.

[31]汤鹏飞,向京京,罗静,等.基于改进潜能模型的县域小学空间可达性研究——以湖北省仙桃市为例[J].*地理科学进展*, 2017, 36(6): 697-708.

[32]陶卓霖,程杨,戴特奇.北京市养老设施空间可达性评价[J].*地理科学进展*, 2014, 33(5): 616-624.

[33]桑丽杰,舒永钢,祝炜平,等.杭州城市休闲绿地可达性分析[J].*地理科学进展*, 2013, 32(6): 950-957.

[34]王松涛,郑思齐,冯杰.公共服务设施可达性及其对新建住房价格的影响——以北京中心城为例[J].*地理科学进展*, 2007(6): 78-85.

[35]杨俊,鲍雅君,金翠,等.大连城市绿地可达性对房价影响的差异性分析[J].*地理科学*, 2018, 38(12): 1952-1960.

[36]浩飞龙,王士君,谢栋灿,等.基于互联网地图服务的长春市商业中心可达性分析[J].*经济地理*, 2017, 37(2): 68-75.

[37]郑智成,张丽君,秦耀辰,等.基于互联网地图服务的开封市就医可达性分析[J].*资源科学*, 2018, 40(11): 2307-2316.

[38]Sevtsuk A, Mekonnen M. Urban network analysis: A new toolbox for ArcGIS[J]. *Revue Internationale De Géomatique*, 2011, 22(2): 287-305.

[39]陈晨,王法辉,修春亮.长春市商业网点空间分布与交通网络中心性关系研究[J].*经济地理*, 2013, 33(10): 40-47.

[40]银超慧,鄯昱,刘艳芳,等.湖北省道路网络中心性与土地利用景观格局关系分析[J].*长江流域资源与环境*, 2017, 26(9): 1388-1396.

[41]中华人民共和国住房和城乡建设部.中小学校设计规范GB50099-2011[S].北京:光明日报出版社, 2011.

[42]中华人民共和国教育部.城市普通中小学校校舍建设标准(建标[2002]102号)[EB/OL].<http://www.jianbiaoku.com/webbarbs/book/275/2654490.shtml>, 2002.