

区域公共服务设施优化配置方法研究 ——以大连市甘井子区兴华街道小学配置为例

韩增林¹, 杜 鹏^{1,2}, 王 利^{1,2}, 于 洋^{2,3}, 赵东霞², 丛迎雪², 任启龙²

(1. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 辽宁 大连 116029; 2. 辽宁师范大学城市
与环境学院, 辽宁 大连 116029; 3. 大连市教育局, 辽宁 大连 116021)

摘要: 利用 GIS 网络分析技术可真实模拟可达性, 实现设施优化布局。以大连市甘井子区兴华街道小学配置为例研究, 在借鉴以往研究成果基础上, 结合公安部门统计数据, 通过实地调研, 兼顾流动人口, 利用 GIS 技术构建网络分析数据集, 采用最小化阻抗模型和最大化覆盖范围模型比较研究, 确定研究区小学配置方案。结论表明, 基于最大覆盖范围原则的小学选址更合理。保持区域原有的兴华小学、松江路小学、千山路小学、华中小学和芙蓉小学 5 所小学在原区位继续运行, 在 2 号和 45 号点位再配置 2 所小学, 较为合理。

关 键 词: 网络优化; 小学配置; 流动人口; 全域城市化; 大连市

中图分类号: F119.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2014)07-0803-07

公共服务设施一般包括基础教育、科学普及、文化生活、卫生保健、体育健身等设施。科学配置公共服务设施是贯彻“以人为本”理念、符合地区发展及城市规划的基本要求, 是推动城市可持续发展的重要因素, 其服务能力已成为衡量居民生活水平重要指标。公共服务设施优化配置一般要考虑设施性质、区位指向、门槛人口以及区域道路网络通达性等因素。网络分析、优化选址可应用于基础设施建设、金融业、现代服务业、生物燃料生产地等选址, 大多基于网络拓扑创建空间和非空间属性, 确定 2 点间的最优路径^[1-7]; 关于城市公共服务设施配置研究内容大多集中在某一特定公共服务设施的配置模式、总体评价、管理机制^[8-11]等方面, 方法大多以调查问卷为基础, 如学校配置按校园面积、师生比等定额来分析数量特征。尺度多为大尺度宏观研究, 技术方面利用缓冲区分析法、改进泰森多边形法、最小邻近距离法等方法, 从不同角度反映公共设施服务的空间可达性^[12-25]。

已有成果中关于设施配置空间分布合理性的

研究案例尚且不足, 对其与人口整体协调研究较少, 对中小尺度分析不足。新技术手段运用中存在一定局限, 如单纯反映空间直线距离, 忽略过程障碍, 容易高估服务设施可达性。GIS 交通网络分析技术可以确定合理的设施数量、位置、规划服务范围, 实现设施布局的最优化^[26-30]。从推动全域城市化角度出发, 选取作为人口转移承接地的甘井子区兴华街道为研究区, 以小学为研究对象, 基于 GIS 技术, 对公共服务设施与人口分布协调性进行了微观定量空间分析。研究结论对城乡结合部街区公共服务设施配置有一定的参考价值。

1 研究区概况

兴华街道位于大连市甘井子区经济发展中心地带, 东邻华东路, 西至华北路, 南抵大华铁路, 北至千山路, 面积 4.83 km²。2012 年户籍人口 66 200 人, 流动人口 16 064 人, 调研测算总人口达 91 158 人。涉及华北路、山东路、华东路、松江路、千山路 5 条主干道和 20 余条次干道。研究区现有小学 5 所, 占地面积共 56 911 m², 在校生 4 230 人, 从大连

收稿日期: 2013-02-01; 修订日期: 2013-09-26

基金项目: 国家科技支撑计划(2008BAH31B06)、教育部人文社会科学重点研究基地重点项目(10JJD790014)资助。

作者简介: 韩增林(1956-), 男, 山东商河人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事区域发展规划、交通运输地理及海洋经济地理等研究。E-mail: hzl@lnnu.edu.cn

市教育局统计资料分析,区域内基本不存在择校现象。目前大连市全域城市化战略和生态移民工程稳步推进,人口转移态势不断增强,研究区处于城乡结合部,其区位、发展基础、生态环境和产业情况较好,未来一定时期会成为吸纳大量转移人口的较佳区域,原有设施布局亟需优化(图1)。

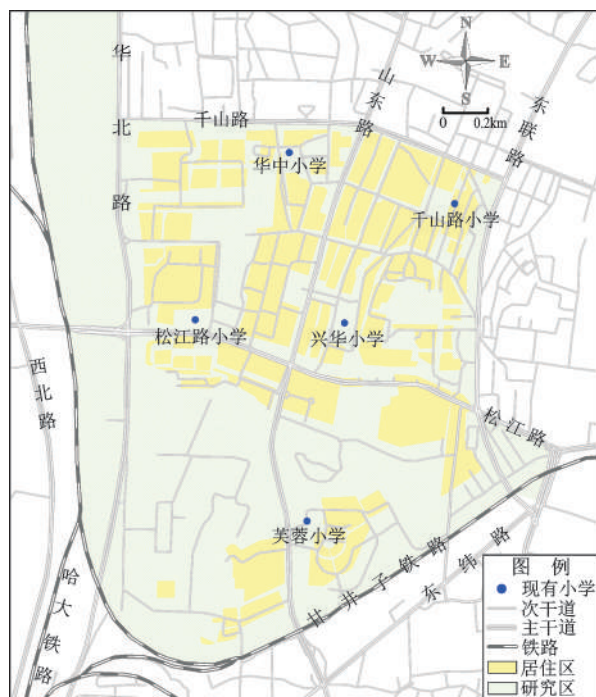


图1 研究区概况

Fig. 1 Overview of study area

2 设施优化布局基本原理与模型选择

公共设施的服务范围和水平程度受空间位置制约较大,适宜的区位可以满足居民出行距离要求,方便适龄儿童就近上学,便民设施和休闲健身等公益设施能够更好的提供服务等。设施布局选址问题成为规划中亟需解决的问题,目前关于设施布局规划大多基于人口定额来配置。本文采用ArcGIS网络分析技术实现设施优化布局分析。

2.1 基本原理与技术流程

基于ArcGIS网络分析一般基本原理是基于现有需求和设施的空间分布,由计算机依据特定的优化模型,在预先指定的设施候选点中选出一定数量的设施完成选址,进而实现设施的可达性最佳、使用效率最高或服务范围最广等^[27]。

基于ArcGIS“位置分配”一般流程为模拟需求

点和已有设施的空间分布、分析可能的设施候选位置、依据不同的优化模型设置参数、由计算机通过流向分析、追踪分析、阻强分析等挑选适宜的设施区位、分析计算结果,必要的情况下进行调整后再次模拟分析^[27]。

2.2 数据库构建

1) 基础人口集聚点及小学生数测算

基于MapInfo11.5,利用Bing Hybrid工具,选取2012年高分辨率遥感影像,根据甘井子区公安分局人口数据资料,以调查的699栋居住区楼宇作为集聚重心点位,分析兼顾流动人口的小学生人数,做出具体测算,构建小学生人数和居住区分布基础数据库(图2)。



图2 以楼宇为单位的小学适龄人口分布

Fig.2 Distribution of building with elementary school-age population in

2) 现状及待选小学数据库

在现有千山路小学、松江路小学、芙蓉小学、兴华小学、华中小学5所小学可选基础上,基于优化布局考虑,小学数量有所增减,区位可能调整,因此需根据一定原则和技术方法提出待选点方案。候选校址基本条件:①小学生上学距离在500~1 000 m之间。②人口密度大、人流量小、交通便利、距交通主干道 ≥ 80 m、距商业区及市场 ≥ 150

m. ③ 具有学校用地选择可能性。初步选择 54 个区位,考虑现有 5 个区位,共 59 个候选点(图 3)。

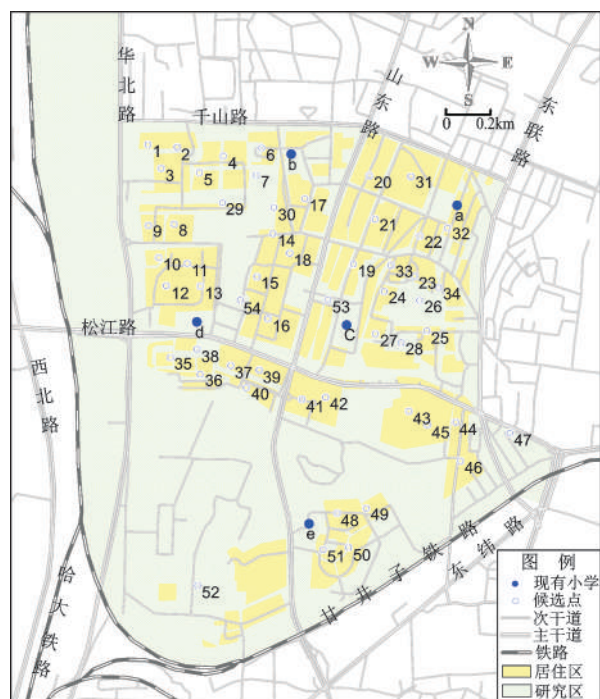


图3 优化候选点分布

Fig.3 Distribution of optimized candidate

3) 格式转换及构建道路网络数据集

在MapInfo11.5环境下,构建人口集聚点、待选小学点、道路交点和转弯点等道路网络数据,完成坐标系为UTM Zone 51, Northern Hemisphere(WGS84)的基础数据库构建,利用Universal Translator工具转换成ArcGIS支持的ESRI Shape文件格式,实现数据转换。在ArcGIS10.0平台下完成交通网络数据集构建,将路段距离及路径中各节点花费成本设定为阻力成本,按相应速度将节点停留时间折算为距离。参考相关规定和研究^[21,31]并结合本区实际,阻力标准设定为车行主干道40 km/h,次干道30 km/h,步行5 km/h。通用转弯时间:沿平直方向行驶,不穿任何道路,延迟为0 s;沿平直方向行驶,穿过道路,延迟为20 s;沿行驶方向右转弯的道路,延迟为10 s;沿行驶方向左转弯的道路,延迟为30 s(图4)。

2.3 优化模型

基于ArcGIS“位置分配”的网络分析优化公共设施布局,需要依据特定优化模型来实现。典型的模型有最小化阻抗、最大化覆盖范围、最小化设施点数、最大化人流量、最大化市场份额、目标市

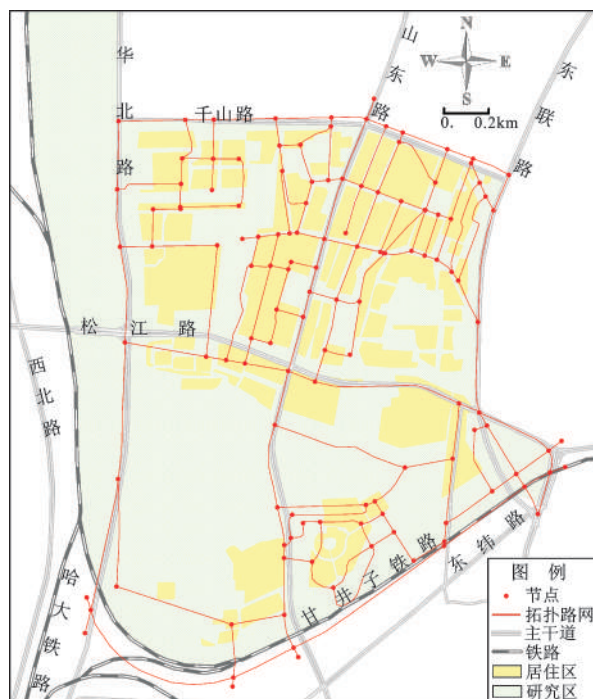


图4 基于ArcGIS的道路网络数据集

Fig.4 Road net data collection based on ArcGIS

场份额模型,不同模型最终效果不同。目前对于政府出资建设的公共服务设施,在进行优化选址时,最小化阻抗模型和最大化覆盖范围模型^[29]应用较为普遍。本文即采用这2种优化模型来进行优化分析。

1) 最小化阻抗模型

在候选设施点中,按给定数目挑选设施空间位置,使所有需求者到最近设施出行距离之和最短^[8]。运用Floyd-Warshall算法,结合交通阻抗计算最短路径和最小化阻抗。模型如下:

$$L_{ab} = D_{ab} + \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

式中, L_{ab} 为节点对(a,b)路径上的总阻抗, D_{ab} 为节点对(a,b)路径上所有路段的阻抗(指长度), X_i 为路段上到第*i*个节点所遇的阻抗(用时间或长度表示,长度即延迟时间×速度), n 为节点数量。

2) 最大化覆盖范围模型

在候选设施点中,按给定数目挑选设施空间位置,使得在设施最大服务半径之内设施需求点最多^[9,10]。为避免出现某些需求点在设施覆盖范围之外,对模型适当改进,模型如下:

$$\max(F) = \sum_{a=1}^n Q_a Y_b \quad (2)$$

$$Q.T. \begin{cases} \sum_{a=1}^m C_{ab} X_a - Y_b \geq 0 \\ \sum_{a=1}^m X_a = D \\ X_a Y_b = 0 \text{ 或 } 1 \quad (a=1,2,\dots,n; b=1,2,\dots,m) \end{cases} \quad (3)$$

式中, m 为请求点数, n 为设施点数, X_a 、 Y_b 均是二元值决策变量, 若 $X_a=1$, 则设施配置在请求点 a , 否则 $X_a=0$; 若 $Y_b=1$, 则请求点 b 被覆盖在设施有效服务半径内, 否则 $Y_b=0$; Q_a 表示请求点到设施点的综合布局指数; C_{ab} 为二元值系数, 当请求点到设施点的距离为 L_{ab} , 并且 L_{ab} 在有效服务半径 R 内时, $C_{ab}=1$, 否则 $C_{ab}=0$; D 为指定的设施布局数量。

公式(3)中第一个公式是为避免某一请求点未被服务半径 R 有效覆盖, 而 Y_b 值等于 1 的情况出现的公式; 第二个公式是在服务半径约束下的最大设施布局数量; 第三个公式表示 X_a 、 Y_b 是二元值决策变量。目标公式(2)是使请求点被设施的有效覆盖率 F 最大。

3 实证分析

兴华街道有千山路小学、松江路小学、芙蓉小学、兴华小学、华中小学 5 所小学可供选择, 利用 ArcGIS 网络分析技术, 基于一定条件, 对现有小学布局进行优化分析。

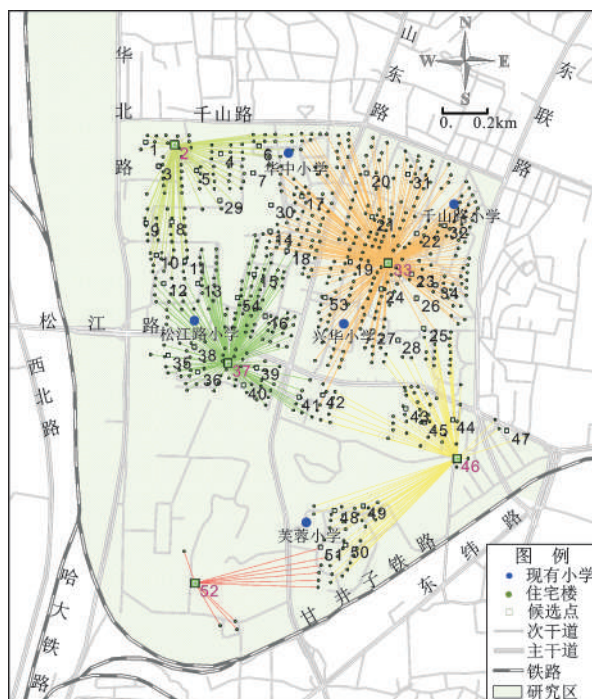
3.1 现有学校分布合理性分析

根据市教育局资料分析, 区域不存在择校现象; 基于现有交通网络, 步行距离是学生选择学校的唯一依据; 基于 699 栋住宅楼宇的实际调查数据和小学学龄人数测算资料, 设定条件: ①“最大覆盖范围”原则; ②沿可通行道路步行距离上限 1 000 m; ③学校候选点 59 个。

由 ArcGIS 网络分析结果(图 5)可知, 已建成运行的 5 所小学均不是最佳区位, 部分学校区位不合理, 给学龄儿童就近上学带来不便, 亟需优化。基于 ArcGIS 网络优化中最大覆盖范围模型, 优选最佳布局点位是: 2 号点、33 号点、37 号点、46 号点和 52 号点。

3.2 基于不同原则优化布局

基于网络分析技术, 在对现有小学布局合理性分析基础上, 进一步研究设施优化布局, 考虑学校大多由政府出资兴办, 最小化阻抗模型和最大化覆盖范围模型更为适合, 本文采用最小化阻抗和最大化覆盖范围模型, 利用 ArcGIS 网络分析技



红色数字处为最佳布局点

图 5 现有小学布局合理性评估

Fig.5 Rationality assessment map of the existing primary school layout

术加以分析。

1) 基于“最小配置数量”原则分析

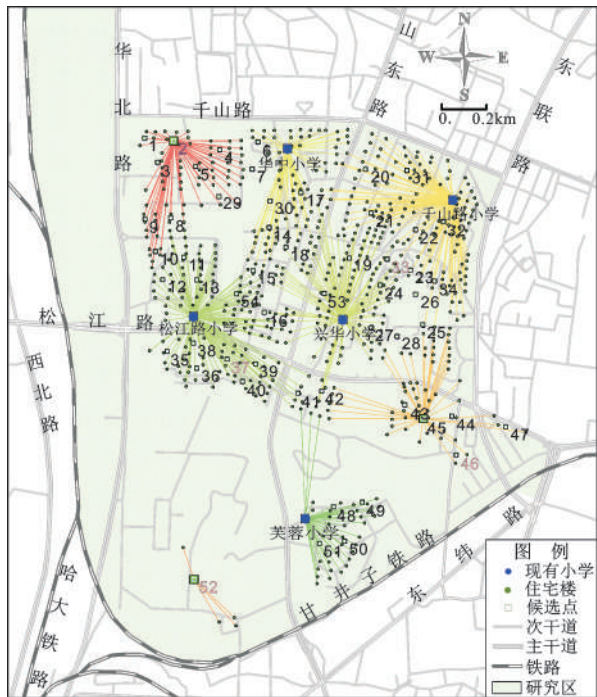
设定选址条件为: ① 现有 5 所学校在原区位运行, 班型、师资等可进行必要调整; ②“最小配置数量”原则; ③沿可通行道路, 步行距离上限 1 000 m; ④学校候选点 59 个。根据设定条件, 提出最少配置小学数量及位置。

分析结果见图 6, 由分析可知, 考虑发展现状和搬迁成本, 保留现有学校在原区位运行, 还需新建 3 所学校为宜, 最佳点位是 2 号点、45 号点和 52 号点。基于距离分析此方案为最佳选择, 但可能造成 52 号点的学校规模不够。

2) 基于“最大覆盖范围”原则分析

在“最小配置数量”原则模拟基础上, 考虑学校规模或预算限制, 仅新建 2 所小学, 设定选址条件为: ① 保证原有 5 所学校在原区位继续运行; ②“最大覆盖范围”原则; ③沿可通行道路, 步行距离上限 1 000 m; ④学校候选点 59 个。

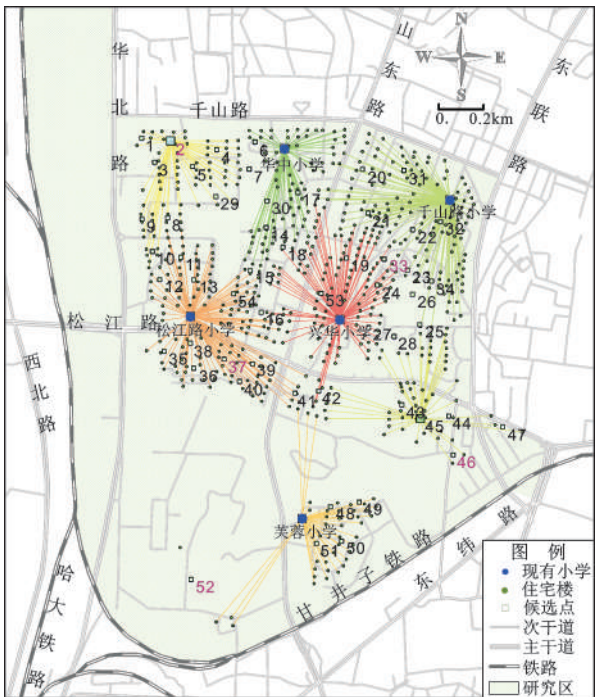
根据设定的前提条件, 保留现有 5 所学校位置不变, 其他 2 个最佳点位是 2 号点、45 号点。此方案局限在于 52 号点附近的小学生到最近的学校距



红色数字处为最佳布局点

图6 基于“最小配置数量”原则的小学选址

Fig.6 Elementary School Location Based on the principle of "Smallest Number Allocation"



红色数字处为最佳布局点

图7 基于“最大覆盖范围”原则的小学选址

Fig.7 Elementary School Location Based on the principle of "Maximum Covering Location"

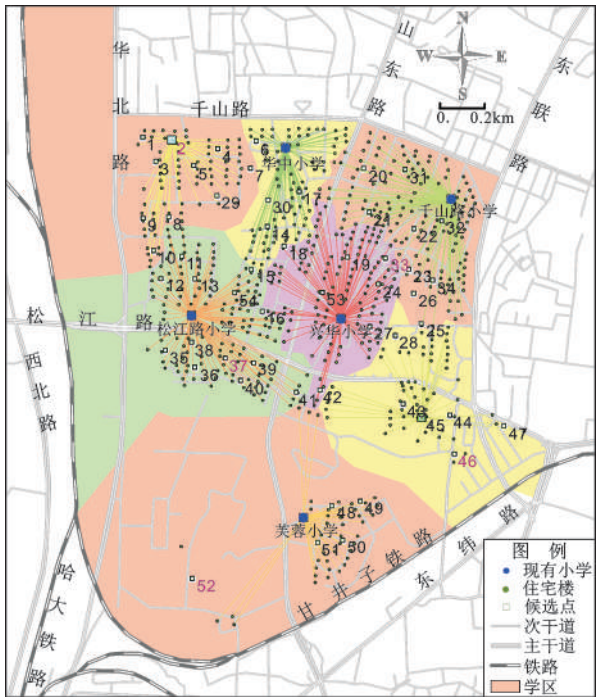
离可能超过1 000 m(图7)。

3.3 优化选择方案

在“最大覆盖范围”综合条件基础上,按照7所小学配置要求,根据现有的生源情况和学校招生覆盖范围,确定各校的招生规模,计算学校招生数,根据有关定额提出校园面积、校舍面积和教师配备建议(表1、图8)。

表1 基本设施配置参考表

Table 1 Reference for personnel and infrastructure allocation				
名 称	可能入学人数(人)	校园面积(m ²)	校舍面积(m ²)	教师人数(人)
兴华小学	587	11740	5371	30
松江路小学	694	13880	6350	35
千山路小学	727	14540	6652	37
华中小学	382	7640	3495	19
芙蓉小学	316	6320	2892	16
新增2号点	440	8800	4026	22
新增45号点	331	6620	3029	17



红色数字处为最佳布局点

图8 小学优化配置学区划分图

Fig.8 District Division for Primary School's Optimizing Configuration

4 结 论

在兼顾大连市全域城市化战略吸纳人口的前

提下,分析人口与公共服务设施配置协调性,突破以往“环形缓冲分析”等分析方法,采用GIS网络分析技术模拟现实路网,结合设施数量、位置、出行路径、规划和服务范围等因素,以大连市甘井子区兴华街道为例,综合小学的配置原则,研究甘井子区兴华街道人口与设施布局优化问题。分析得出在本区域原有5所小学基础上,再配置2所小学,较为合理。

此案例分析对解决类似问题有一定的借鉴意义,但公共服务设施还包括小学之外其他设施,考虑篇幅和数据限制,仅以小学为例做实证分析。考虑小学选址的复杂性,分析基于一定的假设前提下进行,模型有待完善。

参考文献:

- [1] Pham Thi Hong Ha, Frans van den Bosch, Nguyen Ngoc Quang, et al. Urban form and accessibility to jobs: a comparison of Hanoi and Randstad Metropolitan Areas[J]. *Environment and Urbanization Asia*, 2011, 2: 265-285.
- [2] Andrew Mondschein, Evelyn Blumenberg, Brian Taylor, et al. Accessibility and cognition: the effect of transport mode on spatial knowledge[J]. *Urban Studies*, 2010, 47: 845-866.
- [3] Dianna M Smith, Steven Cummins, Mathew Taylor, et al. Neighborhood food environment and area deprivation: spatial accessibility to grocery stores selling fresh fruit and vegetables in urban and rural settings[J]. *International Journal of Epidemiology*, 2010, 39: 277-284.
- [4] Nobuo Yoshida, Uwe Deichmann. Measurement of accessibility and its applications [J]. *Journal of Infrastructure Development*, 2009, 1: 1-16.
- [5] Guangqing Chi. The impacts of transport accessibility on population change across rural, suburban and urban areas: a case study of Wisconsin at sub-county levels[J]. *Urban Studies*, 2012, 49: 2711-2731.
- [6] Yeunsook Lee, Hyejin Kim, Hyegyung Yoon. Spatial representation of community shared spaces preferred by residents[J]. *Indoor and Built Environment*, 2010, 19: 163-174.
- [7] Genevieve Giuliano, Peter Gordon, Qisheng Pan, et al. Accessibility and residential land values: some tests with new measures [J]. *Urban Studies*, 2010, 47: 3103-3130.
- [8] Miquel Carreras, Daniel Serra. On optimal location with threshold requirements[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 1999, 33 (2): 91-103.
- [9] Church R L, ReVelle C. Theoretical and computational links between the median, location set-covering and the Maximal covering location problem[J]. *Geographical Analysis*, 1976, (8): 406-415.
- [10] Church R L, ReVelle C S. The maximal covering location problem papers[J]. *Regional Science Association*, 1974, 32: 101-108.
- [11] 方远平, 闫小培. 西方城市公共服务设施区位研究进展[J]. *城市问题*, 2008, 158(9): 87-91.
- [12] 王建林. 基于换乘次数最少的城市公交网络最优路径算法[J]. *经济地理*, 2005, 25(5): 673-676.
- [13] 张 兵, 金凤君, 于 良. 湖南公路网络演变的可达性评价[J]. *经济地理*, 2006, 26(5): 776-779, 796.
- [14] 张京祥, 葛志兵, 罗震东, 等. 城乡基本公共服务设施布局均等化研究——以常州市教育设施为例[J]. *城市规划*, 2012, 36(2): 9-15.
- [15] 胡 畔, 谢 晖, 王兴平. 乡村基本公共服务设施均等化内涵与方法——以南京市江宁区江宁街道为例[J]. *城市规划*, 2010, 34 (7): 28-33.
- [16] 陈彦光. 交通网络与城市化水平的线性相关模型[J]. *人文地理*, 2004, 19(1): 62-65.
- [17] 麻清源, 马金辉, 张 超. 基于网络分析的交通网络评价及其与区域经济发展关系研究[J]. *人文地理*, 2006, 21(4): 78, 113-116.
- [18] 胡忆东, 成 钢. 城市社区公共服务设施配套标准研究的若干思考与探索——以武汉市为例[J]. *城市规划学刊*, 2009, (z1): 166-171.
- [19] 杨新海, 洪亘伟, 赵剑锋. 城乡一体化背景下苏州村镇公共服务设施配置研究[J]. *城市规划学刊*, 2013, (3): 22-27.
- [20] 赵广君, 吴光伟. 上海市居住区公共服务设施设置规划——以上海新江湾城规划管理为例[J]. *城市规划汇刊*, 2004, (5): 59-64.
- [21] 姜照华, 王晓波. 甘井子区人口与资源环境的承载力问题研究[R]. 大连: 大连理工大学, 2010.
- [22] 顾 晶. 上海中心城区流动人口使用公共设施的特征研究——以虹锦社区为例[D]. 上海: 同济大学, 2009.
- [23] 黄 靖, 刘盛和. 城市基础设施如何适应不同类型流动人口的需求分析[J]. *武汉理工大学学报(交通科学与工程版)*, 2005, 29 (2): 284-287.
- [24] 吴柏清, 何政伟, 许辉熙, 等. 城市交通网络最佳路径分析[J]. *资源开发与市场*, 2008, 24(4): 309-311.
- [25] 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: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [26] 王 利, 韩增林. 不同尺度空间发展区划的理论与实证[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [27] 牛 强, 彭 翀. 基于现实路网的公共及市政公用设施优化布局模型初探[J]. *交通与计算机* 2004, 22(5): 49-53.
- [28] 朱传耿, 顾朝林, 马荣华, 等. 中国流动人口的影响要素与空间分布[J]. *地理学报*, 2001, 56(5): 549-560.
- [29] 刘灿齐. 现代交通规划学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [30] 陈述彭. 城市化与城市地理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [31] 大连市人民政府. 大连市实施《中华人民共和国道路交通安全法》办法[Z]. 大连: 大连市人民政府, 2005.

Method for Optimization Allocation of Regional Public Service Infrastructure: A Case Study of Xinghua Street Primary School

HAN Zeng-lin¹, DU Peng^{1,2}, WANG Li^{1,2}, YU Yang^{2,3},
ZHAO Dong-xia², CONG Ying-xue², REN Qi-long²

(1. *College of Urban and Environment, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China*; 2. *Research Center for Marine Economy and Sustainable Development, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China*;
3. *Dalian Education Bureau, Dalian, Liaoning 116021, China*)

Abstract: Accessibility is truly simulated with the application of GIS network analytic technique to put into reality optimum allocation of infrastructure. Based on lessons drawn from former research findings, given full-scale urban development strategy of Dalian, distribution of primary schools of Xinghua Street in Ganjingzi District of Dalian City is studied as an example. By abstraction of data on residential areas and schools from high-resolution remote sensing images in the year 2012, combined with on-the-spot investigation, research and statistical data from Public Security Bureau, with migrant population taken into account, meanwhile, database of school-age population and school is established. By comparative study of minimum impedance model with some arithmetic application of such influence factors as lag time multiplied by velocity or time (*sensu lato*) and maximum coverage domain model with appropriate modifications involving the largest number of points in maximum service diameter and some demand points within coverage domain, an allocation schema for primary schools in studied district is identified, which is done in both small and steady stages over a period of time, rather than suddenly. The conclusion demonstrates these main points as follows : 1) The distribution of primary schools is not located well enough for the moment, and it should be improved to a much more advantageous situation with much more professional attention paid to technical analysis. 2) Primary school location based on the principle of maximum coverage is more reasonable, which presents a striking contrast between different ones. 3) It is advised that Xinghua Primary School, Songjianglu Primary School, Qianshanlu Primary School, Huazhong Primary School and Furong Primary School should be located in the original spots. 4) It is relatively reasonable to allocate 2 primary schools in No.2 and No.45 spots.

Key words: network optimization; primary school allocation; floating population; panoramic urbanization; Dalian