

# 针对山地城市的教育设施服务评价模型研究

李翔 张建

重庆市规划信息服务中心

DOI:10.32629/er.v2i7.1906

**[摘要]** 本模型旨在,以教育设施服务评价为切入点,契合山地城市实际情况,提升城市管理水平和城市品质,增进民生福祉,为教育设施在规划布局和建设时序上面临的实际问题提供决策依据,也为政府精准投放城市公共资源提供技术支撑。

**[关键词]** 大数据; 智能化; 等时圈; 建设时序; 评价模型

## 1 研究背景及意义

十九大提出“中国特色社会主义进入新时代,我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”,以及“在发展中补齐民生短板、促进社会公平正义,在幼有所育、学有所教、劳有所得、病有所医、老有所养、住有所居、弱有所扶上不断取得新进展”。同时,2018年国务院政府工作报告也重点强调“要加快推进教育现代化,办好人民满意的教育”、“稳步推进教育综合改革,完善城乡义务教育均衡发展促进机制”。

重庆是典型的山地城市,由于地形的高低起伏在地图直线距离相同的空间位置上可达性却千差万别,在公共服务设施配置方面与一般平原城市有着显著的差别,不能用传统的服务半径模型来解决重庆市的公共服务设施科学配置问题。

本模型旨在,以教育设施服务评价为切入点,契合山地城市实际情况,提升城市管理水平和城市品质,增进民生福祉,为教育设施在规划布局和建设时序上面临的实际问题提供决策依据,也为政府精准投放城市公共资源提供技术支撑。

## 2 研究方法 & 数据

### 2.1 研究方法 & 依据

#### 2.1.1 基于数据分析的定量城市研究

定量城市研究是在城乡规划理论基础之上,采用各种数据和技术方法,从人口需求以及供应量的方面探索城市发展,诊断城市问题、寻求解决方案的科学研究方法,可应用于城市运行现状分析、规划方案编制评估等各个阶段。注重对城市客观全面的分析和直观的表达,提高城乡规划与相关政策制定的科学性。

2.1.2 数据来源与应用——传统数据和互联网数据的融合运用

传统数据方面,通过十余年来积累的规划行业相关数据,城乡建设实施数据的持续收集和动态更新,各类城乡规划编制成果的积累叠加和规划数据全覆盖,已掌握了大量的城乡规划传统数据。同时,通过移动运营商获取了手机信令数据,以及高德地图、百度地图提供的步行数据、POI数据等互联网开放数据,通过传统数据和互联网数据的融合运用,充分发挥不同类型数据的优势,提升模型计算的科学性。

2.1.3 服务范围划定——从“同心圆”的经典模型到以人为本的“等时圈”

常规的教育设施专业规划中,常用的服务范围划定方法为按照服务半径画圆的模式。这种粗放式的服务范围划定方式在早年快速城市化时期,能够适应城市快速发展建设的需要,但针对山地城市的特殊地形特征,这种方式难以满足当前对于提升城市品质、改善民生水平的要求,教育设施的规划和建设必须更加体现规划精细化和以人为本。

本模型利用高德、百度地图提供的市民步行大数据,即建立以中小学用地为中心的15分钟“等时圈”作为中小学的服务范围,既是对经典模型的优化和细化,也是结合山地城市特色地形条件的分析方式。

2.1.4 预测人口集聚——两个维度多项指标预测新建小区入住率

在预判周边在建用地建成竣工时间后,还需对其建成后的人口聚集情况,即新建小区入住率进行预测。模型从居住用地住宅类型(容积率)和周边配套成熟度两方面分析入住率。

2.1.5 辅助决策——预判建设情况,提出建设时序和选址建议

通过统计分析得出,一般中小学项目从立项到竣工,建设周期为1.5-2年。因此,在解决现状区域入学难问题的同时,必须将2年内即将竣工的在建用地入学需求计算在内。

通过对近8年以来重庆市主城区1300多个一般建设项目样本的统计,从项目类别和规模等级两个维度进行交叉透视,对各类别的项目建设周期取平均值,获得了各类、各规模等级项目的平均建设天数,以此作为周边在建用地建成竣工时间的预判依据。

### 2.2 技术路线与关键技术

本模型项目实施步骤包括普惠教育设施的现状服务能力评价、规划服务能力评价、建设时序分析三部分,其中前两部分评价是第三部分的基础工作。



现状服务能力评价:

### 2.2.1人口分布空间离散

本次模型在结合空间化的手机信令数据基础上,将公安部门提供的人口统计数据离散至控规地块,作为计算居住用地产生的入学需求量的基础。

### 2.2.2山地城市“等时圈”模型

将学校和居住用地的空间数据导入高德地图开放接口,通过模拟市民步行经过的通道和距离,计算出以中小学为中心的15分钟步行服务范围的“等时圈”数据。

### 2.2.3现状学校——用地匹配算法

将现状学校的“等时圈”数据结合学校可容纳学生人数,以及周边居住用地入学需求人数,运用“模拟退火”算法,确定学校与居住用地的匹配关系。

### 2.2.4现状服务能力评价结论

按照匹配完成后的学校服务情况,模型自动计算现状学校的服务能力,并标识出学位不足、须超额接收学生的学校,以及对应的居住用地。此部分居住用地的学生所属学校为过度拥挤的学校,或者超过规范要求的入学距离才能入学。即通过可视化的方式直观表达存在“上学难”问题的区域,并通过地块色彩和属性表格表达具体的入学难度值。

规划服务能力评价:

### 2.2.5规划人口估算

对于规划期末的理想状态,根据规划居住用地面积及容积率,参照《重庆市控制性详细规划编制技术规定》(2017年)中确定的指标估算人口规模及分布情况

### 2.2.6规划学校——用地匹配算法

按照规划期末的理想状态,根据规划学校可容纳学生人数,以及规划居住用地入学需求人数,运用“模拟退火”的算法,确定学校与居住用地的匹配关系。

### 2.2.7规划服务能力评价结论

按照匹配完成后的规划学校服务情况,模型自动计算规划学校的服务能力,通过可视化的方式直观表达规划期末的各规划学校的服务饱和度情况,及各居住用地的入学难度。

建设时序分析:

### 2.2.8居住用地竣工预测

通过对10年以来一般建设项目样本的统计分析,得出不同类型、不同规模等级项目的平均建设天数,以此作为周边在建用地建成竣工时间的预判依据。

### 2.2.9即将建成居住小区入住率预测

按照目前在建的居住用地住宅类型(容积率)和周边配套成熟度两方面分析得出居住用地在建成初期的入住率,以此计算出其入学需求。

### 2.2.10计算推荐新建小学

将即将建成的居住小区入学需求作为准现状考虑,结合现状入学难区域,按照“模拟退火”算法求解出建设学校的最优位置,并可可视化的展现建设后对现状“入学难”的改善情况。最后,将推荐的建设方案及现状拆迁量等其他相关信息,

报送政府或主管部门,辅助决策。

### 2.3数据内容与来源

#### 2.3.1数据内容

本次模型研究的核心目的是要解决中小学合理配置问题,涉及到教育资源的总量均衡、布局均衡和建设时序均衡问题。支撑模型的数据内容方面主要有:人口数据、用地数据、建筑数据、交通设施数据以及等时圈、POI等数据内容。

#### 2.3.2数据来源及获取方式

本次模型所使用的数据来源传统数据、手机信令分析数据以及互联网数据三个方面。其中传统数据主要包括城乡规划主管部门编制的控规数据,城乡规管理部门审批许可的居住、中小学、公园、道路、轨道设施等项目建设实施动态数据,基础地理信息建设单位采集加工的现状道路、现状建筑普查、现状遥感解译用地等数据内容。运营商手机信令数据主要是基于移动运营商获取了手机信令数据,以及基于手机信令数据分析模型得到的现状人口分布数据。互联网数据主要通过网络数据抓取工具获得的高德POI数据、等时圈数据内容。

## 3 模型算法

### 3.1人口预测模型算法流程及相关数学公式

由总建筑面积S和人均建筑面积r得到理论人口,再乘以每个居住地块入住率q,得到2020年的人口数据。按照规范,重庆市小学生千人指标为48生/千人,则2020年学生人数公式为:

$$\text{式(4-1): } p = S / r * q * 0.048$$

#### 3.1.1地块建筑面积S已知。

#### 3.1.2人均建筑面积r受居住地块容积率FAR的影响。

3.1.3不同居住地块的入住率主要受两个因素影响,一个是本身的住房类型,一个是居住地块周边的环境。住房类型决定入住率基数B,周边的环境决定入住率系数 $\gamma$ 。入住率 $q = \text{function}(\text{入住率基数}B, \text{环境系数}\gamma)$ ,则 $\text{pop} = S / r * \text{function}(B, r)$ 。

3.1.4入住率基数B我们采用一次指数平滑法通过近几年相同类型不同环境住房的平均入住率统计对2020年的入住率基数B情况进行预估。

3.1.5环境系数 $\gamma$ 受周边环境因素影响,对每个居住地块的周边环境。

3.1.6分5个因子进行环境优劣评估。并用层次分析法,由专家进行两两比较,带入公式算出权重 $w_i$ 。则各居住地块的环境系数 $\gamma$ 为:  $\gamma = \sum w_i * S_i (i=1, 2, 3, 4, 5)$

#### 3.1.7最终小学生人数预测公式

$$\text{式(4-2): } p = S / r * \{f + [(1-f) * \sum w_i * S_i] / 100\} * 0.048$$

3.2小学用地分配及位置选择模型,算法流程及相关数学公式

在建立模型中,依据收集到的数据,记居住地块为i, i居住地块的学生数量为 $N_i$ ; 记学校为j, j学校的规划学生数量为 $C_j$ 。把任意居住地块到任意学校的时间用二维矩阵的形式

表示,记为 $d_{ij}$ ,第 $i$ 行第 $j$ 列代表 $i$ 居住地块到 $j$ 学校的时间。每一行乘以该地块的人口即得到居住地块 $i$ 的所有学生到学校 $j$ 的总时间 $D_{ij}$ 。对矩阵 $D_{ij}$ 的每一行选取合适的时间为 $i$ 居住地块的学生上学的时间,记为 $D_i$ ,总时间为 $D = \sum D_i (i=1, 2, \dots)$ 。

规划的目标:(1)考虑到学生上下学方便,以所有学生上学总时间 $D$ 最少为目标。(2)考虑到学校规划学生数量 $C_j$ 有限,以不超过每个学校规划学生数量为目标。(3)考虑到经济教育成本,在现有学校的基础上,以新建满足服务要求的学校数目 $n$ 最少为目标。依据上述三个目标建立数学模型,构成多目标规划。

约束条件:(1)每个居住地块的学生必须有学校上。(2)按规范,设置小学生上学的最长时间为15分钟, $limit=15 \times 60 \text{秒/分}=900 \text{秒}$ 。(3)考虑任意居住地块 $i$ 的所有学生到学校最短的学校 $j_1$ 和第二短的学校 $j_2$ 的距离差,根据距离差设置权重,距离差大的优先分配学校。

模型的求解:根据所建立的数学模型运用matlab编程,并运用“模拟退火”的算法求解出需要建小学的位置、合理的地块到小学的分配情况,并将最后的解画成图像,观测图像进行综合分析得出最佳的新建小学的方案。

具体步骤如下:

(1) 设定初始条件

初始温度 $T=1000$ ; 冷却速度 $V=0.80$ ;

初始计划建校数目 $n$ ; 随机学校选址 $X_n$ ;

根据约束条件,得到初始的分配方案以及初始难以分配学校的学生数 $H$ ,总时间 $D'$ 。

(2) 建立扰动函数

随机一个计划建校地区 $i$ ,随机一个未建立学校的地区 $j$ ,交换 $ij$ 。

得到新的学校选址 $X_n'$ ,新的分配方案、新的 $H$ 以及新的总时间 $D'$ 。

(3) 比较新旧方案优劣

人数差 $diff=H'-H$

若 $diff < 0$ 则新的方案优于旧方案,保留这个方案,即将

其记录为旧的方案。 $H=H'$

若 $diff > 0$ 则以一个 $P = \exp(-diff/T)$ 的概率保留这个方案。

(4) 继续扰动

每成功扰动5次,以初始冷却速度 $V$ 降低一次温度 $T$ ;每成功扰动5次,作一次图,记录学校位置,分配方案,总时间 $D$ ,难以分配的学生人数 $H$ 。

(5) 最终结果

到温度 $T < 1$ 时,基本达到平衡,得到一个较优解,停止扰动,并作图,记录最终分配方案,学校位置 $X_n$ ,总时间 $D$ ,难以分配的地块个数、编号和所有上学困难的学生人数 $H$ 及其所占比例 $H/\sum N_i$ ,学校的利用率 $\sum N_i/\sum C_j$ ( $j$ =现有学校+新建学校)。

#### 4 结论和展望

本模型为实现预定功能,涵盖了多个子模型,如“即将建成的居住小区入住率预测模型”。该模型从两个维度五项指标进行分析,以周边同类居住区的经验数据为基础,结合了居住小区用地成熟度分析,以预测未来入住率。其中的用地成熟度分析,可以在本模型基础上更加深入细化,应用于城市储备用地价值分析、城市土地出让成熟度分析等方面。

本模型在后续深入研究其他公共服务设施与人的实际需求情况下,可通过模型优化、衍生使其匹配医疗、文化、养老等其他公共服务设施的分析和评价,辅助城市公共服务设施建设,支撑公共产品投放安排与决策,并可扩展至城市运行监测,对公共产品的缺失进行预警等方面功能。让政府的公共产品投放能够满足财政投入和社会效益的最大公约数,实现综合效益的最大化,提高人民对城市建设的满意度。

#### [参考文献]

[1] 汤国安,刘学军,房亮,等. DEM及数字地形分析中尺度问题研究综述[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2006, 31(12): 1059-1066.

[2] 赵春丽,杨滨章. PSPL调研法:城市公共空间和公共生活质量的评价方法[J]. 中国园林, 2012, 28(9): 34-38.

[3] 李燕萍,虞虎,王昊,等. 面向大数据时代的城市规划研究响应与应对方略[J]. 城市发展研究, 2017, (10): 7-16.