

# 基于 UrbanSim 模型的养老院规划布局选址研究

■ 秦 坤 王聃同 周长林 高锦风 高煦明

天津市城市规划设计研究总院有限公司 天津市智慧城市规划企业重点实验室

**摘要：**本文以城市仿真模拟模型 (UrbanSim) 为基础，在对未来人口预测推演、精准获取未来逐年养老需求量以及养老需求布局的情况下，以需求变化为导向构建养老院规划选址模型。在选址影响因素选择时，引入了逐年动态变化的养老需求因素以及利用 UrbanSim 模型中房价/地价推演模块获取的养老院建设收益因素，以时空大数据为基础，从动态发展的角度，挖掘养老院规划布局选址规律；按照相关规划标准等约束指标，紧贴养老床位需求，生成养老院规划布局选址方案，旨在为养老院的规划布局编制以及决策提供参考。

**关键词：**城市仿真模拟模型 (UrbanSim)；人口预测；养老需求推演；时空大数据；养老院规划布局选址

“十四五”规划纲要中明确提出：“健全基本养老服务体系，大力发展普惠型养老服务”。如何响应“十四五”规划要求，对城市老龄人口及养老设施需求进行评估和预测，本着资源公平与效率兼顾的原则，优化养老设施体系结构，合理匹配各级各类养老设施的规模与空间布局，辅助养老设施规划选址决策，支撑养老设施规划布局的科学构建，为各级政府统筹制定适老化政策提供参考依据，是摆在城市规划行业面前的一项重大研究课题<sup>[1]</sup>。

## 一、研究方法及技术路线

### (一) 研究方法

城市仿真模拟模型 (UrbanSim) 诞生于美国华盛顿大学 Paul Waddell 教授研究团队，该模型把城市作为一个动态非均衡的巨系统，在充分考虑土地规划利用、土地经济以及交通需求等因素的基础上，对城市的人口、岗位增长变化、城市开发建设等未来发展进行多尺度预测和

模拟，其模拟结果可为城市规划编制、城市发展决策等提供可靠依据<sup>[2]</sup>。UrbanSim 模型主要包括了家庭/就业区位选择模型、土地开发选址模型以及地价/房价预测模型，三者相互作用影响，再结合外部的交通预测模型，相互迭代影响，实现城市空间一体化系统，共同作用城市的模拟预测。

本文以城市仿真模拟模型 (UrbanSim) 研究为基础，依托城市基础现状数据和城市仿真推演数据，模拟不同情景下的城市老龄人口空间分布，分析养老需求，充分结合 15 分钟生活圈、交通路网等空间布局因素以及经济、环境、配套设施等影响因素，按照相关规划标准及上位规划要求，对未来养老设施规划布局进行推演预测，为养老设施的规划选址提供决策支持。

### (二) 总体技术路线

整个研究总体技术路线是按照“数据准备-情景推演-因素评估-模型选择”的整体研究思路进行的，具体如下：

#### 1. 对现有数据进行标准化处理

和信息提取，其中包括数据预处理、坐标系一致性转换、数据空间关联挂接、数据信息分析提取以及分类汇总建库等。

2. 利用 UrbanSim 模型进行养老情景推演仿真，根据推演结果进行养老空间需求分析。

3. 针对不同养老设施空间需求，结合养老设施选址影响因素数据以及现状养老设施空间分布数据，对影响因素进行分析评价，建立选址因素指标体系。

4. 在上述工作基础上，利用数学模型方法，构建包括地块开发经济效益评估模型和区位选择模型在内的养老设施规划选址模型，并以模型分析为基础，根据养老空间需求对养老设施规划开发进行预测和模拟。

## 二、数据来源及预处理

本文以天津市南开区为研究对象，对南开区的经济、人口、交通等数据进行收集整理，对其进行城市仿真推演以及养老设施规划推演

预测。模型所需数据多为时空地理数据，种类多、格式杂，且数据所需粒度较为精细，数据质量标准要求较高。在对研究区数据整理收集后，首先对数据进行坐标转换，统一坐标系，然后对数据进行空间关联，把微观个体数据（人口、家庭、企业）空间关联到建筑数据，建筑数据空间关联到地块数据，地块数据空间关联到街道区划数据，完成街道、地块、建筑、微观个体的层层落位，多尺度、分类别对数据进行标准化处理，建立统一的时空数据库用于标准数据的存储，以便于研究中数据的高效使用和分析。

建立统一的时空数据库后，需对现状数据进行分析，挖掘提取影响养老院选址的因素数据。研究中以地块为选址研究对象，结合交通路网、人口、公服设施等数据，以居民 15 分钟生活圈的活动规律为依据，构建以地块为中心的步行 15 分钟生活圈，提取 15 分钟生活圈内的人口总数、老年人数、地铁站数、养老院数、公园绿地面积、医院数以及商场数等人口与公服设施数据，建立地块数据与公服设施服务范围对应关系，以便为研究中选址影响因素分析评价提供数据支持。

### 三、养老需求推演及模型构建

#### （一）养老需求推演仿真

模拟养老需求推演是对区域内老年人口的数量以及分布聚集情况进行预测推演，基于 UrbanSim 模型中的家庭区位选择模型可实现研究区内部的人口分布模拟仿真。家庭区位选择模型需要在家庭状态转

移模块和家庭迁移模块的基础上进行人口模拟。家庭状态转移模块需要结合外部模型预测的总量控制数据，对研究区域内不同类型家庭数量的增减进行模拟。该模块根据逐年的家庭总量控制数据，在综合考虑了家庭类型等因素的情况下，把需要新增或减少的家庭放到待分配列表，其实际意义主要是模拟现实中结婚 / 离异、出生 / 死亡、家庭经济情况以及迁移情况引起的家庭类型的变化。家庭迁移模块主要是模拟不同类型家庭在研究区内外部的迁移情况，该模块主要根据外部预测模型输入的不同类型家庭的迁移率，进行研究区域内部以及研究区域与外部的家庭迁移模拟，选出不同类型的迁移家庭放到待分配列表中。

从家庭状态转移模块和家庭迁移模块获取到家庭待分配列表后，家庭区位选择模型负责对列表中的家庭数据进行位置的选择和分配。家庭区位选择模型采用离散选择模型（Discrete Choice Model）中比较常用的多项罗吉特模型（Multinomial Logit Model），该模型方便于大数据量的计算，参数之间相互独立，广泛应用于交通仿真、市场经济等领域。如某个备选区  $i$ ，则  $i$  被家庭选择的概率  $P_i$  为：

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^n e^{V_j}} \quad (1)$$

$$V_i = Kx_i \quad (2)$$

其中： $j$  为备选区标识码， $K$  为回归系数， $x_i$  为备选区  $i$  的参数变量。

研究中按照家庭收入情况把家庭分为低、中、高收入三种类型，

根据不同家庭类型进行分类回归估计。模型参数变量在选择上，一方面模拟生活中家庭选址考虑因素，另一方面借鉴了文献中有关家庭选址的影响因素，综合考虑房屋住宅情况、交通便利度、区域配套设施、区域人口、就业等方面选址变量。通过对参数变量进行回归估计，获取回归系数作为计算常量，然后根据多项罗吉特模型计算空置房屋的家庭选址概率，依据选址概率的大小进行待分配家庭的选址。

#### （二）养老院选址模型构建

目前诸多养老地产选址文献中，对选址影响因素的选择往往大同小异，本文在综合了养老地产选址文献结果、养老设施规划选址要求以及相关专家建议后，对现有的选址因素体系进行优化，提出了包括养老需求、养老院经济效益等因素在内的养老院选址影响因素体系，确定养老院选址影响因素主要包括环境、经济、配套设施、需求四个方面。环境方面主要考虑了影响老年人生活品质的一些影响因素，包括周边的绿地、湖泊等生态环境以及交通噪声干扰等。经济方面除了考虑到周边具有竞争关系的养老院数以及 15 分钟商业综合体数以外，还引入了备选地块养老院建设的经济收益因素，该因素基于 UrbanSim 中的地价 / 房价模型推演出的地价 / 房价数据，结合多个经济计算指标，如原有房屋的拆迁补偿、建筑建造成本、养老院运营成本以及床位收费标准等指标，按照十年的成本回收期，计算每年的养老院经济收益。配套设施方面考虑到老年人的医疗需求以及子女探视

表1 养老院选址影响因素评估结果

影响因素	回归系数	T 统计量
15分钟绿地覆盖率	0.0947	1.7496
15分钟河流湖泊覆盖率	0.1853	1.3195
主要道路距离(噪声指数)	-0.2389	-1.1452
经济收益(房价、地价、收费标准)	0.2921	2.1129
15分钟商业综合体数	-1.1056	-1.2788
15分钟养老院数	3	12.0853
15分钟地铁站数	0.0571	1.5115
15分钟公交站数	0.3861	2.2007
15分钟医院数	0.0554	1.1282
15分钟老年人口密度	0.4954	1.9248

的交通需求,确定了15分钟医院数、15分钟地铁站数以及15分钟公交站数作为主要的影响因素。需求方面以15分钟生活圈内的老年人口密度去衡量该区域的养老需求。

完成选址影响因素的选取后,运用分段多元回归估计,结合爬取的天津市市内十区377个养老院数据对选址影响因素进行评估。结果见表1。

由表1可以看出,15分钟养老院数、15分钟老年人口密度以及15分钟公交站数等因素对选址影响较大,成正相关;15分钟商业综合体数以及主要道路距离对于选址影响成负相关,满足养老院选址基本逻辑,即选择养老需求大、交通便利、远离噪声干扰、远离经济中心等区域。然后使用经过二次开发后的区位选择模型,运用多项罗吉特计算方法,对每个备选地块的选择概率进行计算,然后再根据所需养老院建设地块面积,按照蒙特卡罗模拟方法,根据概率的大小确定养老院建设优先布局选择地块。

### (三) 选址模型结果分析

上文中以家庭数据为基础,利

用UrbanSim模型对南开区养老需求进行情景推演仿真,通过家庭区位选择模型获取到南开区人口的逐年变化分布情况,进而根据年龄属性筛选得到区域内老年人口的数量以及空间分布聚集情况。研究中以地块为研究尺度,对人口推演,推演未来15年的地块人口总数变化情况。在此基础上,运用上文中构建的养老院选址模型,通过选址影响因素评估,进行地块选择。

## 四、结论

本文以UrbanSim模型为基础,通过对UrbanSim模型的参数本土化修改以及二次开发,进行人口推演仿真,实现多情景下对老年人口的养老需求进行推演预测,精确获取养老需求量以及空间分布情况,以动态需求分布为导向构建养老院选址模型,创造性地把动态数据未来养老需求量、养老开发经济效益等养老院选址影响因素引入养老院选址模型中,按照《城镇老年人设施规划规范》中各项规划约束条件,通过对养老院选址影响因素

进行回归估计,构建区位选择模型,根据概率打分的方式对备选地块进行养老院规划选址。并以天津市南开区为例,对以上模型方法进行应用验证,从得到的养老院选址规划布局方案中可以看出基本符合养老院规划选址原则,满足以养老需求和选址影响因素为导向的规划选址要求。该模型方法通过修改优化还可用于其他公共服务设施的选址应用,具有较强的移植性和推广性,可为规划编制人员以及政府决策者的设施规划布局选址提供辅助参考和决策依据。

### 参考文献:

- [1] 彭建东, 邢露, 杨红. 基于供需匹配的养老服务设施规划布局研究[J]. 地球信息科学学报, 2022 (7): 1349-1362.
- [2] 段瑞兰, 郑新奇. 城市仿真模型(UrbanSim)及其应用[J]. 现代城市研究, 2004 (1): 65-68.