

# 城市养老设施配置的微观模拟与规划政策分析 ——以北京市为例

颜秉秋<sup>1,2</sup>, 高晓路<sup>1\*</sup>, 季 珏<sup>3</sup>

(1. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 北京戏曲艺术职业学院, 北京 100068; 3. 住房和城乡建设部城乡规划管理中心, 北京 100835)

**摘 要:**养老设施规划配置的关键应着眼于老年群体对养老服务的差异化需求及其动态变化特征。本文提出了基于多主体模拟的理论框架,并通过对前期研究的梳理,归纳出养老机构配置问题中需要考虑的老年人、养老机构等主体的时间变异和空间差异特征、其行为规则以及他们与环境之间的相互作用规律。在此基础上,以北京市为例构建了多主体微观模拟模型,对2010-2030年间养老机构需求与供给态势进行了预测,并讨论了养老设施布局的评估指标,通过设施利用率、百人床位数和空间匹配度等指标,对北京市养老服务设施的规划政策进行了评估。研究表明,多智能体模拟技术对把握人口动向及养老服务需求的不确定性和动态变化特征而言是一个十分有效的研究工具,能够很好地体现各种要素的空间属性。对于北京市的“9064”养老服务规划和养老设施专项规划的分析表明,如果仅仅对养老模式的分担比例和百人床位数进行控制,而忽视对空间布局的管控,养老机构床位空置率有可能出现继续上升的趋势,为此,必须制定城市中心区养老机构的比例,同时对养老机构的定价、选址和服务质量采取必要的管控措施。

**关键词:**老龄化;养老设施;空间配置;多主体模拟;北京

## 1 引言

养老设施有别于其他各类公共和社会服务设施的关键在于其为老年人提供的特定养老需求服务。相关资料表明,中国养老设施总量不足,截至2014年底,平均每千名老年人仅有27张床位(民政部,2015)。民政部正在调研制定“十三五”期间养老服务业发展规划,以期实现每千名老年人拥有养老床位数35~40张,目标日间照料服务设施将覆盖所有的城市社区。但事实上,与养老设施数量不足相比,养老服务不到位的矛盾更加突出,表现为结构和空间失衡两个方面。老年群体在年龄、经济能力、身心状况、社会和家庭环境等方面高度分化,其

应对外部变化和风险的能力都远低于年轻人群,这种群体分化对老年人的需求特征和消费行为造成很大的影响。然而目前,老年服务的功能过于单一,大部分养老机构只能提供日常生活性服务,而针对高龄和失能老人的医疗、康复、护理和临终关怀等服务普遍缺失。其矛盾之处在于:可提供专业护理服务的护养型机构“一床难求”,而一些疗养型的养老院大量空置,经营欠佳。另外,很多新建的城市郊区养老机构,尽管环境较好,价位也比较合适,但老年人因感到不便或离家人和子女太远而不愿入住;在城市中心区,养老机构则由于找不到用地或其他各种原因难以实现新扩建。例如,广州约有60%的养老院由于证照不齐或日照、消防不符合

收稿日期:2015-04;修订日期:2015-11。

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAI32B07);中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-06);国家自然科学基金项目(41171138)。

作者简介:颜秉秋(1983-),女,内蒙古呼伦贝尔人,博士后,主要从事城市社会学与空间分析等方面的研究,

E-mail: yanbingqiu@aliyun.com。

通讯作者:高晓路(1969-),女,内蒙古包头人,研究员,主要研究方向为城市环境评价与空间分析,E-mail: gaoxl@igsrr.ac.cn。

引用格式:颜秉秋,高晓路,季珏. 2015. 城市养老设施配置的微观模拟与规划政策分析:以北京市为例[J]. 地理科学进展, 34(12): 1586-1597.  
[Yan B Q, Gao X L, Ji J. 2015. Micro simulation and planning policies analysis for urban elderly care facilities: take Beijing as an example[J]. Progress in Geography, 34(12): 1586-1597.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2015.12.007

规范无法通过验收(潘按按, 2015)。国家统计局公布的数据显示, 2014年末全国各类提供住宿的养老服务机构多达3.4万个、床位551.4万张, 入住的老人却只有288.7万人, 空置率高达48%。其中, 上海市的床位空置率超过30%, 北京市为40%~50%, 南京市目前有一半在建或已建好的养老床位处于空置状态。不仅如此, 近年来各地民办养老机构关门停业的现象也十分普遍(谢琼, 2015)。上述现象意味着养老服务业投资的失败不仅浪费了大量宝贵的土地和财政资源, 扭曲了养老服务业的正常发展, 更直接损害了政府的公信力; 政府对养老服务业的土地、财政投入不断增加, 养老机构床位数量超速增长, 然而老年人却并没有因此受惠, 有效供给不足, 这种反差引发的不安和焦虑情绪正在蔓延(谢琼, 2015)。可见, 养老服务建设和规划政策的合理性与有效性是民生保障和基层社会治理中的一个重要问题, 直接影响中国老龄化的健康发展。

有鉴于此, 养老设施的规划配置问题亟待深入研究。问题的实质是着眼于老年群体对养老服务的差异化需求及其动态变化特征, 就养老服务设施的规模、类型和空间布局提出合理的解决方案。本文以北京为研究案例, 力图基于老年人口需求的多元化、差异化和长期变化规律的分析, 运用微观模拟的技术手段, 对城市养老服务需求进行分析和预测, 并运用空置率、百人床位数、空间匹配度等指标对养老设施的规划政策进行研究。

## 2 研究视角和方法选择

既往文献对老年人养老服务需求的影响因素和设施配置已经进行了很多研究。Lawton等(1968, 1973)着眼于老年人的个人属性(包括健康、收入、教育、社会地位)、生活与社会环境的关系提出老年生态学模型(P-E fit model), 以解释老年人与环境之间关系(Rowles et al, 2013)。Wahl等(2012)把老年人生命历程分析也纳入生态分析的框架之中, 以揭示生活经历和偏好对老人与环境之间关系的影响。陈赛权(2000)、裴晓梅(2009)通过分析中国社会和家庭的特点对养老需求与模式的政策导向进行了研究; 张红等(2008)、贾雪华(2009)、刘红(2009)、赵婧(2010)、蔡麟(2010)等通过调查, 分析了不同城市和地区的老年人对机构养老、居家养老、社区日托等各种养老模式和服务设施的需求及其

影响因素。高晓路等(2012)针对北京市典型社区的调查研究表明, 家庭结构、经济收入、居住条件、社区环境和服务等因素对老人的养老方式选择有重要影响。对于不同健康状况的老年人, 其决策过程中各种要素的重要性存有显著区别: 在健康状态下, 依次取决于住房面积、家庭结构、年龄和教育; 而在失能或半失能状态下, 养老模式的决策则依次取决于收入、住房面积、年龄和家庭构成。高晓路(2013)以北京市具有设施养老意向的居民为对象, 开展了养老机构偏好的实验。分析结果表明, 生活经历和环境对人们的偏好具有很大影响, 表现在不同类型社区的居民在养老机构的区位、价格、环境和服务的偏好方面。例如, 城市中心区四合院街坊的居民对养老设施离家近不近非常敏感, 而价格、环境和服务的敏感性不高; 商品房社区居民的偏好则具有强烈的环境和服务指向。

关于养老服务设施的空间布局, 现有研究关注的焦点是设施的分布特征及其与人口的耦合关系(Smith, 1998; Andrews et al, 2005), 以及养老设施的可达性(Cheng et al, 2011, 2012; 陶卓霖等, 2014)等问题。然而如前所述, 在很多情况下, 距离最短并非判别养老设施布局是否合理的唯一或主要因素, 因此对上述研究的合理性仍存有一定疑问。于涛方等(2012)指出, 面向老龄化的规划政策研究的主要内容应综合考虑老年人需求的满足和城市空间和要素资源的合理配置, 以实现公平与效率的统筹兼顾, 这一观点为规划政策的评估提供了方向。不过目前, 关于养老设施布局优化的研究案例还不多, 对于采取何种规划政策来引导养老服务资源合理配置政策的事前评估研究更为少见。

上述研究缺失的背后, 存在两个尚未解决的关键问题。一是对养老服务需求动态性和差异性的把握不足。于涛方等(2012)指出, 老年人的居住、交通、医疗、休憩和购物行为具有不同于其他群体的、多样化的行为方式, 而且未来存在很大的不确定性。传统上, 许多老人更倾向于家庭成员的照顾而不是正式的服务, 但这种特征很可能会发生变化, 导致老人对服务更加敏感。老龄化过程是一个长期的动态过程, 与不同年代的出生人口动态变化相关, 并且不同年龄阶段老年人的养老需求变化十分显著。伴随老年人体能和知觉的下降, 需要照护的服务内容会与日俱增, 对专业护理的要求也将日趋复杂。同时, 各种尺度上的社会 and 空间差异性, 如



收入差距,流动人口与当地居民,甚至城市中不同地区之间的差距,也会对人们的需求(例如养老设施的区位、环境、价格、服务等)产生不可忽略的重要影响。二是技术方法的选择问题。养老服务需求的差别不仅存在于不同人群和地区之间,更是涉及老龄化过程中人们身心状态的变化、老年人个体的移动、迁居等过程以及空间环境的不断变化而具有高度的复杂性和不确定性。尽管人和空间环境变化的不确定性普遍存在于城市生活的各个时期和各个方面,但在中国城市社会空间转型和重构的过程中具有特殊重要的地位。改革开放以来,随着市场化和制度的开放,劳动者、家庭、企业的流动性越来越强,他们的差异性和独立性越来越明显,呈现出不同于以往的“随机秩序”。同时,政府、企业、家庭、个人等各种微观利益主体之间的相互作用以及他们与环境之间的相互作用也大大增强了。此外,以社区为单位的社会空间极化现象更加显著。特别是低收入、独立性强和缺乏家庭和社会支持的老年人,在生活条件和价值取向等方面与其他社会成员的差距不断加大,随着年轻有活力的家庭逐渐向新的富裕社区迁移或受被动拆迁的影响,老年人逐渐在内城和一些老旧的边缘化社区里“集聚”或“残留”下来,形成老龄化社区(于涛方等, 2012)。在这种情况下,利用面板统计数据或者个案调查所得到的个别时点或地区的分析模型来研究城市整体的养老机构配置问题具有很大的局限性。

可见,对于这样的复杂问题,需要更加有力的分析工具。复杂系统科学的理论和方法为问题的解决提供了思路。特别是20世纪90年代中期以来,基于人工智能理论的多主体模拟(ABS: Agent Based Simulation)方法在城市研究中取得了很大发展。不同于传统的计量经济学模型,ABS将城市和区域视为一个开放和非均衡的、具有自组织特征的系统,通过模拟大量微观主体的行为及其相互作用来研究整个系统的宏观演化规律,一方面对城市和区域发展中微观个体的不确定性具有更好的把握力(周成虎等, 1999; 刘志刚等, 2002; 薛领等, 2003),另一方面较好地解决了宏观尺度的决策过程与微观分析的整合问题(林波等, 2007)。

多主体模拟已经在城市交通、社会、人口等方面获得了较多的应用。在规划实践中,它提供了一种自下而上的模拟方法,用来支持信息的交流、方案的比较和政策效果的评估。但是,由于城市系统

的复杂性,要想完全把握各种主体的行为规则以及各种空间环境要素的变化及其影响是不现实的,因此规划工作的现实需求与模型所能提供的支持之间是有距离的(Brömmelstroet, 2013)。因此,面向养老机构配置的实际问题,一方面要试图构建一个比较完整的理论模型框架,另一方面要通过扎实的调查和实证分析把握系统中关键的行为规则和相互作用机制。

应用多智能体模拟技术进行空间决策支持研究,首先要识别模型的主体,接着设定主体所在的环境,输入主体的行为规则以及主体之间、主体与空间环境之间相互作用的规则,最后导入数据实现模拟。在此平台上,进行政策情景的模拟实验和可视化分析。根据以上流程,本文对养老设施配置问题的主体、行为规则、主体及环境之间相互作用的架构进行了设计。城市养老设施布局问题主要涉及三类主体,即老年人、养老机构和政策制定者。本文假设政策制定者尚未形成固定的政策模式,因此主要考虑前两类主体,进而通过考察不同政策情景下系统的运行过程来分析政策的效果。与此同时,对老年人和养老机构的行为产生影响的家庭和社会环境、建成区环境、各种服务设施、政策条件等因素构成了模拟的环境。

### 3 养老机构配置的多主体模拟理论模型

#### 3.1 老年人主体的行为

老年人是模拟的核心主体。伴随着老化过程,身体机能、家庭构成、社会职能发生转变,老年人的健康、收入、居住方式等属性随之变化,由此可将老年人的行为心理按照生命周期中的不同阶段加以划分。不同阶段内,老年人的养老服务需求有很大差异。例如,健康老年人的服务需求一般来自于日常生活,而高龄、失能老年人的需求为护理服务。因而,老年人会根据自己的需求以及生活环境等情况,做出养老方式的选择。例如,健康老年人以居家养老的居多;而失能老年人入住养老机构的比例较高。而后,想要入住养老机构的老年人将根据自身的需求和偏好选择最合适的养老机构。归纳起来,老年人主体的行为决策过程包括3个互为输入、输出条件的独立模块:

(1) 生命周期模块。假设未来总人口和人口死亡率保持不变,利用队列要素分析方法(cohort-com-

ponent method)进行分要素人口预测,根据分性别、分年龄的人口数和死亡率、育龄妇女总和生育率、人口预期寿命等信息来预测未来地区的总人口、人口结构及老年人口增长趋势。

根据生命周期理论,一个人从出生存活至 $x$ 岁的存活概率 $p(x)$ 可用 $p(x)=l(x)/l(0)$ 来表示,其中函数 $l(x)$ 表示年龄组 $x$ 的尚存人口。研究表明,由于人口的死亡模式在短期内具有相对稳定的特征,对 $p(x)$ 做如式(1)所示的logit函数变换后,其值 $y(x)$ 相对于从出生至确切年龄 $x$ 岁时的存活概率的logit函数值 $y_s(x)$ 而言,存在显著的线性关系(曾毅等, 2011),如式(2)所示。

$$y(x) = \text{logit}(p(x)) = (1/2) \times \ln((1 - p(x))/p(x)) \quad (1)$$

$$y(x) = a + y_s(x) \quad (2)$$

由此可得:

$$p(x) = p_s(x) / (p_s(x) + (1 - p_s(x)) \times e^{2x}) \quad (3)$$

据此,可利用各年龄区间的人口和平均预期寿命等数据通过迭代计算来求解年龄别存活概率、和死亡率等参数。年龄别生育率 $F(x)$ 则可根据 $F(x)=g(x)/TFR$ 求得,其中, $g(x)$ 为当前育龄妇女的生育频率分布曲线模式, $TFR$ 为总和生育率。根据这些基本参数,即可进行总人口和人口结构的推测。

(2) 养老方式选择模块。本文采用高晓路等(2012)关于北京市典型社区老年人养老意愿的前期研究成果,即将养老方式分为独自居住、子女照顾、社区居家、机构养老4个类型,以养老方式为决策变量,主体社会经济属性和环境变量为决策因子,发现养老方式的选择受到健康状况、住房面积、收入、年龄、教育程度和家庭结构等因素的影响,通过数据挖掘分析得到健康与失能(半失能)状态下的决策树模型(即不同养老方式选择的决策路径),定量地给出了不同养老方式的比例及各个决策因子的影响强度(图1-2)。

(3) 养老机构选择模块。如前所述,在不同类型的社区,具有机构养老意向的老年人对养老设施的性质(公立/私立)、区位(远/一般/近)、服务标准(高档/中档/一般)和收费(高/中高/一般/中低/低)具有显著不同的偏好(高晓路, 2013)。对不同类型养老机构的偏好可以通过偏好指数(即选择该类型产品的人数的比例)定量地表达。例如,相对于市场上的热门产品——中心城区一般服务水准的月收费1000~1500元的公办养老机构(偏好指数为1),郊区一般服务水准的月收费1200~1500元的民办养老机

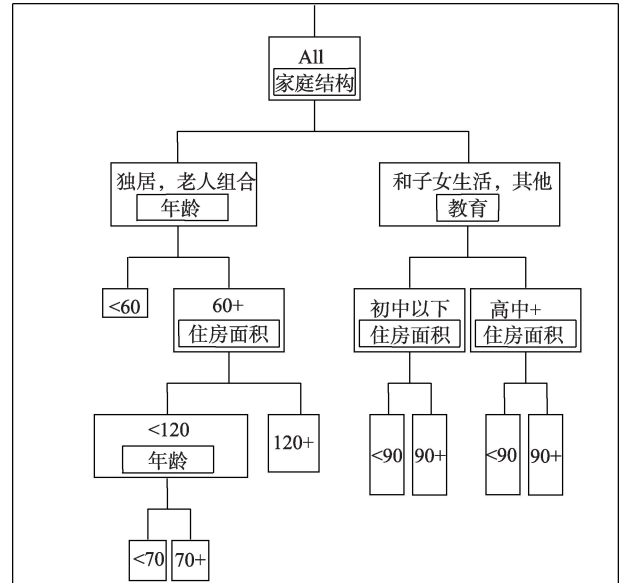


图1 健康状态下养老方式选择的决策树

Fig.1 Decision tree of caring patterns in healthy stage

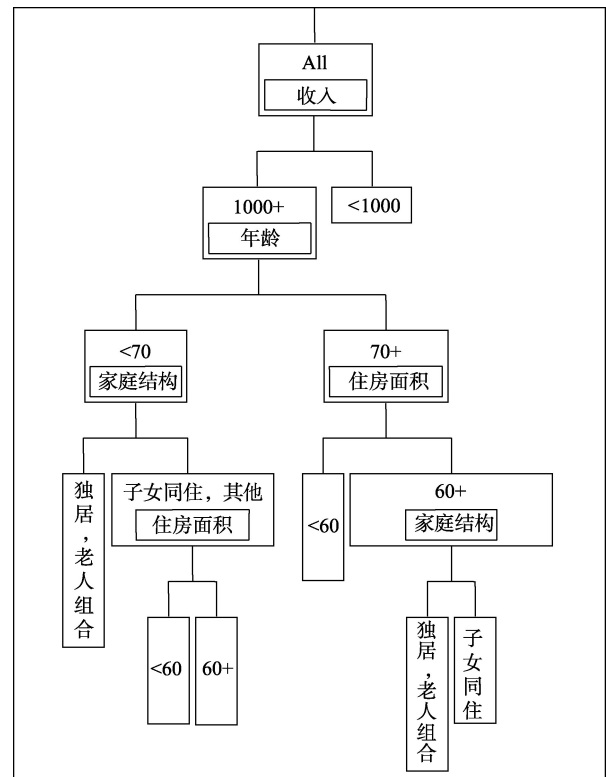


图2 独立生活有困难时养老方式选择的决策树

Fig.2 Decision tree of caring patterns in need of care

构的偏好指数为0.736,而位于郊区的民办高端养老机构的偏好指数为0.368。上述定量分析模型为机构选择的决策提供了依据。在此基础上,针对每一位有机构养老意向的老年人,首先根据其自身属性、选择偏好和养老机构的收费、区位、距离等条件

计算其效用,从中选择效用最大的养老机构,然后根据被选养老机构的入住状况判断是否有空余床位,如果有,则入住该机构;如果没有,则在其他养老机构中选择最合适的机构。

### 3.2 养老机构主体的行为

养老机构是城市养老服务的主要供给者。本文把养老机构抽象为静态的主体,即其位置不变,但可以自主决定规模(床位数量)、收费标准、服务水准和经营状态(持续经营或关门停业)。除了设定公私性质、区位、收费、服务标准、周边环境对老年人产生不同程度吸引力等因素外,还设定了每个养老机构的规模属性,以床位数指标来代表其容纳能力(高晓路, 2013)。事实上,现有政策主要是通过床位数实现对养老机构的引导或约束(例如制定年度发展目标、提供床位补贴),因此,养老机构的规模是体现政策影响的重要因素。对于每一个养老机构而言,规模、服务水平、区位选择、定价等决策直接关系到机构的运营成本和收益,进而影响其未来的经营行为。

在机构运营过程中,每一个养老机构会记录当前的接纳人数,根据其拥有的床位数确定目前的状态:可接收(已占用与有效床位数的比例 $<80\%$ );床位紧张(已占用与有效床位数的比例 $\geq 80\%$ );满员(已占用床位数等于有效床位数)。

在可接收状态下,养老机构对于希望入住的老年人没有特别限制。当前,中国老年人的收入主要来源于退休金和子女供给。根据前期调研结果,大部分老人不愿意给子女增加额外负担,在选择养老服务时一般以自身可以支配收入作为长期支出的限度。因此假定,只要养老机构的月收费标准低于老年人的月收入,就可以接收。当然实际上,有一些老人的养老费用是由子女来承担的,因此以自身收入作为普遍标准有一定局限性,在下一步的研究中应结合实际对老年人群体进一步细分。

在床位紧张状态下,我们增加了对老年人健康状况的判别条件。由于养老机构是提供老年护理服务最重要的功能载体,在养老设施总量不足条件下,优先接纳失能和半失能的老年人并提供适宜的养护服务是政策引导的方向。因此,除了收费标准合宜外,还需判别老年人的健康状况,若不能自理,则可以接收;若能够自理,则不予接收。在满员状态下,养老机构无法接收更多老年人。养老机构的决策流程如图3所示。

### 3.3 主体之间及主体与环境的相互作用

老年人主体、机构主体以及它们与环境之间的相互作用关系通过各个模拟模块之间的函数和参数的交互得以实现,这种相互作用是模拟模型的设计是否合理的关键。为了清晰表达要素和模块之间实际上非常错综复杂的关系,参照颜秉秋(2014, 2015)对模块之间最为关键的交互过程进行了梳理。

具体来说,模块之间的关系包括以下三种类型(图4):①描述同一个主体的相互接续的行为过程,

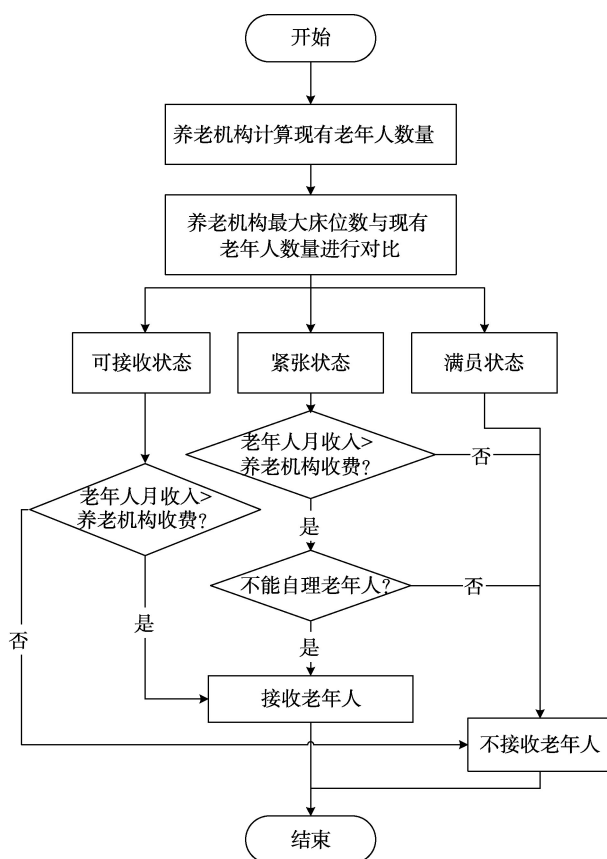


图3 养老机构行为决策的主要过程

Fig.3 Decision making process of elderly care facility agent

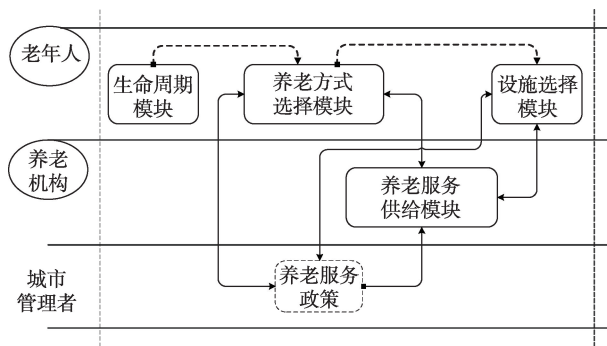


图4 模拟模块之间的相互关系

Fig.4 Relationships between different processes



用单箭头的虚线表示。如老年人的生命周期模块将影响该老年人的养老方式选择模块,养老方式选择模块的结果将作用于设施选择模块;②描述不同主体之间,或主体与环境之间的单向作用,用单向的实线箭头表示,如养老服务政策会对供给模块产生影响;③描述不同主体、不同模块之间的相互作用,用双向的实线箭头表示,如养老机构的服务供给模块与老年人的设施选择模块之间的关系。

环境要素在老年人选择养老方式和设施的过程中,发挥着重要作用。本文主要考虑了老年人生活的家庭、社会、居住和政策环境等4个方面。其中,家庭环境以家庭人口、家庭结构(空巢或非空巢)为代表性指标;社会环境以老年人所在的社区类型来替代,包括廉租政策房社区(获得了较多的公共政策支持)、商品房社区(建成时间较短,依靠社会化服务)、单位大院或经济适用房社区(单位承担了一定的社会福利功能)和其他一般社区(包括内城的四合院地区和混合式街区等社区公共服务较为完善);居住环境涵盖两个方面:一是居民的住房条件(建筑面积及产权性质)和社区的养老环境(生活环境、社区医疗、养老服务),二是周边公共交通和公园等基础设施和公共服务的配套状况;政策环境则包括政府出台的养老设施的规模、布局等方面的规划。如果能够确定这些因素与主体行为之间的关系,就可将其作为图4中各个模块的输入条件。

## 4 北京市养老机构供需态势的模拟

### 4.1 养老机构需求的模拟

基于上述理论模型,以北京市全城作为研究区构建模拟模型。模拟的时间起点为2010年,终点为2030年。作为模型的初始输入条件,2010年北京市常住人口总数为1959万人,其中,60岁以上的老年人口244万人,户籍人口中60岁以上的老年人口235万人。本文采用龙瀛等(2011)提出的模型,利用“六普”分街道统计所提示的年龄、性别、教育、收入、家庭结构、住房产权和面积等属性关系数据及个体通用规则对人口数据进行了结构反演,生成了微观个体的空间属性数据。例如,假设 $x_1, x_2$ 两项指标为服从正态分布的随机变量,首先根据统计数据计算正态分布参数 $(\mu_1, d_1; \mu_2, d_2)$ ,以及它们的相关系数 $\rho(x_1, x_2)$ (若 $x_1, x_2$ 相互独立,则 $\rho(x_1, x_2)=0$ );然后按照二维正态分布,及 $x_1, x_2 \sim N(\mu_1, \mu_2, d_1, d_2, \rho)$

进行数值反演。

此外,参照季珏等(2012)对北京市基本社区类型和生活空间单元空间分布的研究,获得了商品房、内城四合院、混合社区、单位大院4种不同类型社区的空间分布及周边环境(主要包括地铁、公交站、公园)的空间信息。养老机构的初始输入数据来源于北京市民政局信息网,截至2014年1月,北京市各类养老机构数量共计387个,所搜集到的信息包括空间位置、服务范围、公私性质、收费、有效床位数等属性数据。

接着,利用NetLogo模拟平台构建了模拟程序,并将3.1-3.3小节所述的主体行为规则和相互作用函数输入模型,实现了北京市老年人口和养老机构空间配置的多主体动态模拟。模拟从2010年开始,执行20个循环,至2030年停止。在每个循环中,老年人主体依次执行生命周期、养老方式选择、机构选择模块等3个主要行为过程,养老机构主体则执行养老服务供给模块。每个循环后,老年人的年龄增加1岁,健康属性及其行为决策也随之发生一定的改变。随着时间的推移,老年人口的数量逐渐增长,养老机构的需求总量变大,每个老年人和机构执行的计算数量也相应增加。考虑到微观模拟的随机性,对每次情景设置都重复进行了30次模拟实验,每次模拟实验运行30个循环,来观测模拟结果的稳定性。结果证明,模拟实验的结果基本稳定可靠(颜秉秋, 2014, 2015)。

模拟模型输出了2010-2030年间老年人口的规模、结构、健康和居住等属性、老人选择各种养老方式的比例、对养老机构的需求数量(床位数)以及不同年份北京市老年人口的空间分布特征(图5)。

根据老年人生命周期变化过程的模拟结果(图6),当不考虑外来人口的迁入时,预计未来20年,北京市户籍人口中80岁以上高龄老年人将持续增加,到2030年,达到老年人总数的33%;70~80岁老年人口的比重先降后升,60~70岁老年人口比重先升后降。从健康属性来看,未来20年间老年人的主体是“有些慢性病,但可以自理”的老人,而且其比例不断上升,2030年将达到老年人口总数的40%;健康老年人的比例也将微弱上升;同时,难以自理的老年人数量增加到130万左右。

同时,NetLogo模型还输出了对不同区位、环境和价位养老机构的利用率变化情况数据。养老方式选择模块的模拟结果显示,按照现有趋势(行

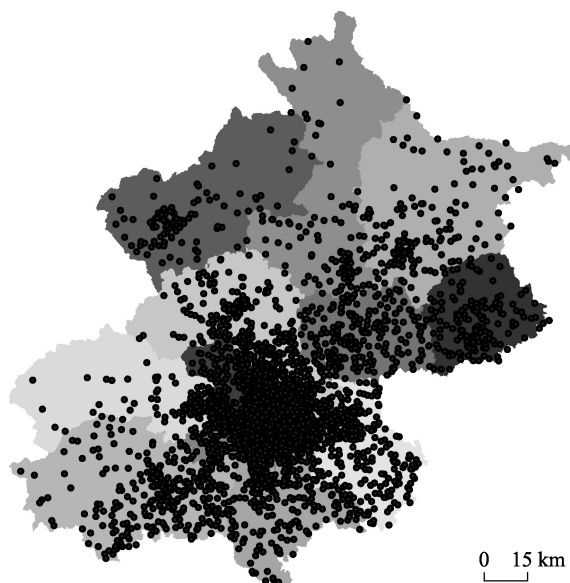


图5 基于多主体模拟的2020年北京市老年人分布预测(每个点代表1万人)

Fig.5 Agent based simulation for elder population in 2020 in Beijing (each point represents the 10 thousand people)

为规则不加调整),2030年全北京市的老年人中将有42%的老人具有机构养老的意向,产生约27万个床位需求;36%的老人将选择独立养老,选择社区居家养老与子女赡养的比例都分别约为11%(图7)。

#### 4.2 养老机构供给的模拟

根据图4的理论模型,相关规划政策对于养老机构设置的总体规模具有决定性的影响。因此在模拟过程中,依照现有政策对养老机构的数量进行了控制。北京市“十二五”时期老龄事业发展规划》提出“9064”的养老服务体系发展目标,即到2020年,户籍人口中90%的老年人在社会化服务协助下通过家庭照顾养老,6%的老年人通过政府购买社区照顾养老,4%的老年人入住养老机构集中养老。从规划的视角来看,意味着政府将按老年总人口的90%、6%、4%的目标来分别配置或购买社会化养老服务、社区照顾服务、养老服务机构集中养老服务。按照机构养老比例为4%的政策目标,未来将随着老年人口增加而不断提高床位总数,计划到

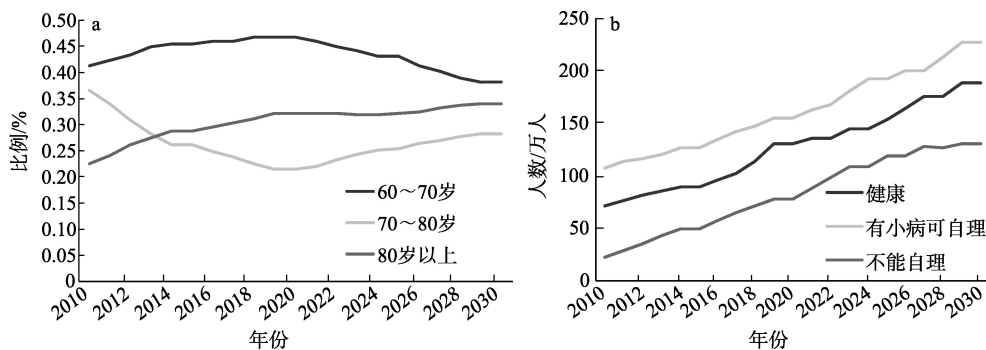


图6 未来20年间北京市不同年龄(左)和健康状况(右)老年人数量和比例的预测  
Fig.6 Prediction of elderly population by age and health during 2010 to 2030 in Beijing

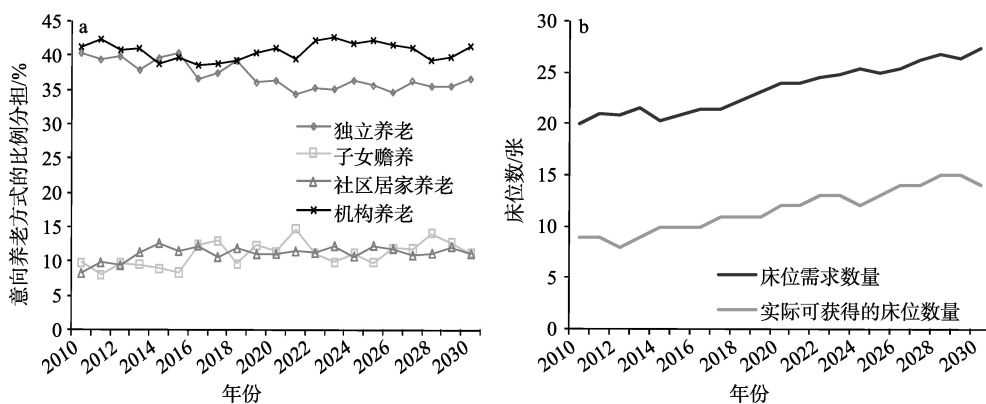


图7 意向养老方式的比例分担(左)和养老机构床位需求(右)的预测  
Fig.7 Share of preferred caring patterns and prediction of total demand for caring facility beds

2020年全市养老床位总数达到14万张,每百名老年人拥有床位4张。

然而,图7b表明,2020年期望机构养老的老年人总数多达27万人,需求远大于实际供给能力,大量有意愿的老年人不能入住养老机构。而与此同时,希望采取社区居家养老方式的居民比例(5%)则低于6%的政策目标。因此,配合“9064”政策的实施,必须出台相应的配套措施,对老年人的行为和心理进行疏导,使其转向其他更适宜的社会养老服务方式。其中,特别是要通过培育就地养老(aging-in-place)的观念,大幅提高居家养老方式的选择概率;同时,积极充实社区照护服务,使社区养老成为一个具有吸引力的选择。

## 5 养老机构空间配置政策的模拟分析

### 5.1 养老机构空间配置的评价指标

为了判别养老机构的空间配置是否合理,首先需要建立合适的评价指标。目前,养老服务政策的绩效评估通常一般着眼于政府的财政投入与设施供给的数量,常用的指标包括养老服务的财政投入额、建成养老院个数和养老机构床位数、百人(或千人)床位指标等。这些指标的缺陷是没有充分考虑设施利用水平以及设施与利用者的空间耦合性,难以真正引导实现设施合理的空间配置。

本文认为,养老服务设施的空間配置应该注重政府效率与公平性目标。政府为养老服务设施的建设提供了大量补贴,因此,在效率方面,应该重视需求的多元化和差异性,尽可能地满足所有老年人的需求,使养老机构的床位得到最充分的利用,而且在可以预期的较长时期内,不至于出现配置不合理而导致的资源浪费。在公平性方面,设施的配置应该具有较好的可达性(考虑到人口分布的空间均衡)(Cheng et al, 2011, 2012;陶卓霖等, 2014)和可获得性(考虑到支付能力等因素的机会均衡)(颜秉秋, 2015),从而使不同类型的居民群体均可享受到较为均等化的社会服务。基于以上考虑,提出床位可空置率(或床位利用率)、百人床位数、空间匹配度三项评价指标。

其中,空间匹配度反映了特定空间尺度上老年人口与养老机构的匹配性,由下式给出:

$$M_i = (P_i / \sum P_i) - (C_i / \sum C_i) \quad (4)$$

式中: $M_i$ 为空间单元*i*的老年人口与养老机构的空間匹配度, $P_i$ 为该空间单元的老年人口, $C_i$ 为该空间单元的养老设施个数, $\sum P_i$ 为全市老年人口总数, $\sum C_i$ 为全市养老设施总数。当 $M_i$ 接近于0时,表明该地区老年人口与养老设施相对全市而言匹配性良好;当 $M_i > 0$ 或 $M_i < 0$ 时,表明该地区的机构服务功能过于不足或过度配置。

在上述3个指标中,百人床位数和空间匹配度都对计算时所选取的空间单元具有较强依赖性。由于养老选择行为的空间不确定性,即老年人不一定选择最邻近或本地设施,而有可能出于靠近子女、青睐特定的服务等考虑选择其他设施。因此,空间单元的确定有一定的难度。在本文中,只计算了全市的百人床位率和街道尺度的空间匹配度作为参考指标,而不深入讨论空间单元的选择问题。

### 5.2 北京市养老设施规划政策的评估

近年来,北京市陆续出台了许多养老服务规划政策,包括2000年出台的《北京市养老服务机构管理办法》、2002年的《养老服务机构服务质量标准》、2003年的《老年人居住建筑设计标准》、2006年的《北京市居住公共服务设施规划设计指标》、2009年的《北京市关于加快养老服务机构发展的意见》等。其中,2011年出台的《北京市“十二五”时期老龄事业发展规划》和2010年发布的《北京市养老设施专项规划》是当前养老机构供给规模和布局服务建设的主要政策依据。前者确定了“9064”的养老方式比例安排,后者则明确了分区指导原则,提出针对中心城、新城、乡镇和农村地区的不同特点,制定设施发展和建设思路,优化全市养老设施的空間布局。结合中心城和新城的土地利用规划,2020年新增机构主要集中在中心城和新城内的集中建设区,规划新增机构养老设施选址意向约500处(北京市规划委等, 2010)。养老设施的空間布局是当前规划政策的薄弱环节。尽管规划意图在2020年实现百名老人床位数达到4个的规划目标,但如果空间配置不合理,就不能保证这些床位都得到有效的利用,也就无法达成4%的老年人入住养老机构的政策目标。为此,基于模拟平台对养老机构的床位利用率进行了分析。

为了提高服务和运营的效率,养老院应有适宜的规模。目前,北京市养老机构的床位数平均为200个左右,为简化模拟计算,在此将养老机构的平



均床位数取值为500个,并假设养老机构设施数量年增长5%。根据模拟结果,2020年养老床位总数达到144800个,每百人拥有4个床位。然而,床位使用率却随着养老机构的增长呈现下降趋势,2020年约为55%,2030年下降到45%(图8)。尽管随着老年人数量的增长,想去机构养老的老年人快速增长,但由于经济条件、养老机构服务、收费、距离等因素的制约,实际进入机构养老的老年人数量增长平稳,养老机构的供给与需求存在一定错位。尽管如此,图8的结果融合了老年人口的空间分布及其健康、支付能力、服务需求、模式偏好以及养老设施的运营等诸多方面的考虑,因此对政策制定者还是具有一定警示作用的。

基于2020年北京市养老机构布局规划(北京市规划委等,2010)与老年人口分布的预测(图5),对二者在街道尺度上的空间匹配度( $M$ )进行了分析,结果如图9所示。其中白色空白区表示匹配度较好的区域;左斜线(\)填充区域表示需求大于供给;右斜线(/)填充区域表示机构供给大于需求。可见,城市四环以内的大部分地区养老服务设施配置不足,且北部和东部地区的床位短缺的压力最大;而四环至五环之间有大量供过于求的街道;市区外围机构供大于求的地区则集中于昌平区和延庆区。

上述分析充分证明,在养老机构的规划中仅仅关注设施总量或百人床位数是不够的,必须采取有效的措施和规划控制标准来保证养老设施的合理布局。鉴于养老机构配置不均衡的状况,未来应加大中心城区的养老机构的数量,对养老机构的定价、选址和服务质量也应该采取一定的规划控制措施。对此,本文构建的模拟模型为解决这些规划问题提供了一个有效的平台。

## 6 结论与讨论

中国的老龄化程度正不断加深且社会家庭结构处于明显的转型过程中,在这一背景下,深入探讨城市养老设施规划配置的理论和方法较之以往具有更加重要的意义。老年人的行为、心理具有不同于其他群体的特征且随生命周期的变化十分明显,因此,其对养老服务的需求呈现出多元性、差异性和动态变化的特征。所以,养老设施的规划配置问题的关键应着眼于老年人群体对养老服务的差异化需求及其动态变化特征,就养老服务设施的规

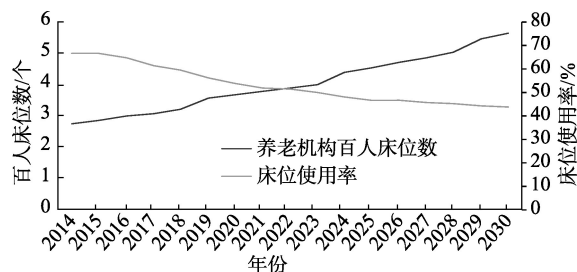


图8 2010-2030年间北京市养老机构百人床位数和床位使用率的预测

Fig.8 Predicted bed number and occupancy rate of elderly care facilities during 2010 to 2030 in Beijing

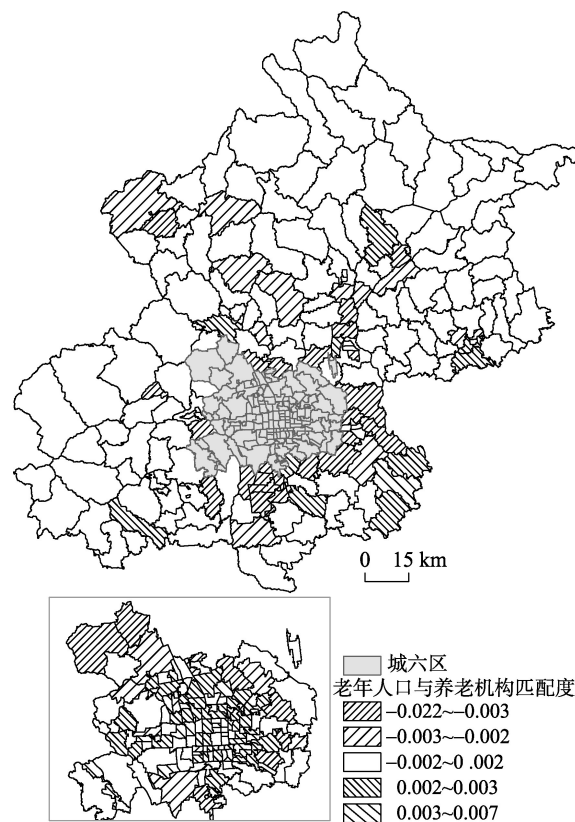


图9 2020年北京市街区尺度上老年人口与规划养老设施的空间匹配度

Fig.9 Jiedao-based spatial matching degree of projected elder population and planned caring facilities in2020 in Beijing

模、类型和空间布局提出合理的解决方案。

针对这个问题,在本文提出了基于多主体模拟的理论框架,并对本研究团队近年来较为丰富的研究素材进行了梳理,归纳了养老机构配置问题中需要考虑的老年人、养老机构等主体的时间变异和空间差异特征、其行为规则及其与环境之间的相互作

用规律。在此基础上,以北京为例构建了多主体微观模拟模型,对2010-2030年间的养老机构需求与供给态势进行了预测,讨论建立了养老设施布局的评估指标,运用设施利用率、百人床位数和空间匹配度等指标,对北京市养老服务设施的规划政策进行了评估。

研究表明,多智能体模拟技术对把握人口动向及养老服务需求的不确定性和动态变化特征而言是一个十分有效的工具,而且多智能体模拟能够很好地体现各种要素的空间属性。不仅多智能体模拟可对现状进行评估,更能对于未来不断变化的设施需求和供给状况和可能产生的问题有长远的把握,提高规划政策的可操作性。相对于模拟技术来说,对于养老服务需求和供给的内在机制还相对欠缺,现有研究主要是基于典型社区的问卷调查,采样数量和代表性受到一定限制(如没有包含入住各类养老设施的老人),而且为了简化问题做了不少假设(如假定养老机构是静态的主体,规模是一定的),但实际在市场上,大中小型养老机构同时存在,不但运营主体、经营模式、服务特色和管理水平方面各有不同,而且养老机构的规模也不是一成不变的,有可能通过扩建或改造调整规模,未来应该把这些因素纳入考虑范围。另外,空间匹配度指标假设老人仅利用居住所在地或周边的服务设施,没有考虑距离的影响,用于评价养老设施的可达性存在一定的局限性。针对上述问题已有研究者提出了一些新的办法,如利用两步移动搜寻法和重力模型法来评估供给与需求的空间匹配性(Cheng et al, 2011, 2012; 陶卓霖等, 2014)。事实上,就近选择服务设施的假设在某些情况下也不适用,老年人可能会出于兴趣或其他服务偏好而选择远离居住地的服务设施。因此,需要进一步研究养老设施距离选择的机理,完善设施可达性的评估方法。总之,未来有必要通过更加全面深入的调查和多学科的协同研究,对养老服务偏好、支付能力、养老服务企业的选址和定价及其可持续运营的能力等问题作更加深入的研究。

对于北京市的“9064”养老服务规划和设施专项规划的分析表明,如果仅仅对养老模式的分担比例和百人床位数进行控制,而忽略对空间布局的管控,那么养老机构床位空置率有可能出现继续上升的趋势,根据本文的模拟结果,2030年全市养老设施的床位利用率下降到45%。所以未来,应制定中

心城区的养老机构的比例,同时对养老机构的定价、选址和服务质量也应该采取必要的管控措施。另外,老年人对养老机构的需求具有明显的社区空间差异,老年人对养老方式和设施的选择取决于住房条件、收入、文化程度和家庭结构等因素的综合考虑。因此,未来也应从养老需求出发,研究老年人社区满意度、养老意愿、对养老机构的偏好、养老模式的选择等服务决策行为规则,深入挖掘老年个体行为特征,进一步提高模拟的合理性及科学性。

## 参考文献(References)

- 北京市规划委,北京市民政局,等. 2010.《北京市养老设施专项规划》公示[EB/OL]. 2010-05-09 [2015-04-03]. [http://www.bjghw.gov.cn/web/static/articles/catalog\\_26/article\\_ff8080812ac7af9e012c8219c9eb07c2/ff8080812ac7af9e012c8219c9eb07c2.html](http://www.bjghw.gov.cn/web/static/articles/catalog_26/article_ff8080812ac7af9e012c8219c9eb07c2/ff8080812ac7af9e012c8219c9eb07c2.html). [Beijing Municipal Commission of Urban Planning, Beijing Civil Affairs Bureau, et al. 2010. Beijingshi Yanglao Sheshi Zhuanxiang Guihua[EB/OL]. 2010-05-09 [2015-04-03]. [http://www.bjghw.gov.cn/web/static/articles/catalog\\_26/article\\_ff8080812ac7af9e012c8219c9eb07c2/ff8080812ac7af9e012c8219c9eb07c2.html](http://www.bjghw.gov.cn/web/static/articles/catalog_26/article_ff8080812ac7af9e012c8219c9eb07c2/ff8080812ac7af9e012c8219c9eb07c2.html).]
- 蔡麟. 2007. 城市日托养老需求分析[J]. 上海师范大学学报: 哲学社会科学版, 36(3): 118-125. [Cai L. 2007. Analysis on the need of the old in cities for day care service[J]. Journal of Shanghai Normal University: Philosophy & Social Sciences Edition, 36(3): 118-125.]
- 陈赛权. 2000. 中国养老模式研究综述[J]. 人口学刊, (3): 31-36, 51. [Chen S Q. 2000. Review on elderly care modes in China[J]. Population Journal, (3): 31-36, 51.]
- 高晓路. 2013. 城市居民对养老机构的偏好特征及其社区差异[J]. 中国软科学, (1): 103-114. [Gao X L. 2013. Preference of the urban elderly for caring facilities: variation across different communities[J]. China Soft Science, (1): 103-114.]
- 高晓路, 颜秉秋, 季珏. 2012. 北京城市居民的养老模式选择及其合理性分析[J]. 地理科学进展, 31(10): 1274-1281. [Gao X L, Yan B Q, Ji J. 2012. Urban elders' desirable caring patterns and its rationality: a decision tree analysis [J]. Progress in Geography, 31(10): 1274-1281.]
- 季珏, 高晓路. 2012. 基于居民日常出行的生活空间单元的划分[J]. 地理科学进展, 31(2): 248-254. [Ji J, Gao X L. 2012. Identifying the scope of daily life in urban areas based on residents' travel behaviors[J]. Progress in Geography, 31(2): 248-254.]
- 贾雪华. 2009. 北京市空巢老人养老需求与养老方式实证研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学. [Jia X H. 2009. Empirical study on caring needs and caring modes of empty nest

- elderly in Beijing[D]. Beijing, China: Capital University of Economics and Business.]
- 林波, 薛惠锋, 蔡琳. 2007. 城市空间演化MAS建模[J]. 微计算机应用, 28(10): 1092-1097. [Lin B, Xue H F, Cai L. 2007. MAS modeling of urban spatial evolution[J]. Micro Computer Applications, 28(10): 1092-1097.]
- 刘红. 2009. 中国机构养老需求与供给分析[J]. 人口与经济, (4): 59-64, 71. [Liu H. 2009. An analysis on demand and supply of institutional old aged caring in China[J]. Population & Economics, (4): 59-64, 71.]
- 刘志刚, 潘和平, 李德仁. 2002. 智能主体主要理论的综述与分析[J]. 计算机应用研究, 19(7): 1-5. [Liu Z G, Pan H P, Li D R. 2002. An analytical overview of intelligent agent theories[J]. Application Research of Computers, 19(7): 1-5.]
- 龙瀛, 沈振江, 毛其智. 2011. 城市系统微观模拟中的个体数据获取新方法[J]. 地理学报, 66(3): 416-426. [Long Y, Shen Z J, Mao Q Z. 2011. Retrieving individual attributes from aggregate dataset for urban micro-simulation: a preliminary exploration[J]. Acta Geographica Sinica, 66(3): 416-426.]
- 民政部. 2015. 民政部发布 2014 年社会服务发展统计公报[EB/OL]. 2015-06-10[2015-08-05]. <http://www.mca.gov.cn/article/zwgk/mzyw/201506/20150600832371.shtml>. [Ministry of Civil Affairs of the People's Republic of China. 2015. Minzhengbu fabu 2014 nian shehui fuwu fazhan tongji gongbao[EB/OL]. 2015-06-10[2015-08-05]. <http://www.mca.gov.cn/article/zwgk/mzyw/201506/20150600832371.shtml>.]
- 潘按按. 2015. 养老院居“高”难下, 还有比这更糟的[N]. 南方都市报, 2015-06-17. [Pan A A. 2015. Yanglaoyuan ju "gao" nan xia, haiyou bi zhe geng zao de [N]. Nanfang Metropolitan Daily, 2015-06-17.]
- 裴晓梅. 2009. 构建需求导向型老年人城市生活社区[J]. 上海城市管理职业技术学院学报, 18(2): 9-14. [Pei X M. 2009. Building demand-oriented residence community for senior citizens[J]. Journal of Shanghai Polytechnic College of Urban Management, 18(2): 9-14.]
- 单玉红, 朱欣焰. 2011. 城市居住空间扩张的多主体模拟模型研究[J]. 地理科学进展, 30(8): 956-966. [Shan Y H, Zhu X Y. 2011. Multi-agents model for simulation of urban residential space evolution[J]. Progress in Geography, 30(8): 956-966.]
- 陶卓霖, 程杨, 戴特奇. 2014. 北京市养老设施空间可达性评价[J]. 地理科学进展, 33(5): 616-624. [Tao Z L, Cheng Y, Dai T Q. 2014. Measuring spatial accessibility to residential care facilities in Beijing[J]. Progress in Geography, 33(5): 616-624.]
- 谢琼. 2015. 养老机构: 一床难求还是床位空置率高[N]. 光明日报, 2015-06-15. [Xie Q. 2015. Yanglaojigou: yi chuang nanqiu haishi chuangwei kongzhilv gao[N]. Guangming Daily, 2015-06-15.]
- 薛领, 杨开忠. 2003. 城市演化的多主体(multi-agent)模型研究[J]. 系统工程理论与实践, (12): 1-9, 17. [Xue L, Yang K Z. 2003. Research on urban evolution using agent-based simulation[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, (12): 1-9, 17.]
- 颜秉秋. 2015. 城市老年人口与养老服务的空间布局研究[D]. 北京: 中国科学院大学. [Yan B Q. 2015. Urban ageing population and the spatial distribution of senior services research[D]. Beijing, China: University of Chinese Academy of Sciences.]
- 颜秉秋, 高晓路, 马妍, 等. 2014. 基于MAS技术的城市养老机构布局决策支持[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 44(7): 973-982. [Yan B Q, Gao X L, Ma Y, et al. 2014. Urban senior service facility layout decision support based on MAS[J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 54(7): 973-982.]
- 杨西文. 2009. 老年宜居型城市环境探析[J]. 城市问题, (8): 45-48. [Yang X W. 2009. Analysis to the environment of livable cities for old people[J]. Urban Problem, (8): 45-48.]
- 于涛方, 王瑾. 2012. 面向人口老龄化的城市规划应对[J]. 规划师, 28(9): 75-79, 88. [Yu T F, Wang J. 2012. Urban planning for aging city[J]. Planners, 28(9): 75-79, 88.]
- 曾毅, 张震, 顾大男. 2011. 人口分析方法与应用[M]. 第2版. 北京: 北京大学出版社. [Zeng Y, Zhang Z, Gu D N. 2011. Demographic analysis: methods and applications [M]. 2nd ed. Beijing, China: Peking University Press.]
- 张红, 李会. 2008. 不同家庭结构的农村老年人养老需求状况探讨: 基于安徽省长丰县的实证分析[J]. 现代农业, (9): 74-76. [Zhang H, Li H. 2008. Discussion on caring demand of rural elderly within different family structures: Empirical analysis of Changfeng County, Anhui Province [J]. Modern Agriculture, (9): 74-76.]
- 赵婧. 2010. 我国居家养老服务需求预测及其发展思考[D]. 杭州: 浙江大学. [Zhao J. 2010. Demand forecasting and develop proposal for home-based aged-car service in China[D]. Hangzhou, China: Zhejiang University.]
- 周成虎, 孙战利, 谢一春. 1999. 地理元胞自动机研究[M]. 北京: 科学出版社. [Zhou C H, Sun Z L, Xie Y C. 1999. Geographic Cellular Automata Study[M]. Beijing, China: Science Press.]
- Andrews G J, Phillips D R. 2005. Ageing and place: perspectives, policy practice[M]. London, UK: Routledge.
- Brömmelstroet M T. 2013. Performance of planning support systems: what is it, and how do we report on it[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 41: 299-308.
- Cheng Y, Rosenberg M W, Wang W Y, et al. 2011. Access to



- residential care in Beijing, China: making the decision to relocate to a residential care facility[J]. *Ageing & Society*, 32(8): 1277-1299.
- Cheng Y, Wang J, Rosenberg M W. 2012. Spatial access to residential care resources in Beijing, China[J]. *International Journal of Health Geographics*, 11(18): 2010-2026.
- Lawton M P, Nahemow L. 1973. Ecology and the aging process[M]//Eisdorfer C, Lawton M P. *The psychology of adult development and aging*. Washington DC: American Psychological Association: 619-674.
- Lawton M P, Simon B. 1968. The ecology of social relationships in housing for the elderly[J]. *The Gerontologist*, 8(2): 108-115.
- Rowles G D, Bernard M. 2013. *Environmental gerontology: making meaningful places in old age*[M]. New York: Springer Publishing Company.
- Shen Z J, Yao X B, Kawakami M, et al. 2011. Simulating spatial market share patterns for impacts analysis of large-scale shopping centers on downtown revitalization[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 38(1): 142-162.
- Smith G C. 1998. Residential separation and patterns of interaction between elderly parents and their adult children[J]. *Progress in Human Geography*, 22(3): 368-384.
- Wahl HW, Iwarsson S, Oswald F. 2012. Aging well and the environment: toward an integrative model and a research agenda for the future[J]. *The Gerontologist*, 52(3): 306-316.

## Micro simulation and planning policies analysis for urban elderly care facilities : take Beijing as an example

YAN Bingqiu<sup>1,2</sup>, GAO Xiaolu<sup>1\*</sup>, JI Jue<sup>3</sup>

- (1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. Beijing Opera Art's College, Beijing 100068, China; 3. Urban and Rural Planning Management Center, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Beijing 100835, China)

**Abstract:** The spatial planning of urban elderly care facilities in China is featured by great diversity and dynamic change of elderly needs brought by rapid ageing of the society and sharp transformation of population structure. This study addressed the planning issue of urban elderly care facilities. An agent-based simulation framework was presented. The differentiation of elderly service demand across time and space, the behavior rules of the elderly and caring facility agents and their interactions with the urban environments extracted from previous investigations and studies were used as input for the simulation model. Subsequently, a multi-agent simulation model was set up with Beijing as the case study area, enabling prediction of the demand and provision of elderly care facilities in the city during year 2010 and 2030. To facilitate evaluation of the planning policies for elderly care services, three indices were developed, the occupancy rate, bed number for 100 elderly, and spatial matching degree of facilities in relationship to older population, and they were applied to evaluation and analysis of the planning policies for elderly care facilities in Beijing. It was concluded that, agent-based simulation is a powerful approach for understanding the trend of elderly population and for handling the uncertainty and dynamics of elderly care needs, in addition to accommodating the spatial attributes of various factors. Analysis on the planning policies such as the "9064" scheme that confining the share of different kind of elderly care services and the total number of facility beds and the plan for facility sites revealed that, these policies will not play well without additional regulation. With these regulations alone, the occupancy rate of the facilities might decrease to an astonishing degree of 45% in 2030. To improve the planning policy, it was argued to regulate the proportion of facilities located in central city areas as well as the pricing, location and service standard of the elderly care facilities.

**Key words:** aging; elderly care facility; spatial planning; agent-based simulation; Beijing