

基于多主体行为决策的城市居住用地 利用效用情景分析

单玉红¹, 朱欣焰²

(1. 华中农业大学 a. 经济管理土地管理学院; b. 湖北农村经济发展研究中心, 武汉 430070;
2. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079)

摘要: 构建包含智能主体和环境主体的城市居住空间演化情景模型,旨在探讨土地利用主体的行为决策与居住空间演化形态和土地利用效用之间的关系。调整城市政府主体的土地利用政策设定紧凑型、松散型和适度型三种居住空间演化情景类型,通过综合分析城市居民、住宅开发商和城市政府三类微观主体的相互作用求取每种情景下住宅用地开发的综合优先级函数。在 VC 和 ArcGIS 的实验环境下,以武汉市洪山和武昌区为实验区模拟了三种规定情景下实验区在 1998 年至 2008 年期间的居住空间演化情况,并与实际演化情况进行扩张形态和土地利用社会效益的概略对比,对比结果表明,多主体模型能有效比对不同主体空间决策情景下土地利用的效用,在表现土地利用主体的意愿方面更有优势,更能反映城市土地利用结构演变的内在规律。

关键词: 城市居住空间演化; 情景模型; 多主体; GIS; 空间决策

中图分类号: TU984.12; TP301.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3037(2011)11-1832-10

随着复杂适应系统(Complex Adaptive System, CAS)理论的诞生^[1]以及计算机建模技术和空间技术的发展,对于城市扩张现象的研究也逐渐由最初对宏观的系统整体运行机制研究逐渐深入到微观的子系统或系统单元等方面的研究,CA 模型和 MAS 模型等离散动力学模型出现并很快成为城市建模研究的热点。在基于多主体的城市用地扩张模型中,主体被定义为具有自主行为的微观智能主体,通过研究智能主体之间的相互作用可较明确地揭示城市增长的动力机制。国外相关研究最早把 MAS 模型作为一种技术手段将土地利用主体因素纳入到一个空间规划的动态决策模型中^[2-13]。比较有代表性的有 Ligtenberg 等使用结合了扩展 CA 的 MAS 系统构建了复杂性空间规划决策系统,并做了大量的研究工作,分析了土地利用主体行为、作用过程的特点及空间系统的复杂性,并进行了归纳定义,在此基础上模拟主体的决策过程来确定规划因素^[2,12]。

国内这方面的研究起步不久,比较有代表性的有黎夏、刘小平等的研究^[14-15],但仍然有很大的探索空间。从研究方法看,基于土地利用的主、客体关系的城市土地利用行为是典型的社会经济行为,社会经济中的自主体研究应侧重于对自主体经济行为的定义,通过自主体在市场中的经济联系观察整体经济现象来解析从微观到宏观的演化机制。从研究目的来看,城镇土地国家所有的制度背景下,城市的扩张会呈现出不同的情景主要取决于土地利用主体的行为决策,可研究不同行为决策下土地资源的利用效用,从而为城市决策者提供事前指导。与其他类型的 Lucc 模型相比,多主体模型正是在表现土地利用规划的制定者和决

收稿日期: 2010-12-08; 修订日期: 2011-05-24。

基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助项目(40801224); 华中农业大学自主创新基金项目(2009BQ013)。

第一作者简介: 单玉红(1976-),女,山东日照人,博士,副教授,研究方向为土地利用规划及土地信息系统。E-mail: syh311@sina.com

策者的意愿上比较有优势^[16-17]。本文在分析城市政府这一计划机制主体与城市居民和住宅开发商两类市场机制主体在城市居住空间过程中的相互作用的基础上构建多主体模型,根据城市政府的土地利用政策设定城市居住空间扩张的紧凑型、松散型和适度型三种情景类型,并以武汉市的武昌和洪山区为实验区进行模型的有效性验证。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概述

选择武汉市江南的武昌区和洪山区为研究区。武昌区和洪山区地处武汉市长江东南,区域地势相对比较平缓,地质结构稳定,基本上不存在不适宜建设的区域,但是区域内由于湖泊、丘陵等的分割显得较为破碎,较难找到集中布局、均衡发展的大片空间,在一定程度上决定了区域空间拓展上的发展重点和方向的不均衡性。土地利用及城乡结构方面,武昌区全部为城市区域,洪山区则呈现典型的城乡二元结构。

1.2 研究方法

PEAS(Performance measure/Enviornment/Actuator/Sensors)方法中主体被抽象为通过传感器感知所处的环境并通过执行器对该环境产生作用的实体^[18],使用 PEAS 方法对三类土地利用主体之间和环境主体之间的相互作用和联系进行归纳,并将这种关系和作用移植到 GIS 栅格数据框架上构建可执行模型,见图 1。

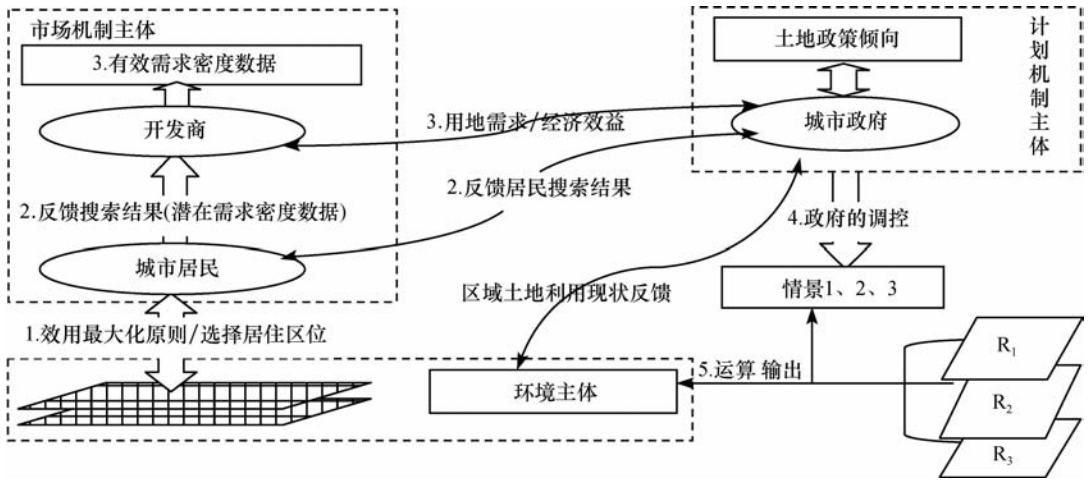


图 1 研究方法及模型总体框架

Fig. 1 Research methods and total framework of the model

根据土地利用开发的边际原则,土地利用主体总是倾向于首先开发收益较高的区位^[14]。图 1 给出了城市居住空间演化过程中各主体的行为顺序(图中第 1 步至第 5 步):居民依据效用最大化原则在环境主体中选择理想的居住区位并同时选择结果(住宅区位的潜在需求)反馈至开发商和政府;开发商根据居民的购买力测算有效需求并与城市政府进行协商;城市政府基于对土地利用综合效益的考虑进行调控并最终确定住宅用地开发的优先级函数。模型依据该函数运算得到不同政府调控政策情景下实验区的居住空间演化形态并对比每种情景下的土地利用效用情况。

1.2.1 环境主体数据处理

环境主体表示不同微观区位上自然/社会经济资源的相对数量级。基础数据包括:1998

年 10 月的 TM 影像及 2005 年 12 月的 SPOT 全色波段影像;GIS 数据有 1998 年土地利用现状数据、城市总体规划数据、1998 年住宅用地基准地价数据、武汉市行政区划矢量数据、道路交通(含规划)数据、1998—2008 年期间的人口增长、住宅生产量等社会经济统计数据。在 ArcGIS 环境下以 GRID 数据格式按 50 m 的分辨率配准,根据实验区的实际自然环境和社会经济环境特点从以上基础数据提取 7 类资源因子数据(表 1),将资源因子按对居民区位选择行为的贡献度类型划分为效益型和成本型,分别按照式(1)和(2)进行标准化后叠加构成多智能主体的运行环境:

$$S_k = \begin{cases} 0, & A_k < D_{kmin}; \\ 1, & A_k > D_{kaccept}; \\ A_k/D_{kaccept}, & D_{kmin} < A_k < D_{kaccept}; \end{cases} \quad (1)$$

$$S_k = \begin{cases} 1, & A_k < D_{min}; \\ 1 - \frac{(A_k - D_{kmax})}{(D_{kmin} - D_{kmax})D_{kaccept}}, & D_{kmin} < A_k < D_{kaccept}; \\ (D_{kmax} - A_k)/(D_{kmax} - D_{kaccept}), & A_k > D_{kmax} \end{cases} \quad (2)$$

其中: A_k 和 S_k 分别为第 k 类资源因子的原始值和修正值, D_{kmin} 、 D_{kmax} 、 $D_{kaccept}$ 分别为对该种资源要求的最低量值、最高量值和理想量值。

表 1 1998 年实验区土地利用类型结构

Table 1 Land use structure of the experimental districts in 1998

(hm^2)

| 区域 | 总面积 | 耕地 | 园地 | 林地 | 草地 | 居民点/工矿 | 交通 | 水域 | 未利用地 |
|----|----------|----------|---------|---------|----|-----------|----------|-----------|--------|
| 武昌 | 8 060.5 | - | - | - | - | 8 060.58 | - | - | - |
| 洪山 | 56 910.6 | 18 903.3 | 1 003.2 | 2 869.4 | - | 10 084.37 | 1 648.10 | 21 567.90 | 835.45 |

注:资源来源于武汉市 1998 年国土资源年鉴。

表 2 选取的资源因子类型及计算方法

Table 2 Resource factors selected and calculation methods

| 资源因子 | 效用/特征 | 贡献度类 | 计算方法/获取方法 |
|------------------------|----------------|------|--|
| 水域景观辐射度($Nati$) | 开阔的视野、增加空气湿度 | 效益型 | 指数衰减: $y = b \cdot e^{-ax}$ 。 y 为水域景观辐射度; x 为到水域的距离 |
| 绿地景观辐射度($Nati$) | 净化空气、消弭噪声 | 效益型 | 同上 |
| 城市噪声等级数据($Nati$) | 主要考虑交通等线性噪声源 | 成本型 | $A_{div} = 10 \lg \frac{1}{2\pi r l}$ 。 A_{div} 为距离衰减值(dB); r 为至测算单元的垂直距离(m); l 为线声源的长度(m)。按城市噪声等级的一级评价范围,划定线声源两侧各 200 m 以内为噪声评定范围。 |
| 公共服务/基础设施密度($Denps$) | 公共服务及基础设施的分布密度 | 效益型 | 提取公共服务及基础设施的用地范围和位置,在 ArcGIS 环境下按照标准差分级方法生成。 |
| 城市基准地价等级(Blp) | 住宅用地使用权区域的平均价格 | 成本型 | 从城市住宅用地基准地价图上获取。 |
| 通勤时间成本($Trcost$) | 使用通勤时间表示 | 成本型 | $Trcost = Q \cdot L/S_{ij}$ 。 S_{ij} 为第 i 种通勤方式在第 j 个等级道路上的平均速度, L 为采样值, Q 为居民按深度优先搜索方法沿道路网结构到达搜索点经过的单元数目。设置时间距离门槛值 T_{max} 。 |
| 交通通达度($Trcon$) | 区位优势的程度 | 效益型 | $Trcon = \sum m_i \cdot p_i$ ($i = 1, 2, 3, 4$)。 m_1, m_2, m_3, m_4 表示单元 3×3 邻域内搜索到的主干道、次级道路、街巷、对外交通道路的数目; p_1, p_2, p_3, p_4 分别为加权值。 |

表 1 中的时间距离门槛值 T_{\max} 的意义与设置: T_{\max} 表示可以容忍的居住地点距离工作地点的通勤时间的最大值。根据 2006 年武汉春交会住宅市场需求调查报告的调查结果和易点网 2008 年城市居民所能够接受的通勤时间调查结果将 T_{\max} 设置为 45 min。

1.2.2 区位住宅开发的优先级函数

按照城市居民主体选择、开发商选择和政府调控的顺序解算住宅用地开发的优先级函数。

(1) 城市居民主体选择: 城市居民的目标函数为收入约束条件下的效用最大化, 将地价和通勤时间成本作为消费行为的成本因子加入效用函数, 城市居民 n 在单元 i 获得的最大化效用为:

$$\max U_{ni} = \max \sum [P_{Nati(n)} \cdot Nati_{(i)} + P_{Denps(n)} \cdot Denps_{(i)} + P_{Blp(n)} \cdot Blp_{(i)} + P_{Trcost(n)} \cdot Trcost_{(i)} + P_{Trcon(n)} \cdot Trcon_{(i)}] + \varepsilon_{(n,i)} \quad (3)$$

其中: $\varepsilon_{(n,i)}$ 为随机扰动项, 即不能观测到的效用; $P_{Nati(n)}$ 、 $P_{Denps(n)}$ 、 $P_{Blp(n)}$ 、 $P_{Trcost(n)}$ 、 $P_{Trcon(n)}$ 分别表示城市居民主体 n 对自然环境质量、公共服务基础设施密度、地价、通勤时间成本、交通通达度的偏好程度, 即权重。

影响城市居民购房行为的最主要因素是收入/房价比, 本文按收入等级分别测算每一类型城市居民的权重。根据武汉市统计局 2006 年住户调查资料确定实验区居民的高、中、低收入人群的比例, 并给出每类主体群的住宅偏好权重值见表 3, 其中自然环境质量由水域景观辐照度、绿地景观辐照度和噪声等级三项因子等权加和得到。

表 3 居民主体收入比例及权重

Table 3 Residential preferences of agents in different income groups

| 收入等级 | 比例/% | 基准地价 | 通勤时间成本 | 公共服务设施密度 | 交通通达度 | 自然环境质量 |
|------|------|-------|--------|----------|-------|--------|
| 高 | 7.3 | 0.085 | 0.200 | 0.192 | 0.165 | 0.358 |
| 中 | 77.0 | 0.386 | 0.150 | 0.164 | 0.160 | 0.140 |
| 低 | 15.7 | 0.575 | 0.100 | 0.115 | 0.120 | 0.090 |

选用符合现实生活中城市居民的居住区位选择行为的自发性 and 随机性特征的离散选择模型解算城市居民主体 n 选择单元 i 为理想居住区位的概率 P_{in} 为:

$$P_{in} = P_r(U_{ni} > U_{nj}; \forall i) = P_t(U_{ni} + \varepsilon_{ni} > U_{nj} + \varepsilon_{nj}; \forall i) = \exp(U_{ni}) / \sum_n \exp(U_{nj}), \quad i, j = 1, \dots, I; i \neq j; n = 1, \dots, N \quad (4)$$

式中: P_{in} 的含义为城市居民 n 在单元 i 上获得的效用 U_{ni} 当且仅当大于在其他位置 j 上所获得的效用 U_{nj} 的概率; I 为单元总数; N 为主体总数。

(2) 开发商主体选择: 住宅开发商是利润最大化的完全经济人, 对于特定区位 i , 开发总利润可简单看为住宅平均价格 $Price_i$ 、平均开发成本 $Cost_i$ 、容积率 Q_i 的函数, 分析三者与区位的关系解算开发商开发区位选择的优先级函数 $P_{benefit(i)}$: 首先, 考虑 $Cost_i$, 由于住宅开发商在旧城中心的开发中往往以非土地投入要素来替代土地要素, 通过提高容积率 Q 增加总收益, 从而降低了旧城中心开发的平均成本, 最终与新区开发的平均成本持平^[19], 因此弱化了开发成本与区位的关系; 其次, 根据供求关系规律和开发商对投资回报时效性的要求可知, $Price_i$ 与区位关系紧密, 主要取决于区位 i 上的居住有效需求密度购买能力 $Buyab_i$, 得 $P_{benefit(i)}$:

$$P_{benefit(i)} = \frac{f(P_i, Buyab_i)}{\max(f(P_j, Buyab_j))} = \frac{K_i \cdot P_i}{\max(K_j \cdot P_j)} \quad (5)$$

式中: P_i 意义同式(4), 即潜在需求概率; K_i (购买力参数) 表示单元 i 上居住潜在需求可实现的程度, 即有效需求修正系数, 可按照城市居民主体的收入等级的高、中、低对其选择结果进行购买力加权, 模型中取其值为 1.0、0.6 和 0.2。

(3) 城市政府主体的调控: 基于住宅开发综合效益的考虑, 不同类型的城市政府会采用不同的土地利用政策来调控住宅市场对土地区位的需求, 设定三种土地利用和环境保护政策和相应的城市扩张情景类型, 见表 4。

表 4 基于不同土地利用和环境保护政策的城市居住空间发展情景类型

Table 4 Scenes of urban residential space extension based on different land use and environmental protection policies

| 情景类型 | 土地利用和环境保护政策 | 含义 | 关联参数: 容积率 |
|--------|----------------|---|---------------------|
| 1. 紧凑型 | 严格控制的刚性管理模式及政策 | 优先保护耕地以及生态环境; 对于城市扩张实行严格的管制; 对于水域、农业用地、山体等实行严格的保护。 | 限制最低容积率 Q_{\min} |
| 2. 松散型 | 宽松的土地及环境管理政策 | 政府土地供给较为宽松, 较为满足城市居民的区位选择和开发商的用地需求, 不过于考虑生态用地的保护问题。 | 不限制最低容积率 Q_{\min} |
| 3. 适度型 | 弹性管理模式及政策 | 综合考虑经济发展、社会福利的增加和耕地保有量的要求; 辨识和避开不易建设的生态敏感用地, 克服或减缓生态限制因子的消极影响, 减缓可能发生的生态风险。 | 容积率在一定范围 |

设情景 m ($m = 1, 2, 3$) 中区位单元 i 的最终居住用地开发优先级函数为 $P_{end(im)}$:

$$P_{end(im)} = q_{m1} \cdot P_{benefit(i)} + q_{m2} \cdot \frac{P_{zd(i)}}{\max(P_{zd(i)})} - q_{m3} \cdot \frac{QU_{ecologrid(i)}}{25} \quad (6)$$

式中: q_{m1} 、 q_{m2} 、 q_{m3} 分别为情景 m 中政府主体对于住宅用地开发的经济效益、社会效益和生态成本的关注程度; $P_{zd(i)}$ 表示单元 i 被中低收入人群选择的概率, $P_{zd(i)}/\max P_{zd(j)}$ 表示单元 i 被中低收入人群选择的概率等级; $QU_{ecologrid(i)}$ 为单元 i 的 5×5 邻域中生态用地(林地、水域等)的单元数目。模型运行时, 各单元将按照 $P_{end(im)}$ 的大小依次转为住宅用地。

2 基于规定情景的模型运行结果和实际演化情景的对比分析

2.1 模型的运行环境及条件

(1) 城市居民主体: 每个城市居民主体代表现实中 100 个居民, 每个栅格单元最多可容纳的居民主体数目为 4 个, 以对应现实生活中对最高容积率的限制。

(2) 住宅开发商主体: 住宅开发商主体的行为特征函数一致。因此模型中将住宅开发商看为一个整体, 忽略其内部竞争, 住宅开发商主体数目设置为 1。

(3) 城市政府主体调控: 表 4 中情景 1、2、3 的 q_{m1} 、 q_{m2} 和 q_{m3} 分别设置为 (0.4、0.1、0.5)、(0.5、0.4、0.1) 和 (0.4、0.3、0.3)。

(4) 模型运算量: 参照武汉市城市规划条例, 情景 1、2、3 的平均容积率分别设置为 3.0、0.82 和 1.5, 以 1998 年至 2008 年期间实验区的实际住宅生产量除以平均容积率得到各规定情景下模型的演化量(单元数)。

2.2 模型运算结果及对比分析

图 2 至图 6 给出模型的相关运算结果: 图 2 表示住宅区位的潜在需求, 图 3 表示考虑了城市居民购买力的有效需求密度等级, 即式(5)中的 $P_{benefit(i)}$, 图 5 表示 3 种不同的政府调控

政策情景下区位住宅开发的优先级顺序,即式(6)中的 $P_{end(im)}$ 。

2.2.1 演化形态的对比分析

图7给出各情景下新增住宅用地来源。根据图7对实际情景与情景1、2、3进行对比:①实际情景与情景1、2、3的输出结果进行点对点的位置比较的相似度分别为32%、50%和65%,扩展至5×5邻域比较,相似度提高为40%、72%和86%;②真实演化情景的新增居住用地中,生态用地来源比例达58.94%,介于情景2、3之间,



图2 城市居民主体的选择结果
Fig.2 Results of the residents' choice



图3 有效需求密度等级的空间分异特征
Fig.3 Spatial differentiation of the effective demand density

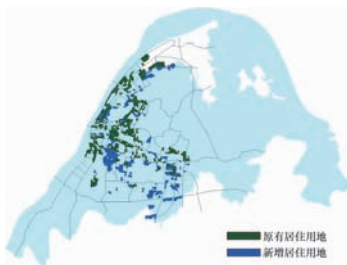


图4 实验区实际新增居住用地的空间分布
Fig.4 The actual spatial distribution of augmented resident



图5 情景1、2、3的住宅区位开发优先级示意
Fig.5 Sketch maps of the priority levels of residential location development in the three scenarios

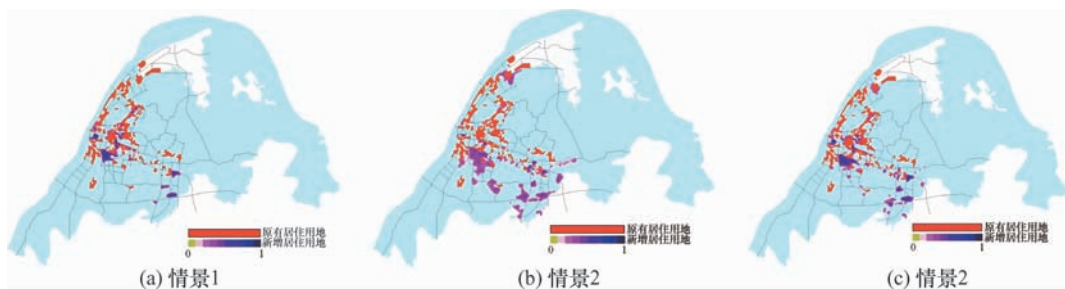


图6 情景1、2、3下新增居住用地空间分布
Fig.6 The spatial distribution of augmented residents in the three scenarios

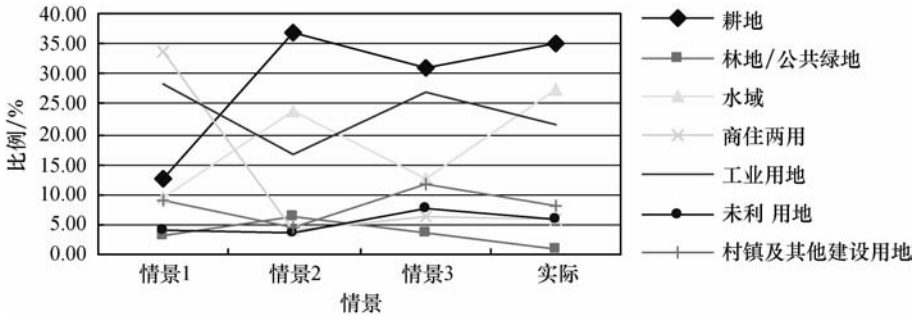


图 7 各情景下新增住宅用地来源的对比

Fig. 7 Comparisons of the original land use of the increasing residential land among the four scenarios

其中林地来源只有 1.09%，表明城市政府执行了严格的山体保护政策；水域来源达 27.58%，在所有情景中是最高的，比例最高的为耕地，主要是近郊区的菜地，实验区 1998 年的耕地总面积为 18 903.32hm²，至 2006 年底为 8 800 hm²，减少了 53.45%，除去工业园的建设之外，住宅用地开发是造成耕地大量减少的主要原因。说明在容积率无法无限拔高的情况下，为了满足城市激增的住房需求，对于生地资源的占用不可避免。可见，实验区居住空间的实际发展形态介于情景 2 和情景 3 之间，这也说明了城市居住空间发展的复杂性。

2.2.2 社会总效用变化的比较

住宅开发带来的社会总效用包括社会收益和社会成本两项：理论上的社会收益即社会价值产出量包括居民的满意度及相应成本的最小化；社会成本包括经济成本和外部成本，其中外部成本主要指土地利用行为影响社会福利的最大化而产生的成本，主要包括对生态、环境等的影响产生的成本^[20]，本文只评价外部成本，在总投资相同的约束条件下概略对比 4 种情景下的社会总效用如表 5 所示。

表 5 各情景下居住空间演化的总体社会效用变化比较

Table 5 Comparison and analysis of the total social utility changes among the four residential space evolution scenarios

| 情景类型 | 社会收益 | | 社会成本 | | | |
|------|-----------------------|-----------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 人均居住用地/m ² | 中低收入人群满意度 | 区域生态效应变化量 | 人均耕地面积变化/m ² | 人均水域面积变化/m ² | 人均林地面积变化/m ² |
| 情景 1 | 20.15 | 22.05% | -0.002 57 | -0.58 | -0.447 | -0.149 |
| 情景 2 | 32.65 | 61.01% | -0.017 90 | -6.37 | -4.140 | -1.121 |
| 情景 3 | 24.85 | 35.46% | -0.006 86 | -2.91 | -1.168 | -0.343 |
| 实际情况 | 25.84 | - | -0.007 80 | -3.67 | -2.870 | -0.114 |

注：人均耕地面积减少量、人均水域面积减少量和人均林地面积减少量仅指由于住宅的开发引起的以上各项目的减少，并不包含其他建设引起的减少；人均居住用地面积是按照模型的运算结果测算的实际数据。中低收入人群满意度使用每种情景下最初城市居民中的中低收入群体的选择区位占最后实际开发区位的百分比表示。

表 5 中区域土地利用结构生态效应变化量按式(7)计算，该式参照 Costanza 等提出的全球生态系统服务功能评价模型^[21]修改得到：

$$EQ_i = \sum [(S_{ij} - S_{0j}) / \sum S_j] \cdot P_j \quad (7)$$

式中：EQ_i表示第 i 种城市居住空间演化情景下的区域生态效应变化量；S_{ij}和 S_{0j}分别表示第 i 种情景下在演化末期和演化初期的区域中第 j 种土地利用类型占总面积的比例；P_j表示第 j 种土地利用类型的生态质量赋权值（按全球生态系统服务功能评价模型，林地 1.0，草地

0.768, 农田 0.303, 水域 0.782, 建设用地 0.015, 未利用地 0.035)。

由表 5 数据:情景 1 各生态用地的人均减少量最小,单位用地的投资和土地利用的集约程度也最高。但当城市的经济总量超出了城市现有空间的承载力时,过度的住宅用地集约利用会引起交通堵塞、居住环境恶化,进而引起社会成本提高,社会总体效用受损,并进入土地空间不足的城市化状态;情景 2 中,人均居住用地的面积最大,同时较多地考虑了城市中低收入人群的住房需求,也具有较高的社会收益,但是对各生态样用地的占用比例最高,生态效应损失量最大,而且如果对失地农民的安置不妥,也会使城市整体社会效益受损。情景 2 的模式属于土地空间过度的城市化状态,需要促进城市的内城市化;情景 3 和实际演化情景最为接近,各评价因子的值比较接近,人均居住用地 24.84 m^2 和 25.84 m^2 均接近人均居住用地的理想值 25 m^2 ,在保证住宅用地开发过程经济效益的同时较好地保证了社会效益,基本属于土地空间适度的城市化状态。实际情景中,人均林地减少面积几乎为零,较好地兼顾了生态环境的保育和城市发展的需求,但是人均水域面积减少量最大,而且目前多数湖泊仍面临着被继续包围和进一步缩小的风险。

3 结论和讨论

(1) 多主体模型侧重于研究智能体的决策行为及认知行为与土地利用的关系,但是缺乏空间的概念,城市居住空间演化的外在表现正是城市居民、住宅开发商和城市政府的土地利用区位决策在地理空间的投影,与 GIS 技术的结合可以有效地弥补智能主体在空间认知和空间表现上的不足,这取决于城市基础数据库的完备程度。

(2) 政府的计划机制和市场机制都是调控城市土地利用区位的重要机制,土地市场发育的不同阶段及不同类型城市政府的决策会导致不同的土地资源配置效率和集约利用水平。三种居住空间演化的模拟情景和实际情景的对比表明,实验区在城市存量土地的再开发和新区开发的两种住宅生产方式中,新区开发占有相当比例,而存量土地的再开发程度不够。武汉市政府在 2004 年之前将住宅开发的重点放在了城郊结合部区域的新区开发上,2004 年之后,则将重点转移至旧城区的再开发上,部分程度上验证了模型的运算结果。

参考文献 (References):

- [1] 方美琪,张树人. 复杂系统建模与仿真[M]. 北京:中国人民大学出版社,2005. [FANG Mei-qi, ZHANG Shu-ren. Modelling and Simulation of Complicated System. Beijing: China Renmin University Press, 2005.]
- [2] Arend Ligtenberg, Arnold K Bregt, Ronvan Lammern. Multi-actor-based land use modelling: Spatial planning using agents [J]. *Landscape and Planning*, 2002, 56:21-33.
- [3] Michael Monticino, Miguel Acevedo, Baird Callicott. Coupled human and natural systems: A multi-agent-based approach [J]. *Environmental Modelling & Software*, 2008, 22:656-663.
- [4] Bura S. Multi-agent systems and the dynamics of a settlement system [J]. *Geographical Analysis*, 1996, 28:77-87.
- [5] Francisco Mart' nez, John Roy. A model for residential supply [J]. *Annals of Regional Science*, 2004, 38:531-550.
- [6] Deadman P, Gimblett R. A role for goal-oriented autonomous agents in modelling people-environment interactions in forest recreation [J]. *Mathematical and Computer Modelling*, 1994, 20(8):121-133.
- [7] Jaylson J Silveiraa, Aquino L Esp' ndolab, Pennab T J P. Agent-based model to rural-urban migration analysis [J]. *Physica A*, 2006, 364 :445-456.
- [8] Otter H S, Veen A, Vriend H J. ABLOoM: Location behaviour, spatial patterns, and agent-based modeling [J]. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2001, 4(4):1-21.
- [9] Raphaël Mathevet, Francois Bousquet, Christophe Le Page. Agent-based simulations of interactions between duck popula-

- tion, farming decisions and leasing of hunting rights in the Camargue (Southern France) [J]. *Ecological Modelling*, 2003, 165:107-126.
- [10] Sengupta R, Bennet D. Agent-based modelling environment for spatial decision support [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2003, 17(2):157-180.
- [11] Steven M Manson. Agent-based modelling and genetic programming for modelling land change in the Southern Yucatan Peninsular Region of Mexico [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2005, 111:47-62.
- [12] Arend Ligtenberga, Monica Wachowicza, Arnold K Bregta. A design and application of a multi-agent system for simulation of multi-actor spatial planning [J]. *Journal of Environmental Management*, 2004, 72:43-55.
- [13] Benenson I. Multi-agent simulations of residential dynamics in the city [J]. *Computers Environment and Urban Systems*, 1998, 22(1):25-42.
- [14] 刘小平, 黎夏, 艾彬, 等. 基于多智能体的土地利用模拟与规划模型[J]. 地理学报, 2006, 61(10):1101-1112. [LIU Xiao-ping, LI Xia, AI Bin. Multi-agent systems for simulating and planning land use development. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(10):1101-1112.]
- [15] 刘小平, 黎夏, 叶嘉安. 基于多智能体系统的空间决策行为及土地利用格局演变的模拟[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2006, 36(11):1027-1036. [LIU Xiao-ping, LI Xia, Yeh A G O. Multi-agent systems for simulating spatial decision behaviors and land use dynamics. *Science in China Series D Earth Sciences*, 2006, 36(11):1027-1036.]
- [16] Bah A, Toure I, Le Page C, et al. An agent-based model to understand the multiple uses of land and resources around drillings in Sahel [J]. *Mathematical and Computer Modelling*, 2006, 44:513-534.
- [17] Jean-Christophe Castellaa, Suan Pheng Kamb, Dang Dinh Quangc, et al. Combining top-down and bottom-up modelling approaches of land use/cover change to support public policies: Application to sustainable management of natural resources in northern Vietnam [J]. *Land Use Policy*, 2008, 24:531-545.
- [18] Stuart Russell, Peter Norving. 人工智能——一种现代方法[M]. 姜哲, 等译. 北京: 人民邮电出版社, 2004. [Stuart Russell, Peter Norving. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Translated by JIANG Zhe, et al. Beijing: The People's Posts and Telecommunications Press, 2004.]
- [19] 邓卫, 宋扬. 住宅经济学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008. [DENG Wei, SONG Yang. *Residence Economics*. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.]
- [20] 王家庭, 张换兆. 中国城市土地集约利用——理论分析与实证研究[M]. 天津: 南开大学出版社, 2008. [WANG Jia-ting, ZHANG Huan-zhao. *Intensive Urban Land Use in China: Theoretical Analysis and Practical Study*. Tianjin: Nankai University Press, 2008.]
- [21] Robert Costanza, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387:253-260.

Scenario Analysis of Urban Residential Land Use Utility Based on Multi-agents' Spatial Decision

SHAN Yu-hong¹, ZHU Xin-yan²

(1. a. College of Economics and Land Management, b. Research Center of Rural Sustainable Development, Huazhong Agriculture University, Wuhan 430070, China; 2. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and RS, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper builds a multi-agents model to study the impact of the agents' spatial decisions to the urban residential space evolution form and land use efficiency in the process of urban extension which contains one environment agent and three micro intelligent land use agents: residents, property developers and urban government. By the method of PEAS, the model induces the interactions among the three intelligent agents on the basis of the recognitions of their behavior characteristics and concludes that urban residential lands are developed in a priority sequence

which is decided by the three intelligent agents' spatial decisions and interactions. First, residents will choose favorable residential locations according to the law of consumption utility maximization. Then, property developers will choose these locations which can bring the maximized benefits. Residents and property developers' spatial decisions represent market mechanism which indicates the self organization of urban residential space in a degree. Furthermore, urban government agents will adjust the residential land developing priority sequence based on the comprehensive consideration of the social and ecological land use utility. So by adjusting the land use and environmental protection policies of urban government agent the model sets three scenarios which respectively represent the compact, relaxed and controlled modes of urban residential space extension and gets the residential developing priority function in every scenario. By the function, the model can get the preview of the evolution of residential space in every set scenario and provide land use planning policy guidance for urban government in advance.

Taking Wuchang and Hongshan districts in Wuhan as the experimental areas, the paper compares the land use structure and land use efficiency in the process of the residential space evolution from 1998 to 2008 among the three scenarios and the actual situation respectively. The comparison indicates that land new development holds a larger proportion in the evolution process of the experimental residential space from 1998 to 2008, that is to say the land redevelopment level of old urban in experimental districts is not enough. In fact the government of Wuhan city had focused on residential new development of the suburban fringe areas before 2004, but the emphasis has been transferred to the old city transformation and land redevelopment after 2004, the point verifies the validity of the model to a certain degree.

Compared with the model's simulating results under different scenarios, the factual residential space evolution always has intersections with the three simulating results respectively, which means urban government may adjust its land use policy, natural environmental protection policy and so on under the influence of macroscopic environment in different periods. This is just one of the characteristics of Chinese real estate market. Excepting this, from the model simulating results, urban residents have attached increasing importance to the rights and interests of themselves, at the same time because of the action of market economic mechanism, the property developer also paid more attention to the favorite choices of urban residents; and the urban government gave more attention to the public willingness and the growth of resident welfare as well.

Key words: urban residential space evolution; scenario model; multi-agents; GIS; spatial decision