

# 约束性CA在城乡建设用地指标空间化中的应用

马世发<sup>1</sup>, 艾 彬<sup>2</sup>, 欧金沛<sup>1</sup>

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275; 2. 中山大学海洋学院, 广东 广州 510275)

**摘要:** 元胞自动机(Cellular Automata, CA)能通过简单的规则模拟复杂的地理时空演变过程。将城镇空间发展战略、限制性发展约束条件等规划思想耦合于CA模型中, 可以提供城乡建设用地空间布局分析工具。以广州市为案例, 根据中国当前土地利用总体规划编制规程, 尝试利用构建的约束性CA模型确定规划期内城乡建设用地最可能的空间布局模式, 并据此制定城镇扩展边界线(Urban Growing Boundary, UGB)和土地用途管制分区, 提供土地利用总体规划中关于“六区一界”的编制方案。广州市的案例研究结果表明, 耦合空间发展战略的约束性CA是一种非常有效的空间分析工具, 可为土地利用规划提供决策参考。

**关 键 词:** 元胞自动机(CA); 土地利用规划; 土地利用分区; 城镇扩展边界线(UGB)

**中图分类号:** F301.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0690(2013)10-1245-07

土地利用规划在中国土地资源管理中有着举足轻重的地位<sup>[1]</sup>, 其编制方法一直是广大研究者十分关心的话题<sup>[2]</sup>。目前, 城镇化依旧是中国土地利用变化的主要驱动力之一, 科学分配和合理布局城乡建设用地, 能有效避免土地利用规划方案不符合实际发展需求而需多番重调, 这对确保土地利用规划的严肃性、提高土地利用规划的科学性具有重要意义<sup>[3]</sup>。关于城乡建设用地空间布局, 当前主要还是根据下级预期需求和上级规划约束, 规划师在综合权衡的基础上将控制指标空间化。然而, 这种规划决策模式受人为干预太大, 利益博弈的不确定性是编制规划的重要难题之一。

自Tobler首次将CA应用于城市扩张模拟以来<sup>[4]</sup>, 其后几十年CA被广泛应用于城市扩张领域, 如Clark等构建了SLEUTH模型模拟了美国旧金山和华盛顿地区的城市发展<sup>[5]</sup>; 黎夏等人则将CA应用于城市扩张模拟中等等<sup>[6,7]</sup>。总体来看, 早期关于CA的研究主要集中于探讨状态转换规则的获取方法, 如基于生命游戏思想建立的邻域转换规则、基于多准则判断的if条件规则等。其后不少学者引入定量分析方法, 期待从历史演变规律中挖掘元胞状态转换规则, 如利用逻辑回归<sup>[8]</sup>、神经

网络<sup>[9]</sup>、支持向量机<sup>[10]</sup>、决策树<sup>[11]</sup>、灰色局势<sup>[12]</sup>以及案例推理<sup>[13]</sup>等方法, 这类模型可称之为预报性CA。然而, 城市发展过程的不确定性导致预报性CA难以实现中长期预报, 一些学者逐渐意识到利用CA做规划情景模拟比预报更有应用价值, 从规划角度扩展了CA的应用。如刘小平等利用人工免疫嵌入规划目标进行城市空间形态设计<sup>[14]</sup>, 杨小雄等利用约束性CA进行土地规划布局模拟<sup>[15]</sup>, 龙瀛等则以北京市为案例构建约束性CA探讨了城市扩张边界制定、规划形态方面的分析等等<sup>[16,17]</sup>。相关研究表明, CA能够有效辅助空间规划决策, 但现有模型在表现规划师或者政府的空间发展意愿上尚存不足。因此, 本文在分析元胞自动机理论的基础上, 提出利用耦合空间发展战略的约束性CA构建土地利用规划空间决策模型, 并以广州市为案例研究区, 详细探讨该模型在城乡建设调控指标空间化中的应用。

## 1 研究方法

在CA模型中, 地理空间可划分成若干相对独立的基本功能单元——元胞, 如矢量图斑或栅格单元等。随着时间的推移, 每个元胞可依据一定

收稿日期: 2012-12-12; 修订日期: 2013-05-25

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40830532)资助。

作者简介: 马世发(1985-), 男, 湖北宜昌人, 博士研究生, 主要从事土地利用规划研究。E-mail: whuma@163.com

通讯作者: 艾 彬, 博士, 讲师。E-mail: abin@mail.sysu.edu.cn

的规则不断调整自身的状态,所有元胞以一种涌现的方式表现一种复杂的地理空间格局。根据CA应用目的可以划分为3种主要类型,即描述性、预报性和约束性<sup>[18]</sup>。本文主要探讨使用约束性CA模型进行土地利用规划布局模拟,主要思想如下:

1) 空间因子作用。利用历史数据挖掘空间状态转换规则本质上都是根据一系列空间作用因子来度量每个区位的城镇发展适宜性,即假设一个区位的发展概率是一系列独立变量如离市中心的距离、离高速公路的距离、地形高程和坡度等所构成的函数。如果其符合线性关系,则一个区位的建设发展适宜性可以由以下公式来概括:

$$z_{ij} = a_0 + \sum_k b_k x_k \quad (1)$$

式中,  $z_{ij}$  表示发展适宜性,可利用相隔一段较长时间(比CA模型一次迭代所代表的时间段长得多)的土地利用变化来估算;  $a_0$  是一个常量,  $b_k$  是逻辑回归模型的系数;  $x_k$  是一组区位变量。

2) 空间邻域影响。某地块的土地利用适宜性除了受自身条件影响外,还受到周围土地利用现状的影响<sup>[19]</sup>,即邻域开发密度,其定义如下:

$$\phi_{ij}^t = \text{den}_{ij}(s_{\Omega} = \text{developed}) \quad (2)$$

式中,  $\phi_{ij}^t$  是以元胞( $ij$ )为中心单元的开发密度;  $\Omega$  是窗口大小,一般为 Moore 窗口或者扩展 Moore 窗口;  $s_{\Omega}$  表示窗口内土地状态已经开发的单元;  $\text{den}_{ij}$  是密度计算函数。与适宜性  $z_{ij}$  不同的是,  $\phi_{ij}^t$  标有时间符号  $t$ ,这表示土地开发密度在CA迭代过程中是不断变化的。

3) 空间限制因子。规划布局模拟还必须考虑客观的空间约束条件,比如道路、水体、山地、优质农田等限制发展单元。元胞发展为建设用地的空间约束可由下式表达:

$$\varphi_{ij} = \text{con}(s_{ij} = \text{suitable}) \quad (3)$$

式中,  $\text{con}$  是限制条件判断函数,用于判断元胞( $ij$ )是否可以发展;  $\varphi_{ij} \in \{0, 1\}$ , 返回值 0 表示禁止发展, 1 表示可以发展。

4) 空间不均衡性。利用CA进行规划决策模拟时需要考虑地理空间差异性,即空间发展的不均衡性。因此,将差异化空间发展战略融入规划决策能避免空间演化趋同、城镇空间摊大饼式发展,可描述如下:

$$\lambda_{ij} = \text{con}(h_{ij}) \quad (4)$$

式中,  $\lambda_{ij}$  用于判断元胞( $ij$ )受政策影响的程度,

$\lambda_{ij} \in \{0, 1\}$ ,  $h_{ij}$  表示政策调控因子,可通过城镇空间发展战略空间化获取。

5) 空间不确定性。城市空间扩展过程中存在各种政治因素、人文因素、随机因素和偶然事件的影响和干预,特别是人类活动的影响,使其变化更为复杂<sup>[20]</sup>。因此,为了使模拟结果更接近实际情况,在改进的约束性CA模型中引进随机项反映城市系统演化的不确定性,可表达为:

$$Ra^t = 1 + (-\ln\gamma)^{\alpha} \quad (5)$$

式中,  $\gamma$  为 (0, 1) 范围内的随机数;  $\alpha$  为控制随机变量影响大小的参数,为 1~10 之间的整数。

综合以上分析,元胞的最终发展概率表达如下:

$$p_{ij}^t = \frac{1}{1 + \exp(-z_{ij}^t)} \times \phi_{ij}^t \times \varphi_{ij}^t \times \lambda_{ij} \times Ra^t \quad (6)$$

6) 分区更新策略。作为规划性CA,一般都有城镇增长规模的限制,由于在数量控制校准上的不便利,规划性CA一般不宜采用阈值转换模式。此外,不仅空间整体发展战略会影响土地利用布局,而且规划指标的行政逐级调控也会对空间布局产生影响。相关学者采用空间分区模拟、分区采样等技术对传统模拟结构进行了改善<sup>[21,22]</sup>。本文则根据土地利用规划需求,引入空间分区发展战略来调控空间不均衡性,弥补传统约束性CA在规划模拟上的不足。因此,在预先控制迭代次数的情况下,可依次从各次级行政区内选择概率最高的元胞进行状态更新,公式表达如下:

$$s_{ij}^{t+1} = \begin{cases} \text{developed} & \text{if } p_{ij}^t \in p_{\max(u)} \\ \text{undeveloped} & \text{if } p_{ij}^t \notin p_{\max(u)} \end{cases} \quad (7)$$

式中,  $s_{ij}^{t+1}$  为元胞( $ij$ )在  $t+1$  时刻的状态,  $p_{\max(u)}$  是行政区  $u$  内满足更新数量需求的发展概率最高的元胞集合。

7) 系统迭代时间。规划性CA不同于预报性CA,规划CA通常是在既定的土地利用结构调控方案上,将最可能的空间发展形态进行识别。通常土地利用总体规划按照年作为时间计量单位,但为了便于土地利用变化模拟系统对不确定性的表达,可将年份按照月份拆解作为CA的系统迭代时间,并假定规划期内土地利用变化量按线性方式递增,由此可确定CA系统迭代时间和每一次具体迭代元胞变化量,公式表达如下:

$$\Delta_t = \left\| \frac{\Delta \text{Index}_u}{T \times 12} \right\| \quad (8)$$

式中,  $\Delta_t$  为CA系统时间每次迭代变化量;  $\Delta \text{Index}_u$

表示规划期内区域 $u$ 的新增城乡建设控制指标; $T$ 表示规划年份, $T \times 12$ 表示CA系统迭代次数; $\|$ 表示转换个数取整操作。为了保证数量控制的精确性,最后一次更新应取余数,即不一定是 $\Delta_i$ 。

2 案例研究

2.1 研究区及空间数据

本文以全国新一轮土地利用总体规划(2006~2020年)为背景,选择广州市为案例研究区,以2005年土地利用变更调查(来源于广州市国土局,按规划规程进行现状重分类与基数转换)作为模型基期年数据,并利用2010年3月1日获取的Landsat TM影像对土地利用变化进行更新,用于










提取城乡建设用地变化惯性规则;同时模型还采用了广州市交通、城镇发展中心、DEM等数据,为模型提供相应的参数条件。

2.2 约束性CA系统参数设定

1) 空间影响因子参数识别。土地利用变化具有一定的历史继承性,即考虑历史惯性驱动是土地利用空间分配的前提。为了科学识别空间发展现状因子对城镇扩张的潜在影响,本文在研究区内进行20%随机采样,利用逻辑回归模型挖掘空间发展条件对城镇扩展的惯性影响力,其作用参数识别结果如表1所示。

2) 空间发展限制条件。根据广州市实际情况,将坡度大于 $25^\circ$ ,河流、水库、滩涂、森林公园、

表1 广州市城镇扩张影响因子对应参数值  
Table 1 Weights of spatial factors to urban developing in Guangzhou

因子名称	空间要素	参数值	因子名称	空间要素	参数值
离市级中心的距离( $b_1$ )		0.589	离地铁的距离( $b_6$ )		-0.745
离区级中心的距离( $b_2$ )		1.847	离快速路的距离( $b_7$ )		-0.623
离大镇中心的距离( $b_3$ )		-0.132	离一般道路的距离( $b_8$ )		-2.667
离小镇中心的距离( $b_4$ )		-0.644	高程( $b_9$ )		-6.037
离铁路的距离( $b_5$ )		-0.847	常数项( $a_0$ )	—	0.833

注:空间要素图中颜色越亮表示值越小,反之越大;其中距离是越亮越近,高程是越亮越低。



自然保护区等生态敏感地带划为禁止建设区,作为限制条件控制城镇扩张的重要参数(图1)。

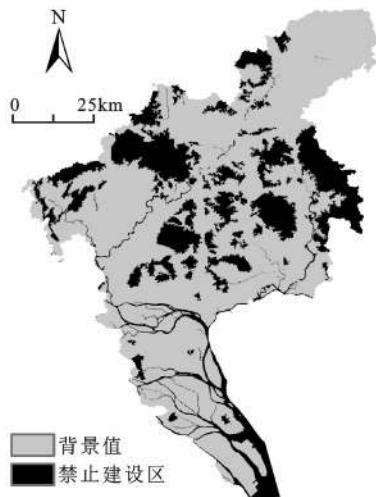


图1 广州市禁止建设区分布

Fig.1 Forbidden construction areas in Guangzhou

3) 土地利用空间发展战略。根据《广州市土地利用总体规划(2006~2020年)》战略布局,其新区理性引导是指在“南拓、北优、东进”指导思想下,有序引导新区紧凑发展,实现空间布局优化。本文根据广州市城镇空间发展战略,利用空间发展“点-轴”理论,将空间发展战略空间影响力利用重力场模型进行空间化<sup>[23]</sup>,作为约束性CA的模拟重要参数条件(图2)。

4) 空间发展不平衡性。土地利用空间发展战略具有空间不平衡性,通过建设用地指标空间

不均衡分布有助于引导土地利用空间结构调整。为了和实际土地利用总体规划空间调控策略一致,本文采用次级行政区作为调控单元。与此同时,由于建设用地中包含交通水利等线性基础设施数据,不便于规划模型控制,因此只采用《广州市土地利用总体规划(2006~2020年)》确定的城乡建设用地新增控制规模指标分解作为模拟控制条件(表2)。

### 2.3 指标空间化结果及分析

基于上述土地利用空间规划模型,对广州市2020年城乡建设用地空间布局进行模拟,结果如图3c所示。面向规划的约束性CA主要用于展示规划者的空间布局思想,由于中长期土地利用总体规划决策时间通常较长,一些土地利用空间布局往往有突破历史发展规律的现象。比如,国务院在2012年9月正式批复了广州南沙作为继上海浦东、天津滨海等之后的第六个国家级新区。因此,广州市在未来势必大力发展南沙新区,但这种空间调控趋势当前还没有体现,即使采用当前最新的遥感影像,利用Kappa系数定量评价模拟的精度是不太科学的,所以本文主要从定性角度分析成果的可行性。

随着广州市现有规模的不断扩大,传统“摊大饼”式空间发展带来诸如交通拥堵、空气污染等系列城市病问题,所以最新一期土地利用总体规划期望实现多中心协同发展,未来广州市主要大力发展周边卫星城,形成“以主带副,以城带乡,层层推进”的城镇空间格局。与此同时,还要保持一定的节约

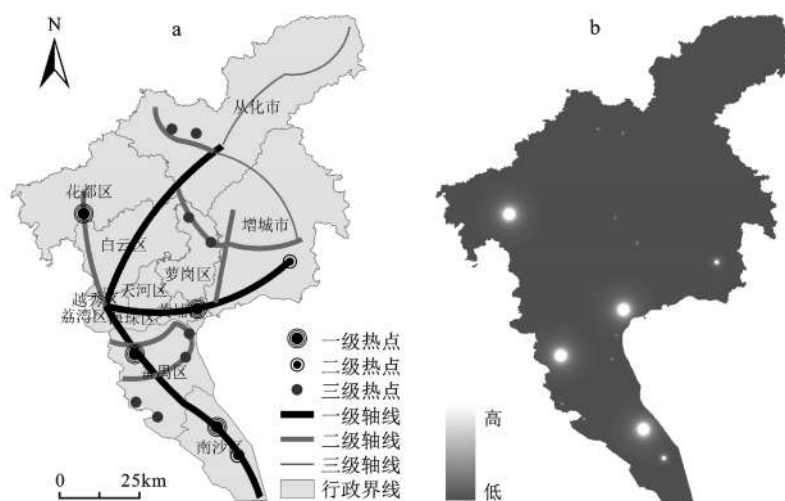


图2 广州市城镇空间发展战略(a)及其重力场(b)影响

Fig.2 Spatial development strategy(a) of Guangzhou and its application(b)

表2 广州市城乡建设用地新增规模指标

Table 2 Urban sprawling indices for different regions in Guangzhou

行政区	规划目标年增量 (hm <sup>2</sup> )	年均增量 (hm <sup>2</sup> )	月均增量 (≈个)
越秀区	4	0	0
海珠区	332	22	2
荔湾区	434	29	2
天河区	650	43	4
白云区	2074	138	12
黄浦区	611	41	3
花都区	1886	126	10
番禺区	1876	125	10
南沙区	4971	331	28
萝岗区	2657	177	15
从化市	1573	105	9
增城市	1849	123	10
合 计	18917	1261	105

注:本文划定的元胞大小为 100 m×100 m,对应实际用地 1 hm<sup>2</sup>。

集约利用,避免过去的“粗放式”开发模式。从图 3a~c 的演化规律可以看出,耦合空间发展战略的约束性 CA 较好地展示了广州市规划期内“南拓、北优、东进”的战略发展意图,而以“城带镇”、“镇带村”的城镇体系结构也得以较好的体现。

为了更好的分析本文构建的约束性 CA 模型在规划应用上的实用性,采用基于逻辑回归的预报性 CA 模型模拟结果(见图 3d)作对比分析。传统预报性 CA 主要期待从历史演变规律中提取演化规则,并实现对未来的预报。然而,土地利用不是一个纯自然系统,人类活动和政府的干预非常强

烈。面向规划的约束性 CA 模型综合考虑了城乡建设用地演化的自我惯性驱动力和生态环境等限制性因子,并在宏观政府的空间发展战略指导下进行,保障了规划空间管制理念的实现。通过对比分析,可以从以下几个方面体现本模型的优势:

1) 从“北优”发展战略来看,约束性 CA 模拟结果主要反映了建设用地上紧凑式发展,其格局并没有保持传统空间的增长趋势;而预报性 CA 模拟结果表明建设用地依然延续历史发展惯性,这与本轮土地利用规划的空间调控意愿不相符。

2) “东进”战略主要体现对增城片区发展模式的调控。增城西部因靠近黄埔与萝岗,具有更好的区位条件,成为未来建设用地发展的重要区域。而从预报性 CA 模拟结果来看,在增城片区新增建设用地依然呈现出摊大饼式的扩张模式,均匀的分布在各个区域,偏离了空间发展热点。

3) 在“南拓”战略中,番禺片区建设用地呈现出集约式发展;南沙片区则新增了大量建设用地,符合新区建设的需求。传统预报性 CA 模拟结果体现的依然是“四面开花”式发展,比如在番禺片区的南部增加了大量建设用地,而实际用地主要在东部的港口建设,所以不太符合实际发展供地需求。

通过与本轮广州市土地利用空间发展战略和传统预报性 CA 模拟结果的对比分析可以发现,本文构建的约束性 CA 规划模型在新增建设用地规划布局上具有一定的有效性,其将发展惯性与空间发展战略进行双重结合,很好的体现了土地利用规划空间布局模拟的需求。

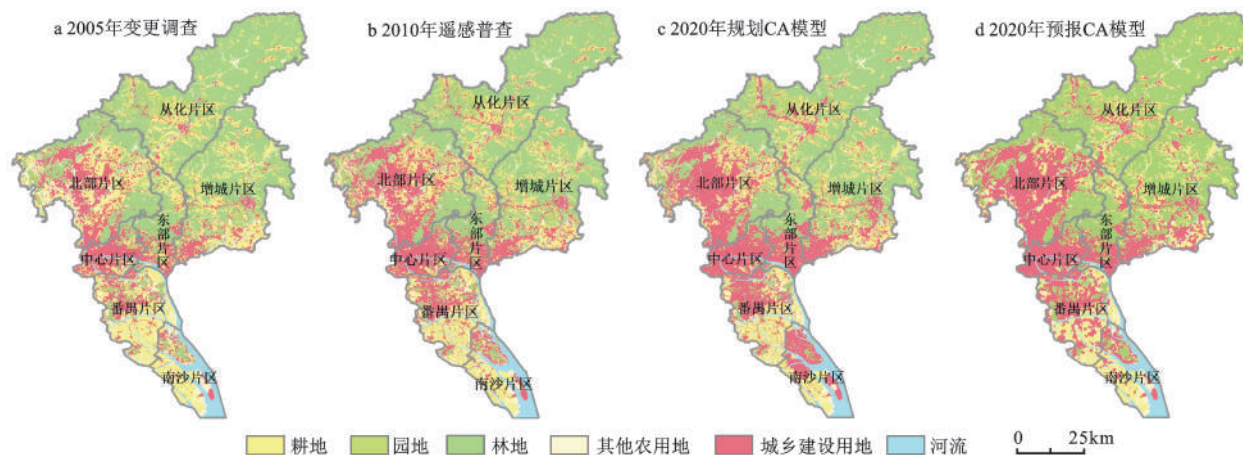


图3 广州市土地利用现状及规划情景模拟

Fig.3 Present land use and simulation results of Guangzhou

## 2.4 土地利用规划方案制定

为满足规划实施的弹性管制需求,土地利用总体规划制图一般通过规划分区达到空间管制目的。本文在 ArcGIS 软件环境,基于约束性 CA 模拟结果,并根据土地利用的主导用途判别规则,结合景观生态学和地图制图等原理进行土地用途管制分区制图。

利用本文中的约束性 CA 模型分别获取远景规划年(2030年)和目标年(2020年)城乡建设用地空间布局,并将两者之差作为城乡建设用地空间发展缓冲区——有条件建设区。然后,根据广州市实际土地利用结构情况,在顾及城镇建设用地空间扩张的基础上,分别划定基本农田、自然与文化遗产保护等分区类型,最终形成规划期土地利用分区调控方案(图4)。

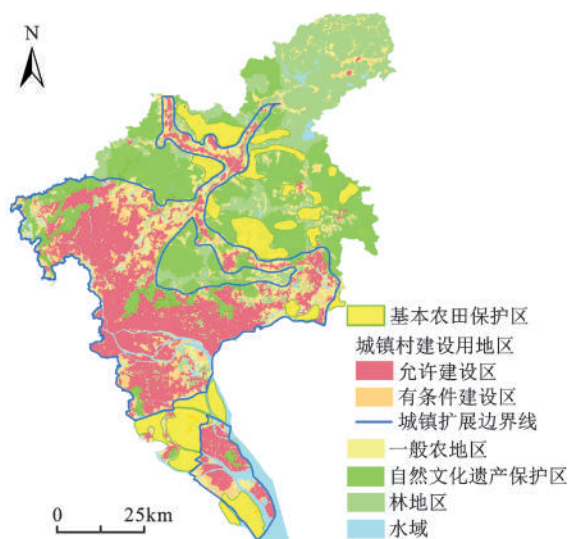


图4 广州市2020年土地利用规划模拟分区

Fig.4 Land use zones delimited through the simulation results in 2020 of Guangzhou

## 3 结论与探讨

本文基于传统预报性CA原理,根据中国土地利用总体规划编制规程,设计了适合土地利用规划空间辅助决策的约束性CA模型。在该模型中,利用逻辑回归模型获取土地利用历史发展条件对城镇扩张的惯性驱动,并将生态环境等限制性条件作为模型的基本约束,同时还将未来城镇空间发展战略通过重力场模型来引导CA进行规划布局。

利用本文建立的约束性CA对广州市进行实例研究,模拟得到2020年城乡建设用地空间布局,通过与规划空间发展思想的定性分析和传统预报性CA的对比发现,面向规划的约束性CA在一定程度上能够支撑城乡建设用地空间自动布局,较好的反映了规划者的空间发展意图,体现了广州市建设用地在空间上“北优”、“东进”、“南拓”以及“城带镇”、“镇带村”的战略性规划布局,弥补了传统预报性CA空间上“摊大饼”式发展模式的不足,能够提高建设用地指标空间化的科学性,有效避免因土地利用规划方案不符合城镇建设用地扩张的实际需求而频繁调整。综合不同规划期的模拟结果,进行的土地用途管制分区制图也能满足土地利用规划空间管制的弹性需求。

然而,由于土地利用演化存在较大的不确定性,仅仅依靠逻辑回归模型挖掘城乡建设用地历史演变规律局限了土地利用演变过程和机理的解释,比如农民的意愿往往受市场的影响更大,因此可以进一步考虑利用多智能体耦合空间发展战略建立多类土地利用变化调控模型,以便更好的辅助规划决策。

## 参考文献:

- [1] 朱天明,杨桂山,万荣荣.城市土地集约利用国内外研究进展[J].经济地理,2009,29(6): 977~983.
- [2] 蔡玉梅,谢俊奇,赵言文,等.2000年以来中国土地利用规划研究综述[J].中国土地科学,2006,20(6): 56~61.
- [3] Rodiek J. Upgrading our land use decision making [J]. Landscape And Urban Planning, 2010, (97): 69-72.
- [4] Tobler W R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region [J]. Economic Geography, 1970, (16): 141-154.
- [5] Clark K C, Gaydos L J. Loose-coupling a cellular automata model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore [J]. Geographical Information Science, 1998, 12(7): 699-714.
- [6] 黎夏,叶嘉安.约束性单元自动演化CA模型及可持续城市发展形态的模拟[J].地理学报,1999,54(4): 289~298.
- [7] Wu F, Webster C J. Simulation of land development through the intergration of cellular automata and multicriteria evaluation [J]. Environ. Plan. B, 1998, (5): 103-126.
- [8] 高玉宏,张丽娟,李文亮,等.基于空间模型和CA的城市用地扩展模拟研究——以大庆市为例[J].地理科学,2010,30(5): 723~727.
- [9] 杨青生,黎夏.基于支持向量机的元胞自动机及土地利用变化模拟[J].遥感学报,2006,10(6): 836~846.
- [10] 柯新利,边馥蓉.基于C5.0决策树算法的元胞自动机土地利用变化模拟模型[J].长江流域资源与环境,2010,19(4): 403~408.



- [11] 刘耀林,刘艳芳,明冬萍.基于灰色局势决策规则的元胞自动机城市扩展模型[J].武汉大学学报·信息科学版, 2004, **29**(1): 7~13.
- [12] 黎 夏,刘小平.基于案例推理的元胞自动机及大区域城市演变模拟[J].地理学报, 2007, **62**(10): 1097~1109.
- [13] 刘小平,黎 夏,张啸虎,等.人工免疫系统与嵌入规划目标的城市模拟及应用[J].地理学报, 2008, **63**(8): 882~894.
- [14] 杨小雄,刘耀林,王晓东,等.基于约束条件的元胞自动机土地利用规划布局模型[J].武汉大学学报·信息科学版, 2007, **32**(12): 1164~1167.
- [15] 龙 瀛,韩昊英,毛其智.利用约束性CA制定城市增长边界[J].地理学报, 2009, **64**(8): 999~1008.
- [16] 龙 瀛,沈振江,毛其智,等.基于约束性CA方法的北京城市形态情景分析[J].地理学报, 2010, **65**(6): 643~655.
- [17] Santé I, García A M, Miranda D, et al. Cellular automata models for the simulation of real-world urban processes: A review and analysis [J]. *Landscape And Urban Planning*, 2010, (96): 108-122.
- [18] Geertman S, Hagoort M, Ottens H. Spatial-temporal specific neighborhood rules for cellular automata land-use modeling [J]. *International Journal Of Geographical Information Science*, 2007, **21**(5): 547-568.
- [19] Yeh A G O, Li X. Errors and Uncertainties in Urban Cellular Automata [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2006, **30**(1): 10-28.
- [20] 乔纪纲,何晋强.基于分区域的元胞自动机及城市扩张模拟[J].地理与地理信息科学, 2009, **25**(3): 67~70.
- [21] 柯新利,边馥苓.基于空间数据挖掘的分区异步元胞自动机模型研究[J].中国图象图形学报, 2010, **15**(6): 921~930.
- [22] 刘耀林,唐 旭,何建华.基于数据场的空间分析技术及其在土地定级中的应用[J].武汉大学学报(信息科学版), 2009, **34**(9): 1009~1012.

## Spatial Allocation of Construction Land with Constrained Cellular Automata Model

MA Shi-fa<sup>1</sup>, AI Bin<sup>2</sup>, OU Jin-pei<sup>1</sup>

(1. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China;

2. School of Marine Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

**Abstract:** It has been proved that cellular automata (CA) model can simulate complex geographical process effectively only with simple conversion rules. According to the principle of traditional forecasting CA, a constrained CA model by combination of spatial development strategies was proposed in this article. In the model, the influence factors of land use evolution such as spatial indices, constrained conditions as well as planning policies were integrated to derive the layout rules of construction land. The proposed model will be used as an efficient tool for allocating urban construction land. Selecting Guangzhou city, a fast developing region in Pearl River Delta, as study area, the constrained CA model was further implemented and validated referring to current land use planning outline of China. It was shown that the most appropriate distribution of construction land can be efficiently achieved with the constrained CA. Urban Growing Boundary (UGB) and land use zoning can be further delimited based on the simulation results during different planning periods, which shows higher similarity with the layout planning of the case study area, Guangzhou City. The simulation results can provide scientific information for land use planning, and the constrained CA coupled with the planning scheme is capable of assisting decision-makers to allocate the construction land.

**Key words:** Cellular Automata; land use planning; land use zoning; urban growing boundaries