

技术方法

基于逻辑回归的CA模型的重庆市沙坪坝区土地利用变化模拟研究

张垚垚¹, 密长林², 张中银³, 王荣华²

(1. 国土资源部信息中心; 北京 100812; 2. 临沂市国土资源局, 山东 临沂 276001; 3. 重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 400047)

摘要:以重庆市沙坪坝区为研究区, 利用2010年、2012年的数据得出土地利用变化信息, 利用基于逻辑回归的CA模型理论对土地利用变化、城市扩展进行模拟研究, 并结合实际的政策对其发展变化过程和生态环境影响进行分析与比较。结果显示该研究区域内在今后一个时期, 建设用地将持续增加, 耕地资源将因城市建设而继续减少。

关键词:CA模型; 逻辑回归; 城市扩展模拟; 重庆市沙坪坝区

中图分类号: P209; F301.2

文献标识码: B

引文格式:张垚垚, 密长林, 张中银, 等. 基于逻辑回归的CA模型的重庆市沙坪坝区土地利用变化模拟研究[J]. 山东国土资源, 2015, 31(5): 86-90. ZHANG Yaoyao, MI Changlin, ZHANG Zhongyin, etc. Simulation Study on Land Use Change Based on Logistic Regression CA Model in Shapingba District of Chongqing City[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(5): 86-90.

未来城市空间扩展研究目前主要应用与GIS结合的元胞自动机(Cellular Automata, CA)模型来开展。CA模型既可以模拟不同时空的城市模型, 也可以反映城市规划发展的某些具体场景^[1]。单纯的CA模拟还仍然是一种近似模拟^[2], 本身也具有一定的局限性, 主要原因就是数据源误差、操作或转换误差、城市CA建模中模型不同的影响, 该次研究基于逻辑回归的CA模型基本上可以避免以上因素的影响。该研究以重庆市沙坪坝区为例, 运用CA模型模拟重庆市沙坪坝区城市空间扩展的过程, 及预测研究区未来不同情景下的城市发展变化格局, 从而为区域可持续发展提供有效决策支持。

1 研究数据及研究方法

1.1 研究区

该文以重庆市沙坪坝区为对象进行模拟研究。该研究区位于重庆市主城区西部, 是重庆市科教文化区。区内辖小龙坎等11个街道, 覃家岗等12个

镇, 面积约396 km²。东面与江北区、渝北区隔江相望, 东北方向与北碚区相连, 东南方向与渝中区接壤, 西与璧山县相邻, 南面与九龙坡区相接。

该研究区内的主要特点: 人多地少, 人均土地资源占有量仅约0.056 hm², 其中人均耕地面积仅为0.021 hm², 约占全市人均耕地面积的31.5%; 平地少, 丘陵多, 全区丘陵地区面积约占总面积的67.3%; 农业后备可利用资源有限, 区域城市化率相对较高; 土地利用生态效应较低等。

1.2 数据准备

数据源包括2个时相的遥感影像(2010年、2012年)、道路现状图、以及高程图elev。利用ArcGIS软件平台对数据进行处理及格式转换, 转换为二进制文件(.txt), 使之能在GeoSOS中进行相应的模拟操作。首先, 将2010年、2012年的土地利用图像按土地利用类型分类进行格式转换, 土地利用类型有农田、森林、城市用地、果园和水域5大类型。其次, 从道路现状图中提取普通公路(Road)、快速

收稿日期: 2014-10-20; 修订日期: 2015-02-09; 编辑: 王敏

作者简介: 张垚垚(1978—), 女, 北京市人, 助理研究员, 主要从事国土资源信息化建设和应用; E-mail: yzhang@infomail.mlr.gov.cn

道路(fastRoad)2 个二进制文件。坡度影响因子从高程图 elev 中提取并转换,镇政府点分布图直接进行转换。在进行处理及格式转换过程中,要进行投影转换,统一投影,保持投影及研究范围的一致性。

1.3 CA 模型

元胞自动机(CA)是利用动态模拟方法建立城市土地利用的微观规划模型,因其可以简洁的模拟出城市土地利用变化过程,特别是在城市扩张过程中土地利用格局演变过程的模拟中具有明显优势。因此许多学者都基于 CA 对城市系统动态进行研究,同时运用新理论(分形理论、人工神经网络、多因子评价模型等)、新方法(Logistic 模拟、马尔柯夫链等)和新技术(3S 技术)不断地扩展标准 CA 的基础,构建城市扩展 CA 模型。通过扩展 CA 模型利用情景(Scenario)模拟方法,实现对未来的发展趋势的预测;用于各种政府决策和实施城市规划评估;产生不同城市增长类型或者优化的城市形态和城市空间结构;与多智能体系统的公共建模平台相结合,对未来城市扩展进行模拟和预测,评估未来城市扩展所带来的一系列生态环境效应,为城市规划和土地规划提供依据^[3]。

元胞自动机(CA)模型应用的思路为“自下而上”式,其模型的核心是转换规则变量参数值^[4],数值的选取合适与否对建立 CA 模型至关重要,定义转换规则寻找适合研究区参数值方法很多,比如可以通过转换矩阵、人工神经网络模型、决策树、遗传算法、灰度、主成分分析、多准则判断、层次分析法、自适应模型等方法来确定的^[5]。

1.4 逻辑回归

Logistic 模型是针对二分类或多分类响应变量而建立起来的回归模型,其自变量可为定性数据或定量数据假设,其模型表达式可以描述为:

$$P = \frac{e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k}}{1 + e^{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k}} \quad (1)$$

P (时间发生的概率)为因变量,后面的变量依次为自变量为 x_1, x_2, \dots, x_k ; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ 为待求 Logistic 回归系数。通过对(1)式进行 Logistic 变换,求的 Logistic 系数,得到一个线性形式为:

$$Z = \ln[p/(1-p)] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (2)$$

由于(2)式存在异方差性,常用加权最小二乘法

法求解 Logistic 回归系数^[6]。

1.5 基于逻辑回归的转换规则定义

城市化过程就是社会经济变化过程,城市用地不断向非城市用地扩展,逻辑回归 CA 模型基本的思想:若给地理元胞{0 为非城市化,1 为城市化},通过在 $[t, t+1]$ 时刻间赋值的变化,就可知道该地理元胞是否已城市化。

城市的发展状况是由一系列独立变量和因变量组成,独立变量包括城市的地理因素及交通情况等因素;因变量是将土地利用分为 0(非城市化)与 1(城市化),因这种状况不满足正态分布的条件,所以可以用逻辑回归分析。利用逻辑回归技术对 CA 的转换规则进行校正,则有 t 时刻地理元胞 (i, j) 的城市化最终发展概率为:

$$P_{i,j}^t(S_{i,j} = urban) = \frac{1}{1 + \exp(-z_{i,j})} \times \text{con}(S_{i,j}^t) \times \Omega_{i,j}^t \times \gamma \quad (3)$$

式中: $S_{i,j}$ 是地理元胞 (i, j) 的状态,只有 0 (非城市化)和 1 (城市化)两种状态; z 是描述地理元胞 (i, j) 开发特征的向量, $z = \alpha + \sum_k b_k x_k$ 是一个常量; b_k 是逻辑回归模型的系数; $\text{con}()$ 为约束条件,其值 $\in [0, 1]$; $\Omega_{i,j}^t$ 为领域影响,表示 t 时刻地理元胞 (i, j) 的 3×3 窗口内的开发强度; γ 为随机变量,其值大于 1。

样本选取以能反映被调查事物总体为准,按照逻辑回归技术定义转换规则,样本数量可按照总体数据 20% 的来采集。获取到一定样本量的空间变量与土地利用变化的历史经验数据后,再利用逻辑回归得到合适的模拟权重参数^[7]。

2 结果与分析

2.1 城市扩展与土地利用变化趋势

利用基于逻辑回归的 CA 模型对重庆市沙坪坝区 2010—2012 年城市扩展情况的模拟,定义农田、果园可转换为城市用地,森林、水域不可转换为城市用地,自动计算各空间变量的回归系数(图 1)。

设置转换总量为 100 万个栅格单元,迭代次数为 2 次,模拟结果精度为 95.2%,得到的结果利用 ArcGIS 分析,把从遥感手段得到的 2010 年的影像数据与基于逻辑回归的 CA 模型模拟的结果图像进行对比,发现结果是极其接近的,具体如图 2~图 4

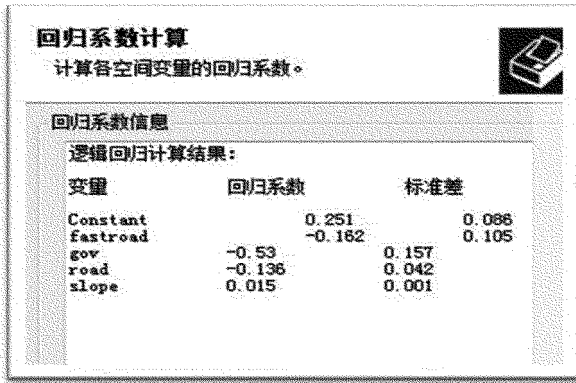


图 1 基于逻辑回归的 CA 模型回归系数

所示。

从城市的分布上看,城市的分布基本上接近,尤其在沙坪坝东南部的井口镇、井口街道、沙坪坝、歌乐山镇的模拟精度极高。此外,值得注意的是在曾家及虎溪镇交界地带及其周边有一块集中的城市区,在模拟图像上是没有的,这说明模拟的结果仍然与实际城市发展存有一定的误差。从城市的发展走向来看,除曾家镇及虎溪镇的交界地带,研究区的发展大体还是集中在东南部即沙坪坝、井口镇、井口街道、歌乐山镇,其他城市的发展主要依托先前的城市周边逐步发展起来。从数量上看,城市用地的数量在不断增多,但是在无序开发和没有有效管理的情况下,森林和水域必将不断减少,这将对区域生态安全敲响警钟。

从模拟结果中,可推测未来研究区的发展仍然会按照 2010—2012 年的发展趋势,依托现有城市逐步实现乡村、果园等向城市用地的转换,曾家镇及虎溪镇交界地带也依然会依托自身优势发展周边,逐步完成城乡转换,统筹发展。并且按照 2010—2012 年的发展趋势,未来沙坪坝区建设用地面积将大规模增加,其他用地类型面积均有不同程度的减少,其中耕地流失量最大;林地、果园、农田等建设用地也有一定程度的减少;水域面积也有一定程度的减少。分析图 2、图 3 可以总结出,土地利用演变过程在未来城市化进程中占据举足轻重的地位,其中耕地、园地及未利用土地是城市建设用地的主要来源。在城镇边缘,沿道路发展是未来城市扩展格局的两大趋势(图 4)。

2.2 功能性发展分析

考虑不同的城市发展政策,通过调整 CA 模型的输入参数,可以模拟不同条件下的城市向外扩展

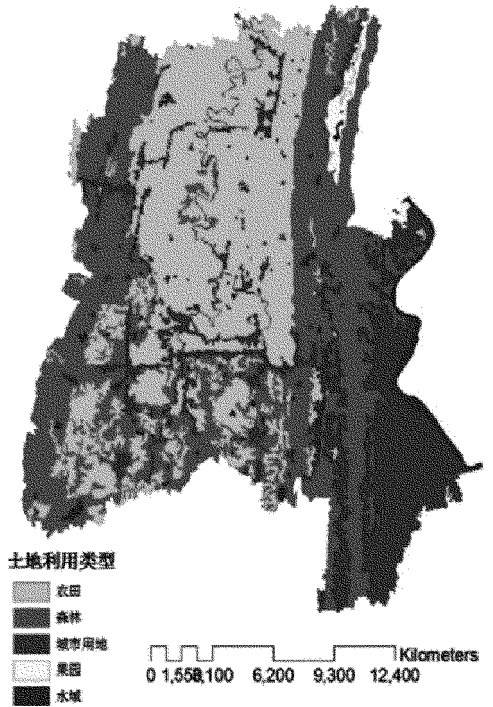


图 2 重庆市沙坪坝区 2010 年土地利用图

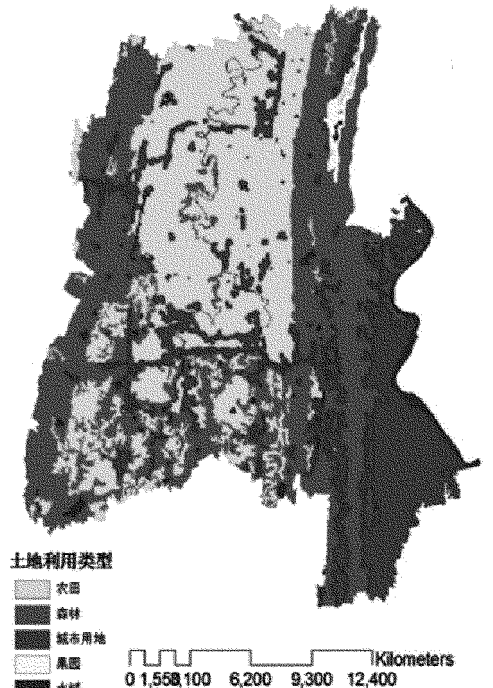


图 3 重庆市沙坪坝区 2012 年土地利用模拟图

与土地利用变化情景。除上述目前趋势发展情景外,即未来城市扩展保持 2010—2012 年间的发展趋势,还设计了城市规划与区域发展情景和生态环境保护管理情景。

寻求城市区域生态环境的可持续发展和生态环

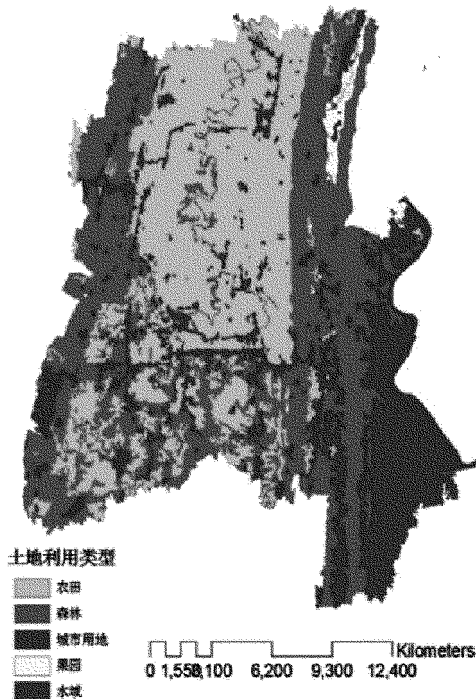


图 4 重庆市沙坪坝区 2012 年土地利用图

环境保护管理就必须保护林地、基本农田、水体不被侵占。城市规划与区域发展情景,也就是考虑全市城市整体发展规划、研究区发展规划及其他建设区域开发政策对未来城市扩展的可能影响。城市规划与区域发展情景和保护生态环境情景下,城市建设用地侵占其他类型土地利用趋势与目前发展趋势基本一致。在城市规划与区域发展情景下,城市建设用地增长趋势低于目前的趋势,但是耕地的缩减趋势高于目前的趋势,究其原因是在城市建设用地沿道路向外扩展,开发区及其他工业园区内有较大面积的基本农田被城市建设用地占用。相对应而言,在保护生态环境情景下,城市建设用地沿现有建设用地向外扩展,城市建设用地增长趋势高于目前的趋势,但是林地、水域等利用类型缩减趋势低于目前的趋势,显示保护生态环境政策发挥了保护的功能作用。从城市扩展空间格局上讲,城市规划与区域发展情景和生态环境保护情景与目前趋势发展情景存在明显的空间差异。

2.3 误差分析

城市空间扩展是城市建设规模不断扩大,主要为横向的城市用地面积的增加即向周边郊区扩展。它受自然条件限制,也受政治、经济、文化以及社会诸多因素支配和影响,它既不会完全按照城市整体

规划运行,也不会完全按照其他因素的影响运行,其根本实质是多种因素共同作用城市空间扩展,影响城市土地利用变化的因素就包括着政府、市场经济和个体 3 个方面,其影响结果是多层次、多尺度、多维度的综合作用效果^[8]。个体因素主要是微观尺度因素;市场经济(社会经济基础和市场发展条件)因素是中观尺度的因素;政策因素是宏观尺度因素包括城市的总体规划、土地利用总体规划、土地利用的相关政策^[9]。在约束性 CA 模型中政府因素是全局约束变量,市场经济因素是区域约束变量,个体因素是局部约束变量。在该文采用空间距离变量和局部变量作为空间数据的结果输入到 CA 模型中进行模拟计算和分析。这些在一定程度上模糊了尺度效应,造成模拟精度的降低。

政府的规划在城市的演化过程中起着根本性的导向作用。但市场经济的发展不以政府的意志为转移,因此市场经济为未来城市发展的土地利用变化增加了不确定性;市场经济的发展同样会对城市规划和个体因素产生影响,由于这些不确定的因素对 CA 模型中进行模拟计算和分析产生影响。所以在元胞自动机模型中不能完全模拟出真实的城市扩展进程的。因此,城市规划的调整修编、重大事件、重大项目都会对城市空间扩展造成深刻影响^[10-11],并将导致 CA 模型中空间距离变量和局部变量发生变化,造成模拟失真。该文研究所运用研究区历史数据来优化参数,是一种静态的转换,无法对上述变化做出反映。

3 结论与讨论

运用逻辑回归建立的 CA 模型研究表明,重庆市沙坪坝区城市的空间扩张以外延式为主,集中在现有的城乡结合部,沿道路呈带状发展的趋势较为明显。在对该区域 2010—2012 年的城市发展状况的模拟结果表明,未来的重庆市沙坪坝区城市建设用地将持续增加,大量的耕地资源被占用,CA 模型基本地模拟其发展变化过程。但是由于客观因素的影响,造成 CA 模型输入参数无法精确地反映客观的变化,所以 CA 模拟结果还存在不同程度的误差。

参考文献:

- [1] 李开宇, 张艳芳, 杨青生. 基于 CA 模型的西安城市空间扩展模拟及误差分析[J]. 测绘科学, 2011, 36(5): 106-108.

- [2] 尹长林,张鸿辉.元胞自动机城市增长模型的空间尺度特征分析[J].测绘科学,2008,33(5):78-80.
- [3] 吴晓青,胡远满,贺红士,等.沈阳市城市扩展与土地利用变化多情景模拟[J].地理研究,2009,28(5):1264-1275.
- [4] 刘小平,黎夏.Fisher 判别及自动获取元胞自动机的转换规则[J].测绘学报,2007,36(1):112-118.
- [5] 周嵩山,李红波.元胞自动机(CA)模型在土地利用领域的研究综述[J].地理信息世界,2012,(5):6-10.
- [6] 姜文亮,张晓通,李霖,等.基于 GIS 和空间逻辑回归模型的城市空间扩展预测——以深圳市龙岗区为例[J].测绘科学,2008,33(4):172-174.
- [7] 聂婷,肖荣波,王国恩,等.基于 Logistic 回归的 CA 模型改进方法——以广州为例[J].地理研究,2010,29(10):1909-1919.
- [8] 黄庆旭,何春阳,史培军,等.城市扩展多尺度驱动机制分析——以北京为例[J].经济地理,2009,29(5):714-721.
- [9] 李开宇.行政区划调整对城市空间扩展的影响研究[J].经济地理,2010,30(1):22-26.
- [10] 黎夏,叶嘉安,刘小平,等.地理模拟系统:元胞自动机与多智能体[M].北京:科学出版社,2007.
- [11] 密长林,孙景广,王荣华,等.临沂市国土资源行政许可审批系统的设计与实现[J].山东国土资源,2013,29(1):52-55.

Simulation Study on Land Use Change Based on Logistic Regression CA Model in Shapingba District of Chongqing City

ZHANG Yaoyao¹, MI Changlin², ZHANG Zhongyin³, WANG Ronghua²

(1.Information Center of the Ministry of Land and Resources, Beijing 100812, China; 2. Linyi Bureau of Land and Resources, Shandong Linyi 276001, China; 3.Geography and Tourism College of Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: Taking Shapingba District of Chongqing city as the study area, by using datas in 2010 and 2012, land use change information has been gained. By using the theory of CA model of logistic regression, simulation study on land use change and urban expansion has been carried out. Combining with actual policies, development process and ecological environment impact have been analyzed and compared. It is showed that within a period of time in the future, the construction using land will continue to increase, while land resources will continue to decline due to urban construction.

Key words: CA model; logistic regression; city expansion simulation; Shapingba district of Chongqing city