

沈阳市城市扩展动态模拟与预测

吴晓青^{1,2}, 胡远满¹, 贺红士¹, 布仁仓¹, 郝凤明^{1,3}

(1.中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2.中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所, 山东 烟台 264003; 3.中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 基于遥感和 GIS, 采用 SLEUTH 模型对沈阳市辖区 1988-2004 年间的城市扩展过程进行动态模拟, 对未来(2005-2030 年)两种预案条件下的城市发展格局进行预测, 即目前趋势预案和区域开发政策与城市规划预案。结果表明: 到 2030 年, 两种预案条件下, 城市面积分别增加 306.0 km² 和 172.7 km², 占土地总面积的百分比达到 22.1% 和 18.3%。目前趋势预案条件下的未来城市发展格局比较分散; 而区域开发政策与规划预案条件下, 城市扩展格局将更加紧凑, 充分体现了区域开发与保护政策、城市规划对城市扩展的约束和引导作用。

关键词: SLEUTH; 沈阳市; 城市扩展; 动态模拟; 预案

中图分类号: P 271

文献标识码: A

Dynamic simulation and prediction of urban growth in Shenyang City

WU Xiaoqing^{1,2}, HU Yuanman¹, HE Hongshi¹, BU Rencang¹, XI Fengming^{1,3}

(1.Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 3. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Based on remote sensing and GIS, SLEUTH model, a well-known cellular automata model, was applied to simulate urban development between 1988 and 2004 in Shenyang city. Future urban development was projected out to 2030 assuming two different urban development scenarios: (1) current trends development, (2) urban growth considering regional exploitation policies and urban planning. The results show urban growth area would be up to 306.0 km² and 172.7 km² in 2030, and urban area accounted for 22.1% and 18.3% of total land area under the two urban growth scenarios, respectively. The more dispersed urban development pattern was produced under the current trends scenario, which allows the continuous expansion of the surrounding towns. Under the regional exploitation policies and urban planning scenario, however, the compact growth pattern shows the control and guide action of future regional development and preservation policies and urban planning.

Key words: SLEUTH; Shenyang city; urban growth; dynamic simulation; scenarios

0 引言

城市扩展及其引发的土地利用/覆被变化作为全球环境变化的重要驱动因素, 日益引起社会各界的普遍关注。新中国成立以来, 沈阳市经历了快速的城市化过程, 特别是进入 21 世纪后, 中心城区快速向外扩张, 从而导致基本农田大量流失, 区域景观和生态环境质量日益下降, 给沈阳市城市增长管理和可持续发展带来严峻挑战^[1]。

模型模拟一直是城市研究的重要手段。元胞自动机 (Cellular Automata, CA) 作为一种微观动态模拟方法, 具有模拟地理复杂系统时空演化过程的能力, 特别是在城市扩展模拟中具有优势^[2-4]。利用

基于 CA 的城市扩展模型—SLEUTH 对沈阳市辖区 1988-2004 年间的城市扩展过程进行模拟, 并对 2005-2030 年间不同发展条件下的城市发展格局进行预测与比较, 以期为沈阳市城市增长管理与区域可持续发展提供决策支持。

1 数据与方法

1.1 SLEUTH 模型

SLEUTH 是个基于 CA 的城市扩展与土地利用变化模型^[5-6], 由城市扩展次模型 UGM (Urban Growth Model) 和土地覆被变化次模型 LCDM (Land Cover Deltatron Model) 组成, 其基本模拟流程图

收稿日期: 2007-04-10

基金项目: 中国科学院创新工程基金资助项目(KSCX2-SW-133); 中科院知识创新工程前沿领域基金资助项目(O6LYQY1001)

作者简介: 吴晓青(1978-), 女, 山东肥城人, 博士研究生, 主要从事 GIS、遥感和景观生态学方向的研究, E-mail: xiaolu_9708@163.com。本文编校: 焦丽

1. 本研究仅仅利用 UGM 模型进行城市扩展模拟。关于模型的详细信息可参阅其项目网站^[7]。

SLEUTH 基于地方历史城市扩展过程进行未来城市发展预测, 充分考虑了地形、交通网络、现存

城镇分布、随机因素等影响城市扩展的重要因素^[8]。该模型在城市增长与景观变化模拟与预测, 区域开发政策与城市规划方案评估以及环境影响评价方面具有较高的模拟效力和重要的应用价值^[9-11]。

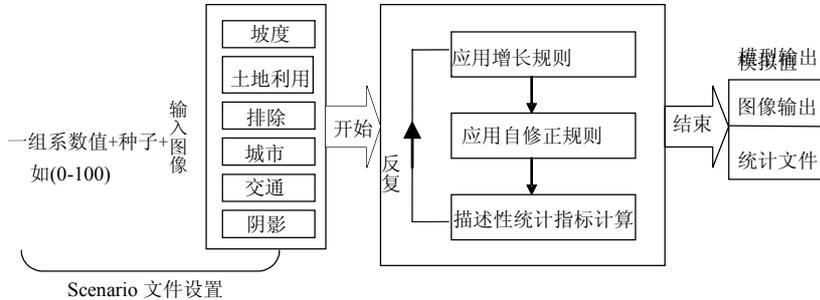


图 1 SLEUTH 模型基本模拟流程

Fig.1 Flowchart for basic simulation of the SLEUTH model

1.2 数据准备与处理

数据源包括多时相的 Landsat TM 遥感影像 (1988、1992、1997、2000、2004)、地形图 (1:100,000)、沈阳城区航空影像图(1997 和 2001)、沈阳城区图、沈阳市地区图(2004)、沈阳市城市总体规划图(2006-2020)以及相关社会经济统计资料。

首先, 利用地形图对 TM 遥感影像进行几何精纠正, 误差小于 0.5 个像元。然后, 参考相关统计资料, 通过目视解译和野外考察相结合的方法综合确定沈阳市区的城市边界即城市范围观测图。数字化 1981 年的地形图和 2004 年的沈阳市地区图中的交通线路, 参考不同时相的遥感影像和相关统计资料, 绘制出相应年份的交通图。要素包括县级以上的公路、铁路、高速公路, 并按照它们对城市发展的重要性分别赋值为 50、100。

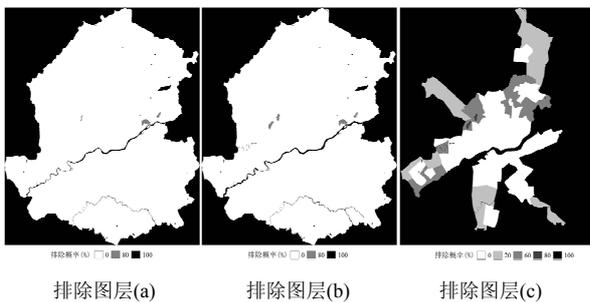
%和 80%的排除概率 (图 2)。百分比坡度图层和山体阴影图层由 DEM 计算得到。所有的数据在 ArcGIS 中进行处理, 被转换为 60 m 分辨率的 GRID 图像, 并裁切到同一地理范围。

1.3 模型校正与预案模拟

SLEUTH 模型采用“强力校正”(brute force)方法, 即利用计算机反复计算不同参数组合所产生的模拟结果与实际情况的拟合度^[12], 以找到能最好地模拟沈阳市区 1988-2004 年间城市扩展格局的一套控制系数。经过反复实验比较, 最优的扩散系数、繁衍系数、传播系数、坡度阻抗系数和道路引力系数分别为 30、72、36、29、52。

校正阶段完成后, 执行过去到现在(1988-2004)的历史模拟, 即以 1988 年为初始种子年, 利用校正的最优系数, 重建历史时期的城市扩展过程, 以对模型的模拟准确性进行定量评估。

然后, 以排除图层为载体, 预测未来 (2005-2030) 两种发展预案条件下的城市发展格局。预案 1: 维持现状发展预案, 即未来城市扩展保持 1988-2004 年间的发展趋势。因此, 该预案条件下的排除图层(b)基本保留校正阶段的排除要素, 但根据 2004 年的 TM 影像进行某些地理要素的更新, 比如丁香湖范围的扩大 (图 2)。另外, 考虑到 2004-2006 年新道路的建设以及“十一五”沈阳市交通规划, 对 2004 年的交通图层进行更新, 添加了沈彰、沈抚新线等主要交通线, 构建 2008 年的交通图层。预案 2: 城市规划与区域开发政策发展预案, 即考虑到沈阳市最新修编的 2005-2020 年城市发展总体规划; 市委、市政府新近提出的沈北大



(a) 校正阶段; (b) 预测阶段: 预案 1;
(c) 预测阶段: 预案 2

图 2 SLEUTH 模型运行阶段的排除图层

Fig.2 excluded layers used in SLEUTH model operation

参考地形图和 1988 年的 TM 影像绘制排除图层(a), 包括主要水体和公园等要素, 并分别给予 100

开发、浑南大开发等区域开发政策;以及辽宁省积极推进的“沈阳大经济区”建设等规划与政策对未来城市扩展的可能影响。这一模拟预案的排除图层(c),除包括预案1的要素外,对城市规划近期为城市用地的区域、区域开发与规划确定的主要开发轴带和城市开发范围内的绿地分别给予0%、20%、60%的排除概率(图2)。对于上述区域之外的区域给予100%的排除概率,以限制其发展,保护基本农田与林地。交通图层与预案1相同,加入2008年的图层。

对于模型输出的城市增长年概率图,以50%的概率阈值将其分为城市范围二值图,然后进行模型模拟准确性的定量评估与不同发展条件下城市扩展情景的比较。

2 结果与分析

2.1 历史城市扩展特征

过去16年间,沈阳市城市面积从1988年的321.2 km²增长到2004年的462.3 km²,增长了43.9%,年均增长8.8 km²,年均增长率为2.7%。其中,2000-2004年间增长了57.3 km²,年均增长14.3 km²,年均增长率达到3.5%。新增长的区域集中在中心城区周围一定范围内,南北方向和东北-西南方向是城市扩展的主方向(图3)。经过分析发现,这种城市扩展格局与沈阳市的经济开发区建设与浑南大开发密不可分。

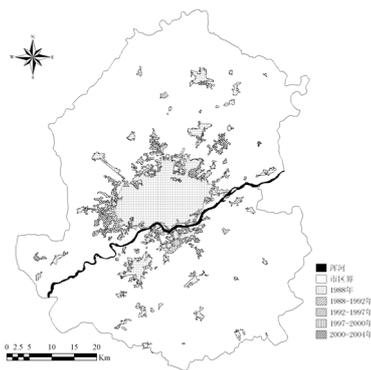


图3 沈阳市1988-2004年间的城市空间发展格局

Fig.3 Urban spatial development of Shenyang from 1988 to 2004

2.2 模型校正与评估

1988-2004年间观测年份的城市增长像元数的观测值与模拟值相近,两者的最小二乘回归值为

0.973 ($P < 0.005$) (图4),说明模型对历史时期城市扩展总体趋势拟合很好。而2004年城市范围观测图与模拟图的Kappa统计值达到0.782,进一步表明该模型在城市扩展模拟上具有较高的精度。

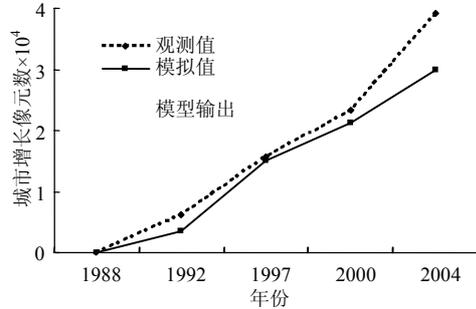


图4 城市增长模拟值与观测值的比较

Fig.4 comparison between observed and simulated urban growth trends

2.3 未来城市扩展

从城市扩展面积来看(表1),预案1条件下,城市面积从2004年的462.3 km²增加到2010年的515.9 km²、2020年的630.3 km²、2030年的768.2 km²。26年间,城市面积增加了306.0 km²,年均增长11.8 km²,比2004年增长了66.2%;占土地总面积的百分比也从13.3%增加到2030年的22.1%。预案2条件下,城市面积在2010、2020、2030年分别达到495.5 km²、567.9 km²和635.0 km²。26年间城市面积增加172.7 km²,年均增长6.6 km²,比2004年增长37.4%;占土地总面积的百分比从13.3%增加到18.3%。

两种预案相比,预案2条件下,未来26年间的城市扩展面积、扩展速度仅仅为预案1条件下的50%。这是由于排除范围的增加限制了模型增长机制的发挥。为了克服这一缺陷,可以通过手动人为地调节模型参数来实现一定数量的增长^[9]。

表1 沈阳市未来主要年份城市扩展面积与速度

Tab.1 Urban growth area and rate for urban growth in 2010, 2020 and 2030 under different scenarios

统计指标	预案1			预案2		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
城市面积/km ²	515.9	630.3	768.2	495.5	567.9	635.0
占土地总面积/%	14.8	18.1	22.1	14.2	16.3	18.3
扩展面积/km ²	53.6	168.0	306.0	33.2	105.6	172.7
年均扩展面积/km ²	8.9	10.5	11.8	5.5	6.6	6.6

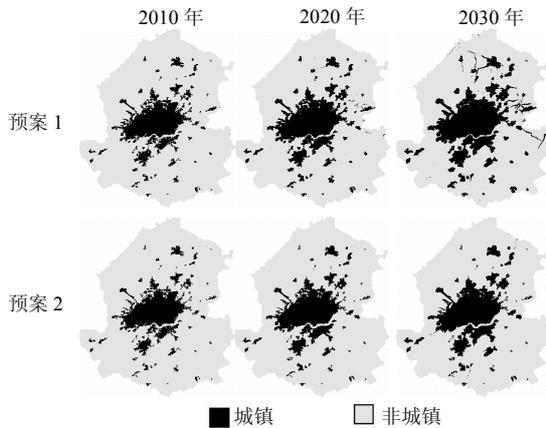


图 5 两种预案条件下的沈阳市未来城市扩展

Fig.5 Future urban development pattern of Shenyang under two scenarios

从空间分布上来看, 预案 1 条件下的城市发展格局将更为分散(图 5)。分析发现, 两者在沈阳主城区的分布一致性很高; 不同的是, 在预案 1 条件下, 沈阳周边城镇也获得了较大发展, 特别是东部的高坎镇与满堂乡。预案 2 条件下, 未来沈阳城市扩展比较紧凑, 充分体现了区域开发与保护政策、城市规划对城市发展的约束作用。但是随着城市继续扩展, 未来将会出现城市建设用地大面积同质化现象, 急需城市规划进行约束和指导。

3 结 论

SLEUTH 模型可以较好地表达沈阳市 1988-2004 年间城市扩展的总体趋势。对未来的预测表明, 到 2030 年, 两种预案条件下, 城市扩展面积分别为 306.0 km^2 和 172.7 km^2 , 占土地总面积的百分比达到 22.1% 和 18.3%。目前趋势发展预案条件下, 未来城市发展格局将比较分散; 而区域开发政策与城市规划预案条件下, 未来城市扩展格局将更加紧凑, 充分体现了区域开发与保护政策、城市规划对城市发展的约束作用。

参考文献:

- [1] 吴晓青, 胡远满, 贺红土, 等. 沈阳市辖区城市扩展格局模拟[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2007, 26(增刊 II): 295-298.
- [2] 周成虎, 孙战利, 谢一春. 地理元胞自动机研究[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] Batty M, Xie Y. From cells to cities. *Environment and Planning B*[J]. 1994, 21: 531-548.
- [4] 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.
- [5] Clarke, K C, Hoppen S, Gaydos L. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay Area [J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1997, 24: 247-261.
- [6] Clarke K.C, Gaydos L.J.. Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 1998, 12(7): 699-714.
- [7] Gigaopolis. Project Gigaopolis: Urban and land cover modeling. Santa Barbara, CA: University of Santa Barbara [EB/OL]. <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/>. 2005.9.15.
- [8] Jones, R.. A Review of Land Use/Land Cover and Agricultural Change Models [C]//Stratus Consulting Inc. for the California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research. CEC-500-2005-056.
- [9] Jantz C A, Goetz S J, Shelley M K. Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore-Washington metropolitan area [J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2003, 31: 251-271.
- [10] Yang, X., Lo, C.P.. Modelling urban growth and landscape change in the Atlanta metropolitan area [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2003, 17(5): 463-488.
- [11] Dietzel, C., Clarke, K.C.. Forecasting California's farmland loss under policy and chaotic scenarios [C]//Paper Presented at International Workshop on Transition in Agriculture and Future Land Use Patterns. Wageningen University and Research Center, the Netherlands, 2003: 1-3.
- [12] 何春阳, 陈晋, 史培军, 等. 基于 CA 的城市空间动态模型研究[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 188-195.
- [1] 吴晓青, 胡远满, 贺红土, 等. 沈阳市辖区城市扩展格局模拟[J]. 辽宁工