

沈阳市未来城市扩展模拟预案研究

吴晓青¹, 胡远满², 贺红士³, 布仁仓³, 郝凤明³

(¹ 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016;
² 中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所, 烟台 264003;
³ 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:利用基于遥感手段获取的沈阳市城市发展历史数据对 SLEUTH 模型进行校正,对未来(2005~2030年)的城市扩展过程进行不同生态环境保护政策下的情景模拟,并对其扩展格局和生态环境影响进行分析与比较。结果显示,未来沈阳市城市化进程将进入一个加速发展阶段;2016年以后各政策预案条件下的城市扩展格局和可持续性呈现出明显的差异;目前趋势发展预案()下,城市扩展导致大量的土地资源被侵占,城市景观格局日益复杂化;环境保护发展预案()和生态可持续发展预案()下城市扩展空间受到较大约束,部分自然资源得以保护,城市扩展格局在模拟期内相对比较紧凑;研究表明必须采取严格的城市规划与增长管理措施,引导和控制沈阳市未来城市扩展,保护基本农田和城市生态支撑系统;SLEUTH 模型为城市土地资源可持续利用提供了一种有用的规划工具。

关键词:SLEUTH;城市扩展;预案;景观格局;沈阳市

中图分类号:TP79 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3177(2009)102-0034-08

1 引言

城市扩展及其引发的土地利用/覆被变化(LUCC)作为全球变化的重要驱动因素,带来了一系列影响区域社会经济可持续发展的焦点问题,日益引起社会各界的普遍关注。构建城市扩展与土地利用变化模型,模拟不同政策预案条件下的城市扩展过程、土地利用格局变化并评估可能的生态环境影响已成为当前城市规划者、经济学家、生态学家和资源管理者制定可持续发展决策的重要工具^[1~5]。

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^[6]。许多学者在不断扩展标准 CA 的基础上,结合分形理论^[7]、多因子评价模型^[8~9]、Logistic 模型^[10]、人工神经网络^[11~12]、马尔柯夫链^[13]、多智能体^[14]等模拟方法和 GIS、遥感技术手段,先后对城市系统动态进行研究,构建相应的城市扩展 CA 模型,并进行实际应用。其中,SLEUTH 模型是个基于 CA 的城市扩展与土地利用变化模型^[15~16],在城

市增长与景观变化模拟和预测、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重要的应用价值^[17~21]。

沈阳市自解放以来经历了快速的城市化过程,特别是进入 21 世纪以来,中心城区快速向外扩张,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,给地区城市增长管理和可持续发展带来了严峻挑战。本研究采用 SLEUTH 模型,利用基于遥感手段获取的沈阳市城市发展历史数据(1988~2004年)对 SLEUTH 进行模型校正与准确性评估,对未来(2005~2030年)不同生态环境保护政策预案条件下的城市扩展过程进行情景模拟,并对其扩展格局和生态环境影响进行初步分析与比较,期为快速城市化地区的城市增长管理与生态环境保护提供科学指导。

2 数据与方法

2.1 城市扩展模型-SLEUTH

SLEUTH 模型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、

收稿日期:2008-06-19 修订日期:2008-10-06

基金项目:国家科技支撑项目(2006BAJ10B05)和中科院知识创新工程前沿领域项目(O6LYQY1001)共同资助。

作者简介:吴晓青(1978~),女,山东肥城人,博士,主要从事遥感、GIS应用及海岸带可持续发展研究。

E-mail:xqwu@yic.ac.cn

现有城市分布、随机因素等影响城市扩展的重要因子^[22]。该模型能模拟四种类型的城市增长即自发增长、新传播中心增长、边缘增长和道路影响增长；这些增长规则受到扩散系数、繁衍系数、传播系数、坡度阻抗系数和道路引力系数 5 个增长系数的控制，并且自修正规则会根据系统设定的增长率临界值自动调节系数值以准确反映城市扩展的非线性过程^[23]。关于模型的详细信息可参阅其项目网站^[24]。

2.2 数据来源与处理

数据源包括 5 个时相的 Landsat TM 遥感影像 (1988、1992、1997、2000 和 2004 年)、地形图 (1:10 万, 1981 年)、DEM (25m)、城区航空影像图 (1997、2001 年)、沈阳城区图 (2000、2005 年)、沈阳市地区图 (1:21 万, 2004 年)、2004 年沈阳市土地利用图、90 年代沈阳郊区土地利用图及社会经济统计年鉴。研究范围为沈阳市辖区, 面积 3495km², 包括 5 个城区、4 个郊区。

首先, 利用地形图对遥感影像进行几何精纠正, 误差控制在 1 个像元以内。在航空影像图、沈阳城区图的辅助下, 目视解译获得沈阳市辖区 5 个时相的城市范围图, 即观测图 (包括城市建成区、镇区、独立工矿用地和交通用地), 并通过实地调查进行检核。交通图从地形图、沈阳市地区图以及以上 5 个时相的 TM 影像中数字化得到, 年份与城市范围图匹配。主要要素包括县级以上的主干道, 并按照它们对城市发展的重要性分为 2 级, 分别赋值为 50、100。排除图层 (a) 的绘制参考了地形图和 1988 年的 TM 影像, 包括主要的公园和水体等要素, 并分别给予 80% 和 100% 的排除概率。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, 并转换为 60m 分辨率的 Grid 图像。

另外, 以 2004 年 TM 遥感影像为主要数据源, 参考 2004 年沈阳市土地利用图、90 年代沈阳市 4 个郊区的土地利用图以及 1997 年 TM 遥感影像, 目视解译获得 2004 年沈阳市辖区土地利用图, 经过野外 GPS 定点检验, 分类精度达到 80.2%。土地利用类型包括耕地、林地 (含果园)、草地、水域、城市用地、其他建设用地和未利用土地 7 类。

2.3 模型校正与预案设计

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, 以找到最佳参数

组合^[25]。考虑到模型校正过程的耗时性和对计算机配置的高要求, 所有数据的分辨率为 60m。通过反复试验, 最终选择 5 个指标的乘积作为校正拟合度指标, 即 compare, pop, edges, clusters, Lee-Sallee^[23]。由于模型的自修正规则, 三步校正后又进行了 100 次的蒙特卡罗 (Monte Carlo, MC) 运算, 从而得到最优的系数集。

利用模型校正阶段获取的最优系数集初始化模型的预测模块, 执行过去到现在的历史模拟 (1988 ~ 2004 年) 和未来三种预案条件下的城市发展格局预测 (表 1)。历史模拟产生的城市范围模拟图 (50% 的概率阈值) 与从遥感影像上得到的观测图进行地图比较, 以对 SLEUTH 模型的精度进行评估。引用 ROC (Relative Operating Characteristic) 曲线^[26~27]和 Kappa 系数来考察模型的总体预测能力和对城镇扩展位置预测的准确性。

按照沈阳市区域生态环境特征, 以排除图层为载体, 设计了 3 个生态环境保护政策预案进行未来城市扩展情景模拟和比较 (表 1)。其中, 目前趋势发展预案 () 即未来城市扩展保持 1988 ~ 2004 年的发展趋势。因此, 排除图层 (b) 基本保持校正阶段的排除要素, 但根据 2004 年的 TM 影像进行了某些地理要素的更新, 比如丁香湖范围的扩大。考虑到对区域生态环境和自然资源的保护, 设计环境保护发展预案 () 和生态可持续发展预案 (), 加强了对连续成片的林地、基本农田、水体、东部水源涵养地的保护, 以对未来城市扩展的空间范围进行不同程度的约束 (表 1)。排除图层 (c 和 d) 中排除要素范围和概率值的设置满足生态环境保护的基本要求, 并充分考虑图层像元大小和地方现有的生态环境保护规划。与预案相比, 预案对生态环境和自然资源的保护程度更加严格。

三个预案的模拟都是基于 1988 ~ 2004 年间的城市发展趋势, 对未来 2005 ~ 2030 年间的城市扩展过程进行模拟。所有预案模拟都加入 2008 年的交通图层。该图层是在 2004 年交通图的基础上, 按照 2004 ~ 2008 年间新道路的建设以及“十一五”沈阳市交通规划进行更新, 添加了沈彰、沈抚新线、沈西开发大道、沈北开发大道等主要交通线, 修改了某些道路的权重。将模型设定的自修正临界值适当提高以适应沈阳市未来城市化进一步加速的发展趋势。为减少模型的不确定性, 蒙特卡罗迭代次数设置为 100。

表 1 未来城市扩展预案设计

数据要素	目前趋势发展预案()		环境保护发展预案()		生态可持续发展预案()		
	排除图层 b	概率值(%)	排除图层 c	概率值(%)	排除图层 d	概率值(%)	
林地	无	0	连续成片的有林地大于 50ha	80	连续成片的有林地大于 20ha	100	
农田	无	0	基本农田斑块大于 100ha	80	基本农田斑块大于 40ha	100	
公园	东陵公园、植物园、丁香湖公园等主要公园	80	东陵公园、植物园、丁香湖公园等主要公园	80	东陵公园、植物园、丁香湖公园等主要公园	80	
水体	辽河、浑河、北沙河	100	辽河、浑河及两岸 0~20m 缓冲带	100	辽河、浑河及两岸缓 冲带	0~120m	100
						20~240m	60
						240~480m	20
			北沙河、蒲河及两岸 0~60m 缓冲带	100	北沙河、蒲河及两岸 缓 冲 带	100	0~60m
60~120m	60						
120~240m	20						
增长限制区	棋盘山水库、丁香湖等 主要湖泊	100	湖泊、池塘水面大于 16ha	100	主要小河、灌渠及两 岸缓冲带	0~30m	100
						30~60m	60
						60~120m	20
	无	0	东部生态功能保护区	40	湖泊、池塘	>5ha	100
东部生态功能保护区						60	
道路更新	加入 2008 年交通图层包括新建道路以及道路拓宽升级						
坡度限制	21 %		15 %		15 %		

2.4 预案分析与比较

将模型输出的城市扩展年概率图,按照 50% 的概率阈值重分类为二值的城市范围图即模拟图,然后进行不同预案条件下城市发展格局与资源损耗的比较。

2.4.1 城市景观格局分析

运用景观指数分析三种预案条件下未来城市景观格局变化。选取 6 个简单且生态学意义明确的景观指数即斑块数量(NP)、最大斑块指数(LPI)、面积加权平均斑块分维数(AWMPFD)、欧氏最近邻体距离(MNN)、蔓延度指数(CONTAG)和修正的紧凑度指数(CI)。其中,LPI 计算的是最大斑块面积与城市总面积的比值,而不是区域总面积^[28]。紧凑度指数是修正的周长与面积比的倒数,用来衡量斑块形状的紧凑程度^[29~30]。对所有城市斑块的紧凑度指数求和并平均可以用来确定区域城市空间格局的紧凑程度。为消除大量较小高紧凑度斑块的影响,用斑块数量对紧凑度指数进行标准化处理^[29]。CI 值越高,表明城市发展格局越紧凑。

2.4.2 城市扩展侵占用地结构分析

将三种预案条件下的城市扩展图(2005~2030

年)与 2004 年土地利用图进行叠加,利用 ArcGIS 空间分析模块中的 Zonal Statistics 功能获得市辖区未来城市扩展侵占用地的类型和结构,分析、比较不同预案条件下城市扩展导致的农田、林地、水域、草地等土地资源的损失。

3 结果与分析

3.1 模型校正与准确性评估

经过三个序列阶段的校正,模型拟合度从 0.48 提高到 0.67。最终的扩散系数、繁衍系数、蔓延系数、坡度阻抗系数和道路引力系数分别为 30、72、36、29、52。这些系数可以称为沈阳市城市增长系统的“DNA”^[23],在一定程度上反映了 1988~2004 年间沈阳市城市扩展的基本特征。

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 462.3km²,增长了 43.9%,年均增长 8.8km²,年均增长率为 2.7%。模型历史模拟得到 2004 年的城市面积为 428.6km²,比 1988 年增长了 107.4km²,年均增长 6.7km²,低于现实城市扩展速度,这主要是由于 2000~2004 年间开发区建设导致的城市建设用地

超常规扩展。

精度评估结果显示, Kappa 统计值为 0. 782, 说明城镇范围模拟图与观测图取得了较好的一致性。而 ROC 统计值达到 75. 7%, 高于 70% (图 1), 则进一步说明 SLEUTH 模型具有可信精度, 地形、交通、现有城镇分布等因子对过去 16 年间沈阳市城镇扩展具有较强的解释能力^[31]。

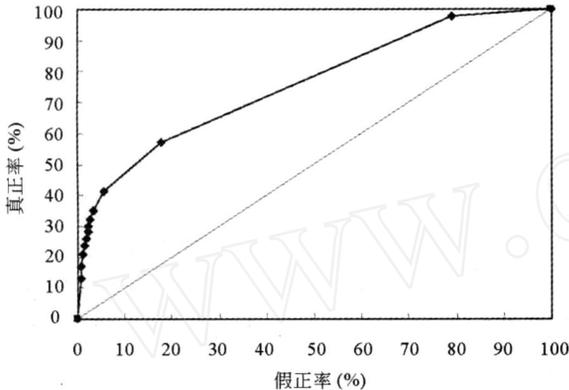


图 1 1988~2004 年城市扩展模拟的 ROC 曲线验证

3.2 未来城市扩展总体情况

未来 3 种预案条件下, 沈阳市城市面积变化趋势相似, 都经过初期的缓慢增长到后期的迅速上升 (图 2)。其中, 预案 条件下扩展最快, 到 2030 年城市面积达到 910. 9km², 占土地总面积的百分比提

高到 26. 2%, 增长了近一倍 (表 2)。预案 和预案

条件下, 因受到较强的空间约束, 城市扩展偏好于紧凑式发展模式, 城市建设用地面积增加较慢。到 2030 年分别达到 804. 4km² 和 708. 6km², 比预案 少 100km² 和 200km², 占土地总面积的百分比也相应低 3 个和 6 个百分点 (表 2)。3 种预案条件下, 未来 26 年间的年均城市扩展面积均高于历史水平, 分别为 17. 3km²、13. 2km² 和 9. 5km²。其中, 预案 条件下要比预案 少 8km²。分时间阶段来看, 2005~2015 年间三种预案条件下的城市扩展面积和年均扩展面积相差不大, 但是 2016 年以后预案 与其他两个预案条件下的年均扩展面积之差比上一时段增加了 5 倍, 三者差距逐渐拉大 (表 2)。

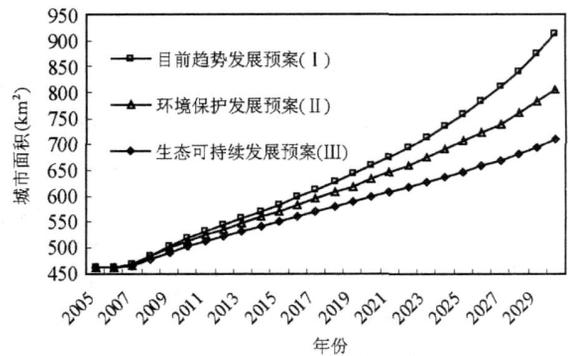


图 2 三种预案条件下市辖区未来城市面积变化

表 2 三种预案条件下市辖区未来主要年份和时段城市扩展面积和速率

项目	时期	城市发展预案		
		目前趋势发展预案 ()	环境保护发展预案 ()	生态可持续发展预案 ()
城市总面积 (km ²)	2015	584. 0	571. 7	552. 7
	2030	910. 9	804. 4	708. 6
占土地总面积的百分比 (%)	2015	16. 8	16. 4	15. 9
	2030	26. 2	23. 1	20. 4
城市扩展面积 (km ²)	2005~2015	121. 7	109. 4	90. 5
	2016~2030	313. 7	221. 3	146. 8
	2005~2030	448. 6	342. 1	246. 3
年均城市扩展面积 (km ²)	2005~2015	11. 1	9. 9	8. 2
	2016~2030	20. 9	14. 8	9. 8
	2005~2030	17. 3	13. 2	9. 5

从空间格局上来看, 三种预案条件下城市扩展均以现有城市中心向外边缘式或填充式扩展为主 (图 3)。沈阳经济技术开发区、浑南新区、沈北新城、东部的高坎镇和满堂乡以及主要交通干线两侧

为城市扩展的主要区域。不同的是, 由于增加了对东部林区、生态功能保护区以及基本农田的保护, 预案 和预案 条件下, 城市建设用地在东部地区和西南部永乐乡的发展受到限制。

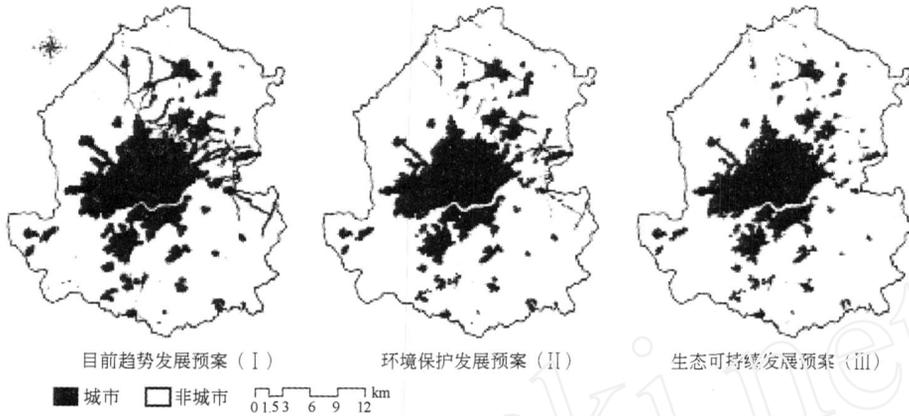


图3 三种预案条件下2030年的城市范围

3.3 城市景观格局变化

三种预案条件下,未来26年城市景观格局变化呈现出明显的阶段性(图4)。以2016年为界,在2005~2016年间,三种预案条件下城市斑块数量减少,MNN值增大,蔓延度下降,分维数降低,紧凑度

增加,城市景观格局呈现出紧凑式发展趋势。但是在2016年以后,三种预案条件下的城市斑块数量增加,LPI值下降,MNN值减小,蔓延度下降,分维数增加,紧凑度降低,说明后期城市扩展加速,城市走向蔓延,城市景观格局日益复杂化。

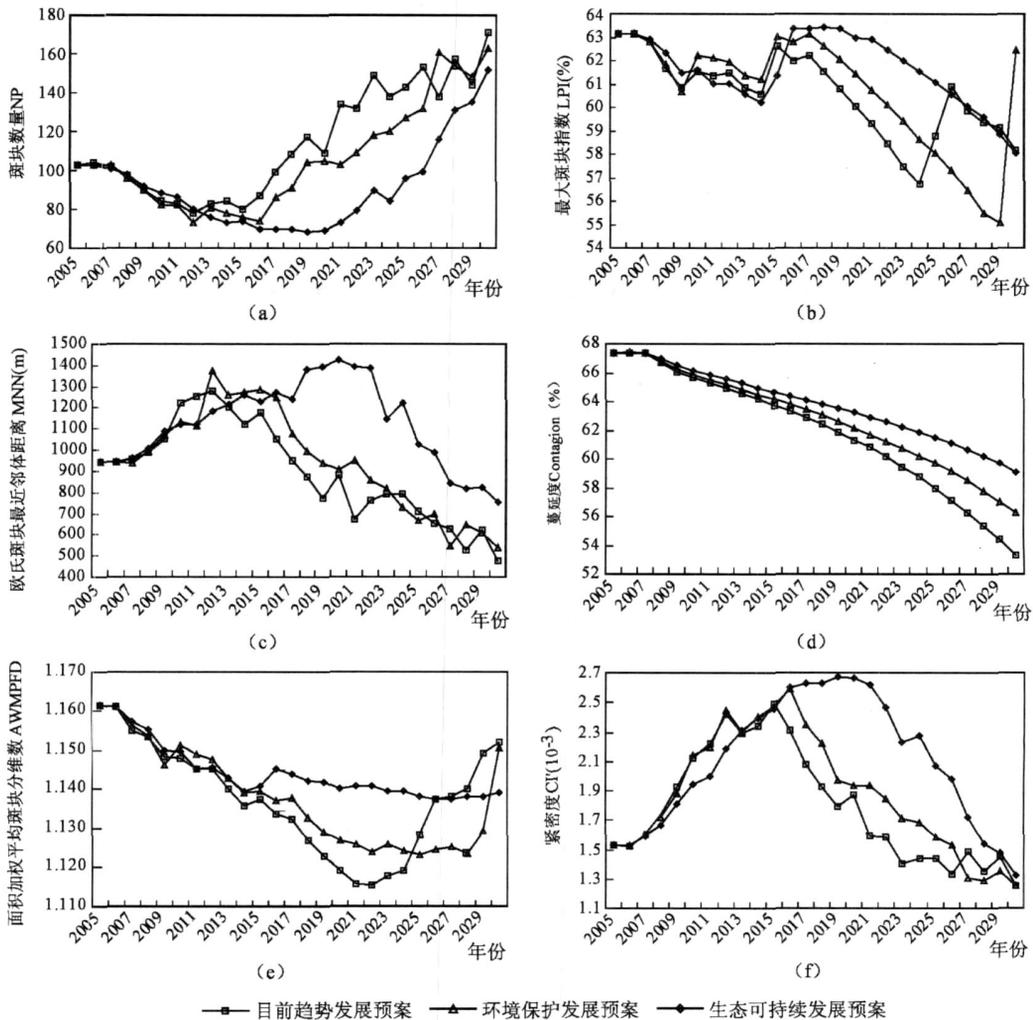


图4 不同预案条件下的城市景观格局变化

与以上每种预案条件下的城市景观格局演变规律相似,三种预案下城市景观格局的差异性也呈现出阶段性。2005~2016年间,三种预案条件下的城市景观格局相差不大,尤其是预案 与预案 条件下的各个景观指数值极为相近。预案 条件下,城市斑块数量稍多、斑块分维数较高、紧凑度较低,比其他两种预案条件下的城市景观格局较为复杂、破碎。这主要是由于高强度的生态环境保护使得可城市化的区域分布比较分散。

2016~2026年左右,三种预案条件下的城市景观格局差距明显。预案 条件下,城市斑块数量最多,LP I 值最小,蔓延度最低,紧凑度指数最低,表明城市发展空间约束小,郊区城市化加速,城市扩展格局最为分散。而预案 条件下,由于城市扩展被约束在一定区域范围内,城市扩展总量较小,使得蔓延度指数、紧凑度指数以及 MNN 出现最大值,总体上城市景观格局较为紧凑。与以上两种预案相比,预案 条件下城市景观格局复杂性介于中间,并保持与预案 较为一致的趋势。需要说明的是,这一时间段,预案 条件下的城市形态却最为规则,原因是城市发展无明显的生态环境约束和该预案条件下占

主导地位的边缘式、填充式城市扩展模式。2026年以后,预案 条件下城市扩展加速,较大城市斑块出现合并,LP I 值增加,城市斑块分维数迅速提高,城市景观格局变得日益复杂化、分散化。

3.4 城市扩展侵占用地结构分析

由图 5 可见,三种预案条件下,沈阳市辖区未来城市扩展侵占的主要是城市周围的耕地,侵占面积分别为 354 km²、275 km² 和 208 km²,占总侵占用地面积的 78.9%、80.5% 和 84.3%。未来 26 年中,耕地平均每年分别流失 13.6 km²、10.6 km²、8.0 km²。因此,在沈阳市城市化过程中必须采取必要的措施保护耕地,防止优质农田的大量流失,维护城市赖以生存的生态支持系统。

三种预案条件下,城市扩展侵占的林地(包括果园)、水域和未利用土地(包括草地)较少,三者合计分别占侵占的土地类型总面积的 7.6%、5.3% 和 3.6%。另外,城市扩展还使得相当一部分的建设用地(如农村居民点)转换为城市用地,三种预案条件下,分别为 58.7 km²、47.5 km² 和 29.0 km²,占总侵占土地面积的 13.1%、13.9% 和 11.8%。

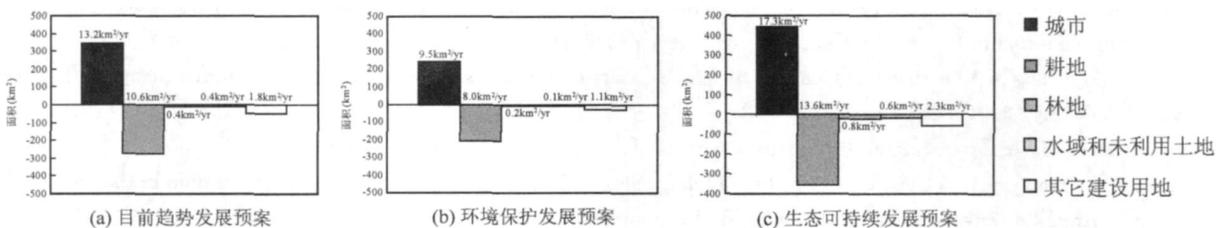


图 5 三种预案条件下土地资源的损失

三种预案相比,预案 条件下城市建设用地侵占的土地面积最大,对林地、草地、水域的侵占面积比例也最高。但是,预案 条件下城市对耕地的侵占比例却最高,达到 84.3%,这主要是由于该预案对生态效益、服务功能较高的林地、草地、水体的严格保护,导致城市扩展主要侵占基本农田之外的其它耕地。

4 结束语

(1) 沈阳市未来城市化进程将进入一个加速发展阶段,持续的城市扩展将导致地区景观格局发生明显变化。其中,不加约束、维持现状的城市扩展将使得城市走向蔓延,城市景观格局日益复杂化,大量的耕地、林地、草地被占用。若实施较为严格的生态环境保护政策,未来城市扩展速度和扩展面积会受到约束,城市扩展集中在现有城市中心周围,城市空

间格局较为紧凑,对耕地、林地等自然资源的占用较少。

预案模拟结果揭示,需要制定严格的城市规划和管理措施来约束和引导未来的城市扩展过程,严格控制城市对耕地、林地以及东部水源涵养地的侵占,倡导适当的高密度发展,集约利用现有城市土地资源,以有效地减少公共设施的建设费用以及对能源和土地资源的消耗。

(2) SL E U T H 模型为城市土地资源可持续利用提供了一种有用的规划工具。在 GIS、遥感技术支撑下,通过对模型的排除图层及各种参数的设置,可以有效地模拟不同发展条件下的城市发展情景^[18~19]。当然这种预案设计不是简单、随意的,比如缓冲区的设置、生态功能区的保护都应该具有生态学 and 区域环境管理的意义。本研究利用 SL E U T H 模型进行未来城市扩展预案设计的方法与情景分析结果,将对沈阳市未来城市规划和政府

决策提供有益的参考。但是,由于该模型仅仅考虑地形、交通、现有城市分布等几个简单驱动因素,不能揭示复杂的人类决策对城市扩展的影响,从而降低了这些预案对未来城市规划方案和政策选择的指

导意义。因此,未来的研究需要进一步提高预案设计与情景模拟方法,深入考虑社会、经济等人为驱动因素对城市扩展过程的影响,以提高模型预案设计的实际应用性。

参考文献

- 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.
- Dietzel C, Clarke K C. Spatial differences in multi-resolution urban automata modeling[J]. Transactions in GIS, 2004, 8(4), 479 ~ 492.
- Li X, Yeh A. Zoning for agricultural land protection by the integration of remote sensing, GIS and cellular automata[J]. Photogrammetrie Engineering & Remote Sensing, 2001, 67(4): 471 ~ 477.
- 何春阳,史培军,李景刚,等. 中国北方未来土地利用变化情景模拟[J]. 地理学报, 2004, 59(4): 599 ~ 607.
- 王双,何春阳,潘耀,等. 水资源约束下北京地区 2004 - 2020 年土地利用变化情景模拟研究[J]. 自然资源学报, 2006, 21(4): 535 ~ 544.
- 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.
- Batty M, Xie Y. From cells to cities[J]. Environment and Planning B, 1994(21): 531 ~ 548.
- Wu F. SimLand: a prototype to simulate land conversion through the integrated GIS and CA with AHP \int -derived transition rules[J]. International Journal of Geographical Information Science, 1998, 12(1): 63 ~ 82.
- Wu F, Webster C J. Simulating artificial cities in a GIS environment: urban growth under alternative regulation regimes [J]. International Journal of geographical information science, 2000, 14(7): 625 ~ 648.
- 杨青生,黎夏. 基于动态约束的元胞自动机与复杂城市系统的模拟[J]. 地理与地理信息科学, 2000, 22(5): 10 ~ 15.
- Pijanowski B C, Brown D G, Shellito B A, et al. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2002, 26(6): 553 ~ 575.
- Li X, Yeh A G O. Neural \int -network \int -based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2002, 16(4): 323 ~ 343.
- Wang Y Q, Zhang X S. A dynamic modeling approach to simulating socioeconomic effects on landscape changes[J]. Ecological Modelling, 2001, 140(1 - 2): 141 ~ 162.
- Xie Y, Batty M. Integrated urban evolutionary modeling[A]. Geocomputation[C]. 2003.
- Clarke K C, Hoppen S, Gaydos L J. 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.
- 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.
- Clarke K C, Dietzel C. A Decade of SLEUTHing: Lessons learned from applications of a cellular automaton land use change model [A]. The Joint International Workshop on Integrated Assessment of the Land System: The Future of Land Use[C]. 2004.
- 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 \int -Washington metropolitan area[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2003(31): 251 ~ 271.
- 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.
- Dietzel C, Clarke K C. Forecasting California's farmland loss under policy and chaotic scenarios [A]. International Workshop on Transition in Agriculture and Future Land Use Patterns[C]. 2003.
- 张岩,李京,陈浩. 利用 SLEUTH 模型进行北京城市扩展模拟研究[J]. 遥感信息, 2007(2): 50 ~ 54.
- Jones, R. A review of land use/land cover and agricultural change models[A]. Stratus Consulting Inc. for the California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research[C]. CEC - 500 - 2005 - 056.
- Silva E A, CLarke K C. Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2002, 26(6): 525 ~ 552.
- USGS Project Ggalopolis: Urban and Land Cover Modeling[EB/OL]. URL: www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/project_gig.htm.

- 25 何春阳,陈晋,史培军,于章涛. 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.
- 26 Swets J A. Indices of discrimination or diagnostic accuracy: Their ROC 's and implied models [J]. Psychological Bulletin, 1986(99):100~117.
- 27 Swets J A. Measuring the diagnostic systems [J]. Science, 1988(240):1 285~1 293.
- 28 Herold M, Goldstein N C, Clarke K C. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling [J]. Remote Sensing of Environment, 2003(86):286~302.
- 29 Li X, Yeh A. Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS [J]. Landscape and Urban Planning, 2004(69):335~354.
- 30 杨沛儒. “生态城市设计”专题系列之六:区域尺度的城市化与生态效应:地理信息系统的应用[J]. 现代城市研究, 2006, 21(4):27~35.
- 31 吴晓青,胡远满,贺红士,布仁仓,郗凤明. SLEUTH 城市扩展模型的应用与准确性评估[J]. 武汉大学学报信息科学版, 2008, 33(3):293~296.

Research on Scenario Simulation of Future Urban Growth of Shenyang City

WU Xiao-qing¹, HU Yuan-man², HE Hong-shi³, BU Ren-cang¹, XI Feng-ming³

(¹ Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016; ² Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003; ³ School of Graduate, Chinese Academy Sciences, Beijing 100049)

Abstract: SLEUTH urban growth model was used to simulate future urban growth pattern and to explore its potential environmental impacts under different eco-environment protection levels in Shenyang city. The SLEUTH model was calibrated with historical data extracted from the time series of TM satellite images, and the future growth was projected out to 2030 assuming three different development scenarios: (1) current trend development (Scenario 1), (2) environmental protection development (Scenario 2), and (3) ecologically sustainable development (Scenario 3). Scenario analysis showed that urban expansion would be accelerated under all the scenarios with significant differences in development pattern and sustainability after 2016. The urban development under Scenario 1 would lead to substantial loss of land resource than the other two with higher levels of growth constraints, and urban landscape pattern would be increasingly complex. In contrast, the urban growth under Scenario 2 and 3 consumed less land resource and show relatively compact urban development pattern during the prediction period. This study suggested that it was crucial to take stringent urban planning and management measures to control future urban growth and protect primary farmland and support system of urban ecology in Shenyang. And SLEUTH model is a useful planning tool to guide sustainable utilization of urban land resources.

Key words: SLEUTH; urban growth; scenarios; landscape pattern; shenyang city

德克萨斯州警察局采取犯罪现场雷达扫描技术

德克萨斯州的 Killen 城警察局引进一套 3-D 雷达扫描系统,该系统可以用来勘察犯罪现场,并且相对于传统方法可以为犯罪调查提供更快速和准确的决策支持。

警察局的徕卡地理系统 Leica ScanStation2 可以获取 50 000 点/秒的勘察数据,使犯罪现场调查人员能够“及时冻结现场”。首先响应器接受到一个事件,侦测器将利用雷达技术为现场进行 3 维扫描。一个内嵌在 ScanStation2 的高分辨率数字摄像机为勘察人员提供现场相片,这些相片可以被用来协助扫描和数据处理。

影像会自动叠加到扫描数据上。即使案件被归档以及放弃后很长一段时间,调查人员仍旧可以通过映射的实物环境回到真实的犯罪现场来获取额外的调查资料或者验证证人们所说的证词。这些数据还可以被用来为陪审团创建现场模拟,使陪审人员能够理解犯罪现场的布局。

徕卡 ScanStation2 可以被用来为法医服务,例如在车祸和凶杀现场,官员被枪击以及炸弹/纵火调查中,还可以为警察保卫自己家园安全的使命提供支持。这种技术已经被很多执法机构例如加利福尼亚高速公路巡逻队,阿尔布开克警察局和洛杉矶警察局的所采用。

摘自《Geoworld》2009. 2