

上海市城市空间扩展时空特征与预测分析

郑凯迪¹, 徐新良^{2*}, 张学霞¹, 刘 洛³

(1. 北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点试验室, 北京 100083;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;

3. 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128)

摘要: 本文以 1990、1995、2000、2005 年的上海市土地利用遥感监测数据为基本数据源, 分析了 1990 - 2005 年上海市城市空间扩展的时空特征。同时利用 SLEUTH 模型对城市空间扩展进行了模拟和精度验证, 并对未来 30 年上海市城市空间扩展进行了预测。结果显示: 1990 - 2005 年, 上海市城市空间扩展明显, 城市面积净增加 81 278hm², 净增长 10.14%; 在扩展的时间过程上呈现先减缓后加剧的趋势, 2000 - 2005 年城市用地扩展最为剧烈, 城市面积净增加 40 668hm², 净增长 5.08%, 填海造陆是该时期城市扩展的典型特征。SLEUTH 模型可以较好地模拟预测上海市城市空间扩展的时空过程, 不同时期模拟与遥感监测结果的 Kappa 系数最高达到了 0.8476; 未来 30 年, 上海市城市用地将以年平均增长率 1.63% 的速度扩展, 2040 年城市用地面积将达到 152 685hm²。城市扩展将占用耕地 41 824hm², 年平均占用耕地 1200hm²。城市扩展的方式主要是边缘增长, 东部的浦东新区沿五洲大道向海方向、南部的徐汇区沿沪闵高架路向南, 以及西部的嘉定区和青浦区沿京沪高速两侧向西的地区均是未来城市扩展的主要方向。

关键词: 上海; 城市扩展; 土地利用; SLEUTH 模型

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2012.00490

1 引言

20 世纪以来, 伴随着经济的飞速发展和人口的迅速增长, 世界各国城市化进程明显加快。据预测, 世界人口的城市化水平将从目前的 50% 上升到 2030 年的 61%^[1]。快速的城市化过程, 导致了城市建成区范围飞速扩展, 大量侵占农业土地资源, 同时也可能带来如环境污染、交通拥挤、居住环境恶化等的一系列城市问题, 从而影响到区域和国家的可持续发展。因此分析城市空间扩展过程, 模拟、预测城市的动态发展变化, 深入分析其内在机制, 可有效地避免其所带来的矛盾和问题^[2-5]。对于城市扩展模拟模型中, 元胞自动机模型(CA, Cellular Automata)是当前城市扩展与土地利用演化模拟应用的热点^[6]。在 CA 模型中, SLEUTH 模型较具有代表性^[7], 如 Reza Rafiee 运用 SLEUTH 模型模拟预测了伊朗马什哈德不同情景下的城市

扩展过程^[1], 李明杰等运用 SLEUTH 模型开展了广州市海珠区高密度城区扩展的模拟预测^[8], 刘勇在 SLEUTH 模型支持下, 开展了杭州市城市扩展方案的模拟与评估^[9], 吴晓青等利用 SLEUTH 模型开展了沈阳市城市扩展与土地利用变化的多情景模拟预测^[10], 朱飞鸽等运用 SLEUTH 模型分析了不同情景下的上海市城市增长方式^[11]。

改革开放以来, 中国经历了快速的城市化过程, 城镇化率由 1976 年的 17.4% 上升到 2007 年的 44.9%^[12]。随着城市化进程的进一步加速, 城市用地急剧扩展已经成为现在乃至将来土地利用变化的主要特征^[13-14]。上海作为中国超大城市之一, 是我国改革开放以来城市化发展速度最快的城市之一。因此, 本文选取上海市为研究区, 在分析 1990 年以来城市空间扩展时空过程的基础上, 运用 SLEUTH 模型, 开展了城市空间扩展的长时间序列模拟与预测。

收稿日期: 2012-03-20; **修回日期:** 2012-06-04.

基金项目: 国家“973”计划项目(2010CB950901); 高分辨率对地观测重大专项(E0203/1112/JC03); 国家自然科学基金国际合作与交流项目(40921140410)。

作者简介: 郑凯迪(1988-), 男, 天津市人, 硕士生, 主要从事土地资源变化研究。E-mail: zhengkaidi123@163.com

* **通讯作者:** 徐新良(1972-), 男, 山东青岛人, 副研究员, 主要从事土地利用/土地覆被变化及其生态环境效应研究。
E-mail: xuxl@lreis.ac.cn

上海市地处北纬 $31^{\circ}14'$ 、东经 $121^{\circ}29'$, 位于太平洋西岸、亚洲大陆东岸、长江和钱塘江入海汇合处。上海市总面积 6340.5km^2 , 平均海拔高度 4m 左右, 属亚热带季风气候。2009 年上海市年末常住人口为 1921.32 万人, 城镇化水平达到 88.3%。作为中国重要的经济中心, 上海市城市空间扩展始终处于较高速度, 尤其是 1990 年以来的浦东新区开发更是加剧了城市土地利用的剧烈变化。目前, 上海市正向加快建设国际金融中心、国际航运中心和现代国际大都市迈进^[15]。

2 城市扩展模型的模拟

2.1 数据及预处理

(1) 上海市土地利用数据是根据 1990、1995、2000 和 2005 年 Landsat TM/ETM 遥感影像, 通过人工目视解译获取的 4 期土地利用数据, 土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、城市用地和未利用土地 6 个类型, 其中城市用地数据是模型模拟的基础, 在土地利用数据中, 提取城市用地作为城市空间范围层。

(2) 运用 SLEUTH 模型开展上海市城市扩展模拟和预测中, SLEUTH 模型的输入数据包括土地利用、坡度、DEM、交通道路及水域、湿地等。上海交通道路数据是以 1990 年 Landsat TM 遥感影像解译生成的。并通过 1990 年和 2000 年、2000 年和 2005 年遥感影像的对比分析, 解译生成 2000 年和 2005 年的交通道路图。水域、湿地数据是作为 SLEUTH 模型输入数据的排除层, 用来设置城市增长的限制因素, 用来减缓或改变城市化速率。该层对模型的运行非常重要, 在很大程度上控制着模型的运行。本研究利用 ArcGIS 和遥感图像处理软件 ENVI, 通过遥感解译、分类和格式转化等功能, 建立模型运行所要求的 gif 格式的上海市城市扩展时空数据集。

2.2 城市扩展模型模拟

(1) SLEUTH 模型的特性

SLEUTH 模型是一种采用 CA 模型来模拟城市发展及其城市对其周边土地利用影响的模拟模型, 它是由美国加州大学克拉克 (Clarke) 教授开发, 并在全球范围得到了广泛应用。SLEUTH 模型包括 2 个子模型, 即城市增长子模型 UGM (Urban

Growth Model) 和土地覆被变化子模型 LCDM (Land Cover Deltatron Model), 其中, UGM 子模型可以单独运行, LCDM 子模型是在 UGM 子模型的基础上, 进一步考虑城市用地与其他土地覆盖类型的相互转换进行模拟和运算。SLEUTH 模型由输入数据的首字母的缩写组合而得名: 坡度层 (Slope)、土地利用层 (Land use)、排除层 (Excluded)、城市土地层 (Urban)、交通层 (Transportation) 和阴影层 (Hillshade)。模型包括 4 种城市扩展方式: 自发增长 (Spontaneous Growth)、新扩展中心增长 (New Spreading Centers)、边界增长 (Edge Growth) 和道路影响增长 (Road-Influenced Growth)。模拟过程中, 首先, 初始化繁衍系数 (Breed_coefficient)、扩散系数 (Spread_coefficient)、坡度阻抗系数 (Slope_coefficient)、传播系数 (Dispersion_coefficient) 和道路引力系数 (Road_coefficient) 的值, 然后, 通过粗校准、精校准、终校准, 逐步细化各参数范围, 每个阶段又包含很多次蒙特卡罗迭代, 并用 Lee-Sallee 指数来评价模拟结果与实际情况的空间匹配程度, 从而确定下一步的参数范围, 最后, 一次校准得出一组最佳参数。

(2) 模型校准

模型校准的目的是获取一套城市扩展的最佳参数集去有效模拟历史时期的城市增长。SLEUTH 模型采用强制蒙特卡罗迭代计算法 (Brute-force Monte Carlo method) 进行模型参数的校准^[16]。蒙特卡罗方法也称统计模拟方法, 是一种以概率统计理论为指导的数值计算方法, 模型模拟过程中会对所有参数的每一种排列组合进行尝试, 产生城市扩展的若干随机变量, 进而通过分析这些随机变量的概率特征, 选取模拟结果与实际情况最为吻合的组合方案以对城市空间扩展进行模拟及预测^[17-23]。本研究将上海市 1990、1995、2000 和 2005 年 4 期土地利用类型空间分布、城市用地空间分布, 以及道路、坡度等数据输入 SLEUTH 模型, 用于模型参数校准。模型参数校准分为粗校准 (coarse calibration)、精校准 (fine calibration) 和终校准 (final calibration) 3 个步骤, 每个步骤在校准过程中都会得到一组最合适的参数, 进而用于下一个步骤的参数校准。在模型校准过程中, 各参数设置如下: (1) 粗校准, 模型的 5 个参数取值范围都设为 0-100, 每步步长设为 25, 采用 4 次蒙特卡罗迭代; (2) 精校准, 利用粗校准产生的 5 个系数的范

围,每步步长为 5-15,采用 10 次蒙特卡罗迭代;
(3)终校准,利用模型精校准产生的系数范围,每步
步长设为 1,采用 120 次蒙特卡罗迭代。运行完成

后,提取最佳参数组合用于模型模拟。本研究粗校
准、精校准和终校准 3 个阶段模型参数校准结果如
表 1 所示。

表 1 SLEUTH 模型各校准阶段参数结果统计

Tab. 1 Parameters of Sleuth model in different calibration periods

模型校准	蒙特卡罗 迭代次数	Lee-Sallee 指数	传播系数		繁衍系数		扩散系数		坡度阻抗系数		道路引力系数	
			范围	步长	范围	步长	范围	步长	范围	步长	范围	步长
粗校准	4	0.7575	0—100	25	0—100	25	0—100	25	0—100	25	0—100	25
精校准	10	0.7570	0—20	5	0—25	5	50—50	5	1—1	5	0—75	15
终校准	120	0.7572	1—5	1	1—5	1	50—50	1	1—1	1	0—75	1

从表 1 看,3 个阶段模型模拟的 Lee-Sallee 指
数(描述模拟数据与实际数据空间匹配程度)均达
到 0.75 以上,可见使用 SLEUTH 模型模拟 1990—
2005 年上海城市扩展的精度比较高。

(3)模拟结果精度验证

模型校准之后,采用激活 LCDM 模块,对上海
市城市扩展进行模拟,并采用 Kappa 系数来检验
SLEUTH 模型的模拟精度^[6]。从各时段
SLEUTH 模型模拟与遥感监测结果的 Kappa 系数
计算结果看,模拟的 3 期城市用地和遥感监测结
果的 Kappa 系数分别为 0.6685、0.6593、0.8476。
根据对 Kappa 系数值的评价规则^[24],Kappa 系数
在 0.41—0.60 之间代表模型模拟的一致性程度
为中等,在 0.61—0.80 之间代表模型模拟的一
致性程度为较好。可见,SLEUTH 模型模拟的
上海市城市空间扩展的精度较高,而且随着模型
模拟次数增加,模拟精度也呈增长趋势。因此,
本文采用激活 LCDM 模块的 SLEUTH 模型,并
设定模型模拟的蒙特卡罗迭代次数为 150 次,
对 2010—2040 上海市城市空间扩展过程进行
预测。

3 上海市城市扩展模拟与预测分析

3.1 1990—2005 年上海市城市扩展时空特征

1990—2005 年,上海市城市扩展明显(表 1),
城市面积由 104 802hm² 增加到 2005 年的 186 080hm²,
净增加 81 278hm²,净增长 10.14%;其中,城镇面
积由 1990 年的 56 288hm² 增加到 2005 年的 91 426hm²,
净增加 35 138hm²,净增长 4.39%;农村居民地净
增加 30 835hm²,净增长 3.85%;其他建设用地净
增加 15 305hm²,净增长 1.91%。上海市城市扩
展侵占

的土地资源主要为耕地,15 年间,城市扩展侵
占耕地 77 355hm²,占耕地面积减少总量的 89%,
其中城镇面积扩展侵占耕地 33 345hm²,占耕
地面积减少总量的 38.49%,农村居民地扩展
侵占耕地 31 663hm²,占耕地面积减少总量的
36.55%,其他建设用地扩展侵占耕地 12 347hm²,
占耕地面积减少总量的 14.25%。

从城市扩展的时间过程看(表 2),1990 年
以来,上海市城市空间扩展总体呈现先减弱后
加剧的趋势,1990—1995 年城市用地扩展比较
剧烈,侵占了大量耕地和部分草地,城市面积
净增加 32 406hm²,净增长 4.04%;1995—2000
年城市扩展有所缓和,城市面积净增加 8 204hm²,
净增长 1.02%;2000—2005 年城市扩展又呈
加剧趋势,城市面积净增加 40 668hm²,净增
长 5.08%。2000—2005 年与 1990—1995 年
相比,城镇面积虽然继续扩展,但在城镇扩展
的过程中开始注意保护草地、林地。另一个特
点就是填海造陆,该时期一部分水域被转换
为建设用地。

表 2 1990—2005 年上海市土地利用类型面积统计表

Tab. 2 Area of land use types in Shanghai during 1990—2005

年份	1990		1995		2000		2005	
土地利 用类型	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)
城镇用地	56 288	7.02	76 128	9.50	77 838	9.71	91 426	11.41
农村居民地	43 346	5.41	54 095	6.75	56 363	7.03	74 181	9.26
其他建设用地	5 168	0.64	6 985	0.87	11 211	1.40	20 473	2.55
耕地	496 927	62.01	465 121	58.05	455 155	56.80	422 964	52.78
草地	4 757	0.59	860	0.11	921	0.11	1 648	0.21
林地	10 587	1.32	10 566	1.32	10 345	1.29	11 242	1.40
水域	184 236	22.99	187 554	23.41	189 476	23.65	179 375	22.39

从城市扩展的空间格局看(图 1),1990-2005 年上海城市空间扩展的特征为蔓延式扩展,其中,沿黄浦江两侧东西方向扩展尤为明显。在城市空间范围向四周扩展的同时,嘉定镇、青浦镇、松江镇、奉贤镇及长江北岸的崇明县城等卫星城的扩展明显,形成了以卫星城为中心的扩散式增长。

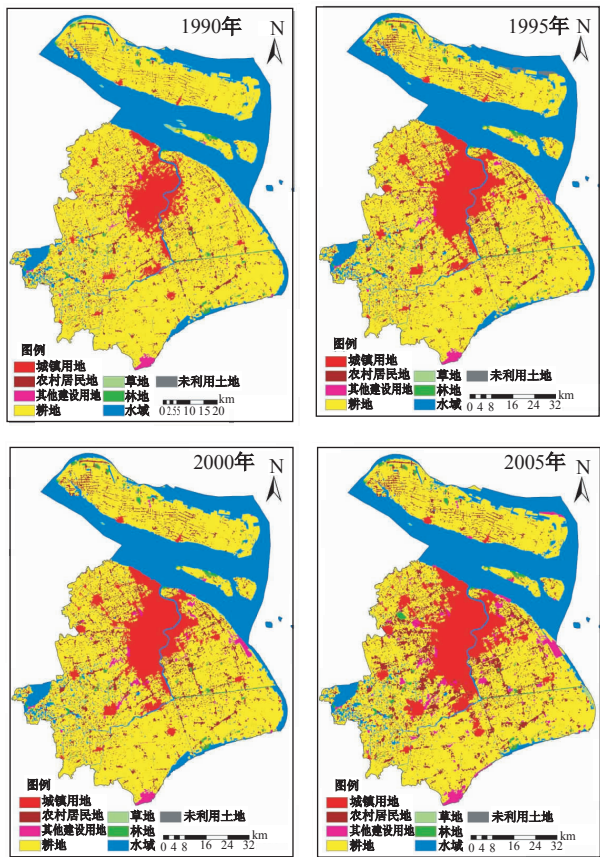


图 1 上海市不同时期土地利用类型分布图
Fig. 1 The land use distribution map of Shanghai in different time periods

3.2 2010-2040 上海市城市扩展的预测

从 2010-2040 年上海市城市空间扩展模拟和预测结果(表 3)看,未来 30 年,上海市城市用地面积将从 2010 年的 102 627hm²,增加到 152 685 hm²,年平均增长 1668.60 hm²,年平均增长率为 1.63%,其中,2010-2015 年年平均增长率最高,为 1.93%,此后年平均增长率逐步降低,到 2035-2040 年年平均增长率仅为 1.07%。从土地利用类型的转换看,城市空间扩展将大量占用耕地、农村居民点和其他建设用地(如工矿用地),其中,耕地面积将以平均每年 1200hm² 的速度下降,但直到 2040 年的耕地总面积依然符合上海市 1995-2010

年土地利用总体规划中提到的长远规划的耕地保有量为 315 077hm² 的指标,而农村居民点和其他建设用地少量转变为城市用地也符合“城市及工矿用地的土地利用布局 and 结构调整,是规划期内的调整重点”的规定。

表 3 2010-2040 年上海市土地利用变化统计表
Tab. 3 Area of land use types in Shanghai during 2010-2040

土地利用类型	2010 年		2020 年		2030 年		2040 年	
	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)
城镇用地	102 627	12.81	121 151	15.12	137 144	17.11	152 685	19.05
农村居民点	73 284	9.15	72 632	9.06	70 909	8.85	69 270	8.64
其他建设用地	19 617	2.45	18 241	2.28	17 352	2.17	16 713	2.09
耕地	413 736	51.63	397 613	49.62	384 596	48.00	371 912	46.41
草地	1604	0.20	1494	0.19	1399	0.17	1330	0.17
林地	11 113	1.39	10 930	1.36	10 750	1.34	10 356	1.29
水域	179 328	22.38	179 248	22.37	179 159	22.36	179 043	22.34

从城市扩展的空间格局看(图 2),上海市城市扩展的方式主要是边缘增长,其中东部的浦东新区沿五

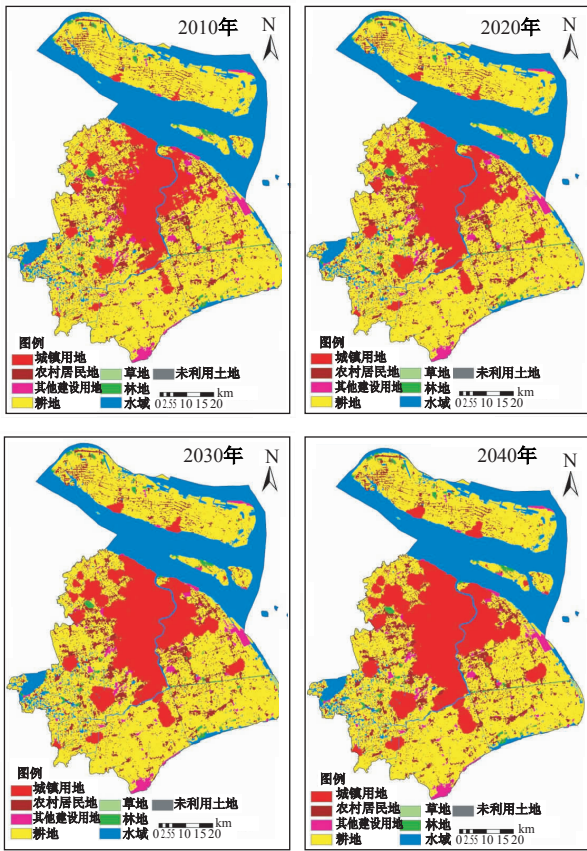


图 2 上海市城市空间扩展未来情景的预测
Fig. 2 Urban expansion process in Shanghai under future scenarios

洲大道向海方向、南部的徐汇区沿沪闵高架路向南方及西部的嘉定区和青浦区沿京沪高速两侧向西的地区均是未来城市扩展的主要方向。扩散式增长主要发生在城市远郊区,一般与道路影响增长同时发生,长江北岸的崇明县城和新河镇,西北部的嘉定区和安亭镇,西南部的青浦镇、松江镇和朱泾镇,以及东部的惠南镇是未来上海市城市用地扩散式增长的几个典型中心。

4 结论与讨论

(1)城市用地的空间扩展是城市化过程的典型特征之一。1990 - 2005 年,上海市城市扩展明显,城市面积净增加 81 278hm²,净增长 10.14%。在扩展的时间过程上,1990 - 2005 年上海城市空间扩展呈现先减缓后加剧的趋势,其中,2000 - 2005 年城市用地扩展最为剧烈,城市面积净增加 40 668hm²,净增长 5.08%,填海造陆是该时期城市空间扩展的典型特征。

(2)SLEUTH 模型是基于元胞自动机的城市扩展和土地利用演化模型,通过模型参数的本地化和模型反复模拟校验,可以较好地模拟预测上海市未来 30 年城市空间扩展及城市用地和其他土地利用类型间的相互演变过程。

(3)未来 30 年,上海市城市用地面积将以每年 1668.60hm² 的速度扩展,年平均增长率为 1.63%,到 2040 年城市用地面积将达到 152 685hm²。城市扩展过程中将占用耕地 41 824hm²,使耕地面积以平均每年 1200hm² 的速度下降,但并不会影响到上海市土地利用总体规划中提到耕地保有量的指标。

(4)上海市城市扩展具备典型的的分异特征,在总体呈现边缘式扩展的同时,以周边郊县(区)现有城市用地为中心,受交通路网的影响,形成了多个增长中心同时存在的局面。

(5)本文利用 SLEUTH 模型开展上海市城市用地空间扩展模拟预测,取得了比较高的精度,但 SLEUTH 模型仍存在许多不足之处:①SLEUTH 模型的设计初衷是模拟城市扩展,在模拟土地利用演化上相对较弱,仅限于输入 2 个土地利用图层,对土地利用的模拟精度产生一定的影响。②城市扩展的主要驱动力有:政府决策、社会经济发展因素、道路交通等基础设施建设、人口增长因素,自然环境等。而 SLEUTH 模型无法模拟社会经济因

素、人口和宏观决策,对城市土地利用变化的影响,但可以在模拟过程中通过引入不同的情景对策,为城市发展提供决策依据^[21-25]。

参考文献:

- [1] Rafiee R, Mahiny A, *et al.* Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM)[J]. *Cities*, 2009, 26(1):19 - 26.
- [2] Norman L, Guertin D, *et al.* A coupled model approach to reduce nonpoint-source pollution resulting from predicted urban growth: A case study in the watershed[J]. *Urban Geography*, 2008, 29(5):496 - 516.
- [3] Dietzel C, Clarke K. The effect of disaggregating land use categories in cellular automata during model calibration and forecasting[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2006, 30(1):78 - 101.
- [4] 刘纪远,张增祥,徐新良. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析 [J]. *地理学报*, 2009, 64(12):1411 - 1420.
- [5] 刘纪远,张增祥,庄大方. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析 [J]. *地理研究*, 2003, 22: 1 - 12.
- [6] 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,1999,34 - 38.
- [7] Clarke K C, Hoppen S, Gaydos J. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area[J]. *Environment and Planning B: Planning & Design*, 1997, 24(2):247 - 261.
- [8] 李明杰,钱乐祥,吴志峰,等. 广州市海珠区高密度城区扩展 SLEUTH 模型模拟[J]. *地理学报*, 2010, 65(10): 1163 - 1172.
- [9] 刘勇. SLEUTH 模型支持下的城市扩展方案模拟与评估[J]. *经济地理*, 2009, 29(10):1661 - 1664.
- [10] 吴晓青,胡远满,贺红土,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.
- [11] 朱飞鸽,胡瀚文,沈兴华,等. 基于 SLEUTH 模型的上海城市增长预测[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(9):2107 - 2114.
- [12] 潘家华,牛凤瑞,魏后凯. 中国城市发展报告[M]. 北京:社会科学文献出版社,2009.
- [13] 刘纪远,布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究[J]. *第四纪研究*, 2000, 20(3): 229 - 239.
- [14] Liu J, Zhan J, Deng X. 2005. Spatio-temporal patterns and driving forces of urban land expansion in China during the economic reform era[J]. *Ambio*, 34:

- 450 - 455.
- [15] 徐新良, 闵稀碧, 田展. 基于 GIS 与 LTM 模型的上海市城市空间扩展模拟与预测[J]. 中国人口资源与环境, 2010, 20(5): 136 - 139.
- [16] 吴晓青, 胡远满, 贺红士, 等. 沈阳市城市扩展动态模拟与预测[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2009, 28(2): 318 - 321.
- [17] Norman L, Feller M, *et al.* Forecasting urban growth across the United States-Mexico border[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2009, 33(2): 150 - 159.
- [18] Wu X, Hu Y, *et al.* Performance evaluation of the SLEUTH model in the Shenyang Metropolitan Area of Northeastern China[J]. Environmental Modeling & Assessment, 2008, 14(2): 221 - 230.
- [19] Jantz C, Goetz S, *et al.* Designing and implementing a regional urban modeling system using the SLEUTH cellular urban model[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2010, 34(1): 1 - 16.
- [20] 冯微微, 夏斌, 吴晓青. 基于 sleuth 模型的东莞市城市增长模拟研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24: 76 - 80.
- [21] 刘勇, 吴次芳, 岳文泽. 基于 sleuth 模型的杭州市城市扩展研究[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 797 - 807.
- [22] 米丽娜. 基于 sleuth 模型的银川市空间扩展研究[D]. 兰州大学论文, 2008.
- [23] 涂小松, 濮励杰, 等. 基于 sleuth 模型的无锡市区土地利用变化情景模拟[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 17(6): 860 - 865.
- [24] 李光丽, 杜培军, 王小美, 等. 多源遥感影像土地覆盖分类结果一致性评价与集成应用[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(4): 68 - 71.
- [25] Jantz C A, Goetz S J. Analysis of scale dependencies in an urban land-use-change model[J]. International Journal of Geo-graphical Information Science, 2005, 19: 217 - 241.

Spatial-temporal Characteristics and Future Prediction of Urban Expansion in Shanghai

ZHENG Kaidi¹, XU Xinliang², ZHANG Xuexia¹ and LIU Luo³

(1. Key Laboratory of Soil & Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing Forest University, Beijing 100083, China;

2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information Systems, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

3. College of Resources & Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Rapid urbanization often results in intensive land use change especially in the urban area of China. As an important economic center in China, urban expansion in Shanghai is always at a high speed in recent years. Using land use datasets in 1990, 1995, 2000 and 2005, derived from interpretation based on Landsat TM/ETM images, this paper firstly analyzed the spatial-temporal characteristics of urban expansion during 1990 - 2005, then simulated this process using SLEUTH model and analyzed the simulation precision, and forecasted urban expansion and land use change process in the next 30 years. The results indicated that: (i) the urban expansion is very fast during 1990 - 2005, the urban land area increased by 81 278 hm² (10.14%). The temporal process of urban expansion took on a first decrease and then increase trend. The most obvious expansion occurred in 2000 - 2005, the urban land area increased by 40 668 hm² (5.08%), and the sea reclamation is the typical characteristic in this time period. (ii) The Lee-Sallee index were more than 0.75 in the calibration process of SLEUTH, and the amount and morphology of simulated urban expansion were more consistent with actual situation in 2005 than in the past. So SLEUTH model could simulate urban growth mode of Shanghai City and obtain high precision result of land use changes, and the Kappa coefficient could be up to 0.8476. (iii) In the next 30 years, Shanghai would ex-

pand at an annual average rate of 1.63%, and the city area would be reach 152 685 hm² in 2040. The urbanization process would occupy 41 824 hm² cultivated land, and the cultivated land area would decrease at a speed of annual average area of 1200 hm², but it would not affect the aim of cultivated land protection in the future general land use planning. (iv) The main mode of urban expansion in Shanghai was the edge growth, the direction towards east along Wuzhou Avenue in the Pudong new area, the direction towards south along the Humin elevated road in Xuhui District, and the direction towards west along Beijing-Shanghai high-speed railway in Jiading and Qingpu districts, are the main city expansion direction in the future. And (v) from 2010 to 2040, urban expansion in Shanghai will occupy cultivated land 1200hm² per year, and will occupy cultivated land 41 824 hm² totally.

Key words: Shanghai; urban expansion; land use; SLEUTH model