

# 营口市城市及村镇聚落增长与土地利用变化的模拟预测\*

郝凤明<sup>1,2</sup> 贺红士<sup>1</sup> 胡远满<sup>1,3</sup> 吴晓青<sup>3</sup> 包丽<sup>4</sup> 田颖<sup>1,2</sup> 王晋年<sup>5</sup> 马文军<sup>6</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; <sup>2</sup> 中国科学院研究生院, 北京 100039; <sup>3</sup> 中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所, 山东烟台 264003; <sup>4</sup> 沈阳城市建设档案馆, 沈阳 110004; <sup>5</sup> 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; <sup>6</sup> 沈阳棋盘山国际风景旅游开发区, 沈阳 110163)

**摘要** 基于辽宁省营口市 1988、1992、1997、2000 和 2004 年 5 期 Landsat TM 卫星遥感影像数据, 利用城市增长和土地利用变化模拟模型 SLEUTH 模拟预测了 6 种预案(当前趋势预案、无保护预案、适当保护预案、管理增长预案、生态可持续预案和区域及城市规划预案)下 2005—2030 年营口市城市及农村聚落的增长和土地利用变化情况。结果表明: 1988—2004 年, 营口市城市及村镇聚落的增长面积为 14.93 km<sup>2</sup>; 1997—2004 年, 研究区水域、园地、矿山、耕地等土地类型面积的变化较大。2005—2030 年, 生态可持续预案下, 营口市城市及村镇聚落的面积将缓慢增长, 较好地保护耕地、林地等资源, 但在一定程度上将限制城市及村镇聚落的增长; 无保护预案下研究区城市及农村聚落的增长速度最快, 耕地流失面积较大; 当前趋势预案下, 耕地流失面积与无保护预案相近, 但耕地流失的格局不同; 适当保护预案和管理增长预案下, 耕地的流失面积较小; 区域与城市规划预案下, 城市及村镇聚落增长主要分布在城市开发区和城市周边地区。利用不同预案下的 SLEUTH 模型可以模拟不同土地管理政策对城市及村镇聚落增长和土地利用变化的影响, 对我国实施统筹城乡发展、建设社会主义新农村具有指导意义。

**关键词** 城市及农村聚落增长 SLEUTH 政策预案 土地利用变化 营口市  
**文章编号** 1001-9332(2008)07-1529-08 **中图分类号** X171.1 **文献标识码** A

**Simulation and prediction of urban and rural settlement growth and land use change in Yingkou City.** XI Feng-ming<sup>1,2</sup>, HE Hong-shi<sup>1</sup>, HU Yuan-man<sup>1</sup>, WU Xiao-qing<sup>3</sup>, BAO Li<sup>4</sup>, TIAN Ying<sup>1,2</sup>, WANG Jin-nian<sup>5</sup>, MA Wen-jun<sup>6</sup> (<sup>1</sup>Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; <sup>2</sup>Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; <sup>3</sup>Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, Shandong, China; <sup>4</sup>Shenyang Urban Construction Archives, Shenyang 110004, China; <sup>5</sup>Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; <sup>6</sup>Shenyang Mt. Qipan International Scenery Tourism Development Zone, Shenyang 110163, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2008, 19(7): 1529-1536.

**Abstract:** Based on the 1988, 1992, 1997, 2000, and 2004 Landsat TM remote sensing data of Yingkou City, Liaoning Province, the urban and rural settlement growth and land use change in the city from 2005 to 2030 were simulated and predicted by using the SLEUTH urban growth and land use change model with six scenarios (current trend scenario, no protection scenario, moderate protection scenario, managed growth scenario, ecologically sustainable growth scenario, and regional and urban comprehensive planning scenario). The results showed that in the city, the increased area of urban and rural settlement growth from 1988 to 2004 was 14.93 km<sup>2</sup>, and the areas of water area, orchard, mine, and agricultural land changed greatly from 1997 to 2004. From 2005 to 2030, based on ecologically sustainable growth scenario, the urban and rural settlement growth would have a slow increase, and agricultural land and forestland would be better protected; under

\* 中国科学院沈阳应用生态研究所知识创新工程项目(O6LYQY1001)和国家科技支撑计划资助项目(2006BAJ10B05-03)。

\*\* 通讯作者。E-mail: huym@iae.ac.cn

2007-10-25 收稿, 2008-05-05 接受。

no protection scenario, the urban and rural settlement growth would have a rapid increase, and large area of agricultural land would be lost; under current trend scenario, the agricultural land loss would be similar to that under no protective scenario, but the loss pattern could be different; under moderate protection scenario and managed growth scenario, the agricultural land would have a smaller loss; while under regional and urban comprehensive planning scenario, the urban and rural settlement growth would be mainly distributed in urban development area and urban fringe. The SLEUTH model with different scenarios could simulate how the different land management policies affect urban and rural settlement growth and land use change, which would be instructive to the coordination of Chinese urban and rural settlement development and the socialist new rural reconstruction.

**Key words:** urban and rural settlement growth; SLEUTH; policy scenarios; land use change; Yingkou City.

城市增长及土地利用变化是一个动态的时空过程<sup>[1]</sup>,是社会、经济、生态、地理过程综合作用的结果<sup>[2]</sup>. 城市化是土地利用与土地覆盖变化(LUCC)的重要驱动力<sup>[3]</sup>. 从全球范围来看,LUCC是生物多样性变化的主要原因之一,也可能是全球气候变化、碳循环及水循环变化的重要原因<sup>[4-5]</sup>. 由于LUCC受区域条件和范围的强烈影响<sup>[2]</sup>,因此分析土地利用空间格局演变具有较高的理论意义,而且也是政府制定有关政策的主要依据之一<sup>[6]</sup>. 在过去几十年里,LUCC的研究倾向于LUCC模型的开发、利用模型预测城市未来的发展和景观变化及评价城市的未来规划并找出受威胁的自然区域. 随着计算能力的提高、空间数据可利用性的增强以及对于决策支持工具的空前需求,LUCC空间模型日趋成熟,现已成为重要的研究工具<sup>[1,7]</sup>. 其优势在于模拟和预测的结果有明确的位置和数量关系,可用于比较不同政策预案对土地利用变化的潜在影响.

在我国振兴东北老工业基地以及建设社会主义新农村政策下,辽宁省面临着巨大的发展机遇,特别是城市化和工业化水平较高的辽宁中部城市群. 营口市作为辽宁中部城市群的出海口,承担着老工业基地改造、港口建设、城市发展和新农村建设等诸多任务,因此,对营口市城市及村镇聚落增长及其土地利用的研究具有重要的现实指导意义. 本文采用在国际上广泛应用的LUCC模型和土地利用模拟和预测模型SLEUTH<sup>[8]</sup>,利用1988—2004年营口市城市及村镇聚落增长和土地利用的数据对SLEUTH模型进行了校正<sup>[9]</sup>,获得营口市城市及村镇聚落增长及土地利用变化的参数,并在设计的6种不同预案下<sup>[10-13]</sup>分别模拟预测了2005—2030年营口市城市及村镇聚落增长和土地利用变化情况,旨在为快速城市化地区的土地利用管理和生态保护政策的制定提供科学指导.

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

营口市位于渤海辽东湾东北岸,大辽河与渤海的相交处(39°55'—40°56' N, 121°56'—123°02' E). 营口市辖站前区、西市区、老边区、鲅鱼圈区、大石桥市和盖州市,共43个建制镇、12个乡、27个街道办事处、924个行政村、247个居民委员会,2004年总人口230万. 该区年均气温7℃~9.5℃,沿海、平原、丘陵地带稍高,东部山区略低;年均降水量670~800 mm,雨量适中,是我国水果的主产区之一. 研究区森林资源丰富,树木种类繁多,多为天然次生混合林和人工林;海水养殖业发达,海蜇产量居全国之首;矿产资源丰富,已发现各种金属、非金属39种,储量较大的有菱镁矿、白云岩、硼矿、萤石、硫铁矿、花岗岩等. 营口市海岸线长约19 km,营口港是中国东北地区第二大港口.

### 1.2 研究方法

**1.2.1 SLEUTH模型** SLEUTH是模型所需的6种输入图层的首字母缩写(slope, land use, exclusion, urban extent, transportation, hill shade),它是关于城市增长与土地利用变化的模型,由2个细胞自动机(CA)模型耦合在一起,即城市增长模型(urban growth model, UGM)和土地利用变化模型(land cover deltatron model, LCDM)<sup>[14-17]</sup>. 其中,UGM可以独立运行,但LCDM需与UGM耦合在一起才能运行. SLEUTH按照标准的CA构成:即细胞是同质的栅格空间;细胞状态为城市和非城市(UGM)或者是安德森(Anderson)一级土地利用类型(LCDM);采用八领域的增长原则;由5个系数(扩散系数、繁殖系数、传播系数、坡度阻抗系数和道路引力系数)控制自发增长、新传播中心增长、边缘增长、道路影响增长规则. 模型给予边缘增长主导性地位<sup>[3,12,18]</sup>. 另外

模型还有一个自修正规则,即模型运行过程中自动调节增长系数以准确反映城市的非线性增长过程<sup>[19-21]</sup>。如果单独模拟城市增长,只运行 UGM,输入的城市图层为 0 或 1,城市细胞值为 1,其他用地类型值为 0;如果模拟城市增长和土地利用变化,除城市图层外,还需要两个不同时期土地利用类型图,在土地利用类型图层中,城市细胞值为 1,其他非城市土地利用类型值由用户自行指定。

SLEUTH 模型的运行分 3 个阶段,即测试阶段、校正阶段和预测阶段。测试阶段可以确保模型的正确编译和运行;校正阶段指通过对历史时期城市增长和土地利用变化的模拟,从而产生最佳的预测系数,有学者称这组系数为区域的 DNA<sup>[22-23]</sup>;预测阶段指在不同预案下,利用从校正阶段获得的预测系数预测未来城市增长和土地利用的变化情况。

模型的输出文件为 GIF 格式的图像和统计文件。输出的图像可导入 GIS 进行分析;统计文件的输出取决于模型运行阶段及用户设置,主要包括日志文件、参数和拟合度统计指标文件。本研究的模型可直接输出 GIF 格式的城市增长动态图、土地利用变化动态图等,这些动态图可直观地显示模拟与预测阶段的城市增长与土地利用变化过程<sup>[3,19]</sup>。

**1.2.2 SLEUTH 模型的校正** 在 SLEUTH 模型应用中,校正过程是最耗时的过程,也是模型成功应用的重要因素之一<sup>[3]</sup>。本研究选用最常用的强力校正(“brute force” calibration)方法<sup>[9]</sup>,其将校正过程分为 3 个阶段,即粗校正、细校正和终校正。终校正阶段之后,还需进行一个驱动预测系数校正,为减小不确定性,模型采用蒙特卡罗模拟方法,将迭代运算结果求平均值并记录到模型的输出文件中,这一组系数是模型校正的最终预测系数。本文选取 Compare、Population、Lee-Sallee 和 Fmatch 4 个指标的乘积作为综合值来选取系数<sup>[1]</sup>,最后获得研究区的生长系数组合为:64(扩散系数)、34(繁殖系数)、13(传播系数)、76(坡度阻抗系数)和 43(道路引力系数)。

**1.2.3 预案设计** 土地利用预案设计是 SLEUTH 模型最重要的应用之一,也是 SLEUTH 模型的魅力所在,用户可以根据需要设计不同的预案<sup>[13]</sup>。在 SLEUTH 模型中,预案设计可以涉及排除图层、道路图层、城市范围图层以及临界坡度、随机种子数和自修正参数。排除图层指模型使用者根据研究需要设置不被城市化的区域和不被城市化的概率(排除概率)的图层。本文主要针对排除图层设计了 6 种预案<sup>[12-13,24-26]</sup>:1)当前趋势预案(CT),给予大面积的

天然水体、大型公园、湿地滩涂(面积 > 50 hm<sup>2</sup> 的湿地斑块)和河流不同程度的保护;2)无保护预案(NP),对所有用地类型没有任何保护,城市可以自由增长;3)适当保护预案(MP),除 CT 预案下的保护区外,对大面积的基本农田(面积 > 1 000 hm<sup>2</sup> 的农田斑块)、园地、森林也给予一定程度的保护;4)管理增长预案(MG),在 MP 预案基础上给予中等面积的农田、林地、草地、园地较大程度的保护,天然水体设置一定缓冲区保护(河流两侧及湖泊周边设置不同宽度的缓冲带,给予不同的排除概率);5)生态可持续预案(ES),在 MG 预案基础上,保护面积进一步增大,保护概率提高,给予天然水体更大宽度的缓冲区;6)区域和城市总体规划预案(RUP),遵循《营口市城市总体规划(2005—2020)》和《辽宁沿海经济带开发建设规划(2006—2020)》,并参考相应的国家及区域政策,确定工业开发区等最容易被城市化的位置、范围和排除概率,对其他未规划区域按照适当保护预案的标准设制(表 1)。除 RUP 预案外,其他预案均限制城市向海域增长。6 种预案的临界坡度均为 21%。

### 1.3 数据来源及处理

营口市 1988、1992、1997、2000 和 2004 年的 Landsat TM 数据来源于中国科学院遥感应用研究所。利用遥感图像处理软件 ERDAS 9.1 对这 5 个年份的影像进行监督分类,然后进行目视解译,通过实地采样点进行校正和精度评价,分别提取出这 5 个年份营口市城市及村镇聚落数据及该区 1997、2004 年的土地利用数据,分类精度为 92.1%;利用 Arcview 3.3 将研究区 1:50 000 的地形图数字化,生成数字高程模型(DEM),利用 DEM 生成坡度图层和阴影图层;将 1997 和 2004 年 1:550 000 辽宁省交通图数字化,在当年遥感影像的修改下,建立这 2 个年份的道路交通图层;同时,参考 2005 年辽宁城市统计年鉴、2005 年营口年鉴、2005—2020 年营口城市总体规划。据此分析营口市 1988—2004 年城市及村镇聚落的生长和 1997—2004 年的土地利用变化。将所有的数据图层转换为 Grid 栅格数据格式,利用 ArcGIS 重采样到 60 m 的分辨率,再将 Grid 格式数据转换为 TIFF 格式数据,利用 Photoshop 或 XV 软件将 TIFF 格式数据转换为 Gif 格式数据,输入 SLEUTH 模型,对 SLEUTH 模型进行校正;然后利用校正系数,在 6 种不同预案下,预测 2005—2030 年营口市城市及村镇聚落增长和土地利用变化情况。

表 1 6 种预案的数据要素和排除概率

Tab. 1 Data elements and exclusion probability for six scenarios

数据要素 Data element	当前趋势预案 Current trends scenario (CT)	无保护预案 No protection scenario (NP)	适当保护预案 Moderate protection scenario (MP)	管理增长预案 Management growth scenario (MG)	生态可持续预案 Ecological sustainable scenario (ES)	区域及城市规划预案 Regional and urban planning scenario (RUP)
自然保护区、河流和湖泊 Conserves, rivers and lakes	完全排除 Exclude completely (100%)	无排除 Not excluded (0)	完全排除 Exclude completely (100%)	完全排除 Exclude completely (100%)	完全排除 Exclude completely (100%)	完全排除 Exclude completely (100%)
公园、湿地 Parks, wetlands	面积 > 50 hm <sup>2</sup> Area > 50 hm <sup>2</sup> (60%)	无排除 Not excluded (0)	面积 > 10 hm <sup>2</sup> Area > 10 hm <sup>2</sup> (60%)	面积 > 5 hm <sup>2</sup> Area > 5 hm <sup>2</sup> (80%)	面积 > 1 hm <sup>2</sup> Area > 1 hm <sup>2</sup> (90%)	面积 > 10 hm <sup>2</sup> Area > 10 hm <sup>2</sup> (60%)
河流缓冲带 Buffer zones of rivers	无缓冲带 No buffer zones	无缓冲带 No buffer zones	在大型河流两侧设置 100 m 缓冲带 100 m buffer zones located on both sides of large rivers (60%)	在大型河流两侧设置 500 m 缓冲带 500 m buffer zones located on both sides of large rivers (60%)	在大型河流两侧设置 500 m 缓冲带 500 m buffer zones located on both sides of large rivers (60%) 在中型河流两侧设置 300 m 缓冲带 300 m buffer zones located on both sides of mid-size rivers (30%)	在大型河流两侧设置 100 m 缓冲带 100 m buffer zones located on both sides of large rivers (60%)
湖泊缓冲带 Buffer zones of lakes	无缓冲带 No buffer zones	无缓冲带 No buffer zones	无缓冲带 No buffer zones	沿湖周围设置 500 m 缓冲带 500 m buffer zones around lakes (30%)	沿湖周围设置 1000 m 缓冲带 1000 m buffer zones around lakes (50%)	无缓冲带 No buffer zones
林地 Forest	无排除 Not excluded (0)	无排除 Not excluded (0)	面积 > 100 hm <sup>2</sup> Area > 100 hm <sup>2</sup> (30%)	面积 > 50 hm <sup>2</sup> Area > 50 hm <sup>2</sup> (50%)	面积 > 5 hm <sup>2</sup> Area > 5 hm <sup>2</sup> (80%)	面积 > 100 hm <sup>2</sup> Area > 100 hm <sup>2</sup> (30%)
农田 Farmland	无排除 Not excluded (0)	无排除 Not excluded (0)	面积 > 1 000 hm <sup>2</sup> Area > 1 000 hm <sup>2</sup> (30%)	面积 > 500 hm <sup>2</sup> Area > 500 hm <sup>2</sup> (30%)	面积 > 50 hm <sup>2</sup> Area > 50 hm <sup>2</sup> (50%)	面积 > 1 000 hm <sup>2</sup> Area > 1 000 hm <sup>2</sup> (30%)
园地 Orchard	无排除 Not excluded (0)	无排除 Not excluded (0)	面积 > 10 hm <sup>2</sup> Area > 10 hm <sup>2</sup> (30%)	面积 > 5 hm <sup>2</sup> Area > 5 hm <sup>2</sup> (30%)	面积 > 1 hm <sup>2</sup> Area > 1 hm <sup>2</sup> (80%)	面积 > 10 hm <sup>2</sup> Area > 10 hm <sup>2</sup> (30%)
草地 Grassland	无排除 Not excluded (0)	无排除 Not excluded (0)	无排除 Not excluded (0)	无排除 Not excluded (0)	面积 > 5 hm <sup>2</sup> Area > 5 hm <sup>2</sup> (30%)	无排除 Not excluded (0)
鱼塘 Stew	无排除 Not excluded (0)	无排除 Not excluded (0)	面积 > 10 hm <sup>2</sup> Area > 10 hm <sup>2</sup> (30%)	面积 > 5 hm <sup>2</sup> Area > 5 hm <sup>2</sup> (30%)	面积 > 2 hm <sup>2</sup> Area > 2 hm <sup>2</sup> (90%)	面积 > 10 hm <sup>2</sup> Area > 10 hm <sup>2</sup> (30%)
新道路 New roads	无 No	无 No	无 No	无 No	无 No	有规划道路 With planning roads
开发区 Development zones	无 No	无 No	无 No	无 No	无 No	城市、工业开发区 Urban and industrial development zones (0)

括号内数值为排除概率(保护水平) The values in the parentheses were exclusion probability (protective level).

## 2 结果与分析

### 2.1 1988—2004 年营口市城市及村镇聚落增长与土地利用变化

1988—2004 年营口市城市及村镇聚落的面积净增 14.93 km<sup>2</sup>, 年均增长速度 2.33%, 其中 2000—2004 年间的增长速度最快 (4.16% · a<sup>-1</sup>) (图 1)。1997—2004 年, 研究区土地利用变化表现为水域、园地、矿山面积增加, 耕地面积减少。从表 2 可以看出, 由于人工淡水鱼塘的大面积发展, 研究区水域面积增长较快, 主要分布在大石桥市高坎镇及周边地区, 且水域的增加面积主要来源于耕地、草地和林地; 由于填海造港, 营口市新增陆地面积 1.35 km<sup>2</sup>; 城市用地面积的增长主要来源于耕地; 耕地转化为城市、水域和园地的面积分别为 67.60、45.97 和

36.63 km<sup>2</sup>。

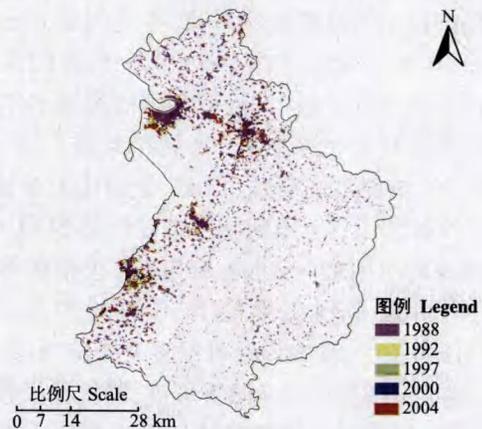


图 1 1988—2004 年营口市城市及村镇聚落格局  
Fig. 1 Urban and rural settlement pattern in Yingkou City in 1988—2004.

表 2 1997—2004 年营口市土地利用转换矩阵

Tab. 2 Land use conversion matrix of Yingkou City in 1997—2004 (km<sup>2</sup>)

土地利用类型 Land use type	1997—2004 年间的转换面积 Conversion area from 1997 to 2004								
	海域 Sea	城镇聚落 Urban and rural settlement	耕地 Farmland	草地 Grassland	林地 Forest	水域 Water	园地 Orchard	盐田、虾田 Salt field and shrimp field	矿山、裸地 Mine and barren
海域 Sea	4784.83	1.35	0	0	0	0	0	0	0
城镇聚落 Urban and rural settlement	0	452.82	0	0	0	0	0	0	0
耕地 Farmland	0	67.60	1498.21	0	0.57	45.97	36.63	0.55	2.31
草地 Grassland	0	5.76	22.78	88.01	8.96	2.94	37.47	0	0.50
林地 Forest	0	6.21	0	0	2302.97	2.15	18.80	0	2.30
水域 Water	0	0.86	4.73	0	0	123.50	0.06	4.57	0
园地 Orchard	0	8.27	0	0	0	0.45	335.90	0.68	2.03
盐田、虾田 Salt field and shrimp field	0	4.77	0	0	0	0	249.00	0	0
矿山、裸地 Mine and barren	0	2.74	0.10	0	0	0.04	0	0.03	11.97

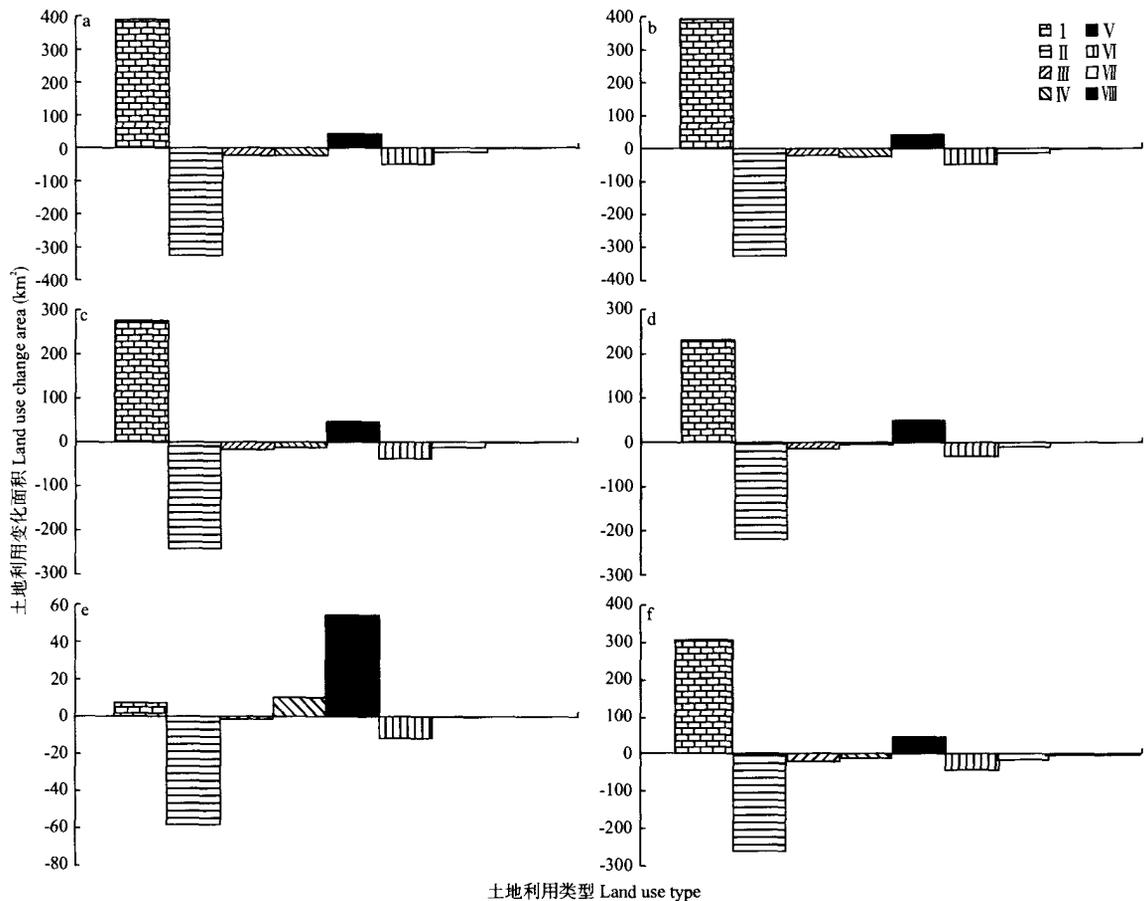


图 2 各预案下 2005—2030 年研究区土地利用类型变化面积

Fig. 2 Change area of land use types in the study area at each scenario from 2005 to 2030.

a) 当前趋势预案 Current trend scenario; b) 无保护预案 No protection scenario; c) 适当保护预案 Moderate protection scenario; d) 管理增长预案 Managed growth scenario; e) 生态可持续预案 Ecological sustainability scenario; f) 区域及城市规划预案 Regional and urban planning scenario. I: 城市村镇聚落 Urban and rural settlement; II: 耕地 Farmland; III: 草地 Grassland; IV: 林地 Forest; V: 水域 Water; VI: 园地 Orchard; VII: 盐田、虾田 Salt and shrimp field; VIII: 矿山、裸地 Mine and barren. 下同 The same below.

## 2.2 不同预案下 2005—2030 年营口市城市及村镇聚落增长与土地利用变化

在 6 种不同预案下, 2005—2030 年研究区各种

土地利用类型面积变化差异显著. 由图 2 可以看出, SLEUTH 模型的预测结果能较好地比较不同政策方案的潜在影响. 2005—2030 年间, 当前趋势预案

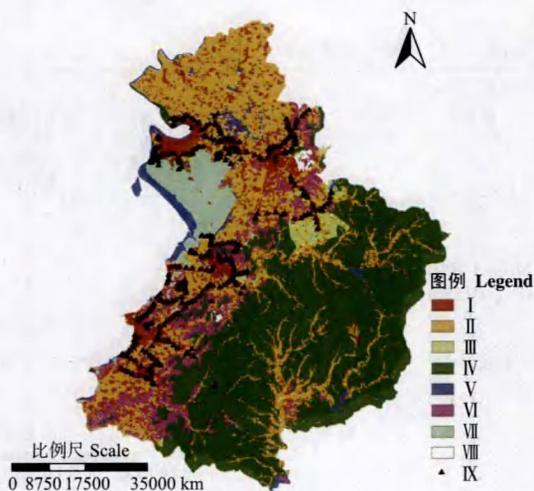


图3 2004年营口市土地利用格局

Fig. 3 Land use pattern of Yingkou City in 2004.

IX: 采样点 Sampling site.

(CT)下,营口市城市及村镇聚落的面积增长较快,达338.10 km<sup>2</sup>,增长速度达14.9 km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>;耕地的流失量较大,达326.40 km<sup>2</sup>,流失速率为12.6 km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>;由于淡水鱼塘的发展,水域面积增加;其他用地类型面积均有不同程度的减少.无保护状态预

案(NP)下的土地利用变化趋势与CT预案相似,城市及村镇聚落的增长面积达391.92 km<sup>2</sup>,增长速度达15.1 km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>.但CT与NP预案下城市及村镇的位置相差很大,原因是CT预案给予水体和重要保护区一定的保护政策,其没有被城镇化,NP预案中城市及村镇聚落的增长占用了水体和重要保护区,二者的增长格局不同.预测期间,在适当保护预案(MP)和管理增长预案(MG)下,研究区城市及村镇聚落的增长面积、增长速度以及耕地的流失面积和减少速度均较CT、NP预案明显减少.在生态可持续预案(ES)下,营口市各种土地类型的变化均较小,城市增长面积和速率在6种预案中是最低的,分别为7.23 km<sup>2</sup>和0.3 km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>,该预案对各种用地(特别是耕地)保护得最好,但在一定程度上却限制了城市和经济的发展.在区域及城市规划预案(RUP)下,研究区城市及村镇聚落的增长面积和速度分别为307.25 km<sup>2</sup>和11.8 km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>,介于CT、NP与MP、MG预案之间,说明区域及城市规划对城市增长和土地利用变化具有一定的抑制作用,城市的增长主要集中在城市增长区、工业增长区、港口增



图4 各预案下2030年研究区土地利用格局

Fig. 4 Land use pattern of the study area at each scenario in 2030.

长区以及大中城镇周边地区,此预案下,由于港口增长区的填海造港,至 2030 年营口市可能新增陆地面积 3.09 km<sup>2</sup>。

与 2004 年营口市土地利用格局相比(图 3),在 CT 和 NP 预案下,研究区城市及村镇聚落的格局较分散,耕地、园地流失面积较大,村镇聚落增长明显, NP 预案大量侵占水体、湿地等生态用地;在 MP 和 MG 预案中,耕地、园地的流失面积较小,保护了大面积集中连片的耕地,且 MG 预案比 MP 预案保护了更多的耕地、园地和滨海湿地;RUP 预案虽然没有在数量上很好地控制住耕地面积的减少,但在位置上保护了大面积集中连片的耕地,城市增长主要分布在城市开发区(如盐田区域)和城市周边地区;ES 预案下,营口市城市及村镇聚落的面积增长缓慢,可较好地保护耕地、林地等资源,对城市及村镇聚落增长的限制较大(图 4)。6 种预案的模拟结果均伴随着营口市城市及村镇聚落面积的增加和耕地面积的减少,预示着在振兴东北老工业基地和社会主义新农村建设等政策的实施过程中,城市及村镇聚落将快速增长、耕地面积将大量减少,这给城市规划者和土地规划者、管理者、决策者以及环保主义者提出了巨大挑战。

### 3 讨 论

本研究中 6 种预案下 SLEUTH 模型的预测结果表明,不同的土地利用政策、规划方案等对土地利用变化的影响很大。在 NP 预案下,2030 年营口市城市及村镇聚落的增长面积、耕地的流失面积比 ES 预案分别多 384.69 和 268.36 km<sup>2</sup>;在 MP、MG 和 RUP 预案下,城市增长得到了一定控制,城市及村镇聚落的增长面积、耕地的流失面积比 NP 和 CT 预案有不同程度的减少。区域及城市规划、土地利用规划、自然保护政策和相应的农田保护政策对城市土地利用变化的影响较大,各种规划和保护政策的制定对于合理的城市发展和土地利用具有重要意义。RUP 预案下,在城市开发区和规划区内,城市增长和农田流失的速度较快,说明当前的区域和城市规划可能存在不足,因此建议规划管理者加强对规划区的管理,或者修订对城市发展区的规划。

在统筹城乡发展、新农村建设过程中,政府(特别是规划管理部门)必须科学规划、严格管理,防止出现 NP 预案中城市及村镇聚落过速增长、农田和其他生态用地大量流失的现象发生。

SLEUTH 模型具有普适性,通过校正能较好地描述城市增长的自然规律<sup>[23]</sup>。但是,模型设计较少

考虑社会经济因素对于城市增长和土地利用变化的影响,这些不足可以通过预案设计得以弥补,给予用户更大的思维空间和视野,也体现了土地利用变化是人与自然共同作用的过程。模型通过校正过程实现了对区域特征的敏感性,本研究校正过程中的统计指标较高,模型的校正精度及模拟预测精度均较高,说明该模型对于营口市城市增长和土地利用变化具有较好的模拟与预测。

SLEUTH 模型可作为城市规划或土地利用规划的工具,它提供了未来城市增长和土地利用变化的可视化过程。该模型预测的土地利用类型变化具有明确的空间位置和数量关系,对于城市规划或土地利用规划中的城市发展方向、范围和速度的确定具有很大的指导作用。这一重要的潜在应用与预案科学研究的共同发展,对于难以用实验方法研究的大时空尺度的自然科学问题和社会科学问题的研究将具有重要意义。

**致谢** 感谢中国科学院沈阳应用生态研究所张文广、陈宏伟、吕久俊、周锐、刘志华、肖泽辰在野外采样工作中给与的帮助,感谢沈阳建筑大学建筑规划学院左悦为本文做的大量数据处理工作。

### 参考文献

- [1] Dietzel C, Clarke KC. The effect of disaggregating land use categories in cellular automata during model calibration and forecasting. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2006, **30**: 78-101
- [2] Munroe DK, Müller D. Issues in spatially explicit statistical land-use/cover change (LUCC) models: Examples from western Honduras and the Central Highlands of Vietnam. *Land Use Policy*, 2007, **24**: 521-530
- [3] Wu X-Q (吴晓青), Hu Y-M (胡远满), He H-S (贺红士), et al. Spatiotemporal pattern and its driving forces of urban growth in Shenyang City. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 2007, **18**(10): 2282-2288 (in Chinese)
- [4] Li X-B (李秀彬). A review of the international researches on land use/cover change. *Acta Geographica Sinica (地理学报)*, 1996, **51**(6): 553-558 (in Chinese)
- [5] Li Y-H (李月辉), Zhao Y (赵羿), Guan D-X (关德新). Land degradation and landscape ecological construction in Liaoning Province. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 2001, **12**(4): 601-604 (in Chinese)
- [6] Li X, Yeh AG. Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 2004, **69**: 335-354
- [7] Lee DB. Retrospective on large-scale urban models. *Journal of the American Planning Association*, 1994,

- 60: 35-40
- [8] Clarke KC, Gaydos L, Hoppen S. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1996, **24**: 247-261
- [9] Silva EA, Clarke KC. Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Spain. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2002, **26**: 525-552
- [10] He C-Y (何春阳), Chen J (陈晋), Shi P-J (史培军), et al. Scenarios simulation land use change in the northern China by system dynamic model. *Acta Geographica Sinica (地理学报)*, 2004, **59**(4): 599-607 (in Chinese)
- [11] He C-Y (何春阳), Chen J (陈晋), Shi P-J (史培军), et al. Land use scenarios model study based on system dynamics model and cellular automaton model. *Science in China Series D (中国科学·D辑)*, 2005, **35**(5): 464-473 (in Chinese)
- [12] Jantz CA, Goetz SJ, Shelley MK. Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore-Washington metropolitan area. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2003, **31**: 251-271
- [13] Xiang WN, Clarke KC. The use of scenarios in land-use planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2003, **30**: 885-909
- [14] Clarke KC, Gaydos LJ. Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: Long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. *International Journal of Geographical Information Science*, 1998, **12**: 699-714
- [15] Clarke KC. Land Use Change Modeling Using SLEUTH. Advanced Training Workshop on Land Use and Land Cover Change Study, Taiwan, 2002: 525-573
- [16] Dietzel C, Clarke KC. Replication of Spatio-temporal Land Use Patterns at Three Levels of Aggregation by an Urban Cellular Automata. Berlin: Springer, 2004
- [17] Wu X-Q (吴晓青). Analysis of urban growth and its simulation in Shenyang City, northeast China. Ph. D. Thesis. Shenyang: Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, 2007: 54-63 (in Chinese)
- [18] Jantz CA, Goetz SJ. Analysis of scale dependencies in an urban land use change model. *International Journal of Geographical Information Science*, 2005, **19**: 217-241
- [19] USGS. Project Gigalopolis: Urban and Land Cover Modeling [EB/OL]. (2000-02-06) [2007-09-05]. [http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/project\\_gig.htm](http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/project_gig.htm)
- [20] Candau JC. Temporal Calibration Sensitivity of the SLEUTH Urban Growth Model. Master Thesis. Santa Barbara: University of California, 2002: 16-33
- [21] Candau JT, Rasmussen S, Clarke KC. A Coupled Cellular Automaton Model for Land Use/Land Cover Dynamics [EB/OL]. (2003-07-10) [2007-09-25]. <http://www.colorado.edu/research/cires/banf/pubpapers/94/>
- [22] Gazulis N, Clarke KC. Exploring the DNA of Our Regions: Classification of Outputs From the SLEUTH Model. Berlin: Springer, 2006
- [23] Silva EA. The DNA of our regions: Artificial intelligence in regional planning. *Futures*, 2004, **36**: 1077-1094
- [24] Burke VJ, Gibbons JW. Terrestrial buffer zones and wetland conservation: A case study of freshwater turtles in a Carolina Bay. *Conservation Biology*, 1995, **9**: 1365-1369
- [25] Zhao Y-H (赵永华), He X-Y (何兴元), Hu Y-M (胡远满), et al. Land use and land cover changes and driving forces in the upper reach of Minjiang River. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, 2006, **17**(5): 862-866 (in Chinese)
- [26] Zonneveld IS. Trans. Li X-Z (李秀珍). Land Ecology. Beijing: Science Press, 2003 (in Chinese)

---

作者简介 郝凤明,男,1980年生,博士研究生.主要从事景观生态学、城市增长模型和3S应用研究,发表论文1篇. E-mail: xifengming@sina.com

责任编辑 杨弘

---