

烟台市城镇扩展时空格局模拟与分析

马金卫¹,王周龙¹,吴晓青²,周迪^{2,3}

(1. 鲁东大学 地理与规划学院,山东 烟台 264039; 2. 中国科学院烟台海岸带研究所,山东 烟台 264003;
3. 中国科学院 研究生院,北京 100039)

摘要:根据 1990—2009 年历史时期的城镇扩展情况,基于元胞自动机的 SLEUTH 城市模型,运用数理统计、景观指数等分析方法对城镇扩展时空分异特征进行分析,并对烟台市辖区 2010—2030 年间的城镇扩展时空格局进行了预测。结果表明,烟台市城镇扩展具有明显的时空分异特征,1990—2009 年和 2009—2030 年城镇扩展热点区明显不同,城镇景观格局也呈现出阶段性变化特征,2025 年以后城镇景观复杂性特征增强,区域景观生态风险加大,需要采取有力措施约束和引导城镇建设用地的扩展。

关键词:城镇扩展;时空格局;模拟;SLEUTH;烟台

中图分类号:P299.22 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-8020(2011)04-0346-06

区域城市化的重要性表现是城镇空间扩展的过程和格局变化,是城镇间要素流动以及城镇系统结构演化的综合反映^[1]。我国已进入快速城市化的阶段,2008 年我国的城市化率为 45.68%。据预测,到 2030 年我国城市化将达到 61%。在快速城市化过程中,迫切需要对未来城市空间扩展进行预测和评估,以减少规划的不确定性。随着计算机硬件、遥感、GIS 技术的迅速发展,模型化的技术手段应用于城市扩展的研究日益广泛。在现有的城市增长模型中,元胞自动机(CA)能通过简单的邻域转换规则模拟复杂的城市现象,成为处理城市这一类复杂系统的有力工具,已被大量应用于城市动力机制、城市理论、城市增长效应^[2-3]等研究中,国内的应用案例主要集中在长江三角洲^[4]、珠江三角洲^[5]、京津唐^[6]及大中型城市^[7],对滨海中小城市的研究报道较少。烟台作为环渤海区域的重要组成部分,其城市扩展及土地利用变化在我国滨海城市具有典型性,一些学者已深入分析了烟台市城镇扩展趋势^[8]、土地利用变化及其原因^[9-10],但利用遥感数据和城市空间模型对城市扩展进行综合分析的研究还未见报道。本文基于烟台市 1990—2009 年间的城市扩展历史

过程,利用 SLEUTH 模型预测未来 2010—2030 年间的城市扩展格局,并对 1990—2030 年间的城镇扩展时空分异性特征及其景观格局变化进行了深入分析,以期能为城市规划与城市管理提供辅助决策支持。

1 研究方法

1.1 研究区概况

烟台市辖区地处山东半岛北部,地理坐标为北纬 37°04′—37°38′,东经 121°15′—121°56′,面积 2722.30 km²。行政区包括芝罘区、福山区、莱山区、牟平区和开发区(图 1)。烟台市作为中国首批开放的 14 个沿海城市之一,改革开放以来社会经济得到迅速发展,工业化和城市化水平明显提高。到 2010 年全市实现生产总值(GDP)4358.46 亿元,人均生产总值 62264 元,比 2009 年增长 14.5%。全市城镇化率达到 56.5%,比 2005 年提高 3.9 个百分点。中心城市建成区面积由 1978 年的 32 km²扩大到 2009 年的 212 km²,市区非农业人口在 2010 年突破 100 万,跨入大城市之列。

收稿日期:2011-03-28;修回日期:2011-07-25

基金项目:国家自然科学基金(30800149)

作者简介:马金卫(1985—)男,山东潍坊人。硕士研究生,主要从事资源遥感与土地利用动态变化研究。E-mail: mjinwei003@163.com。

通讯作者:王周龙(1959—)男,陕西杨凌人。教授,硕士研究生导师,博士,主要研究方向为土地利用与遥感监测。E-mail: zhoulongw@sina.com。

近几年来 随着滨海旅游、海洋交通运输等海洋产业迅猛发展 对该地区经济增长的拉动作用不断增强 烟台城市化步伐将进一步加快 城市建设用地将持续扩张。

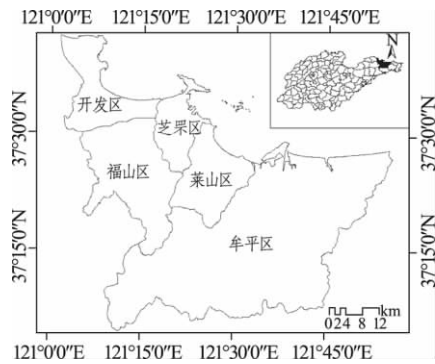


图 1 研究区位置与范围

1.2 数据来源与处理

本研究的基础数据主要为 1990、1995、2000、2004、2009 年的 Landsat TM/ETM+ 遥感影像(轨道号 P119/R34),辅助数据包括地形图(1970、2000 年)、土地调查图(2004 年)、SPOT 影像(2007 年)、DEM(25 m)。处理过程为:在 ARCGIS 9.3 中经人工目视解译、野外实地验证,生成城镇范围图层(1990、1995、2000、2004、2009 年);借助地形图生成 2000 年的道路图,参考遥感影像、历史地图资料勾绘了 1990 年、2009 年的道路图层;按照 2010—2015 年间新道路的建设以及“十二

五”烟台市交通规划绘制了 2015 年的交通图,并添加了两条城际铁路(青烟威荣、龙烟),蓝烟铁路复线及烟台市两条主要地铁(潮水—牟平,烟大轮渡—烟台南站)。根据 DEM 提取百分比坡度图层(slope)和山体阴影(hillshade)图层。提取大夹河、门楼水库、高陵水库、昆嵛山国家森林公园等主要的河流水源地及昆嵛山林地作为排除图层(100%的排除概率),为 SLEUTH 模型运行做资料准备。

1.3 SLEUTH 模型校正与检验

以烟台市区 1990、1995、2000、2004、2009 年的城镇范围图层初始化 SLEUTH 模型校正模块,采用“强力校正”(brute force)方法获取适合烟台市区城市增长的最优参数组合(表 1)。校正完成后,利用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(1990—2009 年)。对模拟输出的城市扩展年概率图重分类为二值的城镇范围模拟图,运用 ROC 曲线、Kappa 系数^[11]对模型进行精度验证,结果 ROC 统计值达到 85.39%,Kappa 指数统计指标达到 0.72,而 KLocation 和 KHisto 指数分别为 0.82 和 0.88,说明 SLEUTH 模型对烟台市城镇增长模拟精度较好,可用于未来城镇扩展预测和情景模拟。

表 1 SLEUTH 模型各校正阶段的参数设置及最优拟合系数值

模型增长系数	粗校准		精校准		终校准		最优拟合系数值
	蒙特卡洛迭代次数 = 4 循环迭代次数 = 3125		蒙特卡洛迭代次数 = 6 循环迭代次数 = 5400		蒙特卡洛迭代次数 = 8 循环迭代次数 = 7776		
	范围	步长	范围	步长	范围	步长	
扩散系数	0—100	25	0—25	5	7—12	1	26
繁衍系数	0—100	25	20—40	5	35—40	1	48
蔓延系数	0—100	25	15—45	6	33—39	1	47
坡度系数	0—100	25	75—100	5	90—100	2	76
道路重力权重系数	0—100	25	25—70	9	25—34	3	35

1.4 预测方法

1) 城镇扩展时空分析 利用校正阶段获得的最优拟合系数值,修改模型运行的 Scenario 文件,更新输入 2015 年交通图层,再次初始化模型的预测模块,模拟烟台市区 2010—2030 年间的城市扩展过程。引入城镇扩展速度和强度指数^[12]分析烟台市区城镇扩展的时空分异特征。指数表达式为:

$$M_{ue} = \frac{\Delta U_i}{\Delta t \times ULA_i} \times 100\% \quad J_{ue} = \frac{\Delta U_i \times 100}{TLA \times \Delta t}$$

式中, M_{ue} 为城镇用地扩展速度, J_{ue} 为扩展强度指数, ΔU_i 为某一时段城镇用地扩展面积, Δt 为某一时段的时间跨度, ULA_i 为某一时段初期的城镇用地总面积, TLA 为研究单元土地总面积。

2) 景观指数序列分析 采用景观指数时间序列分析方法进一步挖掘潜在信息,深层次表达烟台市城镇的时空演变格局。选取面积指数(CA)、最大斑块指数(LPI)、边界密度(ED)、平

均最近邻近体距离(ENN_MN)、蔓延度(CONT-AG)和面积加权平均维数(FRAC_AM)共6个指标,景观指数具体含义参照相关文献^[13],利用Fragstats3.3软件完成计算过程。

2 结果与分析

2.1 城镇扩展数量特征分析

遥感监测分析结果表明,烟台市城镇面积在1990年为82.27 km²,至2009年已达到219.32 km²,年扩展速率为7.20 km²(表2)。其中2000年城镇面积比1990年增长了1.54倍,2009年城镇面积比2000年增长了1.72倍,扩展速率分别为4.46 km²和9.94 km²,两个阶段对历史时期城镇扩展的贡献分别为30.2%和69.8%,进入21世纪以来城市化进程明显加快。

表2 烟台市区不同历史时段的城镇扩展数量特征统计

	时间	增长面积 /km ²	扩展速度 / (km ² /a)	扩展强度	比重 /%
历史阶段	1990—1995	21.53	4.31	0.16	7.70
	1995—2000	23.11	4.62	0.17	8.27
	2000—2004	28.08	7.02	0.26	10.04
	2004—2009	64.33	12.87	0.47	23.01
	1990—2000	44.64	4.46	0.16	15.97
	2000—2009	92.41	9.94	0.37	33.06
未来阶段	1990—2009	137.05	7.20	0.26	49.03
	2009—2015	35.52	7.10	0.26	12.71
	2015—2020	28.45	5.69	0.21	10.18
	2020—2025	29.28	5.86	0.22	10.47
	2025—2030	49.22	9.84	0.36	17.61
	2009—2020	63.97	6.40	0.24	22.89
	2020—2030	78.50	7.85	0.29	28.08
	2009—2030	142.47	7.12	0.26	50.97

模拟预测结果显示,到2030年烟台市城镇面积将达到376.19 km²,比2009年增加156.87 km²,未来城镇扩展面积比重略高于历史时期,增长速率也与历史时期基本持平。值得注意的是,2025—2030时段城镇扩展面积占扩展总面积的17.61%,年均增长面积将达到9.84 km²,是历史时期年均增长速率的1.36倍。

不同时间段城镇扩展强度也呈现差异性。历史时期的城镇扩展强度逐渐增大,2004—2009时段达到0.47,是1990—1995年间的近3倍。未来城镇扩展强度与2000—2004时段基本处于同一水平。在2025—2030时间段,城镇扩展强度将达到0.36,是2010—2020年的1.95倍,快于历史时

期平均扩展强度。

不同行政区域城镇扩展面积、速度和强度有所差异(表3)。1990—2009年间,开发区的城镇面积增长最大,达到38.30 km²,而扩展强度略低于芝罘区;2009—2030年间,牟平区城镇扩展面积将达到58.45 km²,是未来城镇建设用地增长速度最快的区域,而莱山区城镇扩展强度最大,成为未来城镇扩展的热点区域。

表3 不同行政区域城镇扩展数量特征

项目	时间	芝罘	莱山	福山	开发区	牟平
扩展面积 /km ²	1990—2009	30.23	30.50	20.79	38.30	17.06
	2009—2030	19.20	42.08	14.67	22.83	58.45
扩展速度 (km ² /a)	1990—2009	1.59	1.61	1.09	2.02	0.90
	2009—2030	0.91	2.00	0.70	1.09	2.78
扩展强度	1990—2009	0.94	0.62	0.25	0.81	0.06
	2009—2030	0.57	0.81	0.17	0.46	0.18

2.2 城镇扩展空间分异特征

城镇扩展格局呈现出时空分异特征,不同时间段的城镇扩展方向和增长类型有所差异,如图2。在20世纪90年代,城镇扩展空间特征主要体现为夹河以西经济技术开发区的南扩与福山区北进的开发建设,以及不同时期老城区沿着铁路向只楚镇方向的扩张过程等;向南主要表现为在烟青路、烟威路、蓝烟铁路3个增长轴以及福山区、世回

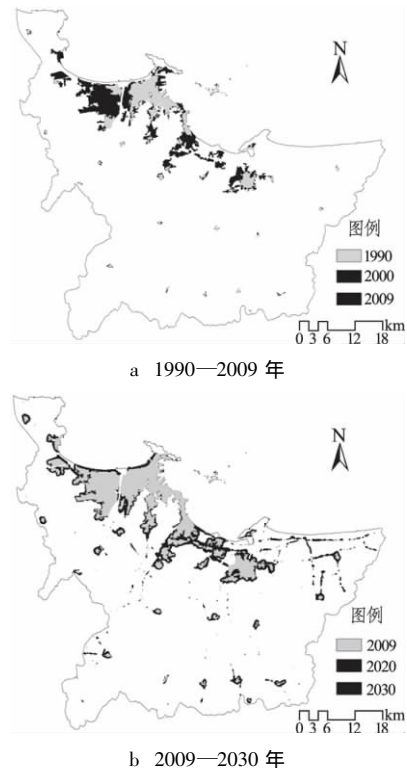


图2 烟台市区城镇扩展序列图

尧街道、黄务街道、初家街道、莱山机场以及新市政府区等几个增长点的带动作用下的藤蔓式扩展过程。2000 年以来,进入各个方向显著增长的时期,主要表现在芝罘黄务增长轴两侧、芝罘岛北部、经济技术开发区西部,最为突出的是烟台市政府东迁至莱山区所激发的新一轮城镇化过程,具体表现初家街道至莱山机场增长轴及“烟台—牟平”公路的两侧。2010—2020 年间,城镇扩展延续上一时段的增长趋势,城镇建设用地增长集中在现有城镇斑块周围,芝罘区、开发区和莱山区城镇扩展强度较大。2020—2030 年间,道路引力增长和新中心增长趋势明显加强,烟威高速、国道 309、烟海高速道路两侧城镇增长明显,使得莱山区和牟平区的城镇扩展强度指数增加。

为进一步分析、刻画城镇扩展过程的空间细节信息,识别城镇扩展的热点区域,选用 3 km × 3 km 的网格覆盖整个研究区,分区计算得到烟台市城镇扩展强度空间分异序列图(图 3)。根据城镇扩展强度差异将研究区分为高速扩展区、中速扩展区、低速扩展区、缓慢扩展区和无扩展区。由图 3 知,1990—2009 年城镇扩展热点区域发生在开发区的福新街道、八角街道、福山街道西北部及初家街道,2009—2030 年城镇扩展热点将东移至莱山镇、初家街道、解家庄镇及牟平区西北一隅。

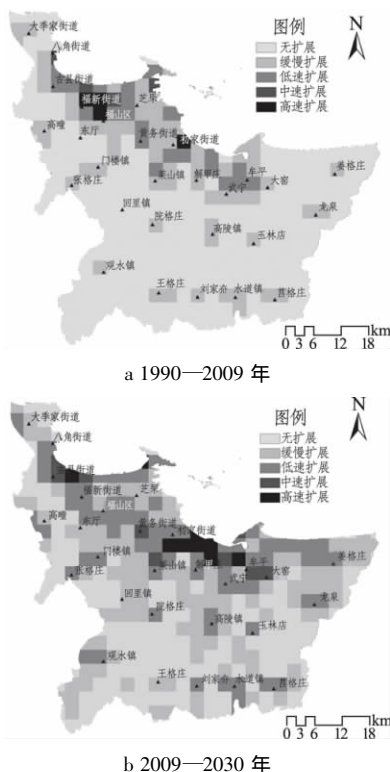


图 3 烟台市区域城镇扩展强度空间分异序列图

2.3 城镇景观格局分析

景观指数分析结果表明,1990—2030 年内城镇面积和 LPI 值均持续增加,到 2030 年达到 6.36%(图 4a),说明随着城市建成区持续扩张,烟台老城区与新城区域城镇斑块逐渐合并,城镇景观优势度增强。ED 值在 2009—2020 年间有小幅减小,但是总体趋势在增加(图 4b),说明城镇斑块边界不规则程度增强。FRAC_AM 值因受面积加权的影响,呈现出双峰型的波动变化,在 2009 年出现极大值,2025 年后随着城镇扩展强度增大(图 4b),城镇斑块形态复杂性又有所增加。总体上来看,ENN_MN 值持续降低,CONTAG 值有所增加(图 4c),表明相邻城镇斑块之间相距较近,呈现团聚分布,空间聚集程度较高。但是 2025—2030 年间,由于城镇扩展表现出明显的沿道路增长的趋势,导致斑块聚集程度有所降低。

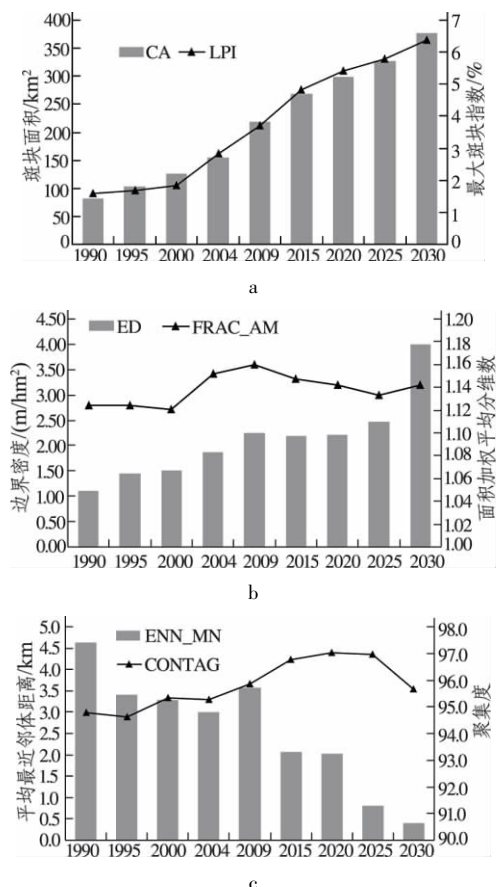


图 4 1990—2030 年间烟台市区城镇景观指数序列图

3 结语

本文借助 SLEUTH 模型、景观指数等方法对

烟台市城区镇扩展时空格局进行模拟与分析,主要结论为:

1) 通过 ROC 曲线、Kappa 系数等方法对 SLEUTH 模型进行精度评估,结果表明经过参数校正后该模型能较好地模拟烟台市城镇扩展演化过程,且该模型同样适用于滨海中小城市,可以藉此模型广泛开展滨海城市扩展模拟。但是,该模型对未来的预测主要是基于历史趋势,很难模拟宏观政府决策引导下的城镇建设用地的大面积增加。

2) 烟台市城镇扩展呈现出明显的时空分异性,不同时期的城镇扩展热点也表现出不同。其中 2004—2009 年和 2025—2030 年间城镇建设用地扩展最快,空间扩展方向上具有复杂性,西扩、东进以及南部轴线扩展均有所表现。未来一段时期,莱山区东扩、牟平城区北进趋势比较明显。

3) 城镇景观格局也呈现出阶段性变化特征。1990—2000 年间,城镇景观格局相对紧凑,形状相对比较规则,2025—2030 年间,城镇斑块边界不规则和形状复杂程度都增强,空间离散性比较大,2009 年的城镇斑块形状最为复杂。

为了更好地研究滨海城镇扩展对海岸带生态环境的影响,有必要进一步开展城镇扩展多情景模拟,比较不同管理政策和生态保护政策下的城镇扩展格局及其生态环境效应,运用区域城镇扩展空间生态管制方法引导城镇健康和谐发展,为城市规划及政府决策提供有效的决策支持。

参考文献:

- [1] 林燕芬,陈蔚镇,余琦,等.上海城市拓展及其环境影响的模拟研究[J].环境科学学报,2011,31(1):206—216.
- [2] 黎夏,杨青生,刘小平.基于 CA 的城市演变的知识挖掘及规划情景模拟[J].中国科学 D 辑:地球科学,2007,37(9):1242—1251.
- [3] 周成虎,欧阳,马廷,等.地理系统模拟的 CA 模型理论探讨[J].地理科学进展,2009,28(6):833—838.
- [4] 施亚飞,李小春.基于 SLEUTH 模型的长江口北岸土地利用演化模拟研究[J].现代测绘,2010,33(3):6—8.
- [5] 冯微微,夏斌,吴晓青,等.基于 SLEUTH 模型的东莞市区城市增长模拟研究[J].地理与地理信息科学,2008,24(6):76—79.
- [6] 张岩,李京,陈云浩.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.
- [7] 刘勇,吴次芳,岳文泽,等.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.
- [8] 王杜涛,胡小猛.烟台市城镇群发展条件及前景分析[J].上海师范大学学报(自然科学版),2009,38(1):99—103.
- [9] 衣华鹏,刘贤赵,张鹏宴.烟台市土地利用变化及其驱动力分析[J].山东农业大学学报(自然科学版),2005,36(3):407—410.
- [10] 丁伟翠,汤江龙,刘贤赵,等.烟台地区近 13a 土地利用/土地覆盖变化分析[J].水土保持研究,2007,14(6):410—413.
- [11] 吴晓青,胡远满,贺红士,等.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.
- [12] 储金龙,马晓冬,高抒,等.南通地区城镇用地扩展时空特征分析[J].自然资源学报,2006,21(1):55—63.
- [13] 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.

Simulation and Analysis of Urban Expansion in Yantai City

Ma Jin-wei¹, WANG Zhou-long¹, WU Xiao-qing², ZHOU Di^{2,3}

(1. School of Geography and Planning, Ludong University, Yantai 264039, China; 2. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Based on the process of urban expansion in Yantai from year 1990 to year 2009, SLEUTH urban growth model supported by cellular automaton was used to predict the urban expansion and their spatial-temporal patterns from year 2010 to year 2030. The temporal and spatial differentiation characteristics of urban expansion were analyzed using mathematical statistics and landscape indices. The results indicated that the urban expansion of Yantai had an obvious temporal and spatial differentiation. The hotspots of urban expansion were obviously different in the past and the future. The characteristics of stage of urban landscape pattern were presented. After the year of 2025, the complexity of urban landscape would be enhanced and the ecological risk of regional landscape would be increased. Therefore, strict measures would be taken to restrict and guide urban expansion.

Key words: urban expansion; spatial-temporal patterns; simulation; SLEUTH; Yantai City

(责任编辑 李少兰)

(上接第327页)

Abstract ID: 1673-8020(2011)04-0324-EA

Primary Study on Isolation and Antimicrobial Activity of Endophytic Fungi From *Berberis thumbergii* cv. *atropurpurea*

YANG Run-ya, CHEN Gang, LIU Zhi-fang

(School of Life Sciences, Ludong University, Yantai 264039, China)

Abstract: 28 endophytic fungi were isolated from the root, stem, leaf and fruit of *Berberis thumbergii* cv. *Atropurpurea*. The endophytic fungi were cultivated in liquid medium and the cultures were dried, grinded and then extracted with acetone. The anti-bacterial activities of the acetone extracts on three species of bacteria were tested by agar diffusion method. The results showed that the acetone extracts of 18 strains of endophytic fungi exhibited an anti-bacterial circle (their diameter is more than 10 mm) against at least one indicator, and is of the total number of endophytic fungi 64.3%. The endophytic fungi with anti-bacterial activities in all tissues of *Berberis thumbergii* cv. *atropurpurea* are resourceful and R₁, S₁, S₇, L₂ and L₄ have a wider antibacterial spectrum.

Key words: *Berberis thumbergii* cv. *atropurpurea*; endophytic fungi; antimicrobial activity

(责任编辑 司丽琴)