

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第3期 Vol.34 No.3 **2014**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 3 期

2014 年 2 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 灾后生态恢复评价研究进展 刘孝富,王文杰,李京,等 (527)
- 基于生态能量视角的我国小水电可持续性分析 庞明月,张力小,王长波 (537)

个体与基础生态

- 北部湾北部海域夏季微型浮游动物对浮游植物的摄食压力 马璐,曹文清,张文静,等 (546)
- 鲢鱼和胡子鲶的两性异形与雌性个体生育力 樊晓丽,林植华,丁先龙,等 (555)
- 环境温度对白头鹇代谢产热和蒸发失水的影响 林琳,曹梦婷,胡益林,等 (564)
- 灌溉对沙拐枣幼苗生长及氮素利用的影响 黄彩变,曾凡江,雷加强,等 (572)
- PAHs 污染土壤植物修复对酶活性的影响 朱凡,洪湘琦,闫文德,等 (581)
- 基于修正 RISKE 模型的重庆岩溶地区地下水脆弱性评价 魏兴萍,蒲俊兵,赵纯勇 (589)
- 排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测 潘延鑫,罗纨,贾忠华,等 (597)

种群、群落和生态系统

- 高寒退化草地不同海拔梯度狼毒种群分布格局及空间关联性 高福元,赵成章,卓马兰草 (605)
- 捕食者对空心莲子草叶甲种群的生物胁迫 刘雨芳,李菲,桂芳艳,等 (613)
- 夏、冬季南海北部浮游植物群落特征 马威,孙军 (621)
- 磨盘山天然次生林凋落物数量及动态 范春楠,郭忠玲,郑金萍,等 (633)
- 持续干旱对樱桃根际土壤细菌数量及结构多样性影响 刘方春,邢尚军,马海林,等 (642)
- 随机森林算法基本思想及其在生态学中的应用——以云南松分布模拟为例 张雷,王琳琳,张旭东,等 (650)
- 基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究 侯鹏,申文明,王桥,等 (660)
- 华北低丘山地人工林蒸散的控制因子 黄辉,孟平,张劲松,等 (667)
- 新疆天山高寒草原不同放牧管理下的 CO_2 , CH_4 和 N_2O 通量特征 贺桂香,李凯辉,宋韦,等 (674)

景观、区域和全球生态

- 宁夏生态足迹影响因子的偏最小二乘回归分析 马明德,马学娟,谢应忠,等 (682)
- 引黄灌区土壤有机碳密度剖面特征及固碳速率 董林林,杨浩,于东升,等 (690)
- 自养微生物同化 CO_2 的分子生态研究及同化碳在土壤中的转化 吴小红,简燕,陈晓娟,等 (701)

资源与产业生态

- 基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析 孙玉峰,郭全营 (710)

基于 AD-AS 模型的海岸带生态系统综合承载力评估——以舟山海岸带为例 苏盼盼,叶属峰,过仲阳,等 (718)

城乡与社会生态

基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析 李春林,刘 淼,胡远满,等 (727)

研究简报

陕西省不同生态区大气氮素干湿沉降的时空变异 梁 婷,同延安,林 文,等 (738)

不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响 刘小勇,李红旭,李建明,等 (746)

长白山苔原带土壤动物群落结构及多样性..... 王振海,殷秀琴,蒋云峰 (755)

最大可允许填海面积模拟——厦门西海域案例研究 林琛琛,饶欢欢,刘 岩,等 (766)

学术信息与动态

2013 年水文土壤学与自然资源可持续利用国际学术研讨会述评 张 骁,赵文武 (774)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 252 * zh * P * ￥90.00 * 1510 * 29 * 2014-02



封面图说: 云南松树冠——云南松为松科松属裸子植物,多生长在海拔 1000—3500m 的高山,喜光、耐干旱、耐瘠薄,适应酸性的红壤、黄壤,在其他树种不能生长的贫瘠石砾地或冲刷严重的荒山坡分布,易于天然更新。主要分布于四川西南部、云南、西藏东南部、贵州西部、广西西部,常形成大面积纯林,尤以云南分布最广,故有云南松之称。云南松树高可达 30m,胸径达 1m,树皮呈灰褐色,叶通常 3 针一束,鲜有两针,球果圆锥状卵圆形,种子近卵圆形或倒卵形。树干通直,木质轻软细密,是优质造纸、人造板原料,富含松脂是云南松的重要特点之一。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201212121790

李春林, 刘森, 胡远满, 徐岩岩, 孙风云. 基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析. 生态学报, 2014, 34(3): 727-737.

Li C L, Liu M, Hu Y M, Xu Y Y, Sun F Y. Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(3): 727-737.

基于增强回归树和 Logistic 回归的 城市扩展驱动力分析

李春林^{1,2}, 刘 森¹, 胡远满^{1,*}, 徐岩岩^{1,2}, 孙风云^{1,2}

(1. 森林与土壤生态国家重点实验室, 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 研究城市扩展驱动力对于准确判断城市发展规律, 剖析演化过程和预测城市未来扩展趋势具有重要意义, 同时也能为制定合理的调控政策提供指导。以沈阳市 1997—2010 年城市建成区变化作为因变量, 选取三大类 10 种驱动因子, 利用增强回归树(BRT)和 Logistic 回归两种方法分析影响城市扩展的主要驱动力。结果表明: (1) BRT 分析得到影响沈阳城市扩展的驱动因子从大到小依次是: 距 1997 年城区距离、距河流距离、数字高程模型 DEM、距高速公路和铁路距离、土地利用类型、开发区规划、GDP、人口密度、坡向和坡度; (2) Logistic 回归分析得到影响沈阳城市扩展的前 8 位驱动因子依次是: 开发区、距 1997 年城区距离、DEM、距高速公路和铁路距离、人口密度、距河流距离、农村居民点和坡度; (3) 距 1997 年城区距离、DEM、距高速公路和铁路距离是影响沈阳城市扩展的主要驱动力, 均位于主要因子的前四位; (4) 总体来说, 沈阳城市扩展受邻域因子影响最大, 而自然因子的影响相对较小, 社会经济因子则只有开发区和农村居民点对城市扩展影响较大。

关键词: 城市扩展; 驱动力; 增强回归树; Logistic 回归; 沈阳市

Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression

LI Chunlin^{1,2}, LIU Miao¹, HU Yuanman^{1,*}, XU Yanyan^{1,2}, SUN Fengyun^{1,2}

1 State Key Laboratory of Forest and Soil Ecology, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: The rapid relentless urban area expansion has led to a series of problems in China. Many researches focused on this issue in recent years. Driving forces are the core topic in urban expansion, as well as the basic component of modeling and predicting. It is very useful and meaningful to analyze the driving force of urban expansion, which may provide us with a scientific basis to rationally utilize land resources, determining the law of urban development, researching the evolution process, predicting the urban expansion trends, and also providing guidance for the development of rational control policies.

The Shenyang city was chosen as study area. Eight categories of land use types were extracted from remote sensing images (1997 and 2010) with ArcGIS software. Ten driving forces were chosen, including three natural factors, three distance factors, four social and economic factors, which were calculated based on the land use maps, DEM, topographic maps, zoning maps and the statistical yearbooks. The dependent variable was the change of built-up area of Shenyang from 1997 to 2010. Boosted regression trees (BRT) is an ensemble method and is a combination of techniques between statistical and machine learning traditions that has shown to be effective to identify relationships between results and influencing

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41171155); 国家科技支撑计划课题资助项目(2012BAJ15B06)

收稿日期: 2012-00-12; **修订日期:** 2013-12-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: huym@iae.ac.cn

factors. Logistic regression is a method to discover the empirical relationships between a binary dependent and several independent categorical and continuous variables. Boosted Regression Trees and Logistic regression were used to analyze the main driving force of urban expansion synthetically.

The result illustrated the relative influence of driving factors was followed by distance from urban area of 1997, distance from river, DEM, distance from highway and railway, land use types, development plan, GDP, population density, aspect, and slope based on BRT analysis. According to Logistic regression analysis, the relative influence of important factors was followed by development zone, distance from urban land of 1997, DEM, distance from highway and railway, population density, distance from river, rural residential areas and slope. The most important driving forces affecting the expansion of Shenyang are distance from urban area of 1997, DEM, distance from highway and railway. Meanwhile, they were all located in the top four of the main factors. The results revealed that the distance factors were the most important factors, and the total contribution rate of relative influence was up to 61.4%. It is demonstrated distance factors are the main driving forces of urban expansion. Natural factors were less important, but the relative influence of DEM was important, and the contribution rate was 12.5%. Development zones and rural settlements are the only two factors have much influence in the socio-economic factors.

On the whole, location factors, which refer to the distance from urban land in this study, were the leading factors of urban expansion. Natural factors, such as DEM, rivers and so on, are the basis of urban development, determining the overall urban spatial form. The construction of infrastructures, such as roads and railways, are the frame of the city. The social and economic factors decided the speed of urban expansion. Urban planning and development zone construction provided the direction of urban expansion.

Key Words: urban expansion; driving forces; boosted regression trees; logistic regression; Shenyang City

城市化又称城镇化,是指人口向城市聚集的过程,这一过程包含了社会转型、人口迁移、空间扩展和经济结构转换等多方面的内容。城市扩展的动态特征深刻反映了城市化进程和城市空间结构的变化规律,是研究土地利用/覆被变化和城市化的重要组成部分^[1]。因此城市扩展驱动力的研究日益成为研究的热点,这对于准确判断城市发展规律,剖析演化过程和预测城市未来扩展趋势具有重要意义,同时也能为制定合理的调控政策提供指导^[2]。

城市扩展受多种因素的影响,其发展过程可能是违背自然和客观规律的。一些突变因子,如政策的变化和导向、决策者的认识和偏好、国家重大项目需求等,都对城市扩展有着决定性的作用,但这些因子具有突变性且难以预测,很难数量化表达加入模型。因此本文仅从可以预见的渐变要素出发,旨在以客观的角度对城市扩展的驱动因素进行分析。目前城市扩展驱动力研究主要是利用相关分析^[3-4]、回归分析^[5-8]以及定量描述^[9-10]来探讨影响城市扩张的自然因素和社会经济因素。国内外学者普遍认为在长时间尺度范围上,自然环境条件对城市扩展起

重要影响,但在较短时间尺度内,社会经济因素往往起重要作用^[11]。

沈阳作为东北地区最大的中心城市和辽宁中部城市群的核心,很多学者对其城市扩展特点和驱动力进行了研究。刘森等选取 4 类 16 种驱动因子,利用 Logistic 回归模型分析了影响辽宁中部城市群扩展的主要因素,并在此基础上用 CLUE-S 预测了城市群不同预案下未来扩展的方向^[12]。郝凤明等分析了辽宁中部城市群的城市增长时空格局,然后利用相关分析分析了城市快速增长的主要驱动力^[13]。周锐等利用遥感影像和多种指数对 1985—2004 年间沈阳市市区和农村建设用地扩展的时空特征、空间分异和形态变化进行分析,并探讨了其主要驱动因素^[14]。张培峰等基于 Barista 软件,提取了沈阳市铁西区的三维高度信息,分析了 1997—2008 年铁西区垂直方向的扩展特征和影响其垂直扩展的社会经济因素^[15]。

Logistic 回归作为一种成熟的统计方法现已较多应用于城市扩展的驱动力研究中,并有 CLUE-S 等土地利用模型于其结合。本文引入较新的增强回归

树方法,对沈阳市 1997—2010 年城市扩展的主要因素进行定量分析,能够弥补 logistic 回归作为二值模型的局限。通过两种方法的对比,寻找影响沈阳城市扩展的主要驱动力,以期揭示城市未来扩展趋势,为城市总体规划和区域可持续发展提供决策支持。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

沈阳市地处辽宁省中部($41^{\circ}11'51''$ — $43^{\circ}02'13''$ N, $122^{\circ}25'09''$ — $123^{\circ}48'24''$ E), 是辽宁省省会、东北地区最大的中心城市以及全国重要的工业基地。沈

阳市包括 9 个区和 4 个县/市, 全市土地总面积 12860 km^2 。沈阳地处长白山余脉与辽河冲积平原的过渡地带, 由东北向西南缓慢倾斜, 东部属于低山丘陵区, 海拔 $70\text{—}200 \text{ m}$; 西部和中部为浑河和辽河冲积平原, 海拔 $20\text{—}40 \text{ m}$ 。该市属暖温带季风气候区, 年均降水量 $510\text{—}680 \text{ mm}$, 降水集中在 6 月—8 月。本研究以沈阳市的市辖区作为研究区, 包括和平区、沈河区、大东区、皇姑区、铁西区、苏家屯区、东陵区、沈北新区和于洪区(图 1)。本研究区的土地面积为 3471 km^2 , 总人口数为 515.4 万人(2010 年末)^[16]。

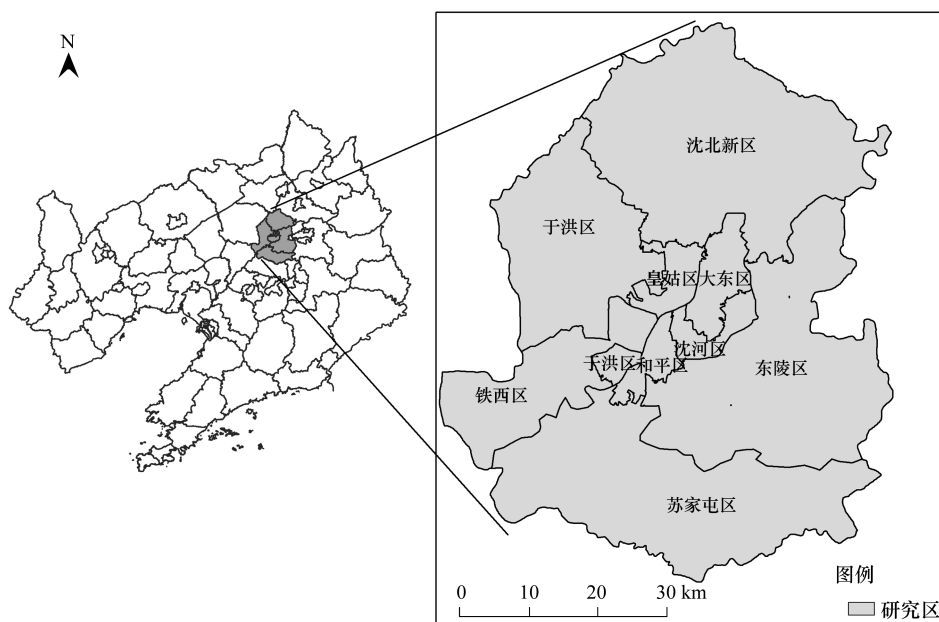


图 1 研究区位置图

Fig.1 Location of study area

1.2 数据来源及处理

本研究使用的数据包括 1997 年、2010 年的 Landsat TM 遥感影像、1:5 万 DEM、1:5 万地形图、2010 年沈阳市行政区划图、沈阳市总体规划图及相关统计年鉴。

基于遥感分析软件 ENVI, 以研究区 1:5 万地形图作为参照对原始影像进行几何精校正, 误差控制在 0.5 个象元内。然后利用 ArcGIS 软件, 通过目视解译方法分别对 1997 年和 2010 年的影像进行解译, 得到两期土地利用图。根据研究目的将研究区分为水田、旱地、有林地、灌木林、草地、城镇、农村居民点和水域 8 种土地利用类型, 通过与实地的采样数据进行验证, 解译精度分别达到 88.5% 和 90.4%。

将两期土地利用图叠加, 得到沈阳 1997—2010 年城市扩展区域和未扩展区域。2010 年沈阳行政区划图和总体规划图通过校准, 提取出沈阳市的主要道路、河流和开发区。

1.3 研究方法

1.3.1 驱动因子

本研究选取了三类 10 种驱动因子, 用于增强回归树和 Logistic 回归分析。1) 自然因子: 坡度、坡向、DEM; 2) 邻域因子: 距河流距离、距高速公路和铁路距离、距 1997 年城区距离; 3) 社会经济因子: GDP、开发区规划、人口密度、土地利用类型。

本文研究的因变量是沈阳市 1997—2010 年城市区域的变化情况, 因此在 ArcGIS 中将 2010 年沈阳

城区图与 1997 年沈阳城区图叠加,得到沈阳市 1997—2010 年城市变化值(即 0、1 值,0 表示 1997—2010 年均为非城区区域,1 表示由 1997 年的非城区变为 2010 年城区的区域)。自然因子和邻域因子是通过空间分析模块得到的,社会经济因子是将统计年鉴的数据赋值到沈阳市 9 个市辖区的矢量图层中,最后将每一个驱动因子转换为分辨率为 30 m 的栅格图层。在 ArcGIS 平台中随机生成 1 万个样本点,使用随机取样是为了避免数据的空间自相关性^[17]。然后将因变量和驱动因子图层所对应的值赋予点属性。将样本点的属性表导出后,进行标准化处理。最后导入 R 软件中进行增强回归树分析和 Logistic 回归分析。

1.3.2 增强回归树

增强回归树(BRT)是基于分类回归树算法(CART)的一种自学习方法,该方法通过随机选择和自学习方法产生多重回归树,能够提高模型的稳定性和预测精度^[18-21]。在运算过程中多次随机抽取一定量的数据,分析自变量对因变量的影响程度,剩余数据用来对拟合结果进行检验,最后对生成的多重回归取均值并输出。目前分类回归树已经被运用到物种分布模拟^[22]和土地利用分类研究^[23]中,都取得了较好的结果。BRT 方法提高了计算结果的稳定性和精度,得出自变量对因变量的影响载荷,以及其他自变量取均值或不变的情况下,该自变量与因变量的相互关系^[24]。

在 R 中利用 ArcGIS 随机取样的 1 万个样点数据,将沈阳 1997—2010 年城市变化值作为因变量,10 种驱动因子作为自变量,调用 Elith 编写的 BRT 方程包进行增强回归树分析^[25]。设置学习速率为 0.005,每次抽取 50% 的数据进行分析,50% 用于训练,并进行 5 次交叉验证。

1.3.3 Logistic 回归

Logistic 回归目前已被广泛的应用于土地利用变化研究中^[26-27],该方法是基于数据的抽样,通过逐步回归对每一个栅格上土地利用变化的可能概率进行诊断,筛选出对土地格局影响较为显著的因素,并确定它们间定量关系和作用的相对大小,最后结果可以采用 Pontius R. G 提出的 ROC 检验进行精度评价^[28-29]。

本研究利用随机取的 1 万个样点数据,将沈阳

1997—2010 年城市变化值作为因变量,10 种驱动因子作为自变量,在 R 中做二元 Logistic 回归。随机取 50% 的数据做回归分析,剩余的 50% 做模型验证,最后结果进行 ROC 检验。

2 结果与分析

2.1 BRT 结果与分析

在 R 中进行 BRT 运算,最终模型经过 9000 次分形达到最优。训练数据的相关性达到 0.936,ROC 值为 0.997;验证数据的相关性为 0.784,ROC 值为 0.963。两者 ROC 值均大于 0.8,证明 BRT 分析结果真实有效。

2.1.1 城市扩展驱动因子分析

通过 BRT 分析了自然因子、邻域因子和社会经济因子对沈阳 1997—2010 年城市扩展的影响。图 2 中的柱状图表示 BRT 分析得到的各因子对城市扩展的影响力大小,其中影响沈阳 1997—2010 年城市扩展的最大因子是距 1997 年城区的距离,在所有 10 个驱动因子中,其贡献率达到 32.4%。其他驱动因子从大到小依次是距河流距离、DEM、距高速公路和铁路距离、土地利用类型、开发区规划、GDP、人口密度、坡向和坡度。

通过比较可以看出,邻域因子对城市扩展的影响均较大,3 个邻域因子在所有因子中分别为 1、2、4 位,而且其总的影响达到 61.4%,也就是说邻域因子决定了研究区中非城市用地转变为城市用地的 61.4% 的可能性,说明城市扩展主要受邻域因子所决定。城市扩展主要以边缘增长为主,距离城市边缘越近的地方越容易发展成为城市用地。公路、铁路和河流等交通要素能有效带动周边地区的发展,从而引起沿线的城市化加速,使城市沿公路、铁路和河流方向扩展。自然因子中,只有 DEM 对城市扩展的影响较高,达到 12.5%。坡度和坡向对城市扩展的影响作用最小,仅为 2.1% 和 2.3%,因为本研究的时间跨度只有十几年,在较小的时间尺度内自然因子对城市扩展影响很小。社会经济因子中,土地利用类型和开发区规划的影响大于 5%,分别为 7.2% 和 5.4%,说明开发区的规划和非城市用地的土地利用类型能在一定程度上影响城市扩展的方向和速度。而 GDP 和人口密度对城市扩展影响较低。

2.1.2 特征驱动因子分析

图 3 是相对影响前 6 位驱动因子的影响力变化

图,表示随着驱动因子取值的变动,其对城市扩展影响力的变化。其中相对影响数值大于零表示驱动因子与城市扩展是正相关,小于零表示负相关,零值则

表示两者没有相关关系。每幅图上边框的短线是十分位刻度,表示每 10% 数据点所处的范围。

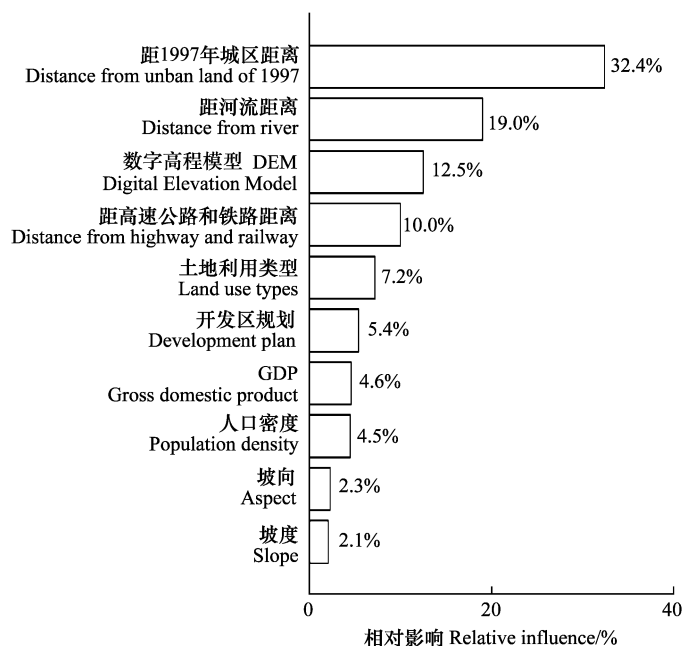


图 2 各驱动因子对城市扩展的相对影响

Fig.2 Relative influence of each driving factor for urban expansion

距城区的距离反映了地理区位的重要性,根据克里斯塔勒的中心地理论,中心地和中心地周围区域是相互依赖、相互服务的,有着密切的联系。沈阳市区作为该区域的中心地,向周围区域提供所需要的货物和服务,而中心地的影响效应随着距离的增大而减弱。从距 1997 年城区距离的相对影响可以看出,影响力整体是随着距离的变大而迅速减弱。在距离城区 4 km 以内时,距城区距离对城市扩展的影响是正相关关系,而且距离城区越近,影响力越大。距离大于 4 km 后,影响变为负值,此时距离对城市扩展有限制作用。从距离城区 4—18 km,相对影响力曲线先呈下降趋势,然后上升至 0 值附近,在 10 km 处曲线达到最低点,表明从 4—10 km 随距离变大,距城区距离对城市扩展的限制作用也越来越大。在 10—18 km,限制作用随距离变大而逐渐减弱,直至 0,这是由于城市的辐射效应随距离变大而减弱,超出了城市的影响范围。距离大于 18 km 后,从十分位刻度可以看出,只有 10% 的数据在这个范围内,而且影响力曲线在 0 值附近,表明大于 18 km,已经超出了城市的辐射效应范围,距城区的距离对城市扩展几乎没有影响。

河流对城市的产生和发展具有重要作用,如塞纳河、泰晤士河、易北河、哈德逊河和长江支持着巴黎、伦敦、汉堡、纽约和南京的城市发展。浑河作为沈阳的母亲河,是城市的重要水源和水运通道,对沈阳城市发展的有重要影响。从图中可以看出,距浑河距离小于 10 km 时,对城市扩展的影响为正值且影响力较大,表明河流对城市发展的影响范围约为 10 km。在这个范围内,河流能为城市发展提供有利条件,促进城市的扩展。大于 10 km 后,河流的促进作用会逐渐减弱。15 km 后相对影响变为负值,且距离越远,负作用越强,此时距离河流过远成为了城市发展的限制因素。

自然地理条件是城市空间扩展十分重要的基础条件,直接影响着城市扩展的潜力、方向和速度等。沈阳市属于丘陵地区,海拔较低,且地势较平坦,从 DEM 图的十分位刻度也可以看出,研究区的高程主要集中在 0—100 m,DEM 大于 100 m 的数据只占 10%,因此本文只分析小于 100 m 的海拔对城市扩展的影响。在 DEM 为 20—60 m 时相对影响为正值,表明该范围内的海拔高度适合城市的发展,海拔过高或过低都会对城市扩展有限制作用。

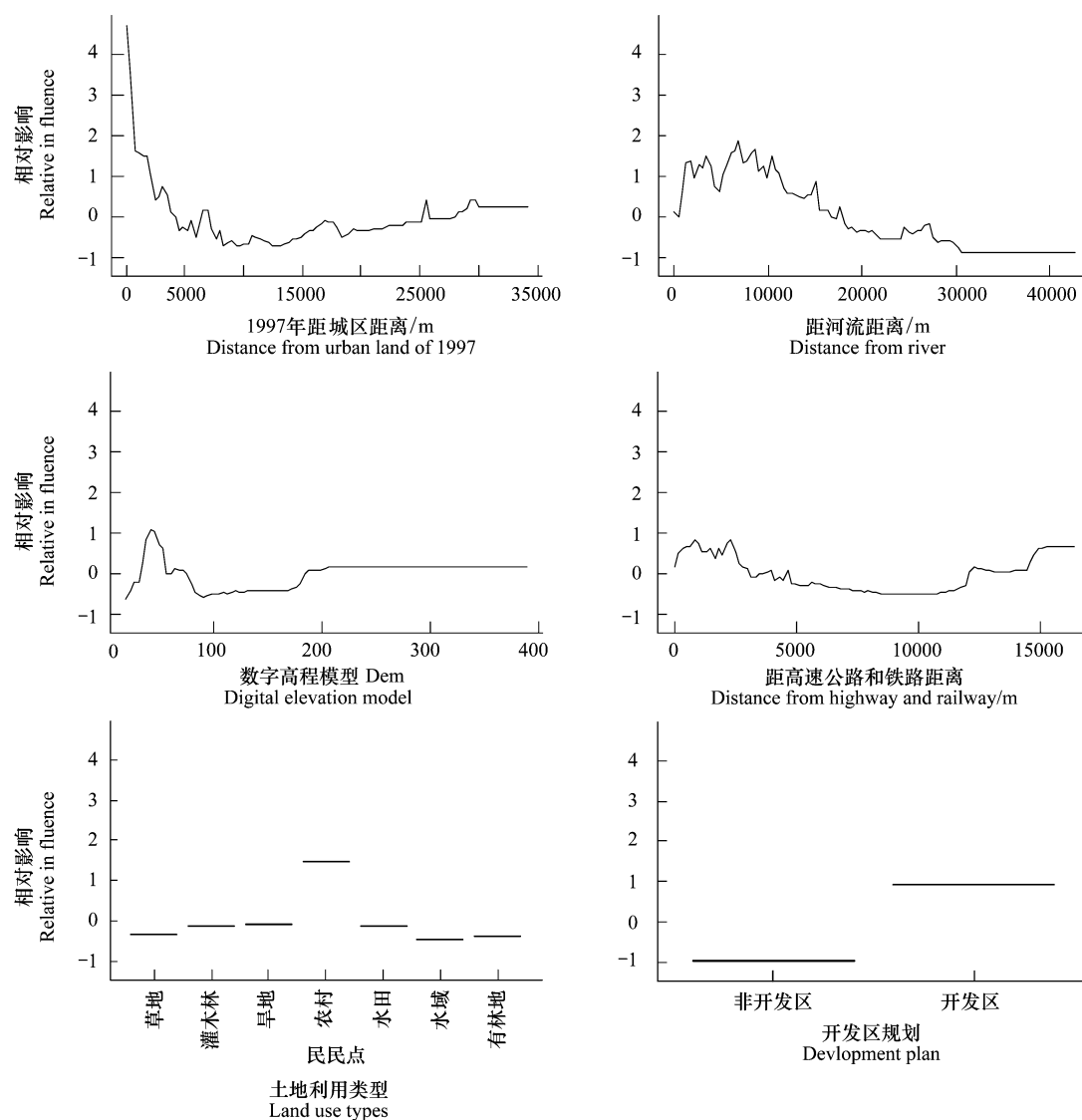


图3 主要驱动因素对城市扩展的影响
Fig.3 The influence of main driving factors of urban expansion

高速公路和铁路作为现代城市人流物流的主要运输载体,对城市扩展有一定的促进作用。从图中可以看出,在距离为 3 km 以内时相对影响为正值,说明高速公路和铁路能带动 3 km 范围内社会经济发展,引起城市沿高速公路和铁路沿线扩展。随着辽宁中部城市群的快速发展,作为中心城市的沈阳与其他城市的交流日益增强,因而依靠高速公路和铁路高效的物质运输和人员流动,带动了其周边的快速发展。

不同的土地利用类型反映了不同的人类活动状况。7 种土地利用类型中,只有农村居民点的人类活动最强烈。特别是城乡结合部的农村居民点更容易受城市化的影响,转变为城市用地。因而图中显示

其与城市扩展是正相关,而且影响力较大,说明农村居民点较容易被城镇化。有林地和草地是人类活动最少的土地利用类型,国家对这两种类型土地一般采取保护政策,往往是禁止或者限制开发的区域,因而对城市扩展有限制作用。

城市规划、产业发展政策等政府行为能决定城市发展的基本过程,如北京实行的严苛的户籍制度能限制人口的流动,从而限制城市扩展的进程。从开发区规划的相对影响可以看出,开发区对城市扩展的影响是正相关且影响力较大,表明沈阳政府的区域规划和开发区建设等政策方针对城市扩展有一定引导作用。

2.2 Logistic 回归结果与分析

在 10 个驱动因子中,土地利用类型和开发区规划为分类变量。Logistic 回归需要对分类变量引入哑变量进行分析,本研究中土地利用类型因子是将有林地作为参照对象,其他 6 种类型分别与其进行对比,而开发区规划因子是将未开发区为参照对象,开发区与其进行对比。

首先对各个自变量进行相关性检验,得到相关系数 R^2 在 0.02—0.68 之间,均小于临界值 0.8^[30],表明各个自变量之间的相关性较小,所有自变量都可以进入 Logistic 回归模型。模型利用 Homsmer-Lemeshow 进行拟合优度检验。Logistic 模型估计结果包括回归系数(β)、标准误差、wald 统计量、自由度、显著性水平和 EXP(β) 等。其中,正的回归系数值表示解释变量每增加一个单位值时发生比会相应增加。相反,当回归系数为负值时说明增加一个单

位值时发生比会相应减少。Wald 统计量表示在模型中每个解释变量的相对权重,用来评价每个解释变量对事件预测的贡献力^[17]。

预测的分类标准值可以利用 Youden 指数(即特异度与灵敏度的和减 1)方法进行判断,在 Youden 指数的最大值所对应的预测概率即为分类标准值^[31]。本研究根据该方法,取 0.14 作为由非城市区域变为城市区域的概率阈值。依据该方法,模型预测和验证的概率分别达到 82.7%和 83.2%。且 ROC 检验结果为 0.89,大于 0.8,表明模型可靠有效,模型对沈阳城市扩展有很好的解释能力。

Logistic 模型估计结果可以看出,连续变量中只有坡向未达到 0.01 的显著性水平,说明坡向对沈阳城市扩展的影响不显著(表 1)。分类变量中农村居民点、水域和开发区都达到了 0.01 的显著性水平,说明分类变量中这 3 个因子对城市扩展影响显著。

表 1 沈阳城市扩展驱动力 Logistic 模型估计结果

Table 1 Logistic regression results of driving forces of Shenyang urban expansion

驱动因子 Driving forces	回归系数(β) Regression coefficients	标准误差 Standard error	Wald 统计量 Wald statistics	自由度 Degree of freedom	显著性水平 Significance level	发生比率 EXP(β)	发生比率 95%置信水平 95% confidence interval of EXP(β)	
							下限 Lower	上限 Upper
坡度 Slope	0.245	0.057	18.355	1	0**	1.278	1.142	1.430
数字高程模型 Digital Elevation Model (DEM)	-0.035	0.004	63.340	1	0**	0.965	0.957	0.974
草地 Grassland	-1.844	1.073	2.953	1	0.086	0.158	0.019	1.296
灌木林 Shrubbery	-0.040	0.582	0.005	1	0.945	0.961	0.307	3.007
旱地 Dryland	0.269	0.315	0.725	1	0.394	1.308	0.705	2.428
农村居民点 Rural residential land	1.742	0.327	28.309	1	0**	5.709	3.005	10.845
水田 Paddy field	-0.032	0.318	0.010	1	0.921	0.969	0.519	1.809
水域 Water body	-2.198	0.815	7.282	1	0.007**	0.111	0.022	0.548
距高速公路和铁路距离 Distance from highway and railway	-0.201	0.031	42.658	1	0**	0.818	0.770	0.869
距河流距离 Distance from river	-0.047	0.008	35.487	1	0**	0.954	0.939	0.969
开发区 Development zones	-1.457	0.138	111.613	1	0**	0.233	0.178	0.305
坡向 Aspect	0.000	0.000	0.586	1	0.444	1.000	0.999	1.001
距 1997 年城区距离 Distance from urban land of 1997	-0.128	0.015	68.400	1	0**	0.880	0.854	0.907
人口密度 Population density	0.000	0.000	35.501	1	0**	1.000	1.000	1.001
GDP Gross Domestic Product	0.000	0.000	13.980	1	0**	1.000	1.000	1.000
常量 Constant	2.234	0.417	28.707	1	0**	9.337		

* * 表示在 0.01 水平上显著

沈阳城市扩展驱动因子贡献率前八位依次是开发区、距 1997 年城区距离、DEM、距高速公路和铁路距离、人口密度、距河流距离、农村居民点和坡度。驱动因子中自重要的解释因子为开发区,其回归系数是正值,表明城市扩展的概率随着开发区的建设而增大,开发区每增加一个单位,城市扩展发生比率将增大 0.23 倍。距 1997 年城区距离的回归系数是负值,说明距离城区距离越远,城市扩展的概率越小,距城区距离每增加 1 km,发生比率将减少 0.88 倍。DEM 的回归系数是负值,表明城市扩展的概率随 DEM 的变大而变小,DEM 每增加 1 m,发生比率减少 0.97 倍。其余的主要驱动因子中,距高速公路和铁路距离、距河流距离两者回归系数是负值,说明随着距离的增加,城市扩展的概率减小。人口密度、农村居民点和坡度的回归系数都是正值,表明人口密度、农村居民点和坡度与城市扩展是正相关关系。

由 Logistic 回归模型可以看出,城市扩展是受自然因子、邻域因子和社会经济因子共同影响的。其中,以社会经济因子中开发区的规划对城市扩展影响最大,政府的开发区政策不仅能带动当地基础设施的建设,而且能够引导社会投资偏向开发区,从而实现开发区的社会经济快速发展。3 个邻域因子对城市扩展的影响均在 0.01 水平上显著,且贡献率分别位于第 2、4、6 位,说明距城区、道路和河流的距离都对城市扩展有较大影响,其中以城区对城市扩展的影响最大。由于城市扩展以边缘扩张为主以及城市集聚效应的影响,距离城市越近的区域,社会经济活动强度越大,城市扩展也越强烈。土地利用类型因子中只有农村居民点和水域在 0.01 的水平上显著,且农村居民点的影响贡献率为第 7 位,说明农村居民点与其他土地利用类型相比更容易转变为城市区。自然因子中 DEM 对城市扩展的影响最大,贡献率排第 3 位,坡度和坡向的影响较小,说明自然因子不是城市扩展的主要驱动因子。

2.3 BRT 与 Logistic 结果对比分析

本研究分别利用 BRT 和 Logistic 回归分析了影响沈阳城市扩展的主要驱动力,得到的影响城市扩展的前 8 位影响因子如表 2 所示。两种方法都表明距 1997 年城区距离、DEM、距高速公路和铁路距离是影响沈阳城市扩展的主要驱动力,均位于主要因子的前四位。通过分析位于前四位的影响因子可以

得出,自然因子对城市扩展的影响较小,而邻域因子的影响较大,说明较小的时间尺度内自然因子不是城市扩展的主要驱动力,且城市扩展较多受距建成区、道路和河流的距离的影响。不同的是,Logistic 回归分析显示社会经济因素对城市扩展影响较大,但 BRT 分析则显示社会经济因素分别位于第 5、6、7、8 位,总影响力贡献率仅占 21.7%。

BRT 分析显示影响沈阳城市扩展的主要驱动力是距 1997 年城区距离,其贡献率达到 32.4%;而 Logistic 回归模型得到的贡献率最大的是开发区,距 1997 年城区距离是贡献率第 2 位的驱动因子。距城区距离在一定程度上反映了城市的辐射效应,从 BRT 的分析结果可以看出随着距离变大城市辐射效应迅速减小,到距离到 4 km 时,辐射效应降低为 0,说明辐射效应有一定的距离限制,距离越远辐射作用越小,甚至变为负效应。开发区规划在 BRT 分析中是贡献率第 7 位的影响因子,这可能由于在 Logistic 回归中开发区规划是分类变量,开发区是以未开发区作为参照对象的,两者有一定差异。

农村居民点作为土地利用类型中的分类变量,在两种方法中都显示与城市扩展都是正相关关系,说明农村居民点是土地利用类型中与城市扩展关系最密切,能较容易转变为城市用地。BRT 分析中 GDP 的影响贡献率位于第 7 位,而未出现在 Logistic 回归模型的前 8 位影响因子中。坡度因子在 Logistic 回归模型中贡献率位于第 8 位,而在 BRT 中是最后一位的影响因子,说明 Logistic 回归和 BRT 分析有一定差异,但得到的主要影响因子是相似的。

表 2 BRT 和 Logistic 的主要驱动因子对比

Table 2 The contrast of main driving factors from BRT and Logistic

影响力排序 Influence order	增强回归树 BRT	Logistic 回归 Logistic
1	距 1997 年城区距离	开发区
2	距河流距离	距 1997 年城区距离
3	DEM	DEM
4	距高速公路和铁路 距离	距高速公路和铁路距离
5	土地利用类型	人口密度
6	开发区规划	距河流距离
7	GDP	农村居民点
8	人口密度	坡度

3 结论

(1)通过 BRT 分析得到影响沈阳城市扩展的驱动因子依次是:距 1997 年城区距离、距河流距离、DEM、距高速公路和铁路距离、土地利用类型、开发区规划、GDP、人口密度、坡向和坡度。

(2)通过 Logistic 回归分析得到影响沈阳城市扩展的前 8 位驱动因子依次是:开发区、距 1997 年城区距离、DEM、距高速公路和铁路距离、人口密度、距河流距离、农村居民点和坡度。

(3)BRT 结果显示,3 个邻域因子总的影响贡献率达到 61.4%,说明城市扩展主要受邻域因子所决定。自然因子中只有 DEM 的影响较高,为 12.5%。社会经济因子中,土地利用类型和开发区规划对城市扩展虽然有一定影响,但贡献率仅为 7.2% 和 5.4%。

(4)Logistic 回归结果得出,城市扩展是受自然因子、邻域因子和社会经济因子共同影响的。而以社会经济因子中开发区的规划对城市扩展影响最大,是城市扩展的最主要驱动力,其次是邻域因子,自然因子对城市扩展的影响最小。

(5)通过 BRT 分析和 Logistic 回归模型两种方法可以得出,距 1997 年城区距离、DEM、距高速公路和铁路距离是影响沈阳城市扩展的主要驱动力,均位于主要因子的前四位。总体来说,沈阳城市扩展受邻域因子影响最大,而自然因子的影响相对较小,社会经济因子中则只有开发区和农村居民点对城市扩展影响较大。

4 讨论

影响城市扩展的驱动因素很多,本文利用 BRT 分析和 Logistic 回归模型两种方法分别分析了影响沈阳城市扩展的三大类 10 种驱动因子,并对两种方法的结果进行了对比分析。社会经济因子的空间化难度比较大,而本文只是按照行政分区进行赋值的,这在一定程度上影响了数据的准确性。Logistic 回归和 BRT 分析有一定差异,但得到的城市扩展主要影响因子是相似的。其他学者也普遍认为地理区位、交通、政策、人口增长和经济发展是城市扩展的主要驱动力。冯仕超等认为地形因素是南宁市城市空间扩展的基础,人口增长和经济发展是城市扩展

的主要因素,政策对城市扩展有显著的推动和导向作用^[32]。牟凤云等认为交通的发展促进了城市用地的扩展,是城市扩展的牵引力,对城市空间扩展具有指向性作用^[33];黄庆旭认为宏观尺度上政策和旧的城市格局决定了北京城市发展的基本格局,中观尺度是人口增长和人民生活水平的提高为城市扩展提供动力,微观尺度上则是地形、区位和交通决定了城市扩展的可能性^[34];渠爱雪通过研究发现,经济转型和产业结构优化升级是城市用地扩展的核心驱动力,交通是重要引导力,城市规划是重要调控力量^[35]。

总体来说,区位因素是城市扩展的主导因素;DEM、河流等自然因子是城市发展的基础,决定了城市的整体空间形态;公路、铁路、河流等基础设施的建设,拉大了城市的框架;GDP 和人口等社会经济因素决定着城市扩展的速度;城市总体规划和开发区的建设又为城市扩展提供了空间导向。

本研究发现,BRT 适合于城市扩展驱动力的研究,能得出各个驱动因子的相对影响大小,而且能得到每个驱动因子取值变化时,因变量相对影响的变化,获得的结果比较直观形象。BRT 对数据的要求较低,能方便处理连续变量和分类变量。而 Logistic 回归模型在自变量是分类变量时需要引入哑变量,使得结果解释起来麻烦且难以理解。本文对社会经济数据的空间化是以区为单位,数据较粗略,不能有效反映出社会经济的空间差异性,从而在一定程度上影响了模型的精度。

References:

- [1] Bhatta B, Saraswati S, Bandyopadhyay D. Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied Geography*, 2010, 30(4): 731-740.
- [2] Murakami A, Zain A M, Takeuchi K, Tsunekawa A, Yokota S. Trends in urbanization and patterns of land use in the Asian mega cities Jakarta, Bangkok, and Metro Manila. *Landscape and Urban Planning*, 2005, 70(3/4): 251-259.
- [3] An X S. Increase and prediction of urban construction land—a case study of Shanxi. *Journal of Peking University: Philosophy and Social Sciences*, 2006, 42(S1): 87-90.
- [4] Lei J, Wu S X, Zhang X Y, Li N. Temporal - spatial characteristics of the urban-rural construction land use change in the north-piedmont economic zone of the Tianshan Mountains in Xinjiang. *Arid Land Geography*, 2005, 28(4): 554-559.

- [5] Gao W, Min J, Zhang A L. Analysis of factors influencing rural-urban land conversion based on ridge regression. *China Land Science*, 2007, 21(3): 51-58.
- [6] Gan H, Liu Y S, Wang D W. Simulation and analysis of the human driving factors of land use type conversion. *Resource Science*, 2004, 26(2): 88-93.
- [7] Jokar A J, Helbich M, Kainz W, Darvishi B A. Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2013, 21: 265-275.
- [8] Yue W Z, Liu Y, Fan P L. Measuring urban sprawl and its drivers in large Chinese cities: The case of Hangzhou. *Land Use Policy*, 2013, 31: 358-370.
- [9] Lei J, Zhang X Y, Wu S X, Zhang X L, Lu Q. Study on the spatial-temporal characteristics of the rural-urban construction land use change in Xinjiang. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25(2): 161-166.
- [10] Frenkel A, Orenstein D E. Can urban growth management work in an era of political and economic change? International lessons from Israel. *Journal of the American Planning Association*, 2012, 78(1): 16-33.
- [11] Liu T, Cao G Z. Progress in urban land expansion and its driving forces. *Progress in Geography*, 2010, 29(8): 927-934.
- [12] Liu M, Hu Y M, Sun F Y, Li C L, Xu Y Y, Zhou Y. Application of land use model CLUE-S in the planning of central Liaoning urban agglomerations. *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(2): 413-420.
- [13] Xi F M, He H S, Hu Y M, Wu X Q, Chang Y, Liu M, Shi T M, Wang J N. Spatiotemporal pattern of urban growth and its driving forces in urban agglomeration of central Liaoning Province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(3): 707-713.
- [14] Zhou R, Li Y H, Hu Y M, Xi F M, Shan T, He H S, Liu M, Wang J N. Spatiotemporal expansion of urban and rural built-up areas in Shenyang City: An analysis based on remote sensing and GIS technology. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(10): 2446-2454.
- [15] Zhang P F, Hu Y M, Xiong Z P, Liu M. Spatiotemporal variation characteristics and related affecting factors of architecture landscape in Tiexi District of Shenyang. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(2): 335-342.
- [16] Shenyang Statistics Bureau. *Shenyang Statistical Yearbook at 2011*. Shenyang: Shenyang Statistics Bureau, 2011: 10-51.
- [17] Xie H L, Li B. Driving forces analysis of land-use pattern changes based on logistic regression model in the farming-pastoral zone: A case study of Ongiud Banner, Inner Mongolia. *Geographical Research*, 2008, 27(2): 294-304.
- [18] Franklin J, McCullough P, Gray C. Terrain variables used for predictive mapping of vegetation communities in Southern California // Wilson J P, Gallant J C, eds. *Terrain Analysis: Principles and Applications*. New York: John Wiley and Sons, 2000: 331-353.
- [19] De'ath G. Boosted trees for ecological modeling and prediction. *Ecology*, 2007, 88(1): 243-251.
- [20] Elith J, Leathwick J R, Hastie T. A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology*, 2008, 77(4): 802-813.
- [21] Prasad A M, Iverson L R, Liaw A. Newer classification and regression tree techniques: bagging and random forests for ecological prediction. *Ecosystems*, 2006, 9(2): 181-199.
- [22] Cao M C, Zhou G S, Weng E S. Application and comparison of generalized models and classification and regression tree in simulating tree species distribution. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2031-2040.
- [23] Zhao P, Fu Y F, Zheng L G, Feng X Z, Satyanarayana B. Cart-based land use/cover classification of remote sensing images. *Journal of Remote Sensing*, 2005, 9(6): 708-716.
- [24] Cai W H, Yang J, Liu Z H, Hu Y M, Liu S J, Jing G Z, Zhao Z F. Controls of post-fire tree recruitment in Great Xing' an Mountains in Heilongjiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(11): 3303-3312.
- [25] Elith J, Leathwick J R, Hastie T. A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology*, 2008: 1-15.
- [26] Jiang W L. Urban spatial forecast based on GIS & Spatial Logistic model-A case study for Longgang, Shenzhen. *Economic Geography*, 2007, 27(5): 800-804.
- [27] Wang J, He T, Guo X D, Liu A X. Study on land degradation trend by applying logistic multivariate regression model in Northwest Region of Beijing. *Progress in Geography*, 2005, 24(5): 23-32.
- [28] Pontius R G Jr, Schneider L C. Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich-watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001, 85(1/3): 239-248.
- [29] Wang J C, Guo Z G. *Logistic Regression Model-Methods and Applications*. Beijing: Academic Publishing, 2001.
- [30] Menard S. *Applied Logistic Regression Analysis*. London: Quantitative Applications in the Social Sciences, 1995.
- [31] Fluss R, Faraggi D, Reiser B. Estimation of the Youden Index and its associated cutoff point. *Biometrical Journal*, 2005, 47(4): 458-472.
- [32] Feng S C, Gao X H, Kang J, Wu G L, Zou C, Yang J J. Research on land use/ cover change and urban expansion in Xining city in recent 30 years. *Arid Zone Research*, 2012, 29(1): 129-136.
- [33] Mu F Y, Zhang Z X, Chi Y B, Liu B, Zhou Q B, Wang C Y, Tan W B. Dynamic monitoring of built-up area in Beijing during 1973—2005 based on multi-original remote sensed images. *Journal*

of Remote Sensing, 2007, 11(2): 257-268.

- [34] Huang Q X, He C Y, Shi P J, Zhao Y Y, Yang Y, Liu H Y. Understanding multi-scale urban expansion driving forces: in the case study of Beijing. *Economic Geography*, 2009, 29(5): 714-721.

- [35] Qu A X, Chou F D. The process and pattern of urban construction land expansion in Xuzhou. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(1): 61-68.

参考文献:

- [3] 安祥生. 城镇建设用地增长及其预测——以山西省为例. *北京大学学报: 哲学社会科学版*, 2006, 42(S1): 87-90.
- [4] 雷军, 吴世新, 张雪艳, 李宁. 新疆天山北坡经济带城乡建设用地动态变化的时空特征. *干旱区地理*, 2005, 28(4): 554-559.
- [5] 高魏, 闵捷, 张安录. 基于岭回归的农地城市流转影响因素分析. *中国土地科学*, 2007, 21(3): 51-58.
- [6] 甘红, 刘彦随, 王大伟. 土地利用类型转换的人文驱动因子模拟分析. *资源科学*, 2004, 26(2): 88-93.
- [9] 雷军, 张雪艳, 吴世新, 张小雷, 鲁奇. 新疆城乡建设用地动态变化的时空特征分析. *地理科学*, 2005, 25(2): 161-166.
- [11] 刘涛, 曹广忠. 城市用地扩张及驱动力研究进展. *地理科学进展*, 2010, 29(8): 927-934.
- [12] 刘森, 胡远满, 孙风云, 李春林, 徐岩岩, 周媛. 土地利用模型 CLUE-S 在辽宁省中部城市群规划中的应用. *生态学杂志*, 2012, 31(2): 413-420.
- [13] 郝凤明, 贺红士, 胡远满, 吴晓青, 常禹, 刘森, 石铁矛, 王晋年. 辽宁中部城市群城市增长时空格局及其驱动力. *应用生态学报*, 2010, 21(3): 707-713.
- [14] 周锐, 李月辉, 胡远满, 郝凤明, 单涛, 贺红士, 刘森, 王晋年. 沈阳市市区和农村建设用地时空扩展分析. *应用生态学报*, 2009, 20(10): 2446-2454.
- [15] 张培峰, 胡远满, 熊在平, 刘森. 铁西区建筑景观时空变化特征及影响因素. *生态学杂志*, 2011, 30(2): 335-342.
- [16] 沈阳市统计局. 2011 年沈阳统计年鉴. 沈阳: 沈阳市统计局, 2011: 10-51.
- [17] 谢花林, 李波. 基于 logistic 回归模型的农牧交错区土地利用变化驱动力分析——以内蒙古翁牛特旗为例. *地理研究*, 2008, 27(2): 294-304.
- [22] 曹铭昌, 周广胜, 温恩生. 广义模型及分类回归树在物种分布模拟中的应用比较. *生态学报*, 2005, 25(8): 2031-2040.
- [23] 赵萍, 傅云飞, 郑刘根, 冯学智, Satyanarayana B. 基于分类回归树分析的遥感影像土地利用/覆被分类研究. *遥感学报*, 2005, 9(6): 708-716.
- [24] 蔡文华, 杨健, 刘志华, 胡远满, 柳生吉, 荆国志, 赵增福. 黑龙江省大兴安岭林区火烧迹地森林更新及其影响因子. *生态学报*, 2012, 32(11): 3303-3312.
- [26] 姜文亮. 基于 GIS 和空间 Logistic 模型的城市扩展预测——以深圳市龙岗区为例. *经济地理*, 2007, 27(5): 800-804.
- [27] 王静, 何挺, 郭旭东, 刘爱霞. 基于逻辑回归模型的环北京地区土地退化态势分析. *地理科学进展*, 2005, 24(5): 23-32.
- [29] 王济川, 郭志刚. *Logistic 回归模型-方法与应用*. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [32] 冯仕超, 高小红, 亢健, 吴国良, 邹婵, 杨军军. 西宁市 30 多年来土地利用/土地覆被变化及城市扩展研究. *干旱区研究*, 2012, 29(1): 129-136.
- [33] 牟凤云, 张增祥, 迟耀斌, 刘斌, 周全斌, 王长有, 谭文彬. 基于多源遥感数据的北京市 1973—2005 年间城市建成区的动态监测与驱动力分析. *遥感学报*, 2007, 11(2): 257-268.
- [34] 黄庆旭, 何春阳, 史培军, 赵媛媛, 杨洋, 刘洪友. 城市扩展多尺度驱动机制分析——以北京为例. *经济地理*, 2009, 29(5): 714-721.
- [35] 渠爱雪, 仇方道. 徐州城市建设用地扩展过程与格局研究. *地理科学*, 2013, 33(1): 61-68.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.3 Feb., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research advances and prospects of post-disaster ecological restoration assessment
..... LIU Xiaofu, WANG Wenjie, LI Jing, et al (527)
- The sustainability analysis of small hydropower plants in China based on ecological energetic accounting
..... PANG Mingyue, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (537)

Autecology & Fundamentals

- An ecological study on zooplankton in the northern Beibu Gulf V: the effects of microzooplankton grazing on phytoplankton in summer
..... MA Lu, CAO Wenqing, ZHANG Wenjing, et al (546)
- Sexual size dimorphism and female individual fecundity of *Silurus asotus* and *Clarias fuscus*
..... FAN Xiaoli, LIN Zhihua, DING Xianlong, et al (555)
- Effect of environmental temperature on thermogenesis and evaporative water loss in Chinese bulbuls (*Pycnonotus sinensis*)
..... LIN Lin, CAO Mengting, HU Yilin, et al (564)
- Effects of irrigation on plant growth and nitrogen use characteristics of *Calligonum caput-medusae* Schrenk seedlings
..... HUANG Caibian, ZENG Fanjiang, LEI Jiaqiang, et al (572)
- Enzymatic activity during phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon impacted soil
..... ZHU Fan, HONG Xiangqi, YAN Wende, et al (581)
- Assessment of karst groundwater vulnerability in Chongqing based on revised RISKE model
..... WEI Xingping, PU Junbing, ZHAO Chunyong (589)
- Monitoring salt and water dynamics in farmland and drainage ditch in a saline environment under reduced drainage intensity
..... PAN Yanxin, LUO Wan, JIA Zhonghua, et al (597)

Population, Community and Ecosystem

- Spatial distribution and spatial association of *Stellera chamaejasme* population in the different altitude in degraded alpine grassland
..... GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang, ZHUO MA Lancuo (605)
- Biotic stress of predators on population of alligator weed flea beetle, *Agasicles hygrophila* (Col.: Chrysomelidae)
..... LIU Yufang, LI Fei, GUI Fangyan, et al (613)
- Characteristics of phytoplankton community in the northern South China Sea in summer and winter
..... MA Wei, SUN Jun (621)
- The amount and dynamics of litterfall in the natural secondary forest in Mopan Mountain
..... FAN Chunnan, GUO Zhongling, ZHENG Jinping, et al (633)
- Effects of continuous drought on soil bacteria populations and community diversity in sweet cherry rhizosphere
..... LIU Fangchun, XING Shangjun, MA Hailin, et al (642)
- The basic principle of random forest and its applications in ecology: a case study of *Pinus yunnanensis*
..... ZHANG Lei, Wang Linlin, ZHANG Xudong, et al (650)
- Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance
..... HOU Peng, SHEN Wenming, WANG Qiao, et al (660)
- Stomatal and environmental control on evapotranspiration in a plantation in the lower mountain areas of North China
..... HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (667)
- The fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in alpine grassland of the Tianshan Mountains, Xinjiang
..... HE Guixiang, LI Kaihui, SONG Wei, et al (674)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Analysis the relationship between ecological footprint (EF) of ningxia and influencing factors: Partial Least-Squares Regression (PLS) MA Mingde, MA Xuejuan, XIE Yingzhong, et al (682)
- Profile distribution patterns of soil organic carbon and the rate of carbon sequestration in Ningxia Irrigation Zone DONG Linlin, YANG Hao, YU Dongsheng, et al (690)
- Molecular mechanism on carbon dioxide assimilation of autotrophic microorganism and carbon translocation in agricultural soils WU Xiaohong, JIAN Yan, CHEN Xiaojuan, et al (701)

Resource and Industrial Ecology

- Ecological efficiency analysis of the circular economy system in mining area based on emergy analytic approach SUN Yufeng, GUO Quanying (710)
- Assessing synthetic carrying capacity based on AD-AS model: a case study in Coastal Zone, Zhoushan SU Panpan, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (718)

Urban, Rural and Social Ecology

- Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (727)

Research Notes

- Spatial-temporal variability of dry and wet deposition of atmospheric nitrogen in different ecological regions of Shaanxi LIANG Ting, TONG Yan'an, LIN Wen, et al (738)
- The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area LIU Xiaoyong, LI Hongxun, LI Jianming, et al (746)
- Structure and diversity of soil fauna communities in the tundra of the Changbai Mountains, China WANG Zhenhai, YIN Xiuqin, JIANG Yunfeng (755)
- Modeling the total allowable area for coastal reclamation: a case study of Xiamen, China LIN Chenchen, RAO Huanhuan, LIU Yan, et al (766)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 34 卷 第 3 期 (2014 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 3 (February, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元