

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

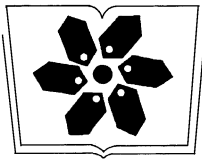
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第8期 Vol.33 No.8 **2013**

中国生态学学会
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 33 卷 第 8 期 2013 年 4 月 (半月刊)

目次

城市生态系统研究专题

- 城市生态系统:演变、服务与评价——“城市生态系统研究”专题序言 王效科 (2321)
- 城市生态景观建设的指导原则和评价指标 孙然好,陈爱莲,李 芬,等 (2322)
- 城市绿色空间格局的定量化方法研究进展 陶 宇,李 锋,王如松,等 (2330)
- 城市土地利用变化对生态系统服务的影响——以淮北市为例 赵 丹,李 锋,王如松 (2343)
- 基于市政综合监管信息的城市生态系统复杂性分析 董仁才,苟亚青,刘 昕 (2350)
- 原位生物技术对城市重污染河道底泥的治理效果 柳 敏,王如松,蒋 莹,等 (2358)
- 北京城区道路沉积物污染特性 任玉芬,王效科,欧阳志云,等 (2365)
- 绿地格局对城市地表热环境的调节功能 陈爱莲,孙然好,陈利顶 (2372)
- 北京城区气传花粉季节分布特征 孟 龄,王效科,欧阳志云,等 (2381)

个体与基础生态

- 三江源区高寒草甸退化对土壤水源涵养功能的影响 徐 翠,张林波,杜加强,等 (2388)
- 土壤砷植物暴露途径的土壤因子模拟 线 郁,王美娥,陈卫平 (2400)
- 不同寄主植物对马铃薯甲虫的引诱作用 李 超,程登发,郭文超,等 (2410)
- 蒙古栎、白桦根系分解及养分动态 靳贝贝,国庆喜 (2416)
- 干旱和坡向互作对栓皮栎和侧柏生长的影响 王 林,冯锦霞,王双霞,等 (2425)
- 不同郁闭度下胸高直径对杉木冠幅特征因子的影响 符利勇,孙 华,张会儒,等 (2434)
- 驯化温度与急性变温对南方鲢幼鱼皮肤呼吸代谢的影响 鲜雪梅,曹振东,付世建 (2444)

种群、群落和生态系统

- 五鹿山国家级自然保护区物种多样性海拔格局 何艳华,闫 明,张钦弟,等 (2452)
- 玉龙雪山白水 1 号冰川退缩迹地的植被演替 常 丽,何元庆,杨太保,等 (2463)
- 五花米草海向入侵对土壤有机碳组分、来源和分布的影响 王 刚,杨文斌,王国祥,等 (2474)
- 南亚热带人工针叶纯林近自然改造早期对群落特征和土壤性质的影响 何友均,梁星云,覃 林,等 (2484)
- 入侵植物黄顶菊生长、再生能力对模拟天敌危害的响应 王楠楠,皇甫超河,李玉浸,等 (2496)
- 小兴安岭白桦次生林叶面积指数的估测 刘志理,金光泽 (2505)
- 草地植物群落最优分类数的确定——以黄河三角洲为例 袁 秀,马克明,王 德 (2514)
- 多毛类底栖动物在莱州湾生态环境评价中的应用 张 莹,李少文,吕振波,等 (2522)
- 马尾松人工林火烧迹地不同恢复阶段中小型土壤节肢动物多样性 杨大星,杨茂发,徐 进,等 (2531)

景观、区域和全球生态

- 极端干旱区大气边界层厚度时间演变及其与地表能量平衡的关系 张 杰,张 强,唐从国 (2545)

基于多源遥感数据的景观格局及预测研究..... 赵永华,贾 夏,刘建朝,等 (2556)

城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应.....

..... 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,等 (2565)

资源与产业生态

碳汇目标下农户森林经营最优决策及碳汇供给能力——基于浙江和江西两省调查.....

..... 朱 臻,沈月琴,吴伟光,等 (2577)

基于 GIS 的缓坡烟田土壤养分空间变异研究..... 刘国顺,常 栋,叶协锋,等 (2586)

春玉米最大叶面积指数的确定方法及其应用..... 麻雪艳,周广胜 (2596)

城乡与社会生态

广州市常见行道树种叶片表面形态与滞尘能力 刘 璐,管东生,陈永勤 (2604)

研究简报

桔梗种子萌发对低温、干旱及互作胁迫的响应..... 刘自刚,沈 冰,张 雁 (2615)

基质养分对寄生植物南方菟丝子生长的影响 张 静,李钧敏,闫 明 (2623)

学术信息与动态

人类活动对森林林冠的影响——第六届国际林冠学大会述评..... 宋 亮,刘文耀 (2632)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-04



封面图说: 互花米草近景——互花米草是多年生高大禾本科植物,植株健壮而挺拔,平均株高约 1.5m,最高可达 3.5m,茎秆直径可达 1cm 以上。原产于大西洋沿岸,是一种适应海滩潮间带生长的耐盐、耐淹植物。我国于 1979 年开始引入,原意主要是用于保滩护堤、促淤造陆和改良土壤等。但是,近年来,互花米草迅速扩散,在一些区域里,已经完全郁闭,形成了单优种群,严重排挤了本土物种的生长,并且还在以指数增长的速度逐年增加,对海岸湿地土著物种和迁徙鸟类造成的危害日益严重,已经列为必须严格控制的有害外来入侵物种。

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/stxb201106190846

赵永华,贾夏,刘建朝,刘耿. 基于多源遥感数据的景观格局及预测研究. 生态学报, 2013, 33(8): 2556-2564.

Zhao Y H, Jia X, Liu J C, Liu G. Analysis and forecast of landscape pattern in Xi'an from 2000 to 2011. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(8): 2556-2564.

基于多源遥感数据的景观格局及预测研究

赵永华^{1,*}, 贾 夏², 刘建朝¹, 刘 耿¹

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 西安 710054; 2. 长安大学环境科学与工程学院, 西安 710054)

摘要:以 TM、中巴资源卫星和环境与灾害监测预报小卫星等遥感影像为数据源,利用 ENVI 4.7、ARCGIS 9.2、IDRISI 15 等软件,研究了西安市辖区的景观特征与空间格局,预测了未来的景观变化,提出了景观格局预测的数据转化和多距离空间分析的精简步骤。结果表明:研究区的景观本底是一个由林地和耕地构成的复合景观基质,建设用地在研究时段内呈现持续增加趋势,且 2004—2011 年间的增加量高于 2000—2004 年间的增加量;林地面积略有降低,林地和草地总面积略呈增长趋势,水域和未利用地面积变化较小。研究时段内的景观破碎化程度在降低,林地景观的连通性增强了,耕地的降低了。各景观类型在所设定的最大预期研究尺度下均呈现显著的聚集空间格局;各年和各景观类型之间的聚集、随机和离散的临界阈值差别相对比较大;水域和未利用地的空间聚集强度明显高于耕地、林地、草地和城乡建设用地;耕地和草地空间分布存在一个异质性最大的特征尺度,且均出现了聚集分布、随机分布和离散分布 3 种分布格局,以 2011 年最为明显。利用景观指数法和多距离空间聚类分析方法研究景观格局特征的效果要比单一的景观指数法较理想。CA-Markov 模型模拟的结果基本能够反映未来的景观格局状况。

关键词:景观格局;多距离空间分析;预测;CA-Markov 模型

Analysis and forecast of landscape pattern in Xi'an from 2000 to 2011

ZHAO Yonghua^{1,*}, JIA Xia², LIU Jianchao¹, LIU Geng¹

1 College of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China

2 School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China

Abstract: Landscape pattern analysis is an important topic of landscape ecology. The ultimate goal of landscape pattern analysis is to link spatial patterns of landscape with ecological processes, and detect status of processes using landscape pattern information. Landscape metrics can represent the spatial distribution of landscape and it has been used as a common tool in landscape pattern analysis. There are some inherent limitations of landscape metrics. Multi-distance spatial cluster analysis based on the Ripley's k-function can fetch up the landscape metrics faults. Based on the image data of Land Resources Satellite TM (2000), China-Brazil Earth Resources Satellite (2004), and Environment Disaster Monitoring and Forecasting Small Satellite (2011), future landscape change were forecasted with bringing forward simplified process on data transform of landscape pattern change prediction and multi-distance spatial cluster analysis, via analyzing landscape characteristics and its spatial pattern in Xi'an city, using ENVI 4.7, ARCGIS 9.2, and IDRISI 15 in this study. Results showed that, tremendous landscape patterns changes have taken place in Xi'an during the past two decades. Complex landscape matrix consisted of forest land and cropland accounted for 67.98% of the total landscape in 2000 and 54.46% in 2011 in the study area. Built-up land area increased from 33213.91 hm² to 68380.79hm², and amount of increased area between 2000 and 2004 was more than that between 2004 and 2011. The area of forest land decreased insignificantly. The shift of water and unused land area was insignificant. Patch number in the class and landscape level decreased obviously, which showed that decreasing landscape fragmentation, enhancing connectivity of forest landscape, and reducing

基金项目:国家自然科学基金项目(31000222/31170664/41001374);中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2009JC078)

收稿日期:2011-06-19; **修订日期:**2012-02-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yonghuaz@chd.edu.cn

connectivity of farmland was taking place during the study interval. Landscape spatial pattern had a significant aggregation in the expected maximum distance (40 km). The critical thresholds discrepancy of clustered, random, and dispersed distribution between different landscape types in different years were relatively evident; the spatial aggregation levels of water and unused land were significantly higher than those of farmland, woodland, grassland, and built-up land; there were the largest characteristic scale of heterogeneous spatial distribution of aggregated distribution, random distribution, and dispersed distribution for cropland and grassland. The effect of landscape pattern characteristic study via coupling landscape index analysis and multi-distance spatial cluster analysis is better than that of using single landscape index analysis. The simulation of CA-Markov model could basically reflect the future landscape changes. The method and the simplified step of multi-distance spatial cluster analysis by ARCGIS and data conversion for landscape pattern forecasting by IDRISI were proposed in this paper.

Key Words: landscape pattern; multi-distance spatial cluster analysis; forecast; CA-Markov model

景观格局变化是景观异质性的外在表现^[1-2],其目的是解释景观格局与生态过程之间的关系^[3-4],推理出景观变化的原因并预测发展趋势^[5]。城市景观格局变化剧烈,人工景观逐步向外围自然及半自然景观渗透是城市景观动态变化的特点^[6]。目前景观格局研究多利用 TM、ETM、SPOT、Quickbird 等遥感影像作为数据源^[7-10],而利用中巴资源卫星和环境与灾害监测预报小卫星等影像研究景观格局变化的鲜少见。景观格局多尺度研究至关重要^[11],多利用景观指数进行研究,但景观指数有一定的弱点^[12-14],使得近年来景观格局研究进步不明显。多距离空间聚类方法借助于 Ripley K 函数实现多尺度景观格局分析,能够直观反映景观格局特征及变化^[15];其与景观指数法结合应用可能会取得较理想的效果。景观格局未来变化研究常采用 Markov、CA、CA-Markov 等模型^[16-19],其中 CA-Markov 模型具有 CA 模型模拟复杂系统空间变化的能力^[16,20-21]和 Markov 模型定量化预测的优势^[16-18],是模拟城市景观格局变化较理想模型,但现有数据处理步骤较麻烦,是否可以简化?基于上述问题,以西安市辖区为研究区,选择 TM、中巴资源 2 号卫星和环境与灾害监测预报小卫星等遥感影像作为数据源,在 GIS 技术支持下,利用景观格局指数和多距离空间聚类方法分析近年来景观格局的多尺度变化,并基于 CA-Markov 模型预测未来的景观格局状况,为西安市的可持续发展及景观管理提供科学依据。

1 研究区概况

西安市位于陕西省关中平原中部,辖新城、碑林、莲湖、雁塔、灞桥、未央、阎良、临潼、长安九个行政区及蓝田、周至、户县、高陵四个县。东与渭南市相接;南与商洛、安康、汉中市相接;西与宝鸡市相接;北与咸阳市隔河相望。平均海拔 400—450 m,地势南高北低,地貌类型多样;南部多为秦岭中段的北坡,以林地、牧草地、未利用地为主,占市域土地总面积的 54.6%;北部为平原,以耕地、园地、城镇建设用地和文物遗址保护用地为主,占市域土地总面积的 45.4%;境内有河流 54 条,主要是灞河、泾河、沣河、涝河、泾河、泾河,以及过境的泾河与渭河。水资源总量为 31.46 亿 m³。截止 2010 年底,全市常住总人口 846 万人。研究区是西安市辖区,由新城、碑林、莲湖、雁塔、灞桥、未央和阎良等 7 区构成,面积为 1900.41 km²。研究区属东亚暖温带大陆性季风气候,≥10℃ 积温为 4400℃,年平均气温 6.4—14.9℃,年平均降水量 537.5—1028.4 mm,年平均相对湿度 70%—73%,全年日照时数 1983.4—2267.3 h,城市绿化覆盖率 30.06%。

2 研究方法

2.1 数据来源与预处理

研究数据是 2000 年 5 月的 TM 影像、2004 年 5 月的中巴资源卫星影像和 2011 年 5 月的环境与灾害监测预报小卫星影像,其中 TM 影像来源于马里兰大学,中巴资源卫星影像和环境与灾害监测预报小卫星影像来源于中国资源卫星应用中心,三期影像的原始投影为通用墨卡托投影(UTM),坐标系统为 WGS84。对于获取的三期影像,利用遥感图像处理软件 ENVI 4.7,参考 1:10 万地形图,采用三次多项式进行几何精校正、均衡

化、拼接和裁剪处理得到研究区 3 期影像;其中校正精度为 TM 和环境与灾害监测预报小卫星影像小于 0.5 个像元、中巴资源卫星影像小于 1 个像元。根据中国土地利用分类系统,把研究区的景观分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 6 类。采用监督分类方法解译图像,利用 clump 功能滤掉一些小碎块,并对一些明显错误的斑块进行修正,同时利用 Kappa 指数评价解译精度。3 期遥感影像的总体分类精度和 Kappa 指数介于 81%—83% 和 0.809—0.829 之间,满足分析要求。

2.2 研究方法

2.2.1 多距离空间聚类分析

多距离空间聚类分析中比较常用 Ripley K 函数,公式如下:

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k(i, j)}{\pi n(n-1)}} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

式中, A 为研究区面积, n 为点的个数, d 为预期值, k_{ij} 为权重。 $L(d) > d$ 表示景观类型呈聚集分布, $L(d) < d$ 表示景观类型呈均匀分布, $L(d) = d$ 表示景观类型呈随机分布。

根据研究区面积和分类最小去除单位,利用 ArcGIS 软件生成 1900 个随机点图层,将该图层分别与 3 期 SHP 格式矢量图叠加来确定样点的景观类型,然后利用多距离空间聚类工具进行不同时期不同景观类型的 Ripley K 函数分析及显著性检验。研究区地理范围及 20 级距离步数决定起始距离、距离步长均取值 2000 m;边界校正采用模拟边界外值法,指数偏离随机性的置信度取 99%。

2.2.2 CA-Markov 模型模拟步骤

CA-Markov 模型计算所用图像的每一个栅格相当于一个元胞,对应不同的景观类型。应用面积转移矩阵和条件概率图像进行运算,可确定每个元胞对应景观类型的转移状态,从而模拟出研究区景观格局的空间变化^[5,22]。

(1) 生成景观格局面积转移矩阵和条件概率图像 将生成的研究区景观类型矢量图转换成 IDRISI 软件的矢量格式,然后打开该矢量属性表,利用其中的矢量到栅格转化功能生成 30 m×30 m 栅格,并应用 Markov 模型生成景观类型面积转移矩阵、转移概率矩阵和转移矩阵适宜图像。

(2) 建立 CA 的转换规则 规则是 CA 模型的核心,决定了 CA 的动态转化过程;通常将景观单元关联度大小作为转化规则,可以反映每一元胞各种可能的景观类型发生变化的容易程度,计算公式为:

$$TR_i = I_i + |D_i| + V_i$$

式中, TR_i 为元胞的转变适宜性, i 为景观类型, I_i 、 D_i 分别为景观类型 i 的面积增加量和减少量, $I_i + |D_i|$ 表示第 i 类景观类型的基本变化能力, V_i 为 2 个时期景观类型差异的定量化,用于修正基本变化能力;计算出的 TR_i 值再标准化为 0—255 值后,参与 CA-Markov 模型模拟运算。

(3) 选择滤波器 使用滤波器所创建的权重因子并依据相邻的栅格单元,改变该栅格单元的状态。本文采用 5×5 的滤波器。

(4) 确定起始时刻和循环次数,进行预测模拟。

(5) 预测得到的景观专题图与 2011 年实际景观图应用 Kappa 指数和修正的 Lee-sallee 形状指数进行精度检验,输出最终结果。

3 结果与分析

3.1 景观格局特征

研究区的林地面积最大,三期面积比例均在 30% 以上;耕地面积次之,比例在 16.24%—24.69% 之间,呈下降趋势;耕地、林地和草地面积占研究区面积的 64.17% (2011 年)—80.13% (2000 年) (图 1)。建设用地面积呈增加趋势,从 2000 年的 16.69% 增加到 2011 年的 34.36%,且后一个研究时段增加量明显高于前一个时段。水域面积略有增加,而未利用地面积则呈下降趋势,到了 2011 年该地类基本已被完全占用和转化。总

体来看,研究区本底是一个由林地和耕地构成的复合景观基质,草地、水域、建设用地和未利用地则以斑块或廊道形式镶嵌在复合基质中。从斑块数量来看,无论是研究区总的斑块数量还是各个景观类型的斑块数量,都有不同程度的下降;建设用地的斑块数量从 2000 年的 3537 个减少到 2011 年的 1348 个,耕地从 4714 个减少到 777 个,林地从 6157 个减少到 2182 个,这 3 种景观类型的斑块数量下降比较明显。由斑块面积和数量变化可知,研究区建设用地、林地、耕地景观的连通性有所增加,林地景观类型的连通性增强对于区域景观的稳定性维持具有重要作用。这种景观变化与近年来实施的一系列发展政策和投入有一定的关系,如《西安-天水经济区发展规划》、建设国家化大都市、西咸新区、泾渭新区等。

3.2 景观格局变化

基于 Ripley's K 函数的多距离空间聚类分析可汇总一定距离范围内的空间相关性(要素聚类或要素扩散),研究结果可以说明要素质心的空间聚类或空间扩散在邻域大小发生变化时的相应变化。在计算过程中没有使用加权方法的结果解释为:如果特定距离的观测值大于(小于)预期值,则与该距离(分析规模)的随机分布相比,该分布的聚类(离散)程度更高;如果观测值大于(小于)置信区间上限值(下限值),则该距离的空间聚类(离散)具有统计学上的显著性。观测值的第一个峰值所对应的值表示景观类型间聚集的特征空间尺度或斑块长度,可用来度量分布强度或拥挤度。

2000—2011 年,研究区耕地 2000 年的聚集空间最大尺度为 16 km,其后聚集距离逐渐降低,聚集强度不断降低,在聚类的最大距离内未出现离散格局,且观测值明显高于置信区间上限值,表明该距离的空间聚类具有统计学上的显著性;2004 年的聚集空间最大尺度为 18 km,与 2000 年的相比有所增加,随着分析尺度的不断增加,聚集强度越来越弱,当尺度达到 38 km 时出现随机分布,40 km 时,出现了离散分布;2011 年的空间聚集最大尺度为 18 km,当尺度达到 36 km 时出现随机分布,40 km 时,出现了离散分布。说明研究期内耕地的空间分布范围有所减小,均匀度有一定程度的降低,印证了景观指数的研究结果(表 1,图 2)。

表 1 各景观类型聚集最大尺度及离散临界值

Table 1 Max cluster distance and dispersed values for landscape types/km

	耕地 Cropland		林地 Forestland		草地 Grassland		水域 Water		建设用地 Built-up land		未利用地 Unused land	
	聚集 Clustered	离散 Dispersed	聚集 Clustered	离散 Dispersed	聚集 Clustered	离散 Dispersed	聚集 Clustered	离散 Dispersed	聚集 Clustered	离散 Dispersed	聚集 Clustered	离散 Dispersed
2000	16		18		24		12		18		2	20
2004	18	40	22		18		16		20		6	22
2011	18	40	22		14	40	2	6	30			

林地 2000 年、2004 年和 2011 年的聚集空间最大尺度分别为 18、22 和 22 km,林地分布范围变化并不明显,空间分布的均匀程度基本未发生变化,空间聚集分布的特征基本未减弱,且其聚类特征距离明显高于置信区间上限,说明林地 3 个时期在各自的聚类特征尺度上的空间聚类具有显著的统计学意义。

草地 2000 年、2004 年和 2011 年的特征空间聚类尺度分别为 24、18 和 14 km,草地的空间聚集强度呈现了逐渐降低趋势,空间分布范围有所减小,均匀度降低了,有离散的趋势;特别是在 2011 年,当研究尺度增加到 36 km 时出现随机分布,40 km 时,草地出现了离散分布,该种景观在研究期内出现了具有统计学上显著性的空间聚集和离散距离。

建设用地的特征空间聚类尺度 2000 年为 18 km、2004 年为 20 km、2011 年为 30 km,特征尺度有明显的增

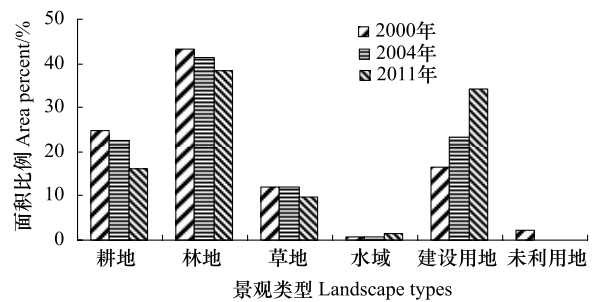


图 1 景观类型面积比例

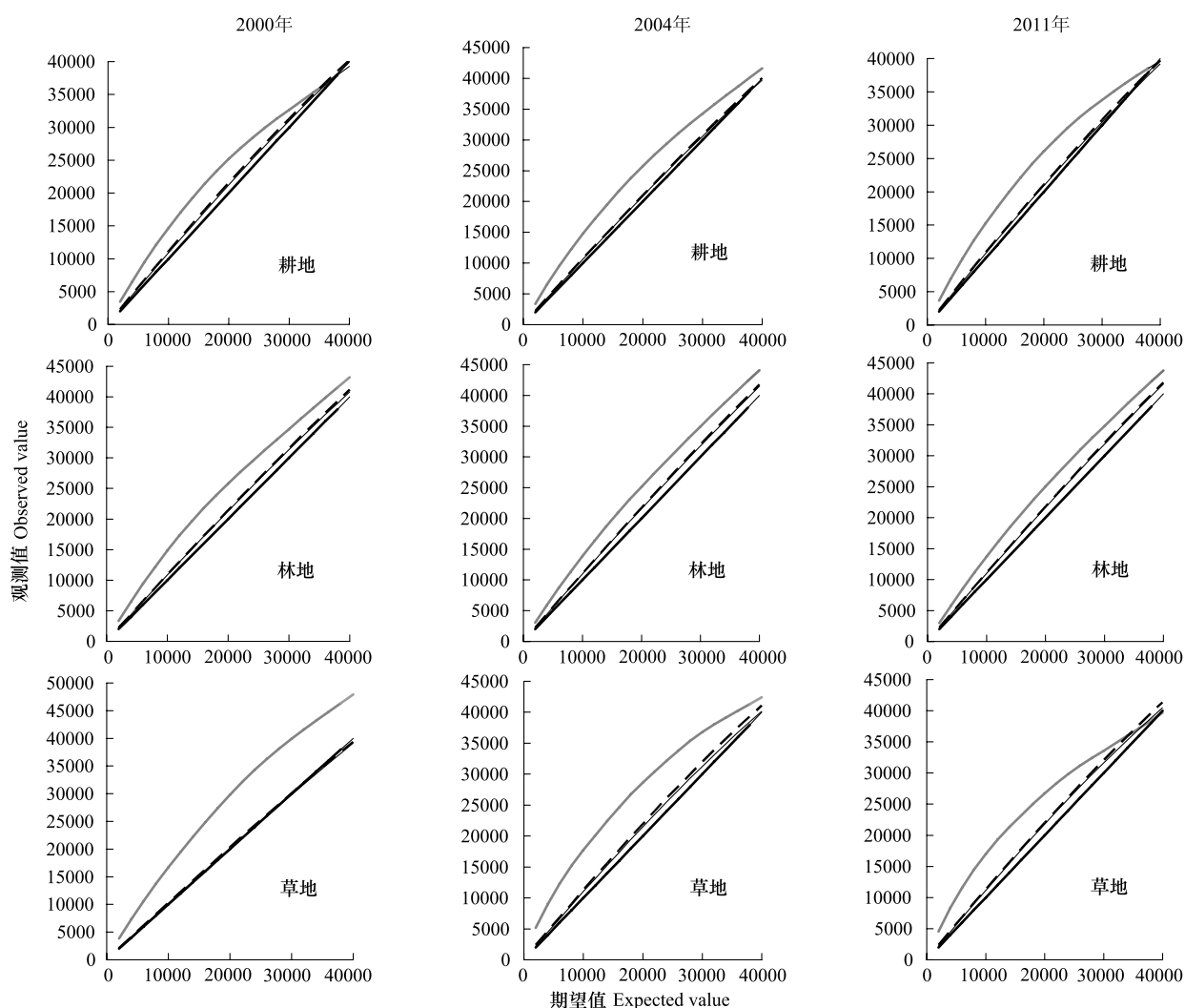
Fig. 1 Area proportion of different landscape types

加,且明显高于置信区间上限,3个时期的建设用地特征尺度具有明显统计学意义的空间聚集状态,其分布范围增加,聚集强度减弱,均匀度有一定的增加。

水域2000年、2004年和2011年的聚集空间特征尺度分别为12、16和2 km,空间分布范围有所减小,均匀度降低了,有离散的趋势,且离散临界尺度出现在6 km,该景观类型在研究期内出现了具有统计学上的空间聚集和离散距离的显著性略小于草地。

未利用地在所有景观类型中,其聚集程度是最大的,2000年和2004年的特征聚集尺度为2 km和6 km,同时在设定的最大研究聚类值范围内,出现了相应的离散临界值,分别为20 km和22 km(图2)。

2020年各景观类型多距离空间聚类结果与前3期空间聚类结果有一定的差异(图3)。耕地在6 km时达到最大聚集分布格局,随后聚集强度开始下降,当观测距离达到14 km时,出现离散格局;最大空间聚集距离和离散格局距离明显小于与前3期相应值。草地最大聚集分布格局距离出现在8 km,观测距离在22 km时开始出现离散分布格局,且随着观测距离增加,离散强度也在不断增加,聚集和离散格局的阈值明显低于前3期相应值。林地观测距离6 km时达到了最大的聚集程度,离散格局出现在12 km以后,其最大聚集分布格局的阈值明显低于前3期,且出现了离散格局。建设用地的最大聚集分布格局在10 km,且明显低于前3期,在22 km出现了离散格局,而前3期未出现该格局。水域在8 km达到了最大聚集强度,这一距离比2011年的明显高,但低于2004年和2000年的最大聚集分布格局距离;在22 km时出现了离散格局,这与2011年的结果类似,但比2011年出现离散格局的距离明显高。未利用地在2 km最大聚集分布格局,与2004年相同,但低于2000年的值;离散格局出现值为12 km,明显低于前3期相应值。



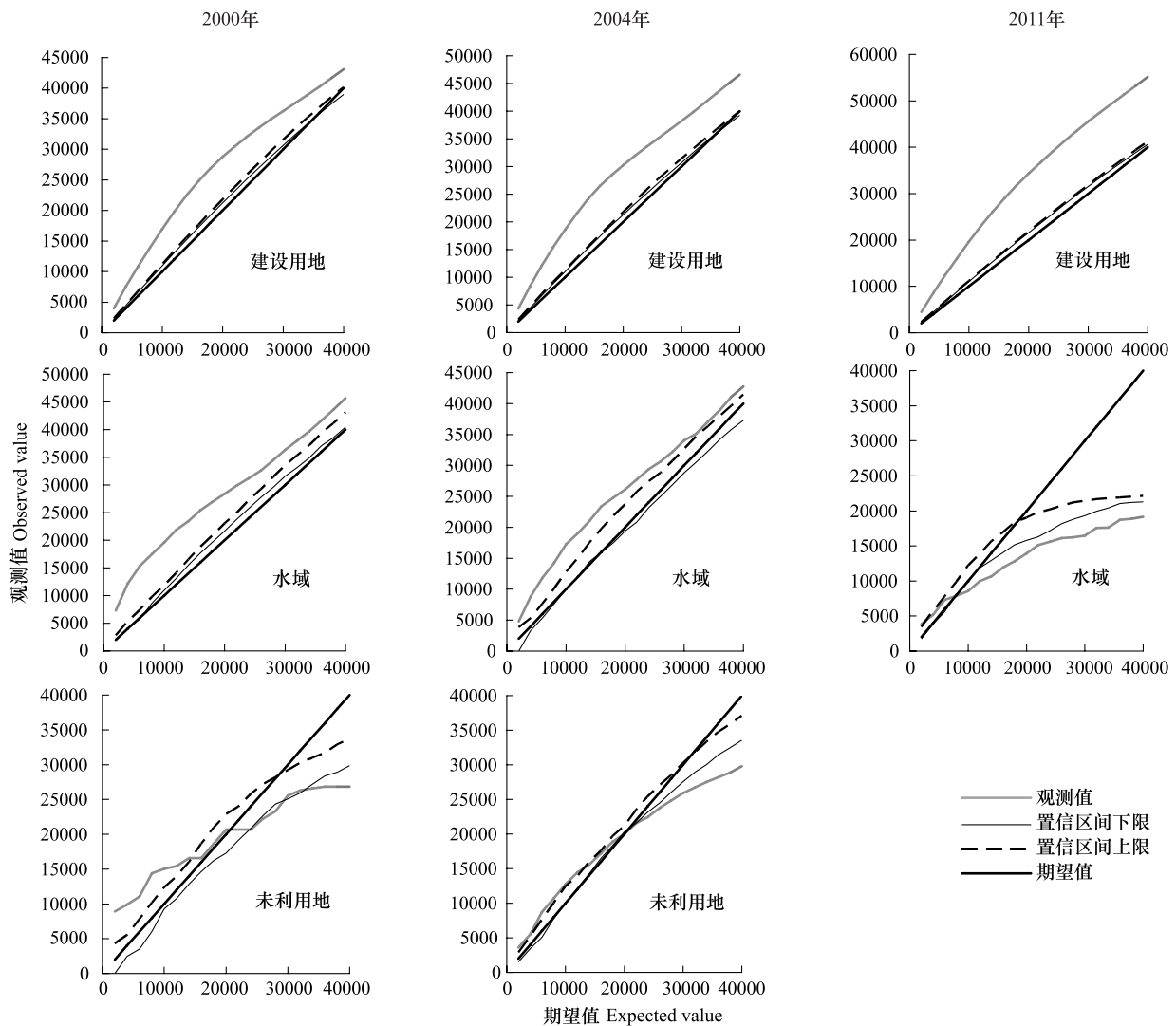


图2 不同时期各景观类型多距离空间聚类图

Fig. 2 Multi-distance spatial cluster for different landscape types in 2000, 2004, and 2011

3.3 景观格局预测

用 CA-Markov 模型模拟景观格局时,首先要生成景观的面积转移矩阵,该矩阵用 Markov 模型来完成。本文利用 Markov 模型生成了 2000—2004 年的面积转移矩阵,以此作为转换原则,以 2000 年作为预测的起始年份,应用 CA-Markov 模型分别模拟 2011 年和 2020 年研究区的景观格局(图 4),迭代的次数为 10。应用 Kappa 指数和修正的 Lee-sallee 形状指数^[22]检验 2011 年模拟结果与 2011 年景观专题结果之间的精度和空间分布的相似性,Kappa 指数为 0.81, Lee-sallee 指数为 0.70,说明模型精度符合研究需求,模拟结果能够较准确的反应客观实际。

根据模型预测,2020 年各类景观都有一定程度的变化。与 2004 年相比,耕地、林地和草地均有不同程度的减少,分别为 19.51%、39.95% 和 10.46%,建设用地、水域和未利用地面积有所增加。根据研究区 2000 年到 2011 年的变化结果看,耕地、草地、林地、建设用地和水域五种景观的预测结果基本符合原有的变化规律,但未利用地作为一个城市发展的后备资源,随着城市化的不断加剧,城市规模不断扩大,其面积应该是越来越小,甚至是消失,而模型预测其面积有所增加,与实际变化规律不相符,这与所选模型、预测所用转移矩阵有一定关系。从空间格局来看,建设用地基本是在 2004 年的基础上向外不规则的扩张,且主要是发生在雁塔区、新城区、碑林区、莲湖区等,这与所用模型、预测的起始年份、转移矩阵等有一定关系。如果按照预测情况发

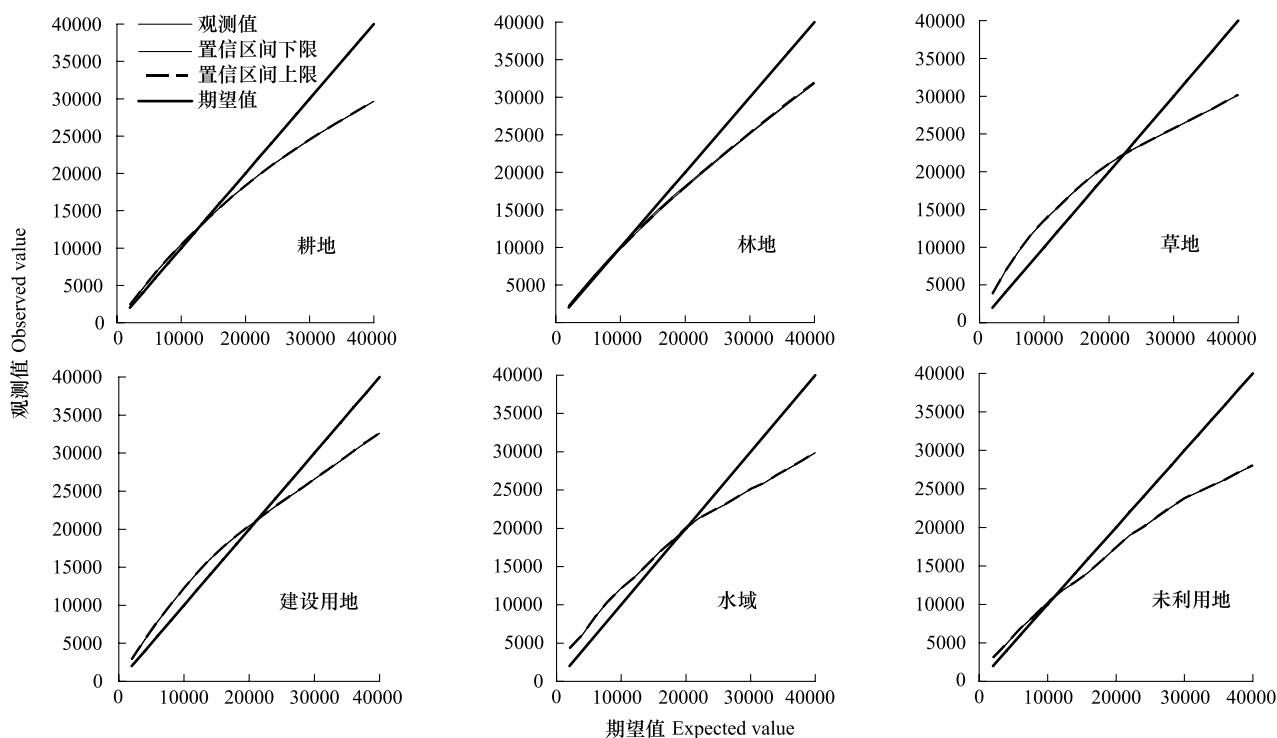


图3 2020年各景观类型多距离空间聚类图

Fig. 3 Multi-distance spatial cluster for different landscape types in 2020

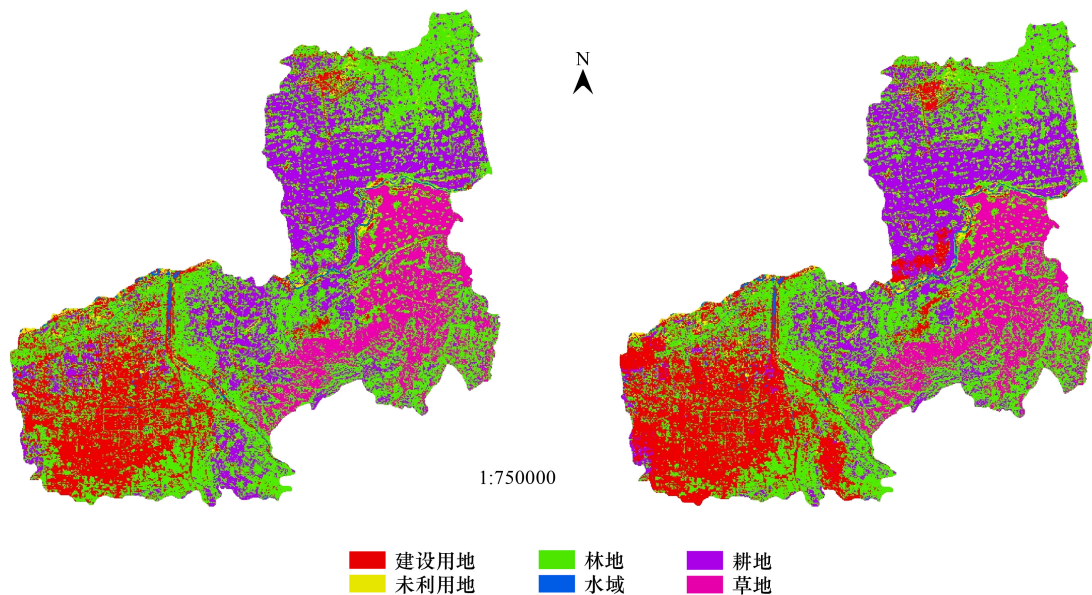


图4 研究区景观格局模拟图

Fig. 4 Forecasted landscape pattern in the study area

展,2020年的研究区植被覆盖率会比较高,生态环境依然比较好,不会对社会经济发展起到制约作用,但实际上2020年的植被覆盖率、生态环境等可能会由于建设用地不断增加、人口不断增长等因素低于预测水平。

4 结论与讨论

(1) 林地和耕地构成了研究区的复合景观基质,其他景观类型以斑块或廊道形式镶嵌其中。耕地面积较林地面积下降明显;建设用地面积增加明显,且后一个研究时段增加量明显高于前一个时段。水域和未利用

地面积变化相对较小。研究区景观破碎化程度有所降低,大斑块数量较多;建设用地、林地和耕地景观的连通性有所增加,林地景观类型的连通性增强对于区域景观的稳定性维持具有重要作用。

(2)研究区各年和各景观类型之间的聚集、随机和离散的临界阈值差别相对比较大。耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地在所设定的研究尺度下均呈现显著的聚集空间格局;耕地在小尺度下呈现出聚集分布空间格局,随着尺度的增加,逐渐变为随机分布格局;耕地、林地、草地和城乡建设用地的空间聚集强度明显小于水域和未利用地。研究区耕地和草地空间分布存在一个异质性最大的特征尺度(2011 年的 40 km),该尺度之下会表现出一定的宏观异质性,该尺度之上分布趋于离散特征;这两种景观类型在研究设定的最大预期距离下,均出现了聚集分布、随机分布和离散分布,以 2011 年最为明显。

(3)CA-Markov 模型可以较为真实的模拟未来景观状况。2020 年研究区各景观类型均有一定程度的变化;耕地、林地和水域景观面积降低,其他景观类型有一定的升高;各景观类型聚集强度最大的空间距离比过去的 3 个时期都要小些。

(4)研究数据与方法分析。从所用的遥感数据实际效果看,尽管环境与灾害监测预报小卫星和 TM 影像空间分辨率相对于中巴资源卫星低,但其解译精度较高,后处理工作量要少些。应用 IDRISI 进行模拟时,直接应用输入与输出功能进行文件格式转换,并用文件属性表直接生成所用栅格文件。利用模型模拟的景观格局与真实景观格局有一定的出入,其原因可能有:① 用 Markov 模型构造转移矩阵的起始年为 2000 年,终止年为 2004 年,这一时期的景观变化较 2004—2011 年间的景观变化小,因此基于此转移矩阵模拟的与解译的 2011 年结果会有一定的差异,特别是 2020 年的模拟结果可能与实际差距会更大些;应用 2004—2011 年的转移矩阵模拟的结果可能会更准确些,但 IDRISI 软件构建转移矩阵要求前后两期的景观类型要一致,2011 年无未利用地景观类型,无法进行模拟,这是软件需要改进之处。② 解译精度对模拟精确性会有一定的影响。③ CA-Markov 模型有一系列内在的模型不确定性,它们与 CA 的邻域、元胞大小、计算时间、转换规则等因素有关^[5]。

References:

- [1] Forman R T T, Godorn M. Landscape Ecology. New York: John Wiley and Sons, 1986.
- [2] Turner M G. Landscape ecology: what is the state of the science? Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2005, 36(1): 319-344.
- [3] Gustafson E J. Quantifying landscape spatial pattern; what is the state of the art? Ecosystems, 1998, 1(2): 143-156.
- [4] Wu J G, Hobbs R. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. Landscape Ecology, 2002, 17(4): 355-365.
- [5] Zheng Q H, Luo G P, Zhu L, Zhou D C. Prediction of landscape patterns in Ili River Delta based on CA-Markov model. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(4): 873-882.
- [6] Tan M H, Li X B, Lü C H. An analysis of driving forces of urban land expansion in China. Economic Geography, 2003, 23(5): 635-639.
- [7] Yang Y T. Urban fringe extraction and its change monitoring using multi-temporal TM Image. Remote Sensing Information, 2009, (3): 49-53.
- [8] Liu S H, Wu C J, Shen H Q. A Gis based model of urban land use growth in Beijing. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(4): 407-416.
- [9] Zhang H H, Zeng Y N, Bian L, Yu X J. Modelling urban expansion using a multi agent-based model in the city of Changsha. Journal of Geographical Sciences, 2010, 20(4): 540-556.
- [10] Wei W, Zhang Y L, Zhao B, Wang H. Impacts of urban expansion on spatio-temporal variation of landscape patterns during rapid urbanization: a case study of Kunshan city. Ecology and Environmental Sciences, 2011, 20(1): 7-12.
- [11] Chen L D, Liu Y, Lü Y H, Feng X M, Fu B J. Landscape pattern analysis in landscape ecology: current, challenges and future. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5521-5530.
- [12] Zhao Z X, Zhang B, Jin X, Weng B S, Yan D H, Bao S J. Spatial gradients pattern of landscapes and their relations with environmental factors in Haihe River basin. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(7): 1925-1935.
- [13] Liu Y, Lü Y H, Fu B J. Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(1): 267-275.
- [14] Wu J G. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. Landscape Ecology, 2004, 19(2): 125-138.

- [15] Gao K, Zhou Z X, Yang Y P, Li H. Characteristics and changes of landscape pattern in Wuhan City based on Ripley's K function. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(10): 2621-2626.
- [16] Xiong L Y, Chang B, Zhou X G. A GeoCA-based study on land use change. *Resources Science*, 2005, 27(4): 38-43.
- [17] Wood E C, Lewis J E, Tappan G G, Lietzow R W. The Development of a Land Cover Change Model for Southern Senegal. Sioux Falls; Land Use Modeling Workshop, EROS Data Center, 1997: 5-6.
- [18] Li X, Liu X P. Case-based cellular automaton for simulating urban development in a large complex region. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(10): 1097-1109.
- [19] Luo G P, Zhou C H, Chen X, Li Y. A methodology of characterizing status and trend of land changes in oases: a case study of Sangong River watershed, Xinjiang, China. *Journal of Environmental Management*, 2008, 88(4): 775-783.
- [20] Pontius R G Jr, Shusas E, McEachern M. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2004, 101(2/3): 251-268.
- [21] Turner M G. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of three transition models. *Landscape Ecology*, 1987, 1(1): 29-36.
- [22] Tang J, Wang X G, Li Z Y, Mao Z L, Han W Z, Xu X M. The tendency forecast on land use landscape pattern change in Western Jilin Province based on CA-Markov model. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2010, 40(2): 405-411.

参考文献:

- [5] 郑青华, 罗格平, 朱磊, 周德成. 基于 CA-Markov 模型的伊犁河三角洲景观格局预测. *应用生态学报*, 2010, 21(4): 873-882.
- [6] 谈明洪, 李秀彬, 吕昌河. 我国城市用地扩张的驱动力分析. *经济地理*, 2003, 23(5): 635-639.
- [7] 杨叶涛. 基于多时相 TM 影像的城市边缘区划分及其变化监测. *遥感信息*, 2009, (3): 49-53.
- [8] 刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式. *地理学报*, 2000, 55(4): 407-416.
- [10] 韦薇, 张银龙, 赵兵, 王浩. 快速城市化进程中城市扩张对景观格局分异特征的影响. *生态环境学报*, 2011, 20(1): 7-12.
- [11] 陈利顶, 刘洋, 吕一河, 冯晓明, 傅伯杰. 景观生态学中的格局分析: 现状、困境与未来. *生态学报*, 2008, 28(11): 5521-5530.
- [12] 赵志轩, 张彪, 金鑫, 翁白莎, 严登华, 鲍淑君. 海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系. *生态学报*, 2011, 31(7): 1925-1935.
- [13] 刘宇, 吕一河, 傅伯杰. 景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性. *生态学报*, 2011, 31(1): 267-275.
- [15] 高凯, 周志翔, 杨玉萍, 李华. 基于 Ripley K 函数的武汉市景观格局特征及其变化. *应用生态学报*, 2010, 21(10): 2621-2626.
- [16] 熊利亚, 常斌, 周相广. 基于地理元胞自动机的土地利用变化研究. *资源科学*, 2005, 27(4): 38-43.
- [18] 黎夏, 刘小平. 基于案例推理的元胞自动机及大区域城市演变模拟. *地理学报*, 2007, 62(10): 1097-1109.
- [22] 汤洁, 汪雪格, 李昭阳, 毛子龙, 韩维峥, 徐小明. 基于 CA-Markov 模型的吉林省西部土地利用景观格局变化趋势预测. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2010, 40(2): 405-411.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 8 April, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Special Topics in Urban Ecosystems

- Guidelines and evaluation indicators of urban ecological landscape construction SUN Ranhao, CHEN Ailian, LI Fen, et al (2322)
- Research progress in the quantitative methods of urban green space patterns TAO Yu, LI Feng, WANG Rusong, et al (2330)
- Effects of land use change on ecosystem service value: a case study in Huaibei City, China ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (2343)
- Urban ecosystem complexity: an analysis based on urban municipal supervision and management information system DONG Rencai, GOU Yaqing, LIU Xin (2350)
- A case study of the effects of *in-situ* bioremediation on the release of pollutants from contaminated sediments in a typical, polluted urban river LIU Min, WANG Rusong, JIANG Ying, et al (2358)
- The pollution characteristics of Beijing urban road sediments REN Yufen, WANG Xiaoke, OUYANG Zhiyun, et al (2365)
- Effects of urban green pattern on urban surface thermal environment CHEN Ailian, SUN Ranhao, CHEN Liding (2372)
- Seasonal dynamics of airborne pollen in Beijing Urban Area MENG Ling, WANG Xiaoke, OUYANG Zhiyun, et al (2381)

Autecology & Fundamentals

- Impact of alpine meadow degradation on soil water conservation in the source region of three rivers XU Cui, ZHANG Linbo, DU Jiaqiang, et al (2388)
- Predicting the plant exposure to soil arsenic under varying soil factors XIAN Yu, WANG Meie, CHEN Weiping (2400)
- Attraction effect of different host-plant to Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* LI Chao, CHENG Dengfa, GUO Wenchao, et al (2410)
- Root decomposition and nutrient dynamics of *Quercus mongolica* and *Betula Platyphylla* JIN Beibei, GUO Qingxi (2416)
- The interaction of drought and slope aspect on growth of *Quercus variabilis* and *Platycladus orientalis* WANG Lin, FENG Jinxia, WANG Shuangxia, et al (2425)
- Effects of diameter at breast height on crown characteristics of Chinese Fir under different canopy density conditions FU Liyong, SUN Hua, ZHANG Huiru, et al (2434)
- Effects of temperature acclimation and acute thermal change on cutaneous respiration in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis*) XIAN Xuemei, CAO Zhendong, FU Shijian (2444)

Population, Community and Ecosystem

- Altitudinal pattern of plant species diversity in the Wulu Mountain Nature Reserve, Shanxi, China HE Yanhua, YAN Ming, ZHANG Qindi, et al (2452)
- Vegetation succession on Baishui No. 1 glacier foreland, Mt. Yulong CHANG Li, HE Yuanqing, YANG Taibao, et al (2463)
- The effects of *Spartina alterniflora* seaward invasion on soil organic carbon fractions, sources and distribution WANG Gang, YANG Wenbin, WANG Guoxiang, et al (2474)
- Community characteristics and soil properties of coniferous plantation forest monocultures in the early stages after close-to-nature transformation management in southern subtropical China HE Youjun, LIANG Xingyun, QIN Lin, et al (2484)
- Response of invasive plant *Flaveria bidentis* to simulated herbivory based on the growth and reproduction WANG Nannan, HUANGFU Chaohe, LI Yujin, et al (2496)
- Estimation of leaf area index of secondary *Betula platyphylla* forest in Xiaoxing'an Mountains LIU Zhili, JIN Guangze (2505)
- Optimal number of herb vegetation clusters: a case study on Yellow River Delta YUAN Xiu, MA Keming, WANG De (2514)
- Application of polychaete in ecological environment evaluation of Laizhou Bay ZHANG Ying, LI Shaowen, LÜ Zhenbo, et al (2522)
- Soil meso-and micro arthropod community diversity in the burned areas of *Pinus massoniana* plantation at different restoration stages YANG Daxing, YANG Maofa, XU Jin, et al (2531)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Temporal variety of boundary layer height over deep arid region and the relations with energy balance ZHANG Jie, ZHANG Qiang, TANG Congguo (2545)
- Analysis and forecast of landscape pattern in Xi'an from 2000 to 2011 ZHAO Yonghua, JIA Xia, LIU Jianchao, et al (2556)
- Spatio-temporal variation in the value of ecosystem services and its response to land use intensity in an urbanized watershed HU Hebing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (2565)

Resource and Industrial Ecology

- Household optimal forest management decision and carbon supply: case from Zhejiang and Jiangxi Provinces ZHU Zhen, SHEN Yueqin, WU Weiguang, et al (2577)
- Spatial variability characteristics of soil nutrients in tobacco fields of gentle slope based on GIS LIU Guoshun, CHANG Dong, YE Xiefeng, et al (2586)
- Method of determining the maximum leaf area index of spring maize and its application MA Xueyan, ZHOU Guangsheng (2596)

Urban, Rural and Social Ecology

- Morphological structure of leaves and dust-retaining capability of common street trees in Guangzhou Municipality LIU Lu, GUAN Dongsheng, CHEN Yongqin David (2604)

Research Notes

- Morphological responses to temperature, drought stress and their interaction during seed germination of *Platycodon grandiflorum* LIU Zigang, SHEN Bing, ZHANG Yan (2615)
- Effects of nutrients on the growth of the parasitic plant *Cuscuta australis* R. Br. ZHANG Jing, LI Junmin, YAN Ming (2623)

《生态学报》2013 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,探索自然奥秘,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,300 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

本期责任副主编 吕永龙

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 33 卷 第 8 期 (2013 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 8 (April, 2013)

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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元