

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第4期 Vol.32 No.4 2012

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 (SHENTAI XUEBAO)

第32卷 第4期 2012年2月 (半月刊)

目 次

围垦对南江东滩湿地大型底栖动物的影响.....	马长安,徐霖林,田伟,等 (1007)
基于 ArcView-WOE 的下辽河平原地下水生态系统健康评价	孙才志,杨磊 (1016)
京郊典型集约化“农田-畜牧”生产系统氮素流动特征	侯勇,高志岭,马文奇,等 (1028)
不同辐射条件下苹果叶片净光合速率模拟.....	高照全,冯社章,张显川,等 (1037)
藏北高原典型植被样区物候变化及其对气候变化的响应.....	宋春桥,游松财,柯灵红,等 (1045)
祁连山中段林草交错带土壤水热特征及其对气象要素的响应	唐振兴,何志斌,刘鹤 (1056)
祁连山青海云杉林冠生态水文效应及其影响因素.....	田风霞,赵传燕,冯兆东,等 (1066)
呼伦贝尔沙地樟子松年轮生长对气候变化的响应.....	尚建勋,时忠杰,高吉喜,等 (1077)
结合激光雷达分析上海地区一次连续浮尘天气过程.....	马井会,顾松强,陈敏,等 (1085)
福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系	田丰歌,徐兆礼 (1097)
香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状.....	张跃环,王昭萍,闫喜武,等 (1105)
东海原甲藻与中肋骨条藻的种间竞争特征.....	李慧,王江涛 (1115)
起始生物量比对3种海洋微藻种间竞争的影响.....	魏杰,赵文,杨为东,等 (1124)
不同磷条件下塔玛亚历山大藻氮的生态幅.....	文世勇,宋璐璐,龙华,等 (1133)
秦岭天然次生油松林冠层降雨再分配特征及延滞效应.....	陈书军,陈存根,邹伯才,等 (1142)
伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系——一种特殊的双峰分布格局.....	田中平,庄丽,李建贵 (1151)
濒危种四合木与其近缘种霸王水分关系参数和光合特性的比较.....	石松利,王迎春,周红兵,等 (1163)
干旱胁迫下黄土高原4种乡土禾草抗氧化特性	单长卷,韩蕊莲,梁宗锁 (1174)
施加角担子菌B6对连作西瓜土壤微环境和西瓜生长的影响	肖逸,王兴祥,王宏伟,等 (1185)
内蒙古典型草原区芨芨草群落适生生境.....	张翼飞,王炜,梁存柱,等 (1193)
盐渍化灌区土壤盐分的时空变异特征及其与地下水埋深的关系.....	管孝艳,王少丽,高占义,等 (1202)
黄土高原水蚀风蚀交错区坡地土壤剖面饱和导水率空间异质性.....	刘春利,胡伟,贾宏福,等 (1211)
松嫩平原玉米带农田土壤氮密度时空格局.....	张春华,王宗明,居为民,等 (1220)
小麦冬性强弱评价体系的建立.....	王鹏,张春庆,陈化榜,等 (1230)
唐家河自然保护区高山姬鼠和中华姬鼠夏季生境选择的比较.....	黎运喜,张泽钧,孙宜然,等 (1241)
西花蓟马在6种蔬菜寄主上的实验种群生命表	曹宇,郅军锐,孔译贤 (1249)
同位素富集-稀释法研究食性转变对鱼类不同组织N同位素转化率的影响	曾庆飞,谷孝鸿,毛志刚,等 (1257)
基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别.....	许文雯,孙翔,朱晓东,等 (1264)
珠三角城市绿地CO ₂ 通量的季节特征	孙春健,王春林,申双和,等 (1273)
污染场地地下水渗流场模拟与评价——以柘城县为例	吴以中,朱沁园,刘宁,等 (1283)
专论与综述	
湿地退化研究进展	韩大勇,杨永兴,杨杨,等 (1293)
绿洲农田氮素积累与淋溶研究述评	杨荣,苏永中,王雪峰 (1308)
问题讨论	
抗辐射菌 <i>Deinococcus radiodurans</i> 的多样性	屠振力,方俐晶,王家刚 (1318)
平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响	杨永胜,卜崇峰,高国雄 (1327)
研究简报	
祁连山典型灌丛降雨截留特征	刘章文,陈仁升,宋耀选,等 (1337)
野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法	喻梅,周守标,吴晓艳,等 (1347)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 348 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-02	



封面图说: 遗鸥群飞来——遗鸥意即“遗落之鸥”(几乎是最后才被发现的新鸥种,因此得名)。1931年,瑞典动物学家隆伯格撰文记述在中国额济纳采到了标本。1987年,中国的鸟类学家在鄂尔多斯的桃力庙获得了一对遗鸥的标本。1990年春夏之交,发现了湖心各岛上大量的遗鸥种群。近年来的每年夏季,大约全球90%以上的遗鸥都会到陕西省神木县境内的沙漠淡水湖-红碱淖上聚集。遗鸥——国家一级重点保护、CITES附录一物种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201012241838

许文雯, 孙翔, 朱晓东, 宗跃光, 李杨帆. 基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别. 生态学报, 2012, 32(4): 1264-1272.
Xu W W, Sun X, Zhu X D, Zong Y G, Li Y F. Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1264-1272.

基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别

许文雯¹, 孙翔^{1,*}, 朱晓东¹, 宗跃光², 李杨帆¹

(1. 污染控制与资源化研究国家重点实验室 南京大学环境学院; 2. 南京大学建筑与城市规划学院, 南京 210093)

摘要:在城市化程度较高,用地极为紧张的大都市,识别重要的生态斑块对其进行保留和修复不仅对控制大城市的过度扩张、提升城市品质、优化人居环境具有重要意义,也具有较强可操作性。以南京市主城区为例,在GIS技术的支撑下,(1)将景观阻力分析和网络分析相结合,定量表征研究区的潜在生态廊道,构建生态网络,寻找生态节点;(2)对城市中生态斑块的特殊服务功能进行分析,筛选出具备河流生态防护、隔离工业污染和居民休闲功能的生态斑块;(3)对生态斑块的规模进行分析,提取面积较大的斑块。综合分析后识别出7个重要的节点斑块,建议对其进行立法保护和修复,划定为永久绿地或永久生态空间,并对其建设方向提出意见。

关键词:地理信息系统;最短路径;生态网络;重要生态斑块识别;南京主城区

Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing

XU Wenwen¹, SUN Xiang^{1,*}, ZHU Xiaodong¹, ZONG Yueguang², Li Yangfan¹

1 State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210093, China

2 School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China

Abstract: In metropolises with high urbanization and being squeezed by a shortage of land available for urban development, it is of great significance to recognize important ecological nodes to designate as protected areas for controlling urban sprawl, and enhancing urban quality of life. In this study, ecological networks analysis has been designed, developed and tested with GIS technique for recognition of important ecological nodes. This paper applies this method to a model of urban district of Nanjing. The procedure was described as follows: (1) the potential ecological networks and ecological nodes were recognized using landscape resistance analysis and network analysis; (2) next, the ecological patches with high special service functions, such as those can protect rivers, provide recreational space, and mitigate industrial pollution, along the recognized potential ecological networks or around ecological nodes were screened; (3) finally, the ecological patches with high special service functions greater than a certain size were selected. The results showed that 7 important eco-patches were recommended to designate as permanent green space by law. Furthermore, some suggestion were given to guide the protection of the 7 important eco-patches in the correct direction.

Key Words: GIS; least-cost path; ecological network; recognition of important ecological nodes; urban district of Nanjing

城市的生态斑块是城市生态系统的重要载体,是衡量一个城市文明进步和可持续发展能力的重要指

基金项目:国家自然科学基金项目(40976021, 40901081); 国家863高技术研究发展计划项目(2007AA12Z235); 江苏省太湖治理科研课题(TH2010301); 住房和城乡建设部2009年科学技术项目计划(2009-R2-40)

收稿日期:2010-12-24; 修订日期:2011-07-19

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: njusunxiang@sina.com

标^[1],然而近年来,产业的集聚和城市规模的扩大给城市生态环境带来了一系列的负面影响,随着中国城市化进程的明显加快,各地城市均出现了程度不一的生态破坏问题^[2-3],如包括绿地和水域湿地的生态斑块的减少和破碎化程度的增加。在这样一个大背景下,生态学家和规划者开始提倡通过规划和建设城市生态网络来维持和增加生态斑块之间的连接^[4-7],减少城市绿地的破碎化,保留生态空间,提升城市品质。

城市生态网络建设的实质就是以植被带、河流和农田为主,通过线性廊道将城市中分散孤立的各种类型生态斑块联系起来,形成“点-线-面”结合的自然、多样、高效、有一定自我调节能力的完整的城市自然生态体系,维护城市生态系统的空间格局^[8-10]。国外许多国家经过多年实践,都形成了较为成熟的规划模式和操作流程,为后期的城市生态网络规划提供了很好的参考价值,中国的系统性生态网络规划虽然起步较晚,也很大范围内进行着相似的规划活动,如通过定性分析进行的五大水系生态廊道工程和三北防护林工程,上海、扬州等城市的环城绿带及城市森林生态网络规划,南京和北京等城市的绿地系统规划等^[11];采用一些技术方法定量的对城市生态建设和绿地系统规划等方面进行的有效探索^[11-14]等,主要集中在生态廊道构建和绿地系统规划等方面,也形成了较为成熟的体系。

然而,对北京、上海、南京这样城市城市化率较高,用地极为紧张的地区而言,进行大规模的生态建设,是不适宜的。充分利用原有的生态资源基础,筛选出对城市具有较强服务功能潜在的重要生态斑块,构建相互联系的绿地系统^[15],以生态保护、生态修复为主要手段进行生态建设更具可行性,也是开展生态建设中极为迫切的工作。

南京生态景观多样,动植物资源丰富,生态基础较好。然而近年来景观格局上总体呈现破碎化趋势,城市扩展前沿的主城区生态空间数量和质量严重下降^[16]。南京城市扩张与生态空间破坏的矛盾现实为本研究提供了鲜活的素材。除目前一些被规划和法律保护的生态斑块,如玄武湖、紫金山外,南京主城区还有一些公园、绿地广场、防护绿地等对城市生态建设极为重要的生态斑块面临着被建设用地蚕食的境况。因此,筛选出重要的生态斑块和节点进行相关建设和保护,对防止城市过渡蔓延、保留生态空间、提升绿色人居环境有着重要意义。本文在 GIS 空间分析技术的支撑下,以南京主城区为例,在考虑不同生态斑块间的距离与景观阻力的基础上,采用最小路径方法,构建生态网络,结合城市中生态斑块的特殊服务功能如生态防护、居民休闲、隔离工业污染等以及斑块规模识别出目前尚未被法律严格保护的重要生态节点,提出保护和修复建议,以期为城市建设者和规划者进行绿地系统规划提供相关依据。

1 研究区概况

南京地处长江中下游平原东部的苏皖两省交界处,江苏省西南部,为江苏省会。水资源丰富,水域面积占总面积的 14.4%;属于北亚季风气候,已建成自然保护区和具有自然保护区功能的风景名胜区、森林公园众多,良好的自然生态条件与古今文明共同构成丰富多样的自然与人文景观类型^[17-18]。

2004 年,南京提出了“实施绿色南京战略,建设生态市”的战略决策,生态城市建设也取得了一定的进展。然而近几年城市规模的快速扩张以及高强度发展,使得原有生态空间受到挤压^[16],南京主城区“山、水、城、林”,钟山余脉逶迤入城的空间特色严重破坏;历史城市的审美文化被割断,地理格局也已经支离破碎,古都风貌难以体现,阻碍了南京生态城市创建目标的实现^[19]。

本次研究区域为南京主城区(绕城公路以内),加上与其相邻的长江河段,共约 316 km²的区域(图 1)。

2 数据与方法

2.1 数据来源与预处理

本文基于 2009 年规划部门提供的土地利用/覆盖现状图,对比高精度遥感影像图并进行实地踏勘后,数字化得到 2010 年土地利用现状矢量图,为便于进一步对其进行分析,利用 ArcGIS9.3 空间查询功能,将用地类型划分为生态用地和非生态用地两大类,其中生态用地又分为风景园林、公园广场绿地、生态防护绿地、道路绿地和河流水域(图 2)。

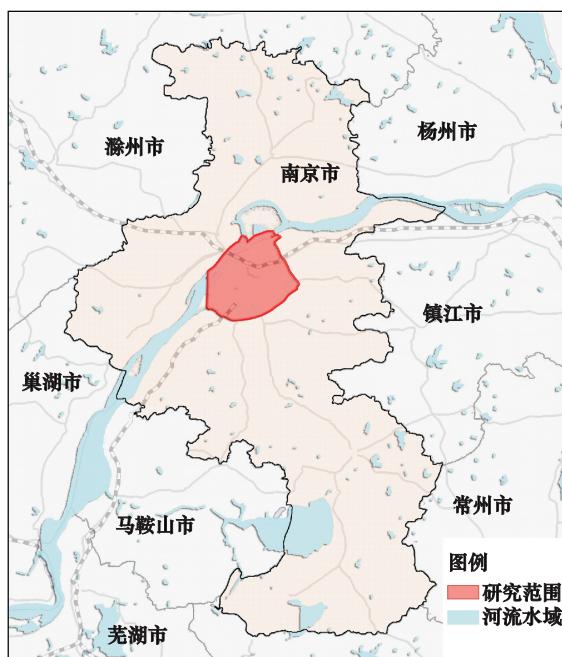


图1 研究范围示意图

Fig. 1 Research Scope

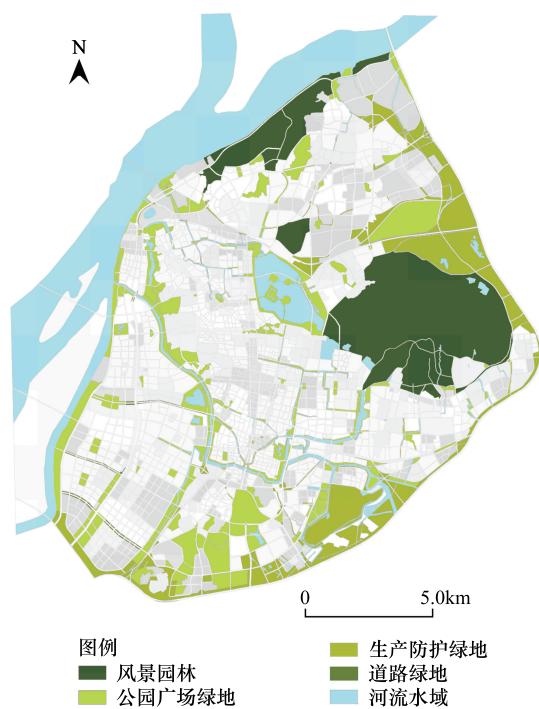


图2 现状生态用地分布图

Fig. 2 Spatial distribution of ecological patches

2.2 技术路线

本文首先将南京主城区已被法律保护的生态斑块筛选出来,作为生态源地构建主城区生态网络,识别生态节点。结合城市生态用地特殊的服务功能,如生态保护、居民休闲、隔离工业污染等进行分析,并基于斑块面积筛选未被保护的生态斑块,三者取交集,识别潜在的重要生态斑块。技术路线详见图3。

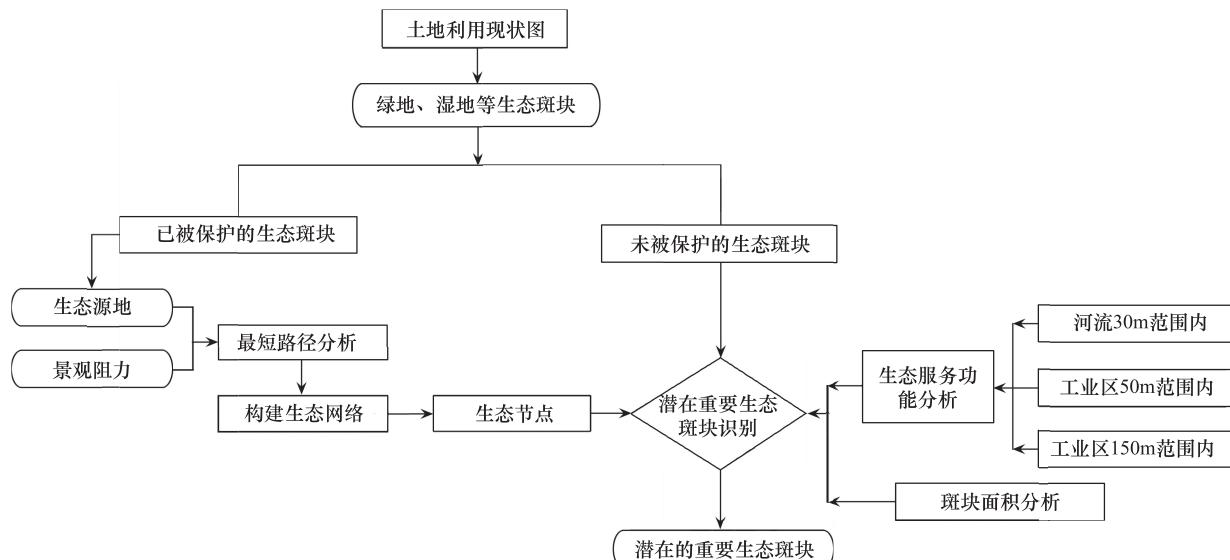


图3 技术路线图

Fig. 3 Technological route

2.3 生态网络构建

本文基于最短路径法构建生态廊道,即基于景观阻力采用最小累积阻力模型生成潜在生态廊道。

最小累积阻力模型是指物种在从源到目的地运动过程中所需耗费代价的模型,它最早由 Knaapen 于 1992 年提出^[20],后经国内陈利顶、俞孔坚等^[21-23]多位专家修改后公式如下:

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i) \quad (1)$$

式中, MCR 是被称之为最小累积阻力值, D_{ij} 表示物种从源 j 到景观单元 i 的空间距离; R_i 表示景观单元 i 对某物种运动的阻力系数。

最小累积阻力模型虽起源于物种扩散过程的研究,但并不局限于特定的具体的生态过程,近些年来该模型已经应用到了模拟城市土地适宜性评价^[24]、城市道路交通分析^[25-26]、居民出行研究^[27]以及城市绿地系统规划^[1, 11]中。

采用该方法构建城市生态网络主要步骤如下:

(1) 选择生态源地

基于生态空间理论,源是景观中促进景观过程发展的景观组分,具有一定的空间拓展性和连续性,生态源地是物质、能量甚至功能服务的源头或汇集处^[28],如:森林、公园、开敞绿地,湖泊等地。本文将南京主城区已被法律保护的生态用地划分为 13 个斑块,作为生态网络构建的生态源地,面积共 97.4 km²,占研究区总面积的 31% (图 4)。

(2) 景观阻力分析

潜在的生态网络是由源或目标的质量、源与目标之间不同土地利用类型的景观阻力决定的^[19-20]。不同生态源地之间景观流的空间运行要克服一定的景观阻力才能实现,对不同的土地利用类型其景观阻力值不同。

植被群落特征如覆盖率、类型、建立时间和人为干扰强度等对于生态流的迁移和生境适宜性起着决定性的作用^[29],其中以植被覆盖率和人为干扰强度为主,一般情况下,建设用地植被覆盖率最低,人为干扰强度最大,河流水域认为干扰强度较小,但植被覆盖率也低且不利于动植物迁徙;绿地系统中以风景园林植被覆盖率最高、人为干扰强度最小。

本文采用孔繁华、尹海伟等学者的研究成果^[11],道路景观阻力赋值 300,河流水域赋值 500,建设用地赋值 1000,绿地系统赋值为 0.7—20(表 1)。

根据不同用地类型的景观阻力,在 ArcGIS 9.3 中根据表 1,对各经管类型分别赋值生成研究景观阻力图。

表 1 各景观类型的耗费成本值

Table 1 The cost values of different landscapes

景观类型 Landscapes	风景园林 Landscape architecture	公园,广场绿地 Park plaza	防护绿地 Green buffer	道路绿地 Road green space	交通用地 Roads	河流水域 Lakes/Rivers	建设用地 Construction land
景观阻力 Cost	0.3	7	8	20	300	500	1000

根据不同用地类型的景观阻力,在 ArcGIS 9.3 中根据表 1,对各经管类型分别赋值生成研究景观阻力图。

(3) 基于最短路径构建生态网络

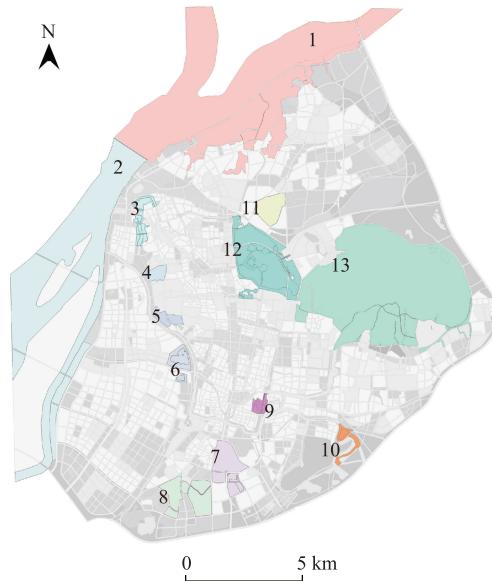


图 4 现状生态用地分布图

Fig. 4 Spatial distribution of the ecological land that has been legally protected

图中编号 1—13 为 3.1 节中的 13 个生态源地

生态网络由斑块节点和将其相连的廊道构成,廊道是生态网络中相当特殊的元素,可同时起着分割与联系的功能,由于廊道有无断开是确定信道与屏障功能效率的重要因素^[30],基于廊道的连通度以及功能随着与节点距离增加而衰减的特性,采用累积耗费距离模型,根据最短路径方法,计算构建生态廊道。

最短路径功能是来计算并显示从目标点到源的最短路径或最小成本路径,该路径是生物物种迁移与扩散的最佳路径,可以有效避免外界的各种干扰。计算原理见公式①。根据最短路径方法,源地之间两两生成廊道,一共可得到 C_{13}^2 即 78 条廊道,去除重复廊道,可得南京主城区廊道结构(图 5a)。

(4) 识别生态节点

生态节点是指在景观空间中,连接相邻生态源,并对生态流运行起关键作用的点,一般分布于生态廊道上生态功能最薄弱处。生态节点的建设将有效地提高区域景观整体的连通程度,促进生态功能的健康循环。在一定景观介质表面上,生态节点为廊道的相交点或转折点。

2.4 城市生态服务功能分析

城市生态系统具有提供自然环境的娱乐、美学、社会文化科学、教育、精神和文化的价值。对于城市而言,生态斑块更多的是作为城市的“蓝”、“绿”空间以及人为背景下相对自然的生态系统,不仅是重要的城市居民的休闲娱乐场所,而且对城市的生态环境具有非常重要的调节和缓冲作用,也是隔离工业污染的重要方式^[31-32]。考虑到生态斑块在城市中特殊的服务功能,本研究基于其对居民而言的休闲娱乐功能、对城市河流的生态防护功能以及隔离工业污染功能。

根据《城市绿化规划建设指标的规定》(1994),城市内河、海、湖等水体旁的防护林宽度不应少于 30 m,产生有害气体及污染工厂应根据国家标准设立不少于 50 m 的防护带。居民步行速率为 0.8 m/s,步行时间 10 min 左右为较为舒适。对于居民休闲,散步速率越低越好,取散步速率为正常步行的三分之一,因此居民到休闲区的距离不宜大于 150 m。利用 GIS 的空间分析功能筛选距离河流 30 m 之内、工业区 50 m 之内、以及居民区 150 m 之内的生态斑块(图 5b)。

2.5 斑块面积分析

对南京这样城市化率较高,城市建设用地面积极为紧张的城市来说,在进行城市生态系统性建设时,对现有生态斑块的保护必须有所取舍。本文引入主成分分析法的思想,将未被保护的生态斑块按面积大小排序为 A_1, A_2, \dots, A_n , S_n 为这些斑块的总面积,当前 m 个斑块的面积和 S_m 达到 S_n 的 80%,则将这 m 个斑块筛选出来,作为待保留的生态斑块(图 5c)。

3 结果分析与讨论

3.1 生态源地筛选结果

南京主城区生态用地较多,面积约为 108 km²占主城区总面积的 34%,可见南京的生态用地覆盖率还是比较高的,主要可分为风景园林、公园广场绿地、生产防护绿地、道路绿地和水域,具体分布如图 3。

南京目前被规划和法律保护的生态斑块主要为玄武湖、紫金山、幕府山等重要的绿地和实地斑块,将其划分为 13 个生态源地(具体布局如图 4):

- 1) 长江北半段、幕府山风景区及相邻公园、景区、水域。
- 2) 长江南半段及相邻公园、绿地、水域。
- 3) 阅江楼景区、八字山公园及相邻绿地、水域。
- 4) 牡丹园。
- 5) 国防园和清凉山公园。
- 6) 莫愁湖、南湖公园。
- 7) 雨花台景区、花神湖及相邻公园、绿地水域。
- 8) 菊花台公园。
- 9) 白鹭洲公园、清水塘及相邻绿地、水域。

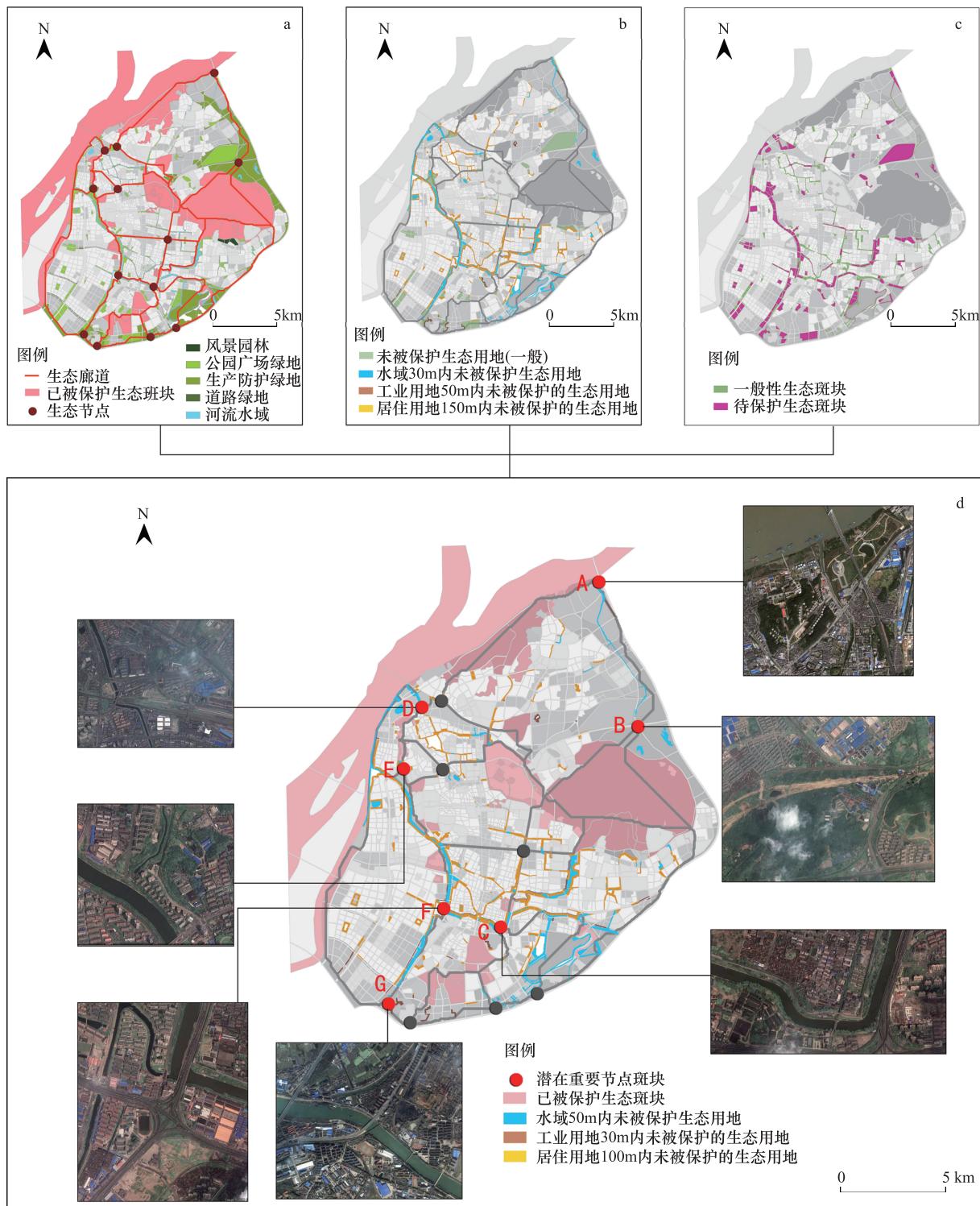


图 5 尚未被法律保护的重要节点斑块图

Fig. 5 Spatial distribution of important ecological nodes that have not been legally protected

a 为生态节点识别图, b 为基于生态服务功能的生态斑块识别, c 为基于面积的生态斑块识别, d 为重要节点斑块识别结果

10) 生态湿地公园及相邻绿地、水域。

11) 玄武湖公园及相邻绿地、水域。

12) 红山森林。

13)中山陵园风景区、月牙湖公园等。

3.2 生态网络分析

(1)生态廊道分析

由图5a可以看出,研究区域内,长江段和南京主城区内的紫金山、玄武湖是最主要的生态源地,地块大且集中,在整个南京市主城区的生态网络体系中是最重要的生态斑块。潜在的生态廊道大多沿重要的河流和山体敷设,且大致呈现内外双环状。

(2)生态节点分析

由图5a可以看出,生态节点大致沿廊道敷设,且大部分现状为生态用地,现状多为广场公园或防护绿地。

3.3 重要生态斑块筛选结果分析

除了13个已被法律严格保护的生态节点外,通过以上方法,本文共筛选出7个待保护的生态斑块。由图5d可以看出,目前需要保留并修复的重要节点主要分布于秦淮河沿线以及绕城公路沿线,因此,通过对秦淮河和绕城公路沿线绿地这两条主要的生态廊道的保留和建设来实现。

3.4 生态保护与修复

筛选出的重要节点目前虽然是生态用地,但是尚未得到法律保护。它们不仅是廊道的交点,而且对城市而言也有提升城市生态价值、改善人居环境、隔离工业区等作用,因此,在今后的城市绿地建设中,建议立法将其保护或者划分为城市的永久绿地。另外,在需要保留的重点保护和修复节点中,不同的节点也将起着不同的作用,可根据其所处的不同地理位置特征进行不同方式的保护和修复(表2)。

表2 重要生态节点建设建议表

Table 2 Suggestions for building important ecological nodes

重要节点编号 Numble of important nodes	所处位置 Location	保护和建设方向 Key points for protection and construction
A、G	绕城公路沿线、距离工业区30m范围内	生产防护绿地
E	居民区100 m范围内	公园等公共绿地
C、D、F	居民区100 m范围内、河流沿岸	湿地公园等具有防护功能的公共绿地
B	河流50 m保护区内	保护区,禁止开发

4 结论

(1)对南京这样城市建设用地极为紧张的大都市而言,大规模进行城市生态建设是不实际的,因此充分利用现有自然生态斑块进行有选择性的保留和修复是经济可行的。

(2)城市生态网络的构建有助于形成稳定的绿地结构,具有控制城市盲目扩张、保留南京绿色生态形象的作用^[33]。本文将生态网络引入到重要生态斑块的筛选中,并综合考虑生态保护需求、居民休闲需求、隔离工业污染需求等方面选取面积较大的生态斑块作为南京市生态网络构建的重要生态节点斑块。

(3)通过生态网络的构建,筛选出重要的生态节点进行保留和修复,对于大城市,特别是城市化扩展前沿的主城区而言,对保留城市的生态空间,改善人居环境,提升城市形象具有重要的现实意义,也为城市规划者和建设者开展生态城市建设工作提供了参考。对潜在重要的生态斑块的建设上,可以参考扬州对瘦西湖旁绿地的建设模式,以人大常委会立法形式对城市绿地进行永久性保护,将城市绿色巩固下来,防止城市建设侵占绿色空间。

(4)当然,本研究还存在以下不足:本文的研究重点是基于生态网络分析筛选潜在的重要生态斑块,使得生态建设更具系统性和可行性。考虑到了居民休闲、隔离工业污染、生态防护、斑块面积等因素,并未对斑块的质量、破碎程度等因素加以考量;重点在潜在生态斑块节点的筛选方法上,对保留和修复实施过程中可能遇到的问题及解决途径仍需要进一步加强。

References:

- [1] Xiong T Q. Study on Urban Green Construction and Management Based on 3S Technology. Shanghai: East China Normal University, 2007.
- [2] Gao C, Zhu J Y, Dai K W, Gao S, Dou Y J. Impact of rapid urbanization on water quality and related mitigation options in Taihu Lake area. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(6): 746-750.
- [3] Reinelt L, Horner R, Azous A. Impacts of urbanization on palustrine wetlands-research and management in the Puget Sound Region. *Urban Ecosystems*, 2005, (2): 219-236.
- [4] Walker R, Craighead L. Analyzing wildlife movement corridors in Montana using GIS. Presented at the 1997 ESRI Users Conference. <http://www.wildlands.org/corridor/lpcor.htm1>.
- [5] Noss R F. A regional landscape approach to maintain diversity. *BioScience*, 1983, 33(11): 700-706.
- [6] Paetkau D, Waits L P, Clarkson P L, Craighead L, Vyse E, Ward R, Strobeck C. Variation in genetic diversity across the range of North American brown bears. *Conservation Biology*, 1998, 12(2): 418-429.
- [7] Liu B Y, Wang P. Green space ecological network planning: evolution and research frontier in China. *Chinese Landscape Architecture*, 2010, 26(3): 1-4.
- [8] Chen S, Wang J, Zhan Z Y. Study on ecological landscape and its integration with the city form. *Progress in Geography*, 2004, 23(5): 67-77.
- [9] Han B P. Progresses on the analysis of econetwork. *Chinese Journal of Ecology*, 1993, 12(6): 41-45.
- [10] Qi R H, Xiong S D. Assessment of the current status & planning of the green space system of Chongming Island using landscape metrics and network analysis methods. *Ecological Science*, 2007, 26(3): 208-214.
- [11] Kong F H, Yin H W. Developing green space ecological networks in Jinan City. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 1711-1719.
- [12] Hargrove W W, Hoffman F M, Efroymson R A. A practical map-analysis tool for detecting potential dispersal corridors. *Landscape Ecology*, 2004, 20(4): 361-373.
- [13] Forman R T T, Godron M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley and Sons, 1986.
- [14] Yue D P, Wang J P, Liu Y B, Li H L, Xie H C, Wang D M. Landscape pattern optimization based on RS and GIS in Northwest of Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(11): 1223-1231.
- [15] Tian G X. Studies of theory and method of landscape planning of urban green space. Beijing: China Agricultural University, 2004.
- [16] Chen S, Liu Y X, Peng L H. Dynamics of urban ecological space evolution and policy responses: a case study of Nanjing City. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5): 2270-2278.
- [17] Jin T. Preservation of nature landscape in Nanjing. *Planners*, 2003, 19(4): 88-90.
- [18] Yao Y F. Essential geography landscapes and ecological culture in Nanjing. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(6): 677-686.
- [19] Han Y, Yu L, Wang X. Practice of eco-city's construction in Nanjing. *Modern Urban Research*, 2009, (7): 86-90.
- [20] Kaaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating habitat isolation in landscape. *Landscape and Urban Planning*, 1992, 23(1): 12-16.
- [21] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(1): 8-15.
- [22] Chen L D, Fu B J, Xu J Y, Gong J. Location-weighted landscape contrast index: a scale independent approach for landscape pattern evaluation based on "Source-Sink" ecological processes. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2406-2413.
- [23] Li X Y, Ma K M, Fu B J, Niu S K. The regional pattern for ecological security (RPES): designing principles and method. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 1055-1062.
- [24] Liu X F, Shu J M, Zhang L B. Research on applying minimal cumulative resistance model in urban land ecological suitability assessment: as an example of Xiamen City. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(2): 421-428.
- [25] Wang X F, Jia L. Research on shortest path searching for urban traffic network based on GIS. *Computer and Modernization*, 2005, (3): 9-12.
- [26] Ni A N, Juan Z C, Gao L J. An overview of research on parallel shortest path algorithm in transportation network. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2006, 23(12): 128-132.
- [27] Yang X M, Wang W, Ma W T. GIS-based public transit passenger route choice model. *Journal of Southeast University: Natural Science Edition*, 2000, 30(6): 87-91.
- [28] Chen L D, Fu B J, Zhao M W. Source-sink landscape theory and its ecological significance. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1444-1449.
- [29] Matthws M J, O'Conner S, Cole R S. Database for the New York State urban wildlife habitat inventory. *Landscape and Urban Planning*, 1988, 15(1/2): 23-37.
- [30] Fu B J, Chen L X, Ma K M, Wang Y L. The Application of Theory of Landscape Ecology. Beijing: Science Press, 2001.
- [31] Li S Y, Gao L, Wei Q H, Yu B. Study on the essence of ecotourism. *Journal of Beijing Forestry University: Social Sciences*, 2005, 4(3):

24-30.

- [32] Wang J H, Lu X G, Jiang M. Evaluation of ecosystem services of Park of Nanhu Lake in Changchun City, China. *Wetland Science*, 2007, 5(2): 159-165.
- [33] Li Z, Liu J Y, Zhang B C, Li H Y. Eco-evolutionary analysis of Guangzhou suburban landscape. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(6): 633-638.

参考文献:

- [1] 熊铁群. 3S 技术在城市绿地建管中的应用研究. 上海: 华东师范大学, 2007.
- [2] 高超, 朱继业, 戴科伟, 高松, 窦贻俭. 快速城市化进程中的太湖水环境保护: 困境与出路. *地理科学*, 2003, 23(6): 746-750.
- [7] 刘滨谊, 王鹏. 绿地生态网络规划的发展历程与中国研究前沿. *中国园林*, 2010, 26(3): 1-4.
- [8] 陈爽, 王进, 詹志勇. 生态景观与城市形态整合研究. *地理科学进展*, 2004, 23(5): 67-77.
- [9] 韩博平. 生态网络分析的研究进展. *生态学杂志*, 1993, 12(6): 41-45.
- [10] 戚仁海, 熊斯顿. 基于景观格局和网络分析法的崇明绿地系统现状和规划的评价. *生态科学*, 2007, 26(3): 208-214.
- [11] 孔繁花, 尹海伟. 济南城市绿地生态网络构建. *生态学报*, 2008, 28(4): 1711-1719.
- [14] 岳德鹏, 王计平, 刘永兵, 李海龙, 谢怀慈, 王冬梅. GIS 与 RS 技术支持下的北京西北地区景观格局优化. *地理学报*, 2007, 62(11): 1223-1231.
- [15] 田国行. 城市绿地景观规划的理论与方法. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [16] 陈爽, 刘云霞, 彭立华. 城市生态空间演变规律及调控机制——以南京市为例. *生态学报*, 2008, 28(5): 2270-2278.
- [17] 金汤. 南京城市山水景观状况与保护. *规划师*, 2003, 19(4): 88-90.
- [18] 姚益锋. 南京古都景观核心和生态文化研究. *地理学报*, 2009, 64(6): 677-686.
- [19] 韩颖, 于玲, 汪忻. 南京市生态城市建设实践思考. *现代城市研究*, 2009, (7): 86-90.
- [21] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. *生态学报*, 1999, 19(1): 8-15.
- [22] 陈利顶, 傅伯杰, 徐建英, 巍杰等. 基于“源-汇”生态过程的景观格局识别方法——景观空间负荷对比指数. *生态学报*, 2003, 23(11): 2406-2413.
- [23] 黎晓亚, 马克明, 傅伯杰, 牛树奎. 区域生态安全格局: 设计原则与方法. *生态学报*, 2004, 24(5): 1055-1062.
- [24] 刘孝富, 舒俭民, 张林波. 最小累积阻力模型在城市土地生态适宜性评价中的应用——以厦门为例. *生态学报*, 2010, 30(2): 421-428.
- [25] 王行风, 贾凌. GIS 支持下的城市交通网络最短路径研究. *计算机与现代化*, 2005, (3): 9-12.
- [26] 倪安宁, 隽志才, 高林杰. 交通网络最短路径并行算法研究综述. *公路交通科技*, 2006, 23(12): 128-132.
- [27] 杨新苗, 王炜, 马文腾. 基于 GIS 的公交乘客出行路径选择模型. *东南大学学报: 自然科学版*, 2000, 30(6): 87-91.
- [28] 陈利顶, 傅伯杰, 赵文武.“源”“汇”景观理论及其生态学意义. *生态学报*, 2006, 26(5): 1444-1449.
- [30] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001.
- [31] 李淑艳, 高岗, 魏庆华, 于波等. 对生态旅游的本质探讨. *北京林业大学学报: 社会科学版*, 2005, 4(3): 24-30.
- [32] 王建华, 吕宪国, 姜明. 长春市南湖公园生态服务价值评估. *湿地科学*, 2007, 5(2): 159-165.
- [33] 李贞, 刘静艳, 张宝春, 李海燕. 广州市城郊景观的生态演化分析. *应用生态学报*, 1997, 8(6): 633-638.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 4 February, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat	MA Chang'an, XU Linlin, TIAN Wei, et al (1007)
Ecological health assessment of groundwater in the lower Liaohe River Plain using an ArcView-WOE technique	SUN Caizhi, YANG Lei (1016)
Nitrogen flows in intensive “crop-livestock” production systems typically for the peri-urban area of Beijing	HOU Yong, GAO Zhiling, MA Wenqi, et al (1028)
The simulation of leaf net photosynthetic rates in different radiation in apple canopy	GAO Zhaoquan, FENG Shezhang, ZHANG Xianchuan, et al (1037)
Phenological variation of typical vegetation types in northern Tibet and its response to climate changes	SONG Chunqiao, YOU Songcai, KE Linghong, et al (1045)
Soil moisture and temperature characteristics of forest-grassland ecotone in middle Qilian Mountains and the responses to meteorological factors	TANG Zhenxing, HE Zhibin, LIU Hu (1056)
Eco-hydrological effects of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) canopy and its influence factors in the Qilian Mountains	TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (1066)
Response of tree-ring width of <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> to climate change in Hulunbuir sand land, China	SHANG Jianxun, SHI Zhongjie, GAO Jixi, et al (1077)
Analysis of a dust case using lidar in Shanghai	MA Jinghui, GU Songqiang, CHEN Min, et al (1085)
Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses	TIAN Fengge, XU Zhaoli (1097)
Phenotypic traits of both larvae and juvenile <i>Crasstrea hongkongensis</i> and <i>C. gigas</i>	ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (1105)
Inter-specific competition between <i>Prorocentrum donghaiense</i> and <i>Skeletonema costatum</i>	LI Hui, WANG Jiangtao (1115)
Effects of initial biomass ratio on the interspecific competition outcome between three marine microalgae species	WEI Jie, ZHAO Wen, YANG Weidong, et al (1124)
On the ecological amplitude of nitrate of <i>Alexandrium tamarensis</i> at different initial phosphate concentrations in laboratory cultures	WEN Shiyong, SONG Lili, LONG Hua, et al (1133)
Time lag effects and rainfall redistribution traits of the canopy of natural secondary <i>Pinus tabulaeformis</i> on precipitation in the Qinling Mountains, China	CHEN Shujun, CHEN Cungen, ZOU Bocai, et al (1142)
The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern	TIAN Zhongping, ZHUANG Li, LI Jiangui (1151)
Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant <i>Tetraena mongolica</i> Maxim. and the closely related <i>Zygophyllum xanthoxylon</i> (Bunge) Maxim.	SHI Songli, WANG Yingchun, ZHOU Hongbing, et al (1163)
Antioxidant properties of four native grasses in Loess Plateau under drought stress	SHAN Changjuan, HAN Ruilan, LIANG Zongsuo (1174)
The effects of the addition of <i>Ceratobasidium stevensii</i> B6 and its growth on the soil microflora at a continuously cropped water-melon (<i>Citrullus lanatus</i>) site in China	XIAO Yi, WANG Xingxiang, WANG Hongwei, et al (1185)
Suitable habitat for the <i>Achnatherum splendens</i> community in typical steppe region of Inner Mongolia	ZHANG Yifei, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1193)
Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district	GUAN Xiaoyan, WANG Shaoli, GAO Zhanyi, et al (1202)
Spatial heterogeneity of soil saturated hydraulic conductivity on a slope of the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau	LIU Chunli, HU Wei, JIA Hongfu, et al (1211)
Spatial and temporal variations of total nitrogen density in agricultural soils of the Songnen Plain Maize Belt	ZHANG Chunhua, WANG Zongming, JU Weimin, et al (1220)
The evaluation system of strength of winterness in wheat	WANG Peng, ZHANG Chunqing, CHEN Huabang, et al (1230)
A comparison of summer habitats selected by sympatric <i>Apodemus chevrieri</i> and <i>Apodemus draco</i> in Tiangjiahe Nature Reserve, China	LI Yunxi, ZHANG Zejun, SUN Yiran, et al (1241)
Life tables for experimental populations of <i>Frankliniella occidentalis</i> on 6 vegetable host plants	CAO Yu, ZHI Junrui, KONG Yixian (1249)
Effect of diet switch on turnover rates of tissue nitrogen stable isotopes in fish based on the enrichment-dilution approach	ZENG Qingfei, GU Xiaohong, MAO Zhigang, et al (1257)
Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing	XU Wenwen, SUN Xiang, ZHU Xiaodong, et al (1264)
Seasonal characteristics of CO ₂ fluxes above urban green space in the Pearl River Delta, China	SUN Chunjian, WANG Chunlin, SHEN Shuanghe, et al (1273)
Simulation and evaluation of groundwater seepage in contaminated sites: case study of Tuocheng County	WU Yizhong, ZHU Qinyuan, LIU Ning, LU Genfa, DAI Mingzhoet al (1283)
Review and Monograph	
Recent advances in wetland degradation research	HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, LI Ke (1293)
A review concerning nitrogen accumulation and leaching in agro-ecosystems of oasis	YANG Rong, SU Yongzhong, WANG Xuefeng (1308)
Discussion	
The diversity of the radio-resistant bacteria <i>Deinococcus radiodurans</i>	TU Zhenli, FANG Lijing, WANG Jiagang (1318)
Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of <i>Caragana korshinskii</i>	YANG Yongsheng, BU Chongfeng, GAO Guoxiong (1327)
Scientific Note	
Characteristics of rainfall interception for four typical shrubs in Qilian Mountain	LIU Zhangwen, CHEN Rensheng, SONG Yaoxuan, et al (1337)
Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild <i>Cryptotaenia japonica</i>	YU Mei, ZHOU Shoubiao, WU Xiaoyan, et al (1347)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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 70 元/册,全年定价 1680 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 32 卷 第 4 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 4 2012

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

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:1000717

印 刷 北京北林印刷厂
行 销 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563

订 购 国外发行
E-mail:journal@cspg.net
全国各地邮局
中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营
许 可 证
京海工商广字第 8013 号

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

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China

ISSN 1000-0933
9 771000093125
0 4 >