

北京市域生态敏感性综合评价

颜 磊¹, 许学工^{1,*}, 谢正磊¹, 李海龙²

(1. 北京大学城市与环境学院, 地表过程分析与模拟教育部重点实验室; 2. 北京大学景观设计学研究院, 北京 100871)

摘要:区域生态敏感性评价对于制定区域环境政策,有效进行环境管理具有重要作用。在综述当前生态敏感性评价研究的基础上,综合考虑自然和人文两大类影响因子,构建了反映对水土流失、河流水量水质、土地沙化、泥石流、采矿、路网、濒危物种不同敏感程度的7个指标,运用地理信息系统和遥感技术,综合分析和评价了北京市域生态敏感性程度及其空间分布状况。结果表明,高生态敏感区主要有两类,分别分布于北京东北-西南走向的山区-平原过渡地带和永定河、潮白河、北运河、大石河河岸带,此外,大兴南部也有集中分布。中敏感区除分布于上述高敏感区外围以外,还集中分布于怀柔中部的红螺山、云蒙山地区和门头沟妙峰山地区。不敏感区则主要集中在怀柔、延庆的北部山区,其余地区为低敏感区。敏感性程度的空间变化基本规律是:在山区,从平原-山区过渡地带沿西北方向朝低山区和中山区衰减,在平原,则沿河道两侧向外围衰减。在评价的基础上,尝试提出了环境保育和生态建设的相关对策。

关键词:生态敏感性;综合评价;空间分析;北京市

文章编号:1000-0933(2009)06-3117-09 中图分类号:Q149, Q988, X171 文献标识码:A

Integrated assessment on ecological sensitivity for Beijing

YAN Lei¹, XU Xue-Gong^{1,*}, XIE Zheng-Lei¹, LI Hai-Long²

1 School of Urban and Environmental Science, Peking University, The Key Laboratory for Earth Surface Processes, Ministry of Education, Beijing 100871, China

2 Graduate School of Landscape Architecture, Peking University, Beijing 100871, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6): 3117 ~ 3125.

Abstract: Regional ecological sensitivity analysis is an effective tool for making regional environmental policies and environmental management. Literature review indicates that more physical-driving factors than human-driving factors are considered in ecological sensitivity assessment. Our future environment will be consisted largely of human-dominated ecosystems; human activities and anthropogenic impacts are especially important in environmental research. In order to integrate both physical and human driving factors, 7 indices, such as water-caused soil erosion, water quantity and quality of rivers, land sandification, debris flow, mining, road density, and the habitats of endangered species, are selected for ecological sensitivity assessment. Using GIS and RS techniques, the author analyzes the ecological sensitivity degrees and their spatial distributions in Beijing. The results show that high ecological sensitivity regions have two types: one is located in the transition-belt from northeastern to southwestern Beijing, which is between plain and mountain regions in Beijing; the other is distributed along the riparian zones of Yongding River, Chaobai River, North Canal, and Dashi River; and the southern parts of Daxing are also included. Moderate-ecological sensitive regions are distributed around the high sensitive regions peripherally and also distributed in mountainous regions of Hongluo, Yunmeng and Miaofeng. None ecological sensitive regions are largely distributed among the northern mountainous regions of Huairou and Yanqing. Others are low ecological sensitive regions. Results also show that (1) the ecological sensitivity degrees decrease from the mountain-plain

基金项目:北京市自然科学基金资助项目(8062018); 国家科技支撑计划课题资助项目(2006BAD20B07)

收稿日期:2008-02-29; 修订日期:2008-06-30

致谢:感谢崔朝伟,许诺安,陈默同学对本文的帮助、北京大学城市和环境学院李双成副教授提供部分研究资料。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xxg@urban.pku.edu.cn

transition-belt to lower and higher mountainous regions along the northwest direction in mountainous region and, (2) decreases from the watercourses to riparian zones along lateral direction in plain. Based on these research results, some environmental conservative strategies are suggested for future ecological management.

Key Words: ecological sensitivity; integrated assessment; spatial analysis; Beijing

全球变化及其所带来的环境问题已引起人们高度关注。环境研究已成为与国家目标相关的八大关键领域之一^[1]。面对这一问题,地理学擅长从区域的综合影响(impact)和响应(response)的角度,以“全球着眼,就地着手(thinking globally, acting locally)”为视角,聚焦危机区、脆弱区或热点地区^[2]。

生态敏感性是指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度,说明发生区域生态环境问题的难易程度和可能性大小^[3]。生态敏感性评价实质上是对现状自然环境背景下潜在的生态环境问题进行明确的辨识,并将其落实到具体的空间区域^[4]。显然,深入分析和评价区域生态敏感性,了解其空间分布状况,能为预防和治理生态环境问题的区域政策提供科学依据。

当前,学术界对生态敏感性的研究较为广泛早在1980年,Suffling就提出了从生态敏感到生态扰动的指标^[5],Horne研究了澳大利亚雨林对选择性伐木的生态敏感性^[6],Rodriguez研究了大陆架生态敏感性^[7],Biek使用两类生态敏感性分析了脊椎动物的下降^[8],Wiktelius对生态敏感区的蝗虫控制进行了探讨^[9],Japtap则研究了湿地生态敏感区的海草生态系统^[10]。国内学者对生态敏感性的相关研究也取得许多成果^[3,4,11~15]。从生态敏感性因子看,这些研究主要探讨了区域生态系统对土壤侵蚀(包括水蚀、风蚀)、酸雨、地质灾害等自然因素类的生态敏感性,并呈现出从单一生态敏感性研究向综合生态敏感性研究发展的趋势;从研究尺度上看,包含了国家、流域、省域和市/县域尺度;从研究区特征和类型上看,则涉及了干旱/半干旱区、水域、城市等。这一阶段的生态敏感性评价范式可以归结为:(1)确定生态敏感因子;(2)建立评价指标体系;(3)单一生态敏感性评价;(4)综合敏感性评价。综合的方法主要为权重法或最大值法。这些文献对区域尺度的生态敏感性分析和评价研究做出了积极贡献,但大多比较集中于评价区域对自然因素的生态敏感性,对人文因素的敏感性考虑不够,综合自然和人文因素探讨区域生态敏感性的研究还不多见。事实上,人和自然已成为复杂而不可分割的耦合系统(coupled human-nature system),二者共同作用于这个系统之中^[16]。区域尺度的生态敏感性问题不能忽略人为因素。正如Bushnell所说,并非所有的大风、暴雨、地震等能和人类一样对地球产生如此多的革命性的影响……人类从其诞生之日起,就对世界起着支配性的作用^[17]。鉴于人对环境的重要作用,本研究在分析了区域对自然因子变化的生态敏感性基础上,尝试性地引入一些人文因子,以GIS和RS为技术手段,从自然因素和人文因素综合的角度,初步分析和评价了北京市域空间范围内的生态敏感性,以期对环境管理和决策提供相应的科学依据。

1 研究区概况

首都北京位于华北平原的北端,地跨 $115^{\circ}25' \text{E} \sim 117^{\circ}30' \text{E}$, $39^{\circ}28' \text{N} \sim 41^{\circ}05' \text{N}$,北以燕山山地与内蒙古高原接壤,西以太行山与山西高原毗连,南与黄淮海平原相通,东北和东南则分别临接松辽大平原和渤海,其面积约 16410km^2 。据北京市公安局的统计,2007年北京市总人口已达1700万。北京气候属于暖温带半湿润大陆性季风气候,多年平均气温约 12.3°C ,多年平均降水约600mm。北京地势西北高,东南低,主要有山地与平原两大地貌单元,海拔最高处2303m,最低地方仅为10m。其典型的植被类型为暖温带落叶阔叶林,由于过去人类活动的影响,山区植被现多为次生性质。按中国土壤类型划分标准,北京土壤主要包括山地草甸土,山地棕壤,山地淋溶褐土等9个土类,20个亚类,64个土属^[18]。

2 评价指标选取

指标体系的选取是评价工作的核心。文献表明,指标体系的选择往往依据评价区域的实际情况和评价内容加以考虑,如王效科等在评价中国水土流失的敏感性时选取了降水侵蚀力、土壤质地、地形、植被4项指

标^[11],徐广才等在评价地处西北干旱区的新疆阜康市生态敏感性时选取了土壤侵蚀、土地沙漠化、土壤盐渍化3类指标^[4],尹海伟等在评价吴江东部地区生态敏感性时,选取了水域、海拔与堤防、植被、耕地地力4类指标^[12]。Rossi在研究意大利北部保护区时,则通过结构特征,濒危动物比例,非生物风险和隔离性(Isolation)4类指标反映其生态敏感性^[19]。评价工作的目的是建立一种简单易用,可接受的,透明的评估方法^[20]以迅速高效地为区域环境管理服务,这就要求准确把握区域最主要生态问题。通过文献分析、实地调研(2007年5月和7月)及专家访谈(北京市环保、水务、农委等部门),确定本研究指标因素。

2.1 水土流失

北京属于北方土石山水蚀区。北京的水土流失问题依然严重^①。近年来,在全球气候变化的影响下,北京降水量虽总体偏少,但夏季降水却有增强和集中趋势,这将在一定程度上增大生态系统对水土流失的敏感性程度。

2.2 河流水量水质

水资源短缺和快速城市化正从供给端和需求端加剧用水矛盾,虽然南水北调和节水护水措施可缓解用水矛盾,但却难以解决当前河流断流问题。北京河流的水污染已积聚多年,近期难以得到大幅改善。断流和污染使许多河流完全丧失了维持水生生物多样性、补给地下水、稀释降解污染等水生态功能。Ward将河流生态系统描述为沿流向、断面、垂直和时间四维生态系统^[21]。显然,河流水生态功能退化对区域生态敏感性影响绝非局限在河道本身,会扩展到包括沿河湿地、林地、农田在内的整个河岸带。

2.3 土地沙化

土地沙化一直是北京主要的生态问题之一,虽经过一定程度治理,但该问题仍较为突出^②。据北京市林业勘察设计院2000年的调查,北京市的沙化土地共计1650km²,约占北京市国土总面积的9.8%,沙化引起生态系统的破坏表现敏感。北京还有沙质耕地约1088km²,容易造成耕地养分损失,破坏耕地质量,影响农业生产,严重威胁当前基本农田保护工作。

2.4 泥石流

泥石流是北京最主要的地质灾害,对生态系统有着巨大的影响。北京近代泥石流活动期(1876~1949年)平均3.5a爆发一场,现代泥石流活动期(1950~1999年)平均1.8a爆发一场^[22]。泥石流爆发频度高、分布广,9个区县69个山区乡镇中均有泥石流发育。泥石流通过治理可以减小人民生命财产的损失,但对区域生态系统的影响仍在一定范围内存在。

2.5 采矿

据统计,全市共有各类矿山1749座^③。由于大部分是小型矿山,受限于管理水平、观念、财力,废弃矿山大多搁置一旁,难以有效进行矿山恢复。矿山开采破坏地形,易引发塌陷、滑坡,破坏植被、带来三废污染,重金属污染,引发水土流失及盐渍化^[23]。开矿已成为影响北京生态敏感性的主要因素之一。

2.6 道路

道路联系着工厂、乡镇等主要经济活动单元,带来了巨大的人流、物流、经济流。人类活动对自然系统的影响基本都沿道路进行,道路会对生态系统造成影响^[24]。一般而言,道路网越密集,人类活动越强烈,因而对区域的生态压力越大,造成的生态敏感程度也越高。

2.7 濒危物种生境

濒危物种被喻是环境的指示剂,对各种环境影响表现最为敏感。对其生境的破坏是当前环境保护中的重要问题。据《中国物种红色名录》的不完全统计,北京受到威胁物种已达到34种(不包括植物)。

① 据《2004年生态调查报告》北京市环保局,2004。

② 据《北京市沙化土地监测报告》,北京市林业勘察设计院,2000。

③ 据《北京市矿山生态环境调查及防治对策研究报告》,北京101地质大队、北京环境保护监测中心,2002。

3 评价方法和数据处理

本研究主要借助遥感解译和 GIS 的空间分析技术,具体的软件平台为 ArcGIS9.2 和 Erdas9.1。评价技术路线为:首先构建反映上述 7 类指标状况的生态敏感性指数;然后对各指数进行计算,并分级赋值,完成单因子生态敏感性评价;最后对各单因子生态敏感性指数进行叠加,完成综合评价。主要数据源包括 2005 年 5 月北京 TM 遥感影像,北京多年 6~9 月降水资料,北京 24h 最大降水图,北京市 90m×90mDEM,2004 年北京土地利用数据,北京市主要河流污染数据,北京市土地沙化分布图,泥石流危险性评价资料,北京主要矿山矿点分布,北京基础地理信息数据等。各单因子敏感性指数计算方法如下:

(1)水土流失敏感性指数 S_1 参考水土流失方程(USLE),综合考虑降水、坡度和地表植被三大因子。由于北京降水主要集中在夏季,因此降水因子以北京多年 6~9 月平均降水强度和北京 24h 最大降水强度综合表征。坡度通过 DEM 生成,地表植被以 NDVI 和土地利用状况综合反映。研究表明,NDVI 虽不是植被覆盖率,但通过相应运算,可以用来计算地表的植被覆盖率^[25]。 S_1 的计算式如下:

$$S_1 = \sqrt[5]{p \times p_m \times s \times v \times l} \quad (1)$$

式中, p 为北京多年 6~9 月份平均降水量, p_m 为北京 24h 最大降水量, s 为坡度, v 为 NDVI, l 为土地利用,各因子通过赋值后进行计算(表 1),以 ArcGIS 的 Natural Break 法将计算出的 S_1 值分为 4 级,分别对应不同程度的生态敏感性。该方法是利用统计学的 Jenk 最优法得出的分界点,能使各级的内部方差之和最小^[26]。坡度的分级则参照土壤侵蚀分类分级标准进行。

表 1 水土流失敏感性指数评价因子

Table 1 Indicators for the sensitivity assessment of soil erosion

因子 Indicators		值 Value			
p	< 375 mm	375~425 mm	425~475 mm	475~550 mm	>550 mm
p_m	< 175 mm	175~250 mm	250~325 mm	325~400 mm	>400 mm
s	0~8°	8~15°	15~25°	25~35°	>35°
NDVI	0.29~1	-0.08~0.29	-0.11~-0.08	-0.6~-0.11	-1~-0.6
l	建设用地、水面 Buildup Waters	林地、设施农业、园地 Forestland, Greenhouse and aquatic operations, Waters	耕地、荒草、牧草地 Cropland, Bush land, Pasture and Garden plot	滩涂、未利用地、盐碱地 Mudflat, Unused land, Saline-alkaline land,	沙土、裸土、裸岩 Sandy soil, Bare soil Bare rock
赋值 Rank	1	2	3	4	5

(2)河流水量水质敏感性指数 S_2 根据北京市水务局和北京环境保护志的资料,将北京主要河流分为四类,即清洁或常年有水的河段,轻度污染或季节性断流河段,中度污染或季节性断流河段,重度污染或常年干涸河段,分别对应不敏感、低敏感、中敏感、高敏感。参考澳大利亚土地和水管理局的研究^①,将保护湿地水质的陆地作用范围 2km 设定为河流作用的空间范围。

(3)土地沙化敏感性指数 S_3 该指数主要参考前人的研究成果,在北京土地沙化现状分布和评价图^②的基础上进行数字化,然后根据土壤沙化的不同程度对敏感性进行分级赋值,参与最终评价。

(4)泥石流敏感性指数 S_4 该敏感性指数可由北京市泥石流危险度表征。对北京市泥石流危险度评价图^③进行数字化,根据北京泥石流的危险程度对敏感性进行分级赋值。

(5)采矿点敏感性指数 S_5 根据北京主要矿点分布图^④,将主要矿点落实到空间上。由于当前尚无成熟

① Managing riparian width. Australian government, land & water Australia.

② 资料来源于中国科学院生态环境研究中心。

③ 资料来源于文献[21]。

④ 资料来源于北京主要矿山分布图,北京 101 地质队。

的采矿点生态影响空间作用范围的文献,只能根据野外考察的情况进行初步分析。设定其最大作用范围为2km,以Natural Break法进行分级赋值。

(6)道路敏感性指数 S_6 提取北京基础地理信息数据的道路图层,计算单位网格的道路密度值,同样以Natural Break方法分级赋值,对应不同的生态敏感度。

(7)濒危物种生境敏感性指数 S_7 濒危物种有不同的生境,但主要分布在北京的山区和湿地。由于生境的类型和土地利用相关,因此可采用生态系统的生物多样性服务功能大小予以间接表征。一般而言,生态系统生物多样性服务功能高的地方都能为濒危物种提供良好生境。根据北京土地利用和谢高地等人制定的生物多样性服务当量^[27],计算出林地、耕地、湿地等生物多样性服务价值,然后根据保护级别予以修正。其中北京自然保护区赋值为1.75,森林公园为1.5、风景旅游区1.25,其他地方为1^①。计算式如下:

$$S_7 = l \times n \times m \quad (2)$$

式中, l 为土地利用, n 为生物多样性服务当量, m 为保护级别修正值。

(8)综合生态敏感性指数 S 常见的综合方法为权重法或最大值法,本文采用计算式(3)进行综合计算。各指标分级评价标准如表2。

$$S = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^7 S_i} \quad (3)$$

式中, S 为综合生态敏感性指数, S_i 为各单因子生态敏感性指数。

表2 生态敏感性评价指标体系

Table 2 Indicators of the ecological sensitivity assessment for Beijing

指数 Index	值 Value			
S_1	<2.20	2.20~2.50	2.50~2.80	>2.80
S_2	清洁/常年有水 Clean/Sustainable flow	轻度污染/季节性断流 Low polluted/ Intermittent flow	中度污染/季节性断流 Moderate polluted/ Intermittent flow	重度污染/常年干涸 High polluted/Wadi
S_3	无沙化 No	低沙化度 Low	中沙化度 Moderate	高沙化度 High
S_4	无泥石流 No	低危险度 Low	中危险度 Moderate	高危险度 High
S_5	>2000 m	1143~2000 m	863~1143 m	<863 m
S_6	<329	329~573	573~844	>844
S_7	<0.023	0.023~0.063	0.063~0.115	0.115~0.261
S	1.1417	1.417~1.626	1.626~1.793	1.793~3.129
敏感程 Sensitivity	不敏感 No	低敏感 Low	中敏感 Moderate	高敏感 High
分级赋值 Rank	1	2	3	4

4 结果和讨论

4.1 单因子评价结果

4.1.1 水土流失生态敏感区

北京山区是主要的水土流失生态敏感区,但其空间分布并不均匀(图1)。出现了两个相对集中的高敏感区,一个位于北京北山中部,主要集中在怀柔县境内,另一个位于北京西南部山区,主要分布在房山区境内。另外平谷县东部山区、门头沟南部和东部妙峰山区也有少量分布。结合北京地貌图,我们发现上述高敏感区是地貌类型相对复杂的区域,平原、丘陵、低山、中山交错分布。同时上述区域也在北京夏季两个降水中心范围之内,而北京西北部较大面积的中山区和低山区,由于植被覆盖相对良好且不是暴雨中心,因而成为低敏感区和不敏感区。

① 崔朝伟,北京市域绿色空间复合功能的评估与发掘[硕士学位论文].北京:北京大学,2008.

4.1.2 河流水量水质生态敏感区

生态环境对河流水量水质的敏感区主要沿水系并集中分布于河流的中下游。由图1(b)可见,北京主要河流的水量水质状况都不容乐观,以永定河为例,从三家店以下,由于常年断流,湿地环境几乎完全退化;北运河则因为污染对河流沿线的生态系统造成较为严重的影响。潮白河是分段蓄水,因此许多河段也都丧失了水生态功能。断流和污染造成的水生态功能退化将对区域造成长期和严重的生态影响。

4.1.3 土地沙化生态敏感区

由图1(c)可知,北京土地沙化生态敏感区集中在永定河、潮白河下游河滩、怀柔密云大沙河地区、延庆康庄地区,另外,昌平南口地区也有分布。沙质耕地主要集中在通州、大兴等区。土地沙化特别值得关注的是裸露农田问题。其根本原因是由于北京耕作制度和经营规模造成的,北京季节性农田植被以冬小麦为主,没有种

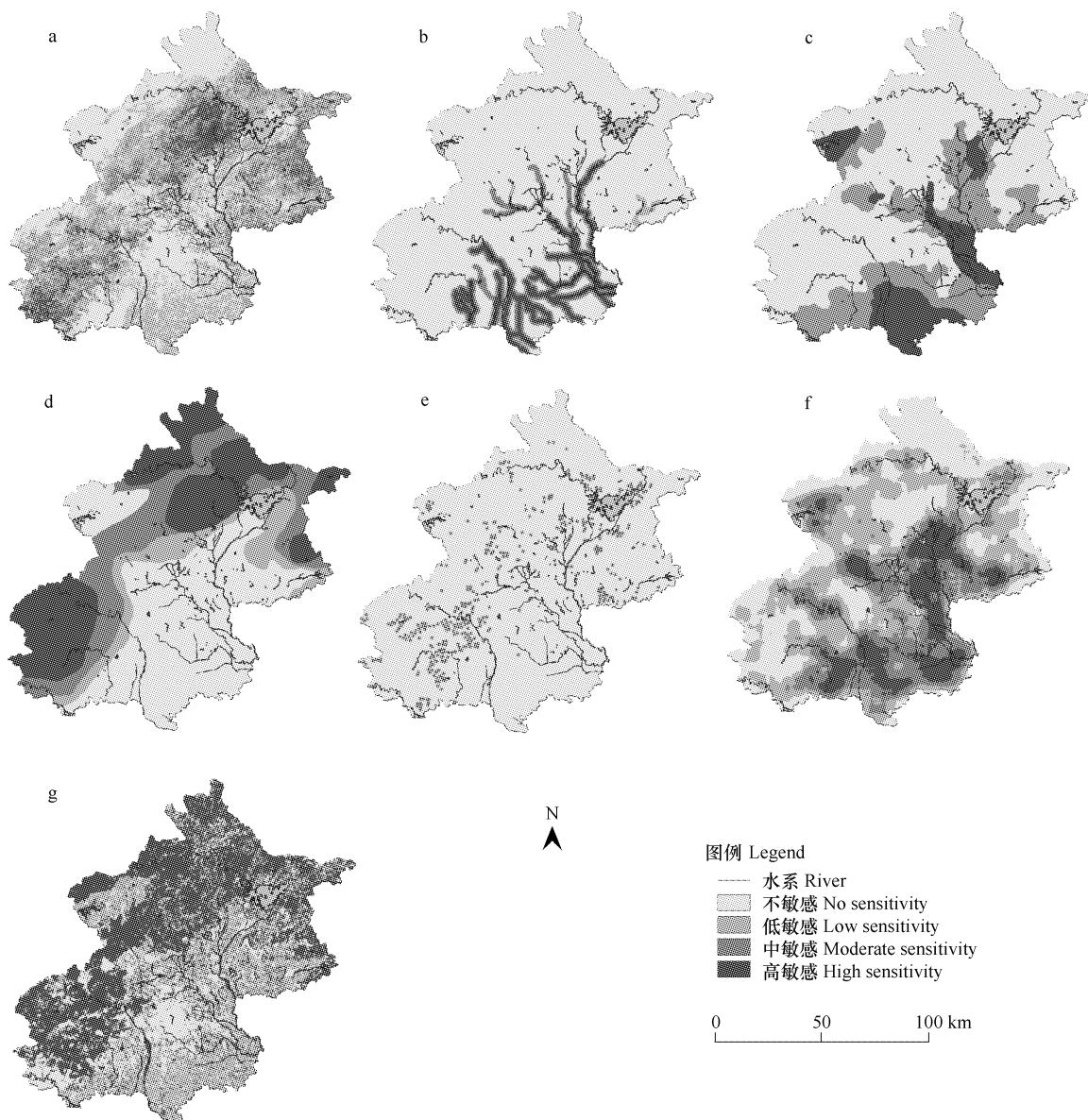


图1 单因子影响生态敏感区评价

Fig. 1 Ecological sensitivity assessment for 7 factors

- a. 水土流失; b. 河流水量水质; c. 土地沙化; d. 泥石流; e. 采矿; f. 道路; g. 濒危物种生境 a. water-caused soil erosion; b. ecological state of river; c. land sandification; d. debris flow; e. mining sites; f. road density; g. the habitats of endangered species

植冬小麦的地方均为冬白农田。裸露土地是当前造成大气中土壤尘的主要原因,威胁着区域生态系统。

4.1.4 泥石流生态敏感区

北京泥石流生态敏感区主要分布在北山和西山地区,如图1(d)。其中北山的中东部,北部和西部地区是高敏感区,包括怀柔大部、密云北部和西部,延庆东部和北部;西山西部的永定河山峡地区,大石河中游,拒马河上游地区也是高敏感分布区。而低敏感区则主要位于北京平原地区和延庆谷地。

4.1.5 采矿影响的生态敏感区

对采矿的敏感性相对简单,如图1(e)所示,高敏感区都分布在主要采矿点外围。从矿点分布密度上看,门头沟和房山地区的妙峰山,百花山、猫儿山等地的采矿点最为密集。另外,怀柔南部和密云北部山区也相对密集。

4.1.6 道路影响的生态敏感区

考虑到城市是一种独特的复合生态系统,本研究并没有考虑北京城区道路,而仅考虑公路。因而从高敏感区分布上看,路网密集区主要集中在门头沟、怀柔、密云、昌平、平谷的山前平原区,以及通州、大兴、顺义平原区,尤其沿是京津塘、京石、京承和京开方向,这些地区都是近年来快速城市化地区。相对而言,北京北山北部和西山地区路网稀疏,因而对区域生态敏感性影响相对最小。

4.1.6 濒危物种生态敏感区

濒危物种生态敏感区显著地分布于山区森林,尤其集中于北京主要的自然保护区、森林公园、风景旅游区和密云水库周边,这些地区生态环境较为良好,是北京濒危动物重要的生境。近些年,旅游活动已在这些区域广泛开展起来,因而要特别注意生态环境保护问题。

4.2 综合评价结果

综合考虑上述自然和人文类因素,计算得到北京市域综合生态敏感区评价图2。可以发现,北京综合生态敏感区分布呈现如下特征:(1)高敏感区主要有两类,一类分布在平原-山区过渡地带,包括房山、门头沟、怀柔、密云的山前平原、丘陵和低山区,以及八达岭,燕雨山一带;另一类分布在永定河、潮白河、北运河、大石河河岸带;另外大兴区也有集中分布。(2)中敏感区除了分布在高敏感区的外围靠平原一侧以外,还集中分布于怀柔中部的红螺山、云蒙山地区及门头沟妙峰山地区;(3)不敏感区主要集中在怀柔、延庆的北部山区,这些区域人类影响相对较小,植被覆盖良好,物种相对丰富,生态系统较为稳定。值得指出的是,由于北京城区已被人类改造成高楼林立、人口密集的特殊生态系统,因而它对上述环境变化的敏感性并不明显,成为不敏感区,但这并不意味着城区不存在生态问题;(4)生态敏感程度变化基本规律是,在山区,从平原-山区过渡地带沿西北方向朝低山区和中山区衰减,在平原,则主要沿河道两侧向外围衰减。

4.3 讨论

指标体系选取过程中,没有考虑沙尘暴、地震等问题。主要是因为沙尘暴本身是一种自然的环境过程,并非完全是环境灾害,另一方面,国家近些年正在大力治理因人为破坏而导致的沙源蔓延。地震难以预测,发生的频率不高,仅是一种风险源。至于大气、土壤等污染,当前北京市政府正在通过搬迁重污染企业、改良传统

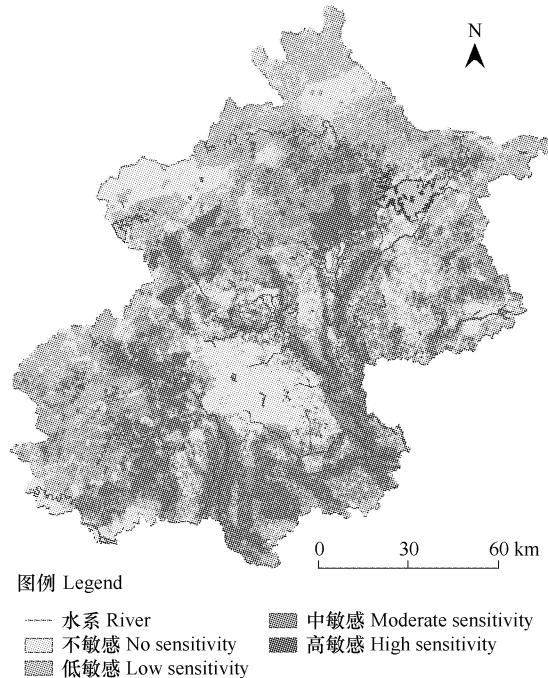


图2 北京生态敏感区综合评价
Fig. 2 Integrated ecological sensitivity assessment for Beijing

耕作方式等办法予以规避。没有考虑单位面积GDP、人口密度等常见人文因子指标。就本研究而言,GDP主要集中产生于城镇,其多少很难直接与影响区域生态敏感性相联系,例如一些高新技术产业对生态环境影响不大。随着城市化和人口流动的加剧,静态的户籍人口统计无法真实反映人口对区域的环境压力,难以将其对区域生态敏感性的影响落实到具体空间上去。

最终选取的7类指标较准确和全面地反映北京最主要生态问题,简易的指标体系能起到快速评价的作用。然而受限于研究资料,仍有值得改进之处。如对采矿点敏感性指数的计算较为简单,事实上,不同类型、规模和管理水平的矿山对区域的生态敏感性影响各不相同。生物多样性服务价值虽能从总体上反映濒危物种敏感性,但严格来讲应考虑其具体物种的生境状况和结构,如斑块密度、连接度、破碎度等。近年来,许多学者通过建立动物觅食行为模型,确定濒危物种的空间分布概率的方法也能为计算濒危物种敏感性指数带来启示。

5 保护策略

5.1 推行矿山复垦整治

通过对房山、密云、门头沟几个高敏感地区的实地考察,发现这些地区都是地表植被覆盖率较低,采矿活动相当频繁的地区,同时也存在水土流失、泥石流等隐患。鉴于当前处于能源、原材料极度短缺的时期,大范围迅速禁止采矿困难重重,因此建议积极推行“矿山复垦整治”,将其作为审批、管理、考核矿厂的关键因素之一,逐步将其规范化、制度化、标准化。事实上,北京已有矿山复垦的成功案例,比如妙峰山的矿山植被恢复,通过开矿发展经济,通过植被恢复保护生态环境,同时还能创造出一种独特的绿色空间,更利于后期发展旅游和开展环境教育。

5.2 有效保护河流水生态

北京生态高敏感区具有沿水系分布的特征,呈现出较为明显的高敏感地带。多年来,水一直是北京最紧缺的资源并带来一系列生态问题,在未来北京降水可能减少的气候情景下,要大力加强水源地保护。建议在主要河流上游,划定出一定范围的水源保护地带加以严格保护,努力进行生态恢复,禁止一切采矿和大型建设项目,河流中下游要注意严格控制污染的排放。在实施南水北调工程缓解巨大的用水需求矛盾之后,永定河、潮白河上游水库可有条件的放水,以部分解决河流长期断流问题,同时应该在河流两岸一定范围内划出保护绿带,努力恢复河流水生态功能。

5.3 经济发展结合生态建设

北京南部大兴和通州平原区,地处河流下游,是主要的基本农田保护区,河流水生态系统不容乐观,存在土地沙化隐患。该地区的产业政策、人口聚集、经济迅猛发展所带来的快速城市化在所难免,因此在发展经济的同时,要充分注意生态建设,多利用景观生态学斑、廊、基等理论,建设物种相对丰富、结构相对稳定的复合生态系统,使之成为连通京津、京石的生态腹地。

Reference:

- [1] Cai Y L, Lu D D, Zhou Y X, et al. Chinese progress and international trends of geography. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(6):803—810.
- [2] Cai Y L, Lu D D, Zhou Y X, et al. National demands for and development strategies of Chinese geography. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(6):811—819.
- [3] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. China's eco-environmental sensitivity and its spatial heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(1):9—12.
- [4] Xu G C, Kang M Y, Zhao C J, et al. Appraisal of eco-sensitivity on Fukang City. *Journal of Beijing Normal University(Natural Science)*, 2007, 43(1): 88—92.
- [5] Suffling R. An Index of Ecological sensitivity to disturbance, based on ecosystem age, and related to landscape diversity. *Journal of Environmental Management*, 1980, 10(3):253—263.
- [6] Horne R, Hickey J. Ecological sensitivity of australian rain-forests to selective logging. *Australian Journal of Ecology*, 1991, 16(1):119—129.
- [7] Rodriguez E, Vila L. Ecological sensitivity atlas of the argentine continental shelf. *International Hydrographic Review*, 1992, 69(2):47—53.
- [8] Biek R, Funk W C, Maxell B A. What is missing in amphibian decline research: Insights from ecological sensitivity analysis. *Conservation*

- Biology, 2002, 6(3) :728 - 734.
- [9] Wiktelius S, Ardo J, Fransson T. Desert locust control in ecologically sensitive areas: Need for guidelines. Ambio, 2003, 32(7) :463 - 468.
- [10] Jagtap T G, Komarpant D S, Rodrigues R S. Status of a seagrass ecosystem: An ecologically sensitive wetland habitat from India. Wetlands, 2003, 23(1) :161 - 170.
- [11] Wang X K, Ouyang Z Y, Xiao H, et al. Distribution and division of sensitivity to water-caused soil loss in China. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(1) :14 - 19.
- [12] Yin H W, Xu J G, Chen C Y, et al. GIS-based ecological sensitivity analysis in the east of Wujing City. Scientia Geographica Sinica, 2006, 26(1) :64 - 69.
- [13] Liu K, Ouyang Z Y, Wang X K, et al. Eco-environmental sensitivity and its spatial distribution in Gansu Province. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(12) :2711 - 2718.
- [14] Lin J J, Pan W B. Study on watershed eco-sensitivity assessing and regional planning based on GIS. Safety and Environmental Engineering, 2005, 12(2) :23 - 26.
- [15] Mo B, Zhu B, Wang Y K, et al. Sensitivity evaluation for soil erosion in Chongqing city. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2004, 24(5) :45 - 49.
- [16] Liu J G, Dietz T, Carpenter R S, et al. Complexity of coupled human and natural systems. Siccence, 2007, 317: 1513 - 1516.
- [17] Marsh J P. Man and Nature. Cambridge: the Belknap press of Harvard University Press, 1965.
- [18] Huo Y Z. Beijing physical geography. Beijing: Beijing Teachers College Press, 1989.
- [19] Rossi P, Pecci A, Amadio V, et al. Coupling indicators of ecological value and ecological sensitivity with indicators of demographic pressure in the demarcation of new areas to be protected: The case of the Oltrepo Pavese and the Ligurian-Emailian Apennine area(Italy). Landscape and Urban Planning, 2008, 85(1) :12 - 26.
- [20] Wickwire T W, Menzie C. A New approaches in ecological risk assessment: expanding scales, increasing realism, and enhancing causal analysis. Human and Ecological Risk Assessment, 2003, 19(6) :1411 - 1414.
- [21] Ward J V. The 4 dimensional nature of lotic ecosystems. Journal of the North American Bentholological Society, 1989, 8 (1) : 2 - 8.
- [22] Zhong D L, Xie H, Wang S G, et al. Debris flow in Beijing mountain. Bejing: The Commercial Press, 2004.
- [23] Chen J L, Lu Z H, Fan Y. H. Method of ecological risk assessment for opencast mine area. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(12) : 2945 - 2950.
- [24] Forman R T. Estimate of the area affected ecologically by road system in the United States. Conservation Biology, 2000, 14(1) :31 - 35.
- [25] Zhang G P, Zhang Z X, Liu J Y. Spatial distribution of aeolian erosion of soil and its driving factors in China. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(2) :146 - 158.
- [26] ESRI. Using spatial analyst. ESRI, 2001.
- [27] Xie G D, Lu C X, Leng Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2) :189 - 196.

参考文献:

- [1] 蔡运龙,陆大道,周一星,等.地理科学的中国进展与国际趋势.地理学报,2004,59(6) :803 ~ 810.
- [2] 蔡运龙,陆大道,周一星,等.中国地理科学的国家需求与发展战略.地理学报,2004,59(6) :811 ~ 819.
- [3] 欧阳志云,王效科,苗鸿.中国生态环境敏感性及区域差异规律研究.生态学报,2000,20(1) :9 ~ 12.
- [4] 徐广才,康慕谊,赵从举,等.阜康市生态敏感性评价研究.北京师范大学学报(自然科学版),2007,43(1) : 88 ~ 92.
- [11] 王效科,欧阳志云,肖寒,等.中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究.生态学报,2001,21(1) :14 ~ 19.
- [12] 尹海伟,徐建刚,陈昌勇,等.基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析.地理科学,2006,26(1) :64 ~ 69.
- [13] 刘康,欧阳志云,王效科,等.甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布.生态学报,2003,23(12) :2711 ~ 2718.
- [14] 林涓涓,潘文斌.基于 GIS 的流域生态敏感性评价及其区划方法研究.安全与环境工程,2005,12(2) :23 ~ 26.
- [15] 莫斌,朱波,王玉宽,等.重庆市土壤侵蚀敏感性评价.水土保持通报,2004,24(5) :45 ~ 49.
- [18] 霍亚贞.北京自然地理.北京:北京师范学院出版社,1989.
- [22] 钟敦伦,谢洪,王士革,等.北京山区泥石流.北京:商务印书馆, 2004.
- [23] 程健龙,陆兆华,范英宏.露天煤矿区生态风险评价方法.生态学报, 2004, 24(12) : 2945 ~ 2950.
- [25] 张国平,张增祥,刘纪远.中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析.地理学报,2001,56(2) :146 ~ 158.
- [27] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估.自然资源学报,2003,18(2) :189 ~ 196.