

基于 RS 与 GIS 的环首都经济圈生态环境质量动态评价

王 伟, 王秀兰*, 冯仲科, 董思宜

(北京林业大学林学院, 北京 100083)

摘 要: 随着环首都经济圈迅速的发展, 该区域的生态环境退化严重。以 TM 遥感影像为主要数据源, 利用遥感和地理信息系统技术, 获取研究区 2001 年、2006 年和 2011 年环首都经济圈的生物丰度指数、植被覆盖指数、土壤水分指数和水网密度指数, 并根据生态环境质量评价模型计算生态环境质量指数, 分析环首都经济圈 10 年间的生态环境质量变化情况。环首都经济圈各土地利用类型都出现了不同程度的增减变化。2006 年相对于 2001 年生态环境质量整体变差, 2011 年相对于 2006 年和 2001 年生态环境质量整体转好, 且变化的区域基本一致。生态环境质量动态评价为环首都经济圈的生态环境治理和恢复提供依据。

关键词: 首都经济圈; 生态环境质量; 动态评价; 遥感; 地理信息系统

中图分类号: X826

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)02-0257-06

Dynamic evaluation of eco-environmental quality in the capital economic circle based on RS and GIS

WANG Wei, WANG Xiulan, FENG Zhongke, DONG Siyi

(College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: With the rapid development, the eco-environmental quality in the capital economic circle is declining. Using the remote sensing image as data sources, the biological abundance index, vegetation index, soil moisture index, and water network density index in the capital economic circle in 2001, 2006, and 2011 were obtained using the remote sensing and geographic information system technology. The ecological environment quality index was calculated using the eco-environmental quality evaluation model. The change of the ecological environment quality in the capital economic circle in 10 years was analyzed. From 2001 to 2011, the land use types in the capital economic circle appeared to be changed at different levels. The whole ecological environment quality in 2006 was worse compared to that of 2001; however, the overall ecological environment quality in 2011 was better than that of 2001 or 2006 and the change appeared to be in the same areas. The results of the dynamic assessment of eco-environmental quality would be used for restoration and improvement of the eco-environment in the capital economic circle.

Key words: capital economic circle; eco-environment quality; dynamic evaluation; RS; GIS

近年来, 随着城市化进程的不断加快, 北京出现了人口增加、交通拥堵、资源紧张、发展空间不足和改善生态环境压力增大等严峻问题。为分散首都功能, “环首都经济圈”规划应运而生。开展环首都经济圈生态环境质量评价研究, 能为有关部门开展城市生态建设规划和监测治理提供科学的参考。

20 世纪 60 年代美国学者柯德维尔教授首次提

出“环境影响评价”的概念, 随后其他学者还进行了生态系统健康评价、生态风险评价研究^[1-2]。在进行生态质量评价时, 提出了与之相对应的评价指标^[3]。我国的生态环境质量评价工作起步较晚, 70 年代初才开始这方面的研究^[4]。遥感和地理信息系统技术的发展, 为生态环境质量评价提供了新的技术手段。张秀英等^[5]利用 Arc/Info 软件, 运用主成分分析法,

收稿日期: 2014-07-13

基金项目: 国家自然科学基金(41371001)和国家科技支撑计划(2012BAH34B01)共同资助。

作者简介: 王 伟, 硕士研究生。E-mail: wangking@bjfu.edu.cn

* 通信作者: 王秀兰, 博士。E-mail: xiulan-wang@126.com

表 1 本研究所采用的土地利用类型统计

Table 1 The statistics of land uses for this paper

一级分类 The first grade classification	范围 Range
耕地 (1) Cultivation land	种植各种农作物的土地, 包括熟耕地、轮歇地, 以种植农作物为主的农林用地
林地 (2) Forestry land	生长乔木、竹类、灌木、沿海红树林等林木的土地
草地 (3) Grassland	生长各种草本植物为主的土地
建设用地 (4) Construction land	居民地、工业用地、交通用地等
水域 (5) Water area	湖泊、河流水系等
未利用地 (6) Unused land	由于各种原因未使用或暂不能使用的土地, 如沙漠、难利用地、沼泽地等

表 2 2001-2011 年研究区土地利用面积统计

Table 2 Statistic of LUCC of the study area between 2001 and 2011

km²

年份 Year	耕地 Cultivation land	林地 Forestry land	草地 Grassland	建设用地 Construction land	水域 Water area	未利用地 Unused land
2001	6726.49	23910.90	4411.37	3968.24	496.14	6895.25
2006	6862.29	15413.90	10349.72	5998.11	951.58	6832.80
2011	8270.49	25080.17	3048.45	4002.01	512.61	5494.70

表 3 2001-2011 年研究区土地利用面积消长

Table 3 Growth and decline in areas of LUCC of study area between 2001 and 2011

km²

年份 Year	耕地 Cultivation land	林地 Forestry land	草地 Grassland	建设用地 Construction land	水域 Water area	未利用地 Unused land
2006-2001	135.80	-8497.00	5938.35	2029.87	455.44	-62.45
2011-2006	1408.20	9666.27	-7301.27	-1996.10	-438.97	-1338.10

表 4 评价指数及权重选取

Table 4 The evaluation index and selected weight

指数 Index	指数权重 Index weight	指标类型 Pointer type	分权重 Scoring weight
生物丰度指数 Organism abundance index	0.35	林地	0.35
		草地	0.21
		耕地	0.11
		水域	0.28
		建设用地	0.04
		未利用地	0.01
植被覆盖指数 Vegetative cover index	0.25	高覆盖	0.30
		较高覆盖	0.25
		中覆盖	0.20
		较低覆盖	0.15
		低覆盖	0.10
		土壤水分指数 Soil water index	0.25
较高含水	0.25		
中含水	0.20		
较低含水	0.15		
土壤水分指数 Soil water index	0.25	低含水	0.10
		水面面积	1.00
		密度指数 Density index of water system	0.15

2.4 遥感影像分类

本研究采取了监督分类结合人工解译的影像分类方法。通过综合分析 3 年研究区遥感影像的基础上, 按照本文所确定的土地利用分类系统, 借助相关非遥感辅助信息, 根据影像色调、亮度、纹理

等因素, 建立研究区土地利用类型影像解译标志。在 ERDAS 软件中, 使用监督分类功能, 执行监督分类。影像经过监督分类后, 叠加遥感影像, 对其进行人工解译, 最终得到研究区 2001 年、2006 年和 2011 年共 3 期遥感影像分类结果。

在 ERDAS 软件中对分类结果做了精度评价,结果显示影像解译精度在 80% 以上,因此这次遥感影像解译的分类结果基本满足精度要求。对研究区的土地利用进行分类后并对其面积做统计,得到研究区 2001 年、2006 年和 2011 年 3 期的土地利用类型面积,结果如表 2 和表 3 所示。

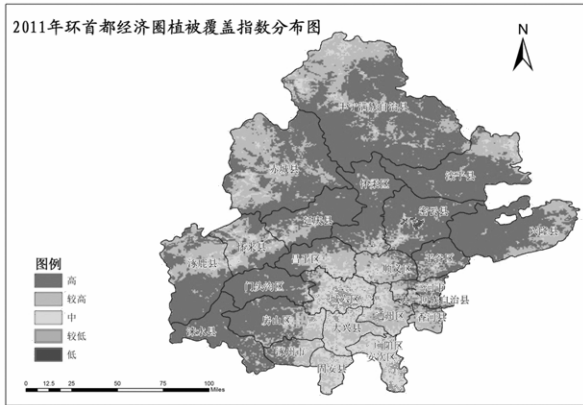


图 2 2011 年研究区植被覆盖指数分布图

Figure 2 Vegetation index distribution of the studied area in 2011

2.5 生态环境质量评价方法

生态环境质量评价的方法较多,包括综合指数评价法、人工神经网络评价法、层次分析法等^[13-14]。通过综合对比分析,本研究确定使用综合指数评价法进行研究区的生态环境质量评价。在影响生态环境的各种因子中,本文选取的是植被覆盖指数、生物丰度指数、土壤水分指数和水网密度指数作为影响生态环境的最主要的评价因子,同时依据各个因子对生态环境的重要程度赋予各评价因子相对应的权重值,构建生态环境质量指数模型。根据生态环境质量指数模型对研究区生态环境质量进行评

价,并对评价结果进行分析。

2.5.1 生态环境质量指数选取 选取了国家环保总局发布的《生态环境状况评价技术规范(试行)》^[15](下称《规范》)中的生物丰度指数,又对植被覆盖指数、水网密度指数进行改进,增加了土壤水分指数。经过试验比较分析,结合其他学者研究成果^[16-18],对各评价因子根据对生态环境质量影响的重要程度赋予不同的权重,得到改进后的生态环境质量指数(EI)模型。上述 4 个评价因子以及各因子的影响指标及其权重如表 4 所示。

2.5.2 生态环境质量指数提取 以 2011 年植被覆盖指数为例,介绍植被覆盖指数的数据获取方法,并以此类推得到其他 3 个评价指数的数据获取方法,进而计算研究区生态环境质量指数。植被覆盖指数提取主要包括确定评价单元、植被覆盖度分类、计算评价单元归一化前植被指数、计算植被覆盖指数的归一化系数、计算评价单元归一化后植被覆盖指数和计算研究区植被覆盖指数。

由于基础影像数据分辨率为 30 m,因此最小评价单元为 30 m×30 m。但是本研究区范围涉及 46408.41 km²,以 30 m×30 m 的网格作为评价单元,会产生大量冗余数据,综合考虑数据分辨率、数据量等因素,以影像分辨率的 30 倍即 900 m×900 m 作为评价单元大小,将各图层划分为 900 m×900 m 的网格,以网格为评价单元对数据进行统计分析。

选取归一化植被指数(NDVI)作为提取植被覆盖度指数的重要结构类型。根据公式(1)计算 NDVI 值。

$$NDVI = (B4 - B3) / (B4 + B3) \tag{1}$$

式中, B3 为 TM 影像第 3 波段, B4 为 TM 影像第 4 波段。

表 5 2001-2011 年研究区生态环境评价指数统计

Table 5 Ecological environment evaluation index statistics of the studied area in 2001-2011

年份 Year	生物丰度指数 Organism abundance index	植被覆盖指数 Vegetative cover index	土壤水分指数 Soil water index	水网密度指数 Density index of water system	EI
2001	64.04	87.06	68.23	1.07	61.40
2006	54.78	84.36	58.29	2.05	55.14
2011	65.79	86.65	70.00	1.10	62.35

将提取得到的 NDVI 值按照灰度区间进行重分类,其中 [0-50]为低覆盖度,(50-100)为较低覆盖度,(100-150]为中覆盖度,(150-200)为较高覆盖度,(200-255]为高覆盖度。得到研究区 2011 不同植被覆盖度的面积和空间分布。最后将栅格数据转换为矢量数据。

首先将与不同植被覆盖度分类图斑进行叠加分析,使植被覆盖指数模型以评价单元为统计单元进行统计计算;再统计每个图斑的面积,从而计算每个网格内各类型面积;然后根据表 4 计算每个评价单元内图斑密度和权重,最终得到每个评价单元归一化前植被指数。

根据公式 2 计算归一化系数, 使生态环境质量状况的数值在 0~100 之间。

$$\text{归一化系数} = 100 / A_{\text{最大值}} \quad (2)$$

其中, $A_{\text{最大值}}$ 指的是该指数归一化处理前的最大值。将每个评价单元归一化前植被指数数值进行排序, 得到其最大值为 0.30, 即 $A_{\text{最大值}} = 0.30$ 。按照公式 (2) 计算, 取整后得到本文研究所用植被覆盖指数的归一化系数为 333.35。

运用已计算得到的植被覆盖指数的归一化系数和每个评价单元的归一化前植被指数, 计算出评价单元归一化后植被指数。最后, 计算研究区植被覆盖指数。为了后续与其他指数运算时保证数据格式的统一, 将矢量型植被覆盖指数转换为栅格型植被覆盖指数。按照 [26-40] 为低植被指数, (40-55) 为较低植被指数, (55-70) 为中植被指数, (70-85) 为较高植被指数, (85-100) 为高植被指数的分级区间, 生成 2011 年研究区植被覆盖指数分布图 (图 2)。

3 结果与分析

3.1 生态环境质量指数空间分析

为了对研究区内生态环境状况进行直观展示, 定性及定量分析研究区范围内每个市、区、县的生态环境质量状况, 需要获取生态环境质量指数的空间数据。按照生态环境质量指数的大小将其分为 5 个等级, 其中 [0-20) 为差, [20-35) 为较差, [35-55) 为一般, [55-75) 为良, [75-100) 为优。2001-2011 年环首都经济圈生态环境质量指数空间分布情况如图 3 所示。2001 年, 北京市城六区作为高度城市化区域, 建筑用地多, 其他类型土地少, 土地利用类型较为单一, 大多数区域生态环境质量指数“较差”, 周边区域生态环境质量指数“一般”; 2006 年研究区环境质量整体变差, 除涿水县、涿鹿县及密云县、平谷区的部分地区环境质量指数为“优”和“良”外, 其他区域基本为“一般”和“较差”; 2011 年的环境质量较 2006 年明显转好, 与 2001 年相比, 生态环境质量指数为“较差”的区域明显减少, 很多 2001 年为“良”的区域也转化为“优”。

3.2 生态环境质量指数动态变化分析

《规范》中将生态环境质量变化幅度划分为 4 级, 分别为无明显变化、略有变化、明显变化和显著变化。本研究将《规范》中的 4 大级又细分为 7 小级。利用 2001 年、2006 年和 2011 年研究区生态环境质量指数的空间数据, 应用 ArcGIS 软件进行数据建模和数学运算, 得到 2001-2006、2006-2011 年间生态环境质量变化分布, 具体如图 4 所示。

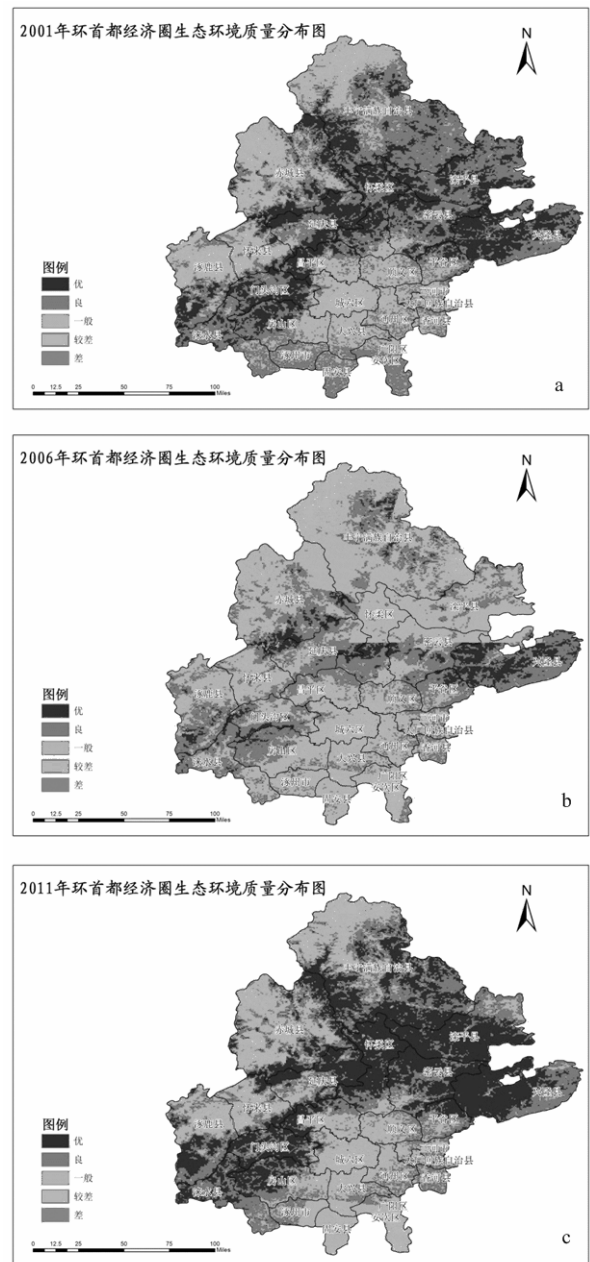


图 3 2001-2011 年生态环境质量分布图

Figure 3 The distribution of the ecological environment quality in 2001-2011

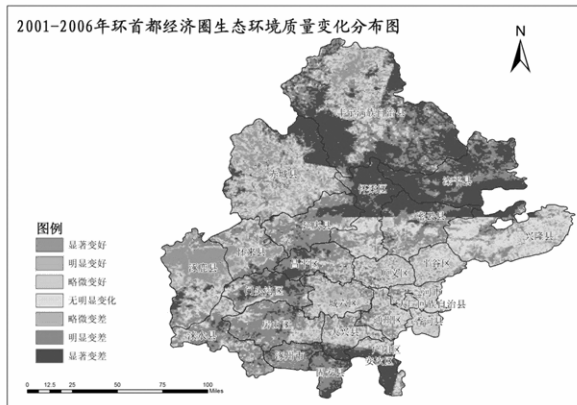
4 小结与讨论

本研究选择 TM 影像作为主要数据源, 利用 RS 和 GIS 技术, 建立了环首都经济圈生态环境评价体系, 在 $900 \text{ m} \times 900 \text{ m}$ 的评价单元上开展了环首都经济圈生态环境质量评价, 得出的结论如下。

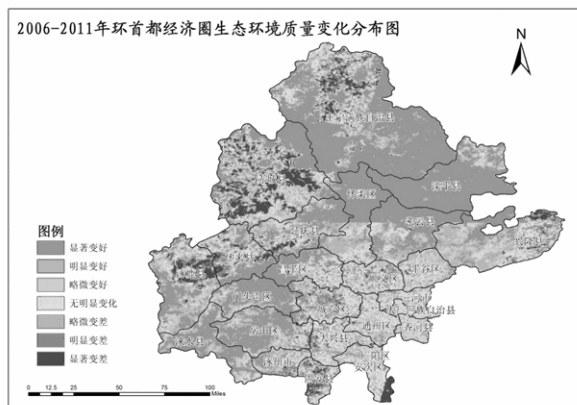
(1) 2001-2011 年间环首都经济圈生态环境质量状况均为“良”, 2006 年之前由于城市的无序发展以及各地政府对经济增长的过度追求而忽略生态环境的保护, 在 2006 年时环首都经济圈的生态环境指数下降致 55.14, 接近“良”的最低临界值, 总体

生态环境较为脆弱。

(2) 通过分析研究区 2001、2006 和 2011 年 3 个时期的 LUCC 和生态环境质量评价因子的变化, 得出影响研究区生态环境质量变化的主要驱动因素包括: 经济发展因子、人口增长因子、政策变化因子和气候等自然因子。



(a) 2001-2006



(b) 2006-2011

图 4 2001-2011 年生态环境质量变化分布

Figure 4 The changed distribution of the ecological environment quality

2006 年之后, 特别是 2008 年奥运会的举办, 对北京及其周边城市的生态环境质量提出了更高的要求, 政府加大了对环北京经济圈生态环境的治理力度, 加上国家的生态脆弱区退耕还林、退耕还草工程的实施, 使得环首都经济圈生态环境质量逐渐转好。北京城六区生态环境的显著转好, 说明了环首都经济圈环境综合治理已初见成效。但北京城六区周边区域环境质量仍然较差, 而且有恶化趋势。下一步治理的重点为河北省的滦平县北部、兴隆县东部以及固安县、廊坊市的广阳区 and 安次区等区域。

经济发展导致了土地利用结构的变化, 同时又是生态环境变好的主要驱动力; 人口增长引发了各类用地需求的增加, 加剧了人口、资源、环境之间

的矛盾, 使得其他类型的土地转化为城市建设用地, 其中林地、草地和耕地都是其中的重要来源; 政策因素在生态环境质量的变化上起着不可低估的作用; 与人为活动因素相比, 在短期内气候等自然因素对生态环境的影响不显著, 但是从长远来看, 气候等自然因素也对生态环境的变化有重大影响。

参考文献:

- [1] Xu F L, Tao S, Dawson R W, et al. Lake ecosystem health assessment: indicators and methods[J]. *Waters Research*, 2001, 135(13): 3157-3167.
- [2] Ellis J B. Risk assessment approaches for ecosystem responses to transient pollution events in urban recovering waters[J]. *Chemosphere*, 2000, 41:85-91.
- [3] Smith E R. An overview of EPA's regional vulnerability assessment (REVA) program[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2000, 64: 9-15.
- [4] 郭莉莎. 基于“3S”技术的成都市主城区城市生态环境质量状况初步研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2012.
- [5] 张秀英, 赵传燕. 基于 GIS 的陇中黄土高原潜在生态环境评价研究[J]. *兰州大学学报: 自然科学版*, 2003, 39(3): 73-76.
- [6] 黄蓓佳, 王少平, 杨海真. 基于 GIS 和 RS 的城市生态环境质量评价[J]. *同济大学学报: 自然科学版*, 2009, 37(6): 805-809.
- [7] 陈玲玲. 环首都经济圈: 环境保护问题分析与对策选择[J]. *山西师大学报: 社会科学版*, 2013(S1): 28-31.
- [8] 梁长秀. 基于 RS 和 GIS 的北京市土地利用/覆被变化研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [9] 杨丹. 北京市森林覆盖率遥感统计及三维表达[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
- [10] 杨静. 京杭大运河生态环境变迁研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2012.
- [11] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学出版社, 1996: 9-10.
- [12] 季敏燕. 支持向量机在遥感影像分类中应用的若干研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.
- [13] 厉彦玲, 朱宝林, 王亮, 等. 基于综合指数法的生态环境质量综合评价系统的设计与应用[J]. *测绘科学*, 2005, 30(1): 89-110.
- [14] 李洪义, 史舟, 沙晋明, 等. 基于人工神经网络的生态环境质量遥感评价[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(8): 1475-1480.
- [15] 国家环境保护总局. 生态环境状况评价技术规范(试行). HJ/T192-2006[S]. 北京: 中国环境出版社, 2006.
- [16] 闫业庆, 胡雅杰, 孙继成, 等. 水电梯级开发对流域生态环境影响的评价——以白龙江干流(沙川坝—苗家坝河段)为例[J]. *兰州大学学报: 自然科学版*, 2010, 46(S1): 42-47; 53.
- [17] 刘小磊, 覃志豪. NDWI 与 NDVI 指数在区域干旱监测中的比较分析——以 2003 年江西夏季干旱为例[J]. *遥感技术与应用*, 2007, 22(5): 608-612.
- [18] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. *遥感学报*, 2005, 9(5): 589-595.