

京津风沙源区生态环境质量遥感评价模型

吴 见, 刘民士, 李伟涛

(滁州学院 地理信息与旅游学院, 安徽 滁州 239000)

摘 要: 自京津风沙源治理工程启动以来, 北京市及周边地区生态环境质量有所好转, 急需科学合理的评价方法对工程效果进行评价。在前人研究的基础上, 结合京津风沙源区的特殊情况, 建立了一套京津风沙源区生态环境质量遥感评价体系, 同时采用改进的特尔菲法, 分析比较了两组专家打分的均值和标准差, 引入权衡系数 a , 能够根据不同的评价角度确定各评价因子的权值, 建立了适于京津风沙源区的生态环境质量遥感评价模型。该模型对研究区的综合评价得分为 4.13, 符合该区域的实际情况, 而采用传统的荒漠化遥感定量模型评价时, 结果为轻度荒漠化面积所占比例为 28%, 中度荒漠化面积所占比例为 35%, 夸大了研究区生态环境恶化的程度。

关键词: 遥感评价模型; 生态环境质量; 权重; 特尔菲法; 京津风沙源区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2013)04-0233-04

中图分类号: S127, TP79

Remote Sensing Evaluation Model of Ecological Environment Quality for Beijing—Tianjin Sandstorm Source Area

WU Jian, LIU Min-shi, LI Wei-tao

(Geography Information and Tourism College, Chuzhou University, Anhui, Chuzhou 239000, China)

Abstract: The quality of ecological environment in Beijing City and its surrounding areas has been improved since the Beijing—Tianjin sandstorm source control project was launched. And a scientific and reasonable method is needed urgently to evaluate the effects of the project. A remote sensing evaluation system for ecological environment quality was established based on previous research foundation and special circumstances in Beijing—Tianjin sandstorm source area. The improved Delphi method was employed, and a weigh coefficient was introduced. By comparing the mean value and standard deviation of the number of points given by two groups of experts, the weights of evaluation factors could be determined according to different evaluation perspective. Based on this, the remote sensing evaluation model of ecological environment quality suitable for Beijing—Tianjin sandstorm source area was established. Evaluation score calculated from the established model for the study region was 4.13, which corresponded with the current level of this region. However, evaluation results from the traditional remote sensing quantitative model showed that mild desertification area account for 28% and moderate desertification area account for 35%, which exaggerated the deterioration degree of ecological environment in study region.

Keywords: remote sensing evaluation model; ecological environment quality; weight; Delphi method; Beijing—Tianjin sandstorm source area

随着社会的发展, 环境质量日益受到人们的关注, 影响到人们的生活。生态环境质量不仅是和谐社会构建的重要组成部分, 同时也是人类生存和发展的重要基础, 可持续发展战略实施以及生态环境保护已

在全世界达成共识。2000 年春季, 数十次的沙尘暴席卷了我国华北、西北等地区, 持续时间长, 规模大, 严重危害了北京市及其周边地区的生态环境质量。为此, 国务院启动了京津风沙源治理工程, 并提出西

收稿日期: 2012-07-30

修回日期: 2012-10-04

资助项目: 安徽高等学校省级自然科学研究项目“安徽省生态环境质量定量评价遥感信息模型研究”(KJ2013B189); 安徽省高校省级自然科学研究项目“适宜雨洪地表过程模拟的高保真城市 DEM 研究”(KJ2011Z274); 滁州学院校级科研启动基金项目“江淮分水岭地区植被盖度遥感信息提取技术研究”(2012qd18)

作者简介: 吴见(1985—), 男(汉族), 安徽省六安县人, 博士, 讲师, 主要从事森林资源监测与评价方面的研究。E-mail: xiangfeidewujian@126.com。

部大开发的首要任务是防沙治沙。可见,对京津风沙源区的生态环境质量进行评价具有重要意义。生态环境质量^[1]是以生态学为指导,在特定的空间及时间内,从生态系统的层次体现生态环境对经济发展及人类生存的适宜度,根据具体标准对生态环境的变化状态及其性质进行评定,反映生态环境的优劣程度。自 20 世纪 90 年代起,国内外学者做了大量的研究对生态环境质量进行监测与评价^[2-4]。区域生态环境质量评价是采用一系列的指标定量评价特定区域的生态环境状况,但生态系统非常庞大且复杂,受到评价对象和角度的影响,还没有一个系统的评价方法,其方法和理论正处在发展、完善阶段。

目前,多数评价方法以观测和统计资料为数据来源,用专家打分法量化非定量的因子并确定权值,对县、市等行政区进行评价^[5-7],该方法不仅评价因子庞杂、数据源获取时间很难一致,而且主观因素影响很大,评价结果可信度差。随着遥感技术的发展,采用遥感图像获取评价因子来评价生态环境质量不仅提高了信息获取速度,而且加强了评价量化程度,该方法越来越受到学者们的青睐^[8-9]。本研究在前人研究的基础上结合京津风沙源区的特殊情况,建立了一套京津风沙源区生态环境质量遥感评价体系,同时采用改进的特尔菲法确定各评价因子的权值,建立了适合于京津风沙源区的生态环境质量遥感评价模型,对京津风沙源区生态环境质量进行了简单快捷的定量评价,为其他区域生态环境质量评价提供参考。

1 生态环境质量评价体系

评价生态环境质量的指标种类繁多且复杂,本研究参考前人的研究基础^[10-12],同时结合研究区的实际情况,建立了京津风沙源区生态环境质量评价的遥感分类体系(表 1)。

表 1 京津风沙源区生态环境质量遥感评价因子

代码	评价因子	代码	评价因子
1	城镇	8	沙地
2	工业	9	道路
3	农村居民地	10	乔木林地
4	水田	11	灌木林地
5	旱田	12	草地
6	裸荒地	13	水域
7	盐碱地	14	沼泽地

2 生态环境质量高光谱遥感评价模型的建立

生态环境质量遥感评价的关键是各因子的权值

设定,目前最为常用的方法是特尔菲法。特尔菲法是依据专业人员的经验,通过反复和互不见面的方式对研究问题做出判断的方法。本研究制定了专家打分问卷,同时提供研究背景材料,邀请了 17 位生态学专家和 14 位遥感监测专家对问卷进行打分,其中包括教授 6 人,副教授 9 人,博士生 12 人,硕士生 4 人。对两组专家的打分结果进行统计,并采用一种改进的特尔菲法^[12]确定各因子的权值。

(1) 统计均值及标准差。将所有问卷数据进行统计,计算各评价因子的平均值 \bar{W}_i 和标准差 δ_i :

$$\bar{W}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} W_{ij} \quad (1)$$

$$\delta_i = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} (W_{ij} - \bar{W}_i)^2} \quad (2)$$

式中: m ——专家人数; W_{ij} ——第 j 个专家的第 i 个因子的打分。

(2) 剔除干扰数据。设置有效的打分范围在 1.5 倍 δ_i 内,即因子 i 的有效打分为:

$$A = (\bar{W}_i - 1.5 \times \delta_i, \bar{W}_i + 1.5 \times \delta_i)$$

若 $W_{ij} \notin A$,则将其看成干扰数据进行剔除,干扰数据量设为 b ,剔除干扰数据后的样本数为: $m - b$ 。

(3) 统计有效样本的均值及标准差。剔除干扰数据以后,重新统计剩余有效样本的均值 \bar{W}' 和标准差 δ'_i ^[12]:

$$\bar{W}'_i = \frac{1}{m-b} \sum_{k=0}^{m-b-1} W_{ik} \quad (3)$$

$$\delta'_i = \sqrt{\frac{1}{m-b} \sum_{k=0}^{m-b-1} (W_{ik} - \bar{W}'_i)^2} \quad (4)$$

式中: W_{ik} ——剔除干扰数据以后的有效数据。

(4) 计算各因子的权重。为更客观、科学地进行评价,根据专家的专业背景将其分成生态学专家组和遥感监测专家组,将这两组专家的打分问卷分开统计,生态学专家组的各因子打分均值和标准差分别为 \bar{W}'_{Ei} 和 δ'_{Ei} ,遥感监测专家组的各因子打分均值和标准差分别为 \bar{W}'_{Ri} 和 δ'_{Ri} 。经统计,两组专家打分数据的均值和标准差存在差异(图 1—2),需要对两组打分情况进行权衡以确定各因子最终的权值^[12]:

$$W_i = \bar{W}'_{Ei} \times \alpha + \bar{W}'_{Ri} \times (1 - \alpha) \quad (5)$$

式中: α ——权衡系数,且 $0 \leq \alpha \leq 1$ 。根据具体的评价对象, α 值可以适当调整^[12]:

当 $\alpha = 0$ 时, $W_i = \bar{W}'_{Ri}$,即遥感监测专家组的打分决定最终因子的权值;当 $0 < \alpha < 1/2$ 时,遥感监测专家组的打分对最终因子的权值起到主要作用;当 $\alpha = 1/2$ 时,两组专家的打分对最终因子的权值的作用相等;当 $1/2 < \alpha < 1$ 时,生态学专家组的打分对最终因子的权值起到主要作用;当 $\alpha = 1$ 时, $W_i = \bar{W}'_{Ei}$,即

生态学专家组的打分决定最终因子的权值。

生态环境质量遥感评价模型为:

$$P = \sum_i^m W_i P_i \quad (6)$$

式中: P_i ——第 i 个因子的面积比例; P ——研究对象的总评价分值。

3 专家打分值的统计分析

3.1 各因子之间的均值分析

从图 1 可以看出,除农村居民地和道路打分的正负值不同外,两组专家对各因子在京津风沙源区生态环境中的正负效应观点基本一致,即对各因子打分的正负值基本相同。两组专家对各因子打分时,有 9 种因子的平均值之差小于 2 分,较其他 5 个差值大于 2 分的因子来说,这 9 种评价因子更为常见,如乔木林地、灌木林地、草地、水域、城镇、工业等,都是各专家熟知的因子,两组专家在分析其对生态环境的影响时更容易把握。在 5 个差值大于 2 分的因子中,大多数都是平时生活接触很少的因子,如裸荒地、盐碱地、沙地和沼泽地,两组专家的专业知识不同,在打分时会更倾向于各自的专业角度进行打分,自然会造成一定的差异,但这种差异对最终因子的权值分配不仅不会产生影响,而且在明确评价侧重点的情况下会更有助于生态环境评价。

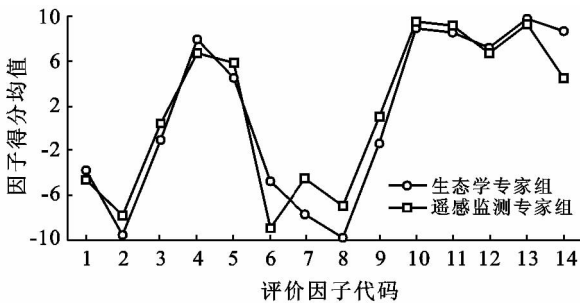


图 1 不同专家组的各因子得分均值统计

3.2 各因子的标准差分析

从图 2 可以看出,对比两组专家对各因子打分的标准差统计情况,其中遥感监测专家组有 11 种评价因子的标准差大于生态学专家组,遥感监测专家组的打分标准差在 1.2~4.0,生态学专家组的打分标准差在 0.6~3.9。对于城镇、道路、乔木林地、灌木林地、草地和水域这 6 种因子,两组专家打分的标准差都很小,主要是由于这些因子为专家所熟知,根据研究背景材料打分比较一致;对于裸荒地、盐碱地、沙地和沼泽地这 4 种因子,两组专家打分的标准差都相对较大,标准差值均大于 3,这主要是部分专家涉及这些因子的研究较少,所打分值不容易把握;而对于工

业、自然村落、水田和旱田这 4 种因子,生态学专家总体上打分的标准差比遥感监测专家组小,这主要因为遥感监测专家研究领域跨度较大,如沙漠化、林业、海洋、大气遥感等,而生态学专家主要以森林生态和城市生态方向为主,意见较为统一。

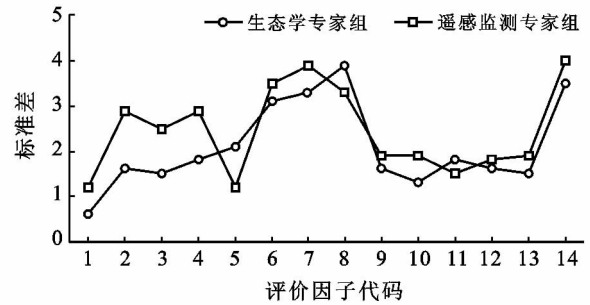


图 2 不同专家组的各因子标准差分析

4 评价模型在京津风沙源区的应用

选取典型的京津风沙源治理区域的北京市怀柔部分地区进行生态环境高光谱评价模型应用。怀柔地区处于北京市东北部,总面积达 2 128.7 km²,是华北平原、内蒙古高原以及燕山山脉的过渡地带。该区北部环山,南部是草原,地形包括深山、浅山、平原三种类型,从南向北绵延 128 km,地势呈北高南低,海拔变化较大,在 34~1 661 m。土壤主要包括草垫土、褐土、棕壤、风砂土等类型。

获取了北京市怀柔部分地区 2001 年 5 月 19 日的 EO-1 Hyperion 高光谱数据,该数据共有 242 波段,其中 1~70 波段是可见光近红外波段(VNIR),71~242 波段是短波红外波段(SWIR),光谱分辨率为 10 nm,空间分辨率为 30 m。首先删除 2 个重复、20 个受水汽影响严重及 44 个未定标波段,剩余 176 个波段;然后对剩余波段进行处理,包括坏线修复、条纹去除以及 Smile 效应去除;最后,对处理后的图像进行检验,继续删除质量差的波段 7 个,剩余 169 个波段。被删除的具体波段为:1~7,58~78,121~129,166~180,185~186,224~242。利用 FLAASH 软件对剩余的 169 个波段进行大气纠正,得到反射率图像。大气纠正后,采用 1:50 000 地形图对影像进行几何纠正,总误差是 0.35 个像元。本研究通过计算机自动分类和目视解译修正的方法获取研究区的各评价因子;由生态环境质量遥感评价模型,即公式(6)计算研究区域各评价因子的得分值以及综合评价得分值(表 2)。

从表 2 可知,综合评价得分理论取值在 -10~10,该区域的评价得分值为 4.13,综合评价为正

值,说明该区域的生态环境整体上比较好。从具体的评价因子来看,对该区域的生态环境总体评价起到正面作用的因子主要是乔木林地和水体,该区域乔木林地面积比例较大,为 35.2%,且两组专家打分的平均值达到 9.2,评价得分达 3.24;水体面积达 11.8%,两组专家打分值在 8.5~9.8,评价得分值为 1.13。起到负面作用的因子主要是裸荒地,面积达 10.3%,两组专家打分值在 -4.8~-8.9,评价得分值为 -0.71。在评价区域起到负面作用的因子如沙地、盐碱地、工业,面积都很少,沙地几乎没有,这也是研究区域综合评价得分值较高的主要原因。

表 2 研究区生态环境质量各评价因子的面积比例及评价得分

代码	评价因子	面积比例/%	得分值
1	城镇	4.8	-0.20
2	工业	0.5	-0.04
3	自然村落	20.5	-0.05
4	水田	0.8	0.06
5	旱田	6.1	0.31
6	裸荒地	10.3	-0.71
7	盐碱地	2.0	-0.12
8	沙地	0	0.00
9	道路	0.6	0.00
10	乔木林地	35.2	3.24
11	灌木林地	0	0.00
12	草地	5.5	0.38
13	水域	11.8	1.13
14	沼泽地	2.0	0.13
总和		100	4.13

为进行对比,同时采用文献[13]的方法以土地利用为基础,采用多指标综合评价的技术,实现以像元为单位的荒漠化遥感定量评价。选取的指标包括裸沙占地百分比、植被覆盖度、土壤含水率、土壤质地。将研究区的土地利用遥感分类体系合并成草地、林地(包括乔木林地、灌木林地)、未利用地(包括裸荒地、盐碱地、沙地、沼泽地)、居民点及工矿用地(包括城镇、工业、自然村落、道路)和耕地(包括水田、旱田)5种类型,权重的确定及荒漠化程度的划分均以文献[13]为准,评价结果详见表 3。

从表 3 可以看出,采用文献[13]的方法进行评价时,研究区域的大部分面积都处于轻度和中度荒漠化状态,其中轻度荒漠化面积所占为 28%,中度占 35%,未荒漠化的面积仅 26%,强度和极强度荒漠化面积比例较小,分别为 8%和 3%。从这个结果来看,显然不符合研究区的实际情况,将研究区的生态环境恶化程度夸大了。

表 3 土地荒漠化程度等级及各指标权重

土地类型	各指标权重			
	裸沙占地 百分比/%	植被覆 盖度/%	土壤含 水率/%	土壤 质地
牧草地	3.4	2.2	2.0	2.4
林地	3.2	3.1	2.0	1.7
未利用地	4.0	2.4	2.1	1.5
居民点及工矿用地	3.1	1.8	2.7	2.4
耕地	2.3	2.9	2.7	2.1
荒漠化程度	轻度	中度	强度	极强度
总得分范围	10.0~20.0	20.1~27.0	27.1~34.0	34.1~40.0
面积比例	28%	35%	8%	3%

经多次实地调查验证,该区域生态环境整体良好,有林地、水域等起到积极作用的因子分布面积较大,而裸沙地几乎没有,盐碱地、裸荒地虽然给环境带来一定负面影响,但面积较小,作用不明显。因此,本研究的评价结果更加接近真实情况,评价效果优于文献[13]的方法。

5 结论

(1) 在京津风沙源区生态环境遥感评价体系建立的基础上,采用改进的特尔菲法,引入权衡系数 α ,使得模型能够根据不同的评价角度分析研究区域的生态环境质量状况,并以北京市怀柔部分地区为例,验证了模型实用性。

(2) 评价指标的选取需要结合研究区的实际情况,本着可量化、可比较、整体、科学的原则,最大程度的体现研究区域的生态环境质量。

(3) 目前生态环境质量的评价方法种类很多,各种方法适用区域并不相同,应充分考虑研究对象的特殊性,选择最佳评价模型才能使评价结果更加接近真实情况。

[参 考 文 献]

- [1] 曾珍英,江艳,刘涛. 基于 Landsat-TM 影像的江西省生态环境质量状况研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(5):2531-2533.
- [2] 孙德勇,李云梅,乐成峰,等. 南京市土地覆被及生态环境遥感动态监测[J]. 地球信息科学, 2008, 10(3): 338-343.
- [3] Thomas M, Quigley, Richard W, et al. Estimating ecological integrity in the interior Columbia River Basin[J]. Forest Ecology and Management, 2001, 153(1/3):161-178.
- [4] 张明华,谭悦. 基于 ETM+ 影像的唐山地区生态环境质量评价[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4):104-108.

(下转第 241 页)

累,因此,茶叶中的 Cd 含量与土壤中可交换态 Cd 呈显著正相关关系;而可交换态 Cd 含量是由土壤中的 pH 值所调控的,土壤 pH 值较低($\text{pH}<6$)时,土壤中其他形态的 Cd 可以部分转化为可交换态 Cd,因此使土壤中可交换态 Cd 的含量增多,也促进了茶树对 Cd 的吸收和积累^[9]。

表5 粤东凤凰山茶区各茶园中茶叶的 Cd 含量

茶园	茶叶 Cd 含量/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	茶园	茶叶 Cd 含量/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
黄竹洋	0.98 ± 0.22	欧坑	0.63 ± 0.23
中段	0.37 ± 0.03	凤湖	0.87 ± 0.11
凤溪	0.30 ± 0.03	叫水坑	0.32 ± 0.09
凤新	0.36 ± 0.02	上春	0.32 ± 0.06
乌岽	0.93 ± 0.27	大庵	0.77 ± 0.05
三平标	0.92 ± 0.12	南溪	0.92 ± 0.05

3 结论

(1) 凤凰山茶区不同茶园 Cd 的形态分布规律有所不同,但总的分布规律均表现为:残渣态>碳酸盐态>交换态>铁锰氧化态>有机束缚态。凤凰山茶区交换态和碳酸盐态的 Cd 含量占各化学形态总量比例较高,生物有效性也比较高,说明 Cd 在土壤中更容易被茶树所吸收利用,对茶树的危害性大,茶园需关注土壤中 Cd 的污染情况。

(2) 茶区土壤可交换态 Cd 和残渣态 Cd 与土壤中的 pH 值呈极其显著负相关性,而有机结合态 Cd 与土壤 pH 值呈显著正相关性;有机质含量与氧化物结合态 Cd、有机束缚态 Cd 呈显著正相关,而与可交换态 Cd 和残渣态 Cd 呈显著负相关。表明土壤 pH

值和土壤有机质对茶区土壤中 Cd 形态分布有重要的影响。

(3) 茶叶中的 Cd 含量与土壤中可交换态 Cd 有显著正相关作用,与土壤 pH 值呈显著负相关关系。因此,可以通过升高茶区土壤的 pH 值,降低茶区土壤可交换态 Cd 含量,从而控制茶区茶叶中 Cd 量,这对于降低茶叶 Cd 污染、提高茶叶质量具有重要的理论和实践意义。

[参 考 文 献]

- [1] 廖国礼,吴超. 镉对植物生长发育的影响与危害[M]. 湖南长沙:中南大学出版社,2006:3-5.
- [2] Tessier A, Campbell P G C, Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals[J]. Anal. Chem., 1979,51(7):844-851.
- [3] 国家环保总局. GB15618—1995 土壤环境质量标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,1995.
- [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,1984:27,68.
- [5] 赵兴敏,董德明,花修芝,等. 污染源附近农田土壤中铅镉铬砷的分布特征和生物有效性研究[J]. 农业环境科学学报,2009,28(8):1573-1577.
- [6] 王红旗,刘新会,李国学. 土壤环境学[M]. 北京:高等教育出版社,2007:67-68.
- [7] 张辉. 土壤环境学[M]. 北京:化学工业出版社,2006:107-108,126-129.
- [8] 雷鸣,廖柏寒,秦普丰,等. 矿区污染土壤 Pb,Cd,Cu 和 Zn 的形态分别及其生物活性的研究[J]. 生态环境,2007,16(3):807-811.
- [9] 章明奎,黄昌勇. 公路附近茶园土壤中铅和镉的化学形态[J]. 茶业科学,2004,24(2):109-114.
- [10] 李新生. 铁岭市城市生态环境质量评价[J]. 生态学杂志,1993,12(3):59-62.
- [11] 巩彩兰,尹球,匡定波. 城市生态环境基础状况遥感信息提取研究:以上海市中心城区为例[J]. 红外与毫米波学报,2007,26(6):441-448.
- [12] 刘芳,尹球,张增祥,等. 城市生态环境基础质量遥感评价因子与评价模型研究[J]. 红外与毫米波学报,2008,27(3):219-223.
- [13] 吴见,彭道黎. 以土地利用为基础的多伦县沙质荒漠化评价遥感信息模型[J]. 中国农业大学学报,2010,15(3):114-121.

(上接第 236 页)

- [5] 芦彩梅,郝永红. 山西省区域生态环境质量综合评价研究[J]. 水土保持通报,2004,24(5):71-73.
- [6] 孙玉军,王效科,王如松. 五指山保护区生态环境质量评价研究[J]. 生态学报,1999,19(3):365-370.
- [7] 贾艳红,赵军. 白银市区域生态环境质量评价研究[J]. 西北师范大学学报:自然科学版,2004,40(4):91-95.
- [8] 吴炳方,孙卫东,黄签,等. 中国西部典型区生态环境本底遥感调查[J]. 水土保持学报,2004,18(5):46-50.
- [9] 徐鹏伟,赵多. 基于 RS 和 GIS 的杭州城市生态环境质量综合评价技术[J]. 应用生态学报,2006,17(6):1034-1038.