

文章编号: 1001 - 9014(2008)03 - 0219 - 04

城市生态环境基础质量遥感评价因子与评价模型研究

刘芳¹, 尹球^{1,2}, 张增祥¹, 巩彩兰²

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2 中国科学院 上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘要: 根据城市生态环境基础状况的现状, 参考国内外诸多城市生态环境基础质量评价模型, 在建立相应的评价体系基础上, 对城市生态环境基础质量遥感评价因子与评价模型进行研究. 研究重点放在评价因子权重的确定上, 对传统的特尔菲打分法进行改进, 最终确定评价因子的权重, 比较分析了专家打分数据的特点及相互之间的关联, 对上海市某区域城市生态环境基础质量进行了定量评价.

关键词: 生态环境基础; 评价因子; 评价模型; 特尔菲方法

中图分类号: TP79; P208 **文献标识码:** A

STUDY ON REMOTE SENSING ESTIMATION INDEX AND MODEL OF URBAN ECOLOGICAL ENVIRONMENT FOUNDATION QUALITY

LIU Fang¹, YIN Qiu^{1,2}, ZHANG Zeng-Xiang¹, GONG Cai-Lan²

(1. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: Based on the actuality of urban ecological environment foundation and the estimation system, the remote sensing estimation index and the model of urban ecological environment foundation quality were mainly studied by referring to many estimation models of urban ecological environment foundation quality in and abroad. The study emphasizes on the confirmation of the estimation index and it improves the traditional Delphi method. The characteristics and relationship of the data in the marking process were analyzed and compared. At last, the urban ecological environment foundation quality of some areas of Shanghai was analyzed in a quantifying way.

Key words: ecological environment foundation; estimation index; estimation model; Delphi method

引言

城市生态环境是城市生态系统与城市环境系统的有机结合体, 是人类赖以生存和发展的基础^[1,2], 城市生态环境研究关注的问题主要有城市生态环境基础状况(水系、绿化、道路广场、建筑等)、城市环境污染(大气污染、水污染、固体污染、声光污染等)以及城市气候(如:热岛现象)三部分, 文中就城市生态环境基础状况进行深入的研究. 随着城市化的不断扩大, 生态环境受到严重破坏, “八大公害事件”给世人敲响了警钟, 城市生态环境问题尤其是城市生态环境基础状况成了备受

关注的对象. 什么样的城市生态环境基础状况才是适合人类生存的? 有没有一种方便易操作的量化方法来界定它的好坏程度? 针对上述问题, 城市生态环境基础状况质量的研究已经由过去的定性分析逐步发展到现在的定量评价^[3], 其监测评价由传统的依据地面调查统计数据 and 观测结果发展到运用遥感技术以及遥感技术与传统技术的结合进行监测评价^[4]. 在城市生态环境基础质量遥感评价体系建立的基础上, 建立适合城市生态环境基础质量遥感评价的模型, 利用遥感技术对城市生态环境基础状况进行简单快捷的定量分析, 为城市生态环境的整体评价奠定基础.

收稿日期: 2007 - 10 - 21, 修回日期: 2008 - 01 - 18

基金项目: 上海市科技发展基金资助项目 (055115019, 046105017)

作者简介: 刘芳 (1983-), 女, 山东济宁人, 中国科学院遥感应用研究所博士, 主要从事国土资源遥感研究

Received date: 2007 - 10 - 21, revised date: 2008 - 01 - 18

表 1 评价因子列表

Table 1 List of estimation factors

| 代码 | 因子名称 | 代码 | 因子名称 | 代码 | 因子名称 | 代码 | 因子名称 |
|----|--------|----|--------|----|-------|----|------|
| 1 | 公共建筑 | 12 | 道路广场 | 23 | 水田 | 34 | 池塘 |
| 2 | 环卫设施 | 13 | 铁路 | 24 | 旱田 | 35 | 滩涂湿地 |
| 3 | 其它市政设施 | 14 | 机场 | 25 | 菜地 | 36 | 其它水域 |
| 4 | 工业 | 15 | 港口码头 | 26 | 园地 | 37 | 特殊设施 |
| 5 | 仓储 | 16 | 管道运输 | 27 | 林地 | 38 | 在建工地 |
| 6 | 其它工业仓储 | 17 | 其它交通运输 | 28 | 草地 | 39 | 垃圾堆场 |
| 7 | 筒危棚屋 | 18 | 乔木 | 29 | 禽畜养殖场 | 40 | 裸荒地 |
| 8 | 里弄 | 19 | 灌木 | 30 | 水产养殖场 | 41 | 荒草地 |
| 9 | 新村 | 20 | 草地 | 31 | 其它养殖场 | 42 | 其它 |
| 10 | 花园小区 | 21 | 混合 | 32 | 河流 | | |
| 11 | 自然村落 | 22 | 其它城镇绿化 | 33 | 湖泊 | | |

1 城市生态环境基础质量评价体系

城市生态环境基础质量指标涉及多领域、多学科,因而种类繁多,相关指标体系的建立需要完整准确的以最简最小化形式反映城市生态环境基础质量状况^[5]。本着系统性、重要性、差异性指标选取原则,参考美国地质调查局适用于遥感数据的土地利用分类体系、国家建设部与国土部相关的土地分类体系以及相关的诸多地方分类标准,经国内相关专家评审,建立了一套城市生态环境基础质量遥感分类体系^[6]。在该体系中,总共筛选出 42 类评价因子,具体如表 1 所示。42 类评价因子在遥感影像上的信息提取通过遥感自动分类与目视解译两种方式获得,其中可以通过自动分类的有工业、筒危棚屋、里弄、新村、道路广场、乔木、灌木、草地、水田等,目视解译的信息主要有:公共建筑、环卫设施、其它市政设施等。

2 评价模型的建立

评价模型建立的过程中,评价因子权重的确定是关键,权重 w_i 采用改进了的特尔菲方法进行确定。特尔菲打分法是一种改进了的专家预测法,是根据有专业知识人的直接经验,采用系统的程序,以互不见面和反复进行的方式,对某一问题进行判断的一种方法,将特尔菲法应用于城市生态环境基础状况的遥感分类体系与质量评价模型研究不失为一种有益的尝试。我们在进行专家打分前,首先草拟专家打分问卷,制定打分标准,提供打分的背景资料,专家本着独立完成问卷的原则^[7],给问卷相关内容打分。传统的特菲尔方法是把专家问卷中的数据作为一组数据批量处理^[8],而参与此次问卷调查的专家专业背景不同,因此根据实际情况对专家进行分组,对打分问卷中的



图 1 评价模型建立过程

Fig 1 Building process of the estimation model

调查结果进行分组统计分析,并引入一个衡量因子 a 来权衡各组专家打分对最终评价因子权重的影响,确定最终评价因子的权重。

其中,评价模型建立的流程如图 1 所示:

权重的求取步骤如下所示:

原始数据的统计:统计各专家的打分数据,主要是求取每类评价因子的均值 \bar{W}_i 及标准差 s_i ,即:

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

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

式中, m 为参与每类因子打分的专家人数; W_{ij} 为第 j 位专家给第 i 类因子的分值。

剔除干扰数据:根据概率知识,选取 1.5 倍标准差作为专家打分的有效范围,即第 i 类因子的有效打分范围为 $A = (W_i - 1.5 \times s_i, W_i + 1.5 \times s_i)$ 。如果 $W_{ij} \notin A$,则视为干扰数据^[9],将其剔除掉。剔除后样本的个数为 $m-b$,其中 b 为干扰数据的个数。

重新统计有效数据:将干扰数据剔除后,对剩余的有效数据重新进行计算求均值及标准差,即:

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

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

式中, W_{ik} 为剔除干扰数据后剩余的 W_{ij} 有效数据。

评价因子权重的求取

为了能够更科学、客观地完成城市生态环境基础质量的遥感评价,应该通过遥感专家与环评专家分别对城市生态环境基础质量遥感评价因子打分。但是,由于两组专家专业背景不同,在打分统计过程中,我们将这些专家的打分问卷分成两组进行处理,即遥感专家组与环评专家组,各组的因子均值

与标准差根据 \bar{W}_{Ri} 与 \bar{W}_{Ei} , R_i 与 E_i , 图 2、图 3 分别是两组专家的均值与标准差比较, 两组数据有差异, 需权衡两组数据对最终因子的权重影响。

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

(a 为衡量因子, $0 < a < 1$)

根据评价所需, a 值可以根据具体的评价情况作适当调整:

当 $a=0$ 时, 即 $W_i = \bar{W}_{Ri}$, 最终的评价因子权重仅与遥感专家的打分有关。

当 $0 < a < 1/2$ 时, 遥感专家的打分为最终评价因子权重的主要影响因素。

当 $a=1/2$ 时, 遥感专家打分与环评专家打分对评价因子的权重的影响相同。

当 $1/2 < a < 1$ 时, 环评专家的打分为最终评价因子权重的主要影响因素。

当 $a=1$ 时, 即 $W_i = \bar{W}_{Ri}$, 最终的评价因子权重仅与环评专家的打分有关。

城市生态环境基础质量的评价结果

$$P = \sum_{i=1}^n W_i P_i \quad (6)$$

其中, i 为评价因子的个数; W_i 为第 i 类评价因子的权重; P_i 为第 i 类评价因子在评价区域中的面积比重; P 为评价区域的总体评价分值。

3 专家打分结果的统计分析

我们邀请了 38位专家参与城市生态环境基础质量的遥感评价打分: 这些专家涵盖各个年龄段, 具有深厚的专业背景, 因此打分具有代表性。其中院士 3人, 院士以外的正高级人员 15人, 副高和中级人员 14人, 研究生 6人。其中遥感专家 23位, 研究方向包括红外与遥感、林业遥感、海洋遥感、高光谱遥感等; 环评专家 15人, 主要来自广州、上海, 研究方向包括环境影响评价、环境经济、环境管理研究、环境科学等。根据专业背景不同, 我们将 38位专家分成两组, 即环评专家组与遥感专家组, 并对两组专家提交的问卷进行统计分析, 生成图 2、图 3, 然后对两组数据分别进行均值与标准差的对比分析。

3.1 组间均值的对比分析

对比分析图 2 中环评组与遥感组专家对各类评价因子的打分折线图, 各类因子对城市生态环境基础质量的影响正负效应 (在图上表征为专家给各类因子打分的正负值) 在两组专家打分时是

完全一致的, 例如, 工业在两组专家打分中均取负值, 河流均取正值。同时, 两组专家对各类评价因子的打分也是有规律可循的: 有 37种评价因子在两组专家打分中差值小于 2分, 这些因子较之分值之差大于 2分的另外 5类因子 (如: 荒草地等) 在生活中更常见或更为各位专家所熟知, 因此两组专家更容易分析这些因子对城市生态环境基础状况产生的效应, 尤其是那些为大家所熟知的因子, 如: 河流、湖泊、乔木、灌木、草地等在两组中得分值基本保持一致; 同时, 由图 2 分析可知, 有 5类评价因子在两组中的分值相差较大, 主要是因为两组专家专业背景不同, 在回答打分问卷时遥感专家更倾向于从遥感角度给因子打分, 而环评专家则倾向于从生态环境效应角度给因子打分, 尤其是对于那些在日常生活中接触机会比较少的因子这种差异性就更大, 但这种差异的存在并不会影响到最终的因子权重分配结果。相反, 明确各组均值的侧重点, 协调好两组数据的关系, 更有利于城市生态环境基础状况的遥感质量评价。

3.2 组内标准差的对比分析

对比分析图 3 中环评组专家与遥感组专家对各类评价因子的打分标准差, 可以看出几乎所有评价因子对应的遥感专家组的标准差均大于环评专家组的, 环评专家组打分标准差范围为 0.9 ~ 3.2, 而遥感专家组的为 1.5 ~ 4.5, 在环评专家组中有 4类评价因子的分值标准差大于 3, 而在遥感专家组中有 8类这样的因子, 这主要是因为环评专家专业背景比较统一, 所从事的工作与城市生态环境相关度较大, 所以对各评价因子打分时分值离散度较小; 而遥感专家虽然大背景都是遥感专业, 但是所研究及从事的领域跨度较大, 专业背景与城市生态环境相关度较小, 导致打分结果标准差偏大, 分值较离散。同时, 分析比

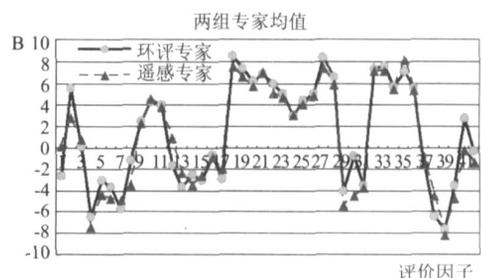


图 2 两组专家的均值统计图

Fig 2 Mean statistics of the two groups of experts

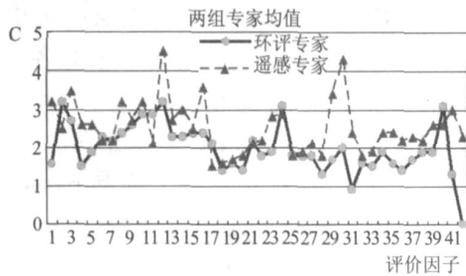


图3 两组专家的标准差统计图
Fig. 3 Standard deviation statistics of the two groups of experts

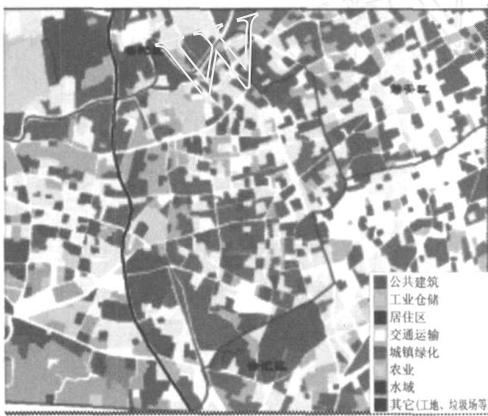


图4 1988年分析区域
Fig. 4 Analysis region of 1988

较图3中两条折线,发现大部分评价因子在两组中的标准差差别不大,尤其是河流、湖泊、乔木、灌木等常见评价因子的标准差在两组中都较小。

4 评价模型的应用

利用已经开发好的“城市生态环境基础状况的质量遥感评价GIS系统”,选取1988年、2002年两个年份对同一区域进行城市生态环境基础质量遥感评价模型应用,分析比较城市生态环境基础质量的动态变化。选择区域为上海市普陀区、静安区、徐汇区三区交界处,区域面积 26.15km^2 ,两个年份的分类图如图4、图5所示。

由评价模型运算得:1988年的综合评价分值为-1.17分,2002年的为-0.25分,分值有所提高,说明该选定区域的城市生态环境基础状况质量提高改善。主要是因为对环境起积极作用的绿化等评价因子的面积增加,如:城镇绿化(乔木、灌木等绿化的总称)的面积百分比由3.32%增加到9.3%;同时城市化的结果简危棚屋、工业区等要

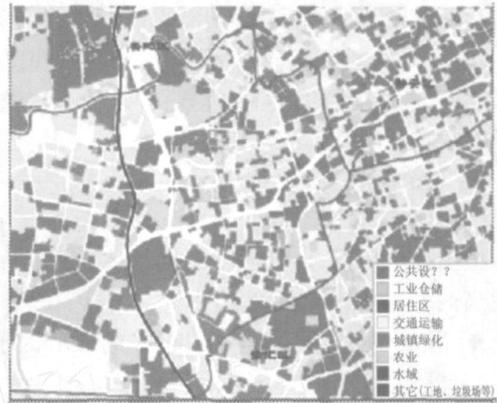


图5 2002年分析区域
Fig. 5 Analysis region of 2002

素的面积在缩小,例如,简危棚屋区由9.28%减少到0.28%,反映出近15年来科学规划城市发展,旧城改造,人们生活环境质量的提高,取得了令人满意的成绩。

5 总结

文中主要是在建立城市生态环境基础质量遥感评价体系的基础上建立评价模型,使用改进了的加权评价法和特菲尔打分法对城市生态环境基础质量进行量化评价。在建立评价模型时,引进一个衡量因子 a ,可以根据评价侧重点不同,得出不同的评价结果,根据评价侧重点不同从不同角度分析城市生态环境基础状况质量。文中还选取了具体区域,并对其在不同年份的城市生态环境基础质量进行评价分析,生动地展现了城市生态环境基础质量的动态变化。

REFERENCES

- [1] XIA Jun. Regional water environment and ecological quality estimation [M]. Wu Han: Journal of Wu Han University of Hydraulic and Electric Engineering (夏军. 区域水环境及生态质量评价. 武汉: 武汉水利电力大学出版社), 1999: 120—135.
- [2] XIE Zhi-Ren, LU Zhuang. Regional environmental integration estimation research of Jiang Su province [J]. China Population Resources and Environment (谢志仁, 刘庄. 江苏省区域生态环境综合评价研究. 中国人口资源与环境), 2001, 11(3): 85—88.
- [3] YN Qiu, KUANG Ding-Ba. Views on Chinese remote sensing development [J]. J. Infrared Millim. Waves (尹球, 匡定波. 促进遥感发展的几点思考. 红外与毫米波学报), 2007, 26(3): 226.
- [4] GONG Cai-Lan, YN Qiu. Study on the spectral reflectivity models of different water quality parameters in Huangpu River [J]. J. Infrared Millim. Waves (巩彩兰, 尹球. 黄浦江不同水质指标的光谱响应模型比较研究. 红外与毫米

波学报), 2006, 25(4): 284.

- [5] LI Xin-Sheng Urban ecological environmental quality estimation of Tie-ling city[J]. Chinese Journal of Ecology(李新生. 铁岭市城市生态环境质量评价. 生态学杂志), 1993, 12(3): 59—62
- [6] GONG Cai-Lan, YN Qiu, KUANG Ding-Bo. Remote sensing information extraction of urban environment[J]. *J. Infrared Millim. Waves* (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. 红外与毫米波学报), 2007, 26(6): 441—448
- [7] YE Wen-Hu, LUAN Sheng-Ji. *Environment quality estimation study*[M]. Bei Jing: Superior Education Publishing Compa-

ny(叶文虎, 栾胜基. 环境质量评价学. 北京: 高等教育出版社), 1994: 111—150

- [8] HAO Hong-Wei, et al The simple discussion on the highway engineering with the Delphi estimation method [J]. *Technology & Economy in Areas of Communications* (郝红卫等. 浅论公路工程特尔菲评标法. 交通科技与经济), 2002, 16(4): 10—11.
- [9] SU Jun-He. *Probability and symbolic Stat*[M]. Shanghai Shanghai University of Finance & Economics Publishing Company(苏均和. 概率论与数理统计. 上海: 上海财经大学出版社), 1999: 20—25

(上接 213页)

运用上述特征提取及分类系统, 利用 Hyperion 高光谱数据, 基本实现了 ××地区天然气蚀变异常区的分类. 根据该地区的地质资料可知, 具有异常显示的区域与该地区气藏形成条件相吻合. 文中采用的基于小波 PCA 的特征提取方法, 有效地提取了该地区地表微弱的天然气蚀变特征. 在分类时, 文中采用的非监督/监督分类混合训练策略, 有效地将干扰地物区分开, 实现了天然气蚀变异常区的聚类.

油气勘探历来是一门地球物理、地球化学、石油地质学等学科综合应用的科学. 高光谱遥感作为一项新世纪以来逐渐走向实用的新技术, 可以在众多业已成熟的油气勘探技术中, 作为新的一员, 充分发挥自己的能量.

REFERENCES

- [1] Heather Freeman. Evaluation of the use of hyperspectral imagery for identification of microseeps near Santa Barbara, California[J]. *Project Report for Master of Science in Geology West Virginia University*. 2003, 9.
- [2] Horig B, Kuhn F, Oschutz F, et al. Hymap hyperspectral remote sensing to detect hydrocarbons[J]. *International Journal of Remote Sensing*. 2001, 22(8): 1413—1422
- [3] Cloutis E A. Spectral reflectance properties of hydrocarbons: remote sensing implications[J]. *SCIENCE*. 1989, 245: 165—168
- [4] Alexander F H Goetz. Imaging spectrometry for earth remote sensing[J]. *SCIENCE*. 1985, 228: 147—1153
- [5] Roger McCoy, Jason Blake Kathryn Andrews. Detecting hydrocarbon microseepage using hydrocarbon absorption bands

of reflectance spectra of surface soils[J]. *Oil & Gas Journal* 2001, 5.

- [6] Wang Yunpeng, Ding Xuan. Hydrocarbon alteration characteristics and remote sensing mechanism of surface soil in East Sichuan[J]. *GeoChemica* (王云鹏, 丁暄. 川东某地地表土壤烃类蚀变特征及遥感机理研究. 地球化学), 1999, 28(4): 381—392
- [7] Richard Beck. EO-1 User Guide V. 2.3. <http://eo1.usgs.gov>. 2005. 11—2006. 5.
- [8] White H P, Khurshid K S, Hitchcock R, et al. From at-sensor observation to at-surface reflectance-calibration steps for earth observation hyperspectral sensors[J]. *IEEE* 2004, 5: 3241—3244
- [9] Shen Yuanting. *Study on Hyperspectral Remote Sensing Image Processing Technology for Petroleum Exploration* [D]. Dissertation for Master's Degree (沈渊婷. 油气勘探高光谱遥感图像处理技术的研究. 硕士学位论文. 北京: 北京理工大学). 2006
- [10] WANG Qiang, SHU Jiong, YN-Qiu. DSGF method on detecting and removing spectral noise of hyperspectral image [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (王强, 束炯, 尹球. 高光谱图像光谱域噪声检测与去除的 DSGF 方法. 红外与毫米波学报), 2006, 25(1): 29—32
- [11] MA Yan-Hua, WANG Jian-Yu, MA De-Min, et al. New vector filter based on background detection used in spectral image[J]. *J. Infrared Millim. Waves* (马艳华, 王建宇, 马德敏, 等. 一种用于光谱图像的基于邻域背景检测的矢量滤波器. 红外与毫米波学报), 2006, 25(2): 157—160
- [12] Gan Fuping, Wang Runsheng, Ma Ainai. Spectral identification (sit) for mineral extraction based on spectral characteristics of mineral[J]. *Earth Science Frontiers* (甘甫平, 王润生, 马蔼乃. 基于特征谱带的高光谱遥感矿物谱系识别. 地学前缘), 2003, 10(2): 445—454