

文章编号: 1007-6301 (2000) 04-0359-07

高分辨率遥感卫星数据在城市 生态环境评价中的应用模型研究

赖志斌, 夏曙东, 承继成

(北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

摘要: 建立完善的城市生态环境监测及评价体系是目前城市环境工作一项重要内容, 在对高分辨率遥感卫星数据特点分析的基础上, 进行了高分辨率遥感卫星数据应用的可行性分析, 提出了高分辨率遥感卫星数据在城市生态环境评价中的应用模型, 并从城市生态环境评价指标体系、元数据管理体系、环境评价因子的提取和分析三个方面对该应用模型做了进一步的阐述, 最后对该模型在厦门市环保局进行了实验研究。

关 键 词: 高分辨率遥感卫星; IKONOS; 元数据; IMS

中图分类号: RS; GIS **文献标识码:** A

1 前言

随着我国经济的发展和城市化水平的增高, 城市面貌和人民生活质量有了相当程度的提高。与此同时, 环境意识深入人心, 人们对优良生活环境的需求愈来愈强烈。为了改善环境质量, 加快城市建设, 从 1989 年起, 我国政府在全国推行城市环境综合整治定量考核制度, 国家和省级政府分别对 37 个重点城市和 330 多个城市进行定量考核。从 1993 年起, 国家环保总局先后评定了张家港等 6 个国家环境模范城市^[1]。城市生态环境的优劣反映出城市整体环境水平, 目前, 城市生态环境的评价工作主要包含两方面的内容, 一是城市生态环境现状评价, 二是城市发展对生态环境的综合影响评价, 而这两方面都必须要求准确地掌握城市生态特征, 这包括城市规模、人口密度、工业与民用用地分布及其结构、经济结构、城市绿地分布、绿化发展等。现有的评价指标主要以污染环境为主, 不能对作为人类栖息地的城市的生态环境进行全面考察, 不能体现环境保护“以人为本”的宗旨。现有的监测手段主要以地面监测、点源监测为主, 缺乏动态性、全局性以及信息的完备性, 在这方面表现出来的劣势是明显的, 带来的结果是使得定量考核方法(运算模型)的设计受到限制, 影响到考核的科学性, 其突出的问题在于指标量的获取困难重重, 以及监测周期过长, 说服力不强。因此, 如何改进监测方法, 建立起相对完备的城市生态环境时空动态监测技术体系和评价体系, 乃是我国城市环境管理和可持续发展中的重要科技问题^[2]。遥感

收稿日期: 2000-11; **修订日期:** 2000-12

作者简介: 赖志斌(1973-), 男, 北京大学遥感与地理信息系统研究所博士研究生。主要从事网络 GIS、国家信息基础设施和元数据应用方面的研究。已发表论文 10 余篇。

E-mail: zbl@pubms.pku.edu.cn

技术，特别是利用高分辨率遥感技术的出现，为城市生态环境的监测方法和评价指标的改进提供了有力的支持。

2 高分辨率遥感卫星及数据特点

1998 年开始，国际上几个对地观测技术公司陆续发射了几颗新型商用遥感卫星，它们的分辨率较之以前的商用遥感卫星而言都有很大的提高，统称为高分辨率遥感卫星。主要的几家公司及其卫星有：Earth-watch 公司的 Early Bird（3 米分辨率）和 Quick Bird（1 米分辨率）；Space Imaging 公司的 IKONOS（1 米分辨率）；Orbital Sciences 公司的 OrbView-1（1 米、2 米和 4 米分辨率）等。

其中，美国 Space Imaging 的 IKONOS 卫星尤其突出，该遥感卫星在 1999 年 9 月 24 日 11:21（当地时间）发射。IKONOS 卫星运行在离地 680 公里的地球中空轨道上，可以同时采集 1 米分辨率的全色（黑白）数据和 4 米分辨率的多光谱（红、绿、蓝和近红外四波段）数据，地面扫描带的宽度为 11~13 km。对于迄今为止的商用遥感卫星系统而言，这个分辨率水平是前所未有的。卫星运行轨道是太阳同步类型的，卫星运行速度为 7 km/s。IKONOS 卫星的访问周期与运行轨道所对应的地球纬度有关，纬度越高周期越短；越近赤道则周期越长。在地球纬度 40° 处，IKONOS 卫星采集 1 米分辨率数据的访问周期为 2.9 d，分辨率降低为 1.5 m 时访问周期仅为 1.5 d，这比传统的 LANDSAT（16 d）和 SPOT（26 d）要短得多。

Space Imaging 公司提供三种由 IKONOS 卫星遥感的高空间分辨率图像数据产品：1 m 分辨率的全色图像，4 m 分辨率的多波段图像和 1 米分辨率的全色增强图像。它们的波段名称及范围如右表所示。

分辨率	波段名称	波段范围
1 m	全色波段（黑白）	0.45~0.90 μm
4 m	波段 1（蓝）	0.45~0.52 μm
4 m	波段 2（绿）	0.53~0.61 μm
4 m	波段 3（红）	0.64~0.72 μm
4 m	波段 4（近红外）	0.77~0.88 μm

多波段图像产品有两种选择，可以将红绿蓝三波段存放在同一数据文件中，也可以将红绿蓝和近红外四个波段存放在四个不同的文件中。全色增强图像产品有红绿蓝和红绿近红外两种。

3 可行性分析

从上面的高分辨率遥感卫星数据的参数可以看出，与传统的商用卫星数据比较，高分辨率遥感卫星数据的高空间分辨率解决了传统低分辨率卫星数据只能局限于区域监控的弱点，1 m 分辨率的出现，可以进行环境个体分析的研究工作^[3~5]，同时使得利用该手段进行城市生态环境监测和评价研究成为可能。

在城市生态环境保护方面，可以利用 IKONOS 遥感卫星影像优于低分辨率数据的特点，来动态监视环境质量敏感地区的环境状况，而通过对比多时相的卫星影像还可以对该地区未来一段时间内的环境状况变化作出预测，为采取相关措施提供参考依据。利用传统的低分辨率卫星影像，我们很难判定污染企业和河口、海口的排污口等细节信息；但在高分辨率的卫星影像上，此类判读就变得相对简单。如许多工厂的大烟囱在 1 m 分辨率的影

像上比较容易分辨, 相应污染企业的位置就容易确定; 根据影像上水域颜色的变化可以确定进入水域的排污口, 比较不同时间的影像则可以监测污染的变化; 根据不同时象的影像, 分析区域内土地利用状况的变化, 植被覆盖率变化情况等。

使用高分辨率遥感卫星影像, 不仅可以迅速的获取城市的概况, 而且把握城市的细节也非常方便。将它应用于城市生态环境评价中的优势以及对传统监测手段的辅助作用主要表现在以下几方面:

(1) 改善了现有的城市环境考评指标。遥感手段不仅能从一定程度上监测环境污染, 更重要的是能够对作为人的栖息地——城市的生态环境进行更全面的考察。

(2) 能够很方便地提取诸如城市绿地指标、建成区拥挤度指标等城市生态环境的空间结构信息, 结合地面监测、点源监测, 就可以达到全局性以及信息完备性的要求, 这些对传统监测手段的补充作用是很明显的。

可见, 利用高时间、高空间分辨率的遥感技术, 提出基于遥感技术的城市生态环境质量评价的指标体系, 同时辅与全局、动态、自动化的城市生态环境评价指标项的计算机信息获取系统, 是进行综合考核模型运算、城市生态环境问题机理的反演、症状的诊断、解决方案的提出、对策实施的后效应及处理等整个城城市环境评价信息过程实施的基础。

4 高分辨率遥感卫星数据的应用模型

高分辨率遥感数据在城市生态环境评价中的应用主要涉及到三个方面的内容, 一是利用高分辨率遥感卫星数据和结合其他相关的生态环境信息, 建立城市生态环境评价指标体系; 二是对高分辨率遥感卫星数据进行元数据管理; 三是从高分辨率遥感卫星影像中提取环境评判因子, 进行环境评价工作。相应的高分辨率遥感数据在城市环境评价中的应用模型如图 1。

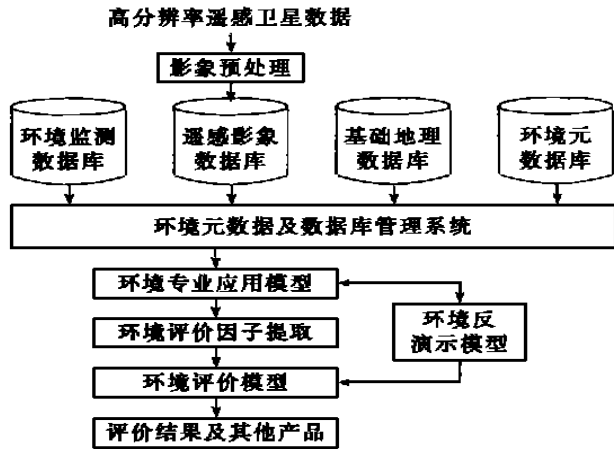


图1 高分辨率遥感卫星数据应用模型结构图

Fig. 1 Application model structure of high resolution RS data

该模型与传统的应用模型相比, 主要有以下四个方面的特点, 一是遥感影像库的数据来源主要是高分辨率影像数据; 二是环境监测数据库和基础地理数据库的数据获取方式发生一定的变化, 一部分监测的内容项可以直接从高分辨率影像中直接提取, 1:2000 比例

尺以上的地理空间数据的内容可以直接从高分辨率影像中提取;三是传统的数据库管理系统被基于元数据的数据库管理系统取代,数据库中的内容包括环境元数据库;四是在应用中,环境评价因子的获取和进行环境评价工作是应用的核心内容。

4.1 城市生态环境评价指标体系的建立

利用高分辨率遥感卫星数据辅助城市生态环境评价指标体系的建立是该数据在城市生态环境评价中应用的前提。它与区域的生态环境评价指标体系相比较,评价因子的内容项将更加复杂,相应的评价指标的量化方法也将更加细化^[6,7]。在建立城市生态环境评价指标体系的过程中,一方面要确立城市生态环境信息的主要特征及描述参数。要进行城市生态环境质量评价,首先要掌握城市生态结构及其信息,通过分析以往资料以及实况调查,获取生态结构的主要特征,选取可以进行定量描述的参数,为遥感手段的介入作必要的准备工作。另一方面,分析基于多时相、多波段的高分辨率遥感影像的城市生态环境信息的内在形成规律,在已有的评价指标中,选取可以用高分辨率遥感手段获取的指标进行进一步的分析,探求遥感影像与城市生态环境信息的结合点,具体研究城市生态环境的内在规律及其变化在遥感影像上的反映,并得出定性定量的结论,确定城市生态环境评价因子的内容,最终形成城市生态环境指标体系。

在高分辨率遥感卫星数据的应用模型中,环境专业应用模型和环境评价模型以及环境反演模型处理围绕的核心对象是城市生态环境指标体系中的环境因子。评价因子的科学性直接影响到评判结果。

4.2 元数据管理体系的建立

元数据管理体系的建立是高分辨率遥感卫星数据应用的保障。元数据是数据的数据,它描述了数据的内容、质量、情况和其它特性。目前,元数据管理已经开始进入了实用阶段^[8]。利用元数据机制对环境数据库内容进行管理,是信息标准化管理和实现数据共享要求的必然结果。同时,1 m 分辨率的卫星数据的高时间和高空间分辨率的特点,在同等面积的区域范围内,数据量大小是传统遥感卫星数据量的数倍或数十倍。在这种情况下,建立完备的元数据管理体系,进行数据资源的高效检索及获取应用的需求尤为突出。

在分布式环境数据库的前提下,增加环境元数据库,采用元数据库管理系统,实现对元数据和环境数据库内容的一体化管理。高分辨率卫星遥感数据属于栅格类型的空间数据,元数据标准可以直接选用国际上较权威的空间元数据标准,如美国联邦地理数据委员会(FGDC)制定的数字地理空间元数据标准(CSDGM)。

4.3 环境评价因子的提取及分析

环境评价因子的提取和城市生态环境的评价分析是高分辨率遥感卫星数据的主要应用内容,环境评价因子的部分内容可以直接从高分辨率遥感影像中直接获得。遥感影像应用的一项重要内容是影像信息的提取,传统的遥感影像信息提取的方法主要是利用影像的光谱分辨率进行信息提取工作。在高分辨率遥感影像的支持下,可以充分利用影像的空间分辨率,结合较低分辨率如4 m 分辨率影像的光谱分辨率,进行环境评价因子的提取。由于1 m 分辨率的卫星影像数据只有全色波段,基于多光谱特征进行影像分类提取的方法对该类影像目前还不适用,因此,必须根据地物在影像上的纹理特征,建立和充分应用基于纹理特征的地物分类及信息提取方法,提取出城市生态环境评价指标体系中内容项的评价因子信息。

对于城市生态环境的评价分析, 从高分辨率遥感卫星影像中提取出来的环境评价因子后, 还需要结合特定的环境评价模型和地理信息系统技术, 实现环境评价模型和地理信息模型的一体化分析, 最终得出城市生态环境的评价结果。

5 实验研究

厦门市是我国环境保护建设工作较为突出的城市, 厦门市环保局也是我国最早购买 IKNO S 高分辨率遥感卫星数据的单位, 现已拥有厦门市 1 m 波段和 4 m 波段的分辨率和 IKNO S 卫星数据。

IM S 是该局采用的对各种信息资源进行统一管理的元数据管理系统。新购的高分辨率遥感卫星数据在 IM S 系统中进行了元数据的注册工作。该系统采用的空间元数据标准是 FGDC 的数字地理空间元数据标准, 同时, 结合厦门市环保局的行业信息资源的特点, 在该标准的基础上进行了必要的扩充和提取, 形成厦门市环保局的元数据指标体系。环境评价因子内容以国家统一城市环境综合考评系统中定义的指标项为基础, 结合环境监测的内容项, 采用 ER Mapper 和 Arc/Info 进行影像处理和信息提取工作, 在 Arc/Info 系统中进行综合的评判分析, 在这种构架下的应用研究工作正在顺利地进行。下图是厦门新机场的 1 米分辨率卫星影像图。



图 2 1 m 分辨率卫星影像图 (厦门国际机场)

Fig. 2 One meter resolution satellite image (Xiamen International airport)

6 结论及展望

利用高分辨率遥感卫星数据进行城市生态环境评价是一项全新的工作,也是高分辨率遥感卫星数据自身的典型应用研究工作的一项内容。它对促进城市生态环境的管理工作具有重要意义。由于目前该种卫星数据的应用还属于刚刚开始,随着应用程度的提高和应用范围的扩大,该项工作将有待于做进一步的深入研究。

参考文献:^[HJ*2]

- [1] 国家环境保护局 中国环境保护 21 世纪议程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 163~ 177.
- [2] 科技部国家遥感中心 地理信息系统与管理决策[M]. 北京: 北京大学出版社, 2000. 113~ 141.
- [3] L oyd Coulter, Douglas Stow et al Comparison of high spatial resolution imagery for efficient generation of GIS vegetation layers[J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2000, **66**(11).
- [4] Quackenbush L J, Hopkins P F et al Developing forestry products from high resolution digital aerial imagery[J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2000, **66**(11).
- [5] Zhou Guoqing, Li Ron Accuracy evaluation of ground points from IKONOS high-resolution satellite imagery[J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2000, **66**(9).
- [6] 郑新奇, 王爱萍 基于 RS 与 GIS 的区域生态环境质量综合评价研究——以山东省为例[J]. 环境科学学报, 2000, **20**(4): 89~ 493.
- [7] 张增祥 生态环境综合评价与动态监测的空间信息定量分析方法及应用[J]. 环境科学, 1999, **19**(1): 1~ 9.
- [8] 沈体雁, 程承旗 基于空间元数据的分布式地理数据管理模型及应用研究[J]. 测绘通报, 1999, 7: 34~ 38.
- [9] 李军, 周成虎 地球空间数据元数据标准初探[J]. 地理科学进展, 1998, **17**(4): 55~ 63.
- [10] 张键挺 地理信息网络共享的研究和应用进展[J]. 地理科学进展, 1998, **(17)**(4): 73~ 78.

Application Model Research of High Resolution Remote Sensing Data In Urban Environmental Evaluation

LA I Zhi-bin, XIA Shu-dong, CHEN G Ji-cheng

(RS and GIS Institute Of PeKIng University, Beijing 100871, China)

Abstract: Perfect monitoring and evaluating system of urban environment is very important. Traditional monitor and evaluation system should be revised with the support of high resolution remote sensing technology. High resolution remote sensing satellites and their data, especially IKONOS satellite of Space Imaging Company, are introduced. Then the application feasibility research is done based on it. In addition, the environmental evaluation application model based on the high resolution remote sensing satellite data is given. This model has four main characters, and contents of this model are further explained in three parts. The first part is the urban environmental evaluation system. With the support of high resolution remote sensing satellite data and other environmental information, environmental evaluation system can be constructed, which is

not only the basis of urban environmental evaluation, but also the basis of application of high resolution remote sensing data. The second part is Metadata management. Constructing the Metadata management system and adding environmental Metadata database to the origin database system are needed, and Metadata management benefits the data share and data efficiency acquiring. The third part is environmental evaluation factor getting and analyzing. Getting the evaluation factors from high resolution image should use the method of texture instead of the traditional method based on multiple spectrum. Based on these factors, special environmental models and GIS should be combined to do the urban environmental evaluation work. In the end, typical initial research is done in Xiamen Environmental Bureau.

Key words: HRRS Satellite, IKNO S, M etadata, IM S