

遥感图像大气校正方法综述

郑伟, 曾志远

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

摘要:对目前常用的大气校正方法作了较详细的介绍,包括辐射传输模型法、黑暗像元法、不变目标法、直方图匹配法等 8 种方法。分析了各种方法的优缺点,以及它们各自的适用范围,并对各种方法在国内外应用的情况作了概括。

关键词:遥感图像;大气校正;综述

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2004)76-0066-05

1 引言

卫星遥感图像的大气校正,一直是遥感定量研究的主要难点之一。近些年来,随着定量遥感技术迅速发展,特别是利用多传感器、多时相遥感数据进行土地利用和土地覆盖变化监测、全球资源环境分析、气候变化监测等的需要,使得遥感图像大气校正方法的研究越来越受到重视。

到目前为止,遥感图像的大气校正方法很多。这些校正方法按照校正后的结果可以分为 2 种^[1],绝对大气校正方法和相对大气校正方法。绝对大气校正方法是将遥感图像的 DN(digital number)值转换为地表反射率或地表反射辐射亮度的方法。相对大气校正方法校正后得到的图像,相同的 DN 值表示相同的地物反射率,其结果不考虑地物的实际反射率。按照校正的过程,可以分为间接大气校正方法,和直接大气校正方法^[2]。直接大气校正是指根据大气状况对遥感图像测量值进行调整,以消除大气影响,进行大气校正。大气状况可以是标准的模式大气或地面实测资料,也可以是由图像本身进行反演的结果。间接大气校正指对一些遥感常用函数,如 NDVI 进行重新定义,形成新的函数形式,以减少对大气的依赖。这种方法不必知道大气各种参数。但是这些分类其实并没有明显的界限,因此下面在介绍一些主要的大气校正方法时,并不按照以上分类来介绍。

2 辐射传输模型

在诸多的大气校正方法中校正精度高的方法是辐射传输模型法(Radiative transfer models)。辐射传输模型法是利用电磁波在大气中的辐射传输原理建立起来的模型对遥感图像进行大气校正的方法。其算法在原理上基本相同,差异在于不同的假设条件和适用的范围。因此产生很多可选择的大气校正模型,应用广泛的就有近 30 个。例如 6S 模型(Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum

), LOWTRAN 模型(Low Resolution Transmission), MORTRAN 模型(Moderate Resolution Transmission),大气去除程序 ATREM(The Atmosphere Removal program),紫外线和可见光辐射模型 UVRAD(Ultraviolet and Visible Radiation),TURNER 大气校正模型,空间分布快速大气校正模型 ATCOR(A Spatially Adaptive Fast Atmospheric Correction)等等。其中以 6S、MODTRAN、LOWTRAN 和 ATCOR 模型应用最为广泛。

2.1 6S 模型^[3]

6S 模型是在法国大气光学实验室 Tanre D., Deuze J. L., Herman M. 和美国马里兰大学地理系 Vermote E. 在 5S(Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum)模型的基础上发展起来的。该模型采用了最新近似(state of the art)和逐次散射 SOS(successive orders of scattering)算法来计算散射和吸收,改进了模型的参数输入,使其更接近实际。该模型对主要大气效应: H₂O, O₃, O₂, CO₂, CH₄, N₂O 等气体的吸收,大气分子和气溶胶的散射都进行了考虑。它不仅模拟地表非均一性,还可以模拟地表双向反射特性。6S 模型与 LOWTRAN 模型、MORTRAN 模型比较,6S 模型具有较高的精度。

2.2 LOWTRAN 模型^[4]

LOWTRAN 模型是美国空军地球物理实验室研制的。目前流行的版本是 LOWTRAN7,它是以 20cm⁻¹的光谱分辨率的单参数带模式计算 0cm⁻¹到 50 000cm⁻¹的大气透过率,大气背景辐射,单次散射的光谱辐射亮度、太阳直射辐射度。LOWTRAN7 增加了多次散射的计算及新的带模式、臭氧和氧气在紫外波段的吸收参数。它提供了 6 种参考大气模式的温度、气压、密度的垂直廓线, H₂O, O₃, O₂, CO₂, CH₄, N₂O 的混合比垂直廓线及其他 13 种微量气体的垂直廓线,城乡大气气溶胶、雾、沙尘、火山喷发物、云、雨廓线和辐射参量如消光系数、吸收系数、非对称因子的光谱分布。还包括

收稿日期: 2004-06-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(40371053)。

作者简介: 郑伟(1981~), 硕士, 南京师范大学地理科学学院遥感研究所, 主要从事遥感与 GIS 理论研究与应用工作。

E-mail: azheng1125@163.com

地外太阳光谱。目前使用的 LOWTRAN7 已经基本成熟固定,自 1989 年以来没有大的改动,仅修改了其中一些小的错误。

2.3 MORTRAN 模型^[4]

MORTRAN 模型主要是对 LOWTRAN7 模型的光谱分辨率进行了改进,它把光谱分辨率从 20cm^{-1} 减少到 2cm^{-1} , 发展了一种 2cm^{-1} 光谱分辨率的分子吸收的算法和更新了对分子吸收的气压温度关系的处理,同时维持 LOWTRAN7 的基本程序和使用结构。ENVI3.6 提供的 FLAASH 大气校正模型就是使用了改进的 MORTRAN 模型的代码。

2.4 ATCOR 模型^[5]

ATCOR 大气校正模型是由德国 Wessling 光电研究所的 Rudolf Richter 博士于 1990 年研究提出的一种快速大气校正算法,并且经过大量的验证和评估。该模型已经广泛应用于很多的通用图像处理软件,如 PCI、ERDAS。目前,ATCOR2 模型是 ATCOR 经历了多次改进和完善的产品,上述软件中引入的即为 ATCOR2 版本。1999 年和 2000 年 ATCOR3 及 ATCOR4 模型适用范围推广到更广泛的山区。虽然受局地气候的控制以及新模块需要进一步的完善,但 ATCOR2 系列仍然是 ATCOR 的主产品。ATCOR2 是一个应用于高空间分辨率光学卫星传感器的快速大气校正模型,它假定研究区域是相对平的地区并且大气状况通过一个查证表来描述。在具体实施过程中将针对太阳光谱区间和热光谱范围进行计算。

国内很多研究者对辐射传输模型大气校正方法也作了很多研究工作。秦益等人^[6]提出了基于辐射传输模型理论的 AVHRR 图像大气校正方案,并研制了软件系统。李先华等人^[7]在讨论逐点计算遥感图像像元的大气辐射值和大气透过率的方法和原理的基础上,提出了一个适合非均匀大气的、包括大气辐射和大气透过率等修正内容的遥感图像广义大气校正模型。张玉贵^[8]对 TURNER 模型进行改进,并对 TM 图像进行了大气校正。胡宝新等人^[9]提出了 BRDF—大气订正环的大气校正方法。这种方法首先用 6S 模型作基于朗伯体的大气校正,并通过一系列在不同成像几何条件的订正结果,在 BRDF 模型库中找到一种最能描述这些数据的模型,最后根据反演的模型参数进行基于 BRDF 的大气校正。龙飞等人^[10]利用连续数天的多角度 NOAA 卫星数据,采用 Rahman 地表二向反射模型和基于地面 BRDF 反射率的大气校正方法反复迭代提出了多个角度大气校正后的图像。

研究表明辐射传输模型方法计算出来的反射率精度较高,但是可以看到这种方法计算量大,而且需要较多参数。比如大气中的水汽含量,臭氧含量以及空间分布,气溶胶光学特征等等。而在常规的大气校正中,这种测量很难实施。Kaufman^[11]指出:大气校正的基本方法是获得关于大气光学性质的各种参数,如大气光学厚度、相函数、单向散射反照率、气体吸收率等。而大气校正的困难就在于难于确定这些参数。如果测得的参数不正确直接影响计算的精度。所以

这种方法的广泛应用也有一定限制。

3 黑暗像元法

最理想的大气辐射校正和反射率反演方法应该是仅通过遥感影像信息,而不需要野外场地测量等辅助数据,并且能够适用于历史数据和很偏远的研究区域。因此,研究者提出了一些不需要大气的和地面的实测数据,尤其不需要卫星同步观测数据的大气校正方法,其中被广泛应用的就是黑暗像元法(dark-object methods)。用黑暗像元法进行大气校正主要是依靠图像本身的信息,一些不能直接在图像上获得的信息,可在相应的前人研究成果的文献资料中找到。这种方法直接,简易,其校正精度可以满足一般遥感的研究和应用,具有较强的实用性。黑暗像元法的研究与应用已经有 20 多年的历史,其关键技术主要在于遥感图像中黑暗像元值有效地确定和大气校正模型的适当选择。该方法的基本原理就是在假定待校正的遥感图像上存在黑暗像元区域、地表朗伯面反射、大气性质均一,忽略大气多次散射辐射作用和邻近像元漫反射作用的前提下,反射率很小的黑暗像元由于大气的影 响,而使得这些像元的反射率相对增加,可以认为这部分增加的反射率是由于大气辐射的影响产生的。利用黑暗像元值计算出程辐射,并代入适当的大气校正模型,获得相应的参数后,通过计算就得到了地物真实的反射率。

这种方法通常采用简化的大气校正理论模型。假设天空辐照度各向同性,地表面是一个理想的朗伯体,并忽略大气的折射、湍流和偏振,由遥感方程可以得到如下模型:

$$R = \frac{\pi(L - L_p)}{T_\varphi(T_\theta E_0 \cos\theta + E_D)}$$

式中 R 为地物表面反射率, L 为卫星接收到的表观辐亮度, φ 是卫星传感器天顶角, T_φ 是从地物到传感器的反射方向的大气透射率, T_θ 为在太阳辐射入射方向上的大气透射率, θ 为太阳天顶角, E_0 为大气层外相应波长的太阳光谱辐照度, E_D 为由天空光漫射到地表面的光谱辐照度。其中, L 可由星上或地面定标结果求得, θ 由日期和时间计算得, φ 可从遥感图像头文件中读出, E_0 可由探测器响应函数计算求得。因此要求 R , 还有 4 个未知数: L_p 、 T_φ 、 T_θ 、 E_D 。而对该 T_φ 、 T_θ 、 E_D 3 个未知数的不同简化假设,以及对 L_p 、 T_φ 、 T_θ 、 E_D 4 个未知数的不同计算方法得到了不同的黑暗像元法。近些年来很多研究者对黑暗像元法的改进也是基于此。

例如, Chavez^[12]采用最简单的大气校正模型,仅考虑了 θ 、 L_p 的影响,没有考虑 T_φ 、 T_θ 、 E_D 的影响。Moran^[13]在大气校正模型中考虑到了 θ 、 L_p 、 T_θ 、 T_φ 、 E_D 的影响,并且对 T_θ 、 T_φ 的计算加入了气溶胶的因素。Gilbert 等人^[14]、王庆安等人^[15]在大气校正模型中,加入了大气吸收的影响因素。在推算 τ 时不但考虑了瑞利散射 τ_r 、气溶胶 τ_a 的影响,还考虑了臭氧光学厚度 τ_o 的作用。田庆久等人^[16]通过大气辐射传输模型计算 T_φ 、 T_θ 、 E_D , 代入大气校正模型,算出了地物的真实反射率 R 。

从应用黑暗像元法的假设条件和简化的大气校正模型

中,可以看到黑暗像元法没有考虑大气的多次散射辐照作用、没有考虑像元间的多次散射影响、没有考虑地形差异的影响,同时图像中黑暗像元的确定也带有一定的主观性,这些都将会影响黑暗像元法的结果精度。不过,随着研究者们对黑暗像元法的不断改进,以及黑暗像元法直接、简易、快速、实用,不需要卫星同步观测数据,仅依靠图像本身的信息或相关文献资料就可对图像进行大气校正的诸多优点,黑暗像元法将会继续被卫星图像应用人员广泛的采用。

4 不变目标法

不变目标法(invariable-object methods)假定图像上存在具有较稳定反射辐射特性的像元,并且可确定这些像元的地理意义,那么就称这些像元为不变目标,这些不变目标在不同时相的遥感图像上的反射率将存在一种线性关系。当确定了不变目标以及它们在不同时相遥感图像中反射率的这种线性关系,就可以对遥感图像进行大气校正。Schott^[17]利用不变目标 DN 的平均值及标准差提出了一种估算这种线性关系的斜率和截距的方法。Hall^[18]提出利用 K-T 变换中的亮度分量和绿度分量来确定不变目标的方法。他们成功地应用了这种方法对 TM 图像进行了大气校正^[19]。Coppin 等人^[20]利用该方法进行大气校正时假定了 5 种不变目标,清澈且深的贫营养化的湖泊、茂密的老红松树林、平广的沥青屋顶、无杂质的沙砾覆盖区、混凝土的路面或大型停泊场。Pax Lenney 等人^[21]通过该方法利用 10 景 TM 图像监测了埃及的土地利用变化,他们选择图像中黑暗水体和明亮沙地作为不变目标。Michener 等人^[22]用相似的方法监测了由于洪水导致的森林生态系统的变化状况。我国对该方法也有研究。池宏康等人^[23]提出了利用裸沙土壤线对遥感图像进行大气校正的方法。该方法选择具有较稳定光谱反射特征的裸沙作为不变目标,并且找到裸沙在相同的红光和近红外波段组合的二维平面直角坐标中,该裸沙不断变化的反射率存在一种线性关系。该方法可应用于干旱、半干旱地区卫星遥感数据的大气校正。

可以看出,不变目标法简单,直接,但它本质上属于一种统计的方法,是一种相对的大气校正方法。如果能有一些卫星过境时的实测资料辅助这种方法可以得到绝对的大气校正结果^[24]。

5 直方图匹配法

直方图匹配法(histogram matching methods)是指如果确定某个没有受到大气影响的区域和受到大气影响的区域的反射率是相同的,并且可以确定出不受影响的区域,就可以利用它的直方图对受影响地区的直方图进行匹配处理^[25]。这种方法实施起来较简单、容易。在遥感图像处理软件 ERDAS 和 PCI 中都有这个功能。该方法的关键在于寻找 2 个具有相同反射率但受大气影响却相反的区域,而且它还假定气溶胶的空间分布是均匀的。因此如果能把范围较大的一景遥感图像分成很多小块,在分别用这种方法进行大气校

正将取得更好的效果。

6 参考值大气校正法

曾志远^[26~27]提出了参考值大气校正法。这种大气校正方法,不需要大气观测数据,不需要考虑卫星图像接收时的大气状况。它使用间接的判断标准,寻找正确的大气校正值。该方法可以很好地解决植被和土壤侵蚀等的动态监测问题。

这种方法的思路可以概括为:以某种正确参考值为依据,推演出应有的大气校正参数值,然后校正 TM 图像,计算各像元应有植被指数值和应有植被亮度值,从而实现植被和土壤侵蚀动态监测的方法;其中的正确参考数据,可以由遥感图像本身通过分类或动态彩色合成求得的研究区平均植被盖度值(一个值),或通过实地调查或查阅历史资料获得的与研究区有关地区的某种普通地理数据(一个值)。

7 大气阻抗植被指数法

植被指数在生态环境变迁,作物估产等重大课题中具有非常重要的作用。但是在植被指数的计算中由于大气的的影响使得植被指数本身不能满足定量遥感的要求。研究者发现在监测植被变化时,相邻 2 天的 NDVI(归一化植被指数)可能相差很大。而这与植被生长和分布不可能在短时间发生如此大的变化相矛盾。造成这种情况的主要原因之一就是大气气溶胶日际变化较大,使 NDVI 产生很大的影响。为了减少大气对植被指数的影响,Kaufman 等人^[28]利用蓝光波段和红光波段大气辐射的相关特性,提出了一种大气阻力植被指数 ARVI (Atmosphere Resistant Vegetation Index)。他^[2]把 ARVI 应用到 MODIS 遥感图像大气校正中,对 NDVI 进行了修正:

$$NDVI = \frac{\rho_{86} - \rho_{66}}{\rho_{86} + \rho_{66}}$$

$$ARVI = \frac{\rho_{86} - \rho_{RB}}{\rho_{86} + \rho_{RB}}, \quad \rho_{RB} = (2\rho_{66} - \rho_{47})$$

其中, ρ_{86} , ρ_{66} , ρ_{47} 分别是地物在 0.86 μm , 0.66 μm , 0.47 μm 的反射率。NDVI 与 ARVI 在提供地表特征信息方面很相近,但 ARVI 可以显著减少大气的影。我国对该方法也有研究,张仁华等人^[29]提出了 IAVI (A New Atmospheric Effect Resistant Vegetation Index) 指数。赵巧华等人^[30]针对 CBERS 卫星遥感图像,利用其地物光谱反射特性,提出了一种对 NDVI 进行大气修正的方法。大气阻抗植被指数法适用于很多传感器的遥感图像,例如 TM, SeaWiFS 等。

8 综合大气校正方法

针对以上各种方法的优点和不足,研究者提出的其他方法着重在于综合这些方法各自的优点而去除内在的不足。例如 Chavez 和 Machinnon^[31]提出了一种利用历史资料和卫星过境的同步测量数据进行大气校正的综合方法。H. Ouaidrari^[32]利用实测的气象数据获得大气中的水汽和臭氧

含量,大气透射率通过实地测量推算,利用黑暗像元法推算气溶胶的光学厚度。这些方法总的目标是增加反演精度和可信度,减少模型计算的复杂度。综合大气校正方法可以扬长避短,也不失为较好的大气校正方法。

9 其他大气校正方法

上面介绍了较常用的一些大气校正方法,还有其他的方法。例如 Fung 等人^[33]用主成分分析法把遥感图像中有用的信息和大气影响噪音区分开来。还有一些研究者避免采用受大气影响较大波段的图像来达到减少大气对研究结果影响的目的。例如 Skole 等人^[34]仅用 TM5 波段来监测亚马逊河流域 1978~1988 热带森林资源破坏情况。Foody 等

人^[35]摒弃 TM1 和 TM2 波段用 TM 其余波段研究热带森林资源再生。

10 结束语

本文介绍了很多大气校正方法,每种方法都各有优缺点,每种方法的使用也都有一定的限制条件。正像英国诺丁汉大学 Mather 教授^[36]曾指出的:尽管文献中报导了一些遥感图像大气校正的方法,但没有一个是可普遍应用的。因此研究者在选用大气校正方法时要根据研究的目的、要求以及本身的研究条件选择适当的大气校正方法。相信随着研究者对现有遥感图像大气校正方法不断改进、完善,对新的校正方法的不断探索,必将会加快遥感定量化的步伐。

参考文献

- 1 Shunlin Liang, Hongliang Fang, Mingzhen Chen. Atmospheric correction of Landsat ETM+ Land Surface Imagery -Part I: Methods. [J] IEEE Transaction on Geoscience and Remote sensing, 2001(39); 2490~2498.
- 2 Kaufman, 等. KaufmanYJ, TanreD. Strategy for Direct and Indirect Method for Correcting the Aerosol Effect on Remote Sensing; from AVHRR to EOS-MODIS[J]. Remote Sens Environ, 1996(55); 65~79.
- 3 6S User Guide version2, 1997, 7.
- 4 吴北婴, 等. 大气辐射传输实用算法 [M]. 气象出版社, 1998. 21~40.
- 5 王建, 潘竟虎, 等. 基于遥感卫星图像的 ATCOR2 快速大气校正模型及应用[J]. 遥感技术与应用, 2002(8).
- 6 秦益, 田国良. NOAA-AVHRR 图像大气影响校正方法研究及软件研制[J]. 环境遥感, 1994(1); 11~22.
- 7 李先华, 兰立波, 等. 卫星遥感数字图像的非均匀大气修正研究[J]. 遥感技术与应用, 1994(2); 1~7.
- 8 张玉贵. 以气象记录为辅助数据的 TM 影响大气校正方法[J]. 国土资源遥感, 1994(4); 54~63.
- 9 胡宝新, 李小文, 朱重光. 一种大气订正的方法; BRDF-大气订正环[J]. 环境遥感, 1996(2); 151~161.
- 10 龙飞, 赵英时. 多角度 NOAA 卫星数据地面 BRDF 反射率的大气校正[J]. 遥感学报, 2002(6); 173~179.
- 11 Y. Kaufman, 1989. The Atmospheric Effect on Remote Sensing and Its Correction [A]. Theory and Application of Optical Remote Sensing [C]. New Your; Johk Wiley. PP. 336~428.
- 12 Chavez PS. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images[J]. Photogramm. Eng. Remote Sens, 1989, 55(10); 1285~1294.
- 13 Moran M S, Jackson R D, Slater P n, et al. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output [J]. Remote Sens. Environ, 1992, 41(2); 169~184.
- 14 Gilbert M A, Conese C, Maselli F. An atmospheric correction method for the automatic retrieval of surface reflectance from TM images[J]. Int. J. Remote sens, 1994, 15(10); 2065~2086.
- 15 王庆安, 卞维林. 利用气象能见度作晴空卫星遥感大气订正的一种实用方法[J]. 南京大学学报, 1994, 30(2); 363~370.
- 16 田庆久, 郑兰芬, 童庆禧. 基于遥感影像的大气辐射校正和反射率反演方法[J]. 应用气象学报, 1998, 9(4); 456~461.
- 17 Schott, J. R., Salvaggio, C., and Volchok, W. j. Radiometric scene normalization using pseudoinvariant features. [J]. Remote Sens. Environ, 26; 1~26.
- 18 Hall, F. G., Botin, D. B., Strebel, D. E., Woods, K. D., and Goets, S. J.. Large-scale patterns of forest succession, sion as determined by remote sensing[J]. Ecology 1991b, 72; 628~640.
- 19 F. G. Hall, D. E. Strebel, J. E. Nickeson, and S. J. Goetz, "Radiometric rectification; Toward a common radiometric response among multi-date, multisensor images," [J] Remote Sens. Environ., 1991(35); 11~27.
- 20 Coppin, P. R., and Bauer, M. E., Processing of multi-temporal Landsat TM imagery to optimize extraction of forest cover change features[J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 1994, 32(4); 918~927.
- 21 Pax Lenney, M., Woodcock, C. E., Collins, J. B., and Hamdi, H., The status of agricultural lands in Egypt; the use of multitemporal NDVI features derived from Landsat TM. [J] Remote Sens. Environ. 1996(56); 8~20.
- 22 Michener, W. K., and Houhoulis, P. F. Detection of vegetation changes associated with extensive flooding in a forested ecosystem [J]. Photogramm. Eng. Remote Sens. 1997(63); 1363~1374.
- 23 池宏康, 陈维英, 张海蕾. 遥感数据的裸沙土壤线校正方法[J]. 地理学报, 1999(54); 444~461.
- 24 S. Moran, R. D. Jackson, P. N. Slater, P. M. Teillet. "Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output" [J]. Remote Sens. Environ., 1992(41); 169~184.

25 R. Richter, "A spatially adaptive fast atmospheric correction algorithm" [J]. *Int. J Remote Sens.*, 1996(17); 1201~1214.

26 Zeng, Z. Y. Fully Automatic Mapping for Vegetation and Soil Erosion Monitoring Using Remote Sensing, *Mathematic Modeling and GIS Techniques*[C]. *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference*. Beijing, China. 2001. 702~709.

27 曾志远. 卫星遥感图像计算机分类及典型地域应用研究[M]. 科学出版社, 2004.

28 Kaufman Y J. Algorithm for automatic atmospheric correction to visible and near-IR satellite imagery [J]. *Int J Remote Sensing*, 1988, 9(8); 1357~1381.

29 张仁华, 饶农新, 廖国男. 植被指数的抗大气影响探讨[J]. *植物学报*, 1996, 38 (1); 53~62.

30 赵巧华, 何金海. 基于资源卫星图像对 NDVI 进行大气修正的一种简单方法[J]. *南京气象学院学报*, 2003(26); 236~243.

31 Chavez, P. S., Jr., and Mackinnon, D. J., Automatic detection of vegetation changes in the southwestern United States using remotely sensing images[J]. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 1994, 60(5); 571~583.

32 H. Ouaidrari, E. F. Vermote. Operational Atmospheric Correction of Landsat TM Data[J]. *Remote Sens. Environ.* 1999(70); 4~15.

33 Fung, T., and LeDrew, E., Application of principle components analysis to change detection[J]. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 1987, 53 (12); 1649~1658.

34 Skole, D., and Tucker, C., Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988[J]. *Science* 1993 (260); 1905~1910.

35 Foody, G. M., Palubinska, G., Lucas, R. M., Curran, P. J., and Honzak, M., Identifying terrestrial carbon sinks; classification of successional stages in regenerating tropical forest from Landsat TM data[J]. *Remote Sens. Environ.* 1996(55); 205~216.

36 P. M. Mather, 1992. *Remote Sensing and Geographical Information Systems. TERRA-1: Understanding the Terrestrial Environment* (Edited by P. M. Mather. Taylor & Francis, London-Washington, D. C. 211~219.

A Review on Methods of Atmospheric Correction for Remote Sensing Images

ZHENG Wei, ZENG Zhi-yuan

(College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: This paper has made an detailed review on the methods of atmospheric correction for remote sensing images, including radiative transfer models, dark-object methods, invariable-object methods, histogram matching methods etc. The paper has also analyzed their advantages, disadvantages and adaptability, and introduced their application in China and abroad.

Key words: Remote sensing image; atmospheric correction; review

全国测绘与遥感科技期刊评估数据资料

——引自《中国科技期刊引征报告—扩刊版》2003年版(2002年版)

序号	刊名	2002年版				2003年版								说明
		总被引频次	影响因子	影响因子全国排序	被引频次全国排序	来源文献量	总被引频次	影响因子	即年指标	平均引文量	基金论文比	影响因子全国排序	被引频次全国排序	
1	测绘学报	459	1.390	26	281	69	516	1.279	0.145	8.70	0.61	31	306	*统计源期刊
2	遥感学报	248	0.850	92	610	84	341	0.889	0.079	9.47	0.88	86	532	*
3	武汉大学学报信息科学版	434	0.920	69	299	121	419	0.686	0.050	9.88	0.72	189	414	*
4	遥感信息	120	0.581	492	1058	44	142	0.598	0.068	8.66	0.16	251	1110	*
5	国土资源遥感	73	0.337	575	1441	68	146	0.545	0.059	6.57	0.32	301	1086	*
6	大地测量与地球动力学					93	195	0.508	0.032	9.10	0.75	349	890	*
7	测绘通报	293	0.548	266	507	282	430	0.467	0.071	3.45	0.09	405	396	*
8	测绘科学	40	0.275	753	1802	59	77	0.449	0.034	7.19	0.25	439	1514	*
9	测绘工程	83	0.383	488	1333	67	91	0.425	0.045	5.48	0.21	475	1395	*
10	遥感技术与应用	24	0.125	1044	2064	78	144	0.395	0.038	9.88	0.44	539	1099	*
11	测绘信息与工程	30	0.155	1257	1959	101	55	0.292	0.050	3.42	0.14	775	1704	
12	工程勘察	175	0.230	914	808	128	235	0.251	0.023	4.48	0.20	905	772	*
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴

沈迪宸 供稿