

文章编号: 1007-4619 (2002) 04-0246-06

新几何光学核驱动 *BRDF* 模型 反演地表反照率的算法

杨 华¹, 李小文^{1,2}, 高 峰²

(1. 北京师范大学 遥感与 GIS 研究中心, 资源与环境科学系, 北京 100875;
北京市重点实验室, 环境遥感与数字城市, 北京 100875.

2. Department of Geography and Center for Remote Sensing, Boston University, Boston MA02215 USA)

摘 要: MODIS 的反照率和二向反射产品由基于核驱动模型的 AMBRALS 程序提供。目前 AMBRALS 算法系统中所用的描述几何光学散射的核为 LiSparseR 核。新提出的一个几何光学核—LiTransit 核兼有 LiSparse 核向 LiDense 核过渡的优点, 比 LiSparseR 核更符合几何光学模型的基本原理。验证结果表明: 与 LiSparseR 核比较, RossThick—LiTransit 的核组合更能反映直入扇出反照率随太阳天顶角变化的趋势。因此在下一代的 AMBRALS 算法系统中, 将用新的 LiTransit 核取代 LiSparseR 核。目前 AMBRALS 算法系统为了快速处理每天大量的数据, 用多项式拟合核的半球积分。因此, 为了替换 LiSparseR 核, 同时又不影响整个算法的系统性, 本文研究了 LiTransit 核的多项式拟合。结果表明: 拟合的多项式与核半球积分的相关性很好。

关键词: 反照率; 核驱动模型; LiTransit 核; MODIS; AMBRALS

中图分类号: TP701 **文献标识码:** A

1 引 言

陆地地表反照率 (*Albedo*) 是一个广泛应用于地表能量平衡、中长期天气预测和全球变化研究的重要参数^[1], 定义为地表向各个方向反射的全部光通量与总入射光通量的比。过去, 只有单一角度的遥感数据, 从这些数据中反演反照率, 常常假定地表为郎伯反射, Kimes 的研究认为这种假设会引起高达 45% 的误差^[2]。现在发展的多角度遥感提供了地表不同方向的反射, 考虑到反射的方向性特征可以更准确地推算反照率。这样就要用到描述地表方向反射的二向反射函数 (*BRDF*)。根据反照率的定义, 二向反射函数对于观测方向在半球空间的积分就得到了直入扇出反照率, 也称方向一半球反照率。若天空晴朗无云, 则直入扇出反照率可近似地表的真实反照率。直入扇出反照率是太阳天顶角的函数, 在光线入射方向的半球空间积分就得到扇入扇出反照率, 也称双半球反照率。阴天或天空光均匀

时, 地表的反照率可以用扇入扇出反照率很好地刻画。直入扇出反照率与扇入扇出反照率都是理想情况下的定义, 自然条件下描述地表的真实反照率需要对这两种反照率进行组合。

近年来, 在遥感数据处理中, *BRDF* 和反照率研究得到了很大程度的重视。如上所述, 地表反照率是 *BRDF* 的半球空间积分, 它的反演依赖于 *BRDF* 的精度。因此关于描述 *BRDF* 与地表结构和光学特性的模型研究也很多。半经验模型由于其简洁、快速, 并抓住了影响 *BRDF* 的主要因子, 而且有一定的物理意义, 被广泛应用于批量处理数据的算法中, 尤其是核驱动模型。*BRDF* 核驱动模型的每一个核都有其物理意义, 并代表了地表散射的一个主要类型。如反映体散射的 RossThick (罗斯厚层) 核, RossThin (罗斯薄层) 核, 反映几何光学散射的 LiSparse (李氏稀疏) 核, LiDense (李氏致密) 核以及反映各向同性散射的核等^[3]。这三个核的组合可以反映地表散射的三种主要类型, 反映地表反射方向特征的主要特征, 对 *BRDF* 的描述比较精确, 由此对

收稿日期: 2001-06-26; 修订日期: 2001-09-06

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (G20000779), 国家自然科学基金项目 (40171068)。

作者简介: 杨华 (1971—), 女, 副教授, 1999 年毕业于中国地质大学 (北京) 应用地球物理专业。现在北京师范大学资源与环境科学系, 遥感与 GIS 研究中心从事遥感基础研究工作, 已发表文章多篇。

反照率的反演也有优势。

二向反射函数和反照率的计算都需要多角度的遥感数据。近年来,多角度遥感的发展也很快。有以 Deering 使用的 PARABOLA 仪器为典型的地面测量,有以 ASAS、POLDER 模拟器为代表的航空观测,以及越来越多的星载多角度传感器,美国发射的 EOS(地球观测系统)使对地遥感进入全新的时代, MISR 和 MODIS 两个传感器提供了大量的不同角度的地表方向反射观测数据,它们作为数据源将提供以 16 天为周期的全球反照率和 BRDF 数据产品。所用到的数据处理算法系统称为 AMBRALS(Algorithm for MODIS Bidirectional Reflectance Anisotropies of the Land Surface)。算法所用到的 BRDF 模型为核驱动模型,目前版本的核组合为 RossThick—LiSparseR(李氏稀疏互易)核。

2 AMBRALS 算法基本原理简介

2.1 核驱动 BRDF 模型及反演

AMBRALS 算法的理论基础是核驱动的线性 BRDF 模型,该模型用核的线性组合来拟合地表的二向性反射特征。简单地说,核驱动模型可用下式表示^[3]:

$$R(\theta, \vartheta, \phi, \Lambda) = \sum_k f_k(\Lambda) K_k(\theta, \vartheta, \phi) \quad (1)$$

其中, R 为二向反射; K_k 为各类核, f_k 为相应各个核所占的比例(权重); θ 为太阳入射天顶角, ϑ 为观测天顶角, ϕ 为相对方位角; Λ 为波段宽。

AMBRALS 算法通过最小二乘法,反演出拟合观测数据 $\rho(\Lambda)$ 最优的 f_k ^[4], 即已知 $\theta_l, \vartheta_l, \phi_l$ 角度的反射观测 $\rho(\Lambda)$, 通过最小化

$$e^2(\Lambda) = \frac{1}{d} \sum_l \frac{(\rho(\theta_l, \vartheta_l, \phi_l, \Lambda) - R(\theta_l, \vartheta_l, \phi_l, \Lambda))^2}{\omega_l(\Lambda)}, \quad (2)$$

得到

$$f_k(\Lambda) = \sum_i \left\{ \sum_j \frac{\rho(\theta_j, \vartheta_j, \phi_j, \Lambda) K_i(\theta_j, \vartheta_j, \phi_j)}{\omega_j(\Lambda)} \times \left(\sum_l \frac{K_i(\theta_l, \vartheta_l, \phi_l) K_k(\theta_l, \vartheta_l, \phi_l)}{\omega_l(\Lambda)} \right)^{-1} \right\} \quad (3)$$

其中, d 为自由度,即观测样本数减去核系数 f_k 的个数; $\omega_l(\Lambda)$ 为给定的相应第 l 个观测的权重。

通过上式反演出核系数之后,可以通过核的外推求出任意太阳入射角和观测角条件下的二向反射。由此可以看出,核驱动 BRDF 模型基于核的线

性组合,简洁、高速,反演解析解,数据拟合能力强,这对于大批量数据处理的过程来说是具有极其巨大的优势的。同时,模型中每一个核都有一定的物理意义,这使得我们在外推模型到没有观测数据的方向时,有希望能够解释和控制外推的结果。

2.2 LiSparseR 核与 LiTransit 核的比较

在 AMBRALS 目前的运行程序版本中所用的核驱动模型为 RossThick(罗斯厚层)—LiSparseR(李氏稀疏互易)核组合,代替最初版本中的 RossThick—LiSparse(李氏稀疏)核组合。这两种核组合的数据拟合能力都很强,然而选择一个核的标准除此之外,还有一个更重要的标准是它的外推能力。LiSparse 核适合于描述稀疏的植被冠层及其阴影,当冠层及其阴影逐渐充满视场时, LiSparse 核就应该过渡到 LiDense(李氏致密)核。而在推导 LiSparse 核的过程中假设视场中植被及其阴影的总面积与视场总面积的比远小于 1, 而该量基本正比于 $\sec(\vartheta)$ 。因此当观测天顶角大时,这种假设就不再成立。因此,用 LiSparse 核拟合的模型,在外推到大的天顶角时失去了物理意义,甚至会出现负的反射率。人们因此而基于互易原理提出了一种补救方法,这就是 LiSparseR 核^[5]。它能部分改善外推到大的天顶角时出现的问题而又不影响其数据拟合能力。由于这些原因, LiSparseR 核被选为目前 AMBRALS 运行程序的标准核。

尽管如此, LiSparseR 核仍不能完全避免反射为负的特殊情况。而且,在遥感像元尺度应用互易原理的理论依据并不充足,李小文等用几何图形学的方法证明了其在这一尺度失效^[6]。因此,人为改写核为互易形式的做法不能为人们普遍接受。为了解决这个问题,李小文等基于最初的几何光学(GOMS)模型,设想了一种核的过渡的方法,对于小的天顶角使用 LiSparse 核,天顶角大时则使用 LiDense 核。希望这种过渡既能更准确地反映原来几何光学模型的特征,又不降低拟合数据的能力。基于这些考虑,设计了一个新核,称之为 LiTransit(李氏过渡)核^[7]:

$$k_{\text{Transit}} = \begin{cases} k_{\text{Sparse}}, & B \leq 2 \\ k_{\text{Dense}} = \frac{2}{B} k_{\text{Sparse}}, & B > 2 \end{cases} \quad (4)$$

以 $B = 2$ 作为过渡条件是非常自然的想法,因为这时核函数将保持很好的连续性。当然这种自然的过渡是否准确、是否就是最好的选择。还需要用数据来检验。用 29 组测量数据进行了试验,验证结

果表明:LiTransit 新核有着与 LiSparse 核相当的数据拟合能力,外推能力却比 LiSparse 核优越;与 LiSparseR 核相比,多数情况下两个核表现相似,对于有差别的数据集,LiTransit 核在反映直入扇出反照率的趋热方面明显优于 LiSparseR 核。在理论分析上,作为 LiSparseR 核理论依据的互易原理在遥感像元尺度并不成立,而 LiTransit 核则是对几何光学模型如实的近似。因此,在 AMBRALS 程序的下一个版本中,将用 LiTransit 几何光学核取代 LiSparseR 核,采用 RossThick-LiTransit 核组合的核驱动 BRDF 模型。

2.3 基于 BRDF 模型的反照率提取方法

如前所述,根据反照率的定义,方向一半球(黑半球)反照率和双半球(白半球)反照率在数学上等于 BRDF 核驱动模型中核的方向一半球空间积分和双半球空间积分的线性组合,则每一个核的积分定义为:

$$h_k(\theta) = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} K_k(\theta, \vartheta, \phi) \sin\vartheta \cos\vartheta d\vartheta d\phi \quad (5)$$

$$H_k = 2 \int_0^{\pi/2} h_k(\theta) \sin\theta \cos\theta d\theta \quad (6)$$

因此而得到的黑半球反照率和白半球反照率分别为:

$$\alpha_{bs}(\theta, \Lambda) = \sum_k f_k(\Lambda) h_k(\theta) \quad (7)$$

$$\alpha_{ws}(\Lambda) = \sum_k f_k(\Lambda) H_k \quad (8)$$

从上式可以看出:核积分 $h_k(\theta)$ 和 H_k 与观测无关,因此我们可以事先计算出它们的结果并存储起来,这也是核驱动 BRDF 模型的又一大特点和优势。

虽然我们可以事先计算出核的积分并存储起来,在求解反照率时可以通过查找表的方法来获得,但是对于一个完整的数据处理系统来说,仍然不太方便,而且对于处理 MODIS 这些大批量的数据源来说,速度的要求很难满足,因此我们需要得到核积分的简单表达式,但是其解析表达式是很难得到的。尽管如此,核积分对方向的依赖关系远比 BRDF 的简单,与太阳天顶角有关的多项式表达拟合核的积分就足够了,这样在算法系统中只需要存储多项式的系数和形式就可以了,在 MODIS 目前的 AMBRALS 算法中就是用多项式来拟合核的积分的。研究表明:核的多项式拟合表达式中若包含 $g_{0k} + g_{1k}\theta^2$ 两项,则拟合效果很好,第三项可以取不同的表达形式,但最简单的就是用 $g_{2k}\theta^3$,这样表达式简单,拟合

效果又好。因此,核积分的多项式拟合表达式的形式为:

$$h_k(\theta) = g_{0k} + g_{1k}\theta^2 + g_{2k}\theta^3 \quad (9)$$

其中, θ 的单位为弧度。

表 1 为目前 AMBRALS 运行程序版本中所用的各个核的多项式拟合表达式的系数。

表 1 多项式各项的系数

Table 1 Coefficients for the polynome

核 K 的项 g_{jk}	K = 各向同性散射核	K = 罗斯厚层核	K = 李氏稀疏互易核
g_{0k} (第一项)	1.0	-0.007574	-1.284909
g_{1k} (第二项)	0.0	-0.070987	-0.166314
g_{2k} (第三项)	0.0	0.307588	0.041840

由于在新一代的 AMBRALS 算法中,将用 LiTransit 核取代 LiSparseR 核,用 RossThick-LiTransit 核组合的 BRDF 模型,因此,为了不破坏算法系统原有的完整性以及核替换的方便性,需要用多项式拟合新核的半球积分。

通过线性回归拟合的核半球积分的指数表达形式如下:

$$K_{geo}(\theta) = -0.825 - \left(\frac{\theta}{83}\right)^{1.76} \quad (10)$$

其中, θ 的单位为度。

由上式所求得的结果与数值积分解的相关系数达到 0.999801,说明效果极好。但是为了保持现有运行程序的一致性以及替换核时不对算法做太大的改动,需要用多项式对核积分进行拟合。考虑到现有的算法中多项式拟合表达式的形式如式(9)所示,通过线性回归,我们得到 LiTransit 核积分的拟合多项式(包含一次项和不包含一次项)的各项系数如表 2 所示,从表中可以看出,多项式拟合的结果与数值积分解以及公式(10)的拟合解的相关系数都很大,接近于 1,说明各种形式的多项式拟合的效果都很好,拟合数据的能力强,可以用多项式拟合的结果代替数值积分解,在运行程序算法中直接应用。图 1 所示为多项式拟合结果(含一次项的拟合形式、不含一次项的拟合形式)、数值积分结果以及用公式(10)所求结果随太阳入射天顶角变化的曲线,从图中也可以看出,不论是公式(10)的指数形式,还是多项式的不同拟合形式,拟合效果都很好,而且对于大的天顶角来说(本文所拟合的天顶角达到 84°),拟合效果也很好。因此可以用任何一种拟合 LiTransit 核积分的表达式来替换 AMBRALS 目前算法程序系统中的 LiSparseR 核的表达式,若不对原有算法系统作大的改动,也有不含一

次项的多项式拟合表达形式,拟合效果也很好,可以直接用其拟合的多项式各项系数替换原有的相应各

项的系数,用原有的算法来处理大量的 MODIS 多角度观测数据,提供 BRDF 和反照率产品。

表 2 多项式各项系数

Table 2 Coefficients for the polynome

$$K_i = g_0 + g_1\theta + g_2\theta^2 + g_3\theta^3$$

多项式 i 的系数 g_i	$i=1$ (含一次项,拟合数值积分的解)	$i=2$ (含一次项,拟合公式(10)的解)	$i=3$ (不含一次项,拟合数值积分的解)
g_0 (常数项)	-0.82501	-0.825	-0.825
g_1 (一次项)	-0.0005	-0.00065	0
g_2 (二次项)	-0.00018	0.000175	-0.000203
g_3 (三次项)	0.00000053	0.0000005	0.00000076
与数值积分解的相 关系数	0.999877	0.999882	0.999849
与式(10)解的相 关系数	0.999933	0.999938	0.999705

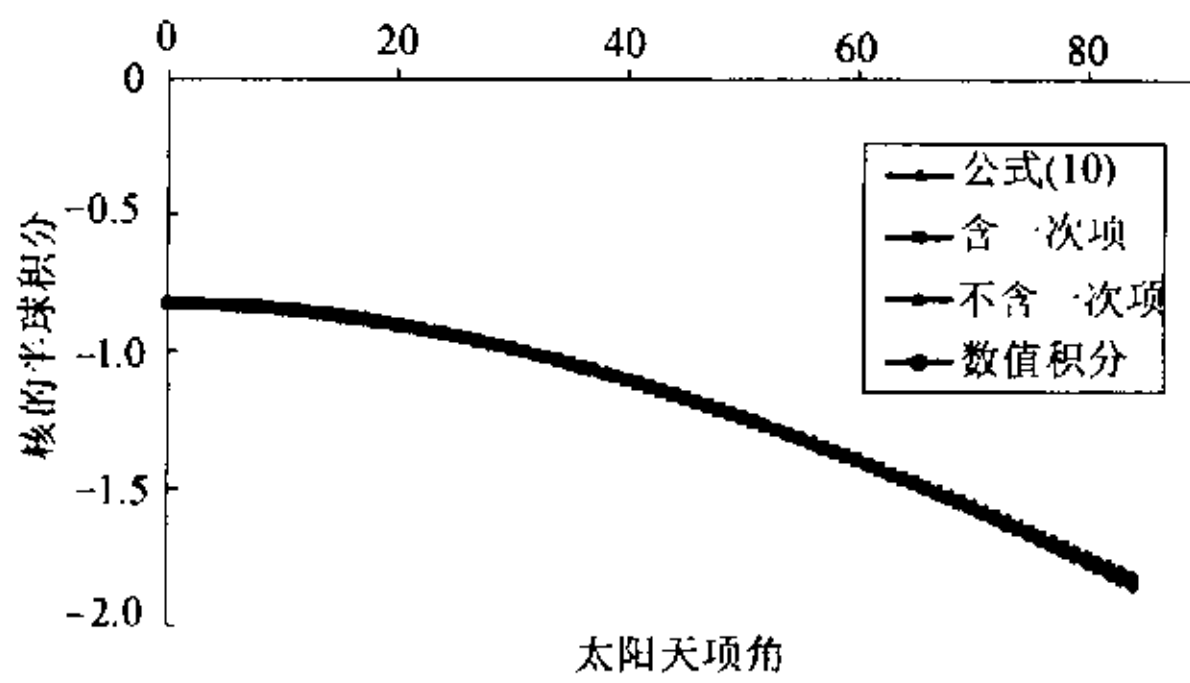


图 1 核半球积分随太阳天顶角的变化曲线

Fig.1 Hemi-spherical integral of kernel with the variance of sun zenith angle

由上述算法提供的反照率为黑半球反照率和白半球反照率这两种特殊的情况,实际情况下的真实反照率应该是同时考虑天空直射光和天空散射光的入射,因此应该是这两个反照率的插值,插值函数与大气状况有关。假设天空散射光各向同性,则此函数与气溶胶的光学有效厚度有关,表示为: $S(\tau)$, 则真实反照率的插值公式为:

$$\begin{aligned} \alpha(\theta, \Lambda) &= \{1 - S(\theta, \tau(\Lambda))\} \alpha_{bs}(\theta, \Lambda) \\ &\quad + S(\theta, \tau(\Lambda)) \alpha_{ws}(\Lambda) \\ &= \sum_k \sum_j \{ [1 - S(\theta, \tau(\Lambda))] g_{jk} f_k(\Lambda) P_j(\theta) \\ &\quad + S(\theta, \tau(\Lambda)) f_k(\Lambda) H_k \} \end{aligned} \quad (11)$$

研究表明,太阳天顶角为 45° 时,反照率与大气状况基本独立^[4]。为了进一步简化算法,可以研究对于中等天顶角的情况,对插值函数进行参数化拟

合。

2.4 宽波段反照率提取

传感器波段一般较窄,要得到宽波段反照率必须进行变换,首先对其进行波段内插和外延,然后根据反照率的定义,其变换公式如下:

$$A(\theta) = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha(\theta, \lambda) D(\theta, \lambda, \tau(\lambda)) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} D(\theta, \lambda, \tau(\lambda)) d\lambda} \quad (12)$$

其中, λ 为波段的中心波长; $D(\theta, \lambda, \tau(\lambda))$ 为太阳下行辐射通量,其光谱分布依赖于大气特性和太阳天顶角。从上式可以看出,宽波段反照率的变换是大气状况的一个函数。为了简化算法,同样对此变换也可以进行参数化。在 AMBRAIS 算法中,将上述两步合并,变换公式为:

$$A(\theta) = \sum_i C_i \alpha(\theta, \Lambda_i) \quad (13)$$

其中, C_i 为变换因子。研究表明,尽管是为了陆地卫星 TM 的应用而推导出来的, Brest 和 Goward 给出的变换因子更加可靠^[8]。

3 算法实现

如上所述的 AMBRAIS 算法基本原理,其具体实现需要完成以下几步:

- (1) 多角度反射观测的大气纠正;
- (2) 核驱动 BRDF 模型的选择及反演;

(3) 各个核的半球空间积分的多项式表达式, 黑半球和白半球反照率的求解;

(4) 与大气光学厚度和波长有关的真实天空散射光的求解以及真实情况下的反照率;

(5) 给定插值函数和太阳下行辐射通量或给定大气状况的变换系数 C_i , 进行宽波段反照率变换。

由此可以看出, 算法的核心是核驱动 *BRDF* 模型的选择, 进而得到其半球空间积分的多项式表达式。但是尽管核驱动 *BRDF* 模型拟合数据能力强, 对于一般的稀疏角度采样的卫星观测数据, 其反演的稳定性很重要。在目前的 *MODIS* 反演算法中, 应用一种所谓的反馈算法来改进这一缺点, 即在反演时, 根据已有的知识库中 *BRDF* 的形状用参数 q 控制模型模拟的反射, 即求最小二乘问题:

$$\begin{aligned} e'^2 &= \sum_i \{ \rho(\theta_i, \vartheta_i, \phi_i) - qR'(\theta_i, \vartheta_i, \phi_i) \}^2 \\ &= \sum_i \{ \rho(\theta_i, \vartheta_i, \phi_i) - q \sum_k f_k' K_k(\theta_i, \vartheta_i, \phi_i) \}^2 \end{aligned}$$

得到观测修正的系数

$$f_k = qf_k' = \frac{\sum_i \rho(\theta_i, \vartheta_i, \phi_i) R'(\theta_i, \vartheta_i, \phi_i)}{\sum_i R'(\theta_i, \vartheta_i, \phi_i)^2} f_k'$$

当角度采样非常稀疏时, 按上式反演出来的结果不太可靠, 需要从全球 *BRDF* 数据库中提取数据来控制 *BRDF* 的形状, 达到反演的稳定性。今后这个数据库将逐渐被 *MODIS* 的标准 *BRDF* 产品所取代。

由 *AMBRALS* 的算法基本原理还可以看出, 引起误差的原因还有大气各向同性的假设和宽波段变换时变换因子的选择等, 还有其它不属于本文所讨论的范围之内的误差源, 如传感器的标定精度、大气纠正误差以及图像幅宽不一致等。这些都是算法实现时需要考虑的问题。

4 结果与讨论

本文介绍了 *MODIS* 的 *BRDF*/反照率提取算法 *AMBRALS* 算法的基本原理及其实现过程, 该算法的核心是核驱动 *BRDF* 模型。目前 *AMBRALS* 算法运行程序的版本中所用的是 *RossThick-LiSparseR* 核组合, 其拟合数据能力强, 具有一定的外推能力, 但是其基于互易原理向大天顶角外推的基本思想在像元尺度是不成立的, 为了解决这个问题, 提出了一个新的几何光学核—*LiTransit* 核, 其数据拟合能力与

LiSparseR 核不相上下, 其在大天顶角时的外推能力却很强, 因此在 *AMBRALS* 的新一代算法版本中, 将用 *LiTransit* 核取代 *LiSparseR* 核。

由于 *MODIS* 数据量很大, 要求 *AMBRALS* 算法高速、简洁, 而核驱动 *BRDF* 模型的一大优势就是其核的线性组合, 其半球空间积分与观测无关, 可以事先计算出来, 而且它与方向的关系远比 *BRDF* 简单, 因此在算法中用多项式拟合其半球空间积分, 可以快速处理大批量的数据, 提供 *MODIS* 的全球 *BRDF*/反照率产品。为了准备用 *LiTransit* 核取代 *LiSparseR* 核, 本文研究了其半球空间积分的多项式拟合表达式, 结果表明, 多项式拟合的效果很好, 与数值积分结果的相关性非常高, 可以用于 *AMBRALS* 算法中。

对于白半球反照率的求取, 需要对太阳天顶角进行半球空间积分, 对于 *LiTransit* 核, 也可以事先求解, 作为系数存储起来, 这一部分仍需要进一步的研究。另外, 本文所提出的核的多项式拟合表达式, 还需要实际观测数据进行验证。为保持原有算法系统的完整性及正确性, 还需要进一步的研究及验证工作。

参 考 文 献 (References)

- [1] Dickinson R. E. Land processes in climate models [J]. *Remote Sensing Environment*, 1995, 55(1):27—38.
- [2] Kimes D. S., Sellar P. J. Inferring hemispherical reflectance of Earth's surface for global energy budgets from remotely sensed nadir or directional radiance values [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1985, 18(2):205—223.
- [3] Wanner W., Li X., Strahler A. On the derivation of kernels and kernel-driven models of bi-directional reflectance [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1995, 100(D10):21,077—21,089.
- [4] Lucht W., Schaaf C., Strahler A. An algorithm for the retrieval of albedo from space using semiempirical *BRDF* models [J]. *IEEE Trans. Geos. R. S.*, 2000, 38(2):977—996.
- [5] Lucht W. *AMBRALS User's Guide*. Version 3.0, ftp.crsa.bu.edu, 1998.
- [6] Li X., Wang J., Strahler A. Apparent Reciprocity failure in directional reflectance of structured surfaces [J]. *Progress in Natural Science*, 1999, 9(supp.):747—752.
- [7] LI Xiao-wen, GAO Feng, LIU Qiang, WANG Jin-di, A. Strahler. Validation of a New GO Kernel and Inversion of Land Surface Albedo by Kernel-Driven Model (1) [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2000, 4(supp.):1—7. [李小文, 高峰, 刘强, 王锦地, Strahler A. 新几何光学核的验证以及用核驱动模型反演地表反照率(之一) [J]. *遥感学报*, 2000, 4(增刊):1—7.]
- [8] Brest C. L. and Goward S. N. Deriving surface albedo measurements from narrow band satellite data [J]. *Int. J. Remote Sensing*, 1987, 8(3):351—367.

An Algorithm for the Retrieval of Albedo from Space Using New GO Kernel-Driven *BRDF* Model

YANG Hua¹, LI Xiao-wen^{1,2}, GAO Feng²

(1. Research Center for Remote Sensing and Dept. Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

2. Department of Geography and Center for Remote Sensing, Boston University, Boston MA02215 USA)

Abstract: Multi-angular remote sensing supplies reflectance of land surface in different directions. To simulate the relationship between bi-directional reflectance distribution (*BRDF*) and structure of land surface and optical characteristic of objects, more models were developed. Because they are simple, rapid, grasp the main factors affecting *BRDF* and have some physical meaning, semi-empirical models, especially, kernel-driven models are applied broadly in data processing in batches. Thus, kernel-driven *BRDF* model was the core of the AMBRALS, an algorithm for MODIS land surface *BRDF* and albedo products. In the onboard version of AMBRALS, the LiSparseR Geometrical-Optical (GO) kernel was used. But a new derived kernel-LiTransit kernel is also good at transition from LiSparse kernel to LiDense kernel when zenith angle is large, and accords more to the basic principle of GO model than LiSparseR kernel. Results of validation show: RossThick-LiTransit kernels combination has more stability when extrapolated to large zenith angles with LiSparseR kernel. Therefore, we will use the LiTransit kernel instead of LiSparseR kernel in the new version of AMBRALS. We introduce the algorithm based on this new kernel in this paper, including the kernel-driven model and its inversion, albedo retrieval based on *BRDF* model, broad-band albedo retrieval and realization of this algorithm. The speed requirement of tremendous data processing can't be met easily, such as MODIS data. Although we can calculate the integration of the kernel beforehand, store up and acquire through look-up table method during retrieving albedo, it's inconvenient for an integrated data processing system. Thus we need to get the simple form of the integration of the kernels. Because the integrations of the kernels are approximately independent on directions than *BRDF*, it's sufficient to use a polynome dependent on the solar zenith angle to regress the integration of kernel. In this paper, we study the polynome regression of LiTransit kernel to instead LiSparseR, but not affect the systematic of the algorithm at the same time. Comparing the numerical integration of the kernel and the polynome regression result show the relationship is very well, the polynome can be used in the algorithm directly.

Key words: albedo; kernel-driven *BRDF* model; LiTransit kernel; MODIS; AMBRALS