

引用格式: Zhao Yongguang, Li Chuanrong, Ma Lingling, *et al.* A Method for the Sun-Target-Sensor Geometry Normalization of Remote Sensing Image[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2016, 31(2): 260-266. [赵永光, 李传荣, 马灵玲, 等. 一种遥感图像太阳—观测几何归一化方法[J]. 遥感技术与应用, 2016, 31(2): 260-266.] doi:10.11873/j.issn.1004-0323.2016.2.0260

一种遥感图像太阳—观测几何归一化方法

赵永光^{1,2,3}, 李传荣^{1,2}, 马灵玲^{1,2}, 唐伶俐^{1,2}, 王 宁^{1,2}

(1. 中国科学院定量遥感信息技术重点实验室, 北京 100094;
2. 中国科学院光电研究院, 北京 100094; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 宽空间覆盖、高观测频率传感器往往具有较大的观测视场, 大观测视场带来的问题是不同位置 and 不同时间的太阳—观测几何不同。因此, 在半经验的核驱动 BRDF 模型基础上, 提出一种新的模型用于遥感数据太阳—观测几何归一化, 利用植被指数组成的二次多项式作为基于核驱动的半经验 BRDF 模型中体散射部分和几何光学散射部分的核系数, 并使用目标在不同时间的多角度观测数据反推用于太阳—观测几何转换的模型系数。分别利用红色和近红外波段的模拟数据和真实观测数据对模型进行验证, 结果表明新提出模型的模拟值与真实观测值具有较好的一致性, 能够应用于遥感图像的太阳—观测几何转换。

关键词: 太阳—观测几何归一化; 遥感图像; BRDF; 时间序列数据

中图分类号: TP 75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2016)02-0260-07

1 引言

为了监测地球表面区域和全球尺度的地表状态及变化, 很多国家和机构发射了一些宽空间覆盖、高观测频率的传感器, 例如 NOAA 的 AVHRR 传感器、美国的 MODIS 传感器等。这些传感器往往具有较大的观测视场(Field of View, FOV), 然而, 大观测视场带来问题是不同位置 and 时间的太阳—观测几何不同^[1], 继而影响地表参数的定量反演精度以及时间序列数据之间的定量比较。因此, 为了对不同时间和位置观测的遥感数据进行分析、比较以及应用, 很多应用需要消除这类数据中太阳—观测几何的差异。另外, 一些数据分发机构也会提供能够消除这类数据中太阳—观测几何差异的产品, 方便用户的使用, 例如: MODIS 提供的 BRDF/Albedo 产品能够在一定程度上避免 MODIS 图像中的太阳—观测几何不一致的问题, 这些产品被应用于植

被监测^[2]和温度模拟^[3]以及气候变化^[4]等研究。

在多角度遥感研究中, 双向反射率分布函数(BRDF)是由太阳照射角度和传感器观测角度组成的函数, 通常被用来描述地物的二向性反射特性, 它能够有效地描述目标在半球空间的反射特性。主要的 BRDF 模型有 3 类^[5]: 物理模型、经验模型以及半经验模型。其中, 半经验的核驱动 BRDF 模型简洁、快速并且具有一定的物理意义, 广泛应用于多角度遥感数据处理和太阳—观测几何影响分析与校正等方面的研究中^[6]。Leroy 等^[2]利用 Roujean 模型^[7]对 NOAA/AVHRR 反射率数据进行太阳—观测角度的校正, 将一年时间内连续观测的 AVHRR 反射率数据归一化到观测天顶角为 0 (太阳天顶角为 0) 的太阳—观测几何, 消除连续观测 AVHRR 反射率数据中由于太阳—观测几何变化造成的类似于噪声的波动。Qi 等^[1]假定短时间内地物反射特性

收稿日期: 2015-01-16; 修订日期: 2015-04-15

基金项目: 国家 863 计划项目(2013AA122102)资助。

作者简介: 赵永光(1987—), 男, 河南驻马店人, 博士研究生, 主要从事多源遥感数据应用方面的研究。

E-mail: zhaoyongguang09@mails.ucas.ac.cn.

通讯作者: 马灵玲(1981—), 女, 安徽宿州人, 博士, 研究员, 主要从事遥感信号与信息处理方面的研究。E-mail: llma@aoe.ac.cn.

不变,利用一定数目的不同观测角度的反射率数据反推 RPV 模型^[8-9]的系数,然后计算基于辐照度的 NDVI,能够消除观测角度对基于反射率的 NDVI 的影响。Los 等^[10]基于 Ross-Li 模型^[11]提出了一种将 AVHRR NDVI 时间序列数据校正到标准的太阳—观测几何的方法。Latifovic 等^[4]在传统半经验核驱动 BRDF 模型的基础上提出了一种非线性的角度转换模型,用于将 AVHRR 数据归一化到相同的太阳—观测几何上。

在半经验的核驱动 BRDF 模型的基础上,本文提出一种新的能够表征不同植被状态的经验 BRDF 模型,用于遥感数据太阳—观测几何归一化,利用植被指数组成的二次多项式作为半经验 BRDF 模型中体散射部分和几何光学散射部分的核系数。新的模型将太阳和观测角度作为变量,同时是两个波段反射率的函数,在反推模型系数时不再假设短时间内地表反射率不变,而是使用不同太阳—观测几何的时间序列反射率数据拟合模型系数,与传统的核驱动 BRDF 模型相比,该模型能够表示不同地物目标状态下的目标多角度特性。

2 研究方法

2.1 半经验的核驱动 BRDF 模型

半经验的核驱动模型构造形式如下:

$$R(\theta_i, \theta_v, \varphi, \lambda) = f_{iso}(\lambda) + f_{vol}(\lambda)K_{vol}(\theta_i, \theta_v, \varphi, \lambda) + f_{geo}(\lambda)K_{geo}(\theta_i, \theta_v, \varphi, \lambda) \quad (1)$$

其中: K_{vol} 和 K_{geo} 分别为体散射核和几何光学核,它们是由太阳天顶角 θ_i 、观测天顶角 θ_v 和相对方位角 φ 3个变量组成的函数。 f_{iso} 、 f_{vol} 和 f_{geo} 分别表示各项同性散射、体散射和几何光学散射这3个成分所占的比例。 $R(\theta_i, \theta_v, \varphi, \lambda)$ 表示波长 λ 的二向性反射率分布函数(BRDF)。利用多个角度的观测数据,通过最小二乘法可以反演出拟合多角度观测数据最优的3个权重系数 f_{iso} 、 f_{vol} 和 f_{geo} ,然后根据这3个权重的值就可以外推或内插出任意太阳—观测几何下的二向反射。

目前,半经验的Roujean模型(RM)和Ross-Li模型(RLM)是两个比较常用的半经验BRDF模型,它们的体散射核和几何光学核的表达式如下:

(1)Roujean模型:

$$K_{vol}^{RM}(\theta_i, \theta_v, \varphi) = \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{1}{\cos\theta_i + \cos\theta_v} \cdot \left[\left(\frac{\pi}{2} - \xi \right) \cos\xi + \sin\xi \right] - \frac{1}{3} \quad (2)$$

$$K_{geo}^{RM}(\theta_i, \theta_v, \varphi) = \frac{1}{2\pi} \cdot [(\pi - \varphi)\cos\varphi + \sin\varphi] \tan\theta_i \tan\theta_v - \frac{1}{\pi} \cdot (\tan\theta_i + \tan\theta_v + \sqrt{\tan^2\theta_i + \tan^2\theta_v - 2\tan\theta_i \tan\theta_v \cos\varphi}) \quad (3)$$

其中: ξ 为散射相角,即入射方向与观测方向的夹角,其表达式为:

$$\cos\xi = \cos\theta_i \cos\theta_v + \sin\theta_i \sin\theta_v \cos\varphi \quad (4)$$

(2)Ross-Li模型:

$$K_{vol}^{RLM} = K_{vol}^{RM} \quad (5)$$

$$K_{geo}^{RLM} = f(\theta'_i, \theta'_v, t) - \sec\theta'_i - \sec\theta'_v + \frac{1}{2} \cdot (1 + \cos\xi') \sec\theta'_i \sec\theta'_v \quad (6)$$

其中:

$$f(\theta'_i, \theta'_v, t) = \frac{1}{\pi} (t - \sin t \cos t) (\sec\theta'_i + \sec\theta'_v) \quad (7)$$

$$\cos t = \frac{h}{b} \frac{\sqrt{D^2 (\tan\theta'_i \tan\theta'_v \sin\varphi)}}{\sec\theta'_i + \sec\theta'_v} \quad (8)$$

$$D = \sqrt{\tan^2\theta'_i + \tan^2\theta'_v - 2\tan\theta'_i \tan\theta'_v \cos\varphi} \quad (9)$$

$$\cos\xi' = \cos\theta'_i \cos\theta'_v + \sin\theta'_i \sin\theta'_v \cos\varphi \quad (10)$$

$$\theta'_i = \tan^{-1} \left(\frac{b}{r} \tan\theta_i \right) \quad (11)$$

$$\theta'_v = \tan^{-1} \left(\frac{b}{r} \tan\theta_v \right) \quad (12)$$

其中: K_{geo}^{RLM} 为Li-Sparse核函数,假定树冠形状为一个椭圆, h 为球心距地面的高度, b 为球体的垂直半径, r 为球体水平半径。

2.2 新的模型

传统的核驱动BRDF模型由太阳和观测角度作为自变量,当模型系数确定后,BRDF函数只能表示一种状态下的地物多角度特性,然而,利用植被指数构建的函数作为核驱动BRDF模型的系数,当植被指数发生变化后,将会引起经验BRDF模型系数的变化,因此这种形式的模型能够表征不同植被状态下地物的多角度特性。本文在传统半经验BRDF模型的基础上,通过引入能够反映植被随生长或季节变化而变化的变量,建立一个新的模型形式,表达式如下所示:

$$R(\theta_i, \theta_v, \varphi, \rho_{nir}, \rho_r) = f_1 \cdot K_1(\theta_i, \theta_v, \varphi) + f_2 \cdot K_2(\theta_i, \theta_v, \varphi) + a_7 \quad (13)$$

其中:

$$f_1 = [a_1 + a_2 \text{NDVI}(\rho_{nir}, \rho_r) + a_3 \text{NDVI}^2(\rho_{nir}, \rho_r)] \quad (14)$$

$$f_2 = a_4 + a_5 \text{DVI}(\rho_{nir}, \rho_r) + a_6 \text{DVI}^2(\rho_{nir}, \rho_r) \quad (15)$$

式(13)中 $K_1(\theta_i, \theta_v, \varphi)$ 和 $K_2(\theta_i, \theta_v, \varphi)$ 分别

为 Roujean 模型中的体散射和几何光学散射核函数,而 DVI 和 NDVI 分别为由近红外波段反射率 ρ_{nir} 和红色波段反射率 ρ_r 构成的差分植被指数和归一化差分植被指数,表达式如下:

$$DVI(\rho_{nir}, \rho_r) = \rho_{nir} - \rho_r \tag{16}$$

$$NDVI(\rho_{nir}, \rho_r) = \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r} \tag{17}$$

此模型将半经验 BRDF 模型体散射部分和几何光学散射部分的核系数表示为由植被因子 DVI 和 NDVI 组成的二次多项式,用来近似描述植被生长或者季节变化对地物多角度特性的影响。在实际应用中,由于此模型为线性形式,因此在得到多角度观测数据后,利用最小二乘可以得到 7 个系数 a_1, a_2, \dots, a_7 。利用模型系数和两个波段的反射率可以描述同一地物不同时期的多角度特性,而以往半经验 BRDF 模型的系数在植被随季节变化后将不再适用。

3 实验结果与分析

3.1 模拟数据验证

为了对新提出的模型进行验证,首先利用冠层辐射传输模型 DART 模拟不同 LAI 下的冠层的多角度 BRF 数据,然后使用模拟数据拟合模型系数,在得到 7 个模型系数后,分别利用模型拟合值与观测值进行比较验证。最后,使用建立的模型计算观测天顶角为 0 时不同 LAI 下的冠层 BRF,比较模型拟合值与 DART 模型模拟值来评价提出太阳—观测角度归一化方法。

DART(Discrete Anisotropic Radiative Transfer)模型^[12-13]是一种基于离散坐标方法和光线追踪方法建立的三维辐射传输模型。根据建立的三维场景,DART 模拟辐射能量从场景进入,并与场景中

元素发生作用(反射、透射以及多次散射),最终完成整个场景的辐射传输模拟。因此,利用 DART 模型可以模拟不同波长、不同太阳—观测几何下场景的 BRF 数据。图 1(a)和(b)分别给出了 DART 模拟中使用的三维场景以及场景中各元素的反射率光谱。为了模拟场景的变化,分别设定整个场景的叶面积指数从 1.0 变化到 7.0,间隔为 0.5,共 13 个不同的场景。太阳的照射角度设定为:太阳天顶角为 30°,太阳方位角为 225°,分别模拟每一个场景下主平面与垂直主平面观测方位下不同观测天顶角的反射率值,观测天顶角的变化为 0°~60°,间隔为 10°。根据前面介绍的场景和太阳—观测几何设置,分别模拟波长为 650 nm 的红色波段和 900 nm 的近红外波段的反射率数据,图 2 给出了 DART 模型模拟的不同 LAI 冠层在不同太阳—观测几何下的近红外波段反射率。

为了说明新提出的模型能够描述不同冠层的多角度特性,从每个 LAI 值对应的模拟数据中随机选择 5 个角度作为经验 BRDF 模型的拟合样本,共 65 个多角度样本数据,利用样本数据拟合新提出模型的 7 个系数,然后利用建立的模型计算模型拟合值,并与真实值进行比较。此外,利用相同的多角度样本数据拟合 Roujean 模型和 Ross-Li 模型,同样比较相应的模型拟合值和真实值。图 3(a)和(b)分别给出了对于红色波段和近红外波段,3 个模型的拟合值与真实值之间的散点图,从图中可以看出,新提出的模型的拟合值与观测值的散点分布于 1:1 线的周围,而 Roujean 和 Ross-Li 两个模型相应的散点分布比较分散,这是由于这两个模型适用于描述单一目标的多角度特性,当使用不同目标的多角度数据拟合模型时,拟合误差会比较大。

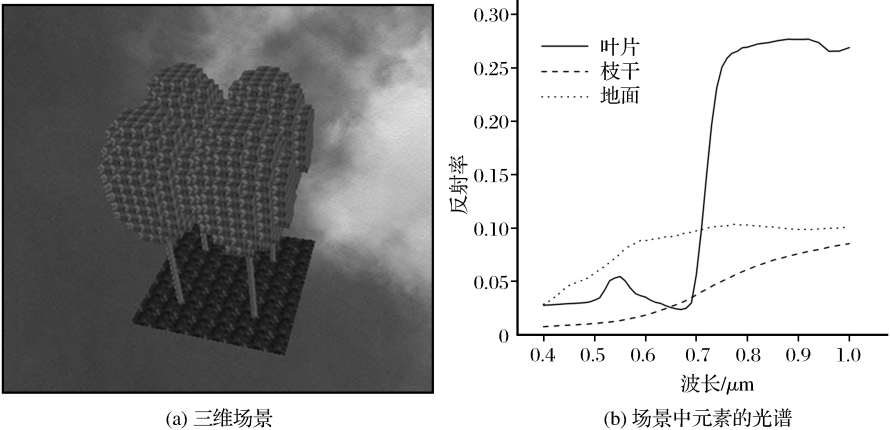


图 1 DART 模型中输入的冠层 3D 模型和场景中各元素的反射率光谱
Fig.1 The input 3D canopy model and reflectance spectral of each element in 3D model for DART model

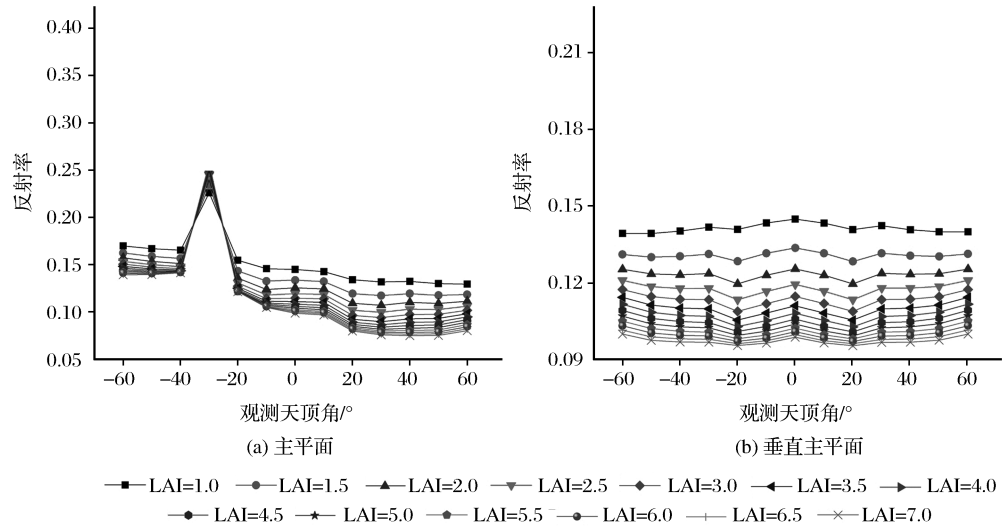


图 2 DART 模型模拟的主平面和垂直主平面观测的不同 LAI 冠层的反射率 (近红外波段)

Fig.2 The simulated reflectance in principle and cross-principle planes by DART model for difference LAI canopy(near-Infrared band)

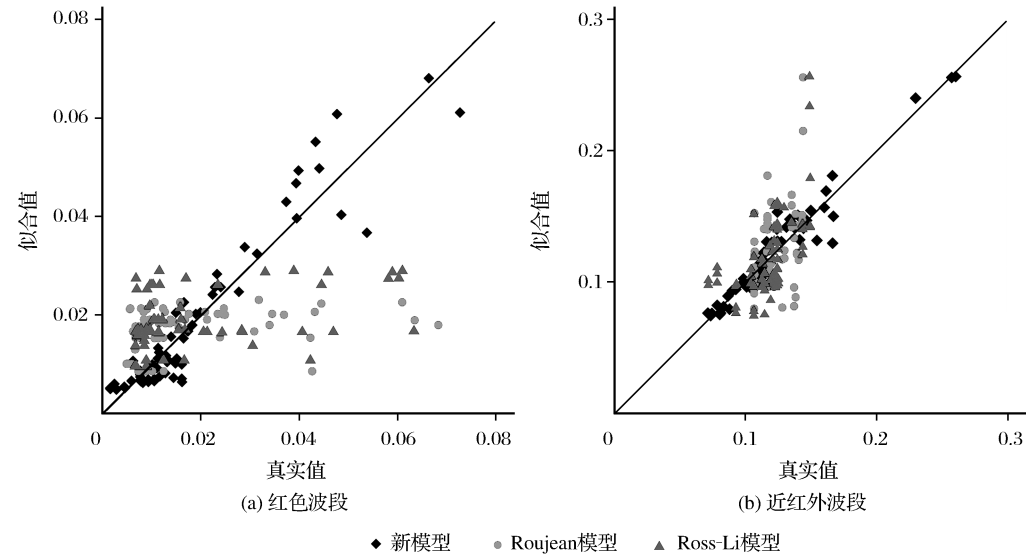


图 3 3 个模型拟合值与真实值之间的散点图

Fig.3 Scatter plots of simulated value by model and real value for three models

在得到新模型的 7 个系数后,分别计算 13 组 LAI 下冠层在标准观测几何下(太阳天顶角为 30° , 观测天顶角为 0°)的反射率,并与 DART 模拟值进行比较,图 4 给出了两个波段模型拟合值与 DART 模拟值之间的散点图,可以看出,模型拟合值与 DART 模拟值比较一致,分布于 1 : 1 直线周围,同时,红色和近红外波段对应的平均误差分别为 0.39% 和 0.51%。

另外,从所有模拟数据中随机选择 100 组样本,每组样本包含 65 个多角度反射率数据,分别拟合 3 个模型的系数,并计算模型拟合值与真实值之间的均方根误差、相对误差以及相关系数,表 1 给出了利

用 100 组样本计算的均方根误差、相对误差以及相关系数的均值,从表中可以看出,新提出模型的拟合误差优于传统的两个模型,新提出模型的拟合值与真实值的相关系数的均值分别为 0.97 和 0.98。

3.2 遥感观测数据验证

由于 MODIS 传感器具有较宽的幅宽和较大的视场角,对于同一位置不同时间观测的数据的太阳—观测几何存在很大的差异,因此,将新提出的模型应用于 MODIS 时间序列数据的太阳观测几何归一化中,对提出模型进行进一步验证。

使用 NASA 的 MODIS/MOD09A1 8 d 合成的地表反射率产品数据集,共收集了 2003~2008 年共

6 a 的数据。MODIS/MOD09A1 产品利用连续 8 d 的观测数据进行合成,尽量消除云、雾等的影响,选择 8 d 中像元最优的观测。研究区域的地理坐标为 52°7′23.08″N,123°17′52.71″E,覆盖类型为阔叶林。在对不同时间观测的 MODIS 数据进行几何配准之后,对于给定的像元,提取出 7 个反射率波段、太阳天顶角、观测天顶角、太阳和传感器之间的相对方位角、MOD09A1 产品反射率波段质量标记和状态标记以及数据观测时间。对于每一个年份,选择 4~10 月观测的数据,同时根据产品反射率波段质量标记和状态标记去除那些质量较差的像元点,例如:云污染的像元。在模型系数获得之后,将时间序列数据归一化到标准的太阳—观测几何,即:太阳天顶角为 50°,观测天顶角为 0°,相对方位角为 0°。

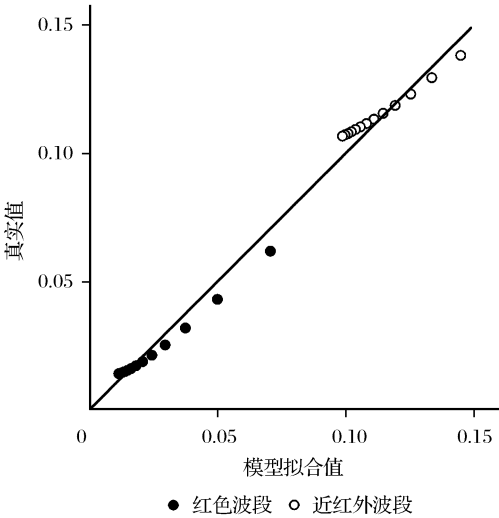


图 4 标准太阳—观测几何下模型拟合值与真实值的散点图

Fig.4 Scatter plots of simulated value by model and real value at standard sun-target-sensor geometry

表 1 3 个模型拟合值与真实值之间的误差统计

Table 1 The error statistics between simulated value by model and real value for three models

		Roujean 模型	Ross-Li 模型	新模型
近红外	RMSE	0.030	0.025	0.0057
	相对误差	16.44 %	14.87 %	3.85 %
	相关系数	0.35	0.55	0.98
红色	RMSE	0.0083	0.0081	0.0022
	相对误差	51.31 %	49.93 %	13.71 %
	相关系数	0.37	0.42	0.97

使用 2006~2008 年的观测数据进行模型系数的拟合,并计算模拟拟合值,图 5 给出了 2006~2008 年时间序列数据模型拟合值与真实观测值之

间的散点图,对于红色和近红外波段,散点均紧密分布于 1 : 1 直线周围,相关系数也比较高,分别为 0.88 和 0.93,可以看出提出的模型较好地拟合了同一观测位置不同观测时间的多角度数据,即使随着时间变化,地面目标光学特性发生变化后,模型也能较好地描述不同时间地面目标的多角度特性。在得到模型系数后,将 2006~2008 年时间序列数据归一化到标准观测几何下,结果如图 6 所示。从图 6 可以看出,与归一化前的数据相比,太阳—观测几何归一化后的时间序列反射率数据具有较好地平滑性,较好地消除了短期的波动,并且归一化后的时间序列数据更好地反映了植被生长的季节性变化。

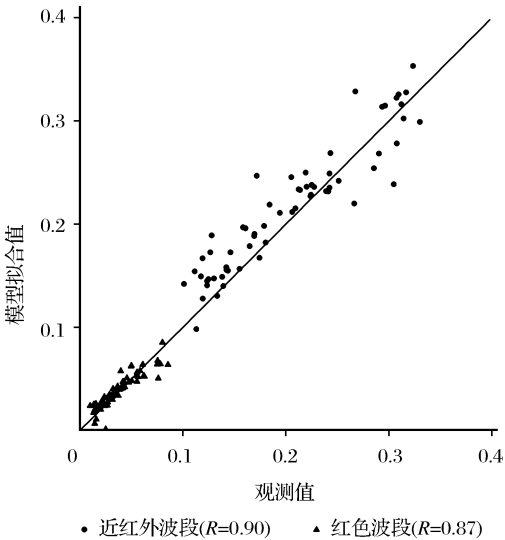


图 5 2006~2008 年时间序列数据拟合值与观测值散点图
Fig.5 Scatter plots of simulated value by model and real value for 2006~2008 time series data

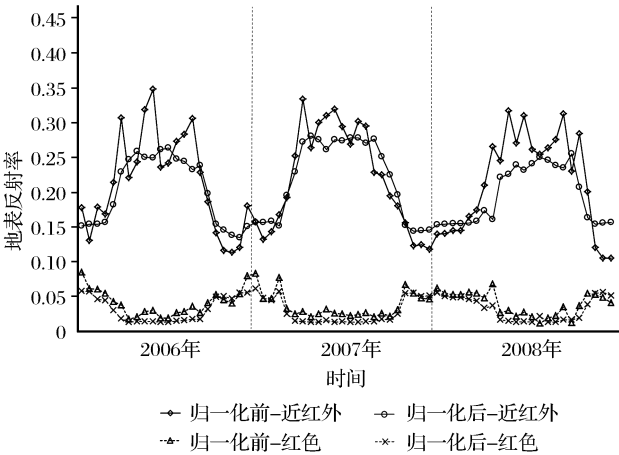


图 6 2006~2008 年太阳—观测几何归一化后的时间序列数据

Fig.6 The 2006~2008 time series data after sun-target-sensor geometry normalization

为了验证模型拟合数据的准确性和太阳—观测角度外推能力,根据同一地点 2003~2005 年太阳—观测几何,使用 2006~2008 年时间序列数据拟合的模型系数,分别计算相应的反射率,并与 MODIS 真实观测的反射率进行比较。图 7 给出了 2003~2005 年时间序列数据拟合值与真实观测值之间的散点图,可以看出二者具有较好的一致性,红色波段和近红外波段的相关系数分别为 0.87 和 0.92,平均误差分别为 0.64% 和 2.19%,这在一定程度上说明了模型计算值的合理性。

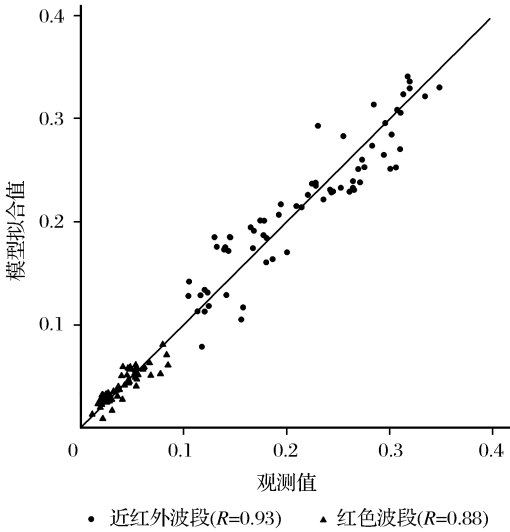


图 7 2003~2005 年时间序列数据拟合值(使用 2006~2008 年数据拟合的模型)与观测值散点图

Fig.7 Scatter plots of simulated value by model (which was fitted by 2006~2008 time series data) and observed value for 2003~2005 time series data

4 结 语

本文在传统基于核驱动的半经验 BRDF 模型的基础上,提出一种新的模型用于遥感图像太阳—观测几何归一化,并利用模拟数据和真实观测的 MODIS 时间序列数据对模型进行验证。主要结论如下:

(1)相对于传统的核驱动 BRDF 模型,利用本文提出的引入植被指数的核驱动 BRDF 模型建立地物目标的半经验 BRDF 时,不再假设地物目标的状态不变,同时,实验结果表明模型能够同时拟合不同植被状态下的多角度数据。

(2)本文方法可以用于遥感图像太阳—观测几何归一化,能够在一定程度上消除由于太阳—观测几何变化造成的连续观测时间序列数据中噪声干扰,提高数据的应用效果。

(3)本文方法对遥感图像进行太阳—观测几何归一化后,利用归一化后的数据进行定量遥感应应用研究并对方法进行评价,将成为下一步研究的重点内容。

参考文献(References):

[1] Qi J, Moran M S, Cabot F, *et al.* Normalization of Sun/View Angle Effects Using Spectral Albedo-based Vegetation Indices[J]. Remote Sensing of Environment, 1995, 52(3): 207-217.

[2] Leroy M, Roujean J L. Sun and View Angle Corrections on Reflectances Derived from NOAA/AVHRR Data [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1994, 32(3): 684-697.

[3] Li Yuhong, Shen Shuanghe, Zhao Xiaoyan. Application of MODIS Albedo Data in the Simulation of Air Temperature over Beijing[J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2012, 32(6): 622-628. [李雨鸿, 申双和, 赵小艳. MODIS 反照率产品在模拟北京气温中的应用[J]. 气象科学, 2012, 32(6): 622-628.]

[4] Latifovic R, Cihlar J, Chen J. A Comparison of BRDF Models for the Normalization of Satellite Optical Data to a Standard Sun-Target-Sensor Geometry[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2003, 41(8): 1889-1898.

[5] Che Dawei, Chen Shengbo, Lü Leting, *et al.* The Research and Advance of Bi-directional Reflectance Model in Multi-angle Remote Sensing[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2008, 38: 229-231. [车大为, 陈圣波, 吕乐婷, 等. 多角度遥感中 BRDF 模型研究的现状与展望[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2008, 38: 229-231.]

[6] Yang Hua, Li Xiaowen, Gao Feng. An Algorithm for the Retrieval of Albedo from Space Using New GO Kernel-driven BRDF Model[J]. Journal of Remote Sensing, 2002, 6(4): 246-251. [杨华, 李小文. 新几何光学核驱动 BRDF 模型反演地表反照率的算法[J]. 遥感学报, 2002, 6(4): 246-251.]

[7] Roujean J L, Leroy, Deschamps P Y. A Bidirectional Reflectance Model of the Earth's Surface for the Correction of Remote Sensing Data[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984-2012), 1992, 97(D18): 20455-20468.

[8] Rahman H, Verstraete M M, Pinty B. Coupled Surface-atmosphere Reflectance (CSAR) Model: 1. Model Description and Inversion on Synthetic Data[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984-2012), 1993, 98 (D11): 20779-20789.

[9] Rahman H, Pinty B, Verstraete M M. Coupled Surface-atmosphere Reflectance (CSAR) Model: 2. Semiempirical Surface Model Usable with NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer Data[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984-2012), 1993, 98(D11): 20791-20801.

[10] Los S O, North P R J, Grey W M F, *et al.* A Method to Convert AVHRR Normalized Difference Vegetation Index Time Series to a Standard Viewing and Illumination Geometry[J].

Remote Sensing of Environment,2005,99(4):400-411.

[11] Li X,Gao F,Chen L,*et al.*Derivation and Validation of a New Kernel for Kernel-driven BRDF Models[J].Remote Sensing for Earth Science,Ocean and Sea Ice Application,SPIE Proc. Series,1999,3868:368-379.

[12] Gastellu-Etchegorry J P,Demarez V,Pinel V,*et al.*Modeling

Radiative Transfer in Heterogeneous:3-D Vegetation Canopies[J].Remote Sensing of Environment,1996,58:131-156.

[13] Gastellu-Etchegorry J P,Martin E,Gascon F.DART:A 3D Model for Simulating Satellite Images and Studying Surface Radiation Budget[J].International Journal of Remote Sensing,2004,25(1):73-96.

A Method for the Sun-Target-Sensor Geometry Normalization of Remote Sensing Image

Zhao Yongguang^{1,2,3},Li Chuanrong^{1,2},Ma Lingling^{1,2},
Tang Lingli^{1,2},Wang Ning^{1,2}

(1.*Key Laboratory of Quantitative Remote Sensing Information Technology, Chinese Academy of Sciences,Beijing 100094,China* ;
2.*Academy of Opto-Electronics,Chinese Academy of Sciences,Beijing 100094,China* ;
3.*University of Chinese Academy of Sciences,Beijing 100049,China*)

Abstract:The sensors with wide spatial coverage and high observation frequency are usually designed to have large field of view (FOV).However,the large FOV also results in some problems associated with the bidirectional effects due to sun/view angle differences.On the basis of kernel-driven semiempirical BRDF model,a new method was proposed to normalize sun-target-sensor geometry of remote sensing image.The polynomial function of vegetation index was used as the coefficients of volume-scatter kernel and surface scatter kernel in the kernel-driven semiempirical BRDF model.Multi-angle observation data acquired at difference dates was used to derive model coefficients which were applied to sun-target-sensor geometry normalization.Simulated data and observed satellite data were used to evaluated the proposed method.The experimental results show that the proposed method yielded good fits between the observed and estimated values,and indicate that this method is capable of normalizing satellite data to a standard sun-target-sensor geometry.

Key words: Sun-target-sensor geometry normalization;Remote sensing image;BRDF;Time series data