

文章编号: 1007-4619(2000)增-0025-06

GIS 支持下地物 BRDF 的卫星遥感反演 模型研究

李先华^{1,2}, 俞 晟¹, 朱红旗¹, 李 梅¹, 刘志强¹,
赵 军¹, 何易平², 罗秀陵³, 张登荣⁴, 石火生⁵, 林 晖⁵

(1. 华东师范大学 地理系、河口海岸研究所, 上海 200062; 2. 中国科学院 成都山地灾害与环境研究所, 四川成都 610041; 3. 四川省气象局, 四川 成都 610062; 4. 浙江大学, 浙江 杭州 310032; 5. 香港中文大学, 香港)

摘 要: 讨论一种基于 RS 和 GIS 的有别于一般和传统方法的地物 BRDF 构建原理。其核心是卫片像元坡面方向反射几何参数的逐点计算和地物不同坡面方向反射因子的反演计算。它开拓了一种在自然状况下能适应各种分辨率遥感卫星的不受地面测试仪器性能限制的快速、实时、自动地同时构建多种地物 BRDF 的新途径。

关键词: 方向反射; 遥感; 反演

中图分类号: TP701 **文献标识码:** A

本文讨论了在 GIS 支持下地物 BRDF 的遥感反演研究。其基本原理是: 卫片像元坡面因坡度和坡向不同其坡面的太阳高度角、太阳方位角和卫星高度角、卫星方位角以及坡面上的太阳直射光和天空散射光照度和反射亮度都因坡面、太阳、卫星之间的几何取向都将发生变化。正是如此, 才为地物 BRDF 的卫星遥感反演提供了可能。

如果卫片上有同类像元多个因地形起伏, 这些像元坡面上的方向反射几何参数: $(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r)$ 发生变化并离散分布在整个半球空间。由于每个像元坡面的方向反射几何参数可在与卫片匹配的数字地形图上计算得到。而每个像元坡面上的太阳直射光、天空散射光照度和它们的反射亮度都可利用卫星遥感数据反演计算, 这样每个像元坡面上的方向反射因子都可按定义计算得到。将所得这类像元的所有方向反射因子。方向反射几何参数信息通过计算机技术进行建库和数据处理(如拟合插值、数理统计、立体显示等)后, 则可构建该地物的 BRDF。

对反演所得的地物 BRDF 经实测、验证精度估

算以最后完成 GIS 支持下的地物 BRDF 的遥感反演研究。

如果卫片上有多种地物满足前面要求, 则可通过上述方法同时构建多种地物的 BRDF。同样, 利用多时态卫片则可进行地物 BRDF 的遥感动态反演。这在植被的几何结构及其时空分布、生长状况、作物监测、估产、环境监测和地物 BRDF 等研究中意义重大。

GIS 支持下的山地地物 BRDF 的卫星遥感反演构建主要包括: (1) GIS 支持下卫片坡面方向反射几何参数的逐点计算; (2) 卫片像元坡面方向反射因子的反演计算; (3) 多个同类地物不同坡面的 BRDF 方向反射因子和方向反射几何参数的数据处理; (4) 多地物的 BRDF 的构建; (5) 地物 BRDF 的实测验证与精度估算等内容。

1 卫星遥感数据与地面照度的关系

卫星像元 P_{ij} 的遥感数据 DN_{ij} 与地面照度 E_{ij} 地面反射亮度 L_{ij} 之间有如下关系^[1,2]:

$$DN_{ij} = KN_{ij} + NA_{ij}$$

收稿日期: 2000-01-14; 修订日期: 2000-08-10

基金项目: 研究工作得到国家 95 攀登项目(95-预-38)、国家自然科学基金项目(49971057)和香港特区政府研究资助局(CUHK4334/98E 和 CUHK4132/99H)资助。

作者简介: 李先华(1948—), 男, 教授, 博士生导师。1982年毕业于浙江大学地球科学系遥感专业。主要专业方向为遥感与地理信息系统。

$$= K \cdot \tau_{ij} \cdot L_{ij} + K \cdot N_{Aij}$$

$$= K \cdot \tau_{ij} \cdot (L_{Sij} + L_{Dij}) + K \cdot N_{Aij} \quad (1)$$

$$DN_{ij} = DN_{Sij} + DN_{Dij} + D_{Aij}$$

$$D_{Aij} = KN_{Aij} \quad (2)$$

$$DN_{Sij} = K \cdot \tau_{ij} \cdot L_{Sij}$$

$$DN_{Dij} = K \cdot \tau_{ij} \cdot L_{Dij} \quad (3)$$

式中: N_A 为像元大气亮度, N_{Aij} 为到达卫星的地面亮度, τ_{ij} 为大气光谱透过率, K 为卫星响应系数为遥感器所固有, L_{ij} 、 L_{Sij} 、 L_{Dij} ; DN_{ij} 、 DN_{Sij} 、 DN_{Dij} 分别为地面辐射照度、太阳直射光、天空散射光分量及其对应遥感数据。 D_{Aij} 为像元 P_{ij} 大气辐射遥感值。

经大气修正后的卫星像元遥感数据为:

$$DN'_{ij} = DN_{ij} - D_{Aij} \quad (4)$$

$$E_{ij} = E_{Sij} + E_{Dij} \quad (5)$$

$$E'_{Sij} = E_{Sij} \cdot F_{ij}$$

$$= E_{Sij} \cdot (1 - \text{tg} \alpha_{ij} \cdot \text{ctg} \theta_{ij} \cdot \cos \omega_{ij}) \quad (6)$$

$$E'_{Dij} = E_{Dij} \cdot G_{ij} \quad (7)$$

$$G_{ij} = 1 - \sum t / \pi \quad (8)$$

式中: E_{Sij} 、 E_{Dij} ; E'_{Sij} 、 E'_{Dij} ; F_{ij} 、 G_{ij} 分别为像元水平地面太阳直射光、天空散射光照度; 像元坡面直射光、坡面天空散射光照度; F_{ij} 、 G_{ij} 为它们的坡面照度与水平照度之间转换系数(改正系数)^[8]; $\sum t$ 为像元地面各方向上天空光遮蔽角之和^[6]。

当像元地面为郎伯体, R_{ij} 为地面半球反射率:

$$DN'_{ij} = K \cdot R_{ij} \cdot E_{ij} / \pi$$

2 卫片像元地物直射光方向反射因子遥感反演

CCT 记录的像元遥感数据中直射光分量 (DN_{Sij}) 与地面光谱反射亮度 L_{Sij} 、像元大气光谱透过率 τ_{ij} 有如下关系^[1]:

$$DN_{Sij} = K \cdot \tau_{ij} \cdot L_{Sij}$$

式中: K 为 MSS 系统(遥感器)所固有的响应系数。

则像元地面光谱反射亮度的遥感反演值:

$$L_{Sij} = DN_{Sij} / (K \cdot \tau_{ij}) \quad (9)$$

像元水平地面直射光理论照度^[3]:

$$E_{Sij} = E_0 \cdot \cos \theta_{ij} \cdot \tau'_{ij} / D^2$$

式中: E_0 为太阳常数, D 为日、地平均距离, θ_{ij} 为像元水平地面上太阳高度角, τ'_{ij} 为像元大气光谱斜程透过率。

这里 E_{Sij} 也可任意测点水平地面的太阳直射光照度, 由地面多个实测点经逐点插值得到。

设卫片像元水平地面双向反射几何参数分别为: $\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij}$ 。则代入(1)有像元水平地面直射光方向反射因子^[2] $\rho_{Sij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij})$ 的遥感反演式:

$$\rho_{Sij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij})$$

$$= L_{Sij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) / E_{Sij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}) \quad (10)$$

$$= DN_{Sij} / [K \cdot \tau_{ij} \cdot E_{Sij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij})]$$

设卫片像元地面坡度为 α_{ij} , 坡向为 AL_{ij} , 则卫片像元坡面直射光照度为水平地面直射光照度与直射光地形改正系数 F_{ij} 之积^[3]:

$$E'_{Sij} = E_{Sij} \cdot F_{ij}$$

$$= E_{Sij} \cdot (1 - \text{tg} \alpha_{ij} \cdot \text{ctg} \theta_{ij} \cdot \cos \omega_{ij}) \quad (11)$$

式中: ω_{ij} 为太阳方位角与坡向之间的夹角; θ_{ij} 为卫片像元水平地面上太阳高度角。

利用卫片注记和像元在卫片上的位置计算像元水平地面太阳高度角和方向角的方法及推导见文献[4]。将(3)代入(2)得, 卫片像元坡面直射光方向反射因子 ρ'_{Sij} 的遥感反演式:

$$\rho'_{Sij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij})$$

$$= L_{Sij} / (E'_{Sij} \cdot F_{ij})$$

$$= DN_{Sij} / (K \cdot \tau_{ij} \cdot F_{ij})$$

$$= DN_{Sij} / [K \cdot \tau_{ij} \cdot E_{Sij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}) \cdot (1 - \text{tg} \alpha_{ij} \cdot \text{ctg} \theta_{ij} \cdot \cos \omega_{ij})] \quad (12)$$

利用离散分布的有限个实测点值(同步), 逐点计算卫片像元每个像元的光谱透过率 τ_{ij} ; 和水平

地面辐射照度 $E_{ij}(E_{sij}, E_{Dij})$ 的方法、原理见文献 [5, 4]。

坡面方向反射几何参数 $(\theta_{ij}, \varphi_{ij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij})$ 计算见后。

3 卫片像元天空散射光的方向反射因子的遥感反演

卫星遥感数据中像元天空散射光分量 DN_{Dij} 与地面天空反射亮度 L_{Dij} 像元大气光谱透过率 τ_{ij} 之间有类似 (1) 式的关系:

$$DN_{Dij} = K \cdot \tau_{ij} \cdot L_{Dij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij})$$

$$L_{Dij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) = DN_{Dij} / K \cdot \tau_{ij} \quad (13)$$

由于天空光为漫入射光束, 像元水平地面天空光照度 E_{Dij} 可视为与入射方向无关, 其天空光方向反射因子

$$\rho_{Dij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) = L_{Dij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) / E_{Dij}$$

$$= DN_{Dij} / (K \cdot \tau_{ij} \cdot E_{Dij}) \quad (14)$$

卫片像元地面坡度为 α_{ij} 的坡面, 其坡面天空散射光照度^[6]: $E'_{Dij} = E_{Dij} \cdot G_{ij}$

式中: E_{Dij} 为像元水平地面上的天空散射光照度, G_{ij} 为像元天空光照射率, 可在与卫片相匹配的数字地形图上计算得到^[6]。

则像元 P_{ij} 坡面方向反射因子的天空散射光遥感反演模型:

$$\rho'_{Dij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) = L'_{Dij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) / E'_{Dij}$$

$$= DN_{Dij} / (K \cdot \tau_{ij} \cdot E'_{Dij}) \quad (15)$$

$$= DN_{Dij} / (K \cdot \tau_{ij} \cdot E_{Dij} \cdot G_{ij})$$

4 卫片像元坡面自然光方向反射因子的遥感反演

像元坡面自然光照度 E_{ij} 为太阳直射光照度 E_{sij} 和天空散射光照度 E_{Dij} 之和:

$$E'_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij})$$

$$= E'_{sij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij}) + E'_{Dij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}) \quad (16)$$

$$= (DN_{ij} - D_{Aij}) / K \cdot \tau_{ij} = DN'_{ij} / K \cdot \tau_{ij}$$

像元 P_{ij} 地物方向反射因子的自然光 (混合) 遥感反演模型:

$$\rho'_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij})$$

$$= L'_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}) / E'_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}) \quad (17)$$

$$= (DN'_{ij} - D_{Aij}) / K \cdot \tau_{ij} \cdot E'_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij})$$

将(1)和(5)式代入可得像元坡面自然光反射亮度:

$$L'_{ij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) = L'_{sij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) + L'_{Dij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij})$$

$$= DN_{sij} / (K \cdot \tau_{ij} \cdot F_{ij}) + DN_{Dij} / (K \cdot \tau_{ij} \cdot G_{ij})$$

$$= (DN_{sij} \cdot G_{ij} + DN_{Dij} \cdot F_{ij}) / (K \cdot \tau_{ij} \cdot F_{ij} \cdot G_{ij}) \quad (18)$$

根据定义, 卫片像元坡面自然光方向反射因子:

$$\rho'_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij})$$

$$= L'_{ij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) / E'_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij})$$

$$= DN_{sij} / (K \cdot E'_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}) \cdot \tau_{ij})$$

$$= \frac{(DN_{sij} \cdot G_{ij} + DN_{Dij} \cdot F_{ij})}{(K \cdot \tau_{ij} \cdot F_{ij} \cdot E'_{ij} \cdot G_{ij})} \quad (19)$$

当地面水平则 $F_{ij}=1$, $G_{ij}=1$ 则像元水平地面方向反射因子:

$$\rho_{ij}(\theta_{lij}, \varphi_{lij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij})$$

$$= (DN_{sij} + DN_{Dij}) / R_{ij} / (K \cdot \tau_{ij} \cdot E_{ij}) \quad (20)$$

$$= DN_{ij} / (K \cdot \tau_{ij} \cdot E_{ij})$$

当地面水平, 且为朗伯体时:

$$DN'_{ij} = K \cdot R_{ij} \cdot \tau_{ij} \cdot E_{ij} / \pi,$$

$$\rho'_{ij} = R_{ij} / \pi \quad (21)$$

5 卫片像元坡面方向反射几何参数计算

卫片像元地面双向反射几何参数是指: 地面的太阳入射高度角 θ_i 、入射方位角 φ_i 和以卫星为反射方向的反射高度角 θ_r 和反射方位角 φ_r 。因山地地面起伏, 太阳、地面、卫星之间的相对几何取向等的原因, 在卫片上位置不变的卫片像元水平地面与坡面的方向反射几何参数可因地面坡度、坡向的差异而发生很大变化。

对水平地面而言, 卫片像元的地面方向反射几何参数仅决定于卫片像元地的太阳高度角、太阳方位角和卫星高度角、卫星方位角^[1]。

5.1 卫片坡面像元的太阳入射高度角和方位角

卫片像元坡面方向反射几何参数的计算共分两步。首先计算水平地面的卫片像元太阳高度角、方位角^[4]; 然后再通过计算该卫片像元的坡面太阳

高度角和方位角^[7]来计算卫片像元的坡面方向反射几何参数^[7]:

$$\begin{aligned} A_{sij} &= \sin^{-1}[(\sin \theta_{ij} \cdot \sin \varphi_{ij} \\ &\quad - \sin \delta) / \cos \theta_{ij} \cdot \cos \varphi_{ij}] \\ \theta'_{sij} &= \sin^{-1}(\sin \varphi_{ij} \cdot \sin \delta_{ij} \\ &\quad + \cos \varphi_{ij} \cdot \cos \delta \cdot \cos t_{ij}) \end{aligned} \quad (22)$$

$$A'_{sij} = A_{sij} - AL_{ij} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \theta'_{sij} &= \sin^{-1}(\sin \theta_{ij} \cdot \cos \alpha_{ij} \\ &\quad + \cos \theta_{sij} \cdot \sin \alpha_{ij} \cdot \cos A'_{sij}) \end{aligned} \quad (24)$$

式中: A_{sij} 、 θ_{sij} 、 A'_{sij} 、 θ'_{sij} 分别为卫片像元水平、坡面的太阳方位角和太阳高度角; AL_{ij} 、 α_{ij} 为像元坡面坡向和坡角; φ_{ij} 、 t_{ij} 为像元所在纬度和时角; δ 为太阳赤纬。

5.2 卫片坡面像元的卫星高度角和方位角

卫星传感器接收到的像元地面反射亮度是以像元坡面卫星高度角和方位角为方向, 再与卫片匹配的数字地形图上逐点计算卫片像元地面卫星高度和方位角的原理及方法见文献[7]。

卫片像元坡面卫星方位角: $A'_{eij} = A_{eij} - AL_{ij}$

高度角:

$$\theta'_{eij} = \sin^{-1}(\sin \theta_{eij} \cos \alpha_{ij} + \cos \theta_{eij} \sin \alpha_{ij} \cos A'_{eij})$$

像元水平地面卫星方位角:

$$A_{eij} = \text{tg}^{-1}[i \cdot SY / (j \cdot SX)]$$

像元水平地面卫星高度角:

$$\theta_{eij} = (h_0 + \frac{R(1 - \sec r) \cdot \cos r}{\sqrt{R^2 + (R + H_0)^2 - 2R(R + H_0) \cdot \cos r}})$$

式中: i 、 j 分别为像元行、列序号; SX 、 SY 分别为像元宽、长 (m); h_0 为卫星高度, H_{ij} 为像元高程, R 为地球半径。

卫片像元与星下点之间所对地球大圆圆心角:

$$r = \text{tg}^{-1}(\sqrt{(i - i_0)^2 \cdot SY^2 + (j - j_0)^2 \cdot SX^2} / (H_{ij} + R))$$

式中: i_0 、 j_0 分别为卫片星下点行、列序号; SX 、 SY 分别为像元宽、长 (m)。

6 卫片像元坡面地物 BRDF 遥感反演模型

像元坡面方向反射几何参数的计算、像元坡面太阳光、天空照度的计算、坡面反射亮度的反演等构成了地物 BRDF 遥感反演的基础。

6.1 地物 BRDF 的遥感反演模型

GIS 支持下的地物 BRDF 遥感反演基本数理模型简介如下:

设卫片中有像元集: P_k ($k=1, 2, \dots, n$)

由 GIS 给出像元 P_k ($k=1, 2, \dots, n$) 地面的准确空间位置(三维空间中的几何位置: J 、 SX 、 I 、 SY 及坡度、坡向: α_{ij} 、 AL_{ij})与属性(种类 A): P_k ($k=1, 2, \dots, n$) $\in A$ 。

据文献[6], 像元 P_k ($k=1, 2, \dots, n$) 的坡向反射几何参数: $\theta_{ik}, \varphi_i, \theta_{rk}, \varphi_{rk}$ 为已知, 则:

$$\begin{aligned} \rho'_{ij}(\theta_{ik}, \varphi_i, \theta_{rk}, \varphi_{rk}) &= L'_{ij}(\theta_{rk}, \varphi_{rk}) / E'_{ij}(\theta_{ik}, \varphi_{ik}), \\ &\quad (k=1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

其中: 像元坡面照度 $E'(\theta_i, \varphi_i)$ 和坡面反射亮度 $L'(\theta_r, \varphi_r)$ 都可在 GIS 支持下遥感反演, 则像元坡面方向反射因子 $\rho'_{ij}(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r)$ 亦可算出。当方向反射几何参数中各项满足定义域, 即

$$0 \leq \theta_i(\theta_r) \leq \pi/2; 0 \leq \varphi_i(\varphi_r) \leq \pi/2$$

则地物 A 的方向反射分布函数的离散形式 (BRDF) 成立:

$$\begin{aligned} f_r &= \rho'(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r) \\ &= L(\theta_r, \varphi_r) / E(\theta_i, \varphi_i) \end{aligned} \quad (25)$$

6.2 基于太阳直射光和天空散射光的地物 BRDF 遥感反演模型

卫片上某像元 P_{ij} 地面太阳直射光天空散射光方向反射亮度分别为:

$$L_{Sij}(\theta_{Iij}, \varphi_{Iij}; \theta_{rij}, \varphi_{rij}) = DN_{Sij} / K \cdot \tau_{ij} \quad (26)$$

$$L_{Dij}(\theta_{rij}, \varphi_{rij}) = DN_{Dij} / K \cdot \tau_{ij} \quad (27)$$

对卫片上同一种类 (A 类) 地物像元 P_k ($k=1, 2, \dots, n$)

基于太阳直射光和天空散射光遥感图像的 A 类地物的方向反射分布函数 (BRDF) 遥感反演模型分别如下:

$$\begin{aligned}
 f_{AS}(\theta_{ik}, \varphi_{ik}; \theta_{rk}, \varphi_{rik}) \\
 = L_{sij}(\theta_{rk}, \varphi_{rk}) / E_{Sij}(\theta_{ik}, \varphi_{ik}) \\
 = DN_{sk} / K \cdot \tau_{Sk} \cdot E_{Sk}(\theta_{ik}, \varphi_{ik}) \cdot F_k \\
 , (k = 1, 2, \dots, n)
 \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned}
 f_{AD}(\theta_{rk}, \varphi_{rik}) = L_{Dij}(\theta_{rk}, \varphi_{rk}) / E_{Dij} \\
 = DN_{Dk} / K \cdot \tau_{Dk} \cdot E_{Dk} \cdot G_k, (k = 1, 2, \dots, n)
 \end{aligned} \quad (29)$$

考虑到太阳直射光和天空散射光性质及其与地物相互作用的差异, 自然光条件下地物方向反射分布函数 (BRDF) 混合加权反演模型如下:

$$\begin{aligned}
 f_k(\theta_{Ik}, \varphi_{ik}; \theta_{rk}, \varphi_{rk}) \\
 = (DN_{sk} \cdot G_k + DN_{Dk} \cdot F_k) \\
 / K \cdot \tau_{Sk} \cdot E_{Dk} \cdot F_{Sk} \cdot F_{ij} \cdot G_{ij}, (k = 1, 2, \dots, n)
 \end{aligned} \quad (30)$$

自然光条件下地物 BRDF 模糊反演模型:

$$\begin{aligned}
 f_k(\theta_{Ik}, \varphi_{ik}; \theta_{rk}, \varphi_{rk}) \\
 = DN_k / K \cdot \tau_{Sk} \cdot E_k(\theta_{ik}, \varphi_{ik}; \theta_{rk}, \varphi_{rk}) \\
 (k = 1, 2, \dots, n)
 \end{aligned} \quad (31)$$

6.3 模型的讨论

由于卫片像元坡面方向反射几何参数的变化范围主要取决于像元坡面的坡度和坡向。某类卫片像元地面的起伏、走向和地形的破碎程度决定了该类像元地面坡度和坡向的多样性和单调性, 也决定了坡面地物方向反射几何参数在半球空间中的分散和集中。因此, 通过遥感反演得到的地物大量不规则分布的, 离散的方向反射信息, 必须进行适当的数据处理 (如数理统计, 曲面拟合和插值等) 使这些离散数据能够均匀, 规则地分布于半球空间, 才能最终更准确地构建该地物的方向反射分布函数。应该指出经遥感反演得到的地物方向反射信息是非连续的, 在此基础上所建立的地物方向反射分布函数其本质是该地物方向反射分布函数的一种离散形式。

参 考 文 献 (References)

- [1] YAN Shou-yong, TONG Qing-xi. Earth Resource Satellite[M]. the first edition, Publishing House of Science, 1980, P102. [阎守邕, 童庆禧编译. 地球资源卫星. 科学出版社, 第一版, 1980, 102.]
- [2] LiXianHua et al. Computer Construction Principle and Method of The Natural Light Radiate Satellite Remote Sensing Picture[J]. *Environmental Remote Sensing*, 1995, 8(3). [李先华等. 自然光辐射卫星遥感图像的计算机生成原理与方法. 环境遥感, 1995, 8(3).]
- [3] LV Si-hua: Physical Fundamental of Remote Sensing[M]. Commerce Publishing House. 1982, 237. [吕斯骅编著. 遥感物理基础. 商务印书馆, 1982, 237.]
- [4] LI Xian-hua. The Calculation and Correction for The Earth's Surface Straight Light Radiation of The Satellite Remote Sensing Data[J]. *Remote Sensing Technology and Application*. 1993, 8(2). [李先华. 卫星遥感数据的地表直射光辐射计算与改正. 遥感技术与应用, 1993, 8(2).]
- [5] LI Xian-hua et al. Calculation Principle and Method of The Angle of The Sun Height and The Sun Azimuth of The Pixel[J]. *Journal of Remote Sensing*, 1993, (2). [李先华等. 卫片像元的太阳高度角、方位角计算方法和原理. 测绘学报, 1993,(2).]
- [6] LiXianHua et al. Searching of The Heterogeneous Atmosphere Correction in Satellite Remote Sensing Digital Image[J]. *Remote Sensing Technology and Application*. 1994, 9(2). [李先华等. 卫星遥感数字图像的非均匀大气修正研究. 遥感技术与应用, 1994, 9(2).]
- [7] LiXianHua et al. The Calculation and Correction for The mountain scattering radiation of the satellite remote sensing data[J]. *Remote Sensing Technology and Application*. 1992, 1. [李先华等. 遥感数据的地面散射辐射计算与改正. 遥感技术与应用, 1992, 1.]
- [8] LiXianHua. Principles and Methodology for the Geometrical Calculation of BRDF. SPIE. 1998, 3501:604—611.
- [9] LiXianHua. Topography Affection and Correction in Remote Sensing Information[J]. *Journal of Remote Sensing*, 1986, 15(2). [李先华. 遥感信息的地形影响及其改正. 测绘学报, 1986, 15(2).]

The Object BRDF Researching of Remote Sensing Inversion Based on GIS

LI Xian-hua¹, YU Sheng¹, ZHU Hong-qi¹, LI Mei¹, LIU Zhi-qiang¹, ZHAO Jun¹, HE Yi-ping²,

LUO Xiu-ling³, ZHANG Deng-rong⁴, SHI Huo-sheng⁵, Lin Hui⁵

(1. East China Normal University, Geography Department, 200062; 2. Institute of ChengDu Mountain Disaster and Environment, Chinese Academy of Sciences, ChengDu 610041; 3. SiChuan Meteorology Bureau, 620081; 4. ZheJiang University, 310032; 5. HongKong Chinese University, HongKong)

Abstract: A BRDF structure based on RS and GIS principle is discussed, and this principle differs from the traditional way. The kernel of the principle is inversion calculation of the reflectivity of the objects in different slope directions and one by one calculation of the reflection geometry parameters of the pixel slope directions. This principle extends a new approach with quick, real time and automatic way in natural environment for constructing a few objects' BRDF at the same time, which can be applied to remote sensing satellites of different resolutions without being restricted by the performance of analysis devices on the ground.

Key words: direction inversion; remote sensing; inversion