

文章编号: 1007-4619 (2004)03-0207-07

植被层对被动微波遥感土壤水分反演影响的研究

张钟军¹, 孙国清², 朱启疆¹

(1. 北京师范大学 遥感与 GIS 研究中心, 北京 100875;

2. 美国马里兰大学地理系, MD 20742, 美国)

摘 要: 在很多对土壤水分被动微波遥感的研究中, 为简单起见, 覆盖的植被层使用了一种简单的模型来表征其散射和衰减特性。本文中使用了基于辐射传输理论的离散模型来研究植被的发射率、传输率。这种方法可以更加真实地刻画组成植被的散射个体如叶、茎、树枝、树干等对这两个参数的影响, 因而能更准确地描述植被对下垫面的影响。为了减少土壤水分反演算法中未知量的数目, 该文给出了这两个参数的模拟结果分别在 AMSR-E 三种不同频率下的简单关系。

关键词: AMSR-E; 发射率; 传输率; 单散射反照率; Stokes 矩阵

中图分类号: TP721.1 **文献标识码:** A

1 引 言

土壤中的含水量在全球水循环中起着重要的作用。含水量不同的土壤其介电常数不一样, 从而导致发射率也不一样, 这就使得研究人员利用被动微波遥感技术来监测土壤水分成为可能。尽管跟其他手段相比, 被动微波遥感的空间分辨率较低, 但是它不受太阳照射、大气、云、降雨等的影响, 而且可以涵盖较宽的频率范围。

影响土壤水分估计的因素包括: 植被覆盖、土壤特性、表面粗糙度等, 其中最重要的因素就是植被层的覆盖, 因为一定厚度的植被层可以完全掩蔽掉土壤辐射的信号。

分析植被层对土壤水分反演的影响主要有两种方法: 连续方法和离散方法^[1]。前者将植被层看作是干扰项^[2], 因此处理比较简单, 但主要适用于低频; 后者考虑了植被层散射个体如叶、茎、树枝、树干等影响, 可以拓展到较高的频率上。在低频范围内, 土壤的发射是主要的, 而在高频则相反^[1]。

广泛使用的连续方法是 $\omega-\tau$ 模型^[3-9], ω 是单散射反照率 (single scattering albedo), τ 是植被层的

光学厚度。这种模型把散射个体的形状、大小和介电常数看作一致, ω 和 τ 处理起来比较简单。在文献[3]和[4]中 ω 是通过选择均匀的地点来定标, 并且认为 ω 不随时间而变动, 因此被当作常量。该模型中 ω 的数值很小, 通常在 10^{-2} 数量级左右, 例如在文献[6]中 ω 的值在 L 和 C 波段中被当作常数 0.05。 $\omega-\tau$ 模型中植被层主要起衰减作用。植被的衰减, 在此模型中以光学厚度 τ 的形式出现, 被认为是跟植被含水量 w_c 呈线性关系: $\tau = bw_c / \cos \theta$, 其中 θ 是观察角度, 而系数 b 依赖于植被的结构和频率。理论和实验数据表明^[3], 对于给定的植被类型, 在 10GHz 以下 b 正比于频率。不过在更高的频率, b 对频率的依赖性下降, 而对植被结构的依赖性增强, 因此基于这种模型的土壤水分反演算法只适用于低频。

由美日联合研制的 AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer-EOS) 于 2002 年 5 月升空。到目前为止, 围绕 AMSR-E 的土壤水分反演算法^[3,4], 对植被层的处理本质上都是 $\omega-\tau$ 模型, 虽然此模型在较低频率上对各种低矮植被取得了广泛的成功, 但是它并不能反映具有复杂的空间结构植被比如森林的真实特性, 也不能用于较高的频率上。

收稿日期: 2002-10-08; 修订日期: 2003-02-21

基金项目: 国家 973 项目“地球表面时空多要素的定量遥感理论与应用”(G2000077908)和北京师范大学信息科学学院“微波辐射模型和应用研究”的资助。

作者简介: 张钟军(1968—), 男, 山东烟台人, 1990年获无线电电子学学士学位, 1999年获通讯与信息系统硕士学位, 目前正在攻读微波遥感博士学位。

近年来已经有一些学者开始使用各种离散方法对植被层的发射率(emissivity)、传输率(transmissivity)或单散射反照率进行了研究。Chauhan 等用相干叠加的 Born 近似研究了 L 波段玉米的单散射反照率与土壤水分的关系^[10]; Ferrazzoli 等用辐射传输理论和矩阵耦合(Matrix Doubling)算法研究了发射率和森林生物量的关系^[11], 该算法考虑了多次散射的效果。U. Wegmüller 等用几何光学模型在高频(大于 5GHz)估算了呈水平分布圆片的单散射反照率^[12]。

来自土壤层的辐射被植被层衰减, 而且还要增加植被层自身的辐射, 因此在土壤水分反演算法中准确地了解植被层的影响非常重要。采用离散的、基于辐射传输理论的方法, 可以更加真实地描述植被的参数。

为了给 AMSR-E 发展一种高准确度的土壤水分反演算法, 就需要进一步为其多频率、多极化的数据分析辐射信号在不同极化状态下的关系。尽管得到的这些数据只有一个观察角, 但是属于不同的频率(C 波段 6.925GHz, X 波段 10.65GHz, Ku 波段 18.7GHz)。如果植被层的发射率、传输率和单散射反照率在不同的频率下能找到一个比较好的关系, 那么土壤水分反演算法中未知参数的个数就会减少。

本文的模型是在 Sun 等提出的一种非相干叠加的雷达后向散射模型^[13]基础上加以改进的, 可以更加真实地描述植被层内各种散射体的贡献。本文使用该模型研究了植被层在 AMSR-E 的三种不同频率、不同极化状态下的发射率、传输率和单散射反照率的特性。本文第二部分描述了植被层的辐射传输模型。第三部分是用针叶林进行模拟的结果。在第四部分, 对模拟结果的分析揭示了植被参数在不同频率、不同极化下的简单关系, 这些关系将用于土壤水分的反演算法。

2 植被层模型

2.1 辐射传输模型

如果忽略大气的作用, 接收天线在 q 极化($q = H, V$)下接收到的地表上行的辐射, 用亮度温度 T_{Bq} (图 1)可以表示为^[14]:

$$T_{Bq} = T_{1up} + T2 + T3 \quad (1)$$

其中 T_{1up} 表示植被层自身上行的辐射, 根据瑞利-金斯(Rayleigh-Jeans)近似, T_{1up} 可以写作:

$$T_{1up} = T_c(1 - \omega_q)(1 - \Gamma_q) \quad (2)$$

其中, Γ_q 和 ω_q 分别是植被层的传输率和单散射反照率, T_c 是植被层的亮度温度。

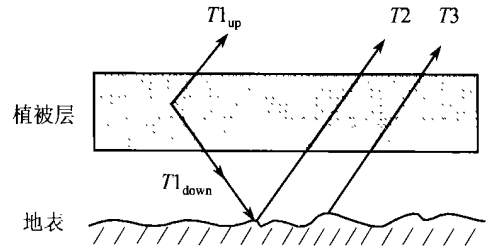


图 1 地表辐射的各种组成部分

Fig. 1 The different contributions to the surface emission

$T2$ 表示植被层下行辐射, 经地表反射和植被衰减后的贡献:

$$T2 = T_{1down} \gamma_s \Gamma_q \quad (3)$$

γ_s 是地表的反射率, T_{1down} 可以采用类似于 T_{1up} 的方法计算或者假定跟 T_{1up} 一样。

$T3$ 表示地表的辐射经过植被层的衰减:

$$T3 = T_s(1 - \gamma_s) \Gamma_q \quad (4)$$

T_s 是地表的温度。

为估计植被层对上行辐射的影响, 就需要为植被的辐射即 T_{1up} 和 T_{1down} 以及传输率建立模型。植被的辐射源于吸收, 因而成为一个散射问题。入射能量被吸收的部分将发射出去以维持能量守恒, 因此吸收的能量等于入射能量减去散射能量。假设 T_{1up} 和 T_{1down} 相同, (2) 式中的单散射反照率根据定义就是散射系数和衰减系数之比^[22]。

2.2 植被的辐射和衰减

由于散射体的散射和吸收引起的入射能量的损耗, 跟前向散射的散射场相关。如果知道了前向散射的幅度, 就可以计算出总的衰减^[20]。一个散射体的前向散射矩阵 T 可以按照其朝向(α, β)和大小(h, a)积分来获得平均等效的散射体的散射矩阵^[13]。

$$\langle S(\theta_i, \varphi_i; \theta_s, \varphi_s) \rangle = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} d\alpha \int_{\beta_1}^{\beta_2} d\beta \int_{h_1}^{h_2} dh \int_{a_1}^{\alpha_2} da \cdot T(\alpha, \beta, h, \alpha, \theta_i, \varphi_i) p_1(\alpha, \beta) p_2(h, a) \quad (5)$$

式中 p_1 和 p_2 分别是散射体朝向和大小的概率分布函数。

衰减矩阵为^[15, 20]:

$$\kappa_e = \begin{bmatrix} -2R_e(M_{vv}) & 0 & -R_e(M_{vh}) & -I_m(M_{vh}) \\ 0 & -2R_e(M_{hh}) & -R_e(M_{hv}) & I_m(M_{hv}) \\ -2R_e(M_{hv}) & -2R_e(M_{vh}) & -[R_e(M_{vv}) + R_e(M_{hh})] & I_m(M_{vv}) - I_m(M_{hh}) \\ 2I_m(M_{hv}) & -2I_m(M_{vh}) & -[I_m(M_{vv}) - I_m(M_{hh})] & -[R_e(M_{vv}) + R_e(M_{hh})] \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中:

$$M_{mn} = \frac{i2\pi N}{k_0} \langle S_{mn}(\theta_i, \varphi_i; \theta_s, \varphi_s) \rangle \quad m, n = v, h$$

式中 N 是每立方米散射体的数目, k_0 是波数。

植被的传输率 Γ_q 可以用下式计算:

$$\Gamma_h = e^{-\tau_h} = e^{-\frac{\kappa_{22}d}{\mu}} \quad \Gamma_v = e^{-\tau_v} = e^{-\frac{\kappa_{11}d}{\mu}} \quad (7)$$

式中 d 是植被层的高度, κ_{ii} 是(6)式中衰减矩阵的对应项。

单散射反照率 ω_q , 可以用下式计算^[22]:

$$\omega_q = \frac{\kappa_s}{\kappa_e} = 1 - \frac{\kappa_a}{\kappa_e} \quad (8)$$

κ_e 是前面定义的衰减系数, κ_a 是吸收系数, 可以用下式计算^[20, 21]:

$$\kappa_{a1} = \kappa_{e11} - \int (P_{11} + P_{21})d\Omega \quad (9)$$

$$\kappa_{a2} = \kappa_{e22} - \int (P_{12} + P_{22})d\Omega \quad (10)$$

$$\kappa_{a3} = 2\kappa_{e13} + 2\kappa_{e23} - 2\int (P_{13} + P_{23})d\Omega \quad (11)$$

$$\kappa_{a4} = -2\kappa_{e14} - 2\kappa_{e24} + 2\int (P_{14} + P_{24})d\Omega \quad (12)$$

P_{ij} 是 Stokes 矩阵 P 的第 ij 个元素, 是用得到的各向散射 (bistatic scattering) 矩阵 $S(\theta_0, \varphi_0; \theta_s, \varphi_s)$ 计算出来的。

根据(2)式, 植被的发射率 e_q 为:

$$e_q = (1 - \omega_q)(1 - \Gamma_q) \quad (13)$$

在下面的研究过程中, 对针叶林 (Hemlock) 的 ω_q 、 Γ_q 和 e_q 分别在 C、X 和 Ku 波段进行了模拟。

3 数值模拟

在辐射传输理论中, 植被分成两层: 树冠层和树干层。对于树龄不大的针叶林来说, 可以把树干看作是冠层中的大树枝, 因此本文中的针叶林只有冠层, 并且假定冠层在水平方向上是对称的。冠层内的散射个体不均匀性, 是通过斯托克斯 (Stokes) 矩阵对不同种类散射体 (叶和枝) 的大小、形状和朝向的进行统计平均。针叶的长度小于波长的 10%, 就被当作是扁长的椭球体, 用瑞利-金斯 (Rayleigh-Jeans) 来近似, 否则就被看作是有限长的介电圆柱体。文中的冠层的高度是把冠层的体积对像元面积上的平均, 称之为等效高度。根据森林生长模型的模拟^[16], 0.3—2.2m 的等效高度可以表示 5—15 年到森林。

本文中模型采用的坐标系是 FSA (Forward Scatter Alignment)^[17]。用于模拟的树叶、树枝的介电常数、朝向和结构特性列在表 1、2 和 3 中, 其中介电常数是用适合于 1 至 20GHz 的德拜-科尔 (Debye-Cole) 双色散模型计算得到^[18]。表 2 和表 3 中的数据来自文献^[19]。

表 1 介电常数

	针叶	树枝
C 波段	19.2-j 6.61	15.87 - j 5.48
X 波段	16.7-j 7.4	13.85 - j 5.98
Ku 波段	13.78-j 7.72	11.54 - j 6.13

表 2 朝向分布

Table 2 Orientation of leaf and branch

针叶天顶角	$4\sin^2(\theta)/\pi$								
树枝天顶角/(°)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
概率/(%)	1.5	2	1.5	3	14	25	22	14	17

表3 结构特性

Table 3 Geometry of leaf and branch

	半径/m	长度/m	概率	密度/m ³		半径/m	长度/m	概率	密度/m ³
针叶	0.0004	0.008	1.0	196000		0.004	0.375	0.00619	105.3
						0.0055	0.450	0.00481	
树枝	0.001	0.075	0.86684			0.012	0.825	0.00154	
	0.002	0.150	0.10312			0.015	1.300	0.00119	
	0.003	0.200	0.01605			0.0175	1.750	0.00025	

发射率和传输率在 AMSR-E 的 C、X 和 Ku 波段

55 度观察角时的计算结果如图 2 和 3 所示:

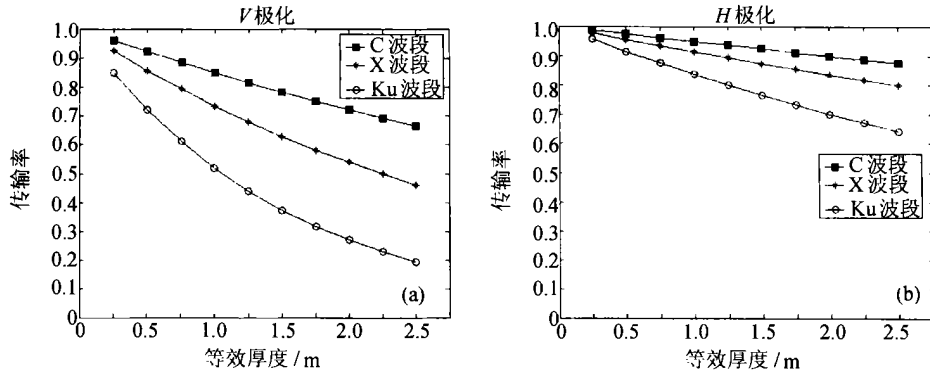


图2 传输率(transmissivity)随植被等效高度(树龄)的变化

(a) V 极化; (b) H 极化

Fig.2 Transmissivity vs. canopy height (forest age) (a) Transmissivity at V polarization (b) Transmissivity at H polarization

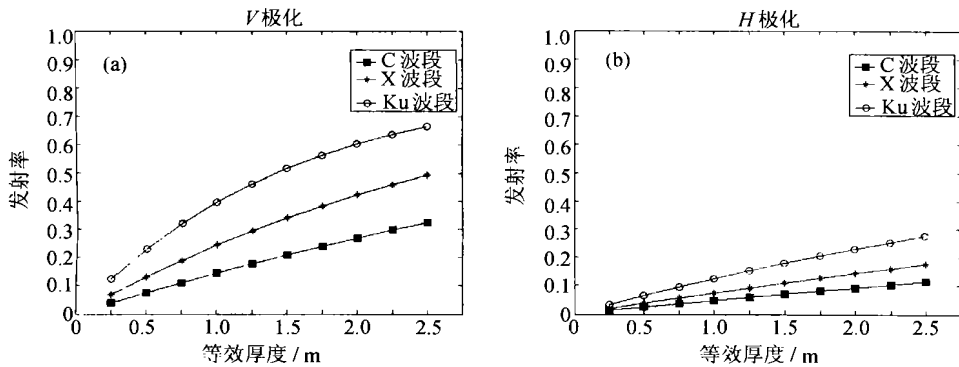


图3 发射率(emissivity)随植被等效高度(树龄)的变化

(a) V 极化; (b) H 极化

Fig.3 Emissivity vs. canopy height (forest age) (a) Emissivity at V polarization (b) Emissivity at H polarization

用我们的模型计算 X 波段的 κ_e 和 κ_a 矩阵结果

如下:

$$\kappa_e = \begin{pmatrix} 0.1775 & 0 & 3.8 \times 10^{-12} & -8.07 \times 10^{-11} \\ 0 & 0.0516 & -3.8 \times 10^{-12} & -8.07 \times 10^{-11} \\ -7.6 \times 10^{-12} & 7.6 \times 10^{-12} & 0.1146 & 0.0822 \\ -1.6 \times 10^{-10} & -1.6 \times 10^{-10} & -0.0822 & 0.1146 \end{pmatrix} \quad (14)$$

$$\kappa_a = \begin{pmatrix} 0.1619 \\ 0.0456 \\ -2.37 \times 10^{-3} \\ 5.84 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad (15)$$

因此 V 极化的单散射反照率是:

$$\omega_V = 1 - \frac{0.1619}{0.1775} = 0.088 \quad (16)$$

表 4 列出了针叶林的单散射反照率的模拟结果。

表 4 单散射反照率

Table 4 Single scatt ring albedo of the hemlock

	C 波段	X 波段	Ku 波段
V 极化	0.043	0.088	0.179
H 极化	0.063	0.117	0.217

4 分 析

由于单散射反照率的大小难以直接测量得到, 反映这方面的文献比较少, 数据也比较旧^[2]。正确分析和估算它的大小, 对土壤水分监测和反演很重要。从表 4 中的数据可以看出, 单散射反照率的影响在较高频率上将变得更加明显。为进一步区分针叶和树枝的不同贡献, 我们计算了 X 波段针叶的单散射反照率是 0.082 (V 极化) 和 0.096 (H 极化); 树枝为 0.167 (V 极化) 和 0.192 (H 极化)。表 4 中的值

与针叶和树枝相加的结果有差异——比针叶大, 比树枝小, 我们认为这是由于它们相互吸收和衰减的结果。

对于特定的频率来说, 传输率随着植被等效高度(树龄)的增加而减少。在 V 和 H 极化下不同的减少幅度主要是由于植被的结构引起的。本文中的针叶林针叶主要呈垂直分布, 树枝的分布也大多如此。对于 H 极化波来说, 其电场矢量跟垂直的柱状散射体由于正交而耦合较少, 因此散射较多。这意味着针叶和树枝对 V 极化波的衰减作用比较大^[23]。这一点从图 2 中可以看出。如果用 1/e 来表示穿透深度的极限, 那么 V 极化波在不同频率穿透针叶林的等效高度分别为: 3m 以上、3m 和 1.5m。

衰减也影响了发射率。在图 3 中 2.0m 处, 发射率 V 极化时在 0.2—0.7 之间, H 极化时在 0.1—0.3 之间。

从计算的结果可以容易得到单散射反照率、发射率或传输率分别在 AMSR-E 不同频率下的关系。图 4 显示的是 V 极化时发射率的关系。这些关系可以进一步用最小二乘法来准确描述, 比如图 4(a) 中 C-Ku 波段 V 极化发射率的拟合曲线可以表示为:

$$e_c = 3.1938 e_{Ku}^3 - 5.7819 e_{Ku}^2 + 3.9793 e_{Ku} + 0.0008 e_{Ku} \in (0.05, 0.4) \quad (17)$$

(17) 式与模拟结果的曲线对比显示在图 4(b) 中。

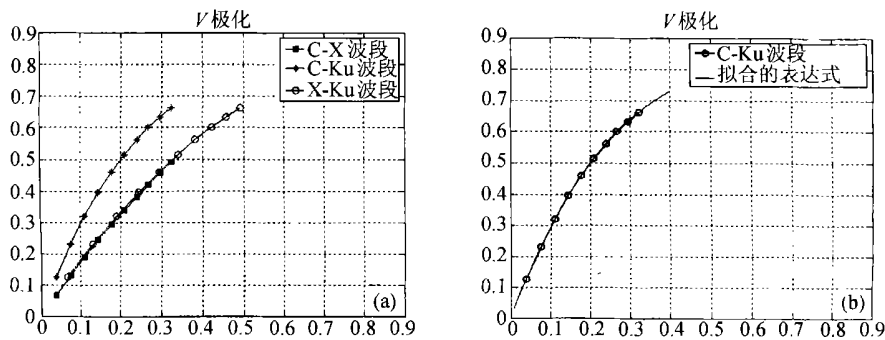


图 4 (a) V 极化时发射率在 C、X 和 Ku 波段下的关系。例如, C-X 曲线(方块)代表 C 波段的发射率(水平轴)跟 X 波段的发射率(垂直轴)的关系。(b) C-Ku 波段 V 极化发射率曲线与拟合表达式的对比

Fig. 4 (a) Emissivity relationship between C, X and Ku band at V polarization. For example, C-X curve represents the change of X-band emissivity (vertical axis) with the C-band emissivity (horizontal axis). (b) Comparison of the fitted expression with the curve of C-Ku at V polarization

通过发射率(或者传输率、单散射反照率)在不同波段下的数值, 就可以利用类似于 (17) 式得到一个关系表达式, 从而减少土壤水分反演算法中未知量的个数。更进一步地, 我们还可以用本文的算法

研究随机分布的介电圆片、介电圆柱体在不同的尺寸、朝向、介电常数和极化状态下, 对发射率、传输率和单散射反照率的影响以及它们的关系。

5 结 论

为了给 AMSR-E 评估植被对土壤水分反演的影响,我们采用了一种基于辐射传输理论的非相干离散模型,并以针叶林为例,计算出植被层的发射率、传输率和单散射反照率。采用离散的辐射传输方法,可以根据真实的散射机制,更加准确地分析植被层的发射和衰减。本研究的结果将用于采用 AMSR-E 数据、基于积分方程模型(Integral Equation Model)的土壤水分反演算法。

本研究的重点在于评估植被层对土壤水分反演过程中的影响,给地表模型提供影响参数。植被的辐射和衰减作用,需要跟地表模型结合起来才能验证。由于植被的多次散射作用非常小^[21],在本文中并没有考虑。

致谢:衷心感谢美国加州大学施建成博士的热情帮助和指导。

参 考 文 献 (References)

- [1] P. Ferrazzoli, and L. Guerriero. Modeling microwave emission from vegetation covered surfaces: a parametric analysis[C]. Passive Microwave Remote Sensing of Land-Atmosphere Interactions, B. Choudhury, Y. Kerr, VE. Njoku, and P. Pampaloni, Eds. Utrecht, The Netherlands;VSP, 1995; 389—402.
- [2] Y. H. Kerr and J. P. Wigneron. "Vegetation models and observations-A review"[C]. Passive Microwave Remote Sensing of Land-Atmosphere Interactions, B. Choudhury, Y. Kerr, E. Njoku, and P. Pampaloni, Eds. Utrecht, The Netherlands;VSP, 1995; 375—387.
- [3] Eni G. Njoku. AMSR Land Surface Parameters, Algorithm theoretical basis document Version 3[R]. 1999, Dec. 10; 13. <http://eosps0.gsfc.nasa.gov/atbd/amrstables.html>.
- [4] Eni G. Njoku, Li Li. Retrieval of Land Surface Parameters Using Passive Microwave Measurements at 6-18GHz[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1999, **37**(1); 79—93.
- [5] Y. H. Kerr, and E. G. Njoku. A semi-empirical model for interpreting microwave emission from semiarid land surfaces as seen from space[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1990, **GE-28**(3); 384—393.
- [6] C. S. Ruf, and Haiping Zhang. Performance Evaluation of Single and Multichannel Microwave Radiometers for Soil Retrieval[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2001, **75**; 86—99.
- [7] Jean-Pierre Wigneron, T. J. Schmugge, et al. Use of passive microwave remote sensing to monitor soil moisture [J]. *Agronomie* 1998, **18**; 27—43.
- [8] J. P. Wigneron, et al. A Simple Algorithm to Retrieve Soil Moisture and Vegetation Biomass Using Passive Microwave Measurements over Crop Fields[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1995, **51**; 331—341.
- [9] T. J. Jackson and T. J. Schmugge. Vegetation effects on the microwave emission from soils[J]. *Remote Sens. Environ.*, 1991, **36**; 203—210.
- [10] Narinder S. Chauhan, David M. Le Vine, and R. H. Lang. Discrete scatter model for microwave radar and radiometer response to corn; comparison of theory and data[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1994, **32**(2); 416—426.
- [11] Paolo Ferrazzoli, Leila Guerriero. Passive Microwave Remote Sensing of Forests; A Model Investigation[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1996, **34**(2); 433—443.
- [12] U. Wegmüller, C. Matzler, and E. G. Njoku. Canopy opacity models[C]. Passive Microwave Remote Sensing of Land-Atmosphere Interactions, B. Choudhury, Y. Kerr, E. Njoku, and P. Pampaloni, Eds. Utrecht, The Netherlands;VSP, 1995; 317—344.
- [13] Guoqing Sun, David S. Simonett, and Alan H. Strahler. A radar backscatter model for discontinuous coniferous forests [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1991, **29**(4); 639—650.
- [14] T. Mo, B. J. Choudhury, T. J. Schmugge, J. R. Wang and T. J. Jackson. A model for microwave emission from vegetation covered fields[J]. *J. Geophys. Res.*, 1982, **87**; 11229—11237.
- [15] F. T. Ulaby, K. Sarabandi, K. McDonald, M. Whitt, and M. C. Dobson. Michigan Microwave Canopy Scattering Model (MIMICS) [R]. Univ. of Michigan Radiation Lab., Rep. 022486-T-1, July, 1988.
- [16] D. L. Urban. A Versatile Model To Simulate Forest Pattern A User Guide To ZELIG, Version 1.0[R]. Charlottesville, VA; Environ. Sci. Dept., Univ. Virginia, 1990.
- [17] F. T. Ulaby and C. Elachi. Radar Polarimetry for Geoscience Applications[M]. Dedham, MA; Artech, 1990.
- [18] Ulaby, F. T., El-Rayes, M. A. Microwave dielectric spectrum of vegetation, Part II: Dual-dispersion model [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, **25**; 550—557.
- [19] Narinder S. Chauhan, R. H. Lang, and K. J. Ranson. Radar Modeling of a Boreal Forest[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1991, **29**(4); 627—638.
- [20] L. Tsang, J. A. Kong and R. T. Shin. Theory of Microwave Remote Sensing [M]. New York; Wiley-Interscience, 1985; 629—642.
- [21] Yang Du, F. T. Ulaby, and M. C. Dobson. Sensitivity to Soil Moisture By Active and Passive Microwave Sensors[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2000, **88**(1); 105—114.
- [22] F. T. Ulaby, R. K. Moore, and A. K. Fung. Microwave Remote Sensing: Active and Passive [M]. Dedham, MA; Artech House, 1982, vol. 1.
- [23] F. T. Ulaby, R. K. Moore, and A. K. Fung. Microwave Remote Sensing: Active and Passive [M]. Dedham, MA; Artech House, 1986, vol. 3.

The Study of Vegetation Effect on Passive Microwave Soil Moisture Retrieval

ZHANG Zhong-jun¹, SUN Guo-qing², ZHU Qi-jiang¹

(1. *Research Center for Remote Sensing and GIS, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;*

2. *Department of Geography, University of Maryland, MD 20742, USA*)

Abstract: The commonly used soil moisture retrieval at vegetated area from microwave radiometry data assume a simple model of vegetation, which is characterized by vegetation volume fraction, effective dielectric constant, plant moisture content, etc. This algorithm is successfully applied under lower frequencies and lower vegetation, but the data used in single scattering albedo is simply assigned a fixed value which is independent of frequencies and polarization, sometimes are even set to zero.

In this study, a radiative transfer model is used to model the emissivity and transmissivity of forest canopy, which is more realistically characterized as a volumetric medium consisting of discrete scatters (leaves, stems, tree branches, and trunks.) The scattering coefficient is obtained by integrating the Stokes matrix in the whole sphere region, the extinction coefficient is calculated by forward scattering theory. This mode is expected to cover a wider frequency range as well as vegetation species from lower crop to forest canopy.

To facilitate the soil moisture inversion from radiometric data, the unknown variables need to be reduced. The possibility of fitting the modeled emissivity and transmissivity of vegetation canopy into simple equations, and the relationships of these parameters between different microwave radiometric frequencies were studied and the results are presented in this paper.

Key words: AMSR-E; emissivity; stokes matrix; single scattering albedo