

裸露地表土壤水分的 L 波段被动微波最佳角度反演算法

马红章^{1,2}, 柳钦火¹, 闻建光¹, 王合顺¹, 杜鹤娟¹

(1. 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;

2. 中国石油大学(华东)物理科学与技术学院, 山东 266555)

摘 要: 该文阐述了中纬度地区春季裸露耕地土壤水分监测的重要性, 对比分析了目前几种主要的土壤水分反演方法。为提高裸露耕地土壤水分的监测精度, 在分析 AIEM 土壤发射率模拟数据库的基础上, 提出了一种基于 L 波段单角度双极化被动微波遥感数据的土壤湿度和土壤粗糙度的反演算法, 并对新反演算法的创新性和可行性进行了基于仿真数据的论证。该反演算法以地表温度作为辅助数据, 利用 L 波段 47°双极化的微波亮温数据进行土壤湿度和粗糙度的反演。仿真数据的验证结果表明, 在充分考虑土壤温度、土壤质地等辅助数据测量误差的条件下, 算法对土壤湿度和土壤粗糙度的反演结果与 AIEM 模型输入值的均方根误差分别为 0.0148 和 0.0461。

关键词: 土壤湿度, 遥感, 最佳角度算法, 发射率

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.005

中图分类号: P237, TP79

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-11-0024-06

马红章, 柳钦火, 闻建光, 等. 裸露地表土壤水分的 L 波段被动微波最佳角度反演算法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 24-29.

Ma Hongzhang, Liu Qinhua, Wen Jianguang, et al. Optimum angle inversion algorithm of bare soil moisture base on L-band passive microwave remote sensing[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(11): 24-29. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

土壤水分是气象学、土壤学、水文学、生态学等领域所关注和研究的重要内容, 是干旱监测、土壤侵蚀、灌溉管理和产量预测的重要参量, 是影响地表温度和决定土壤蒸发量的重要因素^[1]。中国大部分耕地处于中纬度半干旱地区, 本区域春季日照充足、空气干燥、回暖较快、以多风天气为主, 因此土壤蒸发强烈, 经常造成春季干旱的现象。春季干旱严重危害作物的播种、出苗, 会造成农作物的欠收甚至绝收现象, 给经济造成严重的损失。对春季裸露耕地的土壤水分的监测变得十分重要, 常规的土壤水分监测方法不仅费时费力而且观测点少, 代表性差, 无法满足大范围、实时动态的监测要求。遥感技术相对常规监测方法, 具有很大的潜在优势, 比如, 监测数据的时效性、大范围数据的一致性和技术成本的廉价性等^[2]。在利用遥感手段进行裸露地表土壤含水率反演方面, 国内外学者做了大量的工作, 发展了多种不同的土壤湿度反演算法, 主要有基于可见光光谱技术的土壤含水率反演方法^[3]、基于热惯量技术的土壤含水率反演方法^[4]以及基于微波遥感技术的土壤含水率反演方法。由于土壤的微波散射和辐射特性与土壤的介电特性有关, 而土壤含水率的高低直接决定了土壤介电常数的大小, 因此微波遥感土壤水分具有更坚实的物理基础; 另外,

被动微波遥感以其受天气影响小具有全天候的工作能力而成为土壤水分监测的重要手段。不管是对于主动微波还是被动微波, 土壤表面的粗糙度对微波的散射辐射特性都有很大的影响^[5-6]。如何准确描述粗糙度对土壤微波散射辐射特性的影响以及如何去除这种影响一直是利用微波遥感技术进行土壤水分反演的一个棘手难题。目前利用被动微波技术进行裸露地表土壤水分反演主要有两种思路, 第一种是利用 AIEM 物理模型的土壤发射率模拟数据库或者大量试验测量数据建立参数化的土壤发射率模型, 然后利用不同极化或者波段间关系来消除粗糙度的影响来达到土壤湿度反演的目的^[7-8]。这种方法需要地表辅助数据的支持而且对土壤粗糙度的变化范围有一定的限制, 另外, 为了能够消除粗糙度的影响, 参数化模型在刻画粗糙度影响时忽略了粗糙度和土壤湿度之间的相互缠绕影响; 第二种是发挥多频段、多极化和多角度的优势, 利用正向微波辐射传输模型参数化土壤粗糙度的影响, 然后通过迭代算法进行包括土壤湿度在内的多参数的同时反演^[9-10]。这种方法计算相对复杂、计算量较大而且计算过程物理意义不明确, 另外, 在无地表辅助数据支持时经常会出现偏差较大的错误结果。针对目前土壤湿度反演技术方法存在的不足, 在分析包含土壤质地变化的 AIEM 土壤发射率模拟数据库的基础上, 提出了基于 L 波段单角度双极化被动微波遥感数据的土壤湿度和粗糙度的最佳角度反演算法。

1 L 波段土壤水分最佳反演角度研究

前人研究结果表明 L 波段 (1.4GHz) 是微波遥感土壤水分的最佳波段, 利用 AIEM 模型^[11-13]建立了 L 波段在不同角度、不同土壤参数配置下的土壤发射率数据库,

收稿日期: 2010-03-06 修订日期: 2010-07-16

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (40730525); 中国科学院知识创新工程 (KZCX2-YW-313) 资助

作者简介: 马红章 (1977-) 男, 河北衡水人, 博士, 主要从事热红外与微波辐射模型协同及联合反演研究。北京 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 100101。Email: mahongzhang0448@126.com

AIEM 模型输入参数见表 1。

表 1 AIEM 模型参数及其取值范围

Table 1 Parameters and value range of AIEM model

变 量	取值范围	取值间隔
入射角/(°)	0~55	1
均方根高度/cm	0.2~4.0	0.2
相关长度/cm	4~28	2
体积含水率/%	1~40	2
沙土质量分数/%	20~60	随机
黏土质量分数/%	8~30	随机
土壤体积质量/(g·cm ⁻³)	1.1~1.4	随机

通过对数据库的分析发现土壤湿度的增大会导致土壤发射率的大幅度下降；另一方面，对相同的土壤湿度增量，水平极化发射率下降的幅度要比垂直极化的大，这说明水平极化对土壤水分更加的敏感。发射率除了受到土壤湿度的影响外，还受到土壤粗糙度的影响，土壤粗糙度对发射率的影响与观测角度、极化方式、土壤湿度都有关系^[14-15]。总体来说，水平极化发射率随着粗糙度的增大而增大，增大的幅度随观测角度的增大而下降；垂直极化发射率随着粗糙度的增大而增大，增大的幅度随观测

角度的增大而很快下降，随着角度进一步增大发射率出现了负增长，出现转折点对应的角度大致在 45°~50°范围内。这说明在此角度范围内存在一个类似“葫芦节”的位置，在这个位置处土壤粗糙度对发射率的影响最小。

在数据库中选择均方根高度与相关长度比值（均方根坡度 slope）小于 0.45 的数据，计算各个角度下土壤垂直极化发射率 and 对应土壤参数的平滑土壤发射率（菲涅尔发射率）的差值，如图 1a 所示，在 45°~50°之间存在一个角度，在这个角度处，对任意变化的土壤含水率和土壤质地的地表来说，土壤粗糙度引起的发射率变化最小。进一步在模拟数据库中选择不同的均方根坡度值 7 个，分别为 0.10、0.15、0.20、0.30、0.35、0.40、0.45，在不同的均方根坡度下计算不同土壤质地和土壤湿度的地表垂直极化发射率与相同参数下的平滑土壤发射率的差值，如图 1b 所示，发现最小差值对应的角度（最佳角度）随着均方根坡度的增大而增大。

如图 2a 所示，随着粗糙度均方根坡度的增大，最佳角度也变大；随着粗糙度的增加，最佳角度下粗糙度对垂直极化发射率的改变量也随之增大，图 2b。

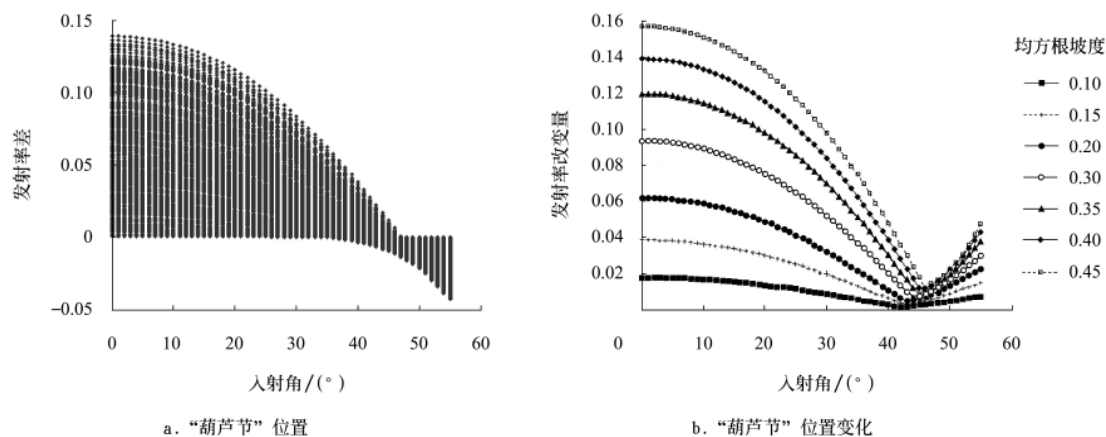


图 1 粗糙度对垂直极化发射率的影响

Fig.1 Roughness effect on the vertical polarized emissivity

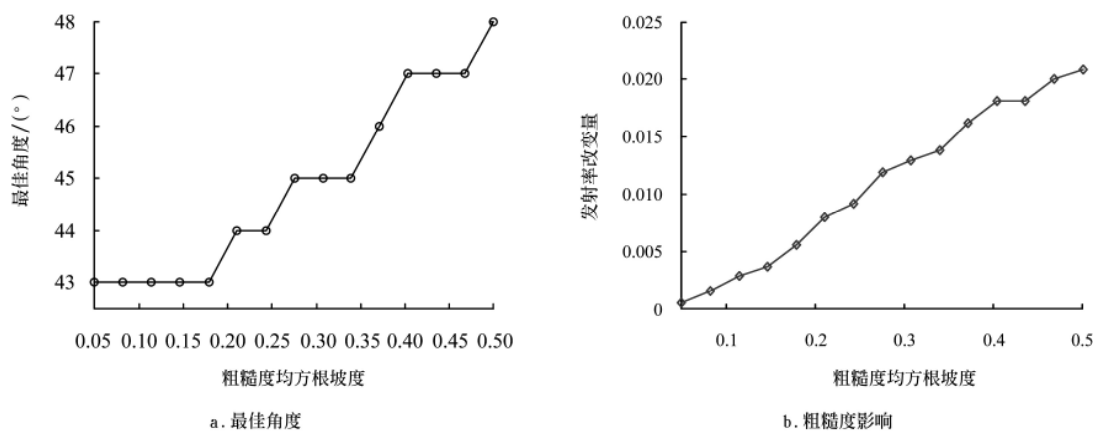


图 2 最佳角度下粗糙度对垂直极化发射率的影响

Fig.2 Roughness effect on vertical polarized emissivity at the optimal angle

对于绝大部分自然地表，土壤均方根坡度值均在 0.45 以下，综合考虑实际地表均方根坡度分布以及发射率的

计算精度，可以看出在 47°观测角度下，对土壤均方根坡度小于 0.42 的地表，垂直极化发射率受粗糙度影响的变

化量不超过 0.0175, 因此在这个角度下, 绝大部分自然地表土壤的垂直极化发射率可以近似等于土壤菲涅尔发射率, 进而可以根据土壤介电模型^[16]以及菲涅尔公式的简化模型来求解土壤的含水率。

L 波段微波对大气具有非常强的穿透性, 大气自身的微波辐射以及大气对地表微波辐射的衰减都可以忽略不计, 微波观测辐射亮温的大小可由下式计算

$$T_B(\theta, p) = E_s(\theta, p) \cdot T_G + (1 - E_s(\theta, p)) \cdot T_{sky} \quad (1)$$

式中, θ 为入射角; p 为极化方式; T_{sky} 、 T_G 、 $T_B(\theta, p)$ 分别为天空背景辐射亮温、地表温度和微波辐射亮温, K; $E_s(\theta, p)$ 为地表发射率。由 T_G 和 $T_B(\theta, p)$ 即可根据式 (1) 计算 $E_s(\theta, p)$ 。

2 最佳观测角度下的参数化模型

2.1 47°观测角度下土壤含水率与菲涅尔垂直极化发射率的参数化模型

光滑土壤的菲涅尔发射率主要受土壤含水率的影响, 当土壤组分以及土壤体积质量不变时, 菲涅尔垂直极化发射率与土壤含水率基本上呈直线关系。当土壤质地、土壤体积质量变化时, 它们对菲涅尔发射率的影响也不能忽略。经模拟数据的分析发现, 土壤沙土含量、土壤体积质量以及土壤黏土含量的增加会导致发射率的下降并且三者对发射率的影响程度都随着土壤含水率的增加而增强。因此, 建立如下形式的菲涅尔垂直极化发射率参数化模型

$$E_{ov} = \exp(M_v \cdot (a + b \cdot S + c \cdot C + d \cdot D)) \quad (2)$$

式中, E_{ov} 为垂直极化菲涅尔发射率; M_v 为土壤体积含水率, %; S 为土壤沙土质量分数, %; C 为土壤黏土质量分数, %; D 为土壤体积质量, g/cm^3 。

建立了土壤体积含水率、土壤质地组分以及土壤容重参数等有较大取值变化范围的菲涅尔垂直极化发射率数据库, 经过拟合得到模型的系数。

$$a = -0.4906; b = -0.0050; c = -0.0023; d = -0.1378 \quad (3)$$

如图 3 所示, 在 47°观测角度下, 发展的参数化模型计算的土壤菲涅尔垂直极化发射率相对于理论模型来说均方根误差小于 0.004。

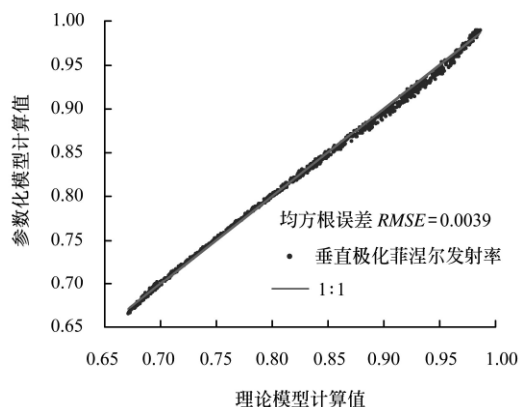


图 3 47° 菲涅尔垂直极化发射率参数化模型
Fig.3 47° vertical polarization Fresnel emissivity Parameterized model

2.2 47°观测角度下的水平极化发射率参数化模型

利用 AIEM 模型得到的数据库, 对比分析了 Q/H、Hp 和 Qp 3 个模型^[17]表达形式在 47°观测角度下对水平极化发射率的计算精度, 发现 Qp 框架下的模型表达形式对水平极化发射率刻画的更为准确。发展的模型采用 Qp 模型的框架表达形式, 土壤粗糙度仍然用土壤均方根坡度来表示, 而粗糙度对发射率的影响则考虑了粗糙度与土壤含水率之间的相互缠绕, 因此, 水平极化发射率的粗糙度修正因子用土壤含水率和均方根坡度的组合函数来表示。

$$\begin{aligned} R_h(\theta) &= Q_h \cdot r_h(\theta, p) + (1 - Q_h) \cdot r_v(\theta) \\ Q_h &= \exp(-h_s) \\ R_h(\theta) &= \exp(-h_s) \cdot r_h(\theta) + (1 - \exp(-h_s)) \cdot r_v(\theta) \\ h_s &= A \cdot (M_v)^B (\text{slope})^C \end{aligned} \quad (4)$$

式中, R_h 为水平极化反射率; Q_h 为粗糙度修正因子; r_h 为水平极化菲涅尔反射率; r_v 为垂直极化菲涅尔反射率。按照上述公式, 47°水平极化发射率可用下式计算

$$\begin{aligned} E_{sh}(47) &= 1 - (1 - E_{oh}(47)) \cdot \exp(-h_s) - (1 - \exp(-h_s)) \cdot (1 - E_{ov}(47)) \\ h_s &= A \cdot (M_v)^B (\text{slope})^C \end{aligned} \quad (5)$$

式中, E_{sh} 为水平极化发射率; E_{oh} 为水平极化菲涅尔发射率。通过 AIEM 模拟数据的拟合得到模型系数

$$A = 3.2469; B = 0.0852; C = 1.9654 \quad (6)$$

通过模拟的结果可以看出, 模型的表达形式能在多种土壤质地条件下很好的刻画粗糙度、湿度和发射率三者之间的关系, 同 AIEM 模型相比, 二者之间的均方根误差仅为 0.0057 (图 4)。

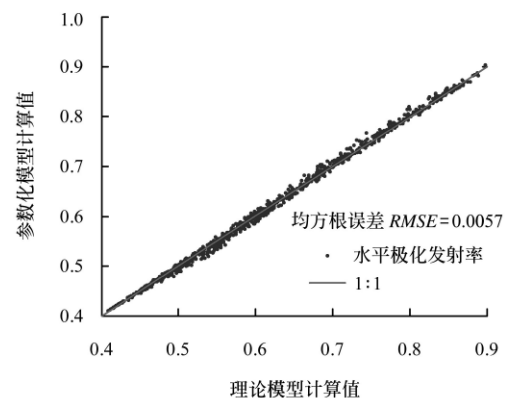


图 4 47°水平极化发射率参数化模型
Fig.4 47° horizontal polarization emissivity parameterized model

3 最佳角度反演算法

3.1 算法描述

根据前面的分析, 在 47°观测角度处, 土壤粗糙度对垂直极化发射率的影响可以忽略。根据 47°垂直极化亮温和地表温度可计算出对应土壤湿度下的平滑土壤垂直极化发射率, 再由 47°观测角度下菲涅尔垂直极化发射率的参数化模型计算土壤的含水率, 在得到土壤含水率的基

础上计算土壤水平极化菲涅尔发射率；另一方面，根据水平极化亮温和地表温度可计算得到水平极化发射率的值。将计算得到的土壤水平极化发射率和对应的菲涅尔发射率代入到发展的水平极化发射率参数化模型中即可进行粗糙度（土壤均方根坡度）的计算，算法流程图见图 5。

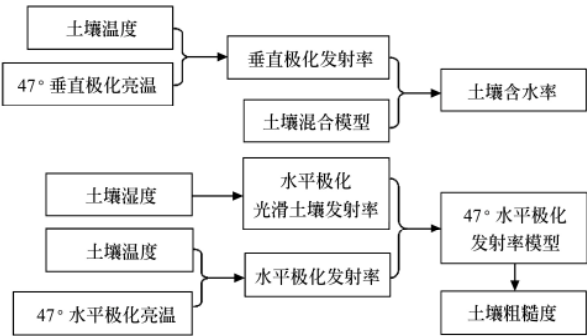


图 5 土壤湿度、粗糙度反演流程图
Fig.5 Soil moisture and roughness inversion flowchart

3.2 算法论证

1) AIEM 模型算法具有坚实的物理基础，模型推导严谨。该模型对发射率的模拟精度在众多的物理模型和经验模型中表现最为突出尤其在 L 波段，模型得到广泛认可和应用^[7-8,17]。本文算法基于 AIEM 模型的模拟数据库发展而来，在利用 AIEM 模型进行土壤发射率模拟时，模型输入参数中无论是土壤含水率参数还是土壤组分、体积质量参数都在很大的浮动范围内随机取值，基本上覆盖了自然地表的绝大部分情况，所以得到的发射率数据库以及基于此得到的规律和参数化模型系数等对所有自然地表都适用。

2) 通过对模拟数据库的分析得到垂直极化发射率在 47°观测角度下受土壤粗糙度的影响最小，在土壤粗糙度均方根坡度小于 0.42 的范围内，粗糙度对垂直极化发射率的影响最大不超过 0.0175，可予以忽略。

3) 结合 AIEM 模拟数据库，得到了 47°观测角度下水平极化发射率参数化模型，模型的模拟精度与 AIEM 相比，均方根误差小于 0.0057，这说明在 47°观测角度下，模型正确描述了地表粗糙度对发射率的影响以及影响程度与土壤含水率的关系，保证了地表粗糙度参数计算的准确性。

4 算法的验证

4.1 验证数据库说明

设计 1 000 块样地，对应不同的土壤粗糙度和土壤质地；每块样地对应有 20 种变化，土壤体积含水率由 1%~44%之间随机变化，土壤温度由 10~30℃之间随机取值；对不同情况下的样地进行 L 波段 0°~60°双极化微波辐射亮温观测，共 12.2 万条数据，数据库参数设置如表 2 所示。

在这里考虑土壤温湿度均一情况，利用 AIEM 模型和微波辐射传输模型生成双极化的微波辐射亮温数据集。

表 2 AIEM 模拟数据的参数分布
Table 2 Distributing of parameters for AIEM model simulation

变 量	变化范围	间隔
均方根高度/cm	0.2~3.6	随机
相关长度/cm	4~26	随机
体积含水率/%	1~44	随机
沙土质量分数/%	20~60	随机
黏土质量分数/%	8~30	随机
土壤体积质量/(g·cm ³)	1.1~1.4	随机
土壤温度/℃	10~30	随机

4.2 算法反演验证

在验证中，对温度数据加入-3~3 k 的随机误差，土壤沙土质量分数加入-5%到 5%的随机误差，黏土质量分数加入-5%~+5%的随机误差，土壤体积质量加入-0.15~0.15 g/cm³的随机误差，作为已知辅助数据。将模拟的微波亮温数据和已知的辅助数据代入到算法中进行土壤湿度和土壤粗糙度的反演。

表 3 验证数据的参数分布
Table 3 Distributing of parameters for validation data

变 量	正向模拟输入值	反演应用值
沙土质量分数/%	20~60	±5
黏土质量分数/%	8~30	±5
土壤体积质量/(g·cm ³)	1.2~1.4	±0.15
土壤温度/℃	10~30	±3

土壤湿度反演结果如图 6 所示，横轴为 AIEM 模型输入值（土壤含水率真实值），纵轴为算法反演结果。从图中可以看出，反演的值整体比理论值略微偏高一点，这是因为在 47°观测角度下，粗糙土壤的垂直极化发射率与对应菲涅尔发射率的差值略小于 0（图 1a），在反演中直接将粗糙度效应忽略掉造成对土壤的菲涅尔发射率实际值的低估，所以相应造成土壤水分的高估。土壤湿度反演值和土壤湿度真实值均方根误差只有 0.0148，这也说明了在这个角度下，粗糙度对土壤的垂直极化发射率影响很小。

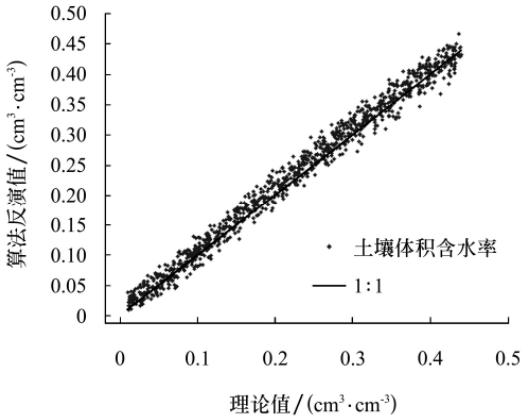


图 6 土壤湿度反演结果
Fig.6 Soil moisture inversion

土壤粗糙度反演结果如图 7 所示，横轴为 AIEM 模

型输入值(土壤均方根坡度真实值),纵轴为算法反演结果。从图中可以看出,反演值整体略偏高,这是由算法的假定导致。算法假定 47° 观测角度下粗糙度对土壤垂直极化发射率没有影响导致了土壤水分的略微高估,从而造成水平极化菲涅尔发射率计算值偏小,放大了水平极化发射率与对应菲涅尔发射率的差值,在反演计算中这要比实际值更大的粗糙度来补偿或者表示,因此造成粗糙度均方根坡度反演值的整体略偏高。反演精度均方根误差 0.0461,这也充分说明了在 47° 下,粗糙度对垂直极化发射率的影响的确很小。

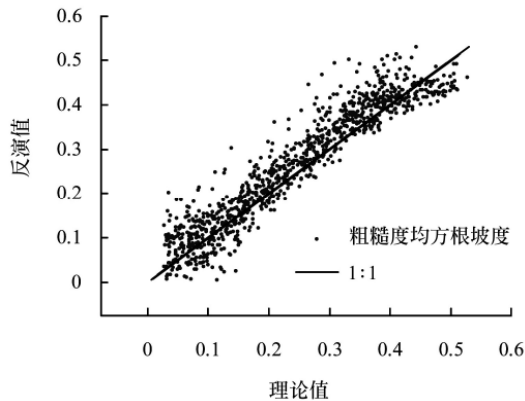


图7 土壤粗糙度反演结果

Fig.7 Soil roughness inversion results

5 结论与讨论

在土壤发射率模型中,AIEM模型的模拟精度得到广泛的认可。基于AIEM模型模拟了包含土壤湿度、粗糙度和土壤质地变化的土壤发射率数据库,提出了L波段土壤水分最佳角度反演算法。通过对算法的实现和模拟数据验证过程的分析得到如下结论。

1) 在 47° 观测角度下,土壤粗糙度对垂直极化发射率的影响达到最小,当土壤均方根坡度小于0.42时,粗糙度对垂直极化发射率的影响最大不超过0.0175,因此 47° 观测角度下的土壤垂直极化发射率可以近似看做为菲涅尔发射率来处理。

2) 在 47° 观测角度下发展了土壤含水率与菲涅尔垂直极化发射率的参数化关系模型,不仅保证了土壤含水率计算的精度而且能大大提高土壤含水率的计算效率。

3) 结合AIEM模拟数据库,发展了 47° 观测角度下水平极化发射率的参数化模型,模型能正确描述地表粗糙度对发射率的影响以及影响程度与土壤含水率的关系,与AIEM相比,均方根误差为0.0057,保证了地表粗糙度参数计算的准确性。

4) 在充分考虑土壤温度、土壤质地等辅助数据测量误差的条件下,基于仿真数据对算法进行了验证,结果表明,算法对土壤湿度和土壤粗糙度的反演结果与AIEM模型输入值的均方根误差分别为0.0148和0.0461。

整体来讲,本文提出的算法将土壤粗糙度对微波遥感反演土壤水分的影响降低到最小,使得该算法计算简

明高效并能保证较高的反演精度。同时,算法还存在需要进一步完善的地方,例如,算法中土壤温度为微波穿透深度内土壤的一种等效温度,在实际应用中一般可以取土壤0~5 cm的平均温度来代替,但是土壤温度廓线数据一般较难获取,这限制了算法在低分辨率的星载被动微波辐射数据中的应用。在晴空条件下,L波段土壤等效温度的大小可以根据热红外地表温度数据来计算而在非晴空条件下则可由大气温来计算。如何根据地表红外温度或者大气温来计算L波段土壤等效温度是我们下一步需要研究和解决的问题。

【参 考 文 献】

- [1] Wood E F. Global scale hydrology:Advances in land surface modeling[J]. Reviews of Geophysics RVGPB, 1991, 29(1): 193—210.
- [2] Walker J P, Houser P R. Requirements of a global near-surface soil moisture satellite mission: Accuracy, repeat time, and spatial resolution[J]. Advances in Water Resources, 2004, 27(6): 785—801.
- [3] 邓孺孺, 田国良, 柳钦火, 等. 粗糙地表土壤含水量遥感模型研究[J]. 遥感学报, 2004, 8(1): 75—80.
Deng Ruru, Tian Guoliang, Liu Qinhua, et al. Research on remote sensing model for soil water on rough surface[J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 8(1): 75—80. (in Chinese with English abstract)
- [4] Choudhury B. Estimating Evaporation and Carbon assimilation Using Infrared Temperature Data: Theory and application of Remote sensing[M]. New York: Wiley, 1989.
- [5] Schmugge T. Remote sensing of soil moisture with microwave radiometers[J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1983, 26 (33): 748—753.
- [6] Njoku E, Jackson T, Lakshmi V, et al. Soil moisture retrieval from AMSR-E[J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, 2003, 41(2): 215—229.
- [7] Shi J, Jiang L, Zhang L, et al. Physically based estimation of bare-surface soil moisture with the passive radiometers[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2006, 44(11): 3145—3153.
- [8] Shi J, Jiang L, Zhang L, et al. A parameterized multifrequency-polarization surface emission model[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2005, 43(12): 2831—2841.
- [9] Njoku E G, Li L. 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.
- [10] Njoku E G, Jackson T J, Lakshmi V, et al. Soil moisture retrieval from AMSR-E[J]. IEEE transactions on Geoscience and remote sensing, 2003, 41(2): 215—229.
- [11] Chen K S, Wu T D, Tsang L, et al. The emission of rough surfaces calculated by the integral equation method with a comparison to a three-dimensional moment method simulations[J]. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2003, 41(1): 90—101.
- [12] Chen K S, Wu T D, Fung A K. A note on the multiple

- scattering in an IEM model[J]. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2000, 38(1): 249—256.
- [13] Wu T D, Chen K S, Shi J, Fung A K. A transition model for the reflection coefficient in surface scattering[J]. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(9): 2040—2050.
- [14] Tsang L, Kong J A, Shin R T. Theory of Microwave Remote Sensing[M]. New York: Wiley, 1985.
- [15] Ulaby F T, Moore R K, Fung A K. Radar Remote Sensing and Sensing and Surface Scattering and Emission Theory[M]. MA: Addison-Wesley, 1982.
- [16] Dobson M C, Kouyate F, Ulaby F T. A reexamination of soil textural effects[J]. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1984, 22(6): 530—535.
- [17] Shi J, Chen K S, Li Q, Jackson T J, et al. A parameterized surface reflectivity model and estimation of bare surface soil moisture with L-band radiometer[J]. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(12): 2674—2686.

Optimum angle inversion algorithm of bare soil moisture base on L-band passive microwave remote sensing

Ma Hongzhang^{1,2}, Liu Qinhuo¹, Wen Jianguang¹, Wang Heshun¹, Du Hejuan¹

(1. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. College of Physics Science and Technology, China University of Petroleum, Shandong 266555, China)

Abstract: The importance of monitoring soil moisture of the cultivated land in the spring is discussed and the current several major inversion methods of soil moisture content is analyzed comparatively in this paper. In order to improve the soil moisture monitoring accuracy of the cultivated land, a new soil moisture content (SMC) inversion algorithm is proposed based on the analysis of soil emissivity database simulated by AIEM model. This new inversion algorithm and coefficient of the parameterized model developed by us can apply to most of the natural terrain. The soil moisture and roughness can be retrieved by using dual-polarized microwave brightness temperature data of 47 observing angle ancillary the soil temperature products retrieved from thermal infrared remote sensing data. Though initial verification, the new algorithm shows high inversion accuracy and the inversion accuracy of SMC and soil roughness are 0.0148 and 0.0461 respectively.

Key words: soil moisture, remote sensing, the optimum angle algorithm, emissivity