

# 光学信息分解被动微波土壤湿度方法

王安琪<sup>1,2</sup>, 施建成<sup>2</sup>, 阿多<sup>1,3</sup>, 官辉力<sup>1\*</sup>

(1. 首都师范大学城市环境过程与数字模拟国家重点实验室培育基地, 北京 100048;  
2. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 3. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715)

**摘要:** 土壤水分是一个重要生态参量, 以被动微波反演土壤水分, 不受天气影响, 且其算法成熟。但是星载被动微波数据的空间分辨率较低, 可适合大区域尺度研究。本文将 1km 分辨率光学数据 MODIS 和 25km 分辨率被动微波数据 AMSR-E2 级土壤湿度产品结合, 利用 NDVI-Ts 特征空间, 去除植被影响, 结合前人提出的裸土蒸散模型, 将研究区被动微波土壤湿度数据分解, 得到 1km 分辨率土壤体积含水量。将其反演结果与 1km 温度植被干旱指数 (TVDI) 进行趋势和数值比较, 其相关性达到 0.569。同时, 利用实测样点的土壤重量含水量, 与得到的 1km 分辨率土壤体积含水量数据进行比较, 其增减趋势一致, 结果具有可信度。但对定量结果尚需进一步验证和提高。

**关键词:** 土壤湿度; 被动微波; MODIS; TVDI; 土壤蒸散效率

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2012.00652

## 1 引言

土壤水分是控制陆地和大气间水热能量交换的一个关键参数, 同时也是陆面生态系统水循环的重要组成部分。土壤体积含水量和土壤质量含水量是表征土壤水分的常用参量, 分别代表水在单位体积/质量土壤中所占的体积/质量百分比系农作物生长监测的必要条件之一。由于土壤对电磁波的反射和后向散射能力与土壤中水的体积百分比有关, 因此, 采用微波等遥感手段获取的土壤水分数据多为土壤体积含水量; 同时, 采用烘干称重法获得的实测土壤水分数据则为土壤质量含水量。

目前, 以点观测的土壤水分不能代表气象模式中各点的水文参数, 无法满足应用要求。近 20 年来, 遥感监测土壤水分的方法主要围绕地表温度、雷达后向散射系数、及微波亮温等遥感参数展开<sup>[1-2]</sup>。

微波亮温较热红外、雷达数据而言, 更能精确地反演地表土壤水分<sup>[3]</sup>。被动微波数据对土壤水分信息敏感, 重返周期在 1-3 天, 但其空间分辨率较低 (25~40km), 一般适用于大尺度研究。星载可

见光/热红外数据可达到中等分辨率至高分辨率 (100~1km), 但是其可能受到天气限制, 并且对土壤水分的敏感性不够理想。目前, 一些研究方法将被动微波数据和光学数据结合, 旨在提高时空分辨率, 并且得到可靠的土壤水分。这些方法主要分为 3 个思路: 基于地形和土壤信息的方法<sup>[4-5]</sup>, 被动微波和高分辨率主动微波数据<sup>[6]</sup>、光学数据相结合<sup>[7]</sup>的方法和以地表模型将被动微波数据和光学数据相结合的方法<sup>[8-10]</sup>。

其中, 以地表模型将被动微波数据和光学数据相结合的方法, 可根据土壤湿度理化模型, 从机理层面建立微波数据、光学数据和土壤水分之间的联系, 得到较长时间序列的中小尺度土壤水分信息, 其降尺度结果较单纯以面元数据的统计学方法更为准确<sup>[9]</sup>。近年来, 此方法常应用于 SMOS<sup>[11]</sup>、AMSR-E<sup>[12]</sup>等被动微波产品的像元分解研究。

本文采用 Merlin 提出的方法<sup>[10]</sup>, 以修正模型参数, 将 1km 分辨率光学数据 MODIS 和 25km 分辨率被动微波数据 AMSR-E2 级土壤湿度产品相结合, 利用 NDVI-Ts 特征空间, 去除植被影响, 结

**收稿日期:** 2011-10-21; **修回日期:** 2012-09-13.

**基金项目:** 国家自然科学基金重点项目 (41130744/D0107); 国家自然科学基金项目 (41171335/D010702); 国家“973”计划预研项目 (2012CB723403)。

**作者简介:** 王安琪 (1986-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 博士研究生。研究方向: 遥感与地理信息系统应用。

E-mail: wonderful112003@yahoo.com.cn

**\* 通讯作者:** 官辉力 (1956-), 男, 吉林人, 教授, 博士生导师。研究方向: 遥感与地理信息系统应用。E-mail: gonghl@263.net

合裸土蒸散模型,将研究区被动微波土壤湿度数据分解,得到 1km 分辨率土壤体积含水量,并结合温度植被干旱指数(TVDI)进行结果比较。

## 2 研究数据与方法

实验区位于北京市延庆县西南部的官厅水库上游,其地理位置为东经  $115^{\circ}47' \sim 115^{\circ}54'$ ,北纬  $40^{\circ}25' \sim 40^{\circ}30'$ ,内含华北最大、北京唯一湿地鸟类自然保护区野鸭湖湿地自然保护区<sup>[13]</sup>。

### (1)数据的采集

① 被动微波土壤水分: AMSR-E 于 2002 年搭载地球观测系统(EOS)系列卫星之一的 Aqua 上升空,本文选用其 2010 年 6 月 4 日 6.9GHz 波段 2 级土壤水分产品,其数值为土壤体积含水量(%). 其空间分辨率为 25km。

② 光学数据: MODIS 数据选用了 16 天合成的植被指数产品 MOD13A2,每日陆面温度产品 MYD11A1 和 MODIS 分类产品 MCD12Q1。同时也选用了轨道号为 124/32,2010 年 6 月 4 日过境的 Landsat 5 TM 影像。

③ 气象数据: 气象数据由研究区安置在野鸭湖内 2m 高的气象站不间断测量得到。

④ 实测数据: 系为 2010 年 6 月 4 日在研究区内采用铝盒采土样称重法得到的土壤重量含水量。

### (2)分析流程

本文实验的基本流程: ① 建立 NDVI-Ts 特征空间; ② 利用 NDVI-Ts 特征空间去除研究区植被影响,得到土壤表面温度,并计算土壤蒸散效率; ③ 以裸土蒸散模型将土壤蒸散效率与表层土壤水分相结合; ④ 建立尺度转换关系,利用土壤蒸散效率分解被动微波土壤湿度信息; ⑤ 通过与同一区域 TVDI 和土壤含水量实测数据的比较,对微波土壤湿度信息分解结果进行验证。

## 3 以 NDVI-Ts 特征空间分解被动微波土壤湿度数据

### 3.1 建立 NDVI-Ts 特征空间

根据土壤-植被-大气连续体水热传输模型理论,由于地表能量守恒,当地表蒸散量减少时,地表感热增加,从而导致地表温度升高。地表蒸散量包括植被蒸腾量和土壤蒸发量,两者均与土壤湿度正相关。同

时,植被蒸腾量又与植被生长情况正相关<sup>[14]</sup>。

因此,NDVI-Ts 特征空间反映了土壤湿度,以及植被生长情况与地表温度呈负相关的特点,可以通过其外推出研究区中理想裸土的土壤水分与地表温度的关系,即去除研究区植被影响。

### 3.2 计算土壤蒸散率

土壤蒸散率由 MODIS 地表温度  $T_s$  和 NDVI 计算得出。土壤蒸散率在较小尺度范围内与近地表土壤水分具有明显的相关性<sup>[15]</sup>。土壤蒸散率 EF 系采用 Nishida 提出的方法计算<sup>[16]</sup>。

$$EF_{MODIS} = \frac{T_{max} - T_{soil}}{T_{max} - T_{min}} \quad (1)$$

式(1)中, $T_{max}$ 为最小土壤水分区域的最大土壤表面温度,由  $T_s$ /NDVI 的特征空间的干边外推得到<sup>[17]</sup>,即干边上,当 NDVI 为 0 时的温度  $T_s$ 。 $T_{min}$ 为最大土壤水分区域的最小土壤表面温度,可近似等于空气温度  $T_a$ ,或者水体表面温度。 $T_{soil}$ 为土壤表面温度,由 MODIS 数据  $T_s$  和 NDVI 计算得出<sup>[17-18]</sup>。

$$T_{soil} = \frac{T_s - T_{veg}f}{z - f} \quad (2)$$

其中, $f$ 为植被覆盖度,由 NDVI 计算得出, $T_{veg}$ 为最大植被覆盖的表面温度  $T_s$ 。

$$f = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (3)$$

### 3.3 土壤水分与土壤蒸散率的关系式

一些研究表明,蒸散率在白天接近于常量,更能方便表达土壤湿度情况<sup>[19]</sup>,土壤蒸散率主要受到气象条件、土壤质地等因素的影响,为了考虑到这些时间、空间因素,采用 Komatsu 提出的方法<sup>[20]</sup>,将 MODIS 得出的土壤蒸散率 EF 与近地表土壤水分  $\theta$  建立联系。

$$EF_{MODIS} = 1 - e^{(-\theta/\theta_c)} \quad (4)$$

$$\text{其中,} \quad \theta_c = \theta_{c0}(1 + \gamma/\gamma_{ah}) \quad (5)$$

由式(4)可得到:

$$\theta = -\theta_c \ln(1 - EF_{MODIS}) \quad (6)$$

$\theta_{c0}$ (% vol/vol)和  $\gamma$ (s/m)是和土壤有关的参数。

$r_{ac}$ 为裸土的空气动力学阻抗(s/m),其与动力学传输粗糙度  $z_{om}$ (m)、某个参考高度的风速  $u$ (m/s)相关,采用 Thom 和 Oliver 提出<sup>[21]</sup>的式(7)进行计算,经过 A. Sarwar 和 R. Bill 在印度河流域的验证<sup>[22]</sup>,基本符合估算要求。 $z$ 为风速测量的参考高

度(m),  $z_0$  为动力学表面粗糙度长度(m)。

$$r_{ac} = 4.72 \left\{ \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \right\}^2 / (1 + 0.54u) \quad (7)$$

经验参数  $\theta_{c0}$  主要跟土壤质地相关, 其典型变化范围为 1%~4%。 $\theta_{c0}$  越高, 土壤蒸散得越慢。 $\theta_{c0}$  可由表层土壤中砂土(Sand)和粘土(Clay)的所占的比例, 利用 Komatsu 的经验参数<sup>[20]</sup>, 通过式(8)进行计算。

$$\theta_{c0} = \text{Sand}\% \times 1/100 + \text{Clay}\% \times 4/100 \quad (8)$$

### 3.4 被动微波土壤湿度信息的分解

对式(6)的函数  $\theta = f(EF_{\text{MODIS}})$  进行泰勒二阶展开, 得到:

$$\theta = f(EF_{25\text{km}} + \left( \frac{\partial \theta}{\partial EF} \right) (EF_{\text{MODIS}} - EF_{25\text{km}}) + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial EF^2} \right) (EF_{\text{MODIS}} - EF_{25\text{km}})^2) \quad (9)$$

令  $\Delta EF = EF_{\text{MODIS}} - EF_{25\text{km}}$ , 则式(9)可化简为:

$$\theta = \theta_{25\text{km}} + \left( \frac{\partial \theta}{\partial EF} \right) \Delta EF + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial EF^2} \right) \Delta EF^2 \quad (10)$$

其中,  $EF_{25\text{km}}$  为以 MODIS 计算得出的  $EF_{\text{MODIS}}$  重采样到 25km 的数值。 $\theta_{25\text{km}}$  为 AMSR-E 25km 空间分辨率的土壤体积含水量,  $\theta$  为 1km 空间分辨率的土壤体积含水量。一阶导数部分代表土壤水分  $\theta$  与土壤蒸散率 EF 关系中的线性成分, 二阶导数部分代表土壤水分  $\theta$  与土壤蒸散率 EF 关系中的非线性成分<sup>[10]</sup>。

将式(6)代入, 则可得到:

$$\theta = \theta_{25\text{km}} + \frac{\theta_c \Delta EF}{1 - EF_{25\text{km}}} + \frac{\theta_c \Delta EF^2}{2(1 - EF_{25\text{km}})^2} \quad (11)$$

### 3.5 湿度分解结果验证

本文通过 TVDI 验证了微波土壤湿度信息分解结果。Sandholt 利用 NDVI-Ts 特征空间建立了 TVDI 法, 提取的水分胁迫指标 TVDI 来估算陆面表层土壤水分<sup>[25]</sup>。TVDI 值与土壤含水量正相关, 可以间接反映土壤含水量的变化趋势。

$$\text{TVDI} = \frac{T_{s-} - T_{s\min}}{T_{s\max} - T_{s\min}} \quad (12)$$

式中,  $T_{s\min}$  表示某一 NDVI 值对应的最低地表温度, 即湿边;  $T_{s\max}$  表示某一 NDVI 值对应的最高地表温度, 即干边;  $T_s$  表示任意像元的地表温度。

此外, 比较了研究区内实测的土壤重量含水量

和微波土壤湿度信息分解得到的土壤体积含水量两者的增减趋势。

## 4 算法实现结果与分析

### 4.1 算法的实现与结果

(1) 选用实验区 2010 年 6 月 4 日 1km 分辨率 MODIS 地表温度和 16 天合成 NDVI 产品数据, 利用校正后的地表温度和植被指数建立 NDVI-Ts 特征空间, NDVI 的步长精度定为 0.01, 提取 NDVI 对应的所有地表温度中的最大值和最小值, 进一步对得到的最大、最小陆地表面温度进行线性拟合, 得到植被温度  $T_{\text{veg}}$ , 最小温度  $T_{\min}$  和最大土壤温度  $T_{\max}$ 。

表 1 MODIS 影像干、湿边拟合结果

Tab. 1 Fitting of cold edge and warm edge of MODIS image

|       | $T_{\max}$              | $T_{\min}$              |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| 拟合方程  | $Y = -15.541X + 322.28$ | $Y = -10.779X + 306.94$ |
| $R^2$ | 0.8648                  | 0.5226                  |

(2) 根据研究区内 2m 气象站得到 2010 年 6 月 4 日 AQUA 过境时的风速  $u$ 。

以北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院建立的中国区土壤数据库, 得到表层土壤砂土(Sand)和粘土(Clay)的所占的比例<sup>[20]</sup>, 由式(8)计算  $\theta_{c0}$ 。

由于气象站测定的风速是 2m 左右的风速, 在林区不具有代表性, 根据土地利用类型数据, 将林地和水体去除, 反演结果仅限于低矮植被及裸土地区(主要为少量休耕农地)。

表 2 为模型中所需要确定的部分参数。

表 2 模型参数

Tab. 2 The model parameters

| 参数                   | 数值     | 单位               | 参考来源                            |
|----------------------|--------|------------------|---------------------------------|
| $u$                  | 3.8    | $\text{sm}^{-1}$ | 气象站测量                           |
| $\theta_{c0}$        | 1~4    | % v/v            | Komatsu(2003) <sup>[20]</sup>   |
| $\gamma$             | 100    | —                | Komatsu(2003) <sup>[20]</sup>   |
| $z_0$                | 0.005  | m                | Liu(2007) <sup>[23]</sup>       |
| Sand%                | 0~100  | %                | Shangguan(2011) <sup>[24]</sup> |
| Clay%                | 0~100  | %                | Shangguan(2011) <sup>[24]</sup> |
| $T_{\max}$           | 322.28 | K                | MODIS 影像                        |
| $T_{\text{veg}}$     | 301.64 | K                | MODIS 影像                        |
| $T_{\min}$           | 304.16 | K                | MODIS 影像                        |
| $\text{NDVI}_{\min}$ | 0.2    | —                | MODIS 影像                        |
| $\text{NDVI}_{\max}$ | 0.9    | —                | MODIS 影像                        |

自确定模型中各参数后,作者使用前文所述的方法,通过植被温度  $T_{veg}$ ,最小温度  $T_{min}$  和最大土壤温度  $T_{max}$  得到研究区的 1km 分辨率土壤蒸散率  $EF_{MODIS}$  之后,将  $EF_{MODIS}$  重采样为 25km 分辨率的  $EF_{25km}$ ,结合 AMSR-E 传感器 25km 分辨率土壤体积含水量  $\theta_{25km}$ ,利用式(11)计算得到 1km 分辨率的近地表土壤体积含水量  $\theta$ 。

经过模型计算,得到的研究区内 1km 土壤体积含水量数值在 8%~11% 的范围(图 1)。

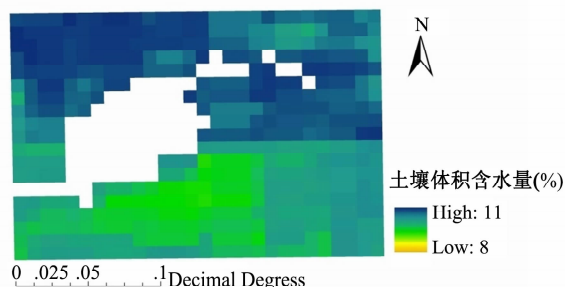


图 1 研究区 1km 土壤体积含水量结果

Fig. 1 The result of 1km soil volumetric moisture content in the study area

#### 4.2 结果对比分析

模型得到的土壤体积含水量为 1km 空间分辨率,因此,其精度不能通过采用少数的点测量水分数据去验证。由于缺少可靠的均匀分布的实测土壤水分样点,作者利用 TVDI 的分布趋势及数值,与反演结果进行对比。从土壤水分(图 1)和 TVDI (图 2)可以看出,TVDI 的数值较大的区域,土壤水分数值相对较低,反之亦然。将 TVDI 和土壤水分数据构造散点图发现,二者的相关性明显且稳定(图 3)。

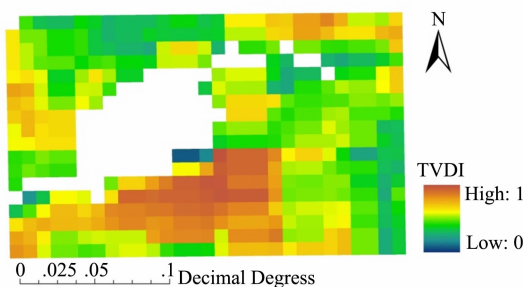


图 2 研究区 1km TVDI

Fig. 2 The 1km TVDI in the study area

由于实测数据是采用铝盒称重法测量得到的重量含水量,同时每个采样点的土壤密度不同,因

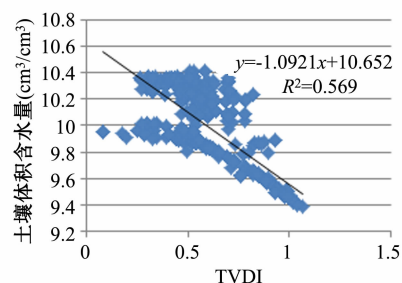


图 3 土壤体积含水量与 TVDI 散点关系图

Fig. 3 The scatter diagram of soil volumetric moisture content and TVDI

此,不能与模型得到土壤体积含水量进行数值上的比较,采样和模型计算结果均存在误差,只能从数据变化的趋势上进行比较,其增减趋势较为一致,说明计算结果具有可信度。本研究的定量结果需进一步验证和提高。

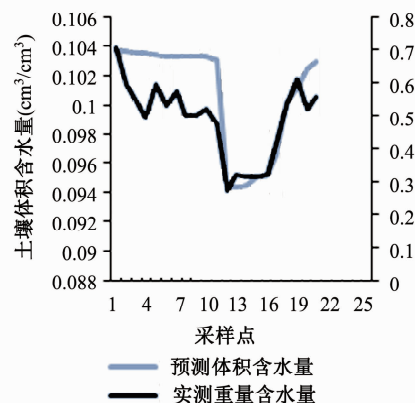


图 4 土壤体积含水量与实测重量含水量趋势比较

Fig. 4 The trend diagram of soil volumetric moisture content and measured soil weight moisture

本文利用被动微波数据、光学数据及土壤辅助数据,联合反演土壤水分,以提升其时空分辨率,但本文中的数据模型参数仍具有以下不确定性的问题:

(1)前人在使用  $\theta_{c0}$  时将其数值设置为定值,而本文中  $\theta_{c0}$  随着土壤质地参数的变化而变化,在设定权重时,引用了 Komatsu 提出的经验参数,存在不确定性。

(2)被动微波土壤水分在此统计模型中为像元均值,起到了控制模型的变化范围的作用,但是被动微波数据本身存在误差,使得反演结果直接受到影响。

## 5 结论

研究选用的 MODIS 数据和被动微波数据具有

很好的时间分辨率,可满足中小尺度参量变化研究的要求,即能够获得长时间序列的反演结果,对年际变化和年内变化的生态参量的获取具有良好的可操作性。通过 TVDI 与实测数据的比较,可知结果的可信度较高,能较准确地反映中小尺度土壤表层水分,可作为微波土壤湿度数据分解的一种有效方法。

要进一步提高遥感反演土壤水分的精度,需得到可靠的实测数据、气象数据的支持。本文在降尺度计算过程中使用了多个经验参数,其取值的适当与否是决定像元分解结果准确性的关键。可靠详尽的实测数据可为模型经验参数的修正提供有效支持,并可用于比较本模型与热惯量模型及数据同化方法的模型等土壤水分模型的精度,从而为各模型的改进与整合提供数据参照。

另外,还需结合 SMOS 高性能传感器的数据,及其土壤水分反演结果,以提高其模型精度。

#### 参考文献:

- [1] Crow W T & Zhan X. Continental-scale evaluation of remotely sensed soil moisture products[J]. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2007, 4(3): 451 - 455.
- [2] Prigent C, Aires F, Rossow W B, *et al.* Sensitivity of satellite microwave and infrared observations to soil moisture at a global scale: Relationship of satellite observations to in situ soil moisture measurements[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2005, 110: D07110.
- [3] Wagner W, Blochl G, Pampaloni P, *et al.* Operational readiness of microwave remote sensing of soil moisture for hydrologic applications [J]. *Nordic Hydrology*, 2007, 38(1): 1 - 20.
- [4] Pellenq J, Kalma J, Boulet G, *et al.* A disaggregation scheme for soil moisture based on topography and soil depth[J]. *Journal of Hydrology*, 2003, 276(1 - 4): 112 - 127.
- [5] Kim G, Barros A P. Downscaling of remotely sensed soil moisture with a modified fractal interpolation method using contraction mapping and ancillary data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 83(3): 400 - 413.
- [6] Zhan X, Houser P R, Walker J P, *et al.* A method for retrieving high-resolution surface soil moisture from hydros L-band radiometer and Radar observations[J]. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*, 2006, 44(6): 1534 - 1544.
- [7] Chauhan N S, Miller S, Ardanuy P. Spaceborne soil moisture estimation at high resolution: a microwave-optical /IR synergistic approach[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(22): 4599 - 4622.
- [8] Merlin O, Chehbouni A, Kerr Y, *et al.* A downscaling method for distributing surface soil moisture within a microwave pixel: Application to the Monsoon'90 data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 101: 379 - 389.
- [9] Merlin O, Chehbouni A, Kerr Y. A combined modeling and multi-spectral/multi-resolution remote sensing approach for disaggregation of surface soil moisture: Application to SMOS configuration[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2005, 43(9): 2036 - 2050.
- [10] Merlin O, Walker J P, Chehbouni A, *et al.* Towards deterministic downscaling of SMOS soil moisture using MODIS derived soil evaporative efficiency[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112: 3935 - 3946.
- [11] Merlin O, Bitar A, Walker J, *et al.* An improved algorithm for disaggregating microwave-derived soil moisture based on red, near-infrared and thermal-infrared data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2010, 114: 2305 - 2316.
- [12] Yang K, Koike T, Kaihotsu I, *et al.* Validation of a dual-pass microwave land data assimilation system for estimating surface soil moisture in semiarid regions [J]. *Journal of Hydrometeorology*, 2009, 10: 780 - 793.
- [13] 王颖, 宫辉力, 赵文吉, 等. 北京野鸭湖湿地资源变化特征[J]. *地理学报*, 2005, 60(4): 656 - 664.
- [14] Carlson T, Gillies R, Perry E. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover[J]. *Remote Sensing Reviews*, 1994, 9: 161 - 173.
- [15] Anderson M C, Norman J M, Mecikalski J R, *et al.* A climatological study of evapotranspiration and moisture stress across the continental united states based on thermal remote sensing: 2. surface moisture climatology[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2007, 112: D11112.
- [16] Nishida K, Nemani R R, Glassy J M, *et al.* Development of an evapotranspiration index from Aqua/MODIS for monitoring surface moisture status[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2003, 41(2): 493 - 501.
- [17] Carlson T N, Gillies R R, Schmugge T J. An inter-

- pretation of methodologies for indirect measurement of soil water content[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1995, 77: 191 – 205.
- [18] Price J C. The potential of remotely sensed thermal infrared data to infer surface soil moisture and evaporation [J]. *Water Resources Research*, 1980, 16: 787 – 795.
- [19] Gentile P, Entekhabi D, Chehbouni A, *et al.* Analysis of evaporative fraction diurnal behavior[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2007, 143: 13 – 29.
- [20] Komatsu T S. Towards a robust phenomenological expression of evaporation efficiency for unsaturated soil surfaces[J]. *Journal of Applied Meteorology*, 2003, 42: 1330 – 1334.
- [21] Thom A S and Oliver H R. On Penman's equation for estimating regional evaporation [J]. *Journal of the Royal Meteorological Society*, 1977, 103: 345 – 357.
- [22] Sarwar A and Bill R. Mapping evapotranspiration in the Indus Basin using ASTER data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2007, 28: 5037 – 5046.
- [23] Liu S, Mao D, Jia L. Evaluating parameterizations of aerodynamic resistance to heat transfer using field measurements[J]. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2007, 11: 769 – 783.
- [24] Shangguan W, Dai Y, Liu B, *et al.* A soil particle-size distribution dataset for regional land and climate modeling in China[J]. *Geoderma*, 2012, 171: 85 – 92.
- [25] Sandholt I, Rasmussen K, Andersen J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2001, 79: 213 – 224.

## The Method of Decomposing the Passive Microwave Soil Moisture Using Optical Information

WANG Anqi<sup>1,2</sup>, SHI Jiancheng<sup>2</sup>, A Duo<sup>1,3</sup> and GONG Huili<sup>1</sup>

(1. *Capital Normal University, Base of the State Laboratory of Urban Environmental Processes and Digital Modeling, Beijing 100048*; 2. *Institute of Remote Sensing Application, CAS, Beijing 100101*; 3. *Southwest University, School of Geographical Sciences, Chongqing 400715*)

**Abstract:** The water held in the top few centimeters of the soil is a key variable in many hydrological, climatological and ecological processes. These data are difficult and costly to acquire through in situ measurements, especially at high temporal frequencies. Different types of remote sensing systems are currently used to infer soil moisture at different spatial and temporal scales, each with its specific characteristics and limitations. The soil moisture retrieval from passive microwave is not affected by the weather, and the algorithm is mature and reliable. But the spatial resolution of spaceborne passive microwave data is too low for many local applications, and the data are suitable for large scale studies. Optical sensors complemented with thermal infrared channels have, in spite of the strong atmospheric attenuation and the limited penetration depth of the used signal, received much attention as a source of information on soil moisture content and surface evaporation. The way the high spatial resolution surface evaporation information contained in optical/thermal sensors can be combined with relatively low resolution soil moisture. Selecting 1km resolution the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) optical data and 25km resolution the Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E) passive microwave data 2 level of soil moisture product, the authors used NDVI-Ts feature space to remove the vegetation effect, and decompose the passive microwave soil moisture through a soil evaporation model. At last the authors got the 1km resolution soil moisture. Through building scatter diagram, it could be found that the relevance between the inversion result and 1km Temperature Vegetation Drought Index (TVDI) reached 0.569. The quantitative results of the study still need further validation and improvement.

**Key words:** soil moisture; passive microwave; MODIS; TVDI; soil evaporation efficiency