

2017年全国气象卫星遥感  
应用技术交流会

# 基于LandSat8 OLI数据的黄土高原植被含水量的估算模型研究

沙莎<sup>1</sup>、胡蝶<sup>1</sup>、王丽娟<sup>1</sup>、郭锐<sup>1</sup>、李巧珍<sup>2</sup>

1.中国气象局兰州干旱气象研究所

2.甘肃省定西市气象局

2017年4月27日

南京

# 汇报提纲

---

1. 研究意义及现状
2. 研究区概况
3. 数据与方法
4. 结果与分析
5. 结论与讨论

# 1、研究意义及现状

- 水分是控制植物光合作用、呼吸作用和生物量的主要因素之一，水分亏缺会直接影响植物的生理生化过程和形态结构。水分亏缺到一定程度会引起植被的生态干旱，进一步则发展为农业干旱，影响农业生产造成经济损失。因此植被含水量的研究对植被生长、火灾、旱灾以及生态环境安全监测等都具有重要意义。
- 为了克服云对光学遥感数据的影响，微波遥感方法是进行土壤水分研究的方法之一。在干旱半干旱区域植被覆盖区应用此法时，水云模型可去除植被影响，植被含水量是其中的重要参数。
- 大量研究表明，植被水分在**近红外-短波红外波段**比较敏感。目前基于遥感数据获取植被含水量的方法主要包括**统计法**和**物理模型**法，在统计方法中，**光谱指数**法可以有效地减少单波段的散射效应且较为简单，从而成为估算植被含水量的常用方法。

## 2、研究区概况

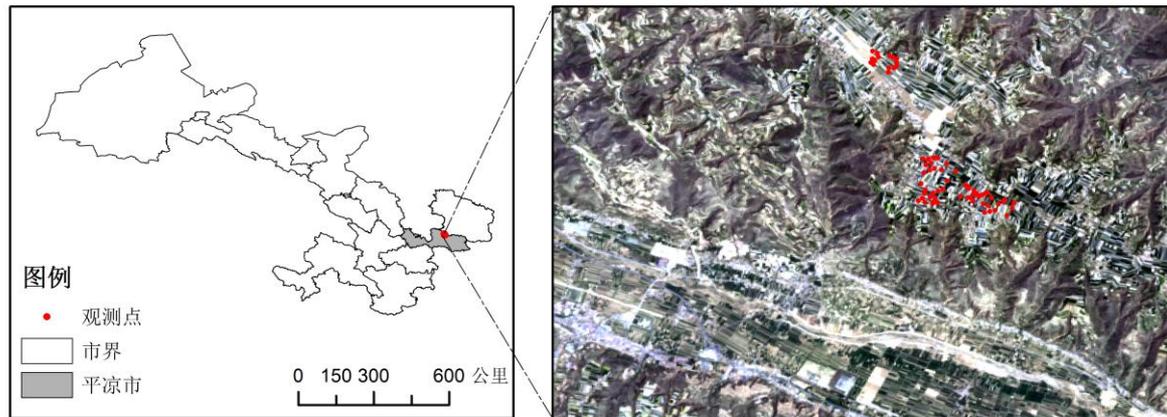


图1 研究区示意图

平凉市位于甘肃省东部（如图1a所示），位于黄土高原中西部。它属于泾渭河温带亚湿润区，在农业气候区划中，属于陇东温和半湿润农业气候区。海拔在890-2857米之间。年均气温8.5℃，年均降水量511.2mm。本研究观测区域位于平凉北部地区的农田，下垫面属于典型的黄土高原丘陵沟壑（如图1b所示），地表农作物以冬小麦为主。图1b中红色点为观测点，共68个。

# 3、数据与方法

## ➤数据:

- 地面观测：观测小组于2014年5月7-9日在观测区域开展了相关观测：
  - 1) **地理位置的确定**：利用差分GPS采集观测点的地理位置；
  - 2) **叶面积指数的采集**：利用LAI 3000采集叶面积指数，每个观测点进行3次并取其平均值；
  - 3) **植被信息的采集**：采集了冬小麦单位距离（面积）行距、株数以及植株样本。对采集的植株样本分别采集烘干前后的重量以计算得到植被含水量。
- 遥感数据：来源于LandSat8卫星的陆地成像仪（OLI, Operational Land Imager），成像时间为2014年5月2日，本文使用了**红光（Red）**、**近红外（NIR）**、**短波红外（SWIR）**等波段。对该数据进行辐射校正、大气校正等处理。

# 3、数据与方法

## ➤方法:

- 植被含水量:

$$\text{叶片含水量 (FMC)} \quad FMC = \frac{FW - DW}{FW \text{ (or } DW)} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{相对含水量 (RWC)} \quad RWC = \frac{FW - DW}{TW \text{ (or } DW)} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{等效水深 (EWT)} \quad EWT = \frac{FW - DW}{A} \quad (3)$$

$FW$ 、 $DW$ 、 $TW$ 分别表示植物的鲜重、干重、饱和鲜重，单位为g (kg)， $A$ 为叶面积，单位为 $\text{cm}^2$  ( $\text{m}^2$ )

# 3、数据与方法

## ➤方法:

- 植被含水量:

$$\text{叶片含水量 (FMC)} \quad FMC = \frac{FW - DW}{FW \text{ (or } DW)} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{相对含水量 (RWC)} \quad RWC = \frac{FW - DW}{TW \text{ (or } DW)} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{等效水深 (EWT)} \quad EWT = \frac{FW - DW}{A} \quad (3)$$

$FW$ 、 $DW$ 、 $TW$ 分别表示植物的鲜重、干重、饱和鲜重，单位为g (kg)， $A$ 为叶面积，单位为 $\text{cm}^2$  ( $\text{m}^2$ )

# 3、数据与方法

➤叶面积估算:

$$LAI = a \rho_{\text{种}} \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n L_{ij} B_{ij}}{m} = a \rho_{\text{种}} A_{\text{株}} \quad (4)$$

$$A_{\text{株}} = \frac{LAI}{a \rho_{\text{种}}}, a = 0.83 \quad (5)$$

式中:

$A_{\text{株}}$ 为单株植物的叶面积;

$a$ 为叶片系数, 根据观测时冬小麦的长势,  $a$ 取0.83;

$\rho_{\text{种}}$ 为种植密度;

$n$ 为第 $j$ 株总叶片数,  $m$ 为测定株数;

$L_{ij}, B_{ij}$ 分别为叶片的叶长和最大叶宽;

# 3、数据与方法

## ➤ 光谱植被指数:

表1、文中所用的植被光谱指数

名称	公式
NDVI	$NDVI = (R_{NIR} - R_{Red}) / (R_{NIR} + R_{Red})$
NDWI1	$NDWI1 = (R_{NIR} - R_{SWIR1}) / (R_{NIR} + R_{SWIR1})$
NDWI2	$NDWI2 = (R_{NIR} - R_{SWIR2}) / (R_{NIR} + R_{SWIR2})$
RVI1	$RVI1 = R_{NIR} / R_{Red}$
RVI2	$RVI2 = R_{SWIR1} / R_{Red}$
RVI3	$RVI3 = R_{SWIR2} / R_{Red}$
RVI4	$RVI4 = R_{SWIR1} / R_{NIR}$
RVI5	$RVI5 = R_{SWIR2} / R_{NIR}$

# 4、结果与分析

## ➤ 光谱植被指数的选择:

表2、植被光谱指数与EWT、FMC的相关分析

光谱指数	与 EWT 的 $R^2$	与 FMC 的 $R^2$
NDVI	0.1157**	0.0003
NDWI1	0.0756*	0.0015
NDWI2	0.0746*	0.001
RVI1	0.1037**	0.0002
RVI2	0.1214**	0.0015
RVI3	0.0893*	0.0028
RVI4	0.0741*	0.0032
RVI5	0.074*	0.0024

注: \*、\*\*分别表示通过了 95%、99% 的显著性水平

# 4、结果与分析

- 为了减少这种人为性对建模的影响，本文参考交叉验证的思想，对60个样本分为两组，一组用于建模、另一组用于验证，通过多次试验找出稳定的建模要素。具体做法为：每次随机选取45个样本进行建模，用剩余的15个样本进行验证，共进行无重复的1000次试验，对相关性超过95%（99%）显著性水平实验的次数、相关系数、RMSE进行统计，进行光谱指数的选择。

表3、植被光谱指数的选择实验统计分析

光谱指数	相关性超过95%显著性水平的实验次数	相关性超过99%显著性水平的实验次数	相关系数平均值	验证数据RMSE 平均值
NDVI	760	306	0.37	0.1903
NDWI1	409	60	0.34	0.2014
NDWI2	413	53	0.34	0.2012
RV11	672	242	0.36	0.1939
RV12	800	340	0.37	0.1903
RV13	571	106	0.35	0.1929
RV14	391	0	-0.34	0.2016
RV15	393	0	-0.34	0.2012

# 4、结果与分析

## ➤ 植被含水量估算模型及验证:

建立的经验估算模型为:

$$EWT = 0.4861 * RVI2 - 0.1753$$

其相关系数 (r) 为0.47, 均方根误差 (RMSE) 为0.183, 平均相对误差为8.9%, 平均相对误差绝对值为26.4%。预测误差绝大多数落在15%误差线 (图中虚线所示) 以内, 据统计, RMSE为0.188, 平均相对误差为10.4%, 平均相对误差绝对值为17.9%。

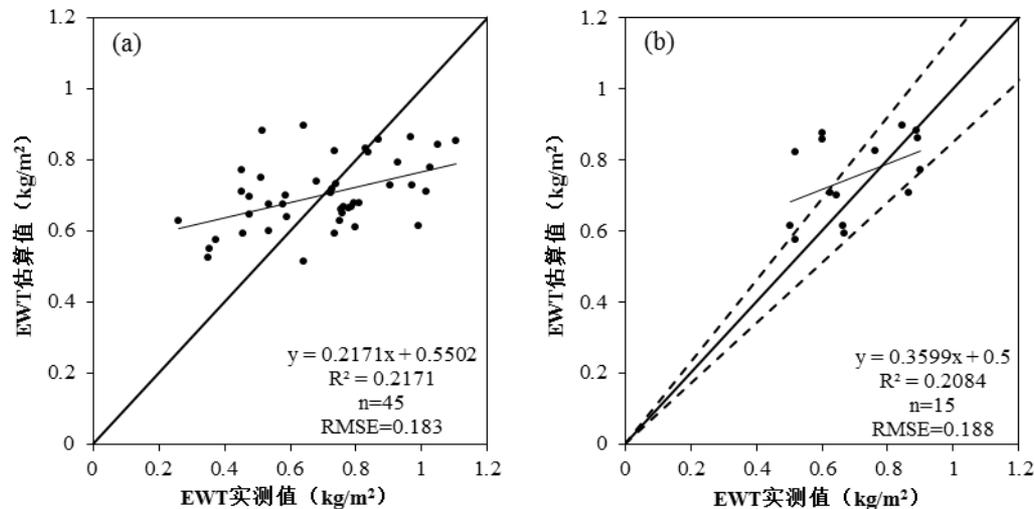


图2、实测 EWT 与模型反演 EWT 的对比

(a) 为建模数据; (b) 为验证数据 (虚线为 15% 的误差线)

# 4、结果与分析

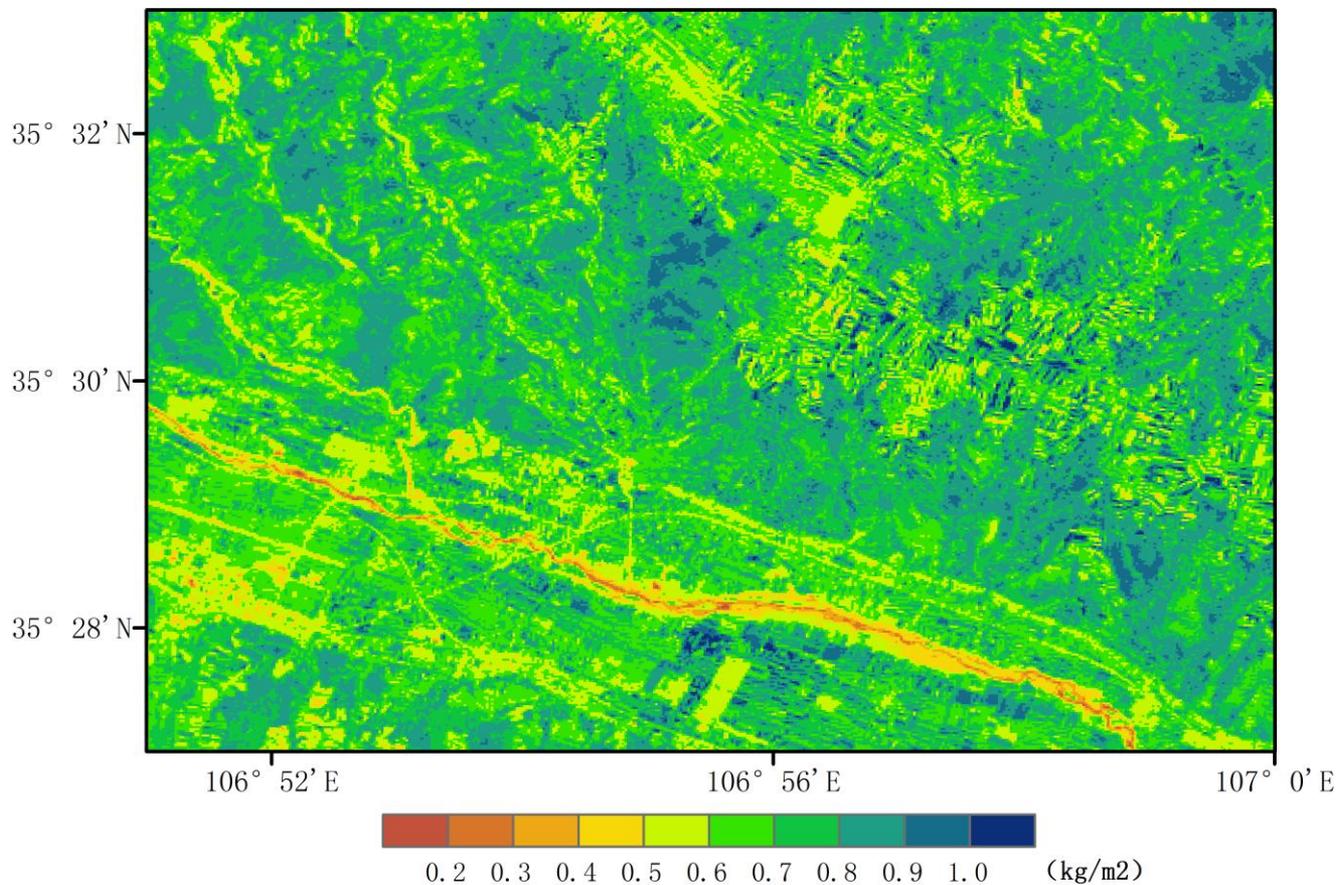


图 3、遥感估算研究区植被含水量空间分布图

# 5、结论与讨论

➤平凉地区FMC与植被光谱指数没有相关关系，而EWT则与各植被光谱指数具有显著的相关关系（超过95%显著性水平），其中RVI1、RVI2、NDVI与EWT的相关性通过了99.9%的显著性水平检验。利用交叉验证思想通过实验发现研究区RVI2与EWT的相关关系是最显著并且最稳定的。

➤利用RVI2对研究区EWT进行遥感估算模型为：

$$EWT = 0.4861 * RVI2 - 0.1753$$

其相关系数（r）为0.47，超过了99.9%显著性水平，均方根误差（RMSE）为0.183，平均相对误差为8.9%，平均相对误差绝对值为26.4%。验证值的平均相对误差为10.4%，平均相对误差绝对值为17.9%。

➤研究区内大部分农田的EWT为0.6-0.9 kg/m<sup>2</sup>，少数农田达到1 kg/m<sup>2</sup>以上，这与实际考查基本一致，基本能够反映研究区内农田EWT的空间分布情况。

# 5、结论与讨论

误差来源:

- 地面观测与遥感数据时间不一致，是最重要的原因。
- EWT的计算过程中需要计算叶面积，LAI观测的准确性及叶面积计算的准确性直接关系到EWT计算的准确性。
- 虽然研究区主要以冬小麦种植为主，但也难免混合像元的存在。

---

请各位专家提出宝贵意见!