## 背景和意义

土壤圈处于大气圈、生物圈和岩石圈的交界面，通过蒸发与渗透作用，将大气降水、地表径流和地下径流紧密地联系在一起。土壤水是地球生态系统的一个重要组成部分，它是陆地植物、土壤生物赖以生存的重要物质源泉之一，在全球水循环中发挥着重要的作用，也是许多水文模型、气候模型、生态模型等的重要输入参数。土壤水作为陆面生态系统水循环的重要组成，是植物生长发育的基本条件，也是研究植物水分胁迫、进行旱情监测、农作物估产等的一个重要指标。土壤水分（Soil moisture）通常指土壤非饱和层的含水率，是全球气候观测系统指定观测的基本气候变量（Essential Climate Variable, ECV）之一。因此，高分辨率的土壤水分产品对于地球系统的各种应用研究至关重要，包括气候变化、水文模拟、旱情监测、作物估产及粮食安全保障等。

目前，土壤水分数据可以采用多种方式获取，主要包括站点实测、模型模拟和遥感反演等方法。其中，站点实测法可以获取最准确的单点土壤水分观测值，但是比较耗费人力物力，且站点的数量较为有限。通过模型模拟或数据同化方法可以获得长时序、时空连续的土壤水分产品，但是这些产品的空间分辨率相对较低（几公里到几十公里），并可能受到输入数据集的质量以及模型参数化过程中的误差影响，在部分地区产生较大偏差。卫星遥感技术具有覆盖范围广、重访周期短、获取成本低等特点，为面状土壤水分产品的获取提供了新的解决方案。遥感反演方法中，被动微波土壤水分反演算法具有全天时、全天候、对土壤水分参数较为敏感、精度较高等优点，是目前获取全球土壤水分产品的主要途径，但是这些产品的空间分辨率普遍较低（几十公里），不适用于区域尺度的农业及水文应用。由于土壤水分具有较强的时空异质性，因此高时空分辨率、高精度的土壤水分产品是各类区域尺度应用的迫切需求。

## 主要算法简介

在各种环境因子的影响下，土壤水分表现出较强的时空异质性。从流域尺度到区域尺度，土壤水分的变化主要受气象和地表覆盖类型等因素控制；而在更精细的空间尺度上，地形等因素占主导地位。Hi-GLASS土壤水分算法基于集成机器学习模型（XGBoost），将Landsat 8光学和热红外卫星观测数据与ISMN站点实测数据、ERA5-Land再分析数据、地形等多种数据集进行融合，建立Landsat 8地表反射率、热红外波段亮温以及多源辅助变量与分布在全球的大量土壤水分样本之间的关系，得到适用性强、分辨率高的土壤水分估算模型。更为详细的算法描述及精度验证过程可参考Zhang et al., 2022.

Hi-GLASS土壤水分产品算法程序流程

土壤水分算法需要的输入数据主要分为三个部分，Landsat 8的可见光各波段地表反射率、热红外波段亮温及影像对应的太阳高度角；对应日期的ERA5-Land再分析表层土壤水分和地表温度；以及静态的高程、坡度、坡向地形变量。

首先需要对各种输入数据进行预处理，将再分析和地形数据重投影、重采样并裁剪至Landsat 8的一景影像对应的大小，然后将它们输入到训练好的机器学习模型中，预测出影像对应的土壤水分产品，最后输出为tif格式并保存。

## Hi-GLASS土壤水分产品命名规则和文件格式

HIGLASS土壤水分产品文件名形如：

LXXX\_XXXX\_PXXRXX\_YYYYMMDD\_YYYYMMDD\_01\_T1\_sm.tif

比如一个具体的例子是：

LC08\_L1TP\_113026\_20130420\_20170505\_01\_T1\_sm.tif

其中，产品前缀【LXXX\_XXXX\_PXXRXX\_YYYYMMDD\_YYYYMMDD\_01\_T1】源自产品的输入Landsat8地表反射率产品；【PXXRXX】表示产品所在的WRS-2行列号；【YYYYMMDD】表示产品对应的观测日期；产品后缀【sm】表示该产品为土壤水分产品。

## Hi-GLASS土壤水分产品文件内容说明

Hi-GLASS土壤水分产品数据集的空间分辨率为30m，时间分辨率为16天，具体的产品参数如下：

参数说明：土壤水分

数据类型：Int16

数据范围：0-1000

填充值：-9999

Scale Factor：0.001

## 参考文献

Zhang, Y., Liang, S., Zhu, Z., Ma, H., & He, T. (2022). Soil moisture content retrieval from Landsat 8 data using ensemble learning. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 185, 32–47.