

Dr5 59061: 利用卫星观测改善灌溉用水管理 (Sat4IrrWater): 第三年进展
贾立¹; Mancini, M.²; 郑超磊¹; Corbari, C.²; 陈琪婷¹, Paciolla, N.²; 蒋敏¹; 白瑜^{1,3}; 赵天杰¹; 卢静¹; 胡光成¹; Menenti, M.¹, Bennour, A.^{1,3} (jjiali@aircas.ac.cn; marco.mancini@polimi.it)

1 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100101, 中国

2 米兰理工学院土木与环境工程系, 意大利

3 中国科学院大学, 北京 100049, 中国

农业是用水量最大的行业, 灌溉用水管理在粮食生产和水资源利用的可持续发展方面面临着重要挑战。在不断变化的世界中, 利用广泛、全面和准确的工具(基于物理)提高灌溉用水效率是必要的。卫星数据能够为农业模型提供驱动数据, 特别是在确定作物用水需求或作物物候等方面发挥着重要作用。尽管卫星数据在支持农业应用方面看似直接明了, 然而其反演农业模型参数和状态变量的精度迫切 need 提高, 尤其是对高分辨率精准农业的粮食生产和灌溉水管理尤为关键。鉴于此, 得益于欧空局和科技部的支持, 目前的‘龙计划’五期项目重点是探索利用可见光、热红外和微波卫星数据进行农业生产方面的应用。

多年来, 中国和意大利的科研团队在中国、意大利以及世界其它地区的几个试验场使用卫星数据进行了土壤水分评估和精准农业建模等研究, 这些试验场在作物覆盖、地表异质性、气候和灌溉方法等方面各不相同。

在中国, 主要研究区之一为中国西北部石羊河流域农田区, 主要开展了作物类型遥感制图、蒸散发估算和灌溉用水需求等方面的研发: 1) 使用深度学习算法和时间序列哨兵 2 号数据进行早期作物识别研究, 及时和准确的作物识别和绘图对作物产量估算、灾害预警和粮食安全等具有重要意义。与后期作物绘图相比, 早期作物识别对时间序列信息的质量和挖掘提出了更高的要求。2) 开发了基于哨兵 2 号数据为主要驱动的估算积累生物量和作物产量的高空间分辨率模型。对于以春小麦、玉米、向日葵和甜瓜等优势作物为主的异质性较高的沙漠绿洲农业生态系统, 该模型的创新性主要有三点: i) 使用哨兵 2 号 MSI (多光谱仪器) 计算的 NDVI 判别作物生长季开始或结束时间, 并结合了当地有限的物候观测信息; ii) 利用 ETMonitor 模型估算了 1 千米分辨率的蒸散发数据, 并降尺度到 10 米分辨率, 以监测生物量/产量模型中的作物水分胁迫指标; iii) 通过空气温度时间序列, 表征沙漠-绿洲系统的热对比度和异质性, 绘制了生物量/产量模型中的空气温度胁迫指标。

以缺资料的非洲萨赫勒地区为例, 利用基于卫星观测数据驱动的 ETMonitor 模型获得的蒸散数据和 ESA CCI 土壤湿度产品, 分析了 1990-2020 年萨赫勒地区三个典型流域(塞内加尔河、尼日尔河和乍得湖流域)的土地利用/土地覆盖变化(LULC)和气候变化对水循环各组分的影响。该研究深入分析了水循环过程在其中的关键作用, 为水资源和土地资源的管理提供了水文方面

重要见解，具有重要建设意义。这项研究已发表在《Journal of Hydrology: Regional Studies》期刊上，并将由一位青年科学家在“龙计划”五期研讨会上以海报形式展示。

尽管基于微波遥感获得的土壤水分空间分辨率较粗，不利于农田尺度的农业用水信息监测，但仍具有非常重要的价值。地形会影响星载微波辐射计观测地表亮温，因而导致土壤水分反演结果的不确定性。为了改善复杂地形条件下的土壤水分反演结果质量，我们提出了一种基于土壤水分和海洋盐度（SMOS）卫星观测数据并利用第一亮度斯托克斯参数反演土壤水分的新方法，能够有效提高复杂地形条件下的土壤水分反演精度。这项工作已发表在《IEEE JSTARS》期刊上，并将由一位青年科学家在“龙计划”五期研讨会上以海报形式展示。

在意大利的案例集中在灌区范围内，主要使用卫星数据和水能平衡模型（FEST_EWB），针对不同土壤类型和土地覆盖异质性的灌溉田进行土壤湿度和灌溉需水量的估算。

FEST-EWB 模型使用卫星数据的方式有两种：i) 对于控制模型的状态变量（地表温度）和大尺度范围内的相对土壤湿度，主要通过逐像元求解 FEST-EWB 模型得到（Corbari 和 Mancini, 2014）；ii) 用于定义输入参数（例如，叶面积指数 LAI 和植被覆盖率等）。

第一种方法分析了土壤水能量平衡方程的不同机制过程，考虑了遥感作物分类或土地覆盖异质性的不同情况，并将模拟的能量、质量通量和相对地表温度与地面站观测的通量和通过卫星获取的地表温度进行了比较。基于水能量平衡体系的FEST-EWB模型获取的作物树木总蒸散量会略微受空间分辨率的影响。因此，在作物和树木混合像元，基于水能平衡方程的FEST EWB模型的双源模型方法似乎可以更好地解释像元内植被和土壤组分的蒸散。事实上，在具体的案例研究中，当覆盖树木的灌木丛和草地之间的地表温度并没有差异时，使用双源和单源水能量平衡模型计算的潜热值非常接近。

通过逐像元对比基于水文模型计算的地表温度与卫星地表温度（Sentinel 3, Landsat 7, 8）产品，证明了利用卫星数据在大尺度范围内定量控制逐像元土壤水分平衡模型的可能性。

第二种方法通过耦合植被生长模型和FEST EWB SAFY模型实现，其估算 LAI与基于卫星图像信息反演LAI结果具有较好的一致性。其精度也可以通过对比番茄和玉米模拟作物产量与实际观测产量得到证实。

以上不同案例研究结果强化了本项目的观点：在水分和能量平衡模型中协同使用卫星数据是一种强大的方法，可以用于在高空间分辨率下控制大型灌区的作物用水。