**Hi-GLASS ― High Spatial Resolution Global LAnd Surface Satellite LAI/FAPAR Product:**

**Algorithm Theoretical Basis Document and User’s Guide**

**Version 0**

**地表叶面积指数/光合有效辐射比产品算法文档与用户手册**

作者列表：

靳华安

李爱农

梁顺林

2022.6.8

摘 要

Hi-GLASS叶面积指数/光合有效辐射比产品用户使用手册简要介绍了基于30 m空间分辨率Landsat影像数据提取植被LAI/FAPAR的算法，对该产品的时空分辨率、生产算法以及科学数据集的属性信息等进行了详细描述，旨在使广大用户能够尽快了解并在其科学研究中尽快使用Hi-GLASS 叶面积指数/光合有效辐射比产品。

## 背景和意义

叶面积指数（leaf area index, LAI）是陆地生态系统中描述植被生物物理变化和冠层结构的重要变量，直接影响到植被的蒸腾作用效率、光合作用和能量平衡状态，其通常定义为单位地表面积上叶子表面积总和的一半。光合有效辐射吸收比率（Fraction of absorbed photosynthetically active radiation, FAPAR）定义为植被吸收光合有效辐射PAR（Photosynthetically Active Radiation）占总入射PAR的比例，是表征植被光合作用的关键参量之一。传统的地面实测方法虽然精度较高，但只能代表采样点或周围小区域的LAI/FAPAR值，难以满足大范围获取LAI/FAPAR的需求。遥感技术以其覆盖范围广、大尺度观测等优势，现已成为估算区域或全球尺度LAI/FAPAR的主要手段。

近年来，基于AVHRR、MODIS、MISR、VEGETATION、MERIS等传感器生产了多个全球或区域尺度LAI/FAPAR遥感产品(Baret et al. 2013; Knyazikhin et al. 1998; Ma and Liang 2022; Yan et al. 2018)，为监测LAI的时空变化以及陆面过程模拟、全球变化、气候分析等研究提供了很好的数据源。然而，全球尺度LAI产品通常为中低分辨率数据，产品仍存在不同程度的不确定性、产品之间不一致等现象，导致其在异质地表难以准确表达植被真实生长状况及物候变化特征，影响了LAI遥感产品的有效应用(Fang et al. 2019; Garrigues et al. 2008; Jiang et al. 2017)。现有的高分辨率卫星（如Sentinel-2）LAI/FAPAR产品(Weiss 2016)时间序列短、且产品精度有待提高，无法开展长时序植被动态变化监测。因此，构建高质量的长时序高空间分辨率LAI/FAPAR产品意义重大。

## 主要算法简介

Hi-GLASS LAI/FAPAR产品算法的基本思想是利用辐射传输模型PROSPECT+SAIL（PROSAIL）模型建立叶面积指数（LAI）与Landsat地表反射率数据之间的关系，并基于PROSAIL模型推算蓝空、黑空和白空FAPAR。在此基础上，利用蒙特卡洛方法对PROSAIL模型输入参数（如土壤、叶片及冠层属性、LAI）进行采样，并通过PROSAIL模型模拟Landsat反射率及FAPAR。遵循样本均衡和采样代表性的原则，基于PROSAIL模型构建LAI-反射率，以及FAPAR-反射率之间的模拟样本数据库，利用随机森林（Random Forest）算法分别训练反射率-LAI、反射率-FAPAR之间的关系，构建RF模型。考虑模拟与Landsat实际观测反射率之间的误差，将RF模型应用到实际的Landsat影像，反演LAI和FAPAR。

## Hi-GLASS LAI/FAPAR产品算法程序流程

1. FAPAR算法流程

FAPAR算法部分需要输入的参数主要包括绿光、红光、近红外和短波红外波段反射率，以及景中心太阳天顶角信息。其中，太阳天顶角可根据Landsat元数据MTL文件中包含的角度信息计算得到。

1. LAI算法流程

LAI算法部分需要输入的参数主要包括绿光、红光、近红外和短波红外波段反射率、景中心太阳天顶角、以及由（1）计算的黑空和白空FAPAR信息。其中，太阳天顶角可根据Landsat元数据MTL文件中包含的角度信息计算得到。

## Hi-GLASS LAI/FAPAR产品命名规则和文件格式

HIGLASS地表LAI/FAPAR产品文件名形如：

LXXX\_XXXX\_PXXRXX\_YYYYMMDD\_YYYYMMDD\_01\_T1\_lai\_bvXX.tif

LXXX\_XXXX\_PXXRXX\_YYYYMMDD\_YYYYMMDD\_01\_T1\_fpar\_bvXX.tif

比如一个具体的例子是：

LC08\_L1TP\_040028\_20191217\_20220208\_01\_T1\_lai\_bv00.tif

其中：

1. 产品前缀【LXXX\_XXXX】

表示产品输入的原始数据来源，如LC08\_L1TP表示产品由Landsat8原始大气层顶反射率L1TP数据生成。

1. 产品行列号【PXXRXX】

表示产品位置所在的行列号。

1. 产品观测日期【YYYYMMDD】

表示产品的观测日期。

1. 产品生成日期【YYYYMMDD】

表示产品生成日期。

1. 产品后缀【lai】/【fpar】

表示该产品为叶面积指数/光合有效辐射比产品

1. 产品版本号【bvXX】

表示产品使用算法的版本编号

## Hi-GLASS LAI/FAPAR产品文件内容说明

Hi-GLASS LAI/FAPAR产品生产数据空间分辨率为30m，时间分辨率为16天，具体内容如下：

参数1说明：LAI

数据类型：int8

数据范围：0-100

填充值：255

Scale Factor：0.1

参数2说明：FAPAR

数据类型：int8

数据范围：0-100

填充值：255

Scale Factor：0.01

## 参考文献

Baret, F., Weiss, M., Lacaze, R., Camacho, F., Makhmara, H., Pacholcyzk, P., & Smets, B. (2013). GEOV1: LAI and FAPAR essential climate variables and FCOVER global time series capitalizing over existing products. Part1: Principles of development and production. *Remote Sensing of Environment, 137*, 299-309

Fang, H., Zhang, Y., Wei, S., Li, W., Ye, Y., Sun, T., & Liu, W. (2019). Validation of global moderate resolution leaf area index (LAI) products over croplands in northeastern China. *Remote Sensing of Environment, 233*, 111377

Garrigues, S., Lacaze, R., Baret, F., Morisette, J.T., Weiss, M., Nickeson, J.E., Fernandes, R., Plummer, S., Shabanov, N.V., Myneni, R.B., Knyazikhin, Y., & Yang, W. (2008). Validation and intercomparison of global Leaf Area Index products derived from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences, 113*

Jiang, C., Ryu, Y., Fang, H., Myneni, R., Claverie, M., & Zhu, Z. (2017). Inconsistencies of interannual variability and trends in long‐term satellite leaf area index products. *Global Change Biology*

Knyazikhin, Y., Martonchik, J.V., Myneni, R.B., Diner, D.J., & Running, S.W. (1998). Synergistic algorithm for estimating vegetation canopy leaf area index and fraction of absorbed photosynthetically active radiation from MODIS and MISR data. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 103*, 32257-32275

Ma, H., & Liang, S. (2022). Development of the GLASS 250-m leaf area index product (version 6) from MODIS data using the bidirectional LSTM deep learning model. *Remote Sensing of Environment, 273*, 112985

Weiss, M.B.F. (2016). S2ToolBox Level2 products: LAI, FAPAR, FCOVER. In

Yan, K., Park, T., Chen, C., Xu, B., Song, W., Yang, B., Zeng, Y., Liu, Z., Yan, G., Knyazikhin, Y., & Myneni, R.B. (2018). Generating Global Products of LAI and FPAR From SNPP-VIIRS Data: Theoretical Background and Implementation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 56*, 2119-2137