**Hi-GLASS ― High Resolution Terrestrial Gross Primary Production Product:**

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

**Version bv01**

**地表总初级生产力产品算法文档与用户手册**

作者列表：袁文平，林尚荣，黄晓娟

2022.5.1

摘 要

作为陆地植被光合作用的重要表征，陆地总初级生产力（GPP）一直是全球变化领域内的研究热点。但以往陆地总初级生产力产品，仅利用较低空间分辨率（公里级）遥感数据作为驱动，对空间异质性的描述不足够，因此需要发展高空间分辨率时间连续GPP产品，以供陆地生态系统碳循环研究。本项目主要利用Landsat系列高空间分辨率遥感数据作为数据基础，结合改进的EC-LUE GPP模型，生产HIGLASS高空间分辨率月度GPP产品。本用户使用手册简要介绍了陆地植被生产力算法，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 总初级生产力产品。

## 背景和意义

植被是陆地生态系统的主体，在维持全球物质与能量循环、调节碳平衡、减缓大气CO2浓度上升及全球气候变暖等方面扮演着重要的角色。其中陆地生态系统植被生产力反映了植物通过光合作用吸收大气中的CO2，转化光能为化学能，同时累积有机干物质的过程，体现了陆地生态系统在自然条件下的生产能力，是估算地球支持能力和评价生态系统可持续发展的一个重要生态指标；同时，植被面积占陆地总面积的90%以上，其对气候变化的调节与反馈作用是人类调节气候、减缓大气CO2浓度增加的主要手段。不仅如此，大约40%陆地生态系统的生产力被人类直接或间接的利用（Vitousek et al.，1997），转化为人类的食物、燃料等资源，是人类赖以生存与持续发展的基础。

作为陆地植被光合作用的重要表征，陆地总初级生产力（GPP）一直是全球变化领域内的研究热点，对其模拟的准确与否直接决定了对后续碳循环要素（如，叶面积指数、凋落物、土壤呼吸、土壤碳等）的模拟精度，也关系到能否准确评估陆地生态系统对人类社会可持续发展的支持能力。植被生产力的模拟研究经历了从最初的简单统计模型、遥感资料驱动的过程模型到目前动态全球植被模型等多个发展阶段。遥感资料因其能够提供时空连续的植被变化特征，在区域评估和预测研究中扮演了不可替代的角色。

此前的陆地总生产力产品，主要利用公里级（>500m）分辨率卫星遥感数据作为空间数据驱动（Zheng et al. 2020）应用于全球陆地植被生产力估算、区域和全球尺度能量平衡、碳水循环和气候变化等研究中，但公里级地表植被生产力产品无法满足精细的农业、城市、极地和山地环境监测。随着越来越多的新一代高空间分辨率卫星的反射，例如Landsat系列和Sentinel-2 数据，能够支撑高空间分辨率陆地总初级生产力产品发展，具有巨大的应用潜力。因此，构建高质量时空连续的高分辨率陆地总初级生产力产品意义重大。

## 主要算法简介

Hi-GLASS陆地总初级生产力（GPP）产品基本思想一是通过融合不同数据源、不同时空分辨率的陆地总初级生产力产品，得到时空连续一致的全球陆地总初级生产力。陆地总初级生产力的遥感反演算法采用了和GLASS陆地总初级生产力类似的EC-LUE算法，通过结合环境条件变化下多种植被类型的生理响应，主要是结合考虑水分胁迫（VPD）以及大气二氧化碳施肥效应，以及从遥感方法得到的高分辨率NDVI数据，最终生产得出GPP产品。

遥感反演的地表参数产品都会受到云的影响而出现数据缺失现象，目前多数地表参数产品通过多天数据合成从一定程度上减少了数据缺失比例，但并不能彻底消除数据缺失现象，给数据产品的使用者带来很大不便。因此项目组开发了基于NDVI数据的Savitzky- Golay（SG）时间序列滤波算法，该算法使用Landsat8系列月度合成NDVI数据，在此基础上进行高空间分辨率NDVI产品的融合以及时间序列平滑和缺失值填补。随后利用此时间插补NDVI数据作GPP计算，得到月度GPP产品。
Hi-GLASS陆地总初级生产力产品算法程序流程

1. EC-LUE算法流程

Hi-GLASS 陆地总初级生产力产品算法主要由两部分组成，一方面是由通过通量站印痕方法重新优化的EC-LUE参数表（Huang et al. 2022），另一方面是结合利用时间插补过后的NDVI数据，利用两者共同计算GPP值。其中HIGLASS EC-LUE算法利用温度，水气压亏缺，大气二氧化碳浓度，大气气压，短波辐射，以及植被类型分类，共同计算得到GPP结果。NDVI时间插补算法如下节所述。

1. NDVI滤波算法流程

滤波算法部分需要输入Landsat地表反照率经过地形辐射校正计算候的NDVI数据。其中NDVI合成利用每月获得的有效NDVI值的平均值作为输入，得到月度NDVI值。通过SG滤波，设置3个滑动窗口，在每个像元的时间序列上计算NDVI平滑结果，填补Landsat-NDVI数据中缺失的部分，最终重建得出时间连续，没有缺失的高空间分辨率月度NDVI序列。

## Hi-GLASS GPP产品命名规则和文件格式

HIGLASS地表GPP产品文件名形如：

LXXX\_hhXXvvXXhXXvXX\_GPP\_2016\_2020\_month\_ YYYYMMDD \_bvXX.tif

LXXX\_hhXXvvXXhXXvXX\_GPP\_QC\_2016\_2020\_month\_ YYYYMMDD \_bvXX.tif

比如一个具体的例子是：

LC08\_hh23vv04h15v05\_GPP\_2016\_2020\_month\_20220227\_bv01.tif

其中：

1. 产品前缀【LXXX】

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

1. 产品瓦片编号【hhXXvvXXhXXvXX】

表示产品在landsat数据立方体，即MODIS 正弦格网下的 0.25°\*0.25°二级格网系统，中所在的瓦片编号。

1. 产品后缀【GPP】/【GPP\_QC】

表示该产品为总初级生产力产品/质量控制数据。

1. 产品观测日期【2016\_2020\_month】

表示产品的时间跨度为2016-2020年，时间分辨率为月度合成。

1. 产品生成日期【YYYYMMDD】

表示产品生成日期。

1. 产品版本号【bvXX】

表示产品使用算法的版本编号

## Hi-GLASS GPP产品文件内容说明

Hi-GLASS GPP产品生产数据空间分辨率为30m，时间分辨率为月度合成，值代表所在月份总GPP量，具体内容如下：

参数说明：总初级生产力

数据类型：int16

数据范围：0-65535

填充值：0

Scale Factor：0.01

参数说明：质量控制数据

数据类型：uint8

数据范围：0-2

填充值：3

Scale Factor：-

数据控制标识意义：

* 0：原始高质量NDVI观测。像元无云，为真实观测值。
* 1：高质量NDVI插补数据。定义为像元位置当月无值，但是以四个月为窗口内有两个无云观测，因此补插质量高。例如某像元2,3月无值，但1,4月有值，2,3月无值数据利用线性插值得到。
* 2：中质量NDVI插补数据。定义为像元在2016-2020年间60月内每年有多于三个观测，但因一些情况下数据缺失依然严重，认为补插质量不高。例如在主生长季中，仅有一个到两个有效值，年NDVI曲线不能反映其总体生长情况。
* 3：低质量NDVI插补。像元在2016-2020年间60月内每年少于等于三个有效观测值（即少于15个），插补结果极度不可靠。不保留NDVI值。

## 参考文献

Yuan, W., Zheng, Y., Piao, S., Ciais, P., Lombardozzi, D., Wang, Y., ... & Yang, S. (2019). Increased atmospheric vapor pressure deficit reduces global vegetation growth. *Science advances*, *5*(8), eaax1396.

Huang, X., Zheng, Y., Zhang, H., Lin, S., Liang, S., Li, X., ... & Yuan, W. (2022). High spatial resolution vegetation gross primary production product: Algorithm and validation. *Science of Remote Sensing*, 100049.

Lin S, Huang X,…Yuan W 2022 Under review