**Hi-GLASS ― High Resolution Global Land Surface Broadband Albedo Product:**

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

**Version 0**

**地表反照率产品算法文档与用户手册**

作者列表：

2022.5.1

摘 要

Hi-GLASS反照率产品用户使用手册简要介绍了陆表宽波段反照率反演算法，对反照率产品的时空分辨率、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 反照率产品。

## 背景和意义

地表反照率(Albedo)是一个广泛应用于地表能量平衡、中长期天气预测和全球变化研究的重要参数，其定义为短波波段地表所有反射辐射能量与入射能量之比。地表反照率反映了地球表面对太阳光辐射的反射能力，是地表辐射能量平衡以及地气相互作用中的驱动因子之一。地表反照率的增加，会导致净辐射的减小，感热通量和潜热通量减少，进而造成大气辐合上升减弱，云和降水减少，土壤湿度减小，使得地表反照率增加，形成一个正反馈过程；而云量的减少使得太阳辐射增加，净辐射加大，形成一个负反馈作用。在正负反馈作用下最终达到稳定状态的过程中，地表反照率起着关键作用。因此，地表反照率是影响地表能量收支平衡的决定性因素，也是影响大气运动的最重要因素之一，甚至影响着局地、区域乃至全球的气候变化。地表反照率的时空变化受到自然过程以及人类活动的影响，具体影响因子如土地利用、土壤湿度、植被覆盖、积雪覆盖等，因此是地气相互作用中的重要不确定因素。

目前已有的全球地表反照率产品以NASA发布的基于MODIS数据的MCD43产品系列为代表，虽然已经取得了很大的成功，但是仍然存在时间分辨率低，数据有缺失的不足。为了支持全球变化与地球系统科学研究，在我国863计划重点项目“全球陆表特征参量产品生成与应用研究”支持下，我国科学家最早于2012年开发了GLASS (Global Land Surface Satellite) 陆表反照率产品V1.0版。之后又在863计划重点项目“全球陆表特征参量数据产品生成技术”支持下升级算法并重新生成GLASS反照率产品V4.0版。新版GLASS反照率产品覆盖的空间范围是全球陆地表面，时间范围是1981-2015年，其中基于MODIS数据生成的产品时间跨度是2000-2015年，空间分辨率是1公里和0.05度（约5公里）；基于AVHRR数据生成的产品时间跨度是1981-2010年，空间分辨率是0.05度，在2000-2010年间这两种来源的产品共同存在。

以上公里级地表反照率产品已经应用于区域和全球尺度能量平衡、碳水循环和气候变化等研究中，但公里级地表反照率产品无法满足精细的农业、城市、极地和山地环境监测。精细化的城市能量平衡研究(Guo et al. 2022)、复杂山区冰雪消融(Wu et al. 2019)以及山地辐射参量高精度估计与应用(Bouamri et al. 2021)等都依赖更高空间分辨率的地表反照率产品。现有的高分辨率卫星（Landsat系列和Sentinel-2等）时间分辨率低、观测角度小，无法通过累积多角度观测来实现反照率反演；同时，地表反照率反演结果存在大量云污染区域，会导致用户难以使用。因此，构建高质量时空连续的高分辨率地表反照率产品意义重大。

## 主要算法简介

Hi-GLASS地表反照率产品基本思想一是生成高空间分辨率的地表反照率初级产品，二是通过融合不同数据源、不同时空分辨率的地表反照率初级产品，得到高时空分辨率的时空连续一致的全球地表反照率合成产品。地表反照率的遥感反演算法采用了和GLASS地表反照率类似的直接反演算法，不经过地表二向反射模型和窄宽波段反照率转换的途径，直接从多波段大气层顶反射率中通过简单的线性公式计算宽波段反照率。

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双向卡尔曼滤波（Bidirectional Kalman Filter）的地表反照率时间序列滤波算法，该算法使用NASA发布的MODIS地表反照率产品（MCD43数据集）作为卡尔曼滤波背景场，在此基础上进行高空间分辨率地表反照率产品的融合以及时间序列平滑和缺失值填补。
Hi-GLASS反照率产品算法程序流程

1. 瞬时反照率算法流程

瞬时反照率算法部分需要输入的参数主要有两个部分，待反演日期对应的Landsat天顶反射率数据和分网格的回归系数查找表。

查找表数据是根据太阳入射/观测角度划分网格的地表反射率——反照率回归系数查找表，可根据Landsat元数据MTL文件中包含的角度等信息查找得到对应的反照率回归系数。

1. 滤波算法流程

滤波算法部分需要输入的参数主要有两个部分，作为背景场数据的MODIS MCD43A3反照率产品和经过直接反演法生成的Landsat地表反照率数据。双向卡尔曼滤波算法通过前向后向两次滤波过程填补Landsat地表反照率数据中缺失的部分，最终输出时间连续，没有空缺的高空间分辨率地表反照率序列。

## Hi-GLASS反照率产品命名规则和文件格式

HIGLASS地表反照率产品文件名形如：

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

比如一个具体的例子是：

LC08\_L1TP\_040028\_20191217\_20220208\_01\_T1\_swalb\_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【swalb】

表示该产品为地表反照率产品

1. 产品版本号【bvXX】

表示产品使用算法的版本编号

## Hi-GLASS反照率产品文件内容说明

Hi-GLASS地表反照率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：

参数说明：短波波段黑空反照率

数据类型：int16

数据范围：0-1000

填充值：-9999

Scale Factor：0.001

## 参考文献

Bouamri, H., Kinnard, C., Boudhar, A., Gascoin, S., Hanich, L., & Chehbouni, A. (2021). MODIS Does Not Capture the Spatial Heterogeneity of Snow Cover Induced by Solar Radiation. *Frontiers in Earth Science, 9*

Guo, T., He, T., Liang, S., Roujean, J.-L., Zhou, Y., & Huang, X. (2022). Multi-decadal analysis of high-resolution albedo changes induced by urbanization over contrasted Chinese cities based on Landsat data. *Remote Sensing of Environment, 269*, 112832

Wu, Y., Wang, N., Li, Z., Chen, A., Guo, Z., & Qie, Y. (2019). The effect of thermal radiation from surrounding terrain on glacier surface temperatures retrieved from remote sensing data: A case study from Qiyi Glacier, China. *Remote Sensing of Environment, 231*, 111267