



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2025.0171.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2025.0171.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.23094

文献分类: 植被定量遥感

收稿日期: 2025-09-18

修回日期: 2025-10-21

录用日期: 2026-01-15

发表日期: 2026-06-15

MuSyQ 全球 5 公里/8 天、500 米/4 天时空连续植被覆盖度产品 (1981–2020 年)

赵静¹, 李静^{1,2*}, 柳钦火^{1,2}, 董亚冬¹, 张虎¹

1. 中国科学院空天信息创新研究院, 遥感与数字地球全国重点实验室, 北京 100101

2. 中国科学院大学, 资源与环境学院, 北京 100190

摘要: 植被覆盖度 (FVC) 是衡量地表植被生态系统健康状况的重要指标之一。目前, 基于卫星遥感获取的全球主流 FVC 产品时间分辨率为 8–10 天, 对植被快速生长期内的变化监测能力有限。本研究基于孔隙率理论方法, 利用空间分辨率 5 公里、时间分辨率 8 天的全球 GLASS 叶面积指数 (LAI) 产品和聚集指数先验知识, 研发了全球 1981–2000 年时空连续 5 公里/8 天 FVC 产品; 利用空间分辨率 500 米、时间分辨率 4 天的全球 MuSyQ LAI 产品和聚集指数产品, 研发了全球 2001–2020 年时空连续 500 米/4 天 FVC 产品。基于 VALERI 和 IMAGINES 项目地面实测数据验证产品精度, 结果显示: 均方根误差为 0.15, 平均相对误差为 12.56%。本产品可为全球植被长时序动态监测提供数据支撑。

关键词: 植被覆盖度; 孔隙率理论; 全球; 时空连续

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	MuSyQ 全球 5 公里/8 天、500 米/4 天时空连续植被覆盖度产品 (1981–2020 年)
数据通信作者	李静 (lijing200531@aircas.ac.cn)
数据作者	赵静、李静、柳钦火、董亚冬、张虎
数据时间范围	1981–2020 年
地理区域	全球陆地 (地理范围为 -90°–90°N, -180°–180°E)
空间分辨率	5 km、500 m
数据量	压缩后 1.43 TB
数据格式	*.h5 压缩在 *.zip 中
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.23094
基金项目	国家重点研发计划 (2022YFF1300203)
数据库 (集) 组成	MuSyQ 全球 5 公里/8 天 FVC 数据集包括 20 个压缩文件。每年的数据产品单独压缩成一个 *.zip 文件, 每个压缩文件中含有 46 期 *.h5 产品, 每一期产品覆盖全球范围, 坐标系为 WGS-1984。 MuSyQ 全球 500 米/4 天 FVC 数据集包括 20 个文件夹共 1840 个压缩文件。每年的文件夹下包括 92 个压缩文件, 每个合成周期的产品单独压缩为一个 *.zip 文件, 每个压缩文件中按全球 MODIS 正弦投影分幅存储全球尺度 *.h5 产品。

* 论文通信作者

李静: lijing200531@aircas.ac.cn

引言

植被覆盖度 (Fractional vegetation cover, FVC) 定义为单位面积内植被冠层 (包括叶、茎、枝等植被组分) 垂直投影面积所占比例^[1], 是监测植被生态系统健康状况的重要指标之一, 全球尺度时空连续 FVC 产品对全球或区域植被动态变化监测, 以及水文、生态研究都具有重要意义^[2-3]。

遥感技术是区域或全球尺度 FVC 提取的最有效手段, 利用遥感技术提取的植被覆盖度则是指绿色植被组分垂直投影面积所占百分比^[1]。现有全球尺度的百米级/公里级空间分辨率 FVC 产品主要有 CYCLOPES、CLMS/GEOV 和 GLASS 等^[4-6]。目前 FVC 产品算法包括植被指数像元二分法或者神经网络算法。其中, 基于植被指数的像元二分法提取精度受浓密植被和裸土植被指数取值, 以及植被指数高值区饱和问题影响, 在高值区存在 0.1 – 0.2 高估^[7]; 基于物理模型模拟数据或高分样本库训练神经网络的 FVC 反演算法^[8-9], 神经网络算法精度依赖样本库训练网络的精度, 由于忽略了冠层空间异质性, 导致森林类型 FVC 高估 0.1 以上^[7,10]。研究显示, 对于特定 LAI 取值, 是否考虑聚集指数 (CI) 影响会导致 FVC 最高出现 12.9% 的高估^[7]。然而, 孔隙率理论通过描述冠层结构和空间分布的聚集效应^[11-12], 能够有效抑制浓密植被 FVC 高估问题, 将公里级 FVC 参数提取精度提高 8% – 13%^[7]。

基于全球空间分辨率 5 公里、时间分辨率 8 天的全球 GLASS 叶面积指数 (Leaf area index, LAI) 产品^[13]以及空间分辨率 500 米、时间分辨率 4 天的全球 MuSyQ LAI 产品^[14], 本研究基于孔隙率理论方法, 研发了多源协同定量遥感产品生产系统 (MuSyQ) 全球尺度 1981–2000 年 5 公里/8 天、2001–2020 年 500 米/4 天时空连续 FVC 产品。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据源

本研究生产的 MuSyQ FVC 产品空间范围覆盖全球陆地。其中, 1981–2000 年产品空间分辨率为 5 km, 时间分辨率为 8 天; 2001–2020 年产品空间分辨率为 500 m, 时间分辨率为 4 天。产品生产输入包括 LAI 和 CI 两个参量, 其中 LAI 参量采用北京师范大学研发的 1981–2000 年 GLASS 全球 5 km/8 天分辨率时空连续 LAI 产品^[13]、中国科学院空天信息创新研究院研发的 2000–2020 年 MuSyQ 全球 500 m/4 天分辨率时空连续 LAI 产品^[14]; CI 参量采用北京师范大学研发的 2001–2020 年全球 500 m、8 天分辨率 CI 产品^[15], 通过先验知识获取多年同期的有效 CI 平均值。

1.2 数据处理

本研究利用 LAI 和 CI 产品, 基于孔隙率方法生产了全球 5 km/8 天、500 m/4 天 FVC 产品。产品生产流程如图 1 所示, 具体实现过程包括三部分:

(1) 在数据准备阶段, 首先构建 CI 先验知识: 利用 2001–2020 年基于 MODIS 数据生产的全球 500 m/8 天 CI 产品, 统计逐个像元每 8 天合成周期的多年 CI 有效值均值, 再空间聚合成 5 km/8 天 CI 先验知识数据集。然后根据年份选取对应输入参数: 在 1981–2000 年, 空间匹配 5 km 全球 GLASS LAI 产品与 CI 先验知识, 时间分辨率相同; 在 2001–2020 年, 按照 MODIS 标准分幅, 匹配 500 m 空间分辨率相同行列号的 LAI 和 CI 产品, 时间分辨率参考 4 天和 8 天起始时间匹配。

(2) 在产品生产过程中，根据数据有效性检查标准，筛选有效 LAI 和 CI 数据参与反演，孔隙率理论计算表达式为：

$$FVC = 1 - \exp(-LAI \cdot \Omega \cdot G / \cos \theta) \quad (1)$$

式中 LAI 为叶面积指数； Ω 为 8 天合成 CI 值； G 函数描述叶倾角分布函数，定义为观测方向上叶面积单位的平均投影，这里 G 函数为定值 0.5； θ 为观测天顶角，根据 FVC 定义取垂直观测角度为 0° 。

对于参数失效的像元：①若 LAI 反演失败、CI 反演成功，则按填充值处理；②若 LAI 反演成功、CI 反演失败，则 CI 取固定值 1，代入算法反演 FVC。

(3) 在产品输出阶段，添加数据质量控制描述，标识反演算法、输入参数有效性与无效值填充等说明。

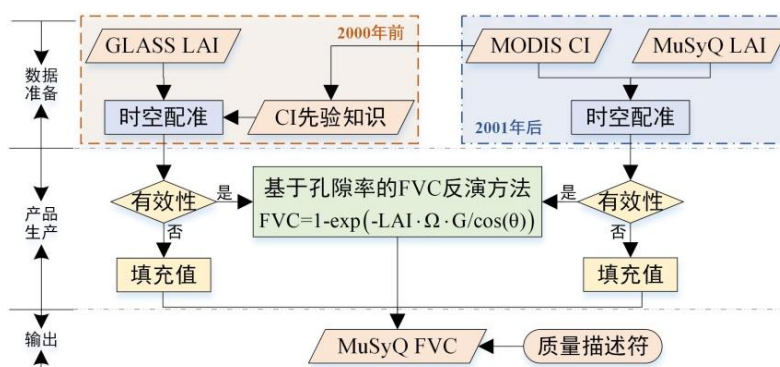


图 1 MuSyQ 全球 FVC 产品生成过程

Figure 1 Generation process of the MuSyQ global FVC product

2 数据样本描述

2.1 数据信息描述

本产品存储格式为 HDF5 (*.h5)，1981–2000 年产品采用经纬度坐标系统；2001–2020 年产品沿用 MODIS 正弦投影方式，按照 $1^\circ \times 1^\circ$ 分幅区域划分全球范围，以便全球范围数据访问与分析。每个文件包含植被覆盖度信息 (FVC) 和质量控制信息 (FVC_QC) 两个数据集，其基本信息和数据结构描述详见表 1。

表 1 MuSyQ 全球 FVC 产品信息及结构描述

Table 1 Information and structure description of the MuSyQ global FVC product

数据集	MuSyQ 全球 5 公里/8 天 FVC 产品		MuSyQ 全球 500 米/4 天 FVC 产品	
	FVC_5km	FVC_QC	FVC_500m	FVC_QC
数据类型	Int16	Int16	Int16	Int16
像元数量	3600×7200	3600×7200	2400×2400	2400×2400
转换系数	0.0001	1	0.0001	1
填充值	32767	32767	32764–32767	32764–32767
投影/坐标系	WGS84	WGS84	Sinusoidal	Sinusoidal

2.2 全球 FVC 数据样本

按照本研究的数据处理方法生产 MuSyQ 全球 5 公里/8 天、500 米/4 天 FVC 产品, 图 2 为全球 1982 年第 241 天 FVC 产品空间分布, 图 3 为全球 2020 年第 241 天 FVC 产品空间分布, 图 4 为近十年乌克兰 Pshenichne 观测样点 (50.0766°E , 30.2322°N) FVC 时间序列曲线 (图中绿色圆点为 FVC 反演值, 橙色方形点为 FVC 实测值)。

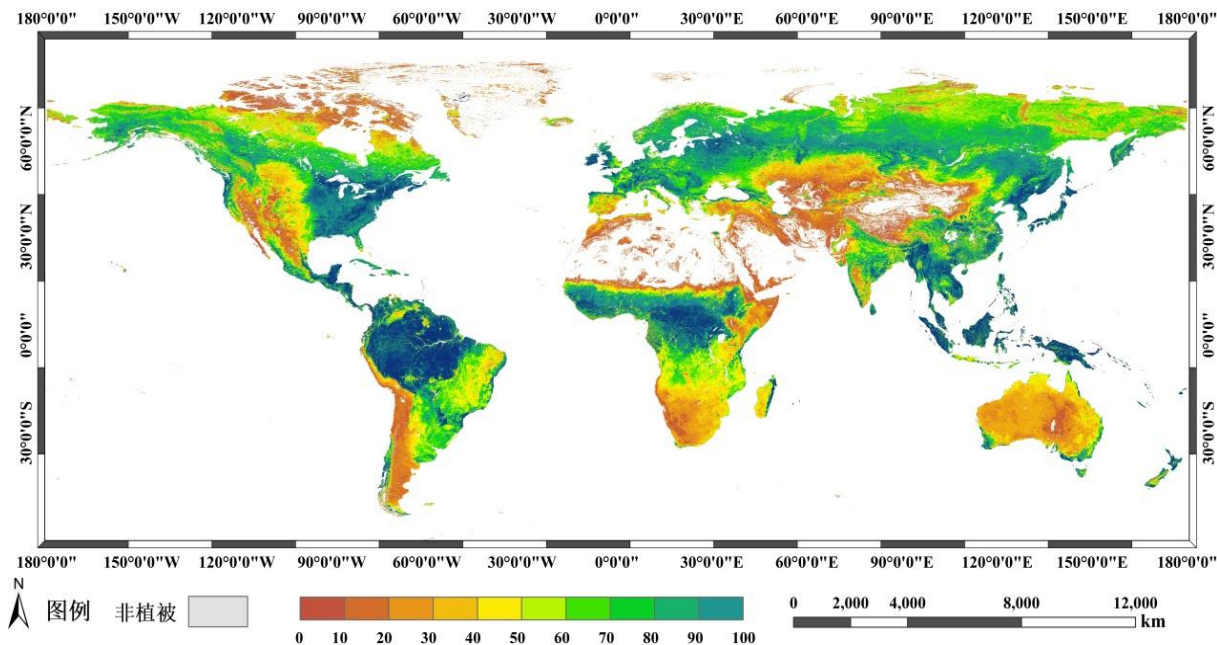


图 2 MuSyQ 全球 1982 年第 241 天 FVC 产品空间分布图

Figure 2 Spatial distribution of the MuSyQ global FVC product on DOY 241 in 1982

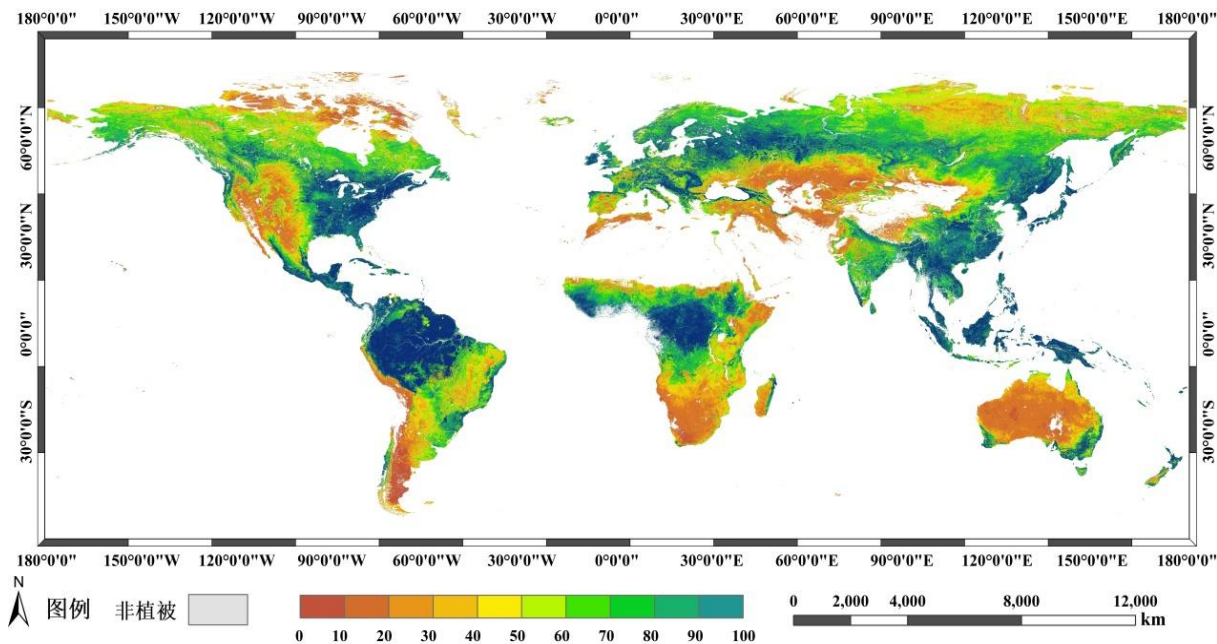


图 3 MuSyQ 全球 2020 年第 241 天 FVC 产品空间分布图

Figure 3 Spatial distribution of the MuSyQ global FVC product on DOY 241 in 2020

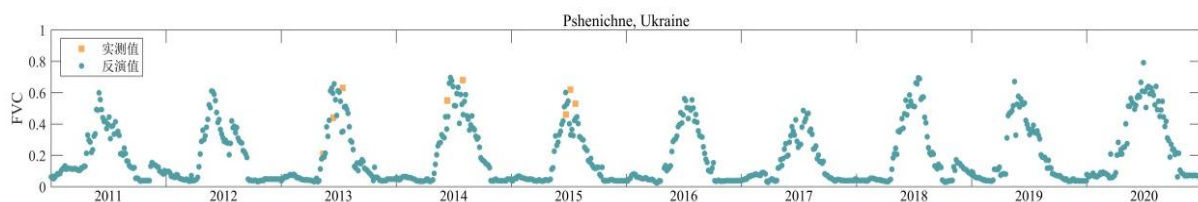


图 4 2011–2020 年 Pshenichne 样点 FVC 时间序列曲线

Figure 4 Temporal variation of FVC at the Pshenichne site from 2011 to 2020

3 数据质量控制和评估

本数据集以经过质量评价的 LAI 和 CI 产品作为输入，数据来源可靠。在数据制作过程中，执行数据产品生产标准，并对生产的产品进行质量控制，逐像元标识数据质量，即每个像元对应一个质量描述符，将其储存在 FVC_QC 数据属性中。质量标识具体含义：0 表示有效输入正常反演；1 表示 LAI 有效、CI 为先验知识；2 表示 LAI 有效、CI 为固定值 1；3 表示无效输入；32764–32767 为填充值，分别对应地表覆盖类型为水体、裸地、城市建筑、未分类。

为定量衡量本产品精度，利用地面实测 FVC 数据评估 MuSyQ FVC 产品精度。地面验证数据选取已公开共享的 VALERI 和 IMAGINES 项目全球均质站点地面观测数据，共含 2001 年至 2008 年 VALERI 项目的 767 个地面观测数据、2013 年至 2016 年 IMAGINES 项目的 45 个地面观测数据，其中农作物样点 191 个、草地样点 143 个、森林样点 447 个、灌丛样点 31 个。与地面观测数据的直接验证散点图如图 5 所示，所有植被类型的均方根误差（RMSE）为 0.15，相对误差（RE）为 12.56%，平均绝对误差（MAE）为 0.12，平均绝对百分比误差（MAPE）为 26.91%。表 2 统计了不同植被类型验证精度，其中森林验证样本最丰富，验证精度最高（RMSE=0.15, RE=4.03%），能够支持森林监测应用；农作物（RMSE=0.14, RE=11.52%）和草地（RMSE=0.16, RE=7.29%）验证精度也能够满足应用需求；但由于灌丛验证样本较少且观测较为集中，灌丛验证精度较低（RE=29.74%），需后续补充验证分析。

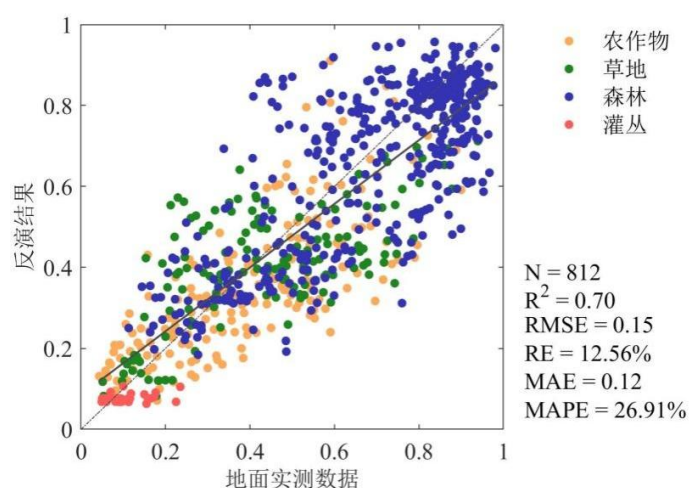


图 5 与 VALERI 和 IMAGINES 地面观测数据直接验证结果

Figure 5 Direct validation against field measurements from the VALERI and IMAGINES projects

表 2 MuSyQ FVC 不同植被类型验证精度

Table 2 Validation accuracy of the MuSyQ FVC product across different vegetation types

评价指标	整体	农作物	草地	森林	灌丛
观测个数	812	191	143	447	31
RMSE	0.15	0.14	0.16	0.15	0.06
RE (%)	12.56	11.52	7.29	4.03	29.74

4 数据价值

植被覆盖度作为反映陆表植被健康情况的重要指标之一，其时空变化特征对植被生态系统监测具有重要意义。本数据集提供了 MuSyQ 全球 1981–2000 年 5 公里/8 天、2001–2020 年 500 米/4 天时空连续的 FVC 数据，为全球植被空间格局与时空变化规律分析、动态监测等提供有效数据支撑。

5 数据使用方法和建议

MuSyQ 系列全球 5 公里/8 天 FVC 产品命名按照“项目名称.产品标识.年份日期.版本号.h5”形式，示例如下：MuSyQ.CSC.FVC.YYYYDDD.001.h5。其中，MuSyQ 表示本系列产品标识；CSC 表示时空连续；FVC 表示植被覆盖度产品；YYYYDDD 表示产品时间，YYYY 表示年份；DDD 表示儒略日；001 表示版本号；h5 表示数据存储格式。

MuSyQ 系列全球 500 米/4 天 FVC 产品命名按照“项目名称.产品标识.空间分辨率.年份日期.分幅号.版本号.h5”形式，示例如下：MuSyQ.CSC.FVC.AYYYYDDD.hXXvXX.001.h5。其中与 5km/8 天产品不同的是：hXXvXX 表示对应的 MODIS 分幅编号，h 表示行号，v 表示列号，根据行列号可以唯一确定条幅位置。

本数据存储格式为 H5，能够在 ENVI 等相关软件中进行读取、编辑及分析工作，也可使用 MATLAB、Python 等编程语言进行更加便捷地读取、处理和分析。使用 MATLAB 语言的读取格式如下：

```
filepath='D:\'; %h5 文件存储路径（如：D 盘根目录）
filename='MuSyQ.CSC.FVC.A2001001.h32v09.001.h5'; %h5 文件名
info = h5info([filepath '\ ' filename]);
h5disp([filepath '\ ' filename],'/LAI')
FVC_img=h5read([filepath '\ ' filename],'/FVC/FVC'); %FVC 文件读取
FVC_QC_img=h5read([filepath '\ ' filename],'/FVC/FVC_QC'); %FVC 质量控制文件读取
使用 Python 语言读取格式如下：
import h5py # 导入 h5py 库
filepath = "D:\\\" # h5 文件存储路径(如：D 盘根目录)
filename = "MuSyQ.CSC.FVC.A2001001.h32v09.001.h5" # h5 文件名
h5f = h5py.File(os.path.join(filepath , filename ), "r") #读取 h5 文件
FVC = h5f.get('FVC/FVC')[:] #读取 FVC 文件
FVC_QC = h5f.get('FVC/FVC_QC')[:] #读取 FVC 质量控制文件
```

作者分工职责

赵静（1984—），女，北京市人，博士，副研究员，研究方向为植被定量遥感。主要承担工作：植被覆盖度产品算法与验证分析、论文撰写。

李静（1978—），女，黑龙江省齐齐哈尔市人，博士，研究员，研究方向为植被定量遥感与生态遥感。主要承担工作：研究思路及方案设计、论文指导。

柳钦火（1968—），男，江西省九江市人，博士，研究员，研究方向为定量遥感。主要承担工作：研究方案设计、项目推广。

董亚冬（1990—），男，河南省长葛市人，博士，助理研究员，研究方向为植被光学遥感建模与遥感反演。主要承担工作：产品生产。

张虎（1994—），男，河南省开封市人，博士，助理研究员，研究方向为植被定量遥感。主要承担工作：产品检查与发布。

参考文献

- [1] GITELSON A A, KAUFMAN Y J, STARK R, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 76 – 87. DOI:10.1016/S0034-4257(01)00289-9.
- [2] JIAPAER G, CHEN X, BAO A M. A comparison of methods for estimating fractional vegetation cover in arid regions[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2011, 151(12): 1698–1710. DOI:10.1016/j.agrformet.2011.07.004.
- [3] LIU C X, ZHANG X D, WANG T, et al. Detection of vegetation coverage changes in the Yellow River Basin from 2003 to 2020[J]. Ecological Indicators, 2022, 138: 108818. DOI:10.1016/j.ecolind.2022.108818.
- [4] BARET F, HAGOLLE O, GEIGER B, et al. LAI, fAPAR and fCover CYCLOPES global products derived from VEGETATION Part 1: Principles of the algorithm[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 110(3): 275–286. DOI:10.1016/j.rse.2007.02.018.
- [5] BARET F, WEISS M, LACAZE R, et al. GEOV1: LAI and FAPAR essential climate variables and FCOVER global time series capitalizing over existing products. Part1: Principles of development and production[J]. Remote Sensing of Environment, 2013, 137: 299 – 309. DOI:10.1016/j.rse.2012.12.027.
- [6] JIA K, YANG L Q, LIANG S L, et al. Long-term global land surface satellite (GLASS) fractional vegetation cover product derived from MODIS and AVHRR data[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2019, 12(2): 508–518. DOI:10.1109/JS TARS.2018.2854293.
- [7] ZHAO J, LI J, LIU Q H, et al. Estimating fractional vegetation cover from leaf area index and clumping index based on the gap probability theory[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2020, 90: 102112. DOI:10.1016/j.jag.2020.102112.
- [8] JIA K, LIANG S L, LIU S H, et al. Global land surface fractional vegetation cover estimation using general regression neural networks from MODIS surface reflectance[J]. IEEE Transactions on Geoscience

and Remote Sensing, 2015, 53(9): 4787 – 4796. DOI:10.1109/TGRS.2015.2409563.

[9] VERGER A, SÁNCHEZ-ZAPERO J, WEISS M, et al. GEOV2: Improved smoothed and gap filled time series of LAI, FAPAR and FCOVER 1 km Copernicus Global Land products[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2023, 123: 103479. DOI:10.1016/j.jag.2023.103479.

[10] MU X H, HUANG S, REN H Z, et al. Validating GEOV1 fractional vegetation cover derived from coarse-resolution remote sensing images over croplands[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2015, 8(2): 439 – 446. DOI:10.1109/JSTARS.2014.2342257.

[11] MU X H, SONG W J, GAO Z, et al. Fractional vegetation cover estimation by using multi-angle vegetation index[J]. Remote Sensing of Environment, 2018, 216: 44 – 56. DOI:10.1016/j.rse.2018.06.022.

[12] 赵静, 李静, 张召星, 等. MuSyQ 高分 16 米空间分辨率 10 天合成的植被覆盖度产品（2018–2020 年中国 01 版）[J/OL]. 中国科学数据, 2022, 7(1). (2022-03-24). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2021.0037.zh. [ZHAO J, LI J, ZHANG ZX, et al. A dataset of 16 m/10-day fractional vegetation cover of MuSyQ GF-series (2018–2020, China, Version 01)[J/OL]. Science data, 2022, 7(1). (2022-03-24). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2021.0037.zh.]

[13] XIAO Z Q, LIANG S L, WANG J D, et al. Long-time-series global land surface satellite leaf area index product derived from MODIS and AVHRR surface reflectance[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2016, 54(9): 5301–5318. DOI:10.1109/TGRS.2016.2560522.

[14] 董亚冬, 李静, 刘畅, 等. MuSyQ 全球 500 米/4 天分辨率时空连续叶面积指数产品（2000–2020 年）[J/OL]. 中国科学数据, 2026, 11(2). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2025.0159.zh. [DONG Y D, LI J, LIU C, et al. A dataset of MuSyQ 500 m and 4-day spatiotemporally continuous leaf area index product (2000 – 2020)[J/OL]. China Scientific Data, 2026, 11(2). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2025.0159.zh.]

[15] JIAO Z T, DONG Y D, SCHAAF C B, et al. An Algorithm for the Retrieval of the Clumping Index (CI) From the MODIS BRDF Product Using an Adjusted Version of the Kernel-Driven BRDF Model[J]. Remote Sensing of Environment, 2018, 209: 594–611. DOI:10.1016/j.rse. 2018.02.041.

论文引用格式

赵静, 李静, 柳钦火, 等. MuSyQ 全球 5 公里/8 天、500 米/4 天时空连续植被覆盖度产品（1981–2020 年）[J/OL]. 中国科学数据, 2026, 11(2). (2026-06-15). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2025.0171.zh.

数据引用格式

赵静, 李静, 柳钦火, 等. MuSyQ 全球 5 公里/8 天、500 米/4 天时空连续植被覆盖度产品（1981–2020 年）[DS/OL]. V2. Science Data Bank, 2025. (2025-10-15). DOI: 10.57760/sciencedb.23094.

A dataset of MuSyQ global 5 km/8-day and 500 m/4-day spatiotemporal continuous fractional vegetation cover product (1981–2020)

ZHAO Jing¹, LI Jing^{1,2*}, LIU Qinhua^{1,2}, DONG Yadong¹, ZHANG Hu¹

1. State Key Laboratory of Remote Sensing and Digital Earth, Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P.R. China

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P.R. China

*Email: lijing200531@aircas.ac.cn (LI Jing)

Abstract: Fractional vegetation cover (FVC) serves as a crucial indicator for assessing the health status of terrestrial vegetation ecosystems. Currently, most global FVC products derived from satellite remote sensing have a temporal resolution of 8-10 days, which proves insufficient for capturing vegetation dynamics during rapid growth periods. Based on the gap probability theory, this study utilized the global GLASS leaf area index (LAI) product with a spatial resolution of 5 km and a temporal resolution of 8 days, along with a *priori* clumping index information, to generate a global FVC product at 5 km/8-day resolution from 1981 to 2000. Furthermore, the global MuSyQ LAI product with a spatial resolution of 500 m and a temporal resolution of 4 days, together with clumping index products, was used to generate a global FVC product at 500 m/4-day from 2001 to 2020. Validation using ground-based measurement from the VALERI and IMAGINES projects showed that the product achieved a root mean square error (RMSE) of 0.15 and a mean relative error of 12.56%. This product provides data support for long-term global vegetation dynamics monitoring.

Keywords: fractional vegetation cover; gap probability theory; global; spatiotemporal continuous.

Dataset Profile

Title	A dataset of MuSyQ global 5 km/8-day and 500 m/4-day spatiotemporal continuous fractional vegetation cover product (1981–2020)
Data corresponding author	LI Jing (lijing200531@aircas.ac.cn)
Data authors	ZHAO Jing, LI Jing, LIU Qinhua, DONG Yadong, ZHANG Hu
Time range	1981–2020
Geographical scope	Global land (-90°–90°N, -180°–180°E)
Spatial resolution	5 km, 500 m
Data volume	1.43 TB (compressed)
Data format	*.h5 compressed into a *.zip file
Data service system	https://doi.org/10.57760/sciencedb.23094
Source of funding	National Key Research and Development Program (2022YFF1300203)
Dataset composition	The MuSyQ Global 5 km/8-day FVC dataset includes 20 compressed files. The data

products for each year are compressed into a separate *.zip file. There are 46 *.h5 files in each compressed file. Each data file covers the global domain with the WGS-1984 coordinate system.

The MuSyQ Global 500 m/4-day FVC dataset includes 20 folders and a total of 1,840 compressed files. The data products for each year are compressed into a separate *.zip file. There are 92 compressed files for each year. For each compressed file, the *.h5 data files are organized according to the MODIS sinusoidal projection tiling scheme at global scale.