

# 中国大陆域 1:100 万植被指数 UNVI 多维数据集(2017)

张立福<sup>1</sup>, 钟涛<sup>1,2</sup>, 刘华亮<sup>1,3</sup>, 朱曼<sup>1,2</sup>, 王楠<sup>1</sup>, 童庆禧<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 100049;

3. 北京大学 遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871

**摘要:** 中国大陆域 1:100 万植被指数 UNVI (Universal Normalized Vegetation Index) 多维数据集 (2017) 是在分析 MODIS 地表反射率产品数据 MOD09GA 特点, 参照传统的植被指数合成算法, 为了满足植被长时间序列变化研究需要而生成的 16 d 合成 UNVI 数据集。本研究合成的 UNVI 数据集在反映植被密度、植被覆盖度、植被光合作用速率, 以及反演植被理化参数方面, 与传统的 NDVI 和 EVI 合成数据集相比, 具有明显的优势。合成算法主要分为两步: 首先对 16 d 合成周期内存在无效值和反射率负值的 MODIS 数据进行筛选处理; 然后读取合成周期内的质量控制波段数据统计“无云”数据的天数, 并根据“无云”数据的天数选择相应合成算法进行 UNVI 的 16 d 合成, 从而获得 2017 年中国大陆域时间分辨率为 16 d, 空间分辨率约为 0.00286° 的 UNVI 时间序列影像。基于本文提出的合成算法生成的中国大陆域 UNVI 数据集, 采用 1:100 万标准经纬线分幅, 共 64 景 (Tile), 每景所覆盖的经纬度范围为 6°×4°, 为方便起见, 数据集采用 MDD 多维数据格式 (Multi-Dimensional Dataset) 存储, 每个 .mdd 文件下存放每景 2017 年所有时相的影像数据。同时为便于数据下载, 全部数据按照分幅压缩为 64 个 .zip 文件, 压缩后的数据量约为 3.78 GB。本数据集能为从事全球变化研究的科研人员提供更方便的植被指数长时间序列数据产品。

**关键词:** 遥感, UNVI, 中国大陆域, MODIS, 植被指数, 多维数据集

**引用格式:** 张立福, 钟涛, 刘华亮, 朱曼, 王楠, 童庆禧. 2020. 中国大陆域 1:100 万植被指数 UNVI 多维数据集 (2017). 遥感学报, 24 (11): 1293-1298

Zhang L F, Zhong T, Liu H L, Zhu M, Wang N and Tong Q X. 2020. UNVI multidimensional dataset of 2017 China's terrestrial at 1:1 000000 scale. *Journal of Remote Sensing (Chinese)*, 24 (11): 1293-1298 [DOI: 10.11834/jrs.20209063]

## 1 引言

植被指数是根据植被的光谱反射和吸收特性, 将卫星遥感数据的可见光和近红外波段进行组合, 得到一系列对地表植被变化敏感、能有效反映植被覆盖程度的指示因子, 可以用来定量指示植被的生长状况 (郭锐, 2003)。目前, 已经定义了 40 多种植被指数, 在生态环境监测、植被生物量估算、农作物生长评估、估算植被覆盖度等方面得到广泛应用。目前比较常见的植被指数合成产品包括 MODIS 数据的 MOD/MYD13 产品, AVHRR 数据的 GVI、GIMMS 和 PAL 产品, VEGETATION 数据的 VGT-S10、VGT-D10 产品等。这些植被指数合成产品大部分是 NDVI 合成产品, 并且以高时间分辨

率、低空间分辨率为主, 中高空间分辨率的植被指数合成产品比较少。研究证明 NDVI 存在高值饱和的问题, 对繁茂植被的敏感度较低, 由于 NDVI 只利用了近红外波段和红波段的反射率数据进行计算, 导致其在反映植被密度、植被覆盖度、植被光合作用速率等方面具有一定的局限性。通用归一化植被指数 UNVI (Universal Normalized Vegetation Index) (Zhang 等, 2019) 充分利用了遥感数据更多波段的反射率信息进行计算, 因此与其他只用少数波段信息进行计算的植被指数相比有明显的优势, 能够更准确地反映植被生长过程的细节变化, 在陆表植被变化研究中, 比 NDVI 植被指数更有优势, 且 UNVI 具有独立于传感器的特性 (Zhang 等, 2007a, 2007b), 更能满足基于多传感

收稿日期: 2019-03-05; 预印本: 2019-06-13

基金项目: 国家自然科学基金(编号:41830108)

第一作者简介: 张立福, 1967年生, 男, 研究员, 研究方向为高光谱遥感理论和时空谱多维数据融合及应用。E-mail: zhanglf@radi.ac.cn

器数据的长期变化研究需求, UNVI 植被指数具有广阔的应用前景, 但目前国内外还没有 UNVI 的数据集产品。本文将基于 MODIS 数据产品 MOD09GA, 设计植被指数 UNVI 合成算法。

在合成 UNVI 植被指数产品时, 获取准确、可靠的植被指数数据尤为重要。植被指数获取的理想情况是天气晴朗, 且不受大气、土壤背景变化影响, “太阳—地物—传感器”的相对位置固定, 传感器收到的信号没有丢失和噪音介入 (王正兴等, 2003)。但实际上, 植被指数容易受到土壤、云、大气等因素的影响, 利用单日的遥感观测数据计算出来的植被指数与理想值存在一定误差, 这种差异会对植被指数的应用和研究产生比较大的影响。因此, 为了减少或者避免这种情况的发生, 采用多期数据进行植被指数合成成为被广泛采用的方法 (唐勇, 2004)。本文在对现有的植被指数合成产品以及合成算法进行分析的基础上, 设计了一种基于 MODIS 数据的 16 d 合成 UNVI 产品的算法。利用该算法生成 2017 年中国陆域 1:100 万 16 d 合成 UNVI 多维数据集产品, 并以便于时序分析的多维数据格式进行存储, 为今后 UNVI 的应用和研究提供良好的数据产品。

## 2 数据研发方法

### 2.1 UNVI 定义与计算

UNVI 植被指数是基于通用模式分解算法 UPDM (Universal Pattern Decomposition Method) 建立的一种全谱段植被指数 (Zhang 等, 2007b, 2010)。它假设任何一种光谱都是几种典型地物光谱的线性组合, 其表达式如下:

$$R(i) \rightarrow (C_w \cdot P_w(i) + C_v \cdot P_v(i) + C_s \cdot P_s(i) + C_4 \cdot P_4(i)) \quad (1)$$

式中,  $i$  为波段编号;  $R(i)$  为地物  $i$  波段下的光谱;  $P_w$ 、 $P_v$ 、 $P_s$ 、 $P_4$  分别代表 4 种参照样本的归一化反射率值;  $C_w$ 、 $C_v$ 、 $C_s$ 、 $C_4$  代表各样本对应的 UPDM 系数。

为了方便计算 UPDM 系数, Zhang 等 (2019) 优化了 UPDM 系数矩阵计算公式, 简化后的系数矩阵计算公式如下:

$$C = MR \quad (2)$$

式中,  $R = [R_1, R_2, \dots, R_n]^T$  ( $T$  代表矩阵转置) 为原始遥感数据的反射率光谱向量;  $M = [M_w, M_v, M_s, M_4]^T$  是一个  $4 \times n$  矩阵,  $n$  是波段数量,  $M$  的

标与式 (1) 中的含义相同。对于不同卫星传感器,  $M$  值不同。本文中使用的 MODIS 传感器对应的  $M$  矩阵为

$$M = \begin{bmatrix} 0.03 & 0.0296 & 0.1728 & 0.1357 \\ -0.1547 & 0.3516 & -0.0076 & -0.005 \\ 0.2566 & -0.2273 & -0.0912 & -0.0182 \\ 0.2216 & 0.0055 & -0.1465 & 0.0572 \\ -0.0294 & -0.0709 & -0.102 & \\ 0.199 & -0.0728 & -0.2518 & \\ -0.0067 & 0.3189 & 0.521 & \\ 0.0196 & -0.0564 & -0.1011 & \end{bmatrix}$$

UNVI 植被指数计算公式为

$$UNVI = \frac{C_v - a \cdot C_s - C_4}{C_w + C_v + C_s} \quad (3)$$

式中,  $C_w$ 、 $C_v$ 、 $C_s$ 、 $C_4$  是 UPDM 中的系数, 可利用式 (2) 计算得到; 分子中的  $a$  为调节因子。为了使枯叶的 UNVI 值趋于 0, 茂盛植被的 UNVI 值趋于 1, 本文  $a$  的值取为 0.1 (Zhang 等, 2007b)。

Zhang 等 (2019) 基于地面实测数据, 对比分析了 UNVI 与其他常用的植被指数如 NDVI、EVI (Enhanced Vegetation Index)、MSAVI2 (Modified Soil Adjusted Vegetation Index 2) 等在反演植被理化参数方面的能力, 结果表明 UNVI 比其他几种植被指数在反映植被覆盖变化和理化参数定量反演方面更有优势, 表明 UNVI 有较好的应用前景。

### 2.2 UNVI 合成算法

合成算法的目标是充分利用现有遥感数据, 提高植被指数合成产品的精度。由于传感器受观测噪声、残云或大气等因素的影响, 经预处理后的数据集会存在噪声和误差较大的观测值。因此, 本文将根据数据筛选后“无云”数据天数  $N$  的不同分别采用相应的合成方法进行 UNVI 植被指数合成。本研究采用 16 d 作为 UNVI 合成周期, 即能够满足植被监测的需求, 又能降低云像元参与合成算法的概率, 减少植被指数数据集的云噪声。

#### 2.2.1 数据筛选

步骤 1: 读取 MODIS 数据, 将 2017-01-01 的数据定为合成的起始数据, 将 2017 年全年 365 d 的 MODIS 数据按时间顺序每 16 d 分为一组, 当 2017 年第 350 天—365 天的数据不够 16 d 时, 选择第 350 天—365 天的数据拼凑成一组, 然后依次将每组 MODIS 数据读入。

步骤 2: 数据筛选处理: 检查输入的每组

MODIS数据是否存在一些无效值和反射率负值：若存在，则（1）当像元中某一天的7个波段数据存在无效值时，剔除掉这一天的数据，不作为原始数据参与计算UNVI；（2）当像元中反射率处在 $[-100, 0)$ 区间时，将该负值改为1（不改为0是因为当7个波段全为0时，0将在式（1）中作除数，出现错误，并且由于原始数据的比例系数是0.0001，1实际对应的反射率为0.0001，与0差别很小，对最终结果影响可以忽略）。

步骤3：读取合成周期内的质量控制波段数据，将其转换为二进制，取前3位数，若为“000”或“011”，则该数据为高质量数据（无云）；其他的情况为低质量数据（有云）。统计每个像元在16 d的数据中含有“无云”数据的天数 $N$ 。

### 2.2.2 合成方法

植被指数角度归一化，可消除变化的太阳、目标和传感器几何条件变化给观测数据带来的影响，代表了目前植被指数合成算法的主要发展方向。因此本研究在进行UNVI植被指数合成时采用角度归一化合成法作为主体算法，但角度归一化合成法对残云非常敏感，并且需要5 d以上的无云数据。此外MODIS传感器属于推扫式传感器，像元尺寸随观测天顶角增大而增大，其由观测角度引起的空间分辨率变化最大可达到4倍，会造成较大的BRDF特性误差（Van Leeuwen等，1999；龙鑫等，2013），有的时候BRDF模型会得到错误的反射率拟合值。因此，为了更好地得到UNVI植被指数合成值，本文将有限视角内最大值合成法、直接计算法和最大值合成法作为角度归一化合成法不适用情况下的备用算法。

（1）角度归一化合成法BRDF-C（Bidirectional Reflectance Distribution Function Composite）：该方法采用BRDF模型将合成周期内所有的无云观测值逐波段逐像元拟合至某一照射条件下星下点等效反射率值，再计算得到合成值（Huete等，2002）。BRDF模型订正公式为

$$\rho_{\lambda}(\theta_v, \varphi_s, \varphi_v) = a_{\lambda}\theta_v^2 + b_{\lambda}\theta_v \cos(\varphi_v - \varphi_s) + c_{\lambda} \quad (4)$$

式中， $\rho_{\lambda}$ 为波段 $\lambda$ 对应的反射率数据； $\theta_v$ 、 $\varphi_s$ 、 $\varphi_v$ 分别对应于传感器天顶角、传感器方位角、太阳方位角； $a_{\lambda}$ 、 $b_{\lambda}$ 、 $c_{\lambda}$ 为Walthall BRDF模型系数（Walthall等，1985），通过最小二乘法拟合得到。

（2）有限视角内最大值合成法CV-MVC（Constrained-View angle-Maximum Value Composite）：

从合成周期内无云高质量数据中选取最小的2个传感器天顶角所对应的反射率，然后分别用它们求UNVI，再从中选取UNVI最大值作为合成值 $UNVI_{CV-MVC}$ 。该方法在一定程度上弱化了某些影响因素的干扰，减少了MVC法合成中人为因素误差（龙鑫等，2013；Huete等，2002）。计算公式为

$$UNVI_{CV-MVC} = \max\{A, B\} \quad (5)$$

式中， $A$ 、 $B$ 为最小的2个传感器天顶角所对应的反射率计算出的UNVI值。

（3）直接计算法VI（Vegetation Index Computation）：采取观测的反射率值直接计算植被指数作为合成植被指数。该算法对地表非朗伯特特性和观测集合变化考虑不足，易受残云、薄雾、传感器噪声等因素影响，稳定性不足（Huete等，2002）。计算公式为

$$UNVI_{VI} = A \quad (6)$$

式中， $A$ 为无云天数为1时的反射率计算出的UNVI值。

（4）最大值合成法MVC（Maximum Value Composite）：选取合成周期内最大植被指数值作为合成值。MVC法计算简单，在制作大范围的植被指数合成产品时快捷方便，但是没有考虑到地表非朗伯特特性（Gutman，1991），对于各向异性明显的植被冠层，MVC法偏向选择有云或者远离星下点的低质量观测像元（Cihlar和Howarth，1994；Duchemin和Maisongrande，2002）。计算公式为

$$UNVI_{MVC} = \max\{A_1, A_2, \dots, A_n\} \quad (7)$$

式中， $A_1, A_2, \dots, A_n$ 为合成周期内所有的UNVI值。

### 2.2.3 合成算法流程

UNVI合成算法的总体流程图如图1所示。本算法中，首先对数据进行筛选，分析数据质量，然后根据合成周期内无云数据天数 $N$ ，选择相应的合成方法：

（1）若天数 $N \geq 5$ ，则采用角度归一化合成法计算UNVI合成值并记录到UNVI\_DATA中，同时计算 $Q = N \times 10 + 1$ 并记录到QC\_BAND（质量控制波段）中，特别地，如果计算过程中由Walthall BRDF模型公式求得的拟合星下点反射率为负值或者最终UNVI合成值不在 $[0.3 - UNVI_{MVC}, UNVI_{MVC} + 0.05]$ 区间内（ $UNVI_{MVC}$ 表示使用最大值合成法合成的UNVI值），则放弃使用角度归一化合成法，改用有限视角内最大值合成法（CV-MVC）（Huete

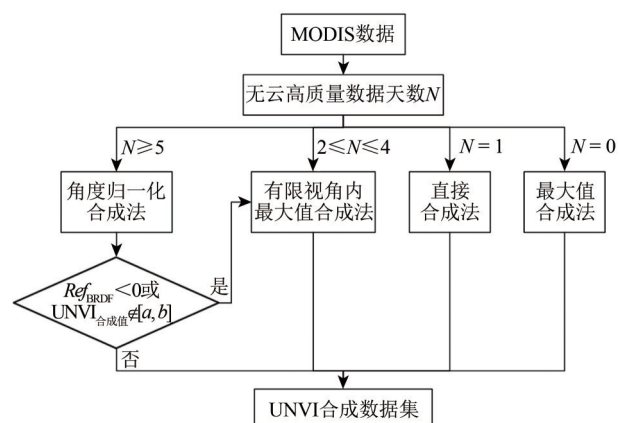
等, 1999)。求出 UNVI 合成值并记录到 UNVI\_DATA 中, 同时计算  $Q = N \times 10 + 2$  并记录到 QC\_BAND 中;

(2) 若天数  $N$  为  $1 < N < 5$ , 此时这几个高质量原始数据均能单独用来合成 UNVI, 但是本着让合成数据精确度尽可能高的原则, 需考虑除云以外的因素 (例如, 传感器天顶角) 对数据造成的影响。因此采用有限视角内最大值合成法 (CV-MVC) 从这几个高质量原始数据中挑取最优的原始数据, 求出 UNVI 合成值并记录到 UNVI\_DATA 中, 同时计算  $Q = N \times 10 + 2$  并记录到 QC\_BAND 中;

(3) 若天数  $N = 1$ , 此时用该天的高质量原始数据直接计算 UNVI 比用其他方式的合成更精确。因此采用直接算法 (VI) 求出 UNVI 合成值并记录到 UNVI\_DATA 中, 同时计算  $Q = N \times 10 + 3$  并记录到 QC\_BAND 中;

(4) 若天数  $N = 0$ , 合成周期内无高质量数据, 与其他方法相比, 最大值合成法 (MVC) 着重考虑大气的影响, 合成值更加接近于星下点观测值。因此采用最大值合成法 (MVC) 求出 UNVI 合成值并记录到 UNVI\_DATA 中, 同时计算  $Q = N \times 10 + 3$  并记录到 QC\_BAND 中。

(5) 将 UNVI\_DATA 和 QC\_BAND 数据以文件的形式输出, 然后读取 MODIS 数据的 MAP\_INFO 文件, 分别给 UNVI\_DATA 和 QC\_BAND 数据文件赋予地理坐标系和投影坐标系。



$Ref_{BRDF}$  为拟合星下点反射率值,  $a = 0.3 - UNVI_{MVC}$ ,  $b = UNVI_{MVC} + 0.05$ , 其中  $UNVI_{MVC}$  为用最大值合成法合成的 UNVI 值 (Huete 等, 1999)

图1 UNVI 合成总体流程图

Fig.1 Overall flow chart of UNVI composite

## 2.2.4 不确定性分析

本文的合成算法在实施和进行 UNVI 多维数据

集产品生产过程中可能遇到的问题如下:

(1) 云检测结果的不确定性导致合成结果出现异常。由于传感器受观测噪声、残云或大气等因素的影响, 经预处理后的数据集会存在噪声和误差较大的观测值。虽然本文中对数据进行了筛选处理, 但如果有云像元被检测为无云, 对于合成结果将产生较大的影响。比如, 在角度归一化合成法中, 有云数据因为被错误地监测为无云数据, 从而被加入到用来合成 UNVI 的原始数据集中, 而角度归一化算法对云非常敏感, 这就会导致合成结果出现异常。

(2) 高质量无云数据天数  $N$  较少时, 合成结果可能出现异常。当合成周期内高质量无云数据的天数  $N$  小于 5 d 时, 传感器受观测噪声、残云或大气等因素影响较大, 虽然本文已将有限视角内最大值合成法、直接算法和最大值合成法作为角度归一化合成法不适用情况下的备用算法, 但这些备用算法存在一定的缺陷, 使得合成结果可能出现异常。比如, 当合成周期内高质量无云数据的天数  $N$  为 0 时, 由于该合成周期内的数据都是低质量数据, 可能因原始数据异常导致计算得到的 UNVI 值非常大, 而此时选用的最大值合成法则是取最大的 UNVI 值作为合成值, 会导致合成结果异常。此外, 当  $N$  为 1 时, 本文是采用直接算法进行合成, 将该天的反射率数据计算出的 UNVI 作为合成值, 虽然这一天的数据的天气状况是无云的, 但除了云影响外, 噪声、大气等因素也会对传感器造成影响, 因此这一天的原始反射率数据也有可能是异常值, 从而导致合成结果也出现异常。

## 3 UNVI 合成产品描述

中国陆域 1:100 万植被指数 UNVI 多维数据集 (2017) 是基于 MODIS 数据 MOD09GA 产品构建而成, 为便于下载使用, 数据集采用国际 1:100 万地图分幅标准进行经纬线分幅 (GB/T13989-2012), 全国陆域 UNVI 产品共 64 景 (下载地址为: <http://www.hrs-cas.com/a/share/shujuchanpin/> [2019-03-05])。如图 2 所示为中国陆域 1:100 万 UNVI 数据集分幅图 (审图号: GS (2019) 2828 号), 图 2 中显示的数据为 2017 年第 193 天的 UNVI。每景的数据压缩包以图幅编号进行命名, 即 1 个大写字母+2 个数字。每景数据压缩包内包含 4 个文件: UNVI 合成数据及其头文件、质量控制波段数据及其头文件。UNVI 数据文件的命名方式为 “2017\_XXX\_UNVI”

(XXX表示3个字符组成的图幅编号), 质量控制数据文件的命名方式为“2017\_XXX\_QC”。

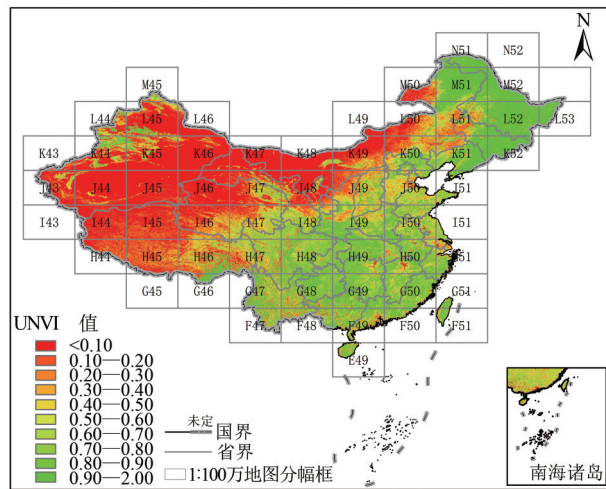


图2 中国陆域1:100万UNVI数据集分幅图

Fig.2 Map subdivision of 1:1 000 000 China Terrestrial UNVI Multi-Dimensional Data Set

UNVI合成数据和波段控制数据的存储格式为多维数据格式(张立福等, 2017), 即 Multi-Dimensional Dataset, 简称MDD格式。该数据格式是作者团队研发的集遥感数据的时—空—谱多维特征于一体的多维数据存储格式。一个MDD数据集由一系列不同时相的光谱立方体组成。根据多维数据存储顺序的不同, MDD可分为5种基本数据存储格式: TSB (Temporal Sequential in Band)、TSP (Temporal Sequential in Pixel)、TIB (Temporal Interleaved by Band)、TIP (Temporal Interleaved by Pixel) 和 TIS (Temporal Interleaved by Spectrum)。为便于多维时—空—谱数据的构建读取和分析, 配套研发并出版了多维数据分析软件模块, 即MDA (Multi-dimensional Data Analysis) 软件模块, 该模块集成于MARS (Multi-dimensional Analysis of Remote Sensing) 多维遥感分析软件中, MARS软件的下载地址为: <http://www.geodoi.ac.cn/WebCn/doi.aspx?Id=702> [2019-03-05]。

本文发布的UNVI数据集中包含空间维(2维经纬度坐标)、时间维(全年23个时相)和光谱维(植被指数)。空间维的数据投影已转换为WGS84经纬度坐标, 每景影像所覆盖的经纬度范围为 $6^{\circ} \times 4^{\circ}$ , 每个像素的大小约为 $0.00286^{\circ}$ ; 时间维包含23个时相, 间隔为16 d, 每个时相的命名方式为“2017ddd”, 表示2017年的第ddd天; 光谱维由于将多维光谱信息计算得到一个植被指数UNVI

数据, 只有一维信息, 后续可在此基础上增加其他的植被指数信息产品, 如NDVI、EVI等, 也可增加其他基于光谱维度信息计算得到的定量反演产品。

## 4 结论

本文基于MOD09GA数据特点和传统植被指数合成算法, 设计了UNVI植被指数合成优化算法, 生成了2017年中国陆域1:100万16 d合成植被指数UNVI多维数据集。本数据集全年共23个时相, 以MDD多维数据格式TSB模式存储, 全国陆域共64幅1:100万UNVI分幅产品, 研究人员可根据自己研究区域选择对应区域的植被指数产品下载, 利用MARS多维数据格式互操作软件可以进行全年植被物候期变化分析研究, 也可以基于UNVI数据集, 生成植被理化参量定量反演产品, 并进行全年物候期变化研究。团队将定期出版其他年度的UNVI产品, 欢迎感兴趣研究团队参与并提出宝贵意见。

## 参考文献(References)

- Cihlar J and Howarth J. 1994. Detection and removal of cloud contamination from AVHRR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32(3): 583-589 [DOI: 10.1109/36.297976]
- Duchemin B and Maisongrande P. 2002. Normalisation of directional effects in 10-day global syntheses derived from VEGETATION/SPOT: I. Investigation of concepts based on simulation. *Remote Sensing of Environment*, 81(1): 90-100 [DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00336-4]
- Guo N. 2003. Vegetation index and its advances. *Arid Meteorology*, 21(4): 71-75 (郭妮. 2003. 植被指数及其研究进展. *干旱气象*, 21(4): 71-75)
- Gutman G G. 1991. Vegetation indices from AVHRR: an update and future prospects. *Remote Sensing of Environment*, 35(2/3): 121-136 [DOI: 10.1016/0034-4257(91)90005-Q]
- Huete A, Didan K, Miura T, Rodriguez E P, Gao X and Ferreira L G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1/2): 195-213 [DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2]
- Huete A, Justice C and Van Leeuwen W. 1999. MODIS vegetation index (MOD 13) algorithm theoretical basis document (ATBD) Version 3.0[EB/OL]. [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod13.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf).
- Long X, Li J and Liu Q H. 2013. Review on VI compositing algorithm. *Remote Sensing Technology and Application*, 28(6): 969-977 (龙鑫, 李静, 柳钦火. 2013. 植被指数合成算法综述. *遥感技术与应用*, 28(6): 969-977)
- Tang Y. 2004. A Study of Normalization of Directional Effects in Vege-

- tation Index Using BRDF of Typical Crops Form MODIS Data. Beijing: Chinese Academy of Sciences (唐勇. 2004. MODIS 植被指数角度归一化与地表参数遥感反演系统实现. 北京: 中国科学院研究生院)
- Van Leeuwen W J D, Huete A R and Laing T W. 1999. MODIS vegetation index compositing approach: a prototype with AVHRR data. *Remote Sensing of Environment*, 69(3): 264-280 [DOI: 10.1016/S0034-4257(99)00022-X]
- Walthall C L, Norman J M, Welles J M, Campbell G and Blad B L. 1985. Simple equation to approximate the bidirectional reflectance from vegetative canopies and bare soil surfaces. *Applied Optics*, 24(3): 383-387 [DOI: 10.1364/AO.24.000383]
- Wang Z X, Liu C and Huete A. 2003. From AVHRR-NDVI to MODIS-EVI: advances in vegetation index research. *Acta Ecologica Sinica*, 23(5): 979-987 (王正兴, 刘闯, Huete A. 2003. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI. *生态学报*, 23(5): 979-987) [DOI: 10.3321/j.issn:1000-0933.2003.05.020]
- Zhang L F, Chen H, Sun X J, Fu D J and Tong Q X. 2017. Designing spatial-temporal-spectral integrated storage structure of multi-dimensional remote sensing images. *Journal of Remote Sensing*, 21(1): 62-73 (张立福, 陈浩, 孙雪剑, 付东杰, 童庆禧. 2017. 多维遥感数据时空谱一体化存储结构设计. *遥感学报*, 21(1): 62-73) [DOI: 10.11834/jrs.20176091]
- Zhang L F, Fujiwara N, Furumi S, Muramatsu K, Daigo M and Zhang L P. 2007a. Assessment of the universal pattern decomposition method using MODIS and ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(1): 125-142 [DOI: 10.1080/01431160600617228]
- Zhang L F, Furumi S, Muramatsu K, Fujiwara N, Daigo M and Zhang L P. 2007b. A new vegetation index based on the universal pattern decomposition method. *International Journal of Remote Sensing*, 28(1): 107-124 [DOI: 10.1080/01431160600857402]
- Zhang L F, Liu B, Zhang B and Tong Q X. 2010. An evaluation of the effect of the spectral response function of satellite sensors on the precision of the universal pattern decomposition method. *International Journal of Remote Sensing*, 31(8): 2083-2090 [DOI: 10.1080/01431160903246675]
- Zhang L F, Qiao N, Baig M H A, Huang C P, Lv X, Sun X J and Zhang Z. 2019. Monitoring vegetation dynamics using the universal normalized vegetation index (UNVI): an optimized vegetation index-VIUPD. *Remote Sensing Letters*, 10(7): 629-638 [DOI: 10.1080/2150704X.2019.1597298]

## UNVI multidimensional dataset of 2017 China's terrestrial at 1:1 000000 scale

ZHANG Lifu<sup>1</sup>, ZHONG Tao<sup>1,2</sup>, LIU Hualiang<sup>1,3</sup>, ZHU Man<sup>1,2</sup>, WANG Nan<sup>1</sup>, TONG Qingxi<sup>1</sup>

1. *Aerospace Information Research Institute, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

2. *College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*

3. *Institute of Remote Sensing and Geographic Information Systems, Peking University, Beijing 100871, China*

**Abstract:** In this study, a Universal Normalized Vegetation Index (UNVI) composite optimization algorithm was designed on the basis of the data characteristics of MOD09GA and traditional vegetation index composite algorithm. This algorithm was used to generate the UNVI multidimensional dataset of the 1:1 000 000 16-day composite vegetation index of China's terrestrial in 2017. It provides convenient vegetation index long-term sequence data products for researchers engaged in global change research.

The UNVI composite algorithm mainly consists two steps. The Moderate resolution imaging spectroradiometer data with invalid and negative reflectance values in the 16-day composite cycle are filtered. The number of days of the quality-free band data in the composite cycle is then counted. The corresponding synthesis algorithm for the 16-day composite of UNVI in accordance with the number of days of "cloudless" data is selected.

The UNVI time series images with a time resolution of 16 days and a spatial resolution of approximately 0.00286° in China are generated using the proposed algorithm. The UNVI dataset adopts 1:1 000 000 standard latitude and longitude framing, where the range covered by each scene is 6°×4°. For convenience, the dataset, including a total of 64 1:10 000 UNVI framing products in the country's land area, is in multidimensional data format and stored in TSB mode. Researchers can select the corresponding regional vegetation index product download according to their research area.

The UNVI dataset used in this study has obvious advantages compared with traditional normalized difference vegetation index and enhanced vegetation index composite datasets in reflecting vegetation density, vegetation coverage, vegetation photosynthesis rate, and inversion of vegetation physical and chemical parameters. Relevant researchers can use this dataset to conduct annual analysis of vegetation phenological changes. In addition, this dataset can be used to generate quantitative physicochemical parameter inversion products based on UNVI datasets and conduct research on phenological changes throughout the year.

**Key words:** remote sensing, UNVI, China terrestrial, MODIS, vegetation index, Multi-Dimensional Dataset

**Supported by** National Natural Science Foundation of China (No.41830108)