

doi: 10.6046/zrzyyg.2020406

引用格式: 刘咏梅,范鸿建,盖星华,等. 基于无人机高光谱影像的 NDVI 估算植被盖度精度分析[J]. 自然资源遥感,2021,33(3):11–17. (Liu Y M, Fan H J, Ge X H, et al. Estimation accuracy of fractional vegetation cover based on normalized difference vegetation index and UAV hyperspectral images[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2021, 33(3): 11–17.)

基于无人机高光谱影像的 NDVI 估算植被盖度精度分析

刘咏梅^{1,2}, 范鸿建¹, 盖星华¹, 刘建红^{1,2}, 王雷^{1,2}

(1. 西北大学城市与环境学院, 西安 710127; 2. 陕西省地表系统与环境承载力重点实验室, 西安 710127)

摘要: 研究波段参数对 NDVI 估算植被生物物理参数的影响, 对于提高 NDVI 在植被覆盖变化监测中的应用精度具有重要意义。采用无人机载 Resonon Pika XC2 高光谱仪获取的人工草地高光谱影像, 分析红光和近红外波段位置移动与宽度变化对 NDVI 的影响, 评估 NDVI 对植被盖度的敏感性和植被盖度估算精度。结果表明: 波段位置固定时红光和近红外波段宽度扩展对 NDVI 及其敏感性影响不大, 窄波段 NDVI 估算植被盖度的精度优于宽波段。红光和近红外波段位置向长波方向移动时对 NDVI 及其敏感性有不同程度的影响, 随着敏感性增强 NDVI 抗扰动性降低, 估算植被盖度的精度有所下降。窄波段 NDVI 的灵敏度系数及其与植被盖度线性拟合的 R^2 波动剧烈, 植被盖度估算的位置稳定性较差。10 nm NDVI 在不同位置处取得了较高的盖度估算精度, R^2 最大值为 0.83。4 种主流卫星影像计算的宽波段 NDVI 对于高植被覆盖区盖度反演具有良好的适用性, 但与窄波段 10 nm NDVI 相比其盖度反演精度仍然有一定程度的衰减。研究结果可为 NDVI 精确反演植被参数提供科学参考和依据。

关键词: 波段位置和宽度; NDVI; 植被盖度; 无人机; 高光谱影像

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097–034X(2021)03–0011–07

0 引言

植被指数(vegetation index, VI)是指在轨卫星可见光和近红外波段光谱反射率的不同组合方式, 其定量测量能够有效表征绿色植物的长势与活力^[1]。归一化差值植被指数(normalized vegetation index, NDVI)^[2]是目前应用最广泛的植被指数, 与叶面积指数(leaf area index, LAI)、植被覆盖度、叶绿素含量、绿色生物量及吸收光合有效辐射(absorbed photosynthetic active radiation, APAR)等植被生物物理参量密切相关, 是植被生长状况及植被变化监测的关键参数^[1,3]。大气影响、土壤背景、传感器定标及观测角度等是 NDVI 的主要决定因素^[4–5], 同时传感器波段设置的差异亦对 NDVI 产生不可忽视的影响。遥感技术的快速发展使多光谱/高光谱数据源日渐丰富, 为 NDVI 计算提供了更多的波段组合方式, 研究波段参数差异对 NDVI 及其植被参数反演精度的影响, 对于深化植被指数在地表过程/覆盖变化研究中的应用具有重要意义。

国外学者利用传统的机载 AVIRIS (Airborne

Visible/Infrared Imaging Spectrometer) 高光谱影像探讨了红光和近红外波段位置和宽度对 NDVI 的影响, 研究表明 NDVI 对红光波段的变化更敏感, 红光波段宽度对 NDVI 的影响较大, 波段宽度小于 50 nm 时近红外波段位置对 NDVI 的影响不明显^[6]。当红光和近红外波段进入红边(690~750 nm)时, 波段宽度和位置对 NDVI 的影响明显增大^[7–8]。我国学者对水稻和湿地植被实测光谱数据的研究验证了上述结果^[9–10]。现有研究侧重于利用实测光谱和 PROSAIL 模型模拟光谱分析波段宽度变化对植被指数估算水稻及小麦 LAI 的精度影响^[10–12]。机载/星载传感器红光和近红外波段的位置和宽度均有明显差异, 进一步探讨两者共同作用对 NDVI 及其植被参数反演精度的影响, 具有重要的实际借鉴意义。

植被盖度是指植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比, 是最重要的植被生态物理参数之一, 也是生态系统变化的基本指示性指标^[13]。研究波段位置和宽度变化对 NDVI 估算植被盖度的影响, 是 NDVI 应用精度评价中亟待解决的基本问题之一。

无人机低空遥感为植被盖度的实地监测提供了

有效工具^[14],与传统航空机载成像/地面光谱测量相比,无人机载高光谱成像技术提供了更精细的地表纹理和光谱信息^[15],在冬小麦 LAI 及水稻产量估测中取得了较高精度^[16],为植被生物物理参量反演提供了最优数据源。本研究基于无人机载 Resonon Pika XC2 高光谱仪获取的人工草地高光谱影像,分析红光和近红外波段位置与宽度变化对 NDVI 的影响,评估两者共同作用下 NDVI 对植被盖度的敏感性,及植被盖度估算精度,探讨不同卫星影像宽波段 NDVI 的差异及植被盖度反演的适用性,为地表/植被覆盖及变化高效准确监测提供参考依据。

1 数据获取与研究方法

1.1 实测数据获取与处理

2018 年 10 月 12—14 日,在西北大学长安校区人工草地 (108°51'57"E ,34°8'43"N)开展了无人机载高光谱成像飞行试验。无人机采用白米 X820 八轴旋翼无人机,飞行时进行自动航线规划,航向重叠率 80%,旁向重叠率 60%,飞行高度 150 m,视场角 30.2°。搭载传感器为 Resonon Pika XC2 高光谱成像仪,影像波长范围 400 ~ 1 000 nm,光谱采样间隔 2.6 nm,波段数 223 个,获取影像的空间分辨率为 0.2 m,同时采用大疆悟 1 无人机获取实验区 RGB 影像。成像飞行在上午 10:00—12:00 进行,天气晴朗。采用 SpectrononPro 软件对高光谱影像进行辐射校正,利用 Pix4D Mapper 进行影像拼接,随后在 ArcGIS 软件中利用 RGB 影像对高光谱影像进行几何校正,获得覆盖试验区的高光谱影像(图 1)。同期在试验区内均匀布设 22 个大小为 1 m×1 m 的样

方,垂直向下拍照获取植被盖度照片,对样方盖度照片进行几何校正及裁剪,并采用图像处理软件解译植被盖度。试验区植被覆盖相对比较均匀且盖度较高,最大、最小及平均盖度分别为:99.51%,64.25%和 92.03%。

1.2 NDVI 计算的波段参数确定

NDVI 指数计算的表达式如下:

$$NDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(\rho_{nir} + \rho_{red})} , \tag{1}$$

式中,ρ_{nir} 和 ρ_{red} 分别表示近红外波段反射率和红光波段反射率。

考虑到试验区获取的高光谱数据在 900 nm 后信噪比较低,结合在轨卫星多光谱影像红光波段和近红外波段的光谱范围,最终确定 NDVI 计算的红光波段和近红外波段光谱区间分别为 580 ~ 700 nm 和 725 ~ 900 nm。

植物叶绿素的强烈吸收在红光波段形成明显的吸收谷,叶片细胞组织的强烈反射则形成了近红外高反射平台。王福民等^[10]的研究显示不同生育期水稻冠层光谱红谷极值位置相对比较固定,平均位置约为 674 nm 处;近红外第一峰极值位置的变化则反映了水稻的生长状态,平均位于 860 nm 处。研究中采用 ENVI 软件的 ROI 工具在 Resonon 影像上均匀选取 20 个植被像元,提取其光谱反射率曲线并取均值。图 2 显示试验区人工草地植物的红谷范围为 600 ~ 700 nm,极值位于约 670 nm 处,近红外第一峰值范围为 760 ~ 900 nm,极值位于约 880 nm 处,红边范围为 680 ~ 750 nm。人工草地植物与水稻冠层结构具有一定的相似性,因而采用红谷极值和近红外第一峰值作为红光波段和近红外波段的中心位置。

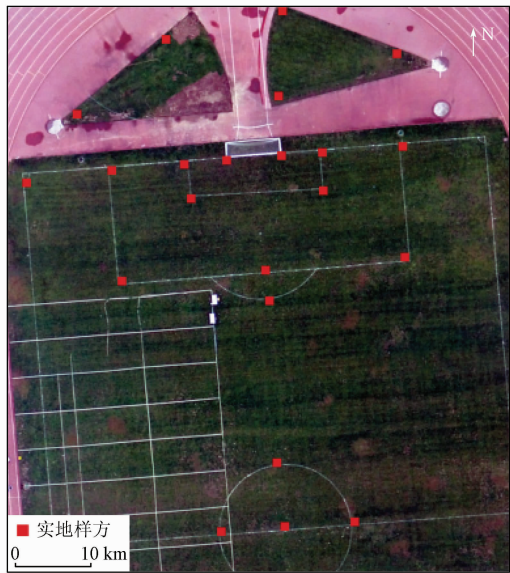


图 1 试验区概况
Fig.1 Overview of the test area

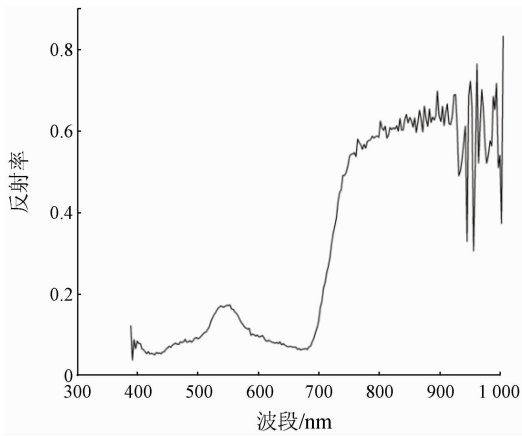


图 2 试验区植被光谱反射率曲线
Fig.2 Spectral reflectance curve of grassland in the test area
本文采用控制变量法分析波段位置和宽度变化

对 NDVI 及其估算植被盖度的影响。首先固定波段中心位置,分别扩展红光和近红外波段宽度计算 NDVI; 其次分别在红光及近红外波段滑动波段中心位置,同时扩展波段宽度计算 NDVI,分析其变化规律。试验区的 Resonon 影像原始波段宽度为 2.67 nm,计算平均反射率进行波段宽度扩展运算^[10]。

1.3 NDVI 对植被盖度的敏感度分析

定量评估不同波段位置和宽度下 NDVI 对植被盖度变化的敏感程度及其植被盖度估算精度,是 NDVI 应用于植被生物物理参量遥感反演的前提^[12]。敏感度函数或敏感度系数可用来量化描述植被指数与生物物理参数之间的关系^[17-18]。本研究首先采用敏感度系数来分析不同波段位置和宽度计算的 NDVI 对植被盖度变化的敏感程度,计算公式如下^[11]:

$$Var_c = \frac{(NDVI_{max} - NDVI_{min})}{NDVI_{max}} \times 100\% \quad , (2)$$

式中, $NDVI_{max}$ 和 $NDVI_{min}$ 分别为不同波段位置和宽度下 NDVI 随实测样方植被盖度变化的最大值与最小值。敏感度系数值越高,表明当前参数设置下 NDVI 对植被盖度的变化越敏感。

其次,以不同波段位置和宽度下的 NDVI 为自变量,对应样方的植被盖度为因变量进行线性回归拟合,采用决定系数 (coefficient of determination, R^2) 作为指标,评估植被盖度估算精度随 NDVI 波段位

置和宽度的变化情况。

2 结果与分析

2.1 波段位置和宽度变化对 NDVI 的影响

首先,分别固定近红外和红光波段的中心为 880 nm 和 670 nm,波段宽度为 10 nm; 以 670 nm 和 880 nm 作为红光和近红外波段中心,采用 5 nm 间隔扩展波段宽度至右边界处,红光和近红外波段最大扩展宽度分别达到 60 nm 和 40 nm,计算不同波宽下的 NDVI 值。其次,采用同样设置分别固定近红外和红光波段中心和宽度,用 10 nm,20 nm,30 nm,40 nm 和 50 nm 宽度的窗口在红光和近红外波段向长波方向滑动计算 NDVI 值,滑动间隔为 10 nm。结果显示,波段位置固定时 NDVI 随红光波段宽度增加逐渐减小,而在近红外波段宽度扩展的过程中 NDVI 基本不变,表明 NDVI 几乎不受近红外波段宽度变化的影响 (图 3(a))。红光波段中心向长波方向移动时 NDVI 增大且在 660 ~ 680 nm 范围内达到最大值,随后迅速减小,在 700 nm 处达到最小值。宽度对 NDVI 的影响主要在红边区域 680 ~ 700 nm 内,波段越宽 NDVI 越小 (图 3(b))。随着近红外波段中心在 725 ~ 750 nm 内滑动 NDVI 迅速增大,而在 750 ~ 900 nm 内随波段中心的移动 NDVI 几乎无变化。在整个近红外波段内波段宽度扩展对 NDVI

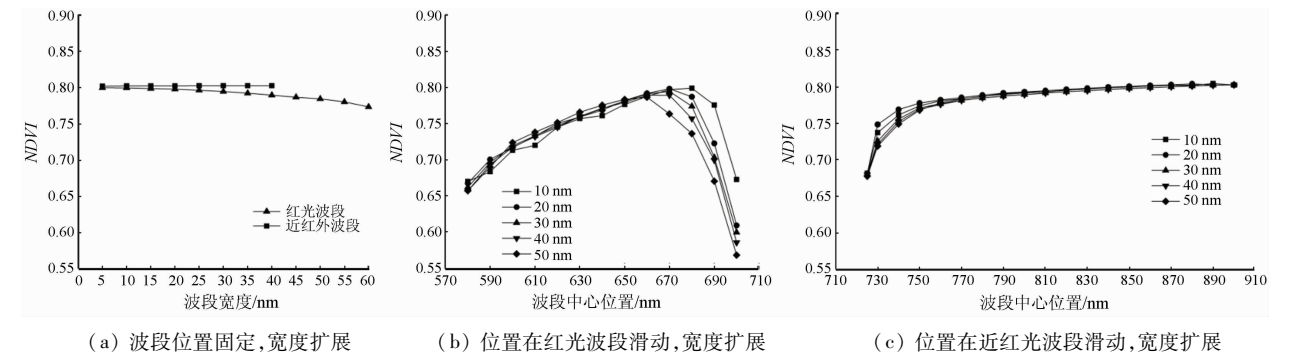


图3 波段位置和宽度变化对 NDVI 的影响

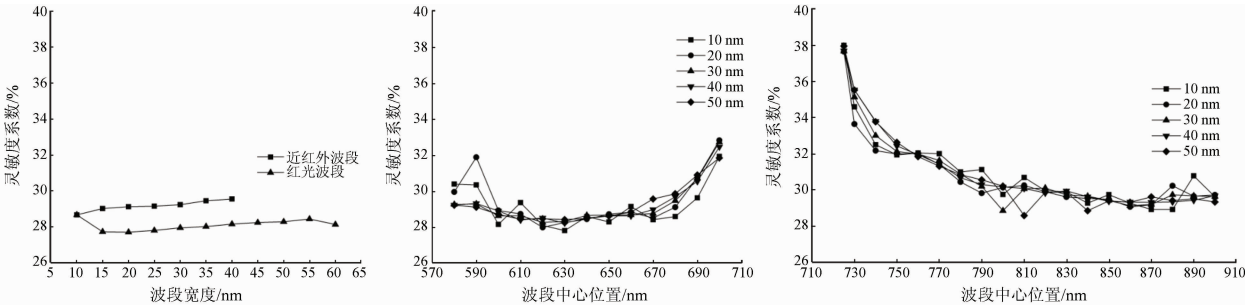
Fig.3 The influence of band position and width variation on NDVI

影响不明显 (图 3(c))。综上所述,当红光和近红外波段位于红边区域时对 NDVI 的计算有明显影响,其中红光波段位置变动的影响最强烈。

2.2 波段位置和宽度变化下 NDVI 对植被盖度的敏感性

依据公式(2)计算的敏感度系数 Var_c 见图 4,红光和近红外位置和宽度设置与图 3 相同。波段位置固定时,随着红光和近红外波段变宽敏感度系数呈现缓慢增加的趋势,相同宽度下近红外波段对植被盖度的敏感程度均高于红光波段 (图 4(a))。红光

波段中心在 580 ~ 670 nm 内移动时敏感度系数变化和缓,但在 670 ~ 700 nm 区间明显增大。随着近红外波段中心的移动灵敏度系数呈现不断减小趋势,波段位置对 NDVI 灵敏度系数的影响在近红外波段明显高于红光波段 (图 4(b) 和 (c))。总体来看,红光和近红外波段宽度变化对敏感系数的影响没有明显规律,窄波段 NDVI 的灵敏度系数在不同位置的波动性明显增强,表明窄波段 NDVI 对植被盖度的敏感性受波段位置的影响较大。



(a) 波段位置固定,宽度扩展 (b) 位置在红光波段滑动,宽度扩展 (c) 位置在近红外波段滑动,宽度扩展

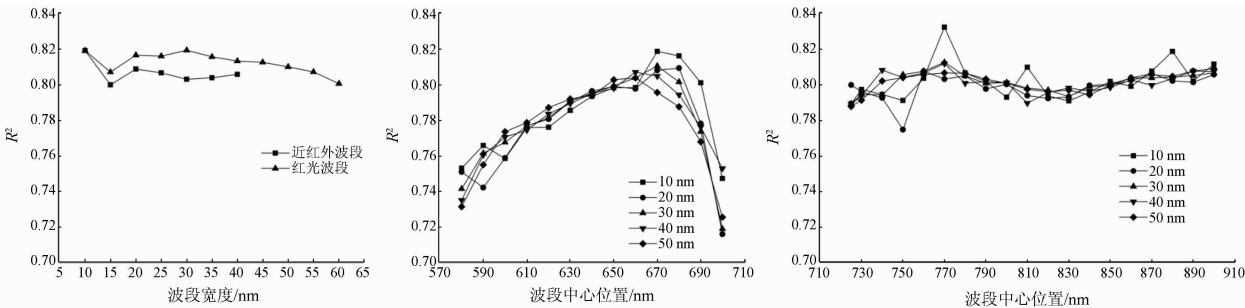
图 4 不同波段位置和宽度下 NDVI 对植被盖度的灵敏度系数

Fig. 4 Sensitivity coefficient of NDVI about vegetation coverage at different band positions and widths

2.3 波段位置和宽度变化对 NDVI 估算植被盖度的影响

不同波段位置和宽度计算的 NDVI 与样方植被盖度线性拟合的 R^2 变化情况见图 5, 拟合方程均在 0.01 水平上呈显著相关。波段位置固定时, 红光与近红外波段不同宽度下 NDVI 反演植被盖度的精度都比较高, R^2 大于 0.78。随着宽度增加 R^2 缓慢降低, 表明窄波段 NDVI 反演植被盖度的精度优于宽波段(图 5(a))。随着红光波段中心移动 R^2 先增加后降低, NDVI 与植被盖度的拟合 R^2 在

670 nm 处达到最大值, 随后快速下降, 在 700 nm 达到最小值。随着近红外波段中心移动 R^2 基本在 0.8 附近上下波动, NDVI 估算植被盖度的精度呈现微弱波动趋势(图 5(b) 和(c))。宽度扩展对 R^2 的影响没有明显规律, 窄波段 NDVI 与植被盖度的拟合 R^2 波动剧烈, 说明窄波段 NDVI 估算植被盖度的位置稳定性较差。红外和红光波段中心分别为 670 nm 和 770 nm、波段宽度为 10 nm 时, NDVI 拟合植被盖度的 R^2 达到最大值 0.83, 盖度估算精度达到最高。



(a) 波段位置固定,宽度扩展 (b) 位置在红光波段滑动,宽度扩展 (c) 位置在近红外波段滑动,宽度扩展

图 5 不同波段位置和宽度下 NDVI 与植被盖度的线性拟合 R^2

Fig. 5 R^2 between NDVI and vegetation coverage at different band positions and bandwidths

2.4 不同卫星影像宽波段 NDVI 估算植被盖度的适用性

利用试验区 Resonon 高光谱影像模拟 MODIS, Landsat OLI, Sentinel - 2 MSI, IKONOS 这 4 种主流卫星影像的红光波段和近红外波段并计算 NDVI, 以植被盖度估算精度最高的 Resonon 10 nm $NDVI_{670/770}$ 为参考, 基于实测样方分析不同卫星影像宽波段 NDVI 的差异及其与植被盖度的线性拟合 R^2 , 见图 6 和表 1。结果显示 4 种卫星影像计算的 NDVI 与 $NDVI_{670/770}$ 均有较好的相关性, MODIS, Landsat OLI, Sentinel - 2 MSI 的 NDVI 散点大部分紧密分布在 1:1 线之上, 其 NDVI 值略微高于 $NDVI_{670/770}$, 而 IKONOS NDVI 值则明显偏低, 分布在 1:1 线以下。4 种影像宽波段 NDVI 拟合植被盖度的 R^2 值相近, 在 0.79 ~ 0.81 之间, 但都低于 Resonon 10 nm $ND-$

$VI_{670/770}$ 的拟合精度。

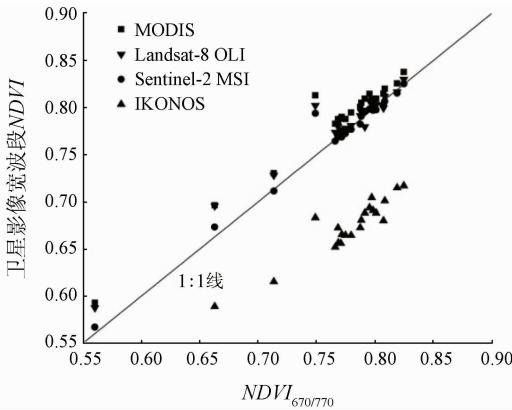


图 6 卫星影像宽波段 NDVI 与 Resonon 10 nm $NDVI_{670/770}$ 的对比

Fig. 6 Broadband NDVI values compared to Resonon 10 nm $NDVI_{670/770}$ values

表 1 卫星影像宽波段 NDVI 与植被盖度的线性拟合 R^2
Tab. 1 R^2 between broadband NDVI
and vegetation coverage

传感器	红光波段/nm	近红外波段/nm	R^2
MODIS	620 ~ 670	841 ~ 876	0.79
Landsat 8 OLI	640 ~ 670	850 ~ 880	0.81
Sentinel - 2 MSI	650 ~ 680	785 ~ 900	0.80
IKONOS	640 ~ 720	770 ~ 880	0.79

3 讨论

本文基于机载 Resonon Pika XC2 高光谱影像的研究发现,近红外波段宽度增加几乎对 NDVI 无影响,但随着红光波段宽度增加 NDVI 逐渐减小,NDVI 受红光波段宽度变化的影响更大。红光波段位置滑动和宽度变化的共同作用对 NDVI 的影响亦明显大于近红外波段,这一影响在红边区域(680 ~ 750 nm)更加突出,红边区域之外 NDVI 对近红外波段位置和宽度的变化均不敏感。这些结果与 Teillet 等^[6]、Galvao 等^[7-8]、王福民等^[4]、林贤彪等^[9]的结果相一致。本文的研究进一步发现,与地面实测光谱数据相比,低空无人机高光谱影像红光波段位置的变化对 NDVI 影响更剧烈,进入红边区域(680 ~ 700 nm)后随着波段位置向长波滑动,NDVI 的衰减速度且明显高于实测光谱数据^[9-10],从而更准确地刻画了影像波段位置变化对 NDVI 的影响。

现有研究主要基于实测光谱数据分析波段宽度扩展时植被指数对 LAI 敏感度的变化趋势,结果表明,随着波段变宽,各种植被指数对 LAI 的敏感性有明显或微弱程度的降低,LAI 反演模型拟合 R^2 的变化规律则各有不同^[11-12]。本文对于植被盖度反演的研究显示,当红光和近红外波段宽度扩展时 NDVI 对植被盖度的敏感性变化不大,但宽波段 NDVI 反演植被覆盖盖度的精度有所降低。从波段位置滑动和宽度扩展的综合作用来看,位置滑动对 NDVI 敏感性的影响明显大于宽度扩展,在红边区域内 NDVI 的灵敏度达到最高,对植被盖度变化及差异的描述达到最优。总体来看,试验区人工草地反射率在红光波段的位置变化幅度大于近红外波段,使 NDVI 随红光波段位置的变化更剧烈。而近红外波段位置滑动下 NDVI 对植被盖度的灵敏度系数普遍高于红光波段,则反映出在 NDVI 计算的 2 个参量:红光和近红外波段反射率中,植被盖度对近红外波段位置的变化更敏感。本文的研究进一步发现,随着对植被盖度敏感性的增强,NDVI 抗扰动力减弱使植被盖度估算精度有所降低,在 670 ~ 700 nm 内随着灵敏度系数增高,NDVI 估算植被盖度的 R^2 明显衰

减。位置滑动时宽度扩展对 NDVI 灵敏度及植被盖度估算精度的影响没有明显规律,但波段越窄 NDVI 的灵敏度和 R^2 波动越剧烈,窄波段 NDVI 估算植被盖度精度的稳定性有所下降。综合来看,红光波段在 620 ~ 690 nm 内 NDVI 拟合植被盖度的 R^2 达到 0.78 以上、近红外波段在 740 ~ 900 nm 内拟合 R^2 可达到 0.8 以上,估算精度较高。10 nm NDVI 在不同波段位置处拟合植被盖度的 R^2 值虽然波动剧烈,但分别在 670 nm,680 nm,770 nm,800 nm 及 880 nm 处取得了较好的反演效果。

MODIS,Landsat OLI 和 Sentinel - 2 MSI 影像计算的宽波段 NDVI 与 Resonon 10 nm 窄波段 NDVI_{670/770} 值接近但略有高估,这与 Huemmrich 等^[19]的研究结果有一致性。而 IKONOS 影像的红光波段 640 ~ 720 nm 与红边区域 680 ~ 750 nm 有重合,是造成 IKONOS NDVI 明显低估的主要原因。4 种卫星影像计算的 NDVI 与植被盖度的拟合 R^2 均比较高,表明这 4 种影像应用于高植被覆盖区盖度反演具有良好的适用性。与 Resonon 10 nm NDVI_{670/770} 相比,受传感器类型及波段位置和宽度设置不同的影响,卫星影像宽波段计算的 NDVI 有或高或低的偏差,其估算植被覆盖盖度的精度有一定程度的降低。

4 结论

本文基于无人机载高光谱影像,深入探讨了波段位置移动和宽度扩展的共同作用对 NDVI 估算植被盖度精度的影响。研究结果揭示,红光波段位置移动对 NDVI 估算植被盖度的精度产生显著影响,而波段宽度扩展的影响则没有明显规律,窄波段 NDVI 对植被盖度的估算精度高,但波动剧烈位置稳定较差。4 种卫星影像的宽波段 NDVI 对于高植被覆盖区盖度估算具有良好的适用性,但与窄波段 10 nm NDVI 相比其盖度反演精度仍有一定程度的衰减。本文的研究主要以人工草地为试验区,植被类型相对单一,植被覆盖以中高覆盖度为主。在低植被覆盖区土壤背景对 NDVI 有明显影响,后续研究正在进一步开展波段参数对低植被覆盖区盖度估算的影响分析,以期为不同植被覆盖条件下 NDVI 精确反演植被参数提供科学基础。

参考文献 (References):

[1] 田庆久,闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展,1998,13(4):327-333.
Tian Q J, Min X J. Advances in study on vegetation indices[J]. Advance in Earth Sciences,1998,13(4):327-333.

- [2] Rouse J W, Haas R H, Schell J A, et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium, 1974(1): 48–62.
- [3] 李喆, 胡蝶, 赵登忠, 等. 宽波段遥感植被指数研究进展综述[J]. 长江科学院院报, 2015, 32(1): 125–130.
Li Z, Hu D, Zhao D Z, et al. Research advance of broadband vegetation index using remotely sensed images[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2015, 32(1): 125–130.
- [4] 王福民, 黄敬峰, 王秀珍, 等. 波段位置和宽度对不同生育期水稻 NDVI 影响研究[J]. 遥感学报, 2008, 12(4): 626–632.
Wang F M, Huang J F, Wang X Z, et al. Effects of band position and bandwidth on NDVI measurements of rice at different growth stages[J]. Journal of Remote Sensing, 2008, 12(4): 626–632.
- [5] 王正兴, 刘闯, Huete Alfredo. 植被指数研究进展: 从 AVHRR–NDVI 到 MODIS–EVI[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 979–987.
Wang Z X, Liu C, Huete Alfredo. From AVHRR–NDVI to MODIS–EVI: Advances in vegetation index research[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(5): 979–987.
- [6] Teillet P M, Staenz K, William D J. Effects of spectral, spatial, and radiometric characteristics on remote sensing vegetation indices of forested regions[J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 61(1): 139–149.
- [7] Galvao L S, Vitorello I, Filho R A. Effect of band positioning and bandwidth on NDVI measurements of Tropical Savannas[J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 67: 181–193.
- [8] Galvao L S, Vitorello I, Pizarro M A. An adequate band positioning to enhance NDVI contrasts among green vegetation, senescent biomass, and tropical soils[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(9): 1953–1960.
- [9] 林贤彪, 何诗, 林啸, 等. 波段位置和宽度对河口湿地 4 种植被 NDVI 的影响[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(4): 714–720.
Lin X B, He S, Lin X, et al. Effects of band position and bandwidth on NDVI measurements of four kinds of estuary wetland vegetation[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2013, 8(4): 714–720.
- [10] 王福民, 黄敬峰, 唐延林, 等. 采用不同光谱波段宽度的归一化植被指数估算水稻叶面积指数[J]. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2444–2450.
Wang F M, Huang J F, Tang Y L, et al. Estimation of rice LAI by using NDVI at different spectral bandwidths[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(11): 2444–2450.
- [11] Du H S, Jiang H L, Zhang L F, et al. Evaluation of spectral scale effects in estimation of vegetation leaf area index using spectral indices methods[J]. Chinese Geographical Science, 2016, 26(6): 731–744.
- [12] 黄婷, 梁亮, 耿笛, 等. 波段宽度对利用植被指数估算小麦 LAI 的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(4): 168–177.
Huang T, Liang L, Geng D, et al. Effects of band width on estimation of wheat LAI using vegetation index[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(4): 168–177.
- [13] 贾坤, 姚云军, 魏香琴, 等. 植被覆盖度遥感估算研究进展[J]. 地球科学进展, 2013, 28(7): 774–782.
Jia K, Yao Y J, Wei X Q, et al. 2013. A review on fractional vegetation cover estimation using remote sensing[J]. Advance in Earth Sciences, 2013, 28(7): 774–782.
- [14] Liu F, Wang X C, Wang C K. Measuring vegetation phenology with near–surface remote sensing in a temperate deciduous forest: Effects of sensor type and deployment remote sensing[J]. Remote Sensing, 2019(11): 1063.
- [15] 王飞龙, 王福民, 胡景辉, 等. 基于相对光谱变量的无人机遥感水稻估产及产量制图[J]. 遥感技术与应用, 2020, 35(2): 458–468.
Wang F L, Wang F M, Hu J H, et al. Estimating and mapping rice yield using UAV–hyperspectral imager based relative spectral variates[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2020, 35(2): 458–468.
- [16] 陶惠林, 冯海宽, 杨贵军, 等. 基于无人机数码影像和高光谱数据的冬小麦产量估算对比[J]. 农业工程学报, 2019, 35(23): 111–118.
Tao H L, Feng H K, Yang G J, et al. Comparison of winter wheat yields estimated with UAV digital image and hyperspectral data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(23): 111–118.
- [17] Ji L, Albert J P. Performance evaluation of spectral vegetation indices using a statistical sensitivity function[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 106(1): 59–65.
- [18] Vincini M, Frazzini E. Comparing narrow and broad–band vegetation indices to estimate leaf chlorophyll content in planophile crop canopies[J]. Precision Agriculture, 2011, 12(3): 334–344.
- [19] Huemmrich K F, Black T A, Jarvis P G, et al. High temporal resolution NDVI phenology from micrometeorological radiation sensors[J]. Journal of Geophysical Research, 1999, 104(22): 27935–27944.

Estimation accuracy of fractional vegetation cover based on normalized difference vegetation index and UAV hyperspectral images

LIU Yongmei^{1,2}, FAN Hongjian¹, GE Xinghua¹, LIU Jianhong^{1,2}, WANG Lei^{1,2}

(1. College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127, China; 2. Shaanxi Key Laboratory of Surface System and Environmental Carrying Capacity, Xi'an 710127, China)

Abstract: The researches on the effects of band parameters on the biophysical parameters of vegetation estimation

using the normalized difference vegetation index (NDVI) have great significance for the improvement in the application accuracy of NDVI in vegetation dynamic monitoring. Based on the hyperspectral images of artificial grassland obtained from a Resonon, Inc. Pika XC2 Hyperspectral Imaging Camera loaded by an unmanned aerial vehicle (UAV), this study analyzes the effects of the positions and width of red and near – infrared bands on NDVI and assesses the sensitivity of NDVI to fractional vegetation cover and the estimation accuracy. The results are as follows. When band positions were fixed, the width expansion of red and near – infrared bands had little effects on NDVI and its sensitivity, and the accuracy of fractional vegetation cover estimated using narrowband NDVI is higher than the accuracy based on broadband NDVI. When the red and near – infrared bands moved towards long waves, the NDVI and its sensitivity were affected to different extents. With an increase in the sensitivity, the anti – disturbance performance of NDVI decreased, and the estimation accuracy of fractional vegetation cover decreased. The sensitivity coefficient of narrowband NDVI and the R^2 determined by the linear fitting of the sensitivity coefficient and the fractional vegetation cover greatly fluctuated, and the estimated fractional vegetation cover at various locations was unstable. High estimation accuracy of fractional vegetation was obtained at different locations using the 10 nm NDVI, with the maximum R^2 value of 0.83. The broadband NDVI calculated using four popular satellite images can be well applied in the inversion of the fractional vegetation cover in areas with high vegetation cover. However, its inversion accuracy of fractional vegetation cover still suffered some attenuation compared with narrowband NDVI (10 nm). These results will serve as scientific references and bases for accurate inversion of vegetation parameters using NDVI.

Keywords: band position and width; NDVI; fractional vegetation cover; UAV; hyperspectral image
(责任编辑: 李 瑜)

=====

《国土资源遥感》期刊更名公告

经国家新闻出版署批准,《国土资源遥感》更名为《自然资源遥感》。《自然资源遥感》国内统一连续出版物号为 10 – 1759/P,ISSN 号为 2097 – 034X,主管单位为中国地质调查局,主办单位为中国自然资源航空物探遥感中心,编辑出版单位为《自然资源遥感》编辑部。

《自然资源遥感》办刊宗旨为: 及时追踪报道遥感科学及相关领域学科的技术发展和应用状况,加强遥感技术新方法新技术交流,推动遥感技术在自然资源及相关领域中的应用,促进遥感学科发展和人才培养。

《自然资源遥感》主要栏目有: 综述、技术方法、技术应用、地理信息系统、消息报道等。欢迎从事自然资源遥感相关领域的广大科研和工作、学习人员阅读与投稿。

期刊自 2021 年第 3 期正式启用新刊名《自然资源遥感》,同时停用原刊名《国土资源遥感》。

《自然资源遥感》编辑部