

基于地形调节植被指数的像元二分模型应用研究

赵威成^{1,2}, 叶欣¹, 张红华¹ (1.黑龙江科技大学矿业工程学院, 黑龙江哈尔滨 150022; 2.东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 植被覆盖度是衡量地表植被状况的一个重要指标, 归一化植被指数结合像元二分模型是一种通过遥感监测获取植被覆盖度的方法, 使用广泛, 但在山区会受到地形效应的影响。引入地形调节植被指数估算植被覆盖度, 通过配对 t 检验发现其在山区具有良好的削弱地形效应作用, 可用于山区的植被覆盖度反演。
关键词 地形调节植被指数; 归一化植被指数; 地形效应; 像元二分模型
中图分类号 TP 79 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)28-0071-02

The Applied Research on Dimidiate Pixel Model Based on TAVI
ZHAO Wei-cheng^{1,2}, YE Xin¹, ZHANG Hong-hua¹ (1.School of Mines, Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin, Heilongjiang 150022; 2.School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)
Abstract Vegetation coverage is an important indicator of surface vegetation. Normalized vegetation index combined with dimidiate pixel model is one of methods to obtain vegetation coverage by remote sensing, it is widely used. But it will be affected by topographic effect in mountain area. In this paper, the vegetation coverage was estimated by using the TAVI. By paired t test, it was found that it had a good weakening of the topographic effect in the mountain area, and could be used to invert the vegetation coverage rate in the mountain area.
Key words TAVI; NDVI; Topographic effect; Dimidiate pixel model

植被覆盖度是衡量地表植被状况的一个重要指标, 也是描述生态系统的基础数据, 对水文、生态、区域变化等都具有重要意义。植被覆盖度的计算主要包括地面测量和遥感监测 2 种方法^[1]。

像元二分模型是使用较为广泛的一种植被覆盖度估算方法, 其与归一化植被指数 (NDVI) 结合在实际应用中取得了较好的效果。然而在山区的植被覆盖度估算中, 由于地形效应的影响, 估算结果出现一些偏差, 目前解决地形效应最有效的方式是地形校正。但有些时候待校正地区 DEM 不易获取或与地形配准不精确, 都会影响地形校正的结果, 甚至根本无法进行地形校正。针对这种情况, 该研究提出采用地形调节植被指数 (TAVI) 替代归一化植被指数 (NDVI), 结合像元二分模型, 进行地表植被覆盖度反演, 为减弱地形效应在植被覆盖度估算中的影响提供一种简洁、有效的方法。

1 技术路线与数据预处理

研究区域内有平地、丘陵、山地, 能较好地研究地形效应对植被覆盖度的影响, 获取了该地区 landsat8OLI 多波段影像 (图 1a) 以及该地区 DEM 分辨率 30 m (图 1b)。

1.1 研究技术路线 在辐射校正减弱地形影响的各种技术方法中, 地形校正被认为是目前最有效的手段, 该研究选取地形校正中效果最好的 SCS+C 校正方法, 设地形校正后的 NDVI_{SCS+C} 并结合像元二分模型估算出的植被覆盖度无地形影响, 可作为此次研究的参考依据, 分别与由归一化植被指数 NDVI 结合像元二分模型估算出的植被覆盖度 VFC_{NDVI}, 及由地形调节植被指数 (TAVI) 结合像元二分模型估算出的植被覆盖度 VFC_{TAVI} 进行对比分析, 得到研究结论。

1.2 数据预处理 在遥感成像的过程中, 受到外界条件的影响, 不可避免会含有辐射畸变, 在辐射校正时进行了绝对辐

射定标, FLAASH 大气校正^[2], 地形校正采用 SCS+C 方法 (图 1c)。

研究区域的 Landsat8 影像和 DEM 坐标系、投影方式一致, 经检查后发现能够达到研究需要的几何配准精度, 故不再进行几何校正和几何配准。

2 植被覆盖度估算与检验样本抽样

2.1 地形调节植被指数 TAVI 为了减弱在复杂山地由于地形阴坡、阳坡接收到日照的不同而引起的反演阴坡、阳坡植被指数值的差异, 有学者在 NDVI 中引入带地形调节因子的阴影植被指数 SVI, 有效减弱了该项差异^[3]。

$$TAVI = NDVI + f(\Delta) \times \frac{M_R - R}{R} \tag{1}$$

式 (1) 中, M_R 为研究区红波段最大辐射值; R 为研究区红波段辐射值。

TAVI 对地形效应的减弱效果很大程度上取决于地形调节因子 $f(\Delta)$ 的取值, 采用最大值优化匹配算法计算 $f(\Delta)$ 。

(1) 利用 DEM 计算出研究区域的坡度、坡向, 划分并提取出遥感影像上相应的阴坡、阳坡区域 (该研究为保证结果准确性采用 DEM 提取阴、阳坡, 实际应用中可采用监督分类的方式概要划分)。

(2) 分别计算阴坡、阳坡区域中 TAVI 的最大值 $TAVI_{\text{阴max}}$ 和 $TAVI_{\text{阳max}}$, $f(\Delta)$ 的初始值设为 0。

(3) $f(\Delta)$ 从 0 开始, 以步长 $10E-5$ 增加, 依次迭代计算, 当 $|TAVI_{\text{阴max}} - TAVI_{\text{阳max}}| \leq 10^{-3}$ 时终止迭代, 计算得 $f(\Delta) = 1.42 \times 10^{-3}$ 。

为了更好地比较 TAVI 在减弱地形效应方面的效果, 截取了研究区影像的一小块区域, 分别计算地形校正前的 NDVI, 地形校正后的 NDVI_{SCS+C} 以及 TAVI, 进行目视对比 (图 2a、b、c)。对比结果发现, 从相应图像纹理均匀性方面考虑, 抵抗地形效应最好的是 NDVI_{SCS+C}, 其次是 TAVI, 最后是 NDVI, 与预期效果一致。

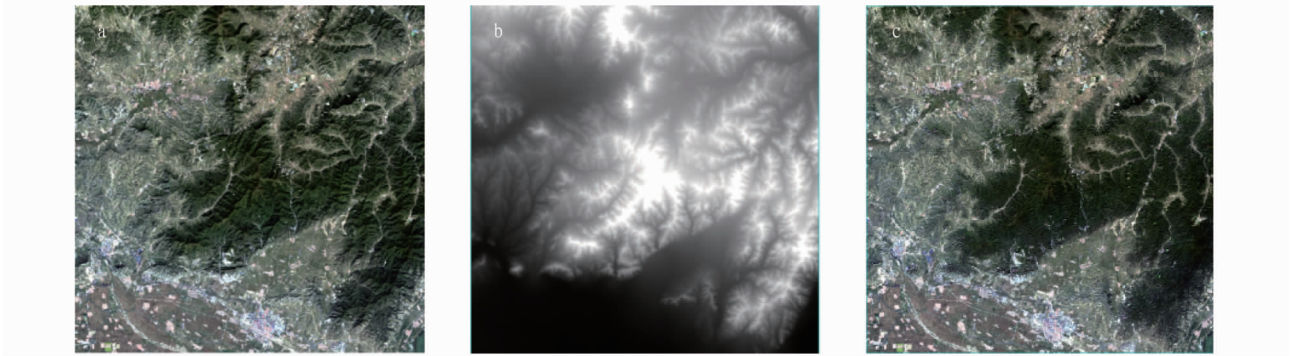


图1 研究区真彩色影像(a)、DEM(b)和地形校正后影像(c)

Fig.1 Multispectral data in the research area (a),DEM (b) and multispectral data after topographic correction (c)

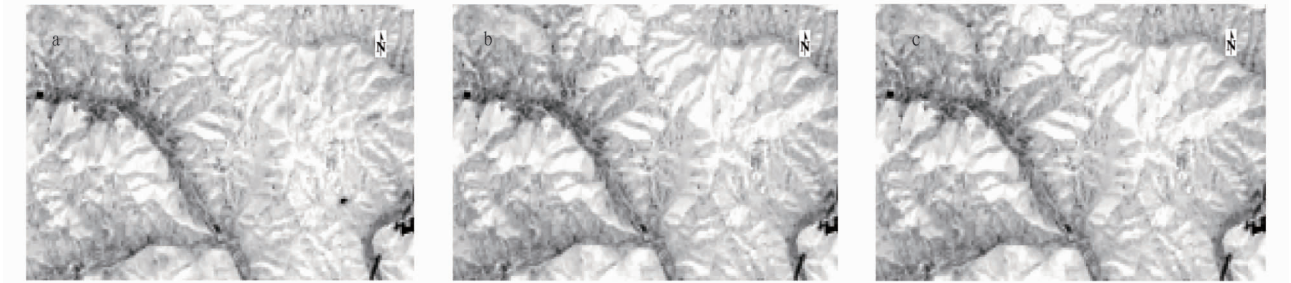


图2 研究区局部放大NDVI_{SCS+C}(a)、NDVI(b)、TAVI(c)

Fig.2 Locally amplified of NDVI_{SCS+C}(a),NDVI(b),TAVI(c) in the study area

2.2 像元二分模型 像元二分模型计算植被覆盖度 VFC 的通用公式为:

$$VFC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (2)$$

式(2)中,NDVI_{soil}表示无植被覆盖区 NDVI 值;NDVI_{veg}表示植被覆盖区 NDVI 值。可按下式求取:

$$NDVI_{soil} = \frac{VFC_{max} \times NDVI_{min} - VFC_{min} \times NDVI_{max}}{VFC_{max} - VFC_{min}} \quad (3)$$

$$NDVI_{veg} = \frac{(1 - VFC_{min}) \times NDVI_{max} - (1 - VFC_{max}) \times NDVI_{min}}{VFC_{max} - VFC_{min}} \quad (4)$$

在研究区域观察发现,该区域内有水体,可认为完全无植被覆盖,同时该区域有植被完全覆盖区域,故可取 VFC_{min} = 0, VFC_{max} = 1。

因此, VFC 最终表达式为:

$$VFC = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (5)$$

式(5)中,NDVI_{min}和 NDVI_{max}可在 NDVI 中得到。遥感影像在成像过程中不可避免地会受到噪声的影响,根据其他研究人员的结论,结合该案例实际情况,按照累计概率分布设置置信区间[0.05%~99.95%]^[4]。

受 NDVI 像元二分模型的思路启发,基于 TAVI 的像元二分模型公式可表达为^[5]:

$$VFC_{TAVI} = \frac{NDVI - TAVI_{min}}{TAVI_{max} - TAVI_{min}} \quad (6)$$

2.3 检验样本抽样方案 根据经验可知,地形效应对植被覆盖度的影响随着地形的不同而不相同,为了更准确地分析地形效应对地表覆盖度的影响及对地形效应的减弱,采取集群

采样结合简单随机抽样的方式进行检验样本抽样^[6-7]。

(1)按典型地形分平地、丘陵、山地阳坡、山地阴坡分别对研究区进行人工集群采集,样本尽量均匀分布整个研究区,每个样本内地形保持一致,每类样本采集数量超过 5 000 个像元。样本总数占研究区域总像元数比例超过 1%。

(2)在每类样本中简单随机抽样 300 个,保证总体估计是无偏的。

3 植被覆盖度反演结果分析

3.1 植被覆盖度反演总体趋势分析 由图 3 可知,3 种方法估算的植被覆盖度总趋势相同,其中 VFC_{NDVI}、VFC_{TAVI} 相比 VFC_{SCS+C} 在植被覆盖度[0.7,0.8]区间内有低估表现,在[0.8,1]区间有高估表现,而总体表现来看,VFC_{TAVI} 和 VFC_{SCS+C} 的分布更为接近,说明 TAVI 在像元二分模型的应用中对地形效应的影响有一定的改善,但效果较地形校正略差。

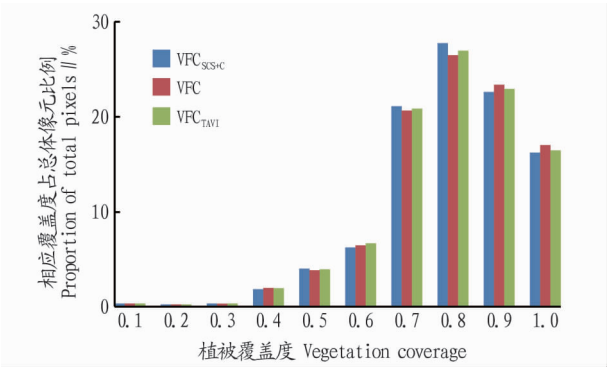


图3 植被覆盖度直方图

Fig.3 Vegetation coverage histogram

解,而 HN-WS 和 CK 没有明显变化;试验进行到 100 d 时,HD-2 率先完成降解,TZ-1 降解率达 70% 以上,ND-SJ3、ND-SJ4 开始进入降解期,达到预期结果,而 HN-WS 出现针孔大的破洞;180 d 时,ND-SJ3、ND-SJ4 降解率都达到 80% 以

上,HN-WS 除了厚度降低再没有任何变化。综上所述,HD-2、TZ-1、ND-SJ3、ND-SJ4 适用于西瓜的栽培,而 HN-WS 不适于热带地区使用。

表 6 生物降解地膜降解规律
Table 6 Degradation law of biodegradable plastic film

序号 Order	型号 Model	20 d	60 d	100 d	140 d	180 d
1	CK	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
2	ND-SJ3	无变化	小面积出现破洞	破洞变大且出现裂缝	降解程度到 30% 以上	降解率达到 85% 以上,剩小块的碎屑
3	ND-SJ4	有小裂缝和破洞	出现较多大的破洞	20% 以上开始大面积降解	降解程度到 40% 以上	降解率达到 95% 以上,已基本完成
4	TZ-1	出现小破洞	大面积分解完成,降解程度达 50% 以上	破洞增多,降解率达 70% 以上	降解程度达 80%,已基本降解	—
5	HD-2	出现针孔大的破洞	出现裂缝,破洞数增加	基本完全降解	—	—
6	HN-WS	无变化	无变化	出现针孔大的破洞	厚度减小,出现破洞	厚度明显减小,破洞无明显变化

3 小结与讨论

经过对比 6 种地膜对土壤温湿度和西瓜长势的影响,结果表明,在土壤温湿度方面,ND-SJ3 生物降解地膜性能更好且优于普通地膜;西瓜生长方面,综合 4 个生长指标以及田间表现,ND-SJ3 生物降解地膜对西瓜生长的各个生长指标与普通地膜差异性不大,不影响西瓜正常生长,其次为 ND-SJ4、HD-2,可以替代普通膜使用,其他几种对西瓜生长影响较大;产量和品质方面,几种地膜间的差异变化不是很大。综合土壤温湿度、田间表现以及降解情况,建议推广 ND-SJ3、ND-SJ4、HD-2、TZ-1 在西瓜、甜瓜等作物适用,由于 ND-SJ3、ND-SJ4 降解期较长,后期也可以在长期作物上进行栽培试验。

参考文献

[1] 黄治清.农用塑料薄膜[J].国外聚烯烃塑料,1981(4):14-19.
[2] 杨富军,高华援,赵叶明,等.地膜覆盖栽培对花生生殖生长及产量的影响[J].安徽农业科学,2013,41(26):10643-10645.
[3] 农七师 130 团残膜调查组.残膜污染土壤的调查[J].新疆农垦科技,1990(4):3-4.
[4] 杨熹,李洁.我国农用地土壤污染现状及污染源成因分析[J].山东工业技术,2018(16):224.
[5] 王建英,赵颖,孔海燕,等.我国农田土壤污染现状及防治对策[J].农家参谋,2017(19):13.
[6] 肖日新.提升海南南北运蔬菜产业的有效途径与技术对策[J].中国蔬菜,2012(19):14-17.
[7] 黎先发.可降解地膜材料研究现状与进展[J].塑料,2004,33(1):76-81.
[8] 申丽霞,王璞,张丽丽.可降解地膜对土壤、温度水分及玉米生长发育的影响[J].农业工程学报,2011,27(6):25-30.
[9] 何文清,赵彩霞,刘爽,等.全生物降解膜田间降解特征及其对棉花产量影响[J].中国农业大学学报,2011,16(3):21-27.

(上接第 72 页)

3.2 山地阴坡地形条件下配对 t 检验 在山地阴坡时受地形效应影响最大,表 1 是不同植被覆盖度反演结果在山地阴坡地形条件下的配对 t 检验^[8]。由检验结果分析可知,

VFC_{NDVI} 、 VFC_{TAVI} 与 VFC_{SCS+C} 均存在显著性差异, VFC_{TAVI} 配对 t 检验结果相比 VFC_{NDVI} 配对 t 检验结果有更小的均值和标准差,说明 VFC_{TAVI} 结果更接近于 VFC_{SCS+C} ,地形效应的影响得到减弱。

表 1 山地阴坡地形条件下配对 t 检验
Table 1 Paired t test under the shady slope of the mountain

配对 Paired	均值 Mean	标准差 Standard deviation	t	df	Sig.(双侧) Sig.(bilateral)
$VFC_{NDVI}-VFC_{SCS+C}$	0.059 332 4	0.051 973 0	22.973	299	0.000
$VFC_{TAVI}-VFC_{SCS+C}$	0.021 698 8	0.022 366 1	25.598	299	0.000

4 结语

通过研究区植被覆盖度反演试验可知,反演精度最高的是 VFC_{SCS+C} ,但需要的条件较多,在实际生产中限制了其应用。该研究提出的 VFC_{TAVI} 方法,在其反演结果中受地形效应的影响得到了良好的削弱,并且反演过程不需 DEM 的辅助,计算简单、方便,生产效率高,在实际生产中有较高的价值。

参考文献

[1] 张云霞,李晓兵,陈云浩.草地植被盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J].地球科学进展,2003,18(1):85-93.

[2] 邓书斌. ENVI 遥感图像处理方法[M].北京:科学出版社,2010.
[3] 江洪,张兆明,汪小钦,等.基于 TAVI 的山区毛竹林 LAI 反演分析[J].地球信息科学学报,2015,17(4):500-504.
[4] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004,26(4):153-159.
[5] 马娜,胡云锋,庄大方,等.基于遥感和像元二分模型的内蒙古正蓝旗植被覆盖度格局和动态变化[J].地理科学,2012,32(2):251-256.
[6] 任唯敏.植被指数计算区域植被覆盖度的适用性研究[D].西安:西北大学,2012.
[7] 陈爱京,傅玮东,肖继东,等.基于像元二分模型的和布克赛尔县植被覆盖动态变化分析[J].草业科学,2012,29(6):857-862.
[8] 丁春晓,周汝良,叶江霞,等.地形起伏对陆地卫星的 NDVI 影响研究[J].林业资源管理,2016(4):101-106.