

# MODIS 增强型植被指数 EVI 与 NDVI 初步比较

王正兴<sup>1</sup> 刘 闯<sup>1</sup> 陈文波<sup>1</sup> 林 昕<sup>1</sup>

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京市朝阳区大屯路甲 11 号, 100101)

**摘 要:** 利用东亚地区典型地带性植被和 MODIS 数据, 对广泛使用的植被指数 NDVI 和新开发的增强型植被指数 EVI 进行了对比分析。由 MODIS 开发的 NDVI 和 EVI 对干旱-半湿润环境下低覆盖植被的描述能力相似, 但对湿润环境下高密度植被的描述有明显差别: NDVI 年时间过程的季节性不明显, 表现为全年高平的曲线; 而 EVI 仍然有季节性, 表现为钟形曲线, 与月平均温度关系更密切。EVI 的这一特征为研究高覆盖植被的季节性变化提供了新的思路。

**关键词:** 归一化植被指数; 月均温; 季节性

**中图法分类号:** TP 751

自归一化植被指数 (NDVI) 被提出以来<sup>[1]</sup>, 就以其稳定性受到广泛关注, 成为过去 20 多年使用最广泛的植被指数之一。但是, NDVI 存在一些缺陷, 在 NDVI 的基础上开发新的植被指数要考虑消除土壤背景和大气噪声。在弱化土壤背景影响上, Huete (1988) 开发了土壤调节植被指数 (SAVI)<sup>[2]</sup>, 引入土壤调节参数, 以减少土壤背景的影响。在减少大气影响方面, Kaufman 等 (1992) 开发了抗大气植被指数 (ARVI)<sup>[3]</sup>。Liu 等引入一个反馈项来同时对土壤背景与大气进行订正, 开发了增强型植被指数 (enhanced vegetation index, EVI)<sup>[4]</sup>。NDVI 和 EVI 是对中分辨率成像光谱仪数据 (MODIS) 选用的两种植被指数, 开发 MODIS-NDVI 的目的是继承已有 20 年时间序列的 AVHRR-NDVI; 而开发 MODIS-EVI 的目的是改进 NDVI 的某些缺陷, 特别是大气噪声、土壤背景、饱和度等问题<sup>[5-6]</sup>。

在 MODIS 植被指数应用方面。程乾 (2003) 利用光谱仪, 模拟了 MODIS 的 NDVI、EVI 及红边位置 (REP), 并与杂交稻和常规稻叶面积指数 (LAI) 进行了相关研究<sup>[7]</sup>。刘良明 (2004) 比较 MODIS-NDVI 和 AVHRR-NDVI 后发现: MODIS-NDVI 比 AVHRR-NDVI 对植被的响应更敏感, 动态范围更大; MODIS-NDVI 与 AVHRR-NDVI 反映植被的趋势大致一致, 但是两者之间

并无明显的线性关系<sup>[8]</sup>。

植被指数受单日算法和合成算法的累计影响<sup>[4,5]</sup>。本研究仅使用 NDVI 和 EVI。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地区

为比较 MODIS 两种植被指数在不同生物气候带的表现, 研究地区选择了温带干旱沙漠、半干旱草原、半湿润草甸与森林; 暖温带农田与森林; 亚热带与热带森林。地理范围包括从西北的塔里木盆地到东北的大兴安岭, 再由东北到华南地区。此外, 为了确认 MODIS 两种植被指数背离的规律性, 增加了日本列岛由北到南的部分样点 (表 1)。

### 1.2 研究数据

地面植被类型数据来自《1: 100 万中国植被图集》<sup>[9]</sup>。卫星数据采用 2002 年 NASA 16 d 合成 1 km MODIS VI 数据。处理后的植被指数时间序列包括时间分辨率为 16 d 的 NDVI 和 EVI (各 23 个波段)。

### 1.3 数据分析

按照 3 个生物气候带进行数据分析: 中国西北-东北, 目的是检验温带干旱到半湿润区两种植被指数的特征; 中国东北-东南, 目的是检验从温

表1 样点基本气候条件  
Tab. 1 Validation Site Description

样地名称	经纬度	生态类型	年均温/( $^{\circ}\text{C}$ )	年降水量/mm
塔里木盆地	N39 $^{\circ}$ 43'6", E81 $^{\circ}$ 4'25"	沙漠	12	65
内蒙古	N41 $^{\circ}$ 7'36", E110 $^{\circ}$ 1'60"	温带典型草原	4	200
大兴安岭	N47 $^{\circ}$ 0'36", E120 $^{\circ}$ 6'36"	寒温带温带落叶松	-3	425
小兴安岭	N47 $^{\circ}$ 8'36", E129 $^{\circ}$ 9'48"	温带针阔混交林	3	420
长白山	N47 $^{\circ}$ 0'36", E120 $^{\circ}$ 6'36"	温带针阔混交林	4	496
华北平原	N39 $^{\circ}$ 12'00", E115 $^{\circ}$ 4'48"	暖温带冬小麦	13	550
吕梁山	N37 $^{\circ}$ 1'48", E111 $^{\circ}$ 6'48"	暖温带针阔混交林	9	500
浙江	N29 $^{\circ}$ 8'12", E120 $^{\circ}$ 2'36"	亚热带常绿林	18	1392
福建	N25 $^{\circ}$ 5'60", E118 $^{\circ}$ 7'48"	亚热带常绿林	21	1531
台湾	N23 $^{\circ}$ 5'48", E121 $^{\circ}$ 0'12"	热带常绿林	22	1714
海南岛	N18 $^{\circ}$ 54'3", E108 $^{\circ}$ 54'0"	热带常绿林	24	1625
日本北部	N44 $^{\circ}$ 4'12", E142 $^{\circ}$ 6'24"	温带混交林	8	1128
日本中部	N39 $^{\circ}$ 4'36", E140 $^{\circ}$ 9'60"	温带混交林	15	1564
日本南部	N32 $^{\circ}$ 1'36", E132 $^{\circ}$ 7'60"	亚热带常绿林	16	2436

带半湿润到热带湿润区两种植被指数的特征;俄罗斯远东到日本南部,目的是印证中国东北-东南带植被指数的特征。

## 2 研究结果

NDVI 与 EVI 的线性相关关系如表 2, 其中  $x$  代表 NDVI,  $y$  代表 EVI,  $R^2$  代表复相关系数。

部分样点的季节性时间序列见图 1。

### 2.1 干旱沙漠植被指数基线

两种植被指数在塔里木沙漠都接近 0, 除冬季因为积雪覆盖有所波动外, 在生长季基本稳定: EVI 在 0.04 附近, NDVI 在 0.04~0.06 之间波动。考虑到 NDVI 的动态范围是 [-1.00, 1.00], 这样的基线和波动范围都非常小, 说明在大气噪声较小的干旱区, MODIS 仪器的性能表现

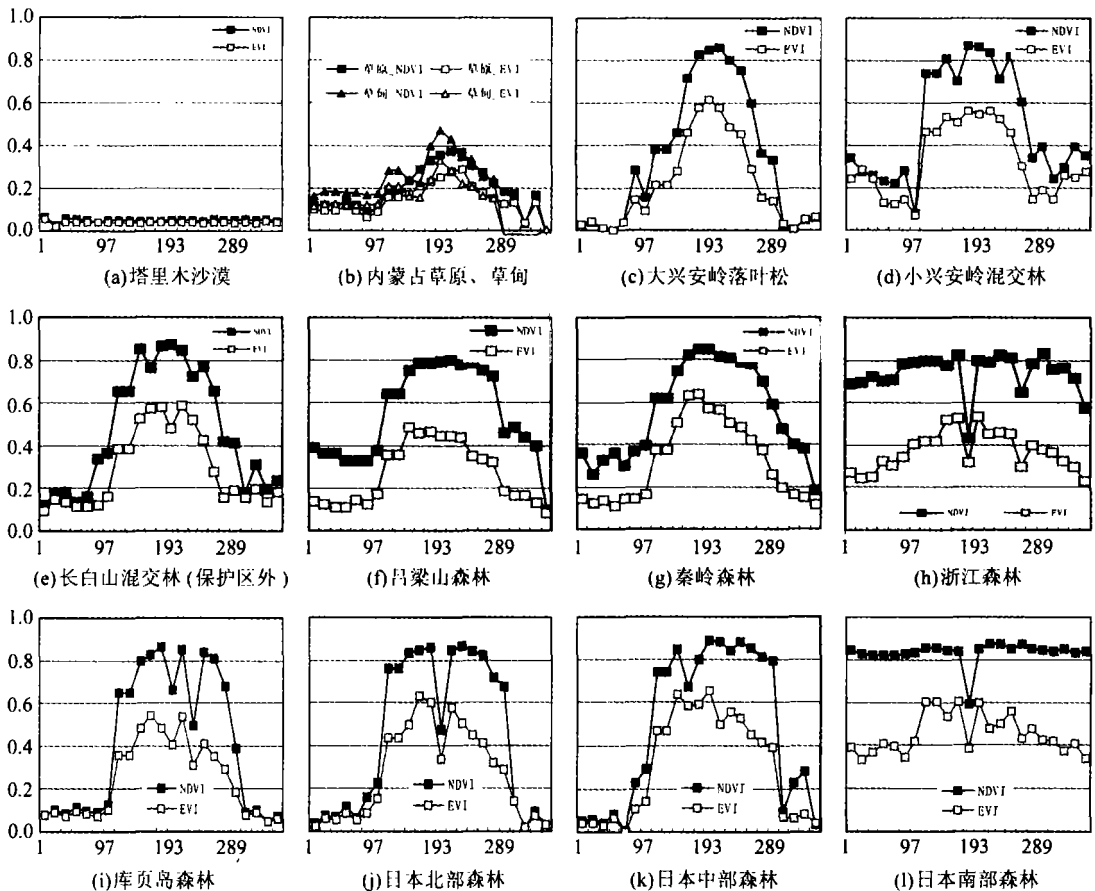


图1 主要生物气候带植被的季节性特征在 MODIS-NDVI 和 MODIS-EVI 上的反映

Fig. 1 Seasonal Profiles of Major Bioma in Eastern Asia by MODIS-NDVI and MODIS-EVI

表 2 主要样点两种植被指数线性相关关系

Tab.2 Linear Correlation of MODIS-NDVI and MODIS-EVI

样点	相关关系	$R^2$	样点	相关关系	$R^2$
塔里木	$y = 0.612 1x + 0.008 7$	0.711 1	浙江	$y = 1.260 6x - 0.576 8$	0.632
内蒙古	$y = 0.681 2x + 0.004 9$	0.988 2	福建	$y = 0.920 7x - 0.309 8$	0.736 5
大兴安岭	$y = 0.635 7x - 0.005 6$	0.964 4	台湾	$y = 1.076 3x - 0.413 9$	0.529 6
小兴安岭	$y = 0.616 6x + 0.016 5$	0.908 2	海南岛	$y = 0.836 1x - 0.094$	0.718 6
长白山	$y = 0.609 7x + 0.000 3$	0.893 1	日本北部	$y = 0.584 1x + 0.011 8$	0.932
华北平原	$y = 0.704 6x - 0.028 9$	0.969 6	日本中部	$y = 0.645 4x - 0.011 7$	0.919 4
吕梁山	$y = 0.637 8x - 0.084 8$	0.894 4	日本南部	$y = 2.949 9x - 2.026 6$	0.239 6

良好。

## 2.2 半干旱、半湿润草地

内蒙古草原返青日期为 Day97~ Day 113, 返青过程是渐进的。NDVI 比 EVI 稍大但是过程一致, 表现为显著线性相关。典型草原和草甸分别单独对 NDVI 与 EVI 相关, 相关性显著( $R^2$  分别为 0.982 6、0.985 5); 把塔里木沙漠、典型草原、草甸草原所有样点结合起来,  $R^2$  达到 0.988 2。

## 2.3 东北温带半湿润森林

1) 大兴安岭落叶松。落叶松冬季落叶的特征在植被指数序列上有明显反映, 冬季积雪使两种植被指数都小于 0.1。在 Day65, 积雪减少引起植被指数增加, Day97 以后开始返青, NDVI 大于 0.8 以后, NDVI 开始稳定, 而 EVI 还可以少量增长。从多点平均图也可以看出, NDVI 生长高峰为“高而平”, 而 EVI 为基本对称的“高尖”曲线。两种植被指数相关关系显著( $R^2$  为 0.964 4), 但是部分点已经开始偏离: 在低值区下偏, 高数值区上偏。

2) 小兴安岭混交林。全年分 4 个阶段。在 Day97(4 月中旬) 以前, 混交林中的常绿林仍保持一定的绿色覆盖( $NDVI > EVI = 0.2$ ), 但是由于一场降雪, 植被指数在 Day97 时期到达最低点( $NDVI = EVI < 0.1$ )。Day97~ Day103 是全年生长最快时期, 由于温度回升, 针叶林和阔叶林快速返青。在 Day103~ Day241 之间维持一个高覆盖过程, NDVI 在 0.7~ 0.8 之间波动, EVI 在 0.5~ 0.6 之间波动。Day241~ Day273 为落叶时期。在夏秋季节 NDVI 保持 0.8 左右, EVI 维持 0.5 左右, 两种指数相差 0.3 以上。两种植被指数相关关系显著,  $R^2 = 0.908 2$ 。

3) 长白山混交林。样点在 700~ 800 m 的红松阔叶林带。在保护区外, 植被覆盖差, 两种植被指数线性关系密切, 复相关系数为  $R^2 = 0.893 1$ 。在保护区内, 植被基本为原始林, 针叶林比例较高, 因此, 冬季两种植被指数都较高。NDVI 对季

节性的表达不如 EVI 好。EVI 表现出明显的休眠季和生长季: 冬季, 常绿针叶林使 EVI 维持在 0.2 以上, 而且非常稳定; Day97 以后开始返青, Day177 时达到全年高峰。

## 2.4 华北暖温带农田与森林

1) 太行山山前平原冬小麦。两种植被指数都很好地描述了“冬小麦秋作物”这一明显的二季“双峰”特征, 收获日期为 Day161(谷地)。在小麦最好时期  $NDVI < 0.8$ ,  $EVI > 0.4$ 。秋季作物比春季作物的 NDVI 高 0.2, 但是二者 EVI 差别较小。秋季作物在生长和衰退时期, NDVI 具有突变性, EVI 具有渐变性。两种植被指数线性相关性明显,  $R^2 = 0.969 6$ 。

2) 吕梁山山地森林。NDVI 表现的返青期和落叶期都很明显, 但是 EVI 表现为渐进过程, 尤其是落叶过程。NDVI 显示全年没有高峰数值, 只有约 6 个月的高平时期, 数值为 [0.7, 0.8]。但是 EVI 在 Day145 达到一个小高峰, 以后持续下降。这样的差别虽然很小, 但是提示了全年最佳时期。在高数值区域, NDVI 有饱和趋势。NDVI 和 EVI 线性相关的  $R^2$  为 0.894 4。

## 2.5 长江以南亚热带、热带常绿林

浙江山丘森林全年的 NDVI 基本维持在 0.8 左右, 除冬季外全年变化很小。EVI 变化趋势与月平均温度更吻合。EVI 动态范围为 0.2~ 0.5, NDVI 动态范围为 0.7~ 0.8。两种植被指数线性关系由于 NDVI 饱和而降低。植被指数与月均温和月降水量的相关分析显示, NDVI 和 EVI 与月降水的关系不密切, 与月均温关系比较密切。EVI 与月均温的线性关系( $R^2 = 0.942 8$ ) 高于 NDVI 与月均温的相关关系( $R^2 = 0.808 7$ )。

在福建、台湾、海南等亚热带和热带地区, 两种植被指数背离的现象与浙江地区类似。

## 2.6 俄罗斯远东和日本列岛

在日本北部, NDVI 表现为快速返青、快速衰退、夏季高平的特点。与此对应, EVI 表现为逐渐返青、逐渐衰退、有明显生长高峰的特点。日本

南部是两种植被指数差别最大的地区, NDVI 全年动态范围为 0.8~0.85, 而 EVI 全年动态范围为 0.35~0.60, 提示植被在夏季生长为全年最好。两种植被指数的线性复相关系数由北部的 0.932 下降为南部的 0.239 6。EVI 与多年平均的月平均温度和降水的季节特征更吻合。

### 3 结 语

MODIS-NDVI 与 MODIS-EVI 在不同生物气候带具有一定规律性。在干旱沙漠区, MODIS-NDVI 与 MODIS-EVI 全年基本稳定, EVI 为 0.04, NDVI 为 0.05。在半干旱与半湿润草原区, 两种植被指数存在显著线性相关关系 ( $R^2 = 0.988 2$ )。从东北到浙江山地丘陵, NDVI 与 EVI 关系逐渐背离, 复相关系数由小兴安岭的 0.908 2 逐渐下降到台湾的 0.529 6。两种植被指数由北向南背离的地带性特征在日本列岛更为明显, 复相关系数由日本北部的 0.932 0 逐渐下降到日本南部的 0.239 6。在浙江和日本南部植被茂密地区, NDVI 在全年大部分时间都维持在 0.8 左右, 呈现高而平的特点, 而 EVI 仍然表现出夏季高于冬季的季节性特征。对 2002 年浙江山丘森林植被指数与月均温、月降水量的相关分析显示, 当 NDVI 与 EVI 关系背离时, 二者与降水的关系不密切, 但是 EVI 与温度关系密切。EVI 与月均温的线性关系明显 ( $R^2 = 0.942 8$ ), 高于 NDVI 与月均温的相关关系 ( $R^2 = 0.808 7$ )。纵观所有生物气候带样点的植被指数, NDVI 似乎更好地表达了大气候带植被的空间差异, 而 EVI 似乎可以更好地描述特定气候带内植被在不同季节的差异, 但这样的结论需要利用其他年份数据作更进一步的验证。

### 参 考 文 献

- [1] Rouse J W, Haas R H, Schell J A, et al. Monitoring the Vernal Advancements and Retrogradation (Greenwave Effect) of Nature Vegetation. Final Rep. RSC 1978-4[R]. Texas: Texas A&M Univ., 1974
- [2] Huete A R. A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) [J]. Remote Sensing of Environment, 1988, 25: 295-309
- [3] Kaufman Y J, Tanre D. Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS [J]. IEEE Trans on Geoscience Remote Sensing, 1992, 30: 261-270
- [4] Liu Huiqing, Huete A R. A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise [J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1995 (33): 457-465
- [5] 王正兴, 刘闯, Huete A R. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI [J]. 生态学报, 2003, 23(5): 979-987
- [6] 郭锐. 植被指数及其研究进展 [J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 71-75
- [7] 程乾, 黄敬峰, 王人潮, 等. 水稻叶面积指数与 MODIS 植被指数、红边位置之间的相关分析 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(5): 104-108
- [8] 刘良明, 梁益同, 马慧云, 等. MODIS 和 AVHRR 植被指数关系的研究 [J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(4): 307-310
- [9] 中国科学院中国植被图集编辑委员会. 1: 1 000 000 中国植被图集 [M]. 北京: 科学出版社, 2001

第一作者简介: 王正兴, 副研究员, 主要从事遥感应用研究。  
E-mail: wangzx@igs.nrr.ac.cn

## Preliminary Comparison of MODIS-NDVI and MODIS-EVI in Eastern Asia

WANG Zhengxing<sup>1</sup> LIU Chuang<sup>1</sup> CHEN Wenbo<sup>1</sup> LIN Xin<sup>1</sup>

(1 Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, 11A Datun Road, Chaoyang District, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Typical vegetation in eastern Asia and MODIS data were used to characterize newly-developed Enhanced Vegetation Index (EVI) and widely-used NDVI. The study found that both NDVI and EVI were good indicators for vegetation in wide range from arid to semi-humid area, yet they differed in characterizing dense vegetation: NDVI temporal profile had

(下转第 427 页)

## Mining Weights of Land Evaluation Factors Based on Cloud Model and Correlation Analysis

*H U Shiyuan*<sup>1,2</sup> *LI Deren*<sup>3</sup> *LI U Yaolin*<sup>1,2</sup> *LI Deyi*<sup>4</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(3 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(4 Institute of Electronic System Engineering, 6 Wanshou Road, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The veracity of land evaluation is tightly related to the reasonable weights of land estimate factors. By mapping qualitative linguistic words into a fine-changeable cloud drops and translating the uncertain factor conditions into quantitative values with the uncertain illusion based on the cloud model, and then, integrating correlation analysis, a new way of figuring out the weight of land estimate factors is proposed. It may solve the limitations of the conventional ways.

**Key words:** cloud models; correlation analysis; land estimate factor; weight data mining

---

**About the first author:** HU Shiyuan, PH. D candidate, associate professor, majors in land evaluation and spatial data mining.  
E mail: hushiyuan@vip.sina.com

---

(上接第 410 页)

no clear seasonality with a flat-high curve; and EVI has a clear seasonality with a bell-shaped curve, which has closer relationship to temperature than to NDVI. This may suggest a new opportunity for vegetation study in densely vegetated region.

**Key words:** NDVI; monthly averaged temperature; seasonal

---

**About the first author:** WANG Zhengxing, associate professor. His current interests are data sharing policy, data standard, and application of vegetation indices to land cover classification.

E mail: wangzx@igsnr.ac.cn