

基于 SPOT—VGT 数据的新疆 1998—2007 年 植被覆盖变化监测

董印^{1,2}, 焦黎³, 杨光华^{1,2}, 谌莉^{1,2}

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘 要: 利用 1998—2007 年 1 km×1 km 的 SPOT—VGT 数据, 采用 MVC 法和差值法分析了新疆植被覆盖随时间的变化特征。通过一元线性回归法模拟了新疆维吾尔自治区年最大化 NDVI 的变化趋势。结果表明, 过去 10 a 间, 新疆年均最大化 NDVI 值略有下降; 春季 NDVI 呈增加趋势, 秋季减势显著; 7 月为年内植被最丰盛期, 10 a 间 NDVI 累积增长主要发生在 3, 4, 6 月份, 9 月份累积减量最大。模拟结果显示, 新疆植被改善区域面积小于退化区域面积, 植被覆盖整体上呈退化趋势; 植被改善幅度较大的主要为绿洲农业区, 退化趋势明显的主要为森林、草场分布的山区。

关键词: 新疆; NDVI; SPOT—VGT; 植被覆盖

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)02—0125—04

中图分类号: S159.3, X87

Monitoring of Vegetation Cover Dynamic in Xinjiang Based on SPOT—VGT Data from 1998 to 2007

DONG Yin^{1,2}, JIAO Li³, YANG Guang-hua^{1,2}, CHEN Li^{1,2}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi,

Xinjiang 830011, China; 2. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

Abstract: The dynamic of vegetation cover in Xinjiang Wei Autonomous Region was analyzed based on 1 km × 1 km SPOT—VGT data from 1998 to 2007. The MVC method, difference value method were used to analyze the annual, seasonal and monthly NDVI changes. The univariate linear regression of one variable was used to simulate the changing trend of the NDVI values. The results show that from 1998 to 2007, the annual maximum NDVI value declined slightly in Xinjiang. The NDVI values showed an increasing trend in spring while decrease strikingly in autumn. The maximal NDVI value of a year appears in July in Xinjiang. In the last 10 years, the accumulation of monthly NDVI evidently increased in March, April and June; the maximal decrease was in September. The simulating results indicated that there were some regions where vegetation cover was increasing, but the increasing range was smaller than the decreasing range on the whole. The improved regions of vegetation cover mainly were oasis agriculture areas; the degenerated regions mainly appeared in mountain areas.

Keywords: Xinjiang Wei Autonomous Region; NDVI; SPOT—VGT; vegetation cover

植被作为生态系统的主要组成,是生态系统存在的基础,也是联结土壤、大气和水分的自然“纽带”,它在陆地表面的能量交换过程、生物地球化学循环过程和水文循环过程中扮演着重要的角色,在全球变化研究中起着“指示器”的作用^[1]。获取地表植被覆盖及其变化信息,是揭示地表空间及气候变化规律,探讨变化的驱动因子,分析评价区域生态环境的重要依据^[2]。

新疆地处内陆,气候具有干旱和变率大的特点,植被覆盖率低,生态环境极为脆弱。植被的空间分布

强烈依赖于降水,对天气的急剧变化和气候的短期振动高度敏感。在全球变化和人类活动的干扰下,新疆的气候已经发生了显著的变化。

自 20 世纪 80 年代起,表现出较全国更为显著和稳定的增温态势^[3],降水明显增多^[4],出现高温和多雨相伴随气候^[5]。气候总体特征由暖干向暖湿转变^[6],必然会对区域的植被覆盖产生影响。研究表明,植被覆盖年变化是影响新疆沙尘天气发生的最主要地表特征因素^[7],植被分布多的地区沙尘日数

收稿日期:2008-10-20

修回日期:2008-11-05

资助项目:国家自然科学基金(40671057);中国科学院知识创新重要方向项目(KZCS-SW-355)

作者简介:董印(1983—),男(汉族),河南省洛阳市人,硕士,主要从事环境遥感与区域经济研究。E-mail:dooin@yahoo.cn。

少^[8]。因此,监测新疆植被覆盖的时空变化显得尤为重要。

本文以 10 d 合成的 SPOT-VGT 时序 NDVI 为数据源,采用最大值合成法生成月、季、年最大化 NDVI 图像,并用差值分析、一元线性回归分析等方法研究了新疆 1998—2007 年的植被覆盖变化情况。

1 研究方法

1.1 研究区概况

新疆位于我国西北地区,地理坐标为 34°15′—49°10′N,73°20′—96°25′E,面积 1.66×10⁶ km²,大尺度上呈“三山夹两盆”的封闭式地形格局。该区域属典型的大陆性干旱气候,干燥少雨,蒸发强烈,水资源是制约区域植被生长的最重要因素。山区是区内降水中心,占总面积 42.7% 的山区,年降水量占全疆的 81.1%^[9],新疆天然森林和优质草场多分布于此。盆地降水稀少,北疆准噶尔盆地年降水量 100~200 mm,南疆塔里木盆地不足 100 mm,是荒漠植被的大面积分布区。

以农业植被为主的绿洲主要分布于山前冲积、洪积平原以及大河流探入盆地形成的河沿阶地上,呈“岛屿”状存在于荒漠边缘或者被荒漠包围。沙漠、戈壁、盐碱地、裸地等无植被和极低植被覆盖区占全区总面积的 64.4%,而耕地、林地(有林地、灌木林、疏林地)、草地(高、中、低覆盖度草地)仅占 35.6%,且土壤质量差,易沙化、盐碱化,承载力有限,可逆性小,植被一旦遭到破坏将难以恢复。

1.2 数据来源

归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)是目前应用最广泛的一种植被指数,它是遥感影像的近红外波段(infrared)和红外波段(red)的比值参数,计算公式为 $NDVI = (\text{infrared} - \text{red}) / (\text{infrared} + \text{red})$ 。NDVI 可以很好地反映植被覆盖、生长活力以及植物量等情况,被认为是植被生长状态及植被空间分布密度的最佳指示因子,通过分析时序 NDVI 的动态变化特征,可以反映区域植被覆盖的动态性^[10]。

研究采用 1998 年 4 月至 2007 年 12 月的 SPOT-VGT 逐旬 NDVI 数据,共有 351 景图像。欧盟委员会赞助的 VEGETATION 传感器于 1998 年 3 月由 SPOT-4 搭载升空,从该年 4 月开始接收用于全球植被覆盖观测的 SPOT-VGT 数据。该传感器是专为大区域土地覆盖制图和植被监测设计的,不同时间的数据配准精度可控制在 0.3 km 内,远离星下点的像元最大尺寸只有 1.7 km,为大尺度的环境监测提供了一种新型、高质量的遥感数据源^[11]。数据最终由比利时佛莱芒技术研究所 VEGETATION 影像处

理中心负责预处理成逐旬 1 km×1 km 全球数据,预处理包括大气校正、辐射校正和几何校正。

1.3 分析方法

1.3.1 MVC 法 MVC(maximum value composites)法是国际上惯用的最大化合成法,其原理是图像中每个像元的月 NDVI 值用该月 3 旬的最大 NDVI 值替代,以减少大气的云、颗粒、阴影、视角以及太阳高度角的影响^[12]。

本研究将其引申至季度和全年,即分别用各像元季度内和一年内的最大旬 NDVI 值作为该像元的季度和全年 NDVI 值,反映该季度和全年植被生长最好时的情况。区域内所有像元季度最大 NDVI 值均值和年最大 NDVI 值均值即为研究区的季度和全年 NDVI 值。所缺 1998 年 1—3 月份数据,根据后 9 a 同期数据线性回归逆推获得;1—3 月不是新疆植被生长最佳期,故不会对该年的年最大化 NDVI 产生大的影响。NDVI 取值范围为 -1.0~1.0,一般认为生长季节 NDVI 达到 0.1 以上表示有植被覆盖,增加表示绿色植被的增加;0.1 以下则表示无植被覆盖^[13]。本研究对于各旬 NDVI 值小于 0.1 的像元不参与计算。

1.3.2 一元线性回归趋势模拟 根据各像元 10 a 的 NDVI 值,采用一元线性回归法,可以模拟该像元 NDVI 值在 10 a 间的变化趋势,公式为:

$$SLOPE = \frac{10 \times \sum_{i=1}^{10} \times NDVI_i - (\sum_{i=1}^{10} i) (\sum_{i=1}^{10} NDVI_i)}{10 \times \sum_{i=1}^{10} i^2 - (\sum_{i=1}^{10} i)^2}$$

式中: i ——1~10 的年序号;NDVI_{*i*}——第 i 年的最大化 NDVI 值;SLOPE——各像元年 NDVI 变化趋势线的斜率,SLOPE>0 说明该像元 NDVI 值 10 a 间的变化趋势是增加,反之则为降低。根据各像元年 NDVI 值变化趋势,可以生成新疆年 NDVI 变化趋势图,以反映各区域 NDVI 在过去 10 a 间的变化趋势和程度。

2 结果分析

2.1 NDVI 的时间变化特征

2.1.1 最大化 NDVI 的年际变化 图 1 为新疆 1998—2007 年的年际 NDVI 差值图,是将所有参与计算像元的年 NDVI 值取平均,然后统计相邻两年的 NDVI 差值,来反映全疆 NDVI 的年际变化程度。由于 NDVI 值小于 0.1 的像元不参与计算,并令其取值为 0,即表示没有植被变化信息,所以统计反映的仅为植被的变化状况。

由图 1 可知,1999—2000,2001—2002,2005—2006,2006—2007 年度差值为正,即 2000,2002,

2006,2007 年的 NDVI 值较之于前一年为增加;其它年度为负,表明这些年度的 NDVI 有所下降;除 2002 年的 NDVI 值增幅较大外(增加了 0.052),其它年份增幅较小或出现不同程度的下降;NDVI 累积增长总幅度(0.08)略小于减少的总幅度(0.086),即 10 a 来新疆植被覆盖状况有小幅下降。

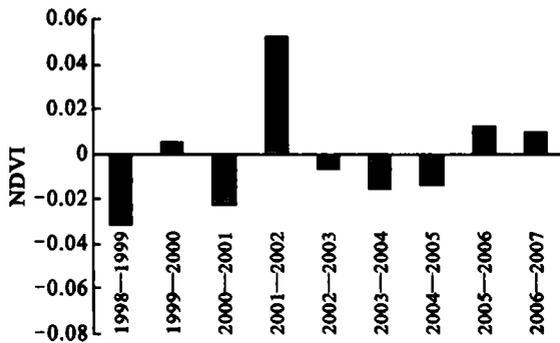


图 1 新疆近 10 a 年际最大化 NDVI 差值

2.1.2 NDVI 的季节变化 10 a 间新疆四季 NDVI 变化以夏季 NDVI 最高,冬季 NDVI 最低,秋季 NDVI 高于春季。春季 NDVI 值最大的年份是 2007 年(0.33),最小的年份是 1998 年(0.29);夏季 NDVI 值较大的年份有 2000,2002,2003,2007 年,在 0.44~0.45 之间,2005 年最小(0.41);秋季 NDVI 值波动最大,高峰出现在 1999,2003 年(0.37),其次为 2007 年(0.36),2006 年最低(0.31);冬季 NDVI 值变化微弱,在 0.15 附近波动,冬季 NDVI 值偏低与植被受积雪覆盖有关。从增减趋势来看,冬夏两季较为稳定,春季 NDVI 上升趋势较为明显,秋季则下降趋势显著。新疆植被覆盖出现下降可能与秋季 NDVI 下降趋势大于春季 NDVI 增加趋势有关。

2.1.3 不同月份的 NDVI 变化 图 2 为 1998—2007 年新疆月 NDVI 散点图。可以看出,10 a 间,1,2,7,12 月份的植被 NDVI 较为稳定,而其它月份 NDVI 均有较大幅度波动。一年中 NDVI 最高值出现在 7 月份(0.43~0.45),即 7 月为年内植被最丰盛期,最低值出现在 1,2,12 月份(0.13~0.15);10 a 均值显示,新疆植被 NDVI 年内变化呈单波状,3—7 月为 NDVI 迅速增长期,8—11 月则近乎直线下降。

利用线性回归斜率推算出了 10 a NDVI 累积变化量的各月增量,并绘制成分布直方图(图 3)。图 3 显示,10 a 间 NDVI 累积增幅较大的月份为 3,4,6 月,其中 6 月份增幅最大,10 a 累积增长了 3.4%;累积呈减少的月份主要为 2,7,9 月,其中 9 月份减幅最大,累积减少了 3%。

2.2 一元线性回归趋势模拟

采用一元线性回归法,对新疆 1998—2007 年的 NDVI 变化趋势进行模拟(附图 3)。并根据数据的

分布规律,采用自然分等法,将年 NDVI 的变化趋势分为 7 个级别:严重退化、中度退化、轻微退化、保持不变、轻微改善、中度改善和明显改善(表 1)。

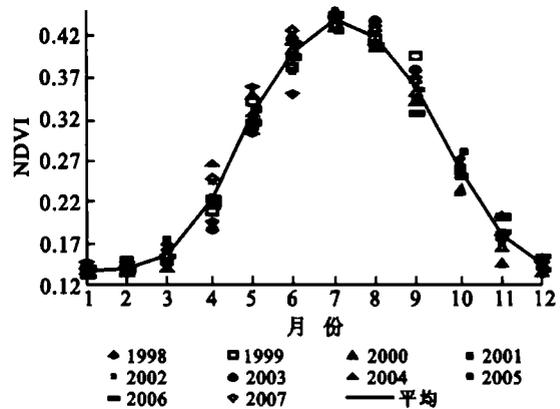


图 2 1998—2007 年新疆月 NDVI 散点图

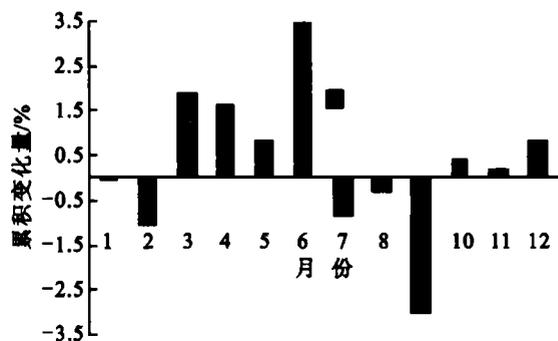


图 3 1998—2007 年新疆植被 NDVI 各月累积变化量

表 1 新疆近 10 a 最大化 NDVI 变化趋势结果统计

NDVI 变化趋势	Slope 变动范围	面积/km ²	占总面积比例/%
严重退化	-0.131 6~-0.017 9	23 146	1.39
中度退化	-0.017 9~-0.008 4	112 542	6.76
轻微退化	-0.008 4~-0.002 7	239 812	14.38
保持不变	-0.002 7~0.003 1	1 100 721	66.07
轻微改善	0.003 1~0.013 6	151 442	9.09
中度改善	0.013 6~0.033 6	32 910	1.98
明显改善	0.033 6~0.112 9	5 427	0.33

通过分析表 1 中的数据可以知道,新疆地区 10 a 植被改善区域的面积为 1.8×10^5 km²,占全疆总面积的 11.4%,其中 80%为轻微改善;退化的面积为 3.76×10^5 km²,占全疆总面积的 22.53%,其中 63.86%为轻微退化;保持不变的有 1.10×10^6 km²,占全疆总面积的 66.07%。

总体上,虽然存在局部地区植被改善的情况,但退化区域的面积约为改善区域面积的 2 倍,即在大范围上植被的情况是在不断下降的,说明过去 10 a 新疆植被覆盖整体上呈退化趋势。

附图 3 显示,10 a 中植被覆盖呈严重和中度退化趋势的区域主要分布于北部的阿尔泰山、准噶尔盆地以西山地以及横亘于新疆中部的天山山地,这些区域自然植被覆盖较好,是新疆主要的林、牧场所在地,出现退化现象可能与过度伐木和放牧有关;另外,南部昆仑山山区和北疆准噶尔盆地东南部出现局部地区植被中度和轻微退化现象。

植被覆盖状况呈改善趋势的区域可以分为两类:一类为天山北麓山前冲积平原、伊犁河谷、博州、哈密市,以及南疆塔里木盆地外缘水资源丰富的绿洲农业区,这些区域的植被覆盖呈中度或明显改善,可能与农业生产水平的提高,退耕还林、还草等生态建设工程的大面积实施有关;第二类为荒漠区,包括准噶尔盆地中部、北部和西部,以及东疆北部二百四戈壁区和南疆的阿尔金山北缘,零星的出现植被轻微或中度改善的趋势,这些区域受人类活动影响较小,出现植被改善趋势更可能是受气温升高,降雨增多等自然因素的影响。

植被覆盖情况基本不变的区域主要为塔里木盆地腹地、东疆戈壁、准噶尔盆地东部戈壁以及 3 大山脉的高海拔区,这些区域以流动沙漠、砾质戈壁、裸岩倒石堆、高山寒漠、冰川及永久积雪为主,属无植被或极低植被覆盖区。这些区域的植被在过去 10 a 中无明显变化。

3 结论

(1) 利用长时间序列的 1 km×1 km SPOT-VGT 数据,采用 MVC 法、差值法,可以有效监测新疆植被覆盖随时间的变化特征,一元线性回归模拟可以较好地反映新疆各区域植被覆盖变化的趋势和程度。

(2) 年均最大化 NDVI 差值分析表明,除 2002 年植被 NDVI 增幅显著外,其它年份增幅较小或出现不同程度的减少;过去 10 a 中新疆植被覆盖状况略有下降。

(3) 四季中,夏季 NDVI 最高,冬季 NDVI 最低,秋季 NDVI 高于春季;1998—2007 年,春季 NDVI 呈上升趋势,秋季 NDVI 下降趋势显著;植被 NDVI 年内变化呈单波状,峰值出现在 7 月;10 a 间 NDVI 累积增长主要发生在 3, 4, 6 月份,而 9 月份累积减量最大。

(4) 过去 10 a 间,新疆植被覆盖退化区域面积大于改善区域面积,整体上呈退化趋势;退化的区域主要为森林、草场集中分布的山区,改善的区域主要为绿洲农业区。

植被覆盖变化监测是一个长期的动态过程,更长时间序列,更小尺度区域的植被变化以及植被变化与农牧业生产、气候变化、土壤状况、人口密度等的关系是进一步研究的重点。

[参 考 文 献]

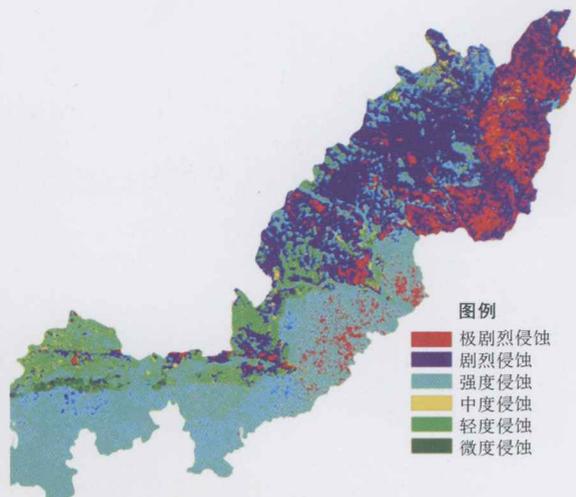
- [1] 张云霞,李晓兵,陈云浩,等. 草地植被盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1):85-93.
- [2] 陈云浩,陈晓兵,张云霞,等. 北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5):588-593.
- [3] 徐贵青,魏文寿. 新疆气候变化及其对生态环境的影响[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1):14-18.
- [4] 张家宝,史玉光. 新疆气候变化及短期气候预测研究[M]. 北京:气象出版社, 2002:37-62.
- [5] 韩萍,薛燕,苏宏超. 新疆降水在气候转型中的信号反应[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2):179-182.
- [6] 胡汝骥,姜逢清,王亚俊,等. 新疆气候由暖干向暖湿转变的信号及影响[J]. 干旱区地理, 2002, 25(3):194-200.
- [7] Xu X K, Chen H. Influence of vegetations and snow cover on sand-dust events in the west of China[J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(3):331-340.
- [8] He Q, Yang Q, Li H J. Variations of air temperature, precipitation and sand-dust weather in Xinjiang in past 40 years[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, 25(4):423-427.
- [9] 苏宏超,沈水平,韩萍,等. 新疆降水特征及其对水资源和生态环境的影响[J]. 冰川冻土, 2007, 29(3):343-350.
- [10] 郭建坤,黄国满. 1998—2003 年内蒙古地区土地覆被动态变化分析[J]. 资源科学, 2005, 27(6):84-89.
- [11] 徐文婷,吴炳方,颜长珍,等. 用 SPOT-VGT 数据制作中国 2000 年度土地覆盖数据[J]. 遥感学报, 2005, 9(2):204-214.
- [12] 李忠峰,李雪梅,蔡运龙,等. 基于 SPOTVEGETATION 数据的榆林地区土地覆盖变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(2):56-59.
- [13] 申广荣,王人潮. 植被光谱遥感数据的研究现状及其展望[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 2001, 27(6):682-690.

水土保持监测分区

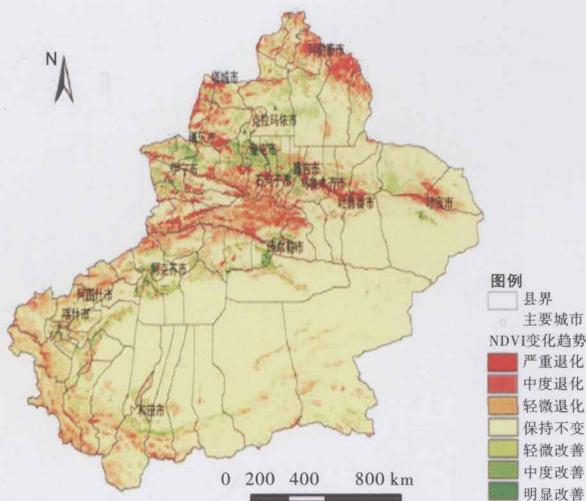
- I 武陵山以东低中山中度侵蚀重点治理兼保持监测区
- I 2 大娄山—武陵山中山中度侵蚀重点治理监测区
- I 3 武陵山以东低中山中度侵蚀重点治理兼保护监测区
- II 1 三峡库区东段平行岭谷低山丘陵中度侵蚀重点治理监测区
- II 2 三峡库区中段平行岭谷低山丘陵中度侵蚀重点治理监测区
- II 3 平行岭谷低山丘陵轻度侵蚀城市建设重点治理监测区
- II 4 平行岭谷低山丘陵轻度侵蚀重点治理监测区
- III 渝西方山丘陵轻度侵蚀重点治理监测区



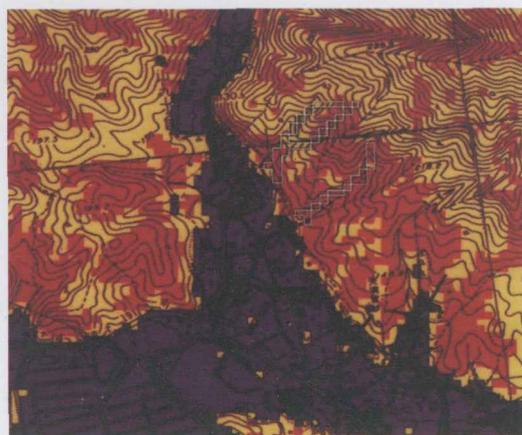
附图1 重庆市水土保持监测分区



附图2 榆林市北6县水土流失状况

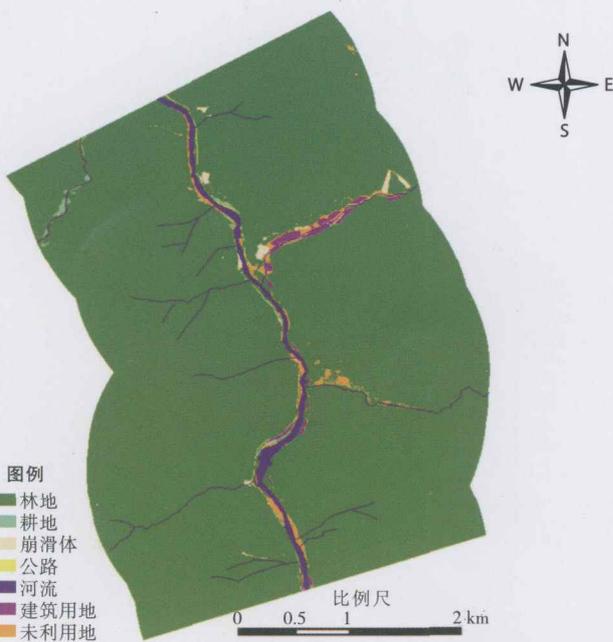


附图3 新疆地区近10 a最大化NDVI变化趋势



附图4 日本广岛地区滑坡危险度评价图

危险度等级	像素数	占有率	颜色
危险度高	1798	27.4%	红色
危险度中	2499	38.1%	黄色
危险度低	2264	34.5%	棕色



附图5 汶川县桃关地区景观分布信息提取成果（左图为震前，右图为震后）