

刘 远, 周买春. AVHRR、SPOT-VGT 和 MODIS 3 种 NDVI 遥感数据在韩江流域的对比分析[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(1): 106-112.

AVHRR、SPOT-VGT 和 MODIS 3 种 NDVI 遥感数据在韩江流域的对比分析

刘 远, 周买春

(华南农业大学 水利与土木工程学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】寻找最能真实反映南方地区植被变化状况的遥感数据,并将其用于评价土地覆被变化及其带来的影响。【方法】通过分析韩江流域 2001—2006 年间 AVHRR、SPOT-VGT 和 MODIS 3 种归一化植被指数(NDVI)遥感数据,比较它们对不同植被响应特征的异同,并采用线性回归方法分析它们的相关关系。【结果和结论】3 种 NDVI 遥感空间分布总体格局大体一致,且 MODIS 和 SPOT-VGT 的 NDVI 空间分布吻合良好。MODIS 传感器波段宽度窄、空间分辨率高,对地物分辨能力高,NDVI 在流域内的变化范围大,数值分布分散。3 种 NDVI 的季节变化步调基本一致,幅度相当。MODIS NDVI 最能精确反映地面植被覆盖的变化,而 AVHRR NDVI 反映的流域地面植被变化情况与实际不相符。3 种 NDVI 反映的各种植被按季节变化情况基本一致,MODIS NDVI 与 SPOT-VGT NDVI 的相似度更高。MODIS NDVI 能够明显区分农作物、郁闭灌木林和草地的季节变化与其他植被的不同,比 SPOT-VGT NDVI 和 AVHRR NDVI 能更好地反映地面植被的多样性和植被覆盖的变化。在全流域和各种植被类型上,3 种 NDVI 两两间都表现出一定的线性关系,其中 MODIS NDVI 与 SPOT-VGT NDVI 间的线性关系最强。由 MODIS NDVI 与 AVHRR NDVI 的线性回归关系预测的韩江流域 2000 年的 NDVI 与实测值吻合良好,为 MODIS NDVI 时间序列向历史年份拓展提供了思路。

关键词:遥感数据; 植被; 归一化植被指数(NDVI); 线性回归; 韩江流域
中图分类号:S127; TP79 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2015)01-0106-07

A comparative analysis of AVHRR, SPOT-VGT and MODIS NDVI remote sensing data over Hanjiang River basin

LIU Yuan, ZHOU Maichun

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】To select an optimum time series in remote sensing data for evaluating land cover changes and their impacts on southern China. 【Method】Three types of remote sensing NDVI data from AVHRR, SPOT-VGT and MODIS were analysed to compare their similarities and differences in different vegetation types over Hanjiang River basin from 2001 to 2006, and their correlations were analysed using linear regression method. 【Result and conclusion】These data had generally similar distribution patterns in space. MODIS and SPOT-VGT NDVI matched well. MODIS could recognize objects more clearly on the earth surface due to its spectrally narrow sensors with high spatial resolution. In MODIS NDVI, values varied within a wide range, therefore more vegetation types could be detected. Three types of NDVI changed seasonally similar to the same amplitude. MODIS NDVI reflected vegetations seasonally change more accurately. In AVHRR NDVI, some vegetation types change did not match with the actual situation. Although different vegetation types seasonally changed in the same way in three types of NDVI, changes in a more temporally identical pace could be found in MODIS NDVI and SPOT-VGT NDVI com-

pared with AVHRR NDVI. MODIS NDVI could distinguish seasonal changes of croplands, closed shrublands and savannas from other vegetation types. It showed that MODIS NDVI had a higher resolution on reflecting vegetation types and their development compared to SPOT-VGT NDVI and AVHRR NDVI. Throughout the whole basin and on a variety of vegetation types, there were some linear relationships among three NDVIs, while the linear relationship between MODIS NDVI and SPOT-VGT NDVI was the strongest. Based on the linear regression of MODIS NDVI and AVHRR NDVI, MODIS NDVI was estimated accurately consistent with the measured values of NDVI of Hanjiang River basin in 2000. MODIS NDVI time series can provide developing ideas of the historical years.

Key words: remote sensing datum; vegetation cover; normalized difference of vegetation index (NDVI); linear regression; Hanjiang River basin

植被是联结土壤、大气和水分等要素的自然纽带^[1]. 植被指数 (Vegetation index, VI) 是能够定量反应植被生长状况的指标, VI 的变化在一定程度上能代表地表植被覆盖的变化. 目前已经定义的植被指数超过 40 种, 包括比值植被指数 (Ratio vegetation index, RVI)、差值植被指数 (Difference vegetation index, DVI)、归一化植被指数 (Normalized difference vegetation index, NDVI)、抗大气植被指数 (Atmospherically resistant vegetation index, ARVI) 等^[2]. 其中, NDVI 是最常用的植被指数, 广泛应用于大尺度的植被格局、土地覆被与土地利用变化、植被变化等研究^[3-5].

遥感技术的迅速发展及其与地理信息系统技术的结合, 为大范围、连续监测区域植被覆盖变化提供了技术支持. 植被指数是由遥感地物光谱资料经数学方法处理得到的. 遥感影像上的植被信息, 主要通过绿色植物的叶光谱特征差异及其动态变化反映^[6]. 植物叶面在可见光红光波段 (R) 有很强的吸收特性, 在近红外波段 (NIR) 有很强的反射特性, 通过这 2 个波段测值的不同组合可得到不同的植被指数, 如 $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$. 目前, 易获取的全球 NDVI 遥感数据主要有 AVHRR (Advanced very high resolution radiometer) NDVI、MODIS (Moderate resolution imaging spectroradiometer) NDVI 和 SPOT-VGT (SPOT-VEGETATION) NDVI 3 种. 已经得到广泛应用美国 AVHRR NDVI 数据 (1981 年 1 月至 2006 年 12 月) 具有周期短、时间分辨率较高、时间序列长等优点; MODIS NDVI (2000 年 3 月至今) 具有光谱分辨率、空间分辨率高等优点, 将逐步取代 AVHRR NDVI 来监测陆面植被变化; 法国的 SPOT-VGT 是专门为植被与地表观测设计的, 其在光谱波段设计、空间精度和几何纠正等方面都比 AVHRR 更有优势.

3 种 NDVI 遥感数据的传感器光谱特性和时空分辨率的不同导致它们在反映植被特征、空间分布和时间变化等方面存在差异. Brown 等^[7]、Fensholt

等^[8]探讨了 AVHRR、SPOT-VGT 和 MODIS 3 种 NDVI 数据源间的一致性. 刘良明等^[9]发现 MODIS NDVI 比 AVHRR NDVI 对植被的响应更敏感, 但两者反映植被的变化趋势大体一致; 严晓瑜等^[10]在若尔盖湿地的研究表明, 对于若尔盖植被, MODIS NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 较 AVHRR NDVI 敏感, 更适宜于该区植被变化监测; 宋富强等^[6]在陕北黄土高原的研究表明, AVHRR、SPOT-VGT 和 MODIS 3 种 NDVI 在大范围上的空间分布格局基本一致, MODIS NDVI 比 AVHRR NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 更适合于反映植被类型多样的陕北黄土高原地区植被的空间分布. 比较 3 种常用 NDVI 遥感数据在我国南方地区的差异, 寻找最能真实反映植被变化状况的遥感数据, 对于评价南方地区土地覆被变化及其带来的影响具有重要的意义. 笔者以韩江流域为研究对象, 分析 AVHRR、SPOT-VGT 和 MODIS 3 种 NDVI 在韩江流域内的时空差异, 以及在流域内几种主要植被类型下的演变规律. 另外, 分析 3 种 NDVI 时间序列数据在它们重叠的时间段 (2001—2006 年) 内的相关关系, 为判断是否能利用 AVHRR NDVI 数据来推算 MODIS NDVI 或 SPOT-VGT NDVI 20 世纪八九十年代的数据提供依据.

1 研究区域和数据来源

1.1 研究区域

韩江流域 (图 1) 位于 $115^{\circ}13' \sim 117^{\circ}09'E$ 、 $23^{\circ}17' \sim 26^{\circ}05'N$, 覆盖广东东部、福建西南部、江西东南部共 22 个县市, 流域面积 $30\,112\text{ km}^2$. 其中山地约占 70%, 主要分布在流域北部和中部; 丘陵约占 25%, 分布在梅江流域和其他干支流谷地; 平原约占 5%, 主要分布在韩江三角洲. 梅江是韩江的主流, 在广东大埔的三河坝与汀江汇合后始称韩江, 全长 470 km. 梅江、汀江、韩江干流和三角洲的集水面积分别为 $13\,929$ 、 $11\,802$ 、 $3\,346$ 和 $1\,035\text{ km}^2$.

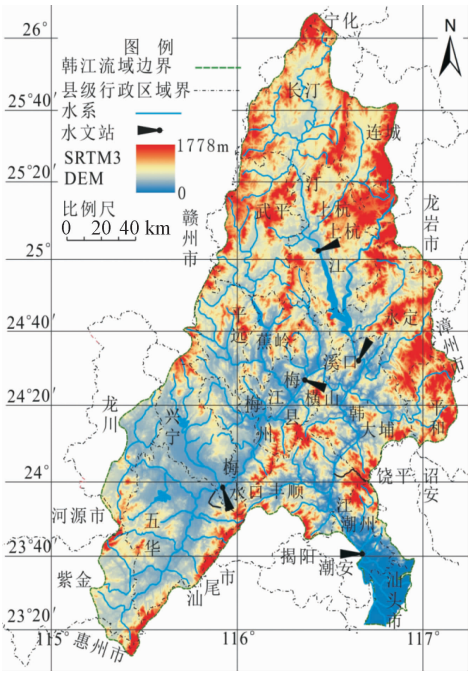


图 1 韩江流域位置

VEGETATION(VGT)传感器从1998年4月开始接收用于全球植被覆盖观测的SPOT VGT数据. VGT垂直方向的空间分辨率1.15 km,扫描宽度2 250 km,得到0.43~1.75 μm 之间5个波段的观测数据,即0.43~0.47 μm 的蓝波段、0.50~0.59 μm 的绿波段、0.61~0.68 μm 的红波段、0.79~0.89 μm 的近红外波段和1.58~1.75 μm 的短波红外波段. SPOT-VGT NDVI数据由比利时 Vito(Flemish Institute for Technological Research) VEGETATION 影像中心提供,空间分辨率为1 km,时间分辨率为旬,时间是1998年4月至今. 该数据已经过大气校正、辐射校正、几何校正等预处理,且采用最大值合成法获得10 d最大合成数据,以减少云、大气、太阳高度角等的影响.

1.2.2 土地覆盖数据 土地覆盖数据采用中国西部环境与生态科学数据中心提供的中国1 km土地覆盖图(MICLCover),该数据集在评价已有土地覆盖数据的基础上,基于证据理论,将2000年中国1:100 000土地利用数据、中国植被图集(1:1 000 000)的植被型分类、中国1:100 000冰川图、中国1:1 000 000沼泽湿地图和MODIS 2001年土地覆盖产品(MOD12Q1)进行了融合,采用最大信任度原则进行决策,产生了新的、IGBP(International geosphere-biosphere program)分类系统的2000年中国土地覆盖数据^[11-12]. 图2是韩江流域(潮安水文站以上)的土地覆盖分布,流域植被以常绿针叶林、郁闭灌木林、农作物、草地和常绿阔叶林5种类型为主,面积覆盖率分别为34.9%、23.7%、14.3%、13.0%和9.5%,总面积达全流域的95.4%.

1.2 数据来源

1.2.1 NDVI数据 AVHRR共有5个通道,光谱响应范围在0.58~12.5 μm ,时间分辨率为0.5 d,星下分辨率1.1 km,扫描宽度为2 700 km. 其中前2个通道红光波段和近红外波段用于计算NDVI,红波段在0.58~0.68 μm ,光谱范围是0.10 μm ,近红外波段在0.725~1.100 μm ,光谱范围是0.375 μm ,波段范围较宽. AVHRR NDVI数据是由NASA(National aeronautics and space administration)发布的覆盖全球的半月最大值合成数据,空间分辨率是8 km,时间是1981年1月至2006年12月. 数据经过几何精纠正、辐射校正、大气校正等预处理,且都已采用最大值合成法以减少云、大气、太阳高度角等的影响,同时数据还利用经验模式分解减少了由于卫星轨道漂移所产生的噪音,并利用交叉辐射定标的方法,增强了数据的精度.

MODIS扫描宽度为2 330 km. 由2颗卫星相互配合每1~2 d可重复观测整个地球表面,得到0.4~14.5 μm 之间的36个波段的观测数据. 其中,前面7个波段主要是针对陆地表面,包括星下点空间分辨率250 m的2个波段(0.620~0.670 μm 的红波段;0.841~0.867 μm 的近红外波段)和500 m的5个波段. MODIS NDVI来源于MODIS数据中MOD13A3数据产品,是全球月植被指数产品,空间分辨率为1 km,时间是2000年3月至今. MOD13A3数据集的NDVI数据已经过几何精纠正、辐射校正、大气校正等预处理.

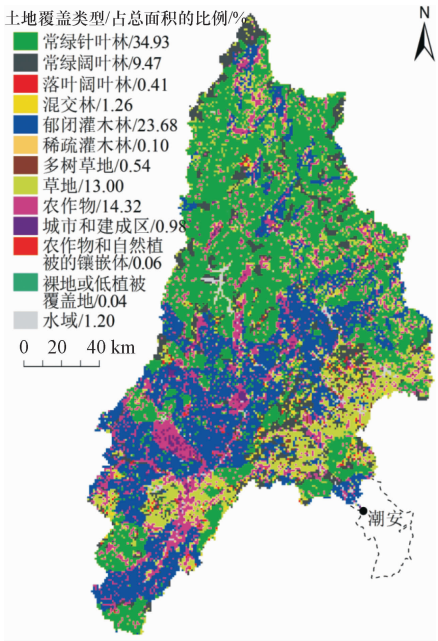


图 2 韩江流域土地覆盖分布

Fig. 2 Distribution of land cover over Hanjiang River basin

2 结果与分析

MODIS NDVI 的时间分辨率是月,而 AVHRR NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 的时间分辨率则分别为半个月和旬,因此,采用最大值合成,获得 AVHRR NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 的月数据,使 3 种数据的时间分辨率得以统一。

2.1 NDVI 的空间分布

以韩江流域 2003 年 9 月的 NDVI 为例(该年的最大值),3 种 NDVI 的空间分布如图 3 所示. MODIS NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 的空间分辨率相同(1 km),它们的空间分布也吻合的相当好,而且它们与韩江流域的 DEM 图(图 1)很相似. 在地势高处,DEM 值较大,NDVI 值也较大;在地势低处,DEM 值较小,NDVI 值也较小,在 NDVI 最小处能隐约可见河道的轮廓. 这是因为在韩江流域地势较高的地方多为常绿针叶林和常绿阔叶林,地势较低的地方多为郁闭灌木林、农作物、草地,植被覆盖率高的高山地区 NDVI 值一般较平原地区的灌木林、农作物或草地的 NDVI 值大. AVHRR NDVI 由于空间分辨率较低(8 km),其空间分布与 MODIS NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 差别较大,但它们的总体格局大体是一致的,即地势高处 NDVI 值较大,地势低处 NDVI 值较小。

通过逐像元统计 3 种 NDVI 数据,得到韩江流域的 3 种遥感数据的 NDVI 值出现的频率分布(如图 4 所示). 从图 4 可以看出,与 AVHRR NDVI 相比,MODIS NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 的频率分布吻合的更好,但也存在一定程度的差异. AVHRR NDVI 在韩江流域的变化范围是 0.439 ~ 0.732,均值为 0.603,标准差为 0.049 8,而且大部分像元的 NDVI 值集中在 0.5 ~ 0.7,占总像元数的 94.5%;MODIS NDVI 的变

化范围是 0.176 6 ~ 0.969 9,均值为 0.783,标准差为 0.076 1,大部分像元的 NDVI 值集中在 0.7 ~ 0.9,占总像元数的 87.5%;SPOT-VGT NDVI 的变化范围是 0.203 9 ~ 0.920 0,均值为 0.773,标准差 0.054 8,大部分像元的 NDVI 值集中在 0.7 ~ 0.9,占总像元数的 92.3%. 根据统计结果,AVHRR NDVI 的值明显较其他两种数据小,MODIS 和 SPOT-VGT 的 NDVI 的值很接近,MODIS NDVI 的值较大;AVHRR NDVI 的变化范围最小,分布最为集中,MODIS NDVI 的变化范围最大,分布最为分散. 分析结果表明,MODIS NDVI 与 SPOT-VGT NDVI 的相似度较高,而 AVHRR NDVI 与它们则存在较大的差异. 这主要是因为探测器波段光谱特征(如波段中心值、波段宽度等)对 NDVI 数据反映地表植被覆盖特征的能力有影响. MODIS 和 VGT 探测器的红波段分别为 0.620 ~ 0.670 和 0.610 ~ 0.680 μm ,近红外波段分别为 0.841 ~ 0.867 和 0.790 ~ 0.890 μm ,光谱特征较为相似;而 AVHRR 探测器波谱宽度较宽,红光和近红外波段分别为 0.580 ~ 0.680 和 0.725 ~ 1.100 μm . 计算 AVHRR NDVI 的近红外波段范围较宽,含有几个强水分吸收带,叶面含水量的影响使植被反射的近红外辐射能量减少,降低了 NDVI 值^[10];另外,AVHRR 探测器的空间分辨率低,NDVI 值在较大的范围里被平均,从而 NDVI 的变化范围小,分布集中. 相反,MODIS 传感器红波段中心值是叶绿素对红光的吸收峰值,近红外波段是绿色植被对近红外光的强反射区,且波段宽度小,避开了近红外区中植被的强水分吸收带,消除了水汽的干扰,这是 MODIS NDVI 值较大的主要因素;此外,由于 MODIS 传感器波段宽度窄、空间分辨率高,对地物分辨能力高,使得 NDVI 的变化范围大,分布分散,有利于反映地面植被的多样性。

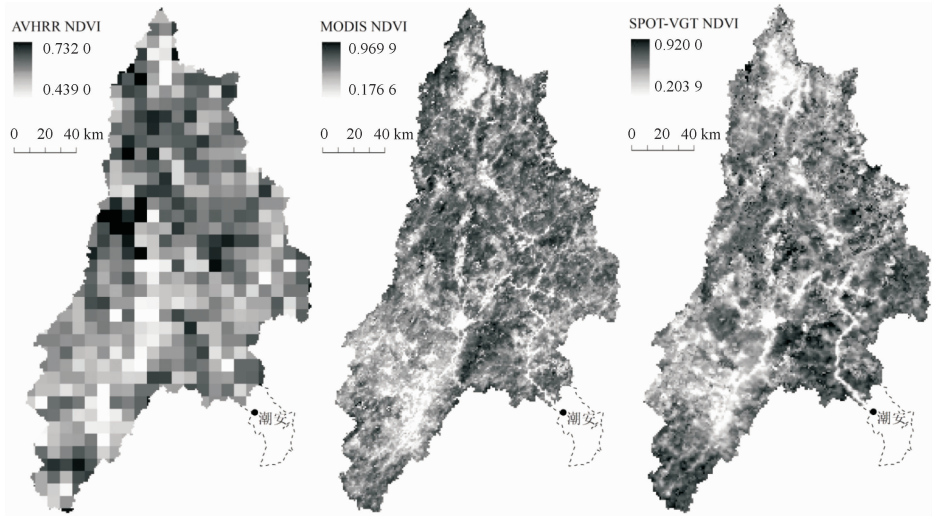


图3 3种NDVI在韩江流域的空间分布(2003-09)

Fig.3 Spatial distributions of three types of NDVI over Hanjiang River basin

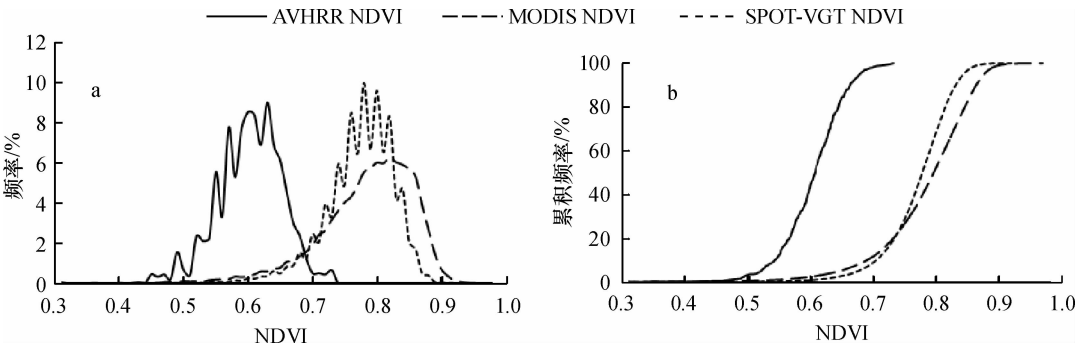


图 4 3 种 NDVI 在韩江流域的频率与累积频率分布(2003 - 09)

Fig.4 Frequency curves of three types of NDVI over Hanjiang River basin

2.2 NDVI 的季节变化

图 5 是 3 种 NDVI 数据 2001—2006 年间在韩江流域的平均值变化情况。可以看到,3 种数据反映的韩江流域 NDVI 季节变化的步调基本一致,幅度相当。韩江流域全年的降水有 80% 集中在 4—9 月,而 NDVI 对降水的响应约有 1 个月的滞后^[13],所以 5—10 月的 NDVI 在全年中较大。AVHRR NDVI 的最大值出现在 7 月,MODIS NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 的最大值都出现在 9 月;3 种数据的 NDVI 最小值都出现在 2 月。MODIS NDVI 在全年呈较为明显的“M 型”分布,NDVI 在 7 月出现了 1 个谷点。这是因为 7 月份是韩江流域水稻夏收时段,NDVI 明显下降。在 3 种 NDVI 数据中,只有 MODIS 数据能够清晰地反映这一变化,说明 MODIS NDVI 较其他 2 种数据更能准确反映地面植被覆盖的变化。AVHRR NDVI 在 7 月份最大,说明其对植被变化的敏感性较低。

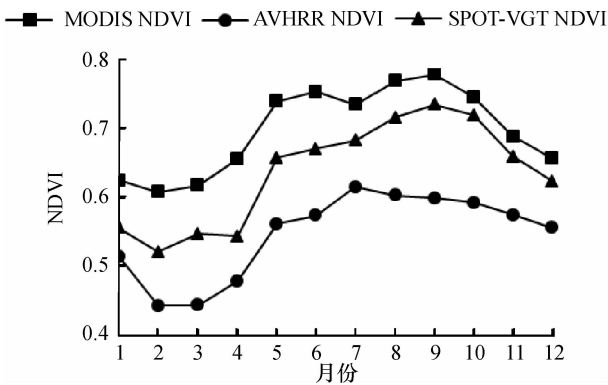


图 5 韩江流域 2001—2006 年月平均 NDVI 变化

Fig.5 Seasonal change of mean monthly NDVI of Hanjiang River basin from 2001 to 2006

2.3 不同植被类型的 NDVI 变化

韩江流域的植被覆盖以常绿针叶林、郁闭灌木林、农作物、草地和常绿阔叶林为主,其总面积占全流域面积的 95% 以上。图 6 给出了流域内这 5 种植被类型 2001—2006 年间的 NDVI 月平均值的变化情

况。可以看到,3 种数据反映的韩江流域各种植被的 NDVI 季节变化情况基本一致,其中 MODIS NDVI 与 SPOT-VGT NDVI 的相似度更高。对于 AVHRR NDVI,常绿针叶林和常绿阔叶林的 NDVI 很接近;草地的 NDVI 在 1—4 月(NDVI 较小的时段)与常绿针叶林和常绿阔叶林的 NDVI 很接近,而在 5—12 月(NDVI 较大的时段)则相差较大;郁闭灌木林和农作物的 NDVI 很接近。各种植被的 AVHRR NDVI 在全年的变化步调基本是一致的,NDVI 峰值出现在 7 月份,谷值出现在 2、3 月份。与 AVHRR NDVI 相比,MODIS NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 随植被不同差别更大。其中,NDVI 大的同样是常绿针叶林和常绿阔叶林,而且数值很接近;NDVI 最小的是农作物,且与其他植被的 NDVI 相差的幅度较大;郁闭灌木林和草地的 NDVI 比较接近。从 5 种植被的 NDVI 变化来看,除农作物外的其他 4 种植被的 NDVI 在全年的变化步调比较一致,与 AVHRR NDVI 的情况不同的是 NDVI 的峰值出现在 9 月份;农作物的 NDVI 变化则与其他 4 种植被有较大的差异,NDVI 在全年的变化呈明显的“M 型”分布,在 NDVI 较大的 5—10 月出现 1 个谷点,这是因为 7 月份是水稻的夏收时段,该月份农作物地的 NDVI 较相邻月份明显减小。MODIS NDVI 的变化显示郁闭灌木林和草地 7 月份的 NDVI 同样较相邻月份减小,但减小幅度没有农作物明显。这一方面是因为 7 月份是韩江流域全年气温最高的月份,流域蒸发量较大,土壤失水严重,往往经历 1 个长短不定的伏旱期,而灌木林和草地根系浅,无法吸收较深层的土壤水分,致使其生长受到影响;另一方面,中国 1 km 土地覆盖图是根据每 1 km² 网格范围内面积最大的植被来定义该网格的植被类型,而忽略其他小面积的植被类型,从韩江流域 20 世纪 80、90 年代到 21 世纪的土地利用变迁来看,这段时期的耕地面积明显减少,除部分转化为建设用

地外,其余大多转化为林地(主要是灌木林)和草地^[14],但又并没有转化完全,所以灌木林和草地类型的网格中不可避免还有小面积的耕地,致使其7月份的NDVI减小.可见,在反映地面植被的多样性和植被覆盖的变化2个方面,MODIS NDVI比SPOT-VGT NDVI和AVHRR NDVI更具优势.

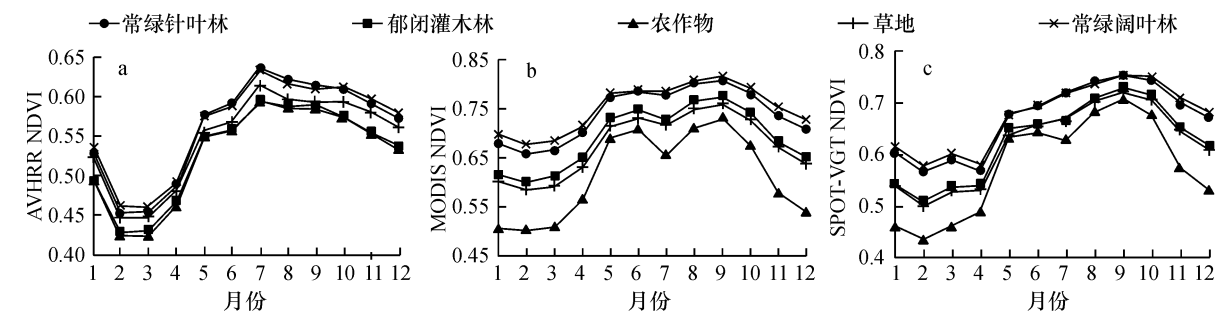


图6 韩江流域不同植被2001—2006年月平均NDVI变化

Fig. 6 Seasonal changes of mean monthly NDVI of different types of vegetations over Hanjiang River basin from 2001 to 2006

2.4 3种NDVI的相关关系

统计2001—2006年3种NDVI在流域内5种主要植被类型上的平均值,并对3种NDVI两两间作线性回归分析,结果列于表1.在全流域和各种植被类型上,3种NDVI两两间都表现出一定的线性关系.由于MODIS和SPOT-VGT传感器的光谱特性和空间分辨率较接近,所以MODIS NDVI与SPOT-VGT NDVI间的线性关系最强,农作物 R^2 达到0.8283;AVHRR传感器的光谱特性和空间分辨率与MODIS或SPOT-VGT的差异较大,所以AVHRR

NDVI与MODIS NDVI或SPOT-VGT NDVI间的线性关系相对较弱,最小的 R^2 为0.5648(常绿阔叶林AVHRR NDVI与SPOT-VGT NDVI的回归).AVHRR NDVI与MODIS NDVI在各种植被类型上的相关关系大小没有明显的变化,几乎在同一水平;SPOT-VGT NDVI与AVHRR NDVI或MODIS NDVI的相关关系大小则随植被类型而有所不同,在NDVI最小的农作物上表现出最强的线性相关,而在NDVI最大的常绿针叶林和常绿阔叶林上的相关性则是相对最弱的.

表1 3种NDVI在不同植被类型上的线性回归结果¹⁾

Tab.1 Linear regression of three types NDVI of different kinds of vegetations

植被类型	AVHRR 与 MODIS		AVHRR 与 SPOT-VGT		MODIS 与 SPOT-VGT	
	线性回归方程	R^2	线性回归方程	R^2	线性回归方程	R^2
全流域	$N_M = 0.793N_A + 0.265$	0.628	$N_S = 1.098N_A + 0.037$	0.656	$N_M = 0.624N_S + 0.301$	0.714
常绿针叶林	$N_M = 0.672N_A + 0.362$	0.641	$N_S = 0.977N_A + 0.120$	0.595	$N_M = 0.521N_S + 0.391$	0.617
郁闭灌木林	$N_M = 0.834N_A + 0.249$	0.651	$N_S = 1.135N_A + 0.025$	0.677	$N_M = 0.651N_S + 0.284$	0.754
农作物	$N_M = 1.065N_A + 0.051$	0.583	$N_S = 1.352N_A - 0.137$	0.703	$N_M = 0.787N_S + 0.159$	0.828
草地	$N_M = 0.829N_A + 0.223$	0.593	$N_S = 1.148N_A - 0.008$	0.663	$N_M = 0.667N_S + 0.263$	0.764
常绿阔叶林	$N_M = 0.648N_A + 0.386$	0.636	$N_S = 0.957N_A + 0.135$	0.565	$N_M = 0.492N_S + 0.419$	0.594

1)表中 N_A 、 N_M 、 N_S 分别指AVHRR NDVI、MODIS NDVI和SPOT-VGT NDVI.

根据表1中AVHRR NDVI与MODIS NDVI、AVHRR DNVI与SPOT-VGT NDVI在各种植被上的线性回归结果,利用2000年的AVHRR NDVI月数据,获取相应植被上2000年MODIS NDVI(3—12月)和SPOT-VGT NDVI月数据,并与实测的原始MODIS NDVI和SPOT-VGT NDVI进行比较,各种植被类型上的月平均NDVI的回归值与实测值的比较结果如

图7所示.从图中可以看到,MODIS NDVI的回归结果较好,而SPOT-VGT NDVI的回归结果相对较差.在MODIS NDVI的回归中,除农作物外的其他植被上的NDVI的残差大多都在 ± 0.05 的范围内,农作物上的NDVI残差是各种植被中最大的,但都在 ± 0.08 的范围内;不同月份的NDVI回归残差有所不同,其中7月份和10月份的NDVI残差明显较其他月份大.

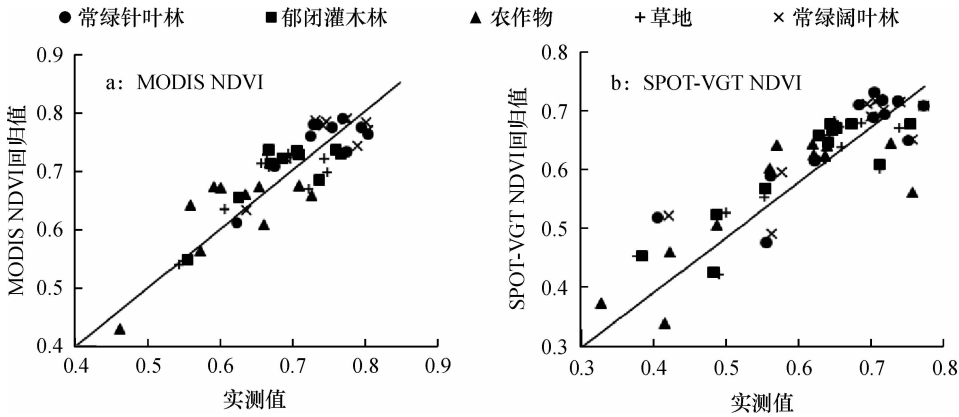


图 7 韩江流域 2000 年月 NDVI 回归值与实测值的比较

Fig. 7 Comparisons of regressed monthly NDVI and measured monthly NDVI over Hanjiang River basin in 2000

3 结论

笔者对韩江流域 AVHRR、SPOT-VGT 和 MODIS 3 种 NDVI 数据的研究,结论如下:

1) MODIS NDVI 和 SPOT-VGT NDVI 在韩江流域内的空间分布吻合良好. 与 AVHRR 相比, MODIS 与 SPOT-VGT 的传感器光谱特征和空间分辨率更为接近,所以它们的 NDVI 较为相似.

2) 3 种数据反映的韩江流域 NDVI 季节变化的步调基本一致,变化的幅度相当. 但 AVHRR NDVI 的最大值出现在 7 月(流域水稻夏收期),这与流域地面植被的变化情况明显不符. 相反,MODIS NDVI 在全年呈较为明显的“M 型”分布,7 月份的 NDVI 是 1 个局部最小值,MODIS NDVI 更能精确反映地面植被覆盖的变化.

3) 各种植被的 AVHRR NDVI 在全年的变化步调基本是一致的;而 MODIS NDVI 则能够明显区分农作物、郁闭灌木林和草地的变化与其他植被的不同. 在反映地面植被的多样性和植被覆盖的变化 2 个方面,MODIS NDVI 比 SPOT-VGT NDVI 和 AVHRR NDVI 更具优势.

4) 在全流域和各种植被类型上,3 种 NDVI 两两间都表现出一定的线性关系. 其中,由于 MODIS 和 SPOT-VGT 传感器的光谱特性和空间分辨率较接近,所以 MODIS NDVI 与 SPOT-VGT NDVI 间的线性关系最强. 由 MODIS NDVI 与 AVHRR NDVI 的线性回归关系估计的韩江流域 2000 年的 NDVI 与实测值吻合良好,为 MODIS NDVI 时间序列向历史年份拓展提供了思路. 但它们在有些植被(如农作物)和一些月份(如 7、10 月)上的相关关系仍需进一步分析和验证.

参考文献:

[1] 陈述彭,童庆禧,郭华东. 遥感信息机理研究[M]. 北京:科学出版社,1998.
[2] 郭锐. 植被指数及其研究进展[J]. 干旱气象,2003,21(4):72-75.
[3] ZHOU L, TUCKER C J, KAUFMANN R K, et al. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite da-

ta of vegetation index during 1981 to 1999[J]. J Geophysical Res: Atmospheres,2001,106(D17):20069-20084.
[4] FABIO F, CHRISTIAN R, TOBIAS J, et al. Alpine grassland phenology as seen in AVHRR, VEGETATION, and MODIS NDVI time series: A comparison with in Situ measurements[J]. Sensors,2008,8(4):2833-2853.
[5] 王红说,黄敬峰. 基于 MODIS NDVI 时间序列的植被覆盖变化特征研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2009,35(1):105-110.
[6] 宋富强,康慕谊,杨朋,等. 陕北地区 GIMMS、SPOT-VGT 和 MODIS 归一化植被指数的差异分析[J]. 北京林业大学学报,2010,32(4):72-80.
[7] BROWN M E, PINZON J E, DIDAN K, et al. Evaluation of the consistency of long-term NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-vegetation, SeaWiFS, MODIS, and Landsat ETM+ sensors[J]. IEEE T Geosci Remote,2006,44(7):1787-1793.
[8] FENSHOLT R, RASMUSSEN K, NIELSEN T T, et al. Evaluation of earth observation based long term vegetation trends: Intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data[J]. Remote Sens Environ,2009,113(9):1886-1898.
[9] 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.
[10] 严晓瑜,董文杰,何勇. 不同传感器数据在若尔盖湿地植被变化监测应用中的适宜性分析[J]. 遥感技术与应用,2008,23(3):300-304.
[11] RAN Y H, LI X, LU L, et al. Large-scale land cover mapping with the integration of multi-source information based on the Dempster-Shafer theory[J]. Int J Geogr Inf Sci,2012,26(1):169-191.
[12] 冉有华,李新,卢玲. 基于多源数据融合方法的中国 1 km 土地覆盖分类制图[J]. 地球科学进展,2009(2):192-203.
[13] 崔林丽,史军,杨引明,等. 中国东部植被 NDVI 对气温和降水的旬响应特征[J]. 地理学报,2009,64(7):850-860.
[14] 张正栋. 广东韩江流域土地利用与土地被盖变化综合研究[D]. 北京:中国科学院,2007.

【责任编辑 霍 欢】