

DOI :10.13872/j.1000-0275.2014.0001

田义超, 梁铭忠. 基于 SPOT-VEGETATION 的北部湾经济区植被变化特征[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(4): 465-471.

Tian Y C, Liang M Z. Analyzing the dynamics of the vegetation cover in the Beibu Gulf economic zone by using the SPOT-VEGETATION data[J]. Research of Agricultural Modernization, 2014, 35(4): 465-471.

基于 SPOT-VEGETATION 的北部湾经济区植被变化特征

田义超^{1 2 3} 梁铭忠¹

(1. 钦州学院资源与环境学院, 广西 钦州 535099; 2. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 3. 广西师范学院 北部湾环境演变与资源利用省部共建教育部重点实验室, 广西 南宁 530001)

摘要:以 2000-2011 年 423 景 SPOT-VEGETATION 逐旬 NDVI 数据为基础, 采用 MVC、标准差、线性趋势分析和 HURST 指数等数理统计方法对北部湾经济区植被覆盖时空变化特征及未来趋势进行定量分析。结果表明, 2000-2011 年北部湾经济区 NDVI 值呈波动上升趋势, 快于广西区年 NDVI 平均增长速率。NDVI 均值存在着明显的分段特征, 且转折点出现在 2006 年, 2006 年以前研究区植被覆盖呈现下降趋势, 2006 年以后呈现显著增加趋势。NDVI 均值在空间上呈现出西北和西南植被覆盖低、东南植被覆盖高的态势, NDVI 均值纬向分布呈现出北高南低, 经向分布线性倾向率比较小, 仅为 0.5952/1N°。NDVI 标准差的变幅较大, 表现为波动小主要分布在 NDVI 均值的两个极端, 波动较小与波动较大并存, 波动较大分布比较零散的空间格局。NDVI 的 Hurst 指数反持续(10.03%)<持续性序列(89.97%), 说明经济区植被的变化趋势处于持续性改善的趋势。

关键词: 植被; SPOT-VEGETATION; HURST 指数; NDVI 时空格局; 北部湾经济区

中图分类号: Q948.15+6

文献标识码: A

文章编号: 1000-0275(2014)04-0465-07

Analyzing the dynamics of the vegetation cover in the Beibu Gulf economic zone by using the SPOT-VEGETATION data

TIAN Yi-chao^{1 2 3}, LIANG Ming-zhong¹

(1. College of Resources and Environment, Qinzhou University, Qinzhou, Guangxi 535099, China; 2. National Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Science, Guiyang, Guizhou 550002, China; 3. Guangxi Normal University, Key Laboratory of Beibu Gulf Environmental Evolution and Resources Utilization, Nanning, Guangxi 530001, China)

Abstract: By using the 10-day SPOT-VEGETATION NDVI data during the period of 2000-2011, this study applied a number of statistics methods, such as MVC, standard deviation, linear trend analysis and HURST index, to analyze the quantitative characteristics of the spatio-temporal changes of the vegetation coverage and its future trends in the Beibu Gulf Economic Zone. The results indicated that the annual NDVI index increased with time and with fluctuations in the study area from 2000 to 2011, of which the regional NDVI increasing rate was larger than the average value in the Guangxi Zhuang Autonomous Region. The temporal variation of NDVI showed an obvious turning point in 2006, before when a decreasing trend existed and vice versa. The spatial distribution of vegetation coverage showed a trend with low values in the northwest and the southwest and with high values in the southeast. The zonal distribution pattern of NDVI showed high NDVI in the north and low NDVI in the south, while the linear trend rate in the meridional distribution was relatively small, only 0.5952 per one degree. The variation amplitude of the NDVI standard deviations was large, and its spatial distribution pattern presented that the minor fluctuations mainly distributed in the two extremes of the mean NDVI; the minor and major fluctuations coexisted; and the major fluctuations were very scattered. The Hurst index of NDVI for the region showed a dominant trend of the sustained sequence (89.97%), indicating that the overall vegetation coverage will sustainably keep improving in the future.

Key words: vegetation; SPOT-VEGETATION; Hurst index; normalized difference vegetation index; spatio-temporal pattern; Beibu Gulf Economic Zone

陆地植被是联系土壤、大气和水分的自然纽带, 在陆地表面能量交换、水分循环和生物地球化学循环过程中起着至关重要的作用^[1], 归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI) 是基

基金项目: 国家自然科学基金地区基金项目(41361022); 广西教育厅课题(LX2014452); 钦州学院校级课题(2013XJKY-18B)。

作者简介: 田义超(1986-), 男, 陕西西安市人, 博士研究生, 工程师, 主要从事资源环境遥感与 GIS 及海岸带生态环境监测研究, E-mail: tianyichao 1314@yeah.net。

收稿日期: 2014-01-04; 修回日期: 2014-03-13

于绿色植物叶绿素对可见光波段的强吸收和植物细胞组织对近红外波段强反射的原理计算得到,对植物生物物理特征变化非常敏感^[2,3],是目前在全球植被覆盖变化研究中应用最为广泛的植被指数^[4]。NDVI 变化的趋势可以用来衡量植被覆盖退化与改善的程度^[5],其变化趋势已被用在很多已有的研究中,包括全球变暖的生态环境效应^[6]、植被物候分析^[7]、土地利用与土地覆盖变化^[8]、干旱与灾情监测^[9]等。通过对不同年份不同时相植被覆盖时空变化进行动态分析,可很直观地获得区域生态环境变化情况,这对于了解与掌握研究区域植被的动态变化特征及规律,促进区域生态建设与环境保护事业发展具有重要的理论与现实意义。

早期在进行植被监测时,主要依靠人工手段进行调查,该方法既耗时又耗力,而且效率低下。随着遥感技术的发展,遥感技术逐渐成为监测植被动态变化的主要工具。目前在植被动态变化监测上常用的遥感数据有 NOAA-AVHRR (advanced very high resolution radiometer)、SPOT-VEGETATION (VGT)、EOS-MODIS (moderate resolution imaging spectroradiometer) 和 Landsat TM 等^[10]。其中 TM 数据由于其地物分辨率高而得到广泛的应用^[11],但其时间分辨率低,难以反映区域植被的动态变化。AVHRR 数据时间序列最长,但由于其空间分辨率为 8 km,常被用于大尺度植被的动态监测^[12]。SPOT-VGT 数据空间分辨率为 1 km,在生态环境动态监测和植被动态监测方面得到广泛的应用^[13]。部分学者如宋怡等^[14]、夏露等^[15]、刘斌等^[16]基于 SPOT VEGETATION 数据对中国西北、黄土高原以及华北地区的植被覆盖变化进行了动态分析,车良革等^[17]基于 NDVI 的像元二分模型,分析了南流江流域 19 年来的植被覆盖与地质地层之间的关系。然而,对中国南部北部湾地区自 20 世纪初期以来植被覆盖在历史时期的演变规律、变化速度和空间差异情况的认识尚比较薄弱。

2008 年 1 月 16 日,国家批准实施《广西北部湾经济区发展规划》。在开发和建设的过程中,北部湾经济区作为我国西南重要的生态屏障区域,正面临着环境容量大,人口承载力高,生态环境脆弱,地表植被覆盖降低等一系列问题。因此,实现对北部湾经济区植被覆盖变化的动态监测,对于评价陆地生态系统的生态环境具有重要的指导意义,同时也可作为北部湾经济区政府在制定宏观决策时提供相应的理论依据。鉴于此,本研究以 2000-2011 年 SPOT-VEGETATION 逐旬 NDVI 数据为基础,采用最大值合成法、标准差、线性趋势分析等数理统计方法分别

从不同时间和空间尺度上对该地区的植被覆盖变化情况定量分析。并在此基础上通过 HURST 指数预测植被覆盖变化总体趋势及其在不同土地利用类型下的空间分异现象,以期为北部湾经济区植被生态恢复和区域可持续发展提供理论上的依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

选择广西北部湾经济区(以下简称“北部湾经济区”)为研究对象,该区域地处北纬 21°24′-24°03′,东经 107°18′-109°52′,东西长约 227.38 km,南北长约 294.86 km,总面积 41739.25 km²,该区地处我国沿海西南端,主要由南宁、北海、钦州、防城港四市组成。广西北部湾经济区发展规划是依据党的十七大精神和《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》、国家《西部大开发“十一五”规划》编制。规划期为 2006-2020 年。该地区气候属南亚热带季风气候区,具有亚热带向热带过渡性质的海洋季风气候特点。年平均气温 22℃,绝对最高温度 37.5℃,绝对最低温度 -1.8℃。年平均降雨量在 1600 mm 左右,年平均气温 21.4 - 22℃。

1.2 数据来源

本研究选用的数据为 2000 年 1 月至 2011 年 12 月 SPOT-VEGETATION 的逐旬 NDVI 产品,共 432 期影像,数据来源于比利时发布的全球 NDVI 植被数据(<http://free.vgt.vito.be/home.php>)网站。该数据由瑞典的 Kiruna 地面站负责接收,由位于法国 Toulouse 的图像质量监控中心负责图像质量并提供相关参数(如定标系数),最终由比利时佛莱芒技术研究所 (Flemish Institute for Technological Research, Vito) VEGETATION 影像处理中心 (VEGETATION Processing Centre, CTIV) 负责预处理成逐旬 1 km 的全球 NDVI 数据^[18]。得到的每月 NDVI 数据通过国际通用的最大化合成法 (maximum value composites, MVC)^[19]进行预处理,此方法可以进一步消除云、大气、太阳高度角等的部分干扰。

1.3 分析方法

1.3.1 线性趋势分析 一元线性回归分析可以模拟每个栅格的变化趋势,以单个像元时间变化特征反映整个空间变化规律,综合反映区域时空格局演变^[20]。其中 Slope 为像元 NDVI 回归方程的斜率,若 Slope 值为正,表示随时间变化植被指数升高,区域植被覆盖度存在增加趋势,且数值愈大植被覆盖度增加趋势愈明显;反之 Slope 值为负,则表示随时间变化植被指数呈下降趋势。其计算公式如下:

$$S = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times NDVI_i - (\sum_{i=1}^n i) (\sum_{i=1}^n NDVI_i)}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (1)$$

式中 :S 为像元 NDVI 线性拟合回归方程的斜率 ;n 代表年跨度 ;i 代表年序号 ;NDVI_i 代表第 i 年 NDVI 值。为了从整体上把握北部湾海岸带植被覆盖动态变化趋势,将 Slope 分为七个等级,依次为严重退化、轻微退化、中度退化、基本不变、轻微改善、中度改善以及明显改善,植被覆盖变化趋势分类标准见文献 21。

1.3.2 标准差分析 标准差表示数据变量偏离常态的距离的平均数,能反映一个数据集的离散程度,其值越大,说明该地区在研究时段内各像元 NDVI 距离平均值越远,说明该时间段内植被的年际变化较大^[14]。标准差的计算公式如下:

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (NDVI_i - \overline{NDVI})^2} \quad (2)$$

1.3.3 R/S 分析与 HURST 指数 R/S 分析方法(rescaled range analysis method,重新标度极差分析法)是一种用于研究自然和社会经济现象在时间尺度上的演变趋势的非线性数量分析和预测方法,该方法是由英国水文学家 Hurst 最先提出,他发现尼罗河流域的干旱情况并非传统水文统计所设想的那样,是一种随机现象,而是干旱越持久,就越可能持续干旱^[21]。后来经过了 Mandelbrot 和 Wallis 进一步补充和完善,将其发展成一种研究时间序列的分析理论,目前已在水文学、经济学、气候学、地质等领域有着广泛应用^[22]。

比值 $R(\tau)/S(\tau) \cong R/S$,若存在 $R/S \propto \tau^H$ 则说明时间序列 $\{\xi(t)\}$ 存在 Hurst 现象,H 称为 Hurst 指数。不同的 Hurst 指数的取值范围为 $H(0 < H < 1)$ 。一般 H 存在以下几种情况:当 $0 < H < 0.5$ 时,时间数列表现为反持续;当 $H=0.5$ 时,时间序列数据表现为一个随机序列;当 $0.5 < H < 1$ 时,时间序列数据表现为持续性^[22]。根据北部湾经济区 12 年 NDVI 年均值数据,基于 R/S 理论的分析原理,借助于 MATLAB 软件编程实现 Hurst 指数的逐象元空间计算。

2 结果与分析

2.1 植被覆盖时间变化特征

2000–2011 年北部湾经济区植被覆盖 NDVI 值呈波动上升趋势,NDVI 均值介于 0.5100–0.6000 之间(图 1),平均增长速率为 0.0550/10a,未通过显著性水平 0.01 的检验,且经济区 NDVI 均值的平均增

长速率稍微快于广西区 1999–2011 年 NDVI 植被平均增长速率(0.0500/10a)^[23]。NDVI 均值存在着明显的分段特征,且转折点出现在 2006 年,2006 年以前研究区植被覆盖呈现下降趋势(-0.0480/10a),2006 年以后研究区植被呈现显著增加趋势,增长速率达到 0.1030/10a,几乎是研究区植被增加率的两倍。

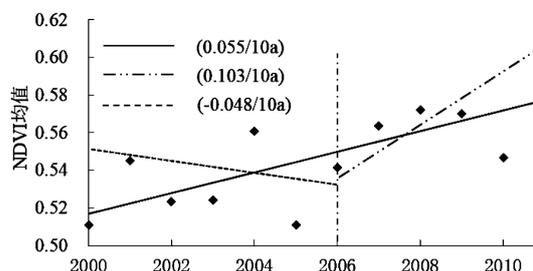


图 1 北部湾经济区平均 NDVI 变化过程

Fig. 1 The change of mean annual NDVI in Beibu Gulf Economic Zone

2.2 植被覆盖空间变化分析

2.2.1 NDVI 均值空间变化分析 北部湾经济区多年 NDVI 均值介于 0.7482–0.9978 之间(图 2),且 NDVI 均值在空间上呈现出西北和西南植被覆盖低、而东南植被覆盖高的态势。高植被覆盖区域主要集中在钦州市东南部的大风江流域地区,究其原因主要是由于该地区地形地势比较低,且大风江流域两侧分布的有林草地和稀疏林地对该地区植被的覆盖起到积极影响作用。相对较高植被覆盖区主要集中在钦州市、灵山县与横县的交界地带,原因是由于该区域的植被覆盖刚好处于邕江流域与郁江流域的交叉地带,此地区所具有的大型水库对该地区的植被覆盖起到一定的控制作用。低植被覆盖的地区主要集中在南宁市的市辖区周边、合浦县的西南部、北海的西南部,此区域植被 NDVI 均值较小究其原因主要受到城市化和旅游业的发展,建设用地在城市周边进行扩张,从而导致植被覆盖度较低。相对植被较低的区域主要分布于研究区的北部与西南部十万大山山脊地区,研究区北部的武鸣县、上林县和隆安县植被覆盖之所以比较低,原因是由于此地区分布大量的喀斯特峰林及峰丛石山,导致该区域植被 NDVI 的数值相对比较低,十万大山山地可能是由于植被覆盖的岩石有很多都裸露了出来,背阴处是没有融化的积雪才导致此区域的植被覆盖比较低。

研究区 NDVI 的纬向分布规律总体上呈现出北高南低的空间格局,这与该地区特殊的地貌空间分布格局有关。NDVI 均值自北向南呈现波动下降趋势,其中在纬度 22.4900°左右植被下降的幅度比较大,从 0.6500 下降到 0.4200 左右,而另外一个相对

下降比较快的区域则集中在北纬 22.4980°处。从 NDVI 经向分布规律可知,NDVI 均值呈现处缓慢上升趋势,线性倾向率的斜率比较小,仅为 0.5952/1°。2.2.2 NDVI 退化与改善空间分布状况分析 严重退化植被区域的规模最小,仅为 322 km²(表 1),占到研究区植被覆被面积的 0.77%,空间上主要分布在南宁市的市辖区和合浦县的西南部。中度退化的区域所占的面积也不是很大,仅占到研究区的 2.54%,空间分布上主要集中在武鸣县的中心、东兴市的市区、北海市的东南部。其次隆安县和横县也有零星的分布。而研究区轻微退化的植被所占的面积比例比较大,规模达到 7729 km²,几乎占到研究区植被覆被总量的 20%左右,在空间分布上主要呈现出集中

连片分布的态势,范围主要集中在武鸣县、隆安县以及十万大山两侧的大部分区域,其次,上林县、宾阳县也有少许的分布(图 3)。

表 1 2000-2011 年研究区 NDVI 变化趋势结果统计
Table 1 Trends in NDVI change from 2000 to 2011 in study area

程度	NDVI 变化趋势	面积(km ²)	比例(%)
严重退化	Slope < -0.0090	322	0.77
中度退化	-0.0090 ≤ Slope < -0.0045	1061	2.54
轻微退化	-0.0045 ≤ Slope < -0.0010	7729	18.51
基本不变	-0.0010 ≤ Slope < 0.0010	10238	24.53
轻微改善	0.0010 ≤ Slope < 0.0045	15847	37.96
中度改善	0.0045 ≤ Slope < 0.0090	5962	14.28
明显改善	0.0090 ≤ Slope	586	1.40

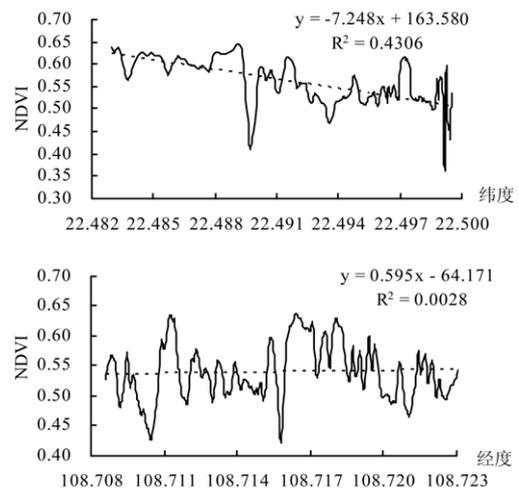
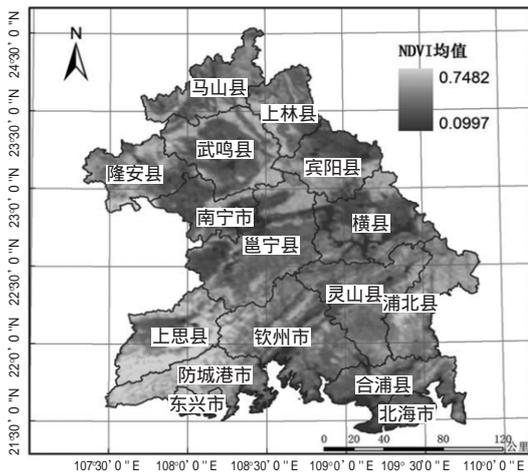


图 2 2000-2011 年研究区 NDVI 均值空间分布、经向及纬向变化规律

Fig. 2 Spatial distribution of average NDVI and its variation with latitude and longitude in study area from 2000 to 2011

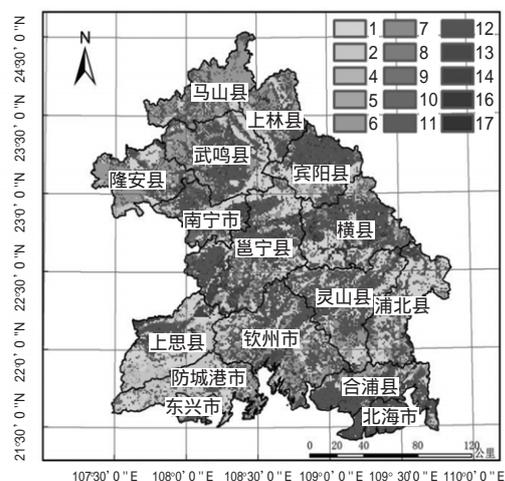
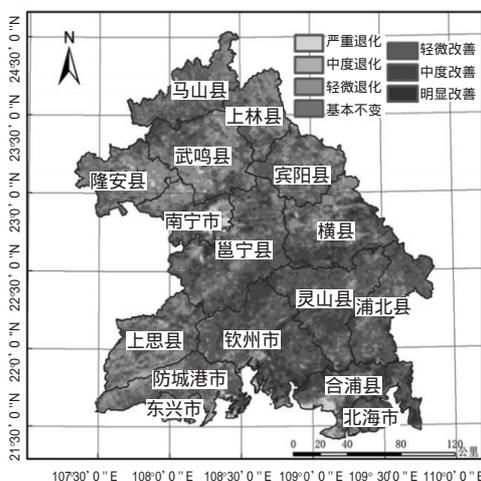


图 3 研究区 NDVI 变化趋势和土地覆盖类型

Fig. 3 Trends in NDVI change and land use and land cover change in study area

(图中代码含义: 1 常绿针叶林, 2 常绿阔叶林, 3 落叶针叶林, 4 落叶阔叶林, 5 混交林, 6 郁闭灌木林, 7 稀疏灌木林, 8 有林草地, 9 稀树林地, 10 草地, 11 永久湿地, 12 农田, 13 城市与建筑用地, 14 农业与自然植被镶嵌体, 16 裸地, 17 水体)

轻微改善和基本不变的植被地区占到研究区的 62%以上,说明研究区整体植被在过去 12 年整体上

处于相对稳定的状态。中度改善的植被规模达到 5962 km²,占到研究区总面积的 14.28%,其规模相

对比较大。从空间分布形态上来看,中度改善的植被区域主要集中在研究区的中下部分,即东南部,而北部地区中度改善的植被相对比较少,其主要原因也可能与东南湿、西北干的气候类型有关系。明显改善区域的植被覆盖所占的面积和比例也比较小,仅占到研究区的 1.40%左右,空间分布上主要集中在横县的西南部,合浦县与钦州市的交界处,其次钦江流域的中下游也有少量分布。由上述分析可知,研究区植被覆被严重退化和明显改善的区域比较小,轻微改善和基本不变的植被覆盖比较稳定,而变化较大的则主要是中度改善区域和中度退化区域。

2.2.3 植被 NDVI 空间波动性分析 研究区 NDVI 标准差的变幅比较大,其值介于 0.0049-0.1425。空间分布形态整体呈现为波动小,主要分布在 NDVI 均值的两个极端(即 NDVI 相对较高和相对较低处),波动较小与波动较大并存,波动较大分布比较零散

的空间格局(图 4)。波动小的区域集中分布于研究区西部地区,其次集中连片分布于上林县与宾阳县的东北部地区,另外横县的中部和北海市的大部分地区也处于波动较小的地区,所占的比重为 20.31%,这种分布格局说明 NDVI 相对较高和相对较低处的变化幅度小,其植被覆盖的稳定性处于稳定状态。而波动较小的区域与波动一般的区域共存于研究区,空间分布比较零散,主要分布于经济区建设用地和农村居民点周边,所占的比重分别为 31.62%和 29.26%。波动较大的区域主要分布在马山县和武鸣县交界处、宾阳县和南宁市的交界处以及防城港市和东兴市的交界处,其次,合浦县的东部也是主要分布区域。波动较大的区域的面积占到研究区总面积的 15.73%。波动性大的区域则主要分布在南宁市的东北部,钦州市与合浦县的交界处,所占的比例比较小,仅为 3.09%。

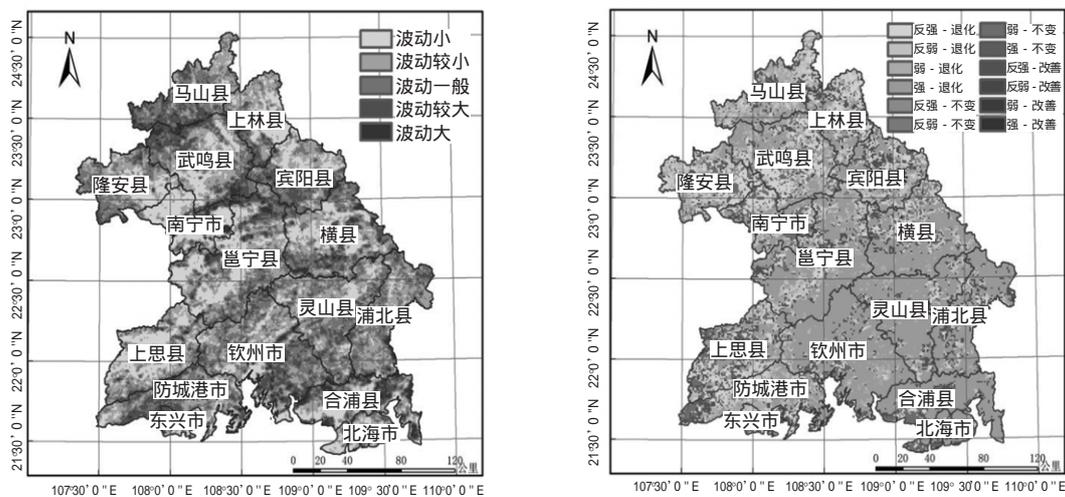


图 4 NDVI 变化标准差及 NDVI 变化特征空间分布
Fig. 4 The standard deviation and the spatial-temporal distribution of NDVI change

2.3 北部湾经济区植被覆被变化的持续性分析

NDVI 均值的 Hurst 指数值变幅较大,其值介于 0.2374-0.9977,平均值为 0.7774, Hurst 指数的反持续序列仅占到研究区 NDVI 比重的 10.03%,持续性序列占到研究区 NDVI 比重的 89.97%。Hurst 指数正态分布图的空间分布形态呈现单峰右偏分布,即 NDVI 均值持续性改善的趋势远远大于反持续性退化的趋势,说明北部湾经济区 NDVI 总体的变化趋势处于持续性改善的态势。研究区 Hurst 指数的总体空间分布格局为持续性分布区域大于反持续性分布区域,反持续序列主要分布于研究区的北部地区,其次防城港和东兴市也呈现片状连续分布,持续性序列主要分布于研究区的东南部,即北部湾海岸带钦州、灵山、合浦和北海一带(图 5)。总体来说,研究

区植被 NDVI 均值的 Hurst 指数在未来期间呈现出持续性改善大于反持续性的态势,且研究区东南部呈现持续改善趋势,而西北部呈现退化趋势。

未来植被改善的区域主要集中在灵山县、钦州市与合浦县等地区,此地区的植被处于改善的原因是由于灵山县与钦州市之间的六万大山植被生态环境比较好所导致的,而反强-退化、反弱-退化和弱-退化的区域主要集中于研究区的中部、北部以及西南部,其中,南宁市的东部、隆安县以及武鸣县的大部分区域处于严重退化的区域。

反强-退化、反弱-退化以及弱-退化的土地利用类型中主要是农田(表 2),分布的区域主要集中在隆安县与武鸣县的中心连接地带。另外,十万大山的部分地区也是其分布的重点区域,其次是郁闭灌

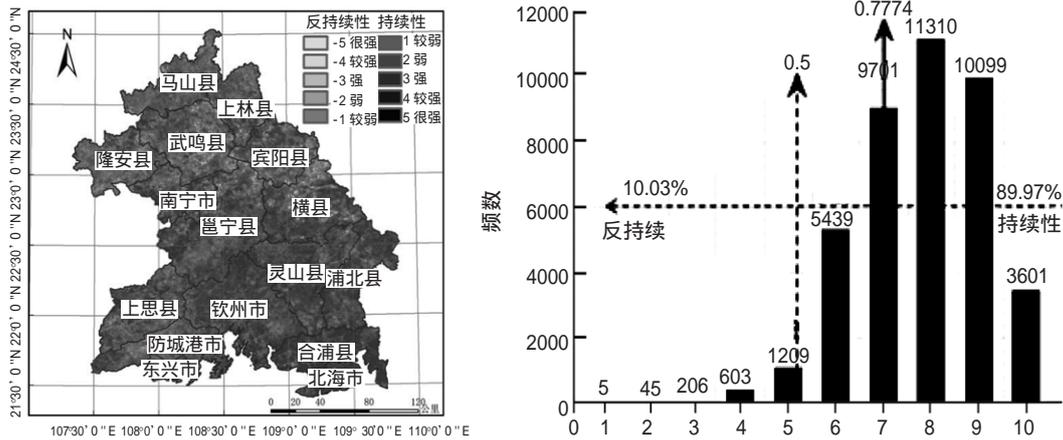


图 5 Hurst 指数空间分布及指数正态分布图
Fig. 5 The spatial distribution and normal probability plot of the Hurst index

表 2 不同土地覆被类型中变化趋势和可持续性
Table 2 Trends in change and its suitability for different land use and land cover

	反强 - 退化	反弱 - 退化	弱 - 退化	强 - 退化	反强 - 不变	反弱 - 不变	弱 - 不变	强 - 不变	反弱 - 改善	弱 - 改善	强 - 改善
常绿针叶林	29	204	690	364	12	121	972	680	19	890	3515
常绿阔叶林	20	185	663	279	5	78	674	400	11	548	1465
落叶阔叶林	-	9	21	13	-	5	27	13	2	19	44
混交林	3	21	96	40	1	9	103	78	1	78	158
郁闭灌木林	23	185	793	178	2	122	1187	465	10	723	2258
稀疏灌木林	-	4	21	14	1	5	37	13	-	28	108
有林草地	1	7	35	21	-	7	51	35	-	43	237
稀树林地	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
草地	23	92	307	173	9	60	449	271	6	419	1465
永久湿地	-	-	2	-	-	-	-	3	-	1	42
农田	87	451	1931	1049	17	120	1698	1683	3	992	7319
城市与建筑用地	9	55	233	256	-	25	135	186	-	55	454
农业与自然植被镶嵌体	4	10	102	95	-	5	143	98	1	111	617
裸地	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	8
水体	6	23	132	152	3	12	107	107	3	89	647

木林、常绿针叶林、常绿阔叶林、草地和城市与建筑用地等类型。在强-退化的主要土地利用类型中,农田所占的比重最大,分布的区域主要集中于上思县的北部、合浦县的西南部以及上林县的部分区域,其次为常绿阔叶林和常绿针叶林,其他地类所占的面积则比较小。而从反强-不变、反弱-不变、弱-不变以及强-不变这几个耦合的图谱信息中可以看出农田、郁闭灌木林和常绿针叶林这三个地类所占的面积比重比较大,空间分布的区域主要是零散的遍布于退化区域周边。从反弱-改善的耦合信息中可知,各个地类在此所占比重均不是很明显。而弱-改善和强-改善在不同地类之间所占的面积比重比较大,而且在不同地类之间变化幅度几乎区域一致,其中,农田、常绿针叶林、郁闭灌木林、常绿阔叶林以及草地所占的面积比重比较大,分布的区域主要集中在钦州与灵山一带。

3 结论

2000-2011 年北部湾经济区植被覆被 NDVI 值呈波动上升趋势,且经济区 NDVI 均值的平均增长率稍微快于广西区 1999-2011 年 NDVI 植被平均增长率。研究区 NDVI 均值存在着明显的分段特征,且转折点出现在 2006 年,2006 年以前研究区植被覆盖呈现下降趋势,2006 年以后研究区植被呈现显著增加趋势,几乎是研究区植被增加率的两倍。

多年 NDVI 均值整体上呈现出西北和西南植被覆被低、而东南植被覆被高的态势。NDVI 纬向分布总体上呈现出北高南低的空间格局,而 NDVI 均值的经向呈现出缓慢上升趋势,且斜率比较小,仅为 0.5952/1°。NDVI 标准差的变幅比较大,空间分布形态整体呈现为“波动小主要分布在 NDVI 均值的两个极端,波动较小与波动较大并存,波动较大分布比

较零散”的空间格局。

NDVI 均值的 Hurst 指数反持续序列仅占到研究区 NDVI 比重的 10.03%, 说明研究区整体的植被覆被的反向作用比较强, 持续性序列占到研究区 NDVI 比重的 89.97%。Hurst 指数正态分布图的空间分布形态呈现单峰分布, 且峰值偏向右侧, 即 NDVI 均值持续性改善的趋势大于反持续性改善的趋势, 说明研究区 NDVI 总体的变化趋势处于持续性改善的态势。

虽然本文借助一系列数理统计方法对北部湾经济区 2000-2011 年的植被覆被变化进行了动态变化与定量分析, 并对其未来变化趋势进行了分析, 但是应该注意到影响植被覆盖变化的原因有自然因素和人为因素, 其中自然因素对植被变化的影响比较明显, 气温、降水对植被覆盖变化的影响是至关重要的。由于北部湾经济区南北气候差异比较大, 气温和降水在空间分布上的情况也具有明显的分带现象, 势必影响到研究区植被的空间结构与布局, 这方面的研究该文尚未涉及。因此, 下一步研究重点将从植被与水热等气候因子之间的关系入手, 找出影响植被变化的关键驱动因子, 并对气候因子与植被覆被之间进行相关分析与时滞分析。

此外, 人为因素中退耕还林还草的实施无疑是导致经济区 NDVI 增加的主要原因。为了对北部湾经济区退耕还林效果进一步量化, 一方面可以通过对研究区退耕还林还草的重点区域进行坡度分级(坡度在 5-25°)统计不同 NDVI 的增加状况; 另一方面可以通过统计研究区牲口的数量、草地、坡耕地的面积在研究区植被恢复方面的贡献比例。最后为了揭示人类活动对经济区植被覆盖的影响可以借助于相关数学模型(残差序列模型^[24])建立回归方程, 将得到的残差序列模型进行趋势分析, 如果得到的趋势为正说明该象元植被受到人类活动的影响得到改善, 反之, 说明该象元植被在人为的影响和干扰下变差。因此北部湾经济区植被覆盖与气候因子和人类活动之间的定量关系将是以后本文的重要研究方向。

参考文献:

[1] 陈效速, 王恒. 1982-2003 年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J]. 地理学报, 2009, 64(1): 84-94.

[2] Tucker C J. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation[J]. Remote Sensing of Environment, 1979, 8: 127-150.

[3] 赵玉萍, 张宪洲, 王景升, 等. 1982 年至 2003 年藏北高原草地生态系统 NDVI 与气候因子的相关分析[J]. 资源科学, 2009, 31(11): 1988-1998.

[4] Ji L, Peters A J. A spatial regression procedure for evaluating the relationship between AVHRR-NDVI and climate in the northern Great Plains[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25: 297-311.

[5] Alcaraz-Segura, D, Chuvieco E, Epstein H E, et al. Debating the greening vs. browning of the North American boreal forest: differences between satellite datasets[J]. Global Change Biology, 2010, 16(2): 760-770.

[6] Pettorelli N, Vik J O, Mysterud A, et al. Using the satellite derived NDVI to assess ecological responses to environmental change [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2005, 20(9): 503-510.

[7] 何月, 樊高峰, 张小伟, 等. 浙江省植被物候变化及其对气候变化的响应[J]. 自然资源学报, 2013, 28(2): 220-233.

[8] 张金龙, 陈英, 葛劲松, 等. 1977-2010 年青海湖环湖区土地利用/覆盖变化与土地资源管理[J]. 中国沙漠, 2013, 33(4): 1256-1266.

[9] 王慧慧, 周廷刚, 杜嘉, 等. 温度植被旱情指数在吉林省干旱监测中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(2): 324-329.

[10] 宋富强, 邢开雄, 刘阳, 等. 基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价[J]. 生态学报, 2011, 31(2): 0354-0363.

[11] 刘纪远, 徐新良, 邵全琴. 近 30 年来青海三江源地区草地退化的时空特征[J]. 地理学报, 2008, 63(4): 364-376.

[12] 卓莉, 曹鑫, 陈晋, 等. 锡林郭勒草原生态恢复工程效果的评价[J]. 地理学报, 2007, 62(5): 471-480.

[13] 杜灵通, 李国旗. 基于 SPOT-VGT 的宁夏盐池县近 8 年生态环境动态监测[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(5): 46-51.

[14] 宋怡, 马明国. 基于 SPOT VEGETATION 数据的中国西北植被覆盖变化分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(1): 89-93.

[15] 夏露, 刘咏梅, 柯长青, 等. 基于 SPOT4 数据的黄土高原植被动态变化研究[J]. 遥感技术及应用, 2008, 23(1): 67-72.

[16] 刘斌, 孙艳玲, 王永财, 等. 基于 SPOT/NDVI 华北地区植被变化动态监测与评价[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(9): 98-103.

[17] 车良革, 胡宝清, 李月连. 1991-2009 年南流江流域植被覆盖时空变化及其与地质相关分析[J]. 广西师范学院学报, 2012, 39(3): 52-59.

[18] Maisongrande P, Duchemin B, Dedieu G. VEGETATION/SPOT: an operational mission for the earth monitoring; presentation of new standard products[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(1): 9-14.

[19] 方精云, 朴士龙, 贺金生, 等. 近 20 年来中国植被活动在增强[J]. 中国科学: C 辑, 2003, 33(6): 554-565.

[20] Stow D, Daeschner S, Hope A, et al. Variability of the seasonally integrated normalized difference vegetation index across the north slope of Alaska in the 1990s [J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(5): 1111-1117.

[21] 吴玉鸣. 中国人口发展演变趋势的分形分析[J]. 中国人口科学, 2005(4): 48-53.

[22] 冯利华. 厄尔尼诺现象的 R/S 分析[J]. 系统工程, 2000, 18(5): 73-74.

[23] 杨绍铨, 谭裕模, 胡钧铭. 基于 NDVI 的广西近十年植被变化特征分析[J]. 南方农业学报, 2012, 43(11): 1783-1788.

[24] 李昊, 蔡运龙, 陈睿山, 等. 基于植被遥感的西南喀斯特退耕还林工程效果评价—以贵州省毕节地区为例[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3255-3264.

(责任编辑 童成立)