

Vegetation Covering Spatial-Temporal Changes in Shandong Province Based on RS and GIS

Yuanyuan Liu

Yunnan Normal University, YNNU, Kunming Yunan
Email: rslyy88@163.com

Received: Jul. 13th, 2015; accepted: Jul. 30th, 2015; published: Aug. 6th, 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Shandong Province is in the stage of rapid development at present. Rapid economic growth and extensive development model make the land use and vegetation cover undergo profound changes in Shandong Province. Based on the MODIS NDVI data with 1 km resolution, the vegetation cover changes of Shandong Province from 2002 to 2011 were analyzed in this paper supporting by the ENVI technology. The results showed that drought, fixed assets investment and crop planting area may be the main reasons for vegetation coverage changes of Shandong Province. Vegetation index has an obvious spatial difference in Shandong and MODIS-NDVI can be used to monitor different vegetation types and their growing periods. This paper can provide a basic information support for governing environment and economic planning.

Keywords

RS, GIS, Vegetation Cover, MODIS-NDVI, Shandong Province

基于RS和GIS的山东省植被覆盖的时空演变特征及其成因研究

刘园园

云南师范大学, 云南 昆明

Email: rslyy88@163.com

收稿日期: 2015年7月13日; 录用日期: 2015年7月30日; 发布日期: 2015年8月6日

摘要

当前山东省处于快速发展阶段, 经济的高速增长以及粗放的发展模式使得山东省的土地利用方式以及植被覆盖发生了深刻变化。本论文以山东省为研究区域, 利用2002年至2011年1 km分辨率的MODIS NDVI数据, 在ENVI技术的支持下, 分析了山东省植被覆盖变化情况。研究结果表明气候干旱、多元化开发以及农业耕种是导致山东省植被覆盖变化的主要原因, 山东省整个区域的植被指数空间分布具有明显的地域特征, MODIS-NDVI植被指数可以用来对不同的植被种类进行监测, 还可以对同种植被的不同生长期变化进行监测, 本研究的研究结果可以为政府环境管理经济规划等工作提供基础信息支持。

关键词

RS, GIS, 植被覆盖, MODIS-NDVI植被指数, 山东省

1. 引言

随着人口的增长和工业化进程的加快, 人为活动与自然灾害不断地改变着陆地覆盖类型。植被是一种重要的自然资源, 也是生态环境的重要组成要素, 它在维护区域生态平衡和促进区域可持续发展方面发挥着重要作用。合理开发、利用与保护植被资源一直是我国植被资源研究的重点。MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)的空间分辨率分别能够达到250、500和1000 m, 扫描带宽2330 km, 涵盖的信息非常丰富。通过遥感技术对植物物候机理的研究分析证明, 植被指数可反映植被各物候期的特征, 其中对归一化差异植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)的时间序列的分析, 已成为人们研究植被变化的有效手段, 被广泛应用于基于遥感影像的植被分类。

遥感技术在植被、土地利用/土地覆盖以及森林的变化监测中的应用研究至今已有几十年的历史[1]。利用遥感图像可迅速、动态地获取大区域的各种信息, 从而为大范围、周期性的环境动态监测提供技术支持和成果精度保证[2]。张本昀等人利用 Landsat MSS 和 TM 影像, 计算了北京市植被覆盖度, 并对北京山区 1979~2005 年间植被覆盖的变化情况进行了遥感监测和定量分析[3]。杜刚等利用 MODIS-NDVI 植被指数对洞庭湖的芦苇长势进行了监测, 并对洞庭湖的芦苇生长范围进行了提取[4]。尹超等利用临汾市 90 年代和 21 世纪初的 TM 和 ETM 影像, 基于归一化植被指数 NDVI, 计算出两期的植被覆盖度, 并对 1990 年~2002 年间植被覆盖的变化情况进行了遥感监测及原因分析[5]。戴保保等利用线性光谱混合模型对河南省三门峡地区 MODIS1B 影像进行植被覆盖度(fv)信息提取, 将结果与反映植被覆盖度的 NDVI 比较, 并提出在实测资料缺乏的情况下利用同期高分辨率 ETM+ 图像对选取样本区域进行定量验证的方法[6]。叶琦等利用多时相的 TERRA/MODIS 影像资料比较了皖江流域 NDVI 和 EVI 的时空分布特征并分析了空间分辨率和大气校正对 NDVI 和 EVI 的影响[7]。

近年来, 随着遥感与 GIS 技术的发展, 植被资源的动态变化研究将成为今后植被资源研究的一个热点问题, 一些学者就此进行了有益探讨。山东省的植被资源研究主要集中于山地丘陵区和黄河三角洲地区的植物多样性与生态环境保护研究。借助于遥感技术, 分析山东省植被覆盖的最新变化, 探讨山东省植被覆盖变化的原因。对于合理开发、利用与保护植被资源, 促进山东省可持续发展具有重要意义[8]。目前大部分 GIS 软件和遥感图像处理软件都是采用文件方式来管理遥感影像数据, 由于遥感影像数据库

并不仅仅包含图像数据本身,还包含大量的图像元数据信息(例如图像类型,摄影日期、摄影比例尺等),而且数据的安全性、并发控制和数据共享等都将使文件管理无法应付,因此关系数据库是目前影像数据库发展的优势选择[9]。

本文选取的数据是山东省 2002 年至 2011 年间,每年六月的 1 km 分辨率的归一化植被指数 NDVI,通过对山东省近十年来植被覆盖状况的分析,我们可以比较清楚的了解山东省植被覆盖状况的走势,并且由于选取的是植被长势较好的六月份,因而分析的结果具有一定的代表性,而且通过植被覆盖状况的变话,我们也可以从侧面的了解山东省土地利用状况的变化,这些对于我们能及时了解山东省的植被分布状况以便做好充分的准备来应对洪涝干旱等自然灾害等提供指示性帮助,对于山东省更加合理的进行土地利用规划提供参考。

2. 研究对象与方法

2.1. 研究对象

山东省位于中国东部沿海,地处黄河下游,介于东经 114°36'~122°43',北纬 34°25'~38°23'之间。全省东西最长距离 700 公里,南北 420 公里,总面积 15.67 万平方公里,约占全国总面积的 1.6% (图 1)。山东省辖 17 个地级市[10]。

山东省属于暖温带半湿润季风气候。山东半岛三面环海,地势中部山地突起,东部丘陵起伏和缓,西南、西北低洼平坦。全省呈以山地、丘陵为骨架,平原盆地交错环列其间的地形大势。山东省分布的地带性植被为落叶阔叶林及温带针叶林,自然植被可划分为落叶阔叶林、针叶林、竹林、灌木丛、灌草丛、草甸、沼泽植被、砂生植被、盐生植被、水生植被等 10 个植被型。这些植被对全省自然环境的保护起着良好的作用。山东为农业省份,农业垦殖历史悠久,除自然植被外,尚有大量人工栽培植被-农业植被。

由于不同区域自然环境、社会经济条件有明显差别,土地利用特点也有很大差异,所以本研究根据山东省 2002 年至 2011 年遥感影像数据,利用 ENVI 软件,提取山东省植被覆盖变化信息包括遥感数据源的选取、遥感信息的提取、分析结果的分类定级、山东省植被覆盖变化信息的生成等,得出山东省植被覆盖动态变化情况。为今后制定山东省土地利用规划,合理利用土地资源,充分发挥土地的宏观社会、经济和生态效益以及对旱涝等自然灾害的及时有效规避提供科学依据。

2.2. 研究方法与技术路线

本研究以山东省每月一幅的分辨率为 1 km 的植被指数数据为基础,根据山东省植被生长状况,选择 2002 年至 2011 年每年六月份为研究的主要时间段。

2.2.1. 数据转换、获取与还原

利用 MODIS PROJECTION TOOL 将获得的 MODIS-NDVI 数据转换成朗伯方位坐标。将转换后的数据进行还原并对此中的 NDVI 分为六个等级:(-0.3, 0) (0.000001, 0.2) (0.2, 0.4) (0.4, 0.6) (0.6, 0.8) (0.8, 1)。对选定的 ROI 区域进行统计,提取山东省 02 年至 11 年 NDVI 值。上述对数据的还原、统计以及分级显示等均在软件 ENVI 4.6 中进行。

2.2.2. 研究技术路线

技术路线(图 2)具体内容如下:

1) 山东省植被覆盖信息的获取,包括遥感数据源选取、遥感信息提取、分析结果的分类定级、山东省植被覆盖变化信息的生成等。



Figure 1. Administrative map of Shandong Province
图 1. 山东省行政区划图

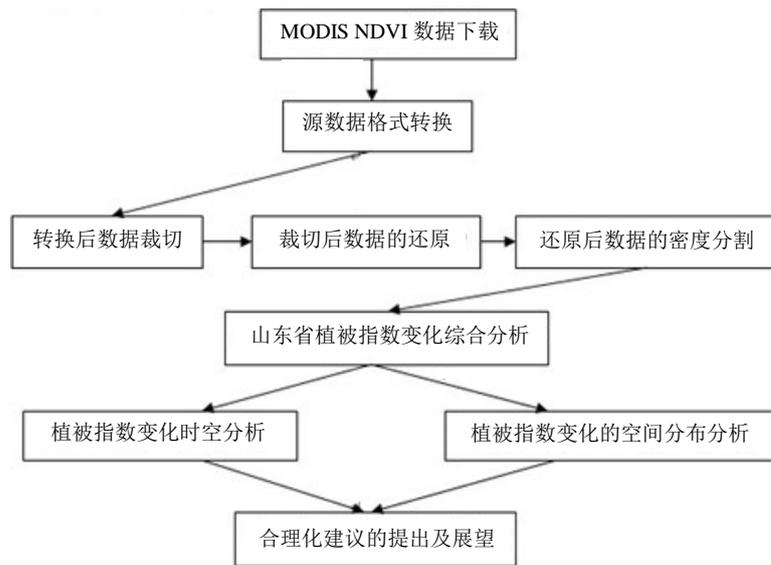


Figure 2. Technology roadmap
图 2. 论文技术路线图

- 2) 通过密度分割形象的表现出山东省植被覆盖情况;
- 3) 通过比较不同年份的植被覆盖情况的数据, 得出各年植被覆盖变化情况, 并予以分析其变化原因。

3. 研究结果

由于 NDVI 负值表示地面覆盖为云、水、雪等, 对可见光高反射; 0 表示有岩石或裸土等, NIR 和 R 近似相等; 正值, 表示有植被覆盖, 且随覆盖度增大而增大, 因此在这里我们重点分析 NDVI 为正值的部分, 其中百分比的统计也是用当前像元数除当年 NDVI 为正的像元数之和乘 100% 得到。由于 NDVI

值小于 0 的值主要是代表水体、裸地等，小于 0.2 的表示的主要是弱植被覆盖区，而本文主要研究的是植被的覆盖情况，因而在这里主要分析 NDVI 值大于 0.2 的区域，2002 年至 2011 年 NDVI 值统计表，如表 1 所示。

各年间不同的 NDVI 值的像元数占当年 NDVI 值大于零的像元总数的百分比如图 3 所示。

从图 3 我们不难看出，除 02 年之外，其他年份 0.6~0.8 区间内的植被覆盖所占的比例最大，其次是 0.4~0.6 区间、0.8~1.0 区间，这说明在近十年的时间内山东省的植被覆盖中高植被覆盖区占主要部分，次之为中植被覆盖区，然后是密集植被覆盖区，这三者占据了山东省总面积的绝大部分。说明目前山东省的植被覆盖状况较为理想。

由于 2002 年全省气温偏高，降水偏少，干旱严重。全省各地年平均气温在 12.1℃ (成山头)~16.0℃ (邹城)之间，其分布为南高北低；全省各地年降水量为 229.8 毫米(平原)~687.3 毫米(文登)之间，其分布为南多北少、东多西少，较常年偏少，且大部分地区偏少 30%~50%左右，是 50 多年来的降水量最少年份之一[11]。因此 02 年的数据与其他年份差距过大，以下分析过程中就不再详述。

4. 讨论

4.1. 0.2~0.4 区间 NDVI 值的时空变化分析及原因探讨

NDVI 值介于 0.2~0.4 这个区域主要表示稀疏植被或低植被覆盖区。从图 4 的变化可以看出，从 2002 年到 2005 年该区间像元数总体呈现下降趋势，在经历了 2006 年像元数突然上涨之后，2007 年有所下降，随后像元数又总体呈现上升趋势，说明从 2007 年开始，山东省的稀疏植被或低植被覆盖区面积有所增加。

对比 2004 年至 2008 年的植被覆盖图(见附图)，2006 年低植被覆盖面积增加主要集中在潍坊市的寿光市(如附图 5 所示红色方框圈出区域)，2006 年寿光为了争取寿光蔬菜成为 2008 年奥运会专用蔬菜，做大做强“寿光蔬菜”品牌，年内新建改建高标准蔬菜大棚 2.5 万个，这可能是导致其 0.2~0.4 区间像元数增加的一个原因。而对于 2008 年至 2011 年稀疏植被和低植被区域面积逐年增加，可能原因是固定资产投资连续多年保持增长状态相继建成了一批重大项目，从而导致了低植被覆盖区面积的持续增加[12]。

Table 1. NDVI data from 2002 to 2011

表 1. 2002 年至 2011 年 NDVI 值统计表

NDVI 等级 年份	-0.3, 0			0.000001, 0.2		0.2, 0.4		0.4, 0.6		0.6, 0.8		0.8~1.0	
	像元数	像元数	%	像元数	%	像元数	%	像元数	%	像元数	%	像元数	%
2002	665788	9379	1.5341	64667	10.578	379031	61.998	154558	25.281	3722	0.609		
2003	665396	5377	0.8790	27606	4.513	124042	20.277	398692	65.172	56032	9.159		
2004	665854	5149	0.8423	16344	2.674	89899	14.706	440474	72.056	59425	9.721		
2005	665439	5402	0.8831	18662	3.051	147705	24.146	385490	63.019	54447	8.901		
2006	666445	5395	0.8834	33609	5.503	147488	24.151	346499	56.738	77709	12.725		
2007	665536	4519	0.7389	14620	2.390	65217	10.663	420971	68.829	106290	17.379		
2008	666419	4074	0.6671	15500	2.538	93605	15.327	367446	60.165	130101	21.303		
2009	666577	3963	0.6491	20951	3.432	91803	15.036	423187	69.310	70664	11.573		
2010	666250	4468	0.7314	24538	4.017	174277	28.528	348496	57.047	59116	9.677		
2011	666141	4304	0.7044	36299	5.941	174987	28.639	313615	51.328	81799	13.388		

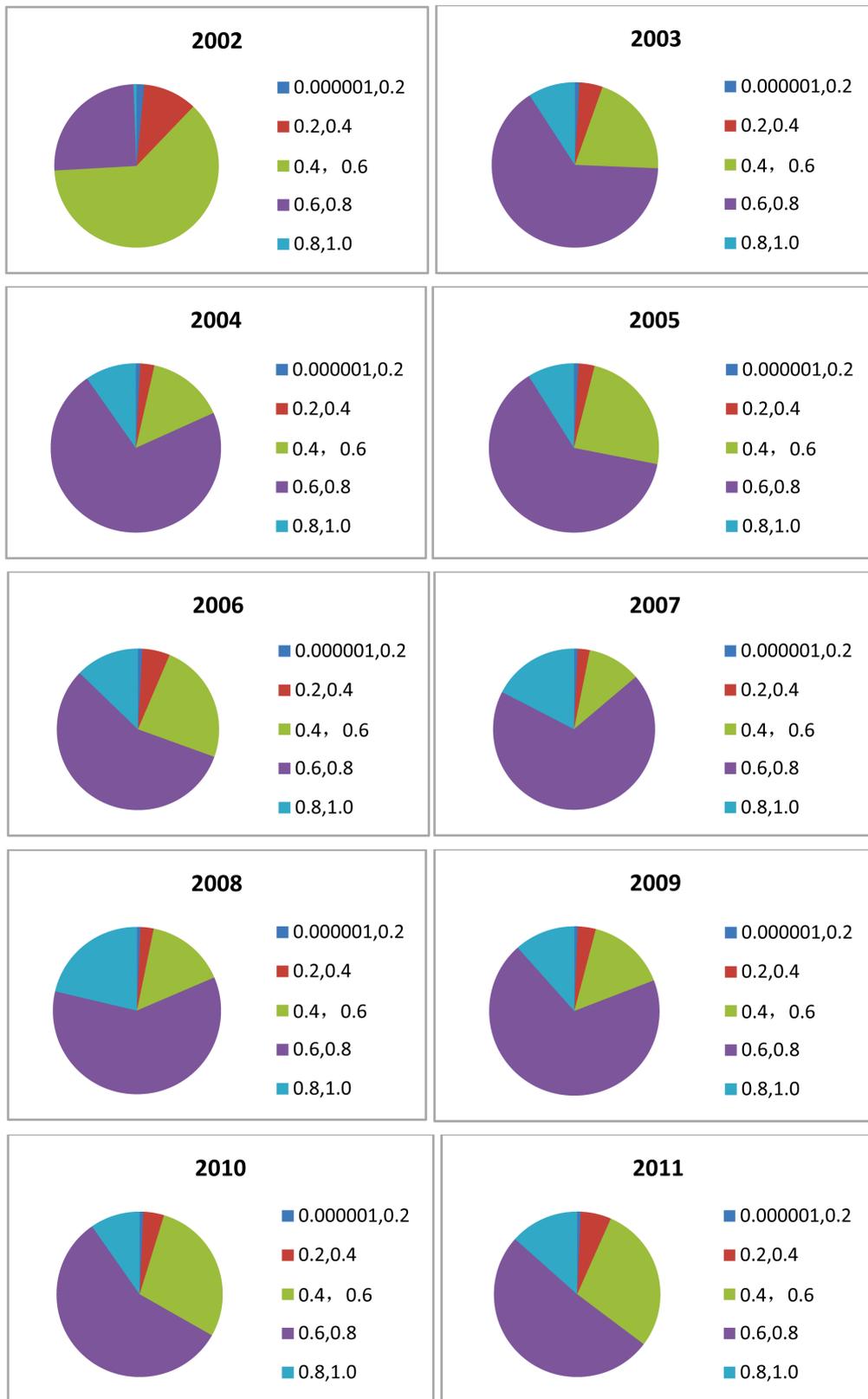


Figure 3. Comparison of every classification from 2002 to 2011

图 3. 2002 年到 2011 年 6 月份各分级所占比例饼状图

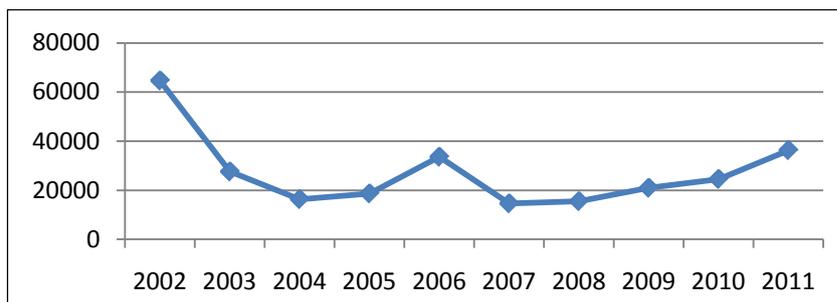


Figure 4. Trend chart of NDVI between 0.2 - 0.4 of Shandong Province from 2002 to 2011

图 4. 2002 年至 2011 年间山东省 NDVI 值在 0.2~0.4 区间范围内的走势图

4.2. 0.4~0.6 区间 NDVI 值的时空变化分析及原因探讨

NDVI 值介于 0.4~0.6 这个区域主要表示中植被覆盖区。从图 5 的变化可以看出，从 2002 年到 2004 年该区间像元数总体呈现下降趋势，在经历了 2005 年和 2006 年像元数突然上涨之后，2007 年有所下降，随后像元数又总体呈现上升趋势，说明从 2007 年开始，山东省的中植被覆盖区面积有所增加。

对比 2004 年至 2008 年的植被覆盖图(附图 3 至附图 7)，2005 年与 2006 年间的中植被覆盖增加的面积主要集中在潍坊，青岛，烟台，如附图 5 所示的红色圈出的区域，主要是因为 2005 年青岛市拆除违法建筑 8.9 万平方米，并进行了绿化、硬化和美化，新增绿地 5.7 万平方米。这可能是导致其中植被覆盖面积增加的重要原因之一[13]。

而从图 5 的趋势图中，我们可以看出，在经历了 2005 年和 2006 年中植被覆盖区域有所增加之后，2007 年到 2009 年又经历了一个下降的过程。

从表 2 可以看出 2007 年作物播种面积较少，并且从山东统计年鉴了解到山东省 2007 年高粱，棉花，麻类等作物均大面积减产，这或许也是造成山东 0.4~0.6 区间的 NDVI 值变低的原因之一。

而 2008 年入冬以来我国北方降水量普遍较常年同期偏少 5 成~8 成，降水量之少为 30 年一遇，特旱区达 50 年一遇。持续干旱，会导致林木生长不良、树势衰减、抗病虫能力下降，引发次期性的天牛、小蠹、吉丁虫侵入危害，诱发寄主主导型病害侵染林木。干旱造成的灾害表现还会有滞后现象，一般在灾后 1 年~2 年内林木受害加重。干旱还会使地表植被减少，鼠兔也会因食物短缺加大对林木的啃食[14]。这可能也是造成 2008 年 2009 年农作物产量不高，NDVI 值在 0.4~0.6 区间内的像元数较少的原因之一。

4.3. 0.6~0.8 区间 NDVI 值的时空变化分析及原因探讨

2003 年至 2011 年间的 0.6~0.8 区间内的 NDVI 值变化始终处于波动上升和下降的交替过程中，如图 6 所示，在这个区间内的 NDVI 值主要表示高植被覆盖区，2005 年，全省经济林面积 139.98 万公顷；速生丰产用材林面积 37.3 万公顷，成为全国人造板重点产区；林木育苗面积 8 万公顷。全省有国家级名特优经济林之乡 21 个，有森林公园 144 处，总面积 30.41 万公顷，05 年至 11 年间的 NDVI 值在 0.6~0.8 范围内的波动原因分析主要可能是因为速生林的种植与砍伐等，使高植被覆盖区的面积有所变化[15]。

4.4. 0.8~1.0 区间 NDVI 值的时空变化分析及原因探讨

如图 7 所示，NDVI 值在 0.8~1.0 区间范围内主要表示的是密集植被覆盖区，从历年的植被覆盖图可以看出，05 年至 08 年间的密集植被覆盖区的增长面积主要集中在菏泽，聊城，德州等，根据山东省地貌格局，这几座城市主要位于平原地区，聊城市在过去的五年间粮食总产连续 4 年创历史最高水平，先

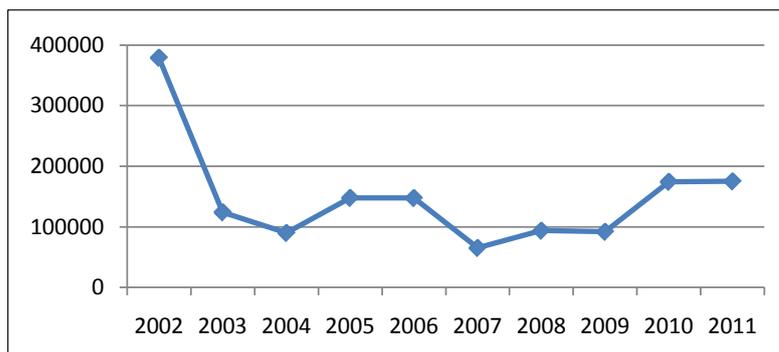


Figure 5. Trend chart of NDVI between 0.4 - 0.6 of Shandong Province from 2002 to 2011

图 5. 2002 年至 2011 年间山东省 NDVI 值在 0.4~0.6 区间范围内的走势图

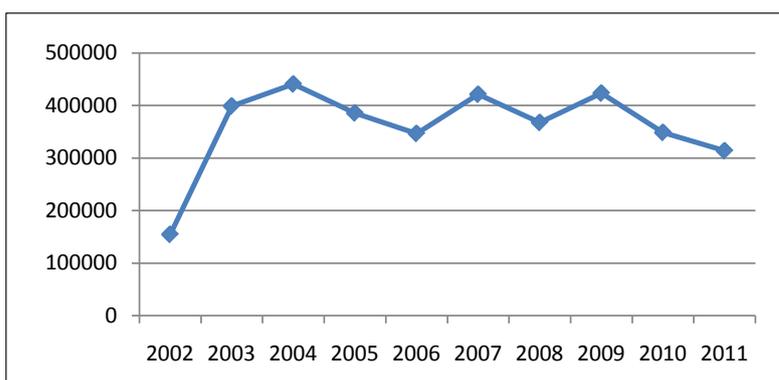


Figure 6. Trend chart of NDVI between 0.6 - 0.8 of Shandong Province from 2002 to 2011

图 6. 2002 年至 2011 年间山东省 NDVI 值在 0.6~0.8 区间范围内的走势图

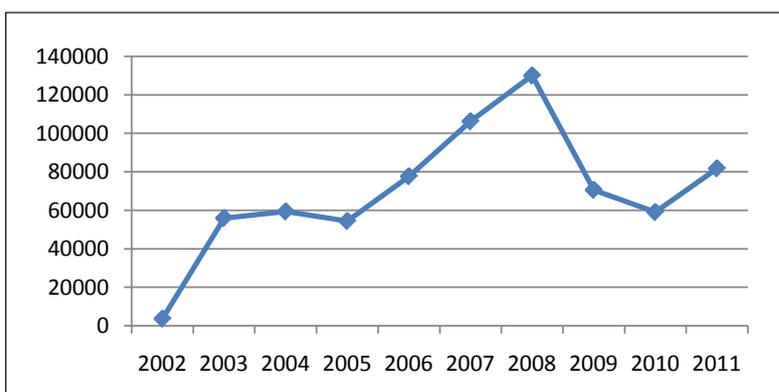


Figure 7. Trend chart of NDVI between 0.8 - 1.0 of Shandong Province from 2002 to 2011

图 7. 2002 年至 2011 年间山东省 NDVI 值在 0.8~1.0 区间范围内的走势图

Table 2. Seeded area of Shandong Province from 2002 to 2010 (ha)

表 2. 2002 年至 2010 年山东省农作物播种面积汇总表(单位: 公顷)

2010 年	2009 年	2008 年	2007 年	2006 年	2005 年	2004 年	2003 年	2002 年
10,818,206	10,778,427	10,763,977	10,724,435	10,727,933	10,736,057	10,885,278	10,776,124	11,047,846

后登上 80 亿、90 亿斤两个大的台阶，从山东省统计年鉴可以看出其 08 年的林地面积也是最高，这或许就是造成其密集植被覆盖区面积增大的主要原因。

山东省整个区域的植被指数空间分布具有明显的地域特征，表现如下：

第一，鲁南地区，主要是沂水，蒙阴，沂南等地，高植被覆盖面积广大，包含著名的地下大峡谷，地下条件不适宜大面积的建筑开发，主要发展旅游业，植被保护较好，植被指数较高；

第二，鲁东地区，青岛，威海，烟台，日照等沿海城市，包括诸多的风景区，如崂山风景区，琅琊台风景区，长岛自然保护区，森林植被覆盖良好，因此植被指数等级较高，沿海岸线的区域由于旅游开发以及商品房的开发建设等，植被覆盖较少，植被指数较低；

第三，鲁北地区，东营、滨州等地，靠近黄河入海口，泥沙沉积，形成三角洲，土地肥沃，农作物在生长期覆盖度较好，因此靠近内陆地区的植被指数等级较高，且较为稳定；但是在沿海边，是沙滩地区，植被稀少，甚至没有，而且降雨量也小，所以植被指数等级低；

第四，鲁西地区，即济宁，菏泽，枣庄、德州、聊城等地，地势平坦，适宜机械化生产作业，因而主要植被以农作物为主，森林覆盖率低，因此植被指数受季节、农作物的种植模式影响比较大，主要是中低植被覆盖。

第五，鲁中地区，泰安地区，由于泰山风景区的良好植被覆盖，这地区的植被指数值较高，另外包括济南、潍坊、淄博等地，由于城市化的影响，植被有较多的人工痕迹，所以其植被指数值在图上表现较低。

总结以上 MODIS-NDVI 数据特点，结合山东省的植被特点，可以将 MODIS-NDVI 反映植被指数规律归纳下：

1) 无植被区域，如黄河入海口以及靠近海岸地带，MODIS-NDVI 值小，而且变化小。

2) 高植被覆盖区，鲁南地区以及鲁西北地区，MODIS-NDVI 值大，对于常绿树木生长区等四季无明显变化的区域，MODIS-NDVI 的变化也小。

通过以上分析，充分的说明了 MODIS-NDVI 植被指数不仅反映了不同植被种类的差异，而且也反映了同种植被不同生长期的差异，充分的说明了 MODIS-NDVI 植被指数模型的科学性。因此，不仅可以利用 MODIS-NDVI 植被指数对不同的植被种类进行监测，而且还可以利用 MODIS-NDVI 对同种植被的不同生长期变化进行监测，通过这些检测，再结合当年的气候变化状况，可以对当年的洪涝、干旱等自然灾害进行提早的监测和预防，从而降低人力物力的损失。

植被指数变化与植被覆盖度变化是密切相关的。而植被覆盖度的时空变化主要是由于气候波动、人为活动引起。由于收集到的资料有限，本文仅对气候、农作物及森林覆盖率与植被指数的关系进行了讨论。

5. 结论与展望

本次研究主要通过对现在已有的山东省植被覆盖数据进行分析，包括对数据的下载，转换，截取，密度分割等数据处理过程，将山东省植被覆盖状况以图表的形式生动的展示出来，并对其变化进行了有针对性的分析，其中参考了大量的文献资料，包括政府工作报告等，数据来源真实，对山东省近年来的植被覆盖变化情况的原因进行了探讨，这些原因只是对其 NDVI 值变化的可能性的分析。

基于山东省的植被覆盖状况，我们对未来规划提出几点建议：一、对于鲁西北的平原地带，土地肥沃，地势平坦，适合机械化生产，则适宜大力发展农业；二、对于鲁中山地及丘陵地带，适宜大面积栽种经济林，发展林业，并且依据泰山的地理历史文化优势发展旅游业，带动周边地区经济的发展；三、对于鲁东沿海城市，除了发展沿海养殖业外，主要还是以沿海旅游业为主，改善投资环境，吸引外资，

以第三产业服务业为发展的重心。无论何种发展模式均应以人为本，本着和谐发展的原则改善人民的生活水平。

参考文献 (References)

- [1] 覃先林, 陈尔学, 李增元, 等 (2006) 基于 MODIS 数据的森林覆盖变化监测方法研究. *遥感与应用*, **3**, 178-183.
- [2] 张旭, 肖继东, 等 (2005) EOS/MODIS 影像处理在塔里木河下游植被监测中的应用. *干旱区研究*, **4**, 532-536.
- [3] 张本昫, 喻铮铮, 刘良云, 等 (2008) 北京山区植被覆盖动态变化遥感监测研究. *地域研究与开发*, **1**, 108-111.
- [4] 杜刚 (2005) 基于 EOS/MODIS 的植被指数监测模型研究及应用. 华中科技大学, 武汉.
- [5] 尹超, 王艳芳, 张爱国 (2011) 基于 NDVI 植被覆盖动态变化遥感监测研究. *山西师范大学学报(自然科学版)*, **3**, 125-128.
- [6] 戴侯侯, 丁贤荣, 王文种 (2009) 基于 MODIS 影像的植被覆盖度提取研究. *遥感应用*, **2**, 67-70.
- [7] 叶琦, 赵萍, 孙静 (2012) 基于 MODIS/NDVI 与 EVI 的皖江流域植被覆盖比较分析. *长江流域资源与环境*, **3**, 361-367.
- [8] 田贵全, 曲凯 (2008) 遥感和 GIS 支持下的山东省植被覆盖动态变化分析. *水土保持研究*, **1**, 75-79.
- [9] 杨洁 (2011) 基于 MODIS 山东省植被指数影像数据库的实现. *湖北农业科学*, **9**, 1890-1903.
- [10] <http://www.xzqh.org/html/2012/0101/27968.html>
- [11] 2002 年山东省环境状况公报. http://dzrb.dzwww.com/dzzb/dzzb-jjxw/200306/t20030603_609230.htm
- [12] 2006 年潍坊寿光市政府工作报告. http://221.1.82.252:8088/zwgk/zwgksg/sg13_infoPage.jsp?infoNo=3522
- [13] 2005 年青岛市政府工作报告.
<http://www.qingdao.gov.cn/n172/n25685095/n25685320/n25685925/n25687788/120927114056827543.html>
- [14] <http://zhidao.baidu.com/question/89711340.html>
- [15] 山东省林业局网站资料.
<http://www.sdly.gov.cn/channels/ch00118/201112/d7c141f4-9668-4021-8e06-8914e9469de9.htm>

附录

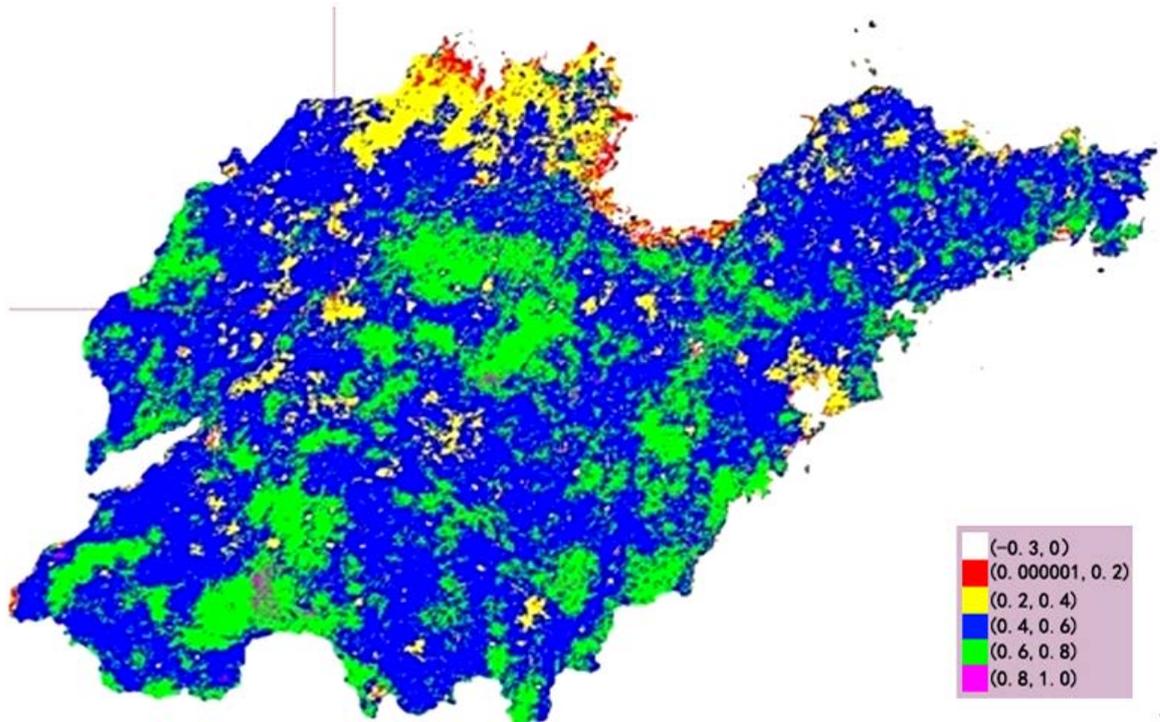


Figure S1. Vegetation cover map of Shandong Province in 2002
附图 1. 2002 年山东省植被覆盖图

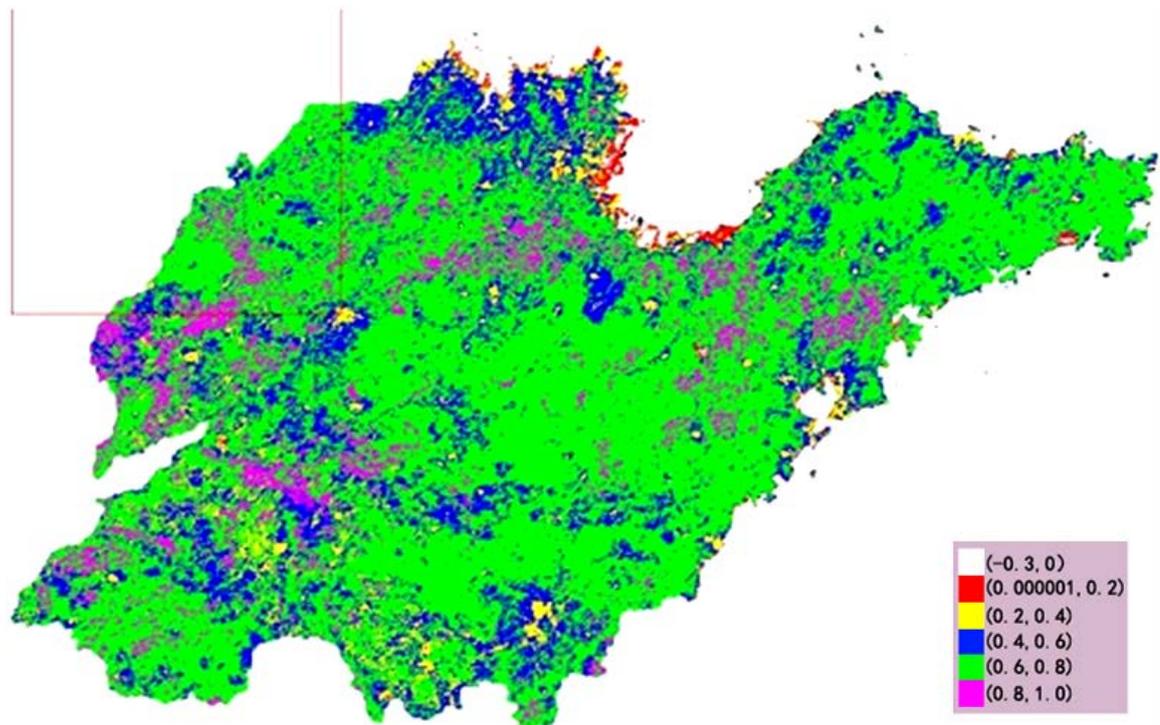


Figure S2. Vegetation cover map of Shandong Province in 2003
附图 2. 2003 年山东省植被覆盖图

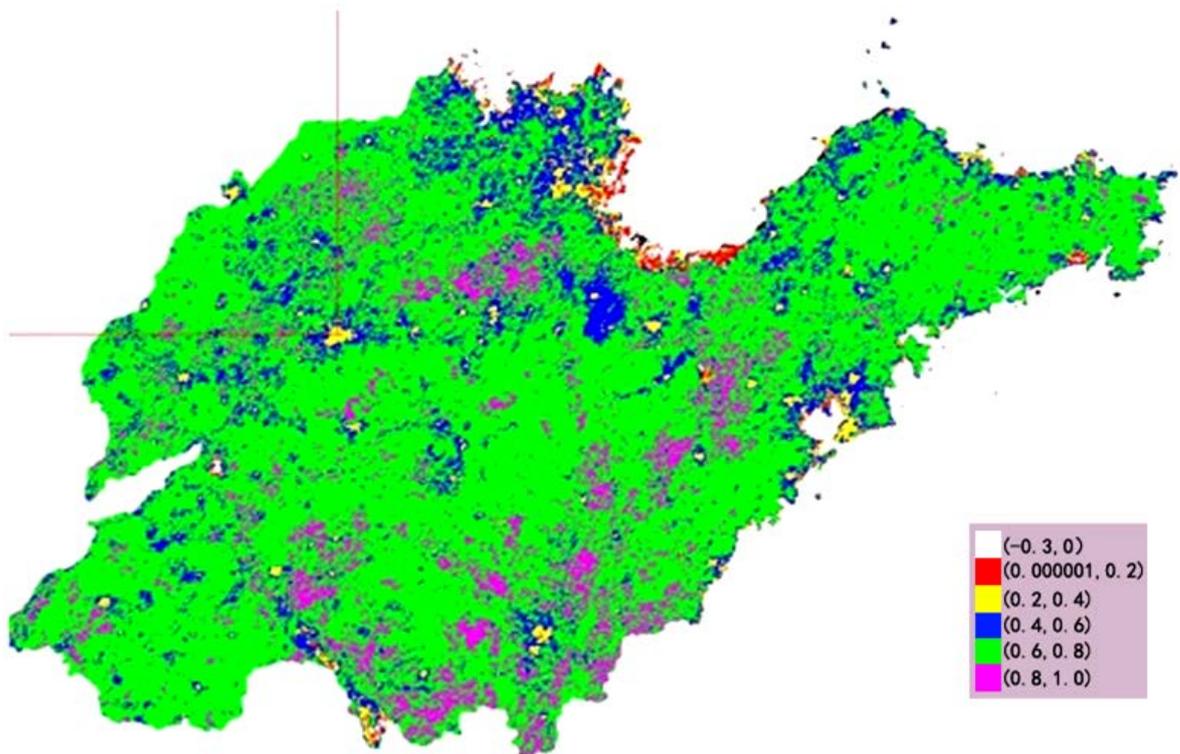


Figure S3. Vegetation cover map of Shandong Province in 2004
附图 3. 2004 年山东省植被覆盖图

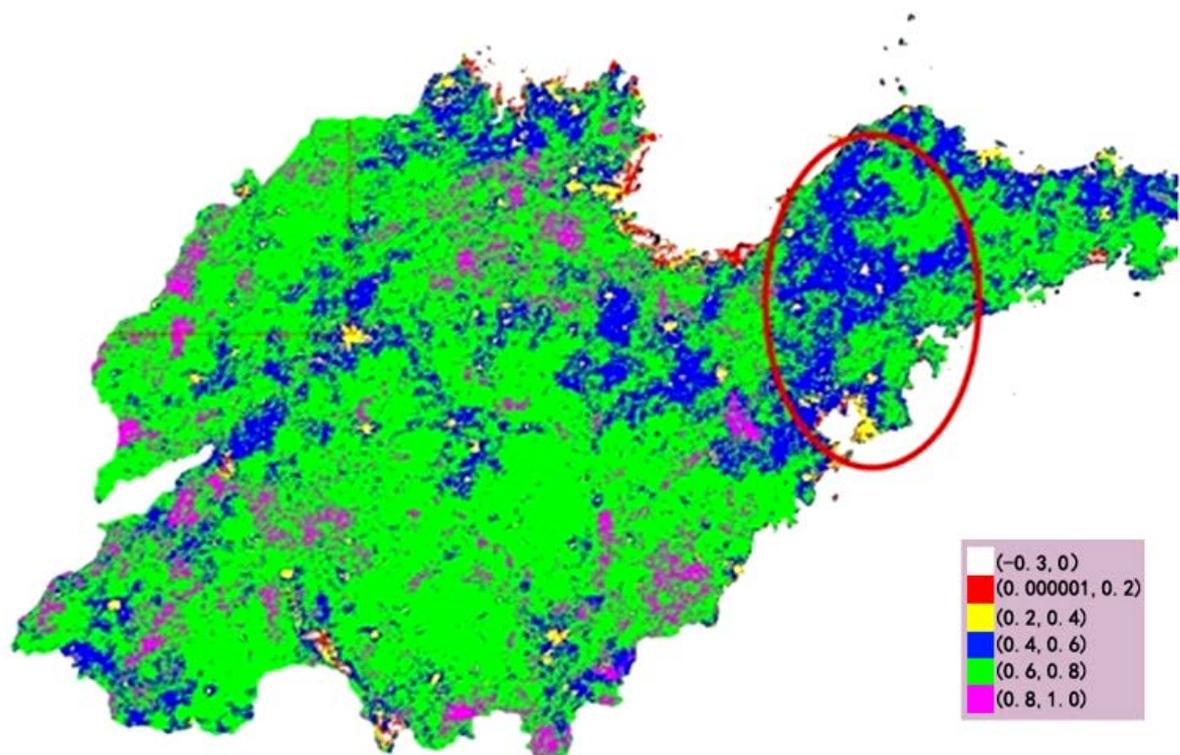


Figure S4. Vegetation cover map of Shandong Province in 2005
附图 4. 2005 年山东省植被覆盖图

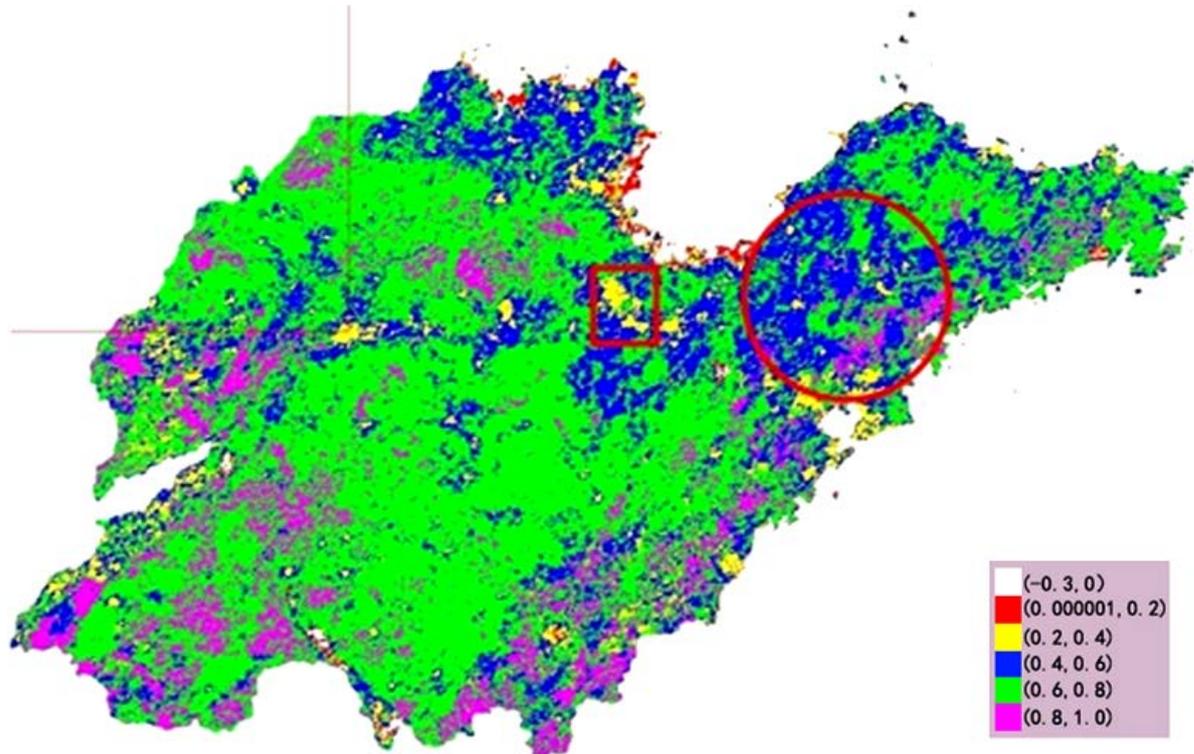


Figure S5. Vegetation cover map of Shandong Province in 2006
附图 5. 2006 年山东省植被覆盖图

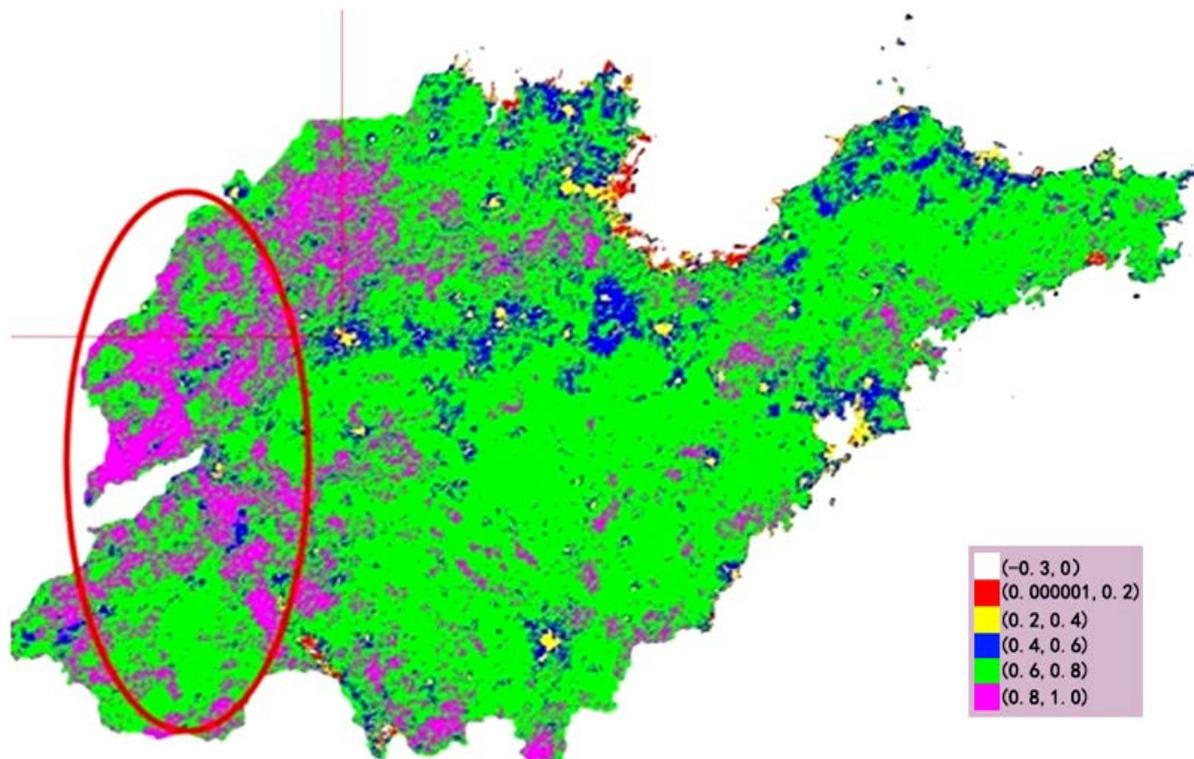


Figure S6. Vegetation cover map of Shandong Province in 2007
附图 6. 2007 年山东省植被覆盖图

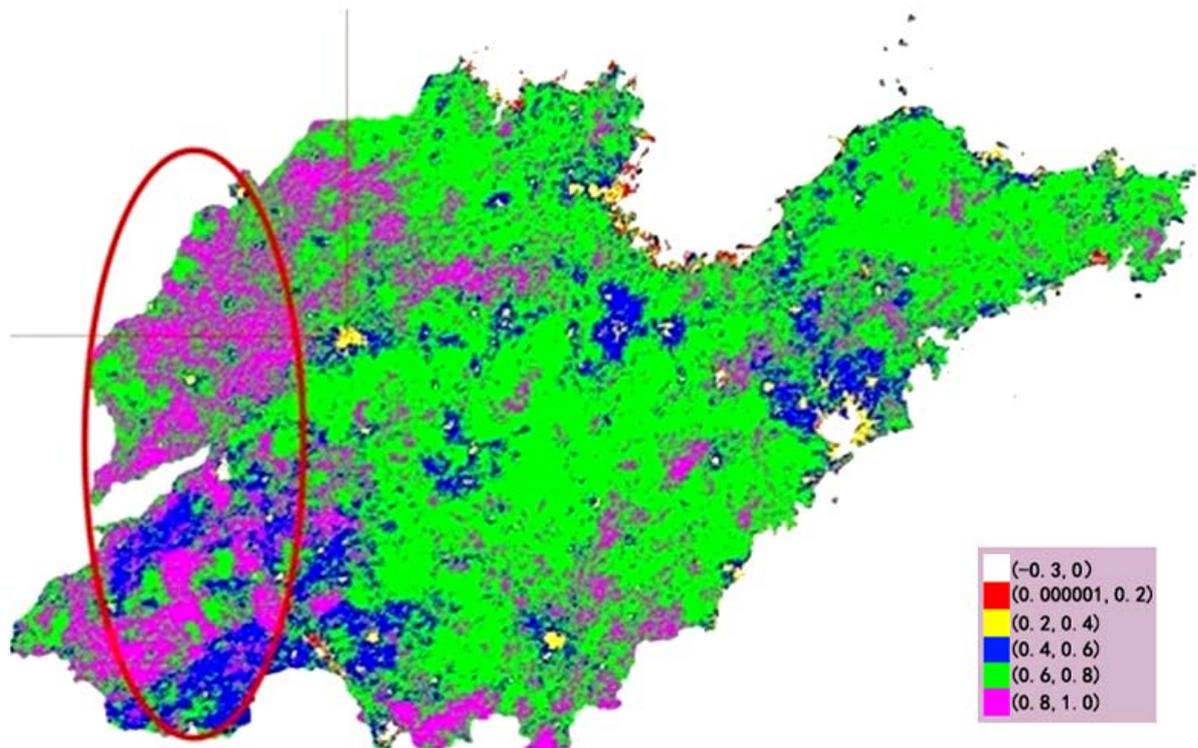


Figure S7. Vegetation cover map of Shandong Province in 2008
附图 7. 2008 年山东省植被覆盖图

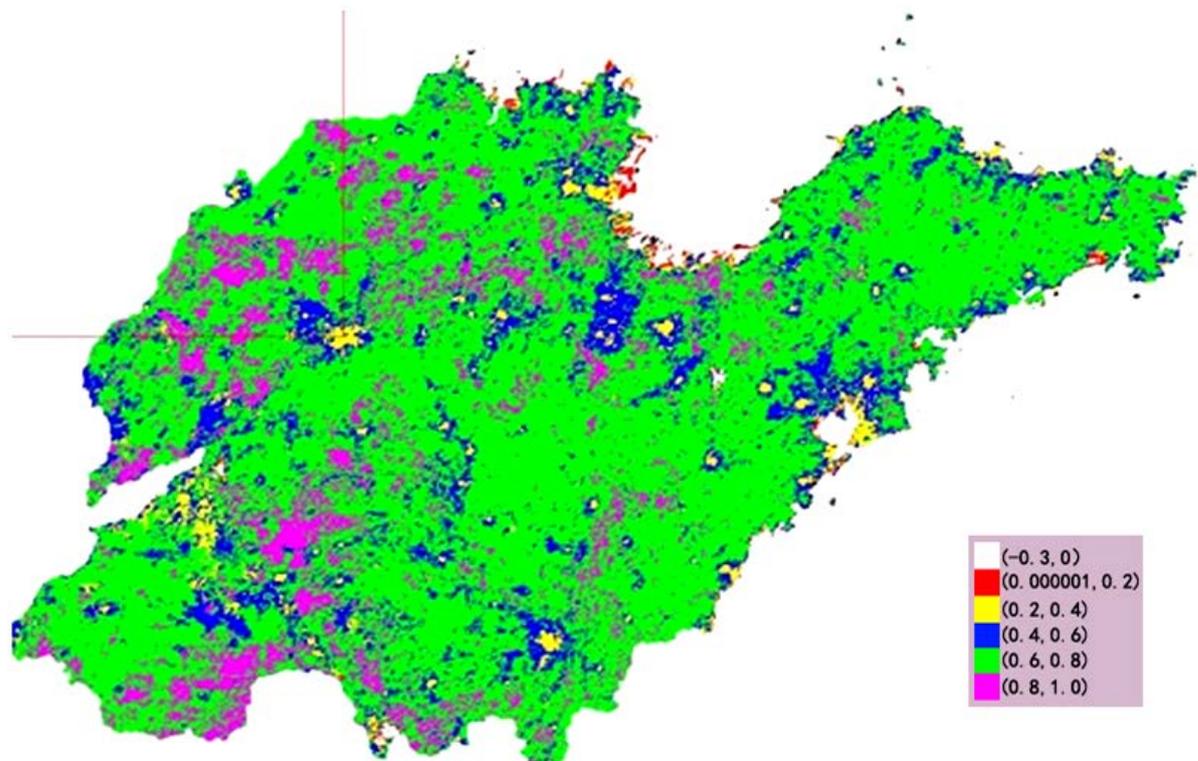


Figure S8. Vegetation cover map of Shandong Province in 2009
附图 8. 2009 年山东省植被覆盖图

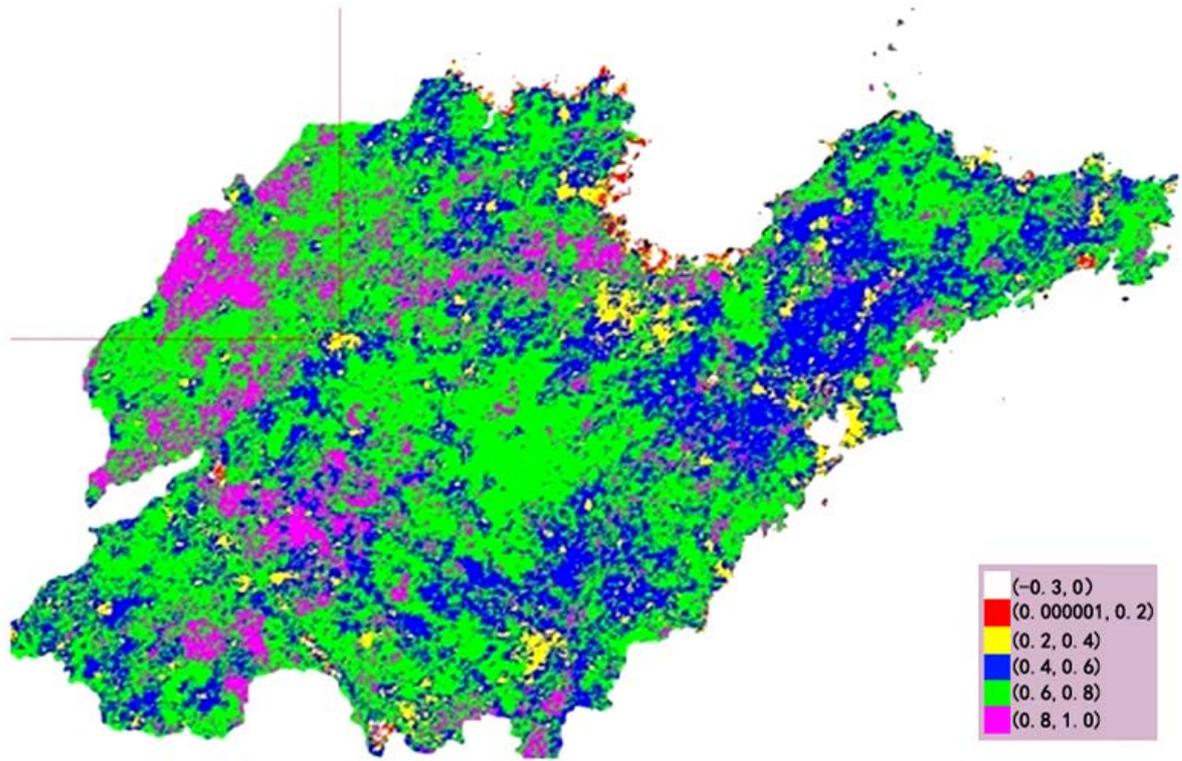


Figure S9. Vegetation cover map of Shandong Province in 2010
附图 9. 2010 年山东省植被覆盖图

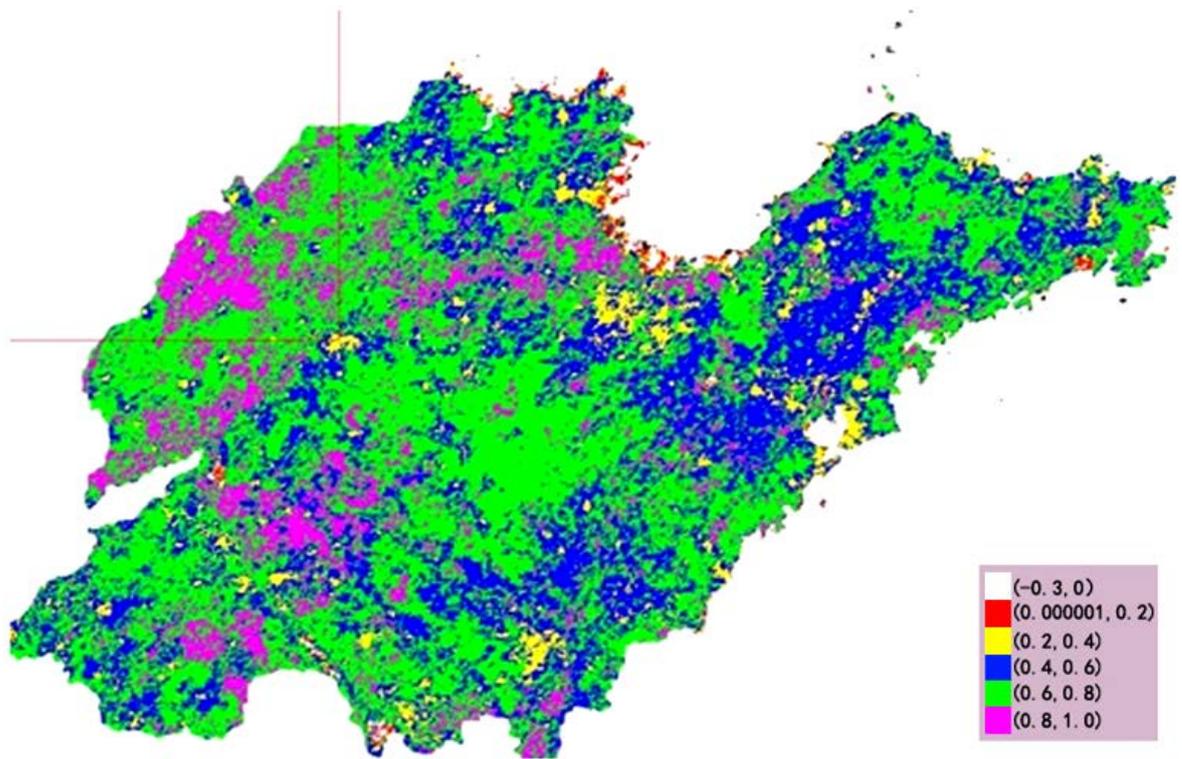


Figure S10. Vegetation cover map of Shandong Province in 2011
附图 10. 2011 年山东省植被覆盖图