延安市 1999－2008 年植被恢复的成效分析

张小勇，卫海燕

（陕西师范大学 旅游与环境学院，陕西 西安 710062）

摘　要：延安市 1999 年被确定为退耕还林示范地区，迄今实施退耕还林工程已 10 余年，研究和监测退耕前后植被覆盖变化就成为退耕还林工程的重要任务之一。选取了 SPOT/VGT NDVI 数据，借助 Erdas 和 ArcGIS 平台，利用一元趋势线模型和植被覆盖度模型对延安市 1998—2008 年间植被的动态变化进行了分析。结果表明：(1) 延安市 10 a 间大部分地区植被恢复情况良好，植被指数明显改善的地区占总面积的 21.27%，中度改善地区占 61.46%。(2) 延安市植被覆盖率呈现为南高北低，该市平均覆盖度为 0.519 8。(3) 0°～35°坡度之间明显改善和中度改善的面积比例均超过了各自面积的 75%，其中 15°～25°坡度明显改善面积比例最高，占总面积的 35.8%。

关键词：退耕还林；延安市；植被恢复

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2013)02-0218-03　　**中图分类号**：P407

Vegetation Restoration Effects of Implementation of Return Grain to Green Program in Yan′an City During 1999－2008

ZHANG Xiao-yong, WEI Hai-yan

(*College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi′an, Shaanxi* 710062, *China*)

Abstract: Yan′an City was chosen as one of the pilot zones to carry out the Return Grain to Green Program in 1999. After more than 10 years of implementation of the program, monitoring and assessing the vegetation variations become one of the important tasks. We analyzed the dynamic changes of vegetation in Yan′an City from 1998 to 2008 by applying trend line model and the vegetation coverage model using SPOT/VGT NDVI data with Erdas and ArcGIS platforms. The results showed noticeable increases of NDVI in most parts of Yan′an City, in which 21.27% of the total area of the study site had significant increase and 61.46% had medium increase. Spatially, northern part of the city showed higher vegetation cover than the southern part. The average coverage of the entire city is 0.52. Between 0°～35° slope gradient, more than 75% showed significant or intermediate improvement in each slope class, especially the class of 15°～25° slope, which accounts for 35.8% of the total area of the study area.

Keywords: conversion of farmland to forest project; Yan′an City; vegetation restoration

由于水土流失和干旱，黄土高原已成为全国生态环境最为脆弱的地区之一，黄土高原的生态恢复和环境治理是一项长期而艰巨的任务[1]，而 1999 年起实施的退耕还林成为植被恢复和改善生态环境的重要手段[2]。曹世雄等人[3]研究表明，陕北地区 1999—2005 植被覆盖率呈逐步上升趋势。目前国内学者利用遥感和 GIS 技术对区域的植被覆盖变化已做了大量的研究。例如，侯光雷等人[4]对长白山区生长期 NDVI 动态变化进行了研究分析，卓莉等人[5]利用时间序列的 NDVI 对锡林郭勒草原生态恢复工程进行了分析评价，均取得了较为理想的研究结果，然而关于延安地区退耕还林植被恢复监测的分析研究却比较少见。本研究在借鉴前人研究的基础上，利用 SPOT/VGT NDVI 数据，分析退耕还林实施以来全市植被的 NDVI 变化趋势以及植被覆盖度变化，以期为延安地区退耕还林成果巩固及提出有针对性的生态环境治理措施提供参考。

1　研究区概况

延安市位于陕西黄土高原丘陵沟壑区，地理位置

收稿日期：2012-05-01　　修回日期：2012-05-13

资助项目：陕西省软科学基金项目“陕西省地级市城市化水平对城市资源压力的影响及对策研究”(2010KRM35)；陕西师范大学研究生培养创新基金(2012CXS030)

作者简介：张小勇(1987－)，男(汉族)，陕西省延安市人，硕士研究生，主要从事 GIS 方面的研究。E-mail：chouxiaocheng@sina.com。

通信作者：卫海燕(1966—)，女(汉族)，陕西省西安市人，副教授，主要从事 GIS 与地理建模研究。E-mail：weihy@snnu.edu.cn。

介于北纬 35°21′—37°31′,东经 107°41′—110°31′。该市北接榆林市,南连咸阳市、铜川市、渭南市,东隔黄河与山西省临汾市、吕梁市相望,西依子午岭与甘肃省庆阳市为邻。全市总面积 37 037 km^2,共辖 1 区 12 县,196 个乡镇,3 426 个行政村,总人口 193.88 万人。延安市日照充足、昼夜温差大,年均气温 7.7～10.6 ℃,年均降水量约 500 mm。辖区内丘陵沟壑遍布,地形复杂,气温和降水的空间分布差异较大,植被类型多样,植被分布差异较大。1999 年延安市被国家定为退耕还林试点地区,本研究以 1999—2008 年做为研究时段展开研究。

2　研究方法

2.1　数据来源

采用 SPOT/VGT 最大合成值 NDVI 数据,时间为 1999—2008 年,每旬一景影像,每年 36 景,共计 360 景,空间分辨率为 1 km。利用 ArcGIS 软件,根据产品说明公式将每景影像灰度值转换为对对应 NDVI 值。此外还有延安市 DEM 数据,空间分辨率为 90 m。

2.2　数据处理

利用 ArcGIS 和 Erdas 软件对 SPOT/VGT 数据进行研究区提取、数据格式转换、投影转换等处理,获取质量较为可靠的 NDVI 数据集。最后利用最大值合成法对全年 36 景 NDVI 数据进行最大值合成,获取年内最大 NDVI 来代表当年植被生长最好的状况。由于陕北地区冬季寒冷多雪,地表长期残留积雪,冬季 NDVI 与实际值之间存在较大误差,如果常规的利用年平均 NDVI 来作为当年 NDVI 值会出现较大误差。而全年最大值 NDVI 一方面克服了这个问题,另一方面利用最大值合成法可以消除云、大气、太阳高度角的部分干扰[6]。

2.3　一元回归趋势线分析

一元线性回归分析模型是逐像元分析一组变量变化趋势的一种方法,并且可以预测未来变化趋势[7-8]。通过每个像元的 NDVI 值,用趋势线法分析延安市 1999—2008 年 NDVI 的变化趋势,计算公式为:

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

式中:n——总年数;i——1～n 年中的第 i 年;$NDVI_i$——年均 NDVI 值;Φ_{slope}——趋势线的斜率。趋势线法反映了在研究时间范围内 NDVI 的变化趋势。其中,$\Phi_{slope}>0$ 时,说明 NDVI 在 n 年间呈现增加趋势;$\Phi_{slope}=0$ 时,说明 NDVI 没有变化;$\Phi_{slope}<0$ 时,NDVI 呈现减少趋势。

2.4　植被覆盖度的计算

植被覆盖度是地表植被覆盖情况的直接反映。植被覆盖度及其变化信息,对于分析评价区域生态环境具有重要的现实意义[9-10],其计算公式为:

$$f_v=\frac{NDVI-NDVI_s}{NDVI_g-NDVI_s} \quad (2)$$

式中:f_v——植被覆盖度;NDVI——归一化植被指数;$NDVI_s$——无植被覆盖像元的 NDVI 值,$NDVI_g$——植被覆盖像元的 NDVI 值。

3　结果分析

3.1　延安市 NDVI 的变化特征

运用一元趋势线模型计算延安市 1999—2008 年的 NDVI 变化趋势,计算所得趋势线斜率变化范围在－0.007～0.017,参照宋富强等人[11]的分级方法,分别统计不同趋势线斜率区间的面积。由计算结果可知,整体上延安市 NDVI 增加区域占总面积的 93.61%,减少区域占总面积的 1.88%,表明 1999—2008 年,延安市 NDVI 呈现明显上升的趋势,此外,轻微改善面积占 10.88%,中度改善所占面积最大为 61.46%,明显改善占 21.27%,说明延安市绝大部分地区植被呈恢复趋势。严重退化、中度退化和轻微退化面积分别仅占区域总面积的 0.25%,0.23% 和 1.40%。从空间看(附图 6),延安市东部改善最为显著,且典型黄土丘陵和沟壑区域植被改善明显。而子午岭和黄龙山沿线,多处于基本不变和轻微改善水平,这是因为早在 20 世纪 80 年代,国家就将子午岭和黄龙山列为黄土高原的水土涵养林区,其所属部分地区建立了水土保持自然保护区,在退耕还林之前,这些地区植被已经处在较高覆盖水平,所以轻微改善和基本不变所占比例较高。

3.2　不同县域植被覆盖空间差异

运用公式(2)计算延安市 1999—2008 年植被平均盖度(附图 7),并提取各县区的盖度值(图 1)。从附图 7 可以看出,延安市南部地区植被盖度整体上优于北部,该市 10 a 植被盖度平均值为 0.519 8。按照顺时针方向由低到高对各县区植被盖度进行排序,从图 1 可以看出黄陵、黄龙两县平均覆盖度最高,均超过 0.8,这主要是由于退耕之前两县区植被覆盖已经较高。子长县覆盖度最低,植被盖度为 0.215,这是因为子长县境内多峁梁沟壑区,地形复杂,退耕还林前是黄河中游水土流失最为严重的县区之一,植被贫瘠。同时对比附图 6 发现子长县所辖区大多数处于明显改善和中度改善水平,这说明相比退耕还林之前植被覆盖已得到很大程度的改善,此外吴起、延川、安

塞覆盖度均在 0.3 以下，情况与子长县类似，除地理位置因素外，这些区域气候条件普遍较差，干旱少雨，退耕前植被覆盖度差。

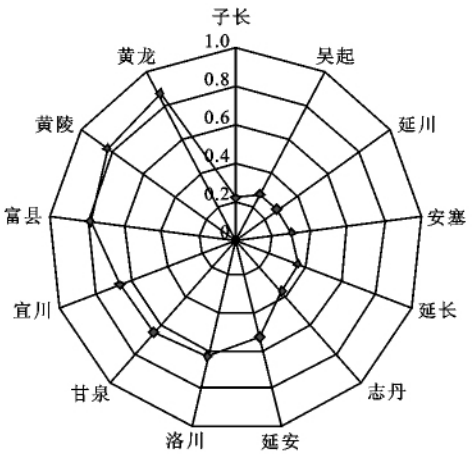


图 1 延安市各县区覆盖度平均值

3.3 不同坡度趋势分析

李贤伟等[12]指出，坡耕地是黄土高原水土流失的主要来源，同时，退耕还林政策也明确指出 15°～25°陡坡耕地有选择行得退耕，大于 25°的陡坡耕地必须无条件的退耕，所以分析不同坡度下植被恢复情况就显得十分的必要。通过延安市 DEM 数据(分辨率 90 m)提取坡度，同时对坡度分级，在 ArcGIS 叠置分析模块下将分级好的坡度图和 NDVI 趋势图进行叠加，最终统计得到不同坡度等级下 NDVI 平均斜率(图 2)和不同坡度 NDVI 变化面积比例(图 3)。

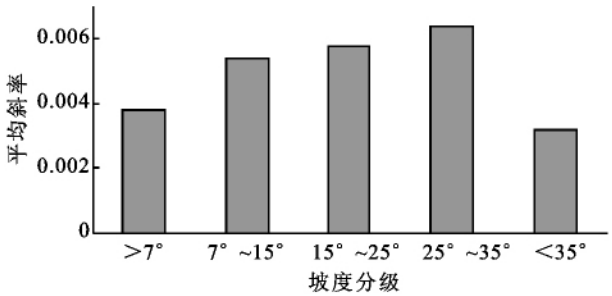


图 2 延安市不同坡度 NDVI 平均斜率

从图 2 中可以看出 0°～35°之间随着坡度的升高，NDVI 平均斜率也相应的增大，7°～35°坡度之间平均斜率都大于 0.005 0，处在一个较高的水平。其中 25°～35°坡度之间平均斜率为 0.006 4 相对最高，这主要是因为对于坡耕地，25°～35°坡度之间是最主要的退还区域。从图 3 中可以看出，各坡度区间内改善比例都超过了各自比例的 85%，其中 0°～35°坡度之间明显改善和中度改善比例超过了各自整体的 75%，15°～25°坡度之间明显改善比例最高，所占比例为 35.8%。这说明对于坡地的退耕还林植被恢复效果明显。

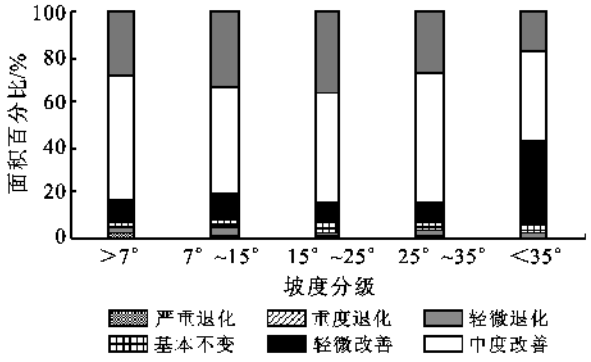


图 3 延安市不同坡度 NDVI 变化面积比例

4 结 论

(1) 通过 SPOT/VGT NDVI 数据，逐像元计算延安市 1999—2008 年 NDVI 变化趋势得出，经过 10 a的退耕还林，延安市植被覆盖状况得到了很大程度的改善。其中植被指数明显改善占总面积的 21.27%，中度改善占 61.46%，轻微改善占 10.88%。

(2) 通过计算延安市 1999—2008 年平均覆盖度发现，整体上延安市植被盖度呈南高北低，该市平均盖度 0.519 8，为中等偏上覆盖度。

(3) 通过计算统计不同坡度范围内 NDVI 的变化斜率得出，0°～35°坡度间随着坡度的升高，NDVI 平均斜率也相应的增大，其中 25°～35°坡度平均斜率为 0.006 4 相对最高，这主要是因为对于坡耕地，25°～35°是最主要的退还区域。通过统计不同坡度区间内 NDVI 变化比例得出，各坡度区间内改善比例都超过了各自比例的 85%，其中 0～35°坡度明显改善和中度改善比例超过了各自整体的 75%，说明退耕还林对于延安市的坡耕地植被恢复效果显著。

[参 考 文 献]

[1] 许智超，张岩，刘宪春，等. 半干旱黄土区退耕还林十年植被恢复变化分析：以陕西吴起县为例[J]. 生态环境学报，2011，20(1)：91-96.

[2] Wang C，Oueyang H，Maclaren V，et al. Evaluation of the economic and environmental impact of converting cropland to forest：A case study in Dunhua County，China[J]. Journal of Enviroment Mangement，2007，85(3)：746-756.

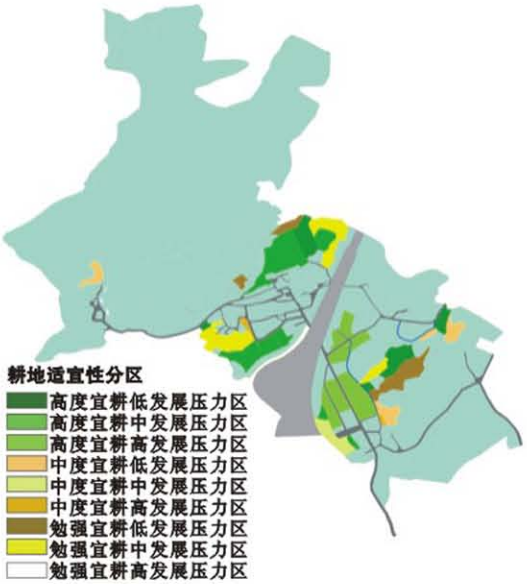
[3] Cao Shixiong，Chen Li，Yu Xinxiao. Impact of China′s Grain for Green Project on the landscape of vulnerable arid and semi-arid agricultural regions：A case study in northern Shaanxi Province[J]. Journal of Applied Ecology，2009，46(3)：536-543.

(下转第 225 页)

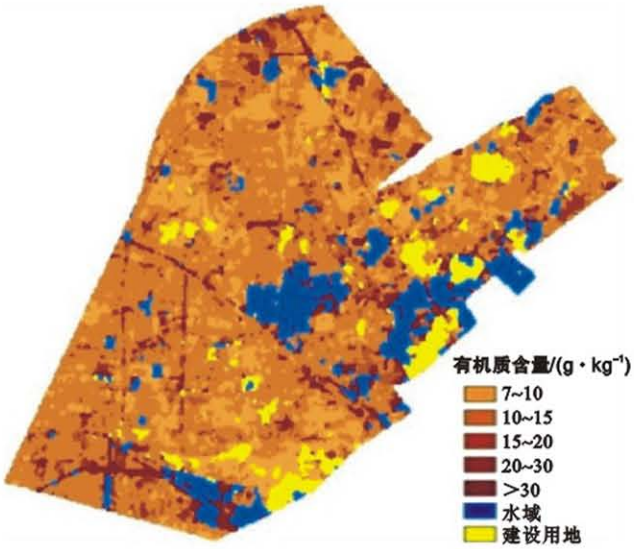
[3] 李杰新. 亚热带岩溶地区水土流失及治理[J]. 中国水土保持,1984(7):5-8.
[4] 柴宗新. 论广西岩溶地区的土壤侵蚀[J]. 山地研究,1989(4):255-260.
[5] 蒋有保. 广西石灰岩地区水土流失及治理措施的探讨[J]. 水土保持通报,1991,11(3):25-28.
[6] 蒋忠成,曹建华,杨德生,等. 西南岩溶石漠化区水土流失现状与综合防治对策[J]. 中国水土保持科学,2008,6(1):37-42.
[7] 刘黎明. 土地资源调查与评价[M]. 北京:中国农业大学出版社,2005:223-224.
[8] 张尧庭,方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京:科学出版社,2003:335-339.
[9] 于秀林,任雪松. 多元统计分析[M]. 北京:中国统计出版社,2003:279-283.
[10] 李子耐,叶阿忠. 高等计量经济学[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
[11] 周文霞,郭旭辉. 岩溶地区环境友好型土地利用模式初探:以贵州毕节地区为例[J]. 安徽农业学报,2008,36(31):13766-13767.
[12] 刘纪根,陈平仓,喻惠华. 水土流失治理率综合评价指标体系框架研究[J]. 长江科学院院报,2008. 25(3):82-85.
[13] 毕节地区年鉴编辑部. 毕节年鉴(2009 年)[M]. 贵阳:贵州人民出版社,2009.
[14] 王才军,游泳,左太安,等. 基于熵权灰色关联法的岩溶石漠化区土地质量评价:以毕节试验区为例[J]. 水土保持研究,2011,18(4):218-222.
[15] 贵州师范大学地理研究所,贵州省农业资源区划办公室. 贵州省地表自然形态信息数据量测研究[M]. 贵州贵阳:贵州科技出版社,2000.
[16] 陈群利,左太安,孟天友,等. 基于 SPA 的毕节水土流失区生态脆弱性评价[J]. 中国水土保持,2010(12):53-56.
[17] 张水清,黄绍敏,郭斗斗,等. 基于主成分分析法的土壤肥力评价[J]. 安徽农业学报,2011,39(2):1096-1097.

(上接第 220 页)

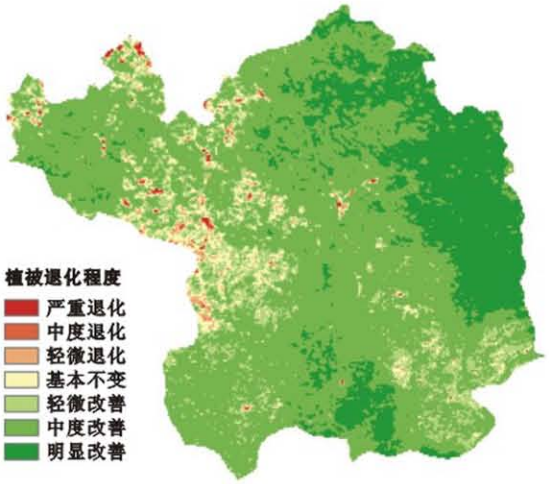
[4] 侯光雷,张洪岩,郭聃,等. 长白山区植被生长季 NDVI 时空变化及其对气候因子敏感性[J]. 地理科学进展,2013,31(3):285-292.
[5] 卓莉,曹鑫,陈晋,等. 锡林郭勒草原生态恢复工程效果的评价[J]. 地理学报,2007,62(5):471-479.
[7] 丁明军,张镱锂,刘林山,等. 青藏高原植被覆盖对水热条件年内变化的响应及其空间特征[J]. 地理科学进展,2010,29(4):507-512.
[8] 李辉霞,刘国华,傅伯杰. 基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究[J]. 生态学报,2011,31(19):5495-5504.
[9] 牛宝茹,刘俊蓉,王政伟. 干旱半干旱地区植被覆盖度遥感信息提取研[J]. 武汉大学学报,2005,30(1):27-30.
[10] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感评估[J]. 资源科学,2004,26(4):153-159.
[11] 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):354-363.
[12] 李贤伟,张键,胡庭兴. 退耕还林理论基础及林草模式的实践应用[M]. 北京:科学出版社,2009:13-15.



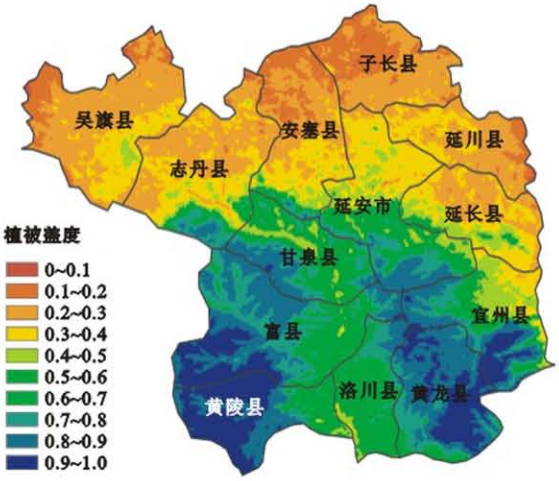
附图4　义乌市岩南村耕地适宜性评价



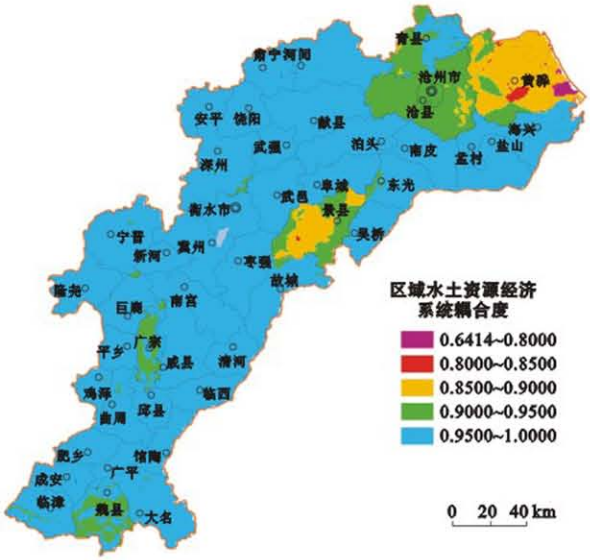
附图5　徐州市九里区采煤矿区表层土壤有机质含量分布



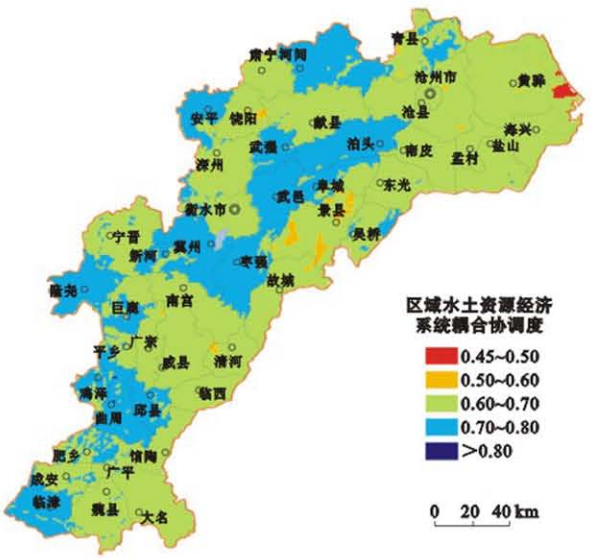
附图6　延安市1999—2008年植被退化空间分布



附图7　延安市植被盖度空间分布



附图8　黑龙港地区水土资源经济系统耦合度分布



附图9　黑龙港地区水土资源经济系统耦合协调度分布