

基于遥感和 GIS 的陕南地区近 20 年 植被覆盖时空变化特征

苏 嫻¹, 王志杰²

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2. 贵州大学 生命科学学院, 贵阳 550025)

摘 要: 植被覆盖是区域生态系统环境变化的重要指标。为了揭示陕南地区植被覆盖变化特征, 基于遥感和 GIS 技术, 以 Landsat TM 遥感影像为主要数据源, 对陕南地区 1995—2014 年近 20 年间不同植被覆盖等级时间变化特征、空间分布特征和内部转移特征进行了分析。结果表明: (1) 近 20 年的植被覆盖状况良好, 整体上以高植被覆盖度 ($>75\%$) 为主, 随时间变化高植被覆盖度所占面积呈增加趋势, 其他植被覆盖度等级面积呈波动减少; (2) 不同植被覆盖等级空间分布特征差异明显。水平方向上, 表现为 1995—2005 年是以中高植被覆盖度 ($60\% \sim 75\%$) 为主, 主要分布在汉中市, 2005 年之后以高植被覆盖度 ($>75\%$) 为主, 主要分布在安康市和汉中市。垂直方向上, 表现为海拔 $>1\,000\text{ m}$ 的低中山区和高山区以高覆盖度 ($>75\%$) 为主, 低山区 ($500 \sim 1\,000\text{ m}$) 以中等、中高覆盖度 ($45\% \sim 75\%$) 为主, 海拔 $<500\text{ m}$ 的丘陵以低、中低和中等覆盖度 ($<60\%$) 为主, 即随海拔升高植被覆盖等级随之增加; (3) 近 20 年不同植被覆盖等级之间变化过程频繁, 但植被覆盖整体上呈现“恢复—退化—恢复”的变化趋势, 这与陕南地区社会经济发展、生态环境建设与保护以及人类活动等因素密切相关。

关键词: 植被覆盖度; 归一化植被指数; 遥感和 GIS; 时空变化; 陕南地区

中图分类号: Q948; TP75

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)01-0250-07

Temporal and Spatial Characteristics of Vegetation Cover of Southern Shaanxi in Recent 20 Years Based on RS and GIS

SU Yuan¹, WANG Zhijie²

(1. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550000, China;

2. College of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550000, China)

Abstract: Vegetation cover is an important indicator of regional ecosystem environment change. In order to explore the characteristics of vegetation cover of Southern Shaanxi, using the Landsat TM images and DEM data, we analyzed the temporal and spatial characteristics of vegetation cover based on RS and GIS. The results showed that: (1) the vegetation cover in recent 20 years was in good condition, high vegetation coverage ($>75\%$) was the predominance and high vegetation coverage increased over time, the other levels of vegetation coverage decreased; (2) the spatial distribution characteristics of different vegetation coverage were obvious, in horizontal direction, vegetation cover mainly presented medium high vegetation coverage ($60\% \sim 75\%$) in 1995—2005, distributing in Hanzhong; after 2005, high vegetation coverage ($>75\%$) was the predominance, mainly distributing in Ankang and Shanglou; in the vertical direction, high coverage ($>75\%$) at the elevation of $>1\,000\text{ m}$, medium and high coverage ($45\% \sim 75\%$) at the elevation between 500 meters and 1 000 meters, low and medium coverage (60%) at the elevation of $<500\text{ m}$ were the predominance, respectively, which indicated that coverage levels increased along with the elevations of vegetation; (3) the process of different vegetation coverage changed frequently in recent 20 years, but vegetation coverage presented the trend of ‘recovery-restored-recovery’ on the whole, which was related to social and economic development, concept of ecological environment and human activities.

Keywords: vegetation coverage; NDVI; RS and GIS; temporal and spatial variation; Southern Shaanxi

收稿日期: 2017-03-08

修回日期: 2017-04-20

资助项目: 贵州省科技支撑计划项目“基于多光谱遥感的喀斯特高原典型植物群落定量识别分类综合技术研究”(黔科合支撑[2017]2854); 镇宁县城城市绿地系统遥感勘察项目(701231172201)

第一作者: 苏嫻(1986—), 女, 陕西延安人, 助理实验师, 硕士, 主要从事区域资源环境监测与评价的研究。E-mail: ysu@gzu.edu.cn

通信作者: 王志杰(1986—), 男, 甘肃会宁人, 副教授, 博士, 主要从事区域资源环境监测与评价、遥感与 GIS 应用研究。E-mail: zjwang3@gzu.edu.cn

植被是地球系统中的活跃成员,陆地生态系统的任何变化必然在植被类型、数量或质量方面有所响应^[1]。植被不仅可以为动植物提供必不可少的栖息地,而且通过对陆地表面的保护、气候的改善、生态过程的维持以及生物多样性的保护等提供重要的生态系统服务功能^[2]。植被覆盖度(Vegetation coverage)是指单位面积内植被地上部分(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区面积的百分比,是植物群落覆盖地表状况的一个直观、综合的量化指标,是描述植被群落及生态系统的重要参数。因此,植被覆盖及其变化不仅是区域生态系统环境变化的重要指标,而且对水文、生态、全球变化等都具有重要的意义^[3-7]。同时,随着遥感(RS)技术和地理信息系统(GIS)的快速发展,利用遥感技术获取相关植被覆盖数据^[8-9],运用 GIS 空间分析方法,为长时间大范围的动态监测植被覆盖状况提供了经济高效的数据支撑和技术支持。

目前国内外学者基于遥感和 GIS 对植被覆盖变化进行了大量的研究,并取得了一定成果,主要包括植被指数变化及其与生态环境因子的关系^[4,10-12]、植被覆盖动态变化研究^[5,7,13-15]、植被覆盖监测研究^[8,9,16]以及植被覆盖度的提取算法及模型研究^[17-20]等,但研究主要集中在青藏高原、黄土高原、内蒙古草原以及新疆等干旱半干旱地区。然而,在陕南地区这方面的研究鲜有报道,加之该地区北靠秦岭,南依巴山,地形起伏大,降雨丰富,是我国中部地区生态安全屏障区和南水北调中线工程水源涵养区,也是环境变化响应的敏感区域^[21],植被覆盖的优劣直接关系到汉江上游流域的水质和生态环境质量,对南水北调中线工程的运行具有重要影响。基于此,本研究以陕南地区 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2014 年 Landsat TM 遥感影像为基本数据源,利用 GIS 空间分析技术,分析陕南地区近 20 a 的植被覆盖时空变化特征及内部转移特征,并探讨其影响因素,以期陕南地区城市规划、生态环境的评价、保护和建设提供重要的参考依据。

1 研究区概况

陕西地区位于陕西省南部,北靠秦岭、南倚巴山,汉江自西向东穿流而过,从西往东依次是汉中(东经 105°30'50"—108°16'45",北纬 32°08'54"—33°53'16")、安康(东经 108°00'58"—110°12',北纬 31°42'24"—33°50'34")和商洛(东经 108°34'20"—111°1'25",北纬 33°2'30"—34°24'40")(图 1)。陕南是国家南水北调工程的重要水源涵养地,西边与甘肃相邻,南部与四川、重庆、湖北相接,东与河南毗邻,北与宝鸡、西安、渭南 3 市接壤,

总面积 6.99 万 km²,约占陕西省总面积的 35%;境内气候类型具有特殊性,西部属于北亚热带季风气候区,东部为北亚热带与暖温带过度地域;全区气候温和,雨量充沛,四季分明,年平均气温 12~15℃,年有效积温 3 500~4 500℃,年降水量 700~1 300 mm,年日照时数 1 395~1 729 h^[22-24]。

境内植被覆盖良好,森林覆盖率达 55.5%以上,以天然林为主,天然林面积占研究区总面积的 45.1%^[22-23]。森林覆盖率及天然林覆盖率均居全省之冠。同时,研究区水资源极为丰富,约 96%的面积属于长江流域,其中汉江和嘉陵江均为长江的一级支流,丹江为汉江的一级支流,黄河流域主要分布在研究区东部的商洛市洛南县,其主要河流为洛河^[22]。

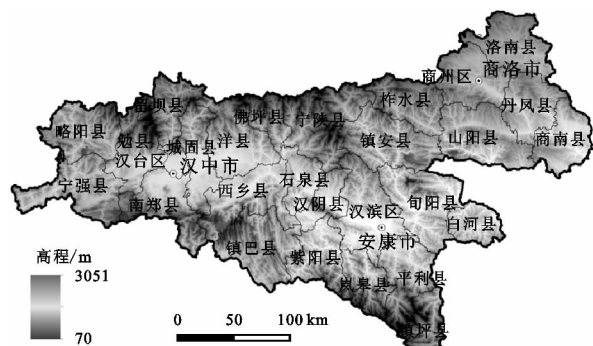


图 1 陕南地区地理位置概况

2 数据处理及研究方法

2.1 数据来源与处理

(1) 遥感影像数据。本研究所用的遥感影像均通过国际空间数据共享平台获取,影像获取时间分别为 1995 年 7 月 14 日、2000 年 9 月 17 日、2005 年 9 月 20 日、2010 年 8 月 5 日和 2014 年 7 月 24 日,共 5 期 TM 遥感影像,空间分辨率为 30 m×30 m,坐标系统为 WGS_1984_UTM_Zone_49 N,含云量小于 10%,数据质量较好。在进行植被覆盖度提取之前,首先基于 ENVI 5.1 软件对各期遥感影像依据研究区地形图和矢量边界进行配准、校正和裁剪等预处理。

(2) DEM 数据。采用地理空间数据云网站提供的研究区 DEM 数据,空间分辨率为 30 m×30 m,坐标系统为 WGS_1984_UTM_Zone_49 N,对获取的 DEM 数据根据研究区矢量边界进行裁剪。

2.2 研究方法

(1) 归一化植被指数计算(NDVI)。归一化植被指数(NDVI)是指植物生长、覆盖、生物量和植被种类等情况的综合反映,与植被分布密度呈线性关系,是指示大尺度植被覆盖的良好指标。NDVI 的计算公式为:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

式中: NIR 为近红外波段亮度值; R 为红光波段亮度值^[25]。

(2) 植被覆盖度估算。植被覆盖度是指植被冠层的垂直投影面积与土地总面积之比。植被覆盖度与归一化植被指数之间存在一定的关系,利用归一化植被指数可以推测出植被覆盖度 f 。植被覆盖度的计算公式如下:

$$f=\frac{\text{NDVI}-\text{NDVI}_{\text{soil}}}{\text{NDVI}_{\text{veg}}-\text{NDVI}_{\text{soil}}}$$

(2)

式中:NDVI_{soil}是无植被覆盖区域的裸土像元 NDVI 值;NDVI_{veg} 则代表完全植被覆盖的像元的 NDVI

值。影响该模型精度的关键在于 NDVI_{veg},NDVI_{soil} 的取值,在没有实测数据下,取 NDVI_{soil} 为影像中 NDVI_{min},NDVI_{veg} 取影像中 NDVI_{max}^[25-26]。

(3) 植被覆盖度分级。参考前人研究成果^[27-29],本研究将植被覆盖度分为 5 级:I 级,低覆盖度(0%~30%),II 级,中低覆盖度(30%~45%),III 级,中等覆盖度(45%~60%),IV 级,中高覆盖度(60%~75%),V 级,高覆盖度(75%~100%),并利用 ArcGIS 10.1 软件对植被覆盖度进行分级(图 2)。

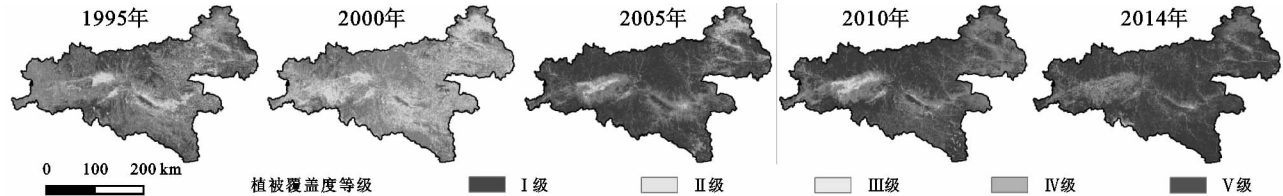


图 2 1995—2014 年植被覆盖度分级

(4) 海拔分级。海拔是指地面某个地点高出海平面的垂直距离。本研究参考崔晓临等^[30]对秦岭地区海拔高程的划分,结合陕南地区高程特征,将陕南地区海拔高程划分为 4 个类型:丘陵(<500 m)、低山(500~1 000 m)、低中山(1 000~2 000 m)和高山(>2 000 m)(图 3)。

3 结果与分析

3.1 不同植被覆盖等级时间变化特征

统计分析陕南地区 5 个时期不同植被覆盖等级面积比例(表 1)发现:研究区植被覆盖整体状况良好,5 个不同植被覆盖等级所占面积比例总体上表现为 V 级>III,IV 级>I,II 级。随时间变化 5 个不同等级覆盖度植被面积差异明显,V 级呈增加—降低—再增加趋势,IV 级呈先降低后增加趋势,II 和 III 级呈降低—增加—再降低趋势,I 级呈先增加后降低趋势,但整体上表现为 V 级呈波动性增加趋势,1995 年

其面积比例为 23.58%,2014 年上升到 75.52%,其他 4 级均呈现波动性降低趋势,1995 年其面积比例为 1.12%~41.03%,2014 年降低到 1.11%~12.87%。可见,陕南地区近 20 a 的植被覆盖状况良好,整体上以 V 级高植被覆盖度为主(75%以上),且高植被覆盖度所占面积随时间变化不断增加,其他 4 级植被覆盖度所占面积随时间变化波动减少。

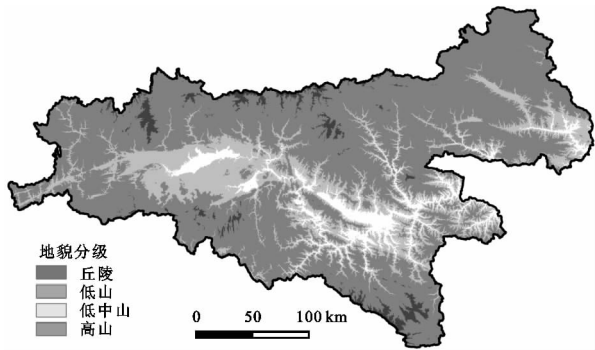


图 3 陕南地区海拔分级

表 1 1995—2014 年不同植被覆盖等级面积比例统计

植被覆盖等级	1995 年		2000 年		2005 年		2010 年		2014 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
I	783.85	1.12	1960.63	2.79	2381.93	3.39	4846.41	6.89	777.99	1.11
II	6580.40	9.36	4674.86	6.64	1114.73	1.59	5010.06	7.12	2189.61	3.11
III	17503.16	24.91	9035.46	12.84	18784.94	26.73	9870.22	14.03	5200.50	7.39
IV	28835.40	41.03	10048.55	14.28	828.47	1.18	8904.81	12.66	9055.66	12.87
V	16570.92	23.58	44643.45	63.45	47163.68	67.11	41731.38	59.31	53139.18	75.52

3.2 不同植被覆盖等级空间分布特征

(1) 水平分布特征。1995—2014 年陕南地区不同植被覆盖等级在不同行政区域的分布特征差异明显(表 2)。1995 年和 2000 年,汉中市、安康市和商洛市整体上是 IV 级植被覆盖度为主,其面积比例高达 62.71%~64.90%,且在汉中市分布面积最广,其面积分别达到 17 614.41 km²,17 019.25 km²;2005

年、2010 年和 2014 年 3 市的不同植被覆盖等级面积均表现为 V>IV>III>II>I,V 级植被覆盖度所占面积比例最大,约占 50%~78%,且在不同行政区域上存在差异,其中商洛市的分布面积最少,面积变化为 9 763.81 km²~13 665.43 km²,2005 年和 2010 年在汉中市分布面积最大,分别为 17 666.04 km²,15 960.01 km²,2014 年安康市的分布面积最大为

18 295.12 km²。可见,研究区植被覆盖度在 2005 年之前是以中高植被覆盖度为主,且主要分布在汉中市,2005 年之后是以高植被覆盖度为主,主要分布在安康市和汉中市,商洛市的分布面积最少。

表 2 1995—2014 年陕南地区不同植被覆盖等级在不同行政区域分布特征

年份	等级	汉中市		安康市		商洛市	
		面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
1995	I	16.34	0.06	60.93	0.26	16.15	0.08
	II	153.80	0.57	130.85	0.56	101.34	0.52
	III	2630.77	9.69	3480.45	14.79	3053.01	15.61
	IV	17614.41	64.90	13548.34	57.58	11277.72	57.66
	V	6725.24	24.78	6307.03	26.81	5110.68	26.13
2000	I	2.07	0.01	23.33	0.10	1.19	0.01
	II	1096.92	4.04	1884.46	8.01	1358.10	6.94
	III	7372.77	27.17	7777.50	33.06	7556.62	38.64
	IV	17019.25	62.71	13392.66	56.92	9716.88	49.68
	V	1649.36	6.08	449.31	1.91	925.60	4.73
2005	I	1.49	0.01	28.03	0.12	11.46	0.06
	II	41.52	0.15	58.55	0.25	142.54	0.73
	III	1019.52	3.76	576.16	2.45	1779.81	9.10
	IV	8411.93	30.99	8085.82	34.37	6330.29	32.37
	V	17666.04	65.09	14779.69	62.82	11295.75	57.75
2010	I	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	II	39.26	0.14	33.98	0.14	4.10	0.02
	III	1536.36	5.66	486.50	2.07	257.70	1.32
	IV	9604.91	35.39	9087.55	38.62	9534.22	48.74
	V	15960.01	58.80	13920.17	59.16	9763.81	49.92
2014	I	83.11	0.31	0.01	0.00	0.00	0.00
	II	261.34	0.96	48.27	0.21	2.05	0.01
	III	949.72	3.50	204.75	0.87	126.66	0.65
	IV	8297.47	30.57	4980.27	21.17	5765.66	29.48
	V	17549.68	64.66	18295.12	77.76	13665.43	69.86

(2) 垂直分布特征。分析 1995—2014 年不同海拔区域不同植被覆盖等级空间分布特征(表 3)发现:低中山和高山区域整体上是 以 V 级,高植被覆盖度为主(低中山 1995 年以 IV 级为主),其面积比例高达 59.55%~84.71%;低山区在 1995 年和 2000 年以 III,IV 级为主,二者面积比例之和分别为 77.27%和 60.24%,2005—2014 年 3 个时期以 V 级为主,所占面积比例变化在 35.51%~61.04%之间;丘陵区域在 1995 年和 2000 年主要是以 II 级和 III 级植被为主,二者面积比例之和分别为 66.41%和 53.97%,2005 年主要是以 III 级为主,所占面积比例为 59.46%,2010 年主要是以 I 级和 II 级为主,二者面积比例之和为 52.94%,2014 年是以 IV 级和 V 级为主,二者面积比例之和为 57.49%。可见,研究区不同海拔区域不同植被覆盖等级的分布特征差异明显,整体上表现为海拔较高的低中山和高山区域是以高植被覆盖度为主,低山区域是以中等、中高以及高覆盖度为主,海拔较低的丘陵区域则是以低、中低和中等覆盖度为主,即随海拔升高植被覆盖度等级随之增大。

3.3 不同植被覆盖等级内部转移特征

对 5 个时期植被覆盖度等级图进行空间叠加分

析,得出 4 个时段 5 个等级植被覆盖度面积转移特征(图 4),结果表明:1995—2000 年,IV 级植被覆盖度向 V 级植被覆盖度转移面积较大为 7 489.05 km²,其次是 III 级向 IV,V 级转移,其面积分别为 2 598.29 km²,4 324.51 km²,变化区域主要分布在汉中市西部的略阳县、宁强县、留坝县、勉县和南郑县,安康市的平利县、镇平县以及商洛市的柞水县和镇安县也有零星分布,而中、高覆盖度向中低和低覆盖度转移面积相对较少。可见,该时段研究区植被覆盖整体呈缓慢恢复状态。2000—2005 年,IV 级向 V 级转移最大为 21 627.89 km²,其次是 III 级向 IV,V 级转移,其面积分别为 4 851.47 km²,6 531.51 km²,三市均大面积分布,中、高覆盖度向中低和低覆盖度转移面积相对较少,且零散分布。说明该时段植被覆盖处于快速恢复状态。2005—2010 年,V 级向其他 4 级转移面积均较高,变化在 1 241.47~6 994.78 km²,且向 III,IV 级的转移面积达到该时期最大,分别为 6 994.78 km²,6 824.07 km²,除汉中市汉台区、城固县和洋县的中部以及南郑县,安康市汉滨区,商洛市商州区和洛南县,在其他县区均呈分散分布。可见,该时段研究区植被覆盖呈现明显的退化趋势。2010—2014 年,IV 级向 V 级转移转移面积最大,为 6 368.51 km²,其

次是Ⅲ级向Ⅴ级,转移面积为 6 065.46 km²,集中分布在研究区的中南部和东北部,其他县区零散分布,中、高覆盖度向中低、低覆盖度转移面积相对较少。说明研究区植被覆盖再次处于缓慢恢复状态。

表 3 1995—2014 年陕南地区不同植被覆盖等级在不同海拔区域分布特征

年份	等级	丘陵(<500 m)		低山(500~1000 m)		低中山(1000~2000 m)		高山(>2000 m)	
		面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
1995	I	439.47	10.45	241.42	1.52	46.26	0.10	10.12	0.46
	II	1506.36	35.82	2551.55	16.10	2392.53	5.03	28.91	1.32
	III	1286.62	30.59	6271.18	39.57	9805.77	20.60	104.09	4.77
	IV	826.91	19.66	5974.82	37.70	21570.37	45.30	469.83	21.51
	V	146.01	3.47	808.11	5.10	13797.18	28.98	1571.41	71.94
2000	I	800.07	18.81	709.14	4.49	362.67	0.76	73.88	3.42
	II	1235.25	29.04	2157.34	13.65	1238.68	2.60	29.78	1.38
	III	1060.24	24.93	3418.81	21.63	4323.75	9.06	192.71	8.93
	IV	622.93	14.65	3444.44	21.79	5861.13	12.28	90.29	4.18
	V	534.83	12.57	6078.77	38.45	35927.18	75.30	1771.87	82.09
2005	I	495.08	11.67	750.21	4.75	781.19	1.64	338.19	15.67
	II	255.12	6.01	513.42	3.25	325.27	0.68	17.16	0.80
	III	2523.71	59.46	6249.65	39.59	9393.75	19.71	514.83	23.86
	IV	107.82	2.54	348.42	2.21	368.48	0.77	2.70	0.13
	V	862.36	20.32	7925.72	50.20	36786.18	77.19	1285.18	59.55
2010	I	1398.41	32.88	2303.31	14.57	722.62	1.51	387.05	17.93
	II	853.39	20.06	2279.15	14.42	1801.93	3.78	58.42	2.71
	III	795.58	18.70	2961.19	18.73	5831.89	12.22	221.83	10.28
	IV	630.31	14.82	2650.45	16.77	5536.26	11.60	53.55	2.48
	V	575.71	13.54	5614.23	35.51	33820.71	70.88	1437.67	66.60
2014	I	400.94	9.43	266.46	1.69	96.00	0.20	7.85	0.36
	II	618.33	14.54	813.10	5.14	725.21	1.52	25.98	1.20
	III	788.84	18.55	1720.09	10.88	2447.01	5.13	218.39	10.12
	IV	1096.27	25.77	3359.79	21.25	4489.03	9.41	77.79	3.60
	V	1349.05	31.72	9648.92	61.04	39956.16	83.74	1828.54	84.71

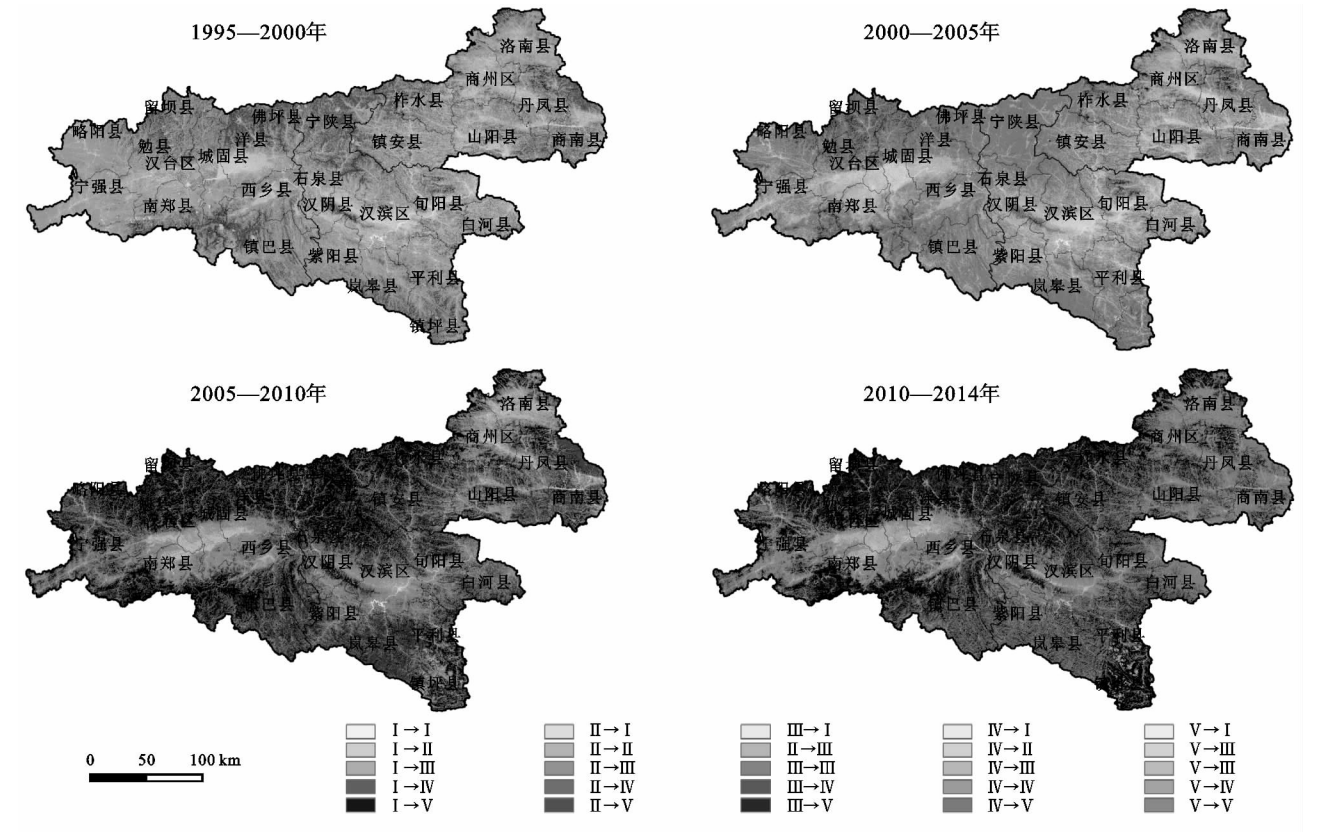


图 4 1995—2014 年陕南地区不同植被覆盖等级内部转移特征

4 结论与讨论

植被覆盖度是植物群落覆盖地表状况的一个直观、综合的量化指标,也是表征生态环境变化的综合指示器^[3,5-7],对区域生态系统环境变化有着重要的指示作用。本研究基于陕南地区1995—2014年5期不同的Landsat TM遥感影像数据,并利用GIS空间分析技术,对陕南地区近20a的植被覆盖时间变化特征、空间分布特征及内部转移特征进行了分析,研究表明:陕南地区近20a的植被覆盖状况良好,整体上以Ⅴ级高植被覆盖度为主,这是因为陕南地区冬无严寒、雨量充沛、水热资源丰富,为该地区的植被生长提供了得天独厚的条件^[31],另外,与该地区退耕还林等一系列生态建设工程的实施关系密切^[5]。崔晓临等对陕西省植被覆盖变化的研究也表明:陕南秦巴山区植被覆盖较高,平均覆盖率高达84%^[32]。同时,高植被覆盖度所占面积随时间变化不断增加,其他4级植被覆盖度所占面积随时间变化波动减少。说明20a间该地区的植被覆盖结构整体呈现稳步好转趋势,与陕西省的植被覆盖结构基本一致^[5,28]。

不同植被覆盖等级空间分布特征差异明显。在不同行政区划上,表现为1995—2005年植被覆盖是以中高植被覆盖度为主,主要分布在汉中市,2005年之后是以高植被覆盖度为主,主要分布在安康市和汉中市,商洛市的分布面积最少。这与雒新萍等^[28]的研究结果:汉中市的留坝县、城固县、洋县、南郑县、西乡县,安康市的宁陕县、平利县、镇坪县的NDVI指数均达到0.5以上,以高覆盖植被占绝对优势基本一致。在不同海拔梯度上,整体上表现为海拔较高的低中山和高山区是以高覆盖度植被为主,低山区是以中等、中高覆盖度为主,海拔较低的丘陵区则以低、中低和中等覆盖度为主,即随海拔升高植被覆盖度等级随之增大。这是因为随着海拔升高,人类活动强度和植被类型发生均变化。海拔小于500m的丘陵是以农耕植被为主,500~1000m范围的低山是以灌丛等植被类型为主,均受人类活动影响较大,植被覆盖较低,而海拔升高到1000m以上的低中山和高山,植被是以阔叶林和针叶林为主,人类活动的强度在地形条件的限制下,对植物生长的干预程度逐渐减小,植被覆盖保持良好,主要是以高覆盖植被(60%~100%)为主^[30]。

本研究还显示陕南地区近20a不同植被覆盖等级之间变化过程频繁,其中,1995—2005年和2010—2014年,主要为中等和中高覆盖度植被向Ⅴ级高覆

盖度植被转移,在三市均分布广泛;2005—2010年,Ⅴ级植被高覆盖度向其他4级转移均较大,各县区分散分布。说明期间研究区植被覆盖整体上呈现“恢复—退化—恢复”的变化趋势。这是由于1999年起陕南地区开始实施退耕还林工程,林地面积显著增加,至2007年底陕南三市退耕还林870.36万亩,而汉中、安康、商洛3市逐年累计造林面积与植被覆盖度之间有极显著的相关关系,因此,研究区植被得以快速恢复,植被覆盖度明显上升^[5,33-34]。但值得注意的是,在生态恢复的背景下,2005—2010年植被覆盖却有明显退化趋势,这与雒新萍等的研究结果:2004年秦巴山区植被NDVI指数达到最大值(0.511),之后稍有回落^[28]基本一致。其原因可能除了气候条件的变异,城市扩展也是导致城市周边植被遭到破坏,致使植被覆盖下降的主要原因之一^[35]。同时,与当地人口增加、土地利用方式的改变等因素密切相关。本研究组通过对陕南地区1995—2014年土地利用类型转移面积的分析也发现,2005—2010年,由于研究区人口快速增加,为满足人们对土地资源的需求,林地向农用地转移面积高达2991.44 km²,导致林地面积大幅度减少,植被覆盖明显降低。

本研究对陕南地区近20a的植被覆盖时空变化特征和内部转移变化特征进行了分析,但对其变化的主要影响因素未做深入讨论,而陕南地区气候温和,雨量充沛(年降雨量700~1300mm),四季分明^[22-24],气候变化(降水、温度)对植被变化的影响程度相对缓慢,而人为因素尤其是人类活动强度快速影响着区域植被覆盖变化^[28,30,36]。因此,定量研究人类活动强度对植被覆盖度动态变化的影响将是今后研究的重要内容。

参考文献:

- [1] Parmesan C, Yohe G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems[J]. *Nature*, 2003,421(6918):37-42.
- [2] Holzel N, Buisson E, Dutott. Species introduction a major topic in vegetation [J]. *Applied Vegetation Science*, 2012, 15:161-165.
- [3] Gitelson A A, Kaufman Y J, Stark R, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002,80(1):76-87.
- [4] 陈晓光,李剑萍,韩颖娟,等.宁夏近20年来植被覆盖度及其与气温降水的关系[J]. *生态学杂志*, 2007,26(9):1375-1383.
- [5] 李登科,范建忠,王娟.陕西省植被覆盖度变化特征及其

- 成因[J]. 应用生态学报, 2010, 21(11): 2896-2903.
- [6] 穆少杰, 李建龙, 陈奕兆, 等. 2001—2010 年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J]. 地理学报, 2012, 67(9): 1255-1268.
- [7] 胡玉福, 蒋双龙, 刘宇, 等. 基于 RS 的安宁河上游植被覆盖度时空变化研究[J]. 农业机械学报, 2014, 45(5): 205-215.
- [8] 王庆, 王娜, 曹雪峰. 基于 TM 影像的区域植被覆盖变化遥感监测[J]. 人民黄河, 2013, 35(2): 70-75.
- [9] 姚国慧, 陈冬花, 杨芳, 等. 植被覆盖度时空变化遥感监测: 以博尔塔拉蒙古自治州为例[J]. 遥感信息, 2015, 10(5): 80-86.
- [10] Zhou L M, Tucker C J, Kaufmann P K, et al. Variation in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999[J]. Journal of Geophysical Research, 2001, 106 (D17): 20069-20083.
- [11] Weiss J L, Gutzler D S, Coonrod J E A, et al. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semi-arid setting, central New Mexico, USA [J]. Journal of Arid Environments, 2004, 58(2): 249-272.
- [12] 刘志红, 郭伟玲, 杨勤科, 等. 近 20 年黄土高原不同地貌类型区植被覆盖变化及原因分析[J]. 中国水土保持科学, 2011, 2(1): 16-23.
- [13] Tommervik H, Hogda K A, Inger S. Monitoring vegetation changes in Pasvik (Norway) and pechenga in Kola peninsula (Russia) using multitem Porat Landsat MSS/TM data [J]. Remote sensing of Environment, 2003, 85(3): 370-388.
- [14] 田贵全, 曲凯. 遥感和 GIS 支持下的山东省植被覆盖动态变化分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 133-139.
- [15] 刘宪锋, 潘耀忠, 朱秀芳, 等. 2000—2014 年秦巴山区植被覆盖时空变化特征及其归因[J]. 地理学报, 2015, 5(5): 70-76.
- [16] 李娟, 龚纯伟. 兰州市南北两山植被覆盖度动态变化遥感监测[J]. 测绘科学, 2011, 36(2): 175-177.
- [17] 唐世浩, 朱起疆, 周宇宇, 等. 一种简单的估算植被覆盖度和恢复背景信息的方法[J]. 中国图像图形学报, 2003, 8(11): 1304-1309.
- [18] 李苗苗, 吴炳芳, 颜长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, 26(4): 153-159.
- [19] 秦伟, 朱清科, 张学霞, 等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(9): 163-170.
- [20] 朱蕾, 徐俊峰, 黄敬峰, 等. 作物植被覆盖度的高光谱遥感估算模型[J]. 光谱学与光谱分析, 2008, 28(8): 1827-1831.
- [21] 冯彩琴, 董婕. 陕南地区近 47 年来气温、降水变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(8): 122-126.
- [22] 杨楠, 王小文, 卓悦. 陕南地区生态环境状况综合评价及对策[J]. 水土保持通报, 2008, 28(2): 190-194.
- [23] 卓悦, 王小文, 徐杰峰, 等. 陕南地区土地利用与生态承载力动态变化分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 1266-1270.
- [24] 桑翠翠, 杨海娟, 魏光文, 等. 陕南地区县域土地利用绩效评价[J]. 水土保持通报, 2013, 33(3): 294-300.
- [25] 兰明娟, 魏虹, 熊春妮, 等. 基于 TM 影像的重庆市北碚区地表植被覆盖变化[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2009(4): 100-104.
- [26] 刘静, 银山, 张国盛, 等. 毛乌素沙地 17 年间植被覆盖度变化的遥感监测[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(7): 162-167.
- [27] 陈晓光, 李剑萍, 李志军, 等. 青海湖地区植被覆盖及气温降水变化的关系[J]. 中国沙漠, 2007, 27(5): 797-804.
- [28] 雒新萍. 近 25a 来秦巴山区植被 NDVI 时空变化及其对区域气候的响应[D]. 西安: 西北大学, 2009.
- [29] 曹永祥, 刘小丹, 张克斌, 等. 青海省都兰县察汗乌苏绿洲植被覆盖度变化研究[J]. 中国沙漠, 2011, 31(5): 1267-1272.
- [30] 崔晓临, 白红英, 王涛. 秦岭地区植被 NDVI 海拔梯度差异及其气温响应[J]. 资源科学, 2013, 35(3): 618-626.
- [31] 梁瑞, 任志远. 陕南地区植被净第一性生产力时空动态演变[J]. 水土保持通报, 2014, 34(2): 86-90.
- [32] 崔晓临, 赵娟, 白红英, 等. 基于 MODISNDVI 的陕西省植被覆盖变化分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(5): 87-93.
- [33] 赵杨, 危锋. 陕南秦巴山区退耕还林与可持续发展研究: 以汉中市为例[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 200-203.
- [34] 何家理, 支晓娟. 秦巴山区退耕还林效益评价研究: 以陕南三市为例[J]. 生态经济, 2008(2): 22-27.
- [35] 刘宪锋, 潘耀忠, 朱秀芳, 等. 2000—2014 年秦巴山区植被覆盖时空变化特征及其归因[J]. 地理学报, 2015, 70(5): 705-716.
- [36] 李小燕. 汉江流域植被覆盖时空变化及其对气候因子的响应研究[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2013, 49(2): 102-106.