

基于TM影像的重庆市都市区NDVI时空变化特征

李辉¹, 周启刚¹, 焦欢¹, 王福海², 国洪磊¹

(1. 重庆工商大学 旅游与国土资源学院, 重庆 400067; 2. 重庆工商大学 融智学院, 重庆 400033)

摘要:随着城市化进程的不断加快,城市生态环境问题越来越突出,使得对城市NDVI的时空变化研究显得十分迫切。以重庆市都市区作为研究对象,采用1988年、2000年、2002年、2012年的4期Landsat TM遥感数据以及重庆市都市区1:5万DEM数据,通过人机交互、定量遥感技术以及GIS技术相结合的方法,获取了1988—2012年间研究区NDVI的分布数据。研究表明:在1988—2012年间,重庆市都市区NDVI在时间、空间以及结构上都发生了较大变化。NDVI的变化趋势呈现出一定的规律性,在城市建设用地扩张的区域NDVI指数呈现出下降趋势,而在城市已建成区又具有相对稳定性。研究成果旨在为促进城市可持续发展、优化城市生态环境提供科学依据与参考。

关键词:NDVI; 时空变化; 重庆市都市区; TM

中图分类号:X171; X87

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)06-0250-06

Temporal-Spatial Variation of NDVI in the Metropolitan Area of Chongqing Municipality Based on TM

LI Hui¹, ZHOU Qigang¹, JIAO Huan¹, WANG Fuhai², GUO HongLei¹

(1. School of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China; 2. Rongzhi College of Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400033, China)

Abstract: As the acceleration of urbanization, the urban ecological and environmental problems have becoming more and more outstanding, which makes it very urgent to study the temporal-spatial variation of city NDVI. We took the metropolitan area of Chongqing Municipality as the research example, obtained the NDVI distributed dates in 1988—2012 by combining Human-computer Interaction, quantitative Remote Sense Technique and GIS and through the data sources including 1988, 2000, 2002, 2012 Landsat TM remote sensing data and 1:50 000 DEM of the metropolitan area of Chongqing Municipality. The results showed that the NDVI of the metropolitan area of Chongqing Municipality had greatly changed in temporal-spatial variation and structures from 1988 to 2012. In addition, the change trend of NDVI appeared a certain regularity and showed a downward trend in the urban expansion area. On the other hand, the change trend of NDVI showed guaranteed relative stability. The result can offer scientific basis and reference for promoting the sustainable development of the city and optimizing urban ecological environment.

Keywords: NDVI; temporal and spatial variation; main district of Chongqing; TM

植被覆盖是全球及区域水文气候模型模拟中所需要的重要信息,也是描述生态系统的重要基础数据^[1]。在城市化高速发展的现代社会,获取地表植被覆盖及其变化信息,对于揭示地表空间变化规律,探讨变化的驱动因子,研究区域生态环境以及优化城市生态环境都具有重要意义^[2]。

随着“3S”技术的快速发展,通过遥感技术反演植被覆盖逐渐成为城市生态环境监测的重要手段^[3-5]。目前国内外有关城市植被覆盖变化的遥感应

用研究方兴未艾,国内学者已利用不同传感器、不同时相、不同分辨率的卫星影像对一些城市的植被覆盖情况进行了专题研究。可以看出,此类研究大多集中在北京、上海、广州等东部发达城市,对西部城市,特别是山地城市的相关研究相对欠缺^[6-7]。

本文利用 ArcGIS 10.2 和 erdas imagine 2010 软件对重庆市都市区 1988 年、2000 年、2002 年以及 2012 年的 4 期 Landsat TM 遥感数据进行处理,提取植被覆盖指数,监测并分析了其植被空间覆盖与动态变化情况。

1 研究区概况

重庆市位于四川盆地的东南部,长江的上游,与湖北、湖南、贵州、四川、陕西等省接壤,地跨东经 $105^{\circ}11'—110^{\circ}11'$ 、北纬 $28^{\circ}10'—32^{\circ}13'$ 的四川盆地与长江中下游平原的过渡地带。辖区总面积为 8.24 万平方 km,2013 年重庆市都市区人口已达 808 万人,属于中国面积最大的内陆城市。有长江和嘉陵江两江流经区内,气候湿润温和。其都市区主要包括重庆都市九区,即:渝中区、大渡口区、江北区、南岸区、沙坪坝区、九龙坡区、北碚区、渝北区、巴南区;主要分布在长江沿线,四面环山,以丘陵,低山为主,地形起伏较大,平均高程为 400 m。研究区总面积为 5 465 km²,占全市总面积的 6.63%,截止 2012 年常住人口为 772.31 万人。研究区从南北面向长江嘉陵江河谷倾斜,起伏较大,呈现“一山一槽二岭”的自然景观,是典型的特大山地城市^[8]。

重庆市作为新中国最年轻的直辖市,是西南地区经济发展的中心之一,对于带动西南片区经济飞速发展具有重要的意义。近年来,重庆市经济发展迅猛,城市建设用地扩展进一步加快,城市生态环境问题日益突出。选取重庆山地都市区作为研究对象,对于城市建设用地扩展与地表特征参数变化研究具有理论与实践意义。

2 数据源与研究方法

2.1 数据源

本研究应用的主要数据为研究区的数字高程图和遥感数据。其中遥感数据为 Landsat TM/ETM 影像,及获取年份依次为 1988 年、2000 年、2002 年、2012 年。所有影像数据采用 Albers 投影,中央经线为东经 105° ,双标准纬线分别为北纬 25° 和 47° 。Landsat TM 影像数据 1,2,3,4,5,7 波段的空间分辨率均为 30 m,6 波段空间分辨率为 120 m。

2.2 研究方法

2.2.1 NDVI 的表达式:

$$NDVI = [p(nir) - p(red)] / [p(nir) + p(red)] \quad (1)$$

式中: $p(nir)$ ——TM₄(近红外)波段的亮度值;
 $p(red)$ ——TM₃(可见光红光)波段的亮度值。

对于 Landsat TM 数据而言,归一化植被指数通常可表示为:

$$NDVI_{x,y} = \frac{R_4(x,y) - R_3(x,y)}{R_4(x,y) + R_3(x,y)} \quad (2)$$

式中: R_3, R_4 ——TM 影像波段 3 和波段 4 的反射率。

利用式(3)可得到 1988—2000 年和 2000—2012 年研究区归一化植被指数变化分布图。

$$NDVI_c = NDVI_n - NDVI_{n-1} \quad (3)$$

式中: $NDVI_c$ ——前后两个目标年份之间的 NDVI 变化值; $NDVI_n$ ——第 n 年份研究区的 NDVI 值; $NDVI_{n-1}$ ——前一个年份研究区的 NDVI 值。

将上式的计算结果进行标准化分级,分别化分为负向变化、正向变化和无显著变化^[9-10]:

无显著变化:

$$\left| \frac{NDVI_i - \frac{1}{n} \sum_j NDVI_j}{\sqrt{\frac{1}{n} \left(NDVI_i - \frac{1}{n} \sum_j NDVI_j \right)^2}} \right| \leq 1 \quad (4)$$

正向变化:

$$\left| \frac{NDVI_i - \frac{1}{n} \sum_j NDVI_j}{\sqrt{\frac{1}{n} \left(NDVI_i - \frac{1}{n} \sum_j NDVI_j \right)^2}} \right| > 1 \quad (5)$$

反向变化:

$$\left| \frac{NDVI_i - \frac{1}{n} \sum_j NDVI_j}{\sqrt{\frac{1}{n} \left(NDVI_i - \frac{1}{n} \sum_j NDVI_j \right)^2}} \right| < -1 \quad (6)$$

式中: n ——像元数量,根据公式(4),(5)和(6),可以对重庆都市区不同研究时段内的植被覆盖情况进行总体分析。

2.2.2 NDVI 空间分布重心迁移模型 分析 NDVI 的重心变化能具体反映出 NDVI 在研究年限内的空间分布变化,其研究的计算模型如下^[9-10]:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (c_{ti} \times x_i)}{\sum_{i=1}^n c_{ti}} \quad Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (c_{ti} \times y_i)}{\sum_{i=1}^n c_{ti}} \quad (7)$$

式中: X_t, Y_t ——第 t 年 NDVI 的重心坐标; c_{ti} ——第 i 块 NDVI 斑块的面积; X_i, Y_i ——第 i 块 NDVI 斑块的坐标。

3 结果与分析

3.1 重庆市都市区 NDVI 时间变化分析

3.1.1 重庆市都市区 NDVI 总体分析 重庆市都市区 NDVI 在时间序列上呈现出明显的差异。从 1988—2012 年,NDVI 指数较低的区域面积逐渐扩大,特别是渝北区、南岸区、九龙坡区、北碚区和巴南区增速最快。这主要是由于重庆直辖以来,这几个区的经济发展迅速,建设用地面积急剧增加,城市绿化的速度跟不上城市建设的速度,所以导致 NDVI 指数降低。此外,NDVI 指数较高的区域基本保持稳定,只有局部地区产生变化。

通过数据分析可以得到 1988 年、2000 年、2002 年以及 2012 年研究区平均 NDVI 分别为 0.2, 0.13, 0.32, 0.3; 由此可知, 1988—2012 年重庆市都市区平均 NDVI 水平变化十分明显, 都市区平均 NDVI 分布在时间上呈现出明显的阶段性。从 1988—2002 年, 平均 NDVI 值变化十分明显, 特别是渝北区、南岸区、九龙坡区、北碚区和巴南区 NDVI 变化最快。这主要是由于直辖以来, 这几个区的经济发展迅速, 建设用地面积急剧增加, 城市绿化的速度跟不上建设用地扩张的速度, 导致低 NDVI 区域面积不断增加; 同时, 在城市发展的过程中, 由于生态观念的加强, 都市区对山林的管制力度也大幅增加。从 2002—2012 年, 可以看出都市区平均 NDVI 区域基本保持稳定, 只有局部区域产生变化。

3.1.2 重庆市都市区分区 NDVI 变化分析 利用 ArcGIS 10.2 以及 Erdas 8.7 软件的相关功能, 可以准确的得到 1988—2012 年重庆都市各区的 NDVI 平均值, 再利用相关统计软件即可得到重庆市都市各区在研究年限内的变化趋势图。

从图 1 可以明显地看出, 重庆市都市各区在 1988—2012 年平均 NDVI 的变化趋势, 总体而言, 重庆都市各区在研究年限内平均 NDVI 变化幅度均比较明显; 相比之下, 沙坪坝区和渝北区的变化比较小。各区从 1988—2012 年平均 NDVI 呈现上下浮动趋势, 其中渝中区、南岸区、大渡口区以及江北区变化较大, 而渝中区平均 NDVI 值最低, 且下降速度较快。九龙坡区、

渝北区以及巴南区的平均 NDVI 指数始终保持较高水平, 说明这几个区的生态环境较好; 另一方面, 渝中区以及南岸区在 2012 年平均 NDVI 指数有所上升, 可以分析出几个区的 NDVI 呈逐步恢复的状态。

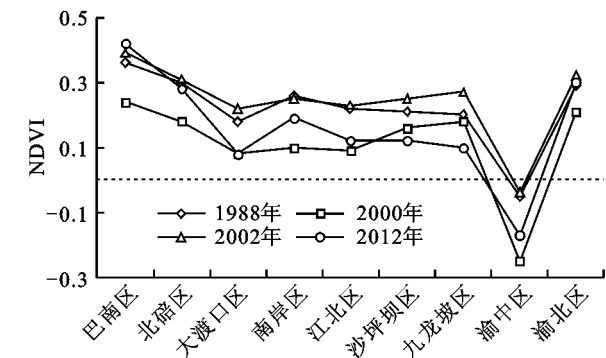


图 1 1988—2012 年重庆市都市各区平均 NDVI 变化趋势

此外, 由于重庆市都市区各区所处的地理位置不同, 比如有些区处于地势高区域, 有些处于低地势范围。其次, 有些区的山脉较多, 有些区地势平坦。因此, 研究海拔与坡度对各区 NDVI 变化的影响具有重要意义。

3.1.3 重庆市都市区 NDVI 分级分析 为了更加科学和直观的对比重庆市都市区 1988 年、2000 年、2002 年以及 2012 年的 NDVI 数据以及变化趋势; 在 ArcGIS 10.2 软件的支持下, 文章以自然断点分类法将重庆市都市 NDVI 指数分为 5 个等级, 分别是第一级(低)、第二级(较低)、第三级(中)、第四级(较高)、第五级(高), 以便更深层次的揭示出重庆市都市区 NDVI 变化规律, 具体分级数据见表 1。

表 1 1988—2012 年都市区不同 NDVI 级别所占面积与比例

NDVI 等级	1988 年		2000 年		2002 年		2012 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/%
第一级(低)	153.91	2.81	230.89	4.23	275.9	5.04	109.29	2.00
第二级(较低)	263.21	4.80	199.41	3.65	443.77	8.11	620.72	11.36
第三级(中)	1223.89	22.31	870.68	15.94	1341.85	24.52	1438.53	26.32
第四级(较高)	2539.49	46.30	3282.93	60.08	2283.37	41.73	2265.96	41.46
第五级(高)	1284.5	23.42	881.09	16.13	1120.11	20.47	1030.5	18.86
合计	5465	100	5465	100	5465	100	5465	100

从表 1 中可以看出, 重庆市都市区 1988—2012 年都市区不同 NDVI 级别所占面积与比例呈现一定的规律性; 都市区 NDVI 第一级(低)水平面积比例呈现先增加后减少的趋势, 第二级(较低)水平面积比例总体呈现上升趋势。另一方面, 都市区 NDVI 第三级(中)水平、第四级(较高)水平以及第五级(高)水平所占比例在 1988—2012 年均较大, 但是, 随着时间的推移, 这三个水平的 NDVI 所占面积和比例呈现出上下浮动的变化趋势, 尤其是第四等级与第五等级在总体上呈现下降趋势。通过查阅重庆市都市区城市自然概括以及城市发展数据不难发现, 由于重庆市

都市区处于山区, 研究区内包含四条天然山脉, 且植被覆盖度保持良好, 而重庆市城市的快速发展和建设用地的不断扩展以及相关政策的实施也影响到不同 NDVI 水平在区域范围的不断变化。

从表 2 中, 我们可以明显看出, 重庆市都市区在研究年限内, 平均 NDVI 指数均发生了明显变化, 通过分析可以发现, 这种变化呈现出一定的规律性。

此外, 都市区 NDVI 第三级(中)水平、第四级(较高)水平以及第五级(高)水平平均变化不大; 这是由于都市所处地理位置的原因, 都市区的四条山脉的植被覆盖比较完好。此外, 无论是 1988—2000 年, 2000—

2002 年,还是 2002—2012 年;都市区 NDVI 第一级(低)水平和 NDVI 第二级(较低)水平在研究年限内,均发生了十分显著的变化。其中,都市区 NDVI 第一级(低)水平是变化最明显的等级,在 ArcGIS 的技术支持下,可以分析出,NDVI 第一级(低)水平所代表的区域类型主要是建设用地和河流;在重庆市城市化水平的逐年提高,特别是重庆直辖以来,城市迅速发展以及建设用地大规模扩张的背景下,导致研究区 NDVI 第一级(低)水平变化十分明显。

总体而言,随着时间的推移,研究区不同级别 NDVI 指数所占的面积和比例不断地发生着变化;因此,关注区域 NDVI 指数的变化有利于城市生态环

境的保护和改善。

表 2 1988—2012 年都市区不同 NDVI 级别转化面积及速率

NDVI 等级	1988—2002 年		2002—2012 年	
	面积/ (cm·a ⁻¹)	比例/%	面积/ (cm·a ⁻¹)	比例/%
第一级(低)	-121.99	-79.26	166.61	60.39
第二级(较低)	-180.57	-68.60	-176.95	39.87
第三级(中)	-117.96	-9.64	-96.68	-7.21
第四级(较高)	256.12	10.09	17.41	0.76
第五级(高)	164.39	12.80	89.61	8.00

注:“正”为增加,“负”为减少。

表 3 1988—2002 年都市区不同 NDVI 级别面积转移矩阵

参数		低 NDVI 指数		较低 NDVI 指数		中 NDVI 指数		较高 NDVI 指数		高 NDVI 指数		合计
		面积/ km ²	转出 比例/%	面积/ km ²	转出 比例/%	面积/ km ²	转出 比例/%	面积/ km ²	转出 比例/%	面积/ km ²	转出 比例/%	
低 NDVI	面积	—	—	11.22	46.97	8.86	37.08	3.71	15.53	0.1	0.42	23.89
	指数 转入比例	—	—	3.28	—	1.13	—	0.4	—	0.02	—	—
较低 NDVI	面积	82.1	54.26	—	—	47.73	31.54	18.25	12.06	3.24	2.14	151.32
	指数 转入比例	56.34	—	—	—	6.12	—	1.96	—	0.59	—	—
中 NDVI	面积	49.04	7.38	253.9	38.23	—	—	327.47	49.31	33.73	5.08	664.14
	指数 转入比例	33.66	—	74.16	—	—	—	35.16	—	6.16	—	—
较高 NDVI	面积	12.37	1.04	65.32	5.47	606.17	50.75	—	—	510.49	42.74	1194.34
	指数 转入比例	8.49	—	19.08	—	77.6	—	—	—	93.23	—	—
高 NDVI	面积	2.2	0.31	11.92	1.67	118.38	16.57	581.9	81.45	—	—	714.4
	指数 转入比例	1.51	—	3.48	—	15.15	—	62.48	—	—	—	—
合计		145.7	—	342.35	—	781.14	—	931.34	—	547.56	—	—

表 4 2002—2012 年都市区不同 NDVI 级别面积转移矩阵

参数		低 NDVI 指数		较低 NDVI 指数		中 NDVI 指数		较高 NDVI 指数		高 NDVI 指数		合计
		面积/ km ²	转出 比例/%	面积/ km ²	转出 比例/%	面积/ km ²	转出 比例/%	面积/ km ²	转出 比例/%	面积/ km ²	转出 比例/%	
低 NDVI	面积	—	—	131.64	73.91	36.93	20.74	7.17	4.02	2.36	1.33	178.1
	指数 转入比例	—	—	29.47	—	4.55	—	0.73	—	0.52	—	—
较低 NDVI	面积	4.6	1.7	—	—	210.46	77.99	49.78	18.45	5.01	1.86	269.85
	指数 转入比例	39.83	—	—	—	25.92	—	5.1	—	1.1	—	—
中 NDVI	面积	4.87	0.68	213.78	29.87	—	—	460.15	64.3	36.87	5.15	715.67
	指数 转入比例	42.17	—	47.85	—	—	—	47.14	—	8.1	—	—
较高 NDVI	面积	1.92	0.19	93.79	9.44	486.72	49	—	—	410.88	41.37	993.31
	指数 转入比例	16.64	—	20.99	—	59.93	—	—	—	90.28	—	—
高 NDVI	面积	0.16	0.03	7.53	1.38	78	14.32	459.08	84.27	—	—	544.76
	指数 转入比例	1.36	—	1.69	—	9.6	—	47.03	—	—	—	—
合计		11.54	—	446.73	—	812.12	—	976.18	—	455.12	—	—

通过表 3,可以十分清晰的看出,1988—2002 年重庆市都市区不同 NDVI 级别相互间转移的情况。从总体来看,不同 NDVI 级别逐级转移的情况比较明显,而且转移面积和转移比例都比较大;跨级转移

的情况虽然存在,但是所转移的面积和比例都相对较少。因此,1988—2002 年重庆市都市区不同 NDVI 级别相互间转移呈现出一定的规律性,研究区 NDVI 整体水平有所提升。

从上述都市区 NDVI 转移的情况,可以大致分析产生这种变化的主要原因,在 1988—2002 年间,由于生态环境保护观念的不断深入,重庆市加强了对都市区山脉的开发管制与绿地保护,此外,不断提升的都市区的绿化水平也是一个重要原因。

结合表 3 和表 4,我们可以明显看出,一方面,从 2002—2012 年的总体情况而言,研究区 NDVI 指数变化不大,另一方面,在 2002—2012 年间,重庆市都市区各等级转移情况对比 1988—2002 年较明显。

通过分析可以看出,2002—2012 年重庆市都市区各等级 NDVI 较显著地相互间转移现象,其主要体现在高 NDVI 指数向较高 NDVI 指数转移上,二者相互间转移的比例甚至达到了 90%;其次也体现在较高 NDVI 指数向中 NDVI 指数的转移上。这说明,在研究年限内,研究区高 NDVI 区域发生了较大变化,造成这种变化的原因是复杂多样的;通过分析,我们可以发现,造成这种变化的主要原因还是由于重庆市自直辖以来,快速的城市化和建设用地的大规模扩张。研究区在 1988 年,2000 年,2011 年城市建设用地面积分别达到 17 145 hm^2 , 28 603 hm^2 , 80 396 hm^2 。

3.2 重庆市都市区 NDVI 空间变化分析

利用 NDVI 计算公式,在 ArcGIS 10.2 以及 Erdas 8.7 软件的支持下,对重庆市都市区 1988 年、2000 年、2002 年和 2012 年的 NDVI 进行反演,获得了都市区四年的 NDVI 分布图(附图 9—10)。从分布图中可以看出,都市区 NDVI 在不同年份的空间分布呈现出明显的差异性,这种差异随时间而改变而呈现出一定规律性。

通过都市区 NDVI 分布图可知,研究区归一化植被指数分布在空间上呈明显的差异性,这种差异随着时间的变化呈现出一定的规律性,且这种规律性随着时间的不断推移,越发明显,城市建设区的不断扩展使得大片区域的 NDVI 指数降低,另一方面,由于“四山管制”规划的实施,在一定程度上缓解了都市区 NDVI 指数的快速下降。

3.2.1 NDVI 水平空间变化分析 从 NDVI 指数的水平空间分布情况来看,研究区 NDVI 指数总体呈现降低。此外,低 NDVI 指数的区域除分布在城市建成区外,还集中在长江与嘉陵江流域;另一方面,山地丘陵区的植被覆盖率与较平坦地区的植被覆盖率呈明显的差异,呈现出明显的垂直地带性。在山地丘陵地区,植被覆盖率保持相对稳定,且海拔越高,植被覆盖率越高。这主要是由两个方面的原因造成的,一方面是由于高海拔地区地势陡峭,土地不利于开发和利用;另一方面,都市区各大山脉都划入了限制建设

区或禁止建设区,使得这些区域的植被保护较好。地势平缓区域为重庆市农田和园地的集中分布区,也是研究年限内建设用地扩张的主要区域,也是植被覆盖率变化最大的区域,这也说明建设用地对农田和园地的大规模替代能显著改变地表植被的覆盖状况。

在 ArcGIS 10.2 的支持下,利用处理好的研究区数据,得到了 1988—2012 年重庆市都市区各 NDVI 等级重心坐标转移趋势图以及重心转移示意图(图 2)。

从图 2,我们可以很直观的看出 1988—2012 年都市区各等级 NDVI 重心转移坐标变化趋势,这种变化趋势呈现出一定的等级和年份规律性。总体上来说,各等级在研究年限内重心变化相对较小。

研究区 NDVI 指数第一等级,这个等级在研究区 5 个 NDVI 等级中处于最低水平,主要代表的土地利用类型为建设用地、裸地以及河流水面;其集中在重庆市都市区两江交汇处。因此,通过观察该 NDVI 等级重心的变化,也可以在一定程度上间接反映出研究区建设用地的扩张方向。

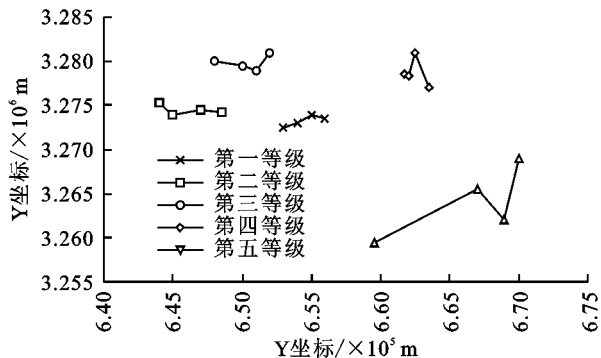


图 2 1988—2012 年都市区各等级 NDVI 重心转移坐标变化趋势

从图 2 可以看出,在 1988—2012 年间,研究区 NDVI 指数第一等级的重心坐标转移并不明显,其转移范围主要限定在狭小的区域。研究区 NDVI 指数第二等级仅此于 NDVI 指数第一等级,其重心变化也不明显,但较 NDVI 指数第一等级重心变化来说相对较大;说明在 1988—2012 年间,NDVI 指数第二等级所占面积和区域有一定程度的变化以及转移。

研究区 NDVI 指数第三等级以及第四等级所处范围的重心位置变化不明显,但是其重心位置也经历了“北迁”和“南移”的过程;但是从该两个等级重心的总体转移情况来看,其变化范围不大,并且也限定在了一定范围之内。

研究区 NDVI 第五等级是 NDVI 指数最高的等级,其主要代表的土地利用类型是森林和耕地;从图 2 我们可以明显的看出,该等级重心位置变化相当明显,其重心位置由最初的“南移”变为最后的“北迁”,变化范围比较大。通过分析可知,研究区 NDVI 第五等级重心变化

如此明显,可以说明该等级 NDVI 指数所处的范围在研究年限内发生了显著地变化。这种变化的主要原因是由于都市区高植被覆盖区不断变化引起的。

3.2.2 NDVI 垂直空间变化分析 在垂直空间分布上,研究区 NDVI 分布呈现出明显的垂直地带性(表 5)。

在山地丘陵地区,NDVI 指数较高,且保持相对稳定状态,随着海拔的升高,NDVI 也越高。通过分析可知,造成这种情况的原因主要是由两个方面的原因造成的,一方面是由于高海拔地区地势陡峭,一般不利于土地的开发和利用;另一方面,由于重庆市将都市区各大山脉都划入了限制建设区或禁止建设区,使植被得以较好的保护。地势平缓区域是人类活动的主要区域,也是植被覆盖率变化最大的区域,说明

建设用地扩展对农田和园地的大规模替代能显著改变区域 NDVI 状况。通过对研究区不同海拔地区与 NDVI 分布情况之间相互关系的分析可以看出,不同级别 NDVI 的分布情况与海拔差异存在一定的联系。在低海拔地区,随着时间的推移,较低 NDVI 在低海拔区域保持相对稳定,较高 NDVI 面积比例在低海拔区域逐年递减;中海拔地区,由于该区是城市建设的主要分布区域,较高 NDVI 有所较少,较低 NDVI 有所增加;在高海拔地区,在环境保护意识的加强和新能源燃料的普及背景下,较高 NDVI 面积比例有所提升。

总的来说,研究区 NDVI 指数不仅受高程因素的影响,也在人们环保意识与相关政策的变化下产生差异性。因此,在保护好现有高植被覆盖度的同时,也要大力加强对低海拔区域植被覆盖度的恢复与提升。

表 5 不同年份不同海拔区域各 NDVI 等级分布面积比例 %

海拔/比例	1988 年					2000 年				
	第一级	第二级	第三级	第四级	第五级	第一级	第二级	第三级	第四级	第五级
0~500	15.2	15.1	14.7	15.6	13.2	15.8	11.5	10.6	12.2	10.4
500~1000	64.5	62.6	62.8	62.3	63.5	72.1	67.5	67.2	63	62.1
1000~1500	20.3	22.3	22.5	22.1	23.3	22.1	21	22.2	24.8	27.5

海拔/比例	2002 年					2012 年				
	第一级	第二级	第三级	第四级	第五级	第一级	第二级	第三级	第四级	第五级
0~500	14.4	9.2	9.2	9	9.2	14.3	7.4	7.2	7.2	7.4
500~1000	71.1	70.2	70.2	61.5	61.6	72.2	74	75	60	62
1000~1500	14.5	20.6	20.6	29.5	29.2	13.5	18.6	17.8	32.8	30.6

4 结 论

本文基于 RS 和 GIS 技术,对重庆市都市区 1988—2012 年间的 NDVI 在数量、结构、空间上进行分析,得到结论如下:

(1) 在研究年限内,无论是在时间还是空间上,研究区的 NDVI 指数都发生了十分显著的变化,且这种变化呈现出一定的规律性。

(2) 在时间变化上,研究区低 NDVI 指数和较低 NDVI 指数区域面积在不断增加,而较高 NDVI 指数与高 NDVI 指数区域面积有所减少;尤其是在 2002—2012 年间,这种现象更加突出。

(3) 在空间变化上,通过分析不同 NDVI 指数等级重心迁移轨迹,可以看出各等级的重心位置虽在不断变化,但从整个研究时相内,各等级的重心位置偏移位置相对较小,呈现出比较稳定的状态。

参考文献:

[1] 陈颖彪,吴志峰,程炯,等. 遥感与 GIS 支持下的城市绿地提取方法研究:以深圳市为例[J]. 生态环境,2004,13(3):362-364.

[2] 丁艳梅,张继贤,王坚,等. 基于 TM 数据的植被覆盖度反演[J]. 测绘科学,2006,31(1):43-45.

[3] 龚建周,夏北成. 基于遥感影像的广州市植被覆盖度内部结构与时空变化[J]. 植物资源与环境学报,2006,15(4):25-29.

[4] 韩贵锋,徐建华,袁兴中,等. 1998—2001 年重庆市都市区植被的时空变化[J]. 生态学,2007,26(9):1412-1417.

[5] 田野,徐恒力,刘双,等. 基于归一化植被指数变化分级的千山植被变化[J]. 中国水土保持,2010(1):25-28.

[6] 朴世龙,方精云. 最近 18 年来中国植被覆盖的动态变化[J]. 第四纪研究,2001,21(4):294-302.

[7] 马志勇,沈涛,张军海,等. 基于植被覆盖度的植被变化分析[J]. 测绘通报,2007(3):45-48.

[8] 李建辉,周启刚,陈倩,等. 基于 RS 和 GIS 的建设用地变化研究:以重庆市都市九区为例[J]. 重庆工商大学学报,2012,29(1):76-81.

[9] 汤国安,杨昕. 地理信息系统空间分析试验教程[M]. 北京:科学出版社,2006.

[10] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2003.

[11] 王福海,马泽忠,向敬华,等. 基于 TM 的重庆山地都市区建设用地扩展与地表特征参数时空变化研究[J]. 水土保持研究,2014,21(4):107-113.