

基于 MODIS 数据的重庆 NDVI 时空分异研究*

朱林富^{1,2}, 杨 华^{1,2}

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院; 2. 重庆师范大学 GIS 应用研究重庆市高校重点实验室, 重庆 400047)

摘要:利用 2001—2010 年最大值合成的 MODIS-NDVI 数据,采用 GIS 空间统计并结合 DEM、土地覆被等资料研究重庆市 NDVI 的时空格局分异规律。结果表明:NDVI 低值区分布在江河沿岸,高值区分布在地势高、自然植被好的区域;时间序列分析显示全体像元变异系数 4.49%,说明植被具有较强的稳定性;坡向分异中,NDVI 偏西坡向的变异大于偏东坡向;地形位分异中,NDVI 变异程度随着地形位的升高而逐步降低;在不同的区域,NDVI 变异程度由高到低分别为渝西、渝中、渝南、渝东北;土地覆被不同,NDVI 变异也存在一定的差异。

关键词:NDVI;坡向分异;地形位分异;区域分异;土地覆被分异

中图分类号:P951

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2015)02-0038-06

植被是陆地生态系统主要组成成分,对生态系统的能量流动和物质循环起着重要的作用,同时还能对人类社会经济活动提供重要的自然资源^[1-3]。作为重要的自然生态因子,植被的空间分布、变化与环境息息相关,是自然与人类活动长期作用的结果。植被与人类的生产、生活密不可分,它的生长、变化受到气候、地形及人为因素的影响,同时它也对气候和人类的活动产生适应与反馈作用,是生态环境变化的指示器^[3]。

近年来,随着社会的不断发展,城市化、工业化的不断加速,人类不合理的开采和利用自然资源,造成自然环境的破坏,污染的加重,植被受到了严重影响和破坏。在人类活动的影响下,植被在不断地变化,而植被的破坏影响着人类经济活动以及人类生存等各方面^[4]。

重庆处于三峡库区上游,植被覆盖类型较为丰富,但是空间分布不均。直辖后的重庆经济发展突飞猛进,城市化水平不断提高,发展的同时也导致了城市化与植被保护之间的矛盾。三峡库区的移民、蓄水等对重庆植被覆盖、生态系统,甚至气候产生了严重的影响^[1]。

MODIS-NDVI 数据空间分辨率高、可靠性及时间连续性好,能很好适用于区域植被研究,是研究区域植被活动的主要数据源。NDVI 对植被的生长状况比较敏感,能够反映大尺度植被的演化、植被覆盖及生物量等生态状态^[4-8]。因此,NDVI 的应用研究非常广泛^[8-10]。迄今,已有许多学者研究了 NDVI 与土地利用、地形因子、温度、降水、人类活动等之间的相互关系及动态变化,结果表明:地形和人类活动是 NDVI 变化的主要影响因素;NDVI 与温度和降水有着密切的联系,且存在滞后效应;NDVI 的时间变化有明显的季节性和年际差异^[1-8,11-16]。但利用 NDVI 在时空格局变异的稳定性方面来反映植被变化的研究还较少^[17]。

本研究利用 MODIS 数据结合 DEM、土地覆被等资料,研究重庆 NDVI 的时空格局分异,较详细地反映植被在时空上的过渡性和差异性^[18],从而更好地解释植被的时空变化^[3],为重庆植被生态系统的可持续发展和改善提供一些理论依据,具有一定的现实意义。

1 研究区概况

重庆市位于中国西南、长江上游三峡库区,东经 105°11'~110°11'、北纬 28°10'~32°13'之间,是四川盆地与长江下游平原的过渡地带(封二彩图 1)。辖区总面积 8.24 万 km²,其中主城区建成区面积为 647.78 km²,下辖 38 个行政区县。2012 年末常住人口 2 945.00 万人,农业人口 2 026.19 万人,城镇人口 1 678.11 万人,城镇化率

* 收稿日期:2013-11-22 修回日期:2014-02-15 网络出版时间:2015-01-22 11:58

资助项目:国家自然科学基金(No. 41271411;No. 40771135)

作者简介:朱林富,男,研究方向为资源环境遥感与 GIS 应用,E-mail:156340810@qq.com;通讯作者:杨华,副教授,E-mail:csyanghua@263.net

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20150122.1158.028.html

56.98%。重庆地处中国中部和西部地区的结合部,是长江上游地区汇集水、陆、空交通资源的西南综合交通枢纽。这一地区最典型的地形地貌特征是山多河多峡谷多,以丘陵、山地为主,坡地面积较大,从南、北方向往长江河谷地势逐级降低,北部、东部和南部分别有大巴山、巫山、武陵山、大娄山环绕。境内主要有长江、嘉陵江、乌江、涪江、綦江、大宁河等水系。根据地貌和农业生产特征的不同,分为渝西、渝中、渝南、渝东北等地理区域。重庆属于亚热带湿润气候区,土地覆被复杂,有明显的水平和垂直分布差异。

2 数据与研究方法

2.1 数据来源与处理

采用的数据为 30 m 的 DEM、30 m 的土地覆被数据、农业生产区划数据以及 250 m 的 MOD13Q1 级 NDVI 植被数据。其中 MODIS 数据为 NASA 提供的 2001—2010 年 16 天最大值合成(MVC)的产品,算法见公式(1)。

$$NDVI_i = \text{Max}\{ndvi_{i,j}\}, \quad (1)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, 23; j = 1, 2, \dots, 16$; $NDVI_i$ 是一年中第 i 期的 NDVI 值, $NDVI_{i,j}$ 是第 i 期中第 j 天的实际值。

NDVI 时间序列研究时,为了提高效率、减小数据波动及冗余,一般在年际尺度上讨论 NDVI 的时空分布变化。通常,对一年内的 NDVI 简单求平均值可能会降低 NDVI 的实际值。虽然最佳坡度法、Savitzky-Golay 滤波和傅立叶变换等方法可以使 NDVI 变化曲线变得更加合理,但人为的假设还是无法保证每个 NDVI 值校正到其真实位置^[17]。

本研究借用 MVC 合成的思想,将 2001—2010 年逐年最大 NDVI 值进行平均合成得到重庆 NDVI 的代表值数据,由此进行下一步研究。这样处理的优点^[17]是:既避免了大气中云、气溶胶、太阳高度角等可能造成 NDVI 偏低的干扰,同时算法简单、效率高,还不会增加人为因素影响; NDVI 时间序列变化研究中,更多的关注各年植被覆盖最好时的状况以及动态变化。

2.2 研究方法

在 ArcGIS 支持下,采用 GIS 空间统计,分别从坡向、地形位、区域及土地覆被 4 个方面研究重庆 NDVI 的时空格局分异规律。

为了从整体上把握重庆植被覆盖时空格局分异规律,根据公式^[17](2),逐像元计算 NDVI 变异系数(C.V.),然后进行统计分析,探讨 NDVI 在过去 10 年的稳定性。

$$C.V. = \frac{\sigma}{\bar{\chi}}, \quad (2)$$

其中,C.V.-变异系数, σ -标准差, $\bar{\chi}$ -均值。变异系数值越大,数据分布越离散,时间上波动越大;反之数据分布越紧凑,时间上越稳定。

由 DEM 得出坡向分布,划分出 7 个地形位带。

为了更准确地反映地形和高程对植被的综合影响,本文用它们的组合-地形位指数对重庆地区的地形特征重新分类。地形位指数^[6,19-20]为

$$T = \log \left[\left(\frac{E}{\bar{E}} + 1 \right) * \left(\frac{S}{\bar{S}} + 1 \right) \right], \quad (3)$$

其中, T -地形位, E -空间某点高程值, \bar{E} -该区域平均高程值, S -空间某点坡度值, \bar{S} -该区域平均坡度值。计算后,每个点的地形属性(高程和坡度)都能以一个地形位来描述。如:高程低、坡度小,则地形位小;高程高、坡度大,则地形位大;其它情况下,则地形位居于中间值。

3 结果分析与讨论

2001—2010 年逐年 MODIS-NDVI 最大值平均合成得到的重庆 NDVI 数据(封二彩图 2)表明:重庆 NDVI 最小值 0.19,最大值 0.97,平均值 0.84;低值部分(小于 0.6)主要分布在长江、嘉陵江和乌江等水系沿岸及城市带,这些地区主要是水面和城市等人类活动频繁地带,植被覆盖低;高值部分(大于 0.8)主要分布在大巴山、巫山、武陵山、大娄山等地势较高、自然植被覆盖高的区域;中值部分(0.6~0.8)分布范围最为广泛。

2001—2010 年重庆年最大 NDVI 时间序列分析(封二彩图 3)显示:过去 10 年里,NDVI 变异系数小于 5% 的像元占总像元数的 66.51%,NDVI 变异系数小于 10% 的像元占总像元数的 97.77%。全部像元的 NDVI 变

异系数最小值 0.41%，最大值 65.25%，均值 4.49%，标准偏差 2.58%。由此可知：重庆 NDVI 及其所代表的植被覆盖在过去 10 年的稳定性比较强；年最大 NDVI 平均合成得到的 NDVI 数据能够较好地代表植被状况，可以用此数据分析该地区 NDVI 的时空格局分异规律。

3.1 坡向分异

坡向不同，太阳辐射、蒸发量及地表干湿状况会不同，植被、土壤水分等也会不同，进而影响到 NDVI 值的变化。为了分析 NDVI 值的坡向分异情况，本研究从不同的坡向进行分析，判断其变化，标准偏差则反映 NDVI 变异的波动程度。

从表 1 和封二彩图 4 可以得出，平坦地面 NDVI 变异均值最高，为 6.32%，但面积比例最低，仅为 0.14%。东北和南坡向 NDVI 变异均值最低，为 4.36%。由此，NDVI 坡向变异程度从高到低的坡向依次为西北、西、北、西南、东、东南、南、东北。总体上看，偏西(西北、北、西、西南)坡向的变异大于偏东(东南、南、东、东北)坡向。

表 1 各坡向 NDVI 变异系数统计表

Tab.1 The statistics of the variation coefficient of NDVI of the aspect

坡向	面积/m ²	面积比例/%	平均值/%	标准偏差/%
平坦	113 312 500	0.14	6.32	5.28
北	9 629 500 000	11.67	4.59	3.10
东北	8 862 750 000	10.74	4.36	2.35
东	10 736 625 000	13.01	4.40	2.42
东南	11 597 750 000	14.06	4.39	2.11
南	9 710 562 500	11.77	4.36	2.28
西南	9 088 312 500	11.01	4.49	2.68
西	10 985 937 500	13.31	4.67	2.69
西北	11 791 187 500	14.29	4.75	3.04

NDVI 变异随着坡向变化的拟合曲线方程

$$y = 0.023 8x^2 - 0.155 4x + 4.618, \\ R^2 = 0.902 3,$$

这说明 NDVI 变异程度与坡向有着较显著的相关关系。从标准偏差来看，平坦地区偏差最高，为 5.28%；东南坡向偏差最低，为 2.11%；西和西北坡向的变异波动明显大于其它坡向，东南坡向波动最低。

由此可以看出，坡向的不同导致了太阳辐射的差异，使地表蒸散量及干湿状况不同，从而各坡向的植被覆盖及土壤水分表现出差异，表现为 NDVI 变异系数的不同。

偏西坡向的太阳辐射相对较强，气温较高，地表蒸散、干湿变化较大，则植被覆盖变化大，NDVI 变异系数较大；偏东坡向太阳辐射较弱，气温较低，地表蒸散、干湿变化较小，则植被覆盖变化小，NDVI 变异系数较小。

3.2 地形位分异

地形位不同，即高程和坡度不同，其所具有的气温、光热、土壤、植被等自然条件就不同，这会影响到 NDVI 值的分布，也会影响 NDVI 变异程度。为了研究不同地形位 NDVI 变异的不同，本研究把地形位分为 7 个地形位带：

表 2 不同地形位 NDVI 变异系数统计表

Tab.2 The statistics of the variation coefficient of NDVI of the terrain gradient

地形位带	面积/m ²	面积比例/%	平均值/%	标准偏差/%
0.14~0.75	7 724 812 500	9.36	6.25	4.18
0.75~1.35	18 622 375 000	22.57	5.26	3.06
1.35~1.95	19 433 062 500	23.55	4.56	2.15
1.95~2.55	20 351 250 000	24.66	4.13	1.63
2.55~3.15	11 457 062 500	13.88	3.58	1.43
3.15~3.75	4 487 187 500	5.44	2.85	1.13
3.75~4.42	440 187 500	0.53	2.62	0.91

0.14~0.75、0.75~1.35、1.35~1.95、1.95~2.55、2.55~3.15、3.15~3.75、3.75~4.42。

从表 2 和封二彩图 5 可知，低地形位(小于 1.95)区域主要是渝西及渝中地区，约占总面积的 55.48%，中地形位(1.95~3.15)区域主要分布在渝南、渝东北南部，约占总面积的 38.54%，高地形位(大于 3.15)区域为渝南北部和渝东北北部区域，约占总面积的 5.97%；随着地形位的升高，NDVI 变异程度逐渐降低，其拟合直线方程 $y = -0.596 1x + 6.264 8, R^2 = 0.979 1$ ，表明 NDVI 变异与地形位关系密切。其中，0.14~0.75 带上 NDVI 变异均值最高，为 6.25%；最低值在 3.75~4.42 带上，为 2.62%。这说明在低地形位区，植被覆盖变化大；而在高地形位区，植被覆盖变化小。

不同坡度和高程的组合，导致气温、光热、水分、土壤等自然环境的不同，从而植被覆盖变化不同，则 NDVI 变异系数会表现出差异性。坡度小、高程低，气温和水热条件适宜，人类活动也相对频繁，人工植被多，使得植被

覆盖度较高，NDVI 变异系数较小；坡度大、高程高，气温和水热条件较差，人类活动相对较少，人工植被少，使得植被覆盖度较低，NDVI 变异系数较大。

变化波动大,NDVI 变异系数就会较大;反之,坡度大、高程高,气温和水热条件较差一些,但人类活动相对少,自然植被好,植被变化波动小,NDVI 变异系数就会相对小一些。

3.3 区域分异

重庆地貌组合差异大,有山地、丘陵和河谷平坝等地貌类型。渝西属于平行岭谷丘陵区,农业复种指数高,种植业和设施农业、生态农业等发展较全面,水土流失最严重,该区约占总面积的 21.32%,NDVI 变异均值为 6.03%;渝中地势平缓,属于中、低山丘陵区,耕地面积大,坡耕地较多,以粮油、水果业和林业为主,该区约占总面积的 18.03%,NDVI 变异均值为 5.08%;渝南包含低山、中山地貌,地势起伏大,喀斯特地貌面积大,以耕地和林地为主,粮食作物和经济作物较多,该区约占总面积的 36.24%,NDVI 变异均值为 4.06%;渝东北有深丘峡谷、大巴山中山及低山地貌,山地庞大、石灰岩广布,耕地和林地居多,有广阔的草地,林、牧、粮、果等综合发展,该区约占总面积的 24.41%,NDVI 变异均值为 3.84%。

表 3 不同区域 NDVI 变异系数统计表

Tab. 3 The statistics of the variation coefficient of NDVI in different areas

区域	面积/m ²	面积比例/%	平均值/%	标准偏差/%
渝西	17 594 625 000	21.32	6.03	3.03
渝中	14 875 125 000	18.03	5.08	3.31
渝南	29 903 375 000	36.24	4.06	1.49
渝东北	20 142 812 500	24.41	3.84	2.21

由表 3 可知,不同的地貌和农业生产区域,NDVI 变异系数存在一定差异;从渝西向渝东北方向,NDVI 变异系数逐渐降低,线性拟合方程

$$y = -0.759x + 6.65,$$

$$R^2 = 0.9439.$$

由此表明,不同地貌和农业生产区

域与 NDVI 的变异存在显著相关关系。

渝西与渝中均属于地势平缓的丘陵区,农业生产及城镇建设发展好,人类活动相对频繁,植被覆盖变化大;而渝南和渝东北多属于中山地区,农业活动相对少,自然植被覆盖好。因此,前两者的 NDVI 变异系数大于后两者。

3.4 土地覆被分异

植被是陆地生态系统的主要成分,土地覆被的不同,NDVI 也会表现出相应的差异。根据全国 10 年生态土地覆被分类系统,将重庆土地覆被分为林地、草地、湿地、耕地、人工表面及其它 6 大类,以此来探讨不同土地覆被的 NDVI 变异的差异性。

由表 4 可知,湿地的 NDVI 变异系数最大,达到 10.54%,占总面积的 1.82%;人工表面约占总面积的

表 4 不同土地覆被 NDVI 变异系数统计表

Tab. 4 The statistics of the variation coefficient of NDVI of different land cover

土地覆被类型	面积/m ²	面积比例/%	平均值/%	标准偏差/%
林地	48 132 937 500	58.33	4.13	1.84
草地	6 286 750 000	7.62	4.19	1.92
其它	403 437 500	0.49	4.40	1.93
耕地	24 093 937 500	29.20	4.65	1.86
人工表面	2 095 000 000	2.54	8.56	5.59
湿地	1 503 875 000	1.82	10.54	8.6

2.54%,NDVI 变异系数 8.56%,仅次于湿地;耕地约占总面积的 29.20%,NDVI 变异系数 4.65%;其它所占面积最小,为 0.49%,其 NDVI 变异系数 4.40%;草地占总面积的 7.62%,其 NDVI 变异系数 4.19%;林地所占面积最大,约占总面积的 58.33%,其 NDVI 变异系数最低,为 4.13%。

可以看出,从林地、草地、其它、耕地、人工表面到湿地,NDVI 变异系数逐渐升高;人工表面和湿地的 NDVI 变异系数远高于林地、草地、其它、耕地;其曲线拟合方程 $y = 0.4357x^2 - 1.7526x + 5.604$, $R^2 = 0.9546$,表明 NDVI 变异与土地覆被类型有很大的相关性。

不同的土地覆被类型,人类活动影响不同。林地、草地、其它土地覆被大多属于自然植被覆盖,人类干预少,植被覆盖变化小,NDVI 变异系数较小;而耕地、人工表面、湿地大部分属于人类活动影响的土地覆被,则植被覆盖变化较大,NDVI 变异系数相对较大。

4 结论

利用 MODIS-NDVI 数据结合 GIS 空间分析工具,采用年最大 NDVI 平均合成数据可以较好地反映重庆植

被覆盖时空格局和变化。

本文采取坡度与高程相结合的地形位指数来研究 NDVI 的变异,结果表明该方法可以较好地反映植被的变化情况。

过去 10 年,重庆 NDVI 及其表示的植被覆盖稳定性较强。不同的坡向、地形位、区域以及土地覆被,NDVI 变异程度均存在一定的差异性,表明植被的时空分异性。通过分析发现:地形因子及自然条件对植被覆盖变化有影响,但这些影响相对有限,主要还是人类活动影响植被覆盖的变化。这说明,近 10 年来随着社会的发展,城镇化、工业化的加速,使自然环境污染加重,严重影响了植被覆盖变化,是自然生态环境的可持续发展的主要威胁。

植被变化影响因素多且其影响机制复杂,因时因地而异。对于重庆这样复杂地形条件和多云天气的情况,遥感监测的难度大,数据存在很多不确定因素,如何消除这些影响,能更准确地获得检测结果及解释植被影响机制还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 李建国,濮励杰,刘金萍,等. 2001 年至 2010 年三峡库区重庆段植被活动时空特征及其影响因素[J]. 资源科学, 2012, 34(8):1500-1507.
Li J G, Pu L J, Liu J P, et al. The temporal and spatial characteristics of vegetation activity in Three Gorges Reservoir Area (Chongqing) from 2001 to 2010 and its influencing factors[J]. Resources Science, 2012, 34(8):1500-1507.
- [2] 夏照华,张克斌. 基于 NDVI 时间序列的植被动态变化研究[D]. 北京:北京林业大学, 2007.
Xia Z H, Zhang K B. The studies on dynamic of vegetation based on NDVI time series[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2007.
- [3] 李惠敏,武伟. 重庆市植被指数时空变化研究[D]. 重庆:西南大学, 2010.
Li H M, Wu W. The spatio-temporal dyanmic of NDVI in Chongqing[D]. Chongqing: Southwest University, 2010.
- [4] 陈艳英,唐云辉,张建平,等. 基于 MODIS 的重庆市植被指数对地形的响应[J]. 中国农业气象, 2012, 33(4):587-594.
Chen Y Y, Tang Y H, Zhang J Q, et al. Response of vegetation index based on MODIS to topographic factors in Chongqing[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2012, 33(4):587-594.
- [5] 朱文彬,吕爱锋,贾绍凤. 基于 NDVI 的柴达木盆地植被空间分异规律及影响因素[J]. 干旱区研究, 2010, 27(5):691-698.
Zhu W B, Lv A F, Jia S F. Study on spatial distribution of vegetation coverage and its affecting factors in the Qaidam Basin based on NDVI[J]. Arid Zone Research, 2010, 27(5):691-698.
- [6] 李军,邱海军,郝俊卿,等. 黄土丘陵沟壑区 NDVI 值空间分异及其与地表温度和湿度关系研究[J]. 生态环境, 2013(1):386-391.
Li J, Qiu H J, Hao J Q, et al. Study of spatial variation of NDVI values in the loess hilly and gully region based on RS & GIS[J]. Ecological Economy, 2013(1):386-391.
- [7] 王兮之,梁钊雄. 基于 MODIS-NDVI 的连江流域植被覆盖及空间格局变化分析[J]. 水土保持研究, 2010, 17(3):59-63.
Wang X Z, Liang Z X. Study on vegetation cover change and spatial pattern in Lianjiang watershed based on MODIS-NDVI data from 2001 to 2008[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(3):59-63.
- [8] 王情,刘雪华,吕宝磊. 基于 SPOT-VGT 数据的流域植被覆盖动态变化及空间格局特征——以淮河流域为例[J]. 地理科学进展, 2013, 32(2):270-277.
Wang Q, Liu X H, Lv B L. Dynamic changes and spatial patterns of vegetation cover in a river basin based on SPOT-VGT data: a case study in the Huaihe River basin [J]. Progress in Geography, 2013, 32(2):270-277.
- [9] Defries R S, Townshend J R G. NDVI-derived land-cover classifications at a global-scale[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15(17):3567-3586.
- [10] 王长耀,骆成凤,齐述华,等. NDVI-Ts 空间全国土地覆盖分类方法研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(1):93-991.
Wang C Y, Luo C F, Qi S H, et al. A method of land cover classification for China based on NDVI-Ts space[J]. Journal of Remote Sensing, 2005, 9(1):93-991.
- [11] 李双成,高伟明,周巧富,等. 基于小波变换的 NDVI 与地形因子多尺度空间相关分析[J]. 生态学报, 2006, 26(12):4198-4202.
Li S C, Gao W M, Zhou Q F, et al. Multi-scale spatial analysis on NDVI and topographical factors using wavelet transform[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(12):4198-4202.
- [12] 邱炳文,苏簪铀,陈崇成. 基于小波变换的武夷山自然保护区 NDVI 与地形因子多尺度空间相关分析[J]. 生态学杂志, 2009, 28(9):1915-1920.
Qiu B W, Su Z Y, Chen C C. Multi-scale spatial correlations between topographic attributes and vegetation indices in Wuyi-Mountain Reserve based on wavelet transform

- [J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(9): 1915-1920.
- [13] Zhu G L, Liu Y B, Ju W M, et al. Evaluation of topographic effects on four commonly used vegetation indices[J]. Journal of Remote Sensing, 2013, 17(1): 222-234.
- [14] Rikie S K, Tomoyuki N K, Tetsuzo Y. Spatial distribution and its seasonality of satellite driven vegetation index (NDVI) and climate in Siberia[J]. International Journal of Climatology, 2001, 21: 1321-1335.
- [15] Wang J, Rich P M, Price K P. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the Central Great Plains, U. S. A[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(11): 2345-2364.
- [16] Walsh S J, Crawford T W, Welsh W F, et al. A multi-scale analysis of LULC and NDVI variation in Nangrong district, northeast Thailand[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2001, 85: 47-64.
- [17] 张雪艳, 胡云锋, 庄大方, 等. 蒙古高原 NDVI 的空间格局及空间分异[J]. 地理研究, 2009, 28(1): 10-18.
Zhang X Y, Hu Y F, Zhuang D F, et al. The spatial pattern and differentiation of NDVI in Mongolia Plateau[J]. Geographical Research, 2009, 28(1): 10-18.
- [18] 李登科, 郭锐. 陕西 MODIS/NDVI 的区域分布和季节变化[J]. 中国沙漠, 2008, 28(1): 108-112.
Li D K, Guo N. Regional distribution and seasonal variation of MODIS/NDVI over Shanxi area[J]. Journal of Desert Research, 2008, 28(1): 108-112.
- [19] 饶卫民, 章家恩, 肖红生, 等. 基于地形位的城郊景观分布特征及变化[J]. 华南农业大学学报, 2007, 28(3): 67-70.
Rao W M, Zhang J E, Xiao H S, et al. Distribution characteristics and dynamic change of suburb landscape based on the terrain niche[J]. Journal of South China Agricultural University, 2007, 28(3): 67-70.
- [20] 喻红, 曾辉, 江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学, 2001, 21(1): 64-69.
Yu H, Zeng H, Jiang Z Y. Study on distribution characteristics of landscape elements along the terrain gradient[J]. Scientia Geographica Sinica, 2001, 21(1): 64-69.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Study of Spatial-temporal Variation of NDVI Based on MODIS Data in the Chongqing

ZHU Linfu^{1,2}, YANG Hua^{1,2}

(1. College of Geography Science, Chongqing Normal University;

2. Key Laboratory of GIS Application, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: Based on the MODIS data using MVC method was constructed from 2001 to 2010, Combined with DEM and the land cover, spatial statistic method were selected to investigate the Spatial-temporal variation of NDVI in Chongqing. The results showed that: the low values of NDVI was distributed along with the rivers and the NDVI values in the high terrain with vegetation growing well was higher; in the time series analysis, the coefficient of variation for all the pixels were 4.49%, so the stability of the vegetation was strong; with the aspect changing, the westerly variation of NDVI was greater than easterly; the coefficient of variation of NDVI as the terrain gradient elevated gradually decreased; in different areas, the coefficient of variation of NDVI, from high to low, respectively was west, middle, south, northeast; there were some difference between NDVI variation with different land cover.

Key words: NDVI; the variation of aspect; the variation of terrain gradient; the variation of areas; the variation of land cover

(责任编辑 陈 琴)