

· 研究报告 ·

# 基于 RS 和 GIS 技术的贵州省植被生态环境监测分析

牛鲁燕<sup>1,2</sup>, 郑有飞<sup>1,2</sup>, 吴荣军<sup>1,2</sup>, 莫瑶<sup>1,2</sup>, 吴战平<sup>3</sup>

(1. 江苏省气象灾害重点实验室, 江苏 南京 210044; 2. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044; 3. 贵州省山地环境气候研究所, 贵州 贵阳 550044)

**摘要:**为阐明贵州省植被生态环境变化的整体状况, 基于 RS 和 GIS 技术, 应用美国国家航空航天局最新的全球植被指数变化研究数据 (GMMS), 通过计算月归一化植被指数 (NDVI) 变化率, 并对研究区一元线性回归模拟, 分析了贵州省 1982 年—2003 年的地表植被覆盖。结果表明: 22 年来, 研究区植被覆盖呈增加趋势, 表明贵州省植被生态环境向好的方向发展; 贵州省平均植被覆盖在春季和秋季呈上升趋势, 夏季和冬季呈下降趋势, 其中春季对植被覆盖总变化量的贡献最大; 植被覆盖程度增减因区域不同而异, 变化程度呈增加的区域主要位于贵州省的中部地区; 变化程度呈减小的区域分布在贵州省的四周边缘。

**关键词:**遥感; 地理信息系统; 植被覆盖; 生态环境监测; 贵州

**中图分类号:** X87      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1006 - 2009(2009)03 - 0014 - 05

## The Analysis of Vegetation Environment Monitoring in Chinese Guizhou Based on RS and GIS Technology

NIU Lu-yan<sup>1,2</sup>, ZHENG You-fei<sup>1,2</sup>, WU Rong-jun<sup>1,2</sup>, MO Yao<sup>1,2</sup>, WU Zhan-ping<sup>3</sup>

(1. Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster - KLM E, Nanjing, Jiangsu 210044, China;  
2. Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China;  
3. Guizhou Mountain Environment Climate Institute, Guiyang, Guizhou 550044, China)

**Abstract:** The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were used in Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GMMS) of NASA, monthly from 1982 to 2003 based on RS&GIS technology, to illustrate the vegetation cover of earth surface in Guizhou. The change rates of NDVI were calculated by the linear regression to analysis the spatial distribution and dynamic change of vegetation coverage. The main conclusions indicated that NDVI values seemed to be turning up in the area during recent 22 years (1982—2003). That suggested the vegetation cover was improved in Guizhou. The NDVI increased in the spring and autumn and decreased in the summer and winter. The spring made the largest vegetation contribution in all seasons. Vegetation cover was different from the area and the variation was positive in the central area but negative around the edges of Guizhou.

**Key words:** Remote sensing; GIS; Vegetation cover; Environment monitoring; Guizhou

植被不仅是重要的环境要素, 也是陆地生态系统敏感的状态指示因子<sup>[1]</sup>。在生态系统中, 植被覆盖变化是生态环境变化的直接结果, 因此研究植被覆盖率对探索环境变化规律与环境恢复具有重要意义<sup>[2]</sup>。

遥感 (RS) 技术发展可以从多时相、多波段遥感信息获取地表覆盖状况、植被所吸收的光合有效

辐射、植被覆盖状况等植被参数与环境变量, 这为研究陆地植被的分布、季节变化及年际间的变化提供了强有力的手段<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2008 - 10 - 23; 修订日期: 2009 - 01 - 25

基金项目: 贵州省气象局气象科技开放课题基金资助项目

作者简介: 牛鲁燕 (1983—), 女, 山东鄄城人, 硕士生, 从事环境遥感与气候变化的研究。

在宏观生态环境要素如植被分布、河流和湖泊变迁、耕地变化、城市开发范围和居民点迁移、人文交通变化、草原退化和沙化、森林破坏、水土流失及其他人为开发对生态环境的破坏等方面监测,遥感技术和地理信息系统(GIS)技术具有覆盖范围大、直观性强、综合信息量广、动态分析容易、投资消耗少等特殊优势。

我国环境监测部门在陆地环境监测遥感应用方面,起步较晚,但发展很快。近年来,随着生态环境的不断恶化,迫切需要环境监测从一般理化监测向生物、生态监测方向发展。为保护有限的国土资源和日趋恶化的生态环境,必须分析研究并采用有效的技术手段,及时定期地对国土资源和生态环境调查和动态监测,以了解其现状和动态变化,并及时制定保护和防治措施及合理的国土资源开发利用规划,促进生态环境的改善。现代环境管理对环境监测质量要求很高,规模化、批量化、跨区域协作工作模式正在形成<sup>[4]</sup>。

现利用 1982 年—2003 年的 NOAA /AVHRR 的归一化植被指数(NDVI)数据,讨论近 22 年来贵州省植被覆盖变化规律,揭示其生态环境的变化情况,为优化贵州省的生态环境提供决策依据,为贵州省现有生态环境监测方案的论证提供理论依据。

## 1 研究区概况

选取 103°36'E—109°35'E, 24°37'N—29°13'N, 整个贵州省作为研究区域。贵州地处中国西南、云贵高原东部,气候温暖湿润,属亚热带湿润季风气候区,为中国西部高原山地地貌,境内地势西高东低,自中部向北、东、南三面倾斜,平均海拔为 1 100 m,可概括分为高原山地、丘陵和盆地 3 种基本类型,山地和丘陵面积占 92.5%。

## 2 数据源与研究方法

### 2.1 归一化植被指数

NDVI 是植物生长状态及植被空间分布密度的最佳指示因子,与植物覆盖分布密度呈线性相关<sup>[5]</sup>。而且,NDVI 通过比值可以消除大部分与太阳角、地形、云、阴影和大气条件相关辐照度的变化,增强了 NDVI 对植被的响应能力<sup>[6]</sup>。

对于 NOAA 卫星的 AVHRR 数据,用第一和第二通道的反射率可以构建 NDVI,计算公式为:

$$NDVI = (Ch2 - Ch1) / (Ch2 + Ch1)$$

式中:Ch1 为可见光通道;Ch2 为近红外通道。

长时间系列 NDVI 可以用于季节性的植被变化研究,也可用于分析年际间植被变化,还可以用于预测未来区域植被变化规律<sup>[7-8]</sup>。全球范围长序列卫星遥感数据的研究表明,近年(1982 年—1999 年),北半球陆地植被活动在显著增强<sup>[9]</sup>;从整体角度,中国大部分区域的 NDVI 都呈现不同程度的上升趋势,表明植被活动也在增强<sup>[10]</sup>。有关中国典型区域的研究表明,西北地区 1981 年—2001 年的植被覆盖普遍存在退化趋势,且前 10 年变化幅度小于后 10 年<sup>[11]</sup>;黄河流域植被覆盖状况一直处于上升趋势<sup>[12-14]</sup>。

### 2.2 数据来源

采用美国 NASA 最新的全球植被指数变化研究数据 GMMS NDVI,时间序列为 1982 年—2003 年。GMMS NDVI 数据考虑了全球范围内各种因素对 NDVI 值的影响,增加了短期大气气溶胶、水蒸气及云层覆盖的影响校正、热带阔叶林区云的覆盖引起的变形校正、北半球冬季缺失数据插值、微型传感器的不稳定性校正、太阳天顶角和观测角度的校正等<sup>[15]</sup>。

与其他 NDVI 数据比较,该数据具有误差小、精度高等特点,被认为是 NDVI 相对标准的数据,在全球及区域大尺度植被变化研究中得到了广泛应用<sup>[16-17]</sup>。

### 2.3 研究方法

采用一元线性回归法对 1982 年—2003 年各像元 NDVI 值序列统计分析,在每个像元的基础上,对 22 年的年平均 NDVI 值与年份线性拟合,趋势斜率用最小二乘法来计算,公式如下:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

式中: $b$  为线性趋势斜率; $x$ 、 $y$  分别为年份和该年的 NDVI 值; $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$  分别为年份的平均值和所有年份 NDVI 的平均值。

各像元 NDVI 变化率<sup>[18]</sup>由下式计算:

$$NDVI \text{ 变化率}(\%) = (\text{直线斜率} - \text{均值}) \times 22 \times 100$$

式中:直线斜率表示 NDVI 对年份的直线斜率,即对 22 年(1982 年—2003 年)的月平均 NDVI 值与年份之间求回归,所得的回归直线的斜率。均值为 22 年的平均月 NDVI 值。

### 3 结果与分析

#### 3.1 贵州植被覆盖的年内和年际变化趋势分析

对 1982 年—2003 年的 NDV I 数据统计处理, 得到研究区年 NDV I 均值的年际变化特征。1982 年—2003 年, 贵州省年平均 NDV I 变动于 0.398 ~ 0.449, 植被整体呈现弱上升趋势, 年平均 NDV I 的线性回归趋势的斜率约为 0.000 1, 差异显著 ( $p < 0.05$ ), 这说明贵州的植被活动在增强。植被覆盖较好的年份出现在 1983 年、1984 年、1986 年、1990 年、1992 年、1997 年和 1999 年, 并在 1990 年出现 NDV I 最大值, NDV I 为 0.449, 地表植被覆盖最好; 植被覆盖较差的年份出现在 1982 年、1985 年和 1989 年, 并在 1989 年出现 NDV I 的最低值, NDV I 为 0.398, 地表植被覆盖最差, 见图 1。

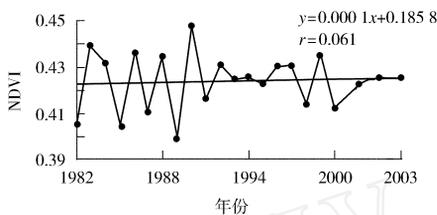


图 1 贵州省 1982 年—2003 年平均 NDV I 的年变化

整个区域植被年内变化在整体上呈现单峰状, 表现出很强的季节性, NDV I > 0.5 的值域出现在 6 月—9 月; 2 月 NDV I 最低, 8 月 NDV I 最高; 1 月—8 月为 NDV I 增长阶段, 8 月 NDV I 达到最高, 8 月—次年 1 月为 NDV I 下降阶段, 其中 3 月—5 月和 6 月—8 月期间, 属于 NDV I 明显上升阶段, 而 8 月—12 月则为 NDV I 迅速下降阶段。贵州省多年月平均 NDV I 从 2 月极小值开始逐渐升高, 到 8 月到达峰值, 然后开始下降。引起这种现象的原因可能是受降水量逐月变化的影响。NDV I 年内变化特征见图 2。

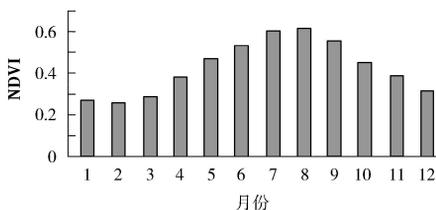


图 2 贵州省 1982 年—2003 年平均 NDV I 的月变化

为了进一步分析不同月和季节对全年 NDV I

变化的贡献, 计算了 22 年贵州省各月的月 NDV I 变化率, 见图 3。

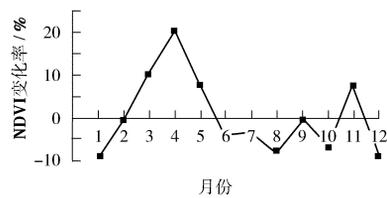


图 3 22 年贵州的月 NDV I 变化

由图 3 可见, 除 3 月、4 月、5 月、11 月外, 其他各月 NDV I 的值都是负值, 即 NDV I 呈减小趋势, 其中 1 月、12 月下降趋势显著。3 月、4 月、5 月、11 月 NDV I 呈增加趋势。图 3 中各月的数值表示该月 NDV I 变化的量占全年 NDV I 变化量的百分率, 即表示该月对全年 NDV I 变化趋势的贡献。图 3 中显示, 4 月份最大, 占总变化量的 25.1%, 其次是 3 月份, 占总变化量的 12.8%, 春季 (3 月—5 月) 占总变化量的 47.4%, 夏季 (6 月—8 月) 占 -19.1%, 秋季 (9 月—11 月) 占 1.1%, 冬季 (12 月—次年 2 月) 占 -23.3%。此外还可以统计得出 NDV I 正变化率约为 46.6%, 占变化总量的 57.3%; NDV I 负变化率约为 34.7%, 占变化总量的 42.7%。正变化率大于负变化率, 说明整个研究区域的 NDV I 呈增加趋势, 植被向好的方向发展。

#### 3.2 贵州植被覆盖季节变化规律

对不同季节 NDV I 的季节变化分析并显著性检验。结果表明, 春季在四季中 NDV I 值上升最为显著 ( $p = 0.024, p < 0.05$ ), 并且上升速率最快, 直线斜率为 0.002 1。春季植被覆盖较好的年份出现在 1983 年、1990 年和 1998 年, 并在 1998 年达到最大值, NDV I 为 0.42; 植被覆盖较差的年份出现在 1984 年和 1989 年, 在 1984 年出现最低值, NDV I 为 0.31。1982 年—2003 年四季 NDV I 的变化情况见图 4 (a) (b) (c) (d)。

对秋季的 NDV I 值显著性分析结果显示, 显著性水平 ( $p = 0.357, p > 0.05$ ) 没有达到 95%, 但表现出逐步上升的趋势 (增长速率为 0.001); 其中植被覆盖最好的年份出现在 1999 年, NDV I 为 0.52; 植被覆盖最差的年份出现在 1992 年, NDV I 为 0.36。

夏季和冬季的 NDV I 值呈下降趋势, 其中夏季下降趋势最为显著, 减少速率为 -0.001 3, 尽管

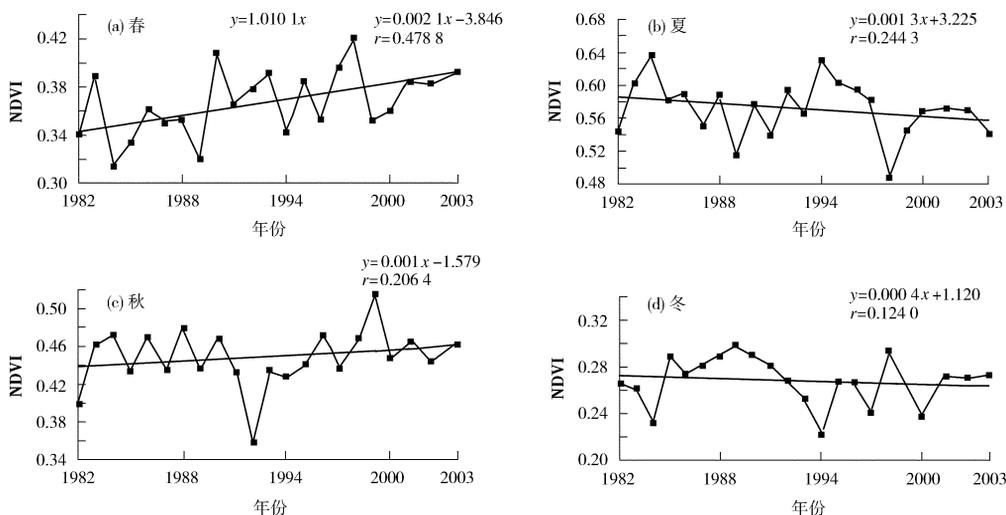


图 4 1982年—2003年四季 NDV I 的变化趋势

没有达到 95% 的显著性水平 ( $p = 0.273, p > 0.05$ ), 但趋势为逐步下降, 这很可能贵州植被以自然植被灌丛和萌生矮林为主, 气候温暖湿润, 属亚热带湿润季风气候区, 夏无酷暑, 阴雨天多, 大量的降水、过度放牧及人为的影响使得夏季贵州省的植被呈现减小趋势; 夏季植被覆盖较好的年份出现在 1984 年和 1994 年, 其中最大值出现在 1984 年, NDV I 为 0.64; 植被覆盖较差的年份出现在 1989 年和 1998 年, NDV I 最小值出现在 1998 年为 0.49。

其次为冬季, 减少速率为  $-0.0004, p = 0.592$ , 这主要是因为冬季, 气温相对较低, 很多植被停止了光合作用; 植被覆盖较好的年份出现在 1985 年、1989 年和 1998 年, NDV I 最大值出现在 1989 年为 0.30; 植被覆盖较差的年份出现在 1984 年和 1994 年, NDV I 最小值出现在 1994 年为 0.22。

由此可见, 贵州 NDV I 增加主要发生在春季, 下降主要发生在夏季, 这虽与方精云等<sup>[19]</sup>得出的中国 NDV I 增长主要发生在春季和夏季不完全一致, 但与 Zhou 等<sup>[20]</sup>和 Los 等<sup>[21]</sup>得出的春季是北半球植被活动增加的主要时间段的结论相似。通过统计还可以计算得出贵州省的 NDV I 在春季的增加量 ( $+0.021/10 a$ ) 较大, 在夏季的减少量 ( $-0.013/10 a$ ), 春、夏两季的 NDV I 呈现增加的趋势 ( $+0.008/10 a$ )。

### 3.3 研究区年平均 NDV I 整体变化特征的线性趋势模拟

为了进一步对植被的覆盖状况动态监测, 采用

一元线性回归的方法, 基于像元水平对贵州省 1982 年—2003 年 NDV I 的变化趋势模拟贵州省 1982 年—2003 年平均 NDV I 变化趋势斜率空间分布, 斜率为正说明植被向好的方向发展, 负值表示植被向减少的方向发展, 斜率的大小则表示了植被变化的速率, 见图 5。

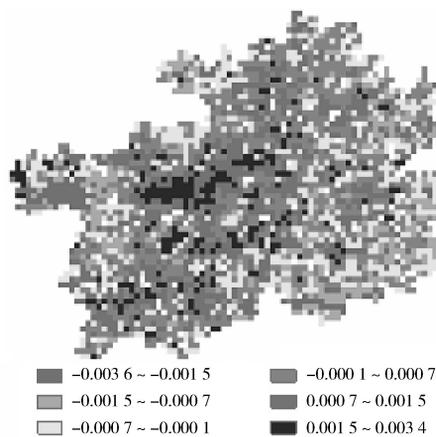


图 5 贵州省 1982 年—2003 年 NDV I 变化趋势斜率分布

由图 5 可见, 大部分地区的斜率为正, 表示该区域植被覆盖的变化趋势是增加的。其中, 变化斜率在  $[0.0007, 0.0034]$  的区域分布在毕节地区的毕节市、大方县、织金县、黔西县, 贵阳市和安顺市的大部分地区, 黔南布依苗族自治州的西北部, 在铜仁地区中部、遵义市中部及黔东南苗族侗族自治州有零星分布。

变化斜率在  $[-0.0036, -0.0007]$  的区域分

布在毕节地区的威宁彝族苗族自治县、赫章县、黔南布依族苗族自治州的贵定县、独山县的南部,在遵义市的赤水市、习水县、道真仡佬族苗族自治县,黔东南苗族侗族自治州的东南部也有少量分布。

NDVI 斜率的绝对值越大,表明植被覆盖变化的趋势越明显。通过对植被覆盖变化趋势的数值统计,还得到斜率为正的像元数为 1 809,斜率为负的像元数为 1 129,其中  $[0.0007, 0.0034]$  之间的像元数有 888,  $[-0.0036, -0.0007]$  之间的像元数有 436。这也说明了贵州省的植被覆盖正向好的方向发展。

#### 4 结论

(1)遥感和地理信息系统技术应用于宏观生态环境要素的监测,具有视野广阔、获取的信息量多、效率高、适应性强、可用于动态监测等众多优点,同时其技术方法成熟,能实施快速宏观的生态环境遥感监测,对提高环境监测工作的水平,扩大环境监测的影响力,使环境监测工作与经济的发展、人们生活水平的提高、环境保护的要求相适应,对最终控制我国生态环境状况恶化的趋势,保护生态环境,具有非常重要的现实意义。

(2)不同月份和季节对全年 NDVI 变化的贡献不同,4月贡献最大,占总变化量的 25.1%;春季(3月—5月)贡献量最大,占总变化量的 47.4%。

(3)22年来,贵州大部分地区的 NDVI 呈现不同程度的上升,表明贵州省植被覆盖活动在加强。贵州省平均植被覆盖在春季和秋季呈上升趋势,春季增长明显且速率直线斜率为 0.0021;夏季和冬季的 NDVI 呈下降趋势,夏季下降最为显著且速率直线斜率仅为 0.0013。

(4)基于像元水平的植被覆盖的变化趋势时空分析表明,近 22 年来,贵州地区植被覆盖变化总体呈增加趋势,变化程度呈增加的区域高于呈减少的区域,增减幅度在空间上存在明显的区域分布。贵州省变化程度呈增加的区域主要位于中部地区,变化程度呈减小的区域分布在四周边缘。

#### [参考文献]

[1] 顾祝军,曾志远,史学正,等. 基于 ETM+ 图像的植被覆盖度遥感估算模型[J]. 生态环境, 2008, 17(2): 771 - 776.  
[2] 梁四海,陈江,金晓媚,等. 近 21 年青藏高原植被覆盖变化规律[J]. 地球科学进展, 2007, 22(1): 33 - 40.

[3] 于小飞,孙睿,陈永俊,等. 乌审旗植被覆盖动态变化及其与降水量的关系[J]. 资源科学, 2006, 28(4): 31 - 37.  
[4] 王合生. 对环境监测信息化建设共组的思考[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(4): 57 - 59.  
[5] 孙红雨,王长耀,牛铮,等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系—基于 NOAA 时间序列数据分析[J]. 遥感学报, 1998, 2(3): 205 - 210.  
[6] CROSS A M. Subpixel measurement of tropical cover using AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1991, 12(5): 1119 - 1129.  
[7] 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.  
[8] JIANG D, WANG N B, YANG X H, et al. Study on the interaction between NDVI profile and the growing status of crops[J]. Chinese Geographical Science, 2003, 13(1): 62 - 65.  
[9] MYNEN I R B, KEEL N C D, TUCKER C J, et al. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 - 1991[J]. Nature, 1997, 386: 698 - 702.  
[10] 朴世龙,方精云. 1982—1999 年青藏高原植被净第一性生产力及其时空变化[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 373 - 380.  
[11] 马明国,董立新,王雪梅. 过去 21 年中国西北植被覆盖动态监测与模拟[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 232 - 236.  
[12] 孙睿,刘昌明,朱启疆. 黄河流域植被覆盖度动态变化与降水的关系[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 667 - 672.  
[13] 杨胜天,刘昌明,孙睿. 近 20 年来黄河流域植被覆盖变化分析[J]. 地理学报, 2003, 57(1): 679 - 692.  
[14] 李春晖,杨志峰. 黄河流域 NDVI 时空变化及其与降水、径流关系[J]. 地理研究, 2004, 23(6): 753 - 758.  
[15] 梁四海,陈江,金晓媚,等. 近 21 年青藏高原植被覆盖变化规律[J]. 地球科学进展, 2007, 22(1): 33 - 40.  
[16] HDEI K, DENNIS G. Atmospheric conditions for monitoring the long term vegetation dynamics in the Amazon using normalized difference vegetation index[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 97(4): 519 - 525.  
[17] SCOTT J G, GREGORY J F, ANDREW G B. Using satellite time-series datasets to analyze fire disturbance and forest recovery across Canada[J]. Remote Sensing of Environment, 2006, 101(3): 352 - 365.  
[18] 王兆礼,陈晓宏,李艳. 珠江流域植被覆盖时空变化分析[J]. 生态科学, 2006, 25(4): 303 - 307.  
[19] 方精云,朴世龙,贺金生,等. 近 20 年来中国植被活动在增强[J]. 中国科学(C辑), 2003, 33(6): 554 - 565.  
[20] ZHOU L M, TUCKER C J, KAUFMANN R K, et al. Variation in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999[J]. J Geophys Res, 2001. 20069 - 20083.  
[21] LOS S O, COLLAT Z, BOUNOUA L. Global international variations in sea surface temperature and land surface vegetation, air temperature and precipitation[J]. J Climate, 2001, 14: 1535 - 1549.