doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.02.010

近20年鄂西地区植被覆盖度时空变化特征分析

钟　静[1]，皇永波[1]，郭明强[1,2,3,4]
（1. 湖北地信科技集团股份有限公司， 湖北 武汉 430074；2. 自然资源部城市国土资源监测与仿真重点实验室， 广东 深圳 518034；
3. 中国地质大学（武汉）地理与信息工程学院，湖北 武汉 430074；4. 国家地理信息系统工程技术研究中心，湖北 武汉 430074）

摘　要：基于2000—2020年的MOD13Q1 NDVI遥感数据，使用像元二分模型计算湖北省西部山体区域的植被覆盖度，并利用斜率模型、马尔可夫转移矩阵模型和赫斯特指数综合分析了植被覆盖度的时空变化规律。结果表明，研究区的植被覆盖度总体呈上升趋势，平均植被覆盖度增加了0.025，轻微增长区域面积为44 359.26 km^2，显著性增长面积为3 069.375 km^2，不显著性变化的面积为39 862 km^2。2000—2020年期间，时序植被覆盖度的赫斯特指数为0.63，表明研究区内植被覆盖度的增长趋势在未来是可持续的。本研究成果不仅可为城市生态环境评价提供科学依据，而且可为城市的生态建设和可持续发展提供决策支持。

关键词：植被覆盖度；像元二分模型；赫斯特指数；马尔可夫转移矩阵模型
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）02-0050-06

Spatio-temporal Change Characteristics Analysis of Vegetation Coverage in Western Hubei Province in Recent 20 Years

ZHONG Jing[1], HUANG Yongbo[1], GUO Mingqiang[1,2,3,4]
(1. Hubei Geomatics Technology Group stock Co., Ltd., Wuhan 430074, China;
2. Key Laboratory of Urban Land Resources Monitoring and Simulation, Ministry of Natural Resources, Shenzhen 518034, China;
3. School of Geography and Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
4. National Engineering Research Center of Geographic Information System, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on the MOD13Q1 NDVI remote sensing data from 2000 to 2020, we calculated the fractional vegetation cover(FVC) in the mountain areas of western Hubei Province by the pixel dichotomy model, and used slope model, Markov transfer matrix model and Hurst index to analyze the spatio-temporal changes of FVC comprehensively . The results show that FVC in the study area generally shows an increase trend. The average FVC increases by 0.025, the area with slight FVC increase is 44 359.26 km^2, the area with significant FVC increase is 3 069.375 km^2, and the area with non-significant FVC change is 39 862 km^2. From 2000 to 2020, the Hurst index of time series FVC was 0.63, indicating that the increase trend of FVC will be sustainable in the future. This study can not only provide scientific basis for urban ecological environment assessment, but also provide decision-m4aking support for urban ecological construction and sustainable development.

Key words: vegetation coverage, pixel dichotomy model, Hurst index, Markov transition matrix model

目前植被覆盖度的估算以传统地面测量和遥感反演为主，传统FVC测量方法主要依靠地面测量，包括目视估测法、采样法、仪器法、照相法等[1-5]。遥感技术反演FVC主要使用像元二分法和NDVI数据进行计算，并根据统计学的数据分析方法探讨时序FVC变化规律和原因[6-9]。近年来诸多学者使用遥感技术结合卫星遥感影像反演FVC，并分析FVC在时间和空间上的变化。但由于研究区域的环境不同，FVC的时空变化规律呈现区域差异性的特点。文献[10]基于MOD13Q1数据产品和国家气象站降水数据，采用像元二分模型、一元线性回归模型和Hurst指数，分析了2000—2019年黄河流域FVC空间格局、时序变化和发展趋势，发现黄河流域FVC年际变化呈明显的上升趋势，在空间上呈从西北至东南阶梯状增大的分布态势。文献[11]基于4期TM/OLI影像，提取NDVI，采用像元二分模型计算FVC，发现大青山FVC总体改善，FVC空间格局总体上呈东高西低，南高北低的分布特征，FVC随海拔升高呈增加趋势，且与坡度正相关。文献[12]基于卫星遥感影像提取生长季植被指数计算FVC，并对FVC的空间分布特征、面积占比、变化趋势等进行分析，研究表明，2000—2017年间黑河中下游均存在低覆盖植被向其他类型覆盖植被转化现象，

收稿日期：2022-08-24。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（41971356， 41701446）；湖北省自然科学基金资助项目（2017CFB277）；自然资源部城市国土资源监测与仿真重点实验室开放基金资助课题（KF-2020-05-011）。

高植被覆盖区域面积增加，植被覆盖情况整体趋好。文献[13]利用2000—2019年MODIS/EVI数据，基于像元二分法获取FVC，运用线性回归分析揭示了FVC变化规律，结果表明2000—2019年新疆平均FVC空间分布差异明显，新疆FVC呈上升趋势，变化平稳，极高覆盖度区域主要分布在西北部、北部以及南疆的绿洲地区，东疆波动较大。

本文基于2000—2020年（每年4—10月）MODIS13Q1遥感数据，使用像元二分模型[3-4]、斜率模型[1-2]、马尔可夫转移矩阵模型[14-15]、Hurst指数[16-17]等模型方法，对2000—2020年来湖北省西部区域92 250 km^{2}的FVC时空变化规律进行分析，探讨鄂西植被的独特变化规律，分析规律的可靠性和持续性，并判断区域内植被环境的稳定性。

1　研究区概况与数据来源

湖北省地势大致为东、西、北三面环山，中间低平，向南敞开、北有缺口的不完整盆地，地势高低相差悬殊[18-19]。本研究区域覆盖恩施州、十堰市、神农架林区、襄阳市、宜昌市，总面积约为92 250 km^2，是鄂西生态文化旅游圈的核心地区，森林茂密，植被覆盖率高，在全省占有重要地位。十堰市、恩施州、神农架林区是国家级水土保持防治重点区域，植被变化的监测和空间分布分析尤为重要。本研究区主要为山体区域，西北山地为秦岭东延部分和大巴山的东段，秦岭东延部分称武当山脉，岭脊海拔一般在1 000 m以上，最高处为武当山天柱峰，海拔1 621 m；大巴山东段由神农架、荆山、巫山组成，神农架最高峰为神农顶，海拔3 105 m；西南山地为云贵高原的东北延伸部分，主要有大娄山和武陵山，一般海拔高度700~1 000 m，最高处狮子垴海拔为2 152 m。研究区内主要植被类型有亚热带常绿阔叶林、亚热带常绿落叶阔叶混交林等[20]。

本文采用的MODIS13Q1的遥感卫星数据来源于LAADS DAAC官网（https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/），空间分辨率为250 m，时间分辨率为16 d。由于最大NDVI可较好地反映该年度植被长势最好季节的植被覆盖情况，尽可能规避大气、云层、太阳高度角等因素造成的数据在短时间偏低情况，最大限度保障数据质量，因此使用最大值合成法（MVC）处理NDVI影像数据来分析研究区域FVC在时间和空间上变化规律和特征[21]。由于研究区7、8、9月份的NDVI影像受云雾遮挡较为严重，影像合成最大值易受云雾影响，且研究区常年平均温度较高，考虑4、5月份植被比较茂密，因此本文选取2000年、2002年、2005年、2007年、2010年、2012年、2015年、2017年、2020年每年4—10月份的MODIS13Q1遥感卫星影像作为数据源，使用ArcPy工具批量提取NDVI，并使用arcpy.ProjectRaster_management函数进行投影坐标转换，将MODIS13Q1原始影像转换为CGCS2000高斯克吕格114E投影坐标系，最后使用最大值合成法获取每年的NDVI最大值。

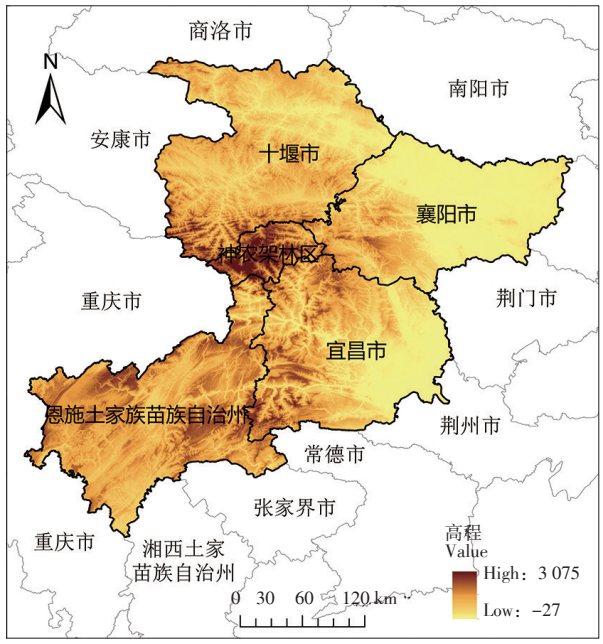


图1　研究区地理位置

2　研究方法

2.1　基于像元二分模型的FVC反演分析方法

本文使用像元二分模型对NDVI数据进行FVC反演，FVC是指植被所占像元的比率，模型公式为：

$$FVC=\frac{NDVI-NDVI_{soil}}{NDVI_{veg}-NDVI_{soil}} \quad (1)$$

式中，$NDVI_{soil}$为完全是裸土或无植被覆盖区域的NDVI值；$NDVI_{veg}$为完全被植被所覆盖的像元的NDVI值，即纯植被像元的NDVI值。

理论上，$NDVI_{veg}$的值应为$NDVI_{max}$；$NDVI_{soil}$的值应为$NDVI_{min}$，由于NDVI图像的像元存在一定的噪声，因此设置一个置信范围对$NDVI_{soil}$和$NDVI_{veg}$进行取值。本文选取NDVI统计频率的0.5%和99.5%作为$NDVI_{soil}$和$NDVI_{veg}$的值[20-22]。

2.2　基于马尔科夫模型的FVC等级转移分析方法

为研究FVC的动态变化，使用马尔科夫模型分析FVC等级的面积占比情况，此模型又称为转移矩阵，

可以定量的分析FVC等级间的动态转换，其中马尔可夫模型在本文中的计算方法如表1所示。表中 $a_1 \cdots a_n$ 为FVC等级； B_{ij} 为相应年份下两种植被覆盖类型的转化面积， i 为起始年份； j 为终止年份；FVC等级的面积分析由相同FVC等级下的转出量减转入量计算得到，两者相减为负则面积减少，为正则面积增加。 B_{nn} 为FVC等级的稳定区域在相应FVC等级中的面积占比[20]。

表1 FVC的转移矩阵计算表

年份	植被覆盖等级	起始年份				
		a_1	a_2	…	a_n	面积总和
终止年份	a_1	B_{11}	B_{12}	…	B_{1n}	M_{1+}
	a_2	B_{21}	B_{22}	…	B_{21}	M_{2+}
	⋮	…	…	…	…	⋮
	a_n	B_{n1}	B_{n2}	…	B_{nn}	M_{n+}
	面积总和	N_{+1}	N_{+2}	…	N_{+n}	
	转移面积	$N_{+1}-B_{11}$	$N_{+2}-B_{22}$	…	$N_{+n}-B_{nn}$	
	净转入面积	$M_{+1}-N_{+1}$	$M_{+2}-N_{+2}$	…	$M_{+n}-N_{+n}$	

2.3 基于斜率分析的FVC变化趋势分析方法

本文FVC变化趋势采用斜率分析方法，对时序的FVC数据逐像元计算斜率，斜率公式如下[23-24]：

$$\begin{cases} b=\dfrac{n\times\sum_{i=1}^{n} i\times \mathrm{FVC}_i^j-\sum_{i=1}^{n} i\sum_{i=1}^{n}\mathrm{FVC}_i^j}{n\times\sum_{i}^{n} i^2-\sum_{i}^{n} i^2} \\ \widehat{y_i}=bx_i+\mathrm{c} \end{cases} \tag{2}$$

式中， b 为斜率，为FVC的变化趋势； c 为常数； FVC_i^j 为第 i 年第 j 个像元的FVC； n 为总年份，本文中 n 为9。

斜率 b 计算完成后对 b 图像逐像元进行 F 检验，判断回归方程斜率 b 的显著性，显著性高低代表斜率 b 的可靠性程度， F 检验公式如下：

$$\begin{cases} F=U\times\dfrac{n-2}{Q} \\ U=\sum_{i=1}^{n}(\widehat{y_i}-\bar{y})^2,\ Q=\sum_{i=1}^{n}(y_i-\widehat{y_i})^2 \end{cases} \tag{3}$$

式中， U 为误差平方和； Q 为回归平方和； y_i 为第 i 年的FVC； $\widehat{y_i}$ 为第 i 年FVC的回归值； $\bar{y}$ 为FVC平均值； n 为年份数量。

根据 F 检验的值和 F 检验表对比分析，将（$0.005<b<0.015$， $p<0.05$）定为轻微增长；（$0.015<b<0.1$，$p<0.05$）为显著性增长；（$-0.015<b<-0.005$， $p<0.05$）为轻微减少；（$-0.1<b<-0.015$， $p<0.05$）为显著减少[17]。

2.4 基于百分比F模型的FVC退化与改善分析方法

使用FVC变化百分比F模型分析FVC的退化与改善的情况，公式如下：

$$F=\frac{\mathrm{FVC}_i^n-\mathrm{FVC}_i^{n-1}}{\mathrm{FVC}_i^{n-1}} \tag{4}$$

式中， F 为变化百分比， F 值分为5个等级，即明显改善（15%）、变化不明显（–15%，15%）、轻度退化（–25%，–15%）、中度退化（–35%，–25%）和重度退化（–35%）[18]。

2.5 基于极差分析（ R/S ）的 H 指数分析方法

本文使用重新标度的极差分析（ R/S ）方法计算2000—2020年时序FVC最大值的赫斯特（Hurst）指数 H ，根据Hurst指数分析其自相似性与长程依赖性，即可判断FVC最大值的变化是否具有持续性，R/S 公式如下[25]：

$$\begin{cases} R(\tau)=\max X(t,\tau)-\min X(t,\tau) \\ S(\tau)=\left\{\dfrac{1}{\tau}\sum_{t=1}^{\tau}[(\xi(t)-\bar{\xi}_\tau)^2]\right\}^{\frac{1}{2}} \\ \dfrac{R(\tau)}{S(\tau)}=(\dfrac{\pi\tau}{2})^H \end{cases} \tag{5}$$

式中， $R(\tau)$ 为极差； $X(t)$ 为累积离差； t 为某一时刻（ $t=1,2\cdots$ ）； τ 为时滞（ $\tau=1,2\cdots$ ），其中 $1\leqslant t\leqslant\tau$ ； $S(\tau)$ 为标准差； $\xi(t)$ 为一个时间序列 $\xi(t)=B(t)-B(t-1)$； $B(t)$ 为时刻 t 的观测值（ $t=1,2\cdots$ ），$\bar{\xi}_\tau$ 为均值序列； H 为hurst指数。

其中 H 取值为0～1，当 $H=0.5$ 时，则时间序列为相互独立、方差有限的随机序列；当 $0.5<H<1$ 时，表明时间序列变化具有持续性，未来的变化将与过去的变化趋势相一致；当 $0<H<0.5$ 时，表明时间序列具有反持续性，即过去的变化不具有可持续性。

3 研究结果分析

3.1 FVC时间变化结果分析

根据公式（1）计算出研究区所有年份的FVC，为清晰地表明不同等级FVC的分布及变化特征，将FVC数据的像元值按0~0.2、0.2~0.4、0.4~0.6、0.6~0.8、0.8~1.0划分为5个等级。根据等级参数对FVC影像进行颜色分割显示[20,22]。由图2可以看出，2000—2020年鄂西地区的高FVC主要分布在较高的山体区域，中低FVC和低FVC主要分布在山体的南部区域，中FVC主要分布在山体的中部区域；同时高FVC、高FVC的覆盖范围明显增加[26-28]。

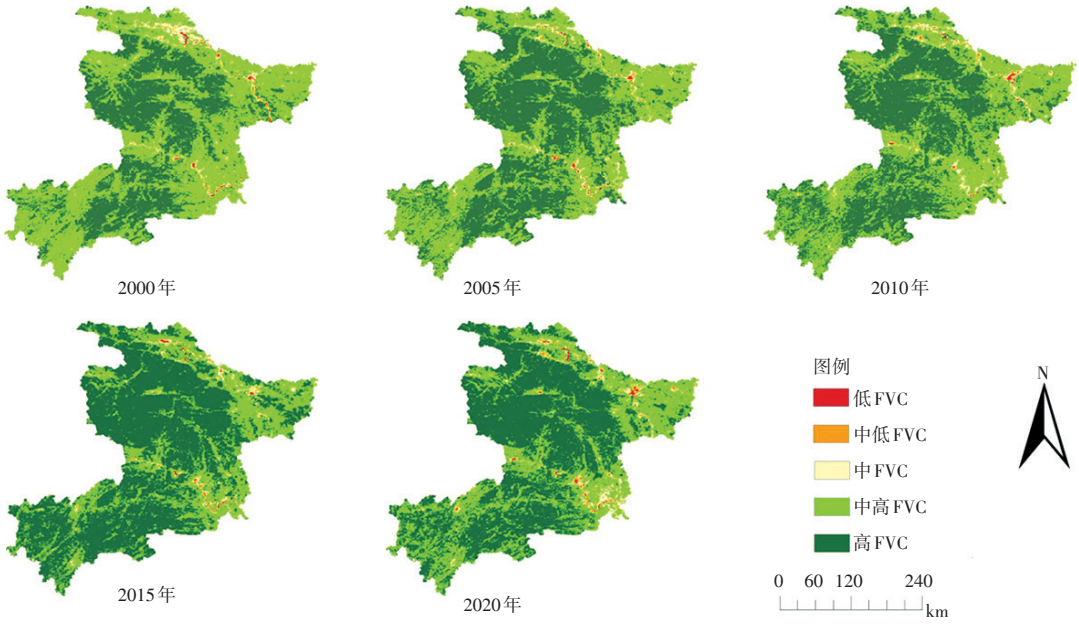
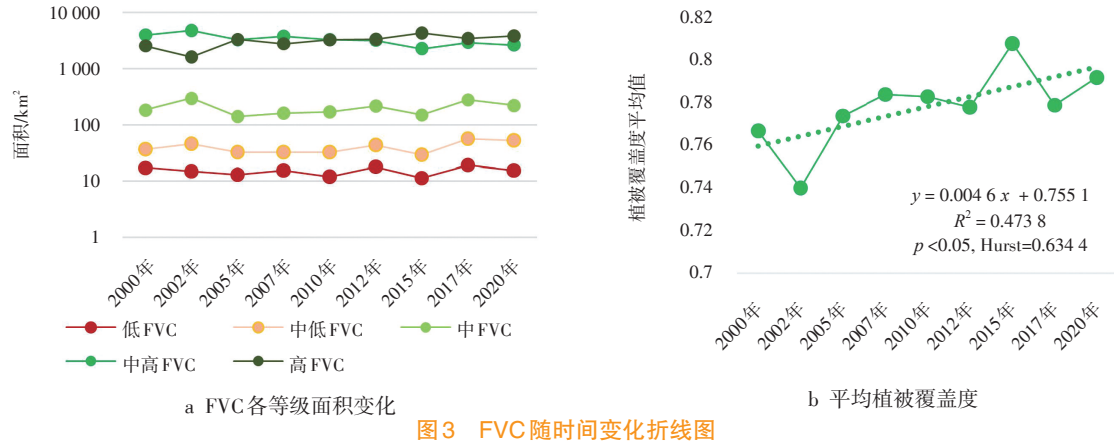


图2　2000—2020年植被覆盖度各分级区域变化图

根据2000年、2002年，2005年、2007年、2010年、2012年、2015年、2017年、2020年的FVC空间分布数据，使用ENVI统计各FVC等级的像元数量，分析各等级FVC的面积占比，绘制FVC等级随时间变化的面积变化折线图，如图3a所示。根据ENVI统计平均FVC，使用公式（5）极差分析（R/S）的Hurst指数和一元线性回归分析方法，分析平均FVC随时间变化趋势和变化的偶然性，如图3b所示。



a　FVC各等级面积变化　　b　平均植被覆盖度

图3　FVC随时间变化折线图

从图3a和表2可以看出，2000—2020年植被的转移变化主要发生在中高FVC和高FVC等级上，其中，中高FVC向高FVC转移了20 391.7 km²，向中FVC转移了744.4 km²；高FVC向中高FVC转移了2 987.7 km²，但由于中高FVC的转移情况，高FVC的面积增加了17 442.5 km²，中高FVC的面积减少了18 181.8 km²；其余3个等级的FVC面积变化不大，低FVC减少了2.6 km²，中低FVC增加了244.67 km²，中FVC减少了517.2 km²。从图3b中可以看出，FVC回归分析方程的相关性系数为0.673 8，且显著性分析 p 值小于0.05，因此在20 a间平均FVC总体呈现出增加的变化趋势，平均值被覆盖度增加了0.025。使用公式（5）计算的hurst指数的结果为0.634 4 > 0.5，表明研究区的时序FVC的变化具有持续性，未来的变化将与过去的变化趋势相一致。

3.2　FVC空间分布变化趋势分析

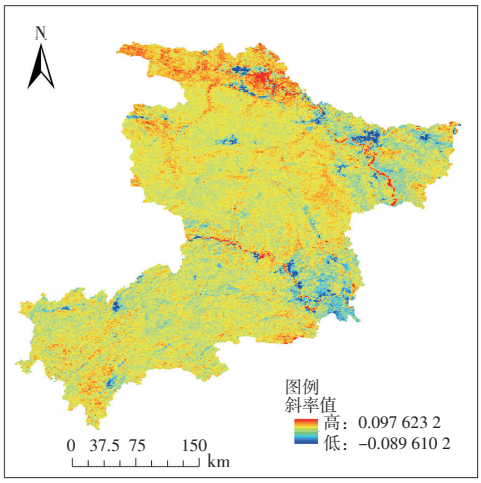
使用时序最大FVC数据的斜率 b 和最大FVC退化分析 F 值进行变化趋势分析，使用斜率 b 分析植被覆盖度的变化趋势，退化分析 F 值分析植被的变化趋势，二者结合定量分析植被的变化趋势和变化量。

根据公式（2）计算斜率 b 的结果如图4a所示，并对斜率进行 F 值检测，得出图4b的检测结果。根据2.3章节中显著性划分范围对 F 检测结果统计分析，FVC显著性减少的面积为1 380.1 km²，轻微减少的面

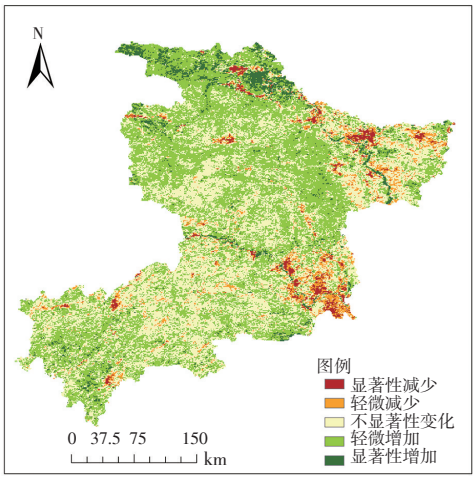
表2 鄂西地区2000年和2020年FVC转移矩阵分析

年份	指标	2000年FVC/km²					
		低FVC	中低FVC	中FVC	中高FVC	高FVC	总面积
2020年FVC/km²	低FVC	113.2	60.0	43.7	18.0	0	234.9
	中低FVC	43.7	147.5	292.4	242.7	2.57	728.87
	中FVC	57.5	205.00	744.4	1 987.8	30.9	3 025.6
	中高FVC	15.4	80.6	1 374.7	31 580.1	2 987.7	36 038.5
	高FVC	7.7	11.1	53.2	20 391.7	31 758.5	52 222.2
	总面积	237.5	504.2	2 508.4	54 220.3	34 779.67	
	转移面积	124.3	356.7	1 764.0	22 640.2	3 021.17	
	净转入面积	−2.6	224.67	517.2	−18 181.8	17 442.5	

积为3 579.375 km²，轻微增加的面积为44 359.26 km²，显著增加的面积为3 069.375 km²，不显著性变化的面积为39 862 km²。



a FVC斜率 *b* 空间分布



b 斜率 *b* 经过 *F* 值检验后结果的空间分布

图4 FVC随空间变化图

根据公式（4）的计算结果，研究区2000—2020年植被的退化与改善的情况如图5所示，可以明显看出大部分区域处于稳定变化状态，面积为79 852 km²；明显改善的区域主要分布在十堰市的建成区，总面积为8 764 km²；退化的区域主要分布在河道水域周围，总面积为3 057 km²。

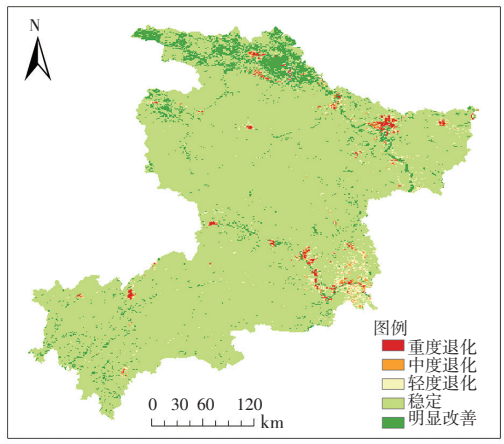


图5 植被退化和改善图

结合植被退化分析成果和最大值FVC变化趋势，可以分析出研究区最大植被覆盖度增长区域占研究区面积51.41%，植被稳定变化区域占总面积86.56%，说明FVC的增长并未对植被的变化产生较大影响，研究区内植被保持着较高的覆盖率，植被环境的抵抗强度较高。

4 结 论

本文基于2000—2020年NDVI数据，利用像元二分模型、斜率模型、马尔可夫转移矩阵模型、赫斯特指数等方法，揭示了鄂西地区近20 a来FVC时空变化规律，并动态统计分析不同等级FVC的面积占比。结论如下：

1）2000—2020年间研究区域的平均FVC增加了0.025，可看出研究区内的FVC呈现增长的趋势。总体FVC增长直接体现在中高FVC向高FVC转移上。

2）研究区内时序FVC的赫斯特指数为0.63，结合（1）的结论，表明研究区的FVC呈现规律性的增长趋势，并非偶然性的变化。

3）研究区植被退化与恢复分析结论中，植被稳定的区域面积为79 852 km^2，结合（1）的结论，研究区内FVC处于增长的趋势，但对于植被的改善情况并无明显的增加，表明研究区植物处于旺盛的状态，在研究期间变化较为稳定。

从上述的动态分析可以发现，鄂西实验区整体而言植被资源丰富，FVC呈现稳定增长的趋势，具有显著的时空变化规律。

参考文献

[1] 顾羊羊,邹长新,乔旭宁,等. 2000—2015年黔西南州植被覆盖时空变化及影响因素分析[J]. 生态与农村环境学报,2021,37(11):1 413-1 422

[2] 张亮,丁明军,张华敏,等. 1982—2015年长江流域植被覆盖度时空变化分析[J]. 自然资源学报,2018,33(12):2 084-2 097

[3] Pettorelli N, Vik J O, Mysterud A, et al. Using the Satellite Derived NDVI to Assess Ecological Responses to Environmental Change[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2005, 20(9):503-510

[4] Fu G, Shen Z X, Zhang X Z, et al. Modeling Gross Primary Productivity of Alpine Meadow in the Northern Tibet Plateau by Using MODIS Images and Climate Data[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(5):264-269

[5] Verbesselt J, Hyndman R, Newnham G, et al. Detecting Trend and Seasonal Changes in Satellite Image Time Series[J]. Remote Sensing of Environment, 2010, 114(1):106-115

[6] 肖莎,汪小钦. 基于高分一号的敖江流域水源保护区植被变化监测[J]. 测绘地理信息,2019,44(1):93-96

[7] 杨海兰,柳德江,王泉,等. 抚仙湖禄充风景区植被覆盖变化研究[J]. 测绘地理信息,2019,44(5):29-32

[8] 张超,孙林,韩留生,等. 新疆阜康地区径流及植被覆盖变化研究[J]. 测绘地理信息,2016,41(3):79-81

[9] 裴志方. 川西高原植被覆盖度景观格局动态变化研究[D]. 成都:成都理工大学,2018:17-19

[10] 张志强,刘欢,左其亭,等. 2000—2019年黄河流域植被覆盖度时空变化[J]. 资源科学,2021,43(4):849-858

[11] 银朵朵,王艳慧. 温带大陆性半干旱季风气候区植被覆盖度时空变化及其地形分异研究[J]. 生态学报,2021,41(3):1 158-1 167

[12] 胡洁,姜成桢,杨勇,等. 黑河中下游植被覆盖度变化遥感监测[J]. 测绘通报,2021(4):34-38

[13] 王建国,张飞. 2000—2019年新疆植被覆盖度时空格局及重心变化分析[J]. 农业工程学报,2020,36(20):188-194

[14] 宋鹏飞,季民,李刚. 山东省近10年植被覆盖度变化与气候因子相关性分析[J]. 测绘通报,2018(12):109-113

[15] 李艳菊,丁建丽,张钧泳,等. 2001—2015年天山北坡植被覆盖对干旱的响应:基于土地利用/土地覆盖分析[J]. 生态学报,2019,39(17):6 206-6 217

[16] 姜琳,冯文兰,郭兵. 雅鲁藏布江流域近13年植被覆盖动态监测及与降水因子的相关性分析[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(11):1 610-1 619

[17] 宋鹏飞,季民,刘泽群,等. 山东省植被覆盖度变化与气候因子相关性分析[J]. 测绘科学,2020,45(3):81-86

[18] 李彩霞,胡砚霞,邓帆,等. 湖北省植被覆盖度时空变化特征与影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境,2021,30(8):1 829-1 838

[19] 陈亮,陈世俭,蔡晓斌,等. 湖北省植被覆盖度变化及其对地形因子的响应[J]. 中南林业科技大学学报,2018,38(4):79-86

[20] 钟红平,王宏志. 2007—2016年湖北省归一化植被指数时空变化特征分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2018,52(4):582-588

[21] 熊俊楠,彭超,程维明,等. 基于MODIS-NDVI的云南省植被覆盖度变化分析[J]. 地球信息科学,2018,20(12):1 830-1 840

[22] 熊俊楠,张昊,彭超,等. 汶川地震灾区植被覆盖度变化与地形因子的关系[J]. 水土保持通报,2018,38(3):24-31

[23] 陈斌,杨顶田,徐尚昭,等. 1990—2015年湖北省林地遥感制图与时空变化分析[J]. 生态科学,2021,40(6):125-132

[24] 左岍,周勇,李晴,等. 鄂西南地区土地利用格局时空变化及轨迹特征分析[J]. 水土保持学报,2022,36(1):161-169

[25] 陈成,杨栋淏,王建雄,等. 滇西南植被覆盖度动态变化特征及其驱动力分析[J]. 水土保持研究,2022,29(4):198-206

[26] 刘晶,党星海,陈丽丽,等. 基于MODIS数据的黄河植被覆盖度反演研究[J]. 地理空间信息,2021,19(11):57-63

[27] 李春娥,马静,何芷. 基于Sentine1-2卫星数据的洞庭湖面积变化监测[J]. 地理空间信息,2022,20(2):84-88

[28] 刘力萌,陈兆宁,季民. 伊犁河谷天然植被覆盖度的变化特征分析[J]. 地理空间信息,2022,20(7):57-60

第一作者简介：钟静（1980—），硕士，高级工程师，主要研究方向地理信息系统应用。