引文格式：龙昶宇. 利用时序 NDVI 分析安徽省植被参数时空变化[J]. 地理空间信息, 2024, 22(5): 88-92. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.05.019

利用时序NDVI分析安徽省植被参数时空变化

龙昶宇[1,2]
（1. 安徽省（水利部淮河水利委员会）水利科学研究院（安徽省水利工程质量检测中心站），安徽 合肥 230088；
2. 水利水资源安徽省重点实验室，安徽 合肥 230088）

摘　要：基于2000—2020年安徽省NDVI时序数据，利用趋势分析法，结合安徽省NDVI时序变化特征，研究了安徽省NDVI时空演变规律。结果表明：①2000—2020年安徽省时序NDVI总体缓慢上升，说明植被覆盖程度呈增长趋势；②安徽省全省与6大水土保持分区植被年内变化曲线均呈双峰型，说明安徽省植被覆盖程度主要受农业耕作活动影响；③安徽省全省NDVI在春、夏、秋、冬均呈小幅波动上升趋势，春、夏季上升趋势比秋、冬季明显。2000—2020年安徽省植被覆盖程度有所增长，这可能与人为植被恢复、生态保护等一系列活动相关。

关键词：安徽省；NDVI；趋势分析；时空变化
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）05-0088-05

Spatio-temporal Change Analysis of Vegetation in Anhui Province Based on NDVI Time Series Data

LONG Changyu[1,2]
(1. Anhui and Huaihe River Institute of Hydraulic Research, Hefei 230088, China;
2. Anhui Province Key Laboratory of Water Conservancy and Water Resources, Hefei 230088, China)

Abstract: Based on the NDVI time series data of Anhui Province from 2000 to 2020, using the trend analysis method and combining with the time series change characteristics of Anhui Province, we studied the spatio-temporal evolvement rules of NDVI in Anhui Province. The results show that ①NDVI of Anhui Province shows a slow growth and the vegetation coverage shows a significant increase from 2000 to 2020. ②NDVIs of six soil and water conservation zones in Anhui Province show two single peak, indicating that the vegetation coverage in Anhui Province is mainly affected by agricultural farming activities. ③NDVI of Anhui Province appears small fluctuation rise in spring, summer, autumn and winter, and the increasing tendencies in spring and summer are obvious than that in autumn and winter. The vegetation coverage of Anhui Province in 20 years has increased, and this phenomenon may be related to a series of activities such as artificial vegetation restoration and ecological protection.

Key words: Anhui Province, NDVI, trend analysis, spatio-temporal change

植被是生态系统物质循环、能量传输的重要纽带，归一化植被指数（NDVI）是植被生长状态和植被覆盖度的最佳指示[1-3]，常用于反映植被覆盖度、植被类型、叶面积指数等植被数量特征。植被的动态变化关系着生态系统的稳定和安全，植被的类型、数量与质量等受气候变化和人为活动影响。地表变化是长期的复杂过程，仅通过少数几个时间节点的观测分析难以全面有效反映真实变化和规律，因此需要长时间、持续的观测资料。NDVI 作为重要的遥感参数和数据源，能敏感反映地表植被生长状况和生态系统参数变化，在一定程度上反映像元对应区域植被覆盖类型的综合情况，常用于地表植被覆盖的定量研究。连续的MODIS植被指数数据产品已在植被生长动态监测和植被类型调查中得到广泛应用[4-7]。安徽省地处华东地区，位于长江三角洲腹地，省内水土资源丰富，属于暖温带和亚热带的过渡区域，具有强烈的季风气候特征。近年来经济社会快速发展，植被特征发生相应变化，对人类社会和生态环境的影响也日渐凸显，因此本文利用2000—2020年NDVI数据研究了安徽省植被指数时空变化特征，探讨其变化原因，对安徽省生态环境保护和土地利用规划具有一定的现实意义。

收稿日期：2023-02-22。
项目来源：安徽省自然科学基金“水科学”联合基金资助项目（2208085US10）。
作者简介：龙昶宇（1992—），硕士研究生，工程师，研究方向为水土保持与水生态遥感应用，E-mail：lauralcy@126.com。

1　数据来源与预处理

2000—2013年NDVI数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云网站提供的全球MOD13Q1数据产品，是一个采用Sinusoidal投影方式的3级网格数据产品，空间分辨率为250 m，时间分辨率为16 d。2014—2020年NDVI数据来源于中科星遥信息技术（北京）有限公司，数据集由Landsat影像处理得到，为中国安徽省区域月100 m植被指数空间分布数据集；产品由每月6个5 d数据（1日、6日、11日、16日、21日、26日）按最大值合成法拼接而成，个别月数据有拼接条带。

MOD13Q1数据产品采用HDF数据格式存储。本文采用MRT批处理工具对下载数据进行格式、地图投影转换和图像拼接，将HDF格式数据转化为二进制格式，将Sinusoidal投影转换为WGS84地理坐标系下的地理经纬度投影；再利用ArcGIS的批处理工具对数据集进行批量数据检查和裁剪；最后利用最大值合成法将每年24期数据合成为12期月值数据集。针对安徽省区域月100 m植被指数空间分布数据，采用ArcGIS批处理工具对数据集进行批量数据检查、投影，并重采样至250 m尺度；再根据安徽省的行政边界批量裁剪。

2　时序分析方法

本文分别对预处理得到的两个安徽省NDVI月最大值数据集进行年内12个月平均，得到2000—2020年安徽省NDVI年值数据集，从而分析安徽省植被覆盖年际变化；再对2000—2020年的年值数据集进行多年平均，得到安徽省6大水土保持分区多年平均NDVI空间分布图(图1)。

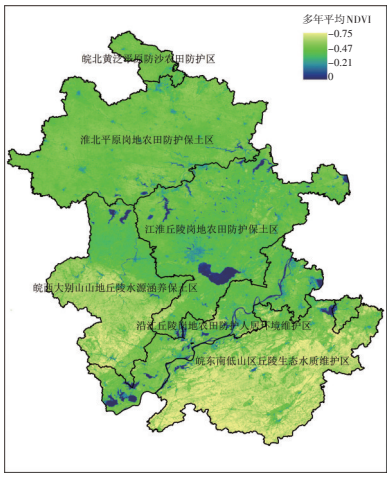


图1　安徽省多年平均NDVI空间分布图

2000—2020年NDVI年值数据集中的每个像元都有20年的时间序列数值，这些数值的线性拟合斜率能揭示该像元在时空序列中的演变趋势，若斜率大于0，说明植被覆盖向好发展，反之，则植被覆盖趋于恶化。线性演变关系是否显著通过相关系数来判定，计算公式为[8]：

$$\mathrm{slop}=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i t_i-\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n}t_i\right)}{\sum_{i=1}^{n}t_i^{2}-\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}t_i\right)^{2}} \tag{1}$$

$$r=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}t_i^{2}-\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}t_i\right)^{2}}{\sum_{i=1}^{n}x_i^{2}-\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)^{2}}}\times\mathrm{slop} \tag{2}$$

式中，slop为线性拟合斜率；x_i为第i年的年NDVI均值；t_i为年份；n为总年数，即20。

将安徽省NDVI月最大值数据集按季节取平均值，以3—5月为春季、6—8月为夏季、9—11月为秋季、12月—次年2月为冬季，采用平均值法生成安徽省季节NDVI数据。

3　植被覆盖年际变化分析

3.1　安徽省NDVI年均值变化

分析安徽省全域和6大水土保持分区的NDVI年值数据集，得到20年间安徽省年际变化曲线（图2、3），可以看出，20年间安徽省植被年均NDVI处于不断波动变化中，总体呈缓慢增长趋势，植被覆盖程度有所改善，最大、最小值分别出现在2015年（0.506）和2000年（0.45）；安徽省植被NDVI均值约为0.48，2010年前植被变化波动较剧烈，这可能与下垫面人类活动扰动和气象因子变化大有关，2010年后大部分年份植被NDVI超过平均值；皖东南低山区和皖西大别山区的植被NDVI年均值变化趋势相似且覆盖度在同一时间均高于全省平均水平；变化波动最大的区域在沿江丘陵岗地区和江淮丘陵岗地区且覆盖度在同一时间均低于全省平均水平；淮北平原岗地区几乎与全省平均变化趋势一致，波动范围也最接近全省平均趋势线，说明影响安徽省植被覆盖变化的主要因子是农业耕作活动。

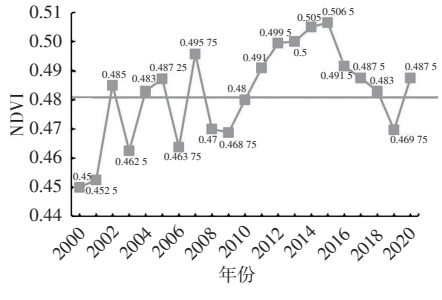


图2　2000—2020年安徽省植被NDVI年际变化

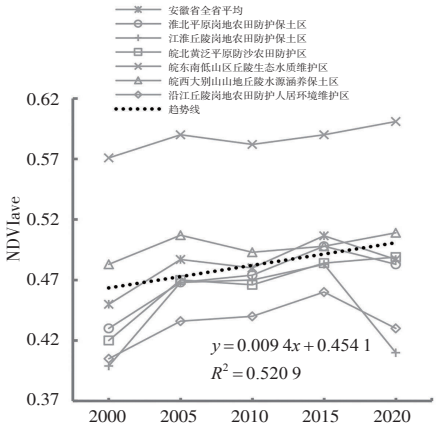


图3 2000—2020年6大区植被NDVI年际变化

3.2 安徽省NDVI年均值趋势

根据式（1）、（2）计算得到2000—2020年安徽省趋势系数分布图（图4）和趋势系数相关性分布图（图5），可以看出，近20年安徽省年均NDVI值变化斜率为正值的区域占比为87.25%，大部分地区植被趋势系数大于0，说明安徽省植被覆盖增加面积总体大于退化面积；年均NDVI值变化斜率为正且通过0.05显著性检验的区域占比为45.7%，年均NDVI值变化斜率为负且通过0.05显著性检验的区域占比为3.91%，安徽省有一半的地区未通过线性变化显著性检验，说明省内大部分地区年际间NDVI变化属于正常波动，没有明显的变化趋势，部分地区植被覆盖状况趋于良好，零星地区植被覆盖趋于恶化；城市的植被覆盖趋于恶化，淮北区域植被的正向趋势系数较大，表明作物种植区的生产力是逐年提高的。

4 植被覆盖年内变化分析

4.1 安徽省NDVI月最大值变化

利用2000—2020年月最大值NDVI数据集得到安徽省全省和6大水土保持分区多年月平均NDVI变化曲线（图6）和月平均NDVI分布图（图7），可以看出，在月尺度上，安徽省全省和6大水土保持分区植被NDVI年内变化曲线均呈双峰型，1月为最小值、1—4月NDVI值增加、4—6月降低、6—7月又迅速增加、7—12月再次降低，全年NDVI最高峰出现在7月，次高峰出现在4月，这种变化特征主要受农业耕作活动影响。安徽省是我国主要的农业大省，多数地区的粮食作物一年两熟，采用交替种植的方式。通常在5月底至6月上旬（约每年的第145~155 d）收割作物小麦、花生等，尤其体现在淮北平原岗地农田防护保土区和皖北黄泛平原防沙农田防护区，这两个区域6月的NDVI值为6大分区最低值；随后播种玉米、大豆、水稻等其他作物，在9月底至10月初（约每年第260 d）收获，收获期（6月、9月）的NDVI值陡然降低。农作物收割后地表覆盖变化以自然植被为主，该时段自然植被处于生长季节，因此3—4月、6—7月各大区均呈现增长趋势，这也与相关研究中北半球自然植被活动增强、生长期延长相一致。

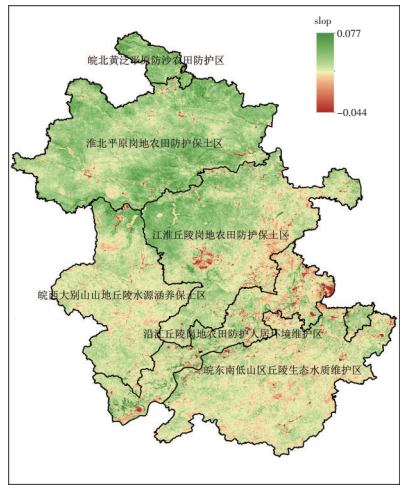


图4 2000—2020年安徽省趋势系数分布

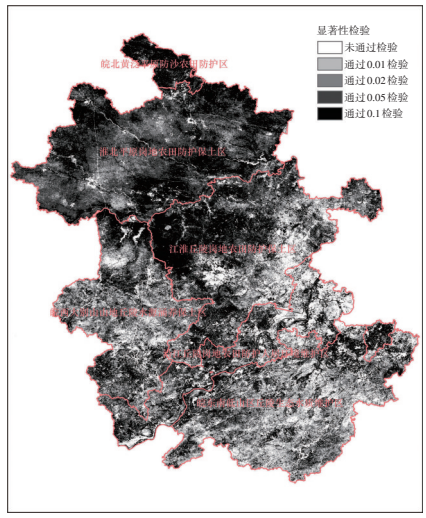


图5 2000—2020年安徽省趋势系数相关性分布

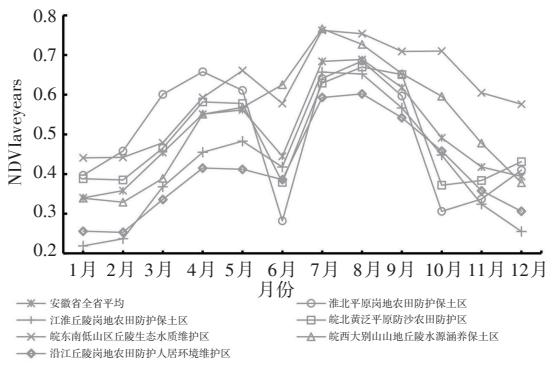


图6 安徽省植被NDVI多年平均月值变化

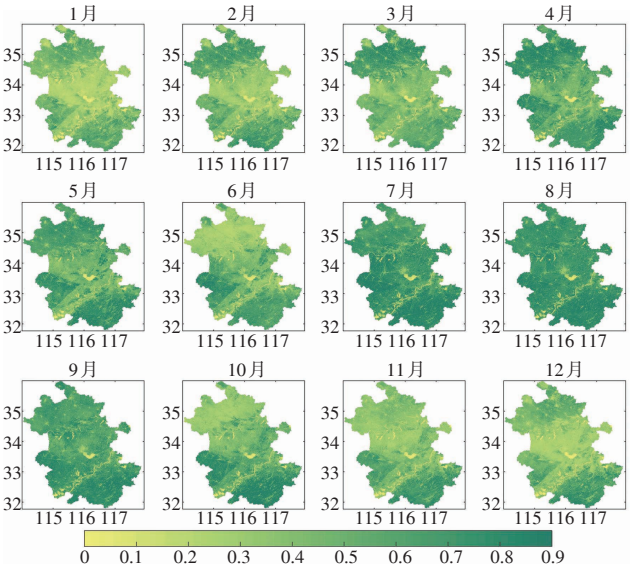


图7　安徽省植被NDVI多年平均月值分布

由图7可知，淮北平原地区主要为落叶阔叶植被，小麦等季节性强的农作物在初春冰雪融化后萌芽，4月后达到生命旺盛期，5月底至6月初冬小麦、油菜等作物成熟收割，淮北平原NDVI值跌入第一个低谷；6月底至7月该地区的秋收作物播种完成，随着自然植被生长季的到来，全省再次达到NDVI的波峰时段，植被覆盖度增加；10月大部分植被进入落叶期，且农作物也逐渐到秋收季，覆盖度减弱；直至12月植被指数跌入波谷。除淮北平原外，江淮也有相似变化规律，覆盖率总体比淮北平原低；皖东南山区和皖西大别山区的常绿植被较多，长江沿岸湖泊中还有较茂盛的水生植被，地表植被在7—8月到达峰值，即使过渡到冬季与其他地区相比，下降速率也较缓慢，其植被指数一直高于同一时期的其他地区。

4.2　安徽省NDVI季节变化

依据安徽省季节NDVI数据，本文研究了不同区域不同季节的安徽省植被变化特征并进行趋势分析（图8、9），可以看出，2000—2020年安徽省全省在春、夏、秋、冬均呈小幅波动上升趋势，春、夏季上升趋势比秋、冬季明显，这与北半球不同植被的物候规律以及人为植被恢复等一系列活动密切相关；春季NDVI平均每10年增加0.026，分别在2000年、2018年取得最小、最大值，夏季NDVI平均每10年增加0.022，分别在2003年、2020年取得最小、最大值；总体来说，四季中变化波动最小的是春季；安徽省6大分区春季的最小、最大值分别是沿江丘陵岗地农田防护人居环境维护区和淮北平原岗地农田防护保土区，夏季的最小、最大值分别是沿江丘陵岗地农田防护人居环境维护区和皖西大别山山地丘陵水源涵养保土区，秋季的最小、最大值分别是淮北平原岗地农田防护保土区和皖东南低山区丘陵生态水质维护区，冬季的最小、最大值分别是江淮丘陵岗地农田防护保土区和皖东南低山区丘陵生态水质维护区；淮北平原岗地农田防护保土区受农作物生长季和耕作活动影响较大，NDVI变化趋势并不遵从自然植被活动变化规律，NDVI多年平均值从春季到冬季先降后增，最大值在春季作物生长季为0.623，最小值在秋季收割季节为0.413。

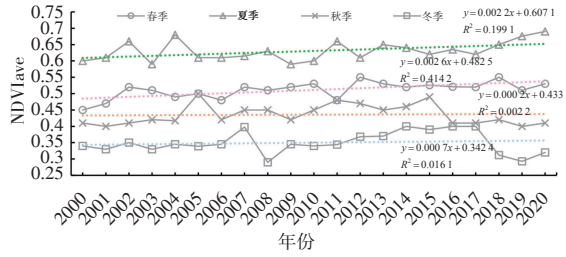


图8　安徽省NDVI季节变化趋势

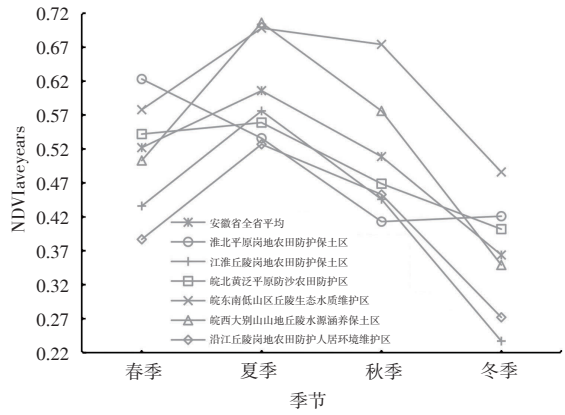


图9　安徽省全省和各区年均NDVI季节变化

5　结　语

本文采用MOD13Q1数据产品与中科星遥信息技术（北京）有限公司生产的2000—2020年安徽省月NDVI数据集，对安徽省的植被特征进行长时序的时空变化分析。

1）2000—2020年安徽省植被总体呈缓慢增长趋势，变化波动最大的区域在沿江丘陵岗地区和江淮丘陵岗地区，淮北平原岗地区与全省平均变化趋势一致，说明影响安徽省植被覆盖变化的主要因子是农业耕作活动。

2）安徽省全省与6大水土保持分区植被NDVI年内变化曲线均呈双峰型，即1月为一年中最小值，最高峰出现在7月，次高峰出现在4月，这种双峰变化特征主要受农业耕作活动影响，进一步说明安徽省是我国重要的粮食生产区域。

3）2000—2020年安徽省全省在春、夏、秋、冬均呈小幅波动上升趋势，春、夏季上升趋势比秋、冬季明显。安徽省植被覆盖程度有所增加，这可能与人为植被恢复、生态保护等一系列活动有关。

参考文献

[1] 卢辉雄,聂振龙,王金哲,等. 基于时序NDVI的石羊河流域植被时空变化规律研究[J]. 地理空间信息,2020,18(5):54-60

[2] 林楠. 基于RS和GIS的吉林东部植被覆盖变化和驱动力研究[D]. 长春:吉林大学,2010

[3] 夏照华. 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

[4] 刘亚玲. 阴山北麓地区植被覆盖动态变化及驱动力研究[D]. 北京:中国农业大学,2005

[5] 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,2002,57(6):679-684

[6] 奚砚涛,徐勇,刘欣婷. 2000-2013年江苏省不同植被类型NDVI时空变化特征[J]. 水土保持研究,2016,23(1):86-91

[7] 牛莉婷,周波,陈建荣,等. 基于NDVI的兰州市城关区植被覆盖度变化研究[J]. 地理空间信息,2017,15(12):28-30

[8] 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

（上接第76页）

和生活空间，说明长江经济带发展理念在江苏得到了贯彻落实。

3）2016年10月，江苏省委省政府召开全省推动江苏长江经济带发展工作座谈会，对江苏省推动长江经济带发展进行专题部署。2017—2019年的三生空间转移矩阵表上生产、生活、生态空间的转入和转出量差别不大；在桑基图上三生空间互有转入和转出，说明该时期3类空间的流转达到了一个平衡状态，但生产、生态空间的转入和转出量自生的数值偏大，表明生产和生态空间之间存在较多政策性调整。

4）2019—2021年的三生空间转移矩阵表上生产、生活、生态空间的转入和转出量差别不大，生产空间略有减少，生态空间略有增加，说明长江岸线地区生态环境持续向好；在桑基图上三生空间的流转数量级都不大，说明该阶段政策性调整已接近尾声。

参考文献

[1] 景卫华,翁伟军,张友才,等. 对南京长江岸线管理与保护工作的思考[J]. 中国水利,2019(4):27-29

[2] 靳婷婷,段学军,邹辉. 岸线资源利用变化与影响因素:以长江南京段为例[J]. 华东地质,2021,42(1):9-20

[3] 罗彬. 合理利用长江岸线资源的思考[J]. 中国港口,2010(4):46-47

[4] 林卉,戴济平,李巍,等. 基于模糊支持向量机分类的土地利用时空演变研究[J]. 测绘通报,2012(5):17-19

[5] 陆晓燕,杨智翔,何秀凤. 2000—2009年江苏沿海海岸线变迁与滩涂围垦分析[J]. 地理空间信息,2012,10(5):57-59

[6] 常沁楠,孙浦韬. 基于国产高分卫星遥感数据的长江岸线土地利用变化研究[J]. 河南科技,2022,41(8):105-110

[7] 李贺颖,张建辰,郭建忠. 黄河流域湿地景观时空演变格局分析[J]. 测绘通报,2021(10):28-33

[8] 刘斌,白少云,余珮珩,等. 结合高分遥感和多源数据的高原湖泊流域土地利用分析[J]. 测绘通报,2019(12):77-82

[9] 刘继来,刘彦随,李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J]. 地理学报,2017,72(7):1 290-1 304

[10] 江曼琦,刘勇. “三生”空间内涵与空间范围的辨析[J]. 城市发展研究,2020,27(4):43-48

[11] 郝立丽,李凌寒,张滨,等. 基于马尔科夫转移矩阵的黑龙江省区域产业结构变化聚类分析[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2019, 51(4):131-136

[12] 张波,商豪. 应用随机过程[M]. 北京:中国人民大学出版社,2009:84-126

[13] 刘瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学,2010,32(8):1 544-1 550

[14] 陈丽. 银川市三区土地利用时空变化研究[J]. 地理空间信息,2022,20(2):79-83

[15] Schmidt M. The Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management Part II: Methodology and Current Applications[J]. Industrial Ecology,2008,12(2):173-185

[16] 周忠凯,赵继龙,林佳璐,等. 桑基图的可视化图式在建成环境领域的应用[J]. 山东建筑大学学报,2017,32(6):536-544

[17] 段学军,邹辉,王晓龙. 长江经济带岸线资源保护与科学利用[J]. 中国科学院院刊,2020,35(8):970-976