

赵芮,李耀辉,王玮.基于 GEE 的阿坝红原机场建设前后植被覆盖度时空变化分析[J].沙漠与绿洲气象,2024,18(2):139-146.

doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2024.02.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



基于 GEE 的阿坝红原机场建设前后植被覆盖度时空变化分析

赵 芮¹,李耀辉²,王 玮²

(1.中国民用航空飞行学院空中交通管理学院,四川 广汉 618300;

2.中国民用航空飞行学院航空气象学院,四川 广汉 618300)

摘 要:借助 Google Earth Engine 平台,以阿坝红原机场周边 15 km 缓冲区为研究区,选取 30 m 分辨率的 Landsat 系列卫星数据,采用像元二分模型对该区域 2004—2020 年 5—9 月的遥感影像进行反演,从整体和像元尺度对机场建设前后的植被覆盖度的空间格局、结构变化及趋势进行深入分析。结果表明:(1)机场通航后,其西北及东北方向的草地植被生长状况较好,且植被覆盖度随海拔增加呈下降趋势。(2)2004—2020 年,低植被度覆盖度和中低植被度覆盖度的面积分别减少 60.04%和 43.07%,中植被覆盖度、中高植被覆盖度和高植被覆盖度的面积分别增长 15.13%、50.11%和 61.22%。(3)研究区植被覆盖度显著改善面积远超显著退化面积,改善区主要集中于机场的西北、东北及正南方向,显著退化区主要位于机场的正北、西南及东南方向。

关键词:阿坝红原机场;植被覆盖度;像元二分模型;分布特征和趋势

中图分类号:P967

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2024)02-0139-08

植被在生态系统中扮演着关键角色,它通过水循环、土壤保持、气候调节等功能维持生态平衡与稳定。在高寒生态脆弱区,了解植被的组成、空间格局和变化趋势有助于预测生态系统的演变并应对环境变化。植被覆盖度(FVC,Fractional Vegetation Coverage)是指植物覆盖面积与特定区域土壤总面积的比值^[1],被认为是评估植被生态环境健康状况的重要指标,通过对其动态监测,可以深入了解该区域植被的变化情况,包括植被生长状况和分布等信息^[2]。郭永强等^[3]采用陆地卫星地表反射率数据分析

了多年黄土高原 FVC,认为人类活动是引起该地区 FVC 变化的主要因素;李晶等^[4]综合利用不同方法对黄河流域附近的 FVC 时空变化特征进行了定量研究,发现黄河流域 FVC 受高程、坡度和气温因子影响较为显著。此外,FVC 还对水资源的涵养和调节方面发挥着重要作用,同时对区域植被生态系统变化具有显著的指示性。

植被生态环境的时空变化是一个动态而缓慢的过程,及时了解和准确把握植被生态环境的演变规律,分析其发展趋势成为植被生态环境研究的关键目标^[5]。近年来,随着遥感技术和地理信息系统(GIS, Geographic Information System)的迅速发展,遥感技术以其时间序列的完整性和广阔的空间跨度等优势,与 GIS 技术的结合已广泛应用于植被生态环境的监测和动态评价领域^[6]。在区域 FVC 的遥感估算方法中,像元二分模型是目前应用最为普遍且简单的一种线性混合分解模型,由于其对遥感影像辐射校正的影响不敏感^[7],被广泛应用于 FVC 的反演研究。

收稿日期:2023-09-07;修回日期:2023-11-14

基金项目:四川省自然科学基金项目(2023NSFSC0249);中央高校基本科研业务费专项资金(2023-020);国家重点研发计划(2021YFB2601701)

作者简介:赵芮(1993—),女,硕士研究生,主要研究方向为高原机场生态环境时空变化。E-mail:592656624@qq.com

通信作者:李耀辉(1967—),男,教授,主要从事航空气象、灾害性天气气候和气候变化、数值模式等研究。E-mail:li-yaohui@163.com

随着我国经济的快速发展,出行需求的人次激增,预计建设和在建的高原机场数量将快速增长,且这些机场大多位于我国重要的水源涵养区和生态脆弱敏感地带。机场的建设与发展能够拉动当地经济发展,但必然也催生出一系列生态环境问题^[8-9]。其中红原机场作为改善民航交通基础设施的重要举措,在改善高原地区的交通条件、扩大对外开放、促进地方经济发展、维护社会稳定以及增进人民福祉等方面发挥了重要作用。然而,由于其位于青藏高原地区,这一地区是全国水源涵养和生物多样性保护的重点区域。因此,对其周边展开植被生态环境研究对科学布局规划、生态环境保护和机场建设工程具有深刻意义。

本文使用谷歌地球引擎(GEE, Google Earth Engine)平台,利用 30 m 分辨率的 Landsat 系列卫星数据获取了红原机场周边的植被信息,采用像元二分模型对 2004—2020 年的红原机场的 *FVC* 进行估算。通过监测和分析红原机场建设前后不同时期周边 *FVC* 的时空变化,旨在全面评估该地区的生态环境状况和演变趋势。这种评估为高原机场制定合适的生态环境保护和改善计划提供了基础数据,有助于增强生态系统的修复能力,并为高原机场的生态环境保护提供科学依据。此外,这项研究也为类似区域的机场等基础设施建设的生态环境保护提供有益的科学借鉴,为可持续发展提供实用的指导原则。

1 研究区与数据

1.1 研究区范围

机场植被生态环境的研究范围应该充分考虑生态完整性并满足生物多样性保护的要求,划设研究区范围有助于确定需要考虑的影响因素以及它们之间的相关关系。通过明确定义机场植被生态环境的研究范围,可以确保对机场周围的生态环境进行全面系统的分析,从而更好地了解评价范围内不同地区的环境特征和状况差异,为制定适当的环境保护措施提供依据。

根据中华人民共和国生态环境部颁布的《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)规定^[10],陆上机场项目的生态影响评价范围通常以占地面边界往外延伸 3~5 km 作为参考,具体范围可视情况考虑是否包括净空处理区域。需要注意的是,我国机场净空保护区的范围是以机场基准点(ARP, Airport reference point)为圆心,半径 55 km 的空间区域。

借助 ArcMap 对红原机场进行邻域分析生成 3~55 km 不同范围缓冲区,并上传 GEE 的 Assets 平台作为可视化感兴趣区域(ROI)。选取 2004—2020 年 MODIS Collection 6.1 产品作为实际观测数据源,其分辨率为 250 m,选择归一化植被指数(*NDVI*, Normalized Difference Vegetation Index)波段进行 *NDVI* 均值的时空变化趋势演变^[11],以了解植被的演变情况。

拟合度和平均绝对误差作为常用的评估指标,用于比较基于时间序列分析的 *NDVI* 时空变化趋势模型与卫星遥感实测数据之间的拟合质量和预测误差。高拟合度表明该模型可以准确拟合实际数据,低平均绝对误差则表示模型的预测值更接近实际数据且更可靠。因此,综合考虑选取拟合度最高且平均绝对误差最低的缓冲区范围作为最佳研究区(图 1)。经比较确定了以红原机场边界为中心向外延伸 15 km 的最佳研究范围,这个区域在模型拟合度最高且平均绝对误差最低的情况下,显示出了植被变化趋势的关键信息。

1.2 数据来源与预处理

对于卫星遥感资料,2004—2020 年属于长时间序列。为了提高空间分辨率,一个卫星系列的数据不够,需要将多个数据集整合,提取出需要的波段。由于 2003 年 Landsat7 ETM+ 机载扫描行校正器出现故障,影像的条带影响解译,因此选取 Landsat5、7、8 号部分年份 5—9 月植被生长时期范围内的数据进行 *FVC* 的计算(表 1)。

表 1 选取遥感数据集的概况

	发射时 间/年	退役时 间/年	设备	分辨率 /m	选取时间
Landsat5	1984	2013	TM	30	2004-01-01—2011-12-31
Landsat7	1999		ETM+	30	2012-01-01—2012-12-31
Landsat8	2013		OLI	30	2013-01-01—2020-12-31

以上三种遥感数据产品(<https://earthengine.google.com>),包括了来自美国地球观测卫星 5 号、7 号和 8 号的遥感影像数据,空间分辨率皆为 30 m。选取的数据集使用了 Landsat 5 号卫星上的 TM 传感器、Landsat 7 号卫星上的 ETM+ 传感器,以及 Landsat 8 号卫星 OLI 传感器所采集的一级表面反射率产品。由于数据集的产品级别为“C01”,即经过了大气校正、地表反射率校正等处理步骤,可以直接用于科学研究和应用。

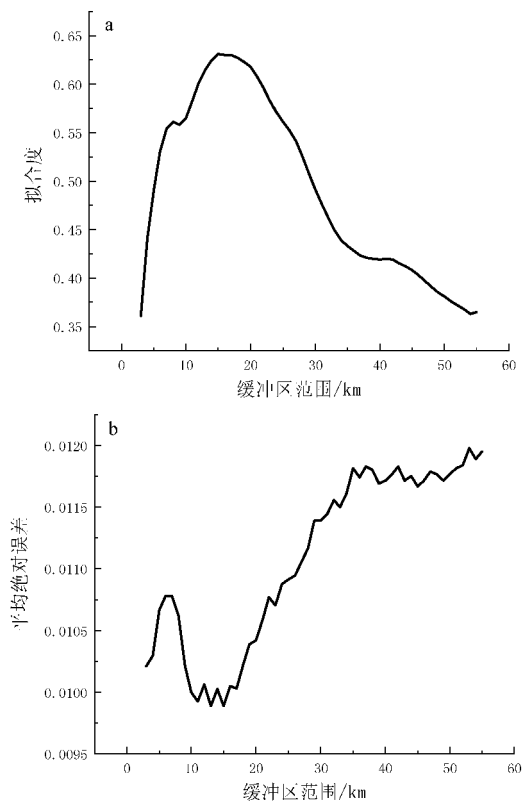


图 1 基于 MODIS 数据生成不同缓冲区 $NDVI$ 年均值拟合度(a)和平均绝对误差(b)

在 GEE 计算平台上,通过编写代码对 Landsat5 号、7 号和 8 号卫星影像进行一系列处理,包括云掩膜技术去除影像中的云和阴影,计算 $NDVI$ 评估植被状况,根据计算的 $NDVI$ 反演 FVC ,影像拼接和结果影像数据合集下载。

其他辅助分析数据包括中国科学院资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn>)提供的 2010 和 2020 年中国 1 km 空间分辨率的土地利用遥感监测数据^[12],经过裁剪得到研究区的土地利用类型图

(图2)。

1.3 研究区概况

阿坝红原机场(IATA 代码:AHJ,ICAO 代码:ZUHY)于 2012 年 7 月展开建设工作,2014 年 8 月正式投入运营。位于四川省阿坝藏族羌族自治州红原县,地理坐标为 32.5°N , 102.3°E ,海拔为 3 539.7 m,属高原机场,是中国西南地区的一个高寒生态脆弱区。红原机场边界往外延伸 15 km 的研究区域是以草地类型为主的土地覆盖。以红原机场的建设周期为分界点,红原机场建设前,草地面积占比 90.46%;建设后,草地面积占比 83.39%。此外,未利用土地相较于建设前有所增加,主要归因于降雨和气温等气候改变,从而导致沼泽地的扩展^[13-14]。同时,土地利用类型也发生了变化,新增两种类型:水域和其他建设用地,红原机场的建设是通过占用草地类型转化为其他建设用地。

2 研究方法

2.1 研究平台

GEE 是由谷歌开发的云平台,专门用于对地球观测数据进行分析 and 可视化。它提供了一个强大的编程接口和基于云的计算能力,使用户能够在全局范围内高效处理大规模遥感和地理空间数据集。GEE 整合了来自多个卫星、气象站和其他传感器的地球观测数据,其中包括高分辨率图像、气候数据、地形数据等。依托自身强大的计算能力和存储功能,使其在大规模的植被变化研究当中得到广泛的应用。在 FVC 研究中,特别是对 2004—2020 年红原机场建设前后周边 FVC 的研究,GEE 云平台具有明显的优势。相比传统的研究方法,GEE 在数据源获取、计算速度和分析方法上更具优势。平台提供了大量

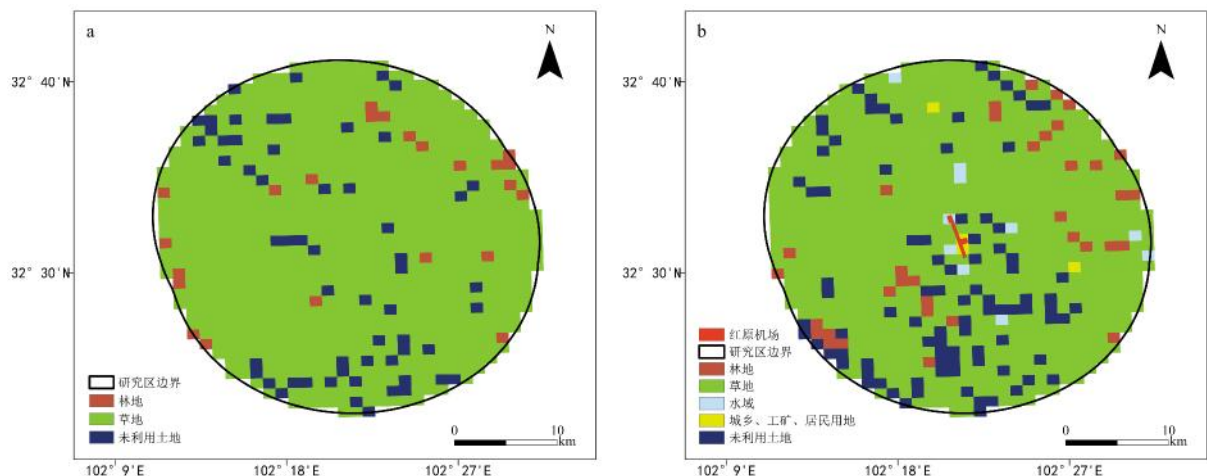


图 2 红原机场建设前(a)、后(b)土地利用类型变化

的遥感数据和功能强大的处理工具,使得 $NDVI$ 和 FVC 等计算过程能够高效、快速地完成。

ArcMap 是 ArcGis 软件中用于处理各类地理信息系统任务的重要应用程序之一。在使用 GEE 平台下载的影像数据后,可以通过 ArcMap 打开并执行各种专业任务,如栅格计算、掩膜提取、数据重分类和可视化等操作。在 ArcMap 中,可以根据地理位置信息,利用空间分析工具对研究区域进行提取和裁剪,以获取感兴趣的区域范围。同时,可以使用栅格计算工具对 $NDVI$ 等指标进行计算和衍生,了解 FVC 的等级分布情况。此外,ArcMap 的掩膜提取功能可用于去除影像中的云、阴影等干扰信息,从而提高数据质量。重分类和可视化功能可用于对 FVC 等级进行分类显示,使植被变化趋势更加直观。本文的研究区范围提取、 FVC 等级分布以及变化趋势分析等任务都在 ArcMap 中进行处理。

2.2 基本原理

2.2.1 $NDVI$

$NDVI$ 是一种常用于评估植被生长和活力的指数,利用遥感技术测量地表反射率的红外波段与可见光波段之间的比率。 $NDVI$ 的取值范围从 $-1 \sim +1$,负值表示非植被覆盖区域(如水、岩石等),正值则表示植被覆盖区域^[15]。

在 N_{DVI} 中,红外波段的反射率高于可见光波段的反射率,因为植被叶子吸收了可见光,并将红外辐射反射回来。因此, N_{DVI} 的计算公式可表达为:

$$N_{DVI} = \frac{N_{IR} - R_{ED}}{N_{IR} + R_{ED}} \quad (1)$$

式中: N_{IR} 代表近红外波段反射值, R_{ED} 代表可见红光反射值^[16]。

2.2.2 像元二分模型

像元二分模型作为一种简单实用的遥感估算模型,可以将影像数据划分为 2 个或多个不同的类别。当采用该模型对 N_{DVI} 遥感影像数据进行分类时,假设一个像元的信息仅分为土壤和植被两种类别,那么遥感传感器观测的光谱信息就由土壤和植被因子线性加权合成,各因子的权重则是各自所占像元的比重大小^[17]。

像元二分模型原理如下:

$$N_{DVI} = N_{DVIIV} + N_{DVIS} \quad (2)$$

式中: N_{DVI} 代表遥感传感器观测的信息, N_{DVIIV} 代表绿色植被信息, N_{DVIS} 代表裸土信息。

2.2.3 基于像元二分模型的 FVC

FVC 指在一定区域内,植物覆盖面积与该区域

土壤总面积的比值,通常采用植被指数近似估算 FVC 。

假设一个像元的 F_{VC} 为 F_{VC} ,则裸土覆盖度为 $1 - F_{VC}$ 。 N_{DVIIV} 代表全植被覆盖信息,则 N_{DVIIV} 表示混合像元的植被信息:

$$N_{DVIIV} = F_{VC} \cdot N_{DVIIV} \quad (3)$$

同理,假设 N_{DVIS} 代表全裸土覆盖信息,则 N_{DVIS} 表示混合像元的土壤信息:

$$N_{DVIS} = (1 - F_{VC}) \cdot N_{DVIS} \quad (4)$$

则:

$$N_{DVI} = F_{VC} \cdot N_{DVIIV} + (1 - F_{VC}) \cdot N_{DVIS} \quad (5)$$

因此 FVC 遥感反演方法为:

$$F_{VC} = \frac{(N_{DVI} - N_{DVIS})}{(N_{DVIIV} - N_{DVIS})} \quad (6)$$

在像元二分模型中, N_{DVIS} 和 N_{DVIIV} 的取值通常依赖于对 N_{DVI} 数据的统计分析。在无实测数据的情况下^[18],可以采用置信区间的方法提取 N_{DVI} 的最大值和最小值,分别代表本文的 N_{DVIS} 和 N_{DVIIV} 。具体做法是在置信度区间内选取累积频率为 5% 的 N_{DVI} 作为 N_{DVIS} ,累积频率为 95% 的 N_{DVI} 值作为 N_{DVIIV} ^[19]。根据经验估算,将累计频率在 5% 以下和 95% 以上的 FVC 值分别赋值为 0、1,得到最终的 FVC_{max} 和 FVC_{min} 。

在 GEE 平台上,结合 Landsat 卫星遥感数据和像元二分模型,反演生成红原机场周边 15 km 研究区 2004—2020 年 5—9 月长时序的 FVC 影像。鉴于遥感数据在生长周期内存在质量问题和缺失数据等情况,为确保分析结果准确可靠,通过目视解译筛选出 2004、2009、2016 和 2020 年的 FVC 影像作为分析的基础,这些影像能够较准确地反映研究区的 FVC 情况。

红原机场的建设周期为 2012—2014 年,因此选取 2004 和 2009 年的 FVC 影像计算均值,生成代表红原机场建设前的 FVC 影像。同样地,选取 2016 和 2020 年的 FVC 影像均值生成红原机场建成后的 FVC 影像。所有影像都根据研究区矢量范围进行水体掩膜处理,提取出研究区的 FVC 影像。这些影像为后续的植被变化分析和环境评估提供重要的基础数据。

根据国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会于 2023 年颁布的《生态系统评估 生态系统格局与质量评价方法》^[20],将研究区的 FVC 划分为 5 个等级(表 2)。

利用 ArcMap 对不同时期的 FVC 影像进行重分类,并生成分级可视化图,有助于更清晰地理解和比

等级	<i>FVC</i>	类型
1	$FVC<25\%$	低植被覆盖
2	$25\%\leq FVC<50\%$	中低植被覆盖
3	$50\%\leq FVC<70\%$	中植被覆盖
4	$70\%\leq FVC<85\%$	中高植被覆盖
5	$FVC\geq 85\%$	高植被覆盖

较 *FVC* 的变化趋势。

2.3 变化趋势分析

采用最小二乘法，将年份作为自变量，*FVC* 作为因变量，拟合观测值与回归线的预测值，以最小化其差异平方，从而找到最佳拟合直线，进一步获得研究区 *FVC* 的斜率 (Slope)。通过该斜率，可以定量地表征 *FVC* 随时间变化的趋势^[21]，公式为：

$$S_{\text{slope}} = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times F_{V_{Gi}} - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n F_{V_{Gi}}}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - \left(\sum_{i=1}^n i \right)^2} \quad (7)$$

式中：*S*_{slope} 表示 *F*_{V_G} 变化斜率，*n* 表示年份，*F*_{V_G} 表示第 *i* 年的 *F*_{V_G}。

根据 *FVC* 的演变趋势，本文将 *FVC* 的变化划分为 5 个类别^[22](表 3)。

等级	<i>S</i> _{slope}	意义
显著退化	$S_{\text{slope}}<-0.015$	<i>FVC</i> 明显减少，暗示着植被严重退化或受到严重破坏。
轻微退化	$-0.015\leq S_{\text{slope}}<-0.005$	<i>FVC</i> 轻微减少，表示植被可能有所退化或受到一定程度的影响。
无显著趋势	$-0.005\leq S_{\text{slope}}<0.005$	<i>FVC</i> 变化较小，表明 <i>FVC</i> 基本保持稳定。
轻微改善	$0.005\leq S_{\text{slope}}\leq 0.015$	<i>FVC</i> 轻微增加，暗示着植物生长有所改善或恢复较缓慢。
显著改善	$S_{\text{slope}}>0.015$	<i>FVC</i> 明显增加，表示植物生长良好或恢复迅速。

3 结果与分析

3.1 *FVC* 空间格局变化

通过 *FVC* 分布可视化图(图 3)结合 *FVC* 面积占比图(图 4)，对红原机场建设前和建设后 2 个不同时期的研究区 *FVC* 的空间分布变化趋势进行直观对比分析。

在机场建设之前，研究区的低植被覆盖度和中低植被覆盖度主要分布于机场的西北方向及正南方向，面积占比约为 34%，该时期大部分 *FVC* 等级较

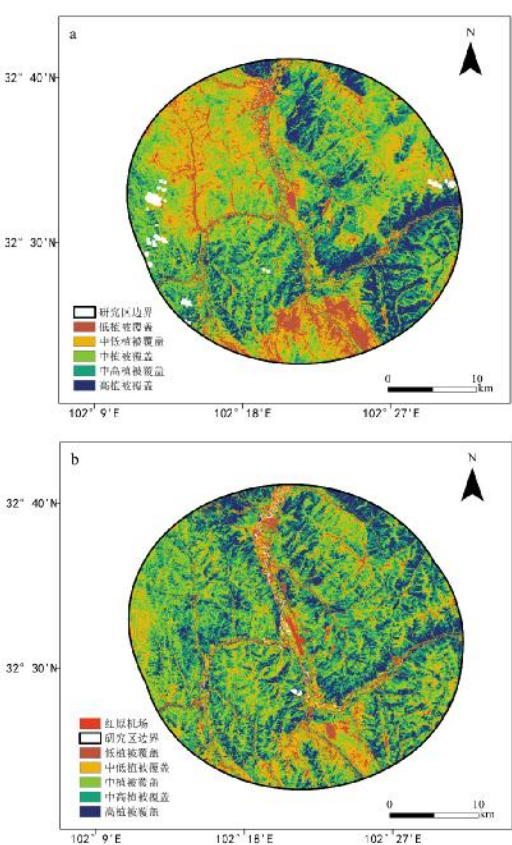


图 3 红原机场建设前后周边 15 km *FVC* 分布

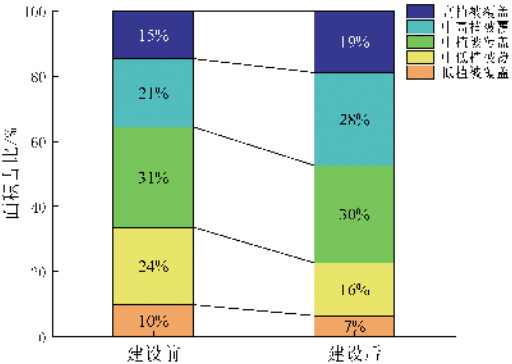


图 4 红原机场建设前、后 *FVC* 面积占比

低，草地植被较为稀疏。机场建成后，研究区低植被覆盖度和中低植被覆盖度面积仅占总面积的 23%，草地植被长势明显好于机场建设前，且主要位于机场的正南方向，机场西北方向的植被覆盖度明显得到改善。

与土地利用类型图(图 2)进行对比分析，发现研究区主要是以草地为主，并按照草地类型二级分类，中低植被覆盖及以下的草地一般水分不足，草被较为稀疏，中植被覆盖及以上的草地一般水分条件较好，草被生长茂密^[23]。综合来看，研究区西北及东北方向的草地植被生长势头较好，且具有涵养水源

以及形成草原湿地的巨大潜质。

研究区海拔分布在3 500~4 186 m,红原机场位于海拔3 539.7 m的位置,处于研究区地势较为平坦且较低的区域。红原机场作为高原机场之一的运输机场,为深入分析地形因素对机场研究区的FVC分布的影响,提取研究区的高程数据,并使用ArcMap中的叠加分析工具进行标识组合,最终利用Summary Statistics功能对数据进行统计分析。数据统计显示:3 500~3 600、3 600~3 700、3 700~3 800、3 800~3 900、3 900~4 000、4 000~4 100、>4 100等7个高程等级的平均FVC分别为43.45%、30.28%、15.78%、7.25%、2.55%、0.61%和0.09%;值得注意的是,在3 500~3 600和4 000~4 100 m高程等级中,中植被覆盖度占比最高,分别为30.4%和32.12%;而在3 600~3 700、3 700~3 800、3 800~3 900和3 900~4 000 m高程等级中,中高植被覆盖度占比最高,分别为30.68%、33.98%、35.09%和31.48%;高于4 100 m的高程等级中,中低植被覆盖度占比最高,为33.08%。在研究区范围内,随着海拔的增加,FVC呈现下降的趋势。即使在高海拔地区,植被长势依然相当可观,表明该区域的植被类型具有较强的生长能力。

3.2 FVC等级结构变化

分析红原机场建设前后研究区FVC的变化趋势,可以发现总体呈现向好的趋势。各FVC等级的面积比例都发生了一定的变化(图4),具体表现为:(1)低植被覆盖度和中低植被覆盖度面积总占比在机场建成后减少11%。(2)中植被覆盖度面积占比保持稳定趋势。(3)中高植被覆盖度和高植被覆盖度面积占比相比机场建设前都有增加,分别为7%和5%。

由表4可知,与2004年相比,2020年研究区的低植被覆盖度和中低植被覆盖度的面积分别减少了60.04%和43.07%。中植被覆盖度、中高植被覆盖度和高植被覆盖度的面积分别增长了15.13%、50.11%和61.22%。中高植被覆盖度和高植被覆盖度的面积比

例显著增加,低植被和中低植被覆盖的植被在17 a间逐渐生长成为较高一级的FVC,反映出研究区的整体植被状况逐渐改善。

3.3 FVC年度变化趋势

2004—2020年,红原机场研究区FVC呈现不同趋势(表5),显著退化趋势的面积约297.41 km²,占研究区总面积的29.78%;FVC呈轻微退化趋势的面积约62.94 km²,占研究区总面积的6.3%;FVC无显著变化的面积约77.45 km²,占研究区总面积的7.76%;FVC呈现轻微改善的面积约55.98 km²,占研究区总面积的5.61%;FVC呈显著改善趋势的面积约504.86 km²,占研究区总面积的50.55%。

表5 红原机场研究区FVC年度变化趋势

	S_{slope}	面积/km ²	比例/%
显著退化	$S_{\text{slope}} < -0.015$	297.41	29.78
轻微退化	$-0.015 \leq S_{\text{slope}} < -0.005$	62.94	6.30
无显著退化	$-0.005 \leq S_{\text{slope}} < 0.005$	77.45	7.76
轻微改善	$0.005 \leq S_{\text{slope}} \leq 0.015$	55.98	5.61
显著改善	$S_{\text{slope}} > 0.015$	504.86	50.55

分析结果表明,研究区FVC显著改善的趋势远远超过显著退化的趋势,显著改善的区域主要分布于研究区的西北、东北及正南方向(图5)。这一积极的趋势可以归因于人为和气候因素的共同影响。首先,这一趋势主要受益于《四川省生态保护红线划定方案》的实施以及川西高原生态脆弱区综合治理项目的有效推进^[24],这些政策和项目的实施对于改善研究区的植被生态状况产生了积极影响。其次,研究区位于高原东部,有充沛的水源供应,同时,在净太阳辐射增强的作用下,提高气温的同时也促进了植被的光合作用^[25-26]。因此,多种因素的综合作用下,研究区的FVC呈现出良好的发展趋势。

表4 研究区FVC变化趋势

FVC 等级	FVC 范围	建设前				建设后				2004— 2020 年 变化/km ²	变化率 /%
		2004 年		2009 年		2016 年		2020 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/%		
低植被	$FVC<25\%$	209.37	20.67	106.03	10.55	114.28	11.28	83.67	8.29	-125.70	-60.04
中低植被	$25\%\leq FVC<50\%$	236.14	23.31	146.81	14.61	162.37	16.03	134.42	13.32	-101.71	-43.07
中植被	$50\%\leq FVC<70\%$	225.25	22.24	254.33	25.32	262.45	25.90	259.32	25.69	34.07	15.13
中高植被	$70\%\leq FVC<85\%$	178.62	17.63	250.61	24.95	246.53	24.33	268.12	26.57	89.50	50.11
高植被	$FVC\geq 85\%$	163.57	16.15	246.82	24.57	227.52	22.46	263.71	26.13	100.14	61.22

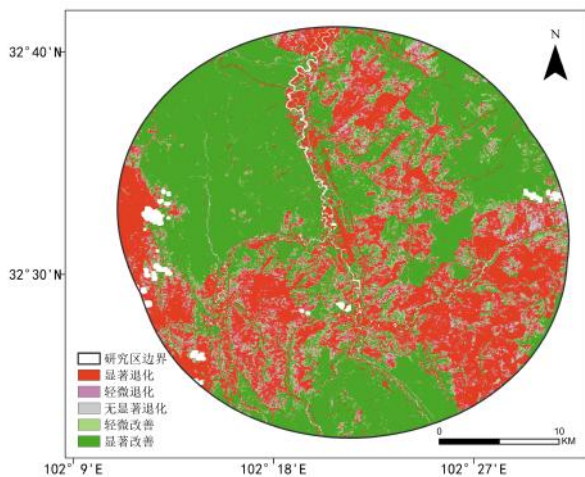


图5 2004—2020年红原机场周边15 km研究区FVC变化趋势

4 结论

(1) 通过对红原机场建设前后周边15 km范围的研究区进行深入观察,特别是在西北和东北方向,草地植被生长状况较好,同时具备涵养水源以及形成草原湿地的潜力。尽管随着海拔的增加,FVC呈下降趋势,但整体植被生长状况仍然相对良好。

(2) 近17年来,研究区FVC总体呈现向好趋势,不同FVC等级的面积比例发生了一定的变化。相较于2004年,2020年低植被覆盖度和中低植被覆盖度的面积分别减少了60.04%和43.07%;中植被覆盖度、中高植被覆盖度和高植被覆盖度的面积分别增长了15.13%、50.11%和61.22%。

(3) 研究区FVC显著改善的趋势远远超过显著退化的趋势。显著改善的区域主要集中在机场的西北、东北及正南方向,显著退化主要位于机场的正北、西南及东南方向。由于研究区位于高寒生态脆弱区,其生态环境稳定性较差,各种自然因素和人为因素的干扰,可能会影响FVC的稳定状态。因此,对于存在显著退化的区域需要进一步加强监测。

(4) 利用GEE平台快速、大批量获取和下载遥感影像数据,为进一步开展研究区其他生态因子的研究提供了强有力的技术支持。

综上所述,红原机场建设前后FVC时空变化情况表明,研究区的植被状况整体上呈现积极向好的发展趋势,说明高原地区通过运输机场建设促进地方社会经济发展的同时,植被生态环境也相应得到了一定程度的改善,产生了正向效应。

参考文献:

[1] 李春娥.阿尔泰生态功能区植被的周期性变化及影响因

素分析[J].测绘与空间地理信息,2022,45(1):95-99+107.

- [2] 易雪,杨森,刘鸣彦,等.辽宁省植被覆盖度时空变化特征及其对气候变化的响应[J].干旱气象,2021,39(2):252-261.
- [3] 郭永强,王乃江,褚晓升等.基于Google Earth Engine分析黄土高原植被覆盖变化及原因[J].中国环境科学,2019,39(11):4804-4811.
- [4] 李晶,闫星光,闫萧萧等.基于GEE云平台的黄河流域植被覆盖度时空变化特征[J].煤炭学报,2021,46(5):1439-1450.
- [5] 向明顺.地震重灾区生态环境遥感动态监测与评价研究[D].成都:成都理工大学,2018.
- [6] 吴宜进,赵行双,奚悦,等.基于MODIS的2006—2016年西藏生态质量综合评价及其时空变化[J].地理学报,2019,74(7):1438-1449.
- [7] 冯李,胡文英,李应鑫,等.Google Earth Engine在四川省多年植被覆盖度动态监测中的应用[J].林业资源管理,2019(4):124-131.
- [8] 王坤.高原机场的选址条件浅析[J].民航学报,2022,6(4):22-24+64.
- [9] 高昊潼.民用飞机高原机场运行研究[J].民用飞机设计与研究,2017(4):113-116.
- [10] 生态环境部.环境影响评价技术导则 生态影响:HJ19-2022[S].北京:生态环境部,2022.
- [11] 李珍,王永波,牟乃夏,等.1998—2019年青岛市植被覆盖度规律及对气候变化的响应[J].湖南师范大学自然科学学报,2022,45(1):101-109.
- [12] 徐新良,刘纪远,张树文,等.中国多时期土地利用遥感监测数据集(CNLUCC)[EB/OL].资源环境科学数据注册与出版系统(<http://www.resdc.cn/DOI>),2018.
- [13] 毛宇昕,戎战磊,蒋刚.2000—2020年青藏高原土地利用时空动态变化研究[J].青海科技,2023,30(3):31-43.
- [14] 程江浩,毛斯楠,张燕杰.1980—2020年青藏高原土地利用变化强度及稳定性分析[J].高原科学研究,2023,7(1):47-57.
- [15] 陈亭松.基于SPOT6遥感影像的针叶林蓄积量估测[D].雅安:四川农业大学,2021.
- [16] 陈震.土地生态质量遥感评价模型与方法研究[D].武汉:中国地质大学(北京),2021.
- [17] 滑永春,李增元,高志海.2001年以来甘肃民勤植被覆盖变化分析[J].干旱区研究,2017,34(2):337-343.
- [18] 赵行双.基于GIS和RS的西藏地区生态环境评价[D].武汉:华中师范大学,2019.
- [19] 文星,段翰晨,廖杰,等.石羊河流域植被指数时空变化及荒漠化遥感监测[J].吉林大学学报(地球科学版),2012,42(S1):415-422.
- [20] 全国环境管理标准化技术委员会.生态系统评估 生态系统格局与质量评价方法[S].北京:中国标准出版社,

- 2003.
- [21] 宋怡,马明国.基于 GIMMS AVHRR NDVI数据的中国寒旱区植被动态及其与气候因子的关系[J].遥感学报, 2008(3):499-505.
- [22] 裴杰,牛铮,王力,等.基于 Google Earth Engine 云平台的植被覆盖度变化长时间序列遥感监测[J].中国岩溶, 2018,37(4):608-616.
- [23] 彭守璋,赵传燕,别强.基于遥感的祖厉河流域土地分类及其分布空间分析[J].遥感技术与应用,2010,25(3):366-372.
- [24] 刘雅雅,黄中杰,任茜,等.四川省生态保护红线评估调整实践与思考[J].中国水土保持,2023(3):59-62.
- [25] 陈俊翰,卢琦,刘雨晴等.青藏高原冻融荒漠化退化区分布及影响因素[J].水土保持研究,2023,30(3):103-110+120.
- [26] LI L,ZHANG Y,LIU L,et al.Spatiotemporal patterns of vegetation greenness change and associated climatic and anthropogenic drivers on the Tibetan Plateau during 2000-2015[J].Remote Sensing,2018,10(10):1525.

Spatial and Temporal Variation in Fractional Vegetation Cover Before and After the Construction of Aba Hongyuan Airport Based on GEE

ZHAO Rui¹, LI Yaohui², WANG Wei²

(1.Civil Aviation Flight University of China, College of Air Traffic Management, Guanghan, 618300, China;
2.Civil Aviation Flight University of China, College of Aviation Meteorology, Guanghan 618300, China)

Abstract With the help of Google Earth Engine platform, the 15 km buffer zone around Aba Hongyuan Airport was taken as the research area, and the Landsat series satellite data with a resolution of 30 m were selected, pixel binary model was used to invert the remote sensing images of the region from May to September during 2004-2020. The spatial pattern, structural changes and trends of fractional vegetation coverage before and after airport construction were analyzed from the overall and pixel scales. The results showed that : (1) After the opening of the airport, the grassland vegetation in the northwest and northeast directions grew well, and fractional vegetation coverage decreased with the increase of altitude. (2) During the period from 2004 to 2020, the area of low fractional vegetation coverage and medium-low fractional vegetation coverage decreased by 60.04% and 43.07%, respectively, while the area of medium fractional vegetation coverage, medium-high fractional vegetation coverage and high fractional vegetation coverage increased by 15.13%, 50.11% and 61.22%, respectively. (3) The significantly improved area of fractional vegetation cover in the study area far exceeded the significantly degraded area, with the improved area mainly concentrated in the north-west, north-east and south direction of the airport, and the significantly degraded area mainly located in the due north, south-west and south-east directions of the airport.

Key words Aba Hongyuan airport; fractional vegetation coverage; pixel binary model; distribution feature and trends