

## پایش تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی و ارتباط آن با متغیرهای اقلیمی (مطالعه موردی: استان فارس)

- ❖ بهناز آصف جاه؛ دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران
- ❖ یحیی اسماعیل پور\*؛ استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران
- ❖ ام‌البنین بذرافشان؛ دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران
- ❖ حسین زمانی؛ استادیار گروه آمار، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران

### چکیده

در دهه گذشته شاهد انقلابی بزرگ در پایش پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بودیم که در نتیجه آن شاخص‌های کمی پوشش گیاهی با پردازش‌گر حرفه‌ای در یک محیط توسعه تعاملی مبتنی بر وب در دسترس کاربران قرار گرفت. در این مطالعه با استفاده از تولیدات MOD13Q1 سنجنده مودیس به روند تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های NDVI و EVI استان فارس در بازه زمانی ۱۶ روزه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در سامانه گوگل‌ارث‌انجین کدنویسی و مورد پردازش قرار گرفت. سپس شیب تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی با استفاده از رگرسیون خطی در این سامانه محاسبه گردید و در نهایت به بررسی ارتباط عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی منطقه به صورت پیکسلی پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان داد پوشش گیاهی کلی در منطقه طی ۲۰ سال اخیر افزایش داشته زیرا نزدیک به ۶۴٪ پیکسل از کل منطقه روند افزایشی را نشان می‌دهد. به طوری که میانگین NDVI و EVI به ترتیب از ۰/۱۳ و ۰/۹۸ (۲۰۰۰) به ۰/۱۱۸ و ۰/۱۲۸ (۲۰۲۰) افزایش یافت که از نظر مکانی بیشتر در مناطق شمالی و جنوبی استان قابل مشاهده است. نتایج ضریب همبستگی NDVI و عوامل اقلیمی متفاوت از EVI بود، اما به طور کلی پاسخ NDVI به عوامل آب و هوایی سازگار با EVI بود. در مقایسه با هر دو شاخص پوشش گیاهی به نظر می‌رسد NDVI با بارش و دما نسبتاً بهتر از EVI همبستگی دارد. با این حال، پاسخ EVI به میانگین تبخیر تعرق پتانسیل بهتر از NDVI بود. به طور کلی، در سطح استان، دما عامل محرک غالب برای رشد پوشش گیاهی و پس از آن بارش بود.

کلید واژگان: سنجنده MODIS، شاخص گیاهی، EVI، NDVI

## ۱. مقدمه

امروزه رشد روزافزون جمعیت، بهره‌برداری غیراصولی و تغییرات کاربری اراضی به همراه تغییرات اقلیمی سبب تخریب اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک گردیده به طوری که این تخریب‌ها اولین نشان‌های خود را با تغییرات پوشش گیاهی نشان می‌دهند. نقشه‌های پوشش گیاهی یکی از ارکان‌های مهم در تولید اطلاعات جهت برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد بخش‌های منابع طبیعی، کشاورزی و محیط‌زیست می‌باشند که بایستی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دائماً این تغییرات را لحاظ کمی و کیفی بوسیله شاخص‌های پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گیرند [۱۹]. فناوری سنجش از دور، با پوشش سریع و وسیع خود، روشی جدید و راحت برای پایش اکوسیستم‌های زمینی ارائه می‌کند و به طور گسترده در زمینه‌هایی مانند مدیریت رشد پوشش گیاهی و نظارت بر تغییر پوشش زمین استفاده می‌شود. استفاده از داده‌های سنجش از دور برای ایجاد شاخص‌های پوشش گیاهی حساس به رشد، آن را به روشی اصلی برای پایش و ارزیابی پوشش گیاهی منطقه‌ای تبدیل کرده است [۱۷]. در میان شاخص‌های متنوع و متعدد پوشش گیاهی شاخص  $NDVI^1$  و  $EVI^2$ ، هر دو از شاخص‌های پوشش گیاهی جهانی هستند که برای آماده نمودن دائمی اطلاعات مکانی و زمانی پوشش گیاهی به کار گرفته می‌شوند [۲۳، ۲۶]. این دو شاخص غالباً بر اساس شواهد تجربی محاسبه می‌شوند. فرضیه اصلی در محاسبه این شاخص‌ها این می‌باشد که از ترکیب داده‌های سنجش از دور در باندهای مختلف می‌توان اطلاعات مفیدی را درباره پوشش گیاهی یک منطقه بدست آورد [۲۷]. محاسبات شاخص  $NDVI$  بر این اصل استوار است که گیاهان سبز فعال در حال رشد به شدت بخش طیف الکترومغناطیسی مرئی را جذب کرده [۲۰] و بخش مادون قرمز نزدیک را منعکس می‌کنند. شاخص  $EVI$  گسترده‌تر

و پویاتر است و امکان ثبت تغییرات را بیشتر از  $NDVI$  فراهم می‌کند زیرا تأثیر آتروسل‌ها را اصلاح می‌کند و به همین دلیل بهبود عملکرد، در بسیاری از مناطق جهان  $EVI$  به عنوان یک نشانگر پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۷]. همچنین  $EVI$  حساسیت و پاسخ‌گویی بیشتری به متغیرهای ساختاری همچون شاخص سطح برگ [۸، ۲۹، ۱۲، ۱۸] نوع و هندسه شکل تاج پوشش دارد. سری زمانی داده‌های  $NDVI$  سنجنده  $MODIS$  به طور موفقیت‌آمیزی برای اندازه‌گیری فعالیت‌های گیاهی و اندازه‌گیری پویایی پوشش گیاهی به کار گرفته شده است [۱۳، ۱۲، ۲]. شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی ( $NDVI$ )، به عنوان شاخصی که سبزی پوشش گیاهی را نشان می‌دهد، می‌تواند به صورت بصری وضعیت رشد پوشش گیاهی و تراکم توزیع را منعکس کند و یک شاخص مهم برای نظارت بر تحقيقات تغییر پوشش گیاهی و پاسخ اقلیمی است [۱۴]. استفاده از سری‌های زمانی  $NDVI$  برای پایش رشد پوشش گیاهی یکی از راه‌های اصلی ارزیابی اکوسیستم‌های گیاهی در مناطق بزرگ تبدیل شده است [۱۵]. یکی از تأثیرگذارترین عوامل غیرزنده بر توزیع فضایی و رفتار پوشش گیاهی هر منطقه آب و هوا می‌باشد. توزیع فضایی پوشش گیاهی مختلف، ارتباط زیادی با شرایط اقلیمی دارد [۵]. پویایی پوشش گیاهی و پاسخ آنها به تغییرات آب و هوایی برای تعیین مکانیسم تغییرات ناشی از آب و هوا در اکوسیستم‌های زمینی حیاتی است [۳۶]. ساختار پوشش گیاهی هر منطقه پاسخی طبیعی و سازگار یافته به شرایط اکولوژیکی و اقلیم شناختی غالب آن منطقه می‌باشد. تغییر محرک‌های اقلیمی می‌توانند بر پاسخ‌های درازمدت و کوتاه‌مدت پوشش گیاهی منطقه موثر باشند [۷]. در سال‌های اخیر، فعل و انفعالات پوشش گیاهی و آب و هوا به دلیل تغییرات سریع آب و هوایی در سطح جهان توجه زیادی را به خود جلب کرده است و استفاده از

<sup>1</sup> Normalized difference vegetation index

<sup>2</sup> Enhanced vegetation index

نیازمند اخذ و پردازش داده‌های زیادی است که این حجم از داده می‌تواند زمان تجزیه و تحلیل و پردازشها را بالا ببرد. بنابراین در دسترس بودن منبعی که بتواند این حجم از پردازشها را کاهش دهد بسیار مهم است. در دهه گذشته شاهد انقلابی بزرگ در پایش پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بودیم که در نتیجه آن شاخص‌های پوشش گیاهی MODIS بدون پرداخت هزینه [۳۵] با یک پردازش گر حرفه‌ای در دسترس کاربران قرار گرفت. در سال ۲۰۱۰، گوگل با راه‌اندازی سامانه گوگل ارث انجین<sup>۲</sup> (GEE) که در واقع یک پلتفرم مبتنی بر فضای ابری می‌باشد دسترسی به منابع محاسباتی با کارایی بالا برای پردازش مجموعه داده‌های بسیار بزرگ مکانی را آسان نمود [۳]. در این سامانه کاربران می‌توانند از طریق برنامه‌نویسی بر بستر اینترنت (API) و یک محیط توسعه تعاملی مبتنی بر وب به سامانه GEE دسترسی داشته باشند [۱۱]. گوگل ارث انجین با داشتن قابلیت‌های شگفت‌انگیز برای استفاده از این پلتفرم، فرصت‌های را برای پردازش و تفسیر داده‌های حجیم فراهم کرده و در زمینه‌های بسیار متعددی مورد توجه قرار گرفته است [۴]. در سال‌های اخیر با روی کار آمدن این سامانه محققان، برای تحقیقات سنجش از دور، مدیریت بلایای طبیعی، پیش‌بینی شیوع بیماری و موضوعات متعدد دیگر از آن بهره گرفته‌اند. کوماری و همکاران در سال ۲۰۲۱ با استفاده از گوگل ارث انجین به تحلیل فضایی و زمانی بلندمدت شاخص پوشش گیاهی NDVI و EVI در منطقه هیمالیا پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که، هر دو شاخص NDVI و EVI روند افزایشی در سبزشدن پوشش گیاهی در طول دوره داشتند، که مقادیر NDVI به طور مداوم بالاتر از EVI بود [۲۱]. لیو و همکاران ۲۰۲۱، با پشتیبانی از پلت فرم گوگل ارث انجین با استفاده از تجزیه و تحلیل روند و همبستگی

شاخص‌های بهره‌وری پوشش گیاهی مبتنی بر سنجش از دور، درک بهتری از مدل‌سازی پوشش گیاهی، مدیریت منابع آب و ارزیابی هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی ارائه کرده است [۱۷]. نظر به اهمیت تأثیر اقلیم بر پوشش گیاهی مطالعات بسیاری برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با محیط اطراف در مقیاس زمانی و مکانی متفاوت انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. نتایج تحقیقات جیانگ<sup>۱</sup> و همکاران [۱۵] در سال ۲۰۱۵، در پایش تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی حوضه آبریز رودخانه زرد چین نشان داد که متوسط شاخص NDVI کل حوضه در محدوده ۰/۳ تا ۰/۴ از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ نوسان داشته است. یانگ و همکاران [۳۳] در سال ۲۰۲۱، به بررسی تغییرات زمانی مکانی پوشش گیاهی و رطوبت سطح خاک در فصل رشد در در سین کیانگ کشور چین پرداختند. نتایج حاصل از مقایسه همبستگی بین (NDVI) و متغیرهای بارش و دما نشان داد که پاسخ‌های مختلف پوشش گیاهی به بارش مربوط به الگوی تدریجی کاهش بارندگی در منطقه است و پوشش گیاهی نسبت به میزان بارندگی در صحراها حساس‌تر و نسبت به دما در مناطق کوهستانی حساس‌تر است. لی و همکاران [۲۰] با استفاده از NDVI و EVI تصاویر (MODIS) برای تخمین پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی نشان دند که MODIS-NDVI با داده‌های میدانی موجود همبستگی بیشتری دارد. بهرنگ منش [۶] در بررسی تغییرات پوشش گیاهی استان فارس نشان دادند که در ماه می نواحی شمالی و جنوبی استان فارس دارای بالاترین ارزش عددی می‌باشند آنها سعی داشتند تا مناطق آسیب پذیرتر استان فارس را با داده‌های ماهواره MODIS مورد پایش قرار دهند تا حفظ، احیا و بهره‌برداری پوشش گیاهی را مدیریت کنند. مطالعات مربوط به پایش تغییرات زمانی و مکانی

<sup>1</sup> Jiang

<sup>2</sup> Google Earth Engine

<sup>3</sup> application programming interface

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

### ۲.۱. منطقه مورد مطالعه

استان پهناور فارس به مساحت ۱۲۳ هزار کیلومترمربع که ۷/۴ درصد از وسعت کشور را به خود اختصاص داده، در مختصات جغرافیایی  $27^{\circ}$  و  $30'$  تا  $31^{\circ}$  و  $42'$  عرض شمالی و  $50^{\circ}$  و  $30'$  و  $55^{\circ}$  و  $36'$  طول شرقی قرار دارد. متوسط دما در سردترین ماه سال ۷- تا ۲- درجه سانتی‌گراد و در گرم‌ترین ماه سال بین ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد در نوسان است. استان فارس دارای سه ناحیه آب و هوایی گوناگون است. ناحیه کوهستانی شمال، شمال غربی و غرب دارای زمستان‌های سرد معتدل و دارای پوشش گیاهی قابل توجهی است. میزان بارندگی این منطقه ۴۰۰-۶۰۰ میلی‌متر در سال است. ناحیه مرکزی در زمستان‌ها آب‌وهوای معتدل همراه با بارندگی و در تابستان‌ها هوایی گرم و خشک دارد که میزان بارندگی این ناحیه بین ۲۰۰-۴۰۰ میلی‌متر در سال است. هوای ناحیه جنوب و جنوب‌شرقی در زمستان، معتدل و در تابستان بسیار گرم، و بارندگی این ناحیه ۱۰۰-۲۰۰ میلی‌متر در سال است [۶]. حدود ۱/۸۴ میلیون هکتار، یعنی تقریباً ۱۵ درصد مساحت استان را بیابان و مناطق درحال بیابان شدن در برمی‌گیرد [۱]. شکل شماره ۱ نقشه ارتفاعی و موقعیت استان فارس را در کشور ایران نشان می‌دهد.

### ۲.۲. پایگاه داده‌ها

#### ۲.۲.۱. داده‌های سنجش از دوری

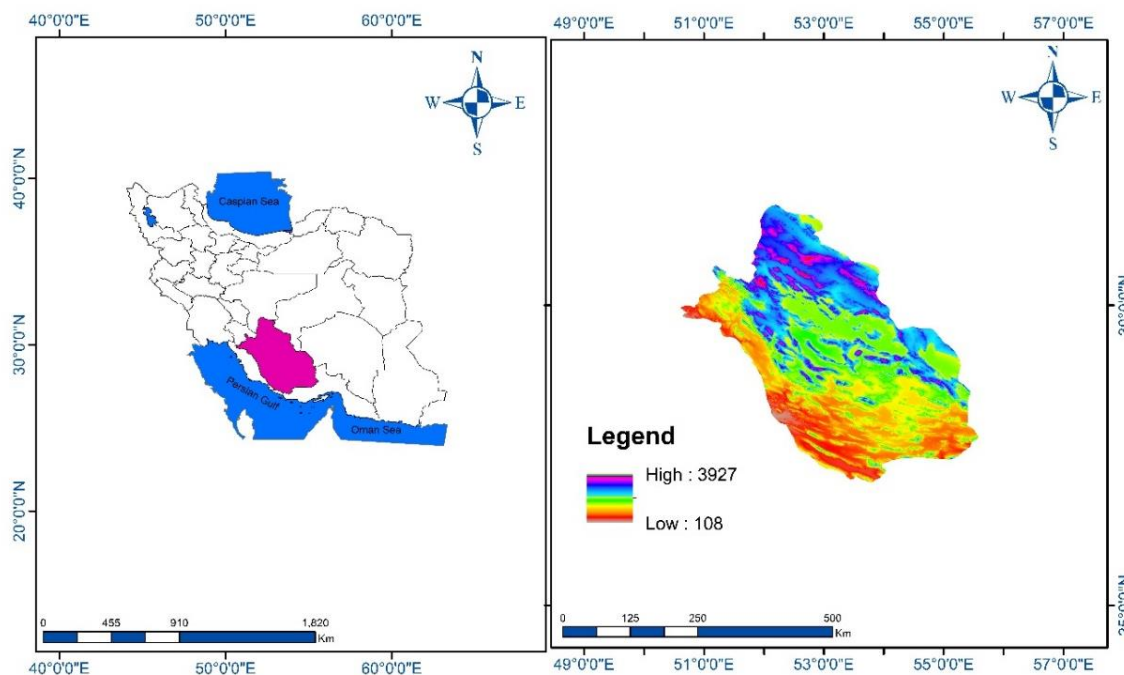
در این مطالعه از تولیدات MOD13Q1 سنجنده مودیس، سازمان ملی هوانوردی و فضایی (NASA) مقادیر NDVI و EVI در بازه زمانی ۱۶ روزه و وضوح مکانی ۲۵۰ متر در سامانه گوگل ارث انجین ([https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS\\_006\\_MOD13Q1](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_006_MOD13Q1)) برای بازه زمانی ۲۰ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۰) مورد استفاده

فضایی، به بررسی تغییرات پوشش گیاهی فضایی و زمانی را در شمال‌شرقی فلات تبت پرداختند [۲۱]. نتایج پژوهش آنها نشان داد تغییرات پوشش گیاهی در منطقه دارای یک روند افزایشی پایدار بوده و میانگین سالانه دما، نوع خاک و ارتفاع از عوامل غالب بر تغییرات NDVI در منطقه بوده است، و همچنین ژیلنگ و همکاران ۲۰۲۲ تغییرات مکانی و زمانی و روندهای آینده پوشش گیاهی، تبت، و نیروهای محرکه اصلی مؤثر بر تغییرات پوشش گیاهی NDVI در پلت فرم گوگل ارت انجین مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. ایشان بیان کردند که تغییرات NDVI در تبت در طول ۲۰ سال ناپایدار نبوده و بیشتر نواحی، تغییرات و نوسانات نسبتاً کم و متوسط داشتند. ۵۶/۶ درصد منطقه مورد مطالعه ایشان بهبود پوشش گیاهی و ۱۵/۹ درصد از منطقه تخریب پوشش گیاهی را نشان داد [۱۴].

با توجه به اینکه سامانه گوگل ارت انجین (GEE)، سامانه‌ای نوپا و بسیار کاربردی برای علوم مختلف در سال‌های اخیر محسوب می‌شود که بیشترین حجم داده را در کمترین زمان در اختیار قرار می‌دهد. در این مطالعه از سامانه گوگل ارت انجین و تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی استفاده شد که روشی جدید در علم سنجش از دور است. ارزیابی دقیق و صحیح وضعیت پوشش گیاهی یکی از پیش‌نیازهای اصلی مدیریت پایدار اکوسیستم‌ها به حساب می‌آید، و همچنین با توجه به کاربرد گسترده شاخص‌های پوشش گیاهی در برآورد دقیق الگوهای مکانی و زمانی پوشش گیاهی، و پاسخ به عوامل مختلف آب‌وهوایی، این مطالعه با هدف بررسی تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی استان فارس در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI سنجنده مودیس در سامانه گوگل ارت انجین انجام گرفت و همچنین میزان تاثیر عوامل اقلیمی و تعیین موثرترین عامل اقلیمی بر پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

شده جهت طبقه‌بندی کلاس‌های مختلف هر دو شاخص EVI و NDVI در نرم‌افزار ArcGIS 10.8 مورد پردازش قرار گرفتند. برای مدت مشابه سایر داده‌های مورد استفاده در این مطالعه دانلود شدند.

قرار گرفت. مقادیر در Scaling Factor ضرب شدند و نقشه‌های ماهانه و سپس سالانه بدست آمدند. کلیه فرآیند پردازش تصاویر ماهواره ای سنجنده مودیس در سامانه [/https://code.earthengine.google.com](https://code.earthengine.google.com) کدنویسی گردید. پس از کدنویسی محصولات استخراج



شکل ۱. موقعیت و نقشه ارتفاعی استان فارس در ایران

ضرب کردن در Scaling Factor و تفریق ۲۷۳/۱۵ (تبدیل کلون به درجه سانتی‌گراد) به مقادیر واقعی تبدیل شدند.

#### داده‌های بارش و تبخیر-تعرق پتانسیل

از مجموعه داده‌های ماهانه بارش و تبخیر-تعرق پتانسیل محصولات اقلیم و بیلان آب ماهانه دانشگاه آیداهو (TerraClimate) استفاده شد (IDAHO\_EPSCOR/TERRACLIMATE). این مجموعه داده‌های اقلیمی ماهانه و بیلان آب برای سطوح زمینی از سال ۱۹۵۸ تا ۲۰۲۰ است. این داده‌ها ورودی‌های مهمی را برای مطالعات اکولوژیکی و هیدرولوژیکی در مقیاس جهانی فراهم می‌کنند که به

#### ۲.۲.۲. داده‌های اقلیمی

##### شاخص دمای سطح زمین (LST)

در انجام این تحقیق از شاخص دمای سطح زمین محصولات سنجنده سطح ۳ MODIS استفاده گردید. این فرآورده با سیستم تصویر سینوسی از ماهواره Terra تحت عنوان MOD11A2 در اختیار کاربران قرار می‌گیرد، که در مقیاس میانگین ۸ روزه تهیه شده و از نظر مکانی دارای توان تفکیک یک کیلومتری است [۲۴]. برای انجام این پژوهش با استفاده از کدنویسی در سامانه گوگل ارت انجین داده‌ها ([https://developers.google.com/earth/engine/datasets/catalog/MODIS\\_006\\_MOD11A2](https://developers.google.com/earth/engine/datasets/catalog/MODIS_006_MOD11A2)) به صورت ماهانه و سالانه در این سامانه فراخوانی، و با

که در آن  $X$  و  $Y$  به ترتیب مقادیر متغیرهای مستقل (زمان) و (مقادیر شاخص پوشش گیاهی) متغیر وابسته در سال  $i$  و  $n$  تعداد تجمعی سال‌ها (از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) دوره مورد مطالعه است. به طور کلی، اگر شیب برابر ۰ باشد، ثابت بودن متغیر وابسته را نشان می‌دهد در حالی که در شیب  $< 0$ ، روند افزایشی یا احیا پوشش گیاهی و شیب  $> 0$ ، روند کاهش شاخص پوشش گیاهی یا تخریب پوشش را نشان می‌دهد.

#### ۲.۴. تحلیل همبستگی فضایی متغیرهای مورد بررسی

یک سیستم جغرافیایی یک سیستم چند عنصری پیچیده است، بنابراین نوسانات یک عنصر به طور اجتناب‌ناپذیری بر تغییرات عناصر دیگر تأثیر می‌گذارد [۳۴]. تغییرات شاخص پوشش گیاهی تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد و دمای هوا، بارندگی و تبخیر/تعرق سه عامل غیرزیستی مهم برای رشد پوشش گیاهی هستند. در این تحقیق جهت تعیین ارتباط منطقی بین متغیرهای مختلف، از تحلیل همبستگی استفاده می‌شود. ما از ضریب همبستگی پیرسون در محیط نرم‌افزار R برای اندازه‌گیری روابط بین شاخص پوشش گیاهی و سه عامل هواشناسی در مقیاس سالانه و پیکسلی استفاده کردیم، تا محرک‌های اصلی تغییرات شاخص پوشش گیاهی را مشخص کنیم [۱۴]. فرمول محاسبه ضریب همبستگی پیرسون در رابطه (۲) نشان داده شده است:

$$R_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$R_{x,y}$  ضریب همبستگی بین  $x$  و  $y$  است،  $X$  و  $Y$  مقادیر میانگین شاخص پوشش گیاهی و محرک‌های اقلیمی هستند.  $x_i$  مقدار شاخص گیاهی سال  $i$  ام،  $y_i$  متغیرهای مستقل مثل بارش، درجه حرارت یا تبخیر/تعرق پتانسیل سال  $i$  ام و  $i$  سری زمانی و  $n$  برابر با دوره آماری مورد مطالعه (۲۰ سال) است. اهمیت آماری همبستگی‌ها قدرت رابطه خطی و مقدار  $p$  سطح احتمال مربوطه را نشان

وضوح فضایی بالا و داده‌های متغیر زمانی نیاز دارند. همه داده‌ها دارای وضوح زمانی ماهانه و وضوح فضایی  $\sim 4$  کیلومتری (۲۴/۱ درجه) هستند. محرک‌های اقلیمی در نظر گرفته شده در این مطالعه شامل میانگین بارش تجمعی، میانگین دمای سطح زمین (روز) و میانگین تبخیر/تعرق پتانسیل می‌باشد، که همگی از سامانه گوگل ارت انجین به صورت ماهانه و سالانه اخذ، و مورد پردازش قرار گرفت.

#### ۲.۳. ارزیابی پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی

جهت بررسی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی، با کدنویسی در سامانه گوگل ارت انجین داده‌های پوشش گیاهی استان فارس در بازه زمانی بیست ساله فراخوانی گردید، که ۴۸۰ تصویر NDVI و EVI با گام زمانی ۱۶ روزه و همچنین داده‌های اقلیمی مورد پردازش قرار گرفت و میانگین ۲۰ ساله و همچنین نقشه روند تغییرات برای هر شاخص پوشش گیاهی، استخراج گردید. پس از آن نقشه‌ها در نرم‌افزار Arc MAP مورد پردازش نهایی قرار گرفت. نمودار سری زمانی شاخص پوشش گیاهی و فاکتورهای اقلیمی با استفاده از داده‌های ماهانه و سالانه استخراج شدند. روند تغییرات ماهیانه و سالانه شاخص‌ها در طی این بیست سال مورد بررسی قرار گرفت. سال و ماهی که در این بازه زمانی دارای بیشترین مقادیر شاخص پوشش گیاهی بود مشخص گردید.

در راستای پویایی پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه، با کد نویسی در گوگل ارت انجین از روش رگرسیون خطی برای تحلیل روند زمان NDVI و EVI در دوره زمانی ۲۰ ساله محاسبه گردید. شیب با برآزش حداقل مربعات تخمین زده شد که می‌تواند به طور منطقی و دقیق‌تر روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی را منعکس کند [۲۲]. برای بدست آوردن ضرایب شیب خطوط روند، مقادیر سری زمانی هر پیکسل با رابطه (۱) محاسبه شد [۲۵].

$$\text{slop} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n (X_i)^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

ناهمگونی در سراسر استان است. در قسمت‌های شرق و شمال‌شرقی و جنوبی استان دارای کمترین مقادیر شاخص پوشش گیاهی بودند که عمدتاً اراضی مرتعی با پوشش کم و پراکنده را شامل می‌شوند و بیشترین مقادیر شاخص‌های پوشش گیاهی در قسمت‌های مرکزی و شمال غربی استان که عمدتاً اراضی زراعی، اراضی جنگلی و بیشه زار هستند، بنابراین ارزش NDVI و EVI بالاتری دارند. مقادیر NDVI در بازه زمانی از حداقل میانگین ۰/۱۱- تا حداکثر ۰/۴۹۵ و مقادیر EVI از حداقل میانگین ۰/۰۹- تا حداکثر ۰/۳۴ است. توزیع فراوانی بیشترین تعداد پیکسل در کلاس ۰/۱-۰/۲ است، که در قسمت‌های مرکزی و غربی استان قرار دارند که منعکس‌کننده پوشش گیاهی کم و خشکی منطقه هستند (شکل ۲).

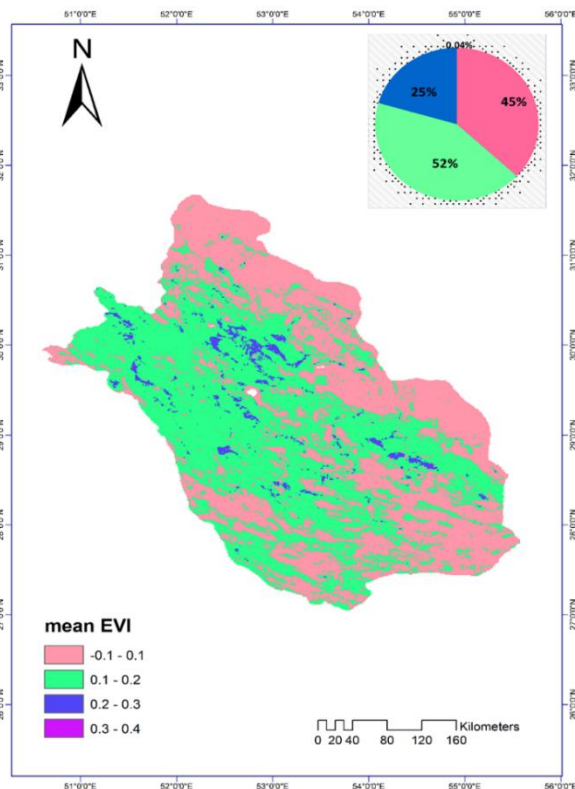
می‌دهد. اگر همبستگی بین دو متغیر مثبت و مقدار  $p$  کمتر از ۰/۰۵ باشد، همبستگی از نظر آماری معنادار است. مقادیر مثبت یا منفی نشان می‌دهد که آیا محرک‌ها به ترتیب با شاخص پوشش گیاهی همبستگی مثبت یا منفی دارند. مقادیر مطلق بزرگتر نشان‌دهنده همبستگی قوی‌تر است.

### ۳. نتایج

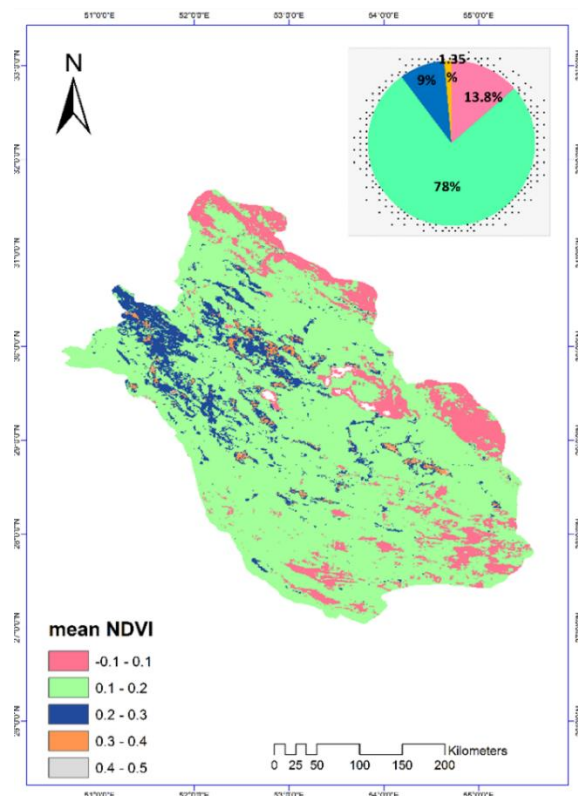
#### ۳.۱. الگوی فضایی شاخص‌های پوشش گیاهی

##### EVI و NDVI

الگوی توزیع مکانی میانگین EVI و NDVI استان فارس از سال ۲۰۰۰-۲۰۲۰ در شکل (۲) نشان داده شده است. توزیع فضایی شاخص‌های پوشش گیاهی دارای



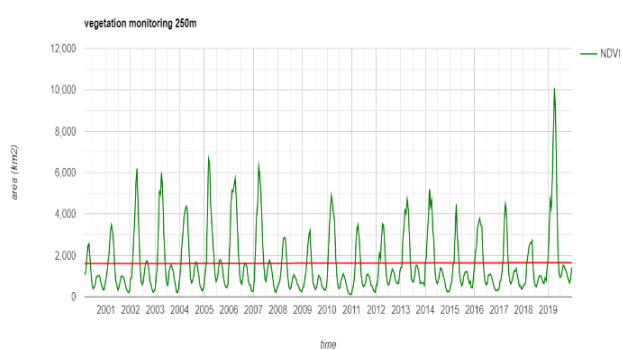
(ب)



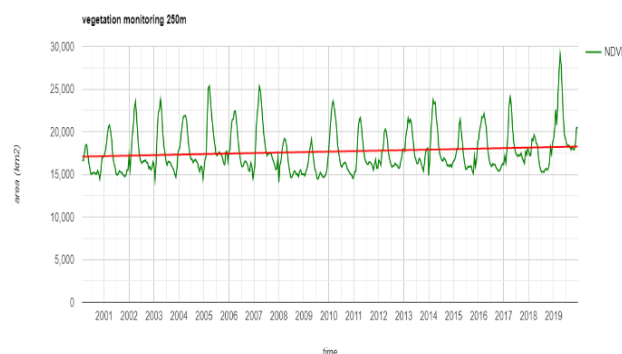
(الف)

شکل ۲. توزیع مکانی میانگین NDVI (الف) و میانگین EVI (ب) در بازه ۲۰۰۰-۲۰۲۰

شاخص‌های NDVI و EVI و همچنین بیشتر از ۰/۳ در محدوده زمانی کدنویسی گردید، که نتایج آنها در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

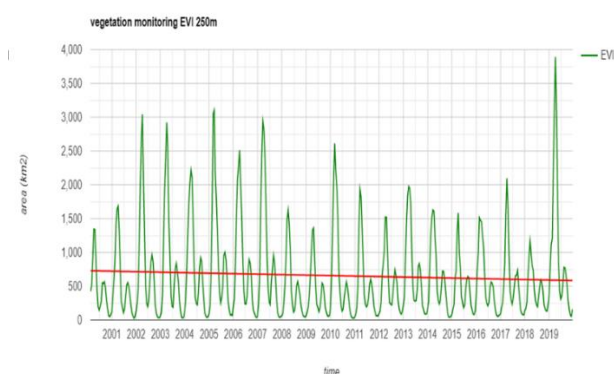


(ب)

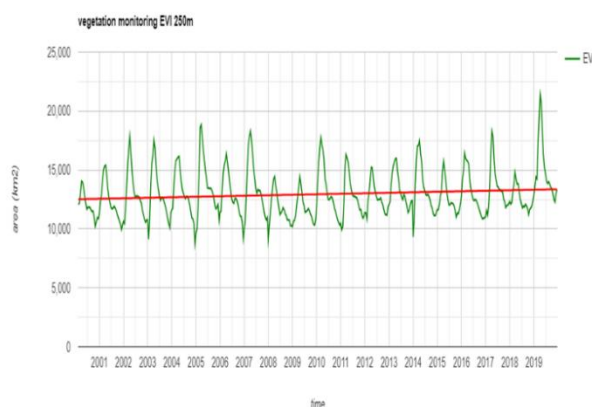


(الف)

شکل ۳. نمودار تغییر مساحت شاخص NDVI در محدوده صفر تا ۰/۳ (الف) و بیشتر از ۰/۳ (ب) از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰



(ب)



(الف)

شکل ۴. نمودار تغییر مساحت شاخص EVI در محدوده صفر تا ۰/۳ (الف) و بیشتر از ۰/۳ (ب) از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

الف و ب) آورده شده است. روند NDVI و EVI تفاوت‌های منطقه‌ای قابل توجهی را در توزیع فضایی نشان دادند. مناطق پایدار عمدتاً در قسمت مرکزی استان قرار داشتند، در حالی که مناطق کمی تخریب شده و به طور قابل توجهی تخریب شده عمدتاً به ترتیب در بخش مرکزی، شرق، شمال شرقی و به طور پراکنده در غرب منطقه مورد

### ۳.۲. بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی

#### پوشش گیاهی

نقشه شیب تغییرات NDVI و EVI با استفاده از رگرسیون خطی در طی دوره مطالعه با کدنویسی در محیط گوگل ارت انجام بدست آمد، که در شکل شماره ۴

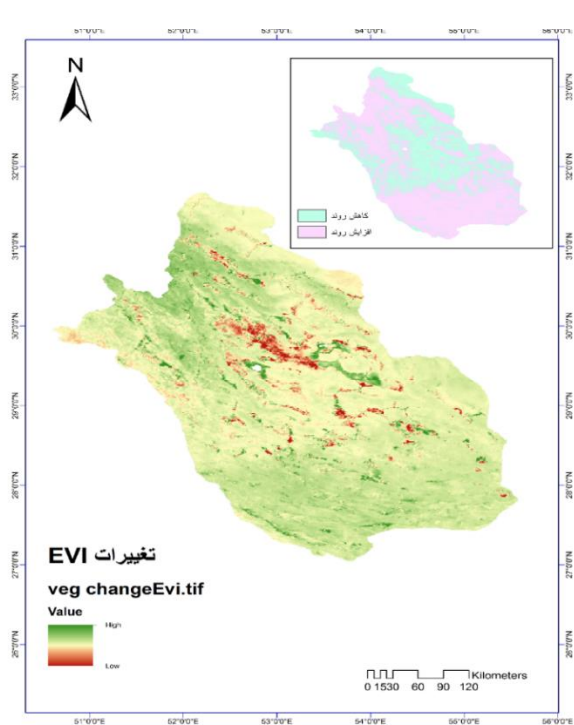


### ۳.۳. الگوی مکانی و زمانی محرک‌های اقلیمی

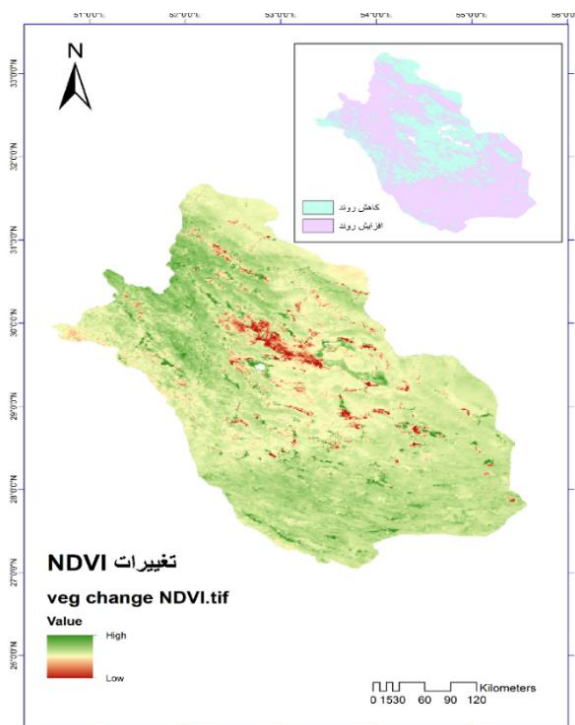
در این مطالعه، دما، بارش و تبخیر تعرق پتانسیل را برای منعکس کردن تأثیر عوامل اقلیمی بر تغییرات پوشش گیاهی اتخاذ کردیم. همانطور که در شکل (۶) نشان داده شده است، این سه عامل هواشناسی در استان فارس توزیع‌های جغرافیایی ناهمگونی را نشان دادند و توزیع فضایی آنها بسیار ناهموار است. از نظر مکانی میانگین دما و تبخیر تعرق پتانسیل در مناطق جنوبی، غرب و شمال غرب استان بیشتر از مناطق شمالی و شرقی با ارتفاعات زیادتر می‌باشد (شکل ۶- a و c). همچنین توزیع بارندگی سالانه در مناطق جنوبی، شمال غربی و مرکز استان بیشتر از مناطق شمال، شمال شرقی و شرق استان می‌باشد (شکل ۶- b). روند خطی برای دما، بارش و تبخیر با استفاده از داده‌های میانگین ماهانه و میانگین سالانه برای دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۰ برآورد شد (شکل ۶).

بیشینه متوسط سالانه دمای سطح زمین (روز) حدود ۳۹/۳ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۰۰ و کمینه آن ۳۴/۷ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۲۰ بود. متوسط ۲۰ ساله دما ۳۵/۹ درجه سانتی‌گراد در استان برآورد گردید، که نرخ تغییرات آن ۰/۰۵۶- بود (شکل ۶- a1). در بازه ۲۰ ساله، متوسط سالانه بارندگی در استان به حدود ۲۰۲/۳۴ میلی‌متر رسید. متوسط بارندگی در محدوده ۴۸۴/۱۱ تا ۸۰/۸۶ میلی‌متر، با نرخ ۳/۳۹۶ میلی‌متر در سال در نوسان بود، که بیشینه آن در سال ۲۰۱۹ و کمینه آن در سال ۲۰۰۷ رخ داده است (شکل ۶- b1). همچنین متوسط سالانه تبخیر تعرق پتانسیل ۱۴/۸۹ میلی‌متر بود، که کمینه آن در سال ۲۰۱۹ با ۱۳/۶ میلی‌متر و بیشینه آن ۱۶/۱ میلی‌متر در سال ۲۰۱۸ بود (شکل ۶- c1). در بازه ۲۰ ساله روند تغییرات دما، برخلاف بارش و تبخیر کاهشی بود. روند تغییرات آب و هوا در استان بیانگر شرایط گرم و خشک منطقه بود.

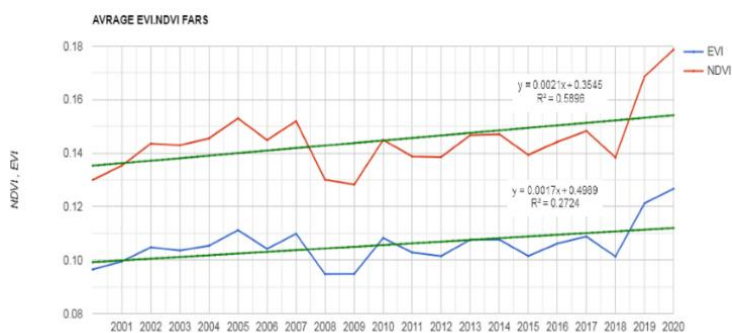
مطالعه قرارداداشتند. در بخش‌های جنوبی و شمال غربی منطقه افزایش پوشش گیاهی مشاهده شده است. با توجه به نقشه تغییرات NDVI در شکل (شماره ۵ الف) به طور تقریبی ۳۳ درصد از مساحت استان کاهش و ۶۴ درصد افزایش پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. همچنین نقشه تغییرات EVI (شماره ۵ ب) ۳۸ درصد کاهش و ۶۱ درصد افزایش پوشش گیاهی را در سطح استان بیان می‌کند. به طور کل مناطق با پوشش گیاهی بهبود یافته در استان در طول ۲۰ سال گذشته بیشتر از مناطق با پوشش گیاهی تخریب شده بودند. نتایج پایش تغییرات پوشش گیاهی به صورت ماهیانه در شکل (شماره ۵ د) نمایش داده شده است. روند تغییرات ماهیانه هر دو شاخص در طی این بیست سال، یک روند افزایشی با شیب کم می‌باشد. میانگین NDVI در طی دوره ۲۰ ساله دارای حداقل و حداکثر بترتیب ۰/۱۱ و ۰/۲۳، و میانگین EVI بین ۰/۰۷ و ۰/۱۷۴ در نوسان بودند. تغییرات NDVI و EVI روند مشابهی را نشان می‌دهند. به طور کلی، NDVI و EVI در تمامی سال‌ها در ماه آپریل و مارس به حداکثر خود رسیده و کمترین مقدار در ماه اکتبر بوده است. که می‌تواند متأثر از بارش بر این شاخص‌های پوشش گیاهی باشد. افزایش روند بیان‌کننده بهبود شرایط پوشش گیاهی در طی دوره مطالعه می‌باشد. نمودار تغییرات سالانه شاخص‌های پوشش گیاهی در شکل (شماره ۵ ج) آورده شده است. به طور کلی، این شاخص‌ها در منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ به آرامی افزایش یافتند. در سال ۲۰۰۱، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۸ کمترین مقادیر را داشتند که نشان‌دهنده حداقل پوشش گیاهی است. با این حال، این مقادیر از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ افزایش یافت و در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰، این شاخص‌ها در حال افزایش بود و به حداکثر مقدار خود در طی ۲۰ سال رسیدند. حداکثر و حداقل میانگین ماهانه NDVI به ترتیب در آپریل ۲۰۲۰ و ژانویه ۲۰۰۸ مشاهده شد.



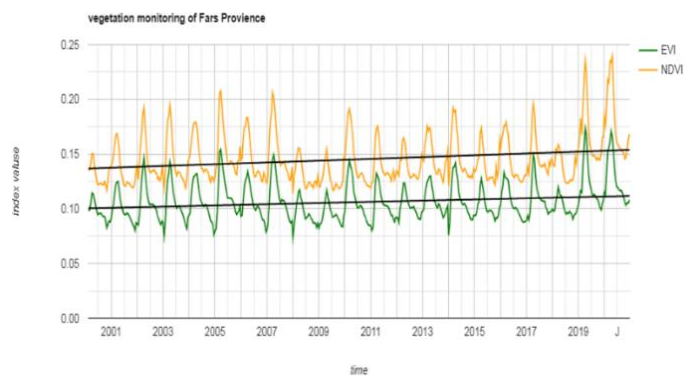
(ب)



(الف)

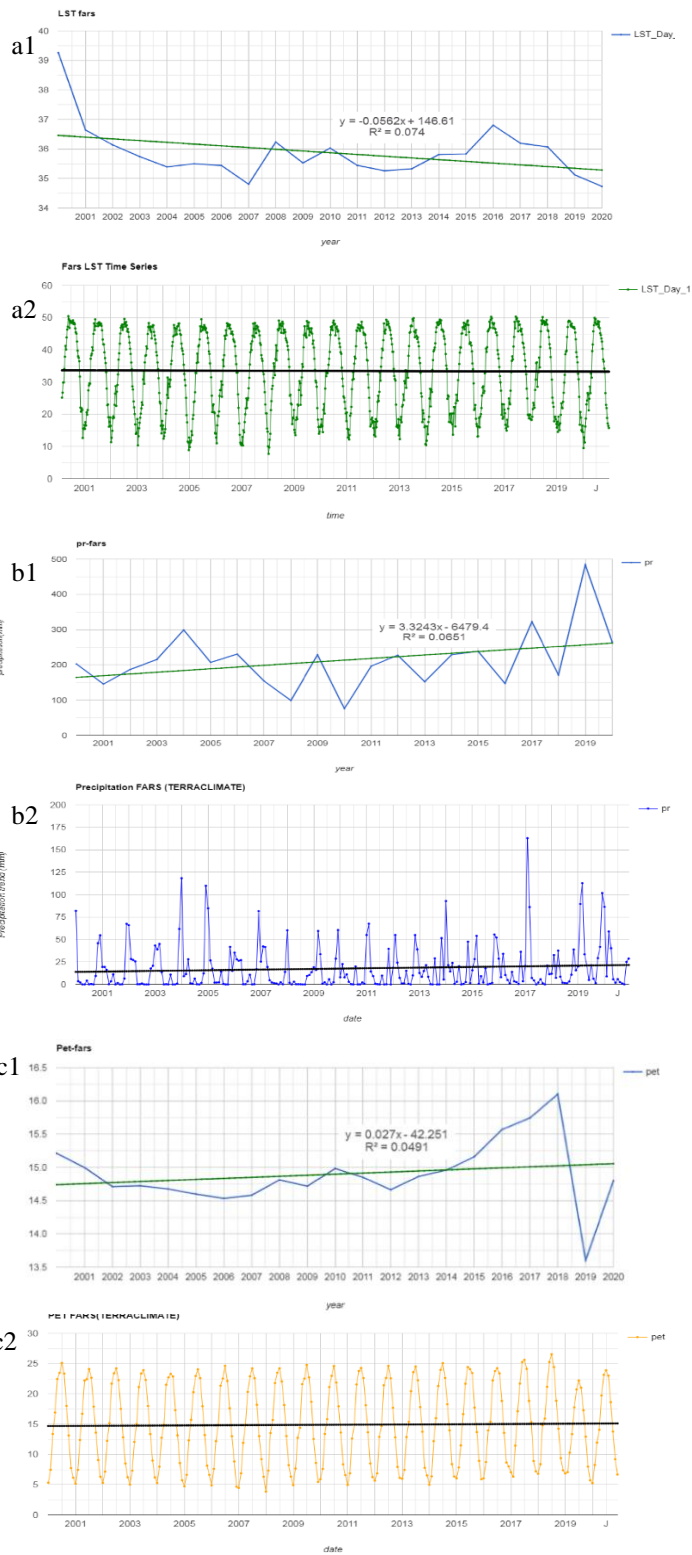
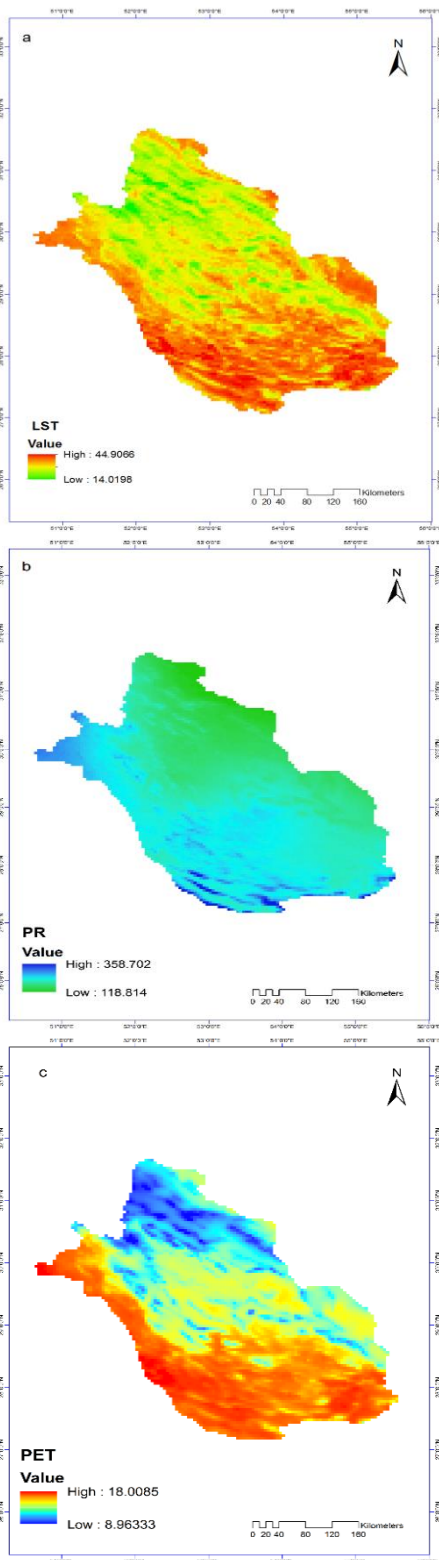


(ج)



(د)

شکل ۵. شیب تغییر سالانه NDVI (الف)، شیب تغییر سالانه EVI (ب)، روند تغییرات سالانه NDVI و EVI (ج)، روند تغییرات ماهانه NDVI و EVI (د) استان فارس در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰



شکل ۶. میانگین دما سطح زمین-روز (a)، روند تغییرات سالانه (a1)، نمودار تغییرات ماهانه (a2)، میانگین بارش (b)، روند تغییرات سالانه (b1)، روند تغییرات ماهانه (b2)، میانگین تبخیر تعرق پتانسیل (c)، روند تغییرات سالانه (c1)، روند تغییرات ماهانه (c2)، استان فارس در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

### ۳.۶. آنالیز همبستگی شاخص پوشش گیاهی

#### (EVI و NDVI) و متغیرهای اقلیمی

برای به دست آوردن اطلاعات منطقه‌ای در مورد محرک‌های اقلیمی و تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی (EVI و NDVI) در منطقه مورد مطالعه با جزئیات و دقت بیشتر، مقادیر ضریب همبستگی بین NDVI و EVI و متوسط سالانه بارش تجمعی، متوسط سالانه دما و متوسط تبخیر تعرق پتانسیل به صورت پیکسل به پیکسل محاسبه شد و توزیع‌های فضایی به دست آمد. در این مطالعه از ضریب همبستگی کارل پی‌رسون برای درک الگوی رشد پوشش گیاهی و ارتباط آن با دما، تبخیر و بارش برآورد شد (شکل ۷). مقادیر ضریب همبستگی بین NDVI و بارش در استان از ۰/۸۱ تا ۰/۷۴- متغیر بود. همبستگی در ۹۲/۱ درصد از سطح استان مثبت، که از این مقدار ۳۲ درصد معنی دار بود. در حالی که همبستگی NDVI و بارش ۷/۹ درصد منفی بوده و تنها ۲/۷ از آن معنی دار بود. همبستگی معنی دار عمدتاً در مناطق شرقی و مرکزی و غرب استان است (شکل ۷ a-b).

مقادیر ضریب همبستگی بین NDVI و تبخیر تعرق پتانسیل در استان بین ۰/۹۶ تا ۰/۸۶- متغیر بود. این همبستگی در ۳۹/۷ درصد از مساحت استان منفی و ۶۰/۲ درصد مثبت بود. مناطقی که همبستگی منفی معنی دار دارند تقریباً ۱۴/۷ درصد و آن‌هایی که همبستگی مثبت معنی دار دارند تقریباً ۲۲ درصد از استان را تشکیل می‌دهند، که عمدتاً در مناطق شمالی و شمال شرقی و شرقی استان معنی دار بودند (شکل ۷ c-d). همبستگی بین NDVI و دما بین ۰/۹۲- تا ۰/۹۵ بود که ۹۱/۴ درصد همبستگی منفی و ۸/۶ درصد همبستگی مثبت داشتند. از این مقادیر ۲۲ درصد همبستگی مثبت معنی دار و ۱۴/۶ درصد همبستگی منفی معنی دار بودند، که از نظر مکانی تقریباً در تمامی مناطق قابل مشاهده هست (شکل ۷ e-f). شکل (۸) همبستگی بین EVI و فاکتورهای اقلیمی و همچنین سطح معنی داری آنها را به صورت پیکسلی بیان

می‌کند. نتایج همبستگی EVI با میانگین بارش، ۹۴/۲ درصد از پیکسل‌ها مقادیر مثبت و ۵/۸ درصد منفی را نشان دادند. به طوری که ۲۸/۲ درصد از منطقه همبستگی مثبت معنی دار و ۱/۷۴ همبستگی منفی معنی دار بودند، که بیشتر در مناطق شرقی، مرکزی و غربی استان مشاهده شد (شکل ۸ a-b). همچنین نتایج حاصل از همبستگی بین EVI و تبخیر تعرق پتانسیل، ۶۶/۴ درصد از منطقه را مثبت و ۳۳/۶ درصد منفی نشان داد، که تنها ۲۷/۹ درصد از منطقه همبستگی مثبت معنی دار و ۱۳/۹ درصد همبستگی منفی معنی دار بودند و عمدتاً در مناطق شمالی، شمال شرقی، مناطق مرکزی و شرق استان توزیع شده‌اند (شکل ۸ c-d). مقادیر همبستگی بین EVI و دمای سطح زمین (روز) بین ۰/۹۰- تا ۰/۹۷ متغیر بود. ۲۸/۹ درصد همبستگی منفی معنی دار و ۴/۸۹ درصد همبستگی مثبت معنی دار در سراسر استان به صورت پراکنده مشاهده می‌شود (شکل ۸ e-f).

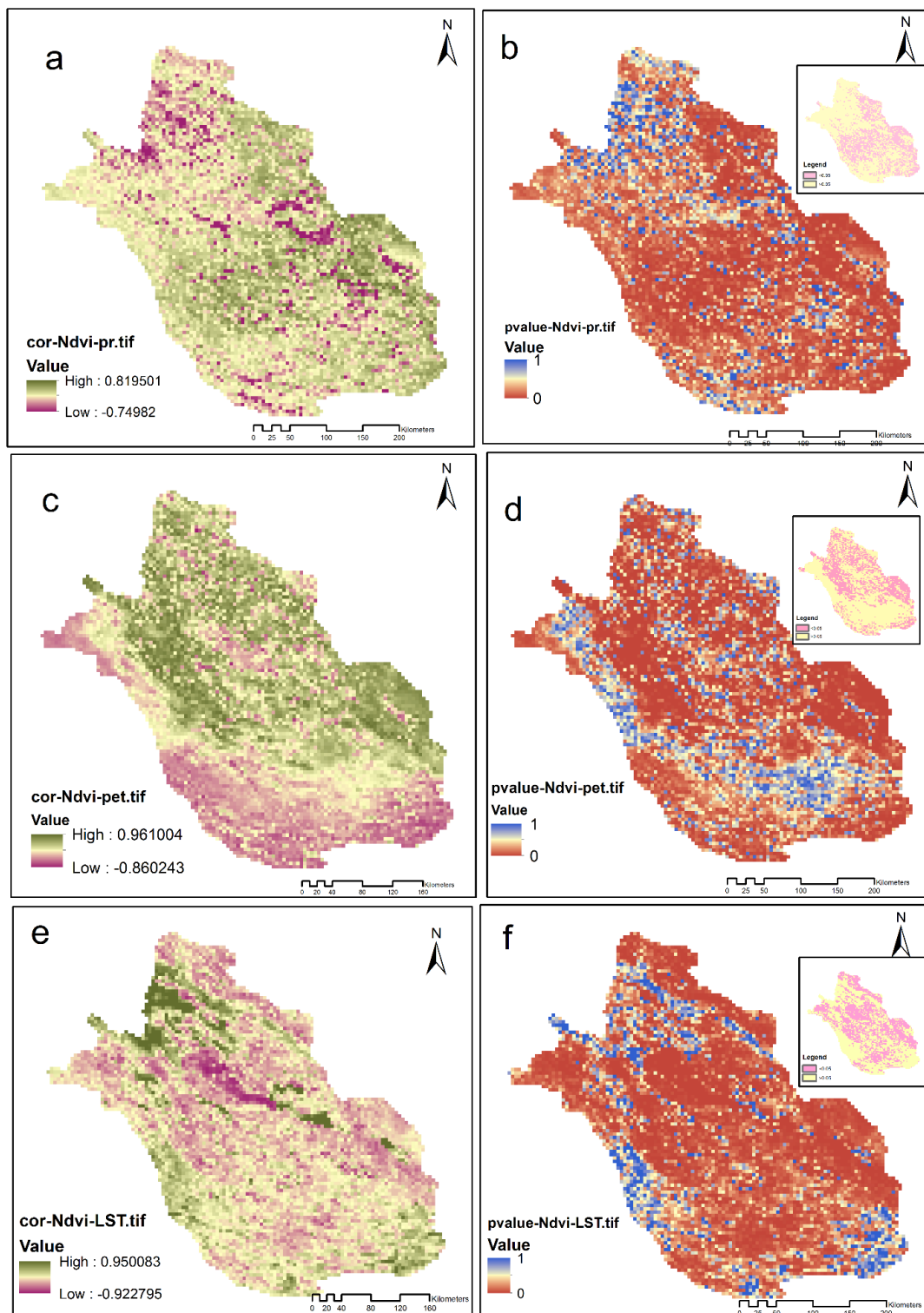
همبستگی متوسط تا قوی بین شاخص‌های پوشش گیاهی و پارامترهای هواشناسی مرتبط، به وضوح نشان دهنده وابستگی تأثیر آب و هوا بر رشد پوشش گیاهی است. بر اساس نتایج معنی داری ضریب همبستگی بین EVI و NDVI با عناصر اقلیمی، دما مهم‌ترین عامل تاثیرگذار و محرک اصلی اقلیمی بر پوشش گیاهی منطقه است و پس از آن بارش و در نهایت تبخیر کمترین تاثیر را بر پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه دارد.

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

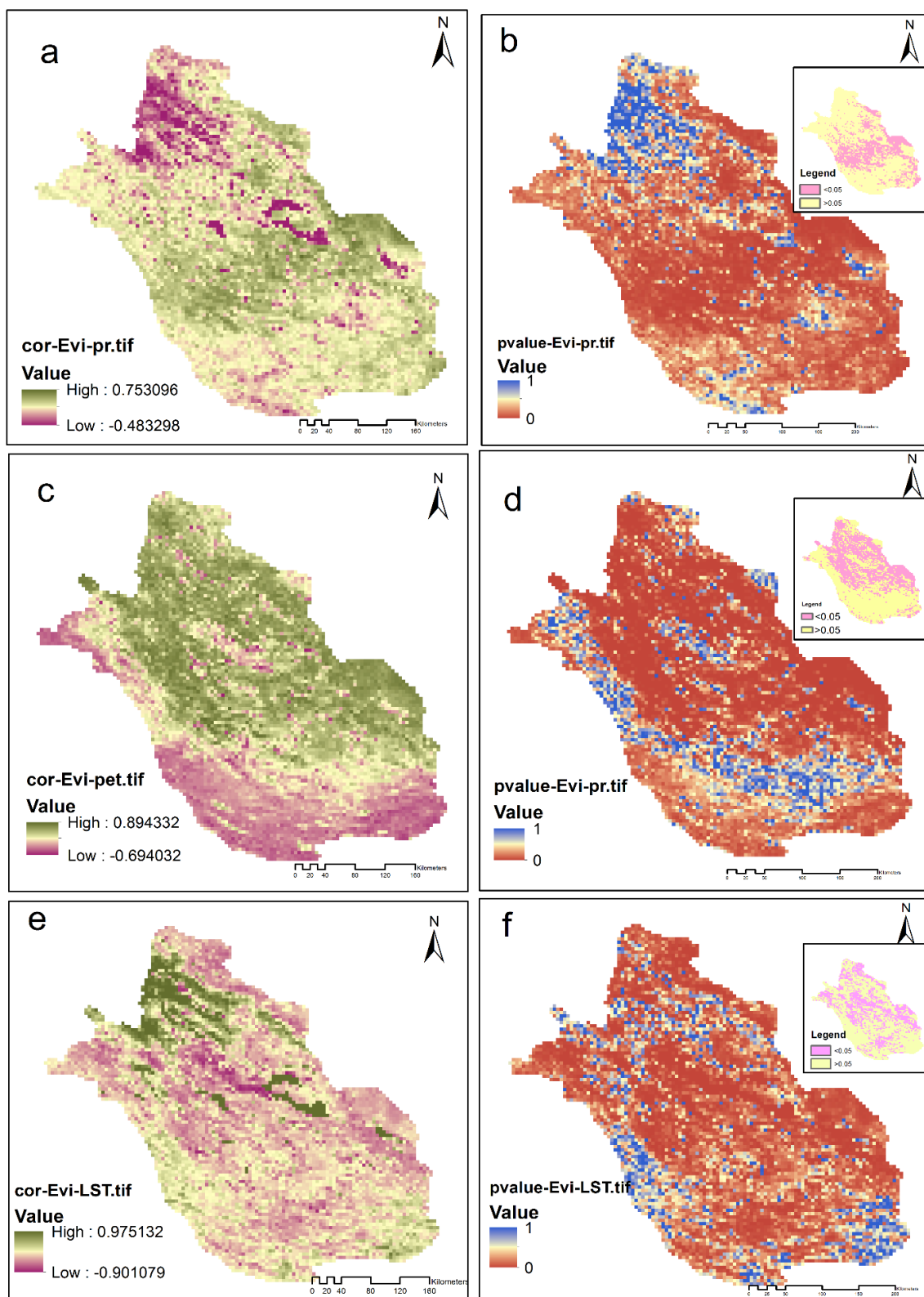
در این مطالعه داده‌های سری زمانی NDVI و EVI از MODIS از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در استان فارس بر اساس داده‌های MOD13Q1 بازبایی شده از پلتفرم Google Earth Engine به دست آمد. برای شناسایی تغییرات مکانی و زمانی و بررسی روند پوشش گیاهی استان از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شد و در این محیط مورد پردازش قرار گرفت. همچنین برای درک واکنش پوشش گیاهی سطح استان فارس به عوامل مختلف اقلیمی از مجموعه داده‌های بارش،

همبستگی پیرسون استفاده شد. سپس، تفاوت بین NDVI و EVI در پاسخ به عوامل اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت.

دمای سطح زمین (روز) و تبخیر تعرق پتانسیل و برای بررسی نیروهای محرک اصلی موثر بر تغییرات از روش ضریب



شکل ۷. ضریب همبستگی بین NDVI و عوامل اقلیمی و سطح معناداری آن از سال ۲۰۰۰ - ۲۰۲۰ استان فارس (a) همبستگی بین NDVI و بارش (c) و همبستگی بین NDVI و تبخیر تعرق پتانسیل (e) همبستگی NDVI و LST



شکل ۸. ضریب همبستگی بین EVI و عامل‌های اقلیمی و سطح معناداری آن از سال ۲۰۰۰ - ۲۰۲۰ استان فارس (a) همبستگی بین EVI و بارش (c) و همبستگی بین EVI و تبخیر تعرق پتانسیل (e) همبستگی EVI و LST

NDVI به طور مداوم بالاتر از مقادیر EVI در منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ برآورد شده است. این به دلیل این واقعیت است که EVI اثر تعدیل یا حذف پخش اتمسفر را در نظر می‌گیرد که در برآورد NDVI در نظر گرفته نشده است [۲۳، ۱۷]. نمایه میانگین شاخص NDVI در این بازه زمانی از حداقل میانگین ۰/۱۱ تا حداکثر ۰/۴۹۵ با میانگین ۰/۱۵ می‌باشد که نشان‌دهنده تراکم کم پوشش گیاهی و تنک [۲۸] در این استان می‌باشد. مقادیر شاخص EVI دارای روند مشابهی بود بطوریکه میانگین شاخص ۱۶ روزه ۴۸۰ تصویر ماهواره‌ای مودیس به صورت میانگین ۰/۱ بود که تاییدکننده پوشش گیاهی فقیر این استان می‌باشد. شاخص EVI در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷، ۲۰۱۹، و ۲۰۲۰ دارای بیشترین مقادیر در بازه زمانی مورد بررسی قرار داشت. شاخص EVI با مقادیر بیش از ۰/۳ نشان‌دهنده پوشش متراکم می‌باشد که نتایج مطالعه نشان داد این روند منفی می‌باشد و سطح پوشش گیاهی متراکم استان فارس در طی بازه مورد بررسی به طور میانگین ۶۵۶ کیلومتر مربع برآورد گردید. شاخص EVI در محدوده عددی ۰ تا ۰/۳ روند ثابتی را طی کرده است که میزان این کلاس در سال ۲۰۱۹، ۲۲۰۰۰ کیلومتر مربع و در طی این بیست سال به طور میانگین ۱۲۹۳۷ کیلومتر مربع از سطح استان فارس را اشغال کرده است در حالیکه این کلاس مشابه در NDVI در سال ۲۰۱۹، ۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع و در طی این بیست سال ۱۷۶۶۶ کیلومتر مربع را پوشش داده است این محدوده صفر تا ۰/۳ نشان‌دهنده پوشش گیاهی پراکنده و مرتعی می‌باشد. مقادیر تبخیر تعرق پتانسیل معمولاً کمتر از بارندگی در بیشتر ماه‌های سال در طول دوره بیست ساله نشان داد. برخلاف بارش تبخیر تعرق پتانسیل و دما کمترین تغییر را در بیست سال گذشته نشان داد. در این مطالعه، دما به عنوان عامل محرک اصلی تعیین شد که دینامیک کاهش سبزی پوشش گیاهی را تعیین کرد، زیرا حدود ۹۱/۴ درصد از کل منطقه مورد مطالعه دارای همبستگی منفی (۳۹٪ منفی معنی دار)

نتایج مطالعه ما نشان داد که شاخص پوشش گیاهی در استان در طی ۲۰ سال گذشته اندکی افزایش یافته است، به طوری که میانگین NDVI و EVI به ترتیب از ۰/۱۳ و ۰/۹۸ (۲۰۰۰) به ۰/۱۸ و ۰/۱۲۸ (۲۰۲۰) افزایش یافت. این نشان می‌دهد که استان فارس طی دو دهه گذشته فرآیندهای سبز شدن پوشش گیاهی بیشتری را تجربه کرده است. این الگو توسط یافته‌های مطالعات قبلی در سطح استان پشتیبانی می‌شود [۱۰، ۶]. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق در تمامی سال‌ها از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در ماه آپریل و مارس مقادیر NDVI و EVI نسبت به ماه‌های دیگر دارای بیشترین مقدار بود بطوریکه در آپریل ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ بیشترین مقدار NDVI به طور میانگین ۰/۲۳ و مقدار EVI ۰/۱۸ برآورد گردید. کمترین مقادیر میانگین ماهانه هر دو شاخص در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ اتفاق افتاده که نشان می‌دهد در این سال‌ها پوشش گیاهی تخریب یافته است.

تجزیه و تحلیل روند شاخص پوشش گیاهی مبتنی بر پیکسل برای درک روند خاص و تغییرات پوشش گیاهی در طول دوره مطالعه انجام شد. تغییرات شیب میانگین EVI و NDVI سالانه در طی ۲۰ سال نشان داد، شاخص‌های پوشش گیاهی در بخش‌های شمالی و جنوب غربی و جنوب شرقی افزایش یافته است. علیرغم روند افزایشی مشاهده شده نشانه‌هایی از تخریب پوشش گیاهی در مناطق مرکزی دیده می‌شود. بر اساس نتایج بدست آمده پایش بیست ساله پوشش گیاهی در این تحقیق، ۳۸ درصد سطح استان فارس بر اساس شاخص EVI تخریب شده است در حالی که شاخص NDVI این تخریب پوشش گیاهی را ۳۳ درصد از سطح استان فارس نشان می‌دهد که با نتایج تحقیقات اسکندری دامنه و همکاران [۱۰] که به بررسی تخریب سرزمین با استفاده از پایش تولید ناخالص اولیه در این استان پرداختند هم‌خوانی دارد. به طور کل هر دو شاخص دارای روندی مثبت و مشابه بودند اما شیب این تغییرات مثبت خیلی کند بود و به عبارتی می‌توان گفت نامحسوس است. قلیل ذکر است که

در زمانی که دوره‌هایی از یک فاز فصل رشد خاص برای تولید استفاده می‌شود، به خوبی عمل می‌کنند [۳۰]. نتایج یان و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که مجموعه داده‌های سری‌زمانی NDVI ۱۰ روزه از دقت بالاتری نسبت به سری‌های زمانی NDVI و EVI ۱۶ روزه برای طبقه‌بندی نوع پوشش گیاهی برخوردار هستند، هرچند سری زمانی EVI کمی بهتر از سری زمانی NDVI در همان وضوح زمانی بوده است [۳۲]. اگرچه EVI و NDVI از یک حسگر می‌آیند، اما می‌توان مشاهده کرد که نتایج مطالعه در موضوعات مختلف تحقیقاتی یکسان نیست. در تحقیق حاضر نتایج ضریب همبستگی NDVI و عوامل اقلیمی متفاوت از EVI بود، اما به طور کل پاسخ NDVI به عوامل آب و هوایی سازگار با EVI بود. پاسخ NDVI به دما و بارش بهتر از EVI بود، با این حال، پاسخ EVI به میانگین تبخیر تعرق پتانسیل بهتر از NDVI بود. اگرچه NDVI و EVI از یک تصویر سنجش از دور یکسان (MOD13Q1) گرفته شده‌اند، اما پاسخ آنها به عوامل آب و هوایی متفاوت است [۳۱].

است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در اکثر مناطقی که دمای کمتری دارند، پوشش گیاهی بیشتری در آن منطقه مشاهده می‌شود. پس از دما، همبستگی مثبت (۰.۹۲٪) بین میانگین شاخص پوشش گیاهی سالانه و بارش (۰.۳۲٪ مثبت معنی‌دار) و همچنین همبستگی مثبت معنی‌دار (۰.۲۲٪) با تبخیر تعرق پتانسیل در استان وجود داشت. در پژوهشی مشابه، علیرضا انتظاری و همکاران به ارزیابی تغییرات فضایی پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از لندست و مادیس در فارس پرداختند که نتایج آنها نشان دهنده همبستگی بسیار شدید و از نوع معکوس با دما بود [۹]. اگرچه EVI در بسیاری از کاربردها بهتر از NDVI عمل می‌کند [۱۶، ۱۷]، ماتسوشیتا و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که EVI نسبت به شرایط توپوگرافی حساس‌تر از NDVI است [۲۸]. واردلو و اگبرت (۲۰۱۰) سری‌های زمانی MODIS 250 متری EVI و NDVI را برای طبقه‌بندی پوشش کاربری اراضی مرتبط با محصول در دشت‌های بزرگ مرکزی ایالات متحده ارزیابی کردند و دریافتند که هر دو شاخص پوشش گیاهی

## References

- [1] Abolverdi, J., Ferdosifar, G., Khalili, D., and Kamgar-Haghighi, A. A. (2016). Spatial and temporal changes of precipitation concentration in Fars province, southwestern Iran. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 128(2), 181-196.
- [2] Ahl, D. E., Gower, S. T., Burrows, S. N., Shabanov, N. V., Myneni, R. B., and Knyazikhin, Y. (2006). Monitoring spring canopy phenology of a deciduous broadleaf forest using MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 104(1), 88-95.
- [3] Alonso, A., Muñoz-Carpena, R., Kennedy, R. E., and Murcia, C. (2016). Wetland landscape spatio-temporal degradation dynamics using the new Google Earth Engine cloud-based platform: Opportunities for non-specialists in remote sensing. *Transactions of the ASABE*, 59(5), 1331-1342.
- [4] Amani, M., Mahdavi, S., Afshar, M., Brisco, B., Huang, W., Mohammad Javad Mirzadeh, S.,... and Hopkinson, C. (2019). Canadian wetland inventory using Google Earth Engine: The first map and preliminary results. *Remote Sensing*, 11(7), 842.
- [5] Barbosa, H. A., Huete, A. R., Baethgen, W. E. (2006). A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil, *Journal of Arid Environments*, 67, 288-307.
- [6] Behrang Manesh, M., Khosravi, H., Azarnivand, H., and Senatore, A. (2020). Quantifying the trend of vegetation changes using remote sensing (Case study: Fars Province). *PEC*, 7 (15), 295-318.



- [7] Chen, X. Q., Xu, C. X., and Tan, Z. J. (2001). An analysis of relationships among plant community phenology and seasonal metrics of Normalized Difference Vegetation Index in the northern part of the monsoon region of China. *International Journal of Biometeorology*, 45, 170–177.
- [8] Chuai, X., Qi, X., Zhang, X., Li, J., Yuan, Y., Guo, X., ... and Feng, J. (2018). Land degradation monitoring using terrestrial ecosystem carbon sinks/sources and their response to climate change in China. *Land Degradation & Development*, 29(10), 3489-3502.
- [9] Entezari, A., Zandi, R., and Khosravian, M. (2019). Evaluation of spatial variations of vegetation and surface temperature using Landsat and midsize images, case study: Fars Province, 1967-2017. *Watershed Engineering and Management*, 11(4), 929-940. doi: 10.22092/ijwmse.2018.122914.1528
- [10] Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Mahdavi, R., Khorani, A. and Li, J. (2021). Monitoring Land Degradation and Desertification in the Arid and Semi-arid Regions with an Emphasis in Response to Gross Primary Production Relative to the Climatic Variables during the 2001-2017 in the Province of Fars. *Watershed Management Research Journal*, 34(1), 41-58.
- [11] Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.
- [12] Huete, A., and Ustin, S. (2004). *Remote Sensing for Natural Resources Management and Environmental Monitoring. Manual of remote sensing* University of Arizona.
- [13] Jacquin, A., Sheeren, D., and Lacombe, J. P. (2010). Vegetation cover degradation assessment in Madagascar savanna based on trend analysis of MODIS NDVI time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12, S3-S10.
- [14] Jiang, F., Deng, M., Long, Y., & Sun, H. (2022). Spatial Pattern and Dynamic Change of Vegetation Greenness from 2001 to 2020 in Tibet, China. *Frontiers in Plant Science*, 1292.
- [15] Jiang, W., Yuan, L., Wang, W., Cao, R., Zhang, Y. and Shen, W. (2015). Spatio-temporal analysis of vegetation variation in the Yellow River Basin. *Ecological Indicators*, 51, 117-126.
- [16] Karkauskaite, P., Tagesson, T., and Fensholt, R. (2017). Evaluation of the plant phenology index (PPI), NDVI and EVI for start-of-season trend analysis of the Northern Hemisphere boreal zone. *Remote Sensing*, 9(5), 485. 64
- [17] Kumari, N., Srivastava, A. and Dumka, U. C. (2021). A long-term spatiotemporal analysis of vegetation greenness over the Himalayan Region using Google Earth Engine. *Climate*, 9(7), 109.
- [18] Lamchin, M., Lee, W. K., Jeon, S. W., Wang, S. W., Lim, C. H., Song, C. and Sung, M. (2018). Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of the Total Environment*, 618, 1089-1095.
- [19] Li, H., Wei, X. and Zhou, H. (2015). Rain-use efficiency and NDVI-based assessment of karst ecosystem degradation or recovery: a case study in Guangxi, China. *Environmental Earth Sciences*, 74(2), 977-984.
- [20] Li, Z., Li, X., Wei, D., Xu, X. and Wang, H. (2010). An assessment of correlation on MODIS-NDVI and EVI with natural vegetation coverage in Northern Hebei Province, China. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 964-969.
- [21] Liu, E., Xiao, X., Shao, H., Yang, X., Zhang, Y., and Yang, Y. (2021). Climate change and livestock management drove extensive vegetation recovery in the Qinghai-Tibet plateau. *Remote Sens.* 13:4808.
- [22] Ma, M., and Veroustraete, F. (2006). Interannual variability of vegetation cover in the Chinese Heihe River Basin and its relation to meteorological parameters. *International Journal of Remote Sensing*, 27(22), 5127-5127.
- [23] Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y. and Qiu, G. (2007). Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensors*, 7(11), 2636-2651.

- [24] Nasserzadeh, M. H., Hejazizadeh, Z., Gholampour, Z., and Alijani, B. (2020). Spatiotemporal Response of MODIS Derived Vegetation index to climatic condition Case study: Kohgiluyeh O Boirahmad Province of Iran. *Scientific Journals Management System*, 20 (57), 355-370.
- [25] Nzabarinda, V., Bao, A., Xu, W., Uwamahoro, S., Jiang, L., Duan, Y., ... and Long, G. (2021). Assessment and evaluation of the response of vegetation dynamics to climate variability in Africa. *Sustainability*, 13(3), 1234.
- [26] Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J. and Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9), 503-510.
- [27] Rahimi, M., Damavandi, A. and Jafarian, V. (2014). Investigating remote sensing applications in evaluating and monitoring land degradation and desertification. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 22(88), 115-128.
- [28] Sulla-Menashe, D. and Friedl, M. A. (2018). User guide to collection 6 MODIS land cover (MCD12Q1 and MCD12C1) product. USGS: Reston, VA, USA, 1-18.
- [29] Wang, J., Rich, P. M. and Price, K. P. (2003). Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International journal of remote sensing*, 24(11), 2345-2364.
- [30] Wardlow, B. D., and Egbert, S. L. (2010). A comparison of MODIS 260-m EVI and NDVI data for crop mapping: a case study for southwest Kansas. *International Journal of Remote Sensing*, 31(3), 805-830. 63
- [31] Xia, P., Yong, G., and Ji, W. (2018). Response differences of MODIS-NDVI and MODIS-EVI to climate factors. *Journal of Resources and Ecology*, 9(6), 673-680.
- [32] Yan, E., Wang, G., Lin, H., Xia, C., and Sun, H. (2015). Phenology-based classification of vegetation cover types in Northeast China using MODIS NDVI and EVI time series. *International Journal of Remote Sensing*, 36(2), 489-512.
- [33] Yang, L., Wei, W., Wang, T., and Li, L. (2021). Temporal-spatial variations of vegetation cover and surface soil moisture in the growing season across the mountain-oasis-desert system in Xinjiang, China. *Geocarto International*, 1-29.
- [34] Yuchuan, H., Junnan, X., Ahemaitihali, A., Weiming, C., Chongchong, Y., Wen, H., ... and Jie, T. (2021). Spatiotemporal Pattern and Driving Force Analysis of Vegetation Variation in Altay Prefecture based on Google Earth Engine. *Journal of Resources and Ecology*, 12(6), 729-742.
- [35] Zhang, X., Friedl, M. A., Schaaf, C. B., Strahler, A. H., Hodges, J. C., Gao, F., ... and Huete, A. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote sensing of environment*, 84(3), 471-475.
- [36] Zhe, M. and Zhang, X. (2021). Time-lag effects of NDVI responses to climate change in the Yamzhog Yumco Basin, South Tibet. *Ecological Indicators*, 124, 107-134.

## Monitoring temporal and spatial changes of vegetation and its relationship with climatic variables (Case Study: Fars Province)

- ❖ **Behnaz Asefjah**; PhD Student in Desert Management and Control, Faculty of Agricultural Engineering and Natural Resources, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran
- ❖ **Yahya Esmailpour\***; Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas
- ❖ **Ommolbanin Bazrafshan**; Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Natural Resources, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran
- ❖ **Hossein Zamani**; Assistant Professor, Department of Statistics, Faculty of Basic Sciences, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran

### Abstract

The past decade has seen a major revolution in vegetation monitoring using satellite imagery, resulting in quantitative indicators of vegetation with a professional processor in a web-based interactive development environment. In this study, using MOD13Q1 products of Modis sensor, the trend of temporal and spatial changes of NDVI and EVI indices in Fars province in a period of 16 days from 2000 to 2020 was coded and processed in Google Earth engine system. Then, the slope of vegetation index changes was calculated using linear regression in this system, and finally, the relationship of climatic factors on the vegetation of the region was examined in pixel form. The results of this research showed that the overall vegetation cover in the region has increased over the last 20 years because nearly 64% pixels of the entire region show an increasing trend. So that the average NDVI and EVI increased from 0.13 and 0.98 (2000) to 0.18 and 0.128 (2020), respectively, which is more visible in the northern and southern regions of the province. The results of the correlation coefficient of NDVI and climatic factors were different from EVI, but in general the response of NDVI to climatic factors was consistent with EVI. Compared to both vegetation indices, NDVI seems to have relatively better correlation with precipitation and temperature than EVI.

**Keywords:** MODIS sensor, Vegetation index, NDVI, EVI.

