

صص ۵۶-۳۹

بررسی تغییرات و پیش بینی وضعیت آبی پوشش گیاهی منطقه دشت فهله استان فارس با تأکید بر ویژگی های آب و هوایی

محمد جواد بهی

دانشجوی دکتری منابع طبیعی، بیابان زایی، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد، ایران

محمد حسین مختاری*

دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، ایران

غلامحسین مرادی

استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، ایران

محمدعلی صارمی نائینی

استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۴

چکیده

هدف از بررسی حاضر ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی در منطقه ملا فهله فیروزآباد استان فارس است. داده های شاخص استاندارد پوشش گیاهی ماهواره های لند ست ۵، ۷ و ۸ و داده های بارش و شاخص پالمیر که به صورت محصول سنجش از دور در دسترس است در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ و از پردازنده گوگل ارث انجین استخراج شدند. به منظور پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی در آینده از روش زنجیره مارکف استفاده شد. با استفاده از داده های سال های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۲ ابتدا مدل برای سال ۲۰۲۰ اجرا شد و به دلیل مناسب بودن نتایج (شاخص کاپا ۷۵ درصد)، پیش بینی برای سال ۲۰۳۰ صورت گرفت. نتایج به دست آمده حاکی از روند رو به بهبود پوشش گیاهی در منطقه است به شکلی که پوشش متراکم از ۴ درصد در دوره ابتدایی به ۱۹ درصد افزایش خواهد یافت. نتایج این بررسی می تواند به مدیران مراتع منطقه در بهره برداری بهتر از منابع طبیعی منطقه کمک کرده و مانع از تخریب این اکوسیستم شود.

واژگان کلیدی: بیابان، سنجش از دور، گوگل ارث انجین، روند، سری زمانی.

مقدمه

اطلاع از تغییرات پوشش زمین (گیاهی و غیر گیاهی) و کاربری آن نه تنها در بعد مکان بلکه در بعد زمان نیز اهمیت بسیار زیادی دارد. پژوهشگران سراسر دنیا مدت ها است از فواید فناوری سنجش از دور آگاه بوده و از آن برای استخراج اطلاعات

در مورد کاربری زمین و پوشش آنچه در بعد زمان و چه در بعد مکان از آن استفاده کرده‌اند (Treitz et al., 2004). این اطلاعات می‌تواند در امر برنامه‌ریزی بلند مدت اراضی اهمیت حیاتی داشته باشد. تغییرات پوشش زمین می‌تواند سبب تغییر طیف دریافتی ماهواره‌ها و در نتیجه تغییر مقادیر ثبت شده در تصاویر ماهواره‌ای شود. این تنوع طیفی را می‌توان در گذر زمان به‌عنوان معیار تغییرات پوشش زمین در نظر گرفت و به همین واسطه روند تغییرات را تعیین نمود. اطلاعات کسب شده از بررسی روند تغییرات را می‌توان با استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز موجود برای پیش‌بینی شرایط آینده به کار گرفت. مدل‌های شبیه‌ساز تغییرات زمین و پوشش آن در امر برنامه‌ریزی اراضی و ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی و سیاست‌گذاری کاربرد رو به رشدی داشته‌اند و به همین دلیل در سراسر دنیا مقبولیت خاصی یافته‌اند (Lindgren, 1984; Maktav et al., 2005). مدل‌های ارزیابی پوشش زمین می‌تواند احتمال تغییرات انواع مختلف پوشش زمین را برای انواع عوامل پیش‌ران بررسی نمایند. این اطلاعات در پیش‌بینی شرایط آبی منطقه مطالعاتی نقش حیاتی ایفا می‌کنند (Kumar et al., 2014). برای نمونه می‌توان به پژوهش (Townshend et al., 1991) اشاره کرد که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پوشش زمین در مقیاس جهانی را تخمین زده و ارزیابی کرده است. در یک بررسی توسط (Debinski et al., 1999) توانایی روش‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در تعیین زیستگاه‌های مناسب برای گونه‌های گیاهی عمده در پارک یلو استون^۱ مورد ارزیابی قرار گرفته است. از این روش در تصویرسازی توزیع گونه‌های عمده گیاهی و پرندگان منطقه با موفقیت استفاده شده است. در پژوهش دیگری (Sobrin et al., 2000) با استفاده از تصاویر سنجنده^۲ AVHRR پوشش زمین در مقیاس جهانی را با دقت یک کیلومتر مربع تخمین زده‌اند. همان‌طور که مشخص است، استفاده از داده‌های سنجش از دور صرف‌نظر از مقیاس می‌تواند اطلاعات بسیار مناسبی برای مدیریت پوشش گیاهی ارائه کند. جذابیت این روش سبب شده که پژوهشگران فراوانی در زمینه بررسی پراکنش گیاهی از داده‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده کنند. Stow et al. (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر ماهواره نوا^۳ در یک بازه ۲۰ ساله تغییرات پوشش گیاهی توندر را در منطقه قطبی را مورد ارزیابی قرار داده و از معیار سبزی‌نگی به‌عنوان ابزار سنجش تغییرات استفاده کردند. Joshi et al. (۲۰۰۴) به‌مرور روش‌ها و پیشرفت‌های رخ داده در کاربرد روش‌های سنجش از دور در تحلیل پراکنش گونه‌های گیاهی پرداخته است و بر توانایی گسترده این روش صحنه گذاشته است. در کار Van den Berg et al. (۲۰۱۳) از اطلاعات سنجش از دور و داده‌برداری میدانی برای ارزیابی گسترش گونه مهاجم کهور در منطقه‌ای در آفریقای جنوبی استفاده شده است. پژوهشگران گزارش دادند که ترکیب روش‌های مختلف سنجش از دور، اطلاعات جغرافیایی و میدانی می‌تواند با دقت بالایی پراکنش این‌گونه در منطقه را نشان دهد. (Bagherzadeh et al., 2020) در منطقه مشهد نتایج مثبتی در مورد همبستگی شاخص NDVI و تغییرات دمایی و بارشی به دست آورد. بر این اساس افزایش بارش تأثیر مثبتی بر پوشش

^۱ Yellow stone

^۲ Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)

^۳ NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)

گیاهی داشته است. (Zare Khormizi et al., 2020) در مناطق زاگرس و البرز به بررسی تغییرات تغییر اقلیم بر شاخص NDVI ماهواره AVHRR پرداخته و به این نتیجه رسیدند که افزایش دوره رشد از یک طرف و بهبود بارش در برخی مناطق به بهبود پوشش گیاهی منجر شده است. (Mutti et al., 2020) با استفاده از شاخص استاندارد پوشش گیاهی ماهواره مودیس تغییرات پوشش گیاهی و خطر بیابان‌زایی در مناطق نیمه‌خشک برزیل را بررسی کرده و مشاهده کردند که خود شاخص پوشش گیاهی به‌تنهایی پیش‌بینی کننده دقیق‌تری از بیابان‌زایی است نسبت به زمانی که بارش نیز به‌عنوان به عامل مستقل وارد معادله می‌شود. (Kureel et al., 2021) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای هاپیراسپکترال سلامت پوشش گیاهی منطقه‌ای در هندوستان را بررسی کردند. در این بررسی از ۶ شاخص پوشش گیاهی مختلف استفاده شده و محققین به این نتیجه رسیدند که هر شاخص مزایا و معایب خود را داشته و نمی‌توان شاخص برتری معرفی کرد. (Ji et al., 2021) با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی سنجش از دوری، تغییرات فنولوژی گیاهی در دشت بزرگ آمریکا را بررسی کرده و به مشاهده کردند که داده‌های سنجش از دوری دقت بسیار مناسب و همخوانی مطلوبی با داده‌های واقعی از خود نشان می‌دهند (Tolche et al., 2021) از شاخص‌های سنجش از دوری مختلف ماهواره مودیس برای ارزیابی تخریب زمین و پوشش گیاهی در منطقه‌ای در اتیوپی استفاده کرده و بیان نمودند که شاخص استاندارد پوشش گیاهی یکی از بهترین معیارها برای ارزیابی سلامت پوشش گیاهی است. نتایج این بررسی برای طبقه‌بندی منطقه از نظر تخریب زمین مورد استفاده قرار گرفتند. جعفری و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تصاویر ماهواره لند ست تغییرات پوشش گیاهی میان سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۲ رو بررسی نمودند. شاخص‌های گیاهی بسیار متنوعی در این بررسی در نظر گرفته شده و در نهایت به این نتیجه دست یافتند که تغییرات پوشش گیاهی در ۱۲ سال مورد بررسی بسیار چشمگیر بوده و به سبب افزایش سطح پوشیده از گیاه، از بیابان‌زایی در منطقه کاسته شده است. محمد یاری و همکاران (۱۳۹۳) از تصاویر ماهواره لند ست و شاخص NDVI^۴ برای نمایش تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی در شهرستان بهبهان در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ استفاده کردند. این پژوهشگران همچنین بین تغییرات پوشش و عوامل اقلیمی دما و بارش رابطه‌ای برقرار کرده تا بتوان تأثیر پوشش بر دمای منطقه را نیز ارزیابی نمود. کاظمی نیا (۱۳۹۶) با استفاده از تصاویر ماهواره لند ست در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۲، تغییرات پوشش گیاهی را در منطقه‌ای در غرب استان خوزستان بررسی و پایش کرد. بر اساس نتایج به دست آمده توسط این پژوهشگر، از سطح مراتع با پوشش گیاهی متوسط در منطقه کاسته شده است. نسب پور و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از شاخص NDVI و تصاویر ماهواره مودیس^۵ تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های مختلف را مورد ارزیابی قرار دادند. بر این اساس، پوشش گیاهی در منطقه کاهش و سپس افزایش نشان داده است.

با وجود اهمیت مراتع جنوب کشور ایران و به‌ویژه مراتع بخش ملا فهله استان فارس، تاکنون تحقیقات جامعی بر روی مدل‌سازی و تغییرات پوشش گیاهی و تبعات حاصل از آن انجام نشده است. از طرفی با توجه به ارزش و اهمیت این مراتع

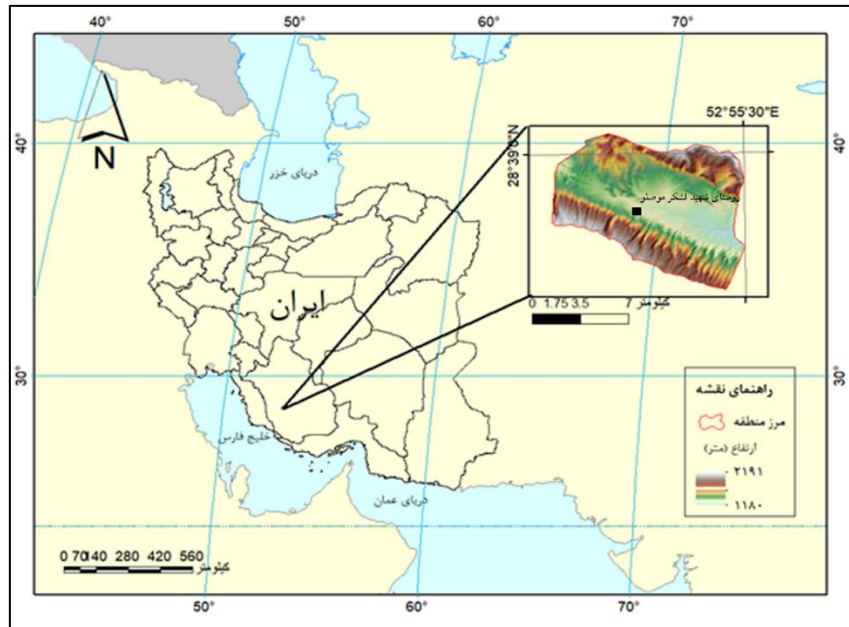
^۴ Normalized Difference Vegetation Index

^۵ Modis

ضروری است که اطلاعات دقیق، جامع و به‌روزی از روند تغییرات آن‌ها به‌دست آورده شود. با وجود اهمیت بالای این مناطق، مطالعات اندکی در ارتباط با مدل‌سازی و پایش تغییرات آن‌ها انجام شده است و فقدان اطلاعات دقیق و قابل اطمینان در فرم نقشه و لایه‌های مکانی در این نواحی احساس می‌شود؛ بنابراین، این مطالعه سعی دارد به بررسی تغییرات زمانی پوشش گیاهی منطقه بپردازد. در این راستا ترکیبی از مدل‌های ریاضی، روش‌های سنجش از دور و ارزیابی‌های میدانی به کار گرفته خواهد شد. با توجه به نبود مطالعاتی دقیق و جامع در مورد مراتع منطقه ملا فهله استان فارس و عدم وجود اطلاعات دقیق از کارا یا ناکارا بودن مدل‌های ریاضی و سنجش از دور در تفسیر تغییرات پوشش گیاهی در مناطق خشک و فاقد داده می‌توان این پژوهش را در نوع خود خاص و منحصر به فرد دانست. از طرف دیگر پژوهش مشابهی با این سطح از دقت و تنوع روش‌های ارزیابی در منطقه مطالعاتی به انجام نرسیده و همچنین مدیران مربوطه از توانایی روش‌های به کار رفته در این پژوهش در امر مدیریت منابع طبیعی اطمینان ندارند. در نتیجه، موفقیت این پژوهش هم از منظر آکادمیک و هم از نظر مدیریتی دارای اهمیت خاصی خواهد بود.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حوضه آبخیز ملای فهله فیروزآباد با مساحت ۱۱۵ کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیایی $35^{\circ} 52'$ و $31^{\circ} 28'$ و عرض‌های جغرافیایی $31^{\circ} 28'$ و $37^{\circ} 28'$ در جنوب شهرستان فیروزآباد قرار گرفته است. اقلیم منطقه مورد مطالعه نیمه‌خشک و میانگین بارش سالانه در منطقه حدود ۳۳۰ میلی‌متر است (میانگین‌های اقلیمی آمار ۳۰ ساله). فاصله این حوضه تا شهرستان فیروزآباد ۵۰ کیلومتر، شهرستان قیرو کارزین ۲۵ کیلومتر و تا شیراز حدود ۱۶۳ کیلومتر است. منطقه مورد مطالعه از اقلیمی معتدل و نزدیک به اقلیم گرم و مرطوب است. میانگین رطوبت نسبی سالیانه نزدیک به ۴۸ درصد است. میانگین دمای سالانه $17/8$ درجه سانتی‌گراد، میزان بارش بهاره آن به مقدار ۴۵ میلی‌متر و میزان رطوبت نسبی سالانه $36/5$ درصد است. درجه حرارت آن طی سال از $5/0$ درجه سانتی‌گراد تا 33 درجه سانتی‌گراد در نوسان است. در شکل ۱ موقعیت حوضه مطالعاتی در استان فارس و در کشور نمایش داده شده است. همان‌طور که مشخص است عمده منطقه حالت تپه ماهوری داشته که قسمت هموار و دشتی میانی را احاطه کرده‌اند. بارش میانگین منطقه میزان چشمگیری نیست و به همین دلیل پوشش گیاهی منطقه نیز تنک و به‌صورت بوته‌ای می‌باشد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی در استان فارس و ایران

داده‌های مورد استفاده

در این بررسی جهت تعیین وضعیت پوشش گیاهی از شاخص استاندارد شده پوشش گیاهی NDVI استفاده شد. این شاخص با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود (Martínez et al., 2009):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

که در آن NDVI شاخص استاندارد شده پوشش گیاهی است که در بازه منفی یک تا مثبت یک قرار می‌گیرد. مقادیر منفی تا یک نشانگر مناطق آبیگر می‌باشند. مقادیر بین صفر تا ۰/۲ این شاخص نشان‌دهنده عدم پوشش گیاهی و بایر بودن منطقه بوده و مقادیر بین ۰/۲-۰/۴ نشان‌دهنده پوشش درختچه‌ای و بوته‌ای است. مقادیر بین ۰/۴ تا ۰/۹ نشانگر پوشش غنی و متراکم در منطقه است. NIR نشان‌دهنده شاخص مادون قرمز نزدیک و R نشان‌دهنده باند قرمز تصویر ماهواره‌ای است. جهت بررسی تغییرات شاخص NDVI از تصاویر ماهواره لند ست ۵، ۷ و ۸، محصول NDVI ماهواره MODIS استفاده شد. این تصاویر برای ماه مارس که حداکثر رشد پوشش گیاهی در منطقه اتفاق می‌افتد از محیط پردازش گوگل Earth Engine برای منطقه مطالعاتی استخراج شد. از میان تمام تصاویر موجود برای ماه مارس نیز تنها تصاویر با کمترین آلودگی ابری انتخاب شدند. این تصاویر از نظر رادیومتری و هندسی تصحیح شده می‌باشند. تصاویر به دست آمده در محیط ArcGIS و IDRISI-TerrSet مورد پردازش قرار گرفتند. داده‌های مورد نیاز برای تهیه نقشه شیب منطقه از نقشه رقومی ۳۰ متری ماهواره Alos تحت عنوان محصول AW3D30 در محیط گوگل ارث انجین استخراج شدند. سری زمانی شاخص NDVI نیز برای هر سه ماهواره برای بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ از ماهواره‌های لند ست ۵، لند ست ۷ و لند ست ۸ از محیط گوگل ارث انجین استخراج شده و در محیط متلب تجزیه و تحلیل شدند.

از آنجا که ایستگاه هواشناسی نزدیکی به جز ایستگاه قیر برای تعیین پارامترهای هواشناسی موجود نبوده و آمار این ایستگاه نیز محدود می‌باشند، از محصول بارش ماهواره Global Precipitation Measurement (GPM) در محیط گوگل ارث انجین استفاده شد. این داده‌ها به صورت ۳ ساعته عرضه می‌شوند و میانگین ماهانه این اعداد در محیط ابری محاسبه و استخراج شد.

جهت بررسی تأثیر خشک‌سالی بر پوشش گیاهی در کنار بارش از داده‌های شاخص پالمر استفاده شد. این شاخص از داده‌های ماهواره TerraClimate و از باند Pdsi به صورت ماهانه استخراج شده و در محیط متلب تجزیه و تحلیل شدند. شاخص پالمر بین +۱۰ و -۱۰ متغیر است و اعداد مثبت نشان از ترسالی و اعداد منفی نشان از خشک‌سالی می‌دهند (Alley, 1984).

پیش‌بینی آینده با استفاده از مدل مارکف

زنجیره مارکف، یک مدل ریاضی است که برای توصیف نوع خاصی از فرایندها که در یک سلسله توالی حالات مختلف یک سیستم وجود دارد، استفاده می‌شود. فرضیه این روش آن است که کاربری و پوشش گذشته زمین در تعیین حالت آینده آن مؤثر است. احتمال شرطی یک کاربری/پوشش در یک‌زمان خاص و با توجه به تمام کاربری‌های آن در گذشته، بیشتر به کاربری اخیر آن وابسته است تا کاربری‌های قدیمی‌تر. ساز و کار اصلی زنجیره مارکف آن است که احتمال تبدیل حالت از شکل الف به ب را در یک بازه زمانی خاص مشخص کند. حالت سیستم در مورد این پژوهش را می‌توان پوشش زمین در سال الف و ب در نظر گرفت (Islam et al., 2011).

مدل‌های زنجیره مارکف، با بررسی تبدیل و تغییر پوشش از یک نقطه از زمان به دیگری در یک موقعیت مشخص، شرایط آینده آن نقطه را مشخص می‌کنند. برای این منظور از ماتریس‌های انتقال استفاده می‌شود که احتمال تبدیل از شرایط الف به ب را در خود جای داده است و بر همین اساس آینده را تعیین می‌کنند. از نظر آماری مدل مارکف را به شکل ساده زیر می‌توان نشان داد (Weng, 2002):

$$P [X(t+1) = j | X(t) = i] \quad (\text{معادله ۲})$$

که در آن i و j سری زمانی زنجیره مارکف در یک سیستم هستند.

برای ارزیابی این مدل، تصاویر طبقه‌بندی‌شده پوشش گیاهی NDVI به دست آمده وارد محیط IDRISI-TerrSet شده و با استفاده از مدل‌سازی تغییرات زمین (LCM) Land Change Modeler شرایط آبی پوشش گیاهی برای سال ۲۰۳۰ تعیین شد. برای این منظور تصاویر سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۲ به‌عنوان پیش فرض استفاده شده و با استفاده از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی که در خود نرم‌افزار تعبیه شده، شرایط پوشش گیاهی برای سال ۲۰۲۰ تعیین شد. این تصویر پیش‌بینی شده با تصویر واقعی به دست آمده از منطقه مقایسه شد تا دقت مدل تعیین شده و مدل کالیبره شود. سپس مدل به دست آمده که عملکرد مناسبی از خود نشان داد برای پیش‌بینی پوشش گیاهی در سال ۲۰۳۰ استفاده شد.

برای مدل سازی نیاز به معرفی فاکتورهای کمکی است. برای این منظور از نقشه شیب به دست آمده از نقشه رقومی ارتفاعی ماهواره Alos استفاده شد.

پیش بینی آب و هوای آینده با استفاده از مدل LARS-WG

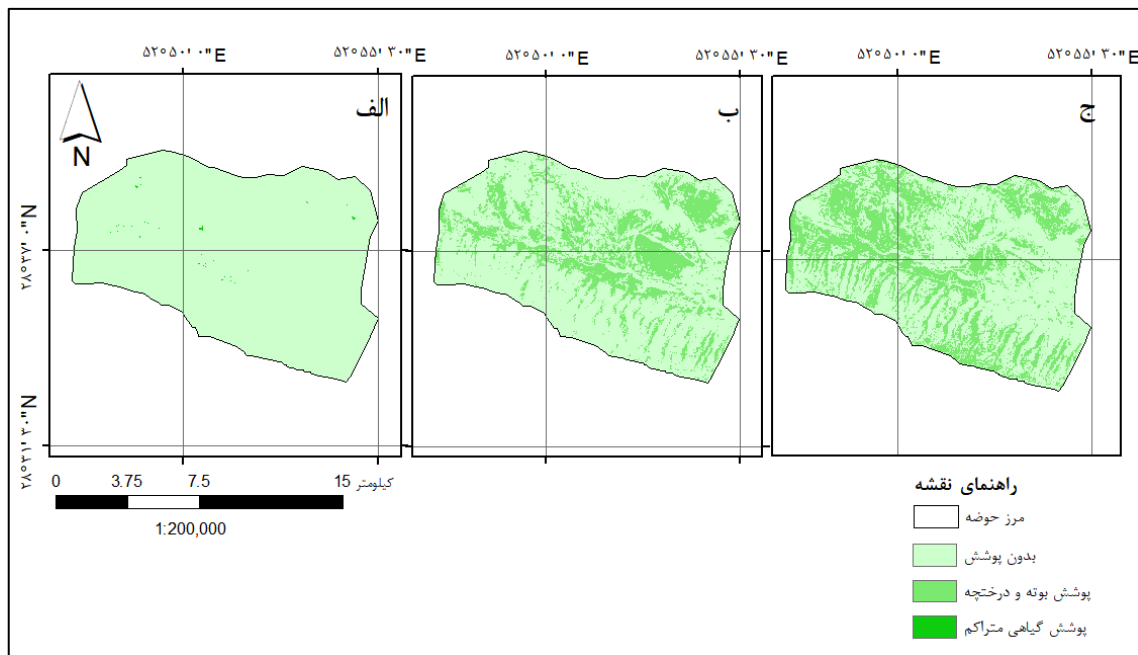
برای پیش بینی شرایط آب و هوایی آتی منطقه از آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فیروزآباد که در ۲۵ کیلومتری منطقه است، استفاده شد. دلیل عدم استفاده از داده های ماهواره ای در این بخش نیاز به دقت بالا در پیش بینی و عدم ارائه آمار دما (بیشینه و کمینه) و ساعات آفتابی در داده های سنجش از دوری است. جهت پیش بینی شرایط آتی از نرم افزار شبیه ساز هوای تصادفی Lars Stochastic Weather Generator و از مدل اقلیمی عمومی^۶ CSIRO-MK36 برای سناریوهای ۲۶، ۴۵ و ۸۵ استفاده شد. سناریو RCP-26، RCP-45 و RCP-85 که در ارزیابی پنجم پانل بین المللی تغییر اقلیم در سال ۲۰۱۴ معرفی شدند به ترتیب نشان دهنده قدرت تابشی گازهای گلخانه ای در سال ۲۱۰۰ برحسب وات بر مترمربع است. بر اساس پیش بینی های انجام شده سناریو غالب فعلی قدرت تابشی ۸/۵ وات بر مترمربع است (Park et al., 2014). غلظت فعلی گاز گلخانه ای از تارنمای <https://www.co2.earth> و برابر با ۴۱۴ قسمت در میلیون به دست آمد. در ادامه شبیه سازی آب و هوا در نرم افزار لارس انجام شده و مقادیر آن در نرم افزار متلب تجزیه و تحلیل شدند. داده های به دست آمده تا سال ۲۰۴۰ شبیه سازی شدند.

یافته های پژوهش

شاخص استاندارد پوشش گیاهی

نقشه های طبقه بندی شده شاخص استاندارد پوشش گیاهی در شکل ۲ ارائه شده اند. همان طور که مشخص است در سال ۱۹۹۲، عمده پوشش گیاهی منطقه در کلاس ۱ یعنی بدون پوشش و یا پوشش بسیار پراکنده و تنک قرار گرفته است. بارش کم منطقه، دمای هوای بالا و دشواری زیست سبب شده تا پوشش گیاهی منطقه چشمگیر نباشد. این در حالی است که در سال های ۲۰۰۲ و ۲۰۲۰ میزان پوشش گیاهی بسیار بهبود یافته است به شکلی که در سال پوشش بوته ای و درختچه ای از ۲ درصد (۲/۳ کیلومتر مربع) در سال ۱۹۹۲ به ۳۴ درصد (۳۹ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۲۰ افزایش داشته است. این در حالی است که پوشش گیاهی متراکم در همه تصاویر چیزی کمتر از ۴ درصد (۴/۶ کیلومتر مربع) را به خود اختصاص داده است و عمده منطقه شرایط خشک و بدون پوشش را نشان می دهد. با توجه به نقشه توپوگرافی منطقه که در شکل ۱ نشان داده شده، می توان دریافت که دره های منطقه عمدتاً بهترین پناهگاه برای استقرار پوشش گیاهی بوده اند و همین امر در تصاویر شاخص NDVI نیز به خوبی قابل مشاهده است.

^۶ Global Climate Change Model (GCM)

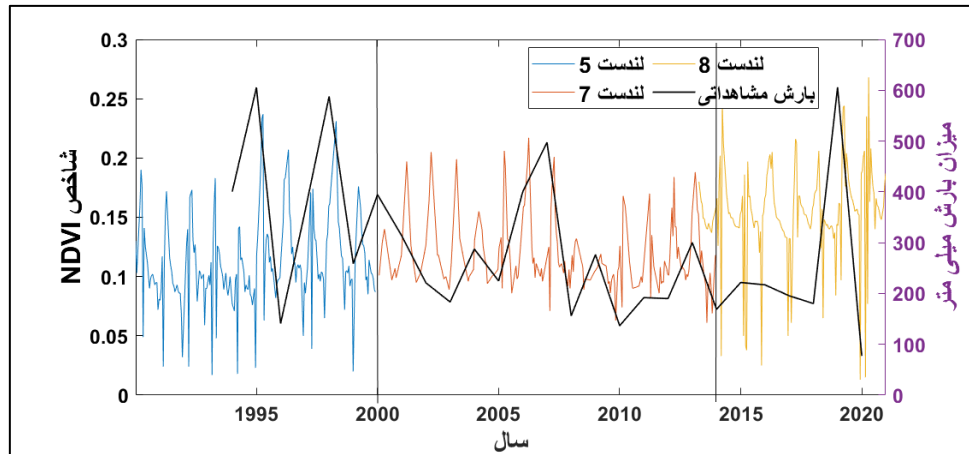


مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: نقشه شاخص استاندارد پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی برای سال‌های ۱۹۹۲ (الف)، ۲۰۰۲ (ب) و ۲۰۲۰ (ج)

بررسی تغییرات شاخص NDVI

در شکل ۳ تغییرات شاخص NDVI در طول دوره مطالعاتی از ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ ارائه شده است. در این نمودار داده‌ها به تفکیک ماهواره‌های لند ست ۵، ۷ و ۸ ارائه شده‌اند. جهت بررسی تأثیر بارش بر شاخص پوشش گیاهی از داده‌های ایستگاه هواشناسی قیر که در ۲۵ کیلومتری منطقه است استفاده شد که به دلیل دقت بسیار پایین داده‌ها در تفکیک عوارض نمی‌توان اطلاعات زیادی به دست آورد؛ اما تا حدودی می‌توان مشاهده کرد که در سال‌هایی که بارش بیشتر بوده با تأخیر شاخص پوشش گیاهی نیز بهبود یافته است. از روند سری زمانی خود شاخص به‌خوبی مشخص است که روندی رو به رشد در میزان کلی شاخص پوشش گیاهی دیده می‌شود که از حدود سال ۲۰۰۰ به بعد دیده می‌شود. تغییرات شاخص تا حدودی در میانه بازه هم‌زمان با تغییرات بارش نیز دیده می‌شود. چنانچه مشخص است با کاهش بارش نوسانات پوشش گیاهی نیز کاهش یافته و هرچه به سمت سال ۲۰۲۰ نزدیک می‌شویم وقایع بارش ناگهانی بیشتر شده و به همین نسبت نوسانات پوشش گیاهی نیز بیشتر شده است. به همین دلیل نیاز است تا تغییرات بارش و خشک‌سالی با دقت بیشتری بررسی گردد.

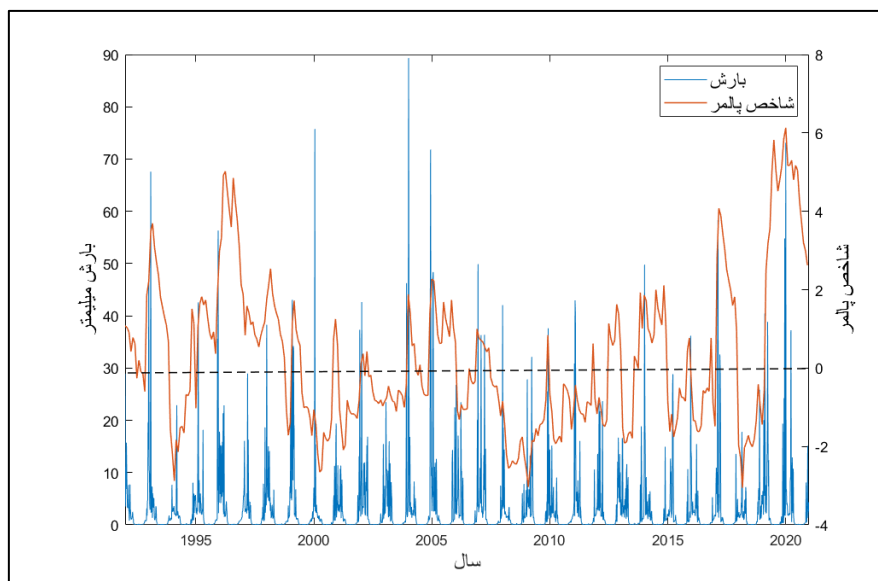


مآخذ: نگارندگان

شکل ۳: تغییرات شاخص استاندارد پوشش گیاهی در سه ماهواره لندست ۵، ۷ و ۸ در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ در منطقه مطالعاتی ملا فهله استان فارس در کنار بارش ثبت شده در ایستگاه قیر

تأثیرات بارش و خشک‌سالی بر پوشش گیاهی

در شکل ۴ سری زمانی بارش (به دست آمده از محصولات سنجش از دوری GPM و سری زمانی هم‌زمان شاخص شدت خشک‌سالی پالم (به دست آمده از تصاویر TerraClimate) ارائه شده‌اند. شاخص پالم از این نظر که تغییرات رطوبت خاک را بر اساس بارش و دما تخمین می‌زند شدت خشک‌سالی و اهمیت آن را برای پوشش گیاهی بهتر نمایش می‌دهد. بر این اساس در سال‌های ۱۹۹۳، ۱۹۹۶، ۲۰۰۰، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰ بیشترین بارش‌ها رخ داده است. داده‌های هم‌زمان شاخص استاندارد بارش نیز به‌خوبی اثرات بارش را نمایش داده‌اند. به شکلی که در سال ۱۹۹۲، بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵، و سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ شاخص پوشش گیاهی رشد قابل مشاهده‌ای داشته است. در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ که بیشترین بارش‌های حداکثری رخ داده شاخص پوشش گیاهی به‌ندرت به زیر ۰/۱ کاهش داشته است. در عین حال نیز شاخص خشک‌سالی پالم تغییرات مشابهی نشان داده است. برای نمونه در سال ۲۰۰۰ شرایط در حالت خشک‌سالی بوده که در اثر بارش‌های رخ داده نوسان‌های هم‌زمانی در شاخص پالم نیز دیده می‌شود. در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ عمدتاً شرایط خشک‌سالی برقرار بوده که با شاخص‌های بارش و شاخص پوشش گیاهی نیز هم‌زمانی دقیقی نشان می‌دهد. داده‌های شاخص پالم و بارش در انتهای بازه مطالعاتی یعنی نزدیک به سال ۲۰۲۰ رشد قابل توجهی نشان می‌دهند و همین رشد نشانگر بهبود شرایط و ترسالی شدن و فراهم شدن زمینه برای استقرار پوشش گیاهی می‌باشد. شاخص NDVI نیز در همین زمان رشد مشخصی از خود نشان داده است.

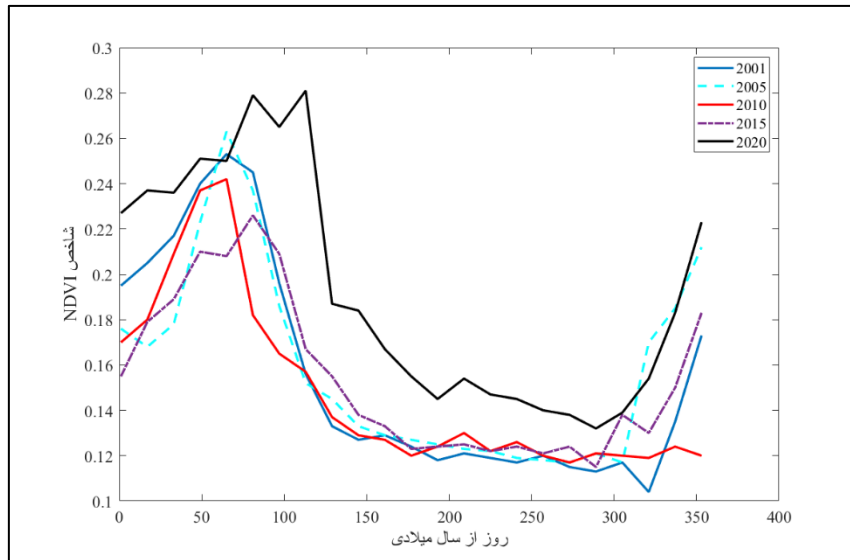


مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: بررسی تغییرات بارش در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ در کنار تغییرات شاخص شدت خشک‌سالی پالمر در منطقه مطالعاتی ملا فهله استان فارس

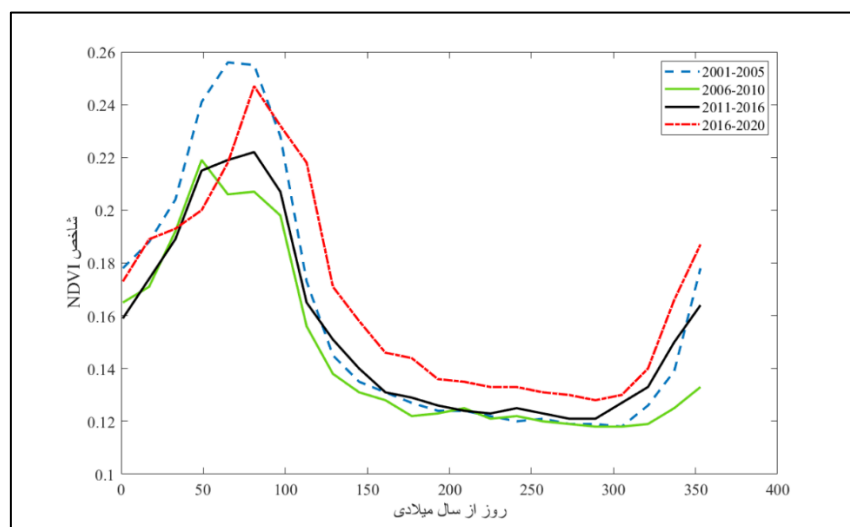
تغییرات روزانه شاخص پوشش گیاهی

تغییرات روزانه شاخص NDVI در منطقه مطالعاتی در شکل ۵ و ۶ ارائه شده است. نتایج این نمودار از محیط گوگل ارث انجین و برای ماهواره Modis MOD13Q1 استخراج شده است. نتایج ارائه شده در شکل ۵ برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ به صورت روزانه می‌باشند. بر این اساس میزان پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۰ رشد چشمگیری نسبت به سال ۲۰۰۱ داشته است و سال ۲۰۱۵ کمترین میزان پوشش گیاهی در منطقه وجود داشته است؛ اما از آنجا که تغییرات سالانه گویای روند نیست لازم است تا میانگین بلند مدت تر شاخص NDVI تهیه شده و بررسی شود. به همین دلیل هر ۵ سال داده‌های به دست آمده میانگین‌گیری شدند. نتایج این بخش در شکل ۶ ارائه شده است. نتایج این نمودار نیز برای ۳۶۵ روز سال ارائه شده است. داده‌ها به صورت هر ۵ سال و در سراسر منطقه مطالعاتی میانگین‌گیری شده‌اند. از آنجا که داده‌ها بر اساس روز سال میلادی ارائه می‌شوند از چپ به راست از زمستان یک سال به زمستان سال دیگر مرتب‌شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص NDVI در منطقه در دامنه بسیار پایین صفر تا ۰/۲۸ است که در محدوده کمابیش بدون پوشش گیاهی تا پوشش گیاهی بوته‌ای و با تاج پوشش باز می‌باشد. بر این اساس میانگین سال ۲۰۱۵-۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۰۱-۲۰۰۵ رشد بسزایی داشته و در عین حال اوج نمودار نیز به سمت راست (به سمت بهار) جابجایی داشته است. همچنین خود نمودار نیز با افزایش زمان حالت بازشدگی داشته که نشان‌دهنده افزایش دوره رویشی گیاهان در منطقه می‌باشد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: تغییرات روزانه شاخص NDVI در منطقه مطالعاتی در دوره‌های ۵ ساله با استفاده از داده‌های ماهواره MODIS



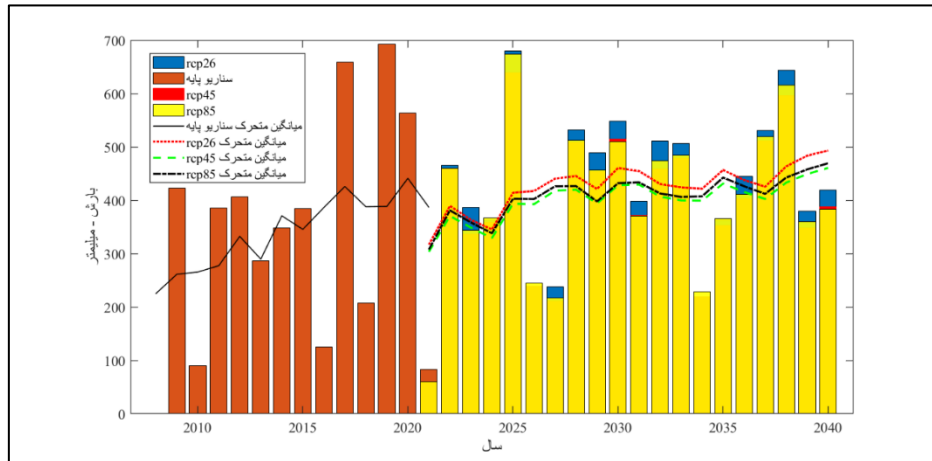
مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: تغییرات روزانه شاخص NDVI در بازه ۵ ساله در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ با استفاده از داده‌های ماهواره MODIS

تغییرات آبی و ویژگی‌های آب و هوایی

میزان بارش به همراه تغییرات آن در سناریوهای ۲/۶، ۴/۵ و ۸/۵ وات بر مترمربعی با استفاده از مدل CSIRO-MK36 در شکل ۷ ارائه شده است. میانگین داده‌های بارش نیز برای دوره پایه و سناریوهای مختلف ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است بارش در منطقه روندی رو به رشد داشته و در سال ۲۰۲۰ از میانگین ۲۲۰ میلی‌متر در ابتدای دوره به نزدیک ۴۰۰ میلی‌متر خواهد رسید. بر همین اساس سناریو ۲/۶ وات بر مترمربعی میانگین بارش ۴۱۹ میلی‌متری، سناری ۴/۵ وات بر مترمربع بارش میانگین ۳۹۵/۳ میلی‌متر و سناریو ۸/۵ وات بر مترمربعی بارش میانگین ۴۰۲/۸ میلی‌متری خواهد داشت.

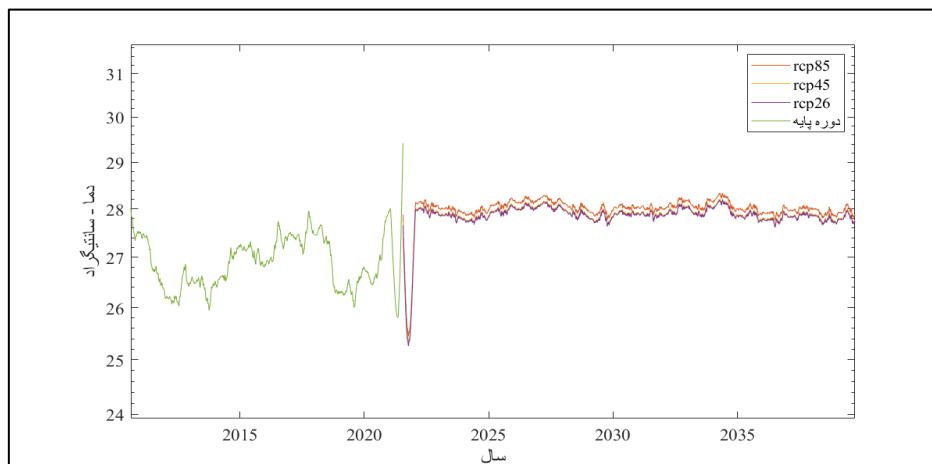
میانگین بارش در دوره پایه ۳۵۸/۱ میلی‌متر است. بر همین اساس سناریو ۲/۶ افزایش ۲۵/۶ درصدی، سناریو ۴/۵ افزایش ۱۰/۳ درصدی و سناریو ۸/۵ افزایش ۱۲/۴ درصدی بارش را نشان می‌دهند.



مأخذ: نگارندگان

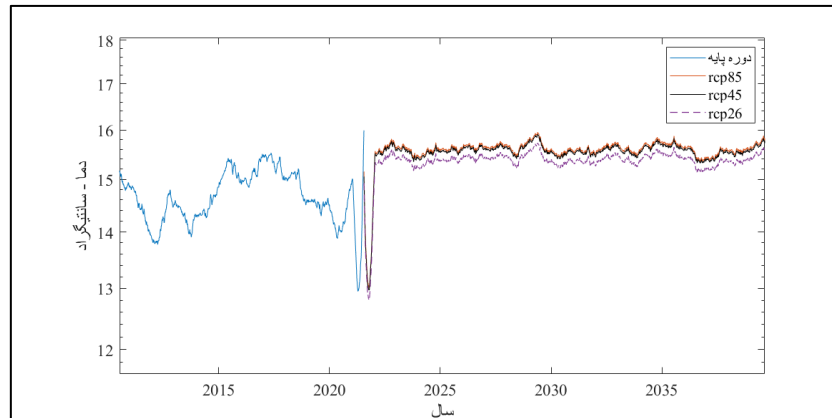
شکل ۷: بارش در دوره مشاهداتی، تغییرات بارش در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم به همراه میانگین متحرک بارش

در شکل ۸ و ۹ تغییرات میانگین دمای بیشینه و کمینه در منطقه مطالعاتی در سناریوهای مختلف در برابر شرایط مشاهداتی ارائه شده است. میانگین دمای بیشینه در سناریوهای ۲/۶، ۴/۵ و ۸/۵ و دوره پایه به ترتیب ۲۷/۹، ۲۷/۹، ۲۸/۰ و ۲۶/۹ درجه سانتی‌گراد بوده است. میانگین دمای کمینه در سناریوهای ۲/۶، ۴/۵ و ۸/۵ و دوره پایه به ترتیب ۱۵/۵، ۱۵/۴، ۱۵/۶ و ۱۴/۶ درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج نشان داد که افزایش میانگین دمای بیشینه در سناریوهای ۲/۶، ۴/۵ و ۸/۵ نسبت به دوره پایه به ترتیب ۰/۹، ۰/۹ و ۱/۲ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. در همین حال افزایش میانگین دمای کمینه در سناریوهای ۲/۶، ۴/۵ و ۸/۵ نسبت به دوره پایه به ترتیب ۰/۹، ۰/۷ و ۱ درجه سانتی‌گراد خواهد بود.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۸: میانگین دمای بیشینه در دوره مشاهداتی، تغییرات دمای بیشینه در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم

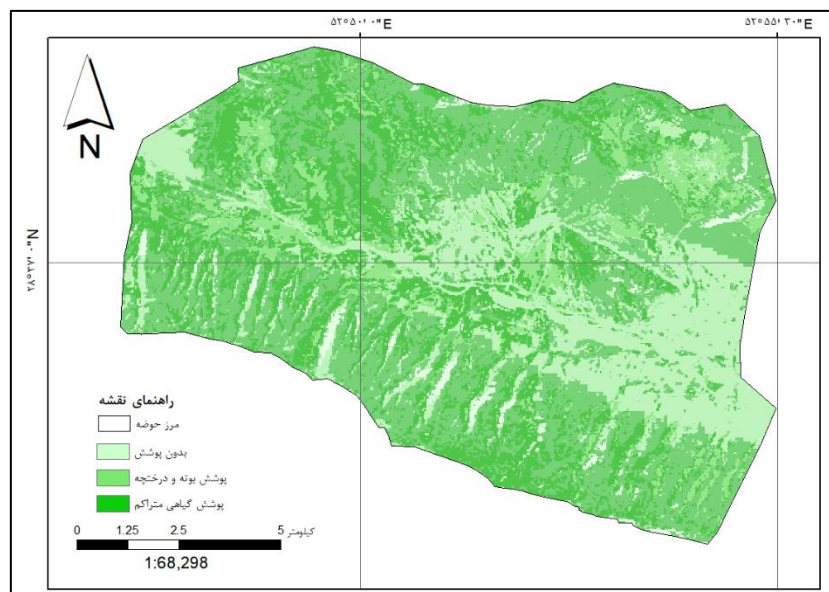


مأخذ: نگارندگان

شکل ۹: میانگین دمای کمینه در دوره مشاهداتی، تغییرات دمای کمینه در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم

پیش‌بینی شاخص NDVI

همان‌طور که گفته شد، از مدل مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی در سال ۲۰۳۰ استفاده شد. تصاویر تفکیک شده سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۰۲ به‌عنوان پیش‌بینی‌های مدل استفاده شد تا نقشه پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۰ مدل‌سازی شود. تفاوت نقشه پیش‌بینی شده و نقشه تفکیک شده واقعی با استفاده از ضریب کاپا ۷۵ درصد تعیین شد که نشانگر مناسب بودن دقت مدل در پیش‌بینی پوشش گیاهی است. بر همین اساس اقدام به بررسی تغییرات پوشش گیاهی در سال ۲۰۳۰ نمودیم که نتایج آن در شکل ۱۰ ارائه شده است. تفکیک منطقه به کلاس‌های مختلف نشان داد که کلاس بدون پوشش نزدیک به ۴۲ درصد (۴۸/۳ کیلومترمربع)، کلاس بوته‌ای و درختچه‌ای ۳۹ درصد (۴۴/۸۵ کیلومترمربع) و کلاس پوشش متراکم که در نقشه‌های پیش‌گفته کمتر از ۴ درصد بوده به ۱۹ درصد افزایش یافته است (۱۷/۲۵ کیلومترمربع). بر اساس پیش‌بینی صورت گرفته که با روند رو به رشد شاخص NDVI نیز همخوانی دارد پوشش گیاهی منطقه روندی رو به بهبودی دارد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۰: پیش‌بینی پوشش گیاهی منطقه ملا فهله استان فارس با استفاده از شاخص NDVI و مدل شبیه‌ساز زنجیره مارکف

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ بررسی شد. برای این هدف از تصاویر ماهواره لند ست ۵، ۷ و ۸ و همچنین ماهواره مودیس (نتایج روزانه میان‌بندی شده) استفاده شده است. این تغییرات با استفاده از داده‌های سری زمانی بارش و شاخص شدت خشک‌سالی پالم (که خود محصولات سنجش از دوری هستند) صحت‌سنجی شدند. نتایج سری زمانی شاخص پوشش گیاهی نشان داد که پوشش گیاهی روندی رو به رشد در منطقه مطالعاتی دارد. بر همین اساس در تصاویر تفکیک شده نیز مشخص شد که عمده منطقه از شرایط بدون پوشش گیاهی به پوشش گیاهی بوته‌ای و درختچه‌ای تبدیل شده و سهم پوشش گیاهی متراکم نیز کمابیش در دوره ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۰ افزایش داشته است. نتایج شاخص پالم و بارش نیز تطابق خوبی با شاخص پوشش گیاهی از خود نشان دادند. بر همین اساس دیده شد که در سال‌هایی که بارش بیشتر و شاخص پالم نیز بزرگ‌تر باشد پوشش گیاهی با تأخیر روندی رو به رشد از خود نشان می‌دهد. تأخیر صورت گرفته بیشتر به این دلیل است که بارش منطقه عمدتاً در فصل زمستان رخ می‌دهد و تأثیر آن بیشتر در بهار آینده دیده می‌شود. روند رو به بهبودی پوشش گیاهی نیز برای یک تا چند سال بسته به بارش ادامه‌دار است (Gong et al., 2015; Hogda et al., 2001). البته از آنجا که مقادیر سری زمانی این شاخص به‌صورت میانگین کل عرصه استخراج شده‌اند نمی‌توان به‌دقت اثرات عوامل محیطی دیگر مانند پارامترهای خاکی و توپوگرافی را بر سری زمانی NDVI تعیین کرد. از اطلاعات تصاویر NDVI می‌توان دریافت که توپوگرافی تأثیر بسزایی در پراکنش پوشش گیاهی در منطقه دارد. می‌توان مشاهده کرد که عمده پوشش گیاهی در دره‌ها و اطراف آن‌ها که شرایط رطوبتی بهتر است متمرکز شده‌اند. شیخ و همکاران (Sheikh et al., 2016) و گودرزی و همکاران (Goudarzi et al., 2019) نیز

مشاهده کردند که توپوگرافی تأثیر بسزایی بر پوشش گیاهی دارد به شکلی که شیب‌های متوسط و خاک عمیق بهترین عوامل توصیف کننده پراکنش پوشش گیاهی می‌باشند. نتایج به دست آمده از مدل پیش‌بینی مارکف نیز نشان می‌دهد که سهم طبقات پوشش درختچه‌ای و بوته‌ای و پوشش گیاهی متراکم در سال ۲۰۳۰ افزایش خواهد داشت و به بیش از ۱۹ درصد خواهد رسید. البته این میزان برای فصل حداکثر رویش پوشش گیاهی است و سپس در ادامه سال روند رو به کاهش خواهد داشت. در هر صورت بهبود پوشش گیاهی در این منطقه بر اساس نتایج به دست آمده حاکی از کاهش فرسایش بادی و آبی در منطقه بوده و در کوتاه و میان مدت می‌تواند شرایط را برای دامداری بهبود بخشد. البته هرگونه برنامه دامداری نامناسب در منطقه می‌تواند به شدت بر پوشش گیاهی تأثیرگذار باشد که به دلیل نبود اطلاعات در مورد نرخ دام‌گذاری در گذشته نمی‌توان سهم این عامل را در تغییرات NDVI بررسی کرد؛ البته باید در مورد حساسیت شاخص NDVI در مناطق خشک دقت بیشتری مبذول داشت. این شاخص در مناطقی که زمینه تصویر دچار قابلیت امواج خاک و سطح لخت زمین باشد با اختلال همراه می‌شود و بهتر است از سایر شاخص‌های پوشش گیاهی مانند SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) استفاده کرد (Huete, 1988). البته هنوز نمی‌توان با قطعیت گفت که این شاخص دقت بیشتری در این منطقه خواهد داشت و نیازمند بررسی بیشتری هستیم تا کارایی سایر شاخص‌ها را در این منطقه تعیین کرد.

نتایج به دست آمده در مورد تغییرات شاخص NDVI در روزهای مختلف سال از ماهواره مودیس نیز نه تنها نشان‌دهنده افزایش میزان پوشش گیاهی در منطقه بوده بلکه شاهد جابجایی پیک نمودار به سمت بهار و افزایش دامنه نمودار هستیم که نشان‌دهنده بهبود شرایط دمایی و بارشی در منطقه برای استقرار بارش است. نتایج به دست آمده با خروجی مدل بزرگ‌مقیاس تغییر اقلیم نیز سازگار بوده است به شکلی که در دوره آتی در بدترین شرایط در سناریو ۸/۵ وات بر مترمربعی شاهد ۱۲/۴ درصد رشد در میزان بارش و افزایش دمای ۱/۲ درجه‌ای بیشینه‌ها و ۱ درجه‌ای در کمینه‌ها خواهیم بود. در بهترین شرایط که غیرمحمول‌ترین سناریو نیز به حساب می‌آید بارش ۲۵/۶ درصد بهبود خواهد یافت. در نهایت هر سه سناریو و حتی روند داده‌های موجود گویای بهبود شرایط بارشی در کوتاه مدت در منطقه است که می‌تواند به بهبود پوشش گیاهی منجر شود. قبرزگاب‌ر و همکاران (Ghebregabher et al., 2020) البته به نتایج متفاوتی در شاخ آفریقا رسیدند به شکلی که کاهش بارش و افزایش دما به کاهش بلند مدت پوشش گیاهی در منطقه انجامیده است. به عقیده آنان دما با پوشش گیاهی رابطه عکس و بارش رابطه مستقیم دارد. جه و جانگ (Zhe et al., 2021) بر خلاف محققین قبلی رابطه مستقیمی بین پوشش گیاهی با بارش و دمای تغییر یافته بر اثر تغییر اقلیم در کشور چین به دست آوردند. به عقیده آنان افزایش دما و بارش بر اثر تغییر اقلیم منجر به بهبود پوشش گیاهی در منطقه شده است. اخوان و همکاران (Akhavan et al., 2018) در راستای تأیید نتایج این پژوهش در مراتع یزد شاهد بهبود پوشش گیاهی و شاخص NDVI با افزایش دما و بارش بوده‌اند. در نهایت می‌توان چنین نتیجه گرفت که نتایج به دست آمده از مدل‌سازی‌های تغییر اقلیم بر پوشش گیاهی در مقیاس محلی می‌تواند بسیار متغیر باشد و نمی‌توان با قطعیت در مورد کاهش و یا افزایش پوشش در پاسخ به تغییرات اقلیمی سخن گفت. یکی دیگر از دلایل افزایش میزان پوشش گیاهی در دوره مورد بررسی می‌تواند تأثیرات بالقوه آب و

هوایی باشد. تغییرات دمایی، گرم شدن زمستان و کاهش روزهای یخبندان همگی می‌توانند شرایط را برای استقرار بیشتر پوشش گیاهی فراهم کنند (Sun et al., 2015). البته شاید روند افزایشی پوشش گیاهی در کوتاه و میان‌مدت رخ داده و در بلند مدت شاهد کاهش میزان پوشش باشیم به همین دلیل لازم است که در تحلیل نتایج این پژوهش دقت و احتیاط بیشتری به خرج داد (Amiri et al., 2010; Daneshvar et al., 2019).

در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری کرد که منطقه ملا فهله استان فارس از نظر پوشش گیاهی روندی رو به رشد داشته و مدیریت پوشش گیاهی در این منطقه در آینده اهمیت بیشتری خواهد داشت. در عین حال نبود اطلاعات دقیق مکانی و زمانی می‌تواند مدیریت منطقه را با دشواری زیادی روبرو کند که استفاده از اطلاعات سنجش از دور می‌تواند گزینه بسیاری مناسبی برای رفع این مشکلات باشد. انجام این پژوهش به دلیل نبود اطلاعات دقیق جهت اعتبار سنجی باید با احتیاط بیشتری تفسیر شود و لازم است تا هرچه زودتر سامانه‌ای برای گردآوری اطلاعات جهت پایش مداوم پوشش گیاهی و سایر ابعاد زیست‌محیطی در منطقه تهیه شود. بررسی عملکرد شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی، بررسی تأثیر عوامل محیطی بر تغییرات این شاخص‌ها و تأثیر دام بر پوشش گیاهی از عناوینی هستند که نیازمند بررسی بیشتر در آینده خواهند بود.

تقدیر و تشکر

بر خود واجب می‌دانیم تا مراتب قدردانی و سپاسگزاری خود را از دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، سردبیر گرامی و داوران محترم که در بهبود این مقاله تلاش کرده‌اند اعلام نماییم.

منابع

- ۱- کاظمی نیا، ع. (۱۳۹۶): کاربرد سنجش از دور و GIS در بررسی پوشش گیاهی. نشریه علمی - ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی. دوره ۹، شماره ۱، صفحه ۷۵-۸۵.
- ۲- محمد یاری، ف. پورخباز، ح. ر.، توکلی، م. اقدر، ح. (۱۳۹۳): تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). دوره ۲۳، شماره ۹۲، صص ۲۳-۳۴
- ۳- نسب پور، س.، حیدری، ا. خسروی، ح. (۱۳۹۶): بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: استان اصفهان). چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست.
- ۴- جعفری، م. احسانی، ا. ه. زهتابیان، غ. ر. رستمی راد، ق. (۱۳۸۹): بررسی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق بیابانی با استفاده از داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: کاشان). ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران.

- 5- Akhavan H, Amoushahi S, Setudeh A (2018): An Investigation On The Same Type Of Vegetation NDVI Changes In Different Temperature Levels Of The Mountain (Case Study: Shirkouh Mountains). *Human & Environment* 16(1): 37-50 .
- 6- Alley WM (1984): The Palmer Drought Severity Index: Limitations And Assumptions. *Journal Of Applied Meteorology And Climatology* 23(7): 1100-1109 .
- 7- Amiri M, Eslamian S (2010): Investigation Of Climate Change In Iran. *Journal Of Environmental Science And Technology* 3(4): 208-216 .
- 8- Bagherzadeh A ,Hoseini AV, Totmaj LH (2020): The Effects Of Climate Change On Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) In The Northeast Of Iran. *Modeling Earth Systems And Environment* 6(2): 671-683 .
- 9- Daneshvar MRM, Ebrahimi M, Nejadsoleymani H (2019): An Overview Of Climate Change In Iran: Facts And Statistics. *Environmental Systems Research* 8(1): 1-10 .
- 10- Debinski DM, Kindscher K, Jakubauskas ME (1999): A Remote Sensing And GIS-Based Model Of Habitats And Biodiversity In The Greater Yellowstone Ecosystem. *International Journal Of Remote Sensing* 20(17): 3281-3291. 10.1080/014311699211336
- 11- Ghebregabher MG, Yang T, Yang X, Eyassu Sereke T (2020): Assessment Of NDVI Variations In Responses To Climate Change In The Horn Of Africa. *The Egyptian Journal Of Remote Sensing And Space Science* 23(3): 249-261.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.08.003>
- 12- Gong Z, Kawamura K, Ishikawa N, Goto M, Wulan T, Alateng D, Yin T, Ito Y (2015): MODIS Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) And Vegetation Phenology Dynamics In The Inner Mongolia Grassland. *Solid Earth* 6(4): 1185-1194 .
- 13- Goudarzi MA, Jamali AA, Jafarpoor A, Gholami A, Jafari Shalamzari M (2019): Soil Loss And Runoff Generation In Rangeland, Rain-Fed And Abandoned Rain-Fed Agriculture Land-Uses Under Simulated Rainfall. *Environmental Resources Research* 7(1): 9-19 .
- 14- Hogda KA, Karlsen SR, Solheim I, (2001): Climatic Change Impact On Growing Season In Fennoscandia Studied By A Time Series Of NOAA AVHRR NDVI Data, IGARSS 2001. Scanning The Present And Resolving The Future. *Proceedings. IEEE 2001 International Geoscience And Remote Sensing Symposium (Cat. No. 01CH37217)*. IEEE, Pp. 1338-1340.
- 15- Huete AR (1988): A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing Of Environment* 25(3): 295-309 .
- 16- Islam MS, Ahmed R (2011): Land Use Change Prediction In Dhaka City Using GIS Aided Markov Chain Modeling. *Journal Of Life And Earth Science* 681-89 .
- 17- Ji Z, Pan Y, Zhu X, Wang J, Li Q (2021): Prediction Of Crop Yield Using Phenological Information Extracted From Remote Sensing Vegetation Index. *Sensors* 21(4): 1406 .
- 18- Joshi C, De Leeuw J, Van Duren IC, (2004): Remote Sensing And GIS Applications For Mapping And Spatial Modelling Of Invasive Species, *Proceedings Of ISPRS*, P. B7.
- 19- Kumar S, Radhakrishnan N, Mathew S (2014): Land Use Change Modelling Using A Markov Model And Remote Sensing. *Geomatics, Natural Hazards And Risk* 5(2): 145-156 .
- 20- Kureel N, Sarup J, Matin S, Goswami S, Kureel K (2021): Modelling Vegetation Health And Stress Using Hypersepctral Remote Sensing Data. *Modeling Earth Systems And Environment* 10.1007/S40808-021-01113-8
- 21- Lindgren D, (1984): *Land Use Planning And Remote Sensing*. Taylor & Francis.
- 22- Maktav D, Erbek F, Jürgens C (2005): Remote Sensing Of Urban Areas. *International Journal Of Remote Sensing* 26(4): 655-659 .
- 23- Martínez B, Gilabert MA: (2009): Vegetation Dynamics From NDVI Time Series Analysis Using The Wavelet Transform. *Remote Sensing Of Environment* 113(9): 1823-1842 .

- 24- Mutti PR, Lúcio PS, Dubreuil V, Bezerra BG (2020): NDVI Time Series Stochastic Models For The Forecast Of Vegetation Dynamics Over Desertification Hotspots. *International Journal Of Remote Sensing* 41(7): 2759-2788. [10.1080/01431161.2019.1697008](https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1697008)
- 25- Park I-S, Woon Y, Chung K-W, Lee G, Owen JS, Kwon W-T, Yun W-T (2014): In-Depth Review Of IPCC 5th Assessment Report. *Journal Of Korean Society For Atmospheric Environment* 30(2): 188-200 .
- 26- Sheikh VB, Jafari Shalamzari M, Farajollahi A, Fazli P (2016): Soil Erosion Under Simulated Rainfall In Loess Lands With Emphasis On Land-Use, Slope And Aspect. *Ecopersia* 4(2): 1395-1409 .
- 27- Sobrino JA, Raissouni N (2000): Toward Remote Sensing Methods For Land Cover Dynamic Monitoring: Application To Morocco. *International Journal Of Remote Sensing* 21(2): 353-366 .
- 28- Stow DA, Hope A, Mcguire D, Verbyla D, Gamon J, Huemmrich F, Houston S, Racine C, Sturm M, Tape K, Hinzman L, Yoshikawa K, Tweedie C, Noyle B, Silapaswan C, Douglas D, Griffith B, Jia G, Epstein H, Walker D, Daeschner S, Petersen A, Zhou L, Myneni R (2004): Remote Sensing Of Vegetation And Land-Cover Change In Arctic Tundra Ecosystems. *Remote Sensing Of Environment* 89(3): 281-308. <https://doi.org/10.1016/J.Rse.2003.10.018>
- 29- Sun W, Song X, Mu X, Gao P, Wang F, Zhao G (2015): Spatiotemporal Vegetation Cover Variations Associated With Climate Change And Ecological Restoration In The Loess Plateau. *Agricultural And Forest Meteorology* 209:87-99 .
- 30- Tolche AD, Gurara MA, Pham QB, Anh DT (2021): Modelling And Accessing Land Degradation Vulnerability Using Remote Sensing Techniques And The Analytical Hierarchy Process Approach. *Geocarto International* 1-21 . [10.1080.10106049.2021.1959656](https://doi.org/10.1080.10106049.2021.1959656).
- 31- Townshend J, Justice C, Li W, Gurney C, Mcmanus J (1991): Global Land Cover Classification By Remote Sensing: Present Capabilities And Future Possibilities. *Remote Sensing Of Environment* 35(2): 243-255. [https://doi.org/10.1016/0143-1161\(91\)4257-0034/16](https://doi.org/10.1016/0143-1161(91)4257-0034/16).
- 34- Treitz P, Rogan J (2004): Remote Sensing For Mapping And Monitoring Land-Cover And Land-Use Change-An Introduction. *Progress In Planning* 61(4): 269-279 .
- 35- Van Den Berg EC, Kotze I, Beukes H (2013): Detection, Quantification And Monitoring Of Prosopis In The Northern Cape Province Of South Africa Using Remote Sensing And GIS. *South African Journal Of Geomatics* 2(2): 68-81 .
- 36- Weng Q (2002): Land Use Change Analysis In The Zhujiang Delta Of China Using Satellite Remote Sensing, GIS And Stochastic Modelling. *Journal Of Environmental Management* 64(3): 273-284. <https://doi.org/10.1006/Jema.2001.0509>
- 37- Zare Khormizi H, Ghafarian Malamiri HR (2020): Investigation Of Phenological Components Changes Of Iranian Vegetation In Response To Climate Change Using NDVI Products Of AVHRR Sensor From 1982 To 2018. *Journal Of RS And GIS For Natural Resources* 11(4): 87-113 .
- 38- Zhe M, Zhang X (2021): Time-Lag Effects Of NDVI Responses To Climate Change In The Yamzhog Yumco Basin, South Tibet. *Ecological Indicators* 124:1-7431. <https://doi.org/10.1016/J.Ecolind.2021.107431>.