

DOI: [10.29252/ARIDBIOM.2025.21660.2013](https://doi.org/10.29252/ARIDBIOM.2025.21660.2013)

بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی زیست‌اقلیم‌های استان اصفهان در اثر تغییرات پارامترهای اقلیمی (مقاله پژوهشی)

۱- منصوره علی‌زاده، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مدیریت مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
۲- رضا جعفری*، استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

reza.jafari@iut.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۳۱

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۷

چکیده

آگاهی از تغییرات متقابل پوشش گیاهی و اقلیم برای برنامه‌ریزی صحیح مدیریت اکوسیستم ضروری است. در پژوهش حاضر، تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی و پارامترهای دمای سطح زمین و بارش در پوشش گیاهی طبیعی زیست‌اقلیم‌های مختلف استان اصفهان بین سال‌های ۱۹۸۶ - ۲۰۲۲ (۱۳۶۵-۱۴۰۱ شمسی) توسط داده‌های ماهواره‌ای لندست سامانه گوگل ارث انجین و تصاویر PERSIANN-CDR بررسی شد. روند زمانی و میزان تغییرات این پارامترها با آزمون‌های من-کندال و شیب‌سن به‌دست آمد. حداقل میزان پوشش گیاهی NDVI در سال ۲۰۲۲ به میزان ۰/۲۶ در اقلیم گرم و خشک و حداکثر آن در سال ۲۰۰۲ در اقلیم مرطوب و سرد به میزان ۰/۹۰ به‌دست آمد. سال ۲۰۰۳ کمترین دمای سطح زمین در اقلیم مرطوب و سرد به میزان ۲۹۰/۶۱ درجه کلون و سال ۲۰۲۲ بیشترین دمای سطح زمین در اقلیم گرم و خشک به میزان ۳۲۸/۵۴ درجه کلون برآورد شد. حداقل بارش سال ۲۰۰۱ در اقلیم گرم و فراخشک به میزان ۸۸/۷۲ میلی‌متر و حداکثر بارش سال ۲۰۰۴ در اقلیم مرطوب و سرد به میزان ۵۹۸/۱۷ میلی‌متر بود. در اکثر اقلیم‌ها آماره Z آزمون من-کندال و مقدار شیب‌سن برای پارامترهای پوشش گیاهی کاهشی و معنادار و برای دما نیز افزایشی و معنادار بود. روند کاهشی با معناداری آماری بالای بارش فقط در اقلیم مرطوب و سرد Z برابر ۲/۰۸- با شیب ۳/۳۴- مشاهده شد. بطور کلی نتایج بیانگر آن بود که پوشش گیاهی استان روند کاهشی اما دما روند افزایشی را طی می‌کند.

واژگان کلیدی: بارندگی، پوشش گیاهی طبیعی، دمای سطح زمین، شیب‌سن، گوگل ارث انجین، من-کندال.

مقدمه

تحت تأثیر نوع خاک، آب و هوا، انواع پوشش گیاهی و فصول سال نیز می‌باشد [۳].
الگوهای جهانی رشد گیاهان تحت تأثیر سه عامل اصلی است که یکی از آنها دما است. دما همراه با نور خورشید و در دسترس بودن آب، نقش مهمی در تعیین مناسب بودن یک منطقه برای پوشش گیاهی سرسبز مانند جنگل‌ها یا مراتع، در مقابل اراضی فاقد پوشش ایفا می‌کند. جالب توجه است که پوشش گیاهی خود نقش مهمی در تنظیم دمای زمین دارد. پوشش گیاهی مقدار نور مستقیم خورشید را که به زمین می‌رسد محدود می‌کند و در نتیجه دمای سطح زمین را در طول سال زیر از ۳۰۸/۱۵ درجه کلون نگه می‌دارد [۳۶].

پوشش گیاهی هسته اکوسیستم زمینی است که در اتصال جو، خاک، آب و موجودات در محیط زیست نقش اساسی را ایفا می‌کند [۴۶]. افزایش تنوع آب و هوا، شدت و ماهیت فعالیت‌های انسانی سبب تغییرات پوشش گیاهی شده است [۱۰]. تأثیر تغییر اقلیم بر پویایی گیاهان به دلیل گرم شدن محیط و تغییرات بارندگی، توجه جهانی را به خود جلب کرده است. بهره‌وری و پویایی پوشش گیاهی تا حد زیادی توسط تغییرات بارندگی و دما در مقیاس‌های زمانی-مکانی کنترل می‌شود. پوشش گیاهی با بارش در طول فصل رشد به شدت مرتبط است. افزایش بارندگی ممکن است توسعه پوشش گیاهی را تحریک کند [۳۴]. با این حال این رابطه

وضوح مکانی و زمانی بالا در مقایسه با روش سنتی مقرون به صرفه است. در این راستا سامانه گوگل ارث انجین (GEE^۳) با قابلیت ذخیره سازی و تحلیل حجم عظیمی از داده ها در کمترین زمان و هزینه، توجه گسترده محققان داخلی و خارجی را به خود جلب کرده است [۲۶، ۳۹، ۳۵، ۲۴، ۴۹، ۵۰ و ۴۳].

استان اصفهان دارای قلمرو وسیع، محیط طبیعی پیچیده و انواع آب و هوایی متنوع از جمله آب و هوای بیابانی، نیمه بیابانی و نیمه مرطوب است [۳۰]. تغییرات طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، توپوگرافی سطح باعث می شود شرایط آب و گرما بین مناطق مختلف آب و هوایی بسیار متفاوت باشد. قرار گرفتن غرب استان در کنار رشته کوه های زاگرس و وجود دشت کویر در شمال و شرق آن سبب ایجاد اقلیم های آب و هوایی مختلف مرطوب و سرد تا گرم و فراخشک شود. تفاوت در مناطق اقلیمی می تواند بر توزیع و رشد پوشش گیاهی مراتع تأثیر بگذارد، این ناهمگونی زیاد محیطی منجر به تفاوت در رابطه بین پوشش گیاهی در مناطق مختلف آب و هوایی می شود.

با این حال، تأثیر تغییر آب و هوا بر پوشش گیاهی در مناطق مختلف آب و هوایی به طور کامل در استان اصفهان مورد توجه قرار نگرفته است که مدیریت پایدار اکوسیستم ها را در مناطق مختلف آب و هوایی به یک وظیفه چالش انگیز تبدیل می کند. بنابراین کاوش در واکنش پوشش گیاهی به متغیرهای آب و هوایی و تمایز عوامل اقلیمی غالب رشد پوشش گیاهی در مناطق مختلف آب و هوایی برای مدیریت علمی اکوسیستم های مناطق مختلف اقلیمی و پیش بینی تغییرات اقلیمی و سازگاری پوشش گیاهی در آینده از اهمیت بالایی برخوردار است.

در پژوهش حاضر برای اولین بار با بهره گیری از تکنولوژی سنجش از دور، تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی، دما و بارش با استفاده از تصاویر لندست در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ (۱۳۶۵-۱۴۰۱ شمسی) در مقیاس زیست اقلیم های مختلف استان اصفهان مورد بررسی قرار داده شده است تا نتایج آن بتواند در مدیریت بیابان زایی، حفاظت و احیای اکولوژیک پوشش گیاهی، پیشگیری و

برای تجزیه و تحلیل واکنش پوشش گیاهی به تغییرات اقلیمی و نظارت بر تغییرات پوشش گیاهی دانشمندان اغلب از شاخص های گیاهی سنجش از دور استفاده می کنند. از جمله دقیق ترین، گسترده ترین و پرکاربردترین شاخص های گیاهی، شاخص NDVI^۱ است [۲، ۴۵]. از بررسی رابطه بین دو متغیر اقلیمی بارش و دما با پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان نشان می دهد در عرض های جغرافیایی میانی و بالای نیم کره شمالی با افزایش دما NDVI افزایش می یابد و در مناطق نیمه خشک عرض های پایین به علت بارش کم NDVI کاهش می یابد [۱۴].

نتایج بررسی در شمال شرقی چین حاکم بر این است بین NDVI، دما و بارش همبستگی وجود دارد به طوری که اثر دما بر NDVI بیش از بارش است [۱۷]. همچنین مطابق مطالعات، مقدار NDVI در مناطقی با دمای سطح زمین (LST^۲) پایین، بالاتر می باشد [۱۶]. رابطه مکانی معکوس قوی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی [۴۴، ۱۲، ۴۲، ۴، ۸] و در مقابل رابطه مستقیم بین بارندگی و پوشش گیاهی گزارش شده است [۲۷ و ۱۵]. با توجه به اهمیت تغییرات دما و بارش بر پراکنش پوشش گیاهی، شناخت این تغییرات به روش های مختلف امکان پذیر است.

آزمون من-کندال و شیب سن جزء متداول ترین و پرکاربردترین روش های ناپارامتریک، در تحلیل روند سری های زمانی به شمار می رود [۳۲]. به عنوان مثال، از ارزیابی پویایی پوشش گیاهی و ارتباط آن با بارندگی و دمای سطح زمین در یکی از مناطق اتیوپی مشخص می شود بارندگی سالانه روند معنی داری نداشته است ولی در فصل های پاییز و تابستان میانگین NDVI و LST دارای روند معنی دار می باشد. همچنین نتیجه می شود که رابطه بین بارندگی و NDVI مثبت و بین NDVI و LST منفی است [۲۵].

در بیشتر مناطق استان فارس برآورد شده است روند NDVI، بارش، افزایشی و دمای سطح زمین فاقد روند و رو به کاهش بوده است به طوری که قوی ترین روابط همبستگی در شمال غرب استان فارس دیده می شود [۹]. ارزیابی تغییرات آب و هوا و پوشش گیاهی مبتنی بر رصد زمین در

³ Google Earth Engine

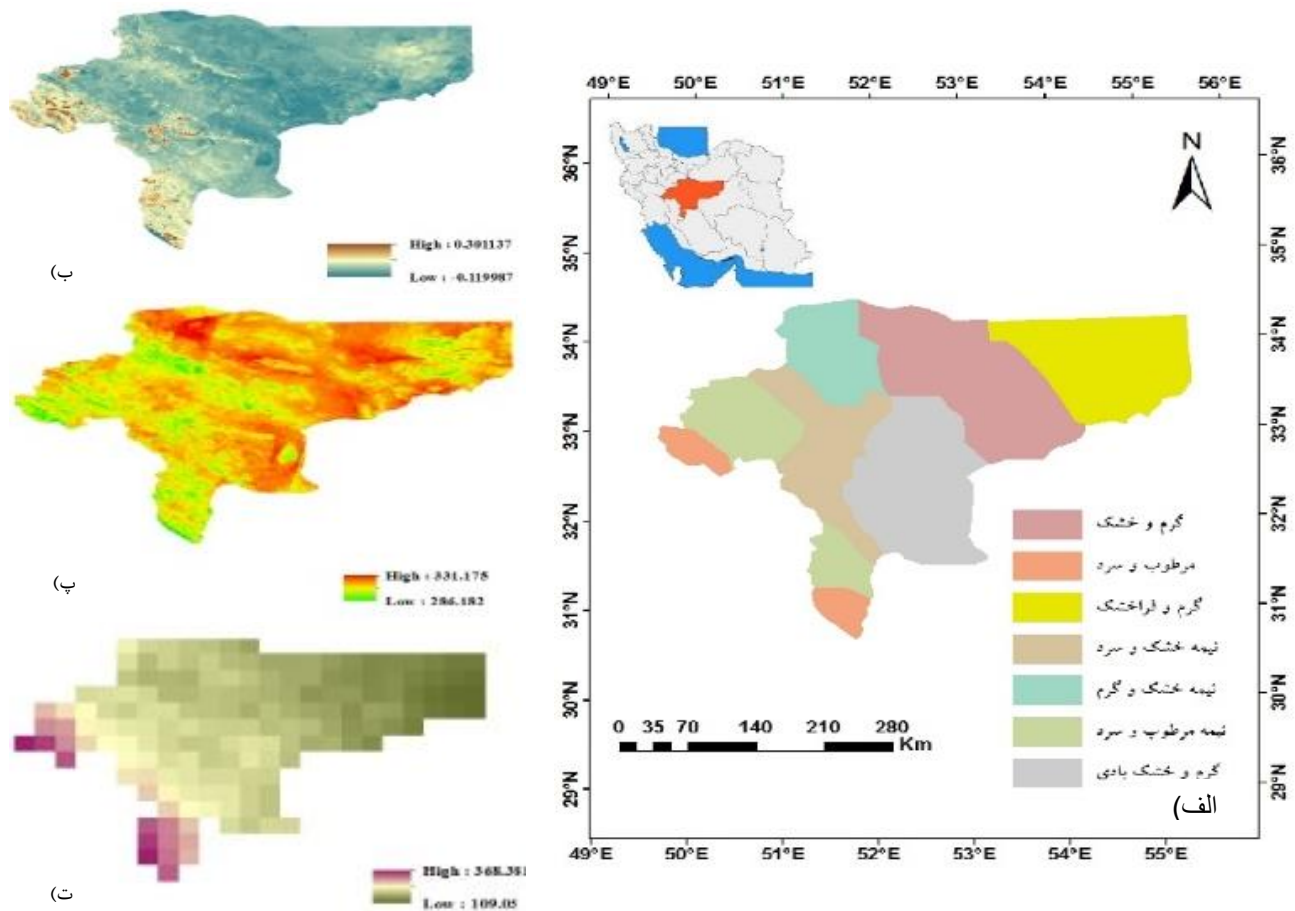
¹ Normalized Difference Vegetation Index

² Land Surface Temperature

مواد و روش‌ها منطقه مطالعاتی

در پژوهش حاضر از طبقه‌بندی اقليمي استان اصفهان به روش چندمتغیره ارائه شده توسط یغمایی و همکاران برای بررسی زیست اقليم‌ها استفاده شد [۴۷]. در این طبقه‌بندی استان اصفهان به ۷ پهنه اقليمي گرم و خشک، گرم و خشک بادی، گرم و فراخشک، مرطوب و سرد، نیمه‌خشک و سرد، نیمه‌خشک و گرم، نیمه‌مرطوب و سرد تقسیم شده است (شکل ۱).

کاهش بلایای طبیعی کمک کند. اهداف پژوهش حاضر به شرح ذیل بوده است: (۱) بررسی قابلیت GEE در استخراج میزان پوشش گیاهی و دمای سطح زمین؛ و (۲) بررسی تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با پارامترهای دمای سطح زمین و بارش بر اساس طبقه‌بندی اقليمي به روش چندمتغیره در استان اصفهان.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه: (الف) زیست اقليم‌ها، (ب) تصویر پوشش گیاهی NDVI سال ۲۰۲۲، (پ) دمای سطح زمین LST سال ۲۰۲۲ و (ت) بارش PERSSIAN-CDR سال ۲۰۲۲

Zygophyloum L. می‌باشد. مناطق مرتفع غربی و جنوبی استان متعلق به منطقه مرطوب و سرد است که به دلیل کوتاهی فصل رشد و سرمای شدید و بارندگی زیاد، گونه‌هایی از جمله *Astragalus adscendens* Boiss. & Hauskn و *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn. رشد می‌کنند. در بخش‌هایی از شمال غرب مانند میمه و مورچه‌خورت، بخش‌های مرکزی اصفهان و قسمت کوچک

در منطقه گرم و خشک به دلیل بارش کم، بالابودن دما، تبخیر و تعرق بالقوه گونه *Artemisia sieberi* Besser غالب بوده است. مناطق مرکز و جنوب‌شرقی استان مانند نایین، اردستان و ورزنه متعلق به پهنه اقليمي گرم و خشک بادی است که از جمله گونه‌های غالب آن *Anabasis aphylla* L. می‌باشد. منطقه گرم و فراخشک استان دارای گونه‌های *Salsola L.*، *Calligonum L.* و

تمام تصاویر استخراج شده از نوع تصحیح شده بودند و نیازی به تصحیح رادیومتریک و هندسی نداشتند. سپس مقادیر میانگین شاخص گیاهی، دما و بارش در پوشش گیاهی طبیعی استان در نرم افزار ArcGIS به دست آمدند. آنالیزهای روند در نرم افزار R studio محاسبه و نمودارهای روند در نرم افزار Excel ترسیم شدند.

پوشش گیاهی

برای تعیین وضعیت میزان پوشش گیاهی از شاخص پوشش گیاهی تفاوت نرمال (NDVI) استفاده شد. NDVI یک شاخص عددی است که به صورت رابطه ۱ تعریف می شود:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

که RED باند قرمز و NIR باند مادون قرمز نزدیک است [۲۱]. از تصاویر بازتاب زمین (SR)^۱ ماهواره های لندست سامانه GEE در استخراج تصاویر سالانه شاخص گیاهی استفاده شد (جدول ۱).

جنوبی استان از جمله شهرضا در منطقه نیمه خشک و سرد قرار دارد و از جمله گونه های غالب آن *Artemisia sieberi* Besser می باشد.

منطقه نیمه خشک و گرم، بخش های شمالی مانند کاشان و نطنز را دربر گرفته است که به دلیل کمبود بارش و تبخیر و تعرق بیش از حد، گونه غالب این منطقه از جنس *Artemisia spp.* است. برخی از بخش های غربی استان مانند فریدن، دامنه، خوانسار و گلپایگان، منطقه نیمه مرطوب و سرد پوشش می دهد که دارای گونه هایی مانند *Daphne mucronata* *Artemisi aucheri* *Bromus tomentellus*, Royle است [۴۷].

روش تحقیق

در پژوهش حاضر با استفاده از تولیدات لندست و کدنویسی در محیط Code Editor سامانه GEE، تصاویر شاخص NDVI و دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ شدند. داده های سالانه بارش PERSIANN-CDR از مرکز هیدرواقليم شناسی و سنجش از دور دانشگاه کالیفرنیا اخذ گردید.

جدول ۱- مشخصات ماهواره ها و سنجنده های مورد استفاده در محاسبه شاخص پوشش گیاهی

ماهواره	نوع سنجنده	قدرت تفکیک مکانی	ترکیب باند طیفی	تاریخ
لندست ۵	TM	۱۲۰ متر	۳-۴ (قرمز و مادون قرمز نزدیک)	۱۹۸۶-۲۰۰۹
لندست ۷	+ETM	۶۰ متر	۳-۴ (قرمز و مادون قرمز نزدیک)	۲۰۱۰-۲۰۱۲
لندست ۸	OLI	۱۰۰ متر	۴-۵ (قرمز و مادون قرمز نزدیک)	۲۰۱۳-۲۰۲۱
لندست ۹	OLI	۱۰۰ متر	۴-۵ (قرمز و مادون قرمز نزدیک)	۲۰۲۲

داده های بارش PERSIANN-CDR

از داده های سالانه بارش PERSIANN-CDR مرکز هیدرواقليم شناسی و سنجش از دور دانشگاه کالیفرنیا (<http://chrdata.eng.uci.edu>) بهره گرفته شد.

دمای سطح زمین

از تصاویر Level 2, Collection 2, Tier 1 ماهواره های لندست سامانه GEE در استخراج تصاویر سالانه دمای سطح زمین استفاده شد (جدول ۲).

¹ Surface Reflectance

جدول ۲- مشخصات ماهواره‌ها و سنجنده‌های مورد استفاده در محاسبه دمای سطح زمین

ماهواره	نوع سنجنده	قدرت تفکیک مکانی	باند طیفی	تاریخ
لندست ۵	TM	۳۰ متر	باند ۶- باند حرارتی	۲۰۰۹-۱۹۸۶
لندست ۷	+ETM	۳۰ متر	باند ۶- باند حرارتی	۲۰۱۶-۲۰۱۰
لندست ۸	OLI/TIRS	۳۰ متر	باند ۱۰- باند حرارتی	۲۰۲۱-۲۰۱۷
لندست ۹	OLI	۳۰ متر	باند ۱۰- باند حرارتی	۲۰۲۲

آزمون من-کندال

روندیابی از روش‌های متداول برای تعیین تغییرات در سری‌های زمانی داده‌های اقليمي و هیدرولوژیک می‌باشد. آزمون‌های سن^۱ و من-کندال^۲ یکی از آزمون‌های مهم در روندیابی به‌شمار می‌آیند. فرض صفر آزمون دلالت بر تصادفی بودن و عدم وجود روند، پذیرش فرض یک و رد فرض صفر وجود روند در سری داده‌ها را نشان می‌دهد. برای محاسبه آماره این آزمون ابتدا اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر محاسبه و سپس تابع علامت اعمال شد و در نهایت پارامتر D از رابطه ۲ استخراج گردید:

$$D = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (2)$$

در رابطه فوق n : تعداد داده مشاهده‌ای که در پژوهش حاضر در مقیاس سالانه استفاده شد، x_j : j امین داده مشاهده‌ای و x_k : k امین داده مشاهده‌ای بودند، sign ^۳ تابع علامت است که به طریق زیر محاسبه شد:

$$\text{Sign}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

سپس میانگین D به صورت $E[D] = 0$ به‌دست آمد. واریانس D براساس رابطه ۴ محاسبه گردید.

$$\text{Var}(D) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (4)$$

if $n > 10$

در این رابطه، m : تعداد گره‌ها و t : بیانگر تعداد داده در هر گره بود. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقادیر مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m برابر t می‌باشد. در نهایت آماره Z با استفاده از رابطه ۵ به‌دست آمد:

$$Z = \begin{cases} \frac{D-1}{\sqrt{\text{Var}(D)}} & \text{if } D > 0 \\ 0 & \text{if } D = 0 \\ \frac{D+1}{\sqrt{\text{Var}(D)}} & \text{if } D < 0 \end{cases} \quad (5)$$

در مطالعه حاضر با توجه به دو دامنه بودن آزمون از $\alpha/2$ برای سطح معنی‌داری ۰.۰۵ استفاده شد [۱۹]. برای به‌دست آوردن معنی‌داری یا معنی‌دار نبودن متغیرها و تعیین روند تغییرهای سالانه از نرم‌افزار *R studio* استفاده شد.

آزمون تخمینگر شیب‌سن

تغییرات در مقادیر سری زمانی در آزمون شیب‌سن^۴ مبتنی بر محاسبه شیب تغییرات بین تمام جفت‌داده‌های مشاهداتی به‌دست آمد و میزان متوسط شیب سری زمانی مورد نظر به عنوان میانه انتخاب گردید. مقدار مثبت نشان از صعودی و مقدار منفی نشان از نزولی بودن روند بود. این روش قوی‌تر از روش رگرسیون معمولی بوده و کمتر تحت

⁴ Sen's Slope

¹ Sen

² Mann-Kendall

³ Sign function

میان‌ه برای سری زمانی سالانه و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری شیب به‌دست آمده در سطح معنی‌داری ۰.۰۵٪ از این آزمون نیز در نرم‌افزار R studio بهره گرفته شد.

تأثیر داده‌های پرت قرار می‌گیرد [۳۸]. از رابطه ۶ شیب روند محاسبه شد.

$$S = \text{median} [A_j - A_i / j - i] \quad (۶)$$

if $j > i$

نتایج

نتایج حاصل از بررسی آزمون‌های من-کندال و شیب‌سن در نرم‌افزار برای پهنه‌های اقلیمی مختلف در جدول ۳ ارائه شده است.

در رابطه فوق، S: شیب روند، A_j داده مشاهده‌ای در زمان j ، A_i داده مشاهده‌ای در زمان i و j : یک واحد زمانی بعد از زمان i است [۱۹]. در واقع برای محاسبه یک شیب

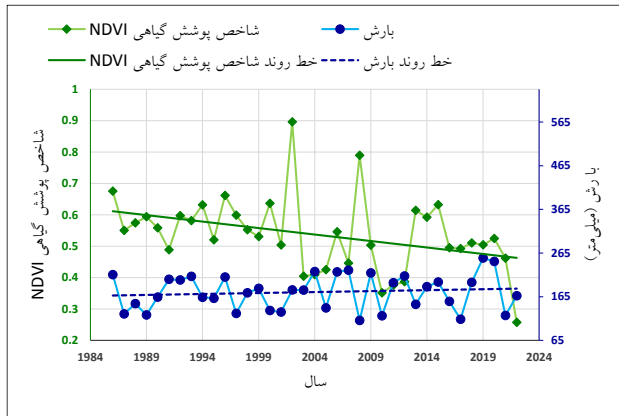
جدول ۳- نتایج حاصل از آماره‌های آزمون من-کندال و آزمون شیب‌سن در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲

نوع اقلیم	پارامتر	من-کندال	p-value	آماره Z	آزمون شیب‌سن	نوع روند
گرم و خشک	NDVI	-۲/۴۵	۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۰۰۴	کاهشی
	دما	۳/۱۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۲۲	افزایشی
	بارش	۰/۶۲	۰/۵۴	۰/۵۴	-	-
گرم و خشک بادی	NDVI	-۲/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۴	-۰/۰۰۲	کاهشی
	دما	۳/۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۲۵	افزایشی
	بارش	-۰/۷۵	۰/۴۶	۰/۴۶	-	-
گرم و فراخشک	NDVI	-۱/۱۹	۰/۲۳	۰/۲۳	-	-
	دما	۲/۶۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۳	افزایشی
	بارش	۰/۰۴	۰/۹۷	۰/۹۷	-	-
مرطوب و سرد	NDVI	-۰/۲۸	۰/۷۸	۰/۷۸	-	-
	دما	۳/۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۱۹	افزایشی
	بارش	-۲/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۴	-۳/۳۴	کاهشی
نیمه‌خشک و سرد	NDVI	-۰/۹۳	۰/۳۵	۰/۳۵	-	-
	دما	۲/۸۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۸	افزایشی
	بارش	-۱/۰۳	۰/۳۰	۰/۳۰	-	-
نیمه‌خشک و گرم	NDVI	-۲/۶۰	۰/۰۱	۰/۰۱	-۰/۰۰۳	کاهشی
	دما	۲/۸۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۸	افزایشی
	بارش	۰/۲۵	۰/۸۰	۰/۸۰	-	-
نیمه‌مرطوب و سرد	NDVI	-۱/۵۰	۰/۱۳	۰/۱۳	-	-
	دما	۲/۸۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۱۹	افزایشی
	بارش	-۱/۶۹	۰/۰۹	۰/۰۹	-	-

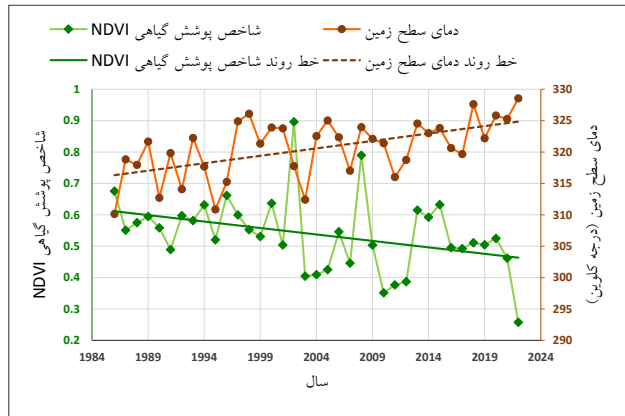
زمین روندی معنادار و افزایشی را نشان داد. دمای سطح زمین روندی معنادار و افزایشی و بارش نیز روندی کاهشی و معنادار در اقلیم مرطوب و سرد داشته است. روند کاهشی بارش به استثنای پهنه اقلیمی مرطوب و سرد در دیگر پهنه‌های اقلیمی استان معنادار نبوده و تغییرات آن

در بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۲ اقلیم‌های گرم و خشک، گرم و خشک بادی و نیمه‌خشک و گرم روند شاخص گیاهی NDVI کاهشی و معنادار، دمای سطح زمین روند افزایشی و معنادار داشته است. اقلیم‌های گرم و فراخشک، نیمه‌خشک و سرد و نیمه‌مرطوب و سرد فقط دمای سطح

حداکثر میزان دمای سطح زمین ۳۲۸/۵۴ درجه کلون، سال ۲۰۰۸ حداقل بارش به میزان ۱۱۰/۸۷ میلی‌متر و سال ۲۰۱۹ حداکثر بارش به میزان ۲۵۳/۷۰ میلی‌متر برآورد شد (شکل ۲).



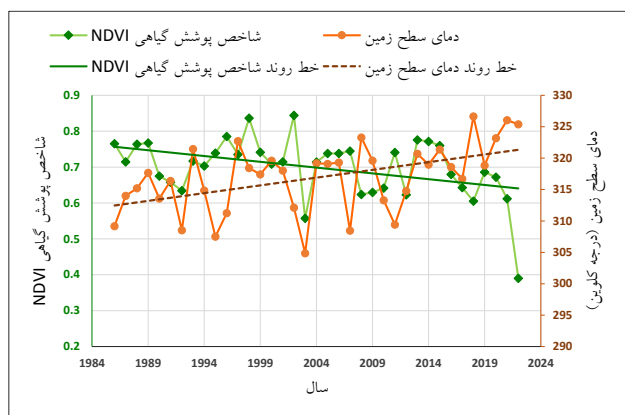
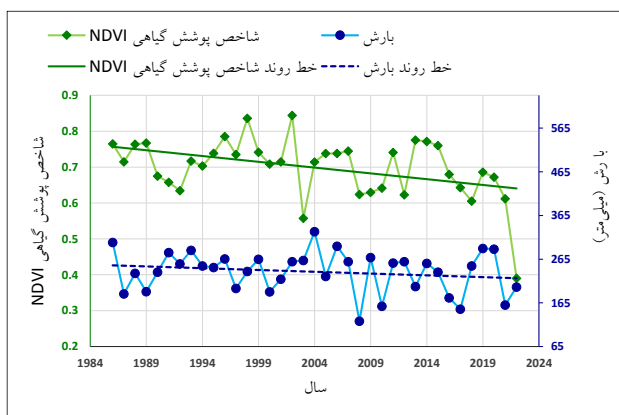
به صورت یکنواخت و طبیعی بوده است (جدول ۳). نمودارهای اقليم گرم و خشک نشان می‌دهد سال ۲۰۲۲ حداقل شاخص گیاهی به میزان ۰/۲۶، سال ۲۰۰۲ حداکثر شاخص گیاهی به میزان ۰/۹۰، سال ۱۹۸۶ حداقل میزان دمای سطح زمین ۳۱۰/۱۲ درجه کلون، سال ۲۰۲۲



شکل ۲- میانگین تغییرات سالانه شاخص گیاهی، بارش و دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ اقليم گرم و خشک

حداکثر شاخص گیاهی، دمای سطح زمین و بارش در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۲۲ و ۲۰۱۹ به میزان ۰/۸۲، ۳۲۶/۵۳، درجه کلون و ۲۱۱/۳۲ میلی‌متر، حداقل شاخص گیاهی، دمای سطح زمین و بارش در سال‌های ۲۰۱۰، ۱۹۸۶ و ۲۰۰۱ به میزان ۰/۲۶، ۳۰۵/۸۹، درجه کلون و ۸۸/۷۲ میلی‌متر در پهنه اقليمي گرم و فراخشک رخ داده است (شکل ۴).

از نمودارهای اقليم گرم و خشک بادی این‌گونه استنباط می‌شود بیشترین شاخص گیاهی سال ۲۰۰۲ به میزان ۰/۸۴ و سال ۲۰۲۲ کمترین شاخص گیاهی به میزان ۰/۳۹، کمترین دمای سطح زمین به میزان ۳۰۴/۸۶ درجه کلون سال ۲۰۰۳ و بیشترین دمای سطح زمین به میزان ۳۲۶/۶۴ درجه کلون سال ۲۰۱۸، سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸ بارش نیز به میزان ۳۲۷/۸۵ و ۱۲۳/۱۸ میلی‌متر تخمین زده شد (شکل ۳).



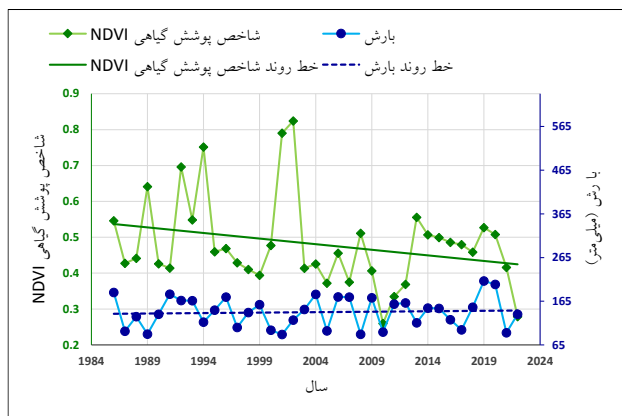
شکل ۳- میانگین تغییرات سالانه شاخص گیاهی، بارش و دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ اقليم گرم و خشک بادی

۲۰۰۳ مقدار دما ۲۹۰/۶۱ درجه کلون بوده که در بازه زمانی مورد مطالعه کمترین و در سال ۲۰۲۱ مقدار دما، ۳۱۶/۶۲ درجه کلون بیشترین مقدار را داشته است.

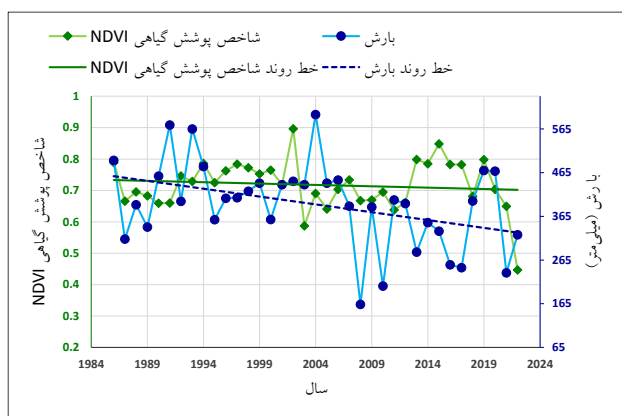
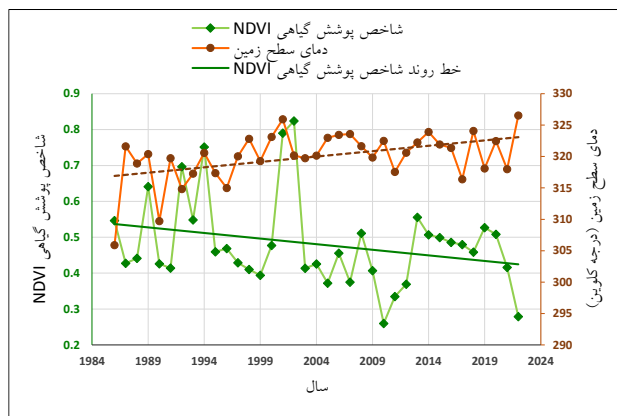
در اقليم مرطوب و سرد حداقل مقدار شاخص گیاهی ۰/۴۵ را در بازه زمانی ۲۰۲۲ و حداکثر مقدار NDVI به میزان ۰/۹۰ را در سال ۲۰۰۲ نشان داده است. در سال

مقدار را داشته است. شاخص گیاهی سال ۲۰۲۲ به میزان ۰/۴۶ حداقل میزان بوده که در این بازه حداکثر دما به میزان ۳۲۵/۴۱ درجه کلونین برآورد شده است. همچنین سال ۱۹۹۲ حداقل دما ۳۰۱/۲۱ درجه کلونین و سال ۲۰۱۴ حداکثر شاخص گیاهی ۰/۸۷ نیز رخ داده است (شکل ۶).

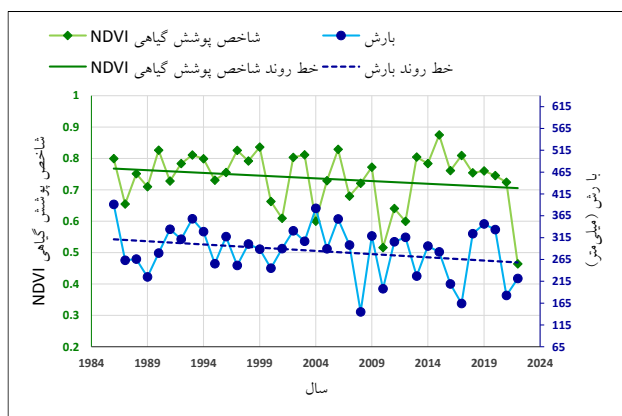
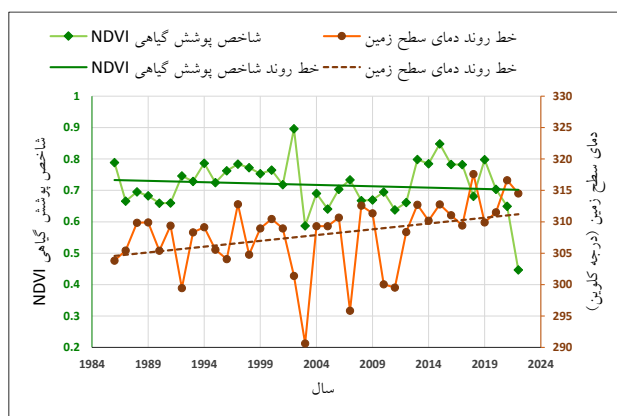
همچنین حداکثر بارش به میزان ۵۹۸/۱۷ میلی‌متر و حداقل بارش به میزان ۱۶۳/۵۵ میلی‌متر در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸ به دست آمده است (شکل ۵). نمودارهای اقلیم نیمه‌خشک و سرد مؤید این است بارش سال ۲۰۰۸ به مقدار ۱۴۴/۸۳ میلی‌متر به شدت کاهش یافته و سال ۱۹۸۶ به میزان ۳۹۱/۱۱ میلی‌متر بیشترین



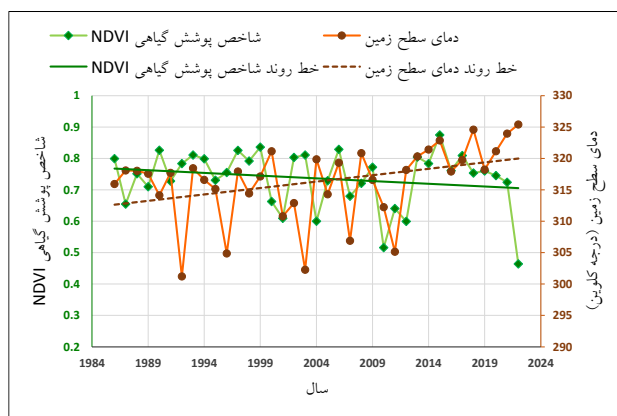
شکل ۴- میانگین تغییرات سالانه شاخص گیاهی، بارش و دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ اقلیم گرم و فراخشک



شکل ۵- میانگین تغییرات سالانه شاخص گیاهی، بارش و دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ اقلیم مرطوب و سرد

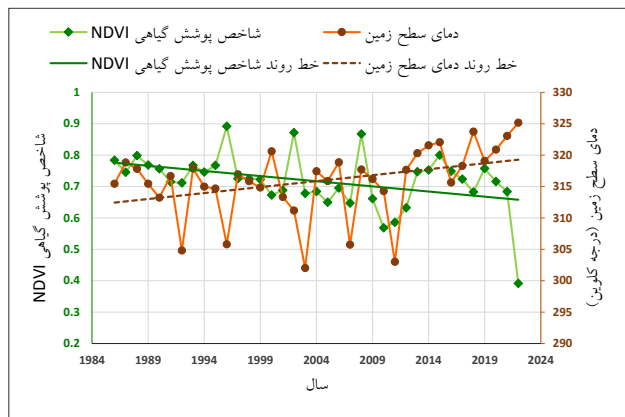
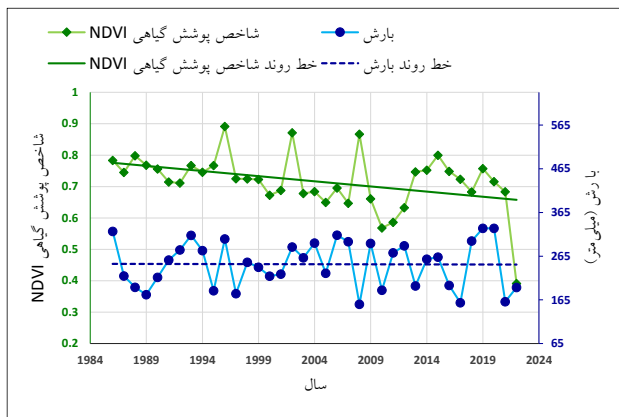


شکل ۶- میانگین تغییرات سالانه شاخص گیاهی، بارش و دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ اقلیم نیمه‌خشک و سرد

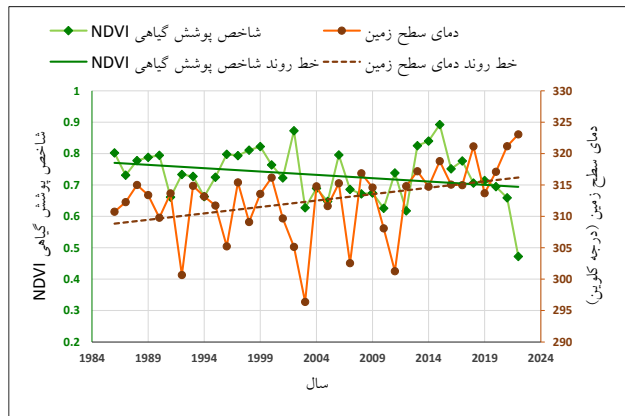
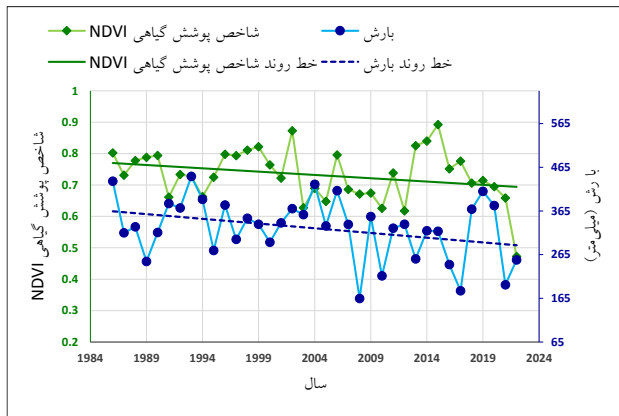


حداکثر شاخص گیاهی در سال ۲۰۱۵ به میزان ۰/۸۹، دمای سطح زمین در سال ۲۰۲۲ به میزان ۳۲۳/۰۶ درجه کلون و بارش در سال ۱۹۹۳ به میزان ۴۴۴/۳۱ میلی‌متر، حداقل شاخص گیاهی در سال ۲۰۲۲ به میزان ۰/۴۷، دمای سطح زمین در سال ۲۰۰۳ به میزان ۲۹۶/۳۹ درجه کلون و بارش در سال ۲۰۰۸ به میزان ۱۶۴/۷۰ میلی‌متر در پهنه اقليمي نیمه‌مرطوب و سرد رخ داده است (شکل ۸).

نمودارهای اقليم نیمه‌خشک و گرم نشان می‌دهد سال ۲۰۲۲ حداقل شاخص گیاهی به میزان ۰/۳۹، سال ۱۹۹۶ حداکثر شاخص گیاهی به میزان ۰/۸۹، سال ۲۰۰۳ حداقل میزان دمای سطح زمین ۳۰۲/۰۲ درجه کلون، سال ۲۰۲۲ حداکثر میزان دمای سطح زمین ۳۲۵/۱۴ درجه کلون، سال ۲۰۰۸ حداقل بارش به میزان ۱۵۴/۷۲ میلی‌متر و سال ۲۰۱۹ حداکثر بارش به میزان ۳۲۸/۹۴ میلی‌متر برآورد شد (شکل ۷).



شکل ۷- میانگین تغییرات سالانه شاخص گیاهی، بارش و دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ اقليم نیمه‌خشک و گرم



شکل ۸- میانگین تغییرات سالانه شاخص گیاهی، بارش و دمای سطح زمین در بازه زمانی ۱۹۸۶-۲۰۲۲ اقليم نیمه‌مرطوب و سرد

بحث و نتیجه‌گیری

نوسانات آب‌وهوایی معمولاً با بررسی تغییرات بارندگی و دما به عنوان دو عامل مهم آب‌وهوایی کنترل‌کننده رشد پوشش گیاهی انجام می‌شود.

دمای سطح زمین (LST) یکی از پارامترهای حیاتی است که بر تعادل انرژی سطحی، تبادل انرژی و اقليم منطقه تأثیر می‌گذارد و تحت تأثیر ویژگی‌های سطح زمین، مانند پوشش گیاهی، کاربری زمین و نفوذپذیری سطح قرار دارد [۲۹]. دمای سطح زمین به سبب کنترل مستقیم

پوشش گیاهی نقش اساسی در تنظیم آب‌وهوا در اکوسیستم زمینی دارد و به‌طور همزمان رشد پوشش گیاهی زمینی بسیار وابسته و حساس به عوامل طبیعی مختلف است و می‌تواند تأثیر تغییرات آب‌وهوایی را در مدت زمان کوتاهی منعکس کند. بنابراین بررسی تغییرات پوشش گیاهی یک شاخص کلیدی برای ارزیابی واکنش اکوسیستم به تغییرات آب‌وهوایی است. تجزیه و تحلیل پاسخ پوشش گیاهی به

نیست. همچنین روند کاهشی با معناداری بالای بارش فقط در اقلیم مرطوب و سرد Z برابر $۲/۰۸$ - با شیب $۳/۳۴$ - مشاهده شد.

مطابق آزمون من-کندال روند کاهشی بارش در دیگر پهنه‌های اقلیمی استان معنادار نبوده و تغییرات به صورت یکنواخت و طبیعی است. مطابق نتایج در سال ۲۰۲۲ حداقل میزان شاخص پوشش گیاهی و حداکثر دمای سطح زمین تقریباً در تمامی اقلیم‌های مختلف استان مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد سال ۲۰۲۲، رکوردهای دمایی زیادی را تجربه کرده و رتبه‌ای بین پنجمین و ششمین گرم‌ترین سال ثبت شده برای دمای سطح زمین در کل جهان از جمله ایران بوده است. علت چنین افزایش دمایی به‌خاطر اثر پدیده لانینا در اقیانوس آرام است که به عنوان خنک‌کننده سطح جهانی تا چند دهم کلون براساس میانگین سالانه شناخته شده است [۳۷]. از طرفی افزایش دمای سطح زمین ناشی از نابودی پوشش گیاهی و افزایش سطوح غیرقابل نفوذ و غیرقابل تبخیر زمین است [۳۳]. از طرفی دیگر تبدیل پوشش گیاهی به سایر الگوهای کاربری زمین، مانند سطوح لخت، سطوح جامد و مناطق کشاورزی منجر به افزایش دمای سطح زمین می‌شود [۳۱].

در اقلیم گرم و فراخشک به دلیل وجود دشت کویر، ارتفاع کم، آسمان صاف و آفتابی و دمای بالا می‌توان گفت در بین عوامل بادی و غباری، بارش، دما، آسمان صاف و آفتابی، گرمایی و رطوبت، عامل بارش کمترین تأثیر را در این ناحیه دارد. اقلیم‌های گرم و خشک، نیمه‌خشک و گرم در مجاورت کامل با دشت کویر قرار گرفته و دما بیشترین تأثیر را دارد. اما در نواحی غرب و جنوب استان به سبب ارتفاعات بلند عامل بارش اهمیت فراوانی دارد [۵].

بررسی‌ها نشان می‌دهد تغییرات پوشش گیاهی عمدتاً ناشی از تغییرات بارندگی در مناطق معتدل و سرد است و بارش عامل اصلی سبز شدن پوشش گیاهی در مناطق گرمسیری و معتدل و از طرف دیگر، دما عامل مهم برای سبز شدن پوشش گیاهی در مناطق نیمه‌سردسیری و نیمه‌گرمسیری است. زمانی که بارندگی دیگر عامل محدودکننده‌ای برای رشد پوشش گیاهی نباشد اثر دما افزایش می‌یابد. علاوه بر این، تأثیر مثبت بارندگی بر رشد گیاهان در مناطق معتدل بسیار بیشتر از دما است که این

جریان‌های آب و انرژی در زیست‌کره می‌تواند اطلاعاتی در رابطه با تغییرات پوشش زمین تهیه نماید، در صورتی که چنین توانایی را دمای هوا ندارد [۱].

مجموعه داده بارش PERSIANN-CDR با استفاده از الگوریتم PERSIANN تولید و به صورت ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه با دقت مکانی $۰/۲۵ \times ۰/۲۵$ درجه بین ۶۰ درجه جنوبی تا ۶۰ درجه شمالی در دسترس می‌باشد [۲۸]. داده‌های این مجموعه در ارزیابی الگوهای بارندگی در سراسر جهان و ایران رضایت‌بخش بوده است [۷، ۱۱، ۱۳]. نتایج ارزیابی صحت بین داده‌های ایستگاه‌های زمینی و داده‌های PERSIANN-CDR در پژوهشی مشخص شده است که داده‌های این مجموعه همبستگی خوبی با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی دارد و مجموعه داده بارش PERSIANN-CDR برای استان اصفهان نیز مناسب است [۶].

پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات پوشش گیاهی با تأکید بر NDVI و متغیرهای اقلیمی دما و بارش در طول دوره زمانی ۳۷ سال صورت گرفت. حداقل میزان پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۱۰ به میزان $۰/۲۶$ در اقلیم‌های گرم و خشک و گرم و فراخشک، حداکثر میزان NDVI سال ۲۰۰۲ در اقلیم مرطوب و سرد به میزان $۰/۹۰$ ، کمترین دمای سطح زمین در اقلیم مرطوب و سرد به میزان $۲۹۰/۶۱$ درجه کلون در سال ۲۰۰۳ و بیشترین دمای سطح زمین در سال ۲۰۲۲ به میزان $۳۲۸/۵۴$ درجه کلون در اقلیم گرم و خشک، حداقل بارش در سال ۲۰۰۱ در اقلیم گرم و فراخشک به میزان $۸۸/۷۲$ میلی‌متر و حداکثر بارش سال ۲۰۰۴ در اقلیم مرطوب و سرد به میزان $۵۹۸/۱۷$ میلی‌متر به‌دست آمد.

نتایج نشان داد در پهنه‌های اقلیمی گرم و خشک، گرم و خشک بادی، نیمه‌خشک و گرم روند NDVI کاهشی و روند دما افزایشی بوده که چنین تغییراتی مطابق مقادیر آزمون من-کندال نیز معنادار دیده شد. در زیست‌اقلیم‌های گرم و فراخشک Z برابر $۲/۰۳$ با میزان شیب $۰/۱۳$ ، نیمه‌خشک و سرد Z برابر $۲/۸۹$ با میزان شیب $۰/۱۸$ و نیمه‌مرطوب و سرد Z برابر $۲/۸۹$ با میزان شیب $۰/۱۹$ که نشان می‌دهد روند تغییرات دما به صورت افزایشی و معنادار، اما شاخص گیاهی روندی رو به کاهش داشته که معنادار

تغییرات آب‌وهوایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک حساس‌تر است. اقليم مرطوب و سرد و نیمه‌مرطوب و سرد در غرب و جنوب استان واقع شده و به لحاظ کوهستانی بودن، وجود ارتفاع زیاد از سطح دریا و قرارگیری در مسیر توده‌های باران‌آور غربی، اکثراً بارش به صورت برف می‌باشد. همچنین در مناطق کوهستانی دمای سطح زمین تحت تأثیر شیب‌های توپوگرافی، پوشش گیاهی می‌باشد [۴۱]. بنابراین دما و بارندگی یکی از عوامل تأثیرگذار در رشد پوشش گیاهی در مناطق مرطوب و خشک می‌باشد.

به‌طور کلی، کاهش پوشش گیاهی آلبیدو را افزایش داده و تأثیر بیشتر بر افزایش دما و کاهش بارندگی خواهد داشت. این تسلسل باعث تضعیف بیشتر پوشش گیاهی شده و افزایش بیابان‌زایی می‌گردد. در مجموع، با توجه به مطالعات قبلی و نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت تغییرات پوشش گیاهی استان در آینده روند رو به کاهشی را دنبال می‌کند، تغییرات روند دما نسبت به پوشش گیاهی بسیار چشمگیر و افزایشی خواهد بود که شاهد وجود گرمای شدید در سطح استان خواهیم بود. روند کاهشی بارش به استثنای پهنه اقليمي مرطوب و سرد، در دیگر پهنه‌های اقليمي استان معنادار نبوده و تغییرات به صورت یکنواخت و طبیعی است. لذا درک اینکه چگونه پوشش گیاهی منطقه‌ای به تغییرات آب‌وهوایی طولانی‌مدت پاسخ می‌دهد و پیش‌بینی مسیر آن تحت گرم‌شدن آب‌وهوا در آینده، نیاز به بررسی‌های کامل‌تری دارد.

علاوه بر دما و بارش، عوامل محرک دیگری در تغییرات پوشش گیاهی نقش دارند مانند تابش خورشیدی، سرعت باد، وضعیت خاک، فعالیت‌های انسانی، عوامل توپوگرافی مانند ارتفاع، شیب، جهت و غیره که بهتر است این فاکتورها در مطالعات آینده نیز در نظر گرفته شود.

تفاوت بسیار بیشتر از مناطق گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و سردسیری است [۲۰].

نتایج پژوهشی نشان می‌دهد که پوشش گیاهی طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ در سطح استان اصفهان کاهش یافته است [۵۱]. نتایج بررسی تأثیر تغییر اقليم بر دما و بارش استان اصفهان مؤید بر این است دما در سطح استان در حال افزایش است و بارش رو به کاهش پیش می‌رود و تغییرات اقليمي بخش‌های غربی استان اصفهان بیشتر از بخش‌های مرکزی و شرقی می‌باشد [۴۰]. از بررسی میزان دما و بارش استان اصفهان، پیش‌بینی می‌شود میزان دمای استان اصفهان از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۴۲۸ افزایش تدریجی خواهد داشت و تغییرات بارش تقریباً همانند تغییرات فعلی است [۴۸].

یکی از عوامل کنترل‌کننده رشد پوشش گیاهی در مناطق مرطوب دما و در مناطق خشک بارندگی می‌باشد [۲۲، ۲۳]. اما بارش عامل اصلی تأثیرگذار بر پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. بارش با تأثیر بر قابلیت دسترسی رطوبت، بر رشد پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد. بنابراین پاسخ تأخیر پوشش گیاهی به بارندگی، بازتاب فاصله زمانی بین بارش و رسیدن بارش به ریشه گیاه و تأثیر بر رشد گیاه است. هرچه محیط خشک‌تر باشد زمان پاسخ پوشش گیاهی به اثرات بارش بیشتر است [۱۸]. بنابراین یافته‌های پژوهش‌های پیشین با نتایج تغییرات پوشش گیاهی، دما و بارش در این پژوهش مطابقت دارد.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک رابطه مثبت بین بارش و NDVI و رابطه منفی بین دما و NDVI به‌دست می‌آید که دلالت بر تأثیرگذاری دما داشته و به دنبال آن سبب افزایش تبخیر و کاهش دسترسی گیاه به رطوبت و محدودیت در رشد گیاه شده و در نهایت روند پوشش گیاهی را کم می‌کند [۹]. بنابراین واکنش پوشش گیاهی نسبت به

References

[1]. Abad, B., Salahi, B., Raispour, K., & Moradi, M. (2021). Satellite Based Communication between Land Surface Temperature and Biophysical Variables in the Jazmourian Catchment. *Iranian Journal of Geophysics*, 15(2), 119-135. doi: 10.30499/ijg.2021.272063.1315 [in Farsi]

[2]. Akbari, T., & Lotfi Qaranchai, S. (2018). *Investigating the effect of fluctuating climatic elements (temperature and precipitation) on vegetation changes (case study: Jolfa city)*. First International Congress and Fourth National Congress of Irrigation and Drainage of Iran, Urmia. [in Farsi]

[3]. Alemayehu, Z., & Kabite Wedajo, G. (2023). Spatiotemporal climate and

- vegetation trends, and their relationship: A case of Genale Dawa basin, Ethiopia. *Remote Sensing Applications Society and Environment*, 32, 101070. doi: 10.1016/j.rsase.2023.101070
- [4]. Alshehri, F., Abuamarah, B.A., & Abd El-Hamid, H.T. (2023). Impact of land use dynamics on land surface temperature using optical remote sensing data integrated with statistical analysis in Riyadh, Saudi Arabia. *Advances in Space Research*, 72(5), 1739-1750. doi: 10.1016/j.asr.2023.04.051
- [5]. Amirahmadi, A., & Abasnia, M. (2010). Regionalization of climate at Esfahan province by using new statistical techniques. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 1(1), 53-68. [in Farsi]
- [6]. Amiri, M., Tarkesh, M., Jafari, R., & Jetschke, G. (2020). Bioclimatic variables from precipitation and temperature records vs. remote sensing-based bioclimatic variables: which side can perform better in species distribution modeling? *Ecological Informatics*, 57, 101060. doi: 10.1016/j.ecoinf.2020.101060
- [7]. Anees, S.A., Zhang, X., Khan, K.A., Abbas, M., Ghramh, H.A., & Ahmad, Z. (2022). Estimation of fractional vegetation cover dynamics and its drivers based on multi-sensor data in Dera Ismail Khan, Pakistan. *Journal of King Saud University-Science*, 34(6), 102217. doi: 10.1016/j.jksus.2022.102217
- [8]. Ansari, M.R., & Norouzi, A. (2023). Spatial autocorrelation of Land Surface Temperature and its relationship with land use in Ahvaz city. *Geography and Environmental Planning*, 34(3), 141-165. doi: 10.22108/gep.2023.136187.1564 [in Farsi]
- [9]. Asefjah, B., Esmailpour, Y., Bazrafshan, O., Keshtkar, A.R., & Zamani, H. (2022). Land degradation trend in the climatic types of Fars province using remote sensing and climatic variables. *Iranian journal of Ecohydrology*, 9(4), 833-851. [in Farsi]
- [10]. Banerjee, A., Kang, S., Meadows, M.E., Xia, Z., Sengupta, D., & Kumar, V. (2023). Quantifying climate variability and regional anthropogenic influence on vegetation dynamics in northwest India. *Environmental Research*, 234, 116541. doi: 10.1016/j.envres.2023.116541
- [11]. Dehaghani, A.M., Gohari, A.R., Zareian, M.J., & Torabi Haghighi, A. (2023). A comprehensive evaluation of the satellite precipitation products across Iran. *Journal of Hydrology Regional Studies*, 46, 101360. doi: 10.1016/j.ejrh.2023.101360
- [12]. Ebrahimi, A., Motamed Vaziri, B., Nazemosadat, S.M.J., & Ahmadi, H. (2020). Assessing the relationship between land surface temperature with vegetation and water area change in Arsanjan County, Iran. *Journal of Rs and Gis for natural Resources*, 11(4), 65-86. [in Farsi]
- [13]. Eini, M.R., Rahmati Ziveh, A., Salmani, H., Mujahid, S., Ghezelayagh, P., & Piniewski, M. (2023). Detecting drought events over a region in Central Europe using a regional and two satellite-based precipitation datasets. *Agricultural and Forest Meteorology*, 342, 109733. doi: 10.1016/j.agrformet.2023.109733
- [14]. Firouzi, F., Tavosi, T., & Mahmoudi, P. (2018). Investigating the statistical relationship between climatic and hydrological variables with Vegetation Dynamics in a dry climate (Case study: Sistan plain in eastern Iran). *Desert Management*, 6(11), 99-111. doi: 10.22034/jdmal.2018.32326 [in Farsi]
- [15]. Ghebrezgabher, M.G., 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 Sciences*, 23(3), 249-261. doi: 10.1016/j.ejrs.2020.08.003
- [16]. Govil, H., Guha, S., Diwan, P., Gill, N., & Dey, A. (2020). Analyzing linear relationships of LST with NDVI and MNDISI using various resolution levels of Landsat 8 OLI and TIRS data. In: Data Management. *Analytics and Innovation*, 171-184. dx.doi: 10.1007/978-981-32-9949-8_13
- [17]. He, Y., Wang, L., Niu, Z., & Nath, B. (2022). Vegetation recovery and recent degradation in different karst landforms of southwest China over the past two decades using GEE satellite archives. *Ecological Informatics*, 68, 101555. doi: 10.1016/j.ecoinf.2022.101555

- [18]. He, P., Xu, L., Liu, Z., Jing, Y., & Zhu, W. (2021). Dynamics of NDVI and its influencing factors in the Chinese Loess Plateau during 2002–2018. *Regional Sustainability*, 2(1), 36-46. doi: 10.1016/j.regsus.2021.01.002
- [19]. Lin, M., Hou, L., Qi, Z., & Wan, L. (2022). Impacts of climate change and human activities on vegetation NDVI in China's Mu Us Sandy Land during 2000–2019. *Ecological Indicators*, 142, 109164. doi: 10.1016/j.ecolind.2022.109164
- [20]. Lin, Z., Wen, Z., Liu, Y., Lin, Z., Han, P., Shi, H., Wang, Z., & Su, T. (2023). Vegetation response to changes in climate across different climate zones in China. *Ecological Indicators*, 155, 110932. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.110932
- [21]. Liu, Z., Chen, Y., & Chen, C. (2023). Analysis of the Spatiotemporal Characteristics and Influencing Factors of the NDVI Based on the GEE Cloud Platform and Landsat Images. *Remote Sens*, 15(20), 4980. doi: 10.3390/rs15204980
- [22]. Liu, H., Jiao, F., Yin, J., Li, T., Gong, H., Wang, Z., & Lin, Z. (2020). Nonlinear relationship of vegetation greening with nature and human factors and its forecast – A case study of Southwest China. *Ecological Indicators*, 111, 106009. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.106009
- [23]. Liu, J., Wei, L., Zheng, Z., & Du, J. (2023). Vegetation cover change and its response to climate extremes in the Yellow River Basin. *Science of The Total Environment*, 905, 167366. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167366
- [24]. Lou, P., Wu, T., Yang, S., Wu, X., Chen, J., Zhu, X., Chen, J., Lin, X., Li, R., Shang, C., Wang, D., La, Y., Wen, A., & Ma, X. (2023). Deep learning reveals rapid vegetation greening in changing climate from 1988 to 2018 on the Qinghai-Tibet Plateau. *Ecological Indicators*, 148, 110020. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.110020
- [25]. Meshesha, K.S., Adem, E.S., Kassaye, A.Y., Tsehayu, M.A., Eshetu, A.A., & Agegnehu, H.W. (2024). Evaluating the relationship of vegetation dynamics with Rainfall and Land Surface Temperature using geospatial techniques in South Wollo zone, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 15, 100895. doi: 10.1016/j.envc.2024.100895
- [26]. Mohammadi, A., Khodabandehlou, B., & Babaie, P. (2021). Evaluation of landuses temperature changes in Zanjan in the period 2013 to 2019 using comparison of land surface temperature estimation algorithms. *Geographical Planning of Space*, 11(41), 127-144. doi: 10.30488/gps.2021.250592.3313 [in Farsi]
- [27]. Nega, W., Hailu, B.T., & Fetene, A. (2019). An assessment of the vegetation cover change impact on rainfall and land surface temperature using remote sensing in a subtropical climate, Ethiopia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 16, 100266. doi: 10.1016/j.rsase.2019.100266
- [28]. Nguyen, P., Shearer, E.J., Tran, H., Ombadi, M., Hayatbini, N., Palacios, T., Huynh, P., Updegraff, G., Hsu, K., Kuligowski, B., Logan, W.S., & Sorooshian, S. (2019). The CHRS data portal, an easily accessible public repository for PERSIANN global satellite precipitation data. *Scientific Data* 6, 180296. doi: 10.1038/sdata.2018.296
- [29]. Oad, V.K., Szymkiewicz, A., Khan, N.A., Ashraf, S., Nawaz, R., Elnashar, A., Saad, S., & Qureshi, A.H. (2023). Time series analysis and impact assessment of the temperature changes on the vegetation and the water availability: A case study of Bakun-Murum Catchment Region in Malaysia. *Remote Sensing Applications Society and Environment*, 29, 100915. doi: 10.1016/j.rsase.2022.100915
- [30]. Organization for Educational Research and Planning. (2020). *Isfahan province*. Iran Textbook Publishing Company. [in Farsi]
- [31]. Pradeep Kumar, B., Anusha, B.N., Raghu Babu, K., & Padma Sree, P. (2023). Identification of climate change impact and thermal comfort zones in semi-arid regions of AP, India using LST and NDBI techniques. *Journal of Cleaner Production*, 407, 137175. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.137175
- [32]. Kamyabi, S., & Abdi, K. (2020). Detection and analysis of the trend of climate change (precipitation and temperature) within the boundaries of Sari. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(7), 165-179. [in Farsi]

- [33]. Kumar, B.P., Babu, K.R., Anusha, B.N., & Rajasekhar, M. (2022). Geo-environmental monitoring and assessment of land degradation and desertification in the semi-arid regions using Landsat 8 OLI / TIRS, LST, and NDVI approach. *Environmental Challenges*, 8, 100578. doi: 10.1016/j.envc.2022.100578
- [34]. Ren, Y., Zhang, F., Zhao, C., & Cheng, Z. (2023). Attribution of climate change and human activities to vegetation NDVI in Jilin Province, China during 1998–2020. *Ecological Indicators*, 153, 110415. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.110415
- [35]. Roy, B., & Bari, E. (2022). Examining the relationship between land surface temperature and landscape features using spectral indices with Google Earth Engine. *Heliyon*, 8(9), e10668. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e10668
- [36]. Saha, J., Ria, S.S., Sultana, J., Urmia, M.A., Hasan Seyam, M.M., & Rahman, M.M. (2024). Assessing seasonal dynamics of land surface temperature (LST) and land use land cover (LULC) in Bhairab, Kishoreganj, Bangladesh: A geospatial analysis from 2008 to 2023. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100560. doi: 10.1016/j.cscee.2023.100560
- [37]. Samset, B.H., Zhou, C., Fuglestedt, J.S., Lund, M.T., Marotzke, J., & Zelinka, M.D. (2023). Steady global surface warming from 1973 to 2022 but increased warming rate after 1990. *Communications Earth and Environment*, 4(1), 1-6. doi: 10.1038/s43247-023-01061-4
- [38]. Soheili, E., Malekinezhad, H., & Ekhtesasi, M.R. (2019). Analysis of Trends in Temperature and Precipitation in Doroodzan Dam Basin using the Modified Mann-Kendall Test. *Journal of Watershed Management Research*, 9(18), 123-134. [in Farsi]
- [39]. Soltani, N., & Mohammadnejad, V. (2021). Effectiveness of Google Earth Engine (GEE) system in evaluating land use changes and predicting it with Markov model (Case study of Urmia plain). *Journal of Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources*, 12(3), 101-114. [in Farsi]
- [40]. Soltani Mohammadi, A., Mollaeinia, M.R., & Ajamzadeh, A. (2019). Assessment of Climate Change Effect on Temperature and Precipitation Based on Fourth and Fifth IPCC reports (Case study: Isfahan Province). *Irrigation Sciences and Engineering*, 42(2), 1-16. doi: 10.22055/jise.2017.19075.1373 [in Farsi]
- [41]. Ullah, W., Ahmad, K., Ullah, S., Tahir, A.A., Javed, M.F., Nazir, A., Abbasi, A.M., Aziz, M., & Mohamed, A. (2023). Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. *Heliyon*, 9(2), e13322. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e13322
- [42]. Wan Mohd Jaafar, W.s., Abdul Maulud, K.N., Muhmad Kamarulzaman, A.M., Raihan, A., Md Sah, S., Ahmad, a., Saad S.N.M., Mohd Azmi, A.T., Jusoh Syukri, N.K.A., & Razzaq Khan, W. (2020). The Influence of Deforestation on land surface Temperature-a case study of PeraK and Kedah, Malaysia. *Forests*, 11(6), 670. doi: 10.3390/f11060670
- [43]. Wang, X., Gong, Z., Zhao, D., & Liu, J. (2024). Spatiotemporal changes of forest vegetation after the implementation of a natural forest protection project and underlying driving factors: Case study of a typical natural secondary forest area in the Loess Plateau. *Ecological Engineering*, 199, 107164. doi: 10.1016/j.ecoleng.2023.107164
- [44]. Wang, S., Ma, Q., Ding, H., & Liang, H. (2018). Detection of urban expansion and land surface temperature change using multi-temporal landsat images. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 526-534. doi: 10.1016/j.resconrec.2016.05.011
- [45]. Wang, Z., Wang, Y., Liu, Y., Wang, F., Deng, W., & Rao, P. (2023). Spatiotemporal characteristics and natural forces of grassland NDVI changes in Qilian Mountains from a sub-basin perspective. *Ecological Indicators*, 157, 111186. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.111186
- [46]. Xie, Y., Chen, Y., Zhang, Y., Li, M., Xie, M., & Mo, W. (2023). Response of vegetation normalized different vegetation index to different meteorological disaster indexes in karst region of Guangxi, China. *Heliyon*,

- 9(10), e20518. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20518
- [47]. Yaghmaei, L., Soltani, S., & Khodaghali, M. (2009). Bioclimatic classification of Isfahan province using multivariate statistical methods. *International Journal of Climatology*, 29(12), 1850-1861. doi: 10.1002/joc.1835
- [48]. Zarfeshani, A., & Jahangir, M.H. (2021). The Isfahan values of Temperature and Precipitation Forecast Based on Two Fine scale models Lars_WG and SDSM and Artificial Neural Network Method. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 15(1), 38-49. [in Farsi]
- [49]. Zhao, X., Tan, S., Li, Y., Wu, H., & Wu, R. (2024). Quantitative analysis of fractional vegetation cover in southern Sichuan urban agglomeration using optimal parameter geographic detector model, China. *Ecological Indicators* 158, 111529. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.111529
- [50]. Zhou, Y., Batelaan, O., Guan, H., Liu, T., Duan, L., Wang, Y., & Li, X. (2024). Assessing long-term trends in vegetation cover change in the Xilin River Basin: Potential for monitoring grassland degradation and restoration. *Journal of Environmental Management*, 349, 119579. doi: 10.1016/j.jenvman.2023.119579
- [51]. Zolfaghary, M., Rayegani, B., Nezami Balouchi, B., Gostash, H., & Jahani, A. (2022). Investigating the trend of vegetation change in the Central Plateau of Iran with the help of remotely sensed time series between 2002-2018. *Journal of Natural Environment*, 75(4), 613-627. doi: 10.22059/jne.2022.340325.2409 [in Farsi]

Vegetation cover trend analysis in bioclimates of Isfahan province resulting from changes in climatic parameters (Research Paper)

- 1- Mansoureh Alizadeh, Master's degree in Rangeland Management, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2- Reza Jafari*, Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
reza.jafari@iut.ac.ir

Received: 20 May 2024

Accepted: 26 Jan. 2025

Abstract

Awareness of vegetation and climate changes is necessary for the correct planning of ecosystem management. In the present study, the temporal and spatial changes of vegetation cover and also land surface temperature and precipitation parameters in the natural vegetation cover of different bioclimates of Isfahan province from 1986 to 2022 were investigated based on Google Earth Engine system, Landsat satellite and PERSIANN-CDR data. The trend and the amount of changes of these parameters were obtained with the Mann-Kendall and Sen's slope tests. The results showed that the minimum amount of NDVI vegetation was 0.26 in arid and warm climate in 2022 and its maximum was 0.90 in humid and cold climate in 2002. The lowest and highest of land surface temperature was obtained in humid and cold climate and warm and arid climate as 290.61 and 328.54 Kelvin in 2003 and 2022, respectively. The minimum and maximum precipitation were 88.72 mm and 598.17 mm in 2004 and 2001, respectively, in the semi-arid and warm climate and humid and cold climate. The Z statistics of Mann -Kendall test and the amount of Sen's slope for the parameters of vegetation and temperature in most climates were decreasing and increasing, respectively. A decreasing trend with high statistical significance of precipitation was observed only in humid and cold climate (Z equal to -2.08 with a slope of -3.34). In general, the results showed that the vegetation of the province is decreasing, but the temperature is increasing.

Keywords: Rainfall, Natural vegetation cover, Land surface temperature, Sen's slope, Google Earth Engine, Mann-kendall.