



تأثیر خشکسالی بر تغییرات مراتع با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی شهر حاجی آباد استان هرمزگان)

مرضیه موغلی

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، لارستان، ایران (نویسنده مسئول)

mmoghali@yahoo.com

بذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷

دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۷

چکیده

خشکسالی به عنوان یکی از مخرب ترین بلایای طبیعی، اثرات منفی گسترده ای بر محیط زیست و زندگی انسان دارد. در این پژوهش از داده های هواشناسی استفاده می شود. از میان این داده ها، شاخص بارش استاندارد شده SPI و شاخص نمره ZSI (Z) مورد استفاده قرار می گیرند. باندهای مورد استفاده از سنجنده MODIS شامل باندهای ۱ تا ۷ و ۳۱ و ۳۲ است. برای محاسبه شاخص های خشکسالی از دو نرم افزار SPI-SL-6 و DIP که بر پایه مقیاس زمانی ماهانه طراحی شده اند برای سری زمانی ۳ ماه استفاده گردید. برای تهیه لایه در برنامه ERDAS IMAGINE لایه stack تهیه و در برنامه ArcGIS مرز شهرستان حاجی آباد جدا و در نهایت لایه های NDVI و LST مربوط به هر سال استخراج می گردد. بررسی وقوع خشکسالی هواشناسی توسط شاخص SPI_3 در ایستگاه های مستقر در محدوده مورد مطالعه حاکی از آن است که منطقه طی سال های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ سال های نرمالی از لحاظ ترسالی داشته است که این ترسالی در سال های ۹۴ تا ۹۵ شدت یافته است. اما طی سالهای ۹۶ تا ۱۴۰۰ شاهد وقوع خشکسالی هایی با درجات مختلف در محدوده می باشیم که طی سالهای ۹۸ تا ۱۴۰۰ این پدیده شدت می گیرد. بررسی خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص ZSI در دوره زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ و در بازه های زمانی ۳ ماهه در محدوده مورد مطالعه نتایج تقریباً مشابهی را با شاخص SPI نشان می دهد. مقایسه مقادیر SPI و ZSI در سالهای مختلف بیانگر همبستگی بسیار بالای در ۳ ماهه اول هر سال می باشد با توجه به اینکه در هر بازه زمانی کاهش چشمگیری در پوشش گیاهی و مراتع رخ داده که باعث فقیر شدن مراتع شده است. با نگاهی اجمالی این نکته حائز اهمیت است که بیشترین مناطقی که تحت تأثیر خشکسالی قرار گرفته اند مراتع کم تراکم می باشند.

کلمات کلیدی: خشکسالی، مراتع، سنجش از دور، حاجی آباد



مقدمه

پیامدهای تغییر اقلیم بر چرخه هیدرولوژیکی و منابع آب منجر به افزایش بلایای طبیعی شدید مانند سیل و خشکسالی می شود. در میان این مخاطرات طبیعی، خشکسالی یکی از مخرب ترین هاست و با توجه به تغییرات اقلیمی پیچیده تر می شود بنابراین بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر انواع خشکسالی ضروری است. خشکسالی یک فرآیند طبیعی پیچیده است که عمدتاً به دلیل بارندگی کمتر از حد نرمال برای چندین ماه یا سال رخ می دهد اگرچه خشکسالی عمدتاً ناشی از کمبود بارندگی است، اما عوامل دیگری مانند دما و سرعت باد قطعاً در وقوع خشکسالی دخیل هستند. مراتع تقریباً ۴۱ درصد از کل مساحت زمین را پوشش می دهند. دو سوم این مراتع در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند. با این حال، مراتع تحت فشار شدید عوامل انسانی طبیعی و ناپایدار هستند. بر این اساس، حدود ۲۰ درصد از مراتع به دلیل کاربری هایی که باعث تخریب منابع طبیعی مرتع می شود، به شدت تخریب شده اند. از سال ۱۸۵۰ تخمین زده می شود که ۶ میلیون کیلومتر مربع از زمین های زیر جنگل/جنگل و ۴.۷ میلیون کیلومتر مربع از علفزار در سراسر جهان به زمین های زراعی تبدیل شده است (Kuule et al, 2022). بر اساس گزارش ها، فشار شدید بر مراتع باعث تغییرات قابل توجهی در الگوهای کاربری تاریخی و پوشش زمین (LULC) شده است. تخمین زده می شود که مراتع حدود ۱۲.۸ میلیون کیلومتر مربع از اراضی خشک قابل سکونت را در بر می گیرد که بین مناطق خشک، نیمه خشک و زیر مرطوب خشک در جنوب صحرای آفریقا توزیع شده است. نحوه و میزان کاربری اراضی و تغییر پوشش هم از نظر مکان و هم زمانی در مراتع متفاوت است. عوامل متعددی از جمله تغییرات اقلیمی، خشکسالی، رشد جمعیت و سیاست های تشویق کننده معیشت کم تحرک دامداری مشکوک به عوامل اصلی تخریب مراتع هستند (Xu et al, 2018). تکثیر زمین های کشاورزی در زمین های دارای پوشش گیاهی طبیعی در میان برجسته ترین تحولات LULC در SSA گزارش شده است. از دست دادن پوشش گیاهی به دلیل افزایش فعالیت های کشاورزی ممکن است منجر به شار هیدرولوژیکی قابل توجهی به دلیل تغییرات در برخی از اجزای هیدرولوژیکی مانند رواناب سطحی، ناهمواری سطح، جریان جریان و تبخیر و تعرق شود. در نتیجه، شارهای هیدرولوژیکی می توانند تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین را در یک منطقه ایجاد کنند (Aghsaei et al, 2021). خشکسالی یک پدیده طبیعی رایج در همه اقلیم ها است که اثرات نامطلوب قابل توجهی بر زندگی انسان کشاورزی، زیست محیطی، هیدرولوژیکی و اجتماعی - اقتصادی، حیات وحش و جوامع گیاهی دارد (Rousta et al, 2020). خشکسالی به عنوان یک بلای طبیعی خطرناک ناشی از کاهش شدید میزان بارندگی، در مقایسه با سایر بلایای طبیعی، پیامدهای مکانی و زمانی گسترده ای را به همراه دارد و خسارات شدیدی را به همراه دارد. از سوی دیگر، در اواخر قرن بیستم، رویکردهای پایش خشکسالی دستخوش یک تغییر پارادایم شد و پیشرفت در فن آوری های سنجش از دور و رصد زمین امکان مشاهدات و نظارت بر متغیرهای کلیدی مرتبط با خشکسالی را در مقیاس های زمانی و مکانی بزرگتر از روش های مرسوم در آن زمان فراهم کرد (park et al, 2019) به دلیل گرمایش زمین و تقاضای فزاینده برای منابع آبی، خشکسالی به یکی از رایجترین و پیچیدهترین بیای طبیعی تبدیل شده است (Liu et al, 2021). خشکسالی یک چالش مهم برای مراتع نیمه خشک

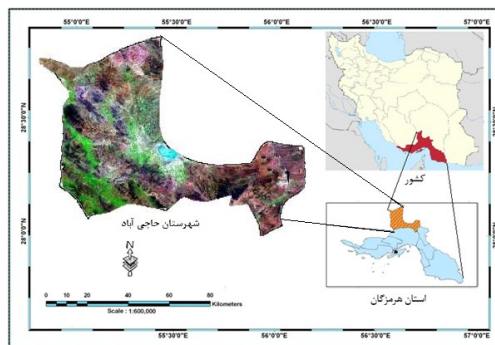


است، افزایش دقت پایش امکان بهبود حفاظت و مدیریت این اکوسیستم های حیاتی را فراهم می کند. خشکسالی یک نیروی محرکه مهم در پویایی مراتع است که از نظر اقلیمی، به دو نیروی برهم کنش اصلی، بارش و دما بستگی دارد. میزان و زمان بارش، بهره وری مراتع را کنترل می کند و باعث ایجاد نوسانات در محتوای آب خاک در طول فصول سال می شود. دما می تواند رشد گیاه را تنظیم کرده و دسترسی به آب را در بهار و پاییز در مناطق را کاهش دهد. بنابراین، درک چگونگی تأثیر خشکسالی بر مراتع ضروری است زیرا انتظار می رود این رویدادها با تغییرات آب و هوایی افزایش یابد (EU,2021). سنجش از دور یکی از بهترین راه های پایش تغییرات محیطی مکانی-زمانی را ارائه می دهد (Srivastava et al,2020) استفاده از سنجش از دور برای ترسیم تغییرات LULC مکانی-زمانی به تعیین کمی ماهیت تغییرات کمک می کند. با این حال، اتکای انحصاری به سنجش از دور در ارزیابی های LULC به دلیل ارائه تنها اطلاعات کمی و عدم ایجاد رابطه بین الگوهای تغییر با نیروهای محرک آنها مورد انتقاد قرار گرفته است. علاوه بر این، الگوهای تغییرات LULC اغلب شامل تعاملات پیچیده بین محیط و انسان است (Mwanjalolo et al,2019) بر این اساس، در میان محققان تغییرات محیطی به طور فزاینده ای قابل قبول است که درک ادراکات محلی در مناظر به منظور مفهوم سازی بهتر LULC مهم است. دانش محلی به طور گسترده ای به عنوان یک ابزار معتبر برای ایجاد دانش در مورد تغییرات محیطی جهانی مانند LULC شناخته شده است (Tarakini et al,2021). همچنین پذیرفته شده است که ادغام دانش محلی و سنجش از دور در طول ارزیابی تغییرات LULC می تواند درک بهتر و جدیدی را برای میزان و محرک های اساسی تغییر ارائه دهد. همچنین گزارش شده است که درک ادراکات جامعه محلی در مورد تغییرات LULC برای طراحی برنامه های کاربردی و مدیریت زمین مؤثر است (Byakagaba et al,2018).

مواد و روش

موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

شهرستان حاجی آباد در ۲۸° و ۱۸' عرض جغرافیایی و ۵۵° و ۵۴' طول جغرافیایی با مساحت ۱۰۹۵۵/۷ کیلومتر مربع در شمال استان هرمزگان قرار دارد. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۲۰۰ متر است. از شمال و شرق به استان کرمان، از غرب به استان فارس و از جنوب به بندرعباس محدود است. مرکز این شهرستان در فاصله ۱۶۵ کیلومتری شمال بندرعباس و در کنار جاده بندر- سیرجان واقع شده است. بر پایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۲۸,۹۷۷ نفر بوده است. شهر حاجی آباد از لحاظ جمعیتی هشتمین شهر استان هرمزگان است. (شکل ۱)



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر ماهیت جزء تحقیقات کاربردی جهت ارزیابی و پایش خشکسالی بر تغییرات مراتع است، از طرفی با توجه به هدف، نیز از جمله تحقیق اکتشافی همبستگی است که به دنبال پی بردن به ارزیابی و پایش خشکسالی بر تغییرات مراتع از طریق شاخص های سنجش ازدورمی باشد. در این پژوهش دو گروه از داده ها شامل بارندگی ماهانه (شاخص های SPI و ZS) و داده های سنجش ازدور (تصاویر سنجنده MODIS) (شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده NDVI ۱۶ روزه سطح ۳/۴ با قدرت تفکیک مکانی اسمی ۲۵۰*۲۵۰ متر مایهواره MODIS و دمای سطح زمین LST ۸ روزه سطح ۳/۴ با قدرت تفکیک مکانی اسمی ۱۰۰۰*۱۰۰۰ متر) مورد استفاده قرار میگیرد. دوره آماری ۱۰ساله (۱۳۹۱-۱۴۰۰) برای محدوده در نظر گرفته شده است. به منظور استفاده از این داده ها، می بایست پردازش های لازم بر روی آن ها صورت گرفته شود تا بتوان جهت مقایسه از آن ها استفاده نمود.

پردازش داده های هواشناسی

به منظور محاسبه شاخص های خشکسالی هواشناسی SPI و ZSI، آمار بارندگی ۱۰ساله (۱۳۹۱-۱۴۰۰) و سایر پارامترهای هواشناسی از سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو تهیه می گردد. آمار بارندگی ایستگاه های سینوپتیک از سازمان هواشناسی و ایستگاه های باران سنجی از شرکت مدیریت منابع آب وزارت نیرو تهیه میشود. برای محاسبه شاخص های خشکسالی SPI و ZSI از دو نرم افزار SPI-SL-6 و DIP که بر پایه مقیاس زمانی ماهانه طراحی شده اند برای سری زمانی ۳ ماه استفاده گردید. این پایه های زمانی هم با توجه به اثرات بارندگی ها در دوره زمانی مذکور بر پوشش و یا همان خشکسالی کشاورزی است. بر این اساس، بارش ها بر مبنای ماه های فروردین تا خرداد هر سال و در نتیجه دوره های زمانی محاسبه خشکسالی بر مبنای این ماه ها در نظر گرفته شده و محاسبه گردید. برای مثال منظور از SPI-۳ فروردین ماه، میانگین بارش ۳ ماه منتهی به فروردین ماه است.

شاخص خشکسالی هواشناسی SPI

برای محاسبه این شاخص ابتدا یک توزیع آماری مناسب بر داده های بلندمدت بارندگی برازش داده می شود. مقادیر مثبت شاخص SPI نشان دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط است و مقادیر منفی آن بارندگی کمتر از



بارش متوسط را تداعی می کند. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می یابد که مثبت گردد. بنابراین مدت دوره خشکسالی با شروع و خاتمه ارقام منفی آن تعیین می شود و مقادیر تجمعی SPI نیز بزرگی و شدت دوره خشکسالی را نشان می دهد. محاسبه مقدار این شاخص شامل برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی برای یک ایستگاه معین است که برای مقیاس های زمانی متفاوت به کار برده می شود. این شاخص براساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار بدست می آید. شاخص SPI ابزاری در تحلیل داده های بارندگی میباشد و هدف آن اختصاص ارزش عددی به بارندگی است تا بتوان نواحی با آب و هوای متفاوت را با یکدیگر مقایسه کرد. همچنین با استفاده از آن می توان آستانه ی خشکسالی را برای هر دوره ی زمانی تعیین کرد. بنابراین بر اساس این شاخص علاوه بر محاسبه ی شدت خشکسالی، مدت آن را نیز می توانیم تعیین کنیم. شاخص SPI به این صورت محاسبه میشود:

$$SPI = \frac{Pi - \bar{P}}{S}$$

رابطه

که در آن Pi بارندگی در سال آبی مورد نظر، \bar{P} میانگین درازمدت بارندگی سالانه و S انحراف معیار از داده های بارندگی سالانه میباشد. SPI شاخصی بی بعد است که مقادیر منفی آن بیانگر خشکسالی و مقادیر مثبت آن نشانگر ترسالی می باشند. طبقه بندی وضعیت خشکسالی براساس شاخص SPI در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول ۱. طبقه بندی وضعیت خشکسالی براساس شاخص SPI

SPI	وضعیت خشکسالی
+۲ و بیشتر	ترسالی خیلی شدید
۲ تا ۱/۵	ترسالی شدید
۱/۵ تا ۱	ترسالی متوسط
۱ تا -۱	نزدیک به شرایط عادی
-۱/۵ تا -۱	خشکسالی متوسط
-۲ تا -۱/۵	خشکسالی شدید
-۲ و بیشتر	خشکسالی بسیار شدید

شاخص خشکسالی هواشناسی توزیع استاندارد Z (ZSI)

این شاخص از مهم ترین شاخص های مورد مطالعه در تعیین تغییرات گرایش به مرکز داده های بارش است. شدت های خشکسالی این شاخص در جدول ارائه شده است:

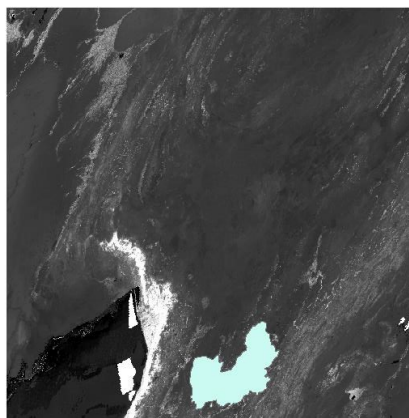
جدول ۲. طبقه بندی وضعیت خشکسالی براساس شاخص Z

ZSI	وضعیت خشکسالی
$> 0/25$	بدون خشکسالی
$-0/25$ تا $0/25$	خشکسالی ملایم یا ضعیف
$-0/84$ تا $-0/25$	خشکسالی متوسط
$-1/28$ تا $-0/84$	خشکسالی شدید
$> -1/28$	خشکسالی خیلی شدید

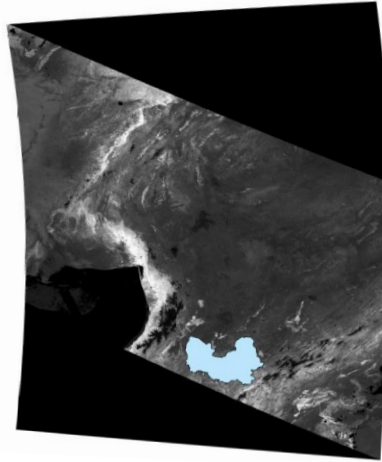
مقادیر منفی این شاخص بیان کننده شروع خشکسالی است.

داده های ماهواره ای

در این مرحله، نظر به تحقیقات صورت گرفته قبلی و نیز وضعیت و شرایط منطقه مورد مطالعه از نظر پوشش گیاهی و وجود داده های بارندگی، از شاخص های مذکور در بازه های زمانی ۳ ماه استفاده گردید. با توجه به قابل دسترس بودن اطلاعات ماهواره ای سنجنده مودیس از سال ۲۰۰۰ میلادی (۱۳۷۹) شاخص های مورد بحث برای سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ استخراج و مورد استفاده قرار میگیرند. در ادامه برای تهیه لایه گروهی از سال های مورد نظر، در برنامه ERDAS IMAGINE لایه stack از آن ها تهیه و در برنامه ArcGIS مرز شهرستان حاجی آباد از فریم های stack شده جدا و در نهایت لایه های NDVI و LST مربوط به هر سال جدا و استخراج می گردد. (تام و همکاران ۲۰۱۸) (شکل ۲)



شکل ۲. نمونه ای از تصویر داتلود شده فریم h22v05 - سنجنده مودیس



شکل ۳. نمونه ای از تصویر ژئورفرنس شده h22v05 - سنجنده مودیس

بحث و نتایج

نتایج تحلیل روند متغیرهای هواشناسی ایستگاه منتخب در مقیاس سالانه در دوره پایه جهت بررسی روند داده های سالانه بارش و دما نتیجه آزمون من کندال در جدول ۳ نمایش داده شده است. براساس نتایج به دست آمده و مقایسه مقدار p-value محاسباتی با آلفای سطح معنی داری (۰/۰۵) داده های بارش سالانه ایستگاه قراخیل طی دوره اماری مورد بررسی (۱۳۹۱-۱۴۰۰) روندی کاهشی در سطح ۵ درصد را دارا بوده و داده های دمای سالانه این ایستگاه روند صعودی در سطح ۱ درصد را دارا می باشد.

جدول ۳. نتیجه آزمون من کندال جهت بررسی روند داده های سالانه بارش و دما

دما		بارش		ایستگاه
مقدار من کندال	p-value	مقدار من کندال	p-value	
افزایشی در سطح ۱ درصد	۰/۰۰۱	کاهشی در سطح ۵ درصد	۰/۰۳۸	حاجی آباد

- بررسی خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص SPI

جهت محاسبه شاخص SPI در سه ماهه اول سال (فروردین تا خرداد) سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ از داده های بارندگی ایستگاه های باران سنجی مستقر در محدوده استفاده شد. علت محاسبه این شاخص برای ۳ ماه این است که زمان رشد پوشش گیاهی و شاداب ترین موقع گیاهان در این ماه ها می باشد. و اگر خشکسالی در این بازه رخ داده باشد گیاهان تحت تاثیر قرار خواهند گرفت و اگر بازه زمانی بلند مدت را برای محاسبه این شاخص در نظر بگیریم ممکن است در آن سال در ۳ ماه اول سال که زمان رشد گیاهان است و شدیداً به آب و رطوبت نیاز دارند بارندگی صورت نگرفته باشد اما در فصول دیگر بارندگی قابل توجهی رخ داده و همچنین محاسبه این شاخص در دوره ۶ ماهه مقداری که به شاخص تعلق می گیرد تحت تاثیر بارندگی های رخ داده در ۵ ماه قبل بوده در این حالت مقدار شاخص دارای فزونی بوده و نشان دهنده شرایط خشک زمان رشد گیاه نمی باشد. محاسبه این

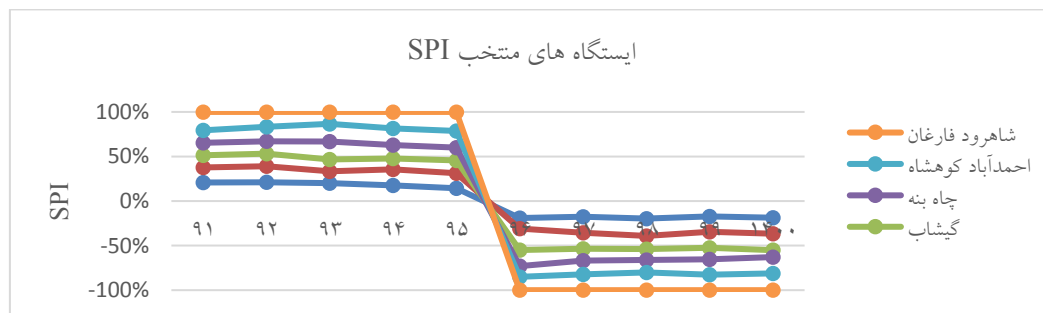


شاخص در ۳ ماهه اول به دلیل استفاده از بارندگی های ۲ ماه قبل دارای نتایج قابل قبولتری می باشد. (فریدپورو همکاران، ۱۳۹۳)

جدول ۴. مقادیر شاخص SPI₃ ایستگاه های مستقر در محدوده طی سال های ۱۳۹۱-۱۴۰۰

نام ایستگاه	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
چاه تر	۱.۵	۱.۵۲	۱.۵	۱.۴۳	۱	-۱.۵۸	-۲	-۲.۰۱	-۲	-۲.۰۵
جائین	۱.۲۳	۱.۳	۱	۱.۵	۱.۲	-۱	-۲	-۲	-۲.۰۱	-۲
گیشاب	۱	۱.۰۲	۱	۱	۱	-۲	-۲.۰۱	-۱.۵	-۲.۰۷	-۲.۰۴
چاه بنه	۱.۰۱	۱	۱.۵	۱.۲۳	۱.۰۲	-۱.۵	-۱.۵	-۱.۲۵	-۱.۵	-۱.۸۵
احمدآباد کوهشاه	۱	۱.۱۷	۱.۵	۱.۵۴	۱.۳۰	-۱	-۱.۷۵	-۱.۴۶	-۲	-۲.۰۴
شاهرود فارغان	۱.۵	۱.۲۱	۱	۱.۵	۱.۵	-۱.۲۵	-۲	-۲.۰۳	-۲.۰۳	-۲.۰۷

بررسی وقوع خشکسالی هواشناسی توسط شاخص SPI₃ در ایستگاه های مستقر در محدوده مورد مطالعه حاکی از آن است که منطقه طی سال های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ سال های نرمالی از لحاظ ترسالی داشته است که این ترسالی در سال های ۹۴ تا ۹۵ شدت یافته است. اما طی سالهای ۹۶ تا ۱۴۰۰ شاهد وقوع خشکسالی هایی با درجات مختلف در محدوده می باشیم که طی سالهای ۹۸ تا ۱۴۰۰ این پدیده شدت می گیرد. علت این امر کاهش شدید بارش طی سال های اخیر در محدوده مورد مطالعه می باشد. (خورسند و همکاران، ۲۰۲۱)



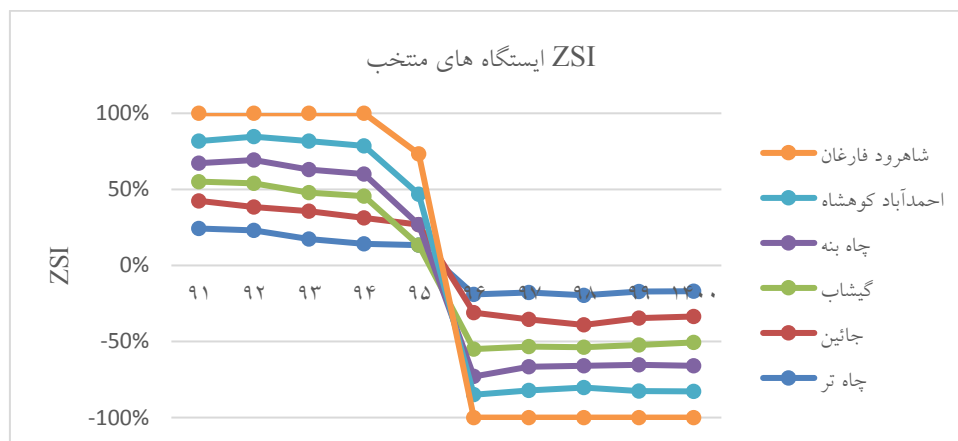
نمودار ۱ مقادیر شاخص SPI ایستگاه های مستقر در محدوده طی دوره آماری (۱۳۹۱-۱۴۰۰)

بررسی خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص ZSI

بررسی خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص ZSI در دوره زمانی ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ و در بازه های زمانی ۳ ماهه در محدوده مورد مطالعه نتایج تقریباً مشابهی را با شاخص SPI نشان می دهد. مطابق این ارزیابی سال های بین ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ دارای خشکسالی خیلی شدید و سال های بین ۹۴ تا ۹۵ دارای مرطوب ترین سال ها بوده اند. این نتیجه در غالب ایستگاه ها شبیه به هم بوده و تغییرات اندکی در بازه های زمانی سال های مطالعه وجود داشته است. (زائگ و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۵. مقادیر شاخص ZSI ایستگاه های مستقر در محدوده طی سال های ۱۳۹۱-۱۴۰۰

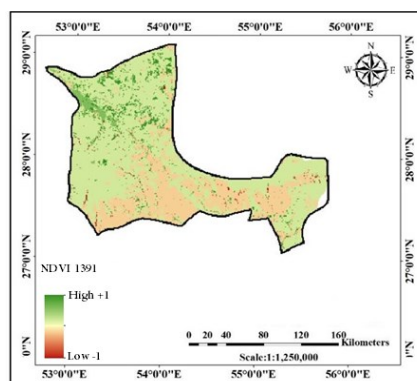
نام ایستگاه	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
چاه تر	۲	۱.۵	۱.۴۳	۱	۱	-۱.۵۸	-۲	-۲.۰۱	-۲	-۲.۰۵
جائین	۱.۵	۱	۱.۵	۱.۲	۱.۰۱	-۱	-۲	-۲	-۲.۰۱	-۲
گیشاب	۱.۰۴	۱.۰۱	۱	۱	-۱	-۲	-۲.۰۱	-۱.۵	-۲.۰۷	-۲.۰۴
چاه بنه	۱	۱	۱.۲۳	۱.۰۲	۱	-۱.۵	-۱.۵	-۱.۲۵	-۱.۵	-۱.۸۵
احمدآباد کوهشاه	۱.۲	۱	۱.۵۴	۱.۳۰	۱.۵	-۱	-۱.۷۵	-۱.۴۶	-۲	-۲.۰۴
شاهرود فارغان	۱.۵	۱	۱.۵	۱.۵	۲	-۱.۲۵	-۲	-۲.۰۳	-۲.۰۳	-۲.۰۷



نمودار ۲ مقادیر شاخص ZSI_3 ایستگاه های مستقر در محدوده طی دوره آماری (۱۳۹۱-۱۴۰۰)

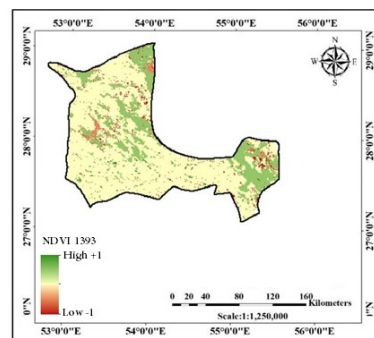
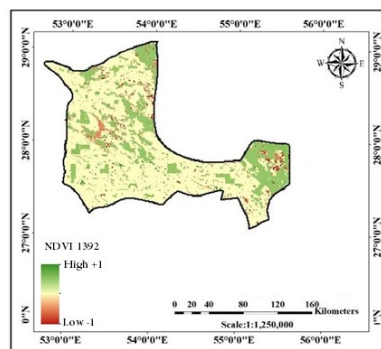
بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص NDVI

شاخص NDVI به عنوان پرکاربردترین شاخص پوشش گیاهی قابلیت نمایش تغییرات تراکم پوشش گیاهی بر اثر خشکسالی و ترسالی را دارد. تغییرات این شاخص بین +۱ الی -۱ بوده که در ماه و سال با شدت خشکسالی بیشتر (تراکم پوشش گیاهی کمتر) از مقادیر پیکسل های آن کاسته و در سال ها و ماه های مرطوب تر بر مقادیر پیکسل های آن افزوده می گردد. البته این قیاس در شرایط کشت دیم و اراضی با پوشش گیاهی طبیعی صادق بوده و در مناطق با کشت آبی و عاری از پوشش صادق نیست. شکل ۴ شاخص NDVI برای سال های (۱۳۹۱-۱۴۰۰) را نمایش می دهد. (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۱)



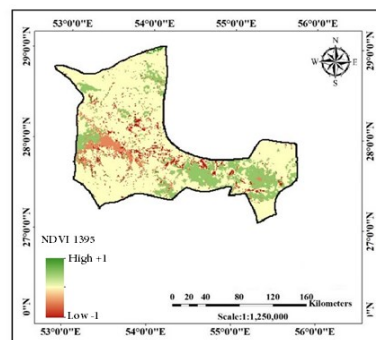
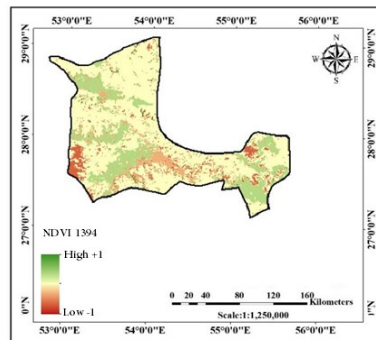
شکل ۴ شاخص NDVI برای سال های (۱۳۹۱-۱۴۰۰)

با افزایش ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه مقدار بارندگی افزایش می یابد به طوری که همبستگی مثبت بین ارتفاع و مقدار بارندگی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. در سال ۱۳۹۱ به علت بارش های فراوان و پایین بودن درجه حرارت بخش عمده ای از منطقه از پوشش گیاهی مناسبی برخوردار بوده است که این پوشش مناسب در قسمت های شمالی محدوده به شکل قابل ملاحظه ای نمایان است.



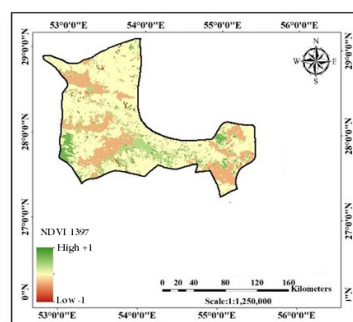
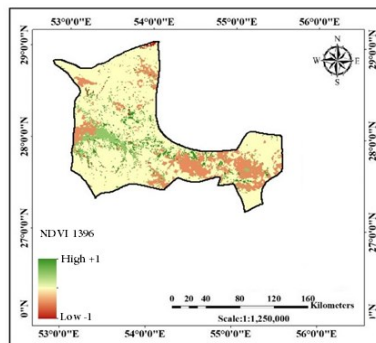
شکل ۵. پوشش مناسب در قسمت های شمالی محدوده

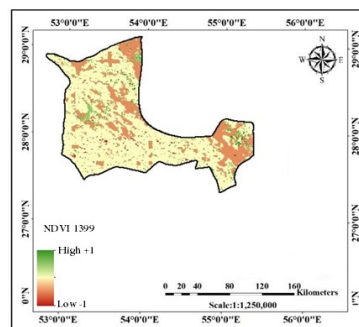
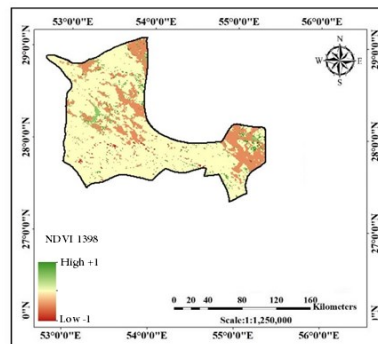
در سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ افزایش بارندگی و تغییرات توپولوژیکی منجر به افزایش مقدار پوشش گیاهی و همچنین تغییر فرم رویشی و نوع گونه گیاهی میشود. بنابراین مناطق کم ارتفاع عموماً شامل گونه های مقاوم به خشکی بوده که نسبت کمبود بارش و دوره های خشکسالی مقاوم هستند. و با افزایش ارتفاع و افزایش مقدار بارش و همچنین کاهش دما منجر به تغییر فرم رویشی و حضور بیشتر گیاهان علفی شده است. (شکل ۶)



شکل ۶. کاهش بارندگی ها و بالارفتن درجه حرارت دما

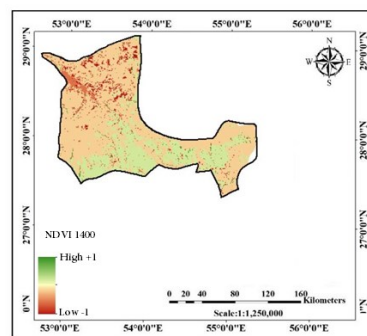
طی سالهای ۹۴ و ۹۵ با کاهش بارندگی ها و بالارفتن درجه حرارت دما کاهش پوشش گیاهی در سطح منطقه همچنان به کاهش خود ادامه داده و این امر خود را در قسمت های غربی و جنوبی منطقه به طرز چشمگیری نشان می دهد.





شکل ۷. تغییرات پوشش گیاهی بین سالهای ۹۶ تا ۹۹

تغییرات پوشش گیاهی بین سالهای ۹۶ تا ۹۹ بیانگر کاهش سطح پوشش گیاهی از گذشته تا حال است که این کاهش بیشتر در طبقه فاقد پوشش گیاهی اتفاق افتاده است. یکی از دلایل افزایش سطح مناطق فاقد پوشش گیاهی میتواند تغییر در وضعیت دوره رشد گیاهان در طول دوره مورد مطالعه باشد. از آنجا که تمامی تصاویر برای بارسازی بیشتر پوشش و همچنین نبود ابرناکی در اواخر فصل بهار تهیه شده اند، وقوع خشکسالی باعث خشک شدن زود هنگام و تخریب کلروفیل پوشش مرتعی شده و این حالت باعث نمایان شدن سطوح بیشتر در طبقه فاقد پوشش گیاهی شده است.



شکل ۸. شاخص NDVI برای سال های (۱۳۹۱-۱۴۰۰)

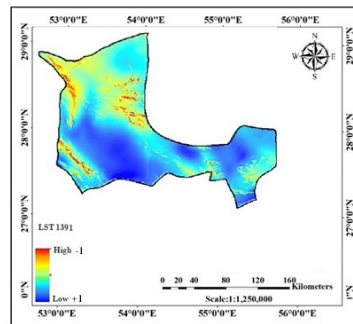
تراکم شاخص NDVI برای سال های ۹۸ تا ۱۴۰۰ که خشکسالی بسیار شدید را شاهد هستیم بسیار پایین می باشد و برای سال های ۹۱ تا ۹۳ که مرطوب ترین سالهاست این تراکم بسیار بالا می باشد. به طور کلی میتوان نتیجه



گرفت میزان تغییرات در پوشش گیاهی علاوه بر اینکه تحت تاثیر بارندگی میباشد، تغییرات ارتفاع مناطق نیز میتواند تاثیر گذار باشد، همانطور که مشاهده شد در طی سالهای مورد بررسی کاهش در پوشش گیاهی عمدتاً در محدوده های اتفاق افتاده است که کمترین ارتفاع را دارند و بیشترین پوشش گیاهی مشاهده شده مربوط به مناطق مرتفع محدوده میباشد. با توجه به اشکال فوق، تراکم پوشش گیاهی نشان می دهد که، قسمت های هموار محدوده متراکم ترین پوشش گیاهی را داشته و عمدتاً منطقه کشاورزی را تشکیل می دهد. دلیل آن علاوه بر بارش، می تواند جریان رودخانه های موجود در منطقه باشد. این روند به تدریج به سمت کوه های مرتفع محدوده کاهش یافته و پوشش گیاهی تنها در کف دره ها محدود شده است. قابل ذکر است که شمال منطقه مورد مطالعه در سالهای ۹۵-۹۱ دارای متراکمترین پوشش گیاهی بوده که طی سالهای بعد از ۹۵ به تدریج از این تراکم کاسته و در سال ۱۴۰۰ بخش عظیمی از پوشش گیاهی در این منطقه از بین رفته و فقط قسمتهای جنوبی دارای پوشش بسیار ضعیفی می باشند. همانطور که مشاهده میشود از سال ۱۳۹۶ به بعد خشکسالی محدوده بیشتری را شامل شده و بیشتر مناطق شهرستان تحت تأثیر خشکسالی قرار دارند و کاهش پوشش گیاهی را داریم. از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ که به عنوان تر معرفی شده است محدوده ی بیشتری از منطقه دارای پوشش های متوسط تا متراکم میباشد و فقط قسمت هایی از جنوب و بخش های کمی از غرب و شرق محدوده تحت تأثیر خشکسالی قرار دارند. و سال ۱۳۹۵ که به عنوان سال نرمال معرفی شده است از نظر پوشش گیاهی در حد میانه قرار دارد، بطوریکه در قسمتهای غربی و جنوبی محدوده که دارای کمترین ارتفاع میباشد کاهش در پوشش گیاهی مشاهده میشود.

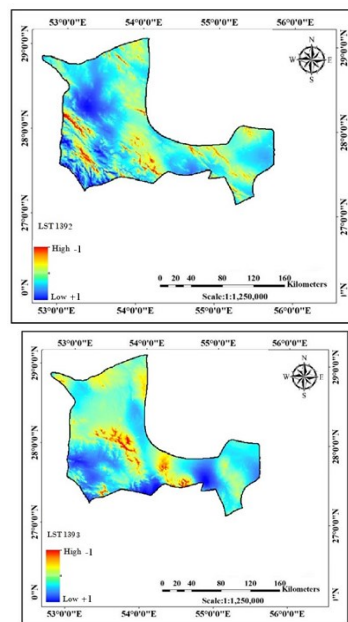
بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص LST

در مطالعات مربوط به خشکسالی، به دلیل نمایش تغییرات درجه حرارت سطوح مختلف در شرایط خشکسالی و ترسالی متفاوت شاخص LST بسیار کاربردی است. نمایش تنش حرارتی ناشی از خشکسالی با سرعت بیشتری نسبت به NDVI و اثر موثر در پایش نزدیک به واقعیت خشکسالی از مزایای این شاخص است. این شاخص مقادیر درجه حرارت پیکسل های مختلف را نمایش می دهد که برای سال های با خشکسالی شدید که مقدار درجه حرارت بالا در نقشه با (-۱) و کمترین درجه حرارت با (+۱) نمایش داده شده است بیشتر از سال های ترسالی است. علت تعیین این مقادیر (+۱ و -۱) این است که درجه حرارت با پوشش گیاهی رابطه عکس دارد به طوری که هرچه درجه حرارت بالا رود از پوشش گیاهی کاسته میشود و هرچه درجه حرارت دما پایین باشد پوشش گیاهی وضعیت مطلوبتری دارد شایان ذکر است که این امر درمورد مناطق خشک به علت نوع پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه صدق می کند.



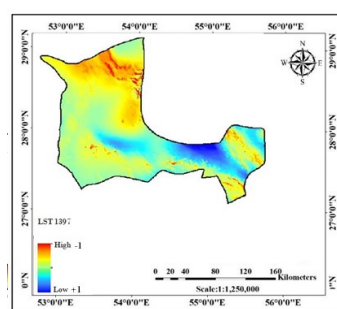
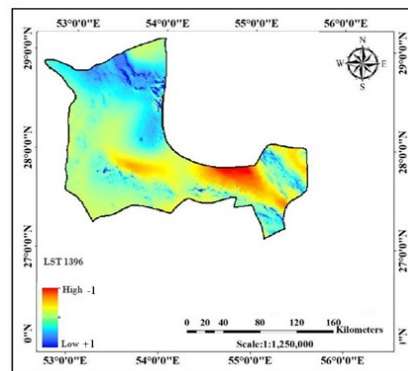
شکل ۹. تصاویر شاخص LST برای سالهای مورد بررسی (۱۳۹۱-۱۴۰۰)

در سال ۱۳۹۱ شاهد پایین بودن میزان شاخص LST در سطح محدوده می باشیم که این پدیده در قسمت های جنوبی و شرق محدوده بیشتر نمایان است که این امر به خاطر بارندگی های رخ داده طی این سال در محدوده می باشد.



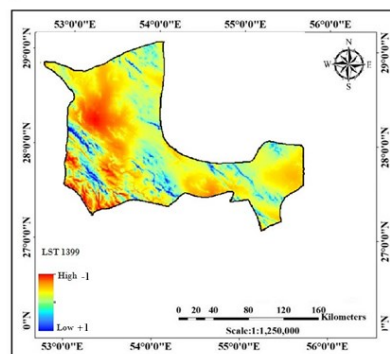
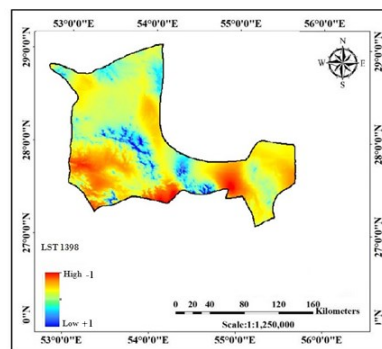
شکل ۱۰. کاهش شاخص LST در قسمت های غربی محدوده

طی سال ۹۲ شاهد کاهش شاخص LST در قسمت های غربی محدوده می باشیم و قسمت های جنوبی و شرقی محدوده با افزایش LST همراه می باشند. در سال ۹۳ این شاخص در قسمت های جنوبی و جنوب غربی کاهش پیدا نموده و غرب محدوده با افزایش روبرو می باشد که این افزایش به سمت مرکز پیشروی می کند. علت این امر این است که این سالها جز سالهای تر محدوده می باشند و شاهد بارش های خوبی در این سالها می باشیم. در سال ۹۴ جنوب غرب محدوده همچنان با کاهش LST همراه می باشد اما میزان این شاخص در سایر قسمت های محدوده افزایش داشته است که نشان از شروع آهسته خشکسالی در محدوده را می دهد. در سال ۹۵ جنوب غرب محدوده با افزایش LST روبرو می شود و شرق محدوده با کاهش این شاخص همراه است.



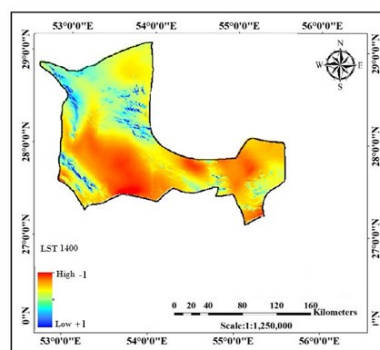
شکل ۱۱. افزایش درجه حرارت خشکسالی

همانطور که مشاهده میشود از سال ۱۳۹۶ به بعد با افزایش درجه حرارت خشکسالی محدوده بیشتری را شامل شده و بیشتر مناطق شهرستان تحت تأثیر خشکسالی قرار دارند. که این پدیده در سال ۹۷ در قسمت شمالی و در سال ۹۶ بخش شرق محدوده را در بر گرفته است.



شکل ۱۲. درجه حرارت در سطح محدوده

طی سالهای ۹۸ و ۹۹ به علت کاهش ریزش نزولات جوی در سطح محدوده با افزایش شدید درجه حرارت در سطح محدوده روبرو میشویم که سالهای خشک را در پی داشته است. در این سالها با بالارفتن درجه حرارت با کاهش شدید پوشش گیاهی در سطح محدوده مواجه هستیم. به طوری که قسمت های غربی و جنوب غربی با کاهش شدید پوشش گیاهی و افزایش بالای درجه حرارت مواجه هستند. از آنجا که در نواحی بایر پوشش گیاهی به صورت محدود و پراکنده است، زمین بیشتر در معرض امواج خورشیدی قرار دارد. از سوی دیگر، روشن است که سطح لخت زمینهای بایر در جذب انرژی و افزایش دمای سطحی تأثیرگذار است.



شکل ۱۳. شاخص LST برای سال های (۱۳۹۱-۱۴۰۰)

با توجه به این تصاویر، مقادیر این شاخص برای سال های ۹۸ تا ۱۴۰۰ که خشکسالی بسیار شدید را شاهد هستیم بسیار بالا می باشد و برای سال های ۹۱ تا ۹۳ که مرطوب ترین سالهاست این مقدار بسیار پایین می باشد. به طور کلی میتوان نتیجه گرفت دامنه تغییرات LST برای سال با خشکسالی شدید بیشتر از سال ترسالی است.

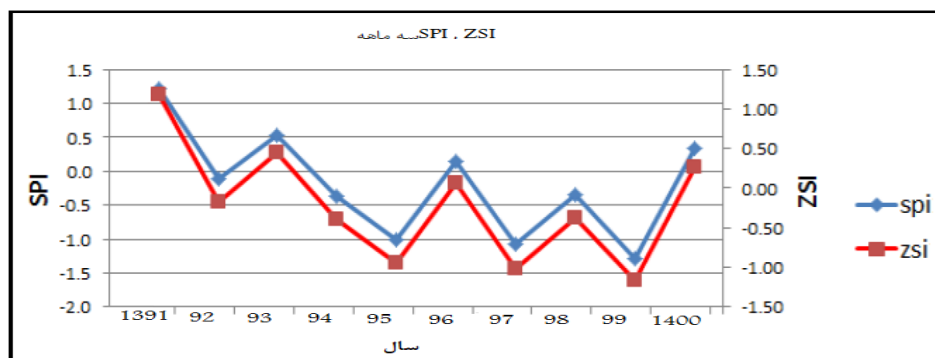
– مقایسه شاخص های هواشناسی

برای تحلیل کمی خشکسالی، وجود یک شاخص مشخص به منظور تعیین دوره های مرطوب و خشک ضروری است. برای این منظور شاخص هایی مانند شاخص بارش استاندارد شد SPI و شاخص نمره Z مورد استفاده قرار می گیرند. در این تحقیق به دلیل کاربرد فراوان و مقبولیت بسیار بالا، از شاخص های SPI و ZSI به منظور ارزیابی خشکسالی اقلیمی استفاده گردید. همان طور که اشاره شد بر اساس شاخص SPI خشکسالی زمانی اتفاق می افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار -1 و کمتر برسد و هنگامی پایان می یابد که SPI مثبت گردد. مدت دوره خشکسالی با شروع و خاتمه ارقام منفی SPI عین شده و مقادیر تجمعی SPI نیز بزرگی و شدت خشکسالی را نشان می دهد. از طرفی دیگر اساس شاخص ZSI انحراف میانگین نسبت به انحراف معیار داده های بارش است. مقایسه شدت های خشکسالی به صورت جدول زیر است:

جدول ۶. مقایسه طبقه بندی شاخص های خشکسالی SPI و ZSI

SPI	ZSI	وضعیت خشکسالی
>۰	>۰/۲۵	بدون خشکسالی
۰ تا -۱	-۰/۲۵ تا ۰/۲۵	خشکسالی ملایم یا ضعیف
-۱ تا -۱.۵	-۰/۸۴ تا -۰/۲۵	خشکسالی متوسط
-۱.۵ تا -۲	-۱/۲۸ تا -۰/۸۴	خشکسالی شدید
>-۲	>-۱/۲۸	خشکسالی خیلی شدید

مقایسه مقادیر SPI و ZSI در سالهای مختلف بیانگر همبستگی بسیار بالای این دو شاخص در ۳ ماهه اول هر سال می باشد.



نمودار ۳ مقایسه مقادیر SPI و ZSI در سالهای ۱۳۹۱-۱۴۰۰

مقایسه شاخص های سنجش از دور

پس از استخراج شاخص های SPI و ZSI در محل ایستگاه های هواشناسی، نسبت به استخراج مقادیر کمی شاخص های سنجش ازدوری NDVI، LST، در محل ایستگاه های مذکور مبادرت گردید. بدین صورت که تصاویر شاخص های سنجش ازدوری فوق الذکر بر اساس ۳ماه اول سال و برای ۱۰ سال (۱۳۹۱-۱۴۰۰) به صورت لایه گروهی جدا گردید و سپس مقادیر این شاخص ها در محل ایستگاه های مذکور با دستور Extract multi values to points استخراج گردید. مطابق نتایج به دست آمده، مقادیر NDVI بین +۱ و -۱، مقادیر LST درجه حرارت در مقیاس کلوین و اطراف عدد ۳۰۰ (K=C+۲۷۳). همان طور که بیان شد ایدئال آن است که با افزایش شدت خشکسالی در هر نقطه یا منطقه بر میزان درجه حرارت افزوده و از میزان کمیت پوشش گیاهی کاسته گردد. جدول (۷) مقادیر کمی استخراج شده شاخص های بیان شده را در سال های مورد بررسی ارائه می دهد. با مقایسه شاخص LST در ۳ماه اول سال ارتقای سطح این شاخص را به صورت صعودی شاهد هستیم. با توجه به تشدید خشکسالی در سال های ۹۸ تا ۱۴۰۰ و انتظار کاهش میزان NDVI در این سال ها و نیز ترسالی در سال ۹۴ و ۹۵ و انتظار افزایش NDVI در این سال، این انتظار در ماه های اول سال برآورده گردیده است.



جدول ۷. مقادیر کمی استخراج شده شاخص های سنجش از دور

سال	NDVI	LST
۱۳۹۱	۰.۳	۳۱۷.۲
۹۲	۰.۳	۳۱۸.۲
۹۳	۰.۳	۳۱۹.۹
۹۴	۰.۳	۳۲۰.۴
۹۵	۰.۲	۳۱۸.۶
۹۶	۰.۲	۳۱۸.۴
۹۷	۰.۲	۳۲۰.۵
۹۸	۰.۱	۳۲۰.۹
۹۹	۰.۱	۳۲۱.۳
۱۴۰۰	۰.۱	۳۲۲.۹

با توجه به وقوع خشکسالی در سال های ۹۶ به بعد و کاهش میزان NDVI در این سال ها و نیز ترسالی در سال ۹۵ و افزایش NDVI در این سال، با مقایسه شاخص LST طی سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ ارتقای سطح این شاخص را به صورت صعودی شاهد هستیم. به طوری که با افزایش LST از میزان تراکم NDVI کاسته می شود.

روابط رگرسیونی بین شاخص های هواشناسی و سنجش از دور

پس از استخراج مقادیر شاخص های SPI، ZSI، NDVI و LST، مربوط به ۳ ماه اول سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰ ایستگاه های هواشناسی شهرستان حاجی آباد، نسبت به بررسی همبستگی و معادله رگرسیون این مقادیر مبادرت گردید که نتایج آن در جدول (۸) ارائه شده است. نتایج بررسی همبستگی نشان می دهد که همبستگی بین شاخص هواشناسی و شاخص های سنجش از دوری خشکسالی مربوط به بازه زمانی ۳ ماهه بالا است. شاخص های ماهواره ای برای شاخص NDVI، LST رابطه معنی داری با شاخص های SPI، ZSI فراهم نموده اند. بارش موثر مشابه بارش تجمعی البته با نوسانات ناگهانی بیشتری تغییرات شاخص پوشش گیاهی را دنبال میکند. این نوسانات ناگهانی در ذات شاخص خشکسالی موثر وجود دارد و به صورت طراحی شده است که به بارشهای یک روزه سنگین پاسخ دهد.

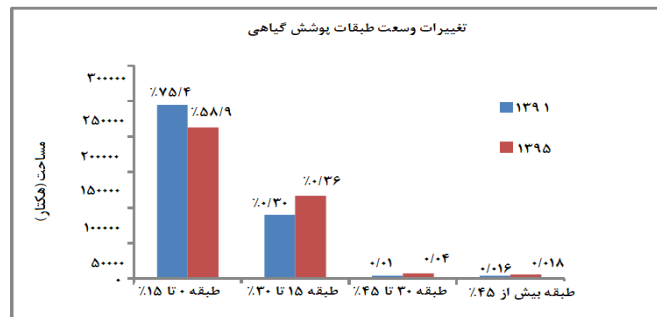
جدول ۸ روابط رگرسیونی بین شاخص های هواشناسی و سنجش از دور

مدل رگرسیون	سطح معنی داری	R2	زمان
$SPI=2.639+0.010NDVI-0.010LST$	۰/۰۰۱	۰/۸۹	سه ماهه
$ZSI=1.650+0.010NDVI-0.007LST$	۰/۰۰۱	۰/۸۸	



نتایج آشکارسازی تغییرات مراتع تحت تاثیر شاخص های هواشناسی

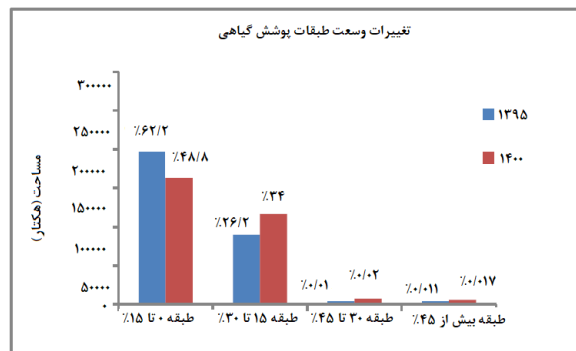
پس از تهیه نقشه های NDVI, LST برای دوره آماری ده ساله (۱۳۹۱-۱۴۰۰) شهرستان حاجی آباد، با همپوشانی آنها در سالهای مختلف جدول تغییرات مربوط به هر سال جهت مشخص نمودن کمیت و کیفیت تغییرات تهیه شد. (جدول ۹-۱۰). جهت تسهیل نتایج جداول مربوط به آشکارسازی تغییرات، نمودارهای مربوط به بازه های زمانی ۵ ساله تهیه شد. (نمودار ۴-۵).



نمودار ۴ نتایج آشکارسازی تغییرات مراتع تحت تاثیر شاخص های هواشناسی در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹۵

جدول ۹ نتایج تغییرات مراتع تحت تاثیر شاخص های هواشناسی در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹۵

طبقات پوشش گیاهی	بیش از ۴۵٪	۳۰ تا ۴۵٪	۱۵ تا ۳۰٪	۰ تا ۱۵٪
۰ تا ۱۵٪	۸۷۳/۶	۱۴۹۸/۳	۴۹۳۱۰/۳	۱۹۱۷۳۷/۳
۱۵ تا ۳۰٪	۱۴۰۷/۳	۳۹۱۷/۲	۶۵۰۶۷/۶	۱۹۲۳۱/۵
۳۰ تا ۴۵٪	۱۱۰۶/۷	۹۷۶/۴	۱۶۶۲	۴۴۲/۲
بیش از ۴۵٪	۲۴۱۲/۸	۶۷۵/۱	۶۹۱/۳	۲۱۰/۱



نمودار ۵ نتایج آشکارسازی تغییرات مراتع تحت تاثیر شاخص های هواشناسی در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۰



جدول ۱۰ نتایج تغییرات مراتع تحت تاثیر شاخص های هواشناسی در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵

طبقات پوشش گیاهی	۰ تا ۱۵٪	۱۵ تا ۳۰٪	۳۰ تا ۴۵٪	بیش از ۴۵٪
۰ تا ۱۵٪	۲۳۵۹۴۱	۳۱۸۳۱	۹۶۸	۴۰۱
۱۵ تا ۳۰٪	۵۶۴۳۹	۳۲۰۰۳	۹۶۴	۴۶۳
۳۰ تا ۴۵٪	۱۹۰۱	۱۸۵۷	۸۱۱	۵۰۱
بیش از ۴۵٪	۴۳۵	۱۰۵۰	۹۸۶	۱۵۳۶

نتیجه گیری

با توجه به نتایج ارائه شده مساحت مراتع در سال های ۱۴۰۰-۹۵ نسبت به سال های ۹۵-۹۱ کاهش چشمگیری داشته است. مطابق این ارزیابی سال های بین ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ که خشکسالی خیلی شدید رخ داده است منجر به از بین رفتن بخش زیادی از پوشش گیاهی منطقه و کاهش مساحت مراتع شده است. و سال های بین ۹۴ تا ۹۵ دارای مرطوب ترین سال ها بوده اند عکس این پدیده رخ داده است. طی دوران مورد بررسی کاهش چشمگیری در پوشش گیاهی منطقه رخ داده که باعث فقیر شدن مراتع و تبدیل مراتع نیمه متراکم به کم تراکم و کاهش فعالیت های کشاورزی مخصوصا زیرکشت نبردن اراضی دیم که به بارندگی وابستگی دارند شده است. با توجه به اینکه در هر بازه زمانی هم تغییرات افزایشی پوشش گیاهی و هم تغییرات کاهش پوشش گیاهی را داشته ایم با نگاهی اجمالی این نکته حائز اهمیت است که بیشترین مناطقی که تحت تاثیر خشکسالی قرار گرفته اند مراتع کم تراکم می باشند. اثرهای درازمدت خشکسالی بر پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه حداقل یکسال و حداکثر ۵ سال است. در واقع این ویژگی مناطق خشک و نیمه خشک است که در صورت بروز خشکسالی مکرر و عدم مدیریت طبیعت، پوشش گیاهی بسیار آسیبپذیر بوده و حتی با بروز یک دوره خشکسالی کوتاه مدت، به سرعت واکنش نشان میدهد. به این منظور میتوان اذعان داشت که تصاویر ماهواره ای ابزار بسیار مناسب جهت بررسی اکوسیستم های خشک و تاثیر خشکسالی ها و ترسالی ها بر روند تغییرات مراتع و پوشش گیاهی بوده و این تصاویر همخوانی بسیار بالایی با شاخص های هواشناسی نظیر SPI, ZSI برقرار نموده و از ان جهت که این تصاویر به صورت جامع و کامل محدوده را بررسی می نماید لذا نسبت به شاخص های خشکسالی جهت بررسی خشکسالی ارجحیت بهتری دارند. علت این امر آن است که شاخص های خشکسالی نتیجه محاسبات داده های بارش ثبت شده در ایستگاه های محدوده است که معمولا به تعداد کافی در منطقه موجود نمی باشد لذا با استفاده از تصاویر ماهواره ای می توان به این امر پی برد که چه مناطقی کاهش یا افزایش پوشش گیاهی داشته است.



منابع

۱. امیدی پور، رضا؛ ابراهیمی، عطاءالله؛ طهماسبی، پژمان؛ فرامرزی، مرزبان. (۱۳۹۹). تأثیر چرای دام بر رابطه بین پوشش و زیتوده گیاهی بالای سطح زمین با شاخصهای گیاهی در منطقه سبزکوه چهارمحال و بختیاری. مرتع و آبخیزداری، ۷۳(۱)، ۴۷-۳۳.
۲. سلمانی، ح.، محسنی ساروی، م.، روحانی، ح.، و سلاجقه، ع. ۱۳۹۱. ارزیابی تغییر کاربری و تاثیر آن روی رژیم هیدرولوژیکی در حوزه آبریز قزاقلی استان گلستان، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، جلد ۳، شماره ۶، صفحه ۶۰-۳۳.
۳. عمادالدین، س.؛ شیدایی مجد، ن.؛ آرخی، ص. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر روند تغییرهای کاربری اراضی روی افت تراز آب زیرزمینی (محدوده مطالعاتی: ماهیدشت کرمانشاه). مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط ۹ (۲۵)، صص ۱۴۲ - ۱۲۵.
۴. فریدپور، م.، زینالی، بتول، رضایی، ع.، و ماسپی، س. ۱۳۹۳. بررسی خصوصیات خشکسالی های ژئوهیدرولوژیکی دشت مرند با استفاده از شاخص SWI و رویکرد GIS، همایش ملی راهکارهای پیش روی بحران آب در ایران و خاورمیانه، شیراز، مرکز همایش های علمی همایش نگار.
۵. قرائتی جهرمی، و.؛ موسوی، پ.؛ خسروی، م. و عباسعلی، س. ح. ۱۳۹۳. پایش تغییرات کاربری اراضی دشت کاشان با استفاده از داده های دور سنجی. مجله بین المللی علمی - تحقیقاتی زمین پویا. ۴(۲): ۱۲۹-۱۳۷.
۶. کیانی، ا. ابراهیمی، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی روند تغییرات و پیشبینی وضعیت اکوسیستم مطالعه موردی مرغزار شهرکرد، مجله مرتع و آبخیزداری، ۷۱(۲).
۷. مردانی یاقوتی، ف.؛ خانمحمدی، م.؛ کرمی، پ. ۱۳۹۸. بررسی روند تغییرات کمی سیمای سرزمین در استان کرمانشاه مطالعه موردی: حوزه آبخیز قره سو و مرگ (سالهای ۱۹۸۴، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲۱(۷): ۱۷۶-۱۶۱.
8. Abedi, M., Omidipour, R., Hosseini, S. V., Bahalkeh, K. & Gross, N. (2022). Fire disturbance effects on plant taxonomic and functional β -diversity mediated by topographic exposure. *Ecology and Evolution*, 12(1), e8552.
9. Esetlili, M. T., Balcik, F. B., Sanli, F. B., Kankan, K., Ustuner, M., Goksel, C., ... & Kurucu, Y. (2018). Comparison of object and pixel-based classifications for mapping crops using Rapideye imagery: A Case study of Menemen Plain, Turkey. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 5(2), 231-243.
10. Hafez, E. M., Omara, A. E. D., Alhumaydhi, F. A., & El-Esawi, M. A. (2021). Minimizing hazard impacts of soil salinity and water stress on wheat plants by soil application of vermicompost and biochar. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 587-602.
11. Khorsand, A., Rezaverdinejad, V., Asgarzadeh, H., Majnooni-Heris, A., Rahimi, A., Besharat, S. & Sadraddini, A. A. (2021). Linking plant and soil indices for water stress management in black gram. *Scientific Reports*, 11(1), 1-19.
12. Liu, C., Yang, C., Yang, Q. & Wang, J. (2021). Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. *Scientific Reports*, 11(1), 1-14.
13. Ray, R. L., Fares, A. & Risch, E. (2018). Effects of drought on crop production and cropping areas in Texas. *Agricultural & Environmental Letters*, 3(1), 170037.
14. Tabari H, Nikbakht J and Hosseinzadeh Talae P, 2013, Hydrological Drought Assessment in Northwest Iran Based on Streamflow Drought Index (SDI) .» *Water Resour Manag* 27: 137-151- Torker. M. Asik, o, 2002, Detecting Land use changes at the Urban Fringe from remotely sensed Images in Ankara, turkey, Geocarto International, vol, 17, n, 3.
15. Tamm, O. Maasikamäe, S. Padari, A. and Tamm, T. 2018. Modelling the effects of land use and climate change on the water resources in the eastern Baltic Sea region using the SWAT model. *Catena*. 78_89.



16. Zhang X. Zhang L. He Ch. Jiang Y. and Ma L. 2014. Quantifying the impacts of land use/land cover change on groundwater depletion in Northwestern China – A case study of the Dunhuang oasis. *Agricultural Water Management*. 146: 270-279.
17. Zhang, Z., Bhowmik, P. C. & Suseela, V. (2021). Effect of soil carbon amendments in reversing the legacy effect of plant invasion. *Journal of Applied Ecology*, 58(1), 181-191.