

پایش و پیش بینی خشکسالی طی دوره رشد پوشش مرتع نمونه موردی: حوضه آبخیز قوری چای (شهرستان پارس آباد مغان)

مصطفی کریمپور¹، میثم طولابی نژاد²، سعیده عینی³
تاریخ وصول: 1396/10/01، تاریخ تایید: 1397/09/12

چکیده

جهت پایش خشکسالی از مقادیر روزانه میانگین دمای هوا و مجموع بارش ایستگاه پارس آباد طی دوره آماری 1961-2016 به منظور اجرای شاخص **SPI** در سه بازه 1، 3 و 6 ماهه و همچنین تصاویر ماهواره لندست **TM** به منظور اجرای شاخص خشکسالی **NDVI** استفاده گردید. برای بخش پیش بینی نیز از مدل **CANESM2** تحت سناریوی انتشار **RCP4.5** از سری پنجم سناریوهای انتشار بهره گرفته شد که برای این منظور از متغیرهای پیش بینی کننده **NCEP-NCAR 1961-2005** استفاده گردید. با توجه به اجرای شاخص های خشکسالی (**SPI** و **NDVI**) و پیش بینی مقادیر دما و بارش ایستگاه پارس آباد (مدل **CANESM2** تحت سناریوی **RCP4.5**)، مشخص گردید که وضعیت رشد مرتع در شرایط کنونی طی مراحل گلدهی و بذردهی برخی از گونه های مهم مرتعی حوضه آبخیز قوری چای نامطلوب می باشد این مهم از طریق نمودار آمبروترمیک ایستگاه پارس آباد مغان و همچنین شاخص خشکسالی **SPI** 1 ماهه طی دوره آماری 1375-1395 بدست آمد اما براساس پیش بینی مقادیر دما و بارش که با استفاده مدل **CANESM2** از سری مدل های گزارش پنجم اخذ گردید، این شرایط طی سال های آینده (1385-1477) خشک تر بوده و دوره رشد پوشش مرتعی از 6 ماه به 3 ماه کاهش می یابد که این امر با توجه به اهمیت بالای مراتع به عنوان ذخایر طبیعی، نیاز به اجرای طرح های مدیریتی و آبخیزداری در منطقه مورد مطالعه را دارد.

کلیدواژگان: پایش، پیش بینی، خشکسالی، مدل **CanESM2**، مرتع.

1- استادیار اقلیم شناسی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

2- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

3- دکتری اقلیم شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. نویسنده مسئول: saeede.eini@yahoo.com.

مقدمه

خشکسالی را می‌توان از جمله عوارض طبیعی تغییرات اقلیمی در سطح دنیا دانست که به آرامی و با روندی تدریجی رخ می‌دهد و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی بخش‌های مختلفی نظیر منابع آبی، کشاورزی و محیط زیست را از نقطه نظر اجتماعی و اقتصادی متأثر می‌سازد. این پدیده ممکن است در تمامی مناطق اقلیمی رخ دهد، گرچه ویژگی‌های آن از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است (مؤذن زاده، ارشد، قهرمان و داوری، ۱۳۹۱: ۴۰). پیش‌بینی خشکسالی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش خسارات ناشی از آن در بخش‌های مختلف داشته باشد. پیش‌بینی این پدیده خزنده منوط به تعریف دقیق آن و نحوه مرتبط ساختن با پدیده‌های مؤثر بر آن در دوره‌های زمانی گذشته است. در این ارتباط، شاخص‌های متنوعی تعریف شده‌اند که به نظر می‌رسد تخمین‌های متفاوتی از خشکسالی داشته باشند (وانگ، آدیکا، تنهون و گرانیر، ۲۰۰۵: ۲۴۵). از مهمترین شاخص‌های تعریف شده در تبیین خشکسالی می‌توان شاخص SPI را نام برد که از طرف سازمان اقلیم جهانی به عنوان شاخص خشکسالی مرجع برای توصیف خشکسالی پذیرفته شده است (پوتپ، مازنی و سوکاپ، ۲۰۱۲: ۱۲۵).

اما با توجه به اینکه وضعیت پوشش گیاهی و به تبع آن پایش خشکسالی در کشت‌های غیرآبیاری شونده، شامل مراتع و اراضی دیم، به شدت تحت تأثیر بارندگی است. روش‌های سنتی و متداول پایش خشکسالی بر مبنای شاخص‌های هواشناسی که از روی داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی به دست می‌آیند، استوار هستند. معمولاً ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده برای محاسبه شاخص‌های مذکور تعدادشان ناکافی است و یا پراکنش مناسبی در سطح منطقه مورد مطالعه ندارند. در چنین شرایطی به ناچار بایستی از میانبایی برای یافتن برخی پارامترهای هواشناسی استفاده کرد که این امر به خصوص در مناطق با تغییرات ارتفاعی زیاد منجر به عدم قطعیت خواهد شد زیرا پارامترهای هواشناسی به شدت تحت تأثیر تغییرات ارتفاعی تغییر می‌کنند. استفاده از تکنیک سنجش از راه دور، تصاویر ماهواره‌ای و تعریف شاخص‌های مرتبط با سنجش از راه دور می‌تواند ضمن پوشش این مسائل، ارتباط میان خشکسالی هواشناسی و خشکسالی کشاورزی را در پایش دقیقتر خشکسالی برقرار سازد (جی و پترز، ۲۰۰۳: ۸۷). در واقع امروزه سنجش از دور یکی از روش‌هایی است که برای شناسایی تغییرات پوشش گیاهی استفاده می‌شود. این فناوری با اندازه‌گیری تشعشع خاص پوشش گیاهی، امکان شناخت تغییرات بازتاب ناشی از خشکسالی را در گیاهان فراهم می‌سازد. بنابراین بررسی خصوصیات طیفی گیاهان نشان می‌دهد که گیاهان سالم بیشترین بازتاب را در طیف سبز و مادون قرمز از خود نشان می‌دهند که تغییرات خصوصیات برگ و میزان کلروفیل آنها نقش اساسی در میزان بازتاب آنها را دارد (هادیان، حسینی و سید حسینی، ۱۳۹۳: ۷۵۶).

در زمینه پایش و پیش‌بینی خشکسالی در سطح پوشش‌های گیاهی و مرتعی مطالعات متفاوتی در سراسر جهان صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعه تامسون (۱۹۹۹) از مدل زنجیره مارکوف مرتبه اول و شاخص پالمر جهت تعیین ماتریس احتمال انتقال و پهنه بندی احتمال وقوع خشکسالی، ترسالی و نرمالی در ایالات مرکزی آمریکا استفاده کرد. تیوما و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی به بررسی ارتباط بین خشکسالی و تغییرات دما، بارش و رطوبت خاک با استفاده از چهار شاخص ارزیابی (SMDI^۲ و SPI, ERI^۱, SPEI^۳) مناطق مختلف جهان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که احتمال افزایش خشکسالی‌های استثنایی مشخص شده است و افزایش خطر ابتلا به تنش ناشی از خشکسالی برای سیستم‌های طبیعی و انسانی ناشی از غلظت گازهای گلخانه‌ای به وجود خواهد آمد. کاکامو و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق در کشور استرالیا، ارتباط میان شاخص NDVI و SPI در سه بازه زمانی یک، سه و شش ماهه مورد بررسی قرار

1 Effective Rainfall Index

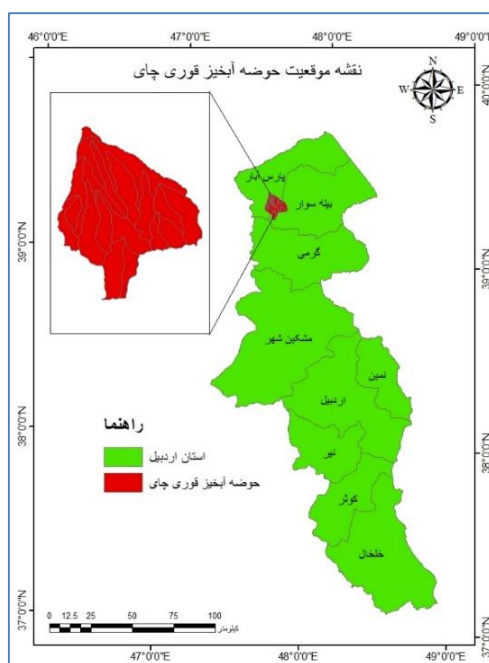
2 Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index

3 Soil Moisture Drought Index

دادند. نتایج حکایت از وقوع بالاترین ضریب همبستگی میان NDVI و SPI شش ماهه داشته است. لی و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی شاخص‌های گیاهی NDVI و EVI به دست آمده از تصاویر ماهواره ای مودیس و پوشش گیاهی اندازه گیری شده از نمونه های مزرعه ای، در سه منطقه شامل مراتع، بوته زار و مناطق جنگلی، مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان از برتری شاخص NDVI در قیاس با شاخص EVI از نقطه نظر ضریب همبستگی و میزان خطا در معادلات رگرسیونی برقرار شده داشته است. ساری صراف و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به پایش و پیش بینی ترسالی و خشکسالی تبریز با استفاده از مدل CLIMGEN و شاخص SPI پرداختند. براساس نتایج طی دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۹ و ۲۰۱۶-۲۰۴۰، روند بارش روبه کاهش گذاشته و از طرف دیگر در دوره پیش بینی شده نسبت به دوره مشاهداتی، ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها رو به افزایش نهاده و از وضعیت نرمال فاصله گرفته است. جهانگیر و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به پایش و پیش بینی وضعیت خشکسالی با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد (SPI) و شبکه عصبی پرسپترون در استان‌های تهران و البرز پرداختند. نتایج بررسی شاخص‌ها نشان داد حدود نیمی از ایستگاه‌ها در کل دوره مطالعاتی وضعیت نرمال داشته و حدود یک سوم ایستگاه‌ها در این مدت وضعیت خشکسالی را پشت سر گذاشته اند. در این پژوهش نیز سعی گردیده است تا با به کارگیری شاخص بارش استاندارد (SPI) و شاخص پوشش گیاهی NDVI وضعیت پوشش مراتع حوضه آبخیز قوری چای در شمال استان اردبیل بررسی و سپس با توجه به ضرایب همبستگی و خطا بهترین شاخص SPI انتخاب شده و سرانجام با استفاده از مدل ریز مقیاس CanESM2 تحت سناریوی گزارش پنجم RCP4/5 به پیش بینی وضعیت دما و بارش در ایستگاه مورد مطالعه پرداخته شد.

روش شناسی

حوزه قوری چای به مساحت ۱۱۸۴۲/۷ هکتار در شرق روستای بران بالا و در فاصله ۸/۵ کیلومتری آن در استان اردبیل و در فاصله ۲۰ کیلومتری مرز ایران و آذربایجان واقع شده است. محدوده حوزه مورد مطالعه از ۴۷°۳۵′۰″ تا ۴۷°۴۵′۰″ طول شرقی و ۳۹°۵۱′۴۲″ تا ۳۹°۵۱′۴۲″ عرض شمالی می‌باشد.



شکل ۱: نقشه موقعیت حوضه آبخیز قوری چای

حوزه مورد مطالعه از شمال به قشلاق تماق آلی، از شرق به قشلاق تمار و از جنوب به روستای حسین حاجی لو محدود می‌گردد. تنها منطقه مسکونی موجود در حوزه که در محدوده مرز جنوبی آن واقع شده است، روستای حسین حاجی لو می‌باشد. محیط حوزه ۵۱/۶۹ کیلومتری، بیشترین ارتفاع ۱۰۰۷ و کمترین ارتفاع آن معادل ۲۶۵/۵ متر از سطح دریا می‌باشد.

در ابتدای کار با نمونه برداری و تهیه اطلاعات از سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری استان اردبیل، نوع گونه های مهم مرتعی در حوضه آبخیز قوری چای به همراه مراحل فنولوژی آن‌ها به منظور تعیین طول رشد مرتع تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱: مراحل فنولوژی گونه‌های مهم در مرتع قوری چای

گونه	مراحل فنولوژی				
	شروع رشد	شروع گلدهی	رسیدن بذر	ریزش بذر	خشک شدن گیاه
Artemisi sieberi	اواسط بهمن	اواسط شهریور	اواسط آبان	اواسط آبان	اوایل آذر
Poa bulbosa	اواسط بهمن	اواسط اردیبهشت	اواخر اردیبهشت	اوایل خرداد	اوایل خرداد
Annual grasses	اواسط بهمن	اواخر اردیبهشت	اواخر اردیبهشت	اوایل خرداد	اوایل خرداد
Stipa hohenacheriana	اواسط بهمن	اواخر خرداد	اواخر خرداد	اوایل تیر	اواسط تیر

در این پژوهش از داده‌های هواشناسی نزدیک ترین ایستگاه سینوپتیک به حوضه آبخیز قوری چای، یعنی ایستگاه پارس آباد مغان استفاده شده است. به این منظور از مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین دمای هوای روزانه و همچنین مقادیر بارش ۲۴ ساعته طی دوره آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ استفاده شده است.

با استفاده از داده‌های بارش ۲۴ ساعته، وضعیت خشکسالی برحسب شاخص بارش استاندارد (SPI) محاسبه گردید.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{p}}{s} \quad (3)$$

P_i مقدار بارش در دوره مورد نظر، \bar{p} میانگین دراز مدت بارش برای دوره مورد نظر و s انحراف معیار مقدار بارش (آسیائی، ۱۳۸۵: ۱۲۶).

جدول ۲: مقادیر شاخص SPI

مقدار	ترسالی شدید	ترسالی متوسط	ترسالی ضعیف	نزدیک نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید
ضرایب SPI	۲ و بالاتر	۱/۵۰ تا ۱/۹۹	۰/۹۹ تا ۰/۴۹	۰/۹۹ تا -۰/۹۹	-۰/۹۹ تا -۱/۴۹	-۱/۵۰ تا -۱/۹۹	-۲ و پایین تر

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های بسیاری در شاخص‌های VIS^1 صورت گرفته که می‌تواند برای تعیین شاخص سطح برگ مورد استفاده قرارگیرد. یکی از اساسی‌ترین شاخص‌های VIS شاخص اختلاف نرمال پوشش گیاهی (NDVI) می‌باشد که از نسبت باند مادون قرمز و باند قرمز مشتق شده است:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad or \quad \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS} \quad (4)$$

در اینجا NIR ، باند انعکاسی مادون قرمز نزدیک، RED ، باند انعکاسی قرمز و VIS ، انعکاس در باند مرئی می‌باشند. شاخص‌های آماری متفاوتی برای سنجش اعتبار و درستی مدل‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به ضریب همبستگی پیرسون (R)، ضریب همبستگی (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا ($RMSE$) و میانگین انحراف (ME) به شرح زیر اشاره کرد (اکبری، ۱۳۸۳: ۱۳۳).

$$R = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}} \quad (۷)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (۸)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}} \quad (۹)$$

معتبرترین وسیله برای شبیه‌سازی واکنش اقلیم جهانی به غاظت گازهای گلخانه‌ای، مدل‌های جهانی اقلیم GCM^۱ هستند که این مدل سناریوهای اقلیمی آینده را برای سراسر کره زمین شبیه‌سازی می‌کند (خزائی، ۱۳۹۵: ۲). مدل‌های GCM متعددی وجود دارد که در کشورهای مختلف تولید و اجرا شده‌اند که یکی از پرکاربرترین این مدل‌ها، مدل SDSM می‌باشد.

SDSM یک تولیدکننده جوی-آماری است که برای شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در یک ایستگاه خاص در شرایط حال حاضر و در شرایط آینده تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم بکار می‌رود. داده‌های آن به صورت سری‌های زمانی روزانه برای یک سری از متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی (MM)، حداقل و حداکثر دما (C⁰) و سایر پارامترهای جوی می‌باشد. در طی فرآیند ریزمقیاس کردن در این مدل، یک رگرسیون خطی چندمتغیره میان تعداد محدودی از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده بزرگ مقیاس و پیش‌بینی‌شونده‌ها در مقیاس محلی، همچون بارش و دما توسعه می‌یابد. پارامترهای معادله رگرسیون با استفاده از الگوریتم سیمپلکس دوگانه، تخمین زده می‌شوند. پیش‌بینی‌کننده‌های بزرگ مقیاس مناسب با استفاده از تحلیل‌های همبستگی، همبستگی جزئی و همچنین با توجه به حساسیت فیزیکی میان پیش‌بینی‌کننده‌ها و پیش‌بینی‌شونده‌ها، در محدوده حوضه مطالعاتی انتخاب می‌شوند (رجبی، ۱۳۹۰: ۳).

هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود (AR^۵ (Fifth)) از سناریوهای جدید RCP^۳ به عنوان نماینده‌های خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده است. سناریوهای جدید انتشار دارای چهار خط سیر کلیدی با نام‌های RCP3، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5 می‌باشند که بر اساس میزان واداشت تابشی آنها در سال ۲۱۰۰ نام‌گذاری شده‌اند.

بدون اتخاذ هیچ‌گونه سیاست‌های کاهش آثار و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب و هوای کره زمین در خط سیر سناریوی انتشار RCP 8.5 پیش خواهد رفت. به طوری‌که ادامه این روند منجر به واداشت تابشی به میزان ۸٫۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ می‌گردد. سناریوی انتشار RCP6 توسط گروه مدل‌سازی AIM در موسسه ملی مطالعات محیطی ژاپن طراحی گردید. در این سناریو واداشت تابشی بعد از سال ۲۱۰۰ به دلیل استفاده از فناوری‌های جدید و سیاست‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای ثابت می‌ماند. سناریوی RCP4.5 توسط گروه مدل‌سازی MiniCAM طراحی شده است و در آن واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴٫۵ وات بر مترمربع ثابت می‌ماند. سناریوی RCP2.6 توسط تیم مدل‌سازی IMAGE از موسسه ارزیابی‌های محیطی هلند طراحی شده است. این سناریو در برگیرنده کمترین نرخ افزایش گازهای گلخانه‌ای و واداشت تابشی ناشی از آن است. مطابق این سناریو واداشت تابشی در اواسط این قرن به حدود ۳٫۱ رسیده و سپس کاهش یافته و به ۲٫۶ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰ می‌رسد (جعفرپور و کانونی، ۱۳۹۴: ۵).

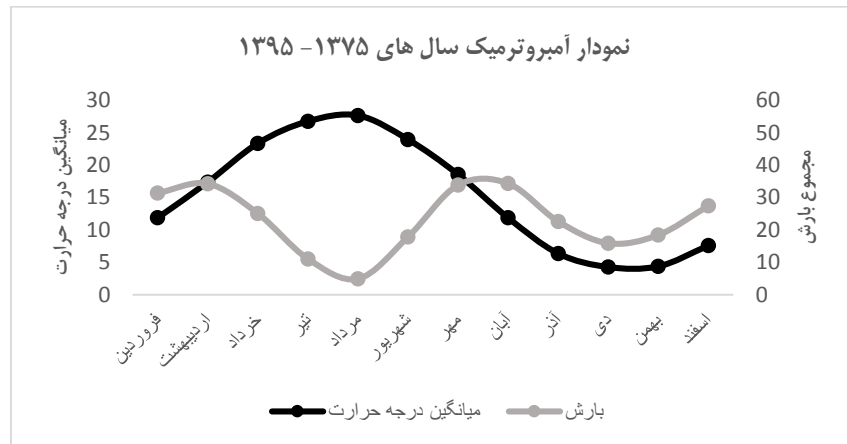
1 General Climate Model

2 Assessment Report

3 Representative Concentration Pathways

نتایج

در پژوهش حاضر ابتدا به بررسی وضعیت آمار توصیفی منطقه مورد مطالعه پرداخته تا با توجه به شرایط آب و هوایی، وضعیت رشد مرتع در حوضه قوری چای مشخص گردد. با استفاده از داده‌های ماهانه بارش و دمای هوای ایستگاه پارس آباد مغان طی دوره آماری ۱۳۷۵-۱۳۹۵ تهیه شده از سازمان هواشناسی استان اردبیل، نمودار آمبروترمیک ایستگاه مورد مطالعه ترسیم گردید.



شکل ۲: نمودار آمبروترمیک ایستگاه پارس آباد مغان (۱۳۷۵-۱۳۹۵)

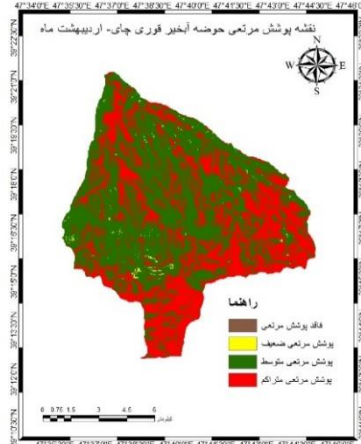
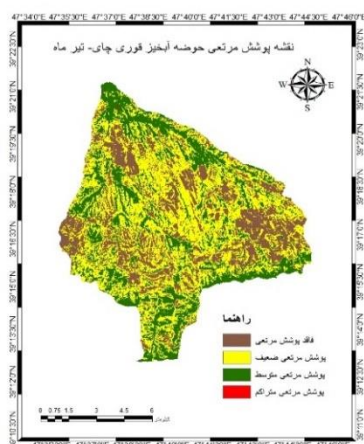
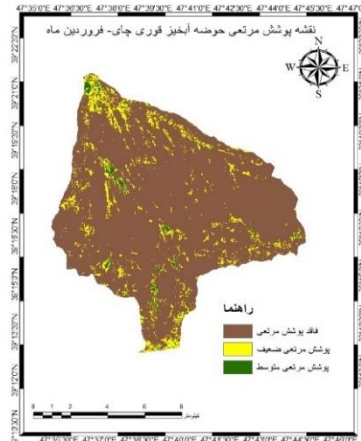
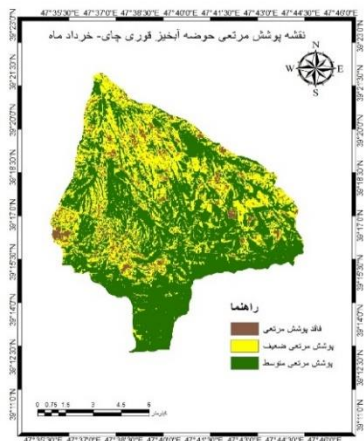
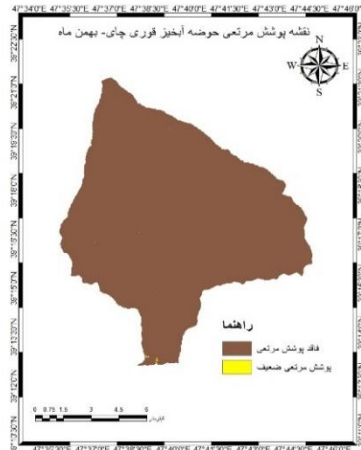
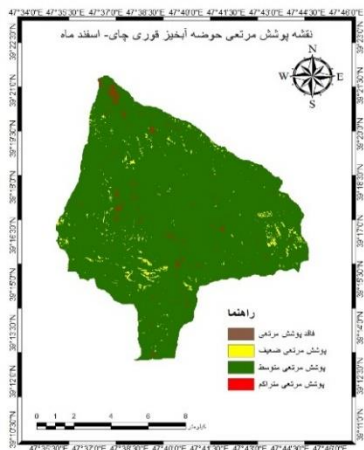
طبق نمودار آمبروترمیک ایستگاه سینوپتیک پارس آباد مغان طی دوره آماری (۱۳۷۵-۱۳۹۵) صورت گرفته (شکل ۲)، از ماه اردیبهشت تا مهر ماه شرایط خشک حکم فرما می‌باشد و در ۶ ماه دیگر سال شرایط برای رشد مرتع فراهم است که با توجه به دوره رشد پوشش مرتعی که از اواسط بهمن آغاز شده و تا اوایل آذر ماه ادامه می‌یابد، بنابراین طی دوره بذردهی گونه‌های *Stipa hohenacheriana*, *Poa bulbosa*, *Annual grasses* و دوره گلدهی گونه *Artemisi sieberi*، شرایط خشکی در منطقه حاکم بوده که این امر بیانگر شرایط سخت رشد مرتع در حوضه آبخیز قوری چای می‌باشد.

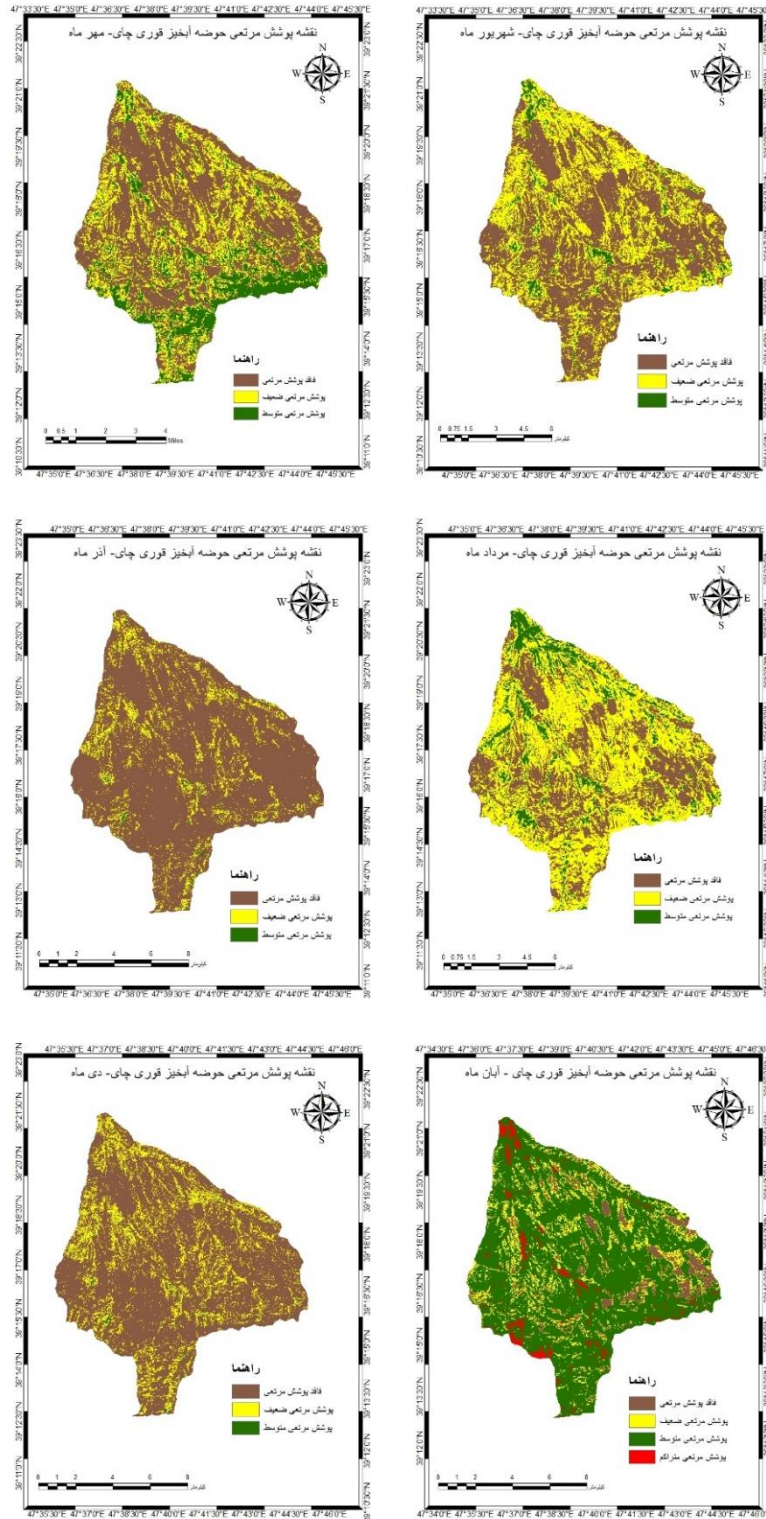
در گام بعدی با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه پارس آباد مغان شاخص *SPI* در سه بازه ۱، ۳ و ۶ ماهه اجرا گردید همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست *TM* طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ (جدول شماره ۳)، شاخص پوشش گیاهی *NDVI* برای هر یک از ماه‌های سال نیز محاسبه گردید (اشکال ۳ تا ۱۴) و نتایج هر دو شاخص (*SPI* و *NDVI*) براساس ارزیابی با ضرایب همبستگی، همبستگی پیرسون و ضریب مربعات خطا بررسی گردید تا بهترین *SPI* با توجه به بالاترین همبستگی و کمترین خطا مشخص گردد.

جدول ۳: مشخصات تصاویر استفاده شده

ردیف	تاریخ تصویر برداری (میلادی)	تاریخ تصویر برداری (شمسی)	ساعت تصویر برداری	نوع سنجنده	PART/ROW
۱	۵ فوریه ۲۰۰۹	۱۷ بهمن ۱۳۸۷	۰۷:۱۷	TM	۱۶۸ / ۳۳
۲	۵ مارس ۲۰۱۰	۱۴ اسفند ۱۳۸۸	۰۷:۱۶	TM	۱۶۷ / ۳۳
۳	۳۱ مارس ۲۰۱۱	۱۱ فروردین ۱۳۹۰	۰۷:۲۱	TM	۱۶۸ / ۳۳
۴	۸ می ۲۰۱۰	۱۸ اردیبهشت ۱۳۸۹	۰۷:۱۶	TM	۱۶۷ / ۳۳
۵	۹ ژوئن ۲۰۱۰	۱۹ خرداد ۱۳۸۹	۰۷:۱۶	TM	۱۶۷ / ۳۳
۶	۲ ژوئیه ۲۰۱۰	۱۱ تیر ۱۳۸۹	۰۷:۲۲	TM	۱۶۸ / ۳۳
۷	۳ آگوست ۲۰۱۰	۱۲ مرداد ۱۳۸۹	۰۷:۲۲	TM	۱۶۸ / ۳۳
۸	۴ سپتامبر ۲۰۱۰	۱۳ شهریور ۱۳۸۹	۰۷:۲۲	TM	۱۶۸ / ۳۳

۱۶۸ / ۳۳	TM	۰۷:۲۰	۱۷ مهر ۱۳۹۰	۹ اکتبر ۲۰۱۱	۹
۱۶۸ / ۳۳	TM	۰۷:۲۲	۱۳ آبان ۱۳۸۸	۴ نوامبر ۲۰۰۹	۱۰
۱۶۷ / ۳۳	TM	۰۷:۱۵	۱۱ آذر ۱۳۸۹	۲ دسامبر ۲۰۱۰	۱۱
۱۶۸ / ۳۳	TM	۰۷:۲۱	۴ دی ۱۳۸۹	۲۵ دسامبر ۲۰۱۰	۱۲





اشکال ۳ تا ۱۴: نقشه های وضعیت پوشش گیاهی حوضه آبخیز قوری چای برای ماه های سال براساس شاخص NDVI

براساس نتایج ارزیابی، SPI یک ماهه دارای بیشترین همبستگی (۰/۷۷) و کمترین خطا (۱/۰۱) با مقادیر NDVI طی ماه های سال را در حوضه قوری چای نشان می دهد. به همین سبب شاخص SPI یک ماهه به عنوان شاخص برتر برای بررسی وضعیت خشکسالی طی دوره آینده در حوضه آبخیز قوری چای در نظر گرفته شد.

جدول ۴: نتایج ارزیابی شاخص‌ها

ضرایب ارزیابی	NDVI- SPI (1)	NDVI- SPI (3)	NDVI- SPI (6)
R ²	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۴
(PEARSON) R	۰/۷۷۳	۰/۷۵۳	۰/۷۴۹
RMSE	۱/۰۱	۱/۰۲	۱/۰۸

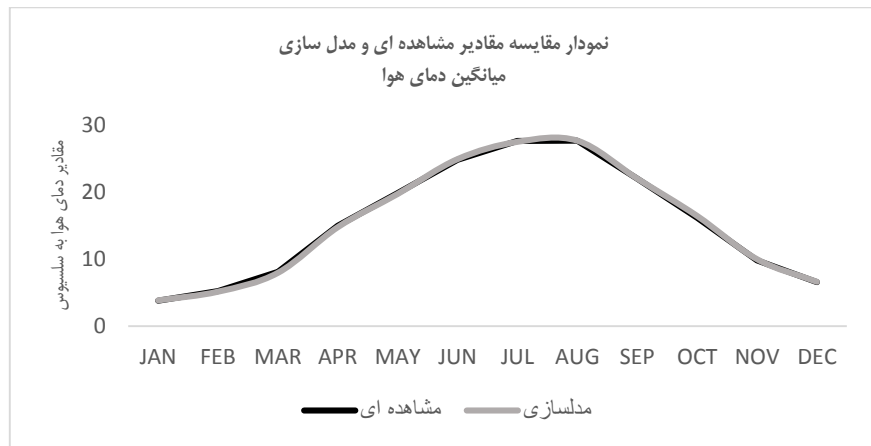
پراکنش شرایط خشکی طی ماه‌های سال در دوره مطالعاتی ۱۳۷۵-۱۳۹۵ که براساس شاخص SPI یک ماهه با توجه به بالاترین ضریب همبستگی و پایین‌ترین خطا با مقادیر شاخص ماهواره‌ای NDVI را دارد، نشان می‌دهد که ماه بهمن که برابر با تاریخ شروع رشد مرتع در حوضه قوری چای می‌باشد دارای بیشترین رخداد خشکسالی طی ۲۰ سال اخیر بوده و ماه مرداد و پس از آن ماه‌های اسفند، فروردین و مهر دارای بیشترین رخداد شرایط خشکی در ایستگاه پارس آباد می‌باشند و مرداد ماه بدون شرایط خشکی طی دوره مطالعاتی برآورد شده است. همچنین براساس این نتایج، ماه‌های اردیبهشت، خرداد، شهریور و آبان که برابر با دوره گلدهی و بذردهی گونه‌های مرتعی در حوضه آبخیز قوری چای می‌باشد دارای شرایط خشکسالی بین ۶ تا ۹ درصد طی دوره مورد مطالعه می‌باشند.

پس بررسی وضعیت خشکسالی و پوشش مرتعی طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۵ و با توجه به نتایج ارزیابی، با استفاده از مدل CanESM2 و سناریوی RCP4.5 به پیش‌بینی مقادیر بارش و دمای روزانه ایستگاه پارس آباد مغان طی دوره آماری ۲۰۰۶-۲۱۰۰ نموده و نتایج به تاریخ هجری شمسی تغییر داده که طی دوره ۱۳۸۴-۱۴۷۹ را شامل می‌گردد. برای پیش‌بینی مقادیر دما و بارش از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده NCEP-NCAR 1961-2005 استفاده گردید، که برای دما سه متغیر و برای بارندگی، هم بدلیل شرطی بودن و هم دخالت پارامترهای مختلف از ۸ متغیر پیش‌بینی‌کننده برای پیش‌بینی استفاده گردید (جدول شماره ۵) ضمناً برای پیش‌بینی مقادیر بارش از داده‌های مشاهداتی Log گرفته و سپس براساس متغیرهای پیش‌بینی‌کننده کالیبره صورت گرفت.

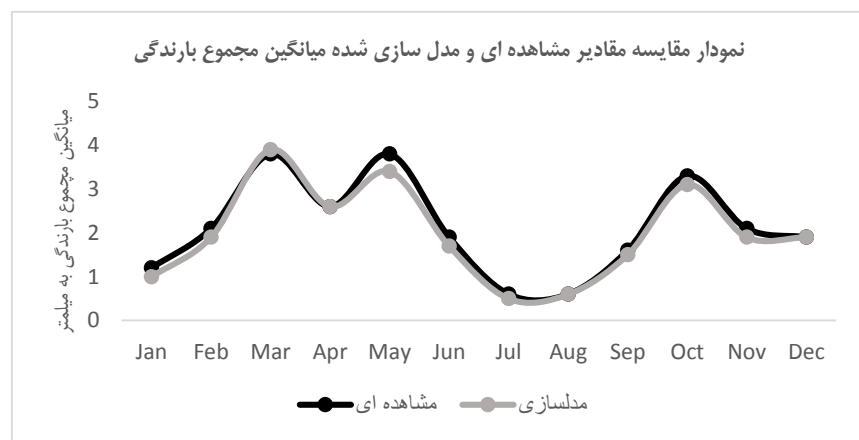
جدول ۵: متغیرهای پیش‌بینی‌کننده دما و بارش ایستگاه پارس آباد مغان

پارامترها	متغیرهای پیش‌بینی‌کننده NCEP-NCAR 1961-2005
دمای هوا	Nceps850g1 Ncepshumg1 Nceptempg1
بارندگی	Ncepp1_zg1 Ncepp1thg1 Ncepp1zhg1 Ncepp500g1 Ncepp8_zg1 Ncepp850g1 Ncepp8zhg1 Nceps500g1

پس از انتخاب متغیرهای پیش‌بینی‌کننده به منظور صحت‌سنجی مدل، بین مقادیر مشاهداتی و مدل‌سازی شده مقایسه صورت گرفت که براساس نتایج صحت‌سنجی مدل CanESM2 که بین مقادیر مشاهده‌ای و مدل‌سازی شده برای دو پارامتر میانگین دما و میانگین مجموع بارندگی در ایستگاه پارس آباد طی دوره آماری ۲۰۰۲-۲۰۰۵ صورت گرفت (شکل ۱۵ و ۱۶)، با ضریب همبستگی ۰/۹۷ برای مقادیر دمای هوا و ۰/۹۳ برای مقادیر بارندگی مورد تایید قرار گرفت.



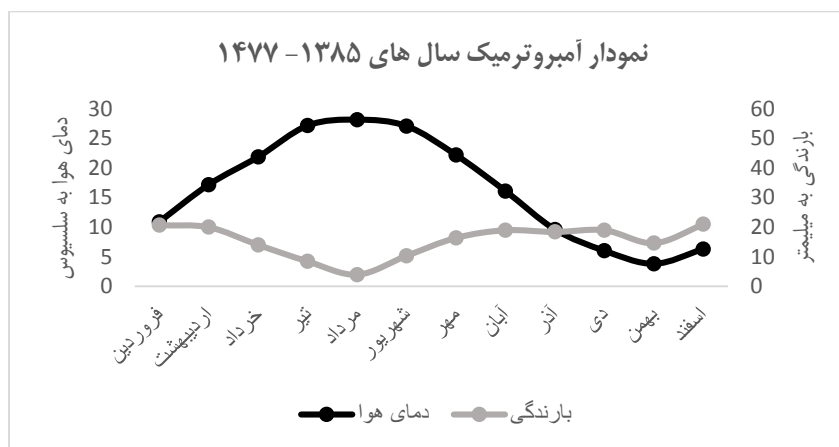
شکل ۱۵: نمودار مقایسه مقادیر میانگین مشاهده ای و مدل سازی شده دمای هوا طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۰۵ ایستگاه پارس آباد مغان



شکل ۱۶: نمودار مقایسه مقادیر میانگین مجموع مشاهده ای و مدل سازی شده بارندگی طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۰۵ ایستگاه پارس آباد مغان

پس از پیش بینی براساس مدل CanESM2 و سناریوی انتشار RCP4.5 طی دوره آماری ۲۰۰۶-۲۱۰۰ میلادی، مقادیر به سال شمسی برگردانده شد سپس مقادیر میانگین ماهانه دمای هوا و مجموع بارش ایستگاه پارس آباد طی دوره آماری ۱۳۸۵-۱۴۷۷ محاسبه و نمودار آمبروترمیک آینده این ایستگاه براساس مدل CanESM2 و سناریوی انتشار RCP4.5 ترسیم گردید (شکل ۱۷).

طبق نمودار آمبروترمیک ترسیم شده برای دوره ۱۳۸۵-۱۴۷۷ ایستگاه پارس آباد مغان و مقایسه آن با شکل ۲، شرایط خشک از ۶ ماه به ۹ ماه افزایش می یابد و تنها در سه ماه شرایط مرطوب رشد فراهم است همچنین با توجه به دوره رشد مرتع حوضه آبخیز قوری چای که از بهمن آغاز شده و تا آبان ادامه دارد، شرایط برای گلدهی بذردهی گونه های مهم مرتعی در این حوضه با مشکل جدی روبه رو خواهد بود و نتیجتاً دوره رشد مرتع در این حوضه کوتاه تر خواهد شد.



شکل ۱۷: نمودار آمبروترمیک ایستگاه پارس آباد مغان (۱۳۸۵-۱۴۷۷)

همچنین براساس مقادیر پیش بینی شده بارندگی و با توجه به ضریب همبستگی بالا بین ضرایب شاخص پوشش گیاهی NDVI و شاخص SPI یک ماهه طی دوره مطالعاتی ۱۳۷۵-۱۳۹۵، از مقادیر پیش بینی شده بارندگی، SPI یک ماهه گرفته شد و وضعیت پراکنش شرایط خشکسالی طی ماه‌های سال محاسبه گردید. بررسی و مقایسه نمودار پراکنش شرایط خشکی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۵ و دوره ۱۳۸۵-۱۴۷۷ نشان می‌دهد که وضعیت خشکسالی طی ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر و آبان که همزمان با دوره‌های گلدهی و بذردهی گونه‌های مهم مرتعی در حوضه قوری چای می‌باشد، در آینده بیشتر خواهد شد و طی ماه‌های تیر، شهریور و آذرماه کاهش شرایط خشکی را در آینده نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه گیری

مراتع به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی در حفظ شرایط آب و خاک نقش بسزایی را در کاهش رخ داد فرسایش در سطح زمین ایفا می‌کند همچنین پایش و کنترل وضعیت پوشش مرتعی، نقش عمده‌ای در کاهش اثرات و خسارات خشکسالی دارد از طرفی پایش خشکسالی به طور معمول به وسیله پارامترهای مربوط به بارش صورت می‌پذیرد اما با توجه به عدم وجود ایستگاه‌های هواشناسی کافی در حوضه‌های آبخیز، لذا داده‌های هواشناسی نمی‌توانند وضعیت بارشی در مناطق مرتعی را به خوبی نشان دهند. بنابراین استفاده از داده‌های سنجش ازدور با دقت مکانی و زمانی بالا می‌تواند مکمل داده‌های هواشناسی باشد و وضعیت خشکسالی و پوشش گیاهی را برای مناطقی که فاقد آمار بارندگی هستند نشان دهد. بنابراین اطلاعات ماهواره‌ای قابلیت بالایی در پایش خشکسالی و بررسی وضع پوشش مراتع دارد.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد در حوضه آبخیز قوری چای که شرایط رشد مرتع از اواسط بهمن آغاز شده و تا اوایل آذرماه ادامه دارد، وضعیت رطوبتی تنها در ۶ ماه از سال مطلوب بوده این مطلب از نمودار آمبروترمیک ترسیم شده طی دوره آماری ۱۳۷۵-۱۳۹۵ ایستگاه پارس آباد مغان اخذ گردیده است. براساس این نمودار که از مقادیر میانگین دمای هوا و مجموع بارش ماهانه ایستگاه پارس آباد به دست آمده است، شرایط رطوبتی طی ماه‌های آذر تا اردیبهشت حاکم بوده که با توجه به مراحل رشد گونه‌های مهم مرتعی در حوضه آبخیز قوری چای برای رشد مرتع نامطلوب می‌باشد. همچنین بررسی نتایج شاخص خشکسالی SPI و ارزیابی آن با نتایج حاصل از شاخص پوشش گیاهی (NDVI) طی کلیه ی ماه‌های سال نشان می‌دهد که شاخص SPI یک ماهه بیشترین ضریب همبستگی و همبستگی پیرسون و کمترین ضریب خطای RMSE را نسبت به SPI ۳ و ۶ ماهه را دارد. به همین منظور شاخص SPI یک ماهه به عنوان شاخص برتر در بررسی وضعیت خشکسالی در ایستگاه پارس آباد معرفی می‌گردد. نتایج حاصل از شاخص SPI یک ماهه حاکی از آن است که طی ماه‌های بهمن، اسفند، فروردین و مهر بیشترین رخ داد شرایط خشکسالی در دوره آماری ۱۳۷۵-۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. همچنین ماه مرداد بدون رخداد شرایط خشکسالی ماه‌های دی و اردیبهشت دارای

کمترین وضعیت خشکسالی در این دوره می باشند. این مطلب بیانگر این است که در مرحله شروع رشد پوشش مرتع در حوضه آبخیز قوری چای (اواسط بهمن) با شرایط خشکسالی بیشتری همراه بوده که به نسبت تأثیر مهمی را در سایر مراحل رشد مرتع به همراه داشته است، همچنین در اردیبهشت ماه که برابر با شروع دوره گلدهی و بذردهی دو گونه مهم مرتعی (*Poa bulbosa* و *Annal grasses*) در حوضه آبخیز قوری چای می باشد، دارای کمترین رخدادهای شرایط خشکسالی است که شرایط مطلوب برای گلدهی و بذردهی این دو گونه مهم مرتعی را فراهم ساخته است.

در مرحله پیش بینی، مقادیر دما و بارش با متغیرهای NCEP-NCAR 1961-2005 کالیبره شد و داده های دمای هوا با ۳ متغیر مدل سازی و پس از مقایسه مقادیر مدل سازی شده و مشاهداتی و بررسی ضریب همبستگی آنها، تأیید و پیش بینی با مدل CanESM2 و تحت سناریوی انتشار RCP4.5 برای بازه ی زمانی ۲۰۰۶-۲۱۰۰ صورت گرفت. همچنین داده های بارش مشاهداتی با توجه به شرطی و متغیر بودن نسبت به داده های دمای هوا، پس از چند مرحله کالیبره و آزمون و خطا در نهایت با استفاده از Log مقادیر بارش و کالیبره شدن براساس ۸ متغیر پیش بینی کننده و پس از مقایسه مقادیر مدل سازی شده و مشاهداتی و تأیید ضرایب همبستگی، پیش بینی مقادیر بارش در دوره ۲۰۰۶-۲۱۰۰ با استفاده از مدل CanESM2 و تحت سناریوی RCP4.5 صورت گرفت.

نتایج حاصل از پیش بینی مقادیر دما و بارش ایستگاه پارس آباد مغان پس از تبدیل به سال شمسی، به صورت ماهانه محاسبه و نمودار آمبروترمیک آینده (۱۳۸۵-۱۴۷۷) ترسیم گردید. براساس نتایج این نمودار و مقایسه آن با نمودار آمبروترمیک دوره آماری ۱۳۷۵-۱۳۹۵، مشاهده گردید که دوره رشد از ۶ ماه به ۳ ماه کاهش را نشان می دهد و شرایط برای رشد مرتع کوتاه تر می گردد. همچنین براساس داده های پیش بینی شده بارش، با توجه به تعیین شاخص SPI یک ماهه به عنوان بهترین شاخص برای برازش خشکسالی در ایستگاه پارس آباد مغان، با استفاده از شاخص SPI یک ماهه وضعیت خشکسالی طی دوره آماری ۱۳۸۵-۱۴۷۷ ایستگاه پارس آباد مغان محاسبه گردید. طبق نتایج به دست آمده و مقایسه آن با ضرایب خشکسالی SPI یک ماهه برای بازه زمانی ۱۳۷۵-۱۳۹۵، مشاهده شد که در ۵ ماه از سال (فروردین، اردیبهشت، خرداد، مهر و آبان) ضریب خشکسالی طی دوره آماری ۱۳۸۵-۱۴۷۷ بیشتر از ضرایب خشکسالی طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۵ می باشد، با توجه به اینکه این ماه ها برابر با دوره گلدهی و بذردهی گونه های مهم مرتعی در حوضه آبخیز قوری چای می باشد لذا می توان استنباط نمود که شرایط رویشی این گونه های مرتعی با خطر جدی خشکسالی مواجه خواهد بود.

با توجه به نتایجی که از پایش و پیش بینی خشکسالی در حوضه آبخیز قوری چای شهرستان پارس آباد بدست آمد، نیاز مبرم به مدیریت و اجرای طرح های آبخیزداری به منظور حفظ پوشش مرتعی این حوضه آبخیز و آمادگی جهت مواجهه با شرایط خشکسالی در طی سال های آینده و کاهش آسیب و نابودی پوشش غنی و مهم مرتعی در این حوضه آبخیز و سایر حوضه های آبخیز شهرستان پارس آباد مغان می باشد.

منابع

1. Asiaei, m. (2006). Drought Analysis Using the Standardized Precipitation Index (SPI) Case Study: Khorasan Province, Journal of Geosciences, No. 2, pp. 145- 122.
2. Akbari, M. (2004). Improvement of Irrigation Management of Farms Using Combination of Satellite, Farm and Simulation Modeling, SWAP, Ph.D., Tehran, Tarbiat Modares University.
3. Caccamo, J., Chisholm, LA., Bradstock, RA and Puotinen, ML., (2011), Assessing the sensitivity of MODIS to monitor drought in high biomass ecosystems. Remote Sensing Environment. 115: 2626-2639.
4. Hadian, F. Hosseini, S. Z and Seyed Hosseini, M. (2014). Monitoring of vegetation changes using rainfall data and satellite images in northwest of Iran. Quarterly Journal of Iranian Pasture and Desert Research, Vol. 21, No. 4, pp. 768-756.
5. Jafarpour, Sh and Kanooni, A. (2015). Climate change scenarios in the fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change and its comparison with the previous report, the 2nd National Conference on Natural Resources and Environment, Mohaghegh Ardebil University, Ardebil.
6. Jahangir, M. Honestly, Mrs. M and Yousefi, H. (2015). Monitoring and prediction of drought status using the standard rainfall index (SPI) and multi-layer perceptron neural network (Case study: Tehran and Alborz provinces), Ecohydrology, No. 4, pp. 428-417.
7. Ji, L and Peters, AJ., (2003), Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. Remote Sensing of Environment. 87: 85-98.
8. Khazaei, M. R and Khazaei, h. (2016). Uncertainty analysis of GCM models and emission scenarios in evaluating the effect of climate change on monthly runoff of Bashar basin, Journal of Environmental Science and Technology, No. 3, pp. 16-1.
9. Li, Z., Li, X., Wei, D., Xu, Y and Wang, H .,(2010), An assessment of correlation on MODIS-NDVI and EVI with natural vegetation coverage in Northern Hebei Province, China. Procedia Environmental Sciences. 2: 964-969.
10. Mozazenzadeh, R., Senior, P., Hero, B and Judgment, K. (2012). Drought monitoring and non-aqueous cultures using remote sensing techniques. Journal of Water and Irrigation Management, No. 2, pp. 52-39.
11. Potop, V., Mozny, M and Soukup, J., (2012), Drought evolution at various time scales in the lowland regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic, Agricultural and Forest Meteorology. 156: 121-133.
12. Rajabi, A. (2011). Climate Change Uncertainty Analysis by SDSM Model in Kermanshah, Fourth Iranian Water Resources Management Conference, Amir Kabir University of Technology, Tehran.
13. Sari Sarraf, B., Mahmoudi, S., Zanganeh, S and Pashaei, Z. (2015). Monitoring and prediction of drought and drought in Tabriz using CLIMGEN model and SPI index, Hydrogeomorphology, No. 2, pp. 78-61.
14. Thompson, S. A., (1999), Hydrology for water management, Balkema, Rotterdam Netherlands, 362 pp.
15. Touma, D., Ashfaq, M., Nayak, M., Kao, S-C and Diffenbaugh, N., (2015), A multi-model and multi index evaluation of drought characteristics in the 21st century. Journal of Hydrology, 526: 196-207.
16. Wang, Q., Adiku, S., Tenhunen, J and Granier, A., (2005), On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site. Remote Sensing of Environment. 94: 244-255.