

بررسی ناهنجاری‌های اقلیم با استفاده از مدل ریز مقیاس نمای SDSM در شهرستان طبس

رضا قضاوی^۱ و سید محمدمهدی موسویان^{۲*}

(۱) دانشیار گروه منابع طبیعی و علوم زمین، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

(۲) دانشجوی دکتری رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. * رایانامه نویسنده مسئول:

smmm51@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۲

چکیده

در این پژوهش به منظور روشن شدن اثرات تغییر اقلیم در شهرستان طبس با استفاده از نرم‌افزار SDSM و آمار درازمدت (۳۰ ساله) ایستگاه سینوپتیک اقدام به پیش‌بینی پارامترهای دما و بارش با استفاده از داده‌های مدل HADCM3 برای دوره‌های آتی (۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰) تحت دو سناریو A2 و B2 شد. همچنین این روند در دو دوره ۱۵ ساله بررسی و برای تعیین درجه بیابانی‌شدن منطقه از روش دومارتن استفاده شد. نتایج پیش‌بینی‌ها با نتایج دوره مشاهده‌ای بررسی گشت. با توجه به اینکه کاهش دما و بارش و به تبع آن شاخص خشکی اثر قابل ملاحظه‌ای در روند بیابان‌زایی دارند، شاخص خشکی نیز تعیین گردید. نتایج این مرحله از پژوهش حاکی از اثرات معنی‌دار تغییر اقلیم بر حادث شدن شرایط حاکم بر منطقه و به تبع آن کاهش میزان بارش و افزایش درجه حرارت و کاهش میزان شاخص خشکی بود. با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که اگرچه روند بیابان‌زایی متأثر از عوامل متعددی است، اما در سایه تغییرات اقلیمی محتمل در آینده احتمال افزایش روند بیابان‌زایی و گسترش عرصه‌های بیابانی در شهرستان طبس، به واسطه تغییر در میزان بارندگی و افزایش دما وجود دارد، زیرا در اثر افزایش دما و کاهش بارش بسیاری از زمین‌های کشاورزی دیم رها خواهد شد و شرایط برای تخریب خاک و در نتیجه افزایش عرصه‌های بیابانی افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه سینوپتیک، بیابان‌زایی، شاخص خشکی، نوسانات اقلیمی.

مقدمه

مهم در تعیین نوع اقلیم یک منطقه است که از طریق آنها می‌توان بسیاری از دیگر خصوصیات یک منطقه را تعیین نمود و بر اساس شرایط فعلی و پتانسیل موجود آن نسبت به آینده پیش‌بینی و برنامه‌ریزی مناسب را انجام داد. تغییرات بارش و کاهش متوالی آن نسبت به میانگین با ایجاد شرایط شکننده محیطی زمینه‌ساز تداوم خشکی و تبدیل آن از

یکی از اساسی‌ترین عوامل در ساختار کره زمین اقلیم است و بدون شک طبیعت و انسان در سطح گسترده‌ای متأثر از شرایط آب و هوایی می‌باشند. پارامترهای جوی بسیار متغیر و پویا هستند و به این جهت، تحولات بسیار مهمی را در عرصه‌های گوناگون ایجاد می‌نمایند. بارندگی و درجه حرارت از عوامل بسیار

روش‌های مختلفی برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی تحت تاثیر تغییر اقلیم وجود دارد که معتبرترین آنها استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی جو^۱ می‌باشد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۳). این مدل‌ها تنها قادر به شبیه‌سازی داده‌های مدل گردش عمومی جو در سطوح بزرگ هستند. حتی اگر مدل‌های اقلیم جهانی برای پیش‌بینی آینده با توان تکنیکی بالایی هم راه‌اندازی شوند، نیاز به کوچک شدن مقیاس نتایج این مدل‌ها در مقیاس‌های ایستگاهی احساس می‌شود (Samadi et al., 2011).

در سال‌های اخیر از میان چهار دسته کلی روش‌های ریزمقیاس‌سازی (ریزمقیاس‌سازی دینامیکی^۲، دسته‌بندی سینوپتیکی^۳، ایجاد آب و هوا به روش تصادفی^۴ و روش‌های آماری^۵) روش‌های ریزمقیاس‌سازی آماری، بیشتر از سایر روش‌ها مورد توجه محققین قرار گرفته است. این گروه از روش‌های ریزمقیاس‌سازی که مدل SDSM^۶ نیز شامل می‌شود، کاهش مقیاس را مبتنی بر سابقه آماری پیشگوهای بزرگ مقیاس و پیش‌بینی‌شونده‌های موضعی پایه‌ریزی می‌نماید (رضایی و همکاران، ۱۳۹۳). برتری اصلی این روش و دلیل انتخاب این مدل در این پژوهش، اقتصادی بودن، سادگی و سرعت بالا در فرآیند ریزمقیاس‌سازی ناحیه‌ای می‌باشد (Fowler et al., 2007; Wilby et al., 2008).

Dibike و Coulibaly (۲۰۰۵) با استفاده از دو نوع تکنیک ریزمقیاس‌سازی نمایی آماری (رگرسیون و اعداد تصادفی) متغیرهای هواشناسی مانند بارندگی و دما را در کانادا پیش‌بینی نمودند و نتایج آنان نشان داد سری‌های زمانی که به وسیله هر دو روش تولید می‌شود بیانگر

یک ویژگی موقت اقلیمی به ویژگی دائمی شده و بروز شرایط بیابانی را دامن زده و یا آن را تشدید می‌نماید (کاوایی و علیجانی، ۱۳۸۵).

خشکی و یا وجود پدیده‌ای به نام مناطق خشک اصولاً متأثر از ویژگی‌های اقلیمی هستند که شاخص و عامل اصلی آن را کم بارانی و میزان اندک رطوبت تشکیل می‌دهد. از سوی دیگر در مناطق خشک، میزان ریزش‌ها از عدم قطعیت بیشتری برخوردار بوده و نسبت به زمان دارای نوسان است (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸). میزان دمای کره زمین از اواسط قرن ۱۹ تا زمان حال روندی افزایشی داشته است. در این دوره، سه دهه اخیر گرم‌ترین سال‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. اطلاعات ثبت شده حاکی از آن است که از سال ۱۹۰۱ تا سال ۲۰۱۲ دمای سطح زمین و اقیانوس‌ها به‌طور متوسط در حدود ۰/۸۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (Stocker et al., 2013). این روند افزایشی در دمای کره زمین و همچنین تغییر در خصوصیات فیزیکی جو اشاره به تغییرات آب و هوایی دارد.

افزایش روزافزون فعالیت‌های صنعتی برای تامین رفاه و نیازهای جمعیت کره زمین موجب شده است تا پس از انقلاب صنعتی به تدریج تغییرات محسوس در اقلیم کره زمین به‌وجود آید که از بارزترین آن افزایش متوسط دمای کره زمین، افزایش پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر سیل، طوفان، تگرگ، امواج گرمایی، افزایش سطح آب دریاها، ذوب شدن یخ‌های قطبی و خشکسالی می‌باشد (نوری و ایلدرمی، ۱۳۹۴). در صورتی که فعالیت‌های مناسبی در جهت کاهش اثرات تغییر اقلیم و سازگاری با آن صورت نگیرد این پدیده می‌تواند بخش عمده از جهان را تحت تاثیر قرار دهد. مشخص است که در صورت اعمال مدیریت‌های نادرست و بهره بردن از راهکارهای نامناسب، علاوه بر هدر رفت منابع موجود و تشدید اثرات مخرب خشکسالی زمینه برای بروز خشکسالی‌های بعدی فراهم می‌شود.

¹ General Circulation Model (GCM)

² Dynamical Downscaling

³ Synoptic Weather Typing

⁴ Stochastic Weather Generation

⁵ Statistical Methods

⁶ Statistical Downscaling Model

مواد و روش‌ها

شهرستان طبس با ۵۵۴۶۴ کیلومتر مربع وسعت در محدوده عرض جغرافیایی ۵ و ۳۳° تا ۵۰ و ۳۲° و طول جغرافیایی ۱۵ و ۵۷° تا ۴۵ و ۵۶° قرار گرفته است. در شمال آن ناحیه، دشت کاملاً هموار و باتلاق‌های نمک قرار گرفته و در سمت جنوب، رسوبات تریاس و ژوراسیک، ارتفاعات نه چندان مرتفع را به وجود آورده‌اند. شرق این ناحیه به ارتفاعات شتری در حاشیه کویر نمک و غرب آن به ارتفاعات کمر مهدی محدود می‌شود. منطقه مورد مطالعه جزء مناطق کویری با آب و هوای خشک و قاره‌ای محسوب می‌شود که نوسانات درجه حرارت شبانه‌روزی و ماهیانه آن زیاد می‌باشد. حداکثر درجه حرارت شهر طبس در تابستان +۴۹ درجه سانتی‌گراد و در فصل زمستان تا -۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. اغلب ماه‌های سال خشک یا کم باران بوده و معمولاً در فصل زمستان و اوایل فصل بهار باران نسبتاً کمی می‌بارد. در منطقه مورد مطالعه رودخانه‌های دارای جریان دائمی وجود نداشته، ولی رودخانه‌های متعدد فصلی که معمولاً جریان آب در آنها به هنگام بارندگی به صورت سیلاب است، دیده می‌شود. همچنین منطقه مورد مطالعه با ارتفاع ۶۹۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. میانگین بارش در شهرستان طبس به ۸۷/۹۳ میلی‌متر می‌رسد که ۲ برابر کمتر از میانگین سالانه بارش ناحیه داخلی ایران است.

به منظور بررسی ناهنجاری‌های اقلیمی موثر بر فرآیند بیابان‌زایی در قالب ناهنجاری‌های رطوبتی، دمایی و تلفیقی از دما و رطوبت به صورت روندی در دوره زمانی ۳۰ ساله و به صورت دوره‌ای در دو دوره ۱۵ ساله مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در جهت پیش‌بینی این وضعیت در دوره‌های آتی از شاخص دمارتون (IDM) استفاده شد و این شاخص توسط رابطه (۱) محاسبه گردید (خام‌چین مقدم و رضایی‌پژند، ۱۳۸۸).

$$I_{DM} = \frac{P}{T+10} \quad \text{رابطه (۱)}$$

افزایش در مقادیر میانگین بارندگی و دما می‌باشد. در پژوهشی دیگر Chu و همکاران (۲۰۱۰) در چین با استفاده از مدل HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی و دما را شبیه‌سازی نمودند. نتایج به دست آمده بیانگر عملکرد خوب مدل در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی بود. Zhang و همکاران (۲۰۱۱)، در پژوهشی دیگر با استفاده از مدل HadCM3 تغییرات دمایی در دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی در آمریکا را شبیه‌سازی نمودند. نتایج بیانگر افزایش دمای کمینه و بیشینه سالانه بود.

رجبی (۱۳۹۰) با ارزیابی مدل SDSM در کرمانشاه نشان داد که این مدل از دقت بالایی در ریزمقیاس‌سازی متغیرهای اقلیمی برخوردار می‌باشد. Hashemi و همکاران (۲۰۱۱) و Koch و Cherie (۲۰۱۳) به مقایسه دو مدل آماری SDSM و LARS-WG پرداختند. نتایج آنان نشان داد که هر دو مدل با دقت بالایی متغیرهای اقلیمی را شبیه‌سازی می‌کنند. Tatsumi و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از مدل SDSM به ریزمقیاس‌سازی دما در منطقه شیرکو^۲ پرداختند. نتایج نشان داد که در دوره ۲۰۷۱-۲۰۹۹ دما تحت بیشتر سناریوها نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. Etemadi و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی عدم قطعیت دو مدل ریزمقیاس‌سازی SDSM و LARS-WG در تالاب چادگان ایران پرداختند و نتایج آنها نشان‌دهنده عملکرد بهتر و بالاتر مدل LARS-WG در مدل‌سازی اقلیمی بود. پژوهش‌های انجام شده نشان‌دهنده نتایج متفاوت مدل‌های ریزمقیاس‌سازی در نقاط مختلف است، به همین دلیل پژوهش حاضر به منظور روشن شدن اثرات تغییر اقلیم بر فرآیند بیابان‌زایی در شهرستان طبس به کمک مدل ریزمقیاس نمایی SDSM انجام شده است.

¹ Hadley Center General Circulation Model

² Shikoku

۲۶ متغیر اتمسفری است که از بین آنها، متغیرهای مستقل انتخاب می‌شوند. با توجه به اینکه متغیرهای پیش‌بینی-کننده NCEP می‌توانند روابط مختلفی با داده‌های پیش-بینی‌شونده داشته باشد، بنابراین متغیرهایی حایز اهمیت هستند که دارای بالاترین ضریب همبستگی و پایین‌ترین واریانس خطا باشند. یکی از مهم‌ترین مراحل مدل ریزمقیاس نمایی آماری، انتخاب متغیرهای غالبی است که در مدل از آنها استفاده می‌شود. اهمیت این بخش ناشی از آن است که مشخصات مدل و نتایج، تحت تاثیر مستقیم متغیرهای مستقل انتخاب می‌شود (آبکار و همکاران، ۱۳۹۲). به متغیرهای مستقل انتخاب شده از بین متغیرهای موجود، متغیرهای غالب گفته می‌شود. متغیرهای غالب باید از نظر فیزیکی با متغیرهای وابسته مرتبط بوده و از نظر آماری همبستگی بالایی را با آن دارا باشند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۴). برای انتخاب متغیرهای مستقل غالب از مدل SDSM استفاده می‌شود. از طریق داده‌های HadCM3 میزان داده‌های مورد مطالعه برای سه دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ میلادی پیش‌بینی و با دوره پایه مقایسه می‌گردد. مراحل کار مدل به‌طور خلاصه شامل هفت مرحله کنترل کیفیت و تبدیل داده‌ها، انتخاب متغیرهای مستقل مناسب، واسنجی مدل، تولید داده‌های هواشناسی زمان حاضر با استفاده از متغیرهای مستقل مشاهده‌ای، آنالیز آماری داده‌های مشاهده شده، نمایش هندسی خروجی مدل و تولید داده‌های هواشناسی آینده با استفاده از متغیرهای مستقل می‌باشد (Wilby & Dawson, 2008).

یافته‌ها

الف) ناهنجاری‌های بارش

بر اساس مطالعات به‌دست آمده از دوره ۳۰ سال بارش مورد مطالعه در ایستگاه سینوپتیک طبس، ۲۰ سال آن بارش کمتر از میانگین سالانه بوده است.

در این فرمول P و T به ترتیب پارامترهای بارندگی (میلی‌متر) و دما (درجه سانتی‌گراد) هستند که می‌بایست به صورت سالانه (و یا درازمدت) تهیه گردند و سپس به کمک آنها شاخص‌های خشکی دمارتون به‌دست آید.

اطلاعاتی که برای انجام این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت شامل داده‌های بارش و درجه حرارت میانگین، بیشینه و کمینه بود. این اطلاعات از ایستگاه‌های موجود در حوضه و نزدیک آن تهیه شدند. پس از جمع-آوری اطلاعات مورد نیاز، صحت داده‌ها در محیط نرم-افزار SPSS بررسی و جهت رفع نواقص آماری از روش همبستگی استفاده شد (طائی‌سمیری و همکاران، ۱۳۹۳). در نهایت به‌منظور انتخاب مدل گردش عمومی جو و سناریو مناسب، داده‌های ریزمقیاس‌سازی شده توسط مدل با داده‌های مشاهداتی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

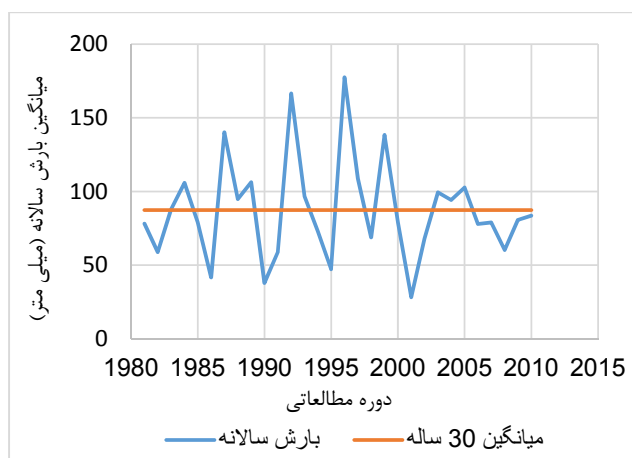
مدل ریزمقیاس نمایی آماری (SDSM) برای شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در یک ایستگاه خاص در شرایط حال حاضر و در شرایط آینده تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم به‌کار می‌رود که داده‌های آن به صورت سری-های زمانی روزانه برای یک‌سری از متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی، حداقل و حداکثر دما و سایر پارامترهای جوی می‌باشد (تورینی و حسامی‌کرمانی، ۱۳۹۳).

در این پژوهش، جهت ریزمقیاس نمایی آماری از داده‌های مدل HadCM3 با استفاده از نرم‌افزار SDSM استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل دماهای بیشینه، میانگین و کمینه روزانه ایستگاه سینوپتیک طبس و داده‌های مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 و B2 می‌باشد که با فرمت .dat وارد مدل می‌شوند. مدل HadCM3 در مرکز تحقیقاتی HCCPR انگلستان اجرا شده است. این مدل دارای شبکه‌های با ابعاد ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی است که توسط Gordon و همکاران (۲۰۰۰) ارائه شده است.

همچنین در مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های NCEP مدل واسنجی می‌شود. متغیرهای NCEP شامل

آرام خشکی و بیابان‌زایی ناشی از کمبود بارش بوده است. با بررسی میدانی محیط‌های دست‌نخورده در منطقه به‌طور کامل نقش کاهش بارش در تضعیف و نابودی پوشش گیاهی، تخریب خاک و افت سفره-های آب زیرزمینی و حاکمیت شرایط بیابانی را می‌توان احساس نمود.

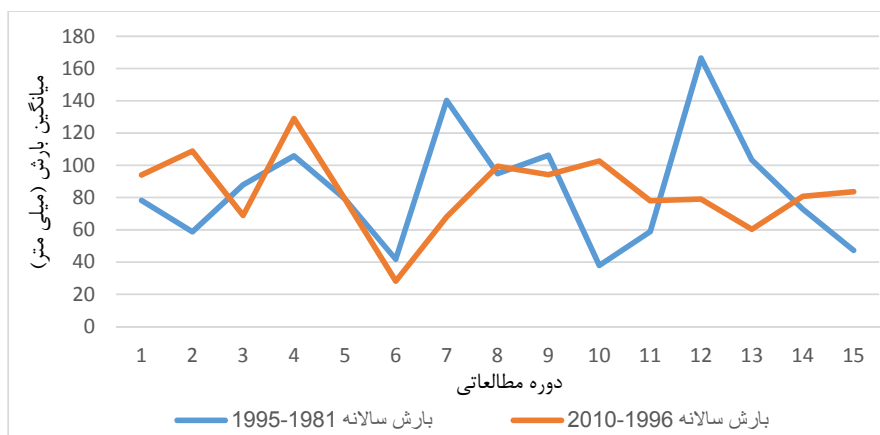
بررسی روند بارش سالانه در طول دوره آماری دارای سیر نزولی آرام است (شکل ۱). این ویژگی خود به تنهایی نشان‌دهنده منطقه خشک بر اساس اکثر تعاریف ارایه شده در طبقه‌بندی‌های اقلیمی توسط اقلیم‌شناسان است. روند نزولی این تغییرات نسبت به میانگین در سال‌های اخیر نشان‌دهنده شکل‌گیری روند



شکل ۱. نمودار روند بارش سالانه در طی دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۰

میانگین چند ساله شهرستان می‌باشد، اما به دلیل پراکنش نامناسب بارندگی و کاهش بیشتر در سال‌های دیگر نسبت به میانگین این میزان در مجموع نسبت به میانگین دوره ۳۰ ساله کاهش نشان می‌دهد که این وضعیت می‌تواند در افزایش شرایط خشکی و سایر فرآیندهای مرتبط با آن در روند بیابانی شدن موثر باشد (شکل ۲).

مقایسه بین میانگین بارندگی در دو دوره ۱۵ ساله نشان داد که میزان بارش در ۱۵ سال دوم حدود ۲ درصد نسبت به ۱۵ سال اول کاهش یافته است. همچنین نتایج نشان می‌دهد میزان بارش در ۱۵ سال اخیر نسبت به دوره ۳۰ ساله حدود ۴/۵ درصد کاهش یافته است. شایان ذکر است که در بعضی از سال‌ها میزان بارش بیش از

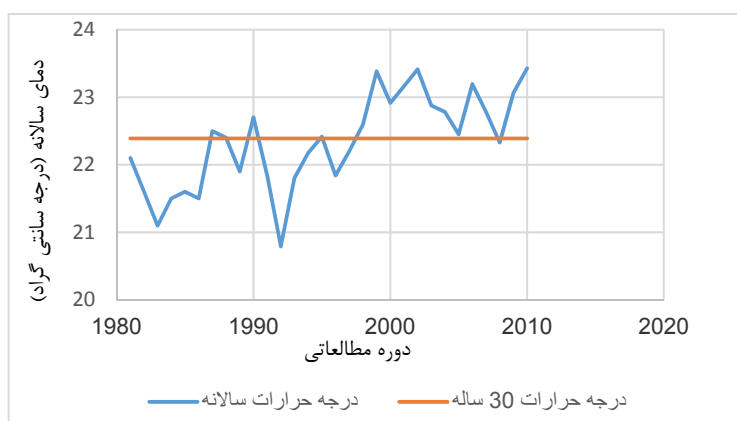


شکل ۲. نمودار تغییرات بارش در دو دوره زمانی ۱۵ ساله (۱۹۹۵-۱۹۸۱ و ۲۰۱۰-۱۹۹۶)

ایجاد بیابان‌زایی یا تشدید شرایط بیابانی شود. با توجه به شکل (۳)، بررسی دمایی در طول دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۱ نشان‌دهنده آن است که دمای سالانه دارای سیر صعودی همراه با بی‌نظمی است. به علاوه روند افزایشی دما به‌عنوان یکی از عناصر اقلیمی موثر در خشکی و تشدید شرایط نامناسب در مناطق آسیب‌پذیر قابل تامل است.

ب) ناهنجاری‌های دما

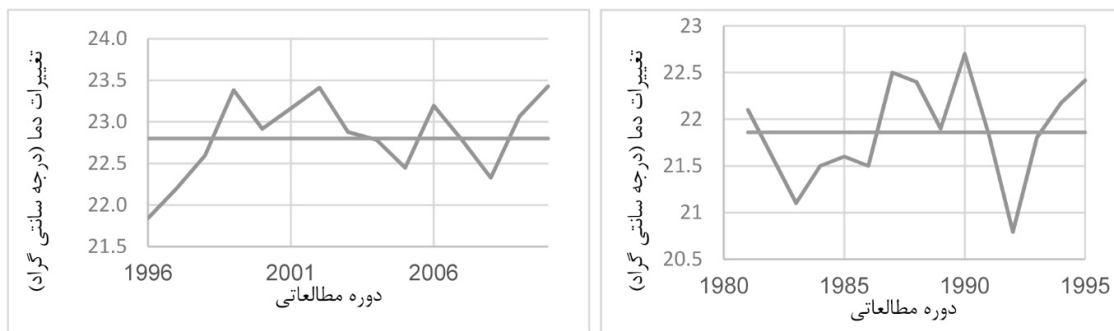
منطقه مورد مطالعه با میانگین سالانه ۲۲/۳۹ درجه سانتی‌گراد جزء مناطق با بالاترین میانگین سالانه دما در کشور ایران است که این خود نشان‌دهنده ویژگی خاص مناطق فراخشک و بیابانی است. تغییرات افزایشی دما در منطقه‌ای که دارای آستانه‌های بسیار پایین تحمل‌پذیری است، می‌تواند با تغییر شاخص خشکی و افزایش آن موجب فراهم شدن شرایط جهت



شکل ۳. نمودار روند دمای سالانه در طی دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۰

است. نتایج بیانگر افزایش دما در دوره اخیر و مهیا شدن شرایط برای تشدید خشکی و ایجاد حساسیت‌های محیطی موثر در بیابان‌زایی است.

آشکارسازی تغییرات دمایی در دو دوره ۱۵ ساله (شکل ۴) نشان‌دهنده حدود ۰/۹۴ درجه سانتی‌گراد افزایش دما در ۱۵ سال اخیر نسبت به ۱۵ سال قبل بوده



شکل ۴. نمودار تغییرات دما در دو دوره زمانی ۱۵ ساله (۱۹۸۱-۱۹۹۵ و ۲۰۱۰-۱۹۹۶)

کلاس خشک قرار می‌گیرد که نشان از اهمیت اقلیم در روند بیابان‌زایی دارد. همچنین نقش پارامترهای اقلیمی بر وضعیت فعلی و آینده این شهرستان از نظر گسترش و یا کاهش وسعت این نواحی نیز مشخص است. به همین منظور جهت تعیین شاخص خشکی دمارتون در طی دوره‌های آتی در منطقه مورد نظر اقدام گردید (جدول ۱).

با توجه به شاخص خشکی دمارتون بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک ایران، تقسیم‌بندی این شاخص به کلاس‌های فراخشک (۰-۵)، خشک (۱۰-۵)، نیمه‌خشک (۲۰-۱۰)، مدیترانه‌ای (۲۰-۲۴)، نیمه‌مرطوب (۲۴-۲۸)، مرطوب (۲۸-۳۵) و بسیار مرطوب (۳۵-۵۵) می‌باشد (خام‌چین‌مقدم و رضایی‌پژند، ۱۳۸۸). ملاحظه می‌گردد شهرستان طبس در

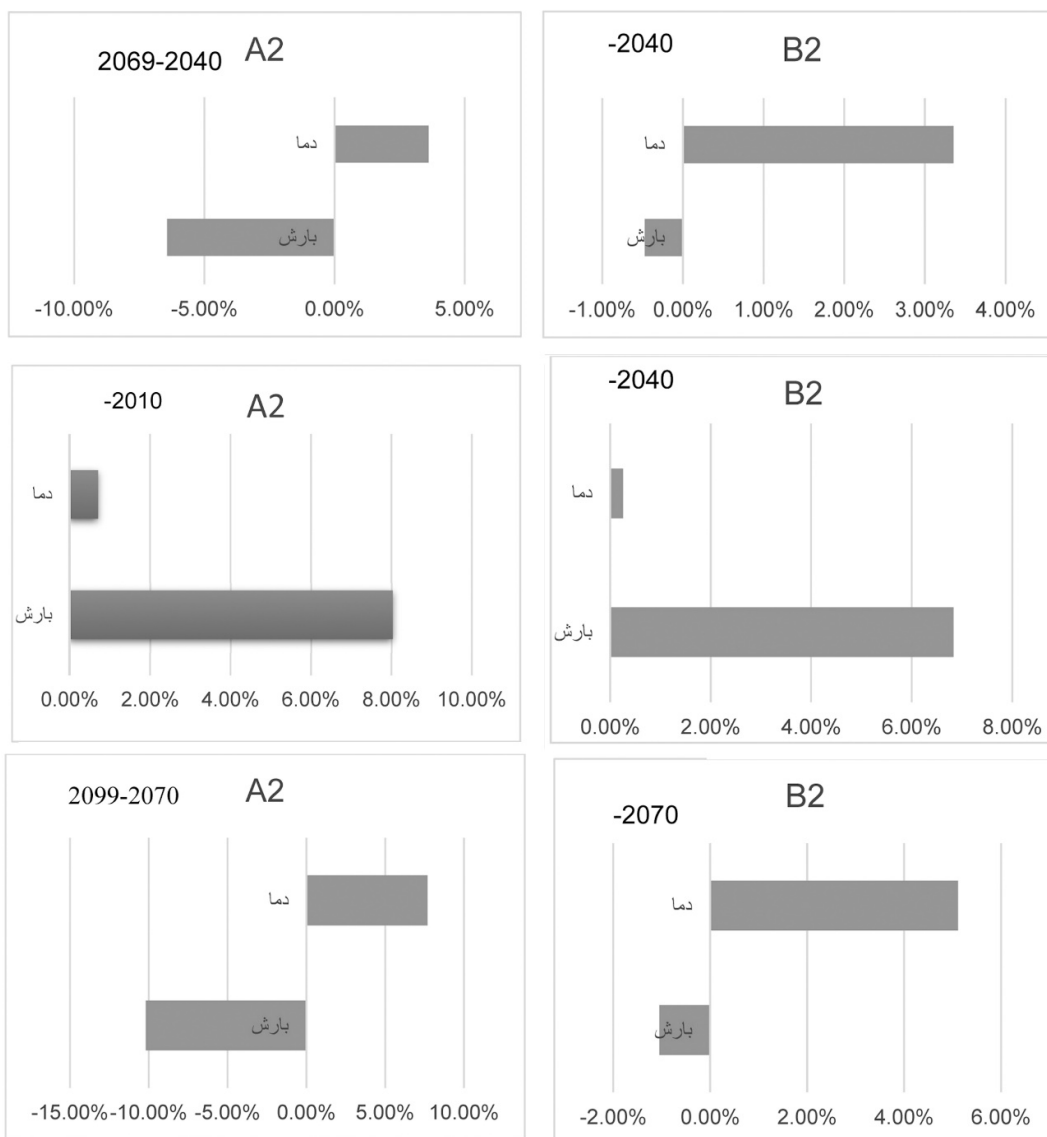
جدول ۱. خصوصیات جغرافیایی، محاسبه ضریب خشکی و ناحیه‌بندی ایستگاه‌های سینوپتیک طبس با استفاده از روش طبقه‌بندی اقلیمی دمارتون

نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا	بارندگی (میلی‌متر)	دما (درجه سانتی‌گراد)	شاخص خشکی	نوع اقلیم
سینوپتیک طبس	۶۹۰	۸۷/۹۳	۲۲/۳۹	۲/۷۱	فراخشک

در تحقیقات طائی‌سمیرمی و همکاران (۱۳۹۲) نیز روندی مشابه شکل گرفت. پیش‌بینی انجام شده برای داده‌های دما نشان‌دهنده افزایش دما برای دوره‌های آتی (۲۰۱۰-۲۰۹۹) نسبت به دوره مشاهداتی است. به علاوه تغییرات دما مشهودتر از تغییرات بارندگی بوده که باعث تشدید روند بیابان‌زایی خواهد شد.

ج) پیش‌بینی داده‌های اقلیمی دما و بارش

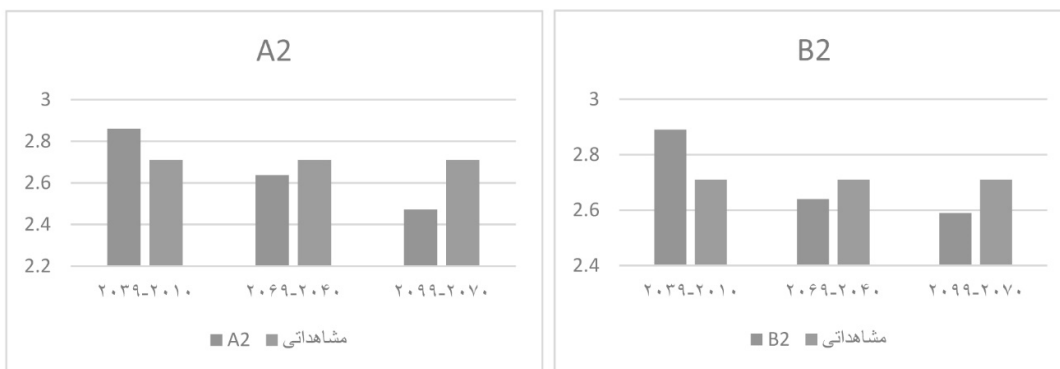
داده‌های اقلیمی دما و بارش با استفاده از نرم‌افزار SDSM و داده‌های ورودی HADCM3 برای دوره‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ پیش‌بینی شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که میزان بارش ابتدا در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ افزایش و در دوره‌های بعد کاهش یافته است.



شکل ۵. درصد تغییرات پارامترهای مختلف اقلیمی پیش‌بینی شده در سال‌های آتی نسبت به دوره مشاهداتی بر اساس دو سناریوی A2 و B2

منطقه است. به استثنای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ اندکی افزایش در مقدار عددی شاخص دمارتون نسبت به دوره مشاهداتی دیده می‌شود، کاهش مقادیر این شاخص‌ها در سال‌های آتی نسبت به دوره مشاهداتی مشهود است.

شکل ۶ نشان‌دهنده مقایسه بین این شاخص‌ها در سال‌های آتی نسبت به دوره مشاهداتی بر اساس داده‌های درازمدت شهرستان طبس تحت سناریوهای مختلف A2 و B2 می‌باشد. کاهش مقادیر این شاخص‌ها به منزله حادثه شدن شرایط محیطی و غلبه خشکی بر رطوبت در



شکل ۶. پیش‌بینی شاخص خشکی دمارتن در سال‌های آتی توسط داده‌های مدل HadCM3 تحت سناریوهای مختلف A2، B2 و مقایسه آنها نسبت به دوره مشاهداتی

کاهش بارندگی، افزایش دما و به تبع آنها کاهش مقادیر عددی شاخص دمارتن را نشان می‌دهد که نمایانگر و حادثر شدن وضعیت منطقه و در نتیجه تشدید روند بیابان‌زایی شهرستان طبس خواهد شد.

جدول ۲ نیز درصد تغییرات مقادیر عددی بارندگی، دما، تبخیر، تعرق و شاخص دمارتن در دوره ۹۰ ساله آتی (۲۰۹۹-۲۰۱۰) نسبت به دوره مشاهداتی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این جدول

جدول ۲. درصد تغییرات بارندگی، دما و شاخص دمارتن پیش‌بینی شده تحت سناریوهای مختلف A2 و B2 در ۹۰ سال آینده (۲۰۹۹-۲۰۱۰)

نسبت به دوره مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه			
سناریو	بارش (درصد)	دما (درصد)	شاخص خشکی (درصد)
A2	-۸/۶	+۱۲	-۸/۸۷
B2	-۳	+۸/۷	-۴/۴

بحث و نتیجه‌گیری

یافته است. بررسی روند بارش سالانه در طول دوره آماری دارای سیر نزولی آرام است. این ویژگی خود به تنهایی نشان‌دهنده منطقه خشک بر اساس اکثر تعاریف ارائه شده در طبقه‌بندی‌های اقلیمی توسط اقلیم‌شناسان است. روند نزولی این تغییرات نسبت به میانگین در سال‌های اخیر نشان‌دهنده شکل‌گیری روند آرام خشکی و بیابان‌زایی ناشی از کمبود بارش بوده است که این نتایج با مطالعات طائی‌سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) تطابق دارد. چون انسان با تغییر شیوه کشت، روستایی بر محیط طبیعی، عملاً ظواهر گسترش بیابان ناشی از کاهش بارش را محو نموده

در پژوهش حاضر به‌منظور روشن شدن اثرات تغییر اقلیم بر فرآیند بیابان‌زایی در شهرستان طبس، اقدام به شبیه‌سازی و پیش‌بینی برخی از متغیرهای اقلیمی به کمک مدل ریزمقیاس نمایی SDSM داده‌های مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 و B2 شد. بررسی دمایی در طول دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۳۹ نشان‌دهنده آن بود که دمای سالانه دارای سیر صعودی همراه با بی‌نظمی است. به علاوه روند افزایشی دما به‌عنوان یکی از عناصر اقلیمی موثر در خشکی و تشدید شرایط نامناسب در مناطق آسیب‌پذیر قابل تامل است (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج به‌دست آمده نشان داد که میزان بارش ابتدا در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ افزایش و در دوره‌های بعد کاهش

زمین‌هایی که هنوز به‌طور کامل تخریب نشده‌اند و یا تخریب آنها کم است، جلوگیری شود. همچنین سطح مشارکت عمومی و آموزش زیست‌محیطی با تمرکز بر کنترل بیابان‌زایی و مدیریت آثار خشکسالی افزایش یابد.

منابع

- اکبری، م.، ناصری، ک. و آشگرطوسی، ش. (۱۳۸۸) بررسی اثر تغییرات اقلیمی در روند بیابان‌زایی، مطالعه موردی دشت مشهد. فصلنامه جنگل و مرتع، ۵۲(۸۳): ۴۸-۵۲.
- آبکار، ع.، حبیب‌نژاد، م.، سلیمانی، ک. و نقوی، ه. (۱۳۹۲) بررسی کارایی شبیه SDSM در شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی منابع آبیاری و آب. ۴(۱۴): ۱۷-۱.
- بابائیان، ی.، نجفی‌نیک، ز.، عباسی، ف.، حبیبی‌نوخندان، م.، ادب، ه. و ملبوسی، س. (۱۳۸۹) ارزیابی تغییرات آب و هوایی بر ایران در طول ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری داده ECHO-G. مجله جغرافیا و توسعه، ۱۶: ۱۳۵-۱۵۲.
- تورینی، ن. و حسامی‌کرمانی، م. و ر. (۱۳۹۳) پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با استفاده از الگوریتم نرو فازی، مطالعه موردی ایستگاه‌های تهران و تبریز. مجله علمی پژوهشی شریف، ۲-۳۰(۱): ۱۴۷-۱۳۹.
- خام‌چین‌مقدم، ف. و رضایی‌پژند، ح. (۱۳۸۸) نقد روش اقلیم‌بندی دومرتن برای بارش حداکثر روزانه در ایران به کمک روش گشتاورهای خطی. نشریه فنی و مهندسی، ۲(۲): ۱۰۳-۹۳.
- رجبی ا. (۱۳۹۰) آنالیز عدم قطعیت تغییر اقلیم توسط مدل SDSM در کرمانشاه. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۱۳ و ۱۴ اردیبهشت ۱۳۹۰، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۲ صفحه.
- رضایی، م.، نهتانی، م.، آبکار، ع.، رضایی، م. و میرکاهی‌ریگی، م. (۱۳۹۳) بررسی کارایی مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری در پیش‌بینی پارامترهای دمایی در دو اقلیم خشک و فراخشک، مطالعه موردی کرمان و بم. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۵(۱۰): ۱۱۷-۱۳۱.
- رضایی، م.، نهتانی، م.، مقدم‌نیا، ع.، آبکار، ع. و رضایی، م. (۱۳۹۴) مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و SDSM در ریزمقیاس‌کردن اندازه بارش سالانه شبیه‌سازی شده با

است. همچنین با بررسی محیط‌های دست‌نخورده در منطقه مورد مطالعه به‌طور کامل نقش کاهش بارش در تضعیف و نابودی پوشش گیاهی، تخریب خاک و افت سفره‌های آب زیرزمینی و حاکمیت شرایط بیابانی را می‌توان مشاهده نمود. نتایج این مطالعه با یافته‌های صبحی و سلطانی (۱۳۸۷) و کتیرایی (۱۳۸۶) در مورد نزولی بودن روند بارش مطابقت دارد.

پیش‌بینی انجام شده برای داده‌های دما نشان‌دهنده افزایش دما برای دوره‌های آتی (۲۰۱۰-۲۰۹۹) نسبت به دوره مشاهداتی است. به علاوه تغییرات دما مشهودتر از تغییرات بارندگی بوده که باعث تشدید روند بیابان‌زایی خواهد شد که با نتایج فرزانه و همکاران (۱۳۸۹) و صمدی و همکاران (۱۳۸۸) تطابق دارد.

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان داشت که اگرچه روند بیابان‌زایی متأثر از عوامل دیگر به جز تغییرات اقلیمی مانند رشد جمعیت، بهره‌برداری بی‌رویه و توسعه روش‌های نامناسب مدیریت اراضی، افت آب-های زیرزمینی و غیره است، اما در سایه تغییرات اقلیمی محتمل در آینده احتمال افزایش روند بیابان‌زایی و گسترش عرصه‌های بیابانی در شهرستان طبس به‌واسطه تغییر در میزان بارندگی و افزایش دما وجود دارد، زیرا در اثر افزایش دما و کاهش بارش بسیاری از زمین‌های کشاورزی دیم رها خواهد شد و شرایط برای تخریب خاک و در نتیجه افزایش عرصه‌های بیابانی افزایش می‌یابد. عباسی و اثمیری (۱۳۹۰) برای پیش‌بینی و ارزیابی دما و بارش ایران با استفاده از سناریوهای مختلف الگوی HadCM3 و ECHAM4 و همچنین تورینی و حسامی‌کرمانی (۱۳۹۳) با استفاده از ASD انجام شده، نشان‌دهنده افزایش میزان دما تا سال ۲۱۰۰ می‌باشد که نتایج آن مطابق با تحقیق حاضر است.

با توجه به اینکه بارزترین آثار بیابان‌زایی علاوه بر فقر گسترده، تخریب مراتع و کاهش حاصلخیزی و استعداد خاک می‌باشد توصیه می‌شود از تخریب

- نسوری، ح. و ایلدرمی، ع. (۱۳۹۴) پیش‌بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی مناطق حفاظت‌شده در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۹ با مدل HadCM. مطالعه موردی استان همدان. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۶(۶۰): ۴۰-۴۰.
- Chu, J.T., Xia, J., Xu, C.Y. and Singh, V.P. (2010) Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios in Haihe River, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(14): 149-161.
- Dibike, Y.B. and Coulibaly, P. (2005) Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: Comparison of downscaling methods and hydrologic models. *Journal of Hydrology*, 307(44): 145-163.
- Etemadi, H., Samadi, S. and Sharifikia, M. (2013) Uncertainty analysis of statistical downscaling models using general circulation model over an international wetland. *Climate Dynamics*, 39(24): 1-22.
- Fowler, H.J., Blenkinsop, S. and Tebaldi, C. (2007) Linking climate change modeling to impacts studies: Recent advances in downscaling techniques for hydrologic modeling. *International Journal of Climatology*, 27(10): 1547-1578.
- Gordon, C., Cooper, C., Senior, C.A., Banks, H., Gregory, J.M., Johns, T.C., Mitchell, J.F.B. and Wood, R.A. (2000) The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the adley Centre coupled model without flux adjustments. *Journal of Climate Dynamics*, 16(2): 147-168.
- Hashmi, M.Z., Shamseldin, A.Y. and Melville, B.W. (2011) Comparison of SDSM and LARS- G for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4): 475-484.
- Koch, M. and Cherie, N. (2013) Monoand multi-modal statistical downscaling of GCM-climate predictors for the Upper Blue Nile River basin, Ethiopia. In *Proceedings of the 6th International Conference on Water Resources and Environment Research, ICWRER*. pp. 3-7.
- Samadi, S., Ehteramian, K. and Sari Sarraf, B. (2011) SDSM ability in simulate predictors for climate detecting over Khorasan province. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 19(5): 741-749.
- HadCM3. مطالعه موردی کرمان، راور و رابر. نشریه مهندسی منابع آب، ۸(۲۴): ۴۰-۲۵.
- صبوحی، ر. و سلطانی، س. (۱۳۸۷) تحلیل روند عوامل اقلیمی در شهرهای بزرگ ایران. *مجله علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۲(۴۶): ۳۰۳-۳۲۱.
- صمدی، س.ز.، مساح‌بوانی، ع. و مهدوی، م. (۱۳۸۸) انتخاب متغیر پیش‌بینی‌کننده به‌منظور کوچک مقیاس کردن آماری داده‌های دما و بارندگی در حوضه آبخیز کرخه. *مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری (مدیریت پایدار بلایای طبیعی)*، ۲ و ۳ اردیبهشت ماه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری: ۴۰-۴۳.
- طائی‌سمیرمی، س.، مرادی، ح.ر. و خدافی، م. (۱۳۹۲) انتخاب مدل گردش عمومی جو و سناریو مناسب به‌منظور مطالعه اثرات تغییر اقلیم در حوزه آبخیز بار نیشابور. *دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط‌زیست*، *مجموعه مقالات همایش، ارومیه*: ۲۸-۳۴.
- طائی‌سمیرمی، س.، مرادی، ح.ر. و خدافی، م. (۱۳۹۳) شبیه‌سازی و پیش‌بینی برخی از متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM و مدل‌های گردش عمومی جو، مطالعه موردی حوزه آبخیز بار نیشابور. *نشریه انسان و محیط‌زیست*، ۱۲(۲۸-پیاپی ۳۹): ۱-۱۵.
- عباسی، ف. و اثمیری، م. (۱۳۹۰) پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات آب و هوایی بر ایران در طول دهه‌های آینده با استفاده از مدل MAGICC-SCENGEN. *مجله آب و خاک*، ۲۵(۱): ۷۰-۸۳.
- فرزانه، م.ح.، صمدی، ز.، اکبرپور، ا. و اسلامیان، س.س. (۱۳۸۹) معرفی پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب جهت کوچک مقیاس کردن آماری- رگرسیونی در زیرحوضه بهشت آباد کارون شمالی. *نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، کرمانشاه*: ۱۸۲-۱۸۸.
- کتیرایی، پ. (۱۳۸۶) سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۱(۳۳): ۸۳-۶۷.
- کاویانی، م. و علیجانی، ب. (۱۳۸۵) مبانی آب و هوا شناسی. چاپ دوازدهم، انتشارات سمت، تهران، ۱۵۳ صفحه.

- downscaling method by GCMs. Hydrological Research Letters, 7(3): 48-53.
- Wilby, R.L. and Dawson, C.W. (2008). Using SDSM version 4.2- A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. User manual, 94p.
- Wilby, R.L., Dawson, C.W. and Barrow, E.M. (2002). SDSM- A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. Journal of Environmental Modeling and Software, 17(5): 147-159.
- Zhang, X.C., Liu, W.Z. and Chen, J. (2011) Trend and uncertainty analysis of simulated climate change impacts with multiple GCMs and emission scenarios. Agricultural and Forest Meteorology, 151(25): 1297-1304.
- Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. and Vasconcellos de Menezes, V. (2013) Climate change 2013. The physical science basis, working group contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change-abstract for decision-makers. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'evolution du climat/Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, C/O World Meteorological Organization, 7bis Avenue de la Paix, CP 2300 CH-1211 Geneva 2 (Switzerland).
- Tatsumi, K., Oizumi, T. and Yamashiki, Y. (2013) Introduction of daily minimum and maximum temperature change signals in the Shikoku region using the statistical

Investigation of Climate Anomalies using the Statistical Downscaling Model (SDSM) in Tabas

Reza Ghazavi¹ and Seyed Mohammad Mahdi Moosavian^{2*}

- 1) Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran.
- 2) Ph.D. Student of Combat Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran. *Corresponding Author Email Address: smmm51@yahoo.com

Date of Submission: 2016/04/21

Date of Acceptance: 2017/08/12

Abstract

In this study, the effects of climate change on desertification process in Tabas was studied using the SDSM software and long-term statistics (30-year period) of synoptic stations to predict temperature and rainfall parameters by the data of HADCM3 model for future periods (2010-2039, 2040-2069 and 2070- 2099) under two scenarios A2 and B2. In addition, this process was studied in two 15-year periods and Domarten method was also used to determine the degree of rainfall area. The results of the predictions and the observation period were compared together. Due to the significant effect of decreasing temperature and rainfall as well as drought index on the desertification process, drought indices were also determined. Results indicated that the effects of climate change on the getting worse of conditions in the area and consequently, decreasing rainfall, increasing temperature and decreasing the drought index were significant. According to the results, it can be stated that although the desertification process is affected by several factors, but in the future climate changes, there are the probability of increasing the desertification process and expansion of desert areas in Tabas, due to the change in rainfall and increasing temperature. On the other hand, because of increasing temperature and decreasing rainfall, many agricultural lands will be released, and the conditions for soil degradation as a result of increasing desert areas will increase.

Keywords: Climatic fluctuations, Desertification, Drought index, Synoptic stations.

