

Dor: [20.1001.1.20089597.1400.12.23.1.1](https://doi.org/10.1001.1.20089597.1400.12.23.1.1)

ارزیابی اثرات تغییر دما بر تالاب هورالعظیم در دهه‌های آتی (مطالعه موردی: ایستگاه بستان)

نسرین مرادی مجد^۱، غلامعباس فلاح قاهری^{۲*}

۱ دکتری اقلیم‌شناسی کشاورزی، گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۲ دانشیار گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵؛ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷)

چکیده

تالاب هورالعظیم بزرگ‌ترین تالاب استان خوزستان و یکی از بزرگ‌ترین تالاب‌های ایران است. تالاب در مرز ایران و عراق واقع شده و حدود یک سوم این تالاب در ایران و مابقی آن در کشور عراق است. متأسفانه این تالاب در حال خشک شدن و نابودی است. در این تحقیق جهت بررسی تغییر دما از اطلاعات و آمار روزانه هواشناسی ایستگاه بستان استفاده شد. سپس با استفاده از مدل ریز مقیاس‌نمایی SDSM این تغییرات بررسی گردید. متغیرهای مورد سنجش، میانگین دما بود. ابتدا میزان کارایی این مدل جهت ریز مقیاس‌نمایی میانگین دما در ایستگاه بستان به عنوان نماینده تالاب هورالعظیم مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین دمای داده‌های سالانه مشاهده شده، ۱۸/۱۶ سانتی‌گراد و میانگین دمای داده‌های سالانه مدل‌سازی شده، ۱۹/۳۵ سانتی‌گراد تعیین شد. همچنین انحراف معیار میانگین دما ۰/۰۹۸ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. بعد از اطمینان حاصل نمودن از دقت مدل در شبیه‌سازی دما در دوره پایه، میانگین دمای ایستگاه بستان با استفاده از داده‌های مدل HADCM3 برای دهه‌های آتی نیز شبیه‌سازی شد. نتایج نشان‌دهنده افزایش میانگین دمای ایستگاه بستان تا سال ۲۱۰۰ است. نتایج نشان داد میزان افزایش دما بر اساس سناریوی A2 بیشتر از سناریوی B2 است. نتایج حاصل از این تحقیق همچنین نشان داد که مدل مذکور توانایی لازم برای شبیه‌سازی دما در این ایستگاه را دارد.

کلید واژه‌ها: میانگین دما، مدل‌های گردش عمومی جو، مدل SDSM، تالاب هورالعظیم

سرآغاز

تغییر اقلیم، تغییر معنی‌دار متوسط داده‌های هواشناسی در یک دوره معین زمانی است. این دوره زمانی معمولاً ده ساله یا بیشتر می‌باشد (Mander, 1994). تغییر اقلیم و پیامدهای ناشی از آن به خصوص گرم شدن کره زمین، به عنوان بزرگ‌ترین معضل قرن بیست و یکم شناخته شده است. به طوری که طی چند سال اخیر همواره یکی از محورهای اصلی سران کشورهای صنعتی جهان، مساله تغییر اقلیم بوده است (Samadi et al., 2008). در صورت عدم توجه کافی، تغییرات آبی اقلیم می‌تواند از لحاظ کمی و کیفی لطمات جدی را به منابع آب و زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی کشور وارد کند، برای آمادگی در مقابل تغییرات نامطلوب احتمالی شرایط اقلیمی و نیز تغییر در برابر وضعیت کمی و کیفی منابع آب و اتخاذ سیاست‌های مناسب جهت کاهش خسارت‌ها، مطالعه تغییرات آب و هوا و تاثیر آن بر این منابع اقدامی ضروری است (Nazimalsadat et al., 2004). در حال حاضر مدل‌های گردش عمومی جهان تنها ابزاری هستند که اثر تغییر اقلیم در سطح جهانی را برای عناصر اتمسفری در شبکه‌های بزرگ مکانی، عناصر اتمسفری را در شبکه‌هایی به ابعاد بین (۱۰۰-۳۰۰) کیلومتر شبیه‌سازی می‌کنند. به همین دلیل این مدل‌ها نمی‌توانند اثر شرایط محلی مانند توپوگرافی، پوشش گیاهی، ... را روی متغیرهای اتمسفری نظیر دما، بارش و ... دخالت دهند. بنابراین، به ابزاری نیاز است که بتوان از داده‌های مدل عمومی گردش زمین در مقیاس محلی (سطح حوزه‌های آبخیز) استفاده نمود، به همین منظور دانشمندان روش‌های متعددی ابداع نموده‌اند که به مجموع این روش‌ها، ریزمقیاس‌نمایی می‌گویند. در واقع اصول کلی کلیه این روش‌ها بر پایه برقراری ارتباط بین متغیرهای مدل‌های گردش عمومی جو زمین (رطوبت، فشار هوا، باد و ...) به عنوان متغیر مستقل و متغیر اقلیمی مانند بارش، دما و ... به عنوان متغیرهای وابسته در مقیاس منطقه‌ای، محلی و حتی نقطه‌ای استوار می‌باشد (Fung et al., 2011). این مدل‌ها به کمک روابط ریاضی اقدام به فرموله کردن اصول فیزیکی پیچیده حاکم بر جو می‌کنند. ریزمقیاس‌سازی به معنای ارتباط بین پیش‌بینی‌کننده‌های جوی بزرگ مقیاس و متغیرهای پیش‌بینی شونده (عموماً دما و بارش) در مقیاس ناحیه‌ای می‌باشد (Wilby, 2001). تحقیقات نشان داده است که مدل‌های گردش عمومی جو زمین، تغییرات متغیرهای اقلیمی مانند دما، بارش را در بعد زمان و مکان در

مقیاس جهانی به خوبی پیش‌بینی می‌کنند (Koukidis & Berg, 2009). از مدل‌های زیادی برای ریزمقیاس‌نمایی می‌توان استفاده کرد که از مشهورترین آن‌ها می‌توان به مدل SDSM اشاره کرد. در مدل SDSM ساخت داده‌های هواشناسی با استفاده از ترکیب دو روش احتمالاتی و رگرسیونی صورت می‌گیرد. در طی فرآیند کوچک مقیاس کردن در این مدل، یک رگرسیون خطی چندمتغیره میان تعداد محدودی از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده بزرگ مقیاس و پیش‌بینی شونده‌ها در مقیاس محلی، همچون: بارش و دما توسعه می‌یابد (Semenov, 1998). از این رو، در این تحقیق به بررسی تغییرات میانگین دما تالاب هورالعظیم (ایستگاه بستان) با استفاده از مدل SDSM پرداخته شده است. تالاب‌ها یکی از با اهمیت‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی کره زمین هستند که از دیرباز نقش به‌سزایی در توسعه جوامع اطراف خود ایفا کرده‌اند اما متأسفانه در ایران و سرتاسر جهان تالاب‌ها در خطر نابودی قرار دارند و به طور جدی و با سرعتی روزافزون تخریب می‌شوند. در سال‌های اخیر به علت وقوع خشکسالی‌های پی در پی که ناشی از موقعیت جغرافیایی کشور ما در منطقه‌ای از جهان است و همچنین پر آبی‌های نابه هنگام در منطقه و عدم مدیریت استراتژیک سبب شده تا صدمات قابل توجهی به تالاب و منطقه وارد شود (Bigne & Heidari Qaraei, 2012). تاکنون مطالعات متعددی در خصوص کارایی این مدل در نقاط مختلف جهان و مقایسه آن با سایر مدل‌ها صورت گرفته است. (Dastranj et al., 2015) به مدل‌سازی اقلیم و مقایسه تغییرات پارامترهای اقلیمی در جبهه شمالی و جنوبی البرز با استفاده از مدل SDSM تحت دو سناریوی A₂ و B₂ پرداختند. (Dehghan et al., 2014) ارزیابی مدل‌های SDSM، IDW و LARS-WG برای شبیه‌سازی و ریزمقیاس کردن دما و بارش انجام دادند. در این تحقیق صحت‌سنجی دو مدل SDSM و LARS-WG نشان داد که توانایی بیشتری در شبیه‌سازی دما نسبت به بارش دارند. (Ajamzadeh & Molaeinia, 2013) به مقایسه عملکرد روش‌های ریزمقیاس‌نمایی SDSM و LARS-WG در ایستگاه سد تنگاب استان فارس پرداختند. این تحقیق نشان داد که روش SDSM دارای عدم قطعیت کمتر است. (Rezaee et al., 2013) بررسی مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM در پیش‌بینی پارامترهای دمایی در دو اقلیم خشک و فراخشک در ایستگاه کرمان و بم به انجام رساندند. بر طبق این تحقیق مدل SDSM

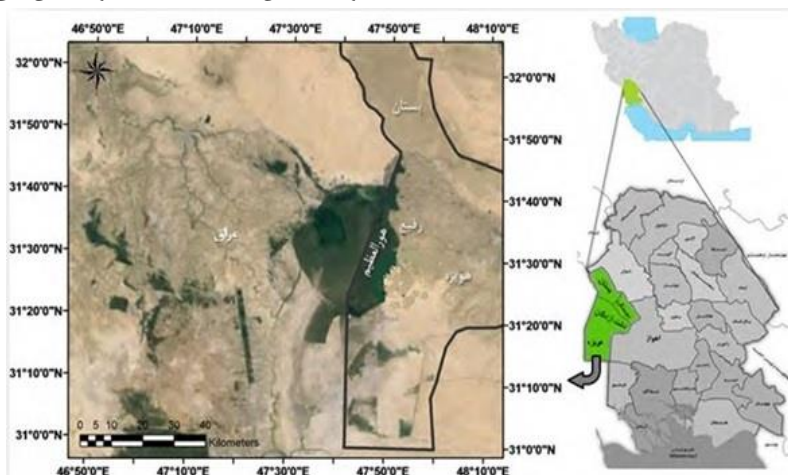
مرز ایران و عراق واقع شده و حدود یک سوم این تالاب در ایران و مابقی آن در کشور عراق است. این تالاب از آب‌های اضافه رود کرخه، دویرج و بخشی از آب‌های اضافه اروندرود تشکیل شده است. ژرفای این هور (تالاب) کم است ولی به تدریج در وسط آن به چند متر می‌رسد. سراسر هورالعظیم با نی پوشیده شده است. مساحت مشخص شده توسط اداره کل محیط‌زیست خوزستان به عنوان تالاب حدود ۱۱۸۰۰۰ هکتار می‌باشد. هورالعظیم در غرب استان خوزستان در انتهای رود کرخه در منطقه مرزی دشت آزادگان بین دو کشور ایران و عراق واقع شده و دارای طول جغرافیای ۴۷ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۴۷ درجه ۱۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه ۵۳ دقیقه تا ۴۱ درجه عرض شمالی است. این تالاب به طور مشترک در شهرستان‌های دشت آزادگان و هویزه استان خوزستان واقع شده است. هورالعظیم در جنوب غرب شهرستان هویزه واقع بوده و شهر رفیع (کاوه) مرکز بخش نیسان در ۳ کیلومتری آن قرار دارد. کمبود آب ناشی از احداث سد در مسیر رودخانه‌های منتهی به این تالاب آسیب‌های قابل توجهی به این زیستگاه وارد کرده، از بخش ایرانی تالاب هورالعظیم که مساحتی شامل ۶۴ هزار و ۱۰۰ هکتار داشته در حال حاضر ۲۹ هزار هکتار باقی‌مانده یعنی معادل ۵۴ درصد مساحت این تالاب از بین رفته، مساحت این تالاب در کل بخش ایران و عراق در مجموع ۳۰۷ هزار هکتار بوده که این مساحت در کل به ۱۰۲ هزار هکتار کاهش یافته یعنی ۶۷ درصد آن از بین رفته است. خشک شدن هورالعظیم چه در ایران و چه در عراق میزان وقوع توفان‌های شن را افزایش داده است و باعث شده استان خوزستان با گرد و غبارهایی حدود ۲۱ برابر استاندارد مواجه شود. شکل (۱) موقعیت این تالاب را در کشور نشان می‌دهد.

از دقت قابل قبولی برای پیش‌بینی دما برخوردار است. (Abkar et al., 2012) بررسی میزان کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام دادند. در این تحقیق از دو مدل گردش عمومی CGCM₁ و HadCM₃ تحت دو سناریوی A₂ و B₂ شاخص دمایی برای ایستگاه کرمان تا سال ۲۱۰۰ شبیه‌سازی شده است. (Kohi & Sanaeinejad, 2012) بررسی سناریوهای تغییر اقلیم براساس نتایج حاصل از دو روش SDSM تحت دو سناریوی A₂ و B₂ و LARS-WG تحت دو سناریوی A₂ در منطقه ارومیه انجام دادند. در تحقیقی دیگر (Chu et al., 2011) در چین با استفاده از مدل HadCM₃ تحت دو سناریوی B₂ و A₂ متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی و دما را شبیه‌سازی نمودند، نتایج بیانگر عملکرد خوب مدل در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی بود (Malcolm et al., 2009). شش مدل آماری و تابع انتقالی از جمله مدل SDSM و دو مدل دینامیکی را برای شبیه‌سازی بارش‌های سنگین در دو ایستگاه هواشناسی شمال غرب و جنوب شرق کشور انگلستان مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه‌گیری کردند که مدل‌های آماری و تابع انتقالی از دقت بیشتری برخوردار هستند. از بین این مدل‌ها، مدل SDSM در بسیاری از موارد نتایج بهتر نسبت به بقیه ارائه می‌نماید.

مواد و روش‌ها

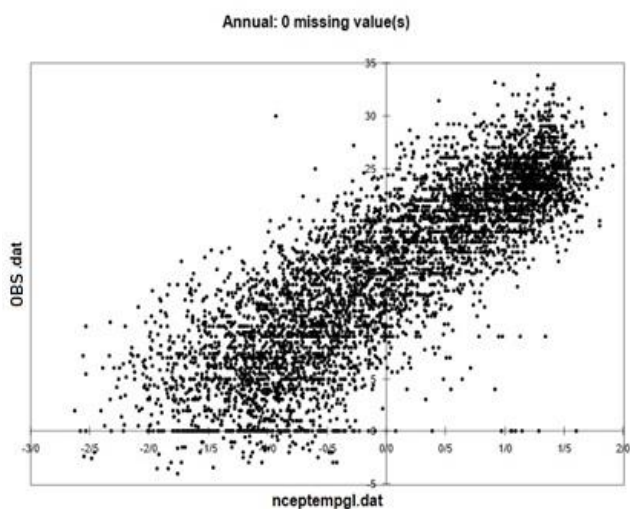
منطقه مورد مطالعه

هورالعظیم معرب ابرهور یا ابرخوز به معنای هور بزرگ، هورالهویزه (معرب هور هویزه) یا تالاب بزرگ هویزه بزرگ‌ترین تالاب استان خوزستان و یکی از بزرگ‌ترین تالاب‌های ایران است. تالاب در



شکل (۱): موقعیت تالاب هورالعظیم

انجام شد. متغیرهای مورد استفاده در کالیبره نمودن مدل شامل میانگین دما، میانگین فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال داده‌های NCEP می‌باشند. بعد از تعیین متغیرهای مناسب نسبت به کالیبره کردن مدل اقدام شد. جدول (۱) ضریب پارامترهای مدل جهت شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. ضریب تبیین در میانگین فشار سطح دریا بالاترین مقدار و در ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال کمترین مقدار را دارد. خطای استاندارد در ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال بیشترین مقدار و در میانگین فشار سطح دریا کمترین مقدار را داراست. همچنین شاخص دوربین- واتسون میانگین فشار سطح دریا بالاترین مقدار و در ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال کمترین مقدار را دارد. در مدل SDSM نتایج حاصل از مرحله کالیبراسیون در یک فایل با فرمت استاندارد و پسوند PRA* ذخیره می‌شود که در موقع لزوم می‌توان از آن جهت شبیه‌سازی استفاده نمود. به منظور انتخاب مناسب‌ترین متغیر مستقل، از شاخص‌های ضریب همبستگی و نمودار پراکندگی نقاط استفاده شد. شکل (۲) نمودار پراکندگی داده‌های مشاهده شده ایستگاه بستان را در مقابل داده‌های میانگین دمای NCEP نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، این داده‌ها از درجه همبستگی بالایی با یکدیگر برخوردار هستند. براساس این نمودار، می‌توان از متغیر مستقل میانگین دمای داده‌های NCEP برای شبیه‌سازی میانگین دما در ایستگاه بستان استفاده نمود.



شکل (۲): نمودار پراکندگی میانگین دمای مشاهده‌ای بستان در مقابل میانگین دمای داده‌های NCEP

داده‌های استفاده شده در تحقیق: داده‌های دما ایستگاه سینوپتیک بستان، داده‌های مرکز ملی پیش بینی متغیرهای محیطی کانادا و داده‌های HADCM₃ مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های ایستگاه بستان از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ جهت کالیبره نمودن و واسنجی مدل مورد استفاده قرار گرفتند. بدین منظور این داده‌ها ابتدا به فرمت قابل قبول مدل SDSM تبدیل شدند. (هر یک از متغیرها در مقیاس روزانه و به ترتیب در یک ستون جداگانه و به صورت فایل متنی آماده شدند.) خروجی این مدل‌ها بدون هیچ تغییری و به طور مستقیم قابل استفاده در مدل SDSM می‌باشند.

مدل SDSM: این مدل اولین بار در سال (Wilby et al., 2001) تحت عنوان نسخه ۲/۱ ارائه شد. در سال ۲۰۰۳، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷ به ترتیب نسخه ۲/۲، ۳/۲ و ۴/۲ که توسعه یافته نسخه ۲/۱ می‌باشد. در این تحقیق از نسخه ۴/۲ جهت ریزمقیاس‌نمایی شاخص‌های دمایی استفاده شد. این مدل از نوع مدل‌های تابع انتقالی است در واقع بهترین هیبریدی از مدل‌های رگرسیونی و مدل‌های آماری به حساب می‌آید. تاکنون کارایی آن در نقاط مختلف جهان مورد ارزیابی قرار گرفته است. به طوری که نسبت به سایر مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی نتایج رضایت بخشی را ارائه نموده است. این مدل قادر است در هر مرحله اجرا، بین ۱ تا ۱۰۰ بار داده‌ها را شبیه‌سازی نماید (Abkar et al., 2012). این مدل با استفاده از داده‌های بازتحلیل شده مرکز ملی پیش‌بینی داده‌های محیطی آمریکا یا سایر مراکز تحقیقاتی در این خصوص، قابلیت پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی مانند دما و بارش تا سال ۲۱۰۰ را دارد. اما قبل از پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی تحت سناریوهای تغییر اقلیم نیاز است مدل SDSM واسنجی شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نوع و زمان داده‌های بازتحلیل شده بر نتایج این مدل موثر است (Koukidis & Berg, 2009).

نتایج

متغیرهای مستقل جهت پیش‌بینی شاخص دمایی و کالیبره کردن مدل: در مدل‌های تابع انتقالی مانند SDSM قبل از کالیبره کردن مدل لازم است متغیرهای اقلیمی که بیشترین همبستگی را با متغیر موردنظر دارند، تعیین شود. در این تحقیق برای بررسی رابطه دما با متغیرهای مستقل اتمسفری (NCEP)، مراحل انتخاب متغیرها و کالیبره کردن مدل به صورت مستقل

جدول (۱): ضریب پارامترهای مدل جهت شبیه‌سازی

ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال			ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال			میانگین فشار سطح دریا			میانگین دما			ماه
R ²	SE	Durbin-Watson	R ²	SE	Durbin-Watson	R ²	SE	Durbin-Watson	R ²	SE	Durbin-Watson	
۰/۶۱	۵/۵۴۲	۰/۶۶۹	۰/۸۴	۵/۱۹۲	۰/۸۶۲	۰/۷۵	۴/۹۹۵	۰/۹۱	۰/۷۰	۵/۵۴۹	۰/۶۹۲	ژانویه
۰/۶۶	۴/۲۷۶	۰/۷۷۲	۰/۷۹	۴/۳۴۹	۰/۷۵۷	۰/۶۹	۴/۲۹۲	۰/۷۵۲	۰/۵۲	۴/۳۱۱	۰/۷۵۶	فوریه
۰/۵۰	۴/۴۵۷	۰/۹۲۸	۰/۶۵	۴/۳۲۲	۱/۰۴۱	۰/۷۴	۴/۱۲۳	۱/۱۱۲	۰/۵۳	۴/۳۶۱	۱/۰۱	مارس
۰/۶۶	۵/۲۷۳	۰/۶۱	۰/۹۱	۵/۰۴۷	۰/۶۸۶	۰/۶۸	۴/۵۰۷	۰/۸۷	۰/۵۸	۴/۹۵۷	۰/۷۱۲	آوریل
۰/۷۲	۵/۶۳۷	۰/۳۶۸	۰/۹۹	۵/۱۰۳	۰/۴۸۹	۰/۵۲	۴/۶۸۴	۰/۵۸	۰/۵۱	۵/۲۵۲	۰/۴۸۲	می
۰/۶۱	۴/۶۹۶	۰/۵۱۸	۰/۷۵	۴/۲۰۷	۰/۶۵۷	۰/۵۵	۴/۰۷۷	۰/۷۲	۰/۵۲	۴/۴۴۴	۰/۶۵۲	جون
۰/۶۳	۳/۸۴۶	۰/۷۶۸	۰/۶۱	۳/۷۳۸	۰/۸۱	۰/۴۶	۳/۷۵۸	۰/۷۸	۰/۵۴	۳/۸۲۰	۰/۷۶۹	جولای
۰/۵۳	۲/۷۰۳	۰/۹۸۵	۰/۵۸	۲/۶۴۷	۱/۰۴۳	۰/۵۵	۲/۶۴۹	۱/۰۴	۰/۵۷	۲/۶۹۱	۰/۹۹۸	اگوست
۰/۷۹	۳/۴۱۸	۰/۸۹۴	۰/۴۷	۳/۴۹۴	۰/۸۱۳	۰/۸۶	۳/۴۰۴	۰/۸۸۴	۰/۹۴	۳/۳۸۹	۰/۹۴۲	سپتامبر
۰/۵۸	۴/۱۲۵	۰/۶۱	۰/۵۳	۳/۸۵۳	۰/۷۲	۰/۷۸	۳/۷۰۴	۰/۸۱	۰/۶۰	۳/۹۳۹	۰/۶۹۵	اکتبر
۰/۴۲	۵/۳۸۴	۰/۲۷۸	۰/۶۳	۴/۵۹۶	۰/۴۴	۰/۵۹	۴/۰۴۲	۰/۵۹۴	۰/۶۵	۴/۷۵۷	۰/۴۳۱	نوامبر
۰/۴۶	۶/۲۵۶	۰/۴۰۷	۰/۵۲	۵/۱۶۰	۰/۶۳	۰/۴۵	۴/۶۵۴	۰/۸۱۵	۰/۷۸	۶/۰۵۸	۰/۴۶۷	دسامبر
۰/۵۶	۴/۶۳۴	۰/۶۵۴	۰/۵۸	۴/۳۰۰	۰/۷۳۲	۰/۶۲	۴/۰۷۴	۰/۸۲۳	۰/۸۷	۴/۴۶۱	۰/۷۲	میانگین

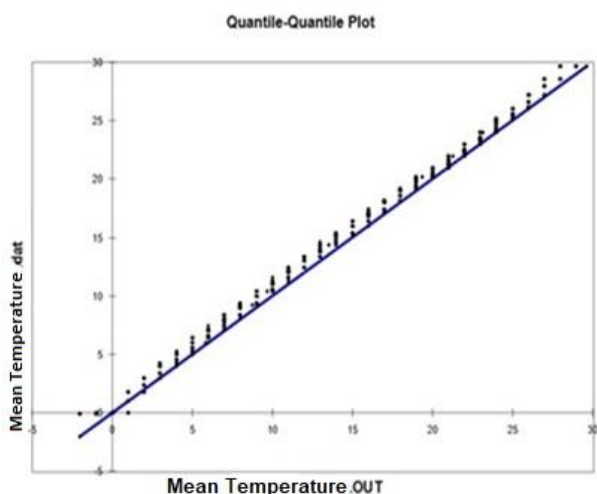
SE خطای استاندارد، R² ضریب تعیین

جدول (۲): مقادیر داده‌های مشاهده شده، شبیه‌سازی شده و انحراف معیار داده‌ها در دوره ارزیابی مدل ایستگاه بستان

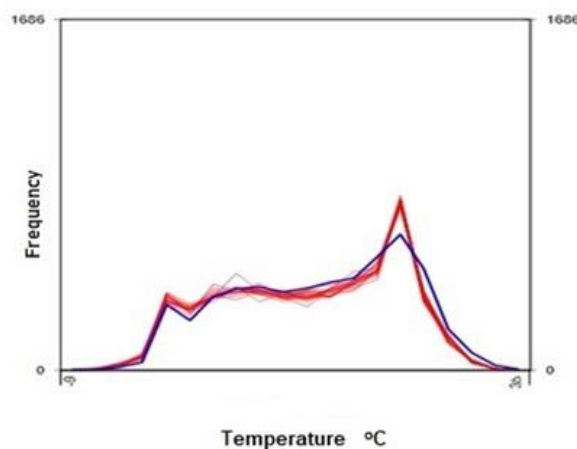
ماه	میانگین دما	
	مشاهده شده	مدل سازی شده
ژانویه	۷/۱۴	۷/۸۹
فوریه	۹/۰۰	۱۰/۶۰
مارس	۱۲/۲۴	۱۳/۹۳
آوریل	۱۷/۶۳	۱۸/۴۱
می	۲۳/۰۰	۲۴/۰۹
جون	۲۵/۶۸	۲۷/۷۳
جولای	۲۷/۹۶	۲۸/۳۱
اگوست	۲۷/۹۳	۲۷/۰۸
سپتامبر	۲۴/۰۵	۲۵/۶۴
اکتبر	۱۹/۵۱	۱۹/۸۸
نوامبر	۱۴/۰۵	۱۵/۵۰
دسامبر	۱۹/۱۱	۱۰/۲۴
زمستان	۸/۴۰	۹/۴۰
بهار	۱۷/۶۲	۱۸/۳۳
تابستان	۲۷/۲۰	۲۹/۸۶
پاییز	۱۹/۲۱	۲۰/۴۲
سالانه	۱۸/۱۶	۱۹/۳۵

شبیه‌سازی شاخص‌ها در دوره پایه با استفاده از خروجی مدل‌های جهانی: شکل‌های (۳) توزیع فراوانی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و شکل (۴) نمودار پراکنش داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده با متغیرهای NCEP (جدول ۱) را نشان می‌دهد. بر اساس شکل (۳)، مدل SDSM در شبیه‌سازی میانگین دما از دقت قابل قبولی برخوردار است و توانسته است دما را با دقت به نسبت مناسبی برآورد نماید. نمودار پراکنش داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده هم نشان می‌دهد این داده‌ها در امتداد یک خط راست توزیع شده‌اند، بنابراین از تطابق نسبتاً خوبی با یکدیگر برخوردار هستند. بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین دمای سالانه مشاهده شده ۱۸/۱۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه داده‌های شبیه‌سازی شده ۱۹/۳۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. انحراف معیار میانگین دما نیز ۰/۰۹۸ درجه سانتی‌گراد به دست آمد.

شبیه‌سازی‌ها در سه دوره سی ساله ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ صورت گرفته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین دما در دهه‌های آتی در این ایستگاه افزایش خواهد یافت. همچنین میانگین دما بر اساس سناریوی A₂ افزایش بیشتری را در مقایسه با سناریوی B₂ نشان می‌دهد.



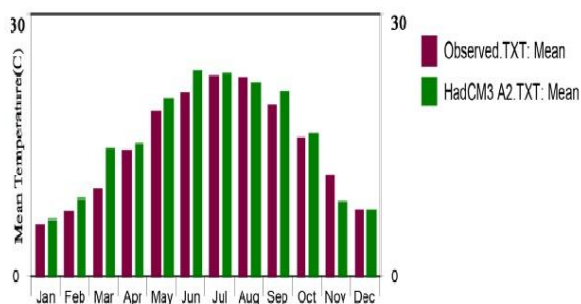
شکل (۴): نمودار پراکنش داده‌های مشاهده شده در مقابل داده‌های شبیه‌سازی شده



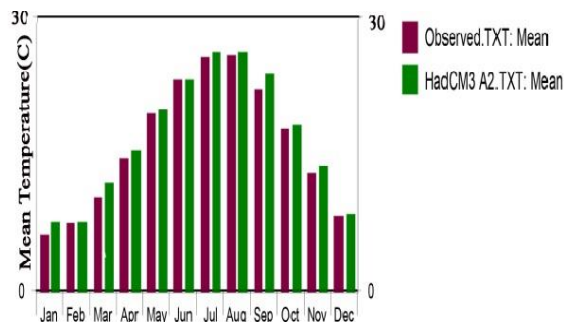
شکل (۳): فراوانی داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده

شبیه‌سازی میانگین دما با مدل HadCM₃ تا سال ۲۱۰۰

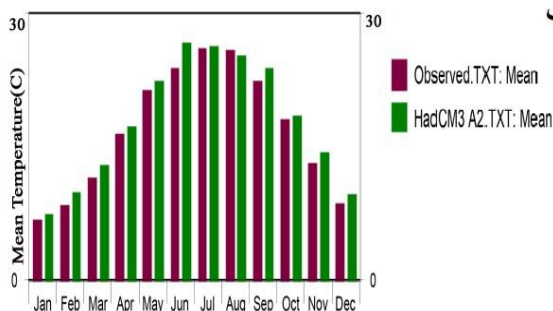
شبیه‌سازی میانگین دما با مدل HadCM₃ تحت سناریوهای A₂ و B₂ تا سال ۲۱۰۰ برای ایستگاه بستان در شکل‌های (۶ و ۷) آورده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود،



الف

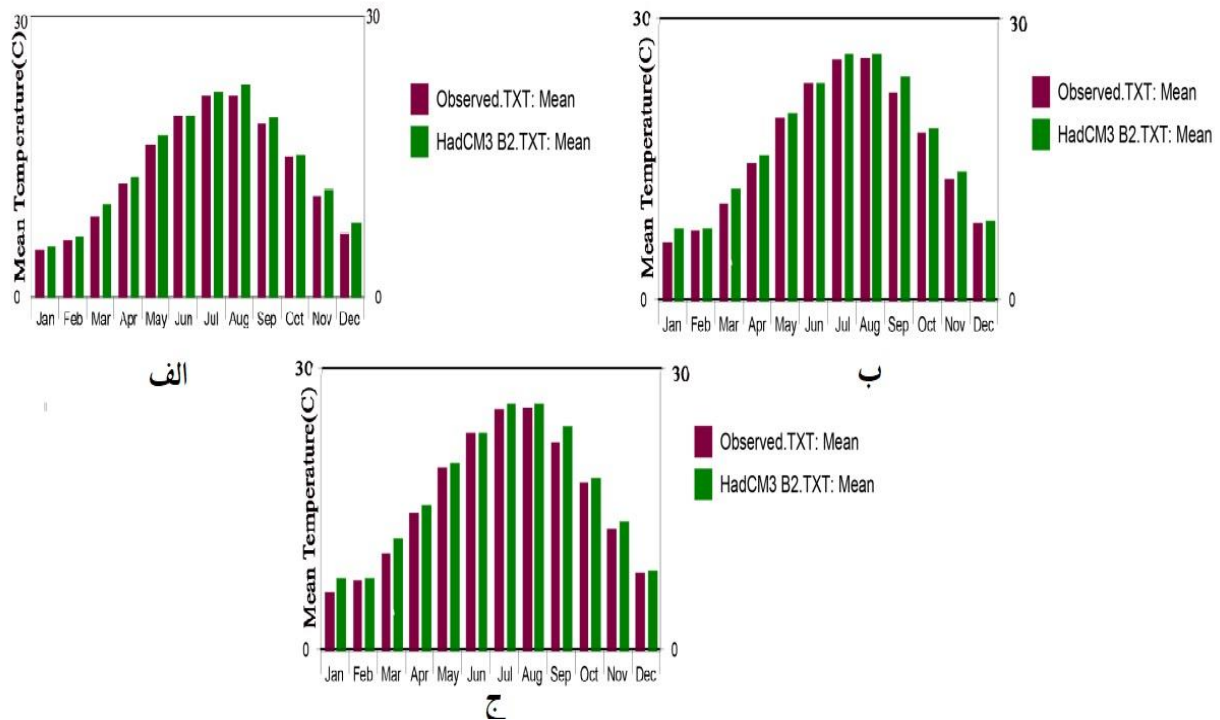


ب



ج

شکل (۶): مقایسه میانگین ماهانه دمای مشاهده شده (دوره پایه) و شبیه‌سازی شده در دوره (الف) ۲۰۱۰-۲۰۳۹ (ب) ۲۰۴۰-۲۰۶۹ (ج) ۲۰۷۰-۲۰۹۹ بر اساس سناریوی A₂ مدل HadCM₃



شکل (۷): مقایسه میانگین ماهانه دمای مشاهده‌شده (دوره پایه) و شبیه‌سازی شده در دوره (الف) ۲۰۱۰-۲۰۳۹ (ب) ۲۰۴۰-۲۰۶۹ (ج) ۲۰۷۰-۲۰۹۹ بر اساس سناریوی مدل $HadCM_3$ B₂

نتیجه‌گیری

روش‌های مختلفی برای ریز مقیاس نمودن خروجی شبیه‌های گردش عمومی جو وجود دارد که از منطق خاصی پیروی می‌کند. از این رو می‌توان انتظار داشت که استفاده از روش‌های مختلف نتایج متفاوتی را به دنبال داشته باشد که یکی از مهم‌ترین دلایل آن عدم قطعیت روش‌های مدنظر است. زیرا، در مطالعات تغییر اقلیم، منابع عدم قطعیت مختلفی بر نتایج نهایی تاثیر می‌گذارند. در این تحقیق کارایی مدل SDSM جهت شبیه‌سازی دما مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از دوره ارزیابی با استفاده از داده‌های NCEP و همچنین نتایج حاصل از شبیه‌سازی دوره پایه با استفاده از داده‌های مدل $HadCM_3$ نشان داد که مدل SDSM در شبیه‌سازی متغیرهایی همچون: میانگین دما از توانایی قابل قبولی برخوردار است و داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های مشاهداتی مطابقت دارد. نتایج این تحقیق با نتایج (Dastranj et al., 2015; Dehghan et al., 2014; Ajamzadeh & Molaeinia, 2013; Rezaee et al., 2013; Abkar et al., 2012; Kohi & Sanaeinejad, 2012; Chu et al., 2011; Malcolm et al., 2009) مطابقت دارد.

در حال حاضر تالاب هورالعظیم به دلایل متعددی با مشکلات

جدی مواجه است که از جمله آن‌ها، تغییرات اقلیمی است. بارش‌ها در مناطق کاهش داشته، اما تبخیر افزایش یافته است. این موضوع سبب خشکسالی تالاب می‌شود. تالاب هورالعظیم از اکوسیستم‌های با ارزشی است که در دهه‌های اخیر به دلیل تغییرات اقلیمی و خشکسالی مورد تهدید قرار گرفته. بنابراین، مدیریت تالاب‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیازمند استفاده از یک رویکرد فرانگر و جامع است. نتایج نشان‌دهنده افزایش میانگین دما تا سال ۲۱۰۰ است. در بین دهه‌های مورد مطالعه، دهه آخر قرن ۲۱ میلادی بیشترین افزایش دما را نسبت به دوره پایه خواهد داشت. در جمع‌بندی کلی، تحلیل تغییرات دما نشان داد که اقلیم منطقه در حال تغییر بوده و روند افزایش دما و گرم شدن نسبی را سپری می‌کند. بنابراین، ضروری است که مسئولین و برنامه‌ریزان استان در بخش‌های کشاورزی و منابع آب راهکارهای لازم را برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط آب و هوایی جدید اتخاذ نمایند. اثر خشکسالی بر محیط فیزیکی تالاب با کاهش مواد غذایی موجود در سطح خاک در اثر افزایش فرسایش بادی، افزایش فرسایش‌های بادی و آبی در منطقه، کاهش نقل و انتقالات مواد غذایی در خاک، افزایش توفان‌های گرد و خاک و

بین رفتن مشاغل سنتی مانند کشاورزی و دامداری، افزایش بیکاری و گسترش فقر در منطقه، گسترش مشاغل کاذب و قاچاق در منطقه، گسترش بیماری‌های مختلف، افزایش هزینه‌های آبیاری و علوفه، کاهش شدید درآمد زراعت و دامداران و کاهش تولیدات دامی و گیاهی و بدهی کشاورزان و دامداران به سیستم بانکی کشور نشان داده شده است. با توجه به این موارد ضروری است تا برنامه جامعی برای مقابله با این معضل و مدیریت تالاب هورالعظیم دیده شود.

تخریب بافت و ساختمان خاک همراه می‌باشد. اثر خشکسالی بر محیط بیولوژیکی با کاهش تنوع زیستی منطقه، کاهش پوشش گیاهی و به تبع آن جانوران منطقه، تلف شدن وحوش و آبیان منطقه، اختلال در تولید مثل وحوش، حمله وحوش به اراضی زراعی و روستاها و آسان‌تر شدن شکار آنها و آسیب‌پذیری در اثر شکار، تغییر در عادات غذایی و مهاجرت حیات وحش، افزایش بیماری‌های حیات وحش و هجوم حشرات به پوشش گیاهی بومی منطقه اثر می‌گذارد. اثر خشکسالی بر محیط اقتصادی- اجتماعی به روی مهاجرت روستاییان به شهرهای اطراف از جمله اهواز، از

فهرست منابع

- Abkar, A. J.; Habibnejad, M.; Soleimani, K. & Naghavi, H. 2012. Evaluation of the efficiency of SDSM model in simulating temperature indices in arid and semi-arid regions, Journal of Irrigation and Water Engineering, Fourth Year, No. 14. (in persian)
- Ajamzadeh, A. & Molaeinia, M. R. 2013. Comparison of the performance of SDSM and LARS-WG microscopic methods (Case study: Tangab station in Fars province), the first national environmental conference of Payame Noor University. (in persian)
- Bigne, S. & Heidari Qaraei, H. 2012. Factors Affecting Drought in Jazmourian Wetland, Second National Conference on Sustainable Agricultural Development and Healthy Environment. (in persian)
- Chu, J.T.; J. Xia, C.; Xu Y. & Singh, V. P. 2011. Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios In Haihe river, China, Theoretical and Applied Climatology, 99: 149-161.
- Dastranj, A.; Shahbazi, A.; Mohseni Sarvi, M.; Salehansab, A. & Jafari, Sh. K. 2015. Climate modeling and comparison of changes in climatic parameters in the northern and southern fronts of Alborz using the SDSM model, Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 10:(32) 11-26. (in persian)
- Dehghan, Z.; Fathian, F. & Islamians, S. 2014. Comparative evaluation of LARS-WG and IDW, SDSM models for simulation and micro-scale of temperature and precipitation, Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries), 29: (5) 1376-1390. (in persian)
- Fung, F.; Lopez, A. L. & New, M. 2011. Modeling the impact of climate change on water resources. Wiley-Blackwell, (187):43-62.
- Kohi, M. & Sanaeinejad, H. 2012. Investigation of Climate Change Scenarios Based on the Results of Two Statistical Microscale Methods for Reference Evapotranspiration Variable in Urmia Region, Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 4: (7) 574-559. (in persian)
- Koukidis, E. N. & Berg, A. A. 2009. Sensitivity of the statistical downscaling model (SDSM) to reanalysis products, Atmosphere-Ocean, 47(1), 1-18.
- Malcolm, R.; Harpham, H.; Wilby, R. L. & Goodees, C. 2006. Downscaling heavy precipitaion over the united kingdom: A comparison of dynamical and statistical methods and their future scenarious. International journal of climatology. (9): 1397-1415.
- Mander, W.J. 1994. Dictionary of global climatic change. 2nd edn, VCL press, London, England, 262 pp.
- Nazimalsadat, M. J.; Samani, N. & Molainiko, M. 2005. Climate change in the south and southwest of Iran from the perspective of precipitation observations, on the interaction with the El Nino phenomenon of southern fluctuations, Journal of Agricultural Science, 28: (2) 1 -81.

Rezee, M.; Nahtani, M.; Moghaddamnia, A. R.; Abkar, A. J. & Rezaee, M. 2014. Comparison of artificial neural network and SDSM methods in microscaling the annual rainfall simulated with HadCM₃ (Case study: Kerman, Ravar and Rabar), Journal of Water Resources Engineering, 8th year, pp. 25-25. (in persian)

Rezee, M.; Nahtani, M.; Moghaddamnia, A. R.; Abkar, A. J. & Mirkazehi, m. 2014. Evaluation of the efficiency of SDSM statistical exponential microscale model in predicting temperature parameters in arid and sub-arid climates (Case study: Kerman, Bam), Watershed Management Research Journal, 5: (10) 131-117. (in persian)

Samadi, Z.; Masah Bovani, A. R. & Mahdavi, M. 2007. Introduction of Artificial Neural Network Method and SDSM Model for Small-Scale Statistics of Temperature and Rainfall Data, 3rd Water Resources Engineering Conference, University of Tabriz. (in persian)

Semenov, M. A. & Brooks, R. J. 1998. Comparison of the WGEN and LARSWG stochastic weather generators for diverse climates, Climate research, 10: 95-107.

Wilby, R.; Dawson, C.W. & Barrow, E. M. 2001. SDSM a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, Environ model & softwer 17:145-157.