

ارزیابی مقایسه‌ای مدل‌های SDSM، IDW و LARS-WG

برای شبیه‌سازی و ریزمقیاس کردن دما و بارش

زهره دهقان^{۱*} - فرشاد فتحیان^۲ - سعید اسلامیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۸

چکیده

یکی از مشکلات خروجی مدل‌های GCM بزرگ مقیاس بودن آنها است که استفاده از ابزارهای ریزمقیاس را برای تبدیل داده‌های بزرگ مقیاس جهانی به داده‌های اقلیمی برای منطقه مورد نظر ضروری کرده است. بدین منظور، مدل‌ها و روش‌های مختلفی توسعه یافته‌اند که قطعیت و صحت نتایج هر کدام از آنها در منطقه مورد نظر می‌بایست بررسی گردد تا بتوان به نتایج واقعی‌تری در آینده دست یافت. در مطالعه حاضر، عملکرد مدل‌های SDSM، IDW و LARS-WG برای ریزمقیاس کردن داده‌های دما و بارش ایستگاه سینوپتیک پارس آباد، مقایسه و ارزیابی شدند. کالیبراسیون و صحت‌سنجی دو مدل SDSM و LARS-WG در مورد دما نشان داد که دو مدل دارای توانایی بیشتری در شبیه‌سازی دما نسبت به بارش می‌باشند و در تمام مدل‌ها، برای بیشتر ماه‌های گرم، افزایش دما مشاهده گردید. بطور کلی، نتایج نشان دادند که هر سه مدل عملکرد مشابه و خوبی برای شبیه‌سازی و ریزمقیاس کردن داده‌های دما دارند. در مورد بارش نتایج سه مدل تفاوت قابل توجهی نسبت به یکدیگر نشان دادند و شدت کاهش و افزایش بارش نسبت به دوره پایه در مدل IDW نسبت به دو مدل دیگر بیشتر و در مدل LARS-WG نسبت به دو مدل دیگر کمتر است. اما در مورد تبخیر و تعرق محاسبه شده، نتایج دو مدل SDSM و IDW حاکی از افزایش تبخیر و تعرق در تمامی ماه‌ها حتی به میزان ناچیز و حداکثر در اواخر بهار و تابستان می‌باشد. در حالی که، تبخیر و تعرق محاسبه شده در مدل LARS-WG برآورد بسیار پایین‌تری را نسبت به دوره پایه نشان داده است که حاکی از توانایی پایین مدل در محاسبه این متغیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پارس آباد، تغییر اقلیم، داده‌های اقلیمی، مدل‌های GCM

مقدمه

اقلیمی جهانی (GCM) تحت سناریوهای انتشار مختلف، به منظور دانستن وضعیت و استراتژی‌های سازگاری با تغییر اقلیم استفاده می‌شود. بزرگ مقیاس بودن داده‌های خروجی مدل‌های GCM موجب استفاده از ابزارهای ریزمقیاس کردن می‌گردد تا بتوان داده‌های بزرگ مقیاس جهانی را به داده‌های اقلیمی برای منطقه مورد نظر تبدیل کرد. در بیشتر بررسی‌های انجام شده در زمینه تغییر اقلیم در یک منطقه خاص، تنها از یک روش ریزمقیاس کردن برای تولید داده‌های اقلیمی در دوره‌های آینده استفاده شده است (۷ و ۲۳). نادیده گرفتن روش‌های موجود از میزان قطعیت خروجی در مراحل متفاوت ارزیابی تحت تاثیر تغییر اقلیم، می‌کاهد. بهترین ابزار برای ارزیابی اثرات پدیده تغییر اقلیم مدل‌های عددی AOGCM^۴ می‌باشند که فرآیندهای فیزیکی در اتمسفر، اقیانوس، کربوسفر و سطح زمین و تغییرات سیستم آب و هوای جهانی را در پی افزایش غلظت گاز گلخانه‌ای شبیه‌سازی می‌نمایند. این مدل‌ها، اقلیم جهانی را در یک

تحت تاثیر اثرات واگرا ناشی از افزایش غلظت CO₂، تغییراتی منفی مانند افزایش دما و تغییر الگوهای بارش، تغییر در میزان دسترسی به آب، تغییرات شدید آب و هوایی (نظیر سیل، طوفان‌های سنگین و خشکسالی) فرسایش خاک و دیگر پیامدهای زیست محیطی را می‌توان نام برد. با وجود محدود کردن روابط پیچیده بین برخی از عوامل اقلیمی و محیطی هنوز فعل و انفعالات پیچیده بین عوامل مختلف به خصوص رویدادهای شدید به خوبی شناخته نشده اند (۱۰). پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های

۱ و ۳- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* - نویسنده مسئول: (Email: z.dehghan@ag.iut.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

قادر به مدل سازی دوره گذشته و همچنین تولید داده های گم شده و خلاءهای آماری نیز می‌باشد. در مطالعه‌ای در همچنین در برخی مطالعات با بررسی نتایج دو مدل LARS-WG و SDSM به منظور معرفی و انتخاب مدل مناسب برای ریزمقیاس نمودن داده‌های اقلیمی کرمانشاه استفاده نمودند (۵). به منظور بررسی آسیب پذیری تحت شرایط تغییر اقلیم در بالادست حوضه رودخانه تامس نتایج مدل LARS-WG و SDSM را برای حداکثر و حداقل دما و میزان بارش باهم مقایسه شدند و مدل LARS-WG نتایج قابل قبولی را برای داده‌های دما بدست آورد اما مدل SDSM روند فصلی را به خوبی شبیه سازی می‌کند (۱۶). با توجه به آنچه گفته شد بطور کلی، هدف از این تحقیق ارزیابی و مقایسه نتایج ریز مقیاس داده‌های دمای میانگین، بارش و تبخیر و تعرق در دوره‌های آتی با استفاده از سه مدل IDW, LARS-WG و SDSM به منظور معرفی مدل با بهترین عملکرد در منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور مقایسه نتایج، بین روش‌های مختلف و انتخاب بهترین روش ریزگردانی، متغیرهای اقلیمی دمای میانگین و بارش برای منطقه مورد نظر از سه مدل IDW, SDSM و LARS-WG برای ریز مقیاس نمودن داده‌های خروجی مدل HADCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 برای دو روش IDW و SDSM و تحت سناریوی A2 و B1 برای مدل LARS-WG استفاده شده است. علاوه بر این، به منظور مقایسه بهتر عملکرد سه مدل مقادیر تبخیر و تعرق محاسبه گردید. تبخیر و تعرق در دو مدل IDW و SDSM به روش فائو پنمن مونتیث و در مدل LARS-WG توسط از تبخیر و تعرق خروجی خود مدل و با استفاده از روش پرسی تیلور و نیز مجدد روش فائو پنمن مونتیث محاسبه می‌گردد. در ادامه به شرح مختصری از این روش‌ها پرداخته شده است.

IDW

در این تحقیق از روش وزن دهی عکس فاصله (IDW) استفاده گردید که میان‌یابی نقاط نمونه در طول میان‌یابی وزن دهی شده‌اند. این روش با استفاده از مقادیر نقاط یا سلول‌های معلوم به برآورد مقادیر نامعلوم سایر نقاط می‌پردازد. به طوری که تاثیر یک نقطه نسبت به نقطه دیگر با فاصله از نقطه نامعلوم که می‌خواهیم ساخته شود، کاهش می‌یابد.

شبکه سه بعدی، برای کل جهان شبیه‌سازی و به تصویر می‌کشند که با این وضوح قادر به نشان دادن جزئیات تغییرات اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای نمی‌باشند (۱۴). بنابراین برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای و محلی نیاز به توسعه ابزارهای ریزگردانی می‌باشد (۱۸ و ۱۵).

در تحقیقی با استفاده از روشی متفاوت و با استفاده از مدل سری زمانی ARIMA و توزیع احتمالی داده‌ها، به بررسی تغییر اقلیم شهرستان کرمانشاه پرداختند (۶). یکی دیگر از روش‌های ارزیابی اثر پدیده تغییر اقلیم روش تناسبی، می‌باشد که در تحقیق آشفته و همکاران (۲) استفاده شده است. مطالعه آنها نشان داد که علیرغم استفاده از سناریوهای یکسان در چند مدل ریز مقیاس گردانی، نتایج متفاوت در وضعیت آبی بارندگی در نقاط مختلف قابل توجه است. این اختلاف را ناشی از ساختار دینامیکی و طرح واره‌های فیزیکی و محاسباتی مختلف مورد استفاده در حل معادلات حرکت هوا ذکر کرده‌اند (۱). در مطالعه‌ای در اهواز از روش ناپارامتریک نزدیک‌ترین همسایگی (K-NN) استفاده و بیان در نهایت نتیجه‌گیری گردید که مدل در ریز مقیاس نمودن داده‌های اقلیمی دارای توانایی بالایی می‌باشد (۲۱). روش‌های کلی ریز مقیاس نمودن به دو روش‌های دینامیکی و آماری تقسیم بندی می‌گردند.

مدل SDSM یکی از مدل‌های آماری می‌باشد که ارزیابی‌های بسیاری با این مدل انجام شده است و نتایج قابل قبولی بدست آمده است (۱۹ و ۲۵). در مطالعه‌ای در کرمانشاه برای بررسی اثرات تغییر اقلیم از مدل SDSM برای خروجی‌های دو مدل CGCM1 و HadCM3 تحت سه سناریوی A2، B2 و A1 استفاده شده است (۱۷). در ارزیابی تغییرات دما و بارندگی در حوضه زاینده رود از روش IDW برای دو سناریوی A2 و B2 و بکارگیری مدل Hadcm3، برای ریز مقیاس کردن داده‌ها استفاده شد (۱۱). این روش در تحقیقات مختلفی به منظور درون‌یابی کمیت مورد نظر برای اهدافی مختلف استفاده شده است (۴). مساح و همکاران به منظور مقایسه روش‌های مختلف ریز مقیاسی و انتخاب روشی با بهترین عملکرد از دو روش IDW و کریجینگ در حوضه زاینده رود استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که دو روش تفاوت معنی داری باهم ندارند (۱۲).

در تحقیقی با استفاده از دو مدل LARS-WG و ASD در سه ایستگاه مشهد، بجنورد و بیرجند نتیجه‌گیری‌ها نشان داد که در مدل ASD تغییرات بارش و نیز مقادیر حداکثر و حداقل دما نسبت به مدل LARS-WG کمتر و قابل قبول‌تر می‌باشد (۱۹). برای پیش‌بینی شرایط آب و هوایی مشهد با استفاده از مدل SDSM در تحقیقی دیگر LARS-WG برای HADCM3 استفاده گردید که نتایج، مدل را در پیش‌بینی تغییرات حداکثر و حداقل دما و میزان بارش در دوره‌های آتی قابل قبول دانسته است (۹ و ۲۰). دیگر مدل‌های استفاده شده در تحقیق حاضر، مدل LARS-WG است. این مدل

LARS-WG

این مدل توانایی مدل سازی دوره گذشته و آینده را دارد و از سری تولید کننده های داده های آب و هوایی می باشد. مدل برای طول سری های مرطوب و خشک بارش و تابش خورشیدی روزانه از توزیع نیمه تجربی بهره می گیرد. در این تحقیق از نسخه ۵,۵ مدل برای ریز مقیاس نمودن داده ها استفاده گردید. این توزیع نیمه تجربی به صورت زیر می باشد:

$$Emp = \{a_0, a_i, h_i, i=1, \dots, 10\} \quad (4)$$

که یک هیستوگرام با ۱۰ فاصله $[a_{i-1}, a_i]$ می باشد که $a_i < a_{i-1}$ و h_i نشان دهنده تعداد رخداد از داده های مشاهده شده در فاصله i ام است (۲۱).

با توجه اینکه مدل نسبت به فایل های ورودی دارای حساسیت بالایی می باشد تنها در صورتی که کاربر تسلط کامل به زبان برنامه نویسی مدل را دارا باشد قادر به ایجاد فایل سناریوی جدید در مدل می باشد که در اکثر موارد با مشکلات و خطاهای زیادی از طرف مدل مواجه می گردد که قادر به اجرای مدل نمی باشد. به همین دلیل ایجاد سناریوی جدید در مدل تقریباً امکان پذیر نبوده و از دو سناریوی تعریف شده در خود مدل (A2 و B1) برای دوره های آتی ۲۰۱۱-۲۰۳۹ و ۲۰۵۱-۲۰۸۰ در تحقیق استفاده گردید.

منطقه مطالعاتی

ایستگاه سینوپتیک پارس آباد در شمال استان اردبیل و در عرض جغرافیایی ۳۹/۳۹ و طول جغرافیایی ۴۷/۵۵ و ۳۲/۹ متر ارتفاع از سطح دریا واقع شده است. بر اساس داده های هواشناسی در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۷۱-۲۰۰۰) این منطقه، متوسط دمای سالانه ۱۵ درجه سانتی گراد و متوسط بارش سالانه تقریباً ۲۷۷ میلیمتر می باشد. (۱۳)

نتایج و بحث**کالیبراسیون و صحت سنجی**

شکل ۲ مقایسه بین مقادیر متوسط داده های مشاهده شده و کالیبراسیون شده با مدل SDSM و انحراف استاندارد آنها را برای دما (شکل ۲ الف) و بارش (شکل ۲ ب) ماهانه نشان می دهد. بررسی شکل ۲ الف نشان می دهد که مدل کالیبره شده SDSM مقادیر میانگین دما را به خوبی تخمین می زند در حالی که مدل مذکور مقادیر میانگین بارش ماهانه (شکل ۲ ب) را بخوبی دما تولید نکرده است. مقادیر دما شبیه سازی شده در تمامی ماهها مقدار اندکی بیشتر برآورد کرده است؛ اما در مورد بارش، مقادیر شبیه سازی شده برای ماه های فوریه، مارس، آوریل، می، سپتامبر و اکتبر بیشتر تخمین زده شده در حالی که برای شش ماه باقیمانده کمتر تخمین زده شده است. از طرف دیگر، Wilby و همکاران (۲۶) نشان دادند که مدل های

$$Z^*(x_j) = \frac{\sum \frac{Z(x_i)}{(h_{ij} + S)^\rho}}{\sum \frac{1}{(h_{ij} + S)^\rho}} \quad (1)$$

$Z^*(x_j)$ مقدار کمیت تخمین زده در نقطه j ، مقدار کمیت اندازه گیری شده در نقطه x_i ، h_{ij} فاصله بین نقطه $Z(x_i)$ و $Z(x_j)$ و S فاکتور همواری و ρ نمای وزن دهی می باشد. برای بدست آوردن سری زمانی سناریوهای اقلیمی در آینده مقدار ضرایب^۱ بدست آمده از IDW به مقادیر مشاهده شده افزوده می شود.

$$Change\ factor\ (DP) = \frac{P_{GCM, FUT}}{P_{GCM, BASE}} \quad (2)$$

$$Change\ factor\ (DT) = T_{GCM, FUT} - T_{GCM, BASE} \quad (3)$$

در روابط، T سری زمانی سناریوهای اقلیمی دما و P سری زمانی سناریوهای اقلیمی بارش می باشد. هرچه ρ کوچکتر انتخاب شود، میزان تاثیر نقاط دورتر بر مقدار نقطه مورد نظر بیشتر خواهد بود. این فاکتور باید بیشتر از صفر در نظر گرفته شود تا اگر نقاط نمونه گیری به نقطه مورد نظر خیلی نزدیک بود مخرج صفر نگردد (۱۱).

SDSM

در میان تکنیک های ریز مقیاس نمودن مدل SDSM، نمونه ای از ترکیب روش های تولید تصادفی داده های آب و هوایی و توابع انتقالی است. نسخه اول این مدل توسط CCIS^۲ منتشر شده است. در این تحقیق از نسخه ۴,۲,۹ مدل برای ریز مقیاس نمودن داده ها استفاده گردید این مدل عمل ریز مقیاس نمودن را در ۷ مرحله انجام می دهد. نتایج مناسب به شدت به انتخاب بهترین متغیرهای پیش بینی کننده^۳ بستگی دارد. مدل به منظور تولید داده های اقلیمی آینده از یک رابطه رگرسیونی با بالاترین درجه همبستگی بین داده های مشاهداتی و متغیرهای پیش بینی کننده استفاده می کند که می بایست با روش سعی و خطا بالاترین همبستگی بین متغیرهای پیش بینی کننده و متغیرهای پیش بینی شونده^۴ را بدست آورد (۲۴). جدول ۱ نام و توصیف بهترین متغیرهای پیش بینی کننده برای دما و بارش که دارای بالاترین همبستگی هستند را بر روی شبکه مدل HadCM3 نشان می دهد.

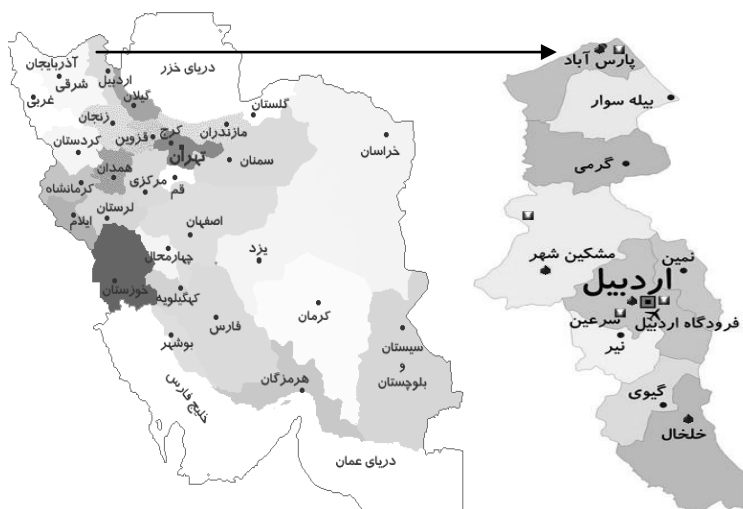
- 1- Change factor
- 2- Canadian Climate Impacts and Senarios
- 3- Predictor
- 4- Predictand

ریزمقیاس کردن غالباً توانایی کمتری در مدل کردن انحراف استاندارد (یا واریانس) با دقت بالا را دارند، در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۱- نام و توصیف پیش‌بینی کننده‌های منتخب دما و بارش

Table 1- List and description of the selected predictors of temperature and precipitation

نام و توصیف پیش‌بینی کننده بارش	نام و توصیف پیش‌بینی کننده دما
ncepmslpna متوسط فشار سطح دریا (پاسگال) Mean sea level pressure (Pa)	ncepp_zna حالت گردابی سطحی (زمان/۱) Surface vorticity (s^{-1})
ncepp5_una سرعت ناحیه‌ای 500hPa (متر بر ثانیه) 500 hPa zonal speed (m/s)	ncepp5_zna حالت گردابی 500hPa (زمان/۱) 500 hPa vorticity (s^{-1})
ncepp5_vna سرعت نصف‌النهاری 500hPa (متر بر ثانیه) 500 hPa meridional speed (m/s)	nceprhumna رطوبت نسبی سطحی (کیلوگرم بر کیلوگرم) Surface relative humidity (kg/kg)
ncepp500na رطوبت نسبی 500hPa (کیلوگرم بر کیلوگرم) 500 hPa relative humidity (kg/kg)	ncepsphuna رطوبت مشخص سطحی (کیلوگرم بر کیلوگرم) Surface specific humidity (kg/kg)



شکل ۱- موقعیت ایستگاه پارس آباد در استان اردبیل

Figure 1- Location of Pars Abad station in Ardebil province

داده‌های بارش (شکل ۳.ب) صحت‌سنجی شده‌اند. شکل ۴ نیز، نتایج بدست آمده با استفاده از مدل LARS-WG برای داده‌های دما و بارش را نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود، میانگین دما ماهانه برای تمام ماه‌ها با استفاده از مدل LARS-WG خیلی خوب مدلسازی شده‌اند (شکل ۴.الف)، اما در مورد بارش در ۹ ماه از سال مقادیر بارش ماهانه مدلسازی شده بیشتر از مقادیر مشاهداتی تخمین زده شده‌اند (شکل ۴.ب) و برای ماه‌های فوریه، ژوئن و اکتبر، مقادیر بارش مدلسازی شده و مشاهده‌ای اختلاف بسیار اندکی با یکدیگر دارند. در مورد انحراف استاندارد، مدل LARS-WG یک عملکرد نسبتاً متوسطی را در مورد دما و یک عملکرد خوبی را در مورد بارش نشان می‌دهد. به‌طوریکه مقادیر انحراف استاندارد میانگین دما ماهانه برای داده‌های شبیه‌سازی شده در تمامی ماه‌ها، پایین‌تر از انحراف استاندارد مشاهده‌ای می‌باشد (شکل ۴.الف). اما در مورد بارش، فقط در ۳ ماه جولای، سپتامبر و اکتبر مقادیر انحراف استاندارد مدلسازی شده و مشاهداتی با یکدیگر اختلاف دارند و در بقیه ماه‌های سال این

هرچند، همانطور که در شکل ۲.الف دیده می‌شود، مدل SDSM انحراف استاندارد مشاهده شده را بخوبی برای دما شبیه‌سازی می‌کند در حالی که در مورد بارش با دقت کمتری شبیه‌سازی می‌کند. تنها برای ۳ ماه از سال (فوریه، مارس و نوامبر) انحراف استاندارد کالیبره شده دما از مقدار مشاهده‌ای آن کمتر است و برای ۹ ماه باقیمانده، انحراف استانداردهای شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای دما در توافق خوبی (مقادیر نزدیک به یکدیگر) با یکدیگر هستند. در حالی که در مورد بارش، در بیشتر ماه‌ها انحراف استاندارد کالیبره شده از مقدار مشاهده‌ای آن کمتر است.

پس از انجام کالیبراسیون رضایت‌بخش، مدل SDSM با استفاده از داده‌های دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۰ (به عنوان یک مجموعه‌ای از داده‌ها خارج از دوره‌ای که مدل کالیبراسیون شده) صحت‌سنجی می‌شود و نتایج بدست آمده در شکل ۳ برای داده‌های دما و بارش نمایش داده می‌شود. بررسی نتایج و شکل‌ها نشان می‌دهند که مدل برای داده‌های دما (شکل ۳.الف) به‌طور موفقیت‌آمیزی نسبت به

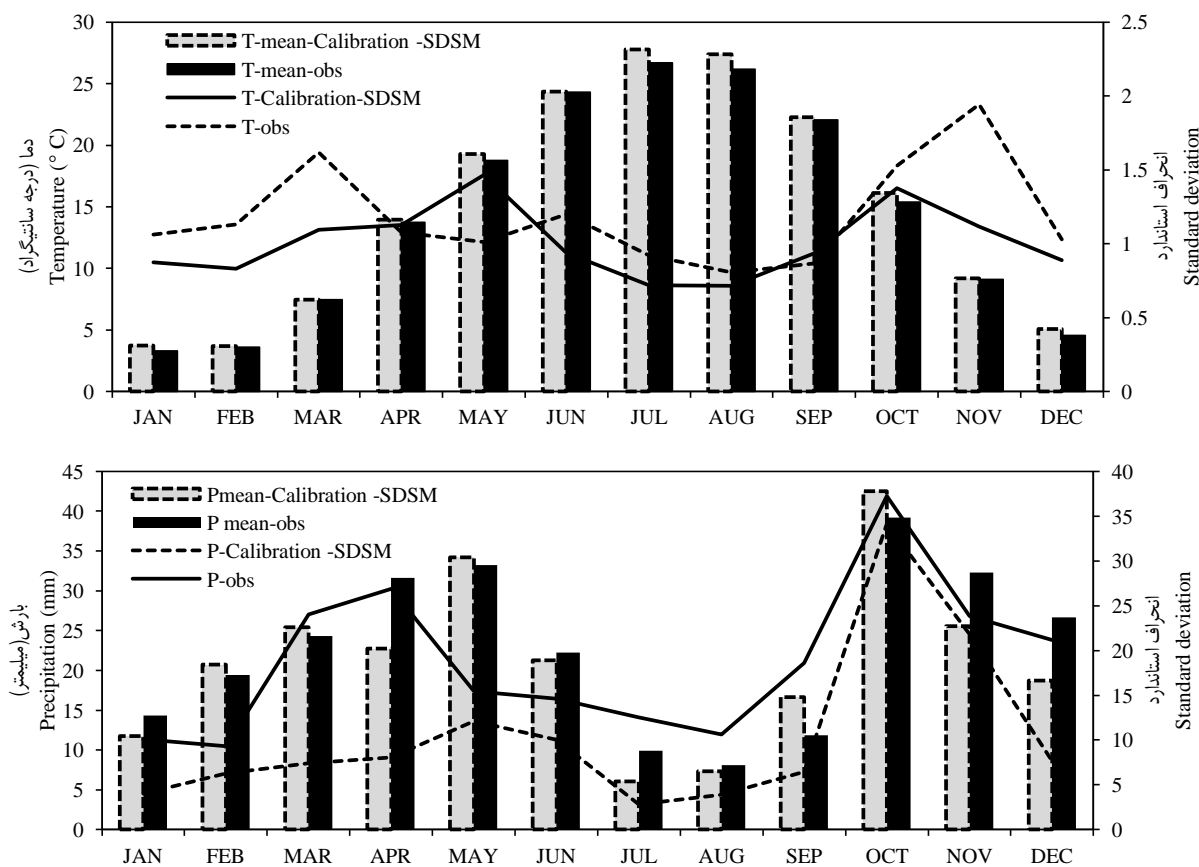
اختلاف بسیار اندک می‌باشد (شکل ۴.ب).

دما

شکل‌های ۵، ۶ و ۷ نتایج ریزمقیاس شده دما و بارش برای دوره-های پایه و آبی به ترتیب برای مدل‌های IDW، SDSM و LARS-WG را نشان می‌دهند. مطابق شکل ۵، بر اساس محاسبات انجام شده با روش IDW برای دوره‌های ۳۹-۲۰۱۰ تحت سناریو A2 در ماه‌های فوریه، مارس، می، ژوئن و جولای و تحت سناریو B2 از مارس تا آگوست بیشترین دما مشاهده شد. همچنین تغییرات دما در دوره ۸۰-۲۰۵۱ تا حدودی بیشتر بوده و نیز سناریوی B2 افزایش دمای بیشتری نسبت به سناریوی A2 در مقایسه با دوره پایه نشان می‌دهد و نیز در دوره ۸۰-۲۰۵۱ تحت هر دو سناریو در نوامبر و اکتبر کاهش دما مشاهده گردید. نتایج بدست آمده از ریزمقیاس نمودن داده‌های دما با مدل SDSM تغییرات شدیدتری و متفاوت تری را

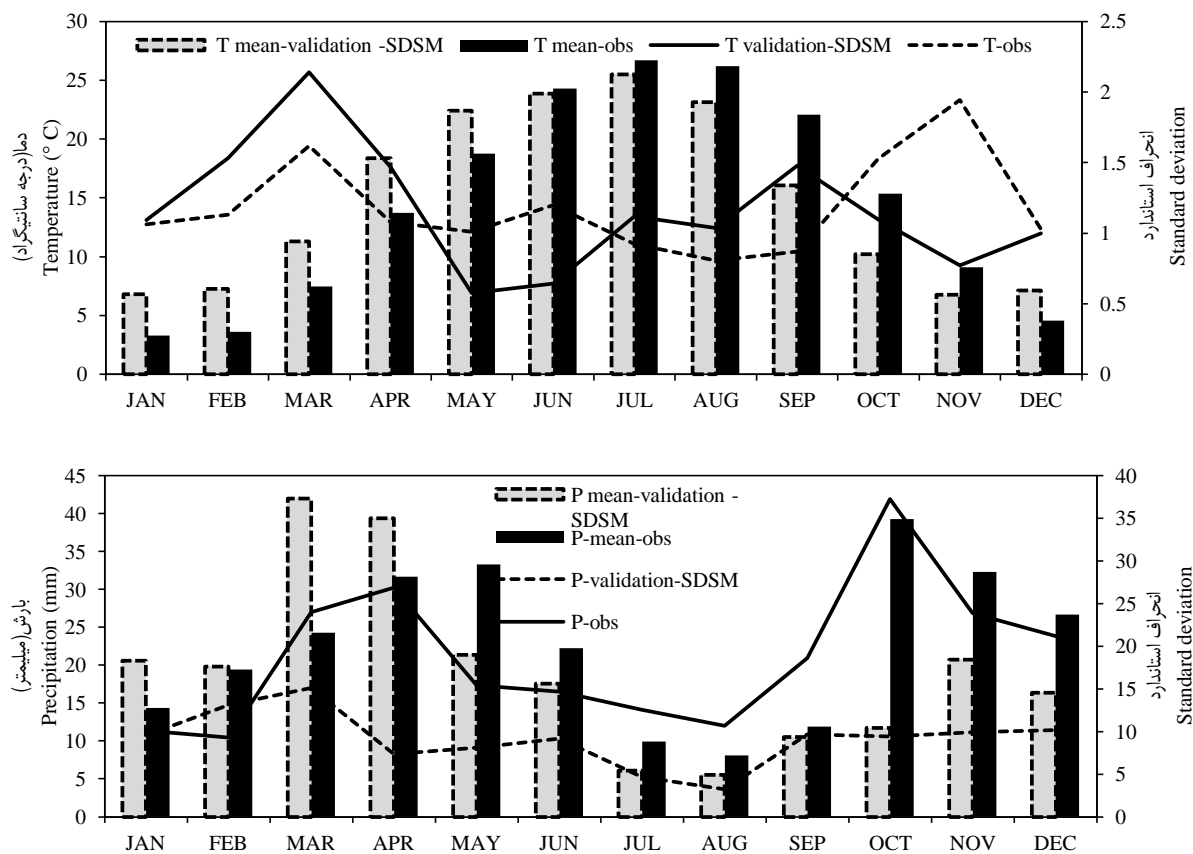
نسبت به مدل IDW نشان می‌دهد. در مدل SDSM به طوریکه برای هر دو دوره و تحت سناریو A2 در ماه‌های آوریل و می کاهش دما و در سایر ماه‌ها افزایش دما مشاهده می‌گردد. در این مدل نسبت به مدل IDW شدت تغییرات دما در جهت افزایش نسبت به دوره پایه نیز بیشتر بوده است.

در مقایسه مدل IDW با SDSM مشاهده می‌شود که در هر دو مدل افزایش دما تحت هر دو سناریو در دوره ۸۰-۲۰۵۱ نسبت به دوره پایه و نیز نسبت به تغییرات در دوره ۳۹-۲۰۱۰ شدیدتر بوده اما در مدل SDSM در دوره ۸۰-۲۰۵۱ متوسط تغییرات تحت سناریوی A2 شدیدتر از B2 بوده است. روش IDW متوسط تغییرات دما تحت سناریوی B2 بیشتر از سناریوی A2 نشان داده است، در این روش بر خلاف روش IDW نمی‌توان سناریوی A2 را شدیدتر از B2 دانست. اما در دوره ۸۰-۲۰۵۰ در تمام ماه‌ها سناریوی A2 تغییرات شدیدتری نسبت به سناریوی B2 در مقایسه با دوره پایه از خود نشان داده است.



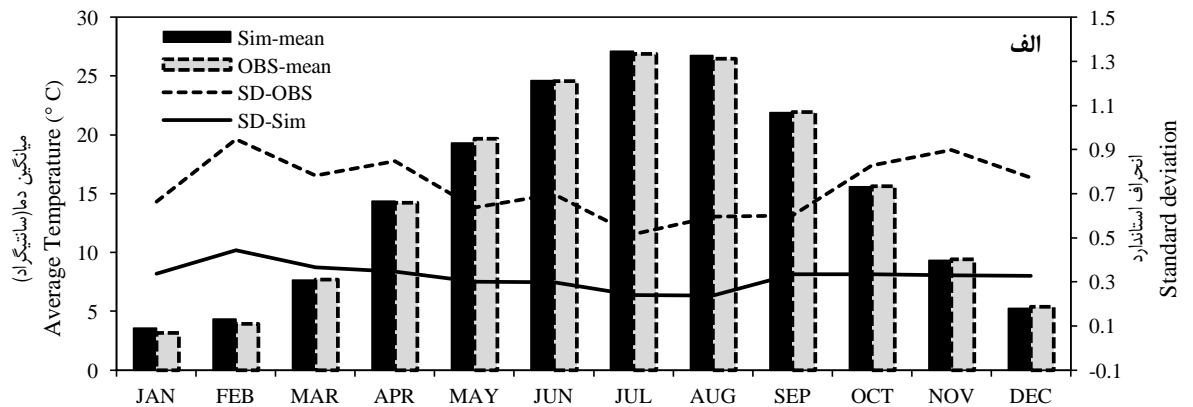
شکل ۲- کالیبراسیون مدل SDSM برای داده‌های الف) دما، ب) بارش برای دوره ۱۹۹۴-۱۹۸۵

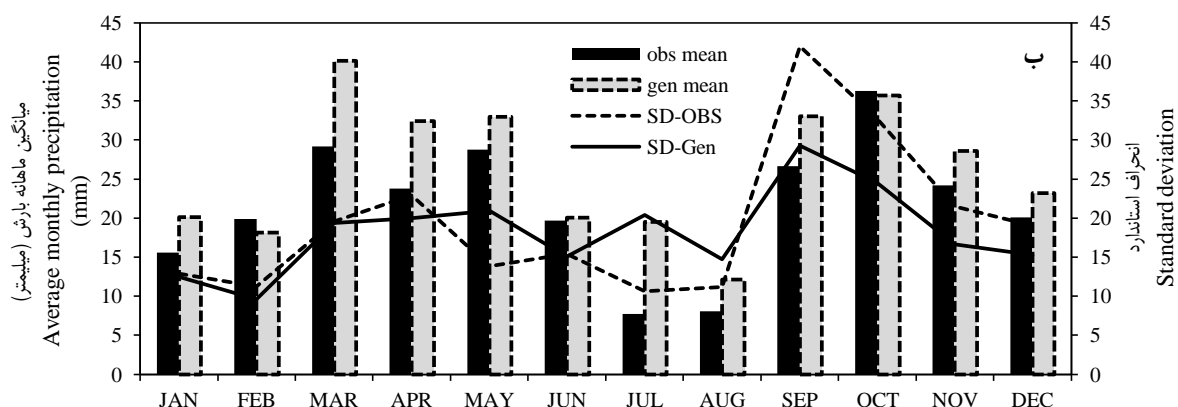
Figure 2- Calibration of SDSM model for (a) temperature, (b) precipitation data for 1994-1985 period



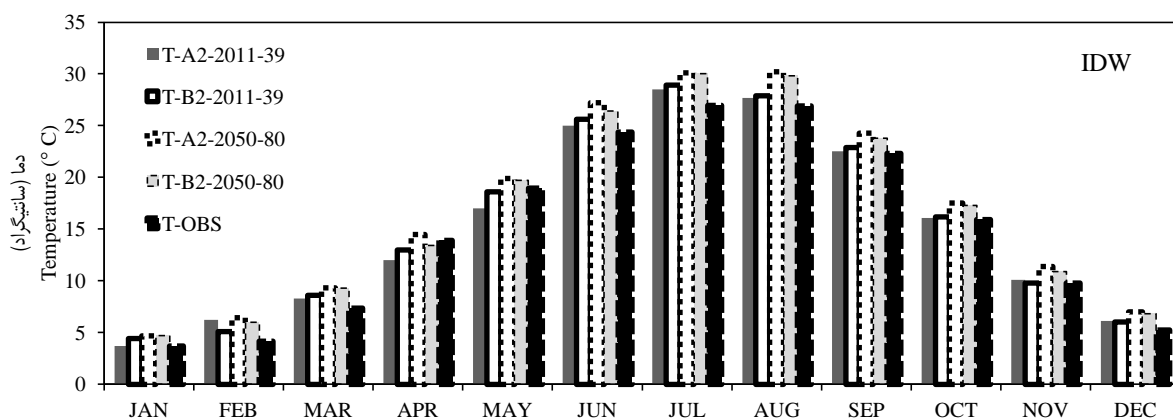
شکل ۳- صحت سنجی مدل SDSM برای داده‌های الف (دما، ب) بارش برای دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۰

Figure 3- Validation of SDSM model for (a) temperature, (b) precipitation data for 1995-2000 period

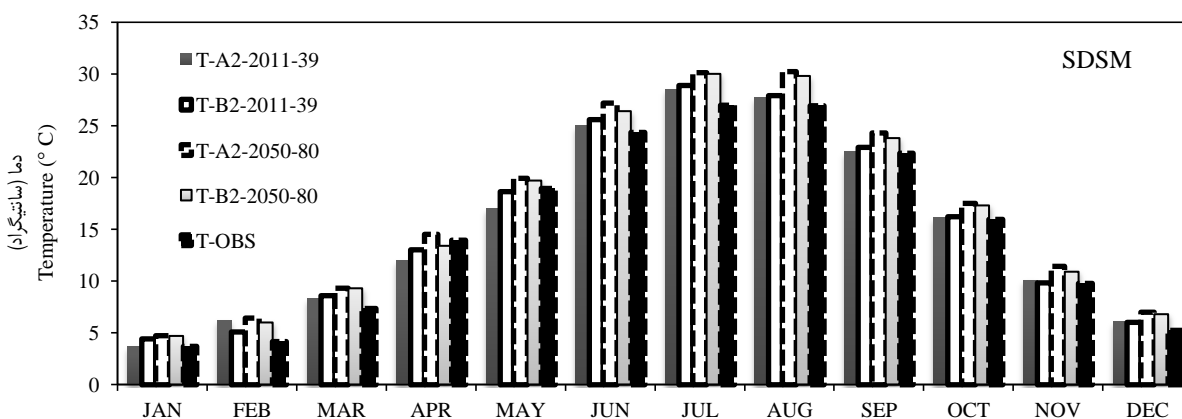




شکل ۴- مقایسه داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با مدل LARS-WG برای داده‌های الف) دما، ب) بارش برای دوره ۱۹۸۵-۲۰۰۰
 Figure 4- Comparison of observed and simulated data using LARS-WG model for (a) temperature, (b) precipitation data for 1985-2000 period



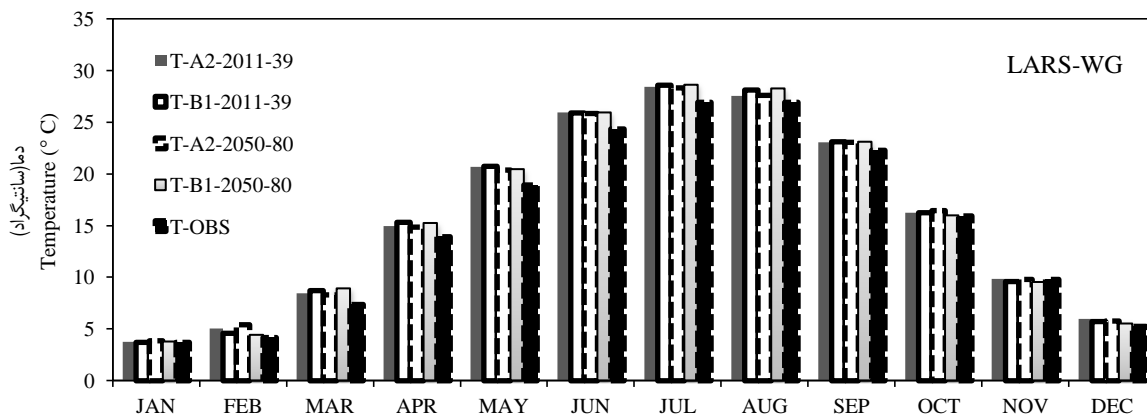
شکل ۵- نتایج ریز مقیاس شده داده‌های دما در دوره‌های آتی و دوره پایه با مدل IDW
 Figure 5- The results of downscaled temperature data in future and baseline periods by IDW model



شکل ۶- نتایج ریز مقیاس شده داده‌های دما در دوره‌های آتی و دوره پایه با مدل SDSM
 Figure 6- The results of downscaled temperature data in future and baseline periods by SDSM model

دما نسبت به دوره پایه در مدل LARS-WG در هر دو دوره و تحت هر دو سناریو از مارس تا آگوست مشاهده گردید. و نیز در این مدل سناریوی B1 شرایط حادثتری در جهت افزایش دما نسبت به سناریوی A2 نشان می‌دهد.

همانطور که در شکل ۷ نیز مشاهده می‌گردد روند تغییرات در مدل LARS-WG نشان داد که در هر دو دوره آینده تنها در نوامبر و تحت سناریوی B1 کاهش جزئی دما رخ می‌دهد. همچنین نتایج در این روش به نتایج در روش IDW نزدیک‌تر بوده. بالاترین افزایش



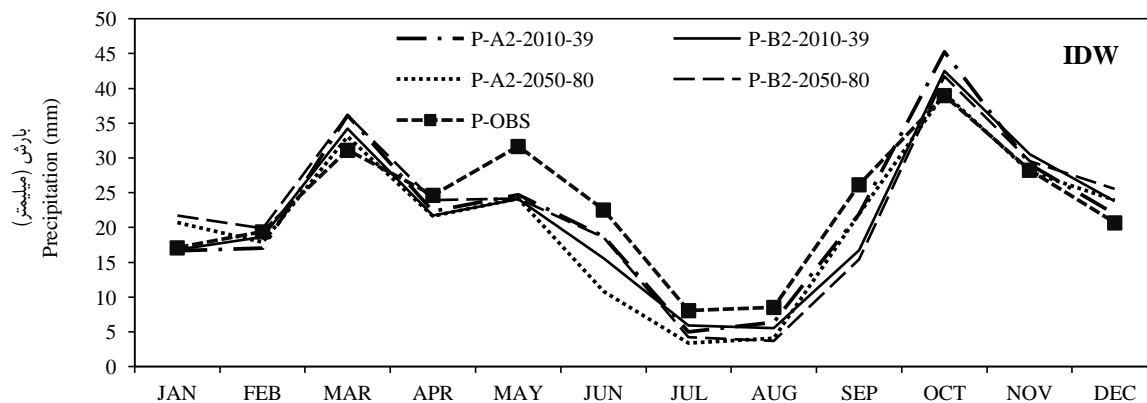
شکل ۷- نتایج ریز مقیاس شده داده‌های دما در دوره‌های آتی و دوره پایه با مدل LARS-WG

Figure 7- The results of downscaled temperature data in future and baseline periods by LARS-WG model

IDW (شکل ۸) در همه دوره‌های آتی و تحت هر دو سناریو بجز در ماه‌های نوامبر و اکتبر کاهش بارش مشاهده شده است و در مقیاس سالانه متوسط سالانه بارندگی کاهش یافته است.

بارش

شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ نتایج ریزمقیاس شده داده‌های بارش را برای سه مدل‌های نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود نتایج بدست آمده برای بارش در سه مدل کاملاً متفاوت می‌باشد. در مدل



شکل ۸- نتایج ریز مقیاس شده داده‌های بارش در دوره‌های آتی و دوره پایه با روش IDW

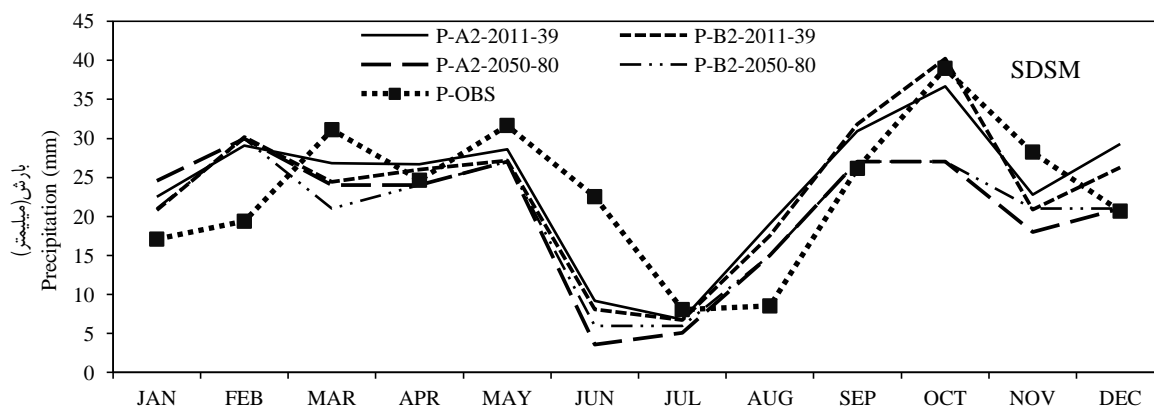
Figure 8- The results of downscaled precipitation data in future and baseline periods by IDW model

سالانه بارش افزایش یافته است. همین روند در دوره ۸۰-۲۰۵۱ اما با شدت تغییرات بیشتر مشاهده گردید که برخلاف دوره ۳۹-۲۰۱۰ در این دوره متوسط بارش سالانه در هر دو سناریو کاهش یافته است.

در مدل SDSM در مورد بارش نتایج (شکل ۹) نشان می‌دهد که متوسط بارش سالانه در دوره ۳۹-۲۰۱۰ تحت هر دو سناریو در برخی ماه‌ها افزایش و برخی دیگر با کاهش بارندگی بوده است و در مقیاس

توزیع بارش را می‌توان به دلیل، عدم همبستگی بالا بین متغیرهای پیش‌بینی کننده NCEP با داده‌های پایه بارش در برخی ماه‌ها توجیه نمود. هرچه سعی شود که درجه همبستگی داده‌های بارش پایه با پیش‌بینی کننده NCEP بالاتر باشد، مدل قادر است نتایج واقعی‌تری را ارائه دهد.

برای دو دوره از ماه ژانویه تا فوریه افزایش بارش، از اواخر آوریل تا اواسط جولای کاهش بارش و از اواخر جولای تا اواسط نوامبر افزایش مشاهده می‌گردد. علاوه بر این، در دوره ۲۰۱۰-۳۹ میزان بارندگی در سناریوی A2 کاهش بیشتری نسبت به سناریوی B2 در مقایسه با دوره پایه از خود نشان داده و این روند کاهشی با شدت کمتری در دوره ۲۰۵۰-۸۰ مشاهده می‌گردد. یکی از دلایل تنوع پراکندگی

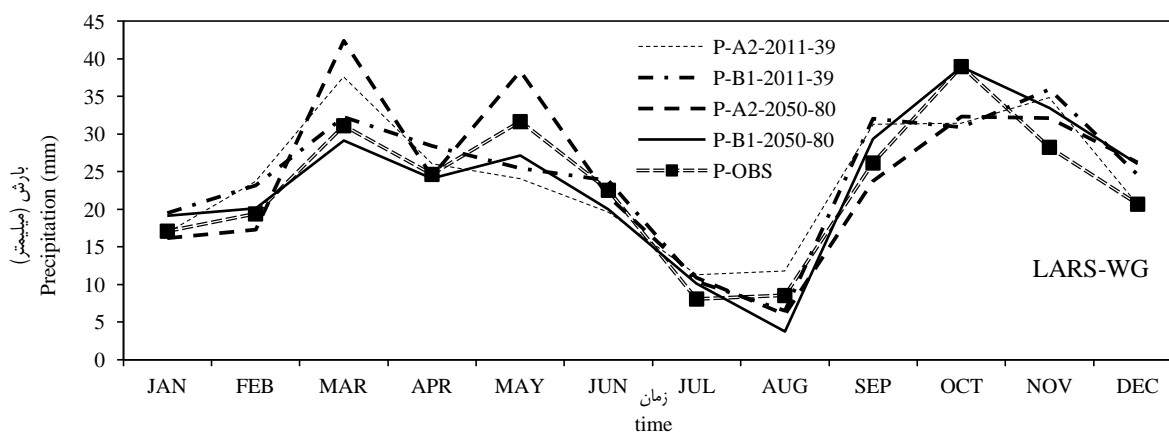


شکل ۹- نتایج ریزمقیاس شده داده‌های بارش در دوره‌های آبی و دوره پایه با مدل SDSM

Figure 9- The results of downscaled precipitation data in future and baseline periods by SDSM model

نتایج در شکل ۱۰ نیز مشاهده می‌گردد در اکتبر در همه دوره‌ها و هر دو سناریو و تنها در ژوئن تحت سناریوی A2 و در آگوست و سپتامبر در دوره ۲۰۵۱-۸۰ کاهش بارش مشاهده گردید.

در مورد مدل LARS-WG نسبت به مدل IDW متفاوت‌تر و به نتایج مدل SDSM نزدیک‌تر بوده است. مدل در همه دوره‌های آبی و تحت هر دو سناریو در مقیاس سالانه میانگین بارش سالانه نسبت به دوره پایه در منطقه را با افزایش نشان داده است. همانطور که در



شکل ۱۰- نتایج ریزمقیاس شده داده‌های بارش در دوره‌های آبی و دوره پایه با LARS-WG

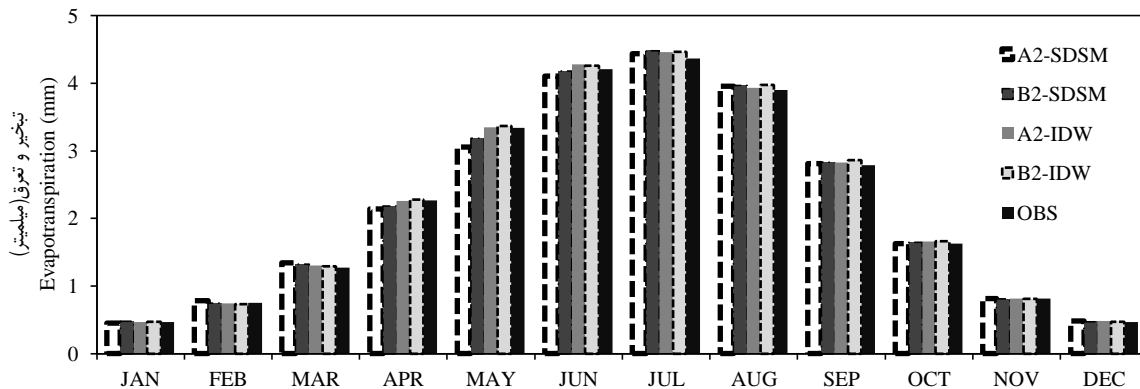
Figure 10- The results of downscaled precipitation data in future and baseline periods by LARS-WG model

مطالعاتی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد در هر دو مدل در اکثر ماه‌ها به خصوص در ماه‌های گرم، افزایش تبخیر و تعرق رخ خواهد داد. به طوریکه در ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست این

تبخیر و تعرق

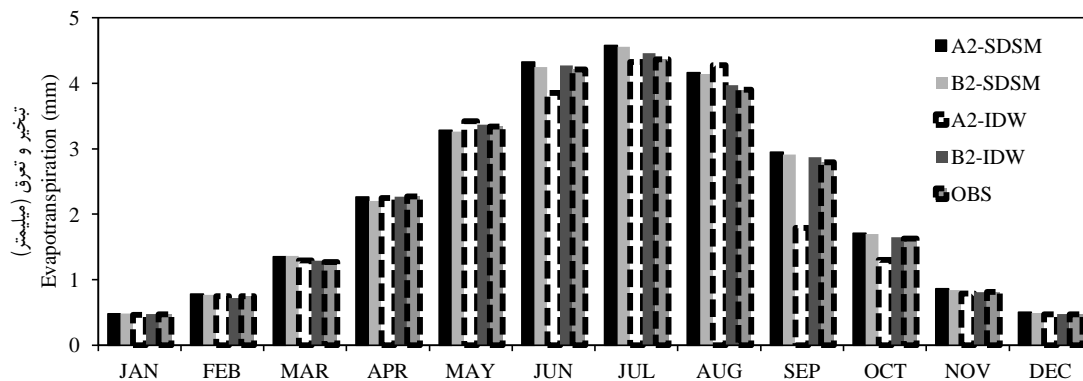
شکل ۱۱ و ۱۲ نتایج تبخیر و تعرق حاصل از داده‌های دما و بارش ریزمقیاس شده دو روش SDSM و IDW را برای دوره‌های

افزایش بیشتر است. بالاترین شدت تبخیر در هر دو مدل در دوره ۸۰-۲۰۵۰ و تحت سناریوی A2 مشاهده شد.



شکل ۱۱- نتایج تبخیر و تعرق دو مدل IDW و SDSM در دوره ۲۰۱۰-۳۹

Figure 11- The results of evapotranspiration by IDW and SDSM models for 2010-39 period

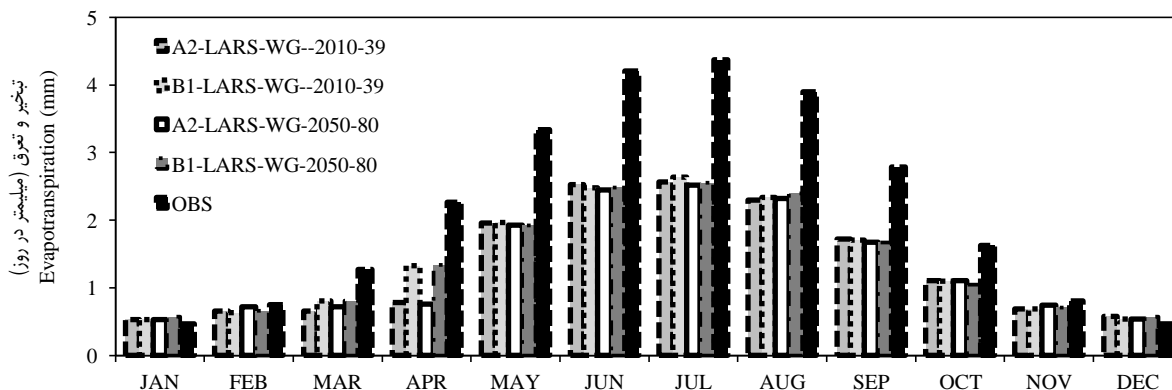


شکل ۱۲- نتایج تبخیر و تعرق دو مدل IDW و SDSM در دوره ۲۰۵۱-۸۰

Figure 12- The results of evapotranspiration by IDW and SDSM models for 2051-80 period

در ماه‌های سرد سال تقریباً برابر دوره پایه بوده است. در واقع می‌توان گفت در منطقه مورد مطالعه این مدل توانایی خوبی در برآورد تبخیر و تعرق نداشته و می‌بایست از روش‌ها یا معادلات دیگر استفاده گردد.

شکل ۱۳ نیز نتایج تبخیر و تعرق برآورد شده با استفاده از مدل LARS-WG را برای دوره‌های پایه و آتی نشان می‌دهد. بر خلاف دو مدل قبل، میزان تبخیر و تعرق در اکثر ماه‌ها کمتر از دوره پایه و

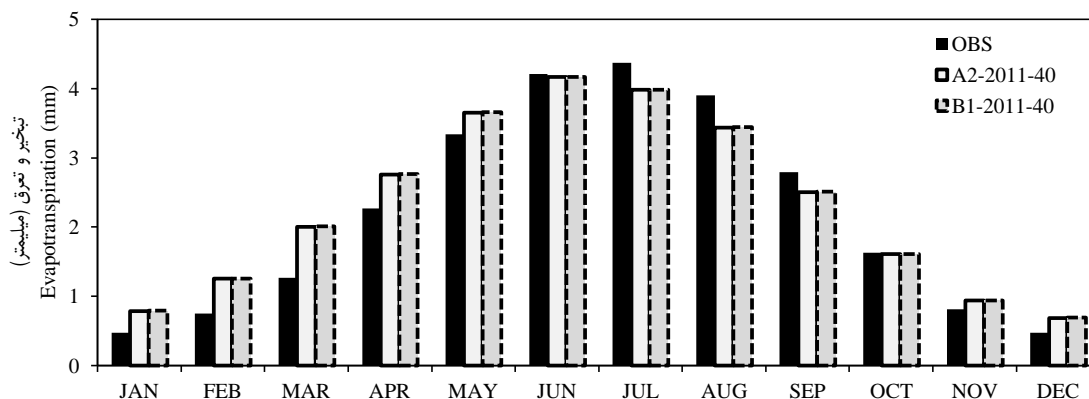


شکل ۱۳- نتایج تبخیر و تعرق بدست آمده با مدل LARS-WG

Figure 13- The results of obtained evapotranspiration by LARS-WG model

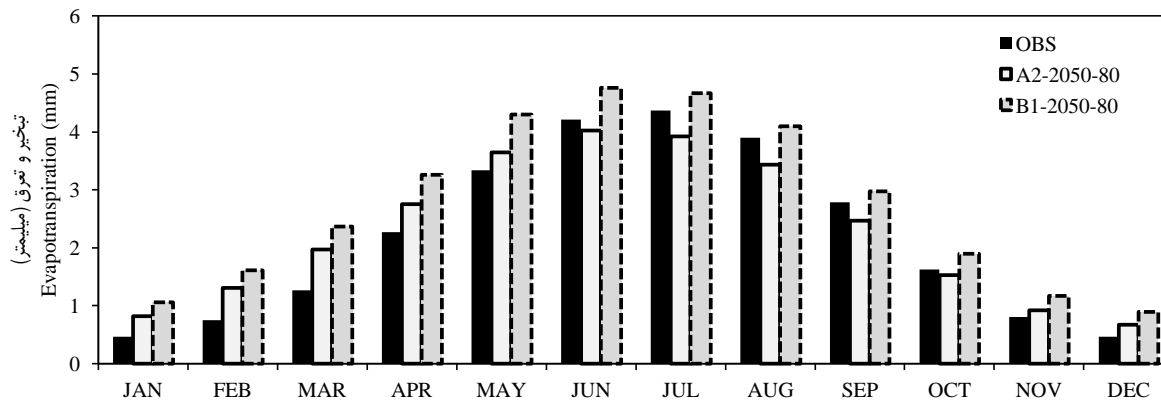
محاسبه گردید. نتایج در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، نتایج تبخیر و تعرق در دوره ۲۰۱۱-۴۹ بجز در ماه‌های جولای و آگوست که کمتر از مقادیر مشاهداتی تخمین زده شده است، در بقیه ماه‌ها مقدار تبخیر و تعرق پیش‌بینی شده به مقادیر دوره مشاهداتی نزدیک می‌باشد. اما در دوره ۲۰۵۱-۸۰ مشاهده شد که سناریوی B1 بسیار شدیدتر از دوره مشاهداتی و سناریوی A2 می‌باشد. تحت سناریوی A2 تبخیر و تعرق کمتر از دوره مشاهداتی دیده شده است.

نتایج تبخیر و تعرق بدست آمده در مدل LARS-WG قابل قبول نبوده و کاهش شدیدی را نسبت به دوره پایه نشان داده است که می‌توان به پایین بودن توانایی مدل برای برآورد تبخیر و تعرق و یا نامناسب بودن رابطه استفاده شده در مدل برای در منطقه مورد نظر اشاره نمود. با توجه به آنچه که در بالا ارائه گردید در دو روش قبل نتایج منطقی‌تر و قابل قبول‌تر می‌باشند. اما به منظور مقایسه نتایج تبخیر و تعرق مدل LARS-WG با دو روش قبل با استفاده از داده‌های خروجی (دمای حداکثر و حداقل و ساعات آفتابی) مدل LARS-WG به روش فائو پنمن مونتهیت نیز



شکل ۱۴- نتایج تبخیر و تعرق به روش فائو پنمن مونتهیت با استفاده از خروجی مدل LARS-WG برای دوره ۲۰۱۱-۴۹

Figure 14- The results of FAO Penman Monteith evapotranspiration using the output of LARS-WG model for 2011-49 period



شکل ۱۵- نتایج تبخیر و تعرق به روش فائو پنمن مونتهیت با استفاده از خروجی مدل LARS-WG برای دوره ۲۰۵۱-۸۰

Figure 15- The results of FAO Penman Monteith evapotranspiration using the output of LARS-WG model for 2051-80 period

آباد استان اردبیل، تحت سناریوهای اقلیمی مختلف (A2, B1, B2) و برای دوره‌های آتی (۲۰۱۱-۲۰۴۰ و ۲۰۵۱-۲۰۸۰) ریزمقیاس و شبیه‌سازی شوند و خروجی آنها با یکدیگر مقایسه شوند. نتایج حاصل از این تحقیق به صورت خلاصه در ذیل بیان می‌شوند:

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق تلاش شده است تا با استفاده از مدل‌های IDW، LARS-WG و SDSM داده‌های دما و بارش ماهانه ایستگاه پارس

دوره‌های آینده را تایید می‌نماید. نتایج ریز مقیاس شده داده‌های بارش در مدل LARS-WG تغییرات روند نامشخصی را نسبت به دو روش دیگر داشته و تا حدودی توانایی مدل کمتر از دو روش قبل نتیجه می‌شود. تحقیق صالح نیا و همکاران و نیز هادی نیا و همکاران نیز غیر منطقی بودن نتایج LARS-WG را در مورد بارش تایید می‌نمایند. بطور کلی نتایج IDW برای بارش نسبت به دو مدل دیگر قابل قبول‌تر و منطقی‌تر می‌باشد.

در مورد تبخیر و تعرق نتایج بدست آمده از هر سه مدل به روش فائو پنمن مونتیث قابل قبول و نتایج دو مدل IDW و SDSM منطقی‌تر بوده است. نتایج تحقیق کوهی و ثنایی نژاد با نتایج بدست آمده از مدل SDSM مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که تبخیر و تعرق محاسبه شده توسط خود مدل LARS-WG برای منطقه مناسب نمی‌باشد. یقیناً با توجه به وجود منابع عدم قطعیت در هر سه مدل می‌توان برای نتایج دقیق‌تر به بررسی منابع عدم قطعیت در آینده نیز پرداخت.

نتایج کالیبراسیون و صحت سنجی دو مدل SDSM و LARS-WG با نتایج تحقیق ضیا هاشمی و همکاران (۲۷) برای داده‌های بارش مطابقت دارد و نتایج بدست آمده در این تحقیق را تایید می‌نماید. با توجه به آنچه که ارائه شد، می‌توان نتیجه گرفت که از میان سه مدل استفاده شده، داده‌های ریز مقیاس شده در دو مدل IDW و SDSM نرخ تغییرات دما در آینده به یکدیگر نزدیک‌تر و شدت افزایش دما نسبت به مدل LARS-WG بیشتر است. نتایج IDW و SDSM با نتایج تحقیق آشفته و مساح (۲) که افزایش دما در منطقه آیدوغموش را ۱/۵ تا ۴ درجه و تغییرات بارش را ۳۰ تا ۴۰ درصد تحت تاثیر تغییر اقلیم پیش‌بینی نمودند، مطابقت دارد. به طور کلی نتایج بدست آمده از ریز مقیاس کردن داده‌های دما برای منطقه مورد نظر در هر سه مدل قابل قبول می‌باشد.

نتایج ریز مقیاس شده داده‌های بارش در سه مدل متفاوت بوده و نتایج مدل IDW و SDSM روند نزدیک‌تری را نسبت به هم نشان داده‌اند نتایج کار ضیا هاشمی و همکاران (۲۷) برای مقایسه حاکی از توانایی مدل SDSM در شبیه‌سازی اتفاقات بارش و پیش‌بینی در

منابع

- 1- Abbasi, F., Babaeian, A., Habibi Now Khandan, M., Mokhtari., L. G., Malboso, Sh. and Askari, Sh. A. 2010. Evaluation the impact of climate change on precipitation and temperature in the next decade with the MAGICC-SCENGEN. Model, Journal of Physical Geography, 72: 91-109.
- 2- Ashofteh, P.S. and Massah Bavani, A.R. 2010. Effects uncertainties of climate change on precipitation and temperature basin Aydoghmosh in periods 2040-2069, Journal of Soil and Water Science, 9: 2.
- 3- Hadinia, H., Pirmoradian, N., and Ashrafzadeh, A. 2013. Evaluation of GCM models for predictions reference evapotranspiration under different scenarios of climate change (Case Study Rasht). The First National Conference on Climate.
- 4- Huang, J., Zhang, J., Zhang, Z., Yu Xu, C., Wang, B. and Yao, J. 2011. Estimation of future precipitation change in the Yangtze River basin by using statistical downscaling method, Stoch Environ Res Risk Assess, 25: 781-792.
- 5- Irwin, S. E., Rubaiya, S., Leanna M., King and Simonovic, S. P. 2012. Assessment of climatic vulnerability in the Upper Thames River basin: Downscaling with LARS-WG. Department of Civil and Environmental Engineering The University of Western Ontario London, Ontario, Canada.
- 6- Jalali, H., and KHANJAR, S. 2007 Study fluctuations of temperature using time series and probability distribution models (Case study: Kermanshah), Journal of Geographic Space, 27: 115-132.
- 7- Jones, R. N. 2000. Managing uncertainty in climate change projections-issues for impact assessment, Journal of Climatic Change, 45: 403-419.
- 8- Kohi, M. A. and Sanaei Nejad, H. 2013. Study of climate change scenarios on the variable reference evapotranspiration based on the results of the two downscaling methods in Urmia region, Journal of Irrigation and Drainage, 4(7): 574-559.
- 9- Ehteramian, K., Ohamadi, G. N., Bannyan, M. and Ali Zadeh, A. 2012. Impacts of climate change scenarios on wheat yield determined by evapotranspiration calculation agriculture, 99(3): 279-286.
- 10- Lotze-Campen, H. and Schellnhuber H. J. 2009. Climate impacts and adaptation options in agriculture: what we know and what we don't know. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK).
- 11- Massah Bavani, A. R, and Morid, S. and Mohammadzadeh, M. 2011 Comparison of downscaling and AOGCM models in the study of the effect of climate change on regional scale. Journal of Earth and Space Physics, 36(4): 99-110.
- 12- Massah Bavani, A. R, and Morid, S. 2005. Effects of climate change on water resources and agricultural production of the zayandeh rood Isfahan basin. Journal of Water Resources Research, 1(1).
- 13- Meteorology site. www.irimo.ir
- 14- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., De Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grubler, A., Jung, T.Y.

- and Kram, T. 2000. Special report on emissions scenarios: a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA(US), Environmental Molecular Sciences Laboratory(US).
- 15- Nguyen. 2007. Dynamical downscaling of GCM outputs Statistical downscaling of community of climate system model monthly temperature and precipitation project.
- 16- Rajabi, A., Sedghi, H., Eslamian, S. and Musavi, H. 2010. Comparison of LARS-WG and SDSM downscaling models in Kermanshah (Iran), *Journal of Ecology, Environment and Conservation*, 16(4): 465-474.
- 17- Rajabi, A. and Shabanlou, S. 2013 The analysis of uncertainty of climate change by means of SDSM model (Case Study: Kermanshah), *Sciences Journal*, 23(10): 1392-1398,
- 18- Sailor, D., Hu, T., Li, X. and Rosen, J. 2000. A neural network approach to local downscaling of GCM output for assessing wind power implications of climate change. *Renewable energy Journal*, 19: 359-378.
- 19- Salehnia, N. Alizadeh, S. and Sayari, N. 2015, compared two downscaling models LARS-WG and ASD in prediction of temperature and precipitation under climate change and in different climate conditions. *Journal of Irrigation and Drainage*, 8(2): 233-242.
- 20- Samadi, S., Ehteramian, K. and Sarraf, B. S. 2011. SDSM ability in simulate predictors for climate detecting over Khorasan province, *Social and Behavioral Sciences journal*, 19.
- 21- Semenov, M. A. and Barrow, E. M. 2002. A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies. User Manual.
- 22- Sydkably, H., Akhundali, A.M., Massah Bavani, A.R. and Radmanesh, F. 2012. Presentation downscaling model of climate data based on non-parametric nearest neighbor (K-NN), *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, 26(4): 779-808.
- 23- Wilby, R. L. and Harris, I. 2006, A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research*.
- 24- Wilby, R.L. and C.W. Dawson. 2007. SDSM-A Decision Support Tool for the Assessment of Regional Climate Change Impacts. User Manual.
- 25- 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: 147-159.
- 26- Wilby, R.L., Charles, S.P., Zorita, E., Timbal, B., Whetton, P. and Mearns, L.O. 2004. Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods. Supporting material of the Intergovernmental Panel on Climate Change, available from the DDC of IPCC TG CIA 27.
- 27- Zia Hashmi, M., Shamseldin, A.Y. and Melville, B.W. 2011. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed, *Stoch. Environ. Res. Risk Assess*, 25: 475-484.



Comparative Assessment of SDSM, IDW and LARS-WG Models for Simulation and Downscaling of Temperature and Precipitation

Z. Dehghan^{1*} - F. Fathian² - S. Eslamian³

Received: 22-02-2014

Accepted: 29-11-2014

Introduction: According to the fifth International Panel on Climate Change (IPCC) report, increasing concentrations of CO₂ and other greenhouse gases resulting from anthropogenic activities have led to fundamental changes on global climate over the course of the last century. The future global climate will be characterized by uncertainty and change, and this will affect water resources and agricultural activities worldwide. To estimate future climate change resulting from the continuous increase of greenhouse gas concentration in the atmosphere, general circulation models (GCMs) are used. Resolution of the output of the GCM models is one of the problems of these models. Using downscaling tools to convert global large-scale data to climate data for the study area is essential. These techniques are used to convert the coarse spatial resolution of the GCMs output into a fine resolution, which may involve the generation of station data of a specific area using GCMs climatic output variables. The objectives of this study are, therefore, to investigate and evaluate the statistical downscaling approaches.

Materials and Methods: Different models and methods have been developed which the uncertainty and validation of results in each of them in the study area should be investigated to achieve the more real results in the future. In the present study, the performance of SDSM, IDW and LARS-WG models for downscaling of the temperature and precipitation data of Pars Abad synoptic station were compared and investigated. IDW technique is based on the functions of the inverse distances in which the weights are characterized by the inverse of the distance and normalized, so their aggregate equivalents one. SDSM is categorized as a hybrid model, which utilized a linear regression method and a stochastic weather generator. The GCM's outputs (named as predictors) are used to a linearly condition local-scale weather generator parameters at single stations. LARS-WG is a stochastic weather generator and it is widely used for the climate change assessment. This model uses the observed daily weather data, to compute a set of parameters for probability distributions of weather variables, which are used to generate synthetic weather time series of arbitrary length by randomly selecting values from the appropriate distributions. In this study, data from the Pars Abad meteorological station, which was used as the data for the baseline period, was also used to predict climate variables. The record of data is 30 years (1971-2000), and the mean temperature and precipitation are 13.7 and 283 mm per year, respectively. The driest month is August, which receives less than 5 mm of rain. Most of the rainfall occurs in April, averaging at 47 mm. July is the warmest month of the year, with an average temperature of 28.9 °C, and January is the coldest, with an average temperature of -2.3 °C. Precipitation differs by 42.8 mm between the driest and wettest months of the year and the average temperature varies by 31.2 °C.

Results and Discussion: The calibration and validation results of the SDSM and LARS-WG models in the case of temperature showed that two models have better abilities for temperature simulation in comparison with precipitation data and, in all models, the increasing temperature was observed for most of the warm months. In the case of precipitation, the results of three models have considerable different towards each other and changes intensity of decreasing and increasing precipitation compared to the baseline in IDW model is higher and in LARS-WG model is lower than two other models. But, in case of calculated evapotranspiration, the results of SDSM and IDW models indicate the increasing evapotranspiration in the all months even modest and its maximum value is in last spring and summer. While, calculated evapotranspiration by using LARS-WG model has showed the lower estimation than the baseline period which implies the low ability of model to calculate this model. In general, scenario A2 resulted in more increases in temperature than B2 in each time period. Whereas, in the case of rainfall, the results for each time period were different. For ET_o, in comparison to the baseline,

1,3- Ph.D Student and Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology

(*- Corresponding Author Email: z.dehghan@ag.iut.ac.ir)

2- Ph.D Student of Water Resources Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

both A2 and B2 scenarios showed an increase during both time periods.

Conclusion: In general, the results showed that all three models have similar and good performance for simulating and downscaling of temperature and precipitation data. Therefore, these three models can be adopted to study climate change impacts on natural phenomenon.

Keywords: Pars Abad, Climate change, Climate data, GCMs models