



## سطوح آبگیر باران، کلید سازگاری با تغییر اقلیم در مناطق نیمه خشک

باقر قرمز چشمه<sup>۱</sup> مسعود گودرزی<sup>۲</sup> مهدی احمدی<sup>۳</sup>

۱- مربی پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک آبخیزداری و دانشجوی دکتری حفاظت خاک و آبخیزداری

۲- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک آبخیزداری

۳- دانشجوی آبخیزداری دانشگاه کاشان

۱- پست الکترونیک: baghergh@gmail.cim

### چکیده

بسیار غیر محتمل است بتوان گرمایش کنونی زمین و سایر تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی را با نوسانات اقلیمی توجیه نمود. افزایش جمعیت فعالیتهای توسعه‌ای را اجتناب ناپذیر می کند سوخته‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و افزایش جمعیت جهان و به تبع آن، گسترش روز افزون فعالیتهای صنعتی برای تأمین رفاه و نیازهای جمعیت کره زمین، موجب افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در چند دهه اخیر شده است. شاید یکی از مهمترین مسائلی که باید مورد توجه قرار گیرد میزان تبخیر و تعرق و تغییرات آن در فرآیند وقوع دگرگونی اقلیمی است. ابتداء خروجی داده‌های دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ ایستگاه سینوتپیک تهیه و پس از سری زمانی متغیرهای اقلیمی بارش و دمای حداقل و حداکثر روزانه بوجود آمد. بررسی‌های صحت و دقت آماری بررسی و برای روزهایی که افتادگی داده وجود داشت با استفاده از روش خود همبستگی و استفاده از سری زمانی ایستگاه تبریز و ارومیه تکمیل گردید. در این تحقیق مقادیر دمای حداقل، حداکثر و بارش روزانه در دوره‌های آتی بر اساس مدل گردش عمومی HadCM3 در منطقه مورد مطالعه بررسی شده و تغییرات آنها با شرایط فعلی مقایسه گردید. به منظور بررسی تغییرات میزان تبخیر و تعرق واقعی در دوره‌های آتی با دوره حاضر، با استفاده از روش تورک محاسبه شد. نتایج نشان داد که از ۳۷۸ میلیمتر بارش حدود ۹۰ درصد صرف تبخیر و تعرق شده و آب قابل استفاده ۳۶ میلیمتر می باشد. هرچند که مقدار افزایش دما حدود ۲ درجه سانتیگراد در دوره ۲۰۲۰ بدست آمده است ولی تاثیر آن در تبخیر و تعرق و به تبع آن در آب قابل دسترس قابل ملاحظه بوده و از ۳۶ میلیمتر در دوره حاضر به ۱۶ تا ۲۳ میلیمتر در دوره ۲۰۲۰ رسید.

**واژه های کلیدی:** تغییر اقلیم، تبخیر و تعرق، ریزمقیاس نمائی، سیستم سطوح آبگیر، مدل‌های جهانی گردش عمومی جو

### مقدمه

استفاده بیش از حد از سوخته‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و افزایش جمعیت جهان و به تبع آن، گسترش روزافزون فعالیتهای صنعتی برای تأمین رفاه و نیازهای جمعیت کره زمین، موجب افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به ویژه CO<sub>2</sub> در چند دهه اخیر شده است. هیأت بین دول تغییر اقلیم<sup>۱</sup> IPCC وظیفه شناخت تمام جنبه‌های پدیده تغییر اقلیم را عهده

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel of Climate Change



دار است. با افزایش میزان گازهای گلخانه ای در جو زمین، بخش بیشتری از انرژی خورشیدی در زمین نگهداری می شود و این امر، سبب افزایش دمای کره زمین خواهد شد. این گرم شدن به نوبه خود بر روی اقلیم زمین تأثیر گذاشته و پدیده تغییر اقلیم را سبب می شود (IPCC, 2007). براساس تخمین تجمع گازهای گلخانه ای در گزارش هیأت بین الدول تغییر اقلیم، افزایش دمایی معادل ۱/۱ تا ۴/۶ درجه سانتیگراد تا سال ۲۱۰۰ میلادی پیش بینی می شود. مقدار گرم شدن زمین طی صد سال آینده، بیش از آن چه طی ۱۰۰۰ سال گذشته رخ داده است، خواهد بود (واثقی، ۱۳۸۹). برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر سیستم های مختلف در ارتباط با دوره ی اتمی می بایست در ابتدا مقدار متغیر های اقلیمی در آینده مورد شبیه سازی قرار گیرد. یکی از متعبر ترین روش ها، استفاده از مدل های اتمسفر-اقیانوس گردش (AOGCM) عمومی جو می باشد (کمال، ۱۳۸۹). یکی از ضعف هایی که این مدل ها دارا می باشند قدرت تفکیک مکانی این مدل ها بسیار کم می باشد که برای جبران این ضعف لازم می باشد که خروجی این مدل ها ریز مقیاس گردانی شوند (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۰). به طور کلی ۲ روش ریز مقیاس گردانی وجود دارد. ۱-دینامیکی ۲-اماری. در روش اماری به اطلاعات بسیار کمتری نیاز می باشد و در اکثر مطالعات تغییر اقلیم از این روش استفاده می شود. برخی از مدل های این روش SDSM<sup>۲</sup>, LARS\_WG, ANN..... می باشد

هیوانگ<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۱) شبیه سازی بارش شدید در حوضه رودخانه یانگ تسه در چین را با استفاده از روش آماری کوچک مقیاس SDSM مورد بررسی قرار دادند. ایشان در این تحقیق، از داده های NCEP و نرم افزار SDSM استفاده نمودند و از شاخص های بارش شدید مانند <sup>۵</sup>R10، SDI، <sup>۶</sup>R1d و <sup>۷</sup>R5d استفاده نمودند. در این پژوهش، دوره پایه مورد نظر ۱۹۹۱-۲۰۰۰ و دوره پیش بینی کننده، ۲۰۱۰-۲۰۹۹ بوده است و از دو سناریوی A2 و B2 استفاده شد. نتایج نشان داد که رابطه مناسبی میان شبیه سازی بارش و بارش شدید وجود نداشته و براساس هر دو سناریو در طول بازه پیش بینی، تغییرات سالانه متوسط بارش شدید در این حوضه در سال ۲۰۲۰ آشکار نیست، در حالی که در سال های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ افزایش را نشان نشان داد و تغییرات شاخصهای فوق در فصل تابستان بیشتر از هر فصل دیگری بدست آمد. ویلیبی و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۲) در پژوهشی در تورنتوی کانادا، اثرات تغییر اقلیم را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق، از نرم افزار SDSM در بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۶۹ استفاده و در نهایت به این نتیجه رسیدند که این نرم افزار، یک ابزار ساده و مقرون به صرفه و قابل اعتماد در جهت پیش بینی تغییر اقلیم است. همچنین نرم افزار مربوطه، قابلیت تجزیه و تحلیل و رسم نمودارهای تغییر اقلیم و آزمون و واسنجی و غربالگری و انتخاب متغیر پیش بینی را داراست. صمدی و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود که در استان خراسان رضوی انجام داده شده بود به این نتیجه رسیده بود که مدل SDSM مدل بسیار خوبی در شبیه سازی بوده است و در خروجی خود فقط ۵ درصد دارای خطا می باشد.

<sup>2</sup> Atmosphere-Ocean General Circulation Model

<sup>3</sup> Statistics Downscaling Model

<sup>4</sup> Huang

<sup>5</sup> . No. of days with precipitation  $\geq 10$  mm day<sup>-1</sup>

<sup>6</sup> Simple Daily Intensity

<sup>7</sup> Maximum 1-day precipitation total

<sup>8</sup> Maximum 5- day precipitation total

<sup>9</sup> Wilby et al



در این تحقیق مقادیر دمای حداقل، حداکثر و بارش روزانه در دوره های آبی بر اساس مدل گردش عمومی HadCM3 بررسی شده و تغییرات آنها با شرایط فعلی مقایسه می شود. بر اساس کاهش و یا افزایش متغیرهای اقلیمی فوق نقش سیستمهای سطوح آبرگیر باران در حفظ منابع آب ارزیابی می گردد.

#### مواد روش ها

در این تحقیق ابتداء خروجی داده های دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ ایستگاه سینوتیپیک تهیه و پس از سری زمانی متغیرهای اقلیمی بارش و دمای حداقل و حداکثر روزانه بوجود آمد. بررسی های صحت و دقت آماری بررسی و برای روزهایی که افتادگی داده وجود داشت با استفاده از روش خود همبستگی و استفاده از سری زمانی ایستگاه تبریز و ارومیه تکمیل گردید. و با فرمت مدل SDSM متغیرها اقلیمی فوق تخمین زده شد. مدل SDSM با طی مراحل ذیل اجراء و خروجی مدل برای دوره های آبی محاسبه گردید.

این مدل ترکیبی از مدل رگرسیونی و مولد اب و هوایی تصادفی می باشد در واقع این مدل بوسیله ی یک رگرسیون خطی چند متغیره به طور کلی عمل می کند و بین متغیر های بیش بینی کننده و بیش بینی شونده در زمان حال ارتباط برقرار نموده و در پیش بینی آینده از آن استفاده می کند. ساختار اصلی این مدل ماهانه می باشد و می تواند تغییرات را برای هر ۱۲ ماه به طور کلی به دست آورد. به طور کلی مراحل انجام کار این مدل در ۵ مرحله می باشد. (هانگ، ۲۰۱۲)

۱- به دست آوردن متغیر های بیش بینی کننده ۲- کالیبراسیون مدل ۳- تجزیه و تحلیل داده های مشاهداتی ۴- بیش بینی در آینده به کمک سناریو ها ۵- تفسیر و انجام آزمون های آماری است (ویلی و همکاران ۲۰۰۲). یکی از قوت های استفاده از این مدل ها به سهولت استفاده از آن ها می باشد و نقاط ضعف آنها این است که فقط کسری از داده های مشاهداتی را برای ساخت این رابطه ی رگرسیونی در نظر می گیرد. یکی از سخت ترین مراحل در این روش انتخاب متغیر بیش بینی کننده می باشد که در صورت عدم انتخاب نادرست باعث ایجاد خطا خواهد شد. (صمدی ۲۰۱۱)

داده هایی مورد نیاز در این مدل ۱- داده های هواشناسی می باشد که شامل اطلاعات بارش روزانه و حداقل و حداکثر دما روزانه بوده و در این تحقیق از ۴۱ سال اطلاعات آماری ایستگاه هواشناسی خوی در سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ استفاده شد. از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۸۵ ان رابرای کالیبراسیون مدل و از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ را برای اعتبار سنجی مدل مورد استفاده قرار گرفت. ۲- داده های NCEP که دارای ۲۶ پارامتر و باید از میان آنها، هر پارامتری که بیشترین همبستگی را با هر یک از عناصر اقلیمی دارد، انتخاب کرد. ۳- داده های مدل GCM که برای منطقه مورد مطالعه تخمین زده شد. در این تحقیق از مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 و B2 استفاده شده است.

مقادیر میانگین دمای حداقل و حداکثر و بارش در بازه زمانی ماهانه و سالانه برای دوره های حاضر (۱۹۶۱ ۲۰۰۱) دوره های آبی (۲۰۳۹ ۲۰۱۱، ۲۰۶۹ - ۲۰۴۰ و ۲۰۹۹ - ۲۰۷۰) استخراج شد. مقادیر اختلاف دوره های آبی متغیرهای دمای حداقل و حداکثر با دوره حاضر و همچنین درصد اختلاف بارش دوره های آبی با دوره حاضر تخمین زده شد. در گام آخر به منظور بررسی تغییرات میزان تبخیر و تعرق واقعی در دوره های آبی با دوره حاضر، با استفاده از روش تورک محاسبه گردید. تورک براساس تجربیات شخصی خود و نتایج حاصله از مطالعات دیگر محققان فرمولی را پیشنهاد نمود که به وسیله آن می توان تبخیر\_تعرق واقعی را در یک حوضه آبریز تخمین زد. این فرمول به صورت زیر است:

$$E = \frac{P}{[0.9 + (P/I)^2]^{0.5}}$$



در این فرمول، E تبخیر سالانه بر حسب میلی‌متر، P بارش سالانه بر حسب میلی‌متر و I عامل مربوط به دمای متوسط سالانه هواست که مقدار آن برابر است با:

$$I = 300 + 25 * T + 0.001 * T^2$$

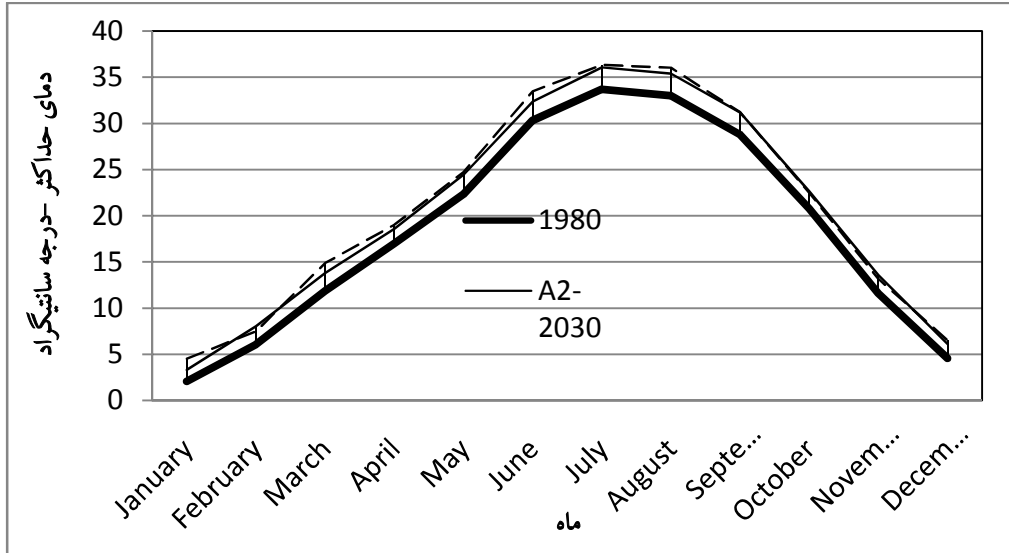
T نیز در این فرمول متوسط درجه حرارت سالانه بر حسب درجه سانتیگراد می‌باشد. [۸]

#### نتایج و بحث:

ایستگاه خوی در شمال غرب کشور واقع شده و دارای اقلیم خشک با شرایط توپوگرافی کوهستانی است. دمای متوسط حداکثر و حداقل ایستگاه در حال حاضر به ترتیب ۱۸.۵ و ۴.۶ درجه سانتیگراد که ماه جولای گرمترین و ژانویه سردین ماه سال آن می‌باشد. مقایسه درجه حرارت حداکثر دوره آتی ۲۰۲۰ با دوره حاضر نشان داد که حدود ۲ درجه سانتیگراد هوا بطور متوسط گرم می‌شود. لازم به ذکر است که دو سناریو A2 و B2 در این دوره اختلاف معنی داری در سطح ۹۵٪ نداشته و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در هر دو حالت سناریوهای فوق دمای منطقه گرم می‌شود (جدول ۱). در شکل (۱) میانگین دمای حداکثر دوره حاضر و دوره ۲۰۲۰ دو سناریو A2 و B2 آمده است. رفتار دمای حداقل نیز همانند دمای حداکثر بوده روند افزایشی را نشان داد. بارش ایستگاه خوی ۳۸۷ میلی‌متر می‌باشد که تغییرات آن در سالهای آتی تغییرات معنی دار نداشته ولی در دوره های ۲۰۲۰ و ۲۰۸۰ کاهش و دوره ۲۰۵۰ افزایش را نشان داد (جدول ۱).

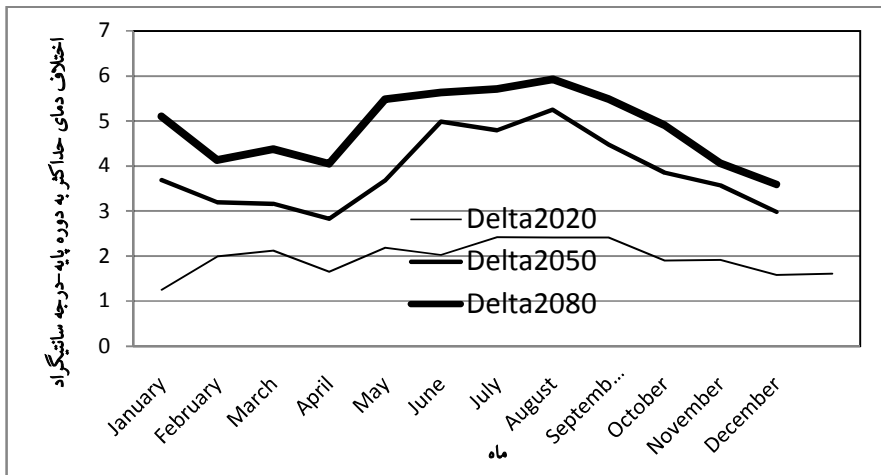
جدول ۱: مقادیر متغیرهای اقلیمی در حاضر و دوره آتی

سناریو	دوره	دمای حداکثر - درجه حرارت	دمای حداقل - درجه حرارت	بارش - میلی‌متر	
پایه	1980	18.49	4.64	378.4	
	A2	2030	20.44	5.85	364.9
		Delta2020	1.99	1.23	-3.9
		Delta2050	3.87	2.39	4.4
		Delta2080	7.00	4.06	-6.9
B2	2030	20.81	5.98	341.4	
	Delta2020	2.25	1.37	-10.4	
	Delta2050	3.35	2.08	1.5	
	Delta2080	4.87	3.04	-1.9	



شکل ۱: میانگین دمای حداکثر ایستگاه خوی در دوره حاضر و دوره ۲۰۲۰ با دو سناریو A2 و B2

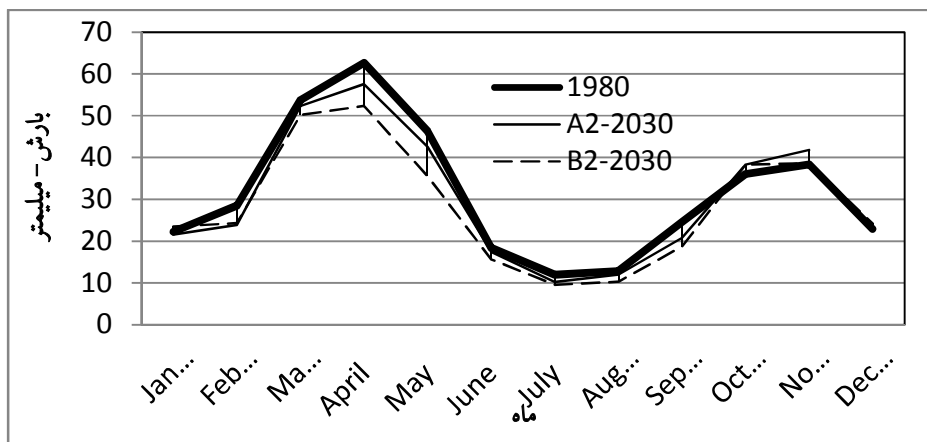
تحلیل اختلاف سه دوره آبی با دوره حاضر نشان از افزایش تجمعی نسبت به دوره حاضر را دارد. بطوریکه در دوره ۲۰۲۰ حداکثر دمای افزایش یافته ۲/۵ درجه سانتیگراد که در تابستان رخ داده و در ماههای سرد سال میزان نرخ افزایش دما نسبت به تابستان کمتر بدست آمد. حداکثر افزایش دما در دوره ۲۰۸۰ در ماه اگوست به ۶ درجه سانتیگراد می‌رسد. ولی در همین دوره افزایش دما در ماه دسامبر ۳/۵ درجه سانتیگراد خواهد بود. در شکل (۲) منحنی اختلاف دمای حداکثر دوره‌های آبی با دوره حاضر براساس سناریو A2 آورده شده است که بر اساس آن، روند افزایش دمای تابستان در دوره ۲۰۵۰ نسبت به دوره دیگر بیشتر بدست آمد.



شکل ۲: منحنی اختلاف دمای دوره‌های آبی با دوره حاضر براساس سناریو A2

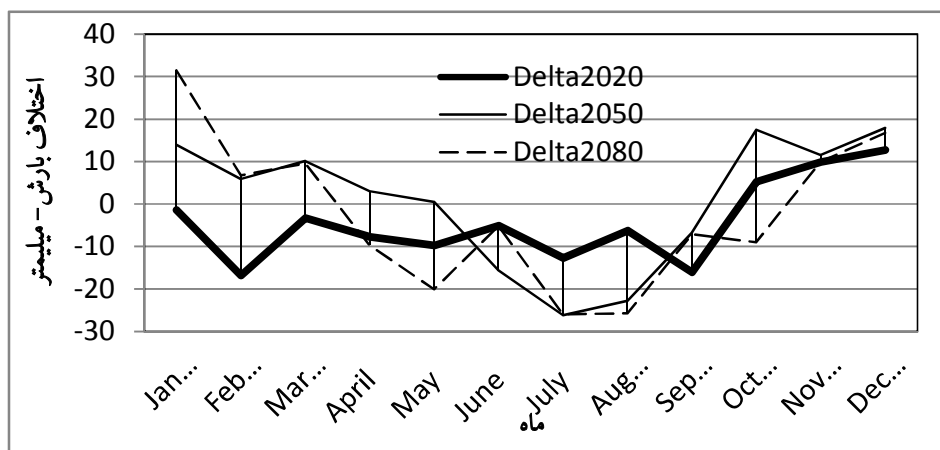


نتایج بدست آمده از تحلیل بارش دوره‌های آبی نشان از کاهش بارش داشته ولی این مقدار معنی‌دار نیست. همانطور که در شکل (۳) آمده است، بارش متوسط ماهانه دوره حاضر و دوره ۲۰۲۰ دو سناریو A2 و B2 نشان از کاهش بارش داشت. متوسط بارش ماه آوریل در دوره حاضر ۶۲ میلی‌متر بوده است ولی در سناریو A2 ۵۶ و در سناریو B2 ۵۲ میلی‌متر برآورد گردید. مقدار بارش بطور کلی در ماه‌های مرطوب سال نسبت به ماه‌های خشک کاهش بیشتری را نشان داد. بخصوص در فصل بهار که اهمیت زیادی در رشد پوشش گیاهی دارد. این موضوع با اینکه مقدار کاهش بارش محسوس نمی‌باشد ولی بدلیل رخ داد آن در فصل رشد گیاهی بر اهمیت توجه به آن می‌افزاید.



شکل ۳: میانگین بارش ایستگاه خوی در دوره حاضر و دوره ۲۰۲۰ با دو سناریو A2 و B2

تحلیل اختلاف درصد بارش دوره‌های آبی نسبت به دوره حاضر پیچیده بوده و در ماه‌های مختلف متفاوت بدست آمده است (شکل ۴).



شکل ۴: منحنی اختلاف بارش دوره‌های آبی با دوره حاضر براساس سناریو A2



نتایج حاصل از معادله تورک در جدول (۲) آمده است. از ۳۷۸ میلیمتر بارش حدود ۹۰ درصد صرف تبخیر و تعرق شده و آب قابل استفاده ۳۶ میلیمتر می باشد. هرچند که مقدار افزایش دما حدود ۲ درجه سانتیگراد در دوره ۲۰۲۰ بدست آمده است ولی تاثیر آن در تبخیر و تعرق و به تبع آن در آب قابل دسترس قابل ملاحظه بوده و از ۳۶ میلیمتر در دوره حاضر به ۱۶ تا ۲۳ میلیمتر در دوره ۲۰۲۰ می‌رسد. این امر استفاه بهینه از آب بارش را دو چندان کرده و ضرورت استفاده را بیان می کند.

جدول ۲: مقادیر تبخیر و تعرق در دوره حاضر و ۲۰۲۰

دوره	دمای حداکثر درجه سانتیگراد	بارش - میلیمتر	تبخیر و تعرق	آب قابل دسترس - میلیمتر	درصد تبخیر و تعرق
1980	11.6	378.4	342.3	36.1	90.4
A2 سناریو 2030	13.1	364.9	341.5	23.4	93.6
B2 سناریو 2030	13.4	341.0	324.5	16.5	95.2

#### منابع

- خلیلی اقدم، ن، مساعدی، ا، سلطانی، ا، کامکار، ب، ۱۳۹۱. ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش بینی برخی از پارامترهای جوی سنندج، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۱۹ (۴): ۸۵-۱۰۲.
- صمدی، س.ز، ۱۳۸۸. تأثیر عدم قطعیت روش های کوچک مقیاس کردن آماری- رگرسیونی بر رواناب رودخانه (مطالعه موردی: سراب حوضه آبخیز کرخه)، رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم تحقیقات، ص ۲۴-۴۵ و ۱۸۶-۱۹۱.
- صمدی، س. ز، مساح بوانی، ع، مهدوی، م، ۱۳۸۹. انتخاب متغیر پیش بینی کننده به منظور کوچک مقیاس کردن آماری داده های دما و بارندگی در حوضه آبخیز کرخه، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۲ الی ۳ اردیبهشت ماه
- کمال، ع، ۱۳۸۸. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر رواناب تحت تأثیر عدم قطعیت مدل های AOGCM-AR4 و روش های کوچک مقیاس کردن (مطالعه موردی: زیرحوضه قره سو)، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه تهران، ص ۵-۱۴ و ص ۷۰-۸۰.
- واثقی، ر، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر جمعی خروجی های مدل های گردش عمومی جو- اقیانوس بر رواناب حوضه قره سو در دوره آتی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، ص ۸-۲۵ و ۷۹-۸۲.

6. Dracup J.A., Vicuna, S. 2005. An Overview of Hydrology and Water Resources Studies on Climate Change: the California Experience. Proc. EWRI 2005: Impacts of Global Climate Change



7. Elshamy, M.E., Wheeler, H.S., Gedney, N., Huntingford, C., 2005. Evaluation of the Rainfall Component of Weather Generator for Climate Change Studies. *Journal of Hydrology*, 326:1-24
8. Gagnon, S., Singh B., Rousselle, J., Roy, L., 2005. An Application of the Statistical DownScaling Model (SDSM) to Simulate Climatic Data for Streamflow Modelling in Québec, *Canadian Water Resources Journal* 30(4): 297–314
9. IPCC, 2007. Synthesis Report 2007: AR4, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA
10. Huang, J., Zhang, J., Zhang, Z., 2011. Simulation of Extreme Precipitation Indices in the Yangtze River Basin by Using Statistical Downscaling Method (SDSM), *Theor Appl Climatol*-10.1007/s00704-011-0536-3.
11. Hashmi, M.Z., Asaad, Y., Shamseldin Bruce, 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
12. Oberg, M.T.N., Collischonn, W., Tucci, C.E.M., Paz, A.R., 2011. Uncertainty in Climate Change Impacts on Water Resources in the Rio Grande Basin, Brazil- *Hydrological Earth system science*, 15: 585-595.
13. Samadia S. Ehteramianb K, Sari Sarraf b. 2011 SDSM ability in simulate predictors for climate detecting over Khorasan province. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 19 (2011) 741–749
14. Wilby, R.L, Dawson, C.W., Barrow, E.M, 2002. SDSM: A decision support tool for the Assessment of regional climate change impacts, *Environmental and Modelling Software*, 17: 145-157