

عدم قطعیت روش‌های ریزمقیاس‌نمایی در تخمین جریان آبی حوضه آبریز قره‌سو تحت اثر تغییر اقلیم

محمد رضا گودرزی^{۱*} - علیرضا فرجی^۲ - مهدی کماسی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۳

چکیده

تخمین عدم قطعیت اثرات تغییر اقلیم در مطالعات اخیر توجهات بسیاری را به خود جلب کرده است، اما بر عدم قطعیت روش‌های ریزمقیاس‌نمایی کمتر توجه شده است. امروزه مطالعات فراوانی پیرامون اثرات تغییر اقلیم در آینده بر زندگی بشر و منابع آب موجود صورت می‌پذیرد. توسعه شهرها، چالش مصارف آب و افزایش گازهای گلخانه‌ای بر این پدیده در آینده شدت خواهد افزود و جریان رودخانه‌ها را دستخوش تغییر خواهد نمود. این تحقیق بر روی حوضه آبریز رودخانه قره‌سو واقع در غرب کشور ایران و با چهار ایستگاه باران‌سنجی و دو ایستگاه سینوپتیک انجام شده است، همچنین بر چندین مدل اقلیمی مختلف حاصل از گزارش چهارم و پنجم انجمن IPCC تمرکز نموده و برای لحاظ نمودن عدم قطعیت‌های مختلف از روش‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری و تناسبی و همچنین سناریوها و مدل‌های اقلیمی مختلف استفاده شده است. نتایج شاخص‌ها حاکی از برتری مدل‌های CANESM2 و HADCM3 (برای هر دو متغیر) در روش آماری و HADCM3 (بارش) و HADGEM (دما) در روش تناسبی می‌باشد. داده‌های دما و بارش دوره آینده (۲۰۴۰-۲۰۶۹) روش آماری و (۲۰۴۰-۲۰۵۲) روش تناسبی) ریزمقیاس‌شده و به مدل HEC-HMS که از قبل مورد واسنجی و صحت‌سنجی قرار گرفته است جهت چشم‌انداز جریان حوضه در دوره آینده داده شد. نتایج ضریب تعیین روزانه برابر ۰/۷ برای دوره واسنجی و ۰/۶ برای دوره صحت‌سنجی بود. در نهایت تغییرات رواناب مورد بررسی قرار گرفت که در کل اکثر مدل‌ها در فصل زمستان، افزایش رواناب و در بقیه فصول کاهش رواناب نسبت به دوره پایه را پیش‌بینی می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: روش تناسبی، سناریوهای انتشار، مدل‌های اقلیمی، مدل HEC-HMS، مدل SDSM

مقدمه

مقیاس مورد نیاز در حوضه‌ها می‌باشد، برای فائق آمدن بر این مشکلات به روش‌های ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی برای ایجاد ورودی‌های آب و هوایی با جزئیات بیشتر، روش‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری برای شبیه‌سازی متغیرهای سطحی مقیاس محلی با استفاده از متغیرهای تروپوسفری بزرگ مقیاس نیاز می‌باشد (۲۱). پژوهش‌های متعددی بر اثرات تغییر اقلیم بر رواناب رودخانه‌ها صورت پذیرفته است که از جمله آن می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد. ذهبیون و همکاران (۲۴) در تحقیقی کاربرد مدل SWAT را در تخمین رواناب حوضه در دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییر اقلیم بررسی نمودند. آنها از مدل HADCM3 حاصل از گزارش چهارم انجمن IPCC^۵ تحت سناریوی A2 استفاده نمودند و همچنین از روش عامل تغییر برای ریزمقیاس‌نمایی خروجی مدل HADCM3 استفاده کردند، نتایج تحقیق نشان از افزایش دما ۱ تا ۴ درجه سانتی‌گرادی در همه ماه‌ها و تغییرات بارش حوضه بین ۳۰٪- تا ۳۰٪+ به غیر از ماه‌های بدون

حوضه‌های آبریز طی دهه‌های اخیر با چالش‌های بی‌سابقه‌ای کمبود جریان و به تبع آن کاهش رواناب رودخانه‌ها مواجه شده‌اند که در این بین پدیده‌ی تغییر اقلیم نیز در آینده اثرات خود را بر حوضه‌ها القا خواهد نمود. اولین گام در مطالعات تغییر اقلیم برآورد چشم‌انداز داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی نظیر دما و بارش در دوره آینده (سناریوهای اقلیمی) می‌باشد که برای این امر از مناسب‌ترین ابزارها، می‌توان به خروجی‌های مدل‌های اقلیمی GCM^۴ اشاره نمود. مهم‌ترین موضوع عدم تطابق مقیاس مکانی خروجی‌های این مدل‌ها با

۱ و ۳- استادیاران گروه مهندسی عمران، دانشگاه آیت الله العظمی بروجردی (ره)
*نویسنده مسئول: (Email: Goodarzi6mr@gmail.com)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آیت الله العظمی بروجردی (ره)

یک روش ریزمقیاس نمایی صرفاً نمی‌توان اعتماد کرد و لحاظ عدم قطعیت موجود در مدل‌های GCM و روش‌های ریزمقیاس نمایی نقطه‌ای مثبتی است که در این تحقیق با در نظر گرفتن سه مدل HADCM3، CGCM3 و CANESM2 با روش ریزمقیاس نمایی آماری و هشت مدل اقلیمی شامل CGCM3، CNRMCM3، CSIROCM3، ECHAM5OM، GFDLCM2.1، GISS-ER، HADGEM و HADCM3 با روش ریزمقیاس نمایی تناسبی لحاظ شده است. هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه قره‌سو می‌باشد که با استفاده از روش ریزمقیاس نمایی آماری SDSM^۲ و روش تناسبی و مدل بارش-رواناب HEC-HMS این تحقیق صورت گرفته است و همچنین از مدل CANESM2 که جدیدترین مدل منتشر شده توسط انجمن IPCC از سری گزارشات AR5 (گزارش پنجم) بهره برده شده است و سعی بر آن شده تا با استفاده از سه مدل مختلف اقلیمی و سناریوهای انتشار RCP^۳ و SRES^۴ با روش آماری و هشت مدل اقلیمی ذکر شده با روش تناسبی عدم قطعیت موجود در مدل‌های اقلیمی و سناریوهای انتشار لحاظ گردد. همچنین از مدل تلفات پیوسته SMA^۵ در مدل‌سازی بارش-رواناب HEC-HMS استفاده شده است که منجر به واسنجی بهتر مدل می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه قره‌سو در شمال غربی حوضه کرخه و در غرب ایران واقع شده است (شکل ۱). مساحت آن ۵۳۵۴ کیلومتر مربع و متوسط بارندگی سالانه آن بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر متغیر است (۲۴). ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک متعددی در سطح حوضه قره‌سو وجود دارد. تعدادی از این ایستگاه‌ها جهت تهیه داده‌های هواشناسی مورد نیاز مدل‌سازی انتخاب گردیده‌اند. ایستگاه‌های منتخب در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

مدل‌های GCM و سناریوهای انتشار RCP و SRES

مدل‌های GCM ابزار مناسبی برای شبیه‌سازی سیستم آب و هوایی و تحقیقات اقلیمی می‌باشند که سناریوهای اقلیمی احتمالی را در دوره آینده تولید می‌کنند. بسیاری از مطالعات هیدرولوژیکی از خروجی‌های دما و بارش ریزمقیاس شده‌ی حاصل از مدل‌های GCM به عنوان ورودی مدل‌های بارش-رواناب استفاده نموده‌اند (۲۳). دقت

بارش داشت. همچنین تغییرات رواناب خروجی حوضه بین ۹۰- تا ۱۲۰٪ بود. Mbaye و همکاران (۱۱) اثرات تغییر اقلیم را بر روی منابع آب حوضه سنگال (غرب آفریقا) بررسی نمودند. آنها از خروجی‌های مدل اقلیمی منطقه‌ای REMO به عنوان ورودی مدل هیدرولوژیکی MPI-HM جهت شبیه‌سازی جریان رودخانه، رواناب، رطوبت خاک و تبخیر-تعرق استفاده نمودند. ضریب نش برای این مدل ۰/۹۲ بدست آمد که نشان از شبیه‌سازی مناسب جریان حوضه با این مدل بود. نتایج نشان از کاهش کلی جریان حوضه، رطوبت خاک تحت دو سناریوی انتشار RCP4.5 و RCP8.5 در همه شبیه‌سازی‌ها بود. Saha (۱۳) در تحقیقی اثرات القایی تغییر اقلیمی بر بارش و منابع آب حوضه British Columbia در کانادا را بررسی نمود. وی در این تحقیق از مدل CRCM4.2 تحت سناریوهای انتشار A2 و B1 و روش ریزمقیاس نمایی عامل تغییر (تناسبی^۱) برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ و مدل هیدرولوژیکی بارش-رواناب GSSHA استفاده نمود. نتایج کلی حاکی از افزایش جریان ماهانه، فصلی و سالانه بود. میانگین جریان سالانه در دوره آینده تحت دو سناریوی انتشار A2 و B1 به ترتیب در حدود ۱۵/۵٪ و ۱۲/۱٪ به علت افزایش بارش میانگین ۵/۵٪ و ۳/۵٪ و افزایش دما در حدود ۰/۷۶٪ و ۰/۵۷٪ درجه سانتی‌گراد بود. وی همچنین به این نتیجه رسید که میانگین جریان فصلی نیز در زمستان، بهار، تابستان و پاییز در دوره آینده و تحت سناریوی A2 با افزایش ۱۰٪، ۱۶٪، ۱۱٪ و ۱۱٪ و تحت سناریوی B1 به ترتیب ۶٪، ۱۵٪، ۶٪ و ۸٪ روبرو خواهد شد. Sharma و همکاران (۱۶) اثرات تغییر اقلیم کلی را بر جریان‌های کمینه در حوضه Muskingum در اوهایو شرقی مورد مطالعه قرار دادند. آنها از مدل هیدرولوژیکی SWAT برای شبیه‌سازی جریان حوضه استفاده کردند. آنها همچنین برای سنجش تغییرات جریان در طی قرن ۲۱ از ۱۹ مدل GCM تحت سه سناریوی انتشار RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 در سه دوره مختلف و عامل Bias Corrected استفاده کردند. نتایج حاکی از افزایش میانگین جریان سالانه ۳۸/۳٪ در دهه ۲۰۳۵، ۴۶/۹٪ در دهه ۲۰۵۵ و ۴۹/۶٪ در دهه ۲۰۸۵ بود اما جریان در ماه سپتامبر (دوره جریان کمینه) با کاهش بحرانی روبرو شده بود. در اکثر مطالعات قبلی که در کشور ایران صورت پذیرفته است جای خالی مدل‌های GCM حاصل از گزارش پنجم IPCC به شدت احساس می‌شود، از این رو همه‌ی اساتید اقلیم‌شناسی بر این موضوع تأکید دارند که پژوهش‌ها باید به‌روز گردند. به همین جهت در این تحقیق از جدیدترین مدل GCM حاصل از گزارش پنجم IPCC با عنوان CANESM2 بهره برده شده است، همچنین در بیشتر مطالعات قبلی بر یک مدل GCM و یک روش ریزمقیاس نمایی منحصر تکیه شده است با وجود اینکه بر نتایج یک مدل اقلیمی و

2- Statistical Down Scaling Methods

3- Representative Concentration Pathways

4- Special Reports on Emission Scenario

5- Soil Moisture Accounting

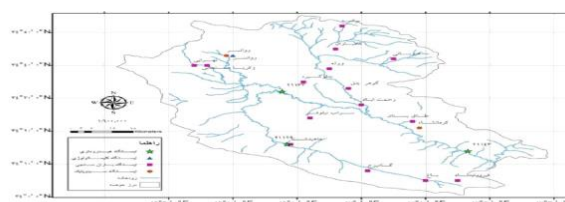
1- Proportional Downscaling

گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی گردند. سناریوهای قدیمی‌تر SRES در واقع گزارش ویژه‌ای است که توسط IPCC در سال ۲۰۰۰ منتشر شد که به منظور ارائه تصویری از تغییر اقلیم آینده کره زمین استفاده می‌شود. این سناریوها در گزارش‌های سوم (TAR) و چهارم (AR4) IPCC که به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷ چاپ شدند مورد استفاده قرار گرفتند (۷ و ۸). به طور کلی ۴۰ سناریوی مختلف وجود دارند که هر کدام فرضیات متفاوتی از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، پوشش سطح زمین و دیگر وادشت‌های اقلیم در آینده را مد نظر قرار داده‌اند. علاوه بر آن فرضیاتی برای نحوه توسعه فنی و رشد اقتصادی آینده کشورها را در نظر گرفته‌اند. خانواده سناریوهای انتشار به سناریوهای اطلاق می‌شود که دارای موضوع و زمینه مشترکی هستند. در گزارش‌های سوم و چهارم IPCC بر روی شش خانواده از سناریوهای بحث شده‌اند که عبارتند از: A1B، A1FI، A1T، A2، B1 و B2.

مکانی افقی مدل‌ها در سطح خشکی‌های کره زمین نوعاً ۲۵۰ کیلومتر و دقت مکانی قائم آن برابر یک کیلومتر می‌باشد. در حالی که دقت مکانی قائم در اقیانوس‌ها ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر و دقت مکانی افقی برابر ۱۲۵ تا ۲۵۰ کیلومتر می‌باشد. مدل‌های GCM در چند دهه اخیر با افزایش قدرت رایانه‌ها توسعه چشمگیری یافته‌اند (۲۰). داده‌های خروجی مدل‌های GCM بعد از ریزمقیاس‌نمایی می‌توانند در مقیاس منطقه‌ای به مدل‌های هیدرولوژیکی جهت تصویر چشم انداز رواناب در آینده معرفی گردند (۱۰). انجمن IPCC در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود (AR5) از سناریوهای جدید RCP به عنوان نماینده خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده است (۹). سناریوهای جدید دارای چهار خط سیر کلیدی با نام‌های RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 می‌باشند که بر اساس میزان واداشت تابشی آنها در سال ۲۱۰۰ و مشخصات متفاوت سطح تکنولوژی، وضعیت اجتماعی و اقتصادی، خط مشی‌ها در آینده می‌باشند که در هر شرایطی می‌توانند منجر به سطح انتشار متفاوت

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب
Table 1- Characteristics of selected stations

بارش سالانه (mm) Annual precipitation	دوره آماری Statistical period	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع (m) Height	نوع ایستگاه Station type	نام ایستگاه Station name
447	1970-2000	34 21	47 09	1318.6	سینوپتیک Synoptic	کرمانشاه Kermanshah
525	1988-2000	34 43	46 39	1379.7	سینوپتیک Synoptic	روانسر Ravansar
490	1988-2000	34 35	46 51	1180	باران‌سنجی Rain gage	جلوگیره Jelogireh
403	1988-2000	34 16	46 49	1415	باران‌سنجی Rain gage	ماهیدشت Mahidasht
-	1970-2000	34 14	47 15	1230	هیدرومتری Hydrometric	قره باغستان Gharebaghestan



شکل ۱- نقشه حوضه قره‌سو و ایستگاه‌های منتخب

Figure 1- The location of the Ghareso Basin and selected stations

مقیاس مانند میانگین تراز سطح دریا، باد منطقه‌ای، دما، ارتفاع ژئو پتانسیل و ... به متغیرهای اقلیمی محلی مانند دما، بارش و رطوبت مشاهداتی ارتباط داده می‌شود، این هدف با روابط آماری و تجربی حاصل می‌شود (۱۹). مدل SDSM در تحقیقات بسیاری جهت

روش‌های ریزمقیاسی آماری SDSM و تناسبی

سه روش جهت ریزمقیاس‌نمایی خروجی‌های مدل‌های GCM وجود دارد که شامل ریزمقیاس‌نمایی آماری، دینامیکی و عامل تغییر می‌باشد (۴). با استفاده از مدل‌های آماری، متغیرهای اقلیمی بزرگ

باشد. مدل‌های مذکور در طی زمان بارندگی خاصی، سیستم هیدرولوژیکی را شبیه‌سازی کرده، رواناب را محاسبه می‌کند و پس از پایان آن زمان دیگر روانابی مشاهده نمی‌شود. معمولاً به چنین مدل‌هایی در هیدرولوژی، مدل‌های تک رویدادی یا منقطع می‌گویند. اما در مقابل مدل‌هایی نیز وجود دارد که می‌تواند رفتار شرایط خشک و تر حوضه را شبیه‌سازی می‌کند، در هیدرولوژی مهندسی، چنین مدل‌هایی، به مدل‌های پیوسته معروف‌اند. مدل پیوسته موجود در HEC-HMS مدل احتساب کننده رطوبت خاک می‌باشد که قادر است تغییرات مقدار رطوبت خاک را بین رویدادهای بارندگی در زمان‌های مختلف شبیه‌سازی کند (شکل ۲). این مدل حرکت آب و ذخیره آن را در گیاهان، سطح خاک، عمق خاک و لایه‌های زیرزمینی شبیه‌سازی کرده و با داشتن مقدار بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل، مدل جریان سطحی، جریان آب زیرزمینی و تلفات ناشی از آن را روی کل حوضه آبریز محاسبه می‌کند (۱۲). مدل بکار رفته در محاسبه رواناب مدل هیدروگراف واحد کلارک می‌باشد (۱). کلارک، هیدروگراف واحد یک حوضه آبریز را به صورت صریح با دو فرآیند اصلی در تبدیل بارش مازاد به رواناب معرفی می‌کند: انتقال یا حرکت بارش اضافی از نقطه اصلی تا نقطه خروجی حوضه آبریز و میرایی یا کاهش مقدار دبی به منزله ذخیره مازاد در سراسر حوضه آبریز. ذخیره کوتاه مدت آب در حوضه (در خاک، روی سطح، در کانال‌ها) نقش مهمی را در تبدیل بارش مازاد به رواناب ایفا می‌کند (۱۷). در مدل کلارک، مخزن خطی تأثیرات جمعی کل ذخیره حوضه را نشان می‌دهد، بنابراین مخزن می‌تواند در خروجی حوضه آبریز متمرکز شود. مدل کلارک زمان لازم برای حرکت آب به خروجی حوضه را نیز منظور می‌کند (۲ و ۶).

نتایج و بحث

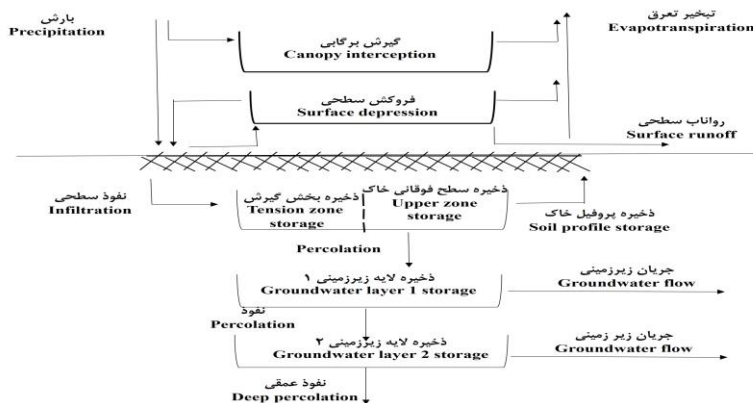
بررسی عملکرد مدل‌های GCM در شبیه‌سازی داده‌های دما و بارش در دوره پایه با روش تناسبی

به منظور بررسی عملکرد مدل‌های GCM در شبیه‌سازی داده‌های دما و بارش، در ابتدا داده‌های دما و بارش متوسط حوضه محاسبه گردید. در مرحله بعد داده‌های دما و بارش مورد نیاز برای روش ریزمقیاس نمایی تناسبی حاوی سری زمانی دما و بارش دوره پایه و دوره آینده مدل‌های مختلف GCM و در روش آماری فایل متغیرهای مشاهداتی بزرگ مقیاس ناحیه‌ای NCEP و متغیرهای بزرگ مقیاس اتمسفری استخراج شده از مدل‌های GCM برای هر یک از مدل‌ها از پایگاه‌های IPCC و سایت کانادایی وابسته به این انجمن تهیه و مرتب گردید. در ادامه، میانگین ۳۰ ساله (۲۰۰۰-۱۹۷۱) ماهانه دما و بارندگی سلول مذکور محاسبه شد.

ریزمقیاس نمایی برخی متغیرهای مهم نظیر دما و بارش برای چشم انداز پاسخ‌های هیدرولوژیکی در مطالعات تغییر اقلیم به کار برده شده است (۱۴). این مدل با ترکیب میان رگرسیون چندگانه خطی و مولدهای آب و هوایی تصادفی گسترش داده شده است (۲۰). در ابتدا به منظور واسنجی و صحت یابی مدل SDSM، متغیرهای بزرگ مقیاس منطقه مطالعاتی در مقیاس روزانه در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ (متغیرهای حاصل از Ncep) به عنوان متغیرهای مستقل و بارندگی و میانگین دما روزانه مشاهداتی، به عنوان متغیرهای وابسته بطور جداگانه وارد مدل شدند. سپس نتایج بدست آمده از مدل با مقادیر مشاهده شده مقایسه و نحوه عملکرد مدل ارزیابی شد. با استفاده از نتایج بدست آمده در دوره تنظیم مدل و با استفاده از داده‌های بزرگ مقیاس مدل‌های GCM، سناریوهای بارش و دمای منطقه برای دو دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ و ۲۰۴۰-۲۰۶۹ تولید شدند. با استفاده از این سناریوها می‌توان به تخمین تغییرات اقلیمی دوره مطالعاتی آینده (۲۰۴۰-۲۰۶۹) منطقه مطالعاتی پرداخت. در روش تناسبی به طور معمول نسبت‌های ماهانه برای سری‌های تاریخی به دست می‌آید. ابتدا سناریوهای تغییر اقلیم برای دما و بارش تولید می‌شود. لذا برای محاسبه سناریوی تغییر اقلیم در هر مدل مقادیر اختلاف برای دما و نسبت برای بارندگی متوسط بلند مدت هر ماه در دوره آینده ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و دوره شبیه‌سازی شده پایه با استفاده از همان مدل (۲۰۰۰-۱۹۷۱) برای هر سلول از شبکه محاسباتی محاسبه می‌شود (۱۸ و ۲۲). سپس از روش عامل تغییر (Change Factor) برای ریزمقیاس نمایی تناسبی داده‌های طرح استفاده می‌شود. در روش عامل تغییر برای به دست آوردن سری زمانی سناریوی اقلیمی در آینده، سناریوهای تغییر اقلیم به مقادیر مشاهداتی (۱۹۷۱-۲۰۰۰) افزوده می‌شود (۲۵).

مدل HEC-HMS

سیستم مدل‌سازی هیدرولوژی HEC-HMS توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی (HEC) انجمن مهندسين ارتش آمریکا تهیه شده است. این مدل امکان شبیه‌سازی فرآیند بارش - رواناب در حوضه‌های آبریز را فراهم می‌آورد. مدل HEC-HMS جهت حل محدوده گسترده‌ای از مسائل هیدرولوژیکی در محدوده وسیعی از سطوح جغرافیایی با توپوگرافی متفاوت قابل استفاده است. از نظر دسته‌بندی مدل‌ها، مدل HEC-HMS جزو مدل‌های ریاضی محسوب می‌شود که شامل زیر مدل‌های مختلف می‌باشد. در این تحقیق روش احتساب کننده رطوبت خاک جهت محاسبه تلفات و از روش هیدروگراف واحد کلارک جهت محاسبه رواناب و از مدل نمایی فروکش جهت تعیین دبی پایه استفاده شده است. مدل نمایی فروکش تشریح کننده مقدار زهکشی از ذخیره‌های قبلی موجود در حوضه است. مدل تلفات بکار رفته مدل احتساب کننده رطوبت خاک می



شکل ۲- الگوریتم کاری مدل احتساب کننده رطوبت خاک (۱۲)

Figure 2- Schematic view of the continuous soil moisture accounting components (12)

می‌باشند، که نشان دهنده‌ی پیچیدگی بارندگی و تعدد عناصر مؤثر بر آن است.

بررسی عملکرد مدل‌های GCM در شبیه‌سازی ایستگاه‌های

بارش در دوره پایه با مدل آماری SDSM

به منظور صحت در انتخاب مدل‌های GCM و تعیین چشم‌انداز آینده داده‌های بارش، برای هر ایستگاه به طور جداگانه داده‌های بارش ریزمقیاس نمایی آماری شده و عملکرد هر مدل برای هر ایستگاه مورد سنجش قرار گرفته است. نتایج این موضوع در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است. در ایستگاه‌های جلوگیره و ماهیدشت مدل HADCM3 و برای ایستگاه‌های کرمانشاه و روانسر مدل CANESM2 برگزیده شدند.

واسنجی و صحت‌سنجی مدل HEC-HMS

پارامترهای متعددی جهت واسنجی مدل انتخاب گردیده است. این پارامترها با توجه به تحقیقات قبلی در زمینه واسنجی مدل HEC-HMS انتخاب گردیده‌اند. پس از برآورد رواناب در خروجی حوضه، به منظور مقایسه آن با رواناب مشاهداتی از شاخص‌های خوبی برازش استفاده می‌شود. مدل برای دوره ۱۹۹۶-۱۹۹۳ (سال‌های ۹۳، ۹۴، ۹۵ و ۹۶) واسنجی و برای دوره ۱۹۹۰-۱۹۸۸ (سال‌های ۸۸، ۸۹ و ۹۰) مورد صحت‌سنجی قرار گرفت. مقادیر ضرایب تعیین و نش شبیه‌سازی جریان روزانه در جدول ۶ آمده است. همچنین در شکل‌های ۳ و ۴ هیدروگراف جریان در دوره‌های واسنجی و صحت سنجی ارائه شده است.

نهایتاً این مقادیر با میانگین ۳۰ ساله معرف ماهانه دما و بارندگی مشاهداتی متوسط حوضه در دوره پایه معرف مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از وزن‌دهی و خطاهای RSME و Bias و ضرایب تعیین و نش مربوط به روش ریزمقیاس نمایی تناسبی در جدول ۲ آمده است، بر اساس نتایج مدل‌های ECHAM, HADGEM, و CSIRO MK3 برای معرفی متغیر دما و مدل HADCM3 به عنوان برترین مدل برای معرفی متغیر بارش به مدل بارش رواناب شناخته شد. مدل‌هایی که بیشترین وزن، کمترین خطا و بیشترین ضرایب تعیین و نش را دارا می‌باشند.

بررسی عملکرد مدل‌های GCM در شبیه‌سازی داده‌های دما

در دوره پایه با مدل آماری SDSM

پس از واسنجی مدل SDSM برای دوره ۱۹۸۵-۱۹۷۱، به منظور ارزیابی عملکرد مدل، با استفاده از قابلیت تولید کننده آب و هوایی مدل SDSM، داده‌های بزرگ مقیاس غالب برای هر مدل و پارامترهای واسنجی شده هر یک از مدل‌ها، ۲۰ سری زمانی دمایی روزانه منطقه برای دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۶ تولید شد. سپس عملکرد داده‌های مدل شده و مشاهداتی دما مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج جدول ۳، مدل CGCM3 نسبت به مدل‌های دیگر دارای وزن کمتری (برابر صفر) می‌باشد و کارایی دو مدل دیگر در ریزمقیاس نمایی داده‌های دما دوره آبی بیشتر است. وزن دو مدل CANESM2 و HADCM3 به ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۷۴ می‌باشد و همچنین خطای کمتر این دو مدل نشان از قدرت بالای این دو مدل در شبیه‌سازی دمای مشاهداتی منطقه است. بنابراین از دو مدل مذکور برای ریزمقیاس نمایی دما با روش آماری SDSM استفاده شده است. در مدل بارندگی، تعداد متغیرهای پیش‌بینی کننده بیشتر از مدل دمایی

جدول ۲- وزن دهی، خطای RSME و Bias و ضریب تعیین و نش (داده‌های سی ساله) دوره پایه روش تناسبی
 Table 2- Weighted, RSME and Bias errors and coefficient of determine and nash values for base temperature and precipitation data (30 years data) by Proportional down scaling

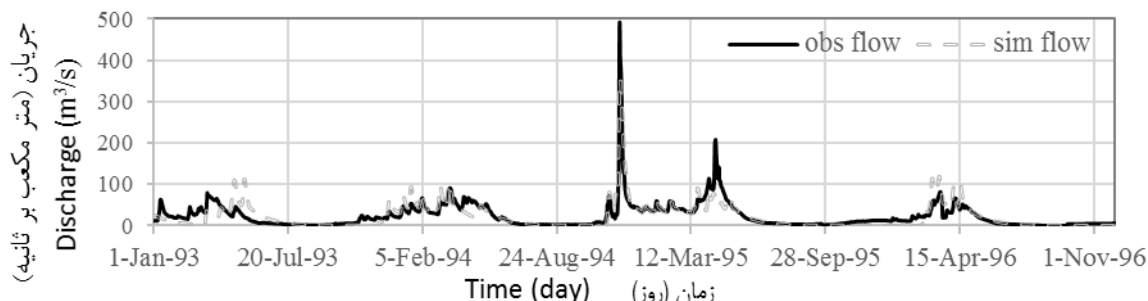
مدل Model	وزن دما Weighting temperature	RSME (°C)	Bias (°C)	ضریب تعیین R ²	ضریب نش Nash	وزن بارش Weighting precipitati on	RSME (mm)	Bias (mm)	ضریب تعیین R ²	ضریب نش Nash
CGCM3	0.032	5.812	5.49	0.99	0.55	0.091	1.425	0.27	0.79	0.71
CNRMC M3	0.046	4.615	3.85	0.985	0.732	0.057	1.712	0.43	0.31	0.04
CSIROM K3	0.073	3.468	2.45	0.973	0.885	0.063	1.567	0.39	0.56	0.44
ECHAM5 OM	0.092	2.858	-1.92	0.992	0.921	0.034	1.438	0.72	0.87	0.32
GFDLCM 2.1	0.042	4.893	-4.39	0.984	0.717	0.022	1.765	1.12	0.95	-0.57
GISS-ER	0.072	4.699	-2.46	0.981	0.775	0.069	1.459	0.36	0.86	0.68
HADCM3	0.032	5.829	5.48	0.99	0.599	0.579	1.532	-0.04	0.81	0.8
HADGE M A1B	0.301	2.090	-0.59	0.989	0.978	0.042	1.733	0.59	0.44	0.18
HADGE M A2	0.309	2.091	-0.57	0.989	0.978	0.042	1.737	0.59	0.43	0.18

جدول ۳- خطای RSME و Bias مدل‌های GCM در روش آماری نسبت به داده‌های مشاهداتی دمای دوره پایه
 Table 3- RSME and Bias errors of GCM models by statistical method for basic observed temperature

ضریب نش (ارزیابی) Nash (Validation)	ضریب نش (واسنجی) Nash (calibration)	ضریب تعیین (ارزیابی) R ² (Validation)	ضریب تعیین (واسنجی) R ² (Calibration)	وزن Weighting	خطای Bias Bias error	خطای RSME RSME error	مدل Model
0.9894	0.9961	0.9976	0.9972	0.26	0.71	1.75	CANESM2
0.9881	-133	0.9969	0.4520	0	-73	101	CGCM3
0.9863	0.9989	0.9965	0.9991	0.74	0.25	1.71	HADCM3

جدول ۴- خطاهای RSME و BIAS برای ایستگاه‌های بارش
 Table 4- The RSME and Bias errors of precipitation stations

کرمانشاه Kermanshah		روانسر Ravansar		ماهیدشت Mahidasht		جلوگیره Jelogireh		ایستگاه بارش Station
Bias	RMSE	Bias	RMSE	Bias	RMSE	Bias	RMSE	معیار Index
-0.1	1.42	-0.6	2.51	-0.3	1.49	-2.15	9.88	CANESM2
-13174	40142	-800000	7000000	-0.73	8.18	-30.8	149200	CGCM3
-0.56	-2.99	-1.05	7.12	-0.03	1.03	-0.35	1.53	HADCM3



شکل ۳- مقایسه هیدروگراف جریان مشاهداتی و مدل سازی شده در دوره واسنجی مدل HEC-HMS
 Figure 3- The comparison between observed flow hydrograph and simulated flow hydrograph in HEC-HMS calibration period

جدول ۵- ضریب تعیین، ضریب نش و وزن دهی سالانه برای ایستگاه‌های بارش

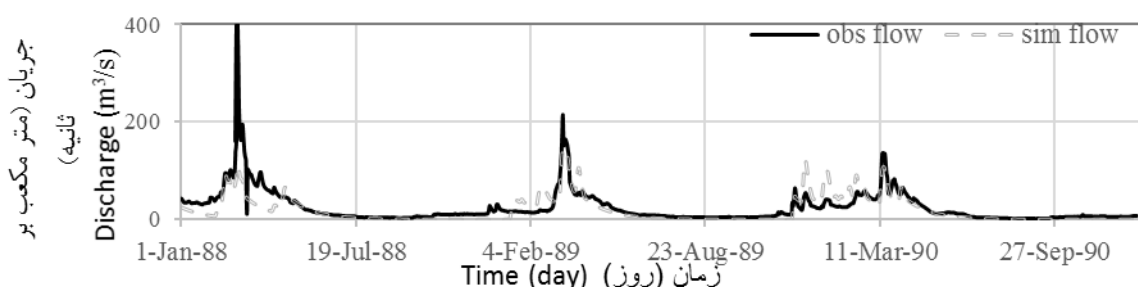
Table 5- The coefficient of determine and nash and annual weighting for precipitation stations

Kermanshah کرمانشاه			Ravansar روانسر			Mahidasht ماهیدشت			Jelogireh جلوگیره			مدل Model	
وزن Weigh ting	Nash	R ²	وزن Weigh ting	Nash	R ²	وزن Weigh ting	Nash	R ²	وزن Weigh ting	Nash	R ²		
0.84	0.90	0.90	0.64	-2.66	0.51	0.10	-2.09	0.46	0.14	-96.8	0.01	واستجی Calibration	CANES M2
	0.70	0.80		-7.4	0.19		-1.88	0.43		-143	0.01	ارزیابی Validation	
0	-	0.04	0	-	0.1	0.04	-7.39	0.05	0	-	0.24	واستجی Calibration	CGCM3
	-	0.03		-	0.1		-54.6	0.01		-	0.07	ارزیابی Validation	
0.16	-1.16	0.39	0.36	-43.7	0.01	0.86	0.45	0.55	0.86	-0.14	0.84	واستجی Calibration	HADCM3
	0.42	0.92		-4.14	0.15		0.78	0.81		-1.25	0.74	ارزیابی Validation	

جدول ۶- نتایج حاصل از واسنجی و ارزیابی مدل HEC-HMS برای حوضه قره‌سو

Table 6- HEC-HMS calibrated and validated results for Gharesou Basin

دوره Period	واستجی ۱۹۹۳-۱۹۹۶ Calibration						صحت‌سنجی ۱۹۸۸-۱۹۹۰ Validation					
	ضریب ضریب Nash	ضریب تعیین R ²	میانگین مشاهداتی Observati on average	میانگین مدل شده Simulatio n average	واریانس مشاهداتی Observati on variance	واریانس مدل شده Simulatio n variance	ضریب ضریب Nash	ضریب تعیین R ²	میانگین مشاهداتی Observati on average	میانگین مدل شده Simulatio n average	واریانس مشاهداتی Observati on variance	واریانس مدل شده Simulatio n variance
روزانه	0.70	0.66	23.76	22	1018	1073	0.60	0.57	24.19	18.87	1102	731
ماهانه	0.72	0.65	23.87	22.05	578.3	674.5	0.67	0.64	24.23	19	786.7	547.9
فصلی	0.80	0.74	23.87	22.05	321.5	396.5	0.71	0.65	24.23	19	446.7	370.9



شکل ۴- مقایسه هیدروگراف جریان مشاهداتی و مدل‌سازی شده در دوره صحت‌سنجی مدل HEC-HMS
Figure 4- Comparison between observed flow hydrograph and simulated flow in HEC-HMS validation

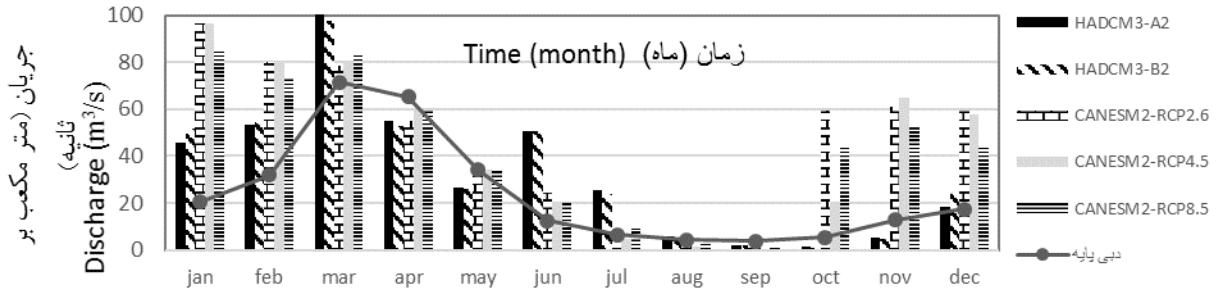
سناریوهای مختلف شبیه‌سازی گردید. شکل ۵ تغییرات میانگین ماهانه رواناب برای هر مدل GCM را با روش آماری SDSM نمایش می‌دهد. همانطور که از خروجی‌های روش SDSM مشهود است مدل HADCM3 نسبت به مدل CANESM2 در بیشتر ماه‌ها مقادیر کمتری را نشان می‌دهد و مدل CANESM2 در اکثر ماه‌های

تغییرات رواناب حوضه در دوره آینده

در ادامه با معرفی سری زمانی روزانه دما و بارش ریزمقیاس شده توسط مدل SDSM و تناسبی به مدل HEC-HMS، سری زمانی رواناب در ایستگاه هیدرومتری قره باغستان طی دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹ برای روش آماری و ۲۰۵۲-۲۰۴۰ برای روش تناسبی تحت مدل‌ها و

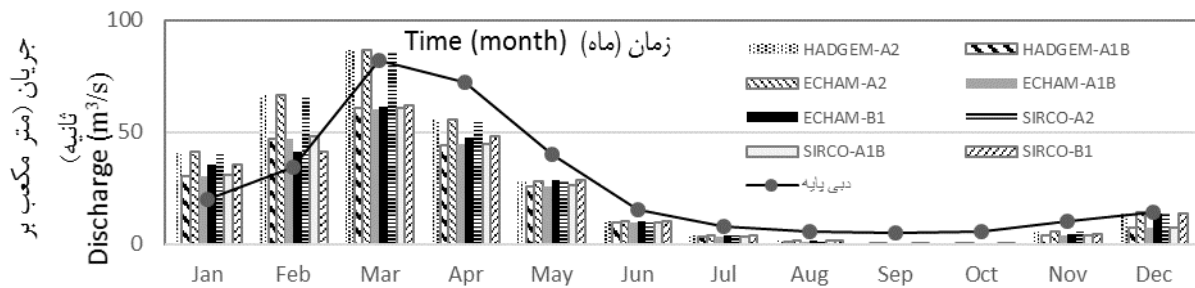
پیش‌بینی می‌کند در حالی که در بقیه فصل‌ها کاهش رواناب مشاهده می‌شود.

زمستان و پاییز افزایش رواناب را شبیه‌سازی کرده است در حالی که در اکثر ماه‌های بهار و تابستان کاهش رواناب را نشان می‌دهد. مدل HADCM3 نیز در فصول زمستان و تابستان افزایش رواناب را



شکل ۵- میانگین ماهانه رواناب با روش SDSM در دوره آینده

Figure 5- Monthly average runoff by SDSM method for future period



شکل ۶- میانگین ماهانه رواناب با روش تناسبی در دوره آینده

Figure 6- Monthly average runoff by Proportional method for future period

جدول ۷- دامنه تغییرات رواناب دوره آینده نسبت به دوره پایه

Table 7- The Runoff variation values for future period versus basic period

میانگین تغییرات جریان	بیشترین		مدل منتخب دما روش تناسبی Selected model for temperature by Proportional method	مدل منتخب بارش روش تناسبی Selected model for precipitation by Proportional method	میانگین تغییرات جریان	بیشترین		مدل منتخب دما روش SDSM Selected model for temperature by SDSM	مدل منتخب بارش روش SDSM Selected model for precipitation by SDSM
	کاهش	افزایش				کاهش	افزایش		
Average of flow changes (m ³ /s)	Highest decreases (m ³ /s)	Highest increases (m ³ /s)			Average of flow changes (m ³ /s)	Highest decreases (m ³ /s)	Highest increases (m ³ /s)		
-0.07	-17	32.3	HADGEM-A2	HADCM3	8.7	-10	38	HADCM3-A2	HADCM3-A2
-6.6	-28.2	13	HADGEM-A1B		9.1	-12.2	38.3	HADCM3-B2	HADCM3-B2
0.06	-16.6	32.4	ECHAM-A2		22.5	-9.9	75.8	CANESM2-RCP2.6	CANESM2-RCP2.6
-6.5	-27.9	12.9	ECHAM-A1B		19.3	-5.9	75.7	CANESM2-RCP4.5	CANESM2-RCP4.5
-5.4	-24.5	15.2	ECHAM-B1		18.5	-5.9	63.9	CANESM2-RCP8.5	CANESM2-RCP8.5
0.04	-17.1	32.6	SIRCO-A2						
-6.4	-27.7	13.6	SIRCO-A1B						
-5.2	-24.3	15.4	SIRCO-B1						

منظور خروجی دما و بارش مدل‌های GCMs با دو روش آماری (مدل SDSM) و تناسبی برای دوره آبی حوضه ریزمقیاس گردید. برتری این تحقیق ارزیابی مدل CANESM2 که به تازگی ارائه شده است می‌باشد همچنین از دیگر نقاط قوت در بخش واسنجی مدل بارش-رواناب HEC-HMS می‌باشد که از مدل تلفات پیوسته SMA استفاده شد که منجر به واسنجی بهتر و در نظر گرفتن تغییرات ترسالی و خشکسالی حوضه شده است. نتایج واسنجی و صحت سنجی مدل بارش-رواناب نیز در حد مورد قبول بود به طوری که ضریب تعیین روزانه برابر با ۰/۷ برای دوره واسنجی و ۰/۶ برای دوره صحت‌سنجی مدل بود. نتایج کلی نشان از تغییرات ماهانه رواناب در روش SDSM بین ۱۲/۲۳- و ۷۵/۸۶ و در روش تناسبی ترکیبی بین ۲۸/۲- و ۳۲/۶۵ متر مکعب بر ثانیه دارد. در دوره آینده در اکثر مدل‌ها حوضه با افزایش رواناب در فصل زمستان و کاهش آن در دیگر فصول همراه خواهد بود که دلیل آن ذوب برف در زمستان به علت افزایش دما و کاهش رواناب در دیگر فصول به علت کاهش بارش در بیشتر مدل‌ها می‌باشد. در آخر نیز به عنوان پیشنهاد این تحقیق لزوم بر توجه به تغییرات اقلیم و سیاست‌گذاری‌های صحیح در جهت مقابله و کمتر نمودن اثرات آن در آینده بیش از پیش اهمیت یافته و مستلزم مدیریت صحیح در منابع آب و تصمیم‌گیری‌های بهنگام در دوره حال و آینده می‌باشد.

از شکل ۶ نیز می‌توان به این نتیجه رسید که روش تناسبی کاهش بیشتر رواناب را در دوره آینده نسبت به روش SDSM نمایش می‌دهد. به طوری که حوضه در زمستان شاهد افزایش رواناب و در فصول بهار، تابستان و پاییز کاهش رواناب خواهد بود. دامنه تغییرات رواناب و افزایش و کاهش هر مدل در دوره آینده نسبت به دوره پایه در جدول ۷ آورده شده است. نتایج جدول حاکی از کاهش رواناب در روش تناسبی و در سناریوهای A1B و B1 است. همچنین بیشترین افزایش رواناب در مدل CANESM2-RCP2.6 به اندازه‌ی ۷۵/۸۶ متر مکعب بر ثانیه و کمترین افزایش در روش تناسبی ترکیبی در مدل ECHAM-A1B به مقدار ۱۲/۹۴ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. همچنین بیشترین کاهش رواناب در روش تناسبی ترکیبی در مدل HADGEM-A1B به اندازه‌ی ۲۸/۲- متر مکعب بر ثانیه و کمترین کاهش در روش SDSM و مدل CANESM2-RCP4.5 به اندازه‌ی ۵/۹۱- متر مکعب بر ثانیه است. در کل تغییرات ماهانه رواناب در روش SDSM بین ۱۲/۲۳- و ۷۵/۸۶ متر مکعب بر ثانیه است و در روش تناسبی ترکیبی بین ۲۸/۲- و ۳۲/۶۵ متر مکعب بر ثانیه است.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر برای بررسی عدم قطعیت روش‌های ریزمقیاس نمایی تحت اثر تغییر اقلیم بر رواناب حوضه قره‌سو انجام گردید. بدین

منابع

- 1- Clark C.O. 1945. Storage and the unit hydrograph: transactions. American Society of Civil Engineers, 110: 1419-1488.
- 2- Dooge J.C.I. 1959. A general theory of the unit hydrograph. Journal of Geophysical Research, 64(2): 241-256.
- 3- Graham L.P., Andréasson J., and Carlsson B. 2007. Assessing climate change impacts on hydrology from an ensemble of regional climate models, model scales and linking methods-A case study on the Lule River basin. Climate Change Journal, 81: 293-307.
- 4- Hussain M., Yusof K.W., Mustafa M.R., and Afshar N.R. 2015. Application of statistical downscaling model (SDSM) for long term prediction of rainfall in Sarawak, Malaysia. WIT Transactions on Ecology and The Environment Journal, 196: 269-278.
- 5- Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual. 2000. US Army Corps Engineers Hydrologic Engineering Center, CA 95616 USA, 152pp.
- 6- Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Quick Start Guide. 2013. US Army Corps Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center, CA 95616 USA, 52pp.
- 7- IPCC. 2000. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Nakicenovic N., Davidson O., Davis D., Grübler A., Kram T., Lebre La Rovere E., Metz B., Morita T., Pepper W., Pitcher H., Sankovski A., Shukla P., Swart R., Watson R., and Dadi Z.]. Emissions Scenarios.
- 8- IPCC: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. (AR4), Tech. rep., The United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.
- 9- IPCC, Summary for Policymakers. 2013. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., and Midgley P.M.,] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 28pp.
- 10- Le T.B., and Sharif H.O. 2015. Modeling the Projected Changes of River Flow in Central Vietnam under Different

- Climate Change Scenarios. *Journal of Water*, 7: 3579-3589.
- 11- Mbaye M.L., Hagemann S., Haensler A., Stacke T., Thierno Gaye A., and Afouda A. 2015. Assessment of Climate Change Impact on Water Resources in the Upper Senegal Basin (West Africa). *American Journal of Climate Change*, 4: 77-93.
 - 12- Musavi Nadoshan S.S., and Danandeh Mehr A. 2005. Hydrologic Modeling System HEC-HMS. Dibagaran Tehran, Tehran.
 - 13- Saha G.C. 2015. Climate Change Induced Precipitation Effects on Water Resources in the Peace Region of British Columbia, Canada. *Journal of Climate*, 3: 264-282.
 - 14- Saraf V.R., and Regulwar D.G. 2016. Assessment of Climate Change for Precipitation and Temperature Using Statistical Downscaling Methods in Upper Godavari River Basin, India. *Journal of Water Resource and Protection*, 8: 31-45.
 - 15- Schlesinger M.E., and Mitchell J.F.B. 1987. Climate model simulations of the equilibrium climatic response to increased carbon dioxide. *Reviews of Geophysics Journal*, 25: 760-798.
 - 16- Sharma S., Shrestha A., and Mclean C.E. 2016. Impact of Global Climate Change on Stream Low Flows in a Hydraulic Fracking Affected Watershed. *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*, 5: 1-19.
 - 17- USEPA. 2001. Our Built and Natural Environments: A Technical Review of the Interactions between Land Use, Transportation, and Environmental Quality. 4pp.
 - 18- Van Roosmalen L., Christensen B.S.B., and Sonnenborg T.O. 2007. Regional differences in climate change impacts on groundwater and stream discharge in Denmark. *Vadose Zone Journal*, 6: 554-571.
 - 19- Wetterhall F., Bardossy A., Chen D., Halldin S., and Xu C.Y. 2006. Daily precipitation-downscaling techniques in three chinese regions. *Journal of Water Resources Research*, 42: W11423, doi:10.1029/2005WR004573.
 - 20- Wilby R.L., and Harris I. 2006. A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: Low-flow scenarios for the River Thames, UK. *Journal of Water Resources Research*, 42: W02419, doi:10.1029/2005WR004065.
 - 21- Xu C.Y. 1999. Climate Change and Hydrologic Models: A Review of Existing Gaps and Recent Research Developments. *Journal of Water Resources Management*, 13: 369-382.
 - 22- Xu C.Y., Widen E., and Halldin S. 2005. Modeling hydrological consequences of climate change Progress and challenges. *Advance Atmosphere Science Journal*, 22: 789-797.
 - 23- Xu H., and Luo Y. 2015. Climate change and its impacts on river discharge in two climate regions in China. *Hydrologic Earth System Science Journal*, 19: 4609-4618.
 - 24- Zahabiyou B., Goodarzi M.R., and Massah Bavani A.R. 2010. Application of the SWAT Model in the Ghare Sou river Basin under climate change. *Journal of Climate Research*. 1(3-4): 45-61. (in Persian with English abstract)
 - 25- Zahabiyou B., Goodarzi M.R., Massah Bavani A.R., and Azamathulla H.M. 2013. Assessment of Climate Change Impact on the Ghare Sou River Basin Using SWAT Hydrological Model. *Clean – Soil, Air, Water Journal*, 41(6): 601-609.
 - 26- Zarghami M., Hassanzadeh Y., Babaeian I., and Kanani R. 2009. Climate Change and Water Resources Vulnerability; Case study of Tabriz City. P. 94. SENSE Symposium on Climate Proofing Cities, 1 Dec, 2009. Amsterdam/Volendam. (in Persian with English abstract)



Uncertainty of Downscaling Methods in Future Catchment Flow under Climate Change Effect

M.R. Goodarzi^{1*} - A.R. Faraji² - M. Komasi³

Received: 23-05-2017

Accepted: 04-12-2017

Introduction: Uncertainty estimation of climate change impacts has been given a lot of attention in the recent literature. However, uncertainty in downscaling methods have been given less attention. Today many studies have been done about the future impact of climate change on human life and water resources. Urban development, water conflicts, and Green House Gases increasing will intensify this event in future and will alter rivers flow. Basin catchment has faced to flow recession and also runoff decreasing in few last decades. At this field the climate change effects will intensify this conditions in future decades too. The first step of climate change impacts studies is the projection of future climate variables (e.g precipitation and temperature). GCMs models and their outputs are useful tools for this projection. The main problem is the mismatch of spatial scale between the scale of global climate models and the resolution needed for impacts assessments.

Materials and Methods: The Gharesoou River Basin is located in the west of Iran. Its area is approximately equal to 5793km², and the maximum and minimum of its heights are 1237 and 3350 m, respectively. The average of annual rainfall varies from 300 to 800mm. This study focuses on various climate models from IPCC fourth and fifth reports and has been used two downscaling methods including the statistical and proportional downscaling methods and also scenarios and different climate models for considering different uncertainty. The new scenarios as Representative Concentration Pathways (RCPs) of greenhouse gasses have been used in fifth assessment reports (AR5) of IPCC. The Representative Concentration Pathways describe four different 21st-century pathways of greenhouse gas (GHG) emissions and atmospheric concentrations, air pollutant emissions and land use. The RCPs represent the range of GHG emissions. Different kinds of downscaling method include 1) Proportional downscaling that is adding coarse-scale climate changes to higher resolution observations (the delta approach); 2) Statistical method (eg SDSM model; CLIGEN; GEM; LARS-WG and etc); 3) Dynamical method that is application of regional climate model using global climate model boundary conditions (e.g, RegCM3; MM5 and PRECIS). statistical downscaling method processes establish relating large scale climate features (e.g., 500 MB heights), predictors, to local climate (e.g, daily, monthly temperature at a point), predictands. The SDSM software reduces the task of statistically downscaling daily weather series into seven discrete processes that are consist of quality control and data transformation; screening of predictor variables; model calibration; weather generation (observed predictors); statistical analyses; graphing model output and scenario generation (climate model predictors). HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) has been designed by HEC (Hydrologic Engineering Center) for simulation of precipitation-runoff processes in a drainage basin. The HEC-HMS simulation methods represent - Watershed precipitation and evaporation: These describe the spatial and temporal distribution of rainfall on and evaporation from a watershed. - Runoff volume: These address questions about the volume of precipitation that falls on the watershed: How much infiltrates on pervious surfaces? How much runoff of the impervious surfaces? When does it run off? - Direct runoff: including overland flow and interflow. These methods describe what happens as water that has not infiltrated or been stored on the watershed moves over or just beneath the watershed surface. Baseflow: simulate the slow subsurface drainage of water from a hydrologic system into the watershed's channels.- Channel flow: These so-called routing methods simulate one-dimensional open channel flow, thus predicting time series of downstream flow, stage, or velocity, given upstream hydrographs. HEC-HMS includes several models for calculation of cumulative precipitation losses but only the SMA module is continuous (a module that simulates the losses for both wet and dry weather conditions). Other loss models are event based.

Results and Discussion: The results of criteria and models weighting show that CANESM2 and HADCM3 are better than other models for future temperature and precipitation projection for statistical downscaling and HADCM3 for future precipitation and HADGEM for future temperature assessment for Proportional

1 and 3- Assistant Professors, Department of Civil Engineering, University of Ayatollah Ozma Borujerdi, Borujerdi, Iran
(*- Corresponding Author Email: Goodarzi6mr@gmail.com)

2- M.Sc. Graduated, Department of Water Engineering and Hydraulic Structures, University of Ayatollah Ozma Borujerdi, Borujerdi, Iran

downscaling. According to various scenarios, future temperature and precipitation projection (2040-2069 period for the statistical and 2040-2052 period for Proportional downscaling) have downscaled and have given to HEC-HMS model for future flow projection. Already the rainfall-runoff model has calibrated and validated base on observed flow data in reference period that daily coefficient of determine was 0.7 for calibrated period and 0.6 for validated period. Finally, flow variation has investigated that Most of GCMS represent increases in winter flows and reductions in other season flows.

Keywords: Emission scenarios, GCM models, HEC-HMS model, Proportional approach, SDSM model