

ارزیابی شاخص کمبود منابع آب براساس جمعیت سکونتگاه‌های شهری و روستایی و اثرات تغییرات اقلیمی - مطالعه موردی شهرستان بردسیر

رضا ایرانمنش - دانشجوی دکتری مهندسی عمران گرایش مهندسی و مدیریت منابع آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان،

کرمان، ایران

نوید جلال کمالی* - استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

امید طیار - استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

Assessment of water resources deficit index based on population of urban and rural settlements and effects of climate change-Case study of Bardsir city

Abstract

Iran is considered as one of the world's lesser sources of water resource and in order to optimize the use of available water resources, recognizing these resources is inevitable. To simulate water resources at a widespread level, it is essential to use a comprehensive model that is capable of simulating large-scale models, one of which is the SWAT model. Also, the availability of water resources should be investigated in light of climate change which in this research the climate change bundle is used to study climate change. The base period for this study is from 1992-2016 and the era from 2020-2050. The results indicate that an increase in precipitation in the southwest and a 5% decrease in rainfall in the eastern part of the city. As well there is the possibility of an average temperature rise of up to 3 degree Celsius. Accessible water resources in the city of Bardsir include blue and green water that the amount of blue water in the middle regions is higher than that of other parts and the western parts will have higher evapotranspiration. In addition, the soil moisture content in the southern part will be higher than in the other areas. Therefore, it is unavoidable to heed these areas in order to devise grandiose plans for the dry farming.

Keywords: Climate Change, Blue Water, Green Water, SWAT

چکیده

کشور ایران از لحاظ دارا بودن منابع آبی جز کشورهای کم آب دنیا محسوب می‌شود. برای استفاده بهینه از اندک منابع آب موجود بایستی این منابع آب را شناسایی کرد. برای شبیه سازی منابع آب در سطح وسیع استفاده از مدلی جامع که قابلیت شبیه سازی در مقیاس بزرگ را داشته باشد، ضروری است. یکی از این مدل ها، مدل SWAT است. همچنین بررسی منابع آب قابل دسترس بایستی با توجه به تغییرات اقلیمی صورت پذیرد که در این پژوهش از بسته نرم افزاری تغییر اقلیم جهت بررسی تغییرات اقلیمی استفاده شد. دوره پایه این پژوهش از ۱۹۹۲-۲۰۱۶ و دوره آتی از ۲۰۲۰-۲۰۵۰ در نظر گرفته شد. نتایج پژوهش حاکی از افزایش بارش در جنوب غربی شهرستان و کاهش بارش به میزان ۵ درصد در مناطق شرقی می‌باشد. همچنین احتمال افزایش میانگین دمای حداکثر تا ۳ درجه سلسیوس وجود دارد. منابع آب قابل دسترس شهرستان بردسیر شامل آب آبی و آب سبز می‌شوند که مقدار آب آبی در مناطق میانی نسبت به سایر مناطق بیشتر است. قسمت های غربی از تبخیر- تعرق بالاتری برخوردار هستند که ناشی از مناطق وسیع کشت می باشد. همچنین مقدار رطوبت خاک در قسمت جنوبی نسبت به سایر مناطق بیشتر است. لذا برای برنامه ریزی کشت دیم بایستی به این مناطق توجه شود.

کلید واژه: تغییر اقلیم، آب آبی، آب سبز، SWAT

مقدمه

کشور ایران از لحاظ دارا بودن منابع آبی جز کشورهای کم آب دنیا محسوب می‌شود. لذا برای استفاده بهینه از اندک منابع آب موجود بایستی در وهله اول این منابع آب را شناسایی و سپس برای استفاده مناسب از آن‌ها برنامه ریزی مناسب صورت پذیرد. از موثرترین عوامل در میزان منابع آب در یک منطقه میتوان به اقلیم و تغییرات آن و پارامترهای هیدرولوژیک آن منطقه اشاره کرد. شهرستان بردسیر در استان کرمان و در فلات مرکزی ایران واقع شده است. مساحت زیادی از این استان پهناور را بیابان‌ها و اراضی خشک تشکیل داده‌اند. همچنین میانگین بارش سالانه کم و برداشت بی رویه از آب‌های زیر زمینی، این استان را در شرایط بحران آبی قرار داده است. لذا بررسی منابع آب این استان برای برنامه ریزی‌های بلند مدت امری ضروری است.

برای شبیه سازی منابع آب قابل دسترس در سطح وسیع استفاده از مدلی کامل و جامع که قابلیت شبیه سازی مناسب در مقیاس بزرگ را داشته باشد، ضروری است. با توجه به افزایش روز افزون مدل‌های کامپیوتری در این زمینه بایستی در انتخاب مدل مناسب دقت زیادی شود. برای شبیه سازی‌ها در مقیاس بزرگ، مدل‌های توزیعی و نیمه توزیعی انتخاب مناسب‌تری میباشند.

یکی از این مدل‌ها، مدل نمبه توزیعی SWAT است. SWAT اولین بار در سال ۱۹۹۰ توسط جف آرنولد در سرویس تحقیقات کشاورزی آمریکا طراحی و پایه‌گذاری شد. به مقایسه عملکرد مدل هیدرولوژیکی نیمه‌توزیعی SWAT و مدل یکپارچه‌ی HEC-HMS در شبیه‌سازی دبی جریان پرداختند (رضازاده و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین به بررسی کارایی مدل‌های مفهومی و مدل داده محور در پیشبینی رواناب حوضه پرداختند که نتایج حاصله نشان از برتری مدل SWAT در شبیه‌سازی جریان رودخانه بوده

است (رضازاده و همکاران ۱۳۹۶). این مدل برای پیش‌بینی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت اراضی بر مقادیر آب، رسوب و مواد شیمیایی کشاورزی در سطح حوزه‌های آبریز پیچیده و بزرگ با انواع خاک، کاربری اراضی و شرایط مختلف مدیریتی در درازمدت طراحی شده است. SWAT مدلی فیزیکی می‌باشد که به‌جای ضمیمه کردن روابط رگرسیونی برای تشریح روابط بین متغیرهای ورودی و خروجی، نیازمند اطلاعاتی در مورد آب‌وهوا، مشخصات خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و روش‌های مدیریت و کاربری اراضی در سطح حوضه می‌باشد. فرآیندهای فیزیکی مرتبط با حرکت آب، حرکت رسوبات، رشد گیاه، چرخه مواد مغذی و مشابه آن در این مدل به‌طور مستقیم از روی پارامترهای ورودی شبیه‌سازی می‌شوند در تحقیقات زیادی با اهداف مختلف از مدل SWAT استفاده‌شده است که به‌عنوان نمونه به چند مورد اشاره می‌شود.

(Parajuli et al, ۲۰۱۶) اثرات تغییر اقلیم و عملیات شخم زمین را بر روی رواناب، رسوب و عملکرد گیاه در حوضه رودخانه می‌سی‌سی‌پی ارزیابی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تأثیر توأم تغییر اقلیم و عملیات شخم اثر به‌سزایی در عملکرد گیاه نخواهد داشت ولی با کاهش عملیات شخم‌زنی، باعث کاهش میزان رسوب در پایین‌دست می‌شود. دیگر محققانی مانند (Li et al, ۲۰۱۵, Zou et al, ۲۰۱۵, Yuan et al, ۲۰۱۵) و (Li et al, ۲۰۱۶) بر روی تأثیرات تغییر اقلیم و تغییرات کاربری اراضی بر روی رواناب، (Verma et al, ۲۰۱۵, Ramos & Martinez, ۲۰۱۵) بر روی تأثیر تغییر اقلیم بر روی رواناب و رسوب و همچنین (Palazoli et al, ۲۰۱۵) بر روی اثرات تغییر اقلیم بر روی رواناب و عملکرد گیاه پژوهش‌های را در نقاط مختلف دنیا انجام داده‌اند. (رضازاده و همکاران ۱۳۹۷) به بررسی رواناب، تبخیر تعرق و رسوب حوضه سلطانی و ارائه

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۴ بهار ۹۸
No.54 Spring 2019

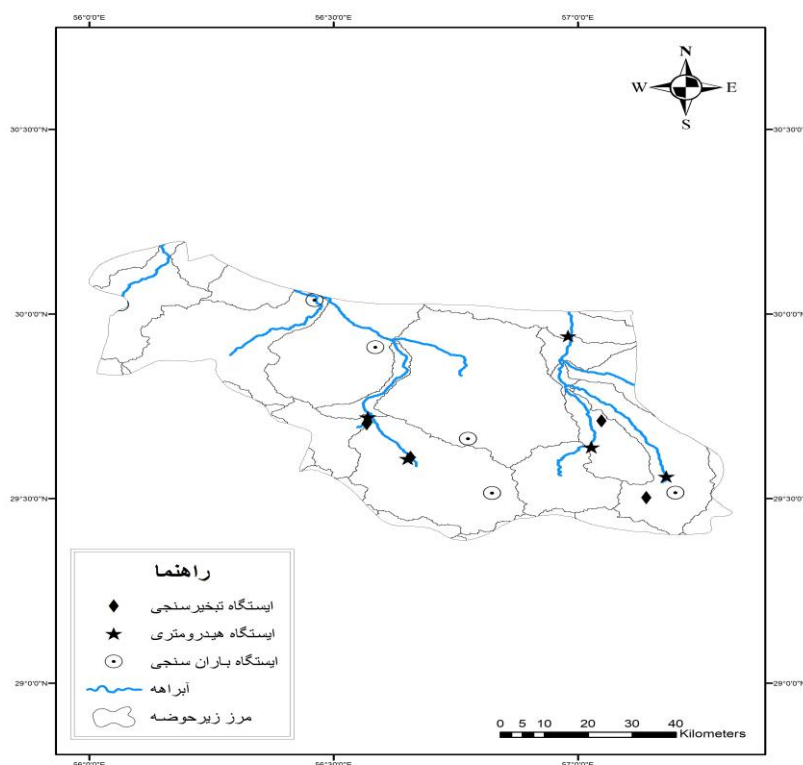
۲۳۲

راهکارهای برای کاهش بار رسوب در این حوضه پرداختند. همچنین (Abbaspour et al, ۲۰۰۹) اثرات تغییر اقلیم را بر روی منابع آب کشور ایران و همچنین در پژوهشی دیگر آب آبی و آب سبز را بررسی نمودند. آن‌ها برای تغییر اقلیم از مدل CGCM و برای مدل‌سازی هیدرولوژیک کشور ایران از مدل SWAT استفاده کردند و به این نتیجه دست‌یافت‌اند که قسمت‌های مرطوب با توجه به روند تغییر اقلیم در آینده بارش بیشتری دریافت می‌کنند در حالی که مناطق خشک بارش کمتری دریافت می‌کنند. در پژوهشی دیگر (Schuol et al, ۲۰۰۸) به بررسی آب آبی و آب سبز در قاره آفریقا پرداختند. همچنین (Faramarzi et al, ۲۰۱۳) پژوهشی برای بررسی اثرات تغییر اقلیم در قاره آفریقا با مدل SWAT انجام دادند. (Bartolomeu, et al, ۲۰۱۴; IPCC, ۲۰۱۶; Krayanova et al, ۲۰۱۵; Vorosmarty et al, ۲۰۰۰) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی رواناب، آب آبی و آب سبز و همچنین طول دوره خشکی پرداختند، اشاره کرد. همچنین (Hashemi et al, ۲۰۱۰) به مقایسه دو مدل LARS-WG و SDSM در حوضه کلوتا واقع در جزیره جنوبی نیوزیلند پرداختند که در آن نشان دادند هر دو مدل توانایی‌های مشابه و خوبی در شبیه‌سازی رویدادهای بارش شدید می‌باشند. (Chemma et al, ۲۰۱۳; Kazmi et al, ۲۰۱۴; Nury et al, ۲۰۱۴; Goodarzi et al, ۲۰۱۵; Sobhani et al, ۲۰۱۵) پژوهش‌های برای بررسی دو مدل LARS-WG و SDSM در نقاط مختلف دنیا انجام دادند که همگی از مناسب بودن دقت این دو مدل در شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی در دوره‌های آینده خبر دادند. (Ashraf Vaghefi et al, ۲۰۱۷) به توسعه مدلی برای اثرات تغییر اقلیم تحت عنوان Climate Change Toolkit

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۴ بهار ۹۸
No.54 Spring 2019

۲۳۳



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه به همراه ایستگاه‌های مورد استفاده

پرداختند. در این تحقیق که بر روی حوضه‌ای در کالیفرنیا انجام گرفت و نتایج گزارش شده در این پژوهش حاکی از رضایت‌بخش بودن نتایج این مدل در بررسی پدیده تغییر اقلیم است. هدف از پژوهش حاضر بررسی منابع آب قابل دسترس در شهرستان بردسیر و همچنین بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی این منابع می‌باشد. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان بردسیر از نظر جغرافیایی در ۵۶ درجه و ۳۵ دقیقه ی درازای خاوری و ۲۹ درجه و ۵۶ دقیقه ی پهنای شمالی و در ارتفاع ۲۰۴۰ متری از سطح دریا قرار دارد. بردسیر از شمال و خاور به کرمان، از جنوب به بافت، از باختر به سیرجان و از شمال باختری به رفسنجان محدود می‌شود. مرکز شهرستان بردسیر در ۶۴ کیلومتری جنوب باختری کرمان قرار دارد. آب و هوای بردسیر معتدل و میزان بارندگی آن سالانه ۲۰۰ میلی‌متر است.

داده‌های مورد استفاده در پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش در جدول

شماره ۲ آورده شده است. به طور کلی این داده‌ها شامل: ۱. داده‌های هواشناسی ۲. داده‌های هیدرومتری ۳. نقشه خاک و کاربری اراضی ۴. توپوگرافی می‌باشد. همچنین برای تراکم و پراکنش بیشتر ایستگاه‌های هواشناسی از ترکیب داده‌های مشاهداتی و داده‌های جهانی CRU در این پژوهش استفاده گردید.

معرفی مدل

بسته نرم‌افزاری تغییر اقلیم CCT

بسته نرم‌افزاری تغییر اقلیم CCT ابزاری است که می‌توان برای استخراج، درون‌یابی و تصحیح انحرافات داده‌های به‌دست‌آمده از مدل‌های اقلیمی جهانی استفاده کرد (Vaghefi et al., 2017).

همچنین از این بسته نرم‌افزاری برای تحلیل وقایع حدی مانند خشک‌سالی و سیل هم استفاده می‌شود. این بسته نرم‌افزاری به ۵ پایگاه داده جهانی از ISI-MIP متصل است. همچنین از چهار سناریو RCP نیز استفاده می‌شود. در جدول ۳ اسامی پایگاه داده‌های جهانی و سناریوهای انتشار در مدل CCT آورده شده است. در تحقیقات اخیر

جدول ۲- داده‌های مورد استفاده در پژوهش

ردیف	ایستگاه/نقشه	داده	محل اخذ
۱	ایستگاه هیدرومتری	رواناب- رسوب	وزارت نیرو
۲	داده‌های جهانی هواشناسی	بارش- دمای حداقال و حداکثر	www.cru.uea.ac.uk www.2W2E.com
۳	ایستگاه باران سنجی	بارش	وزارت نیرو
۴	ایستگاه تبخیر سنجی	بارش- دمای حداقال و حداکثر- تبخیر از تشت تبخیر	وزارت نیرو
۵	ایستگاه سینوپتیک	بارش- دمای حداقل و حداکثر- رطوبت نسبی- باد- تشعشع خورشید	اداره هواشناسی
۶	نقشه توپوگرافی	DEM	سازمان نقشه برداری
۷	نقشه خاک	مشخصات خاک و تعداد لایه‌های آن	سازمان جهانی غذا و دار (FAO، ۱۹۹۵)
۸	نقشه کاربری اراضی	کاربری اراضی	اداره منابع طبیعی

جدول (۳) اسامی پایگاه داده‌های جهانی و سناریوهای انتشار در مدل CCT

نام سناریوها در ISI-MIP	نام سناریوها در CCT	مدل ISI-MIP	نام پایگاه داده در CCT
RCP 2.6	scenario1	GFDL-ESM2M	GCM1
RCP 4.5	scenario2	HadGEM2-ES	GCM2
RCP 6	scenario3	IPSL-CM5A-LR	GCM3
RCP 8.5	scenario4	MIROC	GCM4
		NoerESM1-M	GCM5

استفاده از چند مدل GCM برای کاهش عدم قطعیت راهی مرسوم بوده است. اما (Leiss et al., 2018) در تحقیقی نشان دادند که استفاده از چند مدل GCM برای کاهش عدم قطعیت راهکار مناسبی نیست. آن‌ها از ۳۸ مدل GCM استفاده کردند و در نهایت گزارش دادند که مقدار میانگین و انحراف معیار این مدل‌ها بعد از حذف مدل‌های نامناسب با روش (Ensemble) تغییر محسوسی در نتایج ایجاد نکرده است. در این پژوهش از مدل GFDL-ESM2M و سناریوی RCP6 جهت پیش‌بینی بارش و دماهای بیشینه و کمینه استفاده گردید. علت انتخاب مدل GFDL-ESM2M این است که این مدل به تازگی برای درک بهتر چرخه بیوشیمیایی زمین شامل اقدامان انسانی و اندکنش آن با سیستم اقلیمی توسط (NOAA) و (GGDL) توسعه یافته است. همچنین در این مدل از زمین (LM 3,0) که شامل هیدرولوژی، فیزیک و اجزای بوم‌شناسی زمین می‌باشد، استفاده شده است. جزء پویایی / فیزیکی اقیانوس در سری قبلی این مدل با جدید ESM2m جایگزین شده است (Dun et al., 2012). همچنین علت انتخاب سناریو RCP6 این است که با توجه به بررسی روند تغییرات اقلیمی در ایستگاه‌های هواشناسی شهرستان بردسیر، این تغییرات همخوانی بیشتری با سناریوی RCP6 دارند. بررسی روند تغییرات از طریق محاسبه شیب سنس و آزمون منکنندال

صورت گرفت.

پنج عملگر بسته نرم‌افزاری تغییر اقلیم CCT

این بسته نرم‌افزاری شامل ۵ مرحله آنالیز می‌باشد که عبارت‌اند از ۱. استخراج داده ۲. مدیریت داده‌های اقلیمی جهانی ۳. تصحیح انحرافات با استفاده از ریزمقیاس نمایی ۴. درون‌یابی داده‌های اقلیمی ۵. تحلیل روزانه و پیوسته وقایع حادی یا بحرانی. در ادامه به توضیح این مراحل پرداخته شده است.

۱. استخراج داده: این عملگر برای استخراج مجموعه مختصات فایل‌های دانلود شده از داده‌های جهانی می‌باشد که در بالا به آن‌ها اشاره شد. در این مرحله همچنین کاربر می‌تواند مختصات ایستگاه‌های مشاهداتی را به صورت دستی وارد پایگاه داده (PositionDB) نماید.

۲. مدیریت داده‌های اقلیمی جهانی (GCDM): این قسمت از دو بخش ۱. محاسبات ماهانه یا میانگین سالانه ۲. محاسبات درازمدت. تشکیل شده است.

۳. تصحیح انحرافات با استفاده از ریزمقیاس نمایی (BCSD): این عملگر برای کوچک‌مقیاس کردن و تصحیح انحرافات داده‌ها در هر منطقه دلخواه استفاده می‌شود. در این بخش انحرافات داده‌های آتی (GCM-future data) با استفاده از داده‌های جهانی قبل (Historic-CRU) یا داده‌های مشاهداتی که توسط کاربر به مدل وارد شده‌اند،



اصلاح می‌شود. همچنین انحرافات خود از داده‌ها داده‌های جهانی قبل (Historic-CRU) نیز می‌تواند با استفاده از داده‌های مشاهداتی که توسط خود کاربر به مدل وارد شده‌اند، اصلاح شود. ۴. درون‌یابی داده‌های اقلیمی (SIDC): با این عملگر می‌توان داده‌ها با شبکه‌بندی ۰/۵ درجه جغرافیای (یا هر شبکه‌بندی دیگر) را به شبکه‌بندی ۰/۲۵ یا ۰/۱۲۵ درجه، با استفاده از درون‌یابی به روش معکوس وزنی فاصله تبدیل کرد.

۵. تحلیل روزانه و پیوسته وقایع حدی یا بحرانی (CCDA): در این عملگر کاربر شرایط بحرانی بارش، دما و رطوبت خاک را برای شناسایی فراوانی وقوع هم‌زمان این شرایط در یک دوره زمانی مشخص و تعیین می‌کند. همچنین این عملگر برای شناسایی وقایع حدی هیدرولوژیک از تعداد روزهای خشک و تر استفاده می‌کند. و همچنین نیز با استفاده از شرایط سیل‌خیزی دوره‌های گذشته به‌عنوان حد بحرانی، این عملگر می‌تواند از این شرایط برای شناسایی فراوانی و تکرار سیل‌خیزی برای آینده استفاده کند.

SWAT

SWAT مدلی بزرگ‌مقیاس و فیزیکی می‌باشد. فرآیندهای فیزیکی مرتبط با حرکت آب، حرکت رسوبات، رشد گیاه، چرخه مواد مغذی و مشابه آن در این مدل به‌طور مستقیم از روی پارامترهای ورودی شبیه‌سازی می‌شوند. مزایای این روش عبارت‌اند از: ۱. حوزه‌هایی که فاقد داده‌های برداشت‌شده می‌باشند نیز قابل شبیه‌سازی هستند. ۲. تأثیر نسبی اطلاعات ورودی (تغییر در روش‌های مدیریتی، آب‌وهوا، پوشش گیاهی و غیره) بر روی کیفیت آب و دیگر متغیرهای موردنظر قابل کمی کردن هستند. ۳. از پارامترهای ورودی سهل‌الوصول استفاده می‌کند. ۴. از نظر محاسباتی بسیار کارآمد است و شبیه‌سازی حوزه‌های بزرگ و پیچیده با استراتژی‌های مختلف مدیریتی بدون صرف زمان

زیادی قابل اجرا است. ۵. کاربر را قادر به مطالعه بلند مدت تأثیرات می‌کند.

در این مدل ابتدا یک حوضه برای شبیه‌سازی باید به تعدادی زیر حوضه تقسیم شود. استفاده از زیر حوضه‌ها در شبیه‌سازی بخصوص زمانی که مناطق مختلف حوزه دارای خاک یا کاربری‌های گوناگون هستند که ناهمگنی و تفاوت آن‌ها می‌تواند در هیدرولوژی حوزه تأثیر داشته باشد، بسیار مفید است. اطلاعات مربوط به هر زیر حوضه به‌صورت آب‌وهوا، برکه/ مرداب‌ها، واحدهای عکس‌العمل هیدرولوژیکی، آب زیرزمینی و آبراهه اصلی (که هر زیر حوضه را زهکشی می‌کند) طبقه‌بندی می‌شوند. واحدهای واکنش هیدرولوژیکی (HRU) اراضی یکپارچه و همگنی هستند که دارای کاربری اراضی، خاک، شیب و مدیریت یکسانی می‌باشند. بدون توجه به نوع مسئله‌ای که توسط مدل SWAT مطالعه می‌شود، بیان آبی، نیروی محرک هر پدیده‌ای است که در سطح حوزه روی می‌دهد. برای پیش‌بینی دقیق جابجایی آفت‌کش‌ها، رسوبات و مواد مغذی، چرخه هیدرولوژیکی که توسط مدل شبیه‌سازی می‌شود، باید با آنچه در واقعیت وجود دارد همخوانی داشته باشد. شبیه‌سازی هیدرولوژیکی یک حوضه می‌تواند به دو بخش عمده تقسیم شود. بخش اول مربوط به مرحله ارضی (درون لایه سطحی خاک) چرخه هیدرولوژیکی می‌باشد که مقدار آب، رسوبات، مواد مغذی و آفت‌کش‌هایی که وارد آبراهه اصلی می‌شوند را کنترل می‌کند. بخش دوم مربوط به مرحله آبی یا مرحله روندیابی می‌باشد که به حرکت آب، رسوبات و غیره از طریق شبکه آبراهه‌ها در سطح حوضه به‌سوی خروجی آن اطلاق می‌شود.

اجرای مدل

پس از جمع‌آوری اطلاعات اولیه و تهیه فایل‌های ورودی، مراحل اجرای مدل به ترتیبی که تشریح می‌شود انجام شد. در مرحله اول با وارد کردن نقشه

مدل رقمی ارتفاعی و تعیین حداقل مساحت دلخواه بر اساس حداقل آستانه، حوضه به تعدادی زیر حوضه تقسیم می‌شود که رابط ArcSWAT برای هر زیر حوضه مشخصات فیزیکی از قبیل مساحت، طول آبراهه اصلی، شیب و غیره را تعیین می‌کند. نقشه کاربری اراضی، خاک و اطلاعات شیب که به پنج طبقه شیب که شامل ۰ تا ۵ درصد، ۵ تا ۱۰ درصد، ۱۰ تا ۲۰ درصد، ۲۰ تا ۴۰ درصد و بیش از ۴۰ درصد در حوضه تعریف شد، به مدل اضافه شدند. سپس با روی هم اندازی آن‌ها واحدهای واکنش هیدرولوژیکی تولید شد. همان‌طور که اشاره شد مدل SWAT برای اجرا به داده‌های هواشناسی نیاز دارد که برای این امر، مدل دارای مولد داده‌های اقلیمی می‌باشد (Williams and Sharpley, ۱۹۹۰)؛ که از این مولد داده‌های اقلیمی، جهت تولید داده‌های روزانه و بازسازی آمار مفقود شده استفاده می‌شود. ایستگاهی که در این قسمت به مدل معرفی می‌گردد باید دارای آمار بلندمدت از تمامی پارامترهای هواشناسی از قبیل بارندگی، حداقل و حداکثر درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشیدی باشد که در کشور ما محدود به ایستگاه‌های سینوپتیک می‌باشند لازم به یادآوری است که این ایستگاه‌ها تنها زمانی در شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مدل در اطلاعات ایستگاه‌های بارندگی و درجه حرارت با داده‌های مفقود شده روبرو گردد. در این پژوهش برای محاسبه تبخیر - تعرق پتانسیل روش هارگریوز، روند یابی جریان از روش ذخیره متغیر و رسوب از معادله جهانی اصلاح شده فرسایش خاک استفاده شد.

آنالیز حساسیت، واسنجی و صحت سنجی

عمل واسنجی شامل تصحیح پارامترهای حساس در مدل است به طوری که نتایج خروجی را به داده‌های مشاهداتی نزدیک کند، این امر فقط از طریق تغییر مکرر پارامترها به دست می‌آید. از آنجاکه این عمل بسیار زمان‌بر است برای انجام

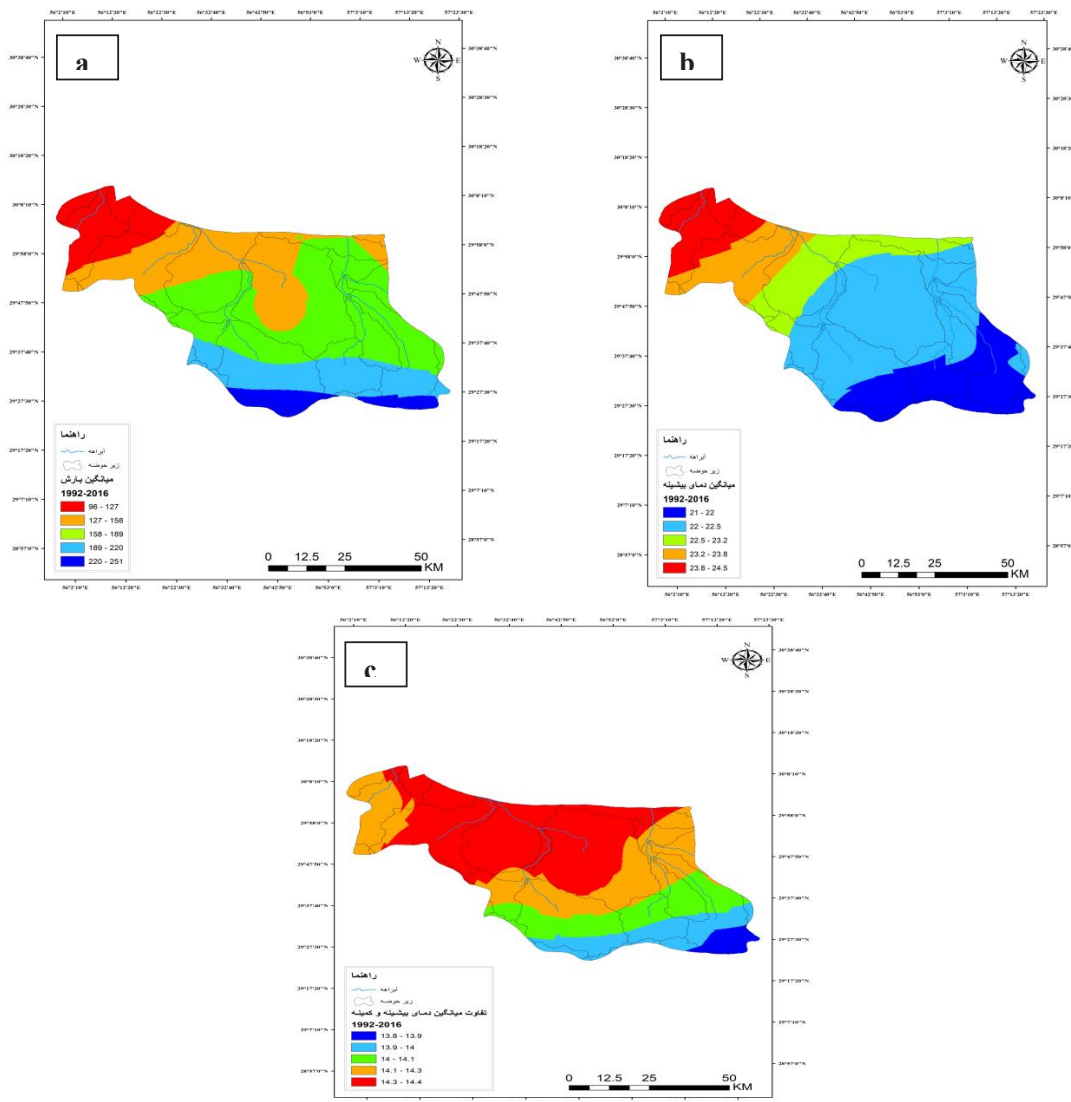
این کار استفاده از یک برنامه واسط ضروری است که بدین منظور برنامه SWAT_CUP تدارک دیده شده است.

در این مطالعه پس از استفاده از مدل SWAT برای تخمین رواناب، رسوب و تبخیر تعرق، پارامترهای متفاوتی که در مدل به کار برده می‌شوند نظیر پارامترهای جریان، رسوب و غیره با استفاده از روش معکوس و با استفاده از برنامه SUFI-۲ به عنوان یکی از الگوریتم‌های موجود در نرم‌افزار SWAT_CUP تعیین و میزان حساسیت و عدم قطعیت آن‌ها با استفاده از این برنامه برآورد شد. علت انتخاب برنامه SUFI-۲، توانایی این برنامه در مدیریت تعداد زیاد پارامترها، هم‌زمانی آنالیزهای حساسیت و عدم قطعیت، واسنجی و اعتبارسنجی مدل است. در SUFI-۲ عدم قطعیت پارامترها در برگیرنده تمام منابع عدم قطعیت ورودی‌ها، مدل مفهومی و پارامترهای موجود در بحث مدل‌سازی است. این برنامه با دریافت داده‌های مشاهداتی و پارامترهای مورد نظر جهت اصلاح، بهترین بازه تغییرات را برای هر پارامتر مشخص می‌کند و پوشاندن بیشترین داده‌های اندازه‌گیری شده با کمترین ضخامت نوار عدم قطعیت ممکن را دنبال می‌کند. درجه عدم قطعیت توسط دو فاکتور به نام‌های R-factor و P-factor محاسبه می‌شود. P_factor به معنای درصد همپوشانی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده است که هرچه این مقدار به یک نزدیک تر باشد نشان از شبیه‌سازی بهتر مدل می‌باشد. R_factor نیز به نسبت بین میانگین عدم قطعیت در سطح ۹۵ درصد (۹۵PPU) و انحراف معیار داده‌های مشاهداتی اطلاق می‌شود. این پارامتر نیز هم هرچه به یک نزدیکتر باشد نشان از عملکرد بهتر مدل در شبیه‌سازی است. درجه عدم قطعیت همه منابع، به وسیله اندازه‌گیری فاکتور R که درصد جزء صحیح داده‌های اندازه‌گیری شده با ۹۵٪ عدم قطعیت (۹۵PPU) در پیشگویی است مشخص می‌شود. از آنجاکه

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۴ بهار ۹۸
No.54 Spring 2019

۲۳۷

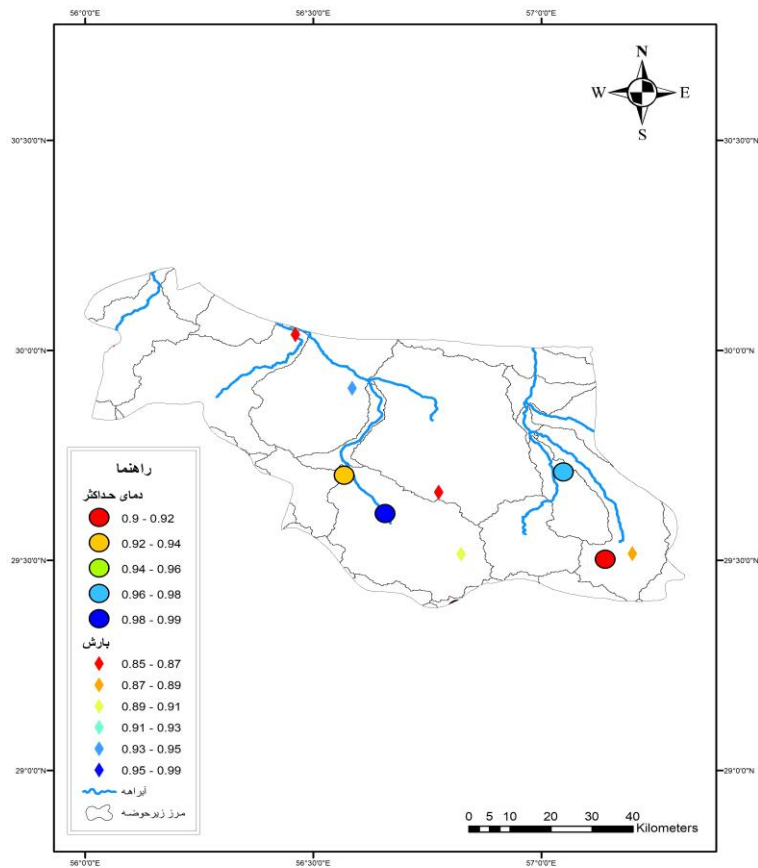


شکل ۲- میانگین بارش (a)، میانگین دما حداکثر (b) و تفاوت بین میانگین دمای حداکثر و حداقل (c) در دوره پایه

نتایج

نتایج این قسمت به سه بخش تقسیم‌بندی می‌شود. در بخش اول به بررسی روند تغییرات اقلیمی در دوره آماری پایه (۱۹۹۲-۲۰۱۶) تا (۲۰۲۰-۲۰۵۰) پرداخته می‌شود. در بخش دوم به نتایج شبیه‌سازی هیدرولوژیک مدل SWAT و در بخش سوم به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی منابع آب قابل دسترس استان کرمان پرداخته می‌شود.

همه فرآیندهای تصحیح توزیع‌های دما و بارش، تنها در داده‌های اندازه‌گیری شده (شامل عدم قطعیت اندازه‌گیری‌ها) ظاهر می‌شود، داده‌های غیرقابل اندازه‌گیری خطای مدل و در نتیجه عدم قطعیت در پیش‌گویی مدل وجود دارد. لذا درصد داده‌های به‌دست‌آمده به‌وسیله پیش‌گویی عدم قطعیت، ارزیابی خوبی برای توانایی تحلیل عدم قطعیت است.



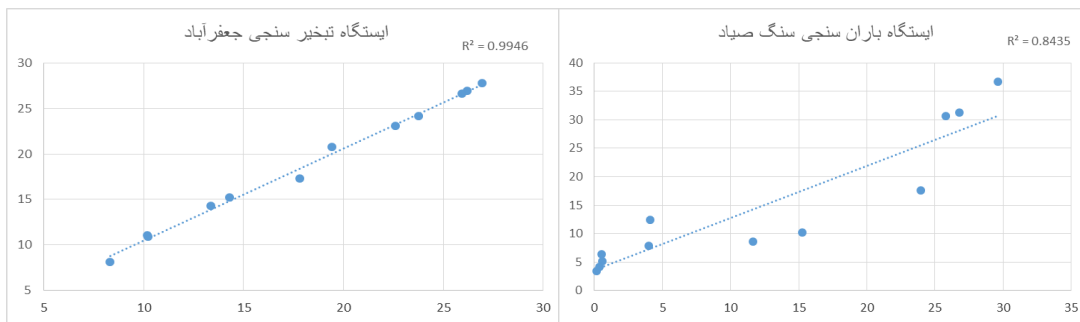
شکل ۳- مقادیر ضریب نش_ساتکلیف (NS) برای تمامی ایستگاه‌ها مورد مطالعه

تغییر اقلیم

برای بارش، دمای کمینه و بیشینه در تمامی ایستگاه‌ها به ترتیب ۰/۸۵ تا ۰/۹ و ۰/۹ تا ۰/۹۹ متغیر بود. شکل ۱۳ مقادیر ضریب نش_ساتکلیف (NS) را برای تمامی ایستگاه‌ها مورد مطالعه نشان می‌دهد. این نتایج حاکی از دقت قابل قبول برای مدل در شبیه‌سازی بارش و دما است. برای بررسی دقیق‌تر صحت داده‌های پیش‌بینی شده توسط بسته نرم افزاری CCT ایستگاه تبخیر سنجی جعفرآباد برای نشان دادن مقادیر شبیه‌سازی شده دما و ایستگاه باران سنجی سنگ صیاد جعفرآباد برای نشان دادن مقادیر شبیه‌سازی شده بارش در شکل ۴ آورده شده است.

شکل ۲ (a) میانگین بارش سالانه در دوره پایه شهرستان بردسیر را نمایش می‌دهد. تغییرات بارش در دوره پایه بین ۹۶ تا ۲۵۰ میلی‌متر است. شکل ۲ (b) نشان دهنده میانگین دمای حداکثر سالانه استان کرمان می‌باشد. به طور کلی تغییرات دمای بیشینه در دوره پایه بین ۲۱ تا ۲۴/۵ درجه سلسیوس است. شکل ۲ (c) تفاوت میانگین دمای حداکثر و حداقل سالانه استان کرمان را مشخص میکند.

برای بررسی صحت داده‌های ریزمقیاس نمایی شده توسط CCT، از شاخص ضریب تعیین R^2 و نش_ساتکلیف (NS) در مقایسه بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده برای دوره گذشته (۱۹۹۲-۲۰۱۶) استفاده شد. مقدار ضریب NS



شکل ۴- مقادیر شبیه سازی شده دما و بارش در دو ایستگاه جعفرآباد و سنگ صیاد

۹ سال از داده‌ها در نظر گرفته شد. برای تحلیل نتایج واسنجی از شاخص‌های p_factor ، ضریب تعیین (R^2) و ضریب نش-ساتنکلیف (NS) استفاده شد. در مرحله آنالیز حساسیت با توجه به مطالعات گذشته که بر روی مدل SWAT انجام شده بود، ۵۰ پارامتر که در رواناب و تبخیر- تعرق تأثیر بیشتری داشتند، انتخاب شدند. پس از آنالیز حساسیت، ۲۵ پارامتر که حساسیت بیش‌تری نشان دادند که در جدول شماره ۳ آورده شده‌اند.

خاک تا لایه زیرین ۰,۳۲۵۲

The depth of the soil surface to the substrate

در شکل ۶، نتایج مدل SWAT بعد از واسنجی در ایستگاه‌های منتخب نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، مشخص است که مدل SWAT در شبیه سازی هیدرولوژیک استان کرمان موفق بوده است. شکل ۶ (a) مقادیر تبخیر- تعرق و شکل ۶ (b) مقادیر رواناب را در دو ایستگاه گذارزارچویه و گلی گوتو نشان می‌دهد.

آب قابل دسترس

آب قابل دسترس به دو جز آب سبز و آب آبی تقسیم می‌شود. بعد از واسنجی مدل، مقدار آب آبی و آب سبز در مقیاس زیر حوضه‌ای برای شهرستان محاسبه شد. آب آبی به مجموعه آب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی عمیق اطلاق می‌شود. آب سبز

بررسی روند تغییرات دما و بارش تحت سناریوهای تغییر اقلیم

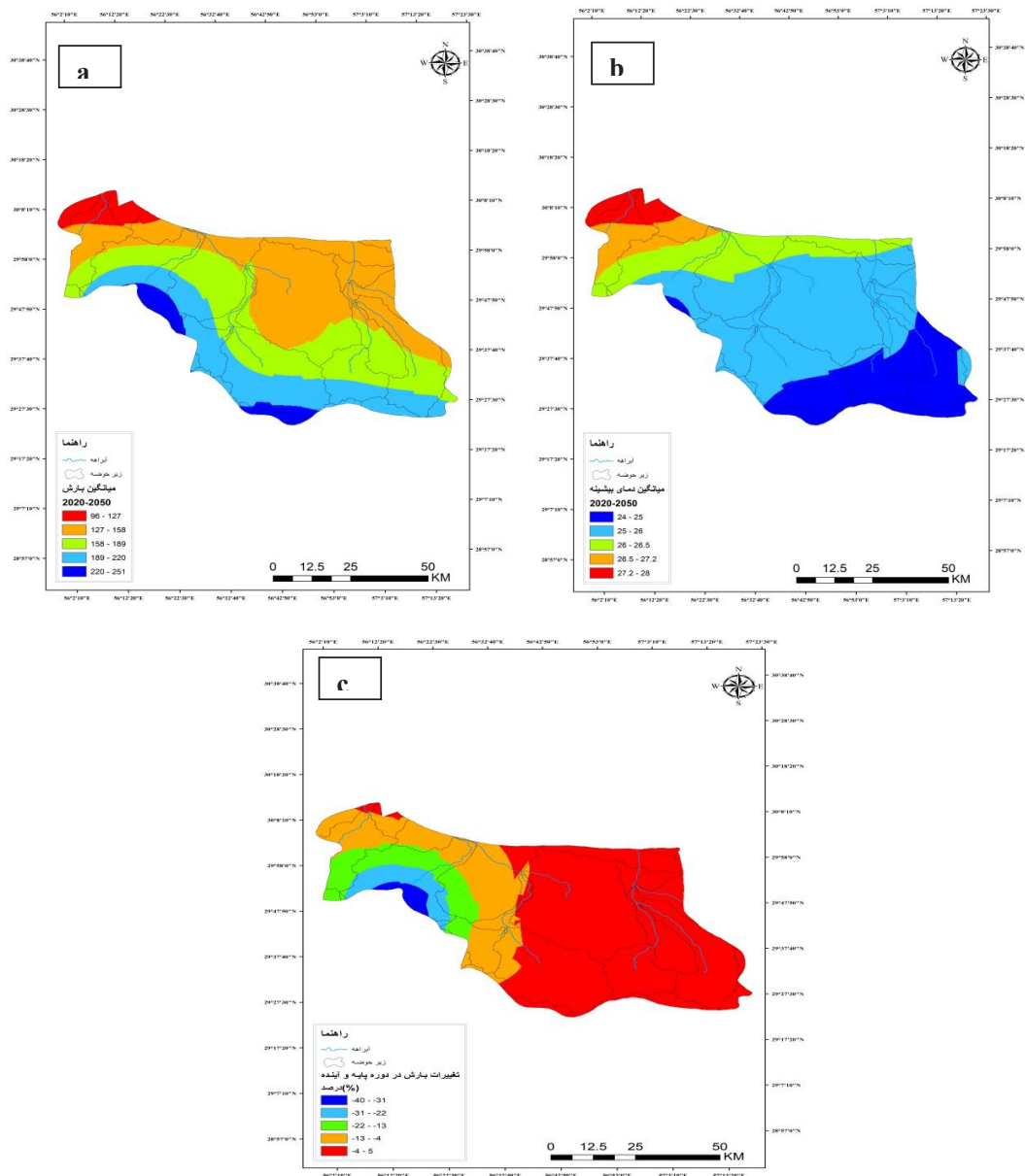
پس از اطمینان از صحت داده‌های پیش‌بینی شده به بررسی داده‌ها و روند تغییرات آن‌ها پرداخته شد. با توجه به شکل ۵ (a) میانگین مقدار بارش در دوره آتی (۲۰۲۰-۲۰۵۰) ۹۶ تا ۲۵۱ میلیمتر در سرتاسر شهرستان بردسیر می‌باشد که از نظر مقداری تفاوتی با دوره پایه ندارد اما به لحاظ پراکنش بارش و مقدار بارش در شهرستان بردسیر تفاوت‌های ایجاد شده که در شکل ۵ (c) قابل مشاهده است. با توجه به شکل ۵ (c) کاهش بارش در مقادیر جنوبی و شرقی شهرستان و افزایش بارش در مناطق غربی و جنوب غربی محتمل می‌باشد. این افزایش می‌تواند بین ۲۰ تا ۴۰ درصد در مناطق جنوب غربی و کاهش ۵ درصدی در مناطق جنوبی و شرقی استان را در پی داشته باشد.

شکل ۵ (b) میانگین دمای حداکثر در دوره آتی را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل احتمال افزایش دما تا ۳ درجه سلسیوس در شهرستان بردسیر است.

شبیه‌سازی هیدرولوژیک شهرستان بردسیر

واسنجی و صحت سنجی مدل SWAT

شبیه‌سازی برای دوره آماری ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۶ انجام شد که دو سال ابتدا برای متعادل سازی مدل استفاده شد. برای واسنجی مدل در بخش رواناب و تبخیر- تعرق ۲۲ سال از داده‌ها و برای اعتبارسنجی



شکل ۵- میانگین بارش (a)، میانگین دما حداکثر (b) و تفاوت بین میانگین دمای حداکثر و حداقل (c) در دوره آتی

در دوره آتی (۲۰۲۰-۲۰۵۰) نشان داده شده است. با توجه به شکل ۷ (a) مقدار آب آبی در مناطق میانی متمایل به غرب شهرستان نسبت به سایر مناطق بیشتر است. لذا در این مناطق میتوان برای آب‌های سطحی و آب زیرزمینی برگشتی برای استفاده و ذخیره از آن برنامه ریزی کرد. شکل ۷ (b) مقدار تبخیر - تعرق را نشان میدهد که

خود نیز دارای دو بخش می‌باشد: ۱. جریان آب سبز که به مقدار تبخیر و تعرق واقعی گفته میشود. ۲. ذخیره آب سبز که آب خاک یا همان رطوبت خاک اطلاق می‌شود. آب خاک یا همان رطوبت خاک منبع قابل برگشتی می‌باشد که می‌توان در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای کشت‌های دیم از آن بهره برد. در شکل ۷ مقادیر آب آبی و آب سبز

جدول شماره ۲- پارامترهای حساس و مقادیر بهینه آنها

ردیف RAW	نام پارامتر Parameter	توضیح پارامتر Parameter Description	مقدار واسنجی شده The calibrated Value
۱	a_ESCO.hru	ضریب تصحیح تبخیر از خاک The correction factor evaporation from soil	0.646
۲	a_EPCO.hru	ضریب جبران جذب گیاه Plant uptake compensation factor	0.381
۳	v_SURLAG.bsn	ضریب تأخیر رواناب سطحی Delay surface runoff coefficient	3.424
۴	V_SLSOIL.hru	شیب طولی برای ابراهه فرعی (متر) Longitudinal slope for drainage sub(m)	41.775
۵	r_CN2.mgt	شماره منحنی Curve number	-0.1804
۶	a_GWQMN.gw	آستانه عمق آب در جریان زیرسطحی (میلی‌متر) Threshold depth of water in shallow aquifer (mm)	74.61
۷	v_REVAPMN.gw	آستانه عمق آب در جریان زیرسطحی برای Revap (میلی‌متر) Threshold depth of water in shallow aquifer for Revap[1] (mm)	0.8898
۸	a_GW_REVAP.gw	ضریب "Revap" برای آب زیرزمینی Groundwater "Revap" Factor	0.1335
۹	v_ALPHA_BF.gw	ضریب عکس‌العمل جریان آب زیرزمینی Ks groundwater flow	0.0091
۱۰	r_SOL_BD(..).sol	چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتیمتر مکعب) Bulk Density(g/Cm ³)	0.089
۱۱	r_SOL_K(..).sol	هدایت هیدرولیکی خاک اشباع (میلی‌متر بر ساعت) Saturated hydraulic conductivity(mm/hr)	5.215

توسط (Falkenmark and Widstrand, ۱۹۹۲) (۱۹۹۲) مشخص شده است. آنها حد آستانه ۱۷۰۰ (مترمکعب بر جمعیت در سال) را به عنوان حد آستانه کمبود آب معرفی کردند. جدول ۳ محدوده این شاخص را نشان می‌دهد. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته بر روی منابع آب شهرستان بردسیر میزان آب قابل دسترس (آب آبی) ۱۹۹۲۱۴۰۲۷ متر مکعب در سال می‌باشد. همچنین طبق سرشماری جمعیتی سال ۱۳۹۵، جمعیت این شهرستان ۴۵۸۶۰ نفر برآورد شده است. لذا با توجه به شاخص کمبود منابع آب نسبت به جمعیت که از تقسیم مقدار آب قابل دسترس بر جمعیت محاسبه می‌شود، مقدار این

با توجه به شکل مشخص است که قسمت‌های غربی از تبخیر- تعرق بالاتری برخوردار هستند که این تبخیر- تعرق ناشی از مناطق وسیع کشت و پوشش گیاهی می‌باشد که بایستی در برنامه ریزی بخش کشاورزی به این مناطق توجه ویژه ای شود. شکل ۷ (c) مقدار رطوبت خاک را نمایان می‌سازد که این مقدار در قسمت جنوبی نسبت به سایر مناطق بیشتر است. لذا برای برنامه ریزی کشت دیم بایستی به این مناطق توجه شود. شاخص کمبود منابع آب این نسبت برای ارزیابی میزان کمبود آب استفاده می‌شود. برای کمبود آب، آستانه و شاخص‌های زیادی وجود دارد که یکی از پرکاربردترین آنها

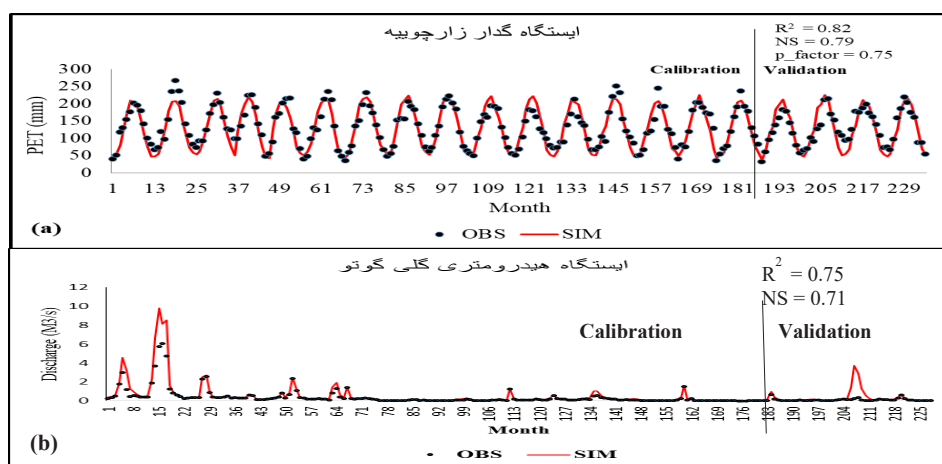
ادامه جدول شماره ۲- پارامترهای حساس و مقادیر بهینه آنها

ردیف RAW	نام پارامتر Parameter	توضیح پارامتر Parameter Description	مقدار واسنجی شده The calibrated Value
۱۲	v__CH_K2.rte	هدایت هیدرولیکی آبراهه اصلی (میلی‌متر بر ساعت) Hydraulic conductivity of the main stream(mm/hr)	43.15
۱۳	v__CH_N2.rte	ضریب مانینگ آبراهه اصلی The main channel Manning coefficient	0.121
۱۴	v__SMFMX.bsn	عامل ذوب برف در ۲۱ جولای (میلی‌متر بر درجه در روز) Snow melting agent on July 21(mm/c-day)	5.061
۱۵	v__SMFMN.bsn	عامل ذوب برف در ۲۱ دسامبر (میلی‌متر بر درجه در روز) Snow melting agent on December 21(mm/c-day)	2.255
۱۶	v__TIMP.bsn	ضریب تأخیر دمای توده برف Snow mass temperature coefficient of delay	0.8115
۱۷	r__OV_N.hru	ضریب مانینگ برای جریان سطحی Manning roughness coefficient for surface flow	1.713
۱۸	r__SLSUBBSN.hru	میانگین شیب طولی (متر) Average slope length (m)	0.208
۱۹	r__HRU_SLP.hru	میانگین شیب (متر بر متر) Average slope steepness (m/m)	-0.256
۲۰	r__SOL_AWC(..).sol	ظرفیت آب قابل در دسترس (میلی‌متر آب بر میلی‌متر خاک) Available water capacity(mm H ₂ O/mm soil)	0.218
۲۱	v__PRF.bsn	ضریب تصحیح میزان پیک رسوب در روندیابی کانال اصلی Peak rate adjustment factor for sediment routing in main channel	1.4558
۲۲	v__SPCON.bsn	پارامتر خطی برای محاسبه حداکثر مقدار رسوب Linear parameter for calculating	0.005225

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۴ بهار ۹۸
No.54 Spring 2019

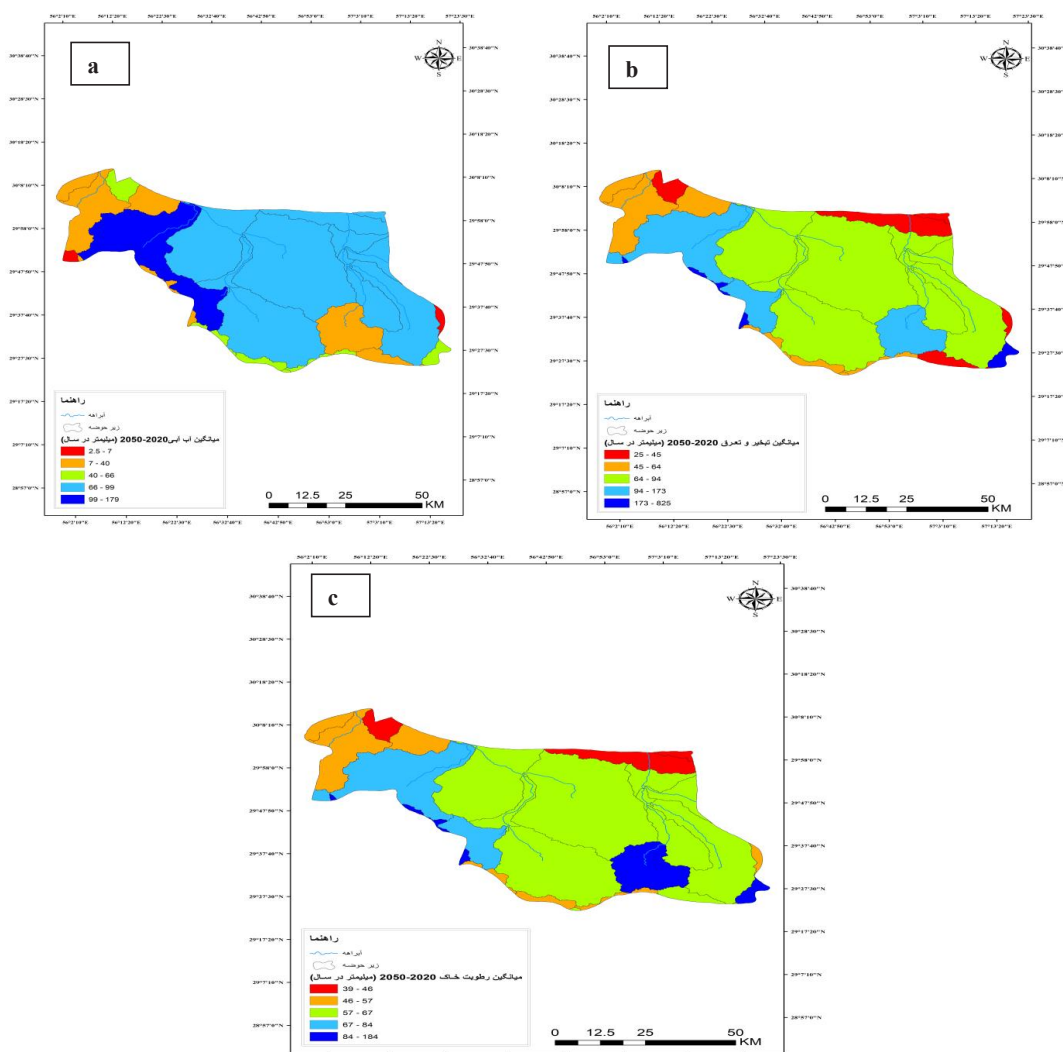
۲۴۳



شکل ۶- مقادیر تبخیر- تعرق (a) و رواناب (b) بعد از واسنجی

جدول ۳ محدوده شاخص کمبود آب (Falkenmark and Widstrand, ۱۹۹۲)

ردیف	محدوده تغییرات	نام محدوده
۱	<۵۰۰	استرس شدید (Exterme Stress)
۲	۵۰۰-۱۰۰۰	استرس زیاد (High Stress)
۳	۱۰۰۰-۱۷۰۰	استرس نرمال (Moderate Stress)
۴	۱۷۰۰-۴۰۰۰	حد کفایت (Just Adequate)
۵	<۴۰۰۰	بدون استرس (Non Stress)



شکل ۷- مقادیر آبی (a)، جریان آب سبز (b) و ذخیره آب سبز (c) در دوره آبی

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management

شماره ۵۴ بهار ۹۸

No.54 Spring 2019

۲۴۴

تغرق، مشاهده می‌شود که مدل SWAT عملکرد مطلوبی در مدل‌سازی هیدرولوژیک داشته است. نتایج این پژوهش حاکی از افزایش بارش در مناطق غربی و جنوب غربی شهرستان و کاهش بارش به میزان ۵ درصد در مناطق شرقی و جنوبی می‌باشد. همچنین احتمال افزایش میانگین دمای حداکثر تا ۳ درجه سلسیوس در شهرستان بردسیر وجود دارد. منابع آب قابل دسترس در شهرستان بردسیر شامل آب آبی و آب سبز می‌شوند که مقدار آب آبی در مناطق میانی متمایل به غرب شهرستان نسبت به سایر مناطق بیشتر است. لذا در این مناطق میتوان برای آب‌های سطحی و آب زیرزمینی برگشتی برای استفاده و ذخیره از آن برنامه ریزی کرد. قسمت های غربی از تبخیر-تغرق بالاتری برخوردار هستند که این تبخیر-تغرق ناشی از مناطق وسیع کشت و پوشش گیاهی می‌باشد که بایستی در برنامه ریزی بخش کشاورزی به این مناطق توجه ویژه ای شود. همچنین مقدار رطوبت خاک در قسمت جنوبی نسبت به سایر مناطق بیشتر است. لذا برای برنامه ریزی کشت دیم بایستی به این مناطق توجه شود. از نظر کمبود منابع آب با محاسبه شاخص کمبود منابع آب بر اساس جمعیت این مقدار برای بازه زمانی آتی ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰، ۴۶۵۶ برآورد شد که این مقدار محدود بدون استرس را برای این بازه زمانی نشان می‌دهد.

منابع

۱. رضازاده، م، س.، بختیاری، ب.، عباسپور، ک.، احمدی، م، م. (۱۳۹۶). بررسی کارایی مدل‌های مفهومی و مدل داده محور در پیش‌بینی رواناب، دوکین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران.
۲. رضازاده، م، س.، گنجعلیخانی، م.، ذونعمت، م. (۱۳۹۴) مقایسه مدل هیدرولوژیکی نیمه توزیعی SWAT و یکپارچه HEC-HMS در شبیه‌سازی رواناب، مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۲.
3. Abbaspour, K. C., Faramarzi, M., Ghasemi, S. S., & Yang, H (2009) Assessing the impact of climate

شاخص برای شهرستان بردسیر ۴۳۴۴ برآورد می‌شود که طبق جدول فوق در محدوده بدون استرس قرار می‌گیرد.

با توجه با افزایش میانگین بارش و مقدار آب قابل دسترس شهرستان بردسیر طبق سناریو RCP۶، مقدار آب آبی در این شهرستان به ۲۰۹۵۳۴۷۲۴ متر مکعب در سال افزایش می‌یابد که در نتیجه مقدار شاخص کمبود منابع آب ۴۵۶۹ برآورد می‌گردد که این مقدار محدود بدون استرس را برای شهرستان بردسیر از نظر منابع آب در بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ پیش‌بینی میکند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، از مدل گردش عمومی جو GFDL-ESM۲M و سناریوی RCP۶ برای شبیه‌سازی دوره آینده نزدیک (۲۰۲۰-۲۰۵۰) استفاده شد. همچنین از بسته نرم‌افزاری تغییر اقلیم (CCT) برای ریزمقیاس نمایی و درون‌یابی مدل گردش عمومی جو GFDL-ESM۲M استفاده گردید. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش بارش، دمای حداکثر و حداقل برای دوره ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۶ و همچنین نقشه خاک، کاربری اراضی و توپوگرافی منطقه بوده است. برای واسنجی مدل از نرم افزار SWAT-CUP و همچنین داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری و تبخیرسنجی استفاده گردید.

در تحقیق حاضر با استفاده از قابلیت‌های شبیه‌سازی یکپارچه مدل هیدرولوژیک SWAT، به مدل‌سازی شهرستان بردسیر پرداخته شد. این مدل‌سازی باهدف ساخت و واسنجی مدل هیدرولوژیک در سطح زیر حوضه برای استان کرمان با نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها انجام گرفت. همچنین در مرحله دوم به محاسبه آب قابل دسترس در مقیاس ماهانه و در مرحله آخر تفکیک آب قابل دسترس به آب آبی (مجموع رواناب سطحی و تغذیه از آبخوان عمیق)، ذخیره آب سبز (رطوبت خاک) و جریان آب سبز (تبخیر و تغرق واقعی) انجام گرفت. با توجه به تحلیل نتایج شبیه‌سازی رواناب و تبخیر

10. Li, Y., Chang, J., Wang, Y., Jin, W., & Guo, A. (2016) Spatiotemporal Impacts of Climate, Land Cover Change and Direct Human Activities on Run-off Variations in the Wei River Basin, China, *Water*, 8(6), 220
11. Palazzoli, I., Maskey, S., Uhlenbrook, S., Nana, E., & Bocchiola, D. (2015) Impact of prospective climate change on water resources and crop yields in the Indrawati basin, Nepal. *Agricultural Systems*, 133, 143-157
12. Parajuli, P., Jayakody, P., Sassenrath, G., & Ouyang, Y. (2016) Assessing the impacts of climate change and tillage practices on stream flow, crop and sediment yields from the Mississippi River Basin. *Agricultural Water Management*, 168, 112-124
13. Ramos, M., and Martínez-Casasnovas, J. (2015) Climate change influence on runoff and soil losses in a rainfed basin with Mediterranean climate. *Natural Hazards*, 78(2), 1065-1089
14. Schuol, J., K. C. Abbaspour, H. Yang, R. Srinivasan, and A. J. B. Zehnder (2008) Modeling blue and green water availability in Africa, *Water Resour. Res.*, 44, W07406, doi:10.1029/2007WR006609
15. Vaghefi, S.A., Mousavi, S.J., Abbaspour, K.C., Srinivasan, R., Yang, H., 2014. Analyses I impact of climate change on water resources components, drought and wheat yield in semiarid regions: Karkheh River Basin in Iran. *Hydrol. Process.* 28 (4), 2018e2032.
16. Verma, S., Bhattarai, R., Bosch, N., S, Cooke, R. C., Kalita, P. K., & Markus, M. (2015) Climate Change Impacts on Flow, Sediment and Nutrient Export in a Great Lakes Watershed Using SWAT. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 43(11), 1464-1474
17. Vorosmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J., Lammers, R.B., 2000. Global water resources: vulnerability on water resources in Iran. *Water resources research*, 45(10)
4. Ashraf Vaghefi, S., Abbaspour, N., Kamali, B., K. C. Abbaspour. (2017). A Toolkit for Climate Change analysis and pattern recognition for extreme weather conditions. *Environmental Modeling and Software*. 96. 181-198
5. Bartolomeu, S., Carvalho, M.J., Marta-Almeida, M., Melo-Gonçalves, P., Rocha, A., 2016 Recent trends of extreme precipitation indices in the Iberian Peninsula: observations and WRF model results. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C* 94, 10e21
6. Faramarzi, M., K. C. Abbaspour, Ashraf Vaghefi, S., Farzaneh, M.R., Zehnder, A, j, B, Srinivasan, R., Yang, H., (2013), Modeling Impact of Climate Change on Freshwater Availability in Africa., *Journal of Hydrology*, 85-101
7. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), pp. 3-87 by Leo Meyer, Sander Brinkman, Line van Kesteren, Noëmie Leprince-Ringuet, Fijke van Boxmeer edited by R. K. Pachauri, L. A. Meyer
8. Krysanova, V., Wortmann, M., Bolch, T., Merz, B., Duethmann, D., Walter, J., Huang, S., Tong, J., Buda, S., Kundzewicz, Z.W., 2015. Analysis of current trends in climate parameters, river discharge and glaciers in the Aksu River basin (Central Asia). *Hydrol. Sci. Journal-Journal Des. Sci. Hydrol.* 60 (4), 566e590.
9. Li, L., Zhang, L., Xia, J., Gippel, C. J., Wang, R., & Zeng, S. (2015) Implications of modelled climate and land cover changes on runoff in the middle route of the south to north water transfer project in China. *Water Resources Management*, 29(8), 2563-2579

- ability from climate change and population growth. *Science* 289 (5477),284e288
18. Yuan, Y., Zhang, Z., and Meng, J (2015) [Impact of changes in land use and climate on the runoff in Liuxihe Watershed based on SWAT model]. *Ying yong sheng tai xue bao= The journal of applied ecology/Zhongguo sheng tai xue xue hui, Zhongguo ke xue yuan Shenyang ying yong sheng tai yan jiu suo zhu ban*, 26(4), 989-998.
19. Zuo, D., Xu, Z., Zhao, J., Abbaspour, K. C., and Yang, H. (2015) Response of runoff to climate change in the Wei River basin, China. *Hydrological Sciences Journal*, 60(3), 508-52
20. Hashmi, M. Z., A.Y.Shamseldin and B.W.Melville. 2010. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. *StochEnvironResRisk Assess.* DOI 10.1007.s00477-010-0416-x
21. Kazmi, D.H.; Rasul, G.; Li, J. and Cheema, S.B. (2014). Comparative Study for ECHAM5 and SDSM in Downscaling Temperature for a Geo-Climatically Diversified Region, Pakistan, *Applied Mathematics*, 5: 137-143.
22. Sobhani, B.; Eslahi, M. and Babaeian, I. (2015). Performance of Statistical Downscaling Models of SDSM and LARSWG in the Simulation of Meteorological Parameters in the Basin of Lake Urmia, *Physical Geography Research Quarterly*, 47(4): 499-516.
23. Cheema, S.B.; Rasul, G.; Ali, G. and Kazmi, D.H. (2013). A Comparison of Minimum Temperature Trends with Model Projections, *Pakistan Journal of Meteorology*, 8(15).
24. Nury, A.H. and Alam, M.J.B. (2014). Performance Study of Global Circulation Model HADCM3 Using SDSM for Temperature and Rainfall in North-Eastern Bangladesh, *Journal Of Scientific Research*, 6(1): 87-96.
25. Goodarzi, E.; Dastorani, M.T.; Massah Bavani, A. and Talebi, A. (2015). Evaluation of the Change-Factor and LARSWG Methods of Downscaling for Simulation of Climatic Variables in the Future (Case study: Herat Azam Watershed, Yazd - Iran), *ECOP-ERSIA*, 3(1).
26. Liess, S., Snyder, P. K., Kumar, A., & Kumar, V. (2018). A cautionary note on decadal sea level pressure predictions from GCMs. *Advances in Climate Change Research*, 9(1), 43–56. <https://doi.org/10.1016/J.ACCRE.2018.02.002>
27. Dunne, J. P., John, J. G., Adcroft, A. J., Griffies, S. M., Hallberg, R. W., Shevliakova, E., ... Zadeh, N. (2012). GFDL's ESM2 Global Coupled Climate–Carbon Earth System Models. Part I: Physical Formulation and Baseline Simulation Characteristics. *Journal of Climate*, 25(19), 6646–6665. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00560.1>
28. Sharpley, A. N. and Williams, J. R. 1990. EPIC-Erosion Productivity Impact Calculator, 1. model documentation. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Tech. Bull. 1768.

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management

شماره ۵۴ بهار ۹۸
No.54 Spring 2019

■ ۲۴۸ ■