مدیریت شهری

شماره ۵۴ بهار ۹۸

No.54 Spring 2019

۲۳۱-۲۴۸

زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱/۲۵

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 طیاری – استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

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 شبیه‌سازی 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 دوره‌آتی 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

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 indicates 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

* نویسنده مسئول

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 بیابان ها و اراضی خشک تشکیل داده اند. همچنین میانگین بارش سالانه کم و برداشت بی رویه از آب های زیر زمینی، این استان را در شرایط بحران آبی قرار داده است. لذا بررسی منابع آب این استان برای برنامه ریزی های بلند مدت امری ضروری است.

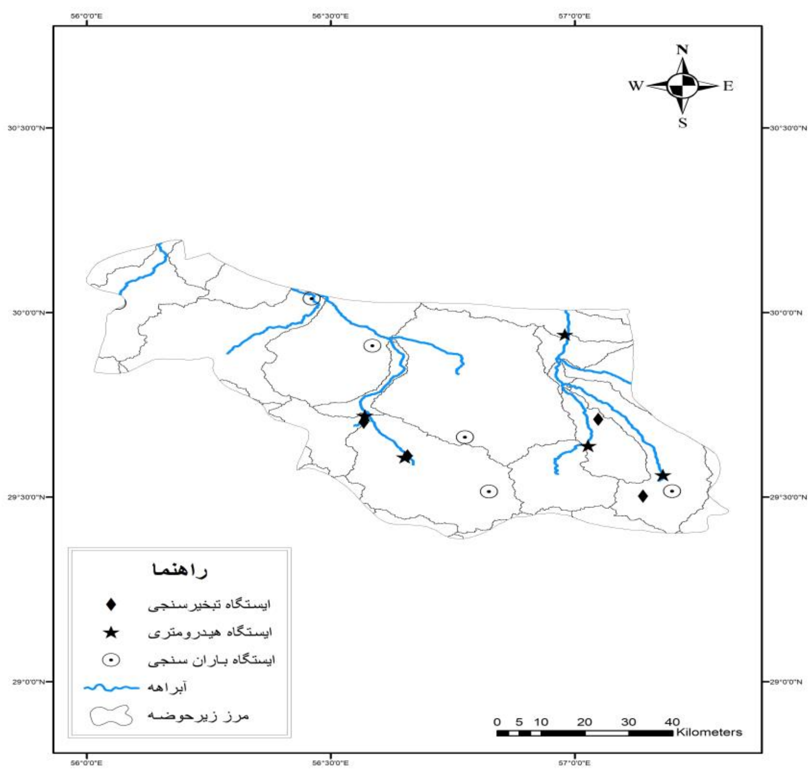
برای شبیه سازی منابع آب قابل دسترس در سطح وسیع استفاده از مدلی کامل و جامع که قابلیت شبیه سازی مناسب در مقیاس بزرگ را داشته باشد، ضروری است. با توجه به افزایش روز افزون مدل‌های کامپیوتری در این زمینه بایستی در انتخاب مدل مناسب دقت زیادی شود. برای شبیه سازی ها در مقیاس بزرگ، مدل های توزیعی و نیمه توزیعی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

یکی از این مدل ها، مدل نیمه توزیعی SWAT است. SWAT اولین بار در سال ۱۹۹۰ توسط جف آرنولد در سرویس تحقیقات کشاورزی آمریکا طراحی و پایه‌گذاری شد. به مقایسهٔ عملکرد مدل هیدرولوژیکی نیمه‌توزیعی SWAT و مدل یکپارچه‌ی HEC-HMS در شبیه‌سازی دبی جریان پرداختند (رضازاده و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین به بررسی کارایی مدل های 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 مورداشاره 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 تاثییر توأم تغییر اقلیم و عملیات شخم اثر به سزایی 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

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 درحالی‌که مناطق خشک بارش کمتری دریافت می‌کنند. در پژوهشی دیگر (Schuol et al., ۲۰۰۸) به بررسی آب آبی و آب سبز در قاره افریقا پرداختند. همچنین (Faramarzi et al., ۲۰۱۳) پژوهشی برای بررسی اثرات تغییر اقلیم در قاره افریقا با مدل SWAT انجام دادند. (; IPCC, ۲۰۱۴; Bartolomeu,eu et al, ۲۰۱۶; Kraysanova et al., ۲۰۱۵; Vaghefi et al., ۲۰۱۴; 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



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه به همراه ایستگاه‌های مورد استفاده

پرداختند. در این تحقیق که بر روی حوضه‌ای در کالیفرنیا انجام گرفت و نتایج گزارش‌شده 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 روش ها

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 در۶۴ کیلومتری جنوب باختری کرمان قرار دارد. آب و هوای بردسیر معتدل و میزان بارندگی آن‌سالانه ۲۰۰ میلی‌متر است.

داده های مورد استفاده در پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش در جدول شماره ۲ آورده شده است. به طور کلی این داده ها شامل: ۱. داده‌های هواشناسی ۲. داده های هیدرومتری ۳. نقشه خاک و کاربری اراضی ۴. توپوگرافی می باشد. همچنین برای تراکم وپراکنش بیشتر ایستگاه های هواشناسی از ترکیب داده های مشاهداتی و داده‌های جهانی CRU در این پژوه 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., ۲۰۱۷).

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 جدول۳ اسامی پایگاه داده‌های جهانی و سناریوهای انتشار در مدل CCT آورده شده است. در تحقیقات اخیر

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

جدول ۲- داده های مورد استفاده در پژوهش

ردیف	ایستگاه/نقشه	داده	محل اخذ
۱	ایستگاه هیدرومتری	رواناب- رسوب	وزارت نیرو
۲	داده های 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 لایه های 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 پایگاه داده در CCT	مدل ISI-MIP	نام سناریوها در CCT	نام سناریوها در ISI-MIP
GCM1	GFDL-ESM2M	scenario1	RCP 2.6
GCM2	HadGEM2-ES	scenario2	RCP 4.5
GCM3	IPSL-CM5A-LR	scenario3	RCP 6
GCM4	MIROC	scenario4	RCP 8.5
GCM5	NoerESM1-M		

استفاده از چند مدل GCM برای کاهش عدم قطعیت راهی مرسوم بوده است. اما (Leiss et al, ۲۰۱۸) 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-ESM۲M و سناریوی RCP۶ جهت پیش‌بینی بارش و دماهای بیشینه و کمینه استفاده گردید. علت انتخاب مدل GFDL-ESM۲M این است که این مدل به تازگی برای درک بهتر چرخه بیوشیمیای زمین شامل اقدامان انسانی و اندکنش آن با سیستم اقلیمی توسط (NOAA) و (GGDL) توسعه یافته است. همچنین در این مدل از مدل زمین (LM ۳,۰) که شامل هیدرولوژی، فیزیک و اجزای بوم شناسی زمین می‌باشد، استفاده شده است. جزء پویایی / فیزیکی اقیانوس در سری قبلی این مدل با جدید ESM۲m جایگزین شده است (Dun et al, ۲۰۱۲). همچنین علت انتخاب سناریو RCP۶ این است که با توجه به بررسی روند تغییرات اقلیمی در ایستگاه‌های هواشناسی شهرستان بردسیر، این تغییرات همخوانی بیشتری با سناریوی RCP۶ دارند. بررسی روند تغییرات از طریق محاسبه شیب سنس و آزمون منکندال 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 حدی یا بحرانی. در ادامه به توضیح این مراحل پرداخته‌شده 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 به‌صورت 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. تشکیل‌شده 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 واردشده‌اند،

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 واردشده‌اند، اصلاح شود.
۴. درون‌یابی داده‌های اقلیمی (SICD): 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 فروانی 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 حوزه 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، بیلان 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 واردکردن نقشه

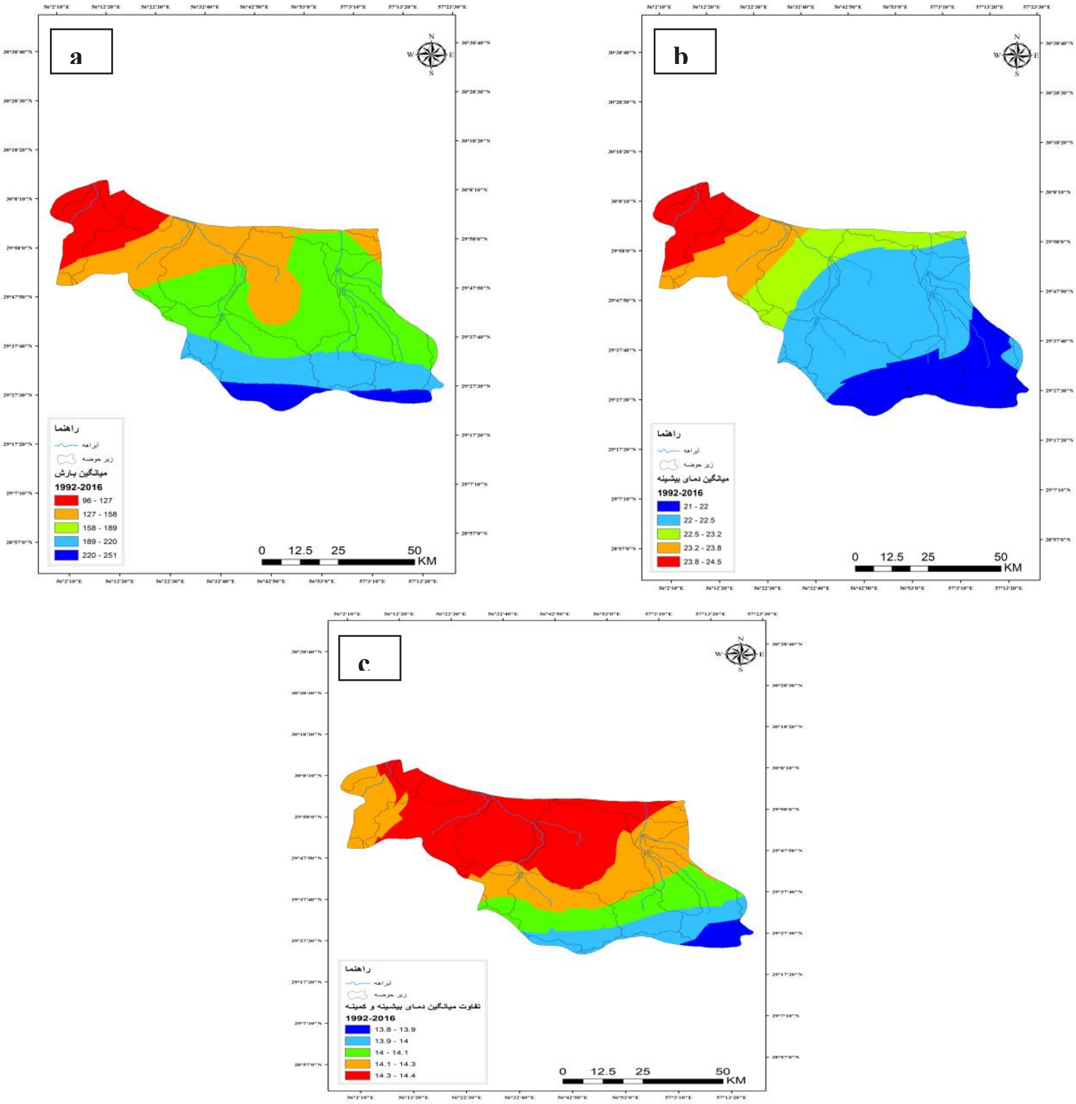
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۴ بهار ۹۸
No.54 Spring 2019

مـدل رقومـی ارتفاعـی و تعییـن حداقـل مسـاحت دلخـواه بر اسـاس حداقل آسـتانه، حوضه بـه تعدادی زیـر حوضه تقسـیم می‌شـود کـه رابـط ArcSWAT بـرای هـر زیـر حوضـه مشـخصات فیزیکـی از قبیـل مسـاحت، طـول آبراهه اصلی، شـیب و غیـره را تعیین می‌کنـد. نقشـه کاربـری اراضـی، خـاک و اطلاعـات شـیب کـه بـه پنـج طبقـه شـیب کـه شـامل ۰ تـا ۵ درصـد، ۵ تـا ۱۰ درصـد،۱۰ تـا ۲۰ درصـد،۲۰ تا ۴۰ درصـد و بیـش از ۴۰ درصـد در حوضـه تعریف شـد، بـه مـدل اضافـه شـدند. سـپس بـا روی‌هـم انـدازی آن‌هـا واحدهـای واکنـش هیدرولوژیکـی تولیـد شـد. همان‌طور که اشـاره شـد مدل SWAT بـرای اجرا به داده‌های هواشناسـی نیاز دارد که بـرای این امر، مدل دارای مولـد داده‌هـای اقلیمی می‌باشـد (Williams Sharpley and، ۱۹۹۰)؛ کـه از ایـن مولـد داده‌های اقلیمـی، جهـت تولیـد داده‌هـای روزانـه و بازسـازی آمار مفقودشـده اسـتفاده می‌شـود. ایسـتگاهی که در ایـن قسـمت بـه مـدل معرفـی می‌گـردد بایـد دارای آمـار بلندمـدت از تمامـی پارامترهـای هواشناسـی از قبیـل بارندگـی، حداقـل و حداکثـر درجـه حـرارت، رطوبـت نسـبی، سـرعت بـاد و تابـش خورشـیدی باشـد کـه در کشـور مـا محـدود بـه ایسـتگاه‌های سـینوپتیک می‌باشـند لازم به یادآوری است که این ایسـتگاه‌ها تنهـا زمانی در شـبیه‌سـازی مورداسـتفاده قـرار می‌گیـرد کـه مـدل در اطلاعـات ایسـتگاه‌های بارندگـی و درجـه حـرارت بـا داده‌هـای مفقودشـده روبـرو گـردد. در ایـن پژوهش برای محاسـبه تبخیر - تعـرق پتانسـیل روش هارگریـوز، روند یابـی جریان از روش ذخیـره متغیـر و رسـوب از معادله جهانی اصلاح شـده فرسـایش خاک اسـتفاده شـد.

آنالیز حساسیت، واسنجی و صحت سنجی

عمـل واسـنجی شـامل تصحیـح پارامترهای حسـاس در مـدل اسـت به‌طوری‌کـه نتایـج خروجـی را بـه داده‌هـای مشـاهداتی نزدیـک کنـد، ایـن امـر فقـط از طریـق تغییـر مکرر پارامترهـا بـه دسـت می‌آیـد. ازآنجاکـه ایـن عمـل بسـیار زمان‌بر اسـت بـرای انجام ایـن کار اسـتفاده از یـک برنامه واسـط ضروری اسـت کـه بدیـن منظـور برنامـه SWAT_CUP تـدارک دیده‌شـده اسـت.

در ایـن مطالعه پس از اسـتفاده از مدل SWAT برای تخمیـن روانـاب، رسـوب و تبخیر تعـرق، پارامترهای متفاوتـی کـه در مـدل به‌کاربـرده می‌شـوند نظیـر پارامترهای جریان، رسـوب و غیره با اسـتفاده از روش معکـوس و بـا اسـتفاده از برنامـه SUFI-۲ به‌عنوان یکـی از الگوریتم‌هـای موجـود در نرم‌افـزار SWAT_ CUP تعیین و میزان حساسـیت و عدم قطعیت آن‌ها بـا اسـتفاده از ایـن برنامـه برآورد شـد. علـت انتخاب برنامـه SUFI-۲، توانایـی ایـن برنامـه در مدیریـت تعـداد زیاد پارامترهـا، هم‌زمانی آنالیزهای حساسـیت و عدم قطعیت، واسـنجی و اعتبارسـنجی مدل اسـت. در SUFI-۲ عـدم قطعیـت پارامترهـا دربرگیرنـده تمـام منابـع عـدم قطعیـت ورودی‌ها، مـدل مفهومی و پارامترهـای موجود در بحث مدل‌سـازی اسـت. این برنامـه بـا دریافت داده‌هـای مشـاهداتی و پارامترهای موردنظـر جهت اصـلاح، بهترین بازه تغییـرات را برای هـر پارامتـر مشـخص می‌کنـد و پوشـاندن بیشـترین داده‌هـای اندازه‌گیـری شـده با کمتریـن ضخامت نوار عـدم قطعیت ممکـن را دنبـال می‌کنـد. درجـه عدم قطعیـت توسـط دو فاکتـور بـه نام‌هـای R-factor و P-factor محاسـبه می‌شـود. P_factor بـه معنای درصـد همپوشـانی داده‌هـای مشـاهداتی و شـبیه سـازی شـده اسـت کـه هرچـه ایـن مقدار بـه یـک نزدیک تر باشـد نشـان از شـبیه سـازی بهتر مدل می باشـد. R_factor نیـز بـه نسـبت بیـن میانگین عدم قطعیـت در سـطح ۹۵ درصـد (۹۵PPU) وانحـراف معیـار داده هـای مشـاهداتی اطـلاق میشـود. ایـن پارامتـر نیـز هـم هرچه بـه یک نزدیکتر باشـد نشـان از عملکـرد بهتـر مدل در شـبیه سـازی اسـت. درجه عـدم قطعیـت همـه منابـع، به‌وسـیله اندازه‌گیـری فاکتـور R کـه درصـد جـزء صحیـح داده‌هـای اندازه‌گیری شـده بـا ۹۵٪ عدم قطعیـت (۹۵PPU) در پیشـگویی اسـت مشـخص می‌شـود. ازآنجاکـه



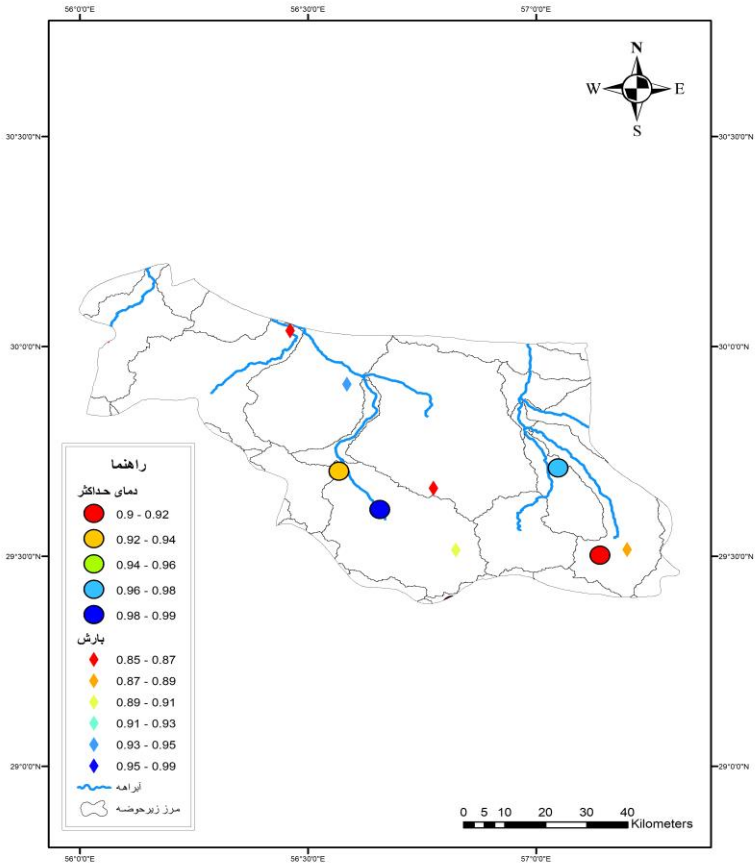
شکل ۲- میانگین بارش (a)**، میانگین دما حداکثر** (b) **و تفاوت بین میانگین دمای حداکثر و حداقل** (c) **در دوره پایه**

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

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

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.



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

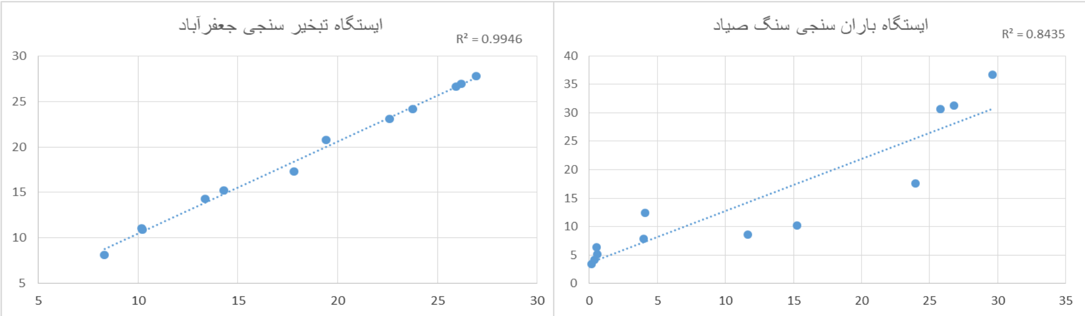
مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۴ بهار ۹۸
No.54 Spring 2019

تغییر اقلیم

شکل۲ (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. شکل۲ (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 R۲ و نش_ساتکلیف (NS) در مقایسه بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده برای دوره گذشته (۲۰۱۶-۱۹۹۲) استفاده شد. مقدار ضریب NS 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_ساتکیف (NS) را برای تمامی ایستگاه‌ها موردمطالعه نشان می‌دهد. این نتایج حاکی از دقت قابل‌قبول برای مدل در شبیه‌سازی بارش و دما است.

برای بررسی دقیق‌تر صحت داده‌های پیش‌بینی‌شده توسط بسته نرم افزاری CCT ایستگاه تبخیر سنجی جعفرآباد برای نشان دادن مقادیر شبیه‌سازی‌شده دما و ایستگاه باران سنجی سنگ صیاد جعفرآباد برای نشان دادن مقادیر شبیه‌سازی‌شده بارش در شکل ۴ آورده شده است.



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

بررسی روند تغییرات دما و بارش تحت سناریوهای تغییر اقلیم

پس از اطمینان از صحت داده‌های پیش‌بینی‌شده 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 تفاوت های 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 متعادل‌سازی مدل استفاده شد. برای واسنجی مدل در بخش رواناب و تبخیر- تعرق ۲۲ سال از داده‌ها و برای اعتبارسنجی ۹ سال از داده‌ها در نظر گرفته شد. برای تحلیل نتایج واسنجی از شاخص‌های p_factor، ضریب تعیین (R۲) و ضریب نش_ساتکلیف (NS) استفاده شد. در مرحله آنالیز حساسیت با توجه به مطالعات گذشته که بر روی مدل SWAT انجام‌شده بود، ۵۰ پارامتر که در رواناب و تبخیر- تعرق تأثیر بیشتری داشتند، انتخاب شدند. پس از آنالیز حساسیت، ۲۵ پارامتر که حساسیت بیش¬تری نشان دادند که در جدول شماره ۳ آورده شده‌اند.

خاک تا لایه زیرین ۰,۳۲۵۲

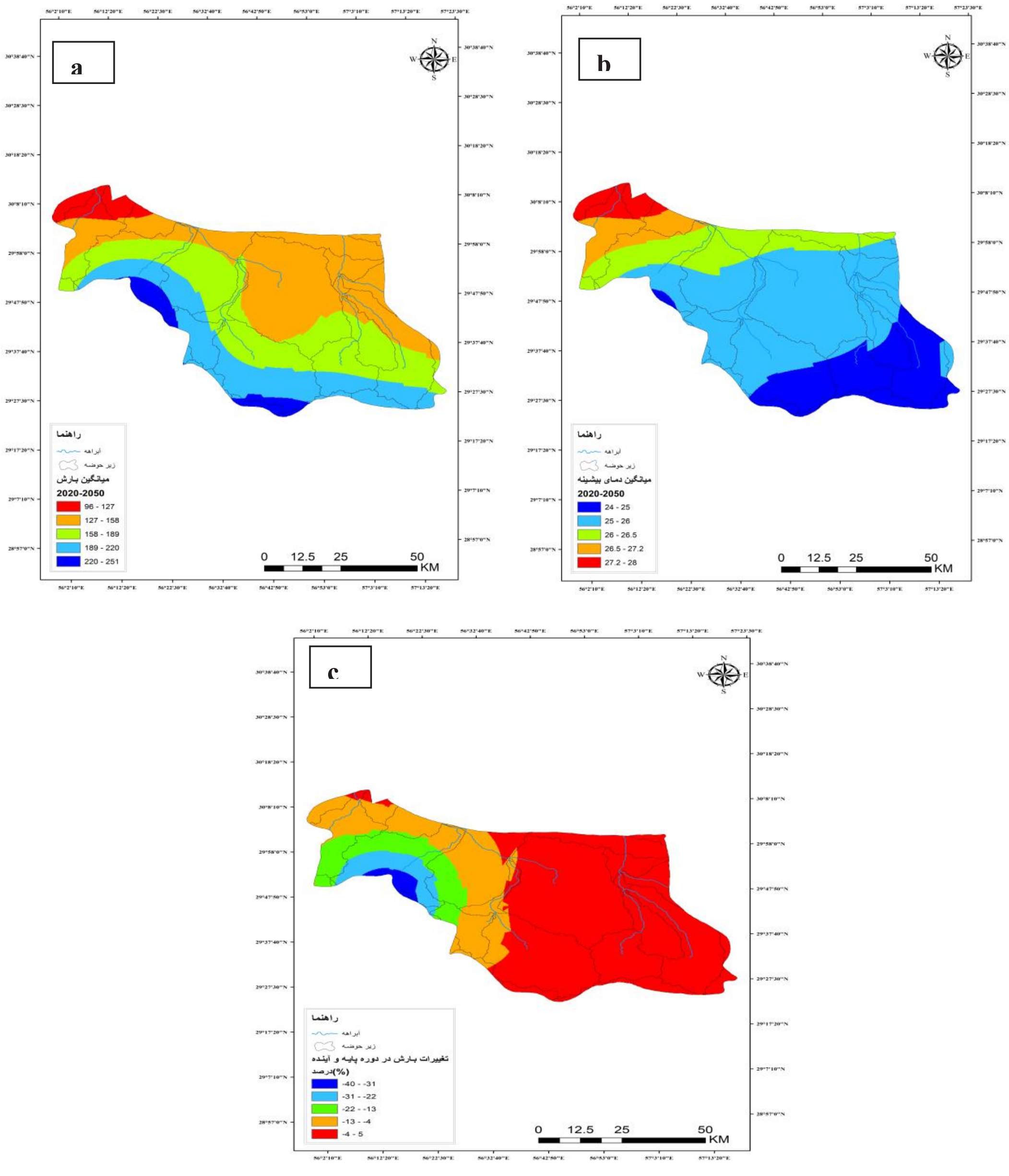
The depth of the soil surface to the substrate

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 گدارزارچویه 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

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



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

خـود نیـز دارای دو بخـش می‌باشـد: ۱. جریـان آب سـبز که بـه مقدار تبخیـر و تعرق واقعی گفته مشود ۲. ذخیـره آب سـبز کـه آب خـاک یـا همـان رطوبت خـاک اطـلاق می‌شـود. آب خـاک یـا همـان رطـب خـاک منبـع قابل برگشـتی می‌باشـد که می‌تـوان در برنامه‌ریزی‌هـای مدیریتـی بـرای کشـت هـای دیم از آن بهـره بـرد. در شـکل ۷ مقادیـر آب آبی و آب سـبز در دوره آتی (۲۰۲۰-۲۰۵۰) نشـان داده شـده اسـت. بـا توجـه بـه شـکل ۷ (a) مقـدار آب آبـی در مناطـق میانـی متمایـل بـه غرب شهرسـتان نسـبت به سـایر مناطـق بیشـتر اسـت. لـذا در ایـن مناطـق میتـوان برای آب‌های سـطحی و آب زیرزمینی برگشـتی برای اسـتفاده و ذخیـره از آن برنامـه ریـزی کـرد. شـکل ۷ (b) مقـدار تبخیـر – تعـرق را نشـان میدهـد کـه

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

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
٤	V_SLSOIL.hru	شیب طولی برای آبراهه فرعی(متر) Longitudinal slope for drainage sub(m)	41.775
٥	r__CN2.mgt	شماره منحنی Curve number	-0.1804
٦	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

با توجه به شکل مشخص است که قسمت های غربی از تبخیر- تعرق بالاتری برخوردار هستند که این تبخیر- تعرق ناشی از مناطق وسیع کشت و پوشش گیاهی می باشد 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 توسط (Falkenmark and Widstrand, ۱۹۹۲) مشخص‌شده 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.

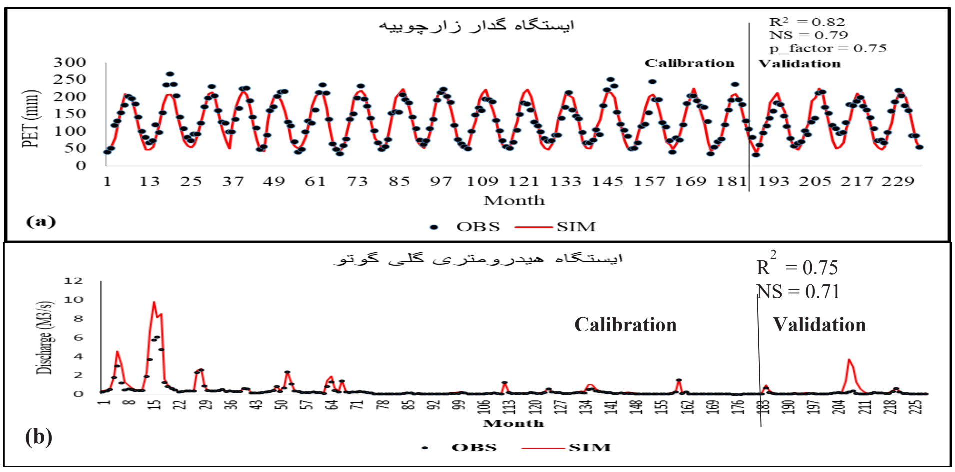
با توجه به بررسی‌های انجام گرفته بر روی منابع آب شهرستان بردسیر میزان آب قابل دسترس (آب آبی) ۱۹۹۲۱۴۰۲۷ متر مکعب در سال می‌باشد. همچنین طبق سرشماری جمعیتی سال ۱۳۹۵، جمعیت این شهرستان ۴۵۸۶۰ نفر برآورد شده است. لذا با توجه به شاخص کمبود منابع آب نسبت به جمعیت که از تقسیم مقدار آب قابل دسترس بر جمعیت محاسبه می‌شود، مقدار این

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

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
۱٤	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
۱٦	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_2O/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

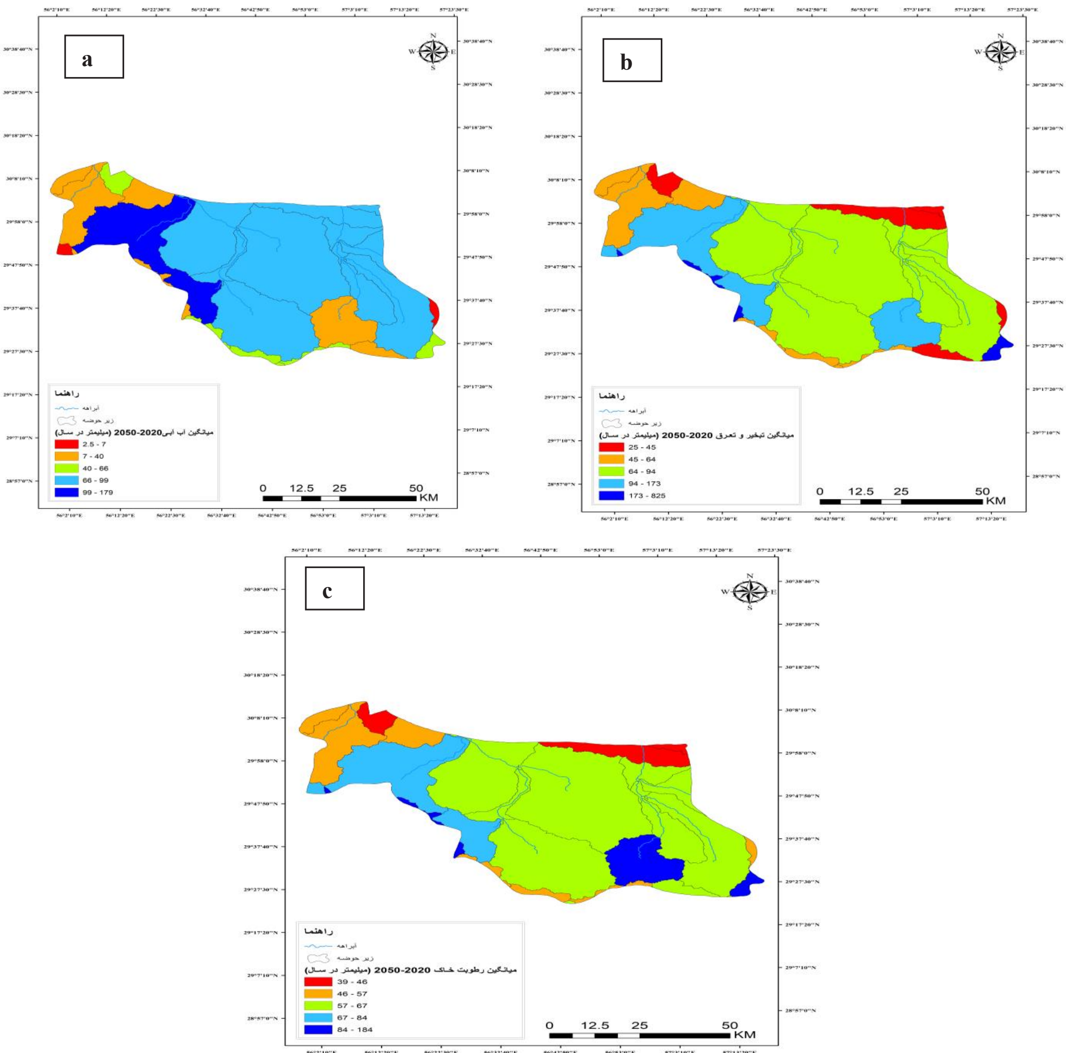
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۴ بهار ۹۸
No.54 Spring 2019



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 آب آبی (a)**، جریان آب سبز** (b) **و ذخیره آب سبز** (c)**در دوره آتی**

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

تعرق، 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- تعرق بالاتری برخوردار هستند که این تبخیر- تعرق ناشی از مناطق وسیع کشت و پوشش گیاهی می باشد 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 محدوده 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 محدوده 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 قابل‌دسترس در مقیاس ماهانه و در مرحله آخر تفکیک آب قابل‌دسترس به آب آبی (مجموع رواناب سطحی و تغذیه از آبخوان عمیق)، ذخیره آب سبز (رطوبت خاک) و جریان آب سبز (تبخیر و تعرق 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 Runoff 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 andwheat 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: vulner-

change 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 analysys and pattern recognition for extreme weather conditions. Enviromental Modeling and Software. 96. 181-198

5. Bartolomeu, S., Carvalho, M.J., Marta-Almeida, M., Melo-Gonçalves, P., Rocha, A., 2016Recent trends of extreme precipitation indices in the Iberian Peninsulausing 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 theIntergovernmental 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 trendsin 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), ECOPERSIA, 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.