Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۲/ شماره ۱/ پیاپی ۲۸/ بهار ۱۳۹۷ (۶۳-۷۲)

بررسی اثرتغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل و شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی با مدل SIMETAW

فاطمه برادران[۱]، امیر سلطانی محمدی[۲]* و زهرا ایزدپناه[۳]

چکیده

در این مطالعه از مدل SIMETAW برای شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی و برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره پایه ۲۰۰۱-۱۹۶۱ و دو سناریوی اقلیمی انتشار گازهای گلخانه‌ای A2 و B2 از خروجی‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 برای دوره آتی ۲۰۸۰- ۲۰۴۰ در ایستگاه‌های سینوپتیک رشت (اقلیم بسیار مرطوب)، شهرکرد (اقلیم نیمه‌خشک)، اهواز (اقلیم خشک) و سنندج (اقلیم مدیترانه‌ای) استفاده شده است. نتایج به دست آمده بیانگر دقت بالای مدل در شبیه‌سازی دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای نقطه شبنم، سرعت باد، تابش و تبخیر و تعرق پتانسیل در هر چهار اقلیم مورد مطالعه بود اما در مورد تخمین متغیر بارش مدل از دقت کمتری برخوردار بود. پدیده تغییر اقلیم موجب افزایش متغیرهای دمایی (حداکثر، حداقل و نقطه شبنم) و سرعت باد و کاهش بارندگی در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره آینده نسبت به دوره پایه شده است. مقایسه تبخیر و تعرق پتانسیل درازمدت ماهانه خروجی مدل SIMETAW در دوره آتی با دوره پایه نشان داد در همه ایستگاه‌ها در مجموع، تبخیر و تعرق پتانسیل در آینده نسبت به دوره پایه ۱۰/۴، ۹/۵، ۱۰/۷ و ۴/۳ درصد تحت سناریو A2 و ۱۰/۳، ۸/۸، ۹/۴ و ۲/۹ درصد تحت سناریو B2 به‌ترتیب در ایستگاه‌های سنندج، شهرکرد، رشت و اهواز افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق پتانسیل، تغییر اقلیم، اهواز، رشت، سنندج، شهرکرد، مدل SIMETAW.

ارجاع: فاطمه برادران ف. سلطانی محمدی ا. و ایزدپناه ز. ۱۳۹۷. بررسی اثرتغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل و شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی با مدل SIMETAW. مجله پژوهش آب ایران. ۲۸: ۶۳-۷۲.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۲- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۳- استادیار گروه آبیاری و زهکشی ،دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
*** نویسنده مسئول**: A.Soltani@scu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مدل‌های مولد داده‌های آب و هوایی یک ابزار قوی برای مطالعه و ارزیابی خطر تغییر اقلیم و بروز دوره‌های خشک، بارش‌های رگباری و وقوع سیلاب است و ابزاری برای تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های بلند مدت اقتصادی، اجتماعی و کشاورزی هستند (جانسون و همکاران، ۱۹۹۶). مدل‌های گردش عمومی جو معتبرترین ابزار، برای بررسی تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف محسوب می‌شوند و قادرند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از رویکردهای تأیید شده IPCC مدل‌سازی کنند (دیبایک و کولیبالی، ۲۰۰۵؛ کیلسبی و جونز، ۲۰۰۷). متاسفانه، سودمندی مدل‌های گردش عمومی جو به مطالعات تأثیر محلی با وضوح فضایی درشت (معمولاً از ۵۰۰۰۰ کیلومترمربع) محدود می‌شود (ویلبای و همکاران، ۲۰۰۲). یکی از روش‌های به دست آوردن متغیرها در مقیاس محلی (ریز مقیاس نمایی) از روی مقیاس جهانی، روش آماری است که از رابطه‌های استخراج شده از داده‌های مشاهده شده استفاده می‌کند. به طور کلی روش‌های آماری دارای دو نوع ساختار هستند: پارامتری و ناپارامتری (اشرف‌زاده، ۱۳۸۴). از جمله روش‌های ریزمقیاس ناپارامتری مدل SDSM است. از مدل‌های ارائه شده در زمینه تولید و پیش‌بینی داده‌های هواشناسی و تبخیر و تعرق پتانسیل، مدل SIMETAW است که تاکنون در کشورهایی مثل آمریکا، چین و مصر ارزیابی شده است. شیائولین و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تغییرات مکانی و زمانی نیاز آبی گندم زمستانه، عملکرد مدل برای شبیه‌سازی آب مصرفی در فرایند رشد گندم را رضایت‌بخش اعلام کردند. ابراهیم‌پور و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل و شبیه‌سازی داده‌های روزانه هوا با استفاده از مدل SIMETAW پرداختند. این مطالعه در چهار ایستگاه (بوشهر، تبریز، زاهدان و مشهد) انجام شد و نتایج نشان داد که به‌جز سرعت روزانه باد، مدل به‌طور دقیق متغیرهای دمای روزانه و بارش ماهانه را تولید می‌کند.

هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی توان شبیه‌سازی مدل SIMETAW برای متغیرهای دمای بیشینه، دمای کمینه، دمای نقطه شبنم، بارش، تابش، تندی باد و تبخیر و تعرق پتانسیل در مقیاس روزانه در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ در چهار ایستگاه اهواز، رشت، شهرکرد و سنندج است. ریز مقیاس نمایی متغیرهای دمای بیشینه، دمای کمینه، دمای نقطه شبنم، بارش و سرعت باد با استفاده از مدل SDSM و به‌کارگیری خروجی‌های مدل HadCM3 با دو رویکرد A2 و B2 در چهار ایستگاه به‌عنوان ورودی‌های مدل SIMETAW برای برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره آتی ۲۰۴۰ تا ۲۰۸۰ است.

مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول ۱ آمده است. ایستگاه‌های انتخابی بر اساس طبقه‌بندی دومارتن در چهار اقلیم متفاوت قرار دارند: ایستگاه رشت در شمال کشور، سنندج در شمال غرب کشور و اهواز و شهرکرد در جنوب غرب کشور.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	اقلیم (بر اساس طبقه‌بندی دومارتن)
اهواز	۳۱ ° ۲۰ N	۴۸ ° ۴۰ ´ E	۲۳	خشک
سنندج	۳۵ ° ۲۰ ´ N	۴۷ ° ۰ ´ E	۱۳۷۳	مدیترانه‌ای
شهرکرد	۳۲ ° ۱۷ ´ N	۵۰ ° ۵۱ ´ E	۲۰۴۹	نیمه‌خشک
رشت	۳۷ ° ۱´ N	۴۹ ° ۳۷ ´ E	-۹	بسیار مرطوب

در این پژوهش، از آمار متوسط ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز، رشت، شهرکرد و سنندج (از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱) که از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد برای اجرای مدل SIMETAW استفاده گردید.

از داده‌های روزانه دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ به‌عنوان دوره پایه ریزمقیاس نمایی در مدل SDSM استفاده شد و داده‌های شبکه‌بندی بزرگ مقیاس NCEP برای دوره پایه ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ برای طول و عرض مربوط به هر ایستگاه برای واسنجی ضرایب مدل رگرسیونی ریزمقیاس نمایی به همراه خروجی‌های مدل HadCM3 تحت دو رویکرد A2 و

www.SID.ir

Archive of SID

B2 نیز برای ایستگاه‌های مورد مطالعه از شبکه‌بندی مخصوص مدل HadCM3 از اینترنت دریافت شد.

مدل SIMETAW

مدل SIMETAW v.1.0 با همکاری دانشگاه دیویس کالیفرنیا و بخش منابع آب ایالت کالیفرنیا در سال ۲۰۰۵ توسعه یافته است. در مدل SIMETAW برای توصیف الگوهای بارش از یک رهیافت مشترک توزیع احتمالی گاما و مدل‌سازی زنجیره مارکف دو حالته درجه اول استفاده می‌شود. در شبیه‌سازی داده‌های روزانه سرعت باد از فرایند ساده‌تری و در این‌جا فقط از تابع توزیع گاما استفاده می‌شود. داده‌های دما، تابش خورشیدی و رطوبت معمولا از توزیع سری فوریه پیروی می‌کنند. مدل SIMETAW می‌تواند یا با داده‌های واقعی روزانه یا با داده‌های روزانه تولید شده به وسیله بخش مولد داده درون برنامه اجرا شود. بخش شبیه‌ساز این مدل می‌تواند تنها با وارد کردن متوسط ماهانه دراز مدت متغیرهای هواشناسی، ریز مقیاس نمایی زمانی انجام داده و مقادیر روزانه تولید کند. سپس این داده‌ها در محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه به روش فائو پنمن- مانتیث اصلاح شده به‌کار گرفته می‌شوند (ابراهیم پور و همکاران، ۱۳۹۱). تعداد سال‌های شبیه‌سازی توسط کاربر تعیین می‌کند که در این مطالعه ۴۱ سال در نظر گرفته شده است. برای ارزیابی توانایی مدل SIMETAW در شبیه‌سازی داده‌های روزانه، اطلاعات هواشناسی ماهانه شامل دمای بیشینه و کمینه و دمای نقطه شبنم، تندی باد، بارندگی و تابش خورشیدی برای دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۱ ایستگاه مورد مطالعه از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد، با این داده‌های ماهانه مدل اجرا و در نهایت داده‌های روزانه تولید شده با داده‌های روزانه دریافتی از سازمان هواشناسی کشور مقایسه شدند. همچنین با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده و مدل SIMETAW، تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه محاسبه و نتایج با مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش فائو پنمن-مانتیث مقایسه شد.

مدل ریز مقیاس نمایی آماری SDSM

مدل آماری ریز مقیاس نمایی تابع انتقالی SDSM را ویلبای و همکاران (۲۰۰۲) به‌عنوان ابزاری، برای ریز مقیاس کردن به روش آماری توسعه داده‌اند. مدل SDSM بر اساس سری داده‌های روزانه محلی و داده‌های بزرگ مقیاس بازتحلیل شده NCEP تنظیم و واسنجی می‌شود و پس از آن با استفاده از متغیرهای بزرگ مقیاس جوی مدل‌های گردش عمومی، داده‌های هواشناسی محلی را برای دوره پایه و آینده شبیه‌سازی می‌کند (ابراهیم‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). متوسط ماهانه خروجی‌های اقلیمی ریز مقیاس شده در دوره آتی ۲۰۸۰-۲۰۴۰ به‌عنوان ورودی‌های مدل SIMETAW قرار گرفتند. با استفاده از بخش مولد داده، ابتدا پارامترهای هواشناسی روزانه با استفاده از داده‌های ماهانه ورودی شبیه‌سازی و سپس تبخیر و تعرق پتانسیل به‌صورت روزانه شبیه‌سازی شد. پس از شبیه‌سازی تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه برای دوره آینده ۲۰۸۰-۲۰۴۰، از ۴۱ سال داده روزانه تبخیر و تعرق پتانسیل شبیه‌سازی شده، یک سال میانگین درازمدت ماهانه تهیه و با مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل شبیه‌سازی شده توسط مدل SIMETAW در دوره پایه مقایسه و تغییرات آن بررسی شد. برای مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی داده‌های روزانه مدل SIMETAW با مقادیر مشاهده شده روزانه، از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و شاخص توافق (d) که با استفاده از معادلات (۱) تا (۴) به دست می‌آیند، استفاده شد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(t_i - a_i)^2}{n}} \quad (۱)$$

$$R^2 = 1 - \frac{MSE}{F_0} \quad (۲)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(a_i - t_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|a_i - t_{avg}| + |t_i - t_{avg}|)^2} \quad (۳)$$

$$F_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(t_i - \bar{t}_i)^2}{n} \quad (۴)$$

n تعداد کل داده‌ها، a_i خروجی شبیه‌سازی شده، t_i خروجی واقعی، t_{avg} میانگین مقادیر مشاهده شده، MSE توان دوم RMSE و $\bar{t}_i$ میانگین سری t_i است.

نتایج و بحث

شبیه‌سازی مقادیر روزانه متغیرهای هواشناسی

برای ارزیابی توانایی مدل SIMETAW در شبیه‌سازی داده‌های روزانه، اطلاعات هواشناسی ماهانه شامل دمای حداکثر و حداقل، دمای نقطه شبنم، تندی باد، تابش خورشیدی و بارندگی در هر چهار ایستگاه برای دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۱ تهیه و به‌عنوان ورودی مدل قرار گرفت و در

www.SID.ir

Archive of SID

نهایت میانگین طولانی مدت روزانه داده‌های تولید شده با میانگین طولانی مدت روزانه داده‌های دریافتی از سازمان هواشناسی کشور مقایسه شد. از نتایج ارائه شده در جدول ۲ مشخص می‌شود که بهترین شبیه‌سازی برای دمای حداکثر مربوط به ایستگاه سنندج با ضریب تبیین، ریشه میانگین مربعات خطا و شاخص توافق به‌ترتیب برابر با ۰/۹۹۵۴، ۰/۷۵ و ۰/۹۹۸۸ است. همچنین ضعیف‌ترین شبیه‌سازی برای دمای حداکثر مربوط به ایستگاه رشت با ضریب تبیین، ریشه میانگین مربعات خطا و شاخص توافق به‌ترتیب برابر با ۰/۹۸۵۹، ۰/۸۵ و ۰/۹۹۶۴ است. بیشترین دقت مدل در شبیه‌سازی دمای حداقل مربوط به اقلیم بسیار مرطوب (رشت) و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به ایستگاه سنندج بود. بیشترین دقت مدل در شبیه‌سازی دمای نقطه شبنم مربوط به اقلیم بسیار مرطوب (رشت) و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به ایستگاه اهواز است. بیشترین دقت مدل در شبیه‌سازی تندی باد مربوط به اقلیم خشک (اهواز) و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به ایستگاه رشت بود. نتایج به دست آمده با نتایج ابراهیم‌پور (۱۳۹۰) در ایستگاه‌های بوشهر، کرمان، کرمانشاه، مشهد، شیراز، تبریز، تهران و زاهدان و نتایج سوویلم (۲۰۱۲) در دلتای رود نیل مطابقت داشت.

جدول ۲- مقایسه بین داده‌های هواشناسی روزانه مشاهده شده و شبیه‌سازی شده

ایستگاه	آماره	تابش خورشیدی	دمای بیشینه	دمای کمینه	دمای نقطه شبنم	تندی باد	بارش	تبخیر تعرق پتانسیل
		مگاژول بر مترمربع در روز	درجه سلسیوس	درجه سلسیوس	درجه سلسیوس	متر بر ثانیه	میلی‌متر	میلی‌متر در روز
اهواز	R^2	۰/۹۸۸۲	۰/۹۹۴۵	۰/۹۹۳	۰/۸۸۷۱	۰/۸۰۹۴	۰/۲۴۵۷	۰/۹۹۰۳
	RMSE	۰/۷۳	۰/۸۰	۰/۶۳	۰/۷۵	۰/۲۴	۰/۹۲	۰/۴۰
	d	۰/۹۹۷۰	۰/۹۹۸۶	۰/۹۹۸۲	۰/۹۶۹۹	۰/۹۴۶۹	۰/۶۹۲۷	۰/۹۹۶۲
رشت	R^2	۰/۹۷۱۹	۰/۹۸۵۹	۰/۹۹۴۷	۰/۹۹۴۲	۰/۴۱۵۸	۰/۲۴۳۵	۰/۹۸۴۶
	RMSE	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۱۴	۲/۷۲	۰/۳۸
	d	۰/۹۹۲۸	۰/۹۹۶۴	۰/۹۹۸۷	۰/۹۹۸۶	۰/۷۸۸۷	۰/۶۸۳۰	۰/۹۸۰۷
شهرکرد	R^2	۰/۹۹۰۲	۰/۹۹۴۲	۰/۹۹۳	۰/۹۶۴۲	۰/۷۴۰۹	۰/۳۵۵۳	۰/۹۹۳۵
	RMSE	۰/۶۹	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۱۹	۰/۹۷	۰/۱۸
	d	۰/۹۹۷۵	۰/۹۹۸۵	۰/۹۹۷۳	۰/۹۹۰۹	۰/۹۱۷۶	۰/۷۵۸۱	۰/۹۹۷۷
سنندج	R^2	۰/۹۸۸۳	۰/۹۹۵۴	۰/۹۸۷۲	۰/۹۲۲۳	۰/۶۸۶۲	۰/۳۷۱۶	۰/۹۹۳۶
	RMSE	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۱۹	۱/۱۵	۰/۲۱
	d	۰/۹۹۷۰	۰/۹۹۸۸	۰/۹۹۶۸	۰/۹۷۹۸	۰/۹۰۱۲	۰/۷۶۹۴	۰/۹۹۷۸

بیشترین دقت مدل در شبیه‌سازی بارش مربوط به اقلیم مدیترانه‌ای (سنندج) و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به ایستگاه رشت است. در تحقیق مشابهی که توسط قهرمان و همکاران (۲۰۱۲) در ایستگاه‌های بوشهر و تبریز و توسط سوویلم (۲۰۱۲) در دلتای رود نیل انجام شد، از مقایسه بین داده‌های بارش مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده توسط مدلSIMETAW، به‌ترتیب ضرایب تبیین ۰/۰۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۰۷ به دست آمد که خیلی کمتر از نتایج حاصل برای ایستگاه‌های رشت، شهرکرد، اهواز و سنندج به‌ترتیب با مقادیر ضریب تبیین برابر با (۰/۲۴۳۵، ۰/۳۵۵۳، ۰/۲۴۵۷ و ۰/۳۷۱۶ بود.

بالاترین دقت مدل در شبیه‌سازی تابش خورشیدی مربوط به اقلیم نیمه‌خشک (شهرکرد) و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به اقلیم بسیار مرطوب (رشت) است. در تحقیق مشابهی که توسط سوویلم (۲۰۱۲) در دلتای رود نیل انجام شد، از مقایسه بین داده‌های تابش خورشیدی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده توسط مدلSIMETAW، ضریب تبیین ۰/۹۲۵ به دست آمد که همخوانی خوبی با نتیجه به دست آمده برای ایستگاه‌های رشت، شهرکرد، اهواز و سنندج داشت (۰/۹۷۱۹، ۰/۹۹۰۲، ۰/۹۸۸۲ و ۰/۹۸۸۳).

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین دقت مدل در شبیه‌سازی تبخیر و تعرق پتانسیل مربوط به اقلیم مدیترانه‌ای (سنندج) (ضریب تبیین، ریشه میانگین مربعات خطا و شاخص توافق به‌ترتیب برابر با ۰/۹۹۳۶، ۰/۲۱ و ۰/۹۹۷۸) و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به ایستگاه رشت با ضریب تبیین، ریشه میانگین مربعات خطا و شاخص توافق به‌ترتیب برابر با ۰/۹۸۴۶، ۰/۳۸ و ۰/۹۸۰۷ است. در تحقیقات مشابهی که توسط ابراهیم پور و همکاران (۲۰۱۳) در ایستگاه‌های بوشهر، تبریز، زاهدان و مشهد و توسط سوویلم (۲۰۱۲) در دلتای رود نیل انجام شد، از مقایسه بین تبخیر و تعرق پتانسیل به دست آمده با داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده توسط مدل SIMETAW، به‌ترتیب ضرایب تبیین ۰/۹۵، ۰/۹۷، ۰/۹۴، ۰/۹۸ و ۰/۹۶۹ به دست آمد که همخوانی خوبی با نتیجه حاصل برای ایستگاه‌های رشت، شهرکرد، اهواز و سنندج دارند (۰/۹۸۴۶، ۰/۹۹۳۵، ۰/۹۹۰۳ و ۰/۹۹۳۶).

ریزمقیاس نمایی و کاربست مجدد مدل SIMETAW

ریز مقیاس نمایی پارامترهای هواشناسی با استفاده از مدل SDSM برای دوره پایه ۲۰۰۱-۱۹۶۱ و دوره آینده ۲۰۸۰-۲۰۴۰ در هر چهار ایستگاه انجام شد و داده‌های روزانه برای دوره آینده تولید شدند. با استفاده از پارامترهای بزرگ مقیاس مشاهداتی NCEP و نرم‌افزار SDSM به انتخاب پیش‌بینی کننده‌های منتخب پارامترهای اقلیمی مورد نیاز پرداخته شد. همچنین داده‌های مشاهداتی متوسط درازمدت ماهانه ۴۱ ساله در دوره پایه ۲۰۰۱-۱۹۶۱ با داده‌های شبیه‌سازی شده با SDSM در دوره آینده مقایسه شد که نتایج آن به‌عنوان نمونه برای ایستگاه اهواز در جدول ۳ و برای سایر ایستگاه‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول ۳ مشاهده می‌شود که در ایستگاه اهواز دمای بیشینه در بیشتر ماه‌های سال افزایش و در بعضی از ماه‌ها نیز مقداری کاهش خواهد داشت. دمای کمینه نیز در بیشتر ماه‌های سال افزایش و فقط در دو ماه آپریل و می مقداری کاهش خواهد داشت. دمای نقطه شبنم در همه ماه‌های سال تحت هر دو رویکرد افزایش خواهد داشت. سرعت باد در بیشتر ماه‌های سال افزایش و فقط در دو ماه ژانویه و دسامبر کاهش خواهد یافت و در بعضی از ماه‌ها نیز تغییری نخواهد داشت. بارندگی در بیشتر ماه‌های سال کاهش و در بعضی از ماه‌ها مقداری افزایش خواهد داشت. در کل، دمای بیشینه، دمای کمینه، دمای نقطه شبنم و سرعت باد در آینده نسبت به دوره پایه افزایش و بارندگی در آینده نسبت به دوره پایه کاهش خواهد داشت. با توجه به افزایش دماها و کاهش بارندگی انتظار می‌رود که تبخیر و تعرق در آینده افزایش یابد.

بر اساس جدول ۴، در سه ایستگاه رشت، شهرکرد و سنندج نیز مانند ایستگاه اهواز در مجموع دماها و سرعت باد در دوره آینده تحت هر دو رویکرد نسبت به دوره پایه افزایش و بارندگی کاهش خواهد یافت.

نتایج به دست آمده با سایر تحقیقات همخوانی دارد. غلام‌پور (۱۳۹۳) به بررسی تغییرات دما و بارش آینده ایستگاه سینوپتیک شیراز با استفاده از مدل HadCM3 تحت رویکرد A2 و ریز مقیاس نمایی مدل SDSM پرداخت، نتایج نشان داد که دما در دوره آتی (۲۰۴۰-۲۰۱۱) نسبت به دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۷۲) به میزان ۰/۸ درجه سلسیوس افزایش و بارش به میزان ۹% کاهش می‌یابد. دهقانی‌پور و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی تغییرات دما، بارش و تبخیر آینده ایستگاه سینوپتیک تبریز با استفاده از مدل HadCM3 با رویکرد A2 و ریز مقیاس نمایی مدل SDSM پرداختند، نتایج نشان داد که دما و تبخیر در دوره آتی (۲۱۰۰-۲۰۱۰) نسبت به دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱) روند افزایشی و بارش روند کاهشی خواهد داشت.

برای مقایسه دقت رویکردهای مدل استفاده شده برای پیش بینی متغیرها از آماره‌های ریشه میانگین مربعات خطا، ضریب تبیین و شاخص توافق استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است.با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که در ایستگاه اهواز تحت هر دو رویکرد، بیشترین دقت مدل در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی مربوط به دمای حداقل و پس از آن دمای حداکثر است. دمای نقطه شبنم و سرعت باد در رده بعدی قرار می‌گیرند. ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به بارش است. در ایستگاه رشت تحت هر دو رویکرد، بهترین شبیه‌سازی مربوط به پارامتر دمای نقطه شبنم و پس از آن دمای حداقل است. دمای حداکثر و سرعت باد در رده بعدی قرار می‌گیرند. ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به بارش است.بهترین شبیه‌سازی در ایستگاه شهرکرد تحت هر دو رویکرد، مربوط به پارامتر دمای حداکثر است. دمای حداقل و دمای

www.SID.ir

Archive of SID

نقطه شبنم در رده بعدی و پس از آن‌ها سرعت باد قرار می‌گیرد. مشابه با قسمت‌های قبل، ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به بارش است. بهترین شبیه‌سازی در ایستگاه سنندج با رویکرد A2، مربوط به پارامترهای دمای حداکثر و دمای حداقل است. سرعت باد، دمای نقطه شبنم و بارش در رده‌های بعد قرار می‌گیرند. مشابه با قسمت‌های قبل، ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به بارش است. در ایستگاه سنندج با رویکرد B2، مانند ایستگاه اهواز، بیشترین دقت مدل در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی مربوط به دمای حداقل و پس از آن دمای حداکثر، سرعت باد و دمای نقطه شبنم و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به بارش است. مقادیر به دست آمده برای ضریب تبیین و مقدار خطا در مقایسه با سایر تحقیقات انجام شده بیانگر عملکرد رضایت‌بخش مدل در ریزمقیاس‌سازی همه متغیرها است. برای مثال، طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) با شبیه‌سازی و پیش‌بینی برخی از متغیرهای اقلیمی با مدل SDSM و مدل HadCM3 با رویکردهای A2 و B2 در حوزه آبخیز نیشابور و مقایسه داده‌های مشاهداتی متوسط ۳۰ ساله دما و بارندگی در دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۱با داده‌های شبیه‌سازی شده بیان کردند که میزان ضریب تبیین برای دما با رویکردهای A2 و B2 به‌ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۸۲ و میزان خطا ۴/۰۴ و ۴/۲۰ درجه سلسیوس است. همچنین برای بارش میزان ضریب تبیین با رویکردهای A2 و B2 به‌ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۱ و میزان خطا ۳/۵۶ و ۴/۱۱ میلی‌متر گزارش کردند.

جدول ۳- مقایسه داده‌های مشاهداتی دوره پایه با داده‌های شبیه‌سازی شده برای دوره آینده در ایستگاه اهواز*

ماه	دمای بیشینه مشاهداتی دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2	دمای کمینه مشاهداتی دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2	سرعت باد دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2	بارش دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2	دمای نقطه شبنم مشاهداتی دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2
ژانویه	۱۷/۴	۲۰	۱۹/۷	۷	۸/۳	۷/۹	۱/۵	۱/۴	۱/۵	۵۳/۲	۳۹/۷	۳۷	۶/۸	۸/۸	۸/۳
فوریه	۱۹/۸	۲۲/۶	۲۲/۴	۸/۴	۱۰/۱	۱۰	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۳۰/۷	۲۴/۹	۲۶/۸	۶/۷	۸/۹	۸/۷
مارس	۲۴/۹	۲۶/۶	۲۶/۵	۱۲/۱	۱۴	۱۴	۲/۱	۲/۲	۲/۱	۳۲/۲	۱۳/۸	۱۱/۵	۷/۹	۱۰	۹/۷
آپریل	۳۲	۳۲	۳۱/۴	۱۷/۳	۱۷/۴	۱۶/۹	۲/۳	۲/۵	۲/۶	۱۵/۵	۶/۶	۴/۶	۹/۵	۱۰	۹/۵
می	۳۹	۳۸/۳	۳۷/۸	۲۲/۶	۲۲/۵	۲۲/۲	۲/۵	۲/۶	۲/۷	۵/۴	۳/۳	۴/۹	۹/۵	۱۰/۳	۱۰/۱
ژوئن	۴۴/۴	۴۶	۴۵/۳	۲۵/۶	۲۷/۴	۲۶/۹	۲/۹	۳/۲	۳/۲	۰/۵	۲/۴	۳/۴	۹/۲	۱۱/۵	۱۱/۲
ژوئیه	۴۶/۲	۴۴/۲	۴۳/۸	۲۷/۹	۳۰/۱	۲۹/۷	۲/۵	۳	۳	۰	۴/۸	۳/۹	۱۲/۵	۱۴/۱	۱۳/۷
اوت	۴۵/۷	۴۶/۷	۴۶/۲	۲۷/۲	۲۸/۷	۲۸/۲	۲/۳	۲/۸	۲/۷	۰	۰	۰	۱۳/۸	۱۵/۵	۱۴/۸
سپتامبر	۴۲/۴	۴۲/۸	۴۲/۲	۲۳/۲	۲۵	۲۴/۳	۱/۹	۲/۱	۲/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۱۱/۲	۱۳/۳	۱۲/۸
اکتبر	۳۵/۸	۳۶/۱	۳۵/۶	۱۸/۵	۱۹/۹	۱۹/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۸/۳	۷/۴	۶/۴	۱۰/۳	۱۲/۹	۱۲/۵
نوامبر	۲۵/۸	۲۸/۴	۲۸	۱۲/۴	۱۴/۶	۱۴/۵	۱/۴	۱/۵	۱/۴	۳۳/۲	۳۳/۸	۳۸/۲	۸/۸	۱۰/۷	۱۰/۷
دسامبر	۱۹/۵	۲۲/۱	۲۱/۷	۸/۴	۱۰/۱	۹/۸	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۵۴/۶	۵۵/۱	۴۹/۱	۷/۷	۹/۴	۹
میانگین	۳۲/۷	۳۳/۸	۳۳/۴	۱۷/۶	۱۹	۱۸/۶	۲	۲/۱	۲/۱	۱۹/۵	۱۶	۱۵/۵	۹/۵	۱۱/۳	۱۰/۹

*: دما بر حسب درجه سانتی‌گراد، سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه، بارش بر حسب میلی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین داده‌های مشاهداتی دوره پایه با داده‌های شبیه‌سازی شده دوره آینده ایستگاه‌های رشت، شهرکرد و سنندج*

میانگین	دمای بیشینه مشاهداتی دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2	دمای کمینه مشاهداتی دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2	سرعت باد دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2	بارش دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2	دمای نقطه شبنم مشاهداتی دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره آینده تحت رویکرد B2
رشت	۲۰/۵	۲۲/۵	۲۲/۲	۱۱/۳	۱۲/۶	۱۲/۳	۰/۹	۱	۱	۳/۷	۲/۸	۳/۱	۱۲/۷	۱۴/۲	۱۴
شهرکرد	۲۰/۲	۲۲/۵	۲۲/۱	۳/۵	۴/۸	۴/۶	۰/۹	۱	۱	۰/۹	۰/۷	۰/۷	-۱/۷	-۰/۶	-۰/۸
سنندج	۲۱/۳	۲۳/۸	۲۳/۵	۵/۴	۶/۸	۶/۶	۱/۶	۱/۷	۱/۷	۱/۳	۱/۱	۱/۲	-۰/۱	۱/۵	۱/۲

*: دما بر حسب درجه سانتی‌گراد، سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه، بارش بر حسب میلی‌متر

جدول ۵- محاسبه معیارهای آماری ارزیابی کارایی مدل SDSM

رویکرد		دمای حداکثر		دمای حداقل		دمای نقطه شبنم		سرعت باد		بارش	
		B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
اهواز	R^2	۰/۹۸۴۹	۰/۹۸۴۵	۰/۹۸۱۴	۰/۹۸۰۹	۰/۸۲۳۵	۰/۸۰۸۹	۰/۷۷۸۸	۰/۷۷۴۴	۰/۴۱۰۸	۰/۴۴۳۸
	RMSE	۲/۱۸	۲/۲	۱/۱۶	۱/۱۹	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۷	۰/۶۸
	d	۰/۹۸۷۶	۰/۹۸۷۳	۰/۹۹۳۷	۰/۹۹۳۳	۰/۹۴۹۹	۰/۹۴۴۹	۰/۹۱۹۵	۰/۹۱۸۱	۰/۷۷۳۴	۰/۷۹۴۲
رشت	R^2	۰/۹۶۵	۰ /۹۶۷	۰/۹۷۸۸	۰/۹۷۸۵	۰/۹۹۰۱	۰/۹۸۷۸	۰/۲۵۰۳	۰/۳۲۵۸	۰/۳۵۱۶	۰/۳۳۸۶
	RMSE	۱/۳۴	۱/۳	۱/۰۱	۱/۰۲	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۱۷	۰/۱۶	۲/۷	۲/۷۵
	d	۰/۹۹۰۹	۰/۹۹۱۴	۰/۹۹۴۳	۰/۹۹۴۲	۰/۹۹۷۳	۰/۹۹۶۸	۰/۶۸۶۲	۰/۷۱۱۷	۰/۷۱۹۷	۰/۷۱۰۶
شهرکرد	R^2	۰/۹۹	۰/۹۸۹۴	۰/۹۸۳۷	۰/۹۸۳۳	۰/۹۷۵۸	۰/۹۷۰۱	۰/۷۸۴۴	۰/۷۸۴۱	۰/۴۷۰۳	۰/۴۷۶۳
	RMSE	۱/۰۲	۱/۰۵	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۶۳	۰/۷	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۸	۰/۸
	d	۰/۹۹۷۴	۰/۹۹۷۳	۰/۹۹۵۸	۰/۹۹۵۷	۰/۹۹۳۴	۰/۹۹۱۵	۰/۹۲۲۵	۰/۹۱۹۳	۰/۷۳۹۶	۰/۷۴۶۰
سنندج	R^2	۰/۹۹۲۷	۰/۹۹۱۸	۰/۹۸۷۲	۰/۹۸۶۲	۰/۹۲۲۱	۰/۹۱۳۷	۰/۶۲۸۲	۰/۶۰۵۱	۰/۵۱۳	۰/۵۰۸
	RMSE	۰/۸۷	۱/۰۴	۰/۸۶	۰/۹	۰/۹	۰/۹۲	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۸۶	۰/۸۷
	d	۰/۹۹۸۰	۰/۹۹۷۷	۰/۹۹۶۷	۰/۹۹۶۴	۰/۹۷۷۲	۰/۹۷۵۴	۰/۸۶۳۹	۰/۸۵۲۰	۰/۸۲۴۸	۰/۸۲۱۷

نتایج به دست آمده از تبخیر و تعرق پتانسیل درازمدت ماهانه خروجی مدلSIMETAW در دوره آتی با دوره پایه مقایسه و تغییرات آن بررسی شد که نتایج آن در جدول ۶ نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول ۶ مشاهده می‌شود که در ایستگاه اهواز در دوره آینده نسبت به دوره پایه در ماه ژوئیه (با هر دو رویکرد) و در دو ماه مه و اکتبر تحت رویکرد B2، تبخیر و تعرق پتانسیل کاهش خواهد یافت. بیشترین کاهش در ماه‌های مه و ژوئیه و به میزان ۰/۲ میلی‌متر در روز است. در بقیه ماه‌ها تبخیر و تعرق پتانسیل نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش با رویکرد A2 در دو ماه ژوئن و اوت، به میزان ۰/۵ میلی‌متر در روز و تحت رویکرد B2 در ماه اوت به میزان ۰/۶ میلی‌متر در روز پیش‌بینی می‌شود. با توجه به جدول ۶ در ایستگاه رشت، در دوره آینده نسبت به دوره پایه تنها در ماه اکتبر (با هر دو رویکرد)، تبخیر و تعرق پتانسیل به میزان ۰/۱ میلی‌متر در روز کاهش خواهد یافت. در بقیه ماه‌ها تبخیر و تعرق پتانسیل نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش با رویکرد A2 در دو ماه ژوئن و ژوئیه، به میزان ۰/۵ میلی‌متر در روز و با رویکرد B2 در چهار ماه مارس، آوریل، ژوئن و ژوئیه و به میزان ۰/۴ میلی‌متر در روز پیش‌بینی می‌شود. در ایستگاه شهرکرد، تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره آینده نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID

دوره پایه در همه ماه‌ها (با هر دو رویکرد)، افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش تحت هر دو رویکرد در دو ماه مارس و مه، به میزان ۰/۵ میلی‌متر در روز پیش‌بینی می‌شود. در ایستگاه سنندج نیز مانند ایستگاه شهرکرد، تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره آینده نسبت به دوره پایه در همه ماه‌ها (با هر دو رویکرد)، افزایش خواهد یافت، بیشترین افزایش در ماه ژوئن، به میزان ۱ و ۰/۸ میلی‌متر در روز به‌ترتیب با دو رویکرد A2 و B2 پیش‌بینی می‌شود. نتایج به دست آمده با نتایج سایر تحقیقات همخوانی دارد. در مطالعه ابراهیم‌پور و همکاران (۱۳۹۱) در ایستگاه مشهد، تبخیر و تعرق پتانسیل به طور متوسط در دوره‌های ۲۰۵۰-۲۰۲۰ و ۲۰۸۰-۲۰۵۰ به‌ترتیب ۵/۳۵ و ۱۰/۴۹ میلی‌متر در ماه با رویکرد A2 و ۳/۵۴ و ۸/۰۸ میلی‌متر در ماه با رویکرد B2 نسبت به دوره پایه (۲۰۰۴-۱۹۶۱) افزایش خواهد داشت.

سیاری و همکاران (۱۳۹۰) به مقایسه دو مدل گردش عمومی جو (HadCM3.CGCM2) در پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی و نیاز آبی گیاهان در سه دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ تحت تغییر اقلیم پرداختند و بیان کردند که تبخیر و تعرق پیش‌بینی شده با هر دو مدل تحت هر دو رویکرد برای تمامی دوره‌ها و محصولات افزایش می‌یابد.

جدول ۶- مقایسه تبخیر و تعرق پتانسیل دوره پایه و آینده

ایستگاه	اهواز			رشت			شهرکرد			سنندج		
ماه	دوره آینده تحت رویکرد B2	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد B2	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد B2	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره پایه	دوره آینده تحت رویکرد B2	دوره آینده تحت رویکرد A2	دوره پایه
ژانویه	۱/۸۲	۱/۸۸	۱/۶۳	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۷۹	۱/۰۱	۱/۰۶	۰/۷۸	۱/۰۴	۱/۰۲	۰/۸۷
فوریه	۲/۷۳	۲/۷۴	۲/۴۶	۱/۲۵	۱/۲۷	۱/۰۸	۱/۷۲	۱/۷۴	۱/۴۹	۱/۷۳	۱/۷۳	۱/۴۲
مارس	۴/۳۵	۴/۳۱	۴/۰۸	۱/۹۵	۱/۹۱	۱/۶	۳/۱۵	۳/۱	۲/۶۴	۳/۲۲	۲/۹	۲/۶۴
آوریل	۶/۳	۶/۵۲	۶/۲۰	۳	۳/۰۳	۲/۶۵	۴/۲۳	۴/۲۳	۳/۸۵	۴/۴۵	۴/۴۸	۳/۹۵
مه	۸/۴۲	۸/۷۳	۸/۵۹	۳/۸۱	۳/۸۱	۳/۴۹	۵/۴۹	۵/۴۸	۵/۰۲	۵/۸۸	۵/۹۶	۵/۳۲
ژوئن	۱۱/۱۳	۱۱/۲۵	۱۰/۷۱	۴/۵۵	۴/۶۴	۴/۱۲	۶/۲۷	۶/۳	۵/۹۳	۷/۷	۷/۸۴	۶/۸۸
ژوئیه	۱۰/۱۲	۱۰/۲	۱۰/۲۸	۴/۶۲	۴/۷۲	۴/۲۳	۶/۲۵	۶/۲۸	۶	۷/۶۵	۷/۷	۷/۳۳
اوت	۱۰/۰۵	۹/۹۶	۹/۴۳	۴/۱۲	۴/۱۹	۳/۷۸	۵/۶۶	۵/۶۸	۵/۴۳	۶/۸۸	۶/۸۸	۶/۶۳
سپتامبر	۷/۴۳	۷/۵۱	۷/۳۲	۲/۹۱	۲/۹۸	۲/۷۶	۴/۵۲	۴/۶۶	۴/۳	۵/۵۶	۵/۸۵	۵/۳۱
اکتبر	۴/۷۴	۴/۸۵	۴/۸۶	۱/۶۵	۱/۶۵	۱/۷۲	۳/۲۶	۳/۳۱	۲/۸۸	۳/۷۸	۳/۸۵	۳/۲۹
نوامبر	۳/۰۴	۳/۰۷	۲/۷۷	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۸۲	۱/۷۹	۱/۶۶	۱/۹۱	۱/۷۸	۱/۶۹
دسامبر	۲/۰۲	۲/۰۳	۱/۸۰	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۳	۱/۲۲	۱/۲۳	۱/۰۵	۱/۲۹	۱/۲	۱/۰۵
میانگین	۶/۰۱	۶/۰۹	۵/۸۴	۲/۵۶	۲/۵۹	۲/۳۴	۳/۷۲	۳/۷۴	۳/۴۲	۴/۳	۴/۳	۳/۹

نتیجه‌گیری

هدف اصلی در این پژوهش ارزیابی کارایی مدل SIMETAW در شبیه‌سازی سری‌های روزانه پارامترهای هواشناسی از روی داده‌های ماهانه و محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره پایه ۲۰۰۱-۱۹۶۱ و در دوره آینده ۲۰۴۰-۲۰۸۰ تحت دو رویکرد A2 و B2 در ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز، رشت، شهرکرد و سنندج بود. نتایج به دست آمده نشان داد بالاترین دقت مدل در شبیه‌سازی دمای حداکثر (R^2=۰/۹۹۵۴) و بارش (R^2=۰/۳۷۱۶) مربوط به اقلیم مدیترانه‌ای سنندج، دمای حداقل (R^2=۰/۹۹۴۷) و دمای نقطه شبنم (R^2=۰/۹۹۴۲) مربوط به اقلیم بسیار مرطوب رشت، سرعت باد (R^2=۰/۸۰۹۴) مربوط به اقلیم خشک اهواز و تابش خورشیدی (R^2=۰/۹۹۰۲) مربوط به اقلیم نیمه‌خشک شهرکرد است.

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین دقت مدل در شبیه‌سازی تبخیر و تعرق پتانسیل مربوط به اقلیم مدیترانه‌ای سنندج و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی مربوط به اقلیم بسیار مرطوب رشت است. بر اساس نتایج ارزیابی عملکرد مدل SDSM بهترین شبیه‌سازی‌ها در دوره پایه برای هر چهار ایستگاه مربوط به متغیرهای دمایی (دمای حداکثر، حداقل و نقطه شبنم) و ضعیف‌ترین شبیه‌سازی در همه ایستگاه‌ها مربوط به پارامتر بارش است. پدیده تغییر اقلیم موجب افزایش متغیرهای دمایی (حداکثر، حداقل و نقطه شبنم) و سرعت باد و کاهش بارندگی در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره آینده نسبت به دوره پایه شده است.

مقایسه تبخیر و تعرق پتانسیل درازمدت ماهانه خروجی مدلSIMETAW در دوره آتی با دوره پایه نشان داد در همه ایستگاه‌ها در مجموع، تبخیر و تعرق پتانسیل در آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت.

با توجه به همبستگی بالا بین مقادیر شبیه‌سازی شده و ثبت شده، می‌توان نتیجه گرفت که مدل SIMETAW می‌تواند با دقت بالا و به‌صورت مؤثر و کارآمد برای شبیه‌سازی داده‌های آب و هوا، برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل، نیاز خالص آبیاری و نیز پر کردن خلأهای آماری در ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده شود.

منابع

۱. ابراهیم‌پور م. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد مدل‌های SIMETAW و Aqua Crop در برآورد تبخیر تعرق پتانسیل در شرایط موجود و رویکردهای محتمل تغییر اقلیم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی. دانشگاه تهران. ۱۴۶ ص.

۲. ابراهیم‌پور م. قهرمان ن. و لیاقت ع. م. ۱۳۹۱. استفاده از مدل SIMETAW جهت شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی و بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل (مطالعه موردی: مشهد). مجله تحقیقات آب و خاک ایران ۴۳(۴): ۳۵۳-۳۶۰.

۳. اشرف‌زاده ا. ۱۳۸۴. شبیه‌سازی دبی جریان رودخانه با استفاده از روش‌های ناپارامتری. رساله دکتری. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۴۱ ص.

۴. دهقانی‌پور ا. ح. حسن‌زاده م. ج. عطاری ج. و عراقی‌نژاد ش.۱۳۹۰. ارزیابی توانمندی مدل SDSM در ریز مقیاس نمایی بارش. دما و تبخیر (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک تبریز). یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. بهمن ماه، کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان. 9 ص.

۵. سیاری ن. علیزاده ا. بنایان اول م. فرید حسینی ع. ر. حسامی و کرمانی م. ر. ۱۳۹۰. مقایسه دو مدل گردش عمومی جو (HadCM3. CGCM2) در پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی و نیاز آبی گیاهان تحت تغییر اقلیم. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۴): ۹۱۲-۹۲۵.

۶. طائی سمیرمی س. مرادی ح. ر. و خداقلی م. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی و پیش‌بینی برخی از متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM و مدل‌های گردش عمومی جو (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بار نیشابور). فصلنامه انسان و محیط‌زیست. ۲۸: ۱-۱۶.

7. غلام‌پور ز. ۱۳۹۳. بررسی تغییر اقلیم در دوره‌های آتی به کمک مدل SDSM (مطالعه موردی ایستگاه سینوپتیک شیراز). کنفرانس ملی علوم و مهندسی محیط‌زیست. بهمن ماه، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز. 11 ص.

8. Dibike Y. B. and Coulibaly P. 2005. Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: comparison of downscaling methods and hydrologic models. Journal of Hydrology. 307(1-4): 145-163.

9. Ebrahimpour M. Ghahreman N. and Orang M. 2013. Assessment of Climate Change Impacts on Reference Evapotranspiration and Simulation of Daily Weather Data Using SIMETAW. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 140(2): 1-10.

10. Ghahreman N. Ebrahimpour M. and Orang M. 2012. Application of SIMETAW model for generating daily weather data and reference evapotranspiration (ETo) in two different climates in Iran. Proc. Irrigation Australia.7th Asian Regional Con. ICID. Adelaide: 24-29.

11. Johnson G. L. Hanson C. L. Hardegree S. P. and Ballard E. B. 1996. Stochastic weather simulation: Overview and analysis of two commonly used models. Journal of Applied

www.SID.ir

Archive of SID

Meteorology. 35: 1878-1896.
12. Kilsby C. G. and Jones P. D. 2007. A daily weather generator for use in climate change studies. Journal of Environmental Modeling and Software. 22(12): 1705-1719.5-
13. Swelam A. 2012. Modeling Evapotranspiration in Nile Delta: Calibrate and Validate (SIMETAW Model) under Egypt's Conditions. Journal of Agricultural Engineering Research. 2 (1): 13-28.
14. Wilby R. L. Dawson C. W. and Barrow E. M. 2002. sdsm — a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. Journal of Environmental Modelling and Software. 17: 147-159.
15. Xiaolin Y. Wangsheng. G. Quanhong S. Fu C. and Qingquan C. 2013. Impact of climate change on the water requirement of summer maize in the Huang-Huai-Hai farming region. Agricultural Water Management. 124: 20-27.

www.SID.ir