نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۲، خرداد - تیر ۱۳۹۷، ص. ۲۴۷-۲۳۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 12, Jan.-Jul. 2018, p. 239-247

تاثیرخشک‌سالی بر روند تغییر و پیش‌بینی خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه آبریز موثر بر دبی مطالعه موردی (حوضه کشف‌رود)

آتنا پزشکی[۱]، کاظم اسماعیلی[۲*]،علی‌رضا فریدحسینی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۰

چکیده

با بروز پدیده‌ی تغییراقلیم ،گرمایش زمین سبب بروز آسیب‌های بی‌شماری در نقاط مختلف جهان شده‌است. پایش و پیش‌بینی دقیق متغیرهای آب و هوایی و هیدرولوژیکی راه را برای ایجاد تصمیمات موثر و کلیدی هموار می‌سازد. در این مطالعه با بررسی پارامترهای تاثیرگذار هواشناسی موثر بر دبی و بررسی تغییرات دبی در رودخانه‌های حوضه‌ی کشف‌رود به همراه پایش و پیش‌بینی (۱۴۲۶-۱۳۹۷) خشک‌سالی هیدرولوژیکی، تصویری از تغییرات آینده‌ی دبی درحوضه را ترسیم شد. در این مطالعه با استفاده از داده‌های هواشناسی دو ایستگاه سینوپتیک مشهد و گل‌مکان (۱۳۹۳-۱۳۶۶) و داده‌های دبی دو ایستگاه هیدرومتری منتخب (اولنگ اسدی و موشنگ)، پارامترهای موثر بر دبی در مقایسه سالانه بدست آمد نتایج نشان داد که در مشهد (بالادست حوزه) موثرترین پارامترها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵دمای حداکثر، بارش و ساعت آفتابی است. در گل‌مکان که تقریبا در پایین‌دست حوزه قراردارد، پارامترهای موثر بر دبی، دمای حداقل و بارش بود. در دوره‌ی پایه هر دو ایستگاه مشهد و گل‌مکان، سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۷ خشک‌ترین سال‌ها بدست آمد. با استفاده از مدلLARS-WG5.5 تحت مدل HadCM3 و سناریوی A2، پارامترهای هواشناسی در آینده شبیه‌سازی شد. در مشهد در سال‌های آینده، روند تغییرات دبی افزایش چشم‌گیری نسبت به ۳۰ سال دبی پایه داشت به‌طوری که بیشینه‌ی مقدار دبی به ۵/۵ مترمکعب بر ثانیه رسیده و می‌توان یک دوره‌ی تر سالی را در آینده برای ایستگاه مشهد پیش‌بینی کرد. اما در گل‌مکان روند کاهشی دبی و افزایش خشک‌سالی هیدرولوژیکی نسبت به دوره‌ی پایه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بارش، تغییراقلیم، خشک‌سالی، شاخص SWSI

مقدمه

از مسایل و موضوعات مهم در بحث اقلیم می‌توان به تغییر اقلیم اشاره نمود. به طور کلی تغییر اقلیم به معنای نوسانات آب و هوایی منطقه می‌باشد یا بنا به تعریفی دقیق‌تر می‌توان گفت، " تغییر اقلیم عبارت است از تغییرات رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلند مدت" (باتوجه به اطلاعات مشاهده شده یا ثبت شده در منطقه) مورد انتظار است (کاراموز و عراقی نژاد، ۱۳۸۴). از تاثیرات تغییر اقلیم می‌توان تغییر بارش و الگوی آن، تغییر کیفی و کمی منابع آب و .... اشاره نمود و خشک‌سالی به‌عنوان تعریفی از کمبود بارندگی و افزایش دما را می‌توان تحت تاثیر تغییرات اقلیمی برشمرد که می‌تواند صدمات زیادی برای زندگی انسان و اکوسیستم طبیعی را به ارمغان آورد. تغییر در پارامترهای هواشناسی اثرات جدی بر کمیت و کیفیت آب به‌خصوص در مناطق خشک می‌گذارد. شفیلد وهمکاران افزایش خشک‌سالی و شدت آن در آینده و تاثیر آن بر پارامتر های هواشناسی به‌طور عمده به‌عنوان یک نتیجه از کاهش بارش بوده و به دلیل افزایش تبخیر به گرم شدن زمین شدت می‌دهد (Sheffield et al., 2012).

میزان جریان رودخانه‌ها متغیر مهمی از نظر هیدرولوژی و منابع آب محسوب می‌شود که به‌طور محسوسی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی می‌باشد به عبارتی تغییرات آب و هوایی یا به‌طورکلی تغییرات اقلیمی موثر بر میزان آبدهی رودخانه می‌باشد که می‌توان با بررسی نوسانات دبی رودخانه در بازه‌ی زمانی نقش تغییر اقلیم بر دبی رودخانه را مشخص نمود. به دلیل ارتباط نزدیک بین گرمایش جهانی و هیدرولوژی، در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در زمینه‌ی اثرات تغییر اقلیم بر دبی رودخانه و منابع آب در سراسر جهان صورت گرفته

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه علوم ومهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه علوم ومهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: Email: esmaili@um.ac.ir)

است.

بررسی تغییر اقلیم از دیدگاه آماری به صورت گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است از این قبیل می‌توان به‌کارهای یاتز و استرزیک ۱۹۹۸ اشاره کرد. آن‌ها با مدل کردن حوضه رودخانه نیل تحت تاثیر سناریوهای اقلیمی و با استفاده از مدل‌های گردش عمومی نشان دادند که این حوضه در دوره‌های آتی نسبت به تغییر اقلیم حساس بوده و به‌خصوص مقادیر متوسط دبی در آن افزایش یافته است. یانگ تاثیر تغییر اقلیم روی منابع آب جنوب تایوان مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد وضعیت خطر و بحرانی برای آب و حتی رفاه اجتماعی – اقتصادی کشور برقرار می‌باشد (Yang and Wu., 2002).

عملکرد شبکه عصبی و مدل‌های سری زمانی در پیش‌بینی مقادیر دبی ماهانه رودخانه شمال آمریکا مورد بررسی قرار گرفت (Simonovic and Amad., 2005) تفاوت در اقلیم هر منطقه منجر به تفاوت در نتایج شد به عبارتی انتظار نمی‌رفت که نتایج مقاله فوق با بررسی حال حاضر برابری کند زیرا در هر اقلیم نتایج مختلفی بدست آمده و ذکر این مقاله صرفا جهت معرفی منبع می‌باشد. در رودخانه گرگر با استفاده از نمونه‌گیری و آزمایشات در چند ایستگاه مهم در مسیر این رودخانه وضعیت کمی و کیفی آن و تغییرات دبی مورد بررسی قرار گرفت.پژوهشگران این مطالعه دریافتند که با توجه به وقوع دوره‌های کم‌آبی علاوه بر کاهش دبی رودخانه بر کیفیت شیمیایی آب نیز اثرگذار است (شکری و هوشمند، ۱۳۹۴).

مطالعات بی‌شماری نیز در زمینه‌ی خشک‌سالی و پیش‌بینی این پدیده‌ی مخرب توسط مدل‌های گردش عمومی جو انجام شده‌است. مولن در مطالعه‌ای، تغییرات آینده احتمالی خطر خشک‌سالی در نیوزیلند را تحت تغییرات اقلیمی بررسی‌کرد. وی با استفاده از دو مدل CSIRO و HadCM2 و مولان و همکاران با استفاده از تکنیک آماری با درنظر گرفتن تاثیر اقلیم بر روی توپوگرافی نیوزیلند خروجی مدل‌های مذکور را ریزمقیاس کردند.(Mullan et al.,2005). در مطالعه‌ای به بررسی خشک‌سالی طی سی ساله‌ی آینده (۱۴۱۸-۱۳۸۹) در ایران با استفاده از خروجی الگوهای گردش عمومی جو انجام گرفت. در این مطالعه با اعمال مدل LARS-WG5.5 داده‌های بارش ریزمقیاس‌نمایی شدند و در نهایت به کمک داده‌های بارش شبیه‌سازی شده، وضعیت خشک‌سالی به کمک دو شاخص دهک و SPI بررسی شد (خزانه‌داری و همکاران، ۱۳۸۹). در منطقه‌ی تسالی یونان اثرات تغییر اقلیم بر شدت خشکی در مطالعه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق شاخص استاندارد شده بارش (SPI) برای برآورد شدت خشک‌سالی بکار رفت. از مدل گردش عمومی CGCM2 و از دو سناریوی A2 و B2. خروجی‌های CGCM2 با استفاده از روش آماری به منظور برآورد سری‌های زمانی بارش برای دو دوره آینده ۲۰۲۰-۲۰۵۰ و ۲۰۷۰-۲۱۰۰ ریزمقیاس شدند. نتایج این بررسی نشان داد که تغییرات اقلیمی تا حد زیادی بر شدت خشک‌سالی اثر دارد (Loukas et al., 2008).

شریعتی، ۱۳۹۵) تغییرات بارش به‌طور مستقیمی بر میزان رواناب تاثیر دارد و این تاثیر سبب تاثیر بر دبی رودخانه می‌گردد. به‌طور کلی پس از مدل‌سازی حوضه‌ی آبریز می‌توان تاثیرات کاهش بارش را بر میزان رواناب و به‌طبع در میزان دبی رودخانه‌ها مشاهده کرد. اسدی (۱۳۹۵) نوسانات شدید بارش در حوضه آبریز سبب می‌شود که ذخایر آب زیرزمینی و سطحی نتوانند به اندازه ی کافی سرشار از آب گردند، بنابراین باشروع خشک‌سالی شاهد کاهش آب در منابع آب به خصوص میزان دبی رودخانه‌ها هستیم.

در این مطالعه چهار محور اصلی متغیرهای هواشناسی موثر بر دبی در دوره‌ی مشاهداتی (۲۰۱۴-۱۹۸۷)، پیش‌بینی مقادیر دبی در سه دهه‌ی آینده (۲۰۴۷-۲۰۱۸)، پایش خشک‌سالی هیدرولوژیکی در دوره‌ی پایه و پیش‌بینی آن برای سه دهه‌ی آینده و در نهایت ارزیابی تغییرات دبی براساس تحلیل شاخص خشک‌سالی SWSI بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه موردی

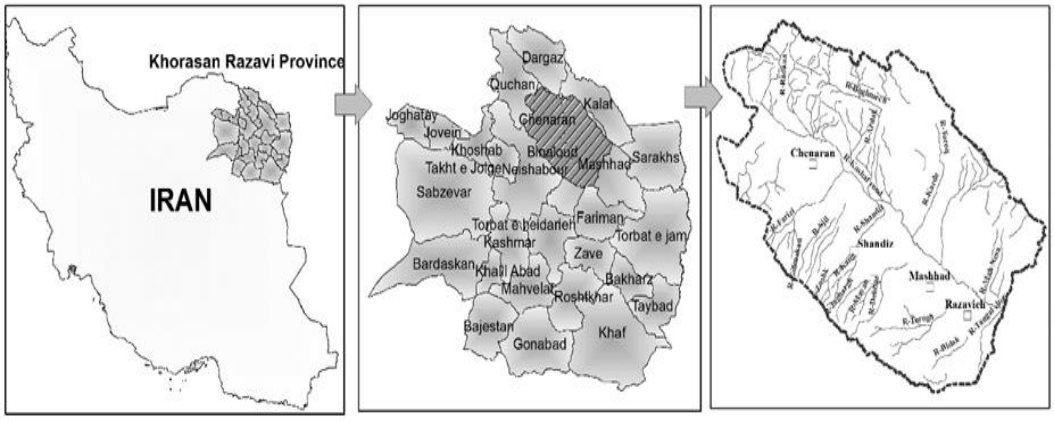
دشت حوضه آبریز کشف‌رود، بزرگ‌ترین و مهم‌ترین دشت مشهد است که مساحت آن ۹۹۰۹ کیلومترمربع است. طول جغرافیایی این حوضه ۵۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۸ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳ دقیقه است این حوضه در شمال استان خراسان رضوی واقع شده است که از شمال به خط راس ارتفاعات هزار مسجد (کپه داغ) و از جنوب به ارتفاعات بینالود، از شمال‌غرب به حوضه‌ی آبریز رودخانه اترک و از جنوب شرق به حوضه آبریز جام‌رود محدود شده است.

در این مطالعه روند دبی تحت تاثیر پارامترهای هواشناسی از ایستگاه هیدرومتری اولنگ به موقعیت جغرافیایی ۵۹ درجه و۵۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۴ دقیقه و ایستگاه هیدرومتری موشنگ به موقعیت جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲ دقیقه و عرض ۳۶ درجه ۳۰ دقیقه انجام شد.

روش پژوهش

در این مطالعه ابتدا داده‌های روزانه و ماهانه‌ی هواشناسی دو ایستگاه مشهد و گ‌مکان شامل بارش (میلی‌متر)، دمای حداقل و حداکثر (درجه سانتی‌گراد)، باد (متر بر ثانیه)، رطوبت نسبی (درصد) و ساعت آفتابی (ساعت) از سازمان هواشناسی مشهد برای دوره‌ی پایه‌ی ۲۰۱۴-۱۹۸۷ تهیه شد. داده‌های دبی (متر مکعب بر ثانیه) ماهانه از دو ایستگاه هیدرومتری نزدیک به ایستگاه‌های سینوپتیک از آب منطقه‌ی خراسان رضوی برای دوره‌ی پایه جمع‌آوری شدند.

داده‌های دبی ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد و گل‌مکان به‌ترتیب از ایستگاه‌های هیدرومتری اولنگ اسدی و ایستگاه هیدرومتری موشنگ حاصل شد. پس از غربال‌گری داده‌ها و حذف داده‌های پرت، با استفاده از نرم‌افزار SPSS-24 و روش رگرسیون خطی گام به گام با زیر روش رو به جلو، ابتدا متغیرهای هواشناسی (متغیرهای مستقل) با متغیر دبی (متغیر وابسته) در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مورد تحلیل قرار گرفتند.



شکل ۱- موقعیت حوزه‌ی آبریز کشف‌رود استان خراسان‌رضوی

سپس از بین معادلات بدست آمده با توجه به آماره آزمون‌های مناسب، موثرترین پارامترها بر دبی به همراه معادله‌ی مناسب در مقیاس سالانه در دو ایستگاه مذکور انتخاب شدند.

مدل LARS-WG5.5 با توجه به ورودی‌های مورد نیاز این مدل (بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی) در مقیاس زمانی روزانه اجرا شد. پس از صحت‌سنجی و ارزیابی توان‌مندی مدل در پیش‌بینی داده‌های هواشناسی، برای سی سال ۲۰۴۷-۲۰۱۸ داده‌های هواشناسی تحت مدل HadcM3 و سناریوی A2 اجرا شد. سناریوی A2 توصیفی از جهان ناهمگن است که بطور مداوم با افزایش جمعیت جهانی و منطقه‌ای و با محور رشد اقتصادی همراه است. علت استفاده از سناریوی A2 حد واسط بودن این سناریو بین سایر سناریوهای انتشار می‌باشد. با توجه به معادلات بدست آمده برای دبی، متغیرهای هواشناسی آینده در معادله‌ی مناسب جایگذاری شدند و مقادیر دبی برای سی سال آینده بدست آمد. از سوی دیگر به‌منظور پایش خشک‌سالی هیدرولوژیکی در حوضه‌ی کشف‌رود، با توجه به مقادیر دبی در دوره‌ی پایه، شاخص SWSI مورد محاسبه قرارگرفت. مقدار این شاخص بار دیگر با توجه به مقادیر دبی آینده بدست آمد تا شمایی از خشک‌سالی هیدرولوژیکی در این حوضه برای سی سال آینده ترسیم شود.

شاخص تأمین آب سطحی (SWSI)[1]

متداول‌ترین شاخص خشک‌سالی هیدرولوژیکی که مجموعه‌ای از شاخص‌های منفرد موثر را در خود دارد، شاخص شدت خشک‌سالی آب‌های سطحی (SWSI) است. شاخص SWSI، توسط شافر و دزمن (۱۹۸۲)، به منظور تصحیح کردن محدودیت‌های شاخص پالمر و ترکیب داده‌های تامین آب، مانند پوشش برف و جریانات رودخانه‌ای توسعه یافت (Heim., 2010). این شاخص بر چهار جز استوار است: برف، جریانات رودخانه‌ای، بارش و مخازن ذخیره‌سازی. این شاخص براساس مطالعات گارن طبق معادله‌ی ۱ محاسبه می‌شود.

$$SWS = \frac{P - 50}{12} \qquad (۱)$$

در معادله‌ی فوق، P برابر احتمال محاسبه شده از روی تابع توزیع احتمالی برازش داده شده به سری مجموع جریان و حجم مخزن برحسب درصد می‌باشد. این رابطه توسط گارن به رابطه‌ی اصلاحی SWSI نام‌گذاری شده‌است (Garen.,1993). اگر فرض شود مجموع جریان سطحی و حجم مخزن به‌صورت ماهانه برحسب مترمکعب بر ثانیه باشد (دبی)، با توجه به مطالعات موجود توزیع مناسب آماری بر روی داده‌های جریان سطحی (دبی) توزیع گاما است. بنابراین باید

پارامترهای توزیع گاما با توجه به معادلات توزیع احتمال تجمعی محاسبه شود (علیزاده،۱۳۸۷). دامنه‌ی تغییرات این شاخص ۴- تا ۴+ است که مقادیر مثبت نشان‌دهنده‌ی ترسالی و مقادیر منفی حاکی از خشک‌سالی می‌باشد.

مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری LARS-WG5.5

زمنف و بارو از آن‌جایی که خروجی مدل‌های گردش عمومی جو

1 - Surface Water Supply Index (SWSI)

در مقیاس بزرگ هستند بنابراین باید با استفاده از روش‌های ریزمقیاس‌نمایی، به مقیاس دقیق و مناسب تبدیل شوند. یکی از این مدل‌ها، مدل LARS-WG5.5 است (Semenov., 1997). ابابائیا و همکاران مدل LARS-WG5.5 نسخه‌ی ۵/۵ که در این مطالعه از آن استفاده شده، از نوع مدل‌های سریال می‌باشد (Ababaei., 2010). فرآیند پیش‌بینی توسط این مدل در سه مرحله‌ی مجزا انجام می‌شود: (الف) تجزیه و تحلیل مکانی، (ب) اعتبارسنجی مدل و (ج) تولید داده‌های مصنوعی آب و هوا (صالحنیا و همکاران،۱۳۹۲). در مدل LARS-WG5.5 انواع مختلفی از مدل‌های گردش عمومی جو و انواع سناریوهای A و B وجود دارد. در مرحله‌ی نهایی اجرای مدل پس از انجام آزمون‌های آماری و ارزیابی توانمندی مدل می‌توان یکی از مدل‌های گردش عمومی را به همراه سناریوی دل‌خواه انتخاب کرد. در این مطالعه از مدل HadCM3 وسناریوی A2 استفاده شد

نتایج و بحث

تحلیل متغیرهای موثر بر دبی

نتایج تحلیل‌های آماری در مقیاس سالانه بین هفت پارامتر هواشناسی (مستقل) از جمله بارش، رطوبت، دمای بیشینه و کمینه، ساعت آفتابی و باد به همراه دبی (وابسته) از نرم‌افزار SPSS-24 نشان داد که به روش رگرسیون گام به گام رو به جلو، در سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه‌گردید و این نرم افزار با توجه به مدل LARS-WG5.5دبی و شاخص خشک‌سالی را برای سه دهه آینده پیش‌بینی نمود.

از کارهای مشابه که در ایران انجام شده، می‌توان به مطالعات مدرسی و همکاران (۱۳۸۹) و هم‌چنین خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۸۹) اشاره کرد. در مطالعات مشابه‌ی دمای حداقل و حداکثر در ایستگاه‌های مورد مطالعه افزایش یافته و این امر موجب کاهش در میزان رطوبت جو و در نتیجه کاهش بارش در ایستگاه گردیده است. از دیگر سو افزایش دما موجب تغییر الگوی بارش وشکل‌گیری باران به جای برف در مناطق مورد مطالعه شده است. بر اساس مطالعات فوق و همچنین بررسی‌های صورت گرفته در این مطالعه می‌توان به این نتیجه رسید که ذخیره‌ی آب سطحی و برف که یکی از منابع تغذیه کشفرود می‌باشد، کاهش یافته که این امر می‌تواند تحت تاثیر افزایش دما و تغییر در نوع بارش باشد و نتیجه‌ی آن، کاهش در نرخ دبی بهاره و تابستانه این رود می‌باشد.

جهت بررسی معنی‌دار بودن رگرسیون خطی، جدول تجزیه واریانس محاسبه گردید (جدول۱). چون مقدار F محاسبه شده از مقدار F جدول بزرگ‌تر است، بنابراین رگرسیون در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد. همچنین ضرایب رگرسیون در سطح ۰/۰۵ نیز بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۱-تجزیه واریانس داده‌های موثر بر دبی

	منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	متوسط مربعات	نسبت آماره F
مشهد	مدل	۳	۴/۶۳	۱/۵۴	۵/۴
	خطا	۲۴	۶/۸۵	۰/۲۸	
	کل تغییرات	۲۷	۱۱/۴۸		
گل‌مکان	مدل	۲	۹/۵۵	۴/۷۷	۹/۷۷
	خطا	۲۵	۱۲/۲	۰/۴۸	
	کل تغییرات	۲۷	۲۱/۷۷		

جدول ۲- معادلات رگرسیونی دبی و متغیرهای هواشناسی سالانه، دوره آماری مشاهداتی ۲۰۱٤-۱۹۹۵

ایستگاه گلمکان	یستگاه هیدرومتری موشنگ	معادله۲	Q=0.096Rain-0.409Tmax+2.936
ایستگاه مشهد	ایستگاه هیدرومتری اولنگ	معادله۳	Q=0.070Rain+0.013Tmax+0.893Sunshine-8.0918

از آن‌جایی‌که خروجی‌های مدلLARS-WG5.5 تحت مدل HadCM3 و سناریوی A2 شامل داده‌های بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر، باد وساعت آفتابی می‌باشد. بنابراین طبق معادلات فوق می‌توان تغییرات دبی در ۲ ایستگاه را که وابسته به بارش،تابش و دما بوده و خروجی‌های LARS-WG5.5 می‌باشد را بدست آورد.

نتایج توان‌مندی مدلLARS-WG5.5 در پیش‌بینی متغیرهای هواشناسی

نتایج اجرای مدل در دوره‌ی صحت‌سنجی با استفاده از آزمون‌های آماری حکایت از توان‌مندی این مدل در شبیه‌سازی داده-های آینده دارد. از این نرم‌افزار پنج مدل بدست آمد و رابطه‌ای که دارای کم‌ترین خطا بود انتخاب گردید در مرحله ارزیابی مدل، با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین (R^2) و میانگین خطای مطلق (MAE)، که به ترتیب در معادلات ۴ و۵ مشخص شده‌اند.

معادله (۴)

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^{n}|X_i - Y_i|}{n}$$

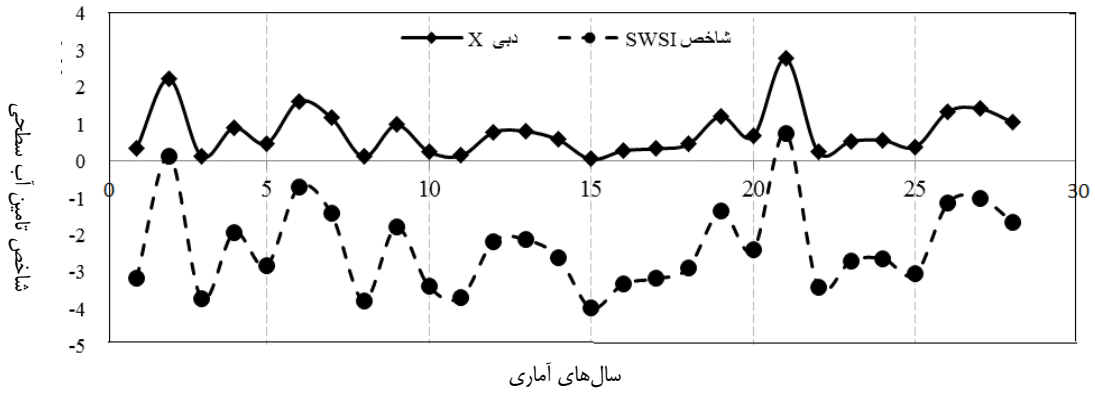
معادله (۵)
$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 - \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2}$$

در این روابط Xi و Yi به ترتیب i مین داده واقعی و شبیه‌سازی شده توسط مدل، X و Y میانگین کل داده‌های Xi و Yi در جامعه آماری و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند.

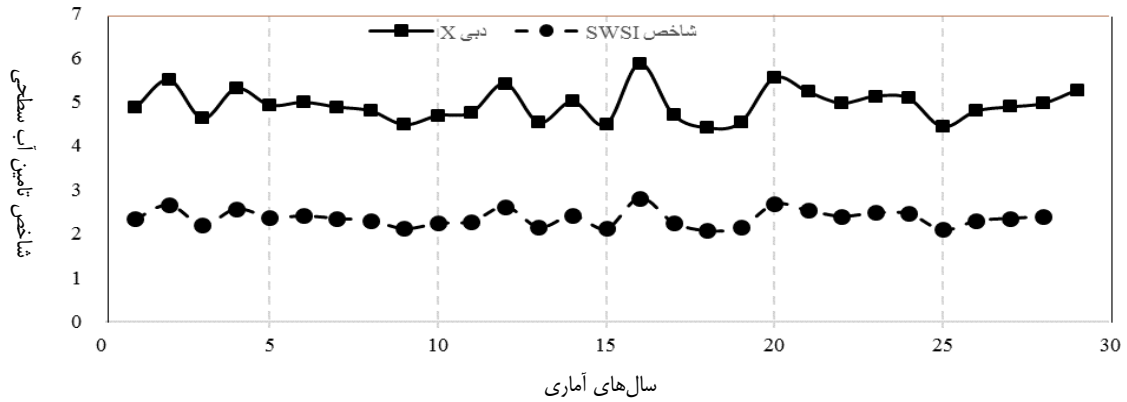
نتایج این فایل‌ها در دو ایستگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر شبیه‌سازی مصنوعی بارش و مقادیر واقعی در سطح ۰/۰۵ وجود ندارد و خطای موجود تصادفی است. ضریب همبستگی، میانگین خطای مطلق و تورش (بایاس) نیز محاسبه شدند، که مقادیر واقعی و شبیه‌سازی مصنوعی بارش، حداقل و حداکثر دما تطابق مطلوبی را نشان می‌دهند و این امر حاکی از توان‌مندی مدل در شبیه‌سازی دوره آماری است. برای دو متغیر دما، بارش و ساعت آفتابی ضریب همبستگی بالایی بدست آمد که این مقدار به ترتیب برابر با ۰/۹۹، ۰/۹۸ و۰/۹۸ بدست آمد. باتوجه به مناسب بودن پارامترهای آماری، مدل LARS-WG5.5 برای سی سال ۲۰۴۷-۲۰۱۸ اجرا شد. مقادیر بدست آمده در سی سال آینده در معادلات دبی برای سه دهه‌ی آینده قرارگرفت.

جدول ۳- پارامترهای آماری مورد بررسی دو ایستگاه در مرحله توان¬مندی مدلLARS-WG5.5

ایستگاه	دمای حداکثر			دمای حداقل			بارش			ساعت آفتابی		
	Bias	MAE	R^2	Bias	MAE	R^2	Bias	MAE	R^2	Bias	MAE	R^2
مشهد	-۰/۲۵	۰/۳	۰/۹۹	-۰/۳	۰/۲	۰/۹۹	۱/۵	۲/۳	۰/۹۸	۰/۷	۰/۸	۰/۹۸
گل‌مکان	-۰/۱۸	۰/۲	۰/۹۹	۰/۰۴	۰/۲	۰/۹۹	-۰/۶	۱/۸	۰/۹۸	-۰/۵	۰/۷	۰/۹۸



شکل۲- روند دبی و شاخص SWSIدر دوره مشاهداتی (ایستگاه مشهد)

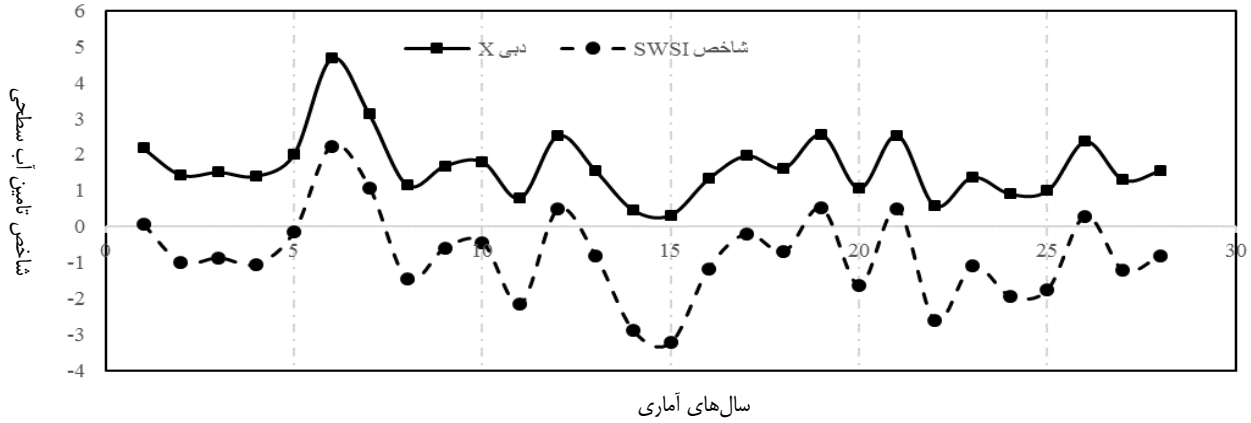


شکل۳- روند دبی و شاخص SWSI در آینده (ایستگاه مشهد)

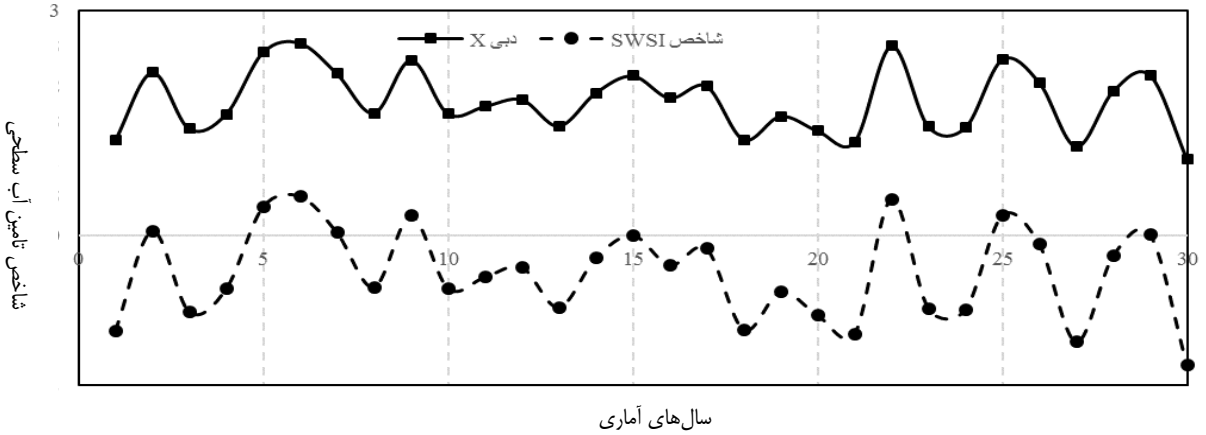
روند تغییرات دبی در ایستگاه مشهد در دوره‌ی مشاهداتی وآینده

نمودار سالانه تغییرات دبی با پارامترهای مستقل هواشناسی در دوره ی مشاهداتی برای ایستگاه مشهد ارایه شده است که می‌توان گفت روند تغییرات دبی در۳۰ سال مشاهداتی تغییرات یکنواختی دارد اما در بعضی از سال‌ها نوسانات این پارامتر یکسان نیست و دارای افت و خیزهای متفاوتی است در داده‌های مشاهداتی بیشینه دبی در سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۷ با مقدارهای ۲/۲۳ و ۲/۷۸ مترمکعب بر ثانیه رخداده است ولی شاخص SWSI در همین سال‌ها مقداری کمینه داشته است و در سال‌هایی که دبی درکم‌ترین مقدار خود قرار دارد شاخص SWSI در بیش‌ترین مقدار است به‌عنوان مثال در سال ۱۹۸۷ مقدار دبی ۰/۱ بوده اما مقدارشاخص SWSI به ۳/۵ افزایش یافته که گویای خشک‌سالی هیدرولوژیکی در داده‌های مشاهداتی است.

اما در۳۰ سال آینده روند تغییرات دبی افزایش چشم‌گیری نسبت به ۳۰ سال دبی پایه داشته‌است به‌طوری که بیشینه‌ی مقدار دبی به ۵,۵ مترمکعب بر ثانیه رسیده و می‌توان یک دوره‌ی تر سالی را در آینده برای ایستگاه مشهد پیش‌بینی کرد. تیموری (۱۳۹۰) در تحقیقی ارزیابی وقایع خشکی در رودخانه اترک با استفاده از نمایه SWSI که در این ایستگاه مورد بررسی تداوم زیادی را در شرایط خشک تجربه می‌کند ولی به همان نسبت مدت کوتاهی را نیز در شرایط خیلی تر می‌گذراند که با مدیریت بهره‌برداری آب در این مدت می‌توان بر خشک‌سالی‌های دوره‌ای غلبه کرد. این مسئله در تأیید تحقیقات مریدوپایمزد (۱۳۸۶) مبنی بر اهمیت دخالت معرف‌های هیدرولوژیکی در مطالعات خشکسالی می‌باشد. همچنین، علیزاده و آشگر (۱۳۸۶) در تحقیقی، در استان خراسان رضوی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تقریبا در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی وضعیت ترسالی ملایم بیش‌ترین درصد وقوع را داشته و بعد از آن ملایم در رده‌ی بعدی قرار دارند. توکارزیت خشک‌سالی هیدرولوژیکی اغلب با دوره‌ی جریان کم در رودخانه‌ها همراه است (TOKARCZYK.; 2013)



شکل٤- روند دبی و شاخص SWSIدر دوره مشاهداتی (ایستگاه گلمکان)



شکل ٥- روند دبی و شاخص SWSIدر آینده (ایستگاه گلمکان)

روند تغییرات دبی در ایستگاه گل‌مکان در دوره مشاهداتی و آینده

نمودار سالانه‌ی تغییرات دبی با پارامترهای مستقل هواشناسی در دوره‌ی مشاهداتی برای ایستگاه گل‌مکان ارایه شده‌است. می‌توان گفت تغییرات دبی در دوره‌ی مشاهداتی داری نوسان زیادی است و در آینده نسبت به دوره‌ی مشاهداتی یکنواختی بیش‌تری دارد و روند دبی نسبت به دبی پایه افزایش چشم‌گیری نداشته است. با توجه به نتایج بدست آمده، می‌توان چنین اظهار داشت که روند تغییرات دبی با شاخص SWSI هم‌خوانی دارد. به عنوان مثال در دوره‌ی پایه در دو سال ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ که مقدار دبی در حداقل میزان خود قراردارد، مقدار شاخص SWSI نیز در کم‌ترین مقدار خود قراردارد. به عبارتی از لحاظ خشک‌سالی هیدرولوژیکی، سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ خشک‌ترین سال‌ها در حوضه کشف‌رود می‌باشند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه با بررسی متغیرهای هواشناسی بر دبی، موثرترین این مقادیر در دو مکان با دبی انتخاب شدند. در ایستگاه مشهد سه متغیر بارش، دمای حداکثر، بارش و ساعت آفتابی بیش‌ترین تاثیرات را بر دبی. داشته‌اند در ایستگاه گل‌مکان دو متغیر دمای حداقل و بارش موثرترین متغیرها بر دبی بدست آمدند. نتایج نشان داد که تغییرات دبی با تغییرات میزان شاخص خشک‌سالی هیدرولوژیکی SWSI، هم‌خوانی دارد و طبق نتایج بدست آمده دو سال ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ در دوره‌ی پایه، خشک‌ترین سال‌ها بودند. پیش‌بینی سال‌های آینده با معادلات بدست آمده و مقادیر پیش‌بینی مدل LARS-WG5.5 نشان دادند که در بالادست حوضه و طبق خروجی مدل پیش‌بینی روند تغییرات دبی رو به ترسالی است. این در حالی‌است که این تغییرات در پایین‌دست حوزه با

کمبود دبی و کاهش مقادیر SWSI همراه است. پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، از داده‌های سایر ایستگاه‌های هیدرومتری در حوضه به جهت حصول اطمینان ترسیم داده‌های آینده‌ی دبی استفاده‌شود. این امر عدم قطعیت پیش‌بینی تغییرات دبی در حوضه را کاهش خواهد داد.

منابع

کاراموز،م.، عراقی نژاد،ش.۱۳۸۴.هیدرولوژی پیشرفته، انتشارات امیرکبیر.تهران.۱۳۸۴

شکری،س.، هوشمند،ع. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۶. ۳۳: ۵۷-۶۸

اسدی،م.. ۱۳۹۵. تاثیر خشک‌سالی بر منابع آب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طرق) اولین همایش ملی مدیریت بحران، ایمنی، بهداشت، محیط زیست و توسعه پایدار، موسسه آموزش عالی مهر اروند و مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.تهران.

خزانه‌داری،ل.، کوهی،م.، زابل عباسی،ف.، قندهاری،ش. ۱۳۸۹. بررسی روند خشک‌سالی در ایران طی سی سال آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۰)، تهران: چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییراقلیم، ۲۹ آذر - یکم دی ۱۳۸۹.

علیزاده،ا. ۱۳۸۷. کتاب اصول هیدرولوژی، انتشارات آستان قدس رضوی. ۱۴۵-۱۲۱.

خوش‌اخلاق،ف.، افشارمنش،ح.، شفیعی،ز.، آقاعلیخانی،م. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر هیدرولوژی آب‌های سطحی، مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی کارون. موسسه‌ی ژئوفیزیک، مقالات پوستری، فیزیک فضا، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران،تهران.۱۹۲-۲۱۰.

تیموری،م.، فتح‌زاده،ع. جغرافیا و توسعه: ۱۳۹۳. ۱۲ . ۹۹:۳۴-۱۰۷.

شریعتی،م. ۱۳۹۵. تاثیر تغییرات آب و هوایی بر منابع آب(مطالعه موردی رودخانه زرینه‌رود)، ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران. کردستان. دانشگاه کردستان

صالح‌نیا،ن.، موسوی بایگی،م.، انصاری،ح.۱۳۹۲. پیش‌بینی خشک-سالی با استفاده از نمایه شدت خشک‌سالی پالمر به کمک خروجی مدل ریزمقیاس‌نمایی LARS-WG و HadCM3 (مطالعه موردی حوضه نیشابور). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۷: ۱۰۳-۹۳.

علیزاده،ا. آشگر طوسی،ش. ۱۳۸۷.توسعه یک مدل برای پایش و پیش‌بینی خشک‌سالی. ویژه آب و خاک. جلد۲۲ . شماره۱: ۵-۱۵.

مدرسی،ف.، عراقی‌نژاد،ش.، ابراهیمی،ک.، خیاط خلقی،م.۱۳۸۹. . بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری مطالعه‌ی موردی: حوضه آبریز گرگان‌رود – قرهسو. آب و خاک علوم و صنایع کشاورزی. ۴۸۹ . ۳: ۲۴ـ۴.

مرید،س.، پایمزد،ش. ۱۳۸۶. مقایسه روش‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی جهت پایش روزانه خشک‌سالی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد۱۱.شماره۴۲: ۳۳۳-۳۳۵

Amad,S,. S,Simonovic.2005. Artificial neural network model for generating hydrograph from hydro ت meteorological parameters. Journal of hydrology, 18(2): 236-250.

Ababaei,B., Karimi,B., Mirzaei,F. 2010. Evaluation of a Stochastic Weather Generator in Different Climates, Computer and Information Science. 3. 3:91-101

Garen,D.C. 1993. Revised Surface Water Supply Index (SWSI) for Western United States. Journal of Water Resources Planning and Management. 119. 4 : 437-

Semenov,M., Barrow,E. 1997. Use Of A Stochastic Weather Generator In The Development Of Climate Change Scenarios Climatic Change,Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 35:397-414

Sheffield,J., WoodE,F., Roderick,M,L. 2012. Little Change in Global Drought over the Past 60 Years. Nature 491(7424): 435-438.

Tokarczyk,T. 2013. Classification of Low Flow and Hydrological Drought for a River Basin. Acta Geophysica. 61.2: 404- 421.

Yu,P.S., Yang,T.C and Wu,C.K. 2002. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. Journal of Hydrology. 260:161-175.

454.

Heim,R.J. 2010. Canad Drought Indices and Definitions Study and SWSI (Surface Water SupplyIndex)Study,NOAA/NESDIS/National Climatic Data Center Asheville, North Carolina,USA.GEO-DRI Drought Monitoring Worksh Winnipeg, Manitoba, Canada.10-11.

Loukas,A., Vasiliades,L., Tzabiras,J. 2008. Climate change effects on drought severity, Department of Civil engineering, University of Thessaly, 38334 Volos, Greece, Adv. Geosci. 17: 23-29.

Mullan,B., Porteous,A., Wratt,D., Hollis,M. 2005. Changes in drought risk with climate change, NIWA Client Report: WLG2005-23,NIWA Project: MFE05305, Prepared for Ministry for the Environment (NZ Climate Change Office) Ministry of Agriculture and Forestry.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 12, Jan.-Jul. 2018, p. 239-247

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۲، خرداد - تیر ۱۳۹۷، ص. ۲۴۷-۲۳۹

The Impact of Drought on Changes and Prediction of the Hydrological Characteristics of the Kashafroud River Basin

A.Pezeshki[1], k.Esmaeeli,[2*] A.Farid hoseini[3]

Recived: May.09, 2017 Accepted: Jun.10, 2017

Abstract

Many disasters such as flood, drought and changes in meteorological parameters are threating our planet, which mostly caused by climate change and global warming. By monitoring and accurate prediction of climatic and hydrological variables, these are the effective ways to make strategic decision. By studying the most effective meteorological parameters on river flow, besides, studying the changes in river flow for Kashafroud basin by monitoring and predicting hydrological drought (for time period of 2018-2047); it was tried to display a picture of changes for future condition of basin. In this study, for estimating the effective parameters on river flow for annual time scale, two synoptic datasets (Mashhad and Golmakan) and two hydrometric station datasets (Oulang and Moushang) for time period of 1987 to 2014, were used. In Mashhad synoptic station (upstream), the most effective parameters in significant level of 5%, maximum temperature, precipitation, and sunshine hours were calculated. In Golmakan synoptic station, which is almost located in downstream, the precipitation and sunshine hours that is effective parameters on flow, were calculated as well. For the base time period, for both Mashhad and Golmakan synoptic stations, 2001 and 2008 were the driest years. By using LARS-WG with HadCM3 model and A2 scenario, future metrological parameters were simulated. The results showed that in upcoming years, for Mashhad synoptic station, significant flow will be occurred in comparison with the base flow for last 30 years; such that the maximum flow rate of 5.5 cubic meters per second will be expected for future Mashhad synoptic station. Conversely, the flow reduction and hydrological drought in comparison with the base flow, were observed.

Keywords: Climate change, Drought, Rainfall, SWSI index

1 - hydraulic Structures of Ferdowsi University of Mashhad
2 - Associate Professor at Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
3 - Associate Professor at Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: esmaili@um.ac.ir)