بررسی تغییرات دبی رودخانه‌های استان چهارمحال وبختیاری

احمدرضا قاسمی [1] مرتضی موگویی [2]

تاریخ دریافت مقاله: ۹٤/۰٦/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/۱۱/۲۰

****

چکیده

استان چهارمحال بختیاری تأمین کننده اصلی آب برای دو استان خوزستان و اصفهان می‌باشد و همواره بحث انتقال آب بین حوضه‌ای برای این دو استان مطرح بوده است. علیرغم این تاکنون مطالعه جامعی برروی تغییرات دبی رودخانه‌های این استان انجام نشده است تا بتوان درباره آینده انتقال آب قضاوت درستی انجام داد. بر همین اساس تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات دبی ۱۲ رودخانه مهم استان چهارمحال و بختیاری انجام گرفت. برای بررسی نوع تغییرات زمانی دبی از روش من- کندال و جهت تعیین شدت یا مقدار تغییرات دبی از روش تخمین گر سن استفاده شد. همچنین با استفاده از روش پتیت وقوع سال تغییر ناگهانی در سری‌های زمانی دبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مقیاس فصلی و سالانه دبی در تمام ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی می‌باشد. مقدار کاهش در مقیاس سالانه بین ۰/۸ متر مکعب بر ثانیه در ایستگاه گردبیشه تا ۱۷ متر مکعب بر ثانیه در ایستگاه بهشت آباد متغیر است. در مقیاس فصلی نیز نتایج حاکی از کاهش معنی‌دار دبی در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی در فصل تابستان است در حالی که در فصل زمستان به جز در دو ایستگاه سولگان و ده‌چشمه، در بقیه روند معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج آزمون پتیت نشان داد که در اغلب ایستگاه‌ها سال تغییر ناگهانی (معنی‌دار از نظر آماری) در سری‌های زمانی دبی در اوایل دهه ۱۳۷۰ اتفاق افتاده است. همچنین تحلیل دبی‌های فرین این رودخانه‌ها نشان داد که علاوه بر میانگین، مقادیر کمینه و بیشینه دبی نیز دچار افت شدید شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات دبی، تخمین‌گر سن، روش پتیت، چهارمحال و بختیاری

****

۱-استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (نویسنده مسئول) ar-ghasemi@agr.sku.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران moogooei68@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

هیأت بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC) [1] در گزارش جدید خود خاطر نشان می‌کند که افزایش متوسط دمای جهان که ناشی از ادامه انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد، می‌تواند ناهنجاری‌هایی را در تمام متغیرهای سیستم آب و هوایی بوجود آورد ***(IPCC.2013)***. تغییرات در پارامترهای آب و هوایی مانند دما و بارش نیز به نوبه خود می‌تواند موجب بسیاری از ناهنجاری‌ها در شرایط اقلیمی گردد. با توجه به حساسیت سیستم‌های هیدرولوژیکی به تغییرات پارامترهای اقلیمی، این سیستم‌ها تأثیرپذیری زیادی از این ناهنجاری‌ها دارند. با توجه به اینکه اطلاع از تغییرات دبی رودخانه‌ها جهت برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر منابع آب لازم می‌باشد در سال‌های اخیر مطالعات فراوانی درباره‌ی بررسی تغییرات ویژگی‌های هیدرولوژیکی جریان رودخانه‌ها صورت گرفته که به برخی از مطالعات سال‌های اخیر اشاره می‌گردد.

تادسونو هایدرول (۲۰۰۷) نشان داد که مقادیر دبی رودخانه‌های دانمارک طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ از ماه دسامبر تا اگوست کاهش و در ماه‌های سپتامبر و اکتبر افزایش یافته است. جیانگ و هارت من(۲۰۰۷) روند تغییرات دبی رودخانه را در حوضه رودخانه یانگ تسه در دوره‌ی آماری(۱۹۶۱–۲۰۰۰) مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند، نتایج آنها نشان داد که دبی رودخانه در بیشتر ایستگاه‌ها در دوره‌ی آماری ٤٠ ساله به طور معنی‌دار افزایش یافته است. دلگادو و همکاران (۲۰۱۲) روند دبی بیشینه سالانه و تغییرات آنرا بر روی رودخانه مکونگ واقع در جنوب شرق آسیا مورد تجزیه وتحلیل قرار داده وبیان کردند که دبی متوسط کاهش یافته در حالی که دبی بیشینه افزایش یافته است. زو و همکاران (۲۰۱۰) روند دبی در رودخانه تاریم در چین را با آزمون من کندال بررسی کردند و نتیجه گرفتند در حالی که روند دبی در قسمت‌های بالا دست حوضه‌ی آبخیز افزایش یافته است در پایین دست روند کاهشی می‌باشد.

جاوو و همکارن (۲۰۱۱) نشان دادند که دبی سالانه حوضه رودخانه زرد چین از اواخر دهه ۱۹۵۰ دارای روند کاهشی شده است و نقطه تغییر در دبی این رودخانه بین سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵ اتفاق افتاده است.دانیبرگ (۲۰۱۲) با مطالعه ۸ ایستگاه در حوضه تورینگیای آلمان نشان داد که روند مقدار جریان در مقیاس سالانه و فصل زمستان افزایشی و در تابستان کاهشی است. سلمی و همکاران (۲۰۱٤) با مطالعه حوضه رودخانه نیگرو در نیجریه در اغلب ایستگاه‌ها روندی منفی در مقدار جریان گزارش کردند.

در ایران نیز مطالعات باارزشی در این زمینه انجام گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. مساعدی و کوهستانی (۱۳۸۹) با بررسی روند تغییرات دبی ۱۲ ایستگاه هیدرومتری استان گلستان نشان دادند که داده‌های دبی تابستانه در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند کاهشی و معنی‌دار می‌باشند. میرعباسی و دین پژوه (۱۳۸۹) روند جریان ۱٦ ایستگاه هیدرومتری شمال غرب ایران را با روش من کندال مورد آزمون قرار داده و نشان دادند که جریان رودخانه‌های شمال غرب ایران در مقیاس سالانه و فصلی دارای روند نزولی است. معروفی و طبری (۱۳۹۰) روند تغییرات دبی سالانه، ماهانه و فصلی رودخانه مارون را طی دوره‌ی ۱۳۸۷–۱۳٦۸مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که دبی سالانه در همه ایستگاه‌ها، دارای روند نزولی در دو دهه اخیر بوده است.

قزل و همکاران (۱۳۹۰) با تجزیه وتحلیل روند جریان۱۰رودخانه آذربایجان شرقی نشان دادند که۳۰ درصد ایستگاه‌ها روند کاهشی معنی‌دار از خود نشان می‌دهند و تندترین شیب خط روند منفی، متعلق به ایستگاه ونیارو معادل ۳۵ مترمکعب برثانیه در سال بوده است. وفاه خواه و همکاران(۱۳۹۱) نیز روند دبی در حوزه‌ی آبخیز کشف رود را در ۱۳ ایستگاه هیدرومتری بررسی و گزارش کردند که در داده‌های دبی در هیچ یک از ایستگاه‌ها روند افزایشی مشاهده نشد. به طوری که دبی در دو ایستگاه بدون روند، و در مابقی ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی می‌باشد.

1- Intergovernmental Panel on Climate Change

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	رودخانه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	متوسط دبی سالانه
۱	سولگان	سولگان	۲۰۸۶	۳۱-۳۸-۲۰	۵۱-۱۴-۵۲	۸/۹
۲	آب تگرگ	آقبلاغ	۲۰۵۸	۳۱-۴۲-۰۷	۵۱-۱۵-۳۰	۳/۵
۳	پردنجان	گرگک	۲۰۴۹	۳۲-۱۵-۴۵	۵۰-۳۷-۰۴	۲/۱
۴	دزک‌آباد	بیرگان	۲۱۲۲	۳۲-۱۴-۵۶	۵۰-۱۹-۱۸	۷/۹
۵	بهشت‌آباد	بهشت‌آباد	۱۶۸۰	۳۲-۰۱-۵۰	۵۰-۳۷-۴۶	۱۹/۸
۶	درکش	جونقان	۱۹۹۶	۳۲-۰۵-۵۱	۵۰-۳۸-۲۹	۸/۵
۷	کاج	کوهرنگ	۱۶۹۸	۳۲-۰۳-۱۴	۵۰-۳۴-۴۹	۲۵/۴
۸	کوه‌سوخته	کیار	۱۹۷۷	۳۲-۰۵-۲۲	۵۰-۴۰-۰۰	۶/۵
۹	پل‌خراجی	آب‌کیار	۱۹۹۸	۳۲-۰۵-۴۴	۵۰-۵۰-۱۴	۳/۰
۱۰	پل‌کره‌بست	آب‌ونک	۱۷۸۲	۳۱-۳۲-۴۹	۵۱-۱۲-۲۰	۱۵/۲
۱۱	ده‌چشمه	پیرغار	۲۰۲۲	۳۲-۱۳-۰۰	۵۰-۳۲-۴۴	۲/۲
۱۲	گردبیشه	گردبیشه	۲۰۳۰	۳۱-۶۲-۰۰	۵۰-۱۹-۰۲	۱/۴

علی رغم اینکه استان چهار محال و بختیاری به تنهایی حدود ۱۰درصد از منابع آب کشور را در اختیار دارد و منشاء دو رودخانه بزرگ و استراتژیک کشور یعنی کارون و زاینده‌رود است، مطالعه جامعی در زمینه تغییرات دبی رودخانه‌های آن انجام نشده است. با توجه به اهمیت برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از منابع آبی، که در سال‌های اخیر به دلیل افزایش شدت خشکسالی‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، مطالعه تغییرات دبی رودخانه‌های استان چهار محال و بختیاری می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مرتبط با بهره‌برداری بهینه از منابع با ارزش آبی کشور مفید واقع گردد. بنابراین هدف این تحقیق بررسی نوع و شدت روند تغییرات و همچنین تعیین سال ایجاد تغییرات ناگهانی در جریان آب رودخانه‌های مهم استان چهارمحال و بختیاری در مقیاس‌های فصلی و سالانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق رودخانه‌های مهم موجود در استان چهارمحال و بختیاری مورد مطالعه قرار گرفتند. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل مقدار جریان فصلی و سالانه ۱۲ ایستگاه هیدرومتری با طول دوره آماری ۳۲ سال از ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۹ (آخرین اطلاعات منتشر شده و قابل دسترسی سازمان آب منطقه‌ای) می‌باشد. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است. قابل ذکر است که ایستگاه‌های مورد مطالعه کامل‌ترین ایستگاه‌های منطقه از نظر طول و کیفیت آماری می‌باشند.

در این تحقیق بعد از ارزیابی صحت داده‌ها، جهت بررسی نوع تغییرات زمانی دبی (افزایشی، کاهشی یا بدون روند) از آزمون من-کندال، جهت تعیین مقدار یا شدت تغییرات از روش سن و برای آشکارسازی نقطه تغییر[1] در سری‌های زمانی از آزمون پتیت[2] استفاده شد. روابط مربوط به آزمون من-کندال که بصورت گسترده‌ای در مطالعه تغییرات زمانی متغیرهای آب و هوایی در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد، در مقالات متعددی مانند زهانگ و همکاران (۲۰۰۹)، نالی (۲۰۱۲) و سلمی و همکاران (۲۰۱۴) ارائه شده است. با توجه به اینکه فرض مهم استفاده از روش من-کندال عدم وجود خودهمبستگی بین داده‌ها می‌باشد، در ابتدا خودهمبستگی داده‌ها بررسی شد و در موارد وجود، خودهمبستگی حذف

1-Change Point
2-Pettitt's test

Archive of SID

www.SID.ir

گردید. درصورت عدم حذف خود همبستگی ممکن است روندها بصورت کاذب معنی‌دار شوند. بسیاری از محققان مانند کومار وهمکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که حذف اثر خودهمبستگی بطور معنی‌داری تعداد ایستگاه‌های با روند معنی‌دار را، در مقایسه با آزمون روند بدون حذف اثر خودهمبستگی، کاهش داده است اگرچه با حذف اثر خودهمبستگی دقت روش من-کندال افزایش می‌یابد.

روش تخمین‌گر سن

این روش برای تخمین مقدار شیب خط روند در مطالعات هواشناسی و هیدرومتئورولوژی استفاده می‌شود (جین و کومار، ۲۰۱۲). مقدار شیب روند با استفاده از رابطه زیر برآورد می‌گردد *(اسمعیل پور و دین پژوه، ۱۳۹۱ و عساکره، ۱۳۹۲)*:

در این روش شیب تغییرات (Ti) تمام داده‌های یک متغیر مطابق زیر محاسبه می‌شود:

$$T_i = \frac{X_j - X_k}{j-k} \qquad i = 1,2,\ldots,N \qquad (۱)$$

که Xj و Xk مقادیر متغیر در زمان‌های j و K هستند (j>k).

و در نهایت میانه مقادیر شیب‌های بدست آمده به عنوان مقدار شیب یا شدت تغییرات (T) در نظر گرفته می‌شود.

$$T = median\left(\frac{X_j - X_k}{j-k}\right) \qquad (۲)$$

آزمون پتیت

این آزمون یک روش ناپارامتری بر اساس آزمون ولیکاکسون (Wilcoxon) می‌باشد که جهت تعیین نقطه تغییر مورد استفاده قرار می‌گیرد و از درون روش من-ویتنی نیز قابل استخراج است. این روش تکنیک مفیدی برای شناخت نقاط تغییر ناگهانی در سری‌های زمانی داده‌های آب و هوایی می‌باشد *(اسمدی و زاقول، ۲۰۰۶)*.

روابط آماری مربوط به این روش مطابق زیر می‌باشد *(و ساهین و سیگیزاقلو، ۲۰۱۰ و روی و زینگهوا،۲۰۱۳)*:

رتبه‌های r1, . . . rn از سری Y1, . . . Yn برای محاسبه مقدار آماره Xk استفاده می‌گردد:

$$X_K = 2\sum_{1}^{k} r_i - k(n+1) \qquad k = 1,\ldots,n \qquad (۳)$$

که در آن ri مقدار رتبه‌ی i امین داده، n تعداد و k رتبه داده‌ها می‌باشد.

مطابق رابطه زیر در نقطه‌ای (E) که قدر مطلق مقدار آماره X_k بیشینه شود، نقطه یا سال تغییر اتفاق افتاده است.

$$X_E = Max|X_k| \qquad (٤)$$

مقادیر بحرانی آماره X_E نیز برای سطوح اطمینان مختلف (α) توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$X_\alpha = \left[-\ln \alpha (n^3 + n^2)/6\right]^{0.5} \qquad (۵)$$

در این تحقیق برای برسی درستی (معنی داری) سال تغییر ناگهانی، از مقدارP-value که بوسیله روش مونت کارلو وبا استفاده از ۱۰۰۰ نمونه تصادفی بدست آمده است، استفاده شد.

بحث

روند تغییرات دبی ایستگاه‌های هیدرومتری

مقدار شیب تغییرات دبی (بدست آمده از روش سن) برای دوره‌ی ۳۲ ساله مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار دبی در مقیاس فصلی و سالانه در تمامی رودخانه‌های مورد بررسی، منفی و یا به عبارت دیگر کاهشی بوده در بسیاری از موارد از نظر آماری (در سطح ۹۵%) معنی‌دار می‌باشد. در فصل زمستان علی رغم کاهشی بودن مقدار دبی در تمام رودخانه‌ها، به جز در دو ایستگاه ده چشمه و سولگان این تغییرات در سطح ۹۵% معنی‌دار نیستند. این حالت با نتایج مطالعات گذشته که نشان می‌دهد بارش‌های زمستانه در اغلب ایستگاه‌های منطقه فاقد روند معنی‌دار هستند، همخوانی دارد.

بر خلاف فصل زمستان، بیشترین تعداد ایستگاه‌های با روند کاهشی معنی‌دار در فصول تابستان و بهار مشاهده شد. دلیل آن می‌تواند ناشی از تغییر نوع بارش‌ها از برف به باران باشد که موجب شده است دبی در این فصول که تا حد زیادی تابع مقدار بارش برف در فصل زمستان است دچار

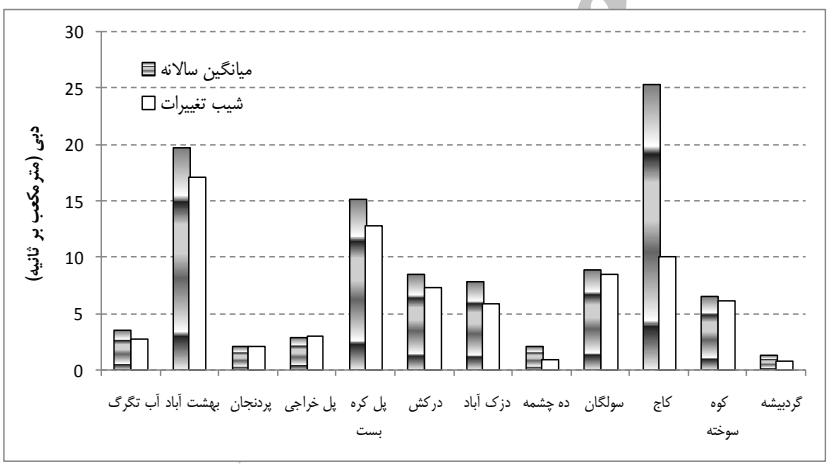
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: مقدار P-value حاصل از روش من-کندال و مقدار شیب حاصل از روش سن برای دوره ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۹

	پاییز		زمستان		بهار		تابستان		سالانه	
ایستگاه	p-value	شیب تغییرات	p-value	شیب تغییرات	p-value	شیب تغییرات	p-value	شیب تغییرات	p-value	شیب تغییرات
آب تگرگ	۰/۳۰	-۱/۵۲	۰/۲۰	-۲/۰۴	۰/۰۲	-۴/۹۱	۰/۰۱	-۱/۱۰	۰/۰۲	-۲/۷۲
بهشت‌آباد	۰/۰۰	-۸/۷۳	۰/۱۶	-۸/۱۶	۰/۰۰	-۳۵/۴۴	۰/۰۰	-۱۰/۶۴	۰/۰۰	-۱۷/۰۶
پردنجان	۰/۰۰	-۱/۳۵	۰/۲۰	-۰/۹۴	۰/۰۱	-۳/۸۱	۰/۰۰	-۱/۸۸	۰/۰۰	-۲/۰۵
پل‌خراجی	۰/۲۳	-۰/۹۸	۰/۲۷	-۴/۳۴	۰/۹۶	۰/۲۷	۰/۰۰	-۲/۱۳	۰/۰۰	-۳/۰۲
پل‌کره‌بست	۰/۰۱	-۵/۳۹	۰/۵۵	-۲/۷۳	۰/۰۰	-۳۰/۸۵	۰/۰۰	-۱۱/۳۴	۰/۰۰	-۱۲/۷۳
درکش	۰/۰۲	-۲/۱۰	۰/۱۱	-۵/۳۹	۰/۰۲	-۱۶/۲۴	۰/۰۰	-۱/۳۰	۰/۰۱	-۷/۲۳
دزک‌آباد	۰/۰۰	-۲/۷۶	۰/۰۷	-۲/۹۹	۰/۰۰	-۱۳/۳۷	۰/۰۰	-۴/۳۲	۰/۰۰	-۵/۸۳
ده‌چشمه	۰/۰۰	-۰/۶۳	۰/۰۰	-۱/۲۴	۰/۴۹	-۰/۶۸	۰/۰۰	-۰/۴۹	۰/۰۱	-۰/۹۲
سولگان	۰/۰۰	-۵/۵۶	۰/۰۲	-۹/۸۶	۰/۰۱	-۱۵/۴۱	۰/۰۰	-۲/۷۹	۰/۰۰	-۸/۴۲
کاج	۰/۰۰	-۸/۷۸	۰/۰۹	-۹/۷۲	۰/۳۳	-۸/۶۶	۰/۰۰	-۹/۵۲	۰/۰۱	-۱۰/۰۸
کوه‌سوخته	۰/۰۱	-۲/۴۱	۰/۲۵	۳/۵۰	۰/۰۰	-۱۱/۵۲	۰/۰۰	-۳/۸۶	۰/۰۰	-۶/۱۱
گردبیشه	۰/۴۷	-۰/۰۹	۰/۲۲	-۰/۴۱	۰/۰۰	-۲/۱۶	۰/۰۰	-۰/۴۲	۰/۰۰	-۰/۸۰

* مقادیر «با خطِ زیر» از نظر آماری معنی‌دار نیستند

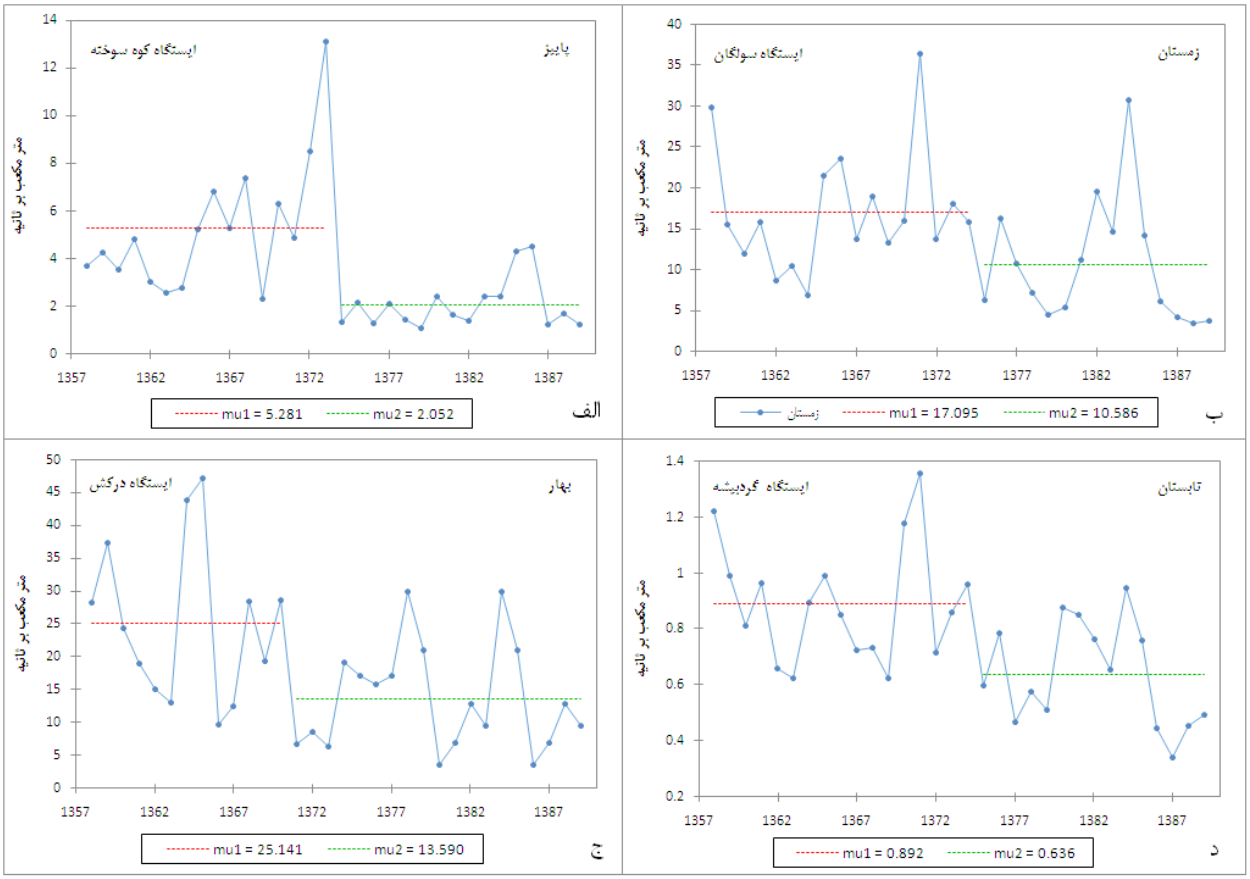


نگاره۱: متوسط دبی سالانه و مقدار کاهش دبی در طول دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۵۸

کاهش معنی دار شده است.

اگر بخواهیم یک دید جامع‌تر از وضعیت تغییرات دبی رودخانه‌های مورد بررسی بدست آوریم بهتر است این تغییرات در مقیاس سالانه نیز مورد توجه قرار گیرد. در مقیاس سالانه نیز تمام ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه روند کاهشی و معنی دار نشان می‌دهند (جدول ۲) که بیشترین مقدار این کاهش از نظر عددی مربوط به ایستگاه بهشت آباد و به مقدار ۱۷ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. نگاره ۱ مقدار کاهش دبی در طول ۳۲ سال مورد مطالعه به همراه متوسط دبی رودخانه‌ها در طول این دوره را نمایش می‌دهد. مقدار کاهش دبی در رودخانه‌های مورد مطالعه در مقایسه با میانگین درازمدت سالانه قابل ملاحظه می‌باشد. در برخی موارد مانند رودخانه‌های پردنجان و پل خراجی مقدار کاهش اتفاق افتاده در طول ۳۲ سال معادل متوسط دبی سالانه است که دلالت بر افت شدید دبی این رودخانه‌ها در طول دوره آماری دارد. مقدار کاهش دبی

www.SID.ir



نگاره۲ : تغییرات دبی در ایستگاه‌های کوه سوخته، سولگان، درکش و گردبیشه در دوره آماری ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۹
(خط‌های نقطه چین میانگین سری‌های قبل و بعد از نقطه تغییر می‌باشند)

در رودخانه کاج کمتر از دیگر رودخانه‌ها می‌باشد. مقدار کاهش در طول دوره آماری ۳۲ ساله در این رودخانه حدود ۱۰ مترمکعب بر ثانیه است که این مقدار معادل ٤٠ درصد متوسط درازمدت دبی سالانه آن می‌باشد.

سال تغییر ناگهانی در سری‌های زمانی دبی

نگاره ۲ (الف تا د) سال تغییر ناگهانی در سری‌های زمانی دبی حاصل از روش پتیت را برای چهار ایستگاه منتخب کوه سوخته (برای فصل پاییز)، سولگان (برای فصل زمستان)، درکش (برای فصل بهار) و گردبیشه (برای فصل تابستان) نشان می‌دهد. همانطور که نگاره‌ها نشان می‌دهند، سال تغییر در دبی همه ایستگاه‌های فوق در اوایل دهه ۷۰ اتفاق افتاده است. سال تغییر ناگهانی برای ایستگاه کوه سوخته ۱۳۷۳ بدست آمده است. متوسط دبی در این ایستگاه قبل از سال۱۳۷۳ (μ_1) معادل ۵/۳ مترمکعب در ثانیه می‌باشد که این مقدار برای سال‌های بعد از ۱۳۷۳ به ۱/۲ مترمکعب در ثانیه کاهش یافته است (نگاره ۲ الف). این امر نشان دهنده افت شدید دبی این رودخانه در دو دهه اخیر است. مقدار کاهش در فصل بهار و برای ایستگاه درکش (سال تغییر ناگهانی ۱۳۷۰) بسیار قابل ملاحظه می‌باشد به نحوی که متوسط دبی بعد از سال ۱۳۷۰ (۱۳/٦ مترمکعب بر ثانیه) به طور تقریبی به نصف متوسط دبی سال‌های قبل از ۱۳۷۰ (۲۵/۱ مترمکعب بر ثانیه) کاهش یافته است (نگاره ۲ ج).

سال تغییر ناگهانی در سری‌های دبی تمامی ۱۲ ایستگاه مورد مطالعه برای مقیاس سالانه و فصلی در جدول ۳ ارائه شده است. مقدار P-value که بوسیله روش مونت کارلو

Archive
www.SID.ir

و با استفاده از ۱۰۰۰ نمونه تصادفی بدست آمده است، معنی‌داری تفاوت میانگین در سری‌های زمانی قبل و بعد از سال تغییر را نشان می‌دهد.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که سال تغییر ناگهانی در سری‌های زمانی دبی در مقیاس سالانه و فصلی که تفاوت میانگین دبی قبل و بعد از آنها از نظر آماری معنی‌دار می‌باشند، به جز چند استثناء همگی در دهه ۱۳۷۰ بوقوع پیوسته‌اند. مطالعات فراوانی در دنیا نیز تغییرات در سری‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی را در مناطق مختلف در یک بازه زمانی که عموماً یک دهه می‌باشد بدست آورده‌اند *(جاوو و همکاران، ۲۰۱۱ و روی و زینگهوا، ۲۰۱۳)*. متفاوت بودن سال تغییر در ایستگاه‌ها می‌تواند ناشی از تأثیر عوامل محلی مانند توپوگرافی درتعدیل عوامل بزرگ مقیاس اقلیمی باشد *(قاسمی، ۱۳۹۱)*.

تعیین سال تغییر ناگهانی در سری‌های زمانی دبی، در مقیاس سالانه نیز با آزمون پتیت مورد تحلیل قرار گرفت. تغییرات در دبی سالانه برای چهار ایستگاه سولگان، گاج، کره بست و بهشت آباد بعنوان نمونه در نگاره ۳ ارائه شده است.

در مقیاس سالانه نیز دبی رودخانه‌ها عموماً از اواسط دهه ۷۰ با کاهش تدریجی روبرو شده‌اند به نحوی که این کاهش نسبت به دوره ۱۳۵۸ تا اواسط دهه ۷۰ قابل ملاحظه و از نظر آمار معنی‌دار می‌باشد (نگاره ۳ و جدول ۳).

مقایسه سری زمانی دبی ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی برای سال‌های قبل و بعد از نقطه تغییر در نگاره ٤ نمایش داده شده است. در تمام ایستگاه‌ها می‌توان یک حرکت به سمت پایین (شیفت) را در مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین دبی در سری زمانی سال‌های بعد از سال تغییر مشاهده کرد. همانطور که در نگاره ٤ نمایش داده شده است کاهش مقادیر میانگین در سری‌های بعد از سال تغییر را نسبت به میانگین درازمدت دبی به وضوح می‌توان مشاهده کرد. همچنین در تمامی ایستگاه‌ها مقادیر حدی (بیشینه و کمینه) دبی در سری زمانی بعد از سال تغییر نیز نسبت به مقادیر متناظر آن‌ها در سری‌های زمانی قبل از سال تغییر،

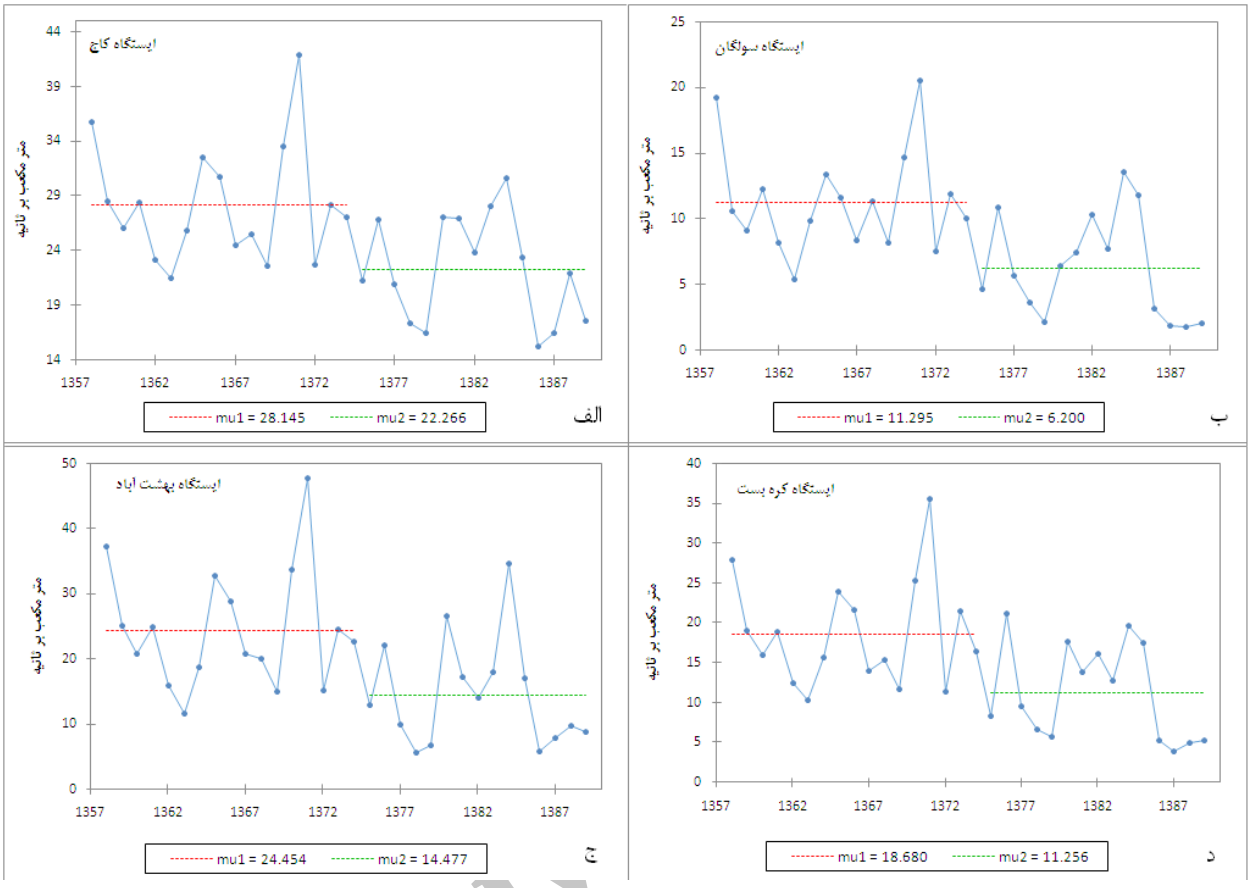
جدول ۳: سال تغییر ناگهانی در سری‌های دبی ایستگاه‌های مورد مطالعه در مقیاس سالانه و فصلی

	سالانه		تابستان		بهار		زمستان		پاییز	
ایستگاه	p-value	سال تغییر	p-value	سال تغییر	p-value	سال تغییر	p-value	سال تغییر	p-value	سال تغییر
آب تگرگ	۰/۰۹	۱۳۷٤	۰/۰۰	۱۳۷٤	۰/۰۷	۱۳۷٦	۰/۲٤	۱۳۸۵	۰/۰۳	۱۳۷۳
بهشت‌آباد	۰/۰۱	۱۳۷٤	۰/۰۰	۱۳۷٦	۰/۰۱	۱۳۷۱	۰/۱۸	۱۳۸٤	۰/۰۰	۱۳۷۵
پردنجان	۰/۰۰	۱۳۷٤	۰/۰۰	۱۳۷٦	۰/۰۳	۱۳۷٤	۰/۲۳	۱۳۷٤	۰/۰۰	۱۳۷٤
پل‌خراجی	۰/۰۱	۱۳۷٤	۰/۰۰	۱۳۷۱	۰/۱۲	۱۳٦۳	۰/۰۱	۱۳٦٤	۰/۰٤	۱۳۷۳
پل‌کره‌بست	۰/۰۳	۱۳۷٤	۰/۰۰	۱۳۷۱	۰/۰۱	۱۳۷۱	۰/۲۳	۱۳۸٤	۰/۰۰	۱۳۷۳
درکش	۰/۰۲	۱۳۷۰	۰/۰۰	۱۳۷۰	۰/۰۳	۱۳۷۰	۰/۲٤	۱۳۷۸	۰/۰۰	۱۳٦۷
دزک‌آباد	۰/۰۱	۱۳۷۱	۰/۰۰	۱۳۷۱	۰/۰۱	۱۳۷٦	۰/۲۵	۱۳۷۲	۰/۰۰	۱۳۷۳
ده چشمه	۰/۰۲	۱۳۷٤	۰/۰۱	۱۳۷۱	۰/۷۵	۱۳۷۱	۰/۰۰	۱۳۷۷	۰/۰۰	۱۳۷۵
سولگان	۰/۰۱	۱۳۷٤	۰/۰۲	۱۳۷۱	۰/۰۳	۱۳۷۱	۰/۰٤	۱۳۷٤	۰/۰۰	۱۳۷۳
کاج	۰/۰۲	۱۳۷۳	۰/۰۰	۱۳۷٦	۰/٤٦	۱۳۷۱	۰/۰۹	۱۳۸٤	۰/۰۰	۱۳۷۵
کوه سوخته	۰/۰۰	۱۳۷۳	۰/۰۰	۱۳۷۱	۰/۰۰	۱۳۷۱	۰/۱۲	۱۳۷۳	۰/۰۰	۱۳۷۳
گردبیشه	۰/۰۳	۱۳۷٤	۰/۰۱	۱۳۷٤	۰/۰۰	۱۳۷۱	۰/۱٦	۱۳۸٤	۰/٤۳	۱۳۷۵

مقادیر با «خط زیر» از نظر آماری معنی‌دار نیستند

Archive of SID

www.SID.ir



نگاره ۳: تغییرات دبی سالانه در چهار ایستگاه منتخب در دوره آماری ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۹
(خط‌های نقطه چین میانگین سری‌های قبل و بعد از نقطه تغییر می‌باشند)

دچار کاهش قابل ملاحظه شده‌اند.

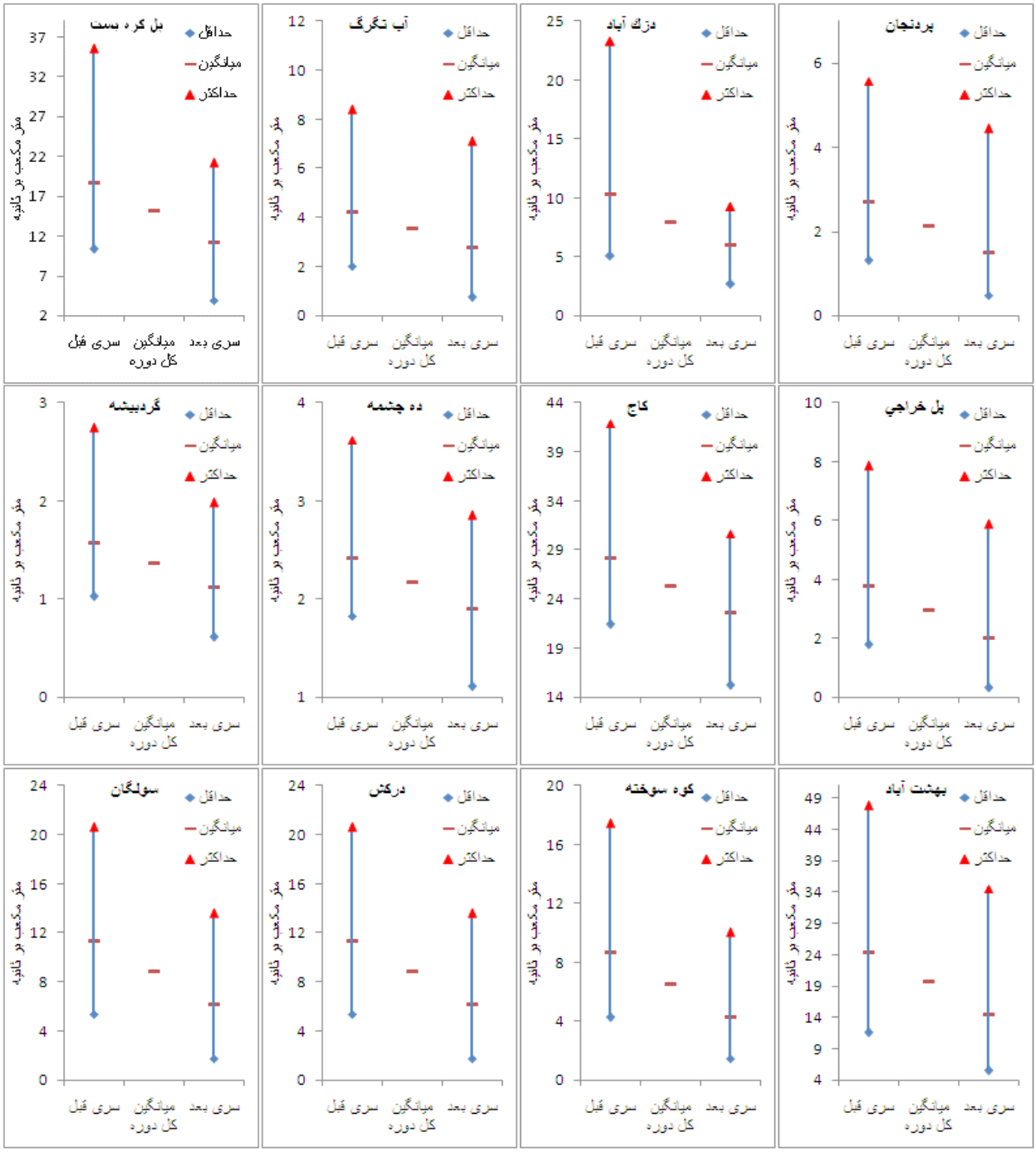
از مطالب بالا می‌توان نتیجه گرفت که مقدار جریان در تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در دو دهه اخیر دچار کاهش قابل ملاحظه‌ای شده‌اند به نحوی که علاوه بر میانگین، مقادیر کمینه و بیشینه دبی‌ها نیز دچار افت شدید شده‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد دبی در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در مقیاس فصلی و سالانه دارای روندی کاهشی می‌باشند. ایستگ اه بهشت آباد که در سال‌های اخیر بحث انتقال بخشی از آب آن به حوضه مرکز کشور بحث‌های جنجالی در پی داشته است، بیشترین مقدار کاهش دبی را نشان داد.بررسی سال تغییر ناگهانی در دبی رودخانه‌های مورد بررسی که با استفاده از روش پتیت انجام گرفت، نشان داد که دبی ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در اواسط دهه ۱۳۷۰ دچار تغییر ناگهانی و کاهشی شده‌اند و میانگین دبی دچار کاهش معنی‌دار شده است.

تغییرات ایجاد شده در دبی رودخانه‌های مورد بررسی در طول زمان می‌تواند ناشی از تغییرات پارامترهایی مانند بارش و دما باشد. قطره سامانی (۱۳۸۲) با بررسی بارش‌های استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که بارش‌های استان بویژه بارش‌های زمستانه و بهاره دارای روند کاهشی هستند. او بیان می‌کند که تغییرات در میزان بارش در دهه چهارم مورد بررسی (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰) نسبت به میانگین دوره و دهه قبل در شمال استان کاهش داشته است. رسولی و همکاران (۱۳۹۰)

Archive
www.SID.ir



نگاره ٤: مقایسه مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین دبی سالانه در سری‌های زمانی قبل و بعد از سال تغییر

روند بارش در ایستگاه شهرکرد را کاهشی گزارش کرد.

مقدار بارش در منطقه کوهرنگ به عنوان مهمترین ایستگاه استان از لحاظ تأمین آب رودخانه‌های محلی و همچنین کارون و زاینده‌رود، داری روند شدید کاهشی است به نحوی که در طول کل دوره آماری مقدار کاهش معادل ۵۳۰ میلیمتر می‌باشد. مقدار میانگین بارش این ایستگاه در ده سال اخیر (۱۳۹۲-۱۳۸۳) حدود ۱۳۰ میلی متر نسبت به میانگین درازمدت کاهش نشان می‌دهد. کاهش در میانگین

www.SID.ir

بارش در دهه اخیر در بسیاری از ایستگاه‌های استان مشاهده می‌گردد. در مجموع می‌توان گفت وقوع خشکسالی‌های متمادی در سال‌های اخیر که منجر به کاهش شدید بارش شده است در کاهش دبی رودخانه‌های مورد بررسی نقش کلیدی داشته و منجر به ایجاد روند کاهشی در سری‌های دبی شده است. علاوه بر بارش، تغییرات دما نیز می‌تواند بر تغییرات دبی رودخانه‌ها مؤثر باشد. قاسمی (۲۰۱۵) در تحقیقی، کشور را بر اساس متوسط دمای سالانه به چهار منطقه دمایی تقسیم کرد که منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر جزء خوشه دوم می‌باشد. ایشان نشان داد که تغییرات دما در این منطقه دارای روندی افزایشی است که از اوسط دهه ۱۹۹۰ (اواسط دهه ۱۳۷۰) دچار یک جهش شده و دما بصورت چشمگیری افزایش یافته است. این نتایج با تغییر ناگهانی ایجاد شده در خط روند دبی رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه (اواسط دهه ۱۳۷۰) همخوانی دارد. مطالعات متعددی نیز در دنیا نشان داده‌اند که تغییر در سری‌های زمانی دمای هوا در دهه ۱۹۹۰ (۱۳۷۰) اتفاق افتاده است *(یوستا اقلو، ۲۰۱۲؛ روی و زی هوان، ۲۰۱۳؛ زرینستانک و همکاران، ۲۰۱٤)*.

افزایش دما باعث تغییر نوع بارش‌ها در استان چهارمحال و بختیاری از برف به باران شده است. براساس گزارش سازمان آب منطقه‌ای استان در مناطق برف‌خیز استان مقدار بارش برف و باران در حدود دو دهه قبل به ترتیب ۷۰% و ۳۰% بوده است در حالیکه در سال‌های اخیر شرایط کاملاً برعکس شده و مقدار بارش برف ۳۰% و باران ۷۰% می‌باشد. کاهش سطح برف منجر به کاهش آلبیدوی سطح و افزایش دمای سطح زمین می‌شود که همین امر، باعث افزایش تبخیر می‌گردد. افزایش تبخیر از مهمترین منابع اتلاف منابع آبی محسوب می‌شود. با توجه به اینکه رژیم آبی رودخانه‌های مورد مطالعه، رژیم برفی می‌باشد این پدیده می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر منابع آبی منطقه داشته باشد. همچنین افزایش دما به دلیل کم کردن رطوبت اولیه خاک می‌تواند از مقدار و شدت رواناب‌ها بکاهد که در نهایت منجر به کاهش دبی می‌گردد. آشگر طوسی و همکاران (۱۳۸۲) نیز اظهار داشتند، کاهش بارندگی و نباریدن برف و نبود یخبندان کافی می‌تواند ذخایر آب‌های سطحی را به شدت کاهش دهد.

در نهایت با توجه به روند کاهشی درازمدت دبی‌های استان، باید انتظار داشت که این روند کم و بیش در آینده نیز ادامه یابد، بنابراین در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در مورد بهره‌برداری از منابع با ارزش آبی استان چهارمحال و بختیاری و بویژه بحث‌های انتقال بین حوضه‌ای باید به این مسئله بصورت ویژه توجه گردد.

منابع و مآخذ

۱- آشگر طوسی ش.، علیزاده ا. وجوانمرد س. ۱۳۸۲. پیش بینی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان. تحقیقات جغرافیایی. ۱۰: ۱۲۸-۱۱۹.

۲- اسمعیل پور م. و دین پژوه ی. ۱۳۹۱. تحلیل روند بلندمدت تبخیر تعرق پتانسیل در حوضه جنوبی رود ارس، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی ٤۷: ۲۱۰- ۱۹۳.

۳- رسولی ع.ا.، روشنی ر. و قاسمی ا.ر. ۱۳۹۲. تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش‌های سالانه ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیای. ۱۰۸: ۲۲۳-۲۰۵.

٤- عساکره ح. ۱۳۹۲. تحلیل روند موسم‌های خشک و تر در شهر زنجان، جغرافیا و توسعه ۳۱: ٥٦-٤۷.

٥- قاسمی ا.ر. ۱۳۹۱. مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابری با تأکید بر روزهای بارش در ایران. رساله دکتری، جغرافیای طبیعی- اقلیم‌شناسی، دانشگاه تبریز، ۱۲۰ صفحه.

٦- قزل سفلو م.، دین پژوه ی.، قربانی م.و فاخری فر ا. ۱۳۹۰. تحلیل روند تغییرات زمانی جریان رودخانه‌های استان آذربایجان‌شرقی. علوم و مهندسی آبیاری ۱: ۸۱-۷۱.

۷- قطره سامانی س. ۱۳۸۲. آشکارسازی تغییرات دما و بارش نسبت به میانگین در استان چهارمحال و بختیاری. سومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم. اصفهان. ۱۳۸۲.

۸- مساعدی ا. و کوهستانی ن. ۱۳۸۹.تحلیل روند تغییرات دبی رودخانه‌های استان گلستان با استفاده از روش‌های

Archive of SID

www.SID.ir

پارامتری و ناپارامتری. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییراقلیم، تهران.
۹- معروفی ص. و طبری ح. ۱۳۹۰. آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی ۱۰۱: ۱٤٦-۱۲۵.
۱۰- میرعباسی نجف آبادی ر. و دین پژوه ی. ۱۳۸۹. تحلیل روند تغییرات جریان آب رودخانه‌های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر. مجله آب و خاک دانشکده دانشگاه فردوسی مشهد ٤: ۷۵۷-۷٦۸.
11- Danneberg D. 2012.Changes in Runoff Time Series in Thuringia, Germany-Mann-Kendall Trend Test and Extreme Value Analysis. Advance Geosciences, 31: 49–56.
12- Delgado J.M., Apel H. and Merz B. 2010.Flood trends and variability in the Mekong River. Hydrology Earth System Science, 14: 407-418.
13- Gao P., Mu X., Wang F., and Li R. 2011. Changes in stream flow and sediment discharge and the response to human activities in the middle reaches of the Yellow River. Hydrology Earth System Science, 15: 1–10.
14- Ghasemi, A.R., 2015. Changes and trends in maximum, minimum and mean temperature series in Iran.Atmospheric Science Letters. 16: 366–372.
15- IPCC.2013. Climate Change, Working Group I, the Physical Science Basis. United Nations Environment Program (UNEP) and World Meteorological Organization (WMO).
16- JainS.K. and Kumar V. 2012.Trend analysis of rainfall and temperature data for India. Current Science, 102: 37-49.
17- Jiang T., Su B. and Hartmann H. 2007. Temporal and spatial trends of precipitation and river flow in the Yangtze River Basin, 1961-2000, Geomorphology, 85: 143-154.
18- Kumar S., Merwade V., Kam J., and Thurner K. 2009. Stream flow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. Journal of Hydrology, 374: 171-183.
19- Nalley D. 2012. Analyzing trends in temperature, precipitation and stream flow data over southern Ontario and Quebec using the discrete wavelet transform. A thesis submitted to McGill University in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science. Department of Bioresource Engineering McGill University, Montreal.
20- Rui L. and ZhiHua Z. 2013.Analysis on Temperature Variation over the Past 55Years in Guyuan City, China. International Journal Science and Research, 2: 2319-7064.
21- SahinS. and Cigizoglu H.K. 2010. Homogeneity analysis of Turkish meteorological data set. Hydrological Processes, 24: 981–992.
22- Salami A.W., Mohammed A.A., Abdulmalik Z.H., and Olanlokun O.K. 2014. Trend Analysis of Hydro-meteorological Variables using the Mann-Kendall Trend Test: Application to the Niger River and the Benue sub-basins in Nigeria. International Journal of Technology, 2: 100-110.
23- SmadiM. and Zghoul A. 2006.A Sudden Change in Rainfall Characteristics in Amman, Jordan during the Mid-1950s. American Journal of Environmental Science, 3: 84-91.
24- Thodsen H. and Hydrol J. 2007.The influence of climate change on stream flow in Danish rivers. Journal of Hydrology 333: 226-238.
25- Ustaoghlu , B. 2012, Trend analysis of annual mean temperature data using Mann-Kendall rank correlation in Turkey for the period of 1970-2011. The 2nd International Balkan Conference (IBAC 2012).10-13 October 2012. Tirana-Albania.
26- Xu Z., Liu Z., Fu G. and Chen Y. 2010. Trends of major hydro climatic variables in the Tarim River basin during the past 50 years. Journal of Arid Environments, 74: 356-267.
27- Zarenistanak, N, A. Dhorde, and R.H. Kripalani. 2014, Trend analysis and change point detection of annual and seasonal precipitation and temperature series over southwest Iran. J. Earth Syst. Sci., 123: 281–295.
28- Zhang W., Yixin Y., Jinhai Z., Ling L., Xue D. and Huijuan C. 2009.Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. Global and Planetary Change, 69: 35–47.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir