

بررسی اثرات دوره خشک‌سالی هیدرولوژیک اخیر بر میزان شوری رودخانه کارون

صفورا شطی^{۱*}، علی محمد آخوندعلی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۹

چکیده

رودخانه کارون بزرگ‌ترین رودخانه ایران به‌شمار می‌رود. وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک از سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ و تداوم آن تا سال‌های اخیر، توسعه زمین‌های کشاورزی، احداث حوضچه‌های پرورش ماهی، تخلیه زهاب کشاورزی، پساب شهری و صنعتی از جمله عواملی است که پایش کیفیت آب کارون را به یک ضرورت ملی تبدیل کرده است. این مطالعه با هدف بررسی وضعیت کیفی آب رودخانه کارون در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ در محل ایستگاه‌های هیدرومتری گتوند، بامدژ، ملاطانی و اهواز انجام گرفت. متغیرهای مورد بررسی شامل EC (هدایت الکتریکی)، TDS (کل مواد جامد محلول) و Q (دبی) است. در این تحقیق از آزمون‌های من - کندال و پتیت به ترتیب برای بررسی روند و تعیین نقطه شکست و از شاخص‌های SDI و SPI جهت محاسبه خشک‌سالی هیدرولوژیک و هواشناسی سری‌های زمانی استفاده شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که هم‌زمان با شروع خشک‌سالی هیدرولوژیک و کاهش شدید در دبی رودخانه کارون از سال ۱۳۸۶، متوسط هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های گتوند و اهواز به ترتیب ۳۷ و ۵۶ درصد افزایش داشته است. اگر آبی با شوری ۱۱۵۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر از محل سد تنظیمی گتوند خارج شود، شوری آب در اهواز به ۲۱۰۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش می‌یابد. بدین ترتیب عمده آلودگی رودخانه در پایین‌دست سد گتوند رخ می‌دهد. افت کیفیت آب در پایین‌دست بر اثر ورود عواملی هم‌چون آب برگشتی از زمین‌های کشاورزی، رودخانه شوردشت بزرگ، پساب حوضچه‌های پرورش ماهی در حاشیه گرگر و پساب صنعتی و شهری به رودخانه کارون می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پتیت، خشک‌سالی هیدرولوژیک، رودخانه کارون، سد گتوند، کیفیت آب، من - کندال

مقدمه

اثر وجود آب کمتر از حد نرمال حاصل شود و می‌توان آن را به صورت انحراف از شرایط عادی متغیرهایی مانند بارندگی، رطوبت خاک، آب زیرزمینی و جریان رودخانه قلمداد کرد (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۳). به طور کلی می‌توان خشک‌سالی را از چهار دیدگاه هواشناسی، هیدرولوژیک، کشاورزی و اجتماعی - اقتصادی مورد بررسی قرار داد. در اثر کمبود بارش بر یک منطقه وسیع و برای یک دوره زمانی طولانی، حجم جریان رودخانه‌ها یا سطح آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد و منجر به وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک می‌شود (Yildiz, 2009). برای اطلاع از چگونگی وضعیت شوری آب رودخانه‌ها از دو شاخص EC (هدایت الکتریکی) و TDS (کل مواد جامد محلول) استفاده می‌شود (بی‌نام، ۱۳۹۴). طی سال‌های اخیر مطالعات گسترده-ای در زمینه بررسی وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک و تحلیل روند متغیرهای هیدرولوژیک در سطح جهانی و ملی صورت گرفته است این موضوع نشان از اهمیت بالای این مطالعات دارد که می‌توان موارد زیر را به عنوان نمونه در این خصوص ذکر کرد:

عبادی‌فر و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی دوره‌های خشک‌سالی هیدرولوژیک با استفاده از شاخص SDI در حوضه آبریز رودخانه گرگان رود استان گیلان، نشان دادند که شدیدترین خشک‌سالی

اهمیت شناخت و تعیین وضعیت کیفی آب بر کسی پوشیده نیست. به ویژه این که املاح موجود در آب برای مصارف مختلف باید در بازه معین و تعریف شده‌ای قرار داشته باشند تا اثرات سو در محیط و بر مصرف کننده نداشته باشد (بی‌نام، ۱۳۹۴). از مهم‌ترین عوامل و چالش‌های تاثیرگذار بر کیفیت منابع آب کارون در سال‌های اخیر می‌توان به کاهش میزان دبی (خشک‌سالی هیدرولوژیک)، زهکش زمین‌های کشاورزی، شاخه‌ها و مسیل‌های شور طبیعی (جلوگیر مرغاب، اندیکا، شور لالی، شوردشت بزرگ، کیارس، دره شور)، حوضچه‌های پرورش ماهی، پساب شهری و صنعتی اشاره کرد (بی-نام، ۱۳۹۴). خشک‌سالی به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن پیامدهای نامطلوب و گسترده اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی در

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
* - نویسنده مسئول: (Email: safoorashatti71@gmail.com)

سالانه نیز در مناطق مختلف حوضه، روند مثبت و منفی به صورت هم‌زمان وجود دارد. (Xu et al., 2010). کتاتا و همکاران، کیفیت آب زیرزمینی آبخوان عمیق گابس^۱ در جنوب شرق تونس و عوامل موثر بر آن را بررسی نمودند (Ketata et al., 2011). مشتطی و رادفر (۱۳۹۶) با بررسی روند تغییرات EC و TDS در بازه گتوند - بهمن شیر ایستگاه ۱۱ رودخانه کارون در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ نشان دادند که مقادیر حداکثر مربوط به رود شور دشت بزرگ و توسعه زهکش غربی نیشکر می‌باشد و در فصل‌های پاییز و بهار نیز اختلاف معنی‌دار آماری در متوسط EC و TDS نشان داده شده است. صالح‌وند و سبزواری (۱۳۹۳) به بررسی آلودگی زیست محیطی رودخانه‌ها و تغییرات کیفی آب در چند سال اخیر (مطالعه موردی در ایستگاه گتوند) پرداختند. در این تحقیق برای مورد توجه قرار گرفتن تغییرات کیفیت، داده‌ها به ۴ دوره زمانی ۱۰ ساله تقسیم شد. در برخی موارد، تغییرات شدیدی در کیفیت آب دوره چهارم مشاهده گردید. افزایش میزان هدایت الکتریکی، کلر، سختی آب و سدیم از نتایج این تحقیق بود. حسن‌وند و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تغییرات کیفی آب موجود در فرازبند سد گتوند علیا پرداختند. مقایسه نتایج بدست آمده سال ۱۳۸۸ با مقادیر موجود در سال ۱۳۸۶ کاهش نشان می‌دهد که مقدار pH و EC افزایش یافته است. کاهش کیفیت آب را می‌توان به حضور سازندهای گچساران و آغاچاری در منطقه نسبت داد. زارعی و آخوندعلی (۱۳۸۵)، در تحقیقی به بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه کارون در بازه گتوند - شوشتر و تاثیر رودشور بر کیفیت آن پرداختند. نتایج نشان داد که رود شور با دبی خیلی کم در قیاس با دبی رودخانه کارون، تاثیر بسزایی بر کیفیت آب کارون در پایین‌دست خود دارد. از مرور منابع استنباط می‌شود که طی سال‌های اخیر، تحقیق کاملی در خصوص کیفیت آب رودخانه کارون و ارتباط آن با خشک‌سالی هیدرولوژیک صورت نگرفته است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، یافتن ارتباط بین تغییرات دبی و شوری در حوضه آبریز کارون با اعمال روش‌های ناپارامتریک من - کندال و پتیت و بررسی خشک‌سالی هیدرولوژیک و هواشناسی با استفاده از شاخص‌های SDI و SPI می‌باشد.

مواد روش‌ها

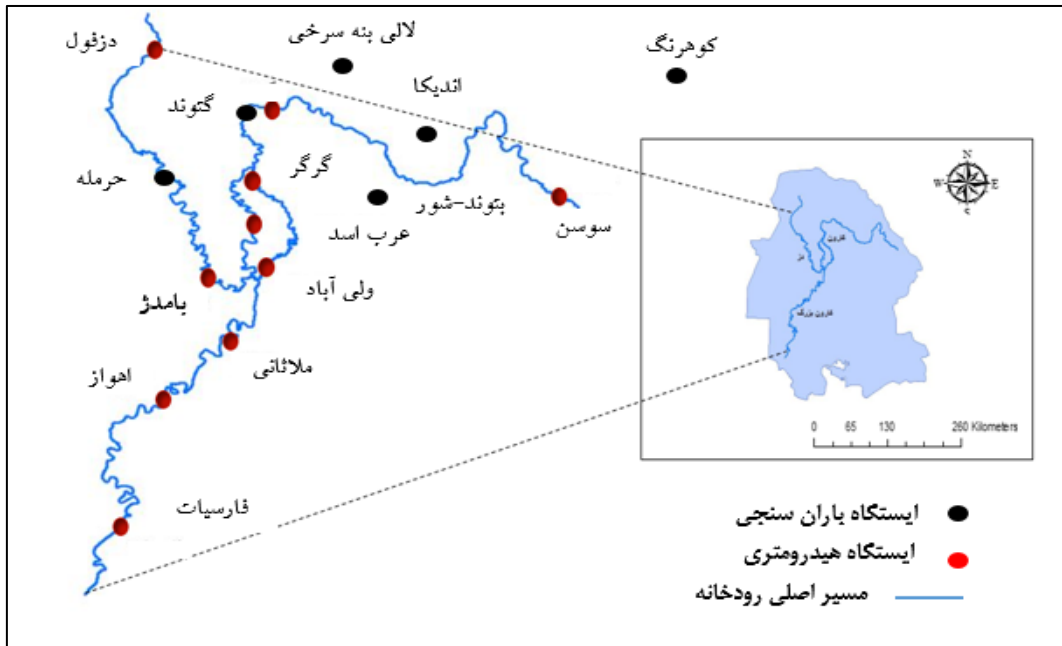
منطقه مورد مطالعه و داده‌های استفاده شده

رودخانه کارون بزرگ‌ترین رودخانه ایران است که آب‌های مناطق وسیعی از کشور را جمع‌آوری و به خلیج فارس منتقل می‌نماید.

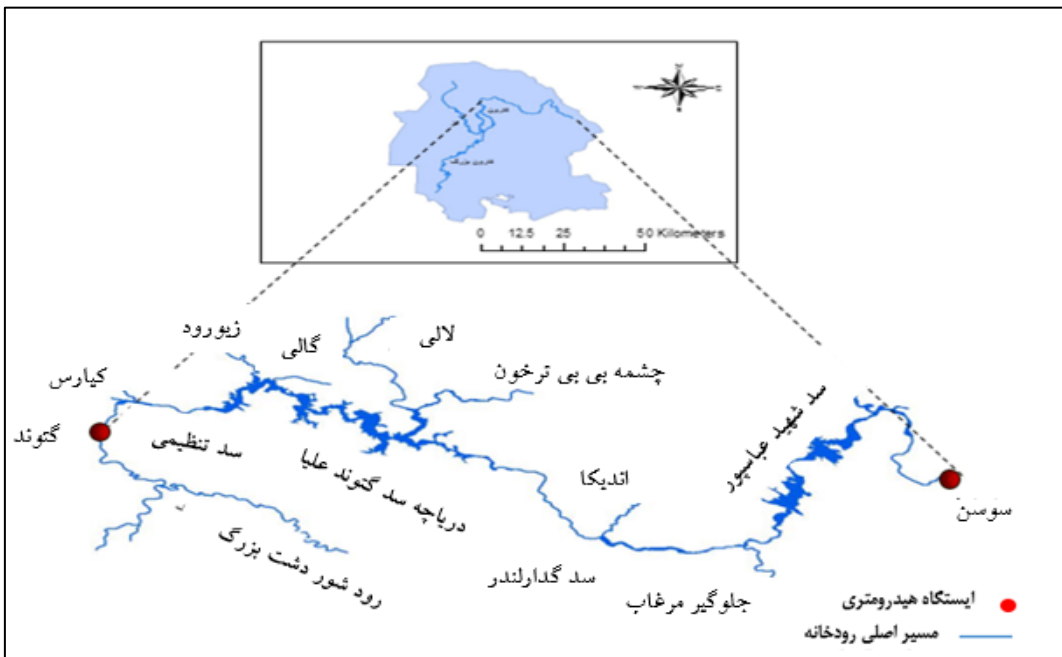
حوضه در سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ مشاهده شده است. اکبری ولنی و مصباح‌زاده (۱۳۹۶)، روند خشک‌سالی هیدرولوژیک با استفاده از آزمون من - کندال در ۶ ایستگاه هیدرومتری استان البرز را مورد بررسی قرار دادند. سلیمانی ساردو و بهره‌مند، به ارزیابی خشک‌سالی هیدرولوژیک با استفاده از شاخص SDI در حوضه هلیل - رود ایران پرداختند. نتایج نشان داد همبستگی بالایی بین شاخص بارش استاندارد به عنوان شاخص هواشناسی و شاخص هیدرولوژیک وجود دارد (Soleimani-Sardou and Bahremand., 2014). طبری و همکاران اقدام به ارزیابی خشک‌سالی هیدرولوژیک با استفاده از شاخص SDI در شمال غرب ایران کردند (Tabari et al., 2013). فیشر و همکاران، از نمایه دبی استاندارد شده (SDI) در مقیاس دو ساله برای تحلیل خشک‌سالی‌ها در ۶ حوضه جنوب چین استفاده نمودند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که برخی از حوزه‌ها یک دوره خشک‌سالی را تجربه کرده‌اند، که بیش‌تر شامل حوضه‌های شمالی در جنوب چین می‌باشند (Fisher et al., 2013). چیت‌سازان و همکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقی به بررسی خشک‌سالی با استفاده از شاخص بارندگی SPI و ارزیابی آسیب‌پذیری رخداد آن بر منابع آب زیرزمینی دشت گتوند پرداختند. شدیدترین خشک‌سالی مربوط به سال آبی (۱۳۸۷-۱۳۸۶) و تداوم آن در سال بعد می‌باشد. خشک‌سالی همراه عوامل دیگر، افتی حداکثر بین ۶ تا ۹ متر را در این مناطق موجب شده است. حسینی زارع و سعادتی (۱۳۸۰)، اثرات خشک‌سالی بر کیفیت منابع آب رودخانه‌های کارون و دز در استان خوزستان را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه نشان داد که اگر چه پدیده خشک‌سالی باعث کاهش کیفیت آب رودخانه‌های کارون و دز شده است ولی آن‌چه باعث افزایش بی‌رویه شوری گردیده است، افزایش مصارف و برداشت و در نتیجه تخلیه آلاینده‌ها و به خصوص زهکش‌های کشاورزی ناشی از توسعه و اجرای طرح‌های جدید آبیاری و توسعه کشاورزی است. ناظری تهرودی و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی روند بارش با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال اصلاح شده و با حذف کامل ساختار خود همبستگی حوضه دریاچه ارومیه پرداختند. دوهان و پاندی، در پژوهشی به مطالعه تغییرات زمانی و مکانی بارش ۱۰۲ ساله منطقه مادیا پاداش هندوستان پرداختند. آن‌ها از آزمون من - کندال و تخمین‌گر شیب سن به منظور تعیین روند یکنواخت بارش و از آزمون پتیت برای تشخیص نقاط شکست استفاده کردند (Duhan and Pandey., 2013). ژو و همکاران، با کاربرد آزمون ناپارامتری من - کندال بر روی دمای هوا، بارندگی و دبی جریان در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه طی دوره آماری ۲۰۰۷-۱۹۶۰ در حوضه تاریخی چین به این نتیجه رسیدند که دمای سالانه ۸۰ درصد ایستگاه‌ها و بارندگی ۱۲ درصد ایستگاه‌ها دارای روند مثبت معنی‌دار هستند. در خصوص دبی

در نهایت به خلیج فارس وارد می‌گردد (بی‌نام، ۱۳۹۴). موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی فعال و هم‌چنین شاخه‌های شور طبیعی ورودی به کارون در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. در این مطالعه آمار و اطلاعات بارش، دبی، کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی منطقه مورد مطالعه از سازمان آب و برق خوزستان و شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس تامین گردید.

سرشاخه‌های اصلی کارون را رودخانه‌های خراسان، آب و ننگ، بازفت و رودخانه کوه‌رنگ تشکیل می‌دهند. این رود، پس از گذر از مناطق کوهستانی و پر پیچ و خم و شهرهایی هم‌چون ایذه و مسجدسلیمان در امتداد مسیر خود از منطقه گتوند در ۲۵ کیلومتری شمال شوشتر وارد دشت خوزستان می‌شود. این رودخانه در شهرستان شوشتر به دو شاخه گرگر و شطیط تقسیم می‌شود. کارون پس از پیوستن دز به آن در محل بند قیر در ادامه مسیر خود با عبور از شهرهای اهواز و آبادان



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی فعال در منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- موقعیت مسیل‌ها و شاخه‌های شور طبیعی ورودی به کارون

در این پژوهش جهت بررسی همگنی و وجود روند داده‌های هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول و دبی در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۰ از آزمون‌های ناپارامتریک پتیت و من-کندال و از شاخص‌های خشک‌سالی جریان رودخانه (SDI) و بارش استاندارد شده (SPI) به منظور تعیین خشک‌سالی هیدرولوژیک و هواشناسی استفاده شد.

یکی از روش‌های پرکاربرد در بررسی تغییر روند داده‌ها، آزمون ناپارامتریک من - کندال است. از آن‌جا که روش‌های ناپارامتریک به مقادیر داده‌های پرت، داده‌های گم شده و فرض نرمال داده‌ها کم‌تر حساس بوده و هم‌چنین در این روش‌ها نیازی به تعیین خطی و یا غیرخطی بودن روند داده‌ها نیست، از کاربرد گسترده‌تر و چشم‌گیرتری نسبت به روش‌های پارامتریک برخوردارند (ناظری تهرودی و همکاران، ۱۳۹۶). در حقیقت این روش برای اولین بار توسط من^۱ در سال ۱۹۴۵ استفاده شد و کندال^۲ در سال ۱۹۷۵ توزیع آماری این آزمون را بدست آورد. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک به معنی وجود روند در سری داده‌ها است. فرض اصلی مطالعات تحلیل روند با آزمون MK، مستقل بودن و عدم وجود خودهمبستگی معنی‌دار در داده‌های نمونه است. با این وجود ممکن است برخی سری‌های هیدرولوژیک مانند دبی جریان دارای ضریب خودهمبستگی معنی‌دار باشند. بنابراین لازم است قبل از انجام آزمون، اجزای خودهمبستگی از سری داده‌ها حذف شود. این فرآیند اصطلاحاً پیش سفید کردن نامیده می‌شود (ترابی پوده و امامقلی‌زاده، ۱۳۹۴). در این پژوهش از روش حامد و راثو (Hamed and Rao., 1998) به منظور حذف اثر کامل ضرایب خودهمبستگی استفاده شد. در این تحقیق از آزمون من - کندال به منظور بررسی وجود و یا عدم وجود روند معنی‌دار در سری‌های زمانی استفاده شد. پس از آن به منظور بررسی زمان وقوع نقطه تغییر در سری‌های زمانی از آزمون ناپارامتریک پتیت استفاده شد. آزمون پتیت از نوع رتبه‌ای و توزیع آزاد بوده که برای تعیین معناداری تغییر در میانگین یک سری زمانی به کار گرفته می‌شود. به ویژه این آزمون زمانی که هیچ‌گونه فرضی در مورد مکان نقطه تغییر وجود ندارد بسیار مناسب و کاربردی است (سالاری جزی و همکاران، ۱۳۹۰). در این مطالعه جهت ارزیابی و پایش خشک‌سالی هواشناسی از شاخص بارش استاندارد شده SPI استفاده شد. این شاخص به وسیله مک‌کی و همکارانش به منظور پایش وضعیت خشک‌سالی ارایه گردید (Mc Kee et al., 1993). این شاخص به علت ساده بودن محاسبات، استفاده از داده‌های بارندگی قابل دسترس و قابلیت محاسبه برای مقیاس زمانی دل‌خواه به عنوان مناسب‌ترین

شاخص برای بررسی خشک‌سالی هواشناسی شناخته می‌شود (ناصرزاده و احمدی، ۱۳۹۱). در نهایت با استفاده از شاخص SDI به بررسی وقوع و یا عدم وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. خشک‌سالی هیدرولوژیک با کمبود جریان در جنبه‌های مختلفی از جمله جریان سطحی رودخانه‌ها، سطح مخازن و افت سطح ایستابی در سفره‌های آب زیرزمینی بروز می‌کند. به دلیل پیچیدگی‌های حاکم بر سیکل هیدرولوژیک، شناخت و تفسیر این نوع خشک‌سالی نیازمند داده‌های زیاد با طول دوره آماری بلندمدت (حداقل ۳۰ سال) و دخالت متغیرهای متنوعی است. در این خصوص شاخص‌های PHDI^۳ و SWSI^۴ به دلیل نیازمندی به اطلاعات زیاد عملاً در بسیاری از مناطق دنیا کارایی ندارند (اسلامی و شکوهی، ۱۳۹۲). از این منظر، پژوهشگران بسیاری لزوم ارائه شاخصی ساده، قابل فهم و انجام شدنی با استفاده از داده‌های سهل وصول مانند دبی جریان سطحی رودخانه را مورد تاکید قرار داده‌اند. حاصل تلاش پژوهشگران، منجر به ارائه شاخص هیدرولوژیک SDI شده است. این شاخص توسط نالبانتیس و تیساکیریس (Nalbantis and Tsakiris., 2008) برای مشخص کردن خشک‌سالی هیدرولوژیک توسعه داده شد. جهت اطلاع از آماره آزمون‌های من - کندال، پتیت، خشک‌سالی هیدرولوژیک و خشک‌سالی هواشناسی به ترتیب به کومار و همکاران (Kumar et al., 2009)، پتیت (Pettit., 1979)، نالبانتیس و تیساکیریس (Nalbantis and Tsakiris., 2008) و مک‌کی و همکاران (Mc Kee et al., 1993) مراجعه شود.

نتایج و بحث

نتایج آزمون من - کندال

در این مطالعه روند تغییرات هدایت الکتریکی سالانه رودخانه کارون در ایستگاه‌های گنوند، بامدر، ملاثانی و اهواز با استفاده از آزمون من - کندال در بازه زمانی ۱۶ ساله ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ با پیش فرض عدم وجود نقطه تغییر محاسبه گردید. این آزمون در سطح معنی‌داری ۵ درصد مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. مثبت یا منفی بودن شاخص tau بیان‌کننده صعودی و نزولی بودن روند می‌باشد. چنان‌چه شاخص p-value کم‌تر از ۰/۰۵ باشد، روند در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار است. نتایج آزمون من - کندال در جدول شماره ۱ حاکی از آن است که روند کاهشی دبی در همه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه اهواز معنی‌دار است. از دیگر نتایج این آزمون می‌توان به روند افزایشی پارامترهای هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در همه ایستگاه‌ها اشاره کرد. این روند افزایشی به جز در ایستگاه گنوند

3- Palmer Hydrological Drought Index

4- Surfer Water Supply Index

1- Mann

2- Kendall

امکان دسترسی به آب با کیفیت مناسب خروجی از سد گذارلندر در محل سد گتوند است. اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی به تنهایی نمی‌تواند دلیل قاطع بر وقوع یک رخداد خاص باشد ولی فرض آن را تقویت می‌کند. بر اساس نظر بهداروند و همکاران (۱۳۹۳) روند در سری‌های هیدرولوژیک ناشی از دلایلی چون تغییر اقلیم، کاربری اراضی و مدیریت حوضه آبریز است. هدف اصلی از انجام این تحقیق یافتن ارتباط بین وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک و شور شدن رود کارون در سال‌های اخیر است. بنابراین در ادامه برای بررسی هر چه دقیق‌تر این مسئله و یافتن زمان دقیق شروع معنی‌داری در روند داده‌ها از آزمون ناپارامتری پتیت استفاده شد.

(پارامتر هدایت الکتریکی) معنی‌دار است. غیرمعنی‌داری هدایت الکتریکی در بازه زمانی مورد مطالعه ناشی از کاهش ۲۸۷ واحدی شوری سال ۱۳۹۵ نسبت به ۱۳۹۴ و نزدیک شدن این پارامتر به مقدار خود در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ (قبل از کاهش شدید دبی رودخانه) می‌باشد. برای اثبات این ادعا آزمون من‌کنندال بر داده‌های سری زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ اعمال شد. مقدار p-value حاصل از آزمون ۰/۰۰۰۱ و ۰/۳۹ tau محاسبه شد. کاهش متوسط شوری در سال ۱۳۹۵ ناشی از افزایش دبی خروجی از لایه فوقانی مخزن سد گتوند و عدم استفاده از تخلیه‌کننده تحتانی در بیش‌تر از ۷ ماه سال بوده است (در سال‌های پس از آب‌گیری، در مخزن سد ۳ لایه تحتانی، میانی و فوقانی شکل گرفته است. جدا شدن آب‌های با کیفیت متفاوت و لایه‌بندی مخزن سد گتوند، به مفهوم ایجاد

جدول ۱- نتایج بررسی آزمون من - کندال بر سری زمانی هدایت الکتریکی، دبی و کل مواد جامد محلول

نام ایستگاه	رودخانه	پارامتر	Kendall's tau	p-value
گتوند	کارون	Q (دبی)	-۰/۵	۰/۰۰۰۱**
		EC (هدایت الکتریکی)	-۰/۳۳۳	۰/۰۷۹ ^{ns}
		TDS (کل مواد جامد محلول)	-۰/۳	۰/۰۰۵**
بامدژ	دز	Q (دبی)	-۰/۳۱۷	۰/۰۰۹**
		EC (هدایت الکتریکی)	۰/۵۵	۰/۰۰۰۱**
		TDS (کل مواد جامد محلول)	۰/۶	۰/۰۰۱**
ملاثنای	کارون بزرگ	Q (دبی)	-۰/۳۱۷	۰/۰۱۳**
		EC (هدایت الکتریکی)	-۰/۳۸۳	۰/۰۰۰۱**
		TDS (کل مواد جامد محلول)	-۰/۴	۰/۰۰۰۱**
اهواز	کارون بزرگ	Q (دبی)	-۰/۲	۰/۱۲۱ ^{ns}
		EC (هدایت الکتریکی)	-۰/۳۱۷	۰/۰۰۴**
		TDS (کل مواد جامد محلول)	۰/۳۱۷	۰/۰۰۴**

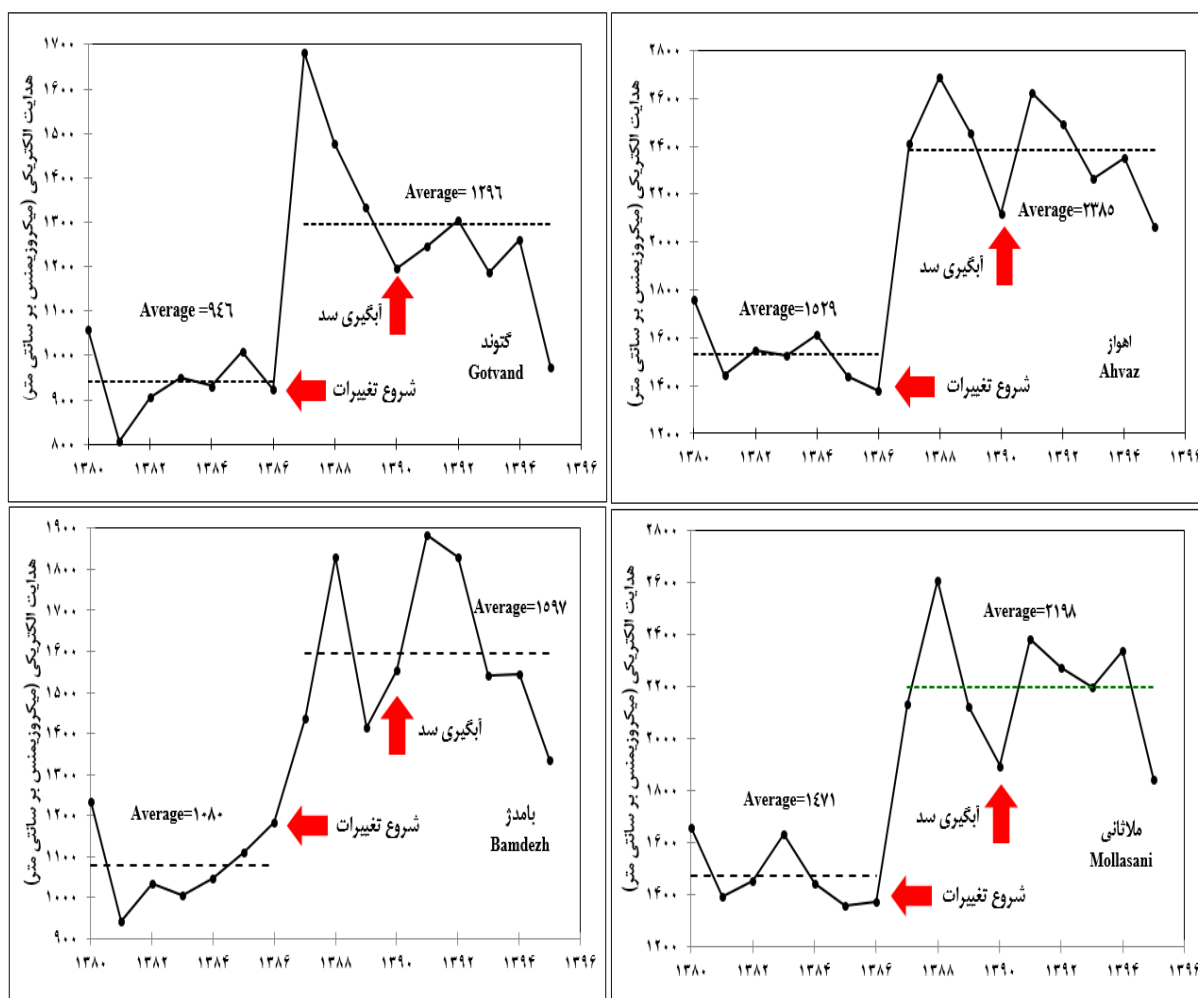
** معنی‌داری در سطح ۵ درصد

^{ns} فاقد معنی داری

نتایج آزمون پتیت

ساختاری در داده‌ها می‌بایست روند در هر جز سری به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. نتایج آزمون پتیت بیانگر کاهش دبی و افزایش شوری رودخانه کارون از سال ۱۳۸۶ است. طی سال‌های اخیر، تنها عامل شوری رودخانه کارون، آب‌گیری سد گتوند علیا معرفی شده است. حال آن‌که تغییر در ساختار داده‌های هدایت الکتریکی از ۳ سال قبل از آب‌گیری سد گتوند علیا هم‌زمان با کاهش شدید در میزان دبی رودخانه در همه ایستگاه‌ها حتی ایستگاه بامدژ واقع در انتهای دز شروع شده است. در شکل ۳ نمودار سری زمانی هدایت الکتریکی ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه پس از اعمال آزمون پتیت قابل مشاهده است.

غیرهمگنی در سری‌های زمانی ممکن است در اثر یک تغییر ناگهانی یا یک روند تدریجی و یا یک جهش مازاد بر یک روند رخ دهد (Easterling and Peterson., 1995). آزمون ناپارامتریک پتیت به منظور تعیین نقطه تغییر در سری زمانی دبی، هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول ایستگاه‌های گتوند، بامدژ، ملاثنای و اهواز در سطح ۵ درصد و برای دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ اعمال گردید. سال ۱۳۸۶ به عنوان نقطه تغییر از نظر آماری در هر ایستگاه و برای هر ۳ پارامتر تایید شد. این بدان معنی است که سری زمانی را باید از زمانی که در آن نقطه تغییر روی می‌دهد به دو جز سری ۱۳۸۶-۱۳۸۰ و ۱۳۹۵-۱۳۸۷ تقسیم کرد. این دو جز سری هر یک دارای ویژگی‌های آماری مشخصی (اعم از میانگین) می‌باشند. به علت ایجاد تغییر



شکل ۳- نتایج بررسی زمان تغییر روند سری زمانی هدایت الکتریکی سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

نتایج آزمون من - کندال بر هر جز سری

سری زمانی هدایت الکتریکی در سالی که آماره آزمون پتیت به مقدار حداکثر خود رسید، به دو جز سری ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ تقسیم‌بندی شد. نتایج آزمون من - کندال بر هر پارامتر و برای هر جز سری در جدول ۲ ارائه گردیده است. در این بخش، بررسی جز سری دوم با توجه به تغییر در ساختار کلی داده‌ها از سال ۱۳۸۷ و آب‌گیری سد گتوند در این بازه زمانی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. روند کاهشی از جمله نتایج آزمون من - کندال بر جز سری دوم هر دو پارامتر EC و TDS در همه ایستگاه‌ها می‌باشد. این روند کاهشی در کلیه ایستگاه‌ها به جز گتوند فاقد معنی‌داری است. شباهت در نتایج آزمون من - کندال و پتیت بر داده‌های هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در هر ایستگاه به دلیل همبستگی بالای این دو پارامتر در سطح آماری ۹۵ درصد می‌باشد. ضریب همبستگی پیرسون بین EC و TDS در ۴ ایستگاه هیدرومتری گتوند، بامدژ، ملاثانی و

اهواز به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۰/۹۸، ۰/۹۹ و ۰/۹۷ است. با توجه به این نتایج در مراحل بعدی این تحقیق، صرفاً از پارامتر EC برای تحلیل و بررسی کیفیت آب رودخانه کارون استفاده شده است. در خصوص پارامتر دبی به جز در ایستگاه گتوند، در سایر ایستگاه‌ها روند افزایشی معنی‌داری بر جز سری دوم حاکم است. دبی کارون بزرگ تحت تاثیر آب خروجی از سد گتوند علیاً و جریان عبوری از رودخانه دز است. از عوامل موثر بر معنی‌داری دبی در ایستگاه‌های ملاثانی و اهواز علی‌رغم عدم معنی‌داری این پارامتر در ایستگاه گتوند، می‌توان به پیوستن شاخه دز در محل بند قیر به گرگر و شطیط و تشکیل کارون بزرگ اشاره کرد (طی سال‌های اخیر افزایش معنی‌داری در دبی ایستگاه دزفول مشاهده شده است). با توجه به جدول شماره ۲، با آب‌گیری سد گتوند علیاً در مرداد سال ۱۳۹۰ روند افزایشی بر داده‌های EC و TDS در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ اعمال نشده است.

جدول ۲- نتایج اعمال آزمون من - کندال بر هر جز سری زمانی هدایت الکتریکی، دبی و کل مواد جامد محلول

سری دوم		سری اول		پارامتر	ایستگاه
p-value	Kendall's tau	p-value	Kendall's tau		
۰/۴۶۶ ^{ns}	۰/۲۲۲	۰/۵۴۸ ^{ns}	-۰/۲۳۸	Q	گتوند
**۰/۰۱۶	-۰/۶۶۷	۰/۹۹ ^{ns}	۰/۰۴۸	EC	
**۰/۰۰۱	-۰/۶۶۵	۰/۹۸ ^{ns}	۰/۰۴۸	TDS	
**۰/۰۲۹	۰/۶۱۱	۰/۷۶۴ ^{ns}	-۰/۱۴۳	Q	بامدژ
۰/۷۵۴ ^{ns}	-۰/۱۱۱	۰/۳۶۸ ^{ns}	۰/۳۳۳	EC	
۰/۹۱۷ ^{ns}	-۰/۰۵۶	۰/۳۶۸ ^{ns}	-۰/۳۳۳	TDS	
۰/۰۰۹**	۰/۷۲۲	۱ ^{ns}	-۰/۰۴۸	Q	ملاثانی
۰/۶۰۲ ^{ns}	-۰/۱۶۷	۰/۱۳۳ ^{ns}	-۰/۵۲۴	EC	
۰/۹۱۷ ^{ns}	-۰/۰۵۶	۰/۰۷۲ ^{ns}	-۰/۶۱۹	TDS	
**۰/۰۰۲	۰/۸۳۳	۰/۲۳۰ ^{ns}	۰/۴۲۹	Q	اهواز
۰/۱۷۵ ^{ns}	-۰/۳۸۹	۰/۱۳۳ ^{ns}	-۰/۵۲۴	EC	
**۰/۰۰۱	-۰/۳۸۹	۰/۰۱۲ ^{ns}	-۰/۵۲۴	TDS	

** معنی‌داری در سطح ۵ درصد

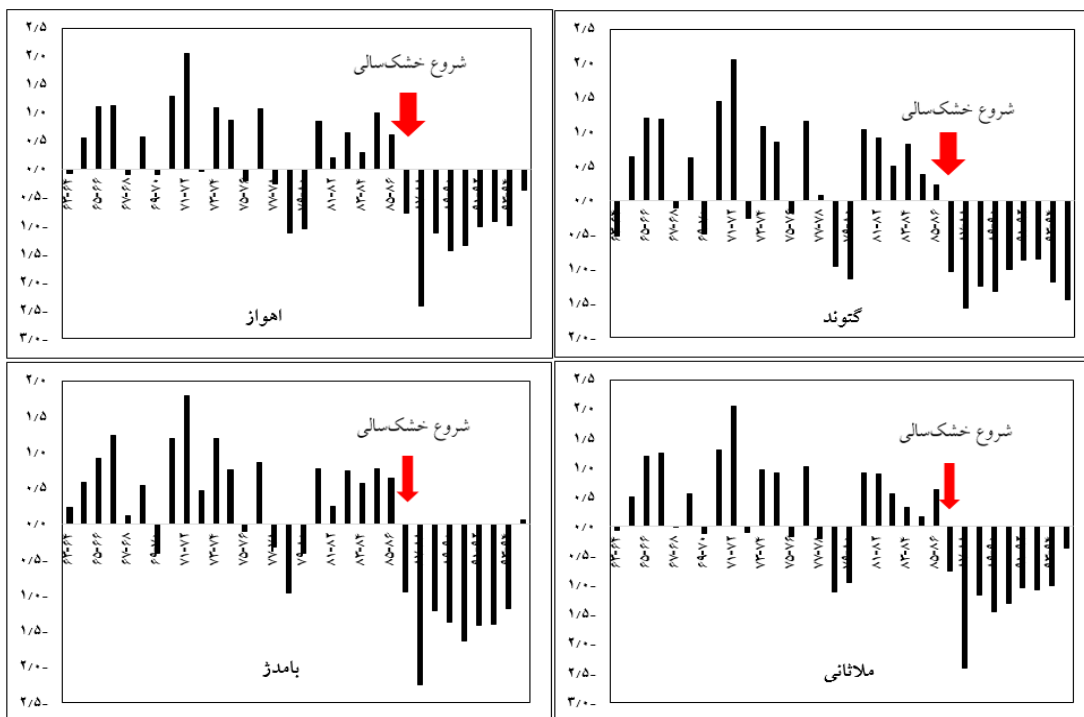
ns فاقد معنی‌داری

نتایج بررسی خشک‌سالی هیدرولوژیک و هواشناسی

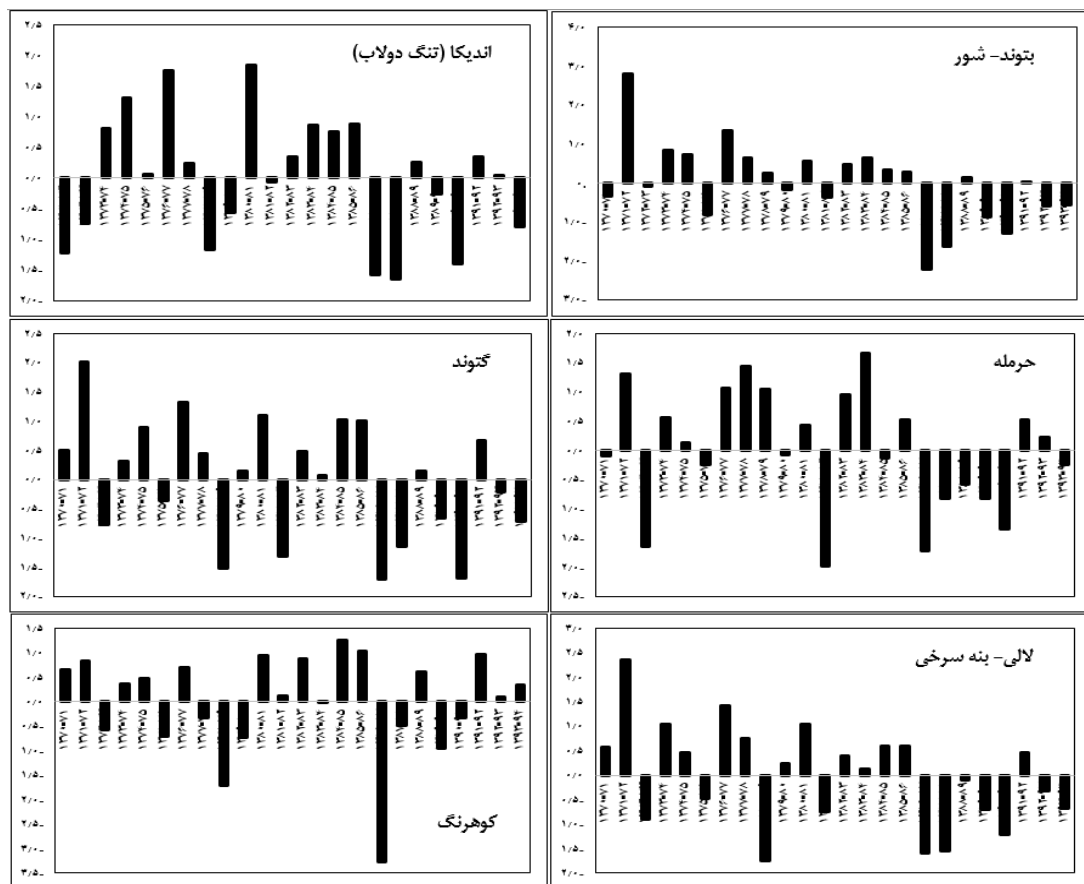
برای تایید وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک در منطقه از شاخص SDI استفاده شد. طی دوره آماری ۳۲ ساله (۱۳۶۳-۱۳۹۵)، در ایستگاه گتوند و به تبعیت از آن ایستگاه‌های پایین‌دست سد از سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ تاکنون خشک‌سالی هیدرولوژیک طولانی مدت ۹ ساله برقرار است. مشابه این وضعیت در رودخانه دز (ایستگاه بامدژ) نیز مشاهده شد. بنابراین، به طور کلی کارون بزرگ از سال ۱۳۸۷ شاهد خشک‌سالی هیدرولوژیک بوده که هم‌چنان نیز ادامه دارد. شکل ۴ نمودار سری زمانی شاخص خشک‌سالی (SDI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه را به نمایش گذاشته است. میانگین دبی در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۵ نسبت به سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۰ در ایستگاه-های گتوند، بامدژ، ملاثانی و اهواز به ترتیب با ۵۱، ۶۴، ۵۶ و ۵۷ درصد کاهش مواجه بوده‌اند. در شاخه‌های شور طبیعی اندیکا و مرغاب که به نوعی تحت تاثیر مجموعه سدهای مخزنی بزرگ رودخانه کارون قرار ندارند نیز مطابق با آنچه در جریان اصلی رودخانه رخ داده است، میانگین دبی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۵ نسبت به سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۰ به ترتیب با ۴۸ و ۴۷ درصد کاهش مواجه بوده است. کاهش شدید در میزان دبی رودخانه از سال ۱۳۸۶ در کلیه ایستگاه‌های هیدرومتری (اعم از شاخه‌های اصلی و فرعی) از نتایج قطعی این بحث به شمار می‌رود.

تحلیل خشک‌سالی هواشناسی در منطقه می‌تواند در یافتن علت اصلی کاهش دبی موثر باشد. بررسی داده‌های بارش سالانه در ۶ ایستگاه باران‌سنجی کوه‌رنگ، اندیکا (تنگ دولاب)، لالی - بنه -

سرخ، بتوند - شور، گتوند و حرمله طی سال‌های مشترک آماری ۱۳۷۱-۱۳۷۰ تا ۱۳۹۴-۱۳۹۳ حاکی از آن است که کلیه ایستگاه‌های باران‌سنجی طی دو سال آبی متوالی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ و ۱۳۸۸-۱۳۸۷ با خشک‌سالی شدید و ایستگاه کوه‌رنگ به عنوان اصلی‌ترین سرشاخه کارون با خشک‌سالی خیلی شدید مواجه بوده است. در واقع با شروع خشک‌سالی هواشناسی، خشک‌سالی هیدرولوژیک نیز در منطقه اتفاق افتاده است. نتایج بررسی خشک‌سالی هواشناسی در شکل ۵ به نمایش گذاشته شده است. پس از سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ دوره‌های متناوب ترسالی و خشک‌سالی در منطقه موردنظر رخ داده است با این حال بر شدت خشک‌سالی افزوده و از شدت ترسالی کاسته شده است. با توجه با نتایج پژوهش بی‌نام (۱۳۹۴)، کاهش دبی کارون در سال‌های اخیر، متاثر از دلایل مختلفی چون کاهش سالانه بارندگی، آب‌گیری سدهای بالادست (ذخیره‌سازی آب سطحی در مخزن سد)، افزایش مصرف و در نهایت انتقال آب بین حوضه‌ای و برداشت از سرشاخه‌ها برای مصارفی هم‌چون گسترش کشاورزی و صنایع آب‌بر در استان‌های مقصد می‌باشد. سهم و اثرگذاری هر یک از عوامل در کاهش آب رودخانه کارون نیازمند مطالعات تکمیلی است. با توجه به این‌که جریان رودخانه کارون عملاً تحت تاثیر مجموعه سدهای مخزنی بالادست قرار دارد، می‌توان از عنوان خشک‌سالی هیدرولوژیک طبیعی - مصنوعی در این مبحث استفاده کرد.



شکل ۴- نتایج بررسی خشک‌سالی هیدرولوژیک بر اساس شاخص SDI در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه



شکل ۵- نتایج بررسی خشک‌سالی هواشناسی بر اساس شاخص SPI در ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه

به ترتیب ۱۴۹۸، ۲۲۸۷ و ۲۵۱۷ و در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ به ترتیب ۱۱۹۵، ۲۱۹۸ و ۲۳۱۸ می‌باشد. بنابراین، طی سال‌های پس از آب‌گیری سد، متوسط هدایت الکتریکی در هیچ یک از ایستگاه‌های پایین‌دست سد روند افزایشی نداشته است.

مدیریت کیفی مخزن سد با کنترل حجم رهاسازی از ترازهای مختلف، عامل اصلی کنترل میزان هدایت الکتریکی در محل خروجی از سد مخزنی گتوند است. قبل از آب‌گیری سد، بخشی از نمک توده عنبل از سازند گچساران و همچنین آب شور رودخانه‌های فرعی، از عوامل پایین آمدن کیفیت آب رودخانه بوده است. با آب‌گیری سد، این اختلاط صورت نمی‌گیرد و آب‌های شور به کف مخزن هدایت می‌شوند. بنابراین علت اصلی افزایش شوری رودخانه کارون (با استناد به داده‌های رسمی کشور)، وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک در منطقه می‌باشد.

نتایج بررسی مکانی هدایت الکتریکی (۱۳۹۲-۱۳۹۵)

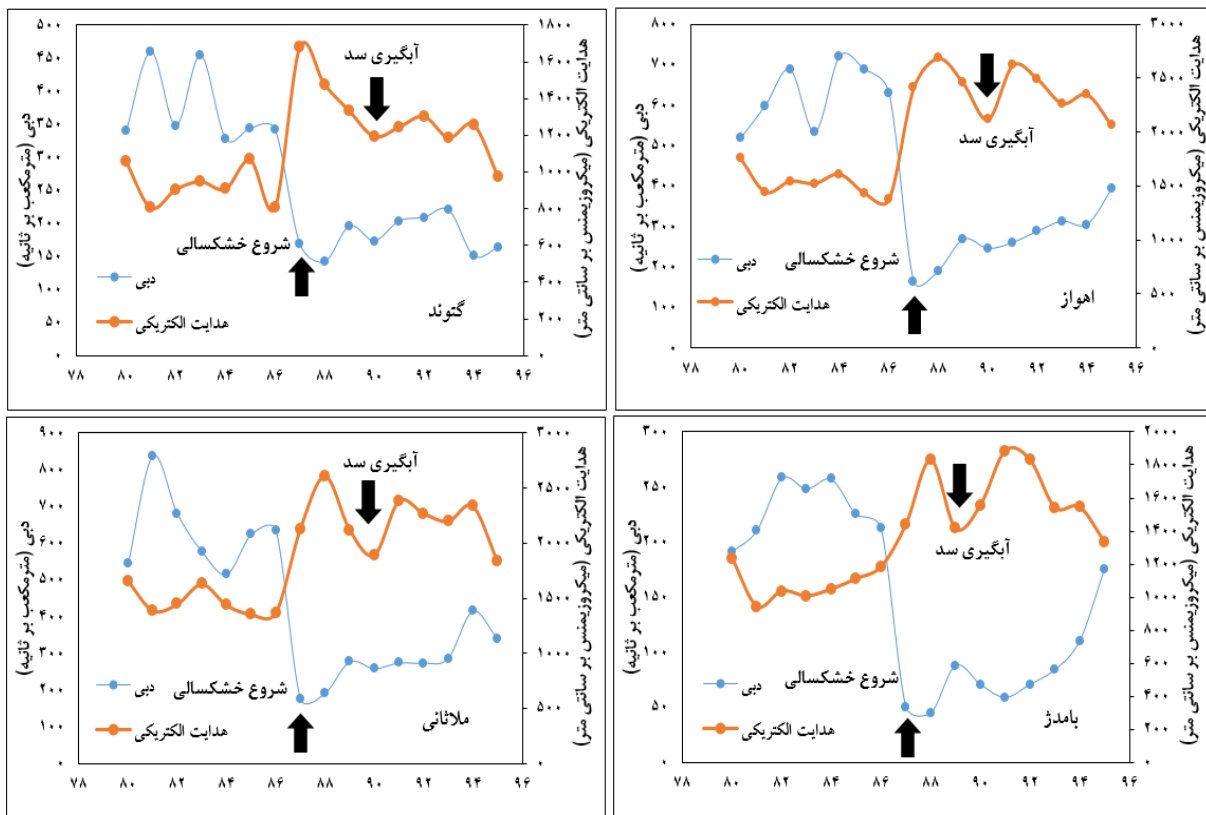
با توجه به محل قرارگیری ایستگاه‌های هیدرومتری و عدم ثبت تاثیر هر آلاینده در مسیر رودخانه، سهم هر شاخه در کاهش کیفیت آب رودخانه کارون مبهم می‌باشد. بنابراین با استناد به اطلاعات پایش ماهانه هدایت الکتریکی در طول رودخانه کارون از خرداد ۱۳۹۲ تا اسفند ۱۳۹۵ در ابتدا و انتهای هر شاخه، سهم هر منطقه در افزایش هدایت الکتریکی رودخانه محاسبه شد. جدول ۳ بیانگر میانگین هدایت الکتریکی سال‌های مشترک آماری ۱۳۹۵-۱۳۹۲ است. در جدول ۴ سهم هر منطقه در افزایش هدایت الکتریکی بر حسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر محاسبه شده است. عوامل آلوده کننده حوضه رودخانه‌های کارون و دز در شکل ۷ به نمایش گذاشته شده است. در حد فاصل ایستگاه گتوند تا بند میزان (محل دو شاخه شدن کارون) علاوه بر شاخه رود شوردشت بزرگ که کیفیت بسیار پایینی دارد، زهکش زمین‌های کشاورزی نیز از عوامل افزایش ۱۵۹ واحدی هدایت الکتریکی آب در این مقطع هستند. زهکش سردارآباد (زهکش کشت و صنعت کارون) و پساب شهری حد فاصل ابتدای شطیپ تا عرب اسد عامل افزایش ۱۶۸ واحدی هدایت الکتریکی آب رودخانه کارون هستند. زهکش زه‌آباد (زهکش زمین‌های میان‌آب) عامل افزایش ۲۰۵ واحدی هدایت الکتریکی در حد فاصل ایستگاه عرب اسد تا انتهای شطیپ می‌باشد. احداث حوضچه‌های پرورش ماهی به وسعت ۱۷۰۰۰ هکتار و آب برگشتی حاصل از آن باعث افزایش ۱۷۶۳ واحدی هدایت الکتریکی در طول شاخه گرگر شده است. توسعه زمین‌های غرب و شرق شعیبیه (۱۸۰۰۰ هزار هکتار زمین‌های شرق شعیبیه و ۱۶۰۰۰ هکتار زمین‌های غرب شعیبیه) در قالب طرح ۵۵۰ هزار هکتاری مقام معظم رهبری، زهکش کشت و صنعت‌های نیشکر (کارون، امام خمینی و هفت‌تپه)، هم‌چنین فاضلاب شهری دزفول و

نتایج بررسی زمانی هدایت الکتریکی (۱۳۸۰-۱۳۹۵)

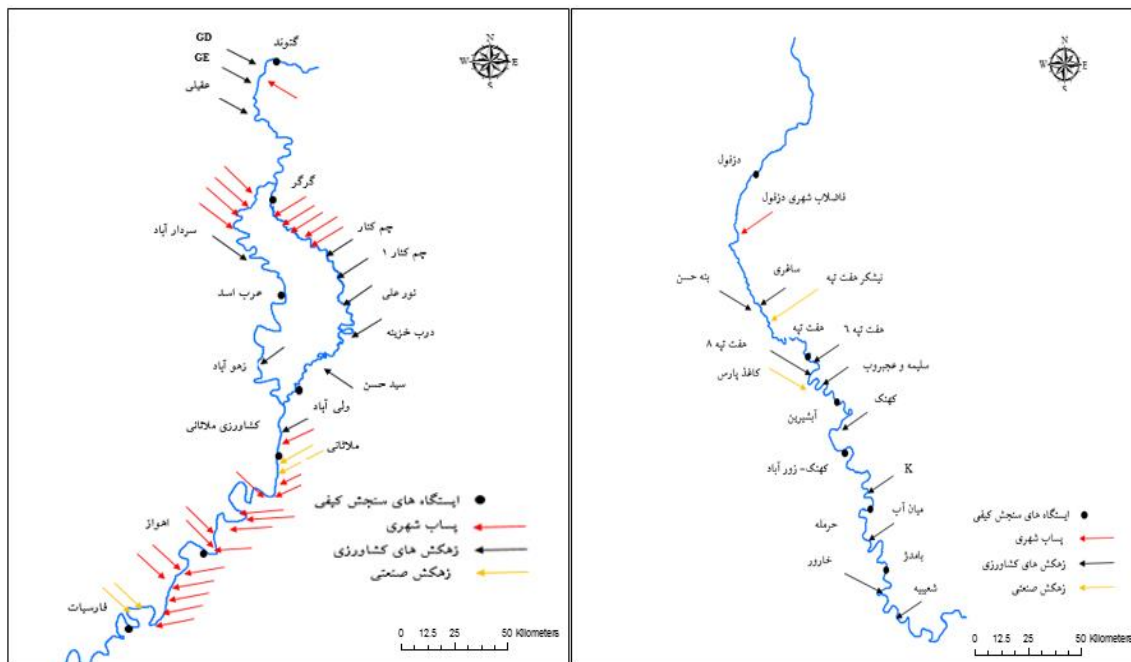
سازند گچساران در محدوده حد فاصل سد گذارلندر تا سد تنظیمی گتوند به دلیل دارا بودن واحدهای تبخیری (انیدریت و نمک) و رودهای شوری که از این سازند سرچشمه می‌گیرند، از عوامل تاثیرگذار بر کیفیت منابع آب استان خوزستان می‌باشد. در شرایط ثابت زمین‌شناسی و خاک‌شناسی حوضه‌های آبریز، معمولاً با کاهش دبی هدایت الکتریکی (EC) افزایش می‌یابد (بی‌نام، ۱۳۹۴). کاهش شدید در دبی رودخانه کارون و دز از سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ عامل اصلی افزایش در میزان هدایت الکتریکی آب در کلیه ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه است. شکل ۷ بیانگر تغییرات هم‌زمان دبی و هدایت الکتریکی در دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ می‌باشد. در این پژوهش برای مشخص شدن سهم وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک در شوری آب رودخانه کارون، داده‌های مربوطه به دو بازه ۱۳۸۶-۱۳۸۰ و ۱۳۹۵-۱۳۸۷ تقسیم‌بندی شد. میانگین هدایت الکتریکی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۰ و ۱۳۹۵-۱۳۸۷ در ایستگاه گتوند به ترتیب از ۹۴۶ به ۱۲۹۶، در ایستگاه بامدژ از ۱۰۸۰ به ۱۵۹۷، در ایستگاه ملاثانی از ۱۴۷۱ به ۲۱۹۸ و در ایستگاه اهواز از ۱۵۲۹ به ۲۳۸۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش یافته است. بنابراین به ترتیب در ایستگاه‌های گتوند، بامدژ، ملاثانی و اهواز ۳۷، ۴۸، ۴۹ و ۵۶ درصد افزایش در میزان هدایت الکتریکی سال‌های اخیر نسبت به دوره زمانی قبل از شروع خشک‌سالی رخ داده است. برای بررسی میزان تاثیر آب‌گیری سد گتوند بر کیفیت آب کارون، ابتدا می‌بایست مبنای مقایسه مناسبی برای شرایط کیفی رودخانه کارون قبل از آب‌گیری سد در نظر گرفت. بر اساس نظریه اول، برای بررسی تاثیر سد گتوند بر کیفیت آب رودخانه کارون، می‌بایست متوسط شوری بعد از دوره آب‌گیری (سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵)، نسبت به متوسط شوری رودخانه در شرایط نرمال یعنی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۰ (بدون در نظر گرفتن خشک‌سالی قبل از آب‌گیری سد) مقایسه شود. تحت این شرایط، افزایش شوری آب کارون، اشتباه می‌تواند به آب‌گیری سد گتوند نسبت داده شود. طبق نظریه دوم، با توجه به تغییر در روند داده‌های هدایت الکتریکی از سال ۱۳۸۶ (با استناد به نتایج آزمون پتیت)، به علت کاهش شدید در حجم آورد رودخانه و تداوم این وضعیت تا سال‌های اخیر (با استناد به نتایج شاخص خشک‌سالی هیدرولوژیک (SDI) عملاً مقایسه آمار بعد از آب‌گیری سد با دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۸۰ (عدم وجود خشک‌سالی) منطقی به نظر نمی‌رسد و نظریه اول رد می‌گردد. در این شرایط، متوسط شوری شرایط خشک‌سالی بعد از آب‌گیری سد (۹۰-۹۵) باید نسبت به متوسط شوری زمان خشک‌سالی قبل از آب‌گیری سد (۸۷-۸۹) مقایسه شود. متوسط هدایت الکتریکی سال‌های مشترک آماری ۱۳۸۹-۱۳۸۷ در ایستگاه‌های گتوند، ملاثانی و اهواز

آلوده کننده کارون بزرگ پس از پیوستن ۳ شاخه دز، شطیپ و گرگر به جریان اصلی رودخانه می‌باشد.

پساب‌های صنعتی از عوامل موثر بر افزایش ۱۸۵۶ واحدی هدایت الکتریکی در شاخه دز می‌باشد. بنابراین رودخانه دز از عوامل اصلی



شکل ۶- نمودار تغییرات سری زمانی سالانه دبی و هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه



شکل ۷- عوامل موثر بر آلودگی رودخانه‌های کارون و دز (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۴)

جدول ۳- میانگین سالانه هدایت الکتریکی (۱۳۹۲-۱۳۹۵) در طول رودخانه‌های کارون و دز

موقعیت	میانگین هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)
سد تنظیمی گتوند	۱۱۵۲
بند میزان شوشتر	۱۳۱۲
ابتدای گرگر	۱۳۱۲
ولی‌آباد	۳۰۷۵
ابتدای شطیپ	۱۳۱۲
عرب‌اسد	۱۴۹۰
انتهای شطیپ	۱۶۹۶
سد دزفول	۴۵۶
انتهای دز	۲۳۱۳
ملائانی	۱۹۴۳
اهواز	۲۱۰۵

جدول ۴- سهم هر منطقه در افزایش هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)

موقعیت	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)
بند تنظیمی - بند میزان	۱۵۹
ابتدای شطیپ - عرب‌اسد	۱۶۸
عرب‌اسد - انتهای شطیپ	۲۰۵
ابتدای گرگر - ولی‌آباد	۱۷۶۳
بند میزان - ملائانی	۶۳۱
سد دزفول - انتهای دز	۱۸۵۶
ملائانی - اهواز	۱۶۲

نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی شوری آب رودخانه کارون، در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۵ و تعیین سهم وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک در شوری آب رودخانه کارون است. نتایج حاکی از آن است که تغییرات کیفیت آب ارتباط مستقیم با میزان دبی رودخانه دارد. وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک و کاهش شدید در دبی کارون از سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ مورد تایید قرار گرفت. مشابه این وضعیت در رودخانه دز نیز اتفاق افتاده است. بنابراین به طور کلی، کارون بزرگ طی سال‌های اخیر شاهد خشک‌سالی هیدرولوژیک بوده، که هم‌چنان نیز ادامه دارد. این بدان معناست که خشک‌سالی و به تبعیت از آن کاهش کیفیت آب رودخانه کارون از سه سال قبل از آب‌گیری سد گتوند علیا شروع شده است. از عوامل موثر در کاهش دبی رودخانه کارون می‌توان به کاهش سالانه بارندگی، آب‌گیری سدهای بالادست (ذخیره‌سازی آب سطحی در مخزن سد)، افزایش مصرف و در نهایت انتقال آب بین حوضه‌ای و برداشت از سرشاخه‌ها اشاره کرد. افزایش شوری رودخانه کارون در سال‌های اخیر امری انکارناپذیر است. با این حال علت اصلی این امر،

کاهش شدید در آورد رودخانه کارون می‌باشد. و با آب‌گیری سد گتوند علیا در مرداد ۹۰ ارتباطی ندارد. طی سال‌های پس از آب‌گیری سد، متوسط هدایت الکتریکی در هیچ یک از ایستگاه‌های پایین‌دست سد روند افزایشی نداشته است. اگر آبی با شوری ۱۱۵۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر از محل سد تنظیمی گتوند خارج شود، شوری آن در اهواز به ۲۱۰۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش می‌یابد. بدین ترتیب عمده آلودگی رودخانه کارون در پایین‌دست سد گتوند رخ می‌دهد. افت کیفیت آب در پایین‌دست بر اثر عواملی چون ورود آب برگشتی از زمین‌های کشاورزی (به ویژه نیشکر)، رودخانه شوردشت بزرگ، پساب حاصل از حوضچه‌های پرورش ماهی در حاشیه گرگر و پساب صنعتی و شهری می‌باشد.

منابع

اسلامی، ع. و شکوهی، ع. ۱۳۹۲. تحلیل وضعیت جریان رودخانه با استفاده از شاخص خشک‌سالی هیدرولوژیک - زیست محیطی. نشریه علمی - پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. ۲۰۵: ۱۲۵-۱۳۳.

رودخانه‌ها و تغییرات کیفی آب در چند سال اخیر (مطالعه موردی کارون در ایستگاه گتوند). اولین همایش ملی معماری، عمران و محیط زیست شهری.

عبادی فر، م.، قدرتی جوکندان، م. و قدرتی جوکندان، ج. ۱۳۹۶. بررسی دوره‌های خشک‌سالی هیدرولوژیک با استفاده از شاخص SDI (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه گرگان‌رود در استان گیلان). دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، دانشگاه شهرکرد.

مشتطی، ه. و رادفر، ش. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات EC و TDS در بازه گتوند - بهمن شیر ایستگاه ۱۱ در رودخانه کارون. کنفرانس سراسری تحقیق در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.

ناصرزاده، م. ح.، احمدی، ا. ۱۳۹۱. بررسی عملکرد شاخص‌های خشک-سالی هواشناسی در ارزیابی خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن در استان قزوین. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۲: ۱۶۲-۱۴۱.

ناظری تهرودی، م.، احمدی، ف.، خلیلی، ک. ۱۳۹۶. بررسی روند و زمان تغییر روند بارش حوضه دریاچه ارومیه. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۱: ۶۵۹-۶۴۴.

Duhan, D and Pandey, A. 2013. Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901-2002 at madhya pradesh, india. Atmospheric research. 122:136-149.

Easterling, D.R and Peterson, T.C. 1995. A new method for detecting undocumented discontinuities in climatological time series. International Journal of Climatol. 15:369-377.

Fisher, T., Gemmer, M., Su, B and Scholten, T. 2013. Hydrological long-term dry and wet periods in the xijiang river basin. South China. Hydrology and Earth system Sciences. 17: 135-148.

Hamed, K.H and Rao, A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. Journal of Hydrology. 204: 182-196.

Ketata, M., Hamzaoui, F., Gueddari, M., Bouhila, R., Riberio, L. 2011. Hydrochemical and statistical study of groundwaters Gabes-South Deep Aquifer (South-Eastern Tunisia). Physics and Chemistry of the Earth. 36: 187-196.

Kumar, V., Merwade, J., Thunder, K. 2009. Streamflow trend in India: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. Journal of hydrology. 374. 1/2: 171-183.

McKee, T.B., Doesken, N.J and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference of Applied Climatology,

اکبری ولنی، ه. و مصباح‌زاده، ط. ۱۳۹۶. بررسی روند خشک‌سالی هیدرولوژیک با استفاده از آزمون من - کندال (مطالعه موردی: استان البرز). چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست.

بهداروند، م.، ادیب، آ. و فریدونی، م. ۱۳۹۳. تعیین بهترین مدل به کمک روش‌های ناپارامتری در سری‌های زمانی هیدرولوژی. همایش کشوری چالش‌ها و بحران‌های آب در حوضه دریاچه نمک.

بی‌نام. ۱۳۹۴. موسسه آب دانشگاه تهران. مطالعه و بررسی راهکارهای رفع شوری آب مخزن سد گتوند و انتخاب راهکارهای برتر.

ترابی پوده، ح.، امامقلی‌زاده، ص. ۱۳۹۴. تحلیل روند تغییرات آینده رودخانه‌های حوضه رودخانه کرخه و تاثیر ضریب خودهمبستگی بر روند تغییرات جریان. مجله پژوهش آب ایران. ۹: ۱۰۹-۱۴۳-۱۵۱.

چیت‌سازان، م.، موحدیان، ع.، نوذری، پ. و فرهادی منش، م. ۱۳۹۲. بررسی خشک‌سالی با استفاده از شاخص بارندگی SPI و ارزیابی آسیب‌پذیری رخداد آن بر منابع آب زیرزمینی دشت گتوند. پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

حسن‌وند، م.، دهرآزما، ب.، حافظی مقدس، ن. و کریمی، ر. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات کیفی آب موجود در فرازین سد گتوند علیا. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.

حسینی زارع، ن. و سعادت، ن. ۱۳۸۰. اثرات خشک‌سالی بر کیفیت منابع آب رودخانه‌های کارون و دز در استان خوزستان. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. ۱۸۹-۱۷۱.

رنجبر، آ.، خلیلی، د.، زند پارسا، ش.، کامگار حقیقی، ع. ۱۳۹۳. پایش خشک‌سالی منطقه‌ای بر اساس جریان ورودی به مخزن سد درودزن در استان فارس. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۸: ۱-۹۶-۷۹.

زارعی، ح. و آخوندعلی، ع. م. ۱۳۸۵. بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه کارون در بازه گتوند - شوشتر و تاثیر رود شور بر کیفیت آن. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود.

سالاری جزی، م.، آخوندعلی، ع. م. و دانش‌خواه، ع. ۱۳۹۰. آزمون روند و تحلیل دگرگونی در سری‌های زمانی آینده رودخانه کارون در ایستگاه اهواز (رویکرد ناپارامتری). ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.

صالح‌وند، آ. و سبزواری، آ. ۱۳۹۳. بررسی آلودگی زیست محیطی

- Tabari, H., Nikbakht, J., Talaei, P.H. 2013. Hydrological drought assessment in Northwestern Iran based on stream flow drought index (SDI). *Water resources management*. 27.1: 137-151.
- Yildiz, O. 2009. Assessing temporal and spatial characteristic of droughts in the Hirfanli dam basin, Turkey, *Scientific Research and Essay*. 4: 249-255.
- Xu, Z., Liu, Z and Chen, Y. 2010. Trend of major hydroclimate variables in the tarim river basin during the past 50 years. *Journal of Arid Environments*. 74.2: 256-267.
- Aneheim. 179-184.
- Nalbantis, I and Tsakiris, G. 2008. Assessment of Hydrological Drought Revisited. *Water Resources Management*. 29.1: 21-40.
- Pettit, A. 1979. A nonparametric approach to the change-point problem. *Journal of Applied Statistics*. 28: 126-135.
- Soleimani-Sardou, F., Bahremand, A. 2014. Hydrological drought analysis using SDI index in Halilrud basin of Iran. *International Journal of Environmental Resources Research*. 2.1: 47-56.

Analysis the Effects of Recent Hydrological Drought on Karun River Salinity

S. Shatti^{1*}, A.M. Akhoond-Ali²

Received: Apr.21, 2018

Accepted: Jul.10, 2018

Abstract

Karun River is the largest river in Iran. In recent years, hydrological droughts since the water year 2007-2008, the development of agricultural land, the construction of fish ponds and industrial wastewater are the main factors in the quality of Karun water quality. The purpose of this study is analysis the water quality of the Karun River during the period from 2001 to 2016 in Gotvand, Bamdezh, Mollasani and Ahvaz Stations. The Parameters studied in this study include EC TDS and Q. In this research, Mann- Kendall and Pettit tests were used to examine the trend and determine the break point and the SDI and SPI index was used to calculate the hydrological and weather drought. According to the result, with the onset of hydrological drought and reduction of the Karun River since 2007, salinity increased 37% and 56% in Gotvand and Ahvaz stations.

The water with an electrical conductivity of 1152 at the Gotvand station, increases in Ahvaz to 2105.

Thus, the major contamination of the Karun River occurs at the bottom of the Gotvand dam. Reducing the quality of karun water depends on factors such as agricultural drainage, shur river, the wastewater of the fish breeding ponds on the margin of Gargar, industrial and urban waste.

Keywords: Gotvand dam, Hydrological drought, Karun river, Mann- Kendall, Pettit, Water quality

1- Student of Water Resource Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

2- Professor, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

(*- Corresponding Author Email: safoorashatti71@gmail.com)