مجله آمایش جغرافیایی فضا
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال دوم/ شماره مسلسل چهارم/ تابستان ۱۳۹۱

دگرگونی‌های اقلیمی و نوسانات آبدهی رودخانه‌های بزرگ سواحل جنوبی دریای خزر

[*]عبدالعظیم قانقرمه[۱] و نادر بیرودیان[۲]

[۱]استادیار گروه جغرافیا دانشگاه گلستان، [۲]دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۱۰

چکیده

آبدهی رودخانه‌ها دارای افت و خیزهایی است که به‌طور عمده متأثر از پدیده‌های خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی هماهنگ با دگرگونی‌های اقلیمی می‌باشد و همچنین در سال‌های اخیر به‌دلیل نیازهای روزافزون به آب و دخالت‌های انسانی ناشی از آن در سطح حوضه‌های آبریز این روند بیشتر کاهش یافته است. آبدهی رودخانه‌های منتهی به دریای خزر از سواحل ایران نیز منفک از این مسأله نیست، هر چند هنوز به آن مرحله بحرانی نرسیده است. در این پژوهش با توجه به موارد بالا روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های ایران به دریای خزر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد همچنینً با سایر رودخانه‌های مهم و نوسانات سطح آب خزر مقایسه می‌شود. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل؛ شاخص‌های دگرگونی‌های اقلیمی مانند خشکسالی‌ها، تغییرات درجه حرات کره زمین، آمار ماهانه و سالانه ۹ رودخانه ایران و همچنین داده‌های تراز آب دریای خزر و سایر رودخانه‌ها است که از بانک اطلاعات مرکز ملی تحقیقات دریای خزر استفاده شده است. روش پژوهش به‌صورت تحلیل سری‌های زمانی و مقایسه‌ای می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که در یک دوره مشترک زمانی آبدهی رودخانه‌های ایرانی دریای خزر از یک روند کاهشی پیروی کرده که در دامنه این روند دو دوره افزایشی و دو دوره کاهشی دیده می‌شود. علاوه بر این تغییرات دبی رودخانه‌های ایران با تفاضل سالانه تراز آب همبستگی بالایی را نیز نشان می‌دهند این موضوع بیانگر اثرات متقابل دریای خزر و حوضه آبریز رودخانه‌های ایران بر روی یکدیگر است. بهره‌برداری از منابع آب رودخانه‌های ایران با احداث سد نیز از جمله عوامل دیگر مؤثر بر میزان آبدهی رودخانه‌ها در سال‌های اخیر بوده است.

واژه‌های کلیدی: آبدهی، تغییرات اقلیمی، دخالت‌های انسانی، خشکسالی، روند

---

[*] مسئول مکاتبه: a_ghangherme@yahoo.com

مقدمه

افت و خیزهای آبدهی رودخانه‌ها به مانند دریاچه‌ها و تالاب‌ها ناشی از دگرگونی‌های اقلیمی، به‌طور اولیه به حجم و زمان بارندگی (به‌صورت باران یا برف) وابسته است. تغییر در تبخیر نیز بر روی جریانات رودخانه‌ای اثرات قابل‌توجهی دارد. مطالعات زیادی در زمینه پتانسیل دگرگونی‌های اقلیمی بر روی آبدهی رودخانه‌ها انجام شده است که بیشترین این مطالعات مربوط به اروپا، امریکا و استرالیا است و در مورد آسیا مطالعات کمی انجام گرفته است (Bates et al., 2008). نوهارا (۲۰۰۶) اثر دگرگونی‌های اقلیمی را بر روی ۲۴ رودخانه مهم جهان در طول قرن بیست و یکم با استفاده از ۱۹ مدل گردش جوی- اقیانوسی مطالعه نمود و به این نتیجه رسید که در انتهای قرن بیست و یکم میانگین بارش سالانه، تبخیر و رواناب در عرض‌های بالای نیم‌کره شمالی، جنوب آسیای شرقی و آفریقای مرکزی افزایش می‌یابد در حالی‌که در مناطق مدیترانه، آفریقای جنوبی، جنوب آمریکای مرکزی و آمریکای شمالی و مرکزی کاهش خواهد یافت. در سایت علم زندگی (۲۰۰۹) درباره نقش تغییر اقلیم در آبدهی رودخانه‌ها، کاهش بارش را عامل اصلی کاهش آبدهی می‌داند. به‌عنوان مثال به‌علت کاهش باران منطقه‌ای رودخانه کلمبیا در طی ۵۰ سال گذشته ۱۴ درصد کاهش آبدهی دارد یا رودخانه می سی سی پی در این دوره ۲۲ درصد کاهش نشان می‌دهد. اکسو و همکاران (۲۰۱۱) پیامد دگرگونی‌های اقلیمی را بر روی منابع آب دو زیرحوضه یانگ‌تسه و رودخانه زرد در دو منطقه متفاوت اقلیمی نیمه‌خشک و مرطوب به‌صورت کمی مورد ارزیابی قرار دادند، نتایج کار آن‌ها نشان داد که رژیم بارش فصلی تغییر خواهد کرد و دبی‌های سیلابی در هر دو رودخانه از فصل تابستان به فصل پاییز انتقال خواهد یافت. گوجا و همکاران (۲۰۰۹) تغییرپذیری آبدهی روزانه رودخانه گوداواری (هندوستان) براساس تغییر اقلیم بررسی کردند و نشان دادند که در حال حاضر حداکثر دبی‌های روزانه در ماه‌های آگوست و سپتامبر به ۷۰-۵۰ هزار مترمکعب در ثانیه می‌رسد و نواحی زیادی را غرقاب و تخریب می‌کند، براساس مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی به این نتیجه رسیدند که این میزان تا به ۲۰۰-۱۲۰ هزار مترمکعب نیز امکان افزایش دارد، در این صورت اثرات اقتصادی اجتماعی جبران‌ناپذیری را به‌دنبال خواهد داشت. در سایت (www.cdc.noaa.gov) (۲۰۰۹) نقشه تغییرات رواناب کره زمین براساس داده‌های سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۴۸ ترسیم شده و بر این اساس مشخص می‌گردد که در مناطق پرجمعیت استوایی و عرض‌های میانه از میزان تخلیه دبی رودخانه‌ها به اقیانوس کاسته شده است. لو (۲۰۰۴) آسیب‌پذیری دبی رودخانه‌های عمده چین ناشی از تغییرات محیطی را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که بسیاری از رودخانه‌های شمال چین در اثر دگرگونی‌های اقلیمی و دخالت‌های انسانی تغییرات قابل‌توجهی داشته است در حالی‌که رودخانه‌های جنوب این کشور تغییرات اندکی را نشان می‌دهند. وانگ و همکاران (۲۰۰۶) پیامد تغییر اقلیم را بر روی حوضه رودخانه سوئر (ایرلند) با

سناریوهای مختلف اقلیمی مطالعه نمودند و به این نتیجه رسید که دبی رودخانه‌ای در فصل زمستان افزایش و در تابستان کاهش خواهد یافت. تودسن (۲۰۰۷) پیامد دگرگونی‌های اقلیمی را بر روی ۵ رودخانه بزرگ دانمارک برای سال‌های ۲۱۰۰-۲۰۷۱ با استفاده از مدل‌های اقلیمی و بارش- رواناب پیش‌بینی نمود و به این نتیجه رسید که بارش از ماه اکتبر تا مارس افزایش و از ماه ژولای تا سپتامبر کاهش خواهد یافت و بر این اساس دبی ماهانه رودخانه‌ها نیز از دسامبر تا اگوست افزایش و از سپتامبر تا اکتبر کاهش خواهد کرد. بوجی و همکاران (۲۰۱۱) پیامد دگرگونی‌های اقلیمی را بر آبدهی رودخانه‌ای حوضه نیل براساس مدل‌های اقلیمی و بارش- رواناب بررسی نمودند و نتایج آن‌ها شرایط آینده را بسیار متفاوت از وضع کنونی نشان می‌دهد به طوریکه نیل سفید از مناطق دریاچه‌های بزرگ و نیل آبی و رودخانه آبترا از نواحی مرتفع حبشه سرچشمه خواهد گرفت.

رژیم هیدرولوژیکی حوضه آبریز دریای خزر و از جمله زیرحوضه‌های ایرانی آن متناسب با کانون‌های آبگیر و وسعت حوضه‌های آبخیز و همچنین تحت‌تأثیر دگرگونی‌های اقلیمی دائماً در حال نوسان و افت و خیزهای متفاوتی می‌باشد، این رودخانه‌ها حتی پس از شروع فصل گرم نیز از جریان آب قابل‌توجهی برخوردارند. به‌عنوان مثال رودخانه سفیدرود که از کوه‌های چهل‌چشمه کردستان سرچشمه می‌گیرد، در تمام سال جریان آب قابل‌توجهی دارد. رودخانه‌های هراز و چالوس نیز به‌دلیل گسترش حوضه آبخیز آن‌ها در ارتفاعات دماوند و علم‌کوه از رودهای مهم و دایمی منطقه هستند. این گونه رودخانه‌ها از نظر رژیم جریان آب با رژیم بارش انطباق چندانی ندارند، زیرا منبع تامین آب آن‌ها در فصول خشک برف‌های کوه‌های مرتفع و چشمه‌های فراوانی است که در مسیر طولانی بدانها می‌ریزند. اما رودخانه‌هایی که از نواحی کم ارتفاع و نسبتاً کم‌بارش شرق مازندران و گلستان سرچشمه می‌گیرند، به‌دلیل کمبود ذخیره برف، پس از آغاز فصل خشک هنگامی که بارش کاهش می‌یابد جریان آب اندکی دارند (طرح منطقه‌ای گیلان و مازندران، ۱۳۶۹). از اینرو رژیم جریان آب آن‌ها با رژیم بارش انطباق بیشتری دارد. علاوه بر این آبدهی این رودخانه‌ها در طی سال‌های گذشته دارای افت و خیزهایی می‌باشد که به مانند رژیم ماهانه از نظم خاصی پیروی نمی‌کند؛ اما به نظر می‌رسد نوسانات آن دارای روندهای خاصی است. معمولاً تغییرات آرام، یکنواخت و درازمدت در میانگین مقادیر را روند گویند. گرانجر روند را به‌صورت ترکیبی از مؤلفه‌های فرکانسی که طول موج آن از طول سری مشاهده شده تجاوز می‌کند تعریف می‌نماید (عساکره، ۱۳۸۶). از طرف دیگر معمولاً طول دوره آماری نقش مهمی در تعیین میانگین متحرک دارد به طوریکه خوپلاکی و همکاران (۲۰۰۳) برای مشخص نمودن تغییرات روند دما در دوره ۱۹۹۹-۱۸۵۰ از میانگین متحرک ۱۰ ساله استفاده نمودند و در حالی که برای تعیین روند بارش سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۵۰ از فیلتر ۴ ساله استفاده کردند (Lionell et al. Editors, 2006). همچنین مطالعات متعددی نیز در بخش‌های شمالی دریای خزر به‌خصوص در ارتباط با ولگا انجام شده

است به طوریکه باپکین و همکاران (۱۹۹۷) آبدهی رودخانه ولگا را برای آستانه قرن بیست و یکم مطالعه نمودند و مدعی شدند که منشاء شکل‌گیری آبدهی رودخانه ولگا، عبارتند از: تأثیرات متقابل چرخه‌های هیدرولوژیکی جهانی و گرمایش کره زمین ناشی از تابش خورشیدی و اثرات عوامل کیهانی و همچنین در دهه‌های اخیر دخالت‌های انسانی با افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی توسط انسان. بنابراین با شناسایی این عوامل امکان پیش‌بینی جریان ولگا ممکن می‌گردد. زون و همکاران (۲۰۰۲) در تحلیلی از دریای خزر تحت عنوان نگاهی به گذشته و شناخت آینده، نوسانات تراز آب دریای خزر در قرن بیستم را تابع ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌های بزرگی همچون ولگا و اورال می‌دانند و مدعی است که تا آن زمان رفتار این رودخانه‌ها به‌صورت طبیعی عمل نموده است، اما پس از آن با دخالت‌های انسانی از طریق تنظیم و استفاده از منابع آب آن‌ها کاهش بیش از حد طبیعی تراز آب دریای خزر شده است. تیماشف (۲۰۰۳) در بررسی دریای خزر و دریاچه آرال معتقد است که تراز آب این دو دریاچه به آبدهی رودخانه‌های ولگا (خزر)، آمودریا و سیردریا (آرال) بستگی دارد و میزان آبدهی آن رودخانه‌ها به شرایط اقلیمی منطقه وابسته است و همچنین در این بررسی بسیاری از دخالت‌های انسانی و نوسانات آبدهی رودخانه‌ها و ارتباط آن‌ها با تغییرات تراز دریاچه‌ها را به چالش کشیده است. در این مطالعه نیز سعی می‌شوند روند تغییرپذیری و دگرگونی آبدهی رودخانه‌های عمده این بخش از خزر در یک دوره زمانی مناسب با هم مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد، پس هدف اصلی این پژوهش به نوعی ارزیابی روند تغییرات آبدهی رودخانه‌ها با دگرگونی‌های اقلیمی خواهد بود.

روش پژوهش و داده‌های مورد استفاده

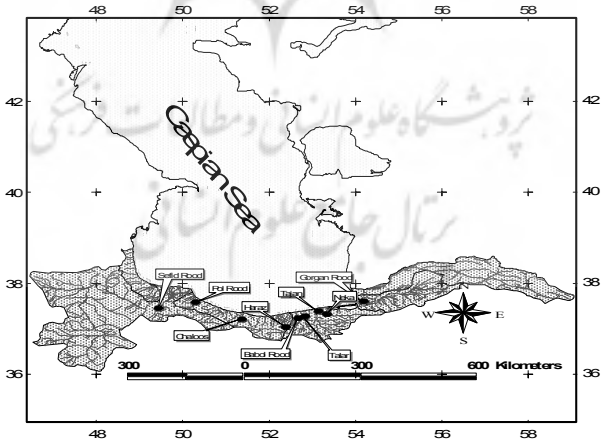
محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، حوضه آبریز ایرانی دریای خزر می‌باشد (شکل ۱). در این پژوهش تغییرات آبدهی ۹ رودخانه عمده منتهی به دریای خزر مورد مطالعه و ارزیابی قرار می‌گیرد که شامل رودخانه‌های سفیدرود، پلرود، چالوس، هراز، تالار، بابلرود، تجن، نکارود و گرگانرود می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل آبدهی رودخانه‌های ۹ گانه مورد نظر، بارش ایستگاه‌های بارانسنجی به‌منظور برآورد حجم بارش در سطح حوضه ایرانی، نوسانات تراز آب دریای خزر و دبی رودخانه ولگا و همچنین استفاده از شاخص خشکسالی برآورد شده پالمر برای سطح حوضه آبریز به‌منظور مقایسه با تغییرات آبدهی و یکسری از اطلاعات مورد لزوم دیگر می‌باشد.

روش ارزیابی به این صورت انجام گرفت که ابتدا به‌منظور آگاهی از رژیم ماهانه آبدهی رودخانه‌های ۹ گانه، میانگین ماهانه هر کدام برآورد و سپس مورد مقایسه قرار گرفتند که در نتیجه آن دو نوع رژیم رودخانه‌ای در منطقه مورد مطالعه از غرب به شرق شناسایی شدند، در مرحله بعد ویژگی‌های جریان رودخانه‌ای برای دوره آماری هر کدام محاسبه گردیدند که شامل میانگین سالانه آبدهی در محل

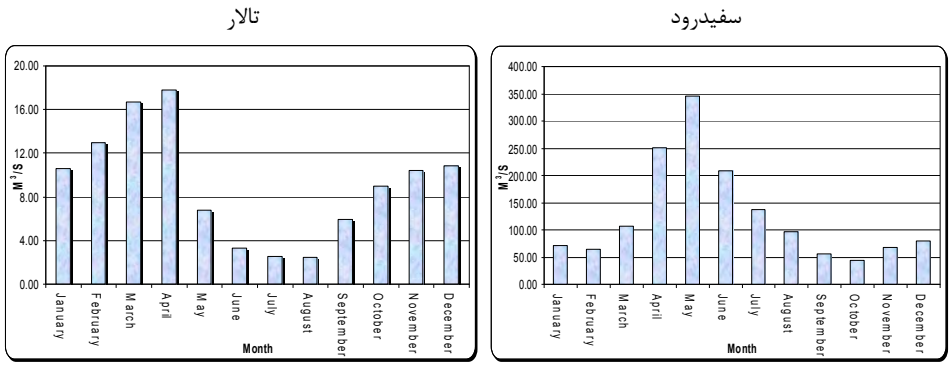
ایستگاه‌های هیدرومتری، ضریب تغییرپذیری و روند کلی تغییرات می‌باشد و در ادامه نیز با استفاده از میانگین متحرک ۵ ساله تعداد و دوره‌های زمانی روندهای افزایشی و کاهشی آبدهی رودخانه‌ها مورد شناسایی قرار گرفتند (جدول ۱). سپس به‌منظور ارزیابی مشترک دوره ۲۶ ساله مجموع آبدهی رودخانه‌های ۹ گانه مورد محاسبه قرار گرفت، در ادامه به‌منظور برآورد حجم بارش در سطح حوضه و مقایسه آن با تغییرات روند آبدهی، نقشه‌های سالانه همباران در سطح حوضه تولید و در نهایت میانگین بارندگی برای هر سال استخراج گردید. پس از این مرحله تغییرات بارش در سطح حوضه با روند آبدهی مورد مقایسه قرار گرفت از آنجایی که همخوانی معنی‌داری بین این دو حاصل نگردید، بنابراین تغییرات روند آبدهی رودخانه‌ها با سایر داده‌ها و شاخص‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی مورد ارزیابی و نتایج همخوانی یا ناهمخوانی آنها بررسی شدند.

نتایج

رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌های ایرانی دریای خزر نشان می‌دهد که از غرب به شرق الگوی آبدهی ماهانه آن‌ها متفاوت است به طوریکه رودخانه‌های سفیدرود، پلرود، چالوس و هراز از نظر رژیم ماهانه با هم مشابه بوده و از فوریه تا می از روند افزایشی برخوردار می‌شوند در حالی که در سایر ماه‌ها فروکش می‌کنند. اما رودخانه‌های شرقی شامل بابلرود، تالار، تجن، نکارود، گرگانرود رژیم ماهانه آبدهی تقریباً مشابهی دارند به طوریکه روند افزایشی آن از حدود ماه اکتبر شروع شده و در آوریل به اوج خود می‌رسد و در سایر ماه‌ها نیز از کمترین میزان آبدهی برخوردار هستند (شکل ۲).



شکل ۱- نقشه حوضه آبریز ایرانی دریای خزر و محل ایستگاه‌های هیدرومتری مورد ارزیابی



شکل ۲- نمونه‌ای از رژیم ماهانه آبدهی رودخانه حوضه ایرانی خزر (۲۰۰۶-۱۹۸۳)

از میان رودخانه‌های نه‌گانه؛ سفیدرود پرآب‌ترین رود حوضه ایرانی دریای خزر می‌باشد که متوسط آبدهی سالانه آن معادل ۱۲۵/۹۹ مترمکعب در ثانیه مشخص می‌گردد و کمترین میزان آبدهی نیز به نکارود مربوط می‌شود. دومین رودخانه پرآب رود هراز با ۳۰/۲۲ مترمکعب در ثانیه است. تغییرپذیری آبدهی این رودخانه‌ها در دوره آماری نشان می‌دهند که رودخانه چالوس کمترین تغییرپذیری را دارا است، در حالی که رودخانه‌های گرگانرود، تجن و سفیدرود به‌ترتیب با ۵۱/۷۷، ۴۸/۰۳ و ۴۳/۹۳ درصد از بیشترین تغییرپذیری برخوردارند. روند کلی تغییرات آبدهی بیشتر رودخانه‌های ایرانی حوضه آبریز خزر از یک حالت کاهشی پیروی می‌کند، ولی در عین‌حال رودخانه‌های مانند چالوس و بابلرود روند افزایشی دارند. تغییر روند آبدهی رودخانه (با میانگین‌های متحرک ۵ ساله) بیانگر آن است که هر کدام از آن‌ها دارای چندین تغییر در روند بوده‌اند که با توجه به جدول ۱ تعداد و دوره زمانی آن‌ها شناسایی شده‌اند در این میان بابلرود و تجن با ۵ دوره در تغییر روند کمترین افت و خیز را نشان می‌دهند در حالی که سفیدرود و تالار هر کدام با ۱۱ و ۹ روند بیشترین تغییر در روند را به خود اختصاص دادند. از جمله دلایل تنوع تغییرات آبدهی رودخانه‌ای می‌تواند به بارش و ویژگی‌های حوضه بستگی داشته باشد.

عمده‌ترین روندهای تغییری در آبدهی رودخانه‌ها نشان می‌دهد که بین سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۴ در تمامی رودخانه‌ها به‌عنوان یک دوره همزمان کاهشی و دوره بعد از آن تا سال ۲۰۰۵ به‌عنوان دوره افزایشی همزمان دیده می‌شود (شکل ۳). روند تغییر دیگری نیز بین سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۷۷ دیده می‌شود که به غیر از رودخانه‌های هراز، تالار و نکارود در سایر رودخانه از روند مشترکی پیروی کرده‌اند. اما بررسی میانگین آبدهی مشترک دوره ۲۶ ساله (۲۰۰۸-۱۹۸۳) برای تمامی رودها، روند کاهشی را نشان می‌دهد، به طوریکه روندهای جزئی آن با میانگین متحرک ۵ ساله چهار تغییر در روند آبدهی را نمایان می‌سازد. این دوره‌ها شامل سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۸۳ و ۲۰۰۵-۲۰۰۱ به‌صورت افزایشی ۲۰۰۱-۱۹۹۴ و بعد از سال ۲۰۰۵ نیز از روندهای کاهشی می‌باشد (شکل ۴). بارش محاسبه شده در سطح حوضه برای دوره همزمان (۲۶ ساله) نشان می‌دهد که روند تغییرات آن در منطقه و سطح حوضه

در حال افزایش است، این روند با آبدهی رودخانه‌های مورد مطالعه همخوانی ندارد (شکل ۵). روند تغییرات آبدهی ولگا نیز با دبی رودخانه‌های ایران همخوانی ندارد اما مقایسه آن‌ها نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۵ آبدهی رودخانه ولگا کاهش یافته و دبی رودخانه‌های ایران نیز در پایین‌ترین سطح قرار گرفته‌اند (شکل ۶). آبدهی رودخانه‌های ۹ گانه با تفاضل سالانه تراز آب دریای خزر برای دوره مورد نظر از همبستگی مناسبی (۰/۹۰) برخوردار است (شکل ۷). همچنین تغییر روند تراز آب دریای خزر برای دوره مشترک نیز نشان می‌دهد که قبل از سال ۱۹۹۵ دبی رودخانه‌های ایران آبدهی بالایی داشتند در حالی که بعد از این سال که تراز آب دریای خزر کاهش یافته و به مرحله پایداری رسیده است، در واقع آبدهی رودخانه‌ها نیز کاهش یافت (شکل ۸). شاخص خشکسالی پالمر در سطح حوضه همخوانی بسیار بالایی با تغییرات روند آبدهی رودخانه را نشان می‌دهد (شکل ۹). آبدهی رودخانه‌های ایرانی با میانگین دمای سطح آب دریای خزر تقریباً در روند مخالف هم حرکت نمودند با توجه به شکل ۱۰ مشخص می‌گردد که تا سال ۲۰۰۳ این روند ادامه داشته است.

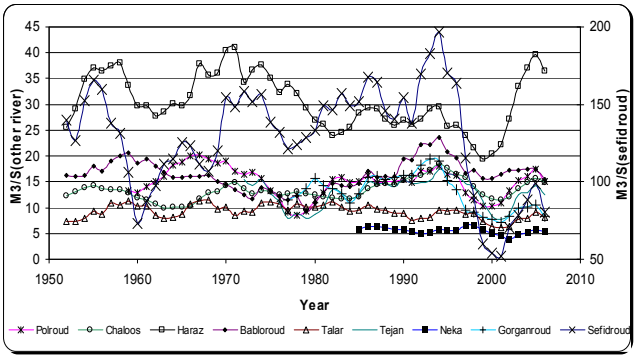
جدول ۱- ویژگی‌های آبدهی رودخانه‌های ۹ گانه ایرانی دریای خزر

نام رودخانه	میانگین آبدهی (متر بر ثانیه)	انحراف از معیار	ضریب تغییرات به درصد	روند کلی	تعداد روندهای جزئی	دوره آماری	سدها
سفیدرود	۱۲۵/۸۹	۵۵/۳۱	۴۳/۹۳	کاهشی	۱۱	۱۹۵۰-۲۰۰۸	منجیل
چالوس	۱۳/۲۸	۲/۹۰	۲۱/۸۴	افزایشی	۶	۱۹۵۰-۲۰۰۸	زوات
هراز	۳۰/۲۲	۹/۳۷	۳۱/۰۲	کاهشی	۷	۱۹۵۰-۲۰۰۸	لار
بابلرود	۱۶/۴۴	۴/۸۶	۲۹/۵۶	افزایشی	۵	۱۹۵۰-۲۰۰۸	لفور
تالار	۹/۱۶	۳/۳۸	۳۶/۸۳	کاهشی	۹	۱۹۵۱-۲۰۰۸	---
پلرود	۱۴/۹۰	۴/۶۳	۳۱/۱۰	کاهشی	۶	۱۹۵۷-۲۰۰۸	---
تجن	۱۲/۷۰	۶/۱۰	۴۸/۰۳	کاهشی	۵	۱۹۷۰-۲۰۰۸	شهیدرجایی
گرگانرود	۱۳/۳۱	۶/۳۷	۵۱/۷۷	کاهشی	۶	۱۹۷۵-۲۰۰۸	گلستان ۱ و ۲
نکارود	۵/۴۱	۲/۰۰	۳۷/۰۰	کاهشی	۵	۱۹۸۳-۲۰۰۸	---

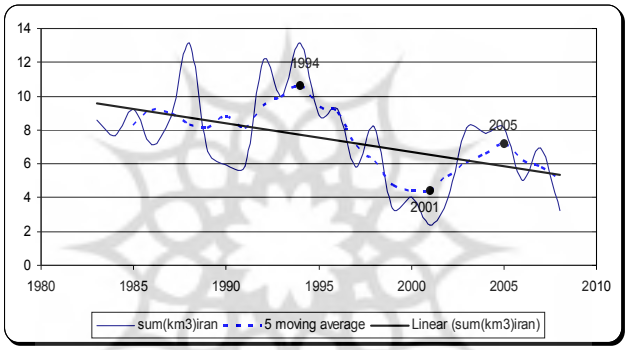
روندهای مشاهده شده با میانگین متحرک ۵ ساله

سفیدرود	↓(۱۹۶۸-۷۲)، ↑(۱۹۷۲-۷۷)، ↓(۱۹۷۷-۸۶)، ↑(۱۹۸۶-۹۱)، ↓(۱۹۹۱-۹۴)، ↑(۱۹۹۴-۰۱)، ↓(۲۰۰۱-۰۵)، ↑ (۱۹۵۳-۵۵)↓(۱۹۵۵-۶۰)، ↑(۱۹۶۵-۶۸)، ↓(۱۹۶۰-۶۵)،
چالوس	↓(۱۹۶۳-۷۱)، ↑(۱۹۷۱-۸۴)، ↓(۱۹۸۴-۹۴)، ↑(۱۹۹۴-۰۱)، ↓(۲۰۰۱-۰۵)، ↑ (۱۹۵۵-۶۳)↓
هراز	↓(۱۹۶۲-۷۱)، ↑(۱۹۷۱-۸۲)، ↓(۱۹۸۲-۹۴)، ↑(۱۹۹۴-۹۹)، ↓(۱۹۹۹-۰۵)، ↑ (۱۹۵۲-۵۸)↑(۱۹۵۸-۶۲)،
بابلرود	↓(۱۹۵۹-۷۹)، ↑(۱۹۷۹-۹۴)، ↓(۱۹۹۴-۹۹)، ↑(۱۹۹۹-۰۵)، ↑ (۱۹۵۳-۵۹)↑
تالار	↓(۱۹۶۳-۶۸)، ↑(۱۹۶۸-۷۱)، ↓(۱۹۷۱-۷۴)، ↑(۱۹۷۴-۹۱)، ↓(۱۹۹۱-۹۴)، ↑ (۱۹۵۳-۵۹)↑(۱۹۵۹-۶۳)،
پلرود	↓(۱۹۷۸-۸۳)، ↑(۱۹۸۳-۹۴)، ↓(۱۹۹۴-۰۰)، ↑(۲۰۰۰-۰۵)، ↑ (۱۹۶۰-۶۶)↑(۱۹۶۶-۷۸)،
تجن	↓(۱۹۷۷-۸۲)، ↑(۱۹۸۲-۹۴)، ↓(۱۹۹۴-۰۱)، ↑(۲۰۰۱-۰۵)، ↓ (۱۹۷۴-۷۷)↓
گرگانرود	↓(۱۹۸۴-۸۶)، ↑(۱۹۸۶-۹۴)، ↓(۱۹۹۴-۰۱)، ↑(۲۰۰۱-۰۵)، ↑ (۱۹۷۷-۸۰)↑(۱۹۸۰-۸۴)،
نکارود	↑(۱۹۹۸-۰۲)، ↓(۲۰۰۲-۰۵)، ↑ (۱۹۸۵-۸۷)↑(۱۹۸۷-۹۲)، ↓(۱۹۹۲-۹۸)،

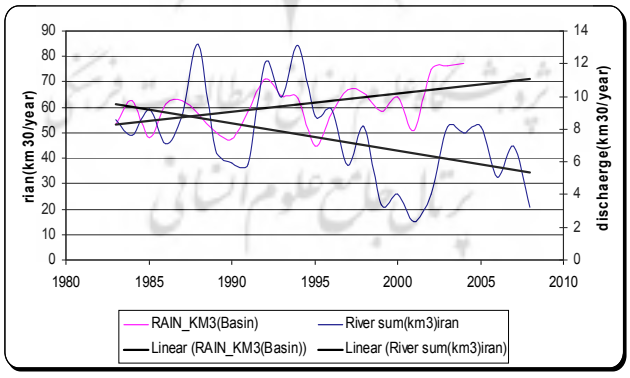
* علامت (↑) روند افزایشی و علامت (↓) روند کاهشی



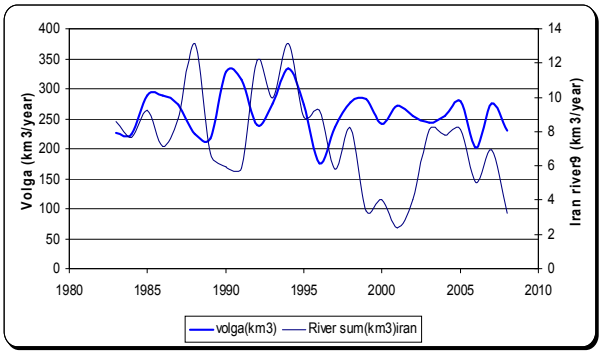
شکل ۳- دگرگونی‌های سالانه آبدهی رودخانه‌های ایرانی حوضه آبریز دریای خزر (۲۰۰۸-۱۹۵۱)



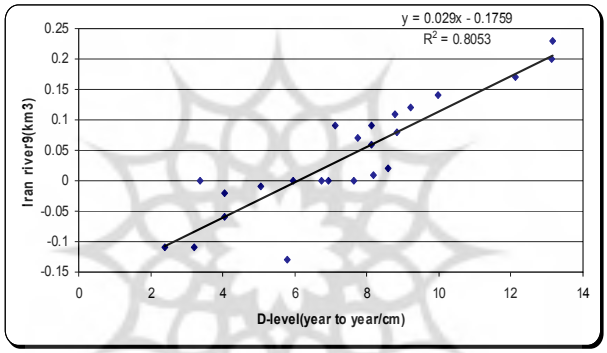
شکل ۴- تغییرات میانگین آبدهی رودخانه‌های ۹ گانه به کیلومترمکعب (۲۰۰۸-۱۹۸۳)



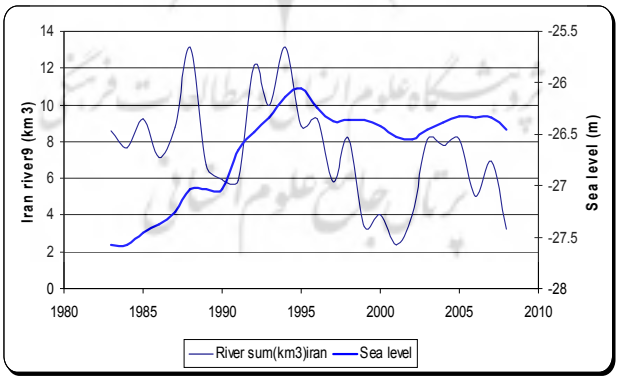
شکل ۵- مقایسه روند مجموع آبدهی سالانه رودخانه‌ها و حجم بارش
در سطح حوضه آبریز ایرانی دریای خزر (۲۰۰۸-۱۹۸۳)



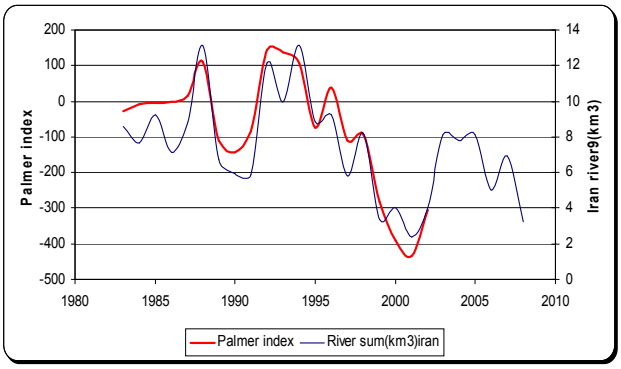
شکل ۶- مقایسه نوسانات آبدهی رودخانه ولگا با مجموع آبدهی رودخانه‌های ایرانی حوضه دریای خزر (۲۰۰۸-۱۹۸۳)



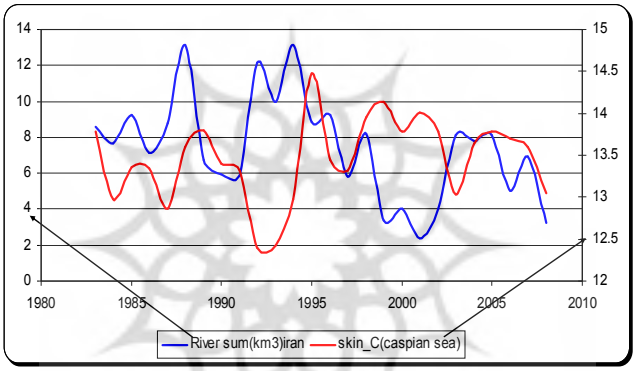
شکل ۷- همبستگی تفاضل سالانه تراز آب دریای خزر با مجموع آبدهی رودخانه‌های ایرانی خزر (۲۰۰۸-۱۹۸۳)



شکل ۸- مقایسه نوسانات تراز آب دریای خزر با مجموع آبدهی رودخانه‌های ایرانی حوضه آبریز دریای خزر (۲۰۰۸-۱۹۸۳)



شکل ۹- مقایسه تغییرات شاخص خشکسالی پالمر با مجموع آبدهی سالانه رودخانه‌های ایرانی خزر (۲۰۰۸-۱۹۸۳)



شکل ۱۰- مقایسه تغییرات درجه حرارت سطح آب دریای خزر با مجموع آبدهی رودخانه‌های ایرانی خزر (۲۰۰۸-۱۹۸۳)

نتایج و بحث

ارزیابی مجموع دبی رودخانه‌های نه‌گانه حوضه ایرانی دریای خزر در یک دوره مشترک ۲۶ ساله نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۴-۱۹۸۳ روند آبدهی رودخانه‌ها با یکسری افت و خیزهای ۳-۱ ساله از روند افزایشی برخوردار شده است و از سال ۲۰۰۱-۱۹۹۴ نیز از یک روند کاهشی پیروی نموده و در ادامه نیز تا سال ۲۰۰۵ افزایش یافته و از آن سال تا ۲۰۰۸ نیز عقب نشینی نموده است، به‌عبارت دیگر در این دوره چهار روند تغییر در آبدهی رودخانه‌های ایرانی حوضه دریای خزر دیده می‌شود (شکل ۲). این نحوه تغییر در روند آبدهی رودخانه‌ها با تعدادی از پدیده‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی در دوره همزمان یا با تاخیر یا تقدم ۲-۱ ساله در منطقه مورد مطالعه همخوانی دارد؛ از جمله مهمترین آن‌ها می‌توان به تغییرات تراز آب دریای خزر اشاره نمود؛ در دوره همزمان، تراز آب دریای خزر از سال ۱۹۹۵-۱۹۸۳ در حال افزایش است به‌عبارت دیگر این دوره بخشی از دوره افزایشی شدید تراز آب خزر

بین سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۷۷ را نشان می‌دهد و از سال ۲۰۰۲-۱۹۹۵ خزر روند کاهشی به خود گرفت و دوباره با یک روند ضعیفی تا سال ۲۰۰۵ افزایش یافت و از آن زمان تاکنون نیز روند کاهشی به خود گرفته است. در این مدت همروند بودن تغییرات تراز آب خزر با آبدهی رودخانه‌های مورد نظر با تاخیر یک ساله دیده می‌شود. مهمترین ارتباط آبدهی رودخانه‌ها با تفاضل سالانه تغییرات سطح آب می‌باشد به طوریکه در یک نگاه حس می‌شود یکی از دو، تابع دیگری است. از آنجایی که آبدهی رودخانه‌ها عامل عمده تعیین‌کننده تراز آب خزر می‌باشد بنابراین چنین برداشتی تا حدودی درست به نظر می‌رسد اما دبی رودخانه‌های ایران در دوره مورد نظر به‌طور متوسط معادل ۲/۹۳ درصد دبی ولگا است از طرف دیگر چون منشاء آبی حوضه ایرانی دریای خزر بیشتر از مناطقی مانند دریای مدیترانه، اقیانوس اطلس، دریای سیاه و... تامین می‌شود و خزر تا حدودی عامل تقویت‌کننده ضعیفی بر روی این سیستم‌ها است بنابراین عامل دگرگونی اقلیمی دبی رودخانه و دریای خزر به‌خصوص برای دوره ۲۶ ساله مشترک است و خارج از منطقه تحمیل می‌شود.

موضوع اقلیمی دیگری که در اینجا در ارتباط با همخوانی تغییر روند آبدهی رودخانه‌های ایرانی قابل بحث است به نوعی بارش اتفاق افتاده در سطح حوضه ایرانی دریای خزر می‌باشد یکی از دلایل مهم بررسی آن در واقع به‌عنوان عامل اصلی و تعیین‌کننده دبی‌های رودخانه‌ای است در این حوضه‌ها به‌دلیل نبود یخبندان‌های طولانی زمان تاخیر چند ساله برای خروج بارش از سطح حوضه اتفاق نمی‌افتد و در واقع رواناب حوضه کاملاً به میزان بارش وابسته است. اما روند تغییرات بارش بین سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۸۳ با افت و خیزهای چند ساله از یک رفتار افزایشی پیروی می‌کند در حالی که روند آبدهی رودخانه‌ای یک روند کاهشی دارد، همچنین تغییر روندهای چهارگانه در آبدهی در بارش دیده نمی‌شود، بنابراین به نظر می‌رسد آبدهی رودخانه در حوضه‌های ایرانی حالت کنترلی دارند، هر چند در بحث قبلی در ارتباط با تراز دریا همبستگی خوبی دیده می‌شود بنابراین هر چند تعدادی سد بر روی رودخانه‌های ایرانی دیده می‌شود اما در آبدهی رودخانه‌ها در مقیاس سالانه نقش آن‌ها کمتر دیده می‌شود. بنابراین عنصر بارش هر چند به‌عنوان عامل اصلی حجم آب رودخانه می‌باشد اما عناصر دیگر اقلیمی در تعیین آن خودنمایی بیشتری کردند. بدین منظور از نتایج محاسبات شاخص خشکسالی پالمر (Van der Schrier et al., 2006) که به نوعی از نیاز آبی منطقه برآورد شده) برای محدوده اتحادیه اروپا که حوضه ایرانی دریای خزر نیز بخشی از آن بوده است، استفاده کردیم. نتایج بیانگر آن است که در دوره ۱۰۰ سال شدیدترین خشکسالی بین سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۳ اتفاق افتاده است (شکل ۴). همچنین بین سال‌های ۱۹۹۳-۱۹۸۳ شاخص خشکسالی با یکسری افت و خیزهای معمولی روند افزایشی داشته است. این تغییرات روند با آبدهی رودخانه‌های ایران کاملاً همخوانی دارد بنابراین نتیجه، مشخص می‌گردد که آبدهی رودخانه‌های ایرانی در مقیاس زمانی سالانه علاوه بر بارش از سایر عناصر اقلیمی نیز تأثیرپذیری عمده‌ای داشته است.

منابع

۱- باپکین، و.ای.، و پاستنیکوف، ا.ن. ۱۹۹۷. جریان ولگا در آستانه قرن بیست و یکم، مترجم: علی شمسی، برگرفته از مجله وستیک کاسپیا، شماره ۲، سال ۱۹۹۷، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، وزارت نیرو، ایران.

۲- تیماشف، ای.اس. ۲۰۰۳. خزر، آرال و رودخانه‌های روسیه، مترجم: علی شمسی، برگرفته از مجله وستیک کاسپیا، شماره ۳، سال ۲۰۰۳، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، وزارت نیرو، ایران.

۳- زون، ا.، و گلیانتس، م. ۲۰۰۲. خزر نگاهی به گذشته، شناخت آینده، مترجم: علی شمسی، برگرفته از مجله وستیک کاسپیا، شماره ۴، سال ۲۰۰۲، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، وزارت نیرو، ایران.

۴- عساکره، ح. ۱۳۸۶. تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان، شابک: ۶-۱۵-۸۸۸۵-۹۶۴-۹۷۸

۵- مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر. ۱۳۹۰. بانک اطلاعات آب و هواشناسی دریای خزر، موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو، مازندران، ساری.

۶- وزارت مسکن و شهرسازی. ۱۳۶۹. طرح منطقه‌ای گیلان و مازندران، مطالعات جغرافیایی و محیطی.

7.Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., and Palutikof, J.P. 2008. *Climate Change and Water, Technical Paper VI-English*, Eds. IPCC Secretariat, Geneva, 210p.

8.Biksham Gujja, S.D. 2009. *Variability of Daily Discharges of Godavari River Due to Climate Change in Coming Decades and its Implications to Infrastructure and People, IOP Conf.* Series: Earth and Environmental Science 6 (2009) 402008 doi:10.1088/1755-1307/6/0/402008.

9.Booij, Daniël Tollenaar, M.J., Van Beek, E., and Kwadijk, J.C.J. 2011. *Simulating Impacts of Climate Change on River Discharges in the Nile Basin, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36: 13. 696-709. doi: 10.1016/j.pce.2011.07.042.

10.http://www.cdc.noaa.gov

11.httt://www.cru.uea.ac.uk

12.http://www.ucar.edu/news/854/water-levels-dropping-some-major-rivers-global-climate-changes

13.Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., and Boscolo, R. Editors. 2006. *Mediterranean Climate Variability*, ISBN-10: 0-444-52170-4, 421p.

14.Lu, X.X. 2004. *Vulnerability of Water Discharge of large Chinese Rivers to Environmental Changes: An Overview*, Reg Environ Change, 4: 182–191, DOI 10.1007/s10113-004-0080-0.

15.Nohara, D. 2006. *Impact of Climate Change on River Discharge Projected by Multimodal Ensemble*, J. Hydrometeor, 7, 1076-1089, doi: http://dx.doi.org/ 10.1175/JHM531.1.

16. Thodsen, H. 2007. *The Influence of Climate Change on Stream Flow in Danish Rivers,* J. Hydrol. 333: 226-238.
17. Van der Schrier, G., Briffa, K.R., Jones, P.D., and Osborn, T.J. 2006. *Summer Moisture Variability Across Europe*. *J. Climate*. 19: 2818-2834. http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/drought.
18. Wang, S., Mc Grath, R., Semmler, T., Sweeney, C., and Nolan, P. 2006. *The Impact of the Climate Change on Discharge of Suir River Catchment (Ireland) Under Different Climate Scenarios,* Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 6: 387-395.
19. Xu, H., Taylor, R.G., and Xu, Y. 2011. *Quantifying Uncertainty in the Impacts of Climate Discharge in Sub-Catchments of the Yangtze and Yellow Basins, China, Hydrol*. Earth Syst. Sci. 15: 333-344.doi:10.5194/hess-15-333-2011.
20. www.livescience.com, Rivers Losing Water Due to Climate Change

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی