Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه همبستگی بین نوسانات سطح آب دریای خزر با بعضی از عوامل مهم اقلیمی - هیدرولوژیک

توسط :

دکتر سید محمد جعفر ناظم السادات

استادیار بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

Email: jafar@hafez.shirazu.ac.ir

چکیده :

دریای خزر، بزرگترین دریاچه های جهان، در ناحیه شمالی کشور ایران واقع است. نوسانات سطح آب این دریا بطور معنی داری اقتصاد ایران و کشور های حاشیه دریا را تحت تاثیر خود قرار داده و به همین دلیل بررسی علل این نوسانات و امکان پیش بینی آن، هم اکنون مورد توجه بسیاری از پژوهشگران منطقه ای و بین المللی است. تحقیقات متعددی نشان داده است که تغییرات اقلیمی مهمترین عامل مؤثر بر نوسانات سطح آب می باشد. در پژوهش حاضر روند نوسانات سطح آب در محدوده زمانی ۸۵-۱۹۵۱ و همبستگی آن با دیگر عوامل اقلیمی و هیدرولوژیک مورد بررسی قرار گرفته است. نشان داده شد که نوسانات سطح آب و دبی ورودی به دریاچه، نه ازنقطه نظر آماری معنی دار بر ، و نه روابط استخراج شده از پایداری زمانی برخوردار است. در مقابل، مشخص گردید که در مقایسه با رواناب سطحی، تبخیر از سطح آب قسمت بیشتری از واریانس نوسانات سطح آب را توجیه نموده و روابط از پایداری خوبی برخوردار هستند. نشان داده شد برای سال هایی که درجه حرارت سطح آب دریا (در زمستان)بیش ازمعمول سردیا گرم می گردد، بین ۴۰ تا ۶۰ درصد از واریانس نوسانات سطح آب بوسیله دبی ورودی توجیه می گردد. علاوه بر این، نوسانات سطح آب برای دورانی که درجه حرارت زمستانه سطح آب دریا بیش از حد معمول گرم می گردد نیز همبستگی خوبی با تبخیر نشان داد. در هر مرحله دلایل فیزیکی برای توجیه روابط استخراج شده ارائه گردیده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه :

دریاچه خزر که آب های آن قسمتی از مرز شمالی کشور ایران را تشکیل میدهد (شکل ۱)، از لحاظ مساحت و حجم بزرگترین دریاچه جهان بوده و به همین دلیل اصطلاحاً دریای خزر (Caspian Sea) نامیده می شود. مساحت محدوده ای که توسط این دریا زهکشی می شود حدود ۳/۵ میلیون کیلومتر مربع می باشدکه دارای ۲۵۰۰ کیلومتر طول از عرض جغرافیایی ۳۵ تا ۶۰ درجه شمالی و حدود ۱۰۰۰ کیلو متر عرض از طول جغرافیایی ۴۰ تا ۶۰ درجه شرقی می باشد(رادیانوف[1]، ۱۹۹۴).

سطح آب این دریا بطور متوسط حدود ۲۸ متر پایین تر از سطح آب های آزاد جهان قرار گرفته و دارای هیچگونه راه خروجی از حوضه نمی باشد (کلیج و میاکوف[2]، ۱۹۹۲). بنظر می رسد که نوسانات سطح دریای خزر، به علت بسته بودن حوضه، بیش از هر عامل شناخته شده دیگری، نسبت به تغییرات اقلیم (آب و هوا) حساس باشد. تغییرات سالیانه آب و هوا می تواند بطور معنی داری حجم آب ورودی، میزان تبخیر و نهایتاً ارتفاع سطح آب دریا را دچار نوسانات شدیدی نماید.

اخیراً و پس از تجزیه کشور شوروی سابق ، این دریاچه بخاطر دارا بودن ویژگی های طبیعی منحصر بفرد و همچنین نقش حیاتی آن در اقتصاد کشور های منطقه و مخصوصاً ساحل نشینان مورد توجه سیاستمداران و دانشمندان قرار گرفته است. مسائل مربوط به آلودگی آب، بنادر و کشتیرانی، استفاده از منابع و ذخایر دریایی نظیر خاویار، حقوق دریا یی ، تقسیم بندی آب دریا و حوضه های نفتی زیر سطحی از جمله مشکلاتی است که توجه اندیشمندان کشور های ـ حلی و دیگر نقاط جهان را بخود معطوف داشته است. نوسانات سطح آب و آثار زیانبار آن بر اقتصاد ملی کشور های مجاور نیز موضوع مهمی است که در اولویت اصلی تحقیقات خزر قرار دارد.

بنا برگزارش (راتکوویچ[3]، ۱۹۸۸)، $\frac{۱}{۳}$ از کل درآمد اقتصادی، $\frac{۱}{۵}$ ازتولیدات کشاورزی و $\frac{۱}{۳}$انرژی تولیدی ایستگاه های هیدرو الکتریک در سطح کشور شوروی سابق از حوضه دریای خزر استحصال می گردیده است. این دریاچه از طریق راه آب های داخلی با دریا های سیاه، آزو و بالتیک مرتبط گشته است و از لحاظ ماهیگیری و تولید خاویار قابل ملاحظه اش، که مشهور ترین خاویار جهان می باشد ، از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. دریای خزر به تنهایی ۹۰ درصد خاویار جهان را تامین می کند واز لحاظ منابع نفت نیز غنی می باشد (رادیانوف، ۱۹۹۴).

در شرایط حاضر، به علت بهره برداری بی رویه از ذخایر ومنابع موجود، اکوسیستم کلی دریای خزر وخیم توصیف گردیده ونسل بسیاری از آبزیان ازجمله ماهی خاویار، درمعرض خطرقراردارد(گلوب[4]، ۱۹۹۲).

1- Rodionov.
2- Klige and Myagkov.
3- Ratkovich.
4- Golub.

www.SID.ir

Archive of SID

تولیدات این ماده ارز شمند در سالیان اخیر با کاهش شدیدی روبرو گشته و بنظر می رسد که کشور های منطقه بازار پر در آمد خاویار را از دست داده باشند.

نوسانات سطح آب یکی از مهمترین مسائلی است که کشور های حاشیه خزر پیش روی دارند. اگرچه شواهد بسیاری دلالت بر آن دارد که شرایط زندگی حاشیه نشینان خزر از دیرباز تحت تاثیر نوسانات سطح آب بوده است، اما پژوهش های سیستماتیک این تغییرات از ابتدای قرن حاضر و مخصوصاً بعد از دهه ۱۹۳۰ که سطح دریا بشدت افت نموداز شتاب بیشتری برخوردار شد. افت استثنائی سطح آب در سال های (۱۹۴۰-۱۹۳۳) و پی آمد های اقتصادی آن موجب معطوف شدن نظر پژوهشگران به علل وقوع این پدیده گردید.

درسال ۱۹۷۷ وپس از یک دوره پایداری نسبی، سطح دریاچه به حداقل مقدار ثبت شده خود یعنی ۲۹ متر پائین تر سطح آب های آزاد رسید. با کاهش ارتفاع سطح آب، شرایط زندگی در مناطق ساحلی، خصوصا در نواحی شمالی دریای خزر که ناحیه کم عمق این دریاچه به حساب می آید، بحرانی شد، زندگی آبزیان در آن به خطر افتاد و کشتیرانی در مناطق ساحلی مختل گردید.

از سال ۱۹۷۷ به بعد، سطح آب بطور کاملاً غیر قابل پیش بینی شروع به بالا آمدن نمود. گرچه در ابتدا با در نظر گرفتن معادلات بیلان آب بنظر می رسید این امر بطور موقت حادث شده است، روند فزاینده سطح آب برای مدت طولانی ادامه یافت بطوریکه در سال ۱۹۸۰ آب دریا به درون خلیج قره بغاز (Kara Bogaz) سرریز نمود. روند افزایش سطح آب دریاچه بدون توقف تا سال ۱۹۹۵ میلادی ادامه داشت بطوریکه در سال ۱۹۹۲ سطح آب به ۲ متر بالاتر از سطح آب در سال ۱۹۷۷ رسیده است(رادیانوف، ۱۹۹۴: گزارش اداره هواشناسی گیلان، ۱۳۷۶).

تا کنون درباره علل نوسانات سطح آب نظریات مختلفی ارائه شده است. گروهی از دانشمندان عقیده داشتندکه با توجه به بسته بودن حوضه خزر بیلان آبی تنها عامل کنترل کننده سطح آب می باشد و بنا بر این با کنترل ورودی های خزر می توان ارتفاع آنرا در یک سطح دلخواه پایدار نگه داشت (لئونتیف[1]، ۱۹۸۲). تصور بر این بود که با ایجاد تاسیسات تنظیم آب بر روی رودخانه هایی نظیر ولگا و اورال که حدود ۹۰ درصد رواناب سطحی به دریا را تامین می نمایند می توان با تنظیم دبی ورودی سطح آب را ثابت نگه داشت. به همین دلیل دانشمندان شوروی سابق با مطالعات دقیق بیلان آبی به موفقیت طرح کنترل سطح آب امید فراوانی داشتند.

افزایش غیر قابل پیش بینی سطح آب در دهه ۸۰ و ۹۰ میلادی نشان داد که تنظیم سطح آب، با کنترل نمودن میزان رواناب سطحی و ملحوظ نمودن بارندگی در محاسبات میسر نبوده، بلکه عوامل ناشناخته دیگری هستند که بطور معنی داری بر نوسانات سطح آب موثرند. لوبانوف[2] (۱۹۹۲) معتقد است

1- Leontyev.
2- Lobanov.

www.SID.ir

Archive of SID

که میزان ذرات معلق در هوا تاثیر محسوسی بر درجه حرارت، میزان انرژی تشعشعی و نهایتاً میزان تبخیر از دریای خزر دارد. گرچه در مورد تاثیر عوامل زمین شناسی و تکتونیکی بر نوسانات سطح آب نیز نظریاتی ارائه گردیده است، اما به نظر بسیاری از دانشمندان، اقلیم عامل اصلی نوسانات سطح آب می باشد (رادیانوف، ۱۹۹۴). نتایج تحقیقات حاضر نیز که متعاقباً ارائه خواهد شد گواهی بر این مدعاست.

دریای خزر از نقطه نظرات سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و حتی فرهنگی از دیرباز به عنوان یک منطقه حیاتی می گردیده است. نوسانات سطح آب و آثار زیانبار آن در دوران های مرزی (حداکثر ها و حداقل ها) خسارات زیادی به اقتصاد ملی ایران تحمیل نموده و بسیاری از مردم و مسئولین امر، علاقمند به مطالعات علمی در جهت کاهش خسارات وارده می باشند.

بالا آمدن سطح آب موجب تخریب تاسیسات عظیم بنادر شده و کشتیرانی را دچار اختلال نموده است. منازل مسکونی و اداری، جاده ها، تسهیلات تفریحی کنار ساحل، سکو های استخراج نفت، خطوط انتقال برق و مخابرات نیز در اثر بالا آمدن سطح آب صدمات فراوانی را متحمل گردیده اند. از طرف دیگر کاهش سطح آب نیز امر کشتیرانی در سطح دریا و آبراهه های اطراف را مختل نموده و موجب رکود صنایع شیلات و افت کیفیت آبزیان صید شده گردیده است. گزارش شده است که تولیدات کشاورزی و دامپروری نیز در این دوران دچار خسارات زیادی شده و جمعیت های زیادی از مردم ناچار به تغییر مکان و جابجایی گردیده اند (رادیانوف، ۱۹۹۴).

بنابراین، مطالعه نوسانات سطح آب خزر و درک هرچه بهتر علل این نوسانات از جمله مسائلی است که نقش اساسی در توسعه اقتصادی کشور را داراست. با توجه به آنکه پدیده تغییرات سطح آب آمیزه ای از عوامل اقلیمی- هیدرولوژیک و احتمالاً تکتونیکی می باشد، انجام چنین مطالعاتی علاوه بر آنکه به حل مسائل مربوط به این پدیده کمک می کند، در شناسایی عوامل موثر بر آب و هوای کشور(در مقیاس بزرگ) نیزکمک شایانی به محققان خواهد نمود. در مقایسه با مقالاتی که به زبان های خارجی به چاپ رسیده است سهم ایرانیان در انجام اینگونه پژوهش ها بسیار اندک بوده و لازم است که تلاش گسترده ای در جهت جبران این کمبود به عمل آید.

با توجه به مطالب فوق اهداف پژوهش حاضر را می توان بصورت زیر خلاصه نمود:

۱- بررسی همبستگی نوسانات سطح آب با عوامل مهم اقلیمی- هیدرولوژیک در دوره مورد مطالعه .

۲- بررسی همبستگی فوق الذکر برای سال هایی که شرایط اقلیمی خاص در سطح دریای خزر مشاهده گردیده است. در هر مرحله تلاش خواهد شد تا علل فیزیکی تغییرات حاصل در سطح آب بیان گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- داده ها وروش های محاسباتی

داده های دراز مدت اقلیمی که در این پژوهش از آنها استفاده گردید توسط مرکز مطالعات اقیانوس شناسی روسیه جمع آوری ودر اختیار قرار گرفتند. آن قسمت از داده ها که مربوط بـه دوران ثبـات بعـد از جنگ جهانی دوم (۱۹۸۵-۱۹۵۰) بوده واز دقت و صحت بالا تری برخوردار بوده و فاقد آمـار گمشـده بـود، برای مطالعه حاضر در نظر گرفته شد. بنظر می رسد که ارقام موجود، داده های اندازه گیری شـده در چنـد شهر ساحلی و از سطح دریای خزر بوده که توسط مرکز مطالعات روسیه با یکدیگر تلفیق گردیده و بصـورت یک مشخصه واحد برای کل دریاچه ارائه گردیده اند.

داده های مورد استفاده عبارتند از:

۱- ارتفاع سطح آب(Level) که بیانگر فاصله سطح آب دریای خزر از سطح آزاد آب اقیانوس ها بوده و به صورت یک عدد منفی برحسب متر بیان می گردد.

۲- کل رواناب سطحی ورودی به دریای خزر (Runoff) بر حسب کیلو متر مکعب در سال.

۳- تبخیر از سطح دریاچه (Evaporation) حسب میلی متر در سال که در ایـن مقالـه بصـورت Eva نشان داده می شود.

۴- بارندگی بر روی دریاچه (Precipitation) برحسب میلی متر در سال که در این مقاله بصورت Pre نشان داده می شود.

۵- درجه حرارت سطح آب دریاچه (Sea Surface Temperature, SST) در فصـول گـرم و سـرد کـه در این پژوهش به ترتیب به صورت SSTs و SSTw نشان داده می شوند. داده های SST بصـورت مقـادیر نرمـال شده انحراف از میانگین ارائه شده بودند. روش تهیه سری داده های نرمال شده در قسـمت هـای بعـدی ارائه شده است.

در تجزیه و تحلیل ارتباط بین عوامل فوق الذکر از روش رگرسیون خطـی سـاده استفاده گردیـد. علاوه بر این، به منظور بررسی استحکام و نیز پایداری روابط استخراج شـده، داده هـای موجـود (۳۵ سـال) یکبار به سه دوره (دو دوره ۱۲ ساله ویک دوره ۱۱ ساله) و بار دیگر به دو دوره (یک دوره ۱۸ ساله و یک دوره ۱۷ ساله) تقسیم و ضرایب همبستگی بین آنها محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفـت. نـاظم السـادات و کوردری[1] (۱۹۹۷) و نیکولس[2] (۱۹۸۳) بررسی پایداری روابط استخراج شده بین عوامـل اقلیمـی را توصیـه نموده اند.

با توجه به آنکه داده هـای موجـود دارای ابعـاد انـدازه گـیری مختلفـی بودنـد (مثـلاً Level و SST بترتیب حسب متر و درجه سانتی گراد می باشند)، مقادیر استاندارد شـده انحـراف از میـانگین (Normalized

1- Nazemosadat and Cordery.
2- Nicholls.

www.SID.ir

Archive of SID

Anomalies) برای تمامی سری داده ها محاسبه شده و از آنها در تجزیه و تحلیل بعدی استفاده گردید. مقادیر استاندارد شده بی بعد بوده و امکان مقایسه تغییرات آنها بهتر فراهم می گردد. یادآور می شود که ضرایب همبستگی بین ارقام خام و استاندارد شده با یکدیگر تفاوتی نداشته و از این نقطه نظر محاسبات دچار مشکلی نمی گردد.

برای استاندارد نمودن سری زمانیA وقتی که $A=\{x_1, x_2,.....x_n\}$ باشد، از فرمول زیر استفاده می گردد:

$$Z_i = \frac{X_i - X}{\sigma}$$

که در آن X_i عضو سری زمانی A، Z_i مقدار استاندارد شده نظیر X_i، X و σ بترتیب میانگین و انحراف از معیار(Standard Deviation) دراز مدت سری داده ها می باشند.

علاوه بر موارد فوق، با توجه به نتایج بسیار مطلوب پژوهش های اخیر (ناظم السادات و کوردری، ۱۹۹۷)، رابطه بین دو متغیر اقلیمی (برای مثال Level و Eva) وقتی که متغیر سوم(مثلاً SSTw)در یک شرایط خاص باشد(حداقل یا حد اکثر) نیز مورد مطالعه وبررسی قرار گرفت. این شرایط خاص با توجه به وضعیت موجود داده ها، توسط محقق تعیین می گردد.

در بررسی حاضر همبستگی بین مقادیرLevel ، Eva وRunoff برای سال هایی کهSSTw در ۲۵ درصد پایین ترین و بالا ترین مقدار خود قرار داشتند مورد مطالعه قرار گرفت. در این سال ها که درجه حرارت سطح آب بطور غیر معمولی از میانگین دراز مدت انحراف داشته است، وضعیت آب و هوایی و اقلیمی خاصی بر حوزه خزر حاکم بوده است و یکی از اهداف تحقیق حاضرگنجانیدن این وضعیت اقلیمی در محاسبات است.

www.SID.ir

Archive of SID

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی همبستگی بین نوسانات سطح آب و عوامل اقلیمی -هیدرولوژیک در کل دوره(۱۹۸۵-۱۹۵۱)

مطالعات نشان داد که در طول ۳۵ سال مورد بررسی، ارتفاع سطح آب به ترتیب برای مدت ۱۳ و ۲۲ سال بالاتر و پائینتر از حد نرمال بوده است (شکل ۲). در طول دوره مورد مطالعه بالاترین و پائین ترین ارتفاع سطح آب به ترتیب برابر۲۷/۹۶- و ۲۹- متر مربوط به سال های ۱۹۸۵و ۱۹۷۷ بوده اند.

همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، روند تغییرات در فاصله زمانی ۱۹۷۷تا ۱۹۸۵ پیوسته مثبت و در دهه۷۷- ۱۹۶۷ منفی است. در یک نگاه کلی و صرفنظر از افزایش جزئی ارتفاع در سال های ۱۹۵۹، ۱۹۶۰و۱۹۶۶، سطح آب خزر در طی سال های ۱۹۵۱ تا ۱۹۷۷ وبخصوص در دهه ۷۷-۱۹۶۷روند کاهنده ای داشته است. در مقابل، از اواخر دهه ۷۰ تا انتهای دوره مورد مطالعه، سطح آب دریای خزر متناوباً روند فزاینده ای داشته است. البته اطلاعات موجود (گزارش اداره کل هواشناسی استان گیلان، ۱۳۷۶) بیانگر آنست که روند افزایش آب در تمام دوران دهه ۸۰ و حداقل تا اواسط دهه ۹۰ میلادی ادامه داشته است.

جدول شماره (۱) مقادیر ضریب همبستگی (r) بین Level و دیگر شاخصه های اقلیمی-هیدرولوژیک را برای دوره های متفاوت زمانی نشان می دهد، در صورتیکه روابط استخراج شده از پایداری کافی زمانی برخوردار باشند، مقادیر r در تمام دوره ها (ارقام موجود در هر ستون) بایستی تقریباً ثابت باشد. همانطور که در این جدول نشان داده شده است، رابطه بین Level و Eva قوی تر از دیگر روابط بوده و برای دوره های مختلف زمانی(بجز دوره ۱۲ ساله ۱۹۷۳-۱۹۶۲) از پایداری خوبی برخوردار است. در مقابل، روابط بین Level و SST برای تمام دوره های مورد مطالعه بسیار ضعیف بوده و می توان استنباط نمود که نوسانات این دو شاخصه اقلیمی، حداقل در دوره مورد مطالعه، مستقل از یکدیگر می باشند.

رابطه بین Level و Runoff برخلاف انتظار قوی و پایدار نبوده وبیشترین ضعف در دوران ۶۷-۱۹۵۰ ملاحظه می گردد. ممکن است که در این دوران به علت بنای تاسیسات عظیم آبی و هیدروالکتریک بر روی رودخانه ولگا، دبی ورودی به دریا دچار ناهنجاری های زیادی شده باشد، این ناهنجاری ها به نوبه خودمی تواند همبستگی این دو عامل فوق الذکر را تا حد پائینی تنزل دهد. طبق گزارش جورجیوسکی[1] (۱۹۸۶)، بنای این تاسیسات موجب گردیده تا در فاصله سال های ۷۸-۱۹۶۰ ورودی ولگا به خزر در فصل بهار به

1-Georgievsky.

www.SID.ir

Archive of SID

میزان ۱۳-۱۲ کیلومتر مکعب کاهش و در فصل تابستان به میزان ۵/۴۴ کیلو متر مکعب افزایش داشته باشد.

شکل (۳) تغییرات همزمان Level و Runoff را نشان می دهد. توجه به این شکل ونیز ارقام ارائه شده در جدول (۱) بیانگر آنست که کم و زیاد شدن Runoff نمی تواند درصد قابل توجهی از واریانس Level را توجیه نماید. همانطور که در این شکل ملاحظه می گردد رابطه Level با Runoff را بسختی می توان در قالب دو پدیده همزمان یا خطی مورد مطالعه قرار داد.

تاثیر دبی بر نوسانات سطح آب در فواصل مختلف زمانی از ورود آب به دریا قابل مشاهده بوده و ظاهراً بستگی به هیدروگراف ورودی و دیگر شرایط حاکم بر حوضه خزر دارد. مثلاً در حالیکه اثر افزایش دبی سال ۱۹۵۸ بر روی بالا آمدن سطح آب تا دو سال بعد قابل مشاهده می باشد، افزایش دبی و ارتفاع در سال ۱۹۶۶ بطور همزمان اتفاق افتاده است. در عین حال، افزایش(کاهش) قابل توجه دبی در سال ۱۹۵۵ (۱۹۶۰) تأثیر چندانی بر تغییرات سطح آب در این سال ها ندارد.

شکل (۴) تغییرات همزمان سطح آب (Level) و تبخیر از سطح دریا (Eva) را بر حسب مقادیر استاندارد شده نشان می دهد. گرچه تغییرات سطح آب در دوره مورد مطالعه یک همبستگی قوی با میزان تبخیر از سطح دریاچه را نشان نمی دهد (جدول ۱)، نوسانات همزمان این دو متغیر بیانگر آنست که وقتی سطح آب دریاچه بالاتر (پایین تر) از میانگین دراز مدت می باشد میزان تبخیر کمتر (بیشتر) از حدنرمال می باشد. با فرض ثابت بودن تشعشع رسیده،انتظار آنست که میزان تبخیر از واحد سطح دریاچه نسبتاً ثابت بوده و دچار نوسانات شدید نگردد. بنا براین، تغییرات نسبتاً زیاد تبخیر در دوره مورد مطالعه در نگاه اولیه خلاف انتظار می باشد

در یک نگاه دقیق تر می توان نتیجه گیری نمود که مقدار تبخیر سالیانه متاثر از عوامل اقلیمی نظیر دما، سرعت و جهت باد، عبور از سیستم های چرخندی و واچرخندی و احیاناً انفجارات خورشیدی بوده و بنابراین عوامل مذکور بطور غیر مستقیم نوسانات سطح آب را موجب گردیده اند. با توجه به آنکه هریک از عوامل بالا تغییرات زیادی را از سالی به سال دیگر نشان می دهند، روشن می گردد که نوسانات سطح آب متاثر از مجموعه پیچیده ای از عوامل اقلیمی است که شناخت دقیق آنها کار آسانی نمی باشد.

رابطه بین Level و بارندگی از پایداری زمانی برخوردار نبوده و تغییرات زیادی را نشان می دهد. ضریب همبستگی بین این دو متغیر برای دوران ۱۱ ساله ۶۱-۱۹۵۱ و ۱۲ ساله ۸۵-۱۹۷۴ بترتیب از (+۰/۳۲) به (-۰/۶۵) تغییر نموده است. علاوه بر این در حالیکه مقدار r برای دوران ۶۷-۱۹۵۱ حدود ۰/۱ می باشد، این مقدار برای دوره ۸۵-۱۹۶۸ به (-۰/۵۸) افزایش یافته است. توجه به این ارقام بیانگر آن است که در دوران فرونشینی سطح دریا، بارندگی تاثیر چندانی بر نوسانات سطح آب نداشته، اما در دورانی که سطح آب روند فزاینده‌ای داشته است، افزایش بارندگی با پایین افتادن نسبی سطح آب همراه بوده است که این خود امری غیرعادی می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای توجیه فیزیکی رابطه منفی بین Level و Pre باید به این نکته توجه نمود که در محاسبات بیلان آبی دریای خزر، رواناب سطحی و بارندگی به ترتیب ۷۹ و ۲۰ درصد تغییرات سطح آب را موجب می گردند (کلیج و میاکوف[1]، ۱۹۹۲). بدین ترتیب رواناب عامل اصلی نوسانات سطح آب بوده و بارندگی دارای نقش بسیار کمتری می باشد.

بنابراین چنانچه در یک سال پر باران، در اثر استفاده آب در بالا دست، حجم روانابی که به دریاچه تخلیه می گردد به میزان زیادی کاهش یابد، ممکن است مجموعه بارش و رواناب سطحی برای جبران تبخیر کافی نبوده و ارتفاع آب با وجود افزایش بارندگی کاهش یابد. بدیهی است که اگر دخالت انسان وجود نداشت، در سال های پر باران(کم باران) به علت افزایش(کاهش) حجم بارش در سطح دریاچه و نیز Runoff، ارتفاع سطح آب افزایش(کاهش) پیدا می نمود.

جمع کل بارندگی (رواناب) در دوران ۱۷ ساله ۶۷-۱۹۵۱ و ۱۸ ساله ۸۵-۱۹۶۸ به ترتیب برابر ۱۲۵۳ و ۲۰۰۲ کیلومتر مکعب (۴۷۵۰و۶۴۲۰ کیلومتر مکعب) محاسبه گردید. این ارقام نشان می دهد که در مقایسه با دوران ۱۷ ساله اول، جمع بارندگی و رواناب ۱۸ سال اخیر به ترتیب به میزان ۶۰ و ۳۵ درصد افزایش یافته اند. بنابراین در ۱۸سال اخیر (احتمالاً به علت توسعه کشاورزی و امور صنعتی)، افزایش دبی ورودی به دریاچه کمتر از میزان مورد انتظار می باشد.

گرچه توقع می رود که ۶۰ درصد افزایش در میزان بارندگی، افزایش حدود ۶۰ درصد رواناب سطحی را نیز بدنبال داشته باشد، اما به دلیل دخالت انسان تنها ۳۵ درصد افزایش در حجم رواناب سطحی مشاهده شده است. بنا براین در این دوره ۱۸ ساله از یک طرف افزایش بارندگی و از طرف دیگر کاهش نسبی دبی وارد شده به دریا را شاهد بوده ایم. این کاهش نسبی در دبی ورودی نه تنها اثر افزایش بارندگی بر نوسانات سطح را خنثی نموده، بلکه موجب ایجاد رابطه منفی بین Level و Pre نیز گردیده است.

مقایسه شکل های (۳) و (۴) بیانگر آنست که در حدفاصل ۷۷-۱۹۶۷ دبی رودخانه و تبخیر از سطح دریا بجز در یک مورد، بقیه بترتیب کمتر و بیشتر از میانگین دراز مدت بوده است که این موضوع می تواند تا اندازه زیادی کاهش سطح آب در این دوران را توجیه نماید. در مقابل، بالا آمدن آب در دوران بعد از ۱۹۷۷ را تا حد قابل توجهی می توان به افزایش ورودی و کاهش نسبی تبخیر نسبت داد.

مجموعه یافته های بالا دلالت بر آن دارد که نوسانات سطح آب پدیده کاملاً پیچیده ای بوده که عوامل اصلی بیلان آب نظیر دبی ورودی و تبخیر و تعرق نمی توانند به تنهایی قسمت قابل ملاحظه ای از واریانس آن را توجیه نمایند.

1- Klige and Myagkov.

کتابخانه
سازمان بنادر و کشتیرانی
شماره ۴۸۰۲ تاریخ ۱۵/۱۰/۷۶

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲- بررسی نوسانات سطح آب(Level) در سال هایی که SST در مقادیر مرزی قرار دارد.

همانطور که درمبحث داده ها و روش های محاسباتی (قسمت ۲) ذکر شد، بـرای زمـان هـایی کـه SSTw در ۲۵ درصد بالایی و پایینی خود قرار داشت، رابطه بین Level و دیگر عوامل اقلیمـی مـورد مطالعـه قرارگرفت. با توجه به آنکه ۲۵ درصد طول دوره مطالعاتی (۳۵ سال) تقریباً برابر ۹ سـال مـی گـردد، بـرای راحتی محاسبات، این بررسی به ۱۰ سالی کـه SSTw بیشـترین و کمـترین مقـادیرخود را داشـت متمرکـز گردید.

تغییرات همزمان Level و Runoff برای ۱۰ سالی که SSTw کمترین مقدار خودرا دارا بود، در شـکل (۵) نشان داده شده است. این شکل بیانگر آنست که همبستگی بین دو متغـیر(Level و Runoff) بسـیار بـالا بوده و واریانس نوسانات سطح آب به خوبی توسط تغییرات دبی توجیه می گردد. مقایسه بیـن شـکل هـای (۳)و(۵) بیانگر آنست که وقتی SSTw در ۲۵ درصد پایینی خود قرار دارد، دبی ورودی به دریا ممکـن اسـت بسیار کم(سال۱۹۷۶) یا خیلی زیاد(سال۱۹۸۵) باشد. با وجود دامنه وسیع این تغییرات، رابطه بین Level و Runoff بسیار قوی بـوده، بطوریکـه ۵۶ درصـد تغیـیرات Level بـه تنهـایی توسـط عـامل Runoff توجیـه می گردد.

با توجه به شکل ۵ می توان نتیجه گیری نمود که چنانچه درجه حرارت زمستانه سطح آب در یـک سال سردتر از معمول گردد(مقادیر نرمال شده تغیرات کمتر از (۰/۵-) باشد)،Level یک تابع خطـی از Runoff بوده و رابطه آنها بصورت زیر بیان می گردد:

$$Level = -0.15 + 0.79Runoff$$

$$R^2 = 0.56$$
$$St.\ Err = 0.67$$
$$Obs. = 10$$

برای ۱۰سالی که SSTw بالاترین مقدار خود را داشت نیز رابطه بین Level و Runoff مـورد مطالعـه قرار گرفت و تغییرات همزمان آنها در شکل (۶) نمایش داده شده است. با توجه بـه ایـن شـکل، ارتفـاع آب دریای خزر در سال های مورد نظر همبستگی بالایی را با رواناب ورودی به دریاچه نشان می دهد. برای این دوران حدود ۴۰ درصد از تغییرات سطح آب به تنهایی توسط رواناب سطحی بیان می گردد.

بدین ترتیب روشن می گردد که از مجموع ۳۵ سال مورد مطالعه، همبستگی بین نوسـانات سـطح آب و دبی ورودی برای مدت ۲۰ سال در سطح بالایی معنی دار بوده است. نتایج ارائه شده در این پژوهـش تاکیدی بر کارآیی روش محاسباتی آقایان ناظم السادات و کوردری(۱۹۹۷) می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

ارتباط بینLevel وEva برای سال هایی که SSTw در ۲۵ درصد حد بالایی و پایینی خود قرار داشت نیز مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات این دو متغیر اقلیمی برای ۱۰ سالی که SSTw بیشترین مقدار خود را داشت در شکل ۷ نشان داده شده است. این شکل دلالت بر آن دارد که وقتی SSTw در حد بالایی خود قرار دارد، ارتفاع سطح آب می تواند بالاتر یا پایین تر از میانگین دراز مدت بوده و در عین حال تابعی از میزان تبخیر از سطح دریا باشد. در این شکل به منظور بهتر نشان دادن الگوی تغییرات، مقادیر Eva در ۱- ضرب گردیده است. با توجه به این شکل روشن می گردد که با افزایش (کاهش) تبخیر، سطح آب تنزل (افزایش) یافته است. رابطه بین Level و Eva وقتی که مقادیر SSTw کمتر از میانگین دراز مدت بود نیز مورد مطالعه قرار گرفت ولی نتیجه مطلوبی بدست نیامد و بنابراین تغییرات همزمان آنها نشان داده نشد.

با توجه به موارد بالا روشن می گردد که وقتی مقادیر نرمال شده انحراف از میانگینSSTw از ۰/۵+ بیشتر گردد،همبستگی بین نوسانات سطح آب با دو مؤلفه دبی ورودی و تبخیر از سطح دریا به شکل مطلوبی افزایش می یابد. تلاش در جهت درک علل واقعی افزایش همبستگی بین این متغیر ها موضوع مهمی است که در مطالعات آینده می تواند مورد توجه محققین قرار گیرد.

نتیجه گیری:

آب های دریای خزر قسمت قابل توجهی از مرز های شمالی ایران را شامل گردیده و بهره برداری پایدار و بهینه از منابع و ذخایراین دریا برای کشور ایران حائز اهمیت فوق العاده ای است. نوسانات سطح این دریا، خصوصاً در حد مرزی خود (مقادیر حداقل و حد اکثر ها) تاکنون موجب بروز خسارات جبران ناپذیر اقتصادی و اجتماعی در ایران و سایر کشور های مجاور گردیده است. افزایش بیش از حد سطح آب در دهه ۹۰ میلادی روشن ساخت که نوسانات سطح آب علاوه بر عوامل شناخته شده هیدرولوژیک متأثر از عوامل اقلیمی دیگری نیز هستند که هنوز شناخته نشده و بایستی تحقیقات بر محور شناسائی آنها متمرکز گردد.

پژوهش حاضر نشان داد که نوسانات سطح آب با هیچیک از عوامل اصلی سیکل هیدرولوژیک مانند رواناب، بارندگی و تبخیر همبستگی خیلی بالایی ندارد و مهمتر آنکه روابط همبستگی استخراج شده از پایداری زمانی برخوردار نمی باشند. در عین حال همبستگی بین ارتفاع سطح آب و تبخیر قوی تر و پایدار تر از دیگر روابط تشخیص داده شد. علاوه بر این، روابط بین نوسانات سطح آب با عوامل فوق الذکر در سال هایی که درجه حرارت زمستانه سطح آب در ۲۵ درصد بالایی و پایینی خود قرار داشت نیزمورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصله بسیار رضایت بخش بوده و حاکی از آنست که وقتی درجه حرارت سطح آب (در زمستان) خیلی گرم یا سرد می گردد، نوسانات سطح آب همخوانی خیلی زیادی با رواناب سطحی وتبخیر از سطح دریا دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۱)-ضرایب همبستگی(r) بین ارتفاع سطح آب دریای خزر و دیگر متغیر های اقلیمی- هیدرولوژیک.

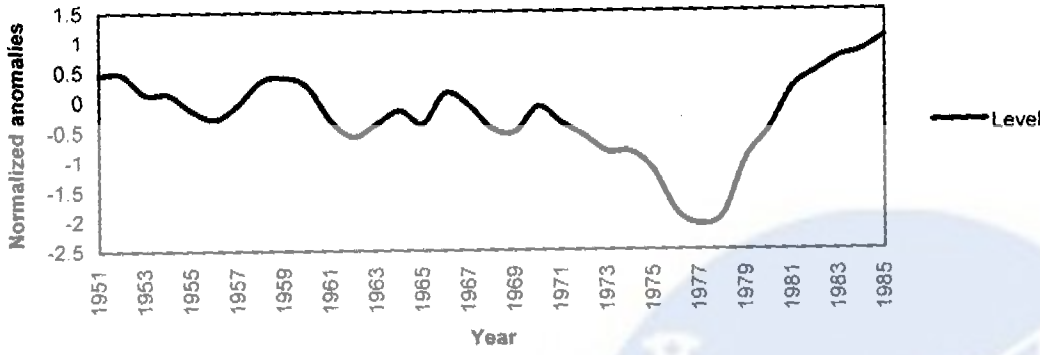
دوره های زمانی	*Level & Runoff*	*Level & Eva*	*Level & Pre*	*Level & SST_w*	*Level & SST_s*
دوره ۱۱ ساله ۱۹۶۱- ۱۹۵۱	-۰/۱۴۲۷*	-۰/۴۵۶۰	۰/۳۱۷۷	-۰/۱۴۹۶	۰/۰۹۷۱
دوره ۱۲ ساله ۱۹۷۳- ۱۹۶۲	۰/۵۹۵۹	۰/۱۳۵۷	-۰/۰۷۱۱	۰/۳۷۲۲	۰/۳۲۲۸
دوره ۱۲ ساله ۱۹۸۵- ۱۹۷۴	۰/۳۹۵۱	-۰/۴۹۶۹	-۰/۶۵۰۰	۰/۱۰۶۹	-۰/۰۵۹۶
دوره ۱۷ ساله ۱۹۶۷- ۱۹۵۱	-۰/۰۰۳۶	-۰/۴۱۸۱	۰/۱۱۸۶	-۰/۱۷۳۱	۰/۱۲۵۰
دوره ۱۸ ساله ۱۹۸۵-۱۹۶۸	۰/۳۹۸۲	-۰/۴۰۲۵	-۰/۵۸۱۱	۰/۱۱۲۴	-۰/۰۰۲۹
کل دوره ۱۹۸۵-۱۹۵۱	۰/۳۲۳۶	-۰/۴۴۶۳	-۰/۴۹۹۰	۰/۱۰۰۳	۰/۰۶۷۰

* سطح معنی داری ۵ درصد برای دوره هـای ۱۱ ، ۱۲،۱۷، ۱۸ و ۳۵ سـاله بـه ترتیـب برابـر ۵۷ /۰ ، ۵۵ /۰ ، ۰/۴۷، ۰/۴۵ و ۰/۳۲ می باشد.

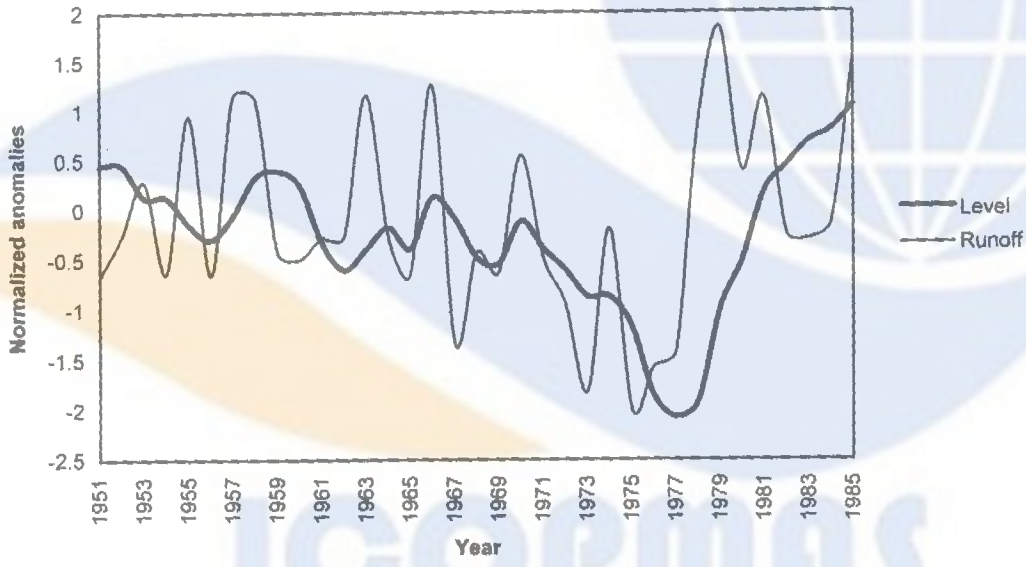
شکل(۱)- موقعیت جعرافیایی دریای خزر.

www.SID.ir

Archive of SID



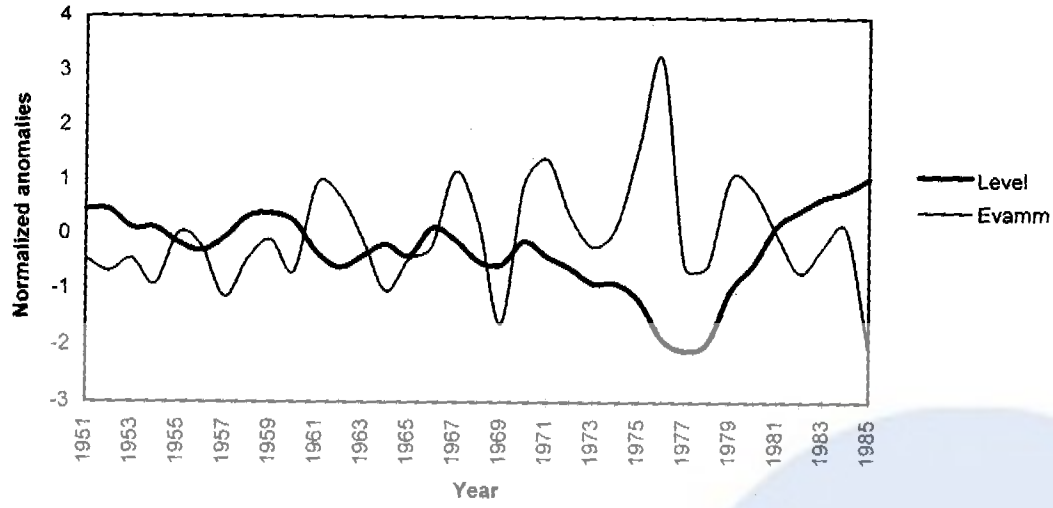
شکل (۲)- نوسانات سطح آب دریای خزردر فاصله زمانی مورد مطالعه (۱۹۵۱ تا ۱۹۸۵) میلادی. داده ها بر حسب مقادیر نرمال شده بیان گردیده است.



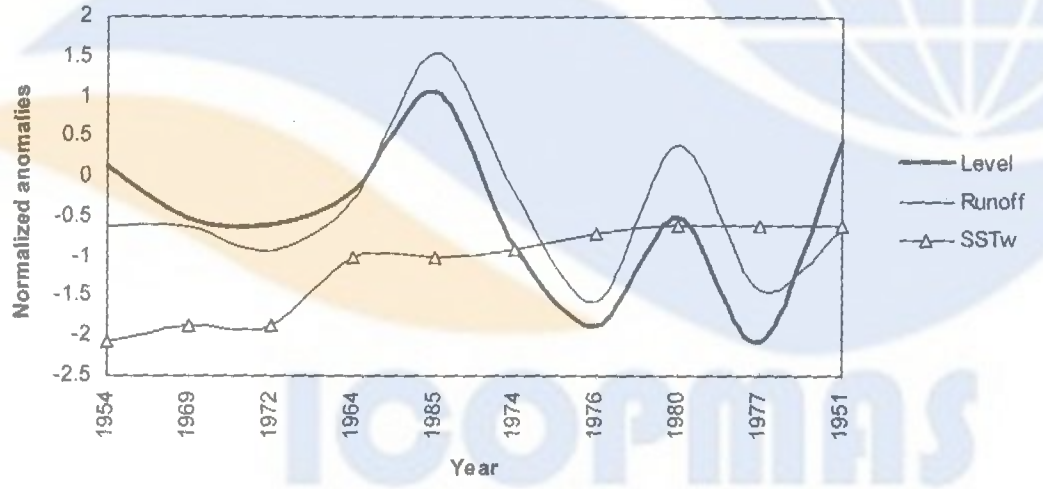
شکل(۳)- تغییرات همزمان Runoff و Levelدر طول دوره مورد مطالعه. ارقام بر حسب مقادیر نرمال شده انحراف از میانگین ارائه شده اند.

www.SID.ir

Archive of SID



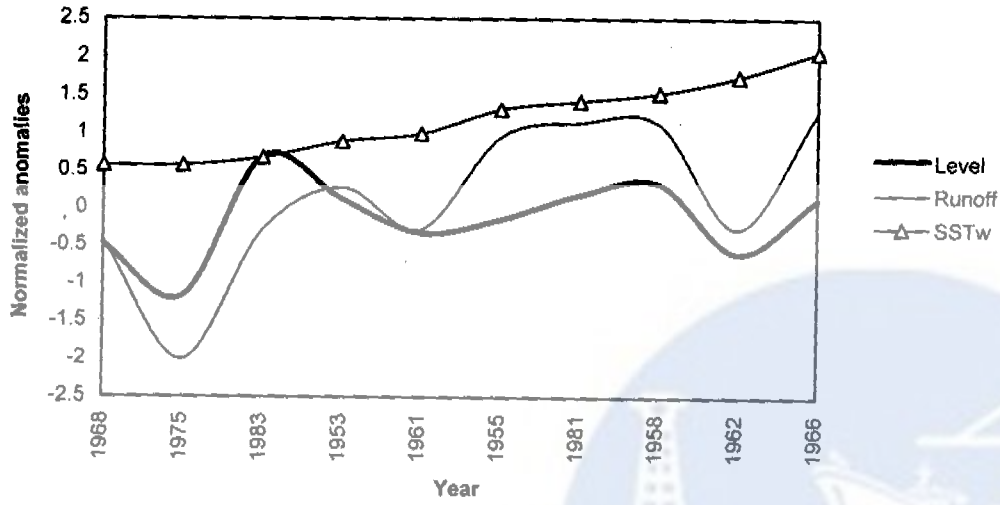
شکل(۴)- تغییرات همزمان Level و Eva در طول دوره مورد مطالعه. ارقام بر حسب مقادیر نرمال شده انحراف ازمیانگین ارائه شده اند.



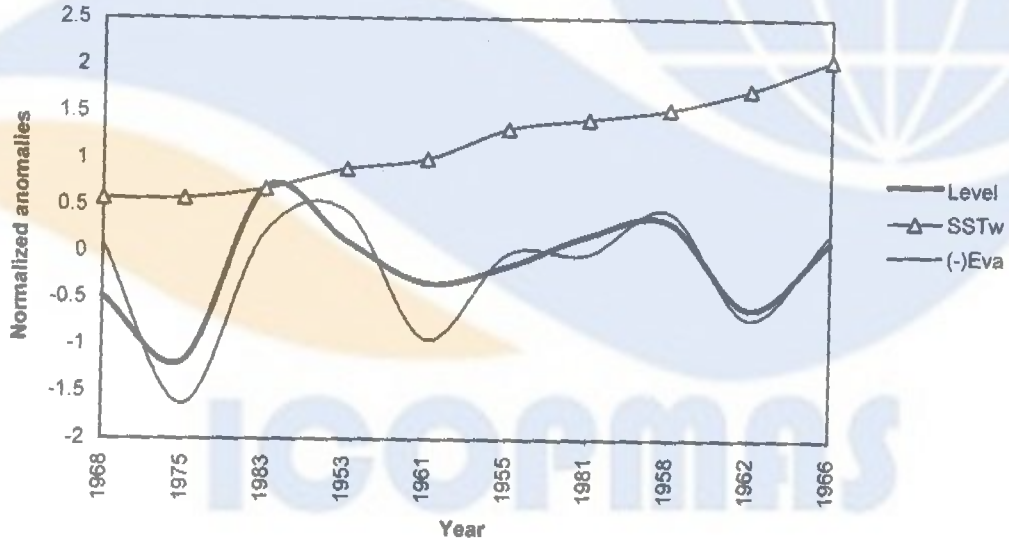
شکل (۵)- تغییرات همزمان Level و Runoff برای ۱۰ سالی که SSTw کمترین مقدار خود را داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۶)- رابطه بین Level و Runoff برای ۱۰ سالی که SSTwب بیشترین مقدار خود را داشته است.



شکل (۷)- رابطه بین Level و Eva برای ۱۰ سالی که SSTw بیشترین مقدار خود را داشته است [ارقام Eva در (۱-) ضرب شده اند].

www.SID.ir

Archive of SID

منابع:

۱- نصیری، ع. ۱۳۷۶. اطلاعات مختصری درباره دریای خزر (ترجمه). تهیه و تنظیم اداره کل هواشناسی استان گیلان.

۲- اطلاعات خزر. ۱۳۷۵ . دوره ۳، شماره۲. تهیه شده توسط مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران.

1- Georgievsky, V. Yu., Moiseenkov, A. I. And Kvintradze, V. V. 1986. Estimates of anthropogenic changes in intra- year distribution of upper Volga runoff. *Proceeding of The State Hydrological Institute*, **255**, 94-112.*(In Russian)*.

2- Golub, R. 1992. The Caspian/Khazar sea- polluted and politicized. *Environmental Policy Review*, **5**, 1-10.

3- Klige, R. K. And Myagkov, M. S. 1992. Change in the water regime of the Caspian Sea. *Geojournal*, **273**, 299- 307.

4- Leontyev, O. K. 1984. Why did the forecasts of water level changes in the Caspian Sea turn out to be wrong. *Soviet Geography- Review* **25**(5), 305- 312.

5- Lobanov, V. V. 1992. Climate and water balance of the Caspian Sea. *Soviet Meteorology and Hydrology Journal*, No **5**, 56- 60.

6- Nazemosadat, M. J. And Cordery. I. 1997. The influence of Geopotential Hights on New South Wales Rainfall. *Meteorol. Atmos. Phys*. **63**, 179-193.

7- Nicholls, N. 1984. The stability of empirical long- range forecast techniques : a case study. *J. Climate appl. Meteorol*. **23**, 143- 148.

8- Ratcovich, D. Ya. 1988. The problem of the Caspian Sea. *Vodnye Resursy(Water Resources)*. No **5**, 5- 19.

9- Rodionov, S. N. 1994. Global and regional climate interaction: The Caspian Sea experience. *Kluwer Academic Publishers. London.* 241p.

www.SID.ir

Archive of SID

Correlation between the Caspian Sea Water Level Changes and Significant Climatic-Hydrological Factors

S. M. J. Nazemalsadat, Ph.D.

Assistant Professor, Irrigation Department, Agriculture School, Shiraz University

Abstract

The Caspian Sea, the largest lake on Earth, is located in the north of Iran, and its water level changes have significantly affected the economy of that country and others on its coasts. For this reason, investigating the causes of these changes and the ability to predict them is now at the center of the attention of many local and international researchers. Studies indicate that climate changes are the most effective factor for these changes. In this research, the process of water level changes between the years of 1951 – 1985, and their correlation with other climatic and hydrologic factors was studied. It was indicated that the changes and the inflow into the lake is neither statically significant nor the extracted correlations have time reliability. However, it was also shown that in comparison with surface runoffs, surface evaporations have justified most of the water level changes and have a fine reliability. It was indicated that in the years when the water surface temperature (in winter) were unusually warm or cold, 40 to 60 percent of the water level change was justified by the input discharge. Moreover, in times when the water surface temperature in winter were unusually warm, the water level change has shown a good correlation with evaporation. In each step, the physical reasons justifying the correlations are presented.

Keywords: water level changes; Caspian Sea; climatic factors

www.SID.ir