



تأثیرگذاری برخی از شاخص‌های اقلیمی بر آبگیری دریاچه‌های داخلی ایران

غلامحسن جعفری^{۱*}، مینا آوجی^۲

۱- دانشیار دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان

۲- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه زنجان، زنجان

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۳

چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل ساختاری کره‌ی زمین اقلیم است. بیشتر مظاهر طبیعی و انسانی از اقلیم متأثر می‌شوند. هرگونه ناهنجاری در هر یک از این مؤلفه‌ها سبب اختلال و اغتشاش در کل سیستم می‌شود. ضریب تغییرات کم بارش، معرف پایداری و توزیع زمانی یکنواخت است. به‌منظور بررسی ارتباط بین عامل‌های اقلیمی و اثر آن بر آبگیری دریاچه‌های داخلی ایران از داده‌های ۵۰ ساله اقلیمی دما و بارش پایگاه داده اسفزاری در یاخته‌های ۱۵*۱۵ کیلومتر استفاده شد. در پردازش‌های آماری علاوه بر اندازه‌گیری‌های گرایش مرکزی بارش و دما، از شاخص‌های پراکندگی استفاده گردید. آستانه‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که حوضه‌ای با دمای متوسط کمتر از ۱۵/۷۸، متوسط بارش سالانه بیشتر از ۲۱۵ میلی‌متر، ضریب برفی بیشتر از ۱۳ درصد، ضریب تغییرات بارش کمتر از ۴۰ درصد و ضریب تغییرات دمای بیشتر از ۷/۴۳ می‌تواند حیات دریاچه را تضمین می‌کند. همه‌ی حوضه‌های داخلی ایران در دوره کوتاه‌تری به یک تناسب دچار تغییر دما نشده‌اند وضعیت و شواهدی که از آبگیری دریاچه‌ها کوتاه‌تری وجود دارد با بارش دو برابر نسبت به شرایط کنونی و دمایی ۶-۱۲ درجه کاهش نسبت به امروز همخوانی ندارد؛ به‌طوری‌که با کاهش ۳، ۹ و ۱۲ درجه دما و افزایش بارش، خط تعادل آب‌وخشکی نمی‌توانسته به آثار تراس‌های کوتاه‌تری برسد. تغییر ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی با مقدار تغییرات دما و بارش به‌تنهایی قابل تفسیر نیست و علیت چنین تغییراتی در خط تعادل آب‌وخشکی دریاچه‌هایی را باید در تغییر رژیم بارش و وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه جستجو کرد.

کلمات کلیدی: کوتاه‌تری، اقلیم، خط تعادل آب‌وخشکی، دریاچه‌های داخلی ایران

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل ساختاری کره‌ی زمین اقلیم است. امروزه دانشمندان به اقلیم به‌عنوان یک سیستم می‌نگرند که شامل مؤلفه‌های هوا کره- زیست کره- آب کره- یخ کره و سنگ کره می‌شود که باهم در ارتباط متقابل هستند. هرگونه ناهنجاری در هر یک از این مؤلفه‌ها سبب اختلال و اغتشاش در کل سیستم می‌شود. پدیده بارندگی به دلیل تغییرپذیری بسیار زیاد زمانی و مکانی، به‌عنوان متغیرترین عامل جوی شناسایی شده است (فتاحی و رضیئی، ۱۳۸۸). تغییرات درجه حرارت در مقایسه با تغییرات بارندگی به‌مراتب از نظم کمتری برخوردار است (داودی و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از ویژگی‌های کیفی بارش، رژیم آن است. رژیم بارش حاصل برهمکنش عوامل فیزیکی، مکانی و زمانی است و به‌وسیله شاخص‌های مختلف قابل بررسی است (عساکره و رزمی، ۱۳۹۱). کاهش یا افزایش میزان بارندگی و تغییر در نوع بارش بر بسیاری دیگر از پدیده‌های اقلیمی و محیطی مانند رواناب، سیلاب، دمای هوا، رطوبت هوا و همچنین بر بسیاری از فعالیت‌های بشر اثر دارد (گندم‌کار، خادم حسینی، ۱۳۸۷). بررسی علامت‌ها و پدیده‌های مشخصی مثل ضریب تغییرات دما، بارش و بارش‌های زیر دو درجه می‌تواند حقایق ارزشمندی در ارتباط با وضعیت آبرگیری چاله‌های داخلی ایران آشکار نماید. هدف اصلی این مقاله بررسی مقدار تأثیر درصد ریزش‌های جوی زیر دو درجه سانتی‌گراد و ضریب تغییرات بارش به همراه اثرگذاری مقدار کمی دما و بارش بر وضعیت آبرگیری حوضه‌های داخلی ایران است.

در بسیاری از نقاط جهان، بارش باران جایگزین بارش‌های جامد نظیر برف شده و به‌شدت میزان بارش برف کاهش پیدا کرده و این موضوع باعث تغییر سیستم هیدرولوژی آن مناطق شده است (میر موسوی، صبوری، ۱۳۹۳). ضریب تغییرات ازجمله عامل‌هایی است که می‌تواند در مورد قاعده‌پذیری عامل‌های اقلیمی اطلاعات مفیدی ارائه نماید. بدیهی است که یک برنامه وقتی با موفقیت بیشتری روبرو است که مکانیسم‌های طبیعی مؤثر بر آن نظم بیشتری داشته باشند (رامشت و شاه‌زیدی، ۱۳۹۰: ۴۲). ضریب تغییرات کم بارش، معرف پایداری و توزیع زمانی یکنواخت و ضریب تغییرات بالا معرف تمرکز آن در یک بازه‌ی زمانی کوتاه است. عدد ۴۰ برای نمایه مزبور محور تعیین‌کننده‌ای است؛ بدین نحو که اگر مقدار ضریب تغییرات کمتر از ۴۰ باشد، بارش منظم بوده و از توزیع نسبتاً یکنواختی برخوردار است و هرچه این میزان از ۴۰ بیشتر باشد، دال بر بی‌نظمی حدوث بارندگی و گویای تفاوت‌های شدید ماه‌ها به لحاظ میزان دریافت بارندگی است (عساکره، ۱۳۸۷). تمام شکل‌های بارندگی، بدون توجه به وضع ظاهری آن‌ها نزولات جوی یا هیدرومتئور^۱ نامیده می‌شوند.

وقتی در هوای صعودکننده ای که به دمای زیر نقطه انجماد رسیده است تراکم صورت گیرد، به جای قطرات باران، بلورهای برف شکل می گیرد (علیزاده، ۱۳۹۴: ۱۶۶). از لحاظ هیدرولوژیکی تفاوت های بین برف و سایر اشکال بارش اهمیت زیادی دارد، زیرا برف پس از بارش مدتی طولانی بر سطح زمین باقی مانده و به طور پی در پی روی هم انباشته می شود و فقط هنگامی وارد چرخه هیدرولوژی می شود که در فصل بهار آب شود (میریعیقوبزاده و همکاران، ۱۳۹۰). روزهای برفی گذشته از رطوبت و ناپایداری به شرایط حرارتی نیز بستگی دارد به طوری که آن بخش از کشور که دمای سالانه ای آن بیش از ۲۲ درجه سلسیوس است به ندرت شاهد ریزش برف است (مسعودیان، ۱۳۹۱: ۱۳۲).

تغییرات زمانی و مکانی بارش از ویژگی های اصلی اقلیم ایران است که همواره مورد توجه اقلیم شناسان بوده است (بابایی فینی و فرج زاده، ۱۳۸۰؛ ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۸؛ جهانبخش و ترابی، ۱۳۸۳؛ محمودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ عساکره، ۱۳۸۷؛ گندم کار، ۱۳۸۷). بوراکواسکی (۲۰۰۸) بیان می کند که بارش برف به دما وابسته است و کاهش این نوع بارش به افزایش دمای سطحی ارتباط دارد. سرکوئت و همکاران (۲۰۰۱) با تجزیه و تحلیل نسبت روزهای بارش برف به روزهای بارشی، به منظور ارزیابی تأثیر تغییر درجه حرارت در بارش برف یک دمای آستانه ای $2/7^{\circ}\text{C}$ - $0/8^{\circ}\text{C}$ در زمستان $2/7^{\circ}\text{C}$ $\pm$ $3/8^{\circ}\text{C}$ در بهار به دست آورده اند که در بالاتر از این دماها، حتی باوجود شرایط سینوپتیکی و دینامیکی لازم، بارش برف در فصول بهار و زمستان اتفاق نمی افتد. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی نسبت عرض جغرافیایی به ضریب تغییرات بارش به این نتیجه رسیدند که با کاهش عرض جغرافیایی از شمال به جنوب کشور میزان این نسبت افزایش می یابد. میر موسوی و صبوری (۱۳۹۳) در بررسی تغییرات بارندگی شمال غرب ایران، برف در مناطق کوهستانی را به عنوان یکی از اجزاء مهم چرخه هیدرولوژیکی معرفی کرده اند و معتقدند که برف موجب ذخیره سازی آب در فصل زمستان و آزادسازی آن در فصل بهار و تابستان جهت مصارف طبیعی، شهری و صنعتی می شود. رسولی مجد و همکاران (۱۳۹۳) در پهنه بندی ضریب تغییرات و بررسی رژیم بارش استان آذربایجان غربی دریافتند که بیشترین ضریب تغییرات متعلق به ماه های تابستان است و در بین ایستگاه های این استان ایستگاه تکاب بیشترین سهم ضریب تغییرات و نامنظمی بارش را به خود اختصاص داده است. لشکری و همکاران (۱۳۹۳) در تجزیه و تحلیل سینوپتیکی دمای پایه بارش برف شمال غربی ایران، به این نتیجه رسیدند که بارش برف در اقلیم سرد بیشتر اوقات از دمای حدود ۳ درجه آغاز می شود. مریانجی و درویشی (۱۳۹۷) در بررسی نقش عوامل هیدروژئومورفولوژیکی و تغییرات اقلیمی در میزان پوشش برف در کوهستان الوند به این نتیجه رسیدند که روند پوشش برف در دو

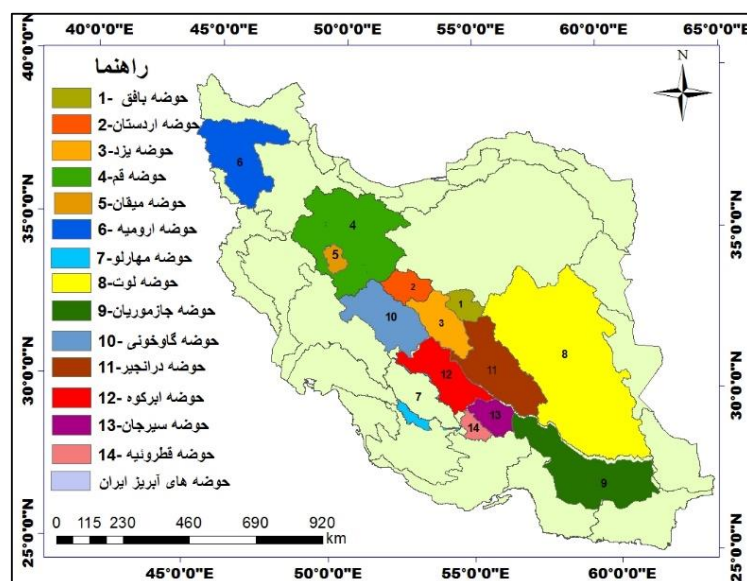
طرف دامنه‌ی الوند، در دهه‌ی اخیر بر اثر افزایش دما، رو به کاهش است. جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی ریزمقیاس نمایی روابط بارش-رواناب حوضه‌ی آبریز رود زرد در بستر تغییر اقلیم به این نتیجه رسیدند که افزایش بارش در ماه‌های گرم و کاهش بارش در ماه‌های سرد رخ خواهد داد. در نتیجه رواناب حاصل از بارش نیز در ماه‌های سرد، کاهش و در ماه‌های گرم با صرف نظر از تأثیر دما و پوشش گیاهی، افزایش خواهد داشت. در این پژوهش ۱۴ حوضه‌ی آبریز داخلی ارومیه، گاوخونی، مهارلو، میقان، قم، درانجیر، جازموریان، ابرکوه، بافق، اردستان، یزد، قطروئیه، سیرجان و لوت استخراج و مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل ۱).

۲- مواد و روش

یکی از روش‌های پیش‌بینی و برآورد شرایط دریاچه‌های گذشته توجه به لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی باقی مانده از آن‌ها است ولی آنچه از اهمیت ویژه‌ای دارد نقش پارامترهای اقلیمی در وضعیت کنونی آب‌چاله‌های داخلی ایران است. به منظور بررسی ارتباط بین عامل‌های اقلیمی و اثر آن بر آبگیری دریاچه‌های داخلی ایران از داده‌های اقلیمی دما و بارش پایگاه داده اسفزاری استفاده شد. داده‌های این پایگاه در دوره آماری ۵۰ ساله و اندازه یاخته‌های شبکه ۱۵*۱۵ کیلومتر است. آرایه‌های اقلیمی ۷۱۸۷*۱۸۱۸۳ مبنای شناسایی اقلیم کشور قرار دارد. در پردازش‌های آماری علاوه بر اندازه‌گیری‌های گرایش مرکزی بارش و دما مثل میانگین روزانه و سالانه، از شاخص‌های پراکندگی مثل انحراف معیار^۱ و ضریب تغییرات^۲ استفاده گردید. از آنجا که انحراف معیار جهت مقایسه پراکندگی دو صفت متغیر با واحدهای مختلف، کاربرد ندارد؛ از ضریب تغییرات (CV) استفاده می‌شود. این شاخص از صفت متغیر تبعیت نمی‌کند و به صورت کمیت مجرد مطلق بیان می‌شود.

1. Standard deviation

2. Coefficient of variation



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوضه های مورد بررسی
Fig (1): Geographical location of the studied basins

ضریب تغییرات طبق رابطه ی ۱ از نسبت انحراف معیار بر میانگین داده ها محاسبه می گردد و به درصد بیان می شود (عساکره، ۱۳۹۰: ۵؛ حسینی مهر و قنبری، ۱۳۹۳: ۹۷؛ علیزاده، ۱۳۹۴: ۷۰۶).

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (1)$$

CV ضریب تغییرات، S انحراف از معیار و $\bar{X}$ میانگین است. طبق نظر پدرام و همکاران (۱۳۹۰)؛ سرکوئ و همکاران (۲۰۰۱) و لشکری و همکاران (۱۳۹۳) بارش برف در دمای زیر سه درجه رخ می دهد و احتمال وقوع بارش در دمای بالای ۳ درجه بسیار کم است. طبق نظر پدرام و همکاران، (۱۳۹۰) در مناطق سرد بارش برف بیشتر اوقات از دمای حدود ۳ درجه سانتی گراد آغاز می شود. از طرفی با توجه به اینکه اکثر زمان ها دمای سطح زمین بیشتر از دمای هوای مجاور آن است در این پژوهش دریافت بارش زیر دو درجه سانتی گراد مبنای تغییر نوع بارش حوضه ها قرار گرفت.

با استفاده از داده های دما و بارش روزانه اسفزاری و برنامه نویسی در نرم افزار متلب متوسط بارش های روزانه ای که در طول سال در دماهای دو درجه و پایین تر اتفاق افتاده را نسبت به کل بارش سالانه در کل پیکسل ها محاسبه و به صورت درصد برآورد و تحلیل گردید. برای به دست آوردن شرایط کوتاه ترنی لازم است مساحت برف

مرز امروزی به دست آمده و با ضریب برفی همبستگی گرفته شود و با رابطه به دست آمده و جایگزین کردن برف مرز گذشته ضریب برفی کواترنری و رژیم غالب دریاچه‌ها به دست خواهد آمد که با به دست آوردن اقلیم گذشته می‌توان دما و بارش گذشته را برآورد و اختلاف دمای و بارش گذشته و حال را برآورد نماییم. در این مقاله علاوه بر بررسی آستانه‌های اقلیمی مؤثر در احیا دریاچه‌ها داخلی، برای آگاهی از شرایط اقلیمی گذشته دریاچه‌ها در دوره کواترنری، با قرار دادن برف مرزهای گذشته، ضریب برفی آن زمان مشخص شد و با استفاده از آن ضریب، دما و بارش دوره‌های سرد کواترنری حوضه‌ها برآورد گردید. با کاهش هر درجه حرارت ضریب برفی آن برآورد و با قرار دادن ضرایب در روابط مربوطه مقدار دما و بارش دوره‌های سرد کواترنری برآورد شد که به‌طور مختصر ضریب برفی و تغییرات دما و بارش با کاهش ۳، ۶ و ۹ درجه‌ای دما برای زیرحوضه‌های مورد مطالعه بررسی گردید. هرچند نمی‌توان اثر تمامی عناصر و عوامل را به‌صورت پیوسته در ارتباط با تغییرات اقلیمی کواترنری مورد مطالعه قرارداد ولی سعی بر این است که نوسان حجم آب دریاچه‌ها که ناشی از تغییرات اقلیمی بوده را به‌صورت سیستمی از طریق تغییرات دما، بارش، ضریب ریزش بارش زیر دو درجه، ضریب تغییرات دما و ضریب تغییرات بارش تفسیر نمود. بین عامل‌های فوق به‌عنوان متغیرهای مستقل و بیلان ارتفاعی آب دریاچه‌ها به‌عنوان متغیر وابسته‌ی روابط رگرسیونی برآورد گردید.

برای دست یافتن به این امر با استفاده از عملیات ریاضی در نرم‌افزار متلب ماتریس‌های متعددی بین ۵ عامل دما، بارش، ضریب برفی، ضریب تغییرات دما و ضریب تغییرات بارش حوضه‌ها به‌عنوان متغیرهای مستقل و ضریب رواناب دریاچه‌ها به‌عنوان متغیر وابسته نوشته شد. به دلیل هم‌سویی ضریب تغییرات دما و ضریب تغییرات بارش با عامل‌های دما و بارش از دخالت آن‌ها در ماتریس‌های نهایی صرفه نظر گردید. در هر ماتریس سه حوضه به‌صورت رندمی انتخاب می‌شد و در هر ماتریسی برای همه‌ی حوضه‌ها اعمال می‌شد و نهایتاً ماتریسی که بهترین رابطه از همبستگی و ضریب معنی‌داری را داشت به‌عنوان رابطه‌ی اصلی انتخاب شد و حوضه‌هایی که در ماتریس خود رابطه‌ی خوبی نداشتند در صورت همخوانی از رابطه‌های قابل قبول برای آن‌ها استفاده شد. سه رابطه‌ی رگرسیونی به دست آمد که از هر کدام از آن‌ها برای حوضه‌های مرطوب، خشک و نیمه‌خشک استفاده گردید. برای برآورد اثر تغییر دما، بارش و ضریب برفی بر بیلان آب دریاچه‌ها (ارتفاع متوسط آب) مجموعه عملیات ریاضی انجام شد. برای برآورد ماتریس در بین حوضه‌ها برحسب عرض جغرافیایی، دائمی، موقت و فصلی بودن دریاچه‌ها سه حوضه انتخاب و در صورت به دست آمدن رابطه‌ای که با قرار دادن دما، بارش و ضریب برفی کنونی، بیلان آب مشابه شرایط کنونی به دست می‌آمد؛ ماتریس برای محاسبه نوسان کواترنری بیلان آب انتخاب

می‌شد. در مرحله‌ی بعد با کاهش ۳، ۶ و ۹ درجه دما و قرار دادن هر دما در روابط مربوطه بارش ناشی از دمای ثانویه و ضریب برفی ناشی از آن برآورد می‌شد. دما، بارش و ضریب برفی برآورد شده را در ماتریس مربوط به هر حوضه قرار داده و اعداد محاسبه شده به عنوان بیلان آب گذشته در نظر گرفته شد. بر اساس ترازنامه‌های محاسبه شده و ضریب آن‌ها در سطح دریاچه کنونی حجم آب برآورد گردید و ارقام آن‌ها با ارقام برآورد شده توسط سورفر با توجه به ارتفاع بالاتر از خط تعادل آب و خشکی کنونی مقایسه گردید. در صورت انطباق، رقم معادل آن به عنوان ارتفاع خط تعادل آب و خشکی در نظر گرفته شد و دمای کاهش یافته به آن ارتفاع نسبت داده شد. بر این اساس سه دما، سه ارتفاع خط تعادل آب و خشکی و سه حجم برآورد می‌گردید. در مرحله بعد بین دما و ارتفاع خط تعادل آب و خشکی، دما با حجم آب و دما با نوسان آب دریاچه به ترتیب به عنوان متغیر مستقل و متغیر وابسته رابطه رگرسیونی برآورد گردید.

۳- بحث و نتایج

برای بررسی اثرگذاری پارامترهای اقلیمی بر میزان آبیگری آب دریاچه‌ها در درجه‌ی اول از میانگین آن‌ها استفاده شد. بر این اساس حوضه‌های مهارلو (۳۷۵)، ارومیه (۳۷۲) و میقان (۳۱۴ میلی‌متر) به ترتیب بیشترین و حوضه‌های یزد (۹۲)، بافق (۹۵) و اردستان (۱۱۴ میلی‌متر) کمترین متوسط بارش حوضه‌ای را دریافت می‌کنند. هرچه دمای حوضه‌ای بالاتر باشد نیاز آبی آن بیشتر شده و در صورت دریافت بارش یکسان، شدت خشکی بیشتر می‌شود؛ متوسط دمای حوضه‌ها برآورد و وضعیت آن‌ها به گونه‌ای است که حوضه‌های ارومیه، میقان، گاوخونی و قم کمترین دما و حوضه‌های جازموریان، لوت، بافق و قطروئیه بیشترین دما را به خود اختصاص داده‌اند. از نظر ترکیب دو عنصر اقلیمی دما و بارش، حوضه‌های ارومیه و میقان بهترین شرایط و حوضه‌های بافق و یزد بدترین حالت آبیگری را دارند. با توجه به تفاوت میانگین دما و بارش حوضه‌ها، این پارامترها به تنهایی نمی‌توانند در برآورد وضعیت آبیگری دریاچه‌ها کارایی قابل اعتمادی داشته باشند؛ بنابراین از سایر بردارهای اقلیمی از جمله ضریب تغییرات (بارش و دما) و نسبت بارش‌های زیر دو درجه به کل بارش‌های دریافتی استفاده شد. با اعمال رابطه (۱) در میانگین بارش سالانه پیکسل‌های متعلق به حوضه‌های مختلف مشخص گردید که متوسط ضریب تغییرات بارش بین ۳۰ تا ۶۰ درصد در حوضه‌های مورد مطالعه متغیر است. ارومیه، میقان و قم به ترتیب با ۳۰٪، ۳۲٪، ۳۶٪ کمترین و جازموریان، لوت و اردستان به ترتیب با ۵۸٪، ۶۰٪ و ۴۸٪ بیشترین متوسط ضریب تغییرات بارش حوضه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. اعمال رابطه‌ی ۱ در متوسط دمای سالانه پیکسل‌های متعلق به حوضه‌های مورد مطالعه حاکی از آن است که متوسط ضریب تغییرات دما

بین ۵ تا ۱۲ درصد متغیر است. ارومیه، قم و گاوخونی به ترتیب با ۱۱٪، ۹/۵ و ۸/۸ بیشترین ضریب تغییرات دما و مهارلو، قطروئیه و سیرجان به ترتیب ۵/۹، ۵/۵ و ۴/۸ کمترین ضریب تغییرات را در حوضه‌های داخلی دارد. همان‌طوری که از اعداد برمی‌آید حوضه‌هایی مثل گاوخونی، ارومیه و میقان که از حوضه‌هایی هستند که در طول مدتی از سال یا تمام سال آب‌دارند بیشترین ضریب تغییرات دما و حوضه‌ها سیرجان و قطروئیه که حوضه‌های خشک و قادر به احیای دریاچه‌ی دائمی و موقتی نیستند کمترین ضریب تغییرات دما را به خود اختصاص داده‌اند؛ بنابراین آنچه از نگاه اول برمی‌آید این است که اولاً ضریب تغییرات دما کمتر از بارش است ثانیاً ضریب کم تغییرات دما برخلاف بارش دال بر خشک‌تر بودن حوضه‌ها است و ضریب تغییرات بالای دما باید در بررسی مقدار آبیگری دریاچه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. برای ضریب تغییرات دما برخلاف بارش تابه‌حال آستانه مشخصی تعیین نشده است. برای ارائه‌ی آستانه‌ی دمایی در آبیگری دریاچه‌ها به ضریب تغییرات بارش توجه بیشتری شد. در ایران پنج حوضه داخلی ارومیه، میقان، مهارلو، قم و گاوخونی که در دریاچه‌ای بودن آن‌ها طی تمام یا مدتی از سال شکی نیست ضریب تغییرات بارشی ۴۰ درصد یا کمتر از آن برآورد گردید؛ در صورتی که رامشت و شاه‌زیدی (۱۳۹۰) برای تمامی عناصر اقلیمی آستانه‌ی ۴۰ درصد ضریب تغییرات را در مدیریت منابع آب مؤثر می‌دانند و این مقدار برای بارش در دریاچه‌ای بودن حوضه‌های داخلی ایران به بهترین شکل کارایی خود را نشان داد ولی از آن نمی‌توان در تحلیل ضریب تغییرات دما استفاده کرد. متوسط ضریب تغییرات دما در تمام حوضه‌هایی که ضریب تغییرات بارش کمتر از ۴۰ درصد دارند از ۷/۴۳ درصد بیشتر بود و دمای متوسط آن‌ها از ۱۵/۷۸ کمتر است.

با افزایش ارتفاع دما کاهش می‌یابد و اکثر اوقات دمای مجاور سطح زمین از دمای سطوح فوقانی بیشتر است؛ آستانه‌ی دمایی سطح زمین‌زا برای ریزش برف ۲ درجه سانتی‌گرادی در نظر می‌گیرند (لشکری و همکاران، ۱۳۹۳؛ به نقل از مسیبی، ۱۳۷۷). بررسی بارش زیر دو درجه سانتی‌گراد نسبت به کل بارش‌ها در چهارده حوضه‌ی مطالعاتی بیان‌کننده‌ی این است که حوضه‌های میقان ۲۱٪، ارومیه ۲۰/۸٪ و قم ۲۰/۴٪ بیشترین و حوضه‌های جازموریان ۱٪ و قطروئیه ۰/۶٪ کمترین درصد بارش‌های زیر دو درجه سانتی‌گرادی را در بین حوضه‌ها به خود اختصاص داده‌اند. به‌منظور دست یافتن به حد آستانه‌ی بارشی تأثیرگذار در آبیگری دریاچه‌ها بین ضریب تغییرات بارش (CVp) و میانگین بارش (p) رابطه‌ی رگرسیونی گرفته شد (رابطه‌ی ۲).

$$P = -13/22 \text{ CVp} + 744/38 \quad R = 0/86 \quad (2)$$

برای برآورد بارش مؤثر در آبیگری دریاچه ها می توان عدد ۴۰ را که برای ضریب تغییرات بارش به عنوان آستانه ی اثر گذاری شناخته شد در رابطه ی ۲ به جای CVp قرارداد و آستانه ی بارشی را برای حوضه ها برآورد نمود. نتیجه ی چنین محاسبه ای آستانه بارشی برای حوضه های دارای دریاچه را بارش ۲۱۵ میلی متری برآورد نمود که ضریب تغییرات بارش آن ها نیز ۴۰ یا کمتر است. با توجه به رابطه ی ۲ حوضه ای که ضریب تغییرات بارشی کمتر از ۴۰ درصد داشته، بالطبع نظم بارشی بهتری خواهد داشت. متوسط بارش سالانه ی حوضه ای که ضریب تغییرات بارشی ۴۰ درصد و کمتر باشد ۲۱۵ میلی متر یا بیشتر است. به عبارتی در صورتی چاله مرکزی حوضه های داخلی ایران می توانند به صورت دریاچه درآیند که متوسط بارش آن ها ۲۱۵ میلی متر و بیشتر و ضریب تغییرات آن ۴۰ درصد یا کمتر باشد. بر اساس رابطه ی ۲ به ازای افزایش هر درصد از ضریب تغییرات بارش، مقدار بارش ۱۳ میلی متر کمتر می شود.

یکی دیگر از عامل های اثر گذار و مهم در آبیگری چاله مرکزی حوضه های داخلی ایران، مقدار دریافت برف است که احتمال وقوع آن برای بارش های روزانه ای در نظر گرفته شد که دمای متوسط روز بارشی دو درجه و کمتر باشد. هرچه مقدار یا درصد بارش های برفی حوضه ای بیشتر باشد، دریاچه شرایط آبیگری بهتری خواهد داشت. به این منظور با برنامه ریزی در نرم افزار متلب و درصد بارش هایی که هم زمان بوده اند با دمای دو درجه سانتی گراد یا کمتر برای تمامی ۱۸۲۵۶۰ پیکسل روزانه دما و بارش ۵۰ ساله داده های اسفزاری برآورد گردید. سپس درصد بارش زیر دو درجه نسبت به کل بارش سالانه برای ۷۸۶۱ پیکسل کل کشور محاسبه شد. درصد بارش زیر دو درجه سانتی گراد برای تک تک حوضه ها به صورت میانگین محاسبه شد. بین متوسط بارش (P) حوضه ها با بارش زیر دو درجه (S) رابطه رگرسیونی برآورد گردید (رابطه ی ۳). از تحلیل رابطه ی ۳ این گونه برداشت می شود که اگر بارش حوضه ای ۲۱۵ میلی متر باشد ضریب برفی باید ۱۳ درصد باشد تا دریاچه ای شکل گیرد و به ازای کاهش یک درصد از ضریب برفی، لازم است بارش حوضه ۱۶/۷ میلی متر افزایش داشته باشد تا آستانه ی برفی جبران گردد.

$$s = 0.0598 p + 0.217 \quad R = 0.49 \quad (3)$$

در مرحله ی بعدی بین ضریب تغییرات بارش CVp (۴۰ درصد) با بارش زیر دو درجه (S) حوضه های مورد مطالعه رابطه گرفته شد (رابطه ی ۴)؛ در این رابطه حد آستانه بارش برف ۱۳/۳ درصد برآورد گردید. به این معنی که اگر حوضه ای ۱۳/۳ درصد از بارش را زیر دو درجه سانتی گراد دریافت کند به سمت دریاچه ای شدن پیش می رود. بر اساس رابطه ی ۵ که عکس رابطه ی ۴ است در صورتی که ضریب برفی حوضه ای صفر باشد،

ضریب تغییرات بارش آن حوضه ۴۳ درصد افزایش خواهد داشت و که با توجه به اثر منفی افزایش ضریب تغییرات بارش بر مقدار متوسط آن در طول سال برای حوضه‌های مورد مطالعه شرایط نامطلوبی برای حوضه از نظر دریاچه‌ای بودن به وجود خواهد آمد.

$$S = -0.725 CVp + 43.112 \quad R = 0.56 \quad (4)$$

$$CVp = -0.75 S + 57.297 \quad R = 0.56 \quad (5)$$

یکی دیگر از عامل‌های زنجیرواری که برای رسیدن به ایده‌آل‌ترین شرایط شکل‌گیری دریاچه در نظر گرفته شد، رابطه بین دمای متوسط حوضه (T) حوضه با درصد بارش زیر دودرجه‌ای (S) حوضه‌ها است بین آن‌ها رابطه‌ی معناداری وجود دارد (رابطه‌ی ۶) و نشان می‌دهد که اگر دمای متوسط حوضه‌ای صفر باشد ۴۷٪ از بارش‌های آن به‌صورت منجمد دریافت می‌گردد. با برآورد آستانه‌ی بارش زیر دو درجه برای دریاچه‌ای شدن ۱۳٪ برآورد گردید اگر عدد ۱۳ را در رابطه‌ی ۷ که عکس رابطه‌ی ۶ است قرار دهیم، دمای آستانه برای حوضه‌های باقابلیت دریاچه‌ای شدن در طی مدتی از سال، ۱۵/۸۷ درجه سانتی‌گراد برآورد می‌شود.

$$S = -2.2 T + 47 \quad R = 0.71 \quad (6)$$

$$T = -0.325 S + 20.1 \quad R = 0.71 \quad (7)$$

از دیگر عامل‌هایی که برای شرایط مطلوب حوضه‌های با پتانسیل دریاچه‌ای شدن در نظر گرفته شد رابطه‌ی بین ضریب تغییرات دما (CVt) با متوسط دما (t) است. بین آن‌ها رابطه‌ی معکوس وجود دارد به‌طوری‌که با افزایش دما ضریب تغییرات دما کاهش می‌یابد. طبق رابطه‌ی ۸ اگر دمای حوضه‌ای صفر باشد ضریب تغییرات آن ۲۴/۸۷ درصد خواهد بود و در صورت تغییر یک‌درجه‌ای دمای متوسط محیط، ضریب تغییرات دما ۱/۰۹ درصد دستخوش تغییر می‌شود. با قرار دادن عدد ۱۵/۸۷ حاصل از رابطه‌ی ۶ به‌عنوان آستانه‌ی میانگین دمای سالانه، در رابطه‌ی ۸ حد آستانه‌ی ضریب تغییرات دمای محیط برای دریاچه‌ای شدن حوضه برآورد خواهد شد؛ بر این اساس آستانه‌ی ضریب تغییرات دما ۷/۴۳ درصد به دست آمد؛ به این معنی که اگر در حوضه‌ای ضریب تغییرات دما ۷/۴۳ درصد و بالاتر باشد شرایط بهتری برای دریاچه‌ای شدن در طول یا قسمتی از سال خواهد داشت.

$$CVt = 1.098 T + 24.87 \quad R^2 = 0.81 \quad (8)$$

برای بررسی تغییرات عامل های مورد بررسی این تحقیق در شرایط سرد کواترنری حوضه های ایران، بین تک تک آن ها به عنوان متغیر وابسته به ارتفاع برف مرز حوضه ها رابطه ی رگرسیونی برآورد گردید که با توجه به تأثیر پذیری بیشتر درصد ضریب تغییرات بارش زیر دو درجه حوضه ها از ارتفاع برف مرز رابطه رگرسیونی با ضریب ۹۲ درصد حاصل شد (رابطه ی ۹). طبق رابطه ی ۹ برف مرزهای (SL) امروزی با ضریب برفی (S) لازم است برای کاهش هر ۱۰۰۰ متر از ارتفاع برف مرز ۲۰ درصد ضریب برفی افزایش یابد. عکس رابطه ی ۹ به صورت رابطه ی ۱۰ بیان می شود که بیان می کند در صورت تغییر یک درصد ضریب برفی حدود ۴۶/۴۵ متر ارتفاع برف مرز جابه جا می شود. بین بارش به عنوان متغیر وابسته با دمای حوضه ها رابطه سنجی شد (رابطه ی ۱۱). بر اساس این رابطه تغییر هر درجه حرارت دمایی حوضه ها می تواند ۲۷/۷۲ میلی متر نوسان بارش را به همراه دارد.

$$S = -0.02SL + 100.15 \quad R^2 = 0.92 \quad (9)$$

$$L = -46.45S + 4993.6 \quad R^2 = 0.92 \quad (10)$$

$$P = -27.72T + 639.76 \quad R = 0.87 \quad (11)$$

در این مقاله علاوه بر بررسی آستانه عامل های اقلیمی مؤثر در احیا دریاچه ها داخلی، برای آگاهی از شرایط اقلیمی گذشته دریاچه ها در دوره ی کواترنری، با قرار دادن برف مرزهای گذشته، ضریب برفی آن زمان مشخص شد و با استفاده از آن ضریب، دما و بارش دوره های سرد کواترنری حوضه ها برآورد گردید. با کاهش هر درجه حرارت ضریب برفی آن برآورد و با قرار دادن ضرایب در روابط مربوطه مقدار دما و بارش دوره های سرد کواترنری برآورد شد که به طور مختصر ضریب برفی و تغییرات دما و بارش با کاهش ۳، ۶ و ۹ درجه ای دما در جدول (۱) برای زیر حوضه های مورد مطالعه آورده است.

در این تحقیق نمایان شد که تغییرات اقلیمی را که همه محققان از افزایش دما از آن یاد می کنند به تنهایی مربوط نمی شود و دما تنها ۱/۴ سهم را از تغییرات موجود دارد و هم تغییر پذیری و همسویی عامل ها را در تغییر دادن اقلیم را نشان می دهد که با گرفتن هم تغییر پذیری بین ضریب برفی و دما و بارش و سایر عامل ها می توان فهمید چه میزان این هم تغییر پذیری و تغییر یافتن معنی دار و قابل قبول می باشد.

جدول (۱): برآورد دما، بارش، ضریب برفی و ضریب تغییرات دما و بارش با کاهش ۳، ۶ و ۱۲ درجه ای دما

Table (1): Estimates temperature, precipitation, snow coefficient, and coefficient of variation of temperature and precipitation by decreasing 3, 6, and 12 degrees temperature

نام حوضه	cv p	cv t	s	(m) Eld	(mm)p	(°C) t
ابرکوه	۴۴/۴	۸/۹	۸/۷	۱۴۶۰	۱۵۳	۱۹/۱۵
اردستان	۴۸/۴	۶/۹	۱۴/۶	۹۴۰	۱۱۴/۶۲	۲۱/۷۹
بافق	۴۶/۸	۶/۳	۵	۷۸۰	۹۵	۲۴/۱۸
درانجیر	۴۶/۷	۸/۲	۷/۲	۹۳۰	۱۴۱/۲۱	۲۱/۶۱
گاوخونی	۳۹/۷	۸/۹	۱۸/۷	۱۴۵۱	۱۹۳/۵۷	۱۷/۷۹
قطروئیه	۴۲/۴	۵/۴	۰/۷	۱۵۷۵	۲۱۵/۲۶	۲۲/۲۹
قم	۳۶/۲	۹/۵	۲۰/۲	۷۹۰	۲۶۳/۲۷	۱۴/۵۱
جازموریان	۶۰	۷/۳	۱	۹۶۱	۱۷۱/۳۸	۲۶/۴
لوت	۵۱/۳۷	۸/۵	۳	۲۵۰	۱۱۴/۶۴	۲۴/۴۲
مهارلو	۴۰	۴/۸	۱/۹	۱۴۶۰	۳۷۵/۵۱	۲۱/۲۲
میقان	۳۲/۵	۸/۵	۲۱/۲	۱۶۶۳	۳۱۴/۲۰	۱۷/۸۷
ارومیه	۳۰/۸	۱۱/۶	۲۰/۸	۱۲۷۰	۳۷۲/۴۵۰	۱۶
سیرجان	۴۱/۷	۵/۹	۳/۴	۱۶۹۰	۱۸۱/۷۸	۲۰/۳۸
یزد	۴۳/۸	۶/۹	۱۰/۶	۹۶۱	۹۲/۹۸	۲۲

برآورد حجم دریاچه‌های کواترنری: تغییرات اقلیمی کواترنری را تاکنون ژئومورفولوژیست‌ها از طریق برآورد ارتفاع برف مرز دائمی و انتساب دمای صفر درجه به آن ردیابی کرده و کاهش دمای کواترنری را با توجه به دمای کنونی آن محاسبه نموده‌اند. نوسان آب دریاچه‌ها با تغییرات اقلیمی کواترنری امر بدیهی است به گونه‌ای که پلایاهای کنونی بستر دریاچه‌های گذشته هستند. با نسبت دادن تغییرات کواترنری به یک عامل اقلیمی ارقام اغراق آمیزی برآورد می‌شود که با ویژگی‌های طبیعی مکان انطباق ندارد. ارتباط متقابل و تنگاتنگ عناصر اقلیمی باهم به گونه‌ای است که تغییر در یکی از آن‌ها منجر به تغییر سایر پارامترها می‌شود.

در کاهش دمای دوره‌های سرد کواترنری شکی نیست ولی نمی‌توان تغییر فرایندهای ژئومورفولوژیکی را فقط با تغییرات دما ردیابی نمود. هرچند نمی‌توان اثر تمامی عناصر و عوامل را به صورت پیوسته در ارتباط با تغییرات اقلیمی کواترنری مورد مطالعه قرارداد ولی سعی بر این است که نوسان حجم آب دریاچه‌ها که ناشی از تغییرات اقلیمی بوده را به صورت سیستمی از طریق تغییرات دما، بارش، ضریب ریزش بارش زیر دو درجه، ضریب تغییرات دما و ضریب تغییرات بارش تفسیر نمود. بین عامل‌های فوق به عنوان متغیرهای مستقل و بیلان ارتفاعی آب دریاچه‌ها به عنوان متغیر وابسته روابط رگرسیونی برآورد گردید. برای دست یافتن به این امر با استفاده از عملیات

ریاضی در نرم افزار متلب ماتریس های متعددی بین ۵ عامل دما، بارش، ضریب برفی، ضریب تغییرات دما و ضریب تغییرات بارش حوضه ها به عنوان متغیرهای مستقل و ضریب رواناب دریاچه ها به عنوان متغیر وابسته نوشته شد. به دلیل هم سویی ضریب تغییرات دما و ضریب تغییرات بارش با عامل های دما و بارش از دخالت آن ها در ماتریس های نهایی صرفه نظر گردید. در هر ماتریس سه حوضه به صورت رندمی انتخاب می شد و در هر ماتریسی برای همه ی حوضه ها اعمال می شد و نهایتاً ماتریسی که بهترین رابطه از همبستگی و ضریب معنی داری را داشت به عنوان رابطه اصلی انتخاب شد و حوضه هایی که در ماتریس خود رابطه ی خوبی نداشتند در صورت همخوانی از رابطه های قابل قبول برای آن ها استفاده شد. سه رابطه ی رگرسیونی به دست آمد که از هر کدام از آن ها برای حوضه های مرطوب، خشک و نیمه خشک استفاده گردید. برای برآورد اثر تغییر دما، بارش و ضریب برفی بر بیلان آب دریاچه ها (ارتفاع متوسط آب) مجموعه عملیات ریاضی انجام شد که نتیجه ی آن محاسبه سه ماتریس A, B, C است در هر کدام از ماتریس ها ستون های ارائه شده به ترتیب از چپ به راست نام حوضه، بارش (p)، دما (t)، ضریب برفی (s)، ضریب همبستگی و ارتفاع آب است (جدول ۲). از ماتریس های جدول ۲ برای بررسی تغییرات بیلان آب دریاچه های میقان، قم و مهارلو (رابطه ۱۲)، قطروئیه، سیرجان، ابرکوه (رابطه ی ۱۳) و یزد، لوت و جازموریان (رابطه ی ۱۴) استفاده شد.

جدول (۲): ماتریس حوضه های داخلی ایران در گروه های مختلف
Table (2): Matrix of Iran's internal basins in different groups

ردیف	گروه حوضه های داخلی	P T S
۱	$A = \begin{bmatrix} pts \text{ میقان} \\ pts \text{ قم} \\ pts \text{ مهارلو} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۳۱۴ & ۱۳/۵ & ۲۱/۲۳ \\ ۲۶۳ & ۱۴/۴۱ & ۲۰/۲۴ \\ ۳۷۵/۵ & ۱۷/۹۳ & ۱/۸۶ \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -۰/۸ \\ -۲/۵۱ \\ -۲/۳ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ۰/۰۲۲۵ \\ ۰/۶۰۰۷ \\ ۰/۰۱۱۳ \end{bmatrix}$
۲	$B = \begin{bmatrix} pts \text{ قطروئیه} \\ pts \text{ سیرجان} \\ pts \text{ ابرکوه} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۲۱۵ & ۱۹ & ۰/۶۶ \\ ۱۸۱/۷ & ۱۶/۸۶ & ۳/۳۹ \\ ۱۵۳ & ۱۵/۳۵ & ۸/۶۶ \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -۲/۱۲ \\ -۲/۵۸ \\ -۲/۶ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ۰/۱۹۷۹ \\ -۲/۳۶۷ \\ ۰/۳۹۸۸ \end{bmatrix}$
۳	$C = \begin{bmatrix} pts \text{ یزد} \\ pts \text{ لوت} \\ pts \text{ جازموریان} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ۹۲/۹ & ۱۷/۴۷ & ۱۰/۶۳ \\ ۱۱۴/۶ & ۱۹/۹۴ & ۳/۱۱ \\ ۱۷۱/۳ & ۲۳/۱۴ & ۱/۰۲ \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -۳/۲ \\ -۴/۰۶ \\ -۳/۸ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ۰/۰۵۰۴ \\ -۰/۵۴۴۱ \\ ۰/۱۵۲۵ \end{bmatrix}$

$$A = ۰/۰۲۲۵p - ۰/۰۶t + ۰/۰۱۱۳s$$

(۱۲)

$$B = 0.1979p - 2.367t + 0.3988s \quad (13)$$

$$C = 0.504p - 0.544t + 0.1582s \quad (14)$$

برای برآورد ماتریس در بین حوضه‌ها برحسب عرض جغرافیایی، دائمی، موقت و فصلی بودن دریاچه‌ها سه حوضه انتخاب و در صورت به دست آمدن رابطه‌ای که با قرار دادن دما، بارش و ضریب برفی کنونی، بیلان آب مشابه شرایط کنونی به دست می‌آید؛ ماتریس برای محاسبه‌ی نوسان کواترنری بیلان آب انتخاب می‌شد. در مرحله‌ی بعد با کاهش ۳، ۶ و ۹ درجه دما و قرار دادن هر دما در رابطه‌ی ۱۲ بارش ناشی از دمای ثانویه و در رابطه‌ی ۶ ضریب برفی ناشی از آن برآورد می‌شد. دما، بارش و ضریب برفی برآورد شده را در ماتریس مربوط به هر حوضه قرار داده و اعداد محاسبه‌شده به عنوان بیلان آب گذشته در نظر گرفته شد. بر اساس ترازنامه‌های محاسبه‌شده و ضریب آن‌ها در سطح دریاچه کنونی حجم آب برآورد گردید و ارقام آن‌ها با ارقام برآورد شده توسط سورفر با توجه به ارتفاع بالاتر از خط تعادل آب و خشکی کنونی مقایسه گردید. در صورت انطباق، رقم معادل آن به عنوان ارتفاع خط تعادل آب و خشکی در نظر گرفته شد و دمای کاهش یافته به آن ارتفاع نسبت داده شد. بر این اساس سه دما، سه ارتفاع خط تعادل آب و خشکی و سه حجم برآورد می‌گردید. در مرحله بعد بین دما و ارتفاع خط تعادل آب و خشکی، دما با حجم آب و دما با نوسان آب دریاچه به ترتیب به عنوان متغیر مستقل و متغیر وابسته رابطه رگرسیونی برآورد گردید (جدول ۳). بر اساس روابط حاصله می‌توان برای چاله‌هایی که بیلان آب کنونی آن‌ها منفی است آستانه خروج از حالت منفی را برآورد نمود. دما مهم‌ترین عاملی است که آستانه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد به همین منظور این آستانه با توجه به روابط جدول ۳ برآورد گردید (جدول ۴). آستانه‌های برآورد شده بیان‌کننده ب این مطلب هستند که با توجه به عرض جغرافیایی دمای آستانه ب احیا دریاچه‌ها کاهش می‌یابد به طوری که آستانه احیای لوت بیشترین دما (۱۸ درجه) و میقان کمترین دما (۱۲ درجه) برآورد شده است البته در این برآورد علاوه بر عرض جغرافیایی ارتفاع بستر دریاچه نیز اثر گذاشته است. حوضه‌هایی مثل میقان، قم و ارومیه که دریاچه آن‌ها در عرض‌های جغرافیایی بالاتر از ۳۴ درجه قرار دارد آستانه دمایی ۱۲ درجه و کمتر از آن است و برای سایر حوضه‌ها که در پایین‌تر از این عرض جغرافیایی قرار دارند دمای آستانه ۱۶ درجه و بیشتر است. آستانه بالای حوضه لوت علاوه بر عرض جغرافیایی پایین آن به پست‌تر بودن این حوضه نسبت به سایر حوضه‌های داخلی نیز بستگی داشته است. طبق جدول ۴ میانگین دمای حوضه میقان ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد، بیلان آب ۰/۸- مترمکعب و ارتفاع خط ساحل کنونی ۱۶۶۳ متر است. میقان دریاچه‌ای فصلی است و در ماه‌هایی که دمای محیط از آستانه پایین‌تر باشد دریاچه آبگیری می‌شود آستانه

برآورد شده به این معنی است که در صورتی که دمای میانگین دمای محیط به ۱۲/۹ درجه کاهش یابد دریاچه می تواند برای تمام سال آب داشته باشد. بر اساس رابطه دما با بیلان آب با کاهش ۰/۶ درجه دما بیلان آب از حالت منفی خارج شده و دریاچه از فصلی به دائمی تبدیل می شود. طبق رابطه دما با خط ساحل هر درجه کاهش دما ۰/۷۵ متر ارتفاع خط تعادل آب و خشکی تغییر می کند. آستانه های محیطی دما بیان کننده حالتی که در آن دما حوضه شرایط احیا و آبیگری پیدا خواهد کرد (جدول ۴). در حوضه های ابرکوه، قطروئیه و سیرجان اختلاف بسیار کم دمای محیط از حد آستانه و خشک بودن دریاچه نشان دهنده این موضوع است که آبیگری دریاچه از دما تبعیت نکرده و علت خشکی پلوویال بودن دریاچه و تغییر در نوع کیفیت بارش است تا تغییر دما.

جدول (۳): عامل های اقلیمی مؤثر بر بیلان آب دریاچه ها با روابط حاصله
Table (3): Climatic factors affecting the Lakes water balance with the relationships

روابط	حجم km ³	تراز آب M	بیلان آب M	ضریب برفی	بارش mm	دما °C	نام حوضه
$H = -0.7543t + 1672.7$ $R^2 = 0.96$	۱/۲۲	۱۶۶۴	۴/۱	۲۳/۷۷	۳۴۷	۱۰/۵۵	میقان
$V = -346.53t + 5296.6$ $R^2 = .95$	۲/۲۷	۱۶۶۷	۷/۹	۳۰/۳۷	۴۳۰	۷/۵۵	
$T = -0.7263L + 12.912$ $R^2 = 1$	۳/۲۳	۱۶۶۹	۱۲/۳	۳۶/۹۷	۵۱۳	۴/۵۵	
$H = -0.5t + 797.21$ $R^2 = 0.96$	۴/۶۴	۷۹۱.۵	۳/۹	۲۱/۸۹	۳۲۳/۴	۱۱/۴۱	قم
$V = -1385.2t + 20453$ $R^2 = 0.99$	۹	۷۹۳	۷/۹	۲۸/۴۹	۴۰۶/۵	۸/۴۱	
$T = 0.7606L + 12.504$ $R^2 = 0.97$	۱۳/۶۳	۷۹۴/۵	۱۱/۸	۳۵	۴۸۹/۷	۵/۴۱	
$H = 1.4667t + 1486.7$ $R^2 = 0.98$	۱/۵۹	۱۴۶۵	۶/۷	۱۴/۱۵	۲۲۵/۸	۱۴/۹۳	مهارلو
$V = -469.35t + 8636.9$ $R^2 = 0.99$	۳/۲۳	۱۴۷۰	۱۳/۵	۲۰/۷۵	۳۰۹	۱۱/۹۳	
$T = -0.4489 L + 16.953$ $R^2 = 0.96$	۴/۳۴	۱۴۷۳	۲۰/۲	۲۷/۳۵	۳۹۲	۸/۹۳	
$H = -4.1t + 1659.7$ $R^2 = 0.98$	۱۱/۳۹	۱۵۹۶	۳۸/۸	۱۱/۷۹	۱۹۶	۱۶	قطروئیه
$V = -3856.9t + 73508$ $R^2 = 0.96$	۲۳/۹۴	۱۶۰۸	۷۷/۶	۱۱/۳۹	۲۷۹	۱۳	
$T = -0.0773 L + 18.83$ $R^2 = 0.97$	۳۵/۳۹	۱۶۱۷	۱۱۶/۴	۲۴/۹۹	۳۶۲	۱۰	
$H = -2.2833t + 17299.6$ $R^2 = 0.97$	۱۰/۶۴	۱۶۹۹	۲۲/۷۸	۱۶/۵۱	۲۵۵	۱۳/۸۶	سیرجان
$V = -3623t + 61169$ $R^2 = 1$	۲۲/۷۵	۱۷۰۶	۴۸/۱۶	۲۳	۳۸۸	۱۰/۸۶	
$T = -0.1182L + 16.554$ $R^2 = 0.96$	۳۲/۴۶	۱۷۱۰/۵	۷۳/۵۳	۲۹/۶۹	۴۲۱	۷/۸۶	
$H = -0.3333t + 1465.1$ $R^2 = 1$	۲/۹۰	۱۴۶۲	۲۰/۵۹	۱۹/۸۱	۲۹۷	۱۲/۳۵	ابرکوه
$V = -706.4t + 10844$ $R^2 = 1$	۴/۴۸	۱۴۶۳	۴۱/۱۴	۲۶/۴۱	۳۸۰	۹/۳۵	
$T = -0.1457L + 15.026$ $R^2 = 0.98$	۶/۱۴	۱۴۶۴	۶۱/۷۷	۳۳	۴۶۳/۵	۶/۳۵	
$H = -0.2167t + 963.83$ $R^2 = 0.92$	۰/۵۹	۹۶۱	۲/۱۹	۱۵	۲۹۷	۱۴/۴۷	یزد
$V = -143.08t + 2449.4$ $R^2 = 1$	۰/۹۲	۹۶۱.۵	۷/۵۹	۲۱	۳۸۰	۱۱/۴۷	

	۸/۴۷	۴۶۳	۲۸	۱۲/۹۸	۹۶۲	۱	$T=-0.3804L+15.026$	$R^2=0.98$
	۱۶/۹۳	۱۷۰/۲۲	۹/۷۳	۳/۵۵	۲۵۳/۵	۴/۷	$H=-1.6t+281.44$	$R^2=0.98$
لوت	۱۳/۹۳	۲۵۳/۳۸	۱۶/۳۳	۱۱/۷۱	۲۵۹/۵	۱۴/۴	$V=-2850.4t+55042$	$R^2=0.99$
	۱۰/۹۳	۳۳۶/۵	۲۲/۹۳	۱۹/۸۶	۲۶۴	۲۴/۸	$T=-0.3753L+18.344$	$R^2=0.97$

جدول (۴) آستانه دما نسبت به تراز آب و خط تعادل آب و خشکی

Table (4): Temperature threshold relative to water level and drought equilibrium line

نام حوضه	رابطه دما با خط ساحل	رابطه دما با بیلان آب	بیلان (m)	خط ساحل (m)	آستانه اختلاف از آستانه	دما °C
میقان	$H=-0.7543t+1672.7$	$T=-0.7263L+12.912$	-۰/۸	۱۶۶۳	۰/۶	۱۳/۵
قم	$H=-0.5t+797.21$	$T=0.7606L+12.504$	-۲/۵	۷۹۰	۱/۵	۱۴
مهارلو	$H=-1.4667t+1486.7$	$T=-0.4489L+16.953$	-۲/۳	۱۴۶۰	۱	۱۷/۹
قطروئیه	$H=-4.1t+1659.7$	$T=-0.0773L+18.83$	-۲/۱	۱۵۷۵	۰/۲	۱۹
سیرجان	$H=-2.2833t+17299.6$	$T=-0.1182L+16.554$	-۲/۵	۱۶۹۰	۰/۳	۱۶/۸
ابركوه	$H=-0.333t+1465.1$	$T=-0.1457L+15.026$	-۲/۶	۱۴۶۰	۰/۳	۱۵/۳
یزد	$H=-0.2167t+963.83$	$T=-0.3804L+15.026$	-۲/۳	۹۶۱	۱/۶	۱۷/۴
لوت	$H=-1.6t+281.44$	$T=-0.3753L+18.344$	-۴/۶	۲۵۰	۴	۲۲

۴- نتیجه‌گیری

اعداد به‌دست‌آمده از روابط ارائه‌شده در این مقاله نشان‌دهنده‌ی آستانه‌هایی است که حوضه‌ای با گذر از آن‌ها و یا جبران شدن کسری آن‌ها به‌وسیله‌ی سایر پارامترها می‌تواند حیات دریاچه را تضمین کند به این صورت که دما ۱۵/۷۸ و بارش ۲۱۵، ضریب برفی ۱۳ درصد، ضریب تغییرات بارش ۴۰ درصد و ضریب تغییرات دما ۷/۴۳ باشد. در صورتی که دریاچه‌ای یکی از عامل‌ها از آستانه‌های موردنظر پایین‌تر باشد شرط دریاچه‌ای بودنش داشتن شرایط مطلوب‌تر در سایر عامل‌ها است. اگر ضریب برفی حوضه‌ای ۱۳ و متوسط دما ۱۵/۷۸ درصد، قابلیت دریاچه‌ای بودن را دارد. حال اگر ضریب ریزش برف یک درصد کاهش پیدا کند لازم است متوسط دما ۲/۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یابد. اگر ضریب تغییرات دما نصف آستانه‌ی دمایی حوضه باشد و دمای آستانه از ۱۵ درجه کمتر باشد شرایط مناسبی برای زنده شدن خواهد داشت. همه‌ی حوضه‌های داخلی ایران در کواترنری به یک تناسب دچار تغییر دما نشده‌اند مثلاً تغییر دمای گذشته ایران مرکزی مانند ارومیه نبوده و به یک‌میزان دما کاهش نیافته است که در غیر این صورت تمام شمال غرب در آن زمان تبدیل به یخچال و زبانه یخی می‌شد. حوضه گاوخونی با کاهش دما و افزایش بارش‌های بازسازی‌شده توسط محققین بازهم دریاچه‌ای به عمق ۱۵۰

متر در ارتفاع ۱۶۰۰ متری نمی توانسته ایجاد کند بلکه این حجم از آب ناشی از تغییر در کیفیت بارش و رژیم بارندگی به وجود می آید. با بررسی آستانه های دما و بارشی و تفسیر آن با شواهد ژئومورفولوژیکی مشخص گردید که تغییرات دما و بارش با حجم دریاچه ها نمی تواند به صورت خطی باشد بلکه به صورت لگاریتمی یا تصاعدی بوده است. در این تحقیق نمایان شد که تغییرات اقلیمی را که همه محققان از افزایش دما از آن یاد می کنند به تنهایی مربوط نمی شود و دما تنها ۱/۴ سهم را از تغییرات موجود دارد و هم تغییر پذیری و همسویی عامل ها را در تغییر دادن اقلیم را نشان می دهد که با گرفتن هم تغییر پذیری بین ضریب برفی و دما و بارش و سایر عامل ها می توان فهمید چه میزان این هم تغییر پذیری و تغییر یافتن معنی دار و قابل قبول می باشد. تغییرات اقلیمی کوترنری را تاکنون ژئومورفولوژیست ها از طریق برآورد ارتفاع برف مرز دائمی و انتساب دمای صفر درجه به آن ردیابی کرده و کاهش دمای کوترنری را با توجه به دمای کنونی آن محاسبه نموده اند. نوسان آب دریاچه ها با تغییرات اقلیمی کوترنری امر بدیهی است به گونه ای که پلایاهای کنونی بستر دریاچه های گذشته هستند. با نسبت دادن تغییرات کوترنری به یک عامل اقلیمی ارقام اغراق آمیزی برآورد می شود که با ویژگی های طبیعی مکان انطباق ندارد. دما مهم ترین عاملی است که آستانه ها را تحت تأثیر قرار می دهد. آستانه های برآورد شده بیان کننده ی این مطلب هستند که با توجه به عرض جغرافیایی دمای آستانه ی احیا دریاچه ها کاهش می یابد به طوری که آستانه احیای لوت بیشترین دما (۱۸ درجه) و میقان کمترین دما (۱۲ درجه) برآورد شده است البته در این برآورد علاوه بر عرض جغرافیایی ارتفاع بستر دریاچه نیز اثر گذاشته است. حوضه هایی مثل میقان، قم و ارومیه که دریاچه آن ها در عرض های جغرافیایی بالاتر از ۳۴ درجه قرار دارد آستانه دمایی ۱۲ درجه و کمتر از آن است و برای سایر حوضه ها که در پایین تر از این عرض جغرافیایی، دمای آستانه ۱۶ درجه و بیشتر است. آستانه بالای حوضه لوت علاوه بر عرض جغرافیایی پایین آن به پست تر بودن این حوضه نسبت به سایر حوضه های داخلی نیز بستگی داشته است. میانگین دمای حوضه میقان ۱۳/۵ درجه سانتی گراد، بیلان آب ۰/۸- مترمکعب و ارتفاع خط ساحل کنونی ۱۶۶۳ متر است. میقان دریاچه ای فصلی است و در ماه هایی که دمای محیط از آستانه پایین تر باشد، آبیگری می شود آستانه ی برآورد شده به این معنی است که در صورتی که دمای میانگین دمای محیط به ۱۲/۹ درجه کاهش یابد حوضه می تواند برای تمام سال دریاچه داشته باشد. طبق رابطه ی دما با خط ساحل هر درجه کاهش دما ۰/۷۵ متر ارتفاع خط تعادل آب و خشکی تغییر می کند. آستانه های محیطی دما بیان کننده ی حالتی که در آن دما حوضه شرایط احیا و آبیگری پیدا خواهد کرد. در حوضه های ابرکوه، قطروئیه و سیرجان اختلاف بسیار کم دمای محیط از حد آستانه و خشک بودن دریاچه، نشان دهنده ی این

موضوع است که آبگیری دریاچه از دما تبعیت نکرده و علت خشکی، پلوویال بودن دریاچه و تغییر در نوع کیفیت بارش است.

۵-منابع

- Alaei Taleghani, M. (2009). *Geomorphology of Iran*. Qomes Publication, Tehran. 360p.
- Abaei Fini, M., & Farajzadeh Asl, M. (2001). Pattern of Spatial and Temporal Changes in Rainfall in Iran. *Journal of Geographical Research*, 62: 114-125.
- Alizadeh, A. (2015). *Principles of Applied Hydrolog*. 40th Edition, Astan Quds Razavi, Mashhad. 912p.
- Asakereh H. (2011). *Principles of Statistical Climatology*. Zanjan University. Zanjan University Press. 545p.
- Asakereh, H. & Razmi, R. (2012). Analysis of Annual Precipitation Changes in Northwest of Iran. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 47: 162-147.
- Asakereh, H. (2008). Spatial Variations of Irrigated Rainfall Frequency Distribution Patterns. *Navar*, 68 and 69: 72-85.
- Burakowski, E.A., Cameron, P., Wake, B. B., David, P. B., (2008). Trends in wintertime climate in the northeastern, *Geophysical Research: Atmospheres (1984-2012)*. 113: (D20).
- Davoodi, M., Mohammadi, H. & Bai, N. (2010). Analysis and Forecasting of Some Climatic Elements of Mashhad. *Navarro Scientific-Technical Journal of the National Meteorological Organization*, 70-71: 35-46.
- Fatahi, E., & Rezaei, T. (2009). Pattern of Daily Climate Circulation on Iran, *Journal of Geographical Research*, 93: 45-74
- Gandomkar, A., & Khadem al-Husseini, A. (2009). Investigating the Trends of Rainfall Changes in Zabul, *Land Planning Journal*, 6: 65-77.
- Hosseini M., S. & Ghanbari, R. (2014). *Statistics and Probabilities in Geography*, Mahkameh Publications. Tehran. 254p.
- Jahanbakhsh Asl, S., & Torabi, S. (2004). Survey and Forecasting of Temperature and Precipitation in Iran, *Journal of Geographical Research*, 74: 104-126.
- Jahanbakhsh Asl, S., Asakereh, H., Ashrafi, S. (2020). Downscaling the Relationship between the Precipitation and Runoff of the Rood Zard Basin in the Climate Change Context. *Journal of Hydrogeomorphology* 6(21): 109-132.
- Krinsley, D. (2009). *Iranian Desert and Geomorphological and Paleo-Climatological Properties*. Translated by Abbas Pashaie, Geographical Organization Publications. 328p.

- Lashkari, H., Naghizadeh, H., Moradi, M., Najafi, M. S. (2014). Synoptic Analysis of Basic Snowfall Temperature in Northwest of Iran, *Journal of Climatological Research*, 19 and 20: 11-22.
- Mahmoudi, P., Khosravi, M., Masoudian, A. & Alijani, B. (2015). The Relationship between Telecommunication Patterns and Iran's Frost Freeze, *Journal of Geography and Development*, 40: 194-175.
- Maryanaji, Z., Darvishi, M. (2018). Investigating the Role of Hydrogeomorphologic Factors and Climatic Changes in Snow Cover in the Alvand. *Journal of Hydrogeomorphology* 4(16): 159-175.
- Masoudian, A. (2012). *Iranian Climate*, Sharia Toos Publications, Isfahan, 277p.
- Mir Mousavi, H., Sabouri, L. (2014). A Study of Snowfall Changes Trends in Northwestern Iran. *Geography and Environmental Planning*, 55: 136-119.
- Mirghobzadeh, M. H., Ghanbarpour, M. R., Habibnejad Roshan, M. (2011). Modeling of snowmelt flow using hydrological model of snowmelt runoff (Case study: Karaj Dam Watershed). *Research Studies Iranian Water*, 3: 40-52.
- Pedram, M. (2011). Snowfall and its relation with the temperature in the Kurdistan province, *Journal of Geographical Research*. 1: 55-70.
- Ramesht, M., Shah Zidi, S. (2011). *Geomorphology Application in National, Regional, Economic, Tourism Planning*, Second Edition, Isfahan University Press, 409p.
- Rasooli Majd, N., Aligholnia, T., Montazeri, M. (2014). *Zonal Coefficient of Seasonal Variation and its Seasonal Investigation in West Azerbaijan Province*, National Conference on Climate Change and Sustainable Development of Agriculture and Natural Resources, Tehran: 1-8.
- Serquet, G., Marty, Ch., Dulex, J, Rebetez, M. (2011). Dependence of the snowfall/ precipitation-day ratio in Switzerland, *Geophysical research letters*, 38(7) L07703.
- Wheatkar, A. (2008). *Investigating the Trends of Precipitation Changes in Zabul*, First International Conference on Water Crisis, Tehran: 9-1.
- Zolfaghari, H., Hashemi, R., Fashi, M. (2009). Investigation of the Ratio of Maximum Daily Precipitation to Annual Precipitation in Iran, *Journal of Geographical Research*, 92: 167-188.