هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۶، سال هشتم، بهار ۱۴۰۰، صص ۴۰-۲۳
Hydrogeomorphology, Vol. 8, No. 26, Spring 2021, pp (23-40)
CC BY-NC

تأثیرگذاری برخی از شاخص‌های اقلیمی بر آبگیری دریاچه‌های داخلی ایران

غلامحسن جعفری[1*]، مینا آوجی[2]

۱- دانشیار دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان
۲- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه زنجان، زنجان

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۳ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸

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 کواترنری به یک تناسب دچار تغییر دما نشده‌اند وضعیت و شواهدی که از آبگیری دریاچه‌ها کواترنری 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 کواترنری 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: کواترنری، اقلیم، خط تعادل آب‌وخشکی، دریاچه‌های داخلی ایران

* نویسنده‌ی مسئول: **E-mail**:jafarihas@yahoo.com

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل ساختاری کره‌ی زمین اقلیم است. امروزه دانشمندان به اقلیم به‌عنوان یک سیستم می‌نگرند که شامل مؤلفه‌های هوا کره- زیست‌کره- آب‌کره- یخ کره و سنگ‌کره 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 شناسایی‌شده 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 قابل‌بررسی 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 آبگیری 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 آبگیری حوضه‌های داخلی ایران است.

در بسیاری از نقاط جهان، بارش باران جایگزین بارش‌های جامد نظیر برف شده و به‌شدت میزان بارش برف کاهش پیداکرده 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[1] نامیده می‌شوند.

1. Hydrometeor

وقتی در هوای صعودکننده‌ای که به دمای زیر نقطه انجماد رسیده است تراکم صورت گیرد، به‌جای قطرات باران، بلورهای برف شکل می‌گیرد (علیزاده، ۱۳۹۴: ۱۶۶). از لحاظ هیدرولوژیکی تفاوت‌های بین برف و سایر اشکال بارش اهمیت زیادی دارد، زیرا برف پس از بارش مدتی طولانی بر سطح زمین باقی‌مانده و به‌طور پی‌درپی روی‌هم انباشته می‌شود و فقط هنگامی وارد چرخه هیدرولوژی می‌شود که در فصل بهار آب شود (میریعقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). روزهای برفی گذشته از رطوبت و ناپایداری به شرایط حرارتی نیز بستگی دارد به‌طوری‌که آن بخش از کشور که دمای سالانه‌ی آن بیش از ۲۲ درجه سلسیوس است به‌ندرت شاهد ریزش برف است (مسعودیان، ۱۳۹۱: ۱۳۲).

تغییرات زمانی و مکانی بارش از ویژگی‌های اصلی اقلیم ایران است که همواره موردتوجه اقلیم شناسان بوده است (بابایی فینی و فرج زاده، ۱۳۸۰؛ ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۸؛ جهانبخش و ترابی، ۱۳۸۳؛ محمودی و همکاران؛ ۱۳۹۴، عساکره، ۱۳۸۷؛ گندم‌کار، ۱۳۸۷). بوراکواسکی (۲۰۰۸) بیان می‌کند که بارش برف به دما وابسته است و کاهش این نوع بارش به افزایش دمای سطحی ارتباط دارد. سرکوئت و همکاران (۲۰۰۱) با تجزیه‌وتحلیل نسبت روزهای بارش برف به‌روزهای بارشی، به‌منظور ارزیابی تأثیر تغییر درجه حرارت در بارش برف یک دمای آستانه‌ای۲/۷- ° ۰/۸ ± در زمستان ° ۲/۷± ° ۳/۸- در بهار به دست آورده‌اند که در بالاتر از این دماها، حتی باوجود شرایط سینوپتیکی و دینامیکی لازم، بارش برف در فصول بهار و زمستان اتفاق نمی‌افتد. 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 می‌یابد. میر موسوی و صبوری (۱۳۹۳) در بررسی تغییرات بارندگی شمال غرب ایران، برف در مناطق کوهستانی را به‌عنوان یکی از اجزاء مهم چرخه هیدرولوژیکی معرفی کرده‌اند و معتقدند که برف موجب ذخیره‌سازی آب در فصل زمستان و آزادسازی آن در فصل بهار و تابستان جهت مصارف طبیعی، شهری و صنعتی می‌شود. رسولی مجد و همکاران (۱۳۹۳) در پهنه‌بندی ضریب تغییرات و بررسی رژیم بارش استان آذربایجان غربی دریافتند که بیشترین ضریب تغییرات متعلق به ماه‌های تابستان است و در بین ایستگاه‌های این استان ایستگاه تکاب بیشترین سهم ضریب تغییرات و نامنظمی بارش را به خود اختصاص داده است. لشکری و همکاران (۱۳۹۳) در تجزیه‌وتحلیل 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 می‌شود. 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 براثر 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 فزایش بارش در ماه‌های گرم و کاهش بارش در ماه‌های سرد رخ خواهد داد. درنتیجه رواناب حاصل از بارش نیز در ماه‌های سرد، کاهش و در ماه‌های گرم با صرف‌نظر 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 موردبررسی قرار می‌گیرد (شکل ۱).

۲- مواد و روش

یکی از روش‌های پیش‌بینی و برآورد شرایط دریاچه‌های گذشته توجه به لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی باقی‌مانده از آن‌ها است ولی آنچه از اهمیت ویژه‌ای دارد نقش پارامترهای اقلیمی در وضعیت کنونی آب‌چاله‌های داخلی ایران است. به‌منظور 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[1] و ضریب تغییرات[2] استفاده گردید. ازآنجاکه 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 به‌صورت کمیت مجرد مطلق بیان می‌شود.

1. Standard deviation
2. Coefficient of variation

شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوضه‌های موردبررسی
Fig (1): Geographical location of the studied basins

ضریب تغییرات طبق رابطه‌ی ۱ از نسبت انحراف معیار بر میانگین داده‌ها محاسبه می‌گردد و به درصد بیان می‌شود (عساکره، ۱۳۹۰: ۵؛ حسینی مهر و قنبری، ۱۳۹۳: ۹۷؛ علیزاده، ۱۳۹۴: ۷۰۶).

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \qquad (۱)$$

Cv ضریب تغییرات، S انحراف از معیار و$\bar{X}$ میانگین است. طبق نظر پدرام و همکاران (۱۳۹۰)؛ سرکوئت و همکاران (۲۰۰۱) و لشکری و همکاران (۱۳۹۳) بارش برف در دمای زیر سه درجه رخ می‌دهد 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 سانتی‌گراد آغاز می‌شود. از طرفی با توجه به اینکه اکثر زمان‌ها دمای سطح زمین بیشتر از دمای هوای مجاور آن است در این پژوهش دریافت بارش زیر دو درجه سانتی‌گراد مبنای تغییر نوع بارش حوضه‌ها قرار گرفت.

با استفاده از داده‌های دما و بارش روزانه اسفزاری و برنامه‌نویسی در نرم‌افزار متلب متوسط بارش‌های روزانه‌ای که در طول سال در دماهای دو درجه و پایین‌تر اتفاق افتاده را نسبت به‌کل بارش سالانه در کل پیکسل‌ها محاسبه و به‌صورت درصد برآورد و تحلیل گردید. برای به دست آوردن شرایط کواترنری لازم است مساحت برف

مرز امروزی به‌دست‌آمده و با ضریب برفی همبستگی گرفته شود و با رابطه به‌دست‌آمده 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 آستانه عامل‌های 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 برقی 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 موردمطالعه بررسی گردید. هرچند نمی‌توان اثر تمامی عناصر و عوامل را به‌صورت پیوسته در ارتباط با تغییرات اقلیمی کواترنری موردمطالعه 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 هم سویی 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 قابل‌قبول برای آن‌ها استفاده شد. سه رابطه‌ی رگرسیونی به دست آمد که از هرکدام 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 محاسبه‌شده به‌عنوان بیلان آب‌گذشته 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 آب‌وخشکی کنونی مقایسه گردید. در صورت انطباق، رقم معادل آن به‌عنوان ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی در نظر گرفته شد و دمای کاهش‌یافته به آن ارتفاع نسبت داده شد. بر این اساس سه دما، سه ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی و سه حجم برآورد می‌گردید. در مرحله بعد بین دما و ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی، دما با حجم آب و دما با نوسان آب دریاچه به ترتیب به‌عنوان متغیر مستقل و متغیر وابسته رابطه رگرسیونی برآورد گردید.

۳- بحث و نتایج

برای بررسی اثرگذاری پارامترهای اقلیمی بر میزان آبگیری 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 به‌گونه‌ای است که حوضه‌های ارومیه، میقان، گاوخونی و قم کمترین دما و حوضه‌های جازموریان، لوت، بافق و قطروئیه بیشترین دما را به خود اختصاص داده‌اند. ازنظر ترکیب دو عنصر اقلیمی دما و بارش، حوضه‌های ارومیه و میقان بهترین شرایط و حوضه‌های بافق و یزد بدترین حالت آبگیری رادارند. با توجه به تفاوت میانگین دما و بارش حوضه‌ها، این پارامترها به‌تنهایی نمی‌توانند در برآورد وضعیت آبگیری دریاچه‌ها کارایی قابل‌اعتمادی داشته باشند؛ بنابراین از سایر بردارهای اقلیمی ازجمله ضریب تغییرات (بارش و دما) و نسبت بارش‌های زیر دو درجه به‌کل 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 موردمطالعه 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 موردمطالعه 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 آبگیری دریاچه‌ها موردبررسی قرار گیرد. برای ضریب تغییرات دما برخلاف بارش تابه‌حال آستانه مشخصی تعیین نشده است. برای ارائه‌ی آستانه‌ی دمایی در آبگیری 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؛ درصورتی‌که رامشت و شاه زیدی (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 به‌کل 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 آبگیری دریاچه‌ها بین ضریب تغییرات بارش (CVp) و میانگین بارش (p) رابطه‌ی رگرسیونی گرفته شد (رابطه‌ی ۲).

$$P = -۱۳/۲۲\ CVp + ۷۴۴/۳۸ \qquad R = ۰/۸۶ \qquad (۲)$$

برای برآورد بارش مؤثر در آبگیری دریاچه‌ها می‌توان عدد ۴۰ را که برای ضریب تغییرات بارش به‌عنوان آستانه‌ی اثرگذاری شناخته شد در رابطه‌ی ۲ به‌جای CVp قرارداد و آستانه‌ی بارشی را برای حوضه‌ها برآورد نمود. نتیجه‌ی چنین محاسبه‌ای آستانه بارشی برای حوضه‌های دارای دریاچه را بارش ۲۱۵ میلی‌متری برآورد نمود که ضریب تغییرات بارش آن‌ها نیز ۴۰ یا کمتر است. با توجه به رابطه‌ی ۲ حوضه‌ای که ضریب تغییرات بارشی کمتر از ۴۰ درصد داشته، بالطبع نظم بارشی بهتری خواهد داشت. متوسط بارش سالانه‌ی حوضه‌ای که ضریب تغییرات بارشی ۴۰ درصد و کمتر باشد ۲۱۵ میلی‌متر یا بیشتر است. به عبارتی در صورتی چاله مرکزی حوضه‌های داخلی ایران می‌توانند به‌صورت دریاچه درآیند که متوسط بارش آن‌ها ۲۱۵ میلی‌متر و بیشتر و ضریب تغییرات آن ۴۰ درصد یا کمتر باشد. بر اساس رابطه‌ی ۲ به ازای افزایش هر درصد از ضریب تغییرات بارش، مقدار بارش ۱۳ میلی‌متر کمتر می‌شود.

یکی دیگر از عامل‌های اثرگذار و مهم در آبگیری چاله مرکزی حوضه‌های داخلی ایران، مقدار دریافت برف است که احتمال وقوع آن برای بارش‌های روزانه‌ای در نظر گرفته شد که دمای متوسط روز بارشی دو درجه و کمتر باشد. هرچه مقدار یا درصد بارش‌های برفی حوضه‌ای بیشتر باشد، دریاچه شرایط آبگیری بهتری خواهد داشت. به این منظور با برنامه‌ریزی در نرم‌افزار متلب و درصد بارش‌هایی که هم‌زمان بوده‌اند با دمای دو درجه سانتی‌گراد یا کمتر برای تمامی ۱۸۲۵۶۰ پیکسل روزانه دما و بارش ۵۰ ساله داده‌های اسفزاری برآورد گردید. سپس درصد بارش زیر دو درجه نسبت به‌کل بارش سالانه برای ۷۸۶۱ پیکسل کل کشور محاسبه شد. درصد بارش زیر دو درجه سانتی‌گراد برای تک‌تک حوضه‌ها به‌صورت میانگین محاسبه شد. بین متوسط بارش (P) حوضه‌ها با بارش زیر دو درجه (S) رابطه رگرسیونی برآورد گردید (رابطه‌ی ۳). از تحلیل رابطه‌ی ۳ این‌گونه برداشت می‌شود که اگر بارش حوضه‌ای ۲۱۵ میلی‌متر باشد ضریب برفی باید ۱۳ درصد باشد تا دریاچه‌ای شکل گیرد و به ازای کاهش یک درصد از ضریب برفی، لازم است بارش حوضه ۱۶/۷ میلی‌متر افزایش داشته باشد تا آستانه‌ی برفی جبران گردد.

$$s = ۰/۰۵۹۸\ p + ۰/۲۱۷ \qquad R = ۰/۴۹ \qquad (۳)$$

در مرحله‌ی بعدی بین ضریب تغییرات بارش CVp (۴۰ درصد) با بارش زیر دو درجه (S) حوضه‌های موردمطالعه رابطه گرفته شد (رابطه‌ی ۴)؛ در این رابطه حد آستانه بارش برف ۱۳/۳ درصد برآورد گردید. به این معنی که اگر حوضه‌ای ۱۳/۳ درصد از بارش را زیر دو درجه سانتی‌گراد دریافت کند به سمت دریاچه‌ای شدن پیش می‌رود. بر اساس رابطه‌ی ۵ که عکس رابطه‌ی ۴ است درصورتی‌که ضریب برفی حوضه‌ای 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 موردمطالعه شرایط نامطلوبی برای حوضه ازنظر دریاچه‌ای بودن به وجود خواهد آمد.

$$S = -۰/۷۲۵CVp + ۴۳/۱۱۲ \qquad R = ۰/۵۶ \qquad (۴)$$

$$CVp = -۰/۷۵\ S + ۵۷/۲۹۷ \qquad R = ۰/۵۶ \qquad (۵)$$

یکی دیگر از عامل‌های زنجیرواری که برای رسیدن به ایده‌ال‌ترین 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.

$$S = -۲/۲\ T + ۴۷ \qquad R = ۰/۷۱ \qquad (۶)$$

$$T = -۰/۳۲۵\ S + ۲۰/۱ \qquad R = ۰/۷۱ \qquad (۷)$$

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.

$$CVt = ۱/۰۹۸T + ۲۴/۸۷ \qquad R^2 = ۰/۸۱ \qquad (۸)$$

برای بررسی تغییرات عامل‌های موردبررسی این تحقیق در شرایط سرد کواترنری حوضه‌های ایران، بین تک‌تک آن‌ها به‌عنوان متغیر وابسته به ارتفاع برف مرز حوضه‌ها رابطه‌ی رگرسیونی برآورد گردید که با توجه به تأثیرپذیری بیشتر درصد ضریب تغییرات بارش زیر دو درجه حوضه‌ها از ارتفاع برف مرز رابطه رگرسیونی با ضریب ۹۲ درصد حاصل شد (رابطه‌ی ۹). طبق رابطه‌ی 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 رابطه‌ی ۹ به‌صورت رابطه‌ی ۱۰ بیان می‌شود که بیان می‌کند در صورت تغییر یک درصد ضریب برفی حدود ۴۶/۴۵ متر ارتفاع برف مرز جابه‌جا می‌شود. بین بارش به‌عنوان متغیر وابسته با دمای حوضه‌ها رابطه‌سنجی شد (رابطه‌ی ۱۱). بر اساس این رابطه تغییر هر درجه حرارت دمایی حوضه‌ها می‌تواند ۲۷/۷۲ میلی‌متر نوسان بارش را به همراه دارد.

$$S=-۰/۰۲SL+۱۰۰/۱۵ \qquad R^2=۰/۹۲ \qquad (۹)$$

$$L=-۴۶/۴۵۵S+۴۹۹۳/۶ \qquad R^2 = ۰/۹۲ \qquad (۱۰)$$

$$P= -۲۷/۷۲T+۶۳۹/۷۶ \qquad R=۰/۸۷ \qquad (۱۱)$$

در این مقاله علاوه بر بررسی آستانه عامل‌های اقلیمی مؤثر در احیا دریاچه‌ها داخلی، برای آگاهی از شرایط اقلیمی گذشته دریاچه‌ها در دوره‌ی 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 برقی 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 در جدول (۱) برای زیرحوضه‌های موردمطالعه آورده است.

در این تحقیق نمایان شد که تغییرات اقلیمی را که همه محققان از افزایش دما از آن یاد می‌کنند به‌تنهایی مربوط نمی‌شود و دما تنها ۱/۴ سهم را از تغییرات موجود دارد و هم تغییرپذیری و همسویی عامل‌ها را در تغییر دادن اقلیم را نشان می‌دهد که با گرفتن هم تغییرپذیری بین ضریب برفی و دما و بارش و سایر عامل‌ها می‌توان فهمید چه میزان این هم تغییرپذیری و تغییر یافتن معنی‌دار و قابل‌قبول می‌باشد.

جدول (۱): برآورد دما، بارش، ضریب برفی و ضریب تغییرات دما و بارش با کاهش ۳، ۶ و ۱۲ درجه‌ای 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	( ) 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 به‌گونه‌ای که پلایاهای کنونی بستر دریاچه‌های گذشته هستند. با نسبت دادن تغییرات کواترنری به یک عامل اقلیمی ارقام اغراق‌آمیزی برآورد می‌شود که با ویژگی‌های طبیعی مکان انطباق ندارد. ارتباط متقابل و تنگاتنگ عناصر اقلیمی باهم به‌گونه‌ای است که تغییر دریکی 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 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 وابسته 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 هم سویی 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 رابطه اصلی انتخاب شد و حوضه‌هایی که در ماتریس خود رابطه‌ی خوبی نداشتند در صورت همخوانی از رابطه‌های قابل‌قبول برای آن‌ها استفاده شد. سه رابطه‌ی رگرسیونی به دست آمد که از هرکدام 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 که نتیجه‌ی آن محاسبه سه ماتریس A,B,C است در هرکدام از ماتریس‌ها ستون‌های ارائه‌شده به ترتیب از چپ به راست نام حوضه، بارش (p)، دما (t)، ضریب برفی (s)، ضریب همبستگی و ارتفاع آب است (جدول ۲). از ماتریس‌های جدول ۲ برای بررسی تغییرات بیلان آب دریاچه‌های میقان، قم و مهارلو (رابطه ۱۲)، قطروئیه، سیرجان، ابرکوه (رابطه‌ی ۱۳) و یزد، لوت و جازموریان (رابطه‌ی ۱۴) استفاده شد.

جدول (۲): ماتریس حوضه‌های داخلی ایران در گروه‌های مختلف

Table (2): Matrix of Iran's internal basins in different groups

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

$$A=۰/۰۲۲۵p-۰/۰۶t+ ۰/۰۱۱۳s \qquad (۱۲)$$

$$B=۰/۱۹۷۹p-۲/۳۶۷t+۰/۳۹۸۸s \quad (۱۳)$$

$$C=۰/۰۵۰۴p-۰/۵۴۴۱t+۰/۱۵۸۲s \quad (۱۴)$$

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 به‌دست می‌آمد؛ 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 به‌عنوان بیلان آب‌گذشته 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 آب‌وخشکی کنونی مقایسه گردید. در صورت انطباق، رقم معادل آن به‌عنوان ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی در نظر گرفته شد و دمای کاهش‌یافته به آن ارتفاع نسبت داده شد. بر این اساس سه دما، سه ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی و سه حجم برآورد می‌گردید. در مرحله بعد بین دما و ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی، دما با حجم آب و دما با نوسان آب دریاچه به ترتیب به‌عنوان 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 به‌طوری‌که 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. آستانه‌بالای 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 درصورتی‌که دمای میانگین دمای محیط به ۱۲/۹ درجه کاهش یابد دریاچه می‌تواند برای تمام سال آب داشته باشد. بر اساس رابطه دما با بیلان آب با کاهش ۰/۶ درجه دما بیلان آب از حالت منفی خارج‌شده و دریاچه از فصلی به دائمی تبدیل می‌شود. طبق رابطه دما با خط ساحل هر درجه کاهش دما ۰/۷۵ متر ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی تغییر می‌کند. آستانه‌های محیطی دما بیان‌کننده حالتی که در آن دما حوضه شرایط احیا و آبگیری پیدا خواهد کرد (جدول ۴). در حوضه‌های ابرکوه، قطروئیه و سیرجان اختلاف بسیار کم‌دمای محیط از حد آستانه و خشک بودن دریاچه نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که آبگیری دریاچه از دما تبعیت نکرده و علت خشکی پلوویال بودن دریاچه و تغییر در نوع کیفیت بارش است تا تغییر دما.

جدول (۳): عامل‌های اقلیمی مؤثر بر بیلان آب دریاچه‌ها با روابط حاصله

Table (3): Climatic factors affecting the Lakes water balance with the relationships

نام حوضه	دما	بارش mm	ضریب برفی	بیلان آب M	تراز آب M	حجم km^3	روابط	
میقان	۱۰/۵۵	۳۴۷	۲۳/۷۷	۴/۱	۱۶۶۴	۱/۲۲	H=-0.7543t+1672.7	R^2=0.96
	۷/۵۵	۴۳۰	۳۰/۳۷	۷/۹	۱۶۶۷	۲/۲۷	V=-346.53t+5296.6	R^2= .95
	۴/۵۵	۵۱۳	۳۶/۹۷	۱۲/۳	۱۶۶۹	۳/۲۳	T=-0.7263L+12.912	R^2=1
قم	۱۱/۴۱	۳۲۳/۴	۲۱/۸۹	۳/۹	۷۹۱,۵	۴/۶۴	H=-0.5t+797.21	R^2=0.96
	۸/۴۱	۴۰۶/۵	۲۸/۴۹	۷/۹	۷۹۳	۹	V=-1385.2t+20453	R^2=0.99
	۵/۴۱	۴۸۹/۷	۳۵	۱۱/۸	۷۹۴/۵	۱۳/۶۳	T=0.7606L+12.504	R^2=0.97
مهارلو	۱۴/۹۳	۲۲۵/۸	۱۴/۱۵	۶/۷	۱۴۶۵	۱/۵۹	H-1.4667t+1486.7	R^2=0.98
	۱۱/۹۳	۳۰۹	۲۰/۷۵	۱۳/۵	۱۴۷۰	۳/۲۳	V=-469.35t+8636.9	R^2=0.99
	۸/۹۳	۳۹۲	۲۷/۳۵	۲۰/۲	۱۴۷۳	۴/۳۴	T=-0.4489 L +16.953	R^2=0.96
قطروئیه	۱۶	۱۹۶	۱۱/۷۹	۳۸/۸	۱۵۹۶	۱۱/۳۹	H=-4.1t+1659.7	R^2=0.98
	۱۳	۲۷۹	۱۱/۳۹	۷۷/۶	۱۶۰۸	۲۳/۹۴	V=-3856.9t+73508	R^2=0.96
	۱۰	۳۶۲	۲۴/۹۹	۱۱۶/۴	۱۶۱۷	۳۵/۳۹	T=-0.0773 L +18.83	R^2=0.97
سیرجان	۱۳/۸۶	۲۵۵	۱۶/۵۱	۲۲/۷۸	۱۶۹۹	۱۰/۶۴	H=-2.2833t+17299.6	R^2=0.97
	۱۰/۸۶	۳۸۸	۲۳	۴۸/۱۶	۱۷۰۶	۲۲/۷۵	V=-3623t+61169	R^2=1
	۷/۸۶	۴۲۱	۲۹/۶۹	۷۳/۵۳	۱۷۱۰/۵	۳۲/۴۶	T=-0.1182L+16.554	R^2=0.96
ابرکوه	۱۲/۳۵	۲۹۷	۱۹/۸۱	۲۰/۵۹	۱۴۶۲	۲/۹۰	H=-0.3333t+1465.1	R^2=1
	۹/۳۵	۳۸۰	۲۶/۴۱	۴۱/۱۴	۱۴۶۳	۴/۴۸	V=-706.4t+10844	R^2=1
	۶/۳۵	۴۶۳/۵	۳۳	۶۱/۷۷	۱۴۶۴	۶/۱۴	T=-0.1457L+15.026	R^2=0.98
یزد	۱۴/۴۷	۲۹۷	۱۵	۲/۱۹	۹۶۱	۰/۵۹	H=-0.2167t+963.83	R^2=0.92
	۱۱/۴۷	۳۸۰	۲۱	۷/۵۹	۹۶۱,۵	۰/۹۲	V=-143.08t+2449.4	R^2=1

	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	R2=0.98
	۱۳/۹۳	۲۵۳/۳۸	۱۶/۳۳	۱۱/۷۱	۲۵۹/۵	۱۴/۴	V=-2850.4t+55042	R2=0.99
لوت	۱۰/۹۳	۳۳۶/۵	۲۲/۹۳	۱۹/۸۶	۲۶۴	۲۴/۸	T= -0.3753L+18.344	R2=0.97

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

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)	اختلاف از آستانه	آستانه	دما
میقان	H=-0.7543t+1672.7	T=-0.7263L+12.912	-۰/۸	۱۶۶۳	۰/۶	۱۲/۹	۱۳/۵
قم	H=-0.5t+797.21	T=0.7606L+12.504	-۲/۵	۷۹۰	۱/۵	۱۲/۵	۱۴
مهارلو	H-1.4667t+1486.7	T=-0.4489 L +16.953	-۲/۳	۱۴۶۰	۱	۱۶/۹	۱۷/۹
قطروئیه	H=-4.1t+1659.7	T=-0.0773 L +18.83	-۲/۱	۱۵۷۵	۰/۲	۱۸/۸	۱۹
سیرجان	H=-2.2833t+17299.6	T=-0.1182L+16.554	-۲/۵	۱۶۹۰	۰/۳	۱۶/۵	۱۶/۸
ابرکوه	H=-0.333t+1465.1	T=-0.1457L+15.026	-۲/۶	۱۴۶۰	۰/۳	۱۵	۱۵/۳
یزد	H=-0.2167t+963.83	T=-0.3804L+15.026	-۲/۳	۹۶۱	۱/۶	۱۵	۱۷/۴
لوت	H=-1.6t+281.44	T= -0.3753L+18.344	-۴/۶	۲۵۰	۴	۱۸	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. درصورتی‌که 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 نمی‌توانسته ایجاد کند بلکه این حجم از آب ناشی از تغییر در کیفیت بارش و رژیم بارندگی به وجود می‌آید. با بررسی آستانه‌های دما و بارشی و تفسیر آن با شواهد ژئومورفولوژیکی مشخص گردید که تغییرات دما و بارش با حجم دریاچه‌ها نمی‌تواند به‌صورت خطی باشد بلکه به‌صورت لگاریتمی یا تصاعدی بوده است. در این تحقیق نمایان شد که تغییرات اقلیمی را که همه محققان از افزایش دما از آن یاد می‌کنند به‌تنهایی مربوط نمی‌شود و دما تنها ۱/۴ سهم را از تغییرات موجود دارد و هم تغییرپذیری و همسویی عامل‌ها را در تغییر دادن اقلیم را نشان می‌دهد که با گرفتن هم تغییرپذیری بین ضریب برفی و دما و بارش و سایر عامل‌ها می‌توان فهمید چه میزان این هم تغییرپذیری و تغییر یافتن معنی‌دار و قابل‌قبول می‌باشد. 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 به‌گونه‌ای که پلایاهای کنونی بستر دریاچه‌های گذشته هستند. با نسبت دادن تغییرات کواترنری به یک عامل اقلیمی ارقام اغراق‌آمیزی برآورد می‌شود که با ویژگی‌های طبیعی مکان انطباق ندارد. دما مهم‌ترین عاملی است که آستانه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آستانه‌های برآورد شده بیان‌کننده‌ی این مطلب هستند که با توجه به عرض جغرافیایی دمای آستانه‌ی احیا دریاچه‌ها کاهش می‌یابد به‌طوری‌که 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، دمای آستانه ۱۶ درجه و بیشتر است. آستانه‌بالای حوضه لوت علاوه بر عرض جغرافیایی پایین آن به پست‌تر بودن این حوضه نسبت به سایر حوضه‌های داخلی نیز بستگی داشته است. 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، آبگیری می‌شود آستانه‌ی برآورد شده به این معنی است که درصورتی‌که دمای میانگین دمای محیط به ۱۲/۹ درجه کاهش یابد حوضه می‌تواند برای تمام سال دریاچه داشته باشد. طبق رابطه‌ی دما با خط ساحل هر درجه کاهش دما ۰/۷۵ متر ارتفاع خط تعادل آب‌وخشکی تغییر می‌کند. آستانه‌های محیطی دما بیان‌کننده‌ی حالتی که در آن دما حوضه شرایط احیا و آبگیری پیدا خواهد کرد. در حوضه‌های ابرکوه، قطروئیه و سیرجان اختلاف بسیار کم‌دمای محیط از حد آستانه و خشک بودن دریاچه، نشان‌دهنده‌ی این

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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.

Jahanbakhsk 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 Wate*r, 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., Aligholinia, 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.