

جغرافیا و توسعه شماره ۴۳ تابستان ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۱۱/۰۹
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۰۱/۲۳
صفحات : ۱۹ - ۲۴

ارزیابی و بررسی مخاطرات زیست محیطی ناشی از تغییرات اقلیمی در حوضه ابرکوه

طیبه کیانی^۱، دکتر محمدحسین رامشت^۲، دکتر امجد ملکی^۳، فریده صفاکیش^۴

چکیده

پيامد افزايش تزريق ماده بيشتري (بارش) و کاهش فرايند تبخير در حوضه‌هاي آبي منتهي به چاله‌ي ابرکوه در دوران سرد تشكيل درياچه ابرکوه بوده است، درياچه‌اي که سازمندی‌هاي اجتماعي متعددی در حاشيه‌ي آن به واسطه‌ي اين ويژگي به وجود آمده و در دوره‌هاي گرم به خاطر برهم خوردن نسبت ورودی و خروجی آن به کوير تبديل شده است. اين نوسانات و تغيير اقليم و پاسخ‌هاي زيست‌محيطی آن باعث تغييرات زيادی در سيستم هيدرولوژیکی محلی و منابع آب در دسترس شده است و پايداری حوضه را به دليل اثر عوامل مختل کننده بيرونی چون خشکسالی به خطر انداخته است، خطری که بدون ترديد سازمندی‌هاي اجتماعي را نيز تهديد کرده و در صورت عدم اعمال مدیریتی خاص در نهايت به اضمحلال سازمندی‌هاي انسانی و انهدام اکوسيستم‌هاي طبیعی آن منجر می‌شود. اين مقاله که برگرفته از یک طرح تحقیقاتی در دانشگاه اصفهان است با هدف بررسی چگونگی آثار تغييرات آب و هوا بر سير تحول حوضه‌ي ابرکوه انجام گرفته و با اتکا به روش آلومتری و ارزیابی ۶ ایستگاه سینوپتیک در تحليل روند تغييرات سالانه‌ي پارامترهاي اقليمي مانند متوسط دما، دمای حداکثر، دمای حداقل، بارش حال و گذشته درياچه و همچنين استفاده از روش تبخير و تعرق، به بررسی وضعيت حوضه‌ي ابرکوه و میزان کاهش يخ‌پوش‌ها و در نتیجه میزان ورودی حوضه مبادرت شده است. نتایج به دست آمده از اين تحقيق نشان می‌دهد که تغيير نسبت پارامترهاي محیطی حال به دوره‌هاي سردتر همگی از آستانه‌هاي پايداری عبور و وضعيت عمومی سيستم‌هاي محیطی در آستانه‌ي اضمحلال است. کلیدواژه‌ها: آستانه، تغيير اقليم، حوضه ابرکوه، کوتاه‌تر، منابع آب.

t.keiani@geo.ui.ac.ir
mh.raamesht@geo.ui.ac.ir
A_maleki@razi.ac.ir
f.safakish@khu.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان
۲- استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان (نویسنده مسؤل)
۳- دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی
۴- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی

مقدمه

زیست‌محیطی و افزایش بیماری و تعداد مرگ و میر می‌باشد (4: *Susilowardhani, 2014*) و باعث تخریب اکوسیستم می‌شود. این به نوبه‌ی خود انعطاف‌پذیری اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی در برابر آثار تغییرات آب و هوایی را کاهش می‌دهد و خطر بلایای طبیعی را افزایش می‌دهد (47: *Munang et al, 2013*) و در صورت عدم تطابق، به افزایش حساسیت جوامع شهری منتهی می‌گردد (68: *Wamsler et al, 2013*). در واقع در حال حاضر گرم شدن کره‌ی زمین و پاسخ‌های زیست‌محیطی آن باعث تغییرات زیادی در سیستم هیدرولوژیکی محلی و منابع آب در دسترس شده است (95: *Mischke et al, 2010*) که پیامد آن به‌خصوص در مناطق آسیب‌پذیر، خشکسالی است که از مهم‌ترین سانحه طبیعی ناشی از کمبود بارش است که زیان‌های بسیاری را بر بخش کشاورزی و منابع آب وارد می‌سازد (پیرمردیان و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۵) و آثار منفی بزرگی بر منابع آب و محیط‌های وابسته به آن می‌گذارد. این خسارت‌ها در مناطق خشک که از دیدگاه اقتصادی ساختار شکننده‌تری دارند نمود بیشتری یافته و آثار منفی ماندگاری را از جهات مختلف برجای می‌گذارد (نسیمی و محمدی، ۱۳۹۳: ۸۰) و به عبارتی پرهزینه‌ترین (9: *Fontaine et al, 2009*) بلای طبیعی به لحاظ کاهش تولیدات کشاورزی و رنج و عذاب کشاورزان به شمار می‌رود (3: *Downing et al, 2000*). خشکسالی که بنا بر تعریف رجائی جزء عوامل بیرونی مختل‌کننده‌ی تعادل و پایداری محیط است (رجایی، ۱۳۸۲: ۲۷).

عطف به مطالب بالا، مناسب بودن حوضه‌های دریاچه‌ای برای بررسی تغییرات اقلیمی به دلیل حساسیت بسیار زیاد نسبت به بالانس تبخیر و بارش (ک و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۷) از یکسو و از سوی دیگر وجود تعداد زیادی دریاچه‌ی طبیعی در اواخر دوران

یکی از بحث برانگیزترین چالش‌های پیش روی سیاست‌گذاران در قرن بیست و یکم تغییرات آب و هوایی است (64: *Yulandhika et al, 2014*) تغییراتی که چالش‌های متعدد برای توسعه ایجاد کرده (6: *Anderberg et al, 2014*) و بطور مستقیم و غیرمستقیم در تمام مراحل توسعه‌ی کشورها تأثیر می‌گذارد (616: *Khailani et al, 2013*) و با قرار دادن بسیاری از شهرها در معرض خطر، تهدیدی جدی برای توسعه‌ی پایدار شهری به شمار می‌رود (68: *Wamsler et al, 2014*).

چرا که آثار آینده‌ی آن بر محیط‌زیست و جامعه اجتناب‌ناپذیر است و تحقیقات نشان می‌دهند که همچنان طیف وسیعی از آثار این تغییرات بر روی سیستم‌های انسانی - محیط زیستی ادامه دارد (3: *Becker et al, 2015*) که به تشدید روند رو به رشد آثار مخرب بلایای طبیعی کمک می‌کند، این روند فاجعه‌بار در طول زمان افزایش یافته و بلایای مرتبط با آب و هوا از شایع‌ترین حوادث می‌باشند (363: *Begum et al, 2014*) به عبارتی در طول سه دهه گذشته، دو سوم از بلایای جهان از پدیده‌های مربوط به آب و هوا ناشی شده است (78: *Rivera & Wamsler, 2014*) همان‌گونه که سازمان ملل نیز در مورد بلایای طبیعی سال ۲۰۰۷ معتقد است که ۹۰ درصد بدترین بلایا در نتیجه تغییرات آب و هوایی رخ داده‌اند (چکشی، ۱۳۹۱: ۲) و بلایای هیدرولوژیکی با ۴۸،۲ درصد بیشترین سهم را در وقوع بلایای طبیعی در سال ۲۰۱۳ داشته است (363: *Begum et al, 2014*). آثار تغییرات آب و هوایی با تغییر الگوهای دما و بارش که بطور بالقوه می‌تواند احتمال وقوع حوادث شدید را دگرگون کند، آشکار می‌شود (136: *Solecki et al, 2011*) در آسیا این آثار شامل کاهش آب شیرین، افزایش سیل در رودخانه‌ها و دریا، افزایش مشکلات منابع طبیعی و مدیریت

کردند. شرکوفسکی (۱۹۸۴) به آثار گیاهانی نظیر پیسه آ، بتولا در کویرهای منطقه‌ی نخلک اشاره کرده است که این گیاهان وجود شرایط مرطوب‌تر گذشته را نشان می‌دهند. ویلیامز و همکاران (۲۰۰۱) بر اساس شبیه‌سازی پالتوکلیما (رطوبتی دیرینه) اشاره کردند که افزایش فصلی دما و آب و هوای خشک‌تر نسبت حال حاضر در گذر از دوره‌ی دیر یخبندان به هولوسن پیشین مطابقت دارد. زاویسکا و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از نتایج آنالیز چند شاخص (گرده‌شناسی، رسوب‌شناسی، ترکیب شیمیایی و فسیل‌شناسی) صراحتاً نشان دادند که محرک اصلی تغییر در اکوسیستم‌های آبی و خشکی و همچنین فرآیندهای ژئومورفولوژی در حوضه‌ی لهستان شرقی آب و هوا بوده است. مایوری و همکاران (۲۰۱۵) با بازسازی آب و هوای جدید نشان دادند که گرم شدن در هولوسن میانی در فصل زمستان در اروپا بیشتر از تابستان بود و این تناقض آشکاری است که با مدل شبیه‌سازی شده‌ی آب و هوای فعلی و تفاسیر متداول تئوری میلانکوویچ نمی‌تواند منطبق باشد و با آن در تضاد است. لک و همکاران (۱۳۹۲) با مطالعه‌ی رسوبات فوق اشباع دریاچه‌های مهارلو، ارومیه و حوض سلطان به بررسی تغییر اقلیم هولوسن پرداختند؛ و با استفاده از مغزه‌های برداشت شده و آنالیزهای رسوب‌شناسی و ژئوشیمی نشان دادند که دریاچه‌ی مهارلو دارای یک فاز عمده‌ی خشکسالی از ۵۵۰۰ تا ۴۳۰۰ سال پیش است و علاوه بر آن خشکسالی دیگری در ۱۸۰۰ سال قبل دیده می‌شود. دریاچه‌ی ارومیه به غیر از نواحی کرانه‌ای که بطور متناوب دوره‌های خشکسالی را نشان می‌دهد بخش اصلی دریاچه در حداقل ۱۳۰۰ سال گذشته محیط دریاچه‌ای بوده است. دریاچه‌ی حوض سلطان نشان از ۶ فاز خشکسالی دارد. لذا دریاچه در چند هزار سال اخیر همواره دستخوش دوره‌های پرآبی و کم‌آبی بوده است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۳) با

چهارم ایران که از نظر رطوبتی، هردینگ‌های انسانی را شکل می‌داده‌اند و خشک شدن آن‌ها به تغییر اکوسیستم و دگرگون کردن روابط فضایی ایران منجر شد، ما را بر آن داشت در این پژوهش به بررسی تغییر اقلیم و اثر آن بر حوضه‌ی ابرکوه به عنوان دریاچه‌ها که شواهد تغییرات اقلیمی کواترنری را در خود ثبت کرده است، بپردازیم. حوضه‌ای که آثار تراس‌های دریاچه‌ای به جا مانده در این محل گویای کاهش دما و افزایش رطوبت و به تبع آن ایجاد دریاچه‌ی ابرکوه طی آخرین فاز کواترنری است. به عبارتی افزایش ماده و انرژی بیشتر به تشکیل دریاچه ابرکوه منتهی شده است، اما در دوره‌ی بین یخچالی به علت افزایش دما و کاهش ورودی ماده دریاچه به کویر تبدیل شده است و در حال حاضر یخچال‌های قاره‌ای عقب‌نشینی کرده‌اند و محدود به عرض‌های بالا گشته‌اند (اکرمی/برقویی، ۱۳۸۵: ۱۰۰) در واقع پس از پایان پیشروی یخچال‌های طبیعی در پایان عصر یخبندان کوچک (بیش از ۱۰۰ سال قبل) روند کلی کاهش و عقب‌نشینی در یخچال‌های طبیعی در سراسر جهان مشاهده شده است (Riaz et al, 2014: 1) در نتیجه ایران در وضعیت آب و هوایی امروز قرار گرفته است و گرم‌تر شده است و به دنبال افزایش دما در ایران یخچال‌های کوهستانی در بعضی مناطق از بین رفتند در نتیجه سیستم‌های فرسایشی دیگری در منطقه جایگزین شدند و تعادل محیط را با این تغییر به خطر افتاد چرا که در ایران مرکزی کمبود آب یکی از عوامل اساسی محسوب می‌شود و این دریاچه که در حال حاضر خشک شده است، در گذشته نقش فعالی در تأمین آب منطقه داشته است (اکرمی/برقویی، ۱۳۸۵: ۱۰۰). تغییر اقلیم در گذشته و حال، در داخل و خارج از کشور موضوع مورد علاقه‌ی بسیاری از محققان بوده است: درش (۱۹۷۶) و محمودی (۱۳۶۷) وجود رطوبت بیشتر در فلات ایران را در مقایسه با امروز یادآوری

- بافت فرو افتاده و در دوره‌های بارانی کوتاه‌تر به عنوان محل تجمع آب، دریاچه‌ای را در دل خود به وجود آورده که آثار آن به صورت تراس‌های دریاچه‌ای قابل مشاهده است. این چاله در ارتفاع ۱۴۴۰ متری از سطح دریا واقع شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه بین عرض $31^{\circ}55'41,45''$ تا $30^{\circ}35'42,30''$ و طول $52^{\circ}9'23,94''$ تا $54^{\circ}45'24,39''$ شرقی واقع شده است (شکل ۱).

بررسی شواهد رسوبی تغییرات اقلیمی در دریاچه زربار در دوره‌ی هولوسن، از شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب، افزایش بارش‌های بهاری و میزان رطوبت قابل دسترس، افزایش سطح و عمق آب دریاچه، همراه با شرایط آب کاملاً شیرین را در ۶۸۷۰ تا ۸۹۵۰ و ۳۱۷۰ تا ۵۵۰۰ سال قبل پرده برداشتند.

موقعیت طبیعی منطقه‌ی مورد مطالعه

پلایای ابرکوه در محدوده‌ی سیاسی استان یزد واقع گردیده است. چاله‌ی ساختمانی که بر اثر گسل دهشیر



شکل ۱: موقعیت حوضه ابرکوه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

داده‌های هواشناسی منطقه یعنی دما و رطوبت می‌باشد تا از این طریق بتوان به شرایط منطقه در گذشته دست یافت؛ بنابراین آمار ۵۸ ساله دما و بارش ۶ ایستگاه موجود در حوضه و اطراف آن برای بررسی اقلیم حال حاضر انتخاب گردید. میزان و نوع همبستگی این متغیرها با عامل ارتفاع در محیط اکسل محاسبه و مدل‌های مورد نیاز برای برآورد دما و بارش در ارتفاعات مختلف استخراج گردید. از مدل ارتفاعی رقومی حوضه برای ترسیم نقشه‌های هم‌دما و

مواد و روش‌ها

روش آلومتری و پارامترهای اقلیمی دما و بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل فعلی و کوتاه‌تر حوضه‌ی ابرکوه از جمله مواد بررسی شده در پژوهش پیش رو می‌باشند تا بر این اساس میزان کاهش یخ پوش‌ها و در نتیجه میزان ورودی حوضه‌ی ابرکوه تعیین گردد. در واقع از آنجایی که شواهد اقلیمی از دلایل مهم اثبات وجود یخچال‌های دوران چهارم است، اولین گام بررسی و تحلیل شرایط اقلیمی با تکیه بر آمار و

آبی روشن سازیم لذا برای دستیابی به چنین نسبتی همان‌طور که در بالا عنوان شد بر اساس روش رایج خط برف‌مرز این حوضه در ارتفاع ۲۵۰۰ متری محاسبه گردید.

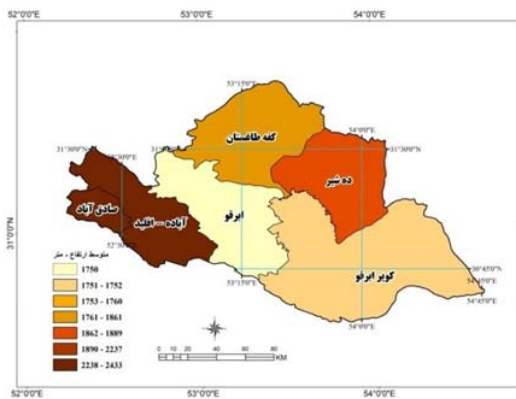
بحث و نتایج

تحلیل مساحت تغذیه‌کننده‌ی حوضه‌ی آبریز ابرکوه
بطور کلی میزان تغییرات سطح تراز هر دریاچه‌ای متأثر از میزان ورودی و خروجی آب از آن است که این امر توسط عوامل طبیعی و یا دخالت انسان کنترل می‌شود (شریفی، ۱۳۹۰).

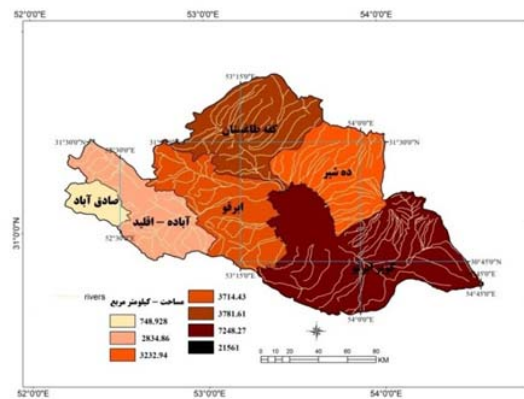
دریاچه‌ی ابرکوه هم از این قاعده مستثنی نبوده و تغییرات سطح تراز آن متأثر از ورودی آب از طریق رودخانه‌های دائمی و فصلی، و بارش و خروجی تبخیر است. با توجه به مطالعاتی که بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ پوششی منطقه صورت گرفت مشخص گردید که ۵ رودخانه وارد حوضه‌ی ابرکوه می‌شود که از نظر مساحت و میزان آبی بسیار متفاوت هستند. از نظر مساحت بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین حوضه‌های آبریز عبارتند از حوضه‌ی کویر ابرکوه با مساحت ۷۲۴۸/۲۷ کیلومتر مربع صادق‌آباد با مساحت ۷۴۸/۹ کیلومتر مربع کوچک‌ترین حوضه‌ی آبریز را به خود اختصاص داده است که در گذشته به دلیل حجم آب بیشتر حوضه را تغذیه می‌کردند اما امروزه با تبدیل بیشتر آن‌ها به خشک‌رودها مخاطرات زیست محیط زیادی به دنبال داشته است (شکل ۲). مرتفع‌ترین حوضه‌ی آبریز آواده- اقلید با ارتفاع ۲۴۳۳ و پست‌ترین آن‌ها حوضه‌ی آبریز ابرکوه با ارتفاع ۱۷۵۰ متر می‌باشد (شکل ۳).

همبارش استفاده گردید. گام بعدی شیوه‌ی تعیین دما در دوره کواترنر بر اساس برف‌مرز می‌باشد از این رو برای شناخت و ردیابی عملکرد دمای گذشته در حوضه‌ی ابرکوه در درجه اول باید به محاسبه‌ی دمای محیطی گذشته مبادرت شود. مهم‌ترین عاملی که دمای محیطی گذشته را به ما نشان می‌دهد استفاده از خط برف‌مرز دائمی است که روش‌های مختلفی برای تعیین آن عنوان شده است، در این پژوهش برای بازسازی دمایی گذشته از روش رایج استفاده گردید.

برای محاسبه‌ی خط برف‌مرز دائمی ابتدا آثار سیرک‌های یخچالی که در محدوده‌ی ارتفاعی ۳۴۰۰-۲۵۰۰ متر توزیع شده است در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه شناسایی و بر اساس روش رایج و سیرک‌های شمارش‌شده، خط ۶۰٪ برف دائمی منطقه مشخص می‌گردد. این خط ارتفاعی برای ما مشخص می‌کند که ۶۰٪ سیرک‌ها بالاتر از این خط ارتفاعی قرار دارند. بعد از بررسی این خط، ارتفاع ۲۵۰۰ برای حوضه‌ی گاوخونی مشخص گردید. به این معنی که در سردترین دوره‌ی حاکم بر منطقه، از این ارتفاع به بالا برف به‌صورت دائمی در تمام طول سال وجود داشته است و به عبارتی متوسط دما بر روی این خط (ارتفاع) معادل صفر درجه‌ی سانتی‌گراد بوده است. با در نظر گرفتن دمای متوسط سالانه معادل صفر برای خط برف‌مرز، متوسط دمای سالانه کل حوضه محاسبه گردید. با استفاده از رابطه بین بارش و دما، میزان بارش در فاز پایانی کواترنر تخمین زده شد. در مرحله‌ی بعد صحت نتایج از طریق بررسی شواهد دیگر مانند ارتفاع تراس‌هایی دریاچه‌ای، حجم آب در حال حاضر و گذشته و میزان مساحت کانون‌های یخ‌ساز گذشته و حال مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و با به‌کارگیری و تبیین نسبت یا آلومتری پوشش‌های یخی موجود در ارتفاعات با سطح دریاچه‌ها یا مخازن آبی حوضه می‌توانیم تأثیرات تغییر اقلیمی را بر منابع



شکل ۱: ارتفاع زیر حوضه‌های تغذیه‌کننده تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۲: حوضه‌های تغذیه‌کننده تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

Global mapper به محاسبه‌ی عمق، حجم دریاچه و مساحت یخساز دریاچه در گذشته و حال پرداخته (جدول ۱ و ۲) و تصویری از دریاچه‌ی احیا شده‌ی حوضه‌ی دریاچه ابرکوه در گذشته و حال حاضر ارائه شد (شکل ۸).

بازسازی تراس‌های گذشته و حال حاضر برای به دست آوردن تراس‌های دریاچه‌ای در گذشته و حال از طریق ردیابی و بازیابی داغ آبه‌ها (آبراهه‌های دو شاخه‌ای در حاشیه‌ی یک سطح مستوی) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ در محیط GIS می‌باشد. با انجام محاسبات و نرم‌افزار

جدول ۱: مشخصات حجم، مساحت و ارتفاع تراس حال حاضر ابرکوه

دریاچه ابرکوه	مساحت یخساز بالاتر از ۲۵۰۰ km ²	مساحت دریاچه km ²	ارتفاع تراس یا سطح آب m	حجم آب دریاچه km ³
	۸	۱۲۰۰	۱۴۴۰	۲۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

جدول ۲: مشخصات حجم، مساحت و ارتفاع تراس گذشته ابرکوه

دریاچه ابرکوه	مساحت یخساز بالاتر از ۲۵۰۰ km ²	مساحت دریاچه km ²	ارتفاع تراس یا سطح آب m	حجم آب دریاچه km ³
	۲۰۶۰	۴۰۱۲۰	۱۵۵۰	۴۲۳

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

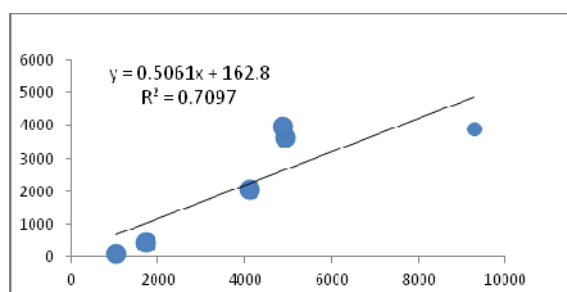
هر چه ارتفاع قله بیشتر، مساحت یخساز بیشتر و در نتیجه مساحت دریاچه نیز بیشتر خواهد بود. بطور قطع با کاهش این متغیرها در زمان حال مساحت و حجم دریاچه کاهش یافته که این خود به وضوح تغییرات اقلیمی را در فاز پایانی کوتاه‌تر نسبت به حال حاضر نشان می‌دهد.

سپس با توجه به مطالعات صورت گرفته بر روی دریاچه‌های حوضه‌ی زاگرس (جدول ۳) و رابطه خطی (شکل ۴) به دست آمده بین دو متغیر مساحت یخساز و مساحت دریاچه‌ها با ضریب همبستگی ۰/۷۰ نشان داده شد که یک نوع کوپلینک (زوجیت) بین ارتفاع و مساحت یخساز و مساحت دریاچه وجود دارد بطوریکه

جدول ۳: مساحت یخ‌ساز و مساحت دریاچه‌های حوضه‌ی زاگرس

دریاچه	مساحت دریاچه km ²	مساحت یخ‌ساز بالاتر از km ² ۲۵۰۰
ابركوه و مروست	4124/2	2060
دق سرخ	1733/9	435/88
گاوخونی	4906/6	3639
مهارلو	1021/1	102
قم و حوض سلطان	9275/9	3887
تشك و بختگان	4853/9	3968/6

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۴: برازش منحنی مساحت یخ‌ساز و مساحت دریاچه‌ها حوضه‌ی زاگرس

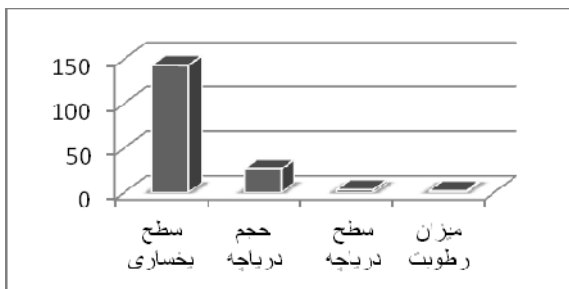
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

در حقیقت با تبیین نسبت یا آلومتری پوشش‌های یخی موجود در ارتفاعات با سطح دریاچه‌ها یا مخازن آبی حوضه می‌توانیم تأثیرات تغییر اقلیمی را بر منابع آبی روشن سازیم لذا برای دستیابی به چنین نسبتی ابتدا موقعیت ۵۴ سیرک یخچالی در حوضه‌ی ابرکوه با استفاده از فرم خاص منحنی میزان نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، در محدوده‌ی ارتفاعی ۳۴۰۰-۲۵۰۰ متر تعیین گردید (شکل ۵) و با توجه به موقعیت سیرک‌های شناسایی شده حوضه طبق جدول (۴) بر اساس روش رایت حد برف‌مرز این حوضه ۲۵۰۰ متر محاسبه گردید (شکل ۷).

تحلیلی بر سطوح تجمع آبی و پوشش یخ در گذشته و حال با استفاده از نسبت آلومتری

آلومتری مطالعه‌ی میزان نسبی تغییر در دو جزء از یک سیستم یا رشد قسمتی از یک ارگانیزم در مقایسه با رشد کل آن است. مفهوم ژئوآلومتری در واقع نسبت‌هایی از متغیرهای ارضی است که تعریف‌کننده‌ی حالت یا فرم خاصی از پدیده‌های ارضی است (مختاری، ۱۳۹۱: ۲). برای مثال دوران یخچالی و بین یخچالی را می‌توان به مفهوم تغییر در آلومتری یخ و آب در سطح زمین تلقی نمود و همچنین است پاره‌ای از حالات و وضعیت پدیده‌ها در طبیعت مانند مفهوم تعادل که می‌توان آن را با نسبت خاصی از یک عنصر به عنصری دیگر بیان کرد (باباجمالی، ۱۳۹۳: ۱۲).

گردید که رقم به دست آمده حکایت از ۳/۳ برابری وسعت گذشته دریاچه ابرکوه نسبت به زمان حال دارد. محاسبه‌ی آلومتری یخ پوشه‌ها در دو زمان حال و گذشته که برابر با ۸ و ۱۱۴۶/۲ کیلومترمربع می‌باشد نشان از زیر پوشش قرار گرفتن وسعت زیادی از حوضه تحت تأثیر یخ پوشه‌ها در گذشته دارد. در واقع این وسعت نزدیک به ۱۴۳ برابر زمان حال است. همچنین این رابطه با توجه به حجم فعلی و کواترن دریاچه که حدود ۲۰ و ۴۲۳ کیلومترمکعب است، نشان از حجمی ۲۱/۱۵ برابری دارد. در نهایت میزان بارش فعلی و کواترن با ۱۴۶/۴ و ۲۵۹/۸ میلی‌متر، از افزایش ۱/۷۸ برابری میزان رطوبت گذشته خبر می‌دهد که در شکل (۶) و جدول (۵) نشان داده شده‌اند. همه‌ی این عوامل حاکی از گرم شدن هوا در نتیجه‌ی کاهش یخ پوشه‌ها، میزان رطوبت، حجم و وسعت دریاچه و حکایت از مخاطرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی ناشی از خشک شدن دریاچه دارد.



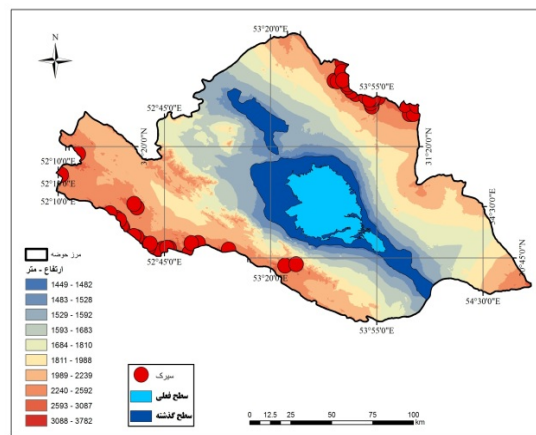
شکل ۶: نمودار تغییر شاخص‌های محیطی (به درصد)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

جدول ۴: مشخصات سیرک‌های دریاچه ابرکوه

ردیف	ارتفاع	تعداد سیرک	درصد
۱	۲۵۰۰-۲۶۰۰	۱۳	۲۴/۰۷
۲	۲۶۰۰-۲۷۰۰	۱۳	۲۴/۰۷
۳	۲۷۰۰-۲۸۰۰	۶	۱۱/۱۱
۴	۲۸۰۰-۲۹۰۰	۴	۷/۴۰
۵	۲۹۰۰-۳۰۰۰	۸	۱۴/۸۱
۶	۳۰۰۰-۳۱۰۰	۳	۵/۵۵
۷	۳۱۰۰-۳۲۰۰	۱	۱/۸۵
۸	۳۲۰۰-۳۳۰۰	۴	۷/۴۰
۹	۳۳۰۰-۳۴۰۰	۲	۳/۷۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۵: نقشه سیرک‌های حوضه ابرکوه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

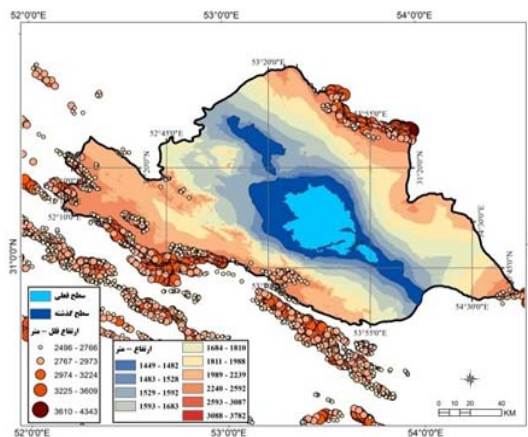
به عبارتی ۶۰ درصد سیرک‌های مشخص شده دارای ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر هستند. سپس چهار فاکتور اصلی از روی نقشه‌های رقومی استخراج گردید که بر این اساس مساحت کل حوضه‌ی ابرکوه معادل ۲۱۵۶۱ کیلومترمربع و از مقایسه‌ی وسعت دریاچه ابرکوه در زمان حال و گذشته که به ترتیب ۱۲۳۸/۲۱ و ۴۱۲۴/۲ کیلومتر مربع است، رابطه‌ی نسبی استخراج

جدول ۵: برآورد شاخص‌های تغییر محیطی حوضه‌ی ابرکوه

شاخص‌های محیطی	فاز اقل	فاز فعلی	آلومتری
سطح یخساری	1146/2 km ²	8 km ²	143
میزان رطوبت	۲۵۹/۸ m	۱۴۶/۴ m	۱/۷۸
مساحت دریاچه	4124/2 km ²	۱۲۳۸/۲۱ km ²	۳/۳
حجم دریاچه	۴۲۳Km ³	۲۰-Km ³	۲۱/۱۵
شاخص‌های محیطی	فاز اقل	فاز فعلی	آلومتری
سطح یخساری	1146/2 km ²	8 km ²	143
میزان رطوبت	۲۵۹/۸ m	۱۴۶/۴ m	۱/۷۸
مساحت دریاچه	4124/2 km ²	۱۲۳۸/۲۱ km ²	۳/۳
حجم دریاچه	۴۲۳Km ³	۲۰-Km ³	۲۱/۱۵

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

که توسط کانون‌های یخساز (قلل بالای ۲۵۰۰ متر) تغذیه می‌شده است و الان هیچ اثری از آن‌ها مشاهده نمی‌شود، نشان داده شده است.

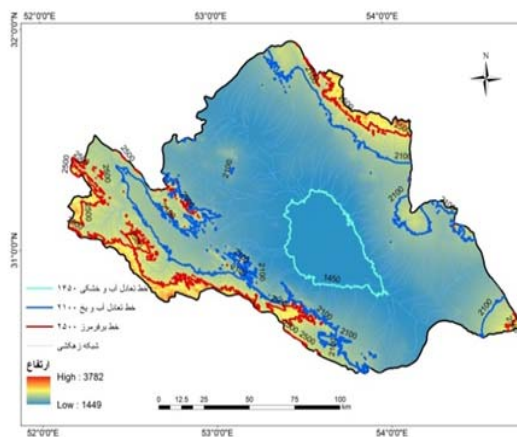


شکل ۸: کانون‌های یخساز و سطح فعلی و گذشته دریاچه ابرکوه تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

دوی آن‌ها را منعکس می‌کند، بدین معنی که هر اندازه دمای هوا یا رطوبت منطقه بیشتر باشد مقدار تبخیر و تعرق بالا می‌رود. از اینرو تورنت وایت مناطق آب و هوایی جهان را بر اساس تبخیر و تعرق تعیین کرده است (علیجانی و دیگران، ۱۳۷۱: ۲۱۰).

جهت محاسبه‌ی تبخیر و تعرق پتانسیل روش‌های غیرمستقیم و متعددی پیشنهاد شده است، معادله‌های

لذا با مقایسه‌ی نتایج به دست آمده در بالا می‌توان به کاهش شدید ورودی آب به دریاچه و کاهش وسعت آن اشاره کرد. در شکل ۸ سطح فعلی و گذشته دریاچه



شکل ۷: خط برف‌مرز حوضه تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

محاسبه‌ی تبخیر و تعرق پتانسیل

جهت محاسبه‌ی تبخیر و تعرق پتانسیل روش‌های غیرمستقیم و متعددی پیشنهاد شده است، معادله‌های تجربی تخمین تبخیر- تعرق پتانسیل از آن جمله است. به عقیده‌ی تورنت وایت در بررسی شرایط اقلیمی یک منطقه، کاربرد معیار تبخیر و تعرق بهتر از معیارهای دما و بارش است، زیرا تبخیر و تعرق هر

می‌گیرد. بسیاری از طبقه‌بندی‌های اقلیمی به جای استفاده از تبخیر و تعرق واقعی بر مبنای مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشند؛ بنابراین با توجه به اطلاعات موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه از روش تورنت وایت برای محاسبه‌ی تبخیر و تعرق استفاده شد. در این روش تبخیر و تعرق پتانسیل برای هر یک از ماه‌های سال از رابطه‌ی (۱) استفاده شد:

$$\text{ETP} = 16\text{NM}(10\text{Tm}/5)^a \quad \text{رابطه ۱:}$$

جهت برآورد آن از اجزاء رابطه تورنت وایت استفاده می‌شود که عبارت است از:

Nm = ضریب اصلاحی تورنت وایت برای عرض‌های شمالی

Tm = متوسط درجه حرارت ماهانه

تجربی تخمین تبخیر-تعرق پتانسیل از آن جمله است. به عقیده‌ی تورنت وایت در بررسی شرایط اقلیمی یک منطقه، کاربرد معیار تبخیر و تعرق بهتر از معیارهای دما و بارش است، زیرا تبخیر و تعرق هر دوی آن‌ها را منعکس می‌کند، بدین معنی که هر اندازه دمای هوا یا رطوبت منطقه بیش‌تر باشد مقدار تبخیر و تعرق بالا می‌رود. از این رو تورنت وایت مناطق آب و هوایی جهان را بر اساس تبخیر و تعرق تعیین کرده است (علی‌جانی و دیگر، ۱۳۷۱: ۲۱۰).

تبخیر و تعرق پتانسیل حداکثر مقدار تبخیر و تعرقی است که در یک وضعیت آب و هوایی مشخص در صورتی که محدودیتی از نظر آب وجود نداشته باشد، از یک پوشش گیاهی کامل مانند چمن صورت

$$a = (6/75 \times 10 - 7) I3 - (7/71 \times 10 - 5) I2 + (1/792 \times 10 - 2) I1 + 0/492$$

رابطه ۲:

متوسط‌های ماهانه دما برای این ایستگاه برابر با ۱/۷ می‌باشد. مطابق این برآورد مجموع تبخیر و تعرق سالیانه فعلی برابر با ۹۱۱/۹ میلی‌متر است و حداکثر تبخیر و تعرق منطقه‌ی مورد مطالعه در ماه‌های خرداد- تیر- مرداد و شهریور انجام می‌شود. حداکثر بارندگی در زمان فعلی برابر با ۴۴۲ میلی‌متر که میزان تبخیر و تعرق حدود ۴۶۹/۹ میلی‌متر بیشتر از بارندگی می‌باشد یعنی تبخیر ۲/۱ برابر بارندگی می‌باشد (جدول ۶).

اساس این محاسبه مستلزم داشتن دمای متوسط هر ماه از سال است، ابتدا نمایه‌ی حرارتی (I_m) هر یک از ماه‌های سال از طریق معادله $I_m = (T_m/5)^{1.51}$ محاسبه می‌شود. در این معادل I_m نمایه حرارتی هر ماه و T_m متوسط دمای هر ماه به سانتی‌گراد می‌باشد. در صورتی که متوسط دما در یک ماه صفر یا منفی باشد، I_m برای آن ماه صفر در نظر گرفته می‌شود. نمایه‌ی حرارتی سال (I) از جمع نمایه‌های حرارتی ماهیانه به دست می‌آید $I = \sum i_m$ (علیزاده، ۱۳۸۵: ۲۴۷) که مجموعه‌ی سالانه آن برای ایستگاه ابرکوه ۸۵/۹۸ محاسبه شده است. ضریب a نیز با در نظر گرفتن

جدول ۶: تبخیر و تعرق پتانسیل فعلی حوضه ابرکوه

ماه	میانگین دما	$I=(T/5)^{1.51}$	ETP اصلاح نشده	NM ضریب اصلاحی	ETP اصلاح شده
JAN	4.05	0.727	4.67	0.9	4.21
FEB	7.1	1.69	12.76	0.87	11.10
MAR	11.5	3.51	30.24	1.03	31.14
APR	16.4	6.01	57.04	1.08	61.60
MAY	21.4	8.98	91.80	1.18	108.32
JUNE	26.3	12.26	132.72	1.17	155.28
JUL	28.6	13.92	154.18	1.2	185.02
AUG	26.7	12.54	136.35	1.14	155.44
SEP	22.9	9.95	103.62	1.03	106.73
OCT	17.4	6.57	63.41	0.98	62.14
NOV	10.5	3.06	25.70	0.89	22.87
DEC	5.9	1.28	9.17	0.88	8.06
		80.54			911.98

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

باشد این توازن در اثر عوامل هیدروکلیماتولوژیکی و هیدرولوژیکی ممکن هست به هم بخورد وقتی که حجم آب ورودی سالانه (تغذیه) کمتر از حجم آب خروجی سالانه می شود ($Q_{in} < Q_{out}$). در آن صورت دریاچه به تدریج خشک خواهد شد که این خود نشان از تبخیر بالا و همچنین خروجی بیشتر از ورودی می باشد.

برای محاسبه تبخیر و تعرق گذشته به روش تورنت وایت با در نظر گرفتن کاهش ۵ درجه ای دما نسبت به حال حاضر و انجام محاسبات مربوط، میزان تبخیر و تعرق گذشته به دست آمد. مطابق این برآورد مجموع تبخیر و تعرق گذشته ۶۸۶/۲ میلی متر و حداکثر بارندگی در گذشته ۵۴۶ میلی متر که میزان تبخیر و تعرق حدود ۱۴۰/۲ میلی متر بیشتر از بارندگی بوده است، در ضمن میزان متوسط بارندگی در زمان حال ۱۴۶/۴ میلی متر و در گذشته ۲۵۹/۸ میلی متر بوده و بین بارش حال و گذشته ۱۱۴ میلی متر تفاوت وجود داشته و بارندگی حدود دو برابر زمان حال بوده است (جدول ۷). زوال دریاچه ها به میزان آب ورودی و خروجی اش بستگی دارد و تنها دریاچه هایی می توانند به عمر خود ادامه دهند که توازنی بین آن دو برقرار

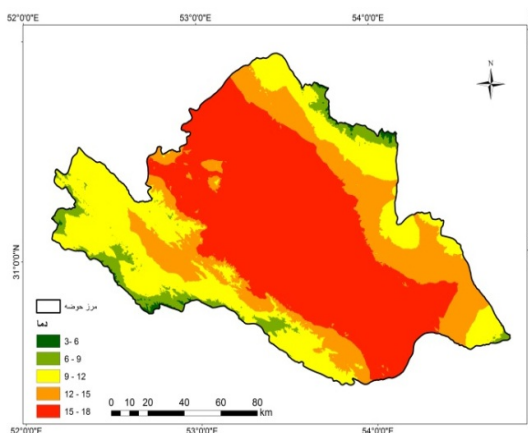
جدول ۷: تبخیر و تعرق پتانسیل گذشته حوضه‌ی ابرکوه

ماه	میانگین دما	$I=(T/5)^{1.51}$	ETP اصلاح نشده	NM ضریب اصلاحی	ETP اصلاح شده
JAN	-۱	0	0	0.9	0
FEB	2.1	0.269	4.91	0.87	4.27
MAR	6.5	1.48	21.53	1.03	22.18
APR	11.4	3.47	44.87	1.08	48.46
MAY	16.4	6.01	72.18	1.18	85.17
JUNE	21.3	8.92	101.58	1.17	118.85
JUL	23.6	10.41	116.15	1.2	139.38
AUG	21.7	9.17	104.08	1.14	118.65
SEP	17.9	6.86	80.93	1.03	83.3613
OCT	12.4	3.94	50.09	0.98	49.08
NOV	5.5	1.15	17.31	0.89	15.40
DEC	0.9	0.0750	1.62	0.88	1.43
					686.29

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

خط همدمای متوسط سالیانه در حوضه حدود ۱۳ درجه و کمترین آن ۲- درجه و میانگین دما ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد؛ بنابراین تفاوت دمایی حال با گذشته ۵ درجه می‌باشد که حاکی از افزایش دما در دوره‌ی کنونی است.

$$P = -22/613T + 501/17 \quad \text{رابطه ۴:}$$



شکل ۹: نقشه همدمای فعلی حوضه تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

دما و تحلیل منطقه‌ای آن در حوضه‌ی دریاچه‌دق سرخ شرایط دمایی منطقه فعلی

برای تخمین دمای متوسط سالیانه و تهیه‌ی نقشه‌ی همدمای منطقه با استفاده از متوسط دمای سالیانه و نیز ارتفاع هر ایستگاه، گرادیان دما با ضریب همبستگی $r=0/85$ (رابطه ۳) به دست آمد. سپس نسبت به تهیه‌ی نقشه‌ی همدمای فعلی و گذشته در منطقه اقدام شد (شکل ۹ و ۱۰). همان‌گونه که در شکل (۹) مشاهده می‌شود بیشترین دما در منطقه ۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که در سطح حوضه قرار گرفته است و کمترین دمای آن ۳- که مربوط به ارتفاعات آن می‌باشد و میانگین حدود ۱۵/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

$$T = 27.98 - 0.0066H \quad \text{رابطه ۳:}$$

شرایط دمایی منطقه در گذشته

بعد از تعیین خط برف‌مرز در منطقه به روش رایج و ایجاد رابطه رگرسیونی بین دما و بارش و با در نظر گرفتن کاهش دمایی کمتر ۵ درجه (رابطه ۴) نقشه همدمای گذشته ترسیم گردید (شکل ۱۰)، بالاترین

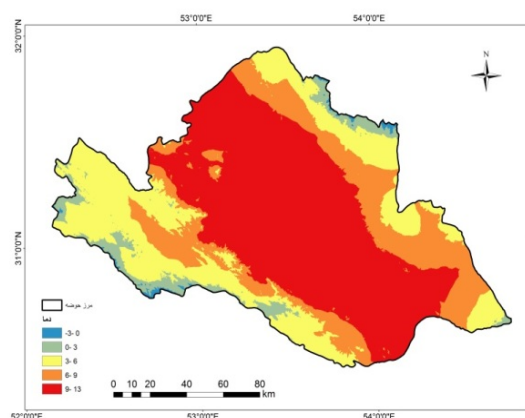
فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال چهاردهم، شماره ۴۳، تابستان ۱۳۹۵

حداقل، حداکثر و متوسط بارندگی به ترتیب ۸۳، ۴۴۲ و ۱۴۶/۴ می‌باشد. با توجه به نقشه‌ی هم‌باران منطقه، میزان بارش از قسمت مرکز به سمت ارتفاعات افزایش می‌یابد، این بدین معناست که بین ارتفاع و بارش رابطه‌ی مستقیم وجود دارد.

$$P = -139/82 + 0/01538H \quad \text{رابطه ۵:}$$

محاسبه رطوبت محیطی در گذشته

با استفاده از آلومتری، رطوبت و دمای فعلی (رابطه ۴) نسبت به بازسازی رطوبت در دوره‌ی اقل حرارتی اقدام گردید (شکل ۱۲) و مشخص شد که میزان حداقل، حداکثر حوضه‌ی ابرکوه در دوران کوتاه‌تر به ترتیب در حدود ۲۰۷، ۵۴۶ و متوسط آن حدود ۲۵۹/۸ میلی‌متر بوده است و در مقایسه با زمان حال که متوسط دریافت بارندگی آن ۱۴۶/۴ میلی‌متر است، ۱۱۳/۴ میلی‌متر بیشتر بارش دریافت می‌کرده است که این بیانگر مرطوب‌تر بودن منطقه در گذشته می‌باشد.

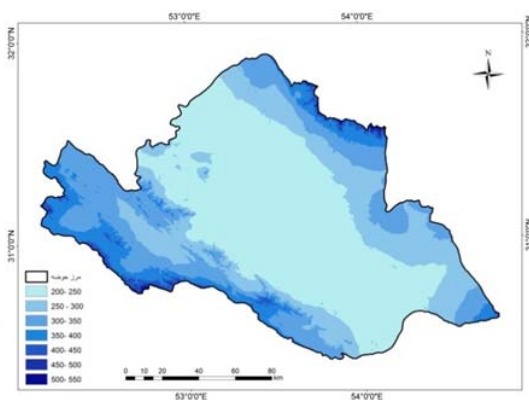


شکل ۱۰: نقشه هم‌دمای حوضه در گذشته

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

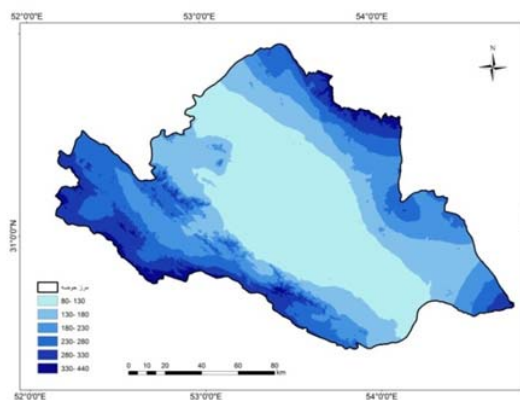
تحلیل رطوبتی منطقه‌ی فعلی

برای تهیه‌ی نقشه‌ی هم‌باران منطقه از آمار مربوط دما و بارش ۵۸ ساله ۶ ایستگاه موجود در حوضه و اطراف آن استفاده شد. بدین صورت که با استفاده از متوسط بارش سالانه، ارتفاع ایستگاه‌ها، رابطه‌ی (۵) و ایجاد یک رابطه‌ی خطی بین آن‌ها (با ضریب همبستگی ۰/۶۳) نقشه‌ی هم‌بارش منطقه ترسیم گردید (شکل ۱۱).



شکل ۱۲: نقشه هم‌باران حوضه در گذشته

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۱۱: نقشه هم‌باران فعلی حوضه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

نتیجه

ژئومورفولوژیست‌ها از طریق شواهد و تأثیری که عناصر اقلیمی بر لندفرم‌ها داشته‌اند به چگونگی تغییرات پی می‌برند. عنوان شد که تراس‌های دریاچه‌ای و سیرک‌ها از جمله شواهدیست که از طریق آن‌ها می‌توان تغییرات دما و رطوبت را بازسازی کرد و به اطلاعاتی در این زمینه دست پیدا کرد، به‌ویژه تغییراتی که به تهدید منتهی می‌شوند؛ بنابراین از یکسو شاخص‌هایی اقلیمی برای اثبات آثار یخچالی در حوضه ابرکوه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بازسازی دمای گذشته نشان داد دما بطور متوسط حدود ۵ درجه سانتی‌گراد در دوره‌ی حاکمیت یخچال‌ها سردتر از امروز بوده است، تفاوتی که می‌توان با استناد به آن وجود یخچال‌ها را به اثبات رساند؛ و نتایج بازسازی رطوبت در دوره‌ی گذشته نشان داد که میزان بارش در دوره‌ای که دما ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است تقریباً ۱/۷۸ برابر مقدار بارش‌های فعلی بوده است. این تفاوت بارز نشان می‌دهد که شرایط رطوبتی گذشته برای اعمال حاکمیت یخچالی در منطقه بسیار مناسب و افزایش حجم و وسعت دریاچه‌ی ابرکوه امری اجتناب‌ناپذیر بوده است؛ از سویی دیگر از آنجایی که محققانی مانند برگ و همکاران (۲۰۱۲) و الشانسکی و همکاران (۲۰۱۲) به نقش برنامه‌ریزی فضایی در کاهش خطر بلایا و بلانکو و همکاران (۲۰۰۹) و بولکلی و همکاران (۲۰۰۹) به سازگاری تغییرات آب و هوایی اشاره کرده‌اند و با توجه به اهمیت روزافزون مدیریت اکوسیستم در تطبیق و پاسخ به اثرات تغییرات آب و هوایی و خطرات فاجعه‌بار مرتبط با آن، لازم است ارتباط و تعامل بین زمینه‌های سازگاری تغییرات آب و

هوایی و کاهش خطر بلایای منتج از این‌گونه تغییرات افزایش پیدا کند. خشکسالی از جمله تهدیدات ناشی از این تغییرات است که حوضه‌ی ابرکوه را با بحران منابع آب مواجه ساخته است. چگونگی ایجاد این تغییر و تحولات می‌تواند کلیدی برای چگونگی مقابله با تهدیدات حال و آینده باشد و بر اساس آن برنامه‌های لازم را مدون ساخت. با شناختی که در این حوضه به وجود آمد، می‌توان پذیرفت که حوضه‌ی ابرکوه دارای تعامل و تعادل ترمودینامیکی است چون حجم آب دریاچه ابرکوه در کوتاه‌تر به 423 km^3 رسید ولی در دوران گرم با کاهش کانون‌های یخ‌ساز در منطقه حجم آب دریاچه به 20 km^3 کاهش پیدا کرد، به عبارتی سطوح پایین بارش دلیل اصلی کاهش سطح آب دریاچه هست. بر این اساس می‌توان گفت با افزایش برودت در کانون‌های برودتی که به افزایش بارش در کوهستان‌های حاشیه‌ای و در پی آن به افزایش دبی رودخانه‌ها و در نهایت به افزایش ماده در حوضه‌ی ابرکوه منتهی می‌شود، می‌توان انتظار داشت که بر وسعت دریاچه افزوده شود. نتیجه‌ای که می‌تواند در آینده با توجه به افزایش تنش و بحران آبی در بسیاری از زمینه‌ها راهگشا باشد، بنابراین در فصل بارش که اصولاً در فصل سرد انجام می‌پذیرد، می‌توان برنامه‌ریزی کرد و با ذخیره‌ی آن در زمین قبل از ورود به کویر، ضمن افزایش آب زیرزمینی از تبعات منفی این‌گونه تغییرات نیز کاست.

منابع

- محمودی، فرج‌اله (۱۳۶۷). تحول ناهمواری‌های ایران در کوآترنر. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۲۲. تهران.
- مختاری، لیلاگلی (۱۳۹۱). آلودگی در ژئومورفولوژی. پایان‌نامه دکتری جغرافیا طبیعی. راهنما محمدحسین رامشت. دانشگاه اصفهان.
- مقصودی، مهران؛ منصور جعفریگلو؛ امید رحیمی (۱۳۹۳). شواهد رسوبی تغییرات اقلیمی در دریاچه زریبار طی دوره هولوسن، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی. شماره ۱. سال چهل و ششم. صفحات ۴۳-۵۸.
- نسیمی، علیرضا؛ زرغام محمدی (۱۳۹۳). ارزیابی آسیب‌پذیری استان یزد در برابر خشکسالی با استفاده از شاخص بارش معیار و روش‌های زمین‌آماری. مجله‌ی مهندسی منابع آب. سال هفتم. صفحات ۷۹-۹۰.
- Becker, A. H., Matson, P., Fischer, M., & Mastrandrea, M. D (2015). Towards seaport resilience for climate change adaptation: Stakeholder perceptions of hurricane impacts in Gulfport (MS) and Providence (RI). *Progress in Planning*, 99, 1-49.
- Begum, R. A., Sarkar, M. S. K., Jaafar, A. H., & Pereira, J. J (2014). Toward conceptual frameworks for linking disaster risk reduction and climate change adaptation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10, 362-373.
- Berke, P., Smith, G & Lyles, W (2012). Planning for resiliency: Evaluation of state hazard mitigation plans under the disaster mitigation act. *Natural Hazards Review*, 13(2), 139-149.
- Blanco, H., Alberti, M., Olshansky, R., Chang, S., Wheeler, S. M., Randolph, J & Watson, V. (2009). Shaken, shrinking, hot, impoverished and informal: Emerging research agendas in planning. *Progress in Planning*, 72(4), 195-250.
- Bulkeley, H., Schroeder, H., Janda, K., Zhao, J., Armstrong, A., Chu, S. Y., & Ghosh, S (2009). Cities & climate change: the role of institutions, governance and urban planning. *Change*, 28, 30..
- Cherkofski (1984). *Geology of Nakhlak*. G.S.I. map1/250000.
- Downing, T. E., & Bakker, K (2000). Drought discourse and vulnerability. *Drought: A global assessment*, 2, 213-230.
- Drash. J (1976). *Bul.du center Geographique*. France No 21.
- اکرمی‌ابرقویی، صغری (۱۳۸۵). ایزوستازی برودتی- حرارتی منطقه‌ی آواده، ابرقو و تعامل ژئومورفیک آن‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی. راهنما محمدحسین رامشت و مسعود معیری. دانشگاه اصفهان.
- باباجمالی، فرهاد (۱۳۹۳). آلودگی تولید یخ و هویت مکانی زیستگاه‌های ایران مرکزی (ایده‌ای در حوزه دانش ژئومورفولوژی ایران). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۱. سال بیست و پنجم. صفحات ۱۱-۲۴.
- پیرمردیان، نادر؛ سیدامیر شمس‌نیا؛ محمدعلی شاهرخ‌نیا (۱۳۸۷). پایش و تحلیل پراکندگی مکانی شدت خشکسالی سال زراعی ۱۳۷۹-۸۰ استان فارس با استفاده از شاخص معیار شده بارش (SPI) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله‌ی مهندسی آب. سال اول. صفحات ۶۱-۷۰.
- چکشی، بهاره (۱۳۹۱). بررسی تغییرات اقلیمی و پدیده‌ی گرمایش جهانی و تأثیر آن بر اکوسیستم‌های زیستی کره‌ی زمین، اولین همایش ملی بیابان. تهران. مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.
- رجایی، عبدالحمید (۱۳۸۲). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی. انتشارات سمت.
- شریفی، آرش (۱۳۹۰). تصاویر تغییرات خط ساحلی دریاچه ارومیه در ۴۵ سال / واکاوی مشکلات دریاچه، بازیابی شده در تاریخ ۱۳۹۰/۰۶/۲۸. www.mehrnews.com/news/1407977/
- علیجانی، بهلول؛ محمدرضا کاویانی (۱۳۷۱). مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت.
- علیزاده، امین (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- لک، راضیه؛ جواد درویشی خاتونی؛ علی محمدی؛ سعید رضائیان‌لنگرودی (۱۳۹۲). بررسی تغییر اقلیم هولوسن در ایران با مطالعه رسوبات دریاچه‌های فوق اشباع (مطالعه موردی: دریاچه‌های مهارلو، ارومیه، حوض سلطان)، ویژه زمین‌شناسی پزشکی و تغییر اقلیم در ایران. شماره ۴، ۸۸. سال بیست و دوم. صفحات ۷۷-۸۸.

- Solecki, W., Leichenko, R., & O'Brien, K (2011). Climate change adaptation strategies and disaster risk reduction in cities: connections, contentions, and synergies. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 135-141.
- Susilowardhani, A (2014). The Potential of Strategic Environmental Assessment to Address the Challenges of Climate Change to Reduce the Risks of Disasters: A Case Study from Semarang, Indonesia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 135, 3-9.
- Wamsler, C., & Brink, E (2014). Interfacing citizens' and institutions' practice and responsibilities for climate change adaptation. *Urban Climate*, 7, 64-91.
- Wamsler, C., Brink, E., & Rivera, C (2013). Planning for climate change in urban areas: from theory to practice. *Journal of Cleaner Production*, 50, 68-81.
- Williams, J. W., Shuman, B. N., & Webb III, T. (2001). Dissimilarity analyses of late-Quaternary vegetation and climate in eastern North America. *Ecology*, 82(12), 3346-3362.
- Yulandhika, T., & Nugrahanti, I. M (2014). Mitigation and Adaptation Planning of Climate Change in East Kalimantan: A Critical Review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 135, 64-69.
- Zawiska, I., Słowiński, M., Correa-Metrio, A., Obremaska, M., Luoto, T., Nevalainen, L & Milecka, K (2015). The response of a shallow lake and its catchment to Late Glacial climate changes-A case study from eastern Poland. *Catena*, 126, 1-10.
- Fontaine, M. M., & Steinemann, A. C. (2009). Assessing vulnerability to natural hazards: Impact-based method and application to drought in Washington State. *Natural Hazards Review*.
- Inderberg, T. H., Eriksen, S., O'Brien, K., & Sygna, L (Eds.) (2014). *Climate Change Adaptation and Development: Transforming Paradigms and Practices*. Routledge.
- Khailani, D. K., & Perera, R (2013). Mainstreaming disaster resilience attributes in local development plans for the adaptation to climate change induced flooding: A study based on the local plan of Shah Alam City, Malaysia. *Land Use Policy*, 30(1), 615-627.
- Mauri, A., Davis, B. A. S., Collins, P. M., & Kaplan, J. O (2015). The climate of Europe during the Holocene: a gridded pollen-based reconstruction and its multi-proxy evaluation. *Quaternary Science Reviews*, 112, 109-127.
- Mischke, S., Aichner, B., Diekmann, B., Herzsuh, U., Plessen, B., Wünnemann, B., & Zhang, C (2010). Ostracods and stable isotopes of a late glacial and Holocene lake record from the NE Tibetan Plateau. *Chemical Geology*, 276(1), 95-103.
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Liu, J., & Han, Z (2013). The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1), 47-52.
- Olshansky, R. B., Hopkins, L. D., & Johnson, L. A (2012). Disaster and recovery: Processes compressed in time. *Natural Hazards Review*, 13(3), 173-178.
- Riaz, S., Ali, A., & Baig, M. N (2014). Increasing risk of glacial lake outburst floods as a consequence of climate change in the Himalayan region: original research. *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies*, 6 (1), 1-7.
- Rivera, C., & Wamsler, C (2014). Integrating climate change adaptation, disaster risk reduction and urban planning: A review of Nicaraguan policies and regulations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 7, 78-90.