صص ۳۸-۲۳

ارزیابی و تحلیل تغییرات فضایی حوضه سیرجان

طیبه محمودی محمدآبادی
دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
محسن پورخسروانی*
دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
صادق کریمی
دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۶/۱۹ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۱۰/۲

چکیده
فضای جغرافیایی دستگاهی است که منطق چیدمان الگوهای فرمی، فرآیندها و عملکرد هردینگ‌های اجتماعی در فضا را شکل می‌دهد. تغییرات فضا در طول زمان ماحصل عملکرد فرآیندهای مختلف و روندهای حاکم بر آن می‌باشد. در همین راستا این پژوهش سعی دارد تغییرات فضایی حوضه سیرجان را ارزیابی و تحلیل نماید. بدین منظور از روش حوضه‌ای و تکنیک‌های تحلیل فضایی استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که، در کواترنر پایانی در بخش‌های مرکزی حوضه ۱۷ میلی‌متر و در ارتفاعات بالا تقریباً ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر بوده است. این مقدار تغییر در رطوبت و دمای محیطی تغییر اساسی در سیستم شکلزای منطقه به وجود آورده به نحوی که از سیستم شکلزای یخچالی در حال حاضر نشانی در دست نیست. از طرفی شرایط دمایی این حوضه نیز از منفی ۳/٦ به ۰/۸٦ درجه سانتی‌گراد افزایش‌یافته است. همچنین حداکثر دمای حوضه ١٦/٤٦ در فاز برودتی به ١٧/٦٤ در زمان حال تغییر کرده است. البته این میزان تفاوت برای همه نقاط حوضه یکسان نبوده و تحت تأثیر ارتفاع افزایش می‌یافته است؛ به‌طوریکه بیشترین تفاوت حرارتی مربوط به مرتفع‌ترین قسمت حوضه و کمترین تفاوت مربوط به پست‌ترین نقطه حوضه بوده است. ردیابی پادگانه‌های آبرفتی دریاچه قدیم سیرجان حاکی از وجود ٤ پادگانه در اطراف این دریاچه است. به‌طوریکه بالاترین پادگانه در ارتفاع ۱۷۱۹ متری شناسایی گردید بر این اساس حجم آب دریاچه قدیم سیرجان در دوره حاکمیت یخچال‌ها ۸۰٤۰۰ مترمکعب بوده است.

واژگان کلیدی: تغییرات فضایی، کواترنر پایانی، یخچال، سیرجان.

مقدمه

فضای جغرافیایی عینیتی حاصل از نقش‌پذیری و اثرگذاری افراد و گروه‌های انسانی در مکان و یا به سخن دیگر، پیامد عملکردهای متعامل دو محیط طبیعی و اجتماعی است. فضا را می‌توان نوعی تولید اجتماعی در مکان به شمار آورد

*نویسنده مسئول: Email: pourkhosravani@uk.ac.ir

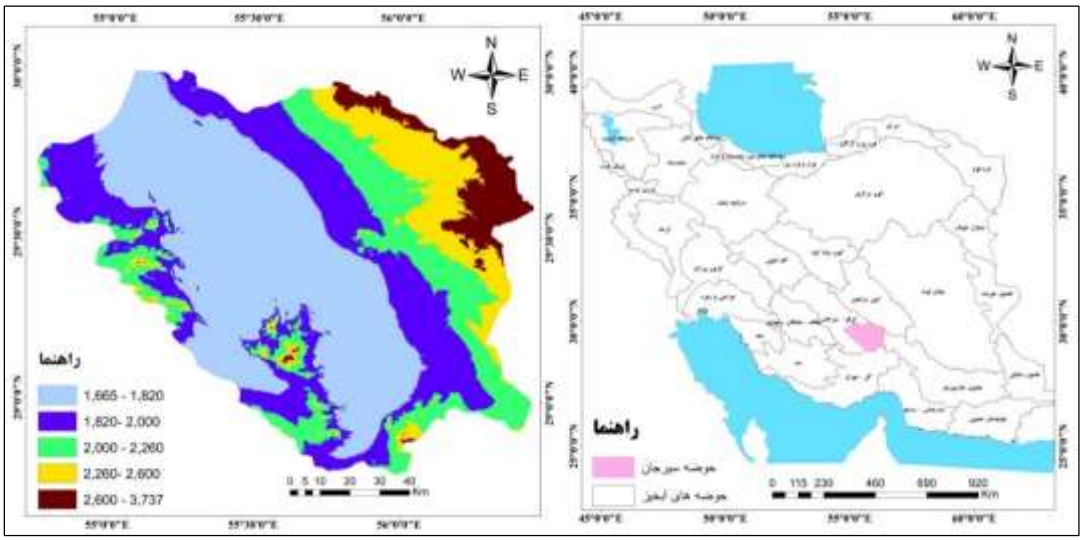
(سعیدی، ۱۳۸۹، ۱۱). به عبارت دیگر فضای جغرافیایی دستگاهی است که منطق چیدمان الگوهای فرمی، فرآیندها و عملکرد هردینگ‌های اجتماعی در فضا را شکل می‌دهد (هیلییر[1]، ۱۹۹۶، ۱۲۳). تغییرات فضا در طول زمان ماحصل عملکرد فرآیندهای مختلف و روندهای حاکم بر آن است. فرآیند، حرکتی تدریجی و مداوم است که نتیجه آن به‌صورت تغییر و تحول بر پدیده‌ها بروز می‌کند. عملکرد فرآیندها در طول زمان منجر به خلق فرم‌هایی می‌شود که در نهایت چشم‌اندازهای مختلفی را به وجود می‌آورند. تبیین کامل تغییرات فضایی متضمن توصیف ویژگی‌ها و فهم فرآیندهای مرتبط با تشکیل آن و نیز توسعه‌اش در طول زمان است. بین الگوهای تعادلی اشکال زمین و فرایندهای حاصل از آن‌ها و تکامل تاریخی آن‌ها توازنی برقرار شده که بسیاری از اشکال زمین را طی فرایندهای مختلف در رژیم‌های متفاوت شامل می‌شود. واقعیت این است که برای فهم دقیق تغییرات فضایی، شناخت تکامل تاریخی آن ضروری است. هر چشم‌انداز محیطی دارای یک الگو و فرایندی از مکانیسم‌ها را شامل می‌شود که شناخت‌شناسی این عوامل می‌تواند در تبیین و شناسایی هویت تاریخ طبیعی و پایداری محیطی و در نهایت آمایش محیط نقش اساسی و عمده‌ای را ایفا نماید. از جمله نکات برجسته در تبیین فرایندهای محیطی بازخوانی تاریخ طبیعی مناطق است. زیرا آنچه به‌عنوان یک واحد بزرگ طبیعی امروزه صحنه برنامه‌ریزی ماست، دارای تاریخی است که بیانگر فرایندهای به وجود آورنده آن خواهد بود (داداش زاده، ۱۳۹۰، ۳). فرآیندهای فعال در جهان، محیطی را ایجاد می‌کنند که در آن‌ها همه چیز در حالتی از پویایی دائمی بسر می‌برد. برخی از نتایج این پویایی، الگوهایی است که در چشم‌اندازهای محیطی شکل می‌گیرند و هر یک را از دیگری متمایز می‌کند. تنوع در این محیط، تنوع در ساخته‌ای دیگر را با شدت و ضعفی متفاوت به همراه دارد. نخستین تأثیر این‌چنین محیط‌هایی در رفتار انعکاسی انسان جلوه‌گر می‌شود. از همین رو این رفتارها هنوز هم برای دانشمندان و پژوهشگران علوم طبیعی و انسانی جالب‌توجه است (باباجمالی، ۱۳۹۱، ۷۹). باید توجه داشت که، عناصر طبیعی در طول زمان دچار تغییرات مستمر بوده‌اند و بازسازی و تحلیل این شرایط منجر به شناخت بهتر محیط می‌شود. بر هیچ اندیشمندی پوشیده نیست که، مدیریت مطلوب آینده، منوط به توجه به گذشته است. البته توجهی که به زندگی کردن و غرق شدن در گذشته منتهی نشود آن‌گونه که گفته‌اند« گذشته، چراغ راه آینده است.» تا وقتی گذشته یک علم را نشناسیم و از گذشته باخبر نباشیم نسبت به آینده تدبیر سازمندی نخواهیم داشت. به همین علت و با توجه به اهمیت موضوع پژوهش‌های مختلفی توسط محققین مختلف صورت گرفته است. از جمله، بلانفورد (۱۸۷۳) ضمن ارزیابی منشأ نهشته‌های بیابانی آسیای مرکزی معتقد است که چاله‌های بزرگ در این منطقه روزی دریاچه بوده‌اند. ایشان بیان می‌کند با توجه به نوع رسوبات لازم است آب و هوا در گذشته تا حد قابل توجهی مرطوب‌تر از امروز بوده باشد. بوبک (۱۹۵۶)، ضمن بررسی زمین‌های اطراف دشت مسیله بیان می‌کند که، آب و هوای گذشته ایران، نسبت به امروز مرطوب‌تر بوده است. هوکریده و همکاران (۱۹۶۸)، منطقه کرمان و جنوب شرق ایران مرکزی را مورد بررسی قرار دادند و به استناد وجود انواعی از گیاهان و گونه‌ای از دوزیستان، استدلال کردند که در گذشته، آب و هوا در این منطقه، نسبت به امروز

[1]. Hillier

مرطوب‌تر بوده است. اکارت اهلرز (۱۳۷۲)، شواهد فسیل شده باتلاق‌های نیزاری و عناصر حیوانی در فلات مرکزی در حوالی کرمان را از جمله دلایل وجود دریاچه پلوویال در ایران می‌داند. رامشت (۱۳۸۰)، در پژوهشی تحت عنوان، دریاچه‌های دوران چهارم بستر تبلور مدنیت در ایران، نتیجه می‌گیرد که غالب شهرهای کوچک و بزرگ ایران در حاشیه سواحل این دریاچه که میزان دریافت آبی آن‌ها به‌مراتب بیشتر از امروز بوده شکل‌گرفته‌اند. حاتمی (۱۳۸۹) در بررسی هیدروژئومورفولوژی دیرینه دشت کوهدشت اثبات کرده که این دشت یک دریاچه پلوویال بوده که در جریان یک سریز آب آن به سمت جنوب تخلیه گردیده است. داوودی و مراد جانی (۱۳۹۷) ضمن تحلیل فضایی تغییرات آب و هوایی ایران نتیجه می‌گیرند که، طی دوره آماری مورد بررسی کاهش بارش و افزایش دما به‌صورت معنی‌داری در بیشتر نواحی کشور روی‌داده است. محمودی محمدآبادی و رامشت ضمن ارزیابی تغییرات ساختار اداری فضای ایران نتیجه می‌گیرند که، تغییر ساختار اداری کشور در یک‌صد سال گذشته منجر به عدم تعادل فضایی، رشد شهرنشینی، هویت زدایی مکانی– اجتماعی، تغییر در مالکیت مردمی به دولتی، تقلیل تنوع در سازمندی‌های اجتماعی، و آسیب‌پذیری محیطی ایران شده است. در پژوهشی دیگر صادقی‌نیا و همکاران (۱۴۰۰) ضمن تحلیل فضایی تغییرات اقلیمی در ایران نتیجه می‌گیرند که، بین عامل ارتفاع و شیب روند شاخص‌های فرین گرم همبستگی معکوس وجود دارد. یعنی هرچه ارتفاع کاهش می‌یابد، شیب روند افزایش می‌یابد. به‌طور کلی آنالیز تغییرات فضایی در حوضه‌های مختلف، به دلیل اثری که این تغییرات در میزان ورودی و انرژی حوضه داشته‌اند و همچنین به علت اثرات ژئومورفیک و شکل زایی که در حوضه‌های مختلف به وجود آورده‌اند، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در همین راستا این پژوهش سعی دارد تغییرات فضایی حوضه سیرجان را ارزیابی و تحلیل نماید.

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه موسوم به حوضه سیرجان در فاصله ۲۸ درجه و ۴۶ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۲۹درجه و۵۸ دقیقه و ۱ ثانیه عرض شمالی، و ۵۵ درجه و ۱۱دقیقه و۲۰ ثانیه تا ۵۶ درجه و ۳۲ دقیقه و ۴۰ ثانیه طول شرقی واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۶۲۸۹ کیلومتر مربع و حداقل و حداکثر ارتفاع آن به ترتیب ۱۶۶۵و ۳۷۶۰ متر از سطح دریا آزاد است. این حوضه شامل شهرستان سیرجان و قسمت‌های محدودی از شهرستان‌های شهربابک و بافت می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

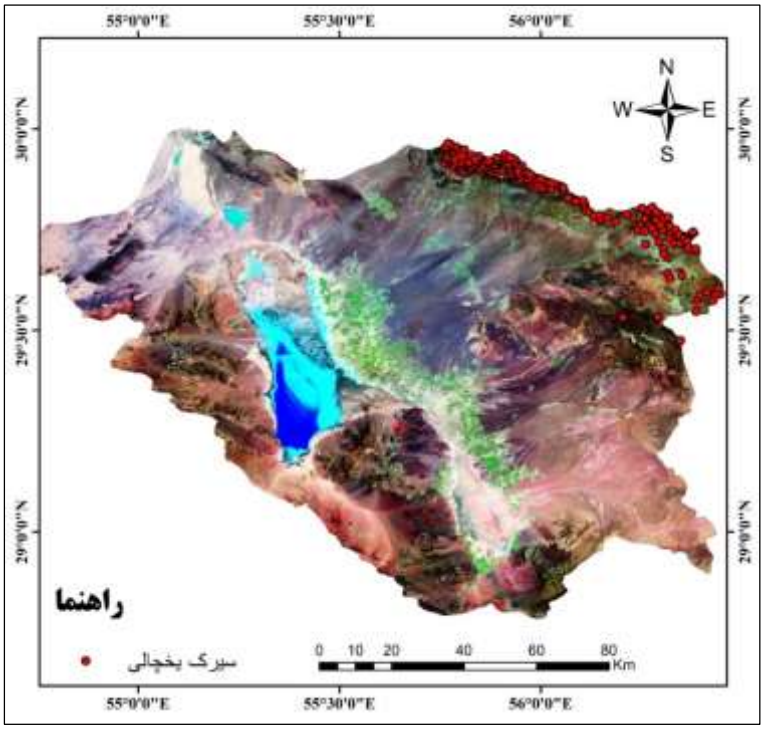
پژوهش حاضر از نوع کاربردی است که به روش حوضه‌ای و تکیه بر تکنیک تحلیل فضایی صورت گرفته است. بدین منظور جهت برآورد ارتفاع مرز برف دائمی و بازسازی شرایط اقلیم گذشته از روش‌های رایت و پورتر استفاده شده است. روش رایت یکی از روش‌های رایج برای تعیین خط مرز برف دائمی است که بر اساس شمارش سیرک‌ها و محاسبه ارتفاع مدخل خروجی آن‌ها صورت می‌گیرد (رامشت و پوردهقان، ۱۳۸۷: ۱۳۳). بدین منظور پس از شمارش سیرک‌ها خط ۶۰ درصد مشخص می‌شود. این خط ارتفاعی را مشخص می‌کند که ۶۰ درصد سیرک‌ها بالاتر از این خط ارتفاعی قرار دارند. به عبارت ساده‌تر، در روش رایت، اختلاف ارتفاع سیرک‌ها محاسبه و با ضرب آن در ۶۰ درصد سیرک‌ها و کم کردن حاصل از بیش‌ترین ارتفاع، مرز برف تعیین می‌شود (شریفی و همکاران، ۱۳۹۵، ۳۸).

رابطه (۱): مرز برف دائمی= ارتفاع بالاترین سیرک – [ارتفاع پایین‌ترین سیرک – (ارتفاع بالاترین سیرک × ۶۰)/ ۱۰۰]

روش پورتر که به روش ارتفاع کف سیرک مشهور است، توسط پورتر در مطالعه کوهستان‌های یخچالی عرض‌های پایین ارائه شده است. جهت محاسبه ارتفاع مرز برف دائمی و خط تعادل آب و یخ در منطقه مورد مطالعه به روش پورتر ابتدا با استفاده از جدول (۱) و رابطه (۲) نما یا مد محاسبه می‌شود. نما یا مد نقطه‌ای در امتداد محور داده است که دارای بیشترین فراوانی است.

جدول ۱: توزیع فراوانی ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی در حوضه سیرجان

طبقات ارتفاعی	فراوانی سیرک	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	درصد
۲۵۰۰-۲۶۰۰	۲۱	۵	۲	–	۰	۴	۶	-	۴	۸/۳
۲۶۰۰-۲۷۰۰	۵۱	۸	۲	۱	۶	۳	۱۸	۸	۵	۲۰/۳
۲۷۰۰-۲۸۰۰	۵۵	۷	۷	۱	۲	۱	۱۴	۱۴	۹	۲۱/۹
۲۸۰۰-۲۹۰۰	۳۲	۵	۲	۲	–	۱	۲	۱۶	۴	۱۲/۷
۲۹۰۰-۳۰۰۰	۲۶	–	–	–	–	۲	۱۶	۸	–	۱۰/۳
۳۰۰۰-۳۱۰۰	۲۹	۱	۲	–	۲	۱	۱۱	۷	۵	۱۱/۵
۳۱۰۰-۳۲۰۰	۱۲	۲	–	–	–	–	۲	۶	۲	۴/۷
۳۲۰۰-۳۳۰۰	۱۷	۳	–	–	۳	۲	۴	۱	۴	۶/۷
۳۳۰۰-۳۴۰۰	۸	۳	–	–	–	–	–	۲	۳	۳/۱
جمع	**۲۵۱**	**۳۴**	**۱۵**	**۴**	**۱۳**	**۱۴**	**۷۳**	**۶۲**	**۳۶**	**۱۰۰**
نما (متر)	–	**۲۶۷۵**	**۲۷۵۰**	**۲۸۳۳**	**۲۶۶۰**	**۲۵۸۰**	**۲۶۷۵**	**۲۸۲۰**	**۲۷۴۴**	**۲۷۱۴**

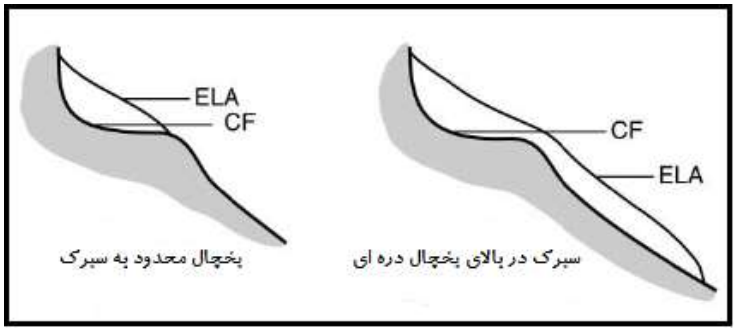


شکل ۲: توزیع فضایی سیرک‌های یخچالی بر روی تصویر ماهواره‌ای حوضه سیرجان

$$Mo = L + \frac{d1}{d1+d2} \times h \qquad \textbf{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، **L** = حد پائین رده نمودار، **d1** = تفاضل فراوانی رده ماقبل رده نمودار از فراوانی رده نمودار، **d2** = تفاضل فراوانی رده مابعد رده نمودار از فراوانی رده نمودار و **h**= فاصله رده‌ها است (پاریزی، ۱۳۹۲، ۷۳). بر اساس نظر پورتر، هنگامی که یخچال فقط سیرک را انباشته می‌کند، ELA ثابت و پایدار بالاتر از میانگین ارتفاع کف سیرک قرار نمی‌گیرد (شکل ۳). بنابراین ارتفاع کف سیرک می‌تواند بیانگر ارتفاع خط تعادل‌های پیشین باشد (یمانی، ۱۳۹۰، ۳۸).

ارتفاع خط تعادل (ELA) مرزی است که در بالاتر از آن فرایندهای تراکم و در پائین تر از آن فرایندهای فرساب تسلط دارند (Bayrakdar et al, 2015, 61) به طوریکه ارتفاع این مرز توسط فرایندهای تراکم و فرساب کنترل می‌شوند (Sarikaya, 2017, 125).



شکل ۳: روش ارتفاع کف سیرک (پورتر،۲۰۰۱، ۱۰۶۹)

در مرحله بعد با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاعی و تحلیل‌های رقومی و ترسیمی اقدام به بازسازی حد داغ آب‌های دریاچه قدیم سیرجان گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است.

یافته‌های پژوهش

دما و تحلیل منطقه‌ای آن در حوضه سیرجان

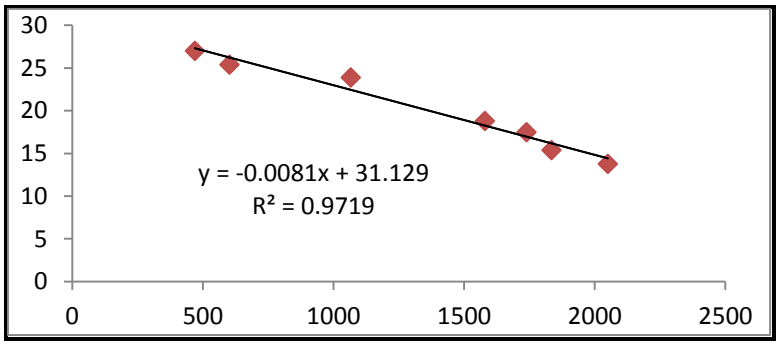
دما یکی از گونه‌های بسیار مهم انرژی‌های جاری در جهان است که منشأ خیلی از تغییرات و تحولات رخداده در هستی به شمار می‌رود. حاکمیت آب و هوای گوناگون که از یک‌سو شرط اصلی شکل‌گیری حیات در کره زمین به شمار می‌رود و از سوی دیگر یکی از مهم‌ترین عوامل بروز تغییرات زمین ریختی در مناطق مختلف است که ریشه در انرژی تابشی خورشید دارد. تابش مداوم امّا نامتعادل خورشید به سطح زمین موجب تشکیل کانون‌های دمایی نابرابر در نواحی مختلف کره زمین می‌گردد و شرایط را برای تبادلات انرژی گرمائی در بخش‌های مختلف فراهم کرده و به دنبال آن حیات و تنوع آن در زمین شکل می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت ماهیت وجودی و موجودیت کره زمین به‌عنوان تنها کره ذی‌حیاتی که تاکنون در جهان شناخته‌شده، تابع دما و تغییرات آن در زمین است (عباسی، ۱۳۸۷، ۵۶). از طرفی به دلیل تأثیر مستقیم دما بر روی رطوبت، تبخیر، یخبندان و نیز تأثیر بر روی فرایندهای حیاتی، مطالعه شاخص دما ضروری است.

برای تخمین دمای متوسط سالیانه و تهیه نقشه هم‌دمای منطقه با استفاده از متوسط دمای سالیانه و نیز ارتفاع هر ایستگاه گرادیان دما با ضریب تبیین R=۰/۹۷ به دست آمد (شکل ۴). سپس نسبت به تهیه نقشه هم‌دما در منطقه اقدام شد. همان‌گونه که در شکل شماره ۵ مشاهده می‌شود بیشترین دما در منطقه ۱۷/۶۴ درجه سانتی‌گراد است که در سطح

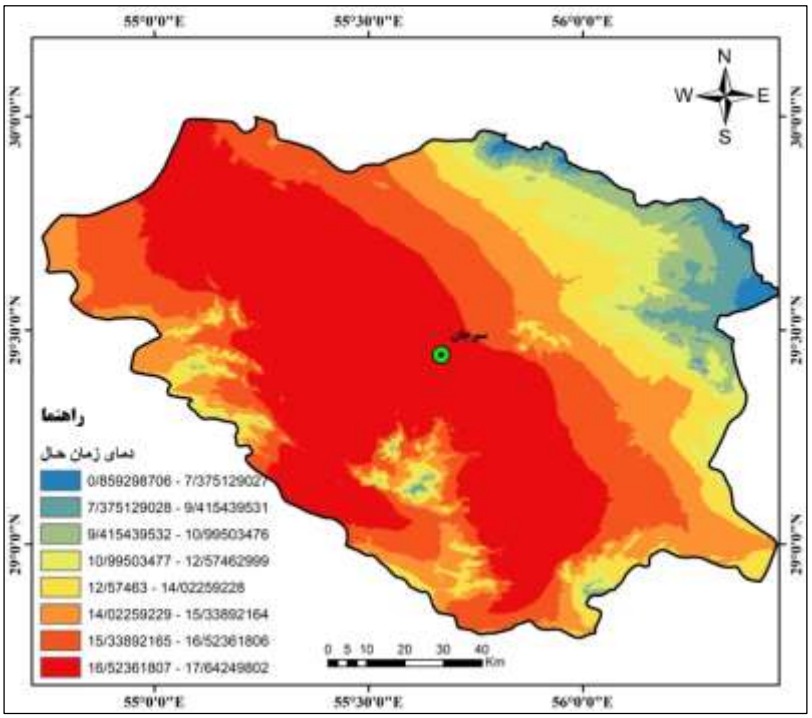
دشت قرار گرفته است و کمترین دمای آن ۰/۸۶ درجه سانتی‌گراد است که مربوط به ارتفاعات شمال و شمال شرق حوضه سیرجان می‌باشد.

جدول۲: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی اطراف حوضه مطالعاتی

ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین دما
سیرجان	سینوپتیک	۱۷۳۹	۵۵ ۴۱	۲۹ ۲۸	۱۷/۵
بردسیر	کلیماتولوژی	۲۰۵۰	۵۶ ۳۳	۲۹ ۵۵	۱۳/۸
رفسنجان	سینوپتیک	۱۵۸۰	۵۵ ۵۴	۳۰ ۲۵	۱۸/۸
بم	سینوپتیک	۱۰۶۶	۵۸ ۲۱	۲۹ ۰۶	۲۳/۹
جیرفت	سینوپتیک	۶۰۱	۵۷ ۴۸	۲۷ ۳۵	۲۵/۴
شهربابک	سینوپتیک	۱۸۳۴	۵۵ ۰۸	۳۰ ۰۶	۱۵/۴
کهنوج	سینوپتیک	۴۶۹	۵۷ ۴۲	۲۷ ۵۸	۲۷



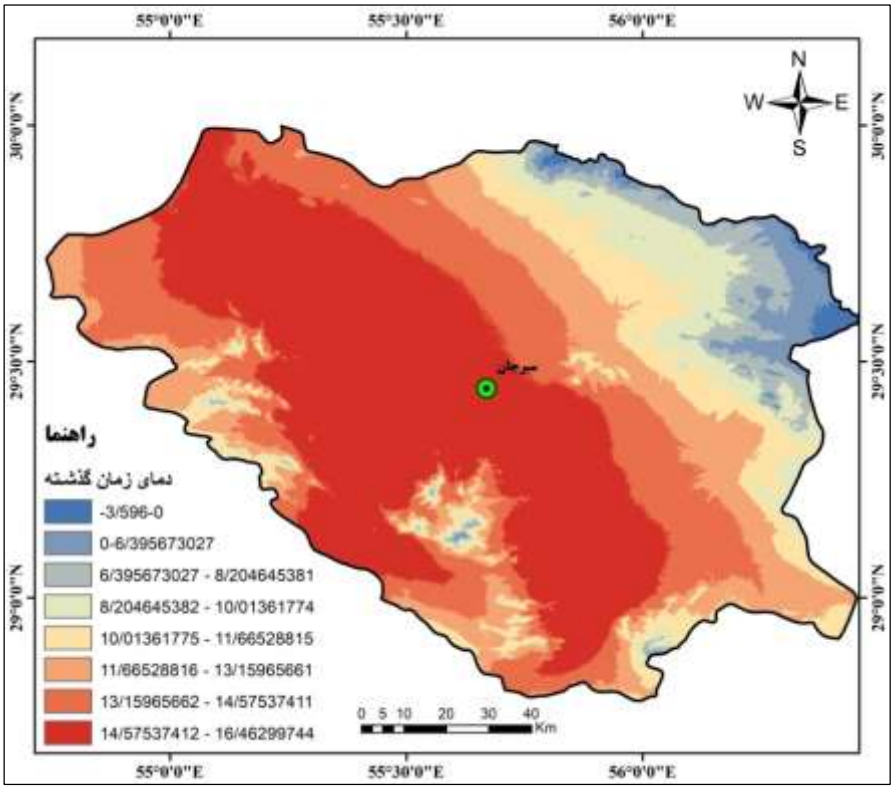
شکل٤: رابطه همبستگی ارتفاع و دما



شکل۵: نقشه هم‌دمای حوضه سیرجان در زمان حال

طبق روش رایت، با به دست آوردن اختلاف ارتفاع بین سیرک‌ها و با استفاده از خط ۶۰ درصد خط مرز برف دائمی در حوضه سیرجان در ارتفاع ۲۷۱۹ متری مشخص گردید همچنین طبق روش پورتر ارتفاع برف مرز آخرین دوره یخچالی برابر با مقدار نما در ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۶). بر همین اساس مقدار مد یا نما در حوزه سیرجان ۲۷۱۴ متر است. به عبارت دیگر ارتفاع مرز برف دائمی در فاز اقل کواترنر در حوزه سیرجان ۲۷۱۴ متر بوده است.

جهت تخمین میزان دمای محیط در فاز اقل کواترنر بعد از تعیین خط مرز برف دائمی حوضه در زمان گذشته همبستگی بین دما و ارتفاع ۸ ایستگاه سیرجان، بردسیر، بافت، رفسنجان، کهنوج، بم، جیرفت و شهربابک با استفاده از رابطه خطی محاسبه گردید و معادله خطی آن به‌صورت $Y=0.007X+30.54$ به دست آمد. سپس با استفاده از این رابطه افت آدیاباتیک دما حال حاضر حوضه به میزان تقریبی ۰/۸ درجه سانتی‌گراد به ازای هر ۱۰۰ متر ترفیع مکانی محاسبه شد. در مرحله بعد با استفاده از ارتفاع خط مرز برف دائمی گذشته حوضه سیرجان و افت ادیاباتیک آن نقشه هم‌دمای گذشته حوضه تهیه گردید (شکل ۶). همان‌طور که مشاهده می‌شود حداقل دمای متوسط سالانه حوضه در فاز اقل کواترنر برابر با ۳/۶- درجه سانتی‌گراد در ارتفاع شمال شرق حوضه و حداکثر دمای متوسط سالانه حوضه برابر با ۱۶/۴۶ درجه سانتی‌گراد در بخش مرکزی حوضه بوده است.



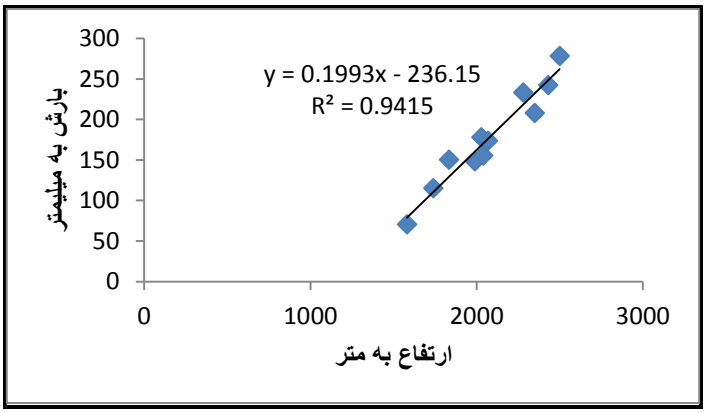
شکل٦ : نقشه هم‌دمای حوضه سیرجان در زمان حاکمیت یخچال‌ها

تحلیل رطوبتی منطقه مورد مطالعه

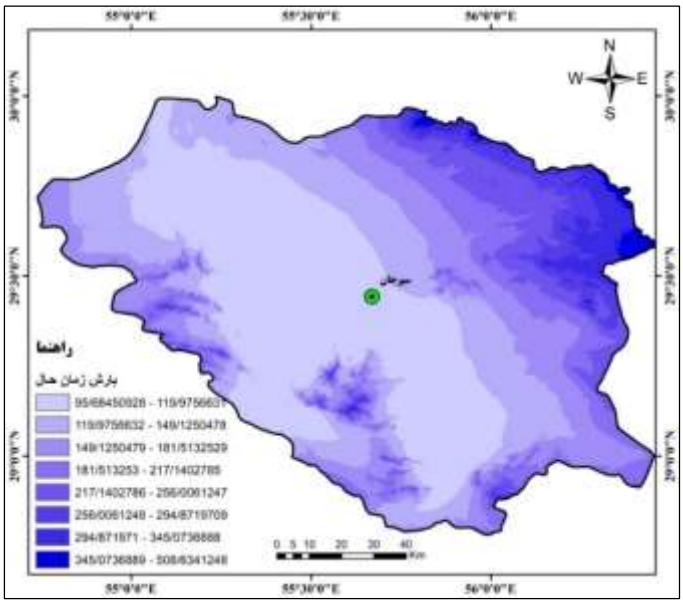
یکی از مهم‌ترین فرآیندهای فرسایشی بارش است که در طول دوران‌های مختلف زمین‌شناسی اثرات مختلفی بر جای گذاشته است. همچنین یکی از شاخص‌های اقلیمی تعیین کننده شرایط محیطی میزان رطوبت و تغییرات آن است. این شاخص چند ویژگی مهم محیطی مانند، پوشش گیاهی، میزان تغذیه یخ یخچال‌ها، روان آب‌ها و سطح دریاچه‌های داخلی را در کنترل دارد. لذا اگر چه وسعت، شدت و گسترش هر یک از سیستم‌های فوق به میزان دمای محیطی بستگی دارد ولی به هر حال موتور اصلی سیستم‌های فوق رطوبت محیطی است. جهت تخمین پهنه‌های بارشی منطقه مورد مطالعه در زمان حال ابتدا رابطه بین بارندگی و ارتفاع ۱۱ ایستگاه (سینوپتیک و باران‌سنجی) اطراف و داخل حوضه تعیین گردید (جدول۳). سپس با استفاده از رابطه بین بارش و ارتفاع (شکل۷) و مدل رقومی ارتفاع منطقه (DEM) نقشه هم بارش توسط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شد (شکل۸). نتایج نشان می‌دهد که حداقل بارش حوضه ۹۵/۶۸ میلی‌متر در بخش‌های مرکزی حوضه و حداکثر بارش ۵۰۸/۶۳ میلی‌متر در ارتفاعات شمال شرق حوضه برآورد شده است.

جدول۳: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی اطراف و داخل حوضه مطالعاتی

ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین بارش
شهربابک	سینوپتیک	۱۸۳۴	۵۵ ۰۸	۳۰ ۰۶	۱۵۰/۲۷
سیرجان	سینوپتیک	۱۷۳۹	۵۵ ۴۱	۲۹ ۲۸	۱۱۵
بافت	سینوپتیک	۲۲۸۰	۵۶ ۳۵	۲۹ ۱۴	۲۳۳/۵
رفسنجان	سینوپتیک	۱۵۸۰	۵۵ ۵۴	۳۰ ۲۵	۷۰/۴
اسطور	باران‌سنجی	۲۰۲۷	۵۶ ۰۸	۲۹ ۰۲	۱۷۸
بلورد	باران‌سنجی	۲۰۶۸	۵۶ ۰۳	۲۹ ۲۵	۱۷۳/۷
سعادت‌آباد	باران‌سنجی	۱۹۹۰	۵۵ ۴۹	۲۹ ۳۸	۱۴۸/۵
پاریز	باران‌سنجی	۲۳۴۹	۵۵ ۴۵	۲۹ ۵۲	۲۰۸
باغ خشک	باران‌سنجی	۲۴۳۱	۵۵ ۵۹	۲۹ ۴۹	۲۴۲/۴
چهار گنبد	باران‌سنجی	۲۵۰۰	۵۶ ۱۱	۲۹ ۴۴	۲۷۸/۴
زمزرج	باران‌سنجی	۲۰۴۰	۵۶ ۰۸	۲۹ ۲۲	۱۵۵/۶

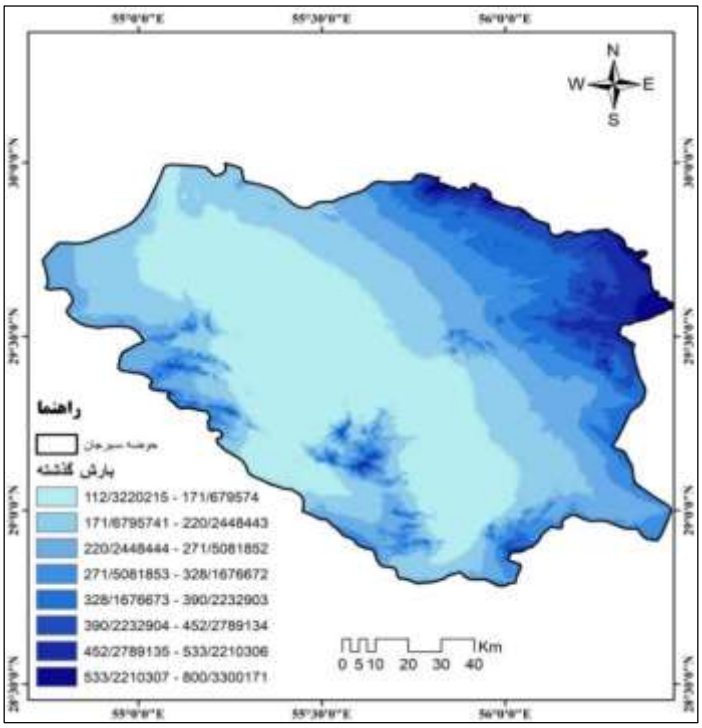


شکل۷: رابطه همبستگی بین بارش و ارتفاع



شکل۸: نقشه پهنه‌های بارشی منطقه مطالعاتی در زمان حال

از مهم‌ترین فاکتورهایی که در بررسی شرایط طبیعی گذشته مؤثر است میزان رطوبت محیطی است. با استفاده از آلومتری، رطوبت و دمای فعلی نسبت به بازسازی رطوبت در دوره اقل حرارتی اقدام گردید. نقشه هم بارش حوضه در فاز اقل کواترنر حاکی از این است که حداقل بارش در آن زمان برابر با ۱۱۲/۳ میلی‌متر در بخش‌های مرکزی حوضه و حداکثر مقدار بارش برابر با ۸۰۰/۳۳ میلی‌متر در مرتفع‌ترین بخش حوضه بوده است.



شکل۹: نقشه پهنه‌های بارشی منطقه مطالعاتی در زمان گذشته

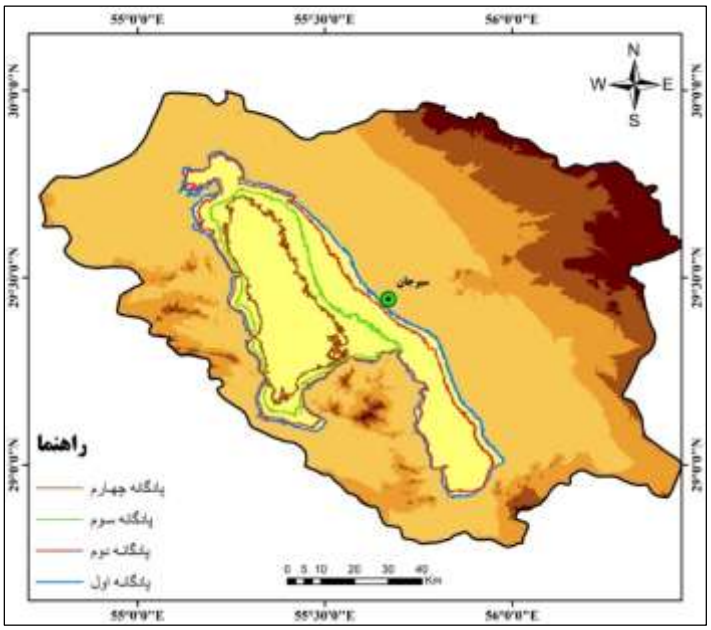
بازسازی دریاچه سیرجان و حد داغ آب‌های آن

به‌طور کلی با حاکمیت دوره‌های برودتی، با گسترش یخچال و به دنبال آن تسلط و گسترش حوضه‌های پرفشار از میزان بارش در عرض‌های بالاتر جغرافیایی کاسته شده، ولی هم‌زمان باعث نفوذ کم‌فشارهای غربی به عرض‌های پایین‌تر شد و این مناطق بارش بیشتری را دریافت می‌کرده‌اند. در نهایت در دوره‌های یخچالی سلول برودتی قطبی به‌طرف عرض‌های پایین حرکت نموده در نتیجه هسته‌های برودتی مهمی در ایران به وجود آمدند و سلول برودتی غربی در نواحی مرکزی و اطراف آن مستقر گشته و ایران مرکزی نیز رطوبت بیشتری را نسبت به امروز دریافت نموده است. در نهایت این افزایش بارش باعث به وجود آمدن دریاچه‌های پلویال[2] گردید (اکرمی، ۱۳۸۵: ۳۸). دریاچه‌های مملو از آب، مهم‌ترین و گسترده‌ترین زمین متن‌های ایران در دوره‌های برودتی به شمار می‌آمده‌اند و غالب آن‌ها دارای آثار پادگانه‌ای در اطراف خود هستند و از آن‌ها به‌عنوان شاهدی بر حاکمیت دوران مرطوب یاد می‌شود. در زمین متن ساحلی دریاچه قدیم سیرجان بالاترین سطح پادگانه‌ای دریاچه تا ارتفاع ۱۷۱۹ متری از سطح تراز دریاهای آزاد محاسبه گردید. در این زمان دریاچه سیرجان با عمق ۲۹ متر و حجم آب ۸۰۴۰۰ مترمکعب پرآب‌ترین حالت خود را تجربه کرده است. پادگانه‌های دریاچه‌ای بر اساس نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاعی بارز سازی شد. به‌طور کلی با توجه به شواهد ژئومورفیک مثل آبراهه‌های دوشاخه، نقاط ارتفاعی منفرد و سطوح پله کانی موجود بر روی نقشه‌ای توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای، تعداد ۴ پادگانه برای دریاچه قدیم سیرجان ردیابی و بازسازی شد (شکل ۱۰).

جدول ٤: ویژگی‌های مورفومتری پادگانه‌های دریاچه قدیم سیرجان

شماره پادگانه	مساحت (km^2)	محیط (km)	ارتفاع پادگانه
۱	۸۶۰/۳۹	۶۳۸/۰۷	۱۶۹۰/۸
۲	۱۳۴۳/۸	۴۷۹/۸۳	۱۶۹۸
۳	۲۴۱۳/۷	۶۹۳/۵۲	۱۷۱۱/۳
۴	۲۷۷۲/۴	۶۹۸/۲۳	۱۷۱۹

[2]. Pluvial lakes



شکل ۱۰: نقشه پادگانه‌های دریاچه قدیم سیرجان

آلومتری توانش محیطی

چکادها، بردارهای انرژی را تعریف می‌کنند که میزان این انرژی به توان تولید آب و انجماد در ارتفاعات و مجموع حجم آبی که در طول سال در یک خط برداری به چاله می‌ریزند بستگی دارد و بین سطح اشغال آب در چاله‌ها و سطح یخ و برف که به این چاله‌ها منتهی می‌شود دارای نسبت خاصی است که به آن آلومتری گفته می‌شود. آلومتری توانش محیطی، نسبت (VL/IA)[۳] یا به تعبیری آلومتری دو متغیر سطح منطقه یخ‌ساز و حجم دریاچه مجاور آن است که واحد آن مترمکعب بر کیلومتر مربع است. منظور از متغیر حجم دریاچه‌های دوران چهارم (VL) حجم چاله‌هایی در پایین‌دست چکادهاست که محل تجمع آب حاصل از بارش‌های جامد بالادست بوده و بر اساس بالاترین تراز آبی محاسبه می‌شود و واحد آن‌ها مترمکعب است. همچنین متغیر سطوح یخ‌ساز ارتفاعات مجاور چاله‌ها (IA)، بر اساس خط برودتی در ارتفاع ۲۵۰۰ متری که در حال حاضر بارش جامد دریافت می‌کند و مربوط به حوضه آبی مسیل یا رودخانه منتهی به دریاچه است مشخص و مساحت یخ پوش‌های تغذیه‌کننده دریاچه‌ها که در ارتفاع بیش‌تر از۲۵۰۰ متری قرار داشتند محاسبه می‌گردد و واحد آن کیلومترمربع است.

محمودی محمدآبادی (۱۳۹۷) نسبت VL و IA را برای ۱۳ شهر در سال ۱۳۳۵ محاسبه و گراف حاصل از رابطه ریاضی این دو مؤلفه را ترسیم کرد، بنابراین آستانه تعادلی مؤلفهٔ توانش محیطی هر سکونتگاه شهری در ارتباط با رابطه (۳) می‌تواند به دست آید و با گراف شکل (۱۱)، سنجیده شود[۴]، چنانکه آلومتری مؤلفه‌های توانش محیطی شهری با

---

[3]. The Volume of the Lake/ Ice region Area

آلومتری توانش محیطی عبارت است از: توانمندی منابع محیطی که در ایران و در شهرهای مدنیت سرد با نسبتVL/IA تعریف مقداری می‌شود.

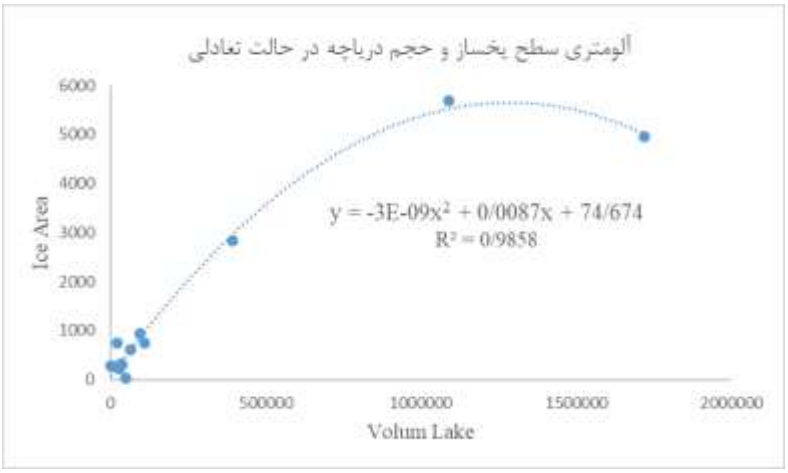
[۴]. مانند روش ایل ویل در محاسبهٔ قابلیت فرسودگی خاک

گراف مذکور مقایسه گردد و اختلافی پیدا کند برحسب میزان اختلاف از حد تعادل فاصله خواهد گرفت. بدین معنی مقدار اختلاف معرف میزان انحراف آن شهر از حالت تعادل آمایشی است. به عبارت دیگر این افتراق بیان کننده میزان کاهش توان توانش محیطی نسبت به سال مبنا است (جدول۵).

رابطه(۳): $IA = -3e-09(VL^2) + 0/0087(VL) + 74/674$

جدول۵: آلومتری دو پارامتر سطح یخ‌ساز و حجم دریاچه برای سیزده شهر دریاچه‌ای ایران

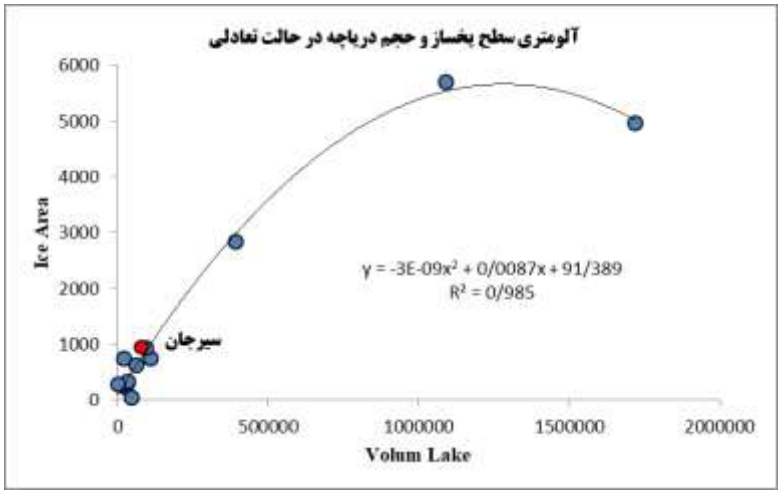
شهر	مساحت دریاچه(Km^2)	عمق دریاچه(M)	حجم دریاچه(m^3)	مساحت یخ‌ساز(Km^2)
مشهد	۴۴۶	۶۰	۲۶۷۶۰	۲۳۵
سبزوار	۲۲۰۰	۵۰	۱۱۰۰۰۰	۷۵۰
نیشابور	۵۵۰	۴۰	۲۲۰۰۰	۷۵۰
سمنان	۱۸۰	۶۰	۱۰۸۰۰	۲۶۰
دامغان	۲۱۰۰	۳۰	۶۳۰۰۰	۶۲۰
ری	۴۷۷	۷۴	۳۵۲۹۸	۳۱۰
اصفهان	۴۹۰۲	۸۰	۳۹۲۱۶۰	۲۸۳۰
کاشان	۳۸۴	۹۰	۳۴۵۶۰	۳۲۹
یزد	۲۳۳۲	۴۰	۹۳۲۸۰	۹۴۰
کرمان	۱۷۲۰۰	۱۰۰	۱۷۲۰۰۰۰	۴۹۵۰
شیراز	۵۳۸	۸۸	۴۷۳۴۴	۳۶
بم	۳۰	۳۰	۹۰۰	۲۸۵
تبریز	۱۲۵۳۰	۸۷	۱۰۹۰۱۱۰	۵۷۰۰



شکل۱۱: گراف آلومتری توانش محیطی (حجم دریاچه و سطح یخ‌ساز) (محمودی محمدآبادی، ۱۳۹۷)

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که مساحت دریاچه قدیم سیرجان در فاز اقل کواترنر، ۲۷۷۲/۴ کیلومتر مربع و عمق آن ۲۹ متر بوده است. بر همین اساس حجم این دریاچه در مواقع پرآبی ۸۰۴۰۰ مترمکعب برآورد گردید. همچنین سطح یخ‌ساز حوضه سیرجان ۹۵۰ کیلومتر مربع بوده است. حال به‌منظور سنجش توانش محیطی سیرجان مساحت

دریاچه قدیم سیرجان و سطح یخ‌ساز حوضه سیرجان با گراف فوق (شکل۱۱) انطباق داده شد. انطباق سیرجان با خط همبستگی در این گراف حاکی از تعادل فضایی در این حوضه در فاز اقل کواترنر است (شکل ۱۲). اما خشک شدن دریاچه قدیم سیرجان در زمان حال و تبدیل شدن آن به کویر از یک‌طرف و کاهش چشم‌گیر سطوح یخ‌ساز حوضه سیرجان نشان می‌دهد که توانش محیطی این حوضه در زمان حال به‌شدت کاهش یافته و از حالت تعادل خارج‌شده است.



شکل۱۲: انطباق مؤلفه‌های توانش محیطی حوضه سیرجان با گراف آلومتری سطح یخ‌ساز با حجم دریاچه در حالت تعادلی

نتیجه‌گیری

چشم‌اندازهای محیطی دارای یک الگو و فرآیندی از مکانیسم‌ها می‌باشند که شناخت‌شناسی این عوامل می‌تواند در تبیین و شناسایی هویت تاریخ طبیعی و پایداری محیطی و در نهایت آمایش محیط نقش اساسی و عمده‌ای را ایفا نماید. به همین علت از جمله نکات برجسته در تبیین فرایندهای محیطی، بازخوانی تاریخ طبیعی مناطق است. بازخوانی تاریخ طبیعی مناطق نقش مهمی در شناخت منطقه و برنامه‌ریزی‌های آتی آن‌ها دارد. به همین علت در این پژوهش تغییرات فضایی حوضه سیرجان ارزیابی و تحلیل شده است. نتایج تحلیل‌های رطوبتی و دمایی حوضه سیرجان نشان می‌دهد که حداکثر میزان بارش این حوضه از ۸۰۰/۴۴ میلی‌متر در دوره‌های برودتی به ۵۰۸/۶۳ میلی‌متر در زمان حال کاهش یافته است. همچنین حداقل بارش حوضه از ۱۱۲/۳۲ میلی‌متر در دوره برودتی به ۹۵/۶۸ میلی‌متر در زمان حال تغییر کرده است. مقایسه نقشه‌های هم بارش حال و گذشته حوضه سیرجان نشان می‌دهد که در کواترنر پایانی در بخش‌های مرکزی حوضه ۱۷ میلی‌متر و در ارتفاعات بالا تقریباً ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر بوده است؛ این مقدار تغییر در رطوبت و دمای محیطی تغییر اساسی در سیستم شکلزای منطقه به وجود آورده به نحوی که از سیستم شکلزای یخچالی در حال حاضر نشانی در دست نیست. از طرفی شرایط دمایی این حوضه نیز از منفی ۳/۶ به ۰/۸۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. همچنین حداکثر دمای حوضه ۱۶/۴۶ در فاز برودتی به ۱۷/۶۴ در زمان حال تغییر کرده است. مقایسه نقشه‌های هم‌دمای

زمان حال و زمان گذشته حوضه سیرجان حاکی از این است که در فاز اقل کواترنر حدود ۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به زمان فعلی سردتر بوده است. البته این میزان تفاوت برای همه نقاط حوضه یکسان نبوده و تحت تأثیر ارتفاع افزایش می‌یافته است؛ به‌طوریکه بیشترین تفاوت حرارتی مربوط به مرتفع‌ترین قسمت حوضه و کمترین تفاوت مربوط به پست‌ترین نقطه حوضه بوده است. ماحصل این تغییرات رطوبتی و دما منجر به تغییر در الگوهای بارشی و کاهش سطوح یخ‌ساز و جریان دائمی آب در منطقه مطالعاتی شده است که نمود آن در تبدیل دریاچه قدیم سیرجان به کویر سیرجان مشهود است.

منابع

۱- اکرمی، صغری، (۱۳۸۵): «ایزوستازی برودتی حرارتی منطقه آباده- ابرقو و تعامل ژئومورفیک آن‌ها»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان.

۲- اهلرز، اکارت (۱۳۷۲): ایران مبانی یک کشور شناسی جغرافیایی، ترجمه محمدتقی رهنمایی، تهران انتشارات موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی سحاب، چاپ دوم.

۳- باباجمالی، فرهاد (۱۳۹۱): مؤلفه‌های ژئومورفولوژی و تأثیر آن بر هویت کانون‌های مدنی و هنر فرش دستباف ایران. رساله دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان.

۴- پاریزی، اسماعیل (۱۳۹۲): *شواهد یخچال‌های کواترنر پایانی در حوضه تنگوئیه سیرجان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان.

۵- حاتمی، رامین (۱۳۸۹): تحولات پالئوهیدروژئومورفولوژی کوهدشت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان

۶- داداش زاده، زهرا، (۱۳۹۰): تحولات تاریخ طبیعی چاله اردبیل و نقش آن در مدنیت شهری، یازدهمین کنگره جغرافیدانان

۷- داوودی، علی، مراد جانی، شیرین (۱۳۹۷): تحلیل فضایی تغییرات آب وهوایی ایران طی دهه‌های اخیر، مجله علوم جغرافیایی (جغرافیای کاربردی)، دوره ۱۴، شماره ۲۹، صص ۹۰-۸۲.

۸- رامشت، محمدحسین (۱۳۸۰): دریاچه‌های دوران چهارم بستر تبلور مدنیت در ایران، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی ش ۶۰.

۹- رامشت، محمدحسین.؛ پوردهقان، داوود. (۱۳۸۷): *یخ در آتش*. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۹، صص ۱۴۴-۱۲۹.

۱۰- سعیدی، عباس (۱۳۹۱): پویش ساختاری- کارکردی رویکردی بدیل در برنامه‌ریزی فضایی. فصل‌نامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی، سال یکم، شماره ۱، صص ۱۸-۱.

۱۱- شریفی، محمد، طاهری نژاد، کاظم، زارع، فاطمه، (۱۳۹۵): ارزیابی تغییرات اقلیمی بین زمان حال و پلئیستوسن و بازسازی شرایط اقلیمی گذشته با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک (نمونه موردی: حوضه دشت ابراهیم‌آباد-یزد).

۱۲- صادقی‌نیا، علیرضا، رفعتی، سمیه، صداقت، مهدی (۱۴۰۰): تحلیل فضایی تغییرات اقلیمی در ایران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هشتم، شماره ۴، صص ۷۰-۵۵.

۱۳- عباسی، علیرضا (۱۳۸۷)، ویژگی‌ها و پراکندگی فضایی مخروط افکنه های بزرگ ایران و رابطه آن با سیستم‌های شکلزای اقلیمی، پایان‌نامه دکتری، رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان.

۱۴- محمودی محمدآبادی، طیبه، رامشت، محمدحسین (۱۳۹۹)، تغییرات ساختار اداری فضای ایران (از دوره هخامنشیان تاکنون)، مجله فضای جغرافیایی، سال ۲۰، شماره ۶۹، صص ۱۸۸-۱۶۵.

۱۵- محمودی محمدآبادی، طیبه، رامشت محمدحسین، پور خسروانی، محسن (۱۳۹۷)، ارزیابی و تحلیل پارامترهای مؤثر بر نا تعادلی فضایی در ایران، مجله جغرافیای اجتماعی شهری، دوره ۸، شماره ۱، صص ۲۸۶-۲۶۷.

۱۶- یمانی، مجتبی.؛ شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ و جعفری اقدم، م. (۱۳۹۰). بازسازی برف مرزهای پلیوستوسن در حوضه جاجرود. فصل-نامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره۷۶، صص۵۰-۳۵.

17- Bayrakdar, C., Çılğın, Z., Döker, M., F., & Canpolat, E., (2015): Evidence Of An Active Glacier In The Munzur Mountains, Eastern Turkey, Turkish Journal Of Earth Sclences, 24, 56-71.

18- Branford, W. T, (1973): On The Nature And Probable Origin Of The Superficial In The Valleys And Deserts Of The Geological Society, 14: 492- 501

19- Bobeke. H (1956): Features And Formation Of Tne Great Keui And Masil, H. University Of Tehran. Arid Zone Research Center No 5.

20- Hucheride (R) AND Al (1968): Gelogy Of Kerman In Detuch Anguage, Partly Translated These Zurich Switzerland

21- Porter, S.C., (2001): Snowline Depression In The Tropics During The Last Glaciations, Quaternary Science Reviews, Vol. 6, No. 20, PP. 27-42.

22- Sarikaya, A., M., (2017): Late Quaternary Glaciations In The Easteran Mediterranean, Earths Sciences, Istanbul Technical University, Maslak 34469, Istanbul, Turkey.