بازسازی الگوی تغییرات برودتی و رطوبتی منطقهٔ قروه در فاز اقل کواترنر

پروین زارعی (کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان، نویسندهٔ مسؤول)
parvin.zarei@yahoo.com
محمد حسین رامشت (استاد ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان)
mrameshat@yahoo.com

چکیده

مسألهٔ شناخت قلمرو اقلیمی و تغییرات آن درکواترنر برای ژئومورفولوژیست‌ها اهمیت به‌سزایی دارد. زیرا این تغییرات از عوامل اصلی شکل‌زایی کنونی زمین است؛ به‌طوری‌که سبب تغییراتی در حوزهٔ عملکرد سیستم‌های شکل‌زا، سطح کرایوسفر، ارتفاع مرز برف دائمی، زبانه‌های یخچالی، مرز رویش و نظام‌های هیدرولوژیکی شده است. امروزه طراحی برنامه‌های توسعه و پیشرفت، بهره‌برداری صحیح از منابع، حفظ محیط زیست، کاهش میزان خسارات ناشی از مخاطرات طبیعی و بسیاری از مسائل حیاتی، بدون انجام این مطالعات مشکلاتی در پی خواهد داشت. تغییرات اقلیمی، به‌ویژه در فاز اقل[1] کواترنر، تأثیر قابل توجهی بر رفتار رودخانه‌ای، حجم و ذخیرهٔ منابع آبی و کانون‌های یخ‌ساز این منطقه داشته است. از آنجایی‌که پارامترهای اقلیمی دما و بارش به تغییر اقلیم حساس می‌باشند، بررسی روند زمانی و شواهد یخچالی در چنین متغیرهایی یکی از شاخص‌ترین ابزارها در بازسازی الگوی تغییرات اقلیمی و سیستم‌های مورفوژنتیک منطقه در فاز اقل کواترنر است. روش‌های مورد استفاده در این تحقیق، میدانی، کمّی آماری و کتابخانه‌ای است. در تجزیه و تحلیل اطلاعات از شاخص های فرمیک روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، مدل ارتفاعی رقومی Dem و نرم افزارهای Global Mapper، Surfer استفاده شده است. در این پژوهش، با استفاده از روش‌های ذکر شده آثار سیرک‌های یخچالی و خط برف دائمی در فاز اقل کواترنر به روش رایت تعیین شد. سپس نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش کنونی ترسیم و با ایجاد رابطهٔ خطی، شرایط برودتی و رطوبتی منطقه در فاز اقل بازسازی شد. آنومالی‌های برودتی و رطوبتی منطقه در زمان حال و فاز اقل مشخص شد. با تحلیل میزان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۱۵ تاریخ تصویب:۱۳۹۱/٤/۱۸

برف‌باری گذشته و زمان لازم برای حرکت زبانهٔ یخی ارتفاع خط تعادل آب و یخ و مرز برف دائمی در منطقه شناسایی شد. در نهایت، سیستم‌های مورفوژنتیک منطقه در فاز اقل و فعلی بازسازی شد.

کلیدواژه‌ها: بازسازی، تغییرات برودتی و رطوبتی، فاز اقل کواترنر، سیستم مورفوژنتیک، قروه.

۱- مقدمه

بررسی علل تغییرات اقلیمی و استنتاجی منطقی از تأثیر عامل یا عوامل مؤثر در چگونگی پیدایش آن‌ها در گذشته مشکل است (براتیان و رحیم‌زاده، ۱۳۷۷: ۴۹). از نظر ژئومورفولوژی، چهار نوع تغییر آب و هوایی اصلی در ایران وجود دارد که شامل تغییرات متوسط ماهانه و سالانه، تغییرات فصلی و تغییرات درازمدت تعادلی است. آثار ناشی از این تغییرات در مقیاس‌های متفاوت قابل بررسی است(مقیمی، ۱۳۸۷: ۸). در این میان تلاش زمین ریخت‌شناسان بیشتر بر تأثیراتی است که تغییرات اقلیمی بر سیستم‌های فرسایشی و فرم اراضی داشته است. این اطلاعات که به‌صورت شواهد فرمی بر صحنهٔ طبیعت باقی مانده، کمک شایانی به دیگر محققان در درک بهتر محیط‌های اقلیمی گذشته کرده است (رامشت، ۱۳۸۱: ۴). تغییرات شدید و متوالی اقلیم، فرآیندهای فرسایشی، پیامدهای زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی ناشی از آن سبب پذیرش اهمیت کواترنر به عنوان سیستمی برای تفسیر رخدادهای مورفولوژیک و مورفوژنتیک به‌ویژه در ایران شده است(مک گوفی، ۱۳۸۰: ۲).

بر اساس مصوبهٔ ۱۹۸۹ انجمن بین‌المللی علوم زمین[1] کواترنری سیستمی از دوران سوم است که به دو زیرسیستم پلیوستوسن و هولوسن تقسیم می‌شود (آقانباتی، ۱۳۸۵: ۴۴۸). تاریخ شروع آن را زمین‌شناسان جدید با تغییرات نسبتاً بزرگ مغناطیس زمین حدود ۶۰۰ یا ۷۵۰ هزار سال پذیرفته‌اند(پدرامی، ۱۳۶۷: ۱۱۳) و برخی از پیدایش اولین دورهٔ یخبندان، شروع آن را تا ۲/۵ میلیون سال تخمین می‌زنند(جداری عیوضی، ۶۸:۱۳۸۳) تحولات اقلیمی در کواترنر و فاز اقل سبب تغییرات در سیستم‌های شکل‌زا، وسعت کلاهک‌های یخچالی، تغییر ارتفاع زبانه‌های یخچالی،

1. IUGS

تغییر سطح آب دریاهای آزاد ودریاچه‌های داخلی، خط برف دائمی، خط تعادل آب و یخ وتعادل آب و خشکی شده است(معتمد،۱۳۸۲:۱۱۶). تغییر مرزهای تعادل از این فاز تا کنون سبب جابه‌جایی مرزهای مورفوژنتیک، گونه‌ها، اکوسیستم‌ها و از آن مهم‌تر انسان‌ها شده است(مهرشاهی، ۱۳۸۱: ۱۴۴).

با توجه به اینکه دستیابی به نتایج تغییرات اقلیمی کواترنر مستلزم مطالعات دیرینه‌شناسی است، بدیهی است شواهد یخچالی یکی از شاخص‌ترین ابزارهای دستیابی به این اهداف است (یمانی، ۱۳۸۶: ۱۲۶). بیشتر محققان جهت مدلّل ساختن تغییرات اقلیمی کواترنر در ایران به شواهد سیرک-ها، یخرفت‌ها ، خط برفمرز، شواهد بیولوژیکی و آثار دریاچه و کویرها تمسک جستند(pedrami,1981:7-5).

در زمینهٔ مطالعات یخچال‌شناسی با وجود اینکه نزدیک به دو قرن از شروع این تحقیقات توسط پلی فایر[1] وپرادین[2](۱۸۰۲)، ونتس[3](۱۸۲۱) و به‌خصوص آگازیس[4](۱۸۳۷)می‌گذرد (Menzies,2002: 6-9) . مطالعات انجام‌گرفته در ایران زیاد نیست واندک مطالعات صورت‌گرفته مربوط به سدهٔ اخیر است.(Rob, 1981: 51). شواهد تغییرات آب و هوایی کواترنر ایران شاید نخستین بار توسط بلانفورد[5](۱۹۷۳)، زمین‌شناس انگلیسی در قرن نوزدهم میلادی مورد توجه قرار گرفته باشد. او با تأکید بر پراکندگی وسیع رسوباتی که به نظر او بنا بر دانسته‌های آن زمان غالباً منشأ دریایی و دریاچه‌ای داشته است، برای پیدایش دریاچه در ایران و ایجاد رسوب در آن‌ها لازم است که آب و هوا تا حدّ قابل‌توجهی مرطوب‌تر از حال باشد.

ژاک، دومرگان[6] (۱۸۹۰) اولین اظهار نظرکلی درباره آثار مورفولوژیکی یخبندان‌های کواترنر ایران را ارائه داد. بوبک[7] (۱۹۵۵) با بررسی مورن‌های ورم در رشته کوه‌البرز و زاگرس، آن را شواهدی بر یخبندان قبل از ورم در این ارتفاعات می‌داند. وی دراین سال اولین اظهار نظر کلی در

1. Playfair
2. Perradin
3. Ventz
4. Agassis
5. Blanford
6. Du Morgan
7. Boobek

مورد اقلیم ایران در کواترنر را منتشر ساخت. هوکورایده[1] و همکاران (۱۹۶۸)، منطقهٔ کرمان و جنوب شرق ایران مرکزی را بررسی کردند و به استناد وجود انواعی از گیاهان و گونه‌ای از دوزیستان استدلال کردند که در گذشته آب و هوای این منطقه نسبت به امروز مرطوب‌تر بوده است. کلینسلی[2] (۱۹۷۲)، با مشاهدات خود در دشت کویر جامع‌ترین تحقیقات را درباره پالئوکلیمای کویرهای ایران انجام داد. وی بر این باور است که در جبهه‌های داخلی زاگرس شمالی و البرز در دوران یخبندان، هوا ۵ تا ۸ درجهٔ سانتی‌گراد سردتر از زمان حاضر بوده است. درش[3] (۱۹۷۶) اظهار داشت در مقایسه با امروز فلات ایران مرطوب‌تر بوده است.گیرشمن[4] (۱۳۳۶) هم‌زمان با پوشش یخچال در اروپا معتقد است که فلات ایران یک مرحلهٔ بارانی را طی می‌کرده است. گابریل[5] (۱۳۳۶) نیز معتقد است که آب و هوای عهد چهارم ایران به مراتب مرطوب‌تر از امروز بوده است. رامشت (۱۳۷۱) با تشخیص سه تراس دریاچهٔ گاوخونی که می‌تواند بیان‌کنندهٔ حداقل سه بار تغییر در بیلان آب آن باشد، با توجه به اینکه غالب دریاچه‌های ایران دارای حداقل سه سطح تراس هستند، با قطعیتی قابل قبول پدیدآمدن آن‌ها را به یک تغییر اقلیمی که سطح گسترده‌ای را دربرگرفته و قبل از هولوسن اتفاق افتاده، نسبت داد. جداری عیوضی (۱۳۸۳) معتقد است در اثر هوای سرد و رطوبت بیشتر، رودخانه‌ها دارای آب بیشتری بوده و در محل کنونی دشت کویر فقط دریاچهٔ کم‌عمق شوری وجود داشته که علت آن در درجهٔ اول کاهش میزان تبخیر بوده است. تغییرات اقلیمی، به‌ویژه در فاز اقل کواترنر، تأثیر قابل توجهی بر رفتار رودخانه‌ای، حجم و ذخیرهٔ منابع آبی و کانون‌های یخ‌ساز داشته است . با توسعهٔ منطقهٔ قروه در دهه‌های اخیر، بهره‌برداری از منابع محیطی افزایش یافته است. از جمله چالش‌هایی که اکنون با آن مواجه هستیم، مسألهٔ آب و نحوهٔ بهره‌برداری از منابع آبی است. بهره‌برداری از این منابع، اجرای طرح‌های عمرانی و برنامه‌ریزی‌های ناحیه‌ای در منطقه متکی بر شناخت عوامل مؤثر در روند شکل‌زایی و روابط

1. Huchoride
2. Klinsley
3. Dresh
4. Gireshman
5.Gabriel

حاکم بر آن است. دانستن شرایط محیطی، به‌خصوص در فاز اقل کواترنر، جهت بازشناختن نقش شرایط اقلیمی بر رفتار مورفوژنتیک حاکم بر منطقه الزامی است.

این پژوهش در نظر دارد که با شناخت پارامترهای اصلی در تغییر اقلیم و تأثیر این تغییرات بر سیستم‌های یخ‌ساز گذشته و همچنین سیستم‌های فرسایشی در شرایط کنونی و فاز اقل، برآیندی از وضعیت مورفوژنتیک گذشته و حال فراهم آورده و با بازسازی شرایط برودتی و رطوبتی، همچنین مورفوکلیماتیک، نحوه و میزان این تغییرات، دستور بهره‌برداری دقیق‌تری در برنامه‌ریزی آینده، حلّ مسایل و راهکارهایی مناسب ارائه دهد.

۲- روش تحقیق

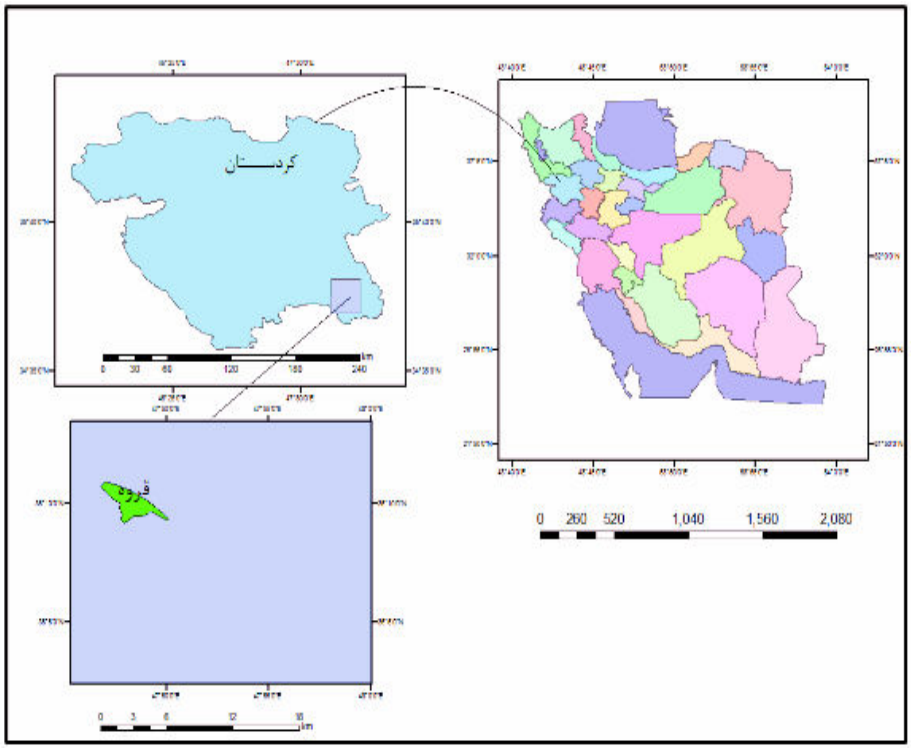
روش تحقیق مورد نظر از نوع تاریخی- تجربی می‌باشد. با تحدید حدود مطالعاتی طبقه‌بندی اطلاعات بر مبنای لایه‌های رقومی مجزّا فراهم آمد. مبنای اطلاعات سرزمینی مورد نیاز بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ صورت گرفت. ساماندهی اطلاعات با تبدیل اطلاعات و طی فرآیندهایی انجام شد و شرایط لازم برای تحلیل‌های مکانی فراهم آمد. چهار برگ نقشهٔ مسطحاتی که منطقهٔ مورد نظر را پوشش می‌داد، مورد بررسی قرار گرفت و لایهٔ آثار سیرک یخچالی، خط برف دائمی، خط تعادل آب و یخ، خط تعادل آب و خشکی مشخص شد. اطلاعات اقلیمی ادواری منطقه، جمع‌آوری و نسبت به برداشت نیم‌رخ حرارتی هم‌زمان درمنطقه اقدام شد. این اطلاعات به روش رایت در تحلیل شرایط رطوبتی و برودتی حال و گذشته منطقه به‌کار گرفته شده است. همچنین آنومالی‌های حرارتی و برودتی وسیستم‌های مورفوژنتیک منطقه تهیه و تحلیل شد. در تمامی مراحل کار برای تهیهٔ نقشه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از مدل ارتفاعی رقومی Dem و نرم‌افزارهای Surfer ،Global Mapper استفاده شده است.

۳- موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مطالعاتی شهرستان قروه در استان کردستان است که در مجموع ۲۰دقیقه طول و ۱۵ دقیقه عرض جغرافیایی را دربرمی‌گیرد. از جانب شمال به مدار ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه وجنوب

۳۵درجه عرض شمالی محدود می‌شود و از غربی‌ترین نقطهٔ آن، نصف‌النهار ۴۷ درجـه و ۴۵ دقیقـه و از شرقی‌ترین نقطهٔ آن، نصف‌النهار۴۸ درجه و ۵دقیقه می‌گذرد(شکل ۱).

شکل ۱: موقعیت منطقهٔ قروه



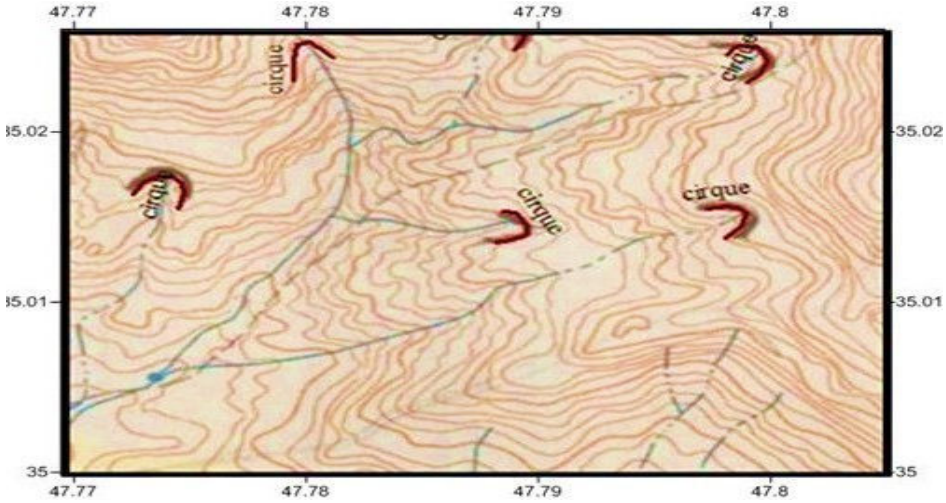
تهیه وترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۰.

۴- بحث

۴-۱- بررسی تغییرات اقلیمی با ردیابی آثار سیرک‌های یخچالی در منطقه

ردیابی آثار یخچالی در منطقه براساس شاخص‌های فرمیک بـر روی نقشـه‌هـای توپـوگرافی بـا مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ صورت گرفت. بررسی‌هایی که بـر روی نقشـه‌هـای توپـوگرافی منطقـه صـورت گرفته است، فرم‌های مربوط به سیرک‌های یخچالی را در ارتفاعات منطقه تأییـد کـرد و تعـداد قابـل توجهی اثر سیرک شناسایی شد(شکل ۲).

شکل ۲: آثارسیرک‌های یخچالی در نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰قروه



مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۰

آثار سیرک‌های یخچالی بر روی نقشه‌های توپوگرافی فرم خاصی دارند. در صورت مشاهدهٔ چنین اشکالی در ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر احتمال نسبت دادن آن‌ها به فعالیت‌های سیرک‌های یخچالی قریب به یقین است. تعداد سیرک‌های شمارش‌شده بر روی ارتفاعات، بالغ بر ۶۰سیرک بزرگ وکوچک است که بین ارتفاع ۲۴۰۰ تا ۳۳۰۰ توزیع شده‌اند. همان‌طور در (جدول۱) دیده می‌شود، تراکم سیرک‌ها در ارتفاع ۲۶۰۰ تا ۲۷۰۰متر بیشتر از بقیهٔ ارتفاعات است.

جدول ۱: چگونگی توزیع سیرک‌های یخچالی در منطقه

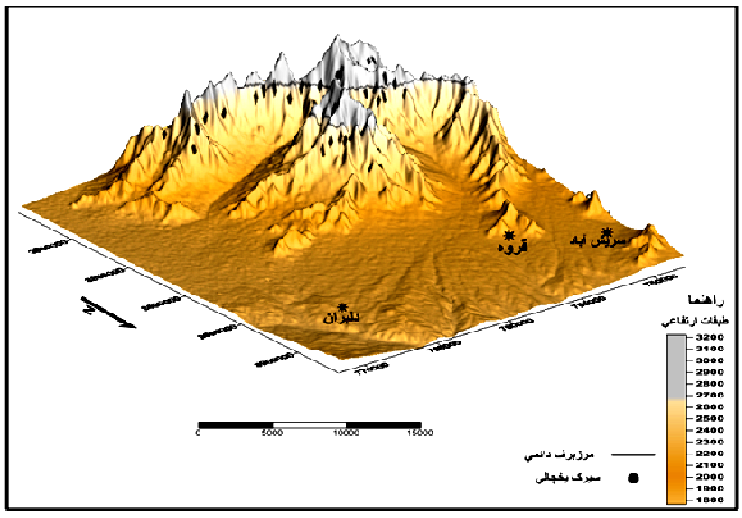
ارتفاع	تعداد سیرک‌ها	درصد سیرک‌ها
۲۴۰۰–۲۵۰۰	۷	۱۱/۶۶
۲۵۰۰–۲۶۰۰	۱۶	۲۶/۶۶
۲۶۰۰–۲۷۰۰	۸	۱۳/۳۳
۲۷۰۰–۲۸۰۰	۱۷	۲۸/۳۳
۲۸۰۰–۲۹۰۰	۹	۱۵
۲۹۰۰–۳۰۰۰	۳	۵

مأخذ: نگارندگان،۱۳۹۰

۴-۲- تعیین خط برف دائمی به روش رایت[۲]

با مطالعهٔ سیرک‌های موجود در منطقه قادر خواهیم بود که به روش رایت، خط برف دائمی در دورهٔ یخچالی بر مبنای سطحی که ۶۰ درصد سیرک‌ها بالاتر از آن قرار گرفته و در نتیجه دمای متوسط هوا در دورهٔ یخبندان در مرزهای بالاتر از آن زیر صفر قرار داشته است را معین کنیم. خط برفی که با این روش تعیین شد، ارتفاع ۲۵۰۰ را به ما نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، در سردترین دورهٔ حاکم بر منطقه در این ارتفاع، برف همیشگی وجود داشته و یا به مفهومی دیگر متوسط دما بر روی این خط معادل صفر درجه سانتی‌گراد بوده است. در (شکل۳) خط برف دائمی در منطقه نمایش داده شده است.

شکل ۳: نحوه توزیع سیرک‌ها و خط برف دائمی در منطقهٔ مطالعاتی



تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۰

۴-۳- بررسی شرایط برودتی منطقه

برای تخمین متوسط سالیانهٔ دما و تهیهٔ نقشهٔ هم‌دمای منطقه با استفاده از متوسط دمای سالیانه و ارتفاع هر ایستگاه از (جدول۲) استفاده شده است.با توجه به معادلهٔ رگرسیونی دو متغیره(رابطه۱)، نقشهٔ خطوط هم‌دما در منطقه تهیه شد(شکل۴).

(رابطه ۱)

$$T = \square + BH$$

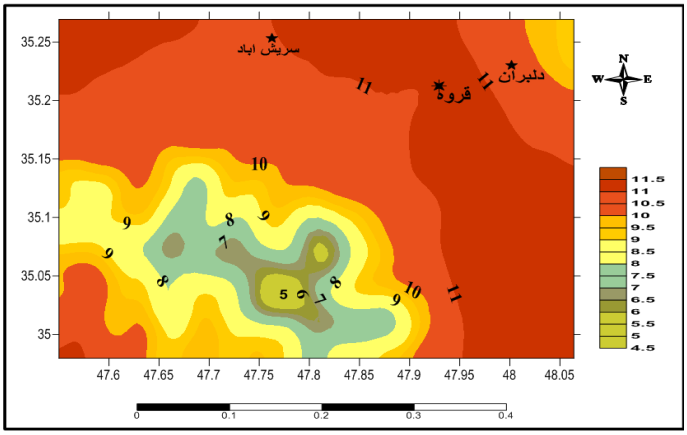
جدول۲: آمار متوسط بارش سالانه و متوسط دمای سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط بارش سالانه	متوسط دمای سالانه
حسن‌خان	سینوپتیک	۴۷۴۱	۳۵° ۲۶′	۱۵۴۸/۲	۴۳۳/۶	۱۵/۷
سادات	سینوپتیک	۴۷۴۲	۳۵° ۰۱′	۱۳۱۲/۵	۲۴۵/۵	۱۵/۳
خسروآباد	سینوپتیک	۴۷۴۷	۳۴° ۵۸′	۱۴۱۸/۶	۳۲۱/۷	۱۷
بایتمار	سینوپتیک	۴۷ ۳۴	۳۵° ۲۳′	۱۳۰۵/۲	۲۶۹/۹	۱۷/۲
دهگلان	سینوپتیک	۴۷۲۵	۳۵° ۱۷′	۱۲۰۹/۲	۲۶۴/۴	۱۸/۵
قروه	سینوپتیک	۴۷۴۸	۳۵° ۱۰′	۲۴۶۵/۲	۵۳۸/۹	۸/۸
مظفرآباد	سینوپتیک	۴۷۴۷	۳۵° ۱۳′	۱۱۹۰/۸	۲۴۴/۹	۱۸/۳
سریش‌آباد	سینوپتیک	۴۷۴۷	۳۵° ۱۶′	۱۵۵۰	۳۳۶/۱	۱۰/۷

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۰.

نتایج به‌دست آمده نشان داد، بیش‌ترین هم‌بستگی با رابطهٔ خطی ساده تطبیق دارد و دمای هوا در منطقه تابع ارتفاع بوده و رابطهٔ عکس با آن دارد. بنابراین به ازای افزایش ۱۰۰ متر ارتفاع در محدودهٔ مورد بررسی، افت آهنگ آن ۰/۶درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

شکل ۴: نقشهٔ هم‌دمای منطقهٔ مطالعاتی

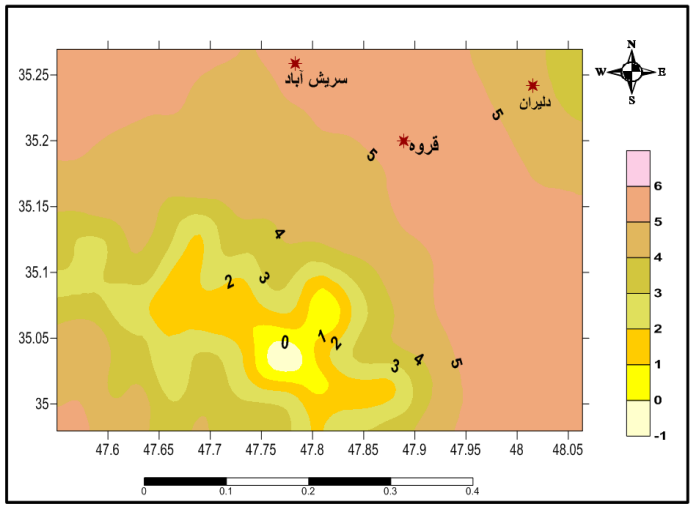


تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۰.

۴-۴- بررسی و بازسازی شرایط برودتی منطقه در فاز اقل کواترنر

یکی از شاخص‌های تعیین مناطق مورفوژنتیک، در نظرگرفتن متغیرهای متوسط دمای سالیانه و بارندگی است. از آنجایی‌که میزان تغییرات دما هم‌بستگی معناداری در رابطه با ارتفاع نشان می‌دهد، برای بازسازی شرایط دمای کنونی و گذشتهٔ منطقه از متغیرهای متوسط دمای سالانه ایستگاه هواشناسی منتخب، با تعیین خط برف دائمی در دوره‌ای که یخ‌ها در پایین‌ترین ارتفاع خود میل کرده، استفاده شد. همچنین آثارفرمیک آن شرایط لازم برای برآورد و تخمین دمای متوسط گذشتهٔ منطقه با استفاده از افت آهنگ دما فراهم شد. با توجه به اینکه ارتفاع ۲۷۰۰ متر (مرز برف دائمی) خط دمای صفر سالانه محسوب شد و نیز با توجه به تغییر ارتفاع در منطقه، خطوط هم‌دمای گذشته محاسبه شد. این کار در برنامه Surfer9 با اتکا به گره‌های برداشت‌شده بر روی مدل ارتفاعی رقومی Dem در فایل Grid اعمال شد و پس از تصحیحات ترسیمی نسبت به ساختن نقشهٔ هم دمای گذشته اقدام شد(شکل ۵).

شکل ۵: نقشهٔ هم‌دمای منطقهٔ مطالعاتی در فازاقل کواترنر



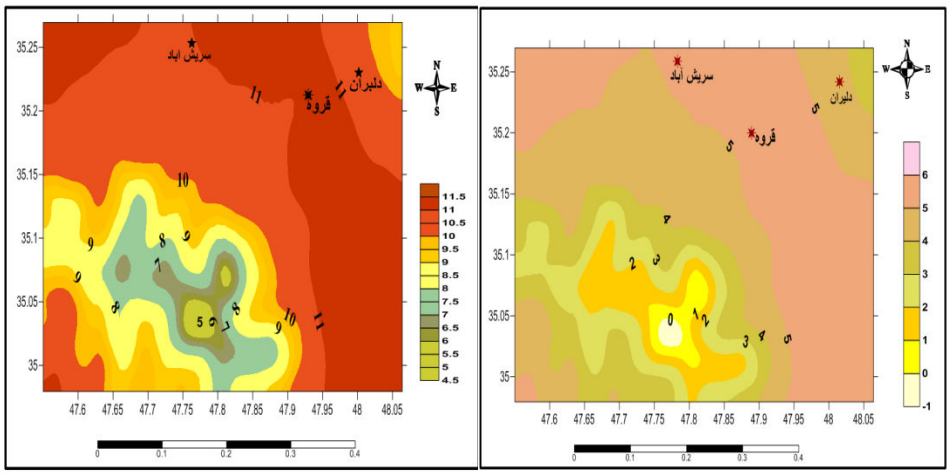
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۰

۴-۵- آنومالی‌های[۳] حرارتی منطقه در حال و فاز اقل

در منطقهٔ مورد نظر پایین‌ترین ارتفاع ۱۷۵۸/۴۲ متر و بالاترین ارتفاع ۳۲۲۴/۹۲ متر از سطح دریا می‌باشد. در مقابل، بیش‌ترین میانگین دمای مشاهده شده در منطقه حدود ۱۱/۴و کم‌ترین دما

۴/۹درجهٔ سانتی‌گراد است. همچنان که در نقشه مشاهده می‌شود، کم‌ترین میزان دمای منطقه در گذشته برابر ۰/۷- درجهٔ سانتی‌گراد و بیش‌ترین دما برابر با ۵/۵درجه سانتی‌گراد است. بنابراین اختلاف دمای متوسط سالانه در منطقه ۶/۲ درجه سانتی‌گراد زیر صفر درجه بوده است.

شکل۶: آنومالی برودتی منطقهٔ مطالعاتی در حال و فاز اقل



تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۰.

چنانچه در (شکل ۶) مشاهده می‌شود، آنومالی حرارتی منطقهٔ مورد مطالعه در فاز اقل با زمان حال دارای دمای متوسطی حدود ۵/۴ درجه سانتی‌گراد است. خط هم‌دمای صفر درجه در گذشته بر روی ارتفاع ۲۷۰۰ قرار گرفته ودر شرایط کنونی این خط از ارتفاع ۳۷۵۰ متر عبور می‌کند.

۴-۶- شرایط رطوبتی کنونی منطقه

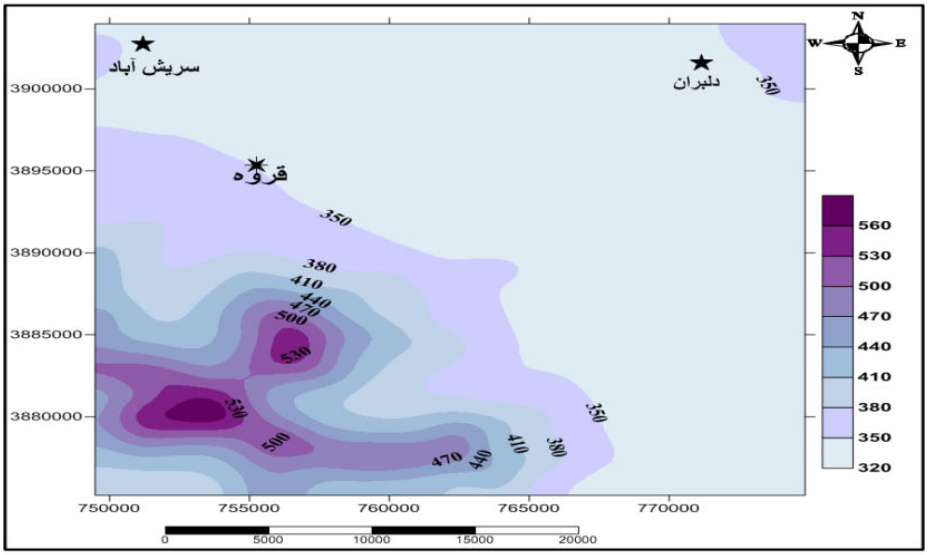
میزان بارندگی سالانهٔ منطقه می‌تواند دیدگاهی کلّی از میزان رطوبت آن را در اختیار بگذارد. همچنین این پدیده می‌تواند در بررسی و ارزیابی کلّی اقلیم و مطالعات مربوط به هیدرولوژی و ژئومورفولوژی و نیز مورفوژنتیک آن نتیجه‌بخش باشد. به طور کلّی افزایش ارتفاع، ارتباط مستقیم با افزایش بارندگی دارد. باید توجه داشت، علاوه بر ارتفاع موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه و نحوهٔ قرارگرفتن آن در جهت حرکت سیستم های بارانزا در گرادیان هر منطقه مؤثر است. برای همین

منظور با استفاده از رابطهٔ بارندگی و ارتفاع ایستگاه در(جدول۲ ستون۵ و ۶)، رابطهٔ هم‌بستگی خطی گرادیان بارندگی سالانه چند ایستگاه همگن برقرار شد که از سطح معنی‌دار خوبی برخوردار بود. میزان بارش مکانی منطقهٔ مورد نظر با توجه به اطلاعات ایستگاه‌های موجود بر اساس معادله رگرسیونی دو متغیره (رابطه۲) به‌دست آمد. با توجه به رابطهٔ به‌دست آمده، نقشهٔ هم‌بارش منطقه ترسیم شد (شکل ۷). که در آن P میزان متوسط بارش سالانه بر حسب میلی‌متر، H ارتفاع متوسط بر حسب متر می‌باشد.

$$P=a+BH \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

معادلهٔ یادشده نشان می‌دهد که بارش منطقه از تغییرات ارتفاعی پیروی کرده و با افزایش هر۱۰۰ متر ارتفاع در محدودهٔ مورد بحث بارش نیز افزایش می‌یابد. بنابراین بین ارتفاع و بارش در منطقه یک رابطه مستقیم و معنادار وجود دارد. لازم به ذکر است که میزان بارندگی از ارتفاعات به سمت دشت کاهش می‌یابد.

شکل ۷: نقشهٔ هم‌باران منطقهٔ مطالعاتی



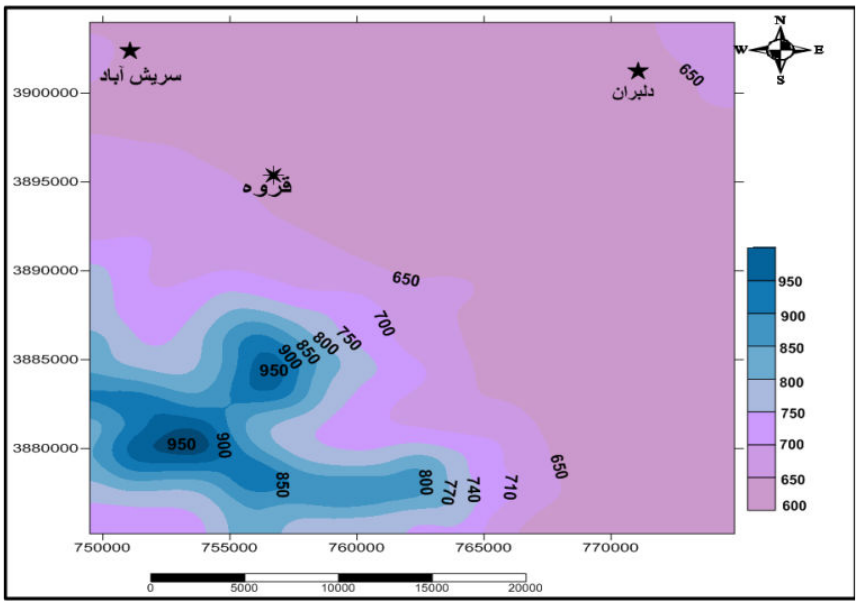
تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۰.

۴-۷- بررسی و بازسازی شرایط رطوبتی گذشتهٔ منطقه

ازمهم‌ترین فاکتورهایی که در بررسی شرایط طبیعی گذشتهٔ هر منطقه باید مورد توجه قرار داد، بارش است. زیرا یکی از اصلی‌ترین عوامل در ایجاد مناطق مورفوکلیماتیک می‌باشد. به این ترتیب لازم است میزان رطوبت محیطی گذشته پرداخته شود. از آن‌جا که برای بررسی وضعیت رطوبت محیطی منطقه در عصر یخچالی به نقشهٔ هم بارش آن زمان نیاز داریم، باید آن را بازسازی کنیم. برای این کار با انطباق نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای کنونی، هم‌پوشی خطوط بارش و دما مشخص شد. نقاط برخورد این خطوط را در نرم افزار Surfer برداشت کردیم و با ایجاد هم-بستگی بین دما و بارش کنونی(رابطه۳) به‌دست آمد. در این رابطه، هم‌بستگی دما و بارش فصلی محاسبه شد. با اعمال این رابطه بر فایل Grid دمای گذشته نقشه هم‌بارش منطقه در فاز اقل به دست آمد(شکل ۸).

$$P= -28/924\ T + 789/1 \qquad \text{(رابطه۳)}$$

شکل ۸: نقشهٔ هم‌باران منطقهٔ مطالعاتی در فاز اقل کواترنر

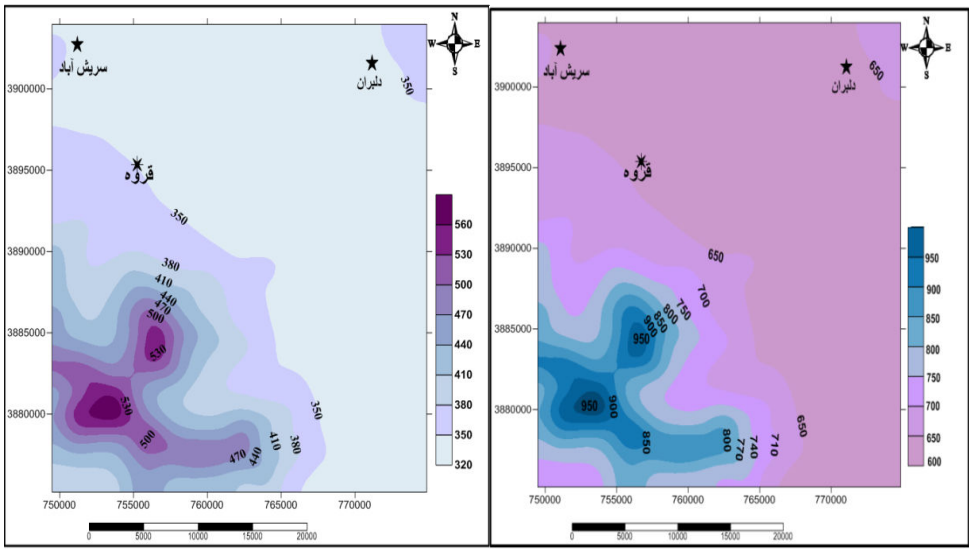


تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۰.

۴-۸- آنومالی[۴] رطوبتی منطقه در حال و فاز اقل

با بررسی(شکل۹) نقشه‌های هم‌باران منطقه در زمان کنونی مشخص شد که بیش‌ترین بارش منطقه به‌طور میانگین حدود ۶۲۰/۱ میلی‌متر و کم‌ترین۳۱۴/۶میلی‌متر است. بارش کنونی منطقه برروی خط برف دائمی در گذشته برابر۵۱۷/۱ میلی‌متر است، درحالی‌که بارش منطقه در فاز اقل بر روی این خط۸۵۳ میلی‌متر بوده است. بنابراین اختلاف بارش در ارتفاع ۲۷۰۰ متر حدود۳۲۶ میلی‌متر مشخص شد و ملاحظه شد که بیش‌ترین بارش منطقه در گذشته ۹۹۳/۲ میلی‌متر و کم-ترین آن ۵۷۸/۷ میلی‌متر بوده است. آنومالی رطوبتی در پایین‌ترین ارتفاع منطقه۲۶۴/۱ میلی‌متر و در بالاترین ارتفاع حدود ۳۷۳/۱ میلی‌متر مشخص شد.

شکل۹: آنومالی رطوبتی منطقهٔ مطالعاتی در حال و فاز اقل کواترنر



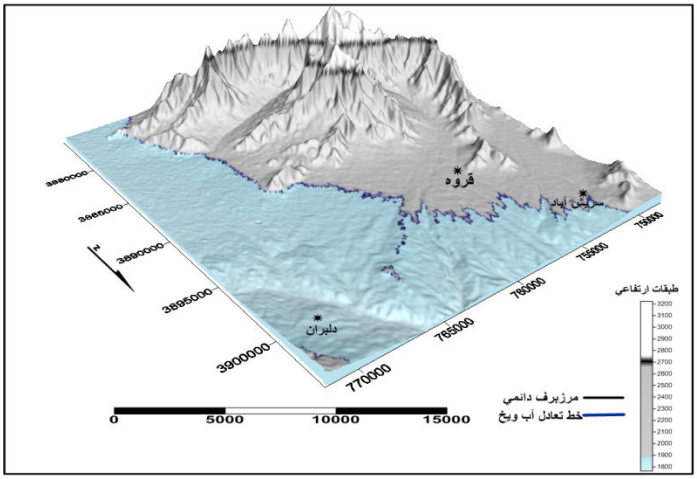
تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۳۹۰.

۴-۹- خط تعادل آب ویخ در منطقه

یخچال‌ها به شدت با عناصر محیطی خود در تعامل و تعادل هستند. از این رو بسیاری از یخچال‌های دره‌ای، شاخص مطلوب و حساسی در شناخت تغییرات اندک و غیرمحسوس محیطی

به شمار می‌آیند. قسمت‌هایی از تودهٔ یخی یخچال که نزدیک خط تعادل واقع می‌شود، تحت تأثیر تغییر و جابه‌جایی خط تعادل قرار می‌گیرند و منطقهٔ انباشت یخی آن‌ها به شدت بزرگ یا کوچک می‌شود. با تحلیل میزان برف‌باری گذشته و زمان لازم برای حرکت زبانه‌ی یخی و نیز ویژگی‌های فرمیک آن بر روی مدل ارتفاعی رقومی Dem و نقشهٔ ۱/۵۰۰۰۰ توپوگرافی، مرز برف دائمی ۲۷۰۰ متر و خط تعادل آب و یخ ۱۹۰۰ متر درمنطقه شناسایی شد (شکل۱۰).

شکل ۱۰: نقشهٔ مرز برف دائمی، خط تعادل آب و یخ منطقه در فاز اقل



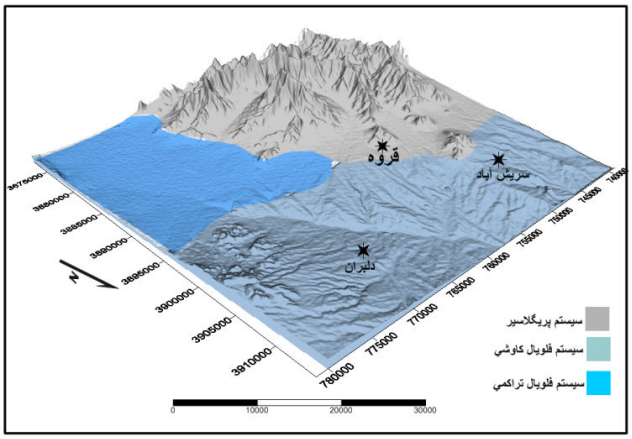
تهیه و ترسیم: نگارندگان۱۳۹۰.

۴- ۱۰- سیستم‌های مورفوژنتیک منطقه در حال

با نتایج به‌دست‌آمده و شرایط محیطی منطقهٔ مورد مطالعه، سیستم‌های فرسایشی حال حاضر در (شکل۱۱) نمایش داده شده است. چنانچه در این نقشه مشاهده می‌شود، قسمت کوچکی از منطقه تحت حاکمیت سیستم فرسایشی پریگلاسیر قرارگرفته و تقریباً از ارتفاع ۱۹۰۰ متری منطقه تحت تأثیر سیستم مورفوژنتیک فلوویال قرار گرفته است. در واقع، در این مرحله است که باوجود افزایش حرارتی از طریق ذوب یخ‌های حاصل از انجماد کواترنر، حجم جریان‌های سطحی تا حدّ بسیار گسترده‌ای افزایش می‌یابد. به عبارت ساده‌تر یخ‌هایی که در مقیاس زمانی هزار ساله بر روی

هم انباشته شده‌اند، در مقیاس ده‌ها سال ذوب شده و بار انرژی خود را بر محیط تحمیل می‌کنند. مؤلفه‌های اصلی فاز گرم کاتاگلیشیال، شامل حاکمیت فرآیندهای بادی، پدیمانتاسیون، حرکات فلویال، جنب یخچالی، رگزیستازی و ایجاد تراس رودها می‌باشد. ازطرف دیگر در فاز یخبندان متأثر از شرایط بیوستازی، مقادیر متنابهی از رسوب نیز ایجاد شده که توسط جریان‌های سطحی به سمت دشت‌ها حمل می‌شوند. در واقع در این‌گونه مناطق پیکرهٔ دشت‌ها را رسوباتی شکل می‌دهند که توسط یخچال‌ها یا مگاسیلاب‌های ناشی از ذوب یخ حمل شده‌اند.

شکل ۱۱: نقشهٔ سیستم‌های مورفوژنتیک منطقهٔ مطالعاتی



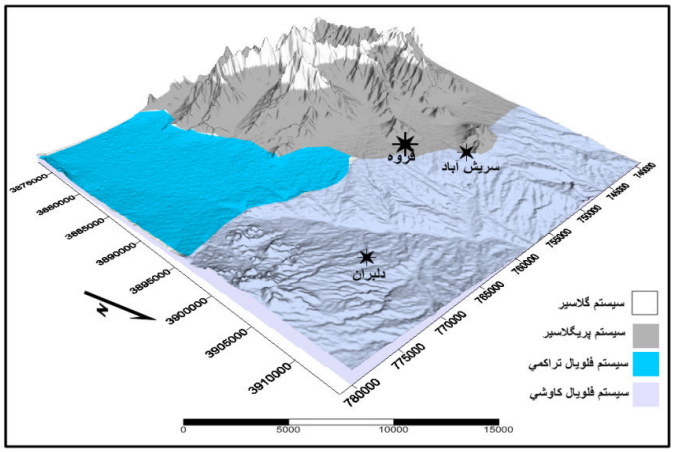
تهیه و ترسیم: نگارندگان ۱۳۹۰.

۴-۱۱- سیستم‌های مورفوژنتیک منطقه در فاز اقل کواترنر

با نتایج به‌دست‌آمده ازشرایط رطوبتی و برودتی و این قانون که هر چه ارتفاع اراضی بیشتر شود، میزان تفاوت حرارت محیطی آن با زمان حاضر بیشتر می‌شود و اینکه منطقهٔ مورد مطالعه در سطح ارتفاعی بالایی برخوردار است، از نقطه نظر سیستم‌های مورفوژنتیک تفاوت آشکاری با زمان حاضر دارد. با توجه به این شواهد و قانون مذکور، سیستم‌های فرسایشی فاز اقل (شکل ۱۲) بازسازی شد. چنانچه در این نقشه مشاهده می‌شود، قسمتی از منطقه که در بالای خط برف دائمی قرارگرفته، در حاکمیت گلاسیر بوده و مناطق پرگلاسیر تا خط تعادل آب و یخ که ارتفاع ۱۹۰۰متر است، مشخص شد. سیستم مورفوکلیماتیک فلوویال از این ارتفاع درمنطقه حاکمیت داشته است. در این فاز سیستم‌های

شکل‌زا به صورت یخچالی، جنب یخچالی، فلویال بیوستازی و افزایش وسعت یخسارها بوده است. پاراگلیشیال به فرآیندهای غیریخچالی اطلاق می‌شود که تحت تأثیر یخچال‌های گذشته شکل گرفته است. در این دوره افزایش ورودی انرژی حرارتی ازیک سو باعث کاهش میزان ورودی ماده (بارش) و از سوی دیگر باعث افزایش میزان تبخیر می‌شده است. نتیجهٔ تلفیق این فاکتورها کاهش بیش از بیش رطوبت محیطی است. همچنین در این مرحله بخش عمده‌ای از ماده که به شکل برف و یخ در محیط ذخیره شده است، با آغاز فاز گرم شروع به ذوب شدن نموده و انرژی پتانسیلی را که در طول دوره‌های طولانی در خود ذخیره نموده است در یک زمان کوتاه در محیط آزاد می‌سازد.

شکل ۱۲: نقشهٔ سیستم مورفوژنتیک منطقه در فاز اقل کواترنر



تهیه و ترسیم: نگارندگان ۱۳۹۰.

جدول ۳: مقایسه سیستم‌های مورفوژنتیک و خطوط تعادل منطقه در حال و فازاقل

دوره‌های تناوبی	خط برف دائمی	خط تعادل آب و یخ	سیستم‌های مورفوژنتیک
حال	↑	↑	جنب یخچالی، فلویال
فاز اقل کواترنر	↓	↓	یخچالی، جنب یخچالی، فلویال

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۰.

۵- نتیجه‌گیری

مسألهٔ شناخت قلمرو اقلیمی و تغییرات آن برای ژئومورفولوژیست‌ها اهمیت به‌سزایی دارد. شکی نیست که به علت تغییرات اقلیمی در طول آخرین دورهٔ یخچالی و در مرحلهٔ گذار به دورهٔ بین‌یخچالی حاضر، تغییرات اساسی در سیستم‌های مورفوژنتیک، وسعت کلاهک‌های یخچالی، تغییر ارتفاع زبانه‌های یخچالی، تغییر سطح آب دریاهای آزاد و دریاچه‌های داخلی و تغییرات سطح اساس رودخانه‌ها و نرخ فرسایش رودخانه‌ای آب ایجاد شده است.

منطقهٔ قروه، یکی از مناطقی است که تحت تأثیر نوسانات اقلیمی در فاز یخچالی قرار گرفته و این تغییرات با استفاده از تحلیل‌های آماری ایستگاه‌های هواشناسی و همچنین وجود آثار و شواهد ژئومورفیک موجود در منطقه به کمک برخی اصول زمین‌ریخت‌شناسی و یخچال‌های منطقه شناسایی و بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد که بیش‌ترین هم‌بستگی با رابطه خطی ساده تطبیق دارد و کاهش دما در ازای هر ۱۰۰ متر ترفیع مکانی برآورد شد.

آنومالی‌های برودتی و رطوبتی منطقه در حال و فاز اقل بررسی شد. نتیجه اینکه دمای منطقه در فازاقل کواترنر با دمای زمان حال ۵/۹ درجه سانتی‌گراد تفاوت داشته است. همچنین با بررسی نقشهٔ منطقهٔ مورد نظر مشخص شد که بیش‌ترین دمای منطقه ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین دما ۴/۹ است. در فاز اقل نیز کم‌ترین میزان دما برابر با ۰/۷- درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین دما برابر با ۵/۵ درجه سانتی‌گراد بوده است. بنابراین اختلاف دمای متوسط سالانه در منطقه۶/۲ درجه سانتی‌گراد زیر صفر درجه بوده است. دمای صفر درجه در گذشته بر روی ارتفاع ۲۷۰۰ قرار گرفته و در شرایط کنونی این خط از ارتفاع ۳۷۵۰ متری می‌گذرد. این مسأله نشان می‌دهد که خط برف دائمی تقریباً ۱۰۰۰ متر نسبت به فاز اقل کواترنرعقب‌نشینی کرده است. همچنین با بررسی نقشه‌های هم‌باران منطقه در زمان کنونی مشخص شد که بیش‌ترین بارش ۶۲۰/۱ و کم‌ترین بارش ۳۱۴/۶ میلی‌متر است. بارش کنونی منطقه بر روی خط برف دائمی در گذشته برابر۵۶۷/۹ میلی‌متر بوده است، بیش‌ترین بارش منطقه در گذشته ۹۹۳/۲ و کم‌ترین آن ۵۷۸/۷ میلی‌متر برآورد شد. به‌طورکلی حجم بارش منطقه درفازاقل کواترنرحدوداً دو برابر بارش کنونی بوده است.

با توجه به شواهد بالا ارتفاع مرز برف دائمی حدود ۲۷۰۰ متر و خط تعادل آب و یخ ۱۹۰۰متر در منطقه مشخص شد. سیستم‌هایی مورفوژنتیک منطقه در فاز اقل و شرایط کنونی بازسازی و شناسایی

شد. کاهش بررسی‌شده در یخچال‌های طبیعی کوهستانی و تغییر مرزهای تعادل از فازاقل تا کنون سبب جابه‌جایی مرزهای مورفوژنتیک، گونه‌های اکوسیستم‌ها و از آن مهم‌تر انسان‌ها شده است. بنابراین آگاهی از گذشتهٔ هر سرزمینی مسیر تعالی و تعادل را برای بشریت نمایان می‌سازد. بررسی و بازسازی تغییرات اقلیمی و نیز شرایط مورفولوژیک و مورفوکلیماتیک می‌تواند راهگشای بسیاری از مسایل عصر ما باشد. شناسایی و بررسی این داده‌ها برای عصری که به‌شدت در خطر تغییرات اقلیمی است، قابلیت پیش‌بینی و مدیریت را در هر زمینه‌ای به‌ویژه بحران و مواجه با آن را در اختیار متخصصان قرار می‌دهد.

یادداشت‌ها

۱- آخرین فاز سرد یخبندان در کواترنر

۲- رایت(Wright, HE , NY) یکی از یخچال‌شناسان معاصر است که برای بازسازی شرایط برودتی ورطوبتی گذشته از آثار سیرک‌های کوچک یخچالی استفاده می‌کند.

۳- تفاوت دمایی

۴- تفاوت شرایط رطوبتی

کتابنامه

۱. آقانباتی، سیدعلی.(۱۳۸۵). *زمین‌شناسی ایران*.تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۲. براتیان، علی؛ رحیم‌زاده، فاطمه.(۱۳۷۷).«پارامترهای مؤثر بر تغییر اقلیم». *مجله علمی و فنی نیوار*. شماره ۳۷. تهران. صص ۵۸-۴۷.

۳. پدرامی، منوچهر.(۱۳۶۷). «سن مطلق کواترنر». *مجله دانشکده علوم*. جلد ۱۷. شماره ۳و۴. تهران. صص۱۱۴-۸۸

۴. جداری عیوضی، جمشید.(۱۳۸۳). *ژئومورفولوژی ایران*. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.

۵. رامشت، محمدحسین.(۱۳۸۱). *آثار یخچالی زفر*. طرح پژوهشی. دانشگاه اصفهان.

۶. ـــــــ ـــــــــــ(۱۳۷۱). *زاینده رود و تأثیر آن در سیمای فضایی اصفهان*. پایان نامه دوره دکتری ژئومورفولوژی. دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۷. گابریل، آلفونس.(۱۳۳۶). *عبور از صحاری ایران*. ترجمه: فرامرز، سمیعی. مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.

۸. گیرشمن، رومن.(۱۳۳۶). *ایران از آغاز تا اسلام*. ترجمه: محمد، معین. تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.

۹. معتمد، احمد.(۱۳۸۲)؛ *جغرافیای کواترنر*.تهران: انتشارات سمت.

۱۰. مقیمی، ابراهیم.(۱۳۸۷). *ژئومورفولوژی اقلیمی قلمرو سرد یخچالی*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۱۱. مک گوفی،کی،ای؛ هندرسون- سلرز.(۱۳۸۰). ترجمه مسعودیان، ابوالفضل و غیور، حسن‌علی. *نخستین گام در مدل سازی اقلیمی*. اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان.

۱۲. مهرشاهی، داریوش. (۱۳۸۱). «تشخیص تغییرات اقلیمی اواخر دوران چهارم در ایران از طریق اطلاعات حاصل از مطالعه دریاچه‌ها، یافته‌ها و نظریات جدید و پیچیدگی‌های تفسیر شواهد موجود». *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. شماره ۶۳. صص۱۴۴-۱۳۳.

۱۳. یمانی، مجتبی.(۱۳۸۶). «ژئومورفولوژی یخچال‌های زردکوه (بررسی اشکال ژئومورفیک و حدود گسترش آن‌ها». *پژوهش‌های جغرافیایی*. شماره ۵۹. صص۱۳۹-۱۲۵.

14. Boobek, H. (1955). *Klima and Landschaft Iran*, Wien.NO25, pp1-42.
15. Blanford, W. T. (1973). "On the nature and probable origin of the superficial in the valleys and deserts of central Persian the Quarterly", *journal of the Geological Society of London*. Proceeding of the Geological Society. NO14. pp 492-501.
16. Dresh, J. (1976). Lut-Iran, Aul, Centere Geographiqu, France, No. 21. pp.337-351.
17. Huckoride, R.(1968).Geology of Kerman regional, Zurich Suitzerland.pp.25-42.
18. Klinsley, D. (1972). "A Geomorphological andpaleoclimateological Study of the playas of Iran", *Geological Department of Interior Washington. D.C*, No. PRO C, Pp 70-800.
19. Kehal, M. (2009). Quaternary climate change in Iran, *Department of Geography* Vol. 63 · No. 1 · pp. 1 – 17.
20. Megard, R. O. (1967). "Late-Quaternary cladocera of Lake Zeribar", western Iran. *Ecology* 48, pp 179–189.
21. Menzies. J (2002). ‘‘Modern and past glacial environments’’, *Journal of Quaternary Science*.pp 315–316**.**
22. Pedrami, M. (1981). "Pasadenian Orogeny and Geology of Last 700,000 Years of Iran". *Geological Survey of Iran*, pp273.
23. Rob. H؛ Dott, Ir. (1981). "Pleistocene Glaciations and the Rise of Man". *Evolution OF Th Earth*, Third Edition.