پهنه‌بندی و واکاوی فرایندهای هوازدگی در حوضه قره‌سو گرگان

محمد مهدی حسین زاده
دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
سمیه عمادالدین*
استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
فخرالدین نامجو
دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت : ۱۳۹٤/۰٤/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۸/۱۹

چکیده
شدت و تیپ هوازدگی در نواحی مختلف متفاوت می‌باشد که این اختلاف‌ها ناشی از عوامل جغرافیایی از قبیل عرض جغرافیایی، زاویه تابش، ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا و ... می‌باشد که با توجه به اقلیم خود نوع هوازدگی را به وجود می‌آورد. برای شناسایی وضعیت هوازدگی در سطح منطقه مورد مطالعه از مدل‌های پلتیر استفاده شد و از بین هفت مدل پلتیر، دو مورد (مناطق مورفوژنتیکی و شدت و تیپ هوازدگی) مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت هوازدگی و شکل‌های مورفوژنتیکی حوضه قره‌سو، عناصر اقلیمی متوسط دما و بارش سالانه ایستگاه‌های اقلیمی منطقه که دارای مشاهدات همزمان بوده انتخاب شده است که حدود ۲۰ ایستگاه که داده‌های مناسبی از لحاظ طول دوره آماری (۲۱ ساله) داشتند انتخاب شدند. در ادامه، بعد از بررسی روند دما و بارش در منطقه مورد مطالعه، رژیم‌های مربوط به هر ایستگاه از روی مدل‌های پلتیر تعیین شد و بعد از دادن ارزش وزنی به آنها در پایگاه داده ثبت گردید. و در ادامه تجزیه و تحلیل‌ها در محیط GIS صورت گرفت. نتایج مدل مناطق مورفوژنتیکی نشان داد که از ۹ وضعیت مورفوژنتیکی موجود در مدل پلتیر، ۳ وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق می‌افتد. قسمت‌های شمالی منطقه از نظر مناطق مورفوژنتیکی جزء مناطق ساوان محسوب می‌شود. ویژگی غالب منطقه ساوان را می‌توان فعالیت آب‌های جاری با شدت شدید تا ضعیف و تأثیر متوسط بادهای غالب منطقه نام برد. قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه بدلیل بارش ناچیز و دمای کم جزء منطقه خشک محسوب می‌شود. ویژگی غالب منطقه خشک را می‌توان باد شدید، فعالیت آب جاری و حرکات توده ضعیف نام برد. و همچنین نتایج رژیم هوازدگی نشان داد که از هفت رژیم هوازدگی موجود در مدل پلتیر، سه وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق می‌افتد، به طوری که در مناطق کوهستانی منطقه، هوازدگی از نوع مکانیکی ملایم رخ می‌دهد، در صورتی که در مناطق شمالی به علت دما و بارش‌های زیاد، بیشتر هوازدگی‌ها از نوع شیمیایی متوسط است که بیشترین بخش‌های منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است.

واژ گان کلیدی: **رژیم هوازدگی، مناطق مورفوژنتیکی، مدل پلتیر، حوضه قره‌سوی گرگان**

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۲۷۰۳۰۲۵ Email: S.emadodin@gu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

فلات ایران یک منطقه مهم مورفوتکتونیک می‌باشد که در بخش میانی آلپ–هیمالیا قرار گرفته است. رشته کوه‌های البرز و زاگرس به عنوان دو سیستم چین خورده اصلی از این کمربند، مهمترین ارتفاعات ایران را تشکیل می‌دهد (پدرامی، ۱۳۶۶، ۵۷–۶۷). عامل ارتفاع و شکل توزیع ناهمواری‌ها و همچنین عرض جغرافیایی نقش تعیین کننده‌ای در تنوع اقلیمی این سرزمین به عهده دارند. همین ویژگی‌ها موجب شده است که از تنوع اقلیمی بیشتری نسبت به سایر مناطق برخودار باشد (محمودی، ۱۳۶۷، ۵–۶). شاید یکی از بحث انگیزترین زمینه‌های ژئومورفولوژی، مباحث مربوط به تحولات اقلیمی باشد. علم ژئومورفولوژی قادر است تا با تفسیر اشکال سطح زمین، فرایندهای عامل و در نتیجه شرایط اقلیمی حاکم را در گذشته و حال تبیین و تحلیل کند؛ بنابراین راه حل عملی برای اثبات تغییرات اقلیمی در محیط متنوع ایران، بکارگیری توان‌های این علم است. از دیدگاه ژئومورفولوژی اقلیمی، در هر پهنه‌ی شکل‌زایی، فرایندهای هوازدگی خاصی فعالیت دارند که منتج از اقلیم می‌باشد. در هر یک از این پهنه‌ها، فرایندهای هوازدگی متناسب با ویژگی‌های اقلیمی آن منطقه فعال می‌باشد (جعفری‌اقدم و همکاران، ۱۳۹۱، ۱). سنگ‌ها در بسیاری از فعالیت‌های انسانی، اهمیت بنیادی دارند. سنگ‌ها منابع اولیه برای ساختمان‌سازی، راه‌سازی و سایر امور مهندسی به شمار می‌روند. بنیاد و پی بسیاری از سازه‌های انسانی بر سنگ‌ها قرار می‌گیرند. تمام سنگ‌ها در معرض فرآیندهای طبیعی هوازدگی قرار می‌گیرند و عملکرد این فرآیندها به تمام فعالیت‌هایی که از سنگ به عنوان مادهٔ خام استفاده می‌کنند، مربوط می‌شود (قهرودی‌تالی، ۱۳۸۴، ۱۱۴). مطالعات زیادی در زمینه‌ی هوازدگی سنگ‌ها در سطح ملی و بین‌المللی صورت گرفته است از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛ در سطح جهان در زمینه پهنه‌بندی مورفوژنتیک می‌توان به افرادی چون دیویس[1]، پنک[2]، بودل[3]، ترول[4] و پلتیر[5] اشاره کرد. دیویس به سه نوع فرایند شکل‌زائی وابسته به اقلیم اعتقاد داشته است که شامل: آب‌های جاری در مناطق مرطوب، یخ در مناطق یخچالی و باد در مناطق خشک عامل تغییر شکل ناهمواری‌ها است. پنگ در سال ۱۹۰۹ سه اصطلاح خشک، مرطوب و برفی را برای سه منطقه مورفوژنتیکی که از لحاظ اقلیم، هیدرولوژی و ژئومورفولوژی از یکدیگر متمایز هستند به کاربرد و تأکید داشت که این مناطق در دوره‌های سرد و گرم پلئیستوسن به طور متناوب جابه‌جا شده‌اند. بودل ۱۹۴۸ سیستم ژئومورفولوژی اقلیمی را مطرح نمود و همزمان با او کارل ترول در ارتباط با رابطه اقلیم و پراکندگی فرایندها و عوامل ژئومورفیک هفت منطقه مورفوژنتیک را ارائه کرد. در سال ۱۹۵۰ پلتیر نه سیستم مورفوژنتیک مستند بر کنترل ژئومورفیک دما و بارش روی فرایندهای شکل‌زائی ارائه کرد. گائوری[6] و همکاران (۱۹۸۱) به مطالعه تأثیر هوازدگی بر آثار تاریخی تاج محل در هندوستان پرداخته‌اند. که در این مطالعه از روش‌های میکروسکپی و شیمیایی برای نشان دادن میزان آسیب‌پذیری سنگ‌های مرمر استفاده شده است و به این

1 -W.M.Davis
2 -A.Penck
3 -J.Budel
4 -C.Troll
5 -L. Peltier
6- Gauri, K

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه رسیده‌اند که افزایش میزان آلودگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر سطوح سنگی شدت هوازدگی آنها را چندین برابر می‌کند. گرگوری[۷] و همکاران (۱۹۹۵) مدل ادراکی جدید برای درک تغییرات جغرافیایی هوازدگی ارایه کردند آنها برای ارایه این مدل از مدل‌های پلتیر در مورد هوازدگی بهره بردند. فاولر[۸] و همکاران (۲۰۰۳) مدل‌های هفت گانه اقلیمی، هوازدگی و فرسایش پلتیر را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Gis) در مورد کشور امریکا به کار بردند و این کشور را از لحاظ مناطق مختلف هوازدگی و فرسایش طبقه بندی کردند. بهاتارای[۹] و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر هوازدگی بر خواص فیزیکی و مکانیکی گل‌سنگ مطالعه کرده‌اند. در این مطالعه از روش تجزیه و تحلیل اندازه ذرات، پراش اشعه ایکس و آزمایش مقاومت استفاده کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که در مناطق یاسیزیکای توکیو هوازدگی فیزیکی نقش عمده‌ای در کاهش مقاومت برشی گل‌سنگ‌ها داشته است. ابطحی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی شواهد ژئومورفیک آخرین دوره آب و هوایی کواترنر در حوضه دریاچه نمک، ایران مرکزی پرداخته‌اند. در این مطالعه برای بازسازی اقلیم دوران وورم با توجه به دما و بارش سالانه حال از روش رایت استفاده کرده‌اند. و همچنین برای نشان دادن مناطق مورفوژنتیکی با توجه به دما و بارش از مدل‌های پلتیر بهره برده‌اند. با توجه به این مطالعات به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش ۴۸ درصد (۱۸۰ میلی‌متر) در بارش سالانه و کاهش۵/۶ درجه سانتی‌گراد درجه حرارت در آب و هوای امروزی می‌توان با دوره یخبندان وورم مقایسه کرد. ابطحی و همکاران (۲۰۱۳) به تهیه نقشه مورفولوژیکی هوازدگی و فرسایش حوضه دریاچه نمک ایران مرکزی با استفاده از مدل‌های پلتیر پرداخته‌اند. و به این نتیجه رسیده‌اند که این منطقه از نظر هوازدگی مکانیکی، شیمیایی و حرکت‌های توده‌ای در حالت حداقل و از نظر فعالیت‌های بادی حداکثر و از نظر مورفولوژیکی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. اما مطالعاتی که در کشور ما انجام شده است می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد: قهرودی‌تالی (۱۳۸۴) پهنه‌بندی قلمروهای هوازدگی سنگ‌های ایران را با بکارگیری فناوری Gis مورد بررسی قرار داده است. و نتیجه پژوهش گویای این است که تنوع شرایط هوازدگی در ایران نیاز به پژوهش‌هایی در مقیاس ناحیه‌ای دارد و همچنین پهنه‌بندی هوازدگی در مقیاس فضایی ملی نیز اگر از توزیع متعادل نمونه گیری بهره‌مند شود می‌تواند در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی کلان مفید باشد. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی هوازدگی سنگ‌های نمای ساختمان در کلان شهر مشهد پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که سنگ‌های گرانیت مقاوم‌ترین سنگ‌نمای ساختمان است. اما در شرایط اقلیمی شهر مشهد توجه کافی به معماری نصب سنگ‌های تراورتن شده است و بیشترین هوازدگی در جنوب شهر مشهد از نوع متلاشی شدن حرارتی و سپس انحلال است. مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) پهنه بندی فرایندهای هوازدگی سنگ‌ها براساس مدل‌های پلتیر در شمال‌غرب ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که از نه وضعیت مورفوژنتیکی موجود در مدل پلتیر، پنج وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه رخ داده است به طوری که بیشتر بخش‌های شمال‌غرب کشور در منطقه نیمه خشک قرار می‌گیرد.

7- Gregory, A
8- Fowler, Rell
9- Bhattarai, Pankaj

Archive of SID

www.SID.ir

جعفری اقدم و همکاران (۱۳۹۱) به پهنه‌بندی فرایندهای هوازدگی حوضه رودخانه جاجرود با استفاده از مدل اقلیمی پلتیر پرداخته‌اند. در این پژوهش برای تحلیل داده‌ها از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Gis) استفاده شده است و نتیجه پژوهشات حاکی آن است که دو پارامتر دما و بارش سالانه در ارتباط با اختلاف ارتفاع، ایجادکننده مناطق شکل‌زایی مختلف و تفاوت در شدت عمل فرایندهای هوازدگی در حوضه می‌باشند. خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۳) پهنه‌بندی و واکاوی فرایندهای هوازدگی در غرب دشت مرکزی–زاگرس را مورد بررسی قرار داده‌اند. و به این نتیجه رسیده‌اند که غرب دشت مرکزی جزء مناطق مورفوکلیماتیک خشک و نیمه‌خشک است که هوازدگی شیمیایی ضعیفی در آن حاکم است و کوه‌های زاگرس اغلب جزء مناطق ساوان و معتدل است که دارای هوازدگی شیمیایی متوسط بوده است.

شناخت عوامل موثر در شکل‌زایی و فرایندهای هوازدگی حاکم در قسمت‌های مختلف یک حوضه باعث شناخت مخاطرات ژئومورفیکی بالقوه و همچنین توان‌های محیطی این نواحی می‌شود که می‌توانند، نقش بسیار حیاتی در امر برنامه‌ریزی‌های عمرانی داشته باشد. به همین منظور در این پژوهش، جهت شناخت شرایط هوازدگی و تحلیل آن، حوضه قره‌سو گرگان انتخاب شد. و سعی بر آن است ضمن در نظر گرفتن متغیرهای موثر بر هوازدگی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه، به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (Gis) با استفاده از این متغیرها، پهنه‌بندی مناطق مختلف هوازدگی صورت گیرد.

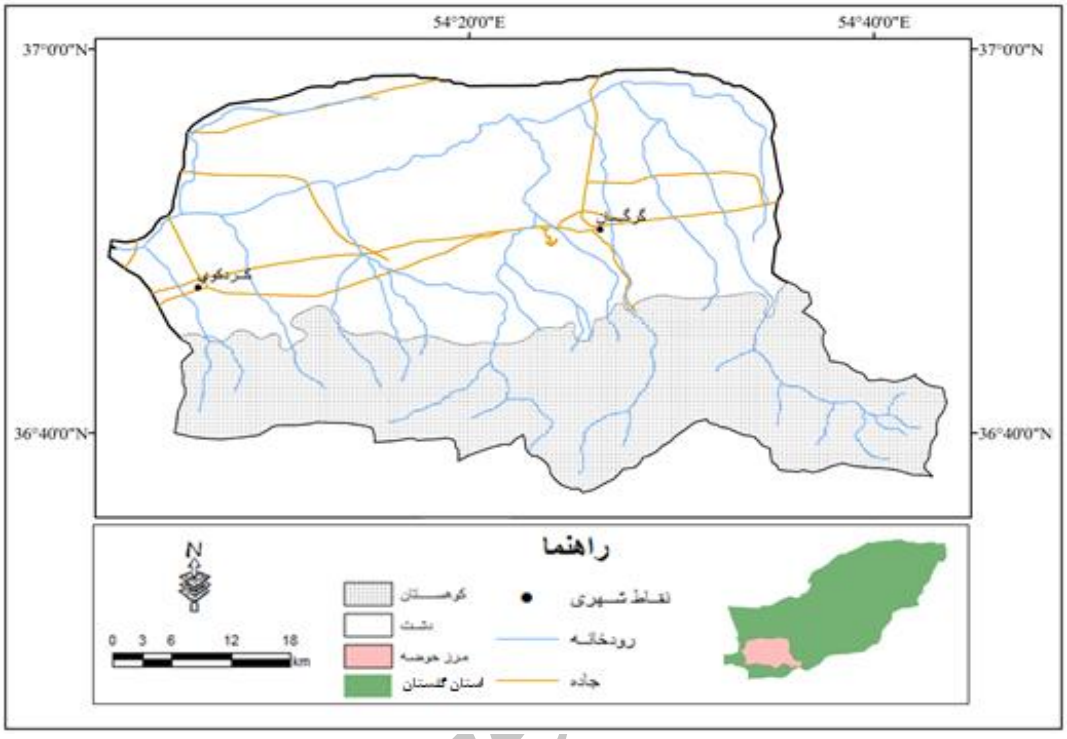
منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه‌های قره‌سو و گرگانرود در بخش شرقی رشته‌کوه البرز واقع شده و دارای وسعتی حدود ۱۳۰۶۱ کیلومتر مربع می‌باشد. دشت گرگان – گنبد یکی از وسیع‌ترین دشت‌های کشور با روند شرقی – غربی در دامنه شرقی ارتفاع‌های البرز با وسعتی حدود ۴۷۲۷ کیلومتر مربع گسترده شده و با وسعت دشت‌های داخل ارتفاع‌ها (رباط قره‌بیل، دانیال نبی و نردین) جمعاً مساحت دشت‌های حوضه آبریز به ۵۰۳۵ کیلومتر مربع می‌رسد و این حوضه آبریز به لحاظ اهمیت یکی از حوضه‌های تلفیق مطالعات کشور را تشکیل می‌دهد. حوضه آبریز رودخانه قره‌سو در غرب شروع و به حوضه آبریز رودخانه اترک در شرق و شمال ختم می‌گردد. این حوضه آبریز به طور عمده در استان گلستان واقع بوده و قسمت‌هایی از حوضه تلفیق، در استان خراسان و سمنان قرار گرفته و بین طول جغرافیایی ۵۴ درجه تا ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی واقع شده‌است. حداقل ارتفاع در این منطقه سواحل دریای مازندران ۲۶– متر و حداکثر آن در حوضه قره‌سو ۳۲۰۰ متر (ارتفاعات گرمابدشت) می‌باشد. سطح عمده حوضه آبریز گرگانرود به ویژه در جنوب و شرق در ارتفاعات توسط جنگل پوشیده شده و در شمال و غرب حوضه، دشت آبرفتی با کاربری زراعی و مسکونی و تا حدودی مرتع سطح حوضه را تشکیل می‌دهد. رودخانه‌های تشکیل

Archive of SID

www.SID.ir

دهنده حوضه آبریز قره سو که مهم‌ترین آنها رودخانه کردکوی، شصت کلاته، زیارت و گرمابدشت می‌باشد که پس از الحاق به یکدیگر در مجاورت روستای قره سو به خلیج گرگان جریان می‌یابد (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش روش مطالعه و تجزیه و تحلیل داده‌ها براساس روش تحلیلی_توصیفی انجام شده است و جمع آوری داده‌ها از طریق منابع کتابخانه‌ای و میدانی است. در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت هوازدگی و شکل‌های مورفوژنتیکی حوضه آبخیز قره‌سو، عناصر اقلیمی متوسط دما و بارش سالانه ایستگاه‌های اقلیمی حوضه و حومه‌ی آن که دارای مشاهده‌های همزمان بوده انتخاب گردیده است. که ۲۰ ایستگاه که داده‌های مناسبی از لحاظ طول دوره آماری (۳۵ ساله) داشتند انتخاب شدند (جدول ۱). سپس یک پایگاه داده‌های در محیط GIS ایجاد شد و داده‌های مربوط در آن محیط ثبت گردید و در ادامه تجزیه و تحلیل‌ها در محیط GIS صورت گرفت. همچنین از نقشه توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی استفاده شد. سپس با استفاده از مدل پلتیر، از دو متغیر متوسط دمای سالانه و متوسط بارش سالانه هفت مدل را مشخص کرد که می‌توانند انواع مختلف پدیده‌های هوازدگی را توصیف کنند. لذا با استفاده از این مدل فرایندهای هوازدگی موجود در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید و در نهایت نقشه‌های مربوط ترسیم گردید.

Archive

www.SID.ir

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
۱	آق قلا	۵۴/۵۰	۳۷/۱۱	-۱۲
۲	بهلکه داشلی	۵۴/۸۰	۳۷/۰۵	۲۴
۳	النگدره	۵۴/۱۴	۳۶/۷۷	۲۸۰
٤	دراز نو	۵۴/۱۳	۳۶/۶۶	۲۴۲۰
۵	آبگیر	۵۴/۴۶	۳۶/۷	۹۵۰
٦	پل اردوگاه	۵۴/۳۴	۳۶/۴۷	۴۶۵
۷	زیارت	۵۴/۴۸	۳۶/۷۱	۹۵۰
۸	قلعه حسن	۵۴/۴۵	۳۶/۹۲	۲۰۰
۹	سد گرگان	۵۴/۷۳	۳۷/۲۰	۱۲
۱۰	سلطان آباد	۵۴/۵۰	۳۶/۹۱	۵۰
۱۱	شاه کوه بالا	۵۴/۵۰	۳۶/۵۶	۲۲۴۰
۱۲	شصت کلاته	۵۴/۳۴	۳۶/۷۵	۱۵۰
۱۳	شیرین آباد	۵۵/۱۶	۳۶/۸۰	۹۴۰
۱٤	غفار حاجی	۵۴/۱۳	37	-۲۲
۱۵	فاضل آباد	۵۴/۷۵	۳۶/۹۰	۲۱۰
۱٦	قلعه جیق	۵۴/۲۰	۳۷/۱۵	-۲۲
۱۷	کردکوی	۵۴/۱۲	۳۶/۷۷	۱۴۰
۱۸	محوطه امور گرگان	۵۴/۴۳	۳۶/۸۷	۷۵
۱۹	نهارخوران	۵۴/۴۷	۳۶/۷۷	۳۳۰
۲۰	یساقی	۵۴/۲۳	۳۶/۸۳	۶

در ادامه، برای شناسایی وضعیت هوازدگی در سطح منطقه مورد مطالعه از مدل‌های پلتیر استفاده شد و از بین هفت مدل پلتیر، دو مورد که به نحو مطلوبی می‌توانند وضعیت هوازدگی و اشکال مربوط را توصیف کنند، مورد استفاده قرار گرفت. این‌ها عبارتند از:

الف) مدل مناطق مورفوژنتیکی

مقدار باران، پراکندگی آن در طول سال، درجه حرارت متوسط سالانه، تغییرات دما، عرض جغرافیایی، ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا، زاویه تابش خورشید و مجاورت با منابع رطوبتی در میزان هوازدگی سنگ‌ها تأثیر می‌گذارد. بنابراین در مدل مورفوژنتیکی پلتیر از دو متغیر متوسط دما و بارش سالانه استفاده می‌شود. و در این مدل مناطق مورفوژنتیکی به ۹ طبقه مختلف تقسیم شده است. با توجه به مناطق مورفولوژیکی هر منطقه دارای دما و بارش متفاوتی با سایر مناطق دارد و همچنین هر نوع مناطق، مناطق مورفوژنتیکی ویژگی خواص خود را دارد که با سایر نواحی مورفوژنتیکی متفاوت

Archive of SID

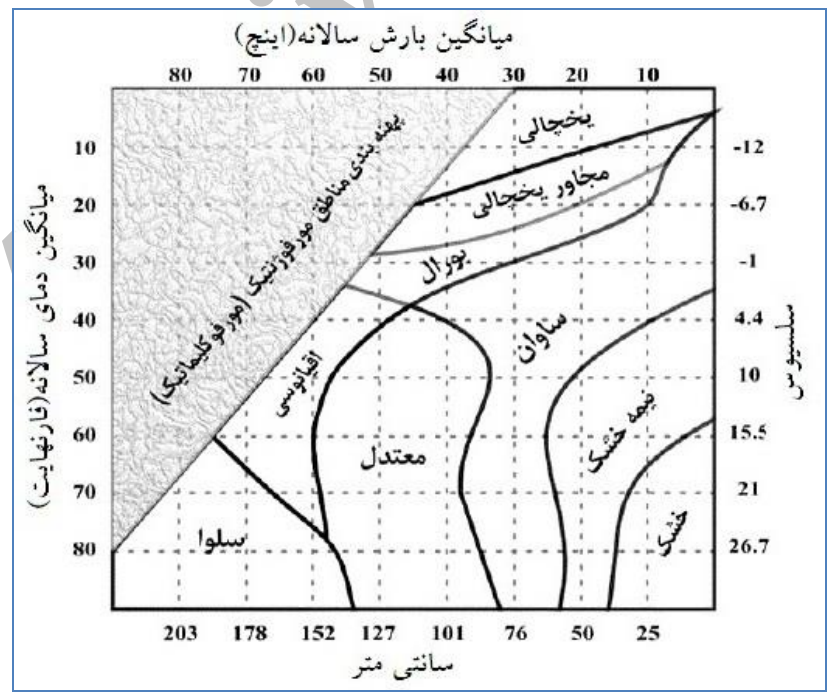
www.SID.ir

می‌باشد. جدول (۲) مناطق مورفوژنتیکی را براساس تقسیم بندی پلتیر به همراه ویژگی‌های مورفولوژی آنها نشان می‌دهد. همچنین شکل (۲) تقسیم‌بندی مناطق مورفوژنتیکی را در گراف پلتیر نشان داده است.

جدول ۲: مناطق مورفوژنتیکی براساس مدل پلتیر(۱۹۵۰)

مناطق مورفوژنتیک	میانگین دمای سالانه	میانگین بارش	ویژگی‌های مورفوژنتیکی
یخچالی	۷ – تا ۱۸–	۰ تا ۱۴۰۰	فرسایش یخچالی، نیواسیون
مجاور یخچالی	۱– تا ۱۵ –	۱۳۰ تا ۱۴۰۰	تأثیر باد، حرکت توده‌ای شدید، فعالیت آب جاری ضعیف
بوریل	۳ + تا ۹ –	۲۵۰ تا ۱۵۲۰	تأثیر یخبندان متوسط، تأثیر آب و باد متوسط تا ضعیف
اقیانوسی	۲۱ + تا ۲ +	۱۲۷۰ تا ۱۹۰۰	حرکت‌های توده‌ای شدید، فعالیت آب جاری متوسط تا ضعیف
سلوا	۲۹ + تا ۱۶ +	۱۳۰۰ تا ۲۲۹۰	حرکت‌های توده‌ای شدید، شست‌وشوی دامنه‌ها در حد کم
معتدل	۲۹ + تا ۳ +	۸۹۰ تا ۱۵۲۰	فعالیت آب جاری حداکثر، تأثیر یخبندان و باد در حد کم
ساوان	۲۹ + تا ۱۲ –	۶۴۰ تا ۱۲۷۰	فعالیت آب جاری شدید تا ضعیف، تأثیر باد متوسط
نیمه خشک	۲۹ + تا۲ +	۲۵۰ تا ۶۴۰	تأثیر باد شدید، فعالیت آب جاری متوسط تا شدید
خشک	۲۹ + تا ۱۳ +	۰ تا ۳۸۰	تأثیر باد شدید، فعالیت آب جاری و حرکت‌های توده ضعیف

بعد از بدست آوردن نگرش کلی از روند دما و بارش، منطقه مورد مطالعه از لحاظ وضعیت مناطق مورفوژنتیکی مورد بررسی قرار گرفت و بعد از به دست آوردن محل هر یک از ایستگاه‌ها در مدل پلتیر به هر ایستگاه یک ارزش وزنی به عنوان کد داده شد و در پایگاه داده وارد گردید. در مرحله بعدی، لایه رستری دوباره طبقه‌بندی گردید و به هر وضعیت یک ضریب از ۱ تا ۳ داده شد، جدول (۳) به طوری که کم‌ترین ضریب به مناطق خشک و بیشترین آن به مناطق ساوان تعلق گرفت و نقشه وضعیت مورفوژنتیکی منطقه تولید شد.



شکل ۲: تقسیم بندی مناطق مورفوژنتیکی در گراف پلتیر

www.SID.ir

جدول ۳: نوع مناطق مورفوژنتیکی و مقادیر وزنی آنها

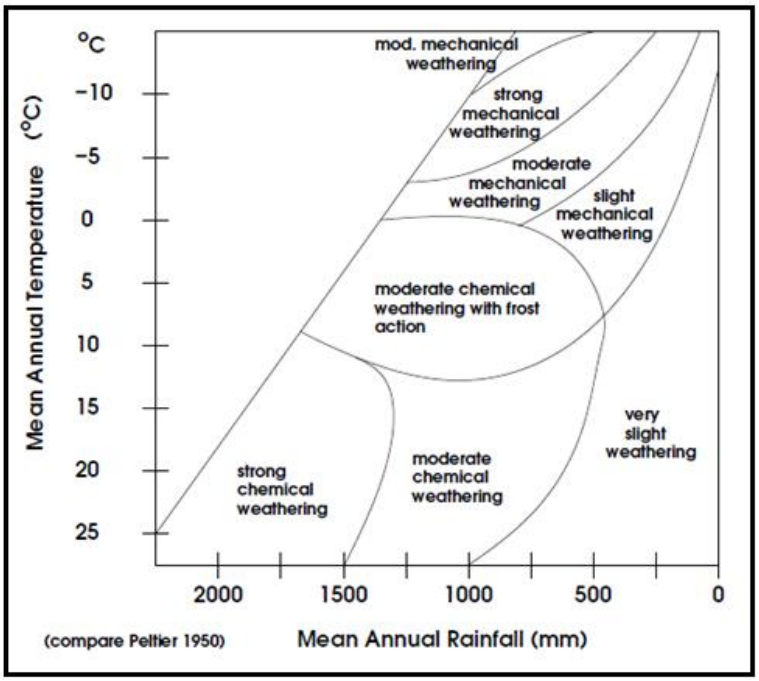
نوع مناطق مورفوژنتیک	مقادیر وزنی
خشک	۱
نیمه خشک	۲
ساوان	۳

ب) مدل شدت و تیپ هوازدگی

هوازدگی با توجه به تغییراتی که در سنگ به وجود می‌آورند می‌تواند به دو دسته مکانیکی و شیمیایی تقسیم کرد (جدول ۴). در این مدل از دو متغیر بارش و دمای سالانه استفاده می‌شود این مدل به هفت نوع تیپ هوازدگی تقسیم می‌شود که هر ناحیه نشان دهنده یک نوع شرایط هوازدگی است (شکل ۳).

جدول ٤: شدت و تیپ هوازدگی

شدت و تیپ هوازدگی	میانگین دمای سالانه	میانگین با
هوازدگی خیلی ملایم	+۲۹ تا −۱۵	۰−۱۰۱۵
هوازدگی شیمیایی قوی	+۲۹ تا ۱۳	>۱۵۲۵
هوازدگی شیمیایی متوسط	+۲۹ تا ۷/۵	۵۰۰−۱۵۲۵
هوازدگی مکانیکی ملایم	۷/۵ تا −۱۸	۰−۸۸۰
هوازدگی مکانیکی قوی	−۴ تا −۱۸	۲۵۰−۱۳۰۰
هوازدگی مکانیکی متوسط	−۱۳ تا −۱۸ −۱ تا −۱۸	۵۰۰−۱۰۱۵ ۱۰۰−۱۴۰۰



شکل ۳: وضعیت رژیم هوازدگی در گراف پلتیر

Archive of SID

www.SID.ir

در نهایت منطقه مورد مطالعه از لحاظ وضعیت رژیم‌های هوازدگی مورد بررسی قرار گرفت و بعد از به دست آوردن محل هر یک از ایستگاه‌ها در مدل پلتیر وضعیت مربوط به هر ایستگاه به صورت ارزش کدی در پایگاه داده وارد گردید و سپس برای پهنه بندی این مناطق در محیط GIS لایه رستری دوباره طبقه بندی شد و به هر وضعیت یک ضریب از ۱ تا ۳ داده شد، جدول (۵) به طوری که کمترین ضریب به هوازدگی خیلی ملایم و بیشترین آن به هوازدگی شیمیایی متوسط تعلق گرفت.

جدول ۵: وضعیت رژیم هوازدگی و مقادیر وزنی آنها

وضعیت رژیم‌های هوازدگی	مقادیر وزنی
هوازدگی خیلی ملایم	۱
هوازدگی مکانیکی ملایم	۲
هوازدگی شیمیایی متوسط	۳

یافته‌های پژوهش

توپو گرافی (ناهمواری‌ها) :

وضعیت توپوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه، دوری از دریا و تغییرات دما و بارندگی موجب ایجاد رژیم‌های متفاوت جریان سطحی در رودخانه‌های منطقه گردیده است. از لحاظ مورفولوژی منطقه مورد مطالعه را می‌توان به سه واحد کوهستانی، کوه‌پایه‌ای و دشتی تقسیم کرد:

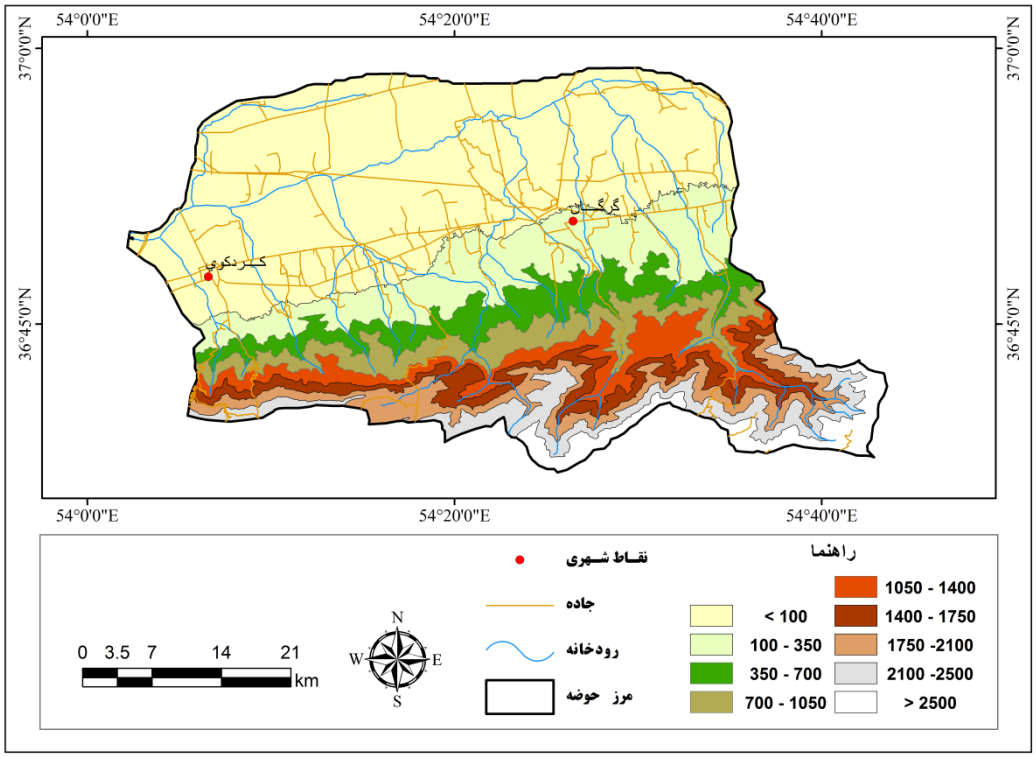
ناحیه کوهستانی: رشته کوه البرز به صورت دیوار استان گلستان را از استان سمنان جدا می‌کند. این ناحیه در اثرحرکات کوهزایی دوران سوم زمین شناسی بوجود آمده است. فرسایش اواخر دوران سوم و دوران چهارم زمین شناسی تغییرات زیادی در آن بوجود آورده است. ناحیه مزبور از ارتفاع ۵۰۰ متری تا بیش از ۳۵۰۰ متر را در برگرفته و پوشیده از گونه‌های جنگلی و مرتعی می‌باشد. حداکثر ارتفاعات حوضه‌های آبریز قره‌سو و گرگانرود به ارتفاع ۳۲۲۰ متر در حوضه آبریز رودخانه گرمابدشت و ۳۵۰۰ متر در حوضه آبریز رودخانه محمدآباد (سرمو) واقع است. معروف‌ترین مناطق مرتفع این منطقه ارتفاعات کوه شاهوار، ارتفاع‌های خوش ییلاق، کوه ابر (زرین گل) و ارتفاع‌های جنگل گلستان می‌باشد. ارتفاع‌های البرز را تعداد زیادی دره بزرگ و کوچک که عموماً در جهت شمالی‌جنوبی قرار دارند قطع می‌کند. در خط القعر دره‌ها رودخانه‌های منطقه جریان دارند که دامنه شمالی البرز سرچشمه می‌گیرند و پس از الحاق به یکدیگر در نقاط مختلف دشت قره‌سو و گرگانرود را تشکیل می‌دهند که به صورت شرقی- غربی در دشت گرگان جریان دارد (شکل ۴).

ناحیه کوه‌پایه‌ای: این ناحیه از ارتفاع ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر را در برگرفته و شامل تپه‌های کوچک لس، تپه‌ماهور و بدلندها که پوشیده از اراضی جنگلی می‌باشد. رودهای مهمی با شاخه‌های متعددی سطح کوهپایه و دشت را بریده و به دریای خزر و خلیج گرگان می‌ریزد (شکل ۴).

Archive of SID

www.SID.ir

ناحیه جلگه‌ای و اراضی پست: ارتفاع این ناحیه در حاشیه دریای خزر و خلیج گرگان (پایین‌تر از سطح دریای آزاد) و به تدریج به سمت شرق به ارتفاع افزوده می‌شود. بقایای چین خوردگی دوران سوم در کوهپایه‌ها و تپه‌هایی از رسوب‌های آبرفت‌های قدیمی، کوهستان را به دشت ارتباط می‌دهد. این منطقه محل استقرار شهرها و اکثر روستاها می‌باشد (شکل ۴).



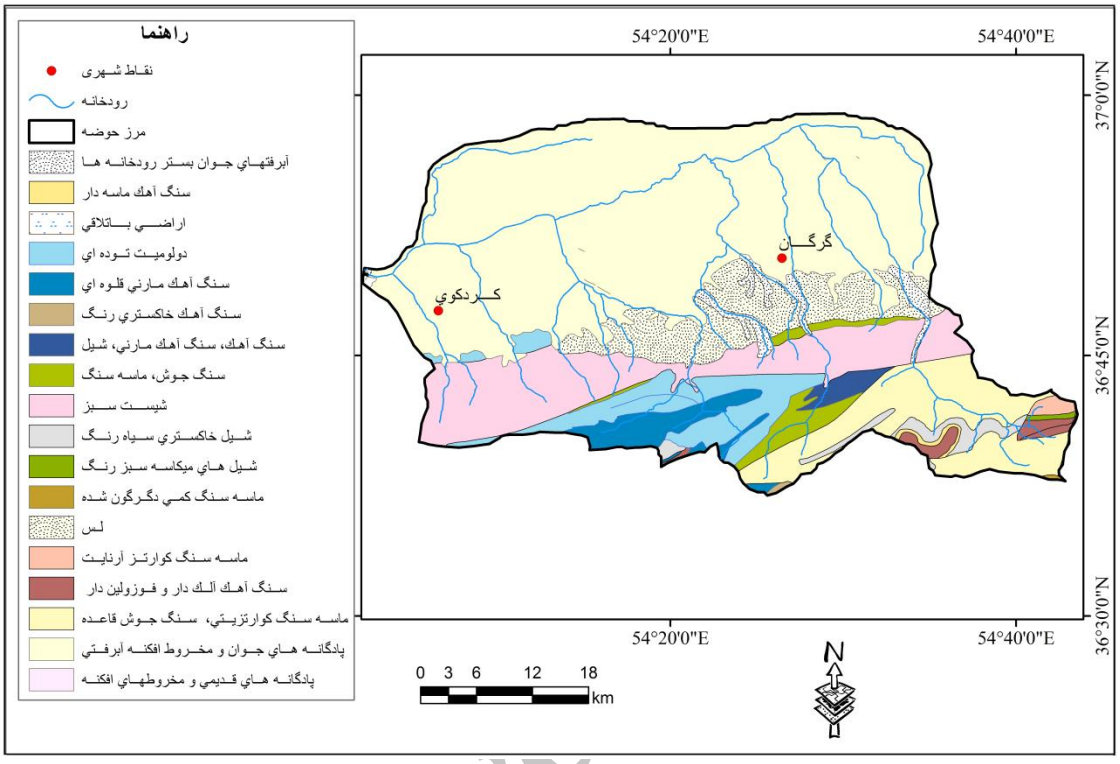
شکل ٤: نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

زمین شناسی

سطح وسیعی از منطقه به وسیله رسوبات عهد حاضر (رودخانه‌ای، دلتایی و ساحلی) دیده می‌شود. مرز شرقی آن بوسیله لایه‌های ضخیم از لس پوشیده شده است. رخساره‌ها با ژئومورفولوژی متنوعی از جمله رخساره‌های دامنه منظم و نامنظم، دشت فرسایشی، مخروط افکنه، واریزه‌ها، زمین لغزش، بستر آبرفتی، هزار دره، آبراهه U شکل، آبراهه تشتی، میکرو تراس، خزش و پرتگاه نمایان گشته است. بیشترین سطح منطقه مورد مطالعه را رسوب‌های رودخانه‌ی، رسوب‌های باد رفتی، باتلاق‌ها و سازندهای سست تشکیل داده که در شمال حوضه قرار دارد. این سازندها به طور کلی از نهشته‌های سیلابی و رودخانه‌ای جور نشده تشکیل شده است. همه سازندهای زمین شناسی از نظر مقاومت متفاوت می‌باشند. در واقع شاخص مقاومت یک پارامتر مهندسی مهم در ارزیابی زوال پذیری سنگ‌ها در برابر عوامل هوازدگی شیمیایی و فیزیکی است که ارتباط نزدیکی با ویژگی‌های کانی شناسی و مکانیکی سنگ‌ها دارد. بنابراین پایداری سنگ در برابر عوامل هوازدگی شیمیایی و فیزیکی، به مقدار زیادی به پارامترهای ذاتی سنگ، از جمله ترکیب کانی شناسی بستگی دارد

www.SID.ir

و از آنجا که سنگ‌ها از کانی‌های متفاوتی تشکیل شده اند، دوام متفاوتی در برابر عوامل تخریب از خود نشان می‌دهند (نیکودل و همکاران،۱۳۹۰:۳) (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

اقلیم

آب و هوای یک ناحیه وضعیت کلی حاکم بر هوای آن ناحیه را نشان می‌دهد و این واقعیت کلی کم‌تر دست‌خوش تغییر می‌شود و آب و هوا از عوامل اصلی است، که به طور مستقل در تکامل فرسایش اثر می‌گذارد (معتمد، ۱۳۵۸، ۱۲). بنابراین اقلیم هر منطقه حاصل عملکردهای متعدد سیستم‌های جوی است که در تعامل با ویژگی‌های منطقه مذکور نظیر طول و عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به دریا، کوه، بیابان و یا جنگل، فرآیندهای مختلف جوی نظیر بارندگی، تبخیر، تغییرات درجه‌حرارت، سرعت و جهت وزش باد و .... را ایجاد می‌نماید. ویژگی‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه حاصل عملکرد سیستم‌های جوی است که بر منطقه حاکم می‌باشد. استان گلستان، با توجه به موقعیت جغرافیایی، تحت تأثیر عرض و ارتفاع جغرافیایی، رشته کوه‌های البرز، دوری و نزدیکی به دریا، بیابان‌های جنوبی ترکمنستان، وزش بادهای محلی و ناحیه ای و پوشش متراکم جنگلی قرار دارد و آب و هوای گوناگونی دارد. شمال‌شرقی استان، به ویژه در شرق دریای خزر و حد فاصل گرگان رود تا مرز ترکمنستان، به علت دوری از آثار دریای خزر، کاهش ارتفاع‌های البرز شرقی، وسعت جلگه ساحلی و نزدیکی به بیابان‌های قره قوم و قزل قوم (در جمهوری‌های آسیای میانه) خشکی و گرمای هوا مواجه است و هر چه به سمت جنوب و جنوب‌غرب دور شویم به مناطق نیمه‌خشک (نیمه بیابانی) تبدیل می‌شود. در این

Archive

www.SID.ir

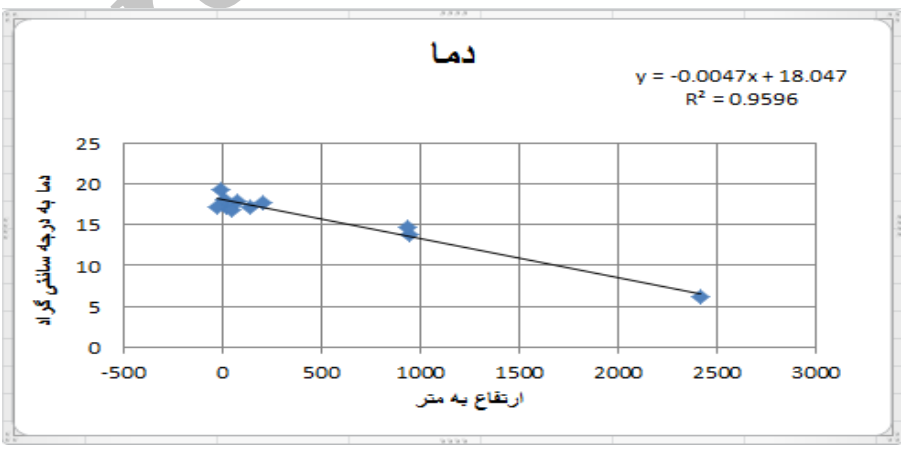
منطقه، میزان بارندگی سالانه اندک است و به علت کاهش رطوبت هوا، گرمای آن افزایش می‌یابد و اختلاف شدیدی بین دمای شب و روز و دمای سردترین و گرم ترین ماه‌های سال به وجود می‌آید. در منطقه جنوب‌غرب استان به علّت نزدیکی به ارتفاعات تغییرات دیگری در آب و هوای استان ایجاد می‌شود و با افزایش و اعتدال دما، شرایطی مشابه آب و هوای معتدل مرطوب خزری پدید می‌آید.

ویژگی‌های عناصر اقلیمی

در منطقه مورد مطالعه، توپوگرافی منطقه دارای ویژگی‌های است که بر پدیده‌های اقلیمی آن به خصوص دما، بارندگی، یخبندان و هوازدگی تأثیر فاحشی می‌گذارد. از مهم‌ترین این ویژگی‌ها وجود اختلاف ارتفاع می‌باشد که از ۲۶- متر در کنار سواحل دریای خزر تا ارتفاع ۳۸۳۰ متر در جنوب منطقه مورد مطالعه متفاوت می‌باشد که باعث تغییرات اقلیمی متفاوت در سراسر منطقه گردیده است.

- دما

به طور کلی هدف از مطالعات هواشناسی، ارزیابی و تعیین عناصر و پارامترهای هواشناسی به صورت نقطه‌ای در محل ایستگاه‌های هواشناسی و تعمیم نتایج نقطه‌ای به مجموعه طرح است. در این مطالعه از داده‌های ایستگاه سینوپتیک و ایستگاه‌های سازمان پژوهشات آب وزارت نیرو (تماب) استفاده شده است که بیشترین آن در قسمت شمال، شرق و غرب منطقه است که دلیل آن پایین بودن ارتفاع آن می‌باشد ولی قسمت جنوبی آن به دلیل افزایش ارتفاع دمای آن کاهش پیدا می‌کند. همبستگی ارتفاع و دما به صورت معادله خطی با ضریب همبستگی ۹۶ درصد می باشد که نشان می‌دهد رابطه قوی برقرار است. دمای بیشتر ایستگاه‌ها مابین ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است که ارتفاعی کمتر از ۵۰۰ متر واقع شده است (شکل ۶).

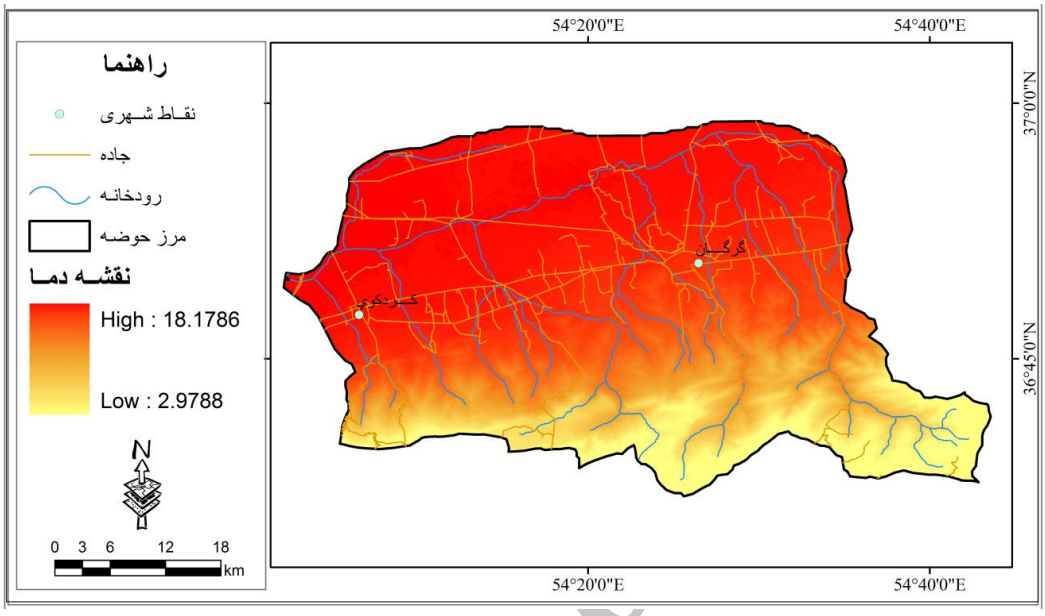


شکل ٦: نمودار گرادیان دما در منطقه مورد مطالعه

Archive of SID

www.SID.ir

با اعمال رابطه ضریب همبستگی در مدل ارتفاعی حوضه در محیط آرک مپ نقشه دمای کنونی حوضه بدست آمد که بیشترین مقدار دمای متعلق به مناطق دشت که مقدار آن ۱۸ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن مربوط به مناطق کوهستانی که با افزایش ارتفاع دما کاهش می‌یابد، مقدار آن ۲ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۷).



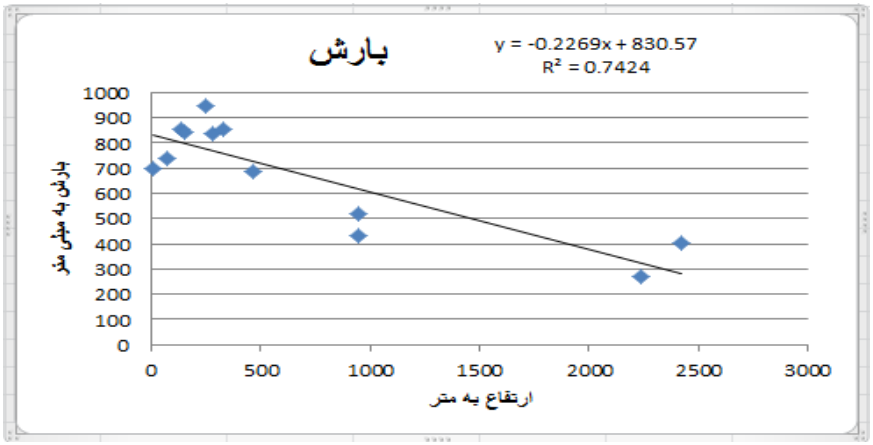
شکل ۷: نقشه دمای منطقه مورد مطالعه

- بارش

بارندگی از مهم‌ترین و در عین حال متغیرترین پارامترهای هواشناسی است. توزیع زمانی در منطقه در طول سال ثابت نیست و تغییرات زمانی بارندگی نیز در نقاط مختلف منطقه شدید می‌باشد. بیشترین بارندگی در فصول سرد سال و کمترین آن در تابستان صورت می‌گیرد. از طرفی حدود ۷۰ درصد بارندگی منطقه در فصول غیر زراعی (مهر تا فروردین) به وقوع می‌پیوندد. به طور کلی از سمت غرب به شرق و از جنوب به شمال منطقه، به علت اختلاف ارتفاع و فاصله از دریا، دمای هوا افزایش یافته و از مقدار بارش کاسته می‌شود. رابطه سنجی بین ارتفاع و بارش نشان داد که بین این دو پارامتر رابطه‌ای خطی با ضریب همبستگی ۷۴ درصد به صورت معادله شکل (۸) برقرار است.

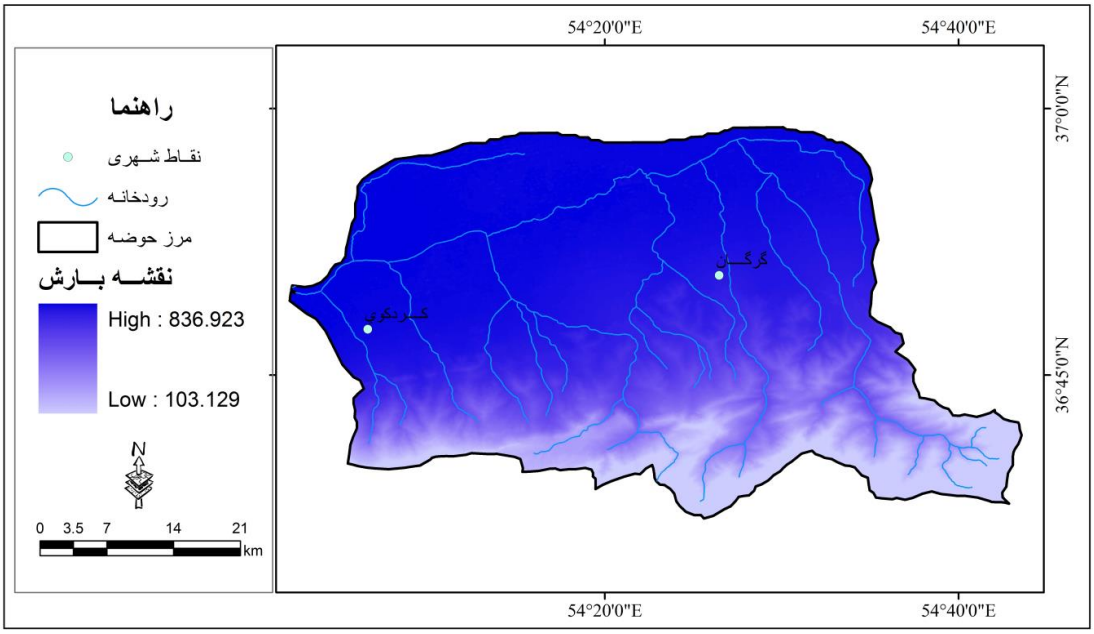
Archive of SID

www.SID.ir



شکل۸: نمودار گرادیان بارش منطقه مورد مطالعه

نقشه میانگین بارش سالانه حوضه به کمک ضریب همبستگی بین ارتفاع و بارش و مدل ارتفاعی حوضه تهیه شد که بیشترین مقدار بارش متعلق به مناطق دشت که مقدار آن ۸۳۶ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به مناطق کوهستانی که مقدار آن ۱۰۳ میلی‌متر است (شکل ۹).



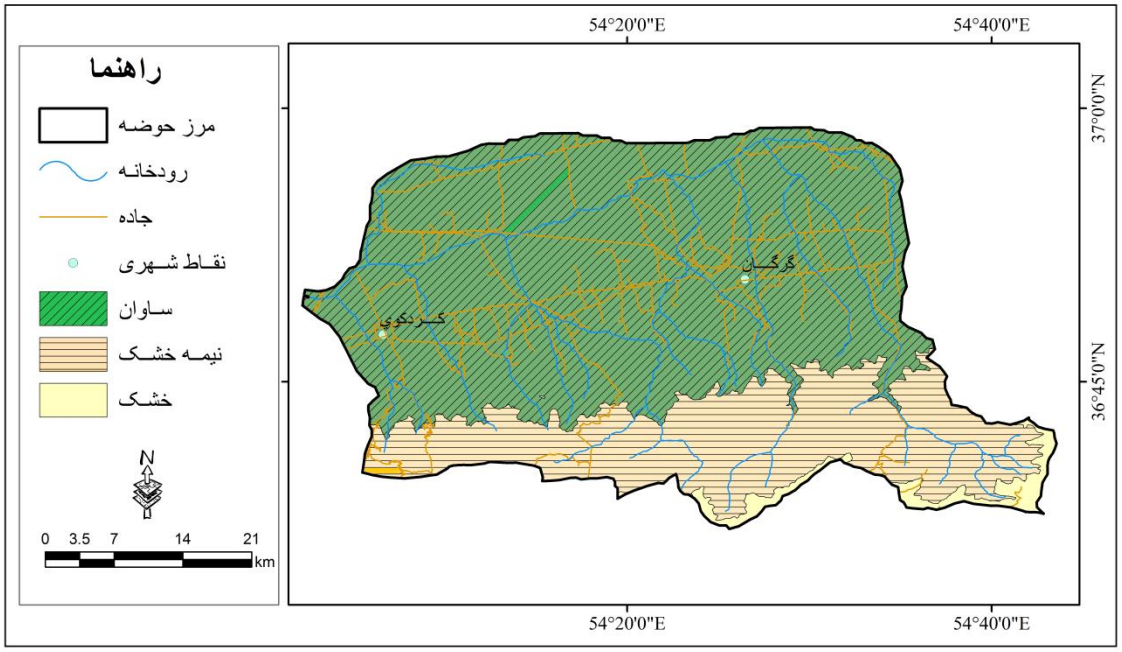
شکل ۹: نقشه بارش منطقه مورد مطالعه

در ادامه، برای شناسایی وضعیت هوازدگی در سطح منطقه مورد مطالعه از مدل‌های پلتیر استفاده شد و از بین هفت مدل پلتیر، دو مورد که به نحو مطلوبی می‌توانند وضعیت هوازدگی و شکل‌های مربوط را توصیف کنند، مورد استفاده قرار گرفت. این‌ها عبارتند از:

www.SID.ir

الف) مدل مناطق مورفوژنتیکی

در مدل مورفوژنتیکی پلتیر از دو متغیر متوسط دما و بارش سالانه استفاده می‌شود. در این مدل مناطق مورفوژنتیکی به ۹ طبقه مختلف تقسیم شده است. با توجه به مناطق مورفولوژیکی هر منطقه دارای دما و بارش متفاوتی با سایر مناطق دارد و همچنین هر نوع مناطق، مناطق مورفوژنتیکی ویژگی خواص خود را دارد که با سایر نواحی مورفوژنتیکی متفاوت می‌باشد. نتایج نشان داد که از ۹ وضعیت مورفوژنتیکی موجود در مدل پلتیر، ۳ وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق می‌افتد. منطقه مورد مطالعه بدلیل توپوگرافی گوناگون، از نظر بارش متنوع است. همان طور که در شکل (۹) دیده می‌شود، که بیشترین بارش آن متعلق به مناطق جلگه‌ای می‌باشد که در شمال منطقه می‌باشد که بیشترین بارش آن در حدود ۸۳۶ میلی‌متر در سال می‌باشد که از نظر مناطق مورفوژنتیکی جزء مناطق ساوان محسوب می‌شود. ویژگی غالب منطقه ساوان را می‌توان فعالیت آب‌های جاری با شدت شدید تا ضعیف و تأثیر متوسط بادهای غالب منطقه نام برد. به دلیل وجود یک فصل خشک تغییراتی در سیستم شکل‌زایی و شکل ناهمواری‌های آن وجود دارد. فعالیت فیزیکی و شیمیایی و بیوشیمیایی نقش مهمی دارند. وجود فصل خشک فرآیندهای مکانیکی را نیز افزایش می‌دهد و فرسایش آب‌های جاری را فعال می‌سازد که بیشترین بخش‌های منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه بدلیل بارش کم و دمای کم جزء منطقه نیمه‌خشک و خشک محسوب می‌شود. که مهم‌ترین ویژگی‌های ژئومورفودینامیکی این مناطق، تأثیر باد و فعالیت آب جاری متوسط تا شدید است.

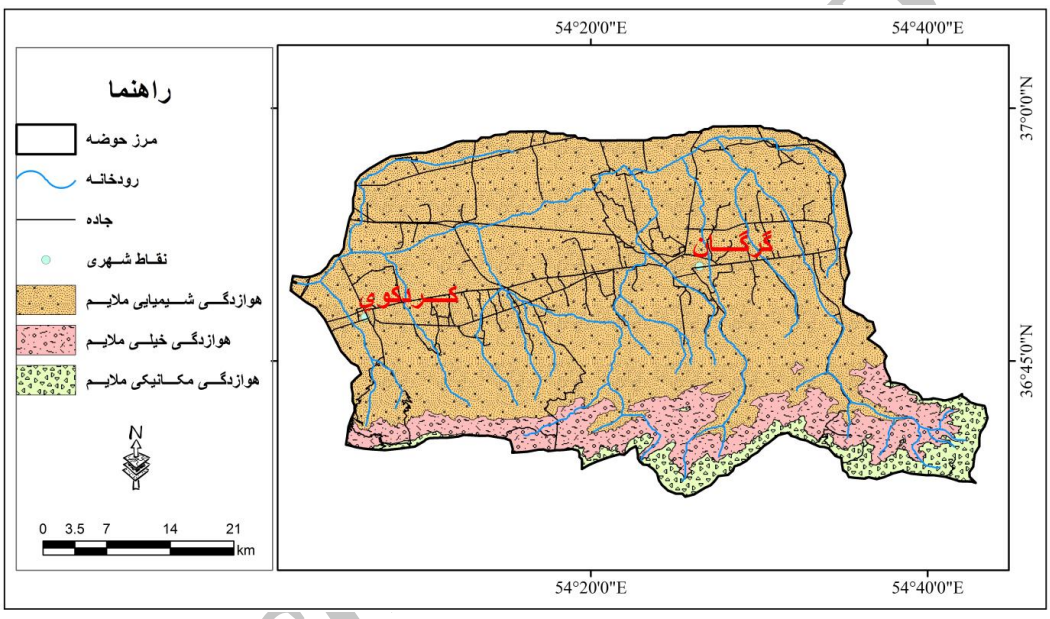


شکل ۱۰: نقشه مناطق مورفوژنتیکی

www.SID.ir

ب) مدل شدت و تیپ هوازدگی

هوازدگی با توجه به تغییراتی که در سنگ به وجود می‌آورند می‌تواند به دو دسته مکانیکی و شیمیایی تقسیم کرد. در این مدل از دو متغیر بارش و دمای سالانه استفاده می‌شود این مدل به هفت نوع تیپ هوازدگی تقسیم می‌شودکه هر ناحیه نشان دهنده یک نوع شرایط هوازدگی است. لذا نتایج نشان داد که از هفت رژیم هوازدگی موجود در مدل پلتیر، سه وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق می‌افتد، به طوری که در مناطق کوهستانی منطقه، هوازدگی از نوع مکانیکی ملایم رخ می‌دهد، در صورتی که در مناطق شمالی منطقه به علت بارش‌های زیاد، بیشتر هوازدگی‌ها از نوع شیمیایی متوسط است. که بیشترین بخش منطقه مورد مطالعه را هوازدگی از نوع شیمیایی متوسط به خود اختصاص داده است.



شکل ۱۱: نقشه مناطق مورفوژنتیکی

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه هوازدگی بدین علت که سبب تخریب سنگ، تشدید فرسایش شامل حمل مواد هوازده توسط فرایندهای ثانویه (آب، باد و یخ)، ریزش مواد تحت تأثیر نیروی جاذبه، ایجاد لندفرم‌ها، تشکیل مواد معدنی و تشکیل خاک می‌شود، حائز اهمیت است. پارامترهای مختلفی می‌توانند در فرایند هوازدگی مؤثر باشند که مهمترین آنها متوسط دما و بارش سالانه است که مدل‌های پلیتر نیز بر پایه این دو پارامتر ایجاد گردیده‌اند. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که رژیم دما و بارش در منطقه بیشتر وابسته به عرض جغرافیایی و جهت و کشیدگی ارتفاعات است که باعث تنوع در بخش‌های مختلف منطقه می‌شود و در حالت کلی ارتفاع‌ها و جهت آنها نقش مهمی در ایجاد رژیم‌های هوازدگی و اشکال مربوط دارند. نتایج نشان داد که از ۹ وضعیت مورفوژنتیکی موجود در مدل پلتیر، ۳ وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق می‌افتد. منطقه مورد مطالعه به دلیل توپوگرافی گوناگون، از نظر بارش متنوع است که بیشترین بارش آن متعلق به

www.SID.ir

مناطق جلگه‌ای در شمال می‌باشد که از نظر مناطق مورفوژنتیکی جزء مناطق ساوان محسوب می‌شود. ویژگی غالب منطقه ساوان را می‌توان فعالیت آب‌های جاری با شدت شدید تا ضعیف و تأثیر متوسط بادهای غالب منطقه نام برد. قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه بدلیل بارش کم و دمای کم جزء منطقه نیمه‌خشک و خشک محسوب می‌شود. ویژگی غالب منطقه خشک را می‌توان باد شدید، فعالیت آب جاری و حرک‌های توده‌ای ضعیف نام برد. همچنین وضعیت دمایی منطقه مورد مطالعه نیز بسیار متنوع است، به طوری که کمینه‌های دما بیشتر در جنوب دیده می‌شود؛ در حالی که بیشینه‌های دما در شمال به علت نزدیکی به بیابان رخ می‌دهد که بیشترین مقدار آن ۱۸ درجه سانتی‌گراد است. نتایج نشان داد که از هفت رژیم هوازدگی موجود در مدل پلتیر، سه وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه اتفاق می‌افتد، به طوری که در مناطق کوهستانی منطقه هوازدگی از نوع مکانیکی ملایم رخ می‌دهد، در صورتی که در مناطق شمال به علت دما و بارش‌های زیاد، بیشتر هوازدگی‌ها از نوع شیمیایی متوسط است که بیشترین بخش‌های منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است.

Archive of SID

منابع

۱- پدرامی، منوچهر (۱۳۶۶): بازنگری در چینه‌شناسی زمانی نئوژن کواتونر، سازمان زمین‌شناسی، صص ۶۷-۵۷.

۲- رجائی، عبدالحمید (۱۳۷۳): ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای، چاپ اول، تهران، موسسه چاپ و انتشارات نشر قومس، ص۱۰۸.

۳- ساری صراف، بهروز و بهرام نکوئی صدر (۱۳۸۹): اقلیم و هوازدگی، چاپ اول، تهران، موسسه چاپ و انتشارات آرین‌زمین، صص ۱۰۴-۱۰۳.

۴- محمودی، فرج ا...، (۱۳۸۲): ژئومورفولوژی دینامیک، چاپ پنجم، دانشگاه پیام نور

۵- معماریان، حسین (۱۳۷۹): زمین شناسی برای مهندسین، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۱۴۸.

۶- ذهاب ناظوری، سمیه (۱۳۹۲): بررسی تطبیقی مورفودینامیک لندفرم‌های مخروط‌های آتشفشانی بیدخوان و مساحیم در کواترنری، رساله دکتری، دانشگاه تهران، ص ۸.

۷- عبدالملکی، طیبه (۱۳۹۱): تحلیل فضایی قلمروهایی هوازدگی در شهرستان تهران با بکارگیری معیارهای مرفوکلیماتیک، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی تهران،ص ۶.

۸- حسین زاده، سید رضا و روح ا... هراتی (۱۳۸۹): بررسی هوازدگی سنگ‌های نمای ساختمان در کلان شهر مشهد، فصلنامه پژوهشات جغرافیایی، شماره ۸۷، صص ۱۶۶-۱۴۵.

۹- خوش اخلاق، فرامرز.، علی اکبر شمسی پور، مهران مقصودی، محمد امین مرادی مقدم، هما رستمی گهراز (۱۳۹۳): پهنه‌بندی و واکاوی فرایندهای هوازدگی در غرب دشت مرکزی- زاگرس، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره یازدهم، صص ۳۹-۲۱.

۱۰- طاحونی، پوران (۱۳۸۳): شواهد ژئومورفیک فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات تالش، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۷، صص ۵۵-۳۱.

۱۱- کرمی، فریبا (۱۳۸۳): فرایندهای هوازدگی و تأثیر آنها در نواحی شهری و روستایی، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۴، صص ۸۰-۶۱.

www.SID.ir

۱۲- مقصودی، مهران.، فرامرز خوش اخلاق، علی حنفی و ایمان روستا (۱۳۸۹): پهنه‌بندی فرایندهای هوازدگی سنگ‌ها براساس مدل‌های پلتیر در شمال‌غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۴، صص۴۶-۳۵.
۱۳- نیکودل، محمدرضا.، امین جمشیدی و ناصر حافظی‌مقدس (۱۳۸۹): همبستگی شاخص دوام با ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌هایی از سنگ‌های ساختمانی با تاکید بر تأثیر تعداد چرخه‌های تر و خشک شدن، فصل‌نامه زمین شناسی ایران، سال چهارم، شماره شانزدهم، صص ۱۴-۳.
۱۴- جعفری اقدم، مریم.، علی جهانفر و منصور صادقی (۱۳۹۱): پهنه‌بندی فرایندهای هوازدگی حوضه رودخانه جاجرود با استفاده از مدل پلتیر، چهارمین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا، صص۱۱-۱.
۱۵- قهرودی‌تالی، منیژه (۱۳۸۴): پهنه بندی قلمروهای هوازدگی سنگ‌ها در ایران با بکارگیری فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی، نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صص ۱۲۴-۱۱۴.

16- Abtahi, Morteza. A. Saif and M. Khosroshahi., (2012): "Investigation of The last Quaternary Climate from the Geomorphic Evidence in Namak Lake Basin, Central Iran", Journal of Geography and Regional Planning Vol. 5(3), pp. 93-107.
17- Abtahi, Morteza. Tayebeh Bakhshi and Behzad Kaviani., (2013):" Mapping of Weathering, Erosion and Morphogenetic Zones of Namak Lake Basin of Iran by Peltier's Graphs", European Journal of Experimental Biology, 3(4):118-125.
-18 Bhattarai, Pankaj. Hideaki Marui, Binod Tiwari, Naoki Watanabe, Gyanu R. Tuladhar and Kiyomichi Aoyama., (2006): "Influence of Weathering on Physical and Mechanical Properties of Mudstone", by Universal Academy Press, Inc, Tokyo, Japan, pp. 467–479.
19- Fowler, Rell and James Petersen., (2003): A Spatial Representation of Louis Peltier's Weathering, Erosion and Climatic Graphs Using Geographic Information Systems (GIS), Geo 5419, Advanced GIS II. Spring.
20- Gauri, K. Lal and G. C. Holdren., (1981): Pollutant Effects on Stone Monuments. Environmental Science and Technology15, pp. 386-390.
21- Gregory, A. Pope, Ronald I. Dorn and John C. Dixon., (1995): A New Conceptual Model for Understanding Geographical Variations in Weathering, Annals of Association of American Geographer, pp. 38- 64.
22- Peltier, L., (1950): The Geographic Cycle in Periglacial Regions as it is Related to Climatic Geomorphology, Annals of The Association of American Geographers, 40, 214-236.

Archive of SID

www.SID.ir