

# تأثیر پارامترهای اقلیمی بر روی هوازدگی سنگ‌ها با استفاده از مدل لويس پلتير مطالعه موردی: جنوب غرب استان آذربایجان غربی

قربان وهاب‌زاده کبریا<sup>۱</sup>

عارف صابری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸

\*\*\*\*\*

## چکیده

یکی از روش‌های ارزیابی و تفسیر اشکال فرسایشی و ژئومورفولوژیکی تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی، مدل لويس پلتير است. این مدل کاربرد زیادی در علم زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی دارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی هوازدگی سنگ‌ها در جنوب غرب استان آذربایجان غربی با شرایط کوهستانی با استفاده از مدل لويس پلتير انجام شده است. منطقه مورد مطالعه از بخش‌های کوهپایه، دشت و کوهستانی تشکیل شده است. کمترین ارتفاع این منطقه در کلاس کمتر از ۱۵۷۰-۱۲۵۰ قرار دارد. بخش کوهستانی نیز با ارتفاع بیش از ۳۵۷۶ متر مرتفع‌ترین بخش منطقه را تشکیل می‌دهد. کلاس‌های شیب تهیه شده برای منطقه نشان داد که طبقه شیب ۱۰-۰ درصد با ۲۹/۵۷ درصد بیشتر منطقه را شامل می‌شود. نقشه هم‌دما و هم‌بارش نیز با روش زمین‌آماری عکس فاصله وزنی (IDW) در محیط GIS تهیه گردید. در نهایت مقادیر دما و بارش با استفاده از نمودار و جداول تعیین، و وضعیت خشکی و رطوبت منطقه‌ی جنوب غرب استان آذربایجان غربی، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که طبقه بارشی ۴۷۷-۴۰۷ میلی‌متر و دمای ۱۷-۱۵ درجه سانتیگراد با توجه به نقشه هم‌باران و هم‌دما مساحت بیشتری را در دامنه شمالی دارند. با توجه به مقادیر دما و بارش و نمودار تقسیم‌بندی پلتير محدوده مورد نظر دارای وضعیت هوازدگی کم است و براساس شرایط مرفولوژیکی در وضعیت نیمه‌خشک واقع شده است. بنابراین با در نظر گرفتن نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که هوازدگی مکانیکی عاملی برای تخریب سنگ‌ها در منطقه مورد مطالعه است. برای این منظور نقشه شدت هوازدگی منطقه براساس پارامترهای اقلیمی وزن‌دهی شد و سه نوع هوازدگی مکانیکی با شدت‌های ضعیف، متوسط و شدید به ترتیب ۱، ۲ و ۳ به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تخریب سنگ‌ها، مدل لويس پلتير، آذربایجان غربی، هوازدگی، عناصر اقلیمی.

\*\*\*\*\*

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (نویسنده مسئول) vabzadeh.ghorban@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری Aref.Saberi@yahoo.com

## ۱- مقدمه

در تکامل تپه‌ها بازی می‌کند که باعث کاهش مقاومت یک توده سنگ می‌شود (Migoñ, 2013: 159; Perri et al., 2012). از طرفی متوسط دمای سالانه و متوسط بارش سالانه دو متغیری هستند که در هوازدهی نقش عمده‌ای دارند و می‌توانند در شناسایی رژیم‌های هوازدهی مورد استفاده قرار گیرند (پلتیر، ۱۹۵۰؛ مقصودی و همکاران، ۱۳۸۹).

پلتیر با استفاده از این دو متغیر هفت مدل را مشخص کرد که می‌توانند انواع مختلف پدیده‌های هوازدهی را توصیف کنند که عبارتند از: هوازدهی شیمیایی، فعالیت یخبندان، رژیم‌های هوازدهی، فرسایش بارانی و رژیم‌های مورفوژنتیک (Peltier, 1950: 214). مطالعات مربوط به هوازدهی از یک سو به علت کندی عمل فرآیندها، به زمان زیادی نیاز دارند و از سوی دیگر در هر مکان بیش از یک فرآیند فعال است و اغلب نمی‌توان مطمئن بود که اشکال به دست آمده نتیجه کدام فرآیند است (Flower & Petersen, 2003: 1). بنابراین در ربع قرن اخیر مطالعات مربوط به هوازدهی در شبیه‌سازی آزمایشگاهی متمرکز شده تا به این ترتیب تأثیرات فرآیندهای هوازدهی به‌طور مجزا تحت شرایط کنترل شده، مطالعه شوند و سپس نتایج با شرایط طبیعی مقایسه گردند (Rabinson, 2000: 25).

شناخت عوامل مؤثر در شکل‌زایی و فرآیندهای هوازدهی حاکم در قسمت‌های مختلف زمین باعث شناخت مخاطرات ژئومورفیکی بالقوه و همچنین توان‌های محیطی این نواحی می‌گردد که می‌توانند نقش بسیار حیاتی در برنامه‌ریزی‌های عمرانی داشته باشند. مطالعات زیادی در زمینه‌ی هوازدهی سنگ‌ها در سطح ملی و بین‌المللی صورت گرفته است؛ از جمله در سطح جهان در زمینه پهنه‌بندی مورفوژنتیک می‌توان به افرادی چون دیویس، پنک، بودل، ترول و پلتیر اشاره کرد.

دیویس به سه نوع فرآیند شکل‌زایی 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. بودل (۱۹۴۸) سیستم ژئومورفولوژی

از زمان‌های دور، سنگ نماد پایداری و استحکام بوده و انسان در انتخاب مکان مناسب برای استقرار و زندگی به مناطق کوهستانی و پایکوهی پناه برده و مراکز سکونت خویش را دایر کرده است (Santos et al, 2018:2). ولی به مرور زمان سنگ‌هایی که در سطح زمین یا نزدیکی آن قرار داشتند، در اثر عواملی مانند هوازدهی، یکپارچگی خود را از دست می‌دهند و متلاشی می‌شوند (معماربان، ۱۳۷۹: ۲). ژئومورفولوژی کلیماتیک قلمرویی از دانش است که به تشریح شکل و پراکنش لندفرم بر حسب نوع اقلیم می‌پردازد که در پهنه فرآیندهای هوازدهی خاصی فعالیت دارند که نتیجه اقلیم هستند. در هر یک از این پهنه‌ها، فرآیندهای هوازدهی متناسب با ویژگی‌های اقلیمی آن منطقه فعال می‌باشد (جعفری‌آقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۱).

هوازدهی زمانی رخ می‌دهد که سنگ‌های سطحی زمین در اثر فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی شکسته و یا تغییر شکل می‌دهند. این عمل می‌تواند توسط باد، آب و یا اقلیم صورت گیرد (Reiche, 1950: 95). هوازدهی فیزیکی نوعی از هوازدهی شامل تنش‌های زمین‌شناسی، فشارهای همه‌جانبه تکتونیک، تنش‌های ناشی از تابش خورشید و یخ زدن سریع آب است (Santos et al, 2018: 2). فرآیندهای هوازدهی منجر به تجزیه فیزیکی و تغییر مواد معدنی شیمیایی سنگ مادر می‌شود که ناشی از تغییرات کانی‌شناسی مواد معدنی اولیه و ساختاری، بافتی و کاهش در یک پارچه سنگ و غیره است (Borrelli et al, 2014: 158; Santos et al., 2019: 1459).

هوازدهی به فاکتورهای بیشماری از قبیل خصوصیات سنگ بکرو توده سنگ، تکتونیک، خصوصیات شیمیایی آب‌های در حال تعامل، فعالیت بیولوژیکی (Conforti and Buttafuoco, 2017: 457; Borrelli et al, 2007: 158) و هوا، زمان در دسترس بودن رطوبت، عمق نواحی ریشه و نفوذ آب‌های زیرزمینی از طریق شکستگی‌های موجود بستگی دارد (Conforti and Buttafuoco, 2017: 457). هوازدهی نقش مهمی

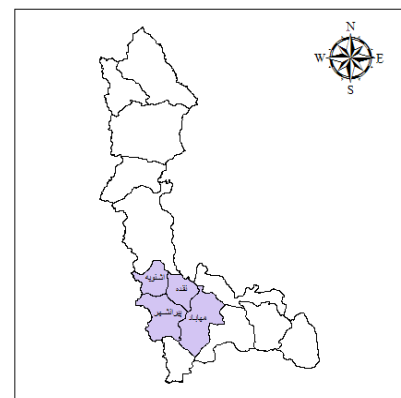
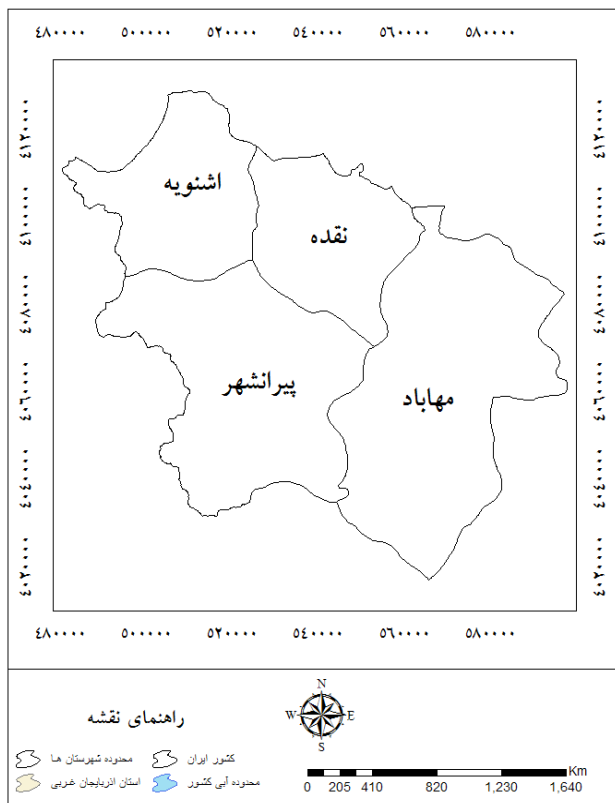
مرکزی جزء مناطق مورفوکلیماتیک خشک و نیمه‌خشک است که هوازدگی شیمیایی ضعیفی در آن حاکم است و کوه‌های زاگرس اغلب جزء مناطق ساوان و معتدل است که دارای هوازدگی شیمیایی متوسط بوده است. مطالعه حاضر با بررسی بخشی از شمال‌غرب کشور با استفاده از مدل پلتیر و پهنه‌بندی تغییرات اقلیمی با نرم‌افزار GIS طی دوره آماری ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۵ برای پارامترهای بارش و دما صورت گرفته است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب‌غرب استان آذربایجان غربی و مرزهای کوهستانی واقع شده است. منطقه از لحاظ شرایط آب و هوایی کوهستانی بوده و بسیاری از پدیده‌های هوازدگی احتمال وقوع دارند. نگاره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در سطح استان و کشور نشان می‌دهد.

اقلیمی را مطرح نمود و همزمان با او کارل ترول در ارتباط با رابطه اقلیم و پراکندگی فرآیندها و عوامل ژئومورفیک، هفت منطقه مورفوژنتیک را ارائه نمود. Flower & Petersen (۲۰۰۳) مدل‌های هفتگانه: اقلیمی، هوازدگی و فرسایش پلتیر را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مورد کشور آمریکا به‌کار بردند و این کشور را از لحاظ مناطق مختلف هوازدگی و فرسایش طبقه‌بندی کردند. مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) پهنه‌بندی فرآیندهای هوازدگی سنگ‌ها براساس مدل‌های پلتیر در شمال‌غرب ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند و از مدل‌های پلتیر برای نشان دادن وضعیت مورفوژنتیکی منطقه شمال‌غرب کشور استفاده کردند؛ نتایج نشان داد که از نه وضعیت مورفوژنتیکی موجود در مدل پلتیر، پنج وضعیت در شرایط اقلیمی منطقه رخ داده است؛ خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۳) پهنه‌بندی و واکاوی فرآیندهای هوازدگی در غرب دشت مرکزی زاگرس را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که غرب دشت



نگاره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌ها و سال آماری مشترک

شهرستان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	سال
اشنویه	۴۵/۰۸	۳۷/۰۳	۱۴۱۶	۱۳۶۸-۱۳۹۷
نقده	۴۵/۲۵	۳۶/۵۷	۱۳۰۷	۱۳۶۸-۱۳۹۷
پیرانشهر	۴۵/۰۹	۳۶/۴۲	۱۴۴۴	۱۳۶۵-۱۳۹۷
مهاباد	۴۵/۴۳	۳۶/۴۵	۱۳۵۱/۸	۱۳۶۴-۱۳۹۷

## ۲-۲- شرح کار

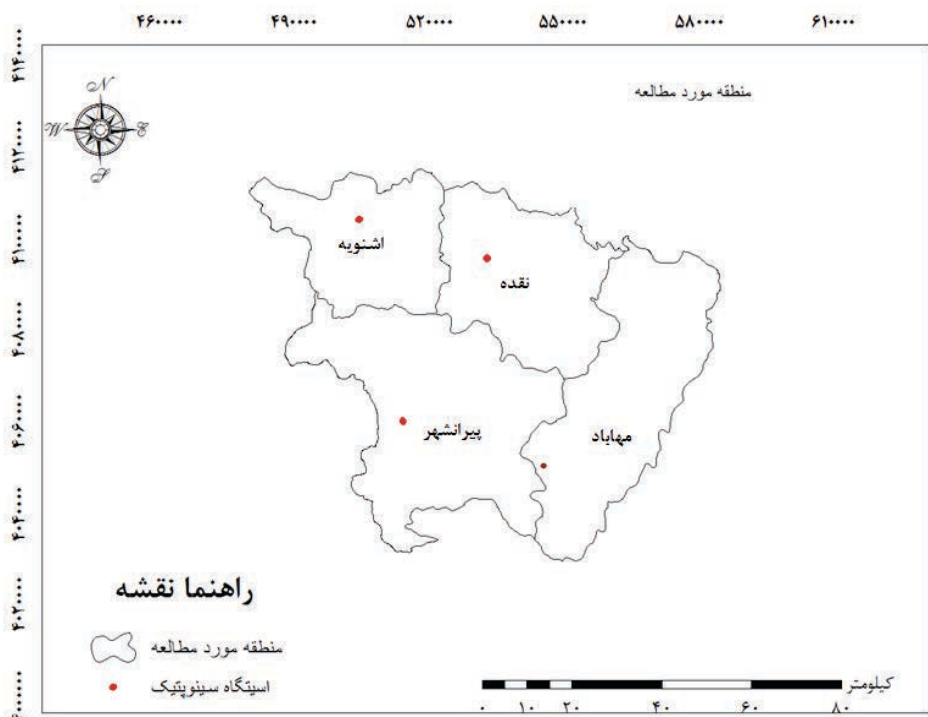
همانطور که جدول ۱ نشان می‌دهد داده آماری بارش

در تحقیق حاضر برای بررسی وضعیت هوازدگی و مورفولوژیکی مربوط به سنگ‌های منطقه مورد مطالعه از داده‌های سینوپتیک چهار ایستگاه در سطح استان با دوره آماری از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷ برای ایستگاه‌های نقده و اشنویه و از سال ۱۳۶۴ تا سال ۱۳۹۷ برای ایستگاه‌های پیرانشهر و مهاباد استفاده شد. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از بررسی و رفع نواقص مربوط به داده‌های دما و بارش متوسط سالانه در محیط ArcGIS، پایگاه اطلاعاتی داده‌های مورد نظر ایجاد گردید.

سال بوده ولی ایستگاه‌های اشنویه و نقده در منطقه کمتر از ۳۰ طولانی مدت از بارش و دما هستند. بنابراین از ایستگاه‌های مهاباد و پیرانشهر که فاصله کمی با شهرستان‌های نقده و اشنویه دارند استفاده گردیده و اطلاعات اقلیمی این دو شهر با استفاده از روش نسبت نرمال در نرم‌افزار Spss 19 بازسازی شد.

از آنجایی که در روش نسبت نرمال، همبستگی بین ایستگاه‌ها وجود دارد، ابتدا ایستگاه‌هایی که دارای آمار طولانی مدت بوده و شرایط جغرافیایی و اقلیمی یکسانی

موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از بررسی و رفع نواقص مربوط به داده‌های دما و بارش متوسط سالانه در محیط ArcGIS، پایگاه اطلاعاتی داده‌های مورد نظر ایجاد گردید.



نگاره ۲: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

## ۲-۴- توپوگرافی

توپوگرافی به عنوان یک عارضه مهم در پراکنش و یا تمرکز پدیده‌های ژئومورفولوژی، نقش مهمی در ساختار و سیمای فیزیکی اراضی طبیعی دارد. توپونموداری نتیجه ارتباط متقابل بین فرآیندهای ساختمانی و فرسایشی با وجود عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی است (عمادالدین و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۶). در همین راستا منطقه مورد مطالعه از بخش‌های کوهپایه، دشت و کوهستان تشکیل شده است. کمترین ارتفاع این منطقه در کلاس ۱۲۵۰ قرار دارد. بخش کوهستانی نیز با ارتفاع بیش از ۳۵۷۶ متر، مرتفع‌ترین بخش منطقه را تشکیل می‌دهد. مناطق کوهستانی در دامنه غربی منطقه مورد مطالعه واقع شده‌اند (نگاره ۳).

با توجه به نگاره ۳ بخش غربی منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم سرد کوهستانی است که قسمت عمده‌ای از سال مناطق مرتفع پوشیده از برف است. در نتیجه در این قسمت هوازدگی فیزیکی غالب بوده و در بقیه مناطق هوازدگی ترکیبی از شیمیایی و فیزیکی است.

## ۲-۵- شیب زمین

ارتفاع و شیب یکی از عوامل اصلی در سرعت بخشیدن به عمل هوازدگی به‌شمار می‌آیند. به طوری که با افزایش شیب مواد سنگی به وسیله وزن خود از بستر اصلی جدا شده و به سمت پایین دست حرکت می‌کنند.

با حرکت مواد جدا شده، سطح جدیدی برای فرسایش در معرض هوازدگی قرار می‌گیرد. در حالی که شیب کم خود، عاملی برای جلوگیری از تخریب و هوازدگی است (عمادالدین و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۶؛ ساری‌صراف و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۴). به این منظور نقشه شیب در ۶ کلاس تهیه و طبقه‌بندی گردید. نگاره ۴ نقشه پراکنش شیب منطقه را نشان می‌دهد. براساس نتایج به دست آمده طبقه شیب ۱۰-۰ درصد بیشترین مساحت را در منطقه دارد و شیب زیاد منطقه کم و بیش با رخنمون سنگ‌های آهکی و گرانیتی تطبیق می‌کند. جدول ۲ درصد مساحت‌های شیب منطقه را نشان می‌دهد.

با ایستگاه ناقص دارند به‌عنوان ایستگاه شاهد انتخاب می‌شوند. به این صورت که بارندگی در ایستگاه ناقص متناسب با نسبت بین میانگین بارندگی در آن به میانگین بارندگی در ایستگاه‌های شاهد ضربدر بارندگی همزمان ایستگاه‌های شاهد است. با استفاده از رابطه (۱) می‌توان نواقص آماری را رفع نمود.

$$P_x = \frac{1}{n} \left\{ \left( \frac{\bar{P}_x}{\bar{P}_A} \times P_A \right) + \left( \frac{\bar{P}_x}{\bar{P}_B} \times P_B \right) + \dots \right\}$$

رابطه (۱)

$P_x$  بارندگی ایستگاه‌های ناقص در سال یا ماه مورد نظر،  $n$  = تعداد ایستگاه‌های شاهد،  $\bar{P}_x$  = بارندگی متوسط در ایستگاه ناقص با آمار موجود،  $\bar{P}_A, \bar{P}_B$  بارندگی متوسط در ایستگاه شاهد و همزمان با آمار ناقص،  $A$  و  $B$  بارندگی در ایستگاه‌های  $A$  و  $B$  در سال یا ماه مورد نظر برای تکمیل آمار ایستگاه ناقص است (مهروی، ۱۳۹۷).

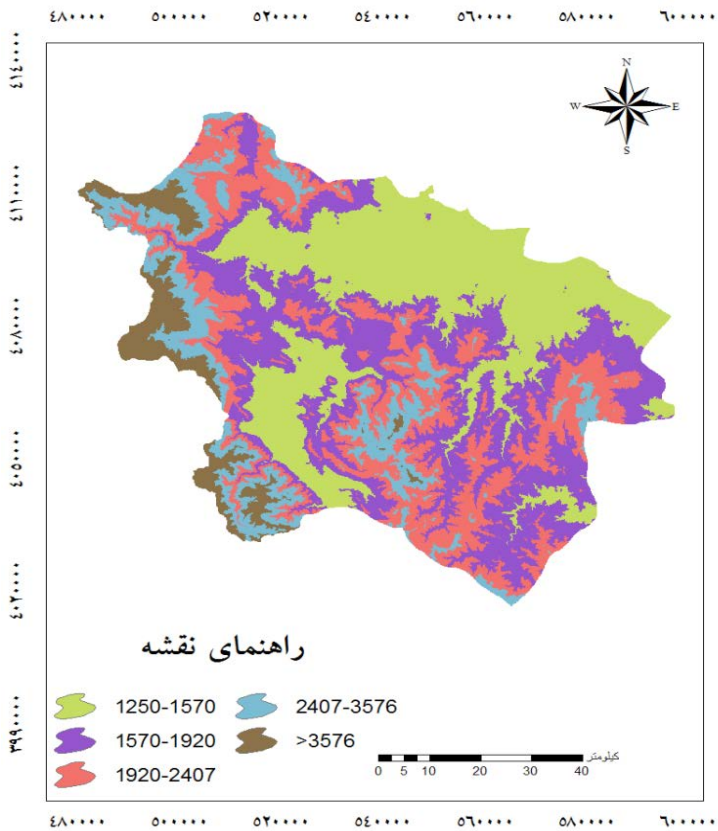
## ۲-۳- روش عکس فاصله وزنی

در روش IDW معیار استفاده از نقاط مجاور برای تعیین مقدار متغیر مورد نظر در نقطه مجهول، میزان فاصله است (You & et al, 2007:192) (رابطه ۲). بنابراین نقاط نزدیک‌تر، وزن و در نتیجه اثر بیشتری بر مقدار متغیر دارند.

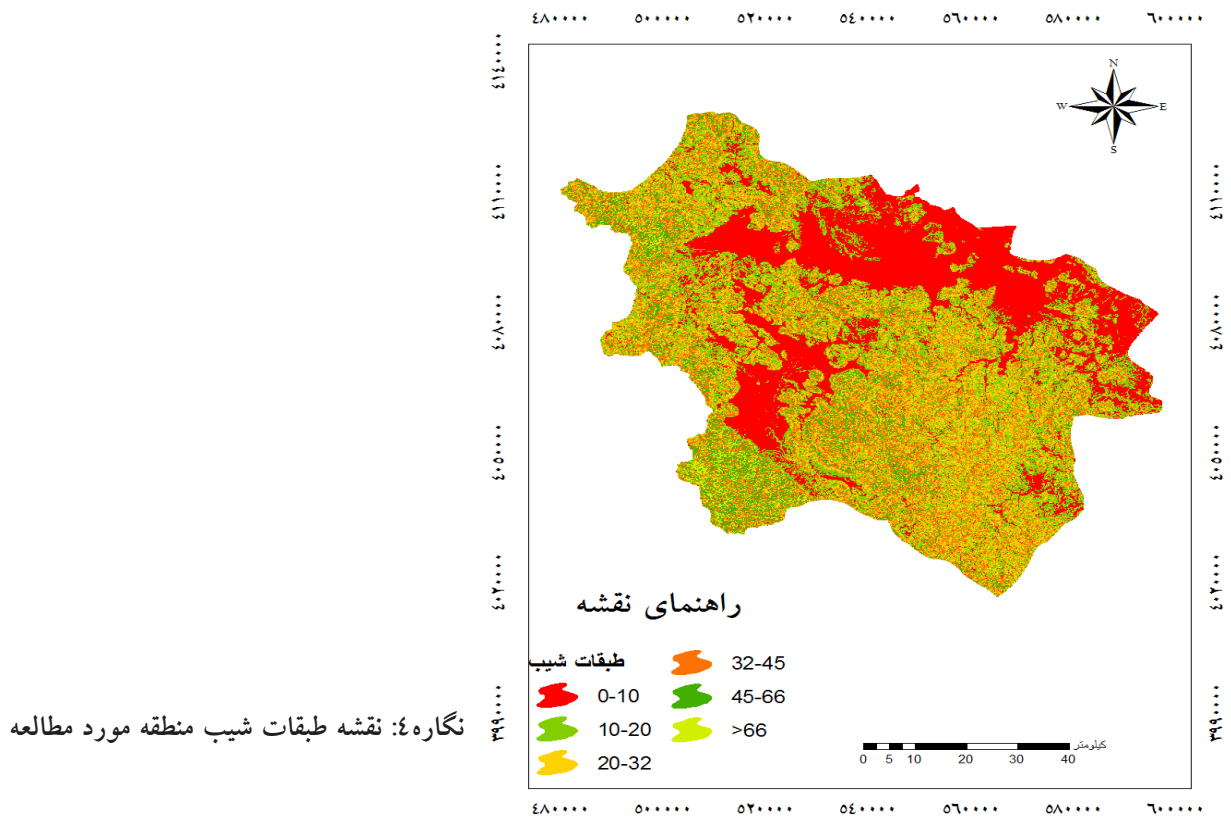
$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^q} Z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i^q}}$$

رابطه (۲)

در این رابطه،  $Z$  مقدار درونیابی شده برای نقطه مورد نظر،  $Z_i$  مقدار اندازه‌گیری شده یا ارزش نمونه در نقطه  $i$  ( $i=1, \dots, n$ )،  $D_i$  فاصله بین نقطه مورد نظر و نقطه اندازه‌گیری شده اطراف آن و  $q$  ثابت مناسب است. در صورتی که  $q$  برابر با عدد ۲ یا ۱ فرض شود، روش به‌کار رفته به ترتیب روش درونیابی معکوس فاصله یا درونیابی مجذور معکوس فاصله خوانده می‌شود. در این تحقیق برای توان وزندهی از ۱ تا ۵ استفاده شده است.



نگاره ۳: پراکندگی ارتفاعات منطقه مورد مطالعه



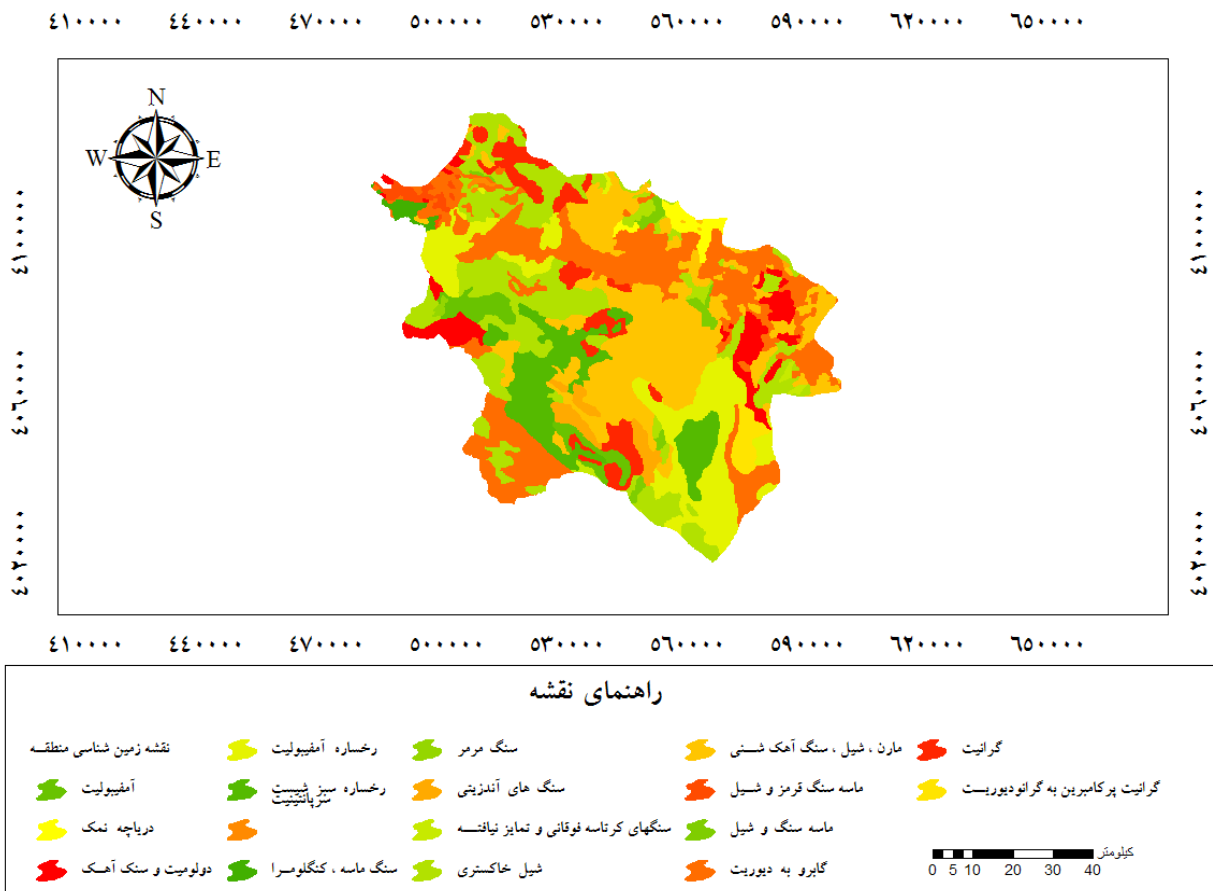
نگاره ۴: نقشه طبقات شیب منطقه مورد مطالعه

جدول ۲: مساحت و درصد شیب در شیب‌های مختلف منطقه مورد مطالعه

کلاس طبقات شیب	شیب (درصد)	مساحت (Km2)	درصد مساحت
۱	۰-۱۰	۲۰۹۷/۶۸	۲۹/۵۷
۲	۱۰-۲۰	۱۷۳۴/۷۹	۲۴/۴۵
۳	۲۰-۳۲	۱۵۷۰/۹۳	۲۲/۱۵
۴	۳۲-۴۵	۱۰۳۴/۸۳	۱۴/۵۸
۵	۴۵-۶۶	۵۲۴/۵۲	۷/۳۹
۶	۶۶ <	۱۳۰/۸۱	۱/۸۴

۲-۶- زمین‌شناسی منطقه  
بوده و تشکیل خاک و پوشش گیاهی مناسب‌تر می‌باشد. در مناطقی که سنگ رسوبی نرم و سست از قبیل شیل، ماسه سنگ و مارن سطح زمین را می‌پوشانند نیز تشکیل خاک و گیاه مناسب است. فقط در مناطق حاوی سنگ آهکی، خاک با افق‌های مختلف تشکیل نشده است. ترکیب کانی‌ها و بافت یکی از ویژگی‌های ذاتی سنگ‌شناسی است که تعیین‌کننده پتانسل هوازدگی در سنگ‌ها به‌شمار می‌آید

برای تهیه نقشه سنگ‌شناسی محدوده مطالعاتی از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰۰ منطقه استفاده گردید. همانطور که از نگاره ۵ پیداست، منطقه از سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی تشکیل شده است. در بخش‌های غربی که سنگ‌های دگرگونی از قبیل آمفیبولیت و رخساره شیست سبز رخمون دارند، هم هوازدگی فیزیکی و هم هوازدگی شیمیایی زیادتر



نگاره ۵: نقشه سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه

(عمادالدین و همکاران، ۱۳۹۳، ۶۴). نگاره ۵ نقشه سنگ‌شناسی محدود را نشان می‌دهد. خشکی و رطوبت پایین نیز دارای کمترین مقدار هوازگی شیمیایی است.

#### ۷-۲-۱ مدل پلتیر

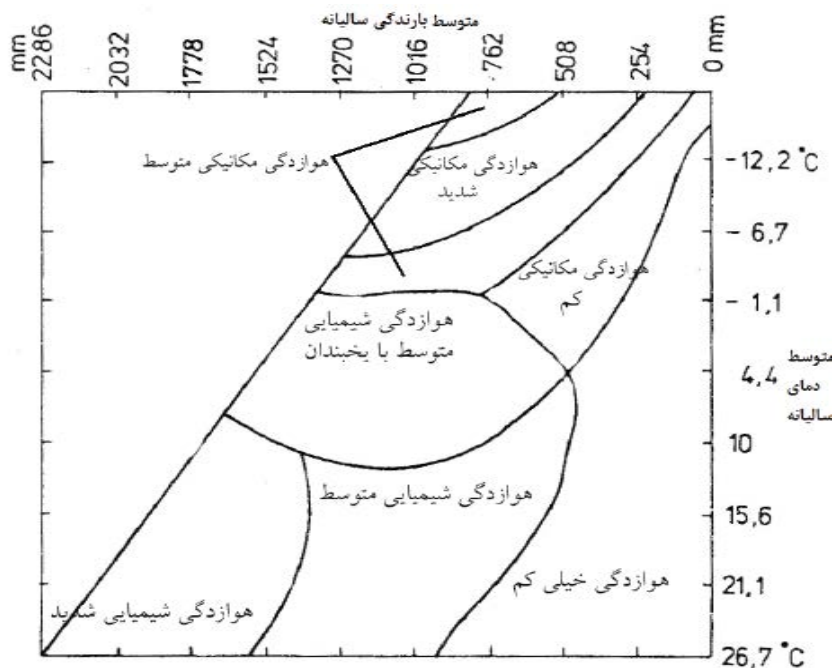
این مدل از هفت عامل برای بررسی اصول فرسایش سنگ و عوامل ژئومورفولوژیکی سنگ استفاده کرده و هر یک از مدل‌ها شرایط بخصوص و داده‌های مناسبی را برای انجام کار لازم دارند. در تحقیق حاضر از دو مدل پلتیر که به نحو مطلوبی می‌توانند وضعیت هوازگی و اشکال مربوطه را توصیف کنند استفاده شد که عبارتند از: بررسی رژیم هوازگی و مناطق مورفولوژیکی.

#### ۷-۲-۱-۱ رژیم هوازگی پلتیر

رژیم‌های هوازگی براساس نمودار پلتیر در سال ۱۹۵۰ تعیین می‌شود. در این مدل از دو متغیر متوسط دما و بارش سالانه استفاده شده است و رژیم‌های هوازگی در هفت طبقه تقسیم‌بندی می‌شوند، به طوری که هر ناحیه نشان‌دهنده یک نوع شرایط هوازگی است (نگاره ۶). طراحی این مدل به نحوی است که شرایط رطوبت بالا و گرمای حداکثر مشخص‌کننده هوازگی شیمیایی در منطقه بوده و مناطقی با

#### ۷-۲-۲ مدل رژیم‌های مورفوژنتیکی

نوع آب و هوای هر ناحیه روی نوع هوازگی و شدت آن مؤثر است. مقدار باران، پراکنندگی 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 هوازگی سنگ‌ها تأثیر می‌گذارد (عمادالدین و همکاران، ۱۳۹۳). مدل رژیم‌های مورفوژنتیکی بیشتر شبیه یک طبقه‌بندی اقلیمی و گیاهی است تا مدل هوازگی (جعفری‌اقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۱). در این مدل نیز از دو متغیر متوسط دما و بارش سالانه استفاده می‌شود و مناطق مورفوژنتیکی به نه طبقه مختلف تقسیم شده است (Apollaro et al, 2019: 1459). مناطق دارای دماهای پایین عمدتاً جزء مناطق یخچالی و مناطق با دماهای بالا و بارش کم جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک و مناطق دارای بارش‌ها و دماهای بالا جزء مناطق معتدل و سلوا محسوب می‌شوند. جدول ۳ مناطق مورفوژنتیکی را براساس تقسیم‌بندی پلتیر به همراه ویژگی‌های مورفولوژیکی آن‌ها و نگاره ۷ تقسیم‌بندی



نگاره ۶: تقسیم‌بندی نمودار پلتیر

(Peltier, 1950: 214)



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)  
تأثیر پارامترهای اقلیمی بر روی هوازدگی سنگ ها ... / ۲۲۵

جدول ۳: تقسیم‌بندی مناطق مورفوژنتیکی

منطقه مورفوژنتیکی	میانگین دمای سالانه	میانگین بارش سالانه	ویژگی‌های مورفوژنتیکی
یخچالی	-۷ تا -۱۸	۰ تا ۱۴۰۰	فرسایش یخچالی، نیواسیون
مجاور یخچالی	-۱ تا -۱۵	۱۳۰ تا ۱۴۰۰	تأثیر باد، حرکات توده‌ای شدید، فعالیت آب جاری ضعیف
بوریل	+۳ تا -۹	۲۵۰ تا ۱۵۲۰	تأثیر یخبندان متوسط، تأثیر آب و باد متوسط تا ضعیف
اقیانوسی	+۲ تا +۲۱	۱۲۷۰ تا ۱۹۰۰	حرکات توده‌ای شدید، فالیته آب جاری متوسط تا ضعیف
سلوا	+۲۹ تا +۱۶	۱۴۰۰ تا ۲۲۹۰	حرکات توده‌ای شدید، شست‌وشوی دامنه‌ها در حد کم
معتدل	+۲۹ تا +۳	۸۹۰ تا ۱۵۲۰	فعالیت آب جاری حداکثر، تأثیر یخبندان و باد کم
ساوان	-۱۲ تا +۲۹	۶۴۰ تا ۱۲۷۰	فعالیت آب جاری شدید تا ضعیف، تأثیر باد متوسط
نیمه‌خشک	+۲۹ تا +۲	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 حرکات توده‌ای ضعیف

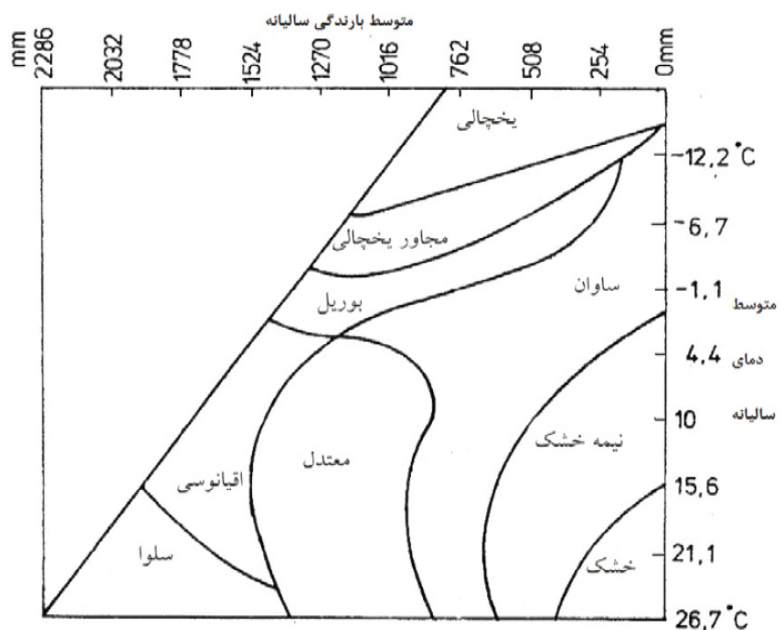
مأخذ: پلتیر، ۱۹۵۰: ۲۱۶

مناطق مورفوژنتیکی را در نمودار پلتیر نشان می‌دهد.

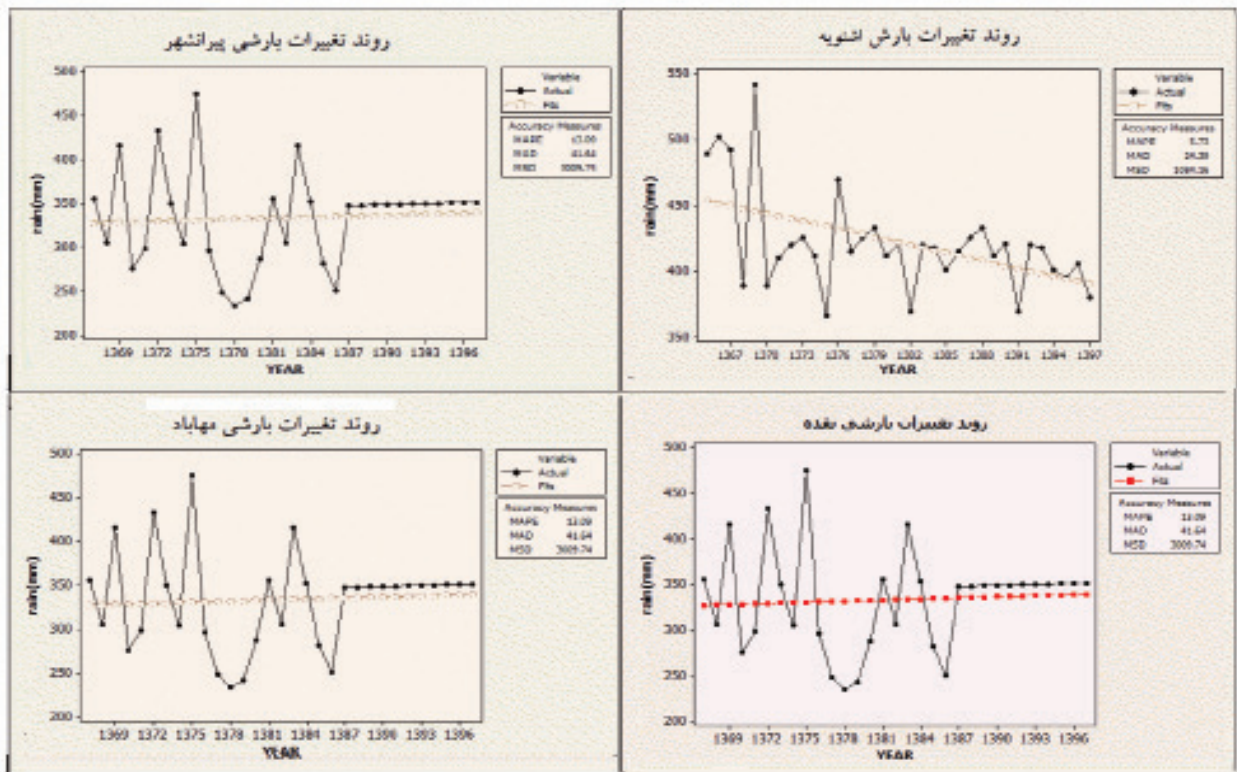
رخنمون دارند. بنابراین در مقابل انواع مختلف هوازدگی عکس‌العمل و مقاومت مختلفی را نیز از خود نشان می‌دهند. رژیم‌های دما و بارش در هر منطقه‌ای وابسته به طول و عرض جغرافیایی، جهت و کشیدگی ارتفاعات است. به عبارتی وجود ارتفاعات نقش تعیین‌کننده‌ای در ایجاد رژیم‌های هوازدگی و اشکال دارند. روند تغییرات بارش و دما میانگین سالانه در چهار ایستگاه بررسی شده است. نگاره‌های (۸ و ۹).

### ۳- نتایج

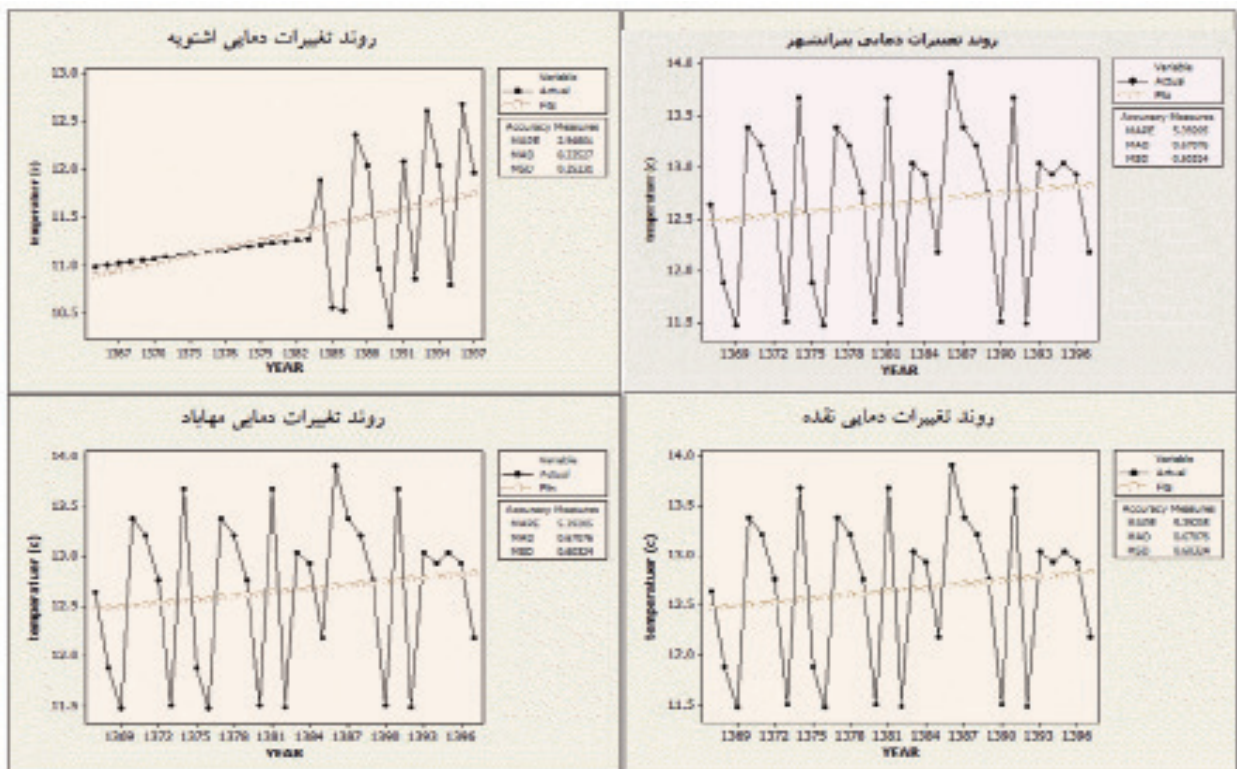
بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی دما و بارش در کشور ایران به دلیل گستردگی و تنوع آب و هوایی دارای اهمیت فراوانی است. از طرفی ایران به لحاظ زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی و ساختاری) بسیار متغیر بوده و انواع مناطق رسوبی، دگرگونی و آذرین در شرایط اقلیمی متفاوت



نگاره ۷: تقسیم‌بندی مناطق مورفوژنتیکی در نمودار پلتیر (Peltier, 1950: 214)



نگاره ۸: روند تغییرات بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک



نگاره ۹: روند تغییرات دما در ایستگاه‌های سینوپتیک

**فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۲۲۷)**  
تأثیر پارامترهای اقلیمی بر روی هوازدگی سنگ ها ... / ۲۲۷

به عبارت دیگر مقدار بارش در طی دوره آماری مذکور کم بوده و دمای هوا نیز با میانگین سالانه کمتر از ۲۵ درجه باعث شده که سنگ‌های منطقه کمتر مورد تخریب و فرسایش قرار گیرند.

از طرفی وضعیت در مناطق غرب و شمال غرب استان آذربایجان غربی از لحاظ پوشش گیاهی و خاک مناسب بوده و بیرون زدگی سنگی بجز در مناطق کوهستانی مرتفع کمتر دیده می‌شود.

در این حالت سنگ‌ها بیشتر دستخوش تخریب فیزیکی ناشی از شدت سرما و یخبندان می‌شوند. علاوه بر این وضعیت مناطق مورفوژنتیکی با توجه به نمودار پلتیر مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که با توجه به نمودار مورفوژنتیکی پلتیر و مقدار محدوده دمایی کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد و مقدار بارش میانگین بلند مدت بین ۴۵۰-۳۵۰ میلی‌متر، منطقه نیمه خشک محسوب می‌گردد. برای دستیابی به نتیجه بهتر در زمینه قدرت فرساینده پارامترهای اقلیمی، نقشه جهت شمالی و جنوبی منطقه با ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر با استفاده از ArcGIS ترسیم و در نگاره‌های ۱۰ و ۱۱ به ترتیب دامنه‌های شمالی و جنوبی با ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر نشان داده شده است.

با توجه به نگاره مشخص است که مساحت کمی در دامنه شمالی و ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر در حوضه‌های آبخیز منطقه وجود دارد. بنابراین مقدار قدرت فرساینده و عمل تخریب در سطح کمی صورت می‌گیرد. دامنه شمالی با توجه به کمتر بودن مقدار پوشش و خاک مناسب مقدار فرساینده بیشتری از دامنه جنوبی دارد. با توجه به نگاره ۱۰ دامنه جنوبی حوضه دارای وسعت بیشتری نسبت به دامنه شمالی است.

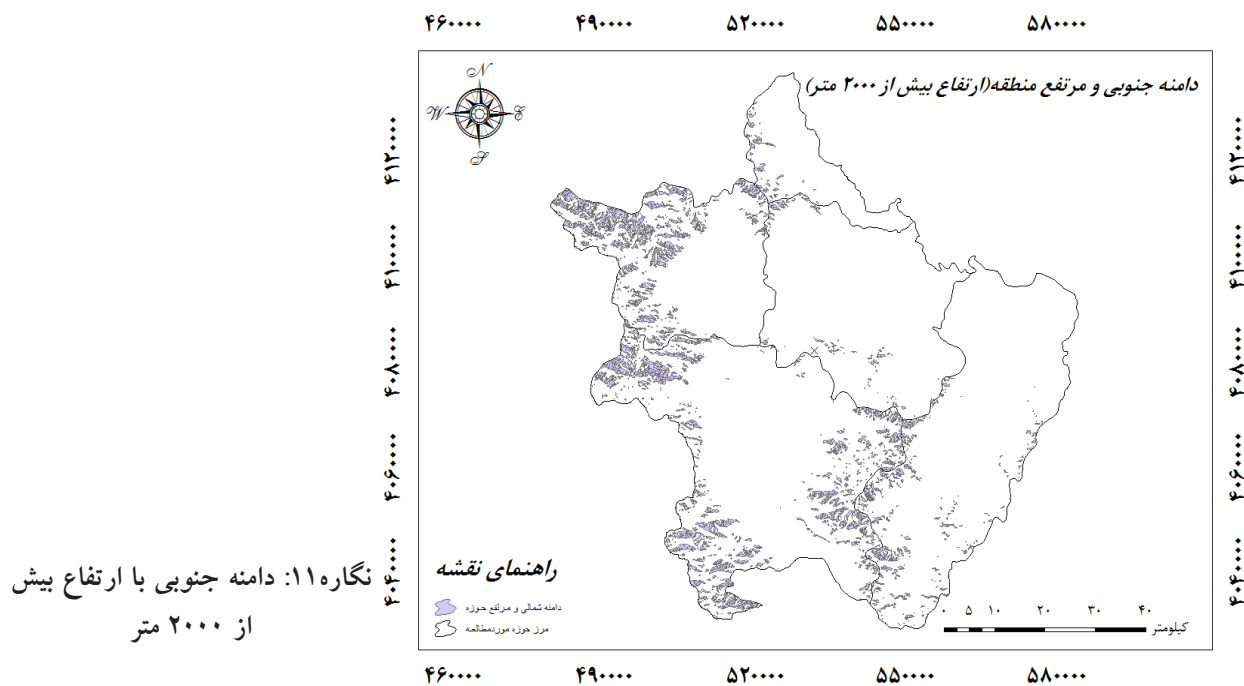
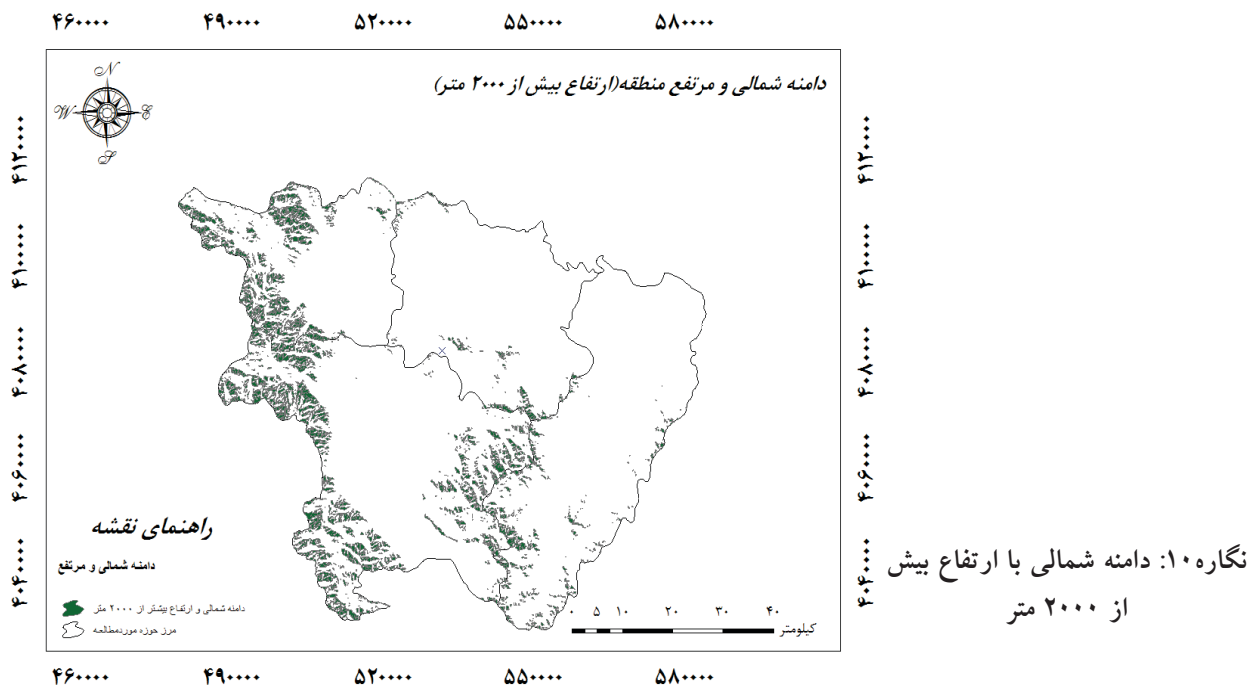
اما با توجه به نمودار و جدول مورفوژنتیکی پلتیر حوضه در محدوده نیمه خشک قرار دارد و هوازدگی شیمیایی آن پایین است. در این حالت هوازدگی بیشتر ناشی از یخ زدگی و تخریب سنگ‌ها می‌باشد.

روند تغییرات بارش در ایستگاه‌های معرف نشان می‌دهد که مقدار تغییرات بارش روندی نسبتاً ثابت داشته، هرچند که میزان بارش در ایستگاه اشنویه روند نزولی محسوس داشته است. در این نمودارها یک سری تغییرات ناگهانی نسبت به خط متوسط بارش وجود دارد، روند تغییرات دمایی و بارش محدوده مورد مطالعه با استفاده از آزمون سری زمانی در نرم افزار Minitab بررسی شد.

مقادیر میانگین سالانه نمودار بارش نشان داد که ایستگاه مهاباد، ۲۵۰ تا ۴۲۰، ایستگاه اشنویه، ۴۰۰ تا ۴۶۰ میلی‌متر، پیرانشهر دامنه بیشتر از ۴۷۰ میلی‌متر و در نهایت نقده بین ۳۶۰ الی ۴۲۰ میلی‌متر متغیر بودند.

ایستگاه‌های مهاباد، پیرانشهر و نقده از سال ۱۳۸۷ تا انتهای دوره استفاده شده دارای روند ثابتی هستند اما اشنویه روند نزولی با شیب کم و چهار جهش منفی را دارد. جهش‌های نزولی ایستگاه اشنویه در سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۰، ۱۳۷۶، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ اتفاق افتاده است. جهش‌های نزولی ایستگاه پیرانشهر در سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۷ با مقدار بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر ثبت شده است. به طور کلی جهش‌های منفی در سه ایستگاه مهاباد، پیرانشهر و نقده که مقدار بارش کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر باشد، در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۸۷ رخ داده است. مقادیر تغییرات دما نیز بررسی شد. با بررسی روند تغییرات دمایی منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که ایستگاه اشنویه تا سال ۱۳۸۵ یک روند افزایش دمایی ثابت با شیب کم را داشته است؛ اما شهرستان‌های نقده، پیرانشهر و مهاباد نوسانات مختلفی دمایی در سال‌های مختلف را تجربه کردند. بیشترین مقدار دمایی ثبت شده برای ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه ۱۳/۹ بوده است.

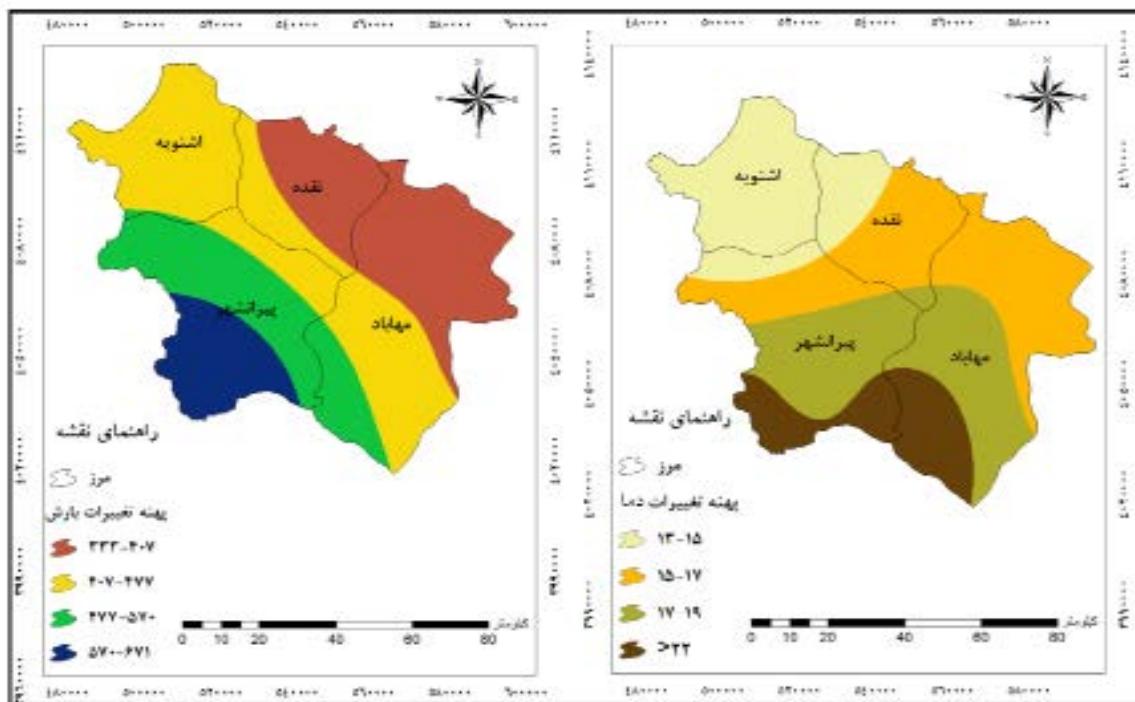
با تعیین روند تغییرات دما و بارش در منطقه مورد مطالعه وضعیت هوازدگی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نمودار هوازدگی پلتیر، میانگین دمایی ۱۷-۱۵ درجه سانتیگراد و مقدار بارش کم، منطقه در شرایط هوازدگی مکانیکی واقع شده است.



### ۳-۱- تعیین پهنه دما و بارش

منطقه در نگاره ۱۲ ارائه شده است. همانطور که از نگاره مشخص می‌باشد محدوده دمایی ۱۷-۱۵ درجه سانتیگراد بیشترین مساحت منطقه را با ۳۹/۴۱ درصد شامل می‌شود. مشخصات تغییرات مساحت دو طبقه در جدول ۴ نشان داده شده است. در پایان منطقه از لحاظ رژیم‌های هوازدگی

نتایج پهنه‌بندی بارش و دما در نگاره ۱۲ نشان می‌دهد که بیشتر منطقه مطالعاتی در محدوده بارشی ۴۷۷-۴۰۷ میلی‌متری قرار دارد که ۳۲/۶۷ درصد از کل مساحت منطقه را دربر می‌گیرد. همچنین نتایج پهنه‌بندی تغییرات دمایی



نگاره ۱۲: نقشه پهنه‌بندی دو متغیر دما و بارش منطقه مطالعاتی

جدول ۴: طبقات مختلف پراکنش دما و بارش منطقه مورد مطالعه

متغیر بارش (mm)	مساحت (Km2)	درصد مساحت	درجه حرارت C0	مساحت (Km2)	درصد مساحت
۲۳۳-۴۰۷	۱۷۹۰/۶	۲۵/۲۴	۱۳-۱۵	۲۰۶۹/۹	۲۹/۱۸
۴۰۷-۴۷۷	۲۳۳۷/۸	۳۲/۹۵	۱۵-۱۷	۲۷۹۵/۵	۳۹/۴۱
۴۷۷-۵۷۰	۱۹۸۷/۸	۲۸/۰۲	۱۷-۱۹	۱۴۸۰/۹۸	۲۰/۸۷
۵۷۰-۶۷۱	۹۷۷/۶	۱۳/۷۸	۲۲<	۷۴۷/۴	۱۰/۵۴
جمع	۷۰۹۳/۷۸	۱۰۰	-	۷۰۹۳/۷۸	۱۰۰

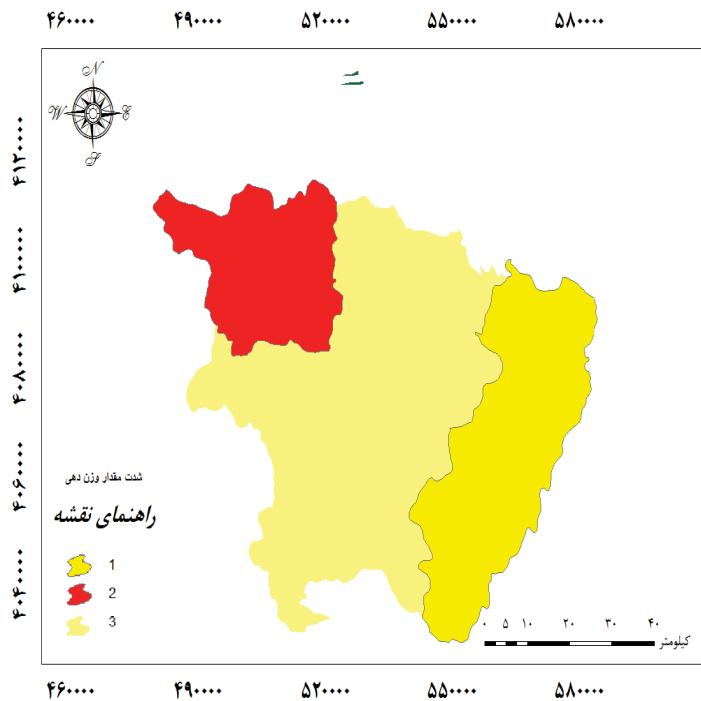
جدول ۵: نوع و شدت هوازگی و مقادیر وزنی

وزن	شدت هوازگی	انواع هوازگی
۱	خیلی کم	هوازگی مکانیکی ضعیف
۲	کم	هوازگی مکانیکی متوسط
۳	متوسط	هوازگی مکانیکی شدید

#### ۴- نتایج و بحث

یکی از روش‌های شناسایی و تفسیر اشکال سطح زمین برای مطالعات ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی استفاده از مدل لویس پلتیر است. از ویژگی‌های این مدل طبقه‌بندی مناطق

مورد بررسی قرار گرفت و بعد از تعیین محل هر یک از ایستگاه‌ها در مدل پلتیر وضعیت مربوط به هر ایستگاه در پایگاه داده وارد گردید و مشخص شد که از هفت رژیم هوازگی موجود در مدل پلتیر، سه حالت اقلیمی در منطقه موجود است. در ادامه برای پهنه‌بندی این مناطق در محیط ArcGIS به هر وضعیت، ضریب از ۱ تا ۳ در نظر گرفته شد، به طوری که کمترین ضریب به هوازگی مکانیکی خیلی کم و بیشترین آن به هوازگی مکانیکی شدید تعلق دارد. جدول ۵ این وزن‌بندی را برای منطقه نشان می‌دهد. نگاره ۱۳ پهنه شدت هوازگی براساس وزن‌ها را نشان می‌دهد.



نگاره ۱۳: نوع و شدت هوازگی و مقدار وزنی آن

مورد توجه قرار گرفت و با بارندگی کمتر از ۴۷۷-۴۰۷ میلی‌متر و دمای میانگین سالانه ۱۷-۱۵ درجه سانتیگراد، منطقه دارای حالت مورفولوژیکی نیمه‌خشک است. نتایج این تحقیق با (فرهمند و همکاران، ۱۳۹۴؛ ۱۰) که نشان دادند پارامترهای دما و بارش در منطقه وابسته به ارتفاعات است همخوانی دارد. نوع هوازگی با توجه به معیار تعیین شدت در سه طبقه وزن‌دهی شد و مشخص گردید که منطقه تحت تأثیر سه نوع هوازگی مکانیکی ضعیف، متوسط و شدید قرار دارد. این نتایج با (حنفی و همکاران، ۱۳۸۱؛ ۷۲) که هوازگی مکانیکی را عاملی برای تخریب سنگ‌ها در منطقه شمال‌غرب کشور به دلیل شرایط آب و هوایی معرفی کردند همخوانی دارد. علاوه بر این نتایج حاصل از این پژوهش با کار محققین دیگر که تعیین وزن را برای مدل پلتیر براساس پارامترهای اقلیمی دما و بارش و شدت هوازگی انجام دادند، همخوانی دارد.

در مناطق کوهستانی ایران مثل ارتفاعات زاگرس، البرز و شمال‌غرب به علت دارا بودن دماهای پایین و یخبندان امکان وقوع هوازگی مکانیکی در سطح ضعیف وجود دارد (متصودی و همکاران، ۱۳۸۹؛ ۳۶).

مختلف براساس اطلاعات مورفولوژیکی و رژیم‌های هوازگی است. در مناطق کوهستانی و مرتفع با توجه به دمای پایین و کمبود رطوبت تخریب شیمیایی کمتر رخ می‌دهد و بیشتر تخریب مکانیکی در سنگ‌ها مؤثر هستند (Conforti and Buttafuoco, 2017: 457). برای ارزیابی مدل پلتیر در منطقه مطالعاتی، از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استفاده گردید. سپس مقدار دما و بارش با روش IDW با توان ۲ پهنه‌بندی شدند و درصد مساحت طبقات دمایی و بارش به دست آمد.

نتایج نشان داد که طبقه بارش در محدوده ۴۷۷-۴۰۷ میلی‌متر با مساحت ۳۲/۶۷ درصد کل مساحت منطقه را دربر می‌گیرد. همچنین تغییرات دمای منطقه مبین آن است که محدوده دمای ۱۷-۱۵ درجه سانتیگراد با مساحت ۳۹/۴۱ بیشترین مساحت منطقه را فرا گرفته است. براساس نتایج به دست آمده محدوده مورد مطالعه در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک قرار گرفته و هوازگی به مقدار کمی صورت می‌گیرد. علت آن است که مناطق کوهستانی دمای پایینی دارند و مقدار پوشش رطوبتی موجود در آن بیشتر برف است. مدل دوم پلتیر نیز براساس نمودار و جدول مورفوزنتیکی

Tuladhar, G., & Aoyama, K. 2006. Influence of weathering on physical and mechanical properties of mudstone, by universal academy press, Inc, Tokyo, japan: 467-479.

12- Borrelli, L., Greco, R., & Gullà, G. 2007. Weathering grade of rock masses as a predisposing factor to slope instabilities: Reconnaissance and control procedures. *Geomorphology* 87:158-175.

13- Borrelli, L., Perri, F., Critelli, S., & Gullà, G. 2014. Characterization of granitoid and gneissic weathering profiles of the Mucone River basin (Calabria, southern Italy). *Catena* 113: 325-340.

14- Budel, J. 1948. Das system der klimatischen geomorphology, *Verhandlungen Deutscher Geographentag*, 27: 65-100.

15- Conforti, M., & Buttafuoco, G. 2017. Assessing space-time variations of denudation processes and related soil loss from 1955 to 2016 in southern Italy (Calabria region). *Environ. Earth Sci.* 76: 457.

16- Fowler, R., & Petersen, J. 2003. A Spatial representation of louis peltier's weathering, erosion and climatic graphs using geographic information systems (GIS), *geo* 5419, advanced gis II. Spring.

17- Migoñ, P. 2013. Weathering and hillslope development. In: Shroder, J.F., (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press: San Diego, CA, 4, :159-178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00075-0>.

18- 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.

19- Perri, F., Borrelli, L., Critelli, S., & Gullà, G. 2012. Investigation of weathering rates and processes affecting plutonic and metamorphic rocks in Sila Massif (Calabria, southern Italy). *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana* 21: 557-559.

20- Rabinson, D.A. 2000. Weathering Processes, Products and Environments, *Earth Sur. Pro. And land forms*, Vol 25:44.

21- Reiche, I. 1950. A Survey of Weathering Processes and Products". Revised Edition University of New Mexico Publishers. *Geol.*, no. 3: 95 .

22- Santos, J.C.B.D., Le Pera, E., Souza Júnior, V.S.D., Oliveira, C.S.D., Juilleret, J., Corrêa, M.M., & Azevedo, A.C.D. 2018. Porosity and genesis of clay in gneiss saprolites: The relevance of saprolithology to whole regolith pedology. *Geoderma* 319:1-13.

23- Yue T. X., Du Z., P, Song D. J., & Gong Y. 2007. A New Method of Surface Modeling and Its Application to DEM Construction. *Geomorphology*. 91(1-2): 161-172.

## منابع و مأخذ

- ۱- جعفری اقدم، م، جهانفر، ع، م. صادقی. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی فرآیندهای هوازدگی حوضه رودخانه جاجرود با استفاده از مدل پلتیر. چهارمین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا: ۱-۱.
- ۲- حنفی، ع. ۱۳۸۱. بررسی نقش اقلیم روی فرآیندهای هوازدگی سنگ‌ها براساس مدل‌های پلتیر در ایران. *مجله سپهر*، ۲۳ (۸۹): ۶۷-۷۱.
- ۳- خوش‌اخلاق، ف، شمسی‌پور، ع.ا، مقصودی، م، مرادی‌مقدم، م.ا، رستمی‌گهراز، ه. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی و واکاوی فرآیندهای هوازدگی در غرب دشت مرکزی زاگرس. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۱: ۳۹-۲۱.
- ۴- عمادالدین، س، نامجو، ف.ا، محمدی، ش، ر، ولوی. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی قلمرو هوازدگی سنگ‌ها در استان تهران و البرز. *دو فصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی ایران*. ۲(۴): ۶۰-۷۷.
- ۵- فرهمند، ح، علی، آرین، خاکزاد، ا، افشار، م. ۱۳۹۴. بررسی تأثیرات اقلیم روی فرآیندهای هوازدگی سنگ‌ها براساس مدل‌های پلتیر در استان کرمانشاه، غرب ایران. *کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در علوم کشاورزی و محیط‌زیست، کوالان‌پور، مالزی*: ۱-۱۰.
- ۶- قریب، ع.ک. ۱۳۸۲. شناخت سنگ‌ها با نگاهی ویژه به سنگ‌های ایران، *نشر علمی فرهنگی*.
- ۷- معاریان، ح. ۱۳۷۹. *زمین‌شناسی برای مهندسیین*، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ش ۲۱۴۸.
- ۸- مقصودی، م، خوش‌اخلاق، ف، حنفی، ع، ا، روستا. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی فرآیندهای هوازدگی سنگ‌ها براساس مدل‌های پلتیر در شمال غرب ایران، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۷۳: ۳۵-۴۶.
- ۹- مهدوی، م. ۱۳۹۷. *هیدرولوژی کاربردی جلد اول*، چاپ ۱۲: ۲۲۵.
- 10- Apollaro, C., Fuoco, I., Brozzo, G., & De Rosa, R. 2019a. Release and fate of Cr (VI) in the ophiolitic aquifers of Italy: the role of Fe (III) as a potential oxidant of Cr (III) supported by reaction path modelling. *Sci. Total Environ*, 660: 1459-1471.
- 11- Bhattarai, P., Marui, H., Tiwari, B., Watanabe, N.,

