

## بررسی عوامل موثر بر تحول ژئومورفولوژی کارست در کوه گاماسیاب با تاکید بر تحول

### لایه (جنوب نهاوند)

معصومه کاظمی<sup>۱</sup>

دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه شهید بهشتی

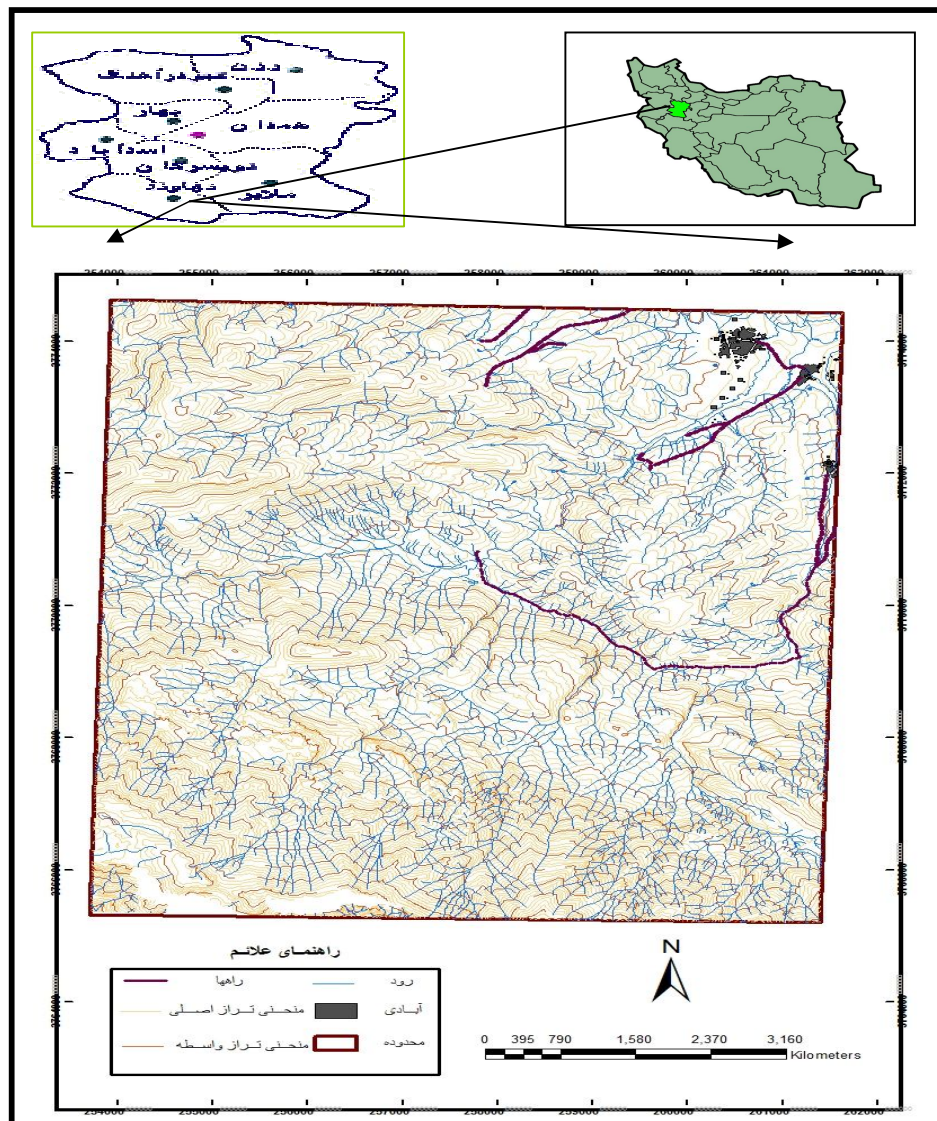
چکیده:

منطقه مورد مطالعه، بخشی از رشته کوه زاگرس مرتفع در جنوب شهرستان نهاوند با مساحت ۷۶/۸۷ کیلومتر مربع می باشد جهت ناهمواری‌ها به تبعیت از رشته کوه عظیم زاگرس راستای شمال غرب - جنوب شرق دارند و در زمره زاگرس رورانده یا مرتفع قرار می گیرد. سنگ‌های کربناته و آهک ضخیم لایه از عمده ترین سنگ‌های تشکیل دهنده منطقه هستند که مربوط به دوران ژوراسیک تا کرتاسه پایین می باشند و عمدتاً در واحد ژئومورفولوژیک کوهستان قرار گرفته‌اند. وجود قشر وسیعی از سازندهای سنگ‌های کربناته و آهک ضخیم لایه، که در حدود ۹۰ درصد لیتولوژی منطقه را به خود اختصاص داده با پتانسیل انحلال پذیری زیاد به همراه شرایط مناسب اقلیمی، لزوم مطالعه ژئومورفولوژی کارست در منطقه را که باعث تشکیل اشکال کارستی متنوعی شده به خوبی بیان می کند. از جمله این اشکال می توان به چشمه کارستیک گاماسیاب، غار گاماسیاب و بالاخص لایه‌ها اشاره داشت. لایه‌ها به دلیل گستردگی قابل توجه خود و تنوع اشکال به صورت انواع لایه‌های ریلی، خطی، موازی و ... از مهم ترین اشکال کارستی موجود در منطقه محسوب می شوند، بنابراین موقعیت مکانی لایه‌ها با استفاده از اطلاعات بدست آمده از بررسی‌های میدانی، تصاویر IRS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند، تا از این طریق فرایندهای غالب در تشکیل اشکال کارست به ویژه لایه‌ها و ارتباط آن با متغیرهای مختلف از قبیل ارتفاع، سازندهای زمین شناسی،...

بررسی گردد. نتایج حاصل از مطالعات فوق نشان داد که لایه‌ها بیشتر در بالاترین طبقه شیب، با شیب ۱۳۰-۵۴ درصد و در طبقه ارتفاعی ۳۴۰۰-۳۰۰۰ متر در جهت جنوب غربی با غلبه سازند زمین شناسی آهک کربناته و در همدمای ۱-۲ درجه با طبقه همبارش ۷۷۳-۶۹۹ میلی متر بارش فرا گرفته است.

واژگان کلیدی: ژئومورفولوژی کارست، کوه گاماسیاب، نهاوند، لایه، سنگ های کربناته

۱- این مقاله برگرفته از پایان نامه به راهنمایی آقای دکتر محمدرضا ثروتی و مشاوره آقای دکتر محمد مهدی حسین زاده می باشد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

منبع: نگارندگان

#### مقدمه

منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی ۴۸ درج و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۴ درجه تا ۳۴ درجه و ۵ دقیقه عرض جغرافیایی در بخشی از رشته کوه زاگرس مرتفع در جنوب شهرستان نهاوند با مساحت ۷۶/۸۷ کیلومتر مربع واقع شده است (شکل ۱)). مناظر و چشم اندازهای کارستی حاصل فرایندهای متفاوتی هستند که در ارتباط با هم انواع مختلفی از فرمها را ایجاد می کنند. فرمها فرایندهای ژئومورفولوژی هستند که در ایجاد آنها یک یا دو عامل یا فرایند غلبه بیشتری داشته و در نتیجه بر مورفولوژی اشکال سطحی زمین نیز موثر واقع می شود. بنابراین شناخت فرایندهای ژئومورفولوژیکی و واحدهای مهم ژئومورفولوژیکی و کارستیک منطقه می تواند ما را در جهت شناخت بهتر فرمها و فرایندهای مهم و موثر بر بروز این اشکال یاری دهد (عشقی، ۱۳۸۳:

۱۲۷). در ایجاد اشکال کارستیک عوامل مختلفی چون سنگ‌های انحلال پذیر به هم راه اقلیم تأثیر بسزایی دارد که بسته به غلبه هریک از این عوامل اشکال کارستی متفاوتی پدید می آید. در کشور ما علاوه بر وجود توده های کارستی فراوان در رشته کوه زاگرس و البرز (ثروتی، ۱۳۸۷) تحقیقات کمی در مورد اشکال کارستی و یا مدیریت و بهره برداری از منابع آب کارستی صورت گرفته است که در گذشته مطالعات در زمینه کارست بیشتر جنبه کیفی داشته و کمتر کار کمی در این زمان توسط جغرافیدانان صورت گرفته است. در ایران از سال ۱۳۷۰ با تشکیل مرکز مطالعات سازندهای سخت به صورت منظم و سازمان یافته، تحقیقات مربوط به کارست انجام شده است (سامانی، ۱۳۸۳: ۸۳)، همچنین مقالاتی در زمینه ژئومورفولوژی کارست به چاپ رسیده است که می توان به مقاله کارن‌ها متنوع ترین اشکال کارست در منطقه تخت سلیمان (رضایی مقدم، ۱۳۷۵: ۳۸) اشاره کرد که نقش عوامل بیرونی بر تحول کارن‌های منطقه تخت سلیمان و انواع آن‌ها را بررسی کرده است و مطالعه ژئومورفولوژی کارست در حوضه آبریز کرده (عشقی، ۱۳۸۳: ۱۲۲) که مدیریت منابع آب کارست و راهکارهایی در جهت بهره برداری اصولی از منابع آب کارست و جلوگیری از آلودگی آن‌ها ارائه داده است. همچنین ژئومورفولوژی کارست در تاقدیس خاویز (ثروتی، ۱۳۸۳: ۸۵) که تأثیر عوامل تکتونیک در توسعه پهنه‌های کارستی را مطالعه کرده است. حسین زاده و اسماعیلی (۱۳۸۵: ۳۵۴) به مطالعه ژئومورفولوژی کارست در دامنه‌های شمالی البرز پرداخته که با توجه به نتایج به دست آمده، ویژگی‌های زمین شناسی و غلبه بیشتر سازندهای آهکی را در منطقه در پیدایش این اشکال موثر دانسته است. در استان همدان امیری و فرهادی (۱۳۷۴: ۹۸) به بررسی انحلال شدید در فروچاله‌های همدان پرداخته که انحلال را عامل ایجاد فروچاله‌ها در همدان معرفی کرده‌اند. در منطقه مورد مطالعه، مطالعات اندکی در زمینه ژئومورفولوژی کارست انجام شده است که مهم ترین آنها تحلیل آثار تراکمی و فرسایشی کواترنر و نقش آن در مدیریت کوهستانی دشت نهاوند (شایان، ۱۳۷۹: ۳۸۵) و بررسی اجمالی آب‌های زیرزمینی دشت نهاوند (شکری پور و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۸۵) می باشند. این مطالعات علاوه بر مطالعه اشکال ژئومورفولوژیکی منطقه، به پراکندگی این اشکال و عوامل موثر بر ایجاد پهنه‌های کارستی نیز توجه کرده است. بررسی و مطالعات اشکال کارست در منطقه با هدف شناسایی اشکال کارستی به دلیل اهمیت هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی آنها، که به عنوان مهمترین منبع تغذیه ذخائر آبی و تغذیه چشمه های کارستیک در منطقه محسوب می شوند صورت گرفته است که از میان اشکال کارستی موجود در منطقه، شکل کارستی لایه به دلیل گسترش قابل توجه این اشکال در سازندهای آهکی و نیز به دلیل شناسایی عوامل موثر بر تحول این اشکال مورد توجه قرار گرفته تا از این طریق بتوان تأثیر عوامل مختلف در ایجاد لایه‌ها و ارتباط متغیرهای مورد مطالعه با ایجاد لایه‌ها در منطقه را ارزیابی کنیم. غلبه سنگ‌های آهکی و کربناته به همراه ساختار زمین شناسی و وجود گسل‌ها و درز و شکاف فراوان به همراه شرایط اقلیمی مساعد از مهمترین عوامل در ایجاد اشکال کارستی در منطقه می باشد. قدیمی ترین سازند آهکی منطقه مربوط به دوران پالئوزوئیک واحد کربنیفر - پرمین می باشد که به صورت سنگ آهک نازک لایه با میان لایه های سنگی دیده می شود. جدید ترین سازند آهکی مربوط به میوسن به صورت سنگ‌های کربناته بیوکرومیت است (شایان، ۱۳۷۹: ۲۰). میانگین بارش سالانه در منطقه ۵۳۹/۷۲ میلی متر و متوسط دما در منطقه برابر با ۹/۹۶ درجه سانتیگراد می باشد. معدل حداقل دما در منطقه ۰/۶- و میانگین حداکثر دمای سالانه برابر ۱۹/۰۳، گرمترین ماه سال در مردادماه با ۲۰/۵۳ درجه می باشد و حداقل مطلق دما در دی ماه با ۲/۶۹- درجه سانتیگراد می باشد. بر اساس نتایج به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی ضریب خشکی منطقه ۲۷/۴ محاسبه گردید که بر اساس طبقه بندی دومارتن (علیجانی، ۱۳۷۵: ۳۴۶) آب و هوای منطقه نیمه مرطوب می باشد.

### داده ها و روش تحقیق:

به منظور شناسایی اشکال کارست در منطقه، منابع اسنادی از جمله، تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات قبلی بررسی شد و به منظور مطالعه دقیق تر منطقه مورد بازدید میدانی قرار گرفته و پراکندگی اشکال بر روی نقشه منطقه نمایش داده شد. لازم به ذکر است که پراکنش لایه‌ها در منطقه، ابتدا بر روی عکس‌های هوایی شناسایی و در ادامه از طریق بازدید میدانی حدود آن تعیین گردید. در ادامه به دلیل فراوانی اشکال کارست از نوع لایه، سعی شد عوامل موثر بر تحول لایه‌ها در منطقه در ارتباط با متغیرهای مختلفی چون شیب، جهت دامنه، طبقات ارتفاعی، لیتولوژی، طبقات همدم و هم بارش و پوشش اراضی مورد بررسی قرار گیرد. این متغیرها بر اساس مطالعات قبلی در خصوص تشکیل و تحول کارست انتخاب گردید. سپس با استفاده از نرم افزار ARCGIS لایه‌های مختلف هم پوشانی گردیده و در نهایت به صورت جداول و نمودارهایی در لایه‌های جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، که تراکم لایه‌ها در طبقات مختلف مشخص شده و به ۴ طبقه ارتفاعی تقسیم بندی گردید و در ادامه منطقه مورد مطالعه شبکه بندی شد (جهت کلی دامنه رو به شمال و شمال شرق می باشد). بر این اساس شبکه‌های که دارای لایه بوده و فراوانی لایه‌ها به گونه‌ای بود که به عنوان پدیده غالب سطوح سنگی محسوب می شدند شمارش شد و به دنبال آن تراکم لایه‌ها در هر طبقه ارتفاعی بر اساس تعداد شبکه‌های دارای لایه و مساحت آن طبقه به صورت درصد محاسبه و دسته بندی شدند. همچنین جهت نمایش تراکم از نمودارها برای نمایش فراوانی لایه‌ها در کلاس‌های مختلف و متغیرهای مورد مطالعه استفاده شده است.

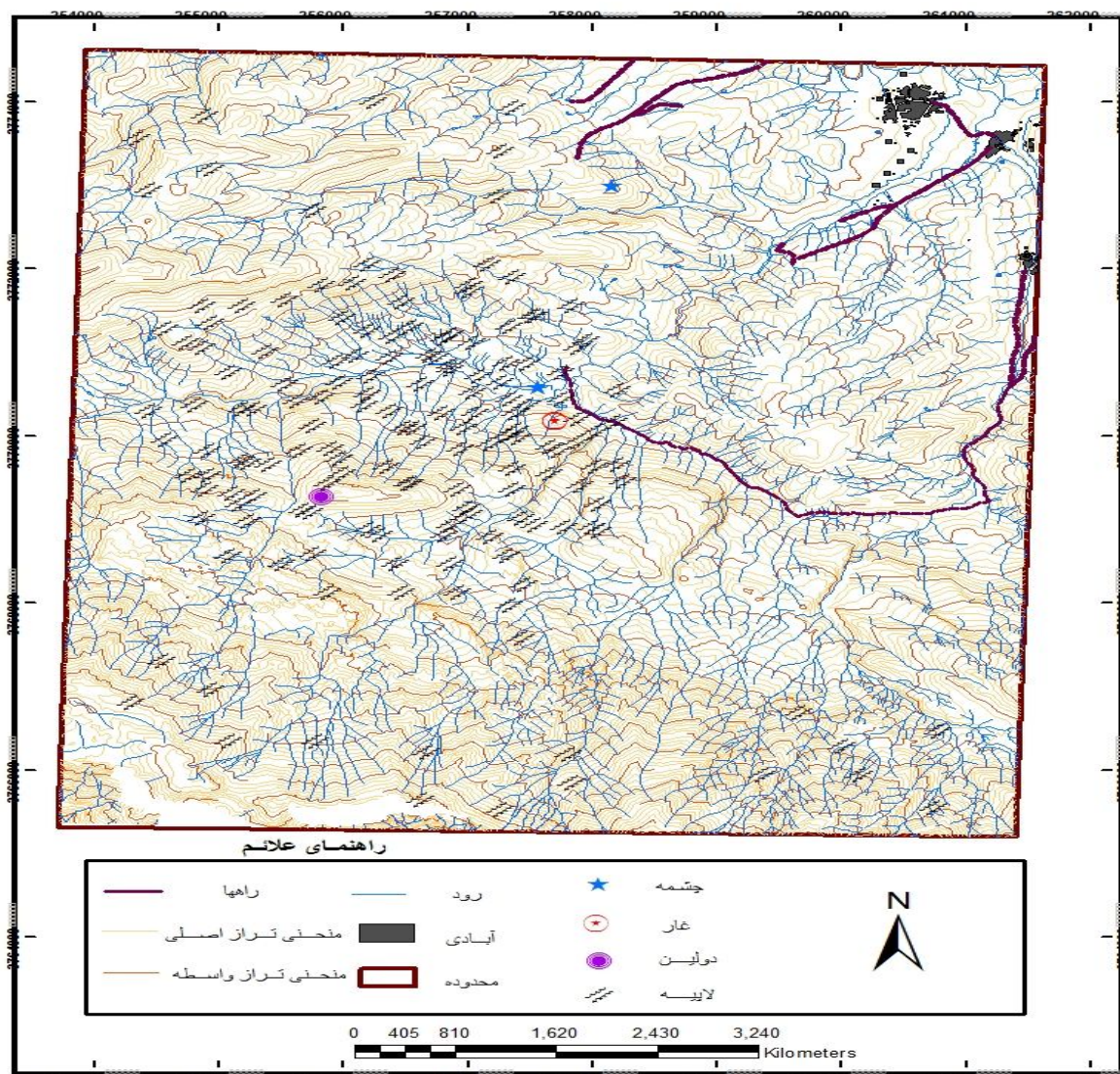
### نتایج تحقیق:

**اشکال کارست:** با توجه به مطالعات انجام شده در منطقه مورد مطالعه انواع مختلفی از اشکال کارستی دیده می شود که از این میان فراوان ترین اشکال کارستی موجود در منطقه لایه‌ها (کارنها) هستند که در وسعت زیادی از سطوح سنگ آهک به وجود آمده‌اند، انواع مختلف کارنها شامل لایه کندویی، شیاری، خطی، سفره لایه، ریلی در منطقه مشاهده می شود. لایه خطی به صورت خطوط ممتد با جهت افقی و عمودی و یا مورب در سطح خارجی سنگ-های آهکی کاملاً برهنه شکل گرفته اند که به چهره ناهمواری‌ها جلوه خاصی داده است. این اشکال غالب ترین اشکال کارستی منطقه محسوب می شوند و در وسعت قابل توجهی در منطقه پراکنده شده اند، برخی از این اشکال به صورت کاملاً موازی و یا به شکل عمودی و یا متقاطع هستند و بر روی دامنه‌های سنگی ایجاد شدند که بسته به وجود هر یک از این اشکال لایه مورب و یا متقاطع خوانده می شود.

**لایه کندویی:** حفره‌هایی هستند که از برخورد نزولات جوی به خصوص قطرات باران بر روی سطوح سنگ آهک که اغلب فاقد پوشش گیاهی و کاملاً برهنه هستند به وجود آمده‌اند. با برخورد قطرات باران و باقی ماندن آب بر روی این حفرات کوچک و تجزیه شیمیایی سنگ به تدریج انحلال شکل گرفته و این حفره‌ها وسیعتر شده که در نهایت اشکال کارستی با نام لایه کندویی را به وجود می آورد. قطر آنها کمتر از ۱ سانتی متر با عمقی در حدود ۲ سانتی متر است که به دلیل شباهت این حفره‌ها به کندوی زنبورعسل به این نام خوانده می شود. این اشکال در رشته کوه گرین و در کوه گاماسیاب از مناظر کارستی غالبی بوده که به شکل دایره یا نزدیک به دایره کوچک با عمق کمتر از ۲ سانتی متر دیده می شود که بر اثر برخورد قطرات باران شکل گرفته اند. در منطقه مورد مطالعه، غیر از اشکال کارست بصورت لایه، می توان اشکال کارستی دیگری را مشاهده کرد که البته غلبه چندانی نداشته و



بصورت پراکنده قابل شناسایی می باشند. از اشکال کارستی دیگر منطقه میتوان به دولین، پلیه، غار و چشمه کارستیک اشاره کرد. (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه پراکندگی لایپه‌ها و اشکال کارستی در منطقه مورد مطالعه  
منبع: نگاندگان

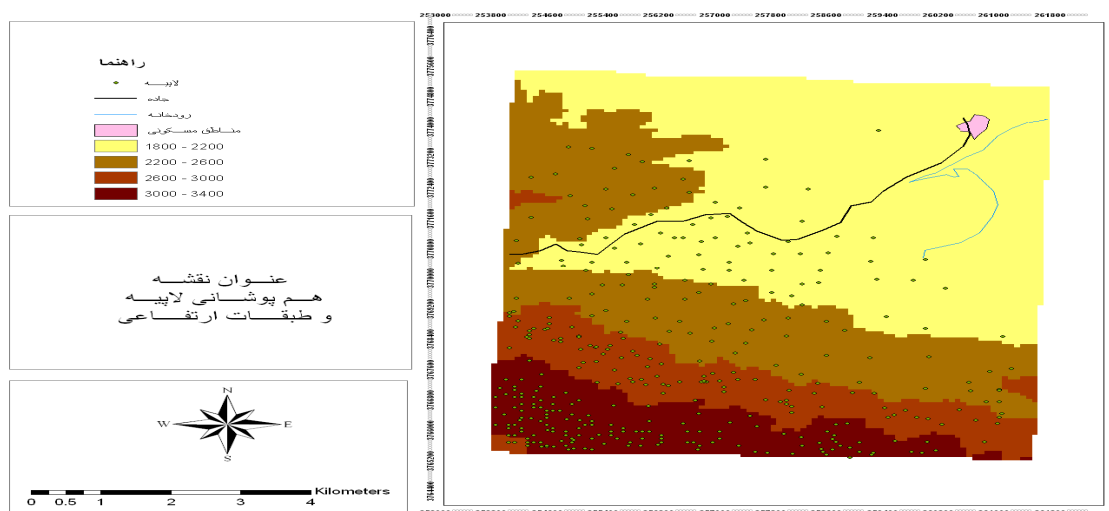
تجزیه و تحلیل آماری لایپه‌ها: با توجه به گستردگی لایپه‌ها در منطقه به عنوان غالب ترین اشکال کارستی منطقه، به منظور تحلیل بهتر این اشکال و مطالعه عوامل غالب در پراکنش آن‌ها با استفاده از ابزارهای مختلفی چون بررسی میدانی، نقشه توپوگرافی، نقشه زمین شناسی و تصاویر IRS منطقه، موقعیت مکانی لایپه‌های موجود در منطقه شناسایی شد، با توجه به تعداد کم سایر اشکال کارستی امکان تحلیل آماری سایر اشکال وجود نداشت بر این اساس تنها لایپه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و فراوانی این اشکال و درصد تراکم آن‌ها بدست آمد که بیان کننده نقش متغیرهای مختلف بر تراکم لایپه‌ها می باشد. بر اساس مطالعات انجام گرفته، تعداد و درصد تراکم لایپه‌ها در هر طبقه ارتفاعی و نسبت تراکم لایپه‌ها در طبقات مختلف ارتفاعی به صورت خیلی کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد مشخص شد (شکل ۲). با توجه به شکل فوق بیشترین درصد تراکم لایپه‌ها در طبقه ارتفاعی (۳۴۰۰-۳۰۰۰) متر با

۶۷/۴ درصد با نسبت تراکم خیلی زیاد و کم ترین درصد تراکم لایپه در طبقه ارتفاعی (۲۰۰۰-۱۸۰۰) با ۰/۲ درصد و نسبت تراکم خیلی کم قرار گرفته است (جدول ۱).

جدول ۱: پراکندگی لایپه‌ها در طبقات ارتفاعی در کوه گاماسیاب

طبقات ارتفاعی	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد مساحت	تعداد لایپه	درصد تراکم لایپه	نسبت تراکم لایپه
۱۸۰۰-۲۲۰۰	۵۸/۲۶	۷۵/۷۹	۶۰	۰/۲	کم
۲۲۰۰-۲۶۰۰	۰/۰۹	۰/۱۱	۷۴	۲۴/۲۷	متوسط
۲۶۰۰-۳۰۰۰	۸/۵۸	۱۱/۱۶	۹۰	۳۱/۰۲	زیاد
۳۰۰۰-۳۴۰۰	۹/۸۷	۱۲/۸۳	۱۴۹	۴۴/۶۷	خیلی زیاد

منبع: نگارندگان



شکل ۳: نقشه پراکندگی لایپه‌ها در طبقات ارتفاعی در کوه گاماسیاب

منبع: نگارندگان

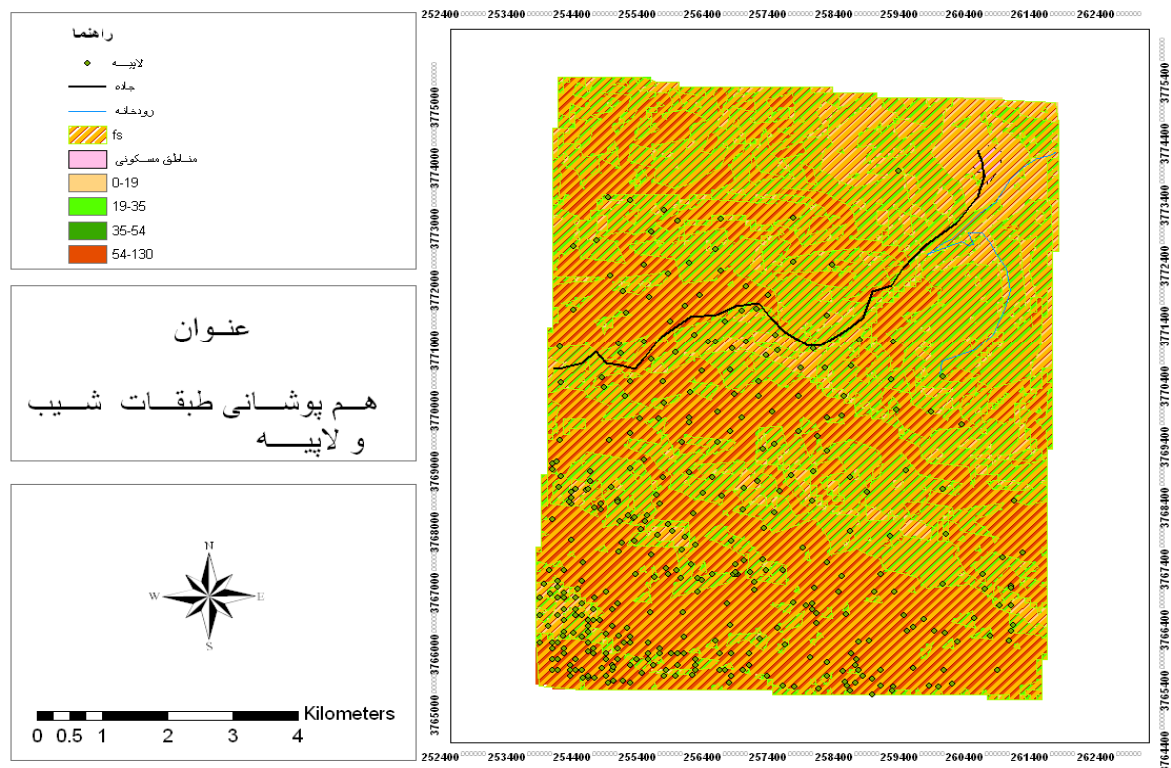
رابطه بین لایه شیب و تراکم لایپه‌ها: با توجه به اهمیت میزان شیب در بررسی‌های ژئومورفولوژیکی ابتدا لایه شیب در محیط نرم افزاری ARCGIS تهیه گردید و سپس به طبقات نا برابر تقسیم بندی شد تا بتوان تغییرات شیب در دامنه‌ها را حتی به مقدار بسیار اندک نیز مشاهده نمود. در ادامه لایه تهیه شده با لایه تراکم لایپه‌ها هم پوشانی داده شد تا بدین وسیله بتوان ارتباط بین درصد تراکم لایپه و شیب را بررسی کرد. تحلیل ارتباط بین درصد تراکم لایپه با طبقات شیب نشان دهنده یک همبستگی مناسب بین میزان شیب و تراکم لایپه است به شکلی که با افزایش شیب در دامنه‌ها بر تراکم لایپه افزوده می شود. جدول ۲ نشان دهنده طبقات مختلف شیب و درصد مساحت تحت پوشش طبقات مختلف شیب منطقه می باشد.

بر اساس جدول ۲ بیشترین مساحت منطقه با ۳۵/۲۸ درصد در طبقه شیب ۱۹-۳۵ و کمترین مساحت با ۱۰/۳۹ درصد در طبقه شیب ۵۴-۳۰ قرار گرفته است. بررسی نشان می دهد که بالاترین درصد تراکم لایه‌ها با ۵۱/۵۱ درصد در طبقه شیب ۱۳۰-۵۴ درصد قرار دارد. بنابراین بین درصد تراکم لایه و میزان شیب منطقه رابطه مستقیمی را می توان یافت، چرا که با افزایش شیب میزان تراکم لایه ها نیز افزایش می یابد و بیشترین اشکال کارستی لایه‌ها (کارن) را در شیب‌های تند و دامنه‌های سنگی با شیب زیاد باید جستجو کرد.

جدول ۲: پراکندگی لایه‌ها در طبقات شیب در کوه گاماسیاب

طبقات شیب	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد مساحت	تعداد لایه	درصد تراکم لایه
۰-۱۹	۲۱/۹۸	۲۸/۵۹	۶۰	۱۳/۹۹
۱۹-۳۵	۲۱/۱۲	۳۵/۲۸	۳۵	۸/۴۹
۳۵-۵۴	۱۹/۷۷	۲۵/۷۱	۱۰۰	۲۵/۹۹
۵۴-۱۳۰	۷/۹۹	۱۰/۳۹	۸۰	۵۱/۵۱

منبع: نگارندگان



شکل ۴: نقشه هم پوشانی طبقات شیب و در صد تراکم لایه در کوه گاماسیاب

منبع: نگارندگان

**رابطه بین جهت دامنه و درصد تراکم لایه ها:** دامنه‌ها و جهت آن نیز یکی از عناصر موثر بر میزان کارست شدگی و ایجاد اشکال کارستی مختلف می باشند. در دامنه‌هایی با جهت شمالی به دلیل بارش بیشتر برف در مناطق کوهستانی بر خلاف دامنه‌های جنوبی و آفتابگیر شاهد تجمع حجم عظیمی از برف در زمان طولانی در دامنه‌های کوهستانی خواهیم بود که این امر در بستر سنگی مناسب به همراه وجود سنگ‌های کربناته و مستعد انحلال با ذوب برف در فصول گرم سال شرایط لازم جهت کارستی شدن و انحلال را فراهم می آورد. بنابراین دامنه‌ها و جهت آن نیز به عنوان یکی از متغیرهای مهم و تاثیر گذار در ایجاد اشکال کارستی به صورت لایه در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. جهت دامنه‌ها در منطقه از روند کلی رشته کوه‌های زاگرس تبعیت کرده و به صورت شمال شرق - جنوب غرب می باشد. جدول ۳ جهت دامنه و درصد مساحت تحت پوشش برای جهات مختلف دامنه مورد محاسبه قرار گرفت که بر اساس جدول مذکور بیشترین درصد مساحت منطقه در جهت دشت یا فلات بوده با  $161/48$  درصد مساحت منطقه و پس از آن دامنه‌های شمال غربی با  $14/46$  و شمال با  $31/42$  درصد مساحت بیشترین درصد مساحت در منطقه است. در جدول ۳ به وضوح می توان مشاهده کرد که فراوانی لایه‌ها از شمال و شمال غرب به سمت شرق کاهش می یابد بنابراین می توان گفت درصد تراکم لایه‌های کارستی در منطقه، در جهت جنوب غرب با  $44/06$  درصد بیشترین گسترش را دارا می باشد. در این دامنه‌ها تراکم لایه سیر صعودی می یابد که می تواند به دلیل آفتابگیر بودن دامنه‌های جنوبی و ذوب برف در مدت زمان کوتاه تر و همچنین تفاوت در

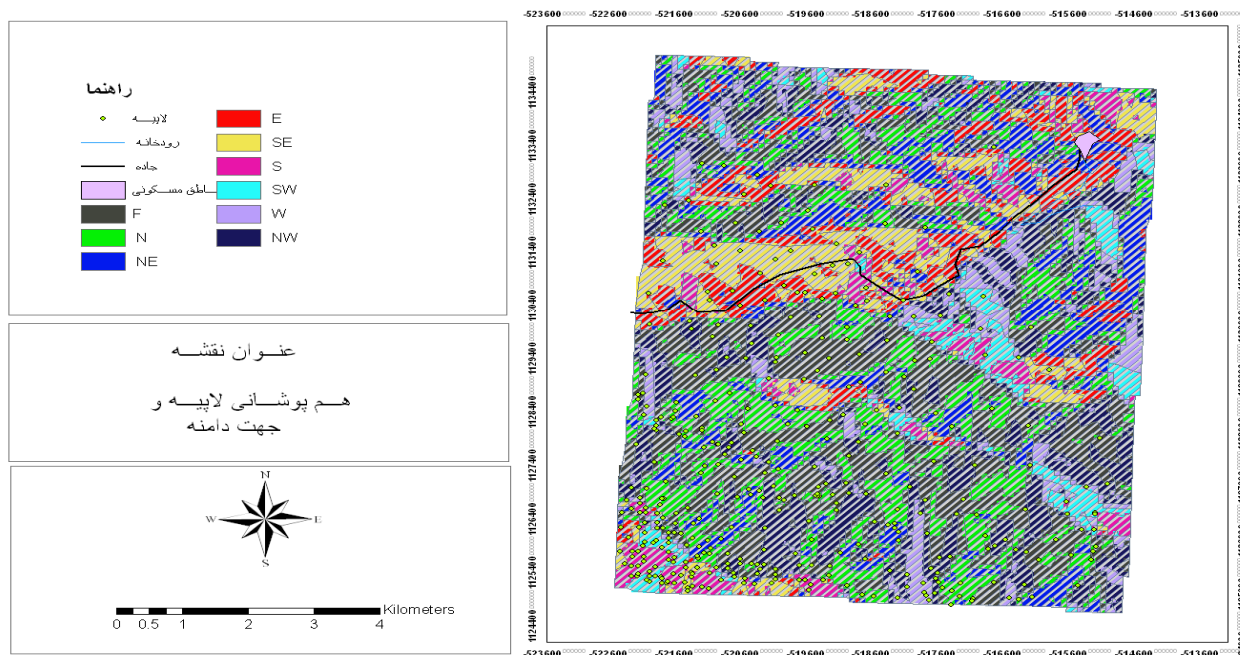


جدول ۳: جهت شیب و دامنه در کوه گاماسیاب

طبقات شیب	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد مساحت	تعداد لایه	درصد تراکم لایه
۰-۱۹	۲۱/۹۸	۲۸/۵۹	۶۰	۱۳/۹۹
۱۹-۳۵	۲۱/۱۲	۳۵/۲۸	۳۵	۸/۴۹
۳۵-۵۴	۱۹/۷۷	۲۵/۷۱	۱۰۰	۲۵/۹۹
۵۴-۱۳۰	۷/۹۹	۱۰/۳۹	۸۰	۵۱/۵۱

منبع: نگارندگان

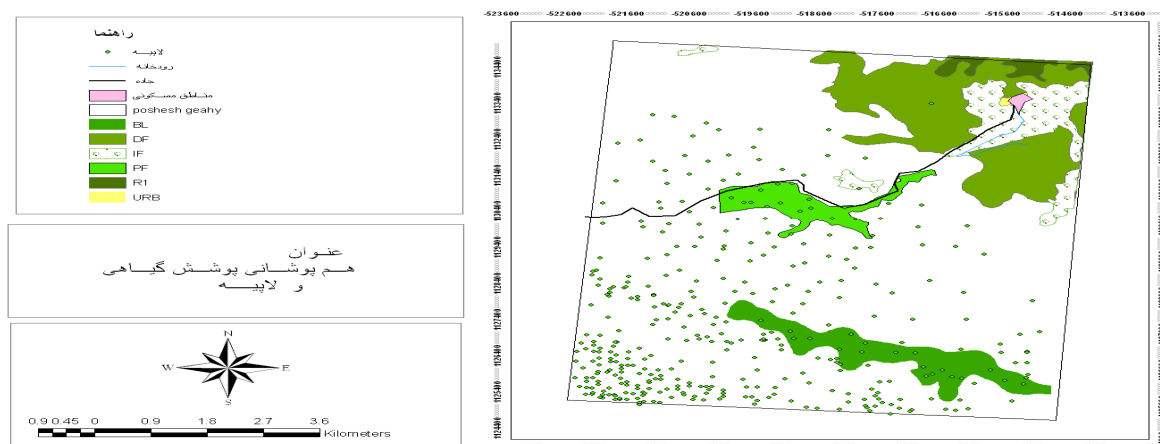
دریافت نزولات جوی در دامنه‌های شمالی و جنوبی رشته کوه‌های زاگرس باشد که ناهمواری‌های منطقه نیز در این رشته کوه واقع شده است.



شکل ۵: قشه همپوشانی جهت دامنه و درصد تراکم لایه در کوه گاماسیاب

منبع: نگارندگان

پوشش اراضی (پوشش گیاهی): گونه‌های مختلف گیاهی بر انحلال آهک موثر بوده و از طریق نفوذ ریشه‌ها در سنگ علاوه بر ایجاد درز و شکاف در سنگ که نفوذ آب به درون سنگ را تسهیل می‌کند می‌تواند با تولید اسید کربنیک قدرت حلالیت آب را افزایش دهد بنابراین لازم بود که پوشش گیاهی منطقه و گونه‌های غالب گیاهی منطقه نیز مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار بگیرد. به این منظور فراوانی لایه‌ها برای پوشش گیاهی هم پوشانی داده شد. در جدول ۴ درصد مساحت تحت پوشش هر یک از گونه‌های مختلف گیاهی منطقه بر اساس نقشه پوشش زمین محاسبه گردید که بر اساس این جدول ۴ بیشترین مساحت را مناطق کوهستانی فاقد پوشش گیاهی با ۵۹/۶۸ به خود اختصاص داده است و کمترین مساحت در نقشه کاربری اراضی منطقه مربوط به منطقه شهری با ۰/۰۹ درصد می‌باشد. از این میان جنگل دست کاشت تنها ۱/۹ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است. بر اساس این تحلیل مشخص گردید که درصد تراکم لایه در مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم تر و یا گونه‌های تکامل یافته نظیر درخت و درختچه هستند بیشتر از مناطقی با پوشش گیاهی کم یا متوسط می‌باشد به عبارت دیگر پوشش گیاهی منطقه با پراکندگی لایه دارای همبستگی می‌باشد به طوری که گونه‌های مختلف اطراف چشمه گاماسیاب اعم از بومی و غیر بومی که تراکم گیاهی بیشتری نسبت به سایر نقاط دارند بیشترین فراوانی تراکم لایه را دارا می‌باشد. این مناطق علاوه بر پوشش گیاهی غنی تر نسبت به سایر نقاط با دارا بودن بستر سنگی کربناته و درز و شکاف‌های فراوان ناشی از گسل و یا تخلخل ثانویه سنگ شرایط مناسبی را جهت انحلال آهک و ایجاد اشکال کارستی مختلف به ویژه لایه‌ها فراهم کرده است. اما جنگل دست کاشت به دلیل تراکم و تنوع پوشش گیاهی بیشترین درصد فراوانی و تراکم لایه‌ها را شامل می‌شود که بیان کننده تاثیر غیر مستقیم پوشش گیاهی در تحول و ایجاد اشکال کارستی به ویژه لایه‌ها (کارنها) در منطقه می‌باشد. چرا که جدول ۴ نشان می‌دهد تعداد بسیار کمی از این اشکال در مناطقی با پوشش گیاهی وسیع قرار گرفته و قسمت عمده این اشکال در ارتفاعات بلند کوهستانی و فاقد پوشش گیاهی انبوه و یا عمدتاً به صورت گل‌سنگ ایجاد شده‌اند. در منطقه مور مطالعه بیشترین درصد تراکم لایه‌ها با ۵۳/۸۲ درصد تراکم در شکل محدوده گسترش جنگل دست کاشت واقع شده است.



شکل ۶: نقشه همپوشانی پوشش گیاهی و درصد تراکم لایه در کوه گاماسیاب

منبع: نگارندگان

جدول ۴: پراکندگی نوع پوشش گیاهی و درصد تراکم لایه در کوه گاماسیاب

پوشش گیاهی	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد مساحت	تعداد لایه	درصد تراکم لایه
شهر	۰/۰۹	۰/۱۱	۰	۰
بدلد	۳/۴	۴/۴۲	۱۰	۱۸/۷۹
زراعت آبی	۳/۳۹	۴/۴۱	۰	۰
زراعت دیم	۷/۸۶	۱۰/۲۲	۱	۰/۸۱
مرتع درجه 1	۰/۶۳	۰/۸۱	۰	۰
جنگل دست کاشت	۱/۹۱	۲/۴۷	۱۶	۵۳/۸۲
کوهستان فاقد پوشش گیاهی	۵۹/۶۸	۷۷/۶۳	۲۴۸	۲۶/۵۶

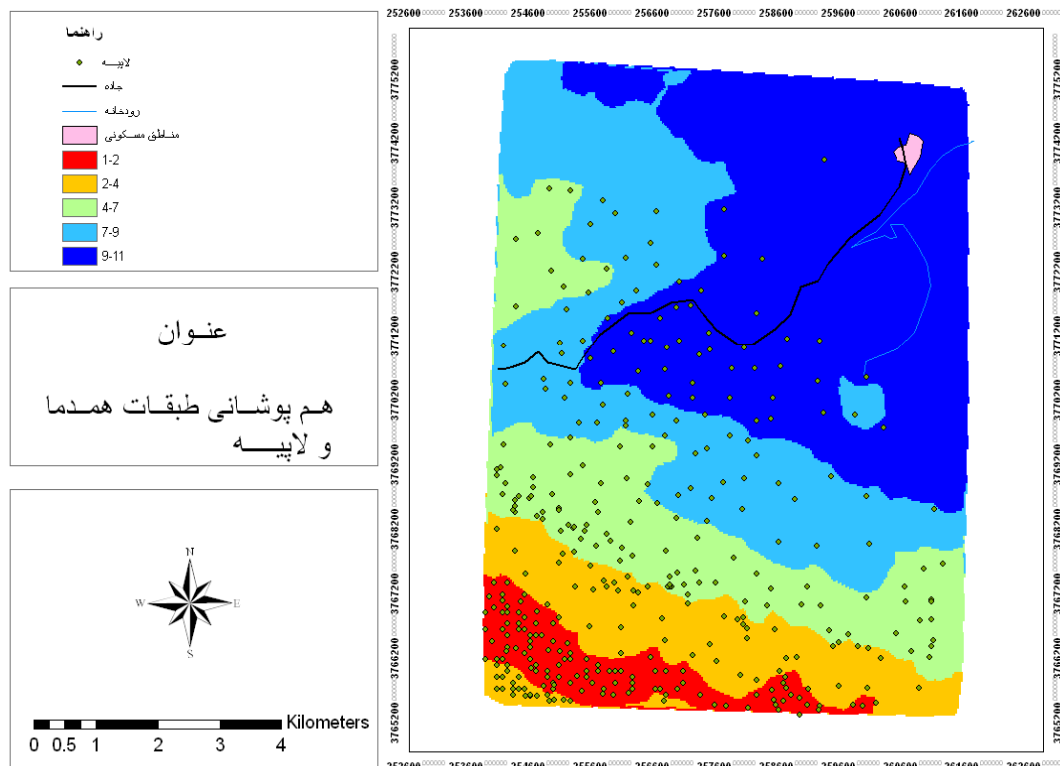
منبع: نگارندگان

**رابطه بین طبقات مختلف همدما و درصد مساحت:** دما نیز یکی دیگر از پارامترهای مهم و تاثیر گذار بر روی اشکال کارستی است و نوسانات دمایی نقش مهمی در کارستی فیکاسیون و انحلال آهک دارند، بر اساس مطالعات انجام شده کاهش دما می تواند بر سرعت انحلال موثر واقع شده و انحلال آهک در این شرایط سرعت بیشتری پیدا می کند. در این رابطه طبقات همدمای منطقه براساس معادله رگرسیونی منطقه تهیه شده و بر اساس ارتباط دما و ارتفاع، منطقه به پنج کلاس ارتفاعی تقسیم شد و پراکندگی لایه در کلاس های مختلف بررسی شده و درصد تراکم لایه ها در هر یک از کلاس های دمایی محاسبه و به صورت جدول ۵ ارائه گردید. بر اساس نتایج حاصل از جدول ۵ می توان نتیجه گرفت که بیشترین مساحت منطقه با ۲۷/۸۵ درصد در طبقه همدمای ۱۱-۹ درجه و کمترین مساحت با ۵/۵۲ درصد در طبقه همدمای ۲-۱ درجه واقع شده است. بر اساس جدول ۵ مشخص شده این دو متغیر دارای یک همبستگی معکوس بوده به صورتی که با افزایش دما از میزان تراکم لایه ها و فراوانی این اشکال کاسته شده است. چنانچه در جدول ۵ مشاهده می گردد بیشترین تراکم لایه ها در طبقه همدمای ۲-۱ درجه دیده می شود و فراوانی لایه ها تا طبقات همدمای ۷-۴ درجه تا حدودی از سیر صعودی تبعیت می کند اما از این طبقات به بعد هر اندازه دما افزایش پیدا می کند و به بالاترین همدمای منطقه نزدیک می شویم از تراکم لایه ها در منطقه کاسته می شود و سیر نزولی می یابد.

جدول ۵: طبقات همدمما و درصد تراکم لایپه در منطقه مورد مطالعه

طبقات همدمما	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد مساحت	تعداد لایپه	درصد تراکم لایپه
۱-۲	۴/۲۵	۵/۵۲	۱۲۰	۶۷/۷۳
۲-۴	۱۷/۴۵	۲۲/۷	۴۲	۶/۰۹
۴-۷	۱۳/۴۶	۱۷/۵۱	۹۲	۱۷/۴۳
۷-۹	۱۹/۰۴	۲۴/۷۶	۵۰	۶/۶۵
۹-۱۱	۲۱/۴۱	۲۷/۸۵	۲۹	۳/۴۲

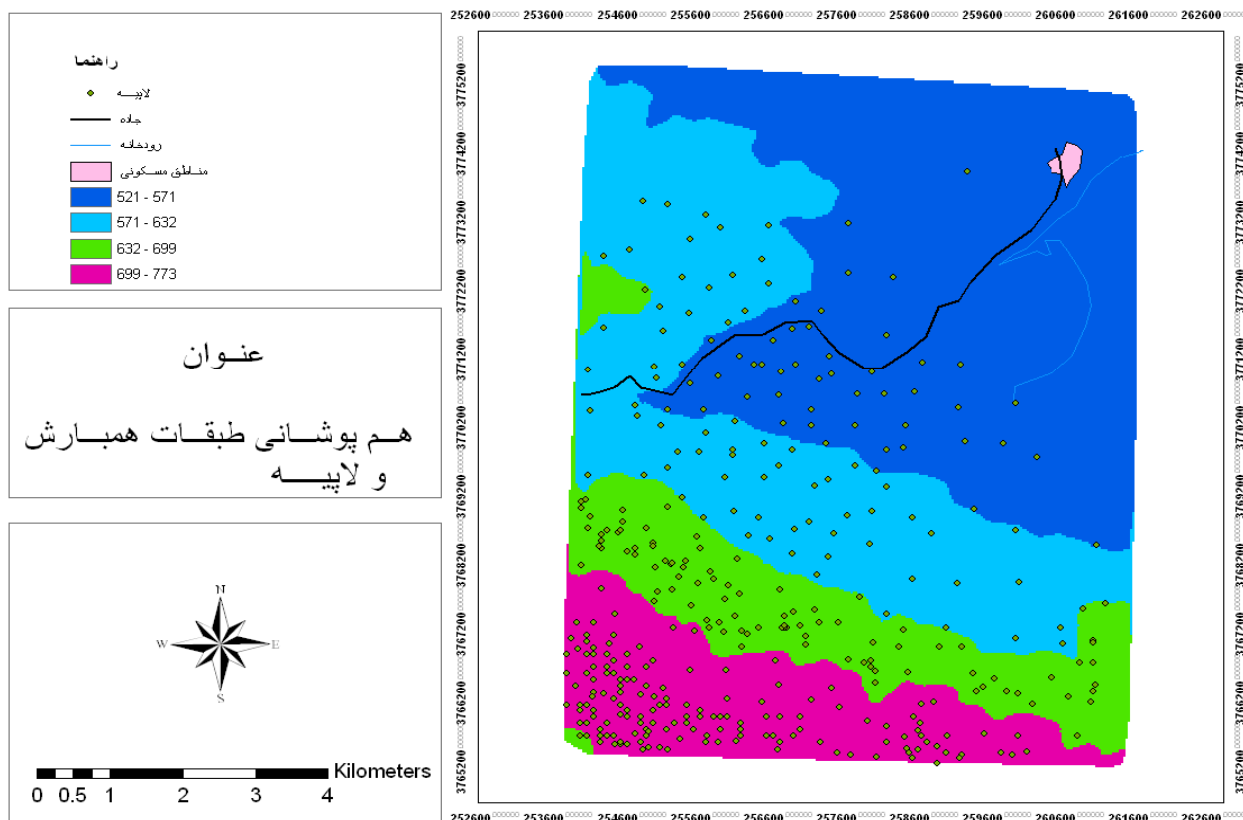
منبع: نگارندگان



شکل ۷: نقشه همپوشانی طبقات همدمما و لایپه

منبع: نگارندگان

رابطه بین طبقات همبارش و درصد تراکم لایپه: بارش به عنوان موثرترین عوامل انحلال سنگ‌های کربناته محسوب شده و نقش بسیار مهمی در انحلال آهک و تشکیل آب‌خوان‌های کارستی ایفا می‌کند، چرا که عدم وجود بارش کافی و یا با میانگین بارش بسیار کم امکان تشکیل اشکال کارستی کم و یا به ندرت اتفاق می‌افتد. به دلیل اهمیت این پارامتر در روند کارستی فیکاسیون و ایجاد اشکال کارستیک به ویژه لایپه‌ها در منطقه اقدام به تهیه نقشه همبارش از منطقه در محیط نرم افزاری GIS بر اساس ضریب رگرسیون بارش منطقه در چهار طبقه بر اساس ایستگاه واقع در محدوده مطالعاتی و ایستگاه‌های همجوار منطقه شده و در ادامه با درصد تراکم لایپه‌ها در منطقه هم پوشانی داده شد که نتایج حاصل از آن در نهایت به صورت جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس جدول ۶ در بین سطوح هم بارش منطقه کم‌ترین مساحت به میزان ۱۳/۳۲ درصد در بالاترین طبقه همبارش منطقه در طبقه ارتفاعی ۷۷۳-۶۹۹ قرار گرفته است. در این میان بیشترین مساحت منطقه با مساحت ۴۳/۲۸ درصد در طبقه هم بارش ۵۷۱-۵۲۱ میلی متر قرار گرفته است.



شکل ۸: نقشه هم پوشانی طبقات همبارش و درصد تراکم لایپه

منبع: نگارنگان

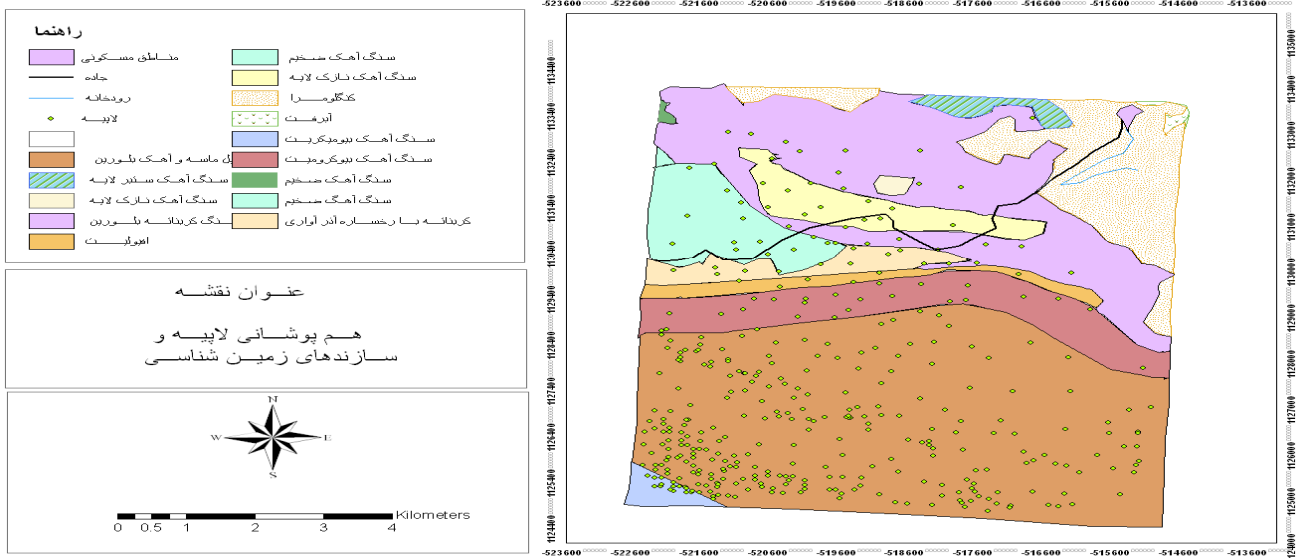


جدول ۶: طبقات همبارش و درصد تراکم لایه در کوه گاماسیاب

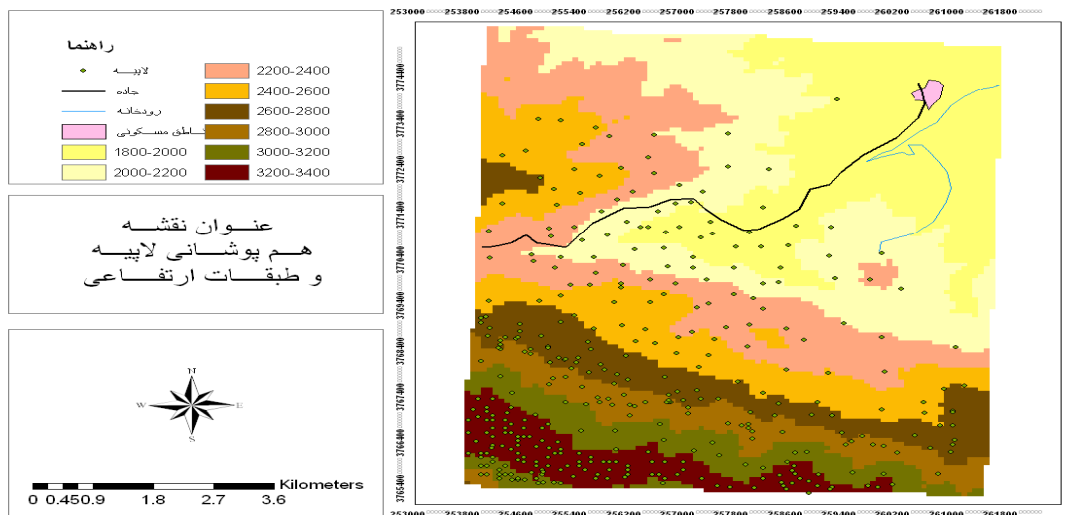
طبقات همبارش	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد مساحت	تعداد لایه	درصد تراکم لایه
۵۲۱-۵۷۱	۳۳/۲۷	۴۳/۲۸	۴۶	۴/۷۳
۵۷۱-۶۳۲	۲۲/۷۰	۲۹/۵۳	۷۳	۱۱/۰۲
۶۳۲-۶۹۹	۱۱/۰۱	۱۴/۳۲	۱۰۲	۳۱/۷۵
۶۹۹-۷۷۳	۱۰/۲۴	۱۳/۳۲	۱۵۸	۵۲/۸۸

## منبع: نگارنگان

لایه لیتولوژی از منطقه شده و سازندهای زمین شناسی منطقه به دقت تفکیک گردید و با لایه تهیه شده از لایه‌های منطقه هم پوشانی داده شد و مشخص شد درصد تراکم لایه‌ها در کدام یک از سازندهای زمین شناسی منطقه بیشتر از سایر سازندهای تشکیل دهنده منطقه است، با توجه به جدول ۷ بیشترین مساحت منطقه با ۳۶/۰۲ درصد در سازند زمین شناسی با عنوان آهک بلورین، شیل و ماسه قرار گرفته که سطح وسیعی از منطقه مطالعاتی را شامل می شود و پس از آن سنگ آهک بلورین با ۱۹/۵۲ درصد و سنگ آهک نازک لایه با ۱۱/۸۳ درصد مساحت منطقه می باشد و کمترین درصد مساحت، مربوط به سازند زمین شناسی با عنوان آبرفت و سنگ کربناته بیومیکریت، به ترتیب با ۲۲/۰ و ۹۱/۰ درصد مساحت می باشد. بر اساس جدول ۷ گسترش سنگ‌های آهکی و به ویژه کربناته در منطقه قابل مشاهده است که روند صعودی تراکم لایه‌ها از سازندهای غیر آهکی به سمت سازندهای آهکی و کربناته به خوبی افزایش سرعت انحلال در سازندهای مستعد پدیده انحلال را نشان می دهد. بیشترین درصد تراکم لایه در سازند آهک بلورین، شیل و ماسه با ۱۹/۶۰ درصد تراکم لایه و سپس کربناته با رخساره آذر آواری با ۱۸/۳۴ درصد تراکم لایه‌ها مشاهده شد و کم ترین درصد تراکم لایه ها در سازندهای کنگلومرای بختیاری و آبرفت‌های منطقه است که درصد تراکم لایه‌ها در سازندهای مذکور به صفر می رسد. وجود اشکال کارستی تکامل یافته تر نظیر چشمه کارستیک گاماسیاب بر روی بستر سنگ‌های کربناته می تواند پتانسیل بالای سازند عنوان شده در ایجاد اشکال کارستیک باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت لیتولوژی منطقه به دلیل غلبه زیاد سنگ‌های کربناته و آهکی و تراکم زیاد اشکال کارستی لایه در محدوده تحت پوشش سنگ‌های کربناته، نقش تعیین کننده‌ای بر میزان کارست شدگی منطقه داشته و مهم ترین عامل بر میزان کارست شدگی و ایجاد اشکال کارستی می باشد.



شکل ۹: نقشه هم پوشانی سازندهای زمین شناسی و درصد تراکم لاپشه در کوه گاماسیاب  
منبع: نگارندگان



شکل ۱۰: نقشه هم پوشانی طبقات ارتفاعی و درصد تراکم لاپشه در کوه گاماسیاب  
منبع: نگارندگان

جدول ۷: سازندهای زمین شناسی و درصد تراکم لایه در منطقه مورد مطالعه

سازند زمین شناسی	مساحت	درصد مساحت	تعداد لایه	درصد تراکم لایه
سنگ آهک ستبر لایه	۱/۷۴	۲/۲۶	۳	۴/۶۶
کربناته با رخساره آذر آواری	۲/۰۷	۲/۶۹	۱۴	۱۸/۳۴
افیولیت	۱/۶۷	۲/۱۷	۷	۱۰/۸۵
سنگ آهک کربناته بیو کرومیت	۶/۴۱	۸/۳۳	۲۵	۳/۵۰
سنگ آهک ضخیم لایه	۴/۲۴	۵/۵۱	۲۴	۱۰/۵۸
سنگ آهک نازک لایه	۹/۱	۱۱/۸۳	۱۲	۱۵/۳۶
سنگ کربناته بلورین	۱۵/۰۱	۱۹/۵۲	۲۲	۳/۵۵
سنگ آهک ستبر	۱/۷۴	۲/۲۶	۳	۳/۹۶
شیل، ماسه و آهک بلورین	۲۷/۶۹	۳۶/۰۲	۲۰۰	۱۹/۶۰
کنگلومرای بختیاری	۶/۵۸	۸/۵۵	۰	۰
آبرفت	۰/۱۷	۰/۲۲	۰	۰
سنگ کربناته بیومیکریت	۰/۷	۰/۹۱	۱۳	۵/۰۲

## منبع: نگارندگان

رابطه بین درصد تراکم لایه‌ها و طبقات ارتفاعی: حساسیت سنگ آهک در طبقات مختلف ارتفاعی و در ارتفاعات مختلف متفاوت بوده و در هر طبقه ارتفاعی با اشکال مختلف و میزان حلالیت متفاوت سنگ آهک روبرو خواهیم بود. بنابراین به دلیل حساسیت سنگ‌های کربناته نسبت به انحلال در طبقات مختلف ارتفاعی و تاثیر میزان ارتفاع بر میزان کارست شدگی منطقه و به منظور مشخص نمودن میزان حلالیت سنگ آهک نسبت به انحلال در هر طبقه ارتفاعی اقدام به تهیه نقشه طبقات ارتفاعی بر اساس نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ شد و سطوح ارتفاعی منطقه به ۸ کلاس ارتفاعی (با اختلاف ۱۰۰ متر) تقسیم شد. بر اساس نقشه توپوگرافی منطقه حداکثر ارتفاع را در منطقه منحنی میزان ۳۴۰۰ متر تشکیل داده و پایین ترین ارتفاع را در منطقه منحنی ۱۸۰۰ متر به خود اختصاص داده است. بر طبق جدول ۸ بیشترین مساحت منطقه در سطوح ارتفاعی ۲۰۰-۱۸۰۰ متر با ۲۲/۶۶ درصد مساحت واقع شده است و پس از آن ارتفاعات بین ۲۲۰۰-۲۰۰۰ متر با ۱۸/۶۲ درصد در مرتبه بعدی قرار می‌گیرند. کمترین مساحت منطقه را طبقه ارتفاعی ۳۴۰۰-۳۲۰۰ متر با ۵/۸۱ درصد مساحت منطقه به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس جدول ۸ (رابطه بین درصد تراکم لایه در منطقه و کلاسه ارتفاعی مختلف) با افزایش ارتفاع از طبقات ارتفاعی پایین به طبقات ارتفاعی بالای منطقه بر میزان تراکم لایه‌ها در منطقه افزوده شد. بنابراین مشخص می‌شود که بین درصد تراکم لایه و طبقات ارتفاعی منطقه همبستگی وجود داشته و دارای یک رابطه مستقیم می‌باشند، به صورتی که

بیشترین درصد تراکم لایپه با ۶/۱۲ درصد در بالاترین طبقه ارتفاعی منطقه (۳۴۰۰-۳۲۰۰) قرار گرفته است. با توجه به حجم زیاد بارندگی در ارتفاعات بلند کوهستانی با ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر وجود درز و شکاف و منافذ سنگی به دلیل تناوب یخبندان و ذوب یخ می توان میزان تراکم بالای اشکال لایپه در ارتفاعات بالا را توجیه کرد.

جدول ۸: طبقات ارتفاعی و درصد تراکم لایپه در کوه گاماسیاب

طبقات ارتفاعی	مساحت	درصد مساحت	تعداد لایپه	درصد تراکم لایپه
۱۸۰۰-۲۰۰۰	۱۷/۴۲	۲۲/۶۶	۱۱	۱/۱۵
۲۰۰۰-۲۲۰۰	۱۴/۳۲	۱۸/۶۲	۲۱	۳
۲۲۰۰-۲۴۰۰	۹/۲۵	۱۲/۰۳	۳۳	۶/۵۲
۲۴۰۰-۲۶۰۰	۱۱/۴۳	۱۴/۸۶	۲۴	۳/۸۴
۲۶۰۰-۲۸۰۰	۵/۵۵	۷/۲۱	۶۰	۱۹/۸۰
۲۸۰۰-۳۰۰۰	۵/۹	۷/۶۷	۳۸	۱۱/۷۲
۳۰۰۰-۳۲۰۰	۸/۸۳	۱۱/۴۸	۴۰	۸/۳۰
۳۲۰۰-۳۴۰۰	۴/۴۷	۵/۸۱	۱۱۶	۴۶/۱۲

منبع: نگارندگان

### نتیجه گیری:

تشکیل اشکال کارستی در هر منطقه بستگی به عوامل مختلف بیرونی و درونی داشته و بسته به غلبه هریک از این عوامل اشکال خاص کارستیک در مناطق مختلف پدید می آید. از مهم ترین عوامل مورفودینامیک درونی لیتولوژی و ساختمان زمین شناسی می باشد که باعث پیدایش اشکال سطحی کارست می گردند. مهم ترین عوامل بیرونی تاثیر گذار بر روند تشکیل لایپه ها در منطقه، ارتفاع ناهمواری ها، دما، میزان بارش، پوشش گیاهی و به ویژه شیب و جهت دامنه میباشد. نوع سازندهای زمین شناسی منطقه با غلبه سنگ های مستعد انحلال از نوع سنگ های آهکی و کربناته منجر به تشکیل اشکال کارستی به ویژه لایپه ها در منطقه شده است.

بر اساس جدول ۷ بیشترین درصد تراکم لایپه ها را می توان در سنگ های کربناته منطقه مشاهده نمود. متوسط بارندگی در منطقه ۵۳۹/۷۲ میلی متر می باشد که هر چه به سطوح ارتفاعی بالاتر حرکت می کنیم بر میزان بارندگی منطقه و فراوانی لایپه ها افزوده می شود. چنان که در جدول ۶ نیز به وضوح قابل مشاهده است، بارش زیاد و عمدتاً برفی به همراه آب و هوای سرد سرعت انحلال آهک را افزایش داده و روند کارستی فیکاسیون را تسریع می کند به طوریکه بیشترین درصد تراکم لایپه ها در ارتفاعات بالای ۳۰۰۰ متری و در طبقه ارتفاعی ۳۲۰۰-۳۴۰۰ متر دیده می شود که دلیل این امر را باید افزایش بارندگی به ازای افزایش ارتفاع دانست. بنابراین بر طبق محاسبات آماری انجام شده و هم پوشانی لایپه های مختلف همدم، همبارش، لیتولوژی، طبقات ارتفاعی، پوشش گیاهی، جهت دامنه و شیب مشخص شد بین عوامل فوق و ایجاد اشکال کارست به ویژه فراوانی لایپه ها در منطقه رابطه معناداری وجود دارد.

تبعیت روند پراکنش و درصد تراکم لایه‌ها از عوامل مختلف به ویژه لیتولوژی و مشاهده تمرکز اشکال بررسی شده در امتداد کلی متغیرهای مورد بررسی نشان دهنده ارتباط متغیرهای فوق و فرایند تشکیل لایه‌ها در منطقه می باشد.

#### منابع:

- ۱- امیری، منوچهر و علی اصغر فرهادی (۱۳۸۳): نشانه‌های انحلال شدید سنگ بستر در فرو چاله‌های همدان، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، مجموعه مقالات سازمان زمین شناسی کشور، ص ۹۸.
- ۲- ثروتی، محمد رضا و غلامحسین اسکانی کزازی (۱۳۸۳): ژئومورفولوژی کارست در تاقدیس خاویز، فصل نامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۳، ص ۲۵-۱۰.
- ۳- ثروتی، محمد رضا و ابوالفضل عشقی (۱۳۸۳): ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی مناظر کارستی در حوضه آبریز کارده (شرق زون کپه داغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۸، ص ۱۵-۱.
- ۴- حسین زاده، محمد مهدی و رضا اسماعیلی (۱۳۸۵): ژئومورفولوژی کارست در دامنه شمالی البرز، مجموعه مقالات اولین همایش زمین شناسی کشور در زاهدان.
- ۵- رضایی مقدم، محمد حسن و محمد رضا قدری (۱۳۷۵): کارنها متنوع ترین اشکال کارست در حوضه تخت سلیمان، فصل نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۶، ص ۱۲۳.
- ۶- شایان، سیاوش (۱۳۷۹): تحلیل آثار تراکمی و فرسایشی کواترنر و نقش آن در مدیریت کوهستانی دشت نهاوند، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۷- عشقی، ابوالفضل (۱۳۷۹): ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی مناظر کارستی در حوضه آبریز کارده (شمال شهرستان مشهد رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات راهنما دکتر محمد رضا ثروتی، صص ۱۲۷ و ۶.
- ۸- علیجانی، بهلول (۱۳۷۵): آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۳۴۶.
- ۹- سامانی جهرمی، فائزه (۱۳۸۳): ژئومورفولوژی کارست در کوه‌های سرد و گرم فیروز منطقه سپیدان (اردکان) فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، ص ۸۳.
- ۱۰- سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۷۴): گزارش زمین شناسی نهاوند، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.
- ۱۱- سازمان جغرافیایی کشور (۱۳۷۹): نقشه توپوگرافی نهاوند، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰.
- ۱۲- لشگری پور، غلام رضا و داریوش کولیوند و معصومه ساکی (۱۳۸۴): بررسی اجمالی آب‌های زیرزمینی دشت نهاوند، بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۳- محمودی، فرج الله (۱۳۷۴): ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ص ۵۳.
- ۱۴- ولایتی، سعد الله (۱۳۸۱): چشم اندازهای کارستی حوضه اخلمد و مدیریت محیطی آن، پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۴۲، ص ۴.



15-Derek, C.F., and Williams. P (2007 ), Karst hedrogeology and geomorphology Jhon wiley, pp 354.



تصویر شماره ۱: درزو شکاف های موجود در کف پلپه گل زرد (دامنه کوه گاماسیاب)

منبع: نگارندگان



تصویر شماره ۲: لایپه های خطی در دامنه کوه گاماسیاب

منبع: نگارندگان



تصویر شماره ۳: لایه های کندویی در دامنه کوه گاماسیاب

منبع: نگارندگان