

## مورفولیتولوژی توده الوند و نقش آن در مورفومتری و الگوی شبکه زهکشی

سیاوش شایان\* - استادیار گروه جغرافیای، طبیعی دانشگاه تربیت مدرس  
مجتبی یمانی - استاد گروه جغرافیا طبیعی، دانشگاه تهران  
منیژه یادگاری - دانشجوی آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۰۹ تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۰۹/۱۹

### چکیده

تفاوت‌های موجود در سازندهای زمین‌شناسی از نظر لیتولوژی (سنگ‌شناسی) و ساختمانی، به همراه توپوگرافی و شرایط اقلیمی حاکم و تأثیر آن بر نحوه گسترش آبراهه‌ها از جمله مواردی است که سال‌هاست ذهن پژوهشگران را به خود معطوف نموده است. توده نفوذی الوند، یکی از بزرگ‌ترین توده‌های نفوذی در کمربند دگرگونی سنندج - سیرجان است که یکی از ویژگی‌های آن، نفوذپذیری اندک آن است که در تحلیل‌های ژئومورفولوژیک برای تبیین فرم و فرایندها از جمله چهره و الگوی شبکه آب‌ها مورد توجه است. از آنجاکه بیشترین حجم ارتفاعات الوند را سنگ‌های آذرین و دگرگونی تشکیل داده، پژوهشگران بر این موضوع اتفاق نظر دارند که مقاومت موجود میان بلورهای سنگ‌های توده الوند در ایجاد ناهمواری‌ها و مقاومت در برابر فرسایش حاکم در منطقه تأثیر بسزایی دارد. در مقاله حاضر سعی بر آن است که با شناسایی خصوصیات لیتولوژی منطقه و اشکال آن، نقش آن در مورفومتری و الگوی شبکه زهکشی بررسی شود. برای دستیابی به این هدف نقشه‌های رقومی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، مدل رقومی ارتفاعی (DEM) و همچنین تصاویر Google Earth استفاده شده و تعیین حدود حوضه روی آن‌ها انجام شده است و همچنین با استفاده از لایه نوع لیتولوژی، ترسیم شبکه‌های زهکشی با نرم‌افزار Arc Gis انجام شد. پس از مشاهدات مستقیم و غیرمستقیم، از داده‌های اقلیمی و هیدرومتری ایستگاه‌های منطقه برای بررسی میزان بارش، تغییرات دما و ارتباط آن با ارتفاع در فرایندهای هوازدگی استفاده و با تعیین نوع لیتولوژی و تیپ اراضی در زیر حوضه‌ها، نوع و درجه مقاومت آن‌ها با استفاده از گزارش‌ها و نقشه‌های زمین‌شناسی مشخص گردید. در نهایت با تلفیق نتایج حاصل از اندازه‌گیری و تطبیق آن با لیتولوژی منطقه، و میزان مقاومت و فرسایش‌پذیری، الگو و میزان تراکم آبراهه‌ها در نقاط مختلف منطقه به دست آمد. نتایج نشان می‌دهند که به علت حاکمیت لیتولوژی سخت و سنگی، تیپ‌های ناهموار و گوناگون در قسمت‌های بیشتر زیر حوضه‌ها غلبه دارند و حساسیت‌پذیری کم سازندهای آذرین به فرسایش و استقرار شبکه آبراهه‌ای شاخه درختی منطقه گویای این نکته است که اختلاف عمده‌ای بین الگوی آبراهه‌ها و درجه تراکم آن در منطقه به‌طور عمده در ویژگی‌های سنگ‌شناسی و مقاومت آن وجود دارد که به همراه شرایط آب‌وهوایی چشم‌اندازها و الگوی شبکه زهکشی منطقه را ایجاد کرده‌اند.

واژگان کلیدی: مورفولیتولوژی، توده الوند، شبکه زهکشی.

## مقدمه

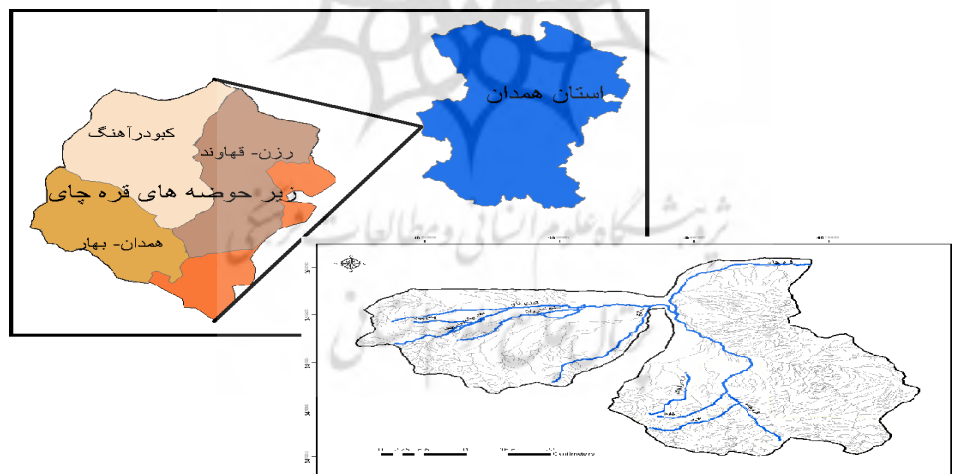
در تحلیل‌های ژئومورفولوژیک، لیتولوژی یکی از متغیرهای اصلی تأثیرگذار بر شکل‌گیری و تحول چشم‌اندازها می‌باشد و توپوگرافی و مورفولوژی لند فرم‌ها تحت تأثیر نوع لیتولوژی است. لیتولوژی همچنین یکی از عوامل مؤثر در نحوه پراکنش ذرات، اندازه آن‌ها و مکان‌های رسوب‌گذاری در بستر رودخانه‌های مناطق کوهستانی است. الگوی شبکه زهکشی از بارزترین لند فرم‌های سطح زمین محسوب می‌شود. شبکه‌های آبراه‌ای تحت تأثیر فرآیندهای دامنه‌ای شکل می‌گیرند و با وقوع یک بارندگی شدید شیارهایی در سطح زمین پدیدار می‌گردد. گسترش مکانی این عارضه به میزان عملکرد فرآیندها بستگی دارد (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۱). نظم و ترتیب و نحوه گسترش شبکه‌های هیدروگرافی متفاوت‌اند (محمودی، ۱۳۸۲: ۶) در حوضه مورد مطالعه شکل‌پذیری لند فرم‌های منطقه و شناخت تأثیر لیتولوژی بر مورفومتری و الگوی شبکه زهکشی موضوعی است که کمتر به آن پرداخته شده است. با توجه به مشاهدات مقدماتی منطقه به نظرمی رسد سنگ‌های آذرین مقاوم‌تر از سنگ‌های مجاور بوده و چشم‌انداز رودخانه‌ها در این مناطق متفاوت‌تر از مناطقی است که سازندهای سست در آن‌ها مستقرند. الگوی توسعه و تکامل شبکه زهکشی، از جمله شاخص‌هایی است که به تغییرات حاصل از فعالیت‌های زمین‌ساختی بسیار حساس است و مطالعات انجام‌شده در چند سال اخیر نیز حاکی از نقش فعالیت‌های نوزمین ساخت در شکل‌گیری سامانه‌های رودخانه‌ای است (هیستبرگ و همکاران، ۱۹۹۵). نوع رودخانه‌های هر سیستم، به توازن بین نیروهای پیش‌برنده (نظیر ثقل، میزان ته‌نشست در حوضه زهکشی و غیره) و نیروهای مقاومت‌کننده (نظیر مقاومت کف رودخانه، اصطکاک و غیره) بستگی دارد (آرین، ۱۳۷۶). مشخصات آبراه‌ها (جهت جریان، تراکم، نوع و شکل) در رابطه با وضعیت سنگ و ناهمواری منطقه می‌باشد و به همین دلیل انواع مختلفی دارند (احمدی، ۱۳۷۸: ص ۱۲۶) از آنجاکه مناطق کوهستانی جوان و دره‌های V شکل جزء مناطق ناپایدار هستند. مطالعه نیمرخ‌های طولی و عرضی بستر رودخانه برای پی بردن به میزان پایداری و ناپایداری محیط یکی از مباحثی است که در بسیاری از تحقیقات مورد بررسی قرار می‌گیرد. نیمرخ طولی بستر جریان رودخانه‌ها در پاسخ به انواع آشفتگی‌هایی که به دست انسان و یا به‌طور طبیعی در دره‌ها صورت می‌گیرد، تغییر می‌یابد و برای برابر سازی میزان این تغییرات در سراسر طول دره مجبور به تغییر و تنظیم نیمرخ طولی خود می‌گردند (اشنایدر و همکاران، ۲۰۰۳: ص ۹۹). شیب نیز با توجه به نوع لیتولوژی به‌عنوان عاملی مؤثر می‌تواند باعث شکل‌گیری الگوهای زهکشی متفاوتی گردد و باگذشت زمان و کاهش شیب، شبکه‌های موازی به شبکه‌های درختی تغییر شکل می‌دهند (فیلیپس و شوم، ۱۹۸۷). به‌طور کلی، تحقیقات زیادی در مورد الگوی زهکشی و پارامترهای مؤثر در شکل‌گیری آن‌ها صورت گرفته که از مهم‌ترین آن‌ها در ارتباط با زهکش‌ها می‌توان به استراهلر<sup>۳</sup> در سال ۱۹۵۶ اشاره کرد و به ارزیابی تفاوت حوضه‌های زهکش و تعداد تراکم زهکش آن‌ها با توجه به نوع لیتولوژی و مقدار و شدت فرسایش نفوذپذیری آن‌ها پرداخت. وی بالا بودن میزان تراکم زهکشی منطقه مورد مطالعه‌اش را وابسته به لیتولوژی سست منطقه دانست. موریساوا<sup>۴</sup> نیز در سال ۱۹۵۹ طی مطالعاتش به مطالعه نسبت ارتباط تراکم زهکشی با سختی و نرمی لیتولوژی حوضه پرداخت و این امر را به اثبات رسانید. یاتسو<sup>۵</sup> در سال ۱۹۶۶ برای اولین بار، لزوم مطالعه کمی ویژگی‌های سنگ‌ها را مطرح کرد. کوشش‌هایی چند برای دستیابی به این ویژگی‌ها به عمل آمد و مقادیر کمینه و بیشینه دو عامل تخلخل و قابلیت نفوذ چند نوع سنگ، ارائه شده‌اند. ویلسون<sup>۶</sup> نیز در سال ۱۹۷۱ به مطالعه ارتباط بین لیتولوژی و تراکم زهکشی در چند منطقه پرداخت و تراکم تعداد زهکشی با توجه به

<sup>1</sup>Hesterberg<sup>2</sup>Eshnider et al<sup>3</sup>Strahler<sup>4</sup>Morisava<sup>5</sup>Yatsu<sup>6</sup>Willson

درجه مقاومت و سستی لیتولوژی را با آزمایش بر روی ۶ نوع سنگ به اثبات رساند. سابل و همکاران (۲۰۰۶) لیتولوژی را یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار در نحوه توزیع اندازه ذرات و مکان قرارگیری رسوبات فرسایش یافته در بستر رودخانه‌های جاری از ارتفاعات دانستند و به ارتباط سختی نوع سنگ و نیمرخ بستر این رودها در ارتفاعات و دشت پرداختند. جانسن<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) فرآیندهای برشی رودخانه‌ای ناشی از عملکرد لیتولوژی و فراوانی و بزرگی جریان‌های شکل‌دهنده در طول رودخانه‌ای با بستر سنگی و آبرفتی در منطقه‌ای خشک در مرکز جنوب شرقی استرالیا در تنگه Sandy Creek مورد آزمایش قرار دادند. رضایی مقدم و احمدی (۱۳۸۵: ۹۶) به تحلیل ژئومورفولوژی کمی الگوی آبراهه‌ها در کوهستان شاهو در کرمانشاه پرداختند و نتایج تحقیق نشان داد که درز مینهای آهکی تراکم زهکشی نسبت به سازندهای شیستی کمتر بوده و طول بلند آبراهه‌ها از ویژگی‌های آن‌ها در سازندهای آهکی است. در جدیدترین کار انجام‌شده، بختیاری (۱۳۹۳) اثر ترکیب کانی‌شناسی واحدهای سنگی توده نفوذی الوند بر مقاومت رخنمون‌ها در برابر هوازدگی و فرسایش پرداخته است. در این پژوهش سعی بر آن است که اختلاف عمده در الگوی آبراهه‌ها، درجه تراکم و مورفومتری آنرا با توجه به ویژگی‌های سنگ‌های منطقه، اشکال و درجه مقاومت آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش که نیمه شرقی توده الوند (بجز دامنه شمالی الوند) است در مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد و از نظر موقعیت طبیعی با جهت شمال غربی - جنوب شرقی، در کمربند دگرگونی سنندج - سیرجان واقع است و جزء پیشکوه‌های داخلی زاگرس و در ارتفاعات مرکزی این استان به شمار می‌آید.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه‌های آبریز رودخانه قره چای در استان همدان

این توده مساحتی حدود ۷۰۰ کیلومترمربع رادار است که حدود ۴۰۰ کیلومترمربع آن سنگ‌های آذرین پلوتونیک می‌باشد. این رشته‌کوه‌ها که از جنوب و غرب به صورت حصار استان همدان را دربرمی‌گیرد مانع نفوذ توده‌های باران‌زایی می‌شود که به صورت عبوری از غرب به شرق حرکت می‌کند و سبب کاهش بارش‌های جوی می‌شود. به علت وجود این موانع، محدوده مورد مطالعه کمتر از عبور این توده‌های هوا بهره‌مند می‌شوند و محیطی متفاوت در دو دامنه توده الوند فراهم کرده است. همچنین بررسی تراکم زهکشی در جهات دامنه‌ای مختلف توده الوند، نشان می‌دهد که در جهت شرقی توده

<sup>1</sup>Janson

نفوذی الوند، نسبت به غرب توده نفوذی الوند، با توجه به عدم برخورداری کمتر از ریزش‌های جوی تکامل شبکه آب‌ها اندکی بیشتر از دامنه شرقی توده نفوذی الوند می‌باشد (سپاهی گرا، ۱۳۷۹). با توجه به شکل شماره ۱، آبراهه‌های پر شیب کوهستانی منطقه، که بخشی از رود قره چای می‌باشند، رواناب ناشی از رگبار و ذوب برف را در جهت شیب جنوب به شمال کوهپایه‌ها به سمت خروجی‌ها سرازیر کرده و بعد از عبور از دشت همدان - بهار از منطقه خارج و به حوضه دریاچه قم تخلیه می‌شوند. لازم به ذکر است با توجه به جدول شماره ۱، رودخانه قره چای از سه زیر حوضه کوچکتر به نامهای همدان - بهار، کبودرآهنگ و رزن - قهاوند تشکیل شده است.

جدول شماره ۱: ویژگی‌های عمومی حوضه‌های آبریز رودخانه قره‌چای در استان همدان (آب منطقه‌ای استان همدان، ۱۳۹۳)

حوضه آبریز	وسعت حوضه آبریز	شیب عمومی	مهم‌ترین شاخه
همدان - بهار	۲۴۵۹	شمال و شرق	سیمینه‌رود، صالح‌آباد، بهادر بیگ
کبودرآهنگ	۲۰۷۰	جنوب و جنوب شرق	دمق، قره‌آغاچ
رزن - قهاوند	۲۴۴۵	جنوب و جنوب شرق	زهران، خمیگان

این رودخانه به طول ۵۴۰ کیلومتر از دوشاخه اصلی تشکیل شده است. شاخه جنوبی (رودخانه شرا) از کوه‌های سربند (استان مرکزی) سرچشمه گرفته و در راستای جنوب به شمال، به شاخه غربی می‌پیوندد. شاخه غربی از دامنه شمالی کوه الوند سرچشمه گرفته و از به هم پیوستن شش رود کوچک به وجود می‌آید و در دشت همدان - بهار، سیمینه‌رود نامیده می‌شود.

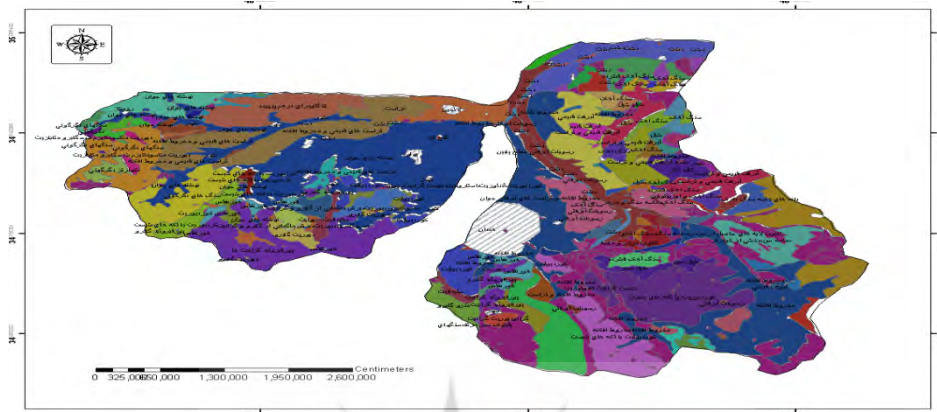
## مواد و روش‌ها

برای بررسی وضعیت زهکشی منطقه، مرز منطقه مورد مطالعه در نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تعیین گردیده و با استفاده از اطلاعات زمین‌شناسی منطقه از طریق نقشه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی، داده‌های لیتولوژی و مساحت آن برحسب درجه مقاومت استخراج گردید. برای بررسی مورفولوژی توده الوند و تأثیرات آن بر موضوع تحقیق از نتایج تحقیق بختیاری (۱۳۹۳) که در ارتباط با مقاومت کانی‌ها، با استفاده از نمودار QAPF، درجه مقاومت کانی‌شناسی ۱۰ عنوان از سنگ‌های توده نفوذی الوند را در برابر هوازدگی و فرسایش مشخص کرده است و رده بندی سنگ‌های سست و سخت منطقه از جدول طبقه بندی شده فیض نیا (۱۳۷۴) استفاده شد. همچنین از ایستگاه‌های اقلیمی و هیدرومتری داخلی و مجاور حوضه که از آمار مناسبی برخوردار بودند داده‌های مورد نیاز بدست آمد و مشاهدات مستقیم و غیر مستقیم با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر دریافتی از Google Earth انجام پذیرفت. تمامی داده‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGis 10.2، SPSS، Microsoft Excle، مدل رقومی ارتفاع منطقه و مدل فورنیه که در آن با استفاده از روش تجربی و بر اساس بارندگی، ارتفاع و شیب متوسط منطقه به بررسی و برآورد حجم رسوب سازند‌های مقاوم منطقه پرداخته است، تحلیل شد و از طریق نقشه‌های موضوعی متعدد و جداول و شکل‌ها نمایش داده شده اند و نهایتاً تحلیل تأثیرات آن بر بافت و چهره شبکه زهکشی منطقه انجام شده است.

## زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه

در منطقه مورد مطالعه (توده الوند) اکثر سنگ‌های رخنمون یافته، آذرین و دگرگونی می‌باشد. سنگ‌های دگرگونی موجود در این منطقه به مزوزوئیک تعلق دارند و سنگ‌های آذرین نیز که حاصل فاز کوهزایی لارامید هستند متعلق به کرتاسه پایانی تا پالئوسن زیرین می‌باشد. سنگ‌های قبل از ژوراسیک شامل شیست، پاراگنیس، فیلیت، ماسه‌سنگ و توفهای دگرگونی شده می‌باشند (سپاهی گرو، ۱۳۷۸). انواع مختلف سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای در منطقه مورد مطالعه شامل:

اسلیت، فیلیت، انواع شیستها، آمفیبولیت و میگماتیت برونزد دارند. توده‌های نفوذی گرانیتی، گرانودیوریتی، دیوریتی و گابرویی در زیر حوضه‌های جنوبی منطقه، از مهم‌ترین توده‌های نفوذی در حوضه مورد مطالعه می‌باشد که گابروها متعلق به کرتاسه میانی و گرانیتوئیدها متعلق به پالئوسن می‌باشد. شکل توده نفوذی الوند تقریباً بیضوی شکل است ولی قسمت مرکزی آن باریک و دو طرف آن حجیم‌تر است.



شکل ۲: لیتولوژی دامنه شرقی الوند

در بین رسوبات واحدهای کواترنری پادگانه‌های آبرفتی و مخروط افکنه، نهشته‌های آبرفتی و پادگانه‌های مسطح و رسوبات بستر رودخانه (آبرفت عهد حاضر) و در رسوبات ژوراسیک قدیمی‌ترین واحدهای لیتولوژیکی منطقه و در رسوبات کرتاسه زیرین که از دیدگاه ریخت‌شناسی، ارتفاعات را تشکیل داده و ستیخ ساز می‌باشد جای دارد (سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۷۹). جنس زمین در ارتباط با فرایندهای مختلف فرم‌های متفاوتی را در منطقه ایجاد می‌کند. که شبکه آب‌های زهکشی منطقه یکی از مهم‌ترین چهره‌های بارز لندفرمی منطقه می‌باشد. بیرون‌زدگی سنگی ناشی از مقاومت سنگ، دامنه‌های منظم و نامنظم، آبراهه‌های کوتاه و طویل همراه با کانال‌های عریض و پراکنده یا کانال‌های کم‌عمق و منظم و طویل، آبشار، پرتگاه‌ها، اثرات مورفوزنتیکی نیواسیون، حفره‌های برفی، سیرک‌های حرارتی، و اشکال مختلف دره‌ها در ارتفاعات مختلف الوند و پدیده‌های انحلال در ارتفاعات آهکی شرق و غرب دامنه شرقی توده الوند از جمله فرم‌های به وجود آمده در منطقه می‌باشند.

### یافته‌های تحقیق

تعیین درجه مقاومت کانی‌های رخنمون واحدهای سنگی، نقش ترکیب کانی‌شناسی رابه صورت یک متغیر کمی در تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی برای تبیین فرم و فرآیندهای حاکم بر منطقه مورد توجه قرار می‌دهد (چورلی، ۱۳۸۸: ۱۸). شبکه زهکشی یکی از مناظر لند فرمی حاکم بر منطقه الوند می‌باشد و تغییرات بوجود آمده در آن: ۱- تابع تغییر مواد زمین‌شناختی از سنگهای نرم تا سنگهای مقاوم بوده، ۲- از تغییرات اقلیمی تبعیت کرده است ۳- تابع تغییر ناهمواری‌ها از نقاط مرتفع توده الوند به سمت دشت یا نقاط پست منطقه می‌باشد. در هر یک از این حالتها، میزان زهکشی و تعداد و طول آبراهه‌ها تغییر می‌یابد. در توده گرانیتی با توجه به ویژگی سنگهای آذرین، چین خوردگی وجود ندارد مگر تحت تاثیر حرارت و فشار. مقاومت توده گرانیتی الوند نسبت به سنگهای همجوار در برابر فرسایش تفریقی بیشتر باعث شده ناهمواریهای گرانیتی و گرانودیوریتی به صورت کوه‌های مرتفع حوضه مورد مطالعه ظاهر و باقی بماند و سنگهای دگرگونی بعد از اعمال فرسایش در درز و شکافهای آن به صورت ورق ورق فرسایش یابد و برون‌زدگی سنگی در آن مشاهده می‌گردد. بلندترین قله رشته کوه الوند (قله یخچال) که از جنس گرانیت پورفیروئید بیوتیت و گرونادار با درجه مقاومت بالا می‌باشد و دلالت بر مقاومت بالای توده آذرین الوند دارد.

در جدول شماره ۲ برخی یافته‌ها و مشخصات واحدهای سنگی توده نفوذی الوند و درجه مقاومت کانی شناسی رخنمون آنها در برابر هوازدگی و فرسایش آمده است.

جدول ۲: مشخصات و درجه مقاومت سنگ‌های توده الوند

رتبه	عنوان واحد سنگی در نقشه زمین شناسی	نماد در نقشه	کل مساحت (Km <sup>2</sup> )	سطح توده مساحت در درصد	کانی شناسی مقاومت درجه
۱	پورفروئید گرانیتها (شامل: منوگرانیت بیوتیت دار، گرانودیوریت سینوگرانیت و تونالیت) آلبون گابرو، نورتیک گابرو، گابرو دگرگون شده.	ga	۲۸۵/۹	۷۸/۷۸	۷/۵
۲	منوگابرو، دیوریت، برش ماگمایی از گابرو و گرانیت.	gba	۵۳/۷۳	۱۴/۸۱	۲
۳	دیوریت گابرو، دیوریت، کوارتز دیوریت، سنگ‌های ریز گابرویی متداخل gdp و pg	dgb	۱۱/۶۴	۳/۲۱	۴
۴	پگماتیت گرانیت، گرانودیوریت، آپلیت: تورمالین گرانیت، گرافیک گرانیت... (هلولوکرات گرانیت)	pg	۶/۱	۱/۶۸	۸
۵	گرانیت گروندار	gg	۴/۳۶	۱/۲۰	۸
۶	پگماتیت آپلیت گرانیت	pa	۰/۷۴	۰/۲۰	۸
۷	گرانیت تورمالیندار (لوکسولیانیت)	gt	۰/۲۷	۰/۰۷	۸
۸	دیوریت متاسوماتیزم شده، گابرو، متابازیت ها	d	۰/۱۸	۰/۰۵	۴

تیپ کوهستانی بیشترین وسعت را در منطقه به خود اختصاص داده و بیانگر این است که بیشترین درصد مساحت زیر حوضه‌ها با استثناء کوشک آباد از سازند سخت تشکیل شده و از دلایل شکل‌گیری شبکه زهکشی منطقه به شکل شاخه درختی (دندریتی) می‌باشد. در ارتفاعات زیر ۲۵۰۰ متر (تپه ماهوری) دامنه‌ها منظم و در ارتفاعات زیر ۲۰۰۰ متر نمایی از واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزی مشاهده می‌گردد که نشانی از عدم تکامل خاک و تکامل بیشتر آبراهه‌ها در این منطقه نسبت به دامنه غربی الوند است.

با توجه به جدول شماره ۳ و امتیازات داده شده، نوع لیتولوژی، مقاومت، درجه نفوذپذیری، شیب و ارتفاع منطقه در لندفرم‌های منطقه و نوع تیپ اراضی نقش مهمی را ایفا می‌کند.

جدول شماره ۴: ویژگی‌های لیتولوژیکی و تیپ اراضی منطقه

شماره	تیپ اراضی %				سازد مساحت %	سازد مساحت %	نوع لیتولوژی	شیب متوسط - جیب مخروطی (درصد)	خطای ارتفاع (m)	خاک‌فر ارتفاع جیب مخروطی (m)	مساحت جیب مخروطی (Km <sup>2</sup> )	نوع حوضه‌های منطقه
	آبشار	آبشارهای پایداری	واریزه‌های پایداری	تپه								
۴	-	۲۵/۴۱	۴۲/۴۷	۳۱/۰۷	۲۸/۵۶	۷۷/۳۴	لاکیت، توف سبز-توف ریولینی -تراسه‌های قدیمی و جوان -پهنه گلی-سنگ‌های آتشفشانی خشت	۱۳/۵	۱۷۸/۰۰	۴۹۹۷۰/۰	۱۹۷۷۲	پهنادریک
۵	۱۹/۰۶	۹/۱۲	۲۹/۰۶	۳۵/۶۴	۲۲/۷۸	۲۲/۲۷	پازالت پروکالستیک - توف ریولینی - تراسه‌های قدیمی و جوان -توف، ماسین - شیل، ماسه-سنگ - سنگ آهک ماسه - ای - لورفت عهد حاضر - پهنه گلی - ماسین	۱۱/۵	۱۶۸/۰۰	۳۵۸۰/۰	۲۴۱۶/۴	کوشک‌آباد
۴	۱۱/۵۴	-	-	۷۲/۳۴	۴۷/۹۴	۵۲/۰۶	لاکیت، توف سبز - توف ریولینی - آندزیت، پازالت پروکالستیک - پازالت پروکالستیک - توف - شیل - سنگ آتشفشانی حاره-سنگ، توف، شیل - آندزیت - لورفت عهد حاضر	۲۱/۷	۱۷۷/۰۰	۴۴۲۵۰/۰	۱۷۳۱/۴	صالح‌آباد
۳	-	-	-	۹۲/۱۲	۲۵/۹۸	۷۴/۰۲	توف ریولینی - پازالت پروکالستیک - لورفت عهد حاضر	۳۳/۶	۱۸۲۵/۰	۳۳۲۲۰/۰	۳۹/۹	سولان
۱	-	-	-	۱۰۰	۸/۸۱	۹/۱۸۹	توف ریولینی - ماسه-توف، ماسین - شیت-سنگ آهک ماسه ای - لورفت عهد حاضر-پازالت	۲۷/۵	۱۹۴/۰۰	۳۵۳۷۰/۰	۴۶/۶	شاخه دوم
۱	۲/۵۳	-	-	۹۶/۴۷	۱۵/۱۲	۸۴/۸۸	ماسین-سنگ آهک ماسه ای - توف ریولینی - شیت حاره - لورفت عهد حاضر-پازالت حارین	۲۴/۷	۱۹۲۲/۸۱	۲۵۴/۰۰	۱۶۵/۰	یاقان
۲	۳/۷۳	-	-	۹۶/۲۷	۱۷	۸۲/۳۵	ماسین-سنگ آهک ماسه ای - توف ریولینی - پازالت پروکالستیک حاره - شیت-پازالت - سنگ آهک - توف، ماسه - لورفت عهد حاضر	-	۱۸۸۳۲۷۱	۳۵۸۴	۲۳۰۵۸	سد اکیاتان

لندفرم های منطقه با توجه به نوع لیتولوژی و شرایط اقلیمی آن، واکنش های متفاوتی به هوازدگی و فرسایش دارند مکانیسم و عملکرد هوازدگی و فرسایش تابع ویژگیهای ذاتی سنگها شامل ترکیب کانی شناسی و بافت است مقاومت رخنمون واحدهای سنگی مختلف با توجه به زمان و مکان در ارتباط با عوامل فرسایش متغیر است. در واحد های کوهستانی الوند بخصوص در ارتفاعات بالای ۲۷۰۰ متر از لیتولوژی آذرین و غیر قابل نفوذ و مقاوم تشکیل شده است و فرایندهای شکل زایی ضعیف عمل می کند. در دامنه های نامنظم فرسایش شدید آبی موجب تخریب دامنه شده و در نتیجه دامنه نامنظم است. دامنه های نامنظم با قله تیز و کشیده و دره های V شکل و عمیق با پرتگاه های بلند، با شکستگی شیب از ویژگی های این نوع لیتولوژی در منطقه می باشد که فرصت نفوذپذیری و فرسایش را از فرایندهای جریانی سلب کرده است. در ارتفاعات: یخچال (۳۷۵۰ متر)، شاه نشین (۳۳۲۴ متر) و کلاه قاضی (۳۳۰۸ متر) که سرچشمه رودهای یلفان، ابرو، ارزانفود و دره مرادیبک است، ارتفاعات کمتر دستخوش شکل زایی و تغییر و تحول و فرسایش شده اند. آبراهه ها در این نقاط در مرحله ابتدایی در رسوبات یخچالی تشکیل گردیده و عمل آبراهه ها به صورت فرورفتگی ها و برجستگی ها مشاهده می گردد. دامنه های موافق دارای آبراهه های طویل و فاصله دار بوده، آبراهه ها در مرحله جوانی اند و تمام کف دره را احاطه کرده اند نیمرخ دره در این مرحله V شکل است و این نقاط محل تشکیل رودهای رتبه ۱ و ۲ می باشند. با توجه به جدول شماره ۳، این قسمت محدوده قلمرو و عملکرد برف و یخبندان می باشد. تغییرات هوازدگی مکانیکی شدید و ترک و خرد شدگی های عظیم سنگی که حاصل تغییرات شدید دمایی است از مشخصات این ارتفاعات می باشد، طول دوره یخبندان از مهر تا اردیبهشت ۱۱۶ روز در سال بوده و در برخی نقاط آفتاب گیر نبودن آنجا به دوام یخبندان و فرایندهای یخچالی و مجاور یخچالی کمک شایانی داشته است. در ارتفاعات زیر ۳۰۰۰ متر توده الوند، با تغییر نوع لیتولوژی و متنوع شدن کانی ها، بسته به تاثیر عواملی مانند دما، رطوبت، تابش خورشید (جدول شماره ۴)، جنس و نوع لیتولوژی، عوامل درونی و غیره، میزان حضور و تداوم این عوامل، فرسایش به شکل فیزیکی و شیمیایی به تغییر و تحول لندفرمهای منطقه پرداخته و چشم انداز رودخانه ها تکامل یافته تر می گردد.

جدول ۴: داده های اقلیمی حوضه قره چای (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۱). (ایستگاه هواشناسی فرودگاه، ۱۳۹۳).

بارش	میانگین حداکثر دما	میانگین حداقل دما	میانگین حداکثر	مجموع روزهای یخبندان (N)	حداقل دما	حداکثر دما	بارش ماهانه	میانگین حداکثر	تعداد روزهای	آفتابی	میزان ساعات	حداکثر سرعت	رطوبت نسبی
حد اقل	-۱/۳	-۷/۲	۴/۰	-	-۳۲/۸	-	۰/۸	-	۰/۵	۱۴۵/۴	۱۶	۲۹	
حداکثر	۲۴/۵	۱۴/۳	۳۴/۷	-	-	۴۰	۴۸/۸	-	۱۰/۲	۳۰۰/۳	۲۵	۷۱	
میانگین	۱۱/۷	۳/۸	۱۹/۵	۱۱۶	-	-	۳۰/۸	۵۲/۲	۶۹/۳	۳۰۰/۳	۲۵	۴۹	

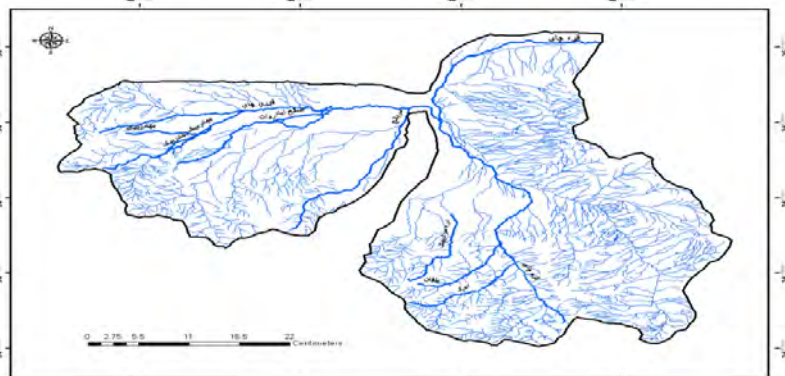
با فعال شدن هوازدگی فیزیکی و خرد شدگی سنگها، آبراهه ها فرصت تمرکز بیشتری می یابند و از پراکندگی و عمق آنها کاسته می شود. رودخانه ها در این قسمت در مرحله بلوغ می باشند و آغاز تشکیل پیچان رود، کاهش سرعت آب، ته نشینی مواد و رسیدن به نیمرخ تعادل را در این نقطه شاهد هستیم (انشعابات همدان - بهار). آبراهه ها دارای بستری پلکانی و نامنظم بوده که در انتها به دشت سیلابی (انتهای زیر حوضه همدان - بهار و کوشک آباد) منجر می گردد.

### شبکه آبراهه و ویژگی های مورفومتری دامنه های شرقی الوند

شکل پیوستن رودهای الوند (شکل شماره ۳) با توجه به توانایی جریان آب در فرسایش، عمق جریان آب، سرعت حرکت آب، درجه تلاطم جریان آب، شیب زمین و مقاومت سنگ با توجه به نوع اقلیم در ارتفاعات متفاوت است. هر چه شیب زمین بیشتر باشد نیروی برشی زیادتر و هر چه وزن مخصوص آب زیادتر باشد نیروی برشی زیادتر شده و قدرت



فرسایشی آب زیادتر می‌شود و با توجه به مقاومت لیتولوژی آذرین آبراهه‌ها با عمق زیاد، طویل‌تر و پهن‌تر گردیده، عمق و بستر آبراهه‌ها V شکل بوده و از تراکم کمتری نسبت به ارتفاعات پایین برخوردار است.



شکل ۳: شبکه آبراهه‌های دامنه شرقی الوند (به جز دامنه شمالی)

در ارتفاعات (۲۵۰۰-۳۵۵۶) نقاط آبراهه‌ها و دره‌ها با زوایای کوچک و بزرگ تا حدودی به صورت قائم به هم متصل می‌باشد زهکشی در این محدوده تابع میزان سختی و مقاومت سازند است و به صورت موازی رتبه‌های ۱ و ۲ شبکه زهکشی را شکل داده‌اند و با تغییر نوع لیتولوژی و حساسیت پذیری سنگ‌ها هوازدهگی فیزیکی با ایجاد درزو شکاف در سنگ زمینه گسترش بستر آبراهه‌ها را فراهم می‌آورد. در جدول شماره ۵ ویژگی‌های متفاوت مورفومتری زیر حوضه‌ها بازگوکننده تأثیر لیتولوژی بر این ویژگی‌ها و زهکشی منطقه است.

جدول ۵: ویژگی‌های مورفومتری شبکه زهکشی توده الوند

کوشک‌آباد	شاخه ۲ سد	سد اکباتان	یلفان	سولان	صالح آباد	تهاردزبیک	زیر حوضه مورفومتری حوضه
۹۶/۸۳	۶/۸۷	-	۴۴/۶۳	۱۱/۷۰	۲۴/۷۳	۲۳/۹۴	حجم رواناب (mm <sup>3</sup> /year)
۵۶/۹۸	۱۳/۶۵	۲۴/۱۶	۱۹/۵۶	۸/۸۰	۲۶/۰۶	۲۱/۸۵	طول کانال اصلی (Km)
۲۶۷۰۱	۶۶۲	-	۵۷۰۱	۱۵۵۳	۱۷۶۹۲	۱۱۲۲۰	رسوب (t/year)
۲/۸۹	۰/۳۴	۲/۸۳	۱/۳۰	۰/۴۳	۱/۵۴	۱/۱۹	دبی (m <sup>2</sup> /s)
۲۱۲/۸۳	۳۲۴/۷۶	۳۱۹/۰۶	۳۲۶/۸۳	۴۶۱/۶۲	۳۴۵/۹۹	۳۱۴/۱۲	بارندگی
۱/۷۸	۹/۱۱	۴/۶۳	۵/۲۵	۱۱/۷۸	۳/۵۲	۳/۷۱	شیب آبراهه (%)
۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۴۳	۰/۳۶	تراکم آبراهه (Km/km <sup>2</sup> )
۵۰	۶۳	۶۷	۸۷	۳۵	۶۹	۶۷	رتبه ۱
۲۵	۱۸	۱۷	۲۸	۱۰	۲۱	۳۰	رتبه ۲
۱۱/۵	۲۷/۵	۲۴	۲۴/۷	۳۳/۶	۲۱/۷	۱۳/۵	شیب متوسط حوضه آبریز %
۲۴۱۶/۴	۴۶/۶	۲۳۰/۵۸	۱۶۵/۰	۳۹/۹	۱۷۳/۴	۱۹۷/۲	مساحت زیر حوضه (Km)

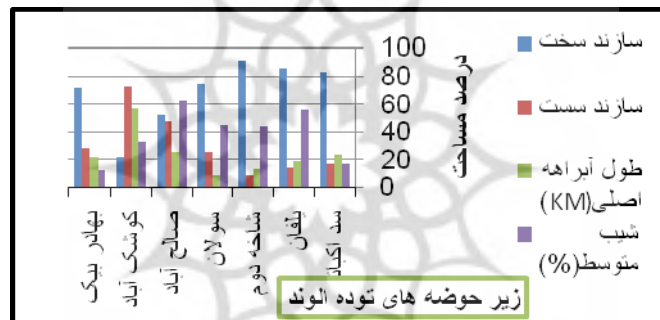
ویژگی‌های مورفومتری آبراهه‌های حوضه به عوامل مختلفی از جمله لیتولوژی، وسعت و شکل حوضه، تپ ناهمواری‌ها و تکتونیک منطقه بستگی دارند. رودخانه قره چای دارای رتبه ۶ می‌باشد. تعداد آبراهه‌های رتبه یک آن ۶۶ عدد و آبراهه‌های رتبه ۲ آن ۲۷ عدد می‌باشد. دره آبراهه شماره ۱ را از نظر تحول در مرحله جوانی و آبراهه جاری در آن در مراحل کاوش قرار داشته و آبراهه‌ها از قدرت فرسایش زیادی برخوردار بوده و از ناپایداری‌ترین دره‌ها با بستری تنگ و باریک هستند بستر رودها سنگی و رسوبات آن از نوع قله‌سنگی می‌باشد و در ارتفاعات بالا لیتولوژی آذرین با شیب زیاد، دبی و قدرت زیاد آب و یخ به همراه فرایند هوازدهگی مکانیکی فقط فرصت حفره دره آبراهه‌ها را به شکل V در بستر شاخه‌های رتبه ۱ و ۲ حوضه‌ها را فراهم کرده است. در ارتفاعات پایین‌تر توده الوند (۲۵۰۰-۲۰۰۰) که قلمرو فرسایش آبی منطقه می‌باشد، رودخانه‌های موجود همه در رتبه ۳ قرار دارند. هوازدهگی فیزیکی و شیمیایی فعال بوده و در بسترسازی آبراهه‌ها با توجه به نوع لیتولوژی فعال هستند. آبراهه‌ها در مرحله بلوغ و حفر قرار گرفته‌اند و شدت و فراوانی جریان بستر



آبراهه‌ها به دبی زیاد، بارندگی زیاد، تغییرات دما و شدت فرایند ذوب برف و یخ بستگی داشته که منجر به فرسایش بیشتر دره‌های آبراهه‌ای در ارتفاعات پایین‌تر و تغییر شکل بستر آن‌ها از V به U شکل و یا طشتی می‌باشد. زیر حوضه‌های سولان، صالح آباد ... دارای این شرایط می‌باشند. دره آبراهه شماره ۳ و ۴ در مرحله بلوغ بوده و به حالت نهشته‌گذاری رسیده‌اند و تا حدی پایدارند. شاخه دوم سد، یلفان، سولان با توجه به ارتفاع، مقدار کشیدگی حوضه، حاکمیت سازند سخت در بیشتر قسمت‌های آن، ضریب رواناب و دبی زیاد، از مقاومت بیشتری نسبت به فرسایش، در مقابل حوضه‌های بهادریبک و صالح آباد و کوشک‌آباد (خروجی حوضه) برخوردار است. در بقیه قسمت‌های حوضه که از درصد کمتری لیتولوژی آذرین تشکیل یافته است، کاهش شیب و وجود سازندهای دگرگونی، مارن و آهکی منطقه موجب گردیده که آبراهه‌ها با رسیدن به این نواحی در زمین نفوذ کرده و یافتن امتداد آن‌ها مشکل باشد دشت همدان - بهار گواه این مدعا می‌باشد و بالاترین تراکم آبراهه و نهشته‌گذاری و تغییر بستر آبراهه‌ها در این مکان مشاهده گردیده است، که عوامل انسانی نیز این امر را تشدید کرده است.

### تراکم آبراهه‌ها

با توجه به جدول ۴ و ۵ نوع لیتولوژی به همراه شرایط توپوگرافی و اقلیمی محل به‌طور مؤثری در میزان تراکم زهکشی ارتفاعات بالای منطقه مورد مطالعه نقش داشته است.



شکل ۴: نمایش طول آبراهه و میزان شیب با توجه به سازند سست و سخت منطقه

مقدار شیب رابطه مستقیم با درجه مقاومت لیتولوژی دارد. شیب‌های زیاد در لیتولوژی مقاوم فرصت نفوذ و تراکم آبراهه را از منطقه می‌گیرند. بیشترین طول آبراهه به اراضی سست کوشک‌آباد و کمترین طول آبراهه به سازند سخت سولان و شاخه ۲ سد تعلق دارد. در انتهای زیر حوضه همدان - بهار و خروجی حوضه پر شدن منافذ خاک از رسوبات ریزدانه، فرصت برای نفوذ آب در زمین کمتر و زمینه برای وقوع تغییرات بستر، وقوع سیلاب و یا تشکیل آبرفت‌های بادبزنی و واریزه‌ها و تراست مهیا می‌گردد. وجود عوامل انسانی، مراتع و پوشش گیاهی نیز یکی از دلایل افزایش تراکم زهکشی می‌باشد (زیر حوضه یلفان، صالح آباد..).

### تأثیر شیب در الگوی زهکشی منطقه

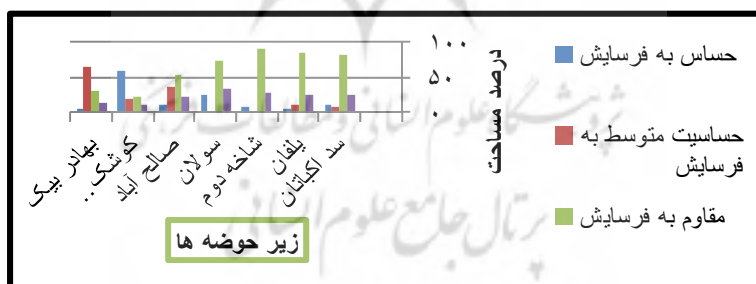
شیب‌های زیاد با لیتولوژی مقاوم رابطه مستقیم و لیتولوژی سست منطقه رابطه معکوس دارد. همین عامل سبب گردیده سرعت آب در شیب‌های کند کمتر از شیب‌های تند بوده و فرصت نفوذپذیری و فرسایش بیشتر و برون‌داد رسوب و شکل زایی با تغییر نوع لیتولوژی شدت یابد، که در این حالت تغییر مسیر آبراهه‌ها مشاهده می‌گردد و به این دلیل شبکه آب فرصت گسترش و تراکم بیشتری را دارد. در ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر و با شیب‌های بالای ۵۰٪ به دلیل مقاومت سنگ و شیب زیاد و عدم نفوذپذیری و قدرت بیشتر آب، تراکم آبراهه کم، مواد فرسایش یافته درشت‌دانه و بستر آبراهه‌ها عریض‌تر و پراکنده‌تر و بی‌نظمی‌هایی در بستر آبراهه مشاهده می‌شود. در محدوده شیب‌های بین ۲۰٪ الی ۵۰٪ مانند زیر حوضه صالح آباد تخریب مکانیکی و شیمیایی آرام صورت می‌گیرد و تخریب شیمیایی بر تخریب فیزیکی و مکانیکی (به دلیل پایداری متوسط سازندها) برتری دارد. سازندهای سست موجود در منطقه حساسیت زیادی به فرسایش خطی

رواناب دارد. جدول شماره ۶ بیانگر ارتباط متقابل شیب زیر حوضه‌ها (نمودار شماره ۱) با مقدار سازندهای سخت و سست منطقه می‌باشد. در این میان شاخه ۲ سد با ۹۱/۱۹ درصد مساحت سازندهای سخت، ۶۳/۳۸ درصد مساحت آن دارای شیب بالای ۵۰ درجه و کوشک‌آباد با ۷۲/۷۸ درصد مساحت از سازندهای سست، ۶۲/۹۸ درصد از مساحت منطقه آن دارای شیب کمتر از ۱۰ درجه می‌باشد.

جدول ۶: ویژگی شیب و سازندهای زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

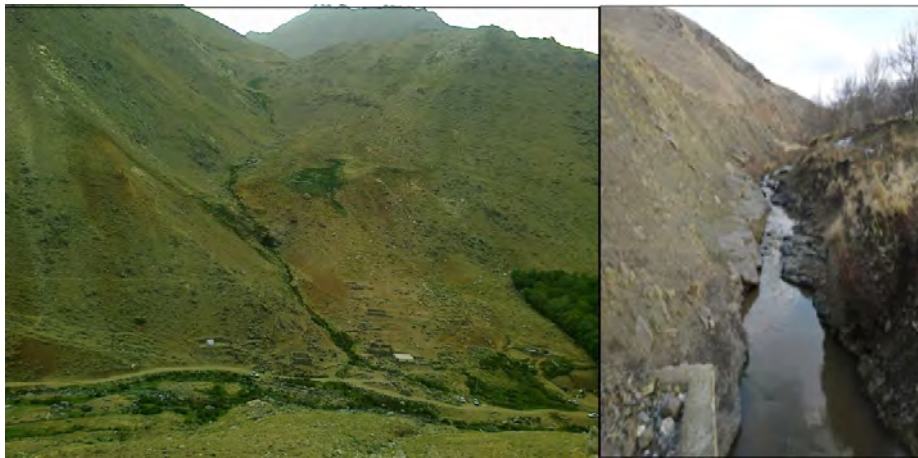
امتیاز	سازند %سست	سازند %سخت	۵۰>	۱۰-۵۰	۵۰<	مساحت (km <sup>2</sup> )	طبقه شیب، زیر حوضه
۳	۲۸/۵۶	۷۱/۴۴	۴/۰۹	-	۳۲/۶۷	۱۹۷/۲	بهدریبک
۵	۷۲/۷۸	۲۲/۲۲	۱۲/۲۵	۱/۵۳	۲۲/۲۴	۲۴۱۶/۴	کوشک‌آباد
۳	۴۷/۹۴	۵۲/۰۶	۳۱/۶۰		۳۹/۵۷	۱۷۳/۴	صالح‌آباد
۱	۲۵/۹۸	۷۴/۰۲	۷۶/۸۵	۲/۰۲	۲۱/۱۳	۳۹/۹	سولان
۱	۸/۸۱	۹۱/۱۹	۶۳/۳۸	۳/۳۷	۳۳/۲۵	۴۶/۶	شاخه دوم
۲	۱۵/۱۲	۸۴/۸۸	۴۶/۱۷	۰	۵۳/۸۳	۱۶۵/۰	یلفان
۲	۱۷	۸۲/۲۵	۴۴/۵۶	۰/۶۴	۵۲/۷۲	۲۳۰/۵۸	سد اکباتان

بین مقدار شیب و مساحت سازند سست منطقه ارتباط معکوس وجود دارد. در شکل شماره ۵- ارتباط شیب با درجه مقاومت سازندها به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۵: ارتباط بین سازندهای سست و مقاوم با درجه شیب منطقه

ایجاد تراس در شیب‌های کم برای فرسایش خطی به‌ویژه فرسایش خندقی مستعد هستند. بنابراین شیب و جهات ساختمانی در تشکیل آبراهه‌ها دخالت دارد آبراهه‌ها در لیتولوژی مقاوم آذرین الوند فاقد جهات اصلی هستند و ارتباطی با یکدیگر ندارند (شکل سمت چپ: شماره ۶). مسیر آبراهه‌ها معمولاً نامنظم بوده و آبراهه‌های فرعی می‌توانند تحت هر زاویه‌ای به جریان اصلی وارد شوند.

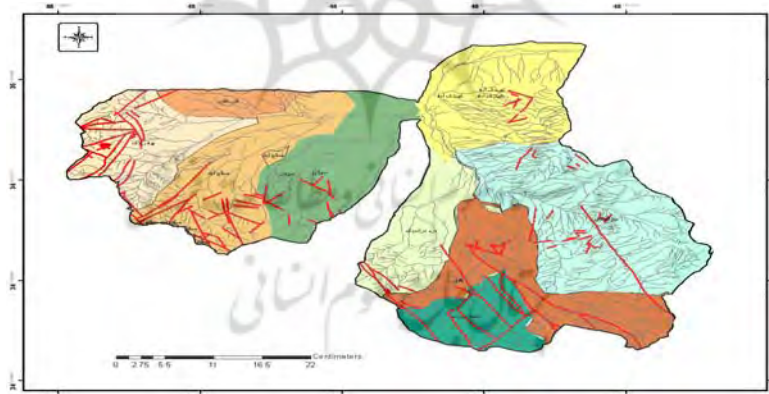


شکل ۶: بخشی از رودخانه ورکانه (تصویر سمت راست: آذر ۱۳۹۳) و ارتفاعات تاریک دره در شمال شرقی همدان (خرداد ۱۳۹۴)

شیب با توجه به نوع لیتولوژی عامل اصلی در تغییر نیمرخ طولی و عرضی رودخانه است.

#### تأثیر تکتونیک بر الگوی زهکشی منطقه

تکتونیک (چین خوردگی، گسل‌ها و درزه‌ها) یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر گسترش و الگوی شبکه زهکشی رودخانه‌های توده الوند می‌باشد. بسیاری از دره‌های منشعب از توده‌های پلوتونیک، گسلی هستند که اکثر آن‌ها توسط رسوبات رودخانه‌ای پوشانیده شده‌اند، مانند گسل‌های دره مرادیبک، سولان، علی‌آباد دمق، یلفان، ارزانفود، منگاوی، نینجه، انجلاس، ورکانه (شکل ۷) و بخشی از رودهای یلفان و سولان در امتداد این گسل‌ها جریان دارند و منطبق با گسل می‌باشند.



شکل ۷: موقعیت گسل‌های منطقه با توجه به شبکه آب‌ها

همچنین برش‌های گسلی در گرانیت‌ها، حاصل گسل خوردگی‌های داخل این سنگ‌ها است (سپاهی گرو، ۱۳۷۸).

#### تأثیر لیتولوژی بر میزان فرسایش و رسوب منطقه

مورفولیتولوژی، توپوگرافی و شرایط اقلیمی منطقه بیانگر میزان مقاومت آن به فرسایش و نوع و اندازه و میزان رسوب تولیدشده در منطقه می‌باشد. جدول شماره ۷ بیانگر برخی از ویژگی‌های آبراهه‌های جریان یافته در حوضه می‌باشد.

جدول ۷: آمار از آب منطقه‌ای استان همدان، (۱۳۹۳)

ردیف	زیر حوضه	میانگین دبی (m <sup>3</sup> /s)		مساحت (کیلومتر مربع)	ضریب گراویلوس	ارتفاع متوسط زیر حوضه (متر)	شیب متوسط حوضه %	تراکم آبراهه	ضریب رواناب %	طول کانال اصلی (کیلومتر)	بارندگی (میلی متر)	سازند سخت (کیلومتر مربع)	میانگین رسوب سالیانه (t/h)	
		فروردین	اردیبهشت										فروردین	اردیبهشت
۱	یلفان	۵/۵۰۳	۴/۰۹۹	۱۶۲/۷۳	۱/۲۲	۲۵۲۱/۰	۲۴/۷	۰/۴۰	۶۶/۳	۱۹/۵۶	۳۲۶/۸۳	۸۴/۸۸	۸۰/۶۰۱	۱۵۸/۵۵
۲	بهادریک	۱/۸۱۸	۲/۸۸۶	۲۳۷/۲۲	۱/۲۲	۲۱۰۶/۲	۱۳/۵	۰/۳۶	۴۲/۲۶	۲۱/۸۵	۳۱۴/۱۲	۷۱/۴۴	۱۴۸/۳۶	۵۱۲/۶۹
۳	صالح آباد	۲/۶۶	۲/۷۶	۱۷۶/۸۲	۱/۴۲	۲۲۰۹/۶	۲۱/۷	۰/۴۳	۴۲/۲۶	۲۶/۰۶	۳۴۵/۹۹	۵۲/۰۶	۱۰۳/۲۲	۶۰۶/۲۱
۴	سولان	۱/۳۸۱	۰/۸۵۶	۳۲/۲۵	۱/۳۰	۲۴۲۲/۱	۳۳/۶	۰/۳۷	۸۵/۱۸	۸/۸۰	۴۶۱/۶۲	۷۴/۰۲	۵۵/۶۷	۲۶۳/۵۰

با توجه به آمار به دست آمده در (جدول شماره ۷) در بین چهار زیر حوضه انتخابی، سولان با توجه به ویژگی‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و اقلیمی حاکم بر آن، از فرسایش و رسوب کمتری نسبت به زیر حوضه‌های بهادریک و صالح آباد برخوردار بوده است که بیانگر تأثیر لیتولوژی در منطقه است. با استفاده از مدل فورنیه به بررسی این روند در چهار حوضه ذکر شده پرداخته شد اما در حوضه مورد مطالعه ما جواب قابل قبولی نداد به طوری که حداقل در شرایط این منطقه نمی‌تواند کاربرد داشته باشد (جدول شماره ۸). البته میزان رسوب، نسبت مستقیم با میزان بارندگی (Pw2) و شرایط توپوگرافی (شیب، ارتفاع) دارد در صورتی که عوامل متعدد دیگری در فرسایش دخالت دارند و در این فرمول دخالت داده نشده‌اند.

جدول ۸: مقادیر رسوب محاسباتی در حوضه‌های مورد مطالعه به روش فورنیه

ردیف	زیر حوضه	ارتفاع متوسط حوضه (م)	شیب متوسط حوضه (%)	بارندگی سالانه mm	میانگین دبی سالانه m <sup>3</sup> /s	مساحت (km <sup>2</sup> )	میزان رسوب سالانه (t/km <sup>2</sup> )
۱	سولان	۲۴۲۲/۱	۳۳/۶	۴۶۱/۶۲	۰/۳۵۶	۳۹/۹	۲/۲۲
۲	یلفان	۲۵۲۱/۰	۲۴/۷	۳۲۶/۸۳	۱/۳۷۸	۱۶۵/۰	۱/۶۹
۳	صالح آباد	۲۲۰۹/۶	۲۱/۷	۳۴۵/۹۹	۰/۷۴۸	۱۷۳/۴	۱/۵۷
۴	بهادریک	۲۱۰۶/۲	۱۳/۰	۳۱۴/۱۲	۰/۷۰۹	۱۹۷/۲	۲/۲۸

در مناطق کوهستانی سولان که از سنگ‌های آذرین مقاوم تشکیل شده با وجود ارتفاع و نزولات جوی، میزان تولید رسوب نسبت به سایر حوضه‌ها اغراق آمیز است و با واقعیت مطابقت ندارد.

### نتیجه گیری

لیتولوژی یکی از عوامل بسیار مهم و مؤثر در شکل دهی اشکال کاوشی و تراکمی شبکه آب‌های منطقه می‌باشد. شکل و الگو بستر آبراهه‌ها، رتبه‌بندی رودها، نوع و وسعت رسوب تولید شده، زمان و مکان شکل‌گیری آبراهه‌ها از ارتفاعات الوند تا نواحی دشتگون و کم ارتفاع حوضه متفاوت و تأثیرپذیری و شکل‌پذیری لیتولوژی منطقه گواه این مطلب می‌باشد. میزان بارش و تغییرات دما همبستگی معناداری در رابطه با ارتفاع دارد. ارتفاعاتی که جنوب و غرب استان را فراگرفته

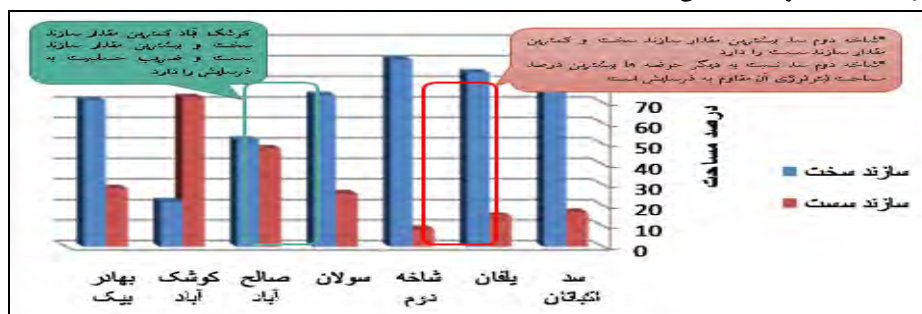
است مانع ورود توده‌های باران‌زایی در این قسمت شده و دامنه شرقی توده الوند کمتر از عبور توده‌ها بهره‌مند بوده و فرایندهای رودخانه‌ای اندکی متفاوت‌تر از دامنه غربی می‌باشد و با تراکم شدن شبکه آبراهه‌ها واریزه‌های بادبزی که یکی از اشکال مورفولوژی منطقه می‌باشد به شکل سنگ‌ریزه در دامنه‌های شرقی با وسعت بیشتری نسبت به دامنه‌های غربی مشاهده می‌شود و خاک‌زایی که یکی از عوامل مؤثر در نفوذپذیری و درجه تراکم آبراهه‌ها می‌باشد، کمتر صورت پذیرفته است. لیتولوژی به همراه وضعیت اقلیمی منطقه از عوامل مهم رتبه‌بندی و درجه تکامل شبکه‌های زهکشی منطقه می‌باشد. با تغییر نوع لیتولوژی و اشکال لندفرمی منطقه شکل و تراکم زهکشی منطقه از قله تا دشت‌های منطقه تغییر پذیرفته است. الگوی شاخه درختی (دندرتی) شبکه زهکشی منطقه مؤید حاکمیت لیتولوژی سخت آذرین در منطقه می‌باشد. لیتولوژی آذرین عامل شکل‌دهی رتبه‌های ۱ و ۲ منطقه در نقاط کوهستانی و کاوش بستر بوده که با تغییر ارتفاع، شیب و نوع لیتولوژی تغییر رتبه و به مرحله بلوغ و رسوب‌گذاری رسیده و تراکم آبراهه‌ها را شاهد هستیم. در جدول شماره ۹، منطقه مورد مطالعه با توجه به نوع لیتولوژی و درجه حساسیت، ضریب سختی و سستی و تیپ اراضی منطقه و عوامل توپوگرافی و اقلیمی طبقه‌بندی و امتیازدهی شده است و کم اثرترین و مؤثرترین عوامل تأثیرگذار بر فرم و فرایند رودخانه‌های حوضه امتیازدهی شده‌اند.

جدول ۹: مشخصات متغیرها و امتیازات آن‌ها

متغیر	گروه‌های امتیازی	رتبه حوضه	امتیازی مؤثرترین گروه	مساحت (%)	زیر حوضه	گروه امتیازی کم اثرترین	مساحت (%)	گروه‌های امتیازی		
								گروه امتیازی	گروه امتیازی	
۱ لیتولوژی	نوع لیتولوژی	سازند سخت %	۱	۹۱/۱۹	شاخه ۲ سد	۵	۵۲/۰۶	۵	صالح آباد	
		سازند سست %	۱	۷۲/۷۸	کوشک آباد	۵	۸/۸۱			۵
	درصد حساسیت لیتولوژی به فرسایش	حساس به فرسایش	۱	۵۸/۷۴	کوشک آباد	۵	۸/۵۱	۴	سداکاتان	
		حساسیت متوسط به فرسایش	۱	۶۵/۷۸	بهداریک	۴	۱۸/۵۴			
		مقاوم به فرسایش	۱	۳۹/۷۴	کوشک آباد	۵	۲۲/۲۷			
	تیپ اراضی	کوهستان	شاخه ۲ سد	۱	۱۰۰	بهداریک	۵	۳۱/۰۷	۲	بهداریک
			تپه	۱	۴۳/۴۷	بهداریک	۲	۰		
		واریزه‌های بادبزی	بهداریک	۱	۲۵/۴۱	بهداریک	۲	۰		
			کوشک آباد	۱	۱۹/۰۶	بهداریک-سولان	۵	۰		
	۲ شیب	بیشتر از ۵۰ %	شاخه ۲ سد	۱	۶۳/۲۸	بهداریک	۵	۴/۰۹	۴	بهداریک
شاخه ۲ سد			۱	۳/۲۷	بهداریک	۴	۰			
۱۰-۳۰			۱	۵۳/۸۳	سولان	۴	۲۱/۱۳			
کمتر از ۵۰			۱	۶۲/۹۸	سولان-شاخه ۲ سد-یلقان	۳	۰			
۳ شبکه آبراهه	طول کانال اصلی (Km)	سولان	۱	۵۶/۹۸	کوشک آباد	۵	۸/۸۰	۵	کوشک آباد	
		سولان	۱	۱۱/۸	کوشک آباد	۵	۱/۷۸			
		صالح آباد	۱	۰/۴۳	سولان	۵	۰/۳۷			
		نسبت انشعاب	۱	۶۷	بهداریک	۵	۲۷			
		دبی متوسط سالیانه (m <sup>2</sup> /s)	۱	۲/۸۳	سداکاتان	۵	۰/۳۴			
		رسوب (t/year)	۱	۲۶۷۰۱	کوشک آباد	۵	۶۶۲			

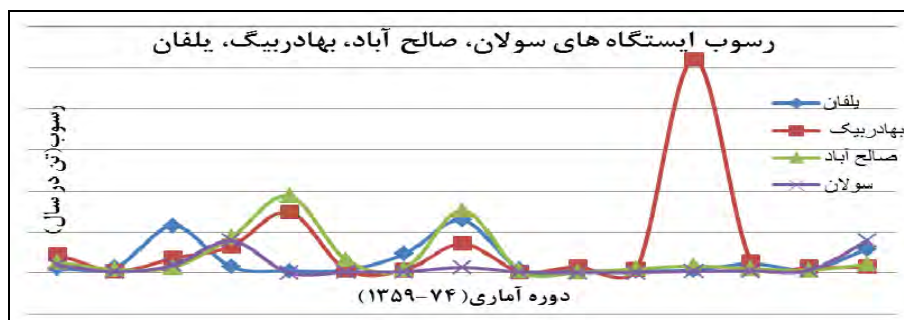
لیتولوژی گرانیته با سختی بالا و با امتیاز یک مهم‌ترین عامل شکل‌گیری لندفرم‌های کوهستانی مرتفع الوند و بستر آبراهه‌های عمیق و پراکنده و درجه تراکم پایین شناخته شده‌اند. با توجه به (جدول شماره ۹ و شکل شماره ۸) در بین زیر

حوضه‌های منطقه شاخه دوم سد با ۹۱/۱۹ درصد مساحت سازند سخت بیشترین و صالح آباد با ۵۲/۰۶ درصد مساحت سازند سخت را به خود اختصاص داده و به ترتیب کمترین (۰/۳۱ کیلومتر) و بیشترین (۰/۴۳ کیلومتر) درجه تراکم آبراهه‌ها را در منطقه به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۸: رسوب چهار زیر حوضه در طی ۱۵ سال آماری

در همین رابطه با توجه به نوع لیتولوژی و سازند سست منطقه، کوشک‌آباد (خروجی حوضه) با ۷۲/۷۸ درصد مساحت و شاخه دوم سد با ۸/۸۱ درصد مساحت به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت از (سازند سست) را به خود اختصاص داده‌اند و در همین ارتباط کوشک‌آباد با ۵۸/۷۴ درصد مساحت، بیشترین میزان (حساسیت به فرسایش) و شاخه دوم سد با ۹۱/۱۹ درصد مساحت، از اراضی (مقاوم به فرسایش) را به خود اختصاص داده است. بهادریک با ۶۵/۷۸ درصد مساحت (حساسیت متوسط) و ۳۰/۵۸ درصد مساحت (مقاوم به فرسایش)، در بین حوضه‌ها از پایداری متوسط برخوردار می‌باشد. همین عوامل بر تیپ اراضی این مناطق تأثیر گذاشته و بیشترین مساحت کوهستان در بین حوضه‌ها به شاخه دو سد و کمترین مقدار به زیر حوضه بهادریک تعلق دارد و کمترین و بیشترین تراکم آبراهه به تبعیت از نوع ناهمواری ایجاد شده به این دو حوضه اختصاص دارد. در این رابطه واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزی در گروه امتیازی یک با بیشترین مساحت به حوضه بهادریک (۶۰/۲۸ کیلومتر) و کوشک‌آباد (۴۷۵/۶۲ کیلومتر) نسبت به دیگر زیر حوضه‌ها تعلق دارد. با توجه به میزان حساسیت زیر حوضه‌ها به فرسایش حداکثر طول آبراهه در بین حوضه نیز با توجه به جدول ۹ در بین آبراهه‌های زیر حوضه‌های دیگر به ترتیب به کوشک‌آباد (۵۶/۸ کیلومتر)، صالح آباد (۲۶/۶ کیلومتر) و بهادریک (۲۱/۵ کیلومتر) اختصاص داشته است و با توجه به مساحت این زیر حوضه‌ها و درجه نفوذپذیری و شیب کم منطقه (جدول شماره ۹) بالاترین میزان تراکم آبراهه‌ها به ترتیب متعلق به صالح آباد (۰/۴۳ کیلومتر)، کوشک‌آباد (۰/۳۲ کیلومتر) و بهادریک (۰/۳۲ کیلومتر) است، که بیانگر ارتباط قوی طول آبراهه‌ها با نوع لیتولوژی و میزان نفوذپذیری بیشتر منطقه می‌باشد. عوامل انسانی (کشت و کار و ساخت‌وساز) نیز یکی از عوامل تأثیرگذار بر شدت تراکم و انحراف بستر آبراهه‌ها و سیل‌خیزی این مناطق می‌باشد. کمترین تراکم آبراهه (۰/۲۷ کیلومتر) نیز به زیر حوضه سولان تعلق داشته که در کنار عوامل ثانویه‌ای مانند خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی، لیتولوژی مقاوم منطقه نقش مؤثری بر مقدار و شکل آبراهه‌ها داشته است.



شکل ۹: رسوب چهار زیر حوضه در طی ۱۵ سال آماری



در این شکل ارتباط بین فرسایش پذیری سازندهای سست را نسبت به سازند سخت منطقه به اثبات رسانیده است. بررسی مورفولیتولوژی و درجه حساسیت آن‌ها، در تشخیص مناطق حساس به فرسایش، فرار آب جهت سدسازی و انحراف مسیر آب در اماکن، سیل خیزی تاثیر موثری خواهد داشت. بنابراین در تحلیل‌های ژئومورفولوژیک، مورفولیتولوژی و مقاومت سازند منطقه یکی از متغیرهای تأثیرگذار بر فرم فرایندهای ایجادشده و جلوگیری از خطرات و خسارات احتمالی بر اکوسیستم و اقتصاد منطقه می‌باشد.

## منابع

- آرین، مهرا. ۱۳۷۶. مورفولوژی رودخانه‌ها و تکتونیک فعال، نگرشی بر وضعیت کنونی بخشی از رودخانه قزل‌اوزن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، صفحه ۱۲۶.
- احمدی، حسن. ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، ج ۱، تهران: انتشارات دانشگاه تهران صص ۱۲۶-۱۳۰.
- استانداری همدان، معاونت برنامه‌ریزی، ۱۳۹۰. مطالعات برنامه آمایش استان همدان
- بهرامی، شهرام؛ یمانی، مجتبی و علوی پناه، کاظم. ۱۳۸۷، تحلیل مورفومتری و مورفولوژی شبکه زهکشی در مخروط آتشفشانی تفتان پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صفحه ۶۱-۷۲.
- بختیاری، حسین. ۱۳۹۲، ارزیابی اثر ترکیب کانی‌شناسی واحدهای سنگی توده نفوذی الوند بر مقاومت رخنمون‌ها در برابر هوازدگی و فرسایش، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۶، شماره ۱، ۱۳۹۳، صفحه ۱-۱۸.
- چورلی، ریچارد؛ جی، شوم؛ استانلی، ای و سون، دیوید. ای. ۱۹۸۵. ژئومورفولوژی، ترجمه: احمد معتمد و ابراهیم مقیمی، ۱۳۸۸، تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ص ۶۰۵.
- حسین زاده، محمدمهدی؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ اروچی، حسن و صمدی، مهدی. ۱۳۹۱، ارزیابی مخاطرات سنگ‌ریزه در آزاد راه رودبار، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲.
- زرعیان، سعید، فرقانی، علیرضا و فیاض، هوشنگ. (۱۳۵۱)، توده گرانیتی الوند و هاله دگرگونی آن. (قسمت دوم)، نشریه دانشکده علوم دانشگاه تهران، ج ۴، شماره ۱، ص ۲۸-۲۳.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۹، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ همدان.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۳، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کیودرآهنگ.
- سازمان منابع آب استان تهران، ۱۳۹۳، گزارش داده‌های هیدرومتری.
- سازمان آب منطقه‌ای استان همدان، ۱۳۹۳، گزارش داده‌های هیدرومتری
- سپاهی گرو، علی اصغر. ۱۳۷۹، رده‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌ها آذرین، دگرگونی و رسوبی. نشر کلمات کلیدی، ص ۱۷۴
- سپاهی گرو، علی اصغر. ۱۳۷۸، پترولوژی مجموعه پلوتونیک الوند با نگرشی ویژه به گرانیتوئیدها، پایان‌نامه دکتری پترولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت‌معلم.
- سلحشور، ف. ۱۳۸۵، نقش عوامل زمین‌شناسی در شدت رسوب‌دهی بار معلق زیر حوضه‌های رودخانه قره چای در همدان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
- علیزاده، امین. ۱۳۷۸، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ یازدهم، انتشارات آستان قدس رضوی. ص ۸۰۸
- فیضنیا، سادات. ۱۳۷۴، مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران، منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷، دانشگاه تهران. ص ۷۳
- محمودی، فرج‌الله. ۱۳۸۲، ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات پیام نور، صفحه ۱۵۲.
- -Hesterberg, T. C., Stanford, D. C., and Merritts, D. J., 1995. Tectonic Deformation Estimation using Stream Gradients: Nonparametric Function Estimation from Difference Data using Splines and Conjugate Gradients.
- -Hesterberg, T. C., Stanford, D. C., and Merritts, D. J., 1995. Tectonic Deformation Estimation using Stream Gradients: Nonparametric Function Estimation from Difference Data using



- Splines and Conjugate Gradients. Computing Science and Statistics, 32, 246-254, Interface Foundation of North America, Fairfax Station, VA.*
- -Sable, A.K., and Wohl, E., 2006. *The relationship of lithology and watershed characteristics to fine sediment deposition in streams of the Oregon coast range. Vol:37, pp 659-670.*
  - -Snyder, N.P, K.X, Whipple, G.E. Tucker, D.J, Merritts" (۲۰۰۳), *Channel Response to Tectonic Forcing Field Analysis of Stream Morphology and Hydrology in the Mendocino triple Junction Region, Northern California", Geomorphology, 53, P.99*
  - -Stanley, A.Schumm, F.Dumont & John M. Holbrook (2000). *Active tectonics and alluvial rivers. Cambridge university press*
  - *Computing Science and Statistics, 32, 246-254, Interface Foundation of North America, Fairfax Station, VA.*
  - -Stanley, A.Schumm, F.Dumont & John M. Holbrook (2000). *Active tectonics and alluvial rivers. Cambridge university press.*
  - -Wilson, L., 1971. *Drainage Density, Length ratios, and Lithology in a Glaciated Area of Southern Connecticut: Geol. Society of America Bull. V. 82, pp. 2955-2956.*

