پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال چهارم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹٤
صص. ۱٦-۱

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 ازنظر لیتولوژی (سنگ‌شناسی) و ساختمانی، به همراه توپوگرافی و شرایط اقلیمی حاکم و تأثیر آن بر نحوه گسترش آبراهه‌ها ازجمله 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 ازجمله چهره و الگوی شبکه آب‌ها موردتوجه است. ازآنجاکه بیشترین حجم ارتفاعات الوند را سنگ‌های آذرین و دگرگونی تشکیل داده، پژوهشگران بر این موضوع اتفاق‌نظر 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 تصاویرGoogle Earth استفاده‌شده و تعیین حدود حوضه روی آن‌ها انجام‌شده 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. درنهایت 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 حساسیت پذیری 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.

---

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۴۸۵۶۵۶۷ E-mail: shayan@modares.ac.ir

مقدمه

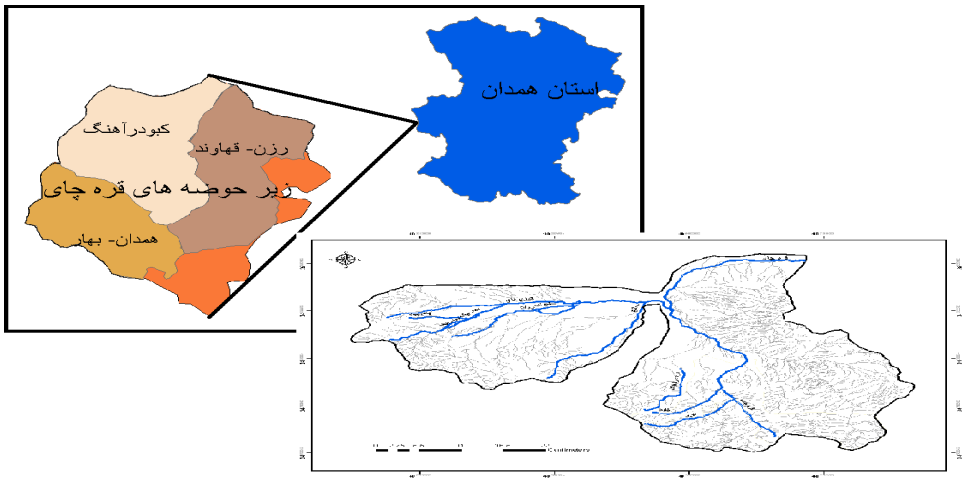
در تحلیل‌های ژئومورفولوژیک، لیتولوژی یکی از متغیرهای اصلی تأثیرگذار بر شکل‌گیری و تحول چشم‌اندازها می‌باشد و توپوگرافی و مورفولوژی لند فرم‌ها تحت تأثیر نوع لیتولوژی است. لیتولوژی همچنین یکی از عوامل مؤثر در نحوه پراکنش ذرات، اندازه آن‌ها و مکان‌های رسوب‌گذاری در بستر رودخانه‌های مناطق کوهستانی است. الگوی شبکه زهکشی از بارزترین لند فرم‌های سطح زمین محسوب می‌شود. شبکه‌های آبراهه‌ای 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 موردمطالعه شکل‌پذیری لند فرم‌های منطقه و شناخت تأثیر لیتولوژی بر مورفومتری و الگوی شبکه زهکشی موضوعی است که کمتر به آن پرداخته‌شده 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، ازجمله شاخص‌هایی است که به تغییرات حاصل از فعالیت‌های زمین ساختی بسیار حساس است و مطالعات انجام‌شده در چند سال اخیر نیز حاکی از نقش فعالیت‌های نوزمین ساخت در شکل‌گیری سامانه‌های رودخانه‌ای است(هیستربرگ و همکاران[1]،۱۹۹۵). نوع رودخانه‌های هر سیستم، به توازن بین نیروهای پیش برنده(نظیر ثقل، میزان ته‌نشست در حوضه زهکشی و غیره) ونیروهای مقاومت‌کننده(نظیر مقاومت کف رودخانه، اصطکاک و غیره) بستگی دارد(آرین، ۱۳۷۶).مشخصات آبراهه‌ها(جهت جریان، تراکم، نوع و شکل) در رابطه با وضعیت سنگ و ناهمواری منطقه می‌باشد و به همین دلیل انواع مختلفی دارند(احمدی،۱۳۷۸ص:۱۲۶) ازآنجاکه 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 موردبررسی قرار می‌گیرد. نیمرخ طولی بستر جریان رودخانه‌ها در پاسخ به انواع آشفتگی‌هایی که به دست انسان و یا به‌طور طبیعی دردره‌ها 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[2]، ۲۰۰۳ص: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 تغییرشکل می‌دهند(فیلیپس وشوم،۱۹۸۷). به‌طورکلی، 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[3]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 موردمطالعه‌اش را وابسته به لیتولوژی سست منطقه دانست. موریساوا[4] 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[5] 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، ارائه‌شده‌اند. ویلسون[6] نیز در سال ۱۹۷۱ به مطالعه ارتباط بین لیتولوژی و تراکم زهکشی در چند منطقه پرداخت و تراکم تعداد زهکشی با توجه به

[1] Hesterberg
[2] Eshnider et al
[3] Strahler
[4] Morisava
[5] Yatsu
[6] Willson

درجه مقاومت و سستی لیتولوژی را با آزمایش بر روی ۶ نوع سنگ به اثبات رساند. سابل و همکاران(۲۰۰۶) لیتولـوژی 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 نـوع سـنگ و نیمـرخ بسـتر ایـن رودهـا در ارتفاعـات و دشـت پرداختنـد. جانسن[1](۲۰۰۶) فرآیندهای برشی رودخانه‌ای ناشی از عملکرد لیتولوژی و فراوانی و بزرگی جریانات شکل‌دهنده در طـول رودخانه‌ای با بستر سنگی و آبرفتی در منطقه‌ای خشک در مرکـز جنـوب شـرقی اسـترالیا در تنگـه Sandy Creek مـورد آزمایش قراردادند. رضایی مقدم و احمدی(۱۳۸۵: ۹۶) به تحلیل ژئومورفولوژی کمی الگوی آبراهه‌ها در کوهستان شـاهو در کرمانشاه پرداختند و نتایج تحقیق نشان داد که درزمینهای آهکی تراکم زهکشی نسبت به سـازندهای شیسـتی کمتـر بوده و طول بلند آبراهه‌ها از ویژگی‌های آن‌ها در سازندهای آهکی است. در جدیدترین کار انجام‌شـده، بختیـاری (۱۳۹۳) اثر ترکیب کانی‌شناسی واحدهای سنگی تودهٔ نفوذی الوند بر مقاومت رخنمون‌ها در برابر هـوازدگی و فرسـایش پرداختـه است. در این پژوهش سعی بر آن است که اختلاف عمده در الگوی آبراهه‌ها، درجه تراکم و مورفومتری آنرا بـا توجـه بـه ویژگی‌های سنگ‌های منطقه، اشکال و درجه مقاومت آن‌ها موردبررسی قرار گیرد.

موقعیت منطقه موردمطالعه

محدوده موردمطالعه در این پژوهش که نیمه شرقی توده الوند(بجز دامنه شمالی الوند) است در مختصـات جغرافیـایی ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۴درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقـه عـرض شـمالی قرار دارد و ازنظر موقعیت طبیعی با جهت شمال غربی – جنوب شرقی، در کمربند دگرگونی سنندج– سیرجان واقع اسـت و جزء پیشکوه‌های داخلی زاگرس و در ارتفاعات مرکزی این استان به شمار می‌آید.



شکل۱: موقعیت جغرافیایی حوضه‌های آبریز رودخانه قره چای دراستان همدان

این توده مساحتی حدود ۷۰۰ کیلومترمربع رادار است که حدود ۴۰۰ کیلومترمربع آن سنگ‌های آذرین پلوتونیکی می‌باشد. این رشته‌کوه‌ها که از جنوب و غرب به‌صورت حصاری استان همدان را دربرمی‌گیرد مانع نفوذ توده‌های باران‌زایی می‌شود که به‌صورت عبوری از غرب به شرق حرکت می‌کند و سبب کاهش بارش‌های جوی می‌شود. به علت وجود ایـن موانـع، محدوده موردمطالعه کمتر از عبور این توده‌های هوا بهره‌مندمی شوند و محیطی متفاوت در دو دامنـه تـوده الونـد فـراهم کرده است. همچنین بررسی تراکم زهکشی در جهات دامنه‌ای مختلف توده الوند، نشان می‌دهد که در جهات شرقی توده

[1] 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 شماره۱، آبراهه های پر شیب کوهستانی منطقه، که بخشی از رود قره چای می باشند، رواناب ناشی از رگبار و ذوب برف را در جهت شیب جنوب به شمال کوهپایه ها به سمت خروجی ها سرازیر کرده و بعد از عبور از دشت همدان- بهار از منطقه خارج و به حوضه دریاچه قم تخلیه می شوند. لازم به ذکر است با توجه به جدول شماره۱، رودخانه قره چای از سه زیر حوضه کوچکتر به نامهای همدان- بهار، کبودرآهنگ و رزن- قهاوند تشکیل شده است.

جدول شماره۱: 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، بهادربیگ
کبودرآهنگ	۲۰۷۰	جنوب و جنوب شرق	دمق، قره‌آغاج
رزن – قهاوند	۲۴۴۵	جنوب و جنوب شرق	زهتران، خمیگان

این رودخانه به طول ۵۴۰ کیلومتر از دوشاخه اصلی تشکیل‌شده است. شاخه جنوبی(رودخانه شراء) 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.

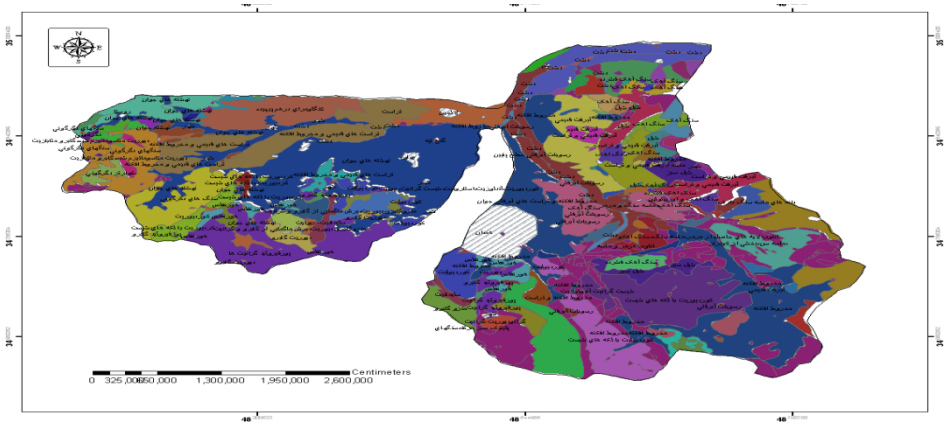
مواد و روش‌ها

برای بررسی وضعیت زهکشی منطقه، مرز منطقه موردمطالعه 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 مورفو لیتولوژی توده الوند و تأثیرات آن بر موضوع تحقیق از نتایج تحقیق بختیاری (۱۳۹۳) که در ارتباط با مقاومت کانی ها، با استفاده از نمودار QAPF، درجه مقاومت کانی شناسی۱۰ عنوان از سنگهای توده نفوذی الوند را دربرابر 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 داده های مورد نیاز بدست آمد ومشاهدات مستقیم و غیر مستقیم با استفاده از نقشه های توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰، نقشه های زمین شناسی۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر دریافتی از Google Earth انجام پذیرفت. تمامی داده ها با استفاده از نرم افزار ArcGis10.2، 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 سازند های مقاوم منطقه پرداخته است، تحلیل شد و از طریق نقشه های موضوعی متعدد و جداول و شکل ها نمایش داده شده اند و نهایتا تحلیل تاثیرات آن بر بافت و چهره شبکه زهکشی منطقه انجام شده است.

زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه

در منطقه موردمطالعه(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 موردمطالعه 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.



شکل۲: 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 ستیغ 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 مورفوژنتیکی 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 ازجمله فرم‌های به وجود آمده در منطقه می‌باشند.

یافته های تحقیق

تعیین درجه مقاومت کانی های رخنمون واحدهای سنگی، نقش ترکیب کانی شناسی رابه صورت یک متغیر کمی درتحلیل های ژئومورفولوژیکی برای تبیین فرم و فرآیندهای حاکم بر منطقه موردتوجه قرارمی دهد(چورلی، ۱۳۸۸: ۱۸). شبکه زهکشی یکی از مناظر لند فرمی حاکم بر منطقه الوند می باشد و تغییرات بوجود آمده در آن: ۱- تابع تغییر مواد زمین شناختی از سنگهای نرم تا سنگهای مقاوم بوده ، ۲- از تغییرات اقلیمی تبعیت کرده است ۳- تابع تغییر ناهمواری ها از نقاط مرتفع توده الوند به سمت دشت یا نقاط پست منطقه می باشد. در هر یک از این حالتها، میزان زهکشی و تعداد و طول آبراهه ها تغییر می یابد. 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 کوه های 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 می گردد. بلندترین قله رشته کوه الوند(قله یخچال) که از جنس گرانیت پورفیروئید بیوتیت و گرونادار با درجه مقاومت بالا می باشد و دلالت بر مقاومت بالای توده آذرین الوند دارد.

در جدول شماره۲ برخی یافته ها و مشخصات واحدهای سنگی تودهٔ نفوذی الوند و درجه مقاومت کانی شناسی رخنمون آنها دربرابر هوازدگی و فرسایش آمده است.

جدول۲: مشخصات و درجه مقاومت سنگ‌های توده الوند

ردیف	عنوان واحد سنگی در نقشه زمین‌شناسی	نماد در نقشه	مساحت کل(Km2)	درصد مساحت در سطح توده	درجه مقاومت کانی شناسی
۱	پورفیروئیدگرانیتها(شامل :منزوگرانیت بیوتیت دار،گرانودیوریت سینوگرانیت وتونالیت) اُلیوین گابرو، نورتیک گابرو،گابرودگرگون شده،	ga	۲۸۵/۹	۷۸/۷۸	۷/۵
۲	منزوگابرو،دیوریت،برش ماگمایی ازگابرو و گرانیت.	gba	۵۳/۷۳	۱۴/۸۱	۲
۳	دیوریت گابرو،دیوریت،کوارتزدیوریت، سنگ‌های ریزگابرویی متداخل gaوpg	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	گرانیتت 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 حوضه ها باستثناء کوشک آباد از سازند سخت تشکیل شده و از دلایل شکل گیری شبکه زهکشی منطقه به شکل شاخه درختی(دندریتی) می باشد. در ارتفاعات زیر ۲۵۰۰متر(تپه ماهوری) دامنه ها منظم و در ارتفاعات زیر ۲۰۰۰متر نمایی از واریزه ها و آبرفتهای بادبزنی مشاهده می گردد که نشانی از عدم تکامل خاک و تکامل بیشتر آبراهه ها 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 می کند.

جدول شماره ٤: ویژگی‌های لیتولوژیکی و تیپ اراضی منطقه

زیر حوضه‌های منطقه	مساحت حوضه آبریز (Km^2)	حداکثر ارتفاع حوضه آبریز(m)	حداقل ارتفاع(m)	شیب متوسط حوضه آبریز%	نوع لیتولوژی	سازند سخت%	سازند نسبتاً سخت%	تیپ اراضی%				امتیاز
								کوهستان	تپه	واریزه‌های بادبزنی	آبرفتهای بادبزنی	
پهادربیک	۱۹۷/۲	۳۹۹۷/۰	۱۷۸۰/۰	۱۳/۵	لاتیت،توف سبز-توف ریولیتی -ترانسهای قدیمی و جوان -پهنه گلی -سنگ‌های آتشفشانی -دشت	۷۱/۴۴	۲۸/۵۶	۳۱/۰۷	۴۳/۴۷	۲۵/۴۱	-	۴
کوشک‌آباد	۲۴۱۶/۴	۳۵۸۰/۰	۱۶۸۰/۰	۱۱/۵	بازالت پیروکلاستیک - توف ریولیتی - ترانسهای قدیمی و جوان - توف،مارن - شیل،ماسه‌سنگ - سنگ آهک ماسه ای - آبرفت عهد حاضر - پهنه گلی - مارن	۲۲/۲۷	۷۷/۷۸	۳۵/۶۴	۲۹/۰۶	۹/۱۲	۱۹/۰۶	۵
صالح آباد	۱۷۳/۴	۳۴۲۵/۰	۱۷۷۰/۰	۲۱/۷	لاتیت،توف سبز - توف ریولیتی - آندزیت،بازالت پیروکلاستیک -بازالت پیروکلاستیک -توف -شیل سنگ آتشفشانی حاشه‌سنگ، توف، شیل - آندزیت - آبرفت عهد حاضر	۵۲/۰۶	۴۷/۹۴	۷۳/۲۴		۰	۱۱/۵۴	۴
سولان	۳۹/۹	۳۳۲۲/۰	۱۸۲۵/۰	۳۳/۶	توف ریولیتی - بازالت پیروکلاستیک - آبرفت عهد حاضر	۷۴/۰۲	۲۵/۹۸	۹۲/۱۳	-	-	-	۳
شاخه دوم	۴۶/۶	۳۵۲۴/۰	۱۹۴۰/۰	۲۷/۵	توف ریولیتی - ماسه -توف،مارن - شیست سنگ آهک ماسه ای - آبرفت عهد حاضر-بازالت	۹۱/۱۹	۸/۸۱	۱۰۰	-	-	-	۱
یلفان	۱۶۵/۰	۳۵۴۰/۰	۱۹۷۲/۸۱	۲۴/۷	مارن،سنگ آهک ماسه ای - توف ریولیتی -دشت حاشه -آبرفت عهد حاضر-دایک-مارن	۸۴/۸۸	۱۵/۱۲	۹۶/۴۷	-	-	۳/۵۳	۱
سد اکباتان	۲۳۰/۵۸	۳۵/۸۴	۱۸۸۳/۷۱	۰	مارن،سنگ آهک ماسه ای - توف ریولیتی - بازالت پیروکلاستیک حاشه - شیست جایک -سنگ آهک - تخه‌ماسه -آبرفت عصر حاضر	۸۲/۲۵	۱۷	۹۶/۲۷	-	-	۳/۷۳	۲

لندفرم های منطقه با توجه به نوع لیتولوژی و شرایط اقلیمی آن، واکنش های متفاوتی بـه هـوازدگی و فرسـایش دارنـد مکانیسم و عملکردهوازدگی و فرسایش تابع ویژگیهای ذاتی سنگها شامل ترکیب کانی شناسـی و بافـت اسـت مقاومـت رخنمون واحدهای سنگی مختلف با توجه به زمان و مکان در ارتباط بـا عوامـل فرسـایش متغیـر اسـت. در واحـد هـای کوهستانی الوند بخصوص در ارتفاعات بالای ۲۷۰۰ متر از لیتولوژی آذرین و غیر قابل نفوذ و مقاوم تشکیل شده اسـت و فرایندهای شکل زایی ضعیف عمل می کند. در دامنه های نامنظم فرسایش شدید آبی موجب تخریـب دامنـه شـده و در نتیجه دامنه نامنظم است. دامنه های نامنظم با قلل تیز و کشیده و دره های V شکل و عمیق با پرتگـاه هـای بلنـد، بـا شکستگی شیب از ویژگی های این نوع لیتولوژی در منطقه می باشد که فرصت نفوذپذیری و فرسـایش را از فراینـدهای جریانی سلب کرده است. در ارتفاعات: یخچال(۳۷۵۰متر)، شاه نشین(۳۳۲۴متر) و کلاه قاضی(۳۳۰۸ متر) کـه سرچشـمه رودهای یلفان، ابرو، ارزانفود و دره مرادبیک است، ارتفاعات کمتر دستخوش شکل زایی و تغییر و تحول و فرسایش شـده 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 وفاصله 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 و۲ می باشند. با توجه به جدول شماره۳، این قسمت محدوده قلمرو و عملکرد برف و یخبندان می باشد. تغییـرات هـوازدگی 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 بـه دوام یخبندان و فرایندهای یخچالی و مجاور یخچالی کمک شایانی داشته است. در ارتفاعات زیر ۳۰۰۰متر توده الوند، با تغییر نوع لیتولوژی و متنوع شدن کانی ها، بسته به تاثیر عواملی مانند دما، رطوبت، تابش خورشید(جـدول شـماره ۴)، جـنس و نوع لیتولوژی، عوامل درونی و غیره، میزان حضور و تداوم این عوامل، فرسایش به شکل فیزیکی و شیمیایی بـه تغییـر و تحول لندفرمهای منطقه پرداخته و چشم انداز رودخانه ها تکامل یافته تر می گردد.

جدول٤: داده‌های اقلیمی حوضه قره چای (۱۳٦۷تا۱۳۹۱).(ایستگاه هواشناسی فرودگاه،۱۳۹۳).

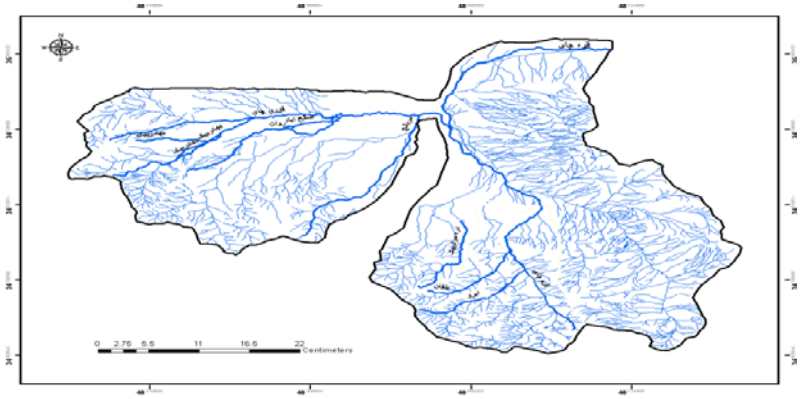
پارامتر	متوسط دما	میانگین حداقل دما	میانگین حداکثر دما	مجموع روزهای یخبندان(N)	حداقل دما	حداکثر دما	بارش ماهانه	متوسط حداکثر بارش	تعداد روزهای	میزان ساعات آفتابی	حداکثر سرعت	رطوبت نسبی
حداقل	-۱/۳	-۷/۲	۴/۰	-	-۳۲/۸		۰/۸	-	۰/۵	۱۴۵/۴	۱۶	۲۹
حداکثر	۲۴/۵	۱۴/۳	۳۴/۷	-	-	۴۰	۴۸/۸	-	۱۰/۲	۳۰۰۸/۳	۲۵	۷۱
میانگین	۱۱/۷	۳/۸	۱۹/۵	۱۱۶	-	-	۳۰۸	۵۲/۲	۶۹/۳	۳۰۰۸/۳	۲۵	۴۹

با فعال شدن هوازدگی فیزیکی و خرد شدگی سنگها، آبراهه ها فرصت تمرکز بیشتری می یابنـد و از پراکنـدگی و عمـق 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 همـدان- بهـار). آبراهـه هـا دارای بسـتری پلکانی و نامنظم بوده که در انتها به دشت سیلابی(انتهای زیر حوضه همدان- بهار و کوشک آباد) منجر می گردد.

شبکه آبراهه و ویژگی‌های مورفومتری دامنه‌های شرقی الوند

شکل پیوستن رودهای الوند (شکل شماره ۳) با توجه به توانایی جریان آب در فرسایش، عمق جریان آب، سرعت حرکـت آب، درجه تلاطم جریان آب، شیب زمین و مقاومت سنگ با توجه به نوع اقلیم در ارتفاعات متفاوت است. هر چـه شـیب زمین بیشتر باشد نیروی برشی زیادتر و هر چه وزن مخصـوص آب زیـادتر باشـد نیـروی برشـی زیـادتر شـده و قـدرت

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.



شکل۳: شبکه آبراهه‌های دامنه شرقی الوند(به‌جز دامنه شمالی)

در ارتفاعات (۲۵۰۰–۳۵۵۶) نقاط آبراهه‌ها و دره‌ها با زوایای کوچک و بزرگ تا حدودی به‌صورت قائم به هم متصل می‌باشد زهکشی در این محدوده تابع میزان سختی و مقاومت سازند است و به‌صورت موازی رتبه‌های ۱ و۲ شبکه زهکشی را شکل داده‌اند و با تغییر نوع لیتولوژی و حساسیت پذیری سنگ‌ها هوازدگی فیزیکی با ایجاد درزو شکاف در سنگ زمینه گسترش بستر آبراهه‌ها را فراهم می‌آورد.در جدول شماره۵ ویژگی‌های متفاوت مورفومتری زیر حوضه‌ها بازگوکننده تأثیر لیتولوژی بر این ویژگی‌ها و زهکشی منطقه است.

جدول۵: ویژگی‌های مورفومتری شبکه زهکشی توده الوند

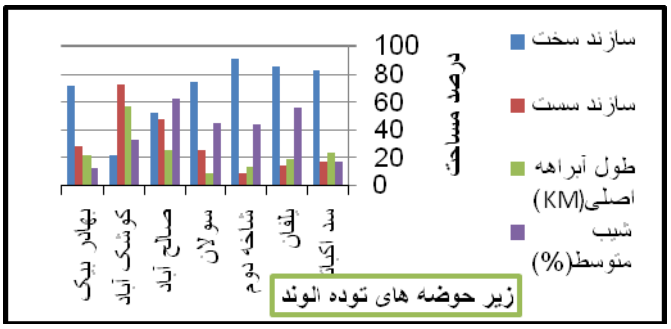
زیر حوضه / مورفومتری حوضه	بهادربیک	صالح آباد	سولان	یلفان	سد اکباتان	شاخه ۲ سد	کوشک‌آباد
حجم رواناب(mm3/year)	۲۳/۹۴	۲۴/۷۳	۱۱/۷۰	۴۴/۶۳	–	۶/۸۷	۹۶/۸۳
طول کانال اصلی(Km)	۲۱/۸۵	۲۶/۰۶	۸/۸۰	۱۹/۵۶	۲۴/۱۶	۱۳/۶۵	۵۶/۹۸
رسوب(t/year)	۱۱۲۷۰	۱۷۶۹۲	۱۵۵۳	۵۷۰۱	–	۶۶۲	۲۶۷۰۱
دبی(m2/s)	۱/۱۹	۱/۵۴	۰/۴۳	۱/۳۰	۲/۸۳	۰/۳۴	۲/۸۹
بارندگی	۳۱۴/۱۲	۳۴۵/۹۹	۴۶۱/۶۲	۳۲۶/۸۳	۳۱۹/۰۶	۳۲۴/۷۶	۲۱۲/۸۳
شیب آبراهه(٪)	۳/۷۱	۳/۵۲	۱۱/۷۸	۵/۲۵	۴/۶۳	۹/۱۱	۱/۷۸
تراکم آبراهه (Km/km2)	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۲
رتبه ۱	۶۷	۶۹	۳۵	۸۷	۶۷	۶۳	۵۰
رتبه ۲	۲۰	۲۱	۱۰	۲۸	۱۷	۱۸	۲۵
شیب متوسط حوضه آبریز ٪	۱۳/۵	۲۱/۷	۳۳/۶	۲۴/۷	۲۴	۲۷/۵	۱۱/۵
مساحت زیر حوضه(Km)	۱۹۷.۲	۱۷۳/۴	۳۹/۹	۱۶۵/۰	۲۳۰/۵۸	۴۶/۶	۲۴۱۶/۴

ویژگی‌های مورفومتری آبراهه‌های حوضه به عوامل مختلفی ازجمله لیتولوژی، وسعت و شکل حوضه، تیپ 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 ازنظر تحول در مرحله جوانی و آبراهه جاری در آن در مراحل کاوش قرار داشته و آبراهه‌ها از قدرت فرسایش زیادی برخوردار بوده و از ناپایدارترین دره‌ها با بستری تنگ و باریک هستند بستر رودها سنگی و رسوبات آن از نوع قلوه‌سنگی می‌باشد و در ارتفاعات بالا لیتولوژی آذرین با شیب زیاد، دبی و قدرت زیاد آب و یخ به همراه فرایند هوازدگی 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. هوازدگی فیزیکی و شیمیایی فعال بوده و در بسترسازی آبراهه‌ها با توجه به نوع لیتولوژی فعال هستند. آبراهه‌ها در مرحله بلوغ و حفر قرارگرفته‌اند 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 بهادربیک 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 و۵ نوع لیتولوژی به همراه شرایط توپوگرافی و اقلیمی محل به‌طور مؤثری در میزان تراکم زهکشی ارتفاعات بالای منطقه موردمطالعه نقش داشته است.



شکل٤: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

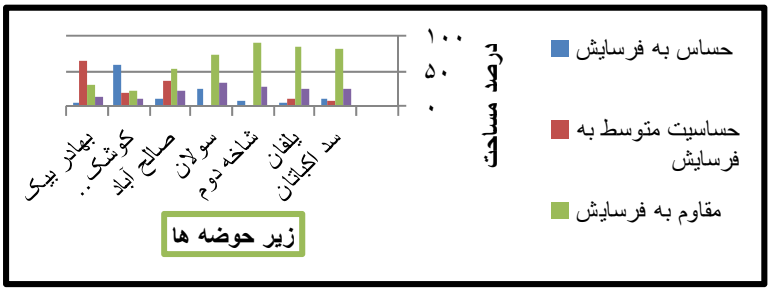
شیب‌های زیاد با لیتولوژی مقاوم رابطه مستقیم و لیتولوژی سست منطقه رابطه معکوس دارد. همین عامل سبب گردیده سرعت آب درشیب‌های کند کمتر از شیب‌های تند بوده و فرصت نفوذپذیری و فرسایش بیشتر و برونداد رسوب و شکل زایی با تغییر نوع لیتولوژی شدت یابد، که در این حالت تغییر مسیر آبراهه‌ها مشاهده می‌گردد و به این 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 شماره۱) 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 ٦: ویژگی شیب و سازندهای زیر حوضه‌های منطقه موردمطالعه

طبقه شیب٪ / زیر حوضه	مساحت(km2)	۵۰<	۳۰-۵۰	۱۰-۳۰	سازند سخت٪	سازند سست٪	امتیاز
بهادربیک	۱۹۷/۲	۶۲/۲۴	–	۳۳/۶۷	۷۱/۴۴	۲۸/۵۶	۳
کوشک‌آباد	۲۴۱۶/۴	۶۲/۹۸	۱/۵۳	۲۳/۲۴	۲۲/۲۷	۷۲/۷۸	۵
صالح آباد	۱۷۳/۴	۲۸/۸۴		۳۹/۵۷	۵۲/۰۶	۴۷/۹۴	۳
سولان	۳۹/۹	۰	۲/۰۲	۲۱/۱۳	۷۴/۰۲	۲۵/۹۸	۱
شاخه دوم	۴۶/۶	۰	۳/۳۷	۳۳/۲۵	۹۱/۱۹	۸/۸۱	۱
یلفان	۱۶۵/۰	۰	۰	۵۳/۸۳	۸۴/۸۸	۱۵/۱۲	۲
سد اکباتان	۲۳۰/۵۸	۲/۰۸	۰/۶۴	۵۲/۷۲	۸۲/۲۵	۱۷	۲

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



شکل ٥: ارتباط بین سازندهای سست و مقاوم با درجه شیب منطقه

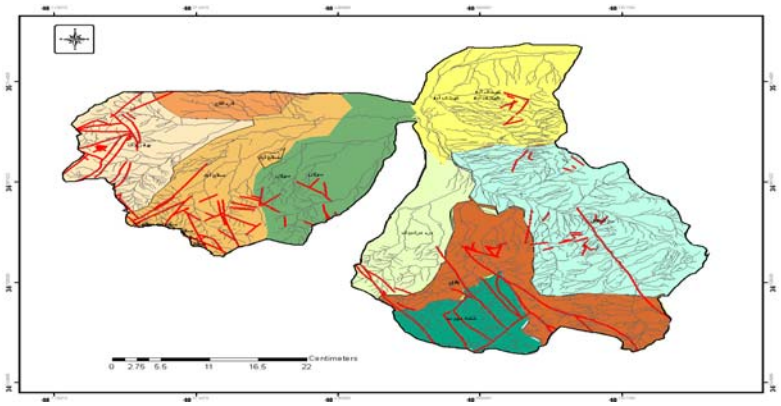
ایجاد تراس درشیب‌های کم برای فرسایش خطی به‌ویژه فرسایش خندقی مستعد هستند. بنابراین شیب و جهات ساختمانی در تشکیل آبراهه‌ها دخالت دارد آبراهه‌ها در لیتولوژی مقاوم آذرین الوند فاقد جهات اصلی هستند و ارتباطی با یکدیگر ندارند(شکل سمت چپ: شماره۶). مسیر آبراهه‌ها معمولاً نامنظم بوده و آبراهه‌های فرعی می‌توانند تحت هر زاویه‌ای به جریان اصلی وارد شوند.

شکل٦: بخشی از رودخانه ورکانه(تصویرسمت راست: آذر ۱۳۹۳) و ارتفاعات تاریک دره در شمال شرقی همدان(خرداد۱۳۹٤)

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

تأثیر تکتونیک بر الگوی زهکشی منطقه

تکتونیک(چین‌خوردگی، 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 مرادبیک، سولان، علی‌آباد دمق، یلفان، ارزانفود، منگاوی، نینجه، انجلاس، ورکانه(شکل۷) و بخشی از رودهای یلفان و سولان در امتداد این گسل‌ها جریان دارند و منطبق با گسل می‌باشند.



شکل۷: 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 شماره۷ بیانگر برخی از ویژگی‌های آبراهه‌های جریان یافته در حوضه می‌باشد.

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

ردیف	زیر حوضه	میانگین دبی سالیانه(m3/s)		مساحت(کیلومترمربع)	ضریب گراویلیوس	ارتفاع متوسط زیر حوضه(متر)	شیب متوسط حوضه٪	تراکم آبراهه	ضریب رواناب٪	طول کانال اصلی(کیلومتر)	بارندگی(میلی‌متر)	سازند سخت(کیلومترمربع)	میانگین رسوب سالیانه(t/h)	
		فروردین	اردیبهشت										فروردیت	اردیبهشت
۱	یلفان	۴/۰۹۹	۵/۵۰۳	۱۶۲/۷۳	۱/۲۲	۲۵۲۱/۰	۲۴/۷	۰/۴۰	٪۶۶/۳	۱۹/۵۶	۳۲۶/۸۳	۸۴/۸۸	۸۰/۶۰۱	۱۵۸/۵۵
۲	بهادربیک	۲/۸۸۶	۱/۸۱۸	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	۲/۷۶	۲/۶۶	۱۷۶/۸۲	۱/۴۲	۲۲۰۹/۶	۲۱/۷	۰/۴۳	٪۴۲/۲۶	۲۶/۰۶	۳۴۵/۹۹	۵۲/۰۶	۱۰۳/۲۲	۶۰۶/۲۱
۴	سولان	۰/۸۵۶	۱/۳۸۱	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 به‌دست‌آمده در(جدول شماره۷) 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 بهادربیک 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 ذکرشده پرداخته شد اما در حوضه موردمطالعه ما جواب قابل قبولی نداد به‌طوری‌که 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 درصورتی‌که عوامل متعدد دیگری در فرسایش دخالت دارند و در این فرمول دخالت داده نشده‌اند.

جدول ۸: مقادیر رسوب محاسباتی در حوضه‌های موردمطالعه به روش فورنیه

ردیف	زیر حوضه	ارتفاع متوسط حوضه(m)	شیب متوسط حوضه(٪)	بارندگی سالانه mm	میانگین دبی سالانه m3s	مساحت(km2)	میزان رسوب سالانه(t/km2)
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	بهادربیک	۲۱۰۶/۲	۱۳/۰	۳۱۴/۱۲	۰.۷۰۹	۱۹۷/۲	۲/۲۸

در مناطق کوهستانی سولان که از سنگ‌های آذرین مقاوم تشکیل‌شده باوجود ارتفاع و نزولات جوی، میزان تولید رسوب نسبت به سایر حوضه‌ها اغراق‌آمیز است و با واقعیت مطابقت ندارد.

نتیجه‌گیری

لیتولوژی یکی از عوامل بسیار مهم و مؤثر در شکل‌دهی اشکال کاوشی و تراکمی شبکه آب‌های منطقه می‌باشد. شکل و الگو بستر آبراهه‌ها، رتبه‌بندی رودها، نوع و وسعت رسوب تولیدشده، 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

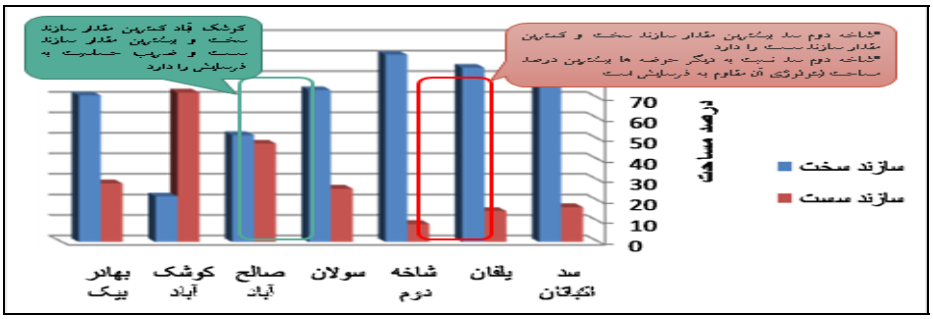
است مانع ورود توده‌های باران‌زایی در این قسمت شده و دامنه شرقی توده الوند کمتر از عبور توده‌هوا بهره‌مند بوده و فرایندهای رودخانه‌ای اندکی متفاوت‌تر از دامنه غربی می‌باشد و با متراکم شدن شبکه آبراهه‌ها واریزه‌های بادبزنی که یکی از اشکال مورفولیتولوژی منطقه می‌باشد به شکل سنگ‌ریزه در دامنه‌های شرقی با 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(دندریتی) شبکه زهکش 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 شماره۹، منطقه موردمطالعه 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 وکم اثرترین و مؤثرترین عوامل تأثیرگذار بر فرم و فرایند رودخانه‌های حوضه امتیازدهی شده‌اند.

جدول ۹: مشخصات متغیرها و امتیازات آن‌ها

ردیف	متغیر / گروه‌های امتیازی		زیر حوضه	مؤثرترین گروه امتیازی	مساحت(٪)	زیر حوضه	کم اثرترین گروه امتیازی	مساحت(٪)
۱	لیتولوژی	نوع لیتولوژی	شاخه ۲ سد	۱	۹۱/۱۹	صالح آباد	۵	۵۲/۰۶
		سازند سست٪	کوشک‌آباد	۱	۷۲/۷۸	شاخه ۲ سد	۵	۸/۸۱
		درصد حساسیت لیتولوژی به فرسایش: حساس به فرسایش	کوشک‌آباد	۱	۵۸/۷۴	بهادربیک	۵	۸/۵۱
		حساسیت متوسط به فرسایش	بهادربیک	۱	۶۵/۷۸	سد اکباتان	۴	۱۸/۵۴
		مقاوم به فرسایش	شاخه ۲ سد	۱	۳۹/۷۴	کوشک‌آباد	۵	۲۲/۲۷
		تیپ اراضی: کوهستان	شاخه ۲ سد	۱	۱۰۰	بهادربیک	۵	۳۱/۰۷
		تپه	بهادربیک	۱	۴۳/۴۷	یلفان-شاخه ۲ سد-صالح آباد-کوشک‌آباد	۲	۰
		واریزه‌های بادبزنی	بهادربیک	۱	۲۵/۴۱	یلفان-شاخه ۲ سد-صالح آباد-کوشک‌آباد	۲	۰
		آبرفت‌های بادبزنی	کوشک‌آباد	۱	۱۹/۰۶	بهادربیک-سولان	۵	۰
۲	شیب	بیشتر از ۵۰٪	شاخه ۲ سد	۱	۶۳/۳۸	بهادربیک	۵	۴/۰۹
		۵۰-۳۰	شاخه ۲ سد	۱	۳/۳۷	یلفان-صالح آباد-بهادربیک	۴	۰
		۳۰-۱۰	یلفان	۱	۵۳/۸۳	سولان	۴	۲۱/۱۳
		کمتر از ۵۰	کوشک‌آباد	۱	۶۲/۹۸	سولان-شاخه ۲ سد-یلفان	۳	۰
۳	شبکه آبراهه	طول کانال اصلی(Km)	کوشک‌آباد	۱	۵۶/۹۸	سولان	۵	۸/۸۰
		شیب آبراهه(٪)	سولان	۱	۱۱/۸	کوشک‌آباد	۵	۱/۷۸
		تراکم آبراهه(Km/km2))	صالح آباد	۱	۰/۴۳	سولان	۵	۰/۲۷
		نسبت انشعاب	یلفان	۱	۶۷	شاخه ۲ سد	۵	۲۷
		دبی متوسط سالیانه(m2/s)	سد اکباتان	۱	۲/۸۳	شاخه ۲ سد	۵	۰/۳۴
		رسوب(t/year)	کوشک‌آباد	۱	۲۶۷۰۱	شاخه ۲ سد	۵	۶۶۲

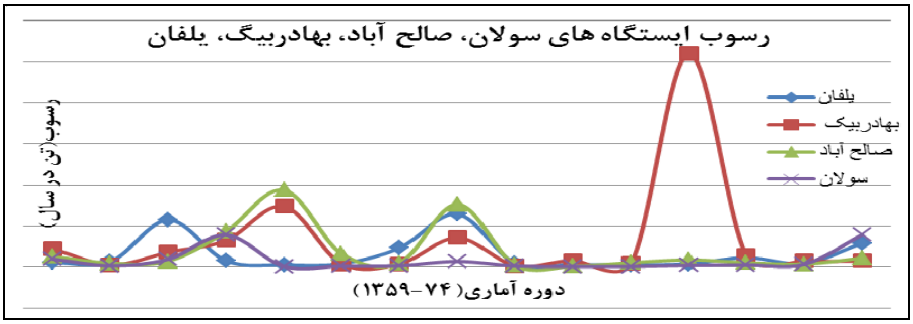
لیتولوژی گرانیتی با سختی بالا و با امتیاز یک مهم‌ترین عامل شکل‌گیری لندفرم های کوهستانی مرتفع الوند و بستر آبراهه‌های عمیق و پراکنده و درجه تراکم پایین شناخته‌شده‌اند. با توجه به (جدول شماره ۹ و شکل شماره ۸) در بین زیر

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 (۰/۳۱کیلومتر) و بیشترین (۰/۴۳ کیلومتر) درجه تراکم آبراهه‌ها را در منطقه به خود اختصاص داده‌اند.



شکل۸: 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. بهادربیک 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 بهادربیک تعلق دارد و کمترین و بیشترین تراکم آبراهه به تبعیت از نوع ناهمواری ایجادشده به این دو حوضه اختصاص دارد. در این رابطه واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزنی در گروه امتیازی یک با بیشترین مساحت به حوضه بهادربیک(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 بهادربیک(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 بهادربیک(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 برشدت تراکم و انحراف بستر آبراهه‌ها و سیل‌خیزی این مناطق می‌باشد. کمترین تراکم آبراهه(۰/۲۷کیلومتر) 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.



شکل۹:رسوب چهار زیر حوضه در طی ۱۵ سال آماری

در این شکل ارتباط بین فرسایش‌پذیری 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، مورفو لیتولوژی 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، مهران. 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)، ج۱، تهران:انتشارات دانشگاه تهران صص۱۲۶-۱۳۰.
- 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، شماره۶۵، صفحه ۷۲-۶۱.
- 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. شماره۱. ۱۳۹۳، صفحه ۱-۱۸.
- چورلی، ریچارد؛ جی، شوم؛ استانلی، ای و سودن، دیوید. ای .۱۹۸۵. ژئومورفولوژی،ترجمه: احمد معتمد و ابراهیم مقیمی،۱۳۸۸،تهران: انتشارات دانشگاه تهران.ص۶۰۵.
- حسین زاده، محمدمهدی؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ اروجی، 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،ص۲۸-۲۳.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۹، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ همدان.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۳، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کبودرآهنگ.
- سازمان منابع آب استان تهران، ۱۳۹۳، گزارش داده‌های هیدرومتری.
- سازمان آب منطقه‌ای استان همدان، ۱۳۹۳، گزارش داده‌های هیدرومتری
- سپاهی گرو، علی‌اصغر. ۱۳۷۹، رده‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌ها آذرین،دگرگونی و رسوبی.نشر کلمات کلیدی،ص۱۷۴
- سپاهی گرو، علی‌اصغر. ۱۳۷۸، پترولوژی مجموعه پلوتونیک الوند با نگرشی ویژه به گرانیتوئیدها، پایان‌نامه دکتری پترولوژی ، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت‌معلم.
- سلحشور،ف. ۱۳۸۵، نقش عوامل زمین‌شناسی درشدت 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.ص۸۰۸
- فیضنیا،سادات.۱۳۷۴، مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران،منابع طبیعی ایران، شماره۴۷، دانشگاه تهران.ص۷۳
- 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 streas 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&JohnM.Holbrook(2000).Active tectonics andalluvialrivers.Combridge 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 andalluvial rivers.Combridge university press.*
- *-Wilson, L., 1971. Drainage Density, Length rations, and Lithology in a Glaciated Area of Southern Connecticut: Geol. Society of America Bull. V. 82, pp. 2955-2956.*