

دکتر محمدرضا ثروتی (نویسنده اصلی)

دکتر حسن لشکری

اسدالله مومنی

هیدروژئومورفولوژی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی "لیله" جوانرود

چکیده

هیدروژئومورفولوژی^۱ یکی از شاخه‌های جغرافیای طبیعی است که به مطالعه‌ی اشکال ناهمواری‌های ناشی از عمل آب، به ویژه رودخانه‌ها، می‌پردازد. شناخت و تبیین عوامل هیدروژئومورفولوژیک و عملکرد آنها روی سطح ساختمانی اولیه در حوضه‌ی آبریز "لیله" جوانرود، همچنین تهیه‌ی نقشه‌های کاربردی در راستای شناخت و مدیریت محیط در این حوضه، اهمیت زیادی دارد. بررسی زمین‌شناسی، آب و هواشناسی، فیزیوگرافی و هیدروولوژی، خاک و پوشش گیاهی و انجام بررسی‌های میدانی در حوضه، با تبیین و تحلیل عوامل دخیل در فرایندهای شکل‌زایی، اشکال ژئومورفولوژی موجود در حوضه (با تأکید بر اشکال ناشی از آب‌های جاری) و شرایط تکوین و توسعه‌ی آنها، نقش بارز آب‌های جاری را نمایان می‌سازد. در این میان نقش انسان به عنوان عامل تشدید فرسایش و توسعه‌ی اشکال جدید، از جمله لغزش، گالی و ... دارای اهمیت است. با توجه به عملکرد شدید آب‌های جاری در ساختمان حوضه، اقلیم گذشته، نقش زیادی در تکوین و توسعه‌ی این اشکال داشته است. مسائلی مانند تخریب اراضی کشاورزی، توسعه‌ی گالی‌ها، افزایش قدرت تخریب سیلاب‌ها و تخریب باغ‌های واقع در کرانه‌ی رودخانه‌ها، نمونه‌هایی از تأثیر این اشکال در زندگی ساکنان منطقه‌ی مورد مطالعه است.

کلیدواژه‌ها: هیدروژئومورفولوژی، حوضه‌ی لیله، آبکند، زمین لغزش.

1. Hydrogeomorphology

تاریخ دریافت: ۸۶/۵/۲۴ تاریخ تصویب: ۸۷/۳/۲۷

درآمد:

منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده‌ی جغرافیایی غرب کشور، در دامنه‌ی غرب و جنوب غربی سلسله جبال زاگرس شمال غربی و در موقعیت عرض جغرافیایی $34^{\circ}40'$ تا $35^{\circ}35'$ شمالی و طول جغرافیایی $46^{\circ}36'$ تا $46^{\circ}36'$ شرقی واقع شده است. پیشینه‌ی گسترش شمالی-جنوبی حوضه، بالغ بر ۳۹ کیلومتر و در جهت شرقی-غربی نیز در حدود ۳۰ کیلومتر است. این حوضه از شرق و شمال شرقی به رشته‌ی کوهستانی شاهو، از جنوب به حوضه‌ی روانسر، از شمال غرب و غرب به کوه‌های گرمزناو، کشته کوه و بندگز محدود می‌شود (شکل شماره ۱). شیب زیاد حوضه و وجود سازندهای حساس به فرسایش (مارن و شیل) مربوط به دوران دوم و سوم زمین شناسی، ورود جریان‌های گل آلود به دره‌ها و افزایش تخریب و سیلاب در نواحی پایین دست را سبب شده است.

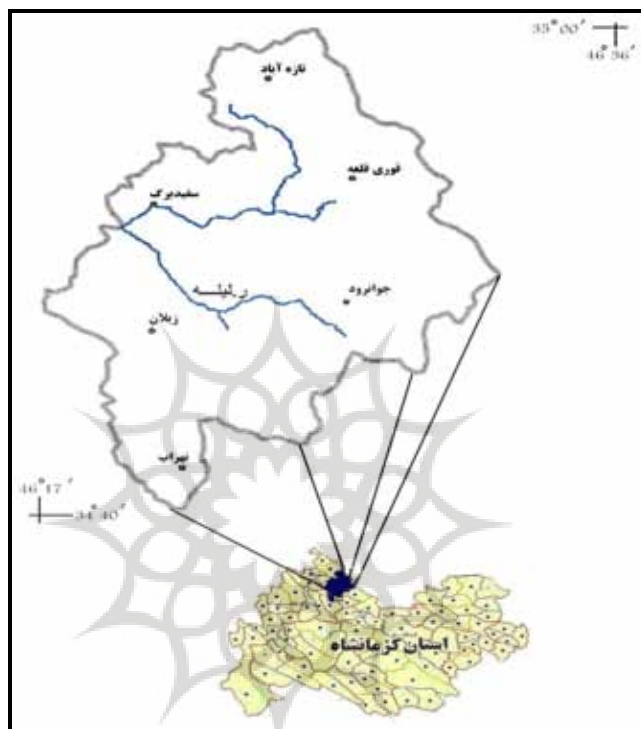
منطقه‌ی مورد مطالعه از اقلیم مدیترانه‌ای تا نیمه مرطوب برخوردار بوده و کوهستانی است. رودخانه‌ی لیل به عنوان زهکش اصلی حوضه دارای رژیم نامنظم و طغیان‌های فصلی است. مسأله‌ی حرکات دامنه‌ای و به طور مشخص لغزش، باعث خسارت به جاده‌ها، زمین‌های کشاورزی و بعضاً منازل ساکنان نواحی شیب دار و دامنه‌ها می‌شود.

کمبوداراضی‌ها، ساکنان را وادار ساخته که در دره‌ها و کرانه‌ی رودخانه‌ها یعنی جایی که دارای آب و خاک مناسب تر است، سکونت گزین‌اند. وفور جریان‌های سطحی و سرعت زیاد جریان‌ها، در نتیجه‌ی قدرت تخریب بالا، موجب فرسایش کرانه‌ها و تخریب مزارع و باغ‌ها شده است و هر ساله خسارات زیادی به مردم تحمیل می‌کند.

وجود گسل‌های فعال در حوضه (از جمله گسل جدید زاگرس) و این که حوضه در محدوده با خطر زلزله خیزی بالا در کشور قرار دارد عوامل بالقوه تشدید خطر رانش و لغزش زمین است. افزون بر عوامل طبیعی ذکر شده، مسأله‌ی فرسایش انسانی و بریدن سطح اتکای دامنه‌ها برای احداث جاده، ساختمان، قطع جنگل بارز بلوط و یا تخریب مراتع و به زیر کشت بردن اراضی پرشیب و... از مشکلات دیگر حوضه است.

با توجه به مسایل مطرح شده در بالا، اهمیت مطالعه و کنکاش در ویژگی‌های هیدروژئومورفولوژیک حوضه، به منظور درک صحیح اوضاع طبیعی و قوانین حاکم بر محیط، به جهت استفاده بهینه از امکانات

محیطی در راستای توسعه‌ی پایدار و برنامه ریزی درست آشکار می شود. لذا با توصیف و تحلیل فرم‌ها و فرایندهای منطقه، تلاش شده گامی در جهت شناخت درست و اصولی منطقه‌ی مورد مطالعه برداشته شود.



شکل ۱: موقعیت و محدوده‌ی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی ليله

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰؛ زمین‌شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، محدوده‌ی منطقه مشخص شده و نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی حوضه در محیط نرم افزار GIS تهیه و ترسیم گردید. سپس با انجام چندین نوبت کارهای میدانی در فصول مختلف سال، عوارض و اشکال موجود در نقشه‌ها و تصاویر با شرایط محیط مطابقت داده شد و با مطالعه‌ی منابع کتابخانه‌ای موجود، و

از آمارهای اقلیمی منطقه و تحلیل‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه، برای تفسیر و تبیین هیدروژئومورفولوژی منطقه استفاده شده است.

زمین شناسی

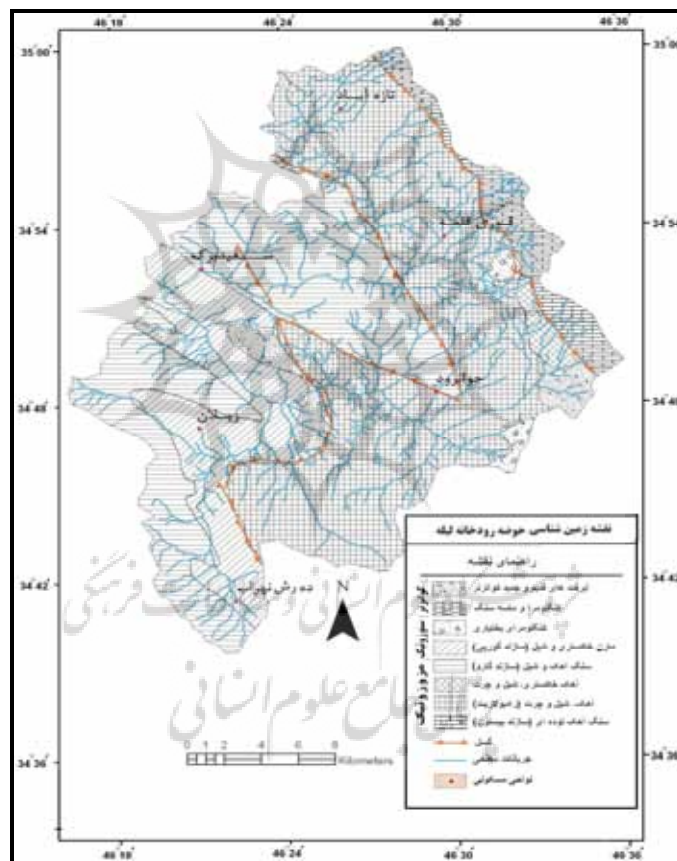
منطقه‌ی مورد مطالعه در منتهی‌الیه شمال غرب واحد زمین شناسی زاگرس و در دوزون زاگرس مرتفع و زاگرس چین خورده، واقع شده است. سنگ آهک مربوط به دوره کرتاسه، بیشترین سطح حوضه را شامل می‌شود. مارن و شیل (مربوط به دوران دوم و سوم) در قسمت‌های مرکزی و غرب حوضه، از جمله سازندهای دارای حساسیت زیاد به فرسایش هستند. سنگ آهک توده‌ای بیستون مربوط به دوره کرتاسه، قدیمی‌ترین و آبرفت‌های کواترنر که در امتداد رودخانه‌ها و قسمت‌هایی از جنوب شرق حوضه دیده می‌شوند، جدیدترین سازندهای حوضه محسوب می‌شوند. منطقه از لحاظ تکتونیکی فوئال و دارای گسل‌های متعددی است. گسل اصلی حوضه، گسل جدید زاگرس یا رورانگی است که در شرق و شمال شرق حوضه واقع شده است و مرز سازندهای آهک بیستون و رادیولاریت (در قسمت میانی و شرق حوضه) را با سایر سازندها مشخص و محدود می‌کند. غیر از این گسل اصلی، چند گسل فرعی هم در امتداد غربی رورانگی گسترش دارند. گسل‌های حوضه به تبعیت از روند عمومی زاگرس امتداد شمال غرب - جنوب شرق دارند (شکل ۲).

آب و هوا

این حوضه با توجه به شرایط جغرافیایی در مسیر بادهای غربی و سیستم‌های جوی مدیترانه‌ای واقع شده و در فصل سرد بارش‌های زیادی دریافت می‌کند، اما در فصل گرم تحت نفوذ فشار جنب حاره قرار داشته و خشک است (علیجانی، ۱۳۷۹). میانگین بارش سالانه‌ی ایستگاه جوانرود در جنوب شرق حوضه ۶۱۸ میلی‌متر بوده است (دوره آماری ۸۳-۱۳۶۷) که کمترین بارش سالانه در حوضه در سال ۱۳۶۸ به میزان ۳۶۰ میلی‌متر و بیشترین مقدار بارش سالانه نیز در سال ۱۳۷۲ به میزان ۹۴۵ میلی‌متر بوده که نوسان بالایی را نشان می‌دهد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۵).

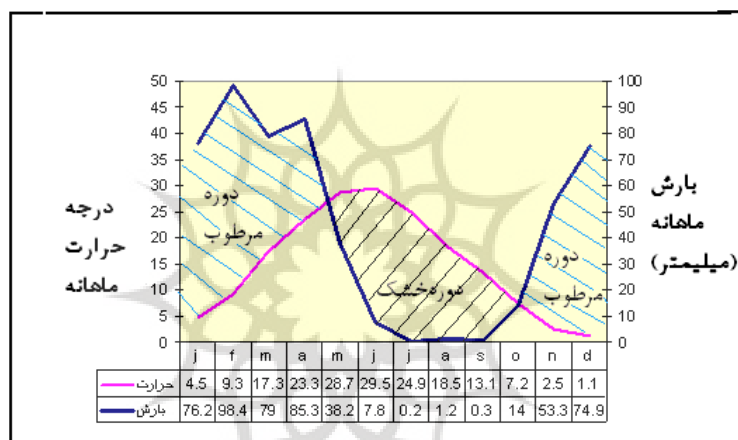
در مورد نوع بارش، با توجه به آمار سالنامه‌ی ایستگاه سینوپتیک روانسر (در ۲۰ کیلومتری جنوب شرق حوضه) میانگین تعداد روزهای همراه با بارش ۷۹ روز است که تعداد ۲۱/۶ روز از سال با بارش برف یا تگرگ همراه بوده است. بارش برف، در تکوین و توسعه اشکال کارستی و ذخیره‌ی آب مورد نیاز برای فصل خشک و

تگرگ در فرسایش خاک و خسارات مالی بر کشاورزی حوضه اهمیت زیادی دارند. بیشترین مقدار بارش سالانه در فصل زمستان اتفاق می افتد (حدود نیمی از بارش سالانه) و فصل پاییز در مرتبه‌ی دوم قرار دارد. بیشینه‌ی بارش روزانه، یکی از پارامترهایی است که در وقوع سیل نقش اصلی را دارد. بر اساس آمار شانزده ساله بارش روزانه‌ی ایستگاه جوانرود، بیشترین بارش روزانه در این دوره آماری (۸۲-۱۳۶۶) به مقدار ۶۴/۲ میلی‌متر و در سال ۱۳۸۱ رخ داده است و با دوره‌ی بازگشت شانزده ساله است، در حالی که کمترین بارش بیشینه به میزان ۲۷ میلی‌متر و در سال ۱۳۸۲ بوده است. بارش شدید روزانه، نقش زیادی در بروز سیل و تخریب خاک دارد.



شکل ۲: نقشه زمین شناسی حوضه ليله

میانگین دمای سالانه‌ی حوضه، ۱۵ درجه‌ی سلسیوس و میانگین سالانه رطوبت نسبی ۴۵ درصد بوده است. سمت باد غالب اول شمال غربی با درصد وقوع ۱۱ درصد کل بادهای و باد نایب غالب، باد غربی با فراوانی وقوع ۶ درصد می باشد درصد فراوانی باد آرام ط این م نکت بالغ بر ۵۵ درصد است و سرعت متوسط باد نیز ۶/۲ متر بر ثانیه محاسبه شده است. اقلیم منطقه در طبقه بندی دومارتن در گروه اقلیمی مدیترانه ای در سیستم طبقه بندی کوپن، دارای اقلیم مرطوب است و با مراجعه به کلیموگراف آمبرژه در طبقه‌ی نیمه مرطوب سرد قرار گرفت. موارد بالا نمایانگر زمینه‌ساز اقلیمی حوضه برای فعال بودن هیدروژئومرفولوژی در حوضه است.



شکل ۳: منحنی آمبروترمیک ایستگاه روانسر (دوره آماری ۱۳۸۲-۱۳۶۶)

خاک و پوشش گیاهی

خاک نفوذپذیر و پوشش گیاهی متراکم، از موانع بزرگ در برابر فرسایش اند که در اغلب قسمت‌های حوضه موجودند. اما در مناطقی که این دو عامل تضعیف و تخریب شده اند (به ویژه در غرب و شمال غرب حوضه) اشکال فرسایش متعدد ظاهر و توسعه یافته‌اند. با توسعه‌ی اشکال فرسایشی صدمات و خسارات زیادی به محیط و انسان وارد می‌شود.

خاک در کوههای بلند کم عمق و بافت آن سبک تا متوسط^۱ خاک نواحی تپه‌ای کم عمق و در نواحی پر شیب بدون خاک، بافت خاک متوسط است. فلات‌ها دارای خاک عمیق تا بسیار عمیق و نیز با بافت بسیار سنگین^۲ است. خاک دشت‌های دامنه‌ای عمیق تا بسیار عمیق و بافت آن سنگین تا بسیار سنگین است. به طور کلی رژیم حرارتی خاک^۳ و رژیم رطوبتی^۴ در زیر گروه انسیپی سول^۵ قرار می‌گیرد (مشاورین سنجش از دور، ۱۳۷۹).

پوشش گیاهی نقش و اهمیت زیادی در تشکیل خاک و جلوگیری از فرسایش، تنظیم رودخانه‌ها و جریان‌ات و همچنین تکوین اشکال کارستی و ... دارند. تپه‌های گیاهی اغلب شامل تپه گون، علف پشمکی^۶ تپه گون، فیستوکا^۷ تپه گون، جو دائمی^۸ و دارای پوشش تاج ۴۷ تا ۵۴ درصد و گرایش متوسط تا منفی است. جنگل‌ها (عمدتا بلوط) در ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۲۲۰۰ متر گسترش دارند و در ارتفاع بالای ۲۲۰۰ متر عموماً مرتعی است. در حدود ۶۰ درصد از کل مساحت حوضه را (در این محدوده ارتفاعی) شامل می‌شود. در واقع چشم انداز جنگلی حوضه مورد مطالعه را درخت بلوط تشکیل داده است.

هیدرولوژی

مساحت، شکل، شیب، جهت شیب، ارتفاع، پوشش زمین، و... همگی در رفتار هیدرولوژیکی حوضه‌ها نقش اساسی دارند. نقش ترکیبی فیزیوگرافی و هیدرولوژی در تشکیل اشکال فرسایشی آبی در نواحی مختلف مشاهده می‌شود.

مساحت حوضه‌ی مورد مطالعه، با استفاده از پلاتیتر دیجیتالی روی نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ اندازه‌گیری شده و به میزان ۵۷۶ کیلومتر مربع و نیز با استفاده از نرم افزار Arc Gis مساحت آن ۵۷۴ کیلومتر مربع محاسبه شده است که با توجه به دسته‌بندی حوضه‌ها از نظر مساحت در گروه متوسط قرار می‌گیرد (یعنی

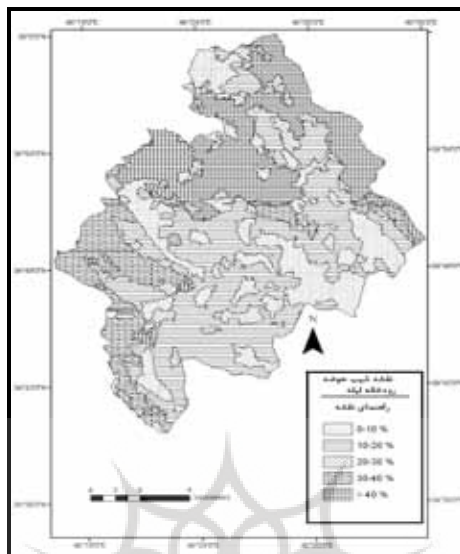
1. Sandy Loam
2. Salty clay
3. Mesic
4. Xeric
5. Inceptisols
6. Astragalus-Bromus
7. Astragalus-Festuca
8. Astragalus-psatytros

حوضه‌های بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت). محیط حوضه با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی اسکن و دیجیتالی شده حوضه در محیط نرم افزار Arc Gis محاسبه شده و برابر با ۱۳۷ کیلومتر به دست آمده است. بیشینه‌ی ارتفاع حوضه ۳۳۹۰ متر و در شمال شرق حوضه و کمینه‌ی ارتفاع نیز ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و در محل خروجی حوضه می‌باشد و ارتفاع متوسط حوضه ۱۸۵۰ متر محاسبه شده است. زهکش اصلی حوضه‌ی "رودخانه‌ی ليله" می‌باشد و طول آبراهه‌ی اصلی تا خروجی حوضه، ۳۴ کیلومتر است (شکل شماره ۵). در نواحی کوهستانی (مانند حوضه ليله) شیب زیاد باعث تمرکز سریع آب ناشی از رگبارها و در نتیجه سیلاب‌های مهلک و خسارت بار می‌شود. تشکیل خاک، پوشش گیاهی، نفوذ پذیری، حرکات دامنه‌ای و... تحت تأثیر شیب قرار دارند. شیب حوضه به روش هورتن به میزان ۱۴/۸ درصد و شیب توازنی حوضه به روش Gis، ۱۶/۳ درصد محاسبه شده است که این خود نشان دهنده‌ی تمرکز سریع رواناب و سرعت زیاد جریانات سطحی در این حوضه است.

جهت شیب یکی دیگر از متغیرهای مهم و تأثیرگذار در مباحث مربوط به رژیم جریانات و نیز تکوین اشکال ژئومورفولوژی گوناگون در دامنه‌های با جهت‌های متفاوت است. به عنوان نمونه در حوضه‌ی مورد مطالعه دامنه‌های رو به شمال مرطوبتر و دارای پوشش گیاهی متراکم تر و در نتیجه در برابر فرسایش مقاومتر است، در حالی که دامنه‌های رو به جنوب، به نسبت لخت و در آنها فرسایش شدیدتر است.

جدول ۱: توزیع سطوح شیب حوضه ليله

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	کلاس شیب
۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۷۰<	طبقه شیب (درصد)
۱۹۲	۲۰۰	۱۲۱	۴۳	۹	۱	۱	۷	مساحت (km ²)



شکل ۴: نقشه‌ی شیب حوضه رودخانه ليله ترسیم شده در محیط نرم افزار Arc Gis

جدول ۲: توزیع سطوح جهت شیب حوضه

NW	W	SW	S	SE	E	NE	N	F	جهت شیب
۴۲	۴۶	۶۲	۸۲	۶۷	۳۹	۴۱	۵۹	۱۳۱	مساحت (Km ²)
۷/۴	۸/۰	۱۱/۲	۱۴/۳	۱۱/۷	۶/۸	۷/۱	۱۰/۳	۲۲/۹	مساحت نسبی (%)

رتبه‌بندی آبراهه‌های حوضه‌ی مورد مطالعه به روش استرالز (۱۹۶۴) انجام شده است. با توجه به محاسبات انجام شده و نقشه‌های رقمی که بر اساس نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه در محیط نرم افزار Arc Gis از شبکه‌ی آب‌های سطحی حوضه ساخته شده (نقشه شماره ۵) تعداد کل آبراهه‌ها در حدود ۴۸۳ شاخه و مجموع طول آنها نیز در حدود ۷۲۱ کیلومتر محاسبه شده است. روشن است که تراکم شبکه‌های جریان‌ات سطحی

زیاد است و این مقدار از تقسیم طول آبراهه‌ها بر مساحت حوضه به دست آمده که عدد ۱/۲۶ حاصل شده است، یعنی به ازای هر کیلومتر مربع مساحت حوضه، ۱/۲۶ کیلومتر جریان سطحی وجود دارد. شبکه‌ی جریان‌های سطحی از به هم پیوستن نخ آبها، آبراهه‌ها و رودخانه‌های داخل یک حوضه‌ی آبریز تشکیل می‌شود. تراکم شبکه‌ی آرایش آبراهه‌ها و الگوهای کلی آن چنانچه ناشی از فاکتورهای تکنیکی نباشد، از نظر ژئومورفولوژی به ویژه در تعیین فرایندهای فرسایشی‌ارای اهمیت زیادی است. مطالعه‌ی این الگوها، اطلاعات با ارزشی در مورد میزان نفوذپذیری، جنس سنگ یا مقاومت آنها و ساختمان زمین شناسی در اختیار ما قرار می‌دهد (رامشت، ۱۳۸۴).

وضعیت انشعاب‌های آبراهه‌های یک آبخیز و یا مقایسه‌ی دو آبخیز از نظر چگونگی شبکه‌ی آبراهه‌ها از ضریب شاخه شدن^۱ استفاده می‌شود. برای حوضه‌ی ليله از رابطه‌ی زیر، که توسط هورتون (۱۹۴۵) ارائه شده، محاسبه شده است:

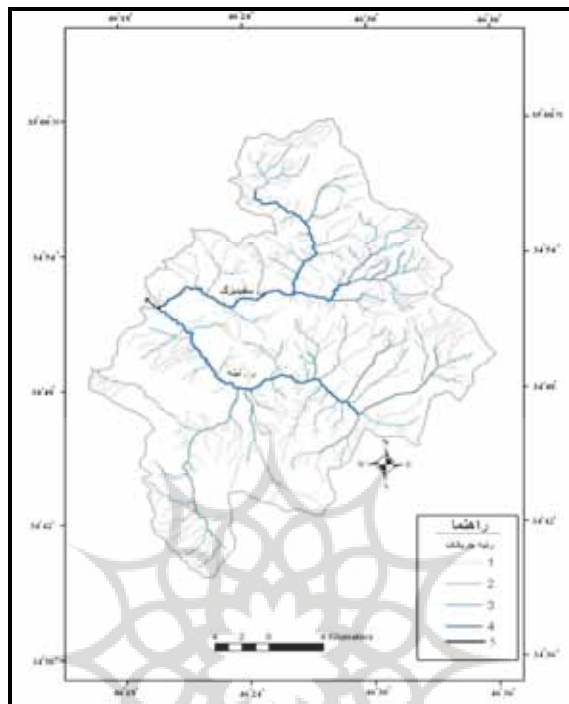
$$\frac{370}{88} + \frac{88}{16} + \frac{16}{2} + \frac{2}{1} \left(\frac{1}{5-1} \right) = 4.9 \quad R_b = R_u = \frac{N_u}{N_{u+1}} \left(\frac{1}{u-1} \right)$$

از عدد ۴/۹، متوجه می‌شویم که حوضه دارای شاخه‌های زیادی است و هیدروگراف باید شکل خوابیده داشته باشد و زمان تمرکز زیاد باشد (به دلیل افزایش ذخیره موقت آب در شبکه آبراهه‌ها).

جدول ۳. ویژگی‌های شبکه‌ی جریانات سطحی حوضه‌ی ليله

رتبه	تعداد آبراهه‌های هر رتبه	طول آبراهه (متر)
۱	۳۷۰	۴۰۵۷۲۱
۲	۸۸	۱۹۹۵۶۰
۳	۱۶	۶۱۱۸۲
۴	۲	۵۲۸۱۲
۵	۱	۴۷

1. Bifurcation Ratio

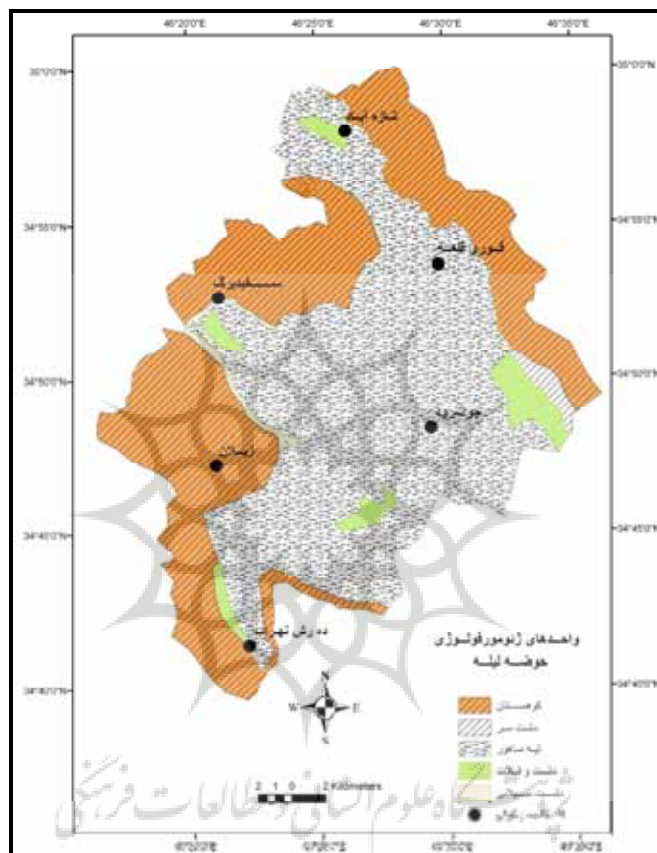


شکل ۵: نقشه‌ی شبکه‌ی آب‌های سطحی حوضه‌ی ليله

ژئومورفولوژی حوضه

در یک نگاه کلی می‌توان حوضه‌ی ليله را به ۳ واحد همگن از لحاظ مورفولوژی یعنی کوهستان، تپه ماهور و دشت تقسیم کرد که در این میان، واحدهای کوهستان و تپه ماهور گستره وسیعتری را در برداشته و واحد دشت وسعت کمتری دارد. با نگاه دقیقتر می‌توان واحدهای دیگری از جمله دشت سر، دشت سیلابی را نیز افزود. بنابراین، در این حوضه تعداد پنج واحد مورد بررسی خواهد بود. واحد کوهستان بیشتر پیرامون حوضه را در بر گرفته، دواقع حوضه را باید با این واحد معرفی کرد. مرتفع‌ترین کوههای استان کرمانشاه، یعنی کوهستان شاهو، در شرق و شمال شرقی حوضه قرار دارد و خط تقسیم آب این حوضه با حوضه‌های شرقی از این کوهستان می‌گذرد (شکل ۶) این کوهستان آهکی با دریافت نزولات جوی و عبور آن از طریق درز و شکاف‌های زیاد خود، منشأ و منبع اصلی آب‌های سطحی و زیرسطحی حوضه می‌باشد. چنانچه سراب‌ها و

چشمه‌های پای این کوه (از جمله چشمه غارهای کاوات و قوری قلعه) تغذیه کننده اصلی رودخانه‌های ليله و سفیدبرگ است.



شکل ۶: نقشه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی حوضه‌ی رودخانه ليله

از جمله اشکال ژئومورفولوژی که در واحد کوهستان مشاهده می شوند، اشکال کارستی در سازندهای آهکی منطقه کوهستانی شرق حوضه یعنی کوه شاهو است. در این کوه به غیر از پولیه سایر مراحل کارستی از تشکیل حفره‌های کوچک سطحی تا ایجاد چاهها، حفره هلاهی کور، دره‌های مع لقی، غار و رودخانه‌ی زیرزمینی قابل مشاهده است.

سنگ‌های حوضه‌ی مورد مطالعه رسوبی و اغلب آهکی است. در سنگ‌های کربناته مثل آهک و دولومیت در شرایط متفاوت اقلیمی اشکال متفاوتی به وجود می‌آید. در نواحی مرطوب مانند حوضه‌ی مورد مطالعه اشکال کارستی مانند لایپه و دولین و غارهای آهکی (قوری قلعه و کاوات) به فراوانی به چشم می‌خورد در حالی که در نواحی خشک وضع یت دیگری حاکم است.

عامل اصلی در عمل کارست، انحلال آهک می‌باشد. کربنات کلسیم به صورت کلسیت یا به صورت آراگونیت در آب‌های بدون گاز کربنیک تقریباً غیر قابل حل است، ولی هرگاه در آب مقداری گاز کربنیک (CO_2) باشد، قابلیت انحلال کربنات کلسیم و کربنات منیزیم را افزایش می‌دهد (درز و شکاف‌های تکنیکی شرایط را برای ورود بیشتر آب به داخل توده‌های آهکی از قبل آماده می‌کنند).

به طور کلی اشکال کارستی زیر در حوضه دیده می‌شوند:

لایپه: مهمترین نوع این اشکال لایپه‌ی خطی است که در سازند آهکی بیستون واقع در شرق و شمال شرق حوضه به وفور مشاهده می‌شود (شکل ۷). این پدیدگی‌ها در اثر انحلال سازند آهکی توسط آب موجود در خاک، که با اسید کربنیک همراه است، به وجود می‌آیند.

چاله‌های بسته: مشخص‌ترین و گویاترین اشکال سطحی کارستی، چاله‌های کوچک یا بزرگ است. مهمترین این چاله‌ها عبارت‌اند از: دولین‌ها، پلایه‌ها و آون‌ها. این اشکال به ویژه در کوه شاهو واقع در شرق حوضه دیده می‌شوند و از قدیم دامداران کوچ نشین برای ذخیره‌ی آب و برف برای مصرف خود و احشام از آن استفاده می‌کردند.

غارها را می‌توان به عنوان یکی از آثار مراحل نهایی توسعه‌ی اشکال کارستی در نظر گرفت. در منطقه‌ی مورد مطالعه دو غار معروف به نام‌های قوری قلعه و کاوات وجود دارند که هر دو غار در شرق حوضه به فاصله‌ی تقریبی ۲۲۰۰ متر از هم قرار دارند و از نوع آبی هستند. غار قوری قلعه دارای قندیل‌های سقفی و مخروط‌های کله قندی^۱ زیبا و دیدنی است (شکل ۸). این غار ارزش توریستی زیادی دارد و همواره گردشگران داخلی و خارجی زیادی را جذب مناظر زیبای کارستی خود نموده و ارزش اقتصادی زیادی برای ساکنان منطقه‌ی مورد مطالعه دارد، ضمن این که منابع آبی آن نیز اهمیت فراوانی برای شرب، کشاورزی و سایر مصارف ساکنان حوضه دارد.



شکل ۷: اشکال سطحی انحلالی لایه بر روی سنگهای آهکی سازند بیستون در شرق حوضه



شکل ۸: نمایی از قندیل‌های رسوبی داخل غار قوری قلعه (منبع: سایت گردشگری کرمانشاه)

در واحد تپه ماهور در قسمت‌های میانی و غرب حوضه اشکال ناشی از فرایندهای دامنه‌ای از قبیل ریزش، لغزش، خزش، روانه گلی و... به چشم می‌خورند که اغلب ناشی از دخالت عوامل دینامیک بیرونی روی دامنه‌ها هستند.

لغزش مواد بر دامنه‌ها، از شایع‌ترین این اشکال است که در نواحی مرکزی و غربی حوضه گسترش بیشتری دارفرز دیگری به گسل فعال، وجود خاک ریزدانه، نزدیکی به رودخانه، بارگذاری روی دامنه‌ها و اعمال مکانیکی منجر به تخریب سطح اتکای دامنه‌ها، از مهمترین عوامل مؤثر در وقوع لغزش هستند. در حوضه‌ی لیل، پنج مورد زمین لغزش عمده مشاهده شده که چهار مورد آنها روی دامنه‌های رو به شمال و اغلب

نزدیک رودخانه ها واقع شده اند. بزرگترین زمین لغزش مشاهده شده در مسیر جاده جوانرود - تازه آباد و در نزدیکی روستای کانی گوهر، باعث تخریب جاده شده است (شکل ۹).



شکل ۹: لغزش توده سست (سارند گوری) در اثر تخریب سطح اتکای دامنه در اثر اعمال مکانیکی احداث جاده

یکی دیگر از اشکال لغزشی که در حوضه‌ی مورد مطالعه مشاهده شده است در رّه کوهستان بانی توان واقع در ۳ کیلومتری شرق شهر جوانرود است که منجر به بسته شدن رّه کوهستانی و تشکیل دریاچه‌ای فصلی به نام گوم شده است که معمولاً با آغاز سیلاب‌های بهاری پر آب شده و تا اواخر تابستان (در مواردی در تمام طول سال) آب دارد. مساحت این دریاچه در حدود ۳۰۰۰ مترمربع است (شکل ۶).

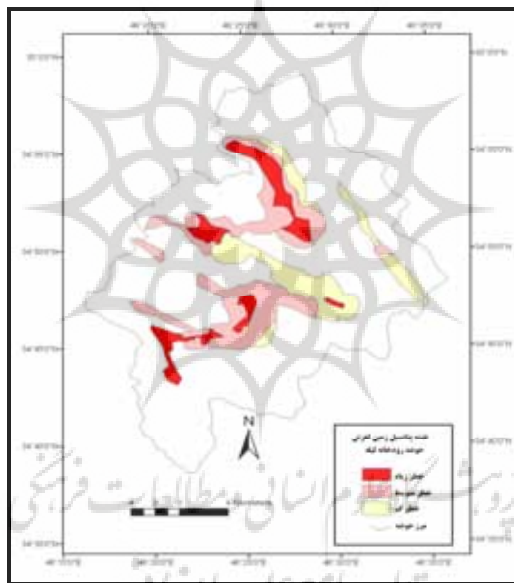
برای پی بردن به نواحی مستعد زمین لغزش در حوضه با توجه به مهمترین عوامل مؤثر در وقوع این پدیده، پهنه بندی پتانسیل زمین لغزش و تهیه نقشه در محیط GIS با استفاده از لایه های زمین شناسی، شیب، رودخانه‌های اصلی، جاده و گسل‌ها، آنالیز هم پوشانی انجام شده و نقشه‌ی نواحی حساس به زمین لغزش در سه طبقه دارای خطر زیاد، متوسط و کم تهیه شده است (شکل ۱۰).

پدیده‌ی سولی فلوکسیون^۲ یکی دیگر از اشکال ژئومورفولوژی دامنه هاست. از شرایط ضروری برای وقوع این پدیده می توان به دخالت آب و وجود رسوبات ریزدانه‌ی سست و عامل شیب، اشاره کرد. نفوذپذیری

1. Goom
2. Solifluction

ذرات را نیز باید به این مجموعه افزود. این پدیده در قسمت‌های غربی حوضه که سازندهای سست بیشتری دارد، مشاهده شده است و در نزدیکی روستای زیلان بیشتر از جاهای دیگر این اشکال مشاهده شده است. اشکال واریزه‌ای در اثر عملکرد تخریب مکانیکی روی دامنه‌های پرشیب سنگی پدید آمده است و اغلب دانه‌ها گوشه دار و بی‌نظم بوده و در ماسه سنگ‌ها بیشتر دیده شده است.

پدیده‌ی بهمن در دامنه‌های شمالی حوضه مشاهده شده است، که با توجه به ارتفاع به نسبت زیاد، ماندگاری برف، ضخامت برف، شیب مناسب و اقلیم سرد زمستانی حدود ۳۰ درصد بارش به صورت برف است و شرایط برای وقوع بهمن مساعدتر است. اشکال فرسایشی شیاری روی دامنه‌های شیب دار و دارای خاک ریزدانه در دامنه‌ها دیده شده است.



شکل ۱۰: نقشه‌ی پهنه بندی نواحی دارای پتانسیل زمین لغزش در حوضه‌ی ليله

تنگ از جمله اشکال ناشی از کاوش عمیق عمود بر محور طولی چین‌ها توسط آب است و از مصادیق عدم انطباق بین ساختمان زمین‌شناسی و شبکه‌ی آبراه‌هاست. مرزودخانه‌ی سفیدبرگ را می‌توان به عنوان یک تنگ در نظر گرفت که در جهت شرقی-غربی چین‌های واقع در سازندهای رادیولاریت، گارو و

گورپی مربوط به دوره‌ی کرتاسه و ترشیاری را بریده است و در مسیر خود پراگانه‌های د رّه ای ایجاد نموده است. (در محل روستای نوئل بیش از ۲۰۰ متره رّه این رودخانه اغلب تنگ و ۷ شکل است. تنگ چشمه گدار در غرب حوضه، یکی از این اشکال است که کوه زیلان را در جهت عمود بر محور طولی بریده است.

در واحد دشت‌های دامنه‌ای اشکال مختلفی مشاهده می‌شود که بیشتر تحت تأثیر فرایندهای رودخانه‌ای و آب‌های جاری هستند؛ اشکال فرسایش خندقی از جمله‌ی این اشکال است. در گذشته این اشکال را مرحله‌ی پیشرفته‌ی فرسایش آبراهه‌ای می‌دانستند، لیکن امروزه پیدایش آن را نتیجه‌ی فرایند بسیار پیچیده‌ای می‌دانند و عواملی مانند انحلال، وجود چاله‌کلو لیه برای نفوذ آب، توسعه و گسترش آبراهه‌ی زیرزمینی و ... را در تشکیل گالی ضروری می‌دانند. رّه‌ها عمیق و پهن تر از اشکال فرسایش شیاری هستند. عمق این اشکال از ۳۰ سانتی‌متر تا چند متر است که در این حالت سنگ مادر در کف آن ظاهر می‌شود. اشکال فرسایش خندقی در زمین‌های دارای ضخامت زیاد سازند مارن و رس، به شکل V و در زمین‌های دارای ضخامت کم سازند سست و تخریب به یک طبقه‌ی سخت می‌رسد و به شکل U بروز می‌کند (احمدی، ۱۳۷۴).

در حوضه‌ی لیلله‌ین اشکال در د رّه‌ها و دشت‌های سیلابی پیدا می‌شوند، به ویژه در جاهایی که رسوبات تجمّع یافته و جریان‌های سیلابی از کوهستان با قدرت زیاد سرازیر می‌شوند. عامل شیب زیاد حوضه و بارش زیاد و بعضاً شدید و سیلابی، باعث پدید آمدن این اشکال به میزان زیاد شده است (شکل ۱۱).



فرسایش کناری رودخانه‌ای^۱ در مسیر رودخانه‌های اصلی حوضه زیاد به چشم می‌خورد. در این نوع شکل ۱۱: اشکال فرسایش خندقی در حوضه ليله
فرسایش جریان آب، به ویژه آب‌های گل‌آلود مسلح به دانه‌های ریزک، شن و غیره، موجب سایش و شسته

شدن دو طرف بستر و حمل مواد بیشتر با خود می‌شود. با این عمل، زمین‌های دیواره بستر استحکام خود را از دست داده و به تدریج می‌ریزود با افزایش مواد خاکی در آب، وزن مخصوص آن بیشتر و قدرت و نیروی تخریب آن زیادتر می‌شود. این اشکال فرسایشی در زمین‌های با جنس خاک سست، بیشتر توسعه می‌یابند و در جاهایی که با دخالت انسان در مسیر رودخانه‌ها به اشکال مختلف، از جمله باغداری و کشاورزی در دشت‌های سیلابی و تنگ کردن مجراها برای کاربری‌های دیگر همراه باشد، ایجاد این گونه اشکال تشدید و خسارت بار خواهند شد.

دشت سیلابی عبارت از سطحی آبرفتی است که با آبراهه در ارتباط است و اغلب از آب پوشیده می‌شود. اندازه دشت سیلابی معمولاً به میزان تخلیه‌ی رود بستگی دارد (چورلی و همکاران، ۱۳۷۹). البته نقش عوامل دیگر را نیز نباید از نظر دور داشت، میزان شیب طولی آبراهه‌ی اصلی، میزان بار رسوبی سیلاب و ساختار توپوگرافی دشت رودخانه‌ای از دیگر عوامل مؤثر در گسترش و یا عدم گسترش دشت‌های سیلابی است، به این معنی که مواد نهشته شده در دشت‌های سیلابی کرانه‌های رودخانه‌ای از بالادست برداشته و با کاهش شیب و به دنبال آن کاهش قدرت رودخانه‌ها دخیل شده به جای گذاشته می‌شوند. درحالی که جریان‌های با سرعت زیاد و بدون کاهش چندان در قدرت و سرعت از حوضه خارج می‌شوند. به دلیل شیب زیاد بستر رودخانه‌ها و تنگ بودن دشت‌ها دشت سیلابی در حوضه‌ی ليله وسعت چندان ندارد.

فرسایش در اصل یک پدیده‌ی طبیعی است و در هر صورت روی می‌دهد و فرسایش طبیعی غیر قابل کنترل و کارهای مکانیکی نیز چندان مؤثر نیست. اما چیزی که امروزه مورد توجه است، فرسایش تشدید یا آنتروپیک است که در نتیجه‌ی بهره‌برداری بیش از حد در بخشی از زمین صورت می‌گیرد و این نوع فرسایش است که بشر می‌تواند با آن مقابله کند و از میزان آن بکاهد. نقش انسان در افزایش فرسایش با پیشرفت علوم و فن‌آوری بسیار بارزتر از گذشته شده است و مبارزه با این نوع فرسایش در همه‌ی جوامع مورد توجه و تأکید است.

در منطقه‌ی مورد مطالعه، با توجه به کمبود زمین و وابستگی اقتصادی مردم به منابع محیطی، منابع محدود در معرض تخریب‌اند. به عنوان نمونه، توسعه‌ی گالچها و عمیق شدن دشته‌ها و تخریب باغ‌های حاشیه‌ی رودخانه‌ها پیرای بیش از حد مراتع دامنه‌های شیب دار، تخریب جنگل‌های بلوط، همه و همه باعث افزایش بار رسوبی و گل‌آلود شدن رودخانه‌ها و افزایش قدرت سیلاب‌ها شده است. کشاورزان با توجه به کم

بازده بودن زمین‌ها به دلایلی مثل شیب زیاد زمین‌ها و مخاطرات طبیعی مثل سرمازدگی و خشکسالی مجبوراند برای تأمین معاش، سطوح بیشتری را به زیر کشت ببرند و اجازه آیش به زمین‌های زراعی ندهند، یعنی این‌که برای تصرف زمین بیشتر به شیب‌های تندتر دست اندازی کرده و با توالی کشت روی زمین‌های موجود، باعث کاهش موادی آلی و فرسایش پذیری بیشتر خاک شده‌اند.

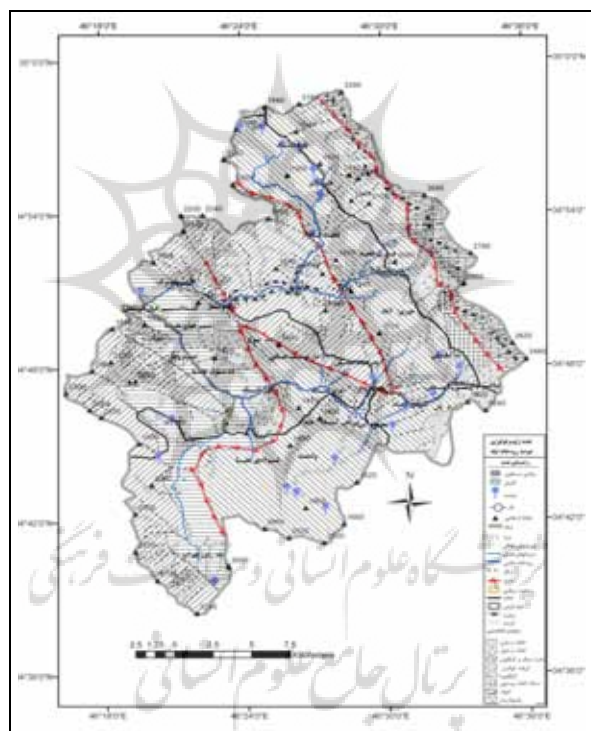
برداشت ماسه از رودخانه‌ها برای استفاده از آن در مصالح ساختمانی، در مواردی باعث ریزش دیواره‌ها به داخل مجراهای رودخانه (در قسمت‌های میانی حوضه) و نیز تغییر سمت و سوی خط پیشینه‌ی سرعت آب رودخانه‌ها و افزایش بار رسوبی آنها شده است.

کشاورزان و باغداران برای انحراف آب رودخانه‌ها به سمت مزارع و باغ‌ها اقدام به ساختن بند در مسیر رودخانه‌ها می‌کنند، که این مهم در دوره‌ی وقوع سیلاب‌های بهاری باعث ایجاد مانع در مسیر آب و انحراف سیلاب به دشت‌های سیلابی کناره رودخانه‌ها و فرسایش شدید خاک و حتی سرنگونی درختان واقع در کرانه‌های رودخانه می‌شود. رها کردن زباله‌ها در داخل رودخانه‌ها نیز با توجه به تجمع آنها در فصل کم‌آبی و انباشته شدن، در فصول پرباران توسط سیلاب‌ها مورد هجوم و در مواردی باعث انحراف سیلاب می‌شوند. تخریب پوشش گیاهی در نتیجه‌ی چرای بی‌رویه یا بر اثر بوته‌کشی دامداران، باعث افزایش فرسایش خاک و افزایش بار رسوبی و گل‌آلود شدن رودخانه‌ها و افزایش تخریب پای دامنه‌ها شده است.

آبیاری نادرست زمین‌های کشاورزی که شیب زیاد دارند، در موارد زیادی باعث تشکیل گالی‌ها و شستشوی خاک کم‌عمق زمین‌های کشاورزی و نمایان شدن سنگ‌ریزه و تخته سنگ‌های زیرین شده است. تخریب جنگل‌های با ارزش بلوط برای مقاصد سوخت و کشاورزی باعث توسعه‌ی برهنگی دامنه‌ها و افزایش رسوب رودخانه‌ها و افزایش خطرات ناشی از بهمن و حرکات دامنه‌ای شده است. که این موضوع خود می‌تواند باعث افزایش خسارت و گسترش فقر ساکنان شود. مسأله‌ی تنگ کردن مجراهای رودخانه‌ای برای توسعه‌ی کشاورزی، باعث افزایش سرعت سیل‌ها و تخریب مزارع و باغ‌ها شده است. مسأله‌ی بدون ساختن دیوار محافظ، به ویژه در دامنه‌های دارای تناوب لایه‌های با جنس سخت (آهک) و سست (مارن و شیل)

در مواردی باعث تضعیف سطح اتکای دامنه‌ها و فراهم شدن شرایط برای حرکات دامنه‌ای شده است (در قسمت‌های غرب و جنوب غرب حوضه این موارد مشاهده شده است).

کشاورزان و باغداران برای انحراف آب رودخانه‌ها به سمت مزارع و باغ‌ها اقدام به ساختن بند در مسیر رودخانه‌ها می‌کنند که این کار در دوره‌ی وقوع سیلاب‌های بهاری باعث ایجاد مانع در مسیر آب و انحراف سیلاب به دشت‌های سیلابی کناره رودخانه‌ها و فرسایش شدید خاک و حتی سرنگونی درختان واقع در کرانه‌های رودخانه می‌شود.



شکل ۱۲: نقشه‌ی ژئومورفولوژی حوضه‌ی رودخانه‌ی "لیله"

انسان و هیدروژئومرفولوژی

در منطقه‌ی مورد مطالعه، تخریب پوشش گیاهی در نتیجه حفرای بی‌رویه و یا بر اثر بوته‌کشی دامداران باعث افزایش فرسایش خاک و افزایش بار رسوبی و گل‌آلود شدن رودخانه‌ها و افزایش تخریب پای دامنه‌ها شده است. غرقابی کردن زمین‌های کشاورزی که شیب زیاد دارند، در موارد زیادی باعث تشکیل گالی‌ها و شستشوی خاک کم عمق زمین‌های کشاورزی و نمایان شدن سنگریزه و تخته سنگ‌های زیرین شده است. کشاورزان و باغداران برای انحراف آب رودخانه‌ها به سمت مزارع و باغات اقدام به ساختن بند در مسیر رودخانه‌ها می‌کنند، که این موضوع در دوره‌ی وقوع سیلاب‌های بهاری باعث ایجاد مانع در مسیر آب و انحراف سیلاب به دشت‌های سیلابی کناره رودخانه‌ها و فرسایش شدید خاک و حتی سرنگونی درختان واقع در کرانه‌های رودخانه می‌شود. رها کردن زیاله‌ها در داخل رودخانه نیز با توجه به تجمع آنها در فصل کم‌آبی و انباشته شدن، در فصول پرباران توسط سیلاب‌ها مورد هجوم و در مواردی باعث انحراف سیلاب می‌شوند. اجرای طرح‌های موقاری در اراضی متعلق به منابع طبیعی در دامنه‌های شیب‌دار که چندی پیش با حمایت جهاد کشاورزی صورت گرفت، به دلیل این که کشاورزان برای تقویت نهال‌ها اقدام به از بین بردن علف‌های هرز اطراف آنها می‌کنند، در موارد زیادی باعث توسعه شیارها و گالی‌ها در دامنه‌ها شده و معمولاً خاک لخت را در معرض آبشویی قرار داده است.

موارد مزبور نمونه‌هایی از نقش انسان در پیدایش و یا تسریع اشکال جدید فرسایش آبی در حوضه‌ی رودخانه‌ی ليله است. بنابراین انسان با دخالت‌های اغلب ناصواب خود زمینه‌ی تسریع فرسایش و تخریب بیشتر منابع آب و خاک را فراهم نموده است.

نتیجه‌گیری

حوضه‌ی رودخانه‌ی ليله در غرب کشور، در یک منطقه‌ی کوهستانی دارای شیب زیاد، در زون زمین‌شناسی زاگرس مرتفع و چین‌خوردو در زون فعال تکنونیک واقع شده و دارای اقلیم نیمه مرطوب می‌باشد. جنس سنگ‌ها اغلب آهکی و دارای میان‌لایه‌های مارن و شیل است که حساس به فرسایش‌اند. اقلیم نیمه

مرطوب تا مرطوب باعث تکوین پوشش گیاهی نسبتاً متراکم و مقاوم به فرسایش شده است، اما قدرت و سرعت جریانات سطحی همراه با سازهای سست و لایه‌های انسان، باعث تکوین اشکال فرسایشی آب به میزان زیاد شده است. بدون شک کنترل فرسایش طبیعی ناممکن و یا بسیار پرهزینه خواهد بود، ولی پیشگیری از لایه‌های انسانی نادرست که باعث تسریع فرسایش و تخریب منابع آب و خاک می‌شود، امری ممکن و بایسته است. حدود ۶۰ درصد سطح حوضه را جنگل‌های با ارزش بلوط فرا گرفته، که به عنوان سدی در برابر فرسایش خاک عمل می‌کنند. پوشش گیاهی و مرتعی خوب نیز در نواحی فاقد جنگل در برابر فرسایش عمل می‌کند، لیکن اقداماتی از قبیل: تخریب جنگل، چراچی رو یه، زراعت در اراضی شیب دار، تنگ کردن مجراها، و اعمال مکانیکی نادرست از قبیل جاده سازی، بدون توجه به مسأله‌ی زمین شناسی و پایداری دامنه‌ها باعث ایجاد حرکات توده ای و لغزشی، جریانات سیلابی و تخریب باغات و مزارع و مشکلات اقتصادی و اجتماعی ناشی از آن شده است. بدون شک با مدیریت صحیح و بهینه‌ی منابع و توجه به پتانسیل و توانایی محیط و اقداماتی از قبیل حمایت از باغداری در برابر کشاورزی و ایجاد اشتغال در بخش صنعت و خدمات، وسواس و دقت کافی در اجرای طرح‌های راه سازی و تأمین سوخت (گاز و نفت) ساکنان حوضه تا حد زیادی می‌توان به بهبود شرایط محیطی امیدوار بود.

منابع و مآخذ

۱. احمدی، حسن (۱۳۷۴): ژئومرفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
۲. چورلی. ریچارد جی و همکاران (۱۳۷۹): ژئومرفولوژی (فرایندهای دامنه ای، آبراهه ای، ساحلی و بادی)، ترجمه‌ی احمد معتمد، انتشارات سمت، جلد سوم.
۳. رامشت، محمد حسین (۱۳۸۴): نقشه های ژئومرفولوژی، تهران، انتشارات سمت.
۴. سازمان جنگل ها و مراتع و آبخیزداری کشور (۱۳۷۷): مطالعات توجیهی مدیریت منابع تجدید شونده حوضه‌ی ليله و زیمکان، مشاورین سنجش از دور.
۵. سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۸۵): سایت اینترنتی پایگاه داده‌های علوم زمین، نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ استان کرمانشاه.
۶. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۸۴): نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه.
۷. سایت اینترنتی گردشگری کرمانشاه به آدرس www.kermanshah-tourism.ir
۸. علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۱): ژئومرفولوژی ایران، تهران، نشر قومس، چاپ اول.
۹. علیجانی، بهلول (۱۳۷۹): آب و هوای ایران، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ چهارم.
۱۰. عزیزاده، امین (۱۳۷۹): اصول هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه امام رضا، چاپ دوازدهم.
۱۱. محمودی، فرج الله (۱۳۸۲): ژئومرفولوژی دینامیک، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ پنجم.
۱۲. میرزایی، حیدر (۱۳۷۳): بررسی تأثیر تاج پوشش جنگلی بر زیر اشکوب مرتعی در جنگل های بلوط غرب، پایان نامه‌ی دانشگاه تربیت مدرس.

مشخصات نویسندگان:

- دکتر محمدرضا ثروتی، دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه شهید بهشتی تهران.
 دکتر حسن لشکری، دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه شهید بهشتی تهران.
 اسدالله مؤمنی، کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی تهران.