بررسی ویژگی‌های نو زمین ساخت، فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز کر – چمریز با استفاده از شاخص‌های کمی

سعید نگهبان*
استادیار بخش جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شیراز، ایران
اعظم حیدری
کارشناس ارشد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۸/۰٤

چکیده
فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین عواملی است که سالانه بخش وسیعی از اراضی کشور ایران را تهدید می‌کند و کیفیت زمین‌های کشاورزی و مراتع را کاهش داده یا از بین می‌برد، هم چنین در مناطقی که حرکت‌های تکتونیکی جوان فعالیت دارند، تغییر شکل‌های ناشی از تکتونیک فعال در منطقه باعث بروز پاسخ شبکه زهکشی منطقه به این تغییرات خواهد شد. این پژوهش سعی دارد به بررسی استعداد فرسایش و رسوب‌دهی خاک و فعالیت نو زمین ساخت در حوضه کر – چمریز واقع در شمال‌غرب استان فارس بپردازد. روش پژوهش از نوع توصیفی – تحلیلی مبتنی بر روش‌های میدانی، کتابخانه‌ای و آماری می‌باشد. به این صورت که با استفاده از مدل‌های مختلف به بررسی ویژگی‌های فرسایشی و تکتونیکی منطقه پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که گسترش سازندهای زمین شناسی حساس به فرسایش از جمله سازندهای آهکی و تأثیر فعالیت‌های نو زمین ساختی با مقادیر vf (۱/۳۳ و ۱/٤۲) و Bs (۲/۰۲) در سیستم آبراهه به شدت موجب فرسایش و رسوب‌دهی در حوضه می‌شود. متوسط فرسایش‌زایی باران در حوضه به طور سالانه، ٦۳۸۳/۵۰۲ تن در هکتار برآورد شده و نشان دهنده‌ی بالا بودن فرسایش خاک است. میانگین اسیدیته خاک‌های حوضه ٦/۱٦ از نظر زراعی برای رویش گیاهان مطلوب می‌باشد.

واژگان کلیدی: **حوضه کر – چمریز، فرسایش خاک، تولید رسوب، مدیریت حوضه، شاخص‌های اقلیمی.**

مقدمه

با وجود مطالعات و پژوهش‌های زیادی که در دو، سه دهه اخیر بر روی فرسایش خاک و حمل رسوب‌ها و سرانجام رسوب‌گذاری آن‌ها به عمل آمده مع ذالک هنوز راهی طولانی برای درک فرآیند کامل این پدیده‌ها باقی است. حفاظت خاک و آب از اصولی ترین پایه‌های توسعه پایدار است. بی توجهی به این اصل می‌تواند عواقب جبران ناپذیری را از نظر اقتصادی، اجتماعی و سیاسی برای کشور به دنبال داشته باشد. فرسایش به وسیله آب و پیامدهای ناشی از آن از دیر باز

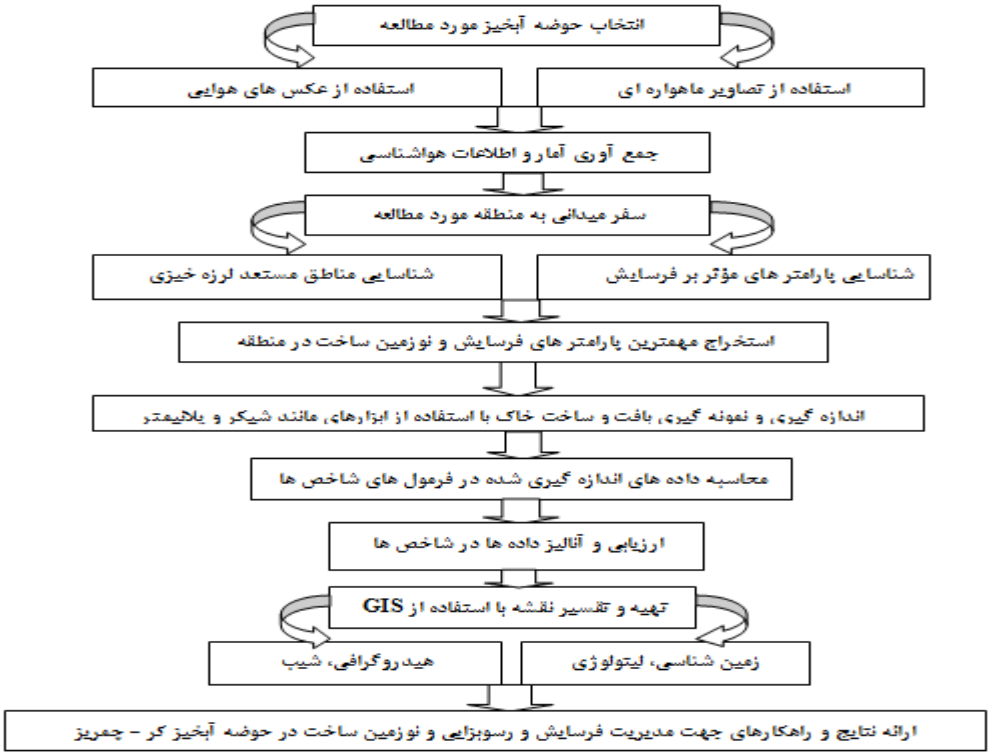
* نویسنده مسئول: ۰۹۱۹۱۱۳۳۷۵۰
Email: snegahban@shirazu.ac.ir

مورد توجه پژوهش‌گران حفاظت خاک بوده است(قدوسی و ستاری ۱۳۹۱: ۸۲). کلمه فرسایش از ریشه لاتینی Erodere به معنی کنده شدن و ساییدن گرفته شده است (هرن، ۱۹۹۱). علم فرسایش خاک، دانشی است که امکان درک دلایل اصلی هدر رفت خاک و آسیب‌های ناشی از آن و هم‌چنین فرآیندهای رسوب در آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و راه‌حل‌های مناسب جهت کاهش و جلوگیری از آسیب‌های ناشی از آن ارائه می‌شود (احمدی، ۱۳۸۶: ۱۹۹). حوضه‌های رودخانه‌ای که به صورت حوضه‌های هیدروگرافی نیز موسوم می‌باشند، عوامل فرسایشی به صورت سیستماتیک مرتبط به هم هستند. برآورد میزان فرسایش خاک یکی از ضرورت‌های علم آبخیزداری و حفاظت خاک می‌باشد. آگاهی از میزان رسوب تولید آبخیزها و بررسی رسوبدهی رودخانه در شناسایی مناطق بحرانی به ما کمک می‌کند (ساری صراف و رحمانی، ۱۳۸۴: ۱۰۷). ارزش و اهمیت مطالعات حوضه رودخانه‌ای به لحاظ افزایش روز افزون جمعیت و بستر برآورد کننده نیازهای کشاورزی، دامداری و گسترش مناطق مسکونی و شبکه ارتباطی و سایر کاربری‌ها روز به روز بیشتر معلوم می‌شود. در اغلب موارد حدود ۹۰ درصد مواد تنها ۱۰ درصد سطح یک حوضه بدست می‌آید که مطالعه این گونه نقاط بحرانی مهم است (رجایی، ۱۳۷۳: ۳۹). عدم کاربری صحیح باعث می‌شود که خاک فرسوده شده و سطوح گسترده‌ای از اراضی قابل زرع به زمین‌های بی حاصل تبدیل شوند. از طرفی فرسایش خاک یکی از عوامل اصلی انباشت رسوب‌ها در آبراهه‌ها و کانال‌های آبیاری و رودخانه‌ها، کاهش مخازن سدها، تشدید وقوع سیلاب‌ها است (ساری صراف و رحمانی، ۱۳۸۴: ۱۰۶). اولین پژوهش‌های علمی در زمینه فرسایش خاک در بین سال‌های ۱۸۹۵ و ۱۸۷۷ توسط ولنی دانشمند برجسته آلمانی صورت گرفت(رفاهی، ۱۳۷۹، ۱۵۹)، این دانشمند اثر پوشش‌گیاهی را در جلوگیری از برخورد باران با خاک بررسی کرد. اولین آزمایش کمی در مورد فرسایش در سال ۱۹۱۵ در ایالت یوتای آمریکا توسط سازمان جنگل‌ها انجام شد و پژوهش‌ها ادامه داشت تا این‌که ویشمایر به کارگیری تکنیک‌های پیشرفته برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای توانست فرسایش را به طور کمی تعیین کند (رفاهی، ۱۳۷۹، ۱۷۱). از آنجایی که فرسایش خاک به صورت کیفی و کمی می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد، مدل‌های زیادی به وجود آمده و بیشتر مدل‌ها در زمینه بررسی و دادن اطلاعات زیاد در مورد فرسایش کامل نبوده‌اند (مریت، لچر و جکمن۲۰۰۳، ۹۹). در ایران در زمینه فرسایش مطالعات زیادی صورت گرفته است که اولین گزارش نسبتاً کامل در مورد فرسایش خاک و لزوم حفاظت آب و خاک در ایران در سال ۱۳۲۷شمسی توسط داون و ریبن کارشناسان فائو، به زبان انگلیسی تهیه و منتشر شد. در سال ۱۳۳۹ مطالعات حفاظت خاک در قسمتی از حوضه آبخیز سد کرج توسط متخصصین ایرانی با همکاری کارشناسان فائو انجام شد (رفاهی، ۱۳۷۹). لذا ارزیابی و برآورد میزان فرسایش خاک یکی از ضرورت‌های علم آبخیزداری و حفاظت خاک می‌باشد. زیرا آگاهی از میزان تولید رسوب در آبخیزها و بررسی رسوب‌دهی رودخانه در شناسایی مناطق بحرانی به ما کمک می‌کند. به دلیل واقع شدن چندین روستای بزرگ و کوچک در حوضه کر – چمریز، دخالت شدید انسان‌ها و کاربری نادرست اراضی نه تنها منجر به تسریع فرسایش خاک شده، بلکه زمینه تشدید سیلاب‌های مخرب را نیز فراهم-کرده است. لذا پژوهش حاضر به بررسی ویژگی‌های طبیعی، عوامل فرسایش و رسوب‌دهی، نحوه‌ی کنترل و کاهش

میزان فرسایش خاک و رسوب‌دهی با ارایه برخی از پیشنهادهای آبخیزداری منطبق با ویژگی‌های طبیعی حوضه پرداخته است. در کواترنر علاوه بر فرسایش مجدداً بعضی از عوارض مورفوتکتونیکی به وقوع می‌پیوندد که به آن نئوتکتونیک گویند که هنوز هم خاتمه نیافته است و در حقیقت در حوضه کر هم با عامل با عامل تکتونیک و هم با عامل نئوتکتونیک مواجه بوده‌ایم (کمانه، ۱۳۸۴: ۱۷۸). زمین لرزه‌ها، منشأ آن‌ها کانون‌های زلزله، نحوه انتشار امواج و مواردی از این قبیل در قلمرو دانش ژئوفیزیک و زمین شناسی تجزیه و تحلیل می‌شوند، اما از لحاظ ایجاد تغییر شکل در پوسته زمین و دگرگون کردن مورفودینامیک محیط، در حوضه بحث‌های ژئومورفولوژیک قرار می‌گیرند. زلزله پیوسته به تشدید عوامل مورفودینامیک و مورفوژنیک منجر می‌شود (رجایی، ۱۳۸۲). اصولا زلزله‌ها در سطح زمین آثار ژئومورفولوژیکی فراوانی نظیر ایجاد گسل‌ها، جا به جایی افقی و عمودی، ایجاد شکاف‌هایی به ابعاد مختلف، تحریک و تشدید حرکت مواد بر روی دامنه، انسداد و تغییر مسیر رودها، باز و بسته شدن چشمه‌ها، وقوع سونامی و غیره را به وجود می‌آورند (زمردیان، ۱۳۷۸). علاوه بر این حوضه مورد مطالعه بر روی یکی از کمربندهای کوه‌زایی جوان و فعال واقع شده و تقریباً هیچ نقطه‌ای از آن مصون از زلزله نیست. بررسی لرزه شناسی و زمین ساخت هر منطقه در رابطه با طرح‌های ایمنی دارای اهمیت اقتصادی و اجتماعی است و در اجرای طرح‌های عمرانی هم زیاده انگاشتن و هم دست کم گرفتن خطر آن زیان آور است. منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر دو مؤلفه فشاری بزرگ اصلی و فرعی است، منطقه‌ای فشاری ناشی از تنش اصلی از سوی شمال‌شرقی به جنوب‌غربی است و تنش فشاری فرعی به طور پویا، از سوی شمال‌غرب به جنوب‌شرقی بر منطقه حاکم است. تجربه نشان داده است وقوع هر زمین لرزه در ایران ضایعات مالی و جانی فراوان به همراه داشته است. برای تخصیص واقع بینانه شدت و بزرگی زمین لرزه‌های احتمالی در منطقه مورد مطالعه شناخت از علل وقوع زمین لرزه‌های گذشته ضروری به نظر می‌رسد.

داده‌ها و روش‌ها

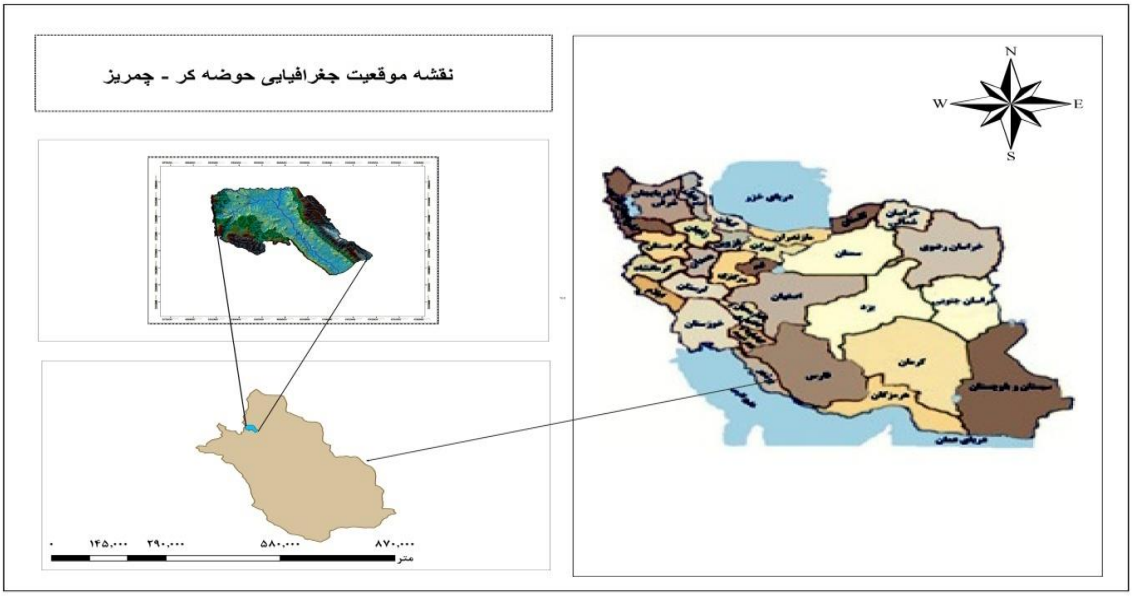
با توجه به ماهیت موضوع پژوهش، روش انجام کار به صورت مورفومتری و کارهای میدانی، بررسی سازندهای سطحی، کنترل و اندازه گیری پدیده‌های مورفودینامیک فعال و فرسایش خطی رواناب‌ها تجربی و آزمایشگاهی بوده است. ابتدا بر مبنای مشاهده‌ها، اندازه گیری و نمونه برداری‌های مورد نیاز جهت تعیین نوع سازند اسیدیته خاک (PH)، بافت خاک و ساخت خاک در شیب‌های مختلف در حوضه به عمل آمده است. در این راستا از ابزار مختلف علوم طبیعی (خاک‌شناسی، ژئومورفولوژی) نظیر شیکر، پلانی‌متر و داده‌های هیدرولوژی و اقلیمی سازمان آب منطقه‌ای و اداره آب و هواشناسی استان فارس و عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰، نقشه زمین شناسی۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شده است. از فرمول‌های مختلف برای میزان رسوب‌دهی بهره گرفته شد، در انتها به ترسیم نقشه‌ها تجزیه و تحلیل داده‌های پرداخته شد.



شکل ۱: فرآیند روش و مراحل پژوهش

– تعیین محدوده طبیعی موقعیت و حدود جغرافیایی حوضه

حوضه آبخیز کر– چمریز در جنوب‌غرب ایران قرار گرفته است. محدوه مورد مطالعه بخشی از زاگرس چین خورده می‌باشد که در شمال استان فارس با ۱۵۴ کیلومتر فاصله از شهر شیراز در شهرستان‌های مرودشت، سعادت‌شهر، صفاشهر و اقلید قرار گرفته و از آبخیزهای رودخانه کر محسوب می‌شود. که در مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۰۱ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۵۲ درجه ۱۴ دقیقه و ۳۱ ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه ۲۵ دقیقه ۰۲ ثانیه تا ۳۰ درجه ۳۶ دقیقه ۵۷ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. این حوضه از شمال به تنگ براق و از طرف جنوب به منطقه کامفیروز از شرق به کوه کر و از سمت غرب به رودخانه کر منتهی می‌شود. طول رودخانه کر از سراب تا محل سد درودزن ۱۸۵ کیلومتر و تا دریاچه بختگان ۳۵۱/۵ کیلومتر است و در نهایت به این دریاچه می‌ریزد(جداری عیوضی، مقیمی، یمانی، محمدی، ۱۳۸۸، ۱۹). محدوده آبخیز دارای مساحت ۴/۹۳۹ کیلومتر مربع است که اکثریت این مساحت را کوه‌ها و تپه‌ها(۹۵/۵ درصد کل اراضی محدوده است) تشکیل می‌دهند(شکل ۲). شکل حوضه به صورت کشیده و بلندترین نقطه ارتفاعی آن از سطح دریا ۳۰۰۰ متر و حداقل ارتفاع در محدوده ۱۸۰۰ متر سطح دریا که اختلاف ارتفاع بین حداقل و حداکثر ۱۲۰۰ متر می‌باشد.



منبع: نگارنده۱۳۹۳

شکل ۲: نقشه موقعیت حوضه کر – چمریز

- زمین شناسی حوضه (با تأکید بر چینه شناسی و تکتونیک)

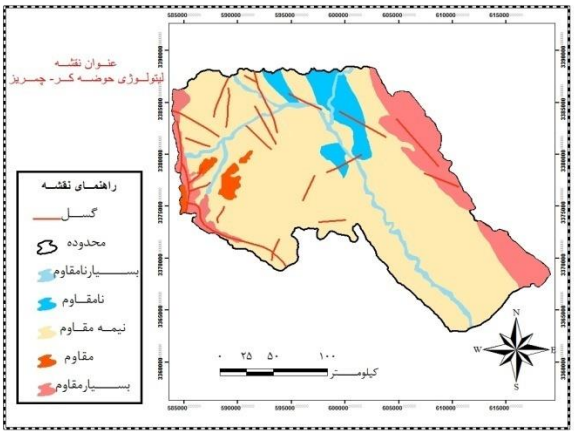
بررسی چینه شناسی منطقه نشان می‌دهد که این حوضه در پهنه چین خورده زاگرس قرار گرفته و سازندهای زمین شناسی آن از قدیم به جدید از سازندهای آهکی سروک، پابده – گورپی و کنگلومرای کواترنری، رسوب‌های آبرفتی Q_1 تا Q_3 تشکیل شده است (شکل ۳). ویژگی‌های ساختاری موجود در حوضه شامل چین خوردگی، گسله و درزه می‌باشد. چین خوردگی موجود در حوضه تنها تاقدیس کر بوده که از شمال به جنوب حوضه کشیده شده است و گسله‌های موجود در آن تحت تأثیر گسل اردکان قرار گرفته است در نتیجه حوضه به شدت تحت تأثیر گسل مذکور قرار گرفته و تکتونیزه شده است، لذا پیچیدگی‌های خاصی در آن شکل گرفته که در نتیجه عمل‌کرد گسل فوق الذکر می‌باشد بنابراین می‌توان انتظار داشت که گسل‌هایی با روند مشابه در حوضه به وفور دیده شود (شکل ۳). با توجه به این‌که گسل اردکان در حوضه قرار دارد لذا حوضه تحت تأثیر آن قرار گرفته است و گسل‌هایی با روند مشابه و هم‌چنین گسل‌های فرعی منبعث از آن در حوضه به وفور مشاهده می‌گردد که عبارتند از :

– روند اصلی ۱۷۰–۱۶۰ شمالی: روند مذکور در واقع همان روند اصلی گسل اردکان است و به صورت گسل‌های موازی در بخش‌های جنوبی آن مورب می‌باشد، چنین گسل‌های راست رو در هر قسمتی از حوضه که به صورت غالب کرد پیدا کرده‌اند از طرف دیگر گسترش مناسب سازند سروک نیز وجود داشته است سبب چرخش محور طاقدیس که از روند ۱۴۰–۱۳۰ شمالی به روند ۱۷۰–۱۶۰ شمالی شده است (شکل ۴).

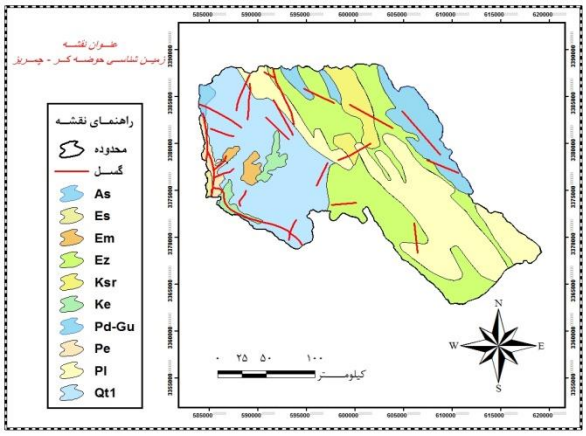
– روند فرعی ۷۰–۶۰ شمالی: گسل‌هایی با چنین روندی دارای مؤلفه امتداد لغز چپ رو هستند که در قسمت‌های شمالی تا مرکزی طاقدیس کر به صورت گسل‌های عمودی در قسمت‌های دیگر حوضه به صورت گسل‌های مورب کرد دارند.

– روند فرعی ۹۰–۸۰ شمالی: این گسل‌ها به صورت معکوس یا مؤلفه امتداد لغز چپ رو به صورت گسل‌های مورب در جنوب تا مرکز طاقدیس کر و در بخش‌های شمالی عمودی دیده می‌شوند.

– روند فرعی ۱۸۰ –۱۷۰ شمالی: این نوع گسل‌ها دارای مؤلفه امتداد لغز راست رو می‌باشند و از نوع گسل‌های موازی هستند.



شکل ۳: نقشه لیتولوژی و گسل‌های حوضه کر – چمریز



شکل ٤: نقشه زمین شناسی حوضه کر– چمریز

یافته‌های پژوهش

– تعیین وضعیت تکتونیکی حوضه با استفاده از شاخص شکل حوضه

شاخص شکل حوضه برای ارزیابی وضعیت تکتونیکی حوضه‌ها در مناطق کوهستانی استفاده می‌شود که در آن B_S: شاخص شکل حوضه B_L: اندازه طولانی ترین بخش طول حوضه به کیلومتر B_W: اندازه پهن ترین قسمت عرض حوضه به کیلومتر می‌باشد. هر گاه عدد(B_S) ما از ۲ بالاتر آید موضوع نشان‌گر حوضه‌های طولانی است که به احتمال زیاد این حوضه از لحاظ زمین ساخت فعال باشد. به دلیل این‌که امکان دارد طولی بودن حوضه و مقدار عددی ۲ و بالای آن ناشی از وضعیت لیتولوژی منطقه باشد یعنی در ارتباط با مسائل لیتولوژی رودخانه با حفر و کاوش به حوضه فرم طولی بدهد.

$$B_S = B_L / B_W = ۱۵,۹۷ / ۷,۹ = ۲/۰۲$$

با توجه به نتایج مورفومتری و محاسبه شاخص شکل حوضه مناطقی که در محدوده گسل اصلی قرار دارند از نظر تکتونیکی فعال می‌باشد، در شکل ۳، گسل‌های منطقه قابل مشاهده می‌باشند.

جدول ۱: داده‌های مورفومتری و بر آورد میزان شاخص B_S

نام زیر حوضه	وضعیت تکتونیکی	B_S	B_W	B_L
A	فعال	۲/۲	۹/۶	۲۱/۹
B	غیر فعال	۱/۶	۸/۲	۱۳/۳
C	فعال	۲/۵	۶/۳	۱۵/۹
D	غیر فعال	۱/۰۶	۷/۵	۱۲/۸

منبع: نگارنده ۱۳۹۳

- شاخص نسبت پهنای کف دره به عمق آن (VF)

یکی از شاخص‌های ارزیابی فعالیت‌های تکتونیک مناطق کوهستانی، شاخص(V_F) یا پهنای کف دره به ارتفاع دامنه‌های آن می‌باشدکه توسط بول و مک فادن (به نقل از رضایی مقدم، ۱۳۷۴: ۸۸) پیشنهاد شده است. که معادله آن به صورت زیر می‌باشد:

$$V_F = ۲ V_{FW} / (E_{Ld} - E_{sc}) + (E_{rd} + E_{sc})$$

V_f = شاخص پهنای دره با ارتفاع دامنه‌های آن؛

E_{sc} = ارتفاع متوسط کف دره از سطح آب‌های آزاد؛

E_{rd} = ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت راست دره؛

E_{ld}= ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت چپ دره.

تحلیل شاخص V_F: این شاخص برای مناطق کوهستانی جهت ارزیابی وضعیت نو زمین ساخت نئو تکتونیک استفاده می‌شود. اگر مقدار V_F کمتر از عدد ۱ باشد نشان‌گر فعالیت‌های نئوتکتونیکی در منطقه یا حوضه می‌باشد و اگر مقدار عددی این شاخص بین۱ الی ۲ باشد نشانگر فعالیت های زمین ساختی متوسط یا نسبتاً ضعیف در صورتی که مقدار عددی از ۲ بیشتر باشد فعالیت نو زمین ساخت فعال می‌باشد یا در آرامش نسبی می‌باشد کلر و پینتر (۱۹۹۶ :۱۴۰). البته بهتر است این شاخص را نه در یک دره حوضه بلکه در چندین دره آزمون کرد و بعد از آن در شواهد میدانی تطبیق داد حتی از شاخص‌های دیگر نیز جهت تأیید وضعیت نو زمین ساخت کمک گرفت تا با اطمینان خاطر وضعیت منطقه را برآورد کرد این شاخص توسط هریا و سیلوا بکار گرفته شده است. مقادیر شاخص محاسبه V_F برای دو دره‌ی متناوب حوضه کر – چمریز:

$$V_F = ۲/۲۴۵ (۱۸۰۰ - ۱۶۰۰) + (۱۷۵۰ - ۱۶۸۰) = ۱/۳۳$$

$$V_F = ۲/۲۱۵ (۱۹۵۰ - ۱۷۵۰) + (۱۸۶۰ - ۱۷۵۰) = ۱/۴۲$$

مقدار V_F کمتر از یک برای دره‌های حوضه، نشانگر فعالیت‌های نو زمین ساختی پر تحرک بودن آن است که در تشدید عوامل مورفودینامیک و فرسایش خاک‌ها نیز مؤثر است.

تراکم زهکشی حوضه

برای محاسبه تراکم زهکشی حوضه از فرمول زیر استفاده شده است (موحد دانش، ۱۳۸۲: ۷۰) و نتایج در جدول ۲ نشان داده شد. لازم به ذکر است که در نقشه هیدروگرافی حوضه وضعیت سیستم زهکشی به صورت شاخه درختی است و حتی عمیق بودن آن‌ها از روی خطوط تراز قابل استنباط است (شکل ۴ و ۵).

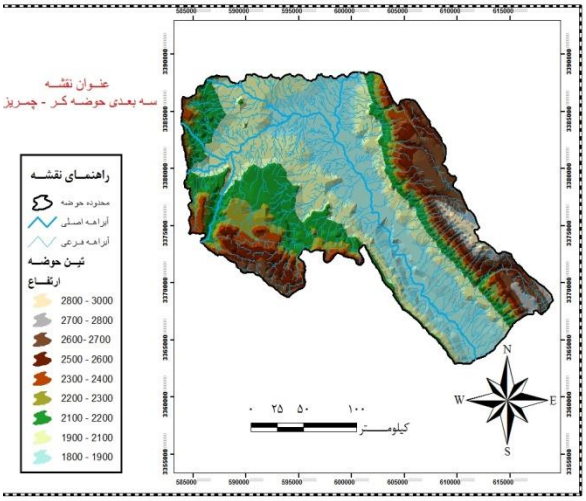
$$D = (\sum Li / A\ Li/A) = ۲۷۷۶,۸ / ۴,۹۳۰ = \sum ۱,۷۷ (= D_d$$

D= تراکم آبراهه بر حسب کیلومتر مربع؛

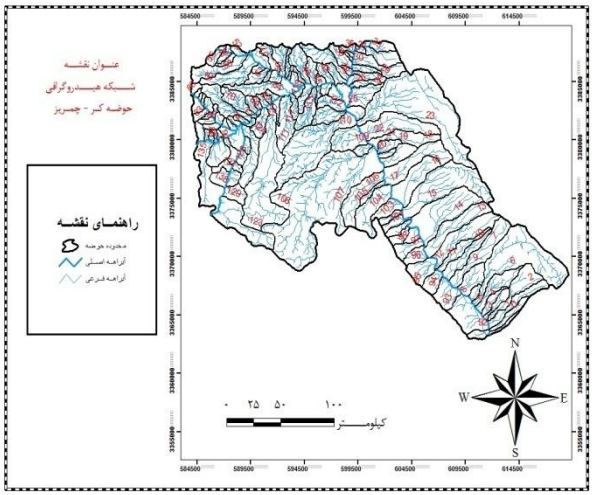
∑Li= مجموع طول رودخانه‌ها و آبراهه‌های حوضه بر حسب کیلومتر مربع؛

A= مساحت حوضه آبخیز بر حسب کیلومتر مربع.

میزان تراکم آبراهه در یک حوضه آبخیز بیان‌گر شدت و ضعف مقاومت سطح و لایه‌های زیرین خاک در مقابل عوامل فرسایش می‌باشد. در مناطقی که لایه‌های زیرین خاک دارای قابلیت نفوذ خوب باشند و سطح حوضه آبخیز دارای پوشش گیاهی انبوه و پستی و بلندی کم باشد مقدار تراکم آبراهه‌ها کم است و در مناطقی که لایه‌های زیرین خاک قابلیت نفوذ خوبی نداشته باشند و پوشش گیاهی نیز ضعیف و نوع سازند زمین شناسی از سازندهای ریزدانه مثل رس، مارن و آهک باشد. مقدار تراکم زهکش زیاد است. زیاد بودن تراکم آبراهه و شبکه زهکشی نشان‌دهنده‌ی آن است که رواناب به سرعت تخلیه می‌شود و مقدار دبی جریان نیز زیاد است. مقدار D از ۰/۵ برای حوضه‌هایی که از نظر مسیل بسیار فقیرند تا بزرگ‌تر از ۳ برای حوضه‌هایی که با مسیل زیاد مشاهده می‌شوند تغییر می‌کنند.



شکل٤: نقشه ارتفاعی حوضه کر – چمریز



شکل ۵: شبکه هیدروگرافی کر – چمریز

- برآورد دبی متوسط حوضه

فرمول تجربی میزان برآورد دبی برای حوضه‌هایی که ایستگاه دبی سنجی ندارند و شرایط اقلیمی تقریباً نیمه خشک حاکم است وی شمایر برای حوضه‌هایی که بیشتر از ۷۰ کیلومتر وسعت داشته باشند این معادله را ارایه کره است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۵: ۳۵۳).

$Q = ۲/۳۵ * ۱۰^{۳} \quad Ad^{۰.۵۸۲} = ۵۹۰۷۶۷/۸۹$

Q= دبی به متر مکعب بر ثانیه

Ad= مساحت حوضه به کیلومتر مربع

طول جریان سطحی نشان‌گر وضعیت تمرکز و اوج هیدروگراف می‌باشد پایین بودن آن نشانه اوج هیدروگراف و پیدایش سیلاب بعد از بارش رگ‌باری در حوضه است (موحد دانش، ۱۳۸۲: ۷۲). اگر دانسیته یا تراکم شبکه زهکشی در یک حوضه کمتر باشد، طول جریان سطحی بیشتر خواهد بود این ضریب به علت این‌که سرعت جریان آب در آبراهه‌ها خیلی بیشتر از سرعت جریان در سطح حوضه آبخیز است، دارای اهمیت می‌باشد. در نتیجه، هر چقدر طول جریان سطح زمین کوچک‌تر و دانسیته زهکشی بیشتر باشد به همان میزان واکنش حوضه برای فاصله زمانی بین مرکز ثقل بارندگی مؤثر جریان سطح زمین کوچک‌تر و دانسیته زهکشی بیشتر باشد به همان میزان واکنش حوضه برای فاصله زمانی بین مرکز ثقل بارندگی مؤثر جریان و نقطه حداکثر جریان کوتاه‌تر می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۲: ۲۵۳). چنان‌که ملاحظه می‌شود حوضه رودخانه کر – چمریز دارای طول جریان سطحی پایین ۰/۱۹ است و با اطمینان می‌توان گفت که این حوضه دارای نقطه اوج هیدروگراف شدید خواهد بود این عمل هیدرولوژیکی در فرسایش خاک، تغییرات مورفولوژی آبراهه‌ها و پدید آمدن سیلاب مؤثر است(جدول ۲).

جدول ۲: داده‌های مورفومتری سیستم زهکشی، محاسبه شیب و دبی زیر حوضه‌ها

ردیف	نام زیر حوضه	مساحت	مجموع طول آبراهه‌ها	تراکم زهکش	شیب متوسط	دبی متوسط
۱	A	۱۴۱۰	۹۲۷/۰۲	۱/۶۵۷	۸/۲	۹۸۷۶۲/۸۶
۲	B	۱۲۵۲	۸۰۵/۷۲	۱/۶۴۳	۴/۳	۹۲۳۴۱/۲۳
۳	C	۱۰۵۸	۵۴۹/۳۸	۱/۵۱۹	۲/۱	۸۲۱۸۷/۱۸
٤	D	۱۲۱۰	۴۹۴/۷۶	۱/۴۰۸	۶/۷	۶۰۹۵۷/۶۲
کل حوضه آبخیز		**٤/۹۳۰**	**۲۷۷٦/۸**	**۱/۷۷**	**٥/۳٦**	**٥۹۰۷٦۷/۸۹**

منبع: مطالعات نگارندگان۱۳۹۳

نوسان رطوبت موجود در خاک (تعیین شاخص ws)

جهت برآورد رطوبت موجود در خاک از رابطه زیر استفاده شده است:

$$WS= (R - RP) / T$$

WS= نوسان رطوبت موجود در خاک

R = میزان متوسط بارندگی برحسب میلی‌متر

R_P = ضریب مربوط به دما

T= درجه حرارت ماهانه برحسب سلسیوس

ماه‌هایی دارای نوسان رطوبتی منفی هستند، برای فرسایش خطی (به ویژه فرسایش خندقی) مستعد می‌باشند شاخص نوسان رطوبت خاک برای ارزیابی استعداد مناطق و یا حوضه‌ها به فرسایش خطی رواناب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در ماه‌های دی، بهمن، شهریور، مهر، آبان، آذر این منطقه دارای ضریب نوسان رطوبتی منفی می‌باشند. به ویژه در در ماه شهریور و ماه‌ها بهمن میزان فرسایش بالا است(جدول ۳).

جدول ۳: داده‌های اقلیمی و برآورد نوسان رطوبت خاک

پارامتر / ماه‌ها	T(C^0)	R(mm)	RP* [۱]	W_S
JAN	۱۷/۴۶	۴/۳	۲۲۷/۴۶	-۸/۷۲
FEB	۱۶/۸۷	۳۳	۲۲۶/۸۷	-۱۹/۵۵
MAR	۱۴/۰۸	۷۶/۸۵	۲۲۴/۰۸	۷۵/۱۳
APR	۱۲/۳۶	۸۵/۵۵	۲۲۲/۳۶	۶۷/۵۵
MAY	۱۲/۱۸	۱۵۴/۳۲	۲۲۲/۱۸	۱۳۶/۰۷
JUN	۱۰/۸۷	۱۱۰/۸۴	۲۲۰/۸۷	۱۱۰/۶۳
JUL	۱۱/۴۷	۱۱۳/۴	۲۱۱/۴۷	۹۴/۹۶
AUG	۱۵/۱۱	۲۰/۱	۲۲۵/۱۱	۵/۲۰
SEP	۱۸/۷۸	۳/۸	۲۲۸/۷۸	-۱۲۴/۴
OCT	۲۷/۶۳	۴/۷۵	۲۳۷/۶۳	-۳/۸۵
NOV	۲۸/۸۴	۰/۵۸	۲۳۸/۶۴	-۷/۶۹
DEC	۲۸/۱۴	۰/۴۶	۲۳۸/۱۴	-۸/۰۲

منبع: مطالعات نگارندگان ۱۳۹۳

برآورد میزان رسوب‌دهی با استفاده از شاخص هیدروترمال

جهت برآورد میزان رسوب‌دهی با استفاده از شاخص هیدروترمال از رابطه زیر استفاده شده است:

$$HTK = (ER / ET) * ۱۰$$

ER= متوسط کل بارندگی سالانه به میلی‌متر

ET= شاخص دما برای ماه‌هایی که درجه حرارت بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

ER = ۳۵۱/۶۵

ET= ۶۲۶/۹

HTK= (۳۵۱،۶۵ / ۶۲۶،۹) * ۱۰ = ۵/۶۰

شاخص هیدروترمال برای برآورد پتانسیل یا استعداد منطقه برای فرسایش خطی (به ویژه فرسایش خندقی یا خندق زایی) است یا به عبارت بهتر معرف استعداد منطقه جهت خندق زایی یا فرسایش خاک به واسطه خندق است. اگر شاخص هیدروترمال در محدوده‌ی۲۵ /۱ – ۲/۵ قرار گیرد معرف استعداد بالای منطقه برای خندق زایی است (عابدینی ،۱۳۸۴: ۱۱۱). هر چه شاخص هیدروترمال از محدوده مذکور فاصله بگیرد و متفاوت باشد منطقه نسبت به فرسایش خطی (به ویژه خندقی) مستعد نیست یا حداقل حساسیت کمتری دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود شاخص هیدروترمال برای حوضه آبخیز مورد مطالعه ۵/۶۰ می‌باشد که نشان دهنده حساسیت کمتر حوضه جهت فرسایش خندقی می‌باشد. باید توجه داشت اگر فرسایش شیاری کنترل نشود طی مدت کمی تبدیل به فرسایش خندقی می‌گردد که قابل جبران نمی‌باشد.

* $R_P = 30*(t + 7)$

- شاخص فرسایش زایی باران

جهت برآورد میزان فرسایش و مقدار رسوب‌دهی در هکتار به عنوان شاخص فرسایش زایی باران از فرمول‌هایی تجربی استفاده گردیده است.

- فرمول آرنولدس

$EI_{30} = 0/302\ (\sum nPi/p)\ /\ ^{1/93}$= ۷۶۴۷/۵۰۲ t/h

- فرمول سپاس‌خواه

$EI_{30} = 1/6\ (\sum nPi2/p)^{1/27}$ = ۱۲۶۴/۰۶ t/h

EI_{30}= متوسط شاخص فرسایش‌زایی باران برحسب تن در هکتار؛

Pi= متوسط بارندگی ماهانه بر حسب میلی‌متر؛

P = متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر؛

N= تعداد ماه‌هایی که بارش رخ داده است.

متوسط فرسایش‌زایی باران حوضه بر حسب تن در هکتار در سال با توجه به نتایج فرمول‌های مذکور در سال‌های آماری۷۰ تا۹۰ محاسبه شده (۶۳۸۳/۵۰۲) تن در هکتار در سال نشان دهنده‌ی بالا بودن نرخ فرسایش خاک است. البته این موارد با بررسی اجمالی خندق‌ها و اتلاف خاک‌ها زراعی حوضه توسط رواناب را نشان می‌دهد. در منطقه مورد نظر به دلیل سفت و سخت بودن سنگ‌ها تخریب نیاز به زمان‌های طولانی دارد و فرآیند تخریب شامل فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی نظیر یخبندان و ذوب یخ و رشد و گسترش ریشه‌ی گیاهان می‌باشد. به طوری که در این منطقه فرآیند تخریب فیزیکی از اهمیت بیشتری نسبت به فرآیند تخریب شیمیایی برخوردار است. یعنی این‌که در اثر شکاف‌های جزیی و فعالیت‌های تکتونیکی درز و شکاف‌هایی در منطقه پدید آمده، سپس قطعه‌های بزرگ سنگی به قطعه‌های کوچک‌تر تبدیل شده و از محل درز و شکاف‌های تکتونیکی تخریب شیمیایی صورت می‌گیرد. در منطقه مورد نظر رگولیت یا سنگ بستر هوا دیده مشاهده می‌شود که ترکیبی از مواد تخریبی شامل سنگ، قلوه سنگ و در نهایت خاک سطحی می‌باشد در برخی نقاط سنگ‌های مادر به صورت موضعی تخریب گشته است علت این می‌باشد که اولاً شیب کم می‌باشد(کمتر از ۲۵ درصد) و از طرف دیگر پوشش گیاهی مناسب شامل گونه گیاهی گون می‌باشد که مانع فرسایش شده و خاک به طور موضعی تشکیل شده است. در بیشتر نقاط این پوشش به علت استفاده نادرست در حال تخریب است و لخت شدن سطح حوضه باعث از بین رفتن خاک‌های حاصل‌خیز در منطقه می‌گردد(جدول ۴).

جدول ٤: داده‌های اقلیمی و تعیین شاخص فرسایش زایی باران

پارامتر / ماه‌ها	Pi	Pi^2	Pi^2/P
JAN	۴/۳	۱۸/۴۹	۰/۰۵۲
FEB	۳۳	۱۰۸۹/۲	۳/۰۸۷
MAR	۷۶/۸۵	۵۳۰۵/۹	۱۵/۰۴
APR	۸۵/۵۵	۷۳۱۸/۸	۲۰/۷۴
MAY	۱۵۴/۳۲	۲۳۸۱۴/۶	۶۷/۵۱
JUN	۱۱۰/۸۴	۱۱۱۷۷/۱	۳۱/۶۸
JUL	۱۱۳/۴	۱۲۸۵۹/۵۶	۳۶/۴۵
AUG	۲۰/۱	۴۰۴/۰۱	۱/۱۴۵
SEP	۳/۸	۱۴/۴۴	۰/۰۴۰
OCT	۴/۷۵	۲۲/۵۶	۰/۰۶۳
NOV	۰/۵۸	۰/۳۳۶	۹/۵۲
DEC	۰/۴۶	۰/۲۱۱	۵/۹۸

منبع: مطالعات نگارنده ۱۳۹۳

- تعیین میزان اسیدیته خاک در حوضه

از خاک‌های نقاط مختلف حوضه میزان هدایت الکتریکی (EC) و میزان اسیدیته خاک‌ها(PH) نمونه برداری شد و نتایج در جداول (۵– ۶) آورده شده است. میزان اسیدیته خاک‌های حوضه به ترتیب از ۵/۵ تا ۶/۴۵ از شیب‌های بسیار کم تا شیب‌های ۲۵ درصد متغیر بوده است میزان خاک‌های تحول یافته عمدتاً ریز دانه سطح دشت پایین بود و هدایت الکتریسته آن قسمت‌ها بر عکس بالا بود. علت این امر شستشوی کانیون‌های بازیک توسط نزولات جوی و رواناب‌ها است که میزان PH تمایل به اسیدی بودن پیدا کرده است. ولی در شیب‌های نسبتاً تند میزان PH بالا بوده (اغلب نزدیک به ۷ یا خنثی) که در محدوده PH مطلوب برای رشد و نمو گیاهان می‌باشد. متوسط اسیدیته یا PH خاک‌های حوضه ۶/۱۴ می‌باشد، جدول‌های ۵ و ۶ که از نظر زراعی برای رویش گیاهان مطلوب می‌باشد با وجود تمایل اسیدی بسیار ضعیف خاک است ولی هیچ‌گونه مسمومیتی برای رشد و نمو گیاهان به وجود نمی‌آورد.

جدول ۵: برآورد میزان Ph و EC در ایستگاه‌های حوضه

پارامتر / ایستگاه نمونه برداری	PH	عصاره اشباع ۱/۵(EC)[۲]	عصاره اشباع۱/۲۵(EC)[۳]
وسط حوضه(نقطه کم شیب) آب ماهی	۶/۲	۰/۱	۰/۲
شمال جمال بیگ	۵/۵	۰/۲	۰/۲۵
شمال‌غرب چمریز	۶/۵	۰/۱۴	۰/۲
جنوب درودزن	۶/۴۵	۰/۱۸	۰/۴

منبع: نگارندگان ۱۳۹۳

۱– منظور از عصاره اشباع ۱/۵ این است که ۲۰ گرم خاک با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مخلوط شود.
۲– منظور از عصاره اشباع ۱/۲۵ این است که ۱۰ گرم خاک با ۲۰ میلی‌لیتر آب مخلوط گردد.

جدول ٦: تعیین درصد دانه بندی نمونه‌های خاک حوضه کر – چمریز

منطقه نمونه برداری	وزن ذرات کوچکتر از ۰/۰۵mm	وزن باقیمانده روی غربال ۰/۰۵mm	وزن باقیمانده روی غربال ۰/۱mm	وزن باقیمانده روی غربال ۰/۵ mm	وزن باقیمانده روی غربال ۱mm
وسط دشت آبماهی	۲/۶gr	۲/۵gr	۱۸/۶gr	۱۴/۳gr	۱۴/۷gr
شمال جمال بیگ	۴/۸gr	۵/۱gr	۱۵/۹gr	۹/۸gr	۱۴/۱gr
شمال‌غرب چمریز	۵/۲٪	۵٪	۳۷/۲٪	۲۰/۶٪	۲۹/۴٪
جنوب درودزن	۹/۶٪	۱۰/۲٪	۳۱/۱٪	۱۹/۶٪	۲۸/۲٪

منبع: مطالعات نگارندگان ۱۳۹۳

هر چقدر خاک‌ها ریز بافت تر باشند اثر بارندگی شدید در مسدود کردن منافذ خاک و تخریب خاک دانه‌ها و غیر قابل نفوذ کردن خاک بیشتر است(کردوانی، ۱۳۶۹، ۸۸). در حوضه مورد پژوهش وضعیت PH و EC نشان‌گر استعداد خاک‌ها برای فرسایش خطی رواناب‌ها است. هدایت الکتریسته خاک یا EC و همچنین اسیدیته خاک یا PH در جدول (۵–۶)، ایستگاه‌های حوضه مورد مطالعه برای بررسی درصد دانه بندی خاک نشان داد که در بخش‌های کم شیب میانی و خروجی حوضه خاک‌های ماسه‌ای و سیلتی تا لومی گسترش دارند و در شیب‌های زیاد ۵۰ درصد بافت خاک بیشتر درشت دانه بوده است و از نظر میزان اسیدیته خاک (PH ۵/۹) و هدایت الکتریکی(EC۰/۱) فرسایش خطی (شیاری–خندقی) می‌باشد. میزان اسیدیته متأثر از وجود یون‌های و یا بازی موجود در خاک است. بررسی ویژگی ژئومورفیک حوضه نشان می‌دهد که با توجه به سازندهای آهکی در منطقه و به تبع آن رسوب‌های حاوی کربن‌های کلسیم می‌توان انتظار داشت که PH موجود بالاتر از ۷ و قلیایی باشد. نتایج آنالیز نمونه‌ها نشان می‌دهد که PH موجود بین ۵/۵ تا ۶/۴۵ است. خاک‌های حاوی ۴۰ الی ۶۰ درصد سیلت حساس‌ترین خاک‌ها به فرسایش آبی هستند(رفاهی، ۱۳۷۹: ۵۲). در دامنه‌های کم شیب حوضه کر چمریز نیز درصد سیلت بسیار بالا است و لذا سازندهای سطحی آن حساسیت زیادی را به فرسایش خطی رواناب‌ها دارد.

بحث و نتایج

در بررسی–های لرزه خیزی منطقه فارس، در قرن نوزدهم میلادی معرف سده‌ای لرزه خیز و نا آرام برای منطقه استان فارس بوده است. به طور کلی تا سال ۱۹۰۰ میلادی شمار زمین لرزه‌های ویرانگر به شدت زیان‌بار ۷ بار بوده است. این منطقه به نسبت سایر مناطق زاگرس از نظر لرزه خیزی منطقه‌ای نیمه فعال بوده و زلزله‌های با قدرت کم تا متوسط به میزان فراوان در آن رخ می‌دهد و احتمال وقوع زلزله‌های بزرگ درآن ضعیف است. زون ساختاری رسوبی اردکان که در شمال‌غرب حوضه کر – چمریز قرار گرفته است از دیدگاه ساختاری و نو زمین ساختی یک ناحیه اصلی به شمار می‌آید. براساس داده‌های آماری تا کنون زمین لرزه ای بزرگتر از ۵/۷ ریشتر در منطقه رخ نداده است و تنها ۵ درصد کل زمین لرزه‌های رویداده مربوط به آن‌هایی است که دارای بزرگی ۵/۷– ۵/۴ با دوره رویداد میانگین هر ۲۰ سال یک‌بار و شاید هم چند سالی بیشتر از آن بوده است. زمین لرزه‌های با بزرگی ۵/۴– ۵ نیز ده درصد زمین لرزه‌های رخ داده را با دوره میانگین هر ده سال یک‌بار شامل می‌شود. با توجه به مراتب فوق و با استفاده از دلایل رسوبی – چینه شناسی زمین

ساختی و لرزه خیزی، ادامه تغییر شکل‌های زاگرس چین خورده (پس از پلیوسن) در سراسر دوره کواترنر همچنان به صورت چین خوردگی به طور اساسی و به صورت گسیختگی به طور نادر و پراکنده و با هماهنگی با ساختارهای قبلی اما با شدتی کمتر در نظر گرفته می‌شود که نمایان‌گر کارسازی و ادامه نیروهای فشرده ساز مربوط به آخرین مرحله کوه‌زایی آلپ در طی دوره مذکور و در حال حاضر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در نهایت عدم حضور گسله‌های زمین لرزه‌ای و اشاره فراوان به سنگ ریزش‌ها، زمین لغزش‌ها و شکاف بر داشتن کوه‌ها در طی زمین لرزه‌ای تاریخی و قرن بیستم زاگرس چین خورده را می‌توان گواهی بر پیشرفت تغییر شکل‌های آن به صورت چین خوردگی در نظر گرفت.

نتیجه گیری

حفاظت آب و خاک از اصولی‌ترین پایه‌های توسعه پایدار است و بی توجهی به این اصل می‌تواند عواقب جبران ناپذیری را به همراه داشته باشد. لذا هدف اصلی این پژوهش مشخص کردن منابع اصلی فرسایش و رسوب‌زایی بالقوه و مناطق نو زمین ساخت در حوضه از جمله اطلاعات ضروری است که باید در مورد هر حوضه آبخیز در ایران به آن پی برده و با تدابیری خاص در تقلیل فرسایش و تولید رسوب اقدام کرد. همان‌گونه که عنوان شد جهت برنامه‌ریزی صحیح و اعمال مدیریت پایدار در حوضه لازم است که مطالعات جامع و مبسوطی انجام گیرد. امروزه مطالعات نه چندان هدفمند در قالب و چارچوب دستور العمل‌ها و شرح خدمات‌های قانونی در پیش بینی و جلوگیری از وقوع حوادث انجام می‌شود که متأسفانه بیشتر آن‌ها جدا از بررسی‌های صاحب‌نظران دانشگاهی می‌باشند و مسایل علمی و به روز دنیا را کمتر مد نظر قرار می‌دهند. حوضه آبریز کر – چمریز با بارندگی نسبتاً مناسب و خاک‌های مستعد زراعی از پتانسیل بسیار بالایی برای انجام امور کشاورزی برخوردار است. پوشش گیاهی از یک طرف چون لایه محافظی است که خاک را از فرسایش مصون می‌دارد و از طرف دیگر با افزایش نفوذ پذیری خاک در مقابل آب، مقدار بیشتری از رطوبت حاصل از بارندگی‌ها را در خاک ذخیره می‌سازد. فرسایش خاک به دلیل عدم کاربری صحیح و بارش‌های ناگهانی موجب وقوع سیلاب‌های مخرب در منطقه می‌شود که به زمین‌های زراعی و روستاهای واقع در حوضه آسیب‌های وارد می‌کند. بارندگی مناسب و شیب نسبتاً کم دامنه‌ها فرصت خوبی را برای تحول خاک به وجود آورده و لذا ضخامت خاک‌ها در سطوح دامنه‌ای کم شیب بسیار خوب است. میزان pH خاک حوضه از ۵/۵ تا ۶/۴۵ به ترتیب از شیب‌های بسیار کم تا بالاتر از ۲۵ درصد متغیر بود و به دلیل استفاده بیش از حد از خاک حوضه فرسایش آن را تسریع کرده و آثار آن را به صورت فرسایش آبراهه، شیاری، خندقی منجر شده است. مقدار شاخص vf کمتر از یک و Bs نشان دهنده‌ی فعالیت نو زمین ساخت به صورت فرازش در حوضه است. ماه‌هایی که دارای نوسان رطوبتی منفی هستند برای فرسایش خطی به ویژه فرسایش خندقی مستعد می‌باشند که ماه‌های دی، بهمن، شهریور، مهر، آبان، آذر دارای شاخص نوسان رطوبتی منفی می‌باشند خود دلیل بر فرسایش خاک در این حوضه می‌باشد و متوسط فرسایش‌زایی باران در سال‌های آماری ۷۰ تا ۹۰ بر حسب تن در هکتار ۶۳۸۳/۵۰۲ می‌باشد و نشان دهنده بالا بودن نرخ فرسایش خاک در منطقه می‌باشد. لذا بعد از بررسی با توجه به توان

محیطی و شرایط هیدرولوژی حوضه جهت کنترل سیلاب‌ها و حفاظت آب و خاک و اجرای آمایش، با اعمال مدیریتی قابل اصلاح می‌باشد.

منابع

۱- احمدی، حسن، (۱۳۸۶): ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، جلد۱، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰،۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه.

۳- ساری صراف، بهروز و محمد رحمانی، (۱۳۸۴): بررسی تغییرات رسوب در دوره زمانی قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره‌چهارم، صص ۱۰۶- ۱۰۷.

۴- عابدینی، موسی، (۱۳۸۴): بررسی عوامل مورفوژنز مؤثر در پایداری دامنه‌های منطقه دیوان داغی، رساله دکتری، دانشگاه تبریز. صص۱۱۱-۱۱۰.

۵- علایی طالقانی، محمود، (۱۳۹۰): ژئومورفولوژی ایران. چاپ ششم، نشر قومس، تهران. صص۱۶۰-۱۵۹.

۶- علیزاده، امین، (۱۳۸۱): اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سیزدهم مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.

۷- جداری عیوضی، جمشید، ابراهیم مقیمی، مجتبی یمانی، حسین محمدی، احمد رضا عیسایی، (۱۳۸۸): تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب مطالعه موردی: رودخانه و دریاچه سد درودزن، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۱، بهار ۸۹.

۸- قدوسی، حسام. ستاری، نسیم، (۱۳۹۱): قابلیت شبکه عصبی مصنوعی در تخمین دبی ورودی به سد کرج، سمینار بین المللی رودخانه سال نهم. ص۸۲ -۶۹.

۹- رجایی، عبدالمجید، (۱۳۷۳): کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، نشر قومس.

۱۰- رجایی، عبدالمجید، (۱۳۸۲): ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه ریزی و عمران ناحیه‌ای، نشر قومس.

۱۱- رضایی مقدم، محمد حسین، (۱۳۷۴): پژوهش در تشکیل کوهپایه‌ها و دشت‌های انباشتی دامنه جنوبی میشوداغ، با تأکید بر مورفوکلیما و مورفوتکتونیک. رساله دکتری. دانشگاه تبریز.

۱۲- رفاهی، حسینقلی. (۱۳۷۹): فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۳- زمردیان، محمد جعفر، (۱۳۷۸): ژئومورفولوژی درایران، جلد اول، انتشارات دانشگاه مشهد.

۱۴- کردوانی، پرویز، (۱۳۶۹): خاک‌های شور، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۵ - کمانه، عبدالعلی، (۱۳۸۴): تحولات ژئومورفیک حوضه رودخانه کر در کواترنر، دانشگاه اصفهان، رساله دکتری. ص ۱۵۶.

۱۶- موحد دانش، علی اصغر، (۱۳۸۲): هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران، انتشارات سمت.

۱۷- یزدانی، محمد رضا، (۱۳۸۵): برآورد بده بیشترین لحظه سیل در حوضه آبخیز کوچک. مجله منابع طبیعی ایران، جلد پنجاه و نه، شماره دو.

18- Bull, B .W. (1984): Tectonic Geomorphology, Journal of Geological Education. V. 32.

19- Harem, (1991): Suspended Sediment Modeling Using Genetic Programming and Soft Computing. Techques Scip.48-58.

20- Ramirez, Herrera .M.T. (1996): Geomorphic Assessment of Active Tectonics in The Amambay Graven, Mexican Volcanic Belt.vol.23.

21 -Pinter & Keller; (1998): Denis Comparison Soil and Water Assent Too for Predicting Sediment Yield in The Nagwa Agricultural Water Shed in Jhar khand, India. Sic. P. 113-12.

22 - Silva, P. G & et al. (2003): Fault Generated Mount ion Fronts in Southeast Spain. Elsevier Geomorphology. Vol. 1-50.
23- Merrit, R.A Letcher and A .j. Jakeman. (2003): Are View of Erosion and Sediment Transport Models? Environmental Modeling and Software. 99.