بررسي حساسیت به فرسایش و رسوبزایي سازندهاي زمین‌شناسي در حوزه آبخیز گرگان

سادات فیض‌نیا*[۱]، جعفر دستوراني[۲]، حسن احمدي[۱] و جمال قدوسي[۳]
[۱] استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستاني، دانشکده منابع طبیعي، دانشگاه تهران، ایران
[۲] دانشجوي دکتري آبخیزداري دانشکده منابع طبیعي، دانشگاه تهران، ایران
[۳] استادیار پژوهشي مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداري، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۴/۸/۲۱، تاریخ تصویب: ۸۶/۸/۲۸)

چکیده

در این پژوهش شش زیر حوزه داراي آمار رسوب و دبي جریان روزانه در حوزه آبخیز گرگان گزینش شدند. درآغاز میزان رسوبدهي سالانه و سپس میزان فرسایش در هر زیر حوزه، ازراه محاسبه نسبت تحویل رسوب و اعمال آن بر میزان رسوب سالانه برآورد شد. براي کلیه زیر حوزه‌ها، نقشه واحد کاري همگن در محیط GIS تهیه و در هر یک از واحدهاي کاري، حساسیت به فرسایش مواد زمین‌شناسي (مواد ناپیوسته با عامل K تغییر داده شده روش USLE و مواد پیوسته با روش سلبي ۱۹۸۰) تعیین شد. براى رتبه بندي نمره کیفي حساسیت به فرسایش مواد ناپیوسته و پیوسته در راستاي مشخص، از روش فاصله بین اعداد، کمینه و بیشینه میزان K و نمره سلبي بهره گرفته شد. در ادامه به‌منظور مقایسه واحدهاي کاري مختلف از نظر حساسیت به فرسایش و تولید رسوب و تهیه نقشه کمي‌فرسایش در هر یک از زیر حوزه‌ها، میزان فرسایش ویژه برپایه نمره کیفي حساسیت به فرسایش و میزان فرسایش ناشي از کاربري‌هاي مختلف اراضي با بکارگیري روابط ارائه شده، محاسبه شد. برپایه نتایج بدست آمده، رتبه مقاومت مواد پیوسته به فرسایش بین ۳۴ تا ۸۶ و مواد ناپیوسته بین ۱۳ تا ۲۲/۳ و میزان فرسایش ویژه واحدهاي کاري مختلف بین کمتر از یک تا بیش از ۵۰۰ تن در کیلومتر مربع در سال تغییر مي‌نماید.

کلمات کلیدي: رسوبدهي سالانه، SDR، GIS، نقشه واحد کاري، حساسیت به فرسایش، فرسایش ویژه، حوزه آبخیز گرگان

---

* نویسنده مسئول: تلفن: ۲۲۴۹۳۱۳-۰۲۶۱ فاکس: ۲۲۴۹۳۱۳-۰۲۶۱ Email: sfeiz@ut.ac.ir

مقدمه

برآورد میزان فرسایش و تهیه نقشه منطقه‌های حساس به فرسایش به‌طوراصولی به روش‌هاي مختلف انجام مي‌گيرد. فرسايش نتيجه تاثير متقابل قدرت فرسايندگي عامل فرساينده، حد فرسايش‌پذيري مواد زمين‌شناسي، شيب و كاربري اراضي است. در بين عامل‌ های موثر بر فرسایش، مواد زمين‌شناسي (اعم از پيوسته و ناپيوسته) داراي شدت فرسايش متفاوتي مي‌باشند و ميزان فرسايش پذيري آنها به ويژگی‌های سنگ شناسي و ساختمان زمين‌شناسي نظير چين خوردگي بستگي دارد. بنابراين با تعيين مقاومت سنگ‌ها و سازندها مي‌توان به گونه ای مناسب منطقه‌های مختلف را از نظر حساسيت به فرسايش مشخص نمود. براي رتبه‌بندي مقاومت سنگ‌هاي پيوسته به فرسايش، ويژگی‌هایی از سنگ مانند سختي، درز و شكاف، شدت هوازدگي سنگ‌ها و در مواد ناپيوسته، بافت، ساختمان، نفوذ پذيري، كاني شناسي، مواد آلي، نوع رس و ... مورد بررسي قرار مي‌گيرد (۹). روش‌هاي علمي‌نيز براي طبقه‌بندي سنگ‌ها از نظر حساسيت وجود دارد كه مي‌توان به طبقه‌بندي مقاومتي سنگ‌ها (سلبي؛ ۱۹۸۰) (۹)، طبقه‌بندي مقاومت سنگ‌ها براي اقليم‌های مختلف ايران (۸)، طبقه‌بندي سنگ‌ها از راه سختي آنها (پروتودياكونوف[1] ۱۹۷۱؛ رزسكي و نوويك[2] ۱۹۷۱)، روش مقاومت سنگ‌ها نسبت به فرسايش (كركالدي و همكاران[3] ۱۹۸۸)، طبقه‌بندي جانسون و همكاران[4] (۱۹۹۳) و روش آناندیل[5] (۱۹۹۵) اشاره نمود (۱۰). به دليل پيچيدگي حساسيت سنگ‌هاي مختلف تشكيل دهنده سازندهاي زمين‌شناسي به فرسايش، روش‌هاي مختلفي براي تعيين فرسايش پذيري و منطقه‌های حساس به فرسايش صورت گرفته است. بررسي عامل ها و ويژگی های سنگ در سه زمين لغزش در حوزه آبخيز تسنگون[6] در تايوان نشان داده است كه دو كاني سريسيت و فلدسپات در سنگ شرايط بحراني ايجاد مي‌نمايند (۱۵). بررسي تاثير رطوبت دروني سنگ بر روي عدد چكش اشميت نشان مي‌دهد كه با افزايش ميزان رطوبت، ميزان واجهش چكش اشميت (R) كاهش مي‌يابد اما اين كاهش در همه سنگ‌ها يكسان نيست (۱۷ و ۲۳). همچنين ارتباطي بين معيار هيدروليكي عامل فرساينده (نيروي جريان رودخانه) با ويژگی های فيزيكي سنگ‌ها (چگالي، يكپارچگي و زبري سنگ‌ها) وجود دارد (۹ و ۱۴). شاخص‌ هاي تنش برشي بحراني (τ_c) و ضريب فرسايش پذيري (K_d) براي آبراهه‌های در حال فرسايش در منطقه‌های لسي در نيمه غربي ايالت متحده به كمك دستگاه جت غوطه‌ور مورد بررسي قرار گرفته است (۱۸). همچنين از جابجايي مكاني رودخانه براي تعيين فرسايش پذيري ديواره رودخانه و دشت سيلابي، بهره‌گيری شده است (۲۰). ارزيابي پتانسيل فرسايش‌پذيري خاک بدست آمده از سازندهاي زمين‌شناسي بنين، بند-امكي[7] و شيل معروف به شيل ايمو[8] در نيجريه نشان داده كه نسبت پراكنش رس و درصد خاكدانه رسي شاخص‌هاي مناسبي براي تعيين فرسايش‌پذيري است (۱۹). بررسی‌ های نيز در ايران و در ارتباط با فرسايش پذيري و رسوبزايي سازندهاي زمين‌شناسي انجام شده كه از آن جمله مي‌توان به بررسي فرسايش‌ذيري و رسوبزايي سازندهاي منشاء رسوب‌هاي مخروطه افكنه گرمابدشت اشاره نمود كه اين رسوب‌ ها از نظر رسوب‌شناسي، منشاءيابي و بر پايه فراواني خرده سنگ‌ها و كاني‌هاي مختلف و وسعت سازندهاي زمين‌شناسي در حوزه آبخيز گرمابدشت، مورد بررسي قرار گرفته و در نهايت سازندهاي حساس مشخص شده است (۴). علاوه بر اين از روي بررسی‌های كاني شناسي رسوب‌ها و تهيه مقطع های نازک از سنگ‌ها، پتانسيل رسوبزايي سازندهاي حوزه آبخيز طالقان تعيين و سازندها به ترتيب مقاوم‌ترين تا حساس‌ترين نسبت به فرسايش مشخص شده

---

[1] Protodyakonov

[2] Rzhevsky & Novik

[3] Kerkaldi et al

[4] Johnson et al

[5] Annandale

[6] Tesngwen

[7] Benin ، Bende –Ameki

[8] Imo

اند(۶). برای تعيين حساسيت به فرسايش سازندهاي مختلف زمين‌شناسي در حوزه آبخيز مهارلو (استان فارس) از روش رده‌بندي براند و همكاران[1] (۱۹۸۴) براي واحدهاي سنگي (پيوسته) و از روش BLM براي سازندهاي سست (ناپيوسته) (۳)، و از روش فعلي براى بررسي حساسيت به فرسايش سازندهاي مختلف زمين‌شناسي حوزه آبخيز لتيان بهره‌گيری شده است (۹). بررسي در مورد رسوبزايي لس‌هاي قره تيكان نشان مي‌دهد كه كربنات كلسيم، ميزان و نوع كاني رسي و قابليت هدايت الكتريكي، عامل موثر بوده است(۱). فرسايش پذيري نسبي خاک بدست‌آمده از برخي سازندهاي زمين‌شناسي نيز در حوزه آبخيز گل آباد مورد بررسي قرار گرفته و بر پايه فرسايش پذيري خاک، سازندها از نظر فرسايش پذيري رتبه بندي شده است(۵). هدف از اين پژوهش تعيين حساسيت به فرسايش سازندهاي زمين‌شناسي در قالب واحدهاي كاري همگن و كمي‌نمودن وضعيت كيفي حساسيت سازندها به فرسايش به‌منظور تعيين منطقه‌های حساس به فرسايش در زير حوزه‌هاي گزينش‌شده است.

منطقه مورد بررسی

در اين پژوهش، شش زير حوزه كه از نظر تقسيم بندي زمين ريخت‌شناسی جزء واحد كوهستان و در سرشاخه‌هاي حوزه آبخيز گرگان قرار دارند، گزينش شدند (شكل ۱). مشخصات آنها در جدول۱ خلاصه شده است. اقليم همه زير حوزه‌ها به روش آمبرژه نيمه مرطوب سرد است. در زير حوزه‌هاي مورد بررسی، سازندهاي با سنين و ليتولوژي متفاوت اعم از واحد سنگي گابرو-ديوريتGb، بدون سن مشخص، سازندهاي دوران پالئوزوئيك (شيست‌هاي گرگان O^{sch}، سازند پادها D_P، سازند خوش ييلاق D_{kh}، سازند ميلا C_m، سازند مبارك €_m^{L}، سازند جيرودD_c و واحد سنگي آندزيت-بازالتSb)، سازندهاي دوران مزوزوئيك(سازند لار J_L، سازند شمشک J_s، سازند مزدوران j_{mz}، سازند كشف رودJ_k^{ss}, J_k^{sd} و واحد آهكي K_1^L) و سازندهاي دوران سنوزوئيك(نهشته‌هاي پليوسن - كواترنري PLQ، رسوب‌های لسQ^L، نهشته‌هاي كفه رسي Q^c، واريزه Q^{sc}، نهشته‌هاي رودخانه اي عهد حاضر Q^{al} مخروطه‌هاي افكنه آبرفتي و پادگانه‌هاي جديد Q_{t2}) رخنمون دارند. همچنين زير حوزه‌ها از نظر كاربري اراضي تنوع زيادي دارند. به‌طوري‌كه در شرايط فعلي كاربريهاي جنگل متراكم، جنگل نيمه متراكم، جنگل مصنوعي، زراعت بدون محدوديت آبي، كشت ديم، زراعت با محدوديت آبي، مرتع متراكم و مرتع نيمه متراكم وجود دارند.

مواد و روش‌ها

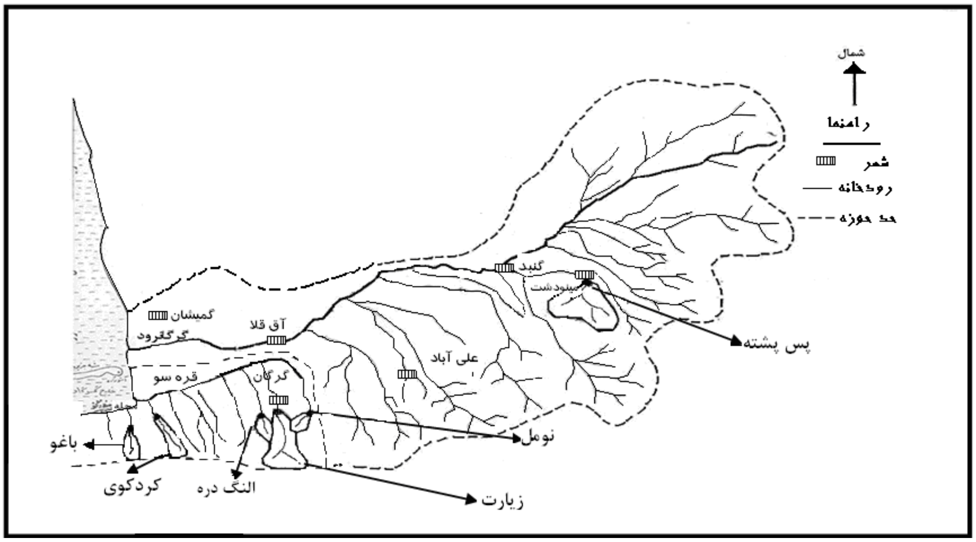
اين پژوهش برپايه روند نماي ارائه شده در شكل۲ و با شرح بيشتر در متن انجام شده است. بدين ترتيب در انجام اين پژوهش از مواد و روش‌هاي زير بهره‌گيری شده است. مواد مورد بهره‌گيری در اين پژوهش مشتمل بر نقشه‌هاي توپوگرافي، كاربري اراضي، زمين‌شناسي، اقليم، آمار و اطلاعات آب و هوا، رسوب، دبی جريان روزانه، چكش اشميت نوع N، دستگاه GPS، ميكروسكوپ بينوكولر و نرم افزارهاي(R_2V)، (Arc/info۳۵۱)، (Arc/view۳,۲)، (Idrisi)، (Excel)، براي تهيه نقشه‌ها بوده است.

برآورد رسوب و فرسايش

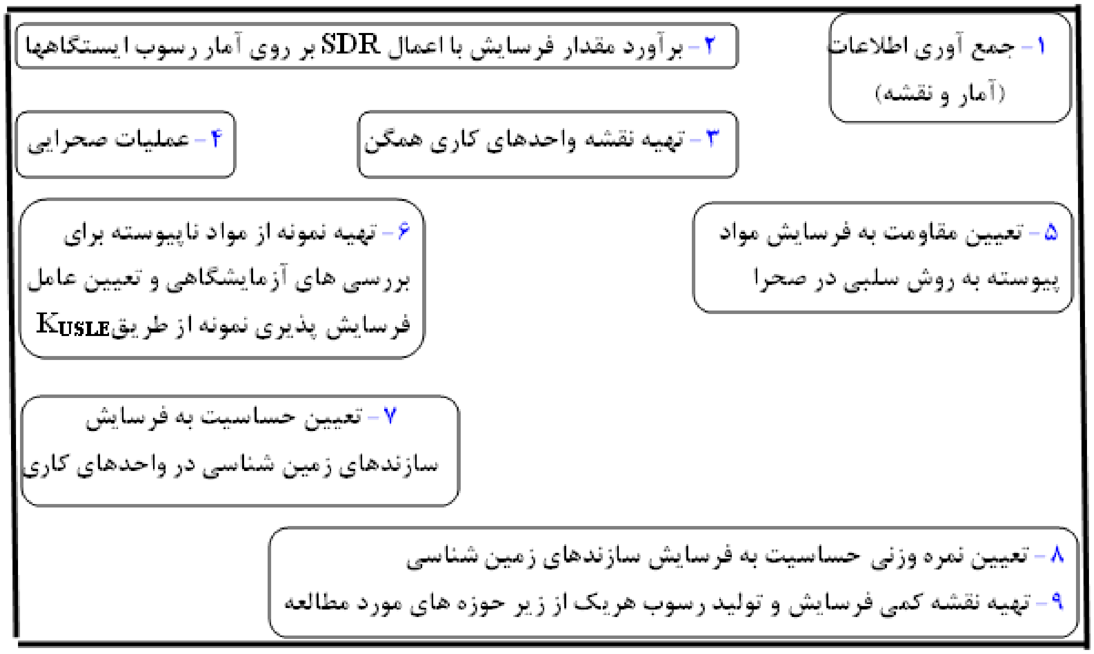
برای برآورد رسوب زير حوزه‌هاي مورد بررسی از كل رسوب معلق اندازه گيري شده و بار كف بهره‌گيری شد. با بهره‌گيری از آمار دبي جريان و رسوب از سال ۱۳۷۹-۱۳۶۴ و از راه حد وسط دسته‌ها كه برآورد نااريبي از ميزان رسوب معلق را ارائه مي‌دهد و بهترين روش در اين زمينه مي‌باشد(۱۱)، منحني سنجه رسوب ترسيم و از تلفيق رابطه بدست آمده با دبي ميانگين روزانه، ميزان رسوب معلق سالانه زير حوزه‌ها محاسبه شد. براي تعيين ميزان رسوب بار كف به عنوان درصدي از بار معلق، از نتايج پژوهشي انجام شده (۲) در زير حوزه زيارت بهره‌گيری شد.

---

[1] Brand et al



شکل ۱- موقعيت زير حوزه‌هاي مورد بررسی در حوزه آبخيز گرگان



شکل ۲- روند نماي(**Flow chart**) مرحله‌های مختلف بررسي حساسيت به فرسايش و رسوبزايي سازندهاي زمين‌شناسي در زير حوزه‌هاي مورد بررسی

جدول ۱ – خلاصه ويژگي‌هاي زير حوزه‌هاي مورد بررسي

زير حوزه	ايستگاه	مساحت زير حوزه (km^2)	مختصات جغرافيايي زير حوزه	
			طول شرقي	عرض شمالي
النگ دره	النگ دره	۱۳/۲۳	۵۴°۱۶′ - ۵۴° ۲۶′	۳۶°۴۳′ -۳۶°۵۱′
زيارت	نهارخوران	۹۸/۳۴	۵۴°۲۳′ ۵۵″ -۵۴°۳۱′۱۰″	۳۶°۳۶′ ۵۸″ -۳۶°۴۶′ ۱۱″
باغو	جنگلباني باغو	۳۰/۷۱	۵۴° - ۵۴°۳″	۳۶° ۴۰′ ۵″-۳۶°۴۵ ′
كردكوي	غازمحله	۶۱/۷	۵۴°۵′ ۳۲″-۵۴°۱۰′ ۵۵″	۳۶°۳۹′۴۲ ″- ۳۶°۴۷′ ۱۵″
نومل	نومل	۲۲/۶	۵۴°۶″ - ۵۴°۳۰′	۳۶° ۳۶′-۳۶°۴۸′
پس پشته	پس پشته	۱۶۵/۵۵	۵۵°۱۵′ ۸″-۵۵°۲۸′ ۵۷″	۳۶°۵۹′ ۱۸″ -۳۷°۳۲′ ۴۶″

جدول ۲- روش‌هاي محاسباتي **SDR** برپايه مساحت حوزه آبخيز

رديف	روش محاسباتي **SDR**	معادله	ملاحظات
۱	واحدخدمات حفاظت خاك آمريكا (۱۹۷۱)	SDR =۰/۳۳۲ $A^{-۰/۲۲۳۶}$ R^2 =۰/۹۸۴۱	A: مساحت حوزه (Km^2)
۲	واحدخدمات حفاظت خاك آمريكا (۱۹۸۳)	=۰/۴۱۷۷۶۲ $A^{-۰/۱۳۴۹۵۸}$-۰/۱۲۷۰۹۷ SDR	A: مساحت حوزه (Mi^2)
۳	لارنس[1] (۱۹۹۶)	SDR = $A^{-۰/۲}$	A: مساحت حوزه (Km^2)
۴	رنفرو (۱۹۷۲)	D=۱/۸۷۷-۰/۱۴۱۹ -Log(۲۵/۹ A) Log	A: مساحت حوزه (Km^2) وD: رسوبدهي حوزه به %
۵	رنفرو (۱۹۷۵)	Log D=۱/۷۹۳۵ -۰/۱۴۱۹۱LogA	A: مساحت حوزه (Km^2) D: رسوبدهي حوزه به %
۶	وانوني[2] (۱۹۷۵)	SDR= ۰/۴۲ $A^{-۰/۱۲۵}$	A: مساحت حوزه (Mi^2)
۷	واحدخدمات حفاظت خاك آمريكا (۱۹۷۹)	SDR=۰/۵۱ $A^{-۰/۱۱}$	A: مساحت حوزه (Mi^2)

منبع: قدوسي ۱۳۸۳

---

[1] Larence

[2] Vanoni

محاسبة نسبت تحويل رسوب (S.D.R) و فرسايش

براي محاسبه نسبت تحويل رسوب (SDR)، ميزان SDR زير حوزه زيارت به دو روش محاسبه با بهره‌گيری از آمار و اطلاعات فرسايش و رسوب موجود و گزينش هفت فرمول برآورد مقدار SDR بر پايه عامل مساحت حوزه آبخيز (جدول ۲)، برآورد شد. مقايسه ميزان SDRهاي بدست آمده از دو روش يادشده نشان مي‌دهد كه روش رنفرو[1] (۱۹۷۵) عدد نزديك به واقعيت را بدست مي‌دهد. لذا از اين فرمول براي ساير زير حوزه‌ها بهره‌گيری شد. سپس با اعمال SDR بر ميزان رسوب در هر مورد، ميزان فرسايش برآورد شد.

تهيه نقشه واحد كاري همگن

در اين پژوهش كه هدف بررسي حساسيت به فرسايش سازندهاي زمين‌شناسي است سازندهاي زمين‌شناسي پايه كار درنظرگرفته مي‌شود(۹) سپس‌با دخالت دادن‌عامل‌هایی همچون شيب، كاربري اراضي و اقليم(در صورت تغيير اقليمي)، نقشه واحدهاي كاري همگن كه پايه اصلي بررسی به شمارمی آيد بدست مي‌آيد. بر اين پايه نقشه واحدهاي كاري همگن از تلفيق نقشه سازندهاي زمين‌شناسي، شيب و كاربري اراضي براي كليه زير حوزه‌ها و به روش قطع دادن نقشه‌ها در محيط GIS با بكارگيري نرم افزار۳٫۲ Arc/view تهيه شد. پس از تهيه نقشه واحدهاي كاري همگن، از راه انجام كارهای ميداني با كمک GPS موقعيت هر یک از واحدها بر روي زمين مشخص و سپس اقدام به تعيين حساسيت به فرسايش سازندهاي زمين‌شناسي در آن واحدها شد.

برآورد كيفي فرسايش پذيري سازندهاي زمين‌شناسي

در اين پژوهش دو روش جداگانه براي تعيين مقاومت و حساسيت به فرسايش سازندهاي زمين‌شناسي مورد بهره‌گيری قرار گرفته است. براي مواد پيوسته كه شامل سنگ‌ها و مواد يكپارچه ماقبل كواترنر و كواترنر مي‌باشند، روش سلبي(جدول۳) و براي مواد ناپيوسته كه شامل سنگ‌هاي ناپيوسته و نهشته‌هاي ماقبل كواترنر و كواترنر مي‌باشند، عامل فرسايش پذيري K تغيير داده شده مربوط به روش USLE بهره‌گيری شد. به منظور رتبه بندي مواد ناپيوسته و پيوسته در يك دامنه مشخص از روش فاصله بين اعداد و كمينه و بيشينه ميزان K و نمره سلبي و با اعمال تمهيدهای كارشناسي، نمره كيفي حساسيت مواد پيوسته به فرسايش در راستاي تغيير نمره كيفي حساسيت به فرسايش واحدهاي پيوسته (نمره سلبي) بهره‌گيری شد. بدين شرح كه عدد k=۱ مواد ناپيوسته برابر عدد ۵ و k = ۰ برابر عدد ۲۴ روش سلبي منظور شد.

عامل فرسايش پذيري **K** تغيير داده شده مربوط به روش **USLE**

در عامل K روش USLE كه براي تعيين فرسايش پذيري مواد ناپيوسته شامل نهشته‌هاي ماقبل كواترنر و كواترنر بهره‌گيری شد، تغييرهایی به شرح زير صورت گرفت (۱۰). نسبت كاني و خرده سنگ‌هاي مقاوم به فرسايش و خرده سنگ‌هاي نامقاوم كه در زير بينوكولر به شرح $\frac{100–80\%}{0–20\%}$ ، $\frac{60–80\%}{20–40\%}$ ، $\frac{40–60\%}{40–60\%}$ و $\frac{20–40\%}{60–80\%}$ تعيين شده بود، بترتيب به جاي مواد آلي برابر ۴%، ۳%، ۲%، ۱% و صفر درصد در مدل USLE منظور شد. ساير عامل ها در روش USLE بدون تغيير محاسبه شد. ابتدا دانه بندي نمونه رسوب‌ها به روش الك تر (الك‌هاي با قطر ۲۰، ۲، ۰/۵، ۰/۲۵ ميلي متر و ۱۰۰ و ۵۰ ميكرون) و هيدرومتري انجام شد. در ادامه از روي درصد ذره‌ها با قطر بيشتر از ۲ ميلي متر ساختمان نمونه، از درصد ذره‌های با قطر بين ۲ mm- ۱۰۰µ درصد ماسه و از درصد ذره‌های ۱۰۰-۵۰ ميكرون (تعيين شده به روش الك تر با الكهاي ۱۰۰ و ۵۰ ميكروني) درصدماسه خيلي‌ريزو ازدرصدذره‌های ۵۰-۲ ميكرون (تعيين شده به روش هيدرومتري) درصد سيلت و در نهايت از روي درصد ذره‌های با قطر زير ۲

---

[1] ۱- Renfero

ميكرون تا ۲۰ ميلي متر پس از مشخص نمودن اسم رسوب و جدول‌هاى مربوطه (۷) نفوذپذيري تعيين شد (۹).

جدول ۳- تعيين طبقه مقاومتي سنگ‌ها در روش سلبي (۱۹۸۰) (۹)

طبقه‌ها / پارامترها	خيلي حساس(۱)	حساس(۲)	مقاوم متوسط (۳)	مقاوم(۴)	بسيار مقاوم(۵)
مقاومت سنگ يكپارچه بر پايه ميزان واجهش چكش اشميت (R)	۱۰-۳۵	۳۵-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۱۰۰
نمره	۵	۱۰	۱۴	۱۸	۲۰
هوازدگي	به‌طوركامل هوازده	هوازدگي زياد	هوازدگي متوسط	كمي‌هوازده	بدون هوازدگي
نمره	۳	۵	۷	۹	۱۰
فاصله بين درزه‌ها	كمتر از ۵۰ ميلي متر	بين ۵۰ تا ۳۰۰ ميلي متر	بين ۰/۳ تا ۱ متر	بين ۱ تا ۳ متر	بيش از ۳ متر
نمره	۸	۱۵	۲۱	۲۸	۳۰
جهت يافتگي درزه‌ها نسبت به شيب دامنه	خيلي نامساعد -درزه‌ها شيب تند بوده، شيب درزه‌ها در خلاف جهت شيب دامنه است.	نامساعد - درزه‌ها شيب متوسط بوده، شيب درزه‌ها در خلاف جهت شيب دامنه است.	نسبتا مساعد - درزه‌ها نسبت به دامنه افقي يا به تقريب افقي مي‌باشند (فقط در مورد سنگ‌هاي سخت)	مساعد - درزه‌ها داراي شيب متوسط بوده، شيب درزه‌ها در جهت شيب دامنه است.	خيلي مساعد - درزه‌ها داراي شيب تند بوده، شيب درزه‌ها در جهت شيب دامنه است، درزه‌ها متقاطع
نمره	۵	۹	۱۴	۱۸	۲۰
عرض درزه‌ها	بيش از ۲۰ ميلي متر	۵ تا ۲۰ ميلي متر	۱ تا ۵ ميلي متر	۰/۱ تا ۱ ميلي متر	كمتر از۰/۱ ميلي متر
نمره	۱	۴	۵	۶	۷
پيوستگي درزه‌ها	پيوستگي با پر شدگي زياد	پيوستگي با پر شدگي كم	پيوسته، بدون پر شدگي	تعداد كمي‌از درزه‌ها پيوسته مي‌باشند.	درزه‌ها غير پيوسته (منقطع) مي‌باشند.
نمره	۱	۴	۵	۶	۷
جمع نمره‌ها	۲۴>	۲۵-۴۸	۴۹-۶۵	۶۶-۸۵	۸۶-۹۴

ماخذ: سلبي ۱۹۸۰ (۱۰)

تهيه نقشه حساسيت به فرسايش و رسوبزايي (روش کمي)

به‌منظور امکان مقايسه واحدهاي کاري مختلف با يکديگر از نظر حساسيت به فرسايش و توليد رسوب، ابتدا ميزان فرسايش ويژه هر واحد کاري بر پايه نمره کيفي حساسيت به فرسايش و ميزان فرسايش ناشي از کاربري‌هاي اراضي مختلف با بکارگيري رابطه۱ محاسبه شد. جهت برآورد ميزان فرسايش ناشي از کاربري‌هاي اراضي، ابتدا از بررسی‌های انجام شده (۱۶) بهره‌گیری شد سپس این اعداد با بهره‌گیری از اطلاعات فرسایش حوزه‌ها و به کمک گزینه Solver نرم افزار Excel واسنجي گرديد که نتايج در جدول ۷ آمده است و در نهايت فرسايش ويژه قطعي مربوط به هر یک از واحدهاي کاري در منطقه مورد بررسی با بهره‌گیری از روابط ۲ و ۳ بدست آمد.

(۱)

$$Esp_{(i)} = K\frac{Q\max - Qi}{Qi}Esp_{(L)}$$

(۲)

$$Esp_{(i)} = \frac{\left(E_i / E_t\right)}{A_i}$$

که در آنها:

$Esp_{(i)}$: فرسايش ويژه واحد کاري i ام، E_i: ميزان فرسايش واحد کاري i ام، E_t: ميزان فرسايش زير حوزه که واحد کاري i ام در آن واقع است، A_i: مساحت واحد کاري i ام، A_t: مساحت زير حوزه که واحد کاري i ام در آن واقع است، K: ضريب تصحيح، Q_{max}: بيشينه نمره کيفي حساسيت به فرسايش در روش سلبي که معادل ۹۴ مي‌باشد، Q_i: نمره کيفي حساسيت به فرسايش سازند در واحد کاري i ام و $Esp_{(L)}$: ميزان فرسايش ويژه ناشي از نوع مشخصي از کاربري اراضي است. بر پايه رابطه ۱، هرچه نمره کيفي حساسيت سازند به فرسايش به عدد ۹۴ نزديک مي‌شود، ميزان فرسايش به صفر نزديک مي‌شود. لازم به يادآوری است که مجموع فرسايش ويژه واحدهاي کاري ($Esp_{(i)}$)، مساوي فرسايش ويژه کل حوزه ($Esp_{(B)}$) بوده و با بهره‌گیری از رابطه۳ محاسبه مي‌شود.

(۳)

$$Esp_{(B)} = \Sigma Esp_{(i)}$$

در نهايت بر پايه طبقه‌بندي ميزان فرسايش ويژه(جدول۴) و تطبيق ميزان فرسايش ويژه مربوط به هر یک از واحدهاي کاري همگن، نقشه کمي‌فرسايش پذيري در هر یک از زير حوزه‌هاي مورد بررسی تهيه شد.

جدول۴- طبقه‌بندي ميزان فرسايش ويژه در زير حوزه‌هاي مورد بررسی

ميزان فرسايش ويژه (تن/کيلومتر مربع/سال)	کمتر از ۱	۱-۵	۵-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۵۰۰	بيشتر از ۵۰۰
کد شناسايي	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹

نتايج

محاسبه رسوب و فرسايش زير حوزه‌ها

مقايسه SDR برآورد شده در زير حوزه زيارت بر پايه آمار فرسايش و رسوب زير حوزه زيارت (SDR=۰/۳۱۲) و SDR محاسبه شده با بهره‌گیری از ۷ فرمول گزينش شده بر پايه مساحت حوزه در اين زمينه(جدول۲)، نشان داد که روش رنفرو (۱۹۷۵)، عدد نزديك به واقعيت را بدست مي‌دهد. لذا از اين فرمول براي محاسبه SDR ساير زير حوزه‌ها بهره‌گیری (جدول۵) و با اعمال ميزان SDR در هر مورد، ميزان فرسايش هر یک از زير حوزه‌هاي مورد بررسی بدست آمد (جدول ۶).

جدول ۵- میزان **SDR** محاسبه شده براي زیر حوزه‌هاي مورد بررسی برپایه فرمول رنفرو (۱۹۷۵)

زیر حوزه	نومل	النگ دره	باغو	کرد کوي	پس پشته
میزان SDR به روش رنفرو (۱۹۷۵)	۰/۴	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۳۴۶	۰/۳

جدول ۶- میزان بار رسوب معلق، بارکف، بار کل و فرسایش زیر حوزه‌هاي مورد بررسی

رسوب و فرسایش / زیر حوزه	بار معلق **(ton/yr)**	بار کف **(ton/yr)**	بار کل **(ton/yr)**	مقدار **SDR**	میزان فرسایش **(ton/yr)**
زیارت	۱۶۷۱۹/۴۵	۴۴۰۰/۶	۲۱۱۲۰	۰/۳۲۴	۶۵۱۸۵/۲
نومل	۱۴۴/۹۲	۳۸/۱۴	۱۸۳/۰۶	۰/۴	۴۵۷/۶۶
النگ دره	۸۳۶	۲۲۰/۰۳	۱۰۵۶/۰۳	۰/۴۳	۲۴۵۵/۹
باغو	۳۸۵۸/۳	۱۰۱۵/۵	۴۸۷۳/۸	۰/۳۸	۱۲۸۲۵/۸
کرد کوي	۲۸۶۳۷/۸۶	۷۵۳۷/۵	۳۶۱۷۵/۳	۰/۳۴۶	۱۰۴۵۵۳
پس پشته	۱۵۱۷۸/۶	۳۹۹۵	۱۹۱۷۳/۶	۰/۳	۶۳۹۱۲/۰۳

حساسیت به فرسایش سازندهای زمین شناسی

نتایج بدست‌آمده از بکارگیري این روش در منطقه موردبررسی نشان داد که میزان یا رتبه مقاومت مواد پیوسته به فرسایش بین ۳۴ تا ۸۶ و مواد ناپیوسته بین ۱۳ تا ۲۲/۳ تغییر مي‌نماید. همچنین بر پایه مساحت وزني هر یک از مواد پیوسته و ناپیوسته تشکیل دهنده سازندها، نمره کیفي نهایي سازندهاي مختلف زمین‌شناسي در هر یک از واحدهاي کاري همگن محاسبه و مشخص شد. بر این پایه سنگ‌ها و سازندها از نظر مقاومت به فرسایش به ترتیب از خیلي مقاوم تا خیلي حساس به فرسایش به شرح زیر مي‌باشند.

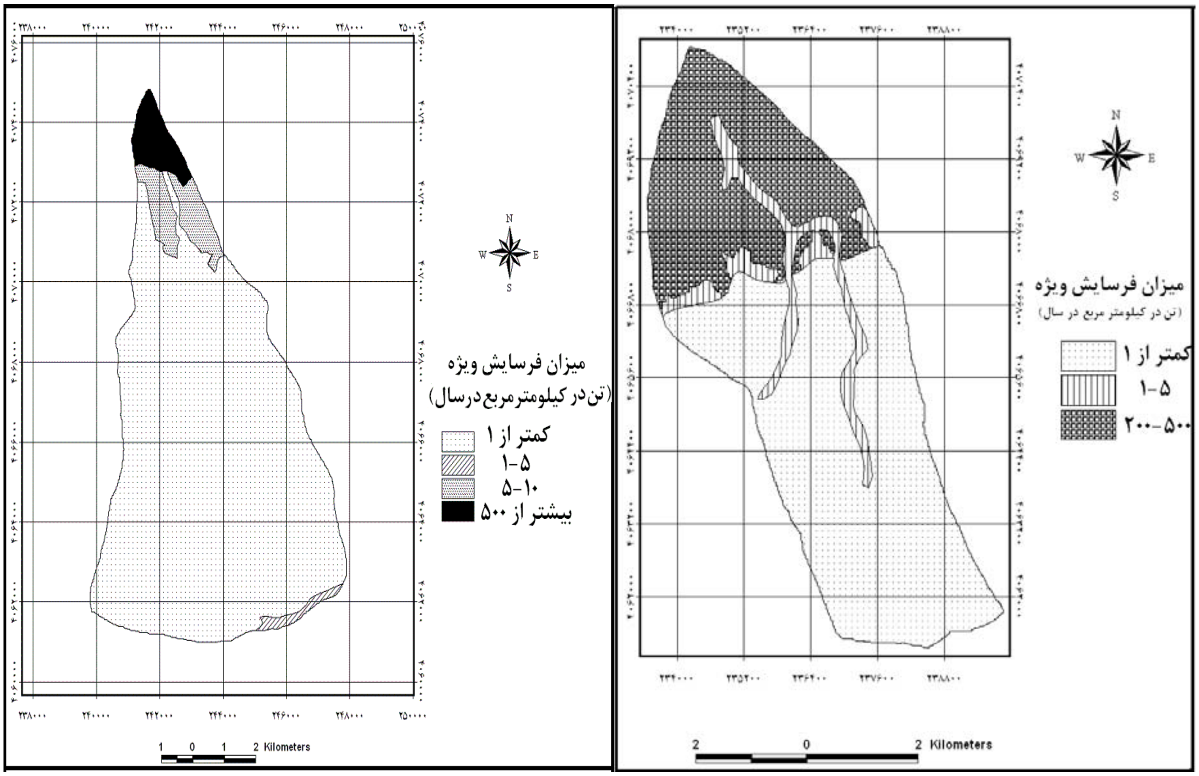
$$Q_{t2}\ \text{،}Q^{al}\ \text{،}Q^{sc}\ \text{،}Q^{c}\ \text{،}Q^{L} < K_1^{L}\ \text{،}J_k^{ss}\ \text{،}C_m^{L}\ \text{،}D_c\ \text{،}J_s < PLQ\ \text{،}J_k^{sd}\ \text{،}j_{mz}\ \text{،}D_{kh}\ \text{،}D_P\ \text{،}C_m\ \text{،}J_L < Sb\text{،}O^{sch} < Gb$$

میزان فرسایش ویژه واحدهاي کاري همگن

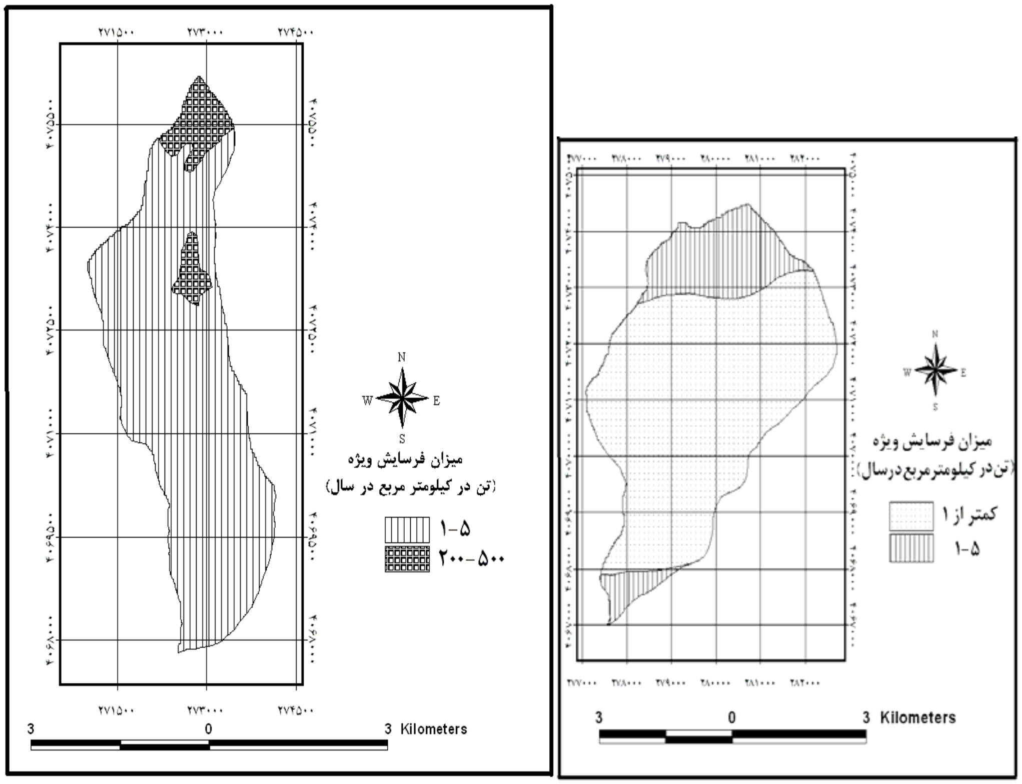
میزان فرسایش ویژه قطعي مربوط به هر یک از واحدهاي کاري همگن، از راه میزان فرسایش ویژه ناشي از کاربري‌هاي مختلف اراضي(جدول ۷)، نمره کیفي حساسیت به فرسایش سازندها و لحاظ ضریب تصحیح (K) و با بهره گیري از داده‌ها و اطلاعات مربوط به فرسایش هر یک از زیر حوزه‌ها و از راه روابط ارائه شده، محاسبه و در نهایت بر پایه میزان فرسایش ویژه مربوط به هر یک از واحدهاي کاري همگن، نقشه کمي‌فرسایش در هر یک از زیر حوزه‌هاي مورد بررسی تهیه شد (اشکال ۳ تا ۵).

جدول۷- میزان فرسایش ویژه در زیر حوزه‌هاي مورد بررسی بر پایه انواع کاربري اراضي

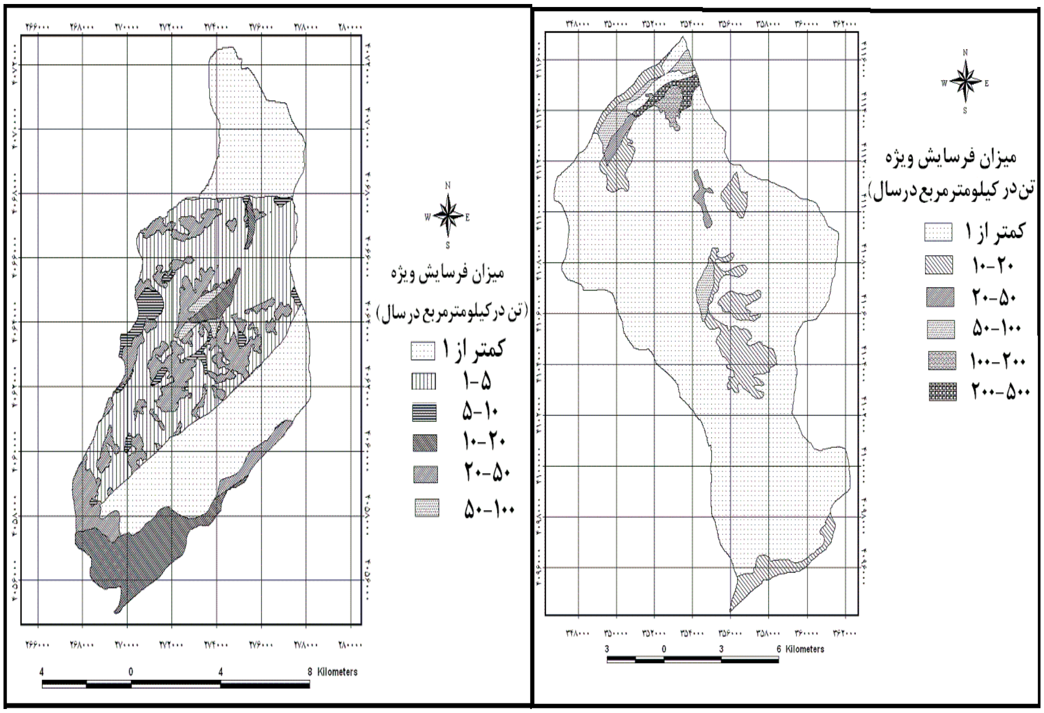
شرح	ضریب تصحیح محاسبه شده (K)	جنگل متراکم	جنگل نیمه متراکم	مرتع متراکم	مرتع نیمه متراکم	زراعت دیم	زراعت با محدودیت آبي	زراعت بدون محدودیت آبي	جنگل مصنوعي
میزان (ton/km^2/yr)	۲/۲۴	۴/۹۴	۵۵۱/۰۳	۳۳۱/۱۱	۴۱۲/۶۵	۶۳۵/۰۵	۱۶۳۰/۸۶	۴۷۹۳/۷۴	۳۴۸/۴۱



شکل ۳- نقشه میزان فرسایش ویژه زیر حوزه‌هاي باغو و کردکوي



شکل ۴- نقشه میزان فرسایش ویژه زیر حوزه‌هاي نومل و النگ دره



شکل ۵- نقشه میزان فرسایش ویژه زیر حوزه‌هاي پس پشته و زیارت

بحث

مقايسه نتايج اين پژوهش با نتايج بدست آمده در حوزه آبخيز قره سو توسط نظر نژاد(۱۳۷۸) نشان مي‌دهد كه اختلاف زيادي بين نتايج وجود دارد به گونه اي كه نظر نژاد (۱۳۷۸)، سازندلار و نهشته‌هاي لس را به ترتيب مقاوم‌ترين و حساس‌ترين سازندها نسبت به فرسايش دانسته و گابرو و شيست‌هاي گرگان كه در اين روش جزء سازندهاي مقاوم به فرسايش مي‌باشند درپژوهش ايشان نزديک به شيل و ماسه سنگ قرار گرفته اند. البته نظر نژاد (۱۳۷۸)، ضخامت و گسترش جغرافيايي سازندها را در بررسي مقاومت آنها نسبت به فرسايش ملاک قرار داده اند و شايد اختلاف نتايج نيز متاثر از گزينش ملاک‌هاي متفاوت باشد. از سويي روش سلبي عامل كاربري اراضي را در نظر نمي‌گيرد و بنابراين با بهره‌گيري از اين روش نمي‌توان تاثير كاربريهاي مختلف اراضي در مقاومت سنگ‌ها را تعيين نمود. به‌نظر مي‌رسد كارايي روش سلبي (۱۹۸۰) در طبقه‌بندي كلي سنگ‌ها با لحاظ همه عامل‌هاى موثر در مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسايش باشد. همچنين در روش سلبي (۱۹۸۰)، زمان اندازه گيري مقاومت سنگ‌ها از نظر شرايط محيطي از جمله ميزان رطوبت تعيين نشده است زيرا ميزان رطوبت سنگ‌ها بر نتايج عدد چكش اشميت تاثير مي‌گذارد (۲۳)، با توجه به اينكه حساسيت به فرسايش سنگ‌ها و سازندهاي زمين‌شناسي با افزايش ميزان رطوبت افزايش مي‌يابد، لذا توصيه مي‌شود براي تعيين حساسيت به فرسايش در زمان‌هايي اقدام شود كه رطوبت و بارندگي در حالت بيشينه است. همچنين K_{USLE} بيشتر فرسايش پذيري را در برابر فرسايش باراني و شياري مشخص مي‌نمايد و براي ساير اشكال فرسايش درحال‌حاضر كارايي و كاربرد نمي‌تواند داشته باشد. از نتايج اين پژوهش چنين مي‌توان نتيجه گرفت كه ميزان فرسايش ويژه واحدهاي كاري همگن مختلف داراي تغييرهاى زياد بر حسب نوع سازند و كاربري اراضي مي‌باشد. ولي براي رسيدن به يک نتيجه دقيق‌تر بهتر است كه نسبت تحويل رسوب را براي همه واحدهاي كاري همگن تعيين و با اعمال SDR مربوط به هر واحد در ميزان رسوبدهي كل حوزه ميزان فرسايش ويژه هر واحد را بدست آورد. رويهم رفته با بهره‌گيرى از اين روش ولي با در نظر گرفتن موارد پيشنهادي، مي‌توان نقشه فرسايش ويژه حوزه‌هاي آبخيز را تهيه و در مديريت حوزه‌هاي آبخيز به كار گرفت.

منابع

۱- اميني، آرش، ۱۳۷۴. بررسی برخاستگاه و مكانيزم رسوبزايي لسها در حوزه آبخيز قره سو، پايان نامه كارشناسي ارشد دانشكده علوم گروه زمين‌شناسي دانشگاه تهران، ۱۷۵ ص.

۲- جهان سير، رضا، ۱۳۸۰. بررسي نقش عوامل خطر فرسايش در ميزان فرسايش و رسوبدهي حوزه آبخيز زيارت، پايان نامه كارشناسي ارشد آبخيزداري دانشكده مرتع و آبخيزداري، دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي گرگان، ۱۴۰ ص.

۳- خاكسار، ک.، ۱۳۸۲. تحقيق پيرامون روشي جهت برآورد حساسيت سازندهاي مختلف زمين‌شناسي به فرسايش در حوزه آبخيز مهارلو (استان فارس)، گزارش نهايي طرح تحقيقاتي پژوهشكده حفاظت خاک و آبخيزداري سازمان آموزش و تحقيقات جهاد كشاورزي، شماره ثبت ۸۲/۷۷۸، ۱۲۰ ص.

٤- خواجه، منصور، ۱۳۷۵. بررسي رسوب شناسي و ژئومرفولوژي مخروطه افكنه رودخانه گرمابدشت گرگان، پايان نامه كارشناسي ارشد زمين‌شناسي دانشگاه آزاد اسلامي، ۱۶۳ ص.

۵- شكل آبادي، محسن، ۱۳۷۹. بررسي فرسايش پذيري نسبي خاك برخي از سازندهاي زمين‌شناسي و رابطه آن با تعدادي از خصوصيات فيزيكي و شيميايي خاكها در حوزه آبخيز گل آباد، پايان نامه كارشناسي ارشد خاك شناسي دانشكده كشاورزي دانشگاه صنعتي اصفهان، ۱۳۰ص.

٦- طاهري، آزاده السادات، ۱۳۸۲. رسوب شناسي حوزه آبخيز طالقان با نگرش ويژه بر رسوب زايي سازندها، پايان نامه كارشناسي ارشد دانشكده علوم گروه زمين‌شناسي دانشگاه تربيت معلم، ۱۰۱ ص.

۷- عليزاده، امين، ۱۳۷۸. اصول هيدرولوژي كاربردي، انتشارات بنياد رضوي.

۸- فيض‌نيا، سادات، ۱۳۷۴. مقاومت سنگ ها در مقابل فرسايش در اقاليم مختلف ايران، مجله منابع طبيعي ايران شماره ۴۷، ص ۱۱۶-۹۵.

۹- فيض‌نيا، سادات، ۱۳۸۰. جزوه‌هاي درس ارزيابي رسوبزايي سازندها، دوره دكتري علوم ومهندسي آبخيزداري، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران.

۱۰- فيض‌نيا، سادات و مريم زارع خوش اقبال، ۱۳۸۳. گزارش نهايي طرح بررسي حساسيت سنگ‌ها و سازندهاي زمين‌شناسي به فرسايش و توليد رسوب در حوزه آبخيز لتيان، معاونت آبخيزداري- دفتر مطالعات و ارزيابي آبخيزها- گروه بررسی و ارزيابي فرسايش و رسوب، ۱۸۵ ص.

۱۱- قدوسي، جمال، ۱۳۸۳. جزوه درسي مدلهاي برآورد فرسايش و رسوب، دانشگاه آزاد اسلامي‌واحد علوم و تحقيقات تهران، ۱۰۱ص.

۱۲- ميرزايي، محمد رضا، ۱۳۸۱. مقايسه روش‌هاي آماري برآورد بار معلق رودخانه‌ها (بررسی موردي: گرگانرود)، پايان نامه كارشناسي ارشد آبخيزداري دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران، ۱۴۰ ص.

۱۳- نظرنژاد، حبيب، ۱۳۷۸. برآورد توليد رسوب با پارامترهاي هيدرومورفوكليماتيک در حوزه آبخيز قره سو، پايان نامه كارشناسي ارشد آبخيزداري دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي گرگان، ۸۵ ص.

14- Annandale, G. W., 1995. Erodibility, Journal of Hydraulic Research, 33: 471-494.

15- Cheng, Y.L., 2000. Studies of rock characteristics and timing of creep at selected landslide sites in Taiwan, USDA Forest Service Proceeding RMRS, P.13.

16- Dunne, T. & L.B. Leopold, 1977. Water in environmental planning, W.H. Freeman and Company, New York.

17- Hall, K.J., 1988. The interconnection of wetting and drying with freeze-thaw: Some new data. Zeitschrift fur Geomorphologic Supplement band, **7**1: 1–11.

18- Hanson, G.J., & A. Simon, 2001. Erodibility of cohesive streambeds in the loess area of the Midwestern USA, Hydrological Processes, 15:23-28.

19- Igwe, C.A., 2003. Erodibility of soils of the upper rainforest zone, southeastern Nigeria, Land Degrad. Develop, 14: 323-334.

20- Michel, E.R., J.W. Kircher, & E.W. Larsen, 2004. Quantifying the effect of riparian forest versus agricultural vegetation of river measure migration rates, Central Sacramento River, California, USA, River Research and Applications, 20; 538-548.

21- Rauws, G., & G. Govers, 1988. Hydraulic and soil mechanical aspects of rill generation on agricultural soils, J. Soil Sci., 39: 111-124.

22- Selby, M.J., 1980. A rock mass classification for geomorphic purposes with tests from Antarctica and New Zealand, Zeit. Fur Geom. N.F., 24: 31-51.

23- Sumner, P., & W. Nel, 2002. The effect of rock moisture on Schmidt hammer rebound tests on rock samples from Marion Island and South Africa, Earth Surface Processes and Landforms, 27:1137-1142.

Investigating sensivity to erosion and sediment yield of formations in Gorgan Drainage basin

S. Feiznia*[1], J. Dastorani[2], H.Ahmadi[1] and J. Ghoddousi[3]
[1] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2] Ph. D. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[3] Assistant Prof., Soil Conservation & Watershed Management Research Institute, I. R. Iran
(Received 12 November 2005, Accepted 19 November 2007)

Abstract

In this research, six sub-catchments of Gorgan Drainage Basin having discharge and sediment yield data were chosen. Yearly sediment rates of each sub-catchment were calculated. Then by dividing yearly sediment yield of sub-catchments to Sediment Delivery Ratio (SDR), the amount of erosion of each sub-catchment was determined. Homogeneous work unit map of each sub-catchment in GIS environment was prepared. Then, the erodibility of consolidated rocks and formations (Selby 1980) and unconsolidated geologic materials (modified K parameter in USLE) was determined. For ranking the erodibility of consolidated and unconsolidated geologic materials in the specific range (Selby number), the method of distance between numbers was used. For comparing different work units from the view point of erodibility and sediment yield, based on qualitative erodibility grade and specific erosion amount of land uses, specific erosion of each homogeneous work unit was calculated by using presented relationships. The results showed that the erodibility grade of rocks is from 34 to 86 and of unconsolidated geological materials is from 13 to 22.3, Also specific erosion of different work units in sub-catchments is from less than one up to 500 t/km^2/y.

Keywords: Annual sediment yield, Work unit map, Sensitivity to erosion, Specific erosion, Gorgan drainage basin

---

* Corresponding author: Tel: +98 261 2249313 , Fax: +98 261 2249313 , E-mail: sfeiz@ut.ac.ir