پهنه‌بندی و برآورد کیفی فرسایش خاک در حوضه‌ی آبریز مارون با استفاده از مدل F.A.O

حمید بابلی موخر[1*] کورش شیرانی[2]، مرتضی خداقلی[3]

دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، دانشکدهٔ علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، اصفهان، ایران

استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

دانشیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ١٣٩٥/٠٩/١٥ **تاریخ پذیرش مقاله: ١٣٩٦/٠٣/٠١**

چکیده

تهیهٔ نقشهٔ فرسایش خاک در حوضه‌ها آبخیز مبنای اولویت‌بندی برنامه‌ی حفاظت خاک است. هدف ازاین پژوهش بکارگیری مدل فرسایشی F.A.O و ارزیابی متغیرهای آن بااستفاده از قابلیت GIS و تهیهٔ نقشهٔ فرسایش خاک حوضه آبخیز مارون می‌باشد. بدین‌منظور پس‌از رقومی‌کردن نقشه‌های حوضه به - مقیاس۱:۵۰۰۰۰ و تلفیق آنها باهمدیگر در محیط نرم‌افزار Arc GIS10.3، نقشه واحدهای کاری یا همگن تهیه گردید. سپس باتوجه به جداول امتیازدهی عوامل مورد استفاده در مدل و بازدیدهای میدانی با به‌کارگیری GPS در عرصه و اعمال امتیازات عوامل در هر یک از واحدهای همگن در محیط GIS، امتیاز نهائی هر عامل و نیز نمرهٔ شدت میزان فرسایش در واحدهای کاری برآورد گردید. درنهایت نقشه وزنی حاصل براساس جدول طبقه‌بندی کلاس‌های فرسایشی مدل F.A.O و باتوجه به دامنه حداقل و حداکثر نمره ارزیابی شده برای عوامل در واحدهای کاری به چهار رده فرسایشی با وضعیت‌های نسبتاً متوسط، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد طبقه‌بندی گردید. نتایج نشان می‌دهد ۹۵ درصد از وسعت منطقه مورد بررسی در فرسایش متوسط (۴۹/۰۶ درصد) تا زیاد (۴۵/۹۸ درصد) و تنها ۵ درصد مساحت منطقه در رده فرسایش نسبتاً متوسط (۳/۶۶ درصد) و خیلی زیاد (۱/۳۰ درصد) قرار می‌گیرد.

کلید واژه‌ها: فرسایش خاک، پهنه‌بندی، مدل F.A.O، حوضه‌ی آبریز مارون، سازند گچساران

مقدمه

خاک یکی‌از منابع طبیعی و شاید مهم‌ترین زیربنای تمدّن هر کشور است و در واقع مسیر پیشرفت یا سیر قهقرائی هر جامعه را اصول و چگونگی بهره‌برداری از خاک تعیین می‌کند (بای‌بوردی،١٣٧٢: ٤). اعتقاد به‌اصل

* نویسنده عهده دار مکاتبات: .baboli52@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

حفاظت آب و خاک در هر کشور یکی‌از اصولی‌ترین ارکان توسعه پایدار است. در چند دهۀ گذشته این منبع طبیعی باارزش دراثر عوامل انسانی (جنگل‌زدایی، چرای بیش‌از حد و سوء مدیریت اراضی) و عوامل طبیعی (فرسایش آبی و بادی) از بین رفته و ارزش آن کاهش یافته است (کهنه شهری و همکاران، ۱۳۸٤: ۸۸). فرسایش خاک و پیامدهای ناشی از آن امروزه یکی‌از مهمترین مشکلات محیطی به‌شمار می‌رود (ایکوان[1] و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۳٦). رسوب-گذاری پشت سدها، آلودگی آبها، خسارت‌های وارده به سازه‌ها، امکانات شهری و راه‌های ارتباطی و غیره ازجمله زیان‌های فرسایش می‌باشد (خاکسار و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۱٦). اگرچه دشت‌ها و جلگه‌های حاصلخیزی چون جلگه بین‌النهرین، سند و گنگ همه هدیه و حاصل چنین فرآیندی در طبیعت است، بااین تفاصیل چون وقوع این پدیده برای مهندسان و طراحان سدها همیشه به‌عنوان یک رقیب و مزاحم تلقی شده، تلاش‌های گسترده‌ای برای بوجود آوردن تکنیک‌های محاسباتی ارزیابی، مهار و کنترل آن صورت می‌گیرد (رامشت و همکارن، ۱۳۹٤: ۱۱٤). فرسایش‌پذیری خصوصیتی ازخاک است که میزان حساسیت آن دربرابر جداشدن و انتقال توسط عوامل فرسایش-دهنده (قطره‌های باران و روان‌آب) را بیان می‌کند (واعظی و همکاران، ۲۰۰۸). بخشی ازاین حساسیت، ناشی‌از مواد مادری خاک‌ها می‌باشد و به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها وابسته است. فرسایش‌خاک فرآیندی است که‌درآن ذات خاک بوسیلۀ عوامل فرساینده از بستر اصلی خود جدا شده و به‌کمک یکی‌از عوامل انتقال‌دهنده به مکان دیگری حمل می‌شود (امیدوار، ۲۰۱۰: ۲۸۸). معمولاً فرآیندهای فرسایش سطحی، مواد معدنی و ذرات ریز خاک را در فواصل کوتاه جابه‌جا می‌کند، درمقابل خاک‌های سطحی فرسایش‌یافته توسط نهرها و جویبارها مسافت طولانی‌تری را طی می‌کنند (وانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۳: ۳۵۰). در دهه‌های اخیر بررسی فرسایش تشدیدی خاک به‌دلیل پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی و اقتصادی، هدررفتن منابع خاک و اثرات سوء بر کشاورزی پایدار و مدیریت اراضی، اهمیت بسیاری یافته است (پژوهش، ۱۳۹۵: ۱۵۱). پیش‌بینی فرسایش خاک، همواره یکی متداول‌ترین روش‌ها در مدیریت منابع طبیعی به‌جهت کنترل بهره‌وری خاک در داخل حوضه و تخمین میزان رسوب و کیفیت آب در خارج‌از حوضه است (مورگان و نئارینگ[3]، ۲۰۱۱). فرسایش خاک بصورت کمّی و کیفی می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد. براین اساس مدل‌های زیادی به‌وجود آمده‌اند و مطالعات گسترده‌ای در ایران و سایر نقاط جهان انجام گرفته است. کوک و دورکمپ[4] بیان می‌دارند در بسیاری از جوامع واکنش دربرابر تهدید انهدام خاک دارای چهار عنصر اساسی مشترک شامل: کوشش‌های علمی برای فهم و پیش‌بینی ماهیت پویای فرسایش، بررسی فنی و تحقیقات دیگر برای دستیابی به‌روشهای تعدیل مسائل، سعی‌در کاربرد نتایج تحقیق در مدیریت‌اراضی و بررسی تأثیر برنامه‌های حفاظت خاک می‌باشد (گودرزی‌نژاد،:۱٤۹۱۳۷۷). اوّلین تحقیقات‌علمی درزمینۀ فرسایش دربین سال‌های ۱۸۷۷-۱۸۹۵ توسط ولنی دانشمند آلمانی انجام گرفت (ولنی[5]، ۱۹۳۸: ۲۵۵). در همین ارتباط نخستین معادله را زینگ[6] و بعداز آن موسگراو[7] و پس‌از تحقیقات زیادی ویشمیر و

[1] Ekwune
[2] Wang
[3] Morgan & Nearing
[4] Cook and Doornkamp
[5] Wollny
[6] zing
[7] Musgrave

Archive of SID

www.SID.ir

اسمیت[1] معادلهٔ جهانی خاک را برای شرایط آب‌وهوایی آمریکا ارائه نمودند (اسمیت و ویشمایر، ۱۹۷۸: ۵۳۷). از دیگر پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه فرسایش خاک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: یوفاگبون[2] و همکاران(۲۰۱۱)، در منطقهٔ اوگان در نیجریه بااستفاده از آمار بارندگی ۲۰ ساله به‌بررسی میزان فرسایندگی باران بااستفاده از شاخص فورنیه‌ی اصلاح شده پرداختند. مقدار فرسایندگی سالانه ۱۹۵۸۳/۸۲ (MJ.mm/ha.h.yr) و ضریب هبستگی بین مقدار فرسایندگی سالانه و بارندگی سالانه ۰/۷۷ به‌دست آمد و با رسم نقشه‌های فرسایندگی مشخص شد بیش‌ترین مقدار آن مربوط به جنوب‌غربی منطقه است. نتایج پژوهش پولیاکو[3] و همکاران برروی دو حوضهٔ آبخیز کوچک در جنوب آریزونای آمریکا که بندهای کوچک برروی آنها احداث گردیده بود، نشان داد که ۷۵ تن رسوب در داخل مخازن بندها در دوره چهار ساله ذخیره و ۵۰ درصد سیلاب‌ها نیز تقلیل یافت(پولیاکو و همکاران، ۲۰۱٤: ٤۱۷). شلی[4] و همکارن با هدف شبیه‌سازی جریان غیردائمی و انتقال رسوب در دریاچهٔ تاتل کریک در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ کانساس ایالات متحده آمریکا، از مدل HEC-RAS استفاده نمودند، آنها بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ میزان تغییرات حجم رسوبات و خط‌القعر را با مقایسه نتایج مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده بررسی نمودند و مطالعات آنها نشان داد که عملیات کاهش میزان رسوبات درآینده ضروری به‌نظر می‌رسد (شلی و همکارن، ۲۰۱۵). فیض‌نیا به ارائه جداولی از مقاومت سنگ‌ها دربرابر فرسایش در اقلیم‌های مختلف ایران پرداخته است(فیض‌نیا، ۱۳۷٤: ۹۵). سبحانی با مقایسه دو مدل فائو و پسیاک اصلاح شده درحوضهٔ آبخیز آق‌لاخان‌چای به‌این نتیجه رسید که در مدل فائو فرسایش سالانه ۳/۸۷ تن در هکتار و میزان رسوب‌دهی سالانه ۱٦۷تن در هکتاراست، اما در مدل پسیاک اصلاح شده، میزان فرسایش سالانه ۳/۱ تن در هکتار و میزان رسوب‌دهی سالانه ۱۳۳ تن در هکتار است (سبحانی،۱۳۸۰: ٦۳). انتظاری در رساله خود تحت عنوان ارزیابی فرسایش درمنطقهٔ دستکن بااستفاده از مدل SLEMSA ضمن تهیه نقشه میزان خاک فرسایش یافته برحسب تن در کیلومتر مربع درسال، سه محدوده بانرخ فرسایش کم، متوسط و زیاد مشخص کرد (انتظاری، ۱۳۸۵: ۸٦). مقصودی و همکاران به برآورد فرسایش و رسوب ازطریق ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار درحوضه آبخیز وزنه با استفاده از GIS پرداخته‌اند و براساس نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش پنج کلاس فرسایشی از خیلی کم تا خیلی زیاد مشخص کرده‌اند (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۲۰). قوام و همکاران در تخمین فرسایش و رسوب حوضه قلعه‌بنی کهگیلویه بااستفاده از مدل‌های تجربی به این نتیجه رسیده‌اند که براساس روش MPSIAC میزان فرسایش حوضه ۳/۵۹ تن بر هکتار در سال و روش EPM این مقدار ۲/۷٦ تن بر هکتار در سال می‌باشد. دراین پژوهش براساس روش FAO و BLM امتیازهای نهایی مربوط فرسایش برای کل حوضه به‌طور میانگین به‌ترتیب ۵۵/۹ و ٤۷/۵ محاسبه گردید (قوام و همکارن، ۱۳۹٤: ۷۱). ازآنجا که حوضهٔ آبریز مارون به‌دلایل مختلف دچار خسارات زیادی ازنظر فرسایش خاک شده است، ضرورت شناخت عوامل‌عمده و تعیین مناطق حساس به‌فرسایش ودر نهایت برآورد میزان فرسایش خاک درسطح آن نقش مهمی در کنترل، حفاظت و مدیریت این مخاطره دارد. ازاینرو در این پژوهش سعی برآن شده در قالب مدل FAO و با بهره‌گیری از تکنیک ArcGIS و

[1] Wichmeier & Smith
[2] Ufoegbune
[3] Polyakov
[4] Shelley

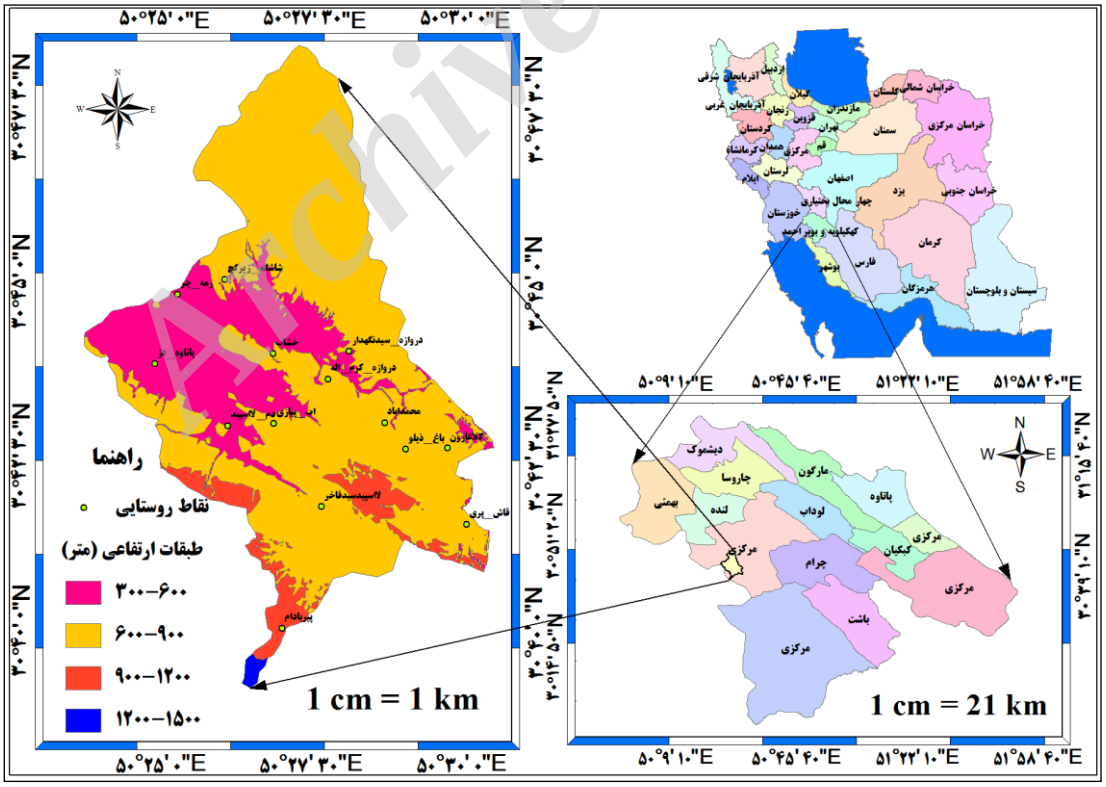
Archive of SID

www.SID.ir

Global Mapper عوامل و عناصر عمدهٔ فرسایشی در منطقه مورد بررسی قرار گیرد تا در پایان ضمن تعیین شدت فرسایش در بخشهای مختلف آن، سهم عوامل وعناصر تأثیرگذار درمیزان فرسایش خاک حوضه مشخص و نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی فرسایش حوضه تهیه شود.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۷۸۹۳/۰۸ هکتار در طول جغرافیایی ´۲۳ °۵۰ تا ´۳۰ °۵۰ شرقی و عرض ´۳۹ °۳۰ تا ´٤۸ °۳۰ شمالی و از نظر موقعیّت سیاسی در استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. این محدوده یکی از زیرحوضه‌های رودخانه مارون می‌باشد که در تقسیم‌بندی اولیه شش‌گانهٔ حوضه‌های آبریز در حوضهٔ آبریز خلیج فارس و دریای‌عمان و براساس تقسیم‌بندی درجه دو(سی‌گانهٔ حوضه‌های آبریز) در حوضهٔ آبریز جرّاحی- زهره قرار دارد شکل(۱). محدودهٔ مورد پژوهش در کمربند ساختمانی زاگرس چین‌خورده واقع شده است و سازندهای زمین‌شناسی متشکل از رخنمون‌های سنگی و ویژگی‌های لیتولوژی سطح آن شامل آهک آسماری: با میان لایه‌های از شیل، سازند گچساران: مرکب از ژیپس، انیدریت و نمک همراه با مارن و آهک، سازند آغاجاری: با ترکیبی از ماسه-سنگ آهک‌دار قهوه‌ای مایل به خاکستری و کمی‌هوازده، ژیپس حفره‌دار، مارن قرمز و سیلتستون، سازند میشان: با لیتولوژی مارن خاکستری و آهک‌های شیلی مقاوم، و همچنین کنگلومرای بختیاری و رسوبات آبرفتی و ذخایر تراسی عهد حاضر در این محدوده گسترش دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش تحقیق

جهت انجام این پژوهش ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای لازم در راستای بحث‌های تئوریک و مبانی نظری مرتبط باموضوع صورت گرفته است. بررسی گزارشات انجام‌شده و جمع‌آوری لایه‌های اطلاعاتی شامل: نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، پوشش گیاهی ۱:۲۵۰۰۰۰، کاربری اراضی و تبدیل آنها به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ جهت ایجاد نقشه‌های موردنظر به‌کمک تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. بازدیدهای میدانی ازجمله مراحل انجام این پژوهش بوده که در این مرحله نیز اقدام به حضور چند نوبته در حوضه به‌منظور تکمیل فرم‌های امتیازدهی برای هر نقشه براساس مدل فائو شده، برداشت‌های میدانی به کمک G.P.S صورت گرفته و پدیده‌های ثبت شده بر روی نقشه‌ها با واقعیت انطباق داده شده‌اند و کنترل‌های لازم نیز صورت گرفته است. رقومی‌نمودن نقشه‌های پایه زمین-شناسی شکل(۲- الف)، نقشه فرسایش‌فعلی شکل(۲-پ) پوشش‌گیاهی شکل (۲- ت)، کاربری اراضی شکل(۲- ث)، و نقشه خاک شکل(۲- ج) از دیگر مراحل این پژوهش می‌باشد. تهیه نقشه شیب (شکل۲- ب) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع[1] و با کمک نرم افزارهای ArcGIS10.3 وGlobal mapper از دیگر مراحل کار بوده است. در ادامه نسبت به ایجاد جداول اطلاعاتی نقشه‌های مربوطه و امتیازدهی به نقشه‌های رقومی براساس مدل مورد استفاده و روی‌هم‌گذاری[2] نقشه‌ها و جمع‌جبری نقشه‌های حاصل ازمرحله قبل اقدام گردید. طبقه‌بندی امتیازات نقشه حاصل از مرحله قبل براساس جدول فائو و تهیهٔ نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی شدت فرسایش در حوضه براساس مدل فائو که بانک اطلاعاتی آن حاوی کلیه اطلاعات لایه‌های اولیه می‌باشد از مراحل نهایی این پژوهش می‌باشد.

مدل FAO یکی از روش‌های برآورد و تهیهٔ نقشهٔ فرسایش خاک براساس ارزیابی پارامترهای آن می‌باشد. این مدل به‌دلیل جامع‌بودن در مقایسه با سایر مدل‌های کیفی برای تهیّهٔ نقشهٔ فرسایش خاک و ممیّزی مناطق آسیب‌پذیر در حوضه‌های فاقد آمار و اطلاعات رسوب که نیاز به عملیات حفاظت خاک و آبخیزداری دارد مناسب می‌باشد. در مدل FAO برآورد میزان فرسایش خاک براساس بررسی و ارزیابی شش عامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب درحوضه آبخیز می‌باشد. هریک از عوامل، با نمرات مشخص‌کنندهٔ شدت فرسایش تعیین می‌گردد جدول (۱). رابطهٔ بین شدّت فرسایش‌خاک و عوامل مؤثّر به صورت زیر ارائه شده است: S=F(a,b,c,d,e,f) که در آن S: شدت فرسایش‌خاک. a: زمین‌شناسی‌سطحی. b: خاک(ساختمان و دانه‌بندی). c: توپوگرافی و بویژه شیب. d: پوشش خاک (پوشش گیاهی زنده و مرده و پوشش سنگی). e: نحوه استفاده از اراضی درحوضه آبخیز. و f: وضعیت فعلی فرسایش درحوضهٔ آبخیز جدول(۱). هریک از عوامل فوق برحسب شدّت و تأثیری که‌در فرسایش خاک ایفا می‌کند توسّط کارشناس نمره گذاری می‌شوند. این نمره‌گذاری ممکن است در واحد هیدرولوژیک و یا واحد اراضی صورت گیرد. حداکثر مجموع نمرات ۱۰۰ می‌باشد. پس از نمره‌گذاری کلیه عوامل از مجموع این نمرات شدت فرسایش خاک تعیین شده و تحت شش کلاس بیان میگردد که عبارتند از: خیلی کم، کم، نسبتا متوسط، متوسط، زیاد و خیلی زیاد(رفاهی،۱۳۸۲: ۳٤٥).

[1] DEM
[2] Overlay

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱: مشخصات عامل‌ها و نمرات نشان‌دهنده شدت فرسایش براساس مدل فائو

ردیف	عامل	نمره مشخص کننده شدت فرسایش
۱	پوشش محافظ سطح زمین(پوشش گیاهی زنده یا مرده لاشبرگ و پوشش سنگی یا سنگ‌ریزه)	۱-۲۰
۲	سنگ مادر	۱-۱۸
۳	توپوگرافی و شیب	۱-۱۶
٤	بافت خاک	۱-۱۶
۵	مدیریت زمین(عملیات کشاورزی-مرتعی و غیره در سطح حوضه)	۰-۱۵
٦	وضعیت فعلی فرسایش در حوضه آبخیز	۰-۱۵
۷	جمع کل نمرات	٤-۱۰۰

ارزیابی نمره عامل حفاظت‌کننده سطح خاک: خاک بوسیله‌ی شاخ و برگ گیاهان و لاشبرگهای تولیدشده از گیاهان حفاظت میشود. بنابراین فاکتور پوشش محافظ سطح زمین با ارزیابی وضعیت تیپ‌های گیاهی یک حوضه و براساس درصد تاج‌پوشش گیاهی، درصد لاشبرگ و درصد پوشش سنگی و به شرح جدول (۲)صورت می‌گیرد.

جدول۲: عامل حفاظت‌کننده سطح خاک

درصد تاج‌پوشش	٪۵>	٪۵ -۱۵	٪۱۵ -۳۰	٪۳۰-٤۵	٪٤۵-٦۰
امتیاز	۱۰	۹	۸	٦	۵
درصد لاشبرگ	٪۵>	٪۵ -۱۵	٪۱۵ -۳۰	٪۳۰-٤۵	٪٤۵-٦۰
امتیاز	۱۰	۸	٦	۳	۱
درصد پوشش سنگی	٪۵>	٪۵ -۱۵	٪۱۵ -۳۰	٪۳۰-٤۵	٪٤۵-٦۰
امتیاز	۵	٤	۳	۲	۱

ارزیابی نمره عامل ساختمانی و دانه‌بندی خاک: یکی از متغیرهای مهم و قابل بررسی در رخداد فرسایش ویژگی‌های خاک است. برداشت ذرات خاک توسط فرآیند پاشمان، متأثر از چسبندگی و ویژگی‌های خاک مثل ماده عالی و بافت می‌باشد (وادّی‌ویرا[1]، ۲۰۰۹: ۲۲۸). سایش و جدا شدن ذرات خاک با بافت خاک ارتباط مستقیمی دارد. مواد با بافت ریز و دانه‌های منفرد خیلی آسان‌تر از مواد بافتی ریز ولی دانه‌های به‌هم پیوسته فرسایش می‌یابد. جدول(۳)امتیاز و نمره مربوط به این عامل را مشخص می‌نماید.

ارزیابی نمره عامل مدیریت زمین: در ارتباط با ارزیابی نمره عامل مدیریت زمین، باید به‌این نکته اشاره شود که بوم سازه‌های که انسان در آنها دخالت نکرده باشد، در اغلب شرایط بصورت ثابت و متعادل باقی می‌ماند. در این حالت فرسایش سریع یا مخرب در کم و محدود باقی خواهد ماند. زمانی که دخالت انسان افزایش یابد آثار فرسایش هم زیاد می‌شود. جدول (٤) امتیاز فاکتور مدیریت اراضی را در کاربری‌های مختلف مشخص نموده است.

جدول ۳: تعیین نمره عامل بافت خاک

[1] Wuddivira

Archive of SID

www.SID.ir

بافت خاک	امتیاز
لای یا رس یا ماسه بطور یکنواخت	١٢
لوم لای، لوم شنی، رس لوم	٥
لوم رس لای، لوم	١

جدول ٤: ارزیابی فاکتور مدیریت زمین در اراضی مرتعی، زراعی و جنگلی

وضعیت در مرتع، اراضی زراعی و اراضی جنگلی	امتیاز
چرای سنگین و گیاهان مراتع بیشتر از نوع سمی است	١٥
چرای مفرط و گیاهان خوش خوراک کاملاً از بین رفته است	٨
چرای متوسط در مرتع دیده می‌شود	٥
چرای سبک	٢
بدون چرا و یا قرق شده	١
زراعت توأم با عملیات حفاظت خاک صورت می‌گیرد	٤
زراعت فقط در زمینهای کم‌شیب است	٢
زراعت با شخم صحیح در جهت عمود بر شیب	٦
زراعت با شخم غلط در جهت شیب است	١٥
زراعت در زمین‌های با شیب قرار دارد	١٤
پوشش جنگلی کامل	٢
جنگل مخروبه	٨
بیشه زار	٩
جنگل فاقد گیاهان بومی	١٠
جنگل تبدیل شده به بوته	٩

ارزیابی نمره عامل توپوگرافی (درصد شیب): چنانچه شیب زمین افزایش یابد، سرعت جسمی که در سطح آن حرکت می‌کند نیز زیاد می‌شود. از اینروست که میزان شیب در شدت فرسایش تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. ارزیابی و تعیین نمره عامل توپوگرافی بر اساس جدول (٥) صورت می‌گیرد.

ارزیابی نمره عامل سنگ مادر یا مواد اولیه: خاک از فرسوده شدن سنگ‌های مادری حاصل میشود **و** سنگ مادر از جنس مواد کانی طبیعی است و تحت تأثیر تغییرات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی، سنگ مادر در طول زمان به خاک تبدیل می‌گردد. مطالعاتی در طول سالهای متمادی در کشورهای مختلف جهان، در مورد تغییرات فرسایش-پذیری خاک‌های تشکیل یافته برروی سنگهای مادری مختلف صورت گرفته است و به این دلیل سنگ مادری را می‌توان به عنوان عامل آسیب فرسایش محسوب نمود. در بررسی این عامل از نقشه سنگ‌شناسی تهیه شده از تشکیلات زمین شناسی یک حوضه با توجه به جدول (٦) وضعیت سنگ‌شناسی بررسی و نمره و امتیاز مربوط به آن تعیین می‌گردد.

جدول٥: ارزیابی و تعیین نمره عامل درصد شیب

Archive of SID

www.SID.ir

درصد شیب	امتیاز
۰-۵	۱
۵-۱۰	۳
۱۰-۲۰	۵
۲۰-۳۰	۷
۳۰-٤۰	۹
٤۰-۵۰	۱۱
۵۰<	۱۳

جدول٦: ارزیابی نمره عامل سنگ مادری یا مواد اولیه

ردیف	نوع سنگ مادری	امتیاز	ردیف	نوع سنگ مادری	امتیاز
۱	مارن- گچ	۱۸	۸	سنگ آهک	۵
۲	شیل دریایی	۱۲	۹	کنگلومرا	٤
۳	سیلت استون	۱٤	۱۰	دیوریت	۳
٤	مود استون	۱٦	۱۱	گرانیت	۲
۵	ماسه سنگ	۸	۱۲	دولومیت- بازالت	۱
٦	پیروکلاستیک	۱۰	۱۳	آندزیت - گابرو	۱
۷	سیلت‌استون‌سخت	٦	۱٤	آلوویوم	۱

ارزیابی نمره عامل فرسایش در وضعیت فعلی: ارزیابی فرسایش کاری بسیار حساس و مشکل است. فرسایش و حرکت توده‌های خاک ممکن است کاملاً طبیعی باشد و یا دراثر فعالیت‌های انسان شروع شده و تشدید شده باشد. در مجموع امتیاز عوارض و آثار مختلف فرسایش در سطح یک حوضه براساس جدول (۷) تعیین می‌گردد.

جدول۷: ارزیابی و تعیین نمره عامل وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه

وضعیت فعلی فرسایش	امتیاز
شبکه خندق‌ها با دیواره‌های کاملاً عمودی و بسترهای بدون حفاظ وپوشش گیاهی یا حرکت توده‌ای خاک غالباً دیده می‌شود و هرزآب بصورت جریان سطحی است.	۱۵
فرسایش شیاری در منطقه دیده می‌شود و جریان آب بیشتر به صورت سطحی است.	۱۰
فرسایش ورقه‌ای یا صفحه‌ای و جریان سطحی آشکار دیده می شود.	۷
علائم حرکت توده از خاک بسیار محدود و بطور مجزا دیده می‌شود و آبها بیشتر نفوذ می-کنند و مقدار بسیار کم آن در سطح زمین جریان دارد.	٤
فرسایش درمنطقه دیده نمی‌شود و هرزآب در مرحله اول بصورت جریان زیر قشری	۰

تجزیه و تحلیل امتیازها و نتیجه‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir

بعد از تعیین نمره یا امتیاز هر یک از پارامترهای مدل در واحدهای کاری از جمع جبری امتیاز عوامل شش‌گانه مدل در هر واحد کاری امتیاز نهائی آن از نظر وضعیت فرسایش مشخص و سپس بر اساس جدول (٨) طبقه‌بندی میزان فرسایش، وضعیت هر واحد همگن از نظر کلاس میزان فرسایش مشخص می‌گردد (بیرامی، ١٣٨٣: ١١).

جدول٨ : طبقه‌بندی نهایی میزان فرسایش

کلاس میزان فرسایش	وضعیت فرسایش	نمره امتیاز ارزیابی شده	عملیات اصلاحی
I	خیلی کم	٠-٨	عملیات و اقدامات فعلی قابل قبول است
II	کم	٩-٢٠	تجدید نظردرمدیریت اراضی، همراه با عملیات حفاظتی خاک
III	نسبتاً متوسط	٢١-٤٠	اعمال مدیریت جدید همراه با افزایش عملیات حفاظت خاک
IV	متوسط	٤١-٦٥	تغییرات وسیع و همه‌جانبه در اداره اراضی و اعمال عملیات اصلاحی و محدود کردن کارهای ساختمانی
V	زیاد	٦٥-٨٥	محدود کردن عملیات روی زمین و ارزیابی مجدد راجع به استفاده ازاراضی واستفاده ازعملیات ساختمانی برای حفاظت
VI	خیلی زیاد	٨٦<	محدودیت در مالکیت اراضی، حداکثر عملیات ساختمانی

مأخذ: بیرامی، ١٣٨٣: ١١

ارزیابی و تحلیل پارامترهای مدل F.A.O در حوضه مورد مطالعه

ارزیابی عامل سنگ: عامل زمین‌شناسی که شامل زمین‌شناسی سطحی و جنس لایه‌های زمین و درجه حساسیت هر یک از مواد تشکیل دهنده آن به فرسایش است نقش عمده‌ای در رسوب‌زائی دارد. با مطالعه سنگ‌شناسی، سرشت طبیعت و ساختار سنگ‌شناسی مقاومت سنگ‌ها، نسبت به عوامل تخریب و فرسایش مشخص می‌شود (فتح الله‌زاده و همکاران ١٣٩١: ٧٠). بررسی نقشهٔ نشان دهنده‌ی گسترش قابل توجه سازندهای تبخیری گچساران، میشان و آغاجاری در سطح حوضه می‌باشد که پتانسیل بالایی جهت فرسایش و انتقال رسوب دارند. **لیتولوژی سازند گچساران:** هرچند به طور معمول لایه‌های مارنی این سازند، بصورت محافظ لایه‌های نمک عمل نموده و مانع انحلال آنها می‌شود، ولی اگر مارن از بین برود و یا در اثر به وجود آمدن درز و شکاف نفوذ ناپذیری آن دچار اختلال گردد، در اثر نفوذ آب‌های سطحی و یا زیرزمینی به لایه‌های نمک، انحلال زیر سطحی را ایجاد می‌کند که در نهایت منجر به پدیده بدلند، آبکند و گالی شده که خود زمینه انتقال رسوب بیشتر را فراهم می‌آورد. این سازند دارای لایه‌های ضخیم ژیپس و نمک است که هر دو قابل حل شدن در آب هستند. حتّی هنگامی‌که لایه‌های ضخیم مارن به صورت محافظی نفوذ ناپذیر مانع انحلال نمک شوند، دراثر مجاورت جریانهای آب سطحی و یا زیرزمینی با لایه‌های ژیپس، مقدار زیادی گچ به صورت یونهای سولفات، کلسیم یا منیزیم در آن حل می‌شود. باتوجه به ساختار سازند گچساران که از تناوب مارن، آهک، نمک (با ضخامت زیاد) و انیدریت تشکیل یافته است نشان‌دهندهٔ حساسیت بالای این سازند به تخریب می‌باشد. **لیتولوژی سازند میشان**: ساختار سازند میشان نشان می‌دهد که

Archive of SID

www.SID.ir

قسمت فوقانی عموما نرم با نوارهایی از سنگ آهک شیلی مقاوم و قسمت تحتانی از سنگ آهک شیلی به همراه مارن خاکستری تشکیل شده است، بنابراین در قسمت زیرین با مارن قرمز ژیپس‌دار گچساران مخلوط شده و تا حدودی حساس به فرسایش می‌گردد. مرز بالائی با واحد سنگی آغاجاری عبارتست از مارن‌ها و ماسه‌سنگ‌هایی که بخوبی دانه‌بندی در آنها صورت گرفته است. **لیتولوژی سازند آغاجاری**: آواری بودن و مارنی بودن این سازند درمنطقه مورد مطالعه، فرسایش‌پذیری آنرا افزایش داده است. پدیده غالب فرسایش در این سازند، انحلال و آبکند می‌باشد. نوع کانی رس در سازند مارنی آغاجاری به ترتیب فراوانی شامل مونت موریلونیت، کلریت و ایلیت می‌باشد. بنابراین کانی مونت‌موریلونیت که‌از ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و با ضریب تورم (آماس‌پذیری) بالایی برخورداراست (احمدی، ۱۳۷٤: ٦۹) در فرسایش‌پذیری مارن‌های منطقه موثر بوده و در ایجاد فرسایش‌های نوع انحلالی نقش اساسی دارد.

لیتولوژی سازند آسماری: به علت مقاومت وسختی خاص آهک آسماری، این سازند ارتفاعات و بخش‌های مقاوم را در جنوب حوضه تشکیل می‌دهد و غالبا"پوشش خارجی تاقدیس‌های طویل را به وجود می‌آورده که درمقابل فرسایش سطحی نسبتا"مقاوم می باشد. رخساره‌های طبیعی بیرون زده این واحد سنگی شامل گچ، لایه‌های مارنی، و سنگ‌های آهکی می‌باشد. **لیتولوژی سازند بختیاری**: در منطقه مورد مطالعه، سازند بختیاری شامل تناوب کنگلومرای توده‌ای و ماسه‌سنگهای کنگلومرایی آهکی است. کنگلومرا در این سازند با قطعات گرد شده با ابعاد سنگ وریگ می‌باشد. مرز زیرین این سازند با سازند آغاجاری و در بسیاری نقاط در زیر رسوبات آبرفتی جدید یارسوبات عهد حاضر قرار می‌گیرد. در بعضی مناطق سازند بختیاری دارای خمیره سست رسی- سیلتی بوده و تحت تاثیر عوامل فرسایش نیز با سرعت بیشتری تخریب می‌شود. دراین حالت این سازند شبیه رسوبات ناپیوسته عمل می‌نماید. **نهشته‌های عهد حاضر(آبرفت کواترنر)**: نهشته‌های جدید مربوط به زمان حاضردر دشت‌های سیلابی و مخروط افکنه‌ها گسترش پیدا کرده‌اند. در امتداد ساختمانهای تاقدیسی، حوضه‌های ناودیسی غالباً به وسیله نهشته-های آبرفتی که حاصل فرسایش ساختمان‌های تاقدیسی است، پوشیده شده است. این مناطق در پای کوهستان‌های مرتفع جنوبی حوضه مورد مطالعه تشکیل شده است. فرسایش دراین رسوب‌ها براساس عوامل سطحی در لایه‌ها، ضعیف تا متوسط است. عمده‌ترین عوامل سطحی خاک از نظر فرسایش خندق‌ها هستند. این نهشته‌ها اغلب تحت تأثیر کاربری‌ها و پوشش اراضی مختلف قرار دارند. شرایط فرسایش در رسوب‌های مخروط‌افکنه‌ای بر اساس عوامل سطحی در طبقه ضعیف قرار می‌گیرد.

توپوگرافی و شیب(شیب سطوح و تحلیل مساحت طیف‌های شیبی)

باتوجه به‌اینکه اکثر واحدهای اراضی حوضه مورد نظر از مناطق کوهستانی و تپه ماهورها تشکیل گردیده، مسئله شیب عامل مهمی درفرسایش می‌باشد. براساس نقشه شیب، حد شیب‌های حوضه بین کمتر از۵ درصد تا بیش‌از ۵۰ درصد می‌باشد که دراین میان بیشتر سطح حوضه (۳۷/۵٪) را طیف شیب بیش‌از ۵۰٪ تشکیل می‌دهد.

وضعیت فعلی فرسایش در حوضه

Archive of SID

www.SID.ir

در حوضه مورد نظر مکانیسم غالب، فرسایش آبی می‌باشد. به‌منظور ارزیابی و تعیین نمره عامل فرسایش فعلی، پنج وضعیت فرسایشی به شرح زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است: **فرسایش خندقی**: این نوع فرسایش در محل‌هایی از حوضه دیده می‌شود که درمرحله‌ی قبلی فرسایش به فراموشی گذاشته شده است و به مرحله‌ی فرسایش خندقی رسیده است. در ارزیابی و تعیین نمره عامل فرسایش فعلی، بیشترین امتیاز یعنی امتیاز ۱۵ برای این شکل از فرسایش در نظر گرفته شده است. **فرسایش شیاری یا آبراهه‌ای**: فرسایش شیاری به صورت خطوطی ظاهر می‌شود که ابتدا کم عمق است ولی به‌سرعت عمیق‌تر می‌شود. به‌طور کلی گسترش فرسایش شیاری به نیروی برشی آب و مقاومت خاک دربرابر جدا شدن ذرات آن از یکدیگر بستگی دارد.

فرسایش سطحی یا ورقه‌ای: به‌طور کلی تمام اراضی حوضه و به عبارت دیگر تمام سطوح حوضه چه سنگی و کوهستانی و چه خاکی مورد فرسایش ورقه‌ای قرار دارد. مکانیسم ایجاد این فرسایش شخم و شیار اراضی شیب‌دار، چرای مفرط و عاری نمودن سطح زمین از پوشش نباتی و بالاخره بدون حفاظ ماندن خاک در مقابل باران می‌باشد.

فرسایش توده‌ای: درحوضه مورد نظر وجود لایه‌های مارنی و همچنین سستی و خردشدگی‌ها زمینه‌ساز این نوع فرسایش می‌باشند. فرسایش توده‌ای در حوضه سهم کمی از کل فرسایش را دارا می‌باشد. **مناطق فاقد فرسایش**: که بخش کمی از واحد صخره‌ای آسماری را در جنوب حوضه تشکیل می‌دهد و به‌دلیل شرایط صخره‌ای و مقاومت زیاد در مقابل فرسایش مقاوم بوده و فاقد فرسایش قابل توجه می‌باشد.

پوشش محافظ سطح زمین

آنچه مسلم است پوشش گیاهی نقش بسیار مهمی در حفظ خاک و نتیجتاً کاهش فرسایش دارد. به‌منظور تعیین نمره این عامل برای پوشش گیاهی درصد تاج پوشش و درصد لاشبرگ و برای پوشش سنگی درصد پوشش سنگی در نظر گرفته شده است. **پوشش گیاهی و رابطه آن با فرسایش**: تیپ گیاهی بادام– گون– گل گندم: این تیپ بصورت پهنه‌ای وسیع بخش میانی حوضه را در بر گرفته است. عرصه گسترش این تیپ گیاهی در دامنه تغییرات ارتفاعی٤٣٩ تا ١٢٢٤ متر از سطح دریا می‌باشد. تیپ گیاهی بلوط– پسته و بادام کوهی: عرصه گسترش این تیپ در دامنه تغییرات ارتفاعی ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. به‌طور کلی اغلب نباتات کنونی این منطقه شامل جوامع کنار به‌همراه گونه‌های رملیک در مناطق کم ارتفاع و گونه‌های بادام کوهی در دامنه‌ها و گونه‌های بلوط غرب و بنه در نقاط کوهستانی می‌باشد. گونه بلوط در ارتفاعات بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر بر روی کلیه تشکیلات آهکی منطقه چشمگیر می‌باشد و ژانرها در مناطق گرمتر و کم ارتفاع گسترش دارند. اغلب گیاهان یک‌ساله حداقل تا ارتفاع ۱۵۰۰ متر گسترش می‌یابند. مراتع نواحی پست اغلب فقیر و دارای دوره رشد کوتاهی هستند و تولید آنها در سالهای خشک بسیار کم است(کامیاب حصاری،١٣٦٣: ٦٣). در منطقهٔ مورد مطالعه پوشش گیاهی بشدت تخریب گردیده و زمینهٔ فرسایش خاک در سطح حوضه فراهم می‌باشد.

خاک (ساختمان و دانه‌بندی)

Archive of SID

www.SID.ir

خاک یکی دیگر از عوامل شش‌گانه در مدل F.A.O می‌باشد. میزان فرسایش‌پذیری زمین با بافت خاک، ساختمان خاک، درصد مواد آلی و نفوذپذیری خاک همبستگی خوبی دارد(رفاهی،۱۳۸۲، ۲۵۰). به‌دلیل شرایط خاص موجود در منطقهٔ مورد مطالعه، از قبیل گسترش سازند نمکی گچساران، وجود خاک واگرا در مناطق مختلف آن اجتناب ناپذیر است. خاک‌های واگرا که عموماً از نوع رس هستند درصورت قرار گرفتن در معرض جریان آب، حتّی اگر سرعت جریان کم باشد، به سهولت شسته می‌شوند و فرسایش می‌یابند. کاتیون‌های یک ظرفیتی سدیم در روی سطح ذرات رس، باعث افزایش ستبرای لایه دوگانه و همچنین افزایش نیروهای دافعه بین ذرات می‌شوند. زمانی که نیروی دافعه بین ذرات، از نیروی جاذبه بیشتر باشد، وجود آب به راحتی و سهولت ذرات خاک را از یکدیگر جدا کرده و جابجا می‌کند و بدین‌گونه خاک واگرا شده و یا به‌عبارتی پدیده واگرایی بوقوع می‌پیوندد، که یک پدیده فیزیکی – شیمیایی است. در منطقه مورد مطالعه به‌دلیل وضعیّت زمین‌شناسی و گسترش سازندهای مستعد تشکیل خاک‌های واگرا از جمله سازند گچساران، زمینهٔ مساعدی جهت تشکیل این خاک‌ها فراهم می باشد به‌گونه‌ای که سازندهای حاوی نمک سدیم پتانسیل واگرایی خاک‌های اطراف خود را بالا برده و منجر به فرسایش و انتقال ذرّات می‌شوند. دونیگون[1](۱۹۷۷) برای نخستین‌بار یکی از عوامل مؤثّر در فرسایش خاک‌های ریزدانه را پدیده واگرایی دانسته و مشخّص نمود که درصد املاح در این خاکها زیاد است (خامه‌چیان و همکاران ،۱۳۸۰: ٤٥).

مشخصات خاک‌های واحدهای اراضی حوضه

واحد اراضی کوه‌ها: واحد اراضی کوه‌ها با پوشش خاکی خیلی‌کم عمق تا کم‌عمق و در بعضی نقاط که کمتر فرسایش یافته و تکامل بیشتری یافته است خاک‌های نیمه‌عمیق نیز دیده می‌شود. بافت خاک اغلب لوم تا لوم رس لای تغییر می‌کند. واحد اراضی تپه‌ها این واحد اراضی با پوشش خاکی کم‌عمق تا نیمه‌عمیق و در بعضی نقاط سنگ‌ریزه‌دار می‌باشد. بافت خاک اغلب لوم تا لوم لای تغییر می‌کند. **واحد اراضی دشت‌های آبرفتی:** این واحد متشکل از دشت‌های رسوبی با پستی و بلندی بسیارکم، حاوی خاک عمیق تا خیلی‌عمیق می‌باشند. بافت خاک این اراضی نسبتاً سنگین بوده اغلب از لوم در افق‌های سطحی و لوم رس، لوم رس لای در افق‌های تحت‌الارضی تغییر می‌کند. به‌منظور تعیین نمره این عامل و میزان تأثیر آن در تولید رسوب حوضه، بافت خاک در نظر گرفته شده است.

ارزیابی نمره عامل مدیریت زمین

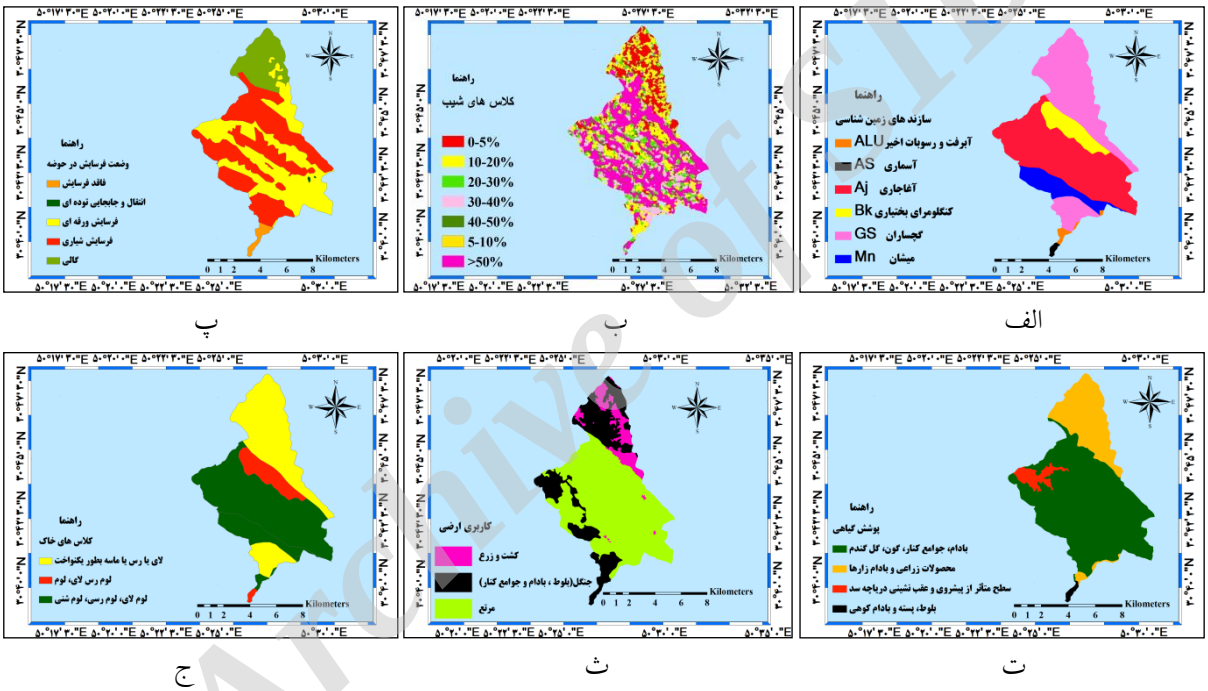
عامل نحوه بهره‌برداری از اراضی که در این روش مستقلاً مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، یکی از عوامل مهم و در دست انسان است. تغییرات وسیعی در میزان رسوب‌دهی هر حوضه با دخالت در بهره‌برداری از اراضی می‌توان به‌وجود آورد. بنابراین لازم است برای کنترل فرسایش آبی ابتدا اقدام به شناخت عوامل مدیریتی همراه با عوامل محیطی شود و با بررسی میزان نقش هریک از آنها در بروز فرسایش راه‌حل‌های مناسب ارائه گردد (مورگان[2]، ۱۹۹۵: ۱۹۸). در امتیازدهی به عامل مدیریت زمین در مدل فائو سه نوع مدیریت (در اراضی مرتعی، اراضی زراعی و

[1] Dunnigon
[2] Morgan

Archive of SID

www.SID.ir

مدیریت زمین در مناطق جنگلی) در نظر گرفته شده است. **اراضی زراعی:** اغلب سطح زیر کشت حوضه را محصولات فرسوده کنندهٔ خاک نظیر گندم و جو تشکیل داده‌اند که به‌علت وسعت زیاد این محصولات و همچنین عدم رعایت اصول حفاظت خاک در کشت آنها خسارات و تلفات خاک در این زمین‌ها بسیار زیاد می‌باشد. یکی از برخوردهای غیراصولی که ساکنین حوضه با اراضی دارند شخم و زراعت دیم در مناطق شیب‌دار است. اراضی دیم در شرایط حاضر تحت مدیریت غلطی اداره می‌شوند. این اراضی پس از چندین بار کشت به‌حال خود رها می‌شوند و یکی از منابع بزرگ تولید رسوب می‌شوند و روز به‌روز دراثر تشدید فرسایش میزان رسوب آنها زیادتر می‌گردد. مرتع و چراگاه: همانطورکه در نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه مشخص می‌باشد، بخش قابل توجه از کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه مرتع و چراگاه می‌باشد. دام‌های اضافی که خارج‌از ظرفیت حوضه چرا می‌نمایند، به‌عنوان عامل عمده تخریب پوشش گیاهی و تشدید فرسایش در حوضه می‌باشند.



شکل ٢: نقشه‌ی عامل‌های مورد ارزیابی براساس مدل F.A.O الف: نقشهٔ سازندهای زمین‌شناسی حوضه، ب: نقشه‌ی شیب، پ: نقشه‌ی وضعیّت فعلی فرسایش، ت: نقشه‌ی پوشش‌گیاهی، ث: نقشهٔ کاربری‌ارضی، ج: نقشهٔ بافت خاک

تجزیه و تحلیل امتیازها و یافته‌های تحقیق

جهت ارزیابی و برآورد کیفی میزان فرسایش خاک و تهیهٔ نقشهٔ نهایی فرسایش بر اساس مدل مورد استفاده در منطقه مطالعاتی همانطور که اشاره شد ٦ عامل سنگ مادر، پوشش محافظ سطح زمین، توپوگرافی و شیب، خاک، مدیریت زمین و وضعیت فعلی فرسایش در قالب مدل فائو مورد ارزیابی قرار گرفته است. **عامل سنگ مادر:** در ارزیابی این عامل میزان حساسیت و فرسایش‌پذیری سنگ‌ها براساس ترکیبات آنها مورد بررسی قرار گرفته و سپس رخساره‌های مختلف زمین‌شناسی حوضه به‌منظور میزان فرسایش‌پذیری آنها براساس مدل فائو امتیازدهی شده است. باتوجه به گسترش سازندهای آسیب‌پذیر بیش از ٨١ درصد حوضه امتیاز بالاتر از ١٦را ازنظر فرسایش‌پذیری

Archive of SID

www.SID.ir

براساس مدل مورد استفاده کسب کرده که این مسئله نشان‌دهندهٔ وسعت زیاد سازندهای حساس به‌فرسایش در منطقه مطالعاتی و نقش قابل توجه آنها در تشدید فرسایش در سطح حوضه می‌باشد. **توپوگرافی و شیب:** براساس نقشه شیب ٦٤ درصد حوضه دارای شیب بیش از ۲۰ درصد می‌باشد. از این میزان بیش از ۳۷ درصد حوضه دارای شیب بالای ۵۰ درصد است. در امتیازدهی به‌نقش درصد شیب در فرسایش براساس مدل فائو، شیب بیش از ۵۰ درصد بیشترین امتیاز (امتیاز ۱۳) را کسب می‌کند. جهت ارزیابی و تعیین نمره این عامل طبقات درصد شیب حوضه از صفر تا بیش از ۵۰ درصد بر اساس مدل مورد استفاده امتیازدهی شده است. **بافت خاک (دانه‌بندی خاک):** بخش عمده‌ای از حوضه دارای خاک با بافت لای یا رس یا ماسه به طور یکنواخت می‌باشد که در امتیازدهی به نقش بافت خاک در فرسایش بر اساس مدل مورداستفاده، بیشترین امتیاز (امتیاز ۱۲) را به‌دست می‌آورد که‌این مسئله نشان‌دهندهٔ گسترش خاک‌های فرسایش‌پذیر در سطح حوضه می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد گسترش خاک‌های واگرا درسطح حوضه و آسیب‌پذیر بودن آنها درمقابل فرسایش این مسئله را نیز تشدید می‌کند. **مدیریت‌زمین و انواع کاربری ارضی در حوضه:** کشت برروی دامنه‌ها و مناطق شیب‌دار که در مدل فائو امتیاز ١٤ را از ۱۵ امتیاز از نظر نقش آن در فرسایش پذیری بدست می‌آورد در نیمه شمالی حوضه گسترش زیادی دارد که‌این شکل کشاورزی در تشدید فرسایش حوضه بسیار مؤثر است. **پوشش محافظ سطح زمین:** این عامل با بررسی نقشه پوشش گیاهی حوضه و ارزیابی‌های صحرایی از وضعیت تیپ‌های گیاهی حوضه، براساس درصد تاج‌پوشش گیاهی، درصد لاشبرگ و درصد پوشش سنگی و نقش آنها در محافظت خاک ارزش‌گذاری شده‌اند. مطابق نقشه پوشش گیاهی۷۱ درصد سطح حوضه راتیپ گیاهی بادام-گون-گل گندم دربر گرفته که به‌دلیل درصد لاشبرگ پایین (۱۵-۵ درصد) نمی‌تواند نقش بازدارندهٔ قابل‌ملاحظه‌ای درکنترل فرسایش داشته باشد، به‌طوریکه این‌مقدار درصد لاشبرگ براساس مدل فائو از ۱۰ امتیاز مربوطه ازنظر آسیب‌پذیری فرسایش، امتیاز ۸ را به‌خود اختصاص داده که نشان‌دهندهٔ ضعف آن در کنترل فرسایش می‌باشد. **وضعیت فعلی فرسایش:** ارزیابی وضعیت فعلی فرسایش در اشکال مختلف آن نشان‌از وضعیت بحرانی فرسایش در حوضه مورد مطالعه دارد. به‌طوریکه بیش از ۵۸ درصد سطح حوضه ازنظر بررسی پارامتر وضعیت فرسایش فعلی امتیاز ۱۰ تا ۱۵ را بدست می‌آورد که در تشدید فرسایش در سطح حوضه بسیار مؤثر می‌باشد. در نهایت محدوده‌های فرسایش در سطح حوضه به چهار دسته تقسیم می‌شوند که شامل: **محدوده با وضعیت فرسایش نسبتاً متوسط**: کمترین میزان فرسایش به‌دست آمده در بین کلاس‌های فرسایش درسطح حوضه براساس مدل مورد استفاده، فرسایش نسبتاً متوسط می‌باشد که نمره امتیاز آن ٤٠-۲۱ بوده و دربخش جنوبی و غربی حوضه دیده می‌شود. عواملی که باعث شده این‌بخش از حوضه کمترین میزان فرسایش‌پذیری را داشته باشد میتوان به‌موارد زیر اشاره کرد:

- این‌بخش از حوضه محل رخنمون سازند صخره‌ای و مقاوم آسماری می‌باشد که‌در امتیازدهی به‌سنگ مادر ازنظر حساسیت‌پذیری به فرسایش امتیاز پایین (امتیاز ۵ از ۱۸) را کسب کرده است.

- در ارزش‌گذاری به عامل پوشش محافظ سطح‌زمین ازنظر پوشش گیاهی زنده و لاشبرگ، به‌علت پوشش نسبتاً متراکم بلوط امتیاز کمی از نظر فرسایش‌پذیری به‌دست آورده که نشان از فرساش‌پذیری کم است. بطوریکه پوشش گیاهی بلوط با ٦٠-٤٥ درصد تاج‌پوشش و ۳۰-۱۵ درصد لاشبرگ نقش بازدارنده‌ای در مقابل فرسایش دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین در امتیازدهی به پوشش سنگی نیز بدلیل پوشش سنگی صخره‌ای و مقاوم امتیاز کمی از نظر فرسایش‌پذیری را کسب کرده است. **محدوده با وضعیت فرسایش متوسط:** این محدوده که عمدتاً بخش‌های میانی حوضه را شامل می‌شود دربین محدوده‌های فرسایشی بیشترین وسعت را به‌خود اختصاص داده است. با نگاهی به نقشه زمین‌شناسی متوجه خواهیم شد که این بخش از حوضه محل رخنمون و گسترش سازندهای آسیب‌پذیر آغاجاری و میشان می‌باشد، که هردو در امتیازدهی به‌سنگ مادر از نظر حساسیت‌پذیری به‌فرسایش به‌ترتیب امتیاز متوسط (٨) و زیاد (١٦) از ١٨ امتیاز را کسب کرده‌اند. ضمن اینکه بخش عمده‌ای ازاین محدوده دارای شیب بیش‌از۵۰ درصد می‌باشد که می‌تواند موجب تشدید فرسایش دراین قسمت از حوضه شود. **محدوده با وضعیت فرسایش زیاد:** از نظر لیتولوژی این محدوده عمدتاً برروی واحد سنگی میشان و گچساران واقع شده، که در ارزیابی و امتیازدهی به‌عامل سنگ مادر دربین سازندهای زمین‌شناسی حوضه بیشترین امتیاز (به ترتیب ١٦ و ١٨) را از نظر فرسایش‌پذیری به‌خود اختصاص داده است. ضمن اینکه پدیده گالی که در امتیازدهی به‌وضعیت فعلی فرسایش بیشترین امتیاز (١٥) را ازنظر نقش آن در فرسایش و انتقال رسوب به‌دست آورده، عمدتاً در این محدوده گسترش دارد. ازطرف دیگر فعالیت کشاورزی به‌صورت زراعت با شخم غلط در جهت شیب بصورت دیم که براساس مدل فائو بالاترین امتیاز(١٥) را از نظر فرسایش‌پذیری کسب می‌کند دراین محدوده رواج دارد. پوشش گیاهی این بخش، بخصوص در قسمت شمالی حوضه را محصولات کشاورزی تشکیل می‌دهد که باتوجه به‌درصد کم تاج‌پوشش و لاشبرگ نمی‌تواند عامل بازدارنده‌ای درمقابل فرسایش باشد. **محدوده‌ی با وضعیت فرسایش خیلی‌زیاد:** کانونهای فرسایش خیلی‌زیاد که براساس مدل فائو نمره امتیاز آن بیشتر از ٨٦ می‌باشد در بخش‌های از شمال حوضه و با وسعت کمتر در جنوب‌شرقی حوضه مطالعاتی مشاهده می‌شود به‌چند دلیل:

– این‌بخش از حوضه محل رخنمون سازند آسیب‌پذیر گچساران است که باتوجه به ساختار آن زمینه لازم جهت تشکیل و گسترش فرسایش خندقی (گالی) را دارا می‌باشد.

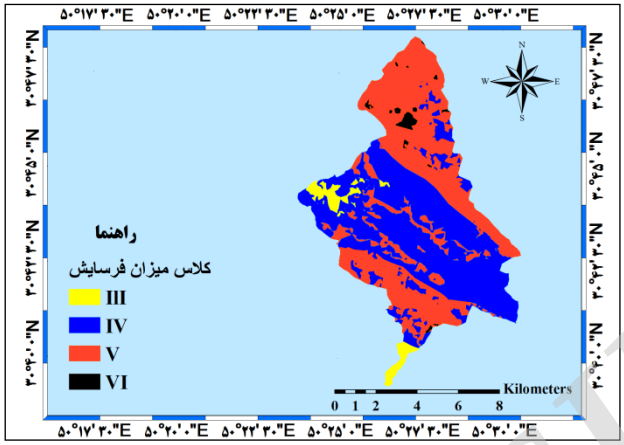
– دراین بخش از حوضه خاک دارای بافت لای یا رس یا ماسه به طور یکنواخت می‌باشد که این نوع بافت خاک در تعیین نمره عامل بافت خاک، با کسب امتیاز ١٢ بالاترین امتیاز را از نظر فرسایش‌پذیری کسب کرده است. همچنین پدیده‌ی واگرایی که به‌دلیل نمک موجود در خاک‌های تشکیل شده برروی سازند گچساران به‌وقوع می‌پیوندد زمینه مناسب جهت فرسایش شدید در این بخش از حوضه را فراهم می‌آورد.

– فعالیت کشاورزی به‌صورت زراعت با شخم غلط در جهت شیب و به‌شکل دیم که براساس مدل فائو بالاترین امتیاز(١٥) را از نظر فرسایش‌پذیری کسب می‌کند دراین محدوده نیز رواج دارد. ضمن اینکه ازنظر امتیازدهی به درصد تاج‌پوشش باتوجه به تاج‌پوشش کم (١٥–۵ درصد) از ١٠ امتیاز حساسیت‌پذیری به‌فرسایش امتیاز ٩ را کسب کرده که‌نشان از ضعف تاج‌پوشش گیاهی اراضی زراعی در کنترل فرسایش می‌باشد. بعداز امتیازدهی هریک از عوامل مذکور براساس مدل مورد استفاده، از جمع جبری امتیاز عوامل شش‌گانه مدل، امتیاز نهائی آن از نظر وضعیت فرسایش مشخص و نسبت به‌تهیهٔ نقشه نهایی فرسایش در سطح حوضه اقدام گردید (شکل ٣). با بررسی نقشه نهایی فرسایش ملاحظه می‌شود که منطقه مورد مطالعه از نظر کلاس میزان فرسایش براساس مدل F.A.O به‌چهار محدوده با وضعیت‌های نسبتاًمتوسط، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد تقسیم می‌شود. ازنظر اولویت‌بندی وسعت کلاس-

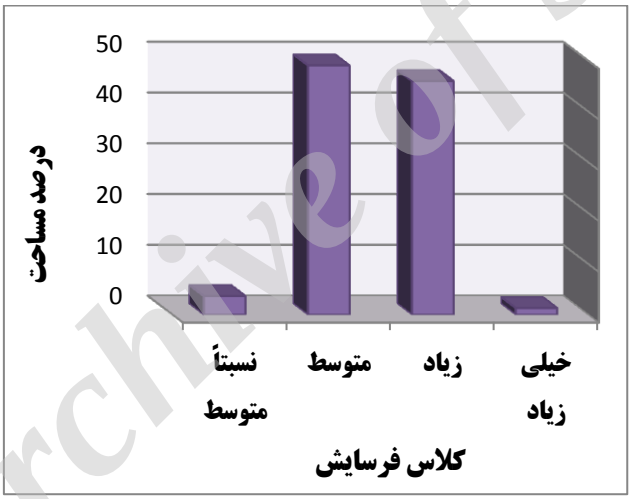
Archive of SID

www.SID.ir

های فرسایشی، ٣/٦٦ درصد حوضه دارای فرسایش نسبتاً متوسط، ٤٩/٠٦ درصد دارای فرسایش متوسط، ٤٥/٩٨ درصد دارای فرسایش‌زیاد و ١/٣٠ درصد دارای فرسایش خیلی زیاد می‌باشند، تقسیم شده است شکل (٤) و جدول (٩).



شکل ٣: نقشه‌ی نهایی فرسایش حوضه به‌روش FAO



شکل ٤: درصد مساحت وضعیت فرسایش حوضه

جدول ٩: طبقه‌بندی میزان فرسایش حوضه بر اساس مدل فائو

کلاس میزان فرسایش	وضعیت فرسایش	نمره امتیاز ارزیابی شده	مساحت به هکتار	مساحت به متر مربع	درصد مساحت
III	نسبتاً متوسط	٤٠-٢١	٢٨٧/٤٣٦	٢٨٧٤٣٦٣/٤٨٣	٣/٦٦
IV	متوسط	٦٥-٤١	٣٨٧٢/٩٩٨	٣٨٧٢٩٩٨٤/٦٦	٤٩/٠٦
V	زیاد	٨٥-٦٦	٣٦٢٩/٩٠٥	٣٦٢٩٩٠٥٦/٠٩	٤٥/٩٨
VI	خیلی زیاد	٨٦<	١٠٢/٧٤٥	١٠٢٧٤٥٥/١٤٥	١/٣٠
جمع کل			٧٨٩٣/٠٨٥	٧٨٩٣٠٨٥٩/٣٨	١٠٠

نتیجه‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir

پدیدهٔ هدررفتن خاک یکی‌از مهمترین مشکلات در حوضه‌های آبخیز است، بطوریکه سالیانه مقدار زیادی خاک از سطح آنها شسته شده و جابجا می‌شود. فرسایش خاک نه‌تنها سبب فقیرشدن خاک و هدر رفت آن می‌گردد و ازاین راه خسارت جبران‌ناپذیری برجای می‌گذارد؛ بلکه با رسوب‌گذاری در آبراهه‌ها، کانال‌های آبیاری، مخازن سدها و کاهش ظرفیت آبگیری آنها زیان‌های فراوانی را موجب می‌گردد (انصاری‌لاری و همکار، ١٣٨٥: ١٣٥). بنابراین آگاهی از حساسیت خاک به‌فرسایش ونیز ارائهٔ نقشهٔ توزیع مکانی آن نقش بسیار مهمی در مدیریت کاربردی حوضه‌ها دارد.

منطقهٔ مورد پژوهش به‌عنوان یکی‌از مناطق اصلی فرسایش‌پذیر و درنتیجه تولید و انتقال رسوب در محدودهٔ دریاچه سد رودخانهٔ مارون به‌شمار می‌رود که می‌تواند تأثیرات منفی در عمر مفید این سد داشته باشد. اگرچه عوامل متعددی در تشدید فرسایش درسطح این محدوده دخیل می‌باشد اما دراین‌میان وسعت و گسترش قابل‌توجه سازندهای آسیب‌پذیر و کاربری‌های نامناسب نقش مهمی در تسهیل شرایط فرسایش و انتقال رسوب دارند. براساس نتایج حاصل‌از اجرای مدل F.A.O، محدودهٔ مورد پژوهش به چهار کلاس فرسایشی با وضعیت‌های نسبتاًمتوسط، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد تقسیم می‌شود که در این میان حدود ٤٦ درصد از محدوده با وضعیّت فرسایش زیاد روبرو می‌باشد. باتوجه به نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی، هسته‌های اصلی فرسایش و تولید رسوب(با وضعیّت فرسایش زیاد و خیلی‌زیاد) عمدتاً درنیمهٔ شمالی حوضه ودر محدودهٔ گسترش سازند گچساران می‌باشد که به‌دلیل شرایط مستعد جهت گسترش فرآیند فرسایش خندقی (گالی) و همچنین فعالیت‌های انسانی نامناسب ازجمله کشت دیم برروی دامنه‌ها شرایط فرسایش‌پذیری دراین بخش از حوضه تشدید شده است. بر همین اساس محدوده فرسایشی نسبتاً متوسط که در نقشهٔ نهایی کمترین کلاس فرسایشی می‌باشد در جنوب حوضه و در محدوده گسترش سازند صخره‌ای و مقاوم آسماری می‌باشد. به‌منظور کنترل و جلوگیری از تشدید فرسایش‌خاک دراین محدوده اجرای طرح‌های آبخیزداری و تغییر کاربری ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به‌همین دلیل تغییر سیستم کشاورزی از زراعت به باغداری، اجرای طرح‌های آبخیزداری با بکارگیری روشهای بیولوژیک، کشت گونه‌های سازگار با شرایط محیطی و همچنین حمایت و ابقاء پوشش نباتی بومی منطقه، اجرای برنامه‌های قرق مرتع و البته ترویج و آموزش روستائیان از اولویت‌های حفاظت خاک درسطح حوضه می‌باشد. همچنین باهدف کنترل پیامدهای منفی فرسایش و تولید رسوب لازم است مقدار رسوب مشخص‌شود تابتوان مدیریت‌خاک را اعمال کرد ازاینرو ایجاد ایستگاه اندازه‌گیری نیز ضروری می‌باشد.

منابع و مآخذ:

١. آر.یو.کوک و جی.سی.دورکمپ، ١٣٧٧، ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، ترجمهٔ: شاپور گودرزی‌نژاد، جلد اول، انتشارات سمت.

٢. احمدی، حسن، ١٣٧٤، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

٣. انتظاری، مژگان، ١٣٨٥، ارزیابی فرسایش در منطقه دستکن با استفاده از مدل SLEMSA، رامشت، محمد حسین، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیا.

Archive of SID

www.SID.ir

٤. انصاری‌لاری، احمد و انصاری، مریم، ١٣٩٥، برآورد میزان فرسایش خاک در دشت مرودشت (استان فارس) با استفاده از مدل تجربی RUSLE، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، شماره ٤، صص ١٤٩-١٣٤.
٥. بای‌بوردی، محمد، ١٣٧٢، خاک: پیدایش و رده‌بندی، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران.
٦. بیرامی، بایرامعلی، ١٣٨٣، بررسی و تهیه نقشه فرسایش با استفاده از مدل فائو (FAO) در حوضه آبخیز زرج آباد خلخال، سازمان آموزش و تحقیقات کشاورزی، ص ٦-١١، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل.
٧. پژوهش، مهدی، ١٣٩٥، مقایسهٔ کارایی مدل WEPP و MPSIAC با مقدار رسوب مشاهده‌ای در برآورد فرسایش خاک و میزان رسوب مطالعه موردی: (حوضه آبخیز گوجان چال‌نمد استان چهار محال و بختیاری، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره٤، صص١٦٥-١٥٠.
٨. خاکسار، کاوه، گودرزی، مسعود، غریب‌رضا، محمدرضا ورحمتی، مراحم،١٣٨٥، تعیین حساسیت سازندهای زمین‌شناسی حوضه‌ی آبریز مهارلو به فرسایش، فصلنامه علوم زمین، سال شانزدهم، شماره٦٢، ص١٣٠-١١٦.
٩. خامه‌چیان، ماشاالله؛ رحیمی، حسن و سلوکی، حمیدرضا،١٣٨٠، بررسی خاک‌های واگرا درارتباط با شرایط زمین‌شناسی در استان خوزستان، فصلنامه علوم زمین، سال نهم، شماره ٣٥ - ٣٦، ص٥٩-٤٤.
١٠. رامشت، محمدحسین، انتظاری، مژگان و دلسوز، سوسن،١٣٩٤، ارتقاء مدل اسلمسا با ترفندی تکنیکی در سهم گذاری عوامل فرسایشی، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره پانزدهم، صص ١٢٦-١١٣.
١١. رفاهی، حسینقلی، ١٣٨٢، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
١٢. سبحانی، بهروز، ١٣٨٠، مقایسه دو روش فائو و پسیاک اصلاح‌شده برای محاسبه فرسایش و رسوب بااستفاده از سیستم اطلاعات جغرافیای، فصلنامهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره٣٢.
١٣. فتح‌الله‌زاده، طاهره و ثروتی، محمدرضا، ١٣٩١، مطالعه و برآورد کیفی فرسایش در رخساره‌های ژئومورفولوژی با روش F.A.O در حوضه آبخیز ناورود، فصلنامه جغرافیای سرزمین، شماره ٣٤، ص ٧٤-٦٥.
١٤. فیض‌نیا، سعادت، ١٣٧٤، مقاومت سنگ‌ها درمقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، شماره٤٧ ص ١١٦-٩٥.
١٥. ١٥-قوام، منصوره، آلبوعلی، علی و دره‌رودی، محمود، ١٣٩٤، بررسی کارایی و توانایی مدل‌های تجربی در تخمین فرسایش و تولید رسوب در حوضهٔ قلعه بنی شهرستان کهگیلویه، فصلنامه جغرافیای سرزمین، شماره ٤٨، ص٨٥-٧١.
١٦. کامیاب‌حصاری، ایرج، ١٣٦٣، طرح جامع آبخیزداری سد مارون مطالعات پوشش گیاهی و مرتع، وزارت کشاورزی، دفتر حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور.
١٧. مقصودی، مهران، یمانی، مجتبی و سالاری، ممند، ١٣٨٨، برآورد فرسایش و رسوب از طریق ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار در حوضه آبخیز وزنه بااستفاده از GIS، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره١٦، ص ١٣٤-١١٩.
18. Ufoegbune, G.C., Bello, N.J., Ojekunal, Z.O., Orunkoye, A.R., Eruola, A.O., Amori, A. A (2011): Rainfall Erosivity Pattern of Ogun River Basin Area(Nigeria) using Modifield Fournier Index. European Water Journal, Volume 35: pp23-29.

Archive of SID

www.SID.ir

19. Ekwune, E.I., Bharat, C., and Samaroo, K., (2009): Effect of Soil Type, Peat and Farmyard Manure Addition, Slope and Their Interaction on Wash Erosion by Overland Flow of Some Trinidadian Soils, Biosystems Engineering, VOL.102.No.2,pp.236-243.
20. Omidvar, K., 2010, Introduction to Soil Conservation and Watershed, Secend Edition, Yazd University Press, Yazd. (in Persian).
21. Morgan.R.P.C. 1995, Soil Erotion and Conservetion.JohnWilley and sons.NowYork 198p.
22. Morgan & Nearing et al, (2011): The Future role of Information Technology in erosion modeling-Hand book of Erosion Modeling.
23. Polyakov, M.H. Nichols, M.P. McClaran, and M.A. Nearing, (2014): Effect of check dams on Runoff, Sedement yield, and retention on small semiarid Watershed. Journal of soil and Water Conservatin, Vol 69(5): 414-421.
24. Shelley, J. Gibson, S. and Williams, A, (2015): Unsteady Flow and Sediment Modeling in a large Reservoir Uisng HEC-RAS 5.0. Federal Interagency Sediment Conference.
25. Vaezi A,R. Sadeghi S.H. Bahrami H.A. and Mahdian M., (2008): Spatial Variation of runoff in Part of Calcareous soils of Semi-arid region in North Westof Iran. J Agr Sci Nat Resour 15, 213-225.
26. Wichmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978, Predicting rainfall erosion losses, United States Department of Agriculture, Agricultural Handbook 537, US Dept, of Agric, Washington, D,C.
27. Wollny, Ewold, Baver, L.D, 1938, Apioneer in Soil and Water Conservation research, soilsci, Soc, Am, Proc. 3: 330-333.
28. Wuddivira, M.N. Stone, R.J. and Ekwu, E.I. (2009): Clay, Organic matter and wetting effects on Splash detachment and aggregate breakdown under intense rainfall, Soil Science Society of American Journal, 73(1): 226-232.
29. Wang, Z., Govers, G., Oost, K.V., Clymans, W., den Putte, A. V., and Merckx. R., 2013, Soil organic carbon mobilization by 5 interrrill erosion: insight size fractions, J. Geophys. Res. Earth Surf., 118, 348-360, doi: 10. 1029/2012JF002430.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir