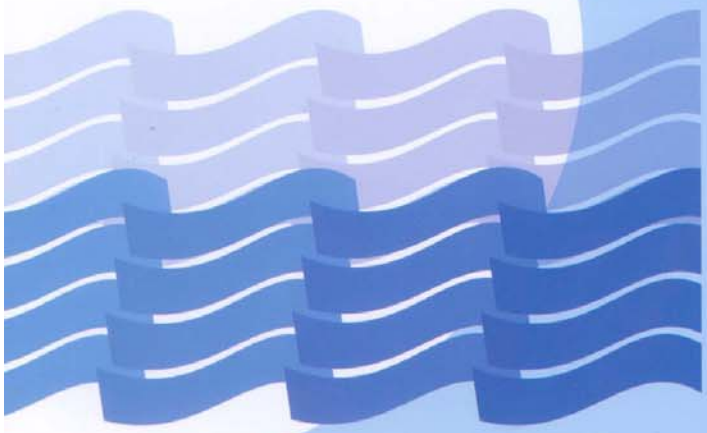
وزارت نیرو

شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران

راهنمای تهیه نقشه رسوب خیزی



نشریه شماره ۱۱۱ - ن

مرداد ماه ۱۳۷۵

راهنمای تهیه نقشه رسوب‌خیزی

نشریه ۱۱۱ - ن مردادماه ۱۳۷۵

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی اجتماعی و زیست محیطی ناشی از به‌کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب‌ناپذیر کرده است. نظر به گستردگی دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی تخصصی واگذار شده است.

با در نظر گرفتن موارد بالا و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و از این رو، آب وزارت نیرو با همکاری سازمان برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب کرده است.

استانداردهای مهندسی آب با درنظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است :

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرحها
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیر مالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه‌کننده استاندارد

آگاهی از نظرات کارشناسان و صاحبنظرانی که فعالیت آنها با این رشته از مهندسی آب مرتبط می‌باشد موجب امتنان کمیته فنی آبخیزداری خواهد بود.

اعضای کمیته

اسامی اعضاء کمیته فنی شماره ۱۴-۲ که در تهیه پیش‌نویس این استاندارد مشارکت داشته‌اند به شرح زیر می‌باشد :

آقای رسول جلالی	کارشناس منابع طبیعی
آقای خلیلی مرندی	کارشناس آبخیزداری
خانم ژاله رشتچی	کارشناس هیدرولوژی
آقای جعفر سلماسی	کارشناس منابع طبیعی
آقای نادر قاسم‌زاده	کارشناس آبیاری و آبادانی
آقای محمد مسجی	کارشناس آبیاری
آقای علی ملک	دکترای منابع آب و آبخیزداری
آقای فرخ میرزاپور	کارشناس آبخیزداری

مقدمه

در کشور ما ایران، از مهمترین مشکلات سدهای در دست بهره‌برداری و احداث و همچنین سدهایی که در آینده ساخته می‌شوند تجمع رسوب در مخازن این سدها و کاهش عمر مفید طراحی شده آنها می‌باشد. این مشکل تقریباً در سایر سازه‌های آبی منجمله شبکه‌های آبیاری و زهکشی، کانالهای انحراف و انتقال آب و غیره نیز وجود دارد، بهمین دلیل مطالعات مربوط به رسوب و تهیه نقشه‌های رسوب‌خیزی و تخریب مخصوص حوضه‌ها از الویت خاصی در مجموع مطالعات آب و خاک، آبخیزداری، طراحی هرگونه سازه آبی و اقدامات مربوط به مهندسی رودخانه برخوردار است. رسوب نتیجه اثر و عملکرد توأم مجموعه عواملی است که ابتدا موجب فرسایش خاک در سطح حوضه و در مسیر جریان آب از دورترین نقطه حوضه تا خروجی آن شده سپس منجر به تولید رسوب می‌شود. رسوب تولیدی که قسمتی یا تمامی خاک تخریب شده و فرسایش یافته است در مسیر انتقال خود ممکن است در سطح حوضه و یا در بستر آبراهه‌ها و رودخانه‌های منتقل‌کننده خود بویژه مخازن سدها و دیگر سازه‌هایی که در مسیر رودخانه‌ها ساخته می‌شوند بجا گذاشته شده و یا در دشتهای سیلابی ته‌نشین شود. به همین جهت برای مبارزه مؤثر با مشکل رسوب و عواقب ناشی از آن، لازمست فرسایش خاک در سطح حوضه و شبکه آبراهه‌ها کنترل شود. برای کنترل و کاهش فرسایش خاک باید مجموعه عوامل فرساینده خاک که موجب تخریب، انتقال و جابجایی آن می‌شود شناخته شود. میزان فرسایش در تمام سطح یک حوضه و در مسیر انتقال یکسان نیست و در هر نقطه به عوامل زیادی بستگی دارد که از آن جمله می‌توان جنس خاک (بافت و ساختمان) نوع تشکیلات زمین‌شناسی، وضعیت توپوگرافی، پوشش سطحی، نوع و شدت بارندگی و نحوه بهره‌برداری از اراضی را نام برد. بطورکلی این عوامل به دو دسته طبیعی (عوامل فرسایش طبیعی یا فرسایش زمین‌شناسی) و انسانی (عوامل فرسایش تشدید شده) تقسیم می‌شوند.

برای تهیه نقشه رسوب‌خیزی و تخریب مخصوص، لازمست ابتدا میزان و شدت فرسایش خاک قسمتهای مختلف یک حوضه و همچنین مسیرهای انتقال تعیین شود و بدنبال آن میزان رسوب با استفاده از روشهای مختلف و همچنین با تحلیل آمار رسوب اندازه‌گیری شده در ایستگاههای رسوب‌سنجی محاسبه شده سپس این اطلاعات بر روی نقشه و یا نقشه‌های با مقیاس مناسب منتقل گردد. بدین ترتیب نقشه یا نقشه‌های رسوبخیزی بوجود می‌آید. این نشریه نیز بهمین منظور و برای ارائه راهنما و روشهای تهیه نقشه رسوب‌خیزی و تخریب مخصوص یک حوضه تهیه و تنظیم شده است.

روشهای محاسبه و برآورد فرسایش و رسوب

با توجه به فرسایش شدید خاک در بیشتر حوضه‌های آبخیز کشور مطالعه و بررسی فرسایش و رسوب از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. بدلیل فقدان ایستگاههای رسوب‌سنجی در آبخیزها لازمست برای محاسبه و برآورد میزان فرسایش و رسوب در آنها، از روشهای تجربی و معادلات تئوریک شناخته شده که منطبق با شرایط اقلیمی کشور باشد استفاده نمود. بهمین منظور در این نشریه نیز برای برآورد میزان فرسایش و رسوب از روشهای تجربی استفاده شده است که از بین روشهای مختلف سه روش مهم زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-روش PSIAC[۱]

۲-روش ویشمایر[۲]

۳-روش WEPP[۳]

۱- روش PSIAC

در حال حاضر روش PSIAC در نقاط مختلف کشور که فاقد هرگونه آمار و اطلاعات فرسایش و رسوب می‌باشد کاربرد زیادی پیدا کرده است. اساس این روش بر پایه عوامل مختلف محیطی و نحوه بهره‌برداری از زمین بنا شده و هریک از این عوامل اثرات مختلفی در شدت فرسایش و تولید رسوب منطقه دارند. این روش بوسیله کمیته مشترک رسوب ایالات جنوب‌غربی آمریکا در سال ۱۹۶۸ پیشنهاد گردیده که بعلت دقت آن در برآورد فرسایش و رسوب به سرعت در کشورهای مختلف جهان کاربرد پیدا کرده است.

عوامل مختلفی که در این روش دخالت داده شده و بسته به شدت و ضعف اثر هریک از آنها در فرسایش امتیازبندی شده است (جدول شماره ۱) عبارتند از :

۱-۱ زمین‌شناسی سطحی

ویژگی‌های زمین‌شناسی تحت تأثیر دو عامل عمده دینامیکی مانند آب و هوا و شرایط جغرافیایی و عامل استاتیکی مانند لیتولوژی منطقه قرار دارد لذا دخالت انسان در تغییر عامل زمین‌شناسی و بالنتیجه کاهش فرسایش و رسوب بسیار اندک و غیرقابل ذکر است.

با توجه به لایه‌های مختلف زمین و مواد تشکیل‌دهنده آن که حساسیت متفاوتی در مقابل فرسایش دارند بسته به

1- Pacific Southwest Inter-Agency Committe Method

2- Wieshmier Method

3- Water Erosion Prediction Project Method

جنس هریک از آنها دارای امتیازاتی می‌باشند. (جدول شماره ۲)

جدول شماره ۱ : امتیازات عوامل مؤثر بر فرسایش خاک

ردیف	عوامل مؤثر بر فرسایش	امتیاز
۱	زمین‌شناسی سطحی	صفر تا ۱۰
۲	خاک	صفر تا ۱۰
۳	آب و هوا	صفر تا ۱۰
۴	جریانهای سطحی	صفر تا ۱۰
۵	توپوگرافی	صفر تا ۲۰
۶	پوشش زمین	۱۰- تا ۱۰+
۷	نحوه بهره‌برداری از زمین	۱۰- تا ۱۰+
۸	فرسایش اراضی مرتفع	صفر تا ۲۵
۹	فرسایش رودخانه‌ای	صفر تا ۲۵

۱-۲ خاک

نقش خاک بلحاظ خاصیت فرسایش‌پذیری و تولید رسوب بسیار مهم است. از خصوصیات عمده آن بافت و ساختمان خاک، ریزی و درشتی دانه‌های آن، شوری، درصد مواد آلی و pH خاک است که تأثیر بسزایی در میزان فرسایش دارند. بعنوان مثال بافت ریز، شوری و قلیائیت خاک موجب فرسایش و تولید رسوب زیاد می‌شود. در حالیکه بالابودن درصد مواد آلی خاک و درشتی دانه‌های آن، میزان فرسایش را کاهش داده و رسوب کمتری تولید می‌شود.

بهره‌برداری انسان از منابع خاکها نقش عمده‌ای در تخریب یا حفاظت آن دارد. روشهای صحیح بهره‌برداری از زمین و استفاده مناسب اراضی، فرسایش خاک را کاهش می‌دهد در حالیکه از بین‌بردن پوشش گیاهی و روشهای نامناسب بهره‌برداری، خاک را تخریب نموده و موجب تشدید فرسایش می‌گردد. (جدول شماره ۲)

۱-۳ آب و هوا

عوامل آب و هوایی نظیر نزولات جوی، دما، رطوبت هوا و باد از عوامل مهمی هستند که در شدت فرسایش خاک بطور مستقیم و غیرمستقیم دخالت دارند.

در شرایط آب و هوایی و اقلیم نیز انسان کمتر می‌تواند دخالت داشته باشد.

در آب و هوای خشک با رگبارهای شدید، فرسایش زیاد بوده و در آب وهـوای مـرطوب بـا بـارندگیهای مـلایم و بارندگی‌های بصورت برف، فرسایش اندک خواهد بود. (جدول شماره ۲)

۱-۴ جریانهای سطحی (رواناب‌ها)

جریان سطحی نیز در فرسایش خاک از طریق جابجایی و انتقال ذرات فرسایش یافته نقش مهمی دارد. شدت و تکرار جریانهای سطحی نظیر سیلابها و دبی‌های حداکثر در شدت فرسایش منطقه تأثیر نسبتاً زیادی دارد به ویژه آنکه در خاکهای با خصوصیات نفوذپذیری کم (گروه هیدرولوژیکی C و D) میزان فرسایش افزایش می‌یابد در حالیکه در سیلابهای معمولی و خاکهای با نفوذپذیری زیاد (گروه هیدرولوژیکی A و B) فرسایش و تولید رسوب کم می‌باشد (جدول شماره ۲)

۱-۵ توپوگرافی

عوارض توپوگرافی نظیر پستی و بلندی، شیب زمین و جهت آن، از عواملی است که در شدت و ضعف فرسایش و تولید رسوب مؤثر می‌باشد. در شیبهای تند فرسایش زیاد و در شیبهای ملایم فرسایش کم می‌باشد. همچنین در آب و هوای خشک و نیمه خشک در جهات رو به جنوب و غرب فرسایش شدیدتر از جهات رو به شمال و شرق می‌باشد. نحوه بهره‌برداری از خاکهای شیب‌دار موجب افزایش یا کاهش فرسایش خاک می‌گردد. (جدول شماره ۲)

۱-۶ پوشش زمین

از عوامل مهم فرسایش خاک وضعیت پوشش سطحی زمین است. زمینهای با پوشش سطحی کمتر و یا فاقد پوشش در مقایسه با اراضی با پوشش سطحی بیشتر ومتراکم از فرسایش بسیار زیادتری برخوردار است پوشش سطحی زمین به طرق گوناگون و منجمله گیرش گیاهی[1] و افزایش نفوذ آب در خاک موجب کاهش جریانهای سطحی و تعدیل طغیانها شده و در نتیجه از میزان فرسایش می‌کاهد. در زمینهای با پوشش کم و لخت میزان فرسایش بیشتر، و زمین‌های با پوشش متراکم فرسایش حداقل می‌باشد. (جدول شماره ۲)

۱-۷ نحوه بهره‌برداری از اراضی

همانطوریکه در مبحث خاک اشاره شد نحوه بهره‌برداری از زمین در تخریب و حفاظت خاک از اهمیت خـاصی

1- Interception

برخوردار است. بهره‌برداری نامناسب از جنگل و مرتع و کشت در اراضی شیب‌دار با شخم و شیار در جهت شیب به میزان زیادی فرسایش را افزایش می‌دهد. (جدول شماره ۲)

۱-۸ فرسایش اراضی مرتفع

این عامل براساس وجود یا عدم وجود انواع مختلف فرسایش خاک نظیر فرسایش شیاری، گالی، خندقی و توده‌ای در اراضی مرتفع مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. وجود عوامل فرسایش‌زا دراین اراضی موجب تشدید فرسایش، بسیار بیشتر از آنچه که در اراضی مسطح جلگه‌ای اتفاق می‌افتد می‌گردند. (جدول شماره ۲)

۱-۹ فرسایش رودخانه‌ای وحمل رسوب

این عامل نیز براساس خصوصیات مورفولوژیک رودخانه (از جمله شیب متوسط بستر) نوع سنگهای تشکیل‌دهنده مسیر آن، شدت جریان سیلابی و انرژی جنبشی حاصله، پوشش گیاهی حاشیه و کناره رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفته و امتیاز داده می‌شود. (جدول شماره ۲)

با توجه به توضیحات فوق وضعیت و دسته‌بندی عوامل مؤثر بر تولید رسوب در روش PSIAC در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۲- وضعیت و دسته‌بندی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک

ردیف	عوامل مؤثر	رسوبدهی کم (امتیاز (۰)	رسوب‌دهی متوسط امتیاز (۵)	رسوب‌دهی زیاد امتیاز (۱۰)
۱	زمین‌شناسی سطحی	۱- تشکیلات سخت وفشرده ۲- دولومیت‌ها ۳- لایه‌های بزرگ آبرفتی	۱- سنگهای با سختی متوسط و سنگهای دگرگونی ۲- سنگهای خردشده یا هوا زده متوسط ۳- سنگهای با شکستگی متوسط ۴- گرانیت‌ها (آذرین) ۵- سنگهای آهکی نرم ۶- کنگلومرا ۷- سنگ آهک با لایه‌های ضخیم	۱- شیل دریایی ۲- گچ و مارنهای‌ایندریت‌دار ۳- سنگهای سست و شیل ۴- ماسه سنگها
۲	خاک	۱- تخته سنگ زیاد در خاک ۲- رسهای با ساختمان محکم ۳- مواد آلی زیاد در خاک	۱- بافت متوسط ۲- تخته سنگ پراکنده در خاک ۳- لایه‌های آهکی ۴- بافت قلوه‌سنگی	۱- بافت ریز با پراکندگی زیاد، شور، قلیایی ۲- قابلیت انبساط و انقباض زیاد ۳- سیلت دانه‌ای و شن نرم ۴- خاک شنی ۵- بافت شنی لومی
۳	آب و هوا	۱- آب و هوای مرطوب با بارندگی کم‌شدت ۲- بارندگی بصورت برف ۳- یخ‌بستن و ذوب‌شدن متناوب آب ۴- آب و هوای خشک باباران مداوم و کم	۱- بارندگی‌های با مدت و شدت متوسط ۲- رگبارهای متناوب	۱- بارانهای چندروزه همراه با رگبارهای تندکوتاه‌مدت ۲- رگبارهای شدید متناوب ۳- آب و هوای خشک با شدت باران کم ۴- وجود جریانهای حاصل از ذوب‌برف
۴	جریانهای سطحی	۱- دبی ویژه کم در حوضه ۲- حجم کم جریانهای سطحی ۳- جریانهای استثنایی ۴- خاکهای هیدرولوژیکی گروه A	۱- دبی ویژه متوسط در حوضه ۲- حجم متوسط جریانهای سطحی ۳- خاکهای هیدرولوژیکی گروه B	۱- دبی ویژه زیاد در حوضه ۲- حجم زیاد جریانهای سطحی ۳- خاکهای هیدرولوژیکی گروه D و C

جدول شماره ۲- وضعیت و دسته‌بندی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک

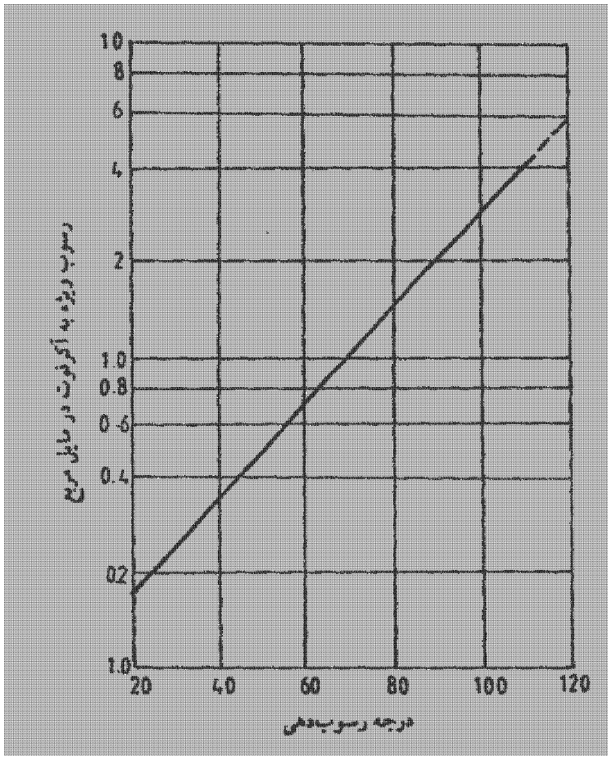
ردیف	عوامل مؤثر	رسوبدهی کم امتیاز (۰)	رسوب‌دهی متوسط امتیاز (۱۰)	رسوب‌دهی زیاد امتیاز (۲۰)
۵	توپوگرافی	۱- حوضه با شیب کم (کمتر از ۵٪) ۲- دشت آبرفتی گسترده	۱- حوضه با شیب متوسط (کمتراز ۲۰٪) ۲- گسترش حوضه سیل‌گیر با واحدهای فیزیوگرافی بادبزنی‌شکل	۱- حوضه با شیب زیاد (بیش از ۳۰٪) ۲- ارتفاع زیاد با پستی و بلندی ۳- بسترهای با شیب زیاد ۴- پستی و بلندی‌های سیل‌گیر
۶	پوشش زمین	امتیاز (۱۰-) ۱- بیش از ۷۰٪ زمین پوشیده ازگیاه و قلوه سنگ ۲- مواد فرسایش‌پذیر کمتر در معرض باران باشد	امتیاز (۰) ۱- پوشش گیاهی کمتر از ۴۰٪ باشد ۲- موادآلی وبقایای گیاهی زیادباشد ۳- وجود درخت بطور پراکنده	امتیاز (۱۰) ۱- پوشش گیاهی کمتر از ۲۰٪ باشد ۲- پوشش گیاهی پراکنده ۳- عدم وجود قلوه‌سنگ در سطح خاک
۷	نحوه بهره‌برداری از اراضی	امتیاز (۱۰-) ۱- زمین بایر ۲- میزان چرا محدود ۳- قطع اشجار نشده باشد. ۴- بدون جاده و معبر	امتیاز (۰) ۱- میزان کشت کمتر از ۲۵٪ زمین باشد. ۲- چرای مفرط کمتر از ۵۰٪ زمین باشد. ۳- کمتر از ۵۰٪ درختان جنگلی به تازگی قطع شده باشد ۴- وجود جاده‌های معمولی و ابنیه	امتیاز (۱۰) ۱- میزان کشت بیش از ۵۰٪ زمین باشد. ۲- چرای متراکم در تمام سطح ۳- بقایای گیاهی به تازگی در تمام سطح سوزانده شده است. ۴- درختان جنگلی به تازگی بریده شده ۵- بریدگی جاده‌ها زیاد باشد.
۸	فرسایش در اراضی مرتفع	امتیاز (۰) ۱- علائم فرسایش نداشته باشد ۲- فرسایش کمتر شده است	امتیاز (۱۰) ۱- دارای انواع مختلف فرسایش در ۲۵٪ سطح اراضی ۲- فرسایش بادی با رسوب‌گذاری در کانالهای آبی ۳- فرسایش متوسطی داشته است	امتیاز (۲۵) ۱- علائم فرسایش شیاری گالی توده‌ای در بیش از ۵۰٪ سطح اراضی ۲- فرسایش زیاد شده است
۹	فرسایش رودخانه‌ای	امتیاز (۰) ۱- دارای انهارپهن وکم‌عمق با شیب کم و جریان کوتاه مدت ۲- بستر رودخانه‌بر روی صخره‌های عظیم سنگ قرار گرفته است. ۳- بستر رودخانه دارای پوشش گیاهی خوب ۴- کانالها و انهار کنترل شده هستند	امتیاز (۱۰) ۱- جریان متوسط بافرسایش‌متوسط ۲- فرسایش کناری یا بستر رودخانه بطور متناوب صورت گرفته	امتیاز (۲۵) ۱- فرسایش کناری رودخانه بطور دائم و یا متناوب با عمق زیاد و جریان طویل‌المدت ۲- ابتدای سرشاخه‌ها فرسایش یافته و ارتفاع آنها کاهش یافته است.

نتیجه :

با توجه به جداول شماره ۱ و۲ جمع امتیازات حوضه تحت مطالعه را بدست آورده و با استفاده از نمودار شماره ۱ رسوب ویژه حوضه مربوط تعیین می‌گردد. پس از تعیین رسوب ویژه کلاس و شدت رسوب‌دهی حوضه مربوطه از جدول شماره ۳ مشخص می‌شود.(یک متر مکعب در کیلومتر مربع = ۴۷۶ × یک اکرفوت در مایل مربع)

جدول شماره ۳-کلاس و طبقه‌بندی شدت رسوب‌دهی

کلاس	مجموع امتیاز عوامل فرسایش و رسوب	میزان رسوب‌دهی مترمکعب در کیلومتر مربع درسال	طبقه‌بندی شدت رسوب‌دهی
۱	بیش از ۱۰۰	بیش از ۱۴۲۸	بسیار شدید
۲	۱۰۰ – ۷۵	۱۴۲۸ – ۴۷۶	شدید
۳	۷۵ – ۵۰	۴۷۶ – ۲۳۸	متوسط
۴	۵۰ – ۲۵	۲۳۸ – ۹۵	کم
۵	۲۵ – ۰	کمتر از ۹۵	طبیعی



نمودار شماره ۱: منحنی درجه رسوب‌دهی و رسوب ویژه

۲- روش ویشمایر

یکی از روشهای قدیمی برآورد فرسایش و رسوب در حوضه‌های فاقد آمار، روش معادله جهانی فرسایش (USLE)[۱] می‌باشد که در آن عوامل مختلفی نظیر قدرت فرسایندگی باران حاصل از انرژی جنبشی آن، خاصیت فرسایش‌پذیری خاک، طول و درجه شیب حوضه، وضعیت پوشش گیاهی و مدیریت و نحوه بهره‌برداری از اراضی دخالت داده شده است این روش که برای اولین بار در سال ۱۹۵۷ توسط ویشمایر ارائه شده است به شرح زیر است :

$$A = R.K.L.S.C.P$$

که در آن :

A = میزان فرسایش (تن در اکر در سال)

R = ضریب فرسایندگی باران

K = ضریب فرسایش‌پذیری خاک

L = ضریب طول شیب

S = ضریب درجه شیب

C = ضریب وضعیت پوشش گیاهی

P = ضریب مدیریت و نحوه بهره‌برداری از اراضی

نظر به اینکه روش ویشمایر در نشریه شماره ۹۳ فرسایش و رسوب طرح استانداردهای مهندسی آب کشور به تفصیل آمده است لذا از بیان جرئیات آن خودداری می‌شود.

۳- روش WEPP

روش WEPP یک مدل کامپیوتری است که بوسیله سازمان حفاظت خاک آمریکا (S.C.S)[۲] برای پیش‌بینی فرسایش خاک در شرایط مختلف تنظیم شده است. اساس این مدل شناخت عوامل مختلف محیطی مؤثر بر فرسایش خاک در هر منطقه و تعیین نقش هریک از عوامل در مجموعه فرسایش و به کمیت درآوردن اثر این عوامل است. این مدل با توجه به مجموعه عوامل مؤثر بر فرسایش خاک، میزان فرسایش خاک در یک منطقه را پیش‌بینی می‌کند.

مهمترین عواملی که در این مدل برای پیش‌بینی فرسایش دخالت داده شده است عبارتند از :

- نفوذ و حرکت آب در خاک

1- Universal Soil Loss Equation

2- Soil Conservation Service

- نوع و شدت بارندگی
- جریان سطحی بعد از بارندگی
- پوشش سطحی خاک به ویژه پوشش گیاهی
- بقایای گیاهان و نوع و مقادیر لاشبرگ سطحی خاک
- شخم و شیار سطحی خاک
- هیدرولیک جریان سطح خاک
- عوامل مکانیکی مؤثر بر فرسایش خاک
- نوع و نحوه بهره‌برداری از زمین
- مدیریت حوضه آبخیز

از آنجا که این مدل براساس فرآیندهای طبیعی که به منجر به فرسایش می‌شود تنظیم گردیده، بسیار دقیق‌تر و قابل اعتمادتر از مدلهای تجربی دیگر بوده و در مجموع از جهات زیر به مدلهای قدیمی برتری دارد :

۱- توانایی پیش‌بینی مکانی و مقطعی میزان فرسایش خالص خاک در یک منطقه

۲- از آنجاکه این مدل یک مدل مبتنی بر فرآیند فرسایش است بهمین دلیل بسیاری از آزمایشهای مربوط به نقش عوامل فرساینده که ممکن است نیاز به آزمایشهای فیزیکی و صحرایی گران‌قیمت باشد و یا غیرعملی باشد می‌تواند در این مدل به کمک روشهای ریاضی انجام شود. در حالیکه در مدلهای تجربی قبلی هر نوع آزمایشی مربوط به عوامل فرسایش خاک باید بطور فیزیکی در صحرا و یا آزمایشگاه انجام شود.

۳- در این مدل سه فرایند اصلی فرسایش خاک یعنی کوبیدگی و خردشدن، حمل ذرات خرد شده، رسوب‌گذاری هریک بوسیله یک معادله ریاضی شرایط پایدار و پیوسته نشان داده می‌شود، که به کمک این روابط و معادلات می‌توان در نهایت میزان فرسایش شیاری و بین شیاری را محاسبه کرد. در معادله رسوب‌گذاری میزان رسوب‌گذاری از تفاوت بین ظرفیت حمل شیارها، مقدار آب جریان یافته در شیارها و مواد معلق در آنها محاسبه می‌شود.

۴- در مجموع فرسایش شیاری و بین شیاری براساس عوامل گوناگون مثل ظرفیت شیارها میزان غلظت رسوب معلق آب جریان یافته در شیارها، حساسیت خاک به فرسایش، هیدرولیک جریان، پوشش سطحی بین شیارها و درون شیارها، پوشش لاشبرگ و غیره محاسبه می‌شود.

از هیدرولیک جریان در شیارها و بین شیارها برای محاسبه فشار جریان بر دیواره‌ها و سطح بین شیارها و اثری که این فشارها بر خردشدن ذرات دیواره و حمل ذرات دارند استفاده می‌شود. در این مدل فرسایش بین شیاری نیز تابعی از شدت بارندگی، پوشش سطحی، پوشش تاجی و شدت فرسایش‌پذیری خاک بین شیارها می‌باشد.

مدل به گونه‌ای طراحی شده است که تغییرات و تفاوتهای منطقه و یا در یک منطقه تفاوتهای موضعی وضعیت توپوگرافی، زبری سطحی، خصوصیات خاک، هیدرولوژی منطقه، کاربری اراضی، مدیریت بهره‌برداری و نحوه

بهره‌برداری از مناطق شیب‌دار را در پیش‌بینی میزان فرسایش منظور و اعمال می‌کنند. مدل WEPP در نهایت خود از مجموعه زیر مدلهایی تشکیل شده است که هریک بخشی از فرآیند کلی فرسایش و رسوب‌گذاری را ارزیابی و محاسبه می‌کنند که از آن جمله باید از مدلهای فرسایش خاک، مدل هیدرولوژیکی، مدل بیلان روزانه آب منطقه، مدل وضعیت پوشش گیاهی و بقایای گیاهی، مدل آب و هوا و اقلیم، بارندگی و نوع و شدت آن، مدل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بافت و ساختمان خاک را نام برد و مجموعه آنها یک مدل بسیار دقیق و قابل اعتماد برای پیش‌بینی فرسایش خاک را ارائه می‌نمایند.

این مدل هنوز مراحل آزمایشی خود را می‌گذراند و به نظر می‌رسد پس از تغییرات و اصلاحات لازم که از نتایج این آزمایشها روی مدل اعمال خواهد شد بصورت مدل پیشرو و قابل اعتمادی درآید و احتمالاً جای کلیه مدلهای قبلی را در برآورد میزان فرسایش خاک خواهد گرفت. بنابراین تا زمان تکمیل آزمایشها و انجام اصلاحات لازم روی مدل WEPP، در حال حاضر استفاده از روش PSIAC بعلت دقت و کاربرد وسیع آن در برآورد فرسایش و رسوب توصیه می‌شود.

محاسبه فرسایش و رسوب

بطوریکه گفته شد برای محاسبه فرسایش و رسوب روشهای مختلفی وجود دارد که به کمک آنها می‌توان میزان فرسایش و رسوب تولیدی را برآورد کرد. از آنجاکه فرسایش و رسوب دو پدیده مرتبط و وابسته به یکدیگر هستند و تولید رسوب زائیده و محصول فرسایش است از این رو با محاسبه هریک و در دست داشتن نسبت انتقال رسوب (S.D.R)[1] می‌توان دیگری را نیز محاسبه و برآورد کرد. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که نسبت خاک حمل شده یا رسوب به کل خاک فرسایش یافته از کمتر از ۱۰٪ تا بیشتر از ۹۰٪ است. بدین‌ترتیب می‌توان گفت که میزان رسوب تولیدی از حوضه‌ها تابعی است از مقدار خاک فرسایش یافته در همان حوضه و نسبت انتقال رسوب، که می‌توان آن را بصورت زیر نشان‌داد:

$$Q_S = f(C.E)$$

که در آن :

Q_S = میزان رسوب تولید در یک حوضه (برحسب حجم یا وزن)

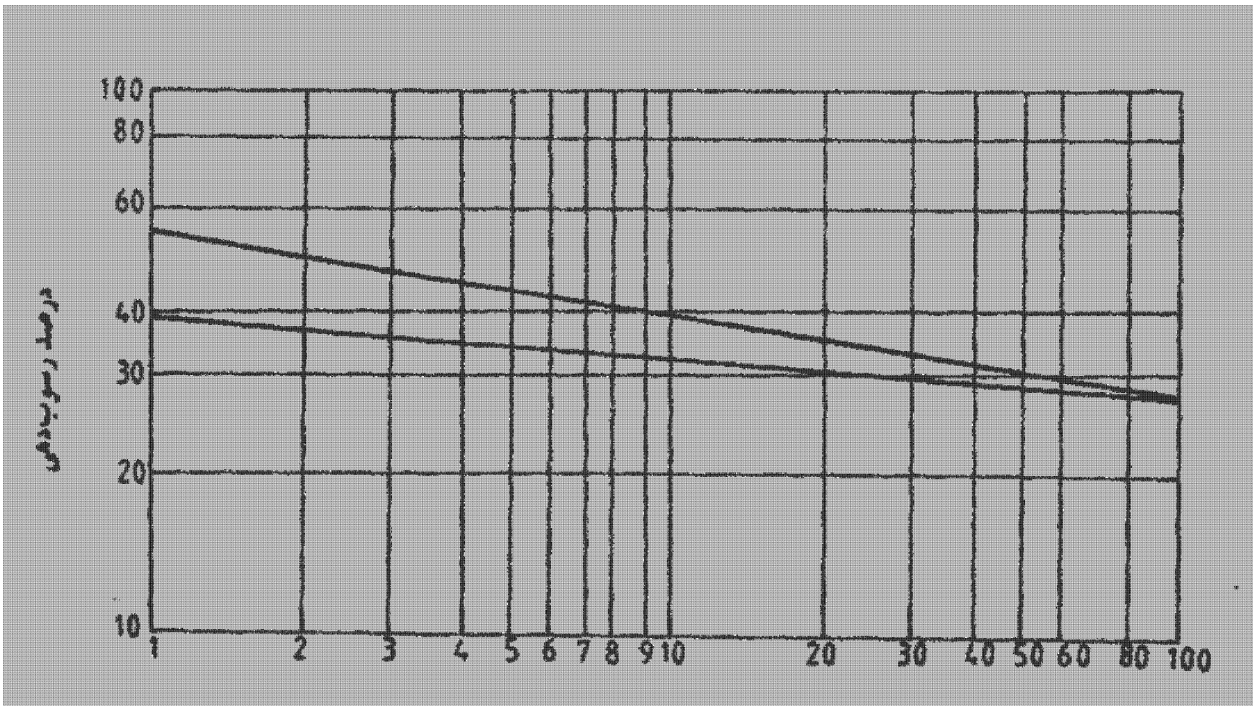
E = میزان خاک فرسایش یافته (برحسب حجم یا وزن)

C = نسبت انتقال رسوب (SDR)

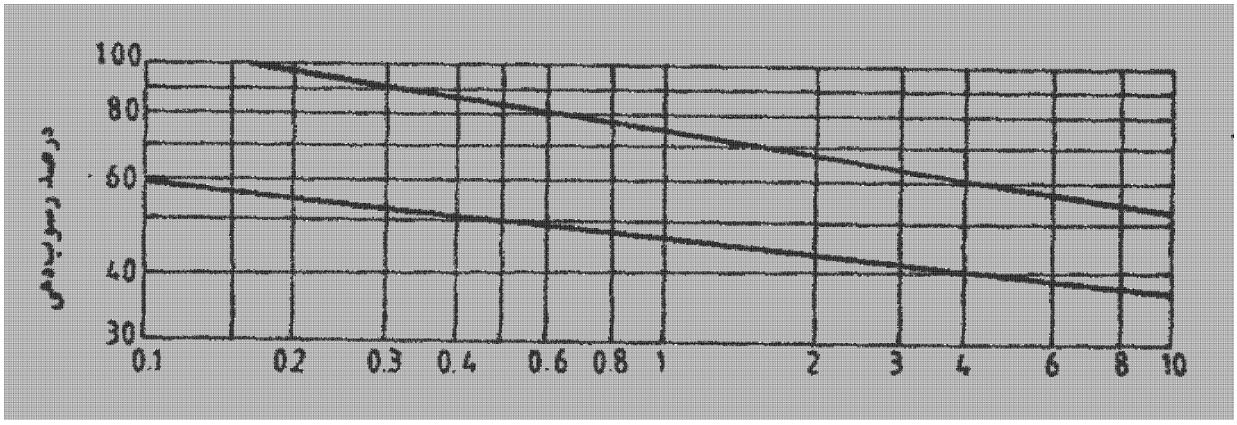
1- Sediment Delivery Ratio

نسبت انتقال رسوب همچنانکه گفته شد تابعی است از عوامل گوناگون که مهمترین آن حجم و شدت جریانهای سطحی است. بعلاوه شدت و یا در واقع سرعت جریان سطحی نیز خود تابعی از شیب حوضه می‌باشد. بدین‌ترتیب با افزایش شیب سرعت جریان سطحی و در نتیجه قدرت حمل آن نیز بیشتر می‌گردد. از طرفی سطح و شکل حوضه نیز در میزان رسوب تولیدی دخالت دارد. تجربیات بسیاری نشان داده است که با افزایش سطح یک حوضه میزان کل رسوب تولیدی افزایش می‌یابد اما نسبت انتقال رسوب کاهش می‌یابد (نمودار شماره ۲). در حوضه‌های بزرگتر احتمال بجاماندن خاک فرسایش یافته در سایر بخشهای سطح حوضه بیشتر است، چراکه بخش مهمی از خاک فرسایش یافته پس از فرسایش و پراکندگی از محل اولیه خود در حین انتقال بدلیل عوارض سطحی، پوشش گیاهی و وضعیت توپوگرافی قبل از رسیدن به شبکه آبراهه‌ها و انتقال به خارج از حوضه در سایر بخشهای حوضه به جا می‌ماند. با توجه به توضیحات فوق برای تهیه نقشه فرسایش و رسوب‌خیزی حوضه‌های آبخیز ابتدا حوضه را به مناطق همگن از نظر فرسایش‌پذیری و تولید رسوب تقسیم و آنگاه با استفاده از روشهای مناسب میزان رسوب یا فرسایش تولیدی محاسبه می‌گردد. سپس اطلاعات بدست آمده بر روی نقشه با مقیاس مناسب منتقل می‌شود.

مقیاس نقشه فرسایش یا رسوب‌خیزی ارتباط مستقیم با مرحله مطالعات دارد غالباً برای مطالعات مرحله شناسایی و طرحهای جامع مقیاس نقشه‌ها $\frac{۱}{۲۵۰۰۰۰}$ و برای مرحله توجیهی $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰}$ و $\frac{۱}{۵۰۰۰۰}$ و برای مرحله طراحی تفصیلی برحسب مورد $\frac{۱}{۵۰۰۰۰}$ یا بزرگتر خواهد بود.



سطح حوضه به مایل مربع



سطح حوضه به مایل مربع

نمودار شماره ۲- منحنی نسبت رسوب‌دهی - فرسایش

(منحنی ۱: خاک با بافت ریز تا متوسط - منحنی ۲: خاک با بافت متوسط تا درشت)

منابع و مأخذ :

1- Beer, C.E and H.P.johnson (1963) - " Factors in Gully growth in The Deep Loess Area of Western Lowa " Am - Soc. Agr. Eng. Irans.6, (No.3), (237 - 240)

2- Stranler. A.N.(1975) Physical Geography, 4 th, ed. Wiley, New York.

3- Hadley, R.F. (1981) - Rangeland Hydrology, Kendally Hunt Publishing Company, Dubuque, Lawa, U.S.A. Toronto, Ontario, Canada.

4- Schwab, G.O.R.K. Frevert, T.W.Edminiter, and K.K. Barnes, 1981, Soil.

5- Gifford. G.F. 1975. impacts of Pinyon juniper manipulation on Watershed Values. P.127 - 141 - in : PROC. The Pinyon juniper Ecosystem - A.Symp Utah State Univlogan, may.

6- Hadley, R.F, and I.S.Mcqueen. 1961. Hydrologic effects of Water Spreading in Box Creek Basin, Wyoming. U.S. Geol. Survey. Water - Supply Pap. 1532 A, 48P.

7- Heede, B.H. 1970. Morphology of gullies in The Colorado Rocky Mountains. int. Ass. Sci. Hydrol. Bull. 15: 79 - 89.

8- Kilinc, M, and E.V. Richardson.1973. Mechanics of Soil erosion from Overland flow generated by simulated rainfall. Colorado State Univ. Hydrology paper # 63, Fort Collins, Colo.

9- Hadley, R.F, and S.A.Schumm. 1961. Sediment Sources and drainage basin Characteristics in Upper Cheyenne River basin. U.S.Geol. Survey Water - Supply Pap. 1531 - B, 163P.

10- King, N.j. 1966 - Erosion Characteristics of Salt desert shrub areas. p.69 - 87. in : Salt Desert Shurp Symposium, Cedar City, utah. USDI Bureau of Land Management.

11- Wischmeier, W.H. and D.D Smith. 1960. A Universal Soil - Loss equation to guide farm. Planning. 7 th int. Cong. Soil Sci. Proc 418 - 425.

12- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith 1965. Predicting rainfall - erosion Losses from Cropland east of The Rocky Mountains. Agr. Handbook 282, USDA Agr. Res. Serv. Wash. D.C.

13- Wischmeir, W.H.C.B johnson and B.V Cross.1971. A Soil erodibiLity nomograph for

farmland and Construction Sites.j.Soil and Water Conserv. 26(5). 189 - 192.

14- Branson Gifford, Renard and Hadley 1987. Rangeland Hydrology, Society For Range Management (2ND Edition).

15- U.S.Dept. Agriculture, 1966. Procedures for determining rates of Land drainage. Land depreciation, and Volume of Sediment produced by gully erosion, USDA Soil Conserv. Serv. Tech. Release No.32.

16- Recent development in Erosion and sediment Yield studies by : R.F.Hadly-R.L.aL C.A. Onstad - D.E.Walling - A.1985.

17- Foster.G.R. and L.J.Laine, (1987)b Water Erosion prediction project (WEPP) U.S.D.A - ARS. National Erosion Research Laboratory.