دانشگاه تهران

دانشکده منابع طبیعی

گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی

جلسه بحث کارشناسی

موضوع

بررسی نتایج تحقیقاتی استفاده از مدلهای برآورد فرسایش و رسوب در برخی از حوزه های آبخیز کشور

استاد راهنما

دکتر سادات فیض نیا

استاد مشاور

دکتر جمال قدوسی

تهیه کننده

فرهاد دلیری

اردیبهشت ۱۳۸۰

Scanned with CamScanner

دانشگاه تهران
دانشکده منابع طبیعی
گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی

جلسه بحث کارشناسی

موضوع:

بررسی نتایج تحقیقاتی استفاده از مدلهای برآورد فرسایش ورسوب در برخی از حوزه‌های آبخیز کشور

استاد راهنما:
دکتر سادات فیض نیا

استاد مشاور:
دکتر جمال قدوسی

تهیه کننده:
فرهاد دلیری

اردیبهشت ۱۳۸۰

Scanned with CamScanner

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از استاد راهنما سرکار خانم دکتر فیض‌نیا استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی و جناب آقای دکتر قدوسی عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات آب و خاک که با راهنمایی‌های ارزنده در به ثمر رسیدن این تحقیق از هیچ کوششی فروگذاری نکرده و اینجانب را راهنمایی کردند کمال امتنان و تشکر را دارم.

Scanned with CamScanner

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

مقدمه ۱

فصل اول ـ فرسایش خاک ۲

۱ـ۱ـ تاریخچه فرسایش خاک در عهد باستان ۳

۱ـ۲ـ پیشینه تحقیق در زمینه فرسایش خاک ۴

۱ـ۳ـ تعریف فرسایش ۶

۱ـ۴ـ تعریف اصطلاحات رایج در ارتباط با فرسایش ۶

۱ـ۵ـ فرآیند و مکانیزم فرسایش ۷

۱ـ۵ـ۱ـ عوامل کلی دخیل در ایجاد فرسایش ۷

۱ـ۶ـ انواع فرسایش آبی ۹

۱ـ۶ـ۱ـ فرسایش پاشمانی ۱۱

۱ـ۶ـ۲ـ فرسایش ورقه‌ای ۱۱

۱ـ۶ـ۳ـ فرسایش بین شیاری ۱۲

۱ـ۶ـ۴ـ فرسایش شیاری ۱۳

۱ـ۶ـ۵ـ فرسایش خندقی ۱۳

۱ـ۶ـ۶ـ فرسایش هزار دره ۱۴

۱ـ۶ـ۷ـ فرسایش تونلی (حفره روباهی) ۱۵

۱ـ۶ـ۸ـ فرسایش کناری ۱۵

۱ـ۶ـ۹ـ فرسایش توده‌ای ۱۶

۱ـ۶ـ۱۰ـ انواع دیگر فرسایش ۱۶

۱ـ۷ـ تعریف رسوب ۱۶

Scanned with CamScanner

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

فصل دوم: روشهای بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب..... ۱۸

۱-۲-روشهای اندازه‌گیری مستقیم فرسایش خاک ۱۹

۱-۱-۲-روشهای ژئودتیک یا ترازیابی..... ۱۹

۲-۱-۲-روشهای حجمی..... ۲۰

۳-۱-۲-روشهای دلیومتریک ۲۱

۴-۱-۲-روشهای دفلامتریک ۲۲

۵-۱-۲-روشهای هیدرولوژیکی ۲۲

۶-۱-۲-روشهای پوشش گیاهی ۲۳

۷-۱-۲-روشهای تاریخی..... ۲۴

۸-۱-۲-روشهای فتوگرامتریک ۲۴

۹-۱-۲-روشهای دیگر اندازه‌گیری فرسایش..... ۲۵

۱۰-۱-۲-بحث و نتیجه‌گیری..... ۲۵

۲-۲-روشهای اندازه‌گیری غیر مستقیم فرسایش و رسوب..... ۲۵

۱-۲-۲-معادله جهانی فرسایش خاک (USLE) و (MUSLE)..... ۲۶

۲-۲-۲-مدل فورنیه ۲۷

۳-۲-۲-مدل داگلاس ۲۸

۴-۲-۲-مدل F.A.O..... ۲۹

۵-۲-۲-معادله مورگان و فینی ۳۰

۶-۲-۲-مدل پسیاک و پسیاک اصلاح شده ۳۲

۷-۲-۲-مدل EPM..... ۳۴

۸-۲-۲-مدل هیدرولوژیکی بررسی پتانسیل رسوبدهی..... ۳۵

۹-۲-۲-اندازه‌گیری فرسایش سطحی با روش سزیوم - ۱۳۷..... ۳۶

Scanned with CamScanner

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۱۰-۲-۲- مدل کرک‌بای ۳۹

۱۱-۲-۲- مدل اسکالوگرام ۴۰

۱۲-۲-۲- روشهای دیگر اندازه‌گیری غیرمستقیم فرسایش و رسوب ۴۰

فصل سوم: بررسی نتایج تحقیقاتی استفاده از مدلهای برآورد فرسایش و رسوب در برخی از حوزه‌های آبخیز کشور ۴۲

۱-۳- نتایج تحقیق حاجی بیگلو (۱۳۷۰) ۴۳

۲-۳- نتایج تحقیق باقرزاده کریمی (۱۳۷۲) ۴۴

۳-۳- نتایج تحقیق حیدریان (۱۳۷۳) ۴۸

۴-۳- نتایج تحقیق فرجی (۱۳۷۳) ۵۰

۵-۳- نتایج تحقیق آقای سعید یوسف کلافی (۱۳۷۳) ۵۸

۶-۳- نتایج تحقیق شاه کرمی (۱۳۷۳) ۵۹

۷-۳- نتایج حاصل از مطالعات نجفی‌نژاد (۱۳۷۴) ۶۲

۸-۳- نتایج تحقیق اسدی (۱۳۷۴) ۶۳

۹-۳- نتایج تحقیق خوجه‌ای (۱۳۷۴) ۶۵

۱۰-۳- نتایج تحقیق نیک جو (۱۳۷۴) ۶۷

۱۱-۳- نتایج تحقیق خالدیان (۱۳۷۴) ۶۹

۱۲-۳- نتایج تحقیق احمدیان (۱۳۷۴) ۷۶

۱۳-۳- نتایج تحقیق زنجانی جم (۱۳۷۵) ۸۰

۱۴-۳- نتایج تحقیق قدرتی (۱۳۷۵) ۸۱

۱۵-۳- نتایج تحقیق محمودی (۱۳۷۵) ۸۲

۱۶-۳- نتایج تحقیق سرخوش (۱۳۷۵) ۸۳

Scanned with CamScanner

۳-۱۷- نتایج تحقیق کریمی آذر (۱۳۷۵) ۸۷
۳-۱۸- نتایج تحقیق صمدی (۱۳۷۵) ۸۸
۳-۱۹- نتایج تحقیق مختاری (۱۳۷۵) ۹۲
۳-۲۰- نتایج تحقیق کوپائی (۱۳۷۶) ۹۶
۳-۲۱- نتایج تحقیق رحمتی (۱۳۷۶) ۹۷
۳-۲۲- خلاصه نتایج ۱۰۲
۳-۲۳- بحث و نتیجه گیری و جمع بندی ۱۰۴
۳-۲۴- پیشنهادات ۱۰۵
منابع ۱۰۶

Scanned with CamScanner

مقدمه

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی هر کشور است. امروزه فرسایش خاک به عنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به شمار می‌آید. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی‌شود خاکها بتدریج فرسایش یافته، حاصلخیزی خود را از دست می‌دهند. فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌گردد و از این راه خسارت زیاد و جبران ناپذیری به جا می‌گذارد، بلکه با رسوب مواد در آبراهه‌ها، مخازن، سدها، بنادر و کاهش ظرفیت آبگیری آنها نیز زیانهای فراوانی را سبب می‌گردد. بنابراین نباید مسأله حفاظت و حراست خاک را کوچک و کم اهمیت شمرد. امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقدامات هر کشور می‌باشد.

اگر استفاده از خاک بر اساس شناسایی استعداد و قدرت تولیدی آن (مبتنی بر رعایت اصول صحیح و علمی باشد خاک از بین نمی‌رود. امروزه با آنکه کشورهای پیشرفته توانسته‌اند بیشتر مسائل حفاظت خاک خود را حل نمایند کشورهای در حال توسعه هنوز در مراحل ابتدایی آن می‌باشند و رواج واقعی آن مستلزم آگاهی بیشتر مردم این کشورها و مکانیزه شدن کشاورزی در آنجاست. متأسفانه کمبود نیروی انسانی کافی و کارآمد و علاقه‌مند به کار و مهمتر از همه عدم وجود همکاری بین دستگاههای اجرایی از مسائل حل نشده در راه موفقیت کشور ما در این زمینه می‌باشد.

اجرای طرحهای حفاظت خاک و آب باید متکی به نتایج تحقیقات و بررسیهای علمی باشد. این متن در سه فصل تنظیم شده است. فصل اول شامل تاریخچه فرسایش و تعاریف می‌باشد. در فصل دوم روشهای اندازه‌گیری و بررسی فرسایش و رسوب به طور مختصر اشاره شده است. فصل سوم که هدف این جلسه بحث می‌باشد به بررسی نتایج تحقیقاتی استفاده از مدلهای برآورد فرسایش رسوب در برخی از حوزه‌ها پرداخته شده است.

۱۳۸۰/۱/۲۰

Scanned with CamScanner

فصل اول

فرسایش خاک

Scanned with CamScanner

۱ـ۱ـ تاریخچه فرسایش خاک[1] در عهد باستان

مطالعاتی که در زمینه اثر فرسایش روی تمدنهای اولیه بشری انجام گرفته است، نشان می‌دهد که مهمترین علت سقوط بسیاری از امپراطوریهای شکوفای عهد باستان کاهش قدرت محصول دهی خاک بوده است گر چه این موضوع در طول ۷۰۰۰ سال تاریخ تمدن بشری به وضوح مشهود بوده ولی آگاهی از مسئله، خیلی دیر و به کندی صورت گرفته است.(۱)

ما سوابق چندانی از تمدنهای اولیه خاورمیانه نداریم ولی در بین آنهائیکه موجود است هیچ نشانه‌ای از وجود آگاهی از ارتباط بین فرسایش و سقوط این تمدنها از طریق قحطی حاصله وجود ندارد.

بعدها در کتب مقدس یهود تهدیدات و پیشگویی‌هائی راجع به خشک شدن نهرها و وقوع قحطی آمده است، ولی در این کتب کمتر می‌توان نصایح و راهنمائیهایی جهت بهره‌برداری بهتر و جلوگیری از وقوع بلیات فوق را پیدا کرد.(۱)

تعدادی از نویسندگان یونانی ذکری از اصلاح زمین به میان آورده‌اند، از جمله هوم آیش گذاشتن زمین را جهت استراحت دادن به خاک توصیه می‌کند و افلاطون جاری شدن سیل و فرسایش را با از بین رفتن و تخریب جنگلها مرتبط می‌دادند.(۱)

رومی‌ها درک بهتری در این زمینه داشتند و ویرجیل و پلین چیزی راکه امروز زراعت حفاظتی نامیده می‌شود، توصیه می‌کردند. ولی درست تا پایان قرن نوزدهم اوضاع کلی بدون تغییر باقی ماند.(۱)

عدم تمایل به درک اهمیت فرسایش ممکن است تا حدودی از این حقیقت ناشی شده باشد که تمدنهای اولیه تماماً روی دشتهای رسوبی قابل آبیاری پا گرفتند و این زمینها غالباً برای تداوم حاصلخیزی خود احتیاج به رسوبات سیلابی داشتند. از اینگونه تمدنها مانند تمدنهای دره، نیل و فرات که حیات خود را مدیون فرسایش در حوزه آبخیز بودند نمی‌توان انتظار داشت که فرسایش را با همان دیدی بنگرند که جوامع کشاورزی مدرن امروزی می‌نگرند.(۶)

---

1) Soil erosion

Scanned with CamScanner

۲ـ۱ـ پیشینه تحقیق در زمینه فرسایش خاک

اولین تحقیقات علمی در این زمینه در بین سالهای ۱۸۷۷ و ۱۸۱۵ توسط وولنی[۱] دانشمند آلمانی انجام گرفت. او آزمایشات مختلفی را نظیر اثر پوشش گیاهی و مالچ در ممانعت از برخورد باران و تخریب ساختمان خاک، اثر نوع خاک و شیب آن روی روان آب[۲] و فرسایش کرتهای کوچک به انجام رسانید.

بجز این کار پیشتاز، اکثر تحقیقات مربوط به فرسایش، عمدتاً از آمریکا منشأ گرفته‌اند.(۱)

اولین آزمایش کمی آمریکا در سال ۱۹۱۵ توسط سازمان جنگلها در یوتا پیاده شد و بلافاصله کمی ا از آن یعنی در سال ۱۹۱۷ میلر[۳] در ایالت میسوری آزمایشات مشابهی را انجام داد که منجر به انتشار اولین نتایج آزمایشات کرتی صحرایی در سال ۱۹۲۳ گردید.(۱)

بنت در بین سالهای ۱۹۲۸ تا ۱۹۳۳ شبکه‌ای مرکب از ده ایستگاه تحقیقاتی در آمریکا ایجاد نمود و در فاصله بین سالهای دهه بعد این برنامه گسترش پیدا کرد و تعداد این ایستگاهها به چهل و چهار عدد رسید که آزمایشاتی روی کنترل مکانیکی فرسایش و روان آب حاصل از حوزه‌های آبخیز کوچک به انجام می‌رسید.(۱)

در تمام این مدت کارها به تحقیقات عملی در شرایط ضروری محدود شده بود. گر چه از همان روزهای اول یعنی زمان وولنی روشن بود که جلوگیری از فرسایش پاشمانی[۴] دارای اهمیت حیاتیست، ولی هیچ تحقیقی هماهنگ که شامل مطالعه تحلیلی از پدیده فرسایش باشد وجود نداشت.

تحقیقات پیشتاز در این زمینه توسط چند نفر از جمله بیور[۵]، برست[۶]، وود بورن[۷] و ماسگریو[۸]، بطور جداگانه و در خلال سالهای دهه ۱۹۳۰ انجام گرفت و منجر به اولین مطالعه، تفضیلی از باران طبیعی توسط لاوز[۹] در سال ۱۹۴۰ گردید.(۱)

اولین مطالعه روی عمل مکانیکی قطرات باران روی خاک در سال ۱۹۴۴ توسط الیسون انجام

---

1) Wollny
2) Runoff
3) Miller 1917
4) Splash erosion
5) Baver
6) Burst
7) Woodburn
8) Musgrave
9) Lawes

Scanned with CamScanner

گرفت که مفهوم آن به بهترین وجهی توسط استالینگر[۱] به ترتیب زیر بیان شده است:

«کشف اینکه پاشمان خاک بوسیله قطرات باران عامل عمده‌ای در پدیده فرسایش است، نمایانگر پایان یک دوره درکشمکش بشر با فرسایش خاک و آغاز دوران دیگر است که برای اولین بار امید به پیروزی و حل مسئله را نوید می‌دهد».(۱)

ماهیت دقیق اثرات پراکنده کنندگی قطرات باران، یعنی همان مرحله‌ای از فرسایش آبی که در تمام مدت ۷۰۰۰ سال عمر تمدن بشری از دیده‌ها پنهان مانده بود، علت واقعی شکست تمام اقداماتی است که طی این مدت در جهت حفظ زمین در مقابل فرسایش آبی انجام می‌گرفت.

این کشف علت مصون ماندن زمینهای دارای پوشش کافی گیاهی از خطر فرسایش را توضیح می‌دهد.(۱)

تحقیق روی مسائل فرسایش محدود به آمریکا نبوده است. آفریقا در این زمینه به اندازه کافی پیشتاز بوده است، بطوریکه اولین کرتهای روان آب در سال ۱۹۲۹ در دانشگاه پریتوریا توسط پرفسور هایلت[۲] تأسیس گردیده است. امروزه شبکه‌ای از ایستگاههای صحرائی در قسمتهای مختلفی از سرزمینهای این قاره مشغول بکار هستند. همکاری بین‌المللی در بین این کار در غالب سازمانهایی نظیر کمیسیون همکاریهای فنی جنوب صحرا "CCTA" ، دفتر بین آفریقائی برای خاک "BIS" و تحقیقات فنی ـ علمی سازمان وحدت آفریقا "OAU" و انجمن منطقه‌ای آفریقای جنوبی برای حفاظت و بهره‌برداری از خاک "SARCCUS" صورت می‌گیرد.(۱)

آزمایشات مزرعه‌ای زیادی نیز در سیلان، هند، پرتوریکو، استرالیا، اسرائیل و ژاپن در طی سالهای اخیر انجام گرفته است.(۱)

بطور خلاصه تاریخ تحقیقات فرسایش خاک فقط عمری نزدیک به یک قرن دارد و قسمت اعظم تحقیقات عملی و مزرعه‌ای در طی دهه‌های اخیر صورت گرفته است، مطالعات تحلیلی جدیدترین مطالعات فرسایش خاک می‌باشند که مبدأ آن کارهای الیسون در سال ۱۹۴۰ بوده است.(۱)

---

1) Stallings 2) Haylett

Scanned with CamScanner

۳ـ۱ـ تعریف فرسایش[۱]

فرسایش به فرآیندی اطلاق می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و بوسیله یک عامل انتقال دهنده به مکانی دیگر حمل می‌شود. پس از تخریب سنگ و یا خاک، مواد بعلت از دست دادن تراکم و چسبندگی خود بوسیله عواملی چون آب و باد حمل شده و بسته به میزان قدرت عامل حمل انتقال یا رسوبگذاری می‌شود.

۴ـ۱ـ تعریف اصطلاحات رایج در ارتباط با فرسایش

کلمه اروژن در زبان انگلیسی یا اروزیون در زبان فرانسه که با معنی فرسایش مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای منشاء لاتین «ارودری[۲]» به معنی سائیدگی، کم شدن می‌باشد. کلمه یا اصطلاح فرسایش برای اولین بار توسط پنک[۳] در زمین‌شناسی در سال ۱۸۹۴ به منظور بیان تشکیل گودالها بوسیله آب، ترسیب مواد منتقل شده بوسیله رودخانه و شکل‌گیری دره‌ها مورد استفاده قرارگرفت. این بیان در آن مقطع زمانی تنها اهمیت فرسایش را از لحاظ زمین‌شناسی نشان می‌داده است. در همان زمان فرسایش ناشی از نزولات[۴] که شامل آب شستگی سطحی[۵] بوده آبلیشن (با منشأ لاتین آبلیتو Ablatioio به معنی منتقل شدن) می‌نامیدند.(۳)

علاوه بر اصطلاحات فوق از اصطلاحات دیگری که بیان کننده فرآیندهای ژئومورفولوژی کی بوسیله آب و باد نیز استفاده می‌گردد. این اصطلاحات شامل:

کوریشن (Corrasion): شستشو و حمل مواد در شیب‌ها بوسیله رودخانه

کوروشن (Corrosion): تخریب شیمیایی سنگهایی که قابلیت انحلال بالایی دارند.

آبریشن (Abrasion): نمایش و صاف شدن اراضی و سواحل بوسیله باد و آب در ....

بسیاری از مؤلفین و محققین اصطلاح اروژن را در ارتباط با هر گونه شکل تخریب خاک یا سطح زمین بوسیله آب می‌دانند و توصیه می‌کنند که اصطلاحات دفلیشن و آبریشن در تخریب بوسیله باد مورد استفاده قرارگیرند.

---

1) Erosion
2) Eroderi
3) Penk
4) Percipitation
5) Ablation

Scanned with CamScanner

با وجودیکه اصطلاح اروژن از قرن ۱۹ مورد استفاده قرار می‌گرفت ولی ابداع و استفاده از لفظ فرسایش خاک[۱] به اوائل قرن بیستم بر می‌گردد و حتی تا سال ۱۹۳۰ استفاده از این اصطلاح عمومیت نیافته بود.(۳)

زاخار[۲] اعتقاد دارد که اصطلاح فرسایش خاک عموماً بیان‌کننده تخریب خاک بوسیله عوامل فرساینده آب و باد است.(۳)

۵ـ۱ـ فرآیند و مکانیزم فرسایش

فوستر در سال ۱۹۸۲ پدیده فرسایش آبی را شامل فرآیندهای جدا شدن ذرات خاک، حمل و رسوب آنها توسط عامل فرساینده باران و عامل حمل کننده یعنی روان آب می‌داند.

مورگان ۱۹۸۶ فرسایش خاک را شامل دو مرحله می‌داند. یکی جدا شدن[۳] ذرات از توده خاک و دیگری انتقال[۴] مواد تخریب یافته بوسیله یک عامل فرسایشی مانند جریان آب یا باد، هنگامی که انرژی برای انتقال مواد کافی نباشد مرحله سومی بنام ته‌نشینی[۵] نیز ظاهر می‌شود.

رز و همکاران ۱۹۹۲ براساس اصول فیزیکی فرآیندهای مختلف فرسایش را در جریان روز مینی[۶] مورد بررسی قرار می‌دهند.(۳)

۱ـ۵ـ۱ـ عوامل کلی دخیل در ایجاد فرسایش

برای کنترل فرسایش آبی باید ابتدا با شناخت از عوامل مؤثر در آن راه حل مناسبی ارائه کرد. باید در نظر داشت که اساساً نمی‌توان عامل مشخص و معین را به عنوان عامل اصلی فرسایش آبی در یک منطقه معرفی نمود. بلکه شرایط فرسایش موجود در منطقه را باید معلول تأثیرات متقابل مجموعه عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش دانست. باید اذعان نمود که هر عامل، عامل دیگری را تقویت و یا از فعالیت آن باز می‌دارد.(۴)

---

1) Soil erosion
2) Zachar
3) Detachment
4) Transporation
5) Deposition
6) Overland flow

Scanned with CamScanner

عوامل مؤثر در فرسایش، کلاً به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف ـ عوامل طبیعی:

شامل موارد مربوط به زمین‌شناسی، خاک، آب و هوا، جریانهای سطحی، سیستم رودخانه‌ای، توپوگرافی، پوشش گیاهی و ..... که در زیر توضیح بعضی از آنها آمده است.

بافت و ساختمان و میزان مواد آلی خاک و میزان نفوذپذیری آن عوامل مؤثر در میزان فرسایش می‌باشد. بافت درشت باعث افزایش نفوذپذیری خاک و در نتیجه کاهش روان آب و فرسایش می‌گردد.

مواد آلی خاک باعث بهبود ساختمان خاک و کاهش میزان ذرات آزاد و قابل حمل شده و در نتیجه کاهش فرسایش می‌گردد. شیب زیاد باعث افزایش سرعت جریان، انرژی جریان با مربع سرعت جریان افزایش و در نتیجه باعث افزایش فرسایش می‌گردد. سرعت زیاد روان آب درکانالهای باریک توسعه شیارها و گالی‌ها را باعث می‌گردد.

پوشش گیاهی مانع برخورد باران به خاک، کاهش سرعت جریان، نگهداری ذرات خاک در محل خود و افزایش قدرت جذب آب توسط خاک می‌گردد.(۵)

مطالعاتی که در زمینه رابطه تلفات خاک و آب و هوا در مقیاس جهانی انجام شده است، نشان می‌دهد که فرسایش در جاهایی به حداکثر خود می‌رسد که میانگین بارندگی مؤثر سالانه آن ۳۰۰ میلی‌متر باشد.

منظور از بارندگی مؤثر بارانی است که در شرایط مشخص درجه حرارت بتواند مقدار معینی رواناب ایجاد نماید، در وضعیتی که مقدار بارندگی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر باشد با افزوده شدن بارندگی، فرسایش نیز افزایش می‌یابد. البته افزایش بارندگی باعث بهتر شدن پوشش گیاهی نیز می‌شود و این خود سطح خاک را بهتر محافظت می‌کند. اما در وضعیتی که مقدار بارندگی سالانه بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر باشد نقش حفاظتی پوشش گیاهی به عوامل فرسایش فزونی گرفته در نتیجه با افزوده شدن بارندگی میزان تلفات خاک کاهش پیدا می‌کند. شاهدهایی نیز در دست است که اگر نزولات جوی افزایش یابد بارندگی و رواناب ناشی از آن ممکن است به حدی زیاد باشد که خود باعث افزایش تلفات خاک گردد. عمده‌ترین نتیجه‌ای که از این شناخت حاصل شده است که مناطق

Scanned with CamScanner

خشک و نیمه مرطوب دنیا نظیر چین، هندوستان، غرب امریکا، روسیه مرکزی و نواحی مدیترانه‌ای، سخت در معرض فرسایش قرار دارند.(مورگان)(۵)

میزان تولید رسوب بستگی به وسعت حوزه نیز دارد که در جای خود توضیح داده خواهد شد. به طورکلی در مقیاس بزرگ فاکتور آب و هوا غالب و در مقایس کوچکتر آب و هوا ثابت و خاک و پوشش گیاهی اهمیت بیشتری می‌یابد.(مورگان)(۵)

گزارش شده است که فرسایش با زیر کشت قرار دادن زمینهای حساس، افزایش می‌یابد و سپس با تبدیل زمینهای کشاورزی به شهر سازی دوباره تقلیل پیدا می‌کند.(ریشتر ۱۹۸۰) (۵)

ب ـ عوامل تشدید کننده:

شامل نحوه بهره‌برداری‌های انسان از قبیل زراعتهای آبی و دیم، چرای مرتع، بهره‌برداری غیر اصولی از جنگلها و مراتع، جاده سازی، معادن و سایر اقدامات در حوزه.

طبق گزارشهای (۱۹۷۲. m) منابع اولیه فرسایش در آمریکا اراضی کشاورزی، بهره‌برداری از جنگلها و استخراج معادن و اقدامات ساختمانی می‌باشد. اگر چه فرسایش در زمینهای زراعی سهم قابل توجهی از مجموع بار رسوبی را شامل می‌گردد، لکن اقدامات ساخت باعث بهم خوردن شرایط طبیعی گشته و باعث افزایش شدت فرسایش از ۲ تا ۴۰ هزار برابر حالت طبیعی می‌گردد.(ولمن ۱۹۶۷) و بطورکلی فرسایش که در اراضی بدلیل تخریب ناشی از اقدامات ساختمانی انجام می‌شود ما بین ۱۰ تا ۱۰۰ برابر فرسایش در زمینهای زراعی است و بطور متوسط این عدد ۲۰ برابر می‌باشد همچنین گزارش شده است که در سانفرانسیسکو با اقدامات ساختمانی میزان فرسایش از ۷/۸ تن در شرایط کشاورزی به ۱۱۶ تا ۱۵۷ تن هکتار در شرایط جدید در سال رسیده است.(والینگ)(۵)

۶ـ۱ـ انواع فرسایش آبی

اولین تقسیم‌بندی فرسایش آبی که بوسیله متخصصین پیشتاز حفاظت خاک انجام گرفت این پدیده را به مراحلی منطبق بر تجمع تدریجی روان آب سطحی تقسیم می‌کند که با فرسایش

سطحی[۱] (شسته شدن سطح خاک زراعی) شروع می‌شود، سپس با تجمع آب در جویبارهای کوچک وارد به مرحله فرسایش شیاری[۲] می‌گردد بعد وقتی که آبراهه‌های فرسایش یافته بزرگتر شوند فرسایش خندقی نامیده می‌شود و بالاخره فرسایش نوع آخر فرسایش کناره‌ای[۳] است که با بریده شدن سواحل رودخانه‌ها و یا جویها توسط آب جاری در آنها بوجود می‌آید. با آگاهی فعلی ما از فرسایش این تقسیم‌بندی دیگر مناسب نبود. و شاید هم گمراه کننده باشد چون کلاً اثرات برخورد قطرات باران و عمل فرسایش پاشمانی[۴] را حذف می‌نماید در صورتی که ما می‌دانیم که عمل قطره باران در هنگام برخورد با زمین اولین و مهمترین مرحله پدیده فرسایش است. همچنین فرسایش سطحی که برای برداشته شدن یکنواخت خاک بوسیله یک لایه نازک آب در جریان را مجسم می‌کند از هر نظر غلط است.

چون از یک طرف جریان لایه‌ای آب فقط در سرعتهائی بالاتر از سرعت معمولی آب در مزرعه قادر به خراشیدن سطح و ایجاد شستگی است و از طرف دیگر روان آب بندرت می‌تواند بفرم ورقه پهن و یکنواخت در حرکت باشد.(۶)

بنابر عقیده زاخار فرسایش ناشی از باران شامل فرسایش سطحی و فرسایش زیرزمینی[۵] می‌باشد فرسایش سطحی شامل فرسایش بارانی، فرسایش صفحه‌ای یا ورقه‌ای، فرسایش بین شیاری[۶]، فرسایش شیاری، فرسایش خندقی[۷] و فرسایش بدلند[۸] است. فرسایش زیر زمینی فرسایشی است که در آن شکلهای فرسایش دیده نمی‌شود مانند فرسایش درونی یا عمودی[۹]، فرسایش تونلی[۱۰]، فرسایش حاصلخیزی[۱۱] و فرسایش شبه کارستی[۱۲].(۴)

---

1) Sheet erosion
2) Rill erosion
3) Stream bank erosion
4) Splash erosion
5) Sub surface erosion
6) Interrill erosion
7) Gully
8) Badland
9) Verytical
10) Tunnel
11) Degradation
12) Pseudocarst erosion

Scanned with CamScanner

۱ـ۶ـ۱ـ فرسایش پاشمانی[۱]

جدا شدن ذرات خاک و حمل آنها در نتیجه برخورد قطره‌های باران به طور مستقیم روی خاک یا روی سطح نازک آب را فرسایش بارانی یا فرسایش پرتابی می‌گویند. اگر چه برخورد قطره‌های باران روی جوی‌های کم عمق ممکن است باعث پرتاب خاک نگردد، اما توربلانس[۲] (آشفتگی) و ظرفیت حمل رسوب آب را افزایش می‌دهد.(۲۷)

فرسایش بارانی مقدار زیادی از خاک را به آسمان پرتاب می‌کند، بیشتر ذرات بیش از یکدفعه پرتاب می‌شوند. خسارت ناشی از این فرسایش ۵۰ تا ۹۰ برابر خسارت هرز آب می‌باشد. روی خاک لخت برآورد شده است که در اثر باران شدید (پروزن) بیش از ۲۰۰mg بر هکتار پدیده (mg=megagram=ton) پرتاب ذرات خاک به هوا رخ داده است و روابط بین فرسایش، اندازه حرکت[۳] باران و انرژی مشخص می‌شود. بوسیله جرم قطره باران، اندازه توزیع، شکل، سرعت و جهت باران، رابطه بین شدت ریزش باران و انرژی بدست آمده است. (Foster et al. 1981)(۲۷)

$$E = 0.119 + 0.08731 \log_{10} i$$

انرژی سینتیک به $E = Mg / ha - mm$ که

شدت باران به $i = mm / h$

جابجایی و پرتاب ذرات خاک ممکن است در حالت عمودی بیشتر از ۰/۶ متر و به طور جانبی بیشتر از ۱/۵ متر در ارتفاع سطحی برسد.(۲۷)

۲ـ۶ـ۱ـ فرسایش ورقه‌ای

دریافت کلی از کلمه فرسایش ورقه‌ای، انتقال و جابجایی یکنواخت خاک در لایه‌های نازک زمین شیبدار، در نتیجه جریان ورقه‌ای یا روی زمین می‌باشد.

اما استفاده از دوربین‌های پیشرفته و دو فاکتور سرعت و تأخیر زمان نشان داد که این رفتار فرسایش به ندرت اتفاق می‌افتد. هم زمان با اولین گسیختگی و انتقال ذرات خاک شیارهای بسیار

---

1) Splash erosoon or raindrop erosion

2) Turbulence

3) Momentum

ریزی تشکیل می‌شود. حرکتهای پیچ در پیچ مداوم و تغییر مکان این شیارهای میکروسکپی و پنهان از مشاهدات عادی باعث شد تا برداشتی اشتباه از فرسایش ورقه‌ای بشود.

عمل برخورد و ضربه‌زدن قطرات باران توأم با جریان سطحی باعث آغاز تشکیل شیارهای میکروسکپی می‌باشد قطرات باران ذرات خاک را جدا می‌کنند و رسوبات جدا شده مقدار نفوذ را با بستن منافذ خاک کاهش می‌دهند. قدرت فرسایش و حمل جریان ورقه‌ای[1] تابعی از شدت بارش، مقدار نفوذ و شیب منطقه به اندازه خاکدانه، شکل خاکدانه و دنسیته[2] ذرات خاک است.(۲۷)

۳ـ۶ـ۱ـ فرسایش بین شیاری

فرسایش ورقه‌ای و فرسایش بارانی بعضی وقتها با هم ترکیب می‌شوند و فرسایش بین شیاری نامیده می‌شوند. تحقیقات نشان داده است که فرسایش بین شیاری تابعی از خصوصیات خاک، شدت بارش (منظور باران) و شیب می‌باشد. روابط بین این پارامترها معمولاً به این صورت بیان می‌شود. (Watson and Laflen 1986)

$$D_i = K_i i^2 S_f$$

که:

$D_i =$ مقدار فرسایش بین شیاری به $kg/m^2 - s$

$K_i =$ قابلیت فرسایش پذیری بین شیاری خاک به $kg - s/m^4$

$i =$ شدت باران به m/s

$S_f =$ فاکتور شیب

$S_f = 1/05 - 0/85 \exp(-4 \sin\theta)$ (Iiedenow et al.)

$\theta =$ شیب بر حسب درجه

که بنابراین فرسایش سطح زمین بین شیارها را فرسایش بین شیاری می‌نامند.(۲۷).

---

1) Sheet flow 2) Density

Scanned with CamScanner

۴ـ۶ـ۱ـ فرسایش شیاری

فرسایش شیاری انفصال و حمل خاک بوسیله تمرکز جریان آب می‌باشد. اندازه این شیارها آنقدر است که بشود بوسیله عملیات عادی کشاورزی از بین بروند. این فرسایش زمانی مهم و قابل توجه است که طوفانهای شدید با خصوصیات تولید هرز آب بالا همراه با خاک رویی حساس به فرسایش موجود باشد.(۴)

به طورکلی گسترش فرسایش شیاری به نیروی برشی آب (قدرت جداسازی آب) و مقاومت خاک در برابر جدا شدن ذرات آن از یکدیگر بستگی دارد. همچنین گسترش فرسایش شیاری به توان حمل آب و بار رسوب نیز بستگی دارد. بنابر این فرسایش شیاری هنگامی گسترش خواهد یافت که توان حمل آب بیشتر از بار رسوب باشد. با توجه به مطلب بالا می‌توان گفت که قطرات باران در گسترش فرسایش شیاری تأثیر دارد. البته قطرات باران به طور مستقیم به گسترش فرسایش کمک نمی‌کنند.

یعنی قطرات باران هیچ ذره‌ای را در زیر جریان آب در شیارها جدا نمی‌سازند بلکه با افزودن آب باران به آب جاری، از یک سو نیروی برشی و از سوی دیگر توان حمل یا ظرفیت انتقال جریان آب را زیاد می‌کنند.(۴)

لازم به ذکر است که اندازه رسوبات حاصل از فرسایش شیاری معمولاً شبیه اندازه ذرات توده خاک اصلی است زیرا در فرسایش شیاری از یک سو حالت انتخابی از نظر اندازه ذرات حداقل است و از سوی دیگر ذرات خاک در فرسایش شیاری در معرض فرسایش بارانی نیستند و این مطلب در مورد فرسایش بین شیاری برعکس است.(۴)

۵ـ۶ـ۱ـ فرسایش خندقی

فرسایش خندقی کانالهای بزرگتر از شیارها را ایجاد می‌کند. این مجراها آب را در خود در طول و بلاواسطه بعد از بارندگی انتقال و حمل می‌کنند و مانند ویژگی مشخص شیارها، گالی‌ها را نمی‌توان بوسیله کشت و زرع و عملیات کشاورزی از بین برد. مقدار رسوب از این فرسایش معمولاً کمتر از مناطق بالادست می‌باشد، اما مناطقی که بوسیله گالی‌های بزرگ تقسیم شده‌اند مسائل و مشکلات

Scanned with CamScanner

بزرگتری دارند. در مناطق حاره و گرم تروپیکال، گالی‌ها به دنبال تخریب جنگل و کشت و زرع توسعه یافته و مشکلات هدر رفت خاک و فرسایش افزایش می‌یابد. به دنبال آن خسارت به ساختمانها، جاده‌ها و فرودگاهها (Aneke, 1985)(۲۷)

مقدار فرسایش گالی در درجه اول به هرز آب و بعد خصوصیات حوزه آبخیز، زهکش منطقه، خصوصیات خاک، نظم، اندازه و شکل گالی و شیب در کانال. (Bradford et al, 1973) مربوط می‌شود.(۲۷)

یک گالی بوسیله پروسه‌هایی که ممکن است همزمان و یا در طول دوره‌های رشد رخ می‌دهد توسعه و پیشرفت کند.(۲۷)

فوستر[1] فرق بین شیار و خندق را بر اساس تعداد و تراکم آنها در سطح زمین بیان می‌کند. او اظهار می‌دارد که فرق شیار و خندق علاوه بر اندازه آنها به تعداد و تراکم آنها در سطح زمین مربوط می‌شود یعنی شیارها مجاری کوچکی هستند که در یک منطقه به مقدار زیاد و به طور گسترده وجود دارند، در حالی که تعداد خندقها در یک سطح کمتر می‌باشد.(۴)

لازم به ذکر است که فرسایشهای قبلی در بالای شیب حدوداً ۱۰ درصد رخ می‌دهد در حالیکه خندق زیر ۱۰ درصد دیده می‌شود.

۶ـ۶ـ۱ـ فرسایش هزار دره

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که مکانیسم تشکیل هزار دره پدیده بسیار پیچیده است که در ایجاد آن عوامل مختلف سطحی و زیر زمینی دخالت دارند که در مناطق مختلف متفاوت می‌باشند که مهمترین این عوامل عبارتند از: ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی سازند، شرایط آب و هوایی، عوامل توپوگرافی، عوامل انسانی مانند چرای مفرط، تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به کشاورزی و غیره.(۷)

بدلند یا هزار دره به قسمتی از دامنه با تراکم زیاد شیار و آبراهه اطلاق می‌گردد که خاک آن از بین رفته، پوشش گیاهی نادر و یا دامنه عاری از پوشش گیاهی می‌باشد.(۷)

---

1) Foster

هزار دره‌ها در نتیجه نیروی تخریبی آب در روی دامنه‌ها ایجاد می‌گردند. که مورفولوژی آن شامل دره‌های V شکل کوتاه و بریده بریده با شیب‌های تند است که اغلب در قسمت‌های پایین دامنه با شیب ملایمی به زمینهای مسطح ختم می‌گردند. بنابراین مرحله تکاملی فرسایشهای سطحی، هرزآب، شیار و آبراهه به فرسایش بدلند یا هزار دره ختم می‌پذیرد.(۷)

۷ـ۶ـ۱ـ فرسایش تونلی[1]

سوراخها یا آبراهه‌های زیرزمینی بیشتر در خاکهایی که مستعد فرسایش مخروطی هستند تشکیل می‌گردند ولی کاملاً محدود به این قبیل خاکها نمی‌شوند.(۶) عموماً پای پینگ در سازندهایی که ظرفیت نفوذپذیری کمی داشته و دارای املاح زیادی می‌باشند به وجود می‌آیند.(۷)

وقوع فرسایش تونلی زمانی است که آب سطحی بداخل خاک نفوذ کرده و آنقدر پایین می‌رود تا به یک لایه دارای قابلیت نفوذ کمتر برخورد کند. اگر در چنین شرایطی که راه نفوذ عمودی آب بسته است آب بطور افقی از روی لایه با قابلیت نفوذ کم حرکت کند ممکن است در مسیر خود ذرات ریز خاک لایه متخلخل را شسته و از آن خارج نمایداین عمل خود باعث زیادتر شدن سرعت حرکت افقی آب گشته و باز فرسایش جانبی را اضافه می‌کند تا بالاخره تونلی ایجاد شود. بدین ترتیب تمام آب سطحی در یک سوراخ عمودی ناپدید شده و در زیرزمین جریان می‌یابد. تا اینکه در جای دیگر و احتمالاً از دیواره‌های جانبی یک خندق سر به در آورد.(۶)

۸ـ۶ـ۱ـ فرسایش کنار رودخانه‌ای

این نوع فرسایش معمولاً در دیواره‌های نهرها و رودخانه‌ها انجام می‌گیرد. در این فرسایش مناطقی که شدیداً فرسایش می‌یابند قسمتهای خارجی خمیدگی هاست زیرا نیروی برشی آب در آنجا زیاد است. عمل این نوع فرسایش متفاوت با انواع دیگر فرسایش می‌باشد. فرسایش در امتداد کناره‌ها و بستر نهرهای دائمی همواره فعال است، در حالی که فرسایشهای دیگر فقط در حین بارندگی و یا کمی پس از شروع آن فعال هستند.(۴)

---

1) Piping

Scanned with CamScanner

۹ـ۶ـ۱ـ فرسایش توده‌ای[۱]

این فرسایش عبارت است از حرکت حجم عظیمی از توده‌های خاک یا سنگ یا مجموع آنها به طرف پایین شیب در اثر نیروی ثقل. این فرسایش در واقع موقعی رخ می‌دهد که نیروی حاصل از وزن مواد بیش از نیروی مقاومت ناشی از نیروی برشی خاک باشد.(۴)

بطورکلی بدلایل مختلف حرکت توده‌ای لایه خاک اتفاق می‌افتد، مطالعات انجام شده توسط روگرس و سلبی (۱۹۸۰) نشان می‌دهد که عمده این حرکتها بدلیل تغییرکاربری اراضی نظیر تبدیل جنگل به اراضی زراعی و دیم اتفاق می‌افتد.(۵)

قابل توجه است که مقدار رسوباتی که در نتیجه حرکات توده‌ای خاک وارد رودخانه می‌شود بمراتب بیشتر از آنست که توسط خندقها، شیارها و یا فرسایش روی زمین وارد می‌شود.(۴)

۱۰ـ۶ـ۱ـ انواع دیگر فرسایش

از انواع دیگر فرسایش یا اشکال خاص فرسایش می‌توان فرسایش ساحلی، فرسایش مکانیکی[۲]، یا فرسایش ناشی از عملیات شخم و شیار، فرسایش پاسنگی[۳] یا ستونی، فرسایش سیلابی[۴] و فرسایش گلخرابی[۵] را نام برد.(۴)

۷ـ۱ـ تعریف رسوب[۶]

کلمه رسوب (Sediment) از کلمه لاتین Sedimentum مشتق شده است که به معنی رویهم قرارگرفتن یا رسوب کردن می‌باشد. بنابراین رسوب به تمامی موادی اتلاق می‌شود که از تخریب مواد پوسته زمین و حمل و نقل آنها به وسیله آب، باد و یخ نتیجه شده یا از اشباع شدن مواد شیمیایی محلول در آب و یا از ترشح موجودات زنده سرچشمه گرفته و در نهایت به صورت لایه‌هایی در سطح پوسته‌های جامد زمین ته‌نشین شده‌اند.(۸)

معمولاً حجم خاک منتقل شده به پایین دست حوزه کمتر از آن مقداری است که در بالا دست حوزه فرسایش می‌یابد زیرا همواره مقداری از مواد فرسایش یافته در مسیر حمل رسوبگذاری

---

1) Massive erosion
2) Mechanical
3) Pedestsl erosion
4) Torrent
5) Puddle erosion
6) Sediment

Scanned with CamScanner

می‌شود و میزان این رسوبگذاری به برخی از فاکتورهای حوزه بستگی دارد. برای محاسبه حمل رسوب منتقل شده لازم است ضریب رسوبدهی در نظر گرفته شود.(۲)

میزان تولید رسوب با توجه به وسعت حوزه بین ۳ تا ۹۰ درصد متغییر است. بطوری که عدد کوچکتر مربوط به حوزه‌های بزرگتر و شیب کم بوده و مواد فرسایشی قبل از رسیدن به روان آب اصلی در مسیر حرکت رسوب می‌کنند.(۵)

فصل دوم

روشهای بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب

Scanned with CamScanner

به منظور اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و تعیین روشهای مبارزه با فرسایش و رسوب و کاهش رسوب زایی، همچنین محاسبه و طراحی دقیق حجم سد در احداث سدهای مخزنی، ضرورت دارد حجم کل میزان تولید رسوب سالانه در یک حوزه آبخیز نیز ارزیابی و برآورد گردد. در زیر روشهای اندازه‌گیری مستقیم و برآورد فرسایش و رسوب توضیح داده شده است.(۴)

۱ـ۲ـ روشهای اندازه‌گیری مستقیم فرسایش خاک

روشی که با استفاده از ابزارآلات اندازه‌گیری فرسایش و رسوب به صورت مستقیم توسط متصدیان در سرزمین انجام می‌پذیرد.

۱ـ۱ـ۲ـ روشهای ژئودتیک یا ترازیابی

روشهای ترازیابی در تحقیقات فرسایش خاک شامل روشهای طراحی شده بمنظور تعیین اثرات کمی فرسایش بوده و شامل اندازه‌گیری تغییرات عمودی سطح خاک می‌باشد. میزان تغییرات در سطح خاک ممکن است بوسیله روشهای ترازیابی ثابت و متحرک تعیین شود. روش ترازیابی متحرک، بمنظور تعیین میزان تغییرات در سطح خاک (میکرورلیف)، ممکن است در مناطقی مورد استفاده قرار بگیرد که تغییرات اولیه سطح خاک بوسیله بعضی از معیارها (اتانول[۱])، یا آثار فرسایش و یا افقهای تخریب شده قابل شناسایی باشد. بعضی از مواقع تغییرات فرسایش ممکن است بوسیله ترازیابی ثابت تعیین شود. در این روش سطح شیبدار موجود با قسمت دیگری از شیب بوسیله یک سری از خطوط اصلی متصل و فرضی تراز می‌گردد. در این روش مبنای کار نقاط ثابت شبکه بندی است. این روش برای تحقیق در زمینه هر نوع تغییرات فرسایش مناسب بوده و در حال حاضر بایستی روش فوق را به عنوان یکی از دقیق‌ترین روشهای تحقیق در زمینه فرسایش دانست. روش ترازیابی متحرک از این نظر مفید است که میزان فرسایش را خیلی سریع و در مدت زمان کوتاهی تعیین می‌نماید. روش فوق ممکن است بطور کلی در تحقیقات و روشهای ارزیابی پیچیده مورد استفاده قرار گیرد. عیب این روش اینست که فقط تغییرات طویل‌المدت را بطور قابل اعتماد مشخص

---

۱) اِتانول یک ماده شیمیایی به فرمول C_2H_5-OH می‌باشد.

می‌نماید، بنابر این اگر فاصله زمانی و معیار مشخص وجود نداشته باشد تعیین شدت فرسایش مشکل و تقریبی است.

روشهای ترازیابی اقسام دیگر هم دارد که از حوصله این بحث خارج است. این روشها در تحقیقات فرسایش بوسیله Bac در سال ۱۹۲۸ و ۱۹۵۲، Gerlach در سال ۱۹۶۶ و سایرین در مطالعات بر روی فرسایش بادی، مورد استفاده قرارگرفته است، در ضمن روش پایه‌های فلزی نیز توسط Midriak در سال ۱۹۷۲ و Shvebts shg سال ۱۹۵۷ و .... بکار رفته است.(۹)

۲-۱-۲- روشهای حجمی

روشهای حجمی بمنظور ارزیابی میزان تغییرات در حجم خاک فرسایش یافته و یا رسوبگذاری شده مورد استفاده قرارگرفته و بوسیله اندازه‌گیریهای ثابت و طویل‌المدت و یا اندازه‌گیریها متغیر و منحصر به فرد مورد بررسی و سنجش قرار می‌گیرد. روشهای حجمی ممکن است تقریباً برای مشاهده تمامی وضعیت‌های فرسایش سطحی و بعضی از وضعیت‌های فرسایش زیرزمینی و تشکیل رسوب مورد استفاده قرارگیرد، در این حالت وضعیت اصلی و واقعی پدیده فرسایش اندازه‌گیری می‌شود. روشهای حجمی ممکن است در اندازه‌گیری حجم شیارها و یا خندقهای فرسایش بسیار سودمند باشد. برای اندازه‌گیری حجم خاک از دست رفته می‌توان به کمک یک متر و یک صفحه مدرج اندازه‌گیری و یا دوربین تئودولیت طول و عرض شیار و یا .... را در پروفیل طولی و چند مقطع عرضی (تعداد بسته به دقت مورد نظر و ....) مساحی و اندازه‌گیری نمود. همچنین با اندازه‌گیری در دو سال پی در پی و تعیین اختلاف پروفیلهای طولی و عرضی اشکال فرسایش می‌توان شدت فرسایش را تعیین نمود. محققین زیادی در این زمینه فعالیت داشته‌اند از جمله Zachar در سال ۱۹۵۶ و ۱۹۵۸ و ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، Wozniak در سال ۱۹۶۳ و ..... لازم به ذکر است این روش یا روشهای مستقیم دیگر ممکن است در مناطق طبیعی و صعب‌العبور بوسیله اندازه‌گیری غیر مستقیم از روی نقشه‌های مختلف و یا عکسهای هوایی تعیین شود.(۹)

Scanned with CamScanner

۳-۱-۲- روشهای دلیومتریک[۱]

برای شناسایی مناطق تولید دلیوایت[۲] تعیین رابطه بین هرز آب منحرف شده و همچنین مساحت منطقه فرسایش یافته ضروری است. در این روش ممکن است شدت پراکنش فرسایش و همچنین فاکتورهای مؤثر در فرسایش در تحت شرایط معین، دقیقاً مورد مطالعه قرار گیرد.

روش فوق در درجه اول شامل، انحراف هرز آب سطحی ناشی از اراضی فرسایش یافته و در درجه دوم شامل اندازه‌گیری میزان هرز آب می‌باشد. از نوع این روشها می‌توان به روشهای دلیمتر یک ثابت و متغیر اشاره نمود.

روشهای دلیومتریک متغییر شامل اندازه‌گیری حجم رسوبات تحت شرایط طبیعی بوده و در روش فوق از کانالهای انحرافی و یا دلیومترها که بمنظور جمع‌آوری هرز اب و رسوب احداث می‌گردند استفاده می‌شود. در محلهایی که جریانها دلیوایتی منحرف می‌گردد، مخزنی بمنظور اندازه‌گیری حجم رسوبات حاصله احداث شده است، از قسمت بالای مخزن اشاره شده، لوله‌ای جریان آب را به یکسری شبکه هدایت می‌نماید، هر شبکه در فواصل زمانی مشخصی پر شده، و مازاد آب از طریق لوله ذکر شده به شبکه دیگر انتقال می‌یابد. اگر مدت زمانی که هر شبکه پر می‌گردد و همچنین مدت زمانی که صرف پر شدن کلیه شبکه‌ها می‌گردد اندازه‌گیری شود، ممکن است که بتوان میزان گل آلودگی آب و همچنین دبی رسوب را نیز محاسبه نمود.(۹)

روش‌های دلیومتریک ثابت در نوشته‌های مختلف تحت عناوین روشهای ثابت، روش قطعات فرسایش و یا روش طرحهای آزمایشی درکشاورزی معرفی شده‌اند. در این روش قسمتی از هرز آب سطحی همراه با رسوب، کنترل شده بنابر این تصویر جامعی از خط سیر فرسایش و بیلان آبی با توجه به اثرات بارندگی، کشت محصولی، شخم اراضی، رلیف (پستی و بلندیهای خاک) و سایر فاکتورها بر روی آنها بدست می‌آید. هرز آب سطحی و رسوب به طرف وسایل اندازه‌گیری هدایت شده، و کمیت خاک فرسایش یافته از روی وزن مواد رسوبگذاری شده تعیین می‌شود.

روش فوق روش مورد استفاده در زمینه اندازه‌گیری میزان مواد رسوبگذاری شده بوده و در رودخانه‌های مجهز به یک لیمنوگراف قابل کاربرد می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که روش

---

۱) اندازه‌گیری فرسایندگی باران طبیعی ۲) فرسایندگی باران طبیعی

Scanned with CamScanner

فوق‌سبب کاهش تعداد مخازنی چند منظوره رسوبگیر نیز می‌گردد. اما دقت آن از روشهای دلیومتریک متغییر کمتر است. چرا که هرز آب ایجاد شده از سطوح محدود بطور طبیعی انتقال نمی‌یابند.

مظافاً اینکه پلاتهای آزمایشی نیز تابعی از وضعیت آبخیز بالا دست و شیب آن می‌باشد. در نتیجه معمولاً مقادیر بدست آمده کمتر از مقادیر واقعی هستند. در مورد روشهای دلیومتریک ثابت یک سؤال مهم اینست که اندازه پلاتهای آزمایشی مورد استفاده و بویژه طول آنها چقدر باشد.

اثرات جریانهای سطحی خیلی پیچیده بوده و بنابر این به کمک پلاتهای کوتاه نمی‌توان فرسایش را مورد بررسی و تحقیق قرار داد. Musokhrenov در سال ۱۹۷۶، به کمک مقایسه نتایج بدست آمده از پلاتهای آزمایشی که در طول شیب احداث گریده بودند و در معرض ریزش بارانهای سیل آسا و برف قرار داشتند، نتیجه‌گیری نمود که پلاتها نمی‌توانند کمتر از ۶۰۰ متر طول و کمتر از ۲۵ متر عرض داشته باشند. تفاوتهای خیلی زیادی مابین پلاتهای با طولهای مختلف در تحت شرایط متفاوت خاک، اقلیم و توپوگرافی مشاهده شده است.(۹)

۴ـ۱ـ۲ـ روشهای دفلامتریک[۱]

این روشها مربوط به اندازه‌گیری و تحقیق در مورد فرسایش بادی می‌باشد که از این بحث خارج است.(۹)

۵ـ۱ـ۲ـ روشهای هیدرولوژیکی

روشهای هیدرولوژیکی بویژه در مواقعیکه منظور تعیین شدت فرسایش خاک در یک منطقه مشخص و یا یک حوزه آبخیز می‌باشد بسیار مفید هستند. روشهای هیدرولوژیکی مشابه روشهای دلیومتریک هستند با این تفاوت که در آن روشها محصول و نتیجهٔ فرسایش بارانی مورد بررسی قرار نگرفته بلکه بیشتر اثر کلی فرسایش بارانی و فرسایش رودخانه‌ای توأماً مورد ارزیابی و شناسایی قرار می‌گیرد.

---

۱) اندازه‌گیری فرسایندگی باد

از زمان حمل مواد جامد ناشی از تمامی انواع فرآیندهای ترکیبی مخرب، بوسیله رودخانه‌ها، مشکلات زیادی در رابطه با اندازه گیری جریان رسوب و بارکف رودخانه وجود دارد. چینی‌ها اولین کسانی بودند که رسوب را اندازه گیری نمودند. در سال ۱۹۱۱، همزمان با احداث ایستگاههای ثبات دائمی در روسیه مشاهدات سیستماتیک در مورد جریان رسوب آغاز گردید.(۹)

ثبت کمیت رسوب بوسیله نمونه برداری از آب و تخلیه نمونه‌ها در داخل ظروفی تحت عنوان Bathometer که گل آلودگی[1] آب را اندازه گیری می‌نماید صورت گرفته و از روی اندازه گیری میزان جریان آب، مقدارکل جریان رسوب قابل محاسبه خواهد بود. روش مورد بحث به روش باتومتریک معروف بوده و در واقع یک روش گل آلودگی سنج است بطوری که بتوسط این روش شدت فرسایش از روی گل آلودگی آب تعیین می‌گردد.(۹)

یکی از مشکلات این روش محل نمونه برداری است و مشکل اصلی که این روش با آن مواجه می‌باشد، تشخیص نوع رابطه‌ای است که مابین مقدار جریان رسوب و مقدار خاک برداشت شده توسط فرسایش وجود دارد می‌باشد.یک روش هیدرولوژیکی پیشرفته که جهت تعیین شدت فرسایش مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ شامل اندازه گیری مقدار رسوبات جمع شده در پشت مخازن و حوضچه‌های رسوبگیر سدها و یا بندهائی است که در عرض رودخانه احداث شده‌اند. دقت روش مورد بحث ممکن است بوسیله تعیین گل آلودگی جریان آب، افزایش یابد.(۹)

۶-۱-۲- روشهای پوشش گیاهی

روشهای قبلی در ارتباط با روش پوشش گیاهی بوده و تعیین شدت فرسایش، اثر فرسایش بر روی خاک و بویژه حاصلخیزی آن و اثرات حفاظتی پوشش گیاهی در تحت شرایط مختلف از جمله مسائلی هستند که در روش پوشش گیاهی مورد بررسی قرار می‌گیرند.(۹)

در روش پوشش گیاهی ممکن است که شدت فرسایش و یا تجمع رسوب مورد بررسی قرار گیرد و اصولاً در این قبیل موارد نهالها و یا بوته‌های زراعی، خاک را به اندازه کافی محافظت نموده و بدین ترتیب مقایسه مناسبی با تغییرات سطح خاک در محیط صورت می‌گیرد که درختان بالغ و مسن

---

1) Turbidity

Scanned with CamScanner

برای این منظور مناسب‌تر می‌باشند. در بررسی و تحقیق مؤلف شرایط و وضعیت جابجایی خاک درختان جنگلی به عنوان یک شاهد جهت تعیین تغییرات فرسایش در مراتع و همچنین بمنظور اندازه‌گیری مقدار تجمع رسوب در پای دامنه‌ها مورد استفاده قرارگرفت.

Soboler (Zacher ،۱۹۷۰) (۱۹۴۵ ، ۱۹۴۸) در یک بررسی در مورد شدت فرسایش بادی، آثار و بقایای فرسایش را که بتوسط پوشش گیاهی حفظ گردیده بود، بمنظور مقایسه مورد استفاده قرار داد. پوشش گیاهی حتی در مورد تحقیق اثرات فرسایش بر روی خصوصیات خاک و بویژه اثر فرسایش درکاهش حاصلخیزی خاک دارای مزایای بسیار زیاد است.

۷-۱-۲- روشهای تاریخی

روشهای تاریخی مبتنی بر گزارشات مختلف، نقشه‌ها و سایر مدارکی است که نشان دهنده تغییرات بوجود آمده در ناهمواری سطحی و یا جابجایی خاک در نتیجه فرسایش می‌باشد. مطالعات دیرینه‌شناسی، بمنظور تحقیق بر روی فرسایش، تاکنون بصورت گسترده مورد استفاده قرار نگرفته است.(۹)

Ziemmcki در سال ۱۹۴۹ شدت فرسایش را بوسیله اندازه‌گیری رسوبات دامنه‌ای که بعد از گذشت بیش از ۲۸ سال در اطراف یک کلیسای کوچک انباشته شده بودند، تعیین نمود. Zachar (۱۹۶۰-۱۹۷۰) روش فوق را در تحقیق بر روی فرسایش خندقی در منطقه Rakovnik بکار برد.(۹)

۸-۱-۲- روشهای فتوگرامتریک

مطالعه پدیده فرسایش از روی عکس‌های هوایی و یا عکس‌های تهیه شده از سطح زمین دارای مزایای نسبتاً زیادی است. هر دو نوع عکس برداری ممکن است در مراحل مقدماتی مطالعات زمینی و نیز در تحقیق بر روی فرسایش، خندقهای فرسایشی، خاکهای فرسایش یافته و .... و همچنین درکلیه انواع نقشه برداری بکار روند. در این روش بوسیله تکرار عکس برداری می‌توان تغییرات ایجاد شده در اشکال مورد فرسایش را مطالعه کرد.(۹)

Scanned with CamScanner

۹ـ۱ـ۲ـ روشهای دیگر اندازه‌گیری فرسایش

از انواع دیگر این روشها می‌توان به روشهای خاکشناسی، روشهای مورفومتریک، کارتوگرافیک، اقلیم‌شناسی و روشهای باران‌شناسی اشاره نمود.(۹)

۱۰ـ۱ـ۲ـ بحث و نتیجه‌گیری

هر یک از روشهای اشاره شده قبلی که می‌توان به آنها روشهای دیگری نیز افزود فقط برای یک منظور و هدف ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته بر اساس طبیعت پدیده فرسایش که تحت بررسی است، سودمندی و اهمیت یک روش متغییر می‌باشد.(۹)

همچنین در روشهای مستقیم می‌توانستیم برای هر شکل فرسایش میزان هدر رفتن خاک را در هر مرحله از فرسایش تعیین کنیم. با توجه به مطالب گفته شده نتیجه می‌گیریم که اندازه‌گیری فرسایش و رسوب بوسیله روشهای مستقیم دارای مشکلات خاص خود می‌باشد. از جمله هزینه‌های بالای تهیه وسایل، کم بودن تکنسین خبره و با تجربه، کم بود وقت و کم بودن ایستگاههای هیدرومتری و رسوب سنجی و دقیق نبودن آمار و مسائل دیگر لذا جهت انجام پروژه‌های حفاظت آب و خاک احتیاج به مدلهایی داریم که دارای خصوصیات ویژه‌ای از جمله سهل‌الوصل بودن پارامترهای دخیل، دخالت دادن پارامترهای اصلی و برآورد فرسایش و رسوب به طور تقریبی باشد. این مدلها همان روشهای ریاضی هستند که توسط محققین در کشورهای مختلف با آب و هوا و شرایط متفاوت ابداع شده‌اند.

بنابر این باید در نظر داشت، مدلهایی که در شرایط خارج از ایران ساخته می‌شود بدون آزمون نمی‌تواند با اطمینان مورد استفاده قرارگیرد. در زیر این مدلهای تجربی در غالب روشهای اندازه‌گیری غیر مستقیم فرسایش و رسوب توضیح داده شده‌اند.

۲ـ۲ـ روشهای اندازه‌گیری غیر مستقیم فرسایش و رسوب

برتری مدلهای فرسایش در برآورد فرسایش دستیابی آنها به برآوردهای با مقیاس گسترده شدت فرسایش می‌باشد. همچنین قابلیت برآورد اثرات حاصل از تغییر نوع بهره برداری را داشته و

Scanned with CamScanner

خطی مشی حفاظتی را معرفی می‌کنند. در زیر به انواع روشها اشاره شده است.(۱۰)

۱-۲-۲- معادله جهانی فرسایش خاک (USLE) و (MUSLE)

ویشمایر و اسمیت پس از سی سال پژوهش درباره فرسایش آبی و با در نظر گرفتن یافته‌ها و نتایج بررسی دیگران، معادله‌ای جهت تخمین مقدار فرسایش آبی خاک پیشنهاد کردند (بای‌بوردی، ۱۳۷۲)

این معادله در سال ۱۹۷۸ بصورت کمی و به شکل زیر ارائه شد.

$$A = ۲/۲۴ KRLSCP$$

A: میزان فرسایش خاک بر حسب تن در هکتار در سال

K: ضریب فرسایش پذیری خاک از گرافهای دوقلو

R: ضریب فرسایندگی باران

LS: ضریب مربوط به طول و درجه شیب

C: ضریب مربوط به نوع مدیریت اراضی

P: ضریب عملیات حفاظتی

در مدل اصلاح شده معادله جهانی فرسایش (MUSLE) فاکتور رواناب جایگزین انرژی باران شده است. فاکتور رواناب شامل حجم و حداکثر دبی رواناب می‌باشد. فاکتور رواناب انرژی مورد استفاده در جداکردن و حمل رسوب را نشان می‌دهد. شکل کلی معادله بصورت زیر است:

$$A = ۹۵ (Qq_p)^{۰/۵۶} KLSCP$$

که:

A: مقدار رسوبدهی یک رویداد (رگبار) بر حسب تن

Q: حجم روان آب بر حسب ایکر-فوت

q_p: شدت حداکثر روان آب بر حسب فوت مکعب بر ثانیه

K.L.S.C.P: که در معادله جهانی تعریف شده است.(۱۰)

Scanned with CamScanner

معادله جهانی فرسایش دارای محدودیت‌های زیر می‌باشد:

۱ـ در تمامی معادلات فوق فرسایش سطحی و (شیاری - بین شیاری) برآورد می‌شوند و سایر چهره‌های فرسایش مثل فرسایش خندق و کنار رودخانه‌ای مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

۲ـ رسوبگذاری در حوزه‌ها، در معادلات، در نظر گرفته نمی‌شود.

۳ـ این معادلات برای برآورد فرسایش سالیانه نیاز به آمارهای طولانی مدت بارندگی و اطلاعات کامل در مورد ضریب C دارند. (خواجوند خزاعی، ۱۳۷۲) (۱۰)

۲ـ۲ـ۲ـ مدل فورنیه

این مدل در سال ۱۹۶۰ میلادی بوسیله فورنیه در ۷۸ حوزه آبخیز از مناطق خشک و نیمه خشک کشورهای تونسی و الجزایر آزمایش شده است. مدل فورنیه شامل دو روش می‌باشد. در روش اول نیز دو حالت دارد بنابر این برای این مدل سه معادله وجود دارد که بصورت زیر خلاصه می‌شوند:

$$\log Q_s = ۲/۶۵ \log \frac{pw^۲}{p_a} + ۰/۴۶ \ (\log H) \ (t.g s) - ۱/۵۶$$

که در آن:

Q_s: رسوب ویژه بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال

P_a: میانگین بارندگی سالیانه بر حسب میلی‌متر

H: ارتفاع متوسط حوزه بر حسب متر

S: شیب متوسط حوزه بر حسب درجه، در حالت اول در روش فورنیه pw میانگین بارندگی پر بارانترین ماه هر سال در دوره آماری است ولی در حالت دوم روش اول pw میانگین پر بارانترین ماه دوره آماری است.

روش دوم فورنیه: در این روش از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$\log Q_s = ۲/۶۵ \log \frac{pw}{pq} + ۵/۴۶۱ \log \frac{H^۲}{s} - ۱/۵۶$$

که در آن:

Q_s: رسوب ویژه بر حسب تن هکتار در کیلومتر مربع در سال

Pq: میانگین بارندگی سالیانه بر حسب میلی‌متر

Pw: میانگین پر بارانترین ماه در دوره آماری بر حسب میلی متر

H: ارتفاع متوسط حوزه بر حسب متر

S: مساحت حوزه بر حسب کیلومتر مربع

فورنیه با استفاده از تجربیات بدست آمده چهار معادله زیر را به صورت رگرسیونی برای چهار نوع اقلیم معرفی کرده است.(۱۰)

اقلیم معتدله	$y= ۶/۱۴ x - ۴۹/۷۸$
اقلیم استوایی و نیمه استوایی	$y= ۲۷۱/۲ x - ۴۷۵/۴$
اقلیم مرطوب	$y= ۵۲/۴۹ - ۵۱۳/۲۱$
اقلیم نیمه خشک	$y= ۹۱/۷۸ x - ۷۳۷/۶۲$

$$x=\frac{p^{۲}}{p}$$

که در آن $p^{۲}$ بارندگی پر پارانترین ماه سال بر حسب میلی‌متر

p بارندگی متوسط سالیانه بر حسب میلی‌متر

۳ـ۲ـ۲ـ مدل داگلاس

این مدل درکوئینزلند استرالیا ابداع شد در این مدل به عواملی نظیر رطوبت خاک، مرفولوژی حوزه، سنگ‌شناسی و زبری سطح زمین توجه شده است. معادله زیر بطور خلاصه مدل داگلاس را توضیح می‌دهد.(۱۰)

$$\log ss = -۸/۷۳ + ۳/۸۱ \log Q_{wa} - ۱/۵۴ \log (R/L) + ۴/۸۲۱ (\log dd)$$

ss: مقدار رسوب تولید شده

Q_{wa}: ارتفاع روان آب سالیانه بر حسب متر

R: نسبت ارتفاع به طول حوزه بر حسب فوت بر مایل

dd: تراکم شبکه زهکش بر حسب فوت بر مایل مربع

Scanned with CamScanner

معادله دوم داگلاس بصورت زیر مطرح شده است:

$$\log E = -۰/۸۴۱ - ۲/۷۰۴ \log (q^۲/p) + ۵/۶ R_n + ۲/۹۶۷ \log D_n$$

E: مقدار رسوب بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال

q: متوسط بارندگی مرطوبترین ماه سال بر حسب میلی‌متر

R_n: ضریب انشعاب پذیری هر زیر حوزه

D_n: تراکم آبراهه‌های هر زیر حوزه بر حسب کیلومتر به کیلومتر مربع

p: بارندگی سالیانه بر حسب میلی‌متر

۴-۲-۲- مدل F.A.O[1]

در این مدل بررسی میزان آسیب فرسایش مطابق روش پیشنهادی سازمان خواربار جهانی (F.A.O) انجام می‌گیرد. در این بررسی اراضی فقط بر اساس فرسایش طبقه‌بندی نمی‌شوند بلکه با توجه به عوامل مؤثر در فرسایش از قبیل پوشش گیاهی، سنگ مادر، شیب و غیره طبقه‌بندی می‌گردند. در این مدل برآورد فرسایش خاک مبتنی بر ارزیابی ۶ فاکتور مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در یک آبخیز بوده و بصورت زیر ارائه شده است.

$$S = F(A,B,C,D,E,F)$$

S: شدت فرسایش

A: زمین‌شناسی سطحی

B: خاک ساختمان و دانه‌بندی

C: توپوگرافی و شیب

D: پوشش خاک شامل پوشش گیاهی زنده و مرده و پوشش سنگی

E: چگونگی استفاده از اراضی حوزه

F: وضعیت فرسایش در سطح حوزه

---

1) Food and agriculture organization

در این مدل هر یک از فاکتورهای فوق بر حسب اینکه چگونه و با چه شدتی در فرسایش خاک و تولید رسوب در یک واحد هیدرولوژیکی و یا هر واحد اراضی از حوزه آبخیز مورد مطالعه تأثیر داشته باشند توسط کارشناس ارزیابی و نمره‌گذاری می‌شوند و حداکثر مجموع نمرات ۱۰۰ بوده و سهم هر فاکتور به شرح جدول شماره ۱-۲ می‌باشد.

جدول شماره ۱-۲

عوامل	نمرات
۱ـ حفاظت خاک	۲۰-۱
۲ـ سنگ مادری	۱۸-۳
۳ـ وضعیت شیب	۱۶-۱
۴ـ بافت و ساختمان خاک	۱۶-۱
۵ـ مدیریت زراعی	۱۵-۰
۶ـ وضعیت فعلی فرسایش	۱۵-۰

۵ـ۲ـ۲ـ معادله مورگان و فینی

مدل مورگان و فینی یکی از دقیق‌ترین مدل‌های برآورد تلفات خاک در شیب تپه‌ها و یا مزارع می‌باشد. در این مدل از ۱۵ پارامتر و ۶ معادله مختلف برای برآورد رسوب استفاده می‌شود. در این مدل فرسایش در مرحلهٔ فاز آب و فاز رسوب مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در فاز رسوب فرض کلی بر اینست که جداسازی ذرات خاک فقط در اثر برخورد قطرات باران و انتقال بر اثر جریان سطحی انجام می‌شود و از حمل ذرات در اثر برخورد قطرات باران و یا جدا شدن ذرات در اثر حرکت آب صرفنظر شده است.

فاکتورهای مورد نظر این مدل عبارتند از:

Ms: درصد رطوبت خاک در حد ظرفیت نگهداری

Bd: وزن مخصوص ظاهری لایه سطحی خاک

Scanned with CamScanner

Rd: عمق ریشه در لایه سطحی خاک (۰/۱m-۰/۰۵)

Sd: عمق کلی خاک از سطح زمین تا سنگ (میلی‌متر)

K: شاخث قابلیت جدا شدن ذرات (گرم بر ژول) که عبارت است از مقدار خاک جدا شده از بستر به ازای هر واحد انرژی بارندگی

W: سرعت افزایش عمق خاک در اثر هوازدگی (تشکیل خاک)(میلی‌متر در سال)

V: سرعت افزایش عمق لایه ریشه (میلی‌متر در سال) در اثر تبدیل مواد گیاهی به هوموس و مدیریت کشاورزی

S: شیب زمین بر حسب درجه شیب

R: بارندگی سالیانه (میلی‌متر)

I: مقدار شدت معمولی باران‌های فرسایش‌زا (میلی‌متر بر سرعت)

P: درصد بارندگی که به برگاب و جریان ساقه‌ای تبدیل می‌شود (درصد)

Et/Eo: نسبت تبخیر و تعرق واقعی به تبخیر و تعرق پتانسیل

C: ضریب مربوط به پوشش گیاهی و عبارتست از نسبت تلفات خاک در شرایط مشخص مدیریت به مقدار تلفات از خاک لخت

N: تعداد سالهایی که قرار است این مدل مورد استفاده قرارگیرد.

معادلاتی که در روش مورگان و فینی برای تخمین تلفات خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

معادلات مربوط به آب:

$$E = R(۱۱/۹ + ۸/۷ \log I)$$

$$Q = R\left(\frac{-R_c}{R_o}\right)$$

$$R_c = ۱۰۰۰\, MS.BD.RD\left(\frac{E_t}{E_o}\right)^{۱/۵}$$

$$R_o = \frac{R}{R_n}$$

معادلات مربوط به رسوب:

$$F = K(E_e^{-ap})^b \times ۱۰^۳$$

$$G = CQ^{d} \sin s \times ۱۰^{۳}$$

E: انرژی سینتیک باران (ژول بر متر مربع)

Q: حجم جریان سطحی (میلی‌متر)

F: میزان جدا شدن ذرات از بستر در اثر برخورد قطرات باران (کیلوگرم بر مترمربع)

G: ظرفیت جریان‌های سطحی در محل رسوب (کیلوگرم در مترمربع)

A=%5 B=1 D=2

مقادیر ms , bd , k , c , E_r/E و P را می‌توان از جدول مربوطه بدست آورد.(۱۰)

۶ـ۲ـ۲ـ مدل پسیاک[1] و پسیاک اصلاح شده

این روش در سال ۱۹۶۸ میلادی توسط کمیته مدیریت آب در آمریکا برای محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب مناطق خشک و نیمه‌خشک غرب ایالات متحد آمریکا ارائه شده و برای اولین بار در یک حوزه آبخیز تحقیقاتی بنام Walnut Gulch واقع در جنوب شرقی ایالت آریزونای آمریکا آزمایش شد. در روش پسیاک تأثیر و نقش ۹ عامل مهم و مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه آبخیز به شرح جدول شماره ۲ـ۲ ارزیابی می‌گردد.

جدول ۲ـ۲

ردیف	عوامل فرسایش خاک و تولید رسوب	نمرات مشخص‌کننده تأثیر عوامل در فرسایش خاک و تولید رسوب
۱	زمین‌شناسی سطحی	۰ـ۱۰
۲	خاک	۰ـ۱۰
۳	آب و هوا	۰ـ۱۰
۴	روان آب	۰ـ۱۰
۵	پستی و بلندی	۰ـ۲۰
۶	پوشش زمین	۱۰+ ـ ۱۰-
۷	استفاده از زمین	۱۰+ ـ ۱۰-
۸	وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه آبخیز	۰ـ۲۵
۹	فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب	۰ـ۲۵

1) Pacific southwest Inter-Agency commitee

Scanned with CamScanner

هیدرولوژیکی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.(۴)

$$S.D.R = \frac{\text{تولید رسوب}}{\text{فرسایش}}$$

۷ـ۲ـ۲ـ مدل E.P.M

این روش با استفاده از اطلاعات حاصل از قطعه زمینهای فرسایش و اندازه‌گیری رسوب پس از ۴۰ سال تحقیقات درکشور یوگسلاوی سابق به دست آمده است و برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ در کنفرانس بین‌المللی رژیم رودخانه توسط گاور یلوویچ ارائه گردیده است.

$$Z = y.x_a(\Psi + I^{0/5})$$

Z : ضریب شدت فرسایش

x_a : ضریب استفاده از زمین

Y : ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش

I : شیب متوسط حوزه

Ψ : ضریب فرسایش حوزه آبخیز

با قراردادن Z در جدول مربوطه که بر اساس شدت فرسایش و Z تنظیم شده است کلاس فرسایش برای هر واحد اراضی یا شبکه تعیین می‌گردد.

در روش EPM برای تخمین متوسط سالانه رسوب ویژه در حوزه آبخیز از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$W_{sp} = T.H.\pi.Z^{1/5}$$

که در آن:

W_{sp} = متوسط سالانه ویژه بر حسب متر مکعب درکیلومتر مربع در سال

T = ضریب درجه حرارت که از رابطه $T = (t/10 + 0/1)^{0/5}$ بدست می‌آید و در آن

t = میانگین حرارت درجه حرارت سالانه در حوزه آبخیز به درجه سانتیگراد

H = ارتفاع متوسط بارندگی سالیانه حوزه آبخیز بر حسب میلی‌متر π: عدد پی می‌باشد.(۴)

Scanned with CamScanner

$$\%(Sy)_x = \frac{(csy)_x}{(csy)_t} \text{ ۱۰۰}$$

$\%(Sy)_x$: درصد پتانسیل رسوب دهی حوزه آبخیز فرعی

$(csy)_x$: ضریب پتانسیل رسوب دهی حوزه آبخیز فرعی

$(csy)_t$: ضریب پتانسیل رسوب دهی کل حوزه آبخیز

۹ـ۲ـ۲ـ اندازه‌گیری فرسایش سطحی با روش سزیوم ـ ۱۳۷

مواد رادیو اکتیو موجود در زمین حاصل آزمایشات هسته‌ای قدرتهای بزرگ است که در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ در حال انجام بوده‌اند.

این مواد پس از انتشار در جو زمین قرارگرفته و بتدریج تا لایه استراتوسفر صعود می‌کنند و پس از هر بارندگی مقداری از مواد رادیو اکتیو از طریق باران وارد زمین می‌شود، این مواد به چند حالت ممکن است وارد خاک شود در میان مواد رادیواکتیو مختلف سزیوم در مطالعات فرسایش خاک اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است، زیرا:

۱ـ منشأ طبیعی برای سزیوم ـ ۱۳۷ وجود ندارد، بنابراین در مطالعات ایجاد خللی نمی‌کند.

۲ـ نیمه عمر سزیوم نسبتاً کوتاه (۱۷ـ۳۰ سال) است، بنابراین در دوره مورد نظر در مطالعه فرسایش و رسوب قابل بررسی است.

۳ـ هسته اتم سزیوم ـ ۱۳۷ اشعه گاما ساطع می‌کند که بوسیله دستگاه دتکتور می‌تواند دریافت شود.

بطورکلی سزیوم در بدو ورود به زمین به سرعت جذب کاتیونهای خاک شده مگر آن قسمت از سزیوم که فرصت جذب نداشته باشد[1] رسها و مواد آلودگی اولین پناهگاه ذرات سزیوم ـ ۱۳۷ هستند. Tamura & Jocobs (۱۹۶۳), Shulz (۱۹۶۵), Brisbin (۱۹۷۴) بطورکلی هر چه اندازه ذرات خاک درشت‌تر باشد، میزان جذب سزیوم ـ ۱۳۷ کمتر بوده و مهاجرت بطرف عمق و لایه‌های پایین‌تر

---

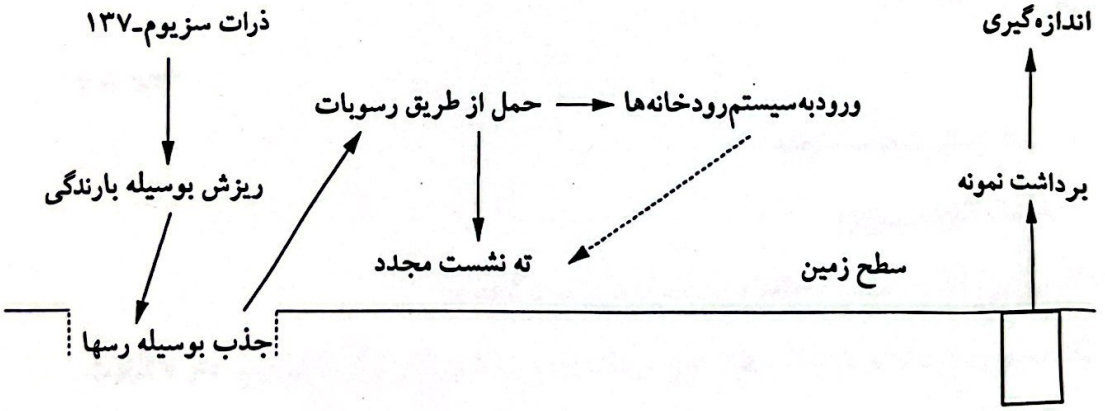
۱) از جمله اینکه ممکن است بر روی سطح آب کانالها ته نشست گردد و فوراً از منطقه خارج شود یا در جریان یک رگباری که هرز آب ایجاد می‌کند از سطح خاک شسته شود.

Scanned with CamScanner

سریعتر صورت می‌گیرد. بنابراین میزان سزیوم اصولاً در نقطه‌ای تابعی از اندازه ذرات تشکیل دهنده خاک آن نقطه است. بر این اساس در مناطق جنگلی، بیشه‌زارها و مراتع دست نخورده میزان سزیوم-۱۳۷ از سطح به عمق کاهش تدریجی را نشان می‌دهد، در حالیکه در یک مزرعه و جائی که فعالیتهای انسانی از قبیل شخم صورت گرفته است، در یک لایه تقریباً ۳۰ سانتی‌متری (عمق شخم) این روند به هم خورده و لایه‌ای یکنواخت بوجود آمده که ناشی از مخلوط شدن خاک غنی از سزیوم (خاک سطحی) با خاک فقیر از نظر سزیوم (خاک زیرین) می‌باشد.

در اراضی فرسایش یافته، لایه‌های سطحی خاک که قاعدتاً سزیوم زیادی دارد، بوسیله فرآیندهای فیزیکی فرسایش حمل شده و در محل دیگر ته‌نشست شده است، بنابراین در دو نقطه که اولی فرسایش یافته و در دومی رسوبگذاری انجام شده است، اشکال مشابهی را از نظر تغییرات سزیوم -۱۳۷ نسبت به عمق نشان می‌دهند و تفاوت اساسی آنها در اندازه نسبی بیشتر این عنصر در ناحیه رسوبگذاریست.

به طور کلی اساس روش سزیوم - ۱۳۷ در مطالعه فرسایش و یا رسوب در فلوچارت زیر خلاصه می‌شود.



بنابراین، هرگونه جابجائی سزیوم - ۱۳۷ ناشی از جابجایی خاک است و با این پیش فرض که در تمامی نقاط بطور یکسان ریزش کرده باشد (بر اثر حرکات وضعی زمین در لایه استراتوسفر بطور یکنواخت پخش شده‌اند) می‌توان گفت هرگونه تغییری که در میزان سزیوم - ۱۳۷ اندازه‌گیری شده در یک محل با میزان کلی ورودی آن مشاهده شود بیانگر جابجایی خاک از زمان ریزش سزیوم در آن محل است. کاهش در میزان سزیوم - ۱۳۷ بیانگر فرسایش و افزایش در میزان سزیوم نشان دهنده

فرآیند رسوبگذاری در آن نقطه است.به همین شکل عدم مشاهده هرگونه تغییری در میزان سزیوم ورودی در یک محل نشان دهنده این نکته است که در آنجا فرآیندهای فیزیکی فرسایش و رسوب و یا تأثیر نکرده یا بسیار جزئی بوده است؛ این نقطه بعنوان نقطه شاهد[1] در نظرگرفته می‌شود. حال با ایجاد رابطه‌ای بین افزایش یا کاهش سزیوم و هدر رفت خاک یا ته نشست خاک می‌توان میزان فرسایش و یا رسوبگذاری را در یک محل برآورد کرد.

به طورکلی جهت برآورد فرسایش از روی هدر رفت سزیوم، روابط و فرمولهائی ابداع شده است که هر یک برای اصول خاصی استوار هستند. برخی از فرمولها اساس تجربی داشته که با استفاده از اندازه‌گیری فرسایش خاک از پلاتهای آزمایشی بدست آمده است، که از میان این سری معادلات معادله ریچی را که در ۱۹۷۵ ارائه شده است می‌توان نام برده که اولین شکل این سری روابط تجربی بوده است. برخی روابط نیز صرفاً به شکل ریاضی ارائه شده است و با استفاده از میزان سزیوم در نقاط شاهد و نقاط اندازه‌گیری شده و پارامترهای دیگری از قبیل وزن مخصوص ظاهری خاک و... بدست آمده‌اند.

ریچی و مک‌هنری (۱۹۷۵) و همین کمپیل و همکاران ولوگران و همکاران (۱۹۸۸) رابطه تجربی زیر را ارائه داده‌اند:

$$y = ax^b$$

y : میزان خاک از دست رفته

x : درصد اتلاف سزیوم

a , b : ضرایبی که بر حسب منطقه مورد مطالعه بدست آمده‌اند.

گر چه در روابط ارائه شده توسط ریچی و مک هنری با کمپیل و لوگران ضرایب a و b تفاوت داشته‌اند ولی شکل کلی رابطه‌ای که آنها ارائه داده‌اند بصورت تابع نمائی فوق بوده است. یک ضعف کلی این روابط شاید این بوده است که مستقل از زمان بوده‌اند، و در واقع تابع زمان در این رابطه دیده نمی‌شود و با توجه به اینکه اندازه‌گیری سزیوم در زمانهای متفاوت صورت گرتفه است، از این لحاظ این رابطه نتوانسته‌است خلاء زمان را از بین ببرد. دومین محدودیت این روابط این بوده

---

1) Base line

که اساساً بر حسب یک محل مستقل بدست آمده‌اند و شرایط محلی مانند عمق شخم ویژه همان محل بوده از این لحاظ فرمول قابل تعمیم به سایر نقاط نبوده است.

سومین محدودیت، این بوده از آنجاکه روابط متکی به درصد اتلاف سزیوم و میزان فرسایش بوده بنابراین فقط برای توزیع متوسط داده‌ها بکار می‌رفته است نه برای کل مزرعه یا محل مورد اندازه گیری.

روش تجربی دیگری که تا حدودی به نواقص رابطهٔ قبلی را رفع کرده و فاکتورهای فیزیکی مانند عمق شخم و وزن مخصوص را دخالت داده است، رابطه‌ای که آقای ویلکین و هبل در ۱۹۸۲ ارائه داده‌اند:

$$Z = C.D.B$$

که:

Z : میزان سزیوم - ۱۳۷ موجود در خاک (بکرل بر متر مربع)

C : میانگین میزان سزیوم موجود در خاک (بکرل بر کیلوگرم)

D : عمق شخم بر حسب متر

B : وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب

این محققین سپس با استفاده از معادله ویشمایر رابطه فوق را به شکل رابطه زیر درآوردند:

$$Y = ۲/۲۵۶\,V$$

که:

Y : میزان فرسایش بر حسب تن / هکتار سال

V : درصد اتلاف سزیوم - ۱۳۷ می‌باشد.(۱۱)

۱۰-۲-۲- مدل کرک‌بای

روش تجربی و ساده، کرک بای ۱۹۷۶ برای تعیین رسوب حوزه آبخیز از رواناب سالیانه و وضعیت شیب حوزه استفاده کرده است. معادله آن در زیر آمده است:

$$Q_s = ۰/۰۱۷(Q_w)^{۲}\tan\theta$$

Scanned with CamScanner

Q_s : تولید رسوب ویژه سالیانه بر حسب کیلوگرم بر متر مربع

Q_w : رواناب سالیانه بر حسب متر

θ : زاویه شیب

مطالعات انجام شده با این مدل نشان می‌دهند که برآوردهای بسیار غیر واقع از رسوب در حوزه اوزون دره و حوزه‌های مشابه ارائه می‌دهد.(۱)

۱۱ـ۲ـ۲ـ مدل اسکالوگرام

این مدل برای حوزه‌های بدون آمار طرح ریزی شده است و پارامترهای مورد توجه آن برای برآورد وضعیت فرسایش حوزه عبارتند از: شیب زمین، نوع سنگ مادر، بافت و ساختمان خاک، پوشش محافظ سطح زمین (گیاه، لاشبرگ، سنگ) مدیریت انسان و بالاخره فرسایش جاری. پارامترهای فوق بصورت مندرج در جداول امتیاز بندی شده و با انجام مطالعات صحرایی ارزش گزاری می‌گردند. نتایج کاربرد این مدل در ایران نشان می‌دهد که با این مدل می‌توان فرسایش پذیری خاک را با استفاده از کمیت‌های عددی مربوط به عوامل فرسایش ارزیابی کرد. همچنین میزان تأثیر عوامل مختلف فرسایش‌پذیری هر منطقه با کاربرد مدل اسکالوگرام قابل ارزشیابی است.

ویژگی سوم این مدل تعیین اولویت نواحی وزیر حوزه‌ها از نظر نیاز به عملیات کنترل فرسایشی خاک می‌باشد. و بالاخره حجم و تراکم عملیات حفاظتی برای هر یک از زیر حوزه‌ها نیز قابل تشخیص است. اما بدلیل اینکه بطورکلی استفاده از این مدل نیاز به عملیات صحرایی سنگین دارد و از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای کم‌کردن پارامترها نمی‌توان استفاده کرد و قابل تشخیص توسط GIS نمی‌باشد، این مدل کمتر استفاده می‌شود.(۱)

۱۲ـ۲ـ۲ـ روشهای دیگر اندازه‌گیری غیرمستقیم فرسایش و رسوب

از روشهای دیگر می‌توان به مدلهای آنالوگ یا تشابهی، روشهای فیزیکی و مدلهای فیزیکی که دارای پارامترهای زیاد و پیچیده‌ای هستند نام برد.(البته از دقت بالایی این مدلها برخوردار هستند). همچنین می‌توان روابط و تجزیه تحلیل‌های آماری و مدلهای ریاضی که شبیه‌سازی

Scanned with CamScanner

کامپیوتری می‌شوند را نام برد. از این مدلهای ریاضی می‌توان مدل MULT-ED و یا SEDiMoT.III در برآورد سیلاب و رسوب را اشاره کرد. به طور کلی مدلی برای ما نزدیک به ایده‌آل است که دارای شرایط زیر باشد:

۱ـ دقت در برآورد و پیش‌بینی

۲ـ سادگی

۳ـ منطق در پارامترها

۴ـ حساسیت پارامترها

Scanned with CamScanner

فصل سوم

بررسی نتایج تحقیقاتی

Scanned with CamScanner

بررسی نتایج تحقیقاتی استفاده از مدلهای برآورد فرسایش و رسوب در برخی از حوزه‌های آبخیز کشور

هدف از تهیه این متن بررسی و مقایسه نتایج بدست آمده از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد، در زمینه اندازه‌گیری فرسایش و رسوب با روشهای غیرمستقیم در حوزه‌های آبخیز می‌باشد. بدین منظور مجموعه پایان‌نامه‌های موجود در کتابخانه دانشکده منابع طبیعی تهران و مؤسسه تحقیقات حفاظت آب و خاک کشور، که در این زمینه نوشته شده بود مورد بررسی قرارگرفت. در این دو کتابخانه مجموعاً ۲۶ پایان‌نامه در پیرامون این بحث موجود بود. در زیر به خلاصه نتایج اعداد و ارقام بدست آمده و توصیه‌های هر یک از مهندسین و کارشناسان دانشکده‌های مختلف پرداخته شده و در نهایت نتیجه‌گیری و جمع‌بندی شده است.

۱ـ۳ـ نتایج تحقیق حاجی بیگلو(۱۳۷۰) روش فورنیه در سفیدرود:

مدلی را که فورنیه برای برآورد رسوب ابداع نموده و در واحد سطح پیشنهاد شده است فقط در ۳ حوزه از ۷ حوزه مورد مطالعه جواب قابل قبول داده است این نتیجه نشان می‌دهد که این مدل حداقل در شرایط حوزه سفیدرود نمی‌تواند کاربرد داشته باشد یا به عبارت دیگر ۳ مورد از هفت مورد جوابی نبود که بتوان آن را با اطمینان قبول نمود. با بدست آمدن این نتیجه، در ادامه مطالعه روشهای مختلفی برای تصحیح مدل مذکور آزمون شده که نتایج در حد قابل قبول نبود. ولی موضوعی که از مطالعه این پایان‌نامه استنباط گردیده است، ارتباط نزدیک بین نسبت لگاریتم مجذور بارندگی مرطوبترین ماه به میانگین بارندگی سالیانه $\log pw^2/pa$ و لگاریتم رسوب تولید شده بود. ($\log Qs$). لذا بر این اساس مدلی ساخته شد که نتایج آن بسیار نزدیک به مقادیر مشاهده شده است، یعنی اختلافات حداکثر ۷٪ است و این همان مطلبی است که فورنیه نیز در مدل خود ارائه داده است، ولی ضرایب مدل فورنیه از شرایطی دیگر گرفته شده بود. لذا ملاحظه گردید که با تغییر ضرایب نتایج نیز در حد قابل قبول بدست آمد و این برداشت نشان می‌دهد، مدلهایی که در شرایط خارج از ایران ساخته می‌شود بدون آزمون نمی‌تواند با اطمینان مورد استفاده قرار گیرد. بهتر است

Scanned with CamScanner

قبل از بکارگیری اینگونه مدلها آنها را با روشهای مختلف آماری آزمون نموده و در صورت مثبت بودن نتیجه از آن استفاده شود. با عنایت به اینکه در مدل فورنیه فقط از عامل بارندگی و ارتفاع متوسط حوزه و شیب متوسط حوزه استفاده شده است، لذا بهتر است از مدلهایی که فاکتورهای بیشتری را در ارتباط با رسوب و فرسایش مورد مطالعه قرار داده‌اند استفاده کنند، کلاً در مدل دو گلاس و استلیک که از فاکتورهای مورفولوژی حوزه، سنگ‌شناسی و خاک نیز استفاده شده است، شاید نتایج بهتری را ارائه نماید.

۲ـ۳ـ نتایج تحقیق باقرزاده کریمی (۱۳۷۲)

مدلهای فورنیه ، پسیاک، pi و هیدروفیزیکی در حوزه آبخیز اوزون دره نتایج این مدلها به همراه نتایج مشاهدات صحرایی در جدول شماره ۱ـ۳ آمده است.

جدول ۱ـ۳ مقادیر برآوردشدهٔ فرسایش ویژه زیر حوزه‌های اوزون دره با استفاده از مدلهای مختلف و مشاهدات صحرایی.

زیرحوزه‌ها	1 P.H.	PSIAC t/hc/y	EPM t/hc/y	fornier t/hc/y	۲ نتایج مشاهدات صحرایی
۱	۰/۴	۴۲/۶۳	۶۹/۳۳	۵۲/۴۱	۱۶/۲۵
۲	۰/۰۳	۱۲/۱۵	۴۹/۷۲	۳۱/۲۶	۱۲
۳	۰/۱۵	۲۲/۷	۶۳/۶۶	۴۷/۱۴	۱۴
۴	۰/۰۴	۱۴/۷۴	۵۷/۵۱	۳۴/۷۱	۱۳/۲۵
۵	۰/۱۴	۲۸/۴۷	۶۱/۱۵	۴۱/۳۵	۱۷/۵
۶	۰/۱	۱۶/۳۵	۵۷/۴۸	۴۶/۱۴	۱۴/۲۵
۷	۰/۰۷	۱۴/۳۴	۵۵/۳۷	۳۷/۸۴	۱۵/۷۵
۸	۰/۰۴	۹/۵۴	۴۶	۳۳/۸۴	۱۳
۹	۰/۰۵	۶/۳۶	۴۴/۶۳	۳۰/۶۵	۸
۱۰	۰/۱۷	۲۴/۵۹	۵۳/۴۸	۴۰/۹۶	۱۷

Scanned with CamScanner

۱ و ۲ - مدل بررسی پتانسیل هیدرولوژیکی ضرایب کیفی ارائه می‌دهد و بدون واحد است. همچنین مشاهدات صحرایی نیز به صورت ضریب می‌باشد.

برای بررسی نتایج مدلهای مورداستفاده بین تک‌تک آنها و نتایج مشاهداتی صحرایی همبستگی هم در حالت ساده و هم در حالت نمایی برقرار می‌شود و ضرایب همبستگی بین آنها بدست می‌آید.

جدول ۲-۳- ضرایب همبستگی بین مشاهدات و مدلهای چهار گونه در حالت ساده و نمایی

نوع همبستگی	FORnier	EPM	PSIAC	H.P.
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
ساده	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۷۲	۰/۵۲
نمایی	۰/۶۸	۰/۶۹	۰/۸۵	۰/۶۶

- نتایج جدول شماره ۲-۳ نشان می‌دهد که در حالت نمایی همبستگی بهتری بین مشاهدات صحرایی و مدلها وجود دارد.

- مدل پسیاک با ضریب همبستگی ۸۵٪ بیشترین مطابقت را با مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد لذا قابل اعتمادتر از سایر مدلها می‌باشد. از این نظر مدل EPM در دره دوم قرار دارد. ولی باید توجه داشت که ضریب همبستگی سایر مدلها با مشاهدات صحرایی اختلاف چندانی با مدل EPM ندارد، لذا ارزش این مدلها را می‌توان تا حدودی یکسان در نظر گرفت.

- در نهایت با اطمینان ۹۵٪ نتیجه می‌شود که داده‌های EPM و فورنیه از اعتماد قابل قبول در منطقه مورد مطالعه برخوردار نیست.

ارزیابی کارآیی تصاویر ماهواره‌ای:

نتایج مقایسه تصاویر ماهواره‌ای در حالت اپتیکی غیرکامپیوتری نشان می‌دهد که در مطالعات فرسایش خاک تصویر سیستم MSS لندست کابرد چندانی ندارد، زیرا قدرت تفکیک فضایی آن خیلی کم است (۸۰×۸۰ متر)، در حالیکه بسیاری از پدیده‌های فرسایشی ابعادی کوچکتر دارند. ولی تصویر سیستم TM لندست با قدرت تفکیک فضایی ۳۰×۳۰ متر و عکس کاسموس در

مقیاس $\frac{۱}{۲۷۰۰۰۰}$ با قدرت تفکیک فضایی حدود ۵ تا ۱۰ متر برای تهیه نقشه استفادهٔ فعلی از اراضی که بخشی از مطالعات فرسایش خاک بشمار می‌آید، کاربرد مطلوبی دارند.

عکس کاسموس در مقیاس $\frac{۱}{۵۰۰۰۰}$ با همان قدرت تفکیک فضایی ۵ تا ۱۰ متر علاوه بر قابلیت برای تهیه نقشه استفاده فعلی از اراضی برای تعیین محدوده فرسایش‌های خندقی، توده‌ای، کنار رودخانه‌ای و تا حدودی سطحی کاربرد دارد.

نتایج استفاده از GIS:

بطور کلی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی شامل طراحی پروژه، عملیات تهیه نقشه‌های مختلف، تعیین ارزشهای کمّی واحدهای نقشه‌ها، تهیه اطلاعات جدولی، تزریق اطلاعات به کامپیوتر، تلفیق اطلاعات درکامپیوتر و تجزیه و تحلیل و استخراج نتایج بصورت نقشه و جدول و گزارش می‌باشد.

در این پروژه با توجه به ماهیت مطالعات که تنها بررسی وضع موجود فرسایش بود، از بخش کامپیوتری GIS تنها برای تلفیق اطلاعات و استخراج نتایج محاسبات از قبیل برآورد مساحت محدوده‌های نقشه‌ها استفاده شد.

در حالیکه اگر هدف پیش‌بینی وضعیت فرسایش در آینده و یا طراحی سناریوهای مختلف برای برنامه‌ریزی عملیات حفاظت خاک بود، از بخش کامپیوتری GIS علاوه بر موارد فوق در زمینه تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز بهره گیری می‌شد.

توصیه و پیشنهاد:

- برای استفاده از مدلهای تجربی جهت برآورد وضعیت فرسایش، حتماً باید جانب احتیاط را رعایت نمود زیرا شرایط توسعه این مدلها متفاوت و دیدگاههای طراحان آن نیز مختلف است، لذا لازم است برای اطمینان از نتایج بدست آمده، این مدلها را در شرایط مختلف اقلیمی و ژئومورفولوژی کی ایران تست نمود.

- برای استفاده از مدلهایی که مقادیر کیفی ارائه می‌دهند، (مثل مدل بررسی هیدرولوژیکی

Scanned with CamScanner

پتانسیل رسوبدهی) حتماً باید به این مسئله توجه داشت که آمارهای واقعی برای کل حوزه یا بخشی از آن موجود باشد تا بتوان مقادیر کیفی را به مقادیر کمّی تبدیل نمود.

- برای تعیین بعضی از پارامترهای مدلهایی چون PSIAC ، EPM ، اسکالوگرام، FAO و... که نیاز به مشاهدات صحرایی و نظر کارشناسی دارد، حتماً لازم است از کارشناسان با تجربه در کارهای صحرایی استفاده شود و معیارهای نظرات کارشناسی تا حد امکان از اصول منطقی و یکسانی پیروی نمایند.

- به منظور استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات فرسایش خاک و سایر مطالعات منابع طبیعی بهتر است از سیستمهای کامپیوتری تفسیر اطلاعات (Image processing) استفاده شود زیرا علاوه بر بالا بردن دقت و سرعت تفسیر، قابلیت استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) را نیز دارند.

در حالت فوق گرایش به داده‌های لندست و SPOT منطقی‌تر است. ولی در حالت تفسیر غیرکامپیوتری بهتر است از عکسهای ماهوارهٔ کاسموس استفاده شود.

- برای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات مختلف فرسایش خاک لازم است تفسیرهای اولیه صورت گیرد، آنگاه با مشاهدات صحرایی اصلاحات لازم بروی نتایج اولیه انجام گیرد.

- برای بررسی میزان تأثیر عوامل مؤثر در فرسایش خاک و به منظور برنامه‌ریزی برای فعالیتهای حفاظت آب و خاک می‌توان از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده نمود. در این سیستم می‌توان با تغییر دادن نوع و مقدار عوامل مؤثر در فرسایش خاک، سناریوهای مختلفی طراحی نمود و نتایج تغییر را بدست آورد. طراحی سناریوهای مختلف با استفاده از GIS برای برنامه‌ریزی فعالیتهای حفاظت خاک موضوع مفیدی برای یک پروژه پایان‌نامه خواهد بود.

- بطور کلی استفاده از مدلهای تجربی در مطالعات فرسایشی خاک بهتر است در فازهای اولیه مطالعات مثل توجیهی و شناسایی بکار رود و استفاده از آنها برای مطالعات تفصیلی و طراحی عملیات اجرایی توصیه نمی‌شود زیرا از دقت کمتری نسبت به سایر روشهای مطالعات فرسایش خاک، مثل مدلهای فیزیکی و اندازه‌گیریهای مستقیم و... برخوردار هستند.

Scanned with CamScanner

۳ـ۳ـ نتایج تحقیق حیدریان (۱۳۷۳):

ارزیابی مدل برآورد PSIAC در چند زیر حوزه آبریز لیتان

با توجه به نتیجه حاصل از عمق‌یابی مخزن، متوسط رسوبدهی حوزه از طریق مدل $(PSIAC)_u$ با ۴۰٪- خطا، از طریق مدل $(PSIAC)_p$ با ۲۰٪- خطا، و از طریق مدل EPM ۵+ خطا و از روی فورنیه با ۱۸/۳+ درصد خطا روبرو می‌باشد.

مقایسه فرسایش ویژه بر حسب تن در هکتار در سال از طریق مدلهای $(PSIAC)_u$ و $(PSIAC)_p$، EPM، FRN و آمار مشاهداتی در جدول مربوطه آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تنها مدل از PSIAC همبستگی قابل قبول برخوردار است. کنترل صحت مدلها از طریق تست خوبی انطباق نشان می‌دهد که:

مدل $(PSIAC)_u$ با X^2=۱۲/۳ و r=۵ و $x_{0.05}$=۱۱/۰۷ توزیع مناسب و قابل قبولی ندارد.

مدل $(PSIAC)_p$ با X^2=۷/۰۴ و r=۵ و $x_{0.05}$=۱۱/۰۷ توزیع مناسب و قابل قبولی دارد.

مدل EPM با X^2=۲۵/۷ و r=۵ و $x_{0.05}$=۱۱/۰۷ توزیع مناسب و قابل قبولی ندارد.

مدل FRW با X^2=۳۱/۸ و r=۵ و $x_{0.05}$=۱۱/۰۷ توزیع مناسب و قابل قبولی ندارد.

جدول ۳ـ۳ مقایسه فرسایش ویژه TON/Yr-ha از طریق چند مدل

مدل / نام حوزه	$(PSIAC)_u$	$(PSIAC)_p$	EPM	FRN	EXP
جاجرود	۱۰/۴	۱۳/۳	۱۵/۴۲	۲۹/۷	۱۵/۸
گلندوک	۱۷/۷	۲۳/۵۶	۲۳/۴	۸	۲۳/۱
افجه	۱۳/۵	۱۹/۷۱	۲۰/۴	۱۶/۷۸	۲۳/۲۵
لوارک	۸/۸	۱۴/۵۳	۲۰/۳۹	۷/۸	۸
امامه	۱۱/۹	۱۹/۵۸	۲۸/۹	۷/۲۴	۱۸/۶
لتیان	۹/۴	۱۲/۷۲	۱۵/۱	۱۸/۸۲	۱۵/۹

$(PSIAC)_u$= روش PSIAC با توجه به واحدهای هیدرولوژیکی

$(PSIAC)_p$= روش PSIAC با توجه به پلیگونها حاصل از سیستم GIS

EPM= روش پتانسیل فرسایش

FRN= روش فورنیه

EXP= بار معلق ۵ ایستگاه اول با توجه به اندازه‌گیری رسوب و افزایش ۲۰٪ بارکف و آمار مربوط به لتیان با توجه به نتیجه عمق‌یابی مخزن

Scanned with CamScanner

نتایج حاصل از تست خوبی انطباق نشان می‌دهد که تنها $(PSIAC)_p$ از شرایط مناسب برخوردار می‌باشد. شرایط رسوب مخزن نشان می‌دهد که دو مدل EPM و $(PSIAC)_p$ به ترتیب با ۵+ و ۲۰+ خطا درصد خطا همراه بوده که با قبول تأخیر فرسایش به دلیل تغییر کاربری‌ها در حوزه می‌توان این درصد خطا را ناشی از تخریب ناگهانی حاصل از تغییر کاربردی دانست و لذا مقادیر حاصله از مدل PSIAC قابل قبول بوده و نزدیکی ارقام مربوط به EPM به ارقام مخزن نیز نشان می‌دهد که این مدل نیز تقریب خوبی از میزان رسوب بدست می‌دهد و دلیل جواب ندادن آزمون مربع کای دلیل خطای آماری در رابطه با ایستگاه لوارک می‌باشد.

- نتیجه‌گیری نهایی

- آمار دبی - رسوب ایستگاههای هیدرومتری پس از اطمینان از فراوانی اندازه‌گیری در شرایط سیلابی متناسب با شرایط غیر سیلابی از طریق مقایسه با آمار درجه حرارت و بارندگی قابل کاربرد می‌باشد. در صورتیکه رعایت این تناسب نشده باشد آمار دبی - رسوب لحظه‌ای همزمان در حوزه‌های فرعی مناطق کوهستانی قابل اطمینان نبوده و گاهاً مقادیر حاصله کمتر از پنج درصد مقادیر واقعی را نشان می‌دهد. در این رابطه نصب دستگاههای اتوماتیک ثبات ضروری بنظر می‌رسد.

- PSIAC با کاربرد GIS در مناطق کوهستانی از دقت کافی برخوردار بوده و تخمین خوبی از میزان فرسایش در اراضی جنگل و مرتعی بدست می‌دهد لکن میزان رسوب حاصله در تغییر کاربردها (ایجاد اراضی زراعی، معادن و ساختمان و ....) میزان رسوب حاصله از این تغییرات - که قابل توجه است را نشان نمی‌دهد و لذا ضروری است که این تفاوت به فرسایش محاسبه شده اضافه گردد و در حوزه لتیان ضریب ۱/۲ این تفاوت را اصلاح می‌کند.

- فاکتور خاک زمین در مدل EPM نیاز به بررسی بیشتری داشته و تقسیم‌بندی مقادیر این فاکتور به اجزاء کوچکتر پیشنهاد می‌گردد.

- نتایج حاصله روش فورنیه در صورت حذف میزان بارش برف از بارش کل در مناطقی که شرایط خاص فرسایش طبیعی نظیر بدلندها و شرایط خاص فرسایش تشدید شونده نظیر توسعه

Scanned with CamScanner

گالی‌ها مطرح نماید، قابل اعتماد می‌باشد.

- در مناطق کوهستانی بدون ایستگاه اندازه‌گیری، تخمین فرسایش از طریق دو مدل EPM و PSIAC جهت کنترل نتایج و مقایسه با هم و همچنین قبول متوسط مقادیر حاصله برای حوزه‌ها با توجه به اینکه مدل EPM که معمولاً مقادیر بیشتر و مدل PSIAC مقادیر کمتر از واقعی را نشان می‌دهد، تخمین از میزان فرسایش حوزه بدست می‌دهد.

- کنترل نتایج مدلها از طریق ایجاد ایستگاههای معرف در حوزه‌های فرعی به منظور واسنجی مدل و انطباق نظرات کارشناسی با شرایط مدل ضروری بنظر می‌رسد. این امر حصول نتایج دقیق در حوزه‌های فرعی و کوچک را میسر می‌کند. بدیهی است که متوسط وزنی ارقام در کل حوزه بدلیل همپوشانی خطاها بسیار رضایت بخشی را برای کل حوزه بدست می‌دهد و لذا این تخمین برای برآورد رسوب سدها از دقت کافی برخوردار است.

- استفاده از GIS بمنظور حذف خطای حاصله در متوسط گیری مقادیر فاکتورها در واحدهای هیدرولوژیکی و جایگزینی پلیگونهای فرسایشی به جای آن دقت محاسبات را در برخی موارد تا ۲۰٪ افزایش می‌دهد.

۴-۳- نتایج تحقیق فرجی (۱۳۷۳): روش پسیاک و EPM در حوزه آبخیز بابا احمدی

نتایج عددی به صورت نمودار در آخر توضیحات آمده است. در اینجا ارتباط بین واحدهای ژئومورفولوژی و نوع فرسایش در حوزه مورد بررسی قرار گرفته است.

نتیجه گیری

در گستره واحدهای کاری، سرشت سنگ از نظر مقاومت در مقابل فرسایش بارزترین عامل بوده و این مورد در کلیه رخساره‌ها صادق می‌باشد. بعنوان مثال در واحدهای کاری با رخساره توده سنگی با طبقات شدت فرسایش خیلی کم تا متوسط بترتیب در سازندهای ایلام، سروک، آسماری، بختیاری، سیستان، آقاجاری، گورپی، داریان، پابده، لهبری و کژدمی این مطلب حکم‌فرماست. لازم به توضیح است که در رخساره‌های توده سنگی هر چه شیب کمتر بوده طبعاً سرعت رواناب

محدودتر، آب فرصت نفوذ بیشتر از طریق درز و شکافها را پیدا کرده و اثر مثبت روی گسترش پوشش گیاهی و حفاظت خاک داشته است، از طرفی توجه به نقشه شبکه هیدروگرافی باز هم اساس موارد فوق‌الذکر نیز تأیید می‌گردد و بر حسب مقاومت سنگ سازندها درصد تراکم مذکورکم به زیاد تبعیت می‌کند. بعنوان مثال واحد کاری مربوط به رخساره توده سنگی ایلام، سروک در طبقه شیب صفر تا ۵ درصد و شبکه هیدروگرافی دندرتیکی با تراکم کم و تاج پوشش گیاهی متشکل از درختان و گیاهان علفی به میزان ۴۱ درصد و خاک لخت به میزان ۷ درصد دارای کمترین شدت فرسایش به میزان ۲۷٪ در طبقه فرسایش خیلی کم قرار گرفته است، ولی واحد کاری با کد مربوط به رخساره توده سنگی سازند کژدمی در طبقه شیب ۴۰ درصد به بالا و شبکه هیدروگرافی شاخه‌ای با تراکم کم و تاج پوشش ۲۴ درصد با فرم زیستی درخت و بوته و خاک لخت به میزان ۵ درصد در بین واحدهای کاری با رخساره توده سنگی دارای بیشترین ضریب شدت فرسایش (در این رخساره) به میزان ۰/۶۰۵ می‌باشد که در طبقه فرسایش متوسط قرار گرفته است.

واحد کاری با رخساره فرسایش شیاری از سازند لهبری در طبقه شیب ۴۰ درصد به بالا و شبکه هیدروگرافی دندرتیکی با تراکم زیاد و تاج پوشش گیاهی ۱۲/۵ درصد از گیاهان علفی-بوته‌ای دارای بیشترین ضریب شدت فرسایش در کل حوزه به میزان ۳/۹۸ می‌باشد. (حساسیت به فرسایش سازند مذکور در نتیجه املاح موجود درمانهای سازند لهبری از یک طرف و شیب زیاد و جریانهای سطحی سریع، بهره برداری بیرویه از مراتع آن می‌باشد) در صورتیکه در واحدهای کاری همان رخساره با کد دیگر (فرسایش شیاری) لیکن از سازند میشان با طبقه شیب صفر تا ۵ درصد و شبکه هیدروگرافی دندرتیکی با تراکم متوسط دارای ضریب شدت فرسایش به میزان ۱/۵۳ می‌باشد.

لازم به یادآوری است که در طبقات شیب یکسان موارد عنوان شده نیز صادق می‌باشد، چنانچه همان رخساره (فرسایش شیاری میشان) با یکدیگر در طبقه شیب ۴۰ درصد به بالا و شبکه هیدروگرافی با تراکم متوسط دارای ضریب شدت فرسایش به میزان ۲/۵۷ می‌باشد. البته ارتباط بین سایر عوامل از جمله پوشش گیاهی و خاک، واحدهای ژئومورفولوژی و فرسایش وجود دارد. و این ارتباط و همبستگی نزدیک است در صورتیکه واحدهای ژئومورفولوژی با دقت زیاد تهیه شده باشد راهنمای بسیار خوبی جهت تعیین مرز انواع فرسایش و نیز شدت فرسایش خواهد بود.

Scanned with CamScanner

در نتیجه می‌توان بر همین اساس اولویت مطالعات اجرائی و دقیقتر بعدی را مشخص و از صرف هزینه‌های اضافی جهت مطالعات اجرائی اضافی که دارای اولویت نمی‌باشد جلوگیری کرد و حتی در مطالعات پوشش گیاهی، تعیین جوامع گیاهی و درصد تاج پوشش آنها با سهولت بیشتر و نیز متعاقب آن برای مطالعات خاکشناسی از صرف هزینه‌ای اضافی جلوگیری نمود.

- پیشنهاد در خصوص نتایج بدست آمده از روش E.P.M

از آنجاکه جداول موجود این روش جهت بررسی فاکتورهای مؤثر بر فرسایش، خاص شرایط منطقه مورد مطالعه نمی‌باشد تصمیم گرفته شد روشی انتخاب گردد که در ابتدا با شناخت کیفی حوزه بتوان به آسانی به عوامل انتخاب شده در روش E.P.M رسید. بنابراین با بررسی و پیمایشهای صحرایی جداول مربوطه خاص شرایط حوزه تنظیم گردیده است که توصیه می‌گردد در مطالعات فرسایش و تولید رسوب حوزه‌ای آبخیز استان خوزستان و با اندکی تأمل و تغییر با توجه به شرایط حاکم بر منطقه در حوزه‌های آبخیز جنوب زاگرس مورد استفاده قرار گیرد.

- پیشنهاد در خصوص نتایج بدست آمده از روش P.S.I.A.C

در استفاده از این روش نیز جدول عامل زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی خاص حوزه آبخیز مورد بررسی نبوده که با توجه به مطالعات انجام شده و نیز نمونه‌برداری از سنگ سازندهای زمین‌شناسی جدول مقاومت سنگهای سازندهای موجود در حوزه جهت استفاده این روش تنظیم گردیده است. توصیه می‌گردد در استفاده از این روش در طرحهای مطالعاتی استان خوزستان این جدول مد نظر قرارگرفته و استفاده شود.

در ضمن با اندکی مطالعات بیشتر در زاگرس جنوبی و بررسی دیگر سازندهای موجود می‌توان از جدول مذکور جهت حوزه‌های آبخیز جنوب زاگرس استفاده نمود.

روش پسیاک دارای یک مورد اشکال می‌باشد، در این بررسی سعی گردیده است این مورد اشکال مدنظر قرارگرفته و در تعیین میزان رسوب حذف و در نتیجه مقایسه‌ای بین میزان رسوب در دو حالت انجام گیرد که شرح آن با توجه به هیستوگرامهای موجود انجام گرفته است.

Scanned with CamScanner

- مورد اشکال

در روش پسیاک سازندهای مقاوم به فرسایش با توجه به داشتن شیب بالا، تأثیر آب و هوا و رواناب سطحی میزان رسوب بالائی را می‌دهد در صورتیکه سرشت سازند و یا سنگ مقاوم فرسایش بوده و در نتیجه بالارفتن شیب، تأثیر آب و هوا و رواناب سطحی تأثیر چندانی بر روی تولید رسوب سازند مقاوم با سنگ مقاوم ندارد، که این مسئله در این روش مد نظر قرار نمی‌گیرد و تولید رسوب حوزه عدد ۱۸/۵۴ تن در هکتار در سال محاسبه گردید.

با توجه به اینکه واحدهای کاری از لحاظ وسعت و نوع رخساره مشخص بوده سعی گردید مساحت مناطق که مقاوم به فرسایش بوده اندازه‌گیری و تأثیر سه فاکتور بالا راکم کرده در نتیجه تولید رسوب حوزه عدد ۱۲/۱۲ تن در هکتار در سال بدست آمده است که توصیه می‌گردد در استفاده از این روش این مسئله مدنظر قرارگرفته و تأثیر منفی عوامل فوق که باعث بالابردن میزان رسوب حوزه می‌باشد حذف گردد. در ضمن با یک مقایسه بین اعداد بدست آمده در روش E.P.M و P.S.I.A.C مشخص گردید که در حالت اول میزان تولید رسوب در زیر حوزه اختلاف شدیدی داشته در صورتیکه بعد از حذف عوامل مذکور این تغییرات در هر زیر حوزه در دو روش کمتر گردیده و در مراتع اعداد بدست آمده تقریباً نزدیک بهم می‌باشند. (شکلهای شماره ۱-۳ و ۲-۳ و ۳-۳)

نتیجه کلی:

از آنجا که در حوزه مورد تحقیق ایستگاه اندازه‌گیری رسوب موجود نبوده و نیز نصب ایستگاه جهت اندازه‌گیری میزان رسوب تولیدی از توان این تحقیق خارج بوده در نتیجه نمی‌توان گفت که کدامیک از دو روش فوق جهت استفاده در حوزه‌های آبخیز خوزستان مناسبتر می‌باشد، علیهذا این مسئله می‌تواند بعنوان موضوع پایان‌نامه دیگری مورد بررسی و تحقیق قرارگیرد، ولی با این وجود چنین می‌توان نتیجه‌گیری نمود:

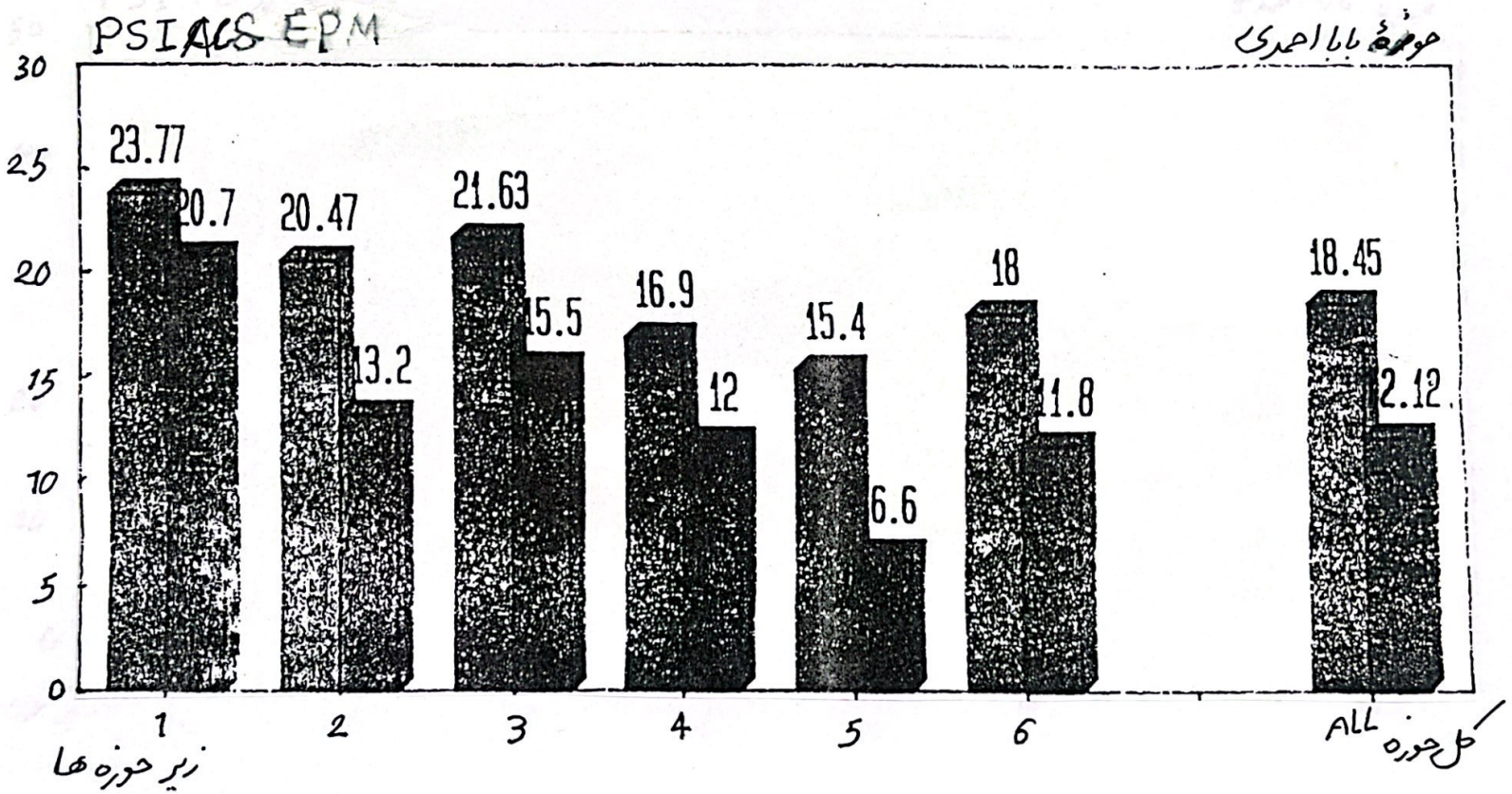
- از آنجا که اغلب حوزه‌های آبخیز کشور فقط در نقطه خروجی حوزه دارای ایستگاه اندازه‌گیری رسوب می‌باشد و اکثر حوزه‌های فرعی که تخریب و فرسایش در آنها انجام می‌شود فاقد ایستگاه اندازه‌گیری رسوب است بنابراین با توجه به روش زئومورفولوژی (بررسی کیفی تخریب و

Scanned with CamScanner

فرسایش) می‌توان گفت که در حوزه‌هایی که فاقد دستگاه اندازه‌گیری رسوب هستند با اطمینان بالائی می‌توان عدد بدست آمده را قبول کرد.

از طرف دیگر مدت زمان اندازه‌گیری کوتاه بوده و اغلب اندازه‌گیریها دارای اشتباه بوده، بنابراین برای اینکه نظرکلی و اجمالی از وضعیت فرسایش و رسوب بدست آید، می‌توانیم این روش را مورد قبول بدانیم.

Scanned with CamScanner



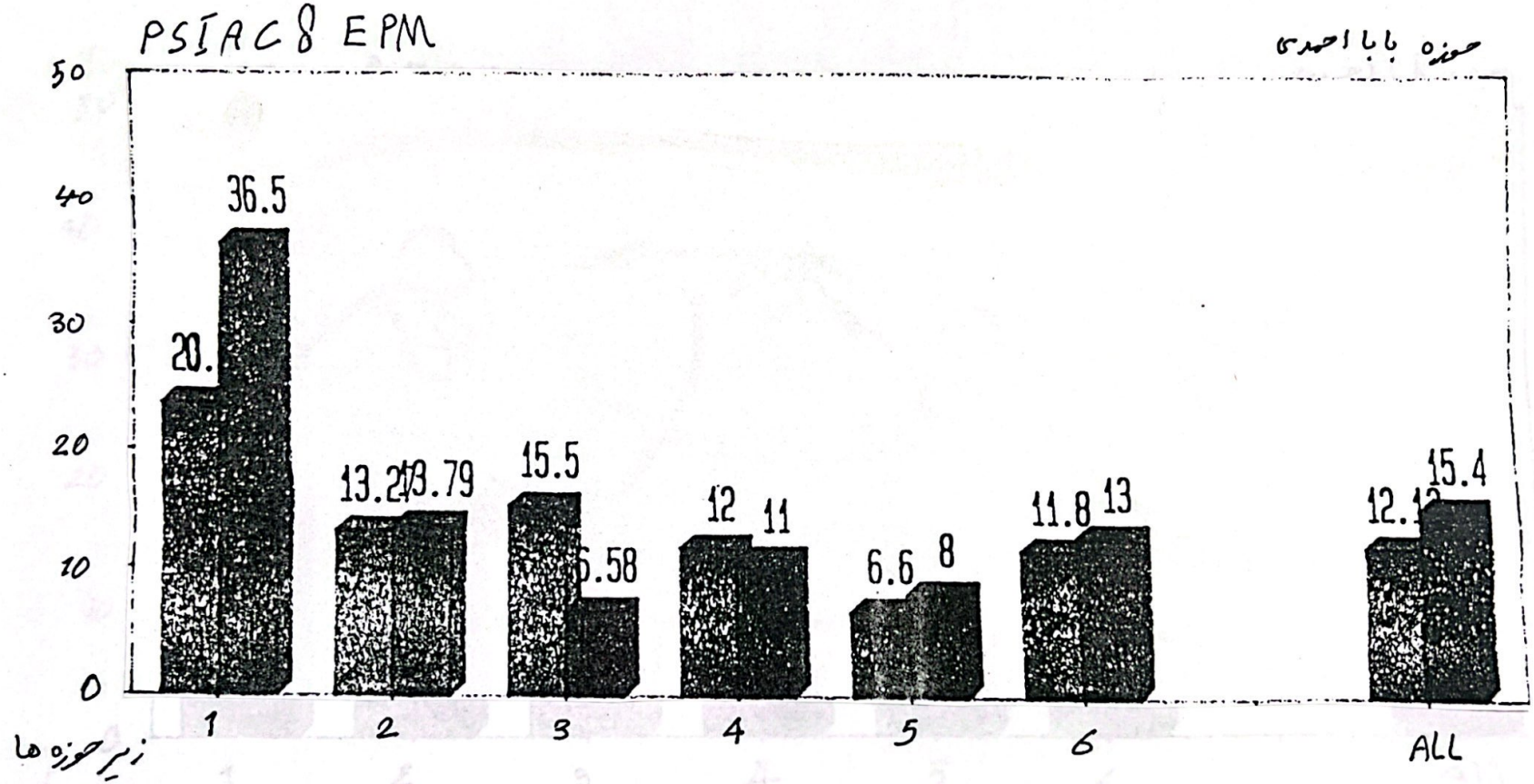
شکل ۱-۳ هیستوگرام مقایسه میزان تولید رسوب در زیر حوزه‌ها و کل حوزه در واحد سطح در سال در دو حالت:

۱- با در نظر گرفته توده سنگی

۲- بدون در نظر گرفتن توده سنگی (کم‌کردن مسامتی از حوزه که دارای سازند مقاوم می‌باشد)

TON/HEC/YEAR

Scanned with CamScanner



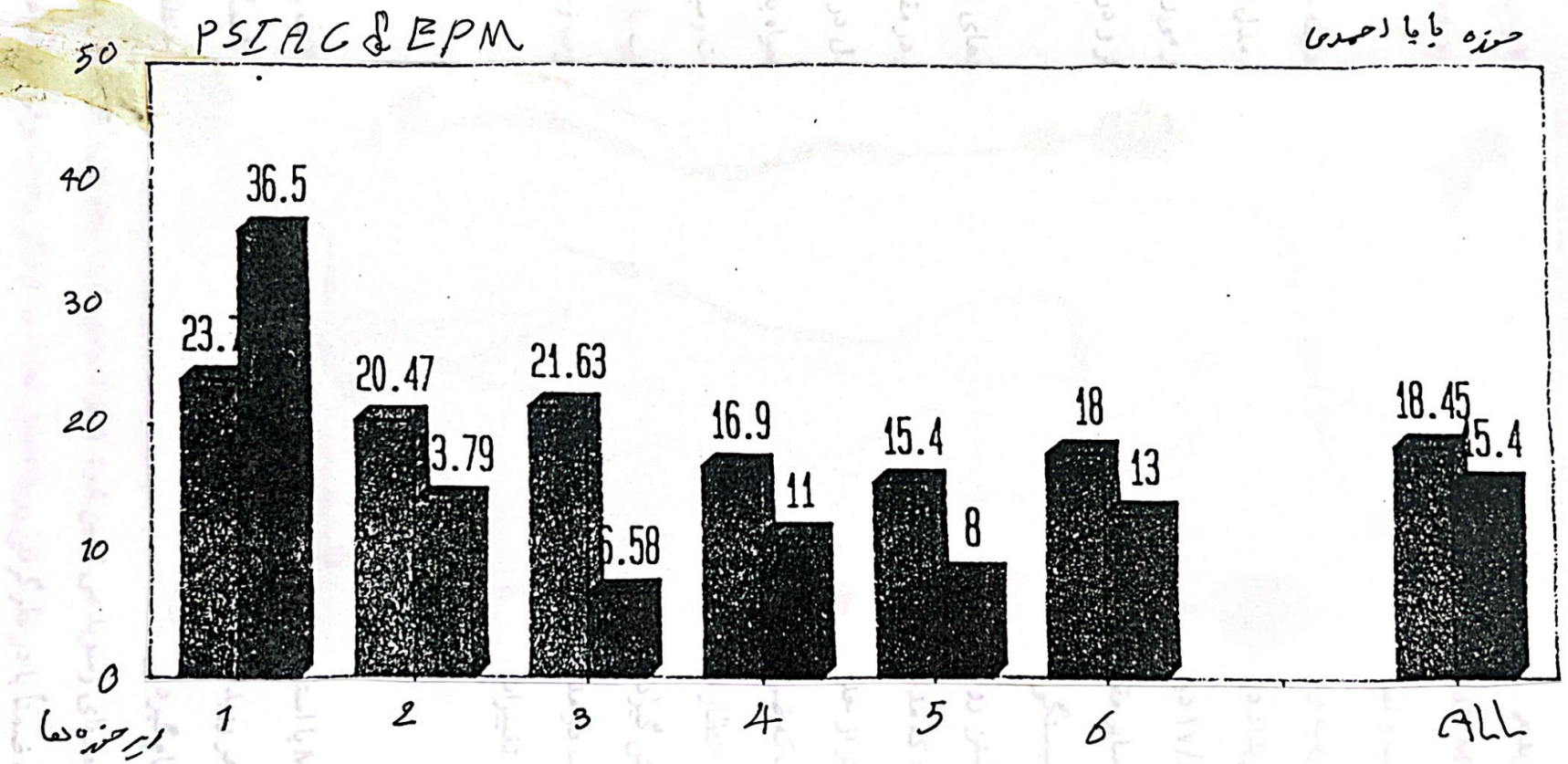
شکل ۲_۳ مقایسه بین اعداد بدست آمده جهت رسوب تولیدی زیر حوزه‌های حوزه آبخیز از دو روش P.S.I.A.C و E.P.M

در حالت دوم که تأثیر سازندهای مقاوم در هر زیر حوزه مدنظر قرار گرفته شده است.

نتیجه: در این حالت تغییرات خیلی کمتر از حالت قبل می‌باشد.

TON/HEC/YEAR

Scanned with CamScanner



شکل ۳-۳ مقایسه اعداد بدست آمده برای رسوب تولید شده در هر زیر حوزه بین دو روش P.S.I.A.C و E.P.M

در حالت عادی روش P.S.I.A.C (با در نظر گرفتن توده سنگی)

TON/HEC/YEAR

Scanned with CamScanner

بحث

- محاسبه رسوبدهی بدو صورت سالانه در هر رویداد با استفاده از ضریب ۱۱/۸ و نمای ۰/۵۴ در مدل MUSLE مقادیر به مراتب بیش از مقادیر واقعی را بدست می‌دهد که این مسئله ضرورت اصلاح ضریب و نما را با توجه به ارقام مشاهده‌ای ایجاب می‌کند.

- با اصلاح ضریب و نما، همبستگی خوبی بین ارقام مشاهده‌ای و محاسباتی بوسیله مدل MUSLE به ازای هر رویداد دیده شد. (R^2= ۰/۹۶) میزان رسوب سالانه برآوردی بوسیله مدل فوق دارای تفاوتی معادل ۱۷/۶ درصد با ارقام مشاهده‌ای است که تقریباً مقدار قابل قبولی بنظر می‌رسد؛ ولی ضرورت مقایسه سایر مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی رسوب سالانه در حوزه‌های دیگر و در نظر داشتن نوع و میزان همبستگی بین این مقادیر ضروری است.

- با در نظر داشتن روند خطی مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی رسوب برای رویدادهای ثبت شده، ملاحظه می‌گردد که مدل MUSLE در مقادیر بالای دبی، رسوب را بیش از حد واقع و در مقادیر کم دبی رسوب را کمتر از حد واقع، برآورد می‌کند. علت این امر در واقع عدم توانایی مدل در بیان روندیابی رسوب است که ضرورت کاربرد روشهای رندیابی رسوب از قبیل رابطه ویلیان همراه با این مدل را ایجاب می‌کند. انتظار می‌رود با افزایش دبی از یک طرف و کاهش منبع تولید تغییرات رسوب مشاهده‌ای روند را پیش گیرد؛ ولی از آنجا که یک ارتباط خطی و افزایش بین تولید رسوب با دبی حداکثر و حجم سیلاب در مدل (MUSLE) بدون در نظرگرفتن عواملی نظیر روندیابی رسوب وجود دارد، می‌توان گفت که تغییرات رسوب برآوردی روند افزایش خود را ادامه خواهد داد.

نتیجه‌گیری

- استفاده از مدل MUSLE با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای مطمئن دبی حداکثر و حجم سیلاب برای برآورد رسوبدهی در هر رویداد امکان‌پذیر است، مشروط به اینکه در حوزه‌های وسیع و ناهمگون روند یابی رسوب انجام گیرد. روشن است که بایستی ابتدا ضریب و نمای مدل برای هر منطقه با استفاده از مقادیر مشاهده‌ای رسوبدهی تعیین شود تا بتوان بصورت وسیعتر این را در مناطق مشابه مورد استفاده قرار داده ضمناً با در نظرگرفتن رویدادهای مختلف، بارندگی، ذوب برف و توأم علاوه

Scanned with CamScanner

بر بررسی دبی حداکثر، حجم سیلاب و رسوبدهی در هر رویداد می‌توان به قابلیت مدل در پیش‌بینی رسوبدهی به ازای رویدادهای مختلف پرداخت، زیرا که محلهای اولیه ایجاد و توسعه مدل دارای رژیم آبدهی توأم بارندگی و ذوب برف بوده‌اند.

- استفاده مطمئن‌تر از مدل MUSLE برای برآورد رسوبدهی سالانه پس از بررسی در چندین حوزه دیگر و با در نظرگرفتن نوع و میزان همبستگی مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی رسوبدهی سالانه امکان‌پذیر خواهد بود. در حوزه مورد مطالعه اختلافات معنی‌دار نبوده‌اند. بنابراین استفاده از این مدل برای محاسبه رسوبدهی سالانه سایر مناطق منطقی بنظر می‌رسد.
- کاربرد رابطه جدید رسوبدهی برای مدل (MPSIAC) که بوسیله جانسون و گبهارت (۱۹۸۲) نیز مورد استفاده واقع شده است. بجای رابطه اولیه ۱۹۶۸ توصیه می‌شود.
- بررسی عوامل مختلف در مدل MPSIAC و بهینه‌سازی آنها از لحاظ ارائه روابطی مناسبتر جهت امتیازدهی به این عوامل نظیر پستی و بلندی، پوشش زمین و استفاده از اراضی با توجه به خصوصیات مناطق مورد مطالعه امری بسیار ضروری است.
- نوع بار رسوبی که مدل MUSLE و MPSIAC برآورد می‌کنند از نوع بار رسوبی قابل شستشو[1] بوده، لذا هرگونه مقایسه با مقادیر مشاهده‌ای بایستی بر این اساس باشد.
- با توجه به اینکه رقم برآوردی رسوب سالانه بوسیله مدل MUSLE نسبت به مدل MPSIAC اختلاف کمی با رقم مشاهده‌ای آن نشان می‌دهد و پایه کمی‌تر و مستدلتر مدل MUSLE، در مناطقی که اطلاعات و داده‌های لازم جهت بکارگیری این مدل، فراهم می‌باشد، استفاده از مدل MUSLE جهت برآورد رسوب سالانه به مدل MPSIAC پیشنهاد می‌گردد.

پیشنهادات

- ایجاد و ساخت ایستگاههای تحقیقاتی مجهز حفاظت خاک و حوزه‌های آبخیز آزمایش در مناطق مختلف کشور امری بسیار ضروری است.
- بررسی دقیق عوامل مؤثر بر فرسایش و تولید رسوب در مناطق مختلف کشور و ارائه روابط مناسبی

---

1) Wash Load

Scanned with CamScanner

برای نشان دادن این نوع تأثیر و همچنین ابداع و ارائه مدل.

۱۷-۳- نتایج تحقیق کریمی آذر (۱۳۷۵) کاربرد مدل EPM در حوزه آبخیز آبشور

رسوبدهی کل حوزه ۴۳۲/۴ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال می‌باشد. و با توجه به میانگین ضریب شدت فرسایش (۱/۱) در کلاس فرسایش خیلی شدید قرار گرفته است.

نتایج

- از آنجا که جداول موجود در این مدل جهت بررسی فاکتورهای مؤثر بر فرسایش، خاص شرایط منطقه مورد مطالعه نمی‌باشد لذا تصمیم گرفته شد روش ژئومورفولوژی انتخاب گردد که ابتدا با شناخت کیفی فرسایش، بتوان به آسانی به عوامل انتخاب شده در روش EPM رسید و جداول مربوط با بررسی‌های صحرایی کنترل و نظارت شود. لازم به ذکر است که در تنظیم جداول اعداد جدیدی آورده نشده است بلکه بر اساس جداول اصلی و شرایط منطقه اعداد مستقیماً از جداول استخراج و یا انترپولیت شده است.
- EPM برای اکثر حوزه‌های فرعی فاقد ایستگاه اندازه‌گیری رسوب برآورد خوبی را می‌دهد.
- پیشنهاد می‌شود این مدل در حوزه‌های دارای آمار هیدرومتری بلند مدت آزمون شود.

لازم به ذکر است این روش می‌تواند تخمین خوبی از میزان حمل رسوب در رودخانه‌ای که فاقد آمار هیدرومتری هستند، بدهد.

Scanned with CamScanner

۱۸-۳- نتایج حاصل از تحقیق صمدی (۱۳۷۵) مدل هیدروفیزیکی و ژئومورفولوژی در میانکوه یزد

در ابتدا ارزشهای کیفی ژئومورفولوژی به کمیت‌های عددی تبدیل می‌شود. سپس مرتب کردن شدتها در نتایج حاصله از روش ژئومورفولوژی و هیدروفیزیکی درکنار هم قرار داده می‌شود تا مقایسه نتایج صورت پذیرد. نتایج این ترتیب بندی شدت فرسایش در جدول‌های شماره ۱۰-۳ و ۱۱-۳ و ۱۲-۳ آمده است. رتبه ۱ کمترین شدت فرسایش و رتبه ۸ بیشترین شدت فرسایش را نشان می‌دهد. لازم به یادآوری است که در تهیه نقشه شدت فرسایش از روش ژئومورفولوژی با تمام پارامتری منطقه توجه شده و بازدیدهای مکرر از حوزه صورت گرفته است و مطالعات با درصد بالایی قابل اطمینان می‌باشد.

جدول ۱۰-۳ ترتیب‌بندی شدت فرسایش در زیر حوزه‌های میانکوه با احتساب R^2

کد زیر حوزه / روش بررسی		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
ژئومورفولوژی	رتبه	۸	۱	۲	۳	۴	۹	۵	۶	۷
هیدروفیزیکی		۱	۳	۴	۷	۶	۲	۹	۸	۵

جدول ۱۱-۳ ترتیب‌بندی شدت فرسایش در زیر حوزه‌های میانکوه با احتساب R

کد زیر حوزه‌فرعی / روش بررسی		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
ژئومورفولوژی	رتبه	۸	۱	۲	۳	۴	۹	۵	۶	۷
هیدروفیزیکی		۱	۷	۳	۶	۴	۲	۹	۸	۵

در مورد زیر حوزه‌های فرعی ده بالا نیز به روش بالا، نتایج حاصل از ارزیابی روش ژئومورفولوژی و

Scanned with CamScanner

هیدروفیزیکی در کنار هم قرار داده شد (جدول شماره ۱۲-۳)

جدول ۱۲-۳ ترتیب‌بندی شدت فرسایش در زیر حوزه‌های ده بالا (زیرحوزه‌شماره۳) با احتساب R^2 و R

کد زیر حوزه‌فرعی / روش بررسی		۳-۱		۳-۲		۳-۳		۳-۴		۳-۵		۳-۶		۳-۷		۳-۸	
ژئومورفولوژی		۲		۱		۳		۶		۷		۸		۴		۵	
		R	R^2	R	R^2	R	R^2	R	R^2	R	R^2	R	R^2	R	R^2	R	R^2
هیدروفیزیکی		۲	۲	۴	۴	۳	۳	۷	۶	۶	۷	۵	۵	۸	۸	۱	۱

از این مقایسه نتایج زیر ارائه شده است:

۱- ترتیب بندی روش هیدروفیزیکی در زیر حوزه‌های میانکوه با احتساب R^2 برای عامل توپوگرافی هیچگونه تطابقی با ترتیب بندی روش ژئومورفولوژی ندارد.

۲- ترتیب بندی روش هیدروفیزیکی در حوزه میانکوه با احتساب R برای عامل توپوگرافی نشان می‌دهد زیر حوزه شماره ۵ در هر دو روش رتبه ۴ راکسب نموده و زیر حوزه ۳ در روش ژئومورفولوژی رتبه ۲ و روش هیدروفیزیکی رتبه ۳ را به خود اختصاص می‌دهد.

بنابراین می‌توان گفت ۱۲/۵ درصد تطابق کامل و ۱۲/۵ درصد تطابق نسبی را دارد و اگر تغییر جزئی در رتبه زیر حوزه ۳ را نادیده بگیریم ۲۵٪ تطابق خواهد داشت.

۳- ترتیب شدت فرسایش در زیر حوزه‌ای فرعی ده بالا (زیر حوزه شماره ۳) با احتساب R^2 چهار مورد یعنی ۵۰٪ تطابق را نشان می‌دهد، ترتیب یاد شده با احتساب R برای عامل توپوگرافی دو مورد یعنی ۲۵٪ تطابق را ارائه می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

۱- مروری بر جدول ۱۰-۳ نشان میدهد زیر حوزه طزنج (شماره ۱) در روش ژئومورفولوژی رتبه ۸ ولی در روش هیدروفیزیکی رتبه ۱ و همچنین زیر حوزه منشاء (شماره ۶) در روش ژئومورفولوژی رتبه ۹

Scanned with CamScanner

و در روش هیدروفیزیکی رتبه ۲ را به خود اختصاص می‌دهند. با بررسی ارقام مربوط به عوامل هیدروفیزیکی معلوم می‌گردد عامل توپوگرافی دو زیر حوزه گفته شده کمترین رقمها را به خود اختصاص داده‌اند. کاهش عامل توپوگرافی در دو زیر حوزه طزنج و منشاد ناشی زیادتر بودن طول نسبی بیشتر در محور حوزه می‌باشد که حاصل پتانسیل رسوبدهی در واحد سطح آنها کاهش یافته است. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که روش هیدروفیزیکی برای برآورد رسوب مناسب‌تر است نه برای تعیین میزان و شدت فرسایش، چون بطور کلی هر چه حوزه طولانی‌تر باشد ضریب رسوبزایی کاهش می‌یابد و کاهش ضریب رسوبزایی دلیلی بر کاهش فرسایش نیست.

بنابراین برای تعیین شدت فرسایش روش ژئومورفولوژی مناسب‌تر است و برای برآورد میزان کمی فرسایش، چنانچه از روش هیدروفیزیکی رسوبدهی برآورد گردد باید داشتن ضریب رسوبزایی، فرسایش در واحدهای هیدرولوژیکی محاسبه شود.

۲- بررسی جدول ۱۰-۳ که با R^2 محاسبه شده هیچگونه تطابقی بین ترتیب شدت فرسایش در دو روش مطالعه نشان نمی‌دهد ولی در جدول ۲ که با R محاسبه گردید ۲۵٪ تطابق را ارائه میدهد. مشاهده جدول ۳ نشان می‌دهد در محاسبه با R^2، ۵۰٪ تطابق و با R، ۲۵٪ هم پوشانی دارند. می‌توان استنباط نمود که در حوزه‌های بزرگتر R و در حوزه‌های کوچکتر R^2 مناسب‌تر است.

۳- در جدول ۱۲-۳ مربوط به زیر حوزه‌های ده بالا، ۵۰٪ تطابق کامل را در دو روش مورد مطالعه ارائه می‌دهد در حالیکه در زیر حوزه‌های میانکوه حتی با در نظرگرفتن R بعنوان عامل توپوگرافی ۱۲/۵٪ تطابق کامل و ۱۲/۵٪ تطابق نسبی را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر چه واحدهای هیدرولوژیکی ریزتر شوند کارائی روش هیدروفیزیکی در برآورد فرسایش افزایش می‌یابد. از آنجاکه در حوزه‌های کوچکتر میزان فرسایش و رسوب به هم نزدیکتر می‌شوند هم پوشانی بیشتر روش هیدروفیزیکی با روش ژئومورفولوژی در زیر حوزه‌های بالا ناشی از همین اصل می‌باشد و این موضوع موید کارآیی بیشتر روش هیدروفیزیکی برای رسوب است تا فرسایش.

۴- روش ژئومورفولوژی برای تهیه نقشه شدت فرسایش مناسب است زیرا تمامی عوامل موثر در فرسایش مانند خاک، سنگ‌شناسی، شبکه هیدروگرافی، شیب، میزان، نوع و فصل بارشی، کاربری اراضی و... توسط کارشناس مورد توجه قرار می‌گیرد. برای مثال حوزه طزنج با کمترین میزان بارش

Scanned with CamScanner

شدت فرسایش زیادی را در روش ژئومورفولوژی نشان می‌دهد در حالیکه در روش هیدروفیزیکی کمترین فرسایش را دارد. ولی زیر حوزه آشنایی (زیر حوزه شماره ۲) که در روش ژئومورفولوژی کمترین فرسایش را دارا است در روش هیدروفیزیکی با R^2 مرتبه سوم و با R مرتبه هفتم یعنی فرسایش زیاد را بدست می‌دهد که مغایر با واقعیت موجود منطقه است. در روش هیدروفیزیکی و غالب روشهای دیگر برآورد فرسایش و رسوب عامل نوع با ر.ش و شدت آن لحاظ نمی‌شود. در زیر حوزه آشنایی درصد زیادی از نزولات بصورت برف است و با توجه به کوهستانی بودن و ارتفاع متوسط زیاد آن، هوا سرد بوده و برف بتدریج ذوب می‌شود بنابراین علیرغم بارندگی نسبتاً زیاد فرسایش کمی دارد ولی این واقعیت در روش هیدروفیزیکی مورد توجه قرار نمی‌گیرد.

پیشنهادات

۱ـ در مطالعات فرسایشی حوزه‌های آبخیز لازم است ابتدا نقشه انواع و شدت فرسایش به روش ژئومورفولوژی و با دقت بالا تهیه گردد و سپس نسبت به کاربرد روشهای کمی برآورد فرسایش اقدام گردد در اینصورت خطاهای ارزیاب کاهش می‌یابد.

۲ـ جداول با ارزش ارائه شده در نشریه شماره ۴۷ دانشکده منابع طبیعی (سال ۱۳۴۷) درجه‌بندی مقاومت سنگها را تعیین نموده است. این جداول استاندارد خوبی برای چگونگی لحاظ نمودن تأثیر سنگها در بررسی فرسایش ارائه می‌دهد، تهیه گردد.

۳ـ تهیه نقشه شدت فرسایش با روش ژئومورفولوژی مستلزم تجربه زیاد و وجود کارشناس مجرب می‌باشد برای کاهش خطاها در برآورد شدت فرسایش پیشنهاد می‌شود روی موضوع کمّی کردن پارامترهای مؤثر در فرسایش که در روش ژئومورفولوژی مورد توجه قرار می‌گیرد پروژه‌های تحقیقاتی ارائه گردد.

۴ـ مدل هیدروفیزیکی و یا مدلهای مشابه در حوزه‌هایی که از آمار رسوب مطمئن برخوردار هستند مورد آزمون قرارگرفته و پارامترهایی راکه در فرسایش مؤثر بوده (مانند نوع، شدت و فصل بارش) ولی در روشهای کمّی در نظرگرفته نمی‌شوند به نوعی در روش کمی دخالت داده و در واقع روش مورد نظر را برای شرایط حوزه‌های آبخیز ایران اصلاح گردد.

Scanned with CamScanner

۱۹-۳- نتایج تحقیق مختاری (۱۳۷۵)، روش پسیاک و در حوزه آبخیز رودخانه سُه

نتایج این تحقیق در دو زیر حوزه به شرح جداول ۱۳-۳ و ۱۴-۳ می‌باشد.

جدول شماره ۱۳-۳ نتایج مربوط به زیر حوزه شماره ۱

دبی ویژه رسوب m^3/km^2	۲۶۰/۲۷	۱۹۹/۴۴
شدت رسوبدهی	متوسط	متوسط
کلاس رسوبدهی	III	III
حجم کل رسوب خروجی از حوزه در سال m^3	۳۹۸۹۳/۰۴۸۸۳	۳۰۵۶۹/۲۹۳۶
بار رسوب برآوردی ton	۵۱۸۶۰/۹۶۳۴۸	۳۹۷۴۰/۲۱۱۷۹
CODE WITH PSIAC MODEY	CODE FOR NEW JDES	

جدول شماره ۱۴-۳ نتایج مربوط به زیر حوزه شماره ۲

درجه رسوبدهی R	۷۰/۳۲	
دبی ویژه رسوب m^3/km^2	۴۵۴/۲۸۸۱	
شدت رسوبدهی	متوسط	
کل رسوبدهی	III	

نتیجه‌گیری

با توجه به رابطه رسوبدهی هر واحد کاری با درجه رسوبدهی نهایی علاوه بر محاسبه درجه رسوبدهی کل حوزه می‌توان وضعیت رسوبدهی هر واحد کاری را با وضعیت فرسایشی برآورد شده توسط شاخص فرسایش مقایسه و میزان تطابق واحدها را از لحاظ فرسایش و درجه رسوبدهی هر واحد بررسی نمود.

این کار برای حوزه آبخیز مورد مطالعه انجام و رابطه همبستگی بین درجه رسوبدهی و شاخص فرسایش که در واقع نماینده وضعیت فرسایش در هر واحد است بصورت زیر بدست آمد:

$E = ۰/۰۳۱۲R - ۱/۴۸۴۹۱$ $R^۲ = ۰/۷۰۲۷۳$

Scanned with CamScanner

در این رابطه باید توجه داشت که دامنه تغییرات درجه رسوبدهی ۰ تا ۱۳۰ و دامنه تغییرات ضریب فرسایشی ۰ تا ۱ می‌باشد. رابطه فوق در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار است.
نتایج این پایان نامه به سه دسته تقسیم شده است.

۱ـ سنجش از دور:

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در فرمت رقومی نشان داد که این داده‌ها قابلیت‌های بسیار زیادی برای کاربرد در مطالعات آبخیز داری داشته و با توجه به مجموعه اطلاعاتی که در وضعیتهای گوناگون عملیات روی باندها در زمینه‌های مختلف قابل دستیابی است کاربردهای فراوانی در حوزه‌های آبخیز می‌تواند داشته باشد مانند منشأ یابی رسوب، بررسی وضعیت حوزه آبخیر از لحاظ پارامترهایی که بر شرایط هیدرولوژیکی حوزه مؤثرند مانند شبکه زهکش، شکل حوزه، وضعیت و جهت دامنه سطح منطقه برفگیر و تغییرات سالانه آن، همچنین اطلاعات مفیدی از وضعیت پوشش گیاهی از لحاظ درصد تاج پوشش، نوع پوشش گیاهی، نوع کاربری اراضی و... اگر چه تنگناهای موجود بخصوص محدودیت زمانی، امکان بررسیهای بیشتر را فراهم ساخت لیکن این اطلاعات بنحو خوبی در برآورد درصد پوشش‌گیاهی و درصد خاک‌لخت تحت‌کلاسهای مورد نیاز،کمک نمود، اگر چه برآوردهای دقیق‌تر و بهتر نیاز به صرف زمان و هزینه بیشتر داشت که متأسفانه فراهم نبود.

۲ـ سیستم اطلاعات جغرافیایی

کار با مجموعه عظیمی از داده‌های مکانی بخصوص هنگامی که بحث استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای مطرح می‌شود، بجز با سیستم‌های پیشرفته رایانه‌ای کاری ثقیل و بسیار دشوار بنظر می‌رسد. آشنایی و کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات علوم زمینی بخصوص در آبخیز داری که نیاز به نگرشهای کلان و عملکردهای فرد دارد می‌تواند توجیه این مطلب باشد که متخصصین آبخیزداری باید همانطورکه در روش سنتی کارنوگرافی مطالعات و تحقیقات خود را انجام می‌دادند روشهای خود را در قالب این سیستم سازگار و از قابلیتهای فراوانی آن استفاده کنند،اگر چه عدم آشنایی کامل با این سیستم و یاگاهی پیچیدگی هایی که کار باکامپیوتر ایجاد می‌کند

Scanned with CamScanner

لازم است گریزی به روشهای سنتی داشته و در مراحلی از تحقیق به آن روشها مراجعه کنیم. بعنوان مثال در تهیه نقشه واحدهای کاری استفاده از نقشه شیب ایجاد شده در نرم‌افزار ILWIS بحدی واحدهای جزئی ارائه می‌دهد که عملاً امکان مکانیابی دقیق آنها صرف نظر از مجموعه بسیار زیاد واحدهای کاری بدست آمده غیر ممکن بنظر می‌رسید، لذا در فاز اول جهت بررسی سیمای فرسایش و پر نمودن فرمهای مخصوص فاکتورهای فرسایشی از نقشه شیب دستی و با واحدهای کلان‌تراستفاده شد و در فاز دوم‌بخاطرنیاز به‌داده‌های بیشتر و دقیق‌تر،از نقشه شیب قبلی‌استفاده شد.

کاربرد GIS بجز مشکلات عمومی و فنی استفاده از آن درکشور ما محدودیتهای دیگری نیز دارد که اولین آنها محدود بودن نرم‌افزار و سخت افزارهای GIS درکشور و برای استفاده عموم دانش‌پژوهان و دانشجویان می‌باشد، مشکل دوم عدم وجود دوره‌های آموزشی این سیستم در غالب واحدهای آموزشی دانشگاهی است و فراگیری این سیستم خود از معضلات مهم کاربردی‌های دانشجویی این سیستم می‌باشد.

۳ـ تحلیل آماری داده‌ها

استفاده از روش متغیرهای مجازی برای تحلیل پارامترهای کیفی در نظرگرفته شده در مدلهای تجربی فرسایش خاک می‌تواند به همراه آنالیز و تحلیل رگرسیون‌های چند متغیره کمکی برای ارزیابی عوامل مؤثر در فرسایش خاک و بررسی اهمیت و اولویت فاکتورهای دخیل در فرسایش در حوزه های آبخیزکشور باشد. همبستگی بدست آمده در این تحقیق اگر چه نسبتاً ضعیف می‌باشد اما حضور اکثریت پارامترهای در نظرگرفته شده در معادله از لحاظ آماری نشان دهنده انتخاب مناسب پارامترهای مورد ارزیابی در معادله می‌باشد. ضعف همبستگی شاخص فرسایش با پارامترهای فرسایش را می‌تواند به دو دلیل باشد. در وهله اول اینکه فرمهای فرسایش سطحی خاک در بسیاری از مناطق با وضعیت فرسایش موجود در حوزه آبخیز تطبیق نداشت یا بعضی عوامل دیگر شرایط فرسایش را بهتر نشان می‌داد و برخی عوامل از لحاظ نمرات اختصاص تناسب لازم را نداشت. بعنوان مثال عامل لاشبرگ سطحی خاک با توجه به ضعف پوشش گیاهی وکم بود مواد آلی در سطح خاک در عموم حوزه های آبخیز بنظر می‌رسد که دامنه تغییرات مناسبی نداشته باشد چراکه بدلیل

Scanned with CamScanner

فقدان و یا کمبود پوشش گیاهی در اکثر مناطق مورد بررسی ضعیف بنظر می‌رسد. در اکثر مناطق حوزه آبخیز پدیده چرای بی‌رویه، مفرط و خارج از فصل و همچنین آثار میکروتراس بر روی دامنه کوهها و تپه‌ها، بچشم می‌خورد، بنظر می‌رسد لحاظ نمودن این فاکتورها به همان سیاق BLM در فرم فاکتورهای سطحی SSF می‌تواند در تمایز و تشخیص واضحتر شرایط فرسایش موجود کمک شایانی نماید. عامل دیگر که موجب ضعف همبستگی در تحلیل آماری مهم بنظر می‌رسد خطاهای مربوط به وارد کردن و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در سیستم کامپیوتری باشد، بخصوص در محل قرارگرفتن مرز واحدها بر روی یکدیگر مجموعه‌ای از چند ضلعی‌های نابجا ایجاد می‌شوند که خود موجب اخلال در پردازش داده‌ها می‌گردد و شناسایی و تصحیح آنها عملاً زمان زیادی را می‌طلبد.

بررسی رابطه همبستگی بین درجه رسوبدهی و ضریب فرسایش خاکی از همبستگی قوی بین آنها بوده و این مسئله ناشی از تناسب بسیار زیاد روش بکارگرفته شده که معروف به روش ژئوفورمولوژی می‌باشد است، دلیل عمده در این رابطه اینست که رخساره‌ای ژئوفورمولوژی که ارتباط تنگاتنگ با سیمای فرسایش منطقه هستند بعنوان یک لایه اطلاعاتی مستقیماً در ایجاد واحدهای کاری (از طریق عکس و چک صحرایی) دخالت نموده و کمتر نیاز به میانگین‌گری وضعیت فرسایش که به عنوان مثال در واحدهای اراضی وجود دارد، می‌باشد، این مسئله در مورد عامل سنگ‌شناسی بعنوان یکی از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد واحدهای ژئومورفولوژی نیز صادق است.

پیشنهادها

۱- با توجه به نتایج ارائه شده و به تناسب وضعیت فرسایش در واحدهای ژئومورفولوژی و همینطور رسوبزایی مربوط به هر واحد پیشنهاد می‌شود با توجه به شرایط مختلف در واحدها از روشهای برآورد تلفات خاک مانند پین‌های فرسایشی، پلاتهای فرسایشی و استفاده و میزان فرسایش در هر نوع واحد ژئومورفولوژی محاسبه و با توجه به رابطه رسوبدهی کل حوزه و رسوبدهی واحد مورد بررسی، رسوبدهی واحد مورد بررسی برآورد و رابطه کمی آنها ارائه یک مدل فرسایشی صورت پذیرد و در واقع SDR یا نسبت رسوبدهی برای هر واحد کاری بدست آید.

۲- مدل PSIAC با ارائه تلفات متوسط خاک از حوزه در طول یکسال و در واحد سطح اگر چه

Scanned with CamScanner

کلاسهای فرسایشی را بخوبی ارائه می‌نماید، لیکن بنظر می‌رسد دامنه وسیع کلاسهای وضعیت فرسایش امکان برنامه‌ریز و بررسی عوامل را در یک سطح کوچک مشکل و یا غیر ممکن می‌سازد، لذا بنظر می‌رسد اگر این کلاسها دامنه کوچکتری پیدا کرده و در قالب واحدهای کاری کلاس بندی شوند بهتر می‌توانند جهت برنامه‌ریزی برای حوزه آبخیز مؤثر باشند.

۳- بررسی عامل هرز آب و آب و هوا در مدل PSIAC در مجموعه‌ای از حوزه های آبخیز با شرایط مختلف هیدرولوژیکی و اقلیمی انجام پذیرد. ارزیابی این عوامل با استفاده از روش متغیرهای مجازی و شاخص‌های فرسایش دقیق بنظر می‌رسد در حوزه های آبخیز فاقد آمار هیدرولوژیکی نیز امکانپذیر باشد.

۴- بررسی و مطالعه در تصاویر ماهواره‌ای و تغییر شکلهای مختلف در داده‌های ماهواره‌ای نشان داد که می‌توان از این اطلاعات جهت بررسی و شناسایی اراضی حساس به فرسایش بخصوص در اراضی مارنی (در این تحقیق از سازند قم) که وضعیت انعکاس طیفی خاصی دارند، استفاده نمود.

۵- قرار دادن واحدهای آموزش GIS و RS بصورت جدی و عمومی‌تر می‌تواند سرعت و کیفیت اجرای تحقیق را برای دانشجویانی که با داده‌های زمین مرجع کار می‌کنند بیشتر و بهتر نماید.

۲۰-۳- نتایج تحقیق و بررسی فرسایش و رسوب به روش E.P.M و ژئومورفولوژی در حوزه‌های درکه و سولقان توسط مسلمی کوپائی (۱۳۷۶)

جدول شماره ۱۵-۳

نام حوزه	رسوب محاسبه شده با آمار رسوب	رسوب محاسبه شده با روش ژئومورفولوژی (کمی)	رسوب محاسبه شده با روش E.P.M
درکه	TON/YEA ۵۴۵۱	TON/YESR ۲۱۶۹۰	TON/YEAR ۶۰۴۶۱
سولقان	۱۰۳۳۱۲	۱۸۴۰۹۶	۵۵۹۲۲۸

نتایج جدول شماره ۱۵-۳ نشان می‌دهد که رسوب برآورد شده به روش ژئومورفولوژی در حوزه‌های درکه حدود ۴ برابر و در حوزه سولقان ۱/۸ برابر مقدار مشاهده شده است و رسوب برآوردی به روش EPM در درکه ۱۱ برابر و در حوزه سولقان ۵/۴ برابر مقدار مشاهده شده است.

Scanned with CamScanner

مقایسه آمار رسوب و آمار دبی در حوزه مورد مطالعه نشان دهنده این است که در بسیاری از موارد، در موقع بروز سیلاب از رسوب نمونه‌برداری نشده است بنابر این قطعاً رسوب خارج شده از هر دو حوزه بیشتر از مقداری است که بوسیله آمار رسوب محاسبه شده است. لیکن در مورد اینکه مقدار واقعی رسوب چه مقدار از رسوب محاسبه شده بیشتر است نمی‌توان قضاوت نمود و بنابر این رسوب مشاهده‌ای نمی‌تواند محکی برای رد یا قبول کارایی هر یک از روشهای مورد مطالعه باشد.

پیشنهادات

الف - فقدان اطلاعات و آمار در اکثر موارد بخصوص در زمینه آب و رسوب تلاشهای تحقیق بسیاری را به ناکامی می‌کشاند بنابراین لازم است دست اندرکاران جهت رفع این معضل بزرگ چاره اندیشی کنند.

ب - طرحهایی که هدف آن بررسی کارآیی هر یک از روشهای مطالعه فرسایش و رسوب است صرفاً در حوزه‌هایی انجام گیرد که صحت و دقت آمار آن به اثبات رسیده باشد.

پ - پیشنهاد می‌شود انجام روش ژئومورفولوژی در یک یا چند حوزه که از آمار صحیح و کافی برخوردار باشد آزمون شده و همانند روش مورد استفاده در این تحقیق کمی شده و با مقادیر رسوب مشاهده‌ای مقایسه بعمل آید. قطعاً در صورت اثبات، این روش می‌تواند یک روش ساده و فراگیر در مطالعات فرسایش و رسوب مورد استفاده قرار بگیرد.

ت - در حوزه‌هایی که فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند با استفاده از روش ژئومورفولوژی حوزه آبخیز به زیر حوزه‌هایی تقسیم شود و در هر زیر حوزه واحد کاری مشخص شده و مطالعه روش EPM در هر یک از زیر حوزه‌ها با توجه به واحد کاری انجام گیرد.

۲۱-۳- نتایج تحقیق آقای رحمتی (۱۳۷۶) مدل هیدروفیزیکی در حوزه نوژیان

نتایج و محاسبه ضریب و درصد پتانسیل رسوبدهی واقعی حوزه آبخیز نوژیان با استفاده از مدل هیدروفیزیکی بر مبنای تفسیر نقشه زمین‌شناسی و نقشه خاکشناسی با احتساب ضرایب توپوگرافی R^1 و R^2 در جداول شماره ۱۶-۳، ۱۷-۳ و ۱۸-۳ آورده شده است. همچنین نقشه پتانسیل رسوبدهی حوزه نوژیان با استفاده از این مدل در نقشه شماره ۱-۳ آورده شده است.

Scanned with CamScanner

جدول شماره ۱۶-۳ محاسبه ضریب و درصد پتانسیل رسوبدهی و رسوبدهی واقعی حوزه آبخیز لوژیان با استفاده از مدل هیدروفیزیکی

(بر مبنای تفسیر نقشه خاکشناسی) با احتساب ضرایب توپوگرافی R^1 و R^2

شماره زیر حوزه فرعی	نام زیر حوزه فرعی	فاکتورهای هیدروفیزیکی مؤثر					ضریب پتانسیل رسوبدهی CSY		درصد پتانسیل رسوبدهی SY%		رسوبدهی واقعی				دامنه تغییرات مقدار رسوب برآورد شده نسبت به مدل PSIAC.1982	
											تن از حوزه آبخیز در سال		تن در کیلومتر مربع در سال			
		A^Ss=1 km^2	R	E	V	Pmm	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2
1	وارک	68.5	0.1	6.5	5.1	900	194151	18444	13.15	10.09	106830	81971	1560	1196	-70	-434
2	پرک	49	0.17	5	3.3	800	111796	19358	7.8	10.6	63364	86114	1293	1757	+52	+516
3	دارانجیر	37.5	0.16	7.7	7	850	266299	41276	18.04	22.61	146556	183683	3908	4898	+768	+1758
4	چلن-دوش سرخ	70	0.11	8	9.7	900	537768	59154	36.41	32.38	295794	263055	4225	3757	+65	-403
5	سرو	39	0.11	5	5.4	900	108037	12316	7.3	6.75	59305	54837	1520	1406	-1180	-1294
6	چنار	66	0.13	7.4	4.6	900	254768	32100	17.3	17.57	140545	142738	2130	2162	+210	+242
							1472919	182648								
							TOTAL									

میانگین وزن رسوب حاصل از حوزه با احتساب 20% بارکف طی یک دوره 30 ساله از 1342 تا 1372 بالغ بر 812400 تن می‌باشد.

Scanned with CamScanner

جدول شماره ۱۷-۳ محاسبه ضریب و درصد پتانسیل رسوبدهی و رسوبدهی واقعی حوزه آبخیز لوژیان با استفاده از مدل هیدروفیزیکی

(بر مبنای تفسیر نقشه زمین‌شناسی) با احتساب ضرایب توپوگرافی R^1 و R^2

شماره زیر حوزه فرعی	نام زیر حوزه فرعی	فاکتورهای هیدروفیزیکی مؤثر					ضریب پتانسیل رسوبدهی CSY		درصد پتانسیل رسوبدهی SY%		رسوبدهی واقعی				دامنه تغییرات مقدار رسوب برآورد شده نسبت به مدل PSIAC.1982	
											تن از حوزه آبخیز در سال		تن در کیلومتر مربع در سال			
		A^Ss=1 km^2	R	E	V	Pmm	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2	با احتساب ضریب R^1	با احتساب ضریب R^2
1	وارک	68.5	0.1	5.1	5.1	900	152334	14471	14.33	11.1	116450	89364	1699	1304	+69	-326
2	پرک	49	0.2	4.3	3.3	800	96230	16647	9.05	12.6	73522	102362	1500	2089	+259	+848
3	دارانجیر	37.5	0.2	5.2	7	850	179838	27875	16.91	21.08	137376	171253	36.63	4566	+523	+1425
4	چلن-دوش‌سرخ	70	0.1	5.1	9.7	900	342827	37710	32.25	28.5	261999	231534	3742	3307	-418	-853
5	سرو	39	0.1	4.9	5.4	900	105877	12069	9.96	9.12	80915	74090	2074	1899	-626	-801
6	چنار	66	0.1	5.4	4.6	900	185912	23424	17.48	17.7	142007	143794	2151	2178	+231	+258
							1063018	132196								
							TOTAL									

میانگین وزن رسوب حاصل از حوزه با احتساب 20% بارکف طی یک دوره 30 ساله از 1342 تا 1372 بالغ بر 812400 تن می‌باشد.

جدول شماره ۱۸-۳ محاسبه ضریب و درصد پتانسیل رسوبدهی و رسوبدهی واقعی حوزه آبخیز لوژپان با استفاده از مدل هیدروفیزیکی

(بر مبنای تفسیر نقشه زمین‌شناسی) با احتساب ضرایب توپوگرافی R^1

شماره‌زیر حوزه فرعی	نام زیر حوزه فرعی	فاکتورهای هیدروفیزیکی مؤثر					ضریب‌پتانسیل رسوبدهی	درصد پتانسیل رسوبدهی	رسوبدهی واقعی	
		A^Ss=1 km^2	R	E	V	Pmm	CSY	SY%	تن از حوزه آبخیز در سال	تن در کیلومتر مربع در سال
1	وارک	68.5	0.095	5.1	5.1	900	152334	14.33	116450	1699
2	پرک	49	0.173	4.3	3.3	800	96230	9.05	73522	1500
3	دارانجیر	37.5	0.155	5.2	7	850	179838	16.91	137376	36.63
4	چلن-دوش‌سرخ	70	0.11	5.1	9.7	900	342827	32.25	261999	3742
5	سرو	39	0.114	4.9	5.4	900	105877	9.96	80915	2074
6	چنار	66	0.126	5.4	4.6	900	185912	17.48	142007	2151
							1063018			

میانگین وزن رسوب حاصل از حوزه با احتساب 20% بارکف طی یک دوره 30 ساله از 1342 تا 1372 بالغ بر 812400 تن می‌باشد.

Scanned with CamScanner

۵-۳- نتایج تحقیق آقای سعید یوسف کلافی ۱۳۷۳ برآورد فرسایش با سزیوم - ۱۳۷ - در اراضی تپه ماهوری در ۶۵ کیلومتری کرج

مقایسه نتایج حاصل از مطالعات انجام یافته با استفاده از معادله جهانی فرسایش و روش استفاده از سزیوم ۱۳۷ در تعیین میزان فرسایش خاک گویای این واقعیت است که استفاده از تکنیک سزیوم ۱۳۷ به سهولت و دقت قابل قبولی می‌تواند میزان فرسایش سطحی خاک را در یک شیب محاسبه نماید. این مطالعه نشان می‌دهد که سرعت و نحوه اندازه‌گیری فرسایش با استفاده از این روش بسیار سریع و آسان می‌باشد. حتی یک تکنسین ساده می‌تواند باکمی دقت و آموزش مختصر میزان فرسایش سطحی را در یک شیب تعیین نماید. نکته بسیار مهمی که مقایسه نتایج حاصل از دو روش نشان می‌دهد این است که ارقام حاصل از محاسبه فرسایش به روش سزیوم - ۱۳۷ دقیقاً در دامنه‌ای از برآورد فرسایش با استفاده از معادله جهانی فرسایش و (USLE) قرار می‌گیرد.

این موضوع از آن جهت نیز حائز اهمیت می‌باشد که اگر تعداد مشاهدات را در روش سزیوم ۱۳۷ تا آن حد افزایش دهیم که نمایانگر تمامی نقاط از یک شیب باشد دقیقاً می‌توان مقدار فرسایش را در تمامی نقاط تعیین نمود و بدین ترتیب امکان آن وجود خواهد داشت تا با استفاده از مدل سازی بتوان فرسایش و رسوب و مکانیزم‌های آن را مورد مطالعه قرار داد. برای رسیدن به چنین هدفی نیاز به مطالعات بیشتر و دقیق‌تری در شرایط مختلف می‌باشد تا قابلیت‌های این روش به خوبی مشخص شود. گر چه استفاده از این روش حتی در کشورهای صنعتی پیشرفته مراحل تکامل خود را طی می‌نماید و هنوز به عنوان یک روش کاربردی توصیه و ارائه نشده است اما به دلیل پتانسیل‌های نهفته‌ای که دارا می‌باشد بسیار مورد توجه قرارگرفته است و در حال حاضر بیش از ۱۰ کشور که تجربه‌های ذیقیمتی در زمینه‌های علوم منابع طبیعی دارند مطالعات فرسایش خود را در این زمینه تمرکز نموده‌اند. در صورت تکامل مطالعات روش سزیوم ۱۳۷ شاید بتوان بسیاری از مجهولات در فرآیندهای فرسایش و رسوب را تعیین نمود و این امر نیازمند یکسری مطالعات در مقیاس‌های مختلف و تلفیق آنها با یکدیگر می‌باشند بدیهی است این نوع مطالعه همانند سایر روشهای مطالعاتی دارای نقاط ضعف مربوط به خود می‌باشد که بایستی آنها را با آزمایشات و تحقیقات لازم کاهش داد. پیشنهاد می‌شود این روش مطالعه در مناطق مختلف زراعی و غیر زراعی به صورت یک پروژه ملی و

Scanned with CamScanner

در قالب چندین زیر پروژه دوره فوق لیسانس و دکترا مورد آزمایش قرارگیرد و تمامی جنبه‌های فنی و اقتصادی آن مورد مطالعه قرارگیرد و نتایج جهت تعیین قابلیت اجرایی بودن آن مورد تجزیه و تحلیل نهایی قرارگیرد. یادآوری می‌شود که درکشورهای در حال توسعه به دلیل عدم دستیابی به آمار و اطلاعات لازم طولانی مدت که ابزار غیر قابل انکار برآورد فرسایش خاک می‌باشد، این روش می‌تواند بسیار سودمند واقع شود.

مقدار فرسایش با روش سزیوم - ۱۳۷ حدود سال / هکتار / تن ۹/۱ محاسبه شده است.

۶ـ۳ـ نتایج تحقیق شاه‌کرمی سال ۱۳۷۳ در حوزه آبخیز نوژیان با پسیاک وام پسیاک

برای مقایسه دو روش اولیه و اصلاح شده پسیاک با رسوب مشاهده‌ای ایستگاه رسوب سنجی کشورکه خروجی حوزه می‌باشد مقایسه گردید. مقدار رسوب مشاهده‌ای ایستگاه برابر ۳۰/۳۵ به تن در هکتار در سال می‌باشد و رسوب تخمین در روش پسیاک اصلاح شده ۲۴/۶۰ تن در هکتار در سال و رسوب تخمین از روش اولیه پسیاک که ۴۰/۰۰ تن در هکتار در سال برآورد گردید، تفاوت برآورد رسوب از روش اصلاح شده پسیاک (۱۹۸۲) ۱/۲۳ درصد بود. اما تفاوت برآورد رسوب اندازه‌گیری شده با روش پسیاک اولیه ۱/۴۱ درصد می‌باشد. در جدول شماره ۴ـ۳ و ۵ـ۳ نتایج و امتیاز فاکتورهای دو روش آورده شده است.

با توجه به مقایسه بین دو روش قدیم و جدید پسیاک با رسوب مشاهده‌ای می‌توان نتیجه گرفت که روش اصلاح شده برای حوزه‌های بزرگ و حوزه‌های مشابه حوزه مزبور مطابقت داشته و قابل استفاده و تعمیم می‌باشد.

Scanned with CamScanner

جدول ۴-۳ درجه رسوبدهی عوامل مختلف، جمع امتیازات و میزان رسوبدهی در هر حوزه و کل حوزه به روش (P.S.I.A.C ،۱۹۸۲)

ردیف	فاکتورزیرحوزه	زمین‌شناسی	خاک	آب‌وهوا	رواناب	پستی‌و بلندی(شیب)	پوشش‌زمین	استفاده‌از اراضی	وضعیت‌فعلی فرسایش	فرسایش رودخانه‌ای	جمع‌فاکتور	میزان‌رسوب $Ton\ km^{-2}y^{-1}$
۱	وارک	۸	۳/۳۰	۴	۷/۶۸	۸/۲۵	۴/۵۰	۱۱/۳۰	۱۹/۷۵	۲۵/۰۰	۹۲/۰	۱۶۳۰
۲	پرک	۷/۸	۳/۱۶	۴	۷/۴۴	۸/۹۱	۲/۶۰	۱۱/۲۰	۱۷/۲۵	۲۱/۷۰	۸۴/۵۰	۱۲۴۱
۳	دارانجیر	۹/۳	۳/۵۰	۴	۷/۲۷	۸/۴۵	۱۶/۰۰	۱۷/۰۰	۲۱/۴۰	۲۳/۳۰	۱۱۰/۲۰	۳۱۴۰
۴	چلن‌دوش‌سرخ	۷/۸	۳/۶۰	۴	۷/۹۰	۱۰/۹۶	۱۸/۰۰	۱۸/۰۰	۲۲/۵۰	۲۵	۱۱۸/۰۰	۴۱۶۰
۵	سرور	۸/۸	۳/۱۶	۴	۷/۷۰	۱۰/۰۰	۱۳/۰۰	۱۶/۳۸	۲۱/۵۰	۲۱/۳۰	۱۰۶/۰۰	۲۷۰۰
۶	باپادیندار	۸/۵	۳/۳۰	۴	۷/۵۰	۱۰/۶۰	۷/۰۰	۱۴/۸۵	۱۹/۲۵	۲۱/۳۰	۹۶/۵۰	۱۹۲۰
۷	کل حوزه											۲۴۶۰

Scanned with CamScanner

جدول ۵-۳ درجه رسوبدهی عوامل مختلف، جمع امتیازات و میزان رسوب تولید شده در هر زیر حوزه و کل حوزه به روش (P.S.I.A.C ،۱۹۶۸)

ردیف	فاکتور زیر حوزه	زمین‌شناسی	خاک	آب‌وهوا	رواناب	پستی‌و بلندی(شیب)	پوشش‌زمین	استفاده‌از اراضی	وضعیت‌فعلی فرسایش	فرسایش رودخانه‌ای آبراهه‌ای	جمع‌فاکتور	رسوب $Ton.km^{-2}yr^{-1}$
۱	وارک	۸	۷	۸	۸	۱۸	۸	۹	۲۳	۲۴	۱۱۳	۳۴۷۰
۲	پرک	۸	۷	۸	۸	۱۷	۸	۱۰	۲۳	۲۳	۱۱۲	۳۳۵۰
۳	دارانجیر	۱۰	۸	۸	۱۰	۱۸	۱۰	۱۰	۲۴	۲۵	۱۲۳	۴۹۸۰
۴	چلن‌دوش‌سرخ	۹	۸	۸	۱۰	۲۰	۱۰	۸	۲۵	۲۵	۱۲۳	۴۹۸۰
۵	سرور	۸	۸	۸	۹	۱۹	۱۰	۱۰	۲۴	۲۳	۱۱۹	۴۳۱۲
۶	باپادیندار	۸	۷	۸	۷	۱۹	۸	۹	۲۴	۲۵	۱۱۵	۳۷۳۲
۷	کل حوزه نوژیان											۴۰۶۰

Scanned with CamScanner

۷ـ۳ـ نتایج حاصل از مطالعات نجفی‌نژاد، (۱۳۷۴) با روش E.P.M در حوزه آبخیز سد لتیان

نتایج حاصل از این روش و همچنین آزمون آماری نشان می‌دهد که میزان رسوب مخزن که حاصل انجام چندین مرحله عمق‌یابی می‌باشد با نتایج حاصل از مدل اختلاف معنی داری نشان نمی‌دهد. لیکن رسوبات مشاهده شده ایستگاهها با مقادیر برآوردی مدل اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد. علت این امر را بدین صورت می‌توان تحلیل نمود که انجام مطالعات عمق‌یابی معمولاً از دقت مناسبی برخوردار بوده و علاوه بر آن هم رسوبات معلق و هم‌بار بستر را شامل می‌شود. رسوبات وارد به مخزن شامل مواقع سیلابی هم شده، به عبارت دیگر کلیه رسوبات تولیدی از کل حوزه اعم از بار بستر، بار معلق و رسوبات مواقع سیلابی و غیر سیلابی به مخزن وارد شده و با توجه به گذشت بیش از ۲۵ سال از عمر سد متوسط سالانه رسوب و روی به مخزن و همچنین پتانسیل تولید رسوب این حوزه با اطمینان قابل قبول روشن می‌باشد.

متوسط رسوبات ورودی به مخزن در هر سال ۱۱۴۶۳۵۲ تن می‌باشد. در حالیکه بر اساس نتایج حاصل از آمار ایستگاهها این مقدار ۷۳۱۲۴۳ تن می‌باشد. مقدار رسوبات ورودی بر اساس ایستگاهها ۰/۶۳ رسوب ورودی به مخزن سد می‌باشد. علت اختلاف نتایج حاصل از ایستگاهها با مخزن سد عدم نظم مشخص آماربرداری ایستگاهها و همچنین عدم برداشت نمونه در مواقع سیلابی می‌باشد. همچنین تعداد نمونه‌های برداشت شده در هر ایستگاه با توجه به شروع آماربرداری بسیار اندک است. علاوه بر این تعداد نمونه‌های هر ایستگاه نیز پراکنش مناسبی در طول سالهای آماری و در سال مورد نمونه‌برداری ندارد. به طور مثال در ایستگاه رودک در سال ۴۸-۴۷ تعداد ۹۰ نمونه برداشت شده است که همگی در ۴ ماهه اول سال بوده و در سایر ماهها هیچ نمونه‌برداری نشده است. بنابر این عدم برداشت منظم نمونه و همچنین پراکنش نامناسب آن در طول یکسال آماری و همچنین کل سالهای آماری باعث گردیده تا تعیین روابط دبی و رسوب از دقت زیادی برخوردار نشده و اختلاف زیادی بین رسوب ایستگاهها و مخزن سد بوجود آید. نتایج حاصل از این پایان‌نامه نشان می‌دهد که مدل EPM در برآورد میانگین سالانه رسوب تولیدی حوزه آبخیز لتیان قابل اعتماد می‌باشد. بر این اساس استفاده از این مدل در برآورد میانگین سالانه رسوب تولیدی در خروجی حوزه‌های آبخیز و در محل احداث سد امکان‌پذیر بوده و علاوه بر آن در انجام مطالعات شناسایی و

Scanned with CamScanner

مکان‌یابی سدها و ملحوظ نمودن پتانسیل رسوبدهی حوزه در طراحی سد و پیش بینی عمر مفید آن می‌توان برآورد. از نکات مثبت این مدل تعداد عوامل مورد نیاز برای کاربرد آن می‌باشد که نسبت به سایر روشها که نیاز به عوامل بیشتری دارند مزیت نسبی می‌باشد. همچنین می‌توان نقشه فرسایش خاک کل کشور را با این روش تهیه و تصویری کلان از وضعیت فرسایش و رسوبدهی کل کشور بدست آورد.

پیشنهادات

- پیشنهاد می‌شود برای اطمینان بیشتر از کارائی این مدل مشابه کار انجام شده در این پایان‌نامه در دو یا سه منطقه دیگر از کشور که از نظر شرایط با حوزه لتیان تفاوت داشته باشد تکرار گردد.

- با توجه به مشکلات و نقایص آمار ایستگاههای رسوب سنجی پیشنهاد می‌شود این کار در حوزه آبخیز سدهایی که دارای مطالعات عمق‌یابی هستند انجام گیرد. همچنین برای بالا بردن دقت و سرعت کار، حتی‌الامکان از سیستم GIS استفاده نموده تا علاوه بر استفاده از مزایای این سیستم قابلیت و توانایی‌های این سیستم نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

۸-۳- نتایج تحقیق اسدی در حوزه آبخیز B_2 سد زاینده‌رود اصفهان (۱۳۷۴) - بررسی کاربرد روش PSIAC در برآورد فرسایش رسوب با بهره‌گیری از روش کمی ژئومورفولوژی

جدول شماره ۶-۳

میزان رسوب ویژه حوزه‌مطالعاتی محاسبه شده با روش PSIAC	میزان‌رسوب ویژه حوزه‌مطالعاتی‌آمار رسوب و دبی ۱۱ ساله،رسوب ۲ ساله	میزان رسوب ویژه حوزه مشابه حوزه مطالعاتی با آمار رسوب ۱۵ ساله
۳/۶۹ $\frac{Ton}{h/y}$	۰/۵۳۲ $\frac{Ton}{h/y}$	۰/۹۸۴ $\frac{Ton}{h/y}$

برای بررسی ارزش نتایج حاصل از مدل PSIAC در مقایسه با نتایج حاصل از آمار رسوب زیر

Scanned with CamScanner

حوزه B_2 و آمار رسوب ۱۵ ساله حوزه مشابه (ایستگاه اسکندری) آزمون معنی‌دار بودن اختلاف میان برآوردها انجام گرفت.

نتایج: بین میانگین‌های برآورد رسوب ویژه با روش PSIAC در مقایسه با آمار رسوب زیر حوزه B_2 و آمار رسوب ۱۵ ساله ایستگاه اسکندری اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. (درجه اطمینان ۹۵ درصد). نهایتاً می‌توان چنین نتیجه گیری کرد که قبل از بکارگیری روش PSIAC در منطقه باید آنرا کالیبره کرد و ضرائب و پارامترهای آنرا براساس شرایط محیط منطقه تغییر داد. آزمونها نشان دادند که داده‌های PSIAC از اعتماد قابل قبولی برخوردار نیستند و تنها با تغییر دادن ضرایب آن با توجه به شرایط حاکم بر منطقه است که می‌توان آنرا مناسب دانست به طورکلی بررسی‌ها نشان می‌دهد که موقعی این روش قابل قبول است که در مرحله اول با روش ژئومورفولوژی (واحد، تیپ، ....) مطالعه گردیده و سپس ارزیابی با آن انجام شود.

پیشنهادات

- استفاده از آمار ایستگاههای رسوب سنجی بعد از روش اندازه گیری مستقیم فرسایش در محل در اولویتهای اول قرار گیرد و مدلهای تجربی در صورت برخوردار نبودن حوزه از آمار و یا غیر قابل استفاده بودن آنها در اولویتهای بعد بکار گرفته شود.
- تغییر و تبدیل ضرایب با شرایط محیط
- استفاده از مدلهای تجربی در مطالعات فرسایش خاک بهتر است در فازهای اولیه مطالعات مثل توجیهی و شناسایی بکار رود و استفاده از آنها برای مطالعات تفضیلی و طراحی عملیات اجرایی توصیه نمی‌شود زیرا از دقت کمتری نسبت به سایر روشهای مطالعات فرسایش خاک، مثل مدلهای فیزیکی و اندازه گیریهای مستقیم و .... برخوردار هستند.
- برای تعیین پارامترهای PSIAC از کارشناسان با تجربه در کارهای صحرائی استفاده شود.

Scanned with CamScanner

۹-۳- نتایج حاصل از تحقیق خوجه‌ای (۱۳۷۴) در بررسی صحت و کالیبراسیون مدل ریاضی MULTSED در برآورد سیلاب و رسوب حوزه لیقوان تبریز

جدول شماره ۷-۳- متوسط خطای نسبی وزن رسوب = ۳۸٪

خطای نسبی	غلظت حداکثر رسوب PPM		رسوب TON/DAY	
وزن رسوب	پیش بینی شده	مشاهده‌ای	پیش بینی شده	مشاهده‌ای
۱۱/۸	۵۵۸	۳۰۰	۶۹/۱۴	۶۰/۹۵
۲/۱	۵۹۲	۳۱۷	۲۸/۲	۲۷/۶
۶۲/۸	۶۹۳	۳۷۸	۷۱/۲۴	۲۶/۵
۷۳/۴	۵۶۰	۳۰۳	۲۴/۲۱	۴۲
۳۹/۸	۷۳۵	۳۸۲	۴۸/۱۹	۲۹

- نتایج بدست آمده از اجرای مدل نشان می‌دهد که مدل از قابلیت بالائی برخوردار می‌باشد. به این دلیل که با اجرای برنامه‌های $msed_1$ و $msed_3$ نتایج بسیار اساسی که محاسبه آنها مستلزم هزینه و وقت زیاد می‌باشد در مدل در کوتاهترین زمان برآورد و استخراج می‌گردد که عبارتند از:

الف - مساحت و میزان بارش هر واحد منفرد

ب - هیدروگراف سیلاب و رسوب هر واحد با فواصل زمانی دلخواه

ج - حجم پتانسیل برگاب در هر واحد

د - دبی خروجی رسوب هر واحد به تفکیک

هـ - میزان رسوبگذاری یا فرسایش در آبراهه

ت - محاسبه رسوبات وارده به مخازن موجود داخل حوزه

پ - غلظت رسوب در دبی‌ها و زمانهای مشخص

- در یک مقیاس اولیه به نظر می‌رسد به دلیل اینکه تمامی فرآیندهای فرسایش در مدل مطرح و فرموله گردیده‌اند، نتایج حاصله از سطح اطمینان بالایی برخوردار می‌باشد.

Scanned with CamScanner

- نتایج حاصله از بررسی حساسیت مدل نشان می‌دهد که در میان فاکتورهای مدل به ترتیب فاکتور مقاومت به جریان آبراهه‌ای (n مانینگ)، پوشش سطحی، فاکتور مقاومت در برابر جریان سطحی (ADW) از بیشترین حساسیت برخوردار بوده‌اند.
- همچنین از میان پارامترهای مؤثر در فرسایش و انتقال رسوب، ضریب جداشدگی آبراهه‌ای از بیشترین حساسیت برخوردار بود. به طوریکه ۲۰٪ افزایش در مقدار این ضریب، باعث ۵٪ افزایش در وزن و حداکثر رسوب گردیده است.
- نتایج حاصله از تحلیل حساسیت مدل نشان می‌دهد که پارامترهای مقاومت در برابر جریان آبراهه‌ای، پوشش سطحی، در ضرایب جداشدگی جزء پارامترهای کلیدی محسوب شده و می‌بایست در اندازه‌گیری‌های صحرائی و کالیبره مدل بیشترین دقت را روی آنها به کار برد.
- مقایسه گرافهای رسوب و رواناب نشان می‌دهد که زمان رسیدن به دبی اوج رسوب با تأخیر زمانی ۳۰ دقیقه‌ای نسبت به دبی اوج رواناب همراه بوده است.
- نتایج حاصله از تست مدل نشان می‌دهد که نمی‌توان تمامی تغییرات پیشنهادی مدیریت حوزه را تا رسیدن به نتیجه مطلوب در مدل مورد بررسی قرار داده و عملاً به مطالعه و ارزیابی مدیریتهای اعمال شده در حوزه پرداخت، که این کار به روش غیر ماشینی و در مدت زمان کوتاه غیر قابل انجام است. برای مثال ۲۰٪ کاهش در پوشش سطحی ۵۴/۳ درصد افزایش در حجم رواناب و ۴۷٪ افزایش در وزن رسوب مشاهده گردید.
- بررسی گرافهای رسوب نشان می‌دهد که غلظت رسوبات پیش بینی شده زیادتر از غلظت رسوبات مشاهده‌ای می‌باشد که این نقص به دلیل عدم اندازه‌گیری غلظت رسوب در زمانهای معین و در مواقع سیلابی و با شیب‌های حداکثر می‌باشد.
- با وجود اختلاف قابل ملاحظه‌ای که در گرافهای مربوط به غلظت رسوب وجود دارد، لکن گرافها شباهت و تطابق خوبی با هم داشته و در حوزه‌های فاقد آمار می‌تواند کارساز باشد.

پیشنهادات

- نظر به اینکه مدل به طیف گسترده‌ای از داده‌ها نیازمند است پیشنهاد می‌شود سازمانهای ذیربط نسبت

Scanned with CamScanner

به برداشتهای مکرر و دقیق و پردازش اولیه آنها بر اساس شرایط این مدل اقدام کنند که در اینصورت از صرف هزینه‌های هنگفت در ایجاد تجهیز و نگهداری ایستگاههای اندازه‌گیری رواناب و رسوب کاسته خواهد شد و با استفاده از مدل می‌توان به اطلاعات مورد نیاز دست یافت.

- از آنجائیکه مدلها برای مناطق خاص تهیه می‌شود لذا پیشنهاد می‌شود قبل از استفاده در کاربردهای کلی در شرایط متفاوت محلی تست و ارزیابی شود.
- در صورت استفاده از مدل، تحلیل حساسیت پارامترهای مدل بایستی قبل از اندازه‌گیریهای صحرایی و عمل کالیبراسیون صورت گرفته و به پارامترهای فاقد و کلیدی در طول برنامه اهمیت بیشتری مبذول گردد.
- پیشنهاد می‌شود مدل با مدلهای دیگری مقایسه و در صورت حصول اطمینان به نقاط دیگر کشور تعمیم داده شود.
- سعی شود کلیه اطلاعات مورد نیاز بر اساس روشها و اصول ارائه شده در دفترچه راهنمای مدل، تهیه شود تا بتوان قضاوت و ارزیابی صحیح‌تری بر روی نتایج انجام داد.

۱۰ـ۳ـ نتایج تحقیق آقای نیک جو (۱۳۷۴): مدل PSIAC در آبخیز دریانچای

برای ارزیابی کاربرد مدل PSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز دریانچای، مقدار رسوبات معلق و کف بستر رودخانه، از روی آمار رسوب اندازه‌گیری شده در ایستگاه رسوب سنجی دریانچای مورد بررسی قرار گرفت و مقدار کل رسوبات سالیانه دریانچای ۴۳۷۵۰ تن در سال محاسبه گردید و این معادل رسوبی است که از سطح حوزه وارد شبکه‌های زهکشی شده در یک مقطعی از جریان (ایستگاه رسوب سنجی) رودخانه اندازه‌گیری شده است. با احتساب مساحت ۴۰۵۵ هکتاری حوزه آبخیز دریان، بار رسوبی ویژه حوزه ۱۰/۷۸۹ تن در سل در هکتار بدست می‌آید. با استفاده از مدل قدیمی پسیاک مقدار مقدارکل مواد فرسایش یافته از مطالعه حوزه ۴۴۲۳۲ تن در سال برآورد گردیده است و بار رسوب ویژه برآوردی معادل ۱۰/۹۰۸ تن در هکتار در سال بدست آمده است. از روش توسعه یافته پسیاک مقدارکل مواد فرسایش یافته در سطح حوزه ۴۷۱۸۰ تن در سال و بار رسوب ویژه برآوردی ۱۱/۶۳۵ تن در هکتار در سال بدست می‌آید. اختلاف بین

Scanned with CamScanner

مدل قدیمی و جدید با رسوب مشاهده‌ای به ترتیب ۹۸/۹ و ۹۲/۷ درصد نشان داده می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به وسعت حوزه آبخیز دریان، بسیار بالا بودن شیب متوسط حوزه، نبود دشت در محدوده حوزه و .... می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که بخش اعظم مواد فرسایش یافته از سطح حوزه وارد شبکه‌های زهکش حوزه شده و در اندازه‌گیری‌های ایستگاه رسوب سنجی لحاظ گردیده است. و فقط مقدار بسیار جزئی از مواد فرسایش یافتهٔ سطح حوزه ممکن است در پشت موانع مختلف مثل پوشش منطقه، سنگ و مناطق کم شیب و غیر تجمع یافته و وارد شبکه زهکش نشده باشد فلذا با اضافه کردن این مقدار به رسوب اندازه‌گیری شده، اختلاف با اعداد برآوردی مدل بسیار ناچیز و بی‌اهمیت می‌شود. در نهایت چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مدل پسیاک در برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز دریانچای کاملاً کاربرد داشته و قرابت عددی بسیار بالایی بیش از ۹۴ درصد را مدل می‌دهد.

پیشنهادات

- در استفاده از مدلهای تجربی در مطالعات فرسایش خاک بهتر است در فازهای مطالعات اولیه استفاده شود.
- اگر بنابر توصیه سازمان F.A.O سرعت تشکیل خاک در مناطق خشک و نیمه خشک را ۳۰۰ سال به ازای یک سانتی‌متر خاک در نظر بگیریم و جرم حجمی ذرات خاک را بطور متوسط ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب لحاظ کنیم، سرعت خاکزایی در حوزه آبخیز دریان چیزی در حدود نیم تن در هکتار در سال برآورد می‌شود.

اگر سرعت فرسایش خاک را ۱۱ تن در هکتار در سال برای حوزه لحاظ کنیم، فرسایشی که هم اکنون از حوزه صورت می‌گیرد ۲۲ برابر فرسایش مجاز خاک در حوزه است که این نشان دهنده شدت فرسایش بسیار بالا است. که بخشی از آن مربوط به شرایط خاص ژئومورفولوژی می‌باشد. مانند بهره‌برداری نادرست از مراتع، بوته کنی ایجاد زمین‌های زراعی و باغات میوه در شیب‌ها،

Scanned with CamScanner

جاده‌ای خاکی در روی شیب‌دار بسیار تند که موجب ریزش شدید کناره‌ها می‌شود.

لازم به ذکر است آزمایشات مربوط به مدل پسیاک در چندین حوزه آبخیز مناطق خشک و نیمه خشک غرب امریکا نشان داده است که بین برآوردها و رسوب اندازه‌گیری شده تفاوت‌هایی وجود دارد و علت این تفاوت‌ها، صحت نمونه‌گیری از واحدهای هیدرولوژیکی، دانش تکنیکی شخص تحقیق کننده و طول مدت ثبت آمار در حوزه آبخیز تشخیص داده شده است که عیناً این موارد نیز می‌تواند در حوزه‌های آبخیز کشور صادق باشد.

۱۱-۳- نتایج تحقیق خالدیان (۱۳۷۴) به روش EPM و روش سزیوم-۱۳۷ در حوزه چهل‌گزی

در این جا ابتدا از داده‌های ایستگاه هیدرومتری و رسوب سنجی خروجی حوزه چهل‌گزی (ایستگاه پل) استفاده شده و با نتایج بدست آمده از مدل EPM قیاس گردیده است.

در طی یک دوره آماری ده ساله از ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۱ جمع کل مواد معلق خروجی از حوزه چهل‌گزی سالانه برابر با ۲۳۲۲۹/۷ تن بوده که با احتساب ۲۰٪ بارکف این رقم با ۲۷۸۷۵/۶ تن بوده بنابراین میزان رسوب ویژه حوزه ۱۰۴/۵ تن بر کیلومتر مربع در سال بدست می‌آید.

نتایج بدست آمده از مدل EPM میزان رسوب خروجی از حوزه را ۱۱۷۱۲۳ تن برآورد می‌کند که ۴/۲ برابر میزان مشاهده شده در ایستگاهست. اختلاف ناشی از دو عامل نحوه نمونه‌گیری و ویژگیهای حوزه مورد مطالعه می‌باشد:

۱- در مورد نحوه نمونه‌گیری بایستی اذعان داشت که متأسفانه نمونه‌گیری ایستگاه دارای وقت خوب و پراکنش مناسبی نیست چنانکه در طی دورهٔ آماری متوسط تعداد نمونه‌هایی که سالانه برداشت شده از ۷ تا ۳۰ نمونه متغیر بوده است. واضح است که تعداد محدود نمونه‌گیری در هر سال باعث شده تا موقعیتهای زیادی از جمله مواقع سیلابی از دست رفته و نمونه‌های گرفته شده بیانگر میزان کل رسوب خروجی از ایستگاه در طی سال نباشند. روی این اصل است که مراکز دست‌اندرکار مسائل فرسایش و رسوب بر این عقیده‌اند که ضریب ۲/۵-۲ برای این مواقع لازمست تا به نتایج مشاهده‌ای یقین حاصل کرد. با توجه به این اصل نتایج حاصل از مدل با آمار رسوب به هم نزدیک شده و از این لحاظ می‌توان بر کارآیی و نتایج حاصل از مدل EPM در برآورد رسوب خروجی از حوزه اعتماد پیدا

Scanned with CamScanner

کرد.

۲- عامل دیگر در ویژگیهای حوزهٔ مورد مطالعه است. بیشتر سطح حوزه را از لحاظ سنگ‌شناسی شیل تشکیل می‌دهد میزان واریزه‌ها زیاد بوده و عمق خاک محدود است شیب زیاد نیز مزید بر علت شده و از این لحاظ میزان رسوباتی که بصورت بار بستر حمل می‌شوند بطور چشمگیری افزایش می‌یابد، در حالیکه در محاسبهٔ رسوب برای بار بستر ضریب ۲۰ درصد منظور شده بود. یعنی داده‌های ایستگاه رسوب بعضی علاوه بر نقص قبلی، نمی‌تواند بیانگر همهٔ مواد خروجی از حوزه باشد و تفاوت زیادی خواهد داشت.

با توجه به دلایل ذکر شده آمار رسوب نمی‌تواند ملاک قطعی در برآورد رسوب خروجی باشد و قطعاً میزان رسوب بیشتر از میزان اندازه‌گیری شده است و دلایل زیر این موضوع را نمایان می‌کند:

۱- کار رسوب سنجی مخزن سد که توسط مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو در سال ۱۳۶۹ صورت گرفته و منتشر شده (نشریه شماره ۱۲۵ سال ۱۳۷۱) گویای این است که میزان مواد رسوبی که در مخزن سد ته نشست شده است بطور متوسط بیش از ۶ برابر داده‌های ایستگاههای رسوب سنجی برای کل حوزهٔ قشلاق است. البته با توجه به اینکه کار رسوب سنجی به روش هیدروگرافی مخزن با توپوگرافی مخزن قیاس شده و در واقع تمام قشر خاک مخزن را نیز که بطور طبیعی وجود داشته در برگرفته است بیشتر از میزان واقعی برآورد شده است.

هر چند حوزهٔ مورد مطالعه در این پایان‌نامه کل حوزهٔ قشلاق را در بر نمی‌گیرد ولی با توجه به مقایسه دو حوزهٔ اصلی (چهل‌گزی و خلیفه ترخان) میزان رسوب ویژه در شاخهٔ چهل‌گزی حدود ۶-۵ تن بر هکتار برآورد می‌شود که به نتایج مدل بسیار نزدیک است (۴/۴ تن بر هکتار)

۲- بر طبق محاسبات شرکت سازندهٔ و طراح سد ( ) - میزان رسوبی که سالانه از کل حوزهٔ قشلاق وارد مخزن سد می‌شود ۴۷۵ تن بر کیلومترمربع برآورد شده و در واقع کار طراحی و محاسبهٔ ضریب رسوبگذاری و عمر مفید سد بر طبق آن بوده است، مشاهده می‌شود که نتایج داده‌های مدل EPM با نتایج شرکت طراح مطابقت خوبی دارد، و نشاندهندهٔ دقت نسبی مدل EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز است.

Scanned with CamScanner

محاسبه میزان فرسایش با استفاده از نتایج سزیوم ـ ۱۳۷

پس از تعیین میزان سزیوم - ۱۳۷ در نقاط مورد مطالعه بایستی به یکی از روشهای موجود میزان فرسایش برآورد گردد. در این منطقه فرمول زانگ مناسب‌تر بوده است، اصل فرمول بقرار زیر است:

$$A_h = A\left(1-e^{-\lambda h}\right)$$

نتایج نشان می‌دهد که در حوزه آبخیز برای نقاط مورد مطالعه میزان فرسایش از ۱ تا ۲۲ تن هکتار در سال متغییر می‌باشد. با توجه به میزان فرسایش محاسبه شده، متوسط فرسایش نقاط مورد مطالعه ۷/۶ تن در هکتار در سال بدست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پایان‌نامه در مورد روشهای بکارگرفته شده در اندازه‌گیری میزان فرسایش، میزان رسوب و ترسیم نقشهٔ فرسایش بطورکلی مؤید این است که دقت مدل EPM و روش سزیوم ۱۳۷ در اندازه‌گیری میزان فرسایش و رسوب حوزه‌ای آبخیز قابل قبول است، چرا که مدل خوب بایستی مزایا و محاسنی را داشته باشد و با توجه به مزایا و محاسن درونی مدل و مراحل و ویژگیهای اجرای آن دقت آن را مورد سنجش قرار داد، بطورکلی چهار معیار ذیل جهت انتخاب یک مدل مورد توجه بوده است[1]:

۱ـ دقت در پیش‌بینی و برآورد

۲ـ سادگی

۳ـ منطقی‌بودن پارامترها

۴ـ حساسیت در اثر تغییر پارامترها

خلاصهٔ نتایج

۱ـ در مورد مدل EPM می‌توان گفت که مدل از ظاهر ساده‌ای برخوردار است، بطورکلی از چهار فاکتور

---

1) Lichty & Dawdy.1968

Scanned with CamScanner

اساسی، خاک و سنگ، پوشش، فرسایش و شیب که از مهمترین فاکتورهای مؤثر بر فرسایش هستند، استفاده نموده، بنابراین پیچیدگی مدلهای فیزیکی را ندارد که با فاکتورهای زیادی سروکار دارند و از این لحاظ مطالعه یا سهولت بیشتری انجام می‌گیرد، در مقایسه با مدلهای تجربی نیز از فاکتورهای کمتری استفاده می‌کند.

۲- پارامترهای مورد استفاده به میزان زیادی به هم وابستگی دارند بنابراین کمتر به روابط تجربی و معادلات ریاضی پرداخته شده است.

۳- مدل به شکلی طراحی شده است که بتواند در مرحلهٔ اول تصویری از وضعیت کیفی فرسایش را نشان دهد و سرانجام از داده‌های کیفی برای تبدیل به کمی استفاده می‌کند، بنابراین مدل توانایی لازم را دارد تا میزان فرسایش را به راحتی و با سهولت به میزان عددی آن بیان کند.

۴- با محاسبهٔ ضریب رسوبدهی، مدل قادر است میزان حمل رسوب از خروجی حوزه و زیر حوزه‌ها و واحدهای کاری را برآورد نماید، این عمل جهت محاسبهٔ میزان رسوبگذاری در پشت سدهای مخزنی قابل توجه است.

۵- با محاسبهٔ شدت فرسایش، ترسیم نقشهٔ فرسایش و نشان دادن پراکش و توزیع فرسایش در سطح حوزه امکان‌پذیر است. از آنجائیکه در برنامه‌ریزی‌های اجرائی اولویت‌بندی و یافتن نقاط بحرانی از اهمیت خاصی برخوردار است، بنابراین مدل EPM، این امکان را فراهم می‌کند.

۶- از جمله مواردی که در مدل EPM جای تأمل بیشتری دارد، جدول مقاومت خاک / سنگ به فرسایش است، این جدول از آنجائی برای شرایط خاص اقلیمی و جغرافیائی محل آزمایش مدل (یوگسلاوی سابق) تهیه شده است با شرایط ایران و همچنین محل مورد مطالعهٔ طرح حاضر (حوزهٔ سد قشلاق سنندج) سازگاری زیادی ندارد. از این رو کاربران مدل بایستی شکل مناسب ضرائب جدول را با وضعیت لیتولوژی محل مورد مطالعه هماهنگ نمایند، کاری که در مطالعهٔ حاضر نیز انجام گرفت.

۷- در رابطهٔ فرسایش ویژه ($WSP = T.H.\pi.\bar{Z}^{2}$)، ملاحظه می‌شود که پارامترهایی که ملاک عمل قرار گرفته‌اند، از جمله T و H تأثیرشان بر فرسایش حداقل در حوزه‌های کوچک چشگمیر نیست، اما چیزی که بر اهمیت و اعتبار مدل دلالت دارد پایهٔ آماری قویی است که رابطه ذکر شده دارد.

با توجه به اینکه حاصل دهها سال تکرار و آزمایش توسط ابداع کنندگان مدل به تهیهٔ مدل حاضر

Scanned with CamScanner

انجامیده است، از این لحاظ جنبهٔ آماری آن بر ارتباط منطقی پارامترهای مورد استفاده رجحان دارد، از این لحاظ تغییر و اصلاح معادلات مورد استفاده در مدل با کارهای تحقیقی کوتاه مدت در حد یک تز کارشناسی ارشد معقول نیست و اصطلاحات احتمالی با کارهای بلند مدت‌تر انجام شود.

۸- جدول مورد استفاده برای انواع کاربری اراضی، گویای تمام مواردی که بایستی در پوشش گیاهی ملاک نظر قرار گیرد نیست، چیزی که در این مدل به آن پرداخته شده نوع استفاده از اراضی (جنگل، مرتع، اراضی شخم خورده، تاکستانها و ....) است، در صورتیکه هرکدام از انواع کاربریهای ذکر شده از لحاظ تأثیرشان بر میزان فرسایش بسیار متفاوت بوده و صرفاً نوع بهره‌برداری از زمین تعیین کننده نیست، این از جمله مواردی است که شاید ضعف مدل بحساب آید، هر چند که نتایج حاصل شده معقول است اما جا دارد مدل را صرفنظر از نتایج نیز مورد ارزیابی قرار داد.

۹- معادلهٔ مدل در محاسبهٔ فرسایش ویژه از لحاظ حساسیت مطمئن است، چرا که با تغییر هرکدام از عوامل T و H به میزان ۱۰ درصد، میزان فرسایش ویژه به همان میزان تغییر پیدا می‌کرد. و با تغییر عامل Z به میزان ۱۰ درصد، میزان فرسایش ویژه ۱۵ درصد تغییر می‌یابد. بنابر این ملاحظه می‌شود که مدل EPM از لحاظ ۴ معیاری که یک مدل بایستی حائز آن باشد، زیاد ضعفی ندارد و نتایج بدست آمده دقت در پیش‌بینی و برآورد را محک می‌زند و توانایی مدل را نشان می‌دهد.

۱۰- برآورد مدل از میزان فرسایش حوزه با نتایج حاصل از سزیوم تفاوت معنی‌داری را ندارد بنابر این در می‌یابیم که مدل EPM در اندازه‌گیری فرسایش حوزه‌ها توانایی و دقت قابل قبولی را دارد، چیزی که تفاوت نشان می‌دهد در محاسبهٔ میزان رسوب ویژه حوزه است و همانطور که بررسی شد آمار مشاهده‌ای رسوب از طریق ایستگاه رسوب سنجی دقت لازمه را ندارد. نمونه‌ها بسیار محدود، کم تعداد و با پراکنش نامناسبی در طول سال برداشت شده‌اند. همچنین دورهٔ آماری کوتاه بوده (حدود ۱۱ سال) و از این لحاظ، میزان رسوب اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه نمی‌تواند به هیچ وجه بیان کنندهٔ بار رسوبی حوزه باشد. مواقع سیلابی و اوقات شبانه معمولاً نمونه‌ای بموقع برداشت نمی‌شود و این باعث می‌شود تا بار معلق اندازه‌گیری شده با خطای زیادی برآورد شود.

۱۱- بار بستر در نظر گرفته شده در غالب حوزه‌های ضریب ۲۰٪ فرض می‌شود، در حالیکه این میزان برای تمام نقاط صادق نیست. در منطقهٔ مورد مطالعه نیز با توجه به اینکه غالب حوزه را تیپ

Scanned with CamScanner

سنگهای شیل و آندزیت تشکیل می‌دهد، همچنین تخریب مکانیکی بشدت فعالیت داشته و قطعات سنگ و واریزه در طول دامنه‌ها گسترده شده و بتدریج وارد سیستم رودخانه می‌شود و با توجه به شیب زیاد حوزه مسلماً سهم رسوباتی که بطریق بارکف حمل و از حوزه خارج می‌شوند بسیار بیشتر از میزان در نظرگرفته شده است. اندازه گیریها نیز در برخی حوزه‌های آبخیز صورت گرفته و نشان می‌دهد رسوباتی که بصورت بار بستر از حوزه خارج می‌شوند حتی بیشتر از بار معلق هستند، با توجه به اینکه ایستگاههای رسوب سنجی فقط بار معلق را اندازه‌گیری می‌کنند، از این لحاظ در حوزهٔ مورد مطالعه رسوب محاسبه شده از طریق مدل با رسوب مشاهده‌ای ایستگاه تفاوت آشکاری دارد.

۱۲ـ نقشهٔ فرسایش کیفی با روش ژئومورفولوژی با نقشهٔ فرسایش مدل EPM نسبتاً تطابق دارد زیرا که در دو روش بیشتر حوزه از لحاظ کلاس فرسایش در درجهٔ فرسایش کم و متوسط قرار می‌گیرند.

تفاوت در روش EPM و ژئومورفولوژی در مرزبندی کلاسهای فرسایش است. چونکه کلاس ۱ و ۲ در مدل EPM با کلاس ۱ و ۲ ژئومورفولوژی تقریباً یکی است، اما در کلاس ۳ و ۴ EPM با ژئومورفولوژی تفاوتی وجود دارد. علت تفاوت در این است که مدل EPM پتانسیل فرسایش را بیان می‌کند و ژئومورفولوژی بیشتر نوع و ظواهر فرسایش را نشان می‌دهد. چونکه در ژئومورفولوژی بر حسب‌های کلی حوزه بیشتر قضاوت می‌شود نه بر حسب پتانسیل پارامترهای مختلف در تولید رسوب، از این لحاظ در قسمتهای جنوبی و مرکزی حوزه بعلت تخریب پوشش گیاهی و عمق کم خاک - کلاس فرسایش در مدل EPM با ژئومورفولوژی یکی نشده است، گرچه از لحاظ معنای کلی و نتیجهٔ حاصل از کل حوزه یکی هستند. چونکه ۴ کلاس فرسایش هم در مدل و هم در ژئومورفولوژی حاصل شده است.

۱۳ـ نتایج حاصل از اندازه‌گیری سزیوم ۱۳۷ با توجه به روشهای دیگر و وضعیت حوزه معقول به نظر می‌رسد، از محاسن این روش با توجه به مطالعاتی که در کشورهای دیگر انجام گرفته است موارد ذیل قابل ذکر است:

۱ـ۱۳ـ فرسایش اندازه‌گیری شده در این روش برآوردی از میزان فرسایش در یک دورهٔ ۳۲ ساله (تا ۱۹۹۵) می‌باشد، لذا فرسایشهای بالاتر و پائین‌تر از متوسط بدلیل شرایط جوی یکسال بخصوص

Scanned with CamScanner

در این روش نمودی ندارد.

۲-۱۳- فرسایش اندازه گیری شده در این روش برآیند تأثیر تمامی عوامل فرسایشی است و نتایج حاصل را می توان با شرایط محل مورد اندازه گیری تفسیر کرد.

۳-۱۳- این روش در اجرا با ویژگیهای خاص خود ساده تر از روشهای دیگر اندازه گیری فرسایش است، در عین حال نتایج قابل اعتمادتری بدست می آید.

۴-۱۳- در انواع اراضی قابل بکارگیری است بنابر این مانند مدلهای فرسایش محدودیت خاصی ندارد.

۱۴- با توجه به اینکه سزیوم تا عمق معینی از خاک حضور دارد، بنابر این در فرسایشهای خندقی و توده‌ای که عمق فرسایش از حدود ۴۰-۳۰ سانتی‌متر پائین‌تر می‌رود، روش سزیم کاربردی نخواهد داشت.

۱۵- هزینه انجام مطالعات در روش سزیم ۱۳۷ سنگین است، از این لحاظ هزینه زیاد انجام مطالعه بر محدودیت روش افزوده است ولی حدس نگارنده بر این است در صورتیکه ظرافتهای فنی - اجرایی این روش بخوبی شناخته شود در محاسبهٔ میزان فرسایش، میزان رسوبگذاری، محاسبهٔ SDR و در منشأیابی رسوبات حتی در حوزه‌های نسبتاً بزرگ روش کم نظیر و دقیق است ولی لازمست تا با اتخاذ روش مناسب از هزینهٔ مطالعه کاسته شود. همچنین برای آنالیز نمونه‌های دارای مواد رادیواکتیو فعلاً فقط سازمان انرژی اتمی ایران این کار را انجام می‌دهد.

پیشنهادات

۱- با توجه به اینکه تحقیقات زیادی در قالب طرحهای تحقیقاتی و تزهای کارشناسی ارشد بر روی مدلهای فرسایش صورت گرفته است لازمست تا مراکز آموزش و تحقیقاتی بازنگری و جمع‌بندی از کارهای انجام شده، بعمل آوردند. مدلهایی که نتایج مثبتی تاکنون نداشته‌اند احتمالاً حذف و مدلهای دیگر که دقت قابل قبولی در برخی طرحها از خود نشان داده‌اند انتخاب و معرفی شوند.

۲- در مدل EPM ، روابط درونی مدل پایه آماری دارد بنابر این نباید درکارهای کوتاه مدت در آن تغییر ایجاد کرد، بلکه تغییرات احتمالی با آمار و اطلاعات کافی بایستی اعمال شود.

۳- با توجه به اینکه میزان فرسایش محاسبه شده با استفاده از مدل و میزان سزیم به هم نزدیک هستند

Scanned with CamScanner

پس میزان بار رسوبی مدل با مشاهده‌ای تفاوت دارد بنابر این لازمست در آینده:

الف - در کیفیت آمار و نحوهٔ آماربرداری ایستگاههای رسوب سنجی بازنگری شده و در رفع نواقص اقدام شود.

ب - فرمول محاسبهٔ SDR مدل EPM و حتی مدلهای دیگر ممکن است در برگیرنده تمام عوامل مؤثر بر SDR نباشند از این رو لازمست تا جهت اطمینان بیشتر از نتایج رسوب محاسبه شده در مدل، از SDR محاسبه شده اطمینان حاصل شده و با توجه به اینکه عوامل مختلفی از جمله بزرگی و شکل حوزه، طول رودخانه، شیب رودخانه، میزان انحنای رودخانه و .... بر SDR مؤثر هستند، بعنوان یک یا چند کار تحقیقاتی در حوزه‌ای مختلف عوامل مؤثر بر SDR شناسائی و به آزمایش گذاشته شده و بهترین و کاملترین روابط جهت محاسبهٔ آن پیشنهاد شوند.

ج - همانطور که بیان شد رسوبات بار بستر در حوزه‌های مختلف با توجه به شرایط درصد متفاوتی را تشکیل می‌دهند که متأسفانه روش خاصی برای اندازه‌گیری بار بستر در دست نیست. لذا ضروری بنظر می‌رسد تا در قالب کارهای تحقیقاتی و پایان‌نامه‌های دانشجویی، معضل بار بستر نیز از جوانب مختلف مطالعه شده و روشهای اندازه‌گیری آن را در حوزه‌های آبخیز ایران پیشنهاد دهند.

۴- با توجه به توانمندی روش سزیم ۱۳۷ که در طرحهای تحقیقاتی متعددی در خارج از کشور به اثبات رسیده است، ضروری به نظر می‌رسد که منحنیهای واسنجی برای نقاط مختلف تهیه شده تا بتوان برای کارهای تحقیقاتی بعدی از آنها استفاده کرد.

۱۲-۳- نتایج تحقیق آقای احمدیان (۱۳۷۴): روش پسیاک اصلاح شده در حوزه آبخیز سرخ آباد (شیرین‌رود)

۱- با توجه به کاربرد وسیع مدل توسعه یافته (PSIAC) در کشور، الزاماً برای بکارگیری این مدل در هر ناحیه، ابتداء باید این مدل حداقل در چند حوزه آبخیز از آن ناحیه که دارای آمار رسوب می‌باشد کالیبره و سپس بکارگیری شود (یعنی با توجه به داشتن Q_s, R اندازه‌گیری شده حداقل در چند حوزه آبخیز معادله‌ای را برای آن پیدا می‌کنیم که بالاترین همبستگی را داشته باشد. احتمالاً این معادله رگرسیون نمائی (EXPONENTIAL REGRES - ION) $\left(Q_s = A\ e^{B.X}\right)$ خواهد بود.

۲- وارد نمودن فاکتور فرسایش توده‌ای در مدل توسعه یافته (PSIAC) همراه با مکانیزم مشخص.

۳- مدل توسعه یافته (PSIAC) در شکل بهتری فاکتورهای فرسایشی را بصورت کمی درآورده است و با حذف مقادیر منفی در فاکتورهای پوشش و کاربری اراضی، تأثیر کاهنده فرسایش این دو فاکتور را حذف نموده و همواره این مدل نسبت به مدل قدیمی مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد.

۴- وارد نمودن جنبه‌هائی نظیر راهها، معادن همراه با مکانیزم مشخص در مدل که در بعضی از حوزه‌ها از منابع رسوب بشمار می‌رود.

۵- انتخاب واحدهای کاری (شبکه‌های مطالعاتی) در قالب رخساره‌های ژئومورفولوژیکی، دقت کار در مدل را تا ۱۵ درصد افزایش می‌دهد.

تعداد رخساره‌های ژئومورفولوژیکی غیر یکسان بمیزان ۴۳ عدد بود.

۶- کاربرد سیستم (GIS) در انتخاب پلی‌گونهای همگن و مساحی دقت کار را افزایش می‌دهد بشرطی واحدهای مطالعاتی ما، رخساره‌های ژئومورفولوژی کی باشد.

۷- مدلهائی نظیر فورنیه و داگلاس به هیچ عنوان در چنین حوزه‌هائی کاربرد ندارد.

۸- کنترل نتایج مدلها از طریق ایجاد ایستگاههای معرف در حوزه‌های فرعی بمنظور واسنجی مدل و انطباق نظرات کارشناسی با شرایط اصلی مدل (خصوصاً در حوزه‌های آبخیز با مساحت کم) می‌تواند بسیار مؤثر و مدل راکالیبره کند.

۹- کاربرد آمار دبی - رسوب لحظه‌ای جهت برآورد بار معلق بدون توجه به فراوانی نسبی داده‌ها در شرایط سیلابی و غیر سیلابی در حوزه‌های کوهستانی صحیح نبوده و این خطا بگونه‌ای است که گاهاً مقادیر محاسبه شده کمتر از ۱۰ درصد مقادیر واقعی را نشان می‌دهد. در این رابطه:

الف - اصلاح فراوانی داده‌ها با توجه به آمار روان آب و بارندگی

ب - نصب دستگاههای اتوماتیک ثبات جهت اندازه‌گیری دبی و رسوب توصیه می‌شود.

۱۰- میزان رسوب از طریق اندازه‌گیری بار رسوبی ton/ha.y ۶/۵ و از طریق مدل (PSIAC) ۷/۸۵ تن در هکتار در سال می‌باشد و این اختلاف به مقدار ۲۰/۷۷ درصد به دلایل زیر توجیه می‌شود.

(a) میانگین اندازه‌گیری همزمانی رسوب بر حسب میلی‌گرم در لیتر در ۶۱ داده در دبیهای مختلف بین خروجی رودخانه سرخ آباد و رودخانه تالار در ایستگاه شیرگاه نشان داده است که میزان رسوب

Scanned with CamScanner

در سرخ آباد بمیزان ۱۵/۷۷ درصد بیشتر از شیرگاه بوده و ضریب همبستگی بین آن دو ۰/۹۹۳۴ در رابطه ذیل بوده است.(۱۷)

$$Q_{s1} = -۳۵/۰۷ + ۱/۲۸ Q_{s2}$$

که در آن:

Q_{s1} : میزان رسوب برحسب میلی‌گرم در لیتر در خروجی حوزه سرخ آباد

Q_{s2} : میزان رسوب برحسب میلی‌گرم در لیتر در رودخانه تالار ایستگاه شیرگاه

که با مشاهدات عینی این واقعیت کاملاً ملموس است.

(b) آمار با رسوبی تا سال ۶۷ بوده که در حال حاضر وضعیت رسوبدهی حوزه بیشتر است.

(c) فراوانی داده در حالت سیلابی بمراتب کمتر از حالت غیر سیلابی بوده است.

۱۱- بین دبی آب متوسط ماهیانه تالار در ایستگاه شیرگاه و سرخ آباد رابطه ذیل با ضریب همبستگی $r = ۰/۹۷$ بقرار زیر است:

$$Q_{w1} = ۰/۳۷ + ۵/۲ Q_{w2}$$

که در آن:

Q_{w1} : دبی متوسط رودخانه تالار در ایستگاه شیرگاه بر حسب متر مکعب بر ثانیه

Q_{w2} : دبی متوسط خروجی رودخانه سرخ آباد بر حسب متر مکعب بر ثانیه

۱۲- روش چهار نقطه‌ای (شبکه بندی) در تهیه نقشه شیب در مقایسه با روش خط کش و اشل در تطبیق با حوزه مطابقت بیشتری دارد (چون در رابطه با خطوط تراز بیشتر و بصورت وزنی محاسبه می‌شود).

۱۳- پیشنهاد می‌شود بجای استفاده از فاکتور (FLOW PATTERN) در روش (BLM) بدلیل پیچیدگی که برای کارشناس در کارهای صحرائی از این فاکتور دارد، از تراکم آبراهه‌ها (STREAM DENSITY) استفاده شود.

۱۴- پیشنهاد می‌شود کارشناسانی با مهارت که در زمینه مدل (PSIAC) در حوزه‌های مختلف کار کرده‌اند و تجربه کافی از روش (BLM) در حوزه‌های مختلف دارند زیر نظر اساتید حفاظت خاک مکانیزمی را مشخص کنند تا از طریق نقشه انواع مختلف فرسایش، که از نقشه ژئومورفولوژی مشتق شده است جهت فاکتور وضعیت فعلی فرسایش در مدل توسعه یافته PSIAC (UPLAND EROSION) بجای

Scanned with CamScanner

روش (BLM) که روش پیچیده و بسیار ریز است اقدام نمایند و سپس آنرا در چند حوزه آبخیز کشور تست نمایند و سپس جهت بکارگیری منتشر نمایند.

۱۵- اولویت بندی عوامل نه گانه مدل توسعه یافته (PSIAC) در رسوبدهی و فرسایش حوزه بترتیب از بیشترین به کمترین عامل دخیل در فرسایش عبارتند از:

۱- عامل شیب ۲- لندیوز ۳- اشکال فرسایش ۴- فرسایش خندقی و کنار رودخانه ۵- پوشش زمین ۶- اقلیم ۷- زمین شناسی سطحی ۸- هرز آب ۹- خاک می باشد.

۱۶- نتایج حاصل از مدل نشان می دهد که میزان رسوب ویژه ۷/۸۵ تن در هکتار در سال برآورد می گردد که با توجه به مشاهدات عینی از طریق اندازه گیری بار رسوبی و ادله های ذکر شده صحت آن مورد تائید قرار گرفته است.

۱۷- معادله دبی و رسوب سالانه بدست آمده در دبیهای کم (LOW FLOW) دبی متوسط (MEAN FLOW)، دبی زیاد (HIGH FLOW) بشرح ذیل بوده است.

برای دبی کم $Q_s = ۵/۷۶۷\ QW^{۱/۷۵۱۱}$

برای دبی متوسط $Q_s = ۱/۵۶\ QW^{۲/۵۶۲}$

برای دبی زیاد $Q_s = ۱/۸۸\ QW^{۲/۵}$

که در آن:

Q_s: دبی رسوب بر حسب تن در روز

Q_w: دبی آب بر حسب متر مکعب بر ثانیه

۱۷- رابطه عامل شیب با تولید رسوب در واحدهای مطالعاتی بصورت رگرسیون توانی همبستگی بالاتری نسبت به رگرسیون خطی نشان داده است.

$Y = ۳/۶۵X^{۰/۲۸}$ $r = ۰/۶۲۱$

و در سطح یک درصد (r) معنی دار می باشد.

که در آن:

Y: تولید رسوب در هر واحد مطالعاتی بر حسب تن در هکتار در سال

X: عامل شیب

Scanned with CamScanner

۱۳ـ۳ـ نتایج تحقیق زنجانی جم (۱۳۷۵) در بررسی مدل EPM در حوزه آبخیز زنجانرود

طبق برآورد مدل EPM میزان دبی مخصوص مواد فرسایش یافته در رسوب حمل شده، برابر ۷۶/۵ متر مکعب در سال در کیلومتر مربع بوده که در مقایسه با میزان مشاهده‌ای آن در ایستگاه هیدرومتری زنجانرود (پل سر چم) ۱۲/۳ واحد بیشتر می‌باشد. این میزان، اختلاف معنی‌داری را با توجه به مساحت حوزه و مقدار آمار مشاهده‌ای نشان میدهد. (Y = %86)، در این پایان نامه ضرایب مربوط به فاکتورهای سنگ مادر ـ خاک، بهره‌برداری از اراضی و فرسایش فصلی منطقه با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری STAT GRAGH که آنالیز واریانس انجام می‌دهد و در نهایت بهترین برازش را بصورت معادله ارائه می‌نماید، اصلاح و در نتیجه ضرایب جدید جانشین ضرایب قبلی شده و مقادیر Z و WSP مجدداً محاسبه گردید.

نتیجه نهایی آنکه مدل EPM مدل تجربی مناسبی جهت برآورد رسوب تولید شده بویژه در حوزه آبخیز سد سفیدرود و حوزه‌های مشابه می‌باشد.

میانگین سالانه فرسایش ایجاد شده برابر ۴۰۲/۶۱ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال برآورد گردید. و با فرمول $RU=\frac{۴\times (P.D)^{۲}}{L+۱۰}$ ضریب رسوبدهی برابر ۰/۱۹ بدست آمد. و در نهایت با فرمول $GSP = WSP \times RU$ مقدار میانگین سالانه دبی مخصوص مواد فرسایش یافته برابر ۷۶/۵ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال بدست می‌آید.

پیشنهادات

- جهت حصول اطمینان بیشتر از این مدل، در حوزه‌های مشابه بویژه در زیر حوزه‌های سد سفیدرود این مدل مورد آزمون قرار گیرد.
- حوزه‌هایی جهت آزمون این مدل انتخاب شوند که تنوع سنگ‌شناسی و بهره‌برداری از اراضی داشته تا تمام شرایط ارائه شده در مدل تأمین گردد.
- در برآورد ضریب شدت فرسایش بر اساس مدل EPM فقط نوع سنگ و حساسیت آن در ارتباط با فرسایش در نظر گرفته شده است که می‌توان با بکارگیری موارد ژئومورفولوژیکی کاربردی بر قدرت این مدل افزود.

Scanned with CamScanner

۱۴-۳- نتایج تحقیق (۱۳۷۵). برآورد رسوب با روش PSIAC در استان سمنان میزان رسوب تولید شده برای کل حوزه ۹/۳۹ تن در هکتار در سال و حجم رسوب ورودی با احتساب ۳۳۱۳۸/۲ هکتار وسعت حوزه ۳۱۱۱۷۲/۸۶ تن در سال برآورد شد.

نتیجه‌گیری

- بررسی‌ها نشان می‌دهد میزان رسوب برآورد شده بر اساس مدل توسعه یافته نزدیک به ۳۰ درصد تفاوت با میزان برآورد کارشناس ازمنطقه می‌باشد. این میزان در واقع برابر همان میزان عددی است که تفاوت تطابق میزان این مدل را با روش ژئومورفولوژی نشان می‌دهد.
- استفاده از واحدهای کاری ژئومورفولوژی به عنوان واحدهای مورد بررسی باعث تسهیلات در روند مطالعات و افزایش میزان دقت کار و کاهش هزینه‌ها در مطالعات فرسایش خاک می‌گردد.
- بهتر است ضرایب با توجه به محیط اصلاح گردد.
- توجه به عامل استفاده از زمین و خاک
- استفاده از یک معادله نهائی جهت بررسی تأثیر عامل شیب به منظور تغییر رابطه خطی جهت برآورد این مدل به یک رابطه خطی سهمی منطقی‌تر بوده و این موضوع بویژه در مناطق پر شیب و کوهستانی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

پیشنهادات

- تهیه جدول مربوط به عامل زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی خاص حوزه
- کارشناس با تجربه جهت برآورد پارامتراژ دخیل در مدل و فرسایش
- بهتر است استفاده از مدل‌های تجربی در فازهای اولیه مطالعات صورت بگیرد.

لازم به ذکر است در این پایان‌نامه به دلیل عدم اطمینان و تناقضات مشهود در آمار از آنالیز آمار خودداری گردیده است.

Scanned with CamScanner

۱۵-۳- بررسی نتایج تحقیق محمودی (۱۳۷۵) درباره بررسی امکان سنجی تعمیم نتایج حاصل از روش سزیوم - ۱۳۷ برای محاسبه فرسایش سطحی در عرصه‌های همگن

نتایج حاصل تحقیق انجام شده مبین این نکته است که این روش از یکسو نیاز به کار صحرایی کمی داشته و نمونه برداری تابع فصل معین وزمان خاصی نیست و از سوی دیگر دستیابی به نتایج مورد نظر درکمترین زمان امکان‌پذیر می‌باشد. علیرغم تأکید برخی منابع مبنی بر انتخاب نقاط دست نخورده با پوشش گیاهی علفی بعنوان نقاط مرجع، نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که شرایط و ضوابط بر شمرده شده کافی نبوده و این شرایط فقط برای برآورد فرسایش در اراضی مرتعی صادق می‌باشند. در مطالعات شدت فرسایش سطحی در اراضی کشاورزی لازم است نقاط مرجع به گونه‌ای انتخاب شوند که شرایط نقاط مطالعاتی را داشته و فقط فرسایش یا رسوبگذاری در آنها انجام شده باشد. بدیهی است این نقاط را می‌توان در مناطق مشاهده نمود که در آنها زراعت صورت گرفته و دارای شیب اندکی هستند. نتایج دیگر:

- داده‌های حاصل از این تحقیق به وضوح بیانگر بالا بودن شدت فرسایش سطحی در عرصه تحقیق است.
- اندازه گیریهای فعلی سزیوم - ۱۳۷ را می‌توان با اندازه گیرهایی که در سالهای بعد در همان محل انجام می‌شود، مقایسه نمود و در این فاصله زمانی شدت فرسایش خاک را مورد بررسی قرار داد.
- آگاهی از وضعیت آلودگی منابع خاک منطقه به عناصر پرتوزا از مواردی است که با استفاده از داده‌های این روش امکان‌پذیر می‌شود.

محدودیت‌های این روش

با توجه به نیمه عمر سزیوم - ۱۳۷ و هدر رفت آن از نقاط فرسایش روزی فرا خواهد رسید که در این نقاط پرتوزایی سزیوم - ۱۳۷ کمتر از حساسیت دستگاههای اندازه گیری عناصر پرتوزا شده و قابل آشکار سازی توسط آشکار سازی نخواهد بود. بنابر این در مناطق خشک و نیمه خشک بعلت فرو نشست کم سزیوم - ۱۳۷ در تشخیص هدر رفت خاک محدودیت عمده وجود خواهد داشت.

- این روش در حوزه‌های کوچک (محدوده‌هایی که بارندگی یکسان باشد) قابل استفاده می‌باشد و در

حوزه‌های بزرگ نیاز به تعداد زیادتری نمونه‌برداری و صرف وقت و هزینه فراوان می‌باشد.

- این روش برای بیان شدت‌های حداکثر فرسایش مناسب نیست و فقط میانگین فرسایش خاک را در دوره برگشت معین برآورد می‌کند.
- محدودیت دیگر روش سزیوم - ۱۳۷ در مناطق است که فرسایش بادی و آبی توأماً اتفاق یافته. زیرا فرسایش بادی باعث می‌شود تا مقادیر متفاوتی رسوب در نقاط مطالعاتی و نقطه مرجع ته نشست شود. این باعث ایجاد خطا در تعیین موجودی کل نقطه مرجع و مقایسه نادرست بین نقاط مطالعاتی می‌شود.

پیشنهادات

- توصیه می‌شود به منظور دستیابی به اطمینان بیشتر به نتایج حاصل از این تحقیق، حداقل در سه منطقه دیگر با شرایط آب و هوایی مشابه مطالعات تکرار گردد. بدیهی است با این اقدام می‌توان روش سزیوم - ۱۳۷ را با اطمینان بیشتر بکار گرفت.
- انجام تحقیقات بیشتر در زمینه برآورد فرسایش آبی بخصوص در اراضی زراعی مناطق مرطوب و نیمه مرطوب با استفاده از روش سزیوم - ۱۳۷ و نیز استفاده از نتایج این تحقیق در رابطه با تفکیک عرصه به واحدهای همگن توصیه می‌گردد.
- با توجه به شدت فرسایش در عرصه تحقیق کشت اراضی در شیب‌های ۲۰ تا ۳۰ درصد تبدیل به اراضی مرتعی شود. در غیر اینصورت اجرای مدیریت صحیح کشت توصیه می‌شود.

۱۶ـ۳ـ بررسی و مطالعه نتایج تحقیق سرخوش (۱۳۷۵) - مقایسه مدل MUSLE و MPSIAC در حوزه آبخیز درکه

برای محاسبه رسوب سالانه با استفاده از مدل (MUSLE) ابتدا مقادیر دبی‌های با دوره‌های برگشت مورد نظر همراه با حجم‌های محاسبه شده متناظر آنها و با ضرایب و نمای اصلاح شده مدل، اقدام به محاسبه رسوبدهی با دوره‌های برگشت مورد نظر کرده، و در نهایت رسوب متوسط سالانه محاسبه و برآورد می‌شود. نتایج در جدول شماره ۸-۳:

Scanned with CamScanner

جدول شماره ۸-۳- دبی، حجم و رسوبدهی رویدادهای مختلف با دوره‌های برگشت مورد نظر

دوره برگشت (سال)	دبی متر مکعب بر ثانیه	حجم سیلاب متر مکعب	رسوب دهی تن
۲	۶/۴۴	۲۴۶۰۲۷/۷۸	۷۶/۲۵
۱۰	۵۴/۹۳۳	۲۰۹۸۲۸۷/۲	۷۳۹/۶۱
۲۵	۶۳/۳۸۳	۲۴۲۱۰۴۷	۸۶۰/۷۴
۵۰	۹۵/۵۸۸	۳۶۵۱۱۶۲/۹۹	۱۳۳۰/۹۳
۱۰۰	۱۳۸/۴۸۷	۵۲۸۹۷۵۱/۶	۱۹۷۰/۹۳
متوسط سالانه	۱۸۹/۱	۷۲۲۲۹۸۷/۴	۲۴۹۵/۲۷

نتایج بدست آمده از برآورد رسوبدهی حوزه با استفاده از مدل MPSIAC در جدول زیر آمده است:

جدول شماره ۹-۳

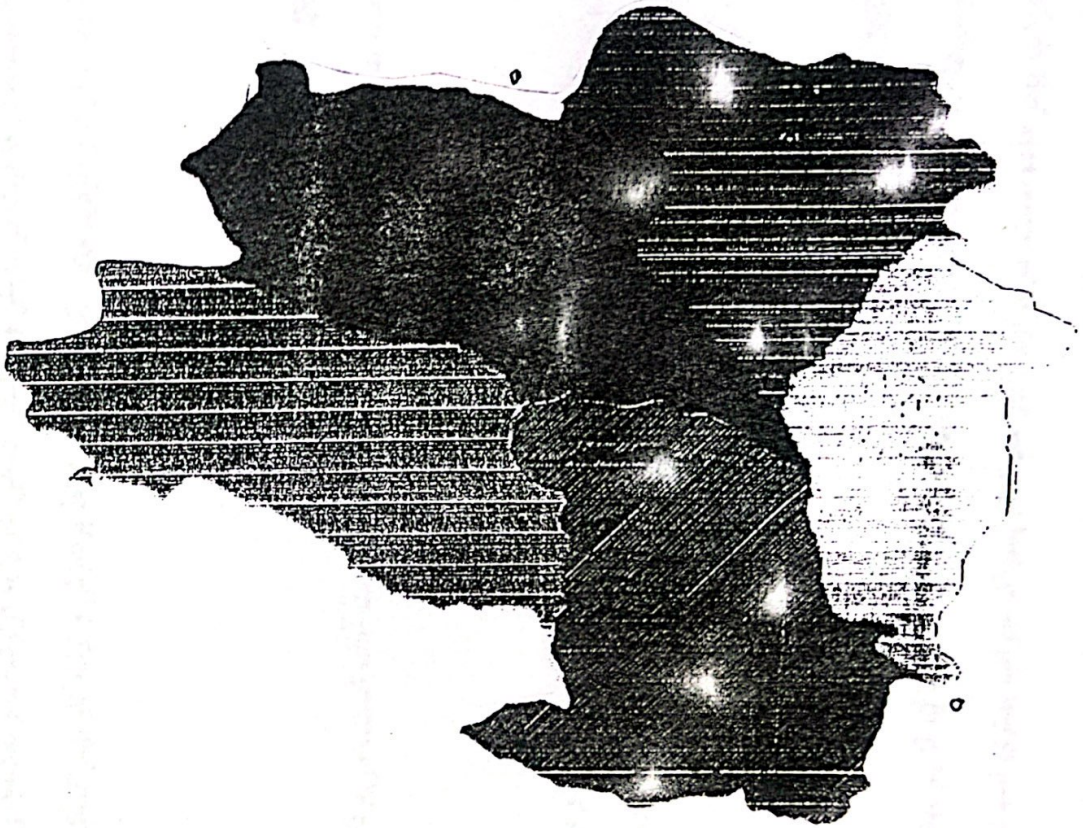
درجه رسوبدهی	۷۰/۱۷
رسوبدهی با استفاده از رابطه قدیم (تن)	۱۵۴۴۲/۵۰
رسوبدهی حوزه با استفاده از رابطه جدید (تن)	۷۷۸۲/۷۹
رسوبدهی مشاهده‌ای حوزه (تن)	۳۰۲۷

با وجود اینکه روش جدید و اصلاح شده پسیاک جواب نزدیکتری به رسوبدهی مشاهده‌ای نسبت به روش قدیم داده است اما با مقدار مشاهده‌ای آن اختلاف زیادی را نشان می‌دهد. برای کاستن این اختلاف سعی گردید با بکار بردن مطالعات جدید در رابطه با پوشش زمین (لافلن و همکاران ۱۹۸۴ ، ۱۹۸۵) عامل استفاده از زمین تعدیل شود. بر این اساس امتیاز این عامل به میزان امتیاز عامل پوشش زمین تقلیل یافت و میزان رسوبدهی با توجه به درجه رسوبدهی ۵۵/۸ با استفاده از رابطه اولیه و جدید پسیاک به ترتیب ۹۲۹۸/۵ و ۴۶۳۹/۴۵ تن محاسبه گردید.

Scanned with CamScanner

نقشه پتانسیل رسوبدهی

با استفاده از مدل هیدروفیزیکی



شماره زیر حوزه	میزان رسوب	مقادیر
۱	۱۷۰۰	
۲	۱۹۰۰	
۳	۳۶۶۳	
۴	۳۷۴۴	
۵	۲۰۷۲	
۶	۲۱۵۱	

حوزه نوژیان (آبخیز دز)

نقشه شماره ۱-۳

پیشنهادات

- با توجه به عدم سابقه طولانی اجرای این روش سعی شود به لحاظ درک بهتر از نتایج و کارائی آن در مناطقی بکار گرفته شود که تا حد امکان حوزه و زیر حوزه را کاملاً شناخته و فاکتورهای هیدروفیزیکی حاکم بر آنها و وضعیت رسوبدهی موجود در آنها را در طبیعت دیده و بداند که کدام زیر حوزه‌ها از لحاظ کیفی رسوب بیشتر یا کمتر را منتقل می‌کنند.

- حتی‌الامکان سعی شود که این کار در مناطقی انجام شود که یکی از زیر حوزه‌ها و یا کل حوزه دارای آمار حاصل از اندازه‌گیری مستقیم رسوب باشد.

ـ سعی شود کارائی این مدل با نتایج مدلهای دیگر و روشهای اندازه‌گیری مقایسه شود.

- در برآورد کمیت‌ها تا حد امکان کارهای میدانه‌ای و بازدیدهای محلی را توأم نمایند، بخصوص در مورد کمیت‌های قابلیت فرسایش و پوشش گیاهی کار را به گزارشات و نقشه‌های تهیه شده درگذشته محدود نسازند و بازدیدهای مکرر و از همه نقاط پردازش و ارائه کار بهتر کمک‌های شایانی می‌نماید.

۲۲ـ۳ـ خلاصه نتایج

در زیر به خلاصه نتایج که از این ۲۱ پایان نامه در مورد مدلها بدست آمده است، می‌پردازیم:

- E.P.M:

این مدل هشت مورد انجام شده است که در سه مورد آن جواب قابل قبول نداده و دو مورد جواب قابل قبول داده است. بقیه موارد با تغییر پارامتر یا با ضرایب (۲/۵) جواب مناسب داده‌اند. اغلب پیشنهاد جداول مخصوص فاکتورها برای هر حوزه خاص را داده‌اند.

- PSIAC و MPSIAC :

این دو مدل مجموعاً ۱۳ تکرار انجام شده بود که تنها در یک مورد آن پسیاک قدیم بهتر از پسیاک توسعه یافته جواب بهتر داده است. در موارد دیگر هم که‌ام پسیاک جواب بهتری نسبت به

پسیاک قدیم داده اختلاف کم تا زیاد با آمار مشاهده‌ای داشته است. البته در مواردی که اصلاح صورت گرفته، (با توجه به شرایط منطقه) جوابهای قابل قبولی داده است.

- مدل ریاضی MUSLED :

یک مورد که جواب قابل قبول داده است.

- روش سزیوم - ۱۳۷

۳ مورد که همه آنها جواب قابل قبول داده‌اند.

- MUSLE :

یک مورد که با تغییر ضرایب جواب مناسب داده است و در مقایسه با ام پسیاک ترجیح داده شده است.

- مدل هیدروفیزیکی

۳ مورد این مدل در حوزه‌ها کار شده است. یک مورد آمار برای تجزیه و تحلیل و مقایسه وجود نداشته و در یک مورد نتیجه شده است که این مدل برای برآورد رسوب مناسب است. یک مورد هم در مقایسه با پسیاک نامناسب تشخیص داده شده است.

- فورنیه

اغلب نتایج رضایت بخش نبوده است و تنها با تغییر ضرایب جواب قابل قبول می‌دهد.

- روش ژئومورفولوژی

این روش همراه اغلب مدلها مورد بررسی قرارگرفته است و نتیجه بسیار خوب و قابل قبولی با درصد بالای اطمینان داده است.

: F.A.O -

یک مورد که برای مقایسه با سزیوم - ۱۳۷ انجام شده بود و نسبتاً مناسب می‌باشد.

تذکر: لازم به ذکر است که نتایج بدست آمده تنها از ۲۱ پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد که به دلیل کمبود وقت و نبود بیشتر پایان نامه پیرامون مدلهای کار شده در دو محل کتابخانه دانشکده منابع طبیعی و مؤسسه تحقیقات، به این نتایج بسنده کردیم.

۲۳ـ۳ـ بحث و نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

با توجه به مطالعه و بررسی ۲۱ پایان نامه کارشناسی ارشد دربارهٔ موضوع بحث به این نتیجه رسیدیم که بکارگیری مدلهای تجربی وارداتی بدون تغییر پارامترها و تجدید نظر در جداول مدلها جواب درست و قابل اعتمادی نخواهد داد، بویژه برای کارهای اجرائی و عملیاتی نظیر طرحهای حفاظت خاک، مکان‌یابی سدها، تعیین عمر مفید سدها و از این قبیل.

بر اساس بررسی‌های انجام شده اندازه‌گیری رسوب از طریق اندازه‌گیری رسوب جمع شده در پشت مخازن سدها عملی است و محققین معتقدند نتایج خوبی در مقایسه با مدلهای اصلاح شده داده است. البته در اینجا با توجه به وضعیت توپوگرافی، رسوبات ممکن است از نزدیک مخزن تا چندین کیلومتر داخل حوزه رسوب کنند که باید حجم این رسوبات با پروفیل برداری محاسبه و به حجم رسوبات داخل مخزن افزوده شود.

ایستگاههای هیدرومتری و رسوب سنجی اغلب رسوب را کمتر از میزان واقعی برآورد می‌کنند زیرا اغلب ایستگاهها از پراکنش مناسب و تعداد کافی برخوردار نبوده، همچنین زمان مناسب اندازه‌گیری و تعداد کافی اندازه‌گیری در شرایط سیلابی و غیر سیلابی رعایت نمی‌شود، لیکن در صورت رعایت مسائل فوق و وجود تکنسین خبره و با تجربه، وجود وسایل مناسب اندازه‌گیری رسوب منطبق با شرایط محیط، دقت کافی در انتخاب روش و مکان مناسب در اندازه‌گیری (بخصوص عمق نزدیک به کف بستر که اغلب وسایل آن را اندازه‌گیری نمی‌کنند) می‌تواند بهترین و مطمئن‌ترین راه‌برای‌اندازه‌گیری‌رسوب باشد.اما سئوالاتی می‌توان اینجا مطرح کرد:

Scanned with CamScanner

۱ـ آیا این همه حساسیت در مورد این مدلهای وارداتی لازم است؟

۲ـ آیا بهتر نیست مدل یا مدلهایی با شرایط آبخیزهای ایران ساخته شوند؟

۳ـ آیا بدست آوردن میزان رسوب از راه دیگری مثل ایستگاههای مناسب رسوب سنجی بهتر نیست؟

مسئله دیگری که باید توجه کرد این است که کشورهای پیشرفته در این زمینه به جای این همه حساسیت درکار مدلها بیشتر به اشکال فرسایش توجه دارند. آنها بیشتر در صدد یافتن مکانیسم انواع فرسایش و کاهش خسارات وارده و مقابله با فرسایش هستند.

۲۴ـ۳ـ پیشنهادات

ـ پیشنهاد می‌شود که کارشناسان و متخصصین این امر بیشتر تحقیقات و نیروی خود را در صدد شناخت اشکال فرسایش و مقابله با آن چه قبل از شروع بیماری و یا کاهش و ترمیم آن بعد از بیماری متمرکز کنند.

ـ بهترین روش شناخته شده در ایران در حال حاضر برای تهیه نقشه واحدهای کاری و شناخت اشکال فرسایش استفاده از روش ژئومورفولوژی دکتر احمدی است که روش کیفی است و جهت کمی نمودن آن بایستی با روشهای دیگر از جمله آمار رسوب ایستگاههای هیدرومتری در حوزه‌های معرف ادغام گردد.

Scanned with CamScanner

منابع

۱ـ باقرزاده کریمی، م. ۱۳۷۲. بررسی کارائی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب و تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.

۲ـ مسلمی کوپایی، ع. ۱۳۷۶. بررسی فرسایش و رسوب به روش E.P.M در حوزه‌های درکه و سولقان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۳ـ سرخوش، ا. ۱۳۷۵. بررسی کارائی مدل M.U.S.L.E در برآورد رسوب و مقایسه آن با مدل M.P.S.I.A.C در حوزه آبخیز درکه. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

۴ـ حسینقلی، رفاهی. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران ـ چاپ دوم سال ۱۳۷۸.

۵ـ حیدریان، ا. ارزیابی مدل برآورد رسوب P.S.I.A.C در چند زیر حوزه آبریز لتیان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی سال ۱۳۷۳.

۶ـ قدیری، ح. حفاظت خاک چاپ سوم، ترجمه از انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۱۳۷۲.

۷ـ احمدی، حسن. ژئومورفولوژی کاربردی جلد اول فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران چاپ سوم سال ۱۳۷۸.

۸ـ بدیعی، سیدحسن. بررسی و ارائه مدل جهت برآورد فرسایش و رسوب با تجزیه تحلیل‌های آماری پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران سال ۱۳۷۷ در حوزهٔ آبخیز اترک.

۹ـ زاچار، فرسایش خاک، ۱۹۸۲.

۱۰ـ مجتبی، محمودی. بررسی امکانسنجی تعمیم نتایج حاصل از روش سزیوم ـ ۱۳۷ برای محاسبه فرسایش سطحی خاک در عرصه‌های همگن، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس دانشکده کشاورزی، ۱۳۷۵.

۱۱ـ حسین، خالدیان. بررسی فرسایش رسوب با مدل E.P.M و روش سزیوم ـ ۱۳۷ و آمار رسوب پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۳۷۴.

۱۲ـ علی نجفی‌نژاد، برآورد فرسایش و رسوب با مدل E.P.M پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی سال ۱۳۷۴، در حوزه آبخیز سد لتیان.

Scanned with CamScanner

۱۳ـ سیدمجتبی اسدی، بررسی کاربرد روش پسیاک در برآورد فرسایش و رسوب با بهره‌گیری از روش کمی ژئومورفولوژی در حوزهٔ آبخیز B_2 سد زاینده رود اصفهان، سال ۱۳۷۴، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۱۴ـ ابراهیم خوجه‌ای، بررسی صحت و کالیبراسیون مدل ریاضی MULT-ED در برآورد سیلاب و رسوب حوزه لیقوان (تبریز)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، سال ۱۳۷۴.

۱۵ـ مجید زنجانی جم، بررسی مدل E.P.M در حوزه آبخیز زنجانرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، سال ۱۳۷۵.

۱۶ـ منصور قدرتی، بررسی مدل پسیاک در حوزه رودخانه‌ای سمنان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. سال ۱۳۷۵.

۱۷ـ عنایت‌اللّه. رحمتی، بررسی مدل هیدروفیزیکی در حوزهٔ نوژیان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، سال ۱۳۷۶.

۱۸ـ سجاد کریمی آذر، بررسی مدل E.P.M در حوزه آبخیز آبشور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی سال ۱۳۷۵.

۱۹ـ محمدرضا نیک جو، بررسی مدل پسیاک در آبخیز دریانچای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، سال ۱۳۷۴.

۲۰ـ محمدباقر صمدی، بررسی مدل هیدروفیزیکی و روش ژئومورفولوژی در میانکوه یزد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. سال ۱۳۷۵.

۲۱ـ محمد حاجی بیگلو، بررسی فرسایش با برنامه کامپیوتر از دو روش فورنیه و سه طریق... در حوزه آبخیز سفید رود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران سال ۱۳۷۰.

۲۲ـ احمد، مختاری، بررسی امکان برازش مدل تجربی پسیاک در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه‌های فاقد آمار (حوزه آبخیز رودخانه سه، واقع در شمال شهر اصفهان) با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، سال ۱۳۷۶.

Scanned with CamScanner

۲۳- محمد فرجی، رابطه واحدهای ژئومورفولوژی و روشهای پسیاک و ای، پی، ام در حوزه آبخیز باباحمدی خوزستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، سال ۱۳۷۳.

۲۴- سعید یوسف کلافی، اندازه‌گیری فرسایش سطحی با سزیم - ۱۳۷، (در اراضی تپه ماهوری در ۶۵ کیلومتری جاده کرج - قزوین و ۱۳ کیلومتر به طرف طالقانی)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. سال ۱۳۷۳.

۲۵- سیدحسن احمدیان. بررسی مدل پسیاک، درحوزه آبخیز سرخ آباد (شیرین رود)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی (خاکشناسی)، دانشگاه تهران، سال ۱۳۷۴.

۲۶- عزیزالله، شاه کرمی، بررسی مدلهای پسیاک وام پسیاک در حوزه آبخیز نوژیان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، سال ۱۳۷۳.

27. Glenno Schwab, D. D. Fangmeier, W. J. Elliot, R. K. Frevert, Fourth Edition,(1993). Soil and water conservation Engineering.

28. Foster, G. R., D. K. Mc cool, K. G. Renard, and W. C. Moldenhouer, (1981). Conversion of the universal soil loss rquation to simetric units. J. soil wster cons. 36, 355-359.

29. Watson, D. A. and J. M. Laflen (1986). Soil strength, slope, and Rainfall intensity effects on interrill erosion. ASAE trans. 29, 98-102.

30. Aneke, D. O. (1985). The effect of changes in catchment characteristics on soil erosion in developing countries (Nigeria). Agr. Eng. 66, 131-135.

31. Bradford, J. M. D. A. Farrell and W. E. Larson (1973). Mathematical evaluation of factors affecting gully stability. Soil. Sci. Am. Pro. 37, 103-107.

Scanned with CamScanner