بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی
گروه مرتع و آبخیزداری
پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در علوم و مهندسی آبخیزداری

عنوان:

تبیین شرایط استفاده و استلزامات الگوهای فرسایش خاک

(مطالعه موردی: حوزه آبخیز میناب)

استاد راهنما :
دکتر احمد نوحه گر

استادان مشاور:
دکتر ارشک حلی ساز
مهندس مهدی بی نیاز

نگارش:
بهار ترابی

آبان ۱۳۹۱

تقدیم به:

پدر و مادر مهربانم

و

جویندگان راه دانش

چکیده:

امروزه فرسایش خاک یکی از موانع مهم برای دستیابی به توسعه کشاورزی و منابع طبیعی است. از این رو آگاهی از وضعیت و روند فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه های آبخیز یکی از مهمترین ابزارهای تصمیم گیری برای برنامه ریزی های مورد نظر می باشد. در همین راستا، مدل های فرسایش و رسوب تامین کننده این هدف می باشند و از آنجایی که در سال های اخیر مدل های مختلف برآورد فرسایش و رسوب پا به عرصه ی وجود گذاشته اند، نیاز به یک چارچوب مناسب برای انتخاب اینگونه الگوها ضروری است. به همین منظور در این مطالعه به معرفی و بررسی شرایط استفاده یکسری از الگوهای رایج در دنیا پرداخته شد و یک چارچوب که شامل هدف مطالعه، قابلیت در دسترس بودن داده ها، مقیاس مکانی منطقه و استلزامات مدل برای انتخاب الگوهای فرسایشی است، ارائه گردید. سپس با استفاده از چارچوب ارائه شده سعی بر انتخاب مدل برای حوزه آبخیز میناب شد که با توجه به شرایط چارچوب مذکور هیچکدام از مدل ها با اهداف و شرایط منطقه سازگار نبود.

تشکر و قدردانی:

در آغاز از خدای خود که بزرگترین امید و یاور در لحظه لحظه زندگیم بود و نا ممکن ها را برایم ممکن ساخت سپاسگزارم و با تشکر و سپاس فراوان از استاد راهنمای گرانقدر جناب آقای دکتر نوحه گر که همواره پشتیبان و بهترین مشوق من در قدم گذاشتن به بهترین مسیر های زندگی بوده اند. از استادان مشاورم جناب آقای دکتر حلی ساز و مهندس بی نیاز که بواسطه مشاوره های ارزنده و حمایت های همه جانبه در طول انجام پروژه همواره با سعه صدر پشتیبانم بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از دوستان و همراه مهربانم که کمک های بی دریغ شان مسیر را برایم هموارتر ساخت کمال تشکر را دارم و در انتها از خانواده فداکار و صبورم که همواره در تمام مراحل تحصیل و زندگی با فراهم کردن آرامش روحی و آسایش فکری مرا همراهی کرده اند بی نهایت قدردانم.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول:

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- مدل ۳
۱-۳- طبقه بندی مدل های فرسایش خاک ۴
۱-۳-۱- مدل های تجربی ۴
۱-۳-۱-۱- مدل جعبه سیاه ۵
۱-۳-۱-۲- مدل جعبه خاکستری ۵
۱-۳-۱-۳- مدل جعبه سفید ۶
۱-۳-۲- مدل های فیزیکی ۹
۱-۳-۳- مدل های جامع و پخشیده ۱۰
۱-۳- ۴- مدل های کمّی ۱۲
۱-۳- ۵- مدل های کیفی ۱۲
۱-۳-۶- مدل های منطقه ای ۱۲
۱-۳-۷- مدل های غیر منطقه ای ۱۳
۱-۴- پیشینه تحقیق ۱۳
۱-۴-۱- پژوهش های خارجی ۱۴
۱-۴-۲- پژوهش های داخلی ۱۵
۱-۵- اهداف تحقیق ۱۷
۱-۶- سوال تحقیق ۱۸
۱-۷- فرضیه تحقیق ۱۸

فصل دوم:

۲-۱- مقدمه ۲۰
۲-۱-۱- موقعیت طبیعی و جغرافیایی حوزه مورد مطالعه ۲۰
۲-۱-۲- زمین شناسی و سنگ شناسی منطقه ۲۴
۲-۱-۲-۱- وضعیت کلی زمین شناسی حوزه آبخیز میناب ۲۴
۲-۱-۲-۲- چینه شناسی و زمین شناسی ساختمانی حوزه ۲۴
۲-۱-۲-۳- گسل ها ۲۵
۲-۱-۴- اقلیم و آب و هوا ۲۷
۲-۱-۴-۱- هواشناسی ۲۷
۲-۱-۴-۲- اقلیم ۲۹
۲-۱-۴- هیدرولوژی ۳۲
۲-۱-۴-۱- آب های سطحی ۳۲

۲-۱-۴-۲- متوسط آبدهی سالانه، ماهانه و فصلی ۳۷
۲-۱-۵- ژئومورفولوژی ۴۴
۲-۱-۶- خاکشناسی ۴۵
۲-۱-۶-۱- شناسایی و طبقه بندی خاک ها در محدوده مورد مطالعه ۴۵
۲-۱-۶-۲- خصوصیات فیزیکی خاک ها ۴۹
۲-۱-۶-۳- قابلیت ها و محدودیت های خاک برای کاربری های مختلف ۵۱
۲-۱-۶-۳-۱- قابلیت های اراضی ۵۱
۲-۱-۶-۳-۲- محدودیت های اراضی ۵۲
۱-۲-۷- کاربری اراضی ۵۳
۲-۱-۸- پوشش گیاهی ۵۷
۲-۱-۹- محیط اقتصادی- اجتماعی ۵۹
۲-۱-۹-۱- بررسی ویژگی های اجتماعی ۵۹
۲-۱-۹-۲- بررسی ویژگی های اقتصادی ۶۳
فصل سوم:
۳-۱- مقدمه: ۶۷
۳-۲- کاربرد مدل های فرسایش در ایران ۶۷
۳-۳- کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در مدل های فرسایش ۶۷
۳-۴- بانک مدل ۷۰
۳-۴-۱- مدل های موجود جهت استفاده در فرسایش آبی ۷۰
۳-۴-۲- استلزامات الگو های موجود در بانک مدل ۷۶
فصل چهارم:
۴-۱- مقدمه ۱۰۵
۴-۲- ضرورت تعیین چارچوب انتخاب مدل ۱۰۵
۴-۳- فاکتور های چارچوب انتخاب مدل ۱۰۶
۴-۴- ارائه چارچوب انتخاب مدل ۱۰۸
۴-۵- انتخاب الگو برای منطقه مطالعاتی ۱۱۱
۴-۵-۱- تشریح وضعیت فرسایشی منطقه ۱۱۱
۴-۵-۲- هدف از کاربرد مدل ۱۱۷
۴-۵-۳- انتخاب مدل بر اساس چارچوب ۱۱۸
۴-۶- پیشنهادها ۱۲۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- نمایی مثالی از مدل جعبه سیاه ۵
شکل ۲-۱- ساختار مدل USLE در مدل جعبه خاکستری ۶
شکل ۳-۱- ساختار مدل EUROSEM در مدل جعبه سفید ۸
شکل ۲-۱- تصویر نقشه ی موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز میناب در ایران و استان هرمزگان ۲۲
شکل ۲-۲– تصویر ماهواره ای حوزه آبخیز میناب ۲۳
شکل ۲-۳– تصویر ماهواره ای دریاچه سد استقلال میناب ۲۳
شکل ۲-۴- تصویر نقشه ی زمین شناسی حوزه آبخیز میناب ۲۶
شکل ۲-۵- تصویر نقشه ی موقعیت ایستگاه های تبخیر سنجی و باران سنجی ۳۱
شکل ۲-۶ – تصویر نقشه ی موقعیت رودخانه های واقع در محدوده حوزه آبخیز میناب ۳۶
شکل ۲-۷- تصویر نقشه ی خاکشناسی حوزه آبخیز میناب ۴۷
شکل ۲-۸- تصویر نقشه ی کاربری اراضی حوزه آبخیز میناب ۵۵
شکل ۲-۹- تصویر نقشه ی پوشش گیاهی حوزه آبخیز میناب ۵۸
شکل ۲-۱۰- تصویر نقشه ی موقعیت آبادی های واقع درمحدوده حوزه آبخیز میناب ۶۲
شکل ۳-۱- مسیر جریان سطحی استفاده شده در RUSLE2 ..... ۷۷
شکل ۳-۲- اشکال توپوگرافی قابل استفاده در RUSLE2 ..... ۷۸
شکل ۳-۳- شیب CUT-ROADWAY-FILL ۷۸
شکل ۳-۴- مقطع کانال های ترکیبی ۹۳
شکل ۳-۵- مدول های گیاهان/جانوران ۹۶
شکل ۳-۶- مدول های محیطی ۹۶
شکل ۳-۷- مدول های مدیریتی ۹۷
شکل ۳-۸- مدول های خاک ۹۷
شکل ۳-۹- مدول های محصولات زراعی/مراتع ۹۷
شکل ۳-۱۰- چهارچوب مدل APSIM ۹۸
شکل ۳-۱۱- طرح کلی از یک حوزه آبخیز کوچک ۹۸
شکل ۳-۱۲- چارچوب سیستم مدل WEPP ۱۰۰
شکل ۳-۱۳- ورودی های مدل MEDRUSH ۱۰۲
شکل ۳-۱۴- مراحل تو در توی مدل MEDRUSH ۱۰۳
شکل ۴-۱- روندنمای انتخاب مدل فرسایشی طراحی شده به وسیله نگارنده ۱۱۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱- انواع مدل های فرسایش خاک(احمدی، ۱۳۸۸) ۱۳
جدول ۲-۱- متوسط سیلاب سالانه ایستگاه های هیدرومتری مورد بررسی (مترمکعب درثانیه) ۳۷
جدول ۲-۲- متوسط سیلاب ماهانه و سالانه ایستگاه آبنما (مترمکعب درثانیه) ۳۸
جدول ۲-۳- متوسط سیلاب ماهانه و سالانه ایستگاه برنطین رودان (مترمکعب برثانیه) ۳۹
جدول ۲-۴- متوسط سیلاب ماهانه وسالانه ایستگاه برنطین جغین (مترمکعب درثانیه)..... ۴۰
جدول ۲-۵- متوسط سیلاب ماهانه وسالانه ایستگاه برنطین میناب (مترمکعب درثانیه).....۴۱
جدول ۲-۶- اطلاعات آبدهی ماهانه ایستگاه سرکم..... ۴۳
جدول ۲-۷- حجم و ویژگی های جمعیتی دهستان های حوزه آبخیز میناب (استان هرمزگان) ۵۹
جدول ۲-۸- حجم و ویژگی های جمعیتی دهستان های حوزه آبخیز میناب (استان کرمان).....۶۰
جدول ۲-۹- حجم و ویژگی های جمعیتی دهستان های حوزه آبخیز میناب (استان کرمان) ۶۱
جدول ۲-۱۰- امکانات برق، گاز و آب ۶۴
جدول ۲-۱۱- امکانات مخابرات و ارتباطات ۶۴
جدول ۲-۱۲- امکانات بازرگانی و خدمات.....۶۵
جدول ۳-۱- فاکتور های اصلی تاثیر گذار بر روی مدل RUSLE2 .....۷۶
جدول ۳-۲- فاکتور های LS، برای خاک های جوان و خاک هایی با بهم خوردگی افق های بالایی ۸۵
جدول ۳-۳- تعیین ارزش فاکتور LS در زمین های کشت شده ۸۷
جدول ۳-۴- میانگین سالانه C_{UM} در USLE-M و C در USLE.....۹۱
جدول ۴-۱- خلاصه ای از مدل ها و وضعیت آنها پس از عبور از روندنما ۱۱۸

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی هر کشور محسوب می شود. فرسایش خاک پدیده ای اجتناب ناپذیر است که به صورت تشدید شونده منجر به تخریب خاک می شود. فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می گردد و از این راه خسارت زیاد و جبران ناپذیری به جا می گذارد، بلکه با رسوب مواد در آبراهه ها، مخازن، سدها، بنادر و کاهش ظرفیت آبگیری آنها نیز زیان های فراوانی را سبب می گردد (رفاهی، ۱۳۸۸). در واقع فرسایش خاک یکی از موانع مهم برای دستیابی به توسعه کشاورزی و منابع طبیعی است. از این رو به منظور برنامه ریزی در زمینه احیا و توسعه و مدیریت بهینه و پایدار اراضی به ویژه در قالب طرح های حفاظت خاک و آبخیزداری، آگاهی از وضعیت و روند فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه های آبخیز یکی از مهمترین ابزارهای تصمیم گیری برای برنامه ریزی های مورد نظر می باشد(قدوسی و ابراهیمی، ۱۳۸۰).

در راستای این آگاهی و شناخت، تنها در محدوده های کشاورزی یا حوزه های آبخیز محدود می توان وسایل[اندازه گیری] مشخصی را مستقر کرد و دست به ارزیابی وضعیت موجود و پیشنهاد بهترین گزینه های موجود زد بنابراین این امکان وجود ندارد که همه ی مناطق سطح زمین را به صورت مشروح مطالعه کرد. از آنجایی که چنین اندازه گیری های مشروح میدانی اغلب بسیار هزینه بر بوده و گاه چندین سال (۱۰ سال یا بیشتر) طول می کشد و از سوی دیگر بسیاری از مسائل و مشکلات باید سریع و بدون فوت وقت حل شوند تا خسارات محیطی فراوانی به جا نگذارد، لذا نیازمند کاربرد روش های ارزیابی و ابزارهای پیش بینی کننده در جهت ارزیابی وضعیت موجود، پیش بینی روند آتی و تامین مبانی علمی برای تصمیمات سیاستی و مدیریتی می باشد. فرسایش خاک، فرآیندی پیچیده است که اندازه گیری میزان حقیقی آن دشوار می باشد. تجزیه و تحلیل روان آب (آبدوی) فرسایش و رسوب، درک عمیق از فرآیند های تولید روان آب و فرسایش را می طلبد. به منظور محاسبه ی حجم کل رسوب و فرسایش در حوزه های آبخیز، در صورت وجود آمار و اطلاعات کافی مربوط به دبی آب و رسوب، اغلب از روش های آماری استفاده می گردد. با توجه به اینکه در بیشتر حوزه های آبخیز دنیا چنین آمار و اطلاعاتی به اندازه ی کافی وجود ندارد، شدت فرسایش با استفاده از فناوری برآورد فرسایش که همانند مدل های فرسایشی است، ارزیابی می گردد. بنابراین با توجه به مسائل ذکر شده الگوهای فرسایشی، اگر دقیق باشند و به درستی مورد استفاده قرار گیرند، چنین کارکردی را تأمین می کند(Morgan & Nearing, 2011) . بنابراین با توجه به تنوع زیاد الگو ها و اینکه در چهل سال گذشته حوزه های آبخیز شاهد گسترش تعداد زیادی از الگوهای فرسایشی بوده است که این الگوها در مقیاس های مختلف و نیز در سطوح متفاوت پیچیدگی عمل می کرده اند و همواره این الگوها با تغییر پذیری های فراوانی در مقدار و کمیت و نوع داده های ورودی به خود مواجه بوده اند و نیز حداقل بر اساس آنچه خود توسعه دهندگان الگوها اقرار می کنند، دامنه وسیعی از کاربرد برای این الگوها متصور شده است. از طرف دیگر بسیاری از الگوها نیز محدود به شرایط مشخص اقلیمی،

خاکشناسی و کاربری های اراضی هستند و اطلاعات بسیار اندکی از الگو ها در دسترس است که بتوان بر اساس آنها شرایطی که تحت آنها می توان الگوها را بکاربرد مشخص کرد. دامنه الگوها از تجربی گرفته تا فیزیک مبنا یا فرآیند مبنا و با تغییرات آنها در ساز و کارهایشان و نیز حتی در مقدار داده های ورودی مورد نیازشان، در تغییر و نوسان بوده و راهنمایی های اندکی در چگونگی تعیین صحت و دقت داده های ورودی در دست می باشد و حتی اطلاعات چندانی از تغییر سطوح دقتی داده های ورودی که چه اثری بر خروجی الگو خواهد داشت، در دست نیست. بنابراین یک کاربر بالقوه ی الگوی فرسایشی وقتی می خواهد برای مقصود معینی، الگوهایی را انتخاب کند، با مجموعه ای از انتخاب های گیج کننده روبرو می شود و در بسیاری از موارد انتخاب الگو بسیار سخت تر خواهد شد چرا که کاربر قادر نیست مسأله اش را تعریف و بتواند بر اساس آن خروجی مورد نیازش را بیان کند؛ به عنوان مثال اینکه دانش ما از شرایط فرسایشی منوط به دانستن نرخ فرسایش سالانه، فصلی، ماهانه یا واقعه ای است، عموماً نا معلوم است، یا برای مثال این هدف که فرسایش ناشی از یک واقعه رگباری را دانسته یا کل فرسایش را که در خلال وقایع رگباری به وقوع پیوسته است، حدس بزنیم چندان واضح نیست. گاه کاربر مردد است که آیا این اطلاعات برای یک زمین کشاورزی، یک دامنه مشخص یا یک آبخیز تحصیل شود. اصلاً شاید درک ما از نرخ واقعی فرسایش نیاز نباشد و تنها چیزی که بدردمان بخورد، ایده و فکری است که مکان و موقعیت فرسایش را در زمین سیما و در مقطعی زمانی از سال که وقوع فرسایش در آن انتظار می رود، نشان دهد. حتی زمانی که احتیاجات مشخص و به شکل واضح بیان شوند، کاربر همچنان با این مشکل دست به گریبان است که بیشتر الگو ها احکام واضح و روشنی در خصوص نیت شان و شرایطی که تحت آنها طراحی شده اند و نیز محدودیت هایی که در خصوص دقت خروجی شان وجود دارد، ندارند(Morgan & Nearing, 2011) و در بدترین حالت به دلیل فقدان راهنمایی های مشخص در انتخاب الگو و همچنین عدم توجه کافی به استلزامات الگوهای موجود کاربر ممکن است الگویی کاملاً نامناسب را در پیشبرد اهدافش انتخاب کند.

به طور کلی این تحقیق در پی این است که به کاربر کمک کند تا بتواند با داشتن یک چارچوب مناسب با اینگونه مسائل دست و پنچه نرم کند و بتواند متناسب ترین الگو را برای منطقه موردنظر خود انتخاب کند. در این میان استلزامات مربوط به برخی از الگو های فرسایشی نیز برای تاکید به این مهم که کاربران قاعدتاً باید روندهای مشابهی(استلزامات) را که توسعه دهندگان الگوها در تحصیل ساختار الگوهایشان پذیرفته اند را قبول کنند تا به نتایج صحیح دست یابند، آورده شده است. قابل ذکر است که این تحقیق در این شکل برای اولین بار در ایران انجام می شود و امید است در ادامه محققان دیگر در پیشبرد اهداف تحقیق کمک کنند.

۱-۲- مدل

یک مدل، ارائه کننده چهارچوب و رویکردی مناسب برای کسب آگاهی، مدیریت و کنترل یک فرآیند خاص می باشد. در واقع، بدون وجود یک مدل یا یک مفهوم نظری، بررسی عملی یا آزمایشگاهی هدف مندی را نمی توان انجام داد. با استفاده از مدل می توان جنبه های مدل سازی فرآیند فرسایش

خاک ویژه ای از واقعیت پیچیده ی یک سامانه را بررسی و تعیین نمود. چنین نمایشی از جنبه های یک سامانه ی واقعی را" مدل "یا" مدل سامانه "گویند. الگو یا مدل در واقع نمادی از واقعیت است که مهمترین ویژگی های دنیای واقعی را به صورتی ساده و کلی بیان می کند و ابزاری عملی هستند که می توان به کمک آنها به درکی از واقعیت، البته نه کل واقعیت بلکه بخش مفید و قابل فهم آن دست یافت(صالحی و همکاران، ۱۳۹۰). به طور کلی مدل، سیستمی است که رفتار سیستم دیگر را بازگو، پیش بینی و تقلید می کند (رفاهی، ۱۳۸۸) و مدل های فرسایشی نیز از این قاعده مستثنی نیستند. باتوجه به تعاریف ذکر شده، مدل ها دارای تقسیم بندی های متفاوت و با التبع دارای شرایط استفاده، قابلیت ها و ضعف های مخصوص به خود هستند.

۱-۳- طبقه بندی مدل های فرسایش خاک

از آنجایی که روش های مختلفی برای تقسیم بندی مدل های فرسایشی وجود دارند و این روش ها بر اساس چگونگی عملکرد مدل، پایه ی نظری معرفی مدل، چارچوب محاسباتی مدل و پردازش داده ها، با یکدیگر متفاوت می باشند. در همین راستا در ذیل به شرح و تقسیم بندی برخی از الگو هایی که کاربرد بیشتری پیدا کرده اند، پرداخته شده است تا به صورت خیلی کلی کاربر بتواند در ابتدا نوع الگوی خود را مشخص کرده و سپس بر اساس هدف، شرایط منطقه و استلزامات الگو های موجود در آن نوعِ مشخص از الگو، متناسب ترین الگو را بیابد.

۱-۳-۱- مدل های تجربی

کمبود شدید آمار و اطلاعات در زمینه فرسایش خاک در بسیاری از مناطق حوزه های آبخیز کشور و همچنین نیاز به هزینه و زمان فراوان در استفاده از سایر روش ها، کاربرد روش های تجربی برای برآورد فرسایش خاک را الزامی می نماید. روش های تجربی عموماً معادلات ساده ای هستند که در آنها سعی شده است فرسایش خاک به عنوان تابعی از عوامل موثر بر آن بیان شود. لازمه استفاده از روش های تجربی برآورد عوامل موثر بر فرسایش در حوزه مورد نظر است. اگر حوزه مورد بررسی بزرگ باشد، لازم است به زیر حوزه هایی تقسیم شده و خصوصیات هر زیر حوزه جداگانه برآورد شود. هرچه حوزه بزرگتر و متنوع تر باشد، برآورد فرسایش خاک مشکل تر می شود. برخی از روش های تجربی متداولی که به منظور برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب مورد استفاده قرار می گیرند عبارت اند از :

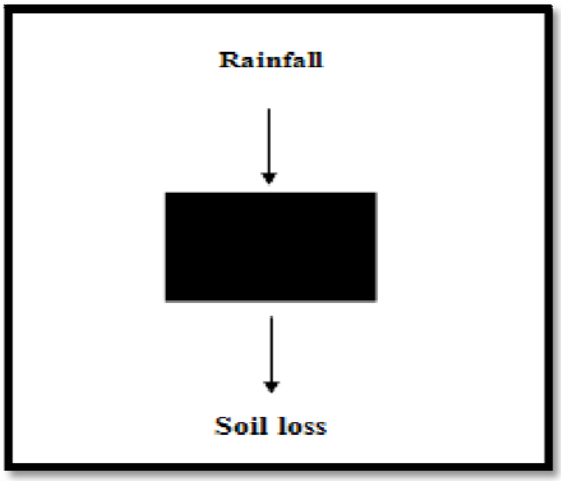
مدل معادله جهانی فرسایش[۱]، مدل استیک[۲]، مدل فورنیه[۳]، مدل پسیاک[۴]، مدل داگلاس، مدل کرک بای، مدل اسکالوگرام، مدلCREAMS[۵]، مدل ANSWERS[۶]، مدل AGNPS[۱] و مدل مورگان، مورگان و فینی(کمالی، ۱۳۸۵).

1–Universal Soil Loss Equation (USLE)
2 –Stehlik
3– Fournier
4 –Pascific Southwest Inter- Agency Committee(PSIAC)
5–Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems
6– Areal Nonpoint Source Watershed Enviroment Response Simulation

در یک نگاه کلی، مدلسازی یا در واقع همان ساده سازی تجربی در سه سطح جعبه سیاه، جعبه خاکستری و جعبه سفید قابل بیان است.

۱-۳-۱-۱- مدل جعبه سیاه

در یک الگوی جعبه سیاه (شکل۱-۱) بین یک یا چند ورودی و عوامل کنترلی مثل بارش یا نوع خاک با خروجی مثل خاک هدررفته ارتباط وجود دارد اما هیچ درکی یا الگوسازی از فرآیندهایی که در خلال برهم کنش ورودی ها که منتج به آن خروجی های مشخصه می شوند وجود ندارد. چنین الگوهایی عموماً در قالب ارتباطات آماری مثل معادله ی رگرسیون خطی و یا همبستگی بیان می شوند. منحنی نرخ رسوب در یک بازه از رودخانه که با کمک غلظت رسوب که با تابعی از رواناب بیان می شود مثال خوبی از الگوی جعبه ی سیاه است.



شکل ۱-۱- نمایی مثالی از مدل جعبه سیاه

۱-۳-۱-۲- مدل جعبه خاکستری

یک الگوی جعبه خاکستری (شکل ۲-۱) شامل درک برخی از روابط بین ورودی و خروجی است که بازتاب دهنده مثلاً اثر بارش بر فرسایش است که با تغییر شیب دامنه و پوشش گیاهی عوض می شود. این الگو نیز با معادلاتی آماری بیان می شود که عموماً کمی پیچیده تر از آن هایی هستند که در الگوی جعبه سیاه مورد استفاده قرار می گرفتند و می توانند شامل رگرسیون های چندگانه یا ارتباطات چندجمله ای ریاضی باشند. مثالهای خوب در این باب شامل موارد زیر است:

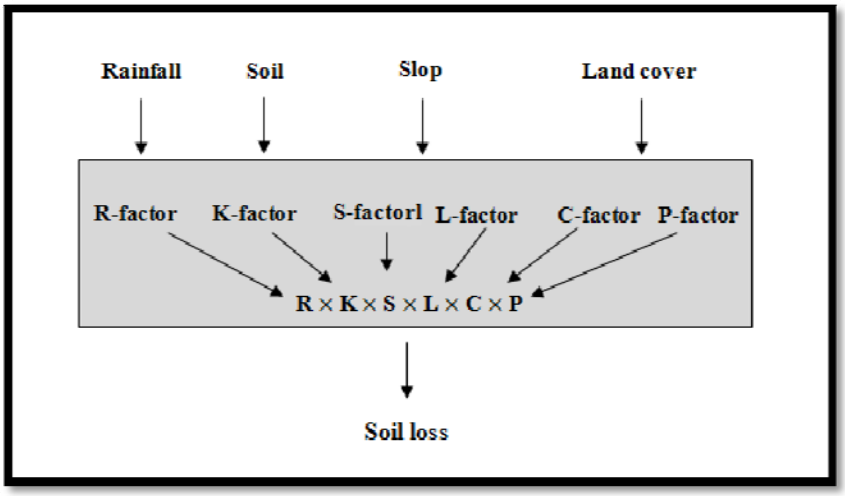
۱- نموگراف مربوط به تعیین ارزش عامل فرسایش پذیری خاک (k) است که با تابعی از بافت، ساختمان و نفوذپذیری خاک بیان می شود (Wichmeier et al., 1971).

۲- معادله جهانی فرسایش خاک (USLE) که در آن ارتباط بین خاک هدررفته، بارش و نوع خاک با ضرایبی که نمایانگر تندی شیب، طول شیب، مدیریت محصولات[زراعی] و اندازه گیری های حفاظت فیزیکی، قابل تنظیم است (Wichmeier & Smith, 1978).

---

1 –Agricultural Non-Point Source Pollution Model

۳- نمونه دیگری از مدل جعبه خاکستری که می توان به آن اشاره کرد مدل MPSIAC[1] است (سرخوش و همکاران، ۱۳۸۲).



شکل ۲-۱- ساختار مدل USLE در مدل جعبه خاکستری

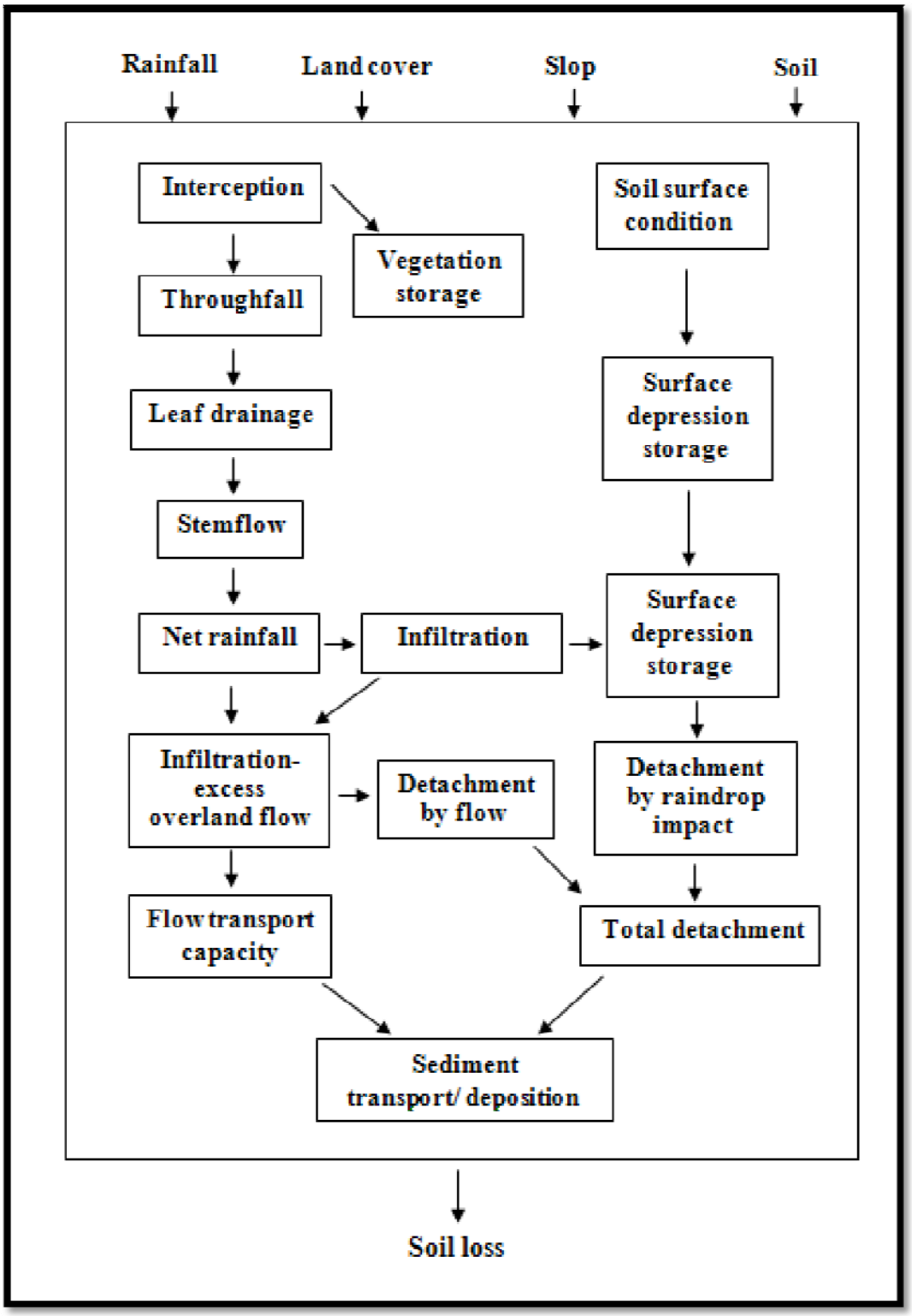
۱-۳-۱-۳- مدل جعبه سفید

در الگوی جعبه سفید تلاش می شود تا آنجا که ممکن است فرآیندهای فرسایش، انتقال و انباشت رسوب توصیف و تشریح شود. برای نیل به این مقصود معمولاً از معادلات ریاضی استفاده می شود و حتی گاه محاسبات حسابی ساده، اما آنچه اغلب مورد استفاده قرار می گیرد معادلات دیفرانسیلی است. از آنجا که اغلب این معادلات برپایه ی قانون های بقای جرم و انرژی گسترش می یابند به این مدل ها، الگو های فیزیک- مبنا[2] گفته می شود. استفاده از ریاضیات پیچیده باعث می شود که بسیاری از کاربران که همانند توسعه دهندگان الگو ها در ریاضیات پیچیده تبحر ندارند، این الگو ها را به کنار نهند و از آنها استفاده نکنند. در عمل، کاربران این الگو ها نباید از استفاده از این الگو ها بترسند، اما همواره باید یک رویکرد پرسش گرایانه و نقادانه در استفاده از الگو ها را با خود به همراه داشته باشند. کاربران الگو ها بیشتر باید متوجه فرآیند هایی که در الگو ها توصیف شده است باشند و بدانند که آیا این فرآیند ها مربوط به مسأله تعریف شده آنها هست یا نه و یا مسأله تعریف شده در زمین همان سطح اهمیتی را دارد که در الگو به آن داده شده است یا نه. کاربر باید مطمئن باشد که معادلات مورد استفاده اش بر پایه ی علمی دقیق است و اساساً به وسیله داده های اندازه گیری شده ی درست و دانش متضمن آن، نتایج درستی حاصل خواهد داد. اغلب، چنین پرسش هایی آشکار می کنند که درک علمی بسیاری از فرآیند های توصیف شده در الگو محدود است و بسیاری از این پرسشها ذاتی تجربی دارند و مشابه همان سوال هایی هستند که در الگوهای جعبه ی خاکستری پیش می آید. در واقع، هیچ الگوی تماماً درستی از الگوی جعبه سفید وجود ندارد بلکه تعدادی از آنها که در طیفی از جعبه های خاکستری کمرنگ تا پر رنگ که بیشتر فرآیند محور هستند تا فیزیک محور به

1– Modified PSIAC
2– Physics-based

عنوان جعبه سفید در نظرگرفته می شوند(شکل۳-۱). چنین مدل هایی شامل، WEPP[1] (Nearing et al., 1989)، EUROSEM[2] (Morgan et al., 1998)، GUEST[3] (Rose et al., 1983)، LISEM[4] (De Roo et al., 1998) و SHE[5] (Wicks & Bathurst, 1996) هستند.

1– Water Erosion Prediction Project
2– European Soil Erosion Model
3 – Griffith University Erosion System Template
4– Limburg Soil Erosion Model
5– Système Hydrologique Européen



شکل ۳-۱- ساختار مدل EUROSEM در مدل جعبه سفید

۱-۳-۲- مدل های فیزیکی

هدف از مدل های فیزیکی این بوده است که سازوکار ها و شیوه های اساسی کنترل فرسایش را ارائه دهند. نقطه قوت مدل های فیزیکی این است که آنها ترکیبی از اجزای انفرادی را که فرسایش را متاثر می کنند ارائه می دهند؛ از جمله تاثیرات متقابل پیچیده ی موجود بین فاکتور های مختلف و تغییرات مکانی و زمانی آنها. نتیجه مؤید یک نگرش همه جانبه است، کلیت مدل بیش از جمع اجزای انفرادی عوامل می باشد. یک محقق می تواند با بکار گیری مدل های فیزیکی فرسایش، به روشن شدن این قضیه که کدام بخش های سیستم برای کل فرآیند فرسایش مهم ترین می باشد، کمک نماید و بنابراین، بایستی در تحقیق و توسعه فناوری پیش بینی و کنترل فرسایش توجه گردد. فرد برنامه ریز مسائل حفاظتی می تواند از یک مدل فیزیکی به عنوان یک وسیله طراحی اثرات حفاظتی متقابل استفاده نماید، و روی موضوع فصول و ماه های بحرانی که در آنها فرسایش های عمده اتفاق می افتند و یا همچنین مکان ها و محل های بحرانی روی دامنه ی تپه ها که بزرگترین فرسایش خاک در آنجا صورت می گیرد، هدف گیری نماید. برنامه ریز همچنین می تواند به سرعت استراتژی های جدید حفاظتی را برای مزارع مجزا پیشنهاد و ارزیابی نماید(راتان لال[1]، ۱۳۸۳).

نتایج مطالعات بسیاری از پژوهشگران نشان می دهد که روند پیش بینی فرسایش طی این دهه به سوی مدل هایی است که بیشتر بر فرآیندهای فیزیکی متمرکز شده اند. این نوع مدل ها از پتانسیل بیشتری برای برون یابی داده های مبنایی مورد استفاده برخوردار بوده و نحوه انتقال رسوب را با دقت بیشتری شبیه سازی می کنند.

دو نظریه متفاوت در تبیین مدل های فرآیندی فیزیک- مبنا در زمینه نحوه فرسایش آبی و ترسیب ذرات جدا شده وجود دارد که بسیاری از مدل های فرآیندی فرسایش بر اساس آنها توسعه یافته اند. در دیدگاه اول برآورد فرسایش بر اساس پتانسیل حمل رسوب بوده و بر این مبنا فرآیند ترسیب تنها زمانی رخ می دهد که بار رسوب از حداکثر ظرفیت حمل بیشتر باشد. فوستر[2] از اولین کسانی است که این نظریه را در مورد فرسایش آبی به ویژه برای فرسایش شیاری بیان کرده است و در حال حاضر اساس کار مدل فرآیندی WEEP است. در این زمینه برخی مدل های فیزیکی مشابه نظیر LISEM و EUROSEM نیز مورد استفاده بوده اند. دیدگاه دوم در مدل فرسایش و ترسیب بر اساس نظریه همزمانی این دو فرآیند می باشد. در مدل هایی که بر اساس این دیدگاه یا نظریه استوار هستند، فرآیند جدا شدن ذرات از بستر خاک و ترسیب به صورت دینامیک و همزمان در نظر گرفته می شوند (Heilig et al., 2001) و(Misra & Rose., 1995) مطالعات و تحقیقات خود (Huang et al., 1999) را بر پایه این دیدگاه که اساس مدل GUEST به شمار می رود، قرار داده اند (ساعدی و همکاران، ۱۳۸۴).

به طورکلی مدل های فرآیندی فرسایش خاک در مقایسه با مدل های تجربی مزیت هایی دارند:

1 -Rattan lal
2 -Foster

الف) توانایی هایی برای تخمین (برآورد) توزیع مکانی و زمانی[1] تلفات خالص خاک (یا رسوب خالص، در مکان هایی که فرآیند رسوب رخ می دهد) ، این تخمین می تواند برای کل شیب یک دامنه یا برای هر نقطه از آن و بر پایه زمانی یک رویداد، روزانه، ماهانه، یا میانگین سالانه باشد.
ب) از آنجا که مدل، فرآیندی است لذا می تواند برای دامنه وسیعی از شرایط که ممکن است به عللی عملی یا اقتصادی، مدل در آن شرایط آزمون مزرعه ای نشده باشد نیز بکار رود.
و توجه به این نکته مهم است که این مدل ها به طور خاصی برای سازگار شدن در عرصه های با مقیاس های مختلف مناسب هستند، زیرا مفاهیم فیزیکی را بکار برده اند و پارامتر های موجود دارای معنای فیزیکی هستند (رفاهی، ۱۳۸۸).

۱-۳-۳- مدل های جامع[2] و پخشیده[3]

گاهی اوقات مناطق ممکن است از بازه ای کوچک از یک دامنه تا کل یک دامنه و یا آبخیزی کوچک (عموماً بین ۰/۵ – ۰/۰۱ کیلومتر مربع و گاه تا ۱۰ کیلومتر مربع) که شامل دامنه ها و آبراهه ها و رودخانه است و یا حتی آبخیز های بزرگ (عموماً ۱۰۰-۱۰ کیلومتر مربع و گاه تا ۱۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع) را در بر بگیرد. حال تصمیم اینکه این محدوده، به عنوان واحدی منفرد در نظر گرفته شود و یا اینکه لازم است تفاوت های واقع شده در نقاط مختلف آن مورد نظر باشد، مسئله ای است که باید مورد بررسی قرار گیرد. رویکرد نخست در موقعی مناسب است که نیازمندی مان تنها اطلاع از مقدار رسوب خروجی از منطقه است. انتخاب رویکرد دوم زمانی ضروری است که می خواهیم منابع رسوبات را مشخص کنیم و در نهایت حفاظت از این مناطق در دستور کار قرار می گیرد. عموماً هرچه منطقه بزرگتر شود، نیازمندی برای درک تفاوت های درونی این منطقه بیشتر می شود چرا که انباشت رسوبات ممکن است در نقاط مختلفی صورت گیرد و نیز جابجایی رسوبات در بخش های خاصی از جریان واقع شود (غلظت رسوب اهمیت پیدا کند) که لذا در طراحی سامانه های مدیریت آن بسیار مهم خواهد بود. این دو رویکرد به ترتیب مبنای ساخت الگو های جامع و پخشیده هستند(Morgan & Nearing, 2011).
مورد استفاده ترین الگوی جامع که متخصصان با آن کار می کنند USLE است. USLE میانگین هدررفت سالیانه را در یک منطقه واحد – در اینجا زمین کشاورزی- که بارش، خاک، شیب زمین و پوشش زمین در سراسر آن یکسان در نظر گرفته می شوند و یا با کمک ضرایبی میانگین آنها در نظر گرفته می شوند، محاسبه می کند. الگو های جامع عموماً در هیدرولوژی استفاده می شوند. اینها الگو های فرآیند محور اند که به شکل مؤثری توازن و تعادل آبی یک آبخیز را توصیف می کنند. این کار با در نظر داشتن بارش ورودی، بخشی که به رواناب تبدیل می شود و بخشی که در آبخیز ذخیره می شود (رایش گیاهی، رطوبت خاک و آب زیرزمینی) انجام می پذیرد. از آنجا که کاربرد های

1– Spatial and temporal distribution
2 -Lumped
3 -Distributed

عملیاتی نیازمند دانستن مسیر هایی است که در آنها رسوبات جابجا می شوند و اندازه گیری هایی که برای حفاظت این مناطق انجام می شود، می تواند تمرکز خود را بر مناطق سرچشمه رسوبات و هم در امتداد مسیر هایی که رسوبات جا به جا می شوند اعمال کند. اما اساساً الگو های فراگیر به دلیل اینکه از جزئیات وقایع اتفاق افتاده در آبخیز اطلاعی به ما نمی دهند، قادر نیستند در چنین مواردی کمک کننده باشند. الگو های جامع در پیش بینی خاک هدررفته از مناطق نسبتاً کوچک مثل زمین های کشاورزی، کناره های جاده ها یا محدوده های ساخت و ساز مناسب و ارزشمنداند. البته همانگونه که الگوی PESERA[1] (Gobin et al., 2006) نشان داده است می توانند در ارزیابی فرسایش در محدوده های بزرگ نیز استفاده شوند. چنانکه این الگو میانگین فرسایش سالانه را در واحد های با اندازه ی یک کیلومتر مربع تخمین می زند. در این الگو یک رویکرد فرآیند محور استفاده می شود که در آن ابتدا بارش اضافه از نفوذ محاسبه می شود و سپس جریان سطحی ناشی از اشباع خاک منتج از بارش روزانه بدست می آید این محاسبات با منحنی های توزیع دوره ی بازگشت وقایع رگباری روزانه جمع بندی می شوند. حمل رسوبات نیز بر اساس رواناب، فرسایش پذیری خاک و شیب در هر سلول تخمین زده می شود. هم تولید رواناب و هم حمل رسوبات با کمک (عوامل) پوشش زمین، زبری سطح و لخت شدگی خاک تعدیل می شوند(Morgan & Nearing, 2011).

زمانی که اما نیازمند تعیین مناطق تحت فرسایش قرار گرفته یا مناطق انباشت رسوب باشیم، الگو های پخشیده مورد استفاده قرار می گیرند. این الگو ها به کمک بخش بندی آبخیز ها به واحد های زمینی جداگانه و استفاده از روند های ریاضی برای دنبال کردن روند [حرکت] آب و رسوب از یک واحد به واحد دیگر، خروجی خود را تولید می کنند. چنین الگو هایی ضرورتاً فرآیند محور اند و تا آنجایی نیز که داده های ورودی شان به شکل فیزیکی اندازه گیری شده باشد و معادلات پیوستگی را به منظور رعایت قانون های بقای جرم و انرژی استفاده کرده باشند، فیزیک مبنا نیز خواهند بود (Beven & Krikby, 1979). بسیاری از الگو های فرسایشی اخیراً توسعه یافته مثل WEPP، GUEST ، LISEM و EUROSEM الگو هایی پخشیده اند. این الگو ها برای تحلیل اثر تغییرات کاربری های اراضی در قسمت های مختلف یک آبخیز، یا تغییرات بارش، نوع خاک، شیب و پوشش زمینی مناسب هستند. برخی الگو های پخشیده، همانند EUROSEM و CREAMS نیازمند واحد هایی در یک آبخیز هستند که بشود بر اساس شباهت آنها در خاک، شیب و پوشش زمین مشخص و معین شوند. برای عمومی ترین مقاصد عملیاتی زمانی، واحد های زمین در طبیعت مشابه در نظر گرفته می شوند (Christian & Stewart, 1968; Webster & Beckett, 1970) که این واحد ها می توانند با هم ترکیب شوند و سامانه های زمینی بزرگتری را تولید کنند (که معمولاً اندازه آنها بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مربع تغییر می کنند) که اساساً به شکل کاملاً محسوسی هم در حالت و وضعیت فرسایشی شان و هم در نرخ تغییر فرسایش شان [= مقدار] در طول زمان متفاوت اند (Morgan et al., 1997) هنر نظم بخشیدن و انتظام دادن به این الگو ها آن است که واحد های زمینی را بگونه ای مشخص کنیم

1 -Pan-European Soil Erosion Risk Assessment