



تقدیم به روح بلند و ملکوتی مرحوم مهندس علیرضا دهقانی پوده مدیر فقید آبخیزداری استان اصفهان مدیری مسئول و مسئولی متعهد و متخصص و معتقد و یکی از بزرگترین بزرگان و صلح بانان قرن و حافظان آب و خاک (روحش شاد).

رهروی کوچک از خیل عظیم رهروانش - رهنما
صندوق حمایت از توسعه منابع طبیعی استان اصفهان
شهریور ۹۷

ABSTRACT

A model is a simplified representation of a complex system. Models can help us to increase our understanding of the process. Discussions on modeling of natural processes often come to a point where it is doubtful if modeling a certain process is possible, because there is not enough scientific knowledge of that process. However, it is often still worthwhile to try to model a certain process because the model contributes to improved understanding.

Having knowledge about quality and quantity of erosion and sediment for soil and water conservation is important. In recent years due to progress in different sciences and technology erosion modeling is developed. There are many models and one of the problems is selection the appropriate model for different conditions. In order to apply a model one must clearly define what he expect from his modeling study, he should know about the models, number of models, type of models, limitation of models, ability of models, sensitivity analysis, criteria for selection models, Errors and accuracy the models.

This article introduces 161 erosion models and classified according to the type and

erosion process of models. It will be useful for the experts who want to select the appropriate model.

Key words: erosion models, type of models, criteria for selection model.

چکیده

مدلها برای نشان دادن پروسه های پیچیده در طبیعت مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده از این روشها در جهت آگاهی و افزایش علم از شرایط طبیعت به استفاده کننده کمک نموده و موجب تسهیل در برنامه ریزیها می گردد. بررسی مدل کردن پروسه های طبیعی غالباً به این سؤال می انجامد که اساساً به مدل درآوردن طبیعت پیچیده با توجه به کمبود اطلاعات امکانپذیر می باشد یا نه؟ بهرحال اگر این امکان بطور صددرصد وجود نداشته باشد ولی استفاده از مدلها با ارزش می باشد.

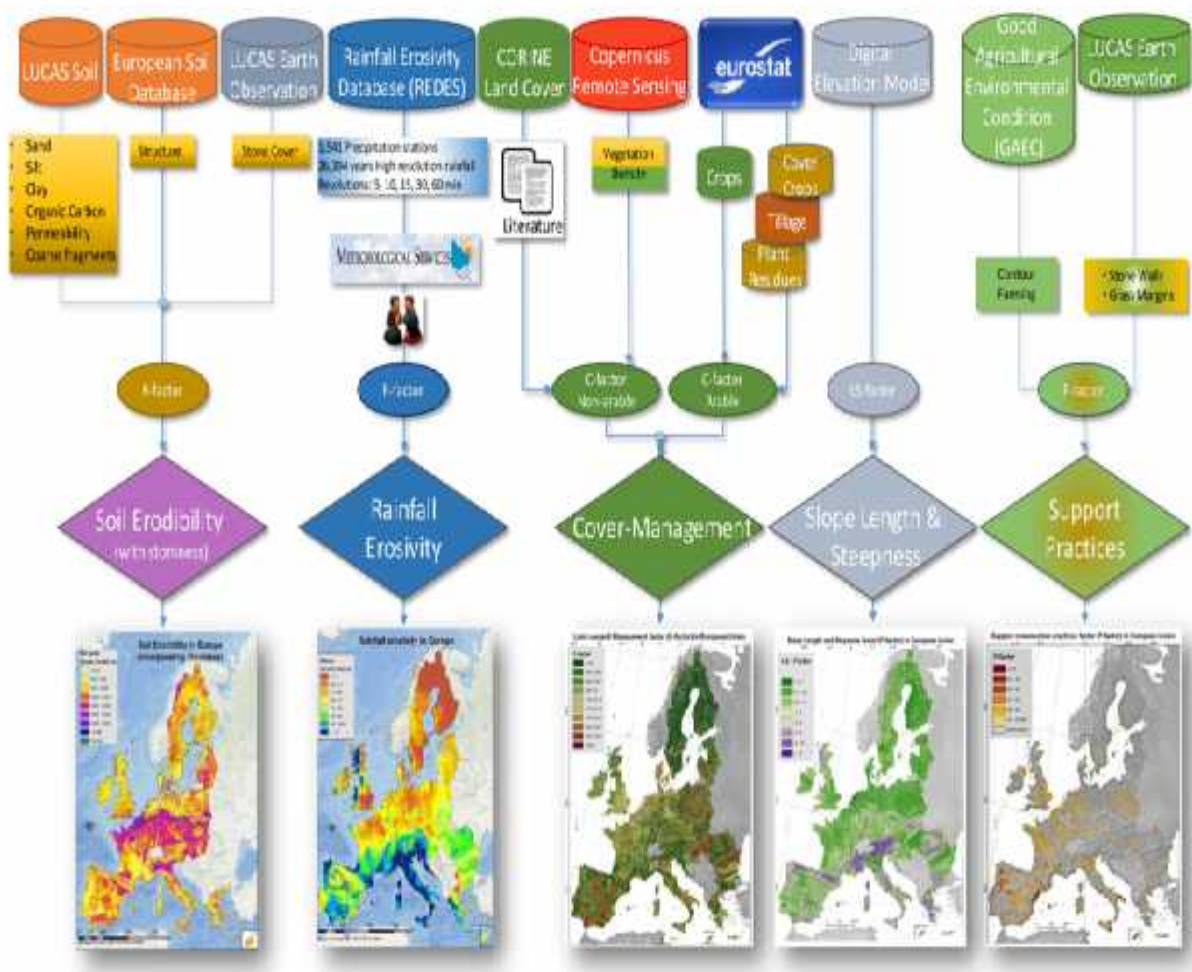
برای اجرای عملیات متنوع و اصولی برنامه های حفاظت خاک و آب شناخت فرسایش عوامل مؤثر بر آن و مقدار کمی و کیفی فرسایش و رسوب ضروری می باشد. با توجه به پیشرفت علوم و تکنولوژی اطلاع و آگاهی از پروسه های فرسایش و تعیین مقدار کمی آن وارد مباحث مدلسازی شده است. یکی از مشکلات برآورد میزان فرسایش عدم وجود اطلاعات نسبتاً کامل از مدلها برای شرایط مختلف می باشد. با توجه به تعدد و تنوع روشهای پیشنهادی لازم است برای استفاده از اینها شناخت کاملی از تعداد،

انواع، نقاط قوت و ضعف، محدودیتهای، دقت، هزینه های مورد نیاز، کاربرد در شرایط مختلف و مقایسه متفاوت، روشهای کالیبره نمودن و معیارهای انتخاب مدل بوجود آید. در این مقاله سعی شده است از منابع آوری و برحسب نوع مدل و کاربرد آنها دسته بندی شوند تا کارشناسان و علاقه

161

ب نمایند.

واژه های کلیدی : مدلهای فرسایش - انواع مدلها - معیارهای انتخاب مدل.



مقدمه :

خاک یکی از مهمترین منابع حیاتی و طبیعی هر کشور است و نمی توان نقش اساسی خاک و آب را در پدید آوردن تمدن ها و حیات انسان و دیگر موجودات زنده انکار نمود. خاک قلمرو رشد گیاهان و موجودات زنده است که در برخی نقاط به شدت در حال نابودی است. هدر رفت خاک یک پروسه پیچیده ای است و عوامل مختلفی روی آن اثر دارند. فرسایش خاک مهمترین مشکل زیست محیطی و کشاورزی دنیاست و مربوط به یک منطقه و کشور خاصی نیست بلکه یک مشکل جهانی است و به عنوان خطری برای حیات به شمار می رود.

پاریدا^۱ در کنفرانس حفاظت خاک و آب هند در سال ۱۹۹۸ میلادی اعلام نمود بطور کلی در کل کشورها حدود ۱/۱ بیلیون هکتار تحت تأثیر فرسایش آبی، ۰/۵۵ بیلیون هکتار تحت تأثیر فرسایش بادی، ۰/۲۴ بیلیون هکتار در اثر تخریب شیمیایی و ۰/۸۸۳ بیلیون هکتار در اثر تخریب فیزیکی در حال از دست دادن پتانسیل و ظرفیت تولیدی خود می باشند. ایشان متذکر می گردند که عوامل مؤثر بر ادامه تخریب زمین ها عبارتند از: کشاورزی، چرای مفرط و از بین بردن جنگلها که به ترتیب ۳۵، ۲۸ و ۲۰ درصد مؤثر هستند. بنابراین کلید اصلی حفاظت آب و خاک مدیریت صحیح کشاورزی، دامداری و جنگل می باشد (Paroda, R.S. 1998)

بدون شک افزایش جمعیت و نیازهای متعدد و روزافزون جوامع بشری برای تأمین غذا و سایر مایحتاج فشار زیادی بر طبیعت وارد می نماید. روزانه حدود ۲۵۰۰۰۰ نفر به جمعیت دنیا افزوده می شود و در مقابل آن طی ۴۰ سال گذشته حدود یک سوم زمین های آباد و حاصلخیز جهان به علت فرسایش خاک از دست رفته است و این روند تخریب با شدت بیش از پیش به میزانی معادل ۱۰ میلیون هکتار در سال ادامه دارد. فلذا در حالیکه نیاز و درخواست غذایی رو به افزایش است ظرفیت تولیدی و حاصلخیزی زمین ها رو به کاهش است (Pimetel, D. 1995) استفاده و بهره برداری بی رویه بدون رعایت اصول اساسی حفاظت خاک و آب موجب فرسایش گشته و در نتیجه زمین های زراعی و مرتعی فقیرتر، فشار دام بیشتر، برش جنگل و قطع درختان جهت توسعه مناطق مسکونی، صنعتی، تاسیسات زیربنایی و راه سازی زیادتر، حجم رواناب و سیلاب افزون تر، رسوبگذاری در پایین دست و بستر رودخانه ها و مخازن سدها بیشتر و حجم ذخیره و آبرگیری آنها کاهش یافته است و به دنبال آن مسائل و مشکلات آشکار و پنهان فراوانی را پدید آورده است.

¹:Parida

اثرات تخریبی پنهان فرسایش بر روی توان تولید اراضی به دلیل افزایش پیوسته عملکرد در اثر پیشرفت فن آوری از دیدگان پنهان مانده است اما معلوم نیست این پنهان کاری تا چه حد و تا چه زمانی ادامه داشته باشد (شاهویی، صابر.)

اگر امروز شاهد فقر شدید در برخی نقاط دنیا هستیم به خاطر نحوه زندگی انسان و برخورد او با طبیعت می باشد. اگر این برخورد بصورت تعادلی بود هیچ مشکلی پیش نمی آمد و همواره بین مقدار تلفات خاک و پدیده خاکزایی تعادلی وجود داشت. اما اگر بهره برداری انسان از طبیعت بدین صورت باشد که موجب تخریب گردد دیگر بشر قادر به کنترل عوامل فرسایش نخواهد بود و نتیجه آن ویرانگری، فقر و از بین رفتن جوامع و تمدن های بشری خواهد بود. نمونه های واضح و روشن آن فقر شدید در کشورهای سومالی، اتیوپی، تونس و غیره می باشد (رفاهی، حسینی،)

در اقصی نقاط حوزه های آبخیز کشور نمونه های بسیار زیادی را می توان مشاهده نمود که بنا به عللی جوامع روستایی با آداب و فرهنگ و هنر و اعتقادات خاص خود از بین رفته اند و آواره مناطق دیگر شده اند. متأسفانه بهترین کشاورزان مناسب ترین زمین های زراعی و مرتعی را رها نموده و در شهرها به کار جمع آوری و جاروب نمودن همان خاک های زراعی بادآورده می باشند.

در حال حاضر به دلیل بهره برداری غلط و عملیات کشاورزی نامناسب و افزایش جمعیت و نیازها، کمبود سرانه زمین در آفریقا، آسیا و اروپا وجود دارد. برای تأمین غذای مناسب و کافی نیاز به ۰/۵ هکتار زمین برای هر نفر می باشد که در حال حاضر این مقدار معادل ۰/۲۷ هکتار می باشد. با این روند در ۴۰ سال آینده این مقدار به ۰/۱۴ هکتار می رسد (Pimetel, D. 1995).

بر اساس مطالعات کراسول^۲ و همکارانش در دفتر بین المللی مدیریت و تحقیقات خاک تایلند تا قبل از سال ۱۹۹۸ میزان سرانه زمین در برخی از کشورهای آسیایی

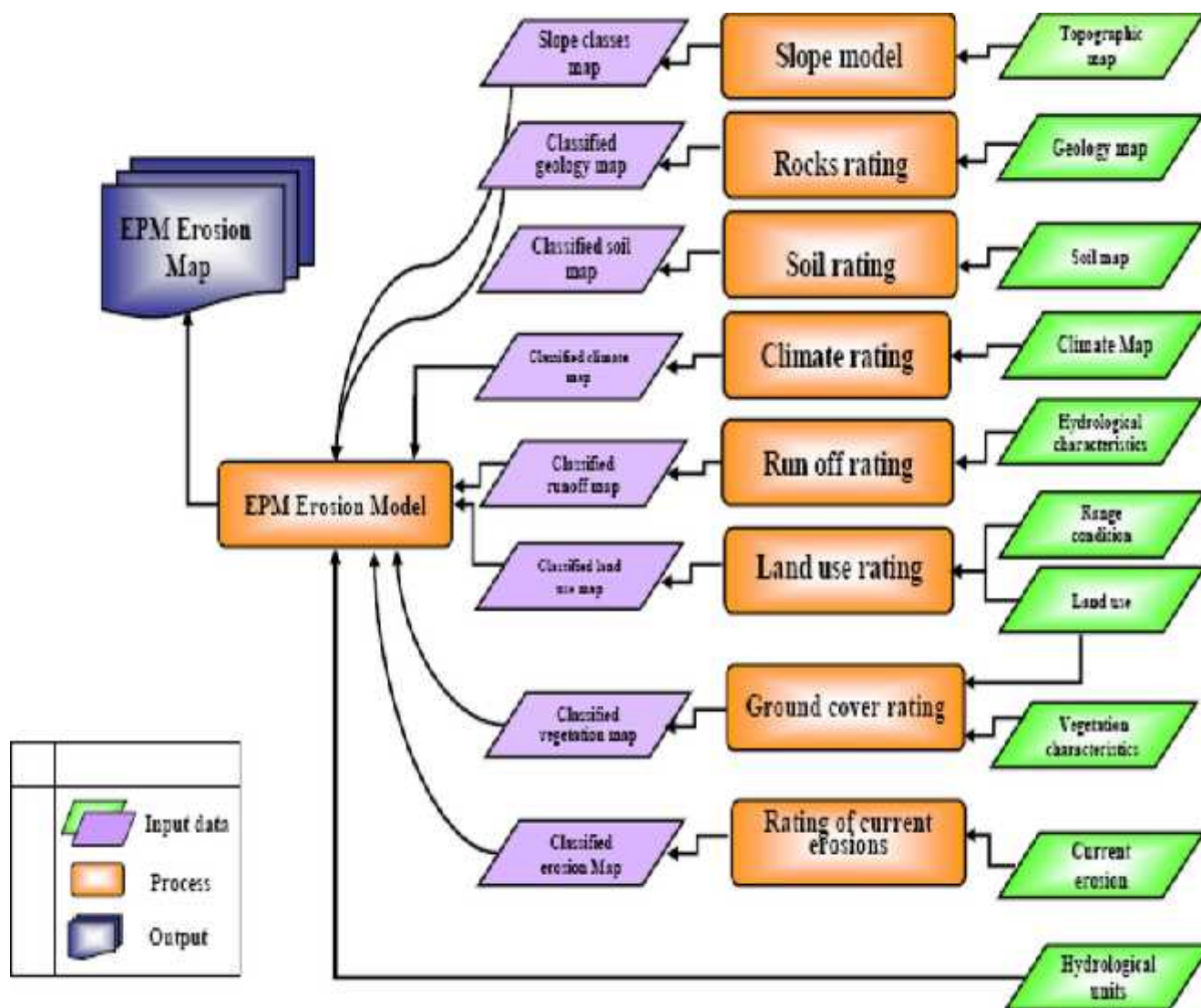
^۲: Craswell

معادل ۰/۱۵ هکتار بوده است و این در حالی است که میزان فرسایش در این مناطق بین ۲ تا ۱۲۰ تن در هکتار در سال می باشد

(Paroda, R.S. 1998)

بی تردید این محدودیت زمین کشاورزی و عدم توزیع مناسب و متعادل بین پراکنش جمعیت و زمینهای حاصلخیز عامل اصلی کمبود غذا و سوء تغذیه می باشد که حدود ۲۰ درصد جمعیت دنیا را شامل می گردد (Pimetel, D. 1995) عدم شناخت از استعدادها و پتانسیل های واقعی طبیعت موجب انجام اشتباهات فراوان در بهره برداری از آن و خسارات جبران ناپذیری را باعث می گردد. لذا یکی از اساسی ترین و اصولی ترین کارها برای نیل به استقلال و حفظ آن، اجرای برنامه های اصولی حفاظت خاک و آب می باشد.

برای اجرای برنامه های اصولی حفاظت خاک شناخت پتانسیل ها، مشکلات و ارائه راه حل ها بر اساس موازین علمی و عملی ضروری به نظر می رسد. یکی از عواملی که منابع آب و خاک را به خطر می اندازد وجود پدیده فرسایش است. بطور کلی فرسایش همیشه وجود دارد و نمی توان آنرا کاملاً کنترل نمود. پدیده فرسایش و هدر رفت خاک و آثار سوء آن شاید در کوتاه مدت محسوس نباشد ولی در بلند مدت به خوبی واضح و روشن است. شناخت فرسایش، عوامل تشدید کننده و آثار سوء آن از ضروریات برنامه های حفاظت خاک و آب است. باید در نظر داشت که اساساً نمی توان عامل مشخص و معینی را به عنوان عامل اصلی فرسایش و تخریب منابع طبیعی معرفی نمود بلکه شرایط موجود را باید معلول تأثیرات متقابل و متعامل مجموعه عوامل مؤثر دانست.



عوامل موثر بر فرسایش

عوامل موثر در فرسایش آبی و بادی عبارتند از عوامل اقلیمی، توپوگرافی، زمین شناسی، خاک شناسی، پوشش زمین و مدیریت سرزمین که برای مدل کردن فرسایش باید نقش هر عامل و اثرات متقابل روی همدیگر را با توجه به اهداف مورد ارزیابی قرار داد. بدون شناخت این عوامل امکان مدل کردن فرسایش مشکل خواهد شد و در صورت امکان نتایج صحیحی بدست نخواهد آمد.

عوامل موثر به صورت جزئی عبارتند از:

فاکتورهای اقلیمی

بارندگی

منابع آماری داده های موجود

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

ایستگاه باران نگاری

ایستگاه باران سنجی

داده های کرت های استاندارد

داده های ایستگاه هیدرومتری حوزه

داده های ماهواره ای

روش های زمین آماری و روابط مناسب

رژیم بارندگی

میزان باران

جهت بارش

زمان بارندگی یا فصل بارندگی

بارش باران روی برف

شاخص های قدرت فرساینده باران

شاخص فورنیه

شاخص فورنیه اصلاح شده

بارندگی متوسط سالانه

حداکثر بارندگی روزانه

رگبارهای منفرد

انرژی جنبشی باران KE

$$KE=8.95+8.44\log I$$

$$KE=29.8-(127.5/I)$$

$$E=11.87+8.73\log_{10}(R)$$

$$KE=9.81+11.25\log(I)$$

$$E=29.22 [1-0.894e^{(-0.047R)}]$$

$$E= \sum_{r=1}^k 0.29 [1-0.72e^{(-0.0011r)}]$$

$$KE=9.81+10.6\log I$$

مومنوم بارندگی

حداکثر شدت بارندگی الی دقیقه ای

شدت بارندگی I^2 یا $I^{1.5}$

حاصل ضرب انرژی جنبشی در حداکثر شدت بارندگی الی دقیقه ای

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

مقدار بارندگی

مقدار بارش به ازای حداکثر شدت دقیقه ای

جزر حاصل ضرب مقدار کل بارش در مدت زمان بارش

حاصل ضرب مقدار کل بارش در حداکثر شدت دقیقه ای بارش

مربع مقدار کل انرژی جنبشی بارش

حاصل ضرب مقدار کل انرژی جنبشی در قطر میانه ذرات بارش

مجموع حاصل ضرب مقادیر بارش جزئی در شدت های مربوطه

حاصل ضرب قطر میانه ذرات در مقدار کل بارش

حاصل ضرب قطر میانه ذرات در شدت بارش

حاصل ضرب قطر میانه ذرات در مجموع حاصل ضرب بارش ها در شدت ها

حاصل ضرب مقدار بارش در حداکثر شدت دقیقه ای

مدت ماندگاری برف

نقطه ذوب برف

وقوع بهمن (میزان و محل وقوع)

میزان

جهت

مدت تابش خورشید

میزان دما

اختلاف دمای حداقل و حداکثر

تبخیر

میزان تبخیر

میزان رطوبت

جهت باد غالب

روان آب و سیلاب

میزان سیلاب
نوع جریانات سطحی
میزان جریانات سطحی

دبی حداکثر
دبی متوسط
دبی حداقل

یخبندان

یخ زدگی و وضعیت یخبندان

خشکسالی

خشکسالی و انواع آن
مدت زمان فصل خشک

پوشش زمین

پوشش گیاهی

پوشش گیاهی

کشاورزی
زیر اشکوب

وضعیت مرتع
نوع مرتع
ارتفاع بوته ها
عمق ریشه و بوته ها

پوشش سنگی

درصد سنگریزه ها

درصد خاک سخت

عمق سنگریزه در خاک

توپوگرافی

میزان ارتفاع حوزه
اختلاف ارتفاع نسبی حوزه

شیب

میزان شیب
جهت شیب
طول شیب
شکل شیب

خصوصیات حوزه

شکل

محیط

ضریب گراویلیوس

ضریب شکل هورتون

طول مستطیل معادل

عرض مستطیل معادل

آبراهه ها و رودخانه ها

تراکم آبراهه ها

نسبت انشعاب آبراهه ها

زمان تمرکز

شبکه آبراهه ها

درختی

موازی

داربستی

راست گوشه

شعاعی

حلقوی

چند حوزه ای

در هم

مرکزی

خصوصیات هیدرولیکی آبراهه ها

سطح مقطع آبراهه

ضریب زبری آبراهه

ر خاک

ساختمان خاک
بافت خاک
عمق خاک
عمق بیخ زدگی خاک
نفوذ پذیری خاک
عمق لایه های مارنی
عمق لایه های سخت
مقاومت خاک به آب

مقاومت خاک به باد
پایداری خاکدانه ها
در صد مواد آلی
ریز

پستی و بلندی سطح خاک
خصوصیات شیمیایی خاک
فعالیت های جانوری خاک
ظرفیت کل آب خاک
ظرفیت نگهداری
رابطه آب، خاک و گیاه
اشباع خاک
رطوبت پیشین خاک
میزان خاکسازی
محل تشکیل خاک
هوموس خاک
ظرفیت تبادل کاتیونی خاک
شوری و قلیایی خاک
هدایت الکتریکی خاک
میزان سدیم و کلر
نسبت جذب سدیم
میزان بی کربنات
میزان کربنات کلسیم
آماس پذیری خاک

ر تیپ اراضی

کوه
تیپه

مخروط افکنه
واریزه
اراضی مخلوط

واحد‌های لیتولوژی

ویژگی‌های کانی شناسی، شیمیایی، بافت، ساخت و خصوصیات مقاومتی

بافت ریز

هوازگی فیزیکی

هوازگی شیمیایی

تشکیلات سخت و فشرده

دولومیت ها

لایه های آبرفتی

سنگ ها با سختی متوسط

سنگ های دگرگونی

سنگ های خردشده

سنگ های هوادیده متوسط

گرانیت ها

کنگومرا

سنگ آهک

شیل

مارن های انیدریت دار

ماسه سنگ با سیمان سست

شلیست

ماسه سنگ قرمز

سنگ آهک هوازده

سرپانتین

رسوبات فلیشی

میکاشیست

گنیس

شیت آزیلیت دار

کوارتزیت

دیاباز

آپلیت

آندزیت

مونزوئیت

گرانودیوریت

ریولیت

کالر دملانژ

سرپانتینیت

دیوریت

پامیس

دلریت

اکلوژیت

کوارتز پرفیری

پریدوتیت

سینیت

داسیت

ایگنمبریت

توفیت

اسپیلیت

توف شیشه ای

لاپلی

مناکوارتزیت

میگماتیت

گنیس متراکم

گرانولیت

آمفیبولیت

هورنفلس

گنیس نواری

شنیست سبز

فیالیت

اسلیت

میکاشنیست

میلونیت

رادپولاریت

دیاتومیت

سنگ آهک بایوهرمال

ماسه سنگ فلدسپاتیک

برش باسیمان آهکی

کنگومرا باسیمان آهکی

آهک های توده ای سخت ریزدانه

آهک های لایه ای

ماسه سنگ با سیمان کربناته

آهک های نازک لایه

شیل سخت

آهک مارنی ماسه ای

برش با سیمان سست

ماسه سنگ سست

کنگومرای سست

مارن آهکی و دریایی

شیل معمولی

رسوبات فلیشی

مادستون گچی و نمکی

مارن تبخیری

شیل سست

گچ و انیدریت

شیل های زغالی ضعیف

گنبد های نمکی

مارن تبخیری نئوژن

نهشته های مارنی و ریزدانه سازندکند

پادگانه های آبرفتی قدیمی سخت

پادگانه های آبرفتی میانی

پادگانه های آبرفتی جوان

خاک های جنگلی و کوهستانی

نهشته های لغزشی قدیمی تحکیم شده

لس های تحکیم شده

مخروط افکنه ها

نهشته های لغزشی فعال

لس های تحکیم نشده

لاهارها

کوهرفت ها

واریزه ها

کفه های رسی نمکی

توده های لغزشی فعال

پادگانه های رسوبی دریایی و دریاچه ای

تلماسه های بادی و ساحلی

نهشته های منفصل بستر رودخانه ها

خاک های شور

خاک های استپی

خاک های هوموسی و سیلیکات دار

خاک های قهوه ای جنگلی

خاک های باتلاقی و خاکستری تیره رنگ

چرنوزم و رسوبات آبرفتی بابافت خوب

تکتونیک
سلسله کوه ها
نیروی ثقل

نفوذ پذیری
طبقات زمین
شیب طبقات
میزان درز و شکاف
تراکم درز و شکاف

پراکنش لغزش

میزان لغزش

لرزه خیزی کوه زایی وضعیت کشاورزی

کاربری زمین
کشاورزی
دیم
آبی
آیش
الگوی کشت

روش آبیاری
نحوه مبارزه با علفهای هرز
وضعیت بقایای گیاهی
میزان آبیاری
کیفیت آب آبیاری

مراحل رشد ریشه گیاه
میزان گیرش باران توسط پوشش گیاهی
میزان برگ آب درختان
ارتفاع برخورد برگ آب با خاک
مصرف کود

فعالیت های عمرانی

جاده سازی

فرسایش ناشی از عملیات جاده سازی
فرسایش ورسوب ورواناب ناشی بعد از احداث جاده
انواع فرسایش روی بدنه جاده

میزان تردد ماشین آلات در سطح حوزه
فرسایش ناشی از فعالیت های عمرانی، فعالیت های شهرسازی و فعالیت های صنعتی
معدن و معدن کاوی

فرسایش ناشی از عملیات اکتشاف و بهره برداری معادن

گردوغبار ناشی از برداشت و جاده های دسترسی

تغییر تیپ اراضی و فرم زمین



فرسایش موجود

میزان فرسایش مجاز
انواع فرسایش موجود
فرسایش سطحی
فرسایش شیار و بین شیار
فرسایش خندقی
فرسایش سیلابی
فرسایش کناری
فرسایش تونلی
فرسایش ستونی
فرسایش درونی
فرسایش شیمیایی
فرسایش گلخرازی
فرسایش حاصلخیزی
فرسایش ساحلی
فرسایش ناشی از عملیات کاشت
فرسایش بادی
فرسایش ناشی از زمین لغزش
فرسایش ناشی از جاده سازی
عوامل موثر در میزان رسوبدهی حوزه

آلودگی

میزان آلودگی و منشأ آن

منشأ آن فعالیت های کشاورزی
منشأ آن فعالیت های دامداری
منشأ آن فعالیت های صنعتی
مکان منبع آلودگی
منبع آلودگی متمرکز و نقطه ای
منبع آلودگی پراکنده در سطح
آلودگی آب
آلودگی خاک
آلودگی هوا
شعاع اثر آلودگی ها

آلودگی ناشی از عملیات معادن و تردد در جاده های خاکی

فاکتور های سیاسی، اجتماعی و فاکتور های اقتصادی جمعیت

میزان و تراکم جمعیت
مهاجرت
ارتقا سطح زندگی
قیمت گذاری محصولات

قوانین
اجرای قوانین
نظارت و عدم پایش
فقدان رویکرد حفاظتی

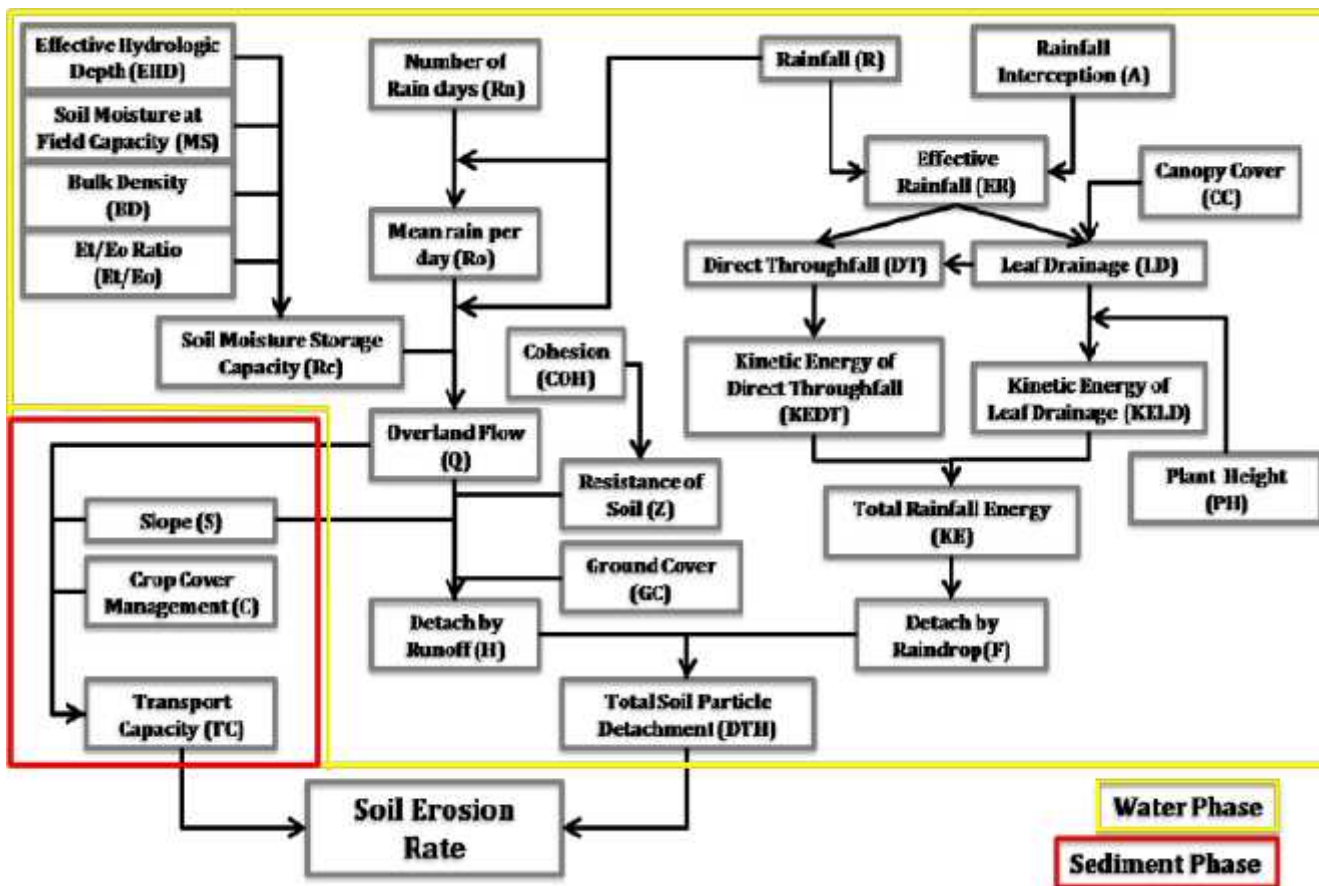
تصرفات غیر قانونی
تخریب جنگل
روش های کاشت نهال
نحوه بهره برداری از جنگل
تخریب مرتع
روش های بهره برداری از مراتع
روش های احیا و اصلاح مراتع
آتش سوزی
تراس بندی
کاهش شیب
میزان چرا

تراکم دام

نیاز های مردم

مالکیت

به سوخت
به علوفه
به غذا



سابقه مدلها و شرایط بکارگیری آنها

سوابق تحقیقات علمی در خصوص فرسایش نشان میدهد که ولنی^۳ دانشمند برجسته آلمانی در سال های ۱۸۷۷ و ۱۸۹۵ تحقیقات علمی در زمینه فرسایش و تاثیر پوشش گیاهی بر روی حفاظت خاک از برخورد قطرات باران را انجام داد.

^۳: wollny

دین^۴ و ایلویوت^۵ در قرن ۱۹ توجه زیادی به فرسایش خاک داشتند. در سال ۱۹۱۵ در ایالت یوتای آمریکا اولین آزمایش کمی در مورد فرسایش توسط سازمان جنگلها انجام شد.

در سال ۱۹۱۷ توسط میلر^۶ آزمایش هایی در ایالت میسوری انجام شد. در سالهای ۱۹۲۸ و ۱۹۳۳ بنت^۷ تعداد ۱۰ ایستگاه تحقیقاتی احداث و آنها را به ۴۰ ایستگاه افزایش داد و آزمایش هایی در مورد کنترل مکانیکی فرسایش انجام داد.

در سال ۱۹۴۴ تحقیقاتی بر روی نقش فرساینده گی قطرات باران بر روی خاک های لخت توسط الیسون^۸ انجام شد.

اولین معادله را زینگ^۹ و بعد از آن ماسگراول^{۱۰} و مدت ها بعد از تحقیقات زیادی ویشمایر و اسمیت^{۱۱} معادله جهانی فرسایش خاک (USLE)^{۱۲} را برای شرایط آب و هوایی آمریکا ارائه نمودند. به تدریج با الهام گرفتن از روش های فوق و مطالعات و تحقیقات گسترده بر روی عوامل و فاکتورهای مؤثر بر فرسایش، مدل ها و روش های زیادی پیشنهاد شده است که هر کدام دارای معایب و مزایایی می باشند و هر کدام مختص به یک شرایط جغرافیایی هستند و کاربرد آنها در شرایط دیگر بدون آزمون نمی تواند مورد اطمینان باشد. برای استفاده از هر روش شرایط متفاوتی لازم است که خود تابع عوامل زیر هستند :

⁴ : Deane

⁵ : Eliot

⁶ Miller

⁷ Bennett

⁸ Ellison

⁹ Zingg

¹⁰ Musgravel

¹¹ Wischmeier & Smnith

¹² (USLE) Universal Soil Loss Equation

- شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه
 - سادگی و عملی بودن روش مورد نظر
 - وجود و عدم وجود اطلاعات
 - قابل استفاده بودن روش
 - میزان آگاهی و تجربه افراد مطالعه کننده
- به طور مثال ویشمایر در سال ۱۹۷۶ در خصوص استفاده نابجا از معادله جهانی فرسایش خاک هشدار داده است و متذکر گردیده که این معادله برای تعیین مقدار کمی فرسایش در حوزه های آبخیز کاربرد ندارد به دلیل اینکه فرسایش خندقی و کناری را در نظر نمی گیرد. هم چنین میزان رسوب دهی را مشخص نمی کند و یا اینکه این معادله برای یک رگبار کاربرد ندارد.

شایان ذکر است که مدل ها برای نشان دادن پروسه های پیچیده در طبیعت مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده از این روش ها در جهت آگاهی و افزایش علم از شرایط طبیعت به استفاده کننده کمک نموده و موجب تسهیل در برنامه ریزی ها می گردد. بررسی موضوع مدل کردن پروسه های طبیعی غالباً به این سؤال می انجامد، که اساساً آیا به مدل درآوردن طبیعت پیچیده با توجه به کمبود اطلاعات امکان پذیر می باشد؟

به هر حال اگر این امکان به طور صددرصد وجود نداشته باشد، ولی قدر مسلم آن است که استفاده از مدلها با ارزش می باشد.

فراوانی در انواع مدل ها نشان می دهد که هر حوزه ای با شرایط خاص اقلیمی و ژئومورفولوژی رفتار خاص خودش را دارد و با یک مدل نمی توان برای تمام حوزه ها میزان فرسایش و رسوب را تعیین نمود. لذا با توجه به این فراوانی کاربر مدل برای به کارگیری هر روش باید نکاتی را مد نظر

و مورد توجه قرار دهد (Roo, A.P. de. 1993)

- استفاده کننده در مرحله اول برای بکارگیری مدل، باید مشخص نماید که آیا امکان حل مشکلات با استفاده از مدل مورد نظر وجود دارد و همچنین باید سؤالاتی چون موارد زیر را پاسخ دهد:
- مدل را به چه نحوی و چگونه می تواند اجرا نماید؟
- محدودیتهای مدل چیست؟ (نقاط ضعف و قوت مدل را بررسی کند)
- برای اجرا نمودن مدل چه اطلاعاتی لازم است؟
- برای کاربرد مدل چه هزینه ای باید صرف شود؟
- دقت مدل تا چه میزان برآورد می شود؟
- چه رابطه ای بین هزینه، دقت و نتایج وجود دارد؟
- آیا امکان استفاده از اطلاعات جدیدی، همچون اطلاعات ماهواره ای وجود دارد؟

معیارهای انتخاب مدل :

لیچی^{۱۳} و داودی^{۱۴} در سال ۱۹۶۸ چهار معیار و ملاک را برای انتخاب یک مدل مناسب پیشنهاد نمودند (Roo, A.P. de. 1993)

۱- دقت در پیش بینی و برآورد

۲- سادگی

۳- منطقی بودن پارامترهای تخمینی

۴- حساسیت در اثر تغییر پارامترها

- از جمله معیارهای مهم برای انتخاب یک مدل چگونگی اعتبار آن است، اعتماد به مدل از پارامترهای مهم انتخاب مدل است. فوستر^{۱۵} در سال ۱۹۸۸ این

¹³ Lichty

¹⁴ Dawdy

¹⁵ Foster

پرسش را مطرح کرد که بهترین معیار برای مشخص نمودن اعتبار مدل، این است که آیا اهداف مورد نظر را تأمین می نماید یا خیر؟ مثلاً اگر هدف از مدل کردن، تخمین فرسایش خاک به صورت کیفی در سطح وسیع همچون مشخص نمودن مناطق بدون فرسایش، فرسایش کم و فرسایش شدید است، مدلی که انتخاب می شود، در مقایسه با موقعی که هدف مشخص نمودن فرآیندهای فرسایش و عوامل مؤثر بر آن در یک دامنه تپه است متفاوت خواهد بود)

(Foster, G. R. 1988)

با این توضیح مثلاً نمی توان ادعا نمود که مدل USLE مدل بدی است، بخاطر اینکه این مدل صرفاً یک مدل تجربی است، نه یک مدل فیزیکی و برای تشریح پروسه فیزیکی در دامنه های پرشیب طراحی نشده و قابل کاربرد نیست

(Wischmeier, W.H. 1976)

معیار دیگری که برای انتخاب مدل حائز اهمیت است، وجود اطلاعات قابل دسترس می باشد. اگر استفاده کننده نیاز به مدلی دارد تا فرسایش را به طور نسبی در منطقه ای وسیع برآورد نماید، بهتر آن است که از یک مدل ساده که نیاز به اطلاعات کمتری دارد استفاده کند. در این شرایط اگر از یک مدل پیچیده که نیاز به اطلاعات گسترده ای دارد، استفاده شود، به جهت کمبود اطلاعات، نتایج درستی به دست نخواهد آمد. بنابراین باید توجه داشت اگر مدل مناسب در دسترس باشد، ولی اطلاعات لازم وجود نداشته باشد کاربرد آن حاصلی ندارد.

- یکی دیگر از معیارهای انتخاب مدل، کاربرد آن با در نظر داشتن مقیاس زمان است، به عنوان مثال برخی از مدلها برای تک رگبارها و برخی برای آمار بلند مدت کاربرد دارند، مدلهای تک رگباری رواناب و رسوب را برای یک رگبار مشخص برآورد می نمایند که قطعاً قابل استفاده برای برآورد تأثیر طولانی مدت فرسایش خاک روی تولید محصولات کشاورزی و حاصلخیزی خاک

- نمی باشند و برای این منظور باید از مدل‌های با کارایی تخمین در مدت زمانهای طولانی استفاده شود.
- ملاک دیگر، کالیبره کردن مدل است، آیا اطلاعات لازم برای کالیبراسیون مدل وجود دارد یا خیر؟
 - اگر استفاده کننده می خواهد رواناب و رسوب را در یک حوزه پیش بینی نماید و اندازه گیری صحرائی نیز در دسترس باشد بهتر است از یک مدل **Lumped** استفاده نماید، ولی اگر مدلی که نیاز به کالیبراسیون در حوزه های متفاوت دارد را بدون کالیبره نمودن به کار ببرد اطلاعات نادرست و غیرقابل اعتمادی می دهد. بنابراین استفاده از مدل‌هایی که نیاز به کالیبره کردن دارند، در حوزه های بدون ایستگاه و آمار درست، مناسب نمی باشند همچنین انتخاب بین مدل‌های **Lumped** و **Distributed** بایستی به دقت انجام شود.
 - بون^{۱۶} در سال ۱۹۸۵ چهار حالتی را که مدل‌های **Distributed** قابل کاربرد هستند اینگونه تعریف می نماید:
 - ۱- پیش بینی تأثیر استفاده از زمین
 - ۲- پیش بینی تغییرات مکانی اطلاعات ورودی و خروجی
 - ۳- پیش بینی حرکت مواد آلوده کننده و رسوبات
 - ۴- پیش بینی حساسیت ها و واکنش های حوزه های بدون ایستگاه که اطلاعات کافی جهت کالیبره کردن مدل‌های **Lumped** ندارند (Beven, K. J. 1985)معیار مهم دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد ساختمان، اجزاء و تئوریهای مدل می باشد. به چه میزان مدل از نظر تئوری قوی و علمی می باشد.

انواع مدل‌ها و روش‌های تقسیم بندی آنها

الف: مدل‌های هیدرولوژیکی بطور کلی به سه گروه تقسیم می شوند.

۱ - مدل‌های فیزیکی **Physical models**

۲ - مدل‌های آنالوگ **Analogue models**

۳ - مدل‌های ریاضی **Mathematical models**

ب: تقسیم بندی مدلها از نظر کاربرد:

- کاربرد در حوزه آبخیز
- حوزه های کوچک
- حوزه های بزرگ
- کاربرد در مزرعه
- کاربرد در روی یک شیب
- کاربرد برای اراضی زراعی
- کاربرد در مراتع
- کاربرد در جنگل

ج: تقسیم بندی مدل ها از جنبه ارزیابی نوع فرسایش:

- برای ارزیابی و برآورد فرسایش سطحی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش شیاری و بین شیاری
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش خندقی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش سیلابی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش کناری
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش تونلی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش ستونی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش درونی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش شیمیایی

- برای ارزیابی و برآورد فرسایش گلخراپی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش حاصلخیزی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش ساحلی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش ناشی از عملیات کاشت
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش بادی
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش ناشی از زمین لغزش
- برای ارزیابی و برآورد فرسایش ناشی از جاده سازی

د: تقسیم بندی مدل ها از نظر بررسی نوع فرآیندهای فرسایش:

- بررسی فرسایش ناشی از جداسازی ذرات خاک بوسیله قطرات باران
- بررسی فرسایش ناشی از جداسازی ذرات خاک بوسیله جریان سطحی
- انتقال ذرات خاک بوسیله تنش برشی

ه: تقسیم بندی مدل ها برای کاربرد در:

- برنامه ریزی و تصمیم گیری
- ارزیابی پروژه های حفاظت خاک و آب
- تحقیق و مطالعه

و: تقسیم بندی مدلها برای بررسی:

- میزان فرسایش
- میزان رسوب
- میزان انتقال رسوب
- میزان رواناب (جریانات سطحی یا جریانات متمرکز خطی)
- میزان مواد آلی خاک

- میزان مواد آلوده کننده آب و خاک
- میزان رشد محصولات

ز: تقسیم بندی مدلها از نظر فیزیکی:

- هیدرودینامیک
- اجزاء محدود
- اجزاء نامحدود
- ساده و تقریبی

ح: تقسیم بندی مدلها از نظر مفهومی:

- فیزیکی
- تجربی
- آماری

ط: تقسیم بندی مدلها از جنبه کاربرد برای:

- برای تعیین مقدار فرسایش و رسوب
- برای پیش بینی مقدار فرسایش و رسوب
- برای آنالیز حساسیت مناطق مختلف و مقایسه بین مناطق برای اولویت بندی حوزه ها

- برای طبقه بندی و اولویت بندی در مقیاس $\frac{1}{250000}$ یا $\frac{1}{1000000}$

- برای اولویت بندی مکانی

- برای منشاء یابی رسوب و یافتن مناطق فرسایشی

- برای ارزیابی مشکل رسوب گیری و کاهش ظرفیت مخازن سدها

- برای ارزیابی مشکل اراضی کشاورزی از نظر رسوب

همچنین می توان مدلهای را به صورت زیر تقسیم بندی و مشخص نمود

- **Deterministic** یا **Stochastic**
- **Distributed** یا **Lumped**
- **Conceptual** یا **Empirical**
- **Continuous** یا **Event**
- **Non point source** یا **Point source**

- **Stochastic models** : این نوع مدل ها، مدل هایی هستند که متغیرها و پارامترهای آن را به طور تصادفی در نظر می گیرند.

- **Deterministic models** : این دسته، مدل هایی هستند که پارامترهای آن معلوم و معین است و نمی توان آن ها را از روی احتمال و تصادفی مشخص نمود.

- **Lumped models** : این نوع، مدل هایی هستند که خصوصیات حوزه و توزیع مکانی متغیرها را به طور متوسط و کلی در نظر می گیرند.

- **Distributed models** : این گروه از مدل ها، مدل هایی هستند که خصوصیات حوزه و توزیع مکانی متغیرها را دقیقاً مد نظر قرار می دهند.

- **Empirical models** : این دسته مدل هایی هستند که بر اساس مشاهدات و تجربیات پایه گذاری شده اند.

- **Conceptual models** : این گروه از جمله مدل هایی هستند که قالب فیزیکی، مفهومی و تئوری دارند.

- منرت^{۱۷} در سال ۱۹۹۲ مزایای مدل‌های مفهومی را نسبت به مدل‌های تجربی این گونه بیان می نماید :
- * اساس این مدل ها فیزیکی است و در نتیجه برای بسط و کاربرد آنها در خارج از حوزه های به کار برده شده دقت بیشتری دارند.
- * این مدل ها انواع فرسایش (شیاری ، بین شیاری و خندق) را بصورت جداگانه در نظر می گیرند.
- * این مدل ها برای تک رگبارها دقت بیشتری دارند
- * این مدل ها برای کاربرد در مناطق با شرایط پیچیده بهتر هستند
- * این مدل ها فرآیندهای رسوبگذاری را به طور مستقیم در نظر می گیرند
- **Event models** : این دسته از مدل ها از جمله مدل هایی هستند که برای یک رگبار (در یک دوره یک ساعته یا چند روزه) کاربرد دارند.
- **Continuous** : این هاملد هایی هستند که برای آماربلندمدت کاربرد دارند.
- **Point source models** : این ها مدل هایی هستند که برای بررسی منابع آلوده کننده که از نقطه ای خاص به حوزه وارد می شوند کاربرد دارند.
- **Nonpoint source models** : این مدل ها، مدل هایی هستند که برای بررسی منابع آلوده کننده ای که در کل حوزه پخش و منتشر می شوند کاربرد دارند.

منابع خطا در استفاده از مدل

۱ - خطا در جمع آوری اطلاعات مورد نیاز مدلها: معمولا استفاده از مدلهای ساده در مقایسه با مدلهای پیچیده که نیاز به داده های ورودی زیادی دارند خطای کمتری ایجاد می کند.

۲ - خطا در تئوریهای مدل

بین فرآیندهای فرسایش و عوامل مؤثر بر آن در طبیعت و اطلاعات و علم و آگاهی استفاده کنندگان و همچنین تئوری های موجود تعریف شده در مدلها فاصله زیادی وجود دارد که این مورد خطا ایجاد می نماید.

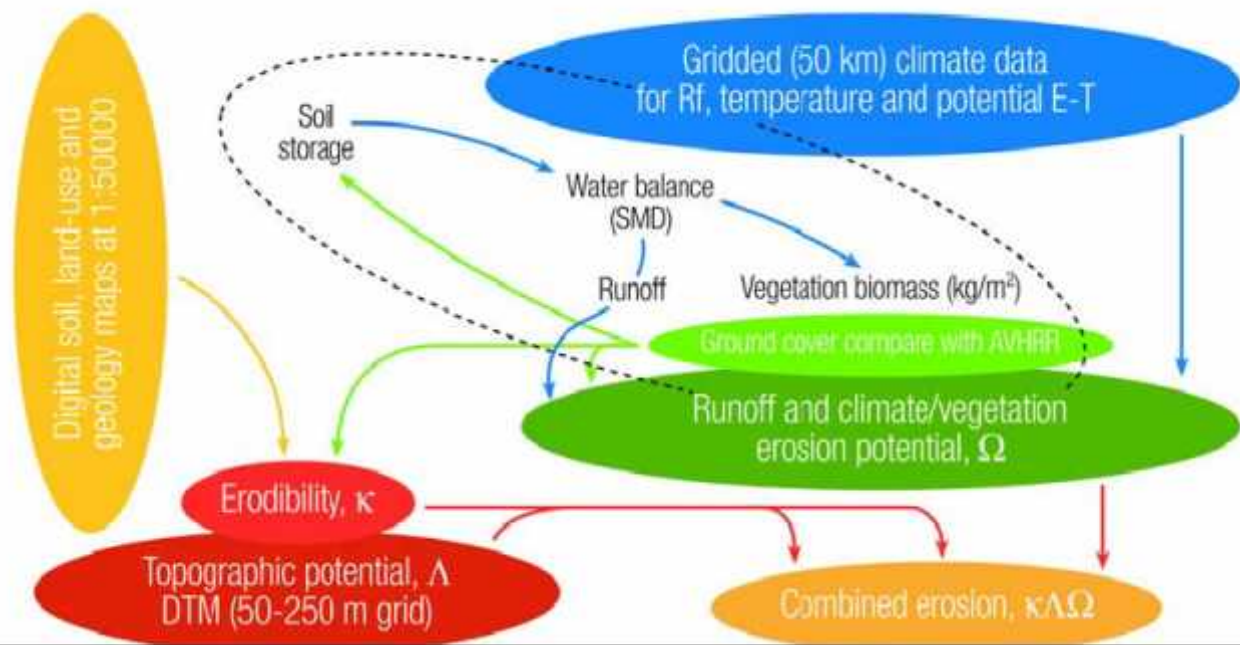
یکی از نمونه های ضعف تئوری مدلها می توان مدل **Answers** را نام برد که مانند اکثر مدلها پروسه های فرسایش خندقی، فرسایش کناری، گیرش باران توسط گیاهان، نفوذ و جداسازی ذرات خاک را در نظر نمی گیرد.

۳ - خطا در اجرای مدل

۴ - کالیبره کردن مدل

۵ - خطا در اطلاعات موجود از جنبه های مقیاس، تعداد داده ها، عدم یکنواختی داده ها، دقت داده ها به هنگام نبودن اطلاعات (خطاهای مکانی و زمانی).

۶ - عدم آگاهی استفاده کننده از منابع خطا



در جدول پیوست اختصاراً نام ۱۶۱ مدل هیدرولوژیکی و فرسایش خاک ورسوب به ترتیب حروف الفبا آورده شده است. این جدول دارای شش ستون به شرح ذیل می باشد.

ستون اول : شماره (No)

ستون دوم : نام مخفف مدل (ACRONYM)

ستون سوم : نام کامل مدل (MODEL NAME)

ستون چهارم : نام طراح و سال (Year Reference)

ستون پنجم : نوع مدل (Type)

ستون ششم : کاربرد مدل برای فرآیندهای مختلف (Process)

Type:

D/L = Distributed / Lumped

**P/O/E/M = Physically – based / Conceptual / Empirical/
Mathematical**

C/S/F = Catchment / Hillslope / Field

V/T = Event / Continuous

Fe/fd = Finite element / finite difference

Process:

E = Erosion

R = Runoff

N = Nutrients

P = Pesticides

C = Crop growth

S.Y = Sediment Yield

L = Landslide

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

No	Acronym	Model name	Year reference	Type	Process
1	ACTMO	Agricultural Chemical Transport Model	Frer et al 1974, 1975	L	ERP
2	AGNPS	Agricultural Nonpoint Source	Young et al 1987	DPCV	REN
3	AGRUN	Agricultural Runoff Model	Donigian et al	V	ER
4	AGWA	Automated Geospatial Watershed Assessment	USDA-ARS National Sedimentation Laboratory		
5	ANSWER	Areal Nonpoint Source Watershed Environmental Response simulation	Beasley and Huggins 1980	PCV fd	ERN
6	ARM	Agricultural Runoff Model	Donigian and Crawford 1977	LECT	ERP
7	BLM	Bureau of Land Management		D	E
8	BORAMEP	Bureau of Reclamation Automated Modified Einstein's Procedure	Burkham & dawdy 1980	M	s.y
9	BR1STARS	Bridge Stream Tube model for Alluvial River simulation	Molinas & Wu 1997	M	S.Y
10	BSTEM	Bank Stability and Toe Erosion Model	Andrew Simon, Robert Thomas, Andrea	M	E
11	CALSITE	CALibrated Simulation of Transported Erosion	HR walling ford 1993	DCE	E
12	CASC2D	CAScade of planes-TD		M	
13	CCHE1D	r Computational Hydroscience and Engineering)by USDA Agricultural Re	ional Hydroscience and Engineering the s U	CM	S.Y R
14	CH3DIMS	Curvilinear grid Hydrodynamics 3D integrated Modeling System	Sheng et al 2002	M	S.Y NP
15	CH3DSED	Curvilinear Hydrodynamics in 3D Sediment Transport Module	Dr Sheng 1986	Mfd	S.Y
16	CH3DWES	Curvilinear Hydrodynamics in 3D Waterways Experiment Station	U.S. A.E. WES University of Florida 1990	M	S.Y
17	Chisci	Auther	Chisci et al 1983	V	ER
18	CNS	Cornell Nutrient Simulation	Haith and Loehr 1979	DV	ENP
19	CPM	Cornell Pesticide Model	Haith and Loehr 1979	DV	ERP
20	CREAMS	Chemical Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems	Kinsel 1980	LOCTV	ERP
21	CREAMS-WT	CREAMS Water Table	Heatwole et al 1978,1988	LOCTV	ERP

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

22	C _s 137	C _s 137		D	E
23	CSU	Colorado State University model	Li 1976 – 1980	DPCV fd	ER

24	CURTIS	(author)	Curits 1976	D	ER
25	DELFT3D	DELFT		M	S.Y NP
26	DFECEM(RFEM)	Distributed Finite Element Catchment Erosion Mode	mani & F. Shirvani Shiraz University Iran	FeC	S.YE
27	DSS	Depositeo of suspended Sediment	rs at the Hydroloic Engineering Center(H	M	S.Y
28	DUSLE	Differentiated USLE	Flacke et al 1990	DECT	E
29	ECOMSED	Estuary and Coastal ocean Model with Sediment Transport	W.lick at the University of California	M	S.Y
30	EFDC	Environmental Fluid Dynamic Code	DiToro & fitzpatrick 1993	Vfd	S.YNP
31	EP	Einstein's Procedure	Einstein's 1950	M	S.Y
32	EPIC	Erosion productivity Impact Calculator	Williams et al 1984	LOFT	ERNC
33	EPM	Erosion Potential Method	Gavrilovic 1988	L	E
34	ERARRB	Environmental pollution Assessment Erosion Sediment and Rural Runoff	True 1976	CV	E
35	EROSION MODEL OF YANG, MOORE, BURCH	Erosion model of yang	Yang 1973, Moore and Burch 1986		ER
36	EROSION2D	2-D rainfall erosion model	Schmidt 1991	DPSV fe	ER
37	EUROSEM	EUROpean Soil Erosion Model	Morgan et al 1991	DPCV fe	ER
38	EUROWISE	Lisem(Gullies) version2.13	Van Deuren & Wesseling 1998	DPCV fd	E G R
39	FAO	F.A.O.		L	E
40	FEM	Finite Element Method	Jayavardena, A.W. & white, J.K. 1977	MFeC	E

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

41	FESHM	Finite Element Simulation Hydrological Model	Ross et al 1977	DECV fe	R
42	FLO2D		FEMA 1988	P	R.S.Y
43	FLUVIAL12		by Chang at San Diego State University 1988	M	S.Y
44	FOURNIER	Fournier	Fournier 1960	L	S.Y
45	GAMES	Guelph model for evaluating the effects of Agricultural Management systems on Erosion and Sedimentation	Diskinson et al 1986	DECT fe	E
46	GAMESP	Agricultural Management systems on Erosion Sedimentation, phosphorus	Rousseau et al 1985	DECT fe	EP
47	GEMSS	Generalized Environmental Modeling System for Surface water	J.E.Edingor Associates	Mfd	S.YNP

48	GILLEY	Author	Gilley et al 1985	DP	E
49	GLEAMS	Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems	Leonard et al 1987	LOCTV	ERNP
50	GLLVHT	Generalized Longitudinal Lateral Vertical Hydrodynamics and Transport	John edinger & Edward M 1989	M	S.Y NP
51	GSTAR1D	Generalized Sediment Transport for Alluvial River	Molinas & Yang 1986, yang & Simoes 2000,2002	M	S.Y
52	GUEST	Griffith University Erosion System Template	Misra and Rose 1989	DOCV	ER
53	GWLF	Generalized Watershed loading functions	Haith & Shoemaker 1987	M V	E.S.YNP
54	HEC6	Hydrological Engineering Center	U.S.Army Corps of Engineers 1991	M	S.Y
55	HECRAS	Hydrological Engineering Center	U.S.Army Corps of Engineers 1991	M	S.YR
56	HILLS	HILLSlope simulation model	Smith and Hebbert 1983	DESV	ER
57	HSCTM2D	Hydrodynamic Sediment and Coastal Transport	hayter & Mehta 1986	Fe	S.Y
58	HSPF	Hydrological Simulation Prog. Fortra	Barnwell & Johanson 1981	LECT	ERNP

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

59	HYDROLOGIC DEL CONTRIBUTING AREAS		Gburek 1983	L	R
60	IHDM	Institute of Hydrology Distributed Model	Rogers et al 1985	DPCV fd	R
61	IRIFR-E-A	Iran Research Institute of Forest and Rangeland - Ekhtesasi & Ahmadi	1995	LEC	Wind erosion
62	ISSIDEDIMENT 2001	Halcrow group Ltd, UK & HR Welling ford Lt		M C	ES.Y
63	IUSG	Instantaneous Unit Sediment Graph	Kumar and Rastogi 1987	E	E
64	KINCON		Silburn and Loch 1990	P	R
65	KINEROS	KINematic EROsion Simulation	Alonso and DeCoursey 1985	DPCV fe	ERN
66	KYERMO	Kentucky Erosion model	Hirschi and Barfield 1988	DPCV fd	ER
67	LANDRUN	Land use effect on water quality	Novotny 1976	DPF	ER
68	LAPSUS	Landscape Process modelling at mUltidimensions and Scales	Schoorl et al 2000	C	E
69	LISEM	Limburg Soil Erosion Model.	In preparation 1994	DPCV fd	ER
70	LOADING FUNCTIONS		Davidson et al 1978,1979 & Dean 1983		
71	LUMOD	Land Use Model	Leaf charles, Glen. E, Brink		E

72	MASL	The Minimum Achievable Soil Loss	Phillips 1989	PO	E
73	MEDALUS	MEDiterranean Desertification And Land Use	Kirkby et al 1992	DPST fe	ERC
74	MEP	Modified Einstein's Procedure	Colby & Hembree 1955	M	S.Y
75	MIKE11		by DHI Release 2009	DP fd T	S.Y R
76	MIKE21C		DHI 1970	M	S.Y
77	M-LAND RECEIVING ANIMAL WASTE	Model land receiving Animal waste	Khaleel et al 1979, Reddy et al 1979	DOV	ER

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

78	MMF	Morgan R.P.C & Morgan D.D.V & Finny H.J	Morgan R.P.C & Morgan D.D.V & Finny H.J 2001	DCSF	ER
79	MMF-SAGA	Modified soil erosion model	Morgan R.P.C & Duzant, J.H 2008	DCSF	ERC
80	MODANSW	MODified ANSWers model	Park et al 1982	DPCV fd	ER
81	MOPEAU	Modele de production d'EAU			
82	MPSIAC	Modified pacific southwest inter-agency committee	Jonson, Gembhart	LEC	S.YE
83	MRI-NSM	Midwest Research Institute Nonpoint Source Model	Mcelroy et al 1976	LOC	ENP
84	MULTSRD		Hirschi, Barfield 1988		
85	MUSLE	Modified USLE	Williams & Berndt 1975 – 1977	LEFE	E
86	MUSLE87	Modified USLE 1987	Hensel & Bork 1987	DECT	E
87	NEGEV	Author	Negev M.A. 1976		E
88	NEIBLING, FOSTER	Author	Neibling W.H, C.R.Foster 1977		E
89	NONPT		Holtan and Lopez 1971; Holtan 1979	DPC	ERP
90	NPS	Nonpoint Pollutant Source	Donigian and Crawford 1976 – 1977	TO	ERNP
91	NTRM	Nitrogen Tillage Residue Management	Shaffer et al 1983	DO	EC
92	OPUS	Field scale water quality model	Smith and Kinsel 1985	DPFTV fd	ERNC
93	PERFECT	Productivity, Erosion, Runoff Functions to Evaluate Conservation Techniques	Lilleboey et al 1989	DVO	ERC
94	PHYSICAL			LC	S.Y
95	PLIERS	Pesticide Losses In Erosion, Runoff Simulator	Kenimer et al 1989	DEVF	ERP

96	PRM	Pesticide Runoff Model	Haith 1980 – 1986		P
97	PRMS	Precipitation-Runoff Modeling System	Leavley et al 1983	DPCV	ERN
98	PSIAC	Pacific Southwest Inter-agency Committee	1968	LEC	S.Y
99	PTR	Pesticide Transport and Runoff	Crawford N.W, Donigian A.S. jr 1973		ERP

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

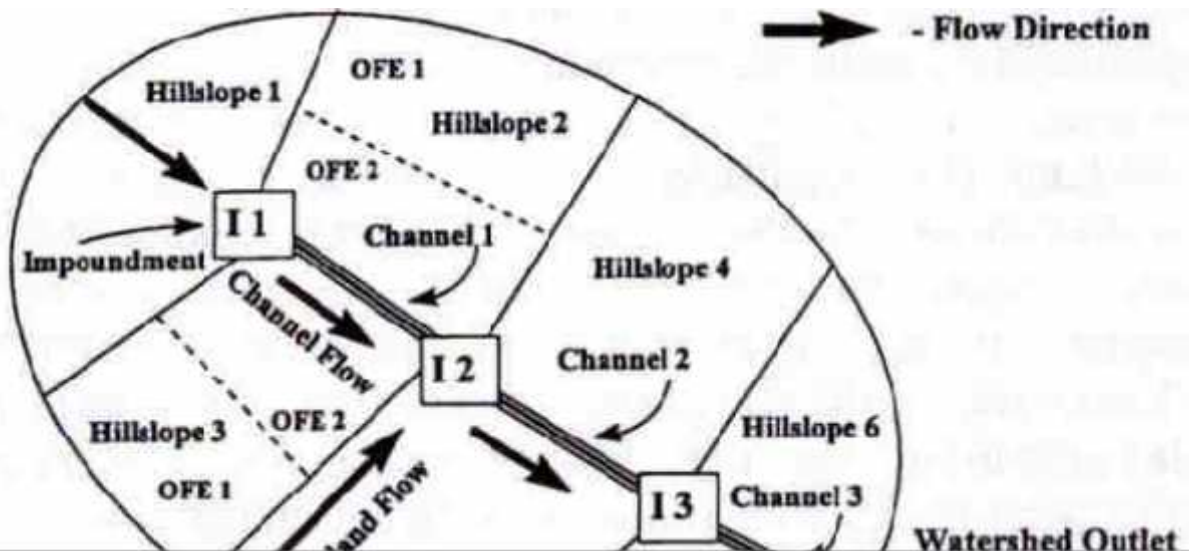
100	PWM	Pollutant Washoff Model	Akan 1987	P	PN
101	RAM11	Risk assessment methods for Soil Erosion in Europe		MFe	ENP
102	RDS	Reservoir Delta Sedimentation	rs at the Hydroloic Engineering Center(H	M	S.Y
103	RESSASS	REServoir Survey Analysis and Sedimentation Simulation	HR Wallingford	T	S.Y
104	RHEM	Rangeland Hydrology and Erosion Model	2003	OVS	ER
105	RIVERMORPH	Dave Rosgam P.H. of Wildland hydrolog		y	M
106	RMA2	Resource Management Associates	Norton, King & Orlob 1973	Fe	
107	RORB	Runoff & rainfall in rural & urban catchment	Laurensen and Mein 1985	C	R
108	ROSE	(author)	Rose et al 1983	DOSV	ER
109	ROSED	Road sediment	Ward 1985	P	E
110	RUSLE	Revised USLE	Renard et al 1987	LEFT	E
111	S.E.M. OF FOSTER	Soil Erosion Model of Foster	Foster 1982	P	E
112	S.E.M. OF MORGAN	Soil Erosion Model of Morgan et al.	Morgan et al 1984	LEFT	E
113	SAM		at CHL of ERDC 1980 & USACE 2000	V	S.Y
114	SCUAF	Soil changes under Agro-Forestry	Young 1987, 1989 Muraya 1989	P	ENC
115	SED2DWES	Sediment transport 2D Waterways Experiment Station	at the US Army WES 1972-1998	Fe	E S.Y
116	SED3D	Sediment Transport 3D		M	
117	SEDEL	Sediment DELivery ratio	Borce R.C 1975	LE	E
118	SEDIMOT		Wilson et al 1986	DC	ER
119	SEDWIN	Sediment transport computation for Windows		MV	S.Y
120	SEM/SHE	Soil Erosion Model/SHE	Storn et al 1987	DPCV fd	ER
121	SHE	Systeme Hydrologique Europeen	Abbo et al 1986	DPCV fd	R

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

122	SHESED-UK	Soil Erosion Model/SHE-UK	Wicks et al 1988	DPCV fe	ER
123	SIMONS	Author	Simons et al 1978	V	ER
124	SIMSED	SIMplified SEDiment yield model	Collon, Li 1983	PC	E.S.Y
125	SLEMSA	Soil Loss Estimator for S-Africa	Stocking 1981	LEFT	E
126	SOILEC	Soil conservation Economic model	Dunsday, Seitz 1985	L	EC
127	SOILOSS	Modified USLE for N.S.W Australia	Rosewell and Edwards 1988	LET	E
128	SP	Simplified process model	Hartly 1987	DOFE	ER
129	SPAW	Soil plant Air Water	Saxton et al 1984	DV	ERC
130	SPNM	Sediment, Phosphorus, Nitrogen Model	Williams 1980	CV	EN
131	SPUR	Simulation of production and Utilization of Rangelands	Lane 1982, Wight 1983	OC	E
132	SSAM	Stream Flow Simulation and Analysis Model	Beston, Roger and Harold 1977	EC	ER
133	SSY	Suspended sediment yield	rs at the Hydroloic Engineering Center(H	M	SY
134	STEHLIK	Author	Stehlik 1975	CLE	E
135	STORM	Storage Treatment Overland Runoff Model	U.S.Army Corps of Engineers 1977	DV	ERP
136	SWAM	Small Watershed Model	Alonso & DeCoursey 1985	DPCV fe	ERN
137	SWM	Stanford Watershed Model	Crawford and Linsley 1966	LOC	R
138	SWMM	Storm Water Management Model	Metcalf and Eddy 1971; Huber et al 1981	E	ERP
139	SWRRB	Simulator for Water Resources in Rural Basins	Williams et al 1985	CL	ER
140	TELEMAC		EDF-DER 1994	MFe	S.Y NP
141	TEPS	Tillage erosion Prediction Simulation			E
142	THEPROM	The THEoretical Erosion PROductivity Model	Biot 1990		EC
143	THORNES	THORNES	THORNES 1995	DPST	ERC

مدل های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب

144	Tillage erosion model	Tillage erosion model	Lindstrom et al 1992		E
145	TOPMODEL	TOPographically & physically variable contributing area MODEL of basin	Beven & Kirkby 1979	DPCV fe	R
146	TOPOG		Vertessy et al 1990	DC Fe	ER
147	TURTEM	Turkey Soil Erosion Estimation Model	Curini and Natasha Bankhead	LEFT	E
148	USDAHL	USDA Hydrology Model	Holtan et al 1971 – 1977	DPCT	ER
149	USDAHL 74	USDA Hydrograph Lab. M (erosion version 567)	Yoo Molnau 1987	DPCV fe	ER
150	USLE	Universal Soil Loss Equation	Wischmeier & Smith 1985 – 1978	LEFT	E
151	UTM	Unified Transport Model	Huff et al 1977	C	ENPC
152	VALLEY SLOPE SUBMODEL				ES.Y
153	WASCH	Water, Sediment, Chemical transport	Bruce et al 1975	CV	ERP
154	WASED	Water and SEDiment yield	Simons, Li, Stevens 1975	C	ER
155	WATEM	Water and Tillage Erosion Mode			E
156	WEPP	Water Erosion Prediction Project	Nearing et al 1989	DPSTV fd	ER
157	WEPS	Wind Erosion Prediction System	Oxford, MS	PT	Wind erosion
158	WEQ	Wind Erosion Equation	Woodrull & Siddoway 1965	E	Wind erosion
159	WEST	Watershed Erosion, Sediment Transport	Leytham, Johanson 1979; Foster 1987; Lane 1988	CP	ER
160	WRIGHT/WEBSTER	(author)	Wright & Webster 1991	DPSV fd	ER
161	XSTABL	An integrated slope stability analysis	Sharma 1990		L



:

- احمدی، حسن. ژئومرفولوژی کاربردی جلد انتشارات دانشگاه تهران صفحه.
- پیروان، حمیدرضا و شریعت جعفری، محسن. ارائه روشی جامع برای تعیین فرسایش پذیری واحدهای سنگ شناسی بانگرشی بر زمین شناسی. نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز.
- رفاهی، حسینقلی. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. صفحه.
- زارع، سهیلا. سلطانی گردفرامرزی، سمیه و تازه، مهدی. تعیین بهترین شاخص فرسایشی باران در استان فارس و پهنه بندی آن. فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال پانزدهم، شماره .
- شاهویی، صابر. فرسایش خاک و توان تولید. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت تجهیز و نیر صفحه.
- نیک کامی، داود و مهدیان، محمدحسین. تهیه نقشه شاخص مناسب فرسایشی باران کشور. نشریه علمی - پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز.

- Beasley, D.B., Huggins and Monke. 1982. Modeling sediment yields from Agricultural watersheds (Answers models); J. Soil and water conservation. No. 37. (March – April 1982): P. 113 – 117.

- Bergsma, E. 1996. Terminology for soil erosion and conservation ISRIC – ITC – ISSS. 313 pp.

- Beven, K. J. 1985. Distributed models Hydrological forecasting. John wiley and sons Ltd. P. 405 – 435.

- Foster, G. R. 1988. Modeling soil erosion and sediment yield, Soil erosion research methods. Soil and water conservation society, Ankey, Iowa, p. 97 – 117.

- Ghadiri, H. and Rose, C. W. 1992. Modeling chemical transportation in soils natural and applied contaminants; Griffith university of Australia ... P.
- Mannaerts, C.M.M. 1992. Assessment of the transferability of laboratory rainfall – runoff and rainfall – soil loss relationships to field and catchment scales. PhD Thesis Gent university Belgium ...pp.
- Morgan, K.M. and Randolph Nalepa. 1982. Application of Ap and computer analysis to the USLE for erosion studies. J. soil and water conservation p. 347 – 350.
- Nirgan, R.P.C. and Kirkby. M.J. 1989, Soil erosion. 258 pp.
- Paroda, R.S. 1998. Dehra Dun. India, Indian association of soil and water conservationists 8th International soil conservation conference. 1684 pp.
- Pimentel, D. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science Vol. 267, 24 Feb. 1995.
- Rahnama, F. 1994. Erosion Assessment using erosion models, RS and GIS, A case study in the Barut Aghaji catchment Zanjan province IRAN. MSc thesis ITC, pp.
- Roo, A.P. de. 1993. Modeling surface runoff and soil erosion in catchments using GIS. Validity and applicability of the ANSWERS model in two catchments in the loess area of south Limburg (The Netherlands) and one in Devon (U.K.). Utrecht university. ... pp.
- Wischmeier, W.H. 1976. Use and misuse of the USLE. J. Soil and water conservation. No: Jan – Feb 1976.