

## مقایسه میزان دقت برخی از روش‌های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در اراضی مرتعی

سید حمیدرضا صادقی<sup>۱</sup>، حمیدرضا پورقاسمی و مجید محمدی<sup>۲</sup>

### چکیده

آمار دقیق در مورد میزان رسوب حاصل از فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز برای طراحی سازه‌ها به منظور حفاظت آب و خاک ضروری است. از آنجایی که اندازه‌گیری رسوب در بسیاری از حوزه‌های آبخیز انجام نمی‌گیرد، لذا تهیه و یا شناسایی روش‌های دقیق و مبتنی بر داده‌های موجود همواره مورد نیاز مهندسين و مدیران می‌باشد. در این تحقیق، سعی گردیده تا کاربرد برخی از مدل‌های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب شامل USLE-M, MUSLE-E, MUSLT, AOF, MUSLE-S, USLE و AUSLE در کرت استاندارد در تیمار مرتع و در مقیاس رگبار مورد سنجش قرار گیرد. برای این منظور کلیه متغیرهای مورد نیاز و ورودی مدل‌های مذکور در سه کرت مستقر در ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی خسبیجان در شهرستان اراک محاسبه و به منظور اجرای مدل‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به دست آمده از کاربرد هر یک از مدل‌ها با خروجی‌های رسوب اندازه‌گیری شده ۱۲ رگبار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی ضمن تایید اختلاف معنی‌دار آماری بین مقادیر فرسایش مدل‌های مورد استفاده، تنها بر وجود ارتباط معنی‌دار بین برآوردهای مدل MUSLE-E و مقادیر مشاهده‌ای رسوب رگبارها با ضریب همبستگی ۰/۹۹۴ دلالت دارد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش، مدل‌های فرسایش خاک، تخمین رسوب، پلات‌های فرسایش، مرتع

۱- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس نور، E-mail: sadeghi@modares.ac.ir

۲ دانشجویان کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس نور

## مقدمه

فرساینده‌گی باران و رواناب می‌باشد. تغییر پذیری زیاد زمانی و مکانی عامل فرساینده‌گی و همچنین نقش آن به عنوان یکی از ورودی‌های مهم به سامانه‌های آبخیز برای انجام فرآیند فرسایش خاک از دلایل اصلی ضرورت توجه به این عامل در برآورد صحیح فرسایش خاک می‌باشد (۵، ۱۴ و ۲۰). به همین دلیل، در تحقیق حاضر تنها از روش‌هایی استفاده شده است که هر یک به شیوه‌ای خاص مبادرت به برآورد عامل فرساینده‌گی نموده و سپس در ترکیب با سایر متغیرها از مدل USLE برای تخمین فرسایش خاک استفاده می‌نماید. روابط متعددی برای تخمین مقدار عامل فرساینده‌گی باران تهیه و معرفی گردیده‌اند که نیاز به داده‌های ورودی متفاوت داشته و به همین دلیل دامنه استفاده و همچنین دقت آنها بسیار متغیر می‌باشد (۱۵ و ۱۹). ولی تاکنون مقایسه مدون و جامع بسیار محدودی از توانمندی آنها در تامین یکی از اطلاعات مهم ورودی (عامل فرساینده‌گی) به مدل‌های تخمین فرسایش خاک صورت پذیرفته و به همین دلیل در بعضی از موارد مدل‌های مذکور بدون توجه به شرایط خاص کاربرد آنها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲، ۴ و ۱۱). همچنین تخمین میزان تولید رسوب طی یک رگبار به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل تعداد کم و در عین حال شدت زیاد رگبارها و طبعاً توان بالای آنها در هدررفت خاک بسیار حائز اهمیت بوده و بعضاً استفاده از مدل نامناسب، تخمین بسیار بالا و یا بسیار پائین را به دنبال داشته است. از این رو در تحقیق

تحقیقات و بررسی‌های گسترده‌ای در زمینه علت و برآورد فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز از سال‌ها پیش آغاز و نهایتاً منجر به تهیه رابطه جهانی فرسایش خاک<sup>۱</sup> USLE (۲۴ و ۲۵) شده که به طور گسترده در سرتاسر جهان برای تخمین سالانه فرسایش خاک استفاده می‌شود (۱۰). نسخ متعددی برای رابطه جهانی فرسایش خاک ارائه شده و کاربرد آنها در نقاط مختلف جهان مورد ارزیابی قرار گرفته است (۱۹). ویلیامز و برنت<sup>۲</sup> (۱۹۷۲) در امریکا نشان دادند که این رابطه تنها قادر است ۴۷٪ از تغییرات در میزان تولید رسوب در رگبارها را ارزیابی نماید (۲۲). شاهویی (۱۳۷۱) نیز در حوزه آبخیز قشلاق از رابطه جهانی فرسایش خاک برای تخمین میزان رسوب در هر رگبار استفاده نمود و عدم توانایی آن مورد تأیید قرار گرفت (۳). همچنین عدم توانایی USLE در تخمین مقدار رسوب انتقالی طی رگبارها توسط کینل و ریس<sup>۳</sup> (۱۹۹۸) در حوزه آبخیز راکی کریک<sup>۴</sup> در استرالیا و صادقی و همکاران (۲۰۰۴) در حوزه آبخیز امامه در ایران تایید شده است (۱۳) و (۱۹). اگر چه روش‌های مختلفی برای تخمین فرسایش خاک و یا تولید رسوب ارائه شده است لکن عمده آنها بر مدل جهانی فرسایش خاک استوار بوده و تفاوت بسیاری از آنها در نحوه محاسبه و یا روش برآورد عامل

<sup>۱</sup> - Universal Soil Loss Equation

<sup>۲</sup> - Williams & Berndt

<sup>۳</sup> - Kinnell & Risse

<sup>۴</sup> - Rocky Creek

و جنگل‌ها و یا تلفیق این دو عامل با یکدیگر در استفاده از آن در حوزه‌های آبخیز جنگلی مد نظر قرار گرفته است که بعضاً نیازمند اطلاعات دقیق در رابطه با وضعیت تاج پوشش و درصد پوشش گیاهی سطح زمین می‌باشند (۱۸).

## ۲- مدل MUSLE-S<sup>۲</sup>

اساس مدل MUSLE-S نیز مدل USLE بوده که عامل فرساینده‌گی رواناب در این مدل به منظور برآورد رسوب ناشی از رگبارها بر اساس رابطه زیر محاسبه شده است (۲۳):

$$R=11.8(Q.qp)^{0.56} \quad (۴)$$

که در آن Q حجم رواناب ( $m^3$ ) و qp دبی اوج رواناب ( $m^3.s^{-1}$ ) است.

## ۳- مدل AOF<sup>۳</sup>

اساس مدل AOF نیز مدل USLE بوده که عامل فرساینده‌گی در این مدل بر اساس رابطه زیر محاسبه شده و بقیه متغیرها مشابه با رابطه جهانی فرسایش خاک می‌باشد (۱۶) و (۱۷).

$$R=0.646E+0.45(Q.qp)^{0.33} \quad (۵)$$

که در آن E، Q و qp مشابه با متغیرهای ارائه شده در روابط (۳) و (۴) می‌باشد.

## ۴- مدل MUSLT

اساس مدل USLE بوده که مقدار عامل فرساینده‌گی در این مدل برای برآورد رسوب

حاضر سعی بر آن است تا قابلیت برخی از روش‌های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب که عمدتاً از لحاظ روش و نحوه برآورد عامل فرساینده‌گی متفاوت هستند در کاربری مرتع به عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های موجود در کشور به شرح زیر مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند.

روش‌های برآورد فرسایش و رسوب مورد استفاده در تحقیق

### ۱- مدل USLE

مدل جهانی فرسایش خاک به صورت رابطه زیر و برای تخمین میزان متوسط فرسایش سالانه خاک ارائه شده و کاربرد آن در خصوص برآورد رسوب ناشی از رگبارها نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است (۴ و ۱۹).

$$A=R K L S C P \quad (۱)$$

که در آن R عامل فرساینده‌گی، K عامل فرسایش پذیری خاک، L عامل طول شیب، S عامل تندی شیب، C عامل مدیریت زراعی و P عامل مدیریت اراضی می‌باشد. عامل فرساینده‌گی (R) با استفاده از انرژی جنبشی ( $t.m.ha^{-1}$ ) و شدت بارندگی ( $cm.h^{-1}$ ) I و همچنین حداکثر شدت نیم‌ساعته بارش  $I_{30}$  ( $cm.h^{-1}$ ) به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$R=EI_{30}/100 \quad (۲)$$

$$E=210.3+89.7\log I \quad (۳)$$

در برخی از مراجع (۹) نیز جایگزینی فاکتورهای C و P با  $V_m$  در قالب فاکتور مدیریت پوشش گیاهی برای استفاده در مراتع

<sup>۲</sup> MUSLE for Sediment Yield

<sup>۳</sup> Onstad and Foster Model

<sup>۱</sup> Vegetation Mangement

رگبار بر اساس رابطه زیر و متغیرهای مشابه MUSLE-S محاسبه می‌شود (۱۶).

$$R=2.5(Q.qp)^{0.5} \quad (۶)$$

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در ایستگاه تحقیقات منابع- طبیعی خسیجان در ۶۰ کیلومتری شهرستان اراک در طول شرقی ۴۹ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۴ دقیقه و عرض شمالی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۰ دقیقه اجرا شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۵۰ متر، بارندگی سالانه ۳۲۱ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد، تبخیر و تعرق ۱۵۸۸ میلی‌متر و آب و هوای منطقه طبق روش آمبرژه خشک و سرد می‌باشد (۱). موقعیت عمومی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

به منظور سنجش میزان فرسایش و هدررفت خاک، زمینی با شیب ۹٪ در دامنه شمالی مراتع مورد بررسی انتخاب گردید. در این زمین سه کرت استاندارد با ابعاد ۲۲/۱ در ۱/۸ متر مشخص و اطراف کرت‌ها با ورق‌های گالوانیزه محصور شد (۸). ارتفاع ورقه‌ها ۳۰ سانتی‌متر بوده و ۱۵ سانتی‌متر آن در زمین فرو شد. در انتهای هر کرت لوله خروجی رواناب تعبیه که به ظروف مدرج جمع‌آوری-کننده رواناب و رسوب هدایت شد (شکل ۱).

### ۵- مدل MUSLE-E<sup>۱</sup>

اساس مدل USLE بوده که عامل فرساینده در این مدل به منظور برآورد فرسایش ناشی از رگبار بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۶).

$$R=1.586(Q.qp)^{0.56}DA^{0.12} \quad (۷)$$

که در آن Q و qp مشابه با مدل MUSLE-S و DA مساحت منطقه زهکشی (ha) است.

### ۶- مدل USLE-M<sup>۲</sup>

اساس این مدل نیز USLE بوده که مقدار فرساینده رواناب و بارش در این مدل بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود (۱۱ و ۱۳).

$$R=Q_R E I_{30} \quad (۸)$$

که در آن Q<sub>R</sub> ضریب رواناب در هر رگبار، E انرژی جنبشی رگبار (t.m.ha<sup>-1</sup>) و I<sub>30</sub> حداکثر شدت نیم ساعته بارش (cm.h<sup>-1</sup>) می‌باشند.

### ۷- مدل AUSLE<sup>۳</sup>

اساس مدل AUSLE نیز مدل USLE بوده اما اختلاف اساسی بین دو مدل در نحوه برآورد عامل توپوگرافی (LS) می‌باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید (۱۵).

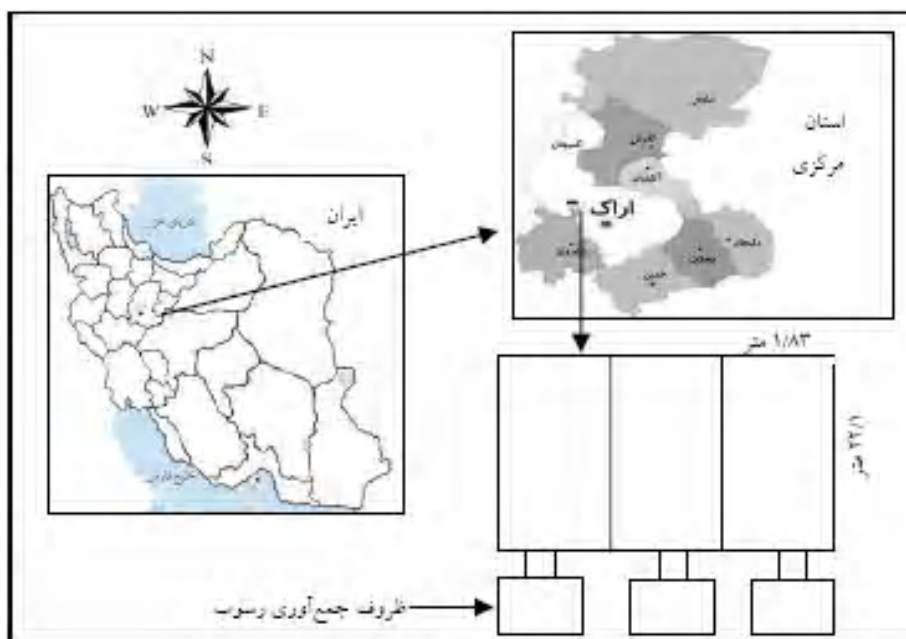
$$LS=(As/22.13)^{0.4}(\sin\alpha/0.0896)^{1.3} \quad (۹)$$

که در آن As مساحت کرت (m<sup>2</sup>) و α شیب بر حسب درجه است.

<sup>1</sup> MUSLE for Soil Erosion

<sup>2</sup> Modified Universal Soil Loss Equation

<sup>3</sup> Adapted Universal Soil Loss Equation



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و شمای کلی پلات‌های آزمایشی

رگبارها طی پاییز ۱۳۷۴ تا شهریور ۱۳۷۸ به کمک نزدیک‌ترین ایستگاه کلیماتولوژی منطقه صورت گرفت (۱).

برای بررسی کارایی روش‌های مورد استفاده، دوازده رگبار با اندازه‌گیری هم‌زمان بارش، رواناب و رسوب با مشخصات مندرج در جدول ۱ جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفتند (۱). اطلاعات مربوط به خصوصیات بارش با استفاده از ایستگاه باران‌سنج، E مقدار انرژی جنبشی رگبار نیز از طریق تجزیه و تحلیل کاغذهای باران‌نگار، مقدار ضریب رواناب هر رگبار با توجه به حجم رواناب حاصله و لحاظ مساحت کرت و تقسیم آن بر مقدار بارش و دبی اوج با استفاده از هیدروگراف مثلی بدون بعد تعیین گردید (۶).

در ادامه کلیه متغیرهای مورد نیاز مدل‌های مختلف برآورد فرسایش خاک و تولید

تیپ گیاهی غالب منطقه مورد بررسی و طبعا محل استقرار پلات‌ها - Astragalus- Hultemia بوده که در حدود ۵۰٪ از سطح ایستگاه و عمدتاً اراضی دشتی و دامنه‌ای را پوشانده است. اراضی این تیپ دارای شیب خیلی کم تا ملایم و پوشش موجود نمایانگر تخریب و تبدیل به زراعت دیم بوده که در حال حاضر رها شده می‌باشد. پوشش متوسط این تیپ حدود ۴۶٪ بوده و ترکیب گیاهان موجود به ترتیب گون، ورک، فرسیون، Platyloba و جارو با دامنه پراکنش ۱۴ تا ۳۱ درصد است (۷).

در مرحله بعد نمونه‌های رسوب جمع-آوری شده از کاغذ صافی عبور، در داخل آن با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک روز خشک و سپس وزن رسوب با ترازوی دقیق تعیین گردید. آماربرداری بارندگی کل

های مورد استفاده به جزء AUSLE برابر با واحد بوده حال آنکه مقدار مزبور برای AUSLE و به استناد رابطه (۹) برابر با ۱/۲۷۴ محاسبه شد. مقدار C نیز برای تیمار مرتع با توجه به درصد پوشش کلی سطح زمین، ارتفاع و متناسب با وضعیت پوشش گیاهی در زمان وقوع رگبار در منطقه حدواسط ۰/۰۱۹ تا ۰/۰۷۲ تعیین گردید (۱). مقدار P نیز با توجه به عدم اعمال اقدامات حفاظتی برابر واحد در نظر گرفته شد.

مقدار فرسایش‌پذیری خاک نیز با توجه به کوتاه بودن دوره مورد مطالعه ثابت فرض گردید (۱۲). سپس مقایسه نتایج به‌دست آمده از روش‌های مختلف تخمین با یکدیگر و مقادیر مشاهده‌ای ناشی از رگبارها با استفاده از ماتریس همبستگی و آزمون‌های آنالیز واریانس و دانکن انجام شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 11.5 و صفحه گسترده Excel انجام پذیرفت.

رسوب در کرت‌های مستقر در منطقه مرتعی مورد مطالعه محاسبه و در روابط مربوطه استفاده شد. مقادیر فرسایش برآوردی با توجه به مساحت کوچک کرت‌ها برابر با رسوب فرض شده و برای ارزیابی کارایی آنها با مقادیر رسوب مشاهده‌ای ناشی از هر یک از رگبار مقایسه شد (۱۹).

از طرفی نظر به ثبات سایر شرایط حاکم بر کرت‌های مورد مطالعه شامل عوامل فرسایش‌پذیری خاک (K)، توپوگرافی (LS)، مدیریت زراعی (C) و مدیریت اراضی (P) و همچنین ارتباط مستقیم عامل توپوگرافی مدل USLE با مدل AUSLE، مقایسه‌های اصلی در رابطه با عامل فرسایش‌پذیری مدل‌های مذکور نیز صورت پذیرفت. مقادیر متفاوت R با توجه به روش مورد استفاده در روابط (۲) تا (۹) محاسبه شد. مقدار K با توجه به نوع بافت خاک و مطالعات خاکشناسی انجام شده برابر با ۰/۰۳۹ در سیستم متریک لحاظ گردید. مقدار LS در کرت‌های استاندارد و برای کلیه روش

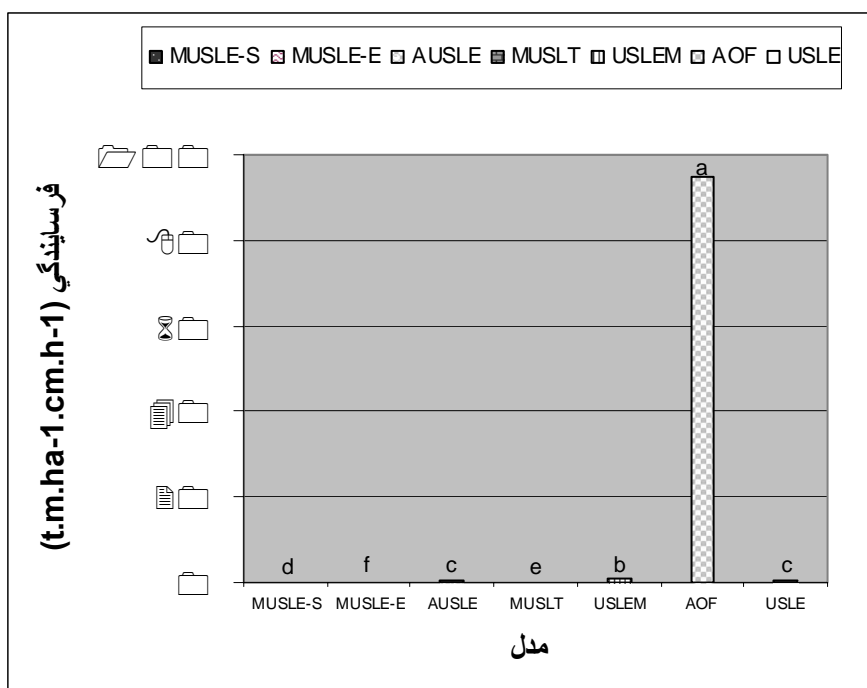
جدول ۱- مشخصات رگبارهای انتخابی در تحقیق (۱)

ردیف	تاریخ وقوع رگبار (روز)	مقدار بارش (mm)	مدت بارش (h)	شدت نیم‌ساعته (mm.h <sup>-1</sup> )	حجم رواناب (Liter)	دبی اوج (Liter.s <sup>-1</sup> )	رسوب مشاهده‌ای (Kg)
۱	۷۴/۱۲/۲۸	۱۱/۳	۲/۵	۴/۵	۸/۱۶۴۴	۰/۰۹۵	۱/۴
۲	۷۵/۱۱/۱۷	۱۴/۵	۱۰/۰	۳/۳	۷/۵۴۳۰	۰/۰۸۵	۰/۶
۳	۷۵/۱۱/۲۸	۱۰/۸	۱۰/۰	۱/۶	۲۲/۸۱۰۴	۰/۲۷	۴/۷
۴	۷۵/۲/۶	۱۱/۷	۳/۰	۶/۲	۹/۹۰۸۹	۰/۰۷۱	۴/۱
۵	۷۵/۲/۳۱	۵/۰	۶/۰	۱/۱	۱۱/۴۳۲۷	۰/۱۲۶	۱۸۳
۶	۷۵/۹/۴	۵/۰	۱/۰	۶/۰	۳/۲۶۳۲	۰/۳۸۴	۱/۴
۷	۷۵/۱۰/۳	۱۵/۰	۱۸/۰	۱/۹	۹/۸۹۳۳	۰/۱۱۸	۰/۹
۸	۷۶/۱۱/۱۶	۱۶/۰	۸/۰	۲/۸	۱۳/۷۷۰۹	۰/۱۶۸	۲/۰
۹	۷۶/۲/۸	۸/۲	۳/۰	۳/۲	۵/۴۰۴۹	۰/۰۶۷	۲/۰
۱۰	۷۶/۲/۱۵	۱۰/۸	۷/۲۰	۲/۳	۶/۶۸۶۲	۰/۰۷۸	۱/۴
۱۱	۷۶/۲/۲۷	۱۱/۴	۱۰/۱	۲/۳	۳/۲۰۱۲	۰/۰۴۱	۲/۰
۱۲	۷۷/۱/۱۶	۳۷/۷	۳۲/۵	۵۴	۱۷/۰۴۲۴	۰/۱۹۹	۲/۰

### نتایج

متغیر مذکور توسط مدل‌های مختلف از طریق تشکیل ماتریس همبستگی و آزمون آنالیز واریانس انجام و نتایج مربوطه در شکل ۲ نمایش داده شده است.

نظر به تفاوت عمده مدل‌های USLE، MUSLE-S، MUSLE-E، AOF، MUSLT و AUSLE در تخمین عامل فرساینده، مقایسه لازم بین برآوردهای



شکل ۲- مقایسه مقادیر فرساینده محاسبه‌ای از روش‌های مختلف در تیمار مرتع

همچنین مقادیر رسوب تخمینی هر یک از روش‌های مورد استفاده و نتایج بررسی ارتباط همبستگی عامل فرساینده (R) و مقدار رسوب برآوردی ناشی از رگبارها نیز محاسبه و به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.

همچنین با توجه به تفاوت معنی‌دار مقادیر فرساینده محاسبه شده توسط هر یک از روش‌ها، آزمون حداقل مربع اختلافات<sup>۱</sup> برای طبقه‌بندی دقیق آنها استفاده و نتایج به دست آمده در شکل ۲ نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Least Square Difference, LSD

جدول ۲- مقایسه مقادیر رسوب تخمینی مدل‌های مختلف فرسایش خاک با رسوب مشاهده‌ای

مشاهده‌ای	MUSLE-S	MUSLE-E	AUSLE	MUSLT	USLEM	AOF	USLE	تاریخ رگبار	ردیف
۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۳۲۶۳	۰/۰۰۰۰۰۰۶۳	۰/۰۰۵۰۱۱	۰/۳۶۶۲۰۸	۰/۰۰۲۵۶۲	۷۴/۱۲/۲۸	۱
۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۸۵	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۲۱۴۶	۰/۰۰۰۰۰۰۴۲	۰/۰۰۲۰۲۲	۰/۳۲۹۸۱۵	۰/۰۰۱۶۸۵	۷۵/۱/۱۷	۲
۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۳۹۳	۰/۰۰۰۰۰۰۸۷	۰/۰۰۱۴۸۸	۰/۱۲۴۷۲۲	۰/۰۰۰۰۳۰۹	۷۵/۱/۲۸	۳
۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۲۱	۰/۰۰۱۲۰۸	۰/۰۰۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۱۶۳	۰/۰۹۸۸۲۸	۰/۰۰۰۰۹۴۸	۷۵/۲/۶	۴
۰/۱۸۳	۰/۰۰۰۰۰۰۴۷	۰/۰۰۰۰۰۰۵۷	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۲۴۵	۰/۰۲۷۴۱۸	۰/۰۰۰۰۰۴۷	۷۵/۲/۳۱	۵
۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۱۹۹۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۲۰۷۸	۰/۱۶۸۵۹۲	۰/۰۰۱۵۶۶	۷۵/۹/۴	۶
۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۰۰۱۱	۰/۰۰۱۵۵۹	۰/۰۰۰۰۰۰۷۷	۰/۰۰۰۵۹۵	۰/۴۱۶۲۳۵	۰/۰۰۱۲۲۴	۷۵/۱۰/۳	۷
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۱۷۹۷	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۳۰۵۴	۰/۳۲۵۵۴۸	۰/۰۰۱۴۱۱	۷۶/۱/۱۶	۸
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۳۴۹	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۴۲۲	۰/۰۵۵۳۴۸	۰/۰۰۰۲۷۴	۷۶/۲/۸	۹
۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶۵۱	۰/۰۰۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۷۶۳	۰/۱۴۳۶۰۹	۰/۰۰۰۰۵۱۱	۷۶/۲/۱۵	۱۰
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۳۲۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۶۷	۰/۰۰۰۰۱۶۳	۰/۰۷۰۷۶۱	۰/۰۰۰۰۲۵۲	۷۶/۲/۲۷	۱۱
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۷۱۸۷	۰/۰۰۰۰۰۰۰۹۷	۰/۰۰۰۵۹۶	۰/۰۶۷۵۳۵	۰/۰۰۰۵۶۴۴	۷۷/۱/۱۶	۱۲

جدول ۳- ماتریس همبستگی بین مقادیر فرسایش‌دهی محاسبه‌ای در مدل‌های مختلف و مقدار رسوب مشاهده‌ای

مشاهده‌ای	USLE	AOF	USLE-M	MUSLT	AUSLE	MUSLE-E	MUSLE-S	مدل‌ها
۰/۰۴۶	۰/۲۰۰	-۰/۳۱۶	۰/۳۲۸	۰/۹۹۶**	۰/۲۰۰	۰/۱۴۹	۱	MUSLE-S
۰/۹۹۴**	-۰/۲۸۶	-۰/۴۶۸	-۰/۳۲۳	۰/۱۸۹	-۰/۲۸۶	۱	-	MUSLE-E
-۰/۳۱۳	۱/۰۰۰**	-۰/۱۵۹	۰/۷۹۰**	۰/۲۵۶	۱	-	-	AUSLE
۰/۰۹۶	۰/۲۵۶	-۰/۱۸۰	۰/۴۳۲	۱	-	-	-	MUSLT
-۰/۳۶۳	۰/۷۹۰**	۰/۱۱۵	۱	-	-	-	-	USLE-M
-۰/۴۴۱	-۰/۱۵۹	۱	-	-	-	-	-	AOF
-۰/۳۱۳	۱	-	-	-	-	-	-	USLE
۱	-	-	-	-	-	-	-	مشاهده‌ای

\*\* سطح معنی داری ۱٪ و \* سطح معنی داری ۵٪

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مقایسه برآوردهای متغیر فرسایش‌دهی باران در مدل‌های مورد بررسی در شکل ۲ و اختلاف مقادیر فرسایش‌دهی محاسبه شده توسط هر یک از روش‌ها با استفاده از آزمون حداقل مربع اختلافات نشان می‌دهد که مقادیر عامل فرسایش‌دهی به دست آمده از روش‌های مختلف، اختلاف معنی‌دار با یکدیگر داشته و مدل AOF بالاترین مقدار فرسایش‌دهی در بین مدل‌های مورد مقایسه را برآورد نموده است که با نتایج به دست آمده توسط صادقی

(۱۳۸۴) در حوزه آبخیز امامه مطابقت دارد (۴). مقادیر به دست آمده از روش‌های AUSLE و USLE نیز به دلیل تشابه روش محاسبه R و اختلاف آنها در توپوگرافی یکسان است. همچنین مقادیر رسوب تخمینی هر یک از روش‌های مورد استفاده نشان می‌دهد که اختلاف بین مقادیر تخمینی مدل‌های مختلف برآورد فرسایش یا تولید رسوب با مقادیر رسوب مشاهده‌ای معنی‌دار بوده و تنها مدل MUSLE-E قادر بوده است که تخمین‌های مناسبی از رسوب مشاهده‌ای با ضریب



مذکور برای منطقه مرتعی مورد نظر را دارد که با پیشنهاد صادقی (۱۳۸۴) در رابطه با واسنجی مدل مذکور برای دستیابی به تخمین‌های مناسب در برآورد رسوب رگبارها در حوزه آبخیز امامه هماهنگی دارد (۴).

تحقیق حاضر به منظور بررسی دقت برخی از روش‌های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در مرتع به عنوان یکی از مهم ترین اکوسیستم‌های موجود در کشور انجام شده است. از نتایج به دست آمده در خصوص مقایسه، کاربرد و توانایی روش‌های مختلف تخمین عامل فرساینده‌گی در مدل‌های فرسایش خاک و تولید رسوب شامل USLE, MUSLE-S, AOF, MUSLT, MUSLE-E می‌توان جمع‌بندی نمود که روش‌های یاد شده به رغم همبستگی بالا با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌داری با مقادیر مشاهده‌ای رسوب بوده و در این میان تنها مدل MUSLE-E همبستگی بالایی با رسوب مشاهده‌ای از خود نشان داده و طبعا قادر به برآورد مناسب از مقادیر رسوب تولیدی طی رگبارها در حوزه مرتعی مورد مطالعه خواهد بود. وجود اختلاف معنی دار بین نتایج به دست آمده از روش‌های گوناگون دلالت بر ضرورت انجام واسنجی‌های لازم در هنگام استفاده از روش‌های موجود و یا تهیه مدل‌های منطقه‌ای تخمین عامل فرساینده‌گی دارد. از این رو انجام تحقیقات گسترده‌تر با مقدار بیشتر رگبارها در تیپ‌های مختلف مرتعی و مجهز به وسایل دقیق اندازه‌گیری پیشنهاد و تاکید می‌شود.

همبستگی بالای ۰/۹۲۴ را ارائه نماید (جدول ۲). همچنین نتایج بررسی ارتباط همبستگی عامل فرساینده‌گی (R) و مقدار رسوب برآوردی ناشی از رگبارها تأیید می‌نماید که مدل‌های مورد استفاده از همبستگی بالایی با یکدیگر برخوردار بوده حال آن که همبستگی آنها با مقادیر مشاهده‌ای رسوب به جز مدل MUSLE-E (R=۰/۹۹۴) بسیار کم می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان به شباهت کلی روند محاسباتی و تاکید مدل‌های مختلف بر تخمین میزان فرساینده‌گی باران نسبت داد. اگر چه مقدار همبستگی بین مدل AUSLE و مقادیر مشاهده‌ای علیرغم تغییر در روش محاسبه عامل توپوگرافی همچنان پایین و در حدود ۳۱٪ می‌باشد که با نتیجه به دست آمده توسط ویلیامز و برنت (۱۹۷۷) مبنی بر توانایی بسیار کم رابطه جهانی فرسایش خاک در برآورد رسوب رگبارها همخوانی دارد. اما با نتایج به دست آمده توسط صادقی (۱۳۸۴)، ویلیامز و برنت (۱۹۷۷)، صادقی و همکاران (۲۰۰۳)، موهان سیاه و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) و کینل (۲۰۰۵) به ترتیب در رابطه با توانایی مدل AUSLE, MUSLE-S, AOF و USLE-M مطابقت ندارد که این موضوع شاید به دلیل استفاده از مدل‌های ذکر شده در کرت استاندارد باشد (۴، ۱۲، ۱۵، ۲۱ و ۲۳). گفتنی است که مقدار ضریب همبستگی مدل AOF با مقادیر مشاهده‌ای در حدود ۴۴٪ بوده که در رتبه دوم تطابق نسبت به روش MUSLE-E قرار گرفته و دلالت بر امکان واسنجی مدل

<sup>1</sup> - Mochansyah et al

## سیاسگزاری

مرکزی تهیه و در اختیار قرار گرفته است.  
بدینوسیله از زحمات و همکاری‌های ارزنده  
ایشان و مرکز مزبور قدردانی می‌گردد.

داده‌های استفاده شده در این مقاله توسط  
آقای مهندس حشمت‌الله آقارزی از مرکز  
تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان

## منابع

۱. آقارزی، حشمت‌الله، ۱۳۸۴. اندازه‌گیری فرسایش خاک و برآورد آن با USLE در دیم‌زارها، مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ۶-۹ شهریور ۱۳۸۴، ۴۷۳-۴۷۵.
۲. رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۹. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۵۵۱ ص.
۳. شاهویی، سیدصابر، ۱۳۷۱. رابطه میزان فرسایش با عوامل موثر در طول یک رگبارش، گزیده مقالات سومین کنگره علوم خاک ایران، ۱۵-۱۷ شهریور ۱۳۷۱، ۴۱-۵۶.
۴. صادقی، سیدحمیدرضا، ۱۳۸۴. مقایسه برخی از روش‌های برآورد فرسایش باران، مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱۹ (۱): ۴۵-۵۲.
۵. صادقی، سیدحمیدرضا و مرتضی بهزادفر، ۱۳۸۳. تغییرات مکانی فرسایش باران در استان مازندران، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، ۲ (۱): ۳۶-۴۹.
۶. علیزاده، امین، ۱۳۸۰. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا، ۵۷۰ ص.
۷. گندمکار، علی اکبر، ۱۳۷۵. گزارش طرح تحقیقاتی ایستگاه خسیجان، استان مرکزی، ۳۱-۳۶.
8. Bennett, H. H., 2001. Soil conservation, Agrobios, New Delhi, 993pp.
9. Brooks, K. N., P. F. Ffolliott, H. M. Gregersen & J. L. Thames, 1996. Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press, Amess, Iowa.
10. Kinnell, P. I. A., 2001. The USLE-M and modeling erosion within catchment, In: D. E. Slott, R. H. Mohtar & G. C. Steinardt(eds), selected paper from 10<sup>th</sup> International Soil Conservation Organization Meeting, May 24-29, 1999, Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.
11. Kinnell, P. I. A., 2004. Agriculture non point source pollution model using the USLE-M. AGNPS-UM User's Guide, University of Canberra, Australia. 8pp.
12. Kinnell, P. I. A., 2005. Why the universal soil loss equation and the revised version of it do not predict event erosion well, Hydrological Processes, 19: 851-854
13. Kinnell, P. I. A. & L. M. Risse, 1998. USLE-M: Empirical modeling rainfall erosion though runoff and sediment concentration, Soil Science Society American Journal, 62: 1667-1672.
14. Laflen, J. M., & W. C. Moldenhauer, 2003. The USLE story, Special Publication No WASWC, 54pp.
15. Moehansyah, H., B. L. Maheshwari & J. Armstrong, 2004. field evaluation of selected soil erosion models for catchment management in Indonesia, Biosystems Engineering, 88(4): 491-506

16. Nikas, A. D., R. D. Williams, J. R. Williams & G. A. Gander, 1994. Estimation soil erosion with models having different technologies. In: Proc. 25<sup>th</sup> Annual Conf. Intl. Soil Erosion Control Assoc., Reno, NV, February 15-18, 1994, 51-61.
17. Onstad, C. A. & G. R. Foster, 1975. Erosion modeling on a watershed. Transaction of the ASAE, 18(2): 288-292.
18. Ozhan, S., N. Balç, N. Ozyuvaci, A. Hizal, F. Gokbulak & Y. Serengil, 2005. Cover and management factors for the Universal Soil-Loss Equation for forest ecosystems in the Marmara region, Turkey, Forest Ecology and Management 214: 118–123.
19. Sadeghi, S. H. R., J. K. Singh & G. Das, 2004. Efficacy of annual soil erosion models for storm-wise sediment prediction, Iran. International Agriculture Engineering Journal, 13(1&2): 1-14.
20. Sadeghi, S. H. R. & M. Behzadfar, 2004. Temporal Variation of Rainfall Erosivity Factor in Mazandaran Province. Iran, In: The Fourth International Iran and Russia Conference on Agriculture and Natural Resource, Shahre Kord, Iran, Sep. 8-10, 2004: 1280-1285.
21. Sadeghi, S. H. R., J. K. Singh & G. Das, 2003. Storm-wise sediment yield prediction using applicable models in Iran. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources of Kazar, 1(3): 83-94.
22. Williams, J. R. & H. D. Berndt, 1972. Sediment yield computed with universal equation. Journal of Hydraulic Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineers, 98(HY12): 2087-2098.
23. Williams, J. R. & H. D. Berndt, 1977. Sediment yield prediction based on watershed hydrology. Transaction of the ASAE, 20(6): 1100-1104.
24. Wischmeier, W. H. & D. D. Smith, 1965. Predicting rainfall- erosion losses from cropland, East of the Rocky Mountains, Agriculture Handbook 282, USDA-ARS.
25. Wischmeier, W. H. & D. D. Smith, 1978. Predicting rainfall erosion losses guide to conservation planning. USDA, Agricultural Handbook No. 537, Washington. USA.

## Comparison of Accuracy of Some Soil Erosion and Sediment Yield Models in Rangeland

S.H.R. Sadeghi<sup>1</sup>, H.R. Pourghasemi<sup>2</sup> & M. Mohammdi<sup>2</sup>

### Abstract

The accurate data is essential for proper designing of soil and water conservation structures. The development and/or recognition of accurate techniques based on available data is also necessary for engineers and managers, since the sediment measurement is not taken place in many watersheds. In the present study, an attempt has been made to assess the applicability of some erosion and sediment yield models viz. USLE, MUSLE-S, AOF, MUSLT, MUSLE-E, USLE-M and AUSLE in estimation of storm-wise sediment yield from standard plots in rangeland. For this propose, the entire input data were collected from three plots installed in Khosbijan Natural Resources Research Station in Arak township. The models' estimates were then compared with observed sediment data for 12 storm events. The results of the evaluation verified the significant difference among models in estimation of erosivity index. Besides that, the significant correlation was recognized only between MUSLE-E and observed sediment data with correlation coefficient of 99.4%.

**Keywords:** Erosivity, Soil Erosion Models, Sediment Estimation, Erosion Plots, Rangeland

---

<sup>1</sup> - Associate Professor, Tarbiat Modares Univ., E-mail: sadeghi@modares.ac.ir

<sup>2</sup> - M.Sc. Students, Tarbiat Modares University