

مقایسه و ارزیابی دو مدل MUSLE و MPSIAC در برآورد رسوبدهی حوزه آبخیز درکه در شمال تهران

احمد سرخوش^۱، حسینقلی رفاهی^۲، محمود عرب خدیری^۳ و مجتبی پاک پرور^۴
۱، کارشناس ارشد سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان بوشهر ۲، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
۳، مربی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری تهران ۴، مربی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان فارس، شیراز
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۱/۲۷

خلاصه

به منظور مقایسه و ارزیابی دو مدل MPSIAC^۱ و MUSLE^۲ در برآورد رسوبدهی، پژوهشی درحوزه آبخیز درکه انجام گرفت. ابتدا آمار بارش، رواناب و رسوب جمع آوری شد و نقشه های مورد نیاز با استفاده از نقشه های توپوگرافی و عکس ماهواره ای کاسموس بصورت رنگی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. برای اندازه گیری مساحت، طول و تلفیق نقشه ها نیز از امکانات نرم افزار GIS^۳، ILWIS^۴ استفاده بعمل آمد. در این تحقیق با استفاده از مدل رسوبدهی به صورت رویدادی محاسبه شد و مشخص گردید ضریب ۱۱/۸ و توان ۰/۵۶ این مدل قابل استفاده درحوزه درکه نمی باشد. بر اساس رسوبدهی مشاهده ای و ثبت شده و به روش رگرسیون، ضریب و توان مزبور به ۰/۲۳۴ و ۰/۵۳ اصلاح گردید ($r^2 = ۰/۹۶$). سپس رسوبدهی سالانه با استفاده از مدل برآورد شد که اختلافی برابر ۱۷/۶ درصد را با رسوبدهی سالانه مشاهده ای نشان داد. ضمناً با استفاده از مدل MPSIAC^۵ با اصلاح عامل استفاده از اراضی اقدام به برآورد سالانه رسوب شد و مشخص گردید که مقدار برآوردی رسوبدهی، ۱۵۷ درصد بیش از مقدار مشاهده ای رسوبدهی سالانه می باشد. مقایسه دو مدل از نظر صحت برآورد رسوبدهی سالانه نشان داد که استفاده از مدل MUSLE با ارائه مقادیر مطمئن تری نسبت به مدل MPSIAC برتر بنظر می رسد.

واژه های کلیدی: MUSLE، MPSIAC، رسوبدهی، رواناب، حوزه درکه، استان تهران.

مقدمه

این تحقیق بر روی حوزه درکه بعنوان یکی از حوزه های شمال شهر تهران که دارای اهمیت زیادی از لحاظ موقعیت و وضعیت مکانی است انجام گرفت. بدین منظور در برآورد رسوبدهی این حوزه از دو مدل MUSLE و MPSIAC استفاده گردید. مدل MUSLE شکل تغییر یافته معادله جهانی فرسایش خاک USLE می باشد. مدل MPSIAC بعنوان شکل اصلاح شده مدل PSIAC اولیه می باشد که از سالهای پیش در

ایران به منظور تخمین رسوبدهی حوزه های مختلف مورد استفاده قرار گرفته و نتایج بدست آمده بیانگر قرابت و کارایی نسبی این مدل با شرایط کشور است.
مدل MUSLE در تقسیم بندی کلی، جزء مدل های مفهومی^۴ از نوع Event Continuous Base و مدل MPSIAC نیز جزء مدل های تجربی جعبه خاکستری (Grey Box) از نوع یکپارچه (Lumped) می باشد. در مدل MUSLE عامل فرسایش^۵ رواناب با در نظر داشتن دبی حداکثر هر واقعه و حجم رواناب

1. Modified pacific Southwest Inter Agency Committee
2. Modified Universal Soil Loss Equation
3. Geographic Information System
4. Conceptual models
5. Erosivity

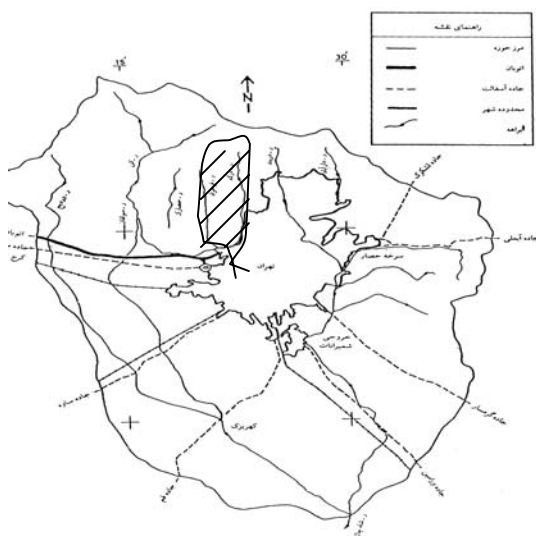
تخمین زده شده و سپس بصورت وزنی با توجه به سطحی که هر یک از آنها بخود اختصاص می‌دهند از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i DA_i}{\sum_{i=1}^n DA_i} \quad (2)$$

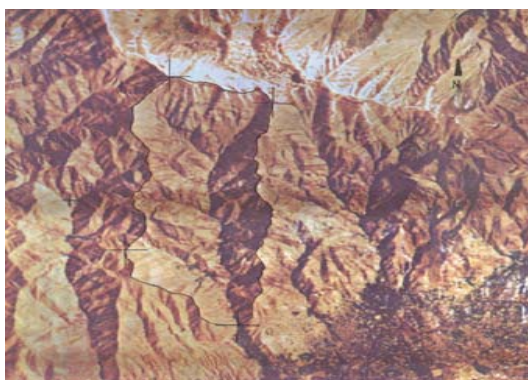
X: مقدار وزنی عامل مورد نظر P و C، LS، K

X_i: مقدار عامل مورد نظر در قطعه i

DA_i: سطح قطعه i



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز شهر تهران



شکل ۲- موقعیت حوزه آبخیز در که در شمال شهر تهران در عکس رنگی ماهواره‌ای کاسموس سال ۱۹۹۰

میزان رسوب (A) و عامل رواناب (E)

مهمترین تغییراتی که در رابطه جدید بایستی مورد بررسی قرار گیرند، A بعنوان میزان رسوبدهی و E بعنوان عامل رواناب هستند. می‌توان با استفاده از شدتهای رواناب، شدت وزنی

متناظر آن به جای عامل فرسایندهگی باران همراه با در نظر داشتن عوامل مؤثر در محاسبه سایر پارامترهای مدل، قابلیت تعیین رسوبدهی حوزه راپیدا نموده است. در مدل MPSIAC تعیین عوامل مؤثر با استفاده از روابط ارائه شده جنبه کمی تری نسبت به مدل اولیه پیدا کرده است. در این تحقیق با استفاده از مدل MUSLE رسوبدهی هر رویداد تعیین شد و سپس با ایجاد همبستگی بین مقادیر مشاهده‌ای، ضرایب مدل برای حوزه مورد مطالعه اصلاح گردید. در انتها مقادیر متوسط رسوب سالیانه توسط دو مدل محاسبه و با مقدار مشاهده‌ای آن در حوزه مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

چون هدف از تحقیق مقایسه دو مدل MUSLE و MPSIAC از لحاظ رسوبدهی و در واقع بررسی حساسیت عوامل مختلف این دو مدل و تأثیر نسبی آنها بر برآورد رسوب می‌باشد، سعی گردید حتی‌الامکان شرایط یکنواختی از لحاظ هواشناسی، آب‌شناسی، زمین‌شناسی، خاکشناسی، پوشش و پستی و بلندی در انتخاب محل انجام تحقیق در نظر گرفته شود، که تمامی این شرایط در حوزه نسبتاً کوچک در که کم و بیش موجود بوده و ضمناً آمار آبدهی و رسوبدهی این حوزه نیز بهتر از حوزه‌های مجاور است و بدین جهت نسبت به آنها ارجحیت دارد. حوزه آبخیز در که بعنوان یکی از حوزه‌های البرز جنوبی، در شمال شهر تهران قرار گرفته است. این حوزه با وسعتی معادل ۲۴/۶ کیلومتر مربع بعنوان جزئی از حوزه آبخیز شهر تهران با وسعت ۲۰۶۵ کیلومتر مربع محسوب می‌شود و همراه با حوزه‌های وردیج، سولقان، حصارک، فرحزاد، دربند و دارآباد قسمت کوهستانی و شمالی این حوزه را تشکیل می‌دهند که موقعیت آن در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود.

معادله تغییر یافته جهانی تلفات خاک MUSLE

شکل کلی معادله تغییر یافته جهانی تلفات خاک عبارتست از:

$$A = EKLSCP \quad (1)$$

A: میزان رسوبدهی به ازای یک رویداد فرسایشی

E: عامل رواناب

K، LS، C و P همان عوامل تعریف شده در معادله جهانی

تلفات خاک است که برای استفاده در حوزه از روشهای ویژه

تولید رسوب در نسبتی از آبدی سالانه که با توجه به مقدار آب محتمل به صورت وزنی محاسبه شده، ضرب می‌گردد. دوره‌های برگشت برای آبدی حوزه معادل دوره‌های برگشت رسوبدهی در نظر گرفته می‌شود (۱۱).

(۶)

$$A_S = \frac{Q_A(0.01A_{S100} + 0.01A_{S50} + 0.02A_{S25} + 0.06A_{S10} + 0.4A_{S2})}{(0.01Q_{V100} + 0.01Q_{V50} + 0.02Q_{V25} + 0.06Q_{V10} + 0.4Q_{V2})}$$

A_S رسوبدهی سالیانه، Q_A متوسط آبدی سالیانه، اندیس‌های A_S و Q_V میزان رسوبدهی و آبدی با توجه به دوره‌های برگشت مورد نظر و ضرائب مربوط نیز نشان دهنده وزن و اهمیت نسبی هر کدام از دوره‌های برگشت برای رسوبدهی و آبدی است.

تعیین عامل فرسایش‌پذیری خاک (K)

به منظور تعیین عامل فرسایش‌پذیری خاک، در نمونه‌های لایه سطحی تهیه شده از منطقه، خصوصیات خاک نظیر بافت شامل درصد رس، سیلت، شن و شن خیلی ریز، درصد ذرات بیش از ۲ میلی‌متر و ماده آلی بوسیله روشهای معمول در آزمایشگاه، نفوذپذیری بشکل غیر مستقیم و ساختمان خاک در هنگام نمونه‌برداری در منطقه تعیین گردیدند. لازم به ذکر است که نمونه‌های خاک از واحدهای مختلف اراضی که قبلاً با استفاده از نقشه سنگ‌شناسی منطقه و بازدیدهای صحرائی بر روی حوزه جدا گردیده‌اند تهیه شده است. نفوذپذیری بشکل غیر مستقیم با استفاده از جدول مربوطه برای ذرات کمتر از ۲ میلی‌متر تعیین و سپس با توجه به رابطه براکن سیک^۱ برای توده خاک همراه با ذرات بیشتر از ۲ میلی‌متر تصحیح شد (۱۳).

به منظور تسریع در محاسبات از زیربرنامه تعیین عامل فرسایش‌پذیری خاک مدل کامپیوتری RUSLE^۲ که کار مشترکی است از SCS^۳ و ARS^۴ استفاده گردید. در این مدل در قسمت تصحیح نفوذپذیری علاوه بر درصد وزنی ذرات بیش از ۳ اینچ، به درصد وزنی ذرات کوچکتر از ۲ میلی‌متر نیز نیاز می‌باشد (۱۰).

رواناب را برای هر رگبار محاسبه نمود و بجای شدت حداکثر رواناب در رابطه قرار داد. معادله وزنی شدت رواناب عبارتست از (۱۳):

$$q_w = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i q_i}{Q} \quad (۳)$$

q_w : شدت وزنی رواناب

Q_i : حجم رواناب

q_i : شدت رواناب

Q : حجم کل رواناب

ویلیامز و برنت (۱۹۷۵) با مطالعه و بررسی داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده از هیجده حوزه مختلف در تگزاس و نبراسکا در ایالات متحده آمریکا بهترین معادله که بالاترین همبستگی را داشت ارائه دادند (۱۳).

$$A = 95(Qq_p)^{0.56} KLSCP \quad (۴)$$

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

Q : حجم رواناب رویداد بر حسب ایکر-فوت

q_p : شدت حداکثر رواناب رویداد بر حسب فوت مکعب بر

ثانیه

K, LS, C و P که در معادله جهانی تعریف شده است.

در سیستم متریک، شکل معادله بصورت زیر می‌باشد:

$$A = 11.8(Qq_p)^{0.56} KLSCP \quad (۵)$$

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

Q : حجم رواناب رویداد بر حسب متر مکعب

q_p : شدت ماکزیمم رواناب بر حسب متر مکعب بر ثانیه

K, LS, C و P که در معادله جهانی تعریف شده است

معادله‌های فوق ۹۲ درصد از تغییرات مقدار رسوبدهی را بیان می‌کند. استفاده از این معادلات در شرایط غیر از مناطق مشابه صحیح نبوده و بایستی ضرائب ثابت معادلات با استفاده از داده‌های موجود تعیین شوند، (۱۲).

برای محاسبه رسوب سالانه نیز می‌توان از مدل MUSLE

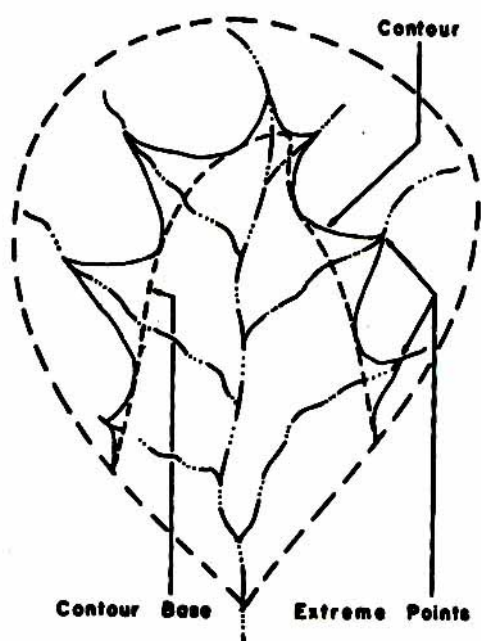
بهره جست. بدین منظور میزان رسوب در رویدادهای مختلف را با تحلیل فراوانی برای دوره‌های برگشت ۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه و مقادیر رسوب بر حسب احتمالات مورد نظر محاسبه شده و در نتیجه ارزش متوسط هر رگبار از لحاظ تولید رسوب به صورت وزنی ارائه می‌شود. مقدار وزنی رگبار از لحاظ

1.Brakensick

2.Revised Universal Soil Loss Equation

3.Soil Conservation Service

4.Agriculture Research Service



شکل ۳- نمایشی از نقاط انتهایی، خط تراز و خط مماس با آن در یک حوزه

ضریب پستی و بلندی (LS) از رابطه مک کول^۳ محاسبه می گردد.

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^m 11.6 \sin(\theta) \quad (9)$$

λ : طول متوسط افقی شیب بر حسب متر

θ : تندی متوسط شیب بر حسب درجه

m : ضریبی است که بسته به شیب تعریف می شود، برای شیبهای ۵ درصد یا بیشتر، ۰/۵، برای شیبهای ۳/۵ تا ۴/۵ درصد، ۰/۴، برای شیبهای ۱ تا ۳ درصد، ۰/۳، و برای شیبهای کمتر از ۱ درصد، ۰/۲ است.

به منظور تعیین خصوصیات شیب نظیر طول شیب و متوسط عامل های طول، شیب و پستی و بلندی با روابط ارائه شده، ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی و نقشه شبکه آبراهه منطقه، حوزه های درجه ۱ و ۲ و مناطقی که در هنگام ترسیم حوزه ها در بین آنها و خطوط آبراهه محصور می گردد و به آنها، نواحی بین حوزه اطلاق می شود، بر روی نقشه پیاده گردید (شکل ۴). سپس طول خطوط تراز معادل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ارتفاع کل، خطوط مماس متناظر با آنها و تعداد نقاط انتهایی بر

بر اساس پیشنهاد مورگان، مقدار متوسط ۰/۰۲ برای اراضی صخره ای و سنگلاخی جهت عامل فرسایش پذیری در نظر گرفته شد. مقدار متوسط وزنی عامل فرسایش پذیری خاک (K) با توجه به سطح هر یک از اجزاء اراضی معادل ۰/۱۲۰۳ محاسبه گردید.

عامل پستی و بلندی (LS)

این عامل نتیجه حاصل ضرب مقادیر دو عامل طول و تندی (درجه) شیب است. برای محاسبه عامل تندی (درجه) شیب از روش طول خط تراز^۱ استفاده می شود. این روش اولین بار بوسیله هورتون^۲ مورد استفاده قرار گرفت و بطور تفصیل بوسیله ویسلر و براتر بیان شد و سپس جهت تعیین شیب متوسط به منظور محاسبه عامل تندی (درجه) شیب بوسیله ویلیامز و برنت مورد استفاده قرار گرفت که با در نظر داشتن تنها طول خطوط تراز معادل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، ناهمواری کل (Z) و با فرض طول صفر برای کمترین و بیشترین ارتفاع خطوط تراز خواهیم داشت (۱۵).

$$S = 0.25Z(LC_{25} + LC_{50} + LC_{75})/DA \quad (7)$$

S: شیب متوسط حوزه

Z: ناهمواری کل معادل اختلاف ارتفاع بین خروجی حوزه و بلندترین نقطه حوزه

LC: طول خطوط تراز معادل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ناهمواری کل (Z)

در محاسبه طول متوسط از روش نقاط انتهایی خط تراز استفاده می شود. در این روش با استفاده از طول خطوط تراز و تعداد نقاط انتهایی بر روی آنها طول متوسط محاسبه می گردد. شکل ۳ موقعیت پارامترهای مورد نظر را جهت محاسبه طول متوسط در یک حوزه به صورت شماتیک نشان می دهد، (۱۵).

$$\lambda = \frac{LC \times LB}{2EP\sqrt{LC^2 - LB^2}} \quad (8)$$

λ : طول متوسط

LC: طول خط تراز

LB: طول خط مماس با خط تراز

EP: تعداد نقاط انتهایی

1. Contour- length method

2. Horton

اساس روش ویلیامز و برنت به منظور اندازه‌گیری شیب متوسط و روش نقاط انتهایی و خط تراز جهت اندازه‌گیری طول متوسط شیب در کلیه زیرحوزه‌ها جدا، ترسیم و شمارش شد. در نواحی بین حوزه‌ای با روشی متفاوت با روشهای ذکر شده اقدام به اندازه‌گیری شیب و طول متوسط گردید (شکل ۵).

شیب متوسط بر اساس شبکه‌بندی و تعیین تغییرات شیب در دو جهت محور مختصات X و Y در هر جزء از شبکه و در نهایت با در نظر گرفتن متوسط وزنی این تغییرات، محاسبه گردید. به این ترتیب شیب متوسط برای تمامی نواحی بین حوزه‌ای با تلفیقی از نقشه شیب حوزه و نقشه نواحی بین حوزه‌ای تعیین گردید. اندازه‌گیری طول خطوط عمود بر خطوط تراز و در نظر داشتن متوسط مجموع طول آنها انجام گرفت. به منظور تسهیل در اندازه‌گیری سعی شد، نواحی به قطعاتی تقسیم شوند که خطوط مذکور حتی المقدور بصورت خطوط مستقیم ترسیم شوند. در جدول ۱ مقادیر طول و شیب متوسط و عامل طول، شیب و پستی و بلندی برای زیرحوزه‌های درجه یک، دو و نواحی بین حوزه همراه با مقادیر درصد سطحی و تعداد هر یک و در نهایت بصورت وزنی برای کل حوزه ارائه شده است. با توجه به نقشه شیب منطقه، شیب متوسط حوزه معادل ۵۸/۳۲ درصد محاسبه شد.

عامل پوشش و مدیریت (C)

عامل پوشش و مدیریت (C) که در مدل MUSLE کاربرد داشته با استفاده از روابط ارائه شده بوسیله لافلن (۱۹۸۴) و لافلن و همکاران (۱۹۸۵) و به کمک اطلاعات جمع‌آوری شده از کلاسهای مختلف استفاده از اراضی تعیین گردید (۷). جدول ۲ توزیع مقادیر عامل پوشش و مدیریت (C) را برای کلاسهای مختلف استفاده از اراضی ارائه می‌دهد.

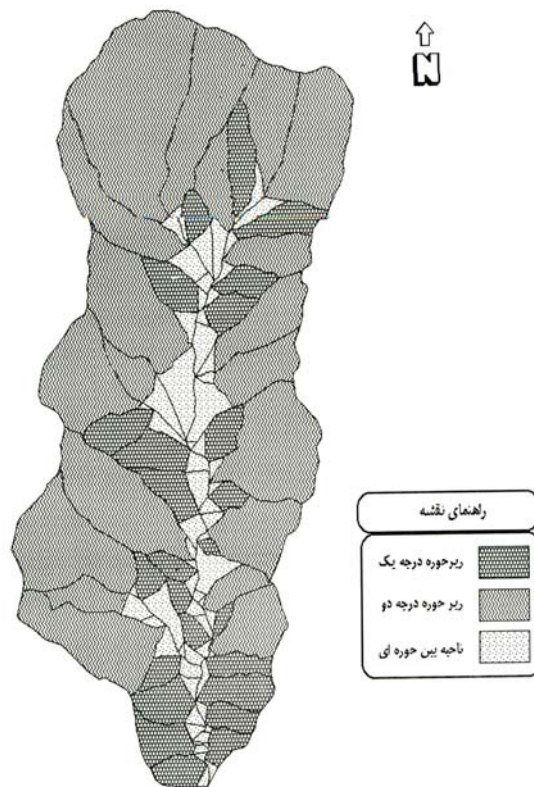
عامل عملیات مهار فرسایش و حفاظت خاک (P)

در شرایط مرتعی معادل واحد در نظر گرفته می‌شود و برای نواحی از حوزه که تحت کشت و کار می‌باشد بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد (۱۴).

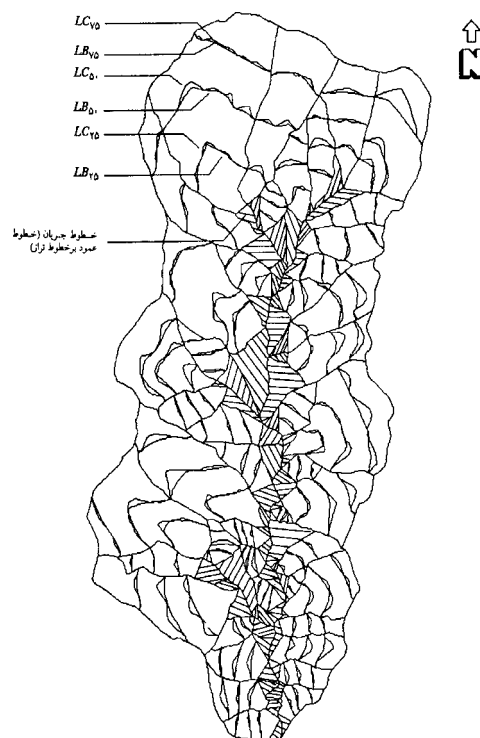
$$P = (1.0 \times SR) + (0.3 \times SRWW) + (P_i \times T) \quad (10)$$

SR: درصدی از حوزه که بصورت ردیفهای سیستم کشت

شده



شکل ۴- زیرحوزه‌های درجه ۱ و ۲ و نواحی بین حوزه‌ای جدا شده در حوزه آبخیز درکه؛ مقیاس = ۱:۷۵/۰۰۰



شکل ۵- خطوط جریان، نقاط انتهایی، خطوط تراز و خطوط مماس با آن در واحدهای مربوطه در حوزه آبخیز درکه؛ مقیاس = ۱:۷۵/۰۰۰

جدول ۱- مقادیر طول و شیب متوسط و عوامل طول، شیب و پستی و بلندی به تفکیک واحدهای کاری

نام واحد	تعداد	درصد سطحی	طول متوسط (متر)	شیب متوسط (درصد)	عامل طول (L)	عامل شیب (S)	عامل پستی و بلندی (LS)
زیرحوزه درجه یک	۲۵	۱۹/۷۹	۷۸۴/۵۸	۵۴/۴۳	۵/۹۵	۵/۳۴	۳۱/۷۶
زیرحوزه درجه دو	۲۰	۶۸/۳۷	۵۷۲/۸۰	۵۲/۲۲	۵/۰۹	۵/۱۷	۲۶/۵۲
ناحیه بین حوزه ای	۶۵	۱۱/۸۴	۲۰۷/۳۶	۵۱/۸۲	۳/۰۶	۵/۱۳	۱۵/۷۰
متوسط وزنی							۲۵/۰۴

جدول ۲- مقادیر عامل پوشش و مدیریت به تفکیک کلاسهای

استفاده از اراضی

کلاس	شرح	درصد سطحی	پوشش و مدیریت (C)
۲	اراضی مرتعی با پوشش گیاهی خوب	۱/۱۹۳	۰/۱۲۰
۳	اراضی مرتعی با پوشش گیاهی متوسط	۲/۹۵۰	۰/۱۷۰
۴	اراضی مرتعی با پوشش گیاهی ضعیف	۴۲/۵۳۰	۰/۰۶۰
۵	اراضی مرتعی با پوشش گیاهی بسیار ضعیف	۵۲/۳۸۰	۰/۰۴۰
۶	اراضی تراسبندی شده تحت زراعت و باغ	۰/۳۴۷	۰/۴۳۰
۸	اراضی باغی حاشیه رودخانه	۰/۵۹۱	۰/۳۲۰
	متوسط وزنی		۰/۰۵۶

مدل MPSIAC

این مدل در سال ۱۹۶۸ میلادی توسط کمیته مدیریت آب در آمریکا برای محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب مناطق خشک و نیمه خشک غرب ایالات متحده آمریکا ارائه شده و برای اولین بار در حوزه آبخیز تحقیقاتی والانات گولچ واقع در جنوب شرق ایالت آریزونا آمریکا آزمایش شد (۲). سپس آزمایشات در ۱۷ حوزه آبخیز با مساحت‌های بین ۱۷۴ الی ۳۸۷۲۰ هکتار در مناطق خشک و نیمه خشک غرب آمریکا انجام گرفت.

مدل پیشنهادی اولیه هر عامل حدود تغییراتی را مشخص کرده است که تا حدودی انتخابی بوده و متناسب با عامل رسوبدهی نیاز به قضاوت کارشناسی دارد. در سال ۱۹۸۲ طی تحقیقی، جانسون و گبهارت عوامل نه‌گانه این روش را به صورت معادلات عددی در آوردند که در مطالعه حوزه‌های آبخیز از این معادلات استفاده شد و بدینوسیله مدل مورد بازنگری و اصلاح قرار گرفت (جدول ۳).

وضعیت فعلی فرسایش بوسیله امتیاز عامل سطحی خاک (SSF) که بوسیله اداره مدیریت اراضی آمریکا BLM پیشنهاد گردیده است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۲). جهت محاسبه امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب از امتیاز عامل فرسایش خندقی در روش پیشنهادی بوسیله اداره مدیریت اراضی آمریکا BLM استفاده می‌شود. در امتیاز دادن به این عامل بایستی توجه داشت که بعضی اوقات تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی کم بوده، ولی با این وجود، مشاهدات نشان می‌دهند که میزان فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب قابل توجه است. در این حالت عوامل دیگر نظیر آبراهه‌ها در انتقال مواد، فعال بوده که اثر آن را در عامل شکل جریان بایستی

SRWW: درصدی از حوزه که به صورت ردیفهای سیستم

کشت شده همراه با آبراهه علفی کشت شده

T: درصدی از حوزه که به صورت ردیفهای سیستم

تراسبندی کشت شده

۱/۰، ۰/۳ و P_t درجه تأثیر عملیات مختلف بر کاهش

فرسایش است.

ویلیامز و برنت توصیه می‌کنند که حاصلضرب عوامل

مدیریت پوشش و عملیات مهار فرسایش بصورت وزنی بر اساس

هر ناحیه بصورت ماهانه محاسبه شود (۱۶).

$$CP_j = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ij} \times P_i \times DAI}{DA} \quad (11)$$

C_{ij} : مقدار C برای ماه j و ناحیه i

P_i : مقدار P برای ناحیه i

n: تعداد ناحیه مختلف در حوزه که بسته به نوع، مدیریت و

عملیات حفاظتی دارد.

بر این اساس مقدار عامل عملیات مهار فرسایش و حفاظت

خاک برای حوزه مورد مطالعه معادل ۱ در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳- بیان عوامل نه‌گانه و روابطی که در مدل MPSIAC مورد استفاده قرار می‌گیرد (۶)

عوامل مدل	معادله برای محاسبه هر عامل	شرح متغیرهای معادله
زمین‌شناسی سطحی	$Y_1 = X_1$	X_1 = شاخص فرسایش زمین‌شناسی است و بر اساس نوع، سختی، شکستگی و هوادیدگی سنگ و با استفاده از گزارشات زمین‌شناسی تعیین می‌شود، (سنگهای توده و سخت با شاخص یک و شیل‌های دریایی و سنگهای مارنی و سیلتی با شاخص ده مشخص می‌شوند).
خاک	$Y_2 = 16.67 X_2$	X_2 = عامل فرسایش پذیری خاک در معادله جهانی که با استفاده از روش ویشمایر و اسمیت (۱۹۷۸) محاسبه می‌شود.
آب و هوا	$Y_3 = 0.2 X_3$	X_3 = مقدار باران شش ساعته با دوره برگشت دو سال بر حسب میلیمتر که از آمارهای هواشناسی قابل استخراج است.
رواناب	$Y_4 = 0.2 X_4$	X_4 = مجموع ۰/۰۳ برابر ارتفاع رواناب سالانه بر حسب میلیمتر با ۵۰ برابر شدت جریان حداکثر سالانه بر حسب متر مکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع
پستی و بلندی	$Y_5 = 0.33 X_5$	X_5 = شیب بر حسب درصد
پوشش زمین	$Y_6 = 0.2 X_6$	X_6 = درصد خاک لخت زمین
استفاده از زمین	$Y_7 = 20.0.2 X_7$	X_7 = درصد تاج پوشش زمین
وضعیت فعلی فرسایش	$Y_8 = 0.25 X_8$	X_8 = عامل سطحی خاک (SSF)
فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب	$Y_9 = 1.67 X_9$	X_9 = امتیاز عامل خندق در روش BLM

Y_{mw} : میانگین وزنی امتیاز عامل m

Y_m : امتیاز مربوط به عامل m

DA_i : سطحی از حوزه که دارای امتیاز y_m از عامل m است.

DA: سطح کل حوزه

i: تعداد سطوح با مقادیر متفاوتی از Y_m

پس از محاسبه میانگین وزنی امتیاز هر عامل، درجه رسوبدهی^۳ حوزه برابر با مجموع امتیاز عوامل نه‌گانه خواهد بود:

(۱۳)

$$Y_{mw} = Y_{1w} + Y_{2w} + Y_{3w} + Y_{4w} + Y_{5w} + Y_{6w} + Y_{7w} + Y_{8w} + Y_{9w}$$

Y_{1w} ، ... و Y_{9w} به ترتیب میانگین وزنی امتیاز عامل

زمین‌شناسی سطحی، ... و فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب هستند.

با قرار دادن درجه رسوبدهی در رابطه بین درجه رسوبدهی و میزان رسوبدهی با درجه همبستگی $r = 0.9964$ و $\alpha = 0.01$ که در آن درجه رسوبدهی متغیر مستقل بوده و میزان رسوبدهی متغیر وابسته می‌باشد. میزان رسوبدهی بر اساس واحدهای مختلف محاسبه می‌گردد (۲).

جستجو کرد. بر این اساس برای محاسبه امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب از امتیاز شکل جریان استفاده می‌گردد. این نحوه امتیاز دادن به عوامل مختلف در سایر مدل‌های تجربی کم و بیش رایج است، زیرا که دید کارشناسانه در این مدل‌ها دارای اهمیت زیادی است. نکته دیگر که در ارتباط با دادن امتیاز به عوامل مدل اصلاح شده PSIAC وجود دارد، این است که اصولاً رابطه بین فرسایش و درصد شیب خطی نیست، زیرا که تأثیر فرسایش باران و روان آب بر روی خاک تا حد معینی است و بعد از آن میزان هدر رفت خاک ثابت می‌شود. بر این اساس تحقیقاتی که در ارتباط با رابطه فرسایش و میزان درصد شیب انجام گرفته نشان می‌دهد که این رابطه خطی نیست، (ویشمایر و اسمیت ۱۹۷۸)، (سینگر و بلکار ۱۹۸۲) و (واتسون و لافلن ۱۹۸۶). پس بایستی از روابط منطقی‌تری برای محاسبه امتیاز عامل پستی و بلندی استفاده نمود.

امتیاز نهایی هر عامل با توجه به وسعت هر واحد مطالعاتی بصورت وزنی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$Y_{mw} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_m DA_i}{DA} \quad (۱۲)$$

1. Soil Surface Factor
2. Bureau of land management
3. Rating

با توجه به شکل ۶ حجم روان آب در فاصله زمانی t_1 و t_2 از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_s = \bar{q}[(t_2 - t_1) \times 3600] \quad (16)$$

Q_s : حجم روان آب (متر مکعب)

\bar{q} : دبی متوسط (متر مکعب بر ثانیه)

t_2, t_1 : حدود فاصله زمانی (ساعت)

لازم به ذکر است فواصل زمانی را در تغییرات زیاد دبی، کوتاهتر از زمانی که تغییرات کمتر و ثابت است در نظر می‌گیرند. جدول ۴ نحوه محاسبه رسوب مشاهده‌ای و برآوردی برای یک رویداد ثبت شده در ایستگاه درکه را نشان می‌دهد.

برای پنج رویداد ثبت شده دیگر نیز رسوب مشاهده‌ای و برآوردی محاسبه گردید و ملاحظه شد مقادیر برآوردی رسوب با مقادیر مشاهده‌ای رسوب تفاوت چشمگیر داشته به نحوی که نسبت مقادیر برآوردی به مقادیر مشاهده‌ای رسوب به چندین هزار واحد می‌رسد. این عدم هماهنگی رسوب برآوردی با رسوب مشاهده‌ای، ضرورت تصحیح ضریب و نمای مدل برای منطقه مورد نظر را ایجاب نمود.

تصحیح ضریب و نمای مدل و برآورد رسوب

برای تصحیح و اصلاح ضریب و نمای مدل برای منطقه مورد نظر با استفاده از مقادیر رسوب مشاهده‌ای و ایجاد رابطه نمایی $y = ax^b$ بشرح زیر اقدام به یافتن ضرائب مناسب گردید:

$$A = a(Qq_p)^b KLSCP \quad (17)$$

$$(A / KLSCP) = a(Qq_p)^b \quad (18)$$

در روابط بالا A مقادیر رسوب مشاهده‌ای بوده و $C = 0.056$, $LS = 25/24$, $K = 0.1203$ و $P = 1$ و Q و q_p که از روی هیدروگراف سیلاب قابل استخراج می‌باشد. با برقراری رابطه‌ای نمایی بین متغیر مستقل (Qq_p) و متغیر وابسته $(A/KLSCP)$ ضریب و نمای مناسب برای منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. جدول ۵ ضریب و نمای تصحیح شده برای منطقه مورد مطالعه به ازای رویدادهای ثبت شده را نشان می‌دهد. بر این اساس ضریب $11/8$ و نمای 0.056 برای a و b به 0.234 و 0.53 اصلاح گردید.

جدول ۶ مشخصات رویدادهای ثبت شده برای حوزه درکه همراه با مقادیر رسوب برآوردی بوسیله مدل MUSLE با ضریب و نمای اصلاح شده را نشان می‌دهد.

$$Q_s = 38.77(EXP(0.0353Rating)) \quad (14)$$

Q_s : میزان رسوبدهی سالانه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع

Rating: درجه رسوبدهی

با حذف مقادیر منفی در گستره امتیازی عوامل مختلف در مدل اولیه PSIAC خواهیم داشت، (۶):

$$Q_s = 0.253(EXP(0.036Rating)) \quad (15)$$

Q_s : میزان رسوبدهی سالانه بر حسب تن (متریک) بر هکتار

Rating: درجه رسوبدهی

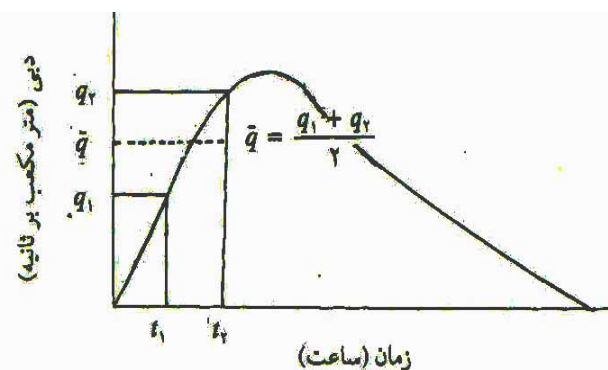
نتایج و بحث

برآورد رسوبدهی حوزه با استفاده از مدل MUSLE

نتایج در سه قسمت رویدادی با ضریب و نمای اولیه، رویدادی با ضریب و نمای اصلاح شده و سالانه قابل ارائه است:

برآورد رسوب در هر رویداد با ضریب و نمای اولیه مدل

جهت برآورد رسوب در هر رویداد از روابط ویلیامز و برنت استفاده شد. در رابطه مورد نظر تمامی عوامل (P, C, LS, K) به استثنای دبی حداکثر سیلاب (q_p) و حجم سیلاب (Q) بصورت وزنی محاسبه گردید. دبی حداکثر و حجم کل به ازای هر سیلاب از روی هیدروگراف مربوطه استخراج شد. همچنین با استفاده از رابطه منحنی سنج رسوب حوزه، میزان رسوب در فواصل زمانی مختلف به ازای دبی‌های متوسط در فاصله زمانی مربوطه محاسبه گردید. مجموع مقادیر رسوب در فواصل زمانی در نظر گرفته شده به عنوان رسوب مشاهده‌ای به ازای رویداد مورد نظر محسوب می‌شود. شکل ۶ نحوه محاسبه دبی متوسط و حجم در فاصله زمانی مورد نظر را نشان می‌دهد.



شکل ۶- نحوه محاسبه حجم رواناب در فاصله زمانی t_1 و t_2

جدول ۴- نحوه محاسبه رسوب مشاهده‌ای و برآوردی* برای رویداد مورخه ۶۶/۲/۳۱

رسوب مشاهده‌ای (تن)	رسوب مشاهده‌ای (تن در روز)	حجم رواناب (متر مکعب)	دبی متوسط (متر مکعب ثانیه)	فواصل زمانی (ساعت)
۰/۸۷۳	۲۰/۹۶۲	۱۰۸۰۰	۱/۵۰	۲
۸/۶۲۲	۲۰۶/۹۳۵	۳۰۶۰۰	۸/۵۰	۱
۲۴/۰۷۰	۵۷۷/۶۵۳	۶۶۶۰۰	۱۸/۵۰	۱
۴۲/۱۸۰	۱۰۱۲/۴۱۰	۱۰۱۸۰۰	۲۷/۳۰	۱
۶۸/۵۹۰	۱۶۴۶/۱۷۰	۱۴۸۲۴۰	۴۰/۹۰	۱
۷۱/۹۳۰	۱۷۲۶/۳۳۰	۱۵۲۶۴۰	۴۲/۴۰	۱
۵۱/۲۶۰	۱۲۳۰/۱۴۰	۱۱۸۰۸۰	۳۲/۸۰	۱
۳۸/۲۰۰	۹۱۶/۷۵۰	۹۴۵۰۰	۲۶/۲۵	۱
۳۱/۶۲۰	۷۵۸/۹۵۴	۸۱۹۰۰	۲۲/۷۵	۱
۲۴/۵۰۰	۵۸۷/۹۷۹	۶۷۵۰۰	۱۸/۷۵	۱
۱۶/۹۷۰	۴۰۷/۴۰۰	۵۱۱۲۰	۱۴/۲۰	۱
۱۲/۱۲۰	۲۹۰/۸۲۹	۳۹۶۰۰	۱۱/۰۰	۱
۹/۲۹۸۰	۲۲۳/۱۵۲	۳۲۴۰۰	۹/۰۰	۱
۴۰۰/۲۳۳		۹۹۴۸۶۰		جمع

* رسوب برآوردی بر اساس رابطه $KLSCP \times Q_p^{1.56}$ (A=۱۱/۸) و فرض $K=۰/۱۲۰۳$ ، $LS=۲۵/۰۴$ ، $C=۰/۰۵۶$ ، $P=۱$ ، $Q=۹۹۴۸۶۰$ متر مکعب و $q_p=۴۷/۱۵$ متر مکعب بر ثانیه برای رویداد فوق محاسبه شده است و معادل $۸۱۷۳۱/۰۶$ تن می‌باشد.

جدول ۵- نتایج تحلیل داده‌های آبدهی و رسوب جهت اصلاح ضرائب مدل MUSLE

Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: A.a

Independent variable: A.QV

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept*	-1.45193	0.910504	-1.59465	.18602
Slope	0.526481	0.0561778	9.37169	.00072

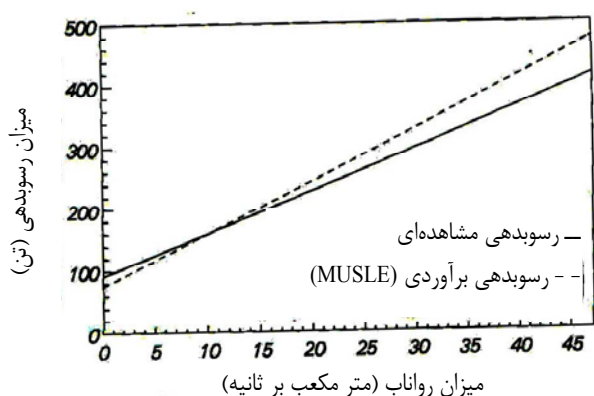
* NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.576131	1	1.576131	87.82857	.00072
Residual	.0717821	4	.0179455		
Total (Corr.)	1.6479128	5			
Correlation Coefficient = 0.977978			R-squared = 95.64 percent		
Std. Error of Est. = 0.133961					

جدول ۶- مقادیر رسوب مشاهده‌ای و برآوردی برای رویدادهای ثبت شده در ایستگاه درکه

تاریخ وقوع سیلاب	دبی حداکثر سیلاب (متر مکعب بر ثانیه)	حجم سیلاب (متر مکعب)	رسوب مشاهده‌ای (تن)	رسوب برآوردی (تن)
۶۶/۲/۳۱	۴۷/۱۵	۹۹۴۸۶۰	۴۰۰/۲۴	۴۵۹/۲۶۵
۶۶/۸/۴	۲۹/۲	۹۳۰۶۹۰	۳۰۴/۰۵	۲۴۳/۸۹۳
۷۰/۱/۵	۹/۶	۴۷۷۸۶۴	۱۲۳/۰۷	۱۳۳/۹۴۹
۷۰/۱/۱۵	۱۱/۹	۸۲۹۹۴۴	۲۱۷/۷۵	۲۰۱/۱۱۳
۷۱/۲/۷	۷/۰	۳۸۷۱۴۴	۸۴/۵۷	۱۰۱/۳۳۹
۷۱/۲/۲۰	۱۱/۰	۸۳۳۴۰۰	۲۱۴/۹۶	۱۹۳/۳۲۸



شکل ۸- روند خطی مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی رسوب به ازای مقادیر مختلف دبی

برآورد رسوب سالانه با استفاده از مدل MUSLE

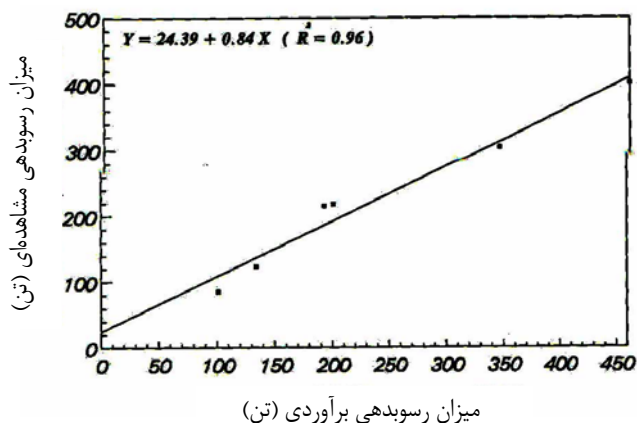
برای محاسبه رسوب سالانه با استفاده از مدل MUSLE از رابطه ۶ استفاده گردید. برای استفاده از رابطه مذکور بایستی اطلاعات مورد نظر پس از تحلیل فراوانی دبی‌های حداکثر سیلاب حوزه و دبی متوسط سالانه نیز از منحنی دوام دراز مدت دبی استخراج شود.

سپس با استفاده از روش SCS با محاسبه زمان پایه ۲۱/۳۶ ساعت از روش سنگال (۱۹۸۳) و دبی پایه‌ای ۲ متر مکعب بر ثانیه که در واقع متوسط دبی‌های پایه رویدادهای ثبت شده است به محاسبه حجم معادل دبی‌های مورد نظر اقدام گردید (۸)، (۹). با مقادیر دبی‌های با دوره‌های برگشت مورد نظر همراه با حجم‌های محاسبه شده متناظر آنها با استفاده از مدل MUSLE با ضریب و نمای اصلاح شده، اقدام به محاسبه رسوبدهی با دوره‌های برگشت مورد نظر شد. جدول ۷ مقادیر دبی و حجم با دوره‌های برگشت مورد نظر را به همراه رسوبدهی محاسبه شده متناظر با آنها نشان می‌دهد.

مقادیر رسوب برآوردی از رابطه زیر با ضریب و نمای اصلاح شده، محاسبه گردیده است:

$$A = 0.234(Qq_p)^{0.53} KLSCP \quad (19)$$

مقادیر K , LS , C و P همان مقادیر وزنی این عوامل برای منطقه مورد مطالعه می‌باشند. شکل ۷ همبستگی خطی بین مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی رسوب در جدول ۶ را نشان می‌دهد، ضریب همبستگی بالای این رابطه ($r^2=0.96$) نشان دهنده تأثیر ضریب و نمای اصلاح شده در نزدیک کردن مقادیر برآوردی به مقادیر مشاهده‌ای رسوب می‌باشد.



شکل ۷- همبستگی خطی بین مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی رسوب با استفاده از مدل MUSLE با ضریب و نمای اصلاح شده

در شکل ۸ روند خطی مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی رسوب به ازای مقادیر مختلف دبی نشان داده شده است. در این مدل MUSLE با ضرائب جدید در مقادیر بالای دبی، رسوب را بیش از حد واقعی و در مقادیر کم دبی، رسوب را کمتر از حد واقعی نشان می‌دهد.

جدول ۷- دبی، حجم و رسوبدهی رویدادهای مختلف با دوره‌های برگشت مورد نظر

دوره برگشت (سال)	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	حجم سیلاب (متر مکعب)	رسوبدهی (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	۱۳۳۰/۴۷
۱۰۰	۱۳۸/۴۸۷	۵۲۸۹۷۵۱/۶	۱۹۷۰/۹۳
متوسط سالانه	۱۸۹/۱	۷۲۲۲۹۸۷/۴	۲۴۹۵/۲۷

اساس امتیاز عامل استفاده از زمین به میزان امتیاز عامل پوشش زمین تقلیل یافت. در نتیجه درجه رسوبدهی حوزه به ۵۵/۸ کاهش پیدا کرد. میزان رسوبدهی با توجه به درجه رسوبدهی ۸/۵۵ با استفاده از روابط اولیه و جدید به ترتیب ۹۲۹۸/۵۹ و ۴۵/۴۶۳۹ تن محاسبه گردید.

جدول ۸- امتیازات عوامل نه‌گانه مدل MPSIAC، درجه

رسوبدهی و مقادیر برآوردی و مشاهده‌ای

شماره	عامل	امتیاز
۱	زمین‌شناسی سطحی	۴/۴۳
۲	خاک	۲/۰۱
۳	آب و هوا	۳/۲۰
۴	رواناب	۵/۶۶
۵	پستی و بلندی	۱۹/۲۰
۶	پوشش زمین	۲/۸۰
۷	استفاده از زمین	۱۷/۱۷
۸	وضعیت فعلی فرسایش	۵/۹
۹	فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب	۹/۸
	درجه رسوبدهی (جمع امتیاز)	۷۰/۱۷
	رسوبدهی حوزه با استفاده از رابطه اولیه (تن)	۱۵۴۴۲
	رسوبدهی حوزه با استفاده از رابطه جدید (تن)	۷۷۸۲
	رسوبدهی مشاهده‌ای حوزه (تن)	۳۰۲۷

با بکار بردن اطلاعات محاسبه شده در جدول ۷ در رابطه ۶ اقدام به محاسبه رسوبدهی سالانه گردید. بر اساس رابطه مزبور میزان رسوب سالانه حوزه درکه معادل ۲۴۹۵/۲۷ تن محاسبه گردید.

برآورد رسوب سالانه حوزه با استفاده از مدل MPSIAC

برای برآورد رسوبدهی سالانه با استفاده از مدل MPSIAC، درجه رسوبدهی حوزه با توجه به مجموع امتیازات عوامل نه‌گانه که به استثنای عوامل آب و هوا و روان‌آب مابقی بصورت وزنی محاسبه شده‌اند، تعیین گردید. جدول ۸ امتیازات عوامل نه‌گانه مدل، همراه با درجه رسوبدهی و مقادیر برآوردی و مشاهده‌ای رسوبدهی را نشان می‌دهد. محاسبات مقادیر برآوردی رسوبدهی حوزه با استفاده از دو رابطه اولیه (۱۹۶۸) و جدید (۱۹۸۲) با فرض وزن مخصوص ظاهری ۱۳۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب انجام گرفت (۶).

با توجه به مقادیر رسوبدهی در جدول ۸ ملاحظه می‌گردد که محاسبه رسوبدهی با استفاده از رابطه جدید که بر اساس داده‌های لیفست و درجات مختلف رسوبدهی ایجاد گردیده است و برای استفاده در مدل اصلاح شده PSIAC بوسیله جانسون و گبهارت پیشنهاد شده، دارای قرابت بیشتری نسبت به میزان رسوبدهی محاسبه شده از رابطه اولیه با مقدار رسوبدهی مشاهده‌ای است ولی با این وجود نیز مقدار برآوردی رسوب با مقدار مشاهده‌ای آن اختلاف زیادی را نشان می‌دهد. برای کاهش این اختلاف سعی گردید با بکار بردن مطالعات جدید در رابطه با پوشش زمین (لافن و همکاران، ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵ به نقل از مرجع شماره ۷) عامل استفاده از زمین تعدیل شود. بر این

بحث

با توجه به نتایج بدست آمده در ارتباط با ارزیابی مدل‌های MUSLE و MPSIAC در برآورد رسوب می‌توان به نکات زیر اشاره نمود:

۱. محاسبه رسوبدهی بدو صورت سالانه و در هر رویداد با استفاده از ضریب $11/8$ و نمای $0/56$ در مدل MUSLE مقادیر بمراتب بیش از مقادیر واقعی را بدست می‌دهد که این مسئله ضرورت اصلاح ضریب و نما با توجه به ارقام مشاهده‌ای را ایجاد می‌نمود. دلیل ضرورت این اصلاح تا حدی روشن است، زیرا تقریباً تمام عرصه‌های کاری برای استفاده از ضرائب اولیه متفاوت با عرصه مورد تحقیق بوده‌اند. بطوریکه تقریباً حدود ۵۵ درصد از عرصه مورد مطالعه صخره‌ای بوده و بقیه قسمتهای خاک‌دار حوزه نیز دارای مقادیر قابل توجهی سنگریزه است که خود به کاهش رسوبدهی حوزه و در نتیجه کاهش ضرائب در مدل کمک می‌کنند. خاطر نشان می‌شود که این نتیجه‌گیری از ۵ رویداد بررسی شده است.

۲. با اصلاح ضریب و نما، همبستگی خوبی بین ارقام مشاهده‌ای و محاسباتی بوسیله مدل MUSLE به ازای هر رویداد دیده شد، ($r^2=0/96$) میزان رسوب سالانه برآوردی بوسیله مدل فوق دارای تفاوتی معادل $17/6$ درصد با ارقام مشاهده‌ای است که با توجه به کاربرد ثانویه مدل در رابطه با برآورد سالانه رسوب، رقم فوق 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 ارقام حس می‌شود.

۳. 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 روندیابی رسوب از قبیل رابطه ویلیامز همراه با این مدل را ایجاد می‌کند. انتظار می‌رود با افزایش دبی از یک طرف و کاهش منبع تولید تغییرات رسوب مشاهده‌ای روند ثابتی را در پیش گیرد ولی از آنجا که یک ارتباط خطی و افزایشی بین تولید رسوب با دبی حداکثر و حجم

سیلاب در مدل MUSLE بدون در نظر گرفتن عواملی نظیر روندیابی رسوب وجود دارد، می‌توان گفت که تغییرات رسوب برآوردی روند افزایشی خود را ادامه خواهد داد.

۴. برآورد رسوبدهی سالانه بوسیله مدل MPSIAC با دو رابطه اولیه (۱۹۶۸) و جدید (۱۹۸۲) انجام گرفت و ملاحظه شد که با در نظر داشتن درجه رسوبدهی $70/17$ مقدار برآورد رسوبدهی با استفاده از رابطه اولیه نزدیک به دو برابر بیش از مقدار برآوردی رسوبدهی از رابطه جدید می‌باشد که در هر دو حالت مقادیر برآوردی رسوبدهی از دو رابطه به ترتیب $410/2$ و $157/1$ درصد بیش از مقدار مشاهده‌ای رسوبدهی سالانه می‌باشند. با تعدیل امتیاز عامل استفاده از زمین به حد امتیاز عامل پوشش زمین ($2/8$) و در نتیجه کاهش درجه رسوبدهی ($55/8$)، تفاوت مقادیر برآوردی رسوبدهی سالانه از دو رابطه اولیه (۱۹۶۸) و جدید (۱۹۸۲) با مقدار مشاهده آن به ترتیب $207/2$ و $53/3$ درصد کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

با توجه به مباحث قبلی می‌توان به موارد زیر به عنوان نتایج نهایی و کاربردی حاصل از ارزیابی دو مدل MUSLE و MPSIAC اشاره نمود:

۱. استفاده از مدل MUSLE با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای مطمئن دبی حداکثر و حجم سیلاب برای برآورد رسوبدهی در هر رویداد امکان‌پذیر است، مشروط بر اینکه در حوزه‌های وسیع و ناهمگون روندیابی 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 مدل را در مناطق مشابه مورد استفاده قرار داد. ضمناً با در نظر داشتن رویدادهای مختلف بارندگی، ذوب برف و توأم علاوه 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 آبدی توأم بارندگی و ذوب برف بوده‌اند (۷).

۲. استفاده مطمئن‌تر از مدل MUSLE برای برآورد رسوبدهی سالانه پس از بررسی در چندین حوزه دیگر و با در نظر گرفتن نوع و میزان همبستگی مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی

۵. نوع بار رسوبی که مدل MUSLE و MPSIAC برآورد می‌کنند از نوع بار رسوبی شستشو^۱ بوده، لذا هر گونه مقایسه با مقادیر مشاهده‌ای بایستی بر این اساس باشد. زیرا که اندازه‌گیریهای معمول در ارتباط با بار معلق بوده و نه بار کل رسوب، در نتیجه هر گونه احتساب بار کف به مقدار مشاهده‌ای رسوب به منظور محاسبه بار کل و مقایسه آن با مقدار برآوردی بوسیله مدل‌های فوق منطقی بنظر نمی‌رسد.

۶. با توجه به اینکه رقم برآوردی رسوب سالانه بوسیله مدل MUSLE نسبت به مدل MPSIAC اختلاف کمی با رقم مشاهده‌ای آن نشان می‌دهد در مناطقی که اطلاعات و داده‌های لازم جهت بکارگیری این مدل فراهم می‌باشد، استفاده از مدل MUSLE جهت برآورد رسوب سالانه بجای مدل MPSIAC پیشنهاد می‌گردد.

رسوبدهی سالانه امکان‌پذیر خواهد بود ولی با توجه به اختلاف کمی که بین مقادیر برآوردی و مشاهده‌ای رسوب سالانه در حوزه مورد مطالعه دیده شد، استفاده از این مدل برای محاسبه رسوبدهی سالانه سایر مناطق منطقی بنظر می‌رسد.

۳. 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، زیرا که اساس و نحوه امتیاز دهی به عوامل نه‌گانه، در مدل اولیه PSIAC نسبت به مدل اصلاح شده از لحاظ گستره امتیاز عوامل و متغیرهای موجود برای محاسبه امتیاز آنها کاملاً متفاوت می‌باشد.

۴. 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.

1- Wash Load

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. بای بوردی، م. ۱۳۷۲. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۷۱ صفحه.
۲. رفاهی، ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۵۱ صفحه.
۳. شاهویی، ص. ۱۳۶۸. بررسی فاکتورهای موثر در فرسایش خاک در ایستگاه تحقیقات حفاظت خاک و آب کوئین و تعمیم نتایج در تهیه نقشه فرسایش خاک آبخیز سرشاخه ملارود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. ۲۰۶ صفحه.
4. FAO. 1981. Arid zone hydrology for agricultural development. Irrigation and drainage Paper No.37. PP: 271.
5. Gerrard, J. 1992. Soil geomorphology. Chapman and Hall publishing company. PP: 269.
6. Johnson, C.W. and K.A. Gebhardt. 1982. Predicting Sediment Yield from Sagebrush. USA-SEA-ARM Western series, No. 26, pp. 145 – 159.
7. Johnson, C.W., N.D. Gordon and C.L. Hudson. 1985, Northwest rangelands sediment yield analysis by MUSLE. Soil and Water Con. J. Vol. 28(6), pp. 1889 – 1895.
8. Sangal, B.P. 1983. Practical Method of Estimating Peak Flow. Journal of Hydraulic Engineering. Vol.901(4).
9. Schwab, G.O., R.K. Frevert, T.W. Edminster and K.K. Barnes. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley and Sons Ltd. P. 525.
10. SWCS and ARS. 1992. RUSLE Computer Model. Ver: 1.40.
11. Simons, D.B. and F. Senturk. 1992. Sediment Transport Technology: Water and Sediment Dynamics. Water Res. Pub. Fort Collins Colorado. P. 897.
12. Simons, D.B., A.J. Reese, R.M. Li and T.J. Ward. 1976. A Simple Method for Estimating Sediment Yield. In: SCS (ed) Soil Erosion: Prediction and Control, pp.234 – 241.
13. Williams, J.R. 1975. Sediment Yield Prediction with Universal equation using Runoff Energy Factor. In: Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources: Proceeding of the Sediment Yield Workshop. USDA. Sedimentation lab.

14. Williams , J.R. and H.D.Berndt. 1972. Sediment Yield Computed with Universal Soil Loss Equation. Journal of Hydraulics Division. Proceeding of the ASCE.98(HY12).pp.2087 – 2098.
15. Williams , J.R. and H.D. Berndt . 1976. Determining the universal soil loss equation's length-slope factor for watershed. In: SCS(ed) soil erosion: Prediction and Control. pp. 217 - 225 .
16. Williams, J.R. and H.D. Berndt. 1977. Sediment Yield Prediction Base on Watershed Hydrology. Transaction of ASAE. Vol.20 (4), pp. 1100-1104.

Evaluation of MUSLE and MPSIAC Models for Sediment Yield Prediction in Darakeh Watershed in Northern Tehran

A. SARKHOSH¹, H. REFAHI², M. ARABKHEDRI³ AND M. PAKPARVAR⁴

1, Senior Expert, Planning and Management Organization, Bushehr 2, Professor, University of Tehran 3, Scientific Member, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Tehran 4, Scientific Member, Fars Province Research Center for Natural Resources and Animal Husbandry, Shiraz, Iran

Accepted April. 16, 2003

SUMMARY

For preparing the maps, Cosmos satellite colored picture with a scale of 1:25000 was used. For determining the areas, distance as well as overlying the maps GIS (Geographical Information System), and ILWIS software (Integrated Land and Water Information System) were used. To advise better and more effective sediment prediction models, this study on Darakeh watershed, northern Tehran, was carried out. Darakeh watershed is of many significant aspects in location and characteristics, therefore though MUSLE and MPSIAC models sediment yield in this watershed was determined. MUSLE was used as a model, which predicts events and annual sediment yields in watersheds. It was found that coefficient of 11.8 and exponent of 0.56 are not suitable for this watershed. Therefore, with use of observed sediment yields of events, coefficient and exponent were corrected to 0.234 and 0.53 respectively. New coefficient and exponent were used to calculate sediment yield with the results showing a close correlation ($r^2=0.96$) with the observed data of events. The predicted annual sediment yield also shows 17.6 percent difference with observed sediment yield. MPSIAC model was used to predict annual sediment yield by correcting land use factor. However, predicted sediment yield was found to be 157 percent more than the observed annual sediment yield. In this study twenty years of rain data and discharge, as well as 12 years of sediment yield data were used for statistical analyses.

Key word: MUSLE, MPSIAC, Sediment yield, Runoff, Darakeh watershed, Tehran region