دکتر ایرج جباری، استادیار دانشگاه رازی کرمانشاه
محمدرضا عارفی، دانش آموخته کارشناسی ارشد از دانشگاه رازی
شماره مقاله: ۶۹۵

I.Jabbari, Ph.D
M. R. Arefi
E.mail: Iraj_Jabbari@razi.ac.ir

برآورد فرسایش وتولید رسوب با استفاده از اندازه گیری یک رگبار

چکیده

فرسایش و رسوب در ایران پدیده ای جدی است که پیش بینی شدت عمل آن برای مناطق بدون ایستگاه اندازه گیری بیش از پیش ضرورت پیدا می‌کند. تنوع عوامل مؤثر در فرسایش باعث شده است که ارائه روشی خاص برای برآورد فرسایش میسر نگردد و برای منظورهای مختلف روش‌هایی تجربی به کار گرفته شوند که اساساً برای مناطق دیگری از جهان تهیه شده‌اند. البته، در سال‌های اخیر بعضی از مراکز تحقیقاتی به واسنجی این مدل‌ها و ارائه ضرایب اصلاحی پرداخته‌اند ولی شاید کمبود امکانات باعث شده است اغلب کاربران، این روش‌ها را بدون واسنجی و اعمال ضرایب اصلاحی به کار گیرند.

از این رو، ضرورت دستیابی به یک روش برآورد دقیق فرسایش در کوتاه‌ترین زمان و با صرف هزینه کم که داده های آن از بررسی‌های خود منطقه به دست آمده باشد، همواره احساس شده است. بدین منظور، در این پژوهش سعی شده است که با توجه به شرایط محیطی حوضه کبوتر لانه در کنگاور، روش و مدلی ارائه شود که بر اساس آن برآورد میزان تولید رسوب در این حوضه با اطمینان بیشتری انجام گیرد.

با این هدف، رواناب و رسوب حاصل از بارشی که از ۲۸ تا ۳۰ فروردین سال ۱۳۸۱ در حوضه گفته شده به وقوع پیوست، در ۱۰ پلات با شیب و پوشش گیاهی مشخص اندازه‌گیری و بر اساس میزان رسوب تولید شده از این پلاتها و مشخصات

Archive of SID

www.SID.ir

رواناب، شیب و پوشش گیاهی آن‌ها مدلی ساخته شد. جهت تعیین میزان فرسایش حوضه و ضریب رسوبدهی سالیانه، نقشه شیب، پوشش گیاهی و رواناب حوضه، براساس بارش های مؤثر ۱۶ سال آماری ایستگاه هواشناسی کنگاور، تهیه و با انطباق آن نقشه‌ها نواحی همگنی ارائه شد که هر یک با توجه به مدل، نواحی تولید رسوب یکنواخت را ارائه می دادند. مجموع میانگین وزنی تولید رسوب هریک از واحدها نیز با محاسبه مدل فرسایش به دست آمد.

نتایج نشان داد که مدل توانی با مطلوبترین سطح معنادار بودن، می تواند مدل مناسبی برای پیش بینی فرسایش حوضه رودخانه کبوترلانه باشد. براساس این مدل، میزان رسوب سالیانه که از این حوضه تولید می شود ۴۸۵۶ کیلوگرم و میزان رسوبزایی ۳۶ درصد به دست می آید، درحالی که میزان رسوب تولید شده براساس روش PSIAC دوبرابر این مقدار به دست می آید.

واژگان واژه ها: برآورد فرسایش، تولید رسوب، حوضه آبخیز کبوترلانه، ضریب رسوب زایی، مدل سازی فرسایش.

مقدمه

نابودی و تخریب خاک بر اثر بارش و عمل آبهای روان یکی از جدی ترین مشکلات زیست محیطی عصر حاضر است. با روند روز افزون فرسایش مناطق زیادی که امروزه کشت می شوند، در آینده نه چندان دور ممکن است حاصل خیزی خود را از دست بدهند. کوک ودورکمپ[1] (۱۳۷۷، ۱۴۹) چهار شیوه برخورد مشترک کشورها را در برابر این پدیده به صورت: کوشش های علمی برای فهم و پیش بینی دینامیک فرسایش، بررسی های فنی وتحقیقات دیگر برای دستیابی به روش های تعدیل مشکلات، سعی در کاربرد نتایج تحقیق درمدیریت اراضی، وبررسی تأثیر برنامه های حفاظت خاک ذکر کرده اند. مقایسه حجم فعالیتهای انجام شده در زمینه عناصر یاد شده در کشورهای

[1]- Cooke and Doornkamp

Archive of SID

www.SID.ir

مختلف نشان می دهد که سهم ایران در این اقدامات ناچیز بوده است. زیربنای سه عنصر آخر مستلزم انجام درست عنصر اول است. اهمیت این عنصر هنگامی آشکار می شود که برآورد نادرست آن مشکلات عمده ای را از نظر فرسایش و رسوب گذاری در پشت مخازن ایجاد می کند. از بین رفتن خاک و لم یزرع شدن زمین ها و حتی برونزدگی ریشه های درختان در جنگل های زاگرس و کاهش عمر مفید سدها از نمونه های بارز این مشکلات است.

اطلاعات در باره بار رسوب حوضه‌ها می‌تواند دورنمای میزان فرسایش حوضه‌ها را نشان دهد. فرآیند فرسایش شامل سه مرحله برداشت، حمل و رسوب گذاری است(مایر و ویشمایر[۲]،۱۹۶۹). رسوب از سطح خاک به وسیله برخورد قطرات باران و نیروی برشی رواناب کنده می شود و به میزان کم به وسیله پاشمان حاصل از قطرات باران و عمدتاً به وسیله رواناب به سمت پایین دست حمل می‌شود(والینگ[۳]،۱۹۸۸).

زمانی که رواناب روی سطح زمین و آبراهه‌ها ظاهر شد، مقدار و اندازه مواد حمل شده با سرعت رواناب افزایش پیدا می‌کند. دربعضی مناطق ممکن است شیب کاهش یابد و باعث تخفیف سرعت و در نتیجه کاهش ظرفیت حمل گردد(هان[۴] و همکاران،۱۹۹۴). سرانجام، رسوب به جا گذاشته می شود و این به جاگذاری از ذرات درشت شروع می شود و بتدریج با به جاگذاری ذرات ریز تا مسافت زیادی ادامه پیدا می‌کند. مقدار بار رسوبی که از خروجی یک حوضه می گذرد، بار یا تولید رسوب آن را تشکیل می‌دهد.

مقدار موادی که از دامنه ها فرسایش داده می شود، میزان برهنه سازی و میزان از دسترس خارج شدن خاک را نشان می دهد. از این رو، برآورد این بخش از فرسایش در بخش های عمرانی و کاربردی از اهمیت زیادی برخوردار است که به دلیل نبود آمار و امکانات پژوهشی معمولاً سعی می کنند از روش های تجربی استفاده نمایند.

2- Mayer & Wischmeier
3- Walling
4- Haan

Archive of SID
www.SID.ir

پیشینه تحقیق

برای برآورد فرسایش و رسوب در ایران روش های تجربی متعددی به کار گرفته می‌شود که معادله جهانی تلفات خاک(USLE)(ماسگراو،۱۹۴۷؛ ویشمایر و اسمیت، ۱۹۷۸؛ ویلیامز،۱۹۷۵)، معادله اصلاحی تلفات خاک(MUSLE) (رنفرو،۱۹۷۵)، یا معادله تغییر یافته تلفات خاک(RUSLE) (رنارد و همکاران،۱۹۹۴) و بالاخره روش پسیاک[5] (۱۹۶۸) مهم ترین این روش ها می‌باشند.

واسنجی این روش‌ها نشان داده است که بعضی از آن‌ها حتی تا چندین برابر از مقدار واقعی تفاوت دارند[عرب خدری،۱۳۷۳؛ شاه کرمی،۱۳۸۱؛ پاکپرور(به نقل از ابراهیمی و قدوسی،۱۳۸۱] و خواجه‌ای وهمکاران،۱۳۸۱) و اغلب این تحقیقات نیز از بین مدل‌های مختلف، روش پسیاک را جهت اهداف عملی مشروط براعمال ضرایب اصلاحی به عنوان کم خطاترین روش معرفی نموده‌اند.

با وجود این، علی رغم کاربرد وسیعی که این روش پیدا کرده است، اغلب بدون واسنجی و اعمال ضرایب اصلاحی توسط شرکتهای مطالعاتی برای حوضه‌های مختلف استفاده و بر همان اساس نیز تصمیم گیری می شود. البته نباید فراموش کرد که در سال‌های اخیر سازمان‌های مختلف تلاش وسیعی را برای ارتقای داده ها و اطلاعات پایه آغاز نموده‌اند که با استفاده از این داده‌ها شاید دقت برآوردها افزایش یابد، ولی تا تکمیل شدن این داده ها و بزرگ شدن مقیاس نقشه‌های مربوطه اغلب نتایج تحت الشعاع قرارخواهند گرفت.

بنابراین، لازم است یک روش عملی، سریع و قابل استفاده با امکانات فعلی ما برای برآورد فرسایش و تولید رسوب حوضه‌های بدون ایستگاه ابداع گردد. از این رو محققان سعی می کنند بین میزان رسوب سالیانه و ویژگی های محیطی رابطه برقرار نمایند؛ برای مثال، عرب خدری(۱۳۷۴) برای برآورد متوسط رسوب سالیانه‌ی بخش شمالی البرز از

5_ Pacific Southwest Interagency Committee

Archive of SID

www.SID.ir

عواملی مانند آبدهی، اقلیم، پوشش گیاهی و فیزیوگرافی بهره جست و به روش تحلیل رگرسیونی چند متغیره یک رابطه لگاریتمی را به عنوان رابطه برتر برای برآورد فرسایش معرفی نمود.

با وجود این، دقت روش گفته شده به وجود ایستگاه‌های متعدد رسوب سنجی و دقت نقشه‌های پایه بستگی خواهد داشت که با علم به این که این ایستگاه‌ها معمولاً در فواصل دور از هم قرار می‌گیرند و اندازه گیری رسوب در آن‌ها نیز در فواصل زمانی نامنظم انجام می‌گیرد و همچنین نقشه‌های پایه مورد استفاده برای پیش بینی عموماً دارای مقیاسی کوچک هستند، به نظر می رسد نتایج نیز تنها کاربرد کلی داشته باشند.

از این رو، برای اهداف پیش بینی تولید رسوب در حوضه‌های کوچک به نظر می‌رسد اندازه گیری های روی زمین به نتایج دقیق‌تر و سریع‌تری منجر شود. بر این اساس، در این تحقیق سعی شده است تا نشان داده شود که با اندازه‌گیری یک بارش و رواناب و رسوب تولید شده آن در چندین نقطه‌ی حوضه می‌توان رابطه‌ای را بین تولید رسوب و عواملی از قبیل رواناب، شیب و پوشش گیاهی برقرار نمود که ما را قادر می‌سازد تا متوسط رسوب سالیانه حوضه و هر تعداد از سال ها با بارش های مشخص را برآورد نماییم.

منطقه مورد مطالعه

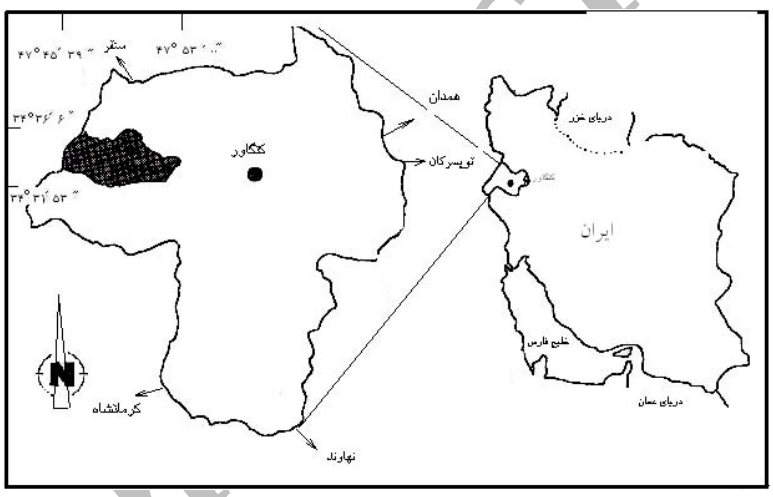
زیر حوضه مورد مطالعه با مساحتی درحدود ۴۳ کیلومترمربع و با ارتفاع متوسطی درحدود ۱۹۵۸ متر، بخشی از حوضه رودخانه کبوتر لانه است که در عرض جغرافیایی ″ ۵۳ ′ ۳۱ ° ۳۴ تا ″ ۵۶ ′ ۳۶ ° ۳۴ شمالی و در طول جغرافیایی ″ ۳۹ ′ ۴۵ ° ۴۷ تا ۵۵ ۵۳ ° ۴۷ شرقی در شمال غربی شهرستان کنگاور و در شرق استان کرمانشاه واقع شده است(شکل ۱). این حوضه با امتداد شمال غربی ـ جنوب شرقی به طول متوسط۱۲ کیلومتر و عرض متوسط ۳/۵۸ کیلومتر، یکی از زیر حوضه های رودخانه خرم رود و از سرشاخه های

Archive of SID

www.SID.ir

رودخانه گاماسیاب به شمار می رود که در نهایت جریانهای سطحی آن پس از پیوستن به سیمره، به دریاچه سد کرخه می ریزد.

زیر حوضه کبوتر لانه، از داده ها و اطلاعات پایه مناسبی برخوردار و به دلیل نزدیکی به شهرستان کنگاور، قابل دسترس است و نیز برای اعتباریابی و صحت داده های هواشناسی حاصل از عملیات میدانی قابلیت استفاده از ایستگاه هواشناسی کنگاور را داراست.

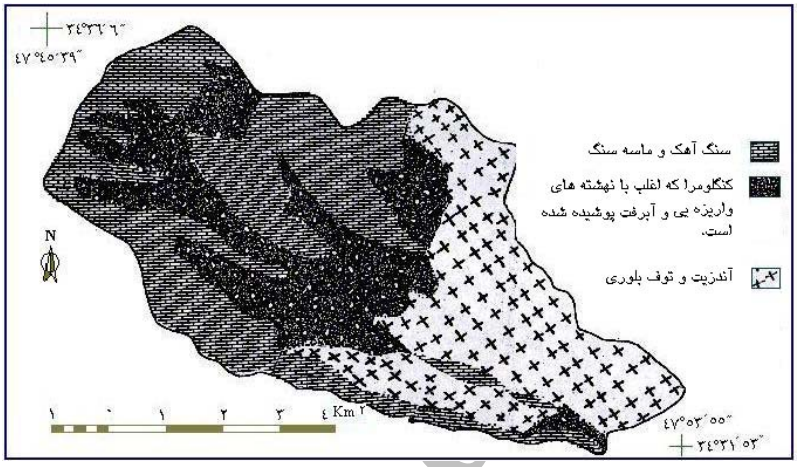


شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه کبوترلانه با ارتفاع ۱۶۰۰ تا ۳۲۰۰ متر از سطح دریا، اختلاف ارتفاعی در حدود ۱۶۰۰ متر را داراست. این منطقه با قرارگیری در شمال بخش زاگرس چین خورده و یا زاگـــرس خارجـــی، درحدود ۷۶ درصد مساحتش از سنگ های عمدتاً آندزیتی و آهک دوران دوم و۲۴ درصد مساحت آن از کنگلومراهای دوران سوم تشکیل می یابد. سنگ های آندزیتی معمولاً در بخش پایین دست حوضه زمین های کم شیب و تپه ماهوری را ایجاد کرده و آهکها و ماسه سنگ ها در بخش های بالادست حوضه

www.SID.ir

ناهمواری های پرشیب ۳۰ تا ۶۰ درصدی را به وجود آورده اند (مهندسین مشاور گاماسیاب، ۱۳۷۹ج و شکل ۲).

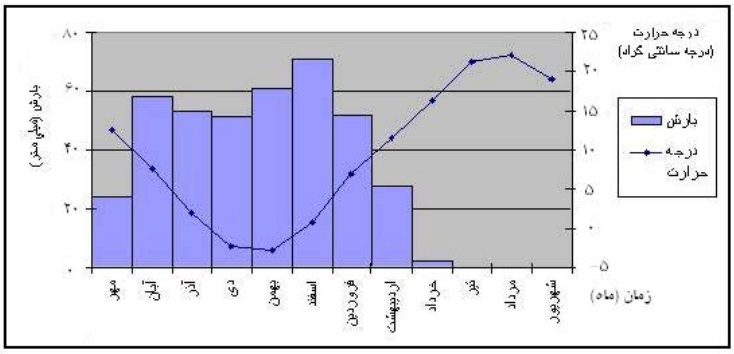


شکل ۲: نقشه سنگ شناسی حوضه کبوترلانه

متوسط درجه حرارت سالانه این حوضه ۹/۶ درجه سانتیگراد است که در دو ماه دی وبهمن متوسط درجه حرارت ماهانه آن به زیر صفر می رسد، در حالی که در دو ماه تیر و مرداد این مقدار به بیش از ۲۰ درجه سانتیگراد صعود می کند.

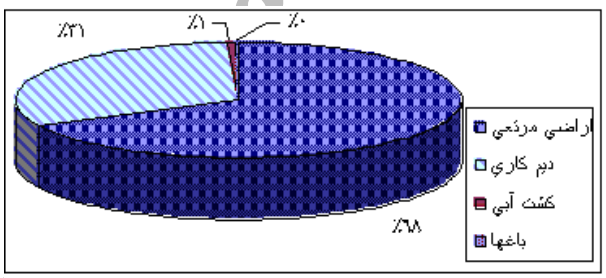
تابستان برای این حوضه فصل خشکی محسوب می شود؛ زیرا علاوه بر درجه حرارت بالا، کمترین مقدار بارش آن نیز در این فصل رخ می دهد. حوضه یاد شده که متوسط بارندگی سالیانه ۴۳۳ میلی متر را نشان می دهد در طول آبان تا اردیبهشت توازنی نسبی را از نظر توزیع بارش ها در بین ماه ها برقرار می کند، ولی فصل تابستان با میزان بارش تقریباً صفر بیشترین نوسانات را در آن پدید می آورد(مهندسین مشاور گاماسیاب، ۱۳۷۹ ب و شکل ۳). بر اساس بررسی مهندسین مشاور گاماسیاب(۱۳۷۹ الف، ۳۴) بخش زیادی از حوضه کبوتر لانه اختصاص به اراضی مرتعی دارد.

Archive
www.SID.ir



شکل۳: نمودار بارش و درجه حرارت کنگاور بر اساس داده های ۲۷ ساله(۱۳۷۶-۱۳۵۰)

در حدود ۶۸ درصد از مساحت حوضه(۲۹۲۱ هکتار) را مرتع کوهستانی و ۳۲ درصد(هکتار۱۳۷۹) آن را زمین‌های کشاورزی به خود اختصاص می‌دهد(شکل ۴). هر دوی این زمین‌ها تحت فشار ساکنان این منطقه در معرض فرسایش تشدیدی قرار گرفته‌اند.



شکل۴: مساحت نسبی کاربری اراضی در حوضه کبوترلانه

روش تحقیق

به نظر گارسن و کرک بای[6](۱۹۷۲) مهم ترین نیروهای فعال بر روی دامنه ها نیروی ثقل، اثر بارش و جریان آب هستند. اگر تغییر کاربری اراضی را به عنوان مهمترین عامل برهم زننده تعادل این فرایندها بدانیم، در این صورت چهار عامل به عنوان عوامل شکل دهنده اساسی دامنه ها شناخته می شوند. این پژوهش برروی این فرض

6- Carson and Kirkby

www.SID.ir

استوار است که از آنجا که بیشترین میزان تغییر را چهار عامل یادشده توجیه می کنند، پیش بینی روند تغییر ناشی از فرسایش نیز از طریق این عوامل دقیق تر انجام می گیرد و در صورتی که شاخص های توجیه گر این عوامل طوری انتخاب شود که اندازه گیری آن ها راحت تر صورت گیرد، پیش بینی سریع تر و با صرفه تر صورت خواهد گرفت.

براین اساس، دراین تحقیق عوامل درصد شیب دامنه(S)، درصد تراکم پوشش گیاهی(V)، میزان رواناب(R) و بارش مؤثر در رواناب(Re) جهت پیش بینی انتخاب شده است.

جهت تعیین میزان فرسایش در حوضه مورد مطالعه، نخست باید رابطه‌ای بین مقدار رسوب با رواناب، پوشش گیاهی و شیب برقرار شود. داده های اولیه برای تنظیم این مدل از طریق اندازه گیری های میدانی مقدور می شود. با برقراری مدل می توان برای هرعاملی نقشه‌ای تهیه کرد و سپس با اعمال مقادیر در واحدهای مختلف آن نقشه، مقدار رسوب را برای قطعات مختلف برآورد نمود. هم پوشانی همه نقشه ها براساس رسوب محاسبه شده برمبنای مدل، توزیع تولید رسوب را در بخش های مختلف ارائه می‌دهد. بنابراین، برای برآورد میزان تحویل رسوب اندازه گیری میدانی، تهیه نقشه‌ها و محاسبه مقدار رسوب سه مرحله اصلی انجام این پژوهش بوده است.

۱- **اندازه گیری‌های میدانی:** برای این که روابط بارش با رواناب، پوشش گیاهی و شیب معلوم شو،د اقدام به ایجاد ۱۰ کرت آزمایشی در حوضه گردید. هریک از این کرتها که با ۰/۵ مترعرض و ۵ مترطول، ۲/۵ متر مربع از مساحت زمین را اشغال می‌کرد، به‌طور تصادفی در محل‌هایی با درجه شیب و نوع شیبهای گوناگون، پوشش گیاهی با کاربری‌های اراضی مختلف و خاکهای متفاوت ایجاد شدند. برای جلوگیری از تبادل رواناب از این کرتها و محیط پیرامون آن ها جوی و پشته هایی در حاشیه آن ها ساخته شد. با آماده شدن کرتها، ویژگی های پوشش گیاهی، شیب و رواناب و رسوب هریک ازآن ها در روی زمین قابل اندازه گیری گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

برای اندازه گیری شیب از شیب سنج، متر و شاخص(شکل ۵ الف) استفاده گردید و برای مساحی تراکم پوشش گیاهی پلاتهایی به ابعاد ۱*۱ متری در نظر گرفته شد. به منظور اندازه گیری رواناب ومیزان رسوب، روش گرلاچ[۷](۱۹۶۷) و گلیز[۸](۱۹۹۸) به کار گرفته شد. پیرو این روش یک جعبه رسوبگیر گرلاچ به ابعاد ۱۰*۲۰*۵۰ سانتی‌متر و به حجم ۱۰ لیتر در انتهای پایین دست هرکرت کار گذاشته شد و با یک شیلنک به مخزنی به حجم ۳۰ لیتر وصل گردید(۴ب وج). درهنگام بارش، رواناب حاوی رسوب به سمت جعبه هدایت و در مخزن جمع آوری می‌شد.

۲۸ فروردین ماه ۱۳۸۱ بارشی درحدود ۲/۵ میلی متر به وقوع پیوست. این بارش‌ها در ظروف مخصوصی که قبلاً در حوضه تعبیه شده بود، جمع‌آوری و هر چند دقیقه یک بار ثبت گردید. این روش اجازه می‌داد تا با مقایسه بارش‌های حوضه با بارش‌های همان ساعات ایستگاه کنگاور، امکان برآورد بارش در ساعات شب که تیم تحقیق درمحل حضور نداشت، با اعمال ضرایبی مقدور شود.

این بارندگی دوباره از روز بعد شروع شد و تا دو روز متناوب ادامه پیدا کرد؛ به عبارت دیگر بارندگی در مجموع سه روز(۲۸، ۲۹ و ۳۰ فروردین ماه) ادامه داشت و در طی این سه روز ۶۹ mm بارش تولید گردید(شکل ۶). با وجود این، روز اول هیچ‌گونه روانابی از پلاتها و همچنین در انتهای حوضه از این بارش حاصل نشد. روزبعد تا ۱۳/۵میلی متر رواناب تولید نشد و در آبراهه‌ها نیز آبی مشاهده نگردید.

این نشان می‌داد که در این منطقه به‌طور متوسط تا ۱۶میلی متر بارندگی، روانابی ایجاد نمی‌گردد، لیکن از این به بعد با شروع بارندگی رواناب جریان پیدا می کرد. مقدار این رواناب در هر کرت آزمایشی اندازه گیری و یادداشت شد و سپس با تقسیم حجم کل رواناب هر کرت بر مساحت آن(۲/۵ متر مربع) میزان رواناب حاصل از ۶۹ میلی متر بارش در هر متر مربع به دست آمد(جدول ۱).

7- Gerlach

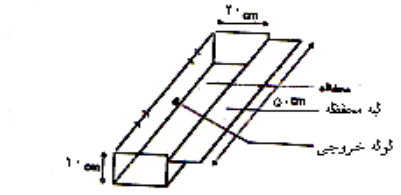
8- Gellis

Archive of SID

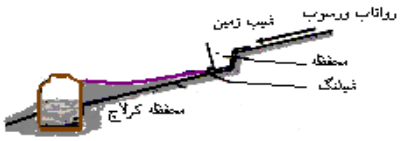
www.SID.ir

(الف)

(ب)



(ج)



شکل۵: اندازه گیری ها برروی دامنه ها: الف- اندازه گیری شیب(با متر و شاخص بر روی زمین)؛ ب- شکل شماتیک جعبه رسوب گیر گرلاچ؛ ج- اندازه گیری با جعبه رسوب گیر گرلاچ در روی زمین.

برای اندازه گیری رسوب، محفظه یا مخزن گرلاچ پس از پایان بارش برداشته شد. محتوای این مخزن بخوبی مخلوط شد و پس از به هم زدن رواناب و مواد شسته شده، از

Archive of SID
www.SID.ir

هر کرت یک نمونه یک لیتری تهیه و بعد از تبخیر آب آن در دمای زیر نقطه جوش، میزان رسوب آن جدا گردید و پس از این که کاملاً خشک شد، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰۰۱/ گرم وزن شد و با احتساب حجم رواناب هر کرت میزان کل تلفات خاک محاسبه گردید. با تقسیم رقم به دست آمده بر مساحت(۲/۵ متر مربع) میزان تلفات خاک در هر متر مربع به دست آمد(جدول ۱).

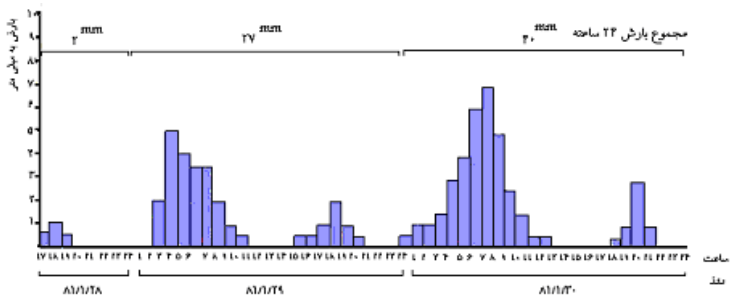
جدول(۱): اندازه گیری رواناب و فرسایش در $m\ m$ ۶۹ بارش مورخ ۲۹ و ۳۰ فروردین۱۳۸۱ در حوضه مورد مطالعه در سطح ۲/۵ متر مربع(m ۵*۵/).

درصد شیب دامنه	نوع کاربری	درصد تراکم پوشش گیاهی	حجم رواناب و رسوب جمع‌آوری شده به لیتر	حجم نمونه به CC	وزن رسوب نمونه به گرم	حجم رواناب در متر مربع به لیتر	وزن کل رسوب به گرم	وزن رسوب در هر متر مربع به گرم	وزن رسوب در هر هکتار به کیلو گرم
۲۱	مرتع	۲۵	۲۵	۵۰۰	۵/۵	۱۰	۲۷۵	۱۱۰	۱۱۰۰
۳۶	مرتع	۱۵	۳۵	۵۰۰	۵/۶۲۸	۱۴	۳۸۰	۱۵۲	۱۵۲۰
۲۶	مرتع	۱۵	۳۰	۵۰۰	۵/۲۰۸	۱۲	۳۱۲/۵	۱۲۵	۱۲۵۰
۳۴	مرتع	۲۰	۳۲	۵۰۰	۵/۸۵۹	۱۲/۸	۳۷۵	۱۵۰	۱۵۰۰
۲۸	مرتع	۱۰	۳۶	۵۰۰	۵	۱۲/۴	۳۶۰	۱۴۴	۱۴۴۰
۱۸	مرتع	۲۰	۲۷/۵	۵۰۰	۴/۰۹۰	۱۱	۲۲۵	۹۰	۹۰۰
۳۰	کشاورزی(آیش)	۷	۵۰	۵۰۰	۵/۹۲۰	۲۰	۵۹۲	۲۳۷	۲۳۷۰
۲۳	کشاورزی شخم در جهت شیب	۲	۴۰	۵۰۰	۶/۳۱۲	۱۶	۵۰۵	۲۰۲	۲۰۲۰
۵	کشاورزی شخم در جهت شیب	۵	۲۵	۵۰۰	۴/۲۴۰	۱۰	۲۱۲	۸۵	۸۵۰
۱۷	کشاورزی شخم در جهت شیب	۲	۳۱	۵۰۰	۶/۴۵۱	۱۲/۴	۴۰۰	۱۶۰	۱۶۰۰
۲۳/۸	-	۱۲/۱	۳۳/۱۵	۵۰۰	۵/۴	۱۳/۲۶	۳۶۳/۶۵	۱۴۵/۵	۱۴۴۵

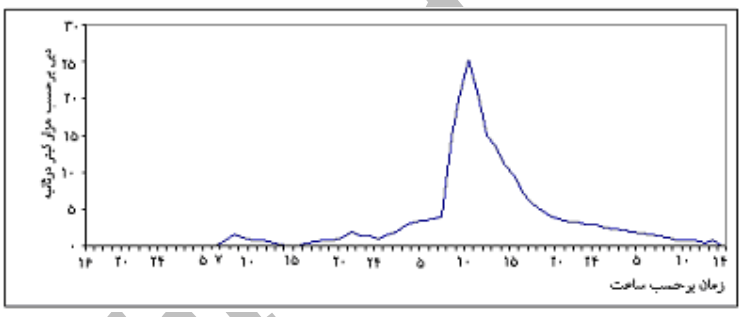
برای سنجش درستی ارقام به دست آمده، در خروجی حوضه، کل رواناب و رسوب خارج شده درطی این بارش اندازه گیری شد. این اندازه گیری از شروع جریان آبراهه ای تا پایان آن بیست بار صورت گرفت. با ترسیم آب نمود جریان و به دست آوردن دبی ساعاتی که ثبت نشده بود(شکل۷) و برقراری رابطه بین کلیه دبی های رواناب مشاهداتی با دبی رسوبهای مربوطه، مقادیر محاسباتی رسوب نیزبه دست آمد و در نهایت حجم

www.SID.ir

رواناب خروجی و رسوب خروجی در ^{mm}۶۹ بارش مؤثر در رواناب محاسبه گردید (اشکال ۶ و۷).



شکل۶: مقدار بارش حوضه کبوتر لانه از ۲۸ تا ۳۰ فروردین سال ۱۳۸۱.



شکل۷: آب نمود ناشی از بارش ۲۸ تا ۳۰ فروردین سال ۱۳۸۱ در خروجی حوضه.

با وجود این، برای اطمینان از صحیح بودن آب نمود،آن را با آب نمود بی بعد ماکوس مبنی بر این که هنگامی که سیل به اوج خود می رسد، ۳۷/۵ درصد از حجم سیل تا این زمان عبور کرده و مابقی پس از آن عبور خواهد کرد، انطباق داده شد و مشخص گردید که ۳۴/۵ در صد از حجم سیل طبق برآورد تا نقطه اوج دبی و ۶۵/۵ درصد دیگر بعد از آن عبور کرده است و به دلیل مشابهت بالای آب نمود تهیه شده با آب نمود بی‌بعد ماکوس، آب نمود تهیه شده مورد تأیید قرار گرفت و حجم رواناب خروجی حوضه در بارش مورد نظر معادل ۸۰۴/۲۷۲/۰۰۰ لیتر برآورد گردید با توجه به مساحت

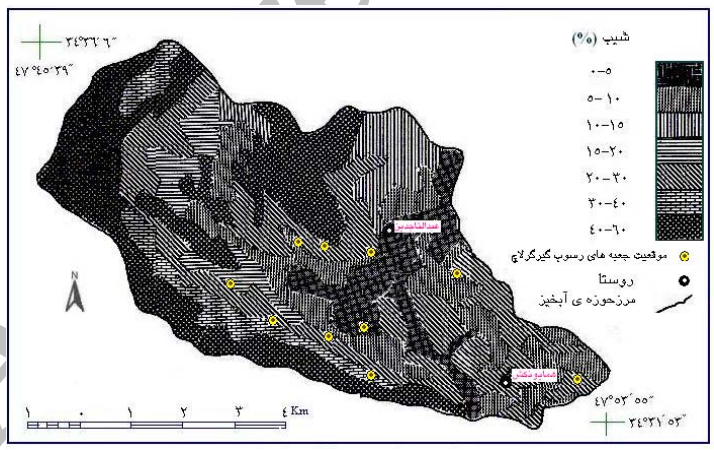
Archive of SID
www.SID.ir

۴۳۰۰۰۰۰۰ متر مربعی حوضه میزان رواناب در هر متر مربع در ۶۹ میلیمتر بارش معادل ۱۸/۷ لیتر خواهد بود که نسبت رواناب به بارش مؤثر در حوضه برابر با ۲۷ درصد است.

بدین ترتیب، مدل های مختلفی براساس ایجاد رابطه بین شیب، پوشش گیاهی و رواناب با مقدار رسوب به دست آمد که از بین آن ها بهترین مدلی که با داده های مشاهداتی بیشترین مشابهت و بالاترین سطح اطمینان و ضریب همبستگی و کمترین خطای استاندارد را داشت، به عنوان مدل برتر یا مدل برآورد فرسایش آبی حوضه انتخاب گردید. سپس نقشه های پراکندگی گروه های شیب، پوشش گیاهی و رواناب ترسیم گردید.

۲- تهیه نقشه ها

برای تهیه نقشه شیب از نقشه های توپوگرافی درمقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و با استفاده از نسبت فاصله عمودی بین دو منحنی میزان همجوار(۲۰متر) به فاصله افقی آن ها در زمین به دست آمد و هفت گروه شیب برحسب درصد طبقه بندی گردید(شکل۸).



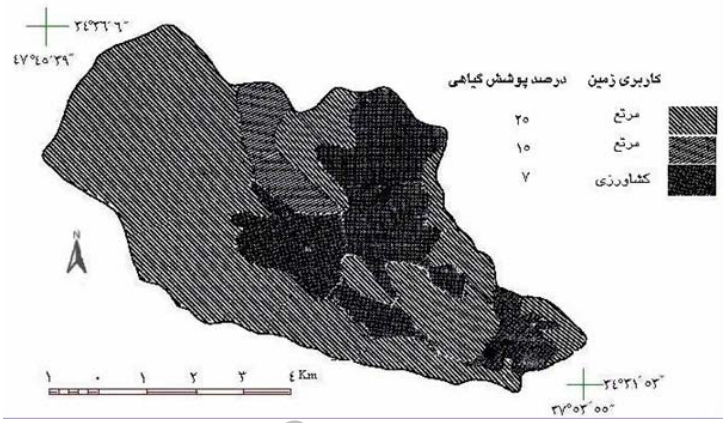
شکل۸: نقشه شیب حوضه ی کبوترلانه

نقشه پوشش گیاهی از نقشه مبنای مهندسین مشاور گاماسیاب(۱۳۷۹) که با ۲۵ پلات برای زمین های مرتعی تهیه شده بود، به دست آمد و تنها با۱۰ پلا ت گذاری

Archive of SID

www.SID.ir

تصادفی اضافی برای زمین های کشاورزی تصحیح شد. در نتیجه دو تیپ I و II تشخیص داده شد که اولی با ۲۶۹۷ هکتار وسعت، ۲۵ درصد تراکم و دومی ۲۲۴ هکتار مساحت، ۱۵ درصد تراکم پوشش گیاهی را نشان داد. برای زمین های کشاورزی(۱۳۷۹ هکتاروسعت)۷ درصد تراکم پوشش گیاهی به دست آمد(شکل ۹).



شکل۹: نقشه پوشش گیاهی حوضه کبوترلانه

بررسی‌ها نشان داده است که برای محاسبه رواناب این منطقه روش جاستین و روش تجزیه وتحلیل رگرسیون چندگانه بین سه عامل شیب(S)،پوشش گیاهی(V) و رواناب(R) که با توجه به شرایط محیطی خود منطقه به دست می آید(مهندسین مشاور گاماسیاب،۱۳۷۹ د، ۳۶)، به واقعیت نزدیک هستند.

از این رو، نقشه رواناب نیز برحسب یکی از این روش‌ها می‌تواند تهیه شود. در این پژوهش با توجه به اندازه گیری‌های انجام شده در ۱۰ نقطه حوضه، ایجاد رابطه زیر بین در صد تراکم پوشش گیاهی و درصد شیب نواحی مختلف حوضه با رواناب میسر و بر اساس همین رابطه نقشه رواناب تهیه شد:

$$R = ۰/۰۰۸۴ P (۱۰/۳۸۵ + ۰/۲۵ S - ۰/۲۵۳ V)^{۱/۱۵۸}$$ رابطه(۱)

در این رابطه داریم: R = ارتفاع رواناب سالیانه به میلیمتر یا حجم رواناب سالیانه از هر متر مربع به لیتر

Archive
www.SID.ir

S = شیب متوسط حوضه به درصد

V= درصد متوسط تراکم پوشش گیاهی

P= میزان متوسط بارش سالیانه به میلی متر

باتوجه به ۳ / ۲۷ درصدی شیب متوسط حوضه، ۷ / ۱۸ درصد متوسط تراکم پوشش گیاهی و ۴۴۳ میلیمتر متوسط بارش سالیانه حوضه کبوترلانه، سالانه از هرمتر مربع این حوضه تقریباً ۶۹ لیتر یا از کل حوضه m^3 ۲۹۶۷۰۰۰ رواناب تولید می شود.

۳- برآورد فرسایش حوضه

برای برآورد فرسایش حوضه، داده های مشاهداتی در ۶۹ میلیمتر بارش نمونه که از ۲۸ تا۳۰ فروردین ماه سال ۱۳۸۱ به طول انجامید، به عنوان معیار قرارگرفت. رسوبی که از ۱۰ پلات به دست آمده بود، با رواناب، شیب و پوشش گیاهی آن قطعات به‌طور جداگانه و سپس به‌طور دسته جمعی در رابطه گذاشته شد و از میان آن‌ها بهترین مدل انتخاب گردید.

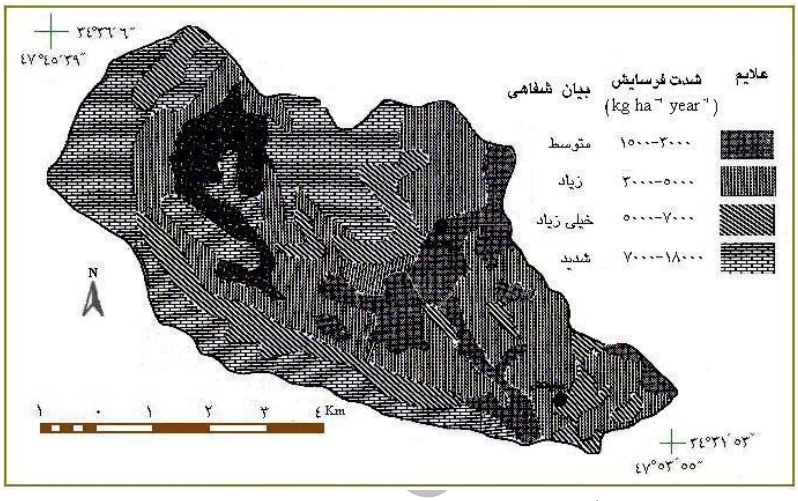
جهت تعیین میزان فرسایش حوضه و ضریب رسوبدهی(S.D.R) سالیانه نتایج حاصله به کل بارش های مؤثر در رواناب سالیانه حوضه تعمیم داده شد. بارش های مؤثربرای تولید رواناب بارش هایی در نظر گرفته می شود که درفصول گرم بیش از ۱۵ میلیمتربارش اولیه و بیش از ۲۰ میلی متر بارش متناوب در طی ۵ روز و در فصول سرد بیش از ۱۰ میلیمتربارش اولیه وبیش از ۱۵ میلی متر بارش متناوب در طی ۵ روز باشند (مهدوی،۱۳۷۸). ازآمار۱۶ ساله(۱۳۸۹-۱۳۶۵) بارش های روزانه کنگاور بارش های یاد شده جدا شدند و بدین ترتیب متوسط۲۷۱ میلیمتر(۶۱ درصد کل بارش سالیانه حوضه)بارش سالیانه به عنوان بارش مؤثر شناخته شد.

به منظور برآورد میزان فرسایش، نقشه شیب، پوشش گیاهی و میزان رواناب روی هم منطبق شد و نقشه تولید شده جدید(شکل۹) نواحی همگنی را ارائه داد که هر یک با توجه به مدل، نواحی تولید رسوب یکنواختی را مشخص نمودند. مجموع میانگین وزنی

Archive of SID

www.SID.ir

تولید رسوب هریک از واحدها یا محاسبه مدل فرسایش به وسیله میانگین شیب، پوشش گیاهی و رواناب، میزان تلفات خاک را با اختلاف خیلی کم نشان خواهد داد.



شکل ۱۰: نقشه مقدار فرسایش خاک حوضه کبوترلانه

نتایج

بررسی روابط بین بار رسوب با شیب، پوشش گیاهی و رواناب نشان داد که رواناب با هر مدلی می تواند فرسایش را پیش بینی کند و پوشش گیاهی به تنهایی رابطه معناداری را با فرسایش نشان نمی دهد. در حالی که در مدل های چند رگرسیونی این عامل میزان همبستگی را به همراه شیب بالا می برد.

در میان مدل‌های چند متغیره(جدول ۲) مدل توانی که به صورت رابطه ۲ نشان داده شده است بیشترین ضریب همبستگی، کمترین خطای استاندارد و مطلوبترین سطح معنی دار بودن را دارا است؛ بنابراین، می‌تواند به عنوان مدلی مناسب برای پیش بینی فرسایش حوضه رودخانه کبوترلانه محسوب گردد.

$$E= ۱۱۳/۰۷ + S^{۰/۲۶۷} R^{۰/۷۸} V^{-۰/۱۴۳}$$ رابطه(۲)

Archive
www.SID.ir

در این معادله E، متوسط رسوب تولید شده برحسب کیلوگرم از هر هکتار زمین در هر سال؛ S، میزان شیب برحسب درصد، R؛ رواناب برحسب لیتر درمترمربع در هر سال و V، پوشش گیاهی برحسب درصد است.

جدول(۲): نتایج حاصل از رابطه بین فرسایش و عوامل شیب، رواناب و پوشش گیاهی برای حوضه کبوتر لانه. مقادیر محاسباتی را می توان با مقدار مشاهداتی که برابر با ۱۴۵۵۰ کیلوگرم در هکتار می باشد مقایسه نمود.

شماره مدل	رابطه	ضریب همبستگی	سطح معنا دار بودن	جمع مقادیر محاسباتی در مدل	خطای استاندارد	نتیجه آزمون آماری Duybin Watson
۱	$E=113/07+S^{0/267}R^{0/78}V^{-0/143}$	/۹۶۸	/۰۰۱	۱۴۵۷۱	/۰۹۹	۲/۷۴۳۷۱۷
۲	$E=(-2832/768+191/69LNS+1570/3LNR+(-167/79LNV))$	/۹۳۶	/۰۰۱	۱۴۵۵۰	۱۵۶/۰۹۹	۲/۷۸۲۸۴۱
۳	$E=e^{(6/313955+/015776S+/05413S-/014216V)R}$	/۹۳۷	/۰۰۴	۱۴۴۸۷	/۱۳۹	۲/۷۵۶۹۴۳
۴	$E=(-171/924068+9/7792S+116/26R+(-12/188V))$	/۹۴۹	/۰۰۲	۱۴۵۵۰	۱۸۲/۶۵۱	۲/۷۲۵۲۱۲

حجم رواناب خروجی حوضه در ۶۹ میلی‌متر بارش اندازه‌گیری شده در ۳۰- ۲۸ فروردین معادل ۰۰۰ ۲۷۲ ۸۰۴ لیتر برآورد شده است. با توجه به مساحت ۴۳۰۰۰۰۰۰ متر مربعی حوضه میزان رواناب در هر متر مربع در ۶۹ میلی‌متر بارش معادل ۱۸/۷ لیتر خواهد بود که نسبت رواناب به بارش مؤثر در حوضه برابر با ۲۷ درصد است. کل حجم رسوب اندازه گیری شده از خروجی حوضه با استفاده از ۲۰ نمونه اندازه گیری دبی رواناب و

www.SID.ir

رسوب و ایجاد رابطه بین دبی‌های مزبور نیزمعادل ۸۱۰ ۶۹۸ ۲ کیلوگرم به دست آمده است.

با توجه به این که تراکم متوسط پوشش گیاهی حوضه۱۸/۷ در صد و متوسط شیب حوضه۳ /۲۷ درصد است؛ میزان فرسایش طبق رابطه۲ و بر اساس ۶۹ میلیمتر بارش مؤثر در رواناب، ۱۷۶۰ کیلوگرم در هکتاربه دست می آید. ازاین رو ضریب رسوبدهی حوضه با استفاده از رابطه زیر در حدود ۳۶ درصد می باشد. به عبارتی ۳۶ درصد از کل فرسایش تبدیل به رسوب خروجی از حوضه می شود و مابقی فرسایش یعنی ۶۴ درصد دیگر در داخل حوضه جابه جا شده، از حوضه خارج نمی شود.

$$\frac{\text{رسوب خروجی از حوضه به kg}}{\text{میزان کل فرسایش در حوضه kg}} = \frac{2698810}{1760 \times 4300} = 36\%$$

برای برآورد متوسط فرسایش سالیانه نیز با احتساب میزان رواناب ۶۹ لیتر در متر مربع در سال رقم ۴۸۵۶ کیلوگرم در هکتار در سال به دست می‌آید.

با در نظر گرفتن مساحت ۴۳۰۰ هکتاری حوضه، میزان کل فرسایش در حوضه رودخانه کبوتر لانه سالیانه ۲۰۸۸۱ تن و با لحاظ نمودن وزن حجمی خاک حوضه۱/۱ تن در متر مکعب(مهندسین مشاور گاماسیاب، ۱۳۷۹ج) به عبارتی۱۸۹۸۳ متر مکعب در سال است که از این مقدار ۶۸۳۴ متر مکعب(۳۶ درصد) از حوضه به عنوان رسوب خروجی خارج می شود و ۱۲۱۴۹ متر مکعب دیگر(۶۴ درصد مابقی) میزان خاکی است که در داخل حوضه فرسایش می یابد، ولی خارج نمی گردد.

بحث ونتیجه گیری

مدل یاد شده که برای حوضه کبوترلانه نیز به دست آمده است، درجه رسوبزایی را ۶۰/۶۳، میزان رسوب سالیانه را ۳۶۲۵ کیلوگرم در هکتار و ضریب رسوبزایی را ۳۶/۷٪ درصد نشان می دهد. میزان فرسایش ویژه حوضه معادل ۹۸۷۷ کیلوگرم خواهد شد.

Archive of SID

www.SID.ir

بنابراین، نتایج برآورد فرسایش در حوضه رودخانه کبوترلانه با استفاده از مدل ارائه شده(۴۸۵۶ کیلوگرم) و مقایسه آن با روش P.S.I.A.C(۹۸۷۷ کیلوگرم) بیان کننده این امر است که روش P.S.I.A.C تقریباً دو برابر بیشتر از نتایج حاصله از مدل ارائه شده در این پژوهش است.

مطالعات نشان می دهد که مدل P.S.I.A.C در بیشتر مواقع از۵/ ۱ تا ۶ برابر مقدار واقعی است(شاه کرمی،۱۳۸۱ ؛ ابراهیمی وقدوسی، ۱۳۸۱؛ شاه کرمی، ۱۳۸۱؛ و خواجه‌ای و همکاران، ۱۳۸۱) و روش‌های دیگر مقدار اختلاف خیلی بیشتر از این مقادیر به دست آمده است(پاکپرور؛۱۳۷۳؛ به نقل از ابراهیمی وقدوسی،۱۳۸۱؛ آقارضی و دیگران،۱۳۸۱؛ ابراهیمی و قدوسی،۱۳۸۱). اگر این یافته ها برای حوضه مورد مطالعه این تحقیق نیز صادق باشد، پس باید انتظار داشت که مدل ارائه شده در این تحقیق به واقعیت نزدیکتر باشد.

ازسوی دیگر، ضریب رسوبدهی ۳۶٪ درصد که در نتیجه این تحقیق برای حوضه کبوتر لانه به دست آمده است یک ضریب منطقی به نظر می رسد که با نتایج تحقیقات مطالعات گروه کارشناسی واحد طراحی و مطالعات مدیریت آبخیزداری (۱۳۷۲)، مهندسین مشاور گاماسیاب(۱۳۷۹د، ۲۴) و میرزایی(۱۳۷۵) تطبیق می کند. این محققان در پژوهش های خود ضریب رسوبدهی را در حوضه های مختلف شهرستان کنگاور بین ۴۲ تا ۳۰ درصد برآورد نموده اند.

با این وجود، به نظر می رسد استفاده از امکانات قوی تر مانند ابـزار انـدازه گیـری دقیق تر، نقشه های دقیق و با مقیاس بالا و همچنین استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی که نیکنامی(۱۳۸۱) نیز به این نتیجه رسیده است برای تهیه و تجزیه و تحلیل نقشه ها بـه نتایج دقیق تری منجر شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع و مأخذ

۱. ابراهیمی نادرقلی و قدوسی جمال،(۱۳۸۱)؛«ارزیابی چهار مدل تجربی برای برآورد رسوب درحوضهٔ آبخیز درهٔ قنبرلو-پارس آباد مغان»، ***مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت ارضی ـ فرسایش خاک وتوسعهٔ پایدار***، اراک، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی،صص ۵۰۴- ۵۱۴.

۲. آقارضی، حشمت ا...،قدوسی جمال و ابراهیمی نادر قلی،(۱۳۸۱)؛«ارزیابی کارایی فرمول جهانی تلفات خاک در حوضه رودخانه قره چای استان مرکزی»، **مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت ارضی ـ فرسایش خاک وتوسعهٔ پایدار**،اراک، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی،صص۴۹۶-۵۰۴.

۳. خواجه ای ابراهیم، برشکه ابراهیم، سکوتی رضا و عرب خدری محمود،(۱۳۸۱)؛ «بررسی قابلیت کاربرد مدل تجربی MUSLE برای برآورد رسوب حاصل از رگبارهای منفرد و رسوب سالانه در حوضه آبخیزرودخانه شهرچای»، **مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت ارضی ـ فرسایش خاک وتوسعهٔ پایدار**، اراک، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی،صص ۴۳۶-۴۴۷.

۴. شاه کرمی، عزیزا...،(۱۳۸۱)؛« بررسی روشهای برآورد رسوب EPM.M.P. S. I. A. C. P.S.I.A.C در حوضه آبخیز نوژیان»، ***مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت ارضی ـ فرسایش خاک و توسعهٔ پایدار***، اراک، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی،صص۵۶۲-۵۷۲.

۵. عرب خدری، محمود،(۱۳۷۳)؛«تجدید نظری در معادله جهانی اصلاح شده تلفات خاک»، **فصلنامه پژوهش و سازندگی**، *شماره ۲۵*، وزارت جهاد سازندگی.

۶. _____، (۱۳۷۴)؛«برآورد تولید رسوب در بخش شمالی البرز با استفاده از مدلهای رگرسیونی»، ***فصلنامه پژوهش و سازندگی***، شماره ۲۹، وزارت جهاد سازندگی.

۷. کوک آر.یو. ودورکمپ جی. سی،(۱۳۷۸)؛ **ژئومورفولوژی ومدیریت محیط**، ترجمه *شاپورگودرزی نژاد*، سمت، جلد اول، ۳۸۴ صفحه.

۸. گروه کارشناسی واحد طراحی و مطالعات،(۱۳۷۲)، ***طرح آبخیزداری کنترل سیل شهرستان کنگاور***، مدیریت آبخیزداری.

۹. مهندسین مشاور گاماسیاب(الف)،۱۳۷۹، **گزارش پوشش گیاهی مطالعات آبخیزداری حوضه عبدالتاجدین کنگاور**، مدیریت آبخیزداری.

۱۰. مهندسین مشاور گاماسیاب(ب)،(۱۳۷۹)؛ ***گزارش هواشناسی و اقلیم حوضه عبدالتاجدین کنگاور***، مدیریت آبخیزداری.

۱۱. مهندسین مشاور گاماسیاب،(۱۳۷۹)،(ج)؛ ***گزارش زمین شناسی مطالعات آبخیزداری حوضه عبدالتاجدین کنگاور***، مدیریت آبخیزداری.

۱۲. مهندسین مشاور گاماسیاب،(۱۳۷۹)،(د)؛ **گزارش هیدرولوژی مطالعات آبخیزداری حوضه عبدالتاجدین کنگاور**، مدیریت آبخیزداری.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳. مهدوی، محمد،(۱۳۷۸)؛ «***هیدرولوژی کاربردی***»، دانشگاه تهران، ج دوم، چاپ دوم،۴۰۱صفحه.

۱۴. میرزائی، حیدر،(۱۳۷۵)؛« ***طرح مطالعات آبخیزداری حوضه فش کنگاور***»، *دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی، مدیریت آبخیزداری.*

۱۵. نیک نامی، داوود،(۱۳۸۱)؛ « بازنگری در روش کاربردهای مطالعاتی و تحقیقاتی P.S.I.A.C»، **مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی ـ فرسایش خاک**، اراک، وزارت جهاد کشاورزی.

16. Carson,M.A.,and Kirkby,M.J.(1972). **Hillslope Form and Processes**, Cambrige University Press, p.272-291.

17. Gerllis, A.C.(1998). **Characterization and evaluation of channel and hillslope erosion on the Auni Reservation**, 1992-95: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigation 97-4292,12p.

18. Gerlach, T.(1967). **Hillslope troughs for measuring sediment movement,** Revue Geomorphologie Dynamique, v.4, p.1.

19. Hann, C.T., Barfield, B.J. & Hayes, J.C, (1994). Design hydrology and sedimentology for small catchments. Academic Press, New York.

20. Meyer,L.D. & Wischmeier, W.H.(1969). **Mathmatical Simulation of the processes of Soil Erosion by Water**. *Trans. Am. Soc. Agric. Engrs*., 12(6), 754-758.

21. Musgrave, G.W.(1947); **The Quantitative evaluation of factors in water erosion, a first Approximation**, *J. Soil and Water Conser*, 2(3), 133-138.

22. Pasific Southwest Inter-Agency Committee,(1968). **Factors Affecting Sediment Yield and Measures for the Reduction of Erosion and Sediment Yield**, 13 pp.

23. Rendard K.C., Foster G., Yoder D., Et Maccol D. (1994). **RUSLE Revise**d**: Status, Questions**, Answers and the Future. *J. Soil Water Cons*. 49, 213-220.

24. Renfro, G. W.,(1975). **Use of Erosion Equations and Sediment Delivery Rations for Predicting Sediment Yield.** In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. Agric. Res. Serv., ARS-S-40, 33-45.US Dept. Agric.,Washington, D.C.

25. Williams, J. R.,(1975). **Sediment Yield Prediction with Universal Soil Loss Equation Using Runoff Energgy Factors**, In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. Agric. Res. Serv., US Dept. Agric.,Washington, D.C., ARS-S-40, 244-252.

26. U.S. Soil Conservation Service, Hydrology, Section4, *SCS National Engineering Handbook*, Washington D.C.: U.S. Soil Conservation Servce.

27. Wischmeier, W. H. and Smith, D. D.,(1978). **Predicting Rainfall Erosion Losses- A Guied to Conservation Planning. Agric.** Handbook No.537, US Dept. of Agric., Washington, D.C.

28. Walling, D.E.,(1988). **Erosion and sediment yield research-some recent perspectives.***J.Hydrol*.100,113-141.

Archive of SID

www.SID.ir