دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

ارزیابی کارایی مدل WEPP در برآورد رسوب حوزه آبخیز سولاچای- اردبیل

سوسن طولابی[۱]، موسی عابدینی[۲] و اباذر اسمعلی عوری[۳]

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان (نویسنده مسئول: sosan.tolabi@yahoo.com)
۲ و ۳- دانشیار و استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی
تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۲

چکیده

آب و خاک حاصل‌خیز مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور و پایه و اساس حیات بشر به شمار می‌آیند. فرسایش خاک و تولید رسوب باعث کاهش حاصلخیزی زمین‌های زراعی و در نتیجه به مخاطره افتادن حیات انسان می‌شود، از طرف دیگر افزایش میزان رسوبدهی حوزه‌های آبخیز نقش مهمی در کاهش عمر مفید سدها و کاهش ظرفیت آبگیری آنها دارد، بنابراین بررسی و مطالعه‌ی فرسایش خاک و برآورد رسوب خروجی حوزه‌های آبخیز امری ضروری می‌باشد. انجام مطالعات ارزیابی کمّی تولید رسوب با استفاده از مدل‌های مختلف یکی از راهکارهایی است که از طریق آن می‌توان این پدیده را تا حدودی کنترل و مقدار آن را به حداقل رساند. هدف از این پژوهش، ارزیابی کارایی مدل WEPP در برآورد رسوب خروجی از حوزه آبخیز سولاچای می‌باشد. روش کار در مدل WEPP به این صورت بود که در ابتدا فایل مربوط به هریک از پارامترهای مدل (اقلیم، خاک، توپوگرافی، مدیریت و آبراهه) ایجاد و وارد نرم‌افزار GeoWEPP شد و در نهایت مقدار رسوب محاسبه گردید. از آنجا که مدل WEPP کارایی لازم در برآورد رسوب برای سه مقیاس دامنه، حوزه آبخیز و مسیرهای جریان را دارا می‌باشد، لذا مقدار رسوب ویژه برآوردشده در هریک از سه حالت فوق، به ترتیب برابر با ۰/۲۱۳، ۰/۱۷۸ و ۰/۷۸۵ و مقدار رسوب مشاهده‌ای نیز برابر با ۰/۲۴۱ تن در هکتار در سال به‌دست آمد. مقایسه‌ی نتایج مدل WEPP با رسوب مشاهده‌ای بیانگر این است که مقادیر برآوردی رسوب در حالت‌های دامنه و حوزه آبخیز به مقدار رسوب مشاهده‌ای نزدیک‌تر بوده و نسبت به حالت مسیرهای جریان نتایج قابل قبول‌تری را ارائه داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: برآورد رسوب، حوزه آبخیز سولاچای، فرسایش خاک، مدل WEPP، GeoWEPP، GIS

مقدمه

آب و خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور می‌باشند و نقش اساسی در توسعه اقتصادی و پیشرفت جوامع دارند. فرسایش خاک[۱] و در نتیجه تولید رسوب، عاملی است که این منابع با ارزش را تهدید می‌کند.

فرسایش خاک، به فرآیندی اطلاق می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک عوامل مختلفی چون آب، باد، نیروی ثقل، یخچال و انسان به مکانی دیگر حمل می‌شوند (۳۰،۱۰) و به ذرات حمل شده و تجمع یافته نیز رسوب گفته می‌شود.

فرسایش خاک به مرور زمان باعث کاهش حاصلخیزی زمین‌های زراعی شده و از این طریق خسارات زیادی به بار می‌آورد. تولید رسوب نیز که در نتیجه‌ی فرسایش خاک به وجود می‌آید از طریق تجمع رسوبات باعث کاهش عمر مفید سدها و دیگر مخازن آب شده و همچنین ظرفیت آبگیری آنها را کاهش می‌دهد. این مسائل اهمیت برآورد مقدار رسوب در سطح حوزه‌های آبخیز را می‌رساند. مقدار تولید رسوب بستگی به خصوصیات آب و هوایی، نوع خاک، وضعیت پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شیب، وضعیت توپوگرافی، وسعت حوزه‌ها و بسیاری عوامل دیگر دارد.

رودخانه‌های کشور ما در مقایسه با رودخانه‌های جهان رسوب بالایی را حمل می‌کنند. این امر نشان‌دهنده‌ی شدت فرسایش و تولید رسوب و وضعیت نامناسب منابع طبیعی می‌باشد. در حوزه آبخیز سولاچای نیز، عواملی مانند: توسعه‌ی بی‌رویه اراضی دیم، شخم‌زنی غیراصولی (شخم در جهت شیب)، چرای بیش از حد دام، بهره‌برداری بیش از حد از خاک جهت کشاورزی و ایجاد شبکه‌ی ارتباطی باعث افزایش و تشدید فرسایش خاک شده، لذا برآورد مقدار فرسایش خاک و هم‌چنین رسوب خروجی از حوزه ضرورت دارد.

بررسی منابع نشان می‌دهد که، در سال‌های اخیر، مراکز مختلف تحقیقاتی و دانشگاهی داخلی و خارجی مطالعات گسترده‌ای را در مورد برآورد فرسایش و رسوب با مدل WEPP به انجام رسانده‌اند، از جمله: امور و همکاران (۴)، رکلوت و آلبرجل (۲۲)، گرانستن و لاندکوم (۱۱) و لایر و همکاران (۱۷). بیگوریا و رومرو (۷) نقشه‌ی نقاط فرسایشی رشته‌کوه‌های آند در کشور پرو را با مدل WEPP و GIS بررسی و تهیه نمودند. نتایج پژوهش نشان داد که اگرچه این نقشه‌ها رواناب کل و شدت فرسایش خاک در سطح حوزه‌های آبخیز را نشان نمی‌دهند اما آنها می‌توانند

1- Soil Erosion

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

در برنامه‌های مدیریت و حفاظت از منابع آب و خاک به برنامه‌ریزان و مدیران کمک کنند. پیئری و همکاران (۲۱) با استفاده از مدل WEPP در رشته‌کوه‌های آپنینز (شمال ایتالیا) فرسایش و رسوب را شبیه‌سازی و پیش‌بینی نمودند. آنها مدل فوق را بر اساس مدیریت و خاک کالیبره نمودند و تأثیر کشت محصولاتی چون یونجه، گندم و ذرت را روی فرسایش و رسوب منطقه بررسی نمودند. نتایج نشان داد در مزارعی که تنها یکی از سه محصول فوق کشت می‌شد میزان فرسایش و رسوب زیاد بود و کمترین رسوب در مزارعی تولید می‌شد که سه محصول یونجه، گندم و ذرت به‌صورت چرخشی کشت می‌شد.

پاندئی و همکاران (۲۰) از مدل WEPP در بررسی فرسایش و رسوب چند حوزه کوچک و پر از تپه هند استفاده نمودند. نتایج نشان داد که رسوب برآوردشده در دره‌ی دامو با مقادیر ارائه شده به وسیله‌ی مدل دارای همبستگی بسیار بالایی می‌باشد. شن و همکاران (۲۶) میزان فرسایش خاک حوزه آبخیز ژانگ‌جیاچونگ را با دو مدل WEPP و SWAT در سه منطقه مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که نتایج هر دو مدل قابل قبول می‌باشد، اما مدل WEPP نسبت به مدل SWAT نتایج بهتری از برآورد فرسایش خاک به‌دست می‌دهد. دان و همکاران (۹) کارایی مدل WEPP را در کاربری‌های جنگلی در حوزه آبخیز هرمادا واقع در جنگل‌های ملی آمریکا مورد بررسی قرار دادند. زینگ‌سئو و همکاران (۲۹) رواناب و رسوب حوزه شهری ساین سیو (چین) را با استفاده از مدل GeoWEPP شبیه‌سازی نمودند. سینگ و همکاران (۲۷) مقدار رسوب و رواناب را در یک حوزه آبخیز پر از تپه در هیمالیای شرقی هند با استفاده از مدل WEPP شبیه‌سازی نمودند. نتایج نشان داد که مدل WEPP می‌تواند برای توسعه دادن شیوه‌های مدیریتی در شرایط بارندگی زیاد و شیب زیاد در هیمالیای شرقی مورد استفاده قرار گیرد. دفرشا و همکاران (۸) برای بررسی و مطالعه پتانسیل رسوب و جریان رواناب در مقیاس حوزه‌ی آبخیز از مدل‌های WEPP و EROSION 3D استفاده نمودند. محدوده‌ی مورد مطالعه حوزه‌ی رودخانه مارا واقع در کنیا بود. نتایج نشان داد که، هر دو مدل استفاده شده ابزارهای مفیدی برای برآورد رواناب و رسوب در مقیاس حوزه آبخیز می‌باشند.

در کشورمان نیز پژوهش‌هایی پیرامون موضوع پژوهش پیش‌رو انجام گرفته است، از جمله: احمدی و همکاران (۲)، اسدزاده (۶)، اسدی و همکاران (۵)، خادم‌الرسول (۱۵)، خادم‌الرسول و همکاران (۱۶)، کاظمی خالدی (۱۲)، کلارستاقی و همکاران (۱۴)، محمودآبادی (۱۹). عامری‌خواه و خادم‌الرسول (۳) کارایی بهترین گزینه‌های مدیریت آبخیز بر بهبود اراضی و کاهش فرسایش و بار رسوب با استفاده از مدل WEPP، را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که بهترین گزینه‌های مدیریتی قابل اجرا در حوزه، روش‌های توأم کنترل سیلاب و اصلاح پوشش گیاهی می‌باشد. لندی و همکاران (۱۸) با استفاده از مدل WEPP و GIS مقدار فرسایش حوزه آبخیز هلایجان ایذه (خوزستان) را شبیه‌سازی و پیش‌بینی نمودند. کاظمی خالدی و همکاران (۱۳) با استفاده از مدل WEPP به شبیه‌سازی رسوب در حوزه آبخیز امامه پرداختند. نتایج پژوهش بیانگر این بود که مدل WEPP توانسته زمان وقوع حداکثر رسوب را به خوبی شبیه‌سازی نماید. هم‌چنین کاهش مقدار ضریب در دوره صحت‌سنجی نسبت به دوره‌ی کالیبراسیون منطقی به‌نظر می‌رسد. صادق‌زاده ریحان (۲۵) فرسایش و رسوب را با استفاده از مدل WEPP در اراضی مارنی منطقه خواجه تبریز شبیه-سازی نمودند و به این نتیجه رسیدند که، این مدل برای برآورد فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه مناسب می‌باشد. صادقلو و همکاران (۲۴) با استفاده از مدل WEPP و نرم‌افزار GIS فرسایش و رسوب حوزه صوفی‌چای مراغه را ارزیابی و پهنه‌بندی نمودند. طولابی (۲۸) فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه آبخیز سولاچای را با دو مدل WEPP و EPM بررسی نمودند و نتایج مدل‌ها را با رسوب مشاهده‌ای مقایسه نمودند. نتایج پژوهش نشان داد که، مقدار رسوب برآورد شده با مدل WEPP به مقدار رسوب مشاهده‌ای نزدیک‌تر بوده و این مدل از کارایی بالاتری نسبت به مدل EPM در برآورد رسوب منطقه مورد مطالعه برخوردار است. هدف از این پژوهش، مطالعه و برآورد تولید رسوب حوزه آبخیز سولاچای با استفاده از مدل فرآیندیاب WEPP و نرم‌افزارهای GeoWEPP و ArcGIS می‌باشد.

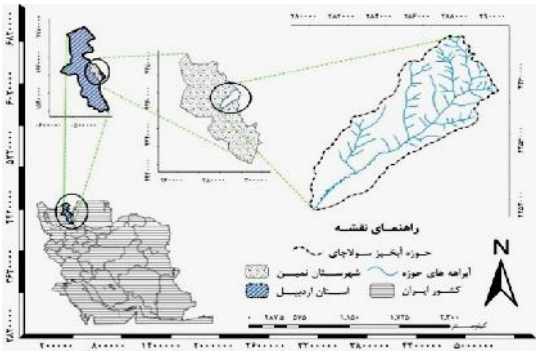
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز سولاچای، با مساحت ۴۳/۸۵ کیلومترمربع یکی از زیرحوزه‌های حوزه آبخیز قره‌سو می‌باشد که در شرق شهرستان نمین (در استان اردبیل) و در بالادست روستای سولا واقع شده است. این حوزه در بین طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه و ۴۷ ثانیه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۳ دقیقه و ۱۴ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۴۱ دقیقه و ۴۳ ثانیه شمالی قرار گرفته و نقطه خروجی آن منتهی به ایستگاه هیدرومتری سولا می‌باشد. متوسط ارتفاع حوزه از سطح دریای آزاد ۱۵۵۰ متر است. شیب متوسط حوزه، ۱۴/۹۱ درصد می‌باشد. میانگین بارندگی و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

درجه حرارت سالانه در آن به ترتیب ۳۳۷/۷۸ میلی‌متر و ۸/۴۲ درجه سانتی‌گراد است. شکل ۱، موقعیت حوزه آبخیز سولاچای را در شهرستان نمین، استان اردبیل و کشور ایران نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی حوزه

روش پژوهش

هدف اصلی این پژوهش بررسی و برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه آبخیز سولاچای با استفاده از مدل WEPP می‌باشد، لذا با توجه به ماهیت موضوع پژوهش، روش آن به‌صورت مورفومتری و کارهای میدانی، تجربی و آزمایشگاهی می‌باشد و برای انجام آن چهار مرحله‌ی زیر صورت گرفت:

الف- جمع‌آوری و بررسی کتب، پایان‌نامه‌ها، مقالات و هرگونه مطلب مرتبط با موضوع پژوهش.

ب- مشاهدات و بررسی‌های میدانی، نمونه‌برداری‌ها، اندازه‌گیری‌ها و کارهای آزمایشگاهی.

ج- انجام محاسبات، پردازش، تجزیه و تحلیل داده‌ها در کامپیوتر.

د- ارائه گزارش نهایی پژوهش.

معرفی مدل WEPP و شیوه‌ی اجرای آن

مدل WEPP، که مخفف Water Erosion Prediction Project به معنی پروژه‌ی پیش‌بینی فرسایش آبی می‌باشد، یک تکنولوژی جدید پیش‌بینی فرسایش است که برای اولین‌بار در سال ۱۹۸۵ توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا پایه‌گذاری شده است. فرآیندهایی که در این مدل برای برآورد رسوب در نظر گرفته می‌شوند، عبارتند از: فرسایش شیاری و بین‌شیاری، انتقال و ترسیب ذرات، نفوذپذیری، تراکم خاک، اثرات بقایا و آسمانه گیاهی بر جدا شدن ذرات خاک و نفوذپذیری، سله بستن سطحی، هیدرولیک شیار، رواناب سطحی، رشد گیاه، تجزیه بقایای گیاهی، نفوذ عمقی، تبخیر، تعرق، ذوب برف، اثرات یخ بستن خاک بر نفوذپذیری و فرسایش‌پذیری، اقلیم، اثرات شخم بر خواص خاک، اثرات زبری تصادفی خاک و اثرات کنتور (تراز) به ویژه لبه‌های تراز (۲۳).

مدل WEPP، مقدار هدررفت خاک را در طول یک دامنه و مقدار تولید رسوب را در انتهای شیب یک دامنه محاسبه می‌کند.

مواد و ابزار پژوهش

مواد مورد نیاز که در جریان پژوهش استفاده شد، عبارتند از:

۱- استفاده از نقشه توپوگرافی مناطق اردبیل (۱) و حیران با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برای مشخص نمودن مرز محدوده مورد مطالعه، تهیه نقشه‌های موضوعی، نقشه مدل رقومی ارتفاع، نقشه شیب و نقشه جهت شیب.

۲- استفاده از نرم‌افزار ArcGIS برای رقومی‌سازی نقشه‌های استفاده شده و ارتباط با نرم‌افزار GeoWEPP.

۳- استفاده از نرم‌افزار GeoWEPP برای ساختن فایل‌های مورد نیاز مدل WEPP و ارتباط با نرم‌افزار ArcGIS.

۴- اجرای نرم‌افزار Cligen برای ساختن فایل اقلیم.

۵- استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS جهت انجام تحلیل‌های آماری.

۶- استفاده از نرم‌افزار Google Earth، جهت تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه.

۷- تهیه داده‌های هیدرولوژی از سازمان آب منطقه‌ای شهرستان اردبیل.

۸- تهیه داده‌های اقلیمی از اداره‌ی هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای شهرستان اردبیل.

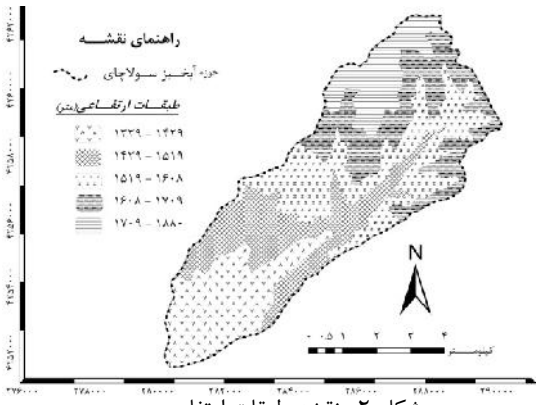
۹- استفاده از وسایل مورد نیاز برای تشریح پروفیل خاک و ثبت خصوصیات پوشش گیاهی.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

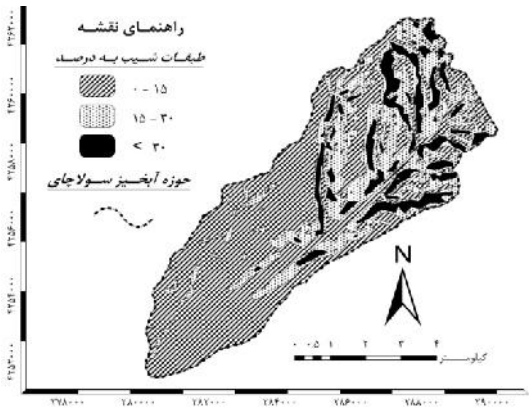
۱۰- استفاده از دستگاه GPS، به‌منظور مشخص نمودن موقعیت دقیق خروجی حوزه، کنترل مختصات قسمت‌های مختلف حوزه و ثبت نقاط نمونه‌برداری خاک.

۱۱- استفاده از مدل WEPP برای برآورد رسوب حوزه.

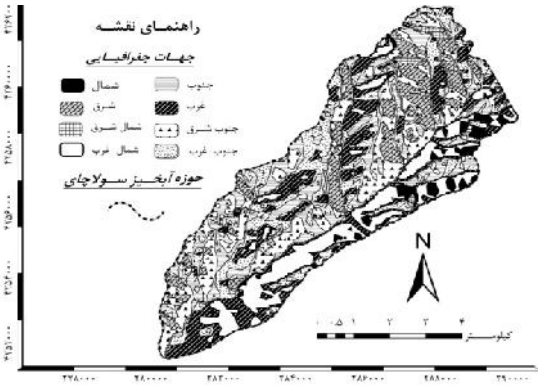
شکل‌های ۲ تا ۶، نقشه‌های پایه منطقه مورد پژوهش را نشان می‌دهند.



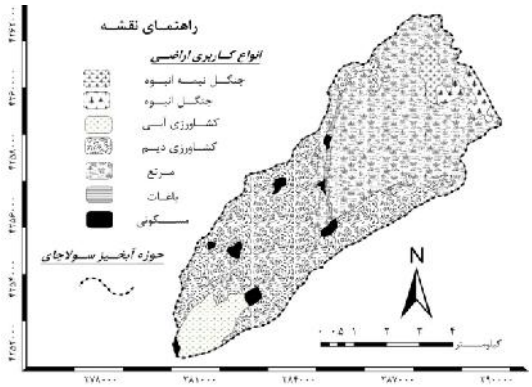
شکل ۲- نقشه طبقات ارتفاعی حوزه



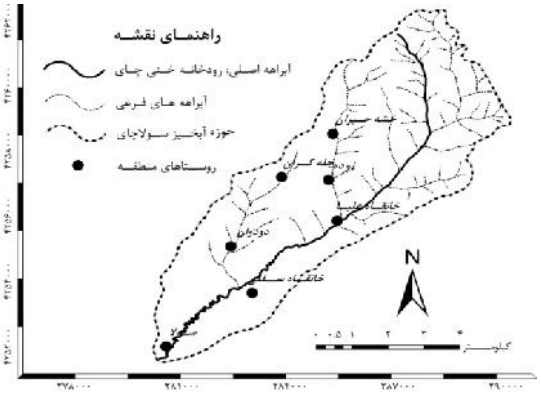
شکل ۳- نقشه شیب حوزه



شکل ۴- نقشه جهت شیب حوزه



شکل ۵- نقشه کاربری اراضی حوزه



شکل ۶- نقشه شبکه زهکشی حوزه

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

نتایج و بحث

برآورد رسوب با مدل WEPP

مدل WEPP دارای سه حالت حوزه آبخیز، دامنه و مسیرهای جریان می‌باشد. در حالت حوزه آبخیز، میزان رسوب در دامنه‌ها و آبراهه‌ها برآورد می‌شود. در حالت دامنه مقدار رسوب در دامنه‌ها برآورد می‌شود و در حالت مسیرهای جریان نیز مقدار رسوب در دامنه برآورد می‌شود و آبراهه‌ها تنها انتقال‌دهنده رسوب ورودی هستند. بنابراین در حالت اخیر میزان رسوب در آبراهه‌ها برآورد نمی‌شود. در پژوهش پیش‌رو مقدار رسوب با سه حالت فوق برآورد گردید.

برآورد رسوب تولید شده با استفاده از مدل WEPP، طی دو مرحله‌ی محاسبه‌ی عوامل مورد نیاز مدل و ورود داده‌ها به نرم‌افزار و محاسبه رسوب صورت گرفت.

عوامل مورد نیاز مدل WEPP عبارتند از: اقلیم، خاک، مدیریت، توپوگرافی و آبراهه. برای عامل خاک مواردی مانند: درصد رس، درصد ماسه، درصد سنگریزه، درصد مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، بافت خاک، جریان هیدرولیکی مؤثر، تنش برشی بحرانی، فرسایش‌پذیری شیاری، فرسایش‌پذیری بین‌شیاری، درصد سطح اشباع اولیه و درصد آلبدو در نمونه‌های خاک مورد بررسی قرار گرفته است. جداول ۱ و ۲، به ترتیب نتایج آزمایشات انجام شده و عوامل محاسبه شده برای فایل خاک را نشان می‌دهند. اطلاعات مربوط به فایل اقلیم به علت این‌که منطقه فاقد ایستگاه هواشناسی بود، از ایستگاه تبخیرسنجی و باران‌سنجی نمین (که به لحاظ توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه بود)، با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه و ۳ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۱ ثانیه شمالی و ارتفاع متوسط ۱۴۰۵ متر از سطح دریا به‌دست آمد. پارامترهای مورد نیاز برای فایل اقلیم عبارتند از: متوسط بارندگی ماهانه، انحراف معیار بارندگی، ضریب چولگی بارندگی، احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب، احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز خشک، میانگین دمای حداقل، انحراف معیار دمای حداقل، میانگین دمای حداکثر و انحراف معیار دمای حداکثر (جدول ۳)، نتایج حاصل از محاسبات پارامترهای اقلیمی مورد نیاز فایل اقلیم را نشان می‌دهد. پس از آماده‌سازی دیگر اطلاعات مورد نیاز جهت اجرای مدل از جمله اطلاعات مربوط به هیدرولوژی و پوشش گیاهی و اجرای نرم‌افزار، در نهایت مقادیر فرسایش و رسوب با سه حالت مدل WEPP (حوزه آبخیز، دامنه و مسیرهای جریان) به‌دست آمد. جدول ۴، نتایج محاسبات را نشان می‌دهد.

جدول ۱- آزمایشات انجام شده برای فایل خاک (منبع: نگارندگان)

سنگریزه (٪)	ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک)	مواد آلی (٪)	رس (٪)	ماسه (٪)	عمق افق خاک (میلی‌متر)	زیرحوزه‌ها
۱	۳۶/۹۰	۱	۳۶/۳۰	۴۴	۳۰۰	۱
۱/۳	۳۶/۷۹	۰/۹	۳۷/۸۹	۴۵/۲۶	۵۰۰	
۱	۳۷/۹۴	۰/۹	۲۱/۳۱	۵۵/۸۰	۳۵۰	
۱/۲	۳۷/۸۵	۰/۷	۲۲/۱۵	۵۷/۱۰	۵۲۰	۲
۱/۴	۳۷/۷۱	۰/۵۳	۲۳/۶۹	۵۹/۰۸	۶۳۰	
۱	۲۴	۰/۶	۳۸/۴۵	۴۹/۷۵	۲۰۰	۳
۱/۱	۲۳/۹۱	۰/۴۳	۳۹/۶۹	۵۱/۹۵	۳۰۰	
۱	۱۵/۹۲	۰/۳	۱۰/۵۰	۴۲/۳۲	۴۰۰	۴
۱/۲	۱۵/۶۵	۰/۱۶	۱۱/۴۹	۴۳/۵۵	۶۰۰	
۱/۵	۵۶/۳۰	۰/۱	۸۵/۲۰	۱۱/۲۴	۱۵۰	۵
۲/۴	۵۶/۱۹	۰/۰۳	۵۹/۴۷	۱۲/۹۱	۲۰۰	
۱/۵	۲۷/۲۸	۱	۳۴/۲۳	۵۲/۰۷	۲۰۰	۶

جدول ۲- عوامل محاسبه‌شده برای فایل خاک (منبع: نگارندگان)

بافت	A	B	C	D	E	F	زیرحوزه‌ها
رسی شنی	۰/۵	۳/۶	۰/۰۰۲۱	۷۵۹۰۰۵۱	۴	۰/۷۳	۱
لوم رسی شنی	۰/۵	۳/۴	۰/۰۰۳۵	۵۱۶۷۶۷۰	۵/۷	۰/۴۳	۲
رسی شنی	۰/۸	۳/۹	۰/۰۰۲۱	۷۰۰۰۳۰۴	۳/۴۱	۰/۳۵	۳
لومی	۱/۲	۱/۰۹	۰/۰۰۱۷	۹۸۳۵۷۰۰	۳/۴۶	۰/۱۳	۴
رسی	۰	۳/۵	۰/۰۰۰۸	۲۷۷۵۴۱۸	۵/۸۲	۰/۰۲	۵
لوم رسی شنی	۰/۷	۴/۳	۰/۰۰۰۱۲	۴۵۶۰۶۳۴	۹/۸۹	۰/۸۱	۶

راهنمای جدول ۲: A: جریان هیدرولیکی موثر (mm/hr)، B: تنش برشی بحرانی (n/m^2)، C: فرسایش‌پذیری شیاری (s/m)، D: فرسایش‌پذیری بین‌شیاری بر حسب کیلوگرم در ثانیه در متر به توان ۴، E: سطح اشباع اولیه بر حسب درصد و F: آلبیدو بر حسب درصد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

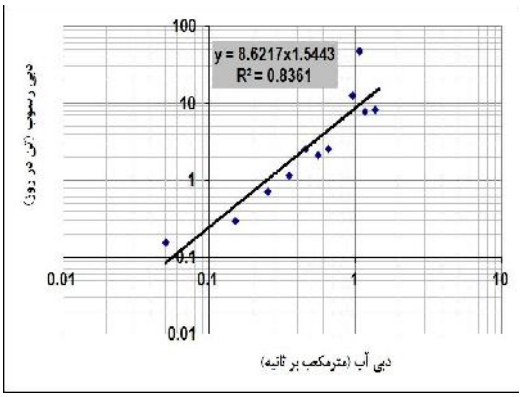
جدول ۳- عوامل محاسبه شده برای فایل اقلیم (منبع: نگارندگان)

پارامترها	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
A	۰/۹۳	۰/۸۵	۱/۲۴	۱/۶۶	۱/۴۴	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۱۷	۰/۴۹	۱/۰۸	۱/۲۳	۰/۹۵
B	۰/۷۴	۰/۴	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۹۶	۰/۳۶	۰/۵۲	۰/۱	۰/۵۲	۰/۹۸	۰/۶۹	۰/۵۴
C	۰/۹۶	۰/۳۱	۱/۲۵	۰/۶۹	۱/۱۸	۱/۲	۱/۶۹	۰/۰۷۵	۱/۳	۰/۷۱	۰/۱۵	۰/۵۲
D	۰/۳	۰/۲۲	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۳۶
E	۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۱	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۷
F	۲۲/۰۱	۲۳/۶۸	۳۰/۳۲	۳۵/۹	۴۲/۹	۴۸/۵	۵۴/۵۳	۵۶/۴۶	۵۳/۴۷	۴۷/۷۳	۳۷/۲۵	۲۷/۸۹
G	۶/۸۲	۴/۷۳	۳/۷۷	۳/۷۳	۲/۳۳	۱/۳	۱/۴	۱/۴۹	۱/۸۴	۲/۶۳	۲/۵۵	۴/۶۷
H	۴۱/۸۴	۴۳/۸۴	۵۲/۲۶	۵۹/۰۱	۶۵/۷۳	۷۲/۷۵	۷۵/۱۴	۷۸/۲	۷۴/۵۷	۶۹/۷۱	۵۸/۱۹	۴۷/۲۸
Q	۵/۷	۴/۰۸	۵/۳۵	۵/۲۸	۳/۴۶	۲/۷۱	۲/۲۸	۲/۴۲	۱/۷۵	۳/۸۴	۳/۹۹	۶/۳۳

راهنمای جدول ۳: A: متوسط بارندگی ماهانه به اینچ، B: انحراف معیار بارندگی (ماهانه)، C: ضریب چولگی بارندگی (ماهانه)، D: احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب، E: احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز خشک، F: میانگین دمای حداقل (فارنهایت)، G: انحراف معیار دمای حداقل، H: میانگین دمای حداکثر (فارنهایت) و Q: انحراف معیار دمای حداکثر.

بررسی صحت پیش‌بینی‌های انجام‌شده با مدل WEPP به وسیله رسوب مشاهده‌ای

برای بررسی صحت پیش‌بینی انجام شده، از آمار نمونه‌برداری بار معلق ایستگاه هیدرومتری سولا که تنها ایستگاه موجود در منطقه بود (طی دوره آماری ۱۳ ساله)، استفاده شد. اطلاعات ایستگاه هیدرومتری سولا شامل دو فایل اطلاعات دبی (شامل برداشت‌های روزانه صورت‌گرفته از دبی رودخانه بر حسب متر مکعب بر ثانیه) و اطلاعات رسوب (مربوط به برداشت‌های موردی بار معلق بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) بود. برای محاسبه رسوب تولید شده رودخانه (رسوب مشاهده‌ای) باید رسوب معلق و رسوب بستر موجود در رودخانه محاسبه شوند. برای ترسیم نمودار دبی و رسوب از روش متوسط دسته‌ها با ضریب FAO اصلاح شده استفاده گردید. در این روش ابتدا دبی‌های موردی برداشت شده به دسته‌های مختلف تقسیم شده و سپس در هر دسته متوسط دبی و رسوب محاسبه شد. شکل ۷، نمودار سنجه‌رسوب حوزه آبخیز سولاچای را نشان می‌دهد.



شکل ۷- نمودار سنجه-رسوب حوزه

با توجه به نمودار سنجه‌رسوب (شکل ۷) رابطه میان دبی و رسوب در حوزه آبخیز سولاچای به‌صورت رابطه ۱، محاسبه گردید:

$$Q_s = 8.6217 * Q_w^{1.5443} \quad (۱)$$

که در آن Q_s: رسوب بر حسب تن در روز و Q_w: دبی بر حسب مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. با استفاده از رابطه ۱ و اطلاعات روزانه برداشت شده دبی، رسوب معلق تولیدی (مشاهده‌ای) در روزهای مختلف محاسبه گردید. در نتیجه مقدار رسوب مشاهده‌ای ۰/۲۴۱ تن در سال در هکتار محاسبه شد. نتایج حاصل از برآورد مقدار رسوب با سه حالت موجود در مدل WEPP در جدول ۴، نشان داده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

جدول ۴- مقایسه‌ی آمار مشاهده‌ای رسوب با مقادیر برآورد شده به‌وسیله مدل WEPP (منبع: نگارندگان)

نوع پارامتر	حالت‌های موجود در مدل WEPP			رسوب مشاهده‌ای
	حوزه آبخیز	مسیرهای جریان	دامنه	
رسوب ویژه (t/ha/year)	۰/۱۷۸	۰/۷۸۵	۰/۲۱۳	۰/۲۴۱
رسوب کل (t/ year)	۶۹۲/۵۸	۳۰۵۴/۳۵	۸۲۸/۷۶	۱۰۲۳/۰۴

مقایسه‌ی نتایج حاصل از سه حالت موجود در مدل WEPP با رسوب مشاهده‌ای حوزه آبخیز سولاچای بیانگر این است که از میان حالت‌های موجود در مدل، حالت دامنه با مقدار ۰/۲۱۳ و حالت حوزه آبخیز با مقدار ۰/۱۷۸ تن در هکتار در سال، به مقدار رسوب مشاهده‌ای نزدیک‌تر بوده و نسبت به حالت مسیرهای جریان نتایج قابل قبول‌تری را ارائه داده‌اند. اما حالت مسیرهای جریان با مقدار ۰/۷۸۵ تن در هکتار در سال به دلیل اختلاف زیاد با رسوب مشاهده‌ای، روشی مناسب برای برآورد رسوب حوزه آبخیز سولاچای نمی‌باشد. در مجموع نتایج ارائه شده توسط مدل، بیانگر این است که مدل فوق از کارایی خوبی در برآورد رسوب منطقه مورد مطالعه برخوردار است. همچنین پژوهش‌های انجام گرفته با مدل WEPP در مناطق مختلف نیز بیانگر توانایی بالای مدل در برآورد رسوب و شبیه‌سازی آن در حوزه‌های آبخیز می‌باشد.

هرچند مقدار رسوب تولید شده در حوزه آبخیز سولاچای در مقایسه با حوزه‌های آبخیز دیگر بسیار ناچیز است، اما عواملی مانند: توسعه بی‌رویه اراضی دیم، شخم‌زنی غیراصولی، بهره‌برداری بیش از حد از خاک جهت کشاورزی و ایجاد شبکه ارتباطی باعث افزایش فرسایش خاک شده و این تولید رسوب بیشتر را به دنبال خواهد داشت.

منابع

1. Abedini, M. 2012. Survey soil erosion and sediment production in Basmanjchai watershed with emphasis on indicators of hydroclimatical, tectonic and rain erosivity. Journal of District Geography of Environment, 2: 1-20. (In Persian)
2. Ahmadi, H., M. Jafari, A. Golkarian, E. Abrisham and J. Laflan. 2007. The estimate erosion and sediment using WEPP model (Case study: Bar-Erieh watershed, Neyshabur), Research and Development Quarterly, 75: 162-172. (In Persian)
3. Amerikhah, H. and A. Khademolrasol. 2009. Evaluation of efficacy the best watershed management options on improves of lands and to reduce erosion and sediment yield using WEPP model. 8th International Seminar of River Engineering, Ahvaz. (In Persian)
4. Amore, E., C. Modica, M.A. Nearing and V. Santoro. 2004. Scale effect in USLE and WEPP application for three Sicilian basins. Journal of Hydrology, 293: 100-114.
5. Asadi, H., H. Rohipor, H. Refahi and M. Sharafa. 2007. The estimate WEPP model for estimation of interrill erosion in laboratory conditions. Journal of Agricultural Sciences, Iran, 38: 553-562. (In Persian)
6. Asadzadeh, F. 2008. The designation of role surface roughness, soil resistance and aggregate stability on soil interrill erodibility in WEPP model using simulation of rain, M.Sc. Thesis, University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian)
7. Baigorria, G.A. and C.C. Romero. 2007. Assessment of erosion hotspots in a watershed: Integrating the WEPP model and GIS in a case study in the Peruvian Andes. Environmental Modelling and Software, 22: 1175-1183.
8. Defersha, M.B., A.M. Melesse and M.E. Mcclain. 2012. Watershed scale application of WEPP and EROSION 3D models for assessment of potential sediment source areas and runoff flux in the Mara River Basin, Kenya. Catena, 95: 63-72.
9. Dun, S., J.Q. Wu, W.J. Elliot, P.R. Robichaud, D.C. Flanagan, J.R. Frankenberger, R.E. Brown and A.C. Xu. 2009. Adapting the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model for forest applications. Journal of Hydrology, 366: 46-54.
10. Esmali, A. and KH. Abdollahi. 2011. Watershed management & soil conservation. University of Mohaghegh Ardabili Publications, Ardabil, Iran, 574 pp. (In Persian)
11. Gronsten, H.A. and H. Lundekvam. 2006. Prediction of surface runoff and soil loss in Southeastern Norway using the WEPP Hillslope model. Soil and Tillage Research, 85: 186-199.
12. Kazemi khaledi, H. 2009. The estimated sediment with WEPP hydrological model and compare it with the SWAT model (case study Emame watershed), M.Sc. Thesis, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. (In Persian)
13. Kazemi khaledi, H., F. Nasiri Saleh and A. Chavoshian. 2010. Simulation of sediment using WEPP model in Emame watershed. 9th Iranian hydraulic conference, Tehran. (In Persian)
14. Kelarestaghi, A., H. Ahmadi, M. Jafari, Z. Jafarian jelodar, J. Ghodosi and A. Golkarian. 2009. The evaluation of efficiency the WEPP Slope model of in prediction of runoff and sediment the Rengland plots. Journal of Rangeland, 3: 317-332. (In Persian)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

15. Khademolrasol, A. 2007. Forecast soil loss with simulation of hillslopes in the size watershed by WEPP model in Khuzestan province. 4th national conference sciences and engineering watershed management Iran, Karaj. (In Persian)
16. Khademolrasol, A., H. Amerikhah and A. Khademolrasol. 2009. The estimated sediment the yield in Alaa the river in Baghmalek with combining the WEPP model, GIS and landuse. 8th International Seminar of River Engineering, Ahvaz. (In Persian)
17. Lier, Q.D.J.V., G. Sparovek, D.C. Flanagan, E.M. Bloem and E. Schnug. 2005. Runoff mapping using WEPP erosion model and GIS tools. Computers and Geosciences, 31: 1270- 1276.
18. Londi, A., J. Sayadi, A. Barzegar and A. Khademolrasol. 2009. Estimation of erosion using the WEPP model and GIS In Holaijan Izeh watershed, 5th national conference sciences and engineering watershed management Iran (the sustainable management of natural disasters, Gorgan. (In Persian)
19. Mahmodabadi, M. 2007. Survey interrill and rill erosion and the processes related to them using the simulation of rainfall and runoff. Ph.D. Thesis, University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian)
20. Pandey, A., V. M. Chowdary, B. C. Mal and M. Billib. 2008. Runoff and sediment yield modeling from a small agricultural watershed in India using the WEPP model. Journal of Hydrology, 348: 305-319.
21. Pieri, L., M. Bittelli, J.Q. Wu, S. Dun, D.C. Flanagan, P.R. Pisa, F. Ventura and F. Salvatorelli. 2007. Using the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model to simulate field-observed runoff and erosion in the Apennines mountain range, Italy. Journal of Hydrology, 336: 84-97.
22. Raclot, D. and J. Albergel. 2006. Runoff and water erosion modelling using WEPP on a Mediterranean cultivated catchment. Physics and Chemistry of the Earth, 31: 1038-1047.
23. Rafahi, H. 2009. Water erosion and conservation, University of Tehran Publications, Tehran, Iran, 671 pp. (In Persian)
24. Sadeghlo, M., S. Saedi and J. Yarahmadi. 2011. Application GIS and WEPP model in identification, zonation and assessment of areas of erosion and sediment and its deposition of in Sofichai watershed. 5th sepecial conference of environmental engineering, Tehran. (In Persian)
25. Sadeghzade Reihan, M. 2010. Study the process of erosion and sediment use simulation of WEPP process the model in of lands the marly Khaje in Tabriz, M.Sc. Thesis, Islamic Azad University of Karaj, Karaj, Iran. (In Persian)
26. Shen, Z.Y., Y.W. Gong, Y.H. Li, Q. Hong, L. Xu and R.M. Liu. 2009. A comparison of WEPP and SWAT for modeling soil erosion of the Zhangjiachong Watershed in the Three Gorges Reservior Area. Agricultural Water Management, 96: 1435-1442.
27. Singh, R.K., R.K. Panda, K.K. Satapathy and S.V. Ngachan. 2011. Simulation of runoff and sediment yield from a hilly watershed in the eastern Himalya India using the WEPP model. Journal of Hydrology, 405: 261-276.
28. Tulabi, S. 2013. Modeling soil erosion and sediment yield with WEPP and EPM models in GIS (case study: Sulachai watershed - Ardabil), M.Sc. Thesis, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. 109 pp. (In Persian)
29. Xinxiao, Y., Z. Xiaoming and N. Lili. 2009. Simulated multi-scale watershed runoff and sediment production based on GeoWEPP model. International Journal of Sediment Research, 24: 465-478.
30. Ziai, H. 2002. Principles of Engineering Watershed Management. University of Emam Reza Publications, Mashhad, Iran, 542 pp. (In Persian)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]

The Evaluation Efficiency of WEPP Model to Predict Sediment Yield in Sulachai Watershed-Ardabil

Sosan Tulabi[1], Musa Abedini[2] and Abazar Esmali Ouri[3]

1- M.Sc., University of Mohaghegh Ardabili (Corresponding author: sosan.tolabi@yahoo.com)
2 and 3- Associate Professor and Assistant Professor, University of Mohaghegh Ardabili
Received: September 23, 2013 Accepted: December 3, 2013

Abstract

Water and soil are the most important natural resources of each country and are the foundation of human life. Soil erosion and sediment production causes reduced fertility of arable land and therefore are threatening human life; On the other hand, increasing sedimentation amount in watersheds has an important role in reducing useful life of dams and dewatering reducing capacity of them. Thus the study of soil erosion and the estimation of the output sediment watershed are necessary. Researches carrying out the quantitative assessment of sediment production using the different models are one of solutions that through which one can partly control and minimize the amount of this phenomenon. The aim of this research is to evaluate efficiency of the WEPP model in estimation the output sediment Sulachai watershed. The method in WEPP model this is that, to the beginning the file related to each of the model parameters such as climate, soil, topography, management and drainage is created and entered on the software GeoWEPP and finally sediment load is calculated. WEPP model has required performance in sediment estimation for the three-scale slope, catchment area and flow-direction. Estimated sediment by each of the above three scales, is 0.213, 0.178 and 0.785 respectively, and for observed sediment is about 0.241 ton/hectares/year. The results of the comparison of WEPP model with the observed sediment indicated that from among the scales available in the WEPP model, slope and catchment area scales were closer to the amount of sediment observed and have offered more acceptable results than the flow-direction scale.

Keywords: Sediment estimation, Sulachai watershed, Soil erosion, WEPP model, Geo WEPP, GIS

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-10-10]