جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۳، تابستان ۱۳۹۶
وصول مقاله : ۱۳۹۵/۵/۱۳
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۱۲/۲۰
صفحات : ۱۱۲ - ۱۰۱

برآورد رسوب‌دهی حوضهٔ آبخیز آلادیزگه با استفاده از مدل WEPP در محیط GIS

دکتر فریبا اسفندیاری‌درآباد [۱]، علی جسارتی [۲]

چکیده

خاک، یکی از مهم‌ترین اجزای منابع طبیعی محسوب می‌شود. فرسایشِ خاک پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است که به‌صورت تشدیدشونده منجر به تخریب خاک می‌شود. برآورد دقیق فرسایش آبی و ته‌نشست رسوبات برای ارزیابی پتانسیل هدررفت خاک و ظرفیت ذخیرهٔ سدها بسیار مهم است. مدل WEPP (پروژهٔ پیش‌بینی فرسایش آبی)، یک مدل رایانه‌ای است که می‌تواند فرسایش و رسوب‌دهی را بر روی دامنه‌ها در حوضهٔ آبخیز و براساس هر واقعهٔ بارش یا سال‌های متوالی برآورد کند. اطلاعات موردنیاز برای اجرای مدل WEPP به‌طورکلّی در چهار لایهٔ رایانه‌ای وارد می‌شود که شامل خاک، اقلیم، مدیریت اراضی و شیب است. در این پژوهش، میزان فرسایش و رسوب به‌وسیلهٔ سه روشِ دامنه، حوضهٔ آبخیز و مسیر جریان برآورد گردید که میزان رسوب به‌ترتیب ۰/۶۲۳، ۰/۳۲۵ و ۰/۸۲۴ تن در هکتار در سال است. این نتایج، با مقدار مشاهده‌ایِ حاصل از ایستگاه هیدرومتری آلادیزگه مقایسه شد. براین‌اساس، روش دامنه به عدد مشاهده‌ای (۰/۶۶۵ تن در هکتار در سال) ایستگاه هیدرومتری نزدیک‌تر بوده و برای برآوردِ میزانِ فرسایش و رسوب در حوضهٔ آبخیز آلادیزگه مناسب است.

کلید واژگان: رسوب‌دهی، مدل WEPP، فرسایش خاک، حوضهٔ آبخیز آلادیزگه.

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، عضو هیئت علمی دانشگاه محقق اردبیلی fariba.darabad@gmail.com
۲- کارشناس‌ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسؤول) jesaratia@gmail.com

مقدمه

«خاک» طی فرایندهای پیچیده‌ای که تحت‌تأثیر پنج عامل اصلی اقلیم، توپوگرافی، سنگ مادر، پوشش گیاهی و زمان است، تشکیل می‌شود (احمدی و همکاران،۱۳۸۶: ۱۶۲). با توجه به اینکه آب‌وخاک مهم‌ترین عوامل در تأمین نیازهای بشری می‌باشند، کوچک‌ترین کم‌توجهی در حفظ و نگهداری این دو، خسارات جبران‌ناپذیری را وارد خواهدکرد. عمده‌ترین دلیل تخریب منابع آب‌وخاک، برهم‌خوردن تعادل طبیعی در یک منطقه است که علت اصلی آن دست‌کاری و دخالتی است که با توجه به حضور انسان و رفعِ نیازهای او از طبیعت رخ‌داده و روزبه‌روز به‌شدت آن افزوده می‌شود (احمدی،۱۳۹۰: ۶۸۸؛ حسینعلی‌زاده و همکاران،۱۳۹۲: ۱۱۶). در مناطقی که فرسایش کنترل نمی‌شود، خاک‌ها به‌تدریج فرسایش‌یافته و حاصلخیزی خود را از دست می‌دهند (رفاهی،۱۳۸۲: ۱۱). مدیریت پایدار خاک و استفاده از شیوه‌های صحیح مدیریتی برای حفاظت محیط‌زیست و کاهش آثار مخرب برون‌حوضه‌ای فرسایش خاک و تحقق کشاورزی پایدار، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (اسدی و همکاران،۱۳۸۴: ۲۳۷- ۲۳۵). اهمیت این موضوع سبب شده تا برای بررسی تأثیر شیوه‌های مدیریتی مختلف بر خصوصیات خاک، از مدل‌ها و فناوری‌های نوین استفاده‌شود (صادق‌زاده و یاراحمدی، ۱۳۹۲: ۹۸)؛ ازجملهٔ این مدل‌ها، مدل WEPP است. مدل WEPP یک مدل فرایندی و شبیه‌سازی پیوسته است که توزیع مکانی و زمانی رواناب، هدررفت خاک و رسوب‌گذاری را با استفاده از معادلهٔ روندیابی رسوب در طیف وسیعی از دوره‌های زمانی و مکانی پیش‌بینی می‌کند (کلارستافی و همکاران،۱۳۸۸: ۳۱۸). داده‌های اصلی در این مدل عبارت‌اند از: اقلیم، خاک، مدیریت و شیب.

لیو[1] و همکاران (۱۹۹۷)، مدل WEPP را در ۱۵ آبخیز کوچک در ۶ منطقه از آمریکا اجراکردند. در این پژوهش، میزان فرسایش برآوردشده در ۱۱ مکان در محدودهٔ اعتماد ۹۵ درصد قرارگرفت. در سال (۲۰۰۲) بهویان[2] و همکارانش سه مدل پیش‌بینی فرسایش WEPP، EPIC[3] و ANSWERS[4] را در یکی از حوضه‌های ایالت‌متحده بررسی کردند که نتایج حاصل از پژوهش نشان داد، مدل WEPP نسبت به دو مدل دیگر شبیه‌سازی بهتری انجام می‌دهد. در سال (۲۰۰۳) وو[5] با توجه به اهمیت بارِ آلایندگی و رسوب ورودی به رودخانه‌ها از مدل WEPP برای شبیه‌سازی این پدیده استفاده کرد. نتایج پژوهش نشان داد که این مدل با پایهٔ فیزیکی از پتانسیل کافی جهتِ کمّی کردن پاسخ‌های حوزه‌ها به شیوه‌های مدیریتی برخوردار است. الیوت[6] و همکاران (۲۰۰۴) طی پژوهشی دقت مدل WEPP را در اراضی با کاربری‌های مختلف کشاورزی- جنگلی و راه‌ها در ایالات‌متحدهٔ آمریکا مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهندهٔ هم‌خوانی معنی‌داری بین برآوردهای مدل و مقادیر حقیقی موجود بود. گرانستون و لوندیگوان[7] در سال (۲۰۰۵) اقدام به بررسی مدل WEPP بر مبنای مشخصات دو حوضهٔ آبریز در جنوب‌شرقی نروژ نمودند. آنالیز حساسیت انجام‌شده بر روی مدل WEPP در این پژوهش نشان داد، پارامترهای تنشِ برش هیدرولیکی مؤثر، هدایت هیدرولیکی مؤثر پایه، قابلیتِ فرسایش درون‌شیاری و قابلیتِ فرسایشِ شیاری مهم‌ترین پارامترهای خاک هستند که بر روی رواناب و فرسایش خاک مؤثر می‌باشند و وابسته به خصوصیات خاک هستند. راکلات[8] و آلبرگل[9] (۲۰۰۶)، در مطالعهٔ مدل‌بندی فرسایش آبی و رواناب بر روی یک حوضهٔ تحت کشت مدیترانه‌ای تونس با استفاده از مدل WEPP در مقایسه با نتایج مشاهده‌ای و اندازه‌گیری‌شده، تفاوت‌های معنی‌داری را ملاحظه کردند. در این

1.Liu

2.Samar J. Bhuyan
3.Erosion Productivity Impact Calculator
4.Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation
5.John Wu
6.Elliot
7.Gronsten H.A , Lundekvam H
8.Raclot
9.Albergel

پژوهش، به تأثیرات فصلی و شکافدار بودن خاک‌های موردِمطالعه به‌عنوان نقاط ضعف مدل در شرایط مدیترانه‌ای اشاره شده است. پاندی[1] و همکارانش (۲۰۰۷) به بررسی مدل WEPP برای یک حوضهٔ آبریز تپه‌ماهوری کوچک در هند اقدام کردند. نتایج نشان داد، رسوب تخمین‌زده‌شده به‌وسیلهٔ مدل WEPP نسبت به قابلیت فرسایش درون‌شیاری و هدایت هیدرولیکی مؤثر بسیار حساس است.

عامری‌خواه و خادم‌الرسول (۱۳۸۸)، از مدل WEPP برای بررسی کارایی بهترین گزینه‌های مدیریت آبخیز بر بهبود اراضی و کاهش فرسایش و بار رسوب استفاده کرده‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که اجرای مدل، فرضیات محققان مبنی بر حساسیت این مدل در پاسخ به مدیریت‌های طراحی‌شده را تأیید می‌کند.

لندی و همکاران (۲۰۱۱) در حوضهٔ آبخیز هلایجان استان خوزستان به ارزیابی هدررفت خاک با استفاده از مدل WEPP و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. مقادیر برآوردی حاصل از مدل با داده‌های حاصل از مدل MPSIAC مقایسه شده است. نتایج نشان‌دهندهٔ توانایی بالای مدل WEPP در حوضه‌های آبخیز پیچیده است. صادقلو و همکاران (۱۳۹۰)، مدل WEPP را در تلفیق با GIS برای شناسایی، پهنه‌بندی و ارزیابی عرصه‌های فرسایش و رسوب در حوضهٔ صوفی‌چای مراغه مورداستفاده قرار دادند که نتایج حاکی از هم‌خوانی بالای مقادیر برآوردی با داده‌های موجود است.

مقدادی و ثقفیان (۱۳۹۰)، از مدل WEPP و WEPP Geo برای تهیهٔ نقشهٔ فرسایش در حوضهٔ کسیلیان واقع در شمالِ ایران استفاده کرده‌اند. آنالیز حساسیت نتایج در حوضهٔ موردِمطالعه نشان داد که رسوب‌دهی بیشتر به فرسایش بین‌شیاری و رواناب به هدایتِ هیدرولیکیِ مؤثر حساس‌تر است. اسمعلی و همکاران (۱۳۹۱)، در حوضهٔ آبخیز آتشگاه اردبیل، مدل WEPP را با ایستگاه رسوب‌سنجی موجود در حوضه مقایسه کردند و نشان دادند که نتایج به‌دست‌آمده قابلِ‌استناد است. صادق‌زاده و یاراحمدی (۱۳۹۲)، با استفاده از مدل WEPP در اراضی مارنی ایستگاه خواجهٔ تبریز، نتیجه گرفته‌است که این مدل برای برآورد رسوب و فرسایش در حوضه‌های آبخیز کشور روش مناسبی می‌تواند باشد و نتایج به‌دست‌آمده با روش مسیرِ جریان به اعداد مشاهده‌ای نزدیک‌تر است.

همان‌گونه که اشاره شد، جلوگیری از فرسایشِ خاک یک امر ضروری است که باید در مدیریت حوضه‌های آبخیز به آن توجه زیادی شود و شاهد آن، به‌کارگیری و استفاده از مدل‌ها و روش‌های مختلف محققان است تا با تشخیص محدودیت‌ها و میزان آن‌ها، به یافتن راه‌های مناسب برای نگهداری منابع طبیعی بیاندیشند.

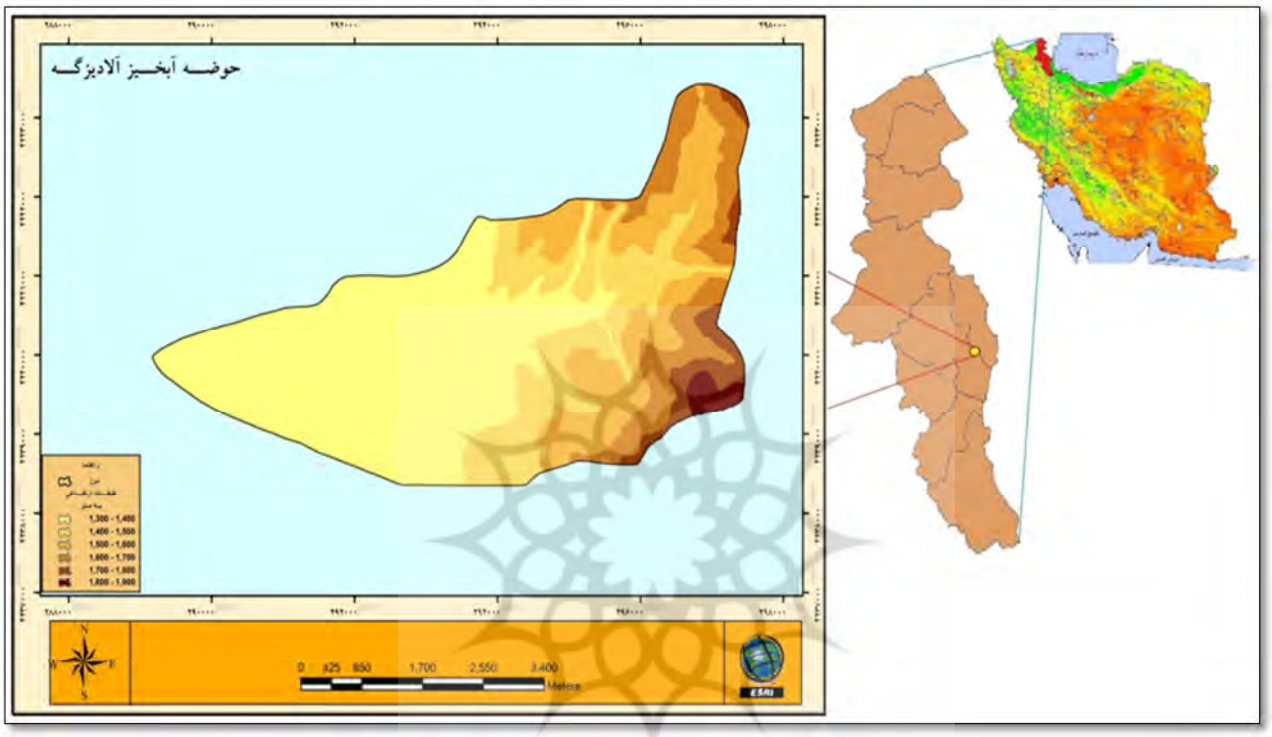
با توجه به این مهم، پژوهش حاضر با هدف شبیه‌سازی فرسایش و رسوب با استفاده از مدل فرایندی WEPP در حوزهٔ آبخیز آلادیزگه انجام گرفته است. حوضهٔ آبخیز آلادیزگه یکی از زیرحوضه‌های قره‌سو و در شرق شهرستان اردبیل است و در آن پدیدهٔ فرسایش و رسوب‌گذاریِ قابل‌توجهی همانند سایر حوضه‌های آبخیز کشور مشهود می‌باشد که بر روی منابع خاک منطقه تأثیرگذار است. وجود توپوگرافی و اختلاف ارتفاع‌های مناطق مرتفع با مناطق کم‌ارتفاع‌تر به‌واسطهٔ شیب‌های تند برخی قسمت‌ها و سطوح هموار و ملایم قسمت‌های دیگر، زمینه را برای فرسایش‌زایی خاک‌های این حوضه فراهم می‌کند؛ بنابراین، برآورد دقیق مقدار فرسایش و رسوب‌گذاری و شناسایی مناطق تولید این عوامل برای جلوگیری و مهار آن‌ها ازلحاظِ اقتصادی برای کشاورزان این منطقه حائز اهمیت است. برای بررسی فرسایش و رسوب‌دهی منطقه از مدل WEPP که از توانایی شبیه‌سازی و همچنین تعیین مکان‌های تجمعی برخوردار است –و مدل‌های تجربیِ دیگر این توانایی را ندارند- استفاده‌شد.

1.Ashish Pandey

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقهٔ موردمطالعه

حوضهٔ آبخیز آلادیزگه به مساحت ۲۰۰۹ هکتار، واقع در شرقِ شهرستان اردبیل، یکی از زیرحوضه‌های رودخانهٔ قره‌سو در شمالِ‌غربی ایران است که در عرضِ جغرافیایی ″۴۸°۱۱′۸ تا ″۴۸°۲۷′۴۳ شمالی و طولِ جغرافیایی ″۳۸°۲۸′۵۹ تا ″۳۸°۳۹′۴۳ شرقی واقع شده‌است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه و جدول (۱) برخی خصوصیات فیزیوگرافی حوضهٔ موردمطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ موردمطالعه

(منبع: نگارندگان:۱۳۹۲)

جدول ۱. مشخصات فیزیکی حوضهٔ آبخیز آلادیزگه

مشخصات فیزیکی	مساحت (ha)	محیط (km)	ضریب فشردگی	طول آبراههٔ اصلی (m)	ارتفاع بلندترین نقطه (m)	ارتفاع خروجی حوضه (m)	اختلاف ارتفاع (m)
حوضهٔ آبخیز آلادیزگه	۲۰۰۹	۲۴/۰۷	۱/۵۰	۱۰۱۸۱	۱۸۸۵	۱۳۳۵	۵۴۰

(منبع: نگارندگان:۱۳۹۲)

در اجرای این پژوهش مراحل مختلفی به‌کار گرفته شده‌است که در زیر به‌طور خلاصه به آن‌ها اشاره می‌شود:

۱- در بخش‌هایی از مراحل اجرای طرح به‌منظورِ آگاهی‌یافتن از وضعیتِ فرسایشی منطقه و همچنین برداشت نمونه‌های خاک حوضه، با استفاده از بازدید میدانی، علمی و تحقیقاتی به مشاهدهٔ مستقیم عوارض و پدیده‌ها پرداخته شد.

۲- در بخشی از اجرای طرح، به‌منظورِ گردآوری اطلاعات و آمار مربوط به داده‌های مختلف به اداره‌ها و سازمان‌های مرتبط و مختلفی ازجمله ادارهٔ کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری، ادارهٔ کلّ هواشناسی، اداره

کلّ آب منطقه‌ای، سازمان محیط‌زیست، سازمان جهاد کشاورزی و استانداری مراجعه شد.

۳- با انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه خاک و استفاده از مواد شیمیایی و دستورالعمل‌های موجود، اندازه‌گیری‌های مختلف برای به‌دست‌آوردن خصوصیات پارامترهای خاک (جدول ۲) انجام‌گرفت.

۴- از نقشهٔ توپوگرافی حیران با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشهٔ زمین‌شناسی آستارا با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، وسایل موردنیاز برای تشریح پروفیل خاک و برداشت خصوصیات پوشش گیاهی استفاده شد.

۵- از نرم‌افزار Arc GIS برای ارتباط با مدل WEPP و رقومی‌سازی نقشه‌های تهیه‌شده استفاده‌شد.

عوامل مؤثر در مدل WEPP

۱- لایهٔ شیب: در مدل WEPP عوامل توپوگرافی ازطریقِ لایهٔ شیب وارد می‌شود. ازبینِ عوامل توپوگرافی، عامل شیب و جهت بایستی در پنجره مربوط واردشود. در این پژوهش، برای ورود اطلاعات توپوگرافی به داخل مدل، از نرم‌افزار Geo WEPP استفاده شد. این نرم‌افزار اطلاعات شیب را به‌وسیلهٔ نقشهٔ مدل رقومی ارتفاع (فرمت GISASCIi) و به‌صورت پروفیل طولی وارد مدل WEPP می‌کند.

۲- لایهٔ اقلیم: اطلاعات موردنیاز برای اجرای این لایه از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های آلادیزگه و آبیگلو (در فاصلهٔ ۲/۵ کیلومتری منطقهٔ موردمطالعه) به‌دست آمد. برای ساختن لایهٔ اقلیم از نرم‌افزار CLIGEN استفاده می‌شود.

مهم‌ترین اطلاعات موردنیاز برای اجرای CLIGEN عبارت‌اند از: ۱- بارندگی روزانه، ۲- دما. مواردی که برای عامل بارندگی باید در مدل وارد شوند عبارت‌اند از: متوسط بارندگی ماهانه، انحراف بارندگی، ضریب چولگی بارندگی، احتمال یک روزِ مرطوب بعد از یک روزِ مرطوب و احتمال یک روزِ مرطوب بعد از یک روزِ خشک. مواردی که برای عامل دما بایستی در مدل واردشود عبارت‌اند از: متوسط دماهای حداکثر ماهانه، متوسط دماهای حداقل ماهانه، انحراف‌معیار دمای حداکثر ماهانه و انحراف‌معیار دمای حداقل ماهانه است (لافلن و همکاران، ۱۹۹۱).

۳- لایهٔ خاک: در مدل WEPP خصوصیات خاک حداکثر تا عمق ۱/۸ متر بررسی می‌شود. مدل WEPP به‌صورت درونی یک مجموعهٔ جدید از لایه‌های خاک براساس داده‌های اصلی می‌سازد (احمدی و همکاران،۱۳۸۶: ۱۶۴). پارامترهایی که باید در پنجرهٔ مربوط به خاک وارد شوند عبارت‌اند از: عمق افق‌های خاک، میزان رس و ماسه، مادهٔ آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد سنگ و سنگ‌ریزه، آلبیدو، سطح اشباع اولیهٔ خاک، فرسایش‌پذیری بینِ‌شیاری، تنشِ برشیِ بحرانی و جریان هیدرولیکی مؤثر است. تعدادی از این پارامترها مانند درصد رس و شن، مادهٔ آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد سنگ و سنگ‌ریزه از تشریح پروفیل و آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی خاک حاصل می‌شود و مابقی براساس دستورالعمل‌های موجود در مدل محاسبه می‌شود.

۴- لایهٔ مدیریت: برای ساختن لایهٔ مدیریت اراضی باید اطلاعات سه پنجرهٔ اصلی تکمیل شود. اولین پنجره، اطلاعات مربوط به مدیریت و اعمال انجام‌شده بر روی زمین است. برخی از این اعمال عبارت‌اند از: کشت روی خطوط تراز، چرا، زهکشی، آبیاری و ... . اطلاعات مربوط به هریک از این اعمال و زمان انجام آن‌ها بایستی در پنجرهٔ مربوطه واردشود. دومین پنجره، اطلاعات مربوط به شرایط ابتدایی است. منظور از شرایط ابتدایی وضعیت پارامترهای ورودی در اول ژانویه است. برخی از این اطلاعات عبارت‌اند از: تراکم حجمی خاک خشک، تاج پوشش، جمع بارندگی، جرم کل ریشهٔ مرده. سومین پنجره، اطلاعات مربوط به خصوصیات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی گیاهان غالب است. برخی از این اطلاعات عبارت‌اند از: ضریب تاجِ پوشش، ضریب ارتفاع تاجِ پوشش، نسبت انرژی به بایومس، قطر ساقه گیاه در بلوغ، بردباری گیاه به خشکی.

در این بخش، مدل WEPP براساس یک تقویمی که تلفیق‌شده از تقویم عملیات زراعی و تقویم عملیات

مدیریتی است، کار می‌کند. در این تقویم ابتدا باید اطلاعات ورودی متعددی را در زمینهٔ پوشش گیاهی، خاک، بقایای گیاهی و ... مربوط به تاریخ اول ژانویه (شرایط ابتدایی) سال شبیه‌سازی واردکرد (استات[1] و همکاران،۱۹۹۵: ۱۶).

هریک از عوامل فوق با توجه به نوع مدیریت و پوشش گیاهی غالب در لایهٔ مربوط وارد و به نام آن مدیریت ذخیره شد. پس از ورود کلیهٔ اطلاعات بالا و ترسیم شبکهٔ آبراهه‌ها و دامنه‌های منتهی به هر آبراهه به‌وسیلهٔ نرم‌افزار، مدل ۴۵ زیرحوضه، ۶ نوع مدیریت، دو نوع خاک و ۶ نوع آبراهه را برای Run کردن تشخیص‌داد.

یافته‌ها

در این بخش ابتدا نتایج ساخت هریک از لایه‌ها در مدل بررسی و سپس نتایج حاصل از مدل با داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه هیدرومتری حوضه مقایسه می‌شود. درنهایت، حوضهٔ آبخیز آلادیزگه ازنظرِ میزان فرسایش و رسوب مورد تجزیه‌وتحلیل قرارمی‌گیرد.

لایه خاک: پس از نمونه‌برداری در قالب واحد کاری و ادغام واحدهای مشابه، کل حوضهٔ آبخیز موردمطالعه ازنظرِ نوع خاک مطالعه و پارامترهای موردنیاز ازقبیلِ درصد شن و رس و غیره در پنجرهٔ مربوط وارد و به نام همان نمونهٔ خاک ذخیره‌شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل عوامل خاک در جدول (۲) ارائه شده‌است.

جدول ۲. عوامل اندازه‌گیری و محاسبه‌شده برای لایهٔ خاک

شمارهٔ پروفیل	افق	عمق (mm)	٪ماسه	٪رس	٪مادهٔ آلی	ظرفیت تبادل کاتیونی	٪سنگریزه
۱	A	۴۵۰	۱۵/۵	۳۹	۱/۵	۴۹/۱	۱
	B	۷۰۰	۱۷	۴۲/۵۶	۱/۱	۵۱/۴۱	۱/۵
	C	۱۳۰۰	۱۸/۵	۴۶/۱۲	۰/۷	۵۳/۷۰	۱/۸
۲	A	۷۰۰	۲۱/۰۵	۲۹/۹	۰/۱	۲۷/۱	۱/۹
	B	۱۰۰۰	۲۷/۴۵	۳۶/۲۷	۰/۰۶	۲۸/۰۹	۲/۲
	C	۱۴۵۰	۳۳/۸۰	۴۲/۶۴	۰/۰۲	۲۹/۰۸	۲/۵
۳	A	۹۰۰	۲۱/۲	۳۲	۰/۳۲	۲۸/۰۱	۱/۷
	B	۱۴۰۰	۲۵/۲۹	۳۶/۲۷	۰/۲	۲۸/۹۶	۱/۹
	C	۱۶۰۰	۲۹/۳۷	۴۰/۵۴	۰/۰۹	۲۹/۹۱	۲/۲

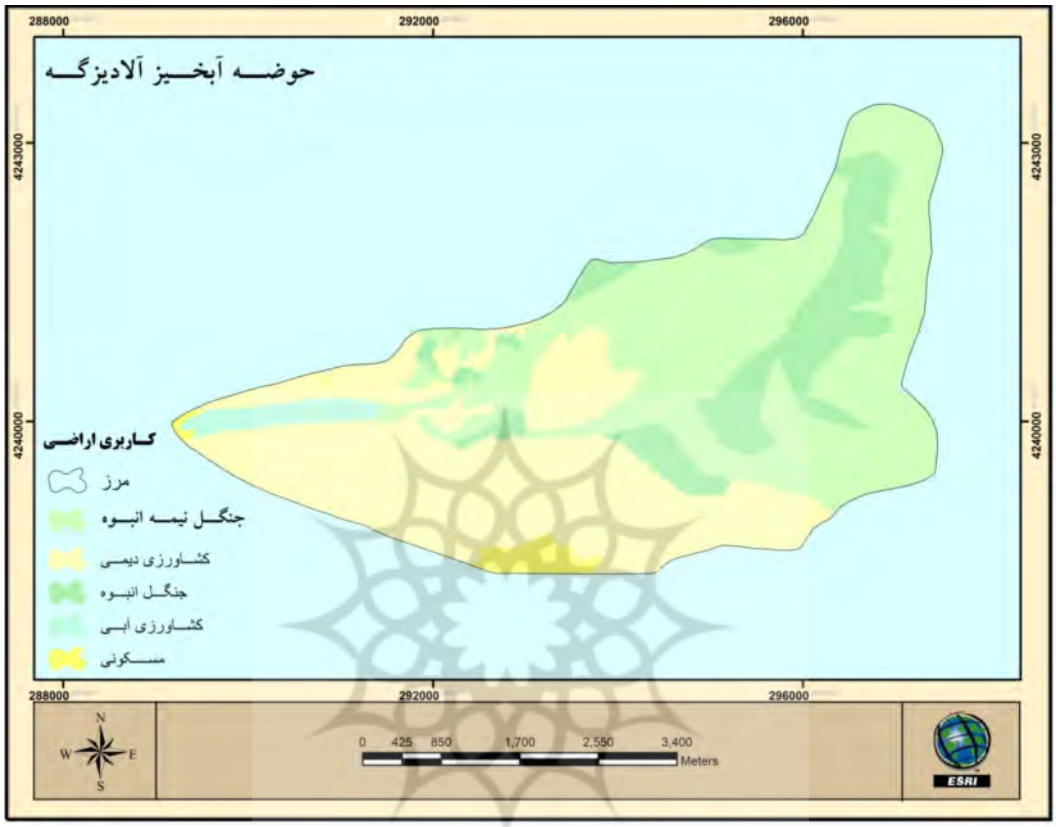
ادامهٔ جدول ۲

شمارهٔ پروفیل	افق	بافت خاک	آلبیدو	سطح اشباع اولیه	فرسایش‌پذیری بین شیاری	فرسایش‌پذیری شیاری	تنش برشی بحرانی	جریان هیدرولیکی
۱	A	Silty Clay	۱,۳۶	۶,۰۱	۳۸۴۸۸۰۰	۰,۰۰۲۶	۵,۱۱۴	۳,۱۵۶
۲	A	Clay Loam	۲,۵	۵,۰۱	۴۰۵۴۴۳۵	۰,۰۰۰۲	۴,۲۶۵	۰,۶۸۶
۳	A	Clay	۷,۵	۵,۰۴	۳۸۴۸۸۰۰	۰,۰۰۶۶	۴,۶۳۳	۱,۳۴۷

(منبع: نگارندگان:۱۳۹۲)

1.Stott

لایهٔ مدیریت: در منطقهٔ موردمطالعه سه نوع کاربریِ جنگلی، کشاورزی و مسکونی وجوددارد. حدود ۸۸۸ هکتار از اراضی به انواع کشاورزی اختصاص دارد که بیشتر اراضی به کشت محصولات زراعی اختصاص دارد و به‌صورت سالیانه انجام می‌شود. شکل (۲) نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ موردمطالعه را نشان‌می‌دهد. پس از نمونه‌برداری از منطقه و با توجه به کاربری اراضی، تعداد ۶ نوع مدیریت در منطقه شناسایی شد.



شکل ۲. نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ موردمطالعه

(منبع: نگارندگان:۱۳۹۲)

لایهٔ اقلیم: اطلاعات مربوط به این لایه از داده‌های اقلیمی ده سال (۲۰۰۸-۱۹۹۹) ایستگاه آلادیزگه به‌دست آمد. مدل WEPP قادر است از اطلاعات چند ایستگاه مجاور به‌طور هم‌زمان استفاده کند که برای این منظور از اطلاعات ایستگاه آبیگلو نیز که در فاصلهٔ ۲/۵ کیلومتری ایستگاه آلادیزگه بود، استفاده شد و کل منطقه با استفاده از اطلاعات این دو ایستگاه بررسی شد. اطلاعات ورودی به مدل در جدول ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۳. عوامل محاسبه‌شده برای بارندگی منطقه از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
میانگین بارندگی (اینچ)	۰/۷۱	۰/۹۹	۱/۳۴	۱/۸	۲/۲۹	۰/۴۶	۰/۵	۰/۳۴	۱/۱۹	۱/۷۸	۲/۵۲	۱/۴۷
ضریب چولگی بارش ماهانه	۰/۹۴	۱/۳۶	۰/۵۸	۰/۶۷	-۰/۰۲	۰/۴۲	۱/۵	۰/۰۵	۰/۴۶	۱/۱	۰/۸۵	۰/۵۳
انحراف‌معیار بارش ماهانه	۰/۵	۰/۸	۰/۷۶	۱/۱۴	۱/۲۴	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۲۲	۰/۷۴	۱/۳۱	۱/۵۲	۱/۰۹
احتمال مرطوب	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۱۸	۰/۲	۰/۱۸	۰/۵۹	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۳۶
احتمال خشک	۰/۱	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۲

(منبع: داده‌های اقلیم ادارهٔ آب منطقه‌ای استان اردبیل: ۱۳۹۲)

جدول ۴. عوامل محاسبه‌شده برای دمای منطقه از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
میانگین دمای حداقل (فارنهایت)	۲۰/۵۷	۲۰/۷	۲۸/۳۶	۳۵/۱	۴۰/۷۷	۴۴/۸	۵۱/۳	۵۲/۷۷	۵۰/۹	۴۵/۸۴	۳۷/۲	۳۷/۴۱
انحراف‌معیار دمای حداقل	۹/۷۵	۶/۷۷	۲/۴۶	۳/۲۲	۲/۳۶	۲/۴۳	۱/۳۱	۱/۷۱	۲/۳	۵/۴۸	۴/۹۴	۹/۸۸
میانگین دمای حداکثر (فارنهایت)	۳۸/۲۱	۳۹/۱۶	۴۷/۳۴	۵۴/۳۷	۶۰/۳۱	۶۷/۳۵	۷۰/۲۵	۷۴/۸۸	۶۹/۱۲	۶۲/۴۹	۵۱/۲۶	۴۰/۱۷
انحراف‌معیار دمای حداکثر	۶/۸۹	۵/۸۷	۴/۹۷	۵/۵	۴/۵۷	۲/۳	۱/۲۸	۱/۸۵	۲/۴۲	۷/۱۸	۸/۴۱	۴/۴۵

(منبع: داده‌های اقلیم ادارهٔ آب منطقه‌ای استان اردبیل: ۱۳۹۲)

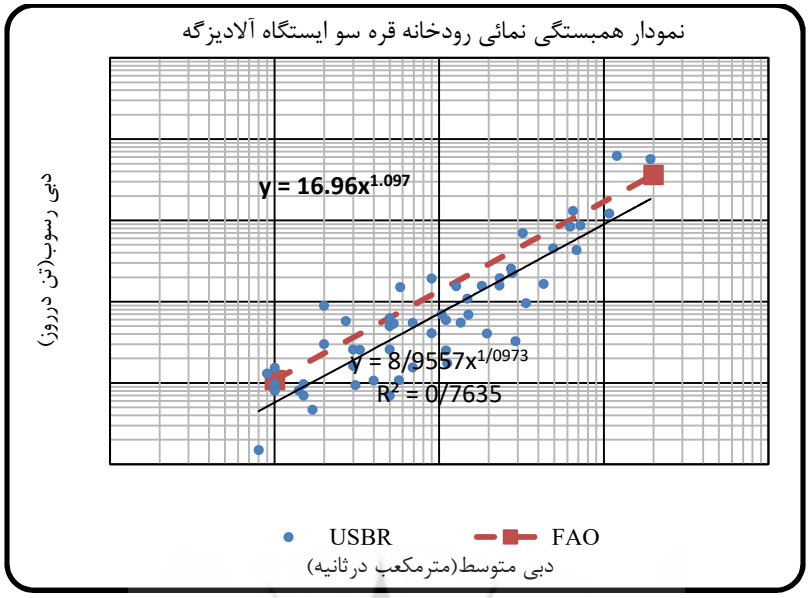
لایهٔ شیب: پس از رسم شبکهٔ آبراهه‌ای و دامنه‌های منتهی به آن به‌وسیلهٔ نرم‌افزار GeoWEPP، کل حوضه به ۶ نوع آبراهه و ۴۵ زیرحوضه تقسیم شد که برای تمام آن‌ها اطلاعات شیب به‌صورت پروفیل طولی تهیه شد.

ازآنجایی‌که مدل WEPP در منطقهٔ موردمطالعه برای ۱۰ سال شبیه‌سازی شده است؛ آمار رسوب نیز برای ده سال (۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴) استخراج شد (جدول ۵) و با به‌دست آوردن منحنی سنجهٔ رسوب (شکل ۳) میزان رسوب تحویلی در محل ایستگاه آلادیزگه در سال‌های مختلف به‌دست آمد.

جدول ۵. میزان رسوب تحویلی در محل ایستگاه آلادیزگه

سال آبی		میزان رسوب (t/ha/year)	دبی متوسط سالانه (مترمکعب در ثانیه)
۱۳۷۵	۱۳۷۶	۰/۵۲۸۲۳۴	۱۹۴۱/۴۹
۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱/۲۳۸۶۸	۵۹۶/۴۴۲۳
۱۳۷۷	۱۳۷۸	۰/۶۴۷۱۵۲	۱۷۷۱/۲۴۸
۱۳۷۸	۱۳۷۹	۰/۸۰۵۳۵۷	۱۰۶۱/۲۲۲
۱۳۷۹	۱۳۸۰	۰/۸۶۵۵۱۴	۲۰۵۶/۹۵
۱۳۸۰	۱۳۸۱	۰/۴۵۲۴۶۴	۹۰۹/۰۰۰۴
۱۳۸۱	۱۳۸۲	۰/۳۴۵۷۳۳	۶۹۴/۵۷۷۱
۱۳۸۲	۱۳۸۳	۰/۵۸۹۸۷۶	۱۱۸۵/۰۶
۱۳۸۳	۱۳۸۴	۰/۶۰۶۶۲۶	۱۲۱۸/۷۱۱
۱۳۸۴	۱۳۸۵	۰/۵۷۵۷۴۶	۱۱۵۶/۶۷۴
میانگین رسوب ویژه		۰/۶۶۵ تن در هکتار در سال	

(منبع: داده‌های ادارهٔ آب منطقه‌ای استان اردبیل: ۱۳۹۲)



شکل ۳. منحنی سنجهٔ رسوب حوضهٔ آبخیز آلادیزگه

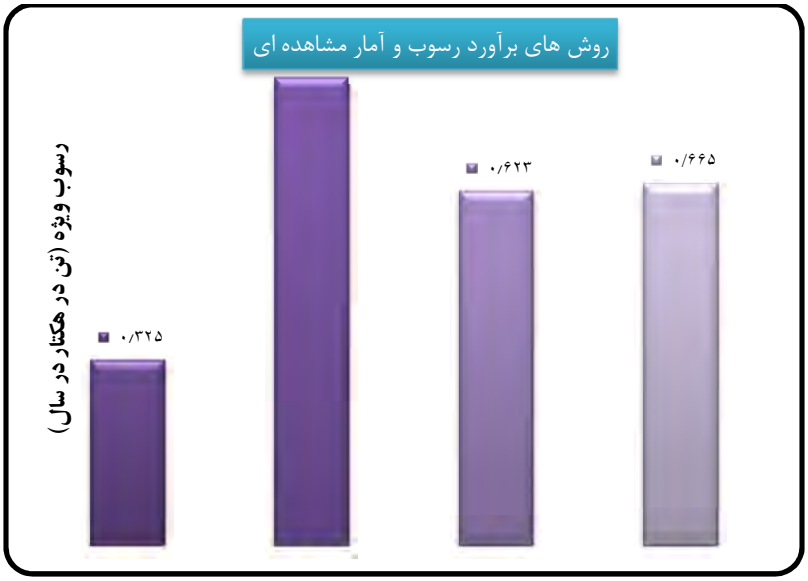
(منبع: نگارندگان:۱۳۹۲)

پس از مشخص‌شدن مشخصات هیل‌اسلوپ‌ها، نرم‌افزار WEPP و شبیه‌سازی فرسایش و رسوب اجرا شد و میزان فرسایش و رسوب به سه روش حوضهٔ آبخیز، مسیرهای جریان و دامنه برآورد شد که نتایج در جدول (۶) و شکل (۴) آمده است.

جدول ۶. مقادیر فرسایش، رسوب و رواناب حاصل از سه روش مدل WEPP در مقایسه با مقادیر مشاهده‌ای رسوب در ایستگاه آلادیزگه

پارامتر	روش‌های مدل WEPP			مقدار مشاهده‌ای
	حوضهٔ آبخیز	مسیرهای جریان	دامنه	
رسوب ویژه (t/ha/year)	۰/۳۲۵	۰/۸۲۴	۰/۶۲۳	۰/۶۶۵
رسوب کل (t/ year)	۶۲۵/۹۲	۱۶۵۵/۴۱	۱۲۵۱/۶	۱۲۵۹/۱۳۷
فرسایش ویژه (t/ha/year)	۰/۳۹۳	۱/۰۰۶۱	۰/۶۶۷	
فرسایش کل (t /year)	۷۹۱/۴۲	۲۰۲۱/۲۵	۱۳۴۰	

(منبع: نگارندگان:۱۳۹۲)



شکل ۴. نمودار مقایسه‌ای رسوب ویژهٔ حاصل از روش‌های مختلف برآورد رسوب در مدل WEPP با مقدار مشاهده‌ای

(منبع: نگارندگان:۱۳۹۲)

نتیجه‌گیری

برای بررسی صحت پیش‌بینی‌های انجام شده به کمک مدل WEPP، یکی از مناسب‌ترین روش‌ها این است که به‌کمک آمار مشاهده‌ای، محدوده‌ای قابل‌قبول برای اعداد پیش‌بینی‌شده تعیین‌شود. چنانچه عدد برآوردشده در این محدوده قرارگرفت، صحت پیش‌بینی در محدودهٔ اطمینان تعیین‌شده است. این امر نیازمند وجود چندین ایستگاه هیدرومتری در محدودهٔ مطالعاتی است. در منطقهٔ موردمطالعه تنها یک ایستگاه هیدرومتری آن هم در خروجی آبراههٔ اصلی وجود دارد؛ بنابراین به‌علت کمبود ایستگاه نمی‌توان ازنظرِ آماری محدودهٔ اطمینانی را تعریف کرد، ازاین‌رو در این پژوهش تنها ارقام پیش‌بینی‌شده با آمار مشاهده‌ای مقایسه شد. همان‌طور که از جدول (۶) استنباط می‌شود، متوسط رسوب کلّ حاصل از اندازه‌گیری با روش دامنه در کلّ حوضه برابر با ۱۲۵۱/۶ تن در سال است که با مقدار رسوب کلّ مشاهده‌ای ۱۳۵۶،۸۱ تن در هکتار در حوضهٔ موردمطالعه اختلاف چندانی ندارد. همچنین، براساس اطلاعات شکل (۴)، مقدار رسوب ویژهٔ شبیه‌سازی‌شده به‌وسیلهٔ روش دامنهٔ مدل WEPP که معادل ۰/۶۲۳ تن در هکتار در سال است، قرابت زیادی به مقدار ثبت‌شده در ایستگاه هیدرومتری آلادیزگه (۰/۶۶۵ تن در هکتار در سال) دارد. براین‌اساس، از بین سه روش مسیر جریان، دامنه و حوضهٔ آبخیز، روش دامنه برای برآورد فرسایش و رسوب در این حوضه از دقت بالایی برخوردار است و می‌توان نتیجه‌گرفت که چنانچه ورودی‌های مدل به‌خوبی تهیه شود، امکان برآورد دقیق مقادیر فرسایش و رسوب به‌وسیلهٔ این مدل وجوددارد.

نتایج به‌دست‌آمده از اجرای مدل در منطقهٔ موردمطالعه با نتایج به‌دست‌آمده، از مطالعات اسمعلی و همکاران (۱۳۹۱) که در منطقه‌ای مشابه انجام‌شده، هم‌خوانی دارد. اجرای مدل در هر دو منطقه نشان می‌دهد که مدل قابلیت بالایی را در برآورد رسوب‌دهی خاک در مناطق کوهستانی داراست. همچنین، دقت نتایج حاصل از اجرای مدل در منطقه با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های صادقلو و همکاران (۱۳۹۰)، لندی و همکاران (۲۰۱۱) و عامری‌خواه و خادم‌الرسول (۱۳۸۸) هم‌خوانی دارد و در همهٔ این پژوهش‌ها مدل توانایی و دقت لازم برای برآورد رسوب‌دهی خاک را داراست.

صادق‌زاده و یاراحمدی (۱۳۹۲)، در اراضی مارنی خواجهٔ تبریز از این مدل برای برآورد رسوب و فرسایش

خاک استفاده کرده‌است و نتایج این تحقیق نشان‌می‌دهد که اعداد به‌دست‌آمده از مسیر روش جریان به اعداد مشاهده‌ای در ایستگاه نزدیک‌تر است که با یافته‌های پژوهش حاضر که در آن اعداد به‌دست‌آمده از روش دامنه به مقدار مشاهده‌ای نزدیک‌تر است، تفاوت دارد. البته علت این تفاوت را شاید بتوان در ویژگی‌های خاک مناطق موردمطالعه که از نوع متفاوت از یکدیگرند دانست. به‌هرحال، با توجه به پژوهش‌های صورت‌گرفته می‌توان بیان کرد که در بیش از ۸۵ درصد مطالعات، مدل WEPP توانایی بالایی در برآورد و شبیه‌سازی فرسایش و رسوب‌دهی دارد.

منابع

احمدی، حسن؛ جعفری، محمد؛ گلکاریان، علی؛ ابریشم، الهام‌السادات؛ لافلن، جان (۱۳۸۶). برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل WEPP (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز بارایه نیشابور). مجلهٔ پژوهش و سازندگی، شمارهٔ ۷۵، صص ۱۷۲- ۱۶۱.

احمدی، حسن (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

اسدی، حسین؛ روحی پور، حسن؛ رفاهی، حسینقلی؛ قدیری، حسین (۱۳۸۴)، بررسی اثر شیب دار بر فرسایش بین شیاری در شرایط آزمایشگاهی، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.

اسمعلی، اباذر؛ جنابی نمین، علی؛ سعادتی، حسین (۱۳۹۱)، ارزیابی کارایی روش دامنه مدل WEPP در پیش بینی رسوب حوضه آبخیز آتشگاه، مجموعه مقالات همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، لرستان، دانشگاه لرستان.

حسینعلی‌زاده، محسن؛ احمدی، حسن؛ فیض‌نیا، سادات؛ فیروزه، ریواز؛ ناصری، محمد (۱۳۹۲). تعیین و مقایسهٔ پراکنش مکانی میزان فرسایش خاک به دو روش پیش‌گویی و شبیه‌سازی زمین‌آماری (مطالعهٔ موردی: زیرحوزه‌های زوجی کچیک استان گلستان). نشریهٔ پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، جلد بیستم، شمارهٔ پنجم. صص ۱۳۰- ۱۱۵.

رفاهی، حسینقلی (۱۳۸۲)، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

صادق‌زاده، محمدابراهیم؛ یاراحمدی، جمشید، ۱۳۹۲، ارزیابی مدل WEPP در برآورد میزان فرسایش و رسوب در اراضی مارنی منطقه خواجه تبریز، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۱، صص ۱۱۲- ۹۷.

صادقلو، مهدی، ساعدی، سیامک؛ یاراحمدی، جمشید (۱۳۹۰). کاربرد GIS و مدل WEPP در شناسایی، پهنه‌بندی و ارزیابی عرصه‌های فرسایش و رسوب و ته‌نشست‌های آن در حوزهٔ صوفی‌چای. پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ محیط زیست.

عامری‌خواه، هادی؛ خادم‌الرسول، عطاالله (۱۳۸۸). بررسی کارایی بهترین گزینه‌های مدیریت آبخیز بر بهبود اراضی و کاهش فرسایش و باررسوب با استفاده از مدل WEPP، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهیدچمران اهواز.

کلارستافی، عطاالله؛ احمدی، حسن؛ جعفری، محمد؛ جعفریان جلودار، زینب؛ قدوسی، جمال؛ گلکاریان، علی (۱۳۸۸). ارزیابی کارایی مدل دامنه WEPP در پیش‌بینی رواناب و رسوب کرت‌های مرتعی. مجله علمی- پژوهشی مرتع، سال سوم، شمارهٔ دوم، صص ۳۳۲- ۳۱۷.

مقدادی، امین‌رضا؛ ثقفیان، بهرام (۱۳۹۰). تهیهٔ نقشهٔ فرسایش با استفاده از مدل GeoWEPP. سومین همایش ملی مهندسی عمران، خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر.

Bhuyan, S.J; Kalita P.K; Janssen K.A; Barnes P.L. (2002). Soil loss predictions with three erosion simulation models. Environmental Modeling & Software. 17: 137–146

Elliot, W.J. (2004). WEPP internet interfaces for forest erosion prediction. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 40: 2. 299-309.

Gronsten, H.A; Lundekvam, H. (2006). Prediction of surface runoff and soil loss in southeastern Norway using the WEPP Hillslope model. Soil & Tillage Research. 85: 186–199

Joan, Wu. (2003). WEPP: A Process – Based watershed Runoff and Erosion Model for TMDL development. Department of Biological Systems Engineering. Washington State University. Washington 99164 – 6120 (509) 335-5996.

Laflen, J.M; Lane, L.J; Foster, G.R. (1991). A new generation of erosion prediction technology. Journal of soil and water conservation. 46: 34-38.

Landi, A., Barzegar, J., Sayadi, L. and khademalrasoul, A (2011). Assessment of Soil Loss Using WEPP Model and Geographical Information System, Journal of Spatial Hydrology, Vol.11, No.1, PP. 40-51. (In Persian).

Liu, B.Y; Nearing, M. A; Baffaut, C; Ascough, J.C. (1997). The WEPP watershed model. III. Comparisons to Measured Data from Small Watersheds. T. Am. Soc. Agric. Engr. 40:4. 945-952.

Pandey, A; Chowdary, V.M; Mal, B.C; Billib, M. (2009). Runoff and sediment yield modeling from a small agricultural watershed in India using the WEPP model. Journal of Hydrology. 348: 305– 319

Raclot, D; Albergel, J. (2006). Runoff and water erosion modeling using on a Mediterranean cultivated catchment. Physics and chemistry of the Earth. 31: 1038- 1047.

Stott, D.E; Alberts, E.E; M.A. Weltz. (1995). Residue decomposition and management, Technical documentation of USDA- water erosion prediction project (WEPP), Chapter 9: 16 pp .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی