



در

منابع طبیعی شماره ۷۵، تابستان ۱۳۸۶

پژوهش ساززندگی

## بر آورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل WEPP مطالعه موردی در حوزه آبخیز باراریه نیشابور

• حسن احمدی و • محمد جعفری

استادان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

• علی گلکاریان

کارشناس ارشد آبخیزداری (نویسنده مسئول)

• الهام السادات ابریشم

کارشناس ارشد بیابان زدایی

• جان لافلن

استاد بازنشسته دانشگاه آیووا، آمریکا

تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۸۴

Email: [Golkarian@yahoo.com](mailto:Golkarian@yahoo.com)

### چکیده

مدل WEPP یک مدل رایانه ای است که می تواند فرسایش و رسوب را بر روی دامنه ها و در حوزه آبخیز بر اساس هر واقعه بارش و یا سال های متوالی بر آورد کند. در این تحقیق میزان فرسایش و رسوب در کلیه زیر حوزه های آبخیز و در نهایت در کل حوزه آبخیز باراریه نیشابور واقع در شمال شرق ایران، بر آورد گردیده است. اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل WEPP به طور کلی در شش فایل رایانه ای وارد می شود، که شامل خاک، اقلیم، مدیریت اراضی، شیب، آبراهه و مخزن است. در این تحقیق پس از تعیین واحدهای کاری اقدام به جمع آوری اطلاعات مورد نیاز برای ساختن فایل های خاک، مدیریت اراضی، اقلیم (داده های مربوط به اقلیم از ایستگاه کلیماتولوژی موجود در منطقه مورد مطالعه بدست آمده است)، شیب (در این تحقیق شیب زمین به وسیله نرم افزار Geowepp تهیه شد.) و آبراهه گردید. در منطقه مورد مطالعه ۲۱ نوع خاک، ۱۸ نوع مدیریت، ۴ نوع آبراهه وجود دارد. پس از ساختن کلیه فایل های مورد نیاز، مدل WEPP از طریق نرم افزار Geowepp اجرا شد. در این نرم افزار میزان فرسایش و رسوب به سه روش دامنه، حوزه آبخیز و مسیر جریان بر آورد می شود که میزان رسوب به ترتیب ۸/۵۲، ۴/۰۸ و ۱۴/۲۴ تن در هکتار در سال می باشد بر این اساس، دو روش دامنه و مسیر جریان با ۸/۵۲ و ۱۴/۲۴ تن در هکتار در سال به عدد مشاهده ای ۱۱/۲ نزدیکتر بوده و جهت بر آورد میزان فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه مناسب می باشند.

کلمات کلیدی: فرسایش و رسوب، مدل WEPP، حوزه آبخیز بار، نرم افزار Geowepp

Pajouhesh & Sazandegi No 75 pp: 161-172

### Estimating water erosion and sediment using WEPP model

(Case study of Bar-Erieh Watershed, Neyshabur)

By: H.Ahmadi<sup>1</sup> and M.Jafari, Professors. Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran. A.Golkarian, M.Sc. In Watershed Management (Correspond Author), E.Abrisham, M.Sc. In Desertification and J.Laflen Retired Professor, University of Iowa.

Water Erosion Prediction Project (WEPP) is a computer model that can estimate erosion and sediment of hillslope and watershed, based on individual events and/or in successive years. In this study, water erosion and sediment were determined in all sub-catchments and in whole of Bar-Erieh Neyshabur watershed, located in the North East of Iran. The data required for WEPP model are entered in six files, namely soil file, management file, climate file, slope file, channel file and impoundment file. In this study, after determining of same units, the information for developing files related to soil, management, climate (The data related to climate were obtained from climatology station of region), slope (This factor was determined by Geowepp software) and channel were collected. In this region there are, 21 soil types, 18 management types, 4 channels types. After making the files, WEPP model was run via Geowepp software. It is notable that in this software water erosion and sediment amount was estimated by three methods of hillslope, watershed and flow path. In these methods sediments estimated were 8.52, 4.08 and 14.24ton/ha/year, respectively. According to estimated results, the hillslope and flow path methods with 8.52 and 14.24 ton/ha/year were in good agreement with actual amount (11.2) and are suitable for the erosion and sediment estimation of Bar-Erieh watershed.

**Keywords:** Erosion, Sediment, WEPP model, Bar watershed, Geowepp software

### مقدمه

بر روی دامنه ها و در داخل آبراهه‌ها برآورد کند. این مدل در کاربری های کشاورزی، مرتع، جنگل و راه‌ها قابل استفاده است (۱۱). مدل WEPP در دو مکان دامنه و حوزه آبخیز قابل استفاده بوده و قادر است میزان فرسایش، رسوب و روان آب را به صورت سال‌های متوالی و یا برای یک رگبار برآورد کند. مدل WEPP یک مدل فرآیند یاب است یعنی مکان‌هایی که ذرات خاک از سطح زمین جدا شده و میزان جدایش، مکان‌هایی که ذرات رسوب نهشته می‌شوند و مقدار آن و در نهایت مکان‌هایی که تنها عمل حمل رسوبات انجام می‌شود را بر روی دامنه و آبراهه مشخص می‌کند. داده‌های اصلی در مدل WEPP (داده‌های مورد نیاز برای اجرای دامنه) عبارتند از اقلیم، خاک، مدیریت و شیب، دو فایل دیگر که شامل آبراهه و مخزن می‌باشند هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرند که شبیه‌سازی در قالب یک حوزه آبخیز انجام شود (۹، ۱۱).

### سابقه تحقیق

Tiwari و همکاران (۱۴)، مدل WEPP را در ایالات متحده و در ۲۰ مکان مختلف به کمک پلات‌هایی که بر روی دامنه‌های مختلف ایجاد شده بود اجرا کردند که نتایج آن در شکل ۱ ارائه شده است. (در این تحقیق میزان فرسایش به کمک مدل USLE و RUSLE نیز برآورد شده است که نتایج آن در شکل ۱ آمده است). در این تحقیق میزان فرسایش برآورد شده در ۱۲ مکان در محدوده اعتماد ۹۵ درصد قرار گرفت. Ghidye و Alberts (۱۹۹۶)، مدل WEPP را در ۱۵ منطقه آمریکا و در داخل پلات‌های USLE اجرا کردند (۸). نتایج این تحقیق در شکل ۲ ارائه

سالانه مقدار زیادی خاک از سطح حوزه‌های آبخیز به وسیله آب شسته شده و از محل اصلی خود جابجا می‌شود. حجم زیادی از این رسوبات در پشت سدها، آب‌های ساکن، چاله‌های داخلی و یا دریاها و اقیانوس‌ها ته‌نشین می‌گردد. بخش زیادی از این رسوبات در اثر فرسایش خاک حاصلخیز سطحی ایجاد می‌شود که با بررسی و توجه بیشتر به چگونگی پیدایش خاک اهمیت این عنصر طبیعی مشخص خواهد شد (۳). خاک طی فرآیندهای پیچیده‌ای که تحت تاثیر پنج عامل اصلی اقلیم، توپوگرافی، سنگ مادر، پوشش گیاهی و زمان است تشکیل می‌شود (۲). در صورت مساعد بودن چهار عامل اولی، زمان طولانی برای تشکیل خاک نیاز است. با توجه به اینکه آب و خاک مهمترین عوامل در تامین مایحتاج بشری می‌باشند، کوچکترین کم‌توجهی در حفظ و نگهداری این دو خسارات جبران‌ناپذیری را وارد خواهد کرد. عمده‌ترین دلیل تخریب منابع آب و خاک برهم خوردن تعادل طبیعی در یک منطقه است که علت اصلی آن دست‌کاری و دخالت انسان در آن است (۱).

برآورد میزان فرسایش و رسوب و اعمال مدیریت مناسب در یک منطقه همانند هر پدیده طبیعی دیگر نیازمند شناخت کامل عوامل تاثیرگذار بر آن است. از آنجایی که پدیده فرسایش و رسوب یکی از پیچیده‌ترین فرآیندهای طبیعی بوده و عوامل زیادی در آن دخیل می‌باشند، شناخت کامل عوامل موثر در این پدیده کاری بسیار مشکل است. WEPP به معنی پروژه پیش‌بینی فرسایش آبی می‌باشد، مدل WEPP یک مدل کامپیوتری پیشرفته است که می‌تواند میزان فرسایش و رسوب را

و رسوب برآورد شده توسط مدل WEPP با اطمینان ۹۵ درصد با مقدار اندازه‌گیری شده تطابق دارد.

### منطقه تحقیق

حوزه آبخیز بار- اریه نیشابور به مساحت ۱۱۳۸۸ هکتار در جنوب غربی سلسله جبال بینالود قرار گرفته است. حوزه آبخیز طاغون در شرق و حوزه آبخیز بقیع در غرب آن واقع است. این منطقه در ۸۲ کیلومتری شمال غربی مشهد واقع است. مختصات شمالی ترین، جنوبی ترین، شرقی ترین و غربی ترین نقطه این حوضه به ترتیب "۳۰' ۱۳" ۱۳۱۹"، "۵۸° ۴۴' ۲۲۳۲" ۵۸° ۴۰' ۴۵ ۹۲"، "۵۸° ۴۹' ۳۱۳۲" ۵۸° ۴۹' ۳۱۳۲"، "۳۶° ۳۶' ۳۱۴۸" ۳۶° ۲۹' ۱۴۴۲" می‌باشد. در شکل ۷ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است.

### مواد و روش‌ها

#### الف- مواد مورد استفاده

۱- نرم افزارها: علاوه بر نرم افزار WEPP از نرم افزارهای GeoWEPP برای ساختن فایل شیب و اجرای مدل، CLIGEN برای ساختن فایل اقلیم و Arcview برای ارتباط با WEPP و رقومی‌سازی نقشه‌های تهیه شده استفاده شد.

#### ۲- وسایل و ابزار

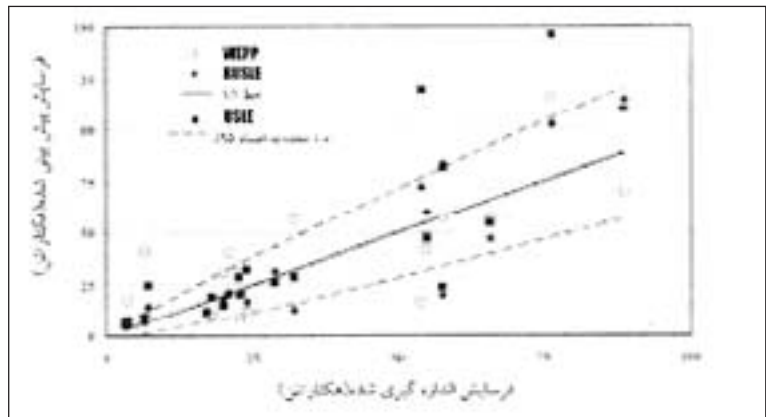
- نقشه‌های توپوگرافی منطقه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰  
برای تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع و شیب  
- عکس‌های هوایی منطقه با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ که مربوط به سال ۱۳۷۳ بوده و برای تعیین رخساره‌های ژئومورفولوژی مورد استفاده قرار گرفتند.  
- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ جهت تعیین واحدهای کاری  
- وسایل مورد نیاز برای تشریح پروفیل خاک و برداشت خصوصیات پوشش گیاهی (مثل پلات، قیچی، متر، اسید کلریدریک رقیق، دفترچه رنگ و...)

#### ب- روش‌ها

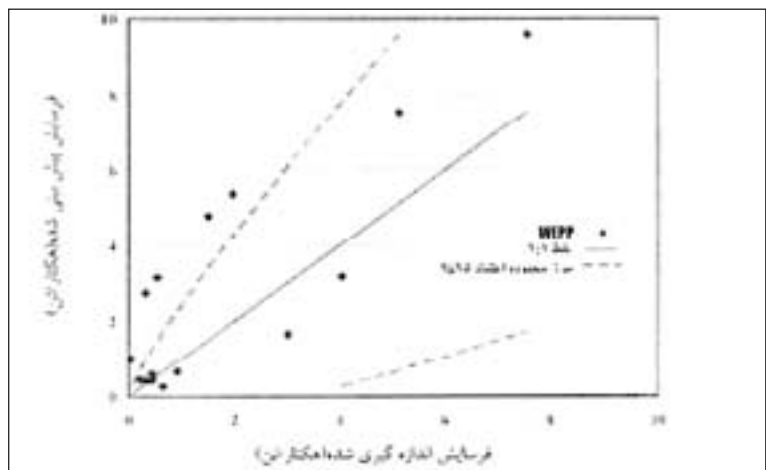
در این تحقیق از روش ژئومورفولوژی برای تعیین واحدهای کاری و برداشت اطلاعات مربوط به عوامل مورد نیاز برای مدل WEPP استفاده گردید. در تعیین واحد کاری به روش ژئومورفولوژی از تلفیق اطلاعات زمین‌شناسی، توپوگرافی و رخساره‌های ژئومورفولوژی (تهیه از طریق تفسیر عکس‌های هوایی و بازدید صحرایی) استفاده می‌شود (۱).

#### عوامل موجود در مدل WEPP و روش تهیه هر کدام (۱۰)

۱- عوامل توپوگرافی: در WEPP عوامل توپوگرافی



شکل ۱: مقایسه متوسط سالانه فرسایش اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده روی پلات‌های USLE در ۲۰ منطقه آمریکا با استفاده از مدل WEPP و USLE (۱۵)



شکل ۲: مقایسه متوسط سالانه فرسایش اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده روی پلات‌های USLE در ۱۵ منطقه آمریکا (۹).

شده است. در این تحقیق میزان فرسایش برآورد شده در ۱۰ مکان در محدوده اعتماد ۹۵ درصد قرار گرفت.

Bjorneberg و همکاران (۶)، مدل WEPP را در اراضی کشاورزی شخم خورده در نزدیک مناطق Kimberly و Idaho آمریکا اجرا کردند که نتایج آن در شکل ۳ ارائه شده است، همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده، پیش‌بینی فرسایش خاک در ۹ مورد از ۱۴ مورد در محدوده اعتماد ۹۵ درصد قرار گرفته است.

Elliot (۷)، مدل WEPP را جهت بررسی مقدار فرسایش ایجاد شده در جاده‌های جنگلی و دامنه‌های جنگلی تخریب شده اجرا نمود که نتایج آن در شکل ۴ و ۵ نمایش داده شده‌اند. در این تحقیق مدل بر روی دامنه‌های جنگلی تخریب شده ۱۰ منطقه اجرا گردید که ۹ منطقه در محدوده اطمینان ۹۵ درصد قرار گرفتند. همچنین در اجرای مدل بر روی ۱۱ جاده جنگلی ۷ مورد در محدوده اطمینان فوق‌تر قرار داشتند.

Liu و همکاران (۱۳)، مدل WEPP را در ۱۵ آبخیز کوچک در ۶ منطقه از آمریکا اجرا کردند که نتایج آن در شکل ۶ ارائه شده است. در این تحقیق میزان فرسایش برآورد شده در ۱۱ مکان در محدوده اعتماد ۹۵ درصد قرار گرفت.

به طور کلی می‌توان گفت در تحقیقات فوق تقریباً در ۶۵ درصد موارد میزان فرسایش

از طریق فایل شیب وارد مدل می‌شود. از بین عوامل توپوگرافی دو عامل شیب و جهت بایستی در پنجره مربوطه وارد شود.

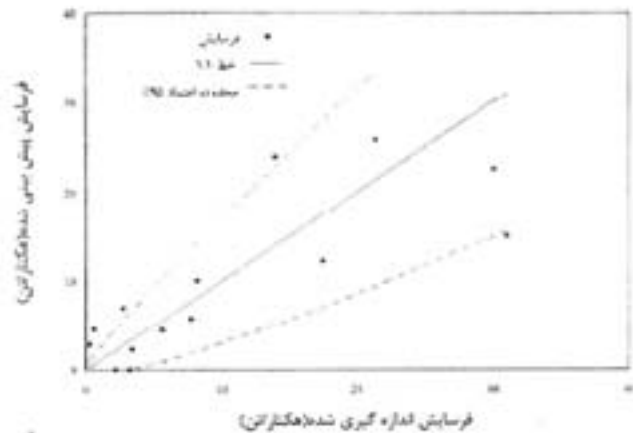
در این تحقیق برای ورود اطلاعات توپوگرافی به داخل مدل از نرم افزار GeoWEPP استفاده گردید این نرم افزار اطلاعات شیب را به وسیله نقشه مدل رقومی ارتفاع (به فرمت GISASCI) و به صورت پروفیل طولی وارد مدل WEPP می‌کند.

۲- خصوصیات خاک: در مدل WEPP خصوصیات خاک حداکثر تا عمق ۱/۸ متر بررسی می‌شود. طریقه برداشت و مطالعه پروفیل خاک به صورت افق‌های ژنتیکی می‌باشد. سپس WEPP به صورت درونی یک مجموعه جدید از لایه‌های خاک بر اساس داده‌های اصلی می‌سازد. پارامترهایی که باید در پنجره مربوط به خاک وارد شوند عبارتند از عمق افق‌های خاک، میزان رس و ماسه، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد سنگ و سنگ ریزه، آلبدو، سطح اشباع اولیه خاک، فرسایش پذیری بین شیب‌ری، تنش برشی بحرانی و جریان هیدرولیکی موثر می‌باشد. یکسری از این پارامترها از تشریح پروفیل و آزمایشات شیمیایی و فیزیکی خاک حاصل می‌شود و مابقی بر اساس دستورالعمل‌های موجود در مدل محاسبه می‌شود.

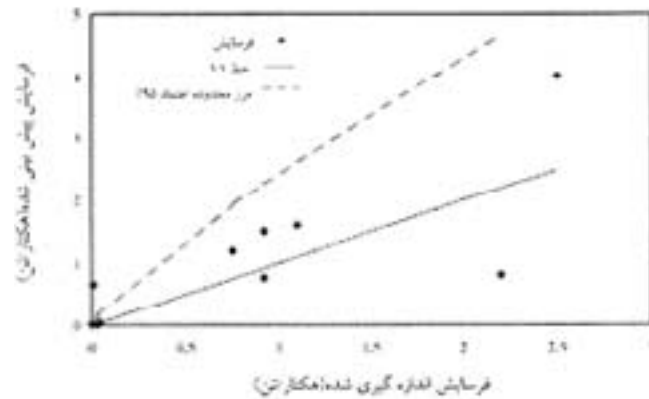
۳- عوامل اقلیمی: اطلاعات مربوط به این فایل از ایستگاه کلیماتولوژی بار (واقع در محدوده منطقه مورد مطالعه) با مختصات جغرافیایی ۲۹° ۳۶' و ۴۳° ۵۸' و ارتفاع ۱۵۲۰ متر از سطح دریا به دست آمد. برای ساختن فایل اقلیم از نرم‌افزاری به نام CLIGEN استفاده می‌شود. مهمترین اطلاعات مورد نیاز برای اجرای CLIGEN عبارتند از دما و بارندگی روزانه. مواردی که برای عامل بارندگی باید محاسبه شود عبارتند از: متوسط بارندگی ماهانه، انحراف معیار بارندگی، ضریب چولگی بارندگی، احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب و احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز خشک. مواردی که برای عامل دما بایستی محاسبه شود عبارتند از متوسط دمای حداکثر ماهانه، متوسط دمای حداقل ماهانه، انحراف معیار دمای حداکثر ماهانه و انحراف معیار دمای حداقل ماهانه است.

چون اطلاعات مربوط به اقلیم به صورت ماه‌های میلادی در نرم‌افزار CLIGEN وارد می‌شود. ابتدا اطلاعات مربوط به بارندگی و دمای روزانه از ایستگاه کلیماتولوژی بار استخراج شد و سپس عوامل فوق در قالب ماه‌های میلادی محاسبه گردید.

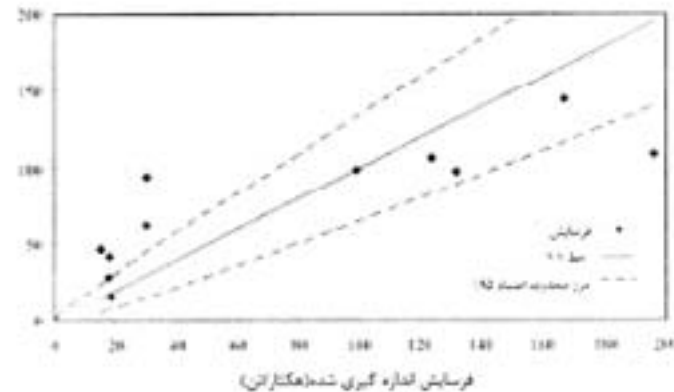
۴- اطلاعات مربوط به مدیریت اراضی: برای ساختن فایل مدیریت اراضی باید اطلاعات سه پنجره اصلی تکمیل شود، اولین پنجره اطلاعات مربوط به مدیریت و



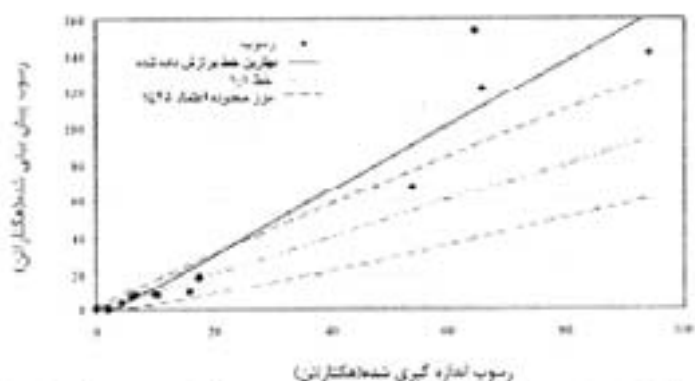
شکل ۳: مقایسه فرسایش اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده به وسیله مدل WEPP برای زمین‌های شخم‌خورده در نزدیک مناطق Idaho و Kimberly آمریکا (۶)



شکل ۴- مقایسه فرسایش اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده به وسیله مدل WEPP بر روی دامنه‌های تخریب شده جنگلی (۷)



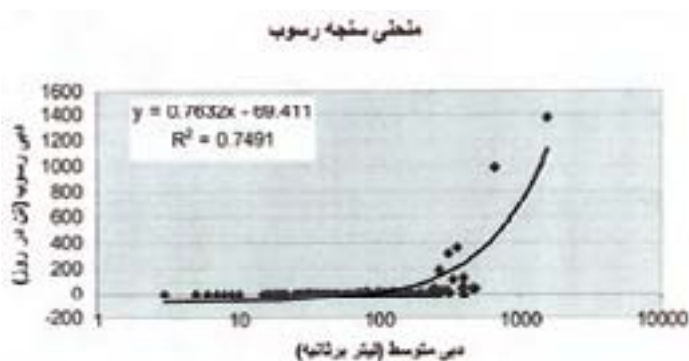
شکل ۵- مقایسه فرسایش اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده به وسیله مدل WEPP برای جاده‌های جنگلی (۷)



شکل ۶: مقایسه رسوب اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده به وسیله مدل WEPP برای ۱۵ حوزه آبخیز کوچک در آمریکا (۱۳)



شکل ۷- موقعیت جغرافیایی، شکل و مختصات حوزه آبخیز بار اریه نیشاپور



شکل ۸: منحنی سنج رسوب حوزه آبخیز بار

اعمال انجام شده بر روی زمین است. برخی از این اعمال عبارتند از کشت روی خطوط تراز، چرا، زهکشی، آبیاری و... اطلاعات مربوط به هر یک از این اعمال و زمان انجام آن‌ها بایستی در پنجره مربوطه وارد شود. دومین پنجره، اطلاعات مربوط به شرایط ابتدایی است. منظور از شرایط ابتدایی وضعیت پارامترهای ورودی در اول ژانویه است. برخی از این اطلاعات عبارتند از تراکم حجمی خاک خشک، تاج پوشش، جمع بارندگی، جرم کل ریشه مرده و... سومین پنجره، اطلاعات مربوط به خصوصیات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی گیاهان غالب است. برخی از این اطلاعات عبارتند از ضریب تاج پوشش، ضریب ارتفاع تاج پوشش، نسبت انرژی به بایومس، قطر ساقه گیاه در بلوغ، بردباری گیاه به خشکی و...

۵ - خصوصیات آبراهه های منطقه: پنجره مربوط به این فایل دارای چهار بخش خاک آبراهه، شیب آبراهه، مدیریت آبراهه و نوع آبراهه است. سه بخش اول همانند قبل عمل می‌شود و برای تعیین نوع آبراهه بایستی یکسری اطلاعات شامل شکل آبراهه، شیب اصطکاک، نوع بخش کنترلی در خروجی آبراهه (در صورت وجود)، شیب کناره و... در پنجره ای مخصوص وارد شود. لازم به ذکر است: از آنجایی که در منطقه مورد مطالعه مخزن وجود ندارد، در این زمینه اطلاعاتی وارد مدل نشد.

پس از ورود کلیه اطلاعات فوق ترسیم شبکه آبراهه ها و دامنه‌های منتهی به هر آبراهه به وسیله نرم افزار GeoWEPP انجام شد و مدل WEPP از طریق نرم افزار GeoWEPP اجرا گردید.

### محاسبه میزان رسوب معلق در محل ایستگاه هیدرومتری

برای این منظور از منحنی سنج رسوب استفاده شد. برای بدست آوردن منحنی سنج رسوب بدین گونه عمل شد که غلظت نمونه برداشت شده در حجم آب عبوری در روز نمونه برداری ضرب شد تا رسوب روزانه بدست آید. سپس با استفاده از دبی متوسط و رسوب روزانه منحنی سنج رسوب رسم گردید. با انتقال دبی های متوسط روزانه روی منحنی سنج رسوب، وزن رسوب روزانه بدست آمده که با جمع آن‌ها وزن کل رسوب عبوری در هر سال محاسبه گردید (۴).

### نتایج

#### الف- نتایج حاصل از جمع آوری اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل WEPP

ژئومورفولوژی: پس از تهیه و ادغام نقشه های



سنجه رسوب (شکل ۸) میزان رسوب تحویلی در محل ایستگاه بار در سال‌های مختلف به دست آمد (جدول ۵).

ج- نتایج حاصل از اجرای مدل WEPP

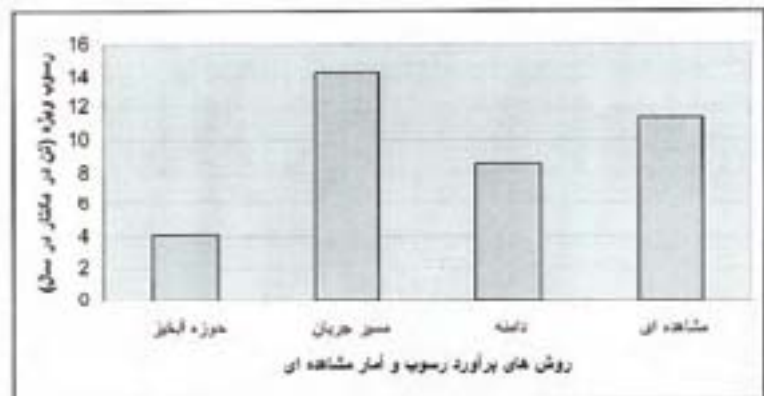
در این تحقیق میزان فرسایش و رسوب به سه روش حوزه آبخیز (در این روش آبراهه‌ها و دامنه‌های معرف شبیه‌سازی می‌شود)، مسیره‌های جریان (در این روش کلیه مسیره‌های جریان به طور مجزا شبیه‌سازی می‌شود) و در تک تک دامنه‌ها برآورد گردید که نتایج آن‌ها در جدول ۶ و شکل ۹ آمده است.

### نتیجه‌گیری و بحث

برای بررسی صحت پیش بینی‌های انجام شده به کمک مدل WEPP یکی از مناسب‌ترین روش‌ها این است که به کمک آمار مشاهده‌ای یک محدوده قابل قبول برای اعداد پیش بینی شده تعیین شود. چنانچه عدد برآورد شده در این محدوده قرار گرفت، صحت پیش بینی در محدوده اطمینان تعیین شده می‌باشد (۵، ۱۲). این امر نیازمند وجود آمار از چندین ایستگاه هیدرومتری است. اما در منطقه مورد مطالعه تنها یک ایستگاه هیدرومتری آن هم در خروجی حوضه وجود دارد. بنابراین با وجود یک ایستگاه نمی‌توان از نظر آماری محدوده اطمینانی را مشخص کرد. از این رو در این تحقیق تنها ارقام پیش بینی شده با آمار مشاهده‌ای مقایسه شد.

با توجه به اطلاعات موجود در جدول ۶ روش حوزه آبخیز با ۴/۰۸ تن در هکتار در سال به دلیل اختلاف زیاد با آمار مشاهده‌ای (۱۱/۲ تن در هکتار در سال) روشی مناسب برای برآورد میزان فرسایش و رسوب نمی‌باشد، ولی روش‌های مسیر جریان و دامنه با رسوب ۱۴/۲۴ و ۸/۵۲ تن در هکتار در سال، قرابت بیشتری با آمار مشاهده‌ای داشته و می‌توانند با احتیاط مورد استفاده قرار گیرند.

در روش حوزه آبخیز، میزان فرسایش، رسوب گذاری و تولید رسوب در دامنه‌ها و آبراهه‌ها برآورد می‌شود. در روش دامنه سه فرآیند یاد شده در دامنه برآورد می‌شود و در روش مسیر جریان، فرسایش، رسوب گذاری و تولید رسوب در دامنه برآورد می‌شود و آبراهه تنها انتقال دهنده رسوب ورودی است. بنابراین در این روش اخیر میزان فرسایش و رسوب گذاری در آبراهه‌ها برآورد نمی‌شود. از این رو روش‌های مسیر جریان و دامنه با هم قابل مقایسه بوده و با روش حوزه آبخیز قابل مقایسه نیستند. اما به دلیل خصوصیات آبراهه‌های منطقه این سه روش با هم قابل مقایسه‌اند زیرا غالب آبراهه‌های منطقه از قله سنگ‌های درشت تشکیل شده که هیچ نقشی در تولید رسوب ندارند، همچنین در بازدیدهای صحرایی هیچ گونه آثار رسوب گذاری در داخل آبراهه‌ها مشاهده نشد. بنابراین



شکل ۹: رسوب ویژه حاصل از روش‌های مختلف برآورد رسوب در مدل WEPP در مقایسه با آمار مشاهده‌ای رسوب

مربوطه، منطقه مورد مطالعه به ۲۱ واحد تقسیم شد که خصوصیات آن در جدول ۱ ارائه شده است.

خاک: پس از نمونه برداری و تجزیه و تحلیل، خاک منطقه به ۲۱ واحد مختلف تقسیم گردید که اطلاعات مربوط به هر واحد به صورت جداگانه و با توجه به محدوده آن وارد مدل شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل عوامل خاک در جدول ۲ ارائه شده است.

مدیریت اراضی: در حوزه آبخیز بار سه نوع کاربری مرتع، باغ و مسکونی وجود دارد. قسمت اعظم منطقه را مراتع تشکیل می‌دهند. حدود ۵۰۰ هکتار از منطقه را باغ و اراضی مسکونی اشغال کرده است. در مراتع تنها عمل چرا انجام می‌شود، در باغات اعمالی همچون درو گیاهان سطح باغ (در سال دو بار)، آبیاری و بیل زدن اطراف درختان انجام می‌شود. پس از نمونه برداری از منطقه و با توجه به نوع کاربری تعداد ۱۸ نوع مدیریت در منطقه شناسایی شد.

شیب: پس از رسم شبکه آبراهه‌ای و دامنه‌های منتهی به آن توسط نرم افزار GeoWEPP کل حوضه به ۷۱۴ دامنه و ۲۹۳ آبراهه تقسیم شد که برای تمام آن‌ها اطلاعات شیب به صورت پروفیل طولی تهیه شد.

فایل اقلیم: برای ساخت فایل اقلیم ده سال (۱۳۷۰-۱۳۸۰) اطلاعات مربوط به بارندگی و دمای منطقه از ایستگاه کلیماتولوژی بار استخراج شد و طبق دستورالعمل موجود وارد نرم افزار گردید. اطلاعات ورودی به WEPP در جداول ۳ و ۴ آمده است.

فایل آبراهه: آبراهه‌های موجود در منطقه را می‌توان به چهار دسته اصلی تقسیم کرد.

۱- آبراهه‌هایی با کف و کناره‌های پوشیده از سنگ‌های گرد شده و فاقد خاک و گیاه

۲- آبراهه‌هایی با کف پوشیده از سنگ و کناره‌های خاکی از جنس دامنه‌های اطراف

۳- آبراهه‌هایی با کف و کناره‌های خاکی از جنس دامنه‌های اطراف

۴- آبراهه‌هایی با کف و کناره پوشیده از سنگ ریزه‌هایی با قطر حداکثر دو سانتی متر

### ب- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه رسوب سنجی

از آنجایی که مدل WEPP در منطقه مورد مطالعه برای ده سال شبیه‌سازی شده است، آمار رسوب نیز برای ده سال (۱۳۷۰-۱۳۸۰) استخراج شده و با بدست آوردن منحنی

جدول ۱: ویژگی های ژئومورفولوژی حوزه آبخیز بار

شماره واحد	نام واحد	کد تیپ	نام تیپ	ویژگی های ژئومورفولوژی		ویژگی های سنگ شناسی	شیب	شماره واحد کاری
				کد رخساره	نام رخساره			
۱	کوهستان	۱-۱	فرسایش آبی	۱-۱-۱	فرسایش شیاری و بیرون زدگی سنگی	شیل و ماسه سنگ	۴۰-۲۰	۱
				۱-۱-۲	فرسایش شیاری	شیل و ماسه سنگ	۴۰-۲۰	۲
				۱-۱-۳	فرسایش سطحی	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	۶۰-۴۰	۳
				۱-۱-۴	فرسایش سطحی و واریزه	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	۶۰-۴۰	۴
		۱-۲	دامنه منظم	۱-۲-۱	دامنه منظم و بیرون زدگی سنگی	مارن خاکستری به همراه آهک های نخودی	۲۰-۱۰	۵
				۱-۲-۲	دامنه منظم	مارن خاکستری به همراه آهک های نخودی	>۶۰	۶
						مخروط های آبرفتی قدیمی	۲۰-۱۰	۷
		پادگانه های آبرفتی جوان	۲۰-۱۰	۸				
		۱-۳	بیرون زدگی سنگی	۱-۳-۱	بیرون زدگی سنگی، دامنه منظم و واریزه	مارن خاکستری به همراه آهک های نخودی	۴۰-۲۰	۹
				۱-۳-۲	بیرون زدگی سنگی و دامنه منظم	مارن خاکستری به همراه آهک های نخودی	۱۰-۵	۱۰
						مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	۶۰-۴۰	۱۱
				۱-۳-۳	بیرون زدگی سنگی و فرسایش سطحی	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	۶۰-۴۰	۱۲
				۱-۳-۴	بیرون زدگی سنگی و فرسایش آبراهه ای	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	۶۰-۴۰	۱۳
		۱-۳-۵	بیرون زدگی سنگی و واریزه	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	۶۰-۴۰	۱۴		
		۱-۴	توده سنگی	۱-۴-۱	توده سنگی و دامنه منظم	مارن خاکستری به همراه آهک های نخودی	۴۰-۲۰	۱۵
						ارن خاکستری با بین لایه های آهکی	>۶۰	۱۶
				۱-۴-۲	توده سنگی، دامنه منظم و واریزه	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	>۶۰	۱۷
				۱-۴-۳	توده سنگی و فرسایش	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	۴۰-۲۰	۱۸
		۱-۴-۴	توده سنگی و واریزه	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	>۶۰	۱۹		
				مارن خاکستری به همراه آهک های نخودی	>۶۰	۲۰		
		۱-۵	میکروتراس	۱-۵-۱	میکروتراس و فرسایش سطحی	مارن خاکستری با بین لایه های آهکی	۶۰-۴۰	۲۱

۱ - به دلیل فقدان ایستگاه هوا شناسی در ارتفاعات بالاتر، فایل اقلیم برای تمام منطقه با استفاده از اطلاعات ایستگاه کلیماتولوژی بار ساخته شد. این ایستگاه در ارتفاع ۱۵۲۰ قرار دارد. در حالی که متوسط ارتفاع حوزه آبخیز بار ۲۲۲۰ و حداکثر ارتفاع حدود ۲۹۰۰ متر می باشد. از آنجایی که با افزایش ارتفاع میزان بارندگی نیز افزایش می یابد و در مدل WEPP با افزایش بارندگی فرسایش و رسوب هم افزایش می یابد، بنابراین کمبود اطلاعات سبب می شود مقدار فرسایش و رسوب کمتر برآورد گردد.

۲ - کمبود آمار در دبی های بالا و عدم کیفیت مناسب آمار رسوب که در بیشتر ایستگاه های هیدرومتری کشور از جمله ایستگاه بار وجود دارد، امکان محاسبه دقیق میزان رسوب را فراهم نمی آورد. در ایستگاه بار

غالب آبراهه های منطقه فقط انتقال دهنده رسوبات تولید شده در روی دامنه ها می باشند و تاثیری در میزان فرسایش و رسوب ندارند. بنابراین می توان این سه روش را با یکدیگر و با آمار مشاهده ای مقایسه کرد. همانگونه که از نتایج نیز معلوم است، میزان فرسایش و رسوب اعدادی نزدیک به هم دارند و میزان به تله افتادن رسوب در حوزه آبخیز بار زیاد نمی باشد (رسوب تقریباً ۹۱ درصد فرسایش است).

کمبود و نامناسب بودن آمار یکی از مسائلی است که استفاده از مدل های مختلف از جمله مدل WEPP را با مشکل مواجه می کند. دو نمونه از مشکلات ناشی از کمبود یا نامناسب بودن آمار در این تحقیق به قرار ذیل است.

جدول ۲: عوامل اندازه‌گیری و محاسبه شده برای فایل خاک

شماره پروفیل	افق	عمق (میلیمتر)	ماسه (درصد)	رس (درصد)	ماده آلی (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq/100gr)	سنگ ریزه (درصد)
۱	A	۱۰۰	۰/۱۹	۰/۲۵	۸۲۷/۳	۴/۱۹	۲۶
	C	۸۰۰	۰/۲۷	۰/۳۲	۶۰۹/۲	۵/۲۳	۴۹
۲	A	۱۰۰	۰/۱۹	۰/۳۹	۳/۴۳۴	۵/۱۶	۲۳
	B	۳۰۰	۰/۲۳	۰/۳۱	۲۸۰/۳	۴/۱۸	۲۹
	C	۱۰۰۰	۰/۲۳	۰/۳۳	۶۴۳/۱	۸/۱۱	۳۹
۳	A	۱۵۰	۰/۲۳	۰/۲۳	۷۱۶/۳	۴/۱۹	۲۵
	C	۵۵۰	۰/۳۵	۰/۲۵	۲/۳۱۸	۴/۱۹	۵۸
۴	A	۲۸۰	۰/۲۰	۰/۲۵	۲۹۱/۲	۴/۱۸	۲۰
۵	C1	۳۰۰	۰/۱۵	۰/۵۳	۷۷۸/۱	۶/۱۵	۲۶
	C2	۱۰۰۰	۰/۱۱	۰/۵۵	۴۲۸/۲	۶/۱۴	۱۶
۶	A	۷۰	۰/۴۱	۶/۲۱	۰۷۰/۱	۹/۳	۳۰
	C	۸۷۰	۰/۳۱	۶/۳۵	۷۳۸/۰	۶/۶	۳۷
۷	A	۷۰	۰/۲۹	۰/۳۳	۲۱۷/۲	۹/۹	۲۶
	C	۳۰۰	۰/۳۱	۰/۳۷	۰۶۰/۱	۹/۸	۱۷
۸	A	۲۰۰	۰/۱۵	۶/۳۹	۱۱۴/۱	۷/۹	۸
	B	۱۰۵۰	۰/۲۳	۶/۳۳	۸۴۲/۰	۷/۹	۳۴
	C	۱۷۵۰	۰/۲۱	۶/۳۵	۱۳۴/۱	۶/۵	۳۹
۹	C	۳۵۰	۰/۱۵	۶/۴۷	۷۵۸/۰	۹/۳	۴۲
۱۰	A	۷۰	۰/۳۹	۶/۲۱	۴۸۸/۳	۶/۸	۵۲
	C	۳۲۰	۰/۴۳	۶/۱۹	۴۱۸/۲	۰/۱۲	۶۶
۱۱	C1	۲۰۰	۰/۲۷	۰/۳۵	۰۳۶/۱	۹/۸	۲۹
	C2	۹۰۰	۰/۲۳	۰/۳۷	۷۷۵/۰	۳/۱۰	۳۵
۱۲	A	۱۷۰	۰/۳۵	۰/۲۹	۳۹۱/۱	۹/۹	۳۱
	C	۵۰۰	۰/۲۷	۰/۳۸	۹۰۹/۰	۸/۱۱	۳۵
۱۳	A	۱۲۰	۰/۲۷	۶/۲۷	۲۷۱/۲	۸/۱۰	۳۸
	C	۷۸۰	۰/۲۵	۶/۳۱	۹۷۹/۰	۰/۱۲	۴۰
۱۴	A	۲۰۰	۰/۳۳	۶/۲۷	۴۳۸/۳	۳/۱۳	۴۱
	C	۷۵۰	۰/۳۷	۶/۲۹	۱/۸۷۲	۶/۱۴	۱۶
۱۵	A	۷۰	۰/۴۷	۶/۱۹	۵۳۵/۴	۰/۱۲	۴۵
	C	۲۵۰	۰/۴۵	۶/۱۹	۹۳۴/۳	۶/۱۴	۶۶
۱۶	A	۱۲۰	۰/۲۳	۶/۲۷	۹۵۵/۲	۳/۱۷	۳۰
	B	۴۲۰	۰/۴۱	۶/۲۱	۰۷۳/۲	۹/۱۵	۳۳
	C	۹۲۰	۰/۳۱	۶/۳۱	۶۵۷/۱	۶/۱۴	۶۱
۱۷	A	۹۰	۰/۴۱	۶/۲۳	۹۵۲/۲	۸/۱۰	۲۹
	B	۴۹۰	۰/۲۷	۶/۳۳	۲۴۱/۱	۸/۱۰	۳۳
	C	۱۰۵۰	۰/۳۱	۶/۳۳	۸۴۲/۰	۶/۸	۴۸
۱۸	A	۱۵۰	۰/۳۷	۶/۲۷	۴۵۵/۳	۶/۸	۳۶
	B	۷۵۰	۰/۳۵	۶/۳۵	۸۷۸/۱	۶/۱۴	۳۲
	C	۱۲۰۰	۰/۳۷	۶/۳۷	۰۵۷/۱	۶/۱۶	۲۱
۱۹	A	۸۰	۰/۲۹	۶/۲۹	۰۲۵/۳	۸/۱۰	۱۴
	B	۴۴۰	۰/۲۷	۶/۳۳	۰۰۶/۲	۶/۸	۱۱
	C	۱۲۵۰	۰/۲۵	۶/۳۵	۷۲۴/۱	۶/۱۶	۱۵
۲۰	A	۸۰	۰/۱۵	۶/۴۷	۳۴۲/۱	۶/۱۴	۲۸
	C1	۵۰۰	۰/۱۵	۶/۴۹	۶۶۴/۰	۰/۱۲	۱۲
	C2	۱۲۲۰	۰/۳۹	۶/۷	۴۲۹/۰	۷/۴	۵۶
۲۱	A	۸۰	۰/۲۹	۶/۲۹	۲۱۰۲۵	۸/۱۰	۱۴
	B	۴۴۰	۰/۲۷	۶/۳۳	۰۰۶/۱	۶/۸	۱۱
	C	۱۲۵۰	۰/۲۵	۶/۳۵	۷۲۴/۰	۶/۱۶	۱۵



ادامه جدول ۲

شماره پروفیل	افق	بافت خاک	آلئیدو (درصد)	سطح اشباع اولیه (درصد)	فرسایش پذیری بین شیار (kg*s/m <sup>2</sup> )	فرسایش پذیری شیار (s/m)	تنش برشی بحرانی (n/m <sup>2</sup> )	جریان هیدرولیکی موثر (mm/hr)	وزن ریشه در ۱۰ سانتی متر سطح خاک (kg/m <sup>2</sup> )	چگالی حجمی (g/cm <sup>3</sup> )	% RESI
۱	A	Silty loam	۰/۱۰	۱۹	۱۶۴۳۲۱۷	۰/۰۰۱۱	۲/۰۷۱۵	۵/۳۵۲۰	۰/۱۶۵۵	۰/۹۳	۲/۹۵
۲	A	Silty clay loam	۰/۱۲	۲۵/۴	۱۵۸۹۳۲۲	۰/۰۰۱۲	۲/۱۸۵۲	۹/۲۲۰۰	۰/۲۰۸۷	۰/۹۵	۷
۳	A	Silty loam	۰/۱۱	۲۰/۶	۱۶۲۸۹۸۷	۰/۰۰۰۹	۱/۹۴۶۵	۸/۶۹۶۰	۰/۲۷۱۷	۱/۰۱	۸/۶۲۵
۴	A	Silty loam	۰/۲۱	۱۸/۱	۱۶۵۱۶۱۲	۰/۰۰۱۲	۲/۴۱۷۳	۶/۵۵۰۵	۰/۱۷۵۷	۰/۹۶	۵
۵	A	Clay	۰/۲۷	۲۲/۲	۱۶۱۸۲۰۶	۰/۰۰۱۸	۲/۸۰۴۵	۱۳/۵۲۹۴	۰/۳۶۵۷	۰/۹۴	۵/۵
۶	A	Loam	۰/۳۷	۱۶/۸	۱۶۵۹۳۶۴	۰/۰۰۱۲	۱/۵۹۹۹	۲۵/۳۴۵۳	۰/۱۰۶۹	۱/۰۳	۷/۶
۷	A	Clay loam	۰/۲۲	۲۲/۳	۱۶۱۴۴۰۸	۰/۰۰۱۳	۲/۰۹۳۳	۷/۶۰۶۰	۰/۰۵۰۰	۱/۱۴	۷/۲
۸	A	Silty clay loam	۰/۳۶	۱۸/۳	۱۶۵۱۶۱۲	۰/۰۰۱۵	۳/۱۴۴۳	۱۳/۹۶۶۹	۰/۱۳۶۴	۱/۱۴	۵/۴
۹	A	clay	۰/۴۲	۲۳/۱	۱۶۱۱۲۲۹	۰/۰۰۱۸	۳/۱۴۱۰	۲۲/۴۳۲۲	۰/۰۷۰۰	۱/۰۴	۱/۶
۱۰	A	Loam	۰/۱۲	۲۱	۱۶۲۲۶۸۴	۰/۰۰۱۱	۱/۰۰۴۹	۱۴/۲۳۷۰	۰/۱۰۷۴	۰/۹	۶/۹
۱۱	A	Clay loam	۰/۳۷	۱۷/۵	۱۶۵۶۱۴۵	۰/۰۰۱۴	۲/۴۸۴۴	۱۳/۲۷۲۶	۰/۱۰۰۰	۱/۱۳	۶/۱
۱۲	A	Clay loam	۰/۳۲	۱۴/۶	۱۶۷۸۹۲۶	۰/۰۰۱۳	۱/۸۵۹۶	۱۴/۴۰۱۱	۰/۱۵۲۴	۱/۰۳	۴/۸
۱۳	A	Clay loam	۰/۲۱	۱۲/۸	۱۶۹۵۱۱۸	۰/۰۰۰۹	۲/۳۶۱۰	۱۲/۶۵۶۹	۰/۱۴۲۷	۱/۳۳	۴/۸
۱۴	A	Clay loam	۰/۱۲	۲۱/۷	۱۶۱۷۹۴۰	۰/۰۰۱۲	۱/۴۳۴۲	۵/۳۸۹۸	۰/۰۷۰۰	۰/۹۹	۴/۶
۱۵	A	Loam	۰/۰۸	۱۳/۷	۱۶۸۲۲۵۲	۰/۰۰۰۷	۰/۵۲۶۶	۱۱/۷۵۴۵	۰/۱۵۷۲	۱/۱۵	۴
۱۶	A	Loam	۰/۱۶	۱۹/۶	۱۶۳۷۹۲۱	۰/۰۰۱۰	۲/۱۸۴۰	۱۱/۱۸۹۹	۰/۳۲۵۰	۱/۰۷	۴/۶
۱۷	A	Loam	۰/۱۶	۲۵/۷	۱۵۸۲۸۸۰	۰/۰۰۰۸	۱/۳۰۲۸	۱۵/۱۴۳۱	۰/۲۰۰۰	۱/۲۱	۱۳
۱۸	A	Clay loam	۰/۱۲	۲۰	۱۶۳۱۵۴۷	۰/۰۰۱۱	۱/۲۵۱۱	۱۶/۷۱۰۷	۰/۱۶۰۰	۱/۰۴	۷
۱۹	A	Clay loam	۰/۱۵	۲۱	۴۷۴۷۷۵۲	۰/۰۰۲۱	۳/۵۰۰۰	۲۳/۰۰۳۴			۰
۲۰	A	clay	۰/۳۲	۲۲	۱۶۲۰۱۶۶	۰/۰۰۱۸	۲/۹۳۵۶	۶/۳۱۶۴	۰/۱۰۰۰	۰/۹۷	۵
۲۱	A	Clay loam	۰/۲۴	۲۱	۱۶۲۵۵۲۰	۰/۰۰۱۲	۲/۱۱۹۸	۱۱/۰۷۸۰	۰/۱۱۰۰	۱/۱۲	۵/۵

۲ - در مدل WEPP هیچ گونه محدودیتی برای مقیاس مطالعه، دقت اطلاعات ورودی و نوع منطقه مطالعاتی وجود ندارد.

۳ - بررسی وضعیت پوشش و پارامترهای مربوط به آن در تمام طول سال:

در اغلب مدل های موجود برای برآورد میزان فرسایش و رسوب چنانچه نیاز به پارامترهای پوشش گیاهی باشد، محقق معمولاً تنها یک بار و ترجیحاً در فصل رویش، در منطقه حاضر شده و اطلاعات مورد نیاز را جمع آوری می کند. این در حالی است که روند رشد گیاهان در مراتع، گوناگون است. دوران رشد برخی از گیاهان یکساله ممکن است تنها دو یا سه ماه طول بکشد در حالی که گیاهان بوته ای یا درختچه ای روند رشد متفاوتی دارند. بنابراین چنانچه پارامترهای گیاهی (همانند درصد پوشش، ارتفاع پوشش، درصد لاشبرگ و...) تنها یک بار در سال اندازه گیری شود وضعیت این پارامترها در سایر اوقات سال در نظر گرفته نمی شود و اعداد بدست آمده در یک تاریخ به عنوان میزان پارامترهای اندازه گیری شده در کل سال در نظر گرفته می شود. اما مدل WEPP با استفاده از پاره ای اطلاعات گیاهی و اقلیمی روند رشد گیاهان را در تمام طول سال برآورد

بالاترین دبی که رسوب آن نیز برداشت شده است ۱/۵۷۵ مترمکعب در ثانیه می باشد. در حالی که بالاترین دبی اندازه گیری شده در ۱۰ سال اخیر ۹/۴۹ مترمکعب در ثانیه است. این موارد سبب می شود که محاسبه میزان رسوب بر اساس آمار مشاهده ای دقیق نباشد. برخی از محاسن مدل WEPP در مقایسه با سایر مدل های برآورد فرسایش و رسوب

۱ - در مدل WEPP برای برداشت هیچ یک از پارامترها عمل متوسط گیری انجام نمی شود و پارمترها به صورت مطلق اندازه گیری می شوند. در بسیاری از مدل هایی که هم اکنون برای اندازه گیری میزان فرسایش و رسوب مورد استفاده قرار می گیرد، بسیاری از پارامترها خصوصاً پارامتر شیب به صورت متوسط برای یک واحد کاری ارائه می شود. در بسیاری از موارد متوسط گیری باعث تعدیل یک پارامتر شده که خود موجب بروز خطا در برآورد فرسایش و رسوب می شود. همچنین ورود اطلاعات شیب به صورت پروفیل طولی سبب می شود مدل در هر بخش از دامنه میزان فرسایش یا نهشته شدن را مشخص کند. این مسئله در تعیین نوع و مکان اعمال مدیریت بر روی دامنه کمک شایانی می کند.

جدول ۳: عوامل محاسبه شده برای بارندگی منطقه مورد مطالعه

Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	ماه های سال
۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۲۸	احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب
۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۳	احتمال یک روز خشک بعد از یک روز خشک
۰/۲۹	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۳۳	متوسط بارندگی در یک روز مرطوب (اینچ)
۲۹/۵۲	۳۵/۵۹	۴۴/۶۶	۳۰/۶۷	۱۷/۸۲	۵/۰۸	۱/۲۰	۰/۲۲	۰/۹۳	۶/۰۴	۱۴/۱۵	۲۸/۲۱	کل میزان بارندگی در دوره آماری (اینچ)
۱۰۲	۹۷	۱۳۰	۱۱۸	۷۷	۲۲	۱۲	۲	۵	۲۴	۴۲	۸۶	تعداد روزهای مرطوب در کل دوره آماری
۰/۲۲	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۲۸	انحراف معیار بارندگی
۱/۱۷	۲/۰۰	۱/۵۸	۱/۴۲	۲/۷۸	۱/۸۱	۰/۶۱	۰/۰۰	۰/۴۶	۱/۵۶	۱/۵۶	۱/۳۷	ضریب چولگی بارندگی

جدول ۴: عوامل محاسبه شده برای دما منطقه مورد مطالعه

Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	ماه های سال
۳۴/۲۲	۲۵/۳۴	۳۱/۶۸	۴۲/۴۷	۴۹/۸۳	۵۹/۶۳	۶۴/۸۸	۶۱/۵۶	۵۲/۶۵	۴۲/۸۵	۳۵/۴۴	۵۷/۲۸	متوسط حداقل دمای روزانه
۷/۵۹	۷/۶۹	۷/۱۰	۶/۸۹	۶/۱۰	۵/۴۲	۵/۱۳	۵/۳۳	۵/۶۵	۶/۲۵	۷/۱۸	۷/۵۱	انحراف معیار حداقل دمای روزانه
۴۰/۹۳	۴۴/۰۵	۵۰/۳۸	۶۵/۲۹	۷۴/۳۰	۸۳/۸۸	۸۶/۵۸	۸۵/۳۸	۸۱/۰۳	۶۹/۵۶	۵۶/۸۳	۴۶/۷۰	متوسط حداکثر دمای روزانه
۶/۵۳	۸/۱۰	۸/۹۷	۹/۲۹	۸/۴۹	۵/۸۹	۵/۱۰	۴/۱۶	۶/۸۵	۸/۰۰	۸/۴۲	۸/۲۰	انحراف معیار حداکثر دمای روزانه

و آبراهه‌ها برآورد می‌شود، روش برآورد بدین صورت است که در کلیه نقاط یک دامنه میزان فرسایش یا نهشته شدن برآورد می‌شود. برآورد میزان فرسایش و رسوب بدین روش به مدیران حوزه آبخیز برای برنامه ریزی هر چه بهتر کمک زیادی می‌کند. زیرا در این روش می‌توان حوزه آبخیز را بر اساس میزان و شدت فرسایش به دقت کلاسه بندی کرد و در مکان‌های مورد نظر اقدام به اعمال حمایتی و مدیریتی نمود.

۵ - عدم دخالت سلیقه کارشناس در تعیین عوامل مورد نیاز

در بسیاری از مدل‌هایی که در حال حاضر برای تعیین میزان فرسایش و رسوب در کشور ما مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزیابی تمام یا تعدادی از عوامل از طریق امتیاز دهی صورت می‌گیرد، این قبیل امتیاز دهی‌ها از روی جدولی انجام می‌شود که موارد موجود در آن‌ها بر اساس شرایط کشور سازنده مدل طراحی شده است و در بسیاری از موارد با شرایط موجود در کشور ما سازگار نمی‌باشند و کاربر مجبور است این عوامل را بر اساس نظر کارشناسی خود امتیاز دهی کند. همچنین در بعضی مدل‌ها محدوده امتیازات خیلی زیاد بوده و این موضوع سبب می‌شود که تفاوت زیادی بین امتیاز دهی افراد مختلف وجود داشته باشد. در مدل WEPP غالب عوامل از طریق اندازه‌گیری و یا محاسبه بدست می‌آید و اعمال نظر کارشناسی به حداقل ممکن کاهش می‌یابد. این امر سبب می‌شود نتایج بدست آمده از مطالعه چند کارشناس در یک منطقه به یکدیگر نزدیک باشد.

۶ - بررسی تک رگباری

در پنجره اقلیم علاوه بر شبیه‌سازی متوالی برای یک یا چند سال،

جدول ۵: میزان رسوب تحویلی در محل ایستگاه بار

سال آماری	میزان بارمعلق (تن)
۸۰-۷۹	۲۵۹۹۹
۷۹-۷۸	۳۶۶۳۲
۷۸-۷۷	۷۶۲۴۰
۷۷-۷۶	۱۹۰۵۸۶
۷۶-۷۵	۹۷۴۲۳
۷۵-۷۴	۱۴۹۷۲۵
۷۴-۷۳	۱۰۸۷۷۰
۷۳-۷۲	۷۲۵۱۶
۷۲-۷۱	۲۳۸۶۲۶
۷۱-۷۰	۳۰۵۱۱۶
میانگین	۱۲۸۸۶۳

کرده و مورد استفاده قرار می‌دهد.

۴ - برآورد میزان فرسایش و رسوب در بخش‌های مختلف حوزه آبخیز به صورت مجزا

روش برآورد فرسایش و رسوب در مدل WEPP بدین گونه است که ابتدا شبکه آبراهه ای رسم می‌شود و سپس دامنه‌های منتهی به هر آبراهه مشخص شده و در نهایت میزان فرسایش و رسوب در کلیه دامنه‌ها

جدول ۶: مقادیر فرسایش، رسوب و روان آب حاصل از سه روش موجود در مدل WEPP در مقایسه با مقادیر مشاهده ای رسوب در ایستگاه بار

مشاهده‌ای	روش‌ها			نوع پارامتر
	دامنه	مسیرهای جریان	حوزه آبخیز	
-	۹/۴۰	۱۵/۷۲	۴/۱۹	فرسایش ویژه (t/ha/yr)
-	۱۰۷۰۴۱	۱۷۸۹۶۳	۴۷۷۱۵	فرسایش کل (t/yr)
۱۱/۳۲	۸/۵۲	۱۴/۲۴	۴/۰۸	رسوب ویژه (t/ha/yr)
۱۲۸۸۶۳/۵	۹۶۹۷۴	۱۶۲۱۶۵	۴۶۴۷۴	رسوب کل (t /yr)

simulations. Soil Sci. Soc. Am. J. 62:756-763.

6- Bjerneberg, D.L., T.J. Trout, R.E. Sojka, and J.K. Aase, 1999; Evaluating WEPP-Predicted infiltration, runoff, and soil erosion for furrow Irrigation. T. Am. Soc. Agric. Engr. 42(6): 1733-1741.

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

8- Ghidey, F. and E.E. Alberts, 1996; Comparison of measured and WEPP predicted runoff and soil loss for midwest claypan soil. T. Am. Soc. Agric. Engr. 39(4):1395-1402.

9- <http://soils.ecn.purdue.edu:20002/~WEPP/nserl.html>.

10- <http://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb/WEPPmain/WEPP.html>

11- <http://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb/WEPPdoc/modelSummary.html>.

12- Laflen, John M., Dennis C. Flanagan, and Bernard A. Engel, 2004; Soil erosion and sediment yield prediction accuracy using WEPP. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 40(2):289-297.

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

14- Tiwari, A.K., L.M. Risse, and M.A. Nearing, 2000; Evaluation of WEPP and its comparison with USLE and RUSLE. T. Am. Soc. Agric. Engr. 43(5):1129-1135.

ایتمی وجود دارد که به کاربر اجازه می‌دهد، میزان فرسایش، رسوب و روان آب ناشی از هر رگبار را به صورت مجزا برآورد کند. (بررسی تک رگباری زمانی دقت کافی دارد که اطلاعات مربوط به شرایط ابتدایی به صورت کاملاً دقیق وارد شده باشد).

### سیاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان و از زحمات جناب آقای مهندس حسینی، سرکار خانم مهندس فتوحی، جناب آقای مهندس صادقی فرد و کلیه مسئولین این شرکت که در انجام مطالعه گروه تحقیق را حمایت نمودند سپاس‌گذاری و قدردانی می‌شود.

### پاورقی

1- Water Erosion Prediction Project

### منابع مورد استفاده

- ۱- احمدی، حسن، ۱۳۷۸؛ ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ صفحه.
- ۲- جعفری، محمد - فریدون سرمیدیان، ۱۳۸۲؛ مبانی خاک‌شناسی و رده بندی خاک، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۸۸ صفحه.
- ۳- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۸؛ فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱ صفحه.
- ۴- مهدوی، محمد، ۱۳۷۸؛ هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ صفحه.
- 5- Baffaut, C., M.A. Nearing, and G. Govers, 1998; Statistical distributions of soil loss from runoff plots and WEPP model

