



بهار ۱۳۸۵
سال دوازدهم - شماره پیاپی ۲۰
تبریز-ایران

نشریه دانشکده
**علوم انسانی
و
اجتماعی**

**ویژه نامه
جغرافیا**

کارایی واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در تخمین مقادیر فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز (مطالعه موردی: حوضه آبریز صوفی چای)

دکتر شهرام روستایی *

میر ابراهیم هاشمیان سیدبگلو **

چکیده

فرسایش خاک از جمله معضلاتی است که انسان هم زمان با دست‌یازی بدون محاسبه و مدیریت نشده به محیط طبیعی، با آن روبرو بوده است. تخریب دامنه‌ها، از بین رفتن خاک حاصلخیز و پر شدن پشت سدها همه ساله خسارات هنگفتی به سرمایه‌های ملی و ساکنان مناطق وارد می‌کنند. به منظور حفاظت از حوضه‌های آبخیز در مقابل فرسایش و خطرات ناشی از آن؛ روش‌ها و اقدامات متعددی به کار گرفته می‌شود که هریک از آنها با اهداف خاصی به مساله فرسایش می‌پردازند. این پژوهش از دیدگاه ژئومورفولوژی به موضوع پرداخته و واحدهای توپوگرافی و ژئومورفیک حوضه صوفی چای به عنوان واحد کاری در نظر گرفته شده‌اند. اطلاعات و داده‌های مورد نیاز چهار مدل تجربی (MPSIAC, FOURNIER, FAO و MPSIAC) از واحدهای ژئومورفیک حوضه استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. پس از تجزیه و تحلیل و آزمون دقت و صحت؛ معلوم شد که مدل MPSIAC برای برآورد و محاسبه میزان فرسایش سالانه حوضه مطمئن‌ترین روش می‌تواند باشد. مقایسه میزان رسوب برآورد شده به روش عمق یاب سد خاکی علویان با نتایج روش پسیاک همبستگی خوبی را نشان می‌دهد.

نتایج حاصل از ارزیابی فرسایش و برآورد میزان رسوب با استفاده از واحدهای همگن نشان می‌دهد که در حوضه صوفی چای چهار عامل شیب، ارتفاع، لیتولوژی و جهت دامنه‌ها نقش مهمی در ایجاد فرسایش و تولید رسوب دارند. بدین منظور برای تشخیص مهمترین عوامل فرسایش و یافتن نقاط بحرانی از نظر فرسایش و تولید رسوب و تعیین روابط و نحوه توزیع مکانی فرسایش خاک در سطح منطقه، و همچنین برای بهره‌برداری‌های متعدد، با استفاده از مجموعه اطلاعات حاصل از مراحل مختلف تحقیق، اقدام به پهنه‌بندی فرسایش برای حوضه شده است.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبریز صوفی‌چای، فرسایش، مدل‌های تجربی فرسایش، ژئومورفولوژی،

MPSIAC

* استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز roostaei@tabrizu.ac.ir

** کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی.

مقدمه

تخمین میزان فرسایش و تولید رسوب هم برای طرح نظریات تاریخی تکامل لندفرم‌ها در طول دوران‌های مختلف زمین‌شناسی و هم برای اهداف کاربردی و طرح‌های عمرانی مهم و ضروری است (چورلی ۱۳۷۵، ص ۱۱۱). تخمین مقادیر فرسایش متخصصان علوم زمین را قادر می‌سازد تا علاوه بر ارائه راه حل‌های منطقی جهت کاهش میزان فرسایش و حفاظت از منابع آب و خاک؛ روابط بین عوامل موثر در بروز فرسایش و میزان فرسایش حاصله را بهتر درک کند.

فرسایش عامل اصلی تخریب و از بین رفتن منابع طبیعی و خاک است. توسعه و شدت آن، منجر به از بین رفتن خاکی می‌گردد که بستر و مکانی جهت استقرار پوشش گیاهی و محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. هرچند فرسایش و عوامل فرساینده به طور طبیعی از بدو پیدایش کره خاکی وجود داشته، اما با ظهور انسان و بویژه بعد از انقلاب صنعتی زمینه مساعدتری برای توسعه عملکرد این عوامل فراهم شده است. بنابراین هر چند نمی‌توان به طور مطلق با فرسایش مبارزه کرد، اما با تحقیق و مطالعه و اتخاذ روش‌هایی که با شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه انطباق داشته باشد، می‌توان از میزان و شدت آن کاست.

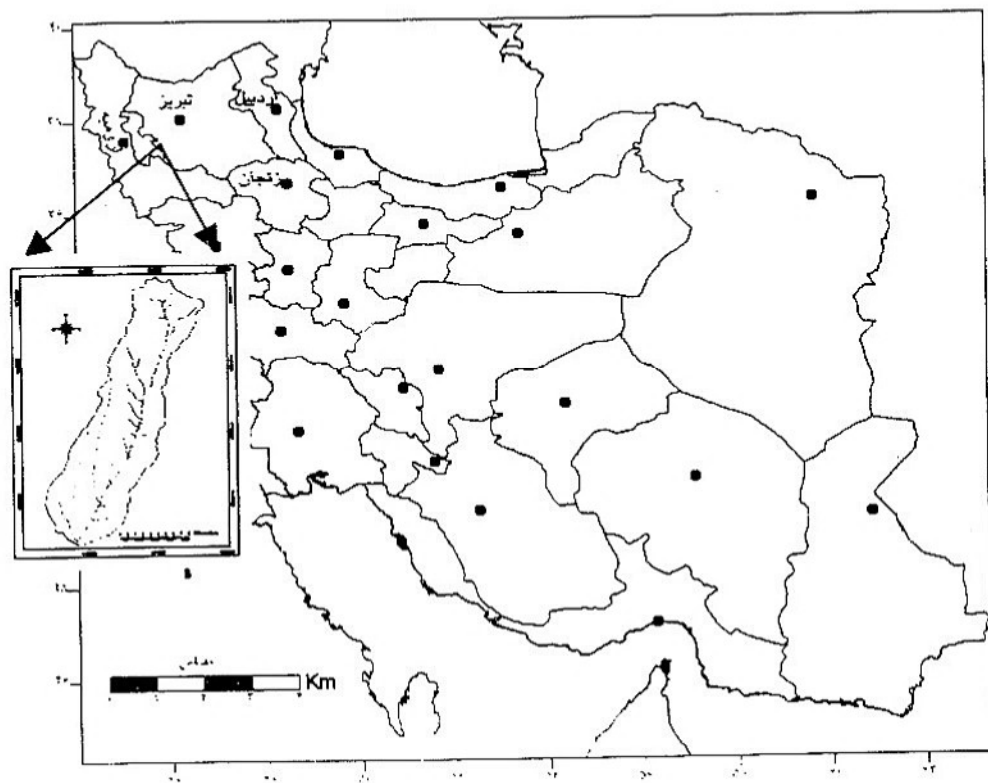
کارایی این روش‌ها با شناخت و بررسی منطقه مورد مطالعه، عوامل مورفوژنز، تشدید یا تعدیل کننده فرسایش از یک طرف و مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق، منسجم، سیستماتیک و استفاده منطقی از زمین از طرف دیگر ارتباطی تنگاتنگ دارد. بنابراین در تحقیق حاضر سعی بر این است که فرسایش و میزان رسوب تولید شده با لحاظ کردن واحدهای همگن، مورد مطالعه قرار گیرد. از طرف دیگر بررسی میزان فرسایش در حوضه‌های آبخیز با استفاده از مدل‌های تجربی با توجه به جنبه کمی این مدل‌ها، برای انسان ملموس بوده و بهتر می‌توان وضعیت فرسایش و خطرات ناشی از آن را درک کرد. بدیهی است مدیریت بهینه حوضه‌های آبخیز از نظر بهره‌برداری از منابع محیطی در صورتی میسر خواهد بود که مطالعاتی در زمینه

۱۲۵ کارایی واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در تخمین مقادیر فرسایش و...

شناسایی وضعیت فرسایش و تولید رسوب حوضه، استعداد رسوبخیزی حوضه و واحدهای بحرانی از نظر تولید رسوب، صورت گرفته باشد.

ویژگی‌های طبیعی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز صوفی‌چای در دامنه جنوبی کوهستان سهند قرار گرفته و از شمال به حوضه آبریز لیقوان و کندچای، از شرق به حوضه آبریز مردق‌چای، از غرب به حوضه آبریز قلعه‌چای عجب‌شیر و از جنوب به محدوده سد علویان منتهی می‌گردد. حوضه مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی $37^{\circ}25'24''$ تا $37^{\circ}44'42''$ عرض شمالی و $46^{\circ}17'12''$ تا $46^{\circ}26'42''$ طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز آبی‌چای

لیتولوژی

بر مبنای مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ و نقشه لیتولوژی حوضه و مطالعات میدانی؛ سنگ‌های موجود در منطقه از نظر مقاومت به سه دسته تقسیم شده‌اند: سنگ‌های مقاوم، سنگ‌های کم مقاومت و سنگ‌های سست.

سنگ‌های مقاوم شامل داسیت و آندزیت است و از نظر پراکنش جغرافیایی این سنگ‌ها بخش اندکی از حوضه را در بالا دست روستای یایشهری شامل می‌شود. از نظر تولید رسوب این سنگ‌ها نقش اندکی ایفا می‌کنند.

سنگ‌های نیمه مقاوم موجود در حوضه شامل کنگلومرا با میان لایه‌هایی از توف، لاهار و ولکانوسدیمانترها هستند. این سنگ‌ها بیشترین گسترش را در حوضه دارند و با توجه به سیمان موجود در داخل آنها در مقابل عوامل فرسایشی واکنش نشان می‌دهند.

سنگ‌های سست شامل لاهار و خاکسترهای آتشفشانی، نهشته‌های سطحی و تراس‌های آبرفتی و مواد تخریبی دیگر است. این مواد گسترش زیادی در حوضه دارند و زمین لغزش‌های متعددی در روی آنها اتفاق افتاده و سبب فرسایش توده‌ای در منطقه شده‌اند و عمده رسوب حوضه توسط این واحد تولید می‌شود.

ویژگی‌های اقلیمی

براساس داده‌های حاصله از ایستگاه سینوپتیک مراغه، میانگین سالانه دما ۳/۱۲ درجه سانتی‌گراد و تیرماه با میانگین دمای ۲۶/۲ درجه و دی ماه با میانگین دمای ۰/۷- درجه به ترتیب گرمترین و سردترین ماه سال به شمار می‌روند. حداکثر و حداقل مطلق دما که به ترتیب بیشترین و کمترین میزان دما را در مدت زمان معین نشان می‌دهند، بیانگر شدت تغییرات درجه حرارت و نوسان آن در طی مدت زمان معین می‌باشند و نقش اساسی در مکانیسم تخریب و تولید رسوب ایفا می‌کنند. حداکثر مطلق دما متعلق به تیرماه (۳۷/۳) و حداقل مطلق دما در دی ماه (۱۱/۱-) می‌باشد.

میانگین بارندگی سالانه در ایستگاه مراغه و اشان به ترتیب ۴۲۳ و ۳۲۶ میلی‌متر می‌باشد که به همراه سایر عوامل اقلیمی و ویژگی‌های دیگر حوضه، میزان فرسایش و رسوب حوضه را رقم می‌زنند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر روش تحقیق، از نوع تحقیق نیمه تجربی و کاربردی محسوب می‌گردد که در آن، برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب سالانه حوضه مورد مطالعه با استفاده از چهار مدل تجربی و در قالب واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی صورت گرفته است. روش‌های اعمال شده در این پژوهش شامل سه مرحله (۱) مطالعات نظری و کتابخانه‌ای (۲) مطالعات میدانی و (۳) استفاده از نرم‌افزار GIS؛ که در آن عوامل موثر در فرسایش و تولید رسوب و درجه رسوبدهی حوضه در قالب واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی مورد مطالعه و شناسایی قرار گرفته است. بدین منظور در وهله اول اقدام به تهیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و داده‌های اقلیمی و آمار و اطلاعات مرتبط با موضوع تحقیق شده است. سپس بر مبنای داده‌های حاصل از نقشه‌های توپوگرافی (شیب، جهت دامنه، طبقات ارتفاعی) و نقشه زمین‌شناسی (لیتولوژی) حوضه آبریز مورد مطالعه، اقدام به شناسایی واحدهای توپوگرافی حوضه آبریز مورد مطالعه گردیده است. در کنار این موارد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از نوع TM، نقشه پوشش گیاهی و خاک حوضه تهیه و با توجه به بالا بودن حجم اطلاعات و به منظور بالا بردن دقت کار جهت همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی مذکور از تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده در نهایت با جمع‌آوری عوامل موثر بر فرسایش و تولید رسوب در چهار مدل تجربی به کار گرفته شده در این تحقیق، میزان تولید رسوب سالانه حوضه برآورد و بر مبنای داده‌ها و نتایج حاصله تجزیه و تحلیل نهایی صورت گرفته است.

در روش واحدهای ژئومورفولوژی، مبنای تقسیم حوضه به واحدهای کاری؛ مجموعه عواملی در نظر گرفته می‌شود که چهره ظاهری زمین را به وجود آورده‌اند. در این روش حوضه مورد مطالعه به واحدهای کوچک و همگنی تقسیم گردیده که از نظر زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی مشابهت دارند. تحت چنین شرایطی، هر واحد دارای نوع خاک، پوشش گیاهی، لیتولوژی و ویژگی‌های اکولوژیکی منحصر به فرد و خاص خواهد بود. چون عوامل فرسایش در هر یک از این واحدها یکنواخت و یکسان

هستند، بنابراین امکان مطالعه و شناسایی آنها دقیق تر و در نتیجه در اعمال مدل جهت برآورد رسوب نیاز به متوسط گیری بین عوامل نخواهد بود (Memarian & Esmaeilzadeh; ۲۰۰۳). این روش علاوه بر جلوگیری از پیچیدگی کار، با توجه به بنیان آن که براساس نواحی همگن بنا نهاده شده، امکان شناسایی نواحی بحرانی از نظر فرسایش را بهتر و دقیق تر از روش واحدهای هیدرولوژی فراهم می سازد.

در تحقیق حاضر پس از شناسایی واحدهای ژئومورفیک حوضه صوفی جای؛ به منظور برآورد میزان رسوب، از چهار مدل تجربی استفاده گردیده و نتایج به دست آمده مقایسه شده اند.

مدل پسیاک اصلاح شده (MPSIAC)

در این مدل ۹ عامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در نظر گرفته شده که عبارتند از زمین شناسی سطحی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، کاربری اراضی، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبخیز و بالاخره فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب (ضیایی ۱۳۸۰: ۲۲۰).

مزیت مدل پسیاک اصلاح شده نسبت به مدل های دیگر این است که این مدل علاوه بر توجه به عوامل به کار رفته در دیگر مدل ها از قبیل زمین شناسی، خاک، پوشش زمین و عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژیک (وضعیت فعلی فرسایش، فرسایش رودخانه ای)؛ مسأله دخالت انسان در استفاده از محیط طبیعی را نیز در قالب عامل کاربری اراضی لحاظ کرده است (شاه کرمی، ۱۳۷۵). بنابراین مدل پسیاک اصلاح شده را می توان جغرافیایی ترین مدل مطالعه فرسایش به حساب آورد.

مدل E. P. M^۱

با توجه به اینکه مدل M.E.P نسبت به مدل MPSIAC عوامل کمتری را جهت برآورد رسوب لازم دارد؛ با استفاده از مدل مذکور می‌توان میزان تولید رسوب را در مدت زمان کمتری برآورد و در طرح‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار داد.

در مدل E. P.M از چهار عامل جهت برآورد شدت فرسایش استفاده می‌گردد (ضیایی، ۱۳۸۰: ۲۰۶):

$$Z = Y \cdot X_a (\Psi + I)^{0.5} \quad \text{رابطه (۲)}$$

Z = شدت فرسایش خاک

Y = ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش

Ψ = ضریب فرسایش حوضه آبخیز

I = شیب متوسط حوضه

X_a = ضریب استفاده از زمین

و برای برآورد میزان متوسط رسوب ویژه سالانه از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

$$Wsp = T \cdot H \cdot \pi \cdot Z^{1/5} \quad \text{رابطه (۳)}$$

Wsp = متوسط سالانه رسوب ویژه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال

T = ضریب درجه حرارت که از رابطه $T = (t/10 + 0.1)^{0.5}$ به دست می‌آید و

در آن t میانگین دمای سالانه بر حسب سانتی‌گراد می‌باشد.

H = میانگین بارندگی سالانه حوضه آبخیز بر حسب میلی‌متر

π = عدد پی

- مدل فائو

در این مدل برآورد میزان فرسایش خاک و تولید رسوب بر اساس ارزیابی ۶

عامل مؤثر در فرسایش خاک صورت می‌گیرد (احمدی، ۱۳۷۷، ص ۵۱۱).

$$S = A + B + C + D + E + F \quad \text{رابطه (۴)}$$

S = شدت فرسایش خاک

A = زمین‌شناسی (نوع سازند)

B = خاک (ساختمان و دانه‌بندی)

C = عوامل توپوگرافی و بویژه شیب

D = پوشش خاک شامل: پوشش گیاهی زنده و مرده و پوشش سنگی

E = چگونگی استفاده از اراضی حوضه آبخیز

F = وضعیت فرسایش در حوضه آبخیز

مدل فورینه

فورینه جهت برآورد رسوب در یک حوضه آبخیز دو روش متفاوت ارائه کرده است (رفاهی، ۱۳۷۹، ص ۲۶۳).

الف) روش اول

$$\log Q_s = 2.65 \log \frac{P^2 W}{Pa} + 0.46 \log H(\text{tags}) - 1.56 \quad \text{رابطه (۵)}$$

Q_s = رسوب ویژه بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال

PW = میانگین بارندگی پرباران‌ترین ماه هر سال در دوره آماری مورد نظر بر

حسب میلی‌متر

Pa = میانگین بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر در دوره آماری مورد نظر

H = ارتفاع متوسط حوضه بر حسب متر

S = شیب متوسط حوضه بر حسب درجه (به جای $\tan S$ از درصد شیب متوسط

حوضه نیز می‌توان استفاده کرد).

ب) روش دوم - این روش به صورت زیر ارائه شده است:

$$\log Q_s = 2.65 \log \frac{PW}{Pa} + 0.46 \log \frac{H^2}{S} - 1.56 \quad \text{رابطه (۶)}$$

Q_s = رسوب ویژه بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال

PW = میانگین پربارترین ماه در دوره آماری بر حسب میلی‌متر

Pa = میانگین بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر در دوره آماری مورد نظر

H = ارتفاع متوسط حوضه بر حسب متر

$S =$ سطح حوضه بر حسب کیلومتر مربع

برای تعیین واحدهای ژئومورفولوژی حوضه مورد مطالعه با توجه به نقش و اهمیتی که چهار عامل (لیتولوژی، ارتفاع، شیب و جهت دامنه) در تعیین نوع سیستم مورفونژ حاکم بر منطقه و میزان فرسایش و تولید رسوب دارند (جدول ۱ ستون ۲)؛ اطلاعات مربوط به عوامل مذکور از طریق رقومی کردن نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه و تهیه نقشه عوامل چهارگانه مذکور، فراهم گردید. سپس با استفاده از روش همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی مذکور با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS اقدام به تهیه نقشه واحدهای حوضه شده است. بدین وسیله حوضه صوفی‌چای به سه واحد عمده توپوگرافی و ۶۷ واحد ژئومورفیک تقسیم گردید. با توجه به مشکلات نامگذاری واحدها به روش استفاده نام محل‌ها و پیچیده بودن تشخیص آنها؛ در این تحقیق واحدهای اصلی به روش عددی به واحدهای فرعی تقسیم شد (شکل ۲ و جدول ۱).

در این تحقیق پس از تعیین میزان امتیاز هر یک از عوامل نه‌گانه مؤثر در فرسایش و تولید رسوب، محاسبه درجه رسوبدهی هر یک از واحدها صورت گرفته است. برای این منظور مجموع امتیاز عوامل نه‌گانه در هر واحد محاسبه و درجه رسوبدهی آن واحد مشخص شده است (جدول ۲).

پس از تعیین میزان امتیازهای عوامل نه‌گانه و محاسبه مجموع امتیاز و برآورد میزان رسوب؛ به منظور طبقه‌بندی میزان فرسایش از جدول شماره ۳ استفاده شده است.

پس از بررسی روش‌های مختلف برآورد رسوب و اعمال روش‌های چهار مدل ارائه شده فوق برای حوضه صوفی‌چای به تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از کاربرد این روش‌ها می‌پردازیم.

بحث

سیمای ژئومورفیک حوضه صوفی‌چای به سه واحد اصلی توپوگرافی به شرح زیر قابل تقسیم می‌باشد:

۱- واحد کوهستان شامل ارتفاع ۲۲۰۰ متر به بالا شامل می شود که ژئوسیستم آن شامل فرسایش پریگلاسیر بوده و عامل اصلی مورفوژنز، تناوب یخبندان و ذوب یخ، ریزش بهمن، متلاشی شدن سنگ ها در اثر پدیده کریوکلاستی است. از طرف دیگر بر اثر حرکات ثقلی، فرایندهای دامنه ای نظیر لغزش، سولیفلاکشن و مخروط های واریزه ای نیز در آن دیده می شود.

۲- واحد فلات که شامل ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۲۲۰۰ متر می شود و ژئوسیستم آن پدوژنز فعال و سیستم مورفوژنز غالب آن جریان های رودخانه ای است. بنابراین در این قلمرو می توان انواع پدیده های مربوط به مورفودینامیک آبی و همچنین پدیده هایی نظیر ریزش در اثر برش پای دامنه توسط آب های جاری و فرسایش کناری را مشاهده نمود.

۳- واحد دره و تراس های رودخانه ای از ارتفاع ۱۷۰۰ متر به پایین تا پشت سد را شامل می شود و سیستم مورفوژنز حاکم بر آن مورفودینامیک رودخانه ای است، به علت کاهش میزان شیب، انرژی جریان های آبی کاهش یافته و همین مسأله سبب تراکم مواد آبرفتی و رسوبات حاصل از فرسایش به ویژه در مخزن سد علویان شده است. مورفولوژی آن نیز به صورت بستر عریض با دره های وسیع و بزرگ شکل گرفته است.

با اعمال طبقه بندی ارائه شده در جدول ۲ برای طبقه بندی شدت رسوب دهی در حوضه صوفی چای، می توان گفت که واحدهای ژئومورفیک ۲-۸، ۲-۲۰ و ۲-۱۹ به ترتیب با درجه رسوب دهی ۱۱۶/۱، ۱۱۰ و ۱۰۸/۱ به عنوان بحرانی ترین واحدها از نظر تولید رسوب محسوب می شوند. عامل اصلی بالا بودن میزان رسوب این واحدها در درجه اول مربوط به سنگ بستر آنها است که از کنگلومرا با میان لایه هایی از لاهار و خاکستر آتشفشانی (ولکانوسدیمانتر) تشکیل شده اند و در درجه دوم برتری فرسایش رودخانه ای در اثر سست بودن سنگ بستر و نیز گسترش فرسایش شیاری و خندقی است.

در مقابل واحد ژئومورفولوژی ۲-۲۷ با درجه رسوب دهی ۴۸/۷ که منطبق بر باغات کشاورزی می باشد، کمترین میزان رسوب دهی را به خود اختصاص داده است (جدول ۲ و شکل ۴).

۱۳۳ کارایی واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در تخمین مقادیر فرسایش و...

جدول ۱ مشخصات واحدهای ژئومورفولوژی حوضه آبریز صوفی چای

واحد های ژئومورفولوژی	ویژگی واحدهای ژئومورفولوژی	ارتفاع متوسط (متر)	محیط (کیلومتر)	مساحت (کیلومتر مربع)
۱-۱	E ^۳ .III.East/Nga	۲۸۵۰	۶۴/۶۵	۱۷/۲
۲-۱	E ^۳ .I.East/PLQ ^{d-a}	۲۹۵۰	۱۵/۲۸	۲/۲
۳-۱	E ^۴ .II.East/Nga	۳۱۲۰	۶۷/۹	۱۴/۳
۴-۱	E ^۴ .II.East/Nga	۳۰۰۰	۱۳/۷۴	۱/۹
۵-۱	E ^۴ .I.East.Ngc ^۱	۳۱۷۴	۸/۳۴	۱/۴
۶-۱	E ^۳ .II.East.QL	۲۷۵۰	۶۴/۴۱	۱۳/۱
۷-۱	E ^۳ .III.West/Nga	۲۷۰۰	۸۶/۲۵	۲۰/۲
۸-۱	E ^۴ .III.West.Nga	۳۱۶۴/۵	۴۵/۹	۱۰
۹-۱	E ^۳ .II.East/PLQ ^{d-a}	۲۸۰۰	۲/۳۶	۰/۶۳
۱۰-۱	E ^۳ .III.East/Ngc ^۱	۲۶۰۰	۵۷	۹/۶
۱۱-۱	E ^۳ .II.East/Ng ^{cl}	۲۳۵۰	۶۹/۳	۱۱/۱
۱۲-۱	E ^۳ .III.West/Ng ^{cl}	۲۴۵۰	۱۵/۸۴	۲/۱
۱۳-۱	E ^۳ .II.West/Ngc ^۱	۲۵۵۰	۱۰/۱	۱/۴
۱۴-۱	E ^۳ .III.East/PLQC	۲۵۵۰	۱۷/۷	۲/۲
۱۵-۱	E ^۳ .I.East/PLQC	۲۲۵۰	۱۳/۸۳	۱/۶
۱۶-۱	E ^۳ .II.East/Ngc ^۱	۲۴۰۰	۷۴/۹۶	۱۵/۲
۱۷-۱	E ^۳ .III.West/PLQC	۲۳۵۰	۱۰۰/۶۱	۱۷
۱۸-۱	E ^۳ .I.East/Ngt	۲۴۰۰	۱۴/۹۵	۲/۱
۱۹-۱	E ^۳ .II.West/PLQC	۲۳۱۰	۵۱/۷	۱۲/۳
۲۰-۱	E ^۳ .III.Flat/PLQC	۲۳۰۰	۲/۱۴	۰/۶۳
۲۱-۱	E ^۳ .I.Flat/PLQC	۲۲۵۰	۲/۴۱	۰/۸
۲۲-۱	E ^۳ .I.North/PLQ ^{۱p}	۲۲۸۰	۲۶/۷۶	۵/۵
۲۳-۱	E ^۳ .II.North/PLQ ^{۱p}	۲۳۰۰	۱۲/۶۵	۱/۹
۲۴-۱	E ^۳ .I.North/PLQ ^{cl}	۲۲۷۹/۵	۶/۹۵	۰/۹۳
۲۵-۱	E ^۳ .II.North/PLQC	۲۲۵۰	۳/۰۲	۰/۶۳
۱-۲	E ^۲ .II.East/Ngt	۲۱۵۰	۱۳۲/۰۲	۲۶/۴
۲-۲	E ^۲ .III.East/PLQC	۲۱۷۰	۲۶/۷۶	۲/۸
۳-۲	E ^۲ .II.East/Ngc ^۱	۱۹۵۰	۱/۵۱	۰/۶
۴-۲	E ^۲ .I.Flat/Ngt	۲۲۰۰	۱/۲۱	۰/۵
۵-۲	E ^۲ .I.Flat/PLQC	۲۲۰۰	۷/۶۳	۰/۶
۶-۲	E ^۲ .I.North/PLQC	۲۱۷۰	۵۲/۵۵	۹/۶
۷-۲	E ^۲ .II.North/Ngt	۱۹۵۰	۳۸/۴۰	۹/۴
۸-۲	E ^۲ .III.North/PLQC	۲۰۵۰	۶/۶۵	۰/۶
۹-۲	E ^۲ .II.North/PLQ ^{۱p}	۲۱۵۰	۰/۸۹	۰/۵۷
۱۰-۲	E ^۲ .III.South/PLQC	۲۲۰۰	۱/۲۸	۰/۶۳
۱۱-۲	E ^۲ .I.North/Ngt	۱۹۰۰	۱/۲۸	۰/۶۳

۰/۶۱	۱/۲۳	۱۹۰۰	E۲.II.East/Nga	۱۲-۲
۰/۶۱	۲/۰۱	۲۱۵۰	E۲.II.North/PLQ ^{۱p}	۱۳-۲
۲۳/۶	۷۵/۶	۱۹۵۰	E۲.I.South/PLQC	۱۴-۲
۳/۸	۲۳/۲	۲۱۹۰	E۲.II.North/PLQC	۱۵-۲
۰/۶	۱/۴۸	۱۹۵۰	E۲.I.West/PLQC	۱۶-۲
۱/۳	۹/۵۴	۲۰۰۰	E۲.II.West/Ngc۱	۱۷-۲
۰/۵۴	۰/۴	۲۱۵۰	E۲.III.Flat/PLQC	۱۸-۲
۰/۹۳	۶/۲۷	۲۰۰۰	E۲.II.Flat/PLQC	۱۹-۲
۴/۴	۳۳/۳	۲۰۰۰	E۲.III.West/PLQC	۲۰-۲
۵/۱	۲۵	۲۰۵۶	E۲.II.South/PLQ ^{۱p}	۲۱-۲
۳/۳	۲۴/۴	۱۸۰۰	E۲.III.South/Ngt	۲۲-۲
۰/۸	۳/۲۷	۱۹۰۰	E۲.II.Flat/Nga	۲۳-۲
۶/۱	۴۱	۱۸۵۰	E۲.III.West/Ngc۱	۲۴-۲
۵/۴	۳۱	۱۸۵۰	E۲.II.Flat/Ngt	۲۵-۲
۲	۱۸	۱۸۰۰	E۲.III.South/PLQ ^{۱p}	۲۶-۲
۱	۴/۵	۱۷۵۰	E۲.II.South/PLQC	۲۷-۲
۰/۶	۷/۴	۱۷۷۰	E۲.III.North/Ngt	۲۸-۲
۱	۱۲	۱۷۵۰	E۲.II.South/Nga	۲۹-۲
۹/۱	۴۲/۸۶	۱۷۵۰	E۲.III.Flat/Ngt	۳۰-۲
۵/۵	۴۵/۲	۱۷۰۰	E۲.II.South/Ql	۳۱-۲
۰/۶	۷/۷۱	۱۷۰۰	E۲.III.West/Ngt	۳۲-۲
۰/۵۷	۰/۹۶	۱۷۰۰	E۲.II.West/PLQC	۳۳-۲
۳/۱	۲۶/۸۱	۱۶۵۰	E۱.I.South/Ngt	۱-۳
۰/۸	۲/۹۲	۱۶۵۰	E۱.II.South/Ql	۲-۳
۱/۶	۱۷/۲۳	۱۶۶۰	E۱.I.South/Ngc۱	۳-۳
۱/۶	۱۳/۶۵	۱۶۵۰	E۱.II.West/PLQC	۴-۳
۱/۱	۱۰	۱۶۰۰	E۱.II.West/Ngt	۵-۳
۰/۶	۱/۶	۱۶۰۰	E۱.I.West/PLQC	۶-۳
۲/۳	۱۷/۳	۱۶۵۰	E۱.I.West/Qal	۷-۳
۰/۷	۲/۷	۱۶۵۰	E۱.II.West/Qal	۸-۳
۱	۸/۲۳	۱۶۵۰	E۱.I.East/Qal	۹-۳

توضیحات جدول ۱:

لیتولوژی:

Nga - آندزیت: PLQ^{d-a} - داسیت، آندزیت، کوارتز آندزیت - Ngt - توف

Ngc۱ - کنگلومرا و ولکانوسدیماتر - PLQC - توف، پامیس، خاکسترهای آتشفشانی

۱۳۵ □ کارایی واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در تخمین مقادیر فرسایش و...

PLQ^{1p} - لاهار پامیسی، مواد تخریبی QL-Qal - رسوبات کواترنری
طبقات ارتفاعی:

E_۱ - اشکوب دره های وسیع
E_۲ - اشکوب دامنه های کم شیب
E_۳ - اشکوب مراتع
E_۴ - اشکوب فوقانی
درجه شیب:

I - ۰ الی ۵ درصد II - ۵ الی ۲۰ درصد III - ۲۰ درصد بالاتر
جهت دامنه ها:

West	South	East	North
------	-------	------	-------

(براساس این ویژگی ها واحدهای ژئومورفولوژی به صورت ردیف ۱ جدول ۱ ارائه شده اند)

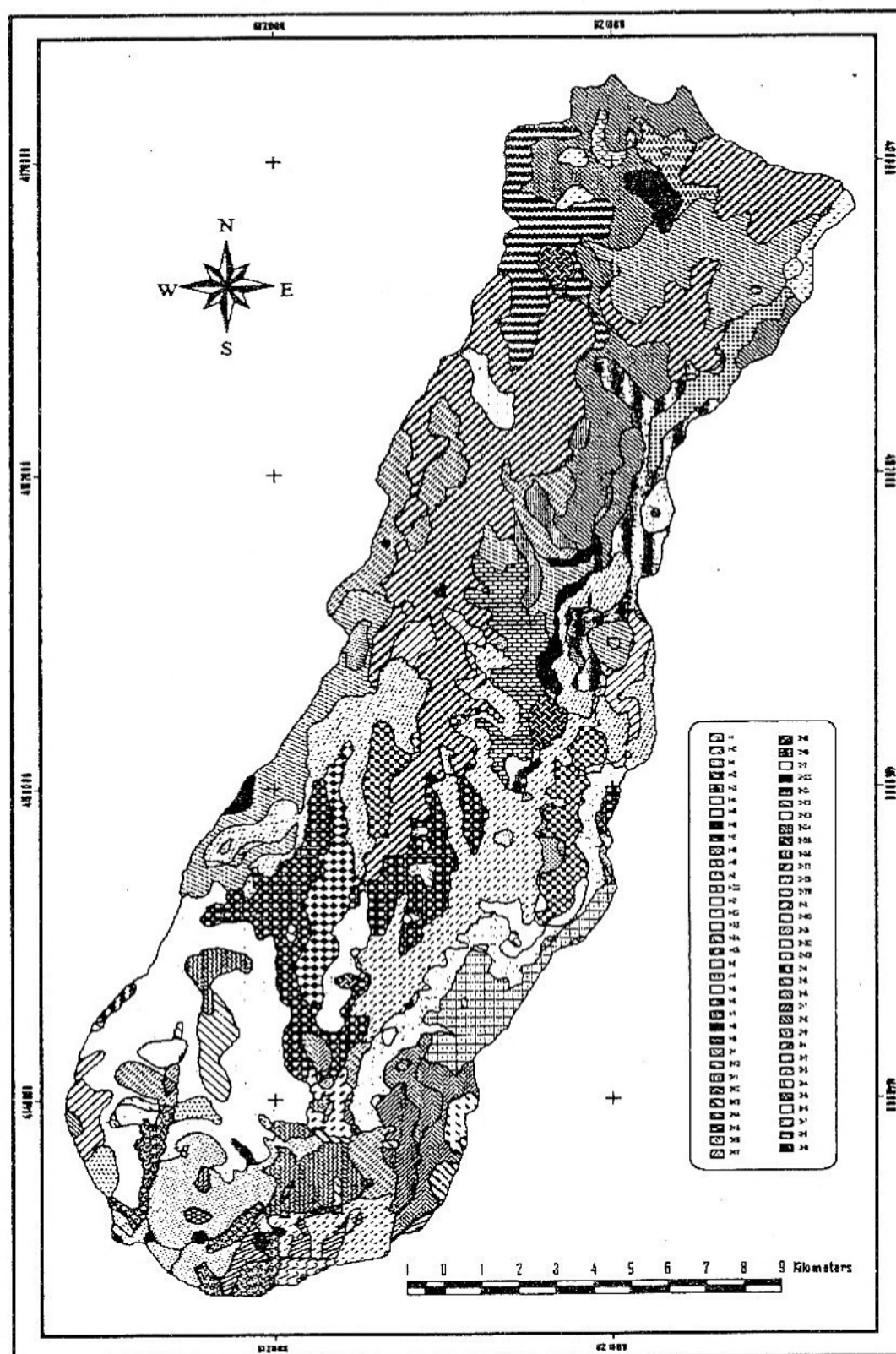
در محاسبه درجه رسوبدهی هر واحد، به منظور اعمال دقت بیشتر و پرهیز از اشتباه در عامل درون یابی و برون یابی^۱ برای برآورد میزان تولید رسوب از رابطه زیر استفاده شده است:

$$Q_s = 38.77e^{0.0353R} \quad (\text{رابطه ۱ (ضیایی، ۱۳۸۰)})$$

Q_s = میزان رسوبدهی سالانه بر حسب مترمکعب در کیلومتر مربع

R = درجه رسوبدهی (مجموع امتیازات عوامل نه گانه مدل MPSIAC)

E = لگاریتم بر مبنای نپرین می باشد.



شکل ۲ نقشه واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی حوضه آبخیز صوفی چای

۱۳۷ کارایی واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در تخمین مقادیر فرسایش و...

در جدول ۲ با استفاده از رابطه نمایی فوق، میزان رسوب ویژه هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی حوضه صوفی چای محاسبه شده است. در این صورت اگر وزن مخصوص رسوبات را ۱۲۰۰ کیلوگرم در مترمکعب در نظر بگیریم، مجموع کل رسوب سالیانه حوضه ۲۳۶۹۰۴/۳ تن در سال و مقدار رسوب ویژه آن ۹۴۸/۷ تن در کیلومترمربع در سال خواهد بود (جدول ۲). در رابطه با رسوب ویژه نیز نتایج به دست آمده در جدول ۲ نشان می‌دهد که واحدهای ژئومورفولوژی ۲-۸،۲-۲ و ۱۹-۲ به ترتیب به عنوان بحرانی‌ترین واحدها از نظر رسوب‌دهی هستند که به ترتیب دارای ۲۸۰۲/۶، ۲۲۵۹/۶ و ۲۱۱۳/۱ تن رسوب ویژه در کیلومترمربع در سال می‌باشند.

جدول ۲- محاسبات مربوط به ویژگی‌های رسوب در واحدهای ژئومورفولوژی حوضه آبریز

صوفی چای بر مبنای مدل MPSLAC

واحدهای ژئومورفولوژی	رسوب ویژه $m^2 km^2$	حجم رسوب مترمکعب در سال	وزن رسوب (تن در سال)	رسوب ویژه (تن در سال) کیلومترمربع	درجه رسوب‌دهی
۱-۱	۶۳۴/۸	۱۰۹۱۸/۵	۱۳۱۰۲/۲	۷۶۱/۷	۷۹/۱۷
۲-۱	۳۸۳/۲	۸۴۳	۱۰۱۱/۶	۴۵۹/۸	۶۴/۹۷
۳-۱	۲۶۲/۴	۳۷۵۲/۳	۴۵۰۲/۷	۳۱۴/۸	۵۴/۱۷
۴-۱	۷۷۹/۱	۱۴۸۰/۳	۱۷۷۶/۴	۹۳۴/۹	۸۵
۵-۱	۴۰۷/۹	۵۷۱/۱	۶۸۵/۳	۴۸۹/۴	۶۶/۶۷
۶-۱	۴۰۹/۴	۵۳۶۳/۱	۶۴۳۵/۷	۴۹۱/۳	۶۶/۷۷
۷-۱	۶۱۶/۱	۱۲۴۴۵/۲	۱۴۹۳۴/۲	۷۳۹/۳	۷۸/۳۵
۸-۱	۳۴۴/۲	۳۴۴۲	۴۱۳۰/۴	۴۱۳	۶۱/۸۶
۹-۱	۳۹۸/۴	۲۵۰/۹	۳۰۱/۱	۴۷۸/۱	۶۶
۱۰-۱	۸۵۴/۹	۸۲۰۷	۹۸۴۸/۴	۱۰۲۵/۸	۸۷/۶۳
۱۱-۱	۶۱۵	۶۸۲۶/۵	۸۱۹۱/۸	۷۳۸	۷۸/۳
۱۲-۱	۱۱۸۵/۸	۲۴۹۰/۲	۲۹۸۸/۲	۱۴۲۲/۹	۷۸/۳
۱۳-۱	۴۹۹/۴	۶۹۹/۲	۸۳۹	۵۹۹/۲	۷۲/۴
۱۴-۱	۱۱۴۰/۷	۲۵۰۹/۵	۳۰۱۱/۴	۱۳۶۸/۸	۹۵/۸
۱۵-۱	۶۲۵/۹	۱۰۰۱/۴	۱۲۰۱/۷	۷۵۱/۱	۷۸/۸
۱۶-۱	۶۹۰/۹	۱۰۵۰۱/۷	۱۲۶۰۲	۸۲۹/۱	۸۱/۶
۱۷-۱	۱۱۳۲/۶	۱۹۲۵۴/۲	۲۳۱۰۵	۱۳۵۹/۱	۹۵/۶
۱۸-۱	۶۰۶/۴	۱۲۷۳/۴	۱۵۲۸/۱	۷۲۷/۷	۷۷/۹
۱۹-۱	۶۹۵/۸	۸۵۵۸/۳	۱۰۲۶۹/۹	۸۳۴/۹	۸۱/۸
۲۰-۱	۱۲۶۳/۶	۷۹۶	۹۵۵/۲	۱۵۱۶/۳	۹۸/۷
۲۱-۱	۱۲۷۷/۱	۱۰۲۱/۷	۱۲۲۶	۱۵۳۲/۵	۹۹
۲۲-۱	۷۸۴/۶	۴۳۱۵/۳	۵۱۷/۵	۹۴۱/۵	۸۵/۲
۲۳-۱	۱۴۲۴/۷	۲۷۰۶/۹	۳۲۲۸/۳	۱۷۰۹/۶	۱۰۲/۱
۲۴-۱	۱۲۵۴/۷	۱۱۶۶/۸	۱۴۰۰/۲	۱۵۰۳/۴	۹۸/۵

نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز ۱۳۸۵

واحد های ژئومورفولوژی	رسوب ویژه $m^2 km^2$	حجم رسوب مترمکعب در سال	وزن رسوب (تن در سال)	رسوب ویژه (تن) در کیلومتر مربع (در سال)	درجه رسوبدهی
۲۵-۱	۱۴۰۹/۷	۸۸۸/۱	۱۰۶۵/۷	۱۶۹۱/۶	۱۰۱/۸
۱-۲	۴۴۷/۶	۱۱۸۱۶/۶	۱۴۱۷۹/۹	۵۳۷/۱	۶۹/۳
۲-۲	۱۲۰۶/۹	۳۳۷۹/۳	۴۰۵۵/۲	۱۴۴۸/۳	۹۷/۴
۳-۲	۱۰۷۰/۵	۶۴۲/۳	۷۷۰/۷	۱۲۸۴/۶	۹۴
۴-۲	۱۰۰۸/۱	۵۰۴	۶۰۴/۸	۱۲۰۹/۷	۹۲/۳
۵-۲	۹۹۰/۵	۵۹۴/۳	۷۱۳/۲	۱۱۸۸/۶	۹۱/۸
۶-۲	۹۳۲/۷	۸۹۵۳/۹	۱۰۷۴۴/۷	۱۱۱۹/۲	۹۰/۱
۷-۲	۷۷۶/۴	۷۲۹۸/۲	۸۷۵۷/۸	۹۳۱/۷	۸۴/۹
۸-۲	۲۳۳۵/۵	۱۴۰۱/۳	۱۶۸۱/۵	۲۸۰۲/۶	۱۱۶/۱
۹-۲	۱۳۹۹/۸	۷۹۷/۸	۹۵۷/۴	۱۶۷۹/۷	۱۰۱/۶
۱۰-۲	۱۰۰۴/۵	۶۳۲/۸	۷۵۹/۴	۱۲۰۵/۴	۹۲/۲
۱۱-۲	۷۰۰/۸	۴۴۱/۵	۵۲۹/۸	۸۴۰/۹	۸۲
۱۲-۲	۱۰۸۵/۶	۶۶۲/۲	۷۹۴/۶	۱۳۰۲/۷	۹۴/۴
۱۳-۲	۱۱۵۲/۸	۷۰۳/۲	۸۴۳/۸	۱۳۸۳/۴	۹۶/۱
۱۴-۲	۳۲۰/۱	۷۵۵۴/۴	۹۰۶۵/۳	۳۸۴/۱	۵۹/۸
۱۵-۲	۶۷۸/۹	۲۵۷۹/۸	۳۰۹۵/۷	۸۱۴/۷	۸۱/۱
۱۶-۲	۶۷۱/۷	۴۰۳	۴۸۳/۶	۸۰۶	۸۰/۸
۱۷-۲	۱۰۵۱/۷	۱۳۶۶/۳	۱۶۳۹/۵	۱۲۶۲	۹۳/۵
۱۸-۲	۱۴۱۹/۷	۷۶۶/۶	۹۱۹/۹	۱۷۰۳/۶	۱۰۲
۱۹-۲	۱۷۶۰/۹	۱۶۳۷/۶	۱۹۶۵/۱	۲۱۱۳/۱	۱۰۸/۱
۲۰-۲	۱۸۸۳	۸۲۸۵/۲	۹۹۴۲/۲	۲۲۵۹/۶	۱۱۰
۲۱-۲	۵۳۵/۹	۲۷۳۳/۱	۳۲۷۹/۷	۶۴۳/۱	۷۴/۴
۲۲-۲	۹۰۶/۸	۲۹۹۲/۴	۳۵۹۰/۸	۱۰۸۸/۲	۸۹/۳
۲۳-۲	۳۱۳/۴	۲۵۰/۷	۳۰۰/۸	۳۷۶/۱	۵۹/۲
۲۴-۲	۱۳۲۲/۹	۸۰۶۹/۶	۹۶۸۳/۵	۱۵۸۷/۵	۱۰۰
۲۵-۲	۳۲۳/۵	۱۷۴۶/۹	۲۰۹۶/۳	۳۸۸/۲	۶۰/۱
۲۶-۲	۵۳۲/۱	۱۰۶۴/۲	۱۲۷۷	۶۳۸/۵	۷۴/۲
۲۷-۲	۲۱۶/۳	۲۱۶/۳	۲۵۹/۵	۲۵۹/۵	۴۸/۷
۲۸-۲	۴۹۴/۱	۲۹۶/۵	۳۵۵/۸	۵۹۲/۹	۷۲/۱
۲۹-۲	۳۲۶/۹	۳۲۶/۹	۳۹۲/۳	۳۹۲/۳	۶۰/۴
۳۰-۲	۲۹۸/۳	۲۷۱۴/۵	۳۲۵۷/۴	۳۵۷/۹	۵۷/۸
۳۱-۲	۳۳۳/۹	۱۸۳۶/۴	۲۲۰۳/۷	۴۰۰/۷	۶۱
۳۲-۲	۵۴۷/۴	۳۲۸/۴	۳۹۴/۱	۶۵۶/۸	۷۵
۳۳-۲	۳۴۵/۹	۱۹۷/۲	۲۳۶/۶	۴۱۵/۱	۶۲
۱-۳	۵۱۳/۷	۱۵۹۲/۵	۱۹۱۱	۶۱۶/۴	۷۳/۲
۲-۳	۱۹۷/۳	۱۵۷/۸	۱۸۹/۴	۲۳۶/۷	۴۶/۱
۳-۳	۵۹۹/۹	۹۵۹/۸	۱۱۵۱/۷	۷۱۹/۸	۷۷/۶
۴-۳	۵۸۱/۲	۹۲۹/۹	۱۱۱۵/۸	۶۹۷/۴	۷۶/۷
۵-۳	۵۴۷/۴	۶۰۲/۱	۷۲۲/۵	۶۵۶/۸	۷۵
۶-۳	۴۴۷/۶	۲۶۸/۵	۳۲۲/۲	۵۳۷/۱	۶۹/۳
۷-۳	۳۸۷/۳	۸۹۰/۷	۱۰۶۸/۸	۴۶۴/۷	۶۵/۲
۸-۳	۵۸۹/۵	۴۱۲/۶	۴۹۵/۱	۷۰۷/۴	۷۷/۱
۹-۳	۱۰۱۵/۲	۱۰۱۵/۲	۱۲۱۸/۲	۱۲۱۸/۲	۹۲/۵

۱۳۹ کارایی واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در تخمین مقادیر فرسایش و...

جدول ۳ تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش در روش MPSIAC

(رفاهی، ۱۳۷۹ ص ۲۵۲)

کلاس فرسایش	شدت رسوبدهی	تولید رسوب سالانه (تن در کیلومتر مربع)	نمرات نشان دهنده شدت رسوبدهی
۱	خیلی زیاد	> 1450	> 100
۲	زیاد	$450-1450$	$75-100$
۳	متوسط	$250-450$	$50-75$
۴	کم	$95-250$	$25-50$
۵	خیلی کم	< 95	$0-25$

در مدل E. P.M پس از تعیین مقدار Z (شدت فرسایش خاک) در واحدهای ژئومورفولوژی حوضه آبریز صوفی چای، اقدام به برآورد رسوب ویژه واحدهای ژئومورفولوژی حوضه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع گردیده است. با احتساب مساحت هر واحد ژئومورفولوژی (برحسب کیلومترمربع) و نیز وزن مخصوص متوسط رسوب در هر واحد (۱۲۰۰ کیلوگرم در مترمکعب) حجم رسوب بر حسب متر مکعب در سال و وزن رسوب بر حسب تن در سال در واحدهای ژئومورفولوژی حوضه آبریز صوفی چای محاسبه و نتایج این محاسبه در جدول ۴ آمده است.

بر طبق داده‌های جدول ۴ و بر اساس طبقه‌بندی شدت فرسایش خاک در روش EPM (جدول ۵)، چنانچه واحدهای با مقادیر $1 > Z$ را به عنوان واحدهای بحرانی از نظر تولید رسوب در نظر بگیریم، واحدهای ژئومورفولوژی ۲-۸، ۲-۲۰، ۲-۲۲، ۱-۲۳، ۲-۱۷ و ۱-۲۵ با رسوب ویژه $4249/6$ ، $2730/7$ ، $2576/6$ ، $2328/5$ ، $2328/5$ و $2328/5$ تن در کیلومترمربع در سال جزو واحدهای بحرانی از نظر میزان فرسایش و تولید رسوب محسوب می‌شوند.

بر اساس مدل E.P.M حجم رسوب سالیانه حوضه آبریز صوفی چای $240688/1$ متر مکعب در سال و میزان رسوبی که سالیانه روانه مخزن سد می‌گردد $288769/1$ تن در سال برآورد می‌گردد.

جدول ۴ برآورد رسوب واحدهای ژئومورفولوژی حوضه آبریز صوفی چای با استفاده از مدل

EPM

واحد ژئومورفولوژی	رسوب ویژه (متر مکعب در کیلومتر مربع در سال)	حجم رسوب (متر مکعب در سال)	ژوزن رسوب (تن در سال)	رسوب ویژه (تن در کیلومتر مربع در سال)	ضریب شدت فرسایش
۱-۱	۳۹۶/۴	۶۸۱۸/۱	۸۱۸۱/۷	۴۷۶	/۳۹
۲-۱	۴۵۳/۶	۹۹۷/۹	۱۱۹۷/۵	۵۴۴/۳	/۴۴
۳-۱	۳۳۰/۸	۴۷۳/۴	۵۶۷۶/۵	۳۹۷	/۳۷
۴-۱	۶۷۰/۵	۱۲۷۳/۹	۱۵۲۸/۷	۸۰۴/۶	/۵۷
۵-۱	۲۰۳/۷	۲۸۵/۲	۳۴۲/۲	۲۴۴/۴	/۳۰
۶-۱	۳۹۳/۶	۵۱۵۶/۲	۶۱۸۷/۴	۴۷۲/۳	/۳۹
۷-۱	۸۰۸/۷	۱۶۳۳۵/۷	۱۹۶۰۲/۸	۹۷۰/۴	/۶۲
۸-۱	۴۰۸/۹	۴۰۸۹	۴۹۰۶/۸	۴۹۰/۷	/۴۳
۹-۱	۵۲۸/۴	۳۳۲/۹	۳۳۹/۵	۶۳۴/۱	/۴۷
۱۰-۱	۸۱۰/۸	۷۷۸۳/۷	۹۳۴۰/۴	۹۷۳	/۶۲
۱۱-۱	۸۴۳/۲	۹۳۵۹/۵	۱۱۲۳۱/۴	۱۰۱۲	/۶۴
۱۲-۱	۱۵۳۱/۱	۳۲۱۵/۳	۳۸۵۸/۴	۱۸۳۷/۳	/۹۴
۱۳-۱	۹۲۸/۷	۱۳۰۰/۲	۱۵۶۰/۲	۱۱۱۴/۴	/۶۸
۱۴-۱	۹۰۳/۳	۱۹۸۷/۳	۲۳۸۴/۷	۱۰۸۴	/۶۶
۱۵-۱	۵۳۷/۵	۸۶۰	۱۰۳۲	۶۴۵	/۴۸
۱۶-۱	۳۲۸	۴۹۸۵/۶	۵۹۸۲/۷	۳۹۳/۶	/۳۴
۱۷-۱	۹۱۰/۶	۱۵۴۸۰/۲	۱۸۵۷۶/۲	۱۰۹۲/۷	/۶۷
۱۸-۱	۴۷۱/۸	۹۹۰/۸	۱۱۸۸/۹	۵۶۶/۲	/۴۳
۱۹-۱	۸۳۲/۷	۱۰۲۴۲/۲	۱۲۲۹۰/۶	۹۹۹/۲	/۵۰
۲۰-۱	۹۸۰/۸	۶۱۷/۹	۷۴۱/۵	۱۱۷۷	/۷۱
۲۱-۱	۸۳۷/۵	۶۷۰	۸۰۴	۱۰۰۵	/۶۴
۲۲-۱	۵۱۶/۸	۲۸۴۲/۴	۳۴۱۱	۶۲۰/۲	/۴۶
۲۳-۱	۱۹۴۰/۴	۳۶۸۶/۸	۴۴۲۴/۲	۲۳۲۸/۵	۱/۱۲
۲۴-۱	۱۴۸۱	۱۳۷۷/۳	۱۶۵۳	۱۷۷۷/۲	/۹۳
۲۵-۱	۱۶۳۴/۱	۱۰۲۹/۵	۱۲۳۵/۴	۱۹۶۱	۱/۰۴
۱-۲	۲۵۸/۱	۶۸۱۳/۸	۸۱۷۶/۶	۳۰۹/۷	/۲۹
۲-۲	۱۴۲۴/۴	۳۹۸۸/۳	۴۷۸۶	۱۷۰۹/۳	/۹۲
۳-۲	۱۲۶۵/۳	۷۵۹/۲	۹۱۱	۱۵۱۸/۴	/۸۷
۴-۲	۸۵۳/۶	۴۲۶/۸	۵۱۲/۲	۱۰۲۴/۳	/۶۵
۵-۲	۱۱۹۲/۹	۷۱۵/۷	۸۵۸/۸	۱۴۳۱/۵	/۸۱
۶-۲	۷۳۹	۷۰۹۴/۴	۸۵۱۳/۳	۸۸۶/۸	/۵۹
۷-۲	۸۶۸/۱	۸۱۶۰/۱	۹۷۹۲/۱	۱۰۴۱/۷	/۵۴
۸-۲	۳۵۴۱/۳	۲۱۲۴/۸	۲۵۴۹/۸	۴۲۴۹/۶	۱/۷
۹-۲	۱۰۶۴/۸	۶۰۶/۹	۷۲۸/۳	۱۲۷۷/۸	/۷۶
۱۰-۲	۱۳۵۳/۲	۸۵۲/۵	۱۰۲۳	۱۶۲۳/۸	/۸۸
۱۱-۲	۷۱۲/۱	۴۴۸/۶	۵۳۸/۳	۸۵۴/۵	/۴۶

۱۴۱ کارایی واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در تخمین مقادیر فرسایش و...

واحد ژئومورفولوژی	رسوب ویژه (مترمکعب در کیلومترمربع در سال)	حجم رسوب (مترمکعب در سال)	ژوزن رسوب (تن در سال)	رسوب ویژه (تن در کیلومتر مربع در سال)	ضریب شدت فرسایش
۱۲-۲	۶۱۲/۴	۳۷۳/۶	۴۴۸/۳	۷۳۴/۹	/۵۴
۱۳-۲	۱۱۰۸/۶	۶۷۶/۲	۸۱۱/۴	۱۳۳۰/۳	/۷۸
۱۴-۲	۱۳۱۱/۳	۳۰۹۴۶/۷	۳۷۱۳۶	۱۵۷۳/۶	/۸۹
۱۵-۲	۵۸۸/۲	۲۲۳۵/۲	۲۶۸۲/۲	۷۰۵/۸	/۵۱
۱۶-۲	۸۹۲/۲	۵۳۵/۳	۶۴۲/۴	۱۰۷۰/۶	/۶۹
۱۷-۲	۱۸۲۵/۵	۲۳۷۳/۱	۲۸۴۷/۷	۲۱۹۰/۶	/۱۱
۱۸-۲	۱۵۸۹/۴	۸۵۸/۳	۱۰۳۰	۱۹۰۷/۳	/۹۹
۱۹-۲	۱۵۱۵/۹	۱۴۰۹/۸	۱۶۹۱/۸	۱۸۱۹/۱	/۹۷
۲۰-۲	۲۲۷۵/۶	۱۰۰۱۲/۶	۱۲۰۱۵/۱	۲۷۳۰/۷	۱/۲۸
۲۱-۲	۱۵۲۹/۲	۷۷۹۸/۹	۹۳۵۸/۷	۱۸۳۵	/۹۷
۲۲-۲	۲۱۴۷/۲	۷۰۸۵/۸	۸۵۰۳	۲۵۷۶/۶	۱/۲۸
۲۳-۲	۶۱۲/۴	۴۸۹/۹	۵۸۸	۷۳۵	/۵۴
۲۴-۲	۱۵۰۱/۹	۹۱۶۱/۶	۱۰۹۹۴	۱۸۰۲/۳	/۹۹
۲۵-۲	۶۰۳/۹	۳۲۶۱/۱	۳۹۱۳/۳	۷۳۴/۷	/۵۴
۲۶-۲	۹۴۰/۵	۱۸۸۱	۲۲۵۷/۲	۱۱۲۸/۶	/۷۴
۲۷-۲	۵۹۹/۴	۵۹۹/۴	۷۱۹/۳	۷۱۹/۳	/۵۵
۲۸-۲	۴۳۱/۶	۲۵۹	۳۱۰/۸	۵۱۷/۹	/۴۴
۲۹-۲	۴۵۸/۶	۴۵۸/۶	۵۵۰/۳	۵۵۰/۳	/۴۶
۳۰-۲	۸۷۵/۱	۷۹۶۳/۴	۹۵۵۶/۱	۱۰۵۰/۱	/۷۱
۳۱-۲	۵۷۳/۱	۳۱۵۲	۳۷۸۲/۴	۶۸۷/۷	/۵۴
۳۲-۲	۱۰۴۰/۸	۶۲۴/۵	۷۴۹/۴	۱۲۴۹	/۸۰
۳۳-۲	۷۴۹/۸	۴۲۷/۴	۵۱۲/۹	۸۹۹/۸	/۶۵
۱-۳	۷۷۷/۲	۲۴۰۹/۳	۲۸۹۱/۲	۹۳۲/۶	/۶۷
۲-۳	۷۱۲/۵	۵۷۰	۶۸۴	۸۵۵	/۶۳
۳-۳	۸۵۷/۹	۱۵۳۲/۶	۱۸۳۹/۱	۱۱۴۹/۵	/۷۱
۴-۳	۸۴۸/۱	۱۳۵۷	۱۶۲۸/۴	۱۰۱۷/۷	/۷۱
۵-۳	۵۲۱/۱	۵۷۳/۲	۶۸۷/۸	۶۲۵/۳	/۵۲
۶-۳	۴۳۰/۸	۲۵۸/۵	۳۱۰/۲	۵۱۷	/۴۶
۷-۳	۵۲۵/۶	۱۲۰۸/۹	۱۴۵۰/۷	۶۳۰/۷	/۵۲
۸-۳	۸۳۶/۴	۵۸۵/۵	۷۰۲/۶	۱۰۰۳/۷	/۵۹
۹-۳	۱۱۷۰/۶	۱۱۷۰/۶	۱۴۰۷/۷	۱۴۰۴/۷	/۸۳

جدول ۵- طبقه‌بندی شدت فرسایش در مدل EPM

مقادیر متوسط Z	مقادیر حد	شدت فرسایش	طبقه‌بندی فرسایش
۱/۲۵	$Z > 1$	خیلی شدید	I
۰/۸۵	$1 > Z > 0.71$	شدید	II
۰/۵۵	$0.7 > Z > 0.41$	متوسط	III
۰/۳	$0.4 > Z > 0.2$	کم	IV
۰/۱	$0.19 > Z$	خیلی کم	V

پس از تعیین امتیاز هر یک از عوامل مؤثر در فرسایش و تولید رسوب در مدل فائو، مجموع امتیاز عوامل در هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی محاسبه و درجه رسوبدهی هر واحد به دست آمده است. سپس با استفاده از رابطه نمایی (۱) میزان رسوب ویژه واحدهای ژئومورفولوژی حوضه بر حسب مترمکعب در کیلومتر مربع در سال محاسبه و در جدول ۶ آورده شده است. محاسبات نشان می‌دهد که واحد ژئومورفولوژی ۸-۲ و ۱۷-۱ با رسوب ویژه ۸۸۹/۸ و ۸۲۹/۲ تن در کیلومتر مربع در سال بحرانی‌ترین واحد ژئومورفولوژی از نظر میزان فرسایش محسوب می‌شوند که علت اصلی این مسأله را می‌توان در تشکیل شدن سنگ بستر این واحدها از سازند کنگلومرا با میان لایه‌هایی از لاهار و خاکستر آتشفشانی که در برابر عوامل فرسایش حساس می‌باشند و نیز میزان شیب زیاد این واحدها جستجو کرد. در مقابل واحد ژئومورفولوژی ۲۳-۲ با رسوب ویژه ۱۴۷/۶ تن در کیلومتر مربع در سال کمترین میزان تولید رسوب را به خود اختصاص داده که عامل اصلی کمی میزان تولید رسوب تشکیل شدن این واحد از توف و وجود پوشش گیاهی مناسب از جمله باغات کشاورزی می‌باشد. بر مبنای مدل فائو میزان تولید رسوب سالانه حوضه (میزان رسوبی که روانه سد علویان می‌گردد) ۱۱۹۰۹۲/۳ تن در سال و میانگین رسوب ویژه حوضه ۴۰۶/۱ تن در کیلومتر مربع در سال برآورد شده است (جدول ۶).

جدول ۶- محاسبات مربوط به برآورد رسوب در حوضه آبریز صوفی چای با استفاده از مدل FAO

درجه رسوبدهی	وزن رسوب (تن در سال)	حجم رسوب (مترمکعب)	رسوب ویژه (مترمکعب در کیلومتر مربع)	واحد ژئومورفولوژی
۵/۸/۱	۹۷۳۳/۵	۸۱۰۲/۹	۲۷۱/۱	۱-۱
۴/۹/۶	۵۹۰	۴۹۱/۳	۲۲۳/۳	۲-۱
۳۵/۱	۲۲۹۶	۱۹۱۳/۳	۱۳۳/۸	۳-۱
۶۴	۸۴۶/۴	۷۰۵/۳	۳۷۱/۲	۴-۱
۴۲/۶	۲۰۹/۳	۲۴۴/۲	۱۷۴/۴	۵-۱
۵۹/۱	۳۷۴/۸	۴۰۹/۱	۳۱۲/۳	۶-۱
۵۷/۶	۳۵۵/۴	۵۹۸۲/۲	۲۹۶/۲	۷-۱
۴۲/۶	۲۱۶/۸	۱۸۰/۷	۱۸۰/۷	۸-۱
۵۰/۶	۲۷۷/۶	۱۴۵/۷	۲۳۱/۳	۹-۱
۶۸/۳	۵۱۸/۵	۴۱۴/۸/۲	۴۳۲/۱	۱۰-۱
۵۶/۶	۳۴۳/۱	۳۱۷۳/۵	۲۸۵/۹	۱۱-۱
۷۱/۵	۵۸۰/۶	۱۰۱۶	۴۸۳/۸	۱۲-۱
۴۸/۴	۲۵۶/۸	۳۰۰	۲۱۴	۱۳-۱
۸۱	۱۷۸۶	۱۴۸۸/۳	۶۷۶/۵	۱۴-۱
۶۷/۴	۵۰۲/۳	۶۶۹/۸	۴۱۸/۶	۱۵-۱
۷۰/۷	۵۶۴/۴	۷۱۴/۸/۶	۴۷۰/۳	۱۶-۱
۸۱/۶	۸۲۹/۲	۱۱۷۲۷	۶۹۱	۱۷-۱
۶۵/۶	۴۷۱/۴	۸۲۵	۳۹۲/۸	۱۸-۱
۶۱/۳	۴۰۵	۴۱۵۱/۲	۳۳۷/۵	۱۹-۱
۷۶/۱	۶۸۲/۸	۳۵۸/۵	۵۶۹	۲۰-۱
۶۹/۶	۵۴۲/۹	۳۶۲	۴۵۲/۴	۲۱-۱
۶۰/۴	۳۹۲/۴	۱۷۹/۸/۵	۳۲۷	۲۲-۱
۷۱/۱	۵۷۲/۴	۹۰۶/۳	۴۷۷	۲۳-۱
۶۸/۸	۵۳۷/۸	۴۰۹	۴۳۹/۸	۲۴-۱
۷۱/۶	۵۸۲/۶	۳۶۷/۱	۴۸۵/۵	۲۵-۱
۴۶/۱	۳۳۶/۸	۵۲۰/۸/۷	۱۹۷/۳	۱-۲
۸۰	۷۸۲/۶	۱۸۲/۸/۴	۶۵۳	۲-۲
۶۳/۸	۴۴۲/۳	۲۲۱/۲	۳۶۸/۶	۳-۲
۵۸/۶	۳۶۸/۲	۱۵۳/۴	۳۰۶/۸	۴-۲
۶۴/۳	۴۵۰/۲	۲۲۵/۱	۳۷۵/۲	۵-۲
۶۱/۵	۴۰۸	۳۹۱۶/۸	۳۴۰	۶-۲
۵۵/۱	۳۲۵/۳	۲۵۴۸/۳	۲۷۱/۱	۷-۲
۸۳/۶	۸۸۹/۸	۵۳۴	۷۴۱/۵	۸-۲
۷۲/۶	۶۰۳/۵	۲۸۶/۶	۵۰۲/۹	۹-۲

۱۴۷ کارایی واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در تخمین مقادیر فرسایش و...

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر به منظور بالا بردن دقت کار، تشخیص میزان دقت رسوب برآورد شده توسط مدل‌های تجربی پژوهش حاضر، مبنای سنجش دقت برآورد رسوب، میزان رسوب سالیانه محاسبه شده از طریق روش عمقیابی مخزن سد علویان ملاک قرار گرفته است. روش اندازه‌گیری رسوب از طریق عمقیابی مخزن سد از دقت مناسبی برخوردار است، بویژه اینکه در این روش تمامی رسوبات وارد شده به مخزن سد که شامل بار معلق و بار بستر می‌باشد، مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

از طرف دیگر در این روش میزان رسوبی را که در مواقع سیلابی و غیرسیلابی (آرام) وارد مخزن می‌گردد، با توجه به نهشته شدن آنها در مخزن سد، در محاسبات مد نظر قرار می‌گیرد.

در نظر گرفتن خط الراس ناهمواری‌ها و تقسیم محدوده طرح بر اساس آنها سبب می‌شود که عوامل توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی نادیده گرفته شوند. حوضه‌های آبخیز از نظر لیتولوژی، شیب، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی و سایر عوامل مؤثر در وقوع فرسایش بسیار متفاوت هستند. مطالعات صورت گرفته در این تحقیق نشان داد که بین پوشش گیاهی، خاک و واحدهای ژئومورفولوژی ارتباط بسیار نزدیکی وجود دارد و دخالت این عوامل در فرایند فرسایش و تولید رسوب قطعی است.

استفاده از واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژی در برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در حوضه صوفی‌چای این امکان را به وجود آورد که با در نظر گرفتن ویژگی‌های سطح زمین، امکان مقایسه نتایج به دست آمده از روش‌های دیگر نیز به وجود آید و در نهایت بهترین روش یا مدل برای برآورد میزان فرسایش و رسوب حوضه شناسایی و ارائه گردد. اندازه‌گیری میزان رسوب سالیانه از طریق روش عمقیابی مخزن سد در سد علویان نیز انجام پذیرفته است. بر مبنای این روش میزان رسوبی که سالیانه وارد مخزن سد می‌گردد ۲۳۶۰۰۰ تن در سال می‌باشد.

نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز ۱۴۶

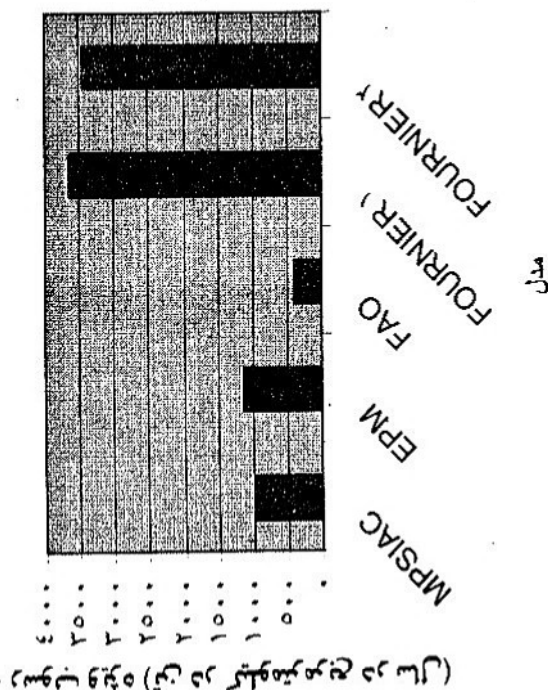
۵۵۳۲/۵	۱۲۸۲/۷	۵۲۹/۷	۸۲/۶	۱/۶	۲۲۰۰	۵-۲
۱۴۷۹/۱	۱۳۲۲	۵۲۲/۲	۸۲/۶	۹/۶	۲۱۷۰	۶-۲
۱۱۴۸/۱	۳۵۳۴/۸	۴۷۷/۲	۸۲/۶	۹/۴	۱۹۵۰	۷-۲
۳۵۷۶/۶	۶۴۷۷	۵۰۲/۲	۸۲/۶	۱/۶	۲۰۵۰	۸-۲
۵۴۷۱/۹	۲۸۳۴/۶	۵۲۷/۲	۸۲/۶	۱/۵۷	۲۱۵۰	۹-۲
۵۷۰۶/۳	۵۴۶۳/۷	۵۳۹/۷	۸۲/۶	۱/۶۳	۲۲۰۰	۱۰-۲
۲۳۳۵/۵	۱۷۷۷	۴۶۶/۷	۸۲/۶	۱/۶۳	۱۹۰۰	۱۱-۲
۳۳۸۸/۴	۳۷۱۲	۴۶۶/۷	۸۲/۶	۱/۶۱	۱۹۰۰	۱۲-۲
۵۴۴۰/۷	۲۸۰۲/۲	۵۲۷/۲	۸۲/۶	۱/۶۱	۲۱۵۰	۱۳-۲
۶۹۹/۲	۱۶۹۴/۹	۴۷۷/۲	۸۲/۶	۲۳/۶	۱۹۵۰	۱۴-۲
۴۴۷۷/۳	۲۶۹۸/۹	۵۳۷/۲	۸۲/۶	۲/۸	۲۱۹۰	۱۵-۲
۲۶۷۰/۴	۱۶۹۵	۴۷۷/۲	۸۲/۶	۱/۶۳	۱۹۵۰	۱۶-۲
۲۸۴۷/۵	۳۲۰۶/۵	۴۸۹/۷	۸۲/۶	۱/۳	۲۰۰۰	۱۷-۲
۵۶۱۵/۵	۵۸۱۳/۸	۵۳۷/۲	۸۲/۶	۱/۵۴	۲۱۵۰	۱۸-۲
۳۳۴۵/۵	۲۶۵۵/۶	۴۸۹/۷	۸۲/۶	۱/۹۳	۲۰۰۰	۱۹-۲
۱۶۴۲/۳	۶۸۴۵/۱	۴۸۹/۷	۸۲/۶	۲/۴	۲۰۰۰	۲۰-۲
۱۶۹۳/۹	۳۱۳۲/۸	۵۰۲/۷	۸۲/۶	۵/۱	۲۰۵۶	۲۱-۲
۱۲۷۷/۹	۸۶۶۶/۲	۴۳۹/۷	۸۲/۶	۲/۳	۱۸۰۰	۲۲-۲
۲۹۸۶/۵	۳۳۲۸/۴	۴۶۶/۷	۸۲/۶	۱/۸	۱۹۰۰	۲۳-۲
۱۰۶۶	۸۱۳۴/۴	۴۵۲/۲	۸۲/۶	۶/۱	۱۸۵۰	۲۴-۲
۱۱۲۶/۶	۳۹۹۰/۸	۴۵۲/۲	۸۲/۶	۵/۴	۱۸۵۰	۲۵-۲
۱۵۷۵/۹	۸۷۷۶/۶	۴۳۹/۷	۸۲/۶	۲/۱	۱۸۰۰	۲۶-۲
۲۰۰۱/۴	۴۵۴۴/۴	۴۷۷/۲	۸۲/۶	۱	۱۷۵۰	۲۷-۲
۲۶۳۴/۶	۸۱۷۶/۹	۴۳۲/۲	۸۲/۶	۱/۶	۱۷۷۰	۲۸-۲
۲۰۰۱/۴	۴۵۴۴	۴۷۷/۲	۸۲/۶	۱	۱۷۵۰	۲۹-۲
۷۲۴/۳	۷۵۸۵	۴۳۷/۲	۸۲/۶	۹/۱	۱۷۵۰	۳۰-۲
۸۲۰/۶	۴۷۹۴	۴۱۲/۷	۸۲/۶	۵/۵	۱۷۰۰	۳۱-۲
۲۳۷۶	۶۲۰۹/۵	۴۱۲/۷	۸۲/۶	۱/۶	۱۷۰۰	۳۲-۲
۳۳۳۸/۸	۳۳۱۱	۴۱۲/۷	۸۲/۶	۱/۵۷	۱۷۰۰	۳۳-۲
۶۶۰۷	۶۶۰۷	۴۰۲/۲	۸۲/۶	۲/۱	۱۶۵۰	۱-۳
۳۳۱۱/۳	۳۳۱۱/۳	۴۰۲/۲	۸۲/۶	۱/۸	۱۶۵۰	۲-۳
۲۴۵۴/۷	۲۴۵۴/۷	۴۰۲/۷	۸۲/۶	۱/۶	۱۶۶۰	۳-۳
۶۸۸۶/۵	۶۸۸۶/۵	۴۰۲/۲	۸۲/۶	۱/۶	۱۶۵۰	۴-۳
۷۵۱۱/۹	۷۵۱۱/۹	۳۸۹/۷	۸۲/۶	۱/۱	۱۶۰۰	۵-۳
۱۱۲۲	۱۱۲۲	۳۸۹/۷	۸۲/۶	۱/۶	۱۶۰۰	۶-۳
۷۹۴۴/۳	۷۹۴۴/۳	۴۰۲/۲	۸۲/۶	۲/۳	۱۶۵۰	۷-۳
۵۰۸۰/۷	۵۰۸۰/۷	۴۰۲/۲	۸۲/۶	۷/۷	۱۶۵۰	۸-۳
۴۸۵۲	۴۸۵۲	۴۰۲/۲	۸۲/۶	۱	۱۶۵۰	۹-۳

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از میزان رسوب ویژه به دست آمده از مدل‌های مختلف برای حوضه آبریز مورد مطالعه نشان می‌دهد که از بین مدل‌هایی که مورد بررسی قرار گرفته‌اند: مدل MPSIAC نزدیکترین برآورد رسوب را با میزان رسوب محاسبه شده از طریق روش برآورد رسوب از طریق عمیق‌یابی مخزن سد نشان می‌دهد. بر مبنای تجزیه و تحلیل آماری فوق، اختلاف بین نتایج میزان رسوب محاسبه شده به وسیله مدل MPSIAC و E.P.M معنی‌دار نمی‌باشد، به عبارت دیگر نتایج میزان رسوب محاسبه شده به وسیله دو مدل مذکور نزدیک به هم بوده و دارای سطح معنی‌داری ۹۵ درصد می‌باشد. بنابراین سنخیت نتایج دو مدل تجربی MPSIAC و E.P.M با همدیگر بالا بوده و در مقایسه با سایر مدل‌ها بیشتر است (جدول ۸ و شکل ۳).

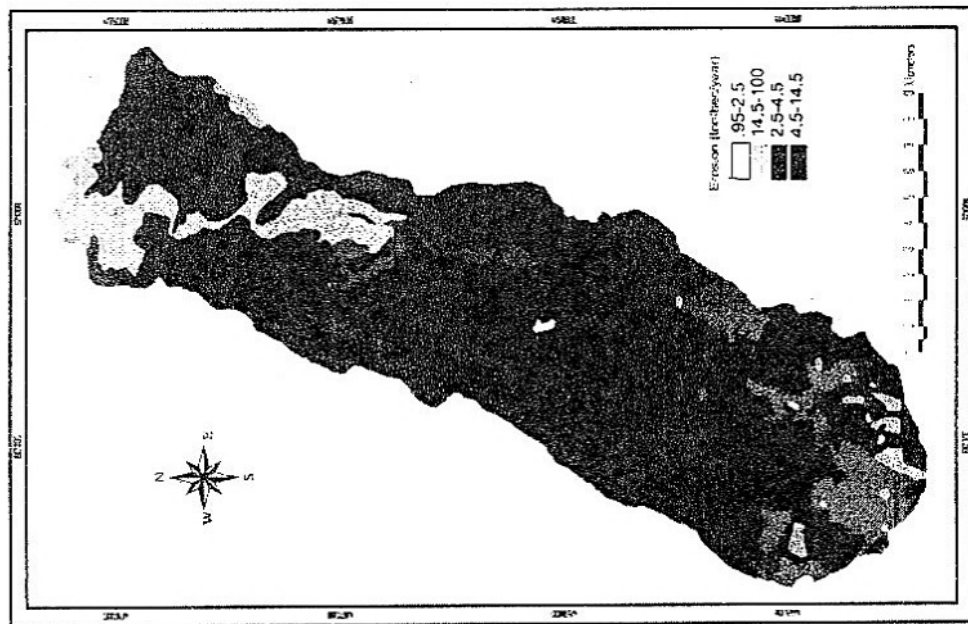
سنخیت نتایج مدل FAO نسبت به دو روش مدل Fournier با مدل MPSIAC بیشتر می‌باشد اما در عین حال سطح معنی‌داری مدل FAO در سازگاری با مدل MPSIAC نسبت به مدل E.P.M کمتر است. بر مبنای تجزیه و تحلیل آماری می‌توان به این نتیجه رسید که جهت برآورد رسوب در حوضه مورد مطالعه، در وهله اول مدل MPSIAC و در وهله دوم مدل E.P.M با توجه به نتایج به دست آمده، با شرایط اقلیمی، طبیعی منطقه مورد مطالعه بیشتر انطباق دارند. در حالی که نتایج به دست آمده از مدل‌های Fournier.FAO به دلیل اختلاف زیاد با نتایج برآورد رسوب از طریق عمیق‌یابی مخزن سد و همچنین معنی‌دار بودن اختلاف نتایج این مدل‌ها با مدل‌های MPSIAC و P.M برای منطقه مورد مطالعه مناسب نمی‌باشند.

جدول ۸- نتایج حاصل از برآورد رسوب در حوضه آبریز صوفی چای

مدل-پارامترهای برآورد شده	وزن رسوب (تن در سال)	حجم رسوب ورودی به مخزن سد علویان (متر مکعب در سال)	رسوب ویژه (تن در هکتار در سال)	مربع در سال	مربع در سال
MPSIAC	۲۳۶۹۰۴/۳	۲۰۱۳۰۵/۱	۹۲۸/۵	۱۱۳۷/۶	۹/۵
EPM	۲۸۸۷۶۹/۱	۲۴۰۶۶۸/۱	۲۰۶/۱	۲۶۵۰/۹	۱۱/۴
FAO	۱۱۹۰۹۲/۳	۹۹۲۲۲/۵	۲۰۶/۱	۲۶۵۰/۹	۴/۱
Fournier (روش اول)	-	-	۲۶۵۰/۹	۲۶۵۰/۹	۳۶/۵
Fournier (روش دوم)	-	-	۳۴۵۰/۶	۳۴۵۰/۶	۳۲/۵



شکل ۳- نمودار مقایسه میزان رسوب برآورد شده به وسیله مدل‌های تجربی تحقیق حاضر در خاتمه باید گفت که نتایج حاصل از ارزیابی فرسایش و برآورد میزان رسوب با استفاده از واحدهای همگن ژئومورفولوژی نشان می‌دهد که در حوضه صوفی چای چهار متغیر شیب، ارتفاع، لیتولوژی و جهت دامنه‌ها نقش مهمی در ایجاد فرسایش و تولید رسوب دارند. بدین منظور برای تشخیص مهمترین عوامل فرسایش و یافتن



شکل ۴ نقشه فرسایش حوضه آبریز صوفی چای بر مبنای داده های مدل MPSIAC

نقاط بحرانی از نظر فرسایش و تولید رسوب و تعیین روابط و نحوه توزیع مکانی فرسایش خاک در سطح منطقه و همچنین برای بهره برداری های متعدد، با استفاده از مجموعه اطلاعات حاصل از مراحل مختلف تحقیق، اقدام به بهینه‌بندی فرسایش بر مبنای داده‌های مدل MPSIAC برای حوضه شده است (شکل ۴).

منابع

- ۱- احمدی، حسن (۱۳۷۷)، «ژئومورفولوژی کاربردی»، جلد (۱)، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- جداری عیوضی، جمشید؛ چوکار، عیسی (۱۳۸۰)، «کارایی واحدهای ژئومورفولوژی در ارزیابی فرسایش و تولید رسوب، مطالعه موردی حوضه آبخیز بوجان»، پایان‌نامه دکتری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- چورلی، ریچارد (۱۳۷۵)، «ژئومورفولوژی»، جلد اول (ترجمه)، انتشارات سمت.
- ۴- رفاهی، حسینی (۱۳۷۹)، «فرسایش آبی و کنترل آن»، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵- سازمان آب منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل (۱۳۷۳)، «مطالعات مرحله دوم سد علویان، گزارش نهایی»، جلد دوم فرسایش و رسوب.
- ۶- سازمان آب منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل (۱۳۷۳)، «طرح چند منظوره صوفی چای».
- ۷- شاه کرمی عزیزالله (۱۳۷۵)، «بررسی روش‌های برآورد رسوب به منظور معرفی مناسب‌ترین روش برای حوضه‌های فاقد ایستگاه: مطالعه موردی حوضه آبخیزنوزیان از توابع سد دز»، هفتمین کنفرانس آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی.
- ۸- ضیایی، حجت‌الله (۱۳۸۰)، «اصول مهندسی آبخیزداری»، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۹- هاشمیان سیدگللو، ابراهیم (۱۳۸۳)، «ارزیابی فرسایش و تولید رسوب در واحدهای ژئومورفولوژی حوضه صوفی چای»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- ۱۰- سازمان آب منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل (۱۳۸۲)، «سالنامه و آمارنامه‌های جریان آب و بارندگی ایستگاه‌های حوضه (از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰)».

- ۱۱- سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی منطقه اسکو (با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰).
- ۱۲- سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی منطقه مراغه (با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰).
- ۱۳- نقشه‌های توپوگرافی (با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰)، شیت‌های آشان (۵۲۶۵II)، معانیق (۵۲۶۴I)، مراغه (۵۲۶۴IV) و هرگلان (۵۲۶۵ III).
14. Memarian, H., and, Esmailzadeh, H. (2003), "The Sediment Yield Potential Estimation of Kashmar Urban Watershed Using MPSIAC Model in the GIS Framework", Map Asia Conference 2003, GIS Development.