نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۲، پاییز ۹۵

برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب درحوضه لای چای

دریافت مقاله: ۹۳/۹/۳ پذیرش نهایی: ۹۵/۴/۲۵

صفحات:۱۹۵-۱۷۷

عقیل مددی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران[۱]
Email: aghil48madadi@yahoo.com
الناز پیروزی: کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
Email: Piroozi elnaz@yahoo.com

چکیده

هدف از این پژوهش برآورد میزان فرسایش و رسوب درحوضه آبخیز لای چای، واقع در شمال غرب ایران می‌باشد. دراین تحقیق به منظور شبیه سازی و پیش‌بینی فرسایش و رسوب لای چای از مدل WEPP استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل WEPP به طور کلی در شش فایل رایانه‌ای می‌باشد، که شامل خاک، اقلیم، مدیریت زراعی، شیب، آبراهه و مخزن است. در این تحقیق پس ازتعیین واحدهای کاری، به جمع-آوری اطلاعات موردنیازبرای ساختن فایل‌های خاک، مدیریت زراعی، اقلیم، شیب (در این تحقیق شیب زمین به وسیله نرم افزار Geowepp تهیه شد) و آبراهه گردید. در منطقه مورد مطالعه ۳ نوع خاک، ۲ نوع مدیریت، ۵ نوع آبراهه وجوددارد. پس ازساختن کلیه فایل‌های مورد نیاز،مدل WEPP از طریق نرم افزار Geowepp اجرا شد. در این نرم افزار، میزان فرسایش و رسوب به سه روش دامنه، حوضه آبخیز و مسیر جریان برآورد شد، که میزان رسوب به ترتیب ۰/۳۰۸، ۰/۲۱۵ و ۰/۴۹۱ تن در هکتار در سال می‌باشد. نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که روش دامنه با ۰/۳۰۸ تن درهکتاردرسال به عددمشاهده‌ای ۰/۳۱۹ نزدیکتر بوده و جهت برآورد میزان فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه مناسب می باشد.

کلید واژگان: فرسایش خاک، تولید رسوب، حوضه لای چای، مدل WEPP

[۱]. **نویسنده مسئول:** اردبیل، انتهای خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه جغرافیای طبیعی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

مقدمه

فرسایش عبارت از جابه‌جائی مواد از نقطه‌ای به نقطه دیگر، پس از تخریب سنگ و یا خاک، مواد حاصل به علت از دست دادن چسبندگی و تراکم خود به وسیله عوامل گوناگون مانند آب، باد و برف حمل و بسته به میزان قدرت عامل حمل انتقال و رسوب گذاری می‌نماید (احمدی، ۲۱۲:۱۳۸۶). فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین عامل تخریب و کاهش باروری خاک می‌باشد که امروزه در حال افزایش است و منجر به از دست رفتن خاک مرغوب کشاورزی می‌شود (بایزیز و همکاران[1]، ۲۳۸:۲۰۱۱). عوامل مهمی بر فرسایش موثرند که از آن جمله می‌توان به عوامل اقلیمی، نوع خاک، پوشش گیاهی و پستی و بلندی زمین اشاره کرد (علیزاده ،۷۰۳:۱۳۸۶). از اثرات مخرب فرسایشی می‌توان به افت حاصلخیزی خاک، کاهش آبهای زیرزمینی، ایجاد سیل-های خطرناک و طوفان‌های ماسه‌ای، پر شدن سریع مخازن سدها نام برد (فتحی و همکاران، ۱۵۸:۱۳۸۶). حوضه لای چای در استان اردبیل، در شهرستان نیر، در دامنه‌های جنوب شرقی سبلان قرار گرفته است و یکی از زیر شاخه‌های حوضه آق لاقان چای می‌باشد. به سبب قرار گرفتن حوضه مورد مطالعه در منطقه کوهستانی و پر شیب و همچنین کمی پوشش گیاهی در حوضه، میزان فرسایش و رسوب خاک شدید می‌باشد، همچنین فعالیت ها و اقدامات نادرست انسانی از جمله چرای بی رویه دام‌ها، کشت مدوام بدون توجه به توان زمین، شخم غیر اصولی باعث تشدید فرسایش خاک در منطقه شده است. لذا با توجه به موارد فوق الذکر، برآورد فرسایش و رسوب در حوضه لای چای ضروری به نظر می‌رسد.

ارزیابی کمی و کیفی فرسایش خاک با استفاده از مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب، یکی از راهکارهایی است که از طریق آن می‌توان فرسایش خاک را تاحدودی کنترل کرد و مقدار آن را کاهش داد. ضروری است از یک روش مناسب برای پیش بینی هدر رفت خاک، به ویژه در مناطق کوهستانی استفاده شود (کنز و همکاران ، ۲۱۵۵:۲۰۰۹). یکی از مدل‌های پیش‌بینی و برآورد فرسایش و رسوب، مدل WEPP، می‌باشد. مدل WEPP که ابتدا در سال ۱۹۸۵ پایه-گذاری شده است، یک تکنولوژی جدید پیش‌بینی فرسایش است که بر پایه مفاهیم اساسی اقلیمی، تئوری نفوذ هیدرولیکی، فیزیک خاک، علوم گیاهی، هیدرولیک و مکانیسم‌های فرسایش بنا شده است (رفاهی ،۱۳۸۵: ۳۵۳). مدل وپ می‌تواند میزان فرسایش و رسوب را بر روی دامنه‌ها و در داخل آبراهه‌ها برآورد کند. این مدل اغلب در کاربری کشاورزی، جنگل و راه‌ها قابل استفاده است. بررسی‌های منابع نشان می‌دهد که پژوهش‌های ارزنده‌ای در

[1] -Bouaziz et al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

مورد برآورد فرسایش و رسوب با مدل WEPP، انجام شده است، که از مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

کورک[1] و نتری (۲۰۰۶) در مطالعه فرسایش و رواناب در جنگل‌های تحت برش استرالیا، در مقایسه سه مدل WEPP, USLE, TOPOG به نتایج مطلوبی از کاربرد مدل وپ در شیب تپه‌ها رسیدند. پاندی[2] و همکاران (۲۰۰۸) مدل WEPP را برای تپه‌های با مساحت کم در هند مورد استفاده قرار دادند و در این مطالعه، استفاده از مدل WEPP برای حوضه‌های کوچک و پر از تپه در هند مورد تأیید قرار گرفت. شن و همکاران [3](۲۰۰۹)، با استفاده از دومدل WEPP و SWAT به بررسی فرسایش و رسوب در حوضه ژانگ جیا چونگ پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که مدلWEPP، نسبت به مدل SWAT، از نتایج قابل قبول‌تری برخوردار است. سینگ و همکاران[4] (۲۰۱۱)، مقدار رسوب و رواناب را در حوضه هیمالیای شرقی هند، با استفاده از مدل WEPP، شبیه سازی کردند. نتایج نشان داد که مدل WEPP، می‌تواند برای توسعه دادن شیوه-های مدیریتی و شرایط بارندگی زیاد و شیب زیاد مورد استفاده قرار گیرد. احمدی و همکاران (۱۳۸۶) فرسایش و رسوب را، در حوضه آبخیز بارایه نیشابور با استفاده از سه روش موجود در مدلWEPP (روش‌های دامنه، حوضه آبخیز و مسیرهای جریان)، برآورد کرده‌اند و میزان رسوب بدست آمده با این سه روش به ترتیب ۸/۲۵، ۴/۰۸ و ۴/۲۴ تن بدست آمد. نتایج مطا لعه نشان داد که دو روش دامنه‌ای و مسیرهای جریان، به مقدار رسوب مشاهده‌ای نزدیک می‌باشد و جهت برآورد فرسایش و رسوب حوضه مورد مطالعه مناسب است. عامری‌خواه و خادم‌الرسول (۱۳۸۸)، به بررسی کارایی بهترین گزینه‌های مدیریت آبخیز بر بهبود اراضی و کاهش فرسایش و بار رسوب با استفاده از مدل WEPP پرداخته و بدین نتیجه رسیده‌اند که بهترین گزینه مدیریتی قابل اجرا در منطقه مورد مطالعه براساس مدل WEPP، روشهای توام کنترل سیلاب و اصلاح پوشش گیاهی می‌باشد. صادقلو و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی کاربرد جی.آ.اس و مدل وپ در شناسایی، پهنه بندی و ارزیابی فرسایش و رسوب در حوضه صوفی‌چای پرداخته‌اند، نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین رسوب بر اساس مدل وپ در موقعیت احداث سازه‌ها در منطقه می‌باشد. عابدینی و طولابی (۱۳۹۲)، جهت برآورد فرسایش و رسوب حوضه سولاچی اردبیل از دو مدل EPM و WEPP، استفاده کرد. نتایج مطالعه نشان داد که مدل WEPP، از

[1] - Croke and Nethery
[2] - Pandy
[3] - Shen et al
[4] - Singh et al

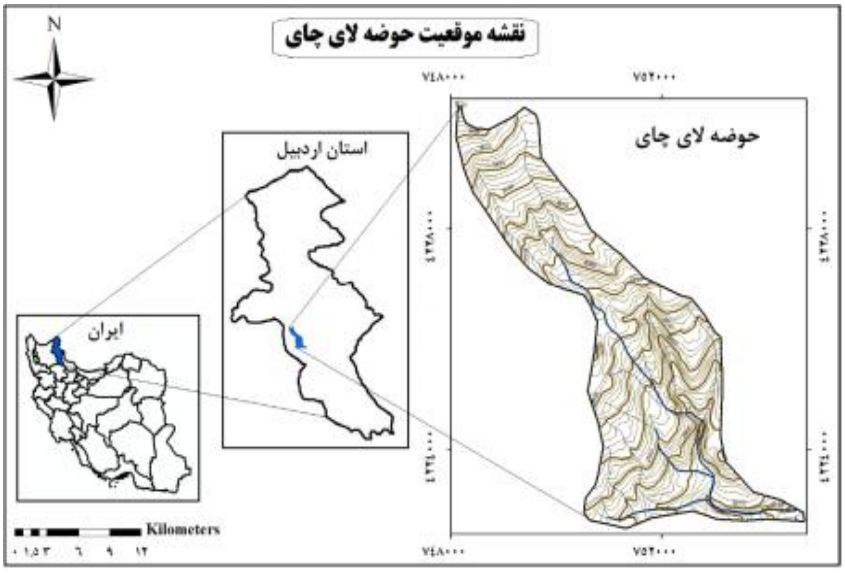
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

کارایی بیشتری نسبت به مدل EPM، در برآورد و پیش‌بینی مقدار فرسایش و رسوب حوضه‌ی مطالعاتی دارد.

نتایج تحقیقات فوق نشان می‌دهد مدل وپ یک روش مناسبی جهت برآورد فرسایش و رسوب می‌باشد و این مدل در دو مکان دامنه و حوضه آبخیز قابل استفاده می‌باشد. بنابراین، در این تحقیق از روش‌های دامنه، مسیر جریان و حوضه آبخیز مدل WEPP، جهت برآورد فرسایش و رسوب حوضه لای چای استفاده شده است.

معرفی حوضه مورد مطالعه

حوضه آبخیز لای چای با وسعتی معادل ۱۷ کیلومتر مربع و ۹۴ /۱۶۰۲ هکتار یکی از زیر حوضه‌های آق لاقان چای در شهرستان نیر می‌باشد. حوضه لای چای در مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۷ دقیقه ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی، و در دامنه جنوب شرقی کوه سبلان واقع شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع حوضه ۳۷۰۰ متر، حداقل ارتفاع آن ۲۰۴۰ متر و ارتفاع متوسط حوضه ۲۰۶۰ متر از سطح دریا است. شیب متوسط حوضه نیز ۳۵ درصد می‌باشد. با توجه به داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و روش‌های تعیین اقلیم دمارتن و آمبرژه، اقلیم منطقه نیمه مرطوب سرد و متوسط بارندگی ۳۶۳ میلی متر در سال می‌باشد. از نظر زمین ساختی منطقه مورد مطالعه در زون زمین ساختی البرز غربی-آذربایجان قرار دارد.



شکل(۱). نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه لای‌چای

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

مواد و روش

در این تحقیق از روش کتابخانه‌ای، روش مشاهده‌ای و روش آزمایشگاهی استفاده شده است. جمع‌آوری داده‌های هواشناسی، آمار دبی و رسوب حوضه از منابع سازمان هواشناسی و آب منطقه‌ای استان اردبیل طی روش کتابخانه‌ای انجام شده است. جهت بررسی مسائل فرسایش و شناسایی پدیده‌های موجود در منطقه و نمونه‌برداری از خاک، چندین مرحله بازدید میدانی از منطقه به عمل آمده است. همچنین از آزمایشگاه خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی برای بدست آوردن پارامترهای مدل فرآیندی وپ در برآورد میزان فرسایش و رسوب استفاده شده است.

- مواد و ابزار مورد نیاز برای تحقیق

نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، شهرستان نیر، نقشه زمین شناسی۱:۱۰۰۰۰۰، مشگین شهر، عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره ای، GPS، متر، دوربین عکاسی، وسایل مورد نیاز آزمایش خاک، نرم افزارهای Cligen, Geo wepp. EXCLE. ArcGIS,

- تشریح مدل وپ

در این تحقیق، با به کارگیری مجموعه‌ای از نرم‌افزارها، مدل‌ها و ابزار موجود اقدام به استفاده از مدل ریاضی وپ گردید. فایل ورودی مربوط به اقلیم مدل وپ به کمک نرم‌افزار CLIGEN اجرا گردید. فایل خاک، شامل لایه‌های خاک، عمق، درصد شن ریز و درشت، درصد رس، درصد مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، درصد سنگ و سنگریزه، ضریب آلبیدو برای منطقه مورد مطالعه ایجاد گردید. فایل توپوگرافی، شامل طول شیب، درجه شیب و شکل شیب تهیه شد و در نهایت فایل مدیریت و پوشش گیاهی که این بخش از مدل وپ بسیار گسترده است و مجموعه‌ای از شیوه های مدیریتی و خصوصیات گیاه و روش‌های خاک‌ورزی مورد استفاده در منطقه را در ارتباط با تاثیرات زیست محیطی و بار رسوب در برمی‌گیرد، ایجاد گردید. به بیان بهتر در این تحقیق تمامی دامنه تپه‌های موجود در حوضه به صورت پروژه تعریف و ذخیره‌سازی شده و سپس برای هر پیکسل یا پارسل بر روی خروجی حاصله از ArcGIS که به صورت امتزاج نقشه‌های هیپسومتری، شیب، خاک و شبکه هیدروگرافی می-باشد، مدل وپ اجرا شد و خروجی‌های مربوط به هر دامنه تپه‌ها استخراج گردید.

یافته‌های تحقیق

برای بررسی فرسایش و رسوب با استفاده از مدل وپ، به ترتیب فایل‌های اقلیم، خاک، مدیریت، شیب، آبراهه مورد ارزیابی قرار گرفته است:

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

- اقلیم

دو عامل بارندگی و دما، در میزان فرسایش و رسوب نقش مهمی دارند. به همین دلیل تنها عوامل مربوط یه این دو فاکتور محاسبه گردیده است. بارندگی در میزان رشد گیاهان و فرسایش تأثیر دارد، و دما در رشد گیاهان و میزان مصرف آب تأثیر دارد. بعلاوه عرض جغرافیایی در میزان تشعشع خورشید تأثیر دارد.

- محاسبه متوسط بارندگی ماهانه:

مواردی که برای عامل بارندگی باید محاسبه شود عبارتنداز متوسط بارندگی ماهانه، انحراف بارندگی، ضریب چولگی بارندگی، احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب و احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز خشک. برای این منظور اعداد مربوط به بارندگی(میلی‌متر) هر ماه در طول دوره آماری استخراج شده است. سپس کلیه اعداد را از میلی متر به اینچ تبدیل کردیم. با متوسط گیری از این اعداد متوسط بارندگی را بدست آوردیم. و سپس انحراف معیار آن‌ها را محاسبه کردیم.

ضریب چولگی بارندگی به صورت ماهانه از رابطه شماره (۱) بدست می‌آید:

$$\text{Skew cofficient} = [\ \text{sum}\ (x-u)^3] / (N+S^3) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

Sk: ضریب چولگی

N: تعداد روزهای بارندگی

S: انحراف معیار بارندگی بر حسب اینچ

X: میزان بارندگی اندازه‌گیری شده بر حسب اینچ

U: متوسط بارندگی در روزهای بارندگی بر حسب اینچ

برای تعیین یک روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب [P(W/W)] و یک روز مرطوب بعد از یک روز خشک [P(W/D)] به صورت زیر اقدام شده است:

روز مرطوب به روزی گفته می‌شود که ۰/۱ میلی‌متر یا بیشتر باران ببارد. برای محاسبه این مورد تعداد روزهای مرطوب که قبل از آن نیز مرطوب است در هر ماه شمارش می‌شود، همچنین تعداد روزهای که روز قبل ازآن روز خشک است نیز محاسبه می‌شود. سپس این دو عدد بدست آمده برای هر ماه با هم جمع می‌شود(چنانچه اولین روز هر ماه مرطوب باشد برای بررسی روز قبل از آن باید آخرین روز ماه قبل را در نظر گرفت و برای تعیین وضعیت اولین روز هر سال باید آخرین روز سال قبل را در نظر گرفت).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

برای بدست آوردن احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز مرطوب باید تعداد روز مرطوب بعد از یک روزهای مرطوب را بر تعداد کل روزهای مرطوب تقسیم نمود و اعداد بدست آمده برای هر ماه را در طول دوره آماری میانگین‌گیری کرد. برای بدست آوردن احتمال یک روز مرطوب بعد از یک روز خشک بایستی تعداد روزهای مرطوب بعد از یک روز خشک تقسیم کرد(تعداد روزهای خشک از کم کردن تعداد روزهای مرطوب از تعداد روزهای هر ماه بدست می‌آید). سپس اعداد بدست آمده برای هر ماه را در طول دوره آماری میانگین‌گیری کرده تا مقدار این فاکتور حاصل شود. ما از داده‌های بارش روزانه ایستگاه لای استفاده کردیم و مراحل فوق الذکر را به ترتیب انجام دادیم و داده‌های مورد نیاز را به صورت اینچ بدست آوردیم. کلیه فاکتورهای مربوط به بارندگی در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱). عوامل محاسبه شده برای بارندگی حوضه لای‌چای

آیتم بارندگی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین بارش(اینچ)	۱/۱۵	۱/۱۴	۱/۷۸	۲/۷	۲/۶۹	۰/۳۲	۰/۶	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۷	۱/۳۸	۱/۲۷
ضریب چولگی‌بارش-ماهانه	۱/۵۷	-۰/۳۳	۱/۵۹	۰/۳۸	۰/۱۷	۰/۷۷	۰/۴۵	۱/۶۳	۰/۸۹	۱/۵۲	-۰/۸۹	۰/۵
انحراف معیار بارش ماهانه	۰/۷۸	۰/۶۵	۱/۰۸	۱/۲۳	۱/۲۸	۰/۳۴	۰/۴۸	۰/۵۷	۰/۵۳	۱/۰۵	۰/۵۵	۰/۸۵
[P(W/W)]	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۳۸	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۱	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۲۸
[P(W/D)]	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۴

- محاسبه دما

مواردی که برای عامل دما بایستی محاسبه شود عبارتنداز متوسط دماهای حداکثر ماهانه، متوسط دماهای حداقل ماهانه، انحراف معیار دمای حداکثر ماهانه و انحراف معیار دمای حداقل ماهانه است. برای بدست آوردن فاکتورهای دمایی نیز بایستی حداکثر دمای هوای روزانه و حداقل دمای روزانه در هر ماه، در طول سال‌های آماری و به طور جداگانه استخراج شده و سپس متوسط و انحراف معیار هر کدام محاسبه گردد. کلیه فاکتورهای مربوط به دما در جدول شماره (۲) آمده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

جدول (۲). عوامل محاسبه شده برای دمای حوضه لای چای

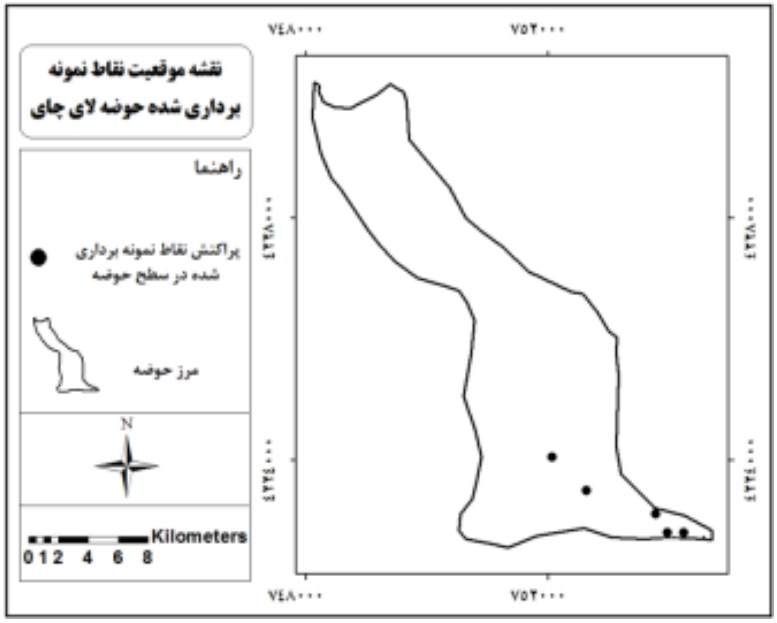
دما(بر حسب فرنهایت) آیتم	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین دمای ماهانه	۲۷/۳۲	۳۴/۵۵	۲۸/۴۷	۴۲	۴۹/۲۲	۵۶/۶۷	۶۰/۵۱	۶۴/۲۳	۵۹/۹	۵۳/۷	۴۱/۰۹	۳۱/۶۷
انحراف معیار دمای ماهانه	۴/۶۴	۳/۶۱	۲/۶۶	۳/۵۶	۲/۳۵	۱/۹۳	۱/۶۷	۱/۹۳	۲/۳۵	۳/۵۶	۲/۶۶	۳/۶۱
میانگین دمای حداکثر	۳۴/۱۴	۳۶/۹۵	۴۱/۵	۴۱/۸۱	۵۸/۱۹	۶۶/۸۱	۷۱/۴۲	۷۶/۰۲	۷۱/۲۴	۶۳/۹۵	۴۹/۲۶	۴۹/۲۶
انحراف معیار دمای حداکثر	۴/۵۱	۴/۰۴	۴/۹۵	۴/۲۹	۳/۰۵	۲/۵۲	۲/۲	۱/۸	۲/۵۵	۲/۷۵	۳/۹۴	۳/۹۴
میانگین دمای حداقل	۴۹/۲۶	۲۰/۵۸	۲۶/۹۲	۳۴/۲۳	۴۰/۲۲	۴۹/۳۶	۴۹	۴۶	۵۲/۱۷	۴۸/۷۴	۳۳/۱۳	۳۴/۷۲
انحراف معیار دمای حداکثر	۳/۹۴	۳/۵	۲/۷۴	۳/۲۸	۱/۸۳	۱/۶	۱/۳۷	۱/۱۴	۱/۴۹	۱/۴۹	۱/۹۵	۴/۵۳

-خاک

در مدل وپ خصوصیات خاک تا عمق ۱/۸ متر بررسی می‌شود. به دلیل شرایط نسبتاً همسان در حوضه لای چای ما به صورت تصادفی از پنج نقطه نمونه برداری کردیم. که به ترتیب از ارتفاع ۲۰۷۳، ۲۱۱۰، ۲۲۲۲، ۲۲۹۳، ۲۳۹۰ متر از سطح دریا نمونه‌ها برداشت شده است (شکل۲). این نمونه‌ها در آزمایشگاه خاک شناسی دانشگاه محقق اردبیلی مورد آزمایش قرار گرفت؛ خصوصیات محاسبه شده در آزمایشگاه برای هر یک از نمونه‌ها در جدول شماره (۳) آمده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]



شکل (۲). نقشه موقعیت نقاط نمونه برداری شده حوضه لای

جدول (۳). عوامل اندازه گیری و محاسبه شده برای فایل خاک

نمونه	عمق خاک Cm	ماسه %	سیلت %	رس%	ماسه‌خیلی ریز%	تبادل کاتیونی Meg/100gr	سنگریزه %	مواد آلی %	رطوبت خاک%	بافت خاک
۱	۱/۲۰	۱۷/۲۹	۶۶/۷۱	۱۶	۲۰/۱۲	۰/۹۹	۱۴	۰/۱۹	۶/۷۲	لوم-رس
۲	۶۰	۱۷/۲۹	۳۶/۳۲	۲۵/۸۵	۱۷/۷۹	۲/۲۵	۱۴	۰/۴۴	۳/۴۳	رس
۳	۷۰	۳۴/۳۵	۴۴/۶۵	۲۱	۲۳/۵	۲/۱۵	۱۵	۰/۲۹	۳/۱۵	رس-لوم
۴	۱/۸۰	۲۴/۵	۶۰/۹۳	۱۴/۵۷	۲۲/۲۷	۱/۹۰	۱۶	۱/۰۵	۴/۱۳	لوم
۵	۳۰	۳۸/۵۹	۲۳/۰۳	۳۸/۳۸	۱۸/۱۲	۰/۸۷	۱۷	۰/۲۳	۲/۳۵	لوم-رس

براساس داده‌های محاسبه شده در آزمایشگاه خاک، سایر پارامترهای مورد نیاز فایل خاک برای مدل وپ را به شرح زیر بدست آوردیم و به صورت خلاصه در جدول شماره (۴) نشان داده‌ایم.

- **مواد آلی(OM)**: مواد آلی بخش مهمی در خاک است و خصوصیات خاک را تغییر می‌دهد. مواد آلی دارای بیشترین نقش در افزایش تخلخل خاک، بهبود نسبت‌های آب وهوا و کاهش

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

فرسایش به وسیله آب و باد است. در مدل وپ مواد آلی برای محاسبه چگالی حجمی خاک، تخلخل، منحنی نگهداری آب و پارامترهای فرسایش‌پذیری استفاده می‌شود. مقدار تپیک ماده آلی خاک بستگی به عملیات‌های مدیریتی بین یک تا پنج درصد در بیشتر خاک‌ها تغییر می-کند. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۰/۱۹، ۰/۴۴، ۰/۲۹، ۱/۰۵، ۰/۲۳ (OM) محاسبه گردید.

- **ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC)**: ظرفیت تبادل کاتیونی مقدار کاتیون‌های جذب شده روی ذرات خاک در واحد حجم خاک تحت شرایط شیمیایی طبیعی می‌باشد(میلی اکی والانت بر ۱۰۰ گرم خاک). CEC در روابط برآورد پارامتر جریان هیدرولیکی استفاده می‌شود. محدوده این پارامتر بین ۱ تا ۱۵۰ است. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۰/۹۹، ۲/۲۵، ۲/۱۵، ۱/۹۰، ۰/۸۷ (Meg/100gr) محاسبه گردید.

- **درصد سنگ:** در مدل وپ فرض می‌شود که قطعات سنگ مساحت نیمرخ عرضی در پرفیل خاک را کاهش می‌دهند و بنابراین جریان هیدرولیکی خاک، تخلخل خاک و حجم آب خاک را کاهش می‌دهند. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۱۴، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ درصد محاسبه گردید.

- **آلبیدو:** درصدی از تشعشع خورشید است که در اتمسفر بازتاب پیدا می‌کند. این پارامتر برای تخمین تشعشع خالص که به سطح زمین می‌رسد استفاده می‌شود و محدوده قابل قبول آن بین صفر تا ۱۰۰ درصد است.

$$SALB = 0.6 / EXP (0.4 \times ORGMAT)$$

ORGMAT: درصد مواد آلی در خاک سطحی

میزان پیشنهادی برای خاک خشک و لخت (بدون پوشش) ۵ تا ۲۰ درصد است. میزان آلبیدو بر اثر خاک مرطوب، گیاه، پوشش باقی مانده و برف تنظیم و تعدیل می‌کند. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۶۶، ۰/۴۳، ۱/۵۷، ۰/۳۴ درصد محاسبه گردید.

- **سطح اشباع اولیه:** تعریف SAT عبارت است از درصد خلل و فرج پرشده به وسیله آب، در شروع شبیه‌سازی متوالی برای حداقل یک سال با تاریخ شروع اول ژانویه، بنابراین گنجایش ابتدایی آب خاک به گنجایش آب خاک در اول ژانویه، اولین سال شبیه‌سازی ارجاع داده می-شود. محدوده این پارامتر بین صفر تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. پارامتر SAT برای نشان دادن گنجایش آب خاک در هر لایه می‌باشد. گنجایش کل آب خاک (SOILWA) و گنجایش آب خاک قابل دسترس (ST) برای هر لایه در وپ به کمک روابط شماره (۲) محاسبه می‌شود.

گنجایش اولیه خاک

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

رابطه (۲) $SOILWA = (SAT \times POR + RFG) \times GD$

گنجایش اولیه آب قابل دسترس گیاه

$ST = (SAT \times POR \times (1 - RFG)) - Thethr \times DG$

POR: تخلخل لایه cm^3/cm^3 : (1-bd/2.65).

RFG: تصحیح تخلخل برای حجم صخره (کسری از حجم).

DG: ضخامت لایه خاک (متر).

Thethr: گنجایش حجمی آب خاک در کشش ۱۵۰۰ kpa (cm^3/cm^3).

گنجایش آب خاک در لایه بالایی به صورت روزانه تغییر می‌کند. این تغییر وابسته به نفوذ بارانف آب آبیاری و یا ذوب برف و تبخیر خاک و آبگذاری به لایه‌های پایین‌تر می‌باشد. گنجایش آب خاک لایه پایین‌تر خاک در معرض تغییر می‌باشد. این امر در نتیجه آبگذاری، تعرق گیاه و یا جریان زهکشی‌های سفالی است. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۶/۷۲، ۳/۴۳، ۳/۱۵، ۴/۱۳، ۲/۳۵ درصد محاسبه گردید.

- **فرسایش‌پذیری بین‌شیاری:** واحد پارامتر فرسایش‌پذیری بین‌شیاری($kg \times s/m^4$) می‌باشد. فرسایش‌پذیری بین‌شیاری انعکاس استعداد خاک به جدا شدن به وسیله ضربات باران فرودی و جریان‌های سطحی است. مجموعه روابط زیر برای تخمین پارامتر فرسایش‌پذیری استفاده می‌گردد.

برای خاک‌های مناطق زراعی با ۳۰ درصد یا مقدار بیشتری ماسه:

$Ki = 2728000 + 192100 \times VFS$

در اینجا VFS درصد ماسه خیلی ریز در خاک سطحی می‌باشد. VFS نباید از ۴۰ درصد تجاوز کند. چنانچه نمونه برداشت شده دارای VFS بیش از ۴۰ درصد باشد، در معادله ۴۰ درصد استفاده می‌گردد.

برای خاک‌های مناطق زراعی کمتر از ۳۰ درصد ماسه:

$Ki = 6054000 - 44130 \times CLAY$

CLAY: درصد رس در خاک سطحی می‌باشد.

رس نباید بیش از ۴۰ درصد باشد. چنانچه نمونه برداشت شده بیش از ۴۰ درصد است در معادله ۴۰ درصد استفاده می‌گردد. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب۵۳۴۷۹۲۰، ۴۹۱۳۲۴۰، ۷۲۴۲۳۵۰، ۵۴۱۱۰۲۶، ۶۲۰۸۸۵۲ ($kg^* s/m^4$) محاسبه گردید.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

- **فرسایش‌پذیری شیاری**: فرسایش‌پذیری شیاری انعکاسی از قابلیت خاک نسبت به جداشدگی برشی به وسیله جریان آب در شیارها می‌باشد. مجموعه‌ای از معادلات زیر برای تخمین این پارامتر فرسایندگی استفاده می‌شود.

برای خاک‌های با ۳۰ درصد یا مقدار بیشتر ماسه:

$$Kr = 0.00197 + 0.00030 \times VFS \times 0.03863 \times EXP(-1.84 \times ORGMAT)$$

VFS: درصد ماسه خیلی ریز در خاک سطحی می‌باشد. VFS نباید از ۴۰ درصد بیشتر شود و اگر مقدار بیشتر از ۴۰ درصد شد، ۴۰ درصد را در معادله استفاده می‌گردد.

ORGMAT: درصد مواد آلی در خاک سطحی می‌باشد. مواد آلی باید بیش از ۰/۳۵ درصد باشد. اگر مواد آلی از ۰/۳۵ درصد کمتر بود همان ۰/۳۵ درصد جایگزین می‌گردد.

برای خاک‌های با کمتر از ۳۰ درصد ماسه:

$$Kr = 0.0069 + 0.134 \times EXP(-0.20 \times CLAY)$$

CLAY: درصد رس در خاک سطحی می‌باشد. رس باید بیش از ۱۰ درصد باشد. اگر میزان رس کمتر از ۱۰ درصد باشد، در فرمول ۱۰ درصد استفاده می‌گردد. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۰/۴۲۱۹، ۶۸۵۸۸، ۰/۰۱۵۸۶، ۰/۳۸۳۵۸، ۰/۰۱۷۴۷ (s/m) محاسبه گردید.

- **تنش برشی بحرانی:** تنش برشی بحرانی یک مقدار آستانه است که کمتر از آن جدایش شیاری اتفاق نمی‌افتد. برای خاک‌های که شامل ۳۰ درصد یا مقدار بیشتری ماسه است از رابطه شماره (۳) استفاده می گردد.

$$TAUC = 2.67 + 0.065 \times CLAY - 0.065 \times VFS \quad \text{رابطه (۳)}$$

VFS: درصد ماسه خیلی ریز در خاک سطحی است.

CLAY: درصد رس در خاک سطحی است.

هر دو پارامتر رس و ماسه نباید از ۴۰ درصد تجاوز کنند و اگر هر کدام از ۴۰ درصد تجاوز کردند عدد ۴۰ را برای این متغیرها در فرمول وارد می‌گردد. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۲/۵، ۳/۵، ۳/۵، ۳/۵، ۴/۱۱ (n/m^2) محاسبه گردید.

برای خاک‌های با کمتر از ۳۰ درصد ماسه:

$$TAUC = 3.5$$

- **جریان هیدرولیکی موثر**: یک پارامتر کلیدی برای مدل وپ از لحاظ نفوذ، پارامتر جریان موثر می‌باشد(ke). این پارامتر مربوط به جریان اشباع شده خاک است. اما توجه به این نکته مهم است که مقدار آن برابر با همان مقدار جریان اشباع خاک نمی‌باشد. جریان موثر در مدل وپ براساس رابطه شماره (۴) محاسبه می‌گردد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

برای خاک‌های با کمتر و مساوی ۴۰ درصد رس:

رابطه (۴)

$$Ke = -0.265 + 0.0086 \times SAND^{1.8} \quad 11.46 \times CEC^{(-0.75)}$$

برای خاک‌های با بیش از ۴۰ درصد رس:

$$Ke = 0.0066 \, EXP \, (244/ CLAY)$$

در اینجا رس و ماسه به درصد و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بر حسب میلی اکی والان درصد گرم خاک است. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۱۱/۲۸، ۵/۹۷، ۱۱/۱۸، ۹/۵۳، ۱۸/۶۲ (mm/hr) محاسبه گردید.

- **فاکتور فرسایش‌پذیری آبراهه**: فاکتور فرسایش‌پذیری آبراهه دارای واحد s/m یا s/ft است. این فاکتور به همان روشی که فرسایش‌پذیری شیاری دامنه محاسبه می‌شود.

برای خاک‌های با ۳۰ درصد یا مقدار بیشتر ماسه:

$$(-1.84 \times ORGMAT) \quad 0.03863 \times EXP + Kr = 0.00197 + 0.00030 \times VFS$$

VFS: درصد ماسه خیلی ریز در خاک سطحی می‌باشد. VFS نباید از ۴۰ درصد بیشتر شود و اگر مقدار بیشتر از ۴۰ درصد شد، ۴۰ درصد را در معادله استفاده می‌گردد.

ORGMAT: درصد مواد آلی در خاک سطحی می‌باشد. مواد آلی باید بیش از ۰/۳۵ درصد باشد. اگر مواد آلی از ۰/۳۵ درصد کمتر بود همان ۰/۳۵ درصد جایگزین می‌گردد.

برای خاک‌های با کمتر از ۳۰ درصد ماسه:

$$Kr = 0.0069 + 0.134 \times EXP \, (-0.20 \times CLAY)$$

CLAY: درصد رس در خاک سطحی می‌باشد. رس باید بیش از ۱۰ درصد باشد. اگر میزان رس کمتر از ۱۰ درصد باشد، در فرمول ۱۰ درصد استفاده می‌گردد. که در ۵ نمونه حوضه مورد مطالعه به ترتیب ۰/۴۲۱۹، ۶۸۵۸۸، ۰/۰۱۵۸۶، ۰/۳۸۳۵۸، ۰/۰۱۷۴۷ (s/m) (جدول ۴) محاسبه گردید.

جدول (۴). عوامل محاسبه شده برای فایل خاک

نمونه	آلبیدو(%)	سطح اشباع اولیه(%)	فرسایش‌پذیری بین شیاری ($kg*s/m^3$)	فرسایش‌پذیری شیاری (s/m)	تنش برشی بحرانی (n/m)	جریان هیدرولیکی موثر(mm/hr)
۱	۰/۲۸	۶/۷۲	۵۳۴۷۹۲۰	۰/۴۲۱۹	۲/۵	۱۱/۲۸
۲	۰/۶۶	۳/۴۳	۴۹۱۳۲۴۰	۰/۶۸۵۸۸	۳/۵	۵/۹۷
۳	۰/۴۳	۳/۱۵	۷۲۴۲۳۵۰	۰/۰۰۱۵۸۶	۳/۵	۱۱/۱۸
۴	۱/۵۷	۴/۱۳	۵۴۱۱۰۲۶	۰/۳۸۳۵۸	۳/۵	۹/۵۳
۵	۰/۳۴	۲/۳۵	۶۲۰۸۸۵۲	۰/۰۱۷۴۷	۴/۱۱	۱۸/۶۲

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

- مدیریت

برای ساختن فایل مدیریت اطلاعات مربوط به مدیریت و اعمال انجام شده بر روی زمین را تهیه کردیم. برخی از این اعمال شامل کشت روی خطوط تراز، چرا، زهکشی، آبیاری می‌باشد. اطلاعات مربوط به هر یک از این اعمال و زمان انجام آنها را در پنجره مربوطه مدل وپ وارد کردیم. در مرحله دوم، اطلاعات مربوط به شرایط ابتدایی را وارد کردیم. منظور از شرایط ابتدایی وضعیت پارامترهای ورودی در اول ژانویه است. برخی از این اطلاعات شامل تراکم حجمی خاک خشک، تاج پوشش، مجموع بارندگی، جرم کل ریشه‌های مرده می‌باشد. در مرحله سوم، اطلاعات مربوط به خصوصیات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی گیاهان غالب است. برخی از اطلاعات مورد نیاز در این مرحله شامل ضریب تاج پوشش، ضریب ارتفاع تاج پوشش، نسبت انرژی به توده زنده گیاهی، قطر ساقه گیاه در زمان بلوغ، تحمل گیاه به خشکی می‌باشد.هر یک از عوامل فوق با توجه به نوع مدیریت و پوشش گیاهی غالب در فایل مدیریت مربوطه وارد می شود. ضمناً در این قسمت نقشه کاربری اراضی تهیه شده در محیط GIS استفاده شده است. ما چند بار برای مشاهده‌ی میدانی بیشتر مسافت حوضه لای چای را بررسی کردیم و اطلاعات مورد نیاز درباره وضعیت گیاهان و فعالیت‌های انسانی را در منطقه مورد مطالعه و بررسی قرار دادیم و همچنین با استفاده از نقشه کاربری اراضی فایل مدیریت را در حوضه لای چای تشکیل دادیم.

- شیب و آبراهه

شیب در دو فایل باید وارد شود، اولین مورد شیب دامنه که باید در فایل شیب وارد شود و دومین مورد شیب آبراهه است که باید در فایل آبراهه وارد شود. شیب باید به صورت پروفیل طولی وارد شود. برای این کار مسیر آبراهه‌ها و مقطع مناسبی برای هر دامنه در روی نقشه توپوگرافی انتخاب و سپس در محیط GIS اقدام به رسم پروفیل کردیم. انتخاب محل مناسب برای رسم پروفیل شیب دامنه خصوصاً برای دامنه‌های غیرمتقارن مشکل و همراه با خطا می-باشد. همچنین به دلیل کوهستانی بودن حوضه مورد مطالعه تعداد دامنه‌ها زیاد می‌باشد که رسم پروفیل شیب مستلزم صرف زمان زیادی می‌باشد. در فایل شیب از نقشه شیب تهیه شده در محیط GIS استفاده شده است. متوسط شیب حوضه مورد مطالعه ۳۵ درصد می‌باشد.

براساس این مدل حوضه مورد مطالعه دارای ۴۰ زیرحوزه شد البته مدل زیرحوضه‌های بیشتری را انتخاب کرده بود که به دلیل راحتی کار زیرحوضه‌های کوچکتر از یک هکتار به نفع زیرحوضه‌های بزرگتر حذف گردید. در مدل وپ داده‌های مربوط به خاک، اقلیم،مدیریت و

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

شیب حوضه را وارد کردیم. براساس این داده‌ها در حوضه مورد مطالعه ۲ نوع مدیریت و ۳ نوع خاک و ۵ نوع آبراهه توسط مدل تشخیص داده شد. همچنین مقادیر به دست آمده برای فرسایش و رسوب حوضه آبخیز لای چای به صورت جدول(۵)می‌باشد.

جدول (۵). مقادیر به دست آمده برای فرسایش و رسوب حوضه آبخیز لای

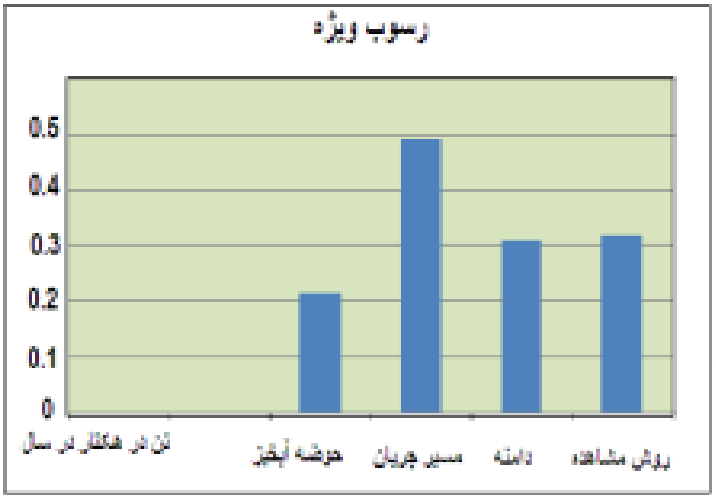
دوره زمانی ۷۸-۷۷	روشهای مدل WEPP			مشاهده‌ای
پارامتر	حوضه آبخیز	مسیرهای جریان	دامنه	
رسوب ویژه (t/ha/year)	۰/۲۱۵	۰/۴۹۱	۰/۳۰۸	۰/۳۱۹
رسوب کل (t/ year)	۳۲۴/۱۴	۷۴۰/۲۶	۴۶۴/۳۶	۵۱۲/۸۸
فرسایش ویژه (t/ha/year)	۰/۳۰۹	۰/۵۸۸	۰/۳۳۴	-
فرسایش کل (t /year)	۴۶۶/۴	۸۸۷/۶	۵۰۳/۶۹	-

توضیح اینکه فرسایش ویژه و کل از روی SDR نسبت تحویل رسوب که برای روشهای حوزه آبخیز، مسیرهای جریان و دامنه به ترتیب ۰/۶۹۵ ، ۰/۸۳۴ و ۰/۹۲۲ تن در هکتار در سال به دست آمده بود حساب گردید. در روش دامنه مدل وپ میزان فرسایش و رسوب در دامنه‌ها و بر روی تپه‌ها محاسبه می‌گردد. در روش حوزه آبخیز میزان فرسایش و رسوب در سطح یک حوضه آبخیز برآورد می‌شود. در روش مسیر جریان میزان فرسایش و رسوب در مسیر حرکت آب در قسمت‌های مختلف برآورد می‌شود. که ما نتایج حاصل از همه روش‌ها را با هم مقایسه کردیم.

SRD = فرسایش/ رسوب

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]



شکل(۳). نمودار میزان رسوب ویژه با روش‌های مختلف مدل وپ در حوضه لای

برای بررسی صحت پیش بینی‌های انجام شده به کمک مدل وپ یکی از مناسب‌ترین روش‌ها، مقایسه اعداد به دست آمده از روش‌های مختلف مدل وپ با عدد مشاهده‌ای بدست آمده از ایستگاه هیدرومتری لای چای می‌باشد. چنان‌چه اعداد برآورد شده در محدوده عدد مشاهده‌ای قرار گرفت، صحت پیش بینی مدل در محدوده مورد اطمینان قرار می‌گیرد (شکل(۳)).

در این مدل میزان فرسایش و رسوب به سه روش دامنه، حوضه آبخیز و مسیر جریان برآورد شده که به ترتیب ۰/۳۰۸، ۰/۲۱۵، ۰/۴۹۱ تن در هکتار در سال می‌باشد. بر این اساس روش دامنه ۰/۳۰۸ تن در هکتار در سال به مقدار روش مشاهده‌ای ۰/۳۱۹ تن در هکتار در سال نزدیکتر بوده و جهت برآورد میزان فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه مناسب می باشد.

نتیجه گیری

خاک یکی از منابع طبیعی پایه‌ای سطح زمین به شمار می‌رود و فرسایش یکی از مشکلات حاد زیست محیطی است که بایستی مورد مطالعه قرار گیرد. در راستای پیش‌بینی و برآورد مقدار فرسایش و رسوب، روش های متعددی وجود دارد، که از جمله این روش‌ها، مدل WEPP می‌باشد، که در سال‌های اخیر مورد استقبال بسیاری از محققان قرار گرفته است. در این تحقیق نیز، میزان فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز لای چای با استفاده از مدل WEPP، برآورد گردیده است. اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل وپ به طور کلی در شش فایل رایانه-ای در مطالعه حاضر تهیه شد، که شامل خاک، اقلیم، مدیریت زراعی، شیب، آبراهه و مخزن

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

است.. براساس مدل وپ در منطقه مورد مطالعه ۳ نوع خاک، ۲ نوع مدیریت، ۵ نوع آبراهه شناسایی شده است و میزان فرسایش و رسوب به سه روش دامنه، حوضه آبخیز و مسیر جریان به ترتیب ۰/۳۰۸، ۰/۲۱۵ و ۰/۴۹۱ تن در هکتار در سال می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده، از بین سه روش مدل WEPP، به دلیل شرایط کوهستانی منطقه، از روش‌های حوضه آبخیز و مسیرهای جریان نتایج نسبتاً درستی حاصل نشد. ولی به دلیل اینکه روش دامنه با شرایط طبیعی حوضه مورد مطالعه تناسب دارد، نسبت به روش‌های حوضه آبخیز و مسیر جریان، به عدد مشاهده‌ای (۰/۳۱۹ تن در هکتار در سال) ،که توسط ایستگاه هیدرومتری سازمان آب منطقه‌ای موجود در حوضه لای چای محاسبه شده است، نزدیکتر بوده و جهت برآورد میزان فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه مناسب می باشد. همچنین با توجه به نتایج تحقیقات مدل وپ در حوضه‌های کوهستانی نتایج نزدیک به واقعیت را ارایه می‌دهد. همچنین، نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که با توجه به سازند زمین‌شناسی با مقاومت کم نسبت به فرسایش، ارتفاع زیاد و کوهستانی بودن حوضه، شیب زیاد و همچنین بارندگی مناسب و فراوانی شبکه آبراهه، حوضه لای چای برای فرسایش خاک مستعد می‌باشد. لذا، باید اقدامات حفاظتی و آبخیزداری در سطح حوضه لای چای انجام گیرد. هم چنین نباید تخریب و کارهای غیر اصولی از قبیل تخریب پوشش گیاهی در اثر تبدیل اراضی مرتعی به زراعی، و کاهش کمی و کیفی پوشش گیاهی در اثر چرای بی‌رویه دام‌ها، کشت دیم در اراضی شیب‌دار، عدم رعایت تناوب زراعی و احداث غیر اصولی جاده انجام گیرد.

منابع و مآخذ

۱. احمدی، حسن. (۱۳۸۶). **ژئومورفولوژی کاربردی جلد اول، فرسایش آبی**، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ۶۸۸ صفحه.

۲. احمدی، حس، جعفری، محمد، گلکارایان، علی، ابریشم، الهام‌السادات، لافن، جان. (۱۳۸۶). **برآورود فرسایش و رسوب با استفاده از مدل WEPP مطالعه موردی حوضه آبخیز بارایه نیشابور**، مجله منابع طبیعی، ش۷۵، ص ۱۶۱-۱۷۲.

۳. رفاهی، حسینقلی. (۱۳۸۵). فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۱۲۶.

۴. سازمان آب منطقه‌ای شهرستان نیر، **داده‌های هیدرومتری ایستگاه لای چای**.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

۵. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، **نقشه توپوگرافی شهرستان نیر** با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، برگ 5566II– سری K753.

۶. سازمان زمین‌شناسی، **نقشه زمین شناسی مشگین شهر** با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.

۷. سازمان هواشناسی استان اردبیل ،**داده های اقلیمی ایستگاه لای.**

۸. صادقلو، مهدی، ساعدی، سیامک، یاراحمدی، جمشید (۱۳۹۰). کاربرد GIS **و مدل** WEPP **در شناسایی، پهنه بندی و ارزیابی عرصه‌های فرسایش و رسوب و ته نشست‌های آن در حوزه صوفی چای**، پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست.

۹. عابدینی، موسی، طولابی، سوسن (۱۳۹۲). **مقایسه کارایی مدل‌های** WEPP **و** EPM **در برآورد فرسایش خاک و میزان رسوب‌دهی حوضه آبخیز سولا چای**،پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۱، صص ۹۶-۷۹.

۱۰. عامری‌خواه، هادی، خادم‌الرسول، عطاله (۱۳۸۸). **بررسی کارایی بهترین گزینه‌های مدیریت آبخیز بر بهبود اراضی و کاهش فرسایش و بار رسوب با استفاده از مدل** WEPP، هشتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه.

۱۱. علیزاده، امین (۱۳۸۶). **هیدرولوژی کاربردی**، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ بیست ویکم، ۸۰۸ صفحه .

۱۲. ابوالفتحی، داریوش، کیانی،مهرداد (۱۳۸۶). **میزان فرسایش خاک و رسوبدهی معادل با میزان سیلاب در حوضه فارسبان با استفاده از** GIS ،نشریه علوم جغرافیایی، جلد ۷، ش ۱۰، ص ۱۵۷-۱۷۲.

Bouaziz, Moncef, Leidiy, Mathias, Gloaguen, Riechard (2011). ***Optimal parameter selection for qualitaive regional erosion risk monitoring :Aremotoe sensing study of sc ethiopia,*** Geosctence fron tiers. 2: 237-245.

Croke, Jacky, Nethery, Mathew (2006). ***Modelling run off and soil erosion in logged forests: scope and application of some existing models***. Catena.67:35-49.

Konz, Nadine, Banninger, Davide., Nearing, Mark, Alewell, christine (2009). ***Doses wepp meet the specificity of soil erosion in steep mountaan regions***, hydrol.earth syst.sci.discuss. 6: 2153-2188.

Pandey, Asish, Chowdary, VM (2008). ***Run off and sediment yield modeling from asmal agricalture watershed in India using the WEPP model***, J. hydrol. 348: 305-319.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

Shen, Zhenyao, Gong, Yinhan, Li, Yang, Hong, Quan, Xu, Lei, Liu, Rui Ming, 2009, ***A Comparison of WEPP and SWAT For Modeling Soil Erosion of the Zhangjiachong Watershed in the Three Gorges Reservoir Area, Agricultural Water Management,*** Vol. 96, No. 10, PP. 1435-1442.

Singh, Raj Kumar, Panda, Rabindra Kumar, Satapathy, Kamala. Kanta, Ngachan, SV., 2011, ***Simulation of Runoff and Sediment Yield From A Hilly Watershed in the Eastern Himalya India Using the WEPP Model***, Journal of Hydrology, Vol. 405, No. 3-4, PP. 261-276.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.9.4] [Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]