

جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۶، بهار ۱۳۹۲

وصول مقاله: ۱۳۹۱/۴/۲۰

تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۱۲/۲۶

صفحات: ۷۵ - ۸۴

## بررسی تأثیر بهینه سازی کاربری اراضی در کاهش فرسایش و رسوب حوضه آبخیز سدّ چم گردلان به کمک GIS

دکتر صالح آرخی<sup>۱</sup>، صالح یوسفی<sup>۲</sup>، قباد رستمی زاد<sup>۳</sup>

### چکیده

امروزه تخریب محیط زیست یکی از مشکلات جوامع انسانی ناشی از مدیریت نامناسب در حوضه‌های آبخیز است. بهینه سازی کاربری اراضی یکی از استراتژی‌های مناسب برای دستیابی به توسعه پایدار و کاهش هدر رفت منابع است. تحقیق حاضر در حوضه آبخیز سد چم گردلان استان ایلام با مساحت ۴۶۸۲۲ هکتار و به منظور تعیین مناسب‌ترین ترکیب کاربری اراضی شامل باغ، کشت آبی، کشت دیم، مرتع و جنگل جهت کمینه سازی فرسایش خاک و رسوب صورت گرفت. با توجه به اهداف مورد نظر در این تحقیق، ابتدا نقشه‌های توپوگرافی، زمین شناسی، شیب، جهت، طبقات ارتفاعی، زمین شناسی و غیره با استفاده از نرم افزار GIS تهیه شد. سپس از روی هم گذاری دو به دوی نقشه طبقات ارتفاعی با جهت و زمین شناسی با شیب، دو نقشه اولیه تهیه و از روی هم گذاری دو نقشه اولیه، نقشه پایه با ۱۹۰ واحد همگن به دست آمد. سپس، نخست با استفاده از مدل EPM مقدار فرسایش و رسوب ویژه در حوضه مورد مطالعه در محیط GIS محاسبه شد و نقشه شدت فرسایش ترسیم گردید. بالاخره، برای بررسی تأثیر بهره برداری مناسب از اراضی در کاهش میزان فرسایش و رسوب در مدل EPM، اقدام به بهینه سازی کاربری اراضی از طریق ارزیابی و آمایش سرزمین گردید. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که اعمال مدیریت مناسب و آمایش می‌تواند به طور کلی میزان فرسایش و رسوب حوضه آبخیز را حدود ۴۰۱۲۷۶ تن در سال (حدود ۵۴٪) کاهش دهد. بنابراین، چنانچه کاربری‌های مناسب و سازگار با شرایط طبیعی و محیطی و با هدف استفاده بهینه از طبیعت ارائه و انتخاب شوند، فرسایش در آبخیز مورد مطالعه و در نهایت رسوب تولید شده در حوضه به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. کلید واژگان: بهینه سازی کاربری اراضی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، فرسایش و رسوب، حوضه آبخیز سدّ چم گردلان.

1- استادیار گروه جغرافیا و سیستم های اطلاعات، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان ( نویسنده مسؤل )

2- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور

3- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه تهران

## مقدمه

با توجه به اهمیت منابع آبی در کشور ایران، لازم است از منابع آب شیرین از جمله سدها بیشتر محافظت گردد. یکی از مهمترین روش‌های حفظ این منابع آبی، انجام مدیریت صحیح در جهت کاهش فرسایش و تولید رسوب می‌باشد که لازمه آن آگاهی از مقدار رسوب زایی در حوضه بالا دست سدها است. نوع و شدت فرسایش خاک در یک منطقه تابع عوامل مختلفی همچون شرایط اقلیمی، پستی و بلندی، نوع خاک و کاربری اراضی می‌باشد. در این میان، اهمیت کاربری اراضی به دلیل نقش مؤثر انسان در آن نسبت به دیگر عوامل زیادتر است. به عبارت دیگر، نوع بهره برداری از اراضی عامل بسیار مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوضه‌های آبخیز به شمار می‌رود (کاساس، ۱۹۸۳: ۱۳-۲). در کشور ایران، به دلیل عدم توجه به مسأله قابلیت و تناسب کاربری زمین، بیشتر اراضی به صورت نامناسب و نامعقول مورد استفاده قرار می‌گیرند که این استفاده نادرست، فرسایش و رسوب حوضه‌های آبخیز را بشدت افزایش می‌دهد. در زمینه بررسی تغییر کاربری و نقش آن بر روی فرسایش و رسوب مطالعات زیادی صورت گرفته است.

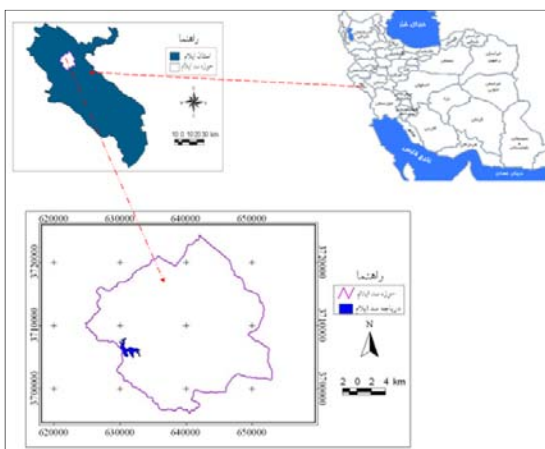
چیپی (۱۳۷۷: ۱۸۵) در تحقیقی که در حوضه سد شلاق سندانج انجام داده، نشان داده است که اراضی زراعی حوضه که ۸/۳۴ درصد سطح حوضه را شامل می‌شوند، دارای کاربری نامناسب هستند و با توانایی‌های بالقوه حوضه منطبق نمی‌باشند و اگر مراتع مخروبه و فقیر احیا و اراضی زراعی حوضه تبدیل به مرتع شوند، فرسایش و رسوب حوضه آبخیز حدود ۳۵ درصد کاهش خواهد یافت. غفاری (۱۳۷۷: ۳۴۴-۳۲۴) از مطالعات خود بر روی حوضه آبخیز رودخانه علای مرودشت نتیجه گرفت که تبدیل بی‌رویه اراضی مرتعی و جنگلی به کشاورزی و سایر مصارف غیر اصولی منجر به افزایش فرسایش و تولید رسوب به میزان ۱۵ درصد

شده است. نبی‌پی لشکریان (۱۳۷۹: ۱۲۲) اقدام به بررسی آثار تغییر کاربری اراضی بر میزان فرسایش خاک و رسوب در حوضه آبخیز ماسوله گیلان نمود. او با کاربرد مدل‌های MPSIAC و EPM، رسوب دهی حوضه را در شرایط کاربری اراضی فعلی و آتی (متناسب با استعداد اراضی) مقایسه نمود. نتایج حاصل از این دو مدل نشان داد که در صورت اصلاح و احیای پوشش گیاهی و استفاده از اراضی بر اساس استعداد خاک‌ها، فرسایش ویژه در مدل MPSIAC به میزان ۹/۲۳ در صد و در مدل EPM به میزان ۲۲/۹۸ در صد کاهش خواهد یافت. وی همچنین مشخص کرد که شدت فرسایش در اراضی با کاربری زراعت دیم به مراتب بیشتر از سایر کاربری‌ها است. دهدار درگاهی و مخدوم (۱۳۷۹: ۳۴-۲۵) به آمایش سرزمین حوضه-های جنگلی ارسباران پرداختند. آنها بعد از شناسایی منابع اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی، تهیه نقشه‌های مربوط و تجزیه و تحلیل داده‌ها به شیوه سیستمی، نقشه یگان‌های زیست محیطی را تهیه کردند و با استفاده از مدل‌های اکولوژیکی ویژه، توان منطقه را برای کاربری‌های فاریاب، دیم، مرتع داری، جنگل داری حمایتی، جنگل کاری، توریست گسترده و متمرکز و حفاظت به ترتیب: ۵/۳۸، ۱/۳۲، ۱۷/۴۳، ۱۵/۱۷، ۲/۱۳، ۲۸/۴۷، ۰/۰۱، ۳۰/۰۹ درصد تعیین کردند. فتح الهی (۲۰۰۰: ۱۳۵) در تحقیقی در مورد استفاده نامناسب از اراضی در سال‌های مختلف و تأثیر آن بر میزان رسوب دهی و نیز خصوصیات فیزیکی و فرسایش پذیری آنها در حوضه آبخیز بازفت در استان چهار محال و بختیاری نشان داد که تغییر کاربری اراضی در عرصه‌های منابع طبیعی نظیر جنگل، مرتع و مرتع مشجر به کاربری‌های دیگر که کشت و کار نقش اساسی را در آنها ایفا می‌کند، موجب کاهش کیفیت خاک می‌گردد و خاک سطحی را در برابر فرسایش حساس می‌کند. محفوظی و همکاران (۱۳۸۰: ۱۰۸-)

به اراضی کشاورزی تأثیر معنی داری بر افزایش میزان فرسایش خاک دارد. اولگا تزورتکاوا (۲۰۰۷: ۱۵۳) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود در خصوص بررسی دینامیک مکانی و زمانی آثار کاربری اراضی بر روی حوضه آبخیز رودخانه استون بلک<sup>۱</sup> آمریکا و ۱۱۵ زیر حوضه دیگر در محیط GIS و با استفاده از مدل SWAT نشان داد که تغییرات کاربری اراضی بر روی منابع آب، محیط زیست و جوامع انسانی آثاری کوتاه مدت و دراز مدت دارد. وی بررسی تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی فرسایش و رسوب در حوضه های آبخیز را تضمینی برای استانداردهای کیفی آب در جهت کمک به کاهش فرسایش و رسوب حوضه دانست. دمیر و همکاران (۲۰۰۸: ۶۲۳-۶۲۶) در مطالعه ای پیرامون ارزیابی پایدار کاربری اراضی دره ایرمندر در شمال شرقی کشور ترکیه (استان ترابوزان)، به این نتیجه رسیدند که مسأله توسعه مناطق روستایی و شهری در حوضه آبریز رودخانه مورد مطالعه در اثر بارگذاری های جمعیتی و توسعه صنعتی، نیاز به تعیین کاربری های اراضی بهینه را ضروری ساخته است. آنها دریافتند طیف وسیعی از فعالیت های سازندگی با طرح های اصولی و پایدار در تعارض هستند. در پایان، نامبردگان پیشنهاد کردند طرح های مدونی برای احیا و بازسازی منطقه با الزامها و محدودیت های قانونی و سیاست های جایگزینی اجرا گردد. اهداف این تحقیق عبارتند از: تعیین میزان فرسایش و رسوب هر یک از انواع مختلف کاربری های اراضی با استفاده از مدل تجربی EPM، تهیه نقشه کاربری اراضی موجود و بهینه حوضه مورد مطالعه، تهیه نقشه فرسایش و رسوب موجود و بهینه حوضه و پیشنهاد بهره برداری مناسب از اراضی برای کاهش فرسایش و رسوب.

۹۹) با استفاده از GIS به آمایش سرزمین حوضه آبخیز دادقان تفرش پرداختند و تناسب اراضی را برای کاربری های مختلف معین کردند و به ارائه راهکارهای مدیریتی پرداختند. تجوانی (۱۹۸۰: ۱۵۷-۱۲۰) اثر کاربری اراضی بر روی فرسایش را در شیب های مختلف در مناطق مختلف هندوستان آزمایش کرد و نتیجه گرفت که پوشش گیاهی طبیعی و گراس های طبیعی در قیاس با اراضی کاشته شده شامل گندم، جو و ذرت از هدر رفت خاک کمتری برخوردار است. مورگان (۱۹۸۰: ۴۷-۲۴) بر اساس مطالعه ای روی فرسایش خاک در انگلستان دریافتند که کاربری اراضی کشاورزی، کنترل مهمی روی منبع و مقدار رسوب رودخانه دارد. همچنین او نتیجه گرفته است که تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی باعث تشدید فرسایش در مقیاس وسیع می شود و نوع کاربری اراضی کنترل مهمی روی منبع و مقدار رسوب رودخانه دارد. توان (۱۹۸۹: ۱۲۹-۱۲۱) در تایوان اثر کاربری اراضی را بر ضریب هرزآب و تولید رسوب در ۴ حوضه کوچک مطالعه کرد و نتیجه گرفت که در هر واحد ارضی، با افزایش درجه بهره برداری از اراضی، ضریب هرزآب ناخالص و ضریب هرزآب پیک و تولید رسوب زیاد می شود. تمام این ضرایب وقتی که عملیات حفاظت خاک به وسیله پوشش گیاهی انجام شود، کاهش می یابند. او همچنین ثابت کرد که وقتی در عملیات حفاظت خاک از پوشش طبیعی یا پوشش مصنوعی استفاده شود، مقدار تولید رسوب به طور معنی داری کم می شود. ماول و همکاران (۱۹۹۳: ۳۷۵-۳۷۰) مطالعه ای را در کشور قزاقستان انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که تغییر و تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی و اراضی شخم خورده باعث کاهش شدید حاصل خیزی خاک مخصوصاً مقدار هوموس خاک شده است. ونیامپی و همکاران (۲۰۰۲: ۴۹۴-۴۸۱) در بلژیک اظهار داشتند، تغییرات جزئی کاربری از جنگل

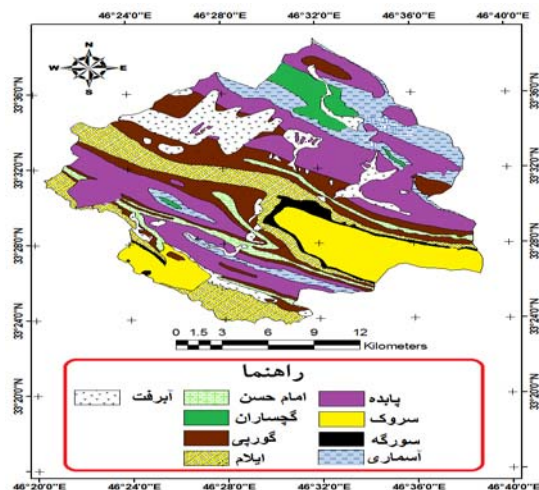
<sup>۱</sup> . Black Stone



شکل ۱: موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه  
مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۸۸

### روش تحقیق

برای تهیه نقشه شدت فرسایش و برآورد میزان رسوب تولید شده در حوضه آبخیز سد چم گردلان، اقدام به تهیه نقشه‌های پایه مورد نیاز گردید. این نقشه‌ها شامل نقشه زمین شناسی، نقشه اشکال فرسایش و نقشه کاربری اراضی است و نقشه شیب اراضی از روی DEM منطقه به دست آمد (شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵).



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی حوضه آبخیز سد چم گردلان  
مأخذ: شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری  
(زمین شناسی)، ۱۳۷۷

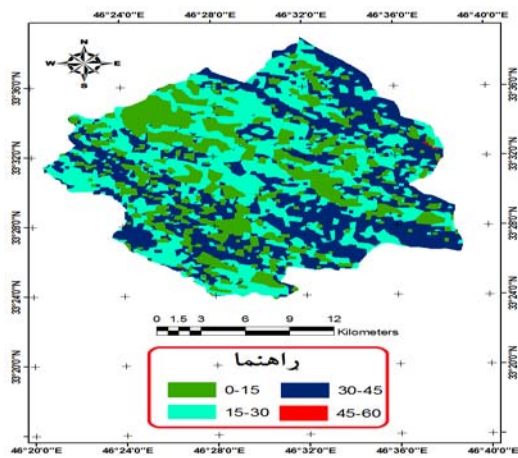
### مواد و روش‌ها

#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

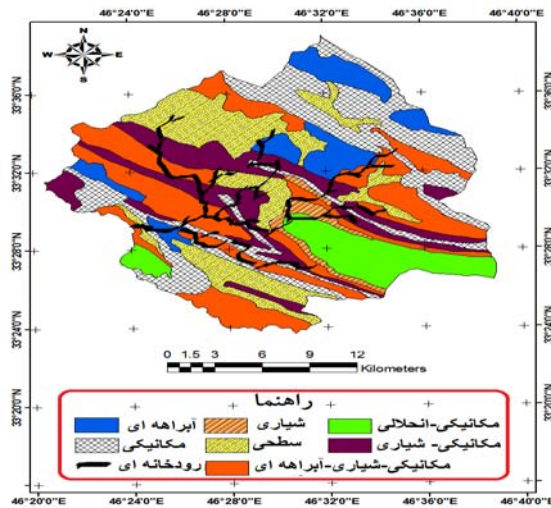
حوضه آبخیز سد چم گردلان در شرق شهرستان ایلام قرار دارد و از لحاظ تقسیمات سیاسی جزو محدوده شهرستان‌های ایلام و مهران محسوب می‌شود و دارای مختصات جغرافیایی  $30^{\circ} 20' 46''$  تا  $33^{\circ} 39' 33''$  طول شرقی و  $32^{\circ} 23' 33''$  تا  $51' 38''$  عرض شمالی است. مساحت حوضه برابر با  $46822$  هکتار برآورد شده است (شکل ۱). حداقل ارتفاع منطقه مورد مطالعه  $640$  متر در بخش جنوبی و خروجی حوضه و حداکثر ارتفاع حوضه در کوه قلارنگ واقع در شمال حوضه  $2590$  متر می‌باشد.

از لحاظ شرایط اقلیمی، این منطقه جزو مناطق نیمه خشک (اقلیم مدیترانه‌ای) با متوسط بارندگی  $592/78$  میلی‌متر در سال است. مهم‌ترین رود در این حوضه رودخانه کنجانچم می‌باشد که از اتصال دو رودخانه چاویز و گل گل تشکیل شده است و سد چم گردلان نیز بر روی رودخانه کنجانچم احداث شده است. پابده، سورک، سورگه، امام حسن، گجساران، گوربئی، آسماری و ایلام آبرفت زمین شناسی حوضه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد.

شیب متوسط حوضه برابر با  $30$  در صد است و انواع فرسایش‌ها از جمله سطحی، شیلی، آبراهه‌ای و خندقی در حوضه مشاهده می‌شوند. حوضه آبخیز سد چم گردلان بر اساس شاخه‌های اصلی، تراکم آبراهه و وسعت محدوده به شش زیر حوضه  $A_1$ ،  $A_2$ ،  $A_3$ ،  $A_4$ ،  $A_5$  و  $A_6$  تقسیم بندی شده است (نپتا، ۲۰۰۱).



شکل ۵: نقشه شیب حوضه آبخیز سد چم گردلان  
مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۸۸



شکل ۳: نقشه اشکال فرسایش حوضه آبخیز سد چم گردلان  
مأخذ: شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (فرسایش و رسوب)، ۱۳۷۷

به منظور برآورد میزان رسوب دهی حوضه با استفاده از مدل EPM، عوامل مؤثر در رسوب دهی مدل EPM شامل ضریب فرسایش، ضریب استفاده از زمین، ضریب حساسیت سنگ و خاک، شیب متوسط و ضریب رسوب دهی زیرحوضه‌ها، ارزیابی و امتیازبندی شدند و با استفاده از فرمول زیر میزان تولید رسوب زیرحوضه‌ها برآورد گردید (گاوارلویک، ۱۹۸۸: ۲۰-۱۸).

$$G_{sp} = W_{sp} \times Ru \quad (1)$$

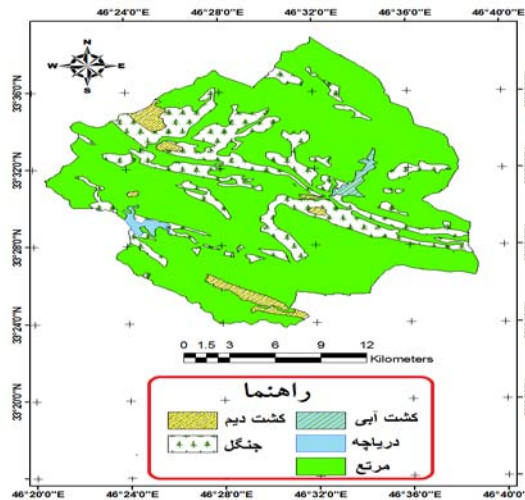
در این رابطه:

$G_{sp}$  = تولید رسوب، متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال  
 $W_{sp}$  = فرسایش ویژه، متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال  
 $Ru$  = ضریب رسوب دهی حوضه که از رابطه زیر به دست می آید (گاوارلویک، ۱۹۸۸: ۲۰-۱۸):

$$Ru = 4 \times (O \times D)^{1/2} [L + 10] \quad (2)$$

در این رابطه:

$O$  = محیط حوضه، کیلومتر مربع  
 $L$  = طول حوضه آبخیز، کیلومتر  
 $D$  = اختلاف ارتفاع بین ارتفاع متوسط و ارتفاع نقطه خروجی حوضه، کیلومتر



شکل ۴: نقشه کاربری فعلی حوضه آبخیز سد چم گردلان  
مأخذ: مطالعات نویسندگان، ۱۳۸۸

(آزمون  $t$  یک نمونه‌ای) قرار گرفتند و میزان همخوانی رقم مربوط به مدل با مقدار رسوب ایستگاه رسوب سنجی مورد بررسی قرار گرفت. سپس، به روش سیستمی (مخدوم، ۲۰۰۵: ۲۹۶) اقدام به ارزیابی و به روش کمی (مخدوم، ۲۰۰۵: ۲۹۶) اقدام به آمایش حوضه مورد مطالعه و تعیین کاربری‌های متناسب با توان منطقه شد. نقشه جدید به دست آمده برای بار دوم وارد مدل EPM گردید و دوباره نقشه شدت فرسایش منطقه و میزان رسوب سالانه محاسبه گردید.

### نتایج

نتایج به دست آمده از کاربرد مدل EPM برای کاربری‌های فعلی حوضه و پارامترهای محاسبه شده برای زیرحوضه‌ها و کل حوضه در جدول (۱) آمده است. همچنین، شکل (۶) نقشه شدت فرسایش به دست آمده برای کاربری‌های فعلی را نشان می‌دهد. محاسبه کل رسوب ایستگاه رسوب سنجی و مقایسه آن با نتایج حاصل از مدل نشان داد که در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد و این موضوع صحت استفاده از مدل را برای منطقه نشان می‌دهد (جدول ۲).

برای بررسی نقش استفاده بهینه از اراضی در کاهش فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز سد چم گردلان از روش ارزیابی سیستمی (مخدوم، ۲۰۰۵: ۲۹۶) و آمایش به روش کمی (مخدوم، ۲۰۰۵: ۲۹۶) استفاده شد و کاربری‌های متناسب با توان تولیدی منطقه تعیین شدند (شکل ۷). سپس با قرار دادن این نقشه جدید در مدل و محاسبه مجدد میزان فرسایش و رسوب حوضه آبخیز مورد مطالعه، نتایج زیر به دست آمد که در جدول (۳) آمده است و شکل (۸) نقشه شدت فرسایش کاربری آتی را نشان می‌دهد.

مقدار  $W_{sp}$  از رابطه زیر به دست می‌آید (گاوارلوپیک، ۱۹۸۸: ۲۰-۱۸):

$$W_{sp} = T.H.Z^{2/3}.\pi \quad (۳)$$

که در آن:

$H$  = بارندگی متوسط سالانه، میلی‌متر

$Z$  = ضریب فرسایش که از رابطه زیر به دست می‌آید (گاوارلوپیک، ۱۹۸۸: ۲۰-۱۸):

$$Z = Y.Xa(\psi + I^{1/2}) \quad (۴)$$

که در آن  $Y$ ،  $Xa$  و  $\psi$  به ترتیب امتیاز عامل حساسیت خاک و سنگ، عامل استفاده از زمین و عامل فرسایش هستند که بر اساس جداول مربوط به مدل در هر زیر حوضه اختصاص داده شده‌اند.

$I$  = عامل شیب زمین، درصد

$\pi$  = عدد پی برابر ۳/۱۴

$T$  = ضریب درجه حرارت که از رابطه زیر به دست می‌آید (گاوارلوپیک، ۱۹۸۸: ۲۰-۱۸):

$$T = (t/10 + 0.1)^{1/2} \quad (۵)$$

که در آن  $t$  میانگین درجه حرارت سالیانه بر حسب درجه سانتیگراد است.

میزان رسوب تولید شده در حوضه بر حسب تن در سال با استفاده از رسوب ویژه و با در نظر گرفتن جرم مخصوص رسوبات حوضه به دست آمد. برای مقایسه رسوب برآورد شده توسط مدل تجربی با ایستگاه رسوب سنجی واقع در خروجی حوضه، بار معلق و بار بستر مورد استفاده قرار گرفت. بار معلق به صورت متوسط سالانه دوره آماری و بار بستر با استفاده از نسبت‌های معمول آن نسبت به بار معلق محاسبه شد و برای کل حوضه آبخیز سد چم گردلان تعیین گردید. رسوب متوسط سالانه حوضه آبخیز مورد مطالعه نیز از مدل تجربی EPM برآورد گردید. آنگاه اعداد به دست آمده از ایستگاه رسوب سنجی و مدل تجربی با یکدیگر مقایسه شدند و در نرم‌افزار SPSS مورد آزمون آماری

جدول ۱: ضریب شدت فرسایش، میانگین فرسایش سالانه، ضریب رسوب دهی، رسوب ویژه در سطح زیرحوضه و کل حوضه در شرایط کاربری فعلی

Gsp (تن در سال)	Gsp (متر مکعب در کیلو متر مربع در سال)	Ru	Wsp (متر مکعب در کیلو متر مربع در سال)	$Z^{1/5}$	Z	مساحت (کیلو متر مربع)	زیرحوضه
۴۰۰۷۱۵/۸۸	۲۳۱۹/۶۴	۰/۹۱	۲۵۴۰/۳۴	۱/۰۴	۱۱/۰۳	۱۳۲/۸۸	۱A
۴۸۷۰۳/۳۵	۴۳۵/۸۲	۰/۲۹	۱۵۲۳/۹۳	۰/۶۳	۰/۷۳	۸۵/۹۶	۲A
۱۲۵۳۷۷/۷۲	۱۴۰۰/۵۴	۰/۸۵	۱۶۴۳/۸۵	۰/۶۸	۰/۷۷	۶۸/۸۶	۳A
۵۹۱۸۴/۱۸	۱۰۸۴/۱۹	۰/۶۸	۱۶۰۰/۸۷	۰/۶۶	۰/۷۶	۴۱/۹۹	۴A
۱۱۶۷۷۸/۶۹	۱۲۷۷/۶۰	۰/۸۱	۱۵۷۴/۷۱	۰/۶۵	۰/۷۵	۷۰/۳۱	۵A
۱۳۰۱۱۲/۱۳	۱۴۶۷/۳۶	۰/۸۶	۱۶۹۸/۲۸	۰/۷۰	۰/۷۹	۶۸/۲۱	۶A
۸۸۰۸۷۱/۹۵	۱۶۸۶/۱۴	۰/۹۳	۱۸۰۵/۵۹	۰/۷۴	۰/۸۲	۴۶۸/۲۲	کل حوضه

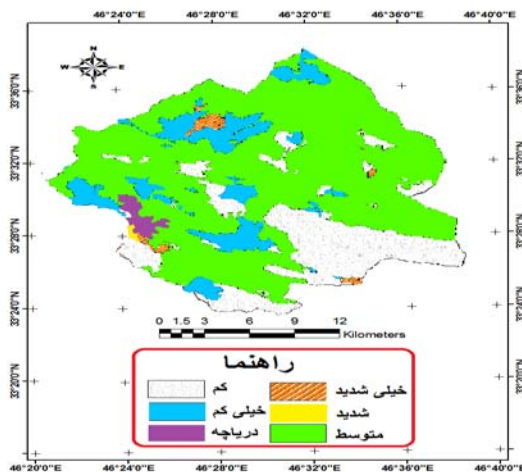
مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۸۱

جدول ۲: بار معلق و بار بستر

۶۳۲۳۶۱/۲	متوسط بار معلق در طول دوره آماری (تن در سال)
۱۵۸۰۹۰/۳	متوسط بار بستر در طول دوره آماری (تن در سال)
۷۹۰۴۵۱/۵	مجموع بار کل رسوبی (تن در سال)

$$\text{تن در هکتار } ۱۶/۵۸ = ۴۷۶۷۵ \div ۷۹۰۴۵۱/۵$$

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۸۱

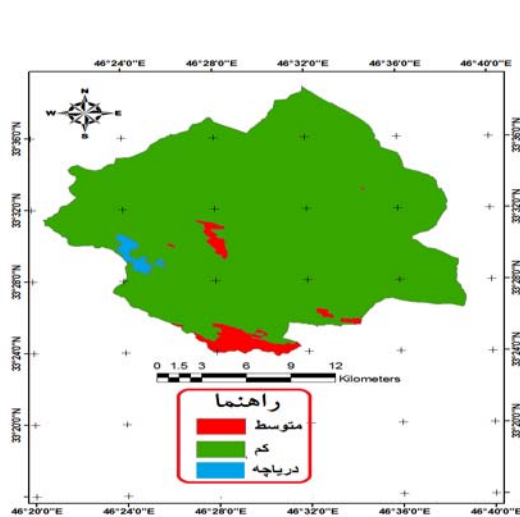


شکل ۶: نقشه شدت فرسایش در شرایط کاربری های فعلی

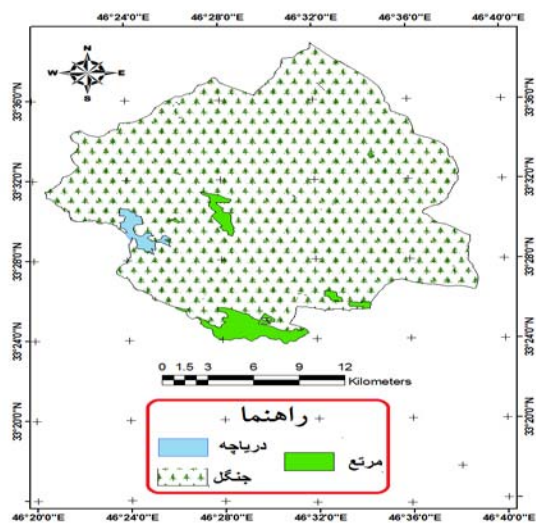
مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۸۱

جدول ۳: ضریب شدت فرسایش، میانگین فرسایش سالانه، ضریب رسوب دهی، رسوب ویژه در سطح زیر حوضه و کل حوضه در شرایط

کاربری آبی							
Gsp (تن در سال)	Gsp (متر مکعب در کیلو متر مربع در سال)	Ru	Wsp (مترمکعب در کیلو متر مربع در سال)	$\frac{1}{5}Z$	Z	مساحت (کیلو متر مربع)	زیرحوضه
۲۸۵۹۶۴/۱۶	۱۶۵۵/۳۸	۰/۹۱	۱۸۱۲/۸۷	۰/۷۴	۰/۸۲	۱۳۲/۸۸	۱A
۳۵۰۳۱/۴۵	۳۱۳/۴۸	۰/۲۹	۱۰۹۶/۱۳	۰/۴۵	۰/۵۹	۸۵/۹۶	۲A
۵۳۳۵۷/۴۷	۵۹۶/۰۳	۰/۸۵	۶۹۹/۵۸	۰/۲۹	۰/۴۴	۶۸/۸۶	۳A
۲۲۹۱۴/۸۷	۴۱۹/۷۸	۰/۶۸	۶۱۹/۸۲	۰/۲۵	۰/۴۰	۴۱/۹۹	۴A
۴۴۹۰۷/۴۱	۴۹۱/۳۰	۰/۸۱	۶۰۵/۵۶	۰/۲۵	۰/۴۰	۷۰/۳۱	۵A
۳۷۴۱۹/۹۰	۴۲۲/۰۱۱	۰/۸۶	۴۸۸/۴۲	۰/۲۰	۰/۳۴	۶۸/۲۱	۶A
۴۷۹۵۹۵/۲۶	۷۸۳/۱۶	۰/۹۳	۸۳۸/۶۴	۰/۳۴	۰/۴۹	۴۶۸/۲۲	کل حوضه



شکل ۸: نقشه شدت فرسایش کاربری آبی  
مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۸۸



شکل ۷: نقشه کاربری‌های آبی به‌دست آمده از روش بهینه  
سازی کاربری اراضی  
مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۸۸



### نتیجه گیری

این تحقیق به منظور بهینه سازی استفاده از اراضی در حوضه آبخیز سدّ چم گردلان برای دستیابی به هدف کمینه سازی فرسایش خاک و رسوب که استفاده پایدار از منابع آب و خاک را به دنبال دارد، انجام گرفته است. به منظور دستیابی به پراکنش مناسب کاربری ها طبق شرایط استاندارد و نیل به اهداف مورد نظر با در نظر گرفتن شرایط استاندارد کاربری های مختلف و اعمال محدودیت های موجود در منطقه، روش سیستمی (مخدوم، ۲۰۰۵: ۲۹۶) برای حل بهینه مسأله مطرح گشت و در حوضه آبخیز سدّ چم گردلان اجرا شد. بررسی میزان رسوب برآورد شده از طریق مدل تجربی EPM و مقایسه آن با رسوب سالانه برآورد شده ایستگاه خروجی حوضه از طریق آزمون آماری روشن نمود که دقت مدل در این حوضه قابل اعتماد است. نتایج به دست آمده توسط دادخواه و نجفی نژاد (۱۳۷۶: ۷۶-۸۵) در حوضه آبخیز سدّ لتیان و نتایج به دست آمده از سوی پیشداد سلیمان آباد و همکاران (۱۳۸۶: ۱۴۹-۱۴۲) در حوضه آبخیز چراغ ویس در شهرستان سقز، این نتیجه را تأیید می کند. در این تحقیق نتایج مطالعات رسوب و آمار دبی، تجزیه و تحلیل گردید و با نتایج حاصل از مطالعه مدل یاد شده، مقایسه شد. میزان کلّ رسوب تولیدی حوضه با روش تجزیه و تحلیل آمار واقعی ۱۶/۵۸ تن در هکتار (اعظمی، ۱۳۸۰: ۸۳؛ عسگری و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۰-۲۹) در سال برآورد شد که با میزان کلّ رسوب تولیدی حوضه در مدل EPM معادل ۱۸/۸۱ تن در هکتار در سال تقریباً فاصله اندکی دارد. بنابراین در شرایط حاضر، این مدل برای حوضه مورد مطالعه کارایی دارد. نتایج نشان می دهد که میزان رسوب تولید شده با کاربری های فعلی برای کلّ حوضه برابر با ۸۸۰۸۷۱ تن در سال است که زیرحوضه A1 دارای بیشترین فرسایش ویژه سالانه و زیرحوضه A2 دارای کمترین فرسایش ویژه سالانه می باشد. به طور کلی با توجه به میزان رسوب به دست آمده از مدل برای کلّ حوضه این نتیجه حاصل می شود که فرسایش پذیری حوضه آبخیز مورد مطالعه به دلایل حساسیت زیاد سازندهای تشکیل دهنده آن به فرسایش، پوشش گیاهی ضعیف و تخریب شده، توسعه اشکال

فرسایشی از جمله فرسایش سطحی، شیاری، آبراهه ای و خندقی و در بعضی مناطق نیز عدم تناسب بین توان منطقه و کاربری فعلی آن، زیاد است. نتایج این تحقیق موافق مطالعات جهان سیر (۱۳۸۰: ۱۱۳) و پیشداد سلیمان آباد و همکاران (۱۳۸۶: ۱۴۹-۱۴۲) و بر خلاف نظر رینارد و استون (۱۹۸۲)، خداریمی (۱۳۸۴) و بیات (۱۳۸۷) می باشد. بعد از تعیین کاربری های بهینه برای حوضه آبخیز سدّ چم گردلان، نقشه آمایشی پیشنهادی جهت محاسبه مجدد فرسایش و رسوب وارد مدل EPM گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که اجرای نقشه آمایشی، رسوب تولید شده را در حوضه آبخیز مورد مطالعه به میزان ۴۰۱۲۷۶ تن در سال (حدود ۵۴٪) کاهش می دهد. این کاهش نشان دهنده اهمیت استفاده مناسب از اراضی است. بنابراین، نتایج تحقیق نشانگر دوری شرایط موجود کاربری اراضی از شرایط بهینه در جهت دستیابی به مقدار کمینه فرسایش و انجام تدابیر مناسب مدیریتی در خصوص تغییر و اصلاح کاربری های موجود است. نتایج به دست آمده توسط محمودزاده (۱۳۷۶: ۳۰-۲۵) در منطقه سیدنی استرالیا، غفاری (۱۳۷۷: ۳۴۴-۳۲۶) در آبخیز رودخانه علای مرودشت، نیک کامی (۱۳۸۱: ۸۹-۸۲) در سیاه رود، مورگان (۱۹۸۹: ۴۷-۲۴) در کشور انگلستان، ونیامپی و همکاران (۲۰۰۲: ۴۹۴-۴۸۱) و پیشداد سلیمان آباد و همکاران (۱۳۸۶: ۱۴۹-۱۴۲) در حوضه آبخیز چراغ ویس این نتیجه را تأیید کردند.

### منابع و مآخذ

- ۱- اعظمی، ایاد (۱۳۸۰). تعیین روش مناسب برای تخمین بار معلق رسوب درحوضه آبخیز سد ایلام. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۲- بیات، ر (۱۳۸۷). بررسی کارایی مدل های EPM و MPSIAC در برآورد رسوب حوزه طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
- ۳- پیشداد سلیمان آباد، لایلا؛ نجفی نژاد، علی؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول و خالدیان، حسین (۱۳۸۶). بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک درحوضه آبخیز چراغ ویس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

- استان چهار محال و بختیاری، پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۱۵- محفوطی، م؛ درویش صفت، ع و مخدوم، م (۱۳۸۰). آمایش سرزمین حوزه آبخیز دادقان تفرش با استفاده از GIS، محیط‌شناسی، تابستان ۱۳۸۰، ۲۷: ۹۹-۱۰۸.
- ۱۶- محمود زاده، آ (۱۳۷۶). بررسی رابطه رسوب تولیدی و کاربری زمین. مجله جنگل و مرتع. ۳۶: ۲۵-۳۰.
- ۱۷- مخدوم، مجید (۱۳۸۴). شالوده آمایش سرزمین. چاپ ششم. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۸- نبی بی لشکریان، سعید (۱۳۷۹). بررسی اثرات کاربری اراضی در فرسایش خاک و رسوبدهی حوزه آبخیز ماسوله رودخان در گیلان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۱۹- نیک کامی، د (۱۳۸۱). بهینه سازی مدیریت فرسایش خاک درحوزه آبخیز دماوند. مجله پژوهش‌وسازندگی. ۵۴: ۸۹-۸۲.

- 20-Demir, Y.M., Atasoy, M., Bayrak, T., and Biyik, C (2008). Evaluating Sustainable Land Use for the De Irmendere Valley: A Case Study From Northeastern Turkey. 14:626-633.
- 21-Gavrilovic, Z (1988). The use of an empirical method(erosion potential method) for culculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams. Proceeding of International Conference on River Regime, England. 18-20.
- 22-Kassas, M (1983). The Global biosphere: Conservation for survival. Mazingira. 7(2):2-13.
- 23-Maul, Y., Garmalov, V., and Rikoon, J.S (1993). Soil Conservation and Agriculture Land Use Issues in Kazakhstan. Journal of Soil and Water Consevatin.48 (5).
- 24-Morgan, R.P.C (1980). Soil erosion and conservation in Britain. Progress in Physical Geography. 4:24-47.
- 25-Olga Tsvetkova, A (2007). Spatial and Temporal Dynamics of Land Use Impacts on Water Quality in Watershed Systems, Novgorod State University, Russia, M.Sc thesis, University of Massachusetts Amherst.
- 26-Renard K.G. and Ston. J.J. 1982.Sediment yield from small semiarid rangeland watersheds. USDA-SEAARM, Western Series-No.26.
- 27-Tejwani, K.G (1980).Soil and Conservation In: Handbook of Agriculture, Indian council of Agriculture Research, New Delhi.120-157.
- 28-Tuan, C.H (1989). Runoff Coefficient and Sediment Yield in Small Watershed under Land Use Changes in Taiwan. Proceeding of the International Conference on Channel Flow and Catchments Runoff. Uni. of Virginia. Charlottesville VA.
- 29-Venyampe, A.J., Govers, G., and Puttemans, C (2002). Modeling Land Use changes and their impact on soil erosion and sediment supply to rivers. Journal of Earth Surface Processes and La.

- (GIS). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد پانزدهم، شماره اول، ۱۵ (۱): ۱۴۲-۱۴۹.
- ۴- جهان سیر، ر (۱۳۸۰). مطالعه اثرات خطر فرسایش خاک (مدل فانو) روی مقدار فرسایش خاک با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۵- چپی، کامران (۱۳۷۷). بررسی نوع و میزان فرسایش در رابطه با مدیریت بهره برداری از اراضی و تعیین سهم رسوبدهی به منظور بهینه سازی کاربری اراضی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- خدارحیمی ر. (۱۳۸۴). بررسی کارآیی روش‌های تجربی EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز خارستان فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.
- ۷- دادخواه، م و نجفی نژاد، ع (۱۳۷۶). کارایی مدل ای. پی. ام در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز لتیان. منابع طبیعی ایران. ۵۰ (۱): ۴۹-۶۰.
- ۸- دهدار، درگاهی و مخدوم، م (۱۳۷۹). آمایش سرزمین حوزه‌های جنگلی-ارسباران، محیط‌شناسی، زمستان ۱۳۷۹، ۲۵-۳۴: (۲۶).
- ۹- شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۷۷). مطالعه زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی حوضه آبخیز چم گردلان جلد ۱.
- ۱۰- شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری (۱۳۷۷). مطالعه خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، فرسایش رسوب حوضه آبخیز چم گردلان، جلد سوم.
- ۱۱- شرکت مشاوره‌های نیپتا (۱۳۸۰). پروژه تفصیلی حوزه آبخیز سد ایلام. سازمان جهاد کشاورزی استان ایلام.
- ۱۲- عسگری، شمس اله؛ ثروتی، محمدرضا و جعفری، محمدرضا (۱۳۸۷). برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه سد ایلام با استفاده از مدل MPSIAC. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۶۴.
- ۱۳- غفاری، علیرضا (۱۳۷۷). اثر کاربری اراضی در فرسایش و رسوب رودخانه علاء مرودشت. مجموعه مقالات و سخنرانی‌های سمینار علمی بررسی سیاست‌ها و روش‌های بهینه بهره برداری از اراضی، تهران، معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی.
- ۱۴- فتح الهی، ح (۱۳۷۹). استفاده نامناسب از اراضی در سال‌های مختلف و تأثیر آن بر میزان رسوب دهی، خصوصیات فیزیکی و فرسایش پذیری آنها در حوزه آبخیز بازفت در