

یکی از بزرگترین مشکلات منابع طبیعی، مسئله فرسایش خاک است. با از دست رفتن خاک مهمترین منبع تولید ما به احتیاج بشر از زمین می رود که جبران این امر غیر ممکن است. جهت شناسایی دقیق عوامل تخریب خاک نیاز به اطلاعات پایه دقیق می باشد، امروزه وجود سیستم های ابزار دقیق و مدل های مختلف این توانایی و ابزار را در اختیار انسان قرار داده اند که بتوان با استفاده از آن اطلاعات پایه را ذخیره و در صورت نیاز با بازیابی نمود. در این مقاله با استفاده از مدل پسیاک (P.S.I.A.C) و قابلیت های سیستم GIS اراضی زیرسحوزه آبخیز تهم چای از نظر فرسایش و رسوبزایی مورد ارزیابی و بررسی قرار می گیرند. بدین منظور از تلفیق مدل پسیاک (P.S.I.A.C) و

## تعیین شدت فرسایش و رسوبزایی اراضی در حوزه آبخیز تهم چای با استفاده از مدل پسیاک و GIS

پرویز عبیدی

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات منابع طبیعی استان زنجان

محمد رضا حسینی

کارشناس ارشد آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس

از طریق رسوب مواد در آبراه ها، مخازن، سد ها، بنادر و کاهش ظرفیت آبیگری آنها نیز زیانهای فراوانی را سبب می گردد. بنابراین نباید مسئله حفاظت و حرارت خاک را کوچک و کم اهمیت شمرد. امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری ترین اقدامات هر کشوری است، زیرا که جایگزینی خاک از دست رفته نیازمند صدها سال زمان می باشد. عامل عمده فرسایش خاک دخالت های انسانی است که از طریق مختلفی چون عدم رعایت اصول کشاورزی، چرای بیش از حد، تخریب جنگلها و غیره می باشد. پدیده فرسایش و آثار سوء آن شاید در کوتاه مدت چندان چشمگیر و محسوس نباشد ولی در بلندمدت محسوس

خواهد بود. زیرا فرسایش معمولاً کاهش محصول را در پی دارد.<sup>(۱)</sup> طبق نظر بنت (Bennett) در یک خاک معمولاً در شرایط دست نخورده حدود ۳۰۰ سال طول می کشد تا ۲۵ میلیمتر خاک سطحی تشکیل شود. در یک زمین تحت کشت و بدون رعایت همه جوانب اصول خاکداری برای تشکیل ۲۵ میلیمتر خاک حدود ۱۰۰ سال وقت لازم است. در صورتی که پیشگیری و اقدامات لازم صورت نگیرد همان مقدار خاک در اثر یک بار باران می رود و یا حاصلخیزی آن کاهش می یابد.<sup>(۲)</sup> همه این مطالب بیانگر اهمیت و ارزش خاک برای جامعه انسانی است. لذا حفاظت خاک و کنترل فرسایش در صورتی امکانپذیر خواهد بود که بتوان عوامل ایجادکننده و مناطق حساس به فرسایش را شناخت. با توجه به گستردگی عوامل ایجادکننده و سطح تأثیر این عوامل لازم است که از مدل های مناسب و سیستم های ابزار دقیق برای مطالعه و شناخت این پدیده های مخرب استفاده کرد. امروزه پیشرفت روزافزون علم این امکان را در اختیار بشر نهاده که بتواند با استفاده از سیستم ها و برنامه های رایانه ای و تلفیق آنها با مدل های پیشرفته مناسب به شناخت و مطالعه این پدیده ها پرداخته و راهکارهای مناسب برای مقابله با آنها اتخاذ نماید. در این مقاله تلاش بر این اساس است که با استفاده از مدل پسیاک و توانایی سیستم GIS روشی جهت محاسبه شدت فرسایش و رسوبزایی در اراضی مختلف ارائه شود که در ادامه به چگونگی عمل و نتایج بدست آمده پرداخته می شود.

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز تهم از زیرحوزه های آبخیز رجانورد بوده و در شمال غربی ایران در استان زنجان واقع شده و فاصله آن از شهر زنجان ۲۲/۵ کیلومتر می باشد. این حوزه آبخیز دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک بوده و متوسط بارندگی سالیانه آن در حدود ۳۴۲ میلیمتر براساس طول دوره آماری ۳۰ ساله می باشد. آب و هوای آن سرد کوهستانی و رژیم بارندگی آن بیشتر بصورت برف می باشد. دمای متوسط سالیانه آن در حدود ۱۰ درجه سانتیگراد است.

GIS میزان شدت فرسایش و مقدار رسوب تولید شده را در حوزه های می توان پرس آورد نمود. با توجه به اینکه نقشه های توپوگرافی، شیب، جهت و زمین شناسی در تعیین واحدهای همگن کاربرد دارند، لذا این داده ها بصورت لایه های اطلاعاتی وارد محیط سیستم (GIS) شده و بعد از پردازش و ساماندهی آنها با توجه به مدل پسیاک اقدام به رده بندی و امتیازدهی به هر یک از عوامل مؤثر در شدت فرسایش و رسوبزایی گردید. در نهایت با جمع بندی امتیازات هر یک از این لایه ها، امتیاز نهایی استخراج و براین اساس شدت فرسایش و رسوبزایی اراضی منطقه مورد مطالعه تعیین گردید.

بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق و تجربیات قبلی انجام شده، این روش در مناطقی که از نظر شدت فرسایش و رسوبزایی در حد کم تا خیلی کم هستند قابل استفاده می باشد. همچنین در مقایسه میزان رسوب بدست آمده با میزان واقعی اندازه گیری شده در ایستگاه هیدرومتری پالنی، واقع در خروجی حوزه مشاهده گردید که نتیجه بدست آمده، همخوانی مناسبی با ارقام اندازه گیری شده دارد.

**واژگان کلیدی:** سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شدت فرسایش، رسوبزایی، مدل (P.S.I.A.C)

### مقدمه

انسان برای ادامه حیات خود به مواد غذایی نیاز دارد که در اثر وجود آب و خاک بدست می آید. عاملی که وجود آب و خاک را به خطر می اندازد فرسایش است. به همین جهت است که مبارزه با فرسایش یک پدیده اجتناب ناپذیر بوده و نمی توان آن را کاملاً از بین برد ولی فعالیتهای انسان می تواند آن را تشدید نموده و یا کاهش دهد.<sup>(۱)</sup>

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی هر کشور است. امروزه فرسایش خاک به عنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به شمار می آید. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی شود خاک بتدریج فرسایش یافته، حاصلخیزی خود را از دست می دهد. فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می شود و از این راه خسارات زیاد و جبران ناپذیری به جامی گذارد، بلکه

وجود میزان رسوب را در اینگونه از حوزه‌ها می‌توان برآورد نمود.

جدول (۱): رده‌های شدت رسوبدهی در مدل (P.S.I.A.C)

امتیاز	رسوبدهی $m^3 / km^2$	کلاس شدت رسوبدهی
۰-۲۵	کمتر از ۹۵	I خیلی کم
۲۵-۵۰	۹۵-۲۳۸	II کم
۵۰-۷۵	۲۳۸-۲۷۶	III متوسط
۷۵-۱۰۰	۲۷۶-۱۴۲۹	IV زیاد
بیشتر از ۱۰۰	بیشتر از ۱۴۲۹	V خیلی زیاد

با توجه به اینکه نقشه‌های توپوگرافی، شیب، جهت و زمین‌شناسی در تعیین واحدهای همگن در مدل پسیاک کاربرد دارند و از تلفیق آنها واحدهای همگن بدست می‌آید، لذا نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی رقومی شده وارد محیط GIS (برنامه Ilwis 2.2) گردید و پس از تهیه نقشه (DEM) نقشه‌های شیب و جهت از آن استخراج شدند.

در داخل این نقشه‌ها امتیازات مربوطه براساس شدت تأثیر عوامل در فرسایش و رسوب به هر رده از امتیازدهی نقشه‌ها با توجه به جدول رده‌های شدت رسوبدهی در مدل (P.S.I.A.C) داده شده (جدول ۲ تا ۵) و هر کدام از این نقشه‌ها از نظر نمره‌دهی به ۵ رده تقسیم بندی شدند تا با رده‌های شدت رسوبدهی در مدل (P.S.I.A.C) یکسان باشند، بعد از تلفیق این نقشه‌ها، نقشه واحدهای همگنی بدست آمده دارای امتیازات مربوطه هر واحد همگن بودند.

جدول (۲): رده بندی تشکیلات زمین‌شناسی براساس شدت

تأثیر آنها در فرسایش و رسوبزایی

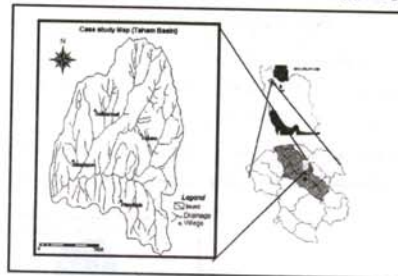
امتیاز	میزان حساسیت	تشکیلات زمین‌شناسی
۲۰	خیلی حساس	خاک‌ها و رسوبات سست و فاقد پوشش گیاهی و شیب نامناسب
۱۵	حساس	مارن، رس سنگ متراکم، زبیس سنگ، طعام، خاکستر آتشفشانی، رسوبات سخت شده
۱۰	متوسط	سیسلیستون باسیمان سیلیسی سنگ دولومیت، شیبست، ماسه سنگ، سنگهای بایافت شیشه‌ای و سنگهای با مقاومت کافی نامتوسط
۵	مقاوم	گرانیت، گرانودیوریت، چرت ماسه سنگ باخمیره سیلیسی، هرمریت و سنگهای سخت
۰	خیلی مقاوم	کوارتزیت، آندزیت، ریولیت داسیت، تراکیت و سخت‌ترین سنگهای آذرین

جدول (۳): رده بندی تأثیر جهات مختلف جغرافیایی براساس

تأثیر آنها در فرسایش و رسوبزایی

امتیاز	جهت مربوطه	ردیف
۲۰	جنوبی	۱
۱۵	غربی	۲
۱۰	بی جهت	۳
۵	شرقی	۴
۰	شمالی	۵

حوزه آبخیز تهم چای بین طولهای جغرافیایی  $27^{\circ} 48' N$  تا  $17^{\circ} 48' N$  و عرضهای جغرافیایی  $53^{\circ} 36' N$  تا  $46^{\circ} 36' N$  قرار دارد. در این حوزه آبخیز ۶ پارچه آبادی به نامهای پالتو، طاهرآباد، گلپرو، خشک‌رود، تازه‌کند و تهم که بزرگترین آنهاست وجود دارند و حداقل ارتفاع منطقه ۱۷۰۰ و حداکثر ارتفاع آن ۲۶۷۷ متر از سطح دریا می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی جزورشته کوه‌های طارم بوده و بیشتر از تشکیلات آذرین دوره ترشیاری (سازندکرج) که شامل طبقاتی از توفهای مختلف، شیل، ماسه سنگ، سنگهای رسی-شیلی و توده‌های نفوذی از جنس گرانیت و آندزیت می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه سدخاکی تهم در خروجی همین حوزه احداث گردیده لازم است که مطالعات فرسایش و رسوب در منطقه صورت گیرد تا یک شناخت کلی از منطقه داشته باشیم و یک برنامه‌ریزی خوب و مفیدی برای عملیات آبخیزداری حوزه صورت پذیرد.



نگاره (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### معرفی مدل پسیاک

این مدل در سال ۱۹۶۸ توسط کمیته مدیریت آب امریکا برای برآورد رسوبدهی مناطق خشک و نیمه خشک غرب این کشور ارائه شده است. این مدل برای اولین بار در حوزه (Gulch Walnut) در جنوب شرقی آریزونا و در مقایسه با سه روش دیگر به عنوان مناسبترین روش معرفی گردید. برای اولین بار مدل P.S.I.A.C توسط مهندسین مشاور (D&R) در حوزه آبخیز سد دز مورد استفاده قرار گرفت و با توجه به نتایج خوب آن به سرعت در دستگاههای اجرایی مرتبط با فرسایش و رسوب مورد استفاده قرار گرفت. در مقایسه با سایر مدل‌های تجربی P.S.I.A.C عوامل بیشتری را در فرسایش خاک در نظر می‌گیرد. این عوامل و حدود امتیازات مرتبط با آن در نهایت مشخص کننده رده شدت رسوبدهی طبق جدول (۱) بوده و با استفاده از معادله (۱) به مقدار کمی رسوبدهی می‌باشد. (۲) و (۳)

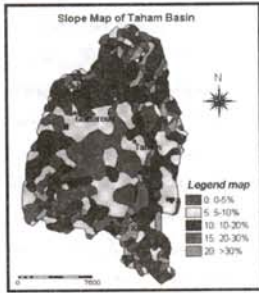
(R) = مجموع امتیازات

$$Q_s = 38.77 e^{0.0353R}$$

معادله (۱)

### مواد و روشها

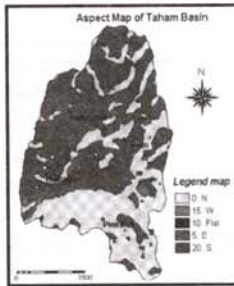
در این مقاله با تلفیق مدل پسیاک و سیستم GIS روشی برای برآورد شدت فرسایش و رسوب در اراضی با شدت فرسایش کم تا خیلی کم ارائه می‌شود. بدین منظور از تلفیق مدل (P.S.I.A.C) و (GIS) و نقشه‌های پایه



نگاره (۳): نقشه شیب حوزه آبخیز تهم

در این تحقیق همانطور که قبلاً اشاره شد ابتدا با استفاده از روش رقومی کردن، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس (۱:۵۰۰۰۰) و زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) وارد سیستم GIS (برنامه ۲.۲ Ilwis) گردید.

نقشه منطقه تهیه شده (نگاره (۲)) سپس با استفاده از قابلیت‌های این سیستم اقدام به تهیه نقشه‌های رقومی ارتفاعی (هیپسومتری)، شیب و جهت شده و با توجه به جداول ارائه شده از مدل پسیاک (جدول ۱ تا ۵) اقدام به رده بندی این عوامل براساس میزان تأثیر آنها در شدت فرسایش و رسوب‌زایی از طریق امتیازدهی و وزن دهی مناسب و همگن، گردید. (نگاره‌های ۲ و ۳ و ۴)



نگاره (۴): نقشه جهات جغرافیایی حوزه آبخیز تهم

در نهایت با جمع بندی امتیازات بدست آمده که از طریق تلفیق دو به دو نقشه‌های موضوعی تهیه شده است، نقشه نهایی که نشان دهنده وضعیت فرسایش پذیری و رسوب‌زایی منطقه مورد مطالعه است، استخراج گردید. (نگاره ۵)



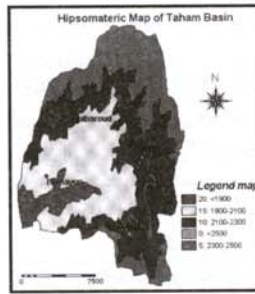
نگاره (۵): نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز تهم

در نهایت پس از گرفتن میانگین وزنی از مقادیر رسوب بدست آمده در واحدهای همگن مقدار فرسایش و رسوب کل حوزه بدست آمد و در مقایسه نمره نهایی بدست آمده با جدول رده‌های شدت رسوبدهی مدل (P.S.I.A.C.) میزان رسوبدهی حوزه مشخص گردید.

جدول (۴): تقسیم بندی رده‌های مختلف شیب براساس میزان تأثیر آنها در

شدت فرسایش و رسوب‌زایی

امتیاز	میزان شیب (درصد)	ردیف
۲۰	بیش از ۳۰	۱
۱۵	۲۰-۳۰	۲
۱۰	۱۰-۲۰	۳
۵	۵-۱۰	۴
۰	--۵	۵



نگاره (۲): نقشه هیپسومتری حوزه آبخیز تهم

### بحث و بررسی

فرسایش و پیامدهای منفی ناشی از آن اگر چه سابقه‌ای به قدمت شروع زندگی انسان بر روی کره خاکی دارد، اما سرعت تأثیر آن بر اکوسیستم حیاتی، از اوایل قرن بیستم فزونی یافته و پدیده جغرافیایی دیگری بنام رسوب، کاملاً نقش مخرب خود را بصورت عملی نمایان ساخته است. جهت بررسی محققان و کاملاً علمی این دو پدیده باید بر پژوهش‌های علمی و پیشرفته و استفاده از روش‌های جدید که در عین اقتصادی بودن دارای درجه اعتبار مناسبی نیز باشند، اقدام نمود.

در این تحقیق نیز تلاش شده که براساس پیشرفت فن‌آوری و دانش از روش‌ها و سیستم‌های رایانه‌ای به منظور ارزیابی و بررسی پدیده فرسایش و رسوب استفاده شود.

جدول (۵): تقسیم بندی هیپسومتری رده‌های ارتفاعی براساس میزان تأثیر آنها در شدت فرسایش و رسوب‌زایی

امتیاز	ارتفاع مربوطه (متر)	ردیف
۲۰	کمتر از ۱۹۰۰	۱
۱۵	۱۹۰۰-۲۱۰۰	۲
۱۰	۲۱۰۰-۲۳۰۰	۳
۵	۲۳۰۰-۲۵۰۰	۴
۰	بیشتر از ۲۵۰۰	۵



انسانی و عدم امکان تعیین شدت آن در فرسایش و رسوبزایی نمی‌توان برآورد دقیقی را از میزان رسوب حوزه بدست آورد.

۳- با استفاده از این روش می‌توان مناطقی از حوزه را که دارای حساسیت بالایی هستند مشخص کرده و عملیات آبخیزداری برای کنترل فرسایش و رسوب آن مناطق متمرکز نموده و از پراکندگی عملیات در نقاط مختلف حوزه جلوگیری کرد.

۴- میزان همبستگی مقدار رسوب بدست آمده با میزان واقعی آن به میزان درصد همبستگی دارد و این مقدار دارای اعتبار مناسب بوده و بخصوص در حوزه‌های با فرسایش جزئی، کمتر از این مقدار خواهد بود.

۵- این روش نیاز به داشتن تمام نقشه‌های پایه مورد نیاز در فرمول P.S.I.A.C نداشته و با داشتن نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی و محاسبات کم می‌توان نتایج خوبی را بدست آورد.

### پیشنهادات

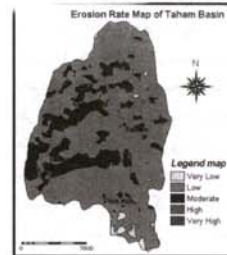
- پیشنهاد می‌شود که در بکارگیری از این روش موارد زیر رعایت گردد.
- این روش را در مناطقی با فرسایش بالا نبایستی بکاربرد چرا که مقدار بدست آمده از دقت کافی برخوردار نخواهد بود.
  - نتایج حاصل از این تحقیق فقط به مناطق مشابه آب و هوایی با حوزه آبخیز تهم توصیه می‌شود و بکارگیری آن در مناطق مختلف توصیه نمی‌شود.
  - قبل از استفاده از این روش باید از میزان صحت و اعتبار داده‌های پایه‌ای مورد استفاده یعنی نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی اطمینان حاصل کرد.
  - با توجه به تعدد برنامه‌های موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی پیشنهاد می‌شود کاربران محترم با توجه به تواناییهای خود و برنامه‌های ارائه شده اقدام به انتخاب برنامه مناسب از این گروه نمایند.

با توجه به این نقشه که براساس جدول تقسیم‌بندی رده‌های شدت فرسایش و رسوب مدل پسیاک تهیه شده، دیده می‌شود که در حدود ۸۱ درصد از این اراضی منطقه دارای شدت رسوبزایی و فرسایش از گروه رده‌های (۲ و ۱) یعنی با شدت رسوبدهی کم تا خیلی کم یعنی رسوبدهی کمتر از ۹۵ تا ۲۳۸ متر مکعب در کیلومتر مربع می‌باشد. (جدول (۶)) و بطور متوسط براساس این نقشه میزان رسوبدهی منطقه برابر حدود ۱۵۴ متر مکعب در کیلومتر مربع است که با میزان اندازه‌گیری شده از طریق ایستگاه هیدرومتری پالنی که در حدود ۱۴۳ متر مکعب در کیلومتر مربع است اختلاف زیادی ندارد (در حدود ۶٪ اختلاف).

جدول (۶): مشخصات رده‌های فرسایشی و رسوبزایی حوزه آبخیز تهم

N.Group	Erosion Rate	NrPol	Perimeter(m)	Area(m2)	S(%)
1	Very Low	17	35372.02	4899318.84	1.72
2	Low	1	284433.78	226257171	79.42
3	Moderate	44	199227.42	52512352.2	18.43
4	High	5	9949.4	1169154.16	0.41
5	Very High	2	1419.56	64459.62	0.02

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در این روش در عین سادگی و استفاده حداقل از اطلاعات منطقه‌ای یعنی فقط نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی دارای ارزش علمی مناسبی است که می‌توان در مناطقی که دارای ایستگاه هیدرومتری نیست جهت ارزیابی و برآورد میزان فرسایش و رسوبدهی استفاده کرده و براساس آن اولویت بندی مناسبی را برای طرح‌های حفاظت خاک و کنترل فرسایش طراحی و به اجرا درآورد.



نگاره (۶): نقشه شدت فرسایش و رسوبزایی در حوزه آبخیز تهم

### منابع

- احمدی، حسن، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴.
  - رقاهی، حسینقلی، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.
  - روی، سودیپ، تعیین حساسیت مناطق به فرسایش حوزه آبخیز داموند، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۷.
  - نیک‌کامی، داود، بازنگری در روش کاربردهای مطالعاتی و تحقیقاتی P.S.I.A.C، همایش ملی مدیریت اراضی اراک، بهمن ۱۳۸۰.
- 5 - Bennett.L.H.(1939).Soil Conservation.Mc-Graw-Hill Book Company.

### نتایج

نتایج بدست آمده از این مطالعه و تحقیق را در یک جمع‌بندی کلی و فهرست وار می‌توان بشرح ذیل خلاصه نمود:

- با استفاده از این روش می‌توان میزان فرسایش و رسوب حوزه را در حدی برآورد نمود که تفاوت چندانی با میزان واقعی آن که از طریق اندازه‌گیری در ایستگاه‌های هیدرومتری بدست می‌آید، ندارد.
- این روش در حوزه‌های با فرسایش کم و خیلی کم کاربرد داشته و در حوزه‌هایی که میزان فرسایش از این مقادیر زیاد باشد به دلیل تأثیر فعالیتها: