

بررسی رابطه کاربری اراضی و شیب با تولید رسوب در زیر حوضه‌های جنوبی رودخانه مهاباد

داود طالب‌پوراصل^{۱*} و سعید خضری^۲

^۱ مدرس گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه کردستان، ایران

^۲ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۱۴، تاریخ تصویب: ۸۹/۶/۲۹)

چکیده

حوزه آبخیز رود مهاباد، بر اثر تغییر کاربری زمین در معرض فرسایش شدید قرار گرفته است. هدف از تدوین این مقاله مشخص نمودن وضعیت رسوبدهی حوزه یاد شده در ارتباط با عوامل تغییر کاربری اراضی و شیب است. در این تحقیق ضمن بررسی‌های میدانی، اسناد و مدارک مختلفی از جمله نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری، رسوبسنجی، هواشناسی و باران‌سنجی به عنوان ابزار تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین ۶ عامل ارتفاع، شیب، بارش، زمان تمرکز، فرسایش پذیری و کاربری اراضی به عنوان عوامل برتر شناسایی و با همپوشانی نقشه‌های توزیع هر یک از آنها نقشه قابلیت رسوبدهی تهیه شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مناطقی بیشترین وسعت حساس به فرسایش زیاد و خیلی زیاد را دارا هستند که شیب زیاد داشته باشند. ولی در مناطقی با سنگ‌های مقاوم، کاربری اراضی عامل تعیین کننده است. مقایسه آمار دبی آب و دبی رسوب سال‌های آبی ۷۵-۱۳۷۴ و ۸۱-۱۳۸۰ (با حجم جریان سالانه تقریباً یکسان)، نشانگر افزایش تولید رسوب در سال‌های اخیر است. نتایج بدست آمده از استخراج نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۹۸ حاکی از آن است که حوزه شدیداً در معرض تغییر کاربری (از پوشش مرتعی به دیم‌زارها) است و همین عامل به عنوان یکی از عوامل تشدیدکننده حرکت‌های توده‌ای مواد، وقوع این نوع حرکت‌های را در سال‌های اخیر افزایش داده است. از آنجا که در بین همه عوامل، تنها کاربری اراضی است که می‌تواند توسط انسان، به سرعت و به آسانی تغییر یابد، بخش‌های بالادست حوزه در قسمت جنوب و جنوب‌غربی با زمان تمرکز کم، شیب زیاد، فرسایش پذیری بالا و بارش فراوان که هنوز پوشش جنگلی و مرتعی دارند و همچنین ترانس‌های آبرفتی رودها مشتمل بر رسوبات منفصل و دانه‌ریز، حساس‌ترین نواحی در برابر تغییرات کاربری اراضی بوده و بیشتر از هر جای دیگری به اقدامات پیشگیری کننده نیاز دارند.

واژه‌های کلیدی: رودخانه مهاباد- قابلیت رسوبدهی- فرسایش پذیری- کاربری اراضی- شیب

مقدمه

(2000) نتوانند پیش بینی دقیقی در باره فرسایش حوزه اواسانیگرو شمالی در کنیا ارائه دهند. این محدودیت‌های دسترسی به منابع و داده‌ها باعث می‌شود بعضی از پژوهشگران مانند (Zurayk et al., 2001) و Saahin و Kurum (2002) بر روی روش‌های کیفی تکیه کنند. در روش کیفی، بیشتر بر روی داوری و واکنش محقق تأکید می‌شود (Saahin & Kurum, 2002). با وجود این، مهم است که این داوری حرفه‌ای در قالب دیدگاهی سامان‌مند و دارای چارچوب انجام شود (NRA, 1993). در این تحقیق سعی می‌شود با استفاده از یک روش کیفی و با بهره‌مندی از ابزار GIS، پهنه‌های رسوبدهی متفاوت حوزه رود مهاباد طبقه‌بندی شود.

در ارتباط با موضوع مورد بررسی در ایران و جهان بررسی‌های ارزنده‌ای صورت گرفته است. به طوری که پژوهشگرانی مانند (Murthy 1992)، Zhangxin (1999) و Norton et al (2001) و Aqarazi (2001) از میان عوامل مختلف موثر در افزایش تولید رسوب، بیشترین نقش را به عامل تغییر کاربری اراضی داده‌اند. در مقابل پژوهشگران دیگری مانند (Morgan 1986)، Darcy & Pierre (1996) و Chehremonawari (1992) به این نتیجه رسیده‌اند که ضریب رسوبدهی حوزه بیشترین همبستگی را با ویژگی‌های فیزیکی حوزه از جمله عامل شیب دارد. و افراد دیگری مانند Renard (1969) بر این باورند که رابطه خوبی بین میزان تولید رسوب با ریزش‌های جوی از جمله رگبارها وجود دارد.

به دنبال انجام چنین بررسی‌هایی در این پژوهش سعی شده است، میزان تأثیر تغییر کاربری اراضی و شیب بر تولید رسوب در زیرحوزه‌های جنوبی رودخانه مهاباد بررسی تا زمینه ارائه راهکارهای مناسب فراهم شود.

معرفی منطقه مورد بررسی

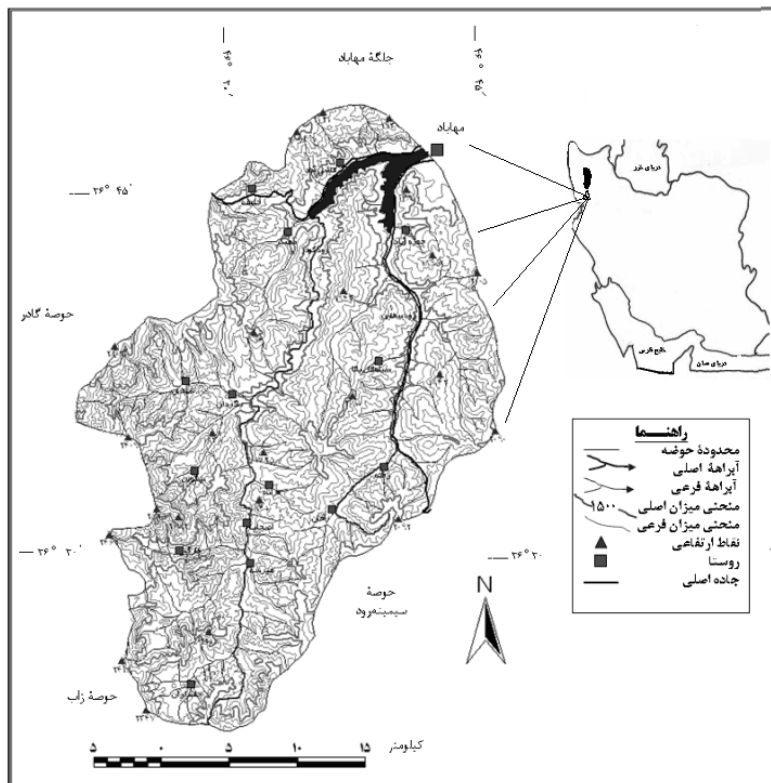
منطقه پژوهش از نظر مختصات جغرافیایی بین $36^{\circ}26'$ تا $46^{\circ}36'$ عرض شمالی و $45^{\circ}25'$ تا $45^{\circ}46'$ طول شرقی واقع است و گستره آن $829/28$ کیلومترمربع می‌باشد

هرگونه دخالت غیرعادی و بیرویه در طبیعت، موجب ایجاد اختلال در تعادل پدیده‌های طبیعی شده و عمل آنها را به طور چشم‌گیر تغییر می‌دهد (Rajaei, 1993). امروزه تخریب محیطی ناشی از فشار انسان و کاربری زمین، به یک مشکل مهم جهانی تبدیل شده است (Erlich, 1998). یکی از مشکلات منطقه مورد بررسی، مسأله فرسایش و تولید رسوب است. هم اکنون تغییر کاربری اراضی از پوشش جنگلی و مرتعی به دیم‌زارها، معضل اساسی می‌باشد. از نظر توپوگرافی، منطقه مورد بررسی کوهستانی است و روند تغییر کاربری در آن وجود دارد. در پایین دست حوزه، سد مخزنی مهاباد احداث شده که نقش بسیار با اهمیتی در کنترل طغیان‌های رودخانه مهاباد، تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و آشامیدنی شهر مهاباد دارد (Tamab, 1997). با وجود این میزان رسوبگذاری سالیانه سد یاد شده در حدود $1/8$ میلیون مترمکعب و ضریب افت سالانه مخزن در حدود $0/61$ درصد می‌باشد و از لحاظ وضعیت بحرانی، در رده پنجم سدهای مخزنی کشور قرار دارد (Habibi, 2002). ادامه روند کنونی، زیان‌های جبران‌ناپذیری به بار آورده و باعث آسیب به اقتصاد منطقه خواهد شد.

در پهنه بندی توان رسوبزایی یک حوزه، به طور معمول مؤثرترین عامل در تولید رسوب به صورت کمی یا کیفی برای پیش بینی فرسایش به کار گرفته می‌شوند. بررسی‌های مربوط به ایجاد رابطه میان توان رسوبدهی یا آهنگ فرسایش با عوامل علی آن، نخست به وسیله Musgrave (1947) آغاز شد. Musgrave مشخص کرد که عامل اصلی مؤثر در فرسایش بارش، ویژگی‌های جریان رواناب سطحی، ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی است. تحقیقات Wischmeier & Smith (1965, 1978) منجر به تنظیم معادله جهانی هدررفت خاک شد. این معادله به طور گسترده برای محاسبه کمی هدررفت خاک در سراسر جهان به کار گرفته می‌شود. با وجود این، برآورد عوامل معادله برای نواحی بزرگ، دارای محدودیت‌هایی است (Rafahi, 1996) که باعث شد Mati et al.

حوزه آبخیز گادر و از جنوب غرب به حوزه آبخیز رودخانه زاب محدود است (شکل ۱).

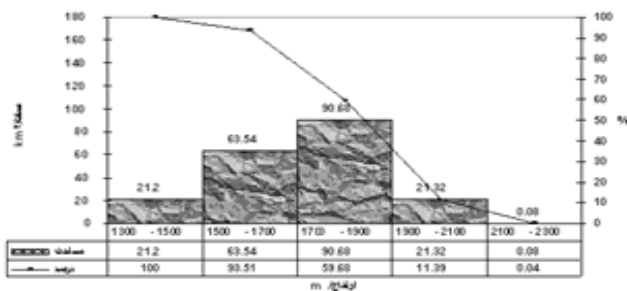
(Talebpoor, 2004). این حوزه، از شمال به جلگه مهاباد، از شرق به حوزه آبخیز سیمینه رود، از غرب به



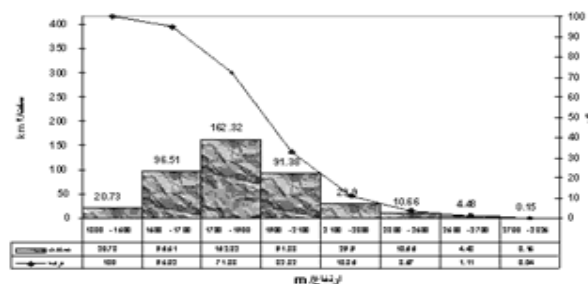
شکل ۱- موقعیت، توپوگرافی و هیدروگرافی حوزه بالادست سد مهاباد

زیرحوزه بیطاس، با ۱۸۷/۸ کیلومترمربع گستره در بخش شرقی حوزه واقع است. ۴۸ درصد از گستره این بخش، ارتفاعی بین ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ متر دارد و تنها ۰/۰۴ درصد از گستره این زیرحوزه بالاتر از ۲۱۰۰ متری است (شکل ۳). کمترین درصد شیب حوزه در شمال کمتر از ۹ درصد می باشد و بیشترین شیب در جنوب و جنوب غرب قرار دارد که میزان آن بیش از ۴۵ درصد است.

به طور کلی، منطقه پژوهش شامل دو زیرحوزه کوتر و بیطاس است. زیرحوزه کوتر، با گستره‌ای در حدود ۴۱۶ کیلومتر مربع در بخش غربی منطقه مورد بررسی واقع است. بیشینه ارتفاع در آن ۲۸۳۵ متر بوده و ۱/۱۱ درصد از گستره این بخش بالاتر از ۲۵۰۰ متر ارتفاع دارد (شکل ۲).



شکل ۳- نمودار هیپسو متریمتريمنطقه پژوهش تا ایستگاه بیطاس



شکل ۲- نمودار هیپسو متریمتريمنطقه پژوهش تا ایستگاه کوتر

ناشی از دخالت فرآیندهای بیرونی، به ویژه آبهای روان و فرسایش ناشی از آنهاست. در طول دوره‌های یخچالی کواترنری، به دلیل پایین بودن ارتفاع مرز برفی در آذربایجان و کردستان و به ویژه در ارتفاعات غربی و جنوبی حوزه، فعالیت یخسارهای کوهستانی وجود داشته است (Mahmoodi, 1988).

میانگین بارش سالیانه منطقه مورد پژوهش بر پایه روش خطوط همباران ۵۴۲/۵۸ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۸). نقشه همباران منطقه، همخوانی اساسی را با وضعیت توپوگرافی و عامل ارتفاع نشان می‌دهد.

از لحاظ زمین‌شناسی، پی‌سنگ منطقه را سنگ‌های دگرگونی انفرا کامبرین و پره‌کامبرین تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین واحدهای لیتولوژی عبارت‌اند از: تشکیلات پره‌کامبرین (شامل: آمفیبولیت، گنیس، فیلیت و سنگ‌های آتشفشانی) و انفراکامبرین (شامل: سازند بایندر، سازند باروت، ماسه سنگ لالون، شیل، سنگ آهک و دولومیت) در انتهای جنوب‌غربی حوزه یک رورانگی هم برای با رورانگی زاگرس، باعث بالا آمدن واحدهای پره‌کامبرین و اینفراکامبرین بر روی واحدهای جدیدتر شده است (شکل ۴). در حوزه مورد بررسی، شکل غالب ناهمواریها



شکل ۴- نقشه زمین‌شناسی منطقه پژوهش

هواشناسی و ایستگاه‌های بارانسنجی می‌باشد. به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی و بررسی میزان تغییرات کاربری‌ها، از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۹۸ (لندست ۳، سنجنده TM) استفاده شده است. همچنین علاوه بر روش کتابخانه‌ای (برای آشنایی با مبانی و فلسفه موضوع) از نرم افزارهای GIS و سنجش از دور و نرم

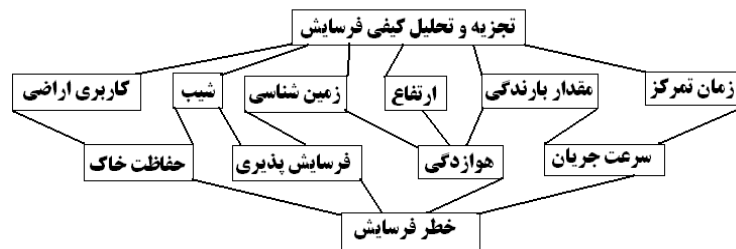
مواد و روش‌ها

در این پژوهش مواد به کار رفته شامل نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، آمار دبی آب و دبی رسوب ایستگاه‌های هیدرومتری کوتر و بیطاس که توسط سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان غربی (امور مطالعات منابع آب) در یک دوره طولانی نمونه برداری شده است، و آمار داده‌های

مجموع داده‌های هر دو ایستگاه محاسبه شده است. برای بررسی نقش حرکت‌های توده‌ای در افزایش تولید رسوب، عملیات میدانی در سطح حوزه انجام گرفته و از راه تهیه گزارش و عکس موقعیت آنها شناسایی شده است. به منظور تهیه نقشه قابلیت رسوبدهی، ۶ عامل ارتفاع، شیب، بارش، زمان تمرکز، فرسایش پذیری و کاربری اراضی به عنوان عوامل برتر شناسایی شده‌اند.

افزارهای آماری به عنوان مواد مورد نیاز در تحلیل داده‌ها استفاده شده است. در آغاز نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و هیدرولوژی رقومی شده‌اند. برای تبدیل مختصات دستگاهی به نقشه‌ای، از سامانه UTM استفاده شده و سپس در محیط نرم‌افزارهای یاد شده به تهیه نقشه‌های عامل (شیب، زمین‌شناسی و هیدرولوژی) پرداخته شده است.

همچنین برای محاسبه میزان همبستگی داده‌های دبی رسوب و دبی آب، ضریب همبستگی پیرسون، برای



شکل ۵- روش مورد استفاده در این پژوهش

نقشه منحنی‌های همبارش

برای رسم خطوط همبارش، همانند خطوط هم‌ارتفاع، از راه انترپولاسیون بین ایستگاهها، انجام می‌شود. به این ترتیب که در آغاز نقاط باران سنجی بر روی سطح حوزه مکانیابی شده و سپس با ملاحظه بارش کمینه و بیشینه نقاط مشاهداتی، کمیتی به عنوان اختلاف بین دو منحنی همبارش انتخاب شد. با رعایت اختلاف بین میزان، نقاط هم باران بر روی اضلاع مثلث‌ها مشخص شده و اتصال این نقاط به هم و گسترش آنها در خارج از محدوده مثلث‌ها تا مرز حوزه، منحنی‌های هم بارش را بدست می‌دهد. سپس در محیط GIS نقشه تهیه شده رقومی و در نهایت از هم‌پوشی دو لایه خطوط منحنی‌های همبارش و موقعیت ایستگاههای بارانسنجی، نقشه مورد نظر بر مبنای نظر کارشناسی در ۴ کلاس طبقه‌بندی شده است (شکل ۸).

مدل رقومی ارتفاعی (DEM) و تشکیل مدل شیب

در این تحقیق مدل رقومی ارتفاعی با استفاده از روش شبکه نامنظم مانندثی (TIN) در محیط Arcview تهیه (شکل ۶) و از مدل رقومی ارتفاع برای ایجاد ماتریس زاویه شیب استفاده شده است. برای این منظور، روش مشتق‌گیری که در آن عملیات محلی بر روی هر کدام از پیکسل‌ها صورت می‌گیرد، به کار گرفته شد. در روش یاد شده، یک پنجره ۳×۳ انتخاب شد و زاویه شیب با بهره‌گیری از رابطه زیر محاسبه شد:

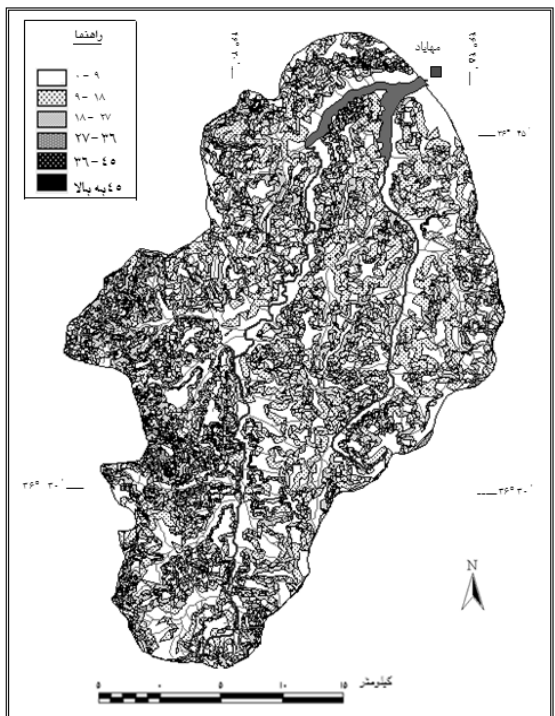
$$\tan \theta [(\sigma Z / \sigma X)^2 + (\sigma Z / \sigma Y)^2]^{1/2}$$

که در آن:

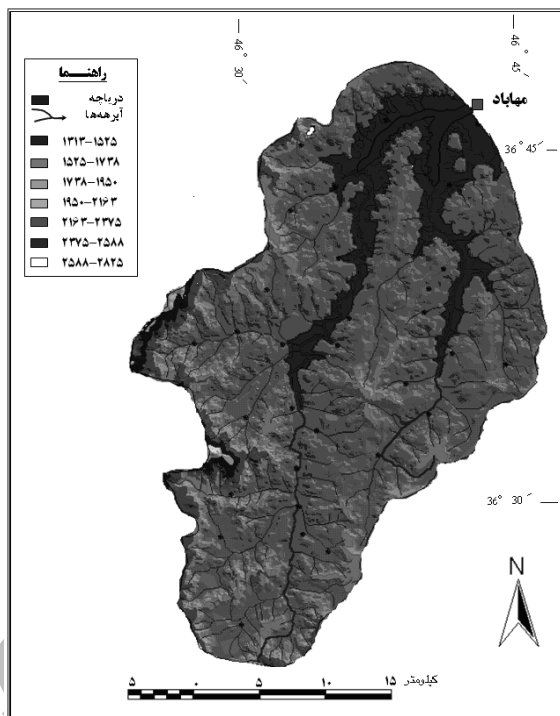
$\sigma Z / \sigma X$: تغییرات ارتفاع در برای X

$\sigma Z / \sigma Y$: تغییرات ارتفاع در برای Y است. نقشه شیب

تهیه شده بر حسب نیاز در ۶ کلاس طبقه‌بندی شد (شکل ۷).



شکل ۷- نقشه درصد شیب منطقه پژوهش

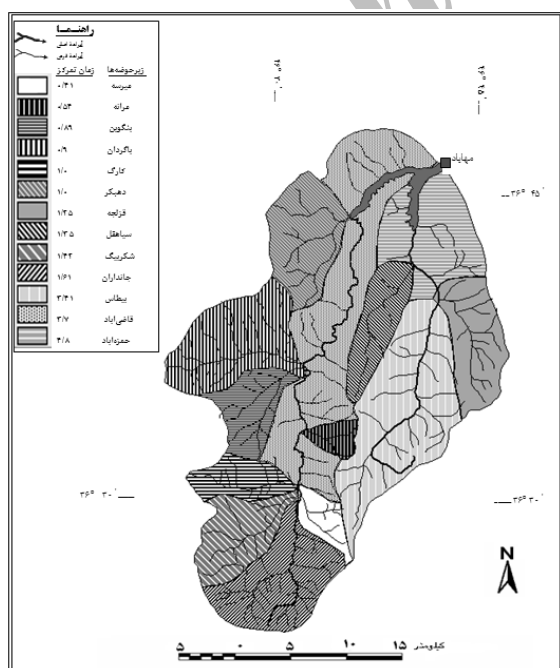


شکل ۶- مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه پژوهش

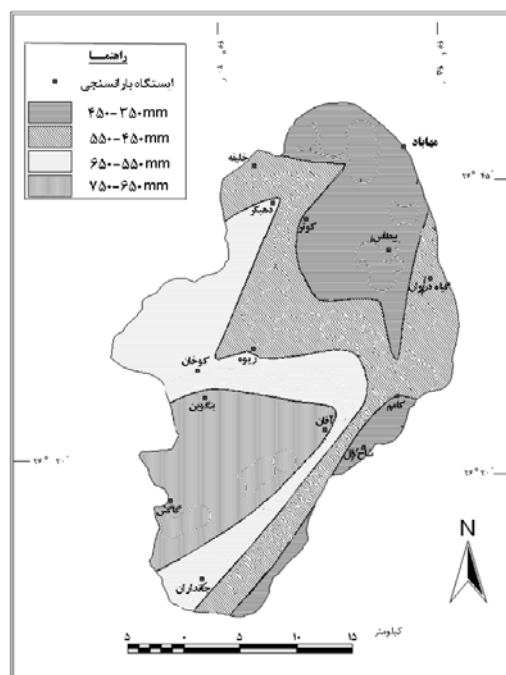
تمرکز هر یک از آنها محاسبه و در نهایت پس از رقومی کردن عوارض مربوطه، نقشه زیرحوزه‌ها تهیه شده است (شکل ۹).

زمان تمرکز زیرحوزه‌ها

به منظور تهیه نقشه زمان تمرکز زیرحوزه‌ها، در آغاز بر روی نقشه توپوگرافی مرز زیرحوزه‌ها مشخص شده، سپس با استفاده از معادله Kirpich (Alizadeh, 1992) زمان



شکل ۹- نقشه زیرحوزه‌های منطقه پژوهش و زمان تمرکز آنها

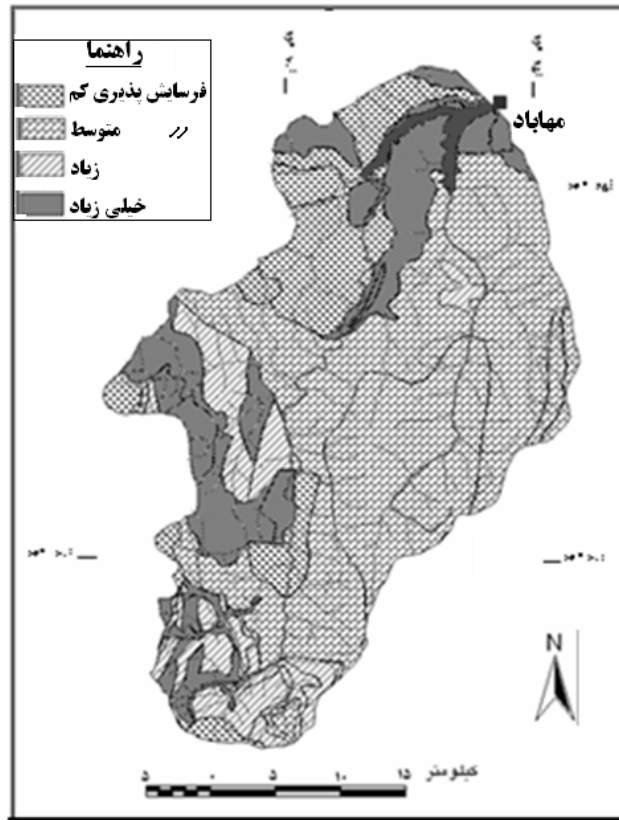


شکل ۸- نقشه منحنی‌های همباران منطقه پژوهش

نقشه فرسایش پذیری

مرمر)، میانگین (گرانیت، گنیس، فیلیت)، زیاد (تناوب شیلها با آهکها) و خیلی زیاد (شیل، توف) طبقه بندی شده و در نهایت نقشه مورد نظر رقومی، نقشه نهایی تهیه و مشخصات واحدها استخراج شده است (شکل ۱۰).

به منظور تهیه نقشه فرسایش پذیری از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ مهاباد استفاده شده است. آنگاه با استفاده از روش PSIAC (کمیته بین اداری جنوب غربی آرام) واحدهای لیتولوژی در ۴ طبقه فرسایش پذیری کم (آهک،



شکل ۱۰- نقشه مقاومت لیتولوژی منطقه پژوهش

نقشه کاربری اراضی

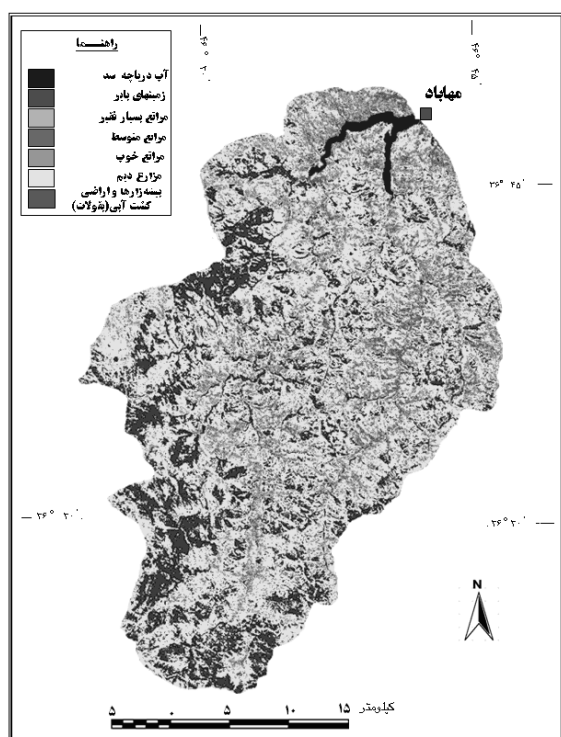
حد قابل قبول کاهش یابد. به طوری که برای تصویر هر دو دوره شمار نقاط از ۴۱ به رقم ۱۵ کاهش پیدا کرد، که میزان RMS برای سال ۱۹۸۷ برابر ۰/۹۹ پیکسل و برای سال ۱۹۹۸ برابر ۰/۸۵ پیکسل می باشد. همچنین به منظور انجام تصحیح های رادیومتریک، برای باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ از افزایش کنتراست (Enhancmet) خطی استفاده شده و دامنه تغییرات به صفر تا ۲۵۵ کاهش داده شده است. در پایان شاخص پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است (Nosrati, 2000):

به منظور پردازش رقومی تصاویر ماهواره ای و نیل به تحلیل منطقی، در تصحیح های هندسی با استفاده از نرم افزار ERdas، از روش «نزدیکترین همسایه» استفاده شده است. به این منظور برای هر کدام از تصاویر ماهواره ای ۴۱ نقطه کنترل زمینی انتخاب شده است. پس از مشخص نمودن نقاط کنترل و برآورد میزان خطای RMS خطای قابل قبول برای تصحیح که باید کمتر از یک واحد (پیکسل - متر) باشد (Nosrati, 2000) انتخاب شده و برای کاهش خطاها نقاطی که دارای میزان باقی مانده (Residuel) بالایی هستند، حذف شده تا میزان خطا به

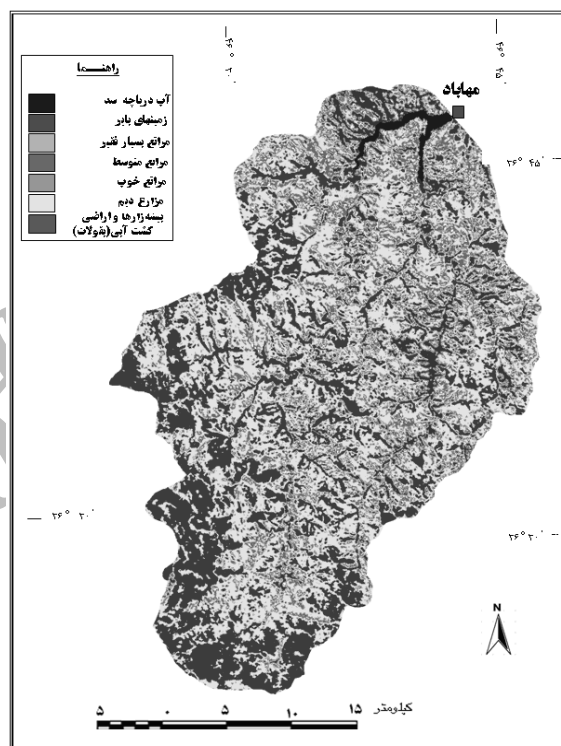
اطلاعات جمع‌آوری شده از سطح زمین با ادغام دوباره خوشه‌ها در نهایت شمار آنها به ۷ خوشه کاهش یافت. اشکال ۱۱ و ۱۲ پراکندگی کاربری‌های منطقه مورد بررسی، استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۹۸ میلادی را نشان می‌دهد.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} = \frac{band3 + band4}{band3 - band4}$$

سپس با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت نشده پس از تهیه تصویر مرکب از باندهای ۳، ۴ و ۷، بیست خوشه از هر کدام استخراج شد، پس از تهیه تصاویر بالا و تطبیق آن با



شکل ۱۲- نقشه کاربری اراضی منطقه پژوهش- ژوئن ۱۹۹۸



شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی منطقه پژوهش- ژوئن ۱۹۸۷

جدول ۱- مشخصات کاربری‌ها- تصویر ماهواره‌ای سال ۱۹۸۷

خوشه	نوع کاربری	گستره به km^2	درصد گستره
۱	آب دریاچه سد	۱۰/۰۶	۰/۹۹
۲	زمین‌های بایر	۵۵	۶/۵
۳	مراتع بسیار فقیر	۳۸/۶۶	۴/۵
۴	مراتع میانگین	۹۴/۳۴	۱۱/۳۲
۵	مراتع خوب	۳۷/۹۵	۴/۴۱
۶	دیم‌زارها	۳۴۴/۷۳	۴۲/۰۴
۷	بیشه‌زارها و کشت آبی	۲۳۹/۲۸	۲۹/۱
جمع		۸۲۹/۲۸	۱۰۰

جدول ۲- مشخصات کاربری‌ها- تصویر ماهواره‌ای سال ۱۹۹۸

خوشه	نوع کاربری	گستره به km^2	درصد گستره
۱	آب دریاچه سد	۱۰/۰۶	۰/۹۹
۲	زمین‌های بایر	۴۷/۳	۵/۵۶
۳	مراعات بسیار فقیر	۴۵/۰۲	۵/۲۸
۴	مراعات میانگین	۳۹/۱۵	۴/۵۶
۵	مراعات خوب	۳۶/۱۷	۴/۱۹
۶	دیم‌زارها	۴۴۵/۲۳	۵۴/۳۶
۷	بیشه‌زارها و کشت آبی	۲۱۷/۴۸	۲۶/۴۳
جمع		۸۲۹/۲۸	۱۰۰

امتیاز ۹ دریافت خواهد کرد. بر پایه شدت و ضعف نسبی تأثیرگذاری عوامل بر روی فرسایش، امتیازها بین دو دامنه فوق تغییر خواهد کرد. امتیاز نسبی عوامل را می‌توان با تشکیل ماتریس، روشن‌تر بیان نمود (جدول ۳) و سپس با محاسبه میانگین هندسی ردیف‌های این ماتریس و تقسیم آن به مجموع میانگین ردیف‌ها، ارزش نسبی طبقات عوامل را نیز بدست آورد (جدول ۴). در این پژوهش «شاخص سازگاری» «آزمون F» و «آزمون شفی» برای اطمینان بیشتر و متجانس بودن امتیازها صورت گرفت. نتایج هر سه روش نشان داد که امتیازهای نسبت داده شده به طور تصادفی پراکنده شده‌اند و واریانس هیچ یک از آنها تفاوت معنی داری با واریانس عوامل دیگر ندارد (جدول ۵).

وزن‌دهی به عوامل و استخراج نقشه قابلیت رسوبدهی حوزه

پس از تهیه نقشه مربوط به متغیرهای مؤثر در افزایش رسوب، به هر یک از عوامل و طبقات آنها با روش کارشناسی «سلسله مراتبی» وزن داده شد. در این روش به هر یک از عوامل، امتیاز کارشناسی داده می‌شود. در این امتیازدهی معیار اصلی مقایسه دودویی بین عناصر می باشد که بر پایه اهمیت یک عنصر به عنصر دیگر، ارزش ۱ تا ۹ داده می‌شود، به عنوان مثال اگر بررسی‌ها نشان دهد یک عامل نسبت به دیگری، اهمیت همسان در فرسایش داشته است، امتیاز آن عامل ۱ و در صورتی که اگر نسبت به عامل دیگر به طور کلی برتر بوده و اهمیت بیشتری داشته باشد،

جدول ۳- ماتریسی عوامل مؤثر در افزایش میزان رسوب

عوامل	کاربری اراضی	ارتفاع	فرسایش پذیری	شیب	بارش	زمان تمرکز
کاربری اراضی	۱	۲	۲	$\frac{1}{3}$	۲	$\frac{1}{3}$
ارتفاع	$\frac{1}{3}$	۱	۲	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	۱
فرسایش پذیری	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	۱	۱	۲	۲
شیب	۳	۲	۱	۱	۲	۱
بارش	$\frac{1}{3}$	۲	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	۱	$\frac{1}{3}$
زمان تمرکز	۲	۱	$\frac{1}{3}$	۱	۲	۱

جدول ۴- امتیازدهی عوامل مؤثر در افزایش تولید رسوب بر پایه روش سلسله‌مراتبی

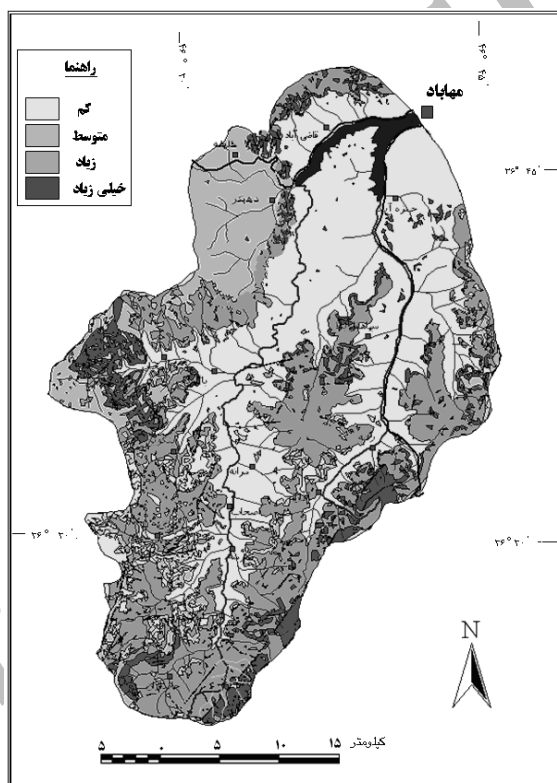
کاربری اراضی	طبقات عامل	زمین‌های بایر	مراتع فقیر	مراتع میانگین	مراتع خوب	دیم‌زارها	بیشه‌زارها و بقولات		
	امتیاز	۰/۳۹۳۷	۰/۱۷۵۰	۰/۰۸۰۶	۰/۰۴۳۴	۰/۲۸۳۳	۰/۰۲۴۰		۱
	امتیاز نسبی	۰/۰۶۶۷	۰/۰۲۹۶	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۷۳	۰/۰۴۷۹	۰/۰۰۴۱		۰/۱۶۹۴
ارتفاع	طبقات عامل	-۱۵۲۵	-۱۷۳۸	-۱۹۵۰	-۲۱۶۳	-۲۳۷۵	-۲۵۸۸	-۲۸۰۳	
	امتیاز	۱۳۵۰	۱۵۲۵	۱۷۳۸	۱۹۵۰	۲۱۶۳	۲۳۷۵	۲۵۸۸	۱
	امتیاز نسبی	۰/۰۲۲۳	۰/۰۳۵۸	۰/۰۵۷۶	۰/۰۹۳۷	۰/۱۵۲۴	۰/۲۴۵۳	۰/۳۹۲۷	۰/۱۳۸۳
فرسایش پذیری	طبقات عامل	خیلی زیاد		زیاد	میانگین	کم			
	امتیاز	۰/۵۷۰۶		۰/۲۷۲۳	۰/۱۱۱۹	۰/۰۴۵۱		۱	
	امتیاز نسبی	۰/۰۹۲۳		۰/۰۴۴۰	۰/۰۱۸۱	۰/۰۰۷۳		۰/۱۶۱۷	
شیب	طبقات عامل	۰-۹	۹-۱۸	۱۸-۲۶	۲۶-۳۵	۳۵-۴۴	۴۴ به بالا		
	امتیاز	۰/۰۴۲۱	۰/۰۷۰۰	۰/۱۱۱۱	۰/۲۰۳۳	۰/۳۴۵۲	۰/۵۷۳۵		۱
	امتیاز نسبی	۰/۰۰۹۴	۰/۰۱۵۷	۰/۰۲۴۹	۰/۰۴۵۶	۰/۰۷۷۵	۰/۱۲۸۸		۰/۲۲۴۶
بارش	طبقات عامل	۳۵۰-۴۵۰		۴۵۰-۵۵۰	۵۵۰-۶۵۰	۶۵۰ به بالا			
	امتیاز	۰/۵۵۲۵		۰/۲۵۸۱	۰/۱۲۹۰	۰/۰۶۰۳		۱	
	امتیاز نسبی	۰/۰۶۸۸		۰/۰۳۲۱	۰/۰۱۶۱	۰/۰۰۷۵		۰/۱۲۴۵	
زمان تمرکز	طبقات عامل	۰/۴-۰/۹		۰/۹-۱/۵	۱/۵-۳/۵	۳/۵-۵			
	امتیاز	۰/۵۶۳۸		۰/۲۶۳۴	۰/۱۱۷۸	۰/۰۵۵۰		۱	
	امتیاز نسبی	۰/۱۰۲۳		۰/۰۴۷۸	۰/۰۲۱۴	۰/۰۰۹۹		۰/۱۸۱۴	

جدول ۵- نتایج بدست آمده از تحلیل واریانس یک طرفه برای تصادفی بودن ارقام

	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	sig
بین گروه‌ها	۲/۶۷۹	۵	۰/۵۳۶	۱/۱۳۰	۰/۳۳۶
داخل گروه‌ها	۱۴/۲۲۴	۳۰	۰/۴۷۴		
مجموع	۱۶/۹۰۳	۳۵			

نهایی تکرار شد. و به این ترتیب نقشه قابلیت رسوبدهی (شکل ۱۳) تهیه و مشخصات واحدهای کیفی حساسیت به فرسایش و رسوبدهی استخراج شده است (جدول ۶).

سپس همه لایه‌هایی که به گروه‌های مختلف تقسیم شده و هر یک از گروه‌ها نیز امتیاز ویژه‌ای دریافت کرده بودند در نرم‌افزار Arcview دو به دو همپوشانی شدند تا نواحی مشترک آنها استخراج شود. این مرحله تا استخراج نقشه

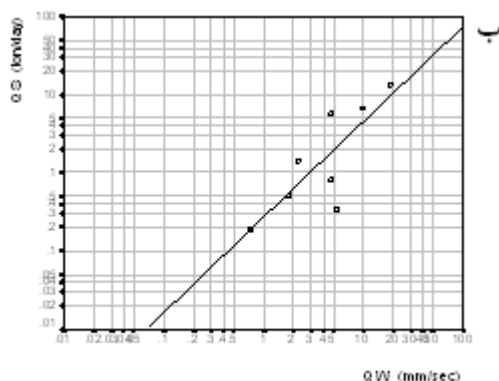


شکل ۱۳- نقشه قابلیت رسوبدهی منطقه پژوهش

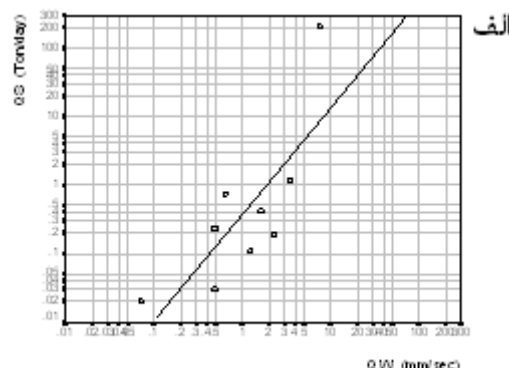
جدول ۶- مشخصات واحدهای کیفی حساسیت به فرسایش

قابلیت رسوبدهی	گستره به km ²	گستره به درصد
کم	۳۷۴/۴۵	۴۵/۱۵
میانگین	۱۳۶/۸۸	۱۶/۳۸
زیاد	۲۵۵/۹۴	۳۰/۸۶
خیلی زیاد	۶۳/۰۵	۷/۶۱
جمع	۸۲۹/۲۸	۱۰۰

میانگین روزانه و از مجموع اعداد دبی روزانه، دبی ماهانه (شکل ۱۴) برای ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت نشان می‌دهند که در همه ماه‌های یاد شده، میزان تولید رسوب در رابطه با دبی آب، با گذشت زمان افزایش یافته است.



نتایج
انتقال داده‌های دبی آب و رسوب ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه کوثر و بیطاس در سال‌های ۷۵-۱۳۷۴ و ۸۱-۱۳۸۰ بر محور مختصات Q_s و Q_w بر روی کاغذ لگاریتمی و سپس رسم منحنی دبی-رسوب و محاسبه دبی



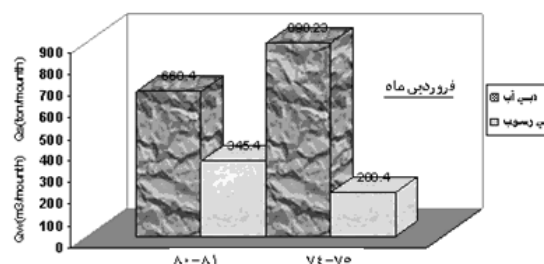
شکل ۱۴- رابطه دبی آب و رسوب در دو رودخانه کوثر (الف) و بیطاس (ب) که از ۹ و ۸ اندازه‌گیری در سال آبی ۸۱-۱۳۸۰ به دست آمده است

۱۱/۳۲ درصد در سال ۱۹۸۷ به ۴/۵۶ درصد در سال ۱۹۹۸ کاهش یافته است. شخم زدن مراتع پرشیب نواحی کوهستانی و به زیر کشت بردن آنها به عنوان تغییرات کاربری، علاوه بر تشدید عمل فرسایش باعث تولید رسوب شده است.

نتایج بدست آمده از بررسی شکل ۱۳ نشان می‌دهد در مجموع درصد قابل توجهی از حوزه استعداد زیادی را برای از دست دادن تعادل داراست و با تغییرات اندک از خود واکنش نشان خواهد داد (جدول ۶).

بررسی علل توزیع نابرابر نواحی حساس، روشن می‌سازد که عامل شیب به ویژه در بخش جنوبی حوزه-نقش مهمی در تولید رسوب بر عهده دارد. بررسی شکل ۱۳ نشان می‌دهد که مناطق جنوبی، جنوب غربی و جنوب شرقی یا به عبارت دیگر بخشهای سرچشمه رود توان فرسایشی زیاد و بسیار زیادی را دارد. بررسی دقیق نقشه شیب (شکل ۷) وجود دامنه‌های با شیب بیش از ۲۷ درصد را در این بخش از حوزه بازتاب می‌کند. از سوی دیگر، عملکرد گسل‌ها نیز در این ناحیه بیشتر است. این گسلها از راه ایجاد اختلاف سطح بر روی بعضی از دامنه‌ها، شیب را

آزمون T جفتی برای اثبات درستی ادعای یاد شده، نشان می‌دهد که در دبی آب و نسبت دبی آب به دبی رسوب در سال‌های ۷۵-۱۳۷۴ و ۸۱-۱۳۸۰ هیچگونه اختلافی وجود ندارد، در حالی که تفاوت در دبی رسوب آنها معنی‌دار می‌باشد.



شکل ۱۵- مقایسه میزان تولید رسوب در رابطه با دبی آب بین سال‌های ۷۴-۷۵ و ۸۱-۸۰ در زیرحوزه کوثر

نتایج بدست آمده از مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی، نشان می‌دهد که در سال ۴۲/۱۹۸۷،۰۴ درصد گستره منطقه پژوهش، زیر کشت گیاهان در زراعت دیم بوده در حالی که پس از گذشت ۱۲ سال این رقم به ۵۴/۳۶ درصد افزایش یافته است. در مقابل گستره مراتع میانگین از

در مواقعی که حوزه‌ها زمان تمرکز کمتری دارند، حساس پذیری دامنه‌ها را گسترش داده‌اند.

مقایسه داده‌های جدول رده‌بندی زیرحوزه‌ها بر پایه میزان شیب با جدول قابلیت رسوبدهی زیرحوزه‌ها (جدول ۸ و ۷)، نشان می‌دهد که حساس‌ترین نواحی در برابر فرسایش و تولید رسوب تراس‌های آبرفتی هستند. دلیل آن، وجود عوامل تشدیدکننده حرکت‌های دامنه‌ای مانند افزایش احداث جاده‌های روستایی بر روی دامنه‌های با شیب تند، بدون رایزنی با کارشناسان محیط زیست و و افزایش تغییر کاربری اراضی از پوشش جنگلی و مرتعی به دیم‌زارها (به طوری که بیشترین تغییر کاربری اراضی در زیرحوزه بیطاس به رخداد پیوسته و به تبع آن بیشتر حرکت‌های دامنه‌ای، در این زیرحوزه شناسایی شده است) می‌باشد (شکل ۱۶). در بیشتر موارد دیده شده جریان گل و مواد دامنه‌ای، تا بستر دائمی رودخانه‌ها ادامه یافته و به دنبال آن توسط آب حمل و وارد دریاچه سد شده است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- نمایی از روانه گل بر روی دامنه غربی رود بیطاس

به بیش از ۴۰ درصد افزایش داده و از سوی دیگر امکان استقرار آبراهه‌ها و جریان‌های متمرکز را فراهم آورده و در نتیجه عملکرد فرسایشی آنها را آسانتر کرده‌اند. با این وجود، دو زیرحوزه بنگوین و باگردان نسبت به وجود دامنه‌های تند و حتی فرسایش‌پذیری زیاد سنگ‌ها، درجه رسوبزایی بسیار زیادی را نشان نمی‌دهند. این موضوع، عمدتاً به اشغال گستره زیادی از آنها توسط جنگل ارتباط پیدا می‌کند (شکل ۱۱).

برعکس، بعضی زیرحوزه‌ها (مانند بیطاس، میرسه و قزلجه) هر چند از سنگ‌های مقاوم تشکیل شده‌اند، باز هم حساسیت بالایی را در برابر رسوبزایی نشان می‌دهند. نتایج بدست آمده از مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی (اشکال ۱۱ و ۱۲)، نشان می‌دهد که این زیرحوزه‌ها به شدت در معرض تغییر کاربری اراضی از بیشه‌زارها و مراتع به دیم‌زارها قرار گرفته‌اند. تخریب جنگل و مرتع به ویژه در حوزه‌های پرشیب، فرسایش زیادی را به همراه آورده است. ولی تغییر کاربری در زیرحوزه‌های پایین دست، به ویژه در بخش‌های پرشیب آنها، بیشتر صورت گرفته است و این تغییرات بویژه



شکل ۱۶- شخم مراتع در دامنه با شیب زیاد

بحث و نتیجه گیری

با توجه به اینکه حوزه‌های آبخیز بر پایه برنامه‌ریزی صحیح آمایش می‌شوند و لازمه برنامه‌ریزی صحیح، داشتن آگاهی نسبت به ویژگی‌های محیط از نظر مسائل طبیعی و انسانی است ولی متأسفانه در حوزه آبخیز رودخانه مهاباد تنها در دو ایستگاه کوتر و بیطاس اندازه‌گیری بار رسوب صورت می‌گیرد و برای زیرحوزه‌های بالادست حوزه بسیاری از داده‌ها از جمله داده‌های بار رسوب جمع‌آوری نمی‌شود، بنابراین تعیین نواحی با قابلیت بالای تولید رسوب برای اولویت‌های برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین، کار دشواری خواهد بود. در چنین شرایطی، مهم‌ترین گزینه، تهیه نقشه‌های قابلیت رسوبدهی حوزه با ارزش‌گذاری کیفی بود. به طوری که وجود چنین محدودیت‌هایی باعث شد بعضی از پژوهشگران مانند (Zurayk et al. (2001 و Saahin & Kurum (2002) نیز بر روی روش‌های کیفی تکیه کنند.

همپوشانی ۶ نقشه عامل، نواحی حساس به فرسایش را با درجه‌های مختلف به صورت شکل ۱۳ ارائه داد. بررسی محتوای این نقشه نشان می‌دهد که پراکنندگی «نواحی با قابلیت رسوبدهی بسیار زیاد» در مناطق جنوب‌شرق، جنوب و جنوب‌غربی حوزه منطبق بر نواحی با شیب تند می‌باشد. همچنین تجزیه و تحلیل داده‌های شکل ۹ نشان می‌دهد که از مجموع زیرحوزه‌های منطقه پژوهش، ده زیرحوزه زمان تمرکزی کمتر از ۲ ساعت دارند. دلیل آن شیب تند زیرحوزه‌ها و سرعت بالای آب است که خود باعث افزایش قابلیت تولید رسوب شده است. جداسازی نقشه حساسیت به فرسایش زیرحوزه‌ها نیز این موضوع را تأیید می‌کند (جدول ۸). به عنوان مثال زیرحوزه باگردان با گستره‌ای در حدود ۷۶/۹۶ کیلومترمربع بیشترین قابلیت را در تولید رسوب دارا می‌باشد، طوری که در حدود ۱۸/۲ درصد از گستره این حوزه در برابر فرسایش، خیلی زیاد حساس می‌باشد. زیرا در حدود ۵۰/۶۱ درصد از گستره

این زیرحوزه بیش از ۱۸ درصد شیب داشته و زمان تمرکز آن خیلی کوتاه و در حدود ۰/۹ ساعت می‌باشد.

در پژوهش همانندی، (Chehremonawari (1992 در بررسی عوامل مؤثر در ضریب رسوبدهی در حوزه آبخیز میناب به این نتیجه رسیده است که ضریب رسوبدهی حوزه بیشترین همبستگی را با ویژگی‌های فیزیکی حوزه از جمله شیب دارد. همچنین (Darcy & Pierre (1996 به منظور برآورد میزان فرسایش زیرحوزه‌های Goodwin Creek & Hickahala در نواحی بالادست رودخانه می‌سی‌سی‌پی، درجه و طول شیب را مهم‌ترین عامل در تولید رسوب شناسایی کرده‌اند.

از سوی دیگر از راه استخراج نقشه‌های کاربری اراضی در زمانهای متفاوت از تصاویر ماهواره‌ای و مقایسه آن با نقشه نواحی حساس به فرسایش می‌توان به این نتیجه رسید که زیرحوزه‌هایی که بیشترین تغییر کاربری اراضی از مراتع و بیشه‌زارها به دیم‌زارها، در آنها صورت گرفته است قابلیت بالایی نیز در تولید رسوب دارند. به عنوان مثال زیرحوزه شکرپیگ که ۴۲/۴ درصد از گستره آن بیشتر از ۱۸ درصد شیب دارد، به دلیل آن که کمترین تغییر کاربری اراضی در آن صورت گرفته و از نظر پوشش گیاهی، جزو حوزه‌های با تراکم بالاست (از مجموع ۳۹/۶۸ کیلومتر مربع گستره، ۳۳ کیلومترمربع آن را بیشه‌زارها و بقولات و مراتع بسیار خوب تشکیل می‌دهد)، در میان ۱۳ زیرحوزه، رتبه دهم را از لحاظ قابلیت تولید رسوب دارا می‌باشد. در مقابل در زیرحوزه بیطاس که نسبت به شکرپیگ شیب ملایمتری دارد ولی بیشترین تغییر کاربری اراضی در آن صورت گرفته است دارای قابلیت بالایی در تولید رسوب می‌باشد. (Aqarazi (2001 نیز در کار تحقیقی خود به نتایج همانندی دست یافته است. او باور دارد که در هر شیئی، کاربری مرتع کمترین فرسایش، کاربری شخم رها شده بیشترین فرسایش و کاربری زراعت حدوسط فرسایش را به خود اختصاص داده‌اند. (Zhangxin (1999 نیز با مقایسه دو شاخه جنیانگ و جینشا از رودخانه یانگ بالایی در طی

همانندی دست یافته بود. بنابراین می‌توان گفت که نقش فعالیت‌های انسان در تولید رسوب مؤثرتر است. از سوی دیگر، از ۹ اندازه‌گیری آبدهی رسوب در رود بیطاس و ۸ اندازه‌گیری آبدهی رسوب برای حوزه رود کوتر رابطه‌ای خطی بین آبدهی و میزان رسوب برقرار شده است (شکل ۱۴). اگر در این شکل در آبدهی همسان، حجم رسوب تعیین شود (برای مثال در ۱، ۵ و ۱۰ متر مکعب در ثانیه) متوجه می‌شویم که میزان رسوب در زیرحوزه بیطاس تقریباً دوبرابر زیرحوزه کوتر است. اگر این نتیجه با نتیجه گستره‌های زیر پوشش درجه‌های مختلف حساسیت برای زیرحوزه‌های بیطاس و کوتر که از شکل ۱۳ و بدون احتساب دشت‌هایی که بیشترین گستره آنها در پایین دست قرار گرفته است، مقایسه شود در خواهیم یافت که زیرحوزه بیطاس با گستره زیادی که زیر پوشش درجه‌های زیاد و بسیار زیاد آسیب‌پذیری قرار دارد، به همان صورت که انتظار می‌رود، رسوب زیادی تولید می‌کند و این می‌تواند نشانگر درستی و دقت نقشه رسم شده باشد.

سال‌های ۹۶-۱۹۵۴ به این نتیجه رسید که به علت تفاوت معنی‌دار در تغییر نوع کاربری در دو زیرحوزه، الگوی رسوبدهی این دو رودخانه، تفاوت زیادی از خود نشان داده است. بر پایه بررسی‌های میدانی، ارائه ندادن آموزش‌های لازم به روستائیان و پایین بودن سطح آگاهی‌های عمومی، همچنین نیاز شدید به درآمدهای هرچند ناچیز بخش کشاورزی منطقه، عدم اطلاع‌رسانی بهینه و نبودن نظارت از سوی سازمان‌های مسؤل، از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییر کاربری اراضی از پوشش جنگلی و مرتعی به دیم‌زارها کم‌بازده در سطح حوزه می‌باشد (شکل ۱۷).

برخلاف نظر Renard، به نظر می‌رسد، که بین تولید رسوب و بارندگی رابطه مستقیمی دیده نمی‌شود، زیرا بررسی نظام بارندگی حوزه در یک دوره ۳۰ ساله، در مجموع افزایش میزان بارندگی را نشان نمی‌دهد. (1983) Walling نیز با بررسی رابطه تولید رسوب سالانه ۱۲۴۶ ایستگاه در سطح جهان و بارش سالانه آنها به نتیجه

جدول ۷- رده‌بندی زیرحوزه‌ها بر پایه میزان شیب-برحسب درصد

زیرحوزه‌ها	۰-۹	۹-۱۸	۱۸ به بالا
کارگ	۳۳/۵	۶/۷	۵۹/۷
باگردان	۳۵/۵	۱۳/۶	۵۰/۶
بنگوبین	۴۰	۱۱/۷	۴۸/۴
شکریگ	۴۲	۱۵/۶	۴۲/۴
دهبکر	۳۷/۶	۲۳/۹	۳۸/۵
جانداران	۴۹/۷	۱۴/۸	۳۵/۳
قاضی آباد	۴۶/۱	۲۰/۴	۳۳/۵
بیطاس	۴۳/۵	۲۸/۶	۲۷/۸
قزلجه	۴۴/۴	۲۸/۶	۲۶/۸
سیاهقل	۴۱/۴	۳۲/۹	۲۵/۶
میرسه	۵۶	۲۰/۴	۲۳/۴
مرانه	۵۳/۴	۲۵/۸	۲۰/۷
حمزه آباد	۴۶/۱	۳۵/۶	۱۸/۲

جدول ۸- رده‌بندی زیرحوزه‌ها از برای حساسیت به فرسایش و تولید رسوب- به درصد

زیرحوزه	کم	میانگین	زیاد	خیلی زیاد
باگردان	۲۱/۶	۳۳/۱	۲۷	۱۸/۲
جانداران	۱۰	۱۰/۳	۶۲/۳	۱۷/۴
بیطاس	۴۴	۳/۴	۴۰/۷	۱۱/۸
بنگوبین	۲۹/۷	۱۸	۴۲/۴	۹/۸
میرسه	۲۸/۱	۷/۷	۵۴/۵	۹/۷
قزلجه	۴۵	۸	۳۹/۴	۷/۵
سیاقول	۵۶/۹	۰/۸	۳۵/۴	۶/۸
قاضی آباد	۷۳/۱	۳/۵	۲۰/۱	۳/۲
حمزه آباد	۹۱/۲	۰/۴	۵/۱	۳/۱
شکرپیگ	۲۸/۸	۲۶/۳	۴۳/۵	۱/۳
دبوکر	۰/۱۲	۹۹/۸	۰/۰۱	۰/۰۳
کارگ	۳۶/۵	۱۷/۱	۴۶/۴	۰/۰
مرانه	۷۱	۱۱/۹	۱۶/۳	۰/۰

منابع

- Alizadeh, A., 1992. Principles of Applied Hydrology. Fourth Edition. Publication of Astane Ghodse Razavi, 260 p.
- Aqarazi, H., 2001. The study of relation between land use and slope with producing sediment. National conference of lands management, soil erosion and sustainable development, Aruk, Iran.
- Castro Filho, C., Norton, D., 2001. Monitoring the sediment loading of Itaipulake and modeling of sheet and rill erosion hazards in the watershed of parana river. Agriculture, Ecosystems and Environment 91, 215- 227
- Chehremonawari, B., 1992. Estimation of erosion and sediment in dam watersheds. Ministry of agriculture, section of watershed management.
- Darcy, K.M & Pierre, Y.J., 1996. Estimation of upland erosion using GIS. U.S. Government Printing Office, Colorado, 58pp.
- Erlich, R.R., 1988. The Loss of diversity: causes and consequences. In: Wilson E. O. and Peter F. M. (eds), Biodiversity. National Academic Press, Washington D.C., pp.21-27.
- Geological Survey of Iran., 1973. Geological map with 1/250000 scale.
- Habibi, M., 2002. Sedimentation in lake dams. Journal of Watershed, pp: 7-9.
- Mahmoodi, F. 1988. Transformation of topographic of Iran in Quaternary. Journal of Geographic research. Publication of Tehran University. (22).
- Majedi, M., Jazaeri, B., 1997. Assessment of erosion potential in different regions in the end of the eastern of Ghezelaosan river basin. Journal of Geographic research, (41), 55 p.
- Mati, B.M., Morgan, R. CP.C., Gichuki, F.N., QUINTON, J.N., Bower, T.R. & Liniger, H.P., 2000. Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: A case study of the upper Ewaso Nagiro north basin of Kenya. JAG, 2,2, pp.78-86

- Meteorological Organization of Iran., Annual data Mahabad Meteorological station. From 1957 to 2002.
- Ministry of Energy, West Azarbaijan Regional Water corporation from 1955 to 2002, yearbook statistical(Temperature, Rainfall, Water Discharge, Sediment Discharge, Evaporation, relative humidity and etc.)
- Morgan, R.P.C., 1986. Soil erosion and conservation. Longman scientific and technical, John Wiley and Sons.
- Murthy, A.D., 1992. Modeling suspended sediment flow in area upland basins. Hydrological Sciences Journal, 47 (2),31-40.
- Musgrave, G.W., 1947. The quantitative evaluation of factors in water erosion-a first approximation. Journal of Soil and Water Conservation 0, 133-138.
- NRA, 1993- River landscape assessment: Methods and procedures. Conservation Technical Handbook, No.2, National River Authority, UK.
- National Geographical Organization, 1998. Topographic Maps with 1/50000 and 1/250000 scale of the Mahabad river basins. Third Edition.
- Nosrati, a., 2000. Flood capable mapping in Ghvehrood Basin using GIS and RS. Thesis of Master of Science of RS. Department of Geographic. University of Tarbiat modares. Pp: 50-55.
- Rajaei, A., 1993. Application of geomorphology of the land allocation and management of river basins dams in the positioning. Journal of Geographic research 28, 108-121.
- Rafahi, H. Gh., 1996. Water erosion and conservation. University of Tehran press, First Edition, PP: 176-177.
- Remote Sensing Society of Iran. Satellite Images 1987 and 1998 of the Mahabad river basin. Land Sate 4 and 5, TM Sensor.
- Renard. C., 1969. The effect of soil type, slope, rain intensity and their, interactions on splash detachment and transport. Journal of Soil and Water Conservation 25, 132-141
- Saahin, S. Kurum, E., 2002. Erosion risk analysis by GIS in environmental impact assessments. a case study –Seyhan Kopru dam construction , Journal of Environmental Management 66, 239-247.
- Talebpor, D., 2004. Snow Hydrology of the Mahabad river basin. Journal of Zhingah,(7 & 8), 10.
- Utilization office from dams and irrigation network, 1997. Sedimentology and measurement of sediment in Mahabad lake dam. The report of water resources central research (TAMAB), 26 P.
- Walling, D.E, Webb, B.W., 1983. Patterns of Sediment yield, In: K.S.Gregory (ed), Background to paleohydrology, John Wileyandsons, chic ester, England.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D., 1978. predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning. U.S. Department Agriculture Agricultural Research Service Handbook. 537, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 55 pp.
- Zhangxin, B. 1999. Status and causes of sediment changes du institute of mountain hazards and Environment. Hydrological Sciences Jurnal43 (2), 121-134.
- Zurayk, R., Sayegh, F.A.A., Hamadeh, S. & Chehab, A., 2001. A GIS methodology for soil degradation evaluation, In: Stott, D. E., Mohtar G.C. (eds), Sustaining the global farm. pp. 1082-1089, Selected paper from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting, 24-29, 1999- Purdue University and USDA National Soil Erosion Research Laboratory.

Study of the Relation between Landuse and Slope with Sediment Yield in the Southern Watersheds of Mahabad River

D. Talebpoor Asl^{*1} and S. Khezry²

¹Lecturer, Department of Physical Geography, University of Kurdistan, Sanandaj, I.R. Iran
Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, I.R. Iran
(Received: 05 September 2009, Accepted: 20 September 2010)

Abstract

The Mahabad River Watershed has been exposed to severe erosion as a result of landuse change. The aim of this study is to quantify the amount of sediment yield and the relationship between land use change and slope. Different sources such as geologic and topographic maps, satellite images, hydrometric as well as meteorological data were used to extract and gather the information needed for this research. Six factors including altitude, slope, precipitation, rock erodibility, time of concentration and land use were specified as the most effective factors. The overlapping of the six factors maps resulted in the preparation of sediment delivery potential map. The distribution maps prepared on each of these parameters and their overlaps have shown that areas with more severe slopes are categorized as highly susceptible to erosion. However, in areas with resistant rocks, change of land use has been the determining factor. Comparison of water and sediment discharge data of 1996-97 with 2001-02(similar annual water volume) showed that the sediment yield has increased. Studying land use map prepared using satellite imagery of 1987 and 1998 showed that land use of the area has severely changed from pasture to dryland farming. This factor has also caused the intensification of mass movement recently occurred in the area. Landuse is the only parameter modified by human, and it is the only one which can be quickly and effectively changed. Hence, it seems that the upstream areas in the south and southwest of the basin with low concentration time, steep slope, high erodibility, high amount of precipitation, and the landuse of forest and pasture mixture as well as alluvial terraces with fine and granular sediments are the most sensitive areas which need protecting and control measures.

Keywords: Mahabad River, Sediment delivery potential, Rock erodibility, Landuse, Slope

*Corresponding author: Tel: +98 918 3797306 , Fax: +98 871 6620550 , E-mail: d.talebpoor@gmail.com