پهنه‌بندی قابلیت فرسایش خاک بر اساس مدل پسیاک اصلاح شده (MPSIAC) در حوضه آبریز «آق لاقان چای» با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

دکتر منوچهر فرج زاده ■

استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تربیت مدرّس □□

بهروز سبحانی ■

عضو هیأت علمی دانشگاه اردبیل □□

چکیده

فرسایش خاک از معضلات مهم زیست‌محیطی است که همه ساله موجب هدر رفت تُنها خاک حاصلخیز زراعی و پر شدن دریاچهٔ سدها می‌شود. برای مقابله روشهای متعددی ارائه شده است تا به نحوی بتوانند خسارتهای این پدیده طبیعی را به حداقل کاهش دهند. یکی از این روشها، پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر و محاسبهٔ میزان رسوب بر مبنای مدل پسیاک اصلاح شده است. در این روش نُه عامل محیطی، یعنی زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، آب و هوا، رواناب، میزان شیب، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای بررسی می‌شود و با در نظر گرفتن ارزشهای کمی برای هر یک از آنها، میزان رسوب بر حسب مترمکعب در کیلومترمربع محاسبه گردد.

دراین مقاله نحوه تولید اطلاعات با تکنیک سنجش از دور و تحلیل آنها با استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی مورد بحث واقع شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان رسوب برآورد شده از طریق متد فوق‌الذکر می‌تواند به عنوان یک روش کارامد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۱- مقدمه

فرسایش خاک از معضلات اساسی در بحث منابع طبیعی به شمار می‌رود. این حالت به تخریب تدریجی سنگها، انتقال و ته‌نشینی آنها به شکل موارد ریزدانه در قسمتهای پایین دست حوضه‌های آبریز اطلاق می‌شود. به طور مسلم ادامه این فرایند موجب از بین رفتن و شسته شدن خاکهای حاصلخیز زراعی می‌شود که برای تولید دوباره آنها باید مدت زمان بسیار زیادی به انتظار نشست. کاهش حاصلخیزی

خاکها و در نتیجه شدت گرفتن سیلابها از جمله تبعات این پدیده مخرب طبیعی است.
در کشور ما نیز وجود این معضل به شکل بسیار حاد در حوضه‌های آبریز موجب شده که از عمر مفید سدها کاسته شود، به طوری که عملاً رسوب زدایی آنها اقتصادی به نظر نمی‌آید. علاوه بر این کاهش سطوح اراضی قابل کشت و وقوع سیلابهای مخرب از نتایج زیانبار پدیده فرسایش خاک در کشور محسوب می‌شود که مسائل اقتصادی و اجتماعی متعددی را به بار می‌آورد.
مطالعات نشان می‌دهد که عوامل طبیعی متعددی در شدت یافتن فرسایش خاک حوضه‌های آبریز دخالت دارند که میزان شیب توپوگرافی، شدت بارشها، پوشش گیاهی موجود، لیتولوژی و ... از جمله این عوامل به شمار می‌آیند. با توجه به این موضوع مشخص است که همه مکانهای جغرافیایی -به لحاظ تفاوت در ساختارهای محیط طبیعی یکسان آسیب‌پذیر نیستند؛ بدین معنا که به لحاظ شدت و ضعفهای عوامل طبیعی، میزان فرسایش خاک در واحدهای طبیعی بسیار متفاوت است. به همین منظور اولین قدم در مبارزه و کاهش اثر این بلای طبیعی، شناسایی و پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر است تا با ارائه راه‌حلهای فنی، میزان تولید رسوب به حداقل ممکن کاهش یابد. برای شناسایی و تعیین میزان فرسایش خاک در حوضه‌های طبیعی، محققان از روشهای تجربی متعدد استفاده می‌کنند. تفاوت این گونه روشها در انتخاب پارامترها و ضرایب کمّی فرمولهای تجربی است که ناشی از به کارگیری روشهای مذکور در محیطهای جغرافیایی مختلف است و مدل پسیاک[1] از جمله این روشها محسوب می‌شود. این روش که کاربرد زیادی در دنیا پیدا کرده در سال ۱۹۶۸ توسط زیر کمیته جنوب غربی پاسیفیک مدیریت آب به منظور محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب مناطق خشک و نیمه خشک ارائه شد. ابتدا این روش در سطح ۰/۳۲ تا ۱۷۰ کیلومتر مربع کاربرد داشت، ولی بعد در سطوح بیش از ۲۳۰ کیلومتر مربع نیز به کار گرفته شد.
در روش مذکور، تأثیر و نقش نُه عامل مهم و مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب بررسی و ارزیابی می‌شود. از بین مدلهای تجربی محاسبه فرسایش و رسوب، این مدل بیشترین عوامل ایجاد کننده فرسایش خاک را برای محاسبه فرسایش ویژه و تولید رسوب به کار گرفته است[2].
به سال ۱۹۸۲ در مدل پسیاک تجدید نظر شد و مدل اصلاح شده آن ارائه گردید. در روش اصلاح شده -برخلاف روش قدیم- شدت فرسایش خاک و میزان تولید رسوب بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال، یا تُن در هکتار در سال تعیین می‌گردد. در مدل جدید پسیاک، نُه عامل مؤثر در فرسایش و رسوب به صورت کمی برآورد می‌شوند.
این روش در کشور ما به صورت موردی در برخی از حوضه‌های آبریز به کار گرفته شده و نتایجی رضایتبخش در برداشته است برای مثال باقرزاده کریمی، (۱۳۷۲)، رحمت‌نیا، (۱۳۷۶) به این مهم پرداخته‌اند.

1. PSIAC (Pacific Sauthwest Inter Agency Çommitee).

۲. سبحانی، ۱۳۷۶.

با توجه به کمّی بودن روش پسیاک اصلاح شده، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز (جدول ۱) به وسیله تکنیک سنجش از دور و تشکیل پایگاه داده‌ها و تحلیل آنها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی امکان‌پذیر است. این دو تکنیک جدید، قابلیتهای بسیار زیادی را در اختیار کاربران قرار می‌دهند و هر چند از ظهور آن دو دیری نمی‌گذرد، ولی توانسته‌اند به عنوان ابزارهای کارامد مطرح شوند[۳].

امروزه در اختیار داشتن تصاویر ماهواره‌های منابع زمینی این امکان را به کاربران مختلف می‌دهد که با بهره‌گیری از تکنیک سنجش از دور بتوانند اطلاعات مورد نیاز خود، از جمله اطلاعات راجع به کاربری اراضی، پوشش گیاهی و نوع خاک را به دست آورند. در واقع علم و هنر سنجش از دور به شناخت عوارض و پدیده‌های سطح زمین، بدون تماس فیزیکی با آنها اطلاق می‌شود.

بدین ترتیب داده‌های مورد نیاز برای محاسبه فرسایش خاک به روش پسیاک (جدول ۱) همچون نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی، این اطلاعات توسط سنجش از دور به دست آمده که در بخشهای بعدی مورد بحث قرار می‌گیرد.

پس از جمع‌آوری لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز از طریق منابع موجود، این لایه‌های اطلاعاتی را می‌توان از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی تحلیل کرد. سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، سیستمهایی هستند که قابلیت تحلیلِ توأم داده‌های فضایی (اطلاعات نقشه‌ای) و داده‌های غیرفضایی (اطلاعات جدولی) را دارند و بدین سبب می‌توانند امکانات گسترده‌ای را در تحلیل لایه‌های مدل پسیاک در اختیار کاربر قرار دهند.

در مقاله حاضر، نحوه تهیه اطلاعات مورد نیاز مدل پسیاکِ اصلاح شده از طریق سنجش از دور و وارد کردن آنها به سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقهٔ مورد مطالعه بررسی گردیده است. سپس با تکیه بر قابلیتهای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، لایه‌های تشکیل شده تحلیل و نقشه نهایی فرسایش خاک ترسیم گردیده است.

جدول ۱ عوامل مؤثر در فرسایش خاک و معادلات آنها در مدل پسیاک اصلاح شده

شماره	عوامل پسیاک		شاخص توصیح مربوط به عوامل مؤثر	ضریب اصلاحی شده
۱	زمین‌شناسی سطحی	X_1	انواع سنگ بر حسب حساسیت آنها به فرسایش از ۱ تا ۱۰ درجه‌بندی می‌شوند.	$y_1=X_1$
۲	خاک	X_2	حساسیت خاک به فرسایش با استفاده از فرمول جهانی فرسایش خاک محاسبه می‌شود.	$y_2=16/76X_2$
۳	آب و هوا	X_3	میزان بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت دو ساله	$y_3=0/2X_3$
۴	رواناب	X_4	مجموع ارتفاع رواناب سالیانه با ضریب اصلاح ۳ درصد دبی حداکثر ویژه سالیانه با ضریب اصلاحی ۵۰	$y_4=0/2X_4$

۳. فرج‌زاده، ۱۳۷۷.

ادامه جدول ۱

شماره	عوامل پسیاک		شاخص توصیح مربوط به عوامل مؤثر	ضریب اصلاحی شده
۵	پستی و بلندی	X_5	شیب متوسط برحسب درصد	$y_5=-۰/۳۲X_5$
۶	پوشش زمین	X_6	درصد زمین لخت	$y_6=-۰/۲X_6$
۷	استفاده از زمین	X_7	درصد تاج پوشش	$y_7=۲۰-۰/۲X_7$
۸	فرسایش سطحی	X_8	فرسایش سطحی خاک که با استفاده از روش مدیریت اراضی آمریکا[4] محاسبه می‌شود	$y_8=-۰/۲۵X_8$
۹	فرسایش خندقی (رودخانه‌ای)	X_9	فرسایش خندقی که از شماره هشت به دست می‌آید	$y_9=-۱/۶۷X_9$

۲- مشخصات عمومی عرصه تحقیق

منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز «آق لاقان چای» است در شمال غرب ایران قرار گرفته است. به نظر می‌رسد وجه تسمیه این نام ترکی، وجود چشمه‌های متعدد است؛ چرا که ترجمه نام این حوضه به فارسی «حوضه گریان» می‌شود که تغذیه تدریجی جریان اصلی از چشمه‌سارها را بیان می‌کند. شریان اصلی این حوضه رودخانه «آق لاقان چای» است که حجم دبی سالیانه آن ۴۲ میلیون مترمکعب در سال است و حدود ۳۸ درصد آب حوضه «بالغلو چای» را که جریان حوضه مورد مطالعه به داخل آن صورت می‌گیرد، تشکیل می‌دهد.

حوضه آبریز مورد مطالعه ۱۶۶ کیلومتر مربع مساحت دارد و از نظر موقعیت جغرافیایی در دامنه جنوب شرقی توده آتشفشانی سبلان قرار گرفته است. مختصات جغرافیایی این حوضه ۱۰-۳۸ تا ۱۴-۳۸ عرض شمالی و ۴۶-۴۷ تا ۴۸ طول شرقی است. حوضه «آق لاقان چای» از شمال به قله سبلان، از جنوب به حوضه امام چای و بالغلو چای، از شرق به حوضه جوراب چای و سرعین و از غرب به حوضه بیوک و گردنه سایین محدود می‌شود. حوضه مذکور محل تقسیم آب حوضه‌های آبریز آچی چای و قره‌سو محسوب می‌گردد.

حوضه آق لاقان چای پنج حوضه یا واحد هیدرولوژیک مستقل به نام نیر، ایرنجی، صندوق لو، بوزداغی و لای دارد که محاسبات مدل پسیاک اصلاح شده به صورت تفکیکی برای هر یک از آنها انجام شده است. جدول ۲ نشان دهنده مشخصات عمومی زیر حوضه‌ها و شکل ۱ بیانگر موقعیت منطقه مورد مطالعه است.

4. Burean of land Management.

شکل ۱ موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در روی نقشه ایران

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲ مشخصات عمومی زیر حوضه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام زیرحوضه	ارتفاع از سطح دریا (متر)		مساحت	درصد مساحت
		حداقل	حداکثر	(کیلومترمربع)	
۱	نیر	۱۶۰۰	۲۰۰۰	۳۴	۲۰/۵
۲	ایرنجی	۱۸۰۰	۲۶۸۲	۴۲	۲۵/۳
۳	صندوق‌لو	۲۰۰۰	۳۵۰۰	۴۸	۲۸/۹
۴	بوزداغی	۲۹۰۰	۴۵۰۰	۲۳	۱۳/۸
۵	لای	۲۰۴۰	۳۶۰۰	۱۹	۱۱/۴
	کل حوضه	۱۶۰۰	۴۵۰۰	۱۶۶	۱۰۰

۳- روش تحقیق

همان طور که قبلاً ذکر شد، برای محاسبه میزان کمی فرسایش خاک در حوضه‌های آبریز، تهیه و محاسبهٔ نُه لایه اطلاعاتی مندرج در جدول ۱ ضرورت دارد. آن گونه که در جدول مشخص است. این مدل برای عاملهای نُه گانه، شاخص X_1 تا X_9 رادر نظر گرفته است. شاخص مذکور برای واحد مورد مطالعه از طریق روابط ریاضی و جداول ویژه- با توجه به مشخصات طبیعی آن - استخراج می‌شود. برای مثال درخصوص لایه زمین‌شناسی سطحی، بر مبنای جدولی که مدل ارائه می‌کند کلیه لیتولوژیهای موجود برحسب حساسیت آنها در مقابل فرسایش از ۱ تا ۱۰ درجه‌بندی می‌شوند. رقم اختصاص یافته بدین ترتیب شاخص X_1 را به وجود می‌آورد که در لایه اول ارزشی بین ۱ تا ۱۰ دارد. در مدل اصلاح شده، شاخص به دست آمده در ضریبی ضرب می‌گردد تا ارزش یا شاخص y_1 به دست آید. ضرایب مورد نظر در مدل اصلاح شده در ستون آخر از جدول ۱ ذکر شده‌اند. در مواردی برای محاسبه شاخص این مدل به جای جدول از روابط ریاضی استفاده می‌گردد که به منظور جلوگیری از طولانی شدن مطلب از ذکر همه آنها خودداری شده و علاقه‌مندان می‌توانند برای مطالعه آنها به منابع ذکر شده مراجعه کنند.

در مقاله حاضر ابتدا ارزش X_1 تا X_9 برای ۶ زیر حوضه مورد مطالعه تعیین شده و سپس ضریب اصلاحی در آن اعمال گردیده است و بدین ترتیب رقم نهایی برای زیر حوضه محاسبه شده است. با توجه به تنوع ویژگیهای طبیعی در داخل زیر حوضه‌ها، به طور مسلم ارزشهای به دست آمده نیز واحد نخواهد بود. به همین علت با اندازه‌گیری مساحت و تعیین ارزش برای هر زیر واحد به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی، میانگین وزنی ارزش که نمایندهٔ واقعی ارزش برای زیر حوضه است به دست آمده.

مجموع ارزشهای عوامل نُه گانه در متغیری به نام R در نظر گرفته می‌شود که از آن در محاسبه میزان تولید رسوب سالیانه یا بار رسوب[5] به صورت رابطه ۱ استفاده می‌شود:

$$QS = ۷۷/۳۸ e^{۰/۰۳۵۸R} \quad (۱)$$

که در آن Qs میزان تولید رسوب بر حسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال، R درجه رسوبدهی یا حاصل جمع ارزشهای عوامل نه گانه مدل پسیاک اصلاح شده و e پایه لگاریتم طبیعی است.

پس از محاسبه QS یا میزان تولید رسوب، براساس مدل پسیاک برای طبقه‌بندی این ارزش و تبدیل آن به مقادیر کیفی شدت فرسایش جدولی ارائه شده است (جدول ۳). علاوه بر این ستونی در جدول ۳ وجود دارد که بر مبنای ارزش R می‌توان مقدار کمی و کیفی فرسایش را برآورد کرد. ارقام ستون مذکور نشان می‌دهد زمانی که مقدار R از ۱۰۰ بیشتر می‌شود، فرسایش بسیار شدیدی در منطقه وجود دارد و ارزش کمتر از ۲۵ نشاندهنده شدت فرسایش بسیار کم است. بر مبنای اصول فوق مقدار ارزش وزنی عوامل نُه گانه برای زیر حوضه‌های مورد مطالعه تعیین شده که نتایج آن در جدول شماره

5. Sediment yield.

۴ ارائه شده است. روش تهیه داده‌های نُه گانه به صورت تفضیلی در مطالب زیر بیان می‌شود.

جدول۳ تعیین میزان تولید رسوب سالیانه در مدل پسیاک اصلاح شده

کلاس فرسایش	تولید رسوب سالیانه m^3/km^2	نمرات نشاندهنده شدت فرسایش
خیلی زیاد	۱۴۲۹	۱۰۰
زیاد	۴۷۶-۱۴۲۹	۷۵-۱۰۰
متوسط	۲۳۸-۴۷۶	۵۰-۷۵
کم	۹۵-۲۳۸	۲۵-۵۰
خیلی کم	<۹۵	۰-۲۵

جدول ۴ ارزیابی نهایی عوامل مؤثر در فرسایش خاک مدل پسیاک اصلاح شده در ۶ زیر حوضه

فاکتورها / زیرحوزه	زمین شناسی	خاک شناسی	آب وهوا	رواناب	شیب	پوشش زمین	کاربری اراضی	فرسایش سطحی	فرسایش رودخانه‌ای	جمع امتیازها (R)	مقدار ویژه (QS (m۳/ km۲)	فرسایش (تُن در هکتار درسال)
نیر	۳	۲/۴	۳/۲	۳	۱/۳۳	۲	۲	۳	۵	۲۳/۹۳	۹۱/۳۱	۱/۷۰
ایرنجی	۲	۲/۷	۳/۲	۵	۱/۷۰	۳	۹	۳/۵	۳/۳۴	۳۳/۴۴	۹۱۲۰/۳۵	۲/۲۹
صندوق‌لو	۲	۳/۱	۴/۳	۵	۲/۹۹	۵	۱۲	۴/۵	۲/۵	۴۱/۲۹	۱۷۰/۶۲	۳/۲۳
بوزداغی	۱	۳/۵	۵/۲	۵	۵/۸	۷	۶	۵/۵	۳/۳۴	۴۲/۳۴	۱۷۶/۵۱	۳/۲۹
لای	۲	۳/۱	۴/۲	۴	۳/۱	۶	۱۲	۴/۲۵	۲/۵	۴۱/۱۵	۱۶۹/۱۵	۲/۸
کل حوضه	۲	۲/۹۹	۴/۰۲	۴/۳	۲/۹۸	۴/۶	۶/۲	۳/۹۵	۳/۳۴	۳۴/۴۵	۱۳۲/۰۸	۳/۱

۴- جمع‌آوری داده‌ها و تشکیل پایگاه اطلاعاتی

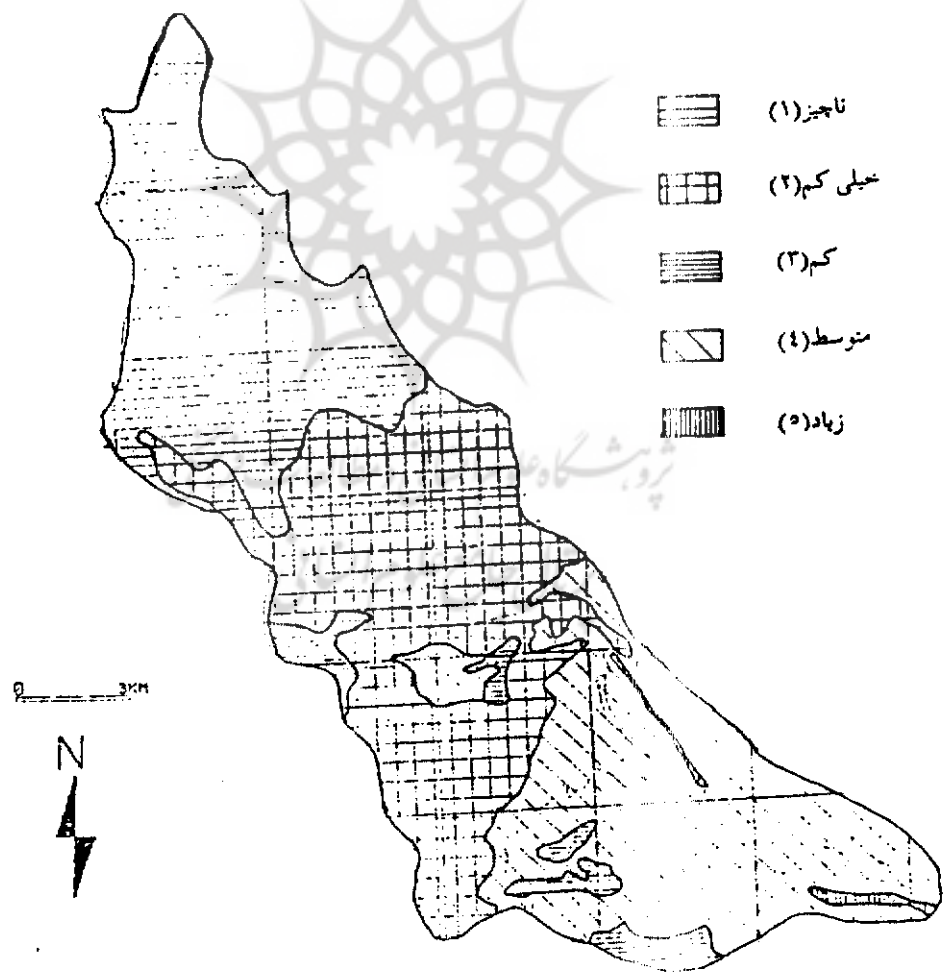
بر مبنای عوامل ارائه شده در جدول ۱، عوامل نُه‌گانه فرسایشی، یعنی زمین‌شناسی، نوع خاک، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، بارندگی، شیب، رواناب، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای درخصوص حوضه آبریز مورد مطالعه تهیه گردیده که نحوه تهیه و ارزش‌گذاری آنها به شرح زیر بوده است:

۴-۱- عامل زمین‌شناسی

بر مبنای نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور منتشر شده، تشکیلات حوضه آبریز مورد مطالعه از نظر سنی متعلق به بعد از دوران سوم (دوره پلیوسن) است و از پره‌کامبرین تا دوره پلیوسن هیچ نوع تشکیلاتی در حوضه وجود ندارد. ۷۵ درصد سطح حوضه را

سنگهای آذرین بیرونی شامل گدازه‌های بازالتی، تراکیتی و آندزیتی تشکیل می‌دهد و بقیه به تشکیلات آبرفتی اختصاص دارد. این تشکیلات شامل تراسهای آبرفتی قدیم و جدید است که کمتر از ۲۰۰۰ ارتفاع دارند.

در روش پسیاک اصلاح شده، تشکیلات زمین‌شناسی حوضه نسبت به حساسیت در برابر فرسایش از ۱ تا ۱۰ از فرسایش بسیار ناچیز تا خیلی زیاد ارزش‌گذاری می‌شود. همان طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، قسمتهای بالادست حوضه به دلیل مقاومت خوب سنگهای آذرین بیرونی در مقابل فرسایش، ارزش یک تا سه یعنی ناچیز تا کم را به خود اختصاص داده‌اند. در قسمتهای پایین دست که عمدتاً تشکیلات آبرفتی غلبه دارد، میزان حساسیت وزنی برای هر زیرحوزه محاسبه شده و ارقام مربوط در جدول ۴ ارائه گردیده است. بر مبنای اطلاعات جدول مشخص است که زیرحوضه نیر با ارزش وزنی ۳ (حساسیت متوسط) بیشترین و زیرحوضه بوزداغی با ارزش ۱ (حساسیت ناچیز) کمترین ارزش را داراست.



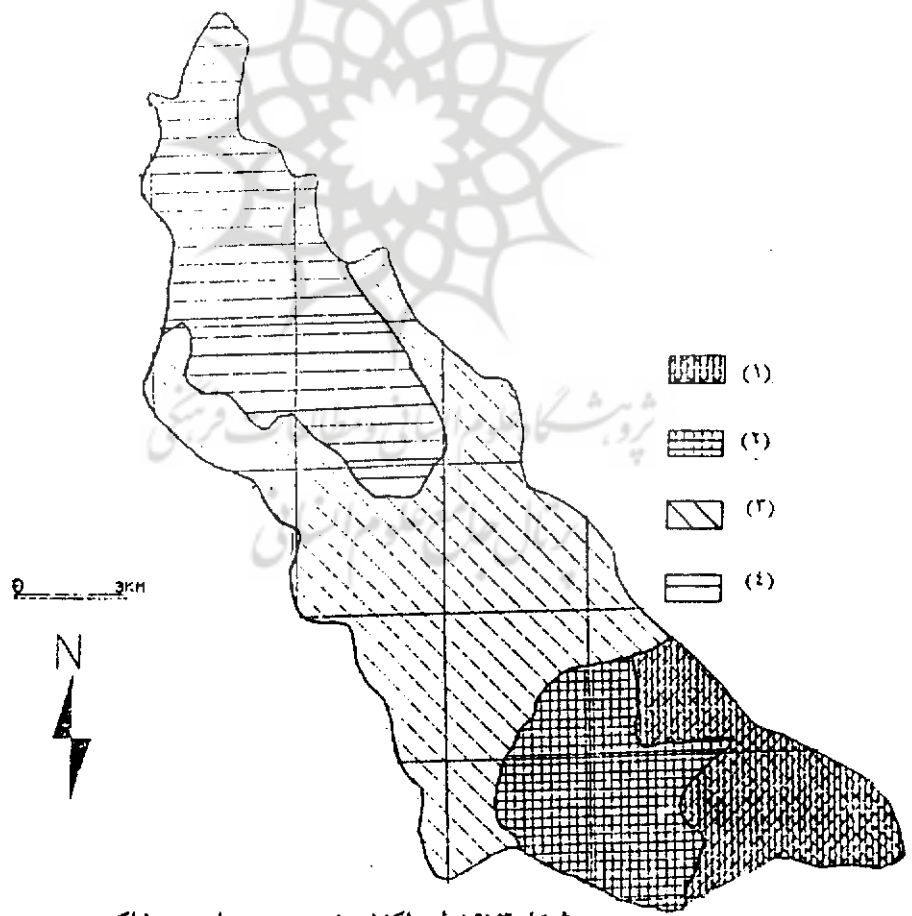
شکل ۲ نقشهٔ پراکنش عامل زمین‌شناسی

۴-۲- عامل خاک شناسی

برای تعیین میزان حساسیت خاک در مدل پسیاک اصلاح شده از معادله جهانی فرسایش خاک[۶] استفاده می‌شود (رابطه ۲)[۷].

$$A=(۲/۲۴)KRLSCP \qquad (۲$$

در رابطه ۲، پارامترهای مختلفی برای محاسبه مقدار فرسایش خاک (تُن در هکتار در سال) یا A در نظر گرفته می‌شود که یکی از آنها ضریب فرسایشی خاک یا K است که مبنای فرسایش‌بندی خاکها، در روش پسیاک اصلاح شده است. مقدار این ضریب برای پوششهای سنگی تا خاکهای سلیتی رسی بین ۰/۵ تا ۰/۲۵ متغیر است. با توجه به این موضوع، ابتدا پنج ویژگی خاک، یعنی درصدهای سیلت و شن ریز، شن درشت، مواد آلی، نوع ساختمان خاک و وضعیت نفوذپذیری تعیین شد و سپس ضریب K برای آن مشخص گردید. با استفاده از ضریب اصلاحی (جدول ۲)، ارزش وزنی برای هر زیر حوضه محاسبه شده است. نقشه پراکنش حساسیت خاکهای حوضه به میزان فرسایش در شکل ۳ آمده که نشان می‌دهد قسمتهای بالادست حوضه نسبت به قسمتهای پایین دست حساسیت کمتری دارند. به طور کلی، خاکهای زیر «حوضه بوزداغی» و «حوضه نیر» کمترین حساسیت را دارند.



شکل ۳ نقشهٔ پراکنش ضریب حساسیت خاک

6. Universal Soil Loss Estimation (USLE).

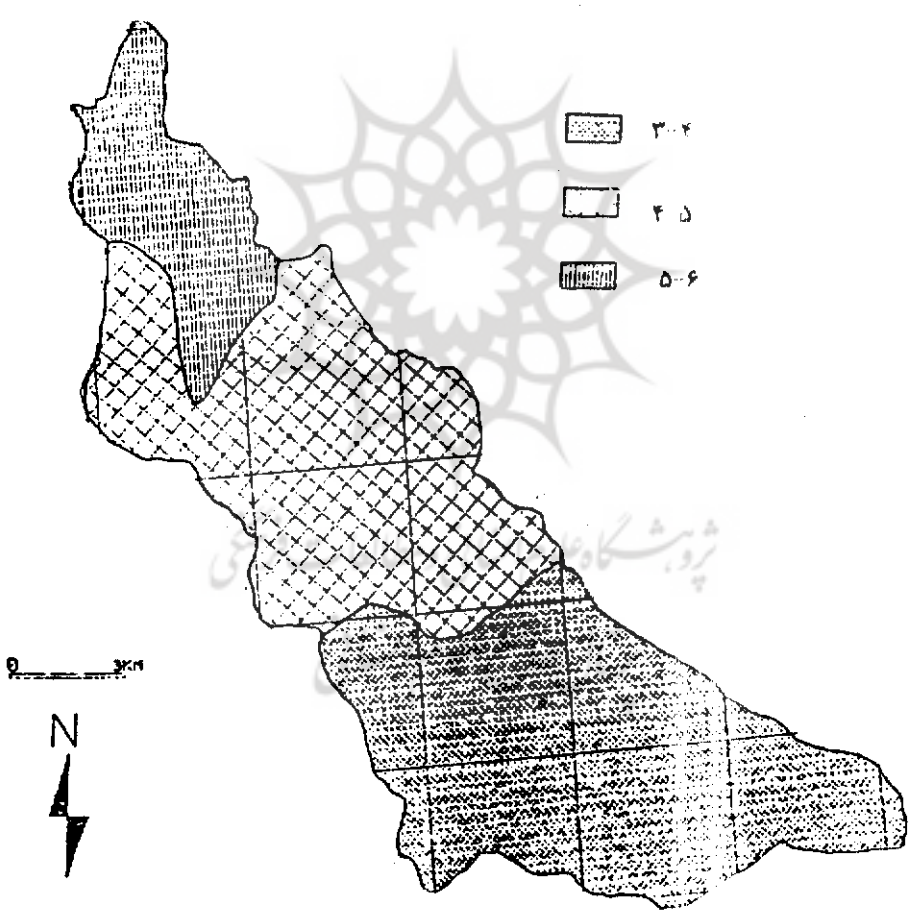
۷. علیزاده، ۱۳۶۸.

۴-۳- عامل بارندگی (آب و هوا)

برای تعیین عامل بارندگی در روش پسیاک باید حداکثر بارش با دوره برگشت دو ساله را در نظر گرفت. به علت نبودن این گونه آمارها در سالنامه‌های سازمان هواشناسی کشور، حداکثر بارش ۲۴ ساعته مندرج در این سالنامه‌ها استفاده و به مدد رابطه زیر میزان بارش ۶ ساعته برای زیر حوضه‌ها برآورد گردیده است. در این رابطه $P_{۲۴}$ نمایانگر حداکثر بارش ۲۴ ساعته است (رابطهٔ ۳).

$$P۶=۰/۴۳۷P_{۲۴}+۸/۹۳ \qquad (۳$$

بر مبنای ضریب اصلاحی جدول ۱، مقدار واقعی آن تعیین و در جدول ۴ ارائه شده است. نقشه پراکنش عامل بارش در شکل ۴ آمده است که بر مبنای شکل مزبور، بیشترین آن مربوط به قسمتهای بالادست حوضه است و به همین دلیل، زیر حوضه بوزداغی دارای بیشترین و نیرو ایرنجی دارای کمترین ارزش هستند.



شکل ۴ نقشهٔ پراکنش ضرایب بارندگی

۴-۴- عامل رواناب

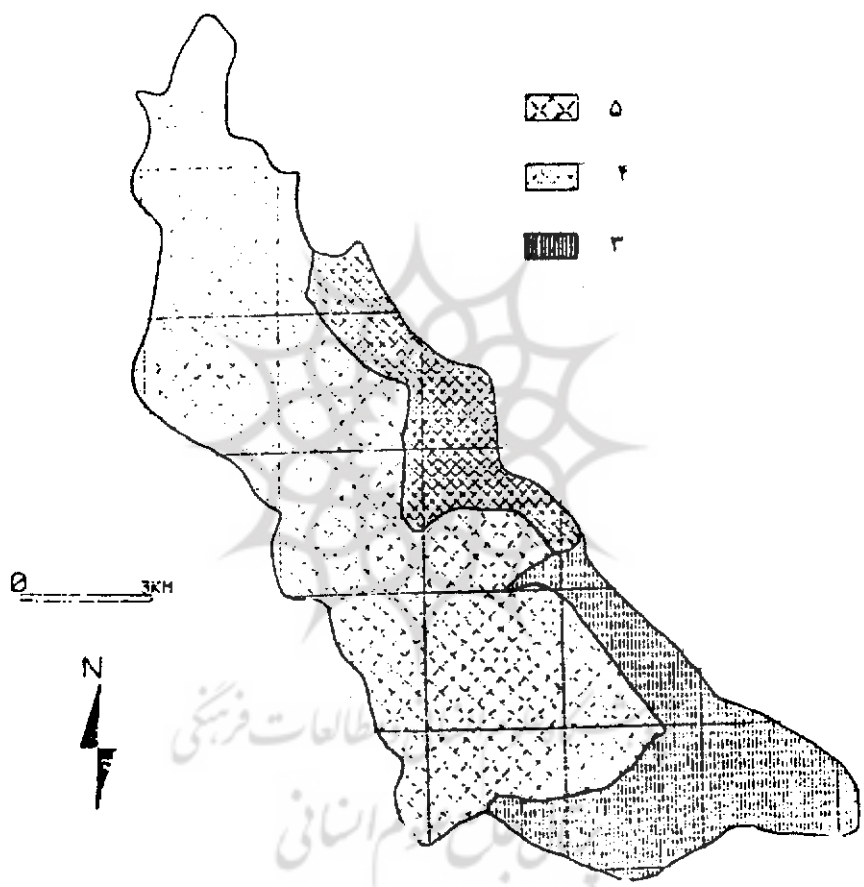
برای محاسبه مقدار عددی رواناب یا $X_۴$ از رابطهٔ ۴ پسیاک استفاده شده است که در آن hg، حداکثر [illegible] میلی‌متر و Q_{max}، حداکثر دبی برحسب مترمکعب در ثانیه است:

$$X_4 = -0/02 \log Q_{max} + 50 \quad (4$$

محاسبه حداکثر دبی با استفاده از رابطه ۵ صورت گرفته است:[۸]

$$Q = C.A^{0/75} \quad (5$$

که در آن Q دبی حداکثر سیلاب به مترمکعب در ثانیه، A مساحت حوضه برحسب کیلومتر مربع و C ضریب حوضه است که در این حوضه ۰/۸ در نظر گرفته شده است. پس از محاسبه X_4 - با ضریب اصلاحی جدول ۱ـ مقدار این عامل برای زیر حوضه‌ها تعین گردیده که مطابق ارقام جدول ۴، حداقل آن ۳ در زیر حوضه نیرو حداکثر آن ۵ در زیر حوضه‌های قسمت بالادست حوضه است (شکل ۵).



شکل ۵ نقشهٔ پراکنش ضرایب رواناب

۴-۵- عامل ناهمواری

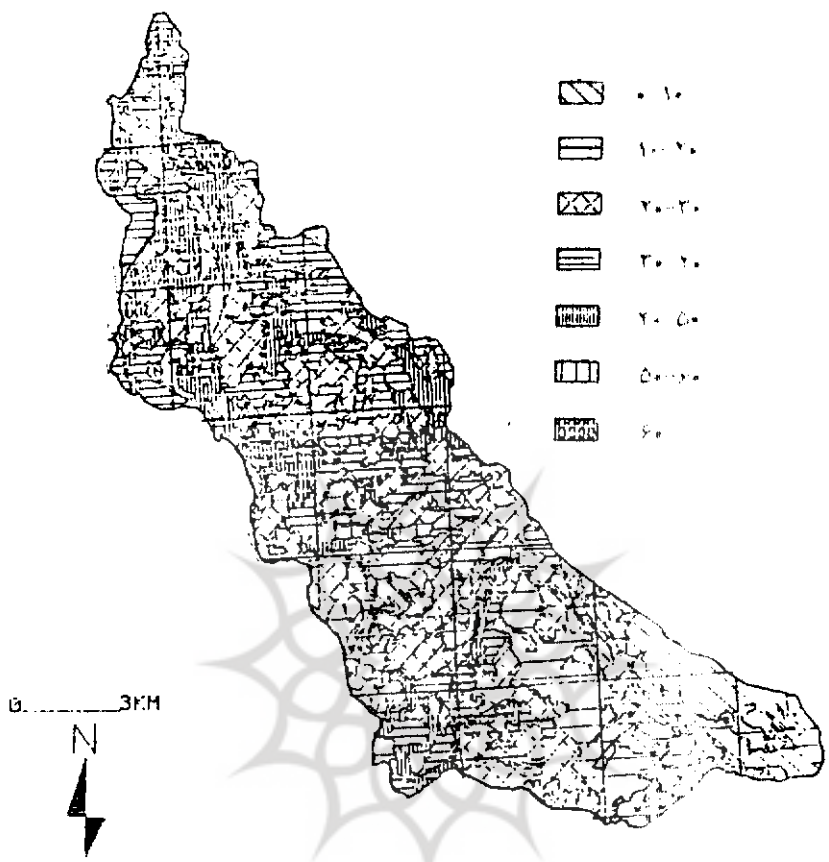
برای تعیین عامل ناهمواری، پس از رقومی ساختن نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح در سیستم سلولی[۹]، مدل رقومی ارتفاعی[۱۰] تولید و سپس بر مبنای آن نقشه شیب تهیه شده است شکل ۶. با طبقه‌بندی مجدد، نقشه شیب در کلاسهای مورد نظر به دست آمده و با محاسبه

۸. مهدوی، ۱۳۷۴.

9. Raster

10. Digital Elevation Model

ارزش وزنی، مقدار آن برای زیر حوضه‌ها تعیین گردیده است (جدول ۴) که حداقل آن برای زیر حوضه نیر با ۱/۳۳ و حداکثر آن برای زیر حوضهٔ بوزداغی با ۵/۸ محاسبه شده است (شکل ۶).



شکل ۶ نقشهٔ پراکنش درصد شیب

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۴-۶- عامل پوشش زمین

منظور از عامل پوشش زمین در مدل پسیاک اصلاح شده، عبارت است از تمامی آن دسته از مواد -به استثنای خاک- که موجب ایجاد حفاظ بر روی آن شده و خاک را در مقابل نیروی تخریبی قطرات باران و روانابهای سطحی نگهداری و حفاظت می‌کنند. مهمترین عاملی که در زیر حوضه‌های مورد مطالعه این نقش را بر عهده دارند، پوشش مرتعی و باغات هستند و به همین دلیل، نقشه پوشش گیاهی تهیه شده است (شکل ۷). بر مبنای این نقشه، مهمترین پوشش حوضه مورد مطالعه، مراتع فقیر و کم تراکم است. تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر رقومی ماهواره (سنجنده نقشه بردار موضوعی یا TM[11]) و رابطهٔ شماره ۶ و از طریق بهره‌گیری و باندهای ۳ و ۴ به دست آمده است[12].

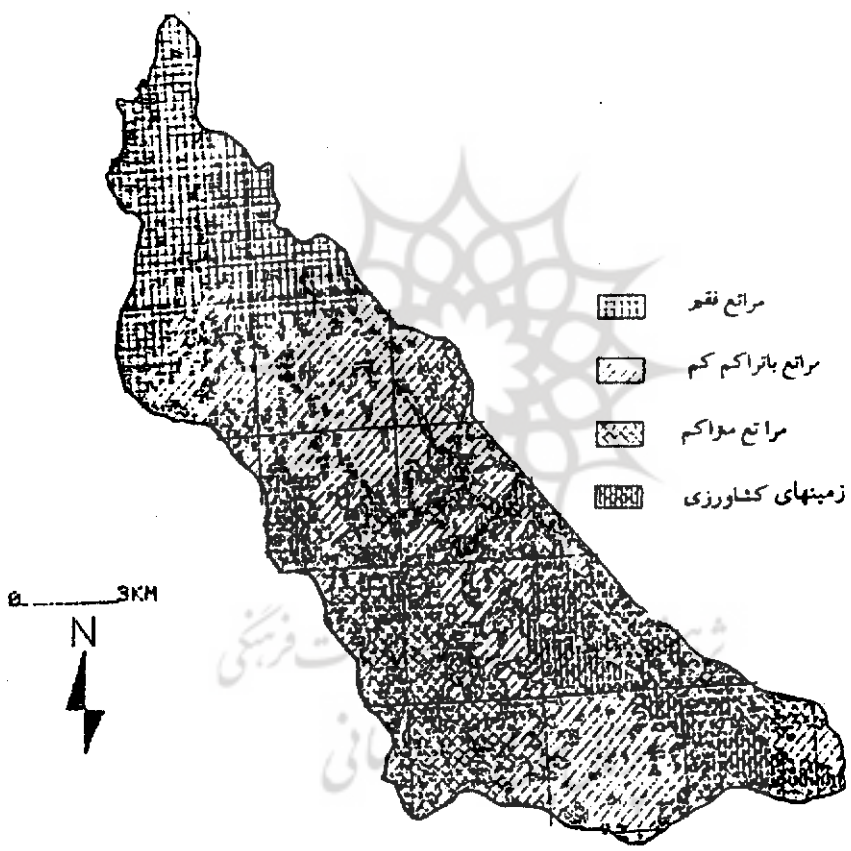
11. Tematic Mapping

۱۲. انجمن سنجش از دور ژاپن، ۱۳۷۵.

$$NDVI=\frac{ch.2-ch.1}{ch.2+ch1} \qquad (۶$$

در این رابطه ch.1 معرف باند مرئی و ch.2 معرف باند مادون قرمز نزدیک است. در تصاویر NDVI، پوشش گیاهی متراکم همواره درجه روشنایی بیشتر دارد و هر چه از میزان پوشش گیاهی سطح زمین کاسته شود، درجه روشنایی کمتر می‌شود.

با در نظر گرفتن درصد مساحت زمین لخت یا بایر (جدول ۱) ارزش‌گذاری زیر حوضه‌ها انجام شده و با استفاده از ضریب اصلاحی جدول مذکور، ارزش نهایی در جدول ۴ ارائه گردیده است که حداقل آن در زیر حوضه «نیر» و حداکثر آن در زیر حوضه «بوزداغی» مشاهده می‌شود.

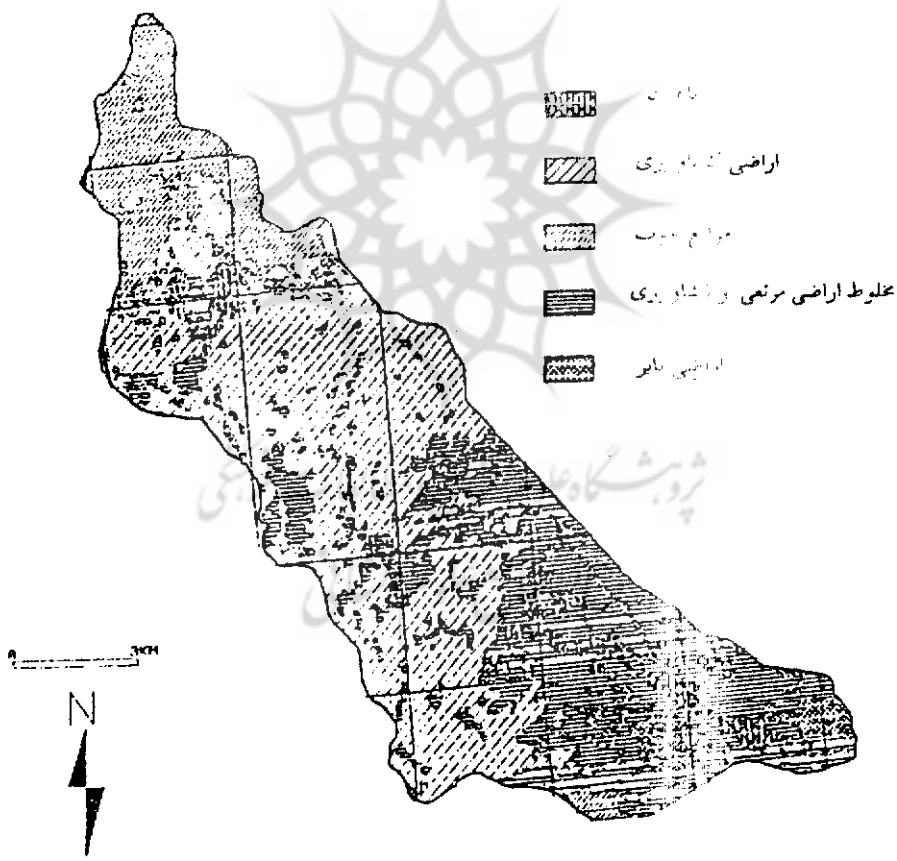


شکل ۷ نقشهٔ پراکنش پوشش گیاهی

۴-۷- عامل کاربری اراضی

در این عامل، مهمترین نقش در مدل پسیاک اصلاح شده به درصد تاج پوشش، داده شده است. برای رسیدن به این عامل، ابتدا اطلاعات موجود مطالعه شده و سپس بازدیدهای صحرایی انجام گرفته و انواع کاربریهای کلی در منطقه تعیین گردیده است (شکل ۸). آنگاه براساس تفسیر بصری و پردازش رقومی تصاویر سنجندهٔ نقشه‌بردار موضوعی، طبقه‌بندی انجام گرفته و انواع کاربریها شناسایی و

تفکیک شده‌اند. روش طبقه‌بندی مورد استفاده در پردازش تصاویر، طبقه‌بندی حداکثر احتمال[13] بوده که براساس آب، کاربری اراضی حوضه به شرح آتی در پنج گروه اصلی قرار گرفته است: گروه اول مربوط به اجتماعات درختی و باغات با تاج پوشش ۸۰ درصد که عمدتاً در اطراف روستاها و حاشیه رودخانه‌ها پراکنده شده‌اند؛ گروه دوم مربوط به اراضی کشاورزی با تاج پوشش ۵۵ درصد که بیشتر در نواحی کم شیب و مسیر رودخانه‌ها هستند، گروه سوم مربوط به مراتع متراکم با تاج پوشش ۴۵ درصد که بخش وسیعی از منطقه را پوشش داده‌اند و در نواحی کوه‌پایه‌ای تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری دامنه سبلان مشاهده می‌شوند، گروه چهارم مربوط به گروه مخلوط اراضی مرتعی و اراضی زراعی با تاج پوشش ۳۵ درصد؛ و گروه پنجم اراضی بایر، سنگلاخی و مناطق فرسایش خندقی با تاج پوشش ۲۰ درصد که کاربریهای مشخصی دارند. با در نظر گرفتن درصدهای تاج پوشش مذکور و ضریب اصلاحی جدول ۱ مقدار نهایی شاخص برای زیر حوضه‌ها محاسبه و در جدول ۴ ارائه شده است. در میان زیر حوضه‌ها، نیر کمترین و مشکین‌قلو بیشترین ارزش را داراست.



شکل ۸ نقشهٔ کاربری اراضی

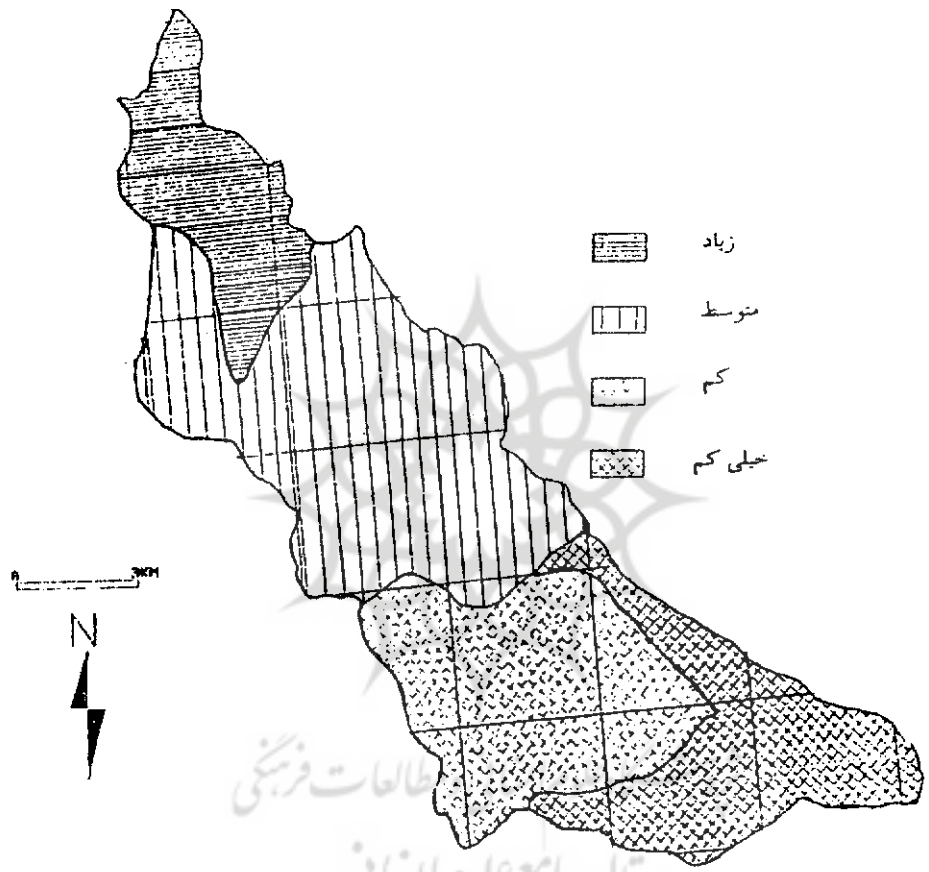
۴-۸- عامل فرسایش سطحی

برای تعیین عامل فرسای سطحی یا C باید بر مبنای روش مؤسسه مدیریت زمین[14] عمل کرد، در این

13. Maximum Likelihood Classification (MLC). 14. Burean of Land Management (BLM).

روش هفت عامل بررسی می‌شود و با توجه به نقش آنها، ارزشگذاری صورت می‌گیرد این عوامل و ارزشهای آنهاعبارتنداز: ۱- وضعیت حرکت خاک (۱۵-۰)، ۲- مقدار لاشبرگ سطحی (۱۴-۰)، ۳- میزان پوشش سنگی (۱۴-۰)، ۴- وضعیت قطعه سنگهای تحکیم یافته (۱۴-۰)، ۵- شدت و تراکم شیارهای سطحی (۱۵-۰)، ۶- وضعیت رواناب سطحی (۱۵-۰)، ۷- تراکم و عمق خندقها (۱۵-۰).

ضمن در نظر گرفتن این عوامل در زیر حوضه‌ها و محاسبه ارزشها، رقم نهایی با ضریب اصلاحی در جدول ۴ ارائه و پراکنش میزان فرسایش سطحی در سطح حوضه در شکل ۹ آمده است.



شکل ۹ نقشهٔ پراکنش فرسایش سطحی

۴-۹- عامل فرسایش رودخانه‌ای[15]

برای تعیین این عامل در روش پسیاک اصلاح شده، ارزش نهایی مربوط است به فرسایش خندقی که در عامل هشت در بند (ز) در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن این رقم به عنوان شاخص X_9 و با اعمال ضریب اصلاحی جدول ۱، ارزش نهایی محاسبه و در جدول شماره ۴ ارائه گردیده است که حداقل آن در

15. Chanel erosion

زیر حوضه صندوق‌لو و حداکثر آن در زیر حوضه نیر قابل مشاهده است.

پس از تهیه نقشه عوامل نُه گانه فوق، از قابلیتهای خاص سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی یا نقشه‌ها استفاده شده و بدین ترتیب، نقشه نهایی به دست آمده است (نقشه ۱۰). این نقشه بیانگر میزان فرسایش در حوضه آبریز مورد مطالعه است. ارزشهای نهایی میزان فرسایش در زیر حوضه با استفاده از جدول ۳ محاسبه گردیده ودر جدول ۴، ارزش نهایی آن ذکر شده است.

شکل ۱۰ نقشهٔ پراکنش میزان فرسایش

۵- نتایج و بحث

پس از محاسبه ارزش نهایی برای زیر حوضه‌ها و محاسبه‌ها مقدار R در رابطه ۱ -که همان حاصل جمع ارزشهای نهایی کلیه عوامل مورد بررسی است- مقدار رسوب ویژه برحسب مترمکعب در کیلومتر مربع به دست آمده که با تبدیل آحاد، مقدار فرسایش بر حسب تن در هکتار در سال محاسبه شده است (جدول ۴). بیشترین میزان رسوب با ۱۷۶/۵۱ مترمکعب در کیلومتر مربع در زیر حوضه بوزداغی مشاهده می‌شود. با بررسی عوامل نُه گانه مورد مطالعه درخصوص این زیر حوضه، دخالت عواملی اصلی همچون شیب، آب و هوا، پوشش زمین و میزان فرسایش سطحی مشخص می‌گردد؛ به عبارت دیگر، تأثیر همین عوامل موجب شده که میزان رسوب در این زیر حوضه زیاد شود که مطالعات صحرایی و مطالعات نظری آن را تأیید می‌کنند و از طرفی دقت نتیجه حاصل از روش پسیاک اصلاح

شده را نیز نشان می‌دهد؛ زیرا از نظر کیفی نیز این نتیجه ثابت می‌شود. کمترین میزان رسوب در زیر حوضه نیز ۹۱/۳۱ مترمکعب در کیلومتر مربع است که با توجه به مشاهده حداقل شیب در این حوضه و کمیت سایر عوامل، امری طبیعی به نظر می‌رسد و در واقع، صحت روش به کار گرفته شده را نیز مشخص می‌کند.

برای مشخص ساختن دقت نتیجهٔ به دست آمده، با توجه به وجود یک ایستگاه هیدرومتری که در محل خروجی حوضه «آق لاقان چای» وجود دارد، میزان رسوب حوضه بر مبنای اندازه‌گیریهای انجام شده معادل ۲/۹۰ تن در هکتار در سال اندازه‌گیری شده است. مقایسه رقم مذکور با ۳/۱ تن در هکتار در سال (جدول ۴) که حاصل روش پسیاک اصلاح شده است، بیانگری همخوانی خوب آنهاست. به عبارتی، رقم محاسبه شده فقط به میزان ۶ درصد از مقدار اندازه‌گیری شده بیشتر است و از این رو، روش به کار گرفته شده توانسته مقدار واقعی رسوب در حوضه مورد مطالعه را مشخص سازد. دقت موجود در نتایج به دست آمده، از طرفی ارتباط مستقیم با دقت روش پسیاک اصلاح شده دارد.

از طرف دیگر، توانایی تکنیکهای سنجش از دور در تهیه اطلاعات دقیق و بهنگام و سیستمهای اطلاعاتی جغرافیایی را در تحلیل اطلاعات مشخص می‌کند. بی‌شک اگر چنین نبود، توسل به روشهای دستی ـ علاوه بر نیازشان به هزینه و زمان زیاد ـ دقت این نوع مطالعات را در برنداشت؛ چرا که در این مطالعه، دقت مطالعات در حد پیکسل یا واحد سلولی در حد ۳۰ متر بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای رقومی بوده که در روشهای دستی، این بُعد سلولی نمی‌تواند بدین نحو مورد تحلیل قرار گیرد. از نکته‌های بسیار مهم در به‌کارگیری سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، محاسبه ارزشهای وزنی برای هر زیر حوضه است. همان‌طور که مشاهده شد، توزیع فضایی عوامل مورد مطالعه در داخل زیر حوضه از تنوع و پراکندگی ناهماهنگی برخوردار بود که اطلاق ارزش واحد به زیر حوضه را ناممکن می‌ساخت. الزاماً ارزش واحد باید از طریق وزنی یعنی با دخالت مساحت هر واحد و ارزش محاسبه شده به دست می‌آمد که انجام دادن این امر با روشهای دستی ـ با توجه به تنوع واحد کاری ـ بسیار مشکل و طاقت‌فرساست؛ درحالی که توابع سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، محاسبه آن را در کمترین زمان و یا بیشترین دقت امکان‌پذیر می‌سازد.

علاوه بر این سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، بهنگام سازی داده‌های تغذیه شده را در هر زمان امکانپذیر می‌سازند، بدین ترتیب در صورت هرگونه تغییر در سیمای طبیعی زیر حوضه‌ها، با دخالت آنها می‌توان نتایج جدیدتر را اخذ کرد. با این کار مدیریت حوضه و اعمال روشهای مبارزه و جلوگیری از هدر رفت خاک با بینش و شناخت کامل انجام می‌پذیرد و حصول نتایج واقعی امکانپذیر می‌گردد.

با توجه به نتایج بالا می‌توان گفت که سیستمهای اطلاعات جغرافیایی بر مبنای مدل پسیاک اصلاح شده، یک سیستم کارآمد به شمار می‌آیند و می‌توانند در ارزیابی شرایط رسوب حوضه‌ها مورد استفاده قرار بگیرند.

۶- منابع

[۱]. انجمن سنجش از دور ژاپن؛ مبادی سنجش از دور؛ ترجمه فرشید جاهدی و شاهرخ فرخی؛ انتشارات مرکز سنجش از دور ایران؛ ۱۳۷۵.

[۲]. باقرزادهٔ کریمی، مسعود؛ «بررسی کارایی مدلهای برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات فرسایش خاک»؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۲.

[۳]. رحمت‌نیا، علیرضا؛ «ارزیابی قابلیت فرسایش خاک با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ـ مطالعه موردی زیر حوضه‌های غرب و جنوب غرب قره‌سو»؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۶.

[۴]. سبحانی، بهروز؛ «تجزیه و تحلیل قابلیت رسوبدهی حوضه آبخیز آق‌لاقان چای با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی»؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۶.

[۵]. شاکری، شهاب‌الدین؛ بلالی‌پور، فضل‌الله؛ «مقایسهٔ موردی دو روش MPSIAC, EPM در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز دو آب»؛ مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب؛ اصفهان؛ ایران؛ ۱۳۷۲.

[۶]. علیزاده، امین؛ اصول هیدرولوژی کاربردی؛ انتشارات آستان قدس رضوی؛ ۱۳۶۸.

[۷]. فرج‌زاده، منوچهر؛ سیستمهای اطلاعات جغرافیایی؛ فصلنامه دانشگاه انقلاب؛ انتشارات جهاد دانشگاهی؛ بهار ۷۷؛ ش. ۱۱۱، ۱۳۷۷.

[۸]. مهدوی، مسعود؛ هیدرولوژی کاربردی؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۷۱.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی