نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۳۹، زمستان۹۴

اولویت‌بندی واحدهای پاسخ هیدرولوژیک از نظر نیاز به عملیات آبخیزداری در حوضه آبخیز لتیان

دریافت مقاله: ۹۴/۴/۲۲ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۱/۲۷

صفحات:۷۴-۵۷

علی احمدآبادی: استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران[۱]
Email: ahmadabadi@khu.ac.ir

امیر کرم: دانشیار ژئومرفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email:karam@khu.ac.ir

محسن پوربشیر هیر: دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email: mohsen.kho56@gmail.com

چکیده

فرسایش خاک در حوضه‌های آبخیز باعث بروز مشکلاتی مانند: از بین رفتن قشر سطحی خاک و کاهش بازدهی اراضی کشاورزی، به مخاطره انداختن عمر مفید مخازن سدها و تأسیسات آبی، کاهش قدرت باروری خاک، افزایش وقوع سیل، تهدید امنیت غذایی بشر و غیره می‌شود. این تأثیرات منفی ناشی از فرسایش خاک، عملیات آبخیزداری را اهمیت می‌بخشد. با توجه به وسعت حوضه‌های آبخیز و کمبود منابع، اولویت‌بندی نواحی مختلف حوضه آبخیز از نظر نیاز ضروری به اجرای طرح‌های آبخیزداری یکی از راهکارها است. بدین منظور در این تحقیق ابتدا واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU)حوضه آبخیز سد لتیان استخراج گردید استخراج واحد پاسخ هیدرولوژیکی به‌عنوان یک رویکرد جدید می‌تواندکوچک‌ترین سطح مطالعات حوضه آبخیز را تشکیل دهد. اولویت‌بندی واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی از نظر نیاز به اقدامات آبخیزداری، با استفاده از روش مجموع ساده وزنی و روش وزن دهی فرآیند تحلیل شبکه‌ای انجام گردید. نتایج نشان می دهد که بیشترین میزان فرسایش و در پی آن، اولویت اول آبخیزداری مربوط به بخش شرقی دریاچه سد و بالادست حوضه با کاربری مرتع فقیر و جنس زمین رسوبی-آبرفتی و شیب ۲۶ درجه است.

کلیدواژگان:واحد پاسخ هیدرولوژیک، اولویت‌بندی فرسایش، فرایند تحلیل شبکه‌ای، روش مجموع ساده وزنی، لتیان.

---

[۱]. **نویسنده مسئول**: تهران، خیابان مفتح، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

مقدمه

فرسایش فرآیندی است که طی آن ذرات خاک از بستر خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال‌دهنده به مکانی دیگر حمل می‌شوند (علیزاده، ۱۳۹۰). وقتی از فرسایش صحبت می‌شود، آثار و علائمی که مشخص‌کننده نوع فرسایش است در نظر مجسم می‌گردد که با تخریب، برداشت، حمل مواد و رسوب یا تجمع مواد همراه می‌باشد (احمدی، ۱۳۹). فرسایش خاک یک مشکل جهانی است که قدرت باروری خاک و کیفیت آب را کاهش داده و باعث تولید رسوب و افزایش احتمال وقوع سیل می‌شود و بنابراین یکی از عوامل تهدیدکننده امنیت غذایی بشر بهشمار می‌رود (Soyoung, 2011). فرسایش خاک افزون برکاهش عمق خاک سطحی، میزان انتقال رسوب و رسوبگرفتگی مخازن سدها، بر هدررفت آب، کربن آلی و عناصر غذایی خاک نیز اثر می گذارد (بهرامی، ۱۳۹۲). فرسایش آبی خاک بیشترین مشکلات تخریب را در سرتاسر جهان ایجاد می‌کند (Eswaran, et al, 2001) و همچنین به‌طورغیرمستقیم باعث بروز گرمایش جهانی می‌شود (صحت و پریزادی، ۱۳۸۸). از این رو انجام اقدامات حفاظتی در برابر فرسایش ضروری است. یک جنبه مهم از طرح‌های حفاظتی در نظر گرفتن توزیع مکانی فرسایش و شناسایی نواحی با خطر فرسایش بحرانی به‌منظور اجرای اقدامات حفاظتی است. توانایی در شناخت عمیق مسئله فرسایش و آبخیزداری با هدف کنترل آن، نیازمند تدوین و اولویت‌بندی مناطق در جهت اجرای مؤثر برنامه‌هایآبخیزداری است. در مطالعات مربوط به حوضه های آبخیز هر چه محدوده مورد مطالعه کوچکتر باشد نتایج دقیقتر و مطالعات منسجم تر خواهد بود به همین دلیل محققان غالبا اقدام به تقسیم بندی حوضه به بخش هایی کوچکتر تحت عنوان زیرحوضه و سپس مطالعه آنها می کنند. در حقیقت زیرحوضه ها از طریق تعیین خطوط تقسیم آب در داخل حوضه مشخص می شوند که بیشتر یک نوع تقسیم بندی هیدرولوژیکی می باشد و نمی تواند بیانگر ویژگی های ژئومورفولوژیکی حوضه باشد در حالی که برای مطالعات آبخیزداری علاوه بر مشخصات هیدرولوژیکی لازم است سایر پارامترهایی همچون شیب زمین، پوشش گیاهی، جنس زمین و ... مشخص گردند تا تاثیر همه عوامل موثر در امر آبخیزداری مطالعه گردد. برای رفع این مسئله یکی از روشهای مناسب استفاده از واحد پاسخ هیدرولوژیک (HRU)[1] که به‌عنوان یک مفهوم توسط Flugel (۱۹۹۵) مطرح شد، است که بخشهایی کوچکتری در داخل حوضه‌های آبخیز هستند که دارای کاربری،جنس سنگ و ویژگی‌های آبراهه‌ایکسان‌اندو از تلفیق نقاط تقاطع لایه‌های چندضلعی[2]و یا لایه‌های خطی اعم

[1]. Hydrological Response Unit
[2]. Polygon

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

از عناصر طبیعییا مصنوعی حوضه زهکشی (Sabourin, 1996 و Stolte and Kamp, 1997) ایجاد می‌شوند. این واحدها برای نمایش پدیده‌های "انسان‌ساخت" نیز مناسب است (Lagacherie, 2010)و در مسیریابی آن‌ها می‌تواند موجب تسهیلدر کارها شود (Gironás, et al. 2009).برای نشان دادن میزان فرسایش در واحدهای مطالعاتی از روش پهنه بندی میزان فرسایش استفاده می شود که یکی از این روش ها استفاده از روش مجموع ساده وزنی(SAW)[1]است که یکی از ساده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد که با محاسبه اوزان شاخص‌ها، می‌توان به‌راحتی از این روش استفاده کرد.

مراحل پیاده‌سازی این روش عبارت‌اند از(طواری و همکاران، ۱۳۸۷):

الف) کمی کردن ماتریس تصمیم‌گیری

ب) بی مقیاس سازی خطی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری

ج) ضرب ماتریس بی مقیاس شده در اوزان شاخص‌ها

د) انتخاب بهترین گزینه(A*) یعنی گزینه‌ای که حاصل جمع مقادیر بی مقیاس شده وزنی آن، از بقیه گزینه‌ها بیشتر باشد؛ با استفاده از فرمول زیر:

$$A^{*}=\{A_i|Max\sum_{j=1}^{n} n_{ij}\ w_j\} \qquad (۱)$$

به منظور محاسبه اوزان شاخصها در روش های تصمیم گیری چند معیاره از روش های مختلفی استفاده می شود که روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای[2] یکی از آنهاست که به دنبال محدودیت رویکرد تحلیل سلسله مراتبی[3]در عدم توجه به روابط و وابستگی‌های بین معیارها و عوامل، توسط توماس ساعتی در سال ۱۹۹۶ ارائه گردید و مزیت آن این است که وابستگی بین معیارها را هم در نظر می‌گیرد (Eswaran, et al, 2001). بنابراین علاوه بر اینکه تمامی ویژگی‌های رویکرد سلسله مراتبی را دارد، شکل گسترده آن نیز محسوب می‌شود (Soyoung, 2011: 399).

از روش های مذکور استفاده های زیادی در تحقیقات متفاوت گزارش شده است. به‌طورکلی مطالعات فرسایش و رسوب هم از طریق مدل‌های تجربی و هم بدون توجه به این مدل‌ها از طریق مطالعات رسوب سنجی انجام‌شده است. یکی از بررسی‌ها در این زمینه در قالب پروژه

[1]. Simple Additive Weighted
[2]. ANP
[3]. AHP

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

سیمای حوضه‌های آبخیز کشور توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۳۸۶) انجام‌شده است در این پروژه که در تمامی زیرحوضه‌های آبخیز کشور به‌طور جامع انجام‌گرفته است، میانگین فرسایش در ایران ۱/۰۳ میلیارد تن (۶/۲ تن در هکتار در سال) و میانگین تولید رسوب کشور برابر با ۱/۱۷ تن در هکتار برآورد شده است، که این میزان حدود ۷ درصد کل فرسایش خاک در جهان می‌باشد و بر همین اساس فرسایش در ایران حدوداً سه برابر فرسایش در آسیاست. برای پهنه‌بندی شدت فرسایش برخی از محققان مثل دهزاد (۱۳۸۷) و روانبخش (۱۳۸۹) از مدل‌های تجربی مثلEMP، MPSIAC، روش فائو و استفاده کرده‌اند. دهزاد و همکاران(۱۳۸۷) به پهنه‌بندی فرسایش در استان گلستان با مدل EPM اقدام کردند و ۴ پهنه فرسایشی با سطوح بسیار شدید، شدید، متوسط و طبقات کم و خیلی کم را برای آن در نظر گرفتند. زندی و همکاران (۱۳۹۲) به اولویت‌بندی نواحی کنترل فرسایش خاک با استفاده از تکنیک ارزیابی چندمعیاره پرداختند و دو سطح با بالاترین اولویت حفاظت و دو سطح میانی با فرسایش پایدار را مطرح نمودند. همچنین مطالعات تحلیلی با رویکرد شبکه‌ای با استفاده از روش ANP نیز توسط زبردست (۱۳۸۸)، صحت و پریزادی (۱۳۸۹)، صورت گرفته است. محققانی به‌منظوررتبه‌بندی و پهنه‌بندی از روش SAW در تلفیق با روش‌های دیگر استفاده نموده‌اند که می‌توان به کارهایی که توسط جعفری و همکاران (۱۳۹۱)، زنجیرچی و همکاران (۱۳۹۰)، معین‌الدینی وهمکاران (۱۳۸۸)، انجام شده اشاره کرد. روش طبقه‌بندی حوضه‌های آبخیز به واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی نیز در راستای کارهای رتبه‌بندی و پهنه‌بندی که توسط مدل SAWنیز انجام می‌شود، می‌تواند از طریق تلفیق با پهنه‌های به‌دست‌آمده از مدل SAW، به‌عنوان ابزاری در مطالعات دقیق‌تر مربوط به مدیریت حوضه‌های آبخیز مورداستفاده قرار گیرد. تاکنون تحقیقی از تلفیق روش استخراج واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی با روش SAW برای پهنه‌بندی فرسایش مشاهده نشده است اما تحقیقات زیادی از روشاستخراج واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی در مطالعات مربوط به حوضه‌های آبخیز، استفاده کرده‌اند مانند تحقیقاتی که توسط پودمانیسکی و همکاران (۲۰۱۱)، سانزانا و همکاران (۲۰۱۳)، اسوارتز (۲۰۰۸)، سورمان و همکاران (۲۰۰۱)، سوام و جی وان (۱۹۹۷) انجام شده است اما همه این تحقیقات از مدل های هیدرولوژیکی ای که بر مبنای واحدهای پاسخ هیدرولوژیک است استفاده کرده اند یعنی این مدل بوده است که به استخراج واحدها پرداخته است اما در پژوهش حاضر این روند بدون استفاده از مدل خاص در محیط نرم افزاری Arc Map انجام شده است. یکی از مزیت های این روش قابلیت بسط آن است چون می توان با اضافه کردن پارامترهای گوناگون برای استخراج این واحدها از آنها برای اهداف دیگر استفاده نمود. همچنین برای انجام آن مدل خاصی نیاز

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

نیست و از طرفی حجم زیادی از اطلاعات مربوط به معیارهای مختلف ژئومورفولوژیکی و ... را می تواند به دست دهد و واحدهای همگن از لحاظ این معیارها را در اختیار محقق قرار می دهد که طبیعتا مطالعه و برخورد با یک واحد همگن بسیار راحت تر و آسان تر از یک واحد غیر همگن است. با توجه به مطالب ذکر شده در این تحقیق با مبنا قرار دادن واحدهای پاسخ هیدرولوژیک به عنوان واحد کاری اقدام به اولویت بندی هر کدام از واحدها از نظر نیاز به عملیات آبخیزداری خواهد شد.

روش تحقیق و داده‌ها

منطقه موردمطالعه

حوضه آبخیز سد لتیان در قسمت علیای رودخانه جاجرود واقع شده و بین جنوبی‌ترین قسمت خود در محل خروجی سد لتیان و بین ۵۱ درجه و ۲۴ دقیقه طول جغرافیایی، در غربی‌ترین نقطه خود به گردنه آهار-فشم تا ۵۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول جغرافیایی، در شرقی‌ترین نقطه خود به گردنه سریک سر (جنوب غرب روستای ایرا)، محدود می‌شود. رودخانه جاجرود از دو شاخه اصلی آب میگون و آب فشم (دره فشم)، تشکیلشده است که در شهر فشم به یکدیگر متصل می‌شوندو به نام رودخانه فشم در جهت جنوبی، سرازیر شده و به اوشان می‌رسد. رودخانه آهار نیز از شمال غرب این منطقه به آن می‌پیوندد و به نام اوشان رود به طرف جنوب شرقی حرکت می‌کند. این حوضه با وسعت ۷۱ هزار هکتار جزو منطقه کوهستانی البرز مرکزی است. حدود ۲۰ درصد این حوضه را ارتفاعات بیش از ۳۰۰۰ متر تشکیل می‌دهد و۶۰درصدآن در ارتفاعات۲۰۰۰تا۳۰۰۰مترقرار دارد. این حوضه از دو بخش (لواسان و رودبار قصران) و سه دهستان(لواسان بزرگ، لواسان کوچک، رودبار قصران) تشکیل‌شده است. بر پایه تقسیمات اقلیمی آمبرژه این حوضه دارای اقالیم نیمه‌خشک سرد، نیمه مرطوب سرد و اقلیم ارتفاعات بالایی است. میانگین بارندگی سالانه از ۴۰۰ میلی‌متر در بخش‌های پایینی حوضه تا بیش از ۸۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات حوضه در تغییر است (روانبخش و همکاران، ۱۳۸۹). حوضه لتیان یکیاز مهم‌ترین حوضه‌هایآبخیزتهراناستودرحال حاضر آب موردنیاز بخش عظیمی از ساکنان تهران متکی به این حوضه است که با توجه به عواملی نظیرتوسعه فزاینده وبدون کنترل تهران به سمت آبخیزها،گرایش به ویلا سازی درنقاط کوهستانی، کوتاه شدن عمر مفید سد به علت میزان بالای رسوبات ورودی،اجرای طرح‌های گردشگری بدون توجه به ظرفیت و توان حوضه،چرای بیش‌ازحد دام، وجود کارخانه‌های آلوده‌ساز نظیر کارخانه گچ تهران در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

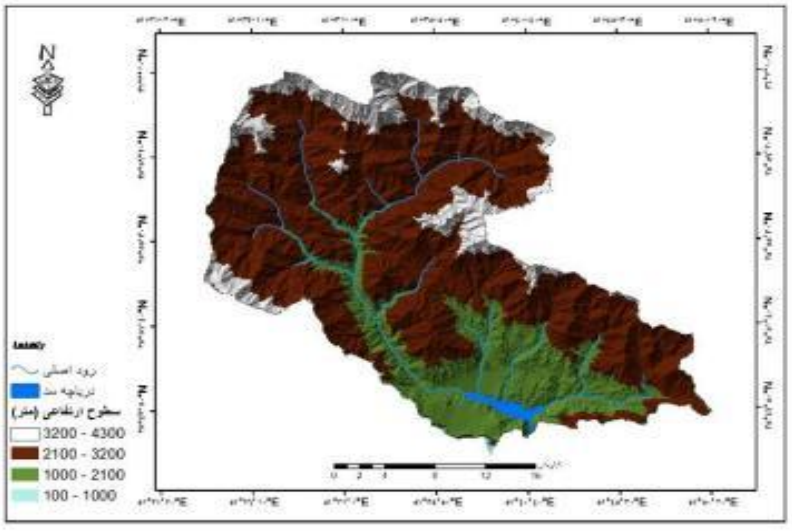
مجاورت سد، معادن گچ و زغال‌سنگ وغیره شدیداً درمعرض تهدید می‌باشد (کانون دیده بانان زمین، ۱۳۹۳).

داده‌هاو روش

داده‌های موردنیاز در این تحقیق عبارت‌اند از:

- لایه کاربری اراضی
- لایه سنگ‌شناسی[1]
- مدل رقومی ارتفاعی[2]

تحلیل خصوصیات و ویژگی‌های مربوط به حوضه (داده‌های مذکور)، در محیط نرم‌افزاری ArcMap صورت گرفت. ابتدا با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاعیبا دقت تفکیک ۱۰ متر که برای نمایش بهتر به صورت سطوح ارتفاعی نمایش داده شده است (شکل ۱)، نقشه میانگین درجه شیب در سطح حوضه تهیه شد. و برای لایه‌های مربوط به شیب، سنگ‌شناسی و کاربری، کلاسهای حساسیت در برابر فرسایش تعریف شدند تا در استخراج واحدهای پاسخ هیدرولوژیک ملاک عمل قرار گیرند که ویژگی هریک از کلاس‌های این پارامترها در جدول (۱)، نشان داده شده است.



شکل (۱). نقشه سطوح ارتفاعی حوضه

[1] Lithology
[2] DEM

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

جدول (۱). ویژگی کلاسهای مختلف پارامترها

پارامتر	ویژگی	کلاس‌ها
میزان شیب (درجه)	۱ – ۲۵	۱
	۲۶≤	۲
کاربری اراضی	باغ	۲
	مرتع خوب	۳
	مرتع متوسط	۴
	مرتع فقیر	۵
	آب	۶
	منطقه مسکونی	۸
	لم‌یزرع	۱۰
لیتولوژی (سنگ مادر)	ماسهسنگ-آهک_دولو میت	۱
	بازالت و توف	۴
	شیل	۷
	رسوبی-آبرفتی	۱۰

بعد از استخراج واحدهای پاسخ هیدرولوژیک، با استفاده از همان لایه‌ها از طریق روش مجموع ساده وزنی (SAW) اقدام به پهنه‌بندی فرسایش در حوضه گردید ازآنجایی‌که عوامل فوق، تأثیر و درجه اهمیت متفاوتی در فرسایش دارند، باید ارزش هر کدام تعیین گردد. باتوجه به تاثیر متقابل معیارها در همدیگر از روش تحلیل شبکه ای استفاده شد بدین منظور برای محاسبه وزن هر پارامتر، ماتریس به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه‌ای که بر مبنای نظرات صاحب‌نظراندرزمینه فرسایش تهیه گردید، وارد نرم‌افزارSUPER DECISION شد و بعد از تلفیق نظرات آن‌ها، وزن هرکدام از پارامترها با توجه به نسبت اهمیت، به دست آمد (جدول ۳) و از طریق ابزار محاسباتی نرم‌افزارArc Mapیعنی raster calculatorبا محاسبه "مجموع شاخص‌ها ضربدر وزن خود"(رابطه ۲) نقشه پهنه‌بندی فرسایش (سطوح مختلف فرسایشی)، به دست آمد تا بر اساس واحدهای پاسخ هیدرولوژیک تحلیل روی آن‌ها انجام گیرد.

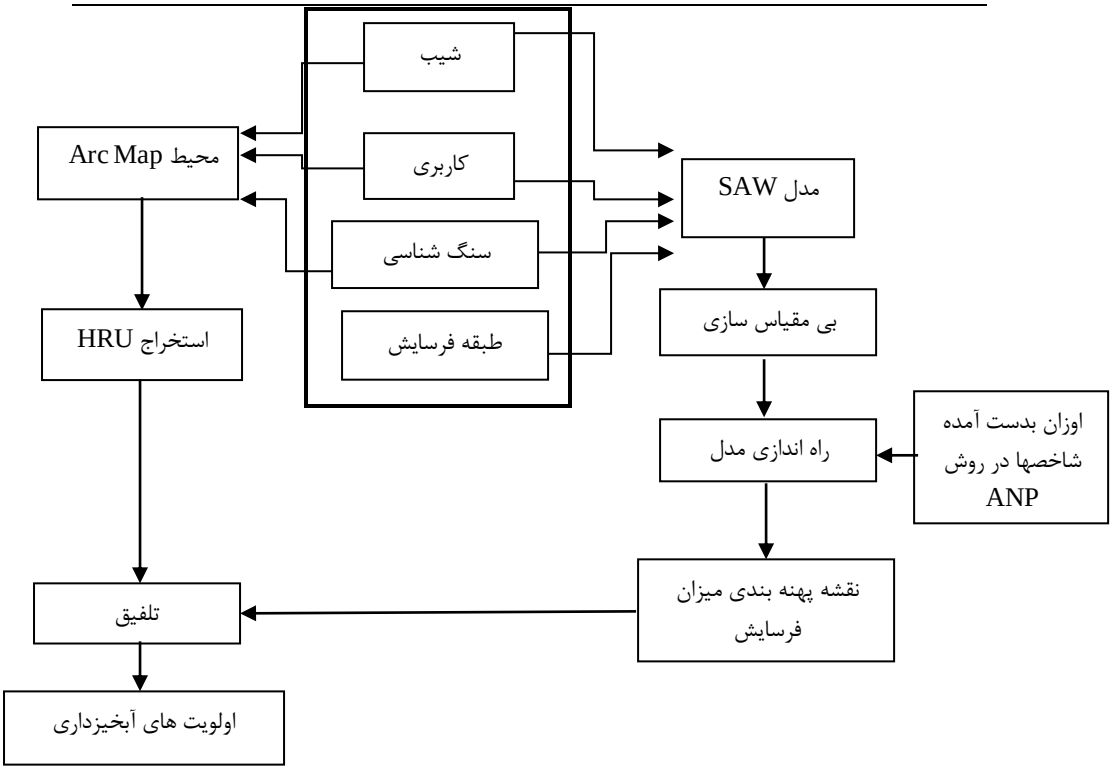
(۲)

$$\sum_{j=1}^{n} n_{ij}\, w_j$$

روند کلی مربوط به روش کار در شکل (۲) نشان داده‌شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]



شکل (۲). مدل مفهومی مراحل انجام تحقیق

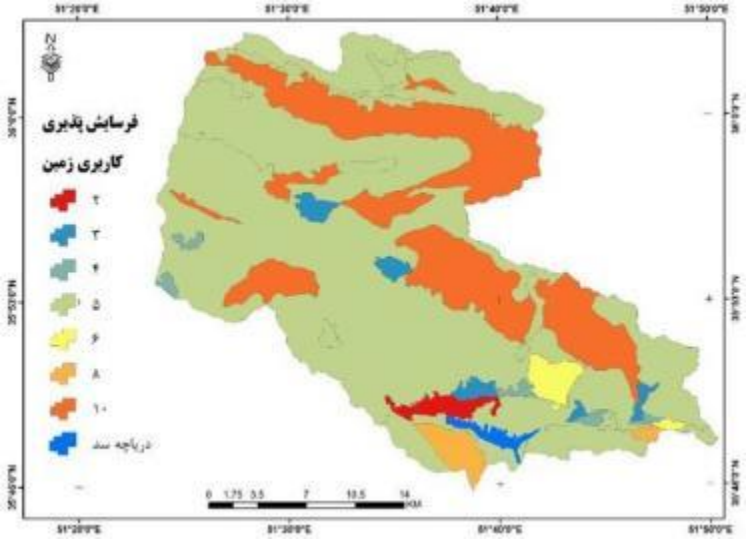
یافته‌ها و نتایج

نتایج تحلیل‌ها در محیط نرم‌افزاری Arc Map به شرح زیر می‌باشد:

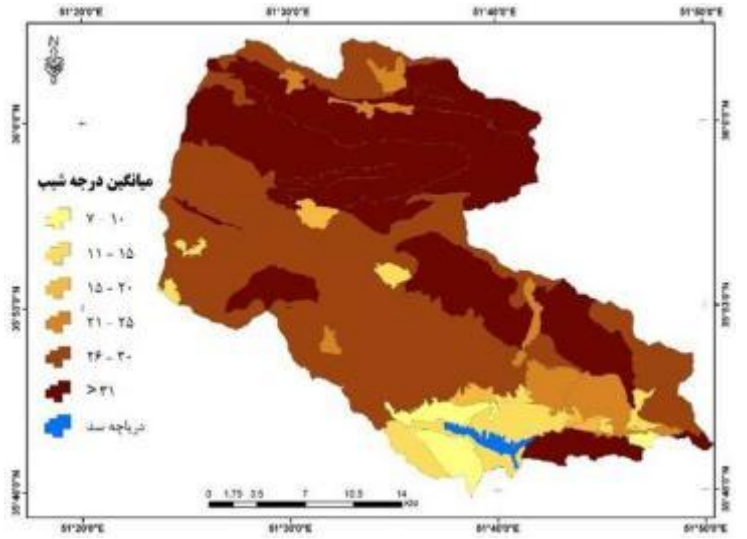
نقشه‌های انواع کاربری در ۷ کلاس فرسایش، شیب در ۲ کلاس و سنگ‌شناسی حوضه نیز در ۴ کلاس، طبقه‌بندی شدند که کلاسهای با عدد بالاتر حساسیت بیشتر را نشان می دهد و برعکس که در اشکال زیر نشان داده شده‌اند و اطلاعات کلاس‌های مختلف آن‌ها در جدول (۱) آورده شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]



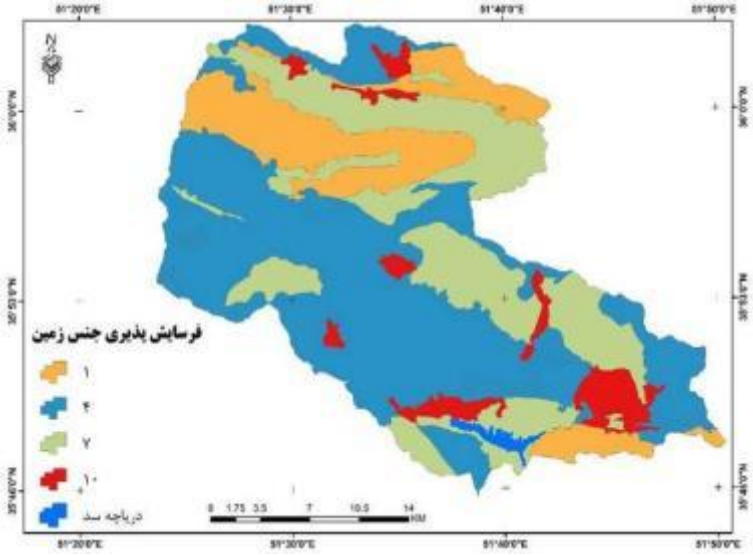
شکل (۳). نقشه حساسیت انواع کاربری از نظر فرسایش



شکل (۴). نقشه میانگین درجه شیب

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]



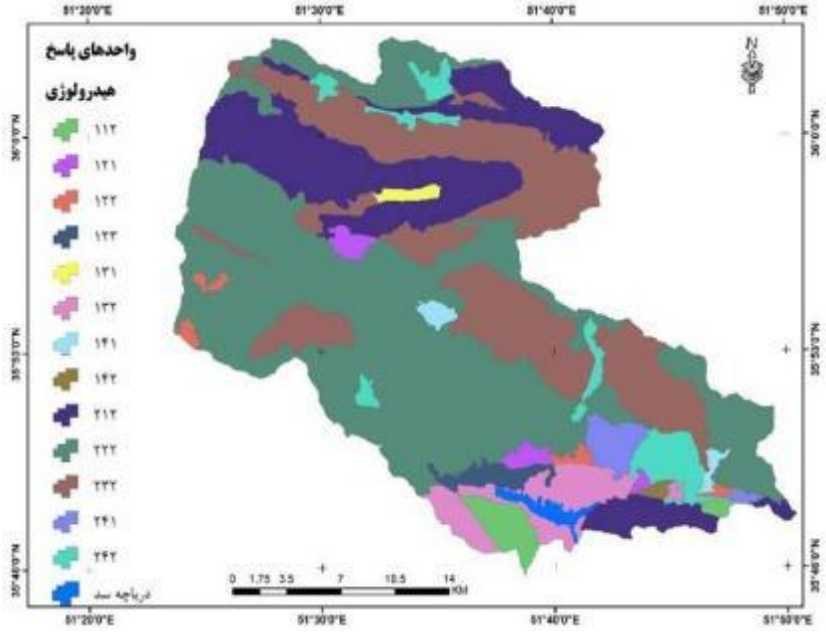
شکل (۵). نقشه حساسیت انواعجنس زمین از نظر فرسایش

استخراج واحدهای پاسخ هیدرولوژیک حوضه، بر اساس کلاسهای مختلف هر یک از پارامترها انجام گردید (جدول ۱).

بر اساس جدول فوق‌الذکر، واحدهای پاسخ هیدرولوژیک برای حوضه آبخیز سد لتیان استخراج گردید و به‌منظور تمرکز بیشتر و همچنین صرفه اقتصادی اقدام به تلفیق واحدهای خیلی کوچک‌تر با واحدهای بزرگ گردید و درنهایت تعداد ۱۳ واحد پاسخ هیدرولوژیک به دست آمد که در شکل (۶) نشان داده شده است. که اعداد مربوط به کد هر واحد از سمت چپ به ترتیب نشان‌دهنده کلاس شیب، کلاس جنس زمین و کلاس کاربری است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]



شکل (۶). واحدهای پاسخ هیدرولوژیک حوضه

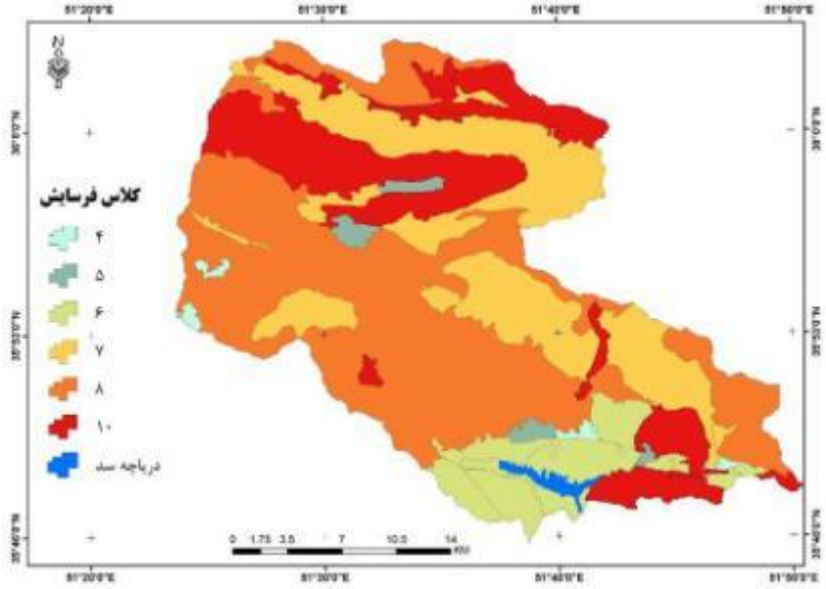
در مرحله بعد برای اجرای مدل مجموع ساده وزنی، اوزان هریک از پارامترها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای تعیین گردید که در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول (۲). اوزان به‌دست‌آمده پارامترها در مدل ANP

متغیر	وزن
پوشش گیاهی (کاربری)	۰/۲۷
لیتولوژی	۰/۲
شیب	۰/۲۸
طبقات فرسایش	۰/۲۵
مجموع اوزان نرمال	۱

نقشه پهنه‌بندی خطر فرسایش به‌دست‌آمده برای تمرکز بیشتر روی نواحی، به ۵ کلاس مختلف فرسایشی، کلاس‌بندی گردید (شکل ۷).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

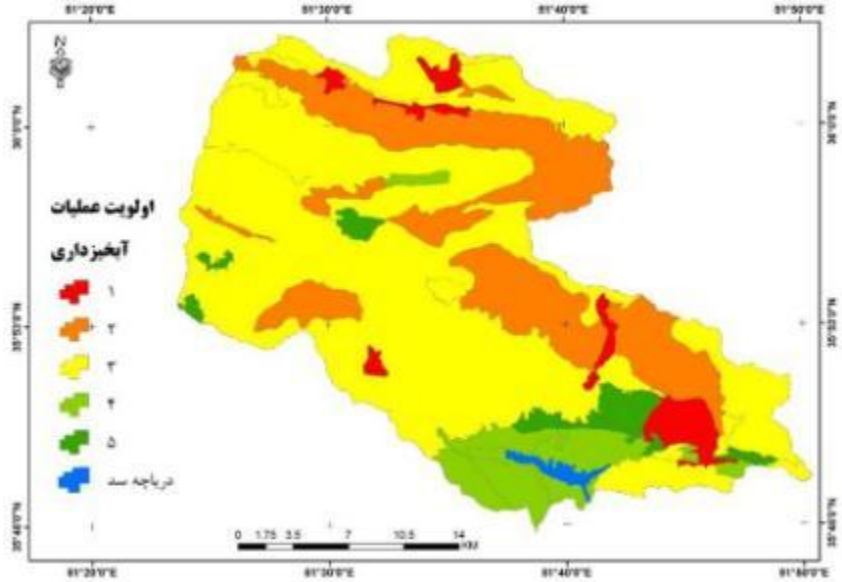


شکل (۷). نقشه کلاس‌های فرسایش حوضه

همان‌گونه که در شکل (۷) مشاهده می‌شود بیشترین میزان فرسایش مربوط به زمین‌های بخش شرقی دریاچه سد لتیان و همچنین در قسمت شمال یعنی بالادستحوضه است که شامل کلاس فرسایش ۱۰ می‌باشد که با توجه به نقشه واحدهای پاسخ هیدرولوژیک (شکل ۶) و جدول (۳)این کلاس فرسایشی دارای کد واحد پاسخ هیدرولوژیک ۲۴۲ است که مناطقی با این کد واحد پاسخ هیدرولوژیک دارای بیشترین فرسایش خاک در حوضه مطالعاتی هستند و در اولویت عملیات آبخیزداری قرار می‌گیرند که نسبت به بخش‌های دیگر حوضه نیاز بیشتری به برنامه‌های آبخیزداری دارد.به‌طورکلی می‌توان گفت بالاترین میزان فرسایش به ترتیب در کلاس‌های ۱۰، ۸ و ۷ قرار دارند. با توجه به اینکه فرسایش تأثیر بسزایی در کیفیت آب دریاچه سد و کاهش عمر مفید سد دارد باید با در نظر گرفتن ویژگی هرکدام از این کلاس‌ها در واحدهای پاسخ هیدرولوژیک، اقدامات متناسب با ویژگی هر واحد را در پیش گرفت. بر این اساس نقشه اولویت‌های عملیات آبخیزداری مشخص گردید که در شکل (۸) نشان داده‌شده است. که اولویت‌ها را به ترتیب ارزش، از اولویت اول تا اولویت پنجم نشان می‌دهد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]



شکل (۸). نقشه اولویت‌های عملیات آبخیزداری

جدول (۳). اولویت‌های آبخیزداری واحدهای پاسخ هیدرولوژیک

ردیف	کد واحد پاسخ هیدرولوژیک	مساحت هکتار	درصد مساحت	کلاس فرسایش	درجه شیب	کلاس جنس زمین	کلاس کاربری اراضی	اولویت از نظر آبخیزداری
۱	۲۴۲	۲۸۲۹	۴,۰	۱۰	۲۶	۱۰	۵	۱
۲	۲۳۲	۱۶۷۱۸	۲۳,۶	۷	۳۱	۷	۱۰	۲
۳	۱۴۱	۴۹۲	۰,۷	۷	۱۵	۱۰	۳	۳
۴	۱۴۲	۱۵۲	۰,۲	۶	۱۹	۱۰	۴	۳
۵	۲۱۲	۱۲۰۲۱	۱۷,۰	۱۰	۳۱	۱	۵	۳
۶	۲۲۲	۳۰۳۹۱	۴۲,۹	۸	۳۰	۴	۵	۳
۷	۱۳۲	۳۴۲۸	۴,۸	۶	۱۶	۷	۵	۴
۸	۱۱۲	۱۲۴۳	۱,۸	۶	۷	۴	۸	۴
۹	۱۲۳	۸۲۸	۱,۲	۶	۷	۱۰	۲	۴
۱۰	۱۳۱	۲۹۸	۰,۴	۵	۳۱	۷	۵	۴
۱۱	۲۴۱	۱۰۸۲	۱,۵	۶	۲۶	۴	۶	۵
۱۲	۱۲۱	۸۳۵	۱,۲	۵	۱۸	۴	۳	۵
۱۳	۱۲۲	۵۸۲	۰,۸	۴	۱۴	۴	۴	۵

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

نتیجه‌گیری

نکته‌ای که درزمینه اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش آن باید در نظر گرفته شود، تعیین نوع روش‌های مبارزه با فرسایش و رسوب زایی است و از طرف دیگر انجام هرگونه عملیات مکانیکی و بیولوژیکی و یا روش‌های دیگر مبارزه با فرسایش، نیازمند شناخت ویژگی‌های مختلف منطقه از نظر نحوه عملکرد آن‌ها در برابر مکانیسم‌های ایجاد فرسایش است شناختی که جز با آگاهی از ویژگی پارامترهای مختلف دخیل در فرسایش امکان‌ناپذیر یا بسیار سخت است. به‌طوری‌کههمه‌ساله شاهد اجرای عملیات مختلف آبخیزداری و مبارزه با فرسایش هستیم که گزارش عدم موفقیت و یا عدم مطلوبیت آن‌ها منتشر می‌شود. از طرف دیگر استفاده از روش‌های دیگر مانند مطالعات زیر حوضه‌هادرزمینه فرسایش نمی‌تواندآن‌طور که باید به‌طور جداگانه اطلاعات مربوط به پارامترها (کاربری اراضی، جنس سنگ و غیره) را به دست دهد و شناخت عناصر مختلف در حوضه‌های آبخیز به‌منظور ترتیب بندی اقدامات امری ضروری می‌نماید، این مهم ما را بر آن داشت تا با استفاده از روش استخراج واحدهای پاسخ هیدرولوژیک که واحدهایی همگن ازلحاظ جنس سنگ، پوشش گیاهی و شیب را به دست می‌دهند به مطالعه و اولویت‌بندی این واحدها در فرسایش و عملیات آبخیزداری بپردازیم. که بیشترین میزان فرسایش مربوط به زمین‌های بخش شرقی دریاچه سد و همچنین بالادست حوضه به دست آمد که واحد پاسخ هیدرولوژیک با کد ۲۴۲ را شاملمی‌شود و با توجه به جدول شماره ۱، دارای کاربری مرتع فقیر و جنس زمین از نوع رسوبی-آبرفتی و شیب ۲۶ درجه است که به نظر می‌رسد کاربری مرتع فقیر با توجه به آسیب‌پذیر بودن در برابر فرسایش و بالا بودن تأثیر اقدامات انسانی تسریع‌کننده فرسایش مانند چرای بی‌رویه و کندن بوته‌ها در این نوع کاربری و جنس خاک رسوبی-آبرفتی به دلیل فرسایش‌پذیری بیشتر و شیب نسبتاً زیاد که سرعت رواناب را افزایش و به‌تبع آن قدرت تخریبی آن را هم بالا می‌برد و مجموع این ویژگی‌ها سبب شده بیشترین میزان فرسایش در این واحد به دست آید. بر اساس مطالبی که گذشت استفاده از واحدهای پاسخ هیدرولوژیک در امر آبخیزداری به سبب این‌که واحدهایی همگن در مطالعات هستند که به سبب همین ویژگی همگن می‌توان نوع خاصی از عملیات آبخیزداری که متناسب با ویژگی همان واحد باشد را به کار برد، سبب شناخت عمیق‌تر ویژگی پارامترهای مختلف دخیل در فرسایش شده و می‌تواند در اولویت‌بندی پهنه‌های مختلف آبخیزداری به کار گرفته شده و موجب تسریع در کارها نیز بشود چنانچه در تحقیقی که در سال ۱۳۸۵ از جباری و طالب پور به چاپ رسیده است محققان مذکور اقدام به ارزیابی حساسیت حوضه بالادست سد مهاباد به فرسایش نموده‌اند و از روش همپوشانی دوبه‌دوی لایه‌های GIS ای شیب، خاک

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

،کاربری و ... استفاده نموده و به تعیین اولویت‌های آبخیزداری در سطح حوضه پرداختند و برای هریک از زیرحوضه‌ها مساحت اشغالی به‌وسیله هرکدام از اولویت‌ها را مشخص کردند که این امر می‌تواند وقت‌گیر باشد و عملیات آماری بیشتری را برای محقق در برداشته باشد همچنین استفاده از زیر حوضه‌ها که در حقیقت معرف ویژگی هیدرولوژیکی زمین است به‌عنوان واحد کاری در مطالعات آبخیزداری نمی‌تواندآن‌طور که باید بیانگر ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی زمین نیز باشد درحالی‌که در مطالعات آبخیزداری تلفیقی از هیدرولوژی و ژئومورفولوژی باید به کار گرفته شود درحالی‌که در تحقیق حاضر از واحدهای همگنی استفاده شده است که می‌تواند بیانگر نوع خاصی از پاسخ هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی (فرم و فرآیند) باشد و به مدیران این امکان را می‌دهد تا اقدامات متناسب با هر واحد پاسخ هیدرولوژیک را در پیش گیرد و این عمل علاوه بر صرفه‌جویی در زمان از طریق ایجاد تناسب بین اقدامات حفاظتی با ویژگی‌های هر منطقه، درصد موفقیت عملیات آبخیزداری را افزایش می‌دهد.

همچنین در تحقیقی که توسط زندی و همکاران در سال ۱۳۹۲ و دهزاد و همکارانش در سال ۱۳۸۷ انجام شد همانند تحقیق حاضر بیشترین فرسایش برای اراضی با کاربری مرتعی و شیب بالای ۱۵ درجه و خاک با حساسیت فرسایشی بالا تعیین گردید.

بدین منظور پیشنهاد می‌شود در مطالعات مختلف مربوط به حوضه‌های آبخیز جهت شناخت واکنش حوضه در برابر عوامل هیدرولوژیکی و شکلزا و شناخت کلی رفتار حوضه، استخراج و مطالعه واحدهای پاسخ هیدرولوژیک در اولویت قرار گیرد چون با شناختی که این واحدها می‌توانند به دست دهند عملیات آبخیزداری هدفمند و درصد موفقیت آن‌ها افزایش خواهد یافت.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

منابع و ماخذ

۱. احمدی، حسن (۱۳۹۱). **ژومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)**، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، جلد ۱، ص ۱۹۹.

۲. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۳۸۶). سیمای حوضه‌های آبخیز کشور.

۳. جباری، ایرج. داوود طالبپور (۱۳۸۵). **ارزیابی حساسیت نواحی بالادست سد مهاباد به فرسایش با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS**، مجله علوم زمین، سال شانزدهم، شماره ۶۲.

۴. جهان سیر، رضا (۱۳۸۰). **بررسی تأثیر عوامل خطر فرسایش خاک (عوامل مدل FAO) در میزان فرسایش با استفاده از GIS در حوضه آبخیز زیارت**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۵. دهزاد، بهروز. علیرضا شکیبا، امین حسینی اصل و خدیجه مشگین (۱۳۸۷). **پهنه‌بندی فرسایش در استان گلستان با مدل EPM در محیط GIS**، فصل‌نامه چشم‌انداز جغرافیایی، سال سوم، شماره ۷.

۶.روانبخش، هومن، محمدرضا مروی مهاجر، قوام زاهدی امیری و انوشیروان شیروانی (۱۳۸۹). **تیپ بندی و نیمرخ طولی رویش‌های جنگلی دامنه‌های جنوبی البرزمرکزی (بررسی موردی: حوضه آبخیز سد لتیان)**، نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، دوره ۶۳، شماره ۱، ۹-۲۲.

۷.زبردست، اسفندیار. (۱۳۸۹). **کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی**، ۴۱، ۷۹-۹۰.

۸.زندی، جلال. کریم سلیمانی و محمود حبیب نژاد روشن (۱۳۹۲). **اولویت‌بندی نواحی کنترل فرسایش خاک با استفاده از تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاره و GIS**، جغرافیا و توسعه، ۳۱، ۹۳-۱۰۶.

۹.صحت، سعید و عیسی پریزادی (۱۳۸۸). **به‌کارگیری تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای در تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید (مطالعه موردی شرکت سهامی بیمه ایران**. نشریه مدیریت صنعتی، ۲، ۱۰۵-۱۲۰.

۱۰. طواری، مجتبی. محمدعلی سوخکیان و سیدعلی میرنژاد (۱۳۸۷). **شناسایی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر بهره‌وری نیروی انسانی با استفاده از تکنیک‌هایMADM (مطالعه موردی: یکی از شرکت‌های تولیدی پوشاک جین در استان یزد)**،نشریه مدیریت صنعتی،دوره ۱،شماره ۱، ۷۱-۸۸.

۱۱. علیزاده، امین (۱۳۹۰). **اصول هیدرولوژی کاربردی (چاپ ۳۳)**. محل نشر: مشهد. دانشگاه امام رضا (ع).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

۱۲. نسترن، مهین. وحید قاسمی و صادق هادیزاده زرگر (۱۳۹۲). **ارزیابی شاخص‌های پایداری اجتماعی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه (ANP)**. جامعه‌شناسی کاربردی، شماره پیاپی:۵۱، شماره ۳، ۱۵۵-۱۷۳.

Daniels, R. C., R. H. Huxfprd and D. McCandless, (1998). ***Coastline mapping and identification of erosion hazard areas in pacific county***. Washington, Department of Ecology, Coastal Monitoring and analysis program, PP 113-142.

Eswaran, H., Lal, R., Reich, P. F, (2001). ***Land degradation: an overview***, in bridges, E.M, Hannam, I.D, Oldeman, L. R, Penning de vries, F.W.T, Scherr, S.J, Sombatpanit, s, Response to land degradation, science publishers Inc, Enfield, USA.

Flugel, W.A, (1995). D***elineating hydrological response units by geographical information system analyses for regional hydrological modelling using PRMS/MMS in the drainage basin of the River Brol, Germany***. Hydrological Processes 9, 423-436.

Gironás, J., Niemann, J.D., Roesner, L.A., Rodriguez, F., Andrieu, H., (2009). ***A morpho-climatic instantaneous unit hydrograph model for urban catchments based on thekinematic wave approximation***. Journal of Hydrology, 377, 317-334.

Gomez, B., (1991). ***Bed load transport***, Earth Science Reviews, V. 31, no. 2, Aug. 1991, pp 89-132.

Lagacherie, P., Rabotin, M., Colin, F., Moussa, R., Voltz, M., (2010). ***Geo-MHYDAS: Alandscape discretization tool for distributed hydrological modeling of cultivated areas***.Computers & Geosciences 36, 1021-1032.

Legesse D., Vallet-Coulomb C. and Gasse F, (2003). ***Hydrological response of a catchment to climate and land use changes in Tropical Africa: case study South Central***. Journal of Hydrology, 275: 67–85.

Park, Soyoung, Jin, C., Jeon, S., Jung, H Choi. C, (2011). ***Soil Erosion Risk in Korean Watersheds, Assessed Using the Revised Universal Soil Loss Equation***, Journal of Hydrology, 399.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]

Podmanicky,L.,Balaz,K.,Belenysi,M.Centeri,C, Ckristof, D., Kohlheb,D. (2011). ***Modelling soil quality changes in Europe. An impactassessment of land use change on soil quality in Europe***. Ecological Indicators, 11.

Sabourin, J.F. & Associates, (1996). ***Implementation of a distributed hydrologic model: Using SLURP on the Carp watershed***. CCRS, Ottawa.

Sanzana Cuevas, P., S. Jankowfsky, F. Branger, I. Braud, X. Vargas. (2013). ***Computer-assisted mesh generation based on Hydrological Response Units for distributed hydrological modelling***. Computers & Geosciences, Elsevier, 57, 32-43.

Schwartz, C., (2008). ***Deriving Hydrological Response Units (HRUs) using a Web Processing Service implementation based on GRASS-GIS***. Geoinformatics FCE CTU 2008. Workshop Proceedings, 3, 67-78.

Sorman, Unal, E, Uzunoglu, H, IlgazKaia, (2001). ***Application of the SRM and SLURP models in eastern Turkey using remote sensing and geographic information systems***. Remote Sensing and Hydrolog, 267.

Su, M., W.J. Stolte and G. van der Kamp, (1997). ***Modelling wetland hydrology using SLURP***. Proc.Scientific Meeting of the Canadian Geophysical Union, Banff, Alberta.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.7.9]