نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی ٤، زمستان ۱۳۹۳
صفحات ۱۰٤-۹۱

ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطره‌ی فرسایش خاک در حوضه‌ی آبریز الشتر

محمد حاصلی[۱]، دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه خوارزمی
حمید جلالیان، دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه خوارزمی

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۲۰ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۸/۲۷

چکیده

در مطالعات آمایش محیطی، بهترین مسیر توسعه توجه اصولی به توان‌ها و تهدیدهای محیطی و، بر این اساس، استفاده بهینه از سرزمین است. در این باره، ارتباط تنگاتنگی بین توسعه‌ی کشاورزی، توسعه روستایی و منابع محیطی وجود دارد. نوع بهره‌برداری از اراضی عامل بسیار مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوضه‌های آبریز به‌شمار می‌رود. در پژوهش حاضر، مطالعه و ارزیابی وضعیت فرسایش خاکِ حوضه‌ی آبریز «دشت الشتر» با هدف توسعه‌ی بهره‌برداری‌های کشاورزی با استفاده از روش PSIAC صورت گرفته است. اصول روش PSIAC برای تخمین استعداد رسوب‌زایی اراضی بر پایه‌ی بررسی نقش و اهمیت نُه عامل مؤثر شامل وضعیت زمین سطحی (مقاومت سنگ‌بستر در برابر عوامل فرساینده)، وضعیت خاک (واحدهای اراضی)، وضعیت آب‌وهوا، وضعیت رواناب، وضعیت توپوگرافی (پستی‌وبلندی)، وضعیت پوشش حفاظتی، نحوه‌ی استفاده از اراضی، وضعیت فعلی فرسایش، ارزیابی عامل شیب فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب در فرسایش خاک طراحی شده است. در فرآیند مطالعه، با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS)، این اطلاعات تجزیه‌وتحلیل، تلفیق و، سرانجام، به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی تهیه گردیدند. در ادامه، با استخراج واحدها و سنجش آن‌ها با مطالعات طرح جامع احیا و توسعه‌ی کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، که مؤسسه‌ی پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی تهیه کرده است، پهنه‌بندی نهایی صورت گرفت. نتیجه‌ی این پژوهش نشان می‌دهد فرسایش در سطح حوضه نسبتاً فراوان است، به‌نحوی‌که حداقل بیش از ۶۲٪ را از وسعت حوضه کلاس‌های فرسایشی (V, VI) و حدود ۳۷٪ را از سطح حوضه کلاس‌های فرسایشی کم تا متوسط (III, II, I) در برگرفته است. بنابراین، در نگاه کلی، استفاده از اراضی در این حوضه با محدودیت فرسایش روبه‌رو است و کنترل فرسایش خاک و اقدام‌هایی برای حفاظت خاک و آب در چارچوب طرح‌های حفاظتی اولویت می‌یابد. با این حال، مکان‌گزینی گذشته سکونتگاه‌های روستایی عمدتاً منطبق بر پهنه‌های فرسایشی کم تا متوسط است که این نشان‌دهنده‌ی وجود نوعی تفکر آمایشی سنتی نزد پیشینیان است.

واژگان کلیدی: توسعه‌ی کشاورزی، توسعه‌ی روستایی، دشت الشتر، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، پسیاک.

[۱]. نویسنده مسئول Email: Ishtar.haseli@yahoo.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

مقدمه

توسعه‌ی روستایی در گروِ توجه هم‌زمان به منابع طبیعی (برای تولید) و آموزش نیروی انسانی در نواحی روستایی است. با توجه به این‌که فعالیت‌های کشاورزی غالباً در محیط یا فضاهای روستایی صورت می‌گیرد، ارتباط تنگاتنگی میان توسعه‌ی کشاورزی و توسعه‌ی روستایی وجود دارد و، در واقع، این دو مکمل هم و تفکیک‌ناپذیر از یک‌دیگر هستند (رضوانی، ۱۳۸۳: ۲۵۲). به عبارت دیگر، کشاورزی هیچ‌گاه جدا از نواحی روستایی و روستا نیز بی‌نیاز از فعالیت‌های کشاورزی نبوده است (مطیعی، ۱۳۷۰: ۲۹۲). در واقع، این دو لازم و ملزوم یک‌دیگرند. از سوی دیگر، توسعه‌ی کشاورزی توسعه‌ی روستایی را برای اعمال تغییر و تحولات مطلوب به‌منظور وسعت‌بخشیدن به زمینه‌ها و دامنه‌ی فعالیت‌ها و بسط امور و افزایش عملکردها در این بخش درپی خواهد داشت (شهبازی، ۱۳۷۲: ۱۱).

بستر اصلی فعالیت‌های کشاورزی را زمین و عوامل طبیعی سازنده‌ی آن تشکیل می‌دهد. بنابراین، تشخیص، تعیین اثر و نقش هرکدام از عوامل موجود در مجموعه عوامل سازنده‌ی فعالیت‌های یادشده بسیار ضروری است که آثار مستقیم یا غیرمستقیم در شکل‌گیری فعالیت‌ها دارد. ترکیبی که از مشارکت این عوامل و نحوه‌ی حضور هرکدام از آن‌ها در بین مجموعه عوامل به‌وجود می‌آید ماهیت ترکیب و توان آن را برای فعالیت‌های کشاورزی و، به عبارت دیگر، استعداد یا بی‌استعدادی عرصه‌ی زمین را برای این نوع فعالیت‌ها نشان می‌دهد. بنابراین، شناسایی عوامل سازنده محیط و ارتباط آن‌ها با فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند ما را در رفع موانع موجود کمک و برنامه‌ریزی صحیح را برای آن‌ها میسر کند (بدری‌فر، ۱۳۸۲:۴۰).

فرسایش خاک مشکل جهانی است و تهدیدی جدی برای منابع آب و خاک محسوب می‌شود، چراکه خاک ترکیبی از مواد ریزدانه، مواد معدنی و آلی و محیط طبیعی پویایی است که گیاهان در آن می‌رویند. برای تشکیل یک سانتیمتر خاک میانگین بیش از سیصد سال زمان لازم است (Tripathi, ۲۰۰۱). از این نظر، جلوگیری از فرسایش خاک به‌منظور حفظ ثروت‌های ارزشمند طبیعی امری حیاتی است (Morgan, ۲۰۰۵: ٦٠). نوع بهره‌برداری از اراضی نیز عامل مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوضه‌های آبخیز است (Kassas, ۱۹۸۳). در ایران، در موارد بسیاری، به‌علت بی‌توجهی به مسئله‌ی قابلیت و تناسب کاربری زمین بیشتر اراضی به‌صورت نامناسب و نامعقول استفاده می‌شوند که این استفاده‌ی نادرست به‌شدت فرسایش و رسوب حوضه‌های آبخیز را افزایش می‌دهد. فرسایش خاک به‌طور طبیعی وجود دارد، اما دخالت انسان آن را تشدید می‌کند و این در حالی است که تشکیل مجدد خاک به قرن‌ها زمان نیاز دارد. با توجه به این‌که فرسایش طی دهه‌های اخیر در سطح کشور روند صعودی داشته است و با ملاحظه‌ی اهمیت منابع طبیعی، ضروری است فرآیندهای تخریب و فرسایش با روش‌های دقیق‌تری مطالعه و ارزیابی شود. تدوین و اجرای مؤثر برنامه‌های کنترل فرسایش خاک به درک کامل فرآیندهای فرسایش، دقت در اندازه‌گیری و برآورد شدت آن، شناخت عمیق مسئله و، سرانجام، کنترل علمی آن نیاز دارد (Toy and Foster, ۲۰۰۲: ٦٥).

فرسایش از ریشه‌ی لاتینی Erode به معنی کنده‌شدن و ساییدن گرفته شده است (Herren, ۱۹۹۱: ۱۶۰) و به فرآیندی گفته می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا و به کمک یک عامل انتقال‌دهنده به مکانی دیگر حمل می‌شود، به‌طوری‌که بسته به نوع عامل انتقال انواع فرسایش‌های آبی، بادی و یخچالی پدید می‌آید (رفاهی، ۱۳۷۹: ۳).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

عوامل مؤثر در فرسایش به سه گروه کلی تقسیم می‌شوند. گروه اول عواملی هستند که انرژی لازم را برای بروز فرسایش فراهم می‌کنند. گروه دوم عواملی هستند که زمینه‌ی بروز یا عدم‌بروز آن را فراهم می‌کنند و گروه سوم عواملی هستند که موجب حفاظت خاک (به درجه‌های متفاوت) در برابر فرسایش می‌شوند (Morgan, ۲۰۰۵: ۱۰۵)؛ در گروه اول، قدرت فرسایندگی باران، حجم رواناب، پستی‌وبلندی، طول و تندی شیب، قدرت باد، طول مسیر باد و مانند این‌ها را می‌توان بیان کرد. در گروه دوم، فرسایش‌پذیری ذاتی خاک به عوامل گوناگونی مانند نفوذپذیری، بافت خاک، ساختمان خاک، میزان مواد آلی و نوع مواد تشکیل‌دهنده خاک، ترکیبات شیمیایی و حتی مدیریت خوب یا بد خاک بستگی دارد. در گروه سوم نیز، میزان فشار بر زمین از نظر بهره‌برداری، بود یا نبود پوشش گیاهی و نوع گیاهان موجود در این پوشش (از قبیل گیاهان زراعی، مرتعی، جنگلی)، مرغوبیت زمین و، در آخر هم، مدیریت اراضی قرار می‌گیرند.

امروزه کمتر منطقه‌ای در سطح زمین می‌توان یافت که در معرض تخریب و فرسایش قرار نگرفته باشد. البته، در اغلب موارد، عامل اصلی این امر افزایش جمعیت و استفاده بیش از حدِ زمین است (احمدی، ۱۳۷۸: ۱۹۵). گفتنی است که اهمیت فرسایش برای کشاورزی از دو جنبه مطرح است: یکی کاهش قدرت تولیدی زمین و دیگری پیامد مخرب مواد فرسایش‌یافته (هادسون، ۱۳۷۲: ۳-۶). شدت فرسایش و وسعت آن در زمان‌ها و مکان‌های گوناگون یکسان نبوده و به شرایط طبیعی پستی‌وبلندی، خصوصیات خاک‌ها و چگونگی کاربری زمین مربوط است (شکوری، ۱۳۷۴: ۵۶). همچنین، بر اثر رگبارهای ناگهانی و جاری‌شدن سیل، زمینه‌ی فرسایش خاک فراهم می‌آید، به‌طوری‌که هر ساله مقادیری از خاک‌های حاصلخیز از چرخه‌ی تولید خارج می‌شود. از سوی دیگر، خشکی هوا (در مناطق خشک) با افزایش تبخیر شرایط شوری خاک را به‌وجود می‌آورد. مواد آلی خاک نیز به دلیل مدیریت‌های زراعی نامناسب کاهش‌یافته و بازتولید مواد آلی در خاک کم می‌شود. این روند، به افزایش شوری خاک و افزایش مواد قلیایی در آن منجر می‌شود. افزایش کاربری‌های مسکونی و صنعتی، که بر اثر توسعه‌ی سریع شهرها به وجود آمده، سبب کاهش هزینه‌های زمین‌های زراعی و مراتع شده و به کاهش کیفیت خاک و ناپایداری آن منجر می‌شود. فاضلاب‌های صنعتی و شهری نیز با واردکرن عناصر سنگینی (مانند کادمیم، سرب و روی) از کیفیت خاک می‌کاهند (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۸: ۱۷۴-۱۷۵). بدین ترتیب، شناخت مناطق حساس به فرسایش و رسوب‌زا و پهنه‌بندی آن در قسمت‌های گوناگون حوضه‌ی آبخیز یکی از موارد اساسی در اولویت‌بندی مناطق برای کارهای اجرایی حفاظت خاک و آبخیزداری است. تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر فرسایش می‌تواند به‌لحاظ این‌که گواهِ مناطق بحرانیِ فرسایش خاک است دارای اهمیت فراوان باشد. با این حال، هیچ مدل ساده‌ای وجود ندارد که بتواند همه‌ی عوامل مؤثر را بر فرسایش بررسی کند (محمودآبادی و همکاران، ۱۳۸۴).

از آنجایی‌که شرایط مناسب اقلیمی و جغرافیایی در تولیدهای کشاورزی حائز اهمیت‌اند و مکان‌های جغرافیایی (که بستر فعالیت و کارکردهای انسان تلقی می‌شوند) ارتباطی مستقیم و تنگاتنگ با پایداری کشاورزی دارند، این تحقیق می‌کوشد که وضعیت فرسایش را در حوضه‌ی آبریز دشت الشتر با توجه به نظام پایداری کشاورزی بررسی کند. بنابراین، هدف کلی تحقیق حاضر ارزیابی وضعیت فرسایش حوضه‌ی آبریز دشت الشتر برای توسعه‌ی روستایی از طریق پایداری کشاورزی در منطقه‌ی مطالعه است. مسئله‌ی اصلی این تحقیق آن است که آیا شرایط محیطی مناسبی برای تداوم کشاورزی و توسعه‌ی روستایی در حوضه‌ی آبریز دشت الشتر وجود دارد؟ بررسی‌ها و مشاهده‌های میدانی از منطقه‌ی مطالعه این فرضیه را متبادر می‌کند

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

که، درصورت شناخت علمی از توان‌های محیطی و تهیه‌ی برنامه‌ی مدون نظام‌مند، این منطقه می‌تواند بستر مطلوبی برای توسعه‌ی تولیدهای کشاورزی و زیربخش‌های آن فراهم آورد. منطقه‌ی مذکور با توجه به تحولات توسعه‌یافتگی و هدف‌های توسعه‌ی انسانی، صرف‌نظر از برخورداریِ برخی امکانات طبیعی، برای دستیابی به سطحی از توسعه‌یافتگی نیازمند دخالت و برنامه‌ریزی است. دخالت و جهت‌دهی در ساختار کشاورزی منطقه بر اساس توان‌ها و تنگناهای محیطی برای کاهش و رفع نارسایی‌های توسعه، در نقش شاخص مهم، ضرورت دارد.

در زمینه‌ی برآورد و ارزیابی قابلیت فرسایش خاک، انتخاب مدلی کمّی مهم است که بتواند برآورد رسوب و فرسایش را در حوضه‌ی آبریز با دقت رضایت‌بخش تحقق بخشد. پژوهش‌های اساسی در فرسایش خاک برای اولین‌بار در ۱۹۱۵ آغاز شد و اولین تحقیق را در این زمینه وونلی[۱] انجام داد. در ۱۹۱۷ نیز، میلر[۲] مطالعات و آزمایش‌هایی را در پلات‌های آزمایشی اجرا کرد. در همین سال، ماسگریو[۳] اثر بارندگی را در فرسایش خاک بررسی کرد و معادله‌ای برای محاسبه‌ی میزان فرسایش بر اساس بارندگی ارائه کرد (به نقل از احمدی، ۱۳۸۲: ۵۰۲). در همین زمینه و برای برآورد فرسایش، مدل‌های متفاوتی ارائه شد که می‌توان به معادله‌ی جهانی فرسایش، مدل اتلیک، فورنیه، داگلاس، کرک بای، اسکالوگرام مورگان، فائو، ای پی ام، پسیاک و پسیاکِ اصلاح‌شده اشاره کرد. در ۱۹۶۸، «آژانس واسط جنوب غرب پاسفیک» مدل پسیاک[۴] را پیشنهاد کرد. این مدل اولین‌بار در حوضه‌ی والنات گالچ، در جنوب شرق ایالت آریزونای امریکا، آزمایش شد. در این روش، نُه عامل برای برآورد فرسایش معرفی شده است. بعدها، در ۱۹۸۲، جانستون و گبهارت مدل مذکور را بازنگری کردند که به پسیاکِ اصلاح‌شده معروف شد (زمردیان و رحیمی، ۱۳۹۱).

مدل پسیاک اصلاح‌شده با توجه به نتایج مفید و سودمند و انطباق نسبی آن‌ها با واقعیت محیط طبیعی ایران یکی از کارآمدترین مدل‌ها در کشور شناخته می‌شود. در ایران، «مهندسین مشاور توسعه‌ی منابع» این مدل را اولین‌بار برای برآورد رسوب تولیدی در حوضه‌های آبخیز به‌کار بردند و، سپس، با توجه به کارایی و سهولت محاسبه و دقت لازم در بسیاری از حوضه‌های آبریز کشور استفاده شد. از جمله، طهماسبی‌پور در ۱۳۷۳ با بررسی این مدل و مقایسه‌ی مقدار رسوب محاسبه‌شده در روش جدید پسیاک با متوسط رسوب‌گذاری در سد لتیان دریافت که این روش تا حدود ۸۵٪ دقت دارد. علاوه بر این، در ارزیابی فرسایش خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در حوضه‌ی آبخیز لوراک، مشخص گردید که تصاویر ماهواره‌ای کاسموس رنگی و عکس‌های هوایی سیاه‌وسفید (پانکروماتیک) با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برای تعیین وضعیت و محدوده‌ی گسترش فرسایش‌های خندقی، توده‌ای و کناره‌ای بسیار مناسب هستند، درحالی‌که تصاویر ماهواره‌ای سیستم MSS با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ برای ارزیابی فرسایش خاک کارایی لازم را ندارد و تصاویر ماهواره‌ای TM فقط در ارزیابی فرسایش‌های خندقی و توده‌ای، آن‌هم در محدوده‌ی وسیع، کاربرد دارند. نیکجو نیز در ۱۳۷۳ دریافت که مدل PSIAC برای برآورد فرسایش و رسوب حوضه‌ی آبخیز دریانچای با درصد اطمینان بالایی می‌تواند استفاده شود و به‌کارگیری آن در حوضه‌های مشابه و فاقد آمارِ رسوب می‌تواند توصیه گردد. نتایج تحقیق حسنلو در ۱۳۸۲ نشان داد که با استفاده از مدل

---

۱. Voonly
۲. Miller
۳. Musgrave
۴. PSIAC: Pacific Southwest Inter Agency Coding

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

MPSIAC[۱] و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان میزان فرسایش و رسوب را برآورد کرده و فرمول MPSIAC را برای مناطق گوناگون واکاوی کرد، به‌طوری‌که فرمول به‌دست آمده همبستگی مناسبی با نتایج مشاهده دارد. او همچنین، با استفاده از برنامه SPSS، مشخص کرد که نقش عوامل شیب و زمین‌شناسی در تشکیل رسوب خیلی بیشتر از سایر عوامل بوده و در سطح اطمینان ۹۵٪ تأثیر این عوامل در تولید رسوب معنی‌دار است. همچنین، نقاط گوناگون حوضه از نظر میزان فرسایش و تولید رسوب از هم تفکیک شد و پهنه‌بندی فرسایش برای حوضه‌ی مطالعه صورت گرفت. در ۱۳۸۳، یمانی و هدایی نیز با بررسی این مدل در حوضه‌های آبریز منتهی به تنگه‌ی هرمز دریافتند که نحوه‌ی استفاده از زمین و فقر عمومی پوشش گیاهی مؤثرترین عامل در فرسایش‌پذیری حوضه‌های آبریز موردِ مطالعه است. در ۱۳۷۲، صادقی در حوضه‌ی آبریز اوزن‌دره برای مطالعه‌ی فرسایش و رسوب از روش‌های داگلاسی و فورینه و کرک‌بای و EPM و PSIAC استفاده کرد و نتیجه گرفت که، بین روش‌های مذکور، روش PSIAC مناسب‌ترین روش برای تخمین میزان فرسایش و رسوب در حوضه‌ی سپیدرود است.

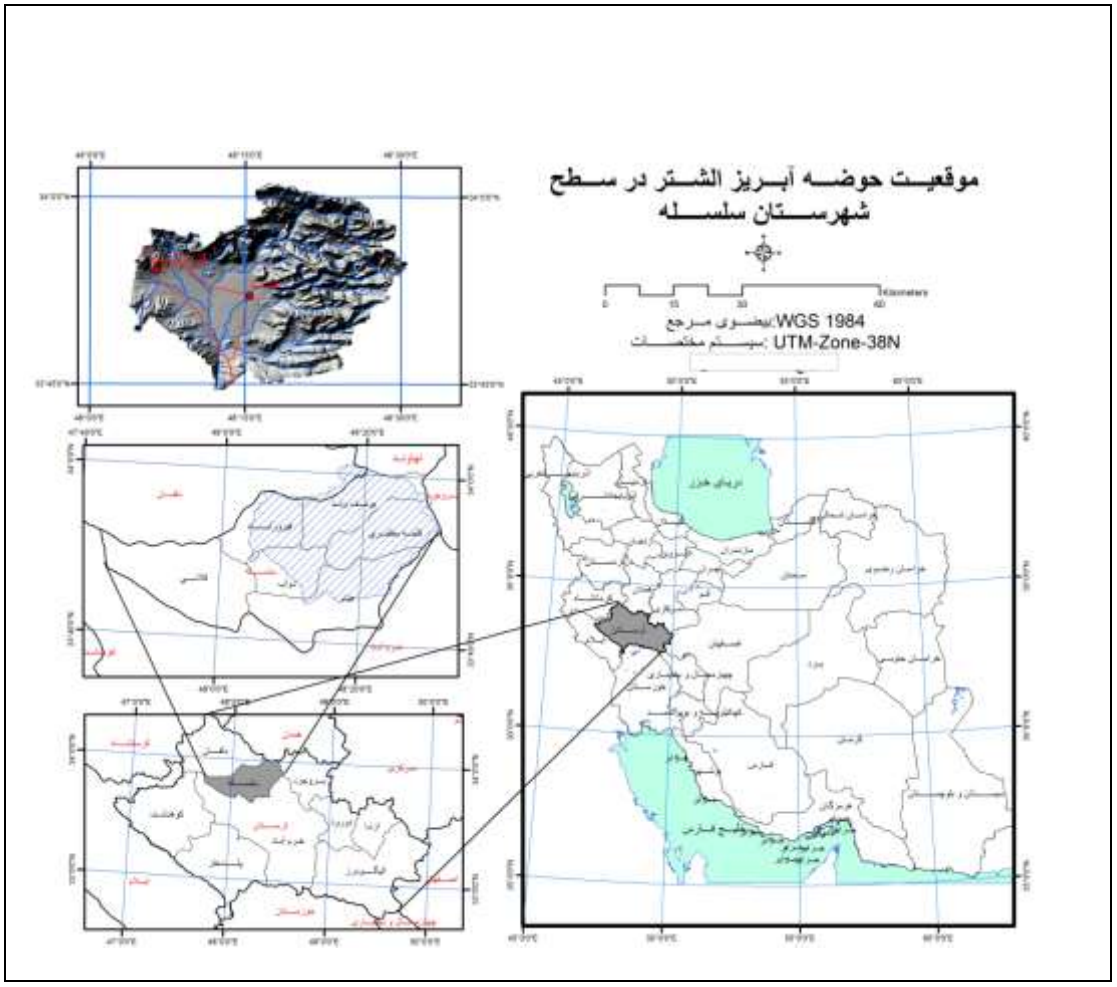
جلالیان (۱۳۷۱) برای ارزیابی مقدار رسوب‌دهی با مدل PSIAC در حوضه‌ی آبخیز شمال کارون دریافت که مدل PSIAC دارای همبستگی مناسبی با مقدار رسوب حاصل از ایستگاه رسوب‌سنجی بود. اسدی (۱۳۷۴) در بررسی کاربرد مدل PSIAC با بهره‌گیری از روش کیفی ژئومورفولوژی به این نتیجه رسید که، در مناطق دارای آمار رسوب محدود، می‌توان با تفسیر عکس‌های هوایی و انجام‌دادن مطالعات صحرایی از طریق روش کیفی ژئومورفولوژی، با تغییر ضرایب مدل، با توجه به شرایط منطقه از این مدل استفاده کرد. در تحقیق حاضر، بر اساس مدل پسیاک اصلاح‌شده، نقش نُه عامل (زمین‌شناسی، خاک، اقلیم، رواناب، پستی‌وبلندی، پوشش سطح زمین، کاربری، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای) مؤثر در فرسایش (از طریق لایه‌های اطلاعاتی به محیط GIS، رقومی‌سازی و کلاسه‌بندی هرکدام از لایه‌ها) بررسی می‌شود و عوامل غالب و مؤثرتر در فرسایش مشخص و، سپس، میزان تأثیر هر عامل در فرسایش و رسوب‌زایی حوضه‌ی الشتر تعیین می‌گردید.

داده‌ها و روش کار

حوضه‌ی آبریز دشت الشتر، با وسعتی برابر ۸۰۳۰۵ هکتار (۵۰/۲۵ درصد از کل مساحت شهرستان) در شمال شهرستان سلسله و شمال استان لرستان واقع است. محدوده‌ی مطالعاتی این تحقیق عمدتاً در بخش مرکزی شهرستان سلسله (الشتر) واقع شده است. تنها کانون شهری این ناحیه الشتر است که در عرض جغرافیایی ´۴۳-°۳۳ تا ´۵-°۳۴ شمالی و طول ´۲-°۴۸ تا ´۳۱-°۴۸ طول شرقی قرار دارد. حوضه‌ی مطالعاتی الشتر دارای سیمای تقریباً کوهستانی است، به‌طوری‌که تیپ کوه‌ها و تپه‌ها بیش از ۶۵/۳۹ درصد از اراضی را به خود اختصاص داده‌اند. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۶۰۰ متر و حداقل ارتفاع ۱۵۰۰ متر با ارتفاع متوسط ۲۱۱۶ و ارتفاع میانه‌ی ۲۱۰۰ است (شکل ۱). اقلیم حوضه مدیترانه‌ای (روش دمارتن) و میانگین بارش سالیانه ۵۰۶ میلی‌متر است. برای بررسی وضعیت فرسایش خاک حوضه‌ی آبریز دشت الشتر از مطالعات «طرح جامع احیا و توسعه‌ی کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان» استفاده شده که مؤسسه‌ی پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی تهیه کرده است.

[۱]. Modified Pacific Southwest Inter Agency Coding

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۱: موقعیت حوضه‌ی آبریز الشتر در شهرستان سلسله.

در این تحقیق، برای ارزیابی فرسایش خاک از روش PSIAC استفاده می‌شود. برای تهیه‌ی نقشه‌ی وضعیت عمومی فرسایش خاک، نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی اساس کار قرار گرفت و هر واحد در آغاز کار به‌صورت یک سلول مطالعاتی برگزیده شد. با پیشرفت مطالعه، مرز سلول‌های مطالعاتی با توجه به نقشه‌های پوشش گیاهی، شیب، حساسیت سنگ‌بستر و، درکل، مواردی اصلاح گردید که دامنه‌ی تغییرات بیش از حد متعارف بود و سرانجام واحدهای مجزا شده‌ی نقشه بر اساس مرزهای اصلاحی ترسیم شدند. اصول روش PSIAC بر تخمین استعداد رسوب‌زایی اراضی بر پایه‌ی بررسی نقش و اهمیت نُه عامل مؤثر در فرسایش خاک طراحی شده است. در این روش، نُه عامل به شرح زیر ارزیابی شد و مجموع امتیازات به‌دست آمده استعداد رسوب‌زایی و فرسایش خاک را در محدوده‌ی مورد نظر مشخص ساخت.

۱) در ارزیابی عامل زمین‌شناسی سطحی، دامنه‌ی تغییرات امتیاز از صفر تا ۱۰+ نوسان دارد. با توجه به وضعیت سنگ‌بستر، با استناد به نقشه‌ی زمین‌شناسی، مقاومت سنگ‌بستر در مقابل فرسایندگی در پنج گروه خیلی مقاوم (I)، مقاوم (II)، مقاومت متوسط (III)، حساس (IV) و خیلی حساس (V) طبقه‌بندی شد و نقشه‌ی حساسیت سنگ‌بستر به فرسایش با

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

پنج کلاس ذکرشده تهیه گردید. در ارزیابی حساسیت سنگ‌بستر به سنگ‌های خیلی مقاوم نمره‌ی صفر و به سنگ‌های خیلی حساس امتیاز ۱۰ داده شد.

۲) در ارزیابی عامل پستی‌وبلندی، دامنه‌ی تغییرات از صفر درصد در اراضی کاملاً مسطح تا ۲۰+ در اراضی با شیب‌های تند و بیش از ۵۰٪ نوسان دارد. با برآورد شیب متوسط و با استفاده از رابطه‌ی:

$$S\ Y=۰/۳۲$$

(که در آن S درصد شیب متوسط است) امتیاز عامل توپوگرافی Y تعیین و ثبت شد. در جمع‌بندی، از اطلس شیب ایران (تهیه شده‌ی دانشگاه تهران) استفاده شد. کلاس‌های شیب در این نقشه‌ها شامل ۱-۰، ۳-۱، ۵-۳، ۱۰-۵، ۱۵-۱۰، ۳۰-۱۵، ۵۰-۳۰ و بیش از ۵۰ درصد است.

۳) در ارزیابی عامل آب‌وهوا، دامنه‌ی تغییراتِ امتیاز از صفر تا ۱۰+ نوسان دارد. باران‌های شدید و رگبارهای تند یا دوره‌های بارندگی شدید در فصول خشک ــ که نباتات کم‌ترین پوشش آستانه را دارندــ امتیاز این عامل را تا ۱۰+ افزایش داده است که در آب‌وهوای مرطوب دارای بارندگی‌های ملایم و ریزش‌های برفی و در آب‌وهوای خشک دارای بارندگی‌های ملایمِ با شدت کم نمره‌ی این عامل تا صفر می‌تواند کاهش یابد.

۴) در ارزیابی عامل خاک، دامنه‌ی تغییرات امتیاز از صفر تا ۱۰+ نوسان دارد. وجود عمق زیاد، بافت سنگین، حاصلخیزی خاک و غنی‌بودن خاک از مواد آلی و هوموس، وجود ساختمان پایدار و قابلیت جذب فراوان آب امتیاز این عامل را به صفر نزدیک می‌سازد و، در مقابل، وجود محدودیت شوری و قلیایی‌بودن، بافت شنی، فقر مواد غذایی و، به‌ویژه، مواد آلی خاک امتیاز را تا ۱۰+ افزایش می‌دهد. در تحقیق حاضر، اطلاعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی، خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی معیار بر اساس عامل خاک است.

۵ـ) در ارزیابی عامل پوشش حفاظتی، دامنه‌ی تغییرات امتیاز از ۱۰+ در اراضی عاری از پوشش گیاهی و سایر پوشش‌های حفاظتی تا ۱۰- در اراضی با پوشش گیاهان متراکم و سایر پوشش‌های حفاظتی نوسان دارد. در تحقیق حاضر، امتیاز پوشش حفاظتی از رابطه‌ی:

$$C= ۱۰ -۰ /۲Y$$

(C درصد پوشش حفاظتی و Y امتیاز این عامل) محاسبه شد. در جمع‌بندی، نقشه‌های پوشش گیاهی، زراعت و کاربری اراضی معیار قضاوت بود.

۶) در ارزیابی عامل رواناب، دامنه‌ی تغییرات امتیاز از صفر در اراضی با پتانسیل آبدوی کم، نفوذپذیری مناسب و خاک‌های گروه هیدرولوژیکی A تا ۱۰+ در اراضی با پتانسیل آبدوی زیاد، نفوذپذیری کم و بافت ریزدانه و خاک‌های گروه هیدرولوژیکی D نوسان دارد. در تجدیدنظر صورت‌گرفته محاسبه‌ی امتیاز رواناب از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Y=۰/۲(۰/۳R+۵۰F)$$

(R برابر ارتفاع رواناب سالیانه برحسب میلی‌متر، F دبی پیک سالیانه‌ی سیلاب برحسب مترمکعب در کیلومترمربع در ثانیه). امتیاز رواناب بر اساس مدل اولیه‌ی PSIAC و با توجه به ضریب رواناب و دبی پیک سالیانه‌ی سیلاب ایستگاه‌های آب‌سنجی دارای آمار مورد تائید بخش آب‌های سطحی است

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

۷) در بررسی عامل نحوه‌ی استفاده از اراضی، تناسب و قابلیت اراضی با نوع استفاده از اراضیِ کنونی مقایسه می‌شود و رابطه‌ی بین کاربری و فرسایش خاک معیار سنجش و تعیین امتیاز می‌گردد. در اراضی با کشت متناسب، حضور گیاهان تثبیت‌کننده‌ی خاک، وجود شبکه‌های متراکم درختان، محدودیت یا ممنوعیت چِرا و، بالاخره، شرایطی که موجب پایداری و ثبات خاک گردیده امتیاز ۱۰- و در اراضی که به دلیل نوع استفاده دارای تخریب بوده‌اند امتیاز ۱۰+ داده شده است. در مطالعه‌ی حاضر، مقایسه‌ی تناسب اراضی بر اساس نقشه‌ی ارزیابی منابع و قابلیت اراضی، وضعیت کاربری اراضیِ کنونی و با توجه به نقشه‌ی کاربری اراضی ملاک سنجش و قضاوت بوده است.

۸) امتیاز مربوط به عامل فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب نیز از صفر تا ۲۵ متغیر است. در عرصه‌هایی که خاک کنده شده و از جای خود رها شده و با شبکه‌ی زهکش به خارج از حوضه منتقل نمی‌شوند و انهار به شکل عریض و کم‌عمق و با شیب ملایم دارای پوشش محافظ است حداقل این عامل را شاهد هستیم. در مقابل، در اراضی دارای فرسایش کناره‌ای شدید در رودخانه‌ها و انهار با شیب تند و دیواره‌های فرسوده و در اراضی آب‌کندی، که قابلیت انتقال رسوب در آن‌ها فراوان است، این عامل به حداکثر می‌رسد.

۹) وضعیت فرسایش تحت تاثیر عوامل متعدد از جمله وضعیت پستی‌وبلندی، خصوصیات خاک‌ها و چگونگی کاربری زمین قرار دارد. امتیاز این عامل، برای اراضی تپه ماهوری با شیب‌های تند و خاک کم عمق ۲۰ و برای اراضی دشت با شیب بسیار ملایم و خاک عمیق، صفر در نظر گرفته شده است.

شرح و تفسیر نتایج

با تلفیق نقشه‌های حساسیت سنگ‌بستر به فرسایش، طبقه‌بندی شیب، نقشه‌ی هم‌باران و طبقه‌بندی اقلیمی و با توجه به نقشه‌ی ارزیابی منابع و قابلیت اراضی «نقشه‌ی حساسیت اراضی به فرسایش» تهیه گردید. واحدهای این نقشه‌ها به‌منزله‌ی یافته‌های کاری در تهیه‌ی نقشه‌ی فرسایش خاک استفاده شد. حاصل جمع امتیازهای هر سلول کاری (جدول ۱) استعداد رسوب‌زایی عرصه و شدت فرسایش خاک را تعیین می‌کند.

جدول ۱: درجه رسوب‌دهی (جمع امتیازها) و تعیین کلاس فرسایش خاک و استعداد رسوب‌زایی اراضی به روش PSIAC

جمع امتیاز	کلاس فرسایش خاک	نشانه روی نقشه	تولید رسوب	
			$M_{۳}/Km_{۲}$	$T/Km_{۲}$
<۲۵	جزئی	I	<۹۵	<۱۲۵
۲۵-۵۰	کم	II	۹۵-۲۳۸	۱۲۵-۳۰۰
۵۰-۷۵	متوسط	III	۲۳۸-۴۷۶	۳۰۰-۷۵۰
۷۵-۱۰۰	زیاد	IV	۴۷۶-۱۴۲۹	۷۵۰-۱۷۵۰
>۱۰۰	فوق‌العاده شدید	V	۱۴۲۹>	>۱۷۵۰

منبع: شرکت مهندسین مشاور سبزاندیش پایش (ساپ)، ۱۲۸:۱۳۸۸

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

پس از این، شدت فرسایش خاک به‌صورت کیفی مقایسه و طبقه‌بندی شد. در برآورد شدت وضعیت عمومی فرسایش خاک، با برداشتی از روش PSIAC و با کمک سنجش قابلیت رسوب‌زایی در واحدهای اراضی، تخمینی از خطرهای فرسایش به‌عمل‌آمده و شدت فرسایش در پنج کلاس به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

- ✓ کلاس I: اراضی بدون فرسایش یا با فرسایش جزئی خاک؛ در این عرصه میزان خاک جابه‌جا شده ناچیز است (حد مجاز) و اجرای عملیات حفاظت خاک و آب در شرایط کنونی ضرورتی ندارد؛
- ✓ کلاس II: فرسایش کم؛ میزان فرسایش کم بوده و ضرورت اجرایی برنامه‌های حفاظت خاک و آب در برخی عرصه‌ها مطرح است؛
- ✓ کلاس III: فرسایش متوسط؛ جداشدن و جابه‌جایی ذرات خاک به میزانی است که اجرای برنامه‌های حفاظت خاک ضرورت و اولویت دارد. استفاده از اراضی با محدودیت فراوان روبه‌روست؛
- ✓ کلاس IV: فرسایش فراوان؛ میزان انتقال خاک زیاد است و استفاده از اراضی کاملاً محدود می‌شود. اجرای عملیات حفاظت خاک و اصلاح اراضی معمولاً هزینه‌های فراوان دارد و کنترل فرسایش خاک و اقداماتی برای حفاظت خاک و آب در چارچوب طرح‌های حفاظتی دارای اولویت و ضرورت است؛
- ✓ کلاس V: فرسایش شدید؛ تخریب خاک به‌گونه‌ای است که از اراضی هیچ‌گونه بهره‌برداری نمی‌توان کرد. عرصه‌ی بعضی از قسمت‌ها به‌صورت اراضی بدخیم Bad Land است.

در جدول شماره‌ی۲، نتایج بررسی مساحت و درصد فرسایش در حوضه‌ی آبریز تهیه شده است.

جدول ۲: مساحت و درصد فرسایش در حوضه‌ی آبریز دشت الشتر و انطباق نقاط روستایی

درجه (کلاس فرسایش)	وسعت (هکتار)	درصد	تعداد نقاط روستایی	درصد
I	۱۱۲۸۳/۰۰۴۶۷۵	۱۴/۰۵	۹۸	۴۷/۱۱
II	۱۵۰۰۳/۰۳۶۱۰۲	۱۸/۶۹	۸۴	۴۰/۳۸
III	۴۱۶۵/۳۰۶۰۹۳	۵/۱۹	۱	۰/۴۸
IV و V	۴۹۸۵۳/۵۹۳۱۹۶	۶۲/۰۸	۲۵	۱۲/۰۳
مجموع	۸۰۳۰۴/۹۴۰۰۶۶	۱۰۰	۲۰۸	۱۰۰

بر اساس یافته‌های جدول شماره‌ی ۲، ۳۷/۹۲٪ از وسعت کل اراضی حوضه دارای فرسایش درجه‌ی I، II و III است که این اراضی عمدتاً مناطق کم‌شیب و دشتی حوضه را شامل می‌شود و برای کشت و زرع بسیار مناسب است (I). از ویژگی‌های این اراضی خاک‌های نسبتاً عمیق و مسطح است به‌نحوی‌که فرسایش در آن کم است (II). شیب متوسط این

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

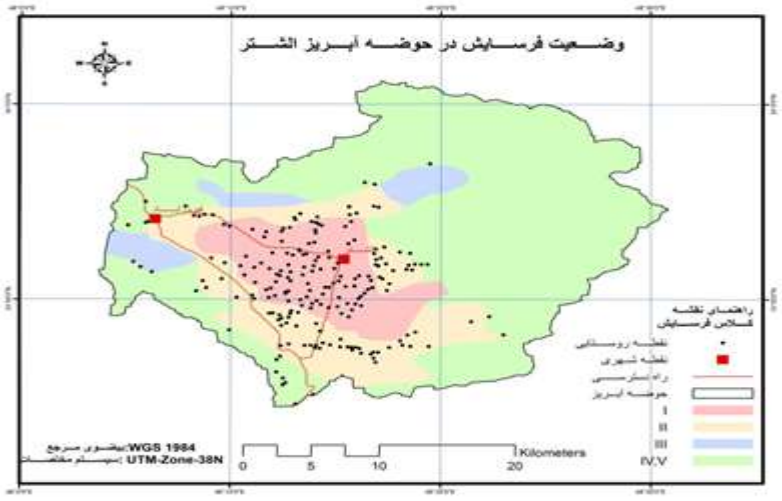
اراضی فرسایش متوسط را سبب می‌شود و نسبتاً برای زراعت مناسب هستند. خاک‌های کم‌عمق این اراضی نیاز به اقدام‌های حفاظتی دارند و به این شرط می‌توانند تحت بهره‌برداری‌های زراعی، مرتعی، جنگلی و تفرجگاهی درآیند (III). ۶۲/۰۹٪ از کل اراضی حوضه در درجه‌ی V وIV طبقه‌بندی فرسایشی واقع گردیده است. این اراضی فقط در شرایط خاصی می‌توانند به کشت و زرع اختصاص داده شوند، زیرا فرسایش در این اراضی نسبتاً فراوان است و محدودیت‌های آن در مقایسه با کلاس III بیشتر است. از این رو، به عملیات حفاظتی بیشتری در حین بهره‌برداری‌ها نیاز دارد. همچنین، در این اراضی، که منطبق بر توپوگرافی بلندی‌های حوضه است، فرسایش شدید (درجه‌ی V) است، به‌نحوی‌که بهره‌برداری‌های زراعی را ناممکن می‌سازد. این اراضی به دلیل رطوبت زیاد یا خشکی بیش از حد فقط برای بهره‌برداری‌های مرتعی، جنگلی و تفرجگاهی مناسب‌اند و تحت شرایطی خاص قابل بهره‌برداری هستند. در طبقه‌بندی فرسایشی V و IV ، به‌رغم این‌که ۴۱/۵٪ از مساحت حوضه را پوشش مرتعی تشکیل می‌دهد، در سطح حوضه تقریباً همه‌ی مساحت این طبقه در معرض فرسایش قرار دارد. میزان بارندگی و توان اکولوژیکی به‌گونه‌ای است که تراکم پوشش مرتعی می‌تواند به‌خوبی در مقابل فرسایش مقاومت کند و حداقل رواناب را داشته باشد. جدول شماره‌ی ۳ وضعیت فرسایش را در سطح حوضه نشان می‌دهد.

جدول ۳: وضعیت فرسایش در سطح حوضه‌ی آبریز دشت الشتر (به درصد)

فرسایش حوضه	بدون فرسایش	فرسایش کم تا متوسط	فرسایش زیاد تا شدید و ترکیب آن‌ها	جمع
الشتر	۰	۳۷/۹۲	۶۲/۰۹	۱۰۰

همان‌طور که مشاهده می‌شود، فرسایش در سطح حوضه نسبتاً فراوان است، به‌نحوی‌که می‌توان اظهار داشت حداقل بیش از ۶۲٪ را از وسعت حوضه کلاس‌های فرسایشی (VI و V) در برگرفته است. همچنین، شکل‌های شماره ۲ و ۳ پهنه‌بندی وضعیت فرسایش و کاربری اراضی را در سطح حوضه آبریز دشت الشتر نشان می‌دهند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۲: پهنه‌بندی فرسایش خاک و موقعیت سکونتگاه‌ها در سطح حوضه‌ی آبریز الشتر.



شکل ۳: وضعیت کاربری اراضی در سطح حوضه‌ی آبریز الشتر

از آنجا که در پژوهش حاضر بررسی وضعیت فرسایش حوضه و ارتباط آن با وضعیت آینده‌ی توسعه‌ی کشاورزی و، به‌تبع آن، توسعه‌ی سکونتگاه‌های روستایی حوضه‌ی آبریز الشتر ملاحضه شده است، پس از پهنه‌بندی فرسایش در سطح حوضه و تعیین کلاس‌های فرسایش با هم‌پوشانی لایه‌ی نقاط روستایی و شهریِ محدوده‌ی حوضه و انطباق کلاس‌های فرسایش با وضعیت موجود کاربری اراضی شرایط هرکدام از کاربری‌ها (جدول ۴) در سطح حوضه بررسی شد و نتایج ذیل به دست آمد:

از مجموع ۲۰۸ نقطه‌ی روستایی در سطح حوضه، ۲۵ نقطه (معادل ۱۲/۰۱) درصد از نقاط روستایی در کلاس فرسایش IV و V، ۸۴ نقطه (معادل ۴۰/۳۸ درصد) در کلاس فرسایش II، ۹۸ نقطه (معادل ۴۷/۱۱ درصد) در کلاس فرسایش I و، سرانجام، ۱ نقطه (معادل ۰/۴۸ درصد) در کلاس فرسایش III قرار گرفته‌اند. به‌عبارت دیگر، ۸۸/۷۶ درصد نقاط روستایی در وضعیت مناسبی به لحاظ فرسایش هستند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۴: وسعت کلاس‌های فرسایش در هرکدام از کاربری‌های اراضی در سطح حوضه‌ی آبریز الشتر (به هکتار)

کلاس فرسایش پوشش اراضی	I	II	III	IV
بیشه‌زار و بوته‌زار	۰	۵۴۴۳۸/۹	۱۳۱۴۲/۵	۱۷۷۷۸۹/۲
جنگل با تاج پوشش کم	۰	۰/۲۷۲۱۹	۳۱۷۴/۳	۱۳۳۳۴۱/۹
جنگل با تاج پوشش متوسط	۰	۰	۳۱۷۴/۳	۸۸۸۹۴/۶
زراعت آبی	۲۲۵۶۶/۰	۵۴۴۳۸/۹	۴۷۶۱/۵	۱۳۳۳۴۱/۹
زراعت دیم	۲۲۵۶۶/۰	۴۰۸۲۹/۲	۴۷۶۱/۵	۱۷۷۷۸۹/۲
محدوده‌ی شهر	۲۲۵۶۶/۰	۴۰۸۲۹/۲	.	۸۸۸۹۴/۶
مراتع خوب	۰	.	۳۱۷۴/۳	۸۸۸۹۴/۶
مراتع با تاج پوشش فقیر	۰	۲۷۲۱۹/۴	۳۱۷۴/۳	۱۳۳۳۴۱/۹
مراتع با تاج پوشش متوسط	۳۳۸۴۹/۰	۴۰۸۲۹/۲	۰	۱۳۳۳۴۱/۹

نتیجه‌گیری

نتیجه‌ی پژوهش نشان داد که فرسایش در سطح حوضه نسبتاً فراوان است. فرسایش آبی نوع غالب و فعال فرسایش است و از جمله عوامل محدوده‌کننده‌ی توسعه محسوب می‌شود. همچنین، حداقل بیش از ۶۲ درصد از وسعت حوضه را کلاس‌های فرسایشی VI و V دربرگرفته است. البته، پهنه‌بندی وضعیت فرسایش در سطح حوضه نشان‌دهنده‌ی انطباق آن با توپوگرافی حوضه است و اراضی دشتی، که فعالیت‌های کشاورزی در آن به‌صورت متمرکز صورت می‌گیرد، به‌لحاظ فرسایش وضعیت مقبولی دارند. با وجود این، انجام اقدامات حفاظت خاک در بالادست اراضی دشت ضروری است.

بر اساس این تحقیق، حدود ۸۸ درصد سکونتگاه‌های روستایی ناحیه در پهنه‌ی فرسایشی خیلی کم و کم (کلاس‌های I و II) قرار دارند که منطبق با اراضی دشتی با شیب کم، خاک‌های عمیق و نسبتاً عمیق است و دارای قابلیت کشاورزی مناسبی هستند. بدین‌ترتیب، می‌توان گفت مکان‌گزینی روستاها نزد پیشینیان ما موضوعی دقیق و سنجیده بود و شاید به همین دلیل است که بسیاری از سکونتگاه‌های روستایی تا به امروز دوام یافته و به حیات ادامه می‌دهند. از این رو، در منطقه، هرگونه مکان‌یابی سکونتگاه‌های روستایی و شهری و توسعه‌ی فعالیت‌های کشاورزی نیز در این پهنه پیشنهاد می‌شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

در ناحیه‌ی مطالعه، حدود ۱۲ درصد روستاها در پهنه‌های فرسایشی زیاد و خیلی زیاد واقع‌اند که به‌لحاظ شکل زمین با اراضی پرشیب دامنه‌ها منطبق است. در این روستاها، ادامه‌ی فعالیت‌های تولیدی کشاورزی و حیات روستاها نیازمند برنامه‌های آمایش محیطی است. طبق تعریف، آمایش سرزمین بر اساس ضوابطی با نگرش بازده پایدار و برحسب توان و استعداد کمّی و کیفی سرزمین برای استفاده‌های گوناگون انسان از سرزمین به تعیین نوع کاربری از سرزمین می‌پردازد. بنابراین، از اضمحلال منابع طبیعی و ضایع‌شدن محیط‌زیست و، در نتیجه، از فقر انسانی که روی زمین کار می‌کند می‌کاهد (مخدوم، ۱۳۷۲: ۱۶).

برنامه‌ریزی و تهیه طرح‌های روستایی بر اساس ضرورت‌هایی صورت می‌گیرد. این ضرورت‌ها از طریق شناخت موضوع مسائل روستایی شناسایی و طبقه‌بندی می‌شوند. ضرورت‌ها معرف وضعیتی هستند که استمرار آن ممکن است وضعیت نظام زیست و معیشت روستایی را مختل سازد. به همین دلیل، تشخیص ضرورت‌ها در تعریف اهداف به برنامه‌ریزان کمک می‌کند. ضرورت‌ها ممکن است عینی (برگرفته از وضعیت ناهنجار موجود) یا ذهنی (برخاسته از نوعی تصور بر مبنای آینده‌نگری) باشند. با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و متکی بودن اقتصاد مردم ناحیه‌ی روستایی حوضه‌ی آبریز دشت الشتر به کشاورزی و قابلیت‌های کشاورزی منطقه، توجه و ارزیابی توان‌های محیطی ـ اکولوژیکی می‌تواند دارای اهمیت خاصی باشد. با ارزیابی وضعیت اراضی کشاورزی به‌لحاظ وضعیت فرسایش و پهنه‌بندی اراضی منطقه از جنبه‌ی کشاورزی و با تعیین و تفکیک پتانسیل‌ها و تنگناهای توسعه‌ی کشاورزی می‌توان طرح‌های مناسب را برنامه‌ریزی و اجرا کرد.

منابع

احمدی، حسن. ۱۳۷۸. *ژئومورفولوژی کاربردی: فرسایش آبی*، جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.

ـــــــــــ ۱۳۸۲. *ژئومورفولوژی کاربردی: فرسایش بادی*، جلد اول. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران.

اسدی، محمد. ۱۳۷۴. بررسی کاربرد روش PSIAC در برآورد فرسایش و رسوب زیرحوضه B۲ آبخیز سد زاینده‌رود اصفهان با بهره‌گیری از روش ژئومورفولوژی، *پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد آبخیزداری*، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

بدری‌فر، منصور. ۱۳۸۲. *جغرافیای اقتصادی عمومی (کشاورزی و دامداری)*. انتشارات پیام نور. تهران.

جلالیان، احمد. ۱۳۷۱. مطالعات کیفی و کمی فرسایش خاک در حوضه‌ی آبخیز شمالی رودخانه‌ی کارون، *سومین کنگره‌ی علوم خاک ایران*. دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تهران و مؤسسه‌ی تحقیقات خاک و آب وزارت کشاورزی،۸۴-۱۰۰.

رضوانی، محمدرضا. ۱۳۸۳. *مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی توسعه‌ی روستایی ایران*، چاپ سوم. انتشارات قومس. تهران.

رفاهی، حسینقلی. ۱۳۷۹. *فرسایش آبی و کنترل آن*، چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران.

زمردیان، محمدجعفر و رامین رحیمی. ۱۳۹۱. تحلیل کمّی و کیفی فرسایش در حوضه‌های آبریز جنوبی مشرف به شهر مشهد و پیامدهای زیست‌محیطی آن. *جغرافیا و توسعه*، ۲۸: ۱۵۳-۱۶۸.

سازمان برنامه و بودجه. ۱۳۷۸. *اولین گزارش ملی توسعه‌ی انسانی ایران*، چاپ اول. تهران.

شکوری، بهروز. ۱۳۷۴. فرسایش خاک و پیامدهای آن در اکوسیستم. *مجله‌ی آب، خاک و ماشین*، ۶: ۱۷-۲۶.

شهبازی، اسماعیل. ۱۳۷۲. *توسعه و ترویج روستایی*. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.

صادقی، حسن. ۱۳۷۲. مقایسه‌ی چند روش برآورد فرسایش و رسوب در حوضه اوزن. *مجموعه مقالات سمینار ملی بررسی سیاست‌ها و روش های بهره‌برداری بهینه از اراضی*. تهران. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت آبخیزداری: ۴۰-۷۵.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

طهماسبی‌پور، ناصر. ۱۳۷۳. کاربرد و ارزیابی مدل M.P.S.I.A.C با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (G.I.S) در حوزهٔ آبخیز جاجرود. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری*. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

محمودآبادی، مجید؛ امیرحسین چرخابی؛ حسینقلی رفاهی و منوچهر گرجی. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی خطر فرسایش در حوضه‌ی آبخیز گل‌آباد اصفهان به‌وسیله سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی. *مجله‌ی علوم کشاورزی ایران*، ۳۶، ۲: ۵۱۱-۵۲۰.

مخدوم، مجید.۱۳۷۲. آمایش سرزمین. مجله‌ی *سنبله*، ۵۴: ۱۰-۱۷.

مطیعی لنگرودی، سیدحسن. ۱۳۷۰. عمران فضای روستایی ایران. *هفتمین کنگره‌ی جغرافیایی ایران*. مؤسسه‌ی جغرافیایی دانشگاه تهران، ۲۹۰-۲۹۲.

نیکجو، محمود. ۱۳۷۳. مقایسه‌ی آمار به‌دست‌آمده با ایستگاه‌های رسوب سنجی حوضه‌ی دریانچای، *پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد آبخیزداری*. دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

هادسون، نورمن. ۱۳۷۲. *حفاظت خاک*، ترجمه‌ی حسین قدیری. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

یمانی، مجتبی و علی اصغر هدایی. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت رسوب و فرسایش در حوضه‌های آبریز منتهی به تنگه‌ی هرمز (محدوده‌ی مابین رودخانه‌های شور تا جاسک)، مجله‌ی *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۵۰: ۱۱۷-۱۴۲.

Herren, R. V, and Donahue, R. L. ۱۹۹۱. *The Agricultural Dictionary*. Delmar Publications Inc.

Kassas, M. ۱۹۸۳. *The Global Biosphere: Conservation for Survival*. Mazingira, ۷ (۲): ۲-۱۳.

Morgan, R. P. C. ۲۰۰۵. *Soil erosion and conservation.* Third ed. Blackwell Publisher. Oxford, UK.

Toy, T. J.; Foster, G. R. and Rudiment, K. G. ۲۰۰۲. *Soil erosion processes, prediction, measurement and control.* John Wiley and sons Incorporation, New York.

Tripathi R. P. ۲۰۰۱. *Soil Erosion and Conservation.* New Age International Ltd. Publishe.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]