

"مقاله پژوهشی"

تخمین خطر فرسایش خاک با کاربری صحرائی مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان

سید حمیدرضا صادقی^۱، مهین کله‌هویی^۲، یوسف دادی‌زاده^۳، فائزه کمربی‌یکدانگی^۳، گلناز زورآوند^۳، مجید رادکیانپور^۳، فاطمه سارونه^۳، سحرمصطفایی یونجالی^۳ و صدف پیری^۳

۱- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، (نویسنده مسوول: sadeghi@modares.ac.ir)
۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲۵
صفحه: ۱ تا ۱۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: فرسایش خاک امروزه به یکی از بزرگ‌ترین معضله‌های دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تبدیل شده است که مسائل محیط‌زیستی، کشاورزی و امنیت غذا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرفی رشد و توسعه فعالیت‌های بشری همراه با تغییر کاربری اراضی و تخریب منابع از جمله عوامل مؤثر بر شدت فرسایش است. حال آن‌که تاکنون رویکردهای پیشگیرانه مبتنی بر ارزیابی خطر فرسایش خاک برای اتخاذ تدابیر صحیح مدیریتی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو، پژوهش حاضر باهدف بررسی خطر و شناخت مناطق حساس به فرسایش خاک در حوزه آبخیز ساحلی سورک استان هرمزگان با استفاده از مدل ICONA انجام شد.

مواد و روش‌ها: لایه‌های ورودی اطلاعاتی شیب، سطوح سنگی و کاربری اراضی، برای کاربری مدل مزبور در آبخیز مطالعاتی با یکدیگر هم‌پوشانی شد. نقشه خطر فرسایش‌پذیری خاک نیز با هم‌پوشانی دو نقشه فرسایش خاک و حفاظت خاک تهیه شد.

یافته‌ها: نتایج به‌دست‌آمده ضمن معرفی زیرحوزه‌های آبخیزهای با اولویت بالای مدیریتی بر گسترش نسبی خطر فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه به ترتیب در محدوده خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد با مقادیر یک، ۳۱/۰۸، ۲۸/۲۳، ۱۲/۰۱، ۲۸/۶۷ درصد دلالت داشت.

نتیجه‌گیری: یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر علاوه بر تأیید توانایی مدل مزبور در تخمین خطر فرسایش خاک در حوزه آبخیز مطالعاتی بر امکان استفاده از نقشه خطر فرسایش تهیه‌شده به عنوان ابزار مناسب برای مدیران و کارشناسان اجرایی در انجام مؤثر مدیریت آب‌و‌خاک منطقه تأکید داشت.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کیفی فرسایش، تخریب خاک، راهبرد حفاظت خاک، منطقه ساحلی جاسک، نقشه خطر فرسایش‌پذیری

مقدمه

آب‌و‌خاک مهار کرد (۳۲). مطالعات متعددی در زمینه رویکردها و مدل‌های مرتبط برای برآورد فرسایش خاک و فرآیندهای مرتبط انجام شده است (۱۵،۵۱،۱۶،۴۸)، اما در این بین به‌کارگیری روشی سریع و مقرون‌به‌صرفه برای ارزیابی مناطق مستعد به فرسایش به‌منظور توصیف و پایش فرآیند مهار فرسایش ضروری است (۳۹).

به‌کارگیری فنون نوین سنجش از دور^۱ و سامانه اطلاعات جغرافیایی^۲ در مدل‌سازی فرآیندهایی مانند فرسایش خاک موجب افزایش سرعت شناخت، مهار و مدیریت منابع طبیعی می‌شود. مدل ICONA^۳ توسط انجمن علمی حفاظت از طبیعت اسپانیا ارائه و تکامل یافته است (۱۹،۲۲)، و یکی از ساده‌ترین و قابل‌انعطاف‌ترین روش‌های کیفی با ارائه راه‌حل‌های ممکن برای ارزیابی و تهیه نقشه خطر فرسایش خاک است (۱۱،۵۰،۱۰). نقشه تهیه‌شده با مدل ICONA می‌تواند به‌عنوان چارچوب قابل‌اعتمادی برای ارزیابی خطر فرسایش با درجه اعتبار بالایی باشد (۳۴). مدل موردنظر برای تخمین خطر فرسایش در حوزه‌های آبخیز بزرگ به کار می‌رود (۳). قوانین کیفی و ساختار سلسله مراتبی ورودی چهارگانه آن طی هفت مرحله برای ارزیابی خطر فرسایش در این مدل به کار می‌رود. مدل ICONA با توجه به تعداد ورودی کم، قابلیت تهیه و تولید آسان ورودی‌ها و ارائه نتایج قابل‌اعتماد، برای مطالعه فرسایش خاک مناسب است. با این حال این مدل عامل اقلیم را در محاسبات وارد نمی‌کند. لذا با ورود داده‌های اقلیمی مانند شدت بارش و توزیع آن می‌توان فرسایش‌پذیری باران را نیز محاسبه کرد (۲۹،۱۷).

فرسایش خاک^۱ یکی از بزرگ‌ترین عوامل تخریب خاک است (۴۲،۳۳،۷) و به فرآیندی اطلاق می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال‌دهنده به مکانی دیگر حمل شوند (۱۲). توسعه جوامع بشری و افزایش فعالیت‌های بشری، موجب تخریب اراضی جنگلی و تبدیل آن‌ها به اراضی زراعی و مرتعی و در نهایت افزایش فرسایش و رسوب به‌ویژه در سال‌های اخیر شده است (۱۱)، به‌طوری‌که هر سال حدود ۷۵ میلیارد تن خاک از اراضی کشاورزی فرسایش می‌یابد (۲۷) و از طرفی وجود عوامل طبیعی زمینه‌ساز فرسایش در ایران، باعث شده‌اند که ایران پتانسیل بالایی برای فرسایش آبی داشته باشد (۲۰). بر اساس نقشه شدت فرسایش خاک، این مقدار ۹۷۶ میلیون تن در سال برآورد شده است (۲). فرسایش خاک در منطقه منجر به هدررفت خاک، تخریب ساختمان خاک، کاهش مواد آلی و مواد غذایی، کاهش حاصل‌خیزی خاک و پوشش گیاهی می‌شود (۵،۴۶،۴۴،۱۴). فرسایش در خارج از منطقه نیز دارای تأثیراتی از جمله رسوب‌گذاری در مسیر رودخانه‌ها، نامنی مواد غذایی، کاهش طول عمر منابع (۱۰)، کاهش ظرفیت مخازن سدها و آبراهه‌ها (۴۰)، آلوده شدن آب‌ها و به خطر افتادن تندرستی عمومی (۱۲) و تولید سیلاب (۴۴) شده است. بر اساس مطالعات انجام‌شده معمولاً چهار عامل اقلیم، پستی و بلندی، پوشش گیاهی، خاک و اثر متقابل آن‌ها از عوامل مؤثر در تشدید فرسایش است (۳۲،۲۶). که می‌توان شدت و اثر آن را با بهره‌مندی از راهبردهای حفاظت

1- Soil Erosion

2- Remote Sensing (RS)

3- Geographical Information System (GIS)

4- Institute for the Conservation of the Nature (ICONA)

تصمیم‌گیری برای حل معضلات فرسایش و تخریب خاک گزارش شده است. با وجود این، کاربرد مدل مذکور تنها در چندین آبخیز کشور گزارش شده است. این در حالی است که کاهش هزینه‌های اجرایی پروژه‌های مهار فرسایش خاک در بوم‌سازگان‌های مختلف و به‌ویژه حوزه‌های آبخیز ساحلی و مناطق فاقد سامانه‌های اندازه‌گیری ضرورت استفاده از این مدل را دوچندان کرده است. بر همین اساس، تهیه نقشه خطر فرسایش‌پذیری در حوزه آبخیز موردی و ساحلی سورک به سبب برخورداری از شرایط برشمرده مشابه، امکان دسترسی و شرایط تخریب شدید فرسایش خاک با استفاده از مدل ICONA به همراه فن‌های دورسنجی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی در دستور کار قرار گرفت. خروجی‌های پژوهش پیش‌رو برای برنامه‌ریزی‌های محلی و پیش‌بینی طرح‌های پیشگیرانه مدیریت فرسایش خاک قابلیت استفاده خواهد داشت.

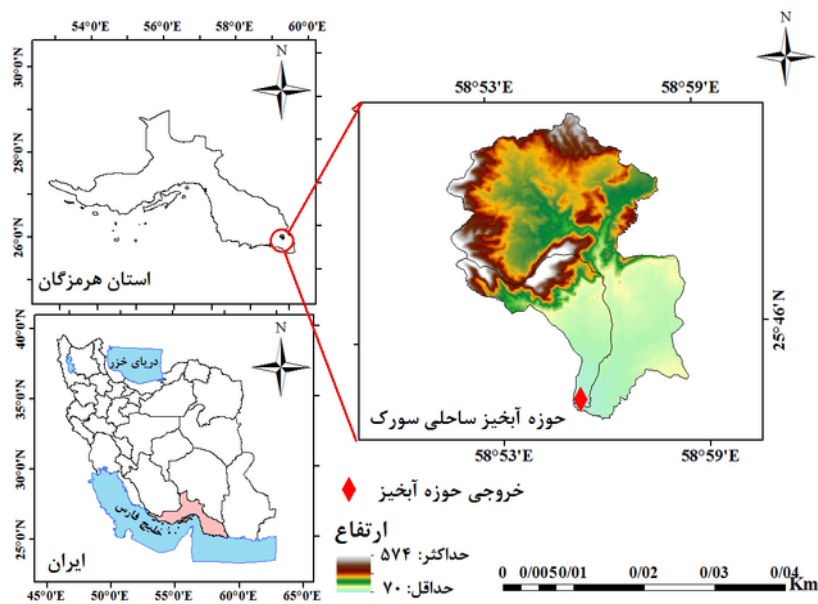
مواد و روش

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز ساحلی سورک از نظر تقسیمات سیاسی تابع استان هرمزگان بوده و در شهرستان جاسک بخش لیردف واقع شده است. بلندترین و پایین‌ترین نقطه ارتفاعی به ترتیب ۵۰۸ و ۷۰ متر است. مساحت حوزه آبخیز ۷۸۶۰/۵۳ هکتار با دو زیرآبخیز به مساحت‌های ۶۱۸۷/۶۵ و ۱۶۷۲/۸۸ هکتار است. میانگین بارش سالانه حوزه آبخیز ساحلی سورک ۱۱۰ میلی‌متر است. در پایین‌دست آبخیز، دشت کشاورزی سورک به مساحت ۳۰۰۰ هکتار وجود دارد که منبع تأمین آب چاه‌های کشاورزی و معیشت مردم آن منطقه به این اراضی وابسته است. علاوه بر آن در منطقه فعالیت‌های معدن‌کاوی وجود دارد که به‌صورت بصری دیده‌شده که بخش عمده فرسایش‌ها در این منطقه منشأ گرفته است. همچنین خروجی آبخیز در محل شروع پروژه پخش سیلاب در نظر گرفته شده است. شکل ۱، نمایی از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

با توجه به ویژگی‌های برشمرده، مطالعات مختلفی در این زمینه انجام شده است (۳۴، ۵۰، ۳، ۳۴، ۳۵، ۳۴، ۱۰). در پژوهشی رئیس و همکاران (۳۷) به ارزیابی خطر فرسایش خاک در منطقه Kahramanmaras با استفاده از مدل ICONA، GIS و RS پرداختند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که به‌ترتیب ۵۳/۶۷، ۳۸/۱ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای خطر بسیار زیاد و بالا و باقی منطقه دارای خطر متوسط، کم و خیلی کم بوده است. ادیس و همکاران (۷) در منطقه مرزی Cbuk آناتولی مرکزی به ارزیابی خطر فرسایش خاک با استفاده از مدل ICONA برای مدیریت و برنامه‌ریزی مؤثر زمین برای حفاظت خاک و آب پرداختند. نتایج نشان داد که در این منطقه به‌ترتیب هفت، ۱۸/۹، ۳۹/۳، ۲۱/۴ و ۱۳/۵ درصد دارای حساسیت به فرسایش بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد به فرسایش بوده است. در ایران، رضایی (۴۰) به ارزیابی نقشه حساسیت نسبت به فرسایش بر اساس روش تصمیم‌گیری درختی حوزه آبخیز سمنان با هدف توصیف و پایش فرآیند مهار فرسایش پرداخت. نتایج پژوهش ایشان، نشان داد که در این منطقه، حساسیت نسبت به فرسایش خاک به‌طور عمده با پوشش گیاهی مرتبط بوده است و پیش‌بینی‌شده که بخش جنوب و جنوب‌شرقی منطقه به علت فقر پوشش گیاهی با افزایش میزان فرسایش همراه بوده است. اسمعیلی‌قلزم و همکاران (۱۱) نیز در حوزه آبخیز کسلیان در استان مازندران با استفاده از مدل ICONA گزارش کردند که پتانسیل خطر فرسایش موردنظر به سبب شیب خیلی زیاد و سازند حساس به هوازدگی شمشک بالا بوده، اما وجود وسعت بالایی از طبقه‌های متوسط و خیلی زیاد حفاظت همراه با پوشش جنگلی، فرسایش را تعدیل کرده است.

با توجه به مطالعات انجام‌شده در زمینه استفاده از مدل‌های مختلف کمی و کیفی فرسایش آبی، استفاده موفق از مدل ICONA با توجه به مفهوم‌سازی صحیح و منطقی فرآیند فرسایش خاک (۱۹)، ورودی‌های محدود و قابل‌دسترس در اغلب مناطق فاقد سامانه پایشی مناسب و طبیعتاً زمینه‌سازی

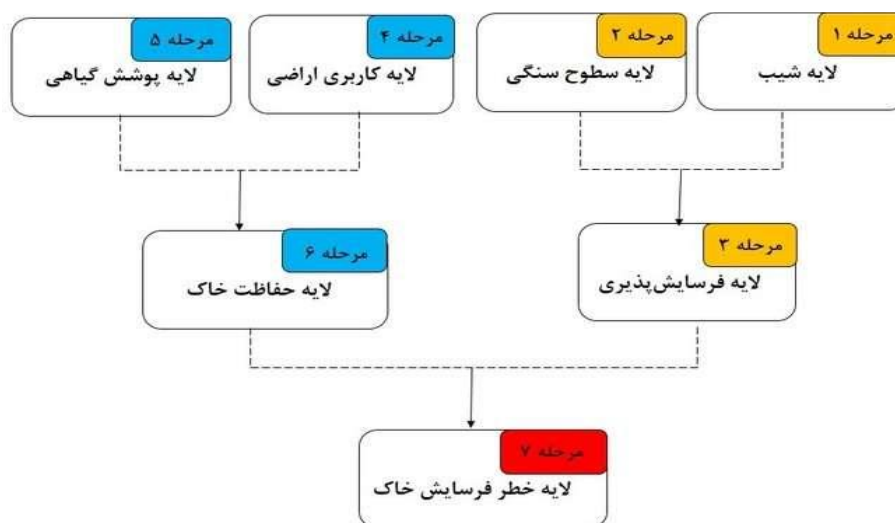


شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز ساحلی سورک در استان هرمزگان و ایران
Figure 1. Location of the Coastal Sourak Watershed in Hormozgan Province, Iran

دیم، کشت آبی-باغ، جنگل، مرتع، مسیل و صخره طبقه‌بندی شدند. هم‌چنین نقشه درصد پوشش گیاهی نیز بر اساس راهنمای مدل تهیه شد. لایه حفاظت خاک با تلفیق لایه اطلاعاتی کاربری اراضی و میزان پوشش گیاهی در یک ماتریس ۵×۵ تهیه شد (۱۱). طبقه وضعیت حفاظت خاک با توجه به نوع کاربری و میزان پوشش گیاهی ارزیابی شد. نهایتاً به‌منظور تهیه نقشه خطر فرسایش خاک، نقشه‌های حفاظت خاک و فرسایش‌پذیری خاک با یکدیگر هم‌پوشانی (۱۷) و برای استفاده کاربردی در اولویت‌بندی مناطق در معرض فرسایش، برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح فرسایش (۲۲) تهیه شدند.

کاربست مدل ICONA

ساختار اجرایی سلسله مراتبی ورودی‌های چهارگانه مدل ICONA طی هفت مرحله به شرح نمایش داده‌شده در شکل ۲ برای ارزیابی خطر فرسایش در این مدل به کار برده شد. برای اجرای مدل ICONA نخست نقشه شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی^۱ (DEM)، لایه سطوح سنگ‌شناسی با کمک نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه و هم‌چنین طبقه‌بندی رخساره‌ها (۳۹، ۸، ۴) مبتنی بر جدول‌های مبنایی مدل ICONA تهیه و به‌منظور دستیابی به فرسایش‌پذیری خاک مورد استفاده قرار گرفتند. در مرحله بعدی، نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه از اداره منابع طبیعی شهرستان جاسک دریافت و منطبق با راهنمای اصلی مدل (۱۸، ۴) به طبقات اصلی کشت



شکل ۲- ورودی‌ها و نحوه تلفیق آن‌ها در مدل ICONA در برآورد خطر فرسایش خاک (۱۹)
Figure 2. Inputs and combination of dad in the ICONA model in estimating soil erosion risk (19)

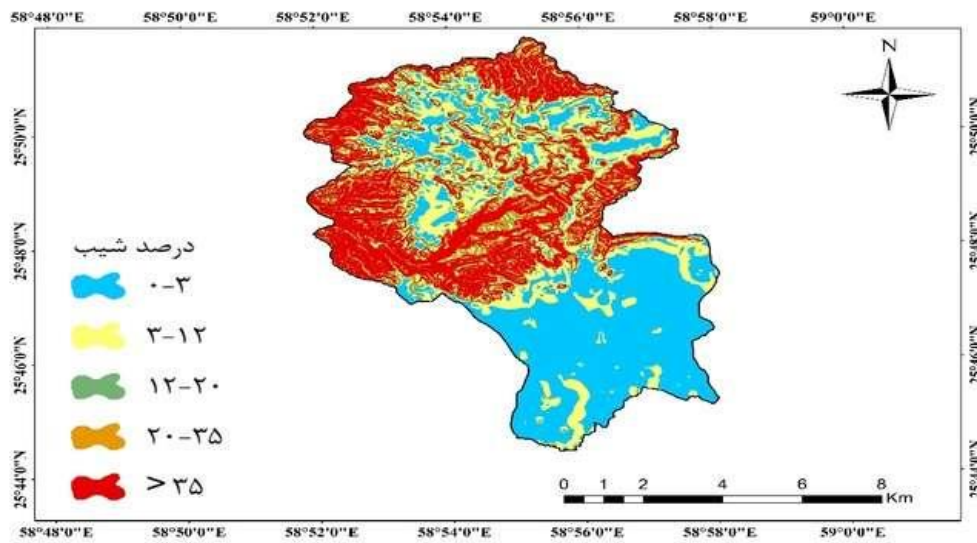
اعتبارسنجی مدل

از دیگر اهداف موردنظر در این پژوهش، بررسی و تعیین اعتبارسنجی نتایج حاصل از مدل ICONA بوده است. با توجه به انجام مراحل پژوهش و مقایسه‌های انجام‌شده در آن، اعتبارسنجی مدل ICONA نیز بر اساس بازدیدهای میدانی و مشاهداتی توسط کارشناس آبخیزداری شهرستان جاسک موردسنجش قرار گرفت.

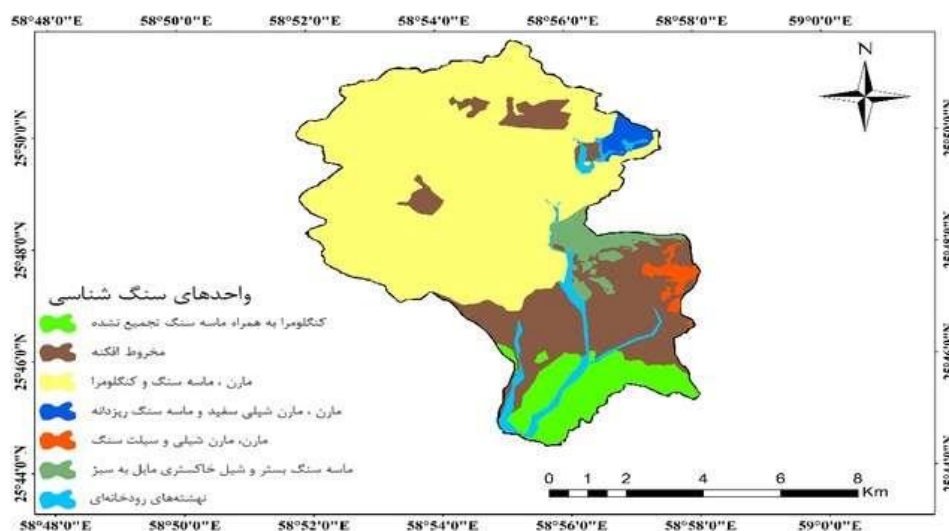
نتایج و بحث

تمامی لایه‌های اطلاعاتی و ورودی‌های مدل ICONA برای حوزه آبخیز ساحلی سورک با توجه به راهنمای اجرای

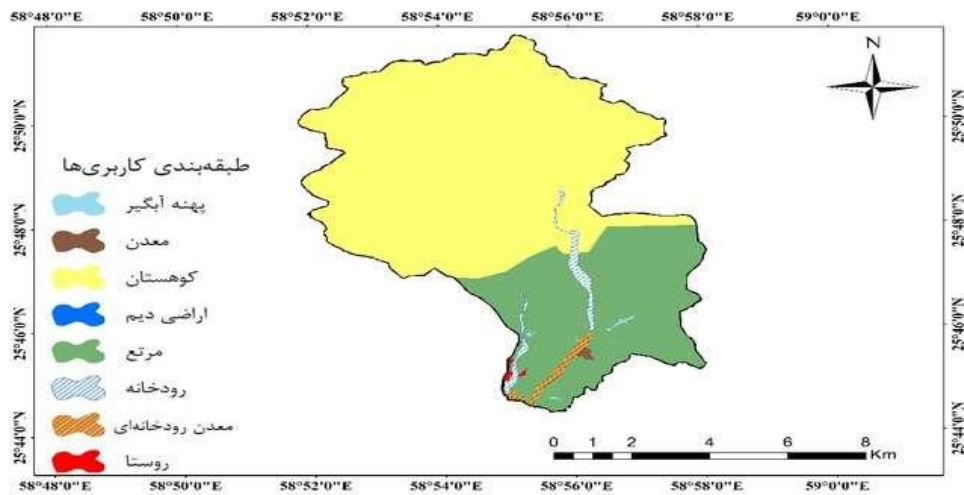
مدل و روش کار بیان‌شده در قالب نقشه‌های مختلف در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان داده‌شده‌اند. با هم‌پوشانی لایه‌های شیب و سطوح سنگی، لایه فرسایش‌پذیری خاک (شکل ۷) و با هم‌پوشانی لایه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی، طبقه وضعیت حفاظت خاک آبخیز (شکل ۸) تهیه شد. درنهایت نقشه خطر فرسایش آبی حوزه آبخیز ساحلی سورک با هم‌پوشانی نقشه‌های فرسایش‌پذیری و حفاظت خاک در شکل ۹ و جزئیات مربوطه در جدول ۱ ارائه‌شده است.



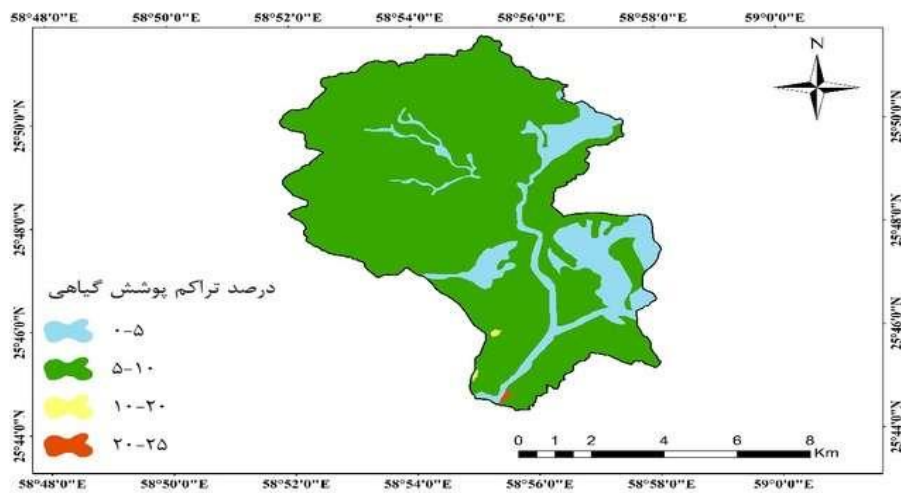
شکل ۳- نقشه شیب مبتنی بر مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان
Figure 3. Slope map based on the ICONA model for the Costal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran



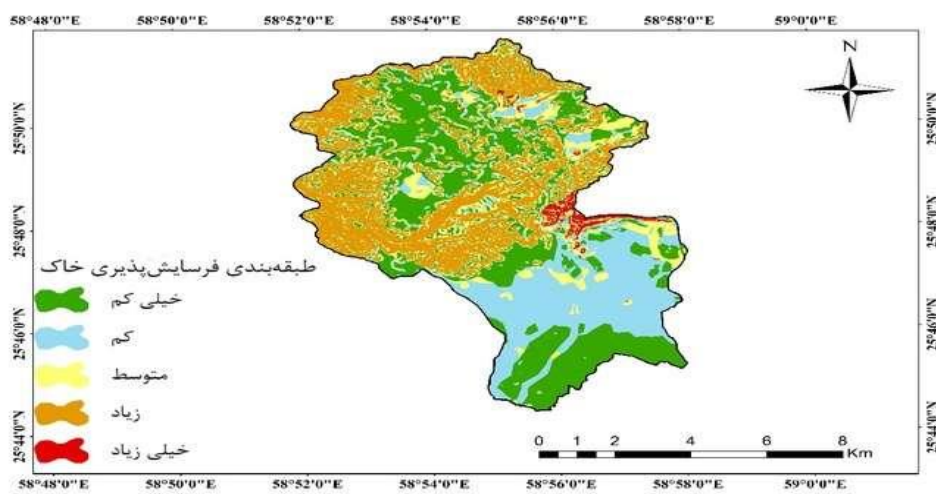
شکل ۴- لایه سطوح سنگی مبتنی بر مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان
Figure 4. Stone surfaces map based on the ICONA model for the Costal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran



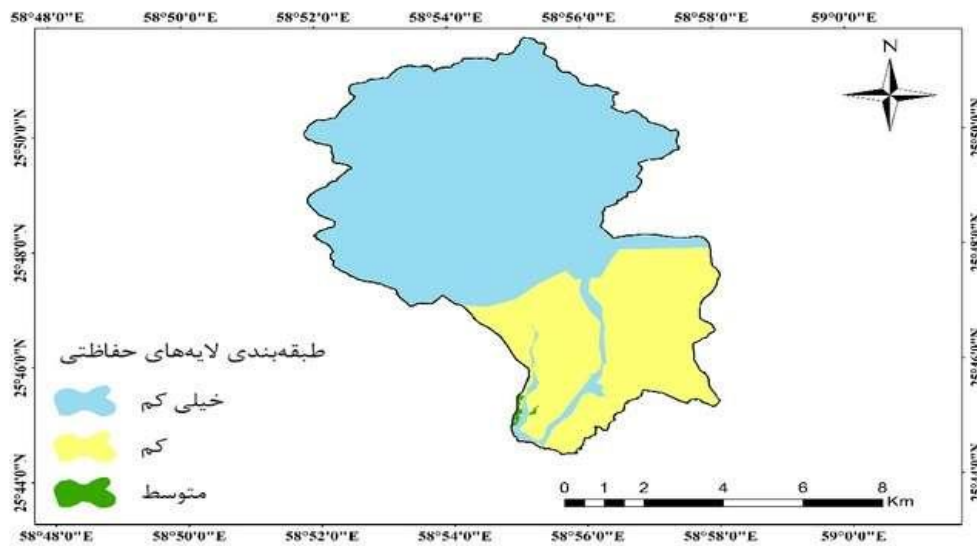
شکل ۵- نقشه کاربری اراضی مبتنی بر مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان
Figure 5. Land-use map based on the ICONA model for the Costal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran



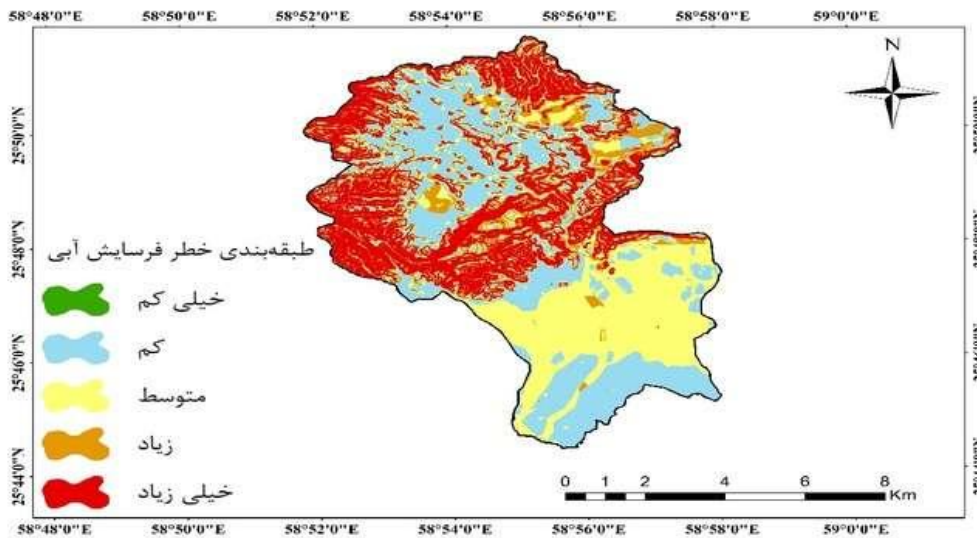
شکل ۶- نقشه پوشش گیاهی مبتنی بر مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان
Figure 6. Land cover map based on the ICONA model for the Costal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran



شکل ۷- نقشه فرسایش پذیری خاک مبتنی بر مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان
Figure 7. Soil erodibility map based on the ICONA model for the Costal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran



شکل ۸- نقشه حفاظت خاک حاصل از کاربست مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان
Figure 8. Soil conservation map based on the ICONA model for the Coastal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran



شکل ۹- نقشه خطر فرسایش خاک حاصل از کاربست مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان
Figure 9. Risk of soil erosion map based on the ICONA model for the Coastal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran

جدول ۱- طبقه‌بندی خطر فرسایش آبی حاصل از کاربست مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان
Table 1. Risk of water erosion based on ICONA model in the Coastal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran

درصد	مساحت (هکتار)	طبقه
۰/۰۳	۰/۳	خیلی پایین
۳۱/۰۸	۳۴۴۳/۱	پایین
۲۸/۲۳	۲۲۱۹/۱	متوسط
۱۲/۰۱	۹۴۴/۴۵	بالا
۲۸/۶۷	۲۲۵۳/۴	خیلی بالا
۱۰۰	۷۸۶۰/۳	مجموع

کاربری‌ها در حوزه آبخیز ساحلی سورک از پراکنش بیش‌تری برخوردار بوده است (شکل ۵). میزان پوشش گیاهی حوزه آبخیز ساحلی سورک در مجموع کم‌تر از ۲۵ درصد بوده (شکل ۶) و مشتمل بر گونه‌های گیاهی کنار، کهور ایرانی، تچ و ترات است. بر همین اساس، وضعیت حفاظت خاک بیش از ۹۹ درصد آبخیز در طبقه‌های خیلی کم و کم جای گرفته است. از سویی دیگر وجود

نقشه فرسایش‌پذیری خاک حوزه آبخیز ساحلی سورک (شکل ۷) نشان می‌دهد که ۱/۱۷ درصد از مساحت کل حوضه در طبقه فرسایش‌پذیری خیلی بالا، ۲۷/۴۱ درصد از مساحت حوضه در طبقه فرسایش‌پذیری بالا و بیش از ۵۰ درصد مساحت حوضه در طبقه فرسایش‌پذیری کم و خیلی کم قرار دارد. همچنین با توجه به کاربری‌های موجود، دو کاربری مرتع و کوهستان نسبت به سایر

عکس‌های مندرج در شکل ۱۰ نمونه‌هایی از ارزیابی صحرایی و چشمی نتایج به‌دست‌آمده از کاربست مدل ICONA را نمایش می‌دهد. تحلیل نتایج نشان می‌دهد که شیب منطقه نقش مهمی در میزان خاک‌سازی، تکامل خاک، درصد سنگریزه درشت، ضخامت مؤثر نیم‌رخ خاک، ظرفیت نگهداری آب و عمق سطح ایستایی آب (۳۸) ایفا کرده، و رابطه پیچیده و مستقیمی با نفوذ آب، جریان‌ات سطحی و نیز رطوبت خاک دارد (۹). شیب، فرسایش‌پذیری آبخیز مورد مطالعه را تحت کنترل داشته است (۳۴، ۳۰). با توجه به نقشه فرسایش‌پذیری خاک حوزه آبخیز ساحلی سورک، در مکان‌هایی با خطر فرسایش آبی در محدوده زیاد و خیلی زیاد، شرایط تشکیلات زمین‌شناسی حساس به فرسایش و شیب آبخیز در آن قسمت‌ها زیاد بوده است. از سوی دیگر افزایش رشد جمعیت و به دنبال آن کمبود منابع مهم از جمله خاک و آب، مشکلات اقتصادی و افزایش تقاضا برای تولید محصولات کشاورزی باعث شده که ساکنین حوزه آبخیز ساحلی سورک بدون توجه به اصول حفاظت خاک و پتانسیل تولیدی سرزمین، ملزومات تغییر و تبدیل انواع کاربری‌ها را فراهم کنند. اراضی با کاربری دیم‌زار بر اثر تغییر کاربری‌ها، کم‌آبی و عدم رعایت اصول کشت و زرع به‌مرور فقیر و غیرقابل کشت شده که در نهایت به اراضی بایر تبدیل شده است. با ادامه بهره‌برداری خارج از توان اکولوژیکی حوزه آبخیز و تبدیل بیش‌تر مراتع به دیم‌زار به تخریب خاک و بایر ساختن اراضی مبادرت کرده‌اند.

کاربری مرتع در پایین‌دست حوزه آبخیز ساحلی سورک و چرای مفرط منجر به قرارگیری آن در طبقه وضعیت حفاظت خاک نامناسب‌تر نسبت به بالادست شده است. نقشه خطر فرسایش آبخیز مطالعاتی (شکل ۹ و جدول ۱) نشان می‌دهد که در مناطق پرشیب بالادست آبخیز به سبب برخورداری از سنگ‌شناسی حساس به فرسایش و پوشش گیاهی ضعیف، خطر فرسایش آبی نسبت به سایر نقاط بیش‌تر بوده است. از طرفی در پایین‌دست حوزه آبخیز که بیش‌تر در طبقه خطر فرسایش آبی کم و متوسط قرار گرفته است، شیب منطقه کم‌تر و واحدهای سنگ‌شناسی نیز مقاوم‌تر از بالادست ارزیابی شده است.

نقشه خطر فرسایش نشان می‌دهد که ۳۰/۹۷ درصد از منطقه پتانسیل خیلی کم، ۲۶/۴ درصد از منطقه پتانسیل کم، ۱۳/۹۸ درصد از منطقه پتانسیل متوسط، ۲۷/۴۷ درصد پتانسیل زیاد و ۱۷/۱۷ درصد از آبخیز مطالعاتی دارای طبقه فرسایش‌پذیری بسیار زیاد واقع شده است. نقشه حفاظت خاک به‌دست‌آمده نیز نشان می‌دهد که ۷۰/۴۵ درصد منطقه مورد مطالعه در طبقه خیلی کم، ۲۹/۴۳ طبقه کم، کم‌تر از یک درصد طبقه متوسط حفاظت خاک قرار گرفته است. از طرف دیگر نقشه نهایی خطر فرسایش آبی نشان می‌دهد که از کل مساحت حوزه آبخیز کم‌تر از یک درصد در طبقه خطر فرسایش خیلی کم، ۳۱/۰۸ درصد طبقه خطر فرسایش کم، ۲۸/۲۲ درصد طبقه خطر فرسایش متوسط، ۱۲/۰۳ درصد طبقه خطر فرسایش زیاد و ۲۸/۶۶ درصد طبقه خطر فرسایش بسیار زیاد قرار گرفته است. برداشت‌ها و بازدیدهای میدانی و مقایسه این نتایج با داده‌های زمینی، تأییدی بر صحت، دقت و سهولت مدل است.



شکل ۱۰- نمونه‌هایی از ارزیابی صحرایی و چشمی نتایج به‌دست‌آمده از کاربست مدل ICONA در حوزه آبخیز سورک، استان هرمزگان
Figure 10. Examples of field and visual evaluation of the results obtained from the application of the ICONA model in the Coastal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran



ادامه شکل ۱۰- نمونه‌هایی از ارزیابی صحرایی و چشمی نتایج به‌دست‌آمده از کاربست مدل ICONA در حوزه آبخیز سورک، استان هرمزگان
Continued Figure 10. Continued- Examples of field and visual evaluation of the results obtained from the application of the ICONA model in the Coastal Sourak Watershed, Hormozgan Province, Iran

می‌شود. علاوه بر این، تحمل و مقاومت هدررفت خاک، به‌طور قابل‌توجهی، با نوع پوشش گیاهی، مرتبط است (۲۱،۱۳،۴۹،۴۵). نتایج به‌دست‌آمده از وضعیت فرسایش در حوزه آبخیز ساحلی سورک با یافته‌های کاظمی و همکاران (۲۳) و مقیم و همکاران (۳۲) که نشان دادند میزان فرسایش در جنوب کشور زیاد است، هم‌خوانی داشته است. علاوه بر آن نتایج این پژوهش با یافته‌های، بایرامین و همکاران (۳)، کفی و همکاران (۲۴)، مارتینز و همکاران (۲۸)، اکو و همکاران (۳۶)، گیاکوملی و همکاران (۱۶)، نوحه‌گر و همکاران (۳۴)، همتی و قاسمی (۱۸)، میرزایی و همکاران (۲۹) که مدل ICONA می‌تواند پهنه‌بندی خطر فرسایش آبی را با دقت بالا انجام دهد و با بیش‌تر شدن میزان فرسایش در مناطق پرشیب و مرتفع شباهت و تطابق دارد. سنجش اعتبارسنجی مدل نیز با استفاده از بازبندی‌های میدانی توسط کارشناس

با مقایسه نقشه خطر فرسایش و تطبیق نتایج آن با نقشه‌های کاربری اراضی (شکل ۵)، مشخص شد که تغییرات کاربری اراضی به‌ویژه به کاربری معدن به‌طور محسوس بر پهنه‌های فرسایشی اثر داشته و به‌طور عمده در مناطقی که تغییر کاربری همراه با ضعیف شدن مقاومت در برابر فرسایش بوده، خطر فرسایش نیز در همان محدوده‌ها افزایش چشم‌گیر داشته است. باید یادآور شد، نقشه خطر فرسایش ICONA علاوه بر شیب، سطوح سنگی و کاربری اراضی تحت‌تأثیر میزان پوشش گیاهی، نیز است که همگی از مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر عکس‌العمل زمین نسبت به نیروهای فرساینده هستند. بدیهی است، شیب زیاد، رخساره‌های سنگی کم‌مقاومت نسبت به فرسایش و پوشش گیاهی کم، تا حد زیادی باعث افزایش خطر فرسایش شده است. پوشش گیاهی، نقش مهمی در کنترل فرسایش خاک بر عهده دارد و به‌عنوان شاخصی از میزان و تغییر در اثربخشی پوشش گیاهی، استفاده

به دلیل ساده و انعطاف پذیر بودن، می‌تواند، در کار کردن با داده‌های مهم و مدل‌های پیچیده، کارساز باشد. نتایج به دست آمده از روش ICONA، می‌تواند برنامه‌ریزی صحیح و دقیقی را برای مبارزه با فرسایش و مهار آن، در حوزه آبخیز سورک را ارائه دهد. به نحوی که با توجه به نقشه خطر فرسایش آبی تهیه شده و پیاده‌سازی آن روی عرصه توسط کارشناس آبخیزداری شهرستان جاسک، می‌توان گفت از نظر اجرایی در بخش‌هایی از حوزه آبخیز با خطر فرسایش آبی بالا، عملیات مهندسی و زیست‌مهندسی قابل اجرا بوده و در سایر بخش‌های که خطر فرسایش متوسط تا خیلی کم بوده عملیات زیستی می‌تواند فرسایش خاک منطقه را مهار نماید.

آبخیزداری شهرستان جاسک و پیاده‌سازی نقشه مذکور، مطابقت‌های لازم (شکل ۱۰) صورت پذیرفت.

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر، از مدل ICONA برای تهیه نقشه توزیعی خطر فرسایش خاک در آبخیز ساحلی سورک استفاده شد. شواهد و بازبینی‌های میدانی نشان می‌دهد که میزان خطر فرسایش آبی در حدود ۴۱ درصد حوزه آبخیز به‌ویژه در بالادست دارای شدت زیاد بوده است که حداکثر مقبولیت و معتبر بودن مدل مذکور در تعیین پهنه‌بندی خطر فرسایش آبی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی بوم‌سازگان با پیچیدگی، عدم قطعیت و پویایی همراه است و مباحث مربوط به فرسایش با سیستم پویا سروکار دارد، که استفاده از روش ICONA

منابع

- Ahmadi, H. 2003. Applied Geomorphology, Water Erosion. University of Tehran Press. First volume. Sixth edition (In Persian).
- Arabkhedri, M., S. Shadfar, A. Jafari-Ardakani, R. Bayat, E. Khajavi and M. H. Mahdian, 2018. Improving Water Erosion Estimates for Iran. Watershed Management Researches Journal, 31(3): 13-27 (In Persian).
- Bayramin, I., O. Dengiz, O. Başkan and M. Parlak. 2003. Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazari area. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27(2): 105-116.
- Chatr Simab, Z., F. Barati, F. Mirdar Harijani and M. Rahmani, 2019. Evaluation of erosion risk map using ICONA model (Case study: Selj Anbar watershed). International Conference on Natural Resources Management in Developing Countries, Karaj, Iran (In Persian).
- Crosson, P. 1997. Will erosion threaten agricultural productivity? Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 39(8): 4-31.
- Dengiz, O., A. Imamoglu, F. Saygin, C. Gol, S. Edis and A. Dogan. 2014. Soil Erosion Risk Assessment Using Icona Modelling for Inebolu Watershed. Anadolu Tarim Bilimleri Dergisi, 29(2): 136-142.
- Edis, S., İ. Aytas and A.U. Özcan. 2021. ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 7(1): 15-22.
- Ehsani, A.H. and M. Ghaffari Shirvan. 2012. ICONA model for zoning of water erosion risk using satellite and GIS data (Case study: Hablehroud watershed). First National Desert Conference (Science, Technology and Sustainable Development), International Desert Research Center, University of Tehran, 1-11 (In Persian).
- El Kateb, H., H. Zhang, P. Zhang and R. Mosandl. 2013. Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: a field experiment in Southern Shaanxi Province, China. Catena, 105: 1-10.
- Entezari, M. and F. Khodadadi. 2017. Taleghanrood Watershed Soil Erosion Risk Assessment Model ICONA. Journal of natural environment hazards, 6(13): 31-48 (In Persian).
- Esmaili Gholzom, H., H. Ahmadi, A. Moeini and B. Motamed Vaziri. 2021. Water erosion risk assessment in the Kasilian watershed with ICONA model and GIS/RS techniques. Researches in Earth Sciences, 12(3): 144-163 (In Persian).
- Esmali Ouri, A. and Kh. Abdullahi. 2005 Watershed management and soil conservation. Mohaghegh Ardabili Publications. Second edition (In Persian).
- Fallah Sourki, M., A. Kaviani and E. Omidvar. 2016. Prioritization of Haraz sub-watersheds in order to Soil and Water Conservation Practices Based on Morphometric and Land Use Characteristics. JWSS-Isfahan University of Technology, 20(77): 85-99 (In Persian).
- Farhoodi, M.H., O. Bazrafshan, S. Aghabeigi Ami, A. Holisaz and Y Esmailpour. 2020. Investigation of Temporal Variations of Soil Properties under the Influence of Amendments and Soil Erosion Process. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 14(51): 10-19 (In Persian).
- Gebreyesus, B.T., P.G. Vlek and T. Lulseged. 2013. Application of SWAT model to assess erosion hotspot for sub-catchment management at Mai-Negus catchment in northern Ethiopia. East African Journal of Science and Technology, 2(2): 97-123.
- Giacomelli, A., A. Cozzi-Lepri, A. Cingolani, A. Tavelli, V. Mazzotta, D. Tesoro, M. Bassetti, A. Castagna, B. Di and S. Rusconi. 2021. Does Syphilis Increase the Risk of HIV-RNA Elevation > 200 Copies/mL in HIV-Positive Patients Under Effective Antiretroviral Treatment? Data from the ICONA Cohort. JAIDS Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes, 88(2): 132-137.

- تخمین خطر فرسایش خاک با کاربرد و ارزیابی صحرایی مدل ICONA در حوزه آبخیز ساحلی سورک، استان هرمزگان ۱۰
17. Habashi, Kh., H. Eskandari Damaneh and J. Miyahi. 2018. Assessing the Capability of Satellite Data and Geographic Information System (GIS) in Preparing Soil Erosion Map Using ICONA Model (Case Study: East of Isfahan). The First International Conference on the Silk Road Geographic Information System, Isfahan, Iran (In Persian).
 18. Hemmati, M. and M. Ghasemi. 2015. Optimizing soil conservation treatments with combining effective factors in water erosion process (Case study: Farhzad Watershed). *Natural Ecosystems of Iran*, 6(2): 97-110 (In Persian).
 19. ICONA. 1997. Guidelines for mapping and measurement of rainfall-induced erosion processes in the Mediterranean coastal areas. Split (Croatie): Priority Actions Programme Regional Activity Centre (PAP/RAC).
 20. Kalehhouei, M., A. Kavian, L. Gholami and Z. Jafarian. 2019. Affectability of time to runoff and runoff coefficient in small laboratory plots to application of organic mulch. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 13(47): 9-17 (In Persian).
 21. Kamali, K., A.A. Jafari and M. Eslami. 2015. The relationship determine between measured soil erodibility using simulator and Wischmeier nomograph and Bisal method. *Watershed management researches (pajouhesh-va-sazandegi)*, 28(107): 66-72 (In Persian).
 22. Karimi, L. and S. Amin. 2012. Zoning of Sivand Dam Basin Erosion Risk in ICONA Model by RS Technique. 16th Conference of Iranian Geological Society, Shiraz, Iran (In Persian).
 23. Kazemi, M., A. Nohegar and F. Legzian. 2012. Evaluation of the effect of land use change on the risk of water erosion with emphasis on remote sensing techniques and GIS, a case study of the Bostanak Strait in Shiraz. *Proceedings of the 8th National Conference on Watershed Management Science and Engineering*, Lorestan, Iran (In Persian).
 24. Kefi, M., K. Yoshino, Y. Setiawan, K. Zayani and M. Boufaroua. 2011. Assessment of the effects of vegetation on soil erosion risk by water: a case of study of the Batta watershed in Tunisia. *Environmental Earth Sciences*, 64(3): 707-719.
 25. Kheirfam, H. and F. Asadzadeh 2020. Creation and Restoration of Biocrusts in the Degraded Ecosystems by Cyanobacterization Technology. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 1(1): 132-138.
 26. Laflan, J.M. and E.J. Rose. 1998. Methodologies for assessment of soil degradation due to water erosion. *Methods for Assessment of Soil Degradation*, 31-55.
 27. Lal, R. 1976. Soil erosion on Alfisols in western Nigeria: II. Effect of mulch rates. *Geoderma*, 16(5): 389-401.
 28. Martinez-Grana, A.M., J.L. Goy and C. Zazo. 2014. Water and Wind Erosion Risk in Natural Parks - A Case Study in Las Batuecas – Sierra de Francia and Quilamas Protected Parks (Central System, Spain). *International Journal Environment Resource*, 8(1): 61-68.
 29. Morgan, RPC. 1996. *Soil erosion and conservation*. Second edition. Silsoe College, Cranfield University. 198 pp.
 30. Mirzaei, N., A. Kavian and B. Choobin. 2019. Assessment of water erosion risk using ICONA model (Case study: Gorganrood watershed). *Sixth International Congress on the Development and Promotion of Basic Sciences and Technologies in Society*, Tehran, Iran (In Persian).
 31. Mohammadi, Sh., H.R. Karimzadeh and Kh. Habashi. 2018. Assessment of soil erosion risk using ICONA model (Case study of Mandarjan, west of Isfahan). *The first international conference of the Silk Road GIS*, Isfahan, Iran (In Persian).
 32. Moghim, H., M.R. Raufat and A. Khalili. 2013. Zoning of water erosion risk in Khosroshirin region, Mulla Sadra dam watershed in the framework of ICONA model and application of GIS and RS technology. *Proceedings of the Ninth Iranian Conference on Watershed Management Science and Engineering*, Yazd, Iran (In Persian).
 33. Monfared, K., A. Talebi and M. Kiani-Harchegani. 2021. Comparison of Tree Litter Effect on Hydrological Components of Sheet Erosion in Hillslopes with the Linear, Concave and Convex Profiles. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 1(2): 102-111 (In Persian).
 34. Morgan, RPC. 2005. *Soil Erosion and Conservation*. Third. National Soil Resources Institute, Cranfield University: Blackwell publishing.
 35. Nohegar, A. and M. Kazemi. 2014. Evaluation of Water Erosion with ICONA Model. *Geographical Researches Quarterly Journal*, 28(4): 1-14 (In Persian).
 36. Okou, F.A.Y., B. Tente, Y. Bachmann and B. Sinsin. 2016. Regional erosion risk mapping for decision support: A case study from West Africa. *Land Use Policy*, 56: 27-37.
 37. Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling and W.G. Sombroek. 1990. World map of the status of human induced soil degradation: *International Soil Reference and Information Centre*, Wageningen, Netherlands, 13-27.
 38. Reis, M., N. Bolat, H. Dotal and B. Abiz. 2017a. Producing Erosion Risk Map Using Remote Sensing Techniques and RUSLE Method in Halfalı Stream Catchment of Kahramanmaraş. *Orman Fakültesi Dergisi*, 17(1): 176-185.

39. Reis, M., H. Dotal, N. Bolat and G. Savaci. 2017b. ICONA ve GIS Kullanılarak Erozyon Riskinin Değerlendirilmesi: Kahramanmaraş Örne. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(1): 64-75.
40. Rezaei, K. 2018. Evaluation of erosion risk map based on hierarchical decision tree method, a case study: Semnan drainage basin. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 34(1): 47-66 (In Persian).
41. Rezaei, K. 2021. Soil erosion and land subsidence effects in the vicinity of power transport lines in Eshtehard Plain using sedimentology and Geoelectric studies. *Applied Sedimentology*, 8(16): 28-44 (In Persian).
42. Rhoton, F.E. and D.D. Tyler. 1990. Erosion- induced changes in the properties of a fragipan soil. *Soil science society of America journal*, 54(1): 223-228.
43. Sadeghi, S.H.R. 2010. Study and Measurement of Water Erosion, Tarbiat Modares Press, 200 p (In Persian).
44. Sadeghi, S.H.R., M.M. Zarif and S. Mirnia. 2011. Effect of slope steepness and aspect on surface runoff and sediment yield from experimental small plots in Kojour Watershed. *Journal of water and soil (agricultural sciences and technology)*, 25(3): 583-592 (In Persian).
45. Sadeghi, S.H.R., A. Jafarpoor, M. Zabihi Silabi, Sh. Molashahi, M. Naghdi, M. Sharifi Moghani and E. Farzadfar. 2021. Biologic Management Framework of Soil Erosion in the Watershed (Applied study: Oshnavieh Galazchai, West Azerbaijan, Iran). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(4): 997-1010 (In Persian).
46. Samsom, S.A., A. Auanlade, O. Alabi, A.T. Alaga, M.O. Oloko-Oba, S.A. Ogunyemi and R.A. Badru. 2017. Soil erosion vulnerability mapping and implication on vegetation in parts of Oshun River Basin, Nigeria. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 3(1): 82-91.
47. Steegen, A., G. Govers, I. Takken, J. Nachtergaele, J. Poesen and R. Merckx. 2001. Factors controlling sediment and phosphorus export from two Belgian agricultural catchments. *Journal of Environmental Quality*, 30(4): 1249-1258.
48. Taleb Bidokhti, N., S. Shahoe, A. Behnia, F. Behboodi, S.H.R. Sadeghi, A. Malek and F. Sharifi. 2003. A Glossary on Soil Erosion and Sediment, National Committee of Soil Erosion and Sediment, Associated with National Committee of Hydrology (UNESCO), 386 p (In Persian).
49. Wolka, K., H. Tadesse, E. Garedew and F. Yimer. 2015. Soil erosion risk assessment in the Chaleleka wetland watershed, Central Rift Valley of Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 4(1): 1-12.
50. Zandi, J., M. Habibnejad Roshan and K. Solaimani. 2013. Soil erosion risk assessment and its relationship with some environmental parameters (Case study: Vazroud watershed, Mazandaran). *Journal of Range and Watershed Managment*, 66(3): 401-415 (In Persian).
51. Zaz, S. and S. Romshoo. 2012. Assessing the geoinicators of land degradation in the Kashmir Himalayan region, India. *Natural Hazards*, 64(2): 1219-1245.
52. Zhao, W., B. Fu and Y. Qui. 2013. An upscaling method for cover-management factor and its application in the loess plateau of China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(10): 4752-4766.

Assessing Soil Erosion Risk using Application and Field Evaluation of the ICONA Model in the Costal Sourak Watershed in Hormozgan Province, Iran

Seyed Hamidreza Sadeghi¹, Mahin Kalehhouie², Yousef Dadizade³, Faezeh Kamari yekdangi³, Golnaz Zuuravand³, Majid Radkiyanpour³, Fatemeh Saroune³, Sahar Mostafaie Younjali³ and Sadaf Piri³

1- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares Resources University, Noor, Iran, (Corresponding author: sadeghi@modares.ac.ir)

2- Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University

3- M.Sc. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University

Received: 20 April, 2022 Accepted: 16 August, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Today, soil erosion has become one of the most severe problems in the world, especially in arid and semi-arid regions, affecting environmental, agricultural, and food security. The growth and development of human activities, land-use change, and resource degradation are among the factors affecting erosion intensity. However, preventive approaches based on soil erosion risk assessment have received less attention to taking proper management measures. Due to the importance of preventive measures and soil erosion control, this study was conducted in the costal Sourak Watershed in Hormozgan Province using the ICONA model to investigate erosion risk and identify erosion-sensitive areas.

Material and Methods: The information input layers of steepness, rock surfaces and land- use are overlapped for the employ of this model in the study watershed. Soil erodibility risk map was also developed using complying soil erodibility and soil conservation maps.

Results: The results, besides prioritizing sub-watersheds, portrayed the erosion risk at different levels of very low, low, moderate, high, and very high with relative area extension of less than one percent, 31.08, 23.28, 12.01, and 28.67%, respectively.

Conclusion: The findings of the current research, in addition to confirming the ability of the applied model to estimate the risk of soil erosion in the study watershed, emphasized the possibility of using the erosion risk map as a suitable tool for managers and executive experts in the effective management of water and soil in the region.

Keyword: Jask Coastal Region, Qualitative Soil Erosion Assessment, Soil Conservation Strategy, Soil Degradation, Soil Erodibility Map