

ارزیابی ریسک فرسایش خاک براساس مدل کورین (مطالعه موردی: منطقه نیمه بیابانی غرب استان گلستان)

مرتضی اکبری^{۱*}، مجید اوتقی^۲، حمیدرضا عسگری^۳، امیرسعدالدین^۴، حسن خسروی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳

چکیده

فرسایش خاک یکی از مهم ترین شاخص های تخریب زمین بوده که با ارزیابی فرایند آن، امکان بررسی طیف گسترده ای از تغییرات فراهم می شود. تحقیق حاضر با هدف بررسی ریسک فرسایش خاک در منطقه نیمه بیابانی غرب استان گلستان و با مدل CORINE که روشی مناسب برای ارزیابی فرسایش خاک است، انجام شد. در این تحقیق، از نقشه های خاک شناسی، زمین شناسی، داده های هواشناسی، شیب، پوشش سطحی و بازدید میدانی استفاده شد. صحت نقشه ها با شاخص کای اسکوتر و آزمون من-ویتنی صورت گرفت. در ابتدا، نقشه فرسایش پذیری براساس پارامترهای فیزیکی خاک و فرساینده گی با استفاده از شاخص های رطوبتی فورنیه و خشکی بگنولد-گوسن به دست آمد. سپس با ترکیب نقشه ها، با شیب و پوشش سطحی در محیط GIS، نقشه ریسک پتانسیل و واقعی فرسایش خاک تهیه شد. نتایج تحقیق نشان داد از نظر پتانسیل ریسک، ۲۳ درصد منطقه با پتانسیل کم، ۵۴ درصد متوسط و در حدود ۷ درصد دارای ریسک فرسایشی زیاد است و از نظر ریسک واقعی ۵۴ درصد ریسک کم، ۲۵ درصد ریسک متوسط و ۲ درصد نیز دارای ریسک زیاد است. تفاوت مساحت کلاس های ریسک، در سطح ۱ درصد معنی دار بوده و از نظر صحت سنجی، انطباق زیادی با واقعیت های زمینی داشته اند. این تحقیق کارایی مدل کورین و GIS را در ارزیابی ریسک فرسایش خاک نشان داد.

واژه های کلیدی: استان گلستان، GIS، ریسک، شاخص فورنیه و بگنولد-گوسن، مدل CORINE.

۱. دانشجوی دکتری بیابان زدایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری، نویسنده مسئول / m_akbari@um.ac.ir

۲. استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مدیریت مناطق بیابانی

۳. استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه مدیریت مناطق بیابانی

۴. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه آبخیزداری

۵. استادیار، دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

مقدمه

فرسایش خاک تهدید جدی محیط زیست و چالشی مهم برای زمین‌های حاصلخیز در سراسر جهان محسوب می‌شود و عواقب هشداردهنده این تهدید، شامل برداشت کم محصول، کاهش دسترسی به آب پاک، افزایش آسیب‌پذیری ناشی از تغییرات آب‌وهوا و ناامنی غذایی و فقر است. براساس مطالعات انجام‌شده، تنها در حدود ۱۱ درصد از سطح خشکی‌های زمین به‌عنوان مناطق با خاک خوب، قابلیت تأمین و تولید غذا را دارند (ان‌کونیا^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). در بسیاری از مناطق، فرسایش خاک باعث کاهش کیفیت و مواد مغذی خاک شده (کوئینتون^۲ و همکاران، ۲۰۱۰) و با افزایش هزینه‌های تولید مواد غذایی، خسارات زیادی را به‌وجود می‌آورد (تلس^۳ و همکاران، ۲۰۱۱). به‌طوری‌که موجب انتشار ۷۵-۸۰ درصد از محتوای کربن خاک به جو می‌شود (مورگان^۴، ۲۰۰۵).

فرسایش خاک به‌طور مستمر و در طولانی مدت، برگشت‌ناپذیر است (استوکینگ و مورناکان^۵، ۲۰۰۰). واپس‌گرایی یا برگشت‌ناپذیری به معنی تغییر شکل از یک حالت کامل به یک حالت بیولوژیکی مشابه به‌دلیل تخریب و یا تغییر یک وضعیت به وضعیت دیگر، توسط عوامل طبیعی یا انسانی با تأثیر معکوس بر کیفیت افقی سطح خاک است که باعث تشدید فرسایش می‌شود (لال^۶، ۲۰۰۸).

مطالعات نشان می‌دهد که ۵۶۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی جهان (در حدود ۳۸ درصد) تا سال ۲۰۰۵ تخریب شده‌اند و تخریب ناشی از عملکرد انسان باعث نابودی اراضی کشاورزی در حدود ۵ تا ۶ میلیون هکتار در سال و یا ۰/۵ درصد از اراضی زراعی کل جهان شده است (کوکس‌هد^۷ و کیگارد، ۲۰۰۸).

اگرچه فرسایش خاک تنها یکی از جلوه‌ها و جنبه‌های تخریب زمین محسوب می‌شود، می‌توان آن را مهم‌ترین عامل

تلقی نمود (لال، ۲۰۰۸). ارزیابی فرسایش خاک به‌تازگی تبدیل به روشی برای پاسخ، به نگرانی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه در کشورهای صنعتی شده است (ناترگل^۸، ۲۰۰۴). با وجود اینکه تلاش‌های زیادی توسط دانشمندان برای ارزیابی فرسایش خاک در جهان صورت گرفته است، همچنان در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی به‌دلیل کمبود نبود اطلاعات اقلیمی و به‌ویژه خصوصیات کمی و کیفی خاک، محدودیت زیادی وجود دارد. بوسکو^۹ و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل‌های کم داده و مبتنی بر محاسبات ریاضی و برنامه‌نویسی، برای ارزیابی نرخ فرسایش خاک در اروپا یک روش جدید فرسایش خاک منطقه‌ای که شکل توسعه‌یافته مدل جهانی فرسایش^{۱۰} و نتیجه ترکیب داده‌های فرسایش‌پذیری خاک و اقلیمی است، ارائه کردند. نتایج صحت‌سنجی نقشه رستری تولیدشده در مقایسه با نقشه‌های موجود تجربی فرسایش خاک کشورهای اروپایی صحت متوسط ۸۳ درصدی را نشان داد.

اوستان^{۱۱} (۲۰۰۸) از تصاویر ماهواره‌ای و قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی^{۱۲}، برای برآورد و ارزیابی فرسایش خاک در مناطق اطراف کوه گانوس^{۱۳} در ترکیه استفاده کرد. نتایج بررسی با مقایسه روش مورگان، مدل جهانی فرسایش خاک و مدل کرم^{۱۴} نشان داد که ارزیابی فرسایش خاک با مدل مورگان نسبت به دو مدل دیگر مناسب‌تر بوده و نتایج آن با واقعیت زمینی همخوانی بیشتری داشته است.

ارزیابی فرسایش خاک در بلندمدت نیازمند داده‌های طولانی‌مدت است و مدل‌هایی مانند CREAMS, SLEMSA, MUSLE GUESS, USLE, RMMF و... وجود دارند که بیشتر آن‌ها با هدف برآورد فرسایش در اراضی کشاورزی توسعه یافته‌اند و برخی دیگر نیز مانند EUROSEM, RUSLE, WEPP, CORINE در اراضی مرتعی یا حوضه‌های آبخیز نیز کاربرد دارند (روحانی و همکاران، ۲۰۱۳).

8. Nachtergaele

9. Bosco

10. Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)

11. Ustun

12. Geographical Information System, GIS

13. Ganos Mountain

14. CREAMS method

1. Nkonya

2. Quinton

3. Telles

4. Morgan

5. Stocking and Murnaghan

6. Lal

7. Coxhead and Øygard

بشیر^۸ و همکاران (۲۰۱۳)، با ارزیابی فرسایش خاک در حوضه آبخیز راول پاکستان، با استفاده از مدل کورین، میزان خاک فرسایش یافته را با نقشه پتانسیل ریسک فرسایش، زیاد و به مقدار ۲۸ (تن/هکتار/سال) و براساس نقشه ریسک واقعی فرسایش، به مقدار ۲۴ (تن/هکتار/سال) برآورد کردند. آنان همچنین نشان دادند که این مدل، به همراه GIS و RS^۹، در ارزیابی مقدار فرسایش خاک بسیار کارآمد بوده است.

زو^{۱۰} (۲۰۱۲) در ارزیابی ریسک فرسایش خاک در منطقه دانجیان کو^{۱۱} در چین، با استفاده از مدل کورین و قابلیت GIS در تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که منطقه مورد مطالعه تحت ریسک فرسایش واقعی کم (در ۵۹/۱ درصد منطقه)، عمدتاً در بخش‌های شرقی و ریسک فرسایش متوسط و زیاد، به ترتیب در ۳۱/۲ و ۲/۳ درصد، در بخش‌های غربی و شمالی منطقه بوده است. ایشان در مطالعات خود، به قابلیت مدل کورین در ارزیابی ریسک فرسایش اشاره می‌کند. دوقان^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۰) برای تعیین ریسک فرسایش خاک در شرق مدیترانه، با استفاده از مدل کورین، به این نتیجه رسیدند که ۲۷ درصد از اراضی منطقه مورد مطالعه، دارای ریسک کم، ۴۰ درصد ریسک متوسط و ۲۹ درصد دارای ریسک بالا از نظر فرسایش خاک بوده است.

دنگیز و آکگل^{۱۳} (۲۰۰۴) ریسک فرسایش خاک را در منطقه حفاظت شده گلباشی^{۱۴} ترکیه، با مساحتی در حدود ۳۵ هزار هکتار با مدل کورین ارزیابی کردند. مطالعات آن‌ها نشان داد که ۷۲/۹ درصد منطقه ریسک کم، ۲۳/۸ درصد دارای ریسک متوسط و تنها بخش کمی از منطقه در حدود ۱/۰۹ درصد، دارای ریسک فرسایش خاک زیاد بوده است.

شاخص‌های مورد استفاده در مدل کورین، به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های بیوفیزیکی ارزیابی ریسک فرسایش خاک در اروپا نام برده شده است (روبیو و بوچت^{۱۵}، ۱۹۹۸؛

ارزیابی ریسک به عنوان یک ابراز استراتژیک مدیریتی امکان تهیه نقشه‌های پتانسیل و شدت خطر را فراهم می‌سازد (منسر و مایر^۱، ۲۰۰۵). امروزه مدیریت مبتنی بر ریسک، یکی از راهکارهای ارائه شده برای کاهش اثر عدم قطعیت‌ها و خسارت وارده است (آمان^۲، ۲۰۱۶). در مدیریت ریسک بالا بردن قوه درک عمومی جامعه توسط تصمیم‌گیران به اندازه انتخاب صحیح روش‌های سخت‌افزاری کنترل و کاهش خسارت اهمیت دارد. ریسک کلی^۳ (عمومی)، شامل احتمال خسارت همه عناصر آسیب‌پذیر در منطقه خطر از جان، مال و... ریسک جزئی^۴ (ویژه)، در این حالت به عناصر خاص و مورد نظر آسیب می‌رسد (منازل، تأسیسات و...) (اونق^۵، ۲۰۰۹).

پروژه کورین^۶ در سال ۱۹۹۲ توسط کمیسیون اتحادیه اروپا به عنوان یک نتیجه از نگرانی فزاینده در مورد فرسایش، در قالب مدل ارزیابی ریسک فرسایش خاک، برای کشورهای جنوبی اروپا مانند اسپانیا، پرتغال، یونان، ایتالیا، جنوب فرانسه توسعه داده شد (روبیو و رکاتال^۷، ۲۰۰۵).

از مزایای مدل کورین می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- کاربرد در مناطق طبیعی به غیر از اراضی کشاورزی (دنگیز و آکگل، ۲۰۰۴) به طوری که بیشتر مدل‌های فرسایش خاک برای اراضی کشاورزی کالبره شده‌اند؛

- استفاده از چندین فاکتور فیزیکی خاک (بافت، عمق و سنگ و سنگ‌ریزه) به همراه فاکتورهای اقلیمی، فیزیوگرافی و پوشش سطحی؛

- این مدل در مناطقی که کمبود داده زمینی وجود دارد، کاربرد خوبی خواهد داشت، به طوریکه براساس ریسک واقعی می‌توان برنامه‌های مدیریتی کاهش ریسک و همچنین ارزیابی خسارت ریسک را نیز ارائه نمود (جیاردانو، روبیو و رکاتال، ۲۰۰۵).
با استفاده از مدل کورین مطالعاتی زیادی صورت گرفته که به تعدادی از آن‌ها متناسب با هدف تحقیق اشاره می‌شود.

8. Bashir

9. Remote sensing

10. Zhu

11. Danjiangkou

12. DOGAN

13. DENGIZ, and AKGUL

14. GOLBASI environmental protection

15. Rubio & Bochet

1. Messner and Mayer

2. Ammann

3. Total Risk

4. Partial Risk

5. Ownegh

6. Coordinated Information on the European Environment, CORINE.

7. Rubio & Recatala

جیاردانو^۱، ۲۰۰۲). از روش کورین برای ارزیابی ریسک خطر فرسایش خاک در مناطقی با کمبود داده به خوبی می توان استفاده کرد (روبیو و رکاتالا، ۲۰۰۵؛ دنگیز و آگگل، ۲۰۰۴؛ دوغان و همکاران، ۲۰۰۰).

به دلیل اهمیت خاک به عنوان یکی از عوامل مهم اکولوژی در توسعه و بهبود شرایط زیستی-اقتصادی مناطق خشک، به ارزیابی ریسک فرسایش خاک در بخش های غربی استان گلستان که یک منطقه نیمه بیابانی و خشک است، اقدام شد. علت انتخاب این منطقه، بروز فرسایش خاک (فرسایش آبی و بادی) در طی چند سال گذشته تاکنون بوده و برخی از مطالعات انجام شده نیز از شدت فرسایش خاک و افزایش روند بیابانزایی در این مناطق حکایت دارد.

ثابتی و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی مکانیسم فرسایش بادی در دشت های شمال آق قلا (استان گلستان) نشان دادند که ۴۵/۵۸ درصد منطقه با خطر زیاد فرسایش بادی روبه رو است. فرج زاده و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از مدل پسیاک اقدام به تهیه نقشه فرسایش در استان گلستان کردند. نتایج آن ها نشان داد که ۳۹/۲۳ درصد از استان در پهنه خطر متوسط فرسایش قرار دارد. هنردوست و همکاران (۲۰۱۱) نیز با مطالعه در بخش های شمالی دشت گرگان، فرسایش خاک را مهم ترین فاکتور در افزایش شدت و ریسک بیابانزایی معرفی کردند.

مواد و روش

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحتی در حدود ۵۱۰۰ کیلومتر مربع در قسمت غربی استان گلستان (در حدود یک چهارم مساحت استان) و در بخش شمالی ایران واقع شده و دارای مختصات جغرافیایی عرض ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۵۷،۵۱ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه و ۲۴،۲۶ ثانیه شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه و ۱۴،۷۶ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۵۱ دقیقه و ۴۶،۲۶ ثانیه طول شرقی می باشد. منطقه مورد مطالعه از شمال به اراضی

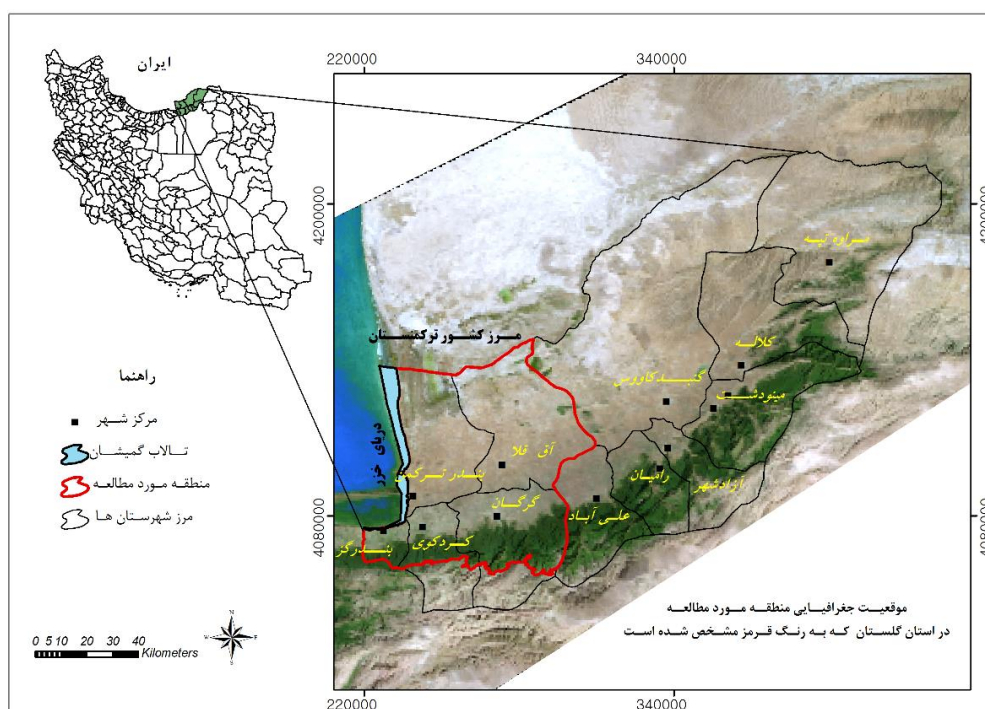
کوری و پلایایی کشور ترکمنستان، از غرب به جلگه ساحلی دریای خزر و از جنوب به ارتفاعات استان گلستان محدود می شود.

شکل ناهمواری های منطقه به گونه ای است که به روشنی می توان آن را به مناطق کوهستانی در بخش جنوبی، مناطق دشتی در محدوده مرکزی و مناطق پلایایی و اراضی شور در بخش شمالی تقسیم کرد. در این منطقه، برآیند اثر نیروها و فرایندهای زمین ساختی و فرسایشی، از دوران مزوزوئیک سبب تنوع و تمایز عوارض توپوگرافیک و اشکال ناهمواری زمین شده است. بخش های سست شیلی و مارنی به دلیل فرسایش پذیری بیشتر و ریزدانه بودن، به همراه آبرفت های کوآترنری، نواحی پست، دره های پهن و نسبتاً عریض و اراضی تپه ماهوری را تشکیل داده است و ماسه سنگ ها، آهک های ضخیم توده ای، دولومیتی، کنگلومراها، سنگ های آذرآواری، آتشفشانی و دگرگونی بلندی ها و ارتفاعات را ساخته اند.

حداقل ارتفاع در حدود ۳۲- متر (بالا ترین سطح تراز دریای خزر در دوره پیشروی کنونی) و بیشترین ارتفاع در حدود ۳۰۸۸ متر است (گزارش مطالعات پستی و بلندی آمایش استان گلستان، ۲۰۱۳). شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را در ایران و استان گلستان نشان می دهد.

- مرحله دوم: با ترکیب ریاضی لایه های اطلاعاتی پتانسیل ریسک فرسایش خاک و نقشه پوشش سطح زمین^۲، نقشه ریسک واقعی فرسایش خاک تهیه شد.

ترکیب ریاضی لایه ها در محیط GIS (ARCGIS) نسخه ۱۰/۱، به صورت تلفیق لایه (Scare) انجام شد، به طوری که هر فاکتور پس از تهیه به صورت ساختار رستری با لایه و فاکتور دیگر ضرب و لایه جدید براساس کلاس های تعریف شده برای آن در مدل کورین، مجدداً طبقه بندی^۳ شد.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه را در ایران و استان گلستان

آبخیزداری استان گلستان) به دست آمد.

- شاخص اقلیمی (شاخص رطوبتی فورنیه و شاخص خشکی بگنولد-گوسن) برای سالهای ۱۳۷۰-۱۳۹۱ میلادی از اطلاعات ایستگاههای هواشناسی اداره کل هواشناسی استان گلستان (۱۲ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی) و طبق رابطه (۱) و (۲) محاسبه شد.

- شاخص رطوبتی فورنیه (دنگیز و آکگل، ۲۰۰۴):

$$FI = \sum_{i=1}^{12} \frac{Pi^2}{P} \quad (1)$$

Pi مجموع بارندگی ماهانه (میلی متر)

P مجموع میانگین بارندگی سالانه (میلی متر)

- شاخص خشکی بگنولد-گوسن (دنگیز و آکگل، ۲۰۰۴):

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2ti - pi)ki \quad (2)$$

Ti میانگین دمای ماهانه (سانتی گراد)

Pi مجموع بارندگی ماهانه (میلی متر)

Ki نسبتی از ماه، هنگامی که $2ti - Pi > 0$ ، این نسبت با

استفاده از نمودارهای آمبروترمیک به دست آمد.

شاخصهای رطوبتی فورنیه و خشکی بگنولد-گوسن براساس دادههای باران و دمای ایستگاههای سینوپتیک و

تصویر ماهواره ای پس زمینه شکل (۱)، تصویر با رنگ طبیعی^۱ ماهواره لندست سنجنده ETM⁺ است (باندای اولیه تصویر ترکیب شده، از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان تهیه شده است).

ارزیابی ریسک فرسایش خاک با مدل CORINE

ارزیابی ریسک فرسایش خاک براساس مدل کورین، در دو مرحله اصلی انجام شد.

- مرحله اول: ارزیابی پتانسیل ریسک فرسایش خاک که با استفاده از تلفیق لایه های اطلاعاتی مانند شاخص های فرسایش پذیری خاک (بافت خاک، عمق خاک و درصد سنگ و سنگریزه سطحی)، شاخص های اقلیمی (شاخص بارش فورنیه و شاخص خشکی بگنولد-گوسن) و همچنین زاویه شیب زمین به دست آمد.

داده های مورد استفاده در مدل CORINE

- شاخص های بافت، عمق و سنگ و سنگریزه، با استفاده از نقشه های قابلیت واحد اراضی، خاک شناسی و زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (تهیه شده از اداره کل منابع طبیعی و

1. Natural color

بررسی میزان انطباق و صحت مدل‌ها با واقعیت زمینی

ارزیابی صحت، تعیین‌کننده کیفیت نقشه ایجادشده از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی است. هدف ارزیابی صحت، تعیین و اندازه‌گیری خطاهای نقشه است. از آزمون آماری کای اسکوئر برای بررسی معنی‌داری تفاوت مساحت‌ها و برای انطباق مدل با واقعیت زمینی از ۳۲ نقطه پیمایشی و با استفاده از آزمون ناپارامتری من-ویتنی^۴ (این آزمون برای انطباق نقشه‌هایی که به صورت کیفی امتیازدهی می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرد) استفاده شد (آرامی و همکاران، ۲۰۱۳؛ سیلاخوری و همکاران، ۲۰۱۴؛ اونق، ۲۰۰۹). نتایج این آزمون، بین ۱ و ۱- متغیر است، به‌طوری‌که اگر جواب مدل بزرگ‌تر از نظر کارشناسی و واقعیت زمینی باشد، عدد ۱ کوچک‌تر از واقعیت زمینی (۱-) و در صورت یکسان بودن نتایج، صفر در نظر گرفته شد.

برآورد خسارت فرسایش خاک

مدیریت مبتنی بر ارزیابی ریسک یکی از راهکارهای ارائه شده برای کاهش اثر عدم قطعیت‌هاست. تعیین خسارت وارد شده به واسطه فرسایش خاک (فرسایش آبی و بادی) به‌عنوان در معرض خطر (آرامی و همکاران، ۲۰۱۳) که براساس اسناد، مدارک ادارات اجرایی مانند اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری، سازمان جهاد کشاورزی و اداره کل راه و شهرسازی استان گلستان استفاده شد، امکان مدیریت و کاهش خسارت را فراهم می‌سازد. میزان خسارت براساس ارزش واحد پول در سال ۱۳۹۰ محاسبه شد. منظور از عناصر در معرض خطر، عناصر مهم اکولوژیکی، زیستی و اقتصادی مانند تمامی عناصر زیستی (جمعیتی، مراکز مسکونی، اراضی جنگلی و مرتعی، اراضی کشاورزی، زیرساخت‌های فیزیکی، اجتماعی و رفاهی، معادن و منابع آبی) است. جدول (۱) نحوه برآورد خسارت و جدول (۲) کلاس خسارت فرسایش خاک را نشان می‌دهد. خسارت، برحسب تعداد و ارزش هر یک از عناصر در هر یک از کلاس‌های نقشه ریسک واقعی محاسبه شد.

کلیماتولوژی برای هر ایستگاه محاسبه و سپس نقشه این شاخص‌ها برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از میان‌یابی اعداد شاخص‌ها در نقاط ایستگاه‌ها به روش درون‌یابی فاصله معکوس وزنی^۱ و در محیط GIS به‌دست آمد.

- نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاع زمین^۲ و با استفاده از خطوط منحنی‌تراز نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور (تهیه‌شده از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان)، در محیط GIS و براساس کلاس‌های مدل و متناسب با شرایط واقعی منطقه تهیه و در چهار کلاس طبقه‌بندی شد.

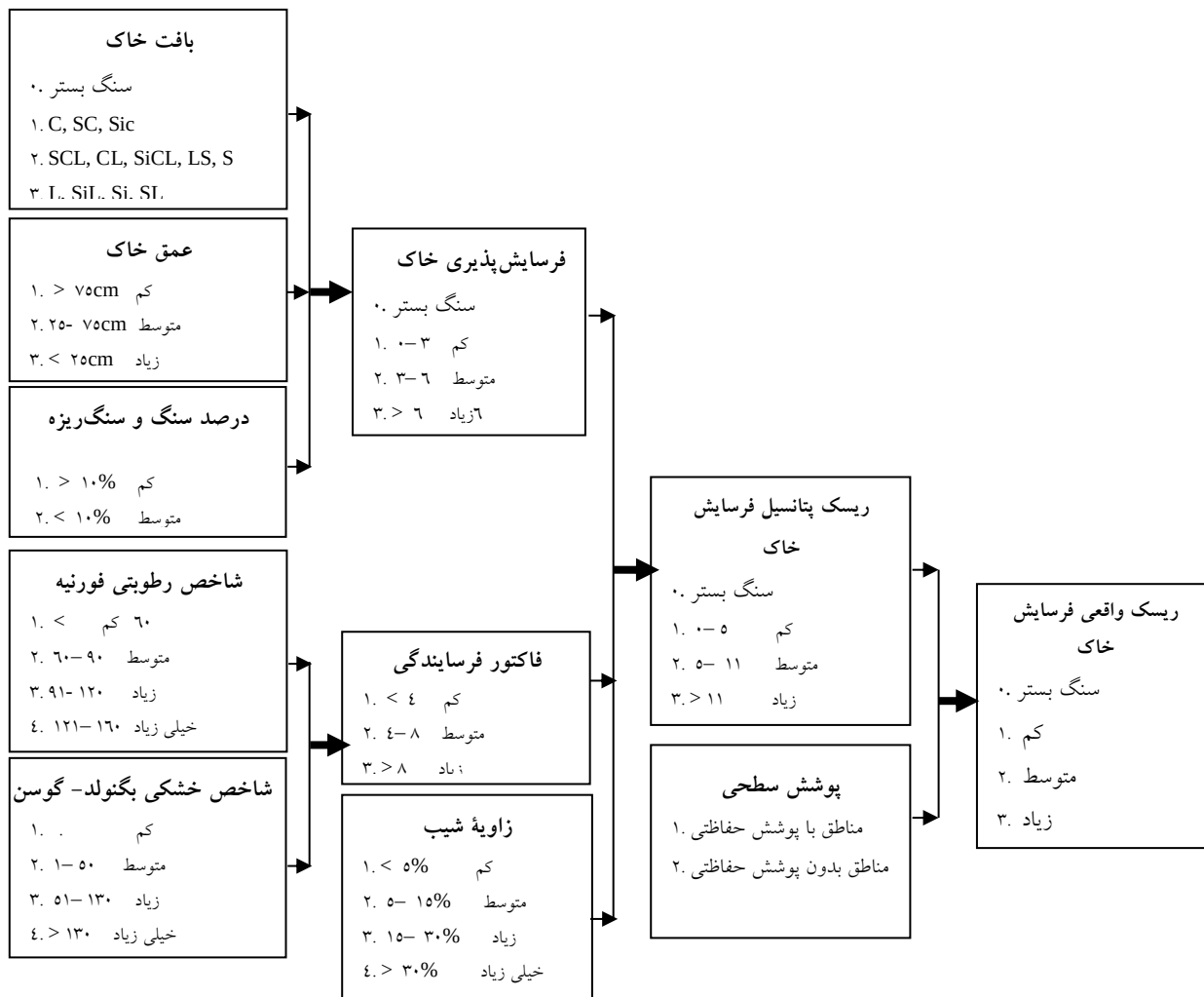
- برای نقشه پوشش سطحی زمین از اطلاعات نقشه کاربری اراضی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان استفاده شد. با توجه به کلاس‌های مختلف در نقشه کاربری اراضی استان، نقشه نهایی پوشش سطحی با استفاده از مدل کورین (نقشه پوشش سطحی کمیسیون اتحادیه اروپا سال ۲۰۰۰ که در سال ۱۲۰۱۱ اصلاح شده است) به همراه بازدید میدانی (برای انطباق با شرایط منطقه)، در دو کلاس و طبقه با پوشش کامل و محافظت‌شده (مانند جنگل‌های متراکم، مراتع و بوته‌زارها با تراکم زیاد، اراضی مسکونی و شهری، سطوح آبی و دریاچه‌ها) و مناطق بدون پوشش حفاظتی (مانند اراضی کشاورزی، مناطق بدون پوشش، مراتع کم تراکم، جنگل‌های کم‌تراکم و بدون اشکوب پایینی، اراضی شور، باتلاقی و ماندابی) تهیه شد.

در این تحقیق، فاکتور فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از شاخص‌های بافت، عمق و درصد سنگ و سنگ‌ریزه (مدل مدالوس توسعه‌یافته کاسموس^۳ و همکاران (۲۰۰۳)، فاکتور فرسایش‌پذیری باران با استفاده از شاخص رطوبتی فورنیه و بگنولد-گوسن (دنگیز و آکگل، ۲۰۰۴)، نقشه پوشش سطحی (براساس کمیسیون اتحادیه اروپا، ۲۰۱۱)، طبقه‌بندی نقشه شیب (براساس کمیسیون اتحادیه اروپا، ۲۰۰۰ و شرایط واقعی منطقه) به‌دست آمد.

شکل (۲) نمودار جریان‌یابی مدل کورین را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که برای هر شاخص و براساس کلاس‌های موجود، امتیازدهی به‌صورت کمی و کیفی انجام شد.

3. Kosmas
4. Mann-Whitney test

1. IDW, Inverse distance weighted
2. DEM, Digital elevation Model



شکل (۲): نمودار جریان مدل کورین، برگرفته از (دنگیز و آنگل، ۲۰۰۴)

جدول (۱): مدل نحوه برآورد خسارت فرسایش خاک (آرامی و همکاران، ۲۰۱۳؛ سیلاخوری و همکاران، ۲۰۱۴)

ردیف	عناصر در معرض خطر	نحوه برآورد خسارت	واحد	میزان خسارت در واحد به ریال
۱	اراضی مرتعی	هزینه بونه کاری و ضرر تولید سالیانه مرتع	هکتار	۸۵۰۰۰
۲	اراضی زراعی (دیم - آبی)	خسارت عدم کشت و خسارت به محصول	هکتار	۱۴۵۸۰۰۰
۳	چشمه، قنات، چاه	هزینه بازسازی سراب	حلقه	۴۲۵۰۰۰
۴	تعداد اماکن مسکونی	متوسط هزینه ماسه رویی و خسارت تخریب بنا	تعداد در واحد سطح	۱۴۵۸۰۰۰
۵	جاده- راه	متوسط هزینه ماسه رویی، نصب علائم و تسطیح جاده	کیلومتر	۱۴۵۸۰۰
۶	تأسیسات (مخازن سد، آب بند)	متوسط هزینه ماسه رویی و خسارت تخریب بنا	واحد	۸۵۰۰۰۰

جدول (۲): کلاس خسارت فرسایش خاک (آرامی و همکاران، ۲۰۱۳؛ سیلاخوری و همکاران، ۲۰۱۴)

کلاس خسارت	میزان خسارت در هکتار در سال (هزار میلیون ریال)	طبقات کیفی خسارت
I	< ۳۰۰	کم
II	۳۰۰ - ۶۰۰	متوسط
III	۶۰۰ - ۱۰۰۰	زیاد
IV	> ۱۰۰۰	خیلی زیاد

نتایج

نتایج به دست آمده نیز به ترتیب مراحل انجام تحقیق، در بخش های جداگانه ارائه شد.

الف. ارزیابی ریسک پتانسیل فرسایش خاک

دو پارامتر فرسایش پذیری خاک و عامل فرساینده گی در تخریب زمین بسیار حائز اهمیت بوده و مناطق دارای ریسک پتانسیل امکان تبدیل به ریسک واقعی فرسایش را دارند. نقشه ریسک پتانسیل فرسایش خاک از ترکیب لایه های اطلاعاتی فرسایش پذیری و فرساینده گی به دست آمد.

فرسایش پذیری خاک با استفاده از اطلاعات نقشه خاک شناسی منطقه و خصوصیات کاربری و زمین شناسی آن ها به دست آمد. جدول (۳) مساحت و درصد گسترش کلاس های هر یک از شاخص ها را به همراه توزیع فراوانی مساحت کلاس های نقشه فرسایش پذیری خاک را نشان می دهد. براساس جدول (۳) مشخص شد که بیشترین درصد بافت خاک را (در

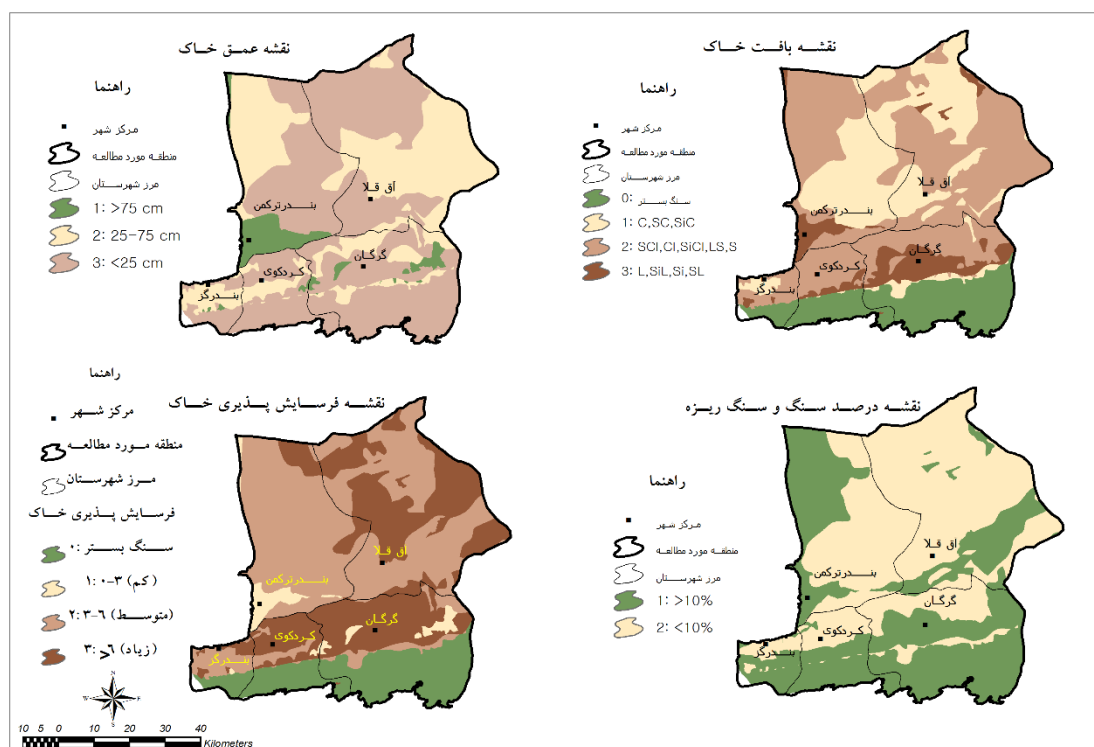
حدود ۴۹ درصد)، با بافت متوسط مانند بافت ماسه ای — رسی، رسی، سیلتی — رسی و سیلتی و سایر اراضی منطقه، دارای بافت رسی — سیلتی (۲۷ درصد) و لومی — سیلتی (۹ درصد) است. از نظر عمق خاک در حدود ۵۹ درصد منطقه دارای عمق کم (کمتر از ۲۵ سانتی متر) بوده که مربوط به مناطق دشتی و کوهپایه ای است. از نظر درصد سنگ و سنگ ریزه، ۵۶ درصد مربوط به اراضی کوهپایه ای است و اراضی کشاورزی مرتعی و کوهستانی با پوشش گیاهی نسبتاً انبوه، مقادیر کمتری از سنگ و سنگ ریزه (در حدود ۴۴ درصد) دارند. فاکتور فرسایش پذیری خاک از تلفیق شاخص های بافت، عمق و درصد سنگ و سنگ ریزه به دست آمد. نتایج حاصل از بررسی این فاکتور در منطقه نشان داد که در حدود ۴۷ درصد از منطقه با فرسایش پذیری متوسط و ۳۳ درصد از فرسایش پذیری زیاد برخوردار بوده و در مجموع ۸۰ درصد منطقه با قابلیت زیاد فرسایش پذیری خاک روبه روست (شکل ۳).

جدول (۳): توزیع فراوانی کلاس های شاخص فرسایش پذیری خاک

شاخص های خاک	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد
بافت خاک	۰. سنگ بستر	۸۱۳۴۵/۲۹	۱۶
	۱. C, Sc, SiC	۱۳۷۳۰۳/۴۶	۲۷
	۲. SCL, CL, SiCL, LS, S	۲۴۷۵۵۹/۲۴	۴۹
	۳. L, SiL, Si, SL	۴۳۹۰۲	۹
عمق خاک	۱. ۷۵ > سانتی متر	۲۸۱۶۸/۴۶	۶
	۲. ۲۵-۷۵ سانتی متر	۱۷۹۳۷۷/۳۵	۳۵
	۳. ۲۵ < سانتی متر	۳۰۲۵۶۴/۱۹	۵۹
درصد سنگ و سنگ ریزه	۱. ۱۰% >	۲۲۶۳۶۶/۰۷	۴۴
	۲. ۱۰% <	۲۸۳۷۴۳/۹۳	۵۶
فرسایش پذیری خاک	۰. سنگ بستر	۸۱۳۴۴/۷۵	۱۶
	۱. ۰-۳ کم	۱۶۸۰۷/۵۶	۳
	۲. ۳-۶ متوسط	۲۴۲۱۴۷/۱۹	۴۷
	۳. ۶ > زیاد	۱۶۹۸۱/۵۱	۳۳

فرسایش پذیری متوسط تا زیاد برخوردار بوده و از نظر تجانس با شاخص های خاک همخوانی خوبی دارد. تفاوت مساحت کلاس ها با استفاده از آزمون کای اسکور در سطح (p value < ۰/۰۱) معنی دار است.

شکل (۳) نقشه فرسایش پذیری خاک را به همراه شاخص های بافت، عمق و درصد سنگ و سنگ ریزه نشان می دهد، به طوری که بخش های مرکزی با یک شیب ژئومورفولوژیکی به سمت بخش های شمالی و شرقی منطقه از



شکل (۳): نقشه فرسایش پذیری خاک به همراه شاخص های بافت، عمق و درصد سنگ و سنگ ریزه خاک

- نقشه فرساینندگی، نتیجه ترکیب ریاضی (حاصل ضرب) کلیماتولوژی منطقه و به روش درون یابی فاصله معکوس شاخص های رطوبتی فورنیه و خشکی بگنولد-گو سن بوده و زنی در محیط GIS به دست آمد. جدول (۴) مشخصات ۱۲ که براساس داده های باران و دمای ایستگاه های سینوپتیک و ایستگاه منطقه را با محاسبه شاخص های اقلیمی بیان می کند.

جدول (۴): مشخصات ۱۲ ایستگاه منطقه به همراه محاسبه شاخص های اقلیمی (رطوبتی و خشکی) (۱۳۷۰-۱۳۹۱)

شماره	ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	$\bar{P}_i$ (متوسط مجموع بارندگی های ماهانه)	$\bar{t}_i$ (متوسط مجموع دماهای ماهانه)	شاخص فورنیه	شاخص بگنولد-گوسن
۱	آراز کوسه	۳۴	۳۶/۸۹	۱۸/۳۱	۴۲/۸۱	۹۹/۸۸
۲	آق قلا	۱۲ (-)	۳۴/۸۴	۱۹/۰۱	۴۰/۵۲	۱۰۳/۷۷
۳	بهلکه داشلی	۲۴	۳۲/۸۷	۱۵/۵۲	۳۶/۶۰	۹۰/۳۷
۴	رامیان	۲۰۰	۷۱/۶۲	۱۶/۸۶	۸۴/۴۶	۱۶/۶۳
۵	سد کوثر	۲۵۰	۴۹/۵۵	۱۶/۴۱	۵۴/۵۱	۲۸/۵۶
۶	سد گرگان	۱۲	۲۷/۹۶	۱۸/۴۱	۳۵/۷۱	۱۲۸/۴۲
۷	غفار حاجی	۲۲ (-)	۳۷/۳۵	۱۷/۲۶	۴۳/۷۲	۶۸/۴۶
۸	فاضل آباد	۲۱۰	۵۷/۴۷	۱۷/۴۳	۶۱/۸۹	۲۱/۹۵
۹	کردکوی بالا	۵۸	۵۶/۳۶	۱۷/۱۴	۶۲/۶۴	۱۸/۶۹
۱۰	لاله باغ	۳۱	۴۲/۱۳	۱۷/۷۴	۴۷/۱۵	۶۱/۰۸
۱۱	محوطه امور گرگان	۷۵	۴۸/۸۷	۱۸/۲۴	۵۴/۱۵	۴۰/۰۳
۱۲	زیارت	۹۵۰	۵۹/۱۵	۱۶/۲۵	۴۷/۰۳	۲۳/۳۷

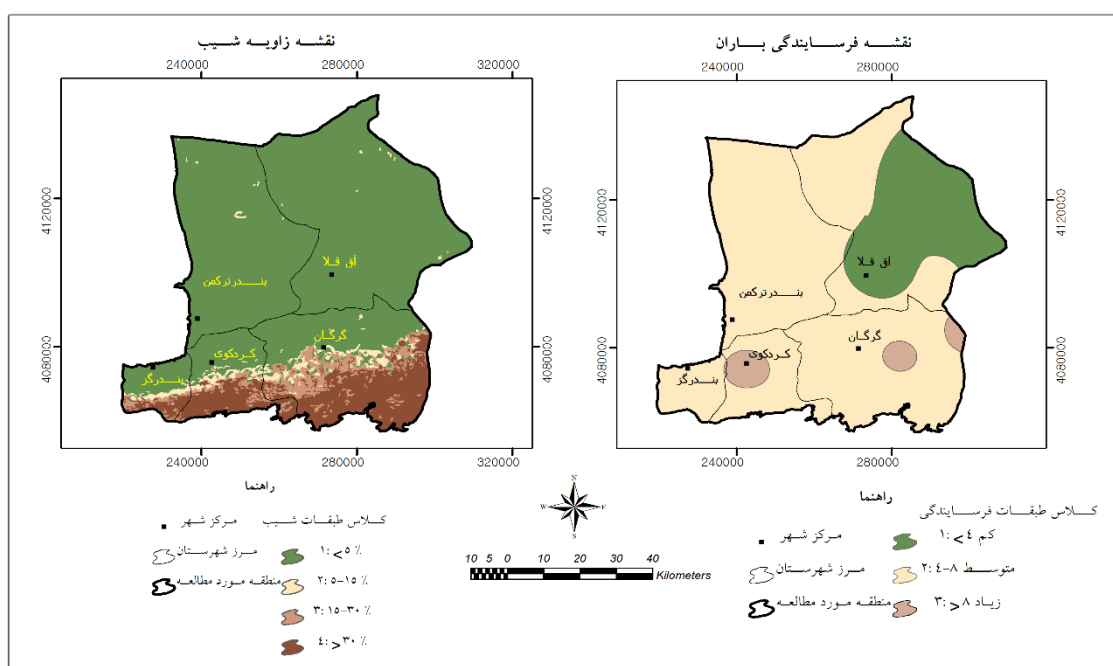
کلاس طبقه‌بندی شد که بیشترین مساحت مربوط به کلاس ۳ (در حدود ۶۲ درصد) بوده است. با ترکیب ریاضی شاخص‌های رطوبتی و خشکی نقشه فرساینده‌گی که عامل اصلی آن میزان بارندگی است، به دست آمد. به علت همپوشانی کم مناطق دارای بارندگی زیاد با مناطق با خشکی بالا، ۲۰ درصد منطقه در کلاس کم و در حدود ۸۰ درصد در کلاس متوسط تا زیاد به دست آمد.

با توجه به مقادیر باران و دمای ایستگاه‌های منطقه شاخص رطوبتی فورنیه در سه کلاس طبقه‌بندی شد (شکل ۴). جدول ۵ توزیع فراوانی کلاس‌های شاخص فرساینده‌گی باران و فاکتور شیب را نشان می‌دهد. براساس جدول (۵) در شاخص رطوبتی فورنیه بیشترین مساحت مربوط به کلاس ۲ (در حدود ۹۹ درصد) بوده که نشان‌دهنده میزان بارندگی در حد متوسط است. علاوه بر آن شاخص خشکی نیز در دو

جدول (۵): توزیع فراوانی کلاس‌های شاخص فرساینده‌گی باران و شیب

شاخص‌های فرساینده‌گی / شیب	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد
شاخص رطوبتی فورنیه	۱: $60 <$	۵۳۷۷/۶۸	۱
	۲: $60-90$	۵۰۴۷۳۲/۳۲	۹۹
شاخص خشکی	۱: ۰	۰	۰
	۲: $0-50$	۱۹۵۷۴۳/۷۲	۳۸
	۳: $50-130$	۳۱۴۳۶۶/۲۸	۶۲
فرساینده‌گی باران	۱: $4 <$	۱۰۳۶۳۴/۹۸	۲۰
	۲: $4-8$	۳۸۸۲۰۴/۷۶	۷۶
	۳: $8 >$	۱۸۲۷۱/۲۶	۴
شیب	۱: $5 <$ درصد	۴۰۲۵۹۷/۶۳	۷۹
	۲: $5-15$ درصد	۱۳۹۸۴/۸۶	۳
	۳: $15-30$ درصد	۲۷۱۶۵/۱۸	۵
	۴: $30 >$ درصد	۶۶۳۶۲/۳۳	۱۳

شکل (۴) نقشه فرساینده‌گی باران و زاویه شیب را نشان می‌دهد.



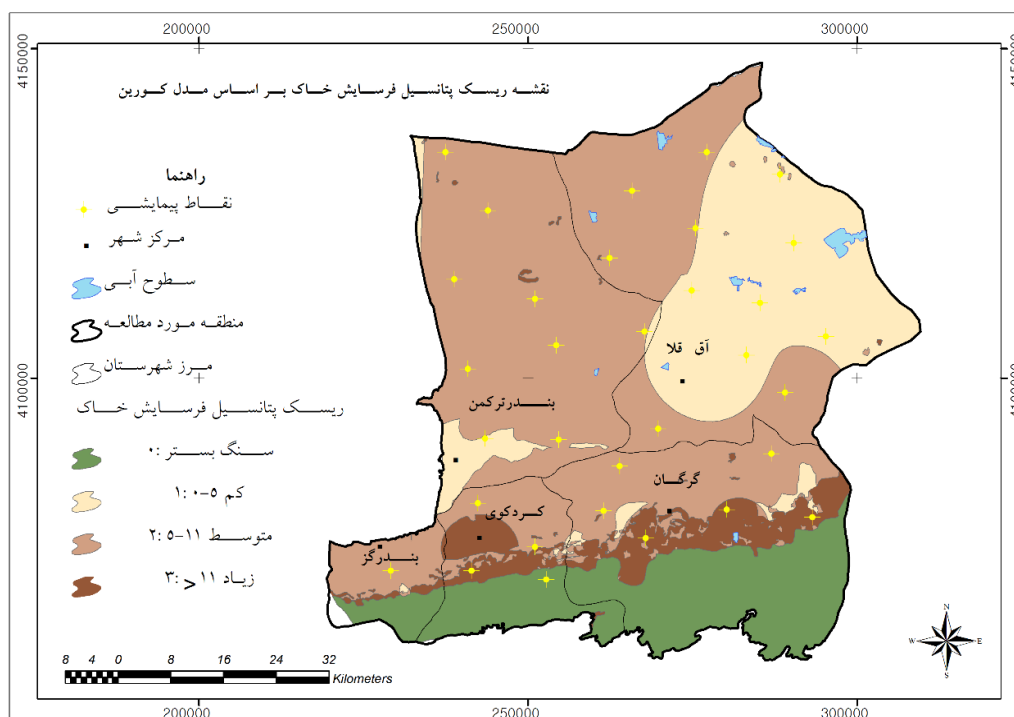
شکل (۴): نقشه فرساینده‌گی باران و زاویه شیب منطقه

نقشه ریسک پتانسیل فرسایش با توجه به تأثیر نقشه فرساینده‌گی، نقشه شیب و فرسایش پذیری خاک به دست آمد. نتایج نشان داد با تأثیر فاکتور فرساینده‌گی و نقشه شیب منطقه که در حدود ۷۹ درصد دارای شیب کمتر از ۵ درصد بوده و تنها ۲۴ درصد دارای شیب متوسط تا خیلی زیاد (مناطق با شیب بیش از ۳۰ درصد) می باشد، بیشترین سطح اراضی منطقه از نظر ریسک پتانسیل فرسایش خاک در کلاس کم (در حدود ۲۳ درصد) قرار گرفته است و ۶۱ درصد دارای پتانسیل ریسک متوسط تا زیاد است. با ترکیب نقشه پوشش سطحی (مناطق دارای پوشش کامل و مناطق بدون پوشش که نقش بسیار مهمی در کاهش فرسایش اولیه خاک دارد)، و نقشه ریسک پتانسیل فرسایش، نقشه ریسک واقعی به دست آمد. جدول (۶) توزیع فراوانی کلاس‌های ریسک پتانسیل فرسایش خاک و همچنین پوشش سطحی را نشان می دهد.

جدول (۶): توزیع فراوانی کلاس‌های ریسک پتانسیل فرسایش خاک و پوشش سطحی

ریسک پتانسیل فرسایش خاک / پوشش سطحی	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد
ریسک پتانسیل فرسایش خاک	۰. سنگ بستر	۸۱۳۷۳/۱۳	۱۶
	۱. ۰-۵	۱۱۷۶۶۴/۹۸	۲۳
	۲. ۵-۱۱	۲۷۶۷۲۵/۷۰	۵۴
	۳. > ۱۱	۳۴۳۴۷/۱۸	۷
پوشش سطحی	۱. مناطق با پوشش حفاظتی	۱۰۶۱۰۸/۶۳	۲۱
	۲. مناطق بدون پوشش حفاظتی	۴۰۴۰۰۱/۳۷	۷۹

شکل (۵) نقشه ریسک پتانسیل فرسایش خاک را نشان می دهد.



شکل (۵): نقشه ریسک پتانسیل فرسایش خاک با استفاده از مدل CORINE

بر اساس شکل (۵) مشخص شد که مناطق کوهپایه‌ای در بخش‌های جنوبی منطقه به دلیل تأثیر شیب در فرسایش، پتانسیل فرسایش پذیری متوسط تا زیاد، و مناطق مرکزی و شمالی به دلیل داشتن شیب کم، پتانسیل کمتری برای فرسایش پذیری دارند.

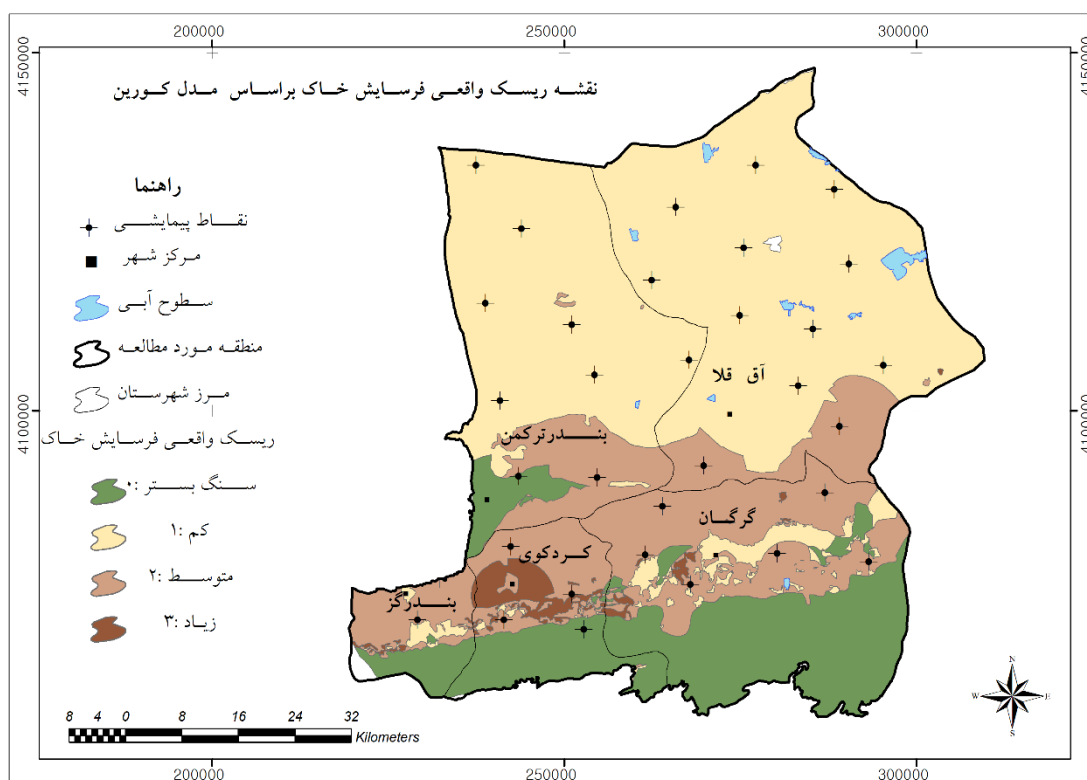
ب. ارزیابی ریسک واقعی فرسایش خاک

واقعی به دست آمد. جدول (۷) توزیع فراوانی کلاس‌های ریسک واقعی فرسایش خاک منطقه و شکل (۶) نقشه ریسک واقعی فرسایش خاک را با استفاده از مدل CORINE نشان می‌دهد.

با ترکیب نقشه پوشش سطحی (مناطق دارای پوشش کامل و مناطق بدون پوشش که نقش بسیار مهمی در کاهش فرسایش اولیه خاک دارد)، و نقشه ریسک پتانسیل فرسایش، نقشه ریسک

جدول (۷): توزیع فراوانی کلاس‌های ریسک واقعی فرسایش خاک

کلاس	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
۰. سنگ بستر	۹۷۰۰۹/۹۲	۱۹
۱. کم	۲۷۷۲۵۲/۴۴	۵۴
۲. متوسط	۱۲۶۳۹۲/۷۲	۲۵
۳. زیاد	۹۴۵۵/۹۳	۲
کای اسکویر	۲۹۲۴۱۴/۷۱	P value < ۰/۰۱



شکل (۶): نقشه ریسک واقعی فرسایش خاک با استفاده از مدل CORINE

بخش‌های شمالی منطقه با داشتن بافت سیلتی-لومی و عمق کم تا متوسط دارای ریسک واقعی کم بوده که به نظر می‌رسد یکی از دلایل آن وجود اراضی با شیب کم در این مناطق است. با مناسب بودن شرایط برای فرسایش بادی (وجود ذرات ریزدانه، اراضی مسطح و کم‌شیب و وجود بادهای شدید و

براساس نقشه ریسک واقعی فرسایش خاک مشخص شد که ۵۴ درصد در کلاس کم (بخش‌های شمالی)، ۲۵ درصد در کلاس متوسط و ۲ درصد در کلاس زیاد (بخش‌های مرکزی و کوهپایه‌ای) ریسک فرسایش خاک قرار دارد (مناطق با توسعه اراضی شهری و کشاورزی). لازم به توضیح است که

($P \text{ value} < 0/17$) در سطح پنج درصد نشان داد که نقشه‌های به‌دست‌آمده از مدل، اختلاف معنی‌داری با حقایق زمینی نداشته و تطابق خوبی با شواهد زمینی را نشان می‌دهند.

نتایج برآورد خسارت فرسایش خاک

مدیریت مبتنی بر ریسک امکان برآورد میزان خسارت ناشی از فرسایش خاک را با توجه به عناصر مهم اکولوژیکی، زیستی و اقتصادی (جدول ۱) میسر می‌سازد. نتایج حاصل از ارزیابی اقتصادی میزان خسارت فرسایش خاک نشان داد که در تمامی کلاس‌های ریسک واقعی میزان خسارت بسیار زیاد بود و از نظر طبقه‌بندی در کلاس خیلی زیاد (IV) با توجه به جدول (۲) قرار گرفت. به‌طوری‌که میزان خسارت از ۱۰۰۰ میلیون هزار ریال در هکتار در سال بیشتر است (جدول ۸). قابل توجه است که تعداد حلقه چشمه، چاه و قنات، با یکدیگر جمع و با یک عدد در جدول (۸) آمده است. اماکن مسکونی نیز شامل مناطق روستایی و شهری‌اند.

مستمر)، در صورت عدم مدیریت مناسب با روند افزایشی فرسایش خاک روبه‌رو خواهد شد. دلیل دیگر آن، استفاده از نقشه پوشش سطحی (در دو کلاس کم و زیاد) است. به‌طوری‌که در صورت بررسی اثر ریسک روی عناصر زیستی، اکولوژیکی و اقتصادی مهم منطقه، امکان ارائه برنامه‌های مدیریتی مناسبی برای کاهش اثر ریسک فرسایش خاک (به‌عنوان فاکتور اصلی کاهش بازدهی محصولات کشاورزی، افزایش شوری آب و خاک، افزایش فرسایش بادی و آبی و همچنین کاهش پوشش گیاهی و تخریب زمین) وجود دارد.

بررسی میزان انطباق و صحت مدل‌ها با واقعیت زمینی

نتایج آزمون آماری کای اسکور برای نقشه‌های ریسک پتانسیل و واقعی فرسایش خاک نشان داد که تفاوت مساحت کلاس‌های دو نقشه به‌دست‌آمده در سطح اطمینان ۱ درصد ($P \text{ value} < 0/01$) معنی‌دار بوده است. صحت سنجی و انطباق مدل با واقعیت زمینی، براساس ۳۲ نقطه پیمایشی به‌صورت دو به دو و با استفاده از آزمون پارامتری من-ویتنی، با

جدول (۸): میزان خسارت عناصر در معرض خطر براساس کلاس‌های ریسک واقعی فرسایش خاک

کلاس ریسک	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	مرتفع (هکتار)	اراضی زراعی (هکتار)	چشمه-چاه-قنات (حلقه)	جاده (کیلومتر)	اماکن مسکونی (واحد)	تاسیسات (واحد)	خسارت در هکتار در سال (هزار میلیون ریال)
کم	۲۷۷۲۵۲/۴۴	۵۴	۹۴۸۳۱	۱۴۴۰۲۷	۳۵۶۱	۴۳۳/۴۶	۱۱۱	۷۶۱	۱۰۲۳
متوسط	۱۲۶۳۹۲/۷۲	۲۵	۱۷۳	۱۰۷۹۷۸	۱۱۴۳۲	۳۸۳/۲۷	۱۳۵	۱۲۹	۱۷۲۹
زیاد	۹۴۵۵/۹۳	۲	۰	۸۸۱۲	۵۵۴	۴۶/۸۰	۸	۳۷	۲۱۱۰
مجموع			۹۵۰۰۴	۲۶۰۸۱۷	۱۵۵۴۷	۸۶۳/۵۳	۲۵۴	۹۲۷	۴۸۶۱

داده‌ها نیز با مطالعات روبیو و رکاتال (۲۰۰۵) همسو می‌باشد.

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل فاکتور فرساینده‌گی نشان داد که در حدود ۲۰ درصد منطقه در کلاس کم و در حدود ۶۱ درصد از فرساینده‌گی متوسط تا زیاد برخوردار است. در این تحقیق از شاخص رطوبتی فورنیه و شاخص خشکی بگنولد-گوسن همانند مطالعات دوقان و همکاران (۲۰۰۰)، دنگیز و آکگل (۲۰۰۴)، زو (۲۰۱۲) و بشیر و همکاران (۲۰۱۳) در محاسبه فاکتور فرساینده‌گی باران استفاده شده که به‌دلیل یکنواختی شرایط اقلیمی، نتایج یکسانی نیز به همراه داشته است. با بررسی شیب به‌عنوان عامل مهم در افزایش خاک مشخص شد که ۷۹ درصد منطقه دارای شیب کمتر از ۵ درصد بوده و در حدود ۲۱ درصد نیز در محدوده متوسط تا خیلی زیاد طبقه‌بندی

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از مدل کورین به‌واسطه تلفیق فاکتورهای فرسایش‌پذیری خاک و فرساینده‌گی باران به همراه عامل شیب و پوشش سطحی زمین در تهیه ریسک پتانسیل و واقعی منطقه، به‌خوبی توانست مناطق با قابلیت بالای فرسایش خاک را نشان دهد، به‌طوری‌که زو (۲۰۱۲) و بشیر و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعات خود به اهمیت کاربرد این مدل در ارزیابی فرسایش خاک و تعیین پهنه‌هایی با فرسایش‌پذیری بالا اشاره کرده‌اند. علاوه بر آن، نتایج حاصل از این مدل به‌دلیل استفاده در اراضی غیر کشاورزی کاربرد مدل کورین را به نقل از مطالعات روحانی و همکاران (۲۰۱۳) تأیید می‌کند. همچنین کارایی GIS در تجزیه و تحلیل

و شاخص خشکی بگنولد-گوسن، بیانگر تأثیر این فاکتور (با تأثیر در ۸۱ درصد منطقه) در فرسایش باریش است.

- زاویه شیب زمین به عنوان یک فاکتور زمینی، نقش مهمی در میزان فرسایشی خاک دارد، به طوری که در مدل کورین با تأکید بر فرسایش آبی، مناطق با شیب زیاد تأثیر بیشتری در میزان فرسایش خاک داشته است که در صورت لحاظ کردن اثر شیب کم در افزایش فرسایش بادی به ویژه در مناطق خشک، مناطق بیشتری دارای قابلیت پتانسیل فرسایش پذیری خواهند بود.

- فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه، پتانسیل بالایی دارد و قابلیت ریسک واقعی فرسایش نیز قابل تأمل است.

- با استفاده از نتایج مدل کورین در ارزیابی ریسک پتانسیل واقعی فرسایش خاک، امکان ارائه برنامه های مدیریتی را نیز فراهم می کند.

- در این تحقیق مانند مطالعات انجام شده تجزیه و تحلیل داده ها در محیط GIS، امکان ارزیابی ریسک فرسایش خاک را می توان با دقت بالا فراهم ساخت.

- میزان خسارت برآورد شده از فرسایش خاک، نشان دهنده شرایط خاص ژئومورفولوژیکی، اداپتیکی و اقلیمی منطقه در قابلیت ریسک فرسایشی است.

- هر چند مطالعات در مناطق بیابانی (به عنوان مناطق منحصراً به فرد طبیعی) که خود نیز بخشی از حوضه های آبخیز است جداگانه محاسبه می شود، به عنوان یک پیشنهاد پژوهشی توصیه می گردد تا بررسی ریسک فرسایش خاک نیز حوضه های آبخیز بالادست منطقه انجام و نتایج به دست آمده با نتایج این تحقیق مقایسه شود.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر نتیجه انجام رساله دوره دکتری بیابانزدایی، در گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشکده منابع طبیعی و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است. تأمین بودجه و امکانات آن نیز در قالب طرح پژوهشی دوره دکتری انجام گرفته است. لذا از همکاری و مساعدت همکاران محترم گروه مدیریت مناطق بیابانی دانشکده منابع طبیعی و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سپاسگزاری می کنیم.

گردید. نتایج نشان داد که در مناطق کوهپایه ای در بخش های جنوبی منطقه، به دلیل تأثیر شیب در فرسایش، دارای پتانسیل فرسایش پذیری زیاد (در حدود ۷ درصد) و مناطق مرکزی و شمالی، به دلیل داشتن شیب کم، پتانسیل کمتری (دارای کلاس متوسط در حدود ۵۴ درصد) برای فرسایش پذیری دارند. در بخش های شرقی نیز مناطقی در حدود ۲۳ درصد، با پتانسیل کم فرسایش پذیری دیده می شود. نتایج حاصل از ریسک فرسایش خاک با مطالعات دو قان و همکاران (۲۰۰۰) و دنگیز و آکگل (۲۰۰۴) به دلیل شرایط اقلیمی یکنواخت (اقلیم خشک) همخوانی دارد.

ارزیابی ریسک واقعی فرسایش خاک نشان داد که ۵۴ درصد منطقه با ریسک کم (مناطق مرکزی و شمالی) و ۲۷ درصد با ریسک متوسط تا زیاد (مرکزی و مناطق کوهپایه ای بخش جنوبی) روبه روست. نتایج این تحقیق نتایج حاصل از مطالعات هنردوست و همکاران (۲۰۱۱) را به خوبی تأیید می کند.

فرسایش خاک همیشه با خسارت همراه بوده است. برآورد میزان خسارت ناشی از فرسایش خاک که با توجه به عناصر مهم اکولوژیکی، زیستی و اقتصادی انجام شد، نشان داد که مقدار خسارت ناشی از فرسایش خاک برحسب هکتار در سال بیش از ۱۰۰۰ (هزار میلیون ریال) بوده (معادل ۴۸۶۱ هزار میلیون ریال) که در کلاس خیلی زیاد قرار گرفت. به طوری که در بسیاری از مطالعات مشابه نیز مانند کوکس هد و همکاران (۲۰۰۸)، نلس و همکاران (۲۰۱۱) و بشیر و همکاران (۲۰۱۳) به نقش فرسایش خاک و افزایش خسارت ناشی از آن اشاره و تأکید شده است.

برای نتیجه گیری می توان به نکات زیر اشاره کرد:

- مدل کورین به دلیل ارزیابی فرسایش پذیری خاک و فرسایش پذیری باریش به عنوان دو فاکتور محیطی تأثیر گذار در فرسایش خاک از توانایی بالایی برای ارزیابی پتانسیل ریسک فرسایش خاک برخوردار است.

- خصوصیات خاک مانند بافت، عمق و درصد سنگ و سنگ ریزه، نقش زیادی در فرسایش پذیری داشته به طوری که ۸۱ درصد منطقه با فرسایش پذیری متوسط تا زیاد روبه روست.

- کاربرد شاخص های اقلیمی مانند شاخص رطوبتی فورنیه

منابع

1. Ammann, w., 2016. Early warning in Disaster risk reduction- Needs and potential. 7th international conference on integrated natural disaster management- INDM, 15-16 Feb., Tehran-IRAN.
2. Arami, A.H., Ownegh, M., Sheikh, V.B., 2013. Assessment of desertification risk in semi-arid Agh-Band Region, Golestan Province, Iran, *Int. J. Agri. Crop Sci.*, 5(17): 1901-1908.
3. Bashir, S., Baig, M. A., Ashraf, M., Anwar, M. M., Bhalli, M. N., Munawar, S., 2013. Risk assessment of soil erosion in RAWAL Watershed using geoinformatics techniques, *Sci. Int (Lahore)*, 25(3), 583-588.
4. Bosco, C., de Rigo, D., Dewitte, O., Poesen, J., Panagos, P., 2015. Modeling soil erosion at European scale: towards harmonization and reproducibility. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 225-245.
5. Coxhead, I., Øygard, R., 2008. Land Degradation. University of Wisconsin-Madison and Norwegian University of Life Sciences, respectively. Authorship is equally shared.
6. Denguz, O., Akgul, S., 2004. Soil Erosion Risk Assessment of the Golbasi Environmental Protection Area and Its Vicinity Using the CORINE Model, *Turk. J. Agric*, 29, 439-448.
7. Douan, O., zel, M. E., Yöldöröm, H., akar, N .K. K., 2000. Erosion risk mapping of Dalaman Basin located in west Mediterranean Region using CORINE method. *Proceedings of International Symposium on Desertification. Konya-Turkey*, p 5.
8. EEA/UNEP., 2000. Down to earth: Soil degradation and sustainable development in Europe. A challenge for the 21st century. Environmental issues Series No 6. EEA, Copenhagen.
9. European Environment Agency., 2011. Corine Land Cover 2006 raster data, available at: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-1>.
10. Farajzadeh, M., Servati, M. R., Taheri, V., 2011. Analysis and mapping of the geomorphological hazards in Golestan Province, 4(11), 45-62.
11. Giordano, A., 2002. The CORINE project on soil erosion risk and land quality, land use, land cover and soil sciences, 3, 1-9.
12. Honardoust, F., Ownegh, M., Sheikh, V.B., 2011. Assessment of the current state of desertification in the Soufikam-Mengal plain in the northwest of Golestan Province. *Soil Water Conserv. Res.*, 18(3): 213-219
13. Kosmas, C., N. Tsara, N. Moustakas and C. Karavitis, 2003. Identification of indicators for desertification. *Ann. Arid Zone*, 42: 393-416.
14. LAL, R., 2008. Land Degradation and Pedological Processes in a Changing Climate. Carbon Management and Sequestration Center, the Ohio State University, Columbus, OH 43210. Keywords: Soil degradation, Soil quality, Global warming, Food security, Desertification
15. Messner, F., Mayer, V., 2005. Flood damage, vulnerability and risk perception challenges for flood damage research. *UFZ, Leipzig*, p 26.
16. Morgan, R. P. C., 2005. *Soil Erosion and Conservation*, 3rd Edn. Blackwell Publ., Oxford.
17. Nachtergaele, f.o.2004. Land Degradation Assessment Indicators and the LADA project, Land and Water development Division, FAO, Italy.
18. Nkonya, E., Gerber, N., Braun, J.V., De Pinto, A., 2011. Economics of Land Degradation. The Co The boundaries and names shown and the designations used on the maps herein do not imply official endorsement or acceptance by the International Food .Policy Research Institute (IFPRI) or its partners and contributors.
19. Ownegh, M., 2009. Assessing land degradation hazard intensity and management plans using subjective models and the analytical hierarchy process in Gorgan, Iran. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 4 (1), 35-45.
20. Quinton, J. N., Govers, G., Van Oost, K., Bardgett, R. D., 2010. The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling, *Nat. Geosci.*, 3, 311-314.
21. Rohani, M. R., Rangavar, A., Javadi, M. R., ziyae, A., 2013. A new mathematical model for estimation of soil erosion, *Intl. Res. J. Appl. Basic. Sci*, 5 (4), 491-497.
22. Rubio, L., Bochet, E., 1998. Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe. *Journal of Arid Environments*. 39, 113-120.
23. Rubio, L., Recatala, L., 2005. The relevance and consequences of Mediterranean desertification including security aspects, *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue, NATO Security through*

- Science Series, 3, 133-165.
24. Sabeti, Sh., 2007. Wind erosion mechanism assessment and its effect on the risk of desertification in the northern Aq-Qala plains. Golestan Province, MSc Dissertation. Aridzone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. p 174.
 25. Silakhori, I., Ownegh, M., Sadoddin, A., 2014. Assessment of desertification risk in Sabzevar Using MICD, Crisis Manage. Res. J., 91, 89-99.
 26. Stocking, M., Murnaghan, N., 2000. Land Degradation Guidelines for Field Assessment. Overseas Development Group University of East Anglia. Norwich, UK.
 27. Telles, T. S., Guimarães, M., Dechen, S. C., 2011. The costs of soil erosion, Rev. Bras. Cienc. Solo. 35, 287-298.
 28. Topographic analysis report, 2013. The land use plan studies in Golestan Province, p. 42
 29. Ustun, B., 2008. Soil erosion modeling by using & remote sensing: A case study, Ganos Mountain, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 42(3), 1681-1684.
 30. Zhu, M., 2012. Soil erosion risk assessment with CORINE model: case study in the Danjiangkou Reservoir region, China, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 26 (6), 813-822.

Soil Erosion Risk Assessment Using the CORINE Model (Case Study: Semi-Arid Region in Golestan Province)

Morteza Akbari¹, Majid Ownegh², Hamidreza Asgari³, Amir Sadoddin⁴, Hasan Khosravi⁵

Received: 8/4/2016

Accepted: 13/9/2016

Abstract

Soil erosion is considered as one of the most significant indices of land degradation, which once evaluated, a wide gamut of changes in the environment could be evaluated. The aim of this study was to evaluate the risk of soil erosion by the application of the CORINE model, as a suitable means of soil erosion assessment, in the semi-arid western areas of Golestan province. In this study, soil, geology, climate, land cover and slope data were used, accompanied by extensive field reconnaissance. Maps accuracies were determined based on the Chi Square index and Mann-Whitney test. Firstly, soil Erodibility map was prepared from soil physical parameters and Erosivity factor (calculated based on the Fournier moisture index and Bagnouls-Gaussian aridity index). Then by superimposing layers with slope and land cover maps in the GIS environment, soil erosion risk map (potential and actual) was prepared. Results propose that, in view of the potential risk, 23 percent of the region is marked with low potential, 54% with moderate, and 7% with high erosion risk. Also, from the viewpoint of actual erosion risk, 54% of the area is devoted to low risk, 25% with moderate and 2% corresponds with high risk. The differences in the area of risk maps, at 1% level were significant and In terms of accuracy, maps have great compatibility with ground realities. This study emphasizes on the capabilities of the CORINE model and the GIS technique in the evaluation of soil erosion.

Keywords: CORINE model, Fournier and Bagnouls-Gaussian indices, GIS, Golestan Province, Risk.

1. Ph.D. Student of de-desertification, Department of arid region, faculty of range and watershed management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Email: M_akbari@um.ac.ir

2. Professor, Department of arid region, faculty of range and watershed management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

3. Assistant professor, Department of arid region, faculty of range and watershed management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

4. Associate Professor, Department of arid region, faculty of range and watershed management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

5. Assistant Professor, Department of Rehabilitation arid and mountainous, faculty of natural resources. University of Tehran, Karaj