

ارزیابی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل پیشنهادی MLADA (مطالعه موردی: منطقه میاندهی فیض‌آباد؛ استان خراسان رضوی)

مسعود مسعودی^{۱*}، زهره عصار^۲

۱ دانشیار مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲ دانشجوی فارغ‌التحصیل مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۴؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۸/۰۸)

چکیده

در این مطالعه به منظور بررسی شاخص‌های مختلف مربوط به جنبه‌ها یا معیارهای گوناگون بیابان‌زایی یا تخریب سرزمین، از مدل اصلاحی (MLADA) LADA استفاده شد. تمامی این عوامل براساس چارچوب DPSIR مورد بررسی قرار گرفتند. شناسایی مناطق در معرض تخریب بالاتر در مقایسه با مناطق دارای ریسک تخریب کمتر می‌تواند دانش ما را در خصوص وسعت مناطق تحت تأثیر بهبود بخشد. بنابراین، منطقه میاندهی فیض‌آباد که در جنوب غربی استان خراسان رضوی واقع شده است، به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. برای انجام این تحقیق اطلاعات پایه‌ای از منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد. در ادامه نقشه خطر مربوط به هر یک از عوامل طبیعی، انسانی و روند تخریب در این منطقه پس از ادغام شاخص‌ها در محیط GIS به دست آمد. نقشه نهایی ریسک تخریب سرزمین با ادغام نمودن لایه‌های عوامل طبیعی، انسانی و روند تخریب در مقایسه با وضعیت فعلی تخریب به دست آمد. کلاس‌های ریسک در نقشه‌های مختلف ریسک (سه سناریو) با در نظرگیری امتیازات تمامی شاخص‌ها به دست آمد. همچنین احتمال وقوع تخریب در مناطق در معرض ریسک تخریب نیز به دست آمد که در واقع تصویری از آن چه که ممکن است در آینده به وقوع بپیوندد را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده براساس نقشه سناریوی سوم نشان می‌دهد که به ترتیب مناطق دارای خطر شدید با احتمال (۲۰-۴۰٪)، خطر شدید با احتمال (۴۰-۶۰٪)، خطر شدید با احتمال (۸۰-۱۰۰٪)، خطر خیلی شدید با احتمال (۲۰-۴۰٪) و خطر خیلی شدید با احتمال (۴۰-۶۰٪)، ۲۴، ۱۱، ۱، ۱۹ و ۱۵ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است.

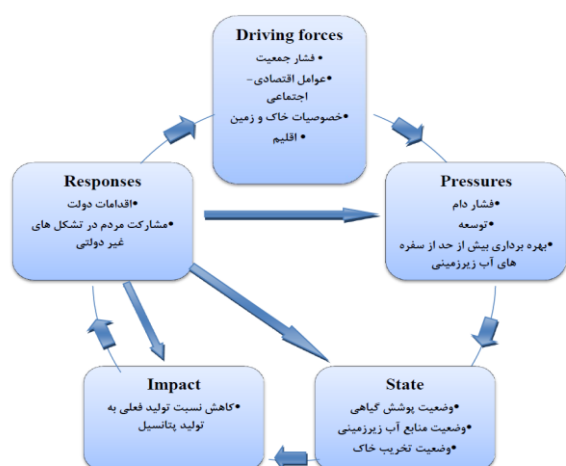
کلید واژه‌ها: تخریب سرزمین، MLADA، DPSIR، عوامل طبیعی و انسانی، روند تخریب

سرآغاز

براساس تعریف UNCED^(۱) در سال ۱۹۹۲ که در اکثر کشورهای جهان پذیرفته شده است، بیابان‌زایی به عنوان تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب خشک بوده که در اثر عوامل مختلف از جمله تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی به وجود می‌آید (Feoli et al., 2003). بیش از ۸۰ درصد از سرزمین ایران در قلمرو شرایط خشک و نیمه‌خشک تا خشک نیمه‌مرطوب قرار دارد (چمن‌پیرا و همکاران، ۱۳۸۴). اکوسیستم‌های سرزمین در برابر شرایط بهره‌برداری نامناسب، بسیار حساس و شکننده بوده و بالقوه یا بالفعل در معرض پدیده بیابان‌زایی قرار دارند (چمن‌پیرا و همکاران، ۱۳۸۴). وضعیت فعلی تخریب سرزمین در ایران شامل ۹۴٪ از اراضی زراعی و مراتع دائمی بوده که در مقایسه با دیگر کشورهای خاورمیانه و جنوب آسیا بسیار وخیم است (FAO, 1994). بنابراین، ارزیابی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی به صورت کمی از طریق بررسی‌های مستند و استفاده از مدل‌های موجود می‌تواند یک اولویت مطالعاتی و تحقیقاتی باشد (طهماسبی، ۱۳۸۵؛ Masoudi, 2010). نخستین اقدامی که در زمینه ارزیابی و نقشه‌بندی بیابان‌زایی با هدف درک مسایل این پدیده پیچیده صورت گرفت؛ تهیه نقشه جهانی بیابان‌زایی (نقشه UNCOD^(۲)) بود که توسط فائو، UNESCO^(۳) و WMO^(۴) در سال ۱۹۷۷ و به دنبال مطرح شدن مسایل بیابان‌زایی انجام پذیرفت. اولین تلاش‌ها نیز برای انجام یک ارزیابی جهانی از تخریب سرزمین که در اواخر قرن گذشته انجام شد ارزیابی جهانی تخریب خاک (GLASOD)^(۵) است (Oldeman et al., 1995). روش GLASOD یک ارزیابی کیفی بوده و تا حد زیادی متکی بر دانش متخصصین می‌باشد. پس از آن، رویکرد GLASOD در سرتاسر جهان به‌روزرسانی شد و پروژه‌ای تحت عنوان ارزیابی تخریب سرزمین در مناطق خشک (LADA)^(۶) با حمایت مالی برنامه محیط‌زیستی سازمان ملل متحد، سازمان تسهیلات محیط‌زیستی جهانی و خوار و بار و کشاورزی به وجود آمد (Barrio et al., 2010). این پروژه در کشورهایی از جمله چین، آفریقا و آمریکای جنوبی در حال آزمایش است. مطالعات پروژه LADA نشان می‌دهد که انتخاب و کاربرد شاخص‌ها با مقیاس‌های متفاوت و مکان‌های مختلف با توجه به سهولت دسترسی به آن‌ها مقرون به صرفه و مناسب است (اختصاصی و

سپهر، ۱۳۹۰). در طی یک پژوهش، مشخص شد که تخریب سرزمین از طریق بیابان‌زایی آثار منفی زیادی را به خصوص در زمان رخداد مشخص بارندگی‌های شدید فصلی در داخل و خارج از محل دارد. بیشتر هدررفت زیاد خاک سطحی توسط جریان آب رخ می‌دهد که منجر به کاهش کیفیت خاک، از دست دادن مواد مغذی خاک و کاهش نفوذپذیری می‌شود که بازخورد مثبتی را از طریق افزایش رواناب و از این‌رو افزایش بیشتر فرسایش خاک ایجاد می‌کند (Hooke and Sandercock, 2012). در پژوهش دیگر نیز مشخص شد که شناسایی و مطالعه دقیق عوامل مسئول تخریب سرزمین به ایجاد قوانین تصمیم‌گیری برای ارزیابی خطر کمک می‌کند (Stringer and Harris, 2013). در ایران نیز جهت ارزیابی تخریب سرزمین مطالعاتی صورت گرفته است به‌طوری‌که (Masoudi, 2005) در چارچوب تز دکتری به ارزیابی ریسک تخریب سرزمین در قسمتی از حوزه مند واقع در استان‌های بوشهر و فارس با در نظر گرفتن چهار شکل تخریب سرزمین شامل فرسایش آبی، شوری خاک، افت آب زیرزمینی و زوال پوشش گیاهی پرداخت. همچنین (Masoudi & Amiri, 2015) برای ارزیابی خطر زوال پوشش گیاهی از شاخص‌های DPSIR^(۷) استفاده نمودند، آنها در این مطالعه چهارده شاخص را مورد بررسی قرار دادند و برای هر کدام نقشه خطر براساس تجزیه و تحلیل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه نمودند. بدیعی نامقی (۱۳۸۸)، به ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب نیشابور (استان خراسان رضوی) با استفاده از RS و GIS برای مقایسه مدل‌های فائو یونپ و مدالوس پرداخت و دریافت که در مجموع مدل FAO-UNEP به دلیل گستردگی استفاده از شاخص‌های متعدد از جمله میزان تولید و همچنین شاخص‌های فرسایش آبی و بادی نتایج بهتری را ارائه می‌کند. در بررسی مدل اسلمسا (رامشت و همکاران، ۱۳۹۴) به عنوان یکی از مدل‌های تخمین فرسایشی مشخص شد که با این روش به خوبی سهم هر یک از عوامل فرسایشی را می‌توان تعیین نمود. در بررسی روش تحلیل عاملی در اولویت‌بندی معیارهای سنجش تخریب سرزمین در حوضه آبخیز کارون (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۵) مشخص شد که در تعریف و وزن‌دهی معیارهای توپوگرافی، پوشش گیاهی، اقلیم، وضعیت اقتصادی-اجتماعی و زمین‌شناسی در اولویت‌های معیارهای ارزیابی تخریب سرزمین در حوضه آبخیز کارون، خاک مهمترین معیار است و پس از آن

شاخص‌های زیادی در مدل اصلاح‌شده پیشنهادی LADA مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل ارزیابی تخریب سرزمین (LADA) برای اولین بار توسط دبیرخانه UNCCD^(۹) به سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (FAO) ارسال شد تا یک گزارش کلی ارزیابی بیابان‌زایی (OAD)^(۱۰) را در این زمینه ارائه نماید. یکی از اصول و شالوده‌های اساسی روش LADA، استفاده از چارچوب DPSIR است. در این مدل، شاخص‌های DPSIR که شامل عوامل تحریک‌کننده ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی (D=Driving force) که به‌عنوان نیروهای پیش‌برنده در محیط هستند سبب اعمال فشار روی محیط فیزیکی (P=Pressure) و به‌دنبال آن تغییرات کیفی موجود در محیط (S=State) می‌شوند. تغییرات محیطی تأثیراتی (I=Impact) بر دیگر پیامدهای اقتصادی-اجتماعی و محیطی مانند تخریب پوشش گیاهی دارند. جامعه نیز به‌منظور کاهش خسارت‌ها و جلوگیری از خطر، معمولاً به‌وسیله اجرای سیاست‌های اقتصادی و محیطی به تغییرات واکنش نشان داده و به تأثیرات پاسخ می‌دهد (R=Response). شاخص‌های DPSIR از روی داده‌های مرتبط به خاک، هواشناسی و اقلیم، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و استفاده از زمین و فعالیت‌های اقتصادی-اجتماعی در چارچوب طرح پیشنهادی آژانس محیط‌زیستی اروپا (EEA)^(۱۱) تعیین شده است (Masoudi & Amiri, 2015). شکل‌های (۱ و ۲) شمای کلی به‌همراه شاخص‌های این مدل در تحقیق اخیر را نشان می‌دهد.



شکل (۱): ارتباط میان معیارهای مورد بررسی براساس چارچوب DPSIR در تحقیق اخیر

به‌ترتیب معیارهای توپوگرافی، پوشش گیاهی، اقلیم، وضعیت اقتصادی-اجتماعی و زمین‌شناسی در اولویت‌های بعدی است. معیار آب به‌دلیل نبود معضل شوری گسترده آب در حوضه و مساحت نسبی کم آبخوان‌ها نسبت به سایر معیارها نقش کمتری در تخریب سرزمین در این حوضه آبخیز دارد.

پژوهش حاضر با توجه به اصول LADA سعی در ارائه یک مدل جدید و اصلاح‌یافته این دیدگاه تحت عنوان «ارزیابی تخریب سرزمین اصلاح‌یافته در مناطق خشک، MLADA^(۸)» با در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف از جنبه‌ها یا معیارهای تخریب سرزمین و بیابان‌زایی، یعنی عوامل طبیعی، انسانی و روند تخریب برای یافتن مناطق با نرخ بالاتر تخریب و اندازه‌گیری احتمال وقوع شرایط تخریب بدتر در این مناطق تهیه شد. شناسایی مناطقی که نسبت به سایر مناطق در آینده در معرض خطر تخریب بیشتری قرار دارند و در برابر عوامل تخریب آسیب‌پذیرتر هستند می‌تواند به افزایش و بهبود دانش ما در مورد وسعت مناطق آسیب‌دیده و نیز توسعه اقدام‌های حفاظتی به‌منظور تحت کنترل درآوردن این مشکل کمک کند.

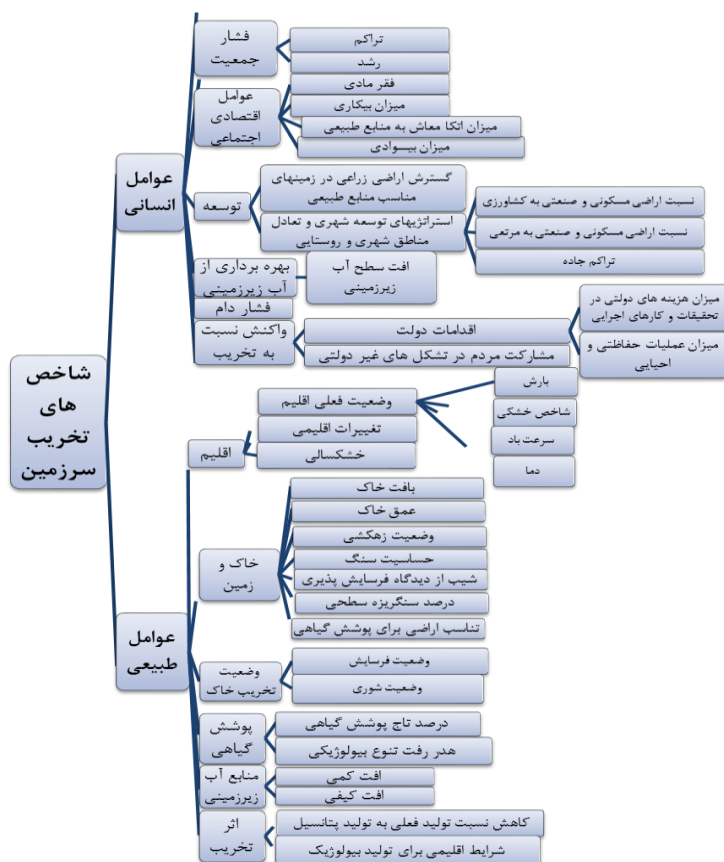
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

عرصه مطالعاتی میاندهی فیض‌آباد با مساحتی معادل ۴۵۰۶/۳ هکتار در جنوبی‌ترین قسمت شهرستان فیض‌آباد حد فاصل ۴۳° ۳۴' تا ۴۷° ۳۴' عرض جغرافیایی و ۵۸° ۴۱' تا ۵۸° ۴۱' طول جغرافیایی و در زون ۴۰ شمالی قرار دارد. این منطقه به‌لحاظ توپوگرافی منطقه‌ای مسطح و هموار است، کمترین ارتفاع منطقه ۸۴۰ متر و بیشترین ارتفاع آن ۹۴۰ متر بوده و اختلاف ارتفاع در کل منطقه ۱۰۰ متر می‌باشد. اقلیم منطقه در روش آمبرژه خشک و سرد و در روش دومارتن خشک و در روش ایوانف صحرایی است.

روش تحقیق

از آنجایی که برای تدوین روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی و تهیه نقشه‌های بیابانی شدن و تدوین طرح‌ها و برنامه‌های کنترل این پدیده، نیازمند شناسایی فرآیندهای بیابان‌زا، عوامل مؤثر در توسعه این فرآیندها و معیارها و شاخص‌های مؤثر در روند بیابان‌زایی هستیم (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)، با توجه به این،



شکل (۲): عوامل، معیارها و شاخص‌های مورد بررسی در مدل اصلاحی لادا

میانگین حسابی این معیارها، نقشه نهایی ریسک بیابان‌زایی در منطقه تعیین شد؛ لازم به ذکر است که کلاس‌های هر یک از شاخص‌ها، معیارها و نیز نقشه نهایی بیابان‌زایی در پنج کلاس بدون خطر، خطر کم، متوسط، خطر شدید و خیلی شدید بر اساس جدول (۱) طبقه‌بندی شد. به این صورت که به هر لایه براساس تاثیر آن بر بیابان‌زایی و استناد به کار محققین و با توجه به شرایط منطقه، وزنی بین ۱ تا ۵ داده شد، به‌طوری‌که ارزش ۱ بهترین و ارزش ۵ بدترین وزن می‌باشد. هر معیار با استفاده از میانگین حسابی شاخص‌های خود براساس معادله (۱)، به‌دست آمد:

جدول (۱): کلاس‌های شدت بیابان‌زایی هر معیار براساس

مدل اصلاح‌شده IMDPA

مقدار میانگین خطر	درجه خطر	کلاس خطر
۱-۱/۴۹	۱	بدون خطر
۱/۵-۲/۴۹	۲	خطر کم
۲/۵-۳/۴۹	۳	خطر متوسط
۳/۵-۴/۴۹	۴	خطر شدید
۴/۵≤	۵	خطر خیلی شدید

برای رسیدن به این شاخص‌ها اطلاعات پایه‌ای از منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد. برای جمع‌آوری اطلاعات از داده‌های ماهواره مادیس، گزارش‌ها و اطلاعات موجود در اداره کل منابع طبیعی استان خراسان رضوی، استانداری استان خراسان رضوی، اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی، اداره هواشناسی شهرستان گناباد، اداره منابع طبیعی شهرستان فیض‌آباد و خانه بهداشت روستای میاندی استفاده شد. پس از تهیه داده‌های مورد نیاز این مدل، اطلاعات وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شده و به‌منظور آرایه نقشه تخریب سرزمین در منطقه مطالعاتی، هر یک از معیارها توسط چند شاخص ارزیابی شد به این صورت که ابتدا نقشه خطر هر یک از شاخص‌های معیار مربوطه تهیه و در نهایت با میانگین حسابی از این شاخص‌ها، نقشه خطر معیار تعیین می‌شود. هرکدام از این شاخص‌ها براساس طبقه‌بندی‌های معتبر ایران و جهان مانند مدل فائو-یونپ (۱۹۸۴)، مدل لادا (فائو-یونپ، ۲۰۰۱) و مدل ایرانی IMDPA (احمدی، ۱۳۸۴) و بعضی با استفاده از پارامترهای آماری منطقه طبقه‌بندی شدند. در نهایت با استفاده از

(۴) $I_x = [(L_1) + (L_2) + \dots + (L_n)] / n$ (عوامل طبیعی + عوامل انسانی) = پتانسیل تخریب سرزمین

در واقع مرحله نهایی تهیه نقشه پتانسیل تخریب سرزمین شامل جمع‌بندی لایه‌های اطلاعاتی عوامل انسانی و طبیعی به وجود آورنده تخریب در منطقه مطالعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

معیار اقتصادی-اجتماعی + معیار توسعه + بهره‌برداری از آب زیرزمینی = عوامل انسانی



فلوچارت (۱): بررسی مراحل اصلی تحقیق

• تهیه نقشه روند تخریبی سرزمین

برای بررسی روند تخریبی سرزمین باید از میزان تغییراتی که در طول زمان به وجود می‌آید، آگاهی پیدا کنیم. روند تخریبی سرزمین در واقع بیانگر سرعت تخریب سرزمین است. نقشه روند تخریبی سرزمین با استفاده از تصاویر ماهواره مادیس در طی یک دوره ده‌ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۴) تعیین شد. برای تهیه این نقشه میانگین NDVI برای هر یک از واحدهای کاری در هر سال تعیین شد. با تعیین میانگین لغزان، معنی‌داری روند افزایشی یا کاهشی شاخص درصد پوشش گیاهی در هر واحد کاری در طی ده‌سال تعیین شد. در نهایت براساس طبقه‌بندی خطر که در جدول (۳) ارائه شده، نقشه روند تخریب در منطقه مطالعاتی به دست آمد.

$$(۱) \quad I_x = [(L_1) + (L_2) + \dots + (L_n)] / n$$

I_x : وضعیت مربوط به هر معیار اصلی

$L_1, 2, \dots, n$: شاخص هر معیار

n : تعداد شاخص‌های مورد بررسی برای هر معیار

لازم به ذکر است که این مطالعه دارای چهار مرحله اصلی بود که عبارتند از:

۱. ارائه نقشه پتانسیل خطر تخریب سرزمین در منطقه مورد مطالعه (برگرفته از شاخص‌های R و P ، D)
۲. ارائه نقشه روند تخریبی سرزمین در منطقه مورد مطالعه (تغییرات S در واحد زمان)
۳. ارائه نقشه وضعیت فعلی تخریب سرزمین در منطقه مورد مطالعه (برگرفته از شاخص‌های I و S)
۴. تهیه نقشه نهایی پتانسیل تخریب سرزمین (ترکیب نقشه‌های مراحل ۱ و ۲ و برآورد احتمال (ریسک) وقوع تخریب برای کلاس بالاتر از وضعیت فعلی تخریب در منطقه (فلوچارت ۱)).

تهیه نقشه پتانسیل تخریب سرزمین

با توجه به این که یکی از استراتژی‌های مهم مدل لادا ایجاد ظرفیت‌های ملی، منطقه‌ای و جهانی جهت ارزیابی، برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌هایی برای کاهش تخریب سرزمین و کاربرد شیوه‌های مدیریت پایدار سرزمین است (Bellamy & Ieradi, 2009)، بنابراین، اطلاع از پتانسیل تخریب سرزمین در منطقه مطالعاتی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

نقشه نهایی پتانسیل تخریب سرزمین با استفاده از میانگین حسابی لایه‌های اصلی براساس جدول (۲) مطابق روابط زیر به دست می‌آید:

$$(۲) \quad I_x = [(L_1) + (L_2) + \dots + (L_n)] / n \quad (\text{معیار خصوصیات خاک و زمین} + \text{معیار اقلیم}) =$$

عوامل طبیعی

$$(۳) \quad I_x = [(L_1) + (L_2) + \dots + (L_n)] / n \quad (\text{معیار واکنش نسبت به تخریب} + \text{فشار دام} + \text{معیار}$$

فشار جمعیت +

جدول (۲): چگونگی تعیین کلاس‌های خطر برای ارزیابی شاخص‌ها و معیارهای عامل طبیعی تخریب سرزمین (برگرفته از شاخص‌های D)

معیار	شاخص	زیرشاخص	درجه و کلاس خطر				
			خطر کم (۲)	خطر متوسط (۳)	خطر شدید (۴)	خطر خیلی شدید (۵)	
معیار خاک و زمین	عمق خاک (cm)		عمیق یا ۹۰-۱۴۹	نیمه عمیق تا عمیق یا ۵۰-۹۰	کم عمق تا نیمه عمیق یا ۱۰-۵۰	بسیار کم عمق تا کم عمق یا ۱۰ >	
	یافت خاک		خیلی سنگین	سنگین	متوسط	سبک	
	زهکشی خاک		خوب یا مناسب	نسبتاً خوب	متوسط	ضعیف	
	درصد سنگریزه سطحی خاک		۵ >	۵-۱۵	۱۵-۳۰	۳۰-۵۰	
	درصد شیب		۰-۳	۳-۵	۵-۱۵	۱۵-۳۰	
	تناسب اراضی برای پوشش گیاهی		S ₁	S ₂	S ₃	N ₁	N ₂
	مواد مادری (حساسیت سنگ)		سازندهای رسوبی مقاوم به فرسایش آبی شامل دولومیت بیشتر، سنگ آهک توده‌ای، رسوبات آبرفتی ضخیم دشت‌ها، سنگ‌های سخت (سنگ‌های آذرین و پلوتونیک)	سازندهای نسبتاً مقاوم به فرسایش آبی شامل سنگ آهک همراه با شکاف و ترک‌های متوسط تا متراکم	سازندهای با مقاومت متوسط به فرسایش آبی شامل: کنگلومرا، سنگ آهک رسی، سنگ‌های هوازدۀ با شکاف‌ها و ترک‌های متوسط، سنگ‌های با سختی متوسط (سنگ‌های دگرگونی)	سازندهای حساس به فرسایش آبی شامل شیل و مارن و مقدار کمی گچ	سازندهای بسیار حساس به فرسایش آبی شامل رسوبات تخریری ضخیم (گچ و نمک) و لایه‌های مانی ماری، شیل مانند گنبدی نمکی
	خشکسالی برحسب SPI	حداکثر شدت مشاهده شده در دوره	۰/۵ <	۰/۵ - -۰/۹۹	۱/۵ - -۱	۱/۵ - -۱/۹۹	۲ - ۱۸
		روند (درصد افزایش)	۱۰	۱-۳۲	۳۳-۶۵	۶۶-۹۹	۱۰۰ >
		حداکثر مدت تداوم (سال)	۱-۲	۲	۳	۴-۵	۶-۷
معیار	تغییر اقلیم		بدون تغییر در دما و اقلیم	تغییر معنی‌دار در افزایش دما (افزایش دما مساوی و کمتر از ۱ درجه سانتیگراد در ۱۰۰ سال)	تغییر معنی‌دار در افزایش دما (افزایش دما بین ۱ تا ۴ درجه در ۱۰۰ سال)	تغییر معنی‌دار در افزایش دما (افزایش دما بیشتر از ۴ درجه در ۱۰۰ سال) یا تغییر معنی‌دار در خشکتر شدن اقلیم (کاهش ضریب دومازتن)	تغییر معنی‌دار در افزایش دما (افزایش دما بیشتر از ۴ درجه در ۱۰۰ سال) و تغییر معنی‌دار در خشکتر شدن اقلیم (کاهش ضریب دومازتن)

ادامه جدول (۲): چگونگی تعیین کلاس‌های خطر برای ارزیابی شاخص‌ها و معیارهای عامل طبیعی تخریب سرزمین (برگرفته از شاخص‌های D)

معیار	شاخص	زیر شاخص	درجه و کلاس خطر				
			بدون خطر (۱)	خطر کم (۲)	خطر متوسط (۳)	خطر شدید (۴)	خطر خیلی شدید (۵)
معیار	میزان بارندگی (میلیمتر)		$600 \leq$	۴۵۰-۶۰۰	۲۸۰-۴۵۰	۱۵۰-۲۸۰	$150 >$
	دما (سانتی‌گراد)		$12 >$	۱۲-۱۵	۱۵-۱۹	۱۹-۲۱	$21 <$
	شاخص خشکی (طبقه‌بندی دومارتن)		خیلی مرطوب و مرطوب	نیمه مرطوب	مدیترانه‌ای	نیمه خشک	خشک و فراخشک
	سرعت باد	میانگین سالانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (متر بر ثانیه)	< 1	۱-۲	۲-۳/۵	۳/۵-۴/۵	$> 4/5$
		فراوانی بادهای فعال یا سرعت بیش از ۶ متر بر ثانیه (درصد تعداد کل بادهای وزیده شده در سال)	$< 2/5$	۲/۵-۵	۵-۲۰	۲۰-۳۳	> 33
جمعیت	تراکم جمعیت ^(۱۳)		-	۰-۵ اعداد بین M - SD, M -) ($1/2$ SD	۲۵-۶۵ اعداد بین M - $1/2$ SD, M) (+ $1/2$ SD	۶۵-۹۵ اعداد بین M + $1/2$ SD,) (M + SD	$95 <$ اعداد بزرگتر از (M + SD)
	رشد جمعیت (%)		$< 0/5$	۰/۵-۱	۱-۲	۲-۳	> 3
آب زیرزمینی بهره‌داری از	تخلیه فعلی به مجاز		$1/1 \leq$	۱-۱/۰۹	۰/۹-۱	۰/۸-۰/۹	$0/8 >$
واکنش نسبت به تخریب	اقدامات دولت	حفاظت شده در منطقه میزان درصد گستره	۱۰۰	۷۵-۱۰۰	۲۵-۷۵	۱-۲۵	منطقه بدون حفاظت
	مشارکت مردم	مشارکت مردم در تشکل‌های غیردولتی	مشارکت مالی	مشارکت کاری	تصمیم‌گیری	فقدان مشارکت	مخالفت

ادامه جدول (۲): چگونگی تعیین کلاس‌های خطر برای ارزیابی شاخص‌ها و معیارهای عامل طبیعی تخریب سرزمین (برگرفته از شاخص‌های D)

معیار	شاخص	زیر شاخص	درجه و کلاس خطر					
			بدون خطر (۱)	ناچیز (۲)	متوسط (۳)	شدید (۴)	خیلی شدید (۵)	
فشار دام	/ پتانسیل ظرفیت چرا تراکم واقعی دام		> ۵	۱/۵-۵	۱-۱/۵	۰/۵-۱	< ۰/۵	
محیط زیست	گسترش عرصه‌های کشاورزی در عرصه‌های مناسب منابع طبیعی		عرصه‌های منابع طبیعی بدون تغییر	اراضی آبی با محدودیت کم تا متوسط	اراضی آبی با محدودیت زیاد یا کشت دیم با محدودیت کم	کشت دیم با محدودیت زیاد	کشت دیم با محدودیت بسیار زیاد	
		توسعه شهری و صنعتی	نسبت اراضی مسکونی و صنعتی به مرتعی و جنگلی (برحسب درصد)	۰	کمتر از ۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۵۰	بیش از ۵۰
			نسبت اراضی مسکونی و صنعتی به باغی و زراعی (برحسب درصد)	۰	کمتر از ۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۵۰	بیش از ۵۰
	تراکم جاده (Km/Km ²)		۰	کمتر از ۱/۱	۱/۱-۲/۲	۲/۲-۵/۵	بیش از ۵/۵	
اجتماعی-اقتصادی	درصد بی‌سوادی (۱۴)		۰	۰-۶	۶-۲۱	۲۱-۲۸	< ۲۸	
	فقر (میانگین درآمد)		بیش از ۷۵٪ بالای خط فقر	۲۵-۷۵٪ بالای خط فقر	۲۵٪ بین خط فقر و ۲۵٪ بالای	۷۵-۲۵٪ زیر خط فقر	کمتر از ۷۵٪ زیر خط فقر	
	درصد بیکاری		۰-۲	۲-۵	۵-۱۰	۱۰-۱۵	> ۱۵	
	میزان اتکای معاش به منابع طبیعی		کشاورزی بیش از ۷۵٪ مشاغل غیر مرتبط با منابع طبیعی و کشاورزی بین ۵۰ تا ۷۵٪	کشاورزی بین ۵۰ تا ۷۵٪ مشاغل غیر مرتبط با منابع طبیعی و کشاورزی بیش از ۷۵٪	اکثریت با کشاورزی (کشاورزی و دامداری بیش از ۵۰٪ و کشاورزی و دامداری (مجموع کشاورزی و دامداری) بیش از ۵۰٪)	دامی گاو بیش از سایر دام‌ها (غیر سنتی)	دامی گاو کمتر از سایر دام‌ها (سنتی)	

جدول (۳): حدود کلاس‌های خطر عامل روند تخریب سرزمین (ارزیابی تخریب پوشش طبیعی در طول زمان؛ برگرفته از روش فائو-یونپ)

طبقه‌بندی خطر	بدون خطر (۱)	خطر کم (۲)	خطر متوسط (۳)	خطر شدید (۴)	خطر خیلی شدید (۵)
تخریب پوشش طبیعی (درصد در سال)	۰ یا بهبود پوشش گیاهی	۰-۲/۵	۲/۵-۵	۵-۷/۵	$7/5 <$

• تهیه نقشه نهایی وضعیت تخریب سرزمین

به‌منظور تهیه نقشه بیابان‌زایی، یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین اقدام‌ها برای مبارزه با این پدیده و کاهش صدمات ناشی از آن است (چمن‌پیرا و همکاران، ۱۳۸۴). نقشه نهایی وضعیت تخریب سرزمین نیز با استفاده از رابطه (۵) به‌دست آمد.

به‌منظور ایجاد نقشه وضعیت خطر ابتدا شاخص‌های State و Impact بررسی شد. شناخت فرآیندهای مؤثر در ایجاد بیابان و تشخیص وضعیت فعلی مناطق مختلف از نظر شدت حساسیت

$$(5) \quad 2 \text{ (I) اثر تخریب} + \text{(S) وضعیت فعلی تخریب} = \text{وضعیت نهایی تخریب سرزمین}$$

وضعیت شوری، افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی است. نقشه نهایی وضعیت تخریب سرزمین با استفاده از میانگین حسابی لایه‌های اصلی مطابق رابطه (۶) به‌دست آمد:

الف- شاخص‌های وضعیت فعلی تخریب (State)

براساس جدول (۴) شاخص‌های وضعیت تخریب شامل درصد تاج پوشش گیاهی، هدررفت تنوع بیولوژیکی، وضعیت فرسایش،

$$(6) \quad 3 \text{ (معیار آب زیرزمینی + معیار تخریب خاک + معیار پوشش گیاهی)} = \text{وضعیت فعلی تخریب سرزمین}$$

$$(9) \quad X = ((\alpha \times \text{امتیاز روند}) + \text{امتیاز پتانسیل}) / \beta$$

در این تحقیق $\alpha=2$ در نظر گرفته می‌شود که بیان‌کننده اهمیت دو برابری یکی از معیارها نسبت به دیگری است، بر این اساس نیز $\beta=3$ در نظر گرفته می‌شود. البته در طبیعت این مقادیر می‌تواند متفاوت باشد. لازم به‌ذکر است در این تحقیق با توجه به محتمل بودن سناریوی سوم نسبت به سایر سناریوها (گزارش ASSOD (Van Lynden and Oldeman, 1997)) فقط نتایج سناریوی فوق نشان داده شده است.

در نهایت براساس رابطه زیر درصد احتمال خطر برآورد می‌شود:

$$(10) \quad \text{درصد احتمال خطر} = [(X-a)/b] \times 100$$

در این رابطه a کمترین امتیاز خطر برای تخریب سرزمین است ($a=1$)، b تفاوت عددی بین بالاترین و پایین‌ترین امتیاز برای تخریب سرزمین ($b=5-1=4$)، و X امتیاز خطر در هر پلی‌گون می‌باشد. در واقع این درصد احتمال خطر در افزایش دقت اولویت‌بندی مناطق از نظر میزان در معرض تهدید بودن مؤثر است (Masoudi et al., 2006; Masoudi, 2010). در نهایت با استفاده از این سه سناریو درصد احتمال خطر (ریسک) برای یک کلاس خطر بدتر از کلاس وضعیت فعلی به‌دست آمد که براساس جدول‌های (۷ و ۸) برای منطقه تعیین و طبقه‌بندی شدند. لازم به‌ذکر است که مناطق با خطر خیلی‌شدید فعلی/واقعی فاقد درصد احتمال خطری هستند چون هم اکنون در نهایت خطر تعریف شده برای تخریب سرزمین قرار گرفته‌اند.

ب- شاخص‌های اثر تخریب (Impact)

براساس جدول (۵) شاخص‌های اثر تخریب شامل دو شاخص شرایط اقلیمی برای تولید بیولوژیک و کاهش نسبت تولید فعلی به تولید پتانسیل می‌باشد. از آنجایی که علاوه بر میزان بارندگی در منطقه، شرایط خاک نیز در تولید تأثیر دارد بنابراین، براساس جدول (۶) با استفاده از ویژگی‌های تناسب، تخمین بهتری از پتانسیل تولید به‌دست می‌آید.

• برآورد احتمال خطر در منطقه

برای برآورد احتمال خطر امتیازهای خطر به‌دست آمده برای منطقه به درصد تبدیل می‌شود. به‌این منظور از روابط زیر می‌توان استفاده کرد. برآورد احتمال خطر بیابان‌زایی در منطقه براساس سه سناریو مورد بررسی قرار گرفت که در مرحله اول امتیاز خطر (X) محاسبه می‌شود:

سناریو اول: تأثیر وضعیت بالقوه یا پتانسیل منطقه را بیشتر از روند تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان در نظر بگیریم؛ در نتیجه باید فرمول زیر را به‌کار ببریم:

$$(7) \quad X = ((\alpha \times \text{امتیاز پتانسیل}) + \text{امتیاز روند}) / \beta$$

سناریو دوم: تأثیر وضعیت پتانسیل منطقه را برابر یا معادل اثر روند تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان در نظر بگیریم:

$$(8) \quad 2 \text{ (امتیاز روند + امتیاز پتانسیل)} = X$$

سناریو سوم: تأثیر روند تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان را بیشتر از وضعیت بالقوه یا پتانسیل منطقه در نظر بگیریم:

جدول (۴): معیارها و شاخص‌های وضعیت فعلی تخریب (شاخص‌های S)

معیار	شاخص	زیرشاخص	طبقه خطر بیابان‌زایی				
			ناچیز (۱)	کم (۲)	متوسط (۳)	شدید (۴)	خیلی شدید (۵)
پوشش گیاهی	درصد تاج پوشش گیاهان دایمی		۵۰ <	۴۰-۵۰	۱۵-۳۰	۵-۱۵	۵ >
	هدررفت تنوع بیولوژیکی		گونه‌های مهاجم (با خوشخوراکی کمتر از ۲٪ ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و کمتر از ۱۳٪ ترکیب گونه‌های گیاهی منطقه از گونه‌های یک ساله می‌باشد.	گونه‌های مهاجم (۲-۵٪ ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و ۱۳-۲۵٪ ترکیب گونه‌های گیاهی منطقه از گونه‌های یک ساله می‌باشد.	گونه‌های مهاجم (۲۰-۵۰٪ ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و ۲۵-۵۰٪ ترکیب گونه‌های گیاهی منطقه از گونه‌های یک ساله می‌باشد.	گونه‌های مهاجم (۲۰-۵۰٪ ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و اکثر پوشش گیاهی منطقه گونه‌های یک ساله می‌باشد.	گونه‌های مهاجم بیش از ۵۰٪ ترکیب گیاهی را تشکیل داده و پوشش گیاهی منطقه از گیاهان یک ساله می‌باشد.
تخریب خاک (۱۵)	وضعیت فرسایش	وضعیت فرسایش بادی	بدون آثار و اشکال فرسایش بادی و اشفنگی خاک در طول سال	دارای آثار بادبردگی و نمکا کم در سطح خاک	دارای آثار بادبردگی، نمکا و شلجی متوسط در سطح خاک - تشکیل سنگفرش بیابانی متراکم	پهنه ماسه ای - کلوتک پراکنده - نمکا و شلجی متراکم - تشکیل سنگفرش بیابانی کم متراکم	- تپه ماسه ای فعال - کلوتک‌های متراکم و نزدیک بهم
	وضعیت فرسایش	وضعیت فرسایش آبی	بدون آثار و اشکال فرسایش آبی یا اشکال کم فرسایش میکائیکی یا انحلالی	فرسایش کم تا متوسط برای فرسایش ورقه‌ای و شیری و کم برای فرسایش خندقی در بعضی از قسمت‌ها	فرسایش متوسط تا زیاد برای فرسایش ورقه‌ای و شیری و کم برای فرسایش خندقی در بعضی از قسمت‌ها	فرسایش متوسط تا زیاد برای فرسایش ورقه‌ای و شیری و خندقی	فرسایش زیاد برای فرسایش ورقه‌ای و شیری و خندقی (بداند)
آب زیرزمینی (۱۶)	افت کمی	سدیم قابل تبادل (ESP)	۱ >	۱-۵	۵-۲۰	۲۰-۴۵	۴۵ <
	افت کیفی (۱۷)	هدایت الکتریکی (EC)	۱ >	۱-۴	۴-۸	۸-۱۶	۱۶ <
	افت کمی	افت آب زیرزمینی (cm/year)	عدم افت آب زیرزمینی یا عدم معنی‌دار بودن روند تغییرات	۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۵۰	۵۰ <
	افت کیفی (۱۷)	EC (μmhos/cm)	۲۵۰ >	۲۵۰-۷۵۰	۷۵۰-۲۲۵۰	۲۲۵۰-۵۰۰۰	۵۰۰۰ <
		SAR	۱۰ >	۱۰-۱۸	۱۸-۲۶	۲۶-۳۲	۳۲ <

جدول (۵): شاخص‌های اثر تخریب (شاخص‌های I)

شاخص	بدون خطر (۱)	خطر کم (۲)	خطر متوسط (۳)	خطر شدید (۴)	خطر خیلی شدید (۵)
شرایط اقلیمی برای تولید بیولوژیک (کیلوگرم ماده خشک در هکتار-سال به ازای هر میلی‌متر باران)	$10 <$	$5-10$	$2/5-5$	$1-2/5$	$1 >$
درصد تولید فعلی به تولید بالقوه	$100 <$	$80-100$	$40-80$	$20-40$	$20 >$

جدول (۶): روابط مورد استفاده جهت برآورد تولید پتانسیل در منطقه با در نظر گرفتن تناسب و محدودیت خاک

تولید پتانسیل نهایی	کلاس تناسب خاک
$1/25 \times$ تولید پتانسیل (یا بیولوژیک) = تولید پتانسیل (یا بیولوژیک) نهایی	S_1
$0/75 \times$ تولید پتانسیل (یا بیولوژیک) = تولید پتانسیل (یا بیولوژیک) نهایی	S_2
$0/5 \times$ تولید پتانسیل (یا بیولوژیک) = تولید پتانسیل (یا بیولوژیک) نهایی	S_3
$0/25 \times$ تولید پتانسیل (یا بیولوژیک) = تولید پتانسیل (یا بیولوژیک) نهایی	N

شد و بین ۱ (بدون خطر) تا ۵ (خطر خیلی شدید) می‌باشد. براساس این نتایج وضعیت نهایی تخریب سرزمین در تهیه نقشه نهایی تخریب سرزمین و بیابان‌زایی بیشترین تأثیر را نسبت به پتانسیل و روند تخریب سرزمین برجای گذاشته است.

شکل (۳) نقشه گسترش محدوده‌های درصد احتمال خطر بیابان‌زایی با تأکید بر عامل روند نسبت به عامل پتانسیل (سناریو سوم) را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است با توجه به این که مناطق دارای پوشش زیر ۵ درصد در این تحقیق معادل بیابان محسوب شد و از آنجایی که در واحد کوهستان نیز بیابان‌زایی رخ نمی‌دهد بنابراین، با جدا کردن این نواحی در نقشه تخریب سرزمین، نقشه بیابان‌زایی در منطقه نیز به دست آمد. براساس شکل (۴) نتایج نشان داد که درصدهای احتمال خطر بیابان‌زایی با توجه به سناریو ۳ بین $14/4$ تا $68/7$ درصد متغیر است. اراضی بیابانی شده ۳۰ درصد از مساحت منطقه را در بر گرفته که دارای بیشترین درصد گسترش هستند. این قسمت در محدوده مرکزی منطقه و در اطراف کالشور قرار گرفته است، شوری و قلیائیت بیش از حد خاک در این منطقه امکان استقرار پوشش گیاهی را با مشکل مواجه ساخته و این منطقه فاقد پوشش و بسیار حساس به فرسایش است. به ترتیب مناطق دارای خطر شدید با احتمال $(20-40)\%$ ، خطر شدید با احتمال $(40-60)\%$ ، خطر خیلی شدید با احتمال $(80-100)\%$ و خطر خیلی شدید با احتمال $(40-60)\%$ ، ۲۴، ۱۱، ۱ و ۱۹ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است.

جدول (۷): طبقات احتمال خطر (ریسک) تخریب سرزمین

در آینده با توجه به وضعیت فعلی تخریب

(Maoudi, 2010)

طبقه وضعیت	طبقه وضعیت فعلی + ۱	کلاس احتمال خطر (ریسک) تخریب سرزمین
۱	۲	خطر کم
۲	۳	خطر متوسط
۳	۴	خطر شدید
۴	۵	خطر خیلی شدید
۵	۵	خطر خیلی شدید فعلی / واقعی

جدول (۸): طبقه‌بندی محدوده درصد احتمال خطر

(ریسک) تخریب سرزمین

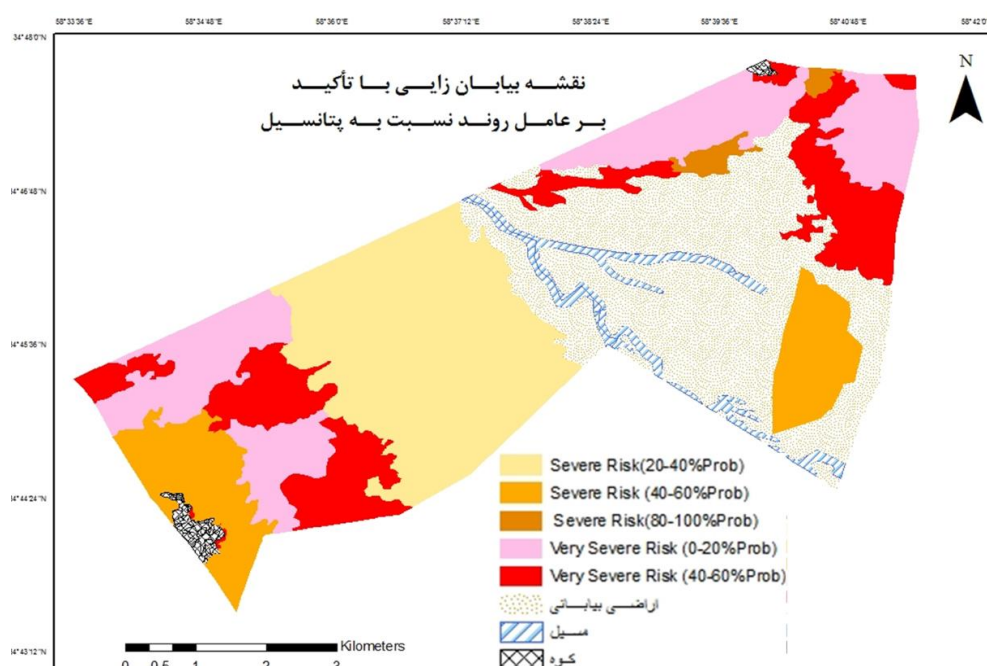
کد طبقات محدوده درصد احتمال خطر (ریسک) تخریب سرزمین	محدوده درصد احتمال خطر
A	$0-20$
B	$20-40$
C	$40-60$
D	$60-80$
E	$80-100$
خطر خیلی شدید فعلی / واقعی	-

یافته‌ها

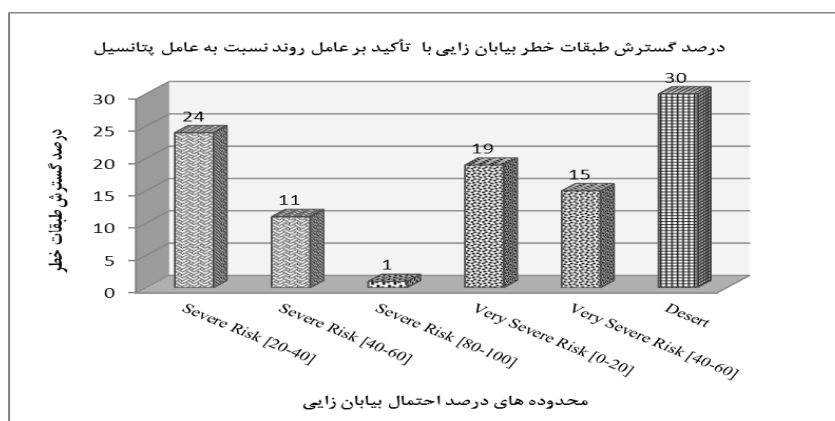
جدول (۹) مقایسه وضعیت خطر تخریب عوامل مورد مطالعه براساس میانگین وزنی در منطقه را نشان می‌دهد. میانگین وزنی بر اساس سطحی که هر طبقه خطر به خود اختصاص داده برآورد

جدول (۹): مقایسه وضعیت خطر عوامل تخریب سرزمین در منطقه براساس میانگین وزنی

عوامل ارزیابی	میانگین وزنی خطر	کلاس بیابان‌زایی
عوامل انسانی	۳	۳
عوامل طبیعی	۳	۳
پتانسیل تخریب سرزمین	۳	۳
روند تخریب سرزمین	۳/۳۶	۳
وضعیت نهایی تخریب سرزمین	۳/۹	۴



شکل (۳): نقشه گسترش محدوده‌های درصد احتمال خطر بیابان‌زایی با تأکید بر عامل روند نسبت به عامل پتانسیل (سناریو سوم)



شکل (۴): نمودار درصد گسترش محدوده‌های درصد احتمال خطر بیابان‌زایی با تأکید بر عامل روند نسبت به عامل پتانسیل (سناریو سوم)

بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به این که در ارزیابی تخریب سرزمین در مدل لادا (LADA) تأکید اصلی بر چارچوب DPSIR است. بنابراین، تمامی عوامل مؤثر در تعیین شدت بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در منطقه مطالعاتی در پنج گروه، عوامل تحریک‌کننده (Driving Force) شامل فشار جمعیت، عوامل اقتصادی-اجتماعی، شرایط اقلیمی منطقه و خصوصیات خاک و زمین؛ عوامل فشار (Pressure) شامل فشار دام، معیار توسعه و بهره‌برداری بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی؛ معیارهای پاسخ (Response) شامل اقدام‌های دولت و مشارکت مردم در تشکلهای غیردولتی؛ عوامل وضعیت (State) شامل معیار پوشش گیاهی، وضعیت تخریب خاک و وضعیت منابع آب زیرزمینی؛ شاخص‌های اثر تخریب (Impact) شامل کاهش نسبت تولید فعلی به تولید پتانسیل و شرایط اقلیمی برای تولید بیولوژیک، طبقه‌بندی شد. در واقع تقسیم‌بندی ارایه شده در این مدل براساس چارچوب DPSIR بود؛ البته متأسفانه ارایه‌کنندگان مدل لادا راه‌کاری مناسب برای محاسبه تخریب با این مدل نداده و تأکید را بر استفاده از شاخص‌های DPSIR گذاشته‌اند که به‌نوعی سبب شده به‌ندرت از این دیدگاه خوب استفاده شود. در حالی که در مدل‌های مطرح پیشین روش ارزیابی مشخص است. بنابراین، در این تحقیق سعی شد علاوه بر رفع این نقیصه اصلاحات و دیدگاه‌هایی جدید افزوده شود تا با مدلی با قابلیت بالا و متمایز تبدیل شود.

در مدل پیشنهادی پژوهش حاضر سعی شد تقسیم‌بندی‌های ارایه شده برای بیان ابعاد مختلف تخریب سرزمین و بیابان‌زایی دقیق‌تر و منطقی‌تر باشد. با توجه به این که عوامل زیادی در تخریب سرزمین دخالت دارند و متأسفانه مدل‌هایی که تاکنون ارایه شده هر یک به‌نوبه خود ضعف‌هایی دارند؛ در این تحقیق سعی شد تا مدلی برای برآورد دقیق‌تر اراضی در معرض تهدید تخریب سرزمین و بیابان‌زایی ارایه شود. بدین‌صورت که با برآورد احتمال خطر در مناطق مختلف امکان مقایسه و مدیریت آن‌ها برای اولویت‌بندی فراهم شد. در واقع میزان احتمال تغییر خطر از یک طبقه به طبقه بالاتر دیده شد. در ضمن درصد احتمال خطر در یک سناریو با در نظرگیری عوامل پتانسیل و روند تخریب سرزمین مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق تأکید بر عامل روند بود؛ اگر چه عوامل پتانسیل‌زای خطر که بیان‌کننده شرایط

برای بروز خطر هستند نقش مهمی در آینده روند تخریب دارند لکن روند گذشته محتمل‌ترین عامل برای روند تخریب در آینده نزدیک شناخته شده است (گزارش ASSOD (Van Lynden and Oldeman, 1997)). همان‌طور که در مدل لادا (FAO- UNEP, 2001) نیز تخریب سرزمین معادل وجود روند منفی در شرایط و سلامت منابع زمینی تعریف شده است.

نکته قابل ذکر در مورد مدل‌های قبلی مانند مدالوس (Kosmas et al., 1999) و IMDPA باید گفت که طبقه‌بندی شاخص‌ها به‌طور یکنواخت نیست به‌طوری که شاخص‌های مورد بررسی در هر معیار در قالب کلاس‌بندی‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. برخلاف مدل‌های پیشین در این مدل هر یک از شاخص‌های مربوطه به‌صورت ۵ طبقه خطر تهیه شد و در نهایت با میانگین حسابی از این شاخص‌ها، نقشه خطر معیار در ۵ طبقه تعیین شده است و در عین حال طبقه میانی به‌عنوان طبقه خطر متوسط برای همه شاخص‌ها در نظر گرفته شده است که در مورد مدل‌های ذکر شده صدق نمی‌کند.

در ضمن در این مدل پیشنهادی عوامل طبیعی و انسانی و روند به‌طور مجزا بررسی می‌شوند و امکان مقایسه بین آن‌ها فراهم می‌شود. می‌توان به‌عنوان مثال از تفاوت‌ها و نکات مثبت مدل فوق نسبت به سایر مدل‌ها به تمایز این مدل با مدل مدالوس اشاره نمود که ویژگی بارز مدل پیشنهادی نسبت به مدل مدالوس پرداختن به روند تخریب و تفکیک عوامل طبیعی از انسانی و نیز بررسی وضعیت فعلی است. همچنین در این مدل در مقایسه با مدل IMDPA نظم مناسب‌تری در تعیین معیارها مشاهده می‌شود و عوامل طبیعی از عوامل انسانی و روند مجزا در نظر گرفته شده‌اند و عوامل فوق که به‌نوعی پتانسیل خطر را نشان می‌دهند از وضعیت فعلی تفکیک شده در صورتی که در مدل IMDPA چنین تفکیکی مشاهده نمی‌شود. همچنین ضعف بزرگ دیگر IMDPA عدم بررسی روند تخریب است که پارامتر بسیار حیاتی برای تعیین ارزیابی خطرات محیط‌زیستی می‌باشد که در این تحقیق به‌طور مجزا مورد مطالعه قرار گرفت.

در کل باید به‌این نکته اشاره شود که مهم‌ترین تفاوت مدل فوق با مدل‌های پیشین دیدگاه و روشی است که کمک می‌کند میزان ریسک تخریب در قالب دیدگاه لادا تعیین شود. در این مدل با توجه به‌روش کار پیشنهادی میزان ریسک خطر برای یک طبقه بالاتر از وضعیت فعلی تخریب در طول ده سال آینده به‌دست

۴. مناطق دارای خطر متوسط (Moderate Risk) به ترتیب با در نظرگیری احتمال بیشتر.

یادداشت‌ها

1. United Nations Conference on Environment and Development
 2. United Nations Conference on Desertification
 3. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
 4. World Meteorological Organization
 5. Global Assessment of Soil Degradation
 6. Land Degradation Assessment in Dry lands
 7. Drivers-Pressure-State-Impact-Response (D-P-S-I-R)
 8. Modified of Land Degradation Assessment in Dry lands
 9. United Nations Convention to Combat Desertification
 10. Overall Assessment of Desertification
 11. European Environment Agency
۱۲. ۳/ (شاخص تغییر اقلیم + شاخص خشکسالی + شاخص وضعیت فعلی اقلیم) = معیار اقلیم و ۴ / (شاخص خشکی + سرعت باد + دما + میزان بارندگی) = وضعیت فعلی اقلیم
۱۳. با تأکید بر جمعیت مناطق روستایی (تاثیر دو برابر) نسبت به شهری. برای تهیه نقشه تراکم جمعیت از مقادیر میانگین وزنی و انحراف معیار وزنی بخش‌های استان خراسان رضوی استفاده شد.
۱۴. براساس مقادیر میانگین وزنی و انحراف معیار وزنی (مانند معادلات تراکم جمعیت) بخش‌های استان خراسان رضوی انجام گرفت.
۱۵. نقشه نهایی معیار تخریب خاک براساس حداکثر محدودیت موجود بین هر یک از شاخص‌های وضعیت شوری و وضعیت فرسایش به دست می‌آید.
۱۶. ۲/ (شاخص کیفی + شاخص کمی) = معیار آب زیرزمینی
۱۷. شاخص کیفی براساس بالاترین محدودیت یا بالاترین طبقه خطر هدایت الکتریکی یا نسبت جذب سدیم انتخاب می‌گردد.

آمد؛ در حالی که مدل‌های قبلی فاقد این ارزیابی است. این نوع نگرش می‌تواند راهنمای مناسب‌تری نسبت به سایر مدل‌ها از جمله مدل‌های IMDPA، فائو-یونپ، اسود-گلاسود، مدالوس و گلادا (Bai et al., 2008) برای مدیران طرح‌های اجرایی برای شناسایی مناطق دارای اولویت به منظور اجرای فعالیت‌های احیایی و حفاظتی فراهم نماید.

با توجه به استفاده از چارچوب پیشنهادی LADA و نکات اصلاحی و نوآوری جدید در ارزیابی ریسک تخریب که در مدل‌های مطرح جهانی مشاهده نمی‌شود؛ مدل ارزیابی فوق تحت عنوان «ارزیابی تخریب سرزمین اصلاح یافته در مناطق خشک، MLADA» معرفی می‌شود. در این تحقیق گسترش طبقات خطر عوامل طبیعی، انسانی و روند و خطر تولید فعلی به پتانسیل در منطقه مطالعاتی به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی براساس نتایج به دست آمده وضعیت ریسک یا خطر تخریب در منطقه مطالعاتی با آب و هوای خشک حاد اس. بنابراین، منطقه میاندهی در معرض خطر تخریب شدیدی در آینده قرار دارد و از کلاس ریسک بالایی برخوردار است و در برابر عوامل تخریب آسیب‌پذیر می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود این منطقه برای انجام اقدامات حفاظتی و احیایی در اولویت قرار گیرد.

پیشنهاد می‌شود استفاده‌کنندگان این مدل برای انجام اقدامات حفاظتی و احیایی مناطق فوق را به ترتیب در اولویت قرار دهند:

۱. مناطق دارای خطر تخریب بسیار شدید فعلی (Very Severe Actual Risk) البته به غیر از اراضی بیابانی شده (اراضی واقع در دشت با پوشش گیاهی زیر ۵ درصد). البته اگر هدف اقدامات بیابان‌زدایی و تثبیت شن و کنترل کانون‌های بحرانی فرسایش بادی باشد؛ مناطق بیابانی فوق هم در اولویت قرار می‌گیرند.
۲. مناطق دارای خطر بسیار شدید (Very Severe Risk) به ترتیب با در نظرگیری احتمال بیشتر.
۳. مناطق دارای خطر شدید (Severe Risk) به ترتیب با در نظرگیری احتمال بیشتر.

فهرست منابع

احمدی، ح. ۱۳۸۴. گزارش تهیه مدل شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل پیشنهادی IMDPA. دانشگاه تهران.

- اختصاصی، م.ر. و سپهر، ع. ۱۳۹۰. روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه‌ی بیابان‌زایی. انتشارات دانشگاه یزد. ۲۸۸ص.
- بدیعی نامقی، ح. ۱۳۸۸. ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از GIS و سنجش از دور و مقایسه دو روش فائو-یونپ و مدل مدالوس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی. دانشگاه شیراز.
- بهرامی، ح.؛ وقارفر، ح.؛ ملکیان، آ.؛ غلامی، ح. و طهماسبی پ. ۱۳۹۵. روش تحلیل عاملی در اولویت‌بندی معیارهای سنجش تخریب سرزمین در حوزه آبخیز کارون. برنامه‌ریزی و آمایش فضا. ۲۰ (۲): ۸۹-۱۱۴.
- چمن‌پیرا، غ.؛ زهتابیان، غ.ر. و احمدی، ح. ۱۳۸۴. کاربرد روش ICD به منظور تعیین شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی در حوزه آبخیز کوه‌دشت. نشریه دانشکده منابع طبیعی. ۵۹ (۳): ۵۵۵-۵۴۳.
- رامشت، م. ح.؛ انتظاری، م. و دلسوز، س. ۱۳۹۴. ارتقاء مدل اسلمسا با ترفندی تکنیکی در سهم‌گذاری عوامل فرسایشی. فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۴ (۱۵): ۱۱۳-۱۲۶.
- طهماسبی بیرگانی، ع. م. ۱۳۸۵. بررسی نوع و شدت عوامل مؤثر در بیابان‌زایی (تخریب سرزمین) در استان یزد. فصل‌نامه علمی-اجتماعی-اقتصادی جنگل و مرتع. (۷۰): ۳۲-۲۴.
- Barrio, G.; Puigdefabregas, J.; Sanjuan, M.E.; Stellmes, M. & Ruiz, A. 2010. Assessment and monitoring of land condition in the Iberian Peninsula, 1989–2000. *Remote Sensing of Environment*, 114:1817-1832.
- Bai, Z.G.; Dent, D.L.; Olsson, L. & Schaepman, M.E. 2008. Global assessment of land degradation and improvement", Identification by remote sensing. Report 2008/01, ISRIC, Wageningen.
- Bellamy, J. J. & Ieradi, M. 2009. Final Report Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) UNEP/FAO/GEF Project.
- FAO-UNEP. 1984. Provisional methodology Consequences of Desertification in Dry land of Africa ,Land Degradation Development for assessment and mapping of desertification.
- FAO.1994. Land degradation in South Asia: its severity causes and effects upon the people. FAO, UNDP and UNEP: Rome.
- FAO-UNEP. 2001. Land degradation assessment in dry land (LADA)", united nation environmental program. Global Gnvironent facility (GEF).
- Feoli, E.; Giacomich, P.; Mignozzi, K.; Oztürk, M. & Scimone, M. 2003. Monitoring desertification risk with an index integrating climatic and remotely-sensed data: An example from the coastal area of Turkey", *International Journal Management of Environmental Quality*, 1: 10-21.
- Hooke, J. & Sandercock, P. 2012. Use of vegetation to combat desertification and land degradation: Recommendations and guidelines for spatial strategies in Mediterranean lands. *Landscape and Urban Planning*, 107(4): 389-400.
- Kosmas, C.; Kirkby, M. & Geeson, N. 1999. Methodology for mapping environmentally sensitive areas to desertification. Project report. European Commission.
- Masoudi, M. 2005. Risk assessment of land degradation in part of Mond basin, southern Iran. Ph.D Thesis, Department of Environmental Science, Pune University, India.
- Masoudi, M.; Patwardhan, A.M. & Gore, S.D. 2006. Risk assessment of water erosion for the Qareh Aghaj Sub Basin, Southern Iran." *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2: 15-24.
- Masoudi, M. 2010. RISK ASSESSMENT AND REMEDIAL MEASURES OF LAND DEGRADATION in part of southern Iran", LAMBERT Academic Publishing, Germany.
- Masoudi, M. & Amiri, E. 2015. A new model for hazard evaluation of vegetation degradation using DPSIR framework, a case study: Sadra Region, Iran". *Polish Journal of Ecology*, 63:1–9.

Oldeman, L.R.; van Lynden, G.W.J. & van Engelen, V.W.P. 1995. An International Methodology for Soil Degradation Assessment and for a Soils and Terrain Digital Database (SOTER)" Paper presented at the Regional Workshop on Assessment and Monitoring of Land Degradation Cairo, May 13-15.

Stringer, L. C. & Harris, A. 2013. Land degradation in DOLJ county, southern ROMANIA: Environmental changes, impacts and responses. Land Degradation & Development. DOI: 10.1002/ldr. 2260

Van Lynden, G.W.J. & Oldeman, L.R. 1997. Assessment of the status of human-induced soil degradation in south and southeast Asia (ASSOD), International Soil Reference and Information Centre.