

ارزیابی خطر و ریسک بیابان‌زایی منطقه‌ی سبزوار با استفاده از مدل MICD

اسماعیل سیلاخوری* - کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی گرگان، Esi.sila@yahoo.com

مجید اونق - استاد، دانشکده آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

امیر سعدالدین - دانشیار، دانشکده آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۲ | تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲

چکیده

بیابان‌زایی خطری جدی برای بسیاری از کشورهای جهان و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه مانند ایران است. مناسب‌ترین روش برای تعیین شدت خطر بیابان‌زایی استفاده از مدل‌های تجربی است. در این تحقیق برای منطقه‌ی سبزوار خطر بیابان‌زایی با مدل ایرانی MICD ارزیابی شد و ریسک بیابان‌زایی تعیین گردید. برای این منظور، ابتدا نقشه‌ی واحدهای کاری (رخساره‌های ژئومورفولوژی) با استفاده از نقشه‌های شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری، تصاویر رقومی ماهواره‌ای لندست ۵، در چهار واحد، ۱۰ تیپ و ۹۶ رخساره‌ی ژئومورفولوژی تهیه گردید. پس از ارزش‌دهی به شاخص‌های بیابان‌زایی مدل در واحدهای کاری، نقشه‌ی خطر تهیه گردید. برای تعیین ریسک بیابان‌زایی، ابتدا عناصر در معرض خطر شناسایی و رتبه‌بندی شدند. پس از تعیین درجه‌ی آسیب‌پذیری آن‌ها نقشه‌ی آسیب‌پذیری تهیه شد. نقشه‌ی ریسک با ترکیب نقشه‌های شدت خطر، فراوانی و درجه‌ی آسیب‌پذیری عناصر بر اساس معادله‌ی ریسک تهیه شد. نتایج نشان داد که در کاربری مرتعی شاخص‌های «تداوم وزش باد بیش از ۶ متر بر ثانیه به‌منزله‌ی سرعت آستانه» و «تراکم پوشش گیاهی مؤثر در خاک»؛ در اراضی بدون کاربری، «تداوم وزش باد بیش از سرعت آستانه» و «آثار انباشت خاک» و در کاربری کشاورزی، «مدیریت بقایای گیاهی» و «وضعیت بادشکن در اطراف مزارع» شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی بودند. نقشه‌ی بیابان‌زایی در چهار رتبه‌ی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به دست آمد که بیشترین سطح منطقه را رتبه‌ی متوسط (۴۶/۴۵ درصد) به خود اختصاص داد. بیشترین و کمترین عناصر به ترتیب در رتبه‌ی زیاد و خیلی کم آسیب‌پذیری قرار گرفتند. نقشه‌ی ریسک بیابان‌زایی در پنج رتبه به دست آمد که بیشترین سطح منطقه را رتبه‌ی زیاد (۴۶/۷۷ درصد) و کمترین سطح منطقه را رتبه‌ی خیلی کم (۹/۱۶ درصد) به خود اختصاص داد. نقشه‌ی ریسک بیابان‌زایی و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی منطقه، به‌منزله‌ی ابزاری مناسب و کارآمد، نقشه‌ی راه برای مدیریت بحران بیابان‌زایی است. با توجه به این امر اولویت‌بندی برنامه‌ی مدیریت بحران و همچنین نوع برنامه‌ها تعیین خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: شدت خطر بیابان‌زایی، مدل MICD، عناصر خطر، آسیب‌پذیری، ریسک، منطقه‌ی سبزوار

Assessing desertification hazard and risk in Sabzevar region using MICD Model

Esmael Silakhori¹, Majid Ownegh², Amir Sadoddin³

Abstract

Desertification has turned into serious hazard for many countries especially developing ones such as Iran. The most suitable methods for desertification assessment intensity considered to be experimental models. Iranian desertification model, namely MICD, was used in this study to assess desertification hazard for Sabzevar region. For this purpose, work units map (geomorphologic faces) was created using slope, geology, vegetation cover, land use, Landsat 5 satellite imagery and Google Earth data. Accordingly, four units, 10 types and 96 faces were identified. Desertification map of the model was synthesized after rating the desertification indices in work units. For assessing desertification risk, firstly, the elements at risk were identified and classified. The risk map was developed with a combination of desertification hazard intensity and number of elements and degree of vulnerability maps using the total risk equation. Results showed that "continuity of wind blow (≥ 6 m/s as threshold wind velocity)" and "density of vegetation cover" in rangelands; "continuity of wind blow (≥ 6 m/s)" and "soil accumulation" in bare lands, and "Crop residue management" and "wind break situation around the field" in the farmlands are the most effective factors. Desertification map was created in four classes of low (II), moderate (III), high (IV) and very high (V). The vast area of the region is allocated to the moderate class (46.45%). The highest and lowest elements fall into intensive (V) and very low classes (I), respectively. Risk map of desertification was obtained in five classes which the largest part (46.77 %) and the smallest part (9.16%) of the region was associated with the high and very low classes respectively.

Key words: Desertification hazard intensity, MICD model, Elements at risk, Vulnerability, Sabzevar region

1 M.Sc. of Desert Area Management, Department of Watershed and Desert Area Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran; Esi.sila@yahoo.com

2 professor, Department of Watershed and Desert Area Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3 Assist. Prof., Department of Watershed and Desert Area Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

مقدمه

روش بهتری برای ارزیابی بیابان‌زایی منطقه معرفی شد. ابریشم در پژوهشی [۸] وضعیت فعلی بیابان‌زایی حوزه‌ی فخرآباد - مهریز واقع در استان یزد را بر اساس روش‌های مدالوس تغییر یافته، ICD و MICD به‌طور جداگانه ارزیابی و نقشه‌ی مربوط به هر یک را تهیه کرد. بر اساس نتایج به دست آمده با روش MICD منطقه‌ی مورد مطالعه به چهار رتبه‌ی شدت بیابان‌زایی آرام (I)، کم (II)، متوسط (III) و زیاد (IV) و بر اساس روش مدالوس تغییر یافته، منطقه‌ی مورد مطالعه به سه رتبه‌ی شدت بیابان‌زایی کم (II)، متوسط (III) و زیاد (IV) تقسیم شد. با توجه به نتایج به دست آمده و مقایسه‌ی نتایج حاصل از سه روش ذکر شده با شرایط منطقه‌ی مورد مطالعه، روش‌های مدالوس تغییر یافته و MICD به ترتیب برای ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی مناسب است. حسینی و همکاران [۴] با استفاده از مدل MICD وضعیت بالفعل و بالقوه‌ی بیابان‌زایی را مورد بررسی قرار دادند. در نهایت منطقه‌ی مورد مطالعه به سه رتبه‌ی کم (۸/۷ درصد)، متوسط (۳۲/۳ درصد) و زیاد (۵۹ درصد) تقسیم شد. همچنین بیشترین ارزش شدت کنونی بیابان‌زایی را تپه‌های بارخانی با ارزش ۲۲/۵، که از نظر کیفی با فرسایش خیلی زیاد مشخص شده است، معرفی کردند. شهریار و همکاران [۹] تخریب سرزمین در منطقه‌ی سیستان را با استفاده از مدل MICD مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که منطقه‌ی مورد مطالعه در سه رتبه‌ی متوسط (III)، زیاد (IV) و شدید (V) قرار دارد که به ترتیب ۵۹/۳، ۳۱/۲ و ۹/۵ درصد از مساحت کل منطقه را در بر می‌گیرد. هاشمی و همکاران [۱۰] وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه‌ی زهک سیستان را با تأکید بر معیار فرسایش آبی، با استفاده از تجزیه، تحلیل و تلفیق دو روش FAO-UNEP و MICD، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که ۵/۹ درصد منطقه در رتبه‌ی کم (I) و ۹۴/۱ درصد منطقه در رتبه‌ی متوسط (II) قرار دارد. صفری [۱۱] در دشت سگری پتانسیل شدت بیابان‌زایی را با تأکید بر فرسایش بادی با دو روش IMDPA و MICD مورد استفاده قرار داد. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد که در روش IMDPA مساحتی بالغ بر ۳۰۹۲۵ نیز هکتار از منطقه‌ی مطالعاتی در رتبه‌ی شدید و در روش MICD مساحتی برابر ۳۳۶۵۶ هکتار در رتبه‌ی زیاد قرار دارد و در مجموع مدل MICD را برای مقیاس‌های بزرگ‌تر (با دقت بیشتر و وسعت کمتر) و مدل IMDPA را برای مقیاس‌های کوچک‌تر (با دقت کمتر و وسعت بیشتر) توانمند دانست. نظری‌نژاد [۱۲] برای پهنه‌بندی و تدوین برنامه‌ی مدیریت خطر بیابان‌زایی در منطقه‌ی رضآباد خارتوران در سمنان، کارایی مدل‌های ESAs^۲ و ICD را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج او نشان داد، پس از شناسایی عناصر در معرض خطر، بیشترین و کمترین عناصر به ترتیب در رتبه‌ی زیاد (V) و کم آسیب‌پذیری (II) قرار دارند و با توجه به نقشه‌بندی به دست آمده، ۴۳/۳ درصد از منطقه در رتبه‌ی ریسک کم (I)، ۲۵/۴۲ درصد در رتبه‌ی ریسک متوسط (II)، ۷/۶۲ درصد در رتبه‌ی خطر زیاد (IV) و همچنین ۲۳/۵۹ درصد در رتبه‌ی ریسک خیلی زیاد (V) قرار دارند. در نهایت فراوانی رتبه‌ی‌های خطر و ریسک بیابان‌زایی هر کدام تفاوت معنادار داشتند. هنردوست و همکاران

در حال حاضر بیابان‌زایی معضلی گریبان‌گیر برای بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه است [۱]. بیش از ۶۴/۵ درصد از مساحت کشور با بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر تحت تأثیر شرایط اقلیمی فراخشک و خشک است [۲]. در اجلاس بیابان‌زدایی ملل متحد در ۱۹۷۷ (شهر نایروبی، پایتخت کنیا) بیابان‌زایی کاهش پتانسیل تولید اراضی دارای اقلیم‌های خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب که نهایتاً منجر به شرایط مشابه بیابان می‌شود تعریف می‌گردد [۳]. طبق مطالعات صندوق بین‌المللی توسعه‌ی کشاورزی^۱، بیابان‌زایی ۴۰ درصد کل اراضی کره‌ی زمین را تهدید می‌کند و سالانه ۱۲ میلیون هکتار از اراضی را تحت تأثیر مستقیم خود قرار می‌دهد. این پدیده سالانه ۴۲ میلیارد دلار به اقتصاد جهانی زیان می‌رساند و حدود دو میلیارد نفر از مردم جهان با این پدیده روبه‌رو هستند؛ به طوری که سالانه موجب مهاجرت پنج میلیون نفر از شهر و کاشانه‌ی خود می‌شود [۴]. بیابان‌زایی می‌تواند در همه‌ی شرایط اقلیمی به وقوع بپیوندد و شدت آن بستگی به شرایط طبیعی آن منطقه دارد. در مناطقی با اقلیم گرم و خشک فرایند بیابان‌زایی می‌تواند سرعت پیدا کند و به صورت فاجعه درآید. این فرایند همواره با تخریب خاک و منابع آب، پوشش گیاهی و دیگر منابع در شرایط طبیعی و اکولوژیکی همراه است [۵]. چنین است که بیابان‌زایی، در میان ۲۷ چالش مهم جهانی، یکی از سه چالش اصلی فراروی بشر در قرن ۲۱ (پس از چالش‌های مهم تغییر اقلیم و کمبود آب شیرین) گزینش می‌شود. بی‌گمان، هنگامی که موضوعی دارای چنین درجه‌ای از اهمیت باشد و مقابله با آن از جایگاهی ممتاز در بین اولویت‌های مشترک شهروندان زمینی برخوردار باشد، شناخت، ارزیابی و پایش مستمر آثار آن حیاتی و تأثیرگذار قلمداد می‌شود [۶]. با توجه به اهمیت معضل بیابان‌زایی مطالعات زیادی انجام شده، ولی پژوهشگران معتقدند ارزیابی بیابان‌زایی زمانی امکان‌پذیر است که معیارها و شاخص‌های مناسب و معتبر مربوط به این پدیده تعیین شود؛ اما تاکنون امکان تعیین چنین شاخص‌هایی که بتوان از آن‌ها در سطوح مختلف جهانی، ناحیه‌ای، منطقه‌ای، ملی و محلی استفاده کرد میسر نشده است. احمدی و همکاران [۷]، برای ارزیابی مناطق بیابانی‌شده‌ی ایران، مدل‌های ICD^۱ و MICD^۳ را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به دست آمده به این صورت بود که در روش ICD منطقه‌ی فخرآباد - مهریز در رتبه‌های پایین و متوسط بیابان‌زایی قرار داشت. در این منطقه رتبه‌ی کم حدود ۸۲۳۵۱ هکتار (۹۱/۵۹ درصد) و رتبه‌ی متوسط حدود ۷۵۶۵ هکتار (۸/۴۱ درصد) از کل منطقه را شامل شد و در روش MICD منطقه به چهار رتبه‌ی آرام، کم، متوسط و زیاد تقسیم شد. رتبه‌ی آرام حدود ۳۳۳۲۷ هکتار (۳۷/۰۶ درصد)، رتبه‌ی کم حدود ۸۳۴۶ هکتار (۹/۲۸ درصد)، رتبه‌ی متوسط حدود ۳۷۲۴۵ هکتار (۴۱/۴۲ درصد) و رتبه‌ی بالا حدود ۱۰۹۹۸ هکتار (۱۲/۲۳ درصد) منطقه را تشکیل داد. بر اساس نتایج این تحقیق و مقایسه‌ی آن با شرایطی که در منطقه‌ی فخرآباد - مهریز مشاهده شد، MICD

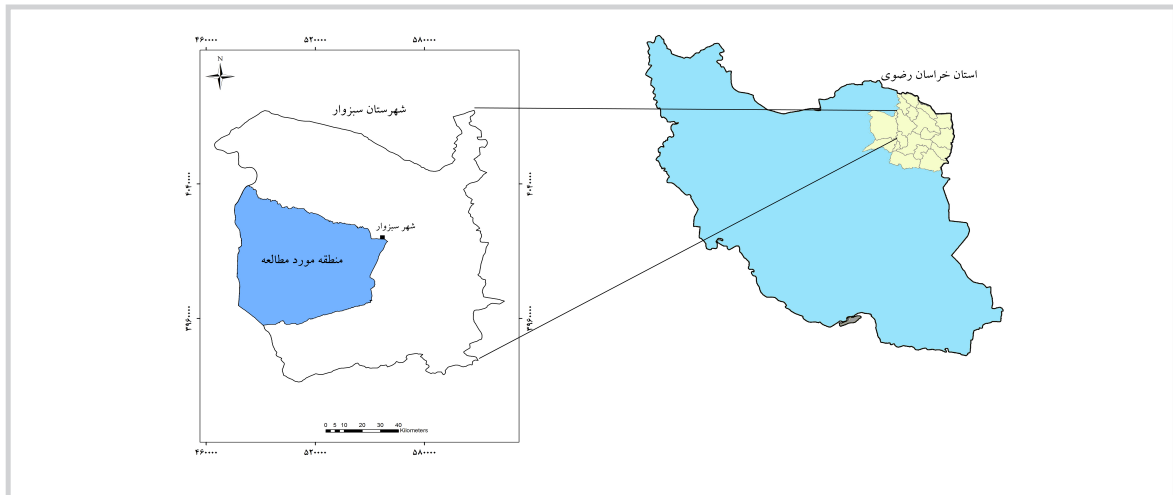
۹۰

شماره پنجم
بهار و تابستان
۱۳۹۳

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



ارزیابی خطر و ریسک بیابان‌زایی منطقه‌ی سیروزا
استفاده از مدل MICD



تصویر ۱: نقشه‌ی موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در شهرستان سبزوار و استان خراسان رضوی

بزرگ آن در حوزه‌ی کویر مرکزی ایران واقع شده است (تصویر ۱). ارتفاع منطقه از حدود ۷۹۶ متر در کویر تا ۱۷۰۱ متر در کوهستان تغییر می‌کند. میانگین بارندگی منطقه از حدود ۱۲۰ میلی‌متر در مناطق بیابانی تا نزدیک به ۴۰۰ میلی‌متر در مناطق کوهستانی (ارتفاعات جغتای) متفاوت است. از مراکز جمعیتی مهم این منطقه می‌توان به دو شهر داورزن و روداب اشاره کرد.

تهیه‌ی نقشه‌ی واحدهای کاری (رخساره‌های ژئومورفولوژی)

پس از رقوم‌ی کردن نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه‌ی مورد مطالعه و تهیه‌ی نقشه‌ی شیب، نقشه‌ی پوشش گیاهی شهرستان سبزوار تهیه شده بر اساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و بازدید میدانی، تصاویر ماهواره‌ای موزاییک‌شده‌ی Google Earth، تصاویر ماهواره‌ای (۲۰۱۱ میلادی) سنجنده‌ی TM مربوط به گذر ۱۶۱ و ردیف ۳۵ و بازدید میدانی، نقشه‌ی واحدهای کاری برای منطقه‌ی مورد مطالعه در سه واحد بزرگ اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی و جنگلی و زمین‌های فاقد کاربری به دست آمد. این نقشه مبنای ارزیابی و مطالعه‌ی خطر بیابان‌زایی قرار گرفت.

ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل MICD

به طور کلی در عرصه‌های مختلف چهار واحد همگن بزرگ به شرح زیر می‌توان تفکیک کرد که در هر کدام نوع معیار و شاخص‌های مورد استفاده متفاوت است (جدول ۱ تا ۳):

۱. واحد اراضی کشاورزی (زراعی، باغی، دیم، آیش و بایر)؛
۲. واحد اراضی مرتعی و جنگلی (مرتع، جنگل، بیشه‌زار و...)
۳. اراضی فاقد کاربری (اراضی کویری، تپه‌های ماسه‌ای، سطوح سنگفرشی، تپه‌ها، کوه‌های لخت و...)
۴. واحد اراضی صنعتی و شهری (مناطق مسکونی و شهری، جاده‌ها، مناطق صنعتی، بوستان‌ها و... [۱۶]). در این تحقیق از واحد اراضی شهری و صنعتی به دلیل کوچک بودن مقیاس آن‌ها نسبت به سطح

[۱۳] برای ارزیابی شدت و ریسک بیابان‌زایی، در بخش شمالی دشت گرگان، از مدل مدالوس اصلاح شده استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ۵۲/۴۸، ۴۴/۲۷ و ۲/۷۹ درصد از منطقه به شدت، در حد متوسط و کمی تحت تأثیر بیابان‌زایی است و شاخص‌های «خاک» و «ماندایی شدن» مهم‌ترین عوامل مؤثر بر روند بیابان‌زایی در منطقه‌ی مورد مطالعه به شمار می‌روند. آن‌ها همچنین برنامه‌های مدیریتی را برای پایداری طرح‌های کشاورزی ضروری می‌دانند.

پرووی و همکاران [۱۴] برای تهیه‌ی نقشه‌ی بیابان‌زایی بستر خشک هامون از مدل ESAs استفاده کردند و نتیجه گرفتند که ۴۸/۲ درصد منطقه در طبقه‌ی بحرانی با درجه‌ی متوسط قرار دارد. النا توپا و همکاران [۱۵] حساسیت به بیابان‌زایی دو منطقه‌ی نیمه‌شهری جنوب صحرای اوآگادوگو (بورکینافاسو) و سنت لوئیس (سنگال) را با استفاده از روش اصلاح‌شده‌ی ESAs مورد بررسی قرار دادند و بخش شمالی منطقه‌ی سنت لوئیس را با حساسیت بحرانی به بیابان‌زایی معرفی کردند و در نهایت نقشه‌ی بیابان‌زایی توسعه‌یافته را ابزاری ارزشمند برای ترویج مدیریتی کارآمدتر از مناطق آسیب‌دیده و جهت‌یابی مؤثر برای سیاست‌های پیشگیری از بیابان‌زایی قلمداد کردند. در این تحقیق از مدل ایرانی MICD، که با توجه به شرایط بیابان‌های داخلی ایران ساخته شده، استفاده شد تا خطر و ریسک بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار گیرد. نقشه‌ی ریسک می‌تواند نقشه و ابزاری مناسب و کارآمد برای مدیریت بحران بیابان‌زایی باشد، چرا که این نقشه و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی منطقه می‌تواند تقدم و تأخر و نوع برنامه‌ی مدیریتی را برای هر واحد کاری مشخص کند.

روش تحقیق

موقعیت و ویژگی‌های عمومی منطقه‌ی سبزوار

منطقه‌ی مورد مطالعه با وسعت ۴۶۷۷۳۹/۸۵ هکتار بین عرض‌های ۳۶°۲۹' و ۳۵°۴۴' و طول‌های ۵۶°۴۳' و ۳۸°۱۶' جغرافیایی قرار دارد. از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان سبزوار از توابع استان خراسان رضوی است که قسمت

جدول ۱: شاخص‌های ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در اراضی با کاربری مرتعی و جنگلی مخروطه [۴]

ردیف	نوع شاخص	زیرشاخص و دامنه‌ی امتیاز		
		کم (۰-۱)	متوسط (۱-۲)	شدید (۲-۳)
۱	تراکم پوشش گیاهی مؤثر در خاک یا تراکم سنگریزه (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) در سطح خاک	بیش از ۵۰ درصد بیش از ۷۰ درصد	۲۵ - ۵۰ درصد ۴۰ - ۷۰ درصد	۱۰ - ۲۵ درصد ۲۰ - ۴۰ درصد
۲	مدت زمان ماندگاری گیاه در سطح خاک	در تمام طول سال	بیش از ۹ ماه سال	کمتر از ۳ ماه و منطبق با فصل یاد
۳	آثار آشفته‌گی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک	بسیار کم	کم	زیاد
۴	تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه (۶ متر در ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری)	کمتر از ۵ روز در سال	۲۰ - ۵ روز در سال	۲۰ - ۶۰ روز در سال
۵	آثار بادسایدگی خاک و ظهور رخساره‌های شلجی شکل و یا کلوت و یاردانگ در سطح خاک	بسیار کم، غیر قابل مشاهده	کم، کمتر از ۲ درصد عرصه	زیاد، ۲ - ۱۰ درصد عرصه
۶	مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک	بیش از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۱ - ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	کمتر از ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
۷	آثار انباشت خاک (ماسه‌بادی) در پای گیاهان و یا سنگ‌ها (Pedestal)	اشکال انباشت ماسه‌بادی در سطح خاک دیده نمی‌شود	اشکال انباشت رسوب بادی کمتر از ۲ درصد عرصه	اشکال انباشت ماسه‌بادی ۲ - ۱۰ درصد عرصه

جدول ۲: شاخص‌های ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در اراضی فاقد کاربری [۴]

ردیف	نوع شاخص	زیرشاخص و دامنه‌ی امتیاز		
		کم (۰-۱)	متوسط (۱-۲)	شدید (۲-۳)
۱	وضعیت خاک سطحی	کاملاً سنگی، سنگفرشی بیش از ۷۰ درصد، سله‌ی رسی یا نمکی سخت	نیمه سنگی، سنگفرش غیر متراکم (۷۰-۴۰ درصد)، سله	سنگ یا خاک نسبتاً حساس، یا سله‌ی رسی نمکی نیمه پایدار، سنگریزه خاک سطحی کمتر از ۴۰ درصد
۲	آثار آشفته‌گی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک	بسیار کم	کم	خیلی زیاد
۳	تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه (۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری)	کمتر از ۵ روز در سال	۲۰ - ۵ روز در سال	بیش از ۶۰ روز در سال
۴	آثار بادسایدگی خاک و ظهور رخساره‌های شلجی شکل و یا کلوت و یاردانگ در سطح خاک	بسیار کم، غیر قابل مشاهده	کم، کمتر از ۲ درصد عرصه	خیلی زیاد، بیش از ۱۰ درصد عرصه
۵	آثار انباشت خاک (ماسه‌بادی) در سطح محدوده‌ی مورد نظر	اشکال انباشت ماسه‌بادی در سطح خاک دیده نمی‌شود	اشکال انباشت رسوب بادی کمتر از ۲ درصد عرصه	اشکال انباشت ماسه‌بادی ۲ - ۱۰ درصد عرصه
۶	مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک	بیش از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۱ - ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	کمتر از ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
۷	بافت خاک	سنگریزه‌ای و یا رسی، میزان کلوخه‌ای شدن خاک زیاد	رسی شنی میزان کلوخه‌ای شدن خاک کم	شنی لومی - لومی شنی امکان تشکیل کلوخه‌ای محدود

از آنجا که در روش یاد شده شمار شاخص‌ها در کاربری‌های مختلف یکسان نبود، پیش از آغاز ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در منطقه‌ی مورد بررسی، شمار شاخص‌ها در همه‌ی کاربری‌ها یکسان و هم‌سنگ شد. بدین صورت که در جدول مربوط به ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی اراضی بدون کاربری، شاخص‌های بافت خاک اضافه شد و در جدول مربوط به ارزیابی وضعیت

مطالعه خودداری شد. پس از اینکه نقشه‌ی واحدهای کاری منطقه‌ی مورد مطالعه تعیین شد، در هر یک از آن‌ها اقدام به ارزش‌دهی و ارزیابی بیابان‌زایی شد. هر واحد کاری بر اساس اینکه جزء کدام یک از سه کاربری «واحد اراضی کشاورزی»، «واحد اراضی مرتعی و جنگلی» و «اراضی فاقد کاربری» قرار می‌گیرد، بر اساس شاخص‌های آن کاربری (جدول‌های ۱ تا ۳) ارزش‌دهی شد.

جدول ۳: شاخص‌های ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در اراضی با کاربری کشاورزی [۴]

ردیف	نوع شاخص	زیرشاخص و دامنه‌ی ارزش		
		کم (۰-۱)	متوسط (۱-۲)	شدید (۲-۳)
۱	الگوهای کشت در محدوده‌ی اراضی تحت کشاورزی	همه‌ی اراضی کشاورزی به صورت باغات یا کشت گونه‌های دائمی، بدون آیش زراعی	بیش از ۲۰ درصد اراضی منطقه تحت زراعت	بیش از ۵۰ درصد منطقه تحت زراعت آبی و دیم جدا و دور از اراضی باغی
۲	وضعیت بادشکن در اطراف مزارع	گونه‌های درختی عمود بر بادهای فرساینده یا مزرعه دارای بادشکن مناسب بیش از ۵ درصد مزارع، اختصاص به بادشکن دارد.	گونه‌های درختی موازی به مسیر باد، یا بخشی از مزرعه فاقد بادشکن درختی	بیش از ۵۰ درصد مزارع مورد بررسی فاقد بادشکن مناسب یا وسعت بادشکن به کل مزارع کمتر از ۳ درصد
۳	مدیریت خاک و زمین	شخم عمود بر جهت باد، ردیف‌های جوی و پشته عمود بر جهت باد	شخم مایل با جهت باد، ردیف‌های جوی و پشته مایل بر جهت باد	شخم نسبتاً مایل با جهت باد، ردیف‌های جوی و پشته نسبتاً مایل بر جهت باد
۴	بافت خاک	سنگریزه‌ای و یا رسی، میزان کلوخه‌ای شدن خاک زیاد	رسی شنی میزان کلوخه‌ای شدن خاک کم	شنی لومی - لومی شنی امکان تشکیل کلوخه محدود
۵	مدیریت بقایای گیاهی	باقی ماندن بقایا بعد از برداشت محصول با تراکم بیش از ۵۰ درصد و ایستا با ارتفاع بیش از ۳۰ سانتی متر	بقایای گیاهی با تراکم ۲۰-۴۰ درصد، ایستا یا ۶۰-۵۰ درصد خوابیده	بقایای گیاهی با تراکم ۵-۲۰ درصد، ایستا و ۴۰-۲۰ درصد خوابیده
۶	رطوبت خاک و دور آبیاری	خاک همیشه مرطوب، در حد رطوبت مزرعه‌ای	رطوبت خاک، همیشه بالاتر از حد رطوبت پژمردگی	خاک سطحی عموماً خشک و پایین‌تر از حد پژمردگی
۷	وزش بادهای با سرعت بیش از سرعت آستانه (۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری)	کمتر از ۵ روز در سال	۵-۲۰ روز در سال	۲۰-۶۰ روز در سال

جدول ۵: رتبه‌های عناصر در معرض خطر در منطقه‌ی سبزوار

ردیف	رتبه‌ی عناصر	طبقات کیفی	تعداد عناصر در واحد پلیگون
۱	I	خیلی کم	≤ ۲
۲	II	کم	۳
۳	III	متوسط	۴
۴	IV	زیاد	۵
۵	V	خیلی زیاد	۶ ≤

جدول ۴: طبقه‌بندی رتبه‌های بیابان‌زایی در مدل MICD [۱۶]

رتبه	دامنه‌ی اعداد	علامت
آرام (پنهان)	۰-۵/۶	I
کم	۵/۶-۱۱/۲	II
متوسط	۱۱/۲-۱۶/۸	III
زیاد	۱۶/۸-۲۲/۴	IV
شدید (اوج)	۲۲/۴-۲۸	V

بیابان‌زایی در اراضی با کاربری جنگل و مرتع، شاخص تراکم پوشش گیاهی مؤثر در سطح خاک و تراکم سنگریزه (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) در سطح خاک در یک گروه قرار گرفتند [۴].

ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری مرتعی و جنگلی مخروطه

برای ارزیابی بیابان‌زایی در این واحد بزرگ از هفت شاخص مطابق جدول ۱ استفاده شد. برای ارزش‌دهی به شاخص وزش بادهای با سرعت بیش از سرعت آستانه (۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری) از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک سبزوار در طول دوره‌ی آماری بیست ساله از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۷ استفاده شد. ۲۸/۸ درصد (۱۰۵ روز) از توزیع طبقات سرعت باد در این دوره‌ی آماری

را سرعت باد بیشتر از ۶ متر بر ثانیه به خود اختصاص داد. برای ارزش‌دهی به سایر شاخص‌ها بازدید میدانی صورت گرفت و از نقشه‌های موجود استفاده شد.

ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی بدون کاربری برای ارزیابی به این واحد بزرگ از هفت شاخص به شرح جدول ۲ استفاده شد.

ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری کشاورزی

در این واحد بزرگ نیز ارزش هفت شاخص جمع گردید و رتبه‌ی بیابان‌زایی برای هر بخش به دست آمد.

جدول ۶: ارزش صفات عناصر در معرض خطر [۱۲]

عناصر	عامل	ارزش آسیب پذیری
مرتع	با بالا رفتن ارزش گیاهان مرتعی و افزایش شدت خطر، با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰
اراضی درخت‌کاری شده	با بالا رفتن ارزش گیاهان مرتعی و افزایش شدت خطر، با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰
زراعت	هر چه گیاه آسیب‌پذیرتر باشد و شدت خطر افزایش پیدا کند، با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند.	۳-۱۵
چشمه، چاه، قنات	با افزایش رتبه‌ی خطر، با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰
اماکن مسکونی	با افزایش رتبه‌ی خطر، با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند.	۳-۱۵
تأسیسات	با افزایش رتبه‌ی خطر، با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰
جاده	جاده‌های درجه‌ی ۱ در اولویت بالاتری نسبت به جاده‌های درجه‌ی ۲ و ۳ قرار دارند و با افزایش رتبه‌ی خطر، با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کنند.	۲-۱۰

جدول ۸: رتبه ریسک و عدد ریسک

رتبه‌ی ریسک	طبقات کیفی	عدد ریسک
I	خیلی کم	۰-۸
II	کم	۹-۱۵
III	متوسط	۱۶-۳۵
IV	زیاد	۳۶-۸۰
V	خیلی زیاد	۸۰-۱۳۶

جدول ۷: رتبه و عدد آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر

رتبه‌ی آسیب‌پذیری	طبقات کیفی	عدد آسیب‌پذیری
I	خیلی کم	۰-۱۶
II	کم	۱۷-۳۲
III	متوسط	۳۳-۴۸
IV	زیاد	۴۹-۶۴
V	خیلی زیاد	۶۵-۸۰

کرد؛ همچنین بزرگراه سبزوار - تهران (سبزوار - شاهرود) از راه‌های ارتباطی مهم در این منطقه به شمار می‌آید. پس از مشخص شدن رتبه‌های خطر بیابان‌زایی و شناسایی عناصر در پهنه‌ی رتبه‌های خطر، رتبه‌های آسیب‌پذیری عناصر با توجه به اینکه در چه رتبه‌ای از شدت خطر قرار دارند، با استفاده از ارزش‌های کارشناسی، تعیین گردید (جدول ۵).

تهیه‌ی نقشه‌ی آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر

با توجه به قرار گرفتن هر عنصر در رتبه‌ی خطر و درجه‌ی حساسیت آن، عدد آسیب‌پذیری آن عنصر به دست آمد. برای محاسبه‌ی ارزش آسیب‌پذیری عناصر، وجود خطر و شرایط هر یک از عناصر از لحاظ اقتصادی و اکولوژیکی حائز اهمیت است. عناصری که در رتبه‌ی خطر بالاتری قرار دارند از ارزش آسیب‌پذیری بیشتری برخوردارند (جدول ۶).

در پایان از ضرب رتبه‌ی خطر بیابان‌زایی (H) در رتبه‌ی‌های عناصر در معرض خطر (E) و رتبه‌ی آسیب‌پذیری عناصر (V)، رتبه‌ی ریسک (R) محاسبه و با استفاده از آزمون ناپارامتریک^۵ مربع کای^۶ تفاوت آماری فراوانی رتبه‌ها مشخص گردید.

با توجه به جدول‌های ۱، ۲ و ۳ مشخصه‌های مربوط به هر یک از کاربری‌ها ارزش دهی شدند. از جمع ارزش شاخص‌ها بر اساس کاربری آن‌ها و بر پایه‌ی جدول ۴ رتبه‌های شدت بیابان‌زایی برای هر واحد کاری (جدول ۹) برآورد شد.

برآورد ریسک بیابان‌زایی

برای برآورد ریسک ناشی از بیابان‌زایی ابتدا عناصر در معرض خطر شناسایی و بر اساس نقشه‌ی شدت خطر بیابان‌زایی و با تعیین درجه‌ی آسیب‌پذیری، ریسک بیابان‌زایی با استفاده از رابطه‌ی ریسک (رابطه‌ی ۱) به دست آمد [۱۷]:

$$R = H \times E \times V$$

رابطه‌ی ۱:

در این رابطه، R ریسک، H رتبه‌ی بزرگی خطر، E رتبه‌ی عناصر در معرض خطر و V درجه‌ی آسیب‌پذیری عناصر است [۱۸].

تهیه‌ی نقشه‌ی عناصر در معرض خطر

نقشه‌ی مراتع، جنگل‌ها و اراضی کشاورزی با استفاده از نقشه‌ی پوشش گیاهی و تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (۲۰۱۱ میلادی) به دست آمد. نقشه‌ی جاده‌ها، اماکن مسکونی و تأسیسات از سازمان‌های مربوط جمع‌آوری گردید. این نقشه‌ها با چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها، نقشه‌ی عناصر در معرض خطر منطقه را تشکیل دادند (تصویر ۴). از تأسیسات مهم منطقه می‌توان به شهرک صنعتی سبزوار، کارخانه‌ی سیمان و فرودگاه سبزوار اشاره

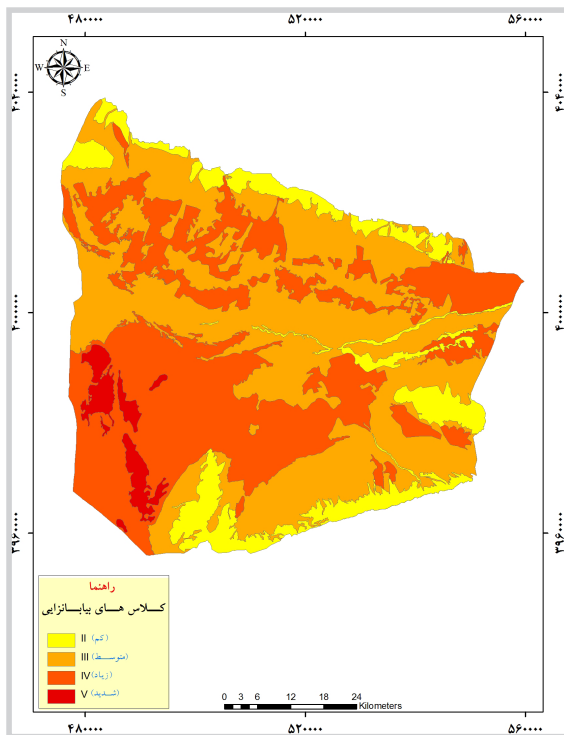
جدول ۹: واحدهای کاری و کد آن‌ها براساس تصویر ۲

کد	واحد کاری (رخساره)	کد	واحد کاری (رخساره)
۱	کوه‌های دازنی نسبتاً مرتفع	۴۹	مجموعه اینسلیرگ روستای مقیسه
۲	کوه‌های آهکی بسیار مرتفع با دیواره‌ی تند	۵۰	مخروط افکنه‌های کشت‌شده‌ی غرب سبزوار
۳	تناوب سنگ‌های آتشفشانی کلاته‌ی رجایی	۵۱	مخروط افکنه‌های کشت‌شده‌ی کال روداب
۴	تناوب سنگ‌های آتشفشانی درگز	۵۲	مخروط افکنه‌های کشت‌شده‌ی نامن
۵	کوه‌های فرسایش یافته‌ی نسبتاً مرتفع	۵۳	مخروط افکنه‌های کشت‌شده‌ی مزینان
۶	بروزد سنگی هلاک‌آباد	۵۴	اراضی شور و رسی با پوشش شورپسند نامن
۷	بروزد سنگی فضل‌آباد	۵۵	اراضی شور و رسی با پوشش شورپسند مقیسه
۸	کوه‌های آهکی مارن‌دار	۵۶	دشت ریگی ریزدانه داورزن
۹	رشته مارنی با فرسایش خندقی	۵۷	دشت ریگی ریزدانه فیض‌آباد
۱۰	تناوب سنگ آهک و شیل کرم‌رنگ	۵۸	مخروط افکنه‌های کم‌ارتفاع جوان روداب
۱۱	تپه‌های گرانیتی	۵۹	مخروط افکنه‌های کم‌ارتفاع جوان کوه پروند
۱۲	کنگلومرای سست‌شده‌ی ضعیف	۶۰	اراضی شور و رسی با پوشش شورپسند چوبین
۱۳	ماسه‌سنگ با چشم‌انداز خندقی	۶۱	اراضی شور و رسی با پوشش شورپسند ملوند
۱۴	ماسه‌سنگ با چشم‌انداز خندقی هلاک‌آباد	۶۲	اراضی سیلت و رسی کشت‌شده
۱۵	شیل، ماسه‌سنگ و توف	۶۳	اراضی سیلت و رسی با پوشش شورپسند
۱۶	تپه‌های با سنگ آتشفشانی	۶۴	اراضی سیلت و رسی روداب با پوشش کم
۱۷	تناوب سنگ‌های آتشفشانی کهک	۶۵	اراضی سیلت و رسی پروند با پوشش کم
۱۸	تناوب سنگ‌های آتشفشانی دارین	۶۶	سیلت و رس با پوشش درختچه‌ای
۱۹	تناوب سنگ‌های آتشفشانی با شیب کم	۶۷	اراضی رسی و شور با پوشش درختی
۲۰	تپه‌های مارنی با اراضی کشت‌شده‌ی گوداسیا	۶۸	تپه‌های فعال با سیف، اشکال بارخانی و پیش بارخانی
۲۱	تپه‌های مارنی با اراضی کشت‌شده‌ی نهالدان	۶۹	بارخان‌های ناقص تا طولی
۲۲	تپه‌های مارنی با فرسایش خندقی	۷۰	تپه‌های ماسه‌ای کشیده (سیف)
۲۳	تپه‌های مارنی بنقن با فرسایش خندقی	۷۱	تپه‌های سیلک
۲۴	تپه‌های مارنی با فرسایش خندقی و پوشش شورپسند	۷۲	تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت‌شده
۲۵	تپه‌های مارن‌های کرم‌رنگ تا صورتی با کنگلومرا باشتین	۷۳	تپه‌های ماسه‌ای عرضی و نیمه تثبیت‌شده با پوشش مرتعی
۲۶	رشته تپه‌های مارنی کرم‌رنگ تا صورتی با کنگلومرا	۷۴	تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت‌شده‌ی حارث‌آباد
۲۷	سنگ آهک مارنی، ماسه‌ای، دولومیتی	۷۵	تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت‌شده با پوشش متراکم
۲۸	آبرفت‌های رودخانه‌ای	۷۶	تپه‌های ماسه‌ای موازی تثبیت‌شده با پوشش درختی
۲۹	اینسلیرگ فرسایشی	۷۷	تپه‌های ماسه‌ای موازی تثبیت‌شده
۳۰	مخروط افکنه‌های کم‌ارتفاع جوان	۷۸	آبرفت رودخانه‌ای صبری
۳۱	مخروط افکنه‌های کم‌ارتفاع جوان دارین	۷۹	اراضی شور با نیکا و ربدو
۳۲	مخروط افکنه‌های مرتفع و کهن شمالی	۸۰	اراضی سیلابی با پوشش شورپسند
۳۳	مخروط افکنه‌های مرتفع و کهن درقدم	۸۱	اراضی شور فسنقر با سطح ایستایی بالا
۳۴	آبرفت‌های رودخانه‌ای شمال داورزن	۸۲	اراضی سیلابی شمال ارگ با پوشش درختی
۳۵	آبرفت‌های رودخانه‌ای جنوبی	۸۳	کال شور با پوشش درختی
۳۶	مخروط افکنه با فرسایش آبراهه‌ای	۸۴	اراضی سیلابی شمس‌آباد با پوشش درختی
۳۷	مخروط افکنه‌های گوداسیا با فرسایش آبراهه‌ای	۸۵	اراضی سیلابی با پوشش درختی چشم‌ام
۳۸	مخروط افکنه‌های جوان مهر با اراضی کشت‌شده	۸۶	اراضی شور و مرطوب با سطوح نرم و پف‌کرده
۳۹	مخروط افکنه‌های جوان دارین با اراضی کشت‌شده	۸۷	دشت سیلابی کالشور
۴۰	مخروط افکنه‌های کم‌ارتفاع جوان ریوند	۸۸	اراضی سیلابی مسطح و شور
۴۱	مخروط افکنه‌های کم‌ارتفاع جوان داورزن	۸۹	اراضی مسطح و شور با پوشش شورپسند
۴۲	مخروط افکنه‌های کم‌ارتفاع جوان پروند	۹۰	اراضی مسطح و شور مزینان
۴۳	مخروط افکنه‌های مرتفع کهن شمال داورزن	۹۱	مجموعه‌ی اینسلیرگ با پوشش شورپسند
۴۴	مخروط افکنه‌های مرتفع کهن جنوبی	۹۲	کفه‌های رسی شور روداب
۴۵	سیلت و رس با اراضی کشت‌شده	۹۳	کفه‌های رسی شور مزینان
۴۶	اراضی تراس بندی‌شده	۹۴	سطوح نمکی مزینان با پهنه‌های نرم و پف‌کرده
۴۷	آبرفت‌های رودخانه‌ای	۹۵	سطوح شور و پف‌کرده‌ی شمال ارگ
۴۸	اینسلیرگ پروند	۹۶	پهنه‌های رسی نمکی با رشته گنبد‌های نمکی

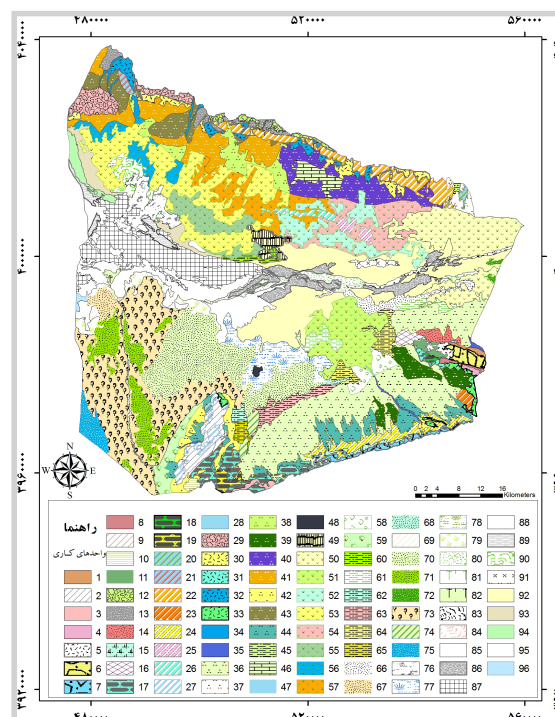
جدول ۱۰: توزیع فراوانی رتبه‌های خطر بیابان‌زایی مدل MICD

رتبه‌ی خطر MICD	فراوانی	درصد فراوانی	مساحت (km ^۲)	درصد مساحت
کم (II)	۳۱	۳۲/۲۹	۵۵۸/۳۹	۱۱/۹۴
متوسط (III)	۴۰	۴۱/۶۷	۲۱۷۲/۵۵	۴۶/۴۵
زیاد (IV)	۲۳	۲۳/۹۶	۱۸۱۶/۴۹	۳۸/۸۴
شدید (V)	۲	۲/۰۸	۱۲۹/۹۵	۲/۷۸
جمع	۹۶	۱۰۰/۰۰	۴۶۷۷/۳۹	۱۰۰/۰۰
مربع کای	۳۲/۹۱"	۳۰/۵۴"	۶۸۰۰/۷۸"	۸۳/۹۸"

(n.s) بدون معنی، (*) معنادار در سطح ۵ درصد، (***) معنادار در سطح ۱ درصد



تصویر ۳: نقشه‌ی شدت خطر بیابان‌زایی منطقه‌ی سبزوار با استفاده از مدل MICD

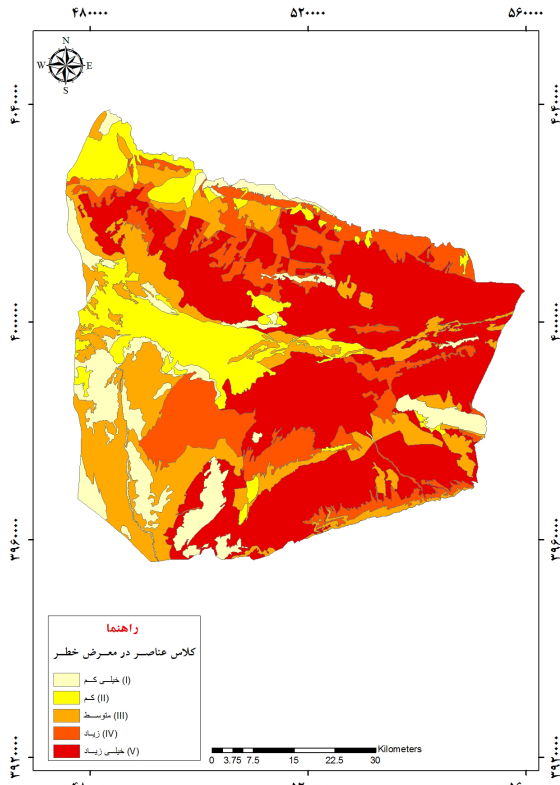


تصویر ۲: نقشه‌ی واحدهای کاری (رخساره‌های ژئومورفولوژی) منطقه‌ی مورد مطالعه (جدول ۹)

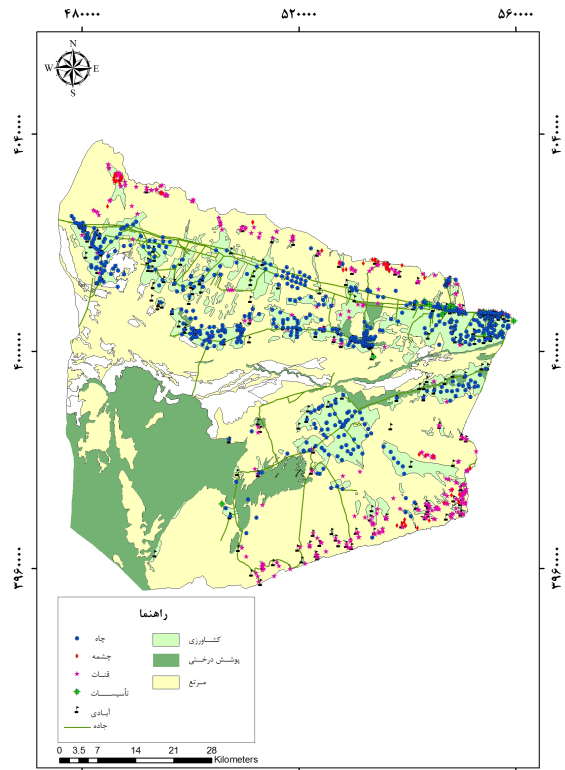
نتایج و بحث

۱۰). با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی مدل MICD بیشترین درصد منطقه‌ی مورد مطالعه (۴۶/۴۵ درصد) در رتبه‌ی متوسط (III) و کمترین درصد مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه (۲/۷۸ درصد) در رتبه‌ی شدید (V) قرار دارد که با نتایج تحقیقات احمدی و همکاران [۷]، حسینی و همکاران [۴]، شهریاری و همکاران [۹] و هاشمی و همکاران [۱۰] مبنی بر رتبه‌ی متوسط بیابان‌زایی هم‌خوانی دارد (جدول ۱۰ و تصویر ۳). در مجموع ۲۶/۰۴ درصد از سطح منطقه در رتبه‌ی بحرانی بیابان‌زایی قرار دارد. بیشترین ارزش شدت بیابان‌زایی، متعلق به «تپه‌های ماسه‌ای با اشکال بارخانی و پیش‌بارخانی» با ارزش ۲۲/۷ است. علت این امر را در فعال بودن تپه‌های ماسه‌ای، نبود پوشش گیاهی و بافت درشت‌دانه‌ی آن می‌توان جستجو کرد. نتایج این قسمت با تحقیقات حسینی و همکاران [۴] و شهریاری و همکاران [۹] که

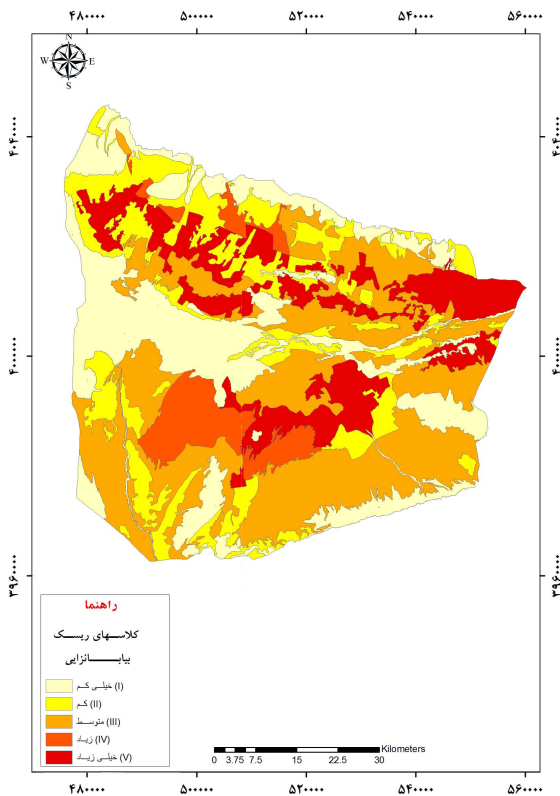
با ادغام و تفسیر بصری نقشه‌ها، ۴ واحد، ۱۰ تیپ و ۹۶ رخساره در ۲۶۱ تکرار به دست آمد. واحد کاری «مخروط‌افکنه با فرسایش آبراهه‌ای» (کد واحد کاری: ۳۶)، با مساحت ۳۷۵/۴۳ هکتار، بزرگ‌ترین رخساره و واحد کاری «آبرفت رودخانه‌ای» (کد واحد کاری: ۴۷)، با مساحت ۰/۴۸۶ هکتار، کوچک‌ترین رخساره‌ی ژئومورفولوژی در منطقه‌ی مورد مطالعه‌اند (جدول ۹ و تصویر ۲). با توجه به آزمون تفاوت آماری بین رتبه‌های خطر بیابان‌زایی مدل MICD با روش مربع کای، تعداد و فراوانی رتبه‌های خطر هر کدام جداگانه در سطح ۱ درصد (sig=0/01) دارای اختلاف معنادار شد که اختلاف معنادار بین توزیع فراوانی و درصد فراوانی رتبه‌ها را نشان می‌دهد و با تحقیقات نظری نژاد [۱۲] هم‌خوانی دارد (جدول



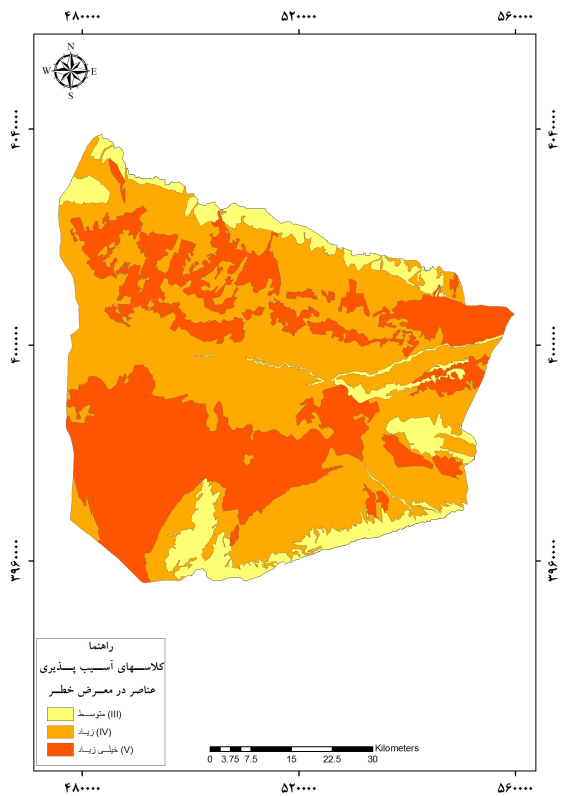
تصویر ۵: نقشه‌ی رتبه‌های عناصر در معرض خطر بیابان زایی منطقه‌ی سبزوار



تصویر ۴: نقشه‌ی عناصر در معرض خطر بیابان زایی منطقه‌ی مورد مطالعه



تصویر ۷: نقشه‌ی ریسک بیابان‌زایی منطقه‌ی سبزوار



تصویر ۶: نقشه‌ی آسیب پذیری عناصر در معرض خطر بیابان زایی منطقه‌ی سبزوار



جدول ۱۱: توزیع مساحت رتبه‌های عناصر در معرض خطر

رتبه‌ی عناصر	طبقات کیفی	تعداد عنصر	مساحت (Km ^۲)	درصد مساحت
۱	خیلی کم	≤۲	۴۶۴/۹۱	۹/۹۴
۲	کم	۳	۵۶۵/۴۸	۱۲/۰۹
۳	متوسط	۴	۱۰۰۰/۳۷	۲۱/۳۹
۴	زیاد	۵	۴۷۷/۸۵	۱۵/۹۲
۵	خیلی زیاد	≥۶	۱۹۰/۸۰	۴۰/۶۶
مجموع			۴۶۷۷/۳۹	۱۰۰/۰۰

بیشترین ارزش بیابان‌زایی را متعلق به تپه‌های ماسه‌ای گزارش کردند، هم‌خوانی دارد.

نقشه‌ی عناصر در معرض خطر بیابان‌زایی

نتایج، پس از رتبه‌بندی عناصر، نشان داد که ۴۰/۶ درصد از سطح منطقه در رتبه‌ی خیلی زیاد و ۹/۹۴ درصد در رتبه‌ی خیلی کم قرار دارد (جدول ۱۱ و تصویر ۵).

آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر

پس از تعیین رتبه‌ی آسیب‌پذیری واحدها و ضریب حساسیت آن در برابر بیابان‌زایی، رتبه‌ی آسیب‌پذیری و درصد مساحت آن‌ها برای خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به ترتیب ۶/۵۶، ۱۷/۳۳، ۲۲/۰۷، ۳۸/۱۷ و ۱۵/۸۷ به دست آمد (جدول ۱۲ و تصویر ۶).

ریسک بیابان‌زایی

با استفاده از رابطه‌ی ۱ عدد ریسک محاسبه و در پنج رتبه‌ی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد که بیشترین سطح منطقه را رتبه‌ی زیاد (۴۶/۷۷ درصد) و کمترین سطح منطقه را رتبه‌ی خیلی کم (۹/۱۶ درصد) به خود اختصاص داد؛ بنابراین ۶۲/۶۴ درصد از سطح منطقه در ریسک بحرانی بیابان‌زایی قرار دارد (جدول ۱۳ و تصویر ۷).

آزمون آماری برای «تعداد واحد» و «درصد فراوانی رتبه‌ها» برای هر یک از نقشه‌های خطر، آسیب‌پذیری و ریسک با استفاده از روش مربع کای در سطح ۱ درصد (sig=0/01) معنادار بود ولی بین فراوانی و درصد فراوانی رتبه‌های عناصر در معرض خطر تفاوت معناداری مشاهده نشد (جدول ۱۴).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی این مدل نشان‌دهنده‌ی این امر است که رتبه‌ی بیابان‌زایی در منطقه‌ی سبزووار کم (II) در کوهستان‌های سبزووار تا شدید (V) در پلایا و تپه‌های ماسه‌ای آن افزایش یافت که نشان‌دهنده‌ی حساسیت متفاوت واحدهای کاری منطقه به این بحران است. بر اساس نتایج آزمون آماری مربع کای، برآورد متفاوتی از خطر بیابان‌زایی در منطقه مشاهده شد. ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در کاربری مرتعی و جنگلی مخروبه نشان داد که «سرعت باد فرساینده» (بیش از ۶ متر بر ثانیه) در منطقه و «تراکم کم پوشش گیاهی» از عوامل اصلی در بیابانی شدن این مناطق به شمار می‌رود. ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی بدون کاربری مهم‌ترین عوامل در تشدید بیابان‌زایی منطقه را «انباشت خاک»، «آثار بادساییدگی» و «سرعت وزش باد» معرفی کرد. در اراضی کشاورزی مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی، «نبود بادشکن»، «مدیریت ناصحیح بقایای گیاهی» و «الگوی کشاورزی غلط» به شمار آمد. این مدل، شاخص‌های بیابان‌زایی را با تأکید بر فرسایش بادی معرفی می‌کند. بر اساس این مدل، اراضی فاقد فرسایش طبیعی همچون پلایا و دشت‌ها، با وجود قابلیت بیابان‌زایی و رتبه‌ی بالای

جدول ۱۲: توزیع فراوانی رتبه‌های آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر بیابان‌زایی

رتبه‌ی آسیب‌پذیری عناصر	طبقات کیفی	عدد آسیب‌پذیری	مساحت (Km ^۲)	درصد مساحت
۱	خیلی کم	۰-۱۶	۳۰۶/۸۶	۶/۵۶
۲	کم	۱۷-۳۲	۸۱۰/۸۲	۱۷/۳۳
۳	متوسط	۳۳-۴۸	۱۰۳۲/۳۹	۲۲/۰۷
۴	زیاد	۴۹-۶۴	۱۷۸۵/۱۳	۳۸/۱۷
۵	خیلی زیاد	۶۵-۸۰	۷۴۲/۱۹	۱۵/۸۷
مجموع			۴۶۷۷/۳۹	۱۰۰/۰۰

جدول ۱۳: رتبه‌های ریسک بیابان‌زایی منطقه‌ی سبزووار و توزیع فراوانی آن‌ها

رتبه‌ی ریسک	طبقات کیفی	عدد ریسک	مساحت (Km ^۲)	درصد مساحت
۱	خیلی کم	۰-۸	۴۲۸/۴۷	۹/۱۶
۲	کم	۹-۱۵	۵۲۰/۷۲	۱۱/۱۳
۳	متوسط	۱۶-۳۵	۷۹۸/۴۳	۱۷/۰۷
۴	زیاد	۳۶-۸۰	۲۱۸۷/۵۹	۴۶/۷۷
۵	خیلی زیاد	۸۰-۱۳۶	۷۴۲/۱۹	۱۵/۸۷
مجموع			۴۶۷۷/۳۹	۱۰۰/۰۰

جدول ۱۴: مقایسه‌ی فراوانی رتبه‌ها، عناصر، آسیب‌پذیری و ریسک بیابان‌زایی در منطقه‌ی سبزووار

شاخص رتبه	عناصر		آسیب‌پذیری		ریسک	
	تعداد واحد	درصد	تعداد واحد	درصد	تعداد واحد	درصد
I	۲۸	۲۹/۷۱	۲۱	۲۱/۸۸	۳۱	۳۲/۲۹
II	۱۵	۱۵/۶۳	۲۹	۳۰/۲۱	۱۴	۱۴/۵۸
III	۲۲	۲۲/۹۲	۲۸	۲۹/۱۷	۲۱	۲۱/۸۸
IV	۱۵	۱۵/۶۳	۱۲	۱۲/۵۰	۲۴	۲۵/۰
V	۱۶	۱۶/۶۷	۶	۶/۲۶	۶	۶/۲۵
جمع	۹۶	۱۰۰	۹۶	۱۰۰	۹۶	۱۰۰
مربع کای	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

(n.s) بدون معنی، (*) معنادار در سطح ۵ درصد، (**) معنادار در سطح ۱ درصد

assessment of desertification in a decertified pilot region. Iran, 14th International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco, May 14-19.

۸. ابریشم، الهام السادات (۱۳۸۳). ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با تحلیل روش‌های ICD، FAO-UNEP، MICD در منطقه‌ی فخرآباد مهریز. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۹. شهریار، علیرضا؛ حسینی، سید محمود؛ اختصاصی، محمدرضا؛ فخریه، اکبر (۱۳۸۹). ارزیابی تخریب سرزمین در منطقه‌ی سیستان با تأکید بر فرسایش بادی. جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۲۰، ص ۲۱-۳۶.

۱۰. هاشمی، زهره؛ پهلوان‌نوی، احمد؛ مقدم‌نیا، علیرضا؛ جوادی، محمدرضا؛ میری، عباس (۱۳۹۰). ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه زهک سیستان با تأکید بر معیار فرسایش آبی. پژوهش‌های آب‌خیزداری، شماره‌ی ۶۰، ۶۰-۷۹.

۱۱. صفری، فهیمه (۱۳۹۰). مقایسه‌ی پتانسیل شدت بیابان‌زایی به دو روش IMDPA و MICD با تأکید بر معیار فرسایش بادی (مطالعه‌ی موردی: دشت سگری). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.

۱۲. نظری‌نژاد، مصطفی (۱۳۸۹). ارزیابی کارایی مدل‌های ICD و ESAs جهت پهنه‌بندی و تدوین برنامه‌ی مدیریت خطر بیابان‌زایی (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی رضآباد خارتوران، استان سمنان). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

13. Honardoust, Farhad, Ownegh, Majid, and Sheikh, Vahedberdi (2011). Assessing desertification sensitivity in the northern Part of Gorgan Plain, southeast of the Caspian Sea, Iran. *Research Journal of Environmental Sciences* 5 (3), 205 – 220.

14. Parvari, SeyedHedayat, Pahlavanravi, Ahmad, Moghaddam Nia, AliReza, Dehviri, Abdolhamid, and Parvari, Davod (2011). Application of Methodology for Mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification in Dry Bed of Hamoun Wetland (Iran). *International Journal of Natural Resources and Marine Sciences*, 1 (1), 65-80.

15. Elena Topa, Maria, Iavazzo, Pietro, Terracciano, Stefano, Adamo, Paola, Coly, Adrien, De Paola, Francesco, & et al. (2013). Evaluation of sensitivity to desertification by a modified ESAs method in two sub-Saharan peri-urban areas: Ouagadougou (Burkina Faso) and Saint Louis (Senegal). *Geophysical Research Abstracts* Vol. 15.

۱۶. اختصاصی، محمدرضا (۱۳۹۰). روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه‌ی نقشه‌ی بیابان‌زایی. چاپ اول، دانشگاه یزد.

17. Anagnostopoulos, Stavros. A. (2006). A Brief Report on Research Needs For Natural Hazards, Based on the recent workshop Climate Change-Research Challenges Brussels in memory of Anver Ghazi.

۱۸. جمشیدی، محمد (۱۳۸۸). پهنه‌بندی خطر و خسارت و برنامه‌ی مدیریتی تپه‌های ماسه‌ای ارگ خارتوران- استان سمنان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

خطر، سهم کمی از رتبه‌ی خطر را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به اینکه وزش بادهای با سرعت بیش از سرعت آستانه عامل مهمی در تشدید فرسایش بادی و به تبع آن بیابان‌زایی محسوب می‌شود، منطقه‌ی مورد پهنه‌بندی نیازمند حضور ایستگاه در منطقه و یا نزدیک به آن است. همان‌طور که در بخش نتایج گفته شد، ۲۶/۰۴ درصد از سطح منطقه در رتبه‌ی خطر بحرانی بیابان‌زایی قرار دارد، در حالی که ۶۲/۶۴ درصد از منطقه در رتبه‌ی ریسک بحرانی بیابان‌زایی قرار گرفته است. نقشه‌ی خطر بیابان‌زایی به تنهایی نمی‌تواند ابزاری مفید برای ارائه‌ی برنامه‌ی مدیریت بحران بیابان‌زایی باشد. شاید منطقه‌ای در رتبه‌ی شدید بیابان‌زایی قرار داشته باشد ولی به علت فقدان عناصر در معرض خطر، ریسک بیابان‌زایی آن قابل توجه نباشد و در اولویت برنامه‌ی مدیریت بحران بیابان‌زایی قرار نگیرد. پس در کنار نقشه‌ی خطر بیابان‌زایی، نقشه‌ی عناصر در معرض خطر نقش مهمی در نقشه‌ی ریسک بیابان‌زایی بازی می‌کنند و نقشه‌ی ریسک می‌تواند ابزاری کارآمد برای ریل‌گذاری و اولویت‌بندی برنامه‌های مدیریت بحران بیابان‌زایی باشد.

پی‌نوشت

1. International Fund for Agricultural Development (IFAD)
2. Iranian Classification of Desertification (ICD)
3. Modified Classification of Desertification (MICD)
4. Environment Sensitive Area.
5. Nonparametric
6. Chi Square

منابع

۱. احمدی، حسن و دیگران (۱۳۸۳). گزارش نهایی طرح تدوین شرح خدمات جامع و متدولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی در ایران، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۲. اختصاصی، محمدرضا (۱۳۸۹). گیاهان مناسب تثبیت تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای در ایران. چاپ دوم، یزد، انتشارات دانشگاه یزد.
۳. اختصاصی، محمدرضا؛ سپهر، عادل (۱۳۹۰). روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه‌ی نقشه‌ی بیابان‌زایی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه یزد.
۴. حسینی، سیدمحمود؛ اختصاصی، محمدرضا؛ شهریار، علیرضا؛ شفیع، حامد (۱۳۸۹). بررسی وضعیت بالفعل و بالقوه بیابان‌زایی با تأکید بر معیار فرسایش بادی به روش MICD (بررسی موردی: منطقه‌ی نیاتک سیستان). نشریه‌ی مرتع و آب‌خیزداری، مجله‌ی منابع طبیعی ایران، ۶۳ (۲)، ۱۶۵-۱۸۱.
۵. اکبری، مرتضی؛ کریم‌زاده، حمیدرضا؛ مدرس، رضا؛ چکشی، بهاره (۱۳۸۶). ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زایی با فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی خشک شمال اصفهان). فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۴ (۲)، ۱۲۴-۱۴۲.
۶. درویش، محمد (۱۳۸۰). مقدمه‌ای بر روش تدوین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران. فصلنامه‌ی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۰ (۳)، ۳۰۱-۳۲۰.
7. Ahmadi, Hasan, Abrisham, Elham-ol-sadat, Zehtabian, GholamReza, and Amiraslani, Farhad (2006). The comparison of ICD and MICD models for