



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و یکم، شماره چهارم، ۱۳۹۳  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## مقایسه کارآیی مدل‌های ایرانی ارزیابی خطر بیابان‌زایی MICD و IMDPA (مطالعه موردی: منطقه سبزوار)

\*اسماعیل سیلاخوری<sup>۱</sup>، مجید اونق<sup>۲</sup>، امیر سعالدین<sup>۳</sup> و اسماعیل فیله‌کش<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،  
<sup>۲</sup>استاد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۳</sup>دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه  
علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۴</sup>عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان سبزوار  
تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۲۴

### چکیده

برای ارزیابی و تهیه نقشه وضعیت بیابان‌زایی، مدل‌های مختلفی ارایه شده است. در این پژوهش برای منطقه سبزوار ابتدا خطر بیابان‌زایی با ۲ مدل ایرانی MICD و IMDPA ارزیابی و سپس مدل برتر انتخاب گردید. برای این منظور، ابتدا نقشه واحدهای کاری با استفاده از نقشه‌های شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ در ۹۶ رخساره تهیه گردید. پس از ارزش‌دهی به شاخص‌های بیابان‌زایی هر مدل در واحدهای کاری، نقشه خطر برای هر مدل تهیه شد. با توجه به بازدیدهای میدانی و مشاوره کارشناسان با تجربه بومی در این زمینه نقشه حقایق زمینی به‌دست آمد سپس به ارزیابی کارایی دو مدل اقدام گردید. برای بررسی میزان انطباق بین نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی توسط دو مدل MICD و IMDPA با حقایق زمینی از شاخص کاپا استفاده شد. تفاوت بین فراوانی کلاس‌های نقشه‌های خطر با آزمون مربع کای مورد مقایسه قرار گرفت. برای انتخاب مدل برتر علاوه بر شاخص کاپا، از ضریب همبستگی ناپارامتریک اسپیرمن و کندانال استفاده شد. نتایج مقایسه آماری کلاس بیابان‌زایی مدل‌های MICD و IMDPA با حقایق زمینی نشان داد که مدل MICD و IMDPA در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و حقایق زمینی داشتند. تطابق نقشه‌های خطر MICD و IMDPA با حقایق زمینی به‌ترتیب متوسط و

\*مسئول مکاتبه: [esi.sila@yahoo.com](mailto:esi.sila@yahoo.com)

کم برآورد شد. نتایج به دست آمده از مقایسه همبستگی اسپیرمن و کندال بین مدل‌ها با حقایق زمینی، با شاخص کاپا، خطای کل و آزمون مربع کای هم‌سو بوده و همبستگی بالای مدل MICD با حقایق زمینی را نشان داد. در نهایت مدل MICD به عنوان مدل برتر انتخاب گردید.

**واژه‌های کلیدی:** شدت خطر بیابان‌زایی، مدل MICD، مدل JMDPA، منطقه سبزوار

## مقدمه

بیابان‌زایی مجموعه‌ای از پیامدهای ناخوشایند محیطی را برای انسان به بار می‌آورد، گروهی از این پیامدها به اثرات غیرمستقیم انسانی هم‌چون مهاجرت جمعی، فقر، کمبود آب و غذا و کشمکش بر سر منابع زمینی و آبی مربوط می‌شود و گروه دیگر مشکلات بهداشتی مربوط به کاهش کیفیت آب، چه از نظر دسترسی یا از آن مهم‌تر، از نظر نمک و ذرات اضافی آن را شامل می‌شود. شاید بیش‌ترین پیامدهای ناشی از بیابان‌زایی کاهش کیفیت هوا در اثر تجمع ذرات گرد و غبار در هوا باشد (گودی، ۲۰۱۱). بیابان‌زایی با دامنه اثرگذاری در بیش از ۱۰۰ کشور، زندگی حدود ۱ میلیارد نفر از مردم جهان را تحت تأثیر خود قرار داده و نتیجه تعامل‌های پیچیده در بین عوامل مختلفی هم‌چون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. گسترش سریع بیابان‌زایی منجر به خسارت‌های اقتصادی، تخریب محیط زیست، شرایط ناپایدار سیاسی محلی و هرج و مرج‌های اجتماعی شده است؛ بر این اساس دلایل بیابان‌زایی در بسیاری از مطالعات مورد توجه قرار گرفته است (ژو و همکاران، ۲۰۱۰). محیط‌های خشک و نیمه‌خشک بیش از ۴۰ درصد از سطح مناطق جهان را پوشش می‌دهند (ورون و همکاران، ۲۰۰۶). بیابان‌زایی محدودیت‌های بسیاری از نظر کشاورزی، تأمین مواد غذایی، پرورش دام، توسعه صنعت و ارایه هزینه‌های خدماتی ایجاد می‌نماید. فروپاشی شیوه‌های معیشت دامداران و کشاورزان و مهاجرت از نتایج این پدیده است. با توجه به اثرهای مخرب و جبران‌ناپذیر بیابان‌زایی، شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی و تعیین مناطق مبتلا به این معضل از ضروریات امر در هر منطقه به‌شمار می‌آید (فرمهبینی‌فراهانی و درویشی، ۲۰۱۲). تا به امروز، هیچ روش خاصی برای طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی براساس کل فرایندهای بیابان‌زایی ارایه نشده است. شناخت معیارها و شاخص‌ها به‌منظور ارایه مدلی برای تعیین شدت بیابان‌زایی، تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی منطقه و جلوگیری از گسترش آن ضروری است. در هر منطقه بسته به شرایط اقلیمی، خاک‌شناسی،

ژئومورفولوژیکی و... فاکتورهای مؤثر در بیابان‌زایی متفاوتند، برای پی بردن به نقش و پتانسیل آن‌ها در بیابان‌زایی مطالعات زیادی صورت گرفته که حاصل آن ارایه مدل‌های مختلف بیابان‌زایی است. مدل‌سازی بیابان‌زایی در تجسم و پیش‌بینی خطر مورد انتظار محیطی بسیار مهم است (رسمی و همکاران، ۲۰۱۰). از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل فائو-یونپ (۱۹۸۴)، مدل آسود (۱۹۹۰)، مدل گلاسود (۱۹۹۷)، مدل مدالوس (۱۹۹۹)، مدل لادا (۲۰۰۰) و مدل گلادا (۲۰۰۵) اشاره کرد. کاربرد این مدل‌ها در کشور ایران با محدودیت مواجه است (جعفری و همکاران، ۲۰۱۰). در سال ۱۳۸۲، اختصاصی با اصلاحاتی که در مدل ICD<sup>۱</sup> به‌وجود آورد، روش طبقه‌بندی بسط‌یافته بیابان‌زایی در ایران<sup>۲</sup> را معرفی کرد. از ویژگی‌های این روش این است که برای کاربری‌های مختلف اراضی یا واحدهای همگن کاری مختلف از معیارها و شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی استفاده می‌شود. از آن‌جا که فرآیند، معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی در هر کدام از کاربری‌ها متفاوت می‌باشد، باید در هر مورد، معیارها و ضوابط خاص تعریف شود (اختصاصی، ۲۰۱۱). پس از نهایی شدن متن کنوانسیون بین‌المللی مقابله با بیابان‌زایی در ژوئن ۱۹۹۴، ایران یکی از اولین کشورهایی بود که در عمل از دی‌ماه سال ۱۳۷۵ به عضویت این کنوانسیون درآمد. از جمله اقداماتی که باید برای ایجاد امکان اجرای برنامه اقدام ملی و مقابله با بیابان‌زایی انجام گیرد تعیین شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی کشور بود. این مهم با هدف گذر از مرحله شناخت کیفی به کمی به‌ویژه برای ارزیابی و وضعیت پتانسیل شدت بیابان‌زایی انجام شد. در نهایت ایجاد امکان مدیریت این پدیده با تکیه بر شرایط خاص اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی کشور، در قالب طرح ملی تعیین شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی توسط دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی سازمان در سال ۱۳۸۳ نهایی و به‌دنبال آن مدل IMDPA<sup>۳</sup> با ۹ معیار و ۳۵ شاخص معرفی شد (نیکو، ۲۰۱۱).

ابریشم (۲۰۰۴) وضعیت فعلی بیابان‌زایی حوضه فخرآباد-مهریز، واقع در استان یزد را براساس روش‌های مدالوس تغییر یافته<sup>۴</sup>، ICD و MICD به‌طور جداگانه ارزیابی و نقشه مربوط به هر یک را تهیه کرد. براساس نتایج به‌دست آمده براساس MICD، منطقه مورد مطالعه به ۴ کلاس شدت بیابان‌زایی آرام (I)، کم (II)، متوسط (III) و زیاد (IV) تقسیم شد و با توجه به نتایج به‌دست آمده و

1- Iranian Classification of Desertification

2- Modified Iranian Classification of Desertification (MICD)

3- Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA)

4- Modified Mediterranean Desertification and Land Use

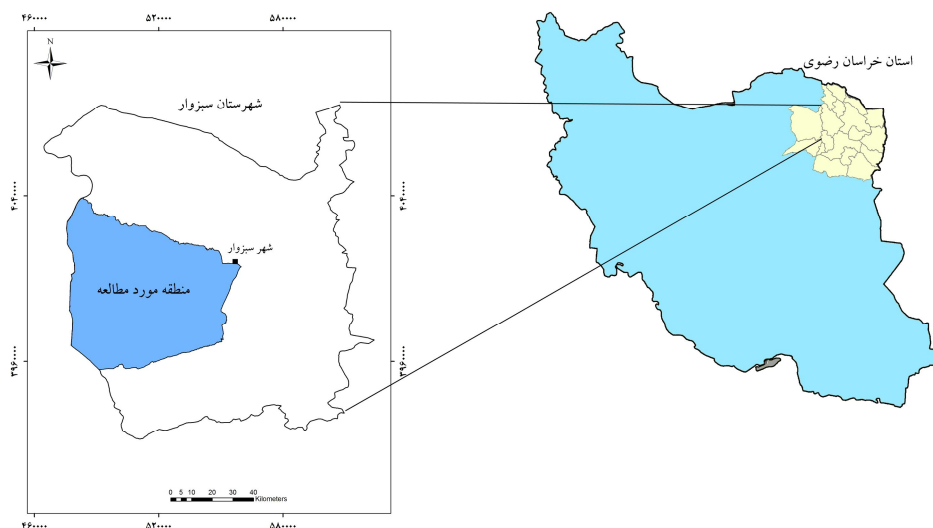
مقایسه نتایج به‌دست آمده از سه روش ذکر شده با شرایط منطقه مورد مطالعه، روش‌های مدالوس تغییر یافته و MICD به‌ترتیب برای ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی مناسب دانست. هاشمی و همکاران (۲۰۱۱) وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه زهک سیستان را با تأکید بر معیار فرسایش آبی با استفاده از تجزیه، تحلیل و تلفیق دو روش FAO-UNEP و MICD مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که ۵/۹ درصد منطقه در کلاس کم (I) و ۹۴/۱ درصد منطقه در کلاس متوسط (II) قرار دارد. احمدی و همکاران (۲۰۰۶) برای ارزیابی مناطق بیابانی شده ایران، مدل‌های ICD و MICD را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده به این صورت بود که: در روش MICD، منطقه به ۴ کلاس آرام (۳۷/۰۶ درصد)، کم (۹/۲۸ درصد)، متوسط (۴۱/۴۲ درصد) و زیاد (۱۲/۲۳ درصد) تقسیم شد. براساس نتایج این پژوهش و مقایسه آن با شرایطی که در منطقه فخرآباد-مهریز مشاهده شد، MICD روش بهتری برای ارزیابی بیابان‌زایی منطقه معرفی گردید. حسینی و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از مدل MICD وضعیت بالفعل و بالقوه بیابان‌زایی را در منطقه نیاتک سیستان مورد بررسی قرار دادند. در نهایت منطقه مورد مطالعه به سه کلاس کم (۸/۷ درصد)، متوسط (۳۲/۳ درصد) و زیاد (۵۹ درصد) تقسیم شد؛ همچنین ایشان بیش‌ترین ارزش شدت کنونی بیابان‌زایی، را «تپه‌های بارخانی» با ارزش ۲۲/۵ (فرسایش خیلی زیاد) معرفی کردند. شهریاری و همکاران (۲۰۱۱) تخریب سرزمین در منطقه سیستان را با استفاده از مدل MICD مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه در ۳ کلاس متوسط (III)، زیاد (IV) و شدید (V) قرار دارد که به‌ترتیب ۵۹/۳، ۳۱/۲ و ۹/۵ درصد از مساحت کل منطقه را دربرگرفتند. نیکو (۲۰۱۱) برای شناخت عوامل مؤثر در تخریب اراضی، پتانسیل بیابان‌زایی را براساس روش IMDPA و با دخیل تمام معیارها و شاخص‌های مربوطه مورد ارزیابی قرار داد. براساس نتایج به‌دست آمده معیارهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی و آب به‌ترتیب با ارزش‌های عددی ۲/۷۱ و ۲/۵۱ هر دو با بیابان‌زایی شدید، مهم‌ترین معیارهای بیابان‌زایی منطقه معرفی شدند. در مجموع شدت و وضعیت فعلی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه با ارزش عددی ۲/۲۷ متوسط و در آستانه افزایش کلاس بیابان‌زایی (شدید)، ارزیابی شد. همچنین مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی در منطقه شامل فقر پوشش گیاهی و درصد کم سنگ و سنگ‌ریزه، توان طبیعی کم منطقه برای کشاورزی و دامداری سنتی، برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، دارا بودن اقلیم فراخشک و آبیاری و کشاورزی غیراصولی معرفی کرد. ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده

از روش IMDPA حساسیت اراضی دشت سیستان به بیابانزایی را مورد ارزیابی قرار دادند. برای این منظور پس از بررسی و ارزیابی‌های اولیه، چهار معیار اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابانزایی منطقه در نظر گرفته و ارزش‌دهی شد. نتایج به‌دست آمده از این ارزیابی نشان داد ۵۱/۰۹ درصد منطقه از نظر درجه بیابانزایی در کلاس متوسط و ۴۵/۰۹ درصد آن در کلاس شدید قرار دارد و ۳/۸۲ درصد منطقه که شامل مناطق مسکونی و مخازن آب چاه نیمه‌ها بود در هیچ کلاسی قرار نگرفت. معیار فرسایش بادی با ارزش عددی ۱/۶۷ بیش‌ترین تأثیر و معیار خاک با ارزش عددی ۱/۳۴ کم‌ترین تأثیر را در بیابانزایی منطقه داشت. ناطقی و همکاران (۲۰۰۹) برای بررسی شدت بیابانزایی دشت سگری از مدل IMDPA استفاده و سه معیار آب، زمین و پوشش گیاهی را مورد ارزیابی قرار دادند. نقشه نهایی بیابانزایی به‌دست آمده بیانگر کلاس شدید و بسیار شدید روند بیابانزایی در منطقه بود. نتایج به‌دست آمده معیار آب با میانگین وزنی ۳/۹۷ (کلاس خیلی شدید) را مؤثرترین عامل در بیابانزایی منطقه معرفی کرد. همچنین معیار زمین با میانگین وزنی ۳/۲۶ و معیار پوشش گیاهی با میانگین وزنی ۳/۱۲ هر دو در کلاس شدید بیابانزایی قرار داشتند. رضایی‌راد (۲۰۰۹) با استفاده از مدل IMDPA و تأکید بر معیارهای خاک، آب و آبیاری، پوشش گیاهی و اجتماعی-اقتصادی، پتانسیل بیابانزایی حوضه چشمه‌خان را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه تحت دو کلاس کم و ناچیز (I) و متوسط (II) قرار دارد که به‌ترتیب ۳۶/۵۱ درصد و ۶۳/۴۹ درصد از کل مساحت منطقه را می‌پوشاند. از بین معیارها، معیار پوشش گیاهی مساحت بیش‌تری را به کلاس شدید اختصاص داده و معیار آب و آبیاری کم‌ترین نقش را در بیابانزایی منطقه داشتند. آرامی (۲۰۱۳) خطر و خسارت بیابانزایی را در منطقه نیمه‌خشک آق‌بند (استان گلستان) ارزیابی کرد و به ارایه برنامه مدیریتی پرداخت. نتایج ارزیابی نشان داد که معیارهای پوشش گیاهی و خاک به‌ترتیب با ارزش عددی ۲/۶۷ و ۲/۵۶ در کلاس شدید (III) بیابانزایی و سایر معیارها در کلاس متوسط (II) بیابانزایی قرار گرفته‌اند؛ همچنین برای ارزیابی کارایی مدل IMDPA، نقشه حقایق زمینی براساس نظر کارشناسی تهیه و با نقشه مدل IMDPA مورد مقایسه قرار داد و مدل مربوطه را کارآمد معرفی کرد. پروری و همکاران (۲۰۱۱) مدل‌های ICD و ESAs را به‌منظور تهیه نقشه بیابانزایی در منطقه نیاتک سیستان مورد مقایسه قرار دادند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد روش ICD منطقه را به ۴ کلاس آرام، متوسط، زیاد و شدید تقسیم کرده ولی روش ESAs منطقه را فقط در

کلاس بحرانی قرار داده است. در نهایت بدون هیچ روش معینی و براساس شرایط منطقه مدل ESAs را نزدیک به واقعیات زمینی معرفی کرد. طباطبائی‌زاده (۲۰۱۰) پتانسیل شدت بیابانزایی را در دشت فخرآباد مهریز با استفاده از دو مدل ایرانی IMDPA و MICD با تأکید بر فرسایش بادی مقایسه کرد. نتایج به‌دست آمده از این ارزیابی نشان داد که در روش IMDPA، مساحتی بالغ بر  $34732/93$  هکتار (۸۸/۳ درصد) از منطقه مطالعاتی در کلاس متوسط قرار گرفت و شاخص رخساره‌های فرسایشی بیش‌ترین نقش را در بیابانزایی منطقه ایفا کردند؛ و در روش MICD نیز مساحتی برابر  $32061/58$  هکتار (۸۱/۴ درصد) در کلاس متوسط قرار گرفت. در مجموع مدل MICD را برای مقیاس‌های بزرگ و مدل IMDPA را برای مقیاس‌های کوچک‌تر توانمند دانست. صفری (۲۰۱۰) در دشت سگری پتانسیل شدت بیابانزایی را با تأکید بر فرسایش بادی توسط دو روش IMDPA و MICD مورد استفاده قرار داد. نتایج به‌دست آمده از این ارزیابی نشان داد که در روش IMDPA مساحتی بالغ بر  $30925$  هکتار از منطقه مطالعاتی در کلاس شدید و در روش MICD نیز مساحتی برابر  $33656$  هکتار در کلاس زیاد قرار دارد و مجموع مدل MICD را برای مقیاس‌های بزرگ‌تر و مدل IMDPA برای مقیاس‌های کوچک‌تر توانمند دانست. هدف از این مطالعه، ارزیابی خطر بیابانزایی با دو مدل ایرانی بیابانزایی MICD و IMDPA و مقایسه کارایی آن‌ها در منطقه سبزوار است، در نهایت با مقایسه با نقشه حقایق زمینی، مدل برتر معرفی گردید.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: با وسعت  $67739/85$  هکتار بین عرض‌های  $36$  درجه و  $29$  دقیقه و  $45$  ثانیه و  $35$  درجه و  $44$  دقیقه و  $43$  ثانیه و طول‌های  $56$  درجه و  $43$  دقیقه و  $38$  ثانیه و  $56$  درجه و  $20$  دقیقه و  $16$  ثانیه جغرافیایی قرار دارد. از نظر تقسیمات سیاسی جزو شهرستان سبزوار از استان خراسان رضوی می‌باشد (شکل ۱). ارتفاع منطقه از حدود  $796$  متر در پلایا تا  $1701$  متر در کوهستان تغییر می‌کند. آبراهه اصلی آن رودخانه کال شور سبزوار با جهت شرق به غرب می‌باشد. میانگین بارندگی منطقه از حدود  $120$  میلی‌متر در مناطق بیابانی تا نزدیک به  $400$  میلی‌متر در مناطق کوهستانی (ارتفاع‌های جغتای) متفاوت است. متوسط بارندگی شهرستان سبزوار حدود  $180$  میلی‌متر می‌باشد. از مراکز جمعیتی مهم این منطقه می‌توان به دو شهر داورزن و روداب اشاره کرد.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان سبزوار و استان خراسان رضوی.

تهیه نقشه واحدهای کاری (رخساره‌های ژئومورفولوژی): برای تهیه نقشه واحدهای کاری مراحل زیر صورت گرفت: با استفاده از نقشه توپوگرافی و نرم‌افزار ILWIS نقشه شیب تهیه شد. سپس ورقه‌های زمین‌شناسی داورزن، احمدآباد، دارین و باشتین در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ که توسط سازمان زمین‌شناسی تهیه شده بود، رقومی شد تا مورد استفاده قرار گیرد. برای تفسیر بصری واحدهای فتومورفیک از تصاویر ماهواره‌ای (سال ۲۰۱۱ میلادی) سنجنده TM مربوط به گذر ۱۶۱ و ردیف ۳۵ و سایت Google Earth استفاده شد. در نهایت از تلفیق نقشه‌های ذکر شده، نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی با تفکیک در سه واحد بزرگ اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی و جنگلی و زمین‌های بدون کاربری به دست آمد.

ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل MICD: در مدل ارزیابی بیابان‌زایی MICD بعد از این‌که نقشه واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه تعیین گردید، در هر یک از آن‌ها اقدام به ارزش‌دهی و ارزیابی بیابان‌زایی شد. به‌طورکلی در عرصه‌های مختلف چهار واحد همگن بزرگ کاری به‌شرح زیر می‌توان تفکیک کرد که در هر کدام نوع معیار و شاخص‌های مورد استفاده متفاوت است: واحد اراضی کشاورزی (زراعی، باغی، دیم، آیش و بایر)، واحد اراضی مرتعی و جنگلی (مرتع، جنگل، بیشه‌زار و...)، اراضی بدون کاربری (اراضی کویری، تپه‌های ماسه‌ای، سطوح سنگ‌فرشی، تپه‌ها، کوه‌های لخت

و...) و واحد اراضی شهری و صنعتی (مناطق مسکونی و شهری، مناطق صنعتی، جاده‌ها و فرودگاه‌ها و ترمینال‌ها و...) (اختصاصی، ۲۰۱۱). در این پژوهش واحدهای کاری براساس سه عرصه یک تا سه تقسیم شده‌اند. از واحد اراضی شهری و صنعتی به دلیل کوچک بودن مقیاس آن‌ها نسبت به سطح مطالعه خودداری کردیم.

مدل MICD برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری کشاورزی؛ شاخص‌های: الگوهای کشت در محدوده اراضی، وضعیت بادشکن در اطراف مزارع، مدیریت خاک و زمین، بافت خاک، مدیریت بقایای گیاهی، رطوبت خاک و دور آبیاری و وزش بادهای با سرعت بیش از سرعت آستانه (۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری)؛ در اراضی با کاربری مرتعی و جنگلی مخروطی، شاخص‌های: تراکم پوشش گیاهی مؤثر در سطح خاک، مدت زمان ماندگاری گیاه در سطح خاک، تراکم سنگ‌ریزه در سطح خاک، آثار ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک، تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه، آثار بادسایدگی خاک و ظهور رخساره‌های شلجمی شکل، مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک و آثار انباشت خاک در پای گیاهان و سنگ‌ها و برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی بدون کاربری، شاخص‌های: وضعیت خاک سطحی، آثار آشفستگی ناشی از تردد دام و ادوات، تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه، آثار بادسایدگی خاک و ظهور رخساره‌های شلجمی شکل، مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک و آثار انباشت خاک در پای گیاهان و سنگ‌ها را معرفی کرده است. از آن‌جا که در روش یاد شده شمار شاخص‌ها در کاربری‌های مختلف یکسان نبود، پیش از آغاز ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در منطقه مورد بررسی، شمار شاخص‌ها در همه کاربری‌ها یکسان و هم‌سنگ شد. به این صورت که در جدول مربوط به ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی اراضی بدون کاربری، شاخص بافت خاک اضافه شد و در جدول مربوط به ارزیابی وضعیت 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 (حسینی و همکاران، ۲۰۱۰). سپس به شاخص‌های هر کاربری (راضی با کاربری کشاورزی، اراضی با کاربری جنگل و مرتع و اراضی بدون کاربری) در هر واحدهای کاری ارزشی بین ۴-۰ داده شد. از جمع ارزش شاخص‌ها براساس کاربری آن‌ها و بر پایه جدول ۱ کلاس‌های شدت بیابان‌زایی در هر واحد کاری برآورد شد.



ارزیابی وضعیت بیابانزایی با استفاده از مدل **IMDPA**: روش **IMDPA**، شدت بیابانزایی را به کمک ۹ معیار: اقلیم، آب و آبیاری، زمین و ژئومورفولوژی، خاک، فرسایش (آبی و بادی)، پوشش گیاهی، کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی و توسعه شهری و صنعتی مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در این مدل ارزیابی را از سطح شاخص‌های هر معیار آغاز می‌کنند (جدول ۳ و رابطه ۱). شاخص‌ها در هر واحد کاری براساس میزان تأثیر در بیابانزایی، وزنی بین ۴-۰، دریافت کردند. در ادامه ارزش‌های عددی تولید شده شاخص‌ها در واحدهای کاری در نرم‌افزار Arc GIS تبدیل به نقشه‌های موضوعی شد. هر نقشه نشان‌دهنده وضعیت بیابانزایی شاخص مربوط بوده و در ۴ کلاس کم، متوسط، شدید و خیلی شدید طبقه‌بندی شد (جدول ۲) (نیکو، ۲۰۱۱). هر یک از معیارها، معیار کیفیت<sup>۱</sup> نام دارد و با  $Q$  مشخص شده است. ارزش هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های آن معیار به دست می‌آید؛ به عنوان مثال ارزش معیار اقلیم با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد:

$$Q_c = \sum_{i=1}^3 Q_{c_i} = \sqrt[3]{Q_{c_1} + Q_{c_2} + Q_{c_3}} \quad (1)$$

که در آن،  $Q_c$ : ارزش معیار اقلیم،  $Q_{c_1}$ : ارزش شاخص بارش سالانه،  $Q_{c_2}$ : ارزش شاخص خشکی و  $Q_{c_3}$ : ارزش شاخص مدت خشک‌سالی. درباره سایر معیارها نیز به همین منوال عمل شد.

جدول ۱- طبقه‌بندی کلاس‌های بیابانزایی در مدل **MICD**

| کلاس         | دامنه 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     |

جدول ۲- طبقه‌بندی کلاس‌های بیابان‌زایی در مدل IMDPA.

| کلاس       | دامنه اعداد | علامت |
|------------|-------------|-------|
| کم و ناچیز | ۰-۱/۵۹      | I     |
| متوسط      | ۱/۶-۲/۵۹    | II    |
| شدید       | ۲/۶-۳/۵۹    | III   |
| خیلی شدید  | ۳/۶-۴       | IV    |

جدول ۳- شاخص‌های استفاده شده برای هر معیار در مدل IMDPA.

| معیار               | شاخص‌ها  | معیار              | شاخص‌ها  |
|---------------------|--|--------------------|--|
| اقلیم               | مقدار بارش سالانه، شاخص خشکی   | پوشش گیاهی         | بهره‌برداری از پوشش، وضعیت پوشش، تجدید پوشش گیاهی        |
| آب و آبیاری         | هدایت الکتریکی و سیستم آبیاری  | کشاورزی            | الگوی کشت، عملکرد محصولات، کاربرد نهاده‌ها               |
| زمین و ژئومورفولوژی | نوع بهره‌برداری، شیب و حساسیت سنگ  | اقتصادی و اجتماعی  | جمعیت، فقر و اقتصاد، عوامل نهادی و تشکل و مشارکت         |
| خاک                 | هدایت الکتریکی، عمق خاک و بافت خاک   | توسعه شهری و صنعتی | تبدیل اراضی و تراکم جاده و معدن                          |
| فرسایش              | رخساره‌های فرسایشی، درصد اراضی لخت، تعداد روزهای با شاخص طوفانی گرد و غبار | آبی                | تراکم فرسایش آبی، استفاده از اراضی، تراکم تاج پوشش گیاهی |
| بادی                |  |                    |  |



شکل ۲- نمودار نحوه محاسبه شدت بیابان‌زایی براساس معیارها و گروه‌ها به روش IMDPA.

نحوه محاسبه ارزش کل پتانسیل بیابان‌زایی مدل **IMDPA**: از ریشه  $n$  ام شاخص‌های هر معیار،  $Q$  آن معیار و از ریشه  $n$  ام  $Q$  های معیارهای مربوط به هر یک از گروه‌ها،  $Q$  آن گروه مشخص شده و از ریشه  $n$  ام  $Q$  های هر یک از گروه‌های ۴ گانه در نهایت براساس رابطه ۲ ارزیابی کلی پتانسیل بیابان‌زایی ( $DPA_i$ ) حاصل خواهد شد که نشان‌دهنده وضعیت بیابان‌زایی می‌باشد.

$$DPA_i = \left[ \prod_{i=1}^4 Q_i \right]^{\frac{1}{4}} = \sqrt[4]{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4} \quad (2)$$

که در آن،  $Q_1$ : ارزش گروه آب و اقلیم،  $Q_2$ : ارزش گروه زمین و ژئومورفولوژی،  $Q_3$ : ارزش گروه پوشش زمین و ژئومورفولوژی و  $Q_4$ : ارزش گروه انسانی.

#### ارزیابی کارایی مدل‌های ارزیابی خطر بیابان‌زایی

تهیه نقشه حقایق زمینی: برای ارزیابی نزدیکی نقشه‌های بیابان‌زایی هر مدل به واقعیات زمینی، روشی مشخص ارائه نشده است و در مقایسه‌های محدود که بین دو مدل بیابان‌زایی صورت گرفته، در نهایت مدل برتر، بدون هیچ روش معینی و با یک نظر کلی معرفی شده است؛ به‌عنوان مثال می‌توان به پژوهش ابریشم (۲۰۰۴)، احمدی و همکاران (۲۰۰۶)، طباطبایی‌زاده (۲۰۱۰)، پروری و همکاران (۲۰۱۱) و صفری (۲۰۱۱) اشاره کرد. در این پژوهش، برای گزینش مدل برتر، نقشه حقایق زمینی تهیه شد. برای تهیه این نقشه، ۷ کارشناس متخصص، بومی و باتجربه انتخاب شدند و نظر هر یک از آن‌ها برای کلاس بیابان‌زایی با توجه به سه شاخص ذهنی «پوشش گیاهی»، «آثار فرسایش» و «وجود کفه‌های رسی و نمکی» در هر واحد کاری مشخص شد (نظری‌نژاد، ۲۰۱۰؛ آرامی، ۲۰۱۳). در نهایت در بین ۷ کلاس خطر که توسط ۷ کارشناس برای هر واحد کاری بیان شده بود، کلاس خطر نهایی برای آن واحد انتخاب و تبدیل به نقشه شد. پس از تهیه نقشه حقایق زمینی، به ارزیابی کارایی دو مدل در هر واحد کاری پرداخته شد. با توجه به ارزیابی‌های به‌عمل آمده و بررسی مقایسه دقت نقشه‌های خطر به‌دست آمده از دو مدل با یکدیگر و با حقایق زمینی، مدل برتر انتخاب شد.

برای بررسی میزان انطباق بین نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی دو مدل **IMDPA** و **MICD** با حقایق زمینی، با استفاده از نرم‌افزار **Idrisi Kilimanjaro** از شاخص کاپا<sup>۱</sup> استفاده شد. تفاوت بین

1- Kappa

فراوانی کلاس‌های نقشه‌های خطر با آزمون مربع کای<sup>۱</sup> مقایسه شد و برای انتخاب مدل برتر علاوه بر شاخص کاپا از ضریب همبستگی ناپارامتریک اسپیرمن<sup>۲</sup> و کندال<sup>۳</sup> از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد (نظری‌نژاد، ۲۰۱۱). هر گاه داده‌ها به صورت رتبه‌ای جمع‌آوری شده باشند یا به رتبه تبدیل شده باشند، می‌توان از همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن (RS) که یکی از روش‌های ناپارامتریک است، استفاده کرد. ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال نیز برای تعیین همبستگی دو متغیر رتبه‌ای به کار می‌رود. مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن و کندال بین ۱ (حداکثر همبستگی مستقیم) و -۱ (حداکثر همبستگی معکوس) تغییر می‌کند (بی‌همتا و زارع‌چاهوکی، ۲۰۱۱).

### نتایج و بحث

واحدهای کاری (رخساره‌های ژئومورفولوژی): با ادغام و تفسیر بصری نقشه‌ها، ۴ واحد، ۱۰ تیپ و ۹۶ رخساره (جدول ۷) 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 رخساره ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه محسوب شد (جدول ۷ و شکل ۵).

پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل MICD: پس از ارزش‌دهی شاخص‌ها در هر واحد کاری، کلاس بیابان‌زایی برای آن واحد تعیین شد (شکل ۶).

جدول ۴- توزیع فراوانی کلاس‌های خطر بیابان‌زایی مدل MICD.

| کلاس خطر MICD | فراوانی | درصد فراوانی | مساحت (کیلومتر مربع) | 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**    |

\* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، \*\* معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>ns</sup> بدون تفاوت معنی‌دار.

- 1- Chi Square
- 2- Non Parametric Spearman
- 3- Kendall's

با توجه به آزمون تفاوت آماری بین کلاس‌های خطر بیابان‌زایی مدل MICD با روش مربع کای، تعداد و فراوانی کلاس‌های خطر در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به نتایج به‌دست آمده از ارزیابی مدل MICD، بیش‌ترین درصد منطقه مورد مطالعه (۶۷/۴۵ درصد) در کلاس متوسط (III) و کم‌ترین درصد مساحت منطقه مورد مطالعه (۲/۷۸ درصد) را کلاس شدید (V) تشکیل داد (جدول ۳ و شکل‌های ۶ و ۹).

**پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA:** برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA، پس از ارزش‌دهی به هر یک از شاخص‌های معرفی شده در مدل، لایه اطلاعاتی مربوط به شاخص‌ها تهیه شد؛ سپس به‌ترتیب نقشه معیارها از میانگین هندسی شاخص‌ها، گروه‌ها از میانگین هندسی معیارها و در نهایت نقشه بیابان‌زایی از میانگین هندسی گروه‌ها برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ۷).

جدول ۵- توزیع فراوانی کلاس‌های خطر بیابان‌زایی مدل IMDPA.

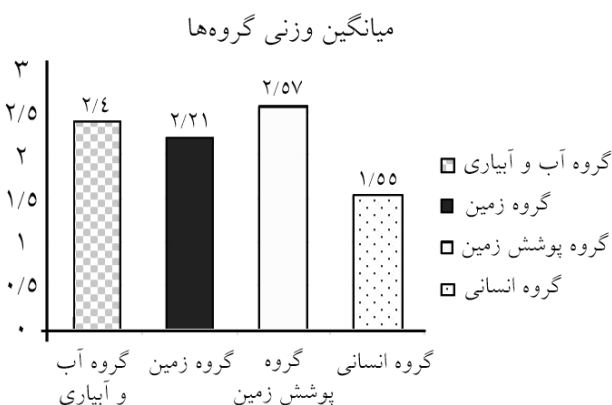
| کلاس خطر   | فراوانی | درصد فراوانی | مساحت (کیلومتر مربع) | درصد مساحت |
|------------|---------|--------------|----------------------|------------|
| متوسط (II) | ۸۴      | ۸۵/۰۷        | ۳۹۷۹/۲۳              | ۸۵/۰۷      |
| شدید (III) | ۱۲      | ۱۴/۹۳        | ۶۹۸/۱۶               | ۱۴/۹۳      |
| جمع        | ۹۶      | ۱۰۰          | ۴۶۷۷/۳۹              | ۱۰۰        |
| مربع کای   | ۵۴**    | ۵۰/۴**       | ۱۲۵۰**               | ۵۰/۴**     |

با توجه به آزمون تفاوت آماری بین کلاس‌های خطر بیابان‌زایی مدل IMDPA با آزمون مربع کای، تعداد و فراوانی، مساحت و درصد مساحت کلاس‌های خطر در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده از ارزیابی مدل IMDPA، ۸۵/۰۷ درصد در کلاس متوسط (II) و ۱۴/۹۳ درصد منطقه مورد مطالعه را کلاس شدید (III) تشکیل داد (جدول ۵ و شکل‌های ۷ و ۹).

همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌کنید گروه پوشش زمین با میانگین وزنی ۲/۵۷ بیش‌ترین و گروه انسانی با میانگین وزنی ۱/۵۵ کم‌ترین سطح منطقه را به خود اختصاص دادند.



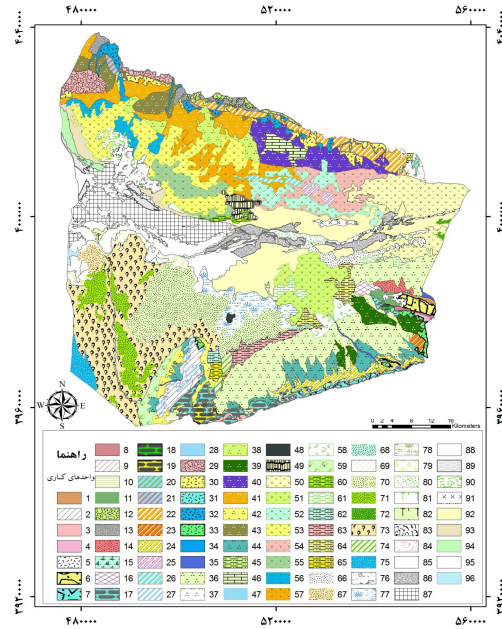
شکل ۳- میانگین وزنی معیارهای مدل IMDPA.



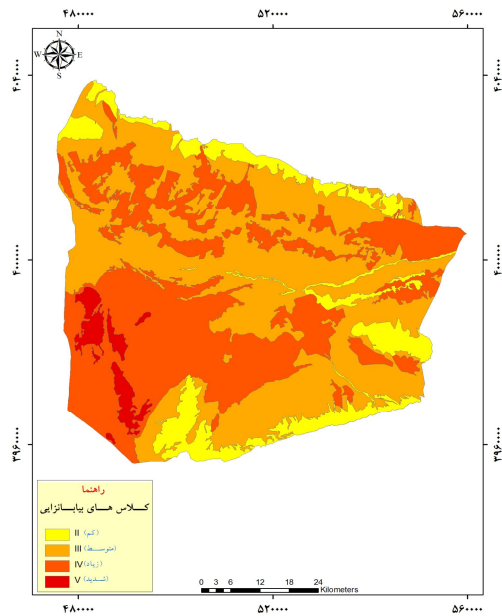
شکل ۴- میانگین وزنی گروه‌های مدل IMDPA.

تهیه نقشه خطر بیابان‌زایی براساس حقایق زمینی: برای مقایسه نقشه‌های خطر مدل‌های MICD و IMDPA و ارزیابی کارایی آن‌ها، نقشه خطر بیابان‌زایی (حقایق زمینی) با استفاده از نظر کارشناسی و بازدید میدانی در ۴ کلاس I تا IV تهیه شد و مبنای مقایسه برای انتخاب مدل برتر قرار گرفت (شکل ۸ و جدول ۶).

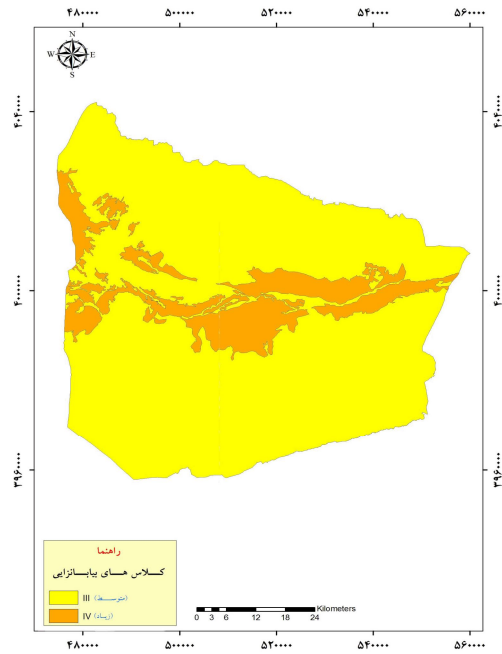
میزان انطباق مدل‌ها با حقایق زمینی و انتخاب مدل برتر: پس از این‌که نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی برای هر مدل تهیه شد، برای بررسی صحت نتایج و میزان کارایی مدل‌های ارایه شده، مقایسه آماری بین کلاس‌های بیابان‌زایی واحدهای کاری هر یک از مدل‌ها با حقایق زمینی صورت پذیرفت.



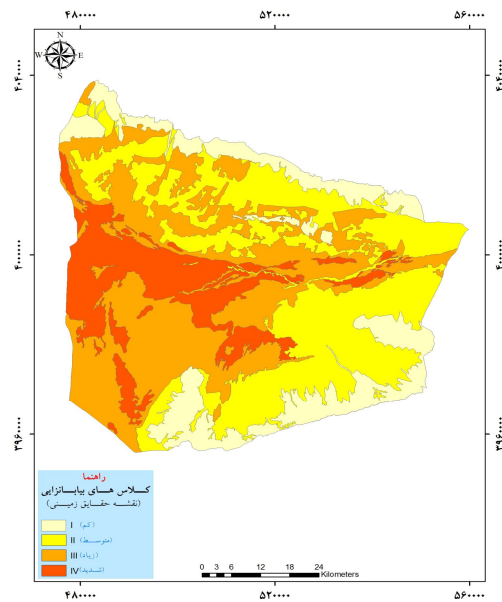
شکل ۵- نقشه واحدهاری کاری (رخساره‌های ژئومورفولوژی).



شکل ۶- نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه سبزوار با استفاده از مدل MICD.



شکل ۷- نقشه شدت خطر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل IMDPA.



شکل ۸- نقشه خطر بیابان‌زایی براساس حقایق زمینی.



جدول ۶- توزیع فراوانی کلاس‌های خطر بیابان‌زایی براساس حقایق زمینی.

| کلاس خطر   | فراوانی | درصد فراوانی | مساحت (کیلومتر مربع) | درصد مساحت |
|------------|---------|--------------|----------------------|------------|
| کم (I)     | ۳۹      | ۴۰/۶۳        | ۷۲۸۹/۶۳              | ۱۵/۵۸      |
| متوسط (II) | ۲۳      | ۲۳/۹۶        | ۱۶۱۹۶/۱۷             | ۳۴/۶۳      |
| زیاد (III) | ۲۲      | ۲۲/۹۲        | ۱۵۸۱۲/۲۷             | ۳۳/۸۱      |
| شدید (IV)  | ۱۲      | ۱۲/۵۰        | ۷۴۷۵/۸۶              | ۱۵/۹۸      |
| جمع        | ۹۶      | ۱۰۰          | ۴۶۷۷/۳۹              | ۱۰۰        |
| مربع کای   | ۱۵/۶**  | ۱۶/۳**       | ۴۴۳۰**               | ۱۳/۸**     |

با توجه به آزمون تفاوت آماری بین کلاس‌های خطر بیابان‌زایی مدل حقایق زمینی با آزمون مربع کای، تعداد و فراوانی، مساحت و درصد مساحت کلاس‌های خطر در سطح اطمینان ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۶) با توجه به نتایج به دست آمده از ارزیابی نقشه حقایق زمینی، بیش‌ترین و کم‌ترین سطح منطقه را کلاس متوسط (۳۴/۶۳ درصد) و کم (۱۵/۵۸ درصد) به خود اختصاص داد (جدول ۶).

با توجه به نتیجه جمع عددی معیارها (جدول ۷)، مدل MICD اختلاف کم‌تری با حقایق زمینی داشته و کارآیی بالاتری برای ارزیابی خطر بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه دارد. میزان تفکیک کلاس‌های خطر: برای مقایسه کلاس‌های خطر مدل‌ها از آزمون ناپارامتریک مربع کای استفاده شد.

نتایج مقایسه آماری کلاس بیابان‌زایی مدل‌های MICD و IMDPA با حقایق زمینی نشان داد که مدل MICD و IMDPA در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و حقایق زمینی داشتند (جدول ۸).

جدول ۷- مقایسه تفاوت آماری کلاس بیان‌زایی ملدهای MICD و IMDPA با حقایق زمینی.

| ردیف (۱-۳) | واحد کاری                              | کلاس بیان‌زایی |      | تفاوت کلاس | تفاوت کلاس | ردیف (۴-۶) | واحد کاری                                | کلاس بیان‌زایی |      | تفاوت کلاس | تفاوت کلاس |
|------------|--|----------------|------|------------|------------|------------|--|----------------|------|------------|------------|
|            |  | IMDPA          | MICD |            |            |            |  | IMDPA          | MICD |            |            |
| ۱          | کره‌های دازی به نسبت مرتفع             | II             | II   | ۰          | ۱          | ۴۹         | مجموعه اینسلبرگ مقیسه                    | II             | III  | ۰          | ۱          |
| ۲          | کره‌های آهکی بسیار مرتفع با دیواره تند | II             | II   | ۰          | ۲          | ۵۰         | مخروط‌الکته‌های کشت شده غرب سبزوار       | II             | IV   | ۰          | ۲          |
| ۳          | تأوب سنگ‌های آتشفشانی کلاه رجانی       | II             | II   | ۰          | ۲          | ۵۱         | مخروط‌الکته‌های کشت شده کال روداب        | II             | IV   | ۰          | ۲          |
| ۴          | تأوب سنگ‌های آتشفشانی درگزر            | II             | II   | ۰          | ۲          | ۵۲         | مخروط‌الکته‌های کشت شده نامن             | II             | IV   | ۰          | ۲          |
| ۵          | کره‌های فرسایش یافته به نسبت مرتفع     | II             | II   | ۰          | ۲          | ۵۳         | مخروط‌الکته‌های کشت شده بریزان           | II             | IV   | ۰          | ۲          |
| ۶          | بروزرد سنگی هلاک‌آباد                  | II             | II   | -۱         | ۰          | ۵۴         | اراضی شور و رسی با پوشش شورسند نامن      | III            | III  | -۱         | ۰          |
| ۷          | بروزرد سنگی فضل‌آباد                   | II             | II   | -۱         | ۰          | ۵۵         | اراضی شور و رسی با پوشش شورسند مقیسه     | III            | III  | -۱         | ۰          |
| ۸          | کره‌های آهکی مارندار                   | II             | II   | -۱         | ۰          | ۵۶         | دشت رنگی ریزدانه داورزن                  | III            | III  | -۱         | ۰          |
| ۹          | رشته مارزی با فرسایش خندقی             | II             | II   | -۱         | ۰          | ۵۷         | دشت رنگی ریزدانه فیض‌آباد                | III            | III  | -۱         | ۰          |
| ۱۰         | تأوب سنگ آهک و شیل گرم رنگ             | II             | II   | ۰          | ۱          | ۵۸         | مخروط‌الکته‌های کم ارتفاع جران روداب     | III            | III  | ۰          | ۱          |
| ۱۱         | تپه‌های گرانیتی                        | II             | II   | ۰          | ۱          | ۵۹         | مخروط‌الکته‌های کم ارتفاع جران کوه پروند | III            | III  | ۰          | ۱          |
| ۱۲         | کنگولمرای سست شده ضعیف                 | II             | II   | -۱         | ۰          | ۶۰         | اراضی شور و رسی با پوشش شورسند چرمین     | III            | III  | -۱         | ۰          |
| ۱۳         | ماسه‌سنگ با چشم انداز خندقی            | II             | II   | ۰          | ۱          | ۶۱         | اراضی شور و رسی با پوشش شورسند ملوند     | III            | III  | ۰          | ۱          |

ادامه جدول ۷-۷

| ردیف | واحد کاری                                      | کلاس پیلان زایی |       | تفاوت کلاس | ردیف | واحد کاری                                      | کلاس پیلان زایی |       | تفاوت کلاس | ردیف |
|------|--|-----------------|-------|------------|------|--|-----------------|-------|------------|------|
|      |  | MICD            | IMDPA |            |      |  | MICD            | IMDPA |            |      |
| ۱۴   | ملمسنگ با چشم انداز خندقی هلاک آباد            | II              | II    | ۱          | ۶۱   | اراضی سیلت و رمی کشت شده                       | MI              | II    | ۱          | ۶۱   |
| ۱۵   | شیل، ملمسنگ و توف                              | II              | II    | ۱          | ۶۳   | اراضی سیلت و رمی با پوشش شورسند                | MI              | II    | ۲          | ۶۳   |
| ۱۶   | تپه‌های با سنگ آتشفشانی                        | II              | II    | ۱          | ۶۴   | اراضی سیلت و رمی روداب با پوشش کم              | III             | II    | ۰          | ۶۴   |
| ۱۷   | تپه‌های سنگ‌های آتشفشانی کهنک                  | II              | II    | ۱          | ۶۵   | اراضی سیلت و رمی پروند با پوشش کم              | III             | II    | ۱          | ۶۵   |
| ۱۸   | تپه‌های سنگ‌های آتشفشانی دازین                 | II              | II    | ۱          | ۶۶   | سیلت و رمی با پوشش درختچه‌های                  | II              | II    | ۰          | ۶۶   |
| ۱۹   | تپه‌های سنگ‌های آتشفشانی با شیب کم             | II              | II    | ۱          | ۶۷   | اراضی رمی و شور با پوشش درختی                  | V               | III   | ۱          | ۶۷   |
| ۲۰   | تپه‌های مازنی با اراضی کشت شده گوداسیا         | IV              | II    | ۳          | ۶۸   | تپه‌های فعال با سیف، اشکال پارخانی             | IV              | II    | ۱          | ۶۸   |
| ۲۱   | تپه‌های مازنی با اراضی کشت شده نهلان           | IV              | II    | ۳          | ۶۹   | پارخانه‌های ناقص تا طولی                       | IV              | III   | ۱          | ۶۹   |
| ۲۲   | تپه‌های مازنی با فرسایش خندقی                  | II              | II    | ۱          | ۷۰   | تپه‌های ماسه‌ای کبیده (سیف)                    | IV              | II    | ۱          | ۷۰   |
| ۲۳   | تپه‌های مازنی بنقن با فرسایش خندقی             | III             | II    | ۲          | ۷۱   | تپه‌های سیلک                                   | V               | III   | ۱          | ۷۱   |
| ۲۴   | تپه‌های مازنی با فرسایش خندقی و پوشش شورسند    | II              | II    | ۱          | ۷۲   | تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت شده               | III             | II    | ۱          | ۷۲   |
| ۲۵   | تپه‌های مازنه‌های گرم رنگ با کنگومرا بلشتین    | III             | II    | ۲          | ۷۳   | تپه‌های ماسه‌ای و نیمه تثبیت شده با پوشش مرتعی | IV              | II    | ۱          | ۷۳   |
| ۲۶   | رشته تپه‌های مازنی گرم رنگ تا صورتی با کنگومرا | III             | II    | ۲          | ۷۴   | تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت شده حارث آباد     | IV              | III   | ۱          | ۷۴   |

ادامه جدول ۷-۷

| ردیف | واحد کاری                                    | کلاس بیابان‌زایی |      | تفاوت کلاس | تفاوت کلاس | ردیف | واحد کاری                                     | کلاس بیابان‌زایی |      | تفاوت کلاس | تفاوت کلاس |
|------|--|------------------|------|------------|------------|------|---|------------------|------|------------|------------|
|      |  | IMDPA            | MICD |            |            |      |   | IMDPA            | MICD |            |            |
| ۲۷   | سنگ آهک مازنی، ماسه‌ای، دولومیتی             | II               | II   | ۱          | ۱          | ۷۵   | تپه‌های ماسه‌ای عرضی و تثبیت شده متراکم       | AI               | II   | ۱          | -۱         |
| ۲۸   | آبرفت‌های رودخانه‌ای                         | III              | II   | ۲          | ۲          | ۷۶   | تپه‌های ماسه‌ای موازی تثبیت شده با پوشش درختی | IV               | II   | ۲          | -۱         |
| ۲۹   | اینسلیبرگ فرسایشی                            | II               | II   | ۱          | ۱          | ۷۷   | تپه‌های ماسه‌ای موازی تثبیت شده               | IV               | II   | ۲          | ۰          |
| ۳۰   | مخروط افکنده‌های کم ارتفاع جوان              | III              | II   | ۲          | ۲          | ۷۸   | آبرفت رودخانه‌ای صبری                         | IV               | II   | ۲          | -۱         |
| ۳۱   | مخروط افکنده‌های کم ارتفاع جوان دارین        | II               | II   | ۱          | ۱          | ۷۹   | اراضی شور یا نیگا و ریدو                      | IV               | II   | ۲          | -۱         |
| ۳۲   | مخروط افکنده‌های مرتفع و کهن شمالی           | II               | II   | ۱          | ۱          | ۸۰   | اراضی سیلابی با پوشش شورسند                   | III              | II   | ۱          | ۰          |
| ۳۳   | مخروط افکنده‌های مرتفع و کهن درقدم           | III              | II   | ۲          | ۲          | ۸۱   | اراضی شور فسقر با سطح ایستایی بالا            | II               | II   | ۰          | ۰          |
| ۳۴   | آبرفت‌های رودخانه‌ای شمال داووزن             | III              | II   | ۲          | ۲          | ۸۲   | اراضی سیلابی شمال آرگ با پوشش درختی           | III              | II   | ۲          | -۱         |
| ۳۵   | آبرفت‌های رودخانه‌ای جنوبی                   | II               | II   | ۱          | ۱          | ۸۳   | کال شور یا پوشش درختی                         | II               | II   | ۰          | ۰          |
| ۳۶   | مخروط افکنده با فرسایش آبراه‌های             | III              | II   | ۱          | ۱          | ۸۴   | اراضی سیلابی شمس‌آباد با پوشش درختی           | II               | II   | ۰          | ۰          |
| ۳۷   | مخروط افکنده‌های کوداسیا با فرسایش آبراه‌های | III              | II   | ۲          | ۲          | ۸۵   | اراضی سیلابی با پوشش درختی چشم                | II               | II   | ۰          | ۰          |
| ۳۸   | مخروط افکنده‌های جوان مهر یا اراضی کشت شده   | IV               | II   | ۲          | ۲          | ۸۶   | اراضی شور و مرطوب با سطح نرم و پف کرده        | III              | IV   | ۱          | -۱         |

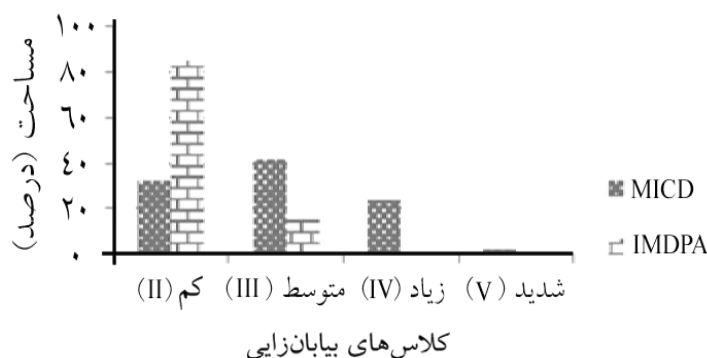
ادامه جدول ۷-۷

| تفاوت کلاس | کلاس بیان‌زایی |           | تفاوت کلاس | کلاس بیان‌زایی | واحد کاری                                   | تفاوت کلاس | کلاس بیان‌زایی |           |
|------------|----------------|-----------|------------|----------------|---|------------|----------------|-----------|
|            | میان IMDPA     | میان MICD |            |                |   |            | میان IMDPA     | میان MICD |
| ۲-۱        | ۱              | ۱         | ۰          | ۱              | دشت سیلابی کال شور                          | ۱          | ۱              | ۱         |
| -۱         | -۱             | -۱        | ۰          | -۱             | اراضی سیلابی مسطح و شور                     | -۱         | -۱             | -۱        |
| ۰          | ۰              | ۰         | -۱         | ۰              | اراضی مسطح و شور با پوشش شورسند             | ۰          | ۰              | ۰         |
| ۰          | ۰              | ۰         | ۰          | ۰              | اراضی مسطح و شور مریزان                     | ۰          | ۰              | ۰         |
| -۱         | -۱             | -۱        | ۰          | ۰              | مجموعه اینسبرگ با پوشش شورسند               | -۱         | -۱             | -۱        |
| ۰          | ۰              | ۰         | ۱          | ۱              | کدهای رسی شور روداب                         | ۰          | ۱              | ۱         |
| ۰          | ۰              | ۰         | ۱          | ۱              | کدهای رسی شور مریزان                        | ۰          | ۱              | ۱         |
| -۱         | -۱             | -۱        | ۰          | ۰              | سطوح نمکی مریزان با پهنه‌های نرم و پفت کرده | -۱         | ۰              | -۱        |
| -۱         | -۱             | -۱        | ۱          | ۱              | سطوح شور و پفت کرده شمال ازگ                | -۱         | ۱              | -۱        |
| -۱         | -۱             | -۱        | ۰          | ۰              | پهنه‌های رسی نمکی با رشته گنبدهای نمکی      | -۱         | ۰              | -۱        |
| ۷۸         | ۱۳             | ۷۸        | جمع        | ۱۳             |   | ۷۸         | ۱۳             | ۷۸        |

۱: مدل بزرگ‌تر از نظر کارشناسی، ۱-۱: مدل کوچک‌تر از نظر کارشناسی و ۰: مدل برابر نظر کارشناسی.

جدول ۸- مقایسه تفاوت فراوانی کلاس‌های خطر با استفاده از آزمون مربع کای.

| مدل      | MICD با حقایق زمینی | IMDPA با حقایق زمینی | IMDPA با MICD |
|----------|---------------------|----------------------|---------------|
| مربع کای | ۸۴/۰۴**             | ۱۷۳/۹۶**             | ۱۶۴/۵۲**      |



شکل ۹- توزیع فراوانی کلاس‌های خطر بیابانزایی دو مدل MICD و IMDPA.

میزان تطابق نقشه‌های خطر: نتایج به‌دست آمده براساس طبقه‌بندی لندیس و کوچ (۱۹۷۷) (کریمی‌سنگچینی، ۲۰۱۱) نشان داد که تطابق نقشه‌های خطر MICD و IMDPA با حقایق زمینی به‌ترتیب متوسط و کم است (جدول ۹)؛ همچنین برای تعیین میزان تطابق هر کلاس خطر (کاپای جزئی) نقشه‌ها با هم مقایسه و شاخص کاپا برای هر کلاس محاسبه گردید (جدول ۹). همچنین خطای کل کلاس‌های خطر MICD با حقایق زمینی کم‌تر از IMDPA برآورد شد (جدول ۹). در نهایت نتایج به‌دست آمده از مقایسه همبستگی‌های اسپیرمن و کندال بین مدل‌ها با حقایق زمینی (جدول ۹)، با شاخص کاپا، خطای کل و آزمون مربع کای هم‌سو بوده و همبستگی بالای مدل MICD با حقایق زمینی را نشان داد. از طرفی مدل بیابانزایی MICD ۴ کلاس بیابانزایی (جدول ۴ و شکل ۶) و مدل IMDPA دو کلاس بیابانزایی (جدول ۵ و شکل ۷) را تفکیک کرده است، با توجه وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه سبزوار، که سطح گسترده‌ای از کوهستان‌های مرتفع تا کفه‌های نمکی پلایاهای پست را دربرمی‌گیرد؛ تنوع کلاس‌های بیابانزایی بیشتری را می‌طلبد، که این مهم مدل MICD را توانمندتر در ارائه واقعیات زمینی نشان می‌دهد.

جدول ۹- مقادیر شاخص کاپای جزئی بین کلاس‌های نقشه‌های خطر مدل‌ها و آزمون همبستگی بین آن‌ها.

| خطای کل             | کاپای کلی | کاپای جزئی بین کلاس‌ها |        |        |        |         |         | آزمون همبستگی |
|---------------------|-----------|------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------------|
|                     |           | ۱ با ۱                 | ۲ با ۲ | ۳ با ۳ | ۴ با ۴ | اسپیرمن | کندال   |               |
| MICD و حقایق زمینی  | ۰/۳۶      | ۰/۸۹                   | ۰/۱۶   | ۰/۲۳   | ۱/۰۰   | ۰/۶۳۵** | ۰/۵۵۹** |               |
| IMDPA و حقایق زمینی | ۰/۵۶      | ۰/۸۴                   | -۰/۳۰  | -      | -      | ۰/۵۲۱** | ۰/۴۸۰** |               |
| MICD و IMDPA        | ۰/۵۳      | ۰/۶۳                   | ۰/۵۹   | -      | -      | -       | -       |               |

### بحث و نتیجه‌گیری

مدل بیابان‌زایی MICD: براساس نتایج به‌دست آمده با استفاده از این مدل بیش‌ترین درصد منطقه مورد مطالعه را کلاس متوسط (II) به خود اختصاص داد و با نتایج پژوهش‌های احمدی و همکاران (۲۰۰۶)، حسینی و همکاران (۲۰۱۰)، شهریاری و همکاران (۲۰۱۱)، هاشمی و همکاران (۲۰۱۱) و طباطبایی‌زاده (۲۰۱۰) مبنی بر غالب بودن کلاس متوسط بیابان‌زایی هم‌خوانی و با پژوهش صفری (۲۰۱۰) هم‌خوانی ندارد. براساس نتایج آزمون آماری مربع کای بین فراوانی، درصد فراوانی و مساحت کلاس‌های خطر بیابان‌زایی در هر دو مدل، همه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند که برآورد متفاوتی از خطر بیابان‌زایی در منطقه را نشان داد که با پژوهش نظری‌نژاد (۲۰۱۰) هم‌خوانی داشت. ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در کاربری مرتعی و جنگلی مخروطی‌نشان 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 به‌شمار 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 به‌شمار می‌آمدند. همچنین بیش‌ترین ارزش شدت بیابان‌زایی، مربوط به «تپه‌های ماسه‌ای با اشکال بارخانی و پیش‌بارخانی» با ارزش ۲۲/۷ است. علت این امر را در فعال بودن تپه ماسه‌ای، نبود پوشش گیاهی و بافت درشت‌دانه آن می‌توان جستجو کرد. نتایج این قسمت با پژوهش‌های حسینی و همکاران (۲۰۱۰) و شهریاری و همکاران (۲۰۱۱) که بیش‌ترین ارزش بیابان‌زایی را مربوط به تپه‌های ماسه‌ای می‌دانند، هم‌خوانی داشت. 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، منطقه مورد پهنه‌بندی نیازمند حضور ایستگاه در منطقه و یا نزدیک به آن می‌باشد.

مدل بیابان‌زایی **IMDPA**: پس از ارزش‌دهی به شاخص‌های بیابان‌زایی و تهیه نقشه بیابان‌زایی، منطقه مورد مطالعه به دو کلاس متوسط (II) و زیاد (III) تقسیم شد که بیش‌ترین سطح منطقه را کلاس بیابان‌زایی متوسط (II) (۸۵/۰۷ درصد) به خود اختصاص داد که با نتایج پژوهش‌های رضایی‌راد (۲۰۰۹)، نیکو (۲۰۱۱)، ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۱) و طباطبایی‌زاده (۲۰۱۰) مبنی بر غالب بودن کلاس متوسط بیابان‌زایی در مدل هم‌خوانی و با پژوهش‌های ناطقی و همکاران (۲۰۰۹) و صفری (۲۰۱۰) هم‌خوانی ندارد. در مقایسه گروه‌ها، گروه پوشش با میانگین وزنی ۲/۵۷ بیش‌ترین و گروه انسانی با میانگین وزنی ۱/۵۵ کم‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی داشتند، که با پژوهش‌های ابریشم (۲۰۰۴) که نقش عوامل انسانی را در بیابان‌زایی منطقه بسیار کم گزارش کرده است هم‌خوانی دارد. دو معیار فرسایش و پوشش گیاهی به‌ترتیب با میانگین وزنی ۲/۷۲ و ۲/۷۰ بیش‌ترین و دو معیار توسعه شهری و کشاورزی به‌ترتیب با میانگین وزنی ۰/۶۳ و ۰/۲۸ کم‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشتند. که با نتایج رضایی‌راد (۲۰۰۹)، ناطقی و همکاران (۲۰۰۹) و آرامی (۲۰۱۳) که پوشش گیاهی را مؤثرترین عامل معرفی می‌کنند و با پژوهش‌های ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۱) که معیار فرسایش بادی را مؤثرترین عامل می‌داند هم‌خوانی دارد. در بین شاخص‌های استفاده شده برای معیار اقلیم، شاخص بارش سالانه با میانگین وزنی ۲/۱۸، در معیار آب و آبیاری شاخص  $Ec$  آب با میانگین وزنی ۲/۹۴ و در معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی شاخص سنگ‌شناسی با میانگین وزنی ۱/۸۲، بیش‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشته‌اند. در بین شاخص‌های معیار خاک، شاخص بافت خاک با میانگین وزنی ۲/۱۷ بیش‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشته است که با نتایج پژوهش‌های رضایی‌راد (۲۰۰۹) هم‌خوانی دارد. در زیرمعیار فرسایش آبی، شاخص تاج پوشش گیاهی با میانگین وزنی ۲/۸۵، زیرمعیار فرسایش بادی تعداد روزهای گرد و غبار با میانگین وزنی ۲/۷۵ مؤثرترین عوامل بودند. در معیار پوشش گیاهی شاخص بهره‌برداری با میانگین وزنی ۲/۵۹ و در معیار کشاورزی شاخص الگوی کشت با میانگین وزنی ۰/۳۷ بیش‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشتند. در بین معیار اقتصادی-اجتماعی شاخص فقر عامل مؤثر به‌شمار می‌آید که با نتایج رضایی‌راد (۲۰۰۹) که عامل معیشت را مؤثر در بیابان‌زایی می‌داند هم‌خوانی ندارد. همچنین از مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی در منطقه می‌توان به فقر پوشش سطح خاک، دارا بودن اقلیم خشک و فراخشک و آبیاری و کشاورزی غیراصولی اشاره کرد که با نتایج پژوهش نیکو (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد. همچنین با استفاده از آزمون مربع کای، مقایسه آماری بین فراوانی، درصد فراوانی، مساحت و درصد فراوانی برقرار شد که معنی‌دار شدن در سطح ۱ درصد، برآورد متفاوتی را از کلاس‌های خطر نشان داد که با پژوهش آرامی (۲۰۱۳) هم‌خوانی داشت.



مقایسه مدل‌ها و مدل برتر: برای رسیدن به مدل برتر در منطقه مورد مطالعه، پس از تهیه نقشه خطر بیابان‌زایی حقایق زمینی مبنای مقایسه قرار گرفت. براساس مقایسه‌های آماری مدل MICD و IMDPA با حقایق زمینی، آزمون تفاوت میانگین (با استفاده از مربع کای)، شاخص کاپا، همبستگی‌های اسپیرمن و کندال همه نتایجی هم‌سو مبنی بر نزدیک بودن مدل MICD به حقایق زمینی را نشان دادند. نتایج این قسمت با مطالعه احمدی و همکاران (۲۰۰۶) و ابریشم (۲۰۰۴) که مدل MICD را مدل برتر معرفی کردند، هم‌خوانی دارد. طبقه‌بندی اراضی به سه واحد بزرگ در مدل MICD در ارزش‌دهی مؤثرتر و دقیق‌تر به واحدهای کاری بسیار مؤثر است و از نقاط قوت آن محسوب می‌شود؛ اما واحد اراضی بدون کاربری واحدی مبهم است چرا که اراضی که دارای پوشش گیاهی کمی هستند و بدون کاربری خاصی‌اند، جزو این طبقه قرار نمی‌گیرند مثلاً در واحد پلایاها و کفه‌های نمکی که دارای پوشش گیاهی شورپسند و پراکنده‌ای هستند اگر در طبقه‌بندی اراضی مرتعی قرار بگیرد شاخص‌ها ارزش کلاس‌ها را متفاوت برآورد می‌کنند در صورتی که این واحدها با این‌که پوشش گیاهی پراکنده‌ای را شامل می‌شوند باید در واحد اراضی بدون کاربری قرار بگیرد. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران در مطالعات بعدی مدل MICD، کفه‌های نمکی و اراضی شور که پوشش گیاهی پراکنده‌ای دارند را در واحد اراضی بدون کاربری قرار دهند. مدل IMDPA مدل گسترده‌ای با ۹ معیار و بیش از ۳۰ شاخص بیابان‌زایی است که عوامل مؤثر زیادی را در بیابان‌زایی دخیل می‌کند؛ اما شاخص‌های زیاد و متنوع همیشه از نقاط قوت یک مدل محسوب نمی‌شود؛ چرا که می‌تواند عامل مؤثری در کاهش و یا افزایش ارزش نهایی بیابان‌زایی باشد؛ به‌عنوان مثال در این منطقه عوامل انسانی و توسعه صنعتی و همچنین عوامل نهادی همچون مالکیت و تعارض نقش تعیین‌کننده‌ای در بیابان‌زایی منطقه ندارند و ارزش‌دهی به آن‌ها باعث کاهش ارزش نهایی بیابان‌زایی گردید. پس می‌توان نتیجه گرفت که در مدل IMDPA، گزینش شاخص‌های مؤثر در هر منطقه می‌تواند نتایج دقیق‌تری ارائه دهد. برای ارزش‌دهی به شاخص‌های جمعیتی، به آمار ثبت شده نیاز داریم که در صورت وجود آمار، فقط برای روستاهای منطقه قابل تهیه است و قابل تعمیم به پهنه نیست، از طرفی آثار تخریب انسان به یک پهنه خاص مختص نمی‌شود.

از نقاط قوت مدل IMDPA نسبت به MICD می‌توان به روش میانگین هندسی، انعطاف‌پذیری بیشتر و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در تلفیق لایه‌ها اشاره کرد. از نقاط قوت مدل MICD نسبت به IMDPA می‌توان به تفکیک واحدها براساس کاربری، توجه کافی به فرسایش بادی که نقش مهمی در تشدید بیابان‌زایی دارد و ساده بودن آن اشاره کرد.

## منابع

1. Abrisham, E. 2004. Assessment and mapping of desertification using FAO-UNEP, ICD and MICD models in Fakhrabad-Mehriz (Yazd), A thesis of MSc in combating desertification, University of Tehran, 130p. (In Persian)
2. Ahmadi, H., Abrisham, E., Zehtabian, G.R., and Amiraslani, F. 2006. The comparison of ICD and MICD models for assessment of desertification in a desertified pilot region, Iran. 14<sup>th</sup> International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Morocco, May 14-19.
3. Arami, A.H. 2013. Assessing desertification hazard (IMDPA model), risk and developing management plan in Semi-Arid Agh-Band region, Golestan Province, Iran, A thesis of M.Sc. in arid zone management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 185p. (In Persian)
4. Bihamta, M.R., and Zare Chahouki, M.A. 2011. Principles of statistics for the natural resources science, University of Tehran Press, 300p. (In Persian)
5. Ekhtessasi, M.R., and Sepehr, A. 2011. Methods and models of desertification assessment and mapping. Yazd University Press, 286p. (In Persian)
6. Farmahini Farahani, A., and Darvish, M. 2012. Assessment and generating desertification map using FAO and UNEP method in Kavire-e-Meighan basin. Iran. J. Range Desert Res. 19: 4. 547-556. (In Persian)
7. Goudie, A.S. 2011. Desertification. In: J.O. Nriagu (ed.) Encyclopedia of Environmental Health, Burlington: Elsevier. 2: 30-35.
8. Hashemi, Z., Pahlevanravi, A., and Miri, A. 2011. Evaluating the present situation of desertification in Zahak region of Sistan based on water erosion criteria. Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi). 91: 68-79. (In Persian)
9. Hoseini, S.M., Ekhtesasi, M.R., Shahriyari, A.R., and Shafiei, H. 2010. Study of current and potential desertification status with emphasis on wind erosion criterion using MICD method (Case study: Niatak Region of Sistan). J. Range Water. Manage. Iran. J. Nature. Resour. 63: 2. 165-181. (In Persian)
10. Jafari, M., Nasri, M., and Tavili, A. 2010. Soil and land degradation, First edition, University of Tehran, 130p. (In Persian)
11. Kamali, M. 2011. Study of desertification status using IMDPA model with emphasis on water, soil and vegetation criteria (Case study: Faryab-Kerman Province). A thesis of M.Sc. in combating desertification, University of Tehran, 113p. (In Persian)
12. Karimi Sangchini, E. 2011. Assessment of landslide hazard, risk and development of management plan in Chehel-Chay Watershed, Golestan Province, Iran. A thesis of M.Sc. in watershed management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 137p. (In Persian)

13. Nateghi, S., Zehtabian, Gh.R., and Ahmadi, H. 2009. Evaluation of desertification intensity in Segzi Plain using IMDPA model. *J. Range Water. Manage.* 62: 3. 419-430. (In Persian)
14. Nazarinajad, M. 2010. Assessing ESAs and ICD models for desertification hazard mapping and management plans (Case study: Reza-Abad Region, Khartoran, Semnan Province). A thesis of M.Sc. in arid zone management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 153p. (In Persian)
15. Niko, S.H. 2011. Assessment of potential desertification, land degradation to identify the effective factors by using IMDPA method (Case study: Damghan region). A thesis of Ph.D. in combating desertification, University of Tehran, 233p. (In Persian)
16. Parvari, H., Hosseini, S.M., Pahlevanravi, A., Moghaddam Nia, A.R., and Ekhtesasi, M.R. 2011. Comparison of ICD and ESAs models to desertification map in the Nyatk region of Sistan. *Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi)*. 90: 42-54. (In Persian)
17. Rasmy, M., Gad, A., Abdelsalam, H., and Siwailam, M. 2010. A dynamic simulation model of desertification in Egypt. *Egypt J. Rem. Sens. Space Sci.* 13: 101-111.
18. Rezaee Rad, N. 2009. The Study of desertification potential Cheshme Khan Basin by IMDPA method. A thesis of M.Sc. in combating desertification, University of Tehran, 110p. (In Persian)
19. Safari, F. 2010. The comparison of desertification intensity potential using MICD and IMDPA methods with emphasis on wind erosion in Segzy plain (Esfahan). A thesis of M.Sc. in University of Tehran, 125p. (In Persian)
20. Shahriyari, A., Hosseini, S.M., Ekhtesasi, M.R., and Fakhire, A. 2011. Assessment of land degradation in Sistan Region with emphasis on wind erosion, *Geograph. Dev. Iran. J.* 20: 21-36. (In Persian)
21. Tabatabaie-Zadeh, M. 2010. The comparison of desertification intensity potential using MICD and IMDPA methods with emphasis on wind erosion (Case Study: Fakhr-Abad of Mehriz). A thesis of M.Sc. in University of Tehran, 92p. (In Persian)
22. Vero'n, S.R., Paruelo, J.M., and Oesterheld, M. 2006. Assessing desertification, *J. Arid Environ.* 66: 751-763.
23. Xu, D.Y., Kang, X.W., Zhuang, D.F., and Pan, J.J. 2010. Multi-scale quantitative assessment of the relative roles of climate change and human activities in desertification-A case study of the Ordos Plateau, China. *J. Arid Environ.* 74: 498-507.
24. Zolfaghari, F., Shahriari, A.R., Fakhireh, A., Rashki, A.R., Noori, S., and Khosravi, H. 2011. Assessment of desertification potential using IMDPA model in Sistan plain. *Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi)*. 91: 97-107. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(4), 2014*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Comparing efficiency of Iranian desert hazard assessment models, namely MICD and IMDPA (Case study: Sabzevar region)**

**\*E. Silakhori<sup>1</sup>, M. Ownegh<sup>2</sup>, A. Sadoddin<sup>3</sup> and E. Filekesh<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Desert Area Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Professor, Dept. of Desert Area Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>4</sup>Member of Scientific Board, Sabzevar Agricultural and Natural Resources Research Center, Iran

Received: 05/16/2013; Accepted: 04/13/2014

### **Abstract**

There have been several models presented for evaluation and provision of the prevailing conditions of desertification. Two Iranian desertification models, namely MICD and IMDPA, were used to assess desertification hazard and select the best model for Sabzevar region. Firstly, work unit map (geomorphologic facies) was created using slope, geology, vegetation cover, land use, Landsat 5 satellite imagery and google earth data. Once scoring was at hand indicators, the relative hazard maps were produced. According to field observatories and incorporating advices from experienced connoisseurs of this field, ground truth map was prepared. In the next step, efficiency of the models was evaluated. In order to ascertain the level of compatibility between the hazard assessment maps produced by means of the MICD and IMDPA models and what was learned in the field, the Kappa index came to help. Differences between the frequencies of classes defined in the maps were investigated by applying the Chi-square test and along this, the most efficient model was chosen based on Kappa index as well as Spearman and Kendall's correlations indices. Results from statistical comparison made between hazard assessment classes defined in the models and the ground truth showed significant differences ( $Pvalue < 0.01$ ). The matchup between the out results of models and the ground truth was evaluated as average to low extents. On the other hand, drawing an analogy between the Spearman and Kendall's Correlation indices outcomes in each model and the ground truth showed comparable results in which the Kappa index and Chi square index was included, and this led to this conclusion that the MICD performs well above the IMDPA. Finally, the MICD was chosen as the efficient model.

**Keywords:** Desertification hazard intensity, MICD model, IMDPA model, Sabzevar region

---

\* Corresponding Author; Email: [esi.sila@yahoo.com](mailto:esi.sila@yahoo.com)