

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی

گروه آب شناسی و زمین شناسی زیست محیطی

ارزیابی خطر بیابان زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

لیلا خانی بندانی

استاد راهنما

دکتر هادی جعفری

بهمن ماه ۱۳۹۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به ساحت مقدس آقا امام زمان (عج)

باساس از سر وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

مویشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا کرم بخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

لیلا خانی بندانی

بهمن ماه ۱۳۹۴

مشکر و قدردانی

سپاس و ستایش خداوندی را سزااست که کسوت هستی را بر اندام موزون آفرینش پوشانید و تجلیات قدرت لایشرافی را در مظاهر و آثار طبیعت نمایان گردانید. بار الهام! من بیا دتو، به تو تقرب می جویم و تورا به پیشگاه توشیح می آورم و از تو خواستارم، به کرمت، مرابه خودت نزدیک گردانی و یاد خود را به من الهام کنی و بر من رحمت آوری و به آنچه بهره و نصیب من ساخته ای، خسودم قرار دهی و در همه حال به فروتنی ام واداری.

“من لم یسکر المخلوق لم یسکر الخالق”. بر خود لازم می دانم از کلیه کسانی که بنده را در تدوین و نگارش این پایان نامه یاری نمودند صمیمانه مشکر و قدردانی نمایم. به خصوص از استاد فرزانه جناب آقای دکتر مهدی جعفری (استاد اهنما) که در کلیه مراحل انجام این پژوهش با خوشروئی و شکیبایی، همواره بار اهنمایی های بی شائبه شان رو منگدر راه من بوده اند و همچنین از اساتید داور جناب دکتر علاء محسن کرمی و دکتر شاپن شاهسونی و نماینده تحصیلات تکمیلی دکتر کیتی فرقانی به دلیل صبر و حوصله ایشان کمال مشکر را دارم.

از کلیه پرسنل سازمان منابع طبیعی استان سیستان بلوچستان به خصوص آقایان مهندس عباس کفاش و مهندس جهانی که دلسوزانه بنده را در جمع آوری اطلاعات یاری دادند کمال مشکر را دارم. از آقای مهندس فرهاد ذوالفقاری به دلیل راهنمایی های ارزشمندشان بسیار سپاسگزارم.

از آقای مهندس عبدالله شمسی به دلیل رفع مشکلات نرم افزاری و صبر و حوصله ایشان کمال مشکر و قدردانی را دارم. از دوست عزیزم

سرکار خانم سعیده قدیمی که زحمت و کجک فراوانی را متقبل شدند قدردانی می‌نمایم. در آخر از کلیه دوستان عزیزم خانم هاشم شہرستانی، الهام نقی زاده، سیده سمانہ موسوی، میترا غلامی، زہرا علی موسی، مہتاب یار احمدی، یلدا علیدینی، مانده روزبہانی و بہترین دوست عزیزم شیرین شمس الدینی، اساتید محترم دانشکدہ علوم زمین بہ ویژه جناب دکتر محمود صادقیان و پرسنل محترم دانشکدہ مخصوصاً سرکار خانم زہرہ فارسی صمیمانہ تشکر و قدردانی می‌نمایم.

بہترین پاس با تقدیم بہ خانوادہ عزیزم کہ با وجود بسیاری مشکلات بہوارہ از پیچ حیات و کوششی دینگ نکردند. باشد کہ این خردترین، نحشی از زحمات آنان را پاس گوید.

تعهد نامه

اینجانب لیلا خانی‌بندانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زیست‌محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی خطر بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان تحت راهنمایی دکتر هادی جعفری متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا « Shahrood University of technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد

چکیده

بیابان‌زایی به معنی تخریب زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک امروزه به عنوان یکی از جدی‌ترین مشکلات جامعه جهانی در آمده است. منطقه جنوب شرق شهرستان زاهدان به دلیل اقلیم گرم و خشک، پوشش گیاهی فقیر و قرار گیری در معرض بادهای شدید مستعد شرایط بیابانی شدن می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در منطقه جنوب شرق شهرستان زاهدان با استفاده از مدل IMDPA که مدلی مناسب برای شرایط خشک و نیمه‌خشک کشور ایران است، می‌باشد. برای این منظور به دلیل یکسان بودن منطقه از نظر زمین‌شناسی، رخساره‌های ژئومورفولوژی به عنوان واحد کاری برای ارزش‌دهی به معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی در نظر گرفته شد. پس از بررسی محدوده مورد مطالعه چهار معیار اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و فرسایش بادی به همراه ۱۴ شاخص آن برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در واحدهای کاری انتخاب شد. بر طبق نتایج بدست آمده در این مطالعه شاخص‌های همچون شاخص خشکی، تعداد روزهای طوفانی، بارش، عمق و بافت خاک بیشترین نقش را در افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه داشته‌اند. شاخص‌های تجدید پوشش گیاهی، درصد پوشش گیاهی، وضعیت پوشش گیاهی، هدایت الکتریکی خاک، شدت فرسایش بادی و بهره‌برداری از پوشش گیاهی در رتبه بعدی قرار گرفته‌اند. شاخص‌هایی همچون تداوم خشکسالی، درصد سنگریزه سطحی و درصد سنگریزه عمقی کمترین اثر را بر افزایش شدت بیابان‌زایی نسبت به شاخص‌های مورد بررسی در منطقه داشته‌اند. از میان معیارهای مورد بررسی معیار اقلیم بیشترین نقش را در افزایش شدت بیابان‌زایی داشته است که نشان‌دهنده غالب بودن عوامل طبیعی در افزایش بیابانی‌شدن منطقه می‌باشد. معیارهای پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی به ترتیب رتبه‌های بعدی بیشترین اثر را در افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه دارد. بر این اساس شدت نهایی بیابان‌زایی در منطقه جنوب شرق شهرستان زاهدان ۳/۱۲ برآورد گردیده است که نشان‌دهنده قرار گرفتن منطقه در کلاس شدید بیابان‌زایی می‌باشد. نتایج توزیع فراوانی کلاس‌های شدت بیابان‌زایی منطقه نشان داد ۲۳/۳۹ درصد مساحت منطقه (شامل واحد کاری توده سنگی و منطقه مسکونی) در کلاس کم و ناچیز، ۵/۷۵ درصد در کلاس متوسط، ۶۱/۶۹ درصد در کلاس شدید و ۹/۱۷ درصد منطقه در کلاس خیلی شدید شدت بیابان‌زایی قرار دارند.

کلمات کلیدی: پتانسیل بیابان‌زایی، مدل IMDPA، زاهدان

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- بیان مسأله، ضرورت و هدف از انجام تحقیق	۱
۱-۲- موقعیت جغرافیایی	۲
۱-۳- آب و هوای منطقه	۲
۱-۴- زمین‌شناسی منطقه	۴
۱-۵- پوشش گیاهی منطقه	۵
فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین	۷
۲-۱- مقدمه	۷
۲-۲- بیابان	۷
۲-۳- بیابان‌زایی	۸
۲-۴- فرآیندهای بیابان‌زایی	۹
۲-۴-۱- تخریب منابع گیاهی	۹
۲-۴-۲- تخریب منابع خاک و اراضی	۹
۲-۴-۳- تخریب منابع آب	۱۰
۲-۵- عوامل مؤثر در ایجاد بیابان‌زایی	۱۰
۲-۵-۱- عوامل طبیعی	۱۰
۲-۵-۲- عوامل انسانی	۱۱
۲-۶- مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی	۱۱
۲-۶-۱- مدل FAO/UNEP (۱۹۸۴)	۱۲
۲-۶-۲- مدل ارزیابی بیابان‌زایی موسسه تحقیقات بیابان ترکمنستان	۱۲
۲-۶-۳- مدل طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران (ICD)	۱۲
۲-۶-۴- مدل طبقه‌بندی بسط یافته بیابان‌زایی در ایران (MICD)	۱۳

۱۳.....	۲-۶-۵- مدل پیشنهادی ارزیابی بیابان‌زایی کشور با مقیاس ۱:۱/۰۰۰/۰۰۰
۱۳.....	۲-۶-۶- مدل اروپایی تهیه نقشه حساسیت اراضی به بیابان‌زایی (ESA)
۱۴.....	۲-۶-۷- مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (IMDPA)
۲۷.....	۲-۷- مطالعات پیشین در زمینه بیابان‌زایی
۳۵.....	فصل سوم: روش انجام کار
۳۵.....	۳-۱- انتخاب معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه
۳۶.....	۳-۲- تهیه نقشه واحد کاری
۳۶.....	۳-۳- تهیه آمار و اطلاعات مورد نیاز
۳۶.....	۳-۴- رتبه‌دهی شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی و محاسبه امتیاز نهایی معیارها
۳۷.....	۳-۵- محاسبه ارزش عددی شدت نهایی بیابان‌زایی
۳۷.....	۳-۶- استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی
۳۹.....	فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان
۳۹.....	۴-۱- مقدمه
۳۹.....	۴-۲- انتخاب معیارهای مناسب در مدل IMDPA برای منطقه مورد مطالعه
۴۱.....	۴-۳- تهیه نقشه واحد کاری
۴۶.....	۴-۴- ارزیابی معیارها
۴۶.....	۴-۴-۱- اقلیم
۵۲.....	۴-۴-۲- معیار خاک
۵۳.....	۴-۴-۳- معیار پوشش گیاهی
۵۵.....	۴-۴-۴- معیار فرسایش بادی
۵۵.....	۴-۵- نحوه محاسبه رتبه شاخص‌ها و امتیاز نهایی معیارهای شدت بیابان‌زایی
۵۶.....	۴-۶- نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه

۵۶	۴-۶-۱- ارزیابی رخساره توده‌سنگی
۵۷	۴-۶-۲- ارزیابی رخساره بیرون‌زدگی سنگی
۵۸	۴-۶-۳- ارزیابی رخساره واریزه
۵۹	۴-۶-۴- ارزیابی رخساره فرسایش آبراه‌های (در واحد سنگی)
۶۰	۴-۶-۵- ارزیابی رخساره فرسایش آبراه‌های (فرسایشی)
۶۱	۴-۶-۶- ارزیابی رخساره دشت ریگی با رگ درشت همراه با مسیل
۶۲	۴-۶-۷- ارزیابی رخساره فرسایش آبراه‌های (آپانداز)
۶۴	۴-۶-۹- ارزیابی رخساره دشت ریگی با رگ خیلی درشت
۶۵	۴-۶-۱۰- ارزیابی رخساره دشت ریگی با رگ متوسط همراه با آبراه متراکم
۶۶	۴-۶-۱۱- ارزیابی رخساره دشت ریگی با رگ درشت همراه با آبراه نیمه‌عمیق
۶۷	۴-۶-۱۲- ارزیابی رخساره دشت ریگی با تراکم زیاد و مسیل کم
۶۸	۴-۵-۱۳- ارزیابی رخساره اراضی کشاورزی
۶۹	۴-۶-۱۴- ارزیابی رخساره منطقه مسکونی
۶۹	۴-۷- تجزیه و تحلیل شاخص‌های بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه
۷۶	۴-۸- تجزیه و تحلیل معیارهای بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه
۸۲	۴-۹- ارزیابی شدت و تهیه نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه
۸۷	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۸۷	۵-۱- نتیجه‌گیری
۸۹	۵-۲- پیشنهادها
۹۱	منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: نقشه موقعیت و راه‌های دسترسی به محدوده مورد مطالعه ۳
- شکل ۱-۲: نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی ۶
- شکل ۱-۴: پراکنش رخساره‌های ژئومورفولوژی در جنوب شرق شهرستان زاهدان ۴۵
- شکل ۲-۴: رابطه بارش و ارتفاع برای منطقه مورد مطالعه ۴۷
- شکل ۳-۴: پراکنش بارش در منطقه مورد مطالعه ۴۸
- شکل ۴-۴: رابطه شاخص خشکی و ارتفاع در ایستگاه‌های نماینده منطقه مورد مطالعه ۵۰
- شکل ۴-۵: پراکنش شاخص خشکی (BGI) برای منطقه مورد مطالعه ۵۰
- شکل ۴-۶: ارزش وزنی رتبه شاخص‌های شدت بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه ۷۱
- شکل ۴-۷: رتبه شاخص‌های معیار اقلیم ۷۲
- شکل ۴-۸: رتبه شاخص‌های معیار خاک ۷۳
- شکل ۴-۹: رتبه شاخص‌های معیار پوشش گیاهی ۷۴
- شکل ۴-۱۰: رتبه شاخص‌های معیار فرسایش بادی ۷۵
- شکل ۴-۱۱: نقشه نهایی معیار اقلیم در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه ۷۸
- شکل ۴-۱۲: نقشه نهایی معیار خاک در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه ۷۹
- شکل ۴-۱۳: نقشه نهایی معیار پوشش گیاهی در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه ۸۰
- شکل ۴-۱۴: نقشه نهایی معیار فرسایش بادی در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه ۸۱
- شکل ۴-۱۵: نقشه نهایی وضعیت کمی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه ۸۳
- شکل ۴-۱۶: نقشه نهایی کیفیت شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه ۸۴

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲: طبقه‌بندی و ارزش شاخص‌های معیار اقلیم در مدل IMDPA ۱۵
- جدول ۲-۲: شاخص‌های مورد بررسی در معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی در مدل IMDPA ۱۵
- جدول ۳-۲: وزن شاخص حساسیت سنگ هر یک از واحدهای کاری ۲۰
- جدول ۴-۲: معیار خاک و شاخص‌های آن به همراه دامنه تغییرات و امتیازها ۲۲
- جدول ۵-۲: معیار پوشش گیاهی و شاخص‌های مورد بررسی در مدل ارزیابی بیابان‌زایی ۲۲
- جدول ۶-۲: بررسی وضعیت معیار کشاورزی و شاخص‌های آن ۲۳
- جدول ۷-۲: معیار آب و آبیاری و شاخص‌های آن در ارزیابی بیابان‌زایی ۲۴
- جدول ۸-۲: شاخص‌های معیار فرسایش بادی و کلاس‌های آن در ارزیابی بیابان‌زایی ۲۴
- جدول ۹-۲: معیار توسعه شهری و صنعتی و کلاس‌های آن در ارزیابی بیابان‌زایی ۲۵
- جدول ۱۰-۲: معیار اجتماعی-اقتصادی به همراه شاخص‌ها و امتیاز آنها در ارزیابی بیابان‌زایی ۲۶
- جدول ۱-۳: طبقه‌بندی نقشه تهیه شده برای شاخص، معیارها و شدت بیابان‌زایی ۳۷
- جدول ۱-۴: مشخصات انواع دشت‌سرها ۴۳
- جدول ۲-۴: واحد، تیپ و رخساره‌های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه ۴۴
- جدول ۳-۴: طبقه‌بندی بارندگی سالانه و کلاس آنها برای ارزیابی بیابان‌زایی ۴۶
- جدول ۴-۴: مقدار متوسط سالانه بارش در ایستگاه‌های واقع در داخل یا مجاور منطقه مورد مطالعه ... ۴۷
- جدول ۵-۴: طبقه‌بندی و کلاس بندی شاخص خشکی UTI برای ارزیابی بیابان‌زایی ۴۹
- جدول ۶-۴: نتایج حاصل از محاسبه BGI ۴۹

- جدول ۴-۷: شاخص تداوم خشکسالی برای ارزیابی بیابان‌زایی ۵۱
- جدول ۴-۸: شاخص‌های کیفیت خاک برای ارزیابی وضع موجود (وضعیت بالفعل) بیابان‌زایی ۵۲
- جدول ۴-۹: مشخصات خاک در محل هر یک از پروفیل‌های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه ۵۳
- جدول ۴-۱۰: شاخص‌های پیشنهادی جهت ارزیابی معیار پوشش گیاهی ۵۴
- جدول ۴-۱۱: شاخص‌های مربوط به فرسایش بادی جهت ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی ۵۵
- جدول ۴-۱۲: کلاس‌های کیفی بیابان‌زایی و دامنه کمی آنها ۵۶
- جدول ۴-۱۳: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره بیرون زدگی سنگی ۵۷
- جدول ۴-۱۴: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره واریزه ۵۸
- جدول ۴-۱۵: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره فرسایش آبراهه‌ای در واحد سنگی ۵۹
- جدول ۴-۱۵: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره فرسایش آبراهه‌ای در دشت سر فرسایشی ۶۰
- جدول ۴-۱۷: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با رگ درشت همراه با مسیل ۶۱
- جدول ۴-۱۸: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره فرسایش آبراهه‌ای در دشت سر آپانداژ ۶۲
- جدول ۴-۱۹: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره تپه‌های ماسه‌ای ۶۳
- جدول ۴-۲۰: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با رگ خیلی درشت ۶۴
- جدول ۴-۲۱: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با رگ متوسط ۶۵
- جدول ۴-۲۲: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با رگ درشت ۶۶
- جدول ۴-۲۳: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با تراکم زیاد و مسیل کم ۶۷
- جدول ۴-۲۴: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره اراضی کشاورزی ۶۸
- جدول ۴-۲۵: امتیاز شاخص‌های مورد بررسی بیابان‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی ۷۰

جدول ۴-۲۶: امتیاز نهایی معیارهای مورد بررسی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی ۷۷

جدول ۴-۲۷: امتیاز نهایی شدت بیابان‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه ۸۲

جدول ۴-۲۸: توزیع کلاس‌های شدت بیابان‌زایی در کل منطقه مورد مطالعه ۸۵

فصل اول: کلیات

۱-۱- بیان مسأله، ضرورت و هدف از انجام تحقیق

بیابان‌زایی تخریب زمین در نواحی خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب خشک در اثر تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی می‌باشد. منظور از تخریب، کاهش یا از دست رفتن حاصل‌خیزی زیستی یا اقتصادی و مسأله‌دار شدن اراضی دیم، اراضی کشت‌آبی، مرتع و جنگل در اثر کاربری اراضی یا فرآیندهایی نظیر فرسایش آبی و بادی، تخریب خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و از دست رفتن پوشش گیاهی طبیعی می‌باشد (UNCCD, 1994). فرآیند بیابان‌زایی باعث تخریب منابع آب (کیفی و کمی)، خاک (کربناتی شدن، شور و سدیمی شدن، فرسایش و غیره) و پوشش گیاهی می‌شود که این اثرات در مناطق خشک به وسیله فعالیت‌های انسانی مثل کشاورزی تشدید می‌شود. لذا ضروری است مسأله بیابان‌زایی در بخش‌های مختلف کشور با جدیت بیشتری مورد توجه قرار گیرد.

جنوب شرق شهرستان زاهدان دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. این منطقه تحت تأثیر بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و بادهایی با جهت جنوب غربی-شمال شرقی قرار داشته و از لحاظ پوشش گیاهی جزء مناطق فقیر کشور به حساب می‌آید. وجود ویژگی‌های این چنینی سبب شده که منطقه در معرض خطر بیابان‌زایی قرار گیرد. شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در روند بیابان‌زایی و تعیین شدت آن، برای جلوگیری از روند این پدیده الزامی می‌باشد. شناخت معیارها و شاخص‌ها برای ارائه یک مدل که نشان‌دهنده شدت بیابان‌زایی و تعیین‌کننده مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن باشد برای جلوگیری از افزایش شدت بیابان‌زایی ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف اصلی انجام تحقیق تعیین پارامترهای شاخص بیابان‌زایی و ترسیم

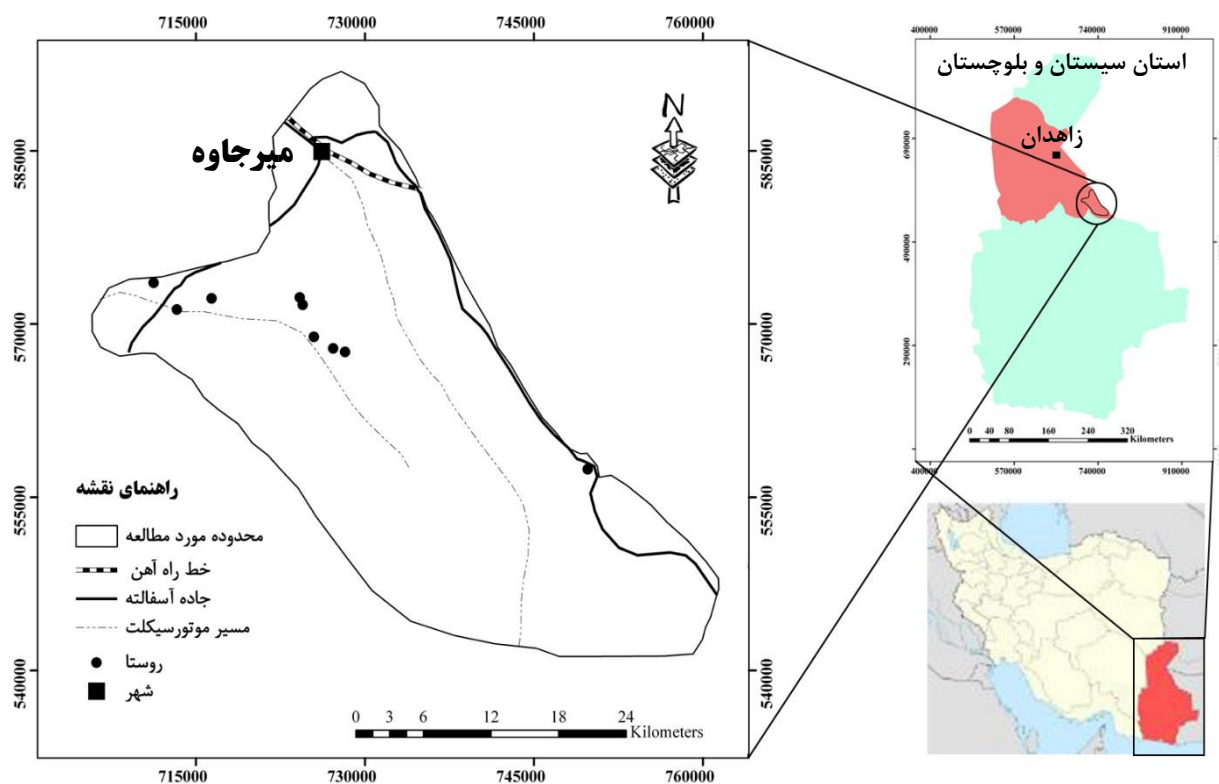
نقشه بیابان‌زایی در منطقه جنوب شرق زاهدان با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (Iranian Model for Desertification Potential Assessment) یکی از جامع‌ترین مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران می‌باشد. از ویژگی‌های این مدل می‌توان به سازگاری آن با شرایط محیط‌های مختلف اشاره نمود که به علت تعداد زیاد شاخص‌ها و معیارهای آن می‌باشد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی

محدوده مورد مطالعه در ۷۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان زاهدان و در امتداد خط مرزی با کشور پاکستان قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه از شرق به پاکستان، از جنوب به شهرستان خاش، از شرق به نصرت‌آباد و از شمال به زاهدان محدود می‌شود. در محدوده مورد مطالعه بزرگترین مرکز مسکونی شهر میرجاوه است که مسیر دسترسی به آن جاده آسفالته زاهدان- میرجاوه می‌باشد و از طریق راه‌آهن به شبه قاره هند متصل می‌شود (شکل ۱-۱). مساحت محدوده مورد مطالعه در حدود ۱۱۸۳۵۹ هکتار آن بین طول جغرافیایی ۲۳' ۶۱° تا ۷۸' ۶۱° شرقی و عرض جغرافیایی ۵۹' ۲۸° تا ۰۸' ۲۹° شمالی می‌باشد. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح آبهای آزاد در محدوده مورد مطالعه حدود ۷۲۵ و ۱۵۱۷ متر می‌باشد.

۱-۳- آب و هوای منطقه

آب و هوای منطقه یکی از پارامترهای مهم و مؤثر در ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی می‌باشد. میانگین بارش در سال ۲۰۱۴ برای محدوده مورد مطالعه در حدود ۶۰/۹ میلی‌متر بوده است. میانگین دما در سال ۲۰۱۴ حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد بوده است.



شکل ۱-۱: نقشه موقعیت و راه‌های دسترسی به محدوده مورد مطالعه

برای تعیین اقلیم منطقه از ضریب دمارتن (De Martonne) استفاده شده است. بدین منظور ضریب خشکی $I = P/T + 10$ محاسبه شده است. در این فرمول P میانگین بارندگی سالانه و T میانگین دمای سالانه می‌باشد. ضریب خشکی محدوده مورد مطالعه برای ایستگاه موجود در محدوده مورد مطالعه براساس آمار پایگاه هواشناسی ایران در حدود $1/65$ (برای ایستگاه میرجاوه) محاسبه شده است. به این ترتیب نتیجه می‌شود که منطقه مورد مطالعه جزء مناطق خشک محسوب می‌شود.

استان سیستان و بلوچستان یکی از مناطق بادخیز کشور محسوب می‌شود. محدوده مورد مطالعه تحت تأثیر بادهای 120 روزه زابل و بادهای با جهت شمال شرقی و جنوب شرقی زاهدان قرار دارد. سرعت باد در ایستگاه میرجاوه به صورت میانگین سالیانه در سال 2014 از $10/5$ متر بر ثانیه بیشتر بوده است.

۱-۴ - زمین‌شناسی منطقه

محدوده مورد مطالعه در زون زمین‌ساختی نه‌بندان- خاش و در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. این محدوده از نظر زمین‌شناختی (شکل ۱-۲) شامل ۴ پهنه اصلی سنگ‌شناسی به شرح زیر می‌باشد:

۱- پهنه سنگ‌های آذرین که به‌طور عمده شامل توف‌ها و گدازه‌های آذرین، سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی، گرانودیوریت، تونالیت و مونزونیت بوده و از واحد b_1 که یک لایه کلیدی شامل توف متابازیک، گدازه، گریوک توده‌ای و مرمر است، می‌باشد. واحد b_1 متعلق به زمان پالئوژن (ائوسن) می‌باشد.

۲- پهنه سنگ‌های دگرگونی که به‌طور عمده از سنگ‌های دگرگونی، هورنفلس، گنیس میگماتیتی، اسکارن، رسوبات دگرگون شده، شیست و مرمر تشکیل شده و شامل واحدهای OMsh (میکا شسیست آهکی)، SKm (میگماتیت گنیس) و واحد OMps (شیست) می‌باشد. واحدهای OMsh و OMps به زمان ائوسن تعلق دارند اما واحد SKm متعلق به الیگوسن می‌باشد.

۳- پهنه سنگ‌های رسوبی که از سیلتستون‌های آهکی تکتونیزه همراه با ماسه سنگ‌های آهکی، مادستون، سنگ آهک، کنگلومراهای آهکی، گریوک، شیل سبز و لایه‌های سرخ نئوژن تشکیل شده و شامل واحدهای زیر می‌باشد:

واحد OMc: شامل کنگلومرای با اجزای خیلی درشت چین خورده و خرد شده (Sheared) با میان لایه‌هایی از گدازه بازیک و ماسه‌سنگ می‌باشد. این واحد مربوط به دوره پالئوژن (الیگوسن) می‌باشد.

واحد Ef: این واحد مربوط به زمان ائوسن می‌باشد و شامل ماسه‌سنگ و شیل بوده که به طور موضعی آهکی و فیلیتی است.

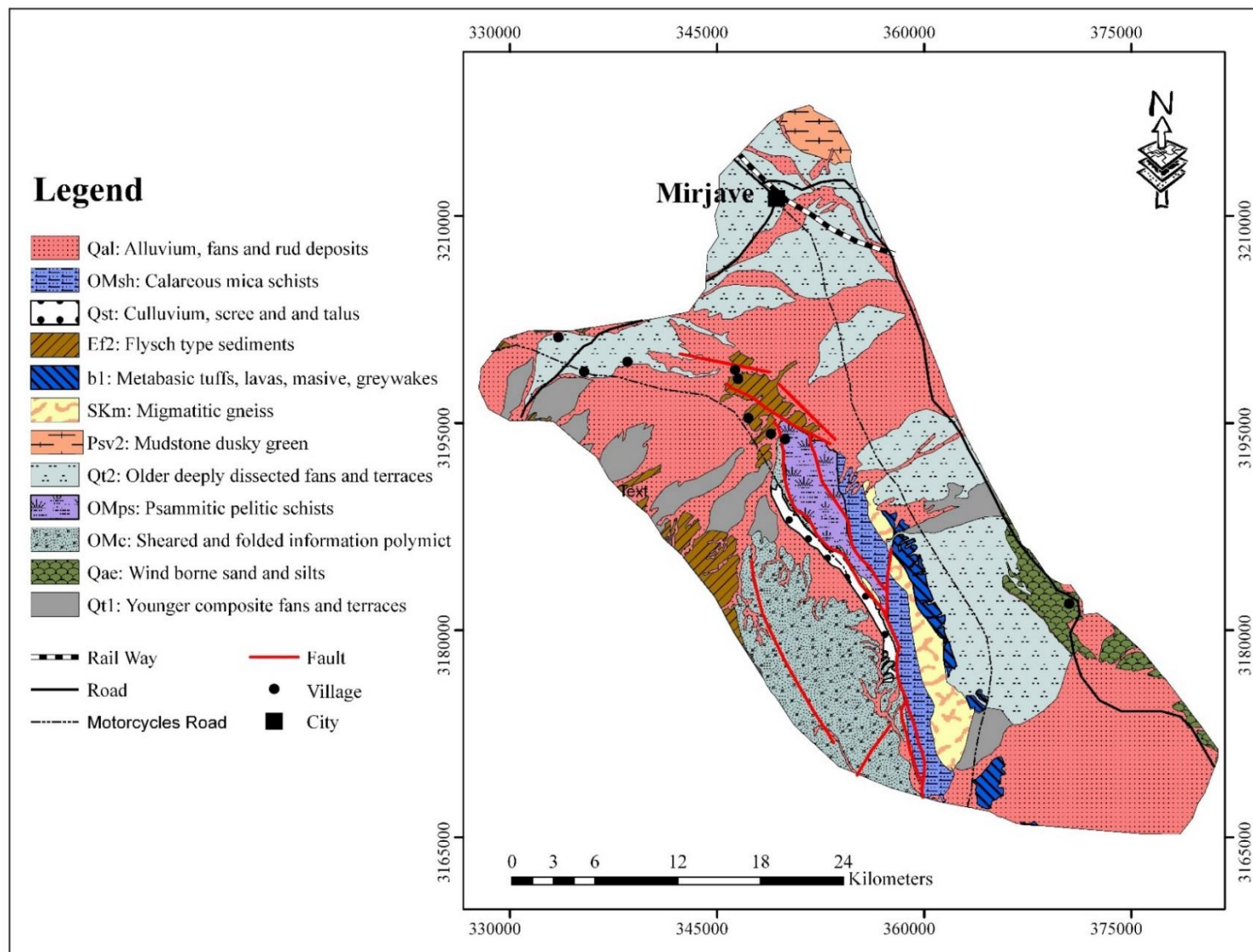
واحد PSv₂: شامل مادستون سبز رنگ بوده و در قسمت شمال شرقی منطقه دیده می‌شود. این واحد مربوط به زمان زمین‌شناسی پالئوسن می‌باشد.

۴- پهنه‌های آبرفتی که به طور عمده شامل رسوبات مخروط افکنه قدیمی (Qt_1)، رسوبات مخروط افکنه جدید (Qt_2)، واریزه‌ها (Qst) مربوط به عهد حاضر، ماسه و سیلت بادی (Qae) و رسوبات رودخانه‌ای (QaL) متعلق به زمان پلیستوسن، می‌باشد.

نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

۱-۵- پوشش گیاهی منطقه

پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه با توجه به خشکسالی‌های چند سال اخیر و عوامل اقلیمی نامساعد عمدتاً گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای می‌باشد که منحصراً در مسیل‌ها و دشت‌های سیلابی به صورت پراکنده وجود دارد. در بسیاری از نقاط پوشش گیاهی مذکور خشک گردیده و گونه‌های علفی و یکساله کاملاً از بین رفته‌اند به طوری که مناطقی که قابلیت مرتع داشته و در گذشته مورد بهره‌برداری و استفاده دام منطقه بوده است، به مناطق کاملاً بیابانی با پوشش بسیار ضعیف بوته‌ای تبدیل شده است. در اثر جریان‌ات شدید آبهای سطحی که به دنبال رگبارهای متراکم جاری می‌گردد فرسایش آبی زیادی در آبراهه‌های موازی و متعدد منطقه ایجاد گردیده به طوری که در بعضی نقاط سطح عمومی منطقه از خاک پای بوته‌ها پایین‌تر قرار دارد (اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳).



شکل ۱-۲: نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی (برگرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ میرجاوه)

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

۲-۱- مقدمه

در جهان امروز، بیابان‌زایی مسأله محیطی مهمی به شمار می‌رود. این مشکل نه تنها در نواحی خشک و نیمه‌خشک، بلکه در نواحی نیمه‌مرطوب نیز دیده می‌شود (ابراهیم زاده، ۱۳۸۹). سالهاست که مسأله بیابان‌زایی در جهان اهمیت زیادی یافته، به طوری که رویدادهای بین‌المللی و اجلاس‌های تشکیل شده از سال ۱۹۷۷ تاکنون مؤید این است که بیابان‌زایی در کانون توجه‌های جهانی قرار دارد. در ایران نیز تحقیقات و پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته که در این فصل به آنها پرداخته می‌شود.

۲-۲- بیابان

در فرهنگ ایران، واژه بیابان کلمه‌ای است که به مناطق خشک و کم آب و علف نسبت داده می‌شود. بیابان در فارسی کهن با واژه ویاپان (Vyapan)، در فرهنگ عرب با واژه صحرا (Sahara) و در زبان لاتین و انگلیسی معادل کلمه Desert آمده است.

برای واژه بیابان تعریف‌های زیادی پیشنهاد شده است. ترانسو (Transeau) نسبت بین باران و تبخیر و تعرق پتانسیل (P/ETP) را برای تعیین شدت خشکی مورد استفاده قرار داده و مناطقی را که این نسبت در آن کمتر از ۰/۵ باشد به عنوان مناطق خشک و بیابانی معرفی می‌کند. تورنت وایت (Thorntwaite) کمتر بودن بارندگی ماهانه و سالانه از تبخیر و تعرق بالقوه ماهانه و سالانه را معیار شناخت بیابان معرفی کرده

است. گوسن (Gossen) مناطقی را که متوسط بارندگی سالانه آنها کمتر از دو برابر متوسط دمای سالانه باشد را به عنوان مناطق خشک و بیابانی معرفی کرده است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰). از ویژگی‌های مناطق بیابانی می‌توان به تغییرات زیاد شبانه‌روزی، ماهانه و سالانه دمای هوا، بادهای شدید و گرد و غبار فراوان و فرسایش شدید، بارندگی کم همراه با تغییرات زیاد در طی سال‌های مختلف، کمبود آب و پوشش گیاهی بسیار کم و پراکنده اشاره نمود (ابراهیم زاده، ۱۳۸۹).

۲-۳- بیابان‌زایی

واژه بیابانی‌شدن به صورت غیررسمی اولین بار توسط لاودن (Luvaden) در رابطه با تخریب اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی به میان آمد. پس از او آبرویل (Aubrville) اصطلاح بیابانی‌شدن را با ظهور شرایط و مناظری مشابه بیابان‌های طبیعی بر اثر عملکرد انسان و در نتیجه تخریب پوشش گیاهی و خاک در اراضی جنگلی مناطق حاره و نیمه‌حاره افریقا به کار برد. با گذر زمان محققان از واژه بیابان‌زایی تعریف کامل‌تری ارائه دادند تا در نهایت در ریودوژانیرو (Rio de Janeiro) (کنفرانس محیط‌زیست و توسعه سازمان ملل متحد) مفهوم بیابان‌زایی به صورت زیر مطرح شد:

"بیابان‌زایی عبارت است از تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک، و نیمه‌مرطوب خشک تحت اثر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی."

مطابق این تعریف، حدود ۸۴ درصد از سرزمین‌های خشک جهان که شامل مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب خشک است، قلمروهای مستعد بیابان‌زایی می‌باشند و بیابانی‌شدن اراضی در آنها روی می‌دهد. مناطق فراخشک یا همان بیابان‌های واقعی به علت تولید بیولوژیکی بسیار اندک در قلمرو مستعد بیابانی‌شدن قرار ندارند، بلکه جزء بیابان‌های طبیعی یا محیطی محسوب می‌شوند (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰).

۲-۴- فرآیندهای بیابان‌زایی

بیابان‌زایی به سبب عوامل انسانی و یا طبیعی نوعی از تخریب اراضی در سرزمین‌های خشک محسوب می‌شود و دارای حالات مختلفی است که از آن به فرآیند تعبیر شده است. به طور کلی فرآیندهای اصلی و محیطی بیابان‌زایی به تخریب آب، تخریب منابع خاک و تخریب منابع گیاهی و حتی تخریب هوا اتلاق می‌شوند که تخریب هر کدام در کاهش تولید زیست توده مؤثر است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰).

۲-۴-۱- تخریب منابع گیاهی

تخریب پوشش گیاهی شامل برداشت، نابودی و از بین رفتن گیاهان تعریف شده است. تخریب پوشش گیاهی به وسیله عوامل متنوعی از جمله جنگل‌تراشی، تخریب مراتع و بیشه‌زارها، تغییر کاربری اراضی جنگلی، مرتعی، کشاورزی و اراضی صنعتی و مسکونی، آتش‌سوزی، جاده‌سازی و معدن‌کاوی قابل مشاهده است. زندگی و حیات منابع جانوری در بسیاری از موارد به منابع گیاهی وابسته بوده و در صورت کاهش منابع گیاهی در یک اکوسیستم، منابع جانوری نیز کاهش می‌یابد.

۲-۴-۲- تخریب منابع خاک و اراضی

خاک بستر اصلی منابع تولیدی برای افزایش زیست‌توده است. همچنین خاک را باید جز منابع غیرقابل تجدیدشونده در مدت زمان حیات بشر دانست. فرایندهای مختلف تخریب خاک شامل تخریب ساختمان و فیزیک خاک (ماندابی شدن، ایجاد سخت لایه در عمق خاک)، تخریب شیمیایی خاک (کربناتی شدن، شور و سدیمی شدن، اسیدی شدن خاک، آبشویی خاک، افزایش درصد عناصر سمی خاک و سیمانی شدن خاک به کمک ترکیبات آهن) و تخریب بیولوژیک خاک بوده که بر ظرفیت تولید آن مؤثر می‌باشند.

۲-۴-۳- تخریب منابع آب

تخریب منابع آب چه به صورت کمی و چه به صورت کیفی می‌تواند به کاهش زیست توده و نهایتاً بیابان‌زایی منجر شود. خشکیدگی موقتی و یا دائمی برکه‌ها و رودخانه‌ها، افت سفره‌های آب زیرزمینی، خشک‌شدن چاه‌ها و قنات‌ها و بالعکس ماندابی‌شدن و زهدار شدن اراضی از جمله فرایندهای بیابان‌زایی به حساب می‌آیند.

۲-۵- عوامل مؤثر در ایجاد بیابان‌زایی

عوامل بیابان‌زایی به دو دسته اصلی بیابان‌زایی محیطی و انسانی تقسیم می‌شود. امروزه عوامل مربوط به بیابان‌زایی انسانی نه تنها موجب تشدید بیابان‌زایی می‌گردند بلکه می‌تواند موجب تشدید عوامل مربوط به بیابان‌زایی محیطی شود. مطالعات صورت گرفته در اراضی استان یزد، کرمان و اصفهان نشان می‌دهد که ۶۵ درصد از اراضی در معرض بیابان‌زایی انسانی است و تنها ۴۵ درصد آن را بیابان‌های محیطی تشکیل می‌دهد (ابراهیم زاده، ۱۳۸۹).

۲-۵-۱- عوامل طبیعی

تخریب اراضی در بسیاری از موارد توسط عواملی غیر از عواملی روی می‌دهد که بشر در آنها نقش دارد. این عوامل طبیعی شامل موارد زیر می‌باشد (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰؛ ابراهیم زاده، ۱۳۸۹).

۱- شرایط اقلیمی (خشکی، بی‌نظمی در بارندگی‌ها، تبخیر و تعرق زیاد، طوفان‌های شدید)

۲- خطرات طبیعی (سیل و خشکسالی)

۳- توپوگرافی، جهت شیب و زاویه تابش

۴- عوامل زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی (مثل وجود سازندهای شور و حساس به فرسایش)

۵- عوامل نامساعد کمی و کیفی خاک و آب

۲-۵-۲ عوامل انسانی

در اغلب نقاط جهان عوامل طبیعی ایجادکننده بیابان بوده لیکن فعالیت‌های انسانی نقش تشدیدکننده را ایفا می‌کند. اگرچه در برخی شرایط مانند تغییر کاربری اراضی و جنگل‌تراشی تنها عامل انسانی فرآیندهای مختلف تخریب اراضی را به نحو برجسته‌ای افزایش می‌دهد (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰؛ ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۹). عوامل اصلی انسانی شامل موارد زیر می‌باشد:

- ۱- تخریب منابع طبیعی (جنگل‌تراشی، چرای بی‌رویه و بوته‌کشی و تهیه هیزم)
- ۲- فعالیت‌های نادرست کشاورزی (الگوهای نادرست کشت، شیوه‌های غلط آبیاری، استفاده ناصحیح از کودهای شیمیایی و سموم، آیش بلند مدت اراضی حساس به فرسایش)
- ۳- تخریب منابع آب سطحی و زیرزمینی (بهره‌برداری بیش از حد، آلودگی آب‌ها با پساب‌های کشاورزی شهری و غیره)
- ۴- تغییر کاربری اراضی و توسعه شهری و صنعتی (بیابان‌زایی تکنوژنیک)

۲-۶-۲ مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی

مناسب‌ترین روش برای بررسی عوامل مؤثر در تخریب اراضی و شدت بیابان‌زایی استفاده از مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی می‌باشد (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۸). در همین راستا پژوهشگران مختلف با ارزیابی بیابان‌زایی در نقاط مختلف جهان به ارائه مدل‌هایی منطبق با شرایط محلی و منطقه‌ای پرداخته‌اند که این مدل‌ها را به صورت مشترک بتوانند در سطح وسیعی به کار برند و به نتایج دلخواه برسند. در ادامه به تعدادی از مدل‌های شناخته شده در سطح جهان و ایران جهت ارزیابی بیابان‌زایی اشاره می‌شود.

۲-۶-۱- مدل FAO/UNEP (۱۹۸۴)

این مدل در زمین‌های مرتعی کاربرد دارد و متشکل از فرآیندها، جنبه‌ها و کلاس‌های مختلف بیابان‌زایی می‌باشد. فرآیندهای بیابان‌زایی این مدل شامل تخریب پوشش گیاهی، فرسایش آبی، فرسایش بادی، شور شدن، کاهش مواد آلی خاک، سله‌بندی و سخت‌شدن خاک، کاهش مواد آلی خاک و افزایش عناصر سمی می‌باشد. جنبه‌های این مدل نیز شامل وضعیت بیابان‌زایی، میزان بیابان‌زایی، خطر ذاتی بیابان‌زایی و خطر بیابان‌زایی می‌باشند. در این روش جهت برآورد شدت بیابان‌زایی از چهار کلاس خفیف، متوسط، شدید و خیلی شدید استفاده شده است.

۲-۶-۲- مدل ارزیابی بیابان‌زایی موسسه تحقیقات بیابان ترکمنستان

این مدل در سرزمین‌های خشک آسیای مرکزی و دیگر نقاط جهان اجرا شده است. فرایندهای این مدل برای ارزیابی بیابان‌زایی شامل تخریب پوشش گیاهی، فرسایش آبی، فرسایش بادی و شور شدن خاک می‌باشد.

۲-۶-۳- مدل طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران (ICD)

اختصاصی و مهاجری (۱۳۷۵) روشی را برای طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران منتشر کردند. در این روش به پوشش گیاهی (بهره‌برداری از تولیدات گیاهی و به تبع آن کاهش توان تولیدی) هر واحد به عنوان شاخص اصلی تفکیک محیط‌های بیابانی و به تبع آن، شدت بیابان‌زایی اشاره شده است. این روش طی چهار مرحله انجام می‌گیرد که شامل تعیین و تفکیک محیط‌های همگن بیابانی، تعیین عوامل اصلی و فرعی مؤثر در بیابان‌زایی، برآورد شدت بیابان‌زایی و تهیه نقشه بیابان‌زایی است. در این روش از پنج فرآیندهای بیابان‌زایی (فرآیندهای تخریب منابع گیاهی، آب و خاک) نامی به میان نیامده و بیابان‌زایی به

کلاس (از خیلی کم تا شدید) طبقه‌بندی شده است.

۲-۶-۴- مدل طبقه‌بندی بسط یافته بیابان‌زایی در ایران (MICD)

در این روش باید نقشه کوچک‌ترین واحدهای همگن کاری را تعیین کرد و سپس در هر کدام اقدام به امتیازدهی و ارزیابی بیابان‌زایی کرد. از ویژگی‌های این روش این است که برای کاربری مختلف اراضی یا واحدهای همگن کاری مختلف از معیارها و شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی استفاده می‌شود این روش برای اولین بار توسط اختصاصی (۱۳۸۲) ارائه شده است.

۲-۶-۵- مدل پیشنهادی ارزیابی بیابان‌زایی کشور با مقیاس ۱:۱۰۰۰/۰۰۰

این مدل برای تهیه اطلس بیابان‌زایی کشور توسط اختصاصی و احمدی (۱۳۸۲) ارائه شده است. این روش طی شش گام انجام می‌شود. گام‌های این مدل شامل تفکیک کاربری و تهیه نقشه پایه، تفکیک معیارهای ارزیابی (انسانی، محیطی و بینابینی)، معرفی معیارهای مناسب جهت ارزیابی بیابان‌زایی، تعریف شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در سیستم چهارتایی، تهیه نقشه ارزیابی شدت بیابان‌زایی برای هر یک از معیارها و کاربری‌های مختلف و در نهایت تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه نهایی شدت بیابان‌زایی با مقیاس ۱:۱۰۰۰/۰۰۰ می‌باشد. طبق این مدل امتیازها باید در چهار کلاس ضعیف، متوسط، زیاد و شدید دامنه عددی یک تا چهار طبقه‌بندی شود.

۲-۶-۶- مدل اروپایی تهیه نقشه حساسیت اراضی به بیابان‌زایی (ESA) یا مدل

MEDALUS

در این مدل از چهار معیار کلیدی کیفیت خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت نام برده شده است. شاخص‌ها و در نهایت نقشه بیابان‌زایی از میانگین هندسی پارامترها و شاخص‌ها بدست می‌آید. این شاخص‌ها براساس

شرایط منطقه مدیترانه‌ای تعریف و بیان شده‌اند. در نهایت در این مدل وضعیت بیابان‌زایی در چهار کلاس کم و ناچیز تا خیلی شدید قرار می‌گیرد (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰).

۲-۶-۷- مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (IMDPA)

مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (IMDPA) در سال ۱۳۸۳ توسط دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری تصویب شد. این مدل برای کمی‌سازی معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار بر روند بیابان‌زایی در بخش‌های طبیعی کشور ارائه شده است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰). این روش دارای مزایای بیشتری نسبت به روش‌های دیگر است که این مزایا شامل دقت و سرعت بیشتر جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی، هزینه کمتر، استفاده از میانگین هندسی به جای میانگین حسابی برای محاسبه شاخص‌ها و نقشه نهایی بیابان‌زایی، عدم وجود خطای کارشناسی، بررسی روابط متقابل عوامل بیابان‌زایی و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد. علاوه بر آن داده‌ها و پارامترهای مورد نیاز را به آسانی می‌توان از گزارش‌های موجود خاک، پوشش گیاهی و اقلیم هر منطقه بدست آورد (زهتابیان و رفیعی‌امام، ۱۳۸۲).

مدل IMDPA دارای ۹ معیار و ۳۶ شاخص اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، فرسایش بادی، کشاورزی، آب و آبیاری، زمین‌شناسی- ژئومورفولوژی، اقتصادی- اجتماعی و توسعه شهری و صنعتی می‌باشد. از ویژگی‌های عمده این مدل سازگاری و کالیبره شدن آن در اقلیم‌های مختلف ایران می‌باشد و به دلیل جامع و کامل بودن یکی از مهم‌ترین مدل‌های مورد استفاده در ایران می‌باشد. با توجه به اینکه در این تحقیق از مدل IMDPA جهت ارزیابی بیابان‌زایی در محدوده مورد مطالعه استفاده شده است در ادامه معیارها و شاخص‌های این روش با جزئیات بیشتری ارائه می‌شود.

- معیار اقلیم

معیار اقلیم (آب و هوا) دارای سه شاخص بارش، شاخص خشکی و تداوم خشکسالی می‌باشد. کلاس‌های این شاخص‌ها و حدود آنها در جدول ۱-۲ نشان داده شده است

جدول ۱-۲: طبقه‌بندی و ارزش شاخص‌های معیار اقلیم در مدل IMDPA (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

ردیف	حدود بارش سالانه (میلی‌متر)	حدود شاخص UTI	حداکثر طول دوره خشکسالی	بیان کیفی بیابان‌زایی	بیان کمی بیابان‌زایی
۱	$280 <$	۱۵۰-۱۸۰	۳ تا ۴ سال	کم و ناچیز	۱
۲	۱۵۰-۲۸۰	۱۲۰-۱۵۰	۵ تا ۶ سال	متوسط	۲
۳	۷۵-۱۵۰	۹۰-۱۲۰	۶ تا ۷ سال	شدید	۳
۴	<75	<90	بیشتر از ۷ سال	بسیار شدید	۴

- معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی

معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی شامل سه شاخص نوع بهره‌برداری از واحد کاری، حساسیت سنگ و فیزیوگرافی می‌باشد. امتیازدهی کلاس‌های شاخص نوع بهره‌برداری از واحد کاری و شیب در جدول ۲-۲ و امتیازدهی شاخص حساسیت سنگ در جدول ۳-۲ ارائه شده است.

جدول ۲-۲: شاخص‌های مورد بررسی در معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی در مدل IMDPA (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

امتیاز	ویژگی شاخص	شاخص شیب		شاخص‌ها واحد کاری
		امتیاز	ویژگی شاخص %	
۱	اغلب دارای ساختار سنگ‌شناسی متراکم و سخت، به دلیل شرایط آب و هوایی خاک تشکیل نشده و یا بسیار سطحی و هیچ‌گونه توان اکولوژیکی ندارد. تغییر کاربری به منظور توسعه مناطق روستایی و شهری داده نشده است.	-	هر درجه از شیب	توده سنگی و برون‌زدگی سنگی
۱	۲۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است.	۱	۰-۸	اراضی شهری و روستایی
۲	۴۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است.	۲	۸-۱۲	
۳	۶۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است.	۳	۱۲-۱۸	
۴	۸۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است.	۴	$18 <$	

جدول ۲-۲: ادامه

شاخص نوع بهره برداری		شاخص شیب		شاخصها واحد کاری
امتیاز	ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص %	
۱	تعداد دام و مرتع وجود دارد و هیچ گونه آثار تخریبی در سطح مرتع وجود ندارد یا تعداد دام ۲۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار تخریب و فشردگی خاک به صورت رد پای دام پراکنده دیده می شود.	۱	۰-۱۵	مرتع
۲	تعداد دام ۴۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار تخریب و فشردگی خاک به صورت خطوط رد پای دام دیده می شود	۲	۱۵-۳۰	
۳	تعداد دام ۶۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار تخریب و فشردگی خاک به صورت خطوط و آثار فرسایشی به صورت شیار و آبراهه در پایین دامنه دیده می شود.	۳	۳۰-۴۰	
۴	تعداد دام ۸۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است، پوشش گیاهی به صورت لکه ای وجد دارد، رد پای دام فراوان، وجود فرسایش آبی و ایجاد گردو غبار در هنگام حرکت دام	۴	۴۰<	
۰	-	۱	۰-۲۰	مراعات مشجر (جنگل + مرتع)
۱	۴۰٪ درصد از سطح زمین توسط پوشش درختی پوشیده و بقیه به شکل مرتع و زراعت دیم است. آثار تخریبی به شکل برون زد سنگی و فرسایش آبی ناچیز دیده می شود.	۲	۲۰-۳۰	
۲	۲۰٪ از سطح زمین از درختان جنگلی و بقیه مرتع یا دیمزار، آثار تخریبی به شکل ظهور قطعات سنگ در سطح زمین، برون زد سنگی و انواع فرسایش آبی حاصل از تمرکز هرزآب	۳	۳۰-۵۰	
۳	۱۰٪ پوشیده از درخت و مابقی مرتع و دیمزار. آثار تخریب به شکل فرسایش آبراهه ای و خندقی	۴	۵۰<	
۴	درختان به صورت تک پایه و منفرد دیده شده، اکثراً مراتع به دیمزار تبدیل شده و آثار فرسایشی حاد (خندق بیشتر از ۲۵٪ از سطح را فرا گرفته)			

جدول ۲-۲: ادامه

شاخص نوع بهره برداری		شاخص شیب		شاخص‌ها واحد کاری
امتیاز	ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص %	
-	-	۱	۰ - ۲۵	جنگل
۱	تراکم پوشش ۸۰ - ۶۰ درصد، تخریب به صورت قطع درختان و تغییر کاربری، ایجاد هرز آب گل آلود پس از هر بارش و گاهاً حرکات توده‌ای	۲	۲۵ - ۳۵	
۲	تراکم پوشش ۸۰ - ۶۰ درصد، تخریب به صورت قطع درختان و تغییر کاربری، آثار فرسایش شیاری، آبراهه-ای و حرکات توده‌ای	۳	۳۵ - ۴۵	
۳	تراکم پوشش ۸۰ - ۶۰ درصد، تخریب به صورت قطع درختان و تغییر کاربری، آثار فرسایش شیاری، آبراهه-ای خندق و حرکات توده‌ای زیاد			
۴	جنگل تقریباً از بین رفته و کاربری دیگری جایگزین شده. حرکات توده‌ای و خندق زیاد	۴	۴۵ <	
-	-	-	۰ - ۵	کشاورزی
۱	کشاورزی در منطقه توان مناسب دارد ولی منابع مانند آب و خاک در حد عالی نیست (عمق خک متوسط) شیب بین ۶ تا ۱۱٪ و منطقه مناسب دیم‌کاری (بارش حدود ۴۰۰ میلی‌متر)	۲	۵ - ۱۵	
۲	منطقه برای کشاورزی توان کم تا متوسط دارد و عمق خاک متوسط با حاصلخیزی متوسط و شیب بین ۱۲ تا ۱۷٪، مناسب برای دیم‌کاری منتهی با اعمال شرایط (شخم عمود به جهت شیب)	۳	۱۵ - ۲۰	
۳	منطقه دارای توان مرتعداری و علوفه کاری، شیب آن بین ۲۵ - ۱۸ درصد، عمق خاک کم تا متوسط، این رخساره برای باغبانی مناسب است ولی به علت شیب برای زراعت دیم مناسب نمی‌باشد.			
۴	شیب منطقه بیش از ۲۵ درصد، عمق خاک کم تا خیلی کم، به هیچ وجه مناسب کشاورزی نیست و اغلب به صورت مرتع می‌باشد.	۴	۲۰ <	

جدول ۲-۲: ادامه

شاخص نوع بهره برداری		شاخص شیب		شاخص ها واحد کاری
امتیاز	ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص %	
-	فاقد آثار فرسایش آبی	۱	۰-۱۰	فرسایش آبی (سطحی)، شیلری، آبراهه، بدلند، خندق و حرکات توده‌ای)
۱	ساختار سنگ‌شناسی از سنگ‌های ناپیوسته، آبرفت، مارن، رس و یا شیل ۵ تا ۱۲٪ که گاهی آثار هرزآب و ایجاد خندق مشاهده می‌شود (۲۰٪ سطح رخساره)	۲	۱۰-۲۵	
۲	ساختار سنگ‌شناسی از سنگ‌های ناپیوسته، آبرفت، مارن، رس و یا شیل (دوران سوم)، آثار فرسایش به صورت شیار و آبراهه و گاهی خندق در پایین دامنه (۴۰٪ سطح رخساره را می‌پوشاند)، شیب ۲۵-۱۲ درصد			
۳	ساختار سنگ‌شناسی از سنگ‌های ناپیوسته، آثار فرسایش، آبراهه بدلند، حرکات توده‌ای (۵۰٪ رخساره دارای شیب ۲۵ تا ۳۵٪)	۳	۲۵-۴۰	
۴	ساختار سنگ‌شناسی از سنگ‌های ناپیوسته، آثار فرسایش، آبراهه بدلند، حرکات توده‌ای شیب بیش از ۳۵٪	۴	۴۰<	
-	-	۱	با توجه به طبیعی بودن شیب اثری در تخریب ندارد	دریاچه، تالاب و مرداب
۱	رخساره‌های بادی در واحدهای کاری قابل مشاهده نبوده یا بسیار کم	۱	۰-۵	فرسایش بادی و انواع رخساره های آن
۲	رخساره‌های فرسایش بادی در ۱۵٪ واحد کاری قابل مشاهده	۲	۵-۱۰	
۳	رخساره‌های فرسایش بادی در ۲۵٪ واحد کاری قابل مشاهده	۳	۱۰-۱۵	
۴	رخساره‌های فرسایش بادی در ۵۰٪ واحد کاری قابل مشاهده	۴	۱۵-۲۰ ۲۰<	
۱	خاک رسی سخت	۱	۰-۱	جلگه رسی
۲	خاک رسی نسبتاً سخت	۲	۱-۲	
۳	خاک شنی-رسی با چسبندگی کم	۳	۲-۴	
۴	خاک سیلتی و فاقد چسبندگی	۴	۴<	

جدول ۲-۲: ادامه

شاخص نوع بهره برداری		شاخص شیب		شاخص‌ها واحد کاری
امتیاز	ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص %	
-	سطح زمین پوشیده از سنگ ریزه درشت دانه با تراکم بیش از ۷۰٪ و بدون هیچ‌گونه آثار تخریبی	۱	۰-۵	دشت ریگی
۱	سطح زمین پوشیده از سنگریزه متوسط دانه با تراکم بیش از ۷۰٪ و آثار تخریبی کم	۱	۵-۱۰	
۲	سطح زمین پوشیده از سنگریزه با تراکم کمتر از ۴۰ تا ۷۰٪ و آثار تخریب و بهم ریختگی متوسط در سطح خاک	۲	۱۰-۱۵	
۳	سطح زمین پوشیده از سنگریزه با تراکم ۲۰ تا ۴۰٪ و آثار تخریب و بهم ریختگی زیاد در سطح خاک	۳	۱۵-۲۰	
۴	سطح زمین پوشیده از سنگریزه با تراکم کمتر از ۲۰٪ و آثار تخریب و بهم ریختگی زیاد در سطح خاک	۴	۲۰<	
۱	اراضی صنعتی و معدنی و جاده در واحد کاری نبوده یا بسیار کم	۱	۰-۱۰	اراضی متفرقه
۲	اراضی صنعتی و معدنی و جاده در واحد کاری حدود ۱۰٪	۲	۱۰-۲۰	
۳	اراضی صنعتی و معدنی و جاده در واحد کاری حدود ۲۵٪	۳	۲۰-۳۰	
۴	اراضی صنعتی و معدنی و جاده در واحد کاری بیش از ۲۵٪	۴	۳۰<	
با توجه به نداشتن توان اکولوژی و در نتیجه عوامل طبیعی تأثیری در روند تخریب ندارد و امتیاز آن صفر است				کویر

جدول ۲-۳: وزن شاخص حساسیت سنگ هر یک از واحدهای کاری در بررسی معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی در مدل IMDPA (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

امتیاز	شاخص حساسیت سنگ		شاخص‌ها واحد کاری
	ویژگی شاخص - سرشت سنگ‌شناسی		
۱	گرانیت، ریولیت، سینیت، آندزیت، دیوریت، گابرو، بازالت، پیروکسنیت، پریدوتیت، توف، آگلومرا، کوارتزیت، گنیس، آمفیبولیت، مرمر دواومیتی، مرمر کربناته، مرمر کلسیتی، سرپانتینیت، ماسه سنگ، کنگلومرای مستحکم، آهک، چرت، ژاسب		توده‌سنگی و برونزدگی سنگی
۲	نهشته‌های کواترنر آبرفتی متوسط دانه (نهشته‌های پادگانه‌ای، مخروط افکنه‌ای و دشت سیلابی) نهشته‌های کواترنر آبرفتی ریز دانه (نهشته‌های پادگانه‌ای و مخروط افکنه‌ای)		اراضی شهری و روستایی
۳	مارن غیر تبخیری		
۴	مارن تبخیری		
۱	نهشته‌های کواترنر متوسط دانه (نهشته‌های پادگانه‌ای، مخروط افکنه‌ای و واریزه‌ای)		مرتع
۲	ابسیدین، اسکوری، پومیس، نهشته‌های کواترنر ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل و رس)، سیلت سنگ، گل‌سنگ، سیل، رس سنگ، ماسه سنگ، کنگلومرا، آهک، چرت و ژاسب درز و شکاف‌دار		
۳	خاکستر آتشفشانی، کنگلومرای نامستحکم، ماسه سنگ، گل‌سنگ سست، شیل خرد شده، آهک نامستحکم، آهک ریفی چاکی و پودری شده، چاک، مارن غیر تبخیری		
۴	مارن ژپسی، سنگ ژپس، سنگ انیدریت، مارن نمکی، سنگ نمک		
۱	گرانیت، ریولیت، سینیت، آندزیت، دیوریت، گابرو، بازالت، پیروکسنیت، پریدوتیت، توف، آگلومرا، کوارتزیت، گنیس، آمفیبولیت، مرمر دواومیتی، مرمر کربناته، مرمر کلسیتی، سرپانتینیت، ماسه سنگ، آهک، چرت، ژاسب، شیست، سنگ صابونی، نهشته‌های کواترنر کوهرفتی، لس		مراعات مشجر (مرتع + جنگل)
۲	خاکستر آتشفشانی، لس، ماسه سنگ سست، شیل خرد شده، آهک، چاک، مارن		
۳ و ۴	لس، مارن		
۱	گرانیت هوازده، ریولیت هوازده، خاکستر آتشفشانی، لس، ماسه سنگ سست، کنگلومرای سست، شیل خرد شده، چاک		جنگل
۲	فیلیت، اسلیت، لس، ماسه سنگ، کنگلومرا، شیل، آهک، مارن		
۳ و ۴	مارن و لس		
۱	نهشته‌های آبرفتی متوسط دانه (ماسه) (پادگانه‌ای و مخروط افکنه‌ای)، لس		کشاورزی
۲	نهشته‌های آبرفتی درشت دانه (گراول) (نهشته‌های مخروط افکنه‌ای و واریزه‌ای)، لس		
۳	نهشته‌های کواترنر مخروط افکنه‌ای و واریزه‌ای، لس		
۴	ماسه سنگ، شیل، آهک، مارن		

جدول ۲-۳: ادامه

شاخص حساسیت سنگ		شاخص‌ها
امتیاز	ویژگی شاخص - سرشت سنگ‌شناسی	واحد کاری
۱	نهشته‌های آبرفتی کواترنر (مخروط افکنه‌ای و واریزه‌ای)، لس، رس، شیل، مارن	فرسایش آبی (سطحی، شیاری، آبراهه، خندق، و حرکات توده-ای)
۲	خاکستر آتشفشانی، رس، چاک، مارن غیر تبخیری	
۳	لس و مارن ژئپسی	
۴	مارن نمکی	
۱	نهشته‌های آبرفتی کواترنر درشت دانه (گراول)، متوسط دانه (ماسه)، و ریز و خیلی ریز (سیلت)، گل و رس، لس	اراضی متفرقه (صنعت، معدن و غیره)
۲	ماسه سنگ خرد شده، شیل خرد شده خاک صنعتی، رس فعال	
۲	ماسه سنگ، زغال، شیل زغالی، شیل سازند شمشک و معادل شمشک، مخازن نفتی آهک زاگرس، کپه داغ و ایران مرکزی	
۴	گرانیت، گرانودیوریت، سینیت (سنگ ساختمانی)، بازالت، آندزیت، پیروکسینیت و پریدوتیت دارای لایه‌های کرومیت، توف آرژیلی شده، توف دارای رگه‌های باریت، آهک، سنگ ژئپس در گنبد‌های زیپسی و مارن ژئپسی، سنگ نمک، درگنبد‌های نمکی و مارن	
۱	آبرفت ریزدانه، (سیلت، گل، رس)، دشت‌سرپوشیده، سیلت نمکی، سیلت ژئپسی، گل نمکی، گل ژئپسی، رس نمکی و رس ژئپسی	دریاچه، تالاب و مرداب
۲	آبرفت متوسط دانه (ماسه)، دشت‌سر آپانداژ و مخروط افکنه‌ای	
۱	آبرفت ریز دانه (سیلت، گل و رس)، دشت‌سر پوشیده، سیلت نمکی، سیلت ژئپسی، گل نمکی، گل ژئپسی، رس نمکی و رس ژئپسی	فرسایش بادی و انواع رخساره-های آن (برداشت، حمل و رسوب)
۲	آبرفت متوسط دانه (ماسه)، دشت‌سر آپانداژ و مخروط افکنه‌ای	
۳	آبرفت درشت دانه (گراولی)، دشت‌سرفرسایشی و مخروط افکنه‌ای	
۴	نهشته‌های کواترنر متوسط دانه (ماسه)، لس، مارن	
۲	نهشته‌های کواترنر آبرفتی ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل و رس)، نهشته‌های واریزه‌ای	دشت ریگی
۳	نهشته‌های کواترنر ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل و رس)، مخروط واریزه‌ای	
۴	نهشته‌های کواترنر ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل و رس)	
۱	رس سنگ سخت	جلگه رسی
۲	رس سنگ نسبتاً سخت	
۳	ماسه سنگ، سیلت سنگ، شیل، گل‌سنگ و رس سنگ نسبتاً سست	
۴	سیلت	
۴	قشر نمکی، رس نمکی، رس ژئپسی، گل نمکی، گل ژئپسی، سیلت نمکی، سیلت ژئپسی	کویر

- معیار خاک

معیار خاک دارای چهار شاخص عمق خاک، بافت خاک، درصد سنگریزه عمقی و هدایت الکتریکی خاک می باشد جدول ۲-۴ کلاس بندی این شاخص ها در ارزیابی بیابان زایی را نشان می دهد.

جدول ۲-۴: معیار خاک و شاخص های آن به همراه دامنه تغییرات و امتیازها (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

کلاس های کیفی بیابان زایی (کلاس های کمی بیابان زایی)				شاخص
خیلی شدید (۴)	شدید (۳)	متوسط (۲)	کم و ناچیز (۱)	
شنی و لومی شنی	لوم درشت	لوم ریز	رسی و لوم رسی	بافت خاک
>۱۶	۸-۱۶	۵-۸	<۵	هدایت الکتریکی
>۷۵	۳۵-۷۵	۱۵-۳۵	>۱۵	درصد سنگریزه عمقی
<۲۰	۲۰-۵۰	۵۰-۸۰	>۸۰	عمق خاک (سانتی متر)

- پوشش گیاهی

معیار پوشش گیاهی شامل سه شاخص وضعیت پوشش گیاهی، بهره برداری از پوشش گیاهی و تجدید پوشش گیاهی می باشد. این شاخص ها خود با زیر شاخص هایی تعریف و امتیازدهی می شوند که در جدول ۲-۵ ارائه شده است.

جدول ۲-۵: معیار پوشش گیاهی و شاخص های مورد بررسی در مدل ارزیابی ایرانی بیابان زایی (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

کلاس کیفی بیابان زایی (کلاس کمی بیابان زایی)				شاخص
خیلی شدید (۴)	شدید (۳)	متوسط (۲)	کم و ناچیز (۱)	
گونه های مهاجم بیش از ۵۰ درصد ترکیب و پوشش گیاهان منطقه از گیاهان یکساله	گونه های مهاجم بین ۲۰-۵۰ درصد ترکیب و اکثر پوشش گیاهی از گونه های یکساله	گونه های مهاجم بین ۵-۲۰ درصد ترکیب و گونه های یکساله	گونه های مهاجم کمتر از ۵ درصد ترکیب و کمتر از ۲۵ درصد ترکیب گونه های یکساله	وضعیت پوشش گیاهی
درصد پوشش تاج دائمی کمتر از ۵	درصد پوشش تاج دائمی بین ۵-۱۵	درصد پوشش تاج دائمی بین ۱۵-۴۰	درصد پوشش تاج دائمی بیش از ۴۰	بهره برداری از پوشش گیاهی
قطع بی رویه بوته ها و درختچه ها در حال حاضر و گذشته نه چندان دور مازاد دام بیش از ۵۰ درصد ظرفیت چرا	قطع بوته ها و درختچه ها زیاد و کاملاً محسوس مازاد دام بین ۲۵-۵۰ درصد بیش از ظرفیت چرا	قطع بوته ها و درختچه ها نسبتاً زیاد مازاد دام تا ۲۵ درصد بیش از ظرفیت چرا	آثار بوته کنی مشاهده نمی شود چرای متعادل و کمتر از ظرفیت در فصل مناسب	تجدید پوشش گیاهی
تجدید حیات بسیار مشکل و غیر قابل توجه اکولوژیکی - اقتصادی	تجدید حیات با هزینه زیاد	تجدید حیات با هزینه کم	تجدید حیات به طور طبیعی	نیازی به عملیات اصلاحی نمی باشد
عملیات اصلاحی تاکنون موفق نبوده	عملیات اصلاحی انجام شده نسبتاً موفق	عملیات اصلاحی تاکنون موثر بوده		

– معیار کشاورزی

معیار کشاورزی دارای یک پارامتر اصلی و سه پارامتر فرعی می‌باشد. شاخص‌های قابل اندازه‌گیری این معیار در جدول ۶-۲ ارائه شده است.

جدول ۶-۲: بررسی وضعیت معیار کشاورزی و شاخص‌های مورد بررسی در مدل ارزیابی ایرانی بیابان‌زایی (زهتابیان و همکاران، ۱۳۹۳)

معیار اصلی	معیارهای فرعی	شاخص‌های قابل اندازه‌گیری	کلاس بیابان‌زایی
وضع موجود معیار کشاورزی تأثیر گذار بر پدیده بیابان‌زایی	الگوی کشت یا کاربری کشاورزی اراضی	باغات آبی و دیم	کم و ناچیز (۱)
		زراعت آبی و دیم مناسب	متوسط (۲)
		اراضی آیش	شدید (۳)
		زراعت دیم نامناسب	خیلی شدید (۴)
وضع موجود معیار کشاورزی تأثیر گذار بر پدیده بیابان‌زایی	عملکرد محصول	اراضی دشت با کشت دائمی	کم و ناچیز (۱)
		اراضی دشت با کشت موقت	متوسط (۲)
		اراضی مرتفع با کشت دائمی	شدید (۳)
		اراضی مرتفع با کشت موقت	خیلی شدید (۴)
وضع موجود معیار کشاورزی تأثیر گذار بر پدیده بیابان‌زایی	کاربرد مکانیزاسیون و نهاده‌های کشاورزی	سنتی (کاربرد نهاده‌های درونی) مزرعه	کم و ناچیز (۱)
		سنتی (کاربرد نهاده‌های خارجی) شیمیایی	متوسط (۲)
		نیمه مکانیزه (کاربرد متوسط ماشین‌های نامناسب و نهاده‌های خارجی) شیمیایی	شدید (۳)
		تمام مکانیزه (کاربرد زیاد ماشین‌های نامناسب و نهاده‌های خارجی) مزرعه شیمیایی	خیلی شدید (۴)

– آب و آبیاری

معیار آب و آبیاری شامل شاخص‌های هدایت الکتریکی، میزان SAR، میزان افت آب زیرزمینی و نوع سیستم آبیاری می‌باشد. کلاس‌ها و حدود این شاخص‌ها در جدول ۷-۲ نشان داده شده است.

جدول ۷-۲: معیار آب و آبیاری و شاخص‌های آن در ارزیابی بیابان‌زایی (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

کلاس کیفی بیابان‌زایی (کلاس کمی بیابان‌زایی)				شاخص
خیلی شدید (۴)	شدید (۳)	متوسط (۲)	کم و ناچیز (۱)	
>۵۰۰۰	۲۲۵۰-۵۰۰۰	۷۵۰-۲۲۵۰	<۷۵۰	هدایت الکتریکی
≥۳۲	۲۶-۳۲	۱۸-۲۵	>۱۸	میزان SAR
>۵۰	۳۰-۵۰	۲۰-۳۰	۲۰>	افت آب زیرزمینی (سانتی متر بر سال)
سنتی با طراحی بهینه (ابعاد کرت، نشتی، دبی، طول عرض نشتی، فاصله، شکل کرت، نشتی)	سنتی مدرنیزه شده (سیفونی، گسیلند، دریچه‌ای، سوراخ‌دار)	تحت فشار کلاسیک (سنتی)	سیستم تحت فشار مدرن متکی بر برنامه‌ریزی کامپیوتری	نوع سیستم آبیاری

- فرسایش بادی

معیار فرسایش بادی شامل چهار شاخص ظهور رخساره فرسایشی (شدت فرسایش بادی)، درصد سنگریزه سطحی، درصد پوشش گیاهی و تعداد روزهای با شاخص طوفانی گرد و خاک می‌باشد. نحوه امتیازدهی به این شاخص‌ها در ارزیابی بیابان‌زایی در جدول ۸-۲ ارائه شده است.

جدول ۸-۲: شاخص‌های معیار فرسایش بادی و کلاس‌های آن در ارزیابی بیابان‌زایی به روش IMDPA (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

کلاس کیفی بیابان‌زایی (کلاس کمی بیابان‌زایی)				شاخص
خیلی شدید (۴)	شدید (۳)	متوسط (۲)	کم و ناچیز (۱)	
تپه ماسه‌ای فعال، کلوئک‌های متراکم و نزدیک به هم	پهنه ماسه‌ای، کلوئک پراکنده شلجمی متراکم و تشکیل سنگفرش کم تراکم	دارای آثار بادبردگی محدود در سطح خاک، سطوح شلجمی پراکنده و تشکیل سنگفرش بیابان متراکم	بدون آثار فرسایش بادی و آشفستگی در سطح خاک	ظهور رخساره فرسایشی
<۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۸۰	>۸۰	درصد سنگریزه سطحی
<۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۴۰	>۴۰	درصد پوشش گیاهی
>۶۰	۳۰-۶۰	۱۰-۳۰	<۱۰	تعداد روزهای با شاخص طوفانی گرد و خاک

– معیار توسعه شهری و صنعتی

این معیار نیز همانند معیار فرسایش بادی دارای چهار شاخص تبدیل اراضی باغی و زراعی اطراف شهرها به مسکونی صنعتی در سال، تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به شهری و صنعتی و یا کشاورزی نامناسب، تراکم جاده و معدن در محدوده‌های اراضی و میزان فضای سبز (باغی، خانگی و پارک) به ازای هر نفر در محدوده-های اراضی می‌باشد که در جدول ۹-۲ جزئیات آن ارائه شده است.

جدول ۹-۲: معیار توسعه شهری و صنعتی و کلاس‌های آن در ارزیابی بیابان‌زایی با مدل IMDPA (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

کلاس‌های کیفی بیابان‌زایی (کلاس کمی بیابان‌زایی)				نوع شاخص
خیلی شدید (۴)	شدید (۳)	متوسط (۲)	کم (۱)	
بیش از ۴	۲-۵ درصد	۱-۲	کمتر از ۱	تبدیل اراضی باغی و زراعی اطراف شهرها به مسکونی صنعتی در سال (درصد) در محدوده‌های اراضی به وسعت یک km^2
بیشتر از ۰/۵	۰/۲-۰/۵	۰/۱-۰/۲	کمتر از ۰/۱	تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به شهری و صنعتی و یا کشاورزی نامناسب (درصد) در محدوده‌های اراضی به وسعت یک km^2
بیش از ۴۰	۲۰-۴۰	۱۰-۲۰	کمتر از ۱۰	تراکم جاده و معدن در محدوده‌های اراضی بر حسب km / km^2
کمتر از ۲۰ متر مربع سرانه	۲۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	بیش از ۱۰۰ متر مربع سرانه	میزان فضای سبز (باغی، خانگی و پارک) به ازاء هر نفر در محدوده‌های اراضی به وسعت یک km^2

– معیار اجتماعی-اقتصادی

شاخص‌های این معیار به همراه کلاس‌ها و امتیاز آنها در جدول ۱۰-۲ ارائه شده است. این معیار دارای چهار شاخص جمعیت، فقر و اقتصاد، عوامل نهادی-حقوقی-قانونی و تشکل-مشارکت می‌باشد.

جدول ۲-۱۰: معیار اجتماعی- اقتصادی به همراه شاخص‌ها و امتیاز آنها در ارزیابی بیابان‌زایی به روش IMDPA (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

گروه	نوع شاخص	کمیت‌های مورد سنجش	امتیاز	
۱	جمعیت	نرخ رشد (روستایی، کشاورز، عشایر)	۱	
			۲	
			۳	
			۴	
	مهاجرت		۱	
			۲	
			۳	
			۴	
	بیکاری		۱	
			۲	
			۳	
			۴	
۲	فقر و محرومیت	فقر و محرومیت	۱	
			۲	
			۳	
			۴	
	نوع بهره‌برداری و بازده		۱	
			۲	
			۳	
			۴	
۳	عوامل نهادی، حقوقی و قانونی	مالکیت	۱	
			۲	
			۳	
			۴	
	تعارض		۱	
			۲	
			۳	
			۴	
۴	تشکل و اعتماد بدستگاه اجرایی	تشکل و اعتماد بدستگاه اجرایی	۱	
			۲	
			۳	
			۴	
	تشکل و مشارکت	مشارکت	مشارکت	۱
				۲
				۳
				۴

۲-۷- مطالعات پیشین در زمینه بیابان‌زایی

اختصاصی و مهاجری (۱۳۷۵) ضمن معرفی روش طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی با نام ICD، مساحتی بالغ بر ۱۰ میلیون هکتار از اراضی ایران مرکزی را مورد بررسی قرار دادند. عمده‌ترین فرآیند تخریب اراضی در مناطق مورد مطالعه تخریب منابع آب شناخته شد. طبق گزارش آنها، ۳۲/۳۷ درصد منطقه مورد بررسی در کلاس شدت تخریب زیاد، ۳۱/۹ درصد تخریب در کلاس متوسط و ۳۵/۲ درصد در کلاس شدت تخریب کم قرار دارد.

بررسی عوامل بیابان‌زایی دشت حسین‌آباد میش‌مست قم جهت ارائه مدل منطقه‌ای توسط فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۰) انجام شد. نتایج آنها نشان می‌دهد که ۴۱/۳ درصد منطقه در وضعیت بیابان‌زایی خیلی شدید، ۵۱/۱ درصد منطقه در وضعیت بیابان‌زایی شدید و ۸/۶ درصد در وضعیت متوسط قرار دارد.

احمدی و همکاران (۱۳۸۰) به ارزیابی کمی بیابان‌زایی برای ارائه یک مدل منطقه‌ای در دشت آق‌قلا-گمیشان گلستان پرداختند. نتایج، کارایی مدل پیشنهادی (فائو-یونپ و آکادمی علوم ترکمنستان) نامبردگان را نشان می‌دهد. از کل سطح منطقه حدود ۱۱/۵ درصد در کلاس خیلی شدید، ۶۱/۸ درصد در کلاس شدید و ۲۴/۱ درصد در کلاس بیابان‌زایی متوسط قرار دارد.

احمدی و همکاران (۱۳۸۲) به بررسی و تحلیل عوامل مؤثر بر شدت بیابان‌زایی و ارائه مدل منطقه‌ای در دشت بیجار پرداختند. نتایج نشان داد که ۴۱ درصد از سطح بیابان‌زایی حاصل از عوامل طبیعی و ۵۹ درصد در اثر عوامل انسانی است. مهم‌ترین عوامل انسانی شناخته شده در منطقه کاربری اراضی و چرای بی‌رویه می‌باشد.

جعفری و همکاران (۱۳۸۵) ارزیابی شاخص‌های معیار خاک جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی مناطق سلیمان، حسین‌آباد میش‌مست و گازاران در استان قم به روش IMDPA را انجام دادند. طبق نتایج آنها در ایستگاه سلیمان درصد سنگریزه زیاد و در نتیجه خطر بیابان‌زایی در کلاس کم و ناچیز قرار گرفت. نامبردگان

اعلام کردند که روش IMDPA نیاز به اصلاحات زیادی دارد اما از روش فائو یونپ (نیاز به آمار طولانی مدت) مناسب تر می باشد.

زهتابیان و همکاران (۱۳۸۵) اثر فرسایش بادی در افزایش بیابانزایی در اراضی ماهان با تجزیه و تحلیل روش های فائو یونپ و ICD را بررسی نمودند. مهم ترین فرآیند مؤثر در بیابانزایی منطقه فرسایش آبی عنوان گردید. این در حالی است که در چند دهه گذشته مهم ترین معیار مؤثر در بیابانزایی، فرسایش بادی بود و در پی آن با انجام اقدامات اصلاحی از این فرآیند جلوگیری به عمل آمده است. اما در عوض به دلیل اهمیت ندادن به فرسایش آبی و تخریب منابع آب نقش این عامل افزایش یافته است.

چمن پیرا و همکاران (۱۳۸۵) بیابانی شدن اراضی منطقه کوهدشت را با استفاده از مدل ICD مورد مطالعه قرار دادند. نامبردگان در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که عامل اصلی تخریب در منطقه، نابودی منابع آب است و منطقه مورد مطالعه در سه کلاس کم، متوسط و زیاد شدت بیابانزایی قرار دارد.

اکبری و همکاران (۱۳۸۶) اقدام به ارزیابی و طبقه بندی بیابانزایی با فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه خشک شمال اصفهان نمودند. نتایج ایشان نشان داد که شرایط بیابان با منشأ انسانی ۶۵ درصد منطقه را پوشش می دهد. مهم ترین عامل انسانی تبدیل اراضی مرتعی به زمین های کشاورزی و مهم ترین عامل بیابانزایی طبیعی منطقه خشکسالی می باشد.

زهتابیان و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی معیارهای آب و خاک در بیابانزایی منطقه عین خوش دهلران (دشت ابوغویر) پرداختند. در این مطالعه معیار مدیریت و سیاست دارای بالاترین اهمیت از نظر بیابانزایی می باشد. محمد قاسمی و همکاران (۱۳۸۷) ارزیابی شدت بیابانزایی در دشت زابل را با تکیه بر معیار آب با روش مدالوس انجام دادند. نتایج نشان داد که بیابانزایی از منظر معیار آب با شرایط ایران در کلاس خیلی شدید و با توجه به طبقه بندی مدل مدالوس در کلاس بحرانی شدت بیابانزایی قرار دارد. تجزیه و تحلیل ها بیانگر

این موضوع می‌باشد که روش ارزیابی مذکور برای منطقه مورد مطالعه مناسب و از کارایی مناسبی برخوردار است. از مزایای مدل مدالوس تنظیم معیارها بر طبق شرایط منطقه‌ای می‌باشد.

پروانه و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی وضعیت بیابان‌زایی با روش مدالوس در خراسان جنوبی (طبس) نشان داد که مهم‌ترین عامل معیار مدیریت و آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

زهتابیان و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی اثر معیار خاک در بیابان‌زایی منطقه حبله رود با روش مدالوس پرداخته‌اند. برای ارزیابی معیار خاک، شش شاخص آن مشتمل بر بافت، درصد مواد آلی، درصد سنگریزه عمقی (در درون پروفیل)، عمق خاک، میزان هدایت الکتریکی و شیب انتخاب شدند. نتایج نشان داد که ۴/۱۶ درصد منطقه در کلاس بیابان‌زایی با شدت کم تخریب منابع خاک قرار گرفته است.

حسینی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی نوع و شدت عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی نیاتک سیستان پرداختند. عامل اصلی تشدید بیابان‌زایی و تغییر اقلیم در منطقه نیاتک سیستان عوامل محیطی (خشکسالی) توسط نامبردگان عنوان گردید که ۸۱ درصد از سطح منطقه را تحت تأثیر قرار داده است.

هنردوست و همکاران (۱۳۹۰) برای بررسی وضعیت بیابان‌زایی دشت صوفیکم- منگالی گلستان از روش مدالوس استفاده کردند. نتایج نشان داد که معیار خاک و پوشش گیاهی از مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه است.

پروری و همکاران (۱۳۹۰) به منظور تهیه نقشه بیابان‌زایی، دو روش ICD و ESAs در نیاتک زابل را مقایسه کردند. نتایج آنان نشان داد که مدل ICD نتایج درستی از وضعیت بیابان‌زایی منطقه حاصل نکرده است و مدل ESAs بیشتر مطابق با واقعیت است. براساس نتایج روش ICD، ۱۳ درصد در کلاس کم، ۳۲ درصد در کلاس متوسط، ۴۰/۷ درصد در کلاس شدید و ۱۵/۲ درصد در کلاس خیلی شدید بیابان‌زایی قرار دارد، در حالی که در مدل ESAs کل منطقه در کلاس بحرانی قرار دارد.

الرئیس و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی وضعیت فعلی بیابانزایی در مناطق بیابان ساحلی کهیرکنارک با استفاده از مدل IMDPA پرداختند. نتایج نشان داد که ۵۵/۳۳ درصد منطقه در کلاس شدید بیابانزایی قرار دارد. ایشان عنوان کردند که معیار تخریب خاک بالاترین درصد وزنی را به خود اختصاص داده است و کل منطقه در کلاس بیابانزایی خیلی شدید قرار دارد.

اختصاصی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر شهری و صنعتی شدن (تکنوژنیکی) در بیابانزایی شرق اصفهان را بررسی نمودند. آنها در تحقیقات خود از روش IMDPA استفاده کردند و عامل مهم شاخص‌های بیابانزایی (تکنوژنیکی) در محدوده مطالعاتی را نسبت اراضی مسکونی و شهری به باغی و زراعی بیان کردند. آنان پیشنهاد نمودند که از تبدیل بی‌رویه اراضی کشاورزی (باغی و زراعی) به اراضی مسکونی و شهری جلوگیری شود.

طباطبایی‌زاده (۱۳۹۱) به ارزیابی وضعیت بیابانزایی دشت فخرآباد مهریز با روش MICD پرداخت. نتایج نشان داد شدت فرسایش در اراضی کشاورزی زیاد است که این امر نشان‌دهنده تأثیر عوامل انسانی است. ایشان بیان نمودند که مدل مذکور برای مقیاس‌های بزرگ از توانمندی خوبی برخوردار است.

بررسی شدت اثر معیار زمین‌شناسی- ژئومورفولوژی و معیار خاک بر بیابانزایی منطقه دشت سگری توسط ناطقی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از روش IMDPA صورت گرفت. مطابق مطالعات نامبردگان منطقه دشت سگری با شدت بیابانزایی ۳/۲۶ در کلاس شدید بیابانزایی قرار دارد و شاخص هدایت الکتریکی با ارزش عددی ۳/۷۵ مؤثرترین شاخص در افزایش شدت بیابانزایی می‌باشد.

ذاکری‌نژاد و همکاران (۱۳۹۱) در ارزیابی شدت بیابانزایی با تکیه بر معیار آب‌زیرزمینی در زرین‌دشت فارس از روش IMDPA استفاده نمودند. نتایج نشان داد که ۶۲/۵۹ درصد منطقه در کلاس خیلی شدید و ۳۷/۴۱ درصد در کلاس شدید قرار دارند.

حبیبی و همکاران (۱۳۹۱) شدت بیابان‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژی خوزستان را با استفاده از روش مدالوس در محیط GIS بررسی کردند. در منطقه مورد مطالعه آنها معیارهای مدیریت و سیاست و معیار پوشش گیاهی از عوامل مهم در ایجاد بیابان‌زایی می‌باشد.

بخشنده‌مهر و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی و اصلاح مدل مدالوس در دشت سگزی عنوان نمودند که معیار اقلیم و مدیریت و سیاست از عوامل مهم بیابان‌زایی در منطقه می‌باشد. فعالیت نامناسب کشاورزی، چرای بی‌رویه در مراتع و برداشت از معادن از فعالیت‌های مخرب انسانی است که در منطقه سگزی قابل رویت است.

خانامانی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش مدالوس به بررسی وضعیت بیابان‌زایی در دشت سگزی پرداختند. نتایج آنالیزهای آنان نشان داد که معیار اقلیم و پوشش گیاهی مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی می‌باشد.

مصباح‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) در واسنجی مدل IMDPA با توجه به معیارهای زمین در منطقه ابوزید کاشان سه معیار زمین‌شناسی، خاک و فرسایش بادی را مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج آنها معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی بیشترین اثر را بر بیابان‌زایی منطقه ابوزید کاشان داشته است.

سپهر و همکاران (Sepehr *et al.*, 2007) ارزیابی کمی بیابان‌زایی مناطق جنوب ایران (فیدویه - گرم‌دشت) را با روش مدالوس انجام دادند. آنها بیان کردند که ۱۲ درصد منطقه در کلاس بسیار شدید و ۸۱ درصد در کلاس شدید قرار دارد. پوشش گیاهی و آب‌های زیرزمینی شاخص‌ترین عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی منطقه می‌باشد. نتیجه آنان نشان داد که ارزیابی روند بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه با مدل مورد استفاده کارآمد بوده است.

لاوادر و همکاران (Lavado *et al.*, 2009) به بررسی حساسیت زیست‌محیطی و تخریب زمین با روش مدالوس در جنوب غربی اسپانیا پرداختند. نتایج نشان داد که روش ارائه شده نسبت به سایر مدل‌ها با شرایط طبیعی سازگارتر است.

وی و همکاران (Wei *et al.*, 2010) تاریخچه کاربری ارضی و وضعیت بیابان‌زایی در حوضه رودخانه Heihe را بررسی نمودند. طبق بررسی‌های آنان، بیابان‌زایی در هوای سرد نسبت به هوای گرم سرعت بیشتری دارد. آنان بیان کردند که اگر اقدامات در جهت بازسازی زمین‌های بیابانی صورت گیرد روند بیابان‌زایی برعکس خواهد شد.

گد و شالابی (Gad and Shalaby, 2010) به ارزیابی بیابان‌زایی با استفاده از سنجش از دور و GIS و روش مدالوس در صحرای سینای پرداختند. آنها نشان دادند که حساسیت بخش جنوبی صحرا نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر است. کیفیت پوشش گیاهی در این قسمت پایین است.

پروری و همکاران (Parvari *et al.*, 2011) برای نقشه‌برداری مناطق حساس به بیابان‌زایی در بستر هامون خشک از روش مدالوس استفاده کرده‌اند. نتایج آنها نشان داد که مدیریت اراضی و اقلیم از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی می‌باشد.

مشایخان و هنردوست (Mashayekhan and Honardoust, 2011) پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی را در حوضه Trouti با GIS انجام دادند. در منطقه مورد بررسی، به دلیل وجود سازندهای حساس به فرسایش (تشکیلات لسی) و تغییر کاربری اراضی از مرتع به کشاورزی، بیابان‌زایی رخ داده است.

کاوی و بلال (Kawy and Belal, 2011) به ارزیابی حساسیت زیست‌محیطی خاک در شرق دلتای نیل در مصر پرداختند. آنان به طور خاص شاخص‌های کیفیت پوشش گیاهی و آب و هوا را مورد بررسی قرار دادند. به دلیل زمین‌شناسی و پوشش گیاهی متفاوت در منطقه مورد مطالعه، حساسیت بیابان‌زایی برای بخش‌های

مختلف متغیر می‌باشد. نتایج نشان داد که در قسمت‌هایی که پوشش گیاهی خوب و کیفیت خاک مناسب است، شاخص بیابان‌زایی حداقل خواهد بود.

منطقه‌بندی خطر بیابان‌زایی توسط حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2012) در منطقه سیستان (نیاتک) انجام شد. نتایج نشان داد که ۵۵ درصد منطقه در کلاس متوسط بیابان‌زایی، ۲۶/۳۴ درصد در کلاس بیابان‌زایی شدید و مابقی در کلاس خیلی شدید قرار دارد.

فزون و همکاران (Fozooni *et al.*, 2012) به بررسی بیابان‌زایی با استفاده از روش مدالوس در دشت سیستان پرداختند. در میان شاخص‌های مورد مطالعه شاخص کاربری زمین بیشترین ارزش را به خود اختصاص داد. براساس نتایج این محققین به دلیل فرسایش آبی و بادی، پوشش گیاهی به سمت نابودی پیش می‌رود.

ارزیابی مکانی بیابان‌زایی در شمال صحرای سینا با روش مدالوس توسط محمد (Mohamed, 2013) انجام گرفت. پنج شاخص اصلی بیابان‌زایی شامل خاک، اقلیم، فرسایش، پوشش گیاهی و مدیریت برای برآورد حساسیت در نظر گرفته شد. نتایج ایشان نشان داد که ۶۵ درصد مناطق شمال سینا در وضعیت بسیار شدید حساسیت قرار دارد و ۲۳ درصد در کلاس نسبتاً حساس قرار دارد. وجود گچ و کلسیم نقش بسیار مهمی را در حساسیت منطقه به بیابان‌زایی ایفا می‌کند. کیفیت پایین خاک، پوشش گیاهی کم و مدیریت نامناسب از عوامل ایجاد کننده بیابان‌زایی در منطقه است. لازم به ذکر است که منطقه از لحاظ کیفیت اقلیم در وضعیت مناسبی به سر می‌برد.

آیوازو و همکاران (Iavazzo *et al.*, 2013) نقش تغییرات آب و هوا و فرآیندهای فرسایشی را با روش مدالوس در منطقه بورکینا فاسو (Burkina Faso) و اوگادوگو (Ougadougou) مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه آنان مشخص گردید تغییرات شدید اقلیمی باعث پیشرفت بیابان‌زایی و غیرقابل برگشت شدن آن در منطقه

شده است. نتایج این گونه مطالعات به مدیریت کارآمد و اعمال سیاست‌های درست از منطقه کمک زیادی خواهد کرد.

ذو و همکاران (Zhou *et al.*, 2013) به بررسی نقش نسبی تغییرات اقلیم و فعالیت‌های انسانی در بیابان‌زایی حوضه رودخانه Heihe پرداختند. نتایج نشان داد که ۶۱ درصد کل مساحت حوضه تحت فرسایش بادی قرار دارد که ۹۰/۵ درصد آن ناشی از فعالیت‌های انسانی است و ۸/۶ درصد آن تحت اثر تغییرات اقلیم می‌باشد. در عوض در روند معکوس بیابان‌زایی ۹۰/۷ درصد از تغییرات به علت اقلیم مناسب می‌باشد و ۱/۵ درصد آن به علت فعالیت‌های انسانی می‌باشد. نتایج آنان نشان داد که فعالیت‌های انسانی در گسترش بیابان‌زایی نقش عمده‌ای دارند و برعکس در حالت برگشت از بیابان نقش تغییرات اقلیم بسیار مهم است. توپا و همکاران (Topa *et al.*, 2013) به بررسی حساسیت بیابان‌زایی با روش ESAs در سنت‌لویس و اوگادوگو (Ouagadougou) پرداختند. طبق مطالعات و بررسی آنها مناطقی که دارای پوشش گیاهی ضعیف در منطقه اوگادوگو هستند به عنوان حساس‌ترین نقاط نسبت به بیابان‌زایی شناخته شده‌اند. در منطقه سنت‌لویس کیفیت اقلیم تأثیر بیشتری بر روی حساسیت منطقه به بیابان‌زایی دارد.

نقشه آسیب‌پذیری نسبت به بیابان‌زایی توسط کلا و بوهااتا (Kalla and Bouhata, 2013) با توجه به شوری خاک در شرق الجزایر تهیه شد. شوری خاک در منطقه به دلیل تخریب زمین‌های کشاورزی به وجود آمده است. آنها بیان کردند که این نتایج سندی برای مدیریت و تصمیم‌گیری بهتر فراهم می‌کند.

فصل سوم: روش انجام کار

در مطالعه حاضر به ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در جنوب شرق زاهدان با استفاده از مدل IMDPA که یکی از روش‌های متداول در ایران می‌باشد، پرداخته شده است. به طور کلی مراحل تحقیق شامل انتخاب معیارها مؤثر در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه، جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز، امتیازدهی هر یک از معیارهای مورد مطالعه در واحد کاری و در نهایت تهیه نقشه وضعیت بیابان‌زایی براساس معیارهای انتخابی می‌باشد. در ادامه جزئیات این مراحل ارائه می‌گردد.

۳-۱- انتخاب معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه

بعد از شناخت معیارها و شاخص‌های مدل IMDPA، معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید. با توجه به منطقه مورد مطالعه به علت وجود آب و هوای گرم و خشک، وجود سازندهایی با جنس مشابه، وسعت کم اراضی کشاورزی، عدم وجود معادن، وجود بادهای فرساینده به مدت طولانی و غیره تعدادی از معیارهای با اهمیت انتخاب، و مابقی آنها حذف گردید. در این پژوهش برای منطقه مورد مطالعه چهار معیار و ۱۴ شاخص مؤثر شناسایی گردید که در فصل چهارم به آنها پرداخته می‌شود.

۳-۲- تهیه نقشه واحد کاری

در این تحقیق هر یک از شاخص‌ها در واحدهای کاری مجزا مورد بررسی قرار گرفت. برای تهیه نقشه واحد کاری از نقشه‌های شیب، کاربری اراضی و نقشه ژئومورفولوژی منطقه استفاده شده است.

۳-۳- تهیه آمار و اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات مورد نیاز هر یک از معیارهای منتخب در ارزیابی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه از گزارش‌های مختلف استخراج شده است. همچنین در مورد تعدادی از شاخص‌ها اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شده و محاسبات لازم انجام گرفته است. لازم به ذکر است برای امتیازدهی تعدادی از شاخص‌ها از نظرات کارشناسان اداره منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان استفاده شده است.

۳-۴- رتبه‌دهی شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی و محاسبه امتیاز نهایی معیارها

ارزش عددی شاخص‌های مدل مورد مطالعه بر طبق جداول مربوطه برای واحدهای کاری مختلف تعیین شده است. برای ارزش‌دهی شاخص‌های توصیفی از نظرات کارشناسی استفاده شده است. پس از ارزش‌دهی شاخص‌ها، هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های آن طبق رابطه ۳-۱ محاسبه شده است.

$$\text{رابطه ۳-۱} \quad \text{Index-X} = [(Layer-1) \cdot (Layer-2) \dots (Layer-n)]^{1/n}$$

که در این رابطه Index-X معیار مورد نظر، Layer شاخص هر معیار و n تعداد شاخص‌های هر معیار می‌باشد. لازم به ذکر است دامنه کمی و کیفی تغییرات هر یک از پارامترهای مورد استفاده در جدول‌های شاخص‌ها، براساس جدول ۳-۱ تعیین شده است.

۳-۵- محاسبه ارزش عددی شدت نهایی بیابان‌زایی

پس از محاسبه امتیاز معیارهای مورد مطالعه با استفاده از رابطه ۳-۲ و میانگین هندسی معیارهای انتخابی ارزش عددی شدت بیابان‌زایی برای محدوده مورد مطالعه محاسبه گردید.

جدول ۳-۱: طبقه‌بندی نقشه تهیه شده برای شاخص، معیارها و شدت بیابان‌زایی

ردیف	دامنه ارزش عددی	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
۱	۱-۱/۵	کم و ناچیز	۱
۲	۱/۶-۲/۵	متوسط	۲
۳	۲/۶-۳/۵	شدید	۳
۴	۳/۶-۴	خیلی شدید	۴

$$DM=(CQI \times SQI \times VQI \times WEI)^{1/4}$$

رابطه ۳-۲

DM شدت نهایی بیابان‌زایی، CQI میانگین معیار کیفیت اقلیم، SQI میانگین معیار کیفیت خاک، VQI میانگین معیار کیفیت پوشش و WEI معیار فرسایش بادی می‌باشد. مرحله نهایی شامل جمع‌بندی کیفیت معیارهای مورد بررسی می‌باشد که در نتیجه آن تیپ‌های مختلف حساسیت مناطق به بیابان‌زایی با توجه به جدول ۳-۱ مشخص می‌شود.

۳-۶- استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه شاخص‌ها، معیارها و

شدت نهایی بیابان‌زایی

سیستم یا سامانه اطلاعات جغرافیایی یک سامانه اطلاعاتی در رابطه با داده‌های مکان‌دار می‌باشد و شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده و کاربر است که قادر است داده‌های مکان‌دار را به شکل رقمی کسب، نگهداری، بازیابی، مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل نموده و به طور متنی و گرافیکی ارائه نماید (کفاش، ۱۳۹۲). با توجه به اینکه بیشتر روش‌های معمول در تعیین شدت بیابان‌زایی، بسیار وقت‌گیر می‌باشد استفاده از تکنیک‌های

سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ضمن کاهش هزینه‌های پرسنلی موجب افزایش سرعت و دقت در برآورد نتایج حاصله می‌شود (طباطبایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

بعد از محاسبه ارزش عددی شاخص‌ها و معیارهای مورد مطالعه، نقشه‌های مورد نیاز در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.2 تهیه شد. پس از آن نقشه کمی شدت بیابان‌زایی برای محدوده مورد مطالعه و در نهایت نقشه کیفی شدت بیابان‌زایی با استفاده از جدول ۳-۱ تهیه گردید.

فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

۴-۱- مقدمه

در این مطالعه از معیارهای مدل IMDPA برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان استفاده شده است. در ابتدا با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه اقدام به انتخاب معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه شده است. در مرحله بعد نقشه واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه با توجه به خصوصیات ژئومورفولوژیکی تهیه گردیده است. براساس اطلاعات موجود، ارزش عددی هر شاخص در واحدهای کاری محاسبه و با توجه بدستورالعمل مدل، ارزش هر یک از معیارهای منتخب در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه تعیین شده است. در نهایت نقشه نهایی شدت بیابان‌زایی برای کل منطقه مورد مطالعه تهیه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این فصل نتایج حاصل از بررسی شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه ارائه شده و در پایان شدت بیابان‌زایی در بخش‌های مختلف منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۴-۲- انتخاب معیارهای مناسب در مدل IMDPA برای منطقه مورد مطالعه

همانطور که در فصل دوم ذکر گردید در مدل IMDPA، نه معیار و ۳۶ شاخص برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی معرفی شده است. وجود تعداد زیادی معیار در این مدل این امکان را فراهم ساخته تا در شرایط مختلف کشور ایران سازگاری پیدا کند. با توجه به شرایط منطقه تعدادی از معیارها حذف شده و معیارهای خاصی

که تأثیر بیشتری بر بیابان‌زایی داشته و بنابراین مطالعه آنها اهمیت بیشتری در منطقه دارد، انتخاب شده است. در منطقه مورد مطالعه با توجه به شرایط منطقه‌ای و نظر کارشناسی تعدادی از معیارها حذف گردیدند. دلایل انتخاب یا حذف معیارهای مختلف در زیر اشاره شده است:

- **معیار اقلیم (آب و هوا):** به دلیل اینکه منطقه مورد مطالعه در شرایط اقلیمی گرم و خشک قرار دارد و آب و هوا (بارش، دما، شاخص خشکی و غیره) در افزایش بیابانی شدن منطقه محتمل می‌باشد، بنابراین بررسی و ارزش‌دهی این معیار در منطقه مهم و ضروری تلقی شده است.

- **معیار خاک:** از آنجا که پدیده بیابان‌زایی بیشترین نمود عینی را بر خاک به جای می‌گذارد، بنابراین اگر به طریقی بتوان تغییرات ایجاد شده در خاک را مورد ارزیابی قرار داد، شدت بیابانی شدن منطقه مشخص می‌شود. بنابراین این معیار نیز برای ارزیابی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه بررسی شده است.

- **معیار پوشش گیاهی:** با توجه به اینکه آسیب به پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین آسیب‌های بیابان‌زایی می‌باشد و وجود یا فقدان آن تأثیر زیاد و مستقیمی بر معیارهای دیگر به خصوص فرسایش بادی دارد، این معیار نیز برای بررسی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است.

- **معیار فرسایش بادی:** با توجه به رخداد بادهای فرساینده در منطقه و خشکسالی‌های پی‌درپی بررسی این معیار در ارزیابی بیابان‌زایی اهمیت داشته، به همین علت بررسی شاخص‌های این معیار در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه مورد توجه قرار گرفته است.

- **معیار کشاورزی:** در منطقه مورد مطالعه وسعت اراضی کشاورزی و باغ‌ها کم بوده، در نتیجه قسمت بزرگی از منطقه نسبت به این معیار فاقد ارزش (دارای ارزش صفر) می‌باشد. به همین دلیل از ارزیابی این معیار در بررسی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه چشم‌پوشی شده است.

- **معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی:** با توجه به این موضوع که رسوبات کواترنر اکثر مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند، بنابراین ارزش عددی این معیار در کل منطقه مورد مطالعه یکسان

می‌باشد. به همین دلیل معیار مذکور در ارزیابی وضعیت بالفعل بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه لحاظ نشده است.

- **معیار آب و آبیاری:** نبود اطلاعات کافی در مورد شاخص‌هایی همانند افت آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی آب مورد استفاده در کشاورزی و البته مساحت کم اراضی کشاورزی و بی‌معنی شدن شاخصی همانند نوع سیستم آبیاری در منطقه مورد مطالعه باعث شد تا محاسبه ارزش شاخص‌های این معیار در ارزیابی بیابان‌زایی در کل منطقه مورد مطالعه نادیده گرفته شود.

- **معیار اقتصادی و اجتماعی:** به علت نبود جمعیت‌های بزرگ در منطقه مورد مطالعه از لحاظ نمودن این معیار در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه خودداری شده است.

- **توسعه شهری و صنعتی:** به علت عدم وجود مناطق شهری بزرگ و تأثیرگذار و همچنین عدم وجود معادن در منطقه مورد مطالعه، این معیار در بررسی بیابان‌زایی صرف نظر شده است. در واقع امتیاز این معیار در کل منطقه یکسان بوده که در نتیجه نهایی فاقد ارزش می‌باشد.

در نهایت از مجموع معیارهای نه‌گانه روش IMDPA چهار معیار اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و فرسایش بادی در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه مؤثر دانسته شده و بنابراین مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۴-۳- تهیه نقشه واحد کاری

همانطور که در فصل سوم بیان شد در مدل مورد مطالعه به منظور سهولت کار، ارزش‌دهی معیارها و شاخص‌های مورد مطالعه در واحدهای کاری صورت می‌گیرد. بنابراین بعد از تعیین معیارهای مورد مطالعه، اقدام به تهیه نقشه واحد کاری منطقه مورد مطالعه شده است.

به کمک مطالعات پایه و نقشه‌های شیب، کاربری اراضی و ژئومورفولوژی دو واحد کوهستان و دشت‌سر (Pediment) در منطقه شناسایی گردید. واحد کوهستان شامل مناطقی است که دارای شیب بزرگتر از ۲۰

درصد می‌باشند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳). دشت‌سر سطحی است با شیب ملایم بین ۱ تا ۷ درجه که گاهی تا ۱۱ درجه (۲۰ درصد) هم می‌رسد (تازه و همکاران، ۱۳۹۳).

در منطقه مورد مطالعه دو تیپ کوه و تپه در واحد کوهستان شناسایی شده است. تیپ کوه نسبت به محیط اطراف خود برجسته‌تر بوده و ارتفاع آن نسبت به زمین‌های اطراف بزرگتر از ۵۰۰ متر می‌باشد. این تیپ به طرق مختلف نظیر چین‌خوردگی سطح زمین، فرسایش یا فعالیت‌های آتشفشانی ایجاد می‌شود. اما تیپ تپه ارتفاعاتی از واحد کوهستان را شامل می‌شود که دارای ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر می‌باشند.

واحد دشت‌سر براساس ضخامت رسوبات و شکل ناهمواریها به سه تیپ فرسایشی (لخت)، آپانداژ (پخش آب) و پوشیده (دشت) تقسیم‌بندی می‌شود (احمدی، ۱۳۶۷). در جدول ۴-۱ برخی از مشخصات انواع دشت‌سرها را نشان می‌دهد. تیپ دشت‌سر فرسایشی دارای ویژگی‌هایی نظیر عمق کم سنگ بستر، ضخامت کم رسوبات (۳-۱ متر)، حضور ذرات درشت مثل تخته‌سنگ، قلوه‌سنگ، ریگ و شن، تغییرات شیب زیادتر از سایر تیپ‌های دشتی و دامنه شیب بین ۳ تا ۸ درصد (البته در بخش‌هایی به ۲۰ درصد نیز می‌رسد) می‌باشد. تیپ دشت‌سر آپانداژ همان مشخصات دشت‌سر فرسایشی را دارد، با این تفاوت که ضخامت رسوبات آن زیادتر بوده و به چند متر می‌رسد. در روی این دشت‌سر آثار فرسایش آبی به صورت فرسایش شیاری دیده می‌شود. آبراهه‌ها ابعاد متفاوتی از چند دسی‌متر تا چندمتر دارند. در شبکه‌های مارپیچی و یا آبراهه‌هایی که نیم‌رخ مقعر دارند کناره‌های بستر شیب تندی به خود گرفته است. به طور کلی تغییرات شیب در این نوع دشت‌سر بسیار جزئی می‌باشد. دشت‌سر پوشیده دارای شیب کمتر از ۱ تا ۴ درصد است و ضخامت رسوبات آن بیش از صدمتر می‌باشد. این تیپ دشت‌سر دارای پستی و بلندی زیادی نبوده و با شیب کم (کمتر از ۱ درصد) و ضخامت قابل ملاحظه رسوبات مشخص می‌شود (تازه و همکاران، ۱۳۹۳).

جدول ۴-۱: مشخصات انواع دشت‌سرها (برگرفته از احمدی، ۱۳۶۷)

نوع دشت‌سر	چگونگی پیدایش	شکل ناهمواری
دشت‌سر فرسایشی	تخریب در سنگ مادر، تجمع مواد آبرفتی	سطح شیب‌دار تا ۱۲ درصد، بیرون‌زدگی‌های سنگی، نهشته‌های تخریبی با ضخامت کم و غیر یکنواخت و منقطع، همراه با فرسایش آبی و گاه بادی.
دشت‌سر آبانداژ	تجمع مواد آبرفتی در نتیجه سیلابها و طغیان رودخانه‌ها	سطح شیب‌دار ۱ تا ۵ درصد، همراه با بیرون‌زدگی و سفره‌های آبرفتی کم عمق و تقریباً پیوسته، فرسایش آبی شدید به همراه تشکیل آبراهه.
دشت‌سر پوشیده	تجمع مواد آبرفتی با ضخامت زیاد در نتیجه سیلاب‌ها	سطح شیب‌دار ۱ تا ۴ درصد حاصل از تجمع رسوبات آبرفتی، بدون بیرون‌زدگی و برجستگی سنگی و تا حدودی دست نخورده.

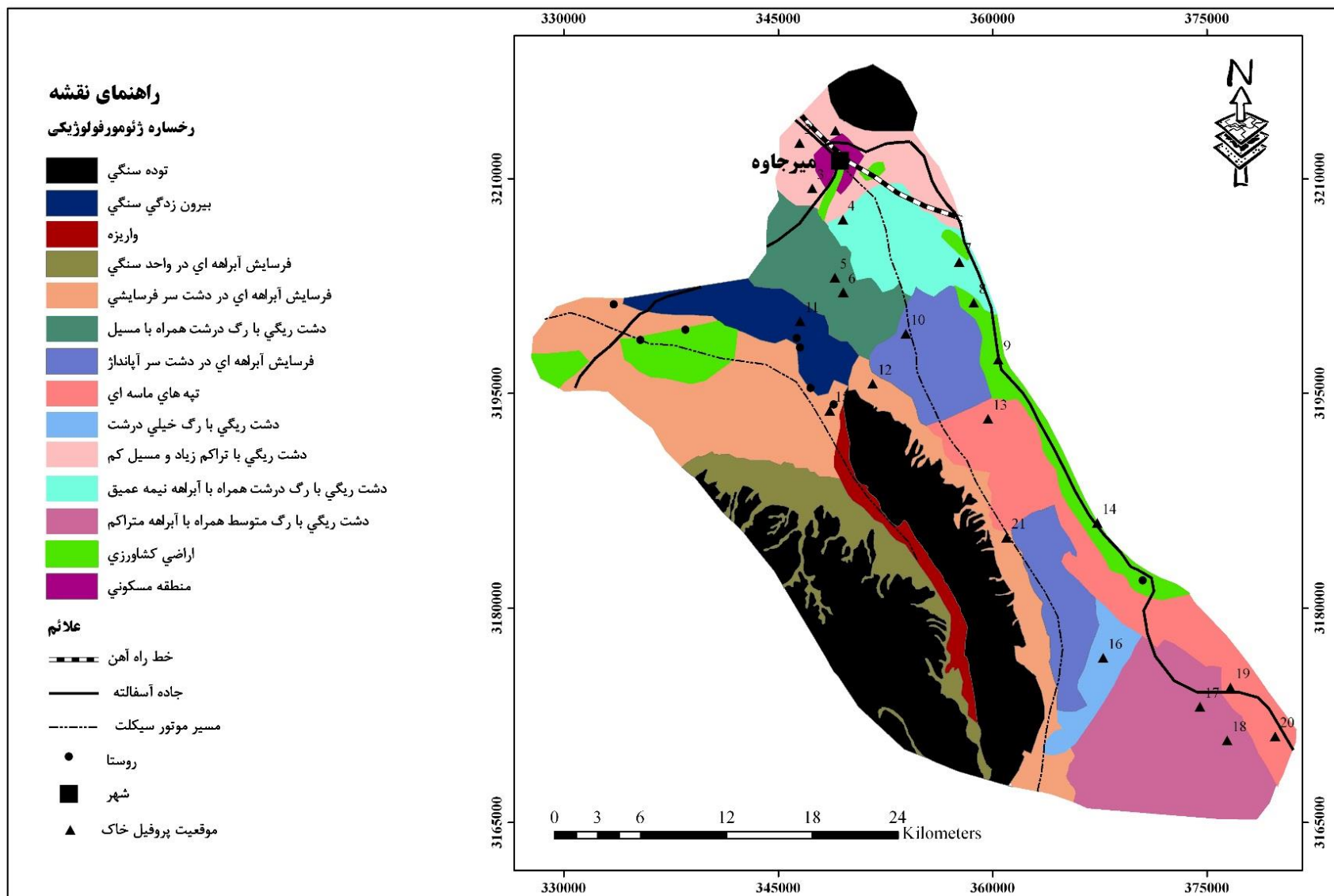
لازم به ذکر است هر یک از تیپ‌های ژئومورفولوژیکی اصلی خود به رخساره‌های مختلفی تفکیک شده است که توضیحات در مورد این رخساره‌ها در کتاب ژئومورفولوژی کاربردی (احمدی، ۱۳۶۷) آمده است. با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه تعداد ۱۴ واحد کاری در منطقه تفکیک شده است. تعداد ۴ واحد در کوهستان و ۱۰ واحد کاری در دشت‌سر واقع شده است. مناطق مسکونی و توده سنگی بخشی از رخساره‌های تفکیک شده هستند که به دلیل عدم تعریف پارامترهای مورد ارزیابی در آنها، به عنوان واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. واحدهای کاری به همراه مساحت هر یک از آنها در جدول ۴-۲ و موقعیت آنها در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. این نکته قابل ذکر است که رگ (Reg) در واحدهای کاری به مناطقی اطلاق می‌شود که دارای سنگ‌هایی بوده که یا بر اثر فعالیت‌های آتشفشانی به وجود آمده‌اند یا توسط فرسایش آبی و بادی خاک شسته شده‌اند و در سطح زمین و خاک ظاهر شده‌اند. ریز دانه یا درشت دانه بودن رگ‌ها به نوع فعالیت‌های تخریبی بستگی دارد (مذاکره با کارشناسان اداره بیابان‌زایی سازمان منابع طبیعی سیستان و بلوچستان).

فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

جدول ۴-۲: واحد، تیپ و رخساره‌های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه

واحد	تیپ	رخساره	مساحت (هکتار)		
کوهستان	کوه	توده سنگی	۲۶۸۰۷		
		بیرون‌زدگی سنگی	۴۷۱۲		
	تپه	واریزه	۲۲۵۳		
		فرسایش آبراهه‌ای	۶۲۳۰		
دشت‌سر	دشت‌سر فرسایشی	فرسایش آبراهه‌ای (دشت‌سر فرسایشی)	۱۹۲۷۰		
		مخروط افکنه	—		
		خلیج رسوبی	—		
		دشت ریگی	۵۶۵۴		
		منطقه برداشت	—		
		منطقه حمل	—		
		دامنه منظم	—		
		اینسلب‌رگ	—		
		دشت‌سر آپانداژ	فرسایش آبراهه‌ای	فرسایش آبراهه‌ای (دشت‌سر آپانداژ)	۹۴۰۱
			دامنه منظم	—	
	پخش سیلاب		—		
	دشت ریگی		—		
	دشت‌سر پوشیده		تپه‌های ماسه‌ای	تپه‌های ماسه‌ای	۱۰۸۳۸
		دشت ریگی	دشت ریگی با رگ خیلی درشت	۲۳۳۱	
			دشت ریگی با رگ متوسط همراه با آبراهه متراکم	۱۲۴۴۶	
دشت ریگی با رگ درشت همراه با آبراهه نیمه عمیق			۵۵۱۰		
دشت ریگی با تراکم زیاد و مسیل کم			۵۲۱۳		
منطقه حمل		—			
منطقه برداشت		—			
مخروط افکنه		—			
اراضی کشاورزی		۶۸۰۹			
منطقه مسکونی		۸۷۵			

فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان



شکل ۴-۱: پراکنش رخساره‌های ژئومورفولوژی در جنوب شرق شهرستان زاهدان (منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳)

۴-۴- ارزیابی معیارها

۴-۴-۱- اقلیم

شاخص‌های مورد بررسی در معیار اقلیم شامل میزان بارش، شاخص خشکی UTI و تداوم خشکسالی می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز محاسبه هر کدام از شاخص‌های این معیار از سایت سازمان هواشناسی دریافت شده و مقادیر آنها برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است.

الف- مقدار بارش

مقدار بارندگی سالانه، صرف نظر از نحوه توزیع آن در ایام سال شاخص کلی مناسبی برای ارزیابی مؤلفه بارندگی می‌باشد. در طبقه‌بندی مورد استفاده در مدل IMDPA، چهار طبقه یا کلاس برای ارزیابی بارش در نظر گرفته شده است. کلاس‌های این شاخص به همراه ارزش عددی آنها در ارزیابی بیابان‌زایی در جدول ۴-۳ ارائه شده است.

جدول ۴-۳: طبقه‌بندی بارندگی سالانه و کلاس آنها برای ارزیابی بیابان‌زایی

ردیف	حدود بارش سالانه (میلی-متر)	کلاس کیفی بیابان‌زایی	کلاس کمی بیابان‌زایی
۱	$280 <$	کم و ناچیز	۱
۲	۱۵۰-۲۸۰	متوسط	۲
۳	۷۵-۱۵۰	شدید	۳
۴	<75	بسیار شدید	۴

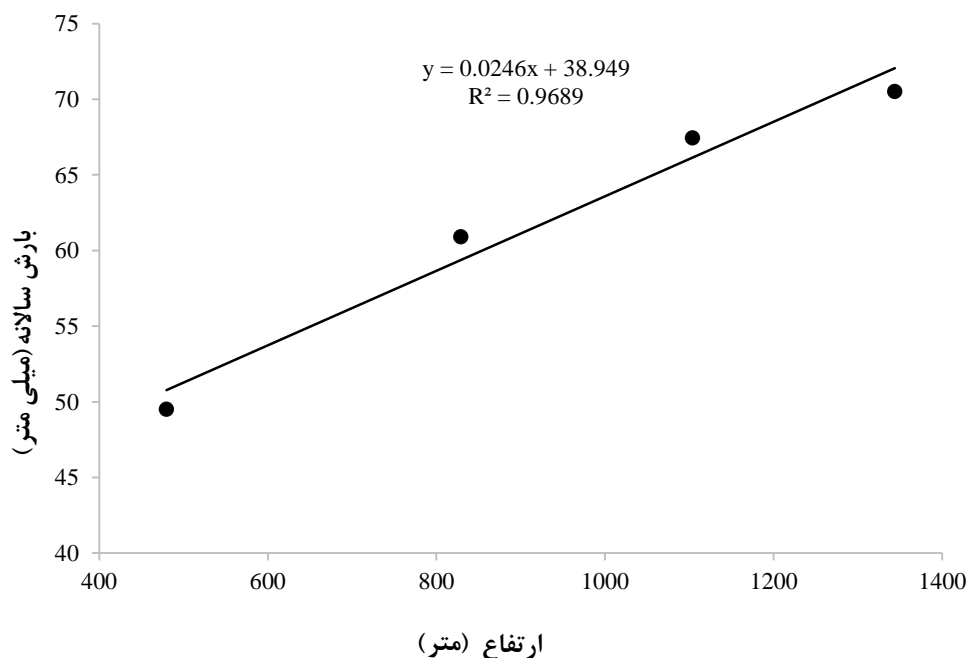
داده‌های پنج ساله بارش (۲۰۱۴-۲۰۱۰) از سایت سازمان هواشناسی برای ایستگاه زاهدان، زابل، میرجاوه، خاش و نصرت آباد اخذ گردید (جدول ۴-۴). براساس این داده‌ها، رابطه ارتفاع و بارش در محیط Excel تهیه شده (شکل ۴-۲) و نقشه خطوط هم‌بارش منطقه مورد مطالعه در محیط GIS تهیه شده است (شکل

فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

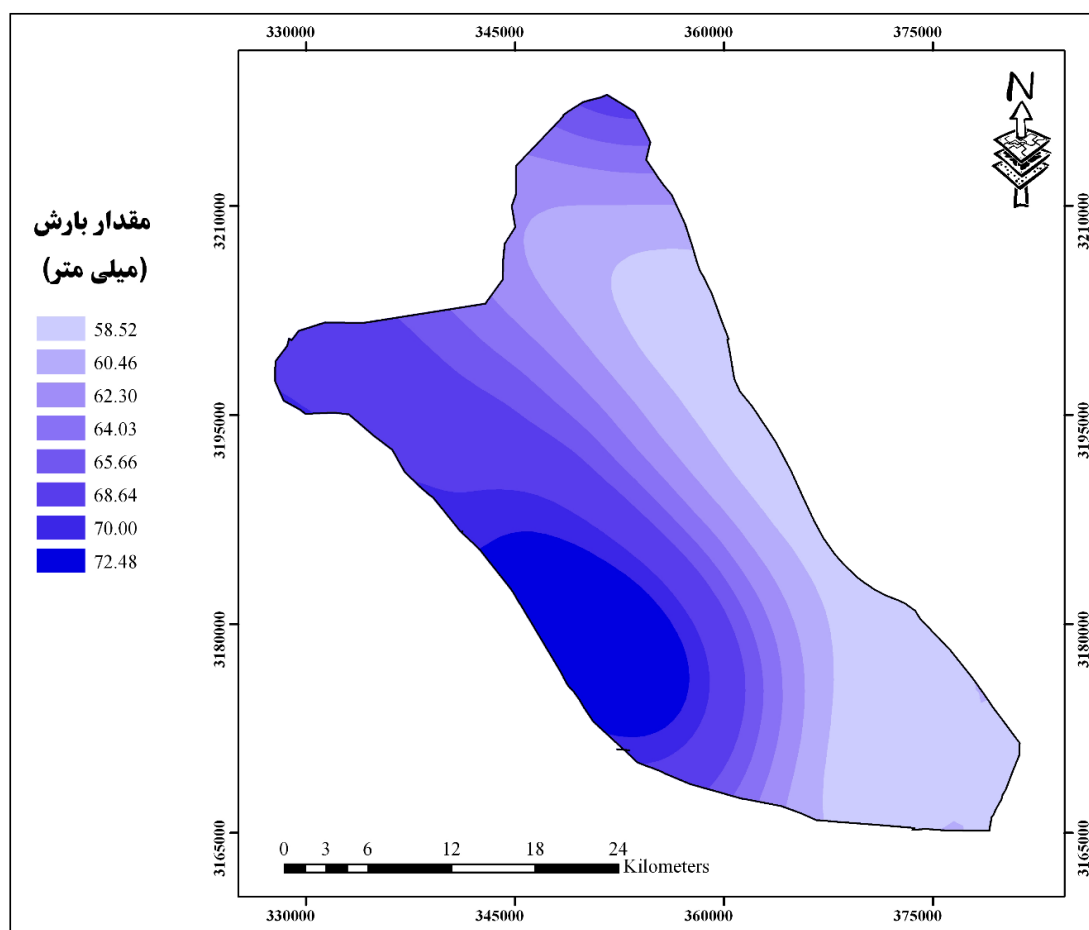
۳-۴). لازم به ذکر است با توجه به پرت بودن داده مربوط به ایستگاه خاش از اطلاعات آن در محاسبه رابطه ارتفاع- بارش استفاده نشده است. مقدار بارش برای واحدهای کاری موجود در منطقه با استفاده از شکل ۲-۴ و با توجه به متوسط ارتفاع آنها برآورد شده است. براین اساس متوسط سالانه میزان بارش در واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه از ۵۸/۵۲ تا ۷۲/۴۸ میلی‌متر متغیر می‌باشد. مقادیر این شاخص در هر یک از واحدهای کاری در بند ۴-۶ بحث می‌شود.

جدول ۴-۴: مقدار متوسط سالانه بارش در ایستگاه‌های واقع در داخل یا مجاور منطقه مورد مطالعه

مقدار بارش سالانه (میلی‌متر)	ارتفاع	مختصات (درجه)		نام ایستگاه
		Y	X	
۷۰/۵	۱۳۴۴	۲۹/۴۹۶۴	۶۰/۸۶۲۸	زاهدان
۴۹/۵	۴۸۰	۳۰/۸۵۰۰	۶۱/۰۱۶۷	زابل
۶۷/۴۴	۱۱۰۴	۲۹/۹۰۰۰	۵۹/۹۸۳۳	نصرت آباد
۶۰/۹	۸۲۹	۲۹/۰۲۵۸	۶۱/۴۵۶۱	میرجاوه
۱۱۰/۵	۱۳۹۴	۲۸/۲۱۶۷	۶۱/۲۰۰۰	خاش



شکل ۲-۴: رابطه بارش و ارتفاع برای منطقه مورد مطالعه



شکل ۳-۴: پراکنش بارش در منطقه مورد مطالعه

ب- شاخص خشکی

شاخص خشکی مورد استفاده در بررسی بیابان‌زایی با مدل IMDPA، شاخص معرفی شده توسط دانشگاه تهران (UTI) می‌باشد. برای محاسبه این شاخص ابتدا شاخص BGI با استفاده از رابطه ۱-۴ تعیین شده و سپس با استفاده از رابطه ۲-۴ مقدار معادل UTI محاسبه گردید.

$$BGI = \sum_{i=1}^n (2t_i - P_i) \times k \quad \text{رابطه ۱-۴}$$

t_i میانگین دمای ماهیانه، P_i میانگین بارش ماهیانه، k تعداد ماه‌هایی که $2t_i - P_i > 0$ می‌باشد.

$$UTI = -1.90 \times 10^{-3} (BGI)^2 + 1.23(BGI) - 124 \quad \text{رابطه ۲-۴}$$

فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

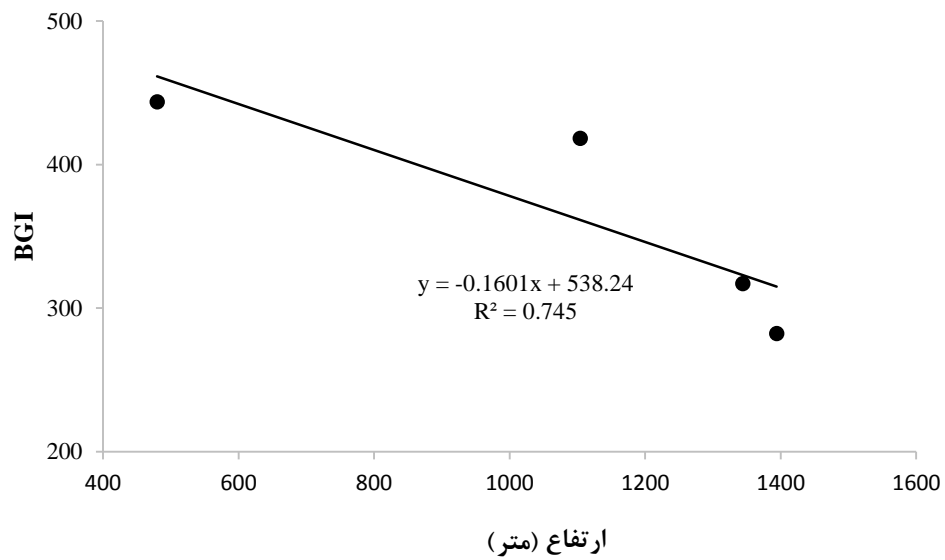
طبقه‌بندی شاخص خشکی UTI برای ارزیابی بیابان‌زایی در مدل IMDPA در جدول ۴-۵ نشان داده شده است. اطلاعات مورد نیاز محاسبه این شاخص اعم از میانگین دمای ماهیانه، میانگین بارش ماهیانه از سایت سازمان هواشناسی برای ایستگاه‌های نماینده منطقه مورد مطالعه تهیه شده و مقدار BGI با استفاده از رابطه ۴-۱ محاسبه شده است (جدول ۴-۶). رابطه بین شاخص خشکی (BGI) و ارتفاع تهیه شده (شکل ۴-۴) و نقشه خطوط هم‌ارزش BGI برای کل منطقه مورد مطالعه ترسیم شده است (شکل ۴-۵). با استفاده از این شکل برای هر واحد کاری مقدار BGI محاسبه شده و طبق رابطه ۴-۲ به شاخص خشکی UTI تبدیل شده است. شاخص UTI در واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه از ۲۹۶/۶۰ تا ۴۱۲/۶۳ متغیر می‌باشد. جزئیات امتیازدهی این شاخص در بند ۴-۶ ارائه می‌گردد.

جدول ۴-۵: طبقه‌بندی و کلاس بندی شاخص خشکی UTI برای ارزیابی بیابان‌زایی

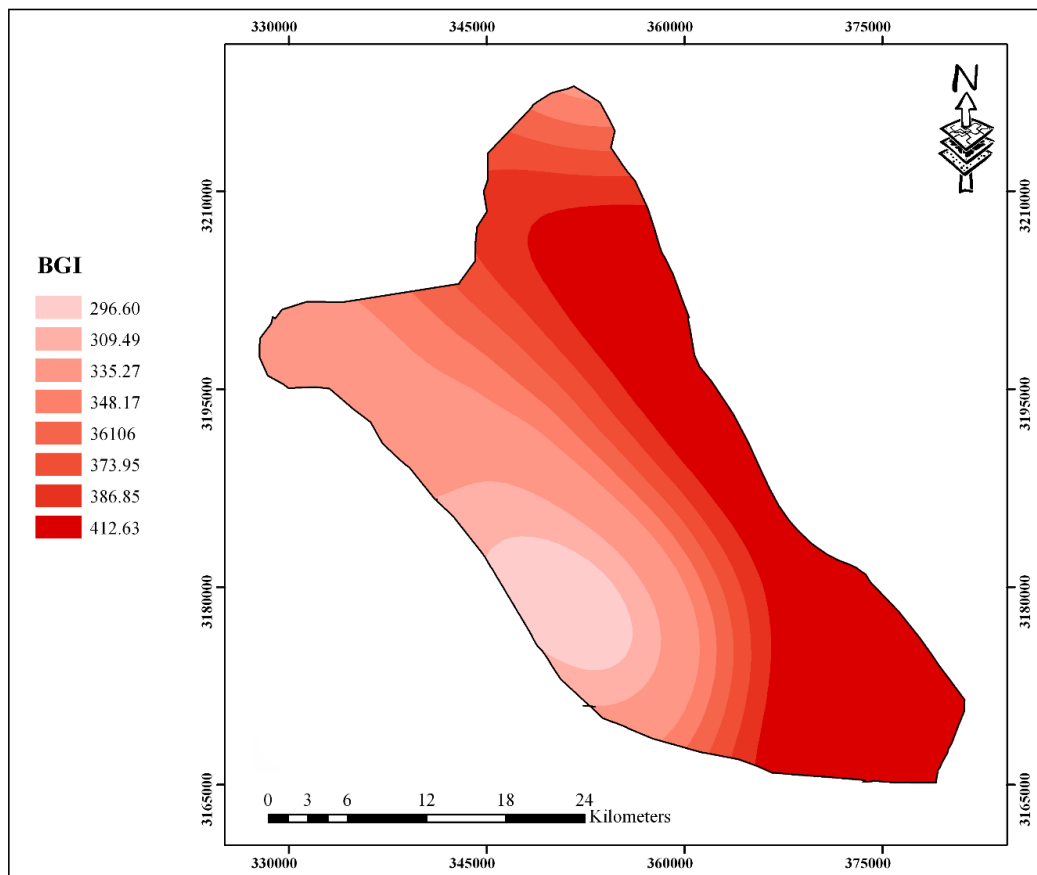
ردیف	حدود شاخص UTI	کلاس کیفی بیابان‌زایی	کلاس کمی بیابان‌زایی
۱	۱۵۰-۱۸۰	خطر کم و ناچیز	۱
۲	۱۲۰-۱۵۰	خطر متوسط	۲
۳	۹۰-۱۲۰	خطر شدید	۳
۴	<۹۰	خطر بسیار شدید	۴

جدول ۴-۶: نتایج حاصل از محاسبه BGI

نام ایستگاه	مختصات (درجه)		ارتفاع (متر)	t _i (°C)	P _i (mm)	k	BGI
	Y	X					
زاهدان	۲۹,۴۹۶۴	۶۰,۸۶۲۸	۱۳۴۴	۱۸,۷۵	۷۰,۵	۱۰/۱۲	۳۱۶,۹۱۷
زابل	۳۰,۸۵۰۰	۶۱,۰۱۶۷	۴۸۰	۲۲,۲۵	۴۹,۵	۱۱/۱۲	۴۴۳,۷۵۸
نصرت آباد	۲۹,۹۰۰۰	۵۹,۹۸۳۳	۱۱۰۴	۲۴,۱۷	۷۷,۸	۱۰/۱۲	۴۱۸,۱۶۷
خاش	۲۸,۲۱۶۷	۶۱,۲۰۰۰	۱۳۹۴	۲۰,۲۵	۱۱۰,۵	۹/۱۲	۲۸۲,۲۲۵
میرجاوه	۲۹,۰۲۵۸	۶۱,۴۵۶۱	۸۲۹	۲۶,۷۵	۶۰,۹	۱۲/۱۲	۵۸۱,۸۴



شکل ۴-۴: رابطه شاخص خشکی و ارتفاع در ایستگاه‌های نماینده منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۵: پراکنش شاخص خشکی (BGI) برای منطقه مورد مطالعه

ج- تداوم خشکسالی

پدیده خشکسالی مستقل از مقدار بارش سالانه بوده که در مناطق خشک، مرطوب و حتی بسیار مرطوب رخ می‌دهد. برای مطالعه بیابان‌زایی با توجه به دامنه تغییرات خشکسالی‌ها، تعریف زیر برای خشکسالی پیشنهاد شده است.

یک سال خشک به سالی گفته می‌شود که جمع بارش یک سال از نظر آماری از مقدار دهک دوم (D2) جامعه بارندگی‌های سالانه کمتر باشد. این تعریف معادل رابطه ۳-۴ است.

$$P(x < D_2) = 0.20 \quad \text{رابطه ۳-۴}$$

در معیارهای بیابان‌زایی، پارامتری که برای تداوم خشکسالی‌ها مهم می‌باشد وقوع خشکسالی‌هایی با تداوم یک، دو، سه و غیره هشت ساله است. برای ارزیابی چنین خشکسالی‌هایی نیاز به سری‌های آماری طولانی مدت بارندگی می‌باشد تا یک دوره چند ساله (مثلاً هفت ساله) قابل رویت باشد.

در جدول ۴-۷ کلاس‌های تداوم خشکسالی برای دوره n ساله به همراه ارزش عددی آنها در بیابان‌زایی مشاهده می‌شود. براساس مذاکره با کارشناسان محلی و مطالعات انجام شده (اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳) حداکثر طول دوره خشکسالی‌های متوالی در منطقه مورد مطالعه برابر ۶ سال بوده که این عدد برای تمامی واحدهای کاری مورد مطالعه لحاظ می‌گردد.

جدول ۴-۷: شاخص تداوم خشکسالی برای ارزیابی بیابان‌زایی

ردیف	حداکثر طول دوره خشکسالی	کلاس کیفی بیابان‌زایی	کلاس کمی بیابان‌زایی
۱	۳ تا ۴ سال	کم و ناچیز	۱
۲	۵ تا ۶ سال	متوسط	۲
۳	۶ تا ۷ سال	شدید	۳
۴	بیشتر از ۷ سال	بسیار شدید	۴

۴-۴-۲- معیار خاک

معیار خاک شامل چهار شاخص هدایت الکتریکی، عمق، بافت و درصد سنگریزه عمقی می‌باشد. جدول ۴-۴-۸ کلاس‌های مختلف شاخص‌های کیفیت خاک در ارزیابی وضعیت بالفعل بیابان‌زایی را نشان می‌دهد. جهت ارزیابی شاخص‌های معیار خاک از اطلاعات پروفیل خاک در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه (اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳) که موقعیت آنها در شکل ۴-۱۱ نمایش داده شده است، استفاده شده است. خوشبختانه در هر واحد کاری حداقل یک پروفیل موجود بوده و اطلاعات مربوط به خاک در محل آن اندازه‌گیری و ثبت شده است. این اطلاعات شامل بافت خاک، درصد سنگریزه عمقی، درصد سنگریزه سطحی و هدایت الکتریکی خاک، قلیائیت درصد کربنات کلسیم، pH خاک و غیره بوده که در جدول ۴-۹ نشان داده شده است. مطابق اطلاعات این جدول بافت خاک در منطقه مورد مطالعه عمدتاً شنی و لومی شنی می‌باشد. هدایت الکتریکی خاک از ۰/۶ تا ۷۳/۵ دسی زیمنس بر متر، درصد سنگریزه عمقی از ۵ تا ۸۱/۲۵ درصد و عمق خاک صفر تا ۳۰ سانتی‌متر متغیر می‌باشد. جزئیات این شاخص‌ها در هر واحد کاری در بند ۴-۶ ارائه می‌گردد.

جدول ۴-۸: شاخص‌های کیفیت خاک برای ارزیابی وضع موجود (وضعیت بالفعل) بیابان‌زایی

کلاس کیفی بیابان‌زایی (کلاس کمی بیابان‌زایی)				شاخص
خیلی شدید (۴)	شدید (۳)	متوسط (۲)	کم و ناچیز (۱)	
شنی و لومی شنی	لوم درشت	لوم ریز	رسی و لوم رسی	بافت خاک
>۱۶	۸-۱۶	۵-۸	<۵	هدایت الکتریکی (ds/m)
>۷۵	۳۵-۷۵	۱۵-۳۵	>۱۵	درصد سنگریزه عمقی
<۲۰	۲۰-۵۰	۵۰-۸۰	>۸۰	عمق خاک (cm)

فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

جدول ۴-۹: مشخصات خاک در محل هر یک از پروفیل‌های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه (موقعیت پروفیل‌ها در شکل ۴-۱ نمایش داده شده است)

پروفیل	بافت	عمق (cm)	EC (ds/m)	سنگریزه سطحی (%)	کربنات کلسیم (%)	pH	سنگریزه عمقی (%)
۱	شنی درشت	۱۵	۲٫۸	۳۵٫۵	۶٫۹۵	۸٫۴۲	۶۵
۲	شنی درشت	۱۵	۳٫۶	۳۵	۶٫۹۵	۸٫۴۲	۶۶٫۸
۳	شنی	۱۵>	۳٫۰۰	۳۶	۶٫۹۵	۸٫۴۲	۶۶٫۸
۴	شنی درشت	۲۹	۱٫۸	۲۶٫۶۷	۰٫۷۵	۸٫۱۹	۶۶٫۸
۵	لوم درشت	۲۳	۲۸٫۲	۲۶٫۶۷	—	۸٫۱۶	۲۸٫۳۳
۶	لومی شنی	۳۵	۲۹٫۲	۲۶٫۶۷	—	۸٫۱۶	۲۸٫۳۳
۷	شنی درشت	۲۹	۱٫۸	۲۶٫۶۷	۰٫۷۵	۸٫۱۹	۶۶٫۸
۸	لوم	۳۲	۳٫۰	۹۴	—	۸٫۴۹	۵
۹	لوم درشت	۲۸	۳٫۲	۹۲	—	۸٫۴۹	۴٫۸
۱۰	لومی شنی	۲۹	۷۳٫۵	۶۲٫۲۲	—	۸٫۳۵	۲۸٫۳۳
۱۱	لومی شنی	تقریباً فاقد خاک	۳۷٫۵	۹۲	—	۷٫۹۱	۲۳٫۸۹
۱۲	لوم	فاقد خاک	۳۴٫۵	۶۲	۴٫۳۷	۷٫۸	۲۸٫۳۳
۱۳	شنی درشت	فاقد خاک	۱۱٫۳۴	۱۰	ناچیز	۸٫۳۵	۸۱٫۲۵
۱۴	لوم درشت	۲۷	۵٫۳	۹۰	—	۸٫۴۹	۱۴
۱۵	لوم درشت	۱۵	۳۴٫۵	۶۲	—	۷٫۸	۲۸٫۳۳
۱۶	شنی	۱۵	۱	۴۸٫۸۹	۱۴٫۴۵	۷٫۷۹	۶۶٫۸
۱۷	شنی	۱۵	۱	۲۶٫۶۷	۶٫۹۵	۸٫۴۲	۶۶٫۸
۱۸	شنی	۱۵	۰٫۶	۲۶٫۳۰	—	۸٫۴۲	۶۶٫۸
۱۹	شنی درشت	فاقد خاک	۱۱٫۴	۱۰	ناچیز	۷٫۹۸	۸۱٫۲۵
۲۰	شنی درشت	فاقد خاک	۱۱٫۴	۱۰	ناچیز	۷٫۹۸	۸۱٫۲۵
۲۱	لوم درشت	تقریباً فاقد خاک	۳۴٫۵	۶۲	۴٫۳۷	۷٫۸	۲۸٫۳۳

۴ - ۴ - ۳ - معیار پوشش گیاهی

شاخص‌های مورد نظر برای ارزیابی پوشش گیاهی شامل وضعیت پوشش گیاهی، بهره‌برداری از پوشش گیاهی و تجدید پوشش گیاهی می‌باشند (جدول ۴-۱۰). وضعیت پوشش شامل زیر شاخص ترکیب گیاهی (گیاهان مهاجم، یکساله و چندساله) و درصد تاج پوشش (دائمی) است. بهره‌برداری از پوشش گیاهی دارای زیرشاخص بوته‌کنی و قطع درختان یا درختچه‌ها به علاوه میزان چرای دام می‌باشد. بوته‌کنی یا قطع

درختان و درختچه‌ها به وسیله انسان انجام می‌شود. چرای دام نیز به صورت غیرمستقیم از فعالیت‌های انسانی تأثیر می‌پذیرد. تجدید پوشش گیاهی بر اساس تجدید حیات به صورت طبیعی و یا با استفاده از عملیات اصلاحی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شاخص‌های معیار پوشش گیاهی به همراه زیر شاخص‌های آنها در جدول ۴-۱۰ آمده است.

به منظور ارزیابی معیار پوشش گیاهی اطلاعات شاخص وضعیت پوشش گیاهی از گزارش‌های موجود در اداره منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان استخراج و مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی شاخص‌های بهره‌برداری از پوشش گیاهی و تجدید پوشش گیاهی طی مذاکره با کارشناسان محلی اداره بیابان‌زدایی و اداره مرتع منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان انجام شده است. اعمال نظر کارشناسی در رتبه‌دهی این معیار کاملاً محسوس می‌باشد. جزئیات این شاخص‌ها در واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه در بند ۴-۶ اشاره می‌شود.

جدول ۴-۱۰: شاخص‌های پیشنهادی جهت ارزیابی معیار پوشش گیاهی

کلاس کیفی بیابان‌زایی (کلاس کمی بیابان‌زایی)				شاخص
خیلی شدید (۴)	شدید (۳)	متوسط (۲)	کم و ناچیز (۱)	
گونه‌های مهاجم بیش از ۵۰ درصد ترکیب و پوشش گیاهان منطقه از گیاهان یکساله	گونه‌های مهاجم بین ۲۰-۵۰ درصد ترکیب و اکثر پوشش گیاهی از گونه‌های یکساله	گونه‌های مهاجم بین ۲۰-۵۰ درصد ترکیب و گونه‌های یکساله	گونه‌های مهاجم کمتر از ۵ درصد ترکیب و کمتر از ۲۵ درصد ترکیب گونه‌های یکساله	وضعیت پوشش گیاهی
درصد پوشش تاج دائمی کمتر از ۵	درصد پوشش تاج دائمی بین ۵-۱۵	درصد پوشش تاج دائمی بین ۱۵-۴۰	درصد پوشش تاج دائمی بیش از ۴۰	
قطع بی‌رویه بوته‌ها و درختچه‌ها در حال حاضر و گذشته نه چندان دور	قطع بوته‌ها و درختچه‌ها زیاد و کاملاً محسوس	قطع بوته‌ها و درختچه‌ها نسبتاً زیاد	آثار بوته‌کنی مشاهده نمی‌شود	بهره‌برداری از پوشش گیاهی
مازاد دام بیش از ۵۰ درصد ظرفیت چرا	مازاد دام بین ۲۵-۵۰ درصد بیش از ظرفیت چرا	مازاد دام تا ۲۵ درصد بیش از ظرفیت چرا	چرای متعادل و کمتر از ظرفیت در فصل مناسب	
تجدید حیات بسیار مشکل و غیرقابل توجیه اکولوژیکی-اقتصادی	تجدید حیات با هزینه زیاد	تجدید حیات با هزینه کم	تجدید حیات به طور طبیعی	تجدید پوشش گیاهی
عملیات اصلاحی تاکنون موفق نبوده	عملیات اصلاحی انجام شده نسبتاً موفق	عملیات اصلاحی تاکنون موثر بوده	نیازی به عملیات اصلاحی نمی‌باشد	

۴-۴-۴- معیار فرسایش بادی

شاخص‌های مورد مطالعه جهت برآورد معیار فرسایش بادی شامل شدت فرسایش بادی، تراکم پوشش غیرزنده، درصد پوشش گیاهی و تعداد روزهای طوفانی با شاخص گرد و خاک می‌باشد (جدول ۴-۱۱). اطلاعات شدت فرسایش بادی، تراکم پوشش غیرزنده (درصد سنگریزه سطحی) و پوشش زنده (گیاهی) از گزارش‌های موجود استخراج شده و در جداول مربوطه به هر واحد کاری ارائه شده است. جزئیات مربوط به این شاخص‌ها در هر یک از واحدهای کاری در بند ۴-۶ ارائه می‌گردد.

تعداد روزهای طوفانی با شاخص گرد و خاک از سایت سازمان هواشناسی اخذ شده که مقدار آن با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در عرض‌های بادخیز کشور قرار دارد، برای تمامی واحدهای کاری در حدود ۷۸,۶۸ روز تعیین شده است.

جدول ۴-۱۱: شاخص‌های مربوط به فرسایش بادی جهت ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

کلاس کیفی بیابان‌زایی (کلاس کمی بیابان‌زایی)				شاخص
(۴) خیلی شدید	(۳) شدید	(۲) متوسط	(۱) کم و ناچیز	
تپه ماسه‌ای فعال، کلوتک‌های متراکم و نزدیک به هم	پهنه ماسه‌ای، کلوتک پراکنده شلجمی متراکم و تشکیل سنگفرش کم‌تراکم	دارای آثار بادبردگی محدود در سطح خاک، سطوح شلجمی پراکنده و تشکیل سنگفرش بیابان متراکم	بدون آثار فرسایش بادی و آشفتنگی در سطح خاک	ظهور رخساره فرسایشی
<۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۸۰	>۸۰	درصد سنگریزه سطحی
<۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۴۰	>۴۰	درصد پوشش گیاهی
>۶۰	۳۰-۶۰	۱۰-۳۰	<۱۰	تعداد روزهای طوفانی

۴-۵- نحوه محاسبه رتبه شاخص‌ها و امتیاز نهایی معیارهای شدت بیابان‌زایی

پس از تعیین واحدهای کاری در منطقه مورد مطالعه و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی (جدول ۴-۳ تا ۴-۴) وضعیت بالفعل بیابان‌زایی به صورت کیفی برای هر شاخص ارزیابی گردید. سپس با استفاده از جدول (۱۱)

۴-۱۲ مقادیر کیفی براساس دامنه مشخص شده به صورت کمی محاسبه گردید. برای مثال در صورتی که میزان هدایت الکتریکی برابر با مقدار $3/2$ دسی زیمنس بر متر باشد، طبق جدول ۴-۸ مقدار آن در کلاس کم و ناچیز قرار می‌گیرد. فاصله ابتدا و انتهای این شاخص در این کلاس برابر ۵ واحد می‌باشد (۵-۰). با توجه به جدول ۴-۱۲ دامنه کلاس کم و ناچیز $1-1/5$ بوده و فاصله ابتدا و انتهای دامنه آن $0/5$ می‌باشد. اختلاف فاصله ابتدا و انتهای دامنه کلاس (جدول ۴-۱۲) به اختلاف فاصله ابتدا و انتهای شاخص در کلاس مورد نظر تقسیم شده و عدد حاصل از آن در مقدار اولیه شاخص ضرب می‌شود. عدد نهایی حاصله با ابتدایی دامنه جمع شده تا ارزش نهایی یا همان رتبه شاخص بدست آید.

$$\text{رتبه شاخص} = 1/32 = 0/32 + 1 = 0/32 \times 3/2 = 0/1 \times 5 = 0/5 \div 5$$

پس از محاسبه رتبه هر شاخص امتیاز نهایی هر یک از معیارهای مورد بررسی شامل اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و فرسایش بادی استفاده از رابطه ۴-۴ در هر واحد کاری محاسبه گردید.

$$\text{رابطه ۴-۴} \quad 1/n = (\text{شاخص } 1 \times \text{شاخص } 2 \times \dots \times \text{شاخص } n)^{1/n} = \text{امتیاز نهایی هر معیار در هر واحد کاری}$$

n: تعداد شاخص‌های هر معیار می‌باشد.

جدول ۴-۱۲: کلاس‌های کیفی بیابان‌زایی و دامنه کمی آنها

کلاس کیفی بیابان‌زایی	دامنه	کلاس کمی بیابان‌زایی
کم و ناچیز	۱-۱/۵	۱
متوسط	۱/۶-۲/۵	۲
شدید	۲/۶-۳/۵	۳
خیلی شدید	۳/۶-۴	۴

۴-۶- نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه

۴-۶-۱- ارزیابی رخساره توده‌سنگی

این رخساره در واحد کوهستان واقع شده است. مساحت این رخساره در منطقه مورد مطالعه 26807 هکتار می‌باشد. این رخساره در حواشی و قسمت جنوبی واقع شده است و به دلیل عدم وجود خاک، پوشش گیاهی و شیب زیاد امکان ارزیابی معیارهای بیابان‌زایی در آن وجود ندارد.

۴-۶-۲- ارزیابی رخساره بیرون‌زدگی سنگی

این رخساره در واحد کوهستان و در قسمت شمال منطقه واقع شده است. مساحت این رخساره در حدود ۴۷۱۲ هکتار است. مقدار اولیه پارامترها در این واحد در جدول ۴-۱۳ ارائه شده است. رتبه هر شاخص و امتیاز نهایی هر معیار مطابق بند ۴-۵ محاسبه شده است. امتیاز هر یک از معیارهای اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و فرسایش بادی به ترتیب ۳/۲۳، ۳/۲۸، ۳/۰۵ و ۲/۲۸ می‌باشد. معیار خاک در این رخساره بیشترین تأثیر را بر بیابان‌زایی در این واحد کاری دارد.

جدول ۴-۱۳: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره بیرون‌زدگی سنگی

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار	
اقلیم	میزان بارش	۶۶/۰۳	۳/۶۵	۳/۲۳	
	شاخص خشکی	۶۸/۱۹	۳/۷		
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵		
خاک	عمق خاک	فاقد خاک	۴	۳/۲۸	
	بافت خاک	لومی شنی	۳/۶		
	هدایت الکتریکی	۳۷/۵	۴		
	درصد سنگریزه عمقی	۲۳/۸۹	۲		
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۷۵٪ گونه مهاجم	۳	۳/۵۴	
		اکثر گونه یکساله	۳		
		>۲/۵٪ تاج دائمی	۳/۸۸		
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار بوته کنی کاملاً محسوس	۲	۲/۴۵	۳/۰۵
		۳۷٪ دام مزاد	۳		
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات با هزینه زیاد	۳	۳/۲۹	۳/۲۹
عملیات اصلاح ناموفق		۳/۶			
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش	آثار بادبردگی در سطح خاک	۱/۸	۲/۲۸	
		درصد سنگریزه سطحی	۹۲		
		درصد پوشش گیاهی	۱۱/۱۱		
		تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	۷۸/۶۸		

۴-۶-۳- ارزیابی رخصاره واریزه

این رخصاره در واحد کوهستان واقع شده است و در حدود ۲۲۵۳ هکتار مساحت دارد. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای این واحد کاری (جدول ۴-۱۴) رتبه شاخص‌ها و امتیاز نهایی معیارها محاسبه گردید. نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در این رخصاره نشان داد که معیار خاک با امتیاز ۳/۸۷ بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی این رخصاره داشته است.

جدول ۴-۱۴: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخصاره واریزه

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار
اقلیم	میزان بارش	۶۲٫۲۶	۳٫۶۷	۳٫۲۴
	شاخص خشکی	۶۳٫۶۴	۳٫۷۲	
	تداوم خشکسالی	۶	۲٫۵	
خاک	عمق خاک	فاقد خاک	۴	۳٫۸۷
	بافت خاک	شنی	۳٫۸	
	هدایت الکتریکی	۳۷٫۵	۴	
	درصد سنگریزه عمقی	۸۱٫۲۵	۳٫۷	
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۷۵٪ گونه مهاجم	۳٫۸	۳٫۵۲
		اکثرگونه یکساله	۳	
		>۲٫۵٪ تاج دائمی	۳٫۸۴	
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار بوته‌کنی کاملاً محسوس	۲	۲٫۴۵
		۳۷٪ دام‌مازاد	۳	
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات با هزینه زیاد	۳	۳٫۳۸
عملیات اصلاح ناموفق		۳٫۸		
فرسایش بادی	ظهور رخصاره فرسایشی یا شدت فرسایش	آثار بادبردگی در سطح خاک	۱٫۸	۳٫۳۵
		درصد سنگریزه سطحی	۹۲	
		درصد پوشش گیاهی	۵	
		تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	۷۸٫۶۸	

۴-۶-۴- ارزیابی رخساره فرسایش آبراهه‌ای (در واحد سنگی)

این رخساره در واحد کوهستان واقع شده و دارای مساحت ۶۲۳۰ هکتار می‌باشد. مقدار اولیه پارامترهای موجود در منطقه براساس مطالب ارائه شده در قسمت‌های قبلی در جدول ۴-۱۵ نشان داده شده است. نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در این رخساره نشان داد که معیار خاک با امتیاز ۳/۲۹ بیشترین تأثیر را در شدت بیابان‌زایی این رخساره داشته است. فرسایش بادی با ارزش عددی ۲/۵۸ کمترین تأثیر را بر شدت بیابان‌زایی دارد.

جدول ۴-۱۵: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره فرسایش آبراهه‌ای در واحد سنگی

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار	
اقلیم	میزان بارش	۶۶,۰۳	۳,۶۵	۳,۲۳	
	شاخص خشکی	۶۸,۱۹	۳,۷		
	تداوم خشکسالی	۶	۲,۵		
خاک	عمق خاک	۱۵	۳,۷	۳,۲۹	
	بافت خاک	لومی شنی	۳,۶		
	هدایت الکتریکی	۳۷,۵	۴		
	درصد سنگریزه عمقی	۲۸,۳۳	۲,۲		
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۲۶,۶۷ % گونه مهاجم	۲,۸	۲,۷۹	
		۳۷ % گیاهان یکساله	۲		
		>۲,۵ % تاج دائمی	۳,۸۸		
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار بوته کنی کاملاً محسوس	۲	۲,۴۵	۲,۸۲
		۳۷ % دام مازاد	۳		
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات با هزینه زیاد	۳	۳,۲۹	۳,۲۹
		عملیات اصلاح ناموفق	۳,۶		
	فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش درصد سنگریزه سطحی درصد پوشش گیاهی تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	آثار بادبردگی در سطح خاک	۱,۸	۲,۵۸
۵۷,۷۸			۲		
۱۲,۲۲			۳,۳۲		
۷۸,۶۸			۳,۷		

۴-۶-۵- ارزیابی رخساره فرسایش آبراه‌های (فرسایشی)

این رخساره در واحد دشت‌سر و تیپ دشت‌سر فرسایشی قرار دارد و مساحت آن ۱۹۲۷۰ هکتار است. نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در این رخساره (جدول ۴-۱۶) نشان داد که معیار خاک با امتیاز ۳/۲۵ و معیار اقلیم با امتیاز ۳/۲۴ بیشترین تأثیر را در شدت بیابان‌زایی این رخساره داشته‌اند.

جدول ۴-۱۶: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره فرسایش آبراه‌های در دشت‌سر فرسایشی

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار
اقلیم	میزان بارش	۶۲/۲۶	۳/۶۷	۳/۲۴
	شاخص خشکی	۶۳/۶۴	۳/۷۲	
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵	
خاک	عمق خاک	۱۵	۳/۷	۳/۲۵
	بافت خاک	لوم درشت	۳/۴۵	
	هدایت الکتریکی	۳۴/۵	۴	
	درصد سنگریزه عمقی	۲۸/۳۳	۲/۲	
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۲۶/۶۷% گونه مهاجم	۲/۸	۲/۸۱
		۳۷% گیاهان یکساله	۲	
		>۲/۵% تاج دائمی	۳/۷۶	
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار بوته‌کنی کاملاً محسوس	۲	۲/۴۵
		۳۷% دام‌مازاد	۳	
		تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات با هزینه زیاد	۳
عملیات اصلاح ناموفق	۳/۶			
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش	آثار بادبردگی در سطح خاک	۱/۸	۲/۵۲
		درصد سنگریزه سطحی	۲	
		درصد پوشش گیاهی	۳/۰۵	
		تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	۳/۷	

۴-۶-۶- ارزیابی رخساره دشت ریگی با رگ درشت همراه با مسیل

مساحت این رخساره ۵۶۵۴ هکتار است و در واحد دشت‌سر و تیپ فرسایشی قرار دارد. جدول ۴-۱۷ مقدار پارامترهای مورد نیاز براساس مطالب بخش‌های قبلی، رتبه شاخص‌ها و امتیاز نهایی معیارهای این رخساره را نشان می‌دهد. از دلایل وضعیت شدید بیابان‌زایی در این رخساره به غالب بودن معیار خاک با امتیاز ۳/۵۴ و پوشش گیاهی با امتیاز ۳/۵۳ می‌توان اشاره کرد.

جدول ۴-۱۷: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با رگ درشت همراه با مسیل

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار
اقلیم	میزان بارش	۵۸/۴۹	۳/۶۹	۳/۲۵
	شاخص خشکی	۵۹/۰۹	۳/۷۴	
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵	
خاک	عمق خاک	۲۹	۳/۴۵	۳/۵۴
	بافت خاک	لوم درشت	۳/۴۵	
	هدایت الکتریکی	۲۸/۷۲	۴	
	درصد سنگریزه عمقی	۲۸/۳۳	۳/۳	
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۷۵٪ گونه مهاجم	۳/۸	۳/۴۷
		اکثر گیاهان یکساله	۳/۲	
		۱۳/۳۳٪ تاج دائمی	۳/۴	
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	قطع بی رویه در گذشته	۳/۷	۳/۳۳
		۳۷٪ دام مزاد	۳	
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات بسیار مشکل	۳/۸	۳/۸
		عملیات اصلاح ناموفق	۳/۸	
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش درصد سنگریزه سطحی درصد پوشش گیاهی تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	آثار بادبردگی و سنگفرش بیابانی	۲/۹	۳/۳۸
		۲۶/۶۷	۳/۲	
		۵	۳/۸	
		۷۸/۶۸	۳/۷	

۴-۶-۷- ارزیابی رخساره فرسایش آبراهه‌ای (آپانداژ)

این رخساره در دشت‌سر آپانداژ (پخش آب) واقع شده است و مساحتی در حدود ۹۴۰۱ هکتار دارد. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه امتیاز شاخص‌ها و معیارهای این واحد کاری در جدول ۴-۱۸ ارائه شده است. نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در این رخساره نشان داد که اقلیم با امتیاز ۳/۲۵ و خاک با امتیاز ۳/۲۳ از مؤثرترین معیارها در بیابان‌زایی این رخساره می‌باشد.

جدول ۴-۱۸: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره فرسایش آبراهه‌ای در دشت‌سر آپانداژ

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار
اقلیم	میزان بارش	۵۸/۴۹	۳/۶۹	۳/۲۵
	شاخص خشکی	۵۹/۰۹	۳/۷۴	
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵	
خاک	عمق خاک	۲۹	۳/۴۵	۳/۲۳
	بافت خاک	لومی شنی	۳/۶	
	هدایت الکتریکی	۷۳/۵	۴	
	درصد سنگریزه عمقی	۲۸/۳۳	۲/۲	
وضعیت پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۲۶/۶۷ % گونه مهاجم	۲/۸	۲/۷۶
		۳۷ % گیاهان یکساله	۲	
		> ۲/۵ % تاج دائمی	۳/۷۶	
پوشش گیاهی	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار بوته‌کنی کاملاً محسوس	۲	۲/۴۵
		۳۷ % دام مزاد	۳	
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات با هزینه زیاد	۳	۳/۲۹
عملیات اصلاح ناموفق	۳/۶			
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش	آثار بادبردگی و سنگفرش کم‌تراکم	۳	۲/۸۷
		درصد سنگریزه سطحی	۶۲/۲۲	
		درصد پوشش گیاهی	۱۵	
		تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	۷۸/۶۸	

۴-۶-۸- ارزیابی رخساره تپه‌های ماسه‌ای

رخساره تپه‌های ماسه‌ای دارای مساحتی در حدود ۱۰۸۴۸ هکتار است و در دشت‌سر پوشیده قرار دارد. نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در این رخساره (جدول ۴-۱۹) نشان داد که معیار فرسایش بادی با امتیاز ۳/۸۷ به همراه معیار پوشش گیاهی با امتیاز ۳/۷۱ از معیارهای غالب بر بیابان‌زایی می‌باشند. در این رخساره از بین چهار کلاس مورد ارزیابی، معیار خاک، پوشش گیاهی و فرسایش بادی در کلاس خیلی شدید از نظر شدت بیابان‌زایی قرار دارند.

جدول ۴-۱۹: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره تپه‌های ماسه‌ای

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار
اقلیم	میزان بارش	۶۲/۲۶	۳/۷	۳/۲۶
	شاخص خشکی	۵۶/۸۲	۳/۷۵	
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵	
خاک	عمق خاک	فاقد خاک	۴	۳/۶۲
	بافت خاک	شنی درشت	۴	
	هدایت الکتریکی	۱۱/۳۴	۲/۹	
	درصد سنگریزه عمقی	۸۱/۲۵	۳/۷	
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۵۰٪ گونه مهاجم	۳/۵	۳/۶
		گیاهان کاملاً یکساله	۳/۸	
		۵٪ تاج دائمی	۳/۵	
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار قطع بی‌رویه در گذشته	۳/۷	۳/۶۵
		۵۰٪ دام مازاد	۳/۶	
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات بسیار مشکل	۴	۳/۹
عملیات اصلاح ناموفق		۳/۸		
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش درصد سنگریزه سطحی درصد پوشش گیاهی تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	تپه ماسه‌ای فعال	۴	۳/۸۷
		۱۰	۳/۸	
		فاقد پوشش	۴	
		۷۸/۶۸	۳/۷	

۴-۶-۹- ارزیابی رخساره دشت ریگی با رگ خیلی درشت

این رخساره در دشت‌سر پوشیده قرار دارد و مساحت آن ۲۳۳۱ هکتار می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در این رخساره (جدول ۴-۲۰) نشان داد که معیار پوشش گیاهی با امتیاز ۳/۵۵ بیشترین تأثیر را در شدت بیابان‌زایی این رخساره دارد.

جدول ۴-۲۰: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با رگ خیلی درشت

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار
اقلیم	میزان بارش	۶۲/۲۶	۳/۷	۳/۲۶
	شاخص خشکی	۵۹/۰۹	۳/۷۴	
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵	
خاک	عمق خاک	۱۵	۳/۷	۲/۶۷
	بافت خاک	شنی	۳/۸	
	هدایت الکتریکی	۱	۱/۱	
	درصد سنگریزه عمقی	۶۶/۸	۳/۳	
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۵۰٪ گونه مهاجم	۳/۵	۳/۵۵
		اکثر گیاهان یکساله	۳/۲	
		فاقد پوشش دائمی	۴	
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	قطع بی‌رویه درختان در گذشته	۳/۷	۳/۳۳
		۳۷٪ دام‌مازاد	۳	
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات بسیار مشکل	۳/۸	۳/۸
عملیات اصلاح ناموفق		۳/۸		
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش	آثار بادبردگی و سنگفرش کم‌تراکم	۳	۳/۱۴
		درصد سنگریزه سطحی	۴۸/۸۹	
		درصد پوشش گیاهی	۵	
		تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	۷۸/۶۸	

۴-۶-۱۰- ارزیابی رخساره دشت ریگی با رگ متوسط همراه با آبراهه متراکم

این رخساره در دشت‌سر پوشیده واقع شده و مساحتی در حدود ۱۲۴۴۶ هکتار را شامل می‌شود. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها و معیارها در این رخساره (جدول ۴-۲۱) نشان داد که معیار پوشش گیاهی با امتیاز ۳/۵۰ به همراه معیار فرسایش بادی با امتیاز ۳/۴۱ بیشترین تأثیر را در شدت بیابان‌زایی این رخساره داشته است.

جدول ۴-۲۱: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با رگ متوسط همراه با آبراهه متراکم

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار
اقلیم	میزان بارش	۶۲/۲۶	۳/۷	۳/۲۶
	شاخص خشکی	۵۴/۵۵	۳/۷۶	
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵	
خاک	عمق خاک	۱۵	۳/۷	۲/۶۶
	بافت خاک	شنی	۳/۸	
	هدایت الکتریکی	۰/۸	۱/۰۸	
	درصد سنگریزه عمقی	۶۶/۸	۳/۳	
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۵۰٪ گونه مهاجم	۳/۵	۳/۵۰
		اکثر گیاهان یکساله	۳/۲	
		۵٪ تاج دائمی	۳/۵	
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	قطع بی‌رویه درختان در گذشته	۳/۷	۳/۳۳
		۳۷٪ دام مازاد	۳	۳
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات بسیار مشکل	۳/۸	۳/۸
عملیات اصلاح ناموفق		۳/۸		
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش	آثار بادبردگی و سنگفرش کم‌تراکم	۳	۳/۴۱
		درصد سنگریزه سطحی	۲۶/۶۷	
		درصد پوشش گیاهی	۵	
		تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	۷۸/۶۸	

۴-۶-۱۱- ارزیابی رخساره دشت ریگی با رگ درشت همراه با آبراهه نیمه عمیق

این رخساره در حدود ۵۵۱۰ هکتار مساحت دارد و در دشت‌سر پوشیده قرار دارد. مقدار اولیه پارامترهای مورد نیاز برای ارزیابی بیابان‌زایی این واحد در جدول ۴-۲۲ به همراه امتیاز معیارها و شاخص‌های این رخساره آمده است. نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در این رخساره نشان داد که معیار فرسایش بادی با امتیاز ۳/۶۶ بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی این واحد دارد.

جدول ۴-۲۲: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با رگ درشت همراه با آبراهه نیمه عمیق

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار	
اقلیم	میزان بارش	۶۲/۲۶	۳/۷	۳/۲۶	
	شاخص خشکی	۵۶/۸۲	۳/۷۵		
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵		
خاک	عمق خاک	۲۹	۳/۴۵	۲/۷۱	
	بافت خاک	شنی درشت	۴		
	هدایت الکتریکی	۱/۸	۱/۱۸		
	درصد سنگریزه عمقی	۶۶/۸	۳/۳		
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۵۰٪ گونه مهاجم	۳/۵	۳/۴۵	
		اکثر گیاهان یکساله	۳/۲		
		>۲۵٪ تاج دائمی	۳/۶۷		
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	قطع بی‌رویه در گذشته	۳/۷	۳/۳۳	۳/۵۲
		۳۷٪ دام مازاد	۳		
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات بسیار مشکل	۳/۸	۳/۸	
		عملیات اصلاح ناموفق	۳/۸		
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش	تپه ماسه‌ای فعال	۴	۳/۶۶	
	درصد سنگریزه سطحی	۲۶/۶۷	۳/۲		
	درصد پوشش گیاهی	۵	۳/۸		
	تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	۷۸/۶۸	۳/۷		

۴-۶-۱۲- ارزیابی رخساره دشت ریگی با تراکم زیاد و مسیل کم

این رخساره در دشت‌سرپوشیده واقع شده و در حدود ۵۲۱۳ هکتار مساحت دارد. نتایج حاصل از ارزیابی معیارها در این رخساره نشان داد که معیار پوشش گیاهی با امتیاز ۳/۵۱ از عوامل غالب در شدت بیابان‌زایی این رخساره می‌باشد. جدول ۴-۲۳ وضعیت امتیاز معیارها و شاخص‌های این رخساره را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲۳: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره دشت ریگی با تراکم زیاد و مسیل کم

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار	
اقلیم	میزان بارش	۶۲/۲۶	۳/۶۹	۳/۲۵	
	شاخص خشکی	۶۳/۶۴	۳/۷۲		
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵		
خاک	عمق خاک	۱۵	۳/۷	۲/۸۳	
	بافت خاک	شنی درشت	۴		
	هدایت الکتریکی	۳/۲	۱/۳۲		
	درصد سنگریزه عمقی	۶۶/۸	۳/۳		
پوشش گیاهی	وضعیت پوشش گیاهی	۵۰٪ گونه مهاجم	۳/۵	۳/۴۱	
		اکثر گیاهان یکساله	۳/۱		
		>۲/۵٪ تاج دائمی	۳/۶		
	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	قطع درختان کاملاً محسوس	۳/۷	۳/۳۳	۳/۵۱
		۳۷٪ دام‌مازاد	۳		
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات بسیار مشکل	۳/۸	۳/۸	
		عملیات اصلاح ناموفق	۳/۸		
	فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی با شدت فرسایش	آثار بادبردگی و سنگفرش کم‌تراکم	۳	۳/۱۴
درصد سنگریزه سطحی		۳۵/۵۵	۲/۳		
درصد پوشش گیاهی		۵	۳/۸		
	تعداد روزها با شاخص طوفانی گرد و خاک	۷۸/۶۸	۳/۷		

۴-۵-۱۳- ارزیابی رخساره اراضی کشاورزی

این واحد کاری در دشت‌سر پوشیده واقع شده است و مساحت آن ۶۸۰۹ هکتار است. بیشترین پراکنش این رخساره در قسمت مرز شرقی دشت می‌باشد. جدول ۴-۲۴ نشان‌دهنده رتبه شاخص‌ها و امتیاز معیارها در این رخساره می‌باشد. معیار اقلیم مؤثرترین عامل بر افزایش شدت بیابان‌زایی در این رخساره می‌باشد.

جدول ۴-۲۴: ارزیابی معیارها و شاخص‌های رخساره اراضی کشاورزی

معیار	شاخص	مقدار پارامتر	رتبه شاخص	امتیاز معیار
اقلیم	میزان بارش	۶۲/۲۶	۳/۷	۳/۲۶
	شاخص خشکی	۵۶/۸۲	۳/۷۵	
	تداوم خشکسالی	۶	۲/۵	
خاک	عمق خاک	۲۹	۳/۴۵	۲/۱۱
	بافت خاک	لوم درشت	۳/۴۵	
	هدایت الکتریکی	۳/۸	۱/۳۸	
	درصد سنگریزه عمقی	۷/۴۰	۱/۲	
وضعیت پوشش گیاهی		تقریباً فاقد گونه مهاجم	۱/۲	۱/۹
		۴۱% گیاهان یکساله	۲/۳	
		>۱۵% تاج دائمی	۲/۵	
پوشش گیاهی	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	قطع درختان بسیار کم	۱/۲	۱/۲
		تقریباً فاقد چرا	۱/۲	
	تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات تقریباً با هزینه کم	۱/۸	۱/۶
		عدم نیاز به عملیات اصلاح و موفقیت عملیات اصلاح شده	۱/۴	
فرسایش بادی	ظهور رخساره فرسایشی یا شدت فرسایش	تپه‌های ماسه‌ای فعال	۴	۲/۴۲
		درصد سنگریزه سطحی	۹۲	
		درصد پوشش گیاهی	۲۷/۳۳	
		تعداد روزهای با شاخص طوفانی گرد و خاک	۷۸/۶۸	

۴-۶-۱۴- ارزیابی رخساره منطقه مسکونی

این رخساره در دشت‌سر و تیپ دشت‌سر پوشیده قرار دارد و مساحت آن در حدود ۸۷۵ هکتار بدست آمد. مناطق مسکونی در بررسی شدت بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد.

۴-۷- تجزیه و تحلیل شاخص‌های بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

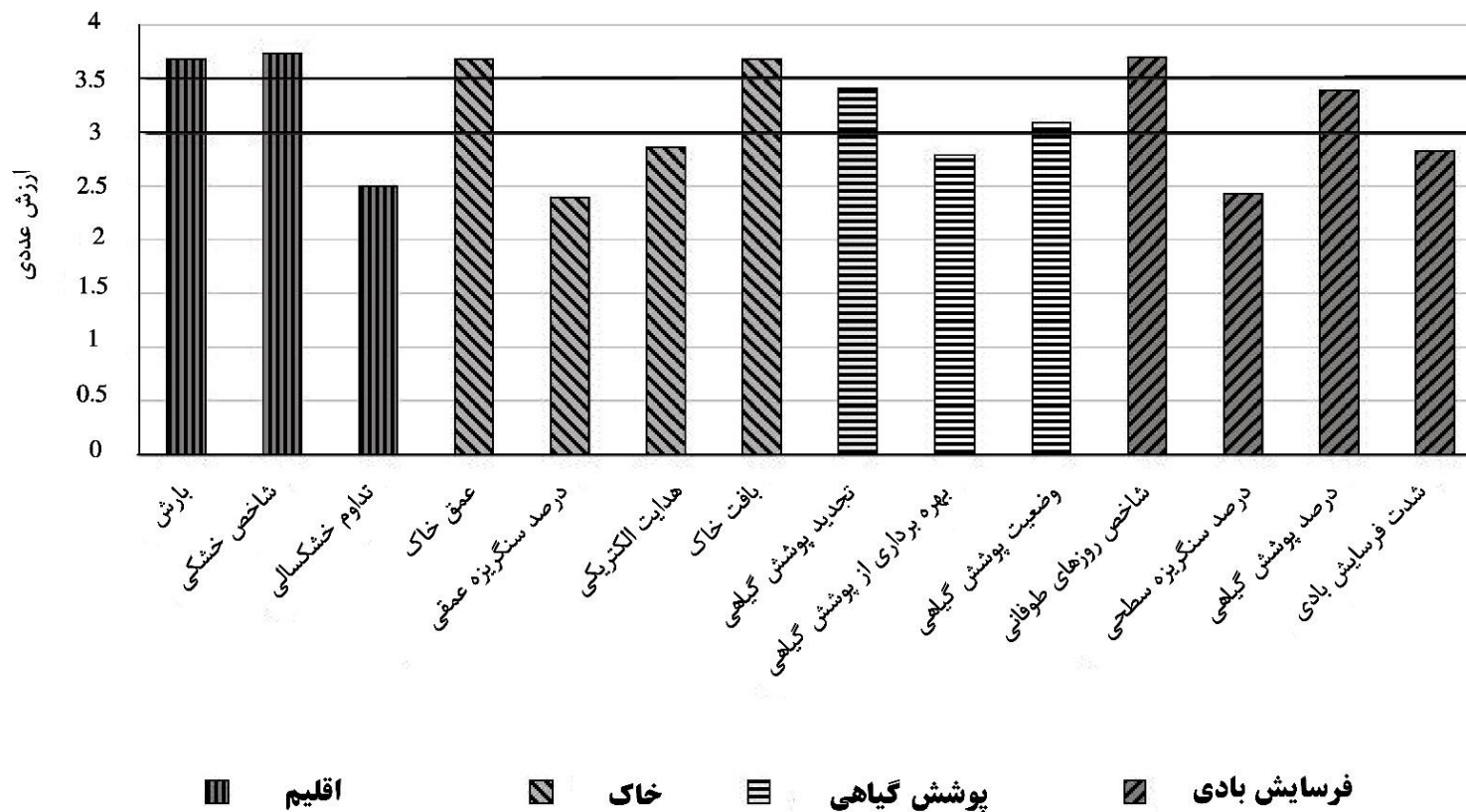
خلاصه نتایج بررسی شاخص‌های مربوط به معیارهای مختلف بیابان‌زایی در واحدهای کاری موجود در منطقه در جدول ۴-۲۵ ارائه شده است. بررسی متوسط وزنی (براساس مساحت) شاخص‌های بیابان‌زایی مورد بررسی در کل منطقه مورد مطالعه (شکل ۴-۶)، نشان می‌دهد شاخص‌های شاخص خشکی (۳/۷۳)، تعداد روزهای طوفانی با شاخص گرد و خاک (۳/۷)، عمق و بافت خاک (۳/۶۹) و بارش (۳/۶۸) در کلاس خیلی شدید قرار دارند و بیشترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه ایفا می‌کند. شاخص‌های تجدید پوشش گیاهی (۳/۴۱)، درصد پوشش زنده (۳/۳۹) و وضعیت پوشش گیاهی (۳/۰۹) در درجه اهمیت بعدی قرار می‌گیرند. اشکال ۴-۷ تا ۴-۱۰ رتبه شاخص‌های مورد بررسی در ارزیابی معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

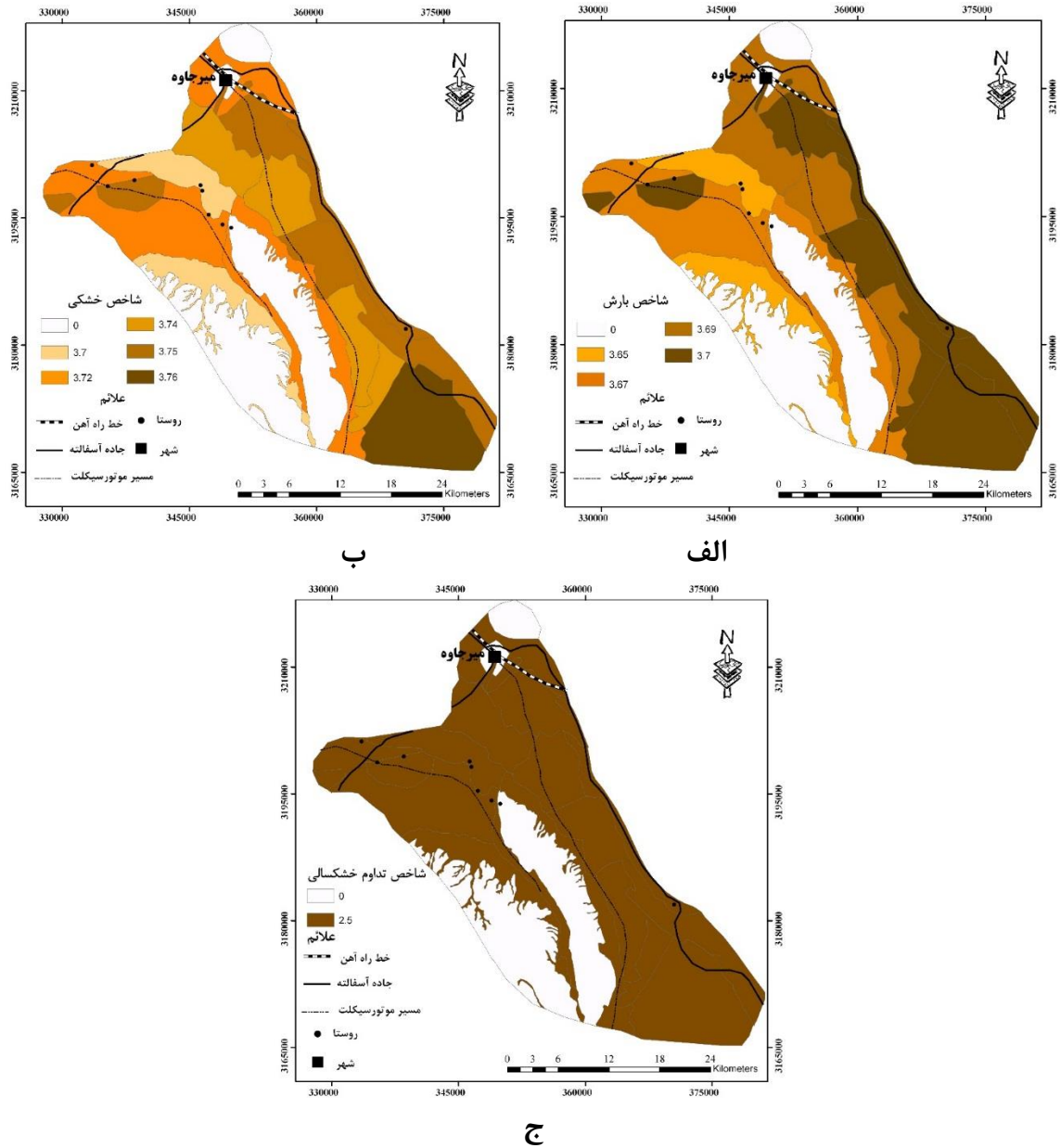
جدول ۴-۲۵: امتیاز شاخص‌های مورد بررسی بیابان‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه

کیفیت فرسایش بادی				کیفیت پوشش گیاهی			کیفیت خاک				کیفیت اقلیم			معیار	
														شاخص	رخساره ژئومورفولوژیکی
شدت فرسایش بادی	% پوشش زنده	% سنگریزه سطحی	تعداد روزهای طوفانی	وضعیت پوشش گیاهی	بهره‌برداری از پوشش گیاهی	تجدید پوشش گیاهی	بافت	EC	% سنگریزه عمقی	عمق	تداوم خشکسالی	شاخص خشکی	بارش	شاخص	رخساره ژئومورفولوژیکی
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	توده سنگی
۱٫۸	۳٫۴	۱٫۲	۳٫۷	۳٫۵۴	۲٫۴۵	۳٫۲۹	۳٫۶	۴	۲	۴	۲٫۵	۳٫۷	۳٫۶۵	۳٫۶۵	بیرون‌زدگی سنگی
۱٫۸	۳٫۸	۱٫۲	۳٫۷	۳٫۵۲	۲٫۴۵	۳٫۳۸	۳٫۸	۴	۳٫۷	۴	۲٫۵	۳٫۷۲	۳٫۶۷	۳٫۶۷	واریزه
۱٫۸	۳٫۳۲	۲	۳٫۷	۲٫۷۹	۲٫۴۵	۳٫۲۹	۳٫۶	۴	۲٫۲	۳٫۷	۲٫۵	۳٫۷	۳٫۶۵	۳٫۶۵	فرسایش آبراهه‌ای (واحد کوهستان)
۱٫۸	۳٫۰۵	۲	۳٫۷	۲٫۷۶	۲٫۴۵	۳٫۲۹	۳٫۴۵	۴	۲٫۲	۳٫۷	۲٫۵	۳٫۷۲	۳٫۶۷	۳٫۶۷	فرسایش آبراهه‌ای (دشت فرسایشی)
۲٫۹	۳٫۸	۳٫۲	۳٫۷	۳٫۴۷	۳٫۳۳	۳٫۸	۳٫۴۵	۴	۳٫۳	۳٫۴۵	۲٫۵	۳٫۷۴	۳٫۶۹	۳٫۶۹	دشت ریگی با رگ درشت همراه با مسیل
۳	۳٫۰۵	۲	۳٫۷	۲٫۷۶	۲٫۴۵	۳٫۲۹	۳٫۶	۴	۲٫۲	۳٫۴۵	۲٫۵	۳٫۷۴	۳٫۶۹	۳٫۶۹	فرسایش آبراهه‌ای (دشت آپانداز)
۴	۴	۳٫۸	۳٫۷	۳٫۶	۳٫۶۵	۳٫۹	۴	۲٫۹	۳٫۷	۴	۲٫۵	۳٫۷۵	۳٫۷	۳٫۷	تپه‌های ماسه‌ای
۳	۳٫۸	۲٫۳	۳٫۷	۳٫۵۵	۳٫۳۳	۳٫۸	۳٫۸	۱٫۱	۳٫۳	۳٫۷	۲٫۵	۳٫۷۴	۳٫۷	۳٫۷	دشت ریگی با رگ خیلی درشت
۳	۳٫۸	۳٫۲	۳٫۷	۳٫۳۴	۳٫۳۳	۳٫۸	۳٫۸	۱٫۰۸	۳٫۳	۳٫۷	۲٫۵	۳٫۷۶	۳٫۷	۳٫۷	دشت ریگی با رگ متوسط همراه با آبراهه متراکم
۴	۳٫۸	۳٫۲	۳٫۷	۳٫۴۵	۳٫۳۳	۳٫۸	۴	۱٫۱۸	۳٫۳	۳٫۴۵	۲٫۵	۳٫۷۵	۳٫۷	۳٫۷	دشت ریگی با رگ درشت همراه با آبراهه نیمه عمیق
۴	۳٫۸	۲٫۳	۳٫۷	۳٫۴۱	۳٫۳۳	۳٫۸	۴	۱٫۳۲	۳٫۳	۳٫۷	۲٫۵	۳٫۷۲	۳٫۶۹	۳٫۶۹	دشت ریگی با تراکم زیاد و مسیل کم
۴	۱٫۹۳	۱٫۲	۳٫۷	۱٫۹	۱٫۲	۱٫۶	۳٫۴۵	۱٫۳۸	۱٫۲	۳٫۴۵	۲٫۵	۳٫۷۵	۳٫۷	۳٫۷	اراضی کشاورزی
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	منطقه مسکونی
۲٫۸۲	۳٫۳۹	۲٫۴۳	۳٫۷	۳٫۰۹	۲٫۸۰	۳٫۴۱	۳٫۶۸	۲٫۸۷	۲٫۴	۳٫۶۸	۲٫۵	۳٫۷۳	۳٫۶۸	۳٫۶۸	متوسط وزنی شاخص

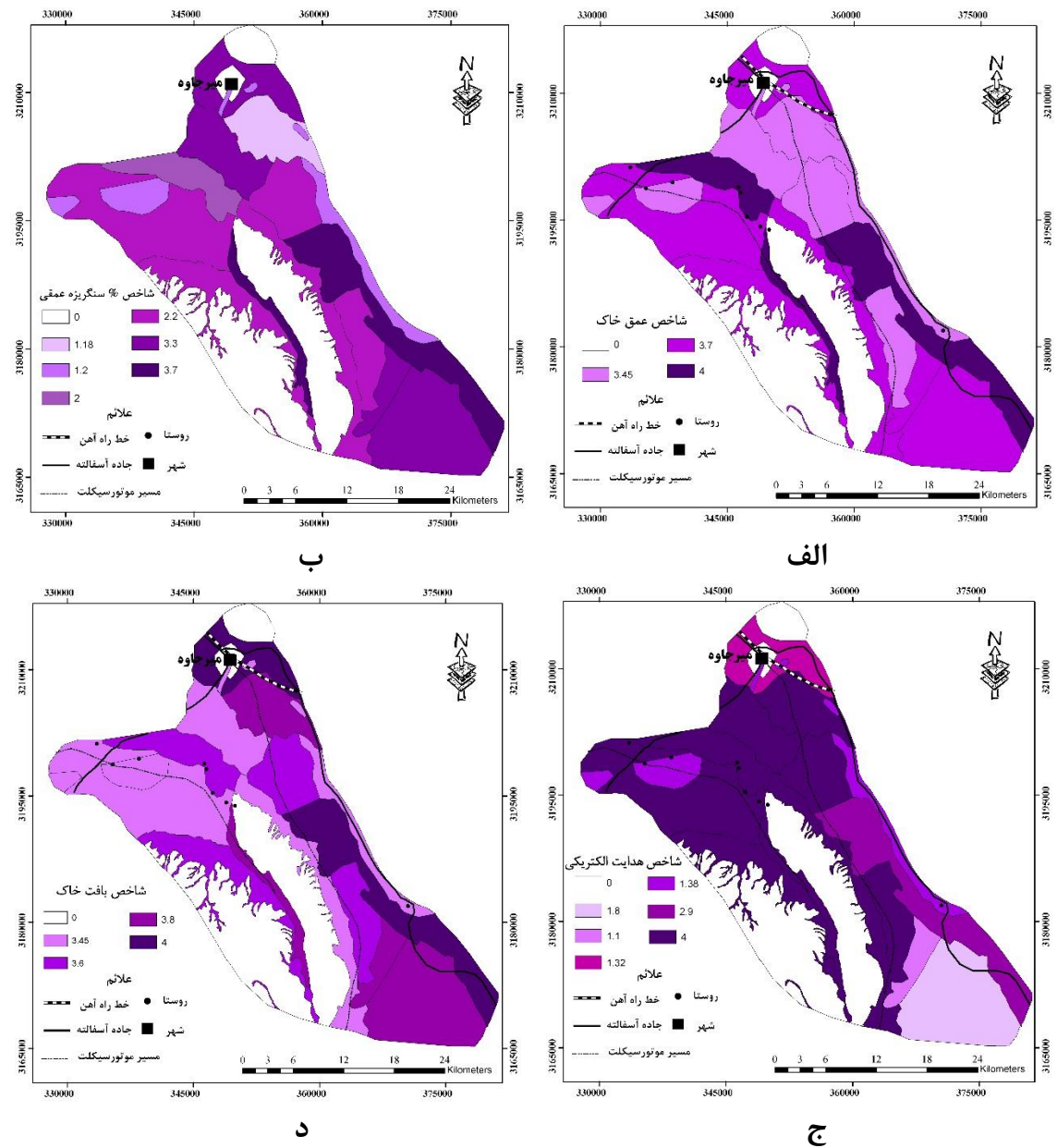
فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان



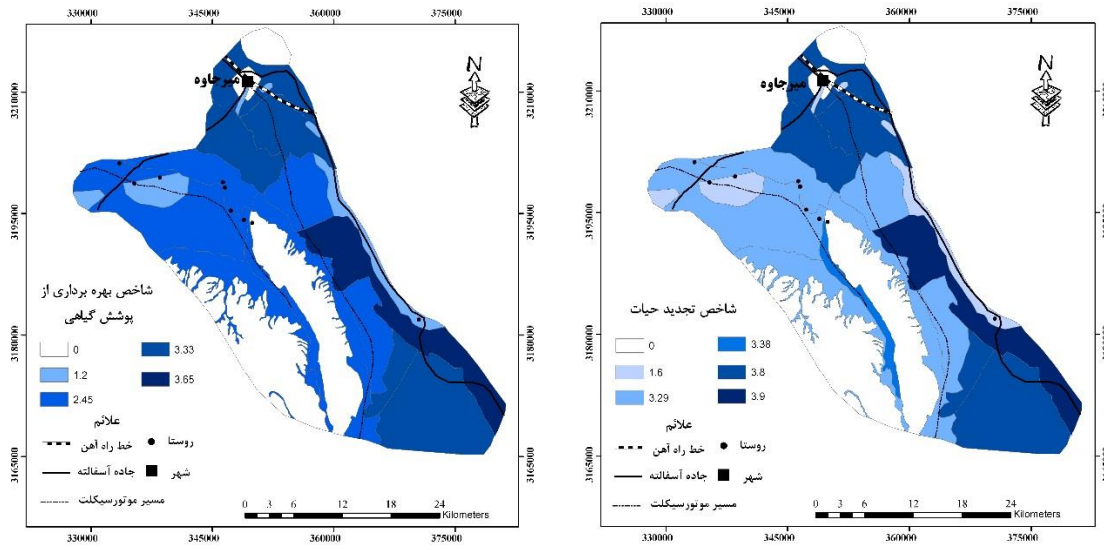
شکل ۴-۶: ارزش وزنی رتبه شاخص‌های شدت بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۷: رتبه شاخص بارش (الف)، شاخص خشکی (ب) و شاخص تداوم خشکسالی (ج) در ارزیابی نقش معیار اقلیم در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

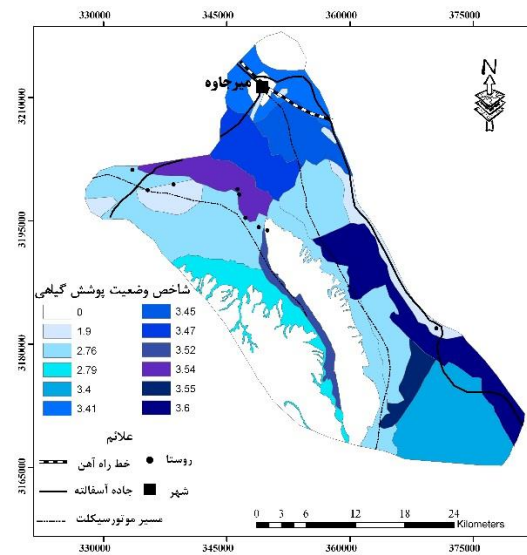


شکل ۴-۸: رتبه شاخص عمق (الف)، شاخص درصد سنگریزه سطحی (ب)، شاخص EC (ج) و شاخص بافت خاک (د) در ارزیابی نقش معیار خاک در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه



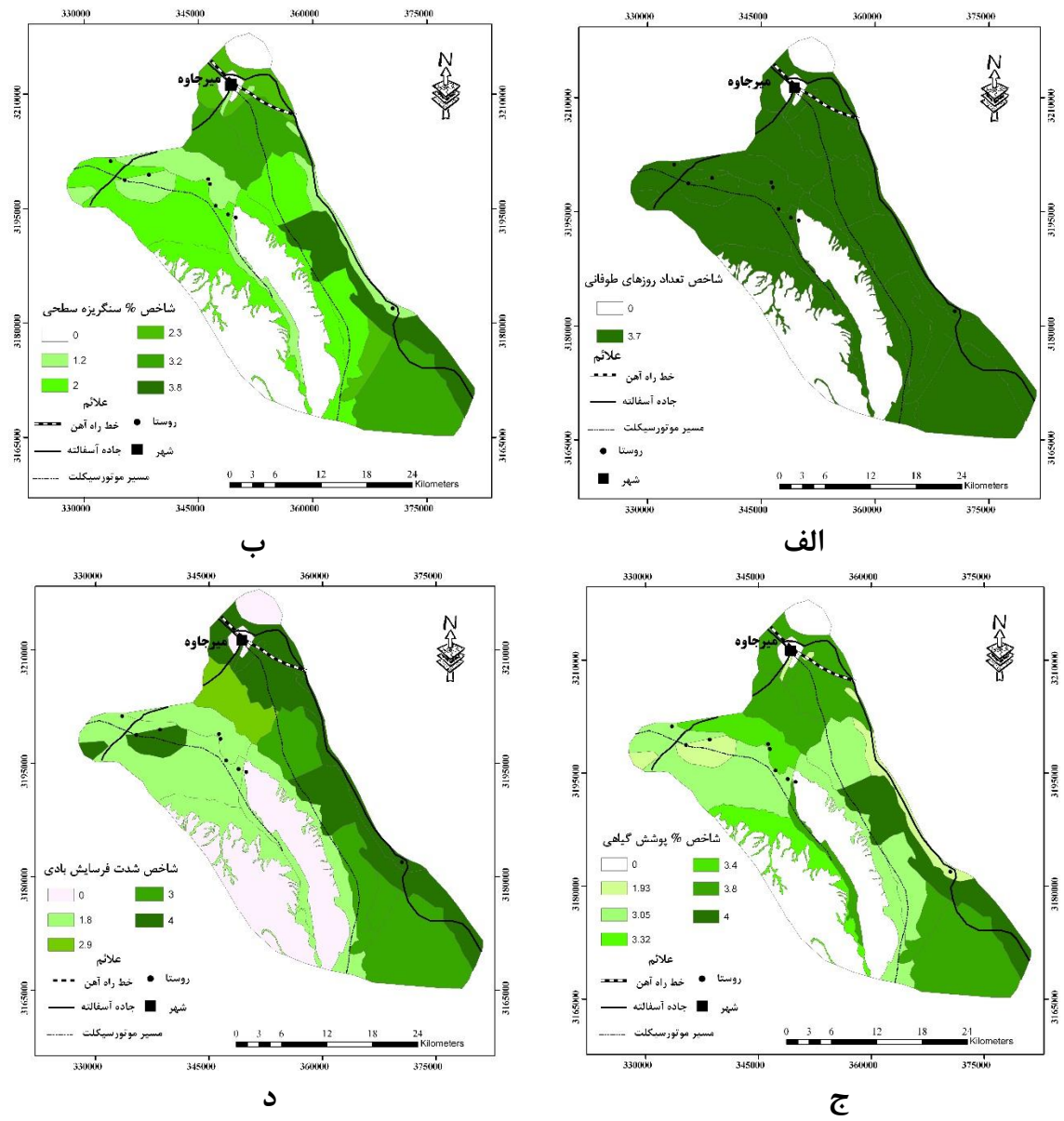
ب

الف



ج

شکل ۴-۹: رتبه شاخص تجدید پوشش گیاهی (الف)، شاخص بهره‌برداری از پوشش گیاهی (ب) و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (ج) در ارزیابی نقش معیار پوشش گیاهی در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۱۰: رتبه شاخص تعداد روزهای طوفانی (الف)، شاخص درصد سنگریزه سطحی (ب)، شاخص درصد پوشش زنده (ج) و شاخص شدت فرسایش بادی (د) در ارزیابی نقش معیار فرسایش بادی در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

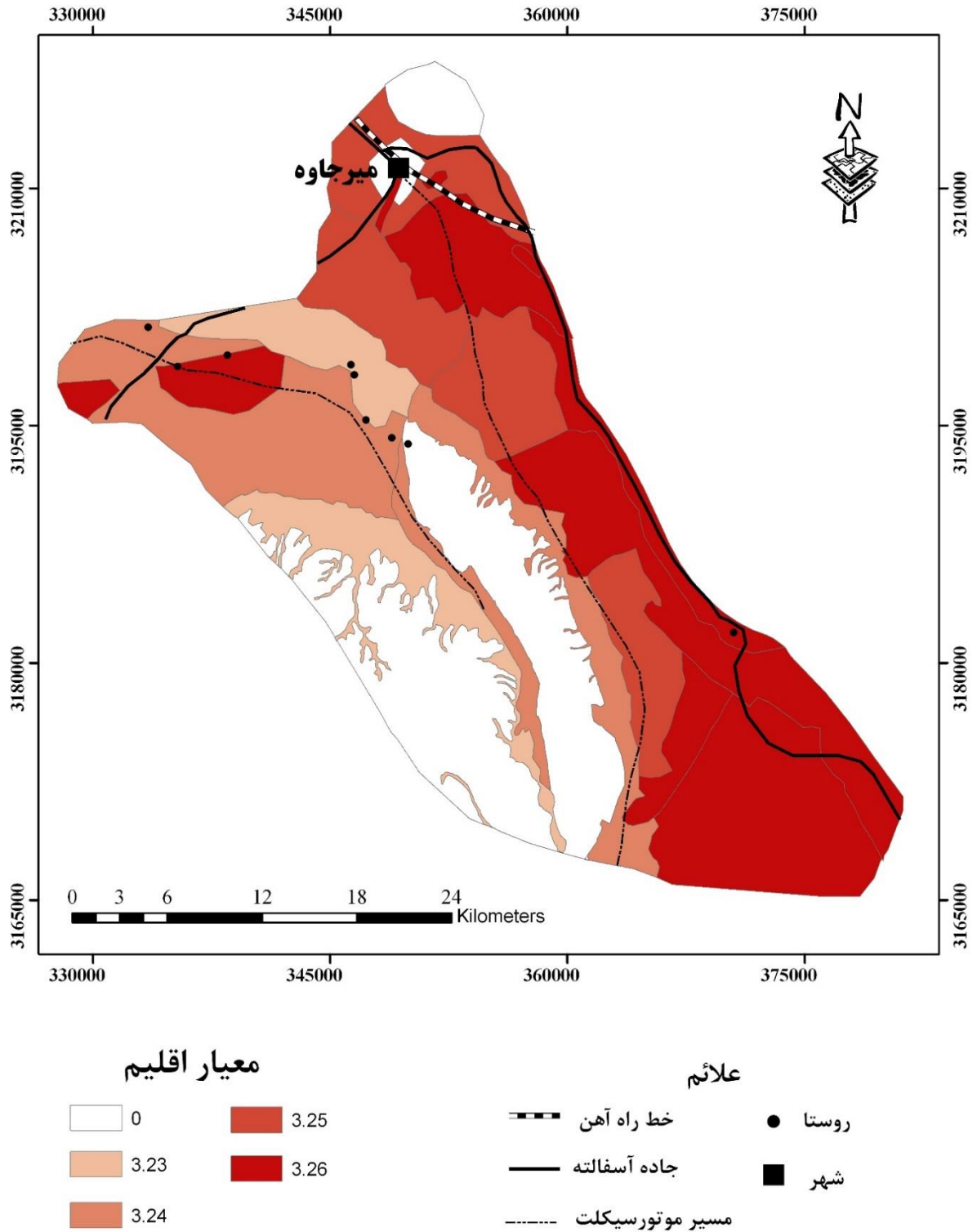
۴-۸- تجزیه و تحلیل معیارهای بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

همانطور که قبلاً ذکر شد پس از بررسی و برآورد رتبه شاخص‌های مورد بررسی در ارزیابی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه (شکل‌های ۴-۷ تا ۴-۱۰)، ارزش نهایی معیارهای مدل IMDPA در هر یک از رخساره‌های ژئومورفولوژیکی منطقه محاسبه شده است. خلاصه نتایج محاسبات در جدول ۴-۲۶ نشان داده شده است. بر طبق نتایج حاصل معیار اقلیم در بین معیارهای مورد مطالعه در این پژوهش بالاترین وزن را به خود اختصاص داده به طوری که با متوسط وزنی $3/25$ بیشترین نقش را در بیابان‌زایی ایفا می‌نماید. این موضوع نشان می‌دهد فرآیندهای طبیعی در مقایسه با فرآیندهای انسانی دلیل و عامل اصلی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. بعد از معیار اقلیم، معیارهای خاک و پوشش گیاهی با متوسط وزنی $3/09$ در رتبه بعدی قرار داشته و معیار فرسایش بادی با متوسط وزنی $3/04$ در مرتبه آخر به لحاظ تأثیر بر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. شکل‌های ۴-۱۱ تا ۴-۱۴ به ترتیب نقشه نهایی معیارهای اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و فرسایش بادی در ارزیابی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

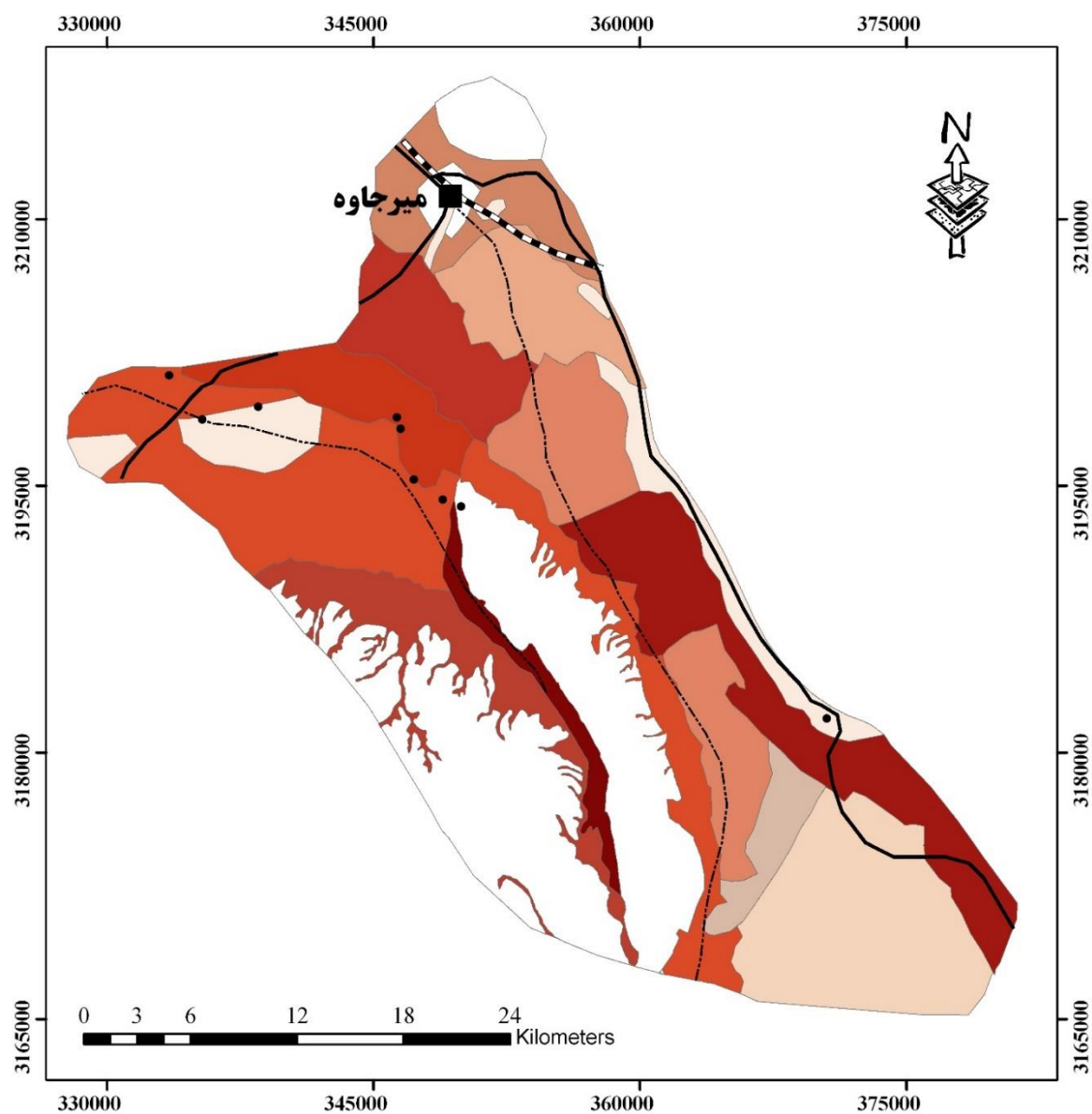
فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

جدول ۴-۲۶: امتیاز نهایی معیارهای مورد بررسی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه

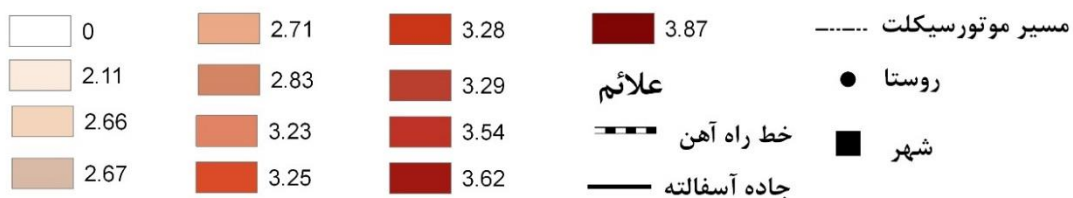
معیار فرسایش بادی	معیار پوشش گیاهی	معیار خاک	معیار اقلیم	معیارهای مورد بررسی رخساره ژئومورفولوژیکی
—	—	—	—	توده سنگی
۲/۲۸	۳/۰۵	۳/۲۸	۳/۲۳	بیرون‌زدگی سنگی
۳/۳۵	۳/۰۸	۳/۸۷	۳/۲۴	واریزه
۲/۵۸	۲/۸۲	۳/۲۹	۳/۲۳	فرسایش آبراهه‌ای (واحد کوهستان)
۲/۵۲	۲/۸۱	۳/۲۵	۳/۲۴	فرسایش آبراهه‌ای (دشت فرسایشی)
۳/۳۸	۳/۵۳	۳/۵۴	۳/۲۵	دشت ریگی با رگ درشت همراه با مسیل
۲/۸۷	۲/۸۱	۳/۲۳	۳/۲۵	فرسایش آبراهه‌ای (دشت آپانداژ)
۳/۸۷	۳/۷۱	۳/۶۲	۳/۲۶	تپه‌های ماسه‌ای
۳/۱۴	۳/۵۵	۲/۶۷	۳/۲۶	دشت ریگی با رگ خیلی درشت
۳/۴۱	۳/۵	۲/۶۶	۳/۲۶	دشت ریگی با رگ متوسط همراه با آبراهه متراکم
۳/۶۶	۳/۵۲	۲/۷۱	۳/۲۶	دشت ریگی با رگ درشت همراه با آبراهه نیمه عمیق
۳/۱۴	۳/۵۱	۲/۸۳	۳/۲۵	دشت ریگی با تراکم زیاد و مسیل کم
۲/۴۲	۱/۵۳	۲/۱۱	۳/۲۶	اراضی کشاورزی
—	—	—	—	منطقه مسکونی
۳/۰۴	۳/۰۹	۳/۰۹	۳/۲۵	متوسط وزنی هر معیار



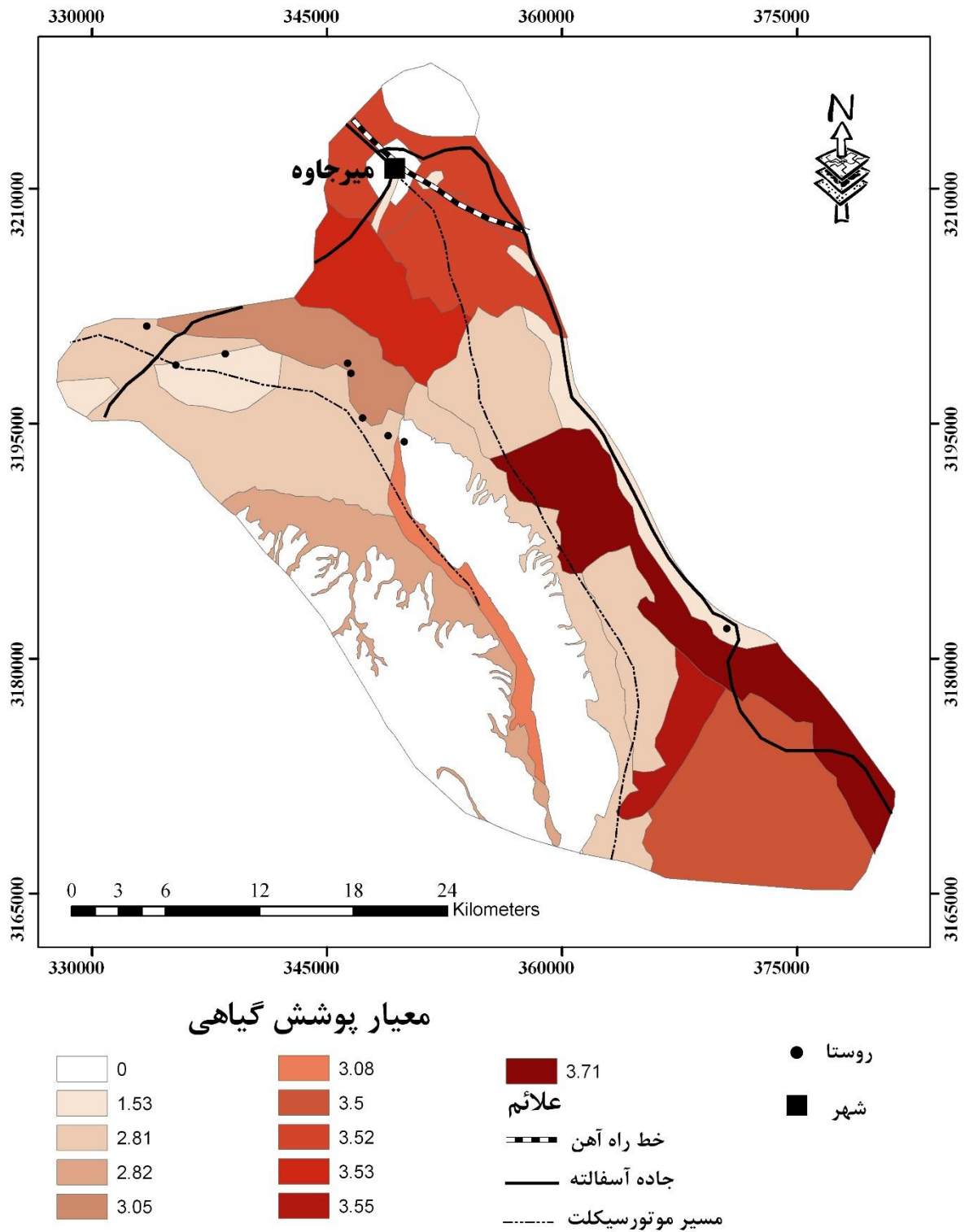
شکل ۴-۱۱: نقشه نهایی معیار اقلیم در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه



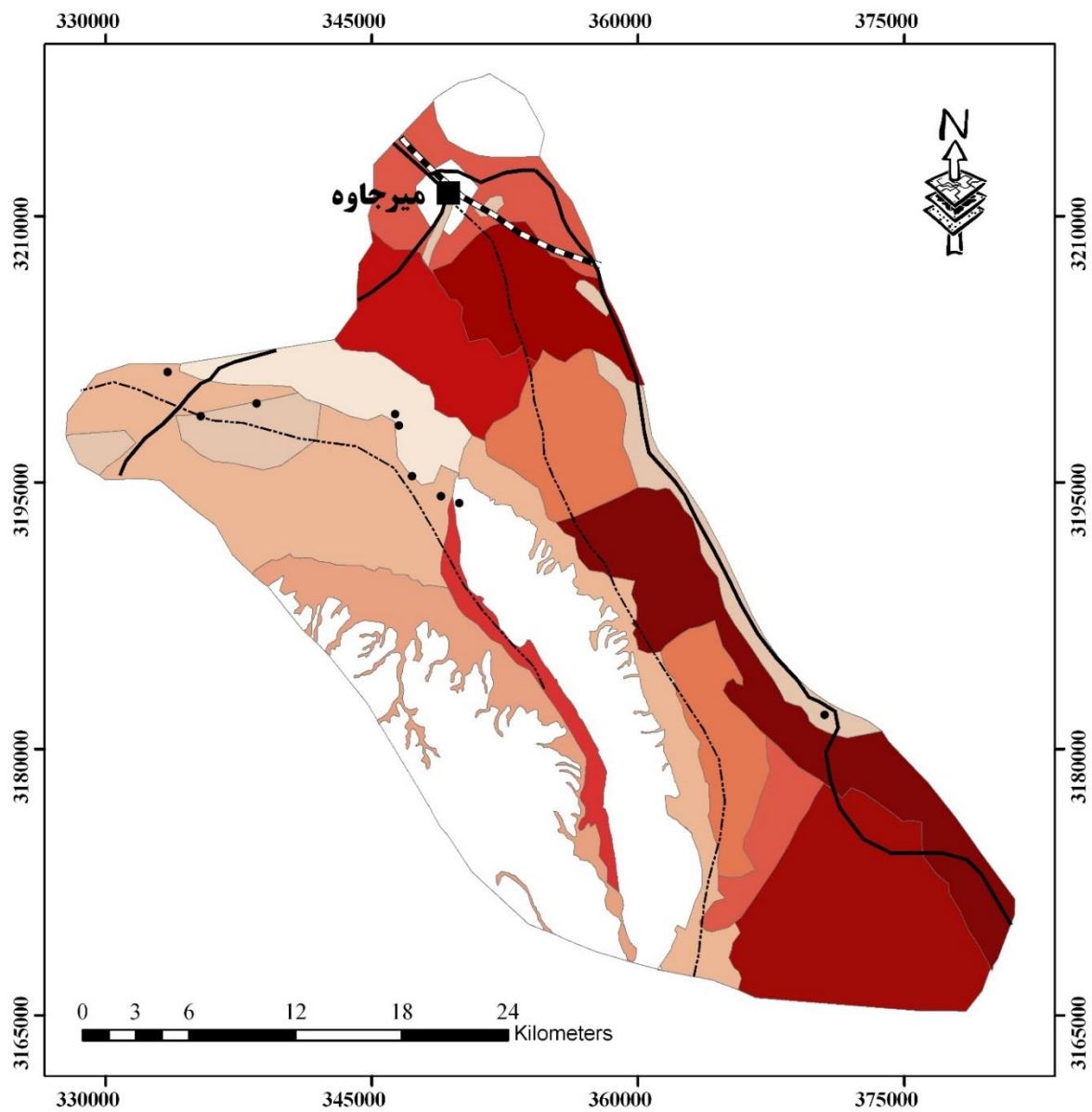
معیار خاک



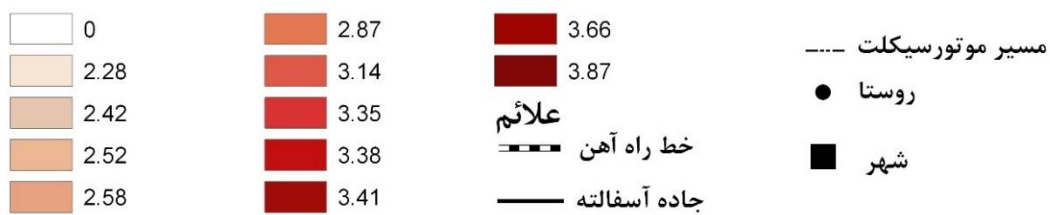
شکل ۴-۱۲: نقشه نهایی معیار خاک در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۱۳: نقشه نهایی معیار پوشش گیاهی در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه



معیار فرسایش بادی



شکل ۴-۱۴: نقشه نهایی معیار فرسایش بادی در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

۴-۹- ارزیابی شدت و تهیه نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

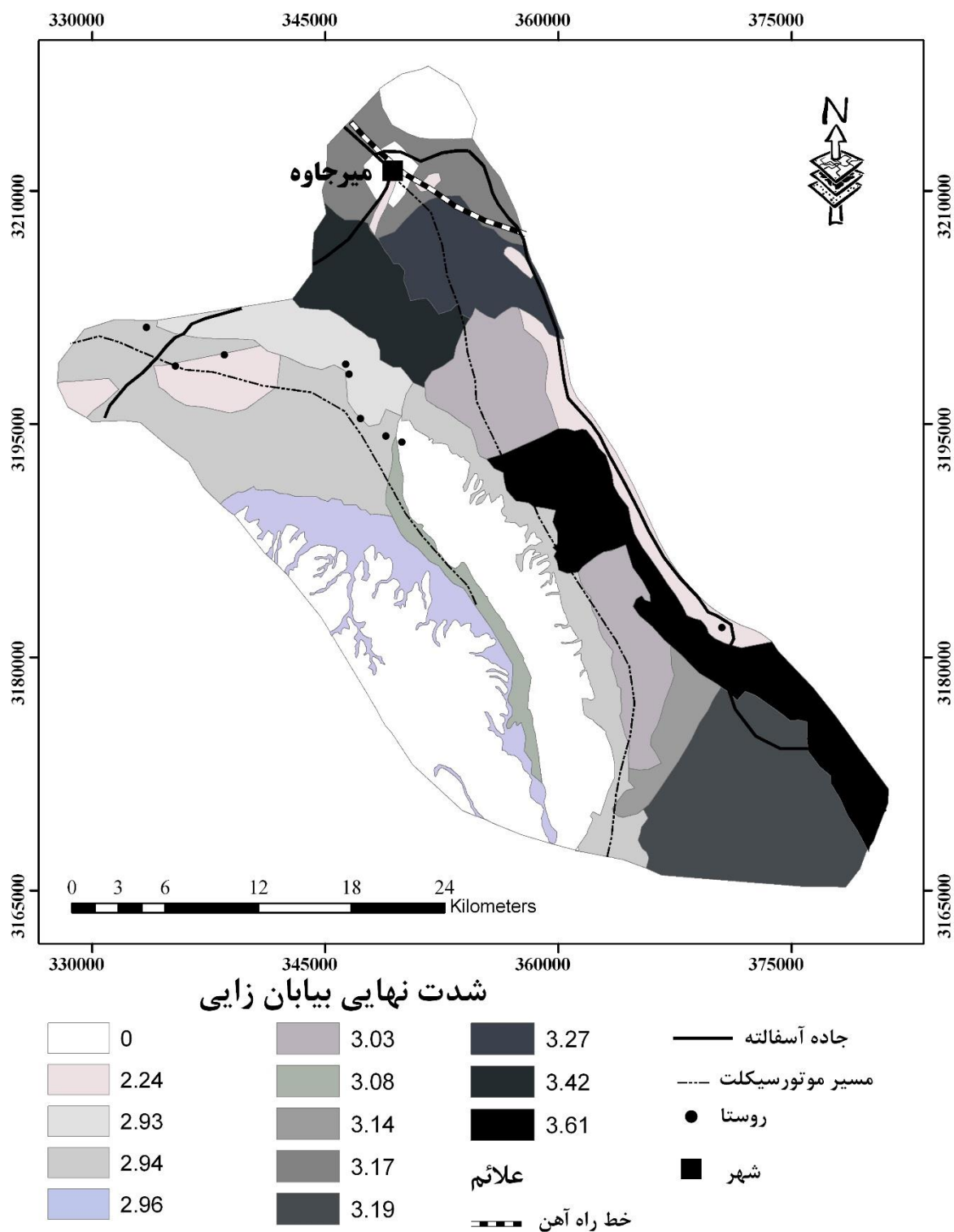
پس از محاسبه معیارهای مختلف بیابان‌زایی در هر یک از واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه (جدول ۴-۴) ۲۶ و شکل‌های ۴-۱۰ تا ۴-۱۴) شدت بیابان‌زایی در هر واحد از رابطه زیر محاسبه شده است.

$^{۱/۴}$ (معیار فرسایش بادی × معیار پوشش گیاهی × معیار خاک × معیار اقلیم) = امتیاز نهایی شدت بیابان‌زایی

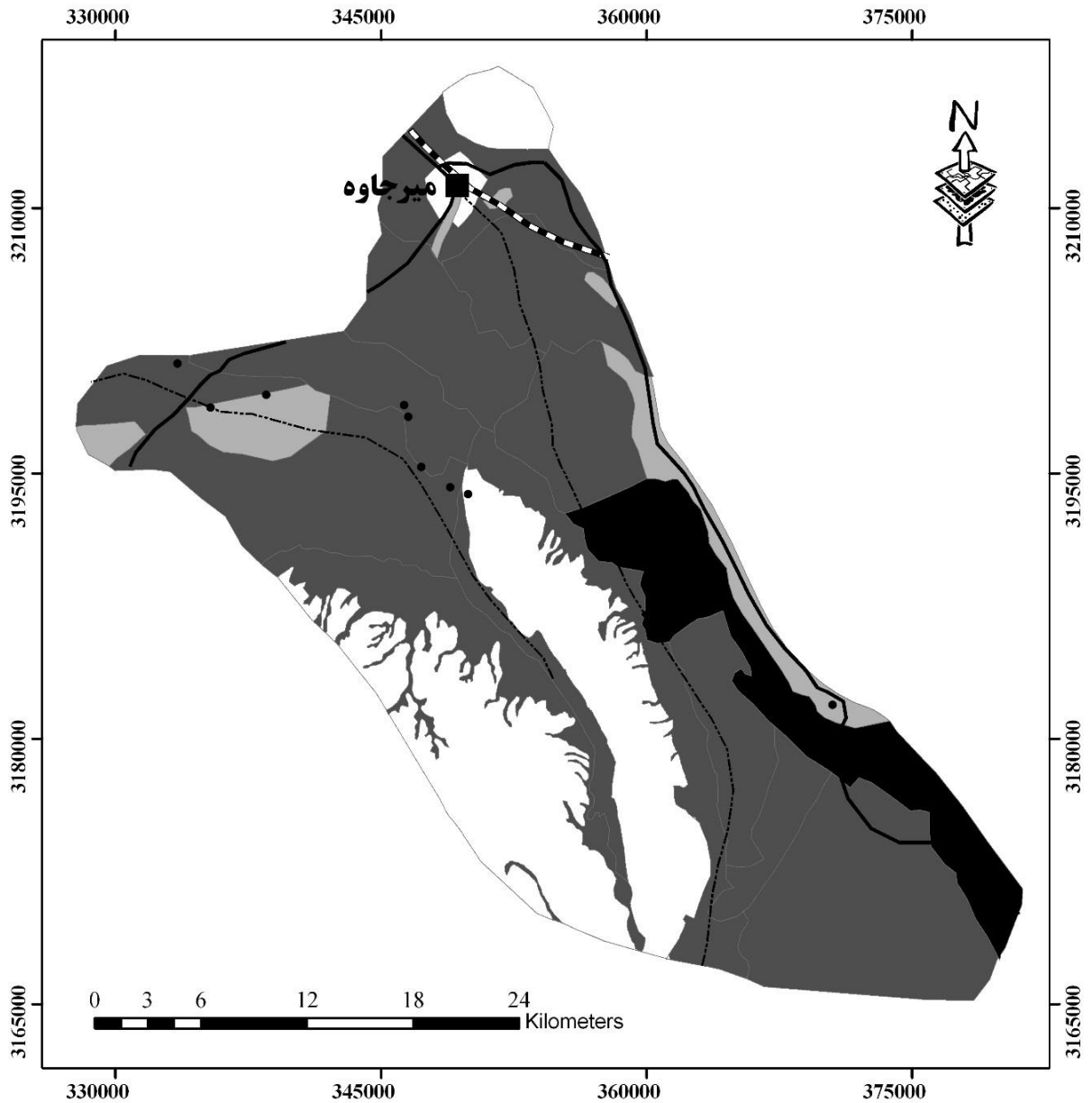
جدول ۴-۲۷ و شکل ۴-۱۵ امتیاز نهایی شدت بیابان‌زایی در واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس جدول ۴-۱۲ کلاس کیفی بیابان‌زایی در هر واحد کاری نیز تعیین شده و در جدول ۴-۲۷ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود به جز واحد تپه‌های ماسه‌ای با ارزش عددی شدت بیابان‌زایی ۳/۶۱ و واحد اراضی کشاورزی با ارزش عددی ۳/۲۴ که به ترتیب در کلاس کیفی خیلی شدید و متوسط قرار می‌گیرند، کلاس کیفی بیابان‌زایی در سایر بخش‌های منطقه مورد مطالعه شدید تعیین شده است (شکل ۴-۱۶).

جدول ۴-۲۷: امتیاز نهایی شدت بیابان‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه

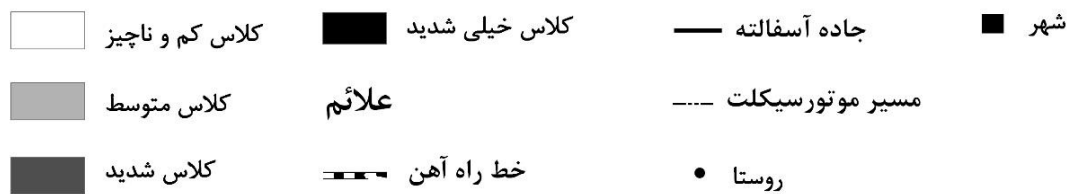
رخساره ژئومورفولوژیکی	مساحت (هکتار)	شدت بیابان-زایی	کلاس کیفی بیابان-زایی
توده سنگی	۲۶۸۰۷	—	—
بیرون زدگی سنگی	۴۷۱۲	۲/۹۳	شدید
واریزه	۲۲۵۳	۳/۰۸	شدید
فرسایش آبراهه‌ای (واحد کوهستان)	۶۲۳۰	۲/۹۶	شدید
فرسایش آبراهه‌ای (دشت فرسایشی)	۱۹۲۷۰	۲/۹۴	شدید
دشت ریگی با رگ درشت همراه با مسیل	۵۶۵۴	۳/۴۲	شدید
فرسایش آبراهه‌ای (دشت آپانداژ)	۹۴۰۱	۳/۰۳	شدید
تپه‌های ماسه‌ای	۱۰۸۴۸	۳/۶۱	خیلی شدید
دشت ریگی با رگ خیلی درشت	۲۳۳۱	۳/۱۴	شدید
دشت ریگی با رگ متوسط همراه با آبراهه متراکم	۱۲۴۴۶	۳/۱۹	شدید
دشت ریگی با رگ درشت همراه با آبراهه نیمه عمیق	۵۵۱۰	۳/۲۷	شدید
دشت ریگی با تراکم زیاد و مسیل کم	۵۲۱۳	۳/۱۷	شدید
اراضی کشاورزی	۶۸۰۹	۲/۲۴	متوسط
منطقه مسکونی	۸۷۵	—	—



شکل ۴-۱۵: نقشه نهایی وضعیت کمی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه



کیفیت نهایی شدت بیابان‌زایی



شکل ۴-۱۶: نقشه نهایی کیفیت شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

فصل چهارم: ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان

جدول ۴-۲۸ توزیع کلاس‌های مختلف بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود حدود ۶ درصد منطقه مورد مطالعه در کلاس متوسط، ۶۲ درصد در کلاس شدید و ۹ درصد در کلاس خیلی شدید قرار می‌گیرد. در مجموع بررسی‌ها نشان می‌دهد در هیچ بخشی از منطقه مورد مطالعه ارزش عددی بیابان‌زایی کمتر از ۲ نبوده که این موضوع نشان‌دهنده وضعیت بد منطقه از نظر شدت بیابان‌زایی می‌باشد. لازم به ذکر است که در محاسبه درصد مساحت کلاس‌های مختلف بیابان‌زایی مناطق توده سنگی و مسکونی در کلاس کم و ناچیز قرار گرفته‌اند.

جدول ۴-۲۸: توزیع کلاس‌های شدت بیابان‌زایی در کل منطقه مورد مطالعه

طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی	دامنه ارزش عددی	مساحت (هکتار)	درصد مساحت نسبت به کل منطقه
ناچیز و کم	۱-۱/۵	۲۷۶۸۲	۲۳/۳۹
متوسط	۱/۶-۲/۵	۶۸۰۹	۵/۷۵
شدید	۲/۶-۳/۵	۷۳۶۱۴	۶۱/۶۹
خیلی شدید	۳/۶-۴	۱۰۸۴۸	۹/۱۷

همچنین با دقت بر روی شکل ۴-۱۶ ملاحظه می‌شود بیشتر مساحت منطقه در کلاس شدید قرار گرفته است. تنها در واحد کاری تپه‌های ماسه‌ای شدت بیابان‌زایی در کلاس خیلی شدید قرار دارد، به دلیل اینکه شاخص‌هایی مانند بافت، عمق، درصد سنگریزه عمقی، تمامی شاخص‌های فرسایش بادی و تمامی شاخص‌های پوشش گیاهی در کلاس خیلی شدید بیابان‌زایی قرار دارد. نکته قابل توجه این است که ارزش عددی شدت بیابان‌زایی برای واحدهای دشت ریگی همگی بیشتر از ۳ است و بیشترین امتیاز در بین دشت‌های ریگی مختص به دشت ریگی با رگ درشت همراه با مسیل می‌باشد.

در نهایت براساس ارزیابی متوسط وزنی معیارهای بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه ارزش عددی نهایی شدت بیابان‌زایی برای کل منطقه مورد مطالعه حدود ۳/۱۲ بدست آمد. از مقایسه این مقدار با طبقه‌بندی رایج در ایران و براساس مدل IMDPA، کلاس شدت بیابان‌زایی نهایی منطقه شدید برآورد شده است.

\times متوسط وزنی معیار خاک \times متوسط وزنی معیار اقلیم) = کیفیت شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه
 $^{1/4}$ (متوسط وزنی معیار فرسایش بادی \times متوسط وزنی معیار پوشش گیاهی

$$= 3,12 = (3,25 \times 3,09 \times 3,09 \times 3,04)^{1/4}$$

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق ارزیابی بیابان‌زایی در جنوب شرق شهرستان زاهدان با استفاده از مدل IMDPA که یک مدل مناسب برای مناطق خشک ایران می‌باشد، انجام شده است. در این فصل ابتدا نتایج حاصل از تحقیق بیان شده و بعد از آن پیشنهادهایی در جهت ادامه مطالعات و بهبود وضعیت منطقه ارائه می‌گردد.

۵-۱- نتیجه‌گیری

۱. انتخاب معیارهای مورد بررسی در منطقه به گونه‌ای بود که سعی شده تا مؤثرترین معیارهای در بیابان-زایی شناسایی شود و مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس چهار معیار اقلیم (شامل شاخص بارش، شاخص خشکی و تداوم خشکسالی)، خاک (شامل بافت خاک، عمق خاک، درصد سنگریزه عمقی و هدایت الکتریکی)، پوشش گیاهی (شامل وضعیت پوشش گیاهی، بهره‌برداری از پوشش گیاهی و تجدید حیات) و فرسایش بادی (شامل شدت فرسایش بادی، درصد سنگریزه سطحی، درصد پوشش گیاهی و شاخص تعداد روزهای طوفانی) در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه مؤثر دانسته شد و برای ارزیابی بیابان‌زایی در این منطقه انتخاب شدند.

۲. واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه جهت ارزیابی بیابان‌زایی همان واحدهای ژئومورفولوژیکی بوده که شامل دو واحد (کوهستان و دشت‌سر)، ۵ تیپ (کوه، تپه، دشت‌سر فرسایشی، دشت‌سر آپانداژ و دشت‌سر فرسایشی) و ۱۴ رخساره ژئومورفولوژیکی می‌باشند.

۳. بررسی رتبه شاخص‌های مورد بررسی در ارزیابی شدت بیابان‌زایی در واحدهای کاری منطقه جنوب شرق زاهدان نشان داد که شاخص‌هایی همچون شاخص خشکی (با ارزش عددی ۳/۷۳)، تعداد روزهای طوفانی (با ارزش عددی ۳/۷)، بارش، عمق و بافت خاک (با ارزش عددی ۳/۶۸) بیشترین تأثیر را بر بیابان‌زایی منطقه دارند. شاخص‌های تجدید پوشش گیاهی (با ارزش عددی ۳/۴۱)، درصد پوشش زنده (۳/۳۹ با ارزش عددی)، وضعیت پوشش گیاهی (با ارزش عددی ۳/۰۹)، هدایت الکتریکی (با ارزش عددی ۳/۸۷)، شدت فرسایش بادی (با ارزش عددی ۲/۸۲) و بهره‌برداری از پوشش گیاهی (با ارزش عددی ۲/۸۰) در کلاس شدید از منظر شدت بیابان‌زایی با استفاده از روش IMDPA قرار گرفته‌اند. شاخص‌های تداوم خشکسالی (با ارزش عددی ۲/۵)، درصد سنگریزه سطحی (با ارزش عددی ۲/۴۳) و درصد سنگریزه عمقی (با ارزش عددی ۲/۴) کمترین اثر را بر افزایش شدت بیابان‌زایی نسبت به شاخص‌های مورد بررسی دارند و در کلاس متوسط شدت بیابان‌زایی در مدل IMDPA قرار گرفته‌اند.

۴. از میان معیارهای مورد بررسی مؤثر در ارزیابی بیابان‌زایی در این مطالعه، معیار اقلیم با ارزش عددی ۳/۲۵ بیشترین نقش را در افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه دارد. معیارهای پوشش گیاهی و خاک با ارزش عددی یکسان ۳/۰۹ در رتبه بعدی مؤثرترین معیارها قرار دارد و معیار فرسایش بادی با ارزش عددی ۳/۰۴ در رتبه آخر تأثیر بر افزایش روند بیابان‌زایی قرار دارد. این موضوع تأیید می‌نماید که فرآیندهای طبیعی نقش اصلی در بیابان‌زایی این منطقه دارند.

۵. بررسی توزیع فراوانی کلاس‌های مختلف بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه نشان داد ۲۳/۳۹ درصد مساحت منطقه (شامل واحد کاری توده سنگی و منطقه مسکونی) در کلاس کم و ناچیز، ۵/۷۵ درصد در کلاس متوسط، ۶۱/۶۹ درصد در کلاس شدید و ۹/۱۷ درصد منطقه در کلاس خیلی شدید شدت بیابان‌زایی در مدل IMDPA قرار دارد.

۶. در نهایت براساس ارزیابی متوسط وزنی معیارهای بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه ارزش عددی نهایی شدت بیابان‌زایی برای کل منطقه مورد مطالعه حدود ۳/۱۲ بدست آمد. از مقایسه این مقدار با طبقه‌بندی رایج در ایران و براساس مدل IMDPA، کلاس شدت بیابان‌زایی نهایی منطقه شدید برآورد شده است.

۵-۲- پیشنهادها

با توجه به شواهد موجود در منطقه (مقدار ناچیز بارش، شاخص خشکی زیاد، وزش بادهایی با سرعت زیاد، بافت درشت، عمق کم خاک و غیره) و بررسی وضعیت معیارهای مؤثر بر بیابان‌زایی در این پژوهش وضعیت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه در کلاس شدید ارزیابی گردید. لذا انجام اقدامات بیابان‌زدایی در منطقه به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد.

۱. وجود زمین‌های کشاورزی در قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه علاوه بر اینکه وضعیت معیار پوشش گیاهی را بهبود بخشیده به عنوان بادشکن زنده مانع از افزایش شدت فرسایش بادی در منطقه گردیده است. با توجه به این موضوع می‌توان دریافت که ایجاد بادشکن‌ها (غیرزنده و مخصوصاً زنده) در جهت کاهش فرسایش بادی به کاهش شدت بیابان‌زایی منطقه کمک شایانی می‌کند. با توجه به اینکه وضعیت آب زیرزمینی منطقه طبق گزارش‌های سازمان منابع طبیعی تقریباً خوب ارزیابی شده است می‌توان با افزایش با برنامه زمین‌های کشاورزی به خصوص در واحدهایی که به عنوان محل برداشت رسوب شناخته شده‌اند، قدمی مهم در بهبود وضعیت عرصه‌های طبیعی برداشت. همچنین وجود پوشش گیاهی در منطقه باعث می‌شود تا در مناطقی که باران‌های سیلابی رخ می‌دهد خاک فرصت بیشتری برای جذب آب به درون منافذ خود پیدا کند و وضعیت کمیت آب‌های زیرزمینی بهبود یابد.

۲. علاوه بر این اقداماتی مانند مالچ‌پاشی، ایجاد بادشکن غیرزنده که در جهت کاهش شدت فرسایش بادی انجام می‌شود، نیز در منطقه کارآمد خواهد بود و از افزایش بیشتر بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه جلوگیری به عمل خواهد آمد.

۳. برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای می‌توان از افزایش درصد پوشش گیاهی استفاده کرد. افاقیا و اکالیپتوس به عنوان بادشکن و تاغ به عنوان تثبیت کننده بسیار کارآمد خواهند بود. همچنین ماسه‌ها، آب باران را خوب جذب کرده و کمتر از دست می‌دهند و می‌توان یک پوشش گیاهی غنی را در روی تپه‌های ماسه‌ای امکان پذیر ساخت.

منابع

ابراهیم‌زاده، ع.، (۱۳۸۹)، "آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی محیطی در جنوب شرق ایران"، انتشارات اطلاعات، چاپ اول.

احمدی، ح.، عباس‌آبادی، م. ر.، اونق، م. و اختصاصی، م. ر. (۱۳۸۰). "ارزیابی کمی بیابان‌زایی جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای مطالعه موردی: دشت آق‌قلا و گمیشان گلستان." مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۴، شماره ۱.

احمدی، ح. (۱۳۶۷). "ژئومورفولوژی کاربردی." انتشارات دانشگاه تهران، ۵۹۲ صفحه.

احمدی، ح.، اختصاصی، م. ر. و همتی، ن. ا. (۱۳۸۲). "بررسی و تحلیل عوامل مؤثر در شدت بیابان‌زایی و ارائه مدل منطقه‌ای (مطالعه موردی: منطقه بیجار)." بیابان، جلد ۸، شماره ۲.

اختصاصی، م. ر. و مهاجری، س. (۱۳۷۵). "روش طبقه‌بندی و نوع شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران." مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زایی، صفحه ۹۷-۱۱۳.

اختصاصی، م. ر. و سپهر، ع. (۱۳۹۰). "روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی." انتشارات دانشگاه یزد، چاپ اول.

اختصاصی، م. ر.، نظری سامانی، ع. ا.، احمدی، ح.، مقیمی‌نژاد، ف. و حسن‌آبادی، م. (۱۳۹۱) "بررسی تأثیر توسعه شهری و صنعتی (بیابان‌زایی تکنوژنیک) در بیابان‌زایی (مطالعه موردی: شرق اصفهان)." فصلنامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۲، ص ۶۳-۷۷.

اکبری، م.، کریم‌زاده، ح. ر.، مدرس، ر. و چکشی، ب. (۱۳۸۶). "ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زایی با فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه خشک شمال اصفهان)." فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۴، شماره ۲، صفحه ۱۲۴-۱۴۲.

الرئیس‌ی، ع. ا.، زهتابیان، غ. ر.، احمدی، ح.، خسروی، ح. و دستورانی، م. (۱۳۹۱). "ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در مناطق بیابانی ساحلی با استفاده از معیارهای بیوفیزیک مدل IMDPA (بررسی موردی: منطقه کهیرکنارک، چابهار)." پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹۷.

بخش‌نده‌مهر، ل.، سلطانی، س. و سپهر، ع. (۱۳۹۲). "ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و اصلاح مدل مدالوس در دشت سگزی اصفهان." نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶، شماره ۱.

پروانه، ح.، کریم‌زاده، ح. ر. و علی‌اکبری، م. (۱۳۸۸). "بررسی تأثیر شاخص خاک بر بیابان‌زایی (مطالعه موردی: منطقه طبس مسینا، خراسان جنوبی)." مجله بیابان.

- پروری، س. ه.، حسینی، س. م.، پهلوانروی، ا.، مقدم‌نیا، ع. ر.، شهریاری، ع. ر. و اختصاصی، م. ر. (۱۳۹۰) "بررسی مقایسه‌ای مدل‌های ESAs و ICD به منظور تهیه نقشه بیابان‌زایی در منطقه نیاتک سیستان." پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹۰.
- تازه، م.، کلانتری، س.، فتحی‌زاد، ح. و تقی‌زاده، ر. ا. (۱۳۹۳). "طبقه‌بندی دشت‌سرهای مناطق بیابانی براساس پارامترهای ژئومورفومتری مطالعه موردی (عقدا، یزد)." پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۴، صفحه ۱۱۶-۱۰۵.
- جعفری، م.، پناهی، ف.، احمدی، ح.، عباسی، ح. ر.، موسوی، م. و زارع، ع. م. (۱۳۸۵). "ارزیابی شاخص‌های معیار خاک جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی در حسین‌آباد میش‌مست، سلیمان و گازاران استان قم." فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۳ شماره ۳، ص. ۲۷۸-۲۸۳.
- چمن‌پیرا، غ. ر.، زهتابیان، غ. ر. و احمدی، ح. (۱۳۸۵). "کاربرد روش ICD به منظور تعیین شدت و وضعیت فعلی بیابان‌زایی در حوضه آبخیز کوه‌دشت." مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹.
- حبیبی، ع. ر.، شادفر، ص. و صادقی، م. (۱۳۹۱). "بررسی شدت بیابان‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژی با استفاده از GIS در استان خوزستان." نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال چهاردهم، شماره ۳۲.
- حسینی، س. م.، اختصاصی، م. ر. و بزی، خ. (۱۳۸۹). "بررسی نوع و شدت عوامل مؤثر در بیابان‌زایی سیستان (مطالعه موردی: منطقه نیاتک)." فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، سال نهم، شماره ۳۱، ص ۱۱۹-۱۳۶.
- خانمانی، ع.، کریم‌زاده، ح. ر.، جعفری، ر. و گلشاهی، ا. (۱۳۹۲). "ارزیابی کمی وضعیت فعلی بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس (مطالعه موردی: دشت سگزی)." مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال چهارم، شماره ۱.
- ذاکری‌نژاد، ر.، مسعودی، م.، فلاح‌شمسی، س. ر. و افضلی، س. ف. ا. (۱۳۹۱). "ارزیابی شدت بیابان‌زایی با معیار آب زیرزمینی و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی؛ مطالعه موردی زرین دشت فارس." فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال دوم، شماره هفتم، ص ۱-۱۰.
- زهتابیان، غ. ر.، خسروی، ح. و مسعودی، ر. (۱۳۹۳). "مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی (معیارها و شاخص‌ها)" انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
- زهتابیان، غ. ر. و رفیعی‌امام، ع. (۱۳۸۲). "ESAs روشی جدید برای ارزیابی و تهیه نقشه حساسیت مناطق به بیابان‌زایی"، بیابان، جلد ۸، شماره ۱.
- زهتابیان، غ. ر.، جوادی، م. ر.، احمدی، ح. و آذرینوند، ح. (۱۳۸۵). "بررسی اثر فرسایش بادی در افزایش شدت بیابان‌زایی و ارائه مدل منطقه‌ای بیابان‌زایی در حوضه آبخیز ماهان." پژوهش و سازندگی، شماره ۷۳.

- زهتابیان، غ.ر.، احمدی، ح. و آزادنی، ف. (۱۳۸۷). "بررسی معیارهای آب و خاک در بیابان‌زایی منطقه عین‌خوش دهلران (دشت ابوغویر)". منابع طبیعی (پژوهش و سازندگی)، شماره ۸۱.
- زهتابیان، غ.ر.، جعفری، م.، موحدیان، ف. و نعیمی، م. (۱۳۸۸). "بررسی اثر معیار خاک در بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس (مطالعه موردی منطقه حبله‌رود)". فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۶، شماره ۴، ص ۴۶۸-۴۸۰.
- طباطبایی‌زاده، م.ا.، اختصاصی، م.ر.، احمدی، ح. و نظری سامانی، ع.ا. (۱۳۹۱). "ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی با استفاده از مدل اصلاح شده MICD (مطالعه موردی: دشت فخرآباد مهریز)". مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال سوم، شماره ۳.
- فیض‌نیا، ا.، گویا، ع.ن.، احمدی، ح. و آذرنیوند، ح. (۱۳۸۰). "بررسی عوامل بیابان‌زایی دشت حسین‌آباد میش‌مست قم جهت ارائه مدل منطقه‌ای". بیابان، جلد ۶، شماره ۲.
- کفاش، ع. (۱۳۹۲). "ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA در منطقه مرادآباد سراوان". پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته بیابان‌زدایی، دانشگاه زابل.
- گزارش اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان. (۱۳۸۳). "طرح اجرایی بیابان‌زدایی و تثبیت شن منطقه میرجاوه (شهرستان زاهدان)". مطالعات پایه، جلد دوم.
- مصباح‌زاده، ط.، احمدی، ح.، زهتابیان، غ.ر.، سرمدیان، ف. و مقیمی‌نژاد، ف. (۱۳۹۲). "واسنجی مدل IMDPA با توجه به معیارهای زمین به منظور ارائه یک مدل منطقه‌ای برآورد شدت بیابان‌زایی (مطالعه موردی: ابوزیدآباد کاشان)". نشریه مرتع و آبخیزداری، دوره ۶۶، صفحه ۴۶۹.
- محمدقا سمی، س.، زهتابیان، غ.ر. و احمدی، ح. (۱۳۸۷). "ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه زابل از منظر معیار آب با استفاده از مدل مدالوس". منابع طبیعی، شماره ۸۰.
- ناطق، س.، زهتابیان، غ.ر. و احمدی، ح. (۱۳۹۱). "بررسی شدت اثر معیار زمین‌شناسی- ژئومورفولوژی و معیار خاک بر بیابان‌زایی منطقه دشت سگری". فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۹، شماره ۴، صفحه ۶۰۰-۵۹۰.
- هندوست، ف.، اونق، م. و بردی، ش.و. (۱۳۹۰). "ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی دشت صوفیکم- منگالی در شمال غربی استان گلستان". مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم، شماره سوم.

References

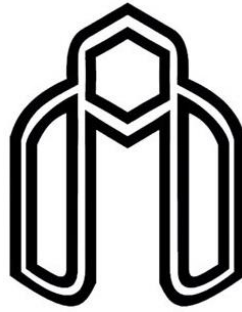
- Bouhata, R. and Kalla, M. (2014). "Mapping of environmental vulnerability of desertification by adaptation of the method in the endoreic area of Gadaine (Eastern Algeria)." *Geographia Technica*. Vol. 09 (2), pp. 1-8.
- Fozooni, L., Fakhiri, A., Ekhtesasi, M. R., Kazemi, Y., Mohammadi, H., and Shafey, H. (2012). "Assessment of desertification using MEDALUS model, with emphasis on wind and water indices: case study Sistan province, Iran." *Elixir Pollution*. Vol. 15, pp. 8067-8071.
- Gad, A., and Shalaby, A. (2010). "Assessment and mapping of desertification sensitivity using remote sensing and GIS (Case study: Inland Sinai and Eastern Desert Wadies)." *In US-Egypt Workshop on Space Technology and Geoinformation for Sustainable Development. Cairo Egypt*. (pp. 14-17).
- Hosseini, S. M., Sadrafshari, S., and Fayzolahpour, M. (2012). "Desertification hazard zoning in Sistan Region (Iran)." *Journal of Geographical Sciences*. Vol. 22(5), pp. 885-894.
- Iavazzo, P., Terracciano, S., Topa, M. E., Adamo, P., Coly, A., De Paola, F., and Traore, S. E. (2013, April). "The role of climate change and erosion processes in desertification process in a sub-Saharan peri-urban area (Ouagadougou, Burkina Faso)." *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 15, p. 2238.
- Kawy, W. A., and Belal, A. A. (2011). "GIS to Assess the Environmental Sensitivity for Desertification in Soil Adjacent to El-Manzala Lake East of Nile Delta, Egypt." *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*. Vol. 10 (5), pp. 844-856.
- Lavado Contador, J. F., Schnabel, S., Gomez Gutierrez, A., and Pulido Fernandez, M. (2009). "Assessing the environmental sensitivity to land degradation, A validation of the MEDALUS method in SW Spain." *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 11, p. 10730.
- Mohamed, E. S. (2013). "Spatial assessment of desertification in north Sinai using modified MEDLAUS model." *Arabian Journal of Geosciences*. Vol. 6(12), pp. 4647-4659.
- Mashakhan, A. and Honardoust, F. (2011). "Multi-Criteria evaluation model for desertification hazard zonation mapping using GIS." *Journal of Applied Biological Sciences*. Vol. 5(3), pp. 49-54.
- Parvari, S. H., Pahlavanravi, A., Nia, M., Reza, A., Dehvari, A., and Parvari, D. (2011). "Application of methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification in dry bed of Hamoun Wetland (Iran)." *ECOPERSIA*. Vol. 1, pp. 65-80.
- Sepehr, A., Hassanli, A. M., Ekhtesasi, M. R., and Jamali, J. B. (2007). "Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method." *Environmental monitoring and assessment*. Vol. 134(1-3), pp. 243-254.
- Topa, M. E., Iavazzo, P., Terracciano, S., Adamo, P., Coly, A., De Paola, F., and Traore, S. E. (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, p. 2229.

- Wei, L., Shengkui, C., Haiyang, X., and Qi, F., (2010). "Land use history and status of land desertification in the Heihe River basin." *Natural hazards*. Vol. 53(2), pp. 273-290.
- Zhou, W., Sun, Z., Li, J., Gang, C., and Zhang, C. (2013). "Desertification dynamic and the relative roles of climate change and human activities in desertification in the Heihe River Basin based on NPP." *Journal of Arid Land*. Vol. 5(4), pp. 465-479.

Abstract

Desertification that means land degradation in arid and semi-arid areas is currently one of the most serious problems of the international community. The area of southeast Zahedan with hot and dry climate, poor vegetation cover and exposing to strong winds is highly prone to desertification. Therefore, the aim of this study was to evaluate the potential of desertification in Southeast Zahedan using IMDPA model, which is suitable for dry and semi-arid conditions of Iran country. Due to the uniform geology of the study area geomorphology facies were considered as working units to assess desertification criteria and indicators. Following investigation of the study area four criteria including climate, soil, vegetation and wind erosion along with their 14 indicators were selected to assess the intensity of desertification in working units. Based on the results, drought, the number of storm days, rainfall and soil depth indices have the most important role in increasing intensity of desertification in the study area. The indicators of vegetation recovery, percent and status of vegetation, soil electrical conductivity, intensity of wind erosion and utilization from vegetation were grouped in the next rank. The other indicators such as drought continuity and the percent of surficial and deep rock fragments had minimal impacts on the intensity of desertification of the study area. Among the studied criteria, the climate has the most important role in desertification, which highlights the major impact of natural desertification of the study area. Vegetation, soil and wind erosion criteria, respectively, are placed in the next ranks. The value of intensity of desertification in the Southeast Zahedan was assessed to be 3.12, which indicates high class of desertification. The results showed 23.39% of the study area (including rock-mass working unit and residential areas) locate in low class, 5.75% in medium class, 61.69% in high class and 9.17% in very high (sever) class of intensity of desertification.

Keywords: Desertification potential, IMDPA model, Zahedan



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

Assessing Risk of Desertification in South East Zahedan

Leila Khani Bandani

Supervisor:

Dr. H. Jafari

Feb 2016