نشریه شمـاره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۴۹ تا ۱۷۰

نشریه مدیریت بیابـان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

ارزیابی کمّی شاخص‌های شدّت بیابان‌زایی در اراضی کشاورزی دشت درگز، استان خراسان رضوی

آذین نصریان[۱]، مرتضی اکبری[۲*]، علیرضا فریدحسینی[۳]، احسان نعمت‌الهی [۴]، سرور داوری[۱]

۱. کارشناسی ارشد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. دانشیار گروه آموزشی علوم مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴. دکترای اکولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، تهران، ایران.
* نویسنده مسئول: m_akbari@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۱۱

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تاثیر توسعه کشاورزی بر شدت بیابان‌زایی در دشت درگز واقع در شمال استان خراسان رضوی انجام شد. مقدار کمی خطر بیابان‌زایی حاصل از توسعه کشاورزی از پایش زمانی-مکانی معیارهای مهمّی که به طور عمده به‌دلیل فعالیّت‌های انسانی است مانند؛ معیار آب زیرزمینی، آبیاری و زهکشی، کشاورزی، خاک، توسعه صنعتی - شهری و همچنین معیار اجتماعی-اقتصادی طی دورهٔ زمانی ۲۰ ساله ۱۳۷۵تا ۱۳۹۵ با بهره‌گیری از مدل IMDPA برآورد شد. نتایج نشان داد که دشت درگز از نظر خطر بیابان‌زایی در دو طبقهٔ متوسط و شدید به ترتیب با درصد فراوانی ۲۲٪ و ۷۸٪ قرار دارد. به‌طوری که معیار آبیاری و زهکشی مهم‌ترین عامل انسانی مؤثر بر افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه است. سپس معیار خاک، توسعه و فعالیّت‌های کشاورزی، توسعهٔ شهری-صنعتی، معیار اجتماعی-اقتصادی و در آخر تغییرات کمّی و کیفی آب زیرزمینی به ترتیب بیشترین نقش موثر را بر افزایش شدت خطر بیابانی‌زایی اراضی کشاورزی دشت درگز داشته‌اند. افزایش تدریجی شوری خاک در بخش‌های شرقی و شمال شرقی منطقه به دلیل آبیاری با آب شور و تبدیل کاربری اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی کشاورزی و مسکونی با مساحتی بیش از ۷۰۰۰ هکتار در طی ۱۰ سال گذشته از عوامل مهّم شدت بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه بوده است. بنابراین، برای جلوگیری از گسترش بیابان‌زایی، مدیریت پایدار اراضی و جلوگیری از تبدیل کاربری اراضی طبیعی به کشاورزی، مسکونی و صنعتی پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: راندمان آبیاری؛ تخریب سرزمین؛ شوری خاک؛ تغییر کاربری اراضی؛ توسعه کشاورزی

■ مقدمه

بیابان‌زایی از بُعد علمی، فرآیندی خسارت‌بار با اثرات اجتماعی- اقتصادی است (۳ و ۱۹). برپایهٔ آمار و گزارش-های معتبر بین‌المللی، بیابان‌زایی یک ششم جمعیّت و یک چهارم کل اراضی جهان را در تأثیر خود قرار داده است ، به‌طوریکه این فرآیند موجب تخریب ۳/۳ میلیارد هکتار از اراضی مرتعی و کاهش ۳۰ درصد عملکرد اراضی کشاورزی جهان شده است (۹، ۲۶ و ۲۷). طیف گسترده‌ای از عوامل طبیعی و انسانی در تخریب سرزمین و بیابان‌زایی دخالت دارند که شدت آنها در زمان و مکان‌های مختلف، متفاوت است (۲، ۱۰، ۱۱و ۱۴). بنابراین، برای درک این موضوع باید رویکردی نظامند ، تمامی فرآیندهای فیزیکی و انسانی و مؤثر بر تخریب سرزمین و همچنین ارتباطات آن‌ها شناسایی شوند (۳). امروزه تغییر کاربری اراضی جنگل ها و مراتع به کشاورزی و مسکونی، به یکی از نگرانی‌های مهم در موضوع محیط زیستی و تغییر اقلیم جهانی تبدیل شده است (۱، ۲۸ و ۲۹). اگرچه کشاورزی نقش بسیار مهمّی در توسعه پایدار و کاهش فقر و گرسنگی دارد، امّا هنوز بسیاری از فعالیّت های کشاورزی برای پایداری بلندمدت محیطی، تهدید محسوب شده (۲۵) که مصادیق آن را می‌توان در موارد متعددی همچون تخریب اراضی کشاورزی، استفاده بی‌رویه از منابع آبی و خسارت به زیستگاه های طبیعی مشاهده نمود (۸ و ۲۴). شاخص‌های ناپایداری و تخریب سرزمین، ویژگی‌های کلیدی خاک و جوامع گیاهی هستند که به تغییر محیط حساس است و فرآیندهای پیچیده بوم نظام را منعکس می‌کنند. این شاخص‌ها اطلاعات مفیدی راجع به وضعیّت فعلی بوم نظام‌های طبیعی و کشاورزی فراهم می‌کنند (۲۳). در رابطه با تأثیر توسعهٔ کشاورزی و فعالیّت‌های مرتبط با آن در شدت بیابان‌زایی و تخریب سرزمین بررسی‌های مختلفی در جهان و ایران انجام‌شده است. برای نمونه می‌توان به ارزیابی شدت بیابان‌زایی در غرب استان گلستان با بهره-گیری از مدل ایرانی[1] IMDPA اشاره کرد. به‌طوریکه یافته‌های آن پژوهش نشان از تاثیر فاکتورهای انسانی از جمله توسعه اراضی کشاورزی و کاهش کیفیّت آب‌های زیرزمینی در افزایش شدت بیابان‌زایی و شوری خاک آن منطقه داشته است (۴). علاوه بر آن مطالعاتی با موضوع تاثیر کمیّت و کیفیّت آب کشاورزی در افزایش شدت بیابان‌زایی اراضی طشک استان فارس (۳۳)، نقش سیستم‌های سنتی آبیاری در کاهش کیفیّت آب آبیاری در اراضی کشاورزی دشت گرمسار (۳۶) و یا توسعه اراضی کشاورزی به دلیل تبدیل کاربری اراضی مرتعی در دشت کاشان و آران و بیدگل (۱۳ و ۲۸) از جمله مطالعاتی هستند که به نقش اثرات توسعه اراضی کشاورزی و یا مدیریت آن در بیابان زایی و تخریب سرزمین اشاره کرده‌اند. در مقیاس جهانی نیز مطالعات زیادی صورت گرفته است که در این راستا می‌توان به اثر فعالیّت‌های کشاورزی و آب آبیاری در شور و قلیا شدن خاک اراضی جنوب ایتالیا، اسپانیا و پاکستان (۱۲، ۱۹ و ۱۸)، تأثیر فعالیّت‌های کشاورزی در کاهش کیفیّت آب و خاک در منطقه مدیترانه که باعث فرسایش، بیابان‌زایی، شور و فشرده شدن خاک و همچنین آلودگی خاک شده است (۳۱)، تغییرات کاربری اراضی و توسعه زمین کشاورزی در تخریب زمین در دره کاتماندو نپال (۵) و همچنین توسعه فعالیّت‌های کشاورزی به‌عنوان مهم‌ترین عامل بیابان‌زایی در چین، اشاره کرد (۳۷ و ۳۸).

بنابراین به دلیل اهمیّت موضوع، پژوهش حاضر با هدف بررسی کمّی تأثیر توسعهٔ کشاورزی بر شدت خطر بیابان‌زایی دشت درگز که به عنوان قطب محصولات کشاورزی در شمال استان خراسان رضوی محسوب می‌شود، انجام شد. گزارشات موجود نشان می‌دهند در حال حاضر مدیریت غیراصولی در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، کشاورزی سنتی و رهاسازی اراضی بخش‌های زیادی از سطح منابع طبیعی استان خراسان رضوی را به کانون‌های بحران فرسایش بادی تبدیل کرده است. براساس گزارشات اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی، فرآیندهایی همچون تغییرات کاربری اراضی، افزایش جمعیّت در استان که معادل ۸ درصد جمعیّت کشور است به همراه چرای بی‌رویه دام و مازاد بر ظرفیت مراتع، خسارتی در حدود ۱۱ میلیارد تومان در سال ۱۳۹۲ در اثر شدت بیابان‌زایی و فرسایش

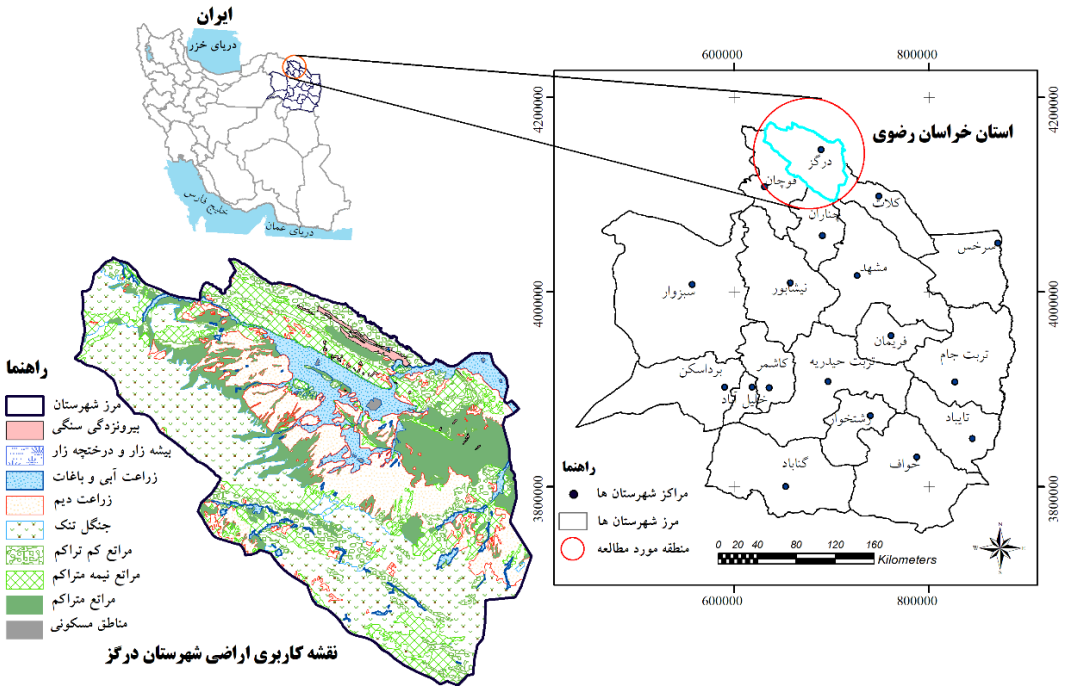
[1] Iranian Model Desertification for Potential Assessment, IMDPA

خاک بوجود آورده است (۱۵ و ۱۶). هرچند این اعداد و ارقام حدودی و تخمینی است و هنوز گزارش‌های معتبر دیگری در دست نیست. لذا پژوهش حاضر با بررسی کمّی و پایش طولانی مدت معیارها و شاخص‌های مؤثر بر شدت بیابان‌زایی اراضی کشاورزی که به طور معمول عامل‌های انسانی است، گامی هر چند کوتاه امّا مفید در تولید داده برای تصمیم‌گیری مدیران اجرایی برداشته است.

■ مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقهٔ مورد مطالعه

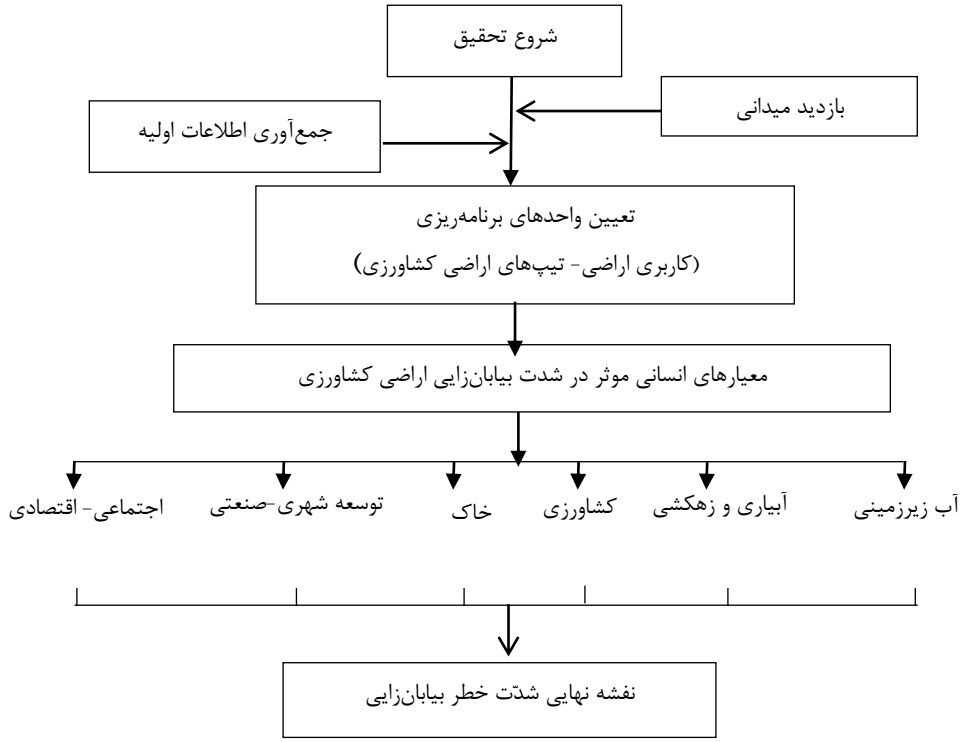
منطقهٔ مطالعاتی در شمال شرقی ایران و در بخش شمالی استان خراسان رضوی قرار دارد. منطقه دارای مساحتی در حدود ۳۷۷۶۳۰ هکتار است و در محدودهٔ جغرافیایی ’۲۸ °۵۸ و ’۴۳ °۳۷ تا ’۲۶ °۵۹ و ’۵۷ °۳۶ واقع شده است. ارتفاع از سطح آب‌های آزاد ۵۱۴ متر است. طبق روش دومارتن دارای اقلیم خشک بوده و براساس آمار اقلیمی و هواشناسی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۶ دارای متوسط بارندگی سالانه ۲۲۶ میلی‌متر ، دمای میانگین ۱۸/۰۹ و درجه حرارت حداکثر و حداقل مطلق به ترتیب ۴۲/۸ و ۲۱- درجه سلیسیوس می‌باشد. موقعیّت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. شهرستان درگز به عنوان یکی از قطب‌های محصولات کشاورزی در استان خراسان رضوی است. وسعت اراضی کشاورزی این منطقه در حدود ۷۲۵۷۶ هکتار بوده و همچنین ۱۲۴ حلقه چاه و ۱۱۱ رشته قنات نیز دارد که بیش از ۶۹ میلیون مترمکعب آب استحصال و به مصرف کشاورزی می‌رسد. از مهّم‌ترین محصولات زراعی و باغی منطقه می‌توان به گندم، جو، یونجه، سیب، انگور و گردو اشاره نمود (۱۵). تعداد روستاهای دارای جمعیّت ۱۳۹ روستا است. تعداد ۹۸۵۰ نفر بهره‌بردار کشاورزی بوده که در بخش‌های زراعت، دام و باغداری فعالیّت دارند. وضعیت اشتغال به گونه‌ای است که ۸۵ درصد ساکنان شهرستان درگز به کشاورزی و دامداری مشغول‌اند و در حدود ۱۵ درصد نیز در زمینه‌های مختلف صنعتی، خدماتی و سایر حِرَف فعالیّت می‌کنند. منطقه مورد مطالعه طی سال‌های گذشته به دلیل گسترش فعالیّت‌های کشاورزی و صنعتی، دارای مشکلاتی از جمله افت سطح آب‌های زیرزمینی و بالتبع آن تغییر کیفیّت آب زیرزمینی، افزایش هزینه‌های پمپاژ از چاه‌ها و در نتیجه افت سطح آب‌های زیرزمینی و رخداد پدیده‌هایی همانند فرونشست شده است (۱۵ و ۲۰).



شکل ۱. موقعیّت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و استان خراسان رضوی

روش انجام پژوهش

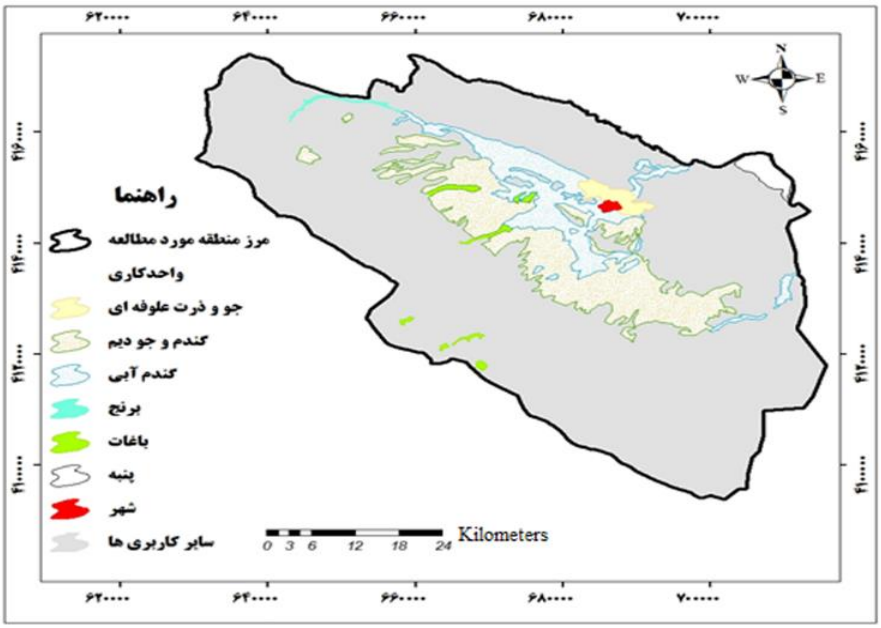
مراحل انجام پژوهش، طبق روندنمای شکل ۲ است.



شکل ۲. روندنمای مراحل انجام پژوهش

معرفی واحدهای مطالعاتی (واحد کاری)

در پژوهش حاضر، منظور از واحدهای مطالعاتی همان واحدهای زراعی است که از نظر نوع و تیپ اراضی کشاورزی شهرستان درگز، به دو گروه آبی و دیم تقسیم‌بندی شده‌اند. برای این منظور با عملیات میدانی و نظر کارشناسان ادارهای اجرایی از جمله کارشناسان اداره جهاد کشاورزی شهرستان درگز، تیپ انواع گونه‌های زراعی در هر نوع کشت به عنوان واحدهای مطالعاتی و با در نظر گرفتن پنج محصول عمده، تفکیک شد (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه واحدهای کاری اراضی کشاورزی شهرستان درگز

آماده سازی داده‌ها

شدت خطر بیابان‌زایی ناشی از توسعه اراضی و فعالیّت‌های کشاورزی، از پایش زمانی-مکانی شش معیار انسانی:

معیار آب زیرزمینی با شاخص‌های کمّی افت سطح تراز آب زیرزمینی و شاخص‌های کیفی شوری آب، نسبت جذب سدیم و نوسان کلر، ۲- معیار آب و زهکشی با شاخص‌های روش آبیاری و راندمان آب آبیاری در مزرعه، ۳- معیار کشاورزی با شاخص‌های الگوی کشت و عملکرد محصولات و نهاده‌های کشاورزی، ۴- معیار خاک با شاخص‌های بافت، عمق، مدیریت زمین، شوری و نسبت جذب سدیم، ۵- معیار توسعه صنعتی و شهری با شاخص‌های بررسی تبدیل کاربری اراضی مرتعی، جنگلی، باغی و زارعی به مناطق مسکونی و صنعتی و همچنین ۶- معیار اجتماعی- اقتصادی با شاخص‌های جمعیّت، فقر و اقتصاد و عوامل نهادی و حقوقی در یک دوره زمانی ۲۰ ساله ۱۳۷۵تا ۱۳۹۵ در محیط GIS اجرا شد.

لازم به توضیح است که این شش معیار از فاکتورهای مهّم انسانی در مدل ایرانی IMDPA می‌باشند (۳۵ و ۳۶) که در پژوهش حاضر از این معیارها و شاخص‌ها به همراه جدول‌های امتیازدهی آنها جهت کمّی‌سازی اثراتشان برای هر یک از واحدهای مطالعاتی استفاده شد.

۱- معیار آب زیرزمینی GC

حوضه آبخیز دشت درگز بخشی از حوضه رسوبی هزار مسجد-کپه داغ است. از نظر وضعیّت منابع آبی این دشت دارای ۱۲۴ حلقه چاه عمیق، ۱۱۱ قنات دایر و ۲۵۲ چشمه دایر می‌باشد. آب مصرفی در بخش کشاورزی نیز در حدود ۶۹ میلیون متر مکعب است.

با توجه به اینکه فعالیّت اصلی ساکنان شهرستان درگز کشاورزی و دامداری است، لذا این فعالیّت‌ها و برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی باعث ایجاد مشکلاتی همچون افت سطح تراز آب و تغییر کیفیّت آب‌های زیرزمینی شده است. لذا جهت ارزیابی معیار آب زیرزمینی[1] از میانگین هندسی دو زیر معیار کمیّت[2] و کیفیّت آب زیرزمینی[3] استفاده شد.

ارزش‌دهی و پهنه‌بندی شاخص معیار کمّی براساس اطلاعات سطح تراز آب زیرزمینی چاه‌های پیزومتری و با استفاده از روش زمین‌آمار کریجینگ معمولی (۷و ۱۳) بدست آمد.

طبقه‌بندی نقشه به‌دست آمده برپایهٔ طبقه‌های خطر جدول ۱ صورت گرفت. به‌منظور بررسی روند تغییرات زیر معیار کیفیّت آب زیرزمینی از شاخص‌های کیفی هدایت الکتریکی آب، نسبت جذب سدیم و کلر در مدّت چهار دوره ۱۳۸۰-۱۳۷۵، ۱۳۸۵-۱۳۸۰، ۱۳۹۰-۱۳۸۵ و ۱۳۹۵-۱۳۹۰ استفاده شد (۷).

طبقه‌بندی و درجات طبقه خطر شاخص‌های دو زیر معیار کمّی و کیفی آب‌های زیرزمینی در جدول ۱ نشان داده شده است.

ارزیابی شدت تخریب از بُعد زیر معیار کیفّی منابع آب زیرزمینی بر اساس محاسبه میانگین هندسی مقادیر متوسط وزنی شاخص‌های هدایت الکتریکی، کلر و نسبت جذب سطحی سدیم طبق رابطه ۱ و ارزیابی شدت معیار آب زیرزمینی از رابطه ۲ به دست آمد. طبقه‌بندی و پهنه‌بندی شدت خطر بیابان‌زایی معیار آب زیرزمینی نیز برپایهٔ جدول ۲ انجام شد (۳۵ و ۳۶).

$$GQLI = [EC * SAR * Cl]^{1/3} \quad (۱)$$

در رابطه ۱ GQLI: زیر معیارکیفیّت آب زیرزمینی، EC: مقدار شوری آب، SAR: تغییرات نسبت جذب سدیم، Cl: تغییرات کلر

$$GC = [GQTI * GQLI]^{1/2} \quad (۲)$$

در این رابطه GC: معیار آب زیرزمینی، GQTI: زیرمعیار کمیّت آب زیرزمینی، GQLI: زیرمعیار کیفیّت آب زیرزمینی

[1] Groundwater Criteria
[2] Groundwater Quantity Index, GQTI
[3] Groundwater Quality Index, GQLI

جدول ۱. طبقه‌هایخطر شاخص معیار کمی و کیفی آب زیرزمینی (۳۵ و ۳۶)

درجهٔ خطر	طبقه خطر	معیار کمّی	معیار کیفی		
		شاخص سطح تراز آب زیرزمینی (سانتی‌متر در سال)	شاخص نسبت جذب سدیم	شاخص شوری آب (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	شاخص کلر (میلی‌گرم بر لیتر)
۱	بی‌خطر	عدم افت	۱۰-۰	۲۵۰-۰	۱۲۵-۰
۲	کم	۲۰-۰	۱۸-۱۰	۷۵۰-۲۵۰	۲۵۰-۱۲۵
۳	متوسط	۳۰-۲۰	۲۶-۱۸	۲۲۵۰-۷۵۰	۵۰۰-۲۵۰
۴	شدید	۵۰-۳۰	۳۲-۲۶	۵۰۰۰-۲۲۵۰	۱۵۰۰-۵۰۰
۵	خیلی شدید	≥ ۵۰	≥ ۳۲	≥ ۵۰۰۰	≥ ۱۵۰۰

جدول ۲. طبقه‌بندی شدت خطر بیابان‌زایی معیار آب زیرزمینی GC (۳۵ و ۳۶)

درجه خطر	طبقه خطر	امتیاز
۱	بی خطر	۱-۰
۲	کم	۱/۵ -۱
۳	متوسط	۲/۵-۱/۵
۴	شدید	۳/۵-۲/۵
۵	خیلی شدید	۴-۳/۵

۲- معیار آبیاری و زهکشی[1] IDC

شاخص‌های مورد بررسی در این معیار شامل روش آبیاری[2] و راندمان آبیاری[3] است. شاخص روش آبیاری شامل زیرشاخص‌های نوع سیستم آبیاری[4] و راهبری آبیاری[5] است و شاخص دوم راندمان آبیاری از زیر شاخص‌های راندمان انتقال، راندمان کاربردی و راندمان تولید برآورد می‌شود. امتیازدهی و طبقه‌بندی هر یک از شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها برپایه توصیف‌های جدول ۳ و با استفاده از بررسی‌های میدانی، نظر کارشناسان ادارهای اجرایی، دهیاران روستاها و همچنین پرسش‌نامه‌های محلی از کشاورزان و باغداران محاسبه و ارزش‌گذاری شد.

محاسبه و تهیه لایه اطلاعاتی شاخص روش آبیاری همانطور که قبل تر نیز اشاره شده است، از میانگین هندسی دو زیر شاخص نوع سیستم آبیاری و راهبری آبیاری در محیط GIS طبق رابطه زیر به‌دست آمد (۳۵ و ۳۶).

$$IM = [IST * IP]^{1/2} \quad (۳)$$

در این رابطه IM: روش آبیاری، IST: نوع سیستم آبیاری، IP: راهبری آبیاری

شاخص راندمان آبیاری IE

منظور از راندمان آبیاری نسبت حجم آب مصرفی مفید به حجم کل آب داده‌شده به زمین می‌باشد (۳۵ و ۳۶). لذا جهت بررسی این شاخص از زیرشاخص‌های راندمان انتقال، راندمان کاربردی، راندمان تولید استفاده و طبق رابطه ۸ محاسبه و برپایهٔ جدول ۲ در هر یک از واحدهای مطالعاتی ارزشگذاری شد.

[1] Irrigation and Drainage Criterion
[2] Irrigation Method
[3] Irrigation Efficiency
[4] Irrigation System Type
[5] Irrigation Policy

-زیر شاخص راندمان انتقال[1] CE

راندمان انتقال، مقدار آب‌رسیده به محل مصرف تقسیم بر مقدار آب منشعب شده از منبع آبی می‌باشد و با استفاده از رابطه ۴ به دست آمد (۳۵ و ۳۶).

$$CE = \frac{WS}{WS_0} \times 100 \quad (۴)$$

WS: مقدار آب رسیده به مزرعه، WSo: مقدار آب منشعب شده از منبع آبی و ورود به کانال، CE: راندمان انتقال

-زیر شاخص راندمان کاربردی یا راندمان در مزرعه[2] AE

این راندمان از رابطه ۵ به‌دست آمد (۳۵ و ۳۶).

$$AE = \frac{Wn}{Wa} \times 100 \quad (۵)$$

Wn: حجم آب ذخیره‌شده در ناحیه ریشه گیاه، W_a: حجم آبی است که تحویل مزرعه شده است یا همان کل آب ورودی به مزرعه است که رابطه ۶ محاسبه شد و AE: راندامان کاربردی است (۳۵ و ۳۶).

$$Wa = Wn \times Rf \times Df \quad (۶)$$

DF: مقدار آبی که به اعماق خاک فرورفته است، RF: جریان سطحی که به‌صورت زه‌آب از انتهای مزرعه خارج خواهد شد.

-زیر شاخص راندمان تولید یا راندمان مفید[3] WUE

مفهوم این است که مقدار تولید ماده خشک گیاه مورد نظر به ازای هر مترمکعب آب مصرف‌شده چه مقدار است. فرمول محاسباتی راندمان تولید طبق رابطه ۷ به دست آمد: (۳۵ و ۳۶).

$$WUE = \frac{M}{Wd} \times 100 \quad (۷)$$

WUE: کارایی مصرف آب برحسب kg/m^3، M: کل ماده خشک تولیدشده برحسب Kg، Wd: آب مصرف شده بر حسب m^3

پس از محاسبه مقدار کارایی هر یک از زیرشاخص‌ها، میانگین هندسی آنها در محیط GIS امکان تهیه نقشه راندمان آبیاری را فراهم می‌سازد (۳۵ و ۳۶) که طبق جدول ۳ و رابطه ۸ بیان شده است.

$$IE = [CE * AE * WUE]^{1/3} \quad (۸)$$

در این رابطه IE: راندمان آبیاری، CE: راندمان انتقال، AE: راندمان کاربردی، WUE: راندمان تولید

در پایان معیار آبیاری و زهکشی نیز در محیط GIS از میانگین هندسی دو شاخص روش آبیاری و راندمان آبیاری طبق رابطه ۹ محاسبه و لایه اطلاعاتی آن به‌دست آمد.

$$IDC = [IM * IE]^{1/2} \quad (۹)$$

در رابطهٔ فوق IDC: معیار آبیاری و زهکشی، IM: روش آبیاری، IE: راندمان آبیاری

شاخص دیگر در تعیین درجهٔ تأثیرگذاری فعالیّت کشاورزی در شدت بیابان‌زایی، عملکرد محصول‌های کشاورزی در مناطق گوناگون است. بدین ترتیب که هرچه عملکرد زیادتر باشد نشان‌دهندهٔ درجهٔبیشتر حاصلخیزی است و در نتیجه تأثیر کمتری بر روند بیابان‌زایی دارد و بالعکس هرچه درجه حاصلخیزی خاک کم باشد عملکرد محصولات کاهش یافته و در نتیجه بیانگر شرایط نامناسب کاشت و تأثیرگذاری بیشتر بر روند بیابان‌زایی خواهد داشت. لذا به منظور ارزیابی اثرات توسعه کشاورزی از شاخص‌های معیار کشاورزی[4] مانند الگوی کشت[5]، عملکرد محصولات[6] و کاربرد ماشین‌آلات کشاورزی[7] طبق جدول ۴ استفاده شد (۳ و ۳۶). با استفاده از رابطه ۱۰ معیار کشاورزی و اثر آن در شدت بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفت (۳ و ۳۶).

[1] Conveyance Efficiency
[2] Application Efficiency
[3] Water Use Efficiency, WUE
[4] Agricultural Criteria
[5] Agricultural Crop Pattern
[6] Crop Yield
[7] Application of Agricultural Machinery

جدول ۳. شاخص‌های ارزیابی معیار آبیاری و زهکشی IDC (۳۵ و ۳۶)

شاخص	زیرشاخص	تغییر غیرقابل ملاحظه	ناچیز	متوسط	شدید	بسیار شدید
		۰-۱	۱-۱/۵	۱/۵-۲/۵	۲/۵-۳/۵	۳/۵-۴
روش آبیاری IM	نوع سیستم آبیاری IST	سیستم تحت‌فشار مدرن متکی بر برنامه‌ریزی کامپیوتر	سیستم تحت‌فشار طبقه یک	سنتی مدرنیزه شده	سنتی با طراحی بهینه به صورت کرتی و نشتی	سنتی بدون طراحی بهینه
	راهبری آبیاری IP	راهبری مناسب، طراحی مطلوب و بهینه، سیستم مدرنیزه، شیوه آبیاری کاملاً مناسب	راهبری مناسب اما به دلیل طراحی نامطلوب، راندمان بالا نسبت شیوه آبیاری پیشرفته	شیوه آبیاری سنتی، طراحی مطلوب و مناسب و مدرنیزه، راندمان بالا، راهبری نسبتاً مناسب	شیوه آبیاری سنتی، طراحی نسبتاً مطلوب، راهبری و راندمان در حد نسبتاً مناسب	شیوه آبیاری سنتی، طراحی نامطلوب، راندمان پایین، شیوه آبیاری غلط، راهبری نامناسب
راندمان آبیاری IE	راندمان در مزرعه (٪) AE	>۶۰	۵۰-۶۰	۴۰-۵۰	۳۰-۴۰	<۳۰
	راندمان انتقال CE	>۸۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۳۰-۴۰	<۲۰
	راندمان تولید WUE	>۷۰	۵۵-۷۰	۴۰-۵۵	۲۵-۴۰	<۲۵

۳- معیار کشاورزی AC

شاخص دیگر در تعیین درجهٔ تأثیرگذاری فعالیّت کشاورزی در شدت بیابان‌زایی، عملکرد محصول‌های کشاورزی در مناطق گوناگون است. بدین ترتیب که هرچه عملکرد زیادتر باشد نشان‌دهندهٔ درجهٔبیشتر حاصلخیزی است و در نتیجه تأثیر کمتری بر روند بیابان‌زایی دارد و بالعکس هرچه درجه حاصلخیزی خاک کم باشد عملکرد محصولات کاهش یافته و در نتیجه بیانگر شرایط نامناسب کاشت و تأثیرگذاری بیشتر بر روند بیابان‌زایی خواهد داشت. لذا به منظور ارزیابی اثرات توسعه کشاورزی از شاخص‌های معیار کشاورزی[1] مانند الگوی کشت[2]، عملکرد محصولات[3] و کاربرد ماشین‌آلات کشاورزی[4] طبق جدول ۴ استفاده شد (۳ و ۳۶). با استفاده از رابطهٔ ۱۰ معیار کشاورزی و اثر آن در شدت بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفت (۳ و ۳۶).

$$AC = [ACP * CY * AM]^{1/3} \quad (۱۰)$$

در این رابطه AC: معیار کشاورزی، ACP: الگوی کشت، CY: عملکرد محصولات، AM: کاربرد ماشین آلات کشاورزی

۴-معیار خاک SC

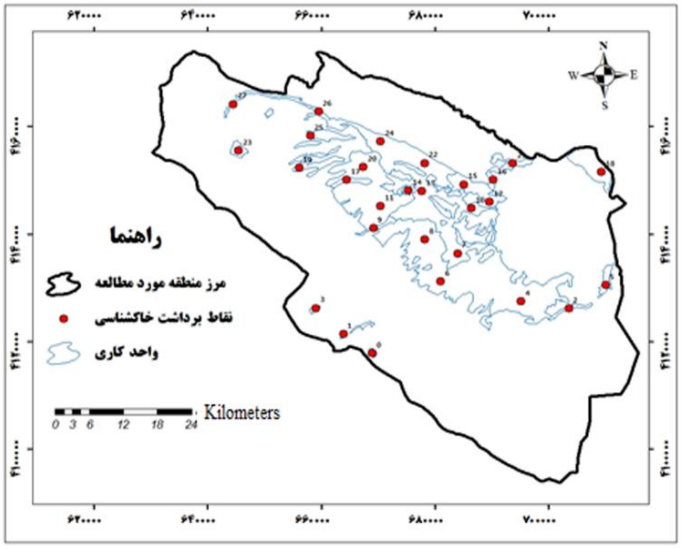
تخریب خاک درنتیجهٔ فعالیّت انسان، معضلی محیطی بوده و نقش عامل انسانی در پیدایش و تسریع این روند در بسیاری از مناطق مشخص‌شده است (۱۲). رشد سریع جمعیّت بشر و افزایش کشاورزی سبب تخریب بیشتر منابع آب‌وخاک شده است. از طرف دیگر بهسازی خاک بسیار وقت‌گیر و گران می‌باشد، بنابراین دانستن عوامل مؤثر در تخریب خاک و تأثیرهای آن بر بیابان‌زایی ضروری به نظر می‌رسد (۳۳). ارزیابی معیار خاک[5] برپایهٔ ارزشگذاری پنج شاخص بافت خاک[6]، عمق خاک[7]، مدیریت زمین[8]، نسبت جذب سدیم و شوری خاک و برپایهٔ جدول ۵ انجام شد (۳ و ۳۶). بدین منظور از اطلاعات ۲۸ نقطه نمونه زمینی که بصورت میدانی در کاربری‌های مختلف زراعی برداشت شده است، استفاده شد. اطلاعات حاصل از این نقاط با استفاده از روش زمین‌آمار کریجینگ معمولی (۷و ۱۳) امکان تهیه لایه اطلاعاتی خاک را فراهم کرد. شکل ۴ نقاط برداشت نمونه‌های خاک را در واحدهای مختلف کاری نشان می‌دهد.

[1] Agricultural Criteria
[2] Agricultural Crop Pattern
[3] Crop Yield
[4] Application of Agricultural Machinery

[5] Soil Criteria
[6] Texture
[7] Depth
[8] Land Management

جدول ۴. شاخص‌های معیار کشاورزی AI و نحوه امتیاز دهی طبقه تغییرات هریک از آنها (۳ و ۳۶)

شاخص ارزیابی	ناچیز و کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
	۰ -۱/۵	۱/۵ – ۲/۵	۲/۵ – ۳/۵	۳/۵ – ۴
الگوی کشتAC	باغات آبی و دیم	زراعت آبی و دیم مناسب	اراضی آیش	اراضی دیم نامناسب
عملکرد محصولاتCY	اراضی دشت با کشت دائمی	اراضی دشت با کشت موقت	اراضی مرتفع با کشت دائمی	اراضی مرتفع با کشت موقت
کاربرد ماشین‌آلاتAM	سنتی با کاربرد نهاده‌های درون مزرعه‌ای	سنتی با کاربرد نهاده‌های شیمیایی خارجی مزرعه	نیمه مکانیزه کاربرد متوسط نهاده‌های خارجی شیمیایی و ماشین‌آلات	تمام مکانیزه با کاربرد سنگین ماشین‌های نامناسب و مواد شیمیایی



شکل ۴. نقاط برداشت نمونه‌های خاک را در واحدهای مختلف کاری

نتیجه‌های حاصل از این نمونه‌ها در آزمایشگاه خاک دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد به دست آمد که برپایهٔ جدول ۵ برای طبقه‌بندی هریک از شاخص‌های معیار خاک مورد استفاده قرار گرفت. با بهره‌گیری از رابطه ۱۱ لایه اطلاعاتی معیار خاک که بیانگر شدّت بیابان‌زایی خاک اراضی کشاورزی است، به‌دست آمد (۳ و ۳۶).

$$SC = [T * EC * SAR * D * LM]^{1/5} \quad (11)$$

در این رابطه SC: معیار خاک، T: بافت خاک، EC: شوری خاک، SAR: نسبت جذب سدیم در خاک، D: عمق خاک، LM: مدیریت زمین

جدول ۵. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک SC در شدت بیابان‌زایی (۳ و ۳۶)

طبقه بیابان‌زایی	ناچیز و کم	متوسط	شدید	خیلی شدید
شاخص	۰ -۱/۵	۱/۵ – ۲/۵	۲/۵ – ۳/۵	۳/۵ – ۴
بافت خاک T	سنگین با بافت رسی و لومی رسی	متوسط با بافت لومی ریز	سبک با بافت لومی درشت	بافت درشت شنی و لوم شنی
شوری خاک EC (دسی زیمنس بر متر)	<۴	۴-۸	۸-۱۶	>۱۶
نسبت جذب سدیم SAR	<۱۳	۱۳-۳۰	۳۰-۷۰	>۷۰
عمق خاک (سانتی‌متر) D	>۸۰	۵۰-۸۰	۲۰-۵۰	>۲۰
مدیریت زمین LM	شخم کلوخه‌ها عمود برجهت باد-استفاده از خیش‌های مناسب	شخم موازی با جهت باد-مقدار کلوخه‌ای شدن خاک کم	مقدار کلوخه‌ای شدن خاک بسیار کم است-خاک تحت دیسک	ساختمان خاک پودری و امکان تشکیل کلوخه محدود

۵-معیار اجتماعی- اقتصادی SeC

تغییر کاربری اراضی یکی از فاکتورهای مهّم در بررسی اثرات فعالیّت‌های انسانی در تخریب سرزمین و بیابان‌زایی است. در این راستا افزایش جمعیّت شاید مهّم‌ترین عامل تخریب سرزمین در چند دهۀ گذشته در ایران به شمارآید (۳).

برای ارزش‌دهی به این شاخص‌ها آمار و اطلاعات موردنیاز از اداره‌های مربوطه جمع‌آوری شد. مقدار رشد جمعیّت[1] طبق رابطه ۱۲ محاسبه شد. در این رابطه مقدار افزایش جمعیّت یک منطقه در مدّت معین معمولاً یک سال، نسبت به هزار یا صد نفر از جمعیّت همان منطقه محاسبه می‌شود (۳، ۲۲ و ۲۵). شاخص‌های ارزیابی معیار اجتماعی- اقتصادی[2] مؤثر بر افزایش شدت بیابان‌زایی در جدول ۶ نشان داده شده است.

شاخص فقر و اقتصاد[3] با توجه به شرایط اقتصادی حاکم بر منطقه و فاکتور نهادی و حقوقی[4] نیز که مربوط به مالکیت اراضی زراعی کشاورزان منطقه است، برپایۀ گزارشات رسمی فرمانداری و جهاد کشاورزی شهرستان درگز (۲۰) محاسبه و طبق جدول ۶ برای هر یک از واحدهای کاری که همان اراضی کشاورزی است، ارزشگذاری شد (۳ و ۳۶).

$$r = (p(t_1)/p(t_2))^{0.1} - 1 \qquad (۱۲)$$

در این رابطه p: تعداد جمعیّت، t_1 و t_2 : دوره زمانی اول و دوم، r: مقدار رشد جمعیّت

با استفاده از رابطه ۱۳ معیار اجتماعی- اقتصادی و اثر آن در شدت بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$SeC = [P * PE * ILF]^{1/3} \qquad (۱۳)$$

در رابطه فوق SeC: معیار اجتماعی-اقتصادی، P: جمعیّت، PE: فقر و اقتصاد، ILF: فاکتورهای نهادی و حقوقی

۶-معیار توسعه شهری- صنعتی URD

برای بررسی تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه ماهواره لندست ۸ در بازه زمانی ۱۰ ساله مربوط به سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ استفاده شد. علّت انتخاب این سال‌ها تغییرات سه تا پنج ساله تغییرات پوشش اراضی و همچنین وجود تصاویر در سایت USGS[5] بوده است. داده‌های گرفته‌شده سال ۲۰۱۵ با استفاده از ۶۲ نقطه کنترل زمینی که با استفاده از GPS[6] در واحدهای مختلف زمین برداشت شده بود، با جذر میانگین مربعات خطای ۰/۸۷۷ زمین مرجع شد. تصاویر سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۰۵ نیز به صورت تصویر به تصویر و برپایۀ تصویر ژئورفرانس سال ۲۰۱۵ و با خطای جذر میانگین مربعات ۰/۵۰۶ زمین مرجع شدند.

لازم به توضیح است که تصاویر نیاز به تصحصیات رادیومتریک نداشتند. پس از تصحیح هندسی، تصاویر طبق روش طبقه‌بندی نظارت شده و روش حداکثر احتمال و برپایۀ نقشه‌های توپوگرافی، بازدیدهای میدانی و نقشه کاربری اراضی موجود در ۴ طبقه و طبقه کاربری شامل اراضی کشاورزی، اراضی مسکونی، اراضی مرتعی و جنگلی و اراضی بدون پوشش با برونزدسنگی طبقه‌بندی شدند. این روش توسط بسیاری از محققان به‌عنوان بهترین الگوریتم طبقه‌بندی کننده تعیین شده است (۵، ۳۶). صحّت زمینی هر یک از تصاویر طبقه‌بندی شده با استفاده از مقادیر شاخص کاپا و دقّت کلّی محاسبه شد (۱۱).

معیار توسعه صنعتی- شهری[7] و اثر آن در شدت بیابان‌زایی با استفاده از رابطه ۱۴ (۳) و با استفاده از میانگین هندسی شاخص‌های تبدیل اراضی باغی و زراعی به مسکونی و صنعتی[8] و شاخص تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به مسکونی، صنعتی و کشاورزی[9] به‌دست آمد (۳). شاخص‌های ارزیابی معیار توسعه صنعتی- شهری در جدول ۷ نشان‌داده شده است.

[1] Population
[2] Socio-economic Criteria
[3] Poverty and Economic Index
[4] Institutional and Legal Factors

[5] United States Geological Survey
[6] Global Positioning System
[7] Urban and Industrial Development Criteria
[8] Conversion of orchard and agricultural lands into residential and industrial areas
[9] Conversion of rangeland and forest areas into residential and industrial areas

جدول ۶. شاخص‌های ارزیابی معیار اجتماعی- اقتصادی SeC در شدّت بیابان‌زایی (۳ و ۳۶)

شاخص	زیر شاخص	ناچیز و کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
		۰ -۱/۵	۱/۵ – ۲/۵	۲/۵ – ۳/۵	۳/۵ – ۴
جمعیّت P	نرخ رشد	<٪۱	٪۲-۱	٪۳-۲	> ٪۳
فقر و اقتصاد PE	فقر و محرومیت نوع بهره‌برداری و بازده مالکیت	بالای خط فقر بازده مناسب انفرادی	برابر خط فقر بهره‌برداری سنتی مشاع	٪۵۰ > زیر خط فقر تراکم دام زیاد دولتی	محرومیت سوخت + دام نا متعادل نامشخص
فاکتورهای نهادی و حقوقی ILF	تعارض	رعایت عرف	روستائیان با یکدیگر	روستائیان با عشایر	تعارض با قانون و دستگاه اجرایی

$$UID = [CRFE * COARI]^{1/2} \quad (۱۴)$$

در رابطه ۱۴ UID: معیار توسعه صنعتی-شهری، CRFR: تبدیل اراضی باغی و زراعی به مسکونی و صنعتی، COARI: تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به مسکونی، صنعتی و کشاورزی

ارزیابی شدّت خطر بیابان‌زایی ناشی از توسعه کشاورزی در دشت درگز DIM

به کمک سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از خوارزمیک (الگوریتم) میانگین هندسی، تمامی لایه‌های اطلاعاتی به دست آمده از معیارهای مختلف اشاره شده که دارای فرمت رستری می‌باشند در یک دیگر ضرب و نقشه نهایی که همان نقشه شدت خطر بیابان‌زایی است، به‌دست آمد.

لازم به توضیح است که لایه اطلاعاتی هر یک از معیارها در چهار طبقه کم و ناچیز، متوسط، شدید و خیلی شدید با توجه به مدل IMDPA، طبقه‌بندی شده‌اند و در نهایت نقشه نهایی شدت خطر بیابان‌زایی نیز در چهار طبقه ارزشی طبق مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل شدت بیابان‌زایی طبقه‌بندی شد. میانگین هندسی معیارهای ۶ گانه ارزیابی شدت خطر بیابان‌زایی ناشی از توسعه اراضی کشاورزی بر اساس رابطه ۱۵ به دست آمد (۳، ۷ و ۳۶).

$$DIM = [GC * IDC * AC * SC * SeC * UID]^{1/7} \quad (۱۵)$$

در این رابطه GC: معیار آب زیرزمینی، IDC: معیار آبیاری و زهکشی، AC: معیار کشاورزی، SC: معیار خاک، SeC: معیار اقتصادی-اجتماعی UID: معیار توسعه صنعتی-شهری، DIM: نقشه بیابان‌زایی ناشی از توسعه کشاورزی.

در پایان با استفاده از نقشهٔ به‌دست‌آمده از حاصل‌ضرب لایه‌های اطلاعاتی هر یک از معیارها در محیط GIS و تطابق طبقه‌های آن با جدول (۸) طبقه بیابان‌زایی نقشه نهایی در منطقه مورد مطالعه تعیین شد.

جدول ۷. شاخص‌های ارزیابی معیار توسعه صنعتی- شهری UID در شدّت بیابان‌زایی (۳)

شاخص ارزیابی	ناچیز و کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
	۰ -۱/۵	۱/۵ – ۲/۵	۲/۵ – ۳/۵	۳/۵ – ۴
تبدیل اراضی باغی و زراعی اطراف شهرها به مسکونی و صنعتی در سال (درصد) در محدوده اراضی به وسعت یک کیلومتر مربع CRFR	کمتر از ۱	۲-۱ درصد	۵-۲ درصد	بیش از ۵ درصد
تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به شهری و صنعتی و یا کشاورزی نامناسب (درصد) در محدوده اراضی به وسعت یک کیلومتر مربع COARI	کمتر از ۰/۱	۰/۱-۰/۲	۰/۲-۰/۵	بیشتر از ۰/۵

بررسی مقدار انطباق و صحّت نقشه نهایی شدت بیابان‌زایی با واقعیّت زمینی

برای ارزیابی صحّت نقشه نهایی با واقعیت زمینی، از آزمون ناپارامتری من-ویتنی و با اطلاعات ۳۰ نقطه شاهد زمینی استفاده شد. در آزمون ناپارامتری من-ویتنی، مقدار انطباق طبقه‌های شدت بیابان‌زایی نقشه نهایی با اطلاعات شواهد زمینی که بر پایهٔ نظرهای کارشناسی است به صورت زوجی مقایسه می‌شود.

نتایج این آزمون، بین ۱ و ۱- متغیر است و چنانچه جواب نقشه نهایی بزرگتر از نظر کارشناسی و واقعیّت زمینی باشد عدد ۱ و اگر کوچکتر از واقعیّت زمینی باشد عدد ۱- و در صورت یکسان بودن نتایج، صفر درنظر گرفته خواهد شد (۱، ۳ و ۲۱).

برای نمونه اگر نقطه A در نقشه پایانی شدت بیابان‌زایی ناشی از توسعه کشاورزی، دارای طبقهٔ زیاد باشد ولی واقعیّت زمینی آثار تخریب شدت بیابان‌زایی آن نقطه طبق نظر کارشناسی در حد متوسط ارزیابی شود، عدد ۱ در نظر گرفته می‌شود و اگر شرایط زمینی آن نقطه از نظر فاکتورهای محیطی رو به تخریب بسیار شدید برآورد شود عدد ۱- و اگر شرایط هر دو نقطه، در نقشه نهایی و واقعیّت زمینی یکسان باشد عدد صفر لحاظ خواهد شد.

■ نتایج

همانطور که قبل‌تر نیز اشاره شد، این پژوهش با هدف اصلی ارزیابی اثرات عوامل مهّم در شدت بیابان‌زایی ناشی از توسعه کشاورزی در شمال شرق استان خراسان رضوی که یکی از قطب‌های کشاورزی این استان می‌باشد، انجام شد. نتایج نشان داد که مهّم‌ترین معیارهای انسانی مؤثر بر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه به ترتیب معیارهای آبیاری و زهکشی با ارزش عددی ۳/۱۲، معیار خاک با ارزش ۲/۲۷، معیار کشاورزی ۲/۰۹، معیار توسعه شهری- صنعتی ۱/۹۳، معیار اجتماعی- اقتصادی ۱/۳۴ و معیار آب‌های زیرزمینی با ارزش عددی ۱/۷۲ بوده و بیشترین تاثیر را در توسعه شدت بیابان‌زایی ناشی از توسعه کشاورزی در شهرستان درگز داشته‌اند. به‌طوریکه از منظر معیار آبیاری و زهکشی بیشتر شاخص‌ها موجب شدیدتر شدن شرایط بحرانی و گسترش بیابان‌زایی در اراضی کشاورزی شده است.

در معیار خاک، عمق، بافت و شوری خاک مهّم‌ترین شاخص به شمار می‌روند. در بررسی معیار کشاورزی، شاخص عملکرد محصول بیشتر از دیگر شاخص‌ها متأثر از شرایط بحرانی بوده است.

شاخص تبدیل کاربری اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی کشاورزی و مسکونی مهّم‌ترین شاخص معرفی شد. از نظر معیار اجتماعی- اقتصادی شاخص‌های مورد بررسی اثر قابل توجهی را در شدّت بیابان‌زایی اراضی کشاورزی نداشته است.

به‌منظور نمایش و مقایسه آنالیز کمّی معیارها و شاخص‌ها، مساحت، درصد فراوانی نسبی و طبقات هر یک از معیارها و شاخص‌های مؤثر بر شدت بیابان‌زایی در جدول ۹ نشان داده شده است. علاوه بر آن ارزش کمّی، طبقه و همچنین طبقه شدت بیابان‌زایی هر یک از معیارها نیز در جدول ۱۰ بیان شده است.

جدول ۸. طبقه‌بندی طبقه‌های بیابان‌زایی اثرات کشاورزی DIM (۳ و ۳۶)

طبقه	دامنه اعداد	علامت
کم و ناچیز	۰ -۱/۵	I
متوسط	۱/۵ – ۲/۵	II
شدید	۲/۵ – ۳/۵	III
خیلی شدید	۳/۵ – ۴	IV

جدول ۹. مساحت، درصد فراوانی نسبی و طبقات هر یک از معیارها و شاخص‌های مؤثر بر شدت بیابان‌زایی

معیار	شاخص/ زیر شاخص	طبقه/کلاس	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی
معیار آب زیرزمینی GC	کمیّت آب زیرزمینی GQTI	کم و ناچیز	۶۶۶۶۳/۷	۹۱/۸۵
		متوسط	۵۷۷۸/۲	۸/۱۵
	کیفیّت آب زیرزمینی GQLI	متوسط	۶۰۱۸۲/۲	۸۲/۹۷
		شدید	۹۶۷۱/۶	۱۷/۰۳
معیار آبیاری و زهکشی IDC	روش آبیاری IM — نوع سیستم آبیاری IST	کم و ناچیز	۲۱۵۰۰/۴	۲۹/۶۲
		متوسط	۳۰۴۴۳/۵	۴/۱۰
		شدید	۸۳۶۶/۶	۱۱/۵۳
		بسیار شدید	۴۲۷۰۹/۵	۵۴/۸۵
	راهبری آبیاری IP	کم و ناچیز	۲۴۱۷۳/۸	۳۳/۳
		متوسط	۸۸۰۴/۵	۹/۶
		شدید	۱۸۸۸/۷	۴/۶
		بسیار شدید	۳۸۱۲۳/۲	۵۲/۵
	راندمان آبیاری IE — راندمان در مزرعه AE	کم و ناچیز	۲۰۷۵۲/۷	۲۸/۵۹
		متوسط	۲۰۳۱/۸	۲/۸۰
		شدید	۶۱۸۰/۶	۸/۵۲
		بسیار شدید	۴۳۷۸۵/۹	۶۰/۲۴
	راندمان انتقال CE	کم و ناچیز	۲۹۱۰/۷	۴/۰۱
		متوسط	۸۸۲/۳	۱/۲۲
		شدید	۳۴۲۳/۲	۳۴/۶۹
		بسیار شدید	۴۳۶۱۱/۳	۶۰/۰۸
	راندمان تولید WUE	کم و ناچیز	۲۴۹۳۶/۶	۳۴/۳۵
		متوسط	۴۴۸۴۹/۳	۶۱/۸۰
		بسیار شدید	۲۷۹۰/۶	۳/۸۵
معیار کشاورزی AC	الگوی کشت AC	کم و ناچیز	۱۸۸۸/۷۱۵	۲/۶۰
		متوسط	۷۰۶۸۷/۷۶	۹۷/۴۰
	عملکرد محصول CY	کم و ناچیز	۲۸۷۲۹/۱	۱/۶
		متوسط	۴۲۷۰۹/۵	۳۹/۶
		شدید	۱۱۳۷/۹	۵۸/۸
	کاربرد مکانیزاسیون و نهاده‌های کشاورزی AM	کم و ناچیز	۴۹۱۸۷/۴	۶/۰۱
		متوسط	۱۸۸۸/۷	۲۶/۶
		شدید	۲۱۵۰۰/۴	۶۷/۸
معیار اجتماعی- اقتصادی SeC	نرخ رشد r — جمعیّت P	کم و ناچیز	۴۳۵۲۰/۰	۶۰
		متوسط	۲۷۳۵۳/۹	۳۷/۷
		شدید	۱۷۰۲/۵	۲/۳
	نوع بهره‌برداری و بازده	کم و ناچیز	۵۷۷۸۱/۱	۷۹/۶
		متوسط	۱۴۷۹۵/۳	۲۰/۴
	فاکتورهای نهادی و حقوقی ILF — مالکیّت	کم و ناچیز	۶۴۱۹۰/۱	۸۸/۴
		شدید	۸۳۸۵/۸	۱۱/۶
معیار خاک SC	بافت خاک T	متوسط	۸۲۴/۰	۱/۳
		شدید	۷۱۵۹۸/۷	۹۸/۷
	شوری خاک (دسی زیمنس برمتر) EC	متوسط	۱۲۱۰/۱	۱/۸
		شدید	۷۱۲۳۵/۷	۹۸/۲
	عمق خاک D	متوسط	۳۷۵۰۲/۳	۵۱/۷
		شدید	۳۴۹۱۶/۸	۴۸/۳
	مدیریت زمین LM	متوسط	۶۸۹۹۵/۴	۹۵/۱
		شدید	۳۴۳۸/۹	۴/۹
معیار توسعه صنعتی-شهری URD	تبدیل اراضی باغی و زراعی به مسکونی و صنعتی CRFR	کم و ناچیز	۷۲۵۷۶	۱۰۰
	تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به شهری، صنعتی و یا کشاورزی COARI	کم و ناچیز	۱۸۲۷۹/۸	۲۵/۲
		متوسط	۴۹۸۹۸/۶	۶۸/۷
		شدید	۴۱۰۶/۲	۵/۷
		بسیار شدید	۲۹۱/۳	۰/۴

جدول ۱۰. مساحت، درصد فراوانی نسبی، ارزش کمّی و همچنین طبقه و طبقه بیابان‌زایی هر معیار

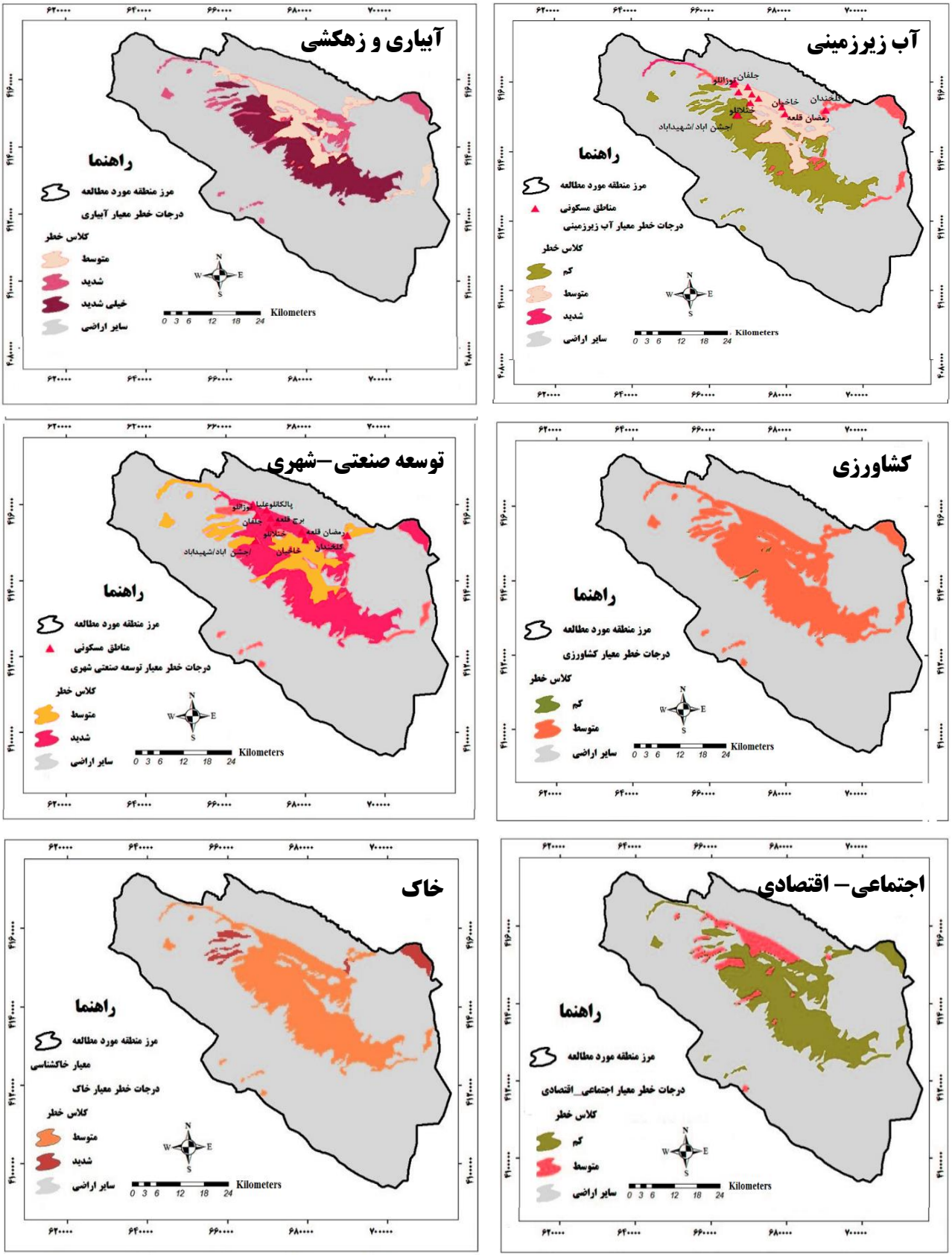
معیار	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی	ارزش کمّی معیار	طبقه و طبقه ارزش معیار از نظر شدت بیابان‌زایی
معیار آب زیرزمینی GC	کم	۲۵۴۷۷/۵	۳۱/۲۵	۱/۷۲	متوسط
	متوسط	۴۵۱۷۳/۲	۶۵/۶۰		
	شدید	۱۷۷۸/۲	۳/۱۵		
معیار آبیاری و زهکشی IDC	متوسط	۲۰۴۹۶/۶	۲۹/۲۴	۳/۱۲	شدید
	شدید	۱۱۶۲۵/۹	۱۶/۷۱		
	بسیار شدید	۳۷۰۴۷/۰	۵۴/۰۵		
معیار کشاورزی AC	کم و ناچیز	۳۸۰۶/۹	۴/۹	۲/۰۹	متوسط
	متوسط	۶۹۳۸۹/۷	۹۵/۱		
معیار اجتماعی- اقتصادیSeC	کم و ناچیز	۶۲۲۸۱/۲	۸۶/۱	۱/۳۴	کم و ناچیز
	متوسط	۱۰۰۷۲/۲	۱۳/۹		
معیار خاک SC	متوسط	۶۶۲۵۷/۶	۹۱/۷	۲/۲۷	متوسط
	شدید	۶۱۵۳/۹	۸/۳		
معیار توسعه صنعتی- شهری URD	متوسط	۲۳۹۸۱/۴	۳۴/۴	۱/۹۳	متوسط
	شدید	۴۸۳۳۱/۰	۶۵/۶		

نتایج حاصل از میانگین هندسی شاخص‌های هر یک از معیارهای آبیاری و زهکشی، آب زیرزمینی، کشاورزی، توسعه صنعتی- شهری، اجتماعی- اقتصادی و خاک نیز در شکل ۵ نشان داده شده است.

فرآیند محاسبهٔ امتیاز هر یک از معیارها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با دستور ZONAL STATISTICAL انجام شد.

ترکیب لایه‌های اطلاعاتی تولید شده برای هر یک از معیارها در محیط GIS و طبق رابطه ۱۵ منجر به تهیه نقشه نهایی شدت خطر بیابان‌زایی شد. مساحت و درصد فراوانی نسبی هر یک از طبقات شدت بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه در جدول ۱۱ و نقشه نهایی شدت خطر بیابان‌زایی ناشی از توسعه اراضی کشاورزی در شکل ۶ نشان داده شده است.

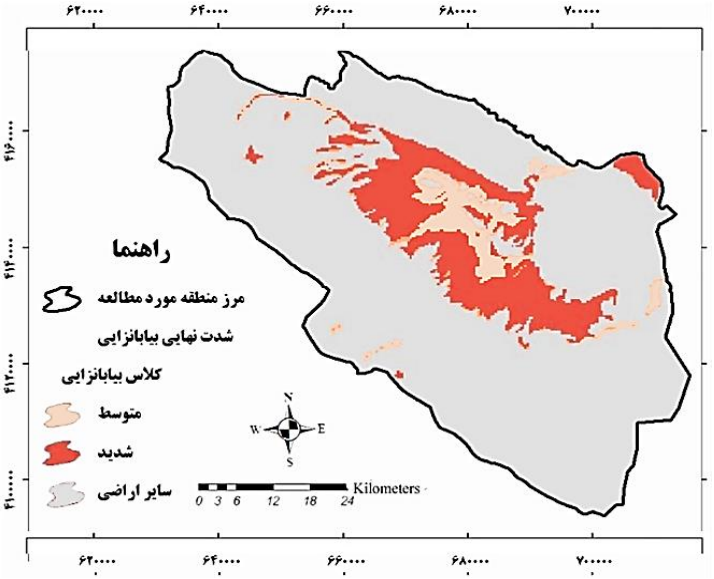
صحّت‌سنجی طبقه‌های بیابان‌زایی نقشه نهایی با حقایق زمینی نشان داد که مدل با واقعیّت زمینی در سطح اطمینان ۵ درصد ($P<$ ۰/۵۷۵) اختلاف معنی‌داری ندارد.



شکل ۵. نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی معیارهای شش گانه در دشت درگز

جدول ۱۱. مساحت و درصد فراوانی نسبی طبقات شدّت خطر بیابان‌زایی در دشت درگز

	طبقات	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی
طبقه‌های شدت خطر بیابان‌زایی	متوسط	۱۶۰۷۲/۸	۲۳/۱
	شدید	۵۳۵۹۲/۹	۷۶/۹



شکل ۶. نقشه نهایی شدت خطر بیابان‌زایی ناشی از توسعه اراضی کشاورزی در دشت درگز

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

تفسیر تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه جهت بررسی توسعه اراضی صنعتی- شهری و تبدیل کاربری اراضی طبیعی به کشاورزی و مسکونی نشان داد که نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده از صحّت بالایی برخوردارند. دقّت قابل‌قبول طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ بیشتر از ۸۵ درصد برآورد شد (۱). نتایج حاصل از این بررسی در جدول ۱۲ ارائه شده است. مقدار مساحت و درصد تغییرات طبقه‌های کاربری اراضی از مرتعی و جنگلی به اراضی کشاورزی و مسکونی در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

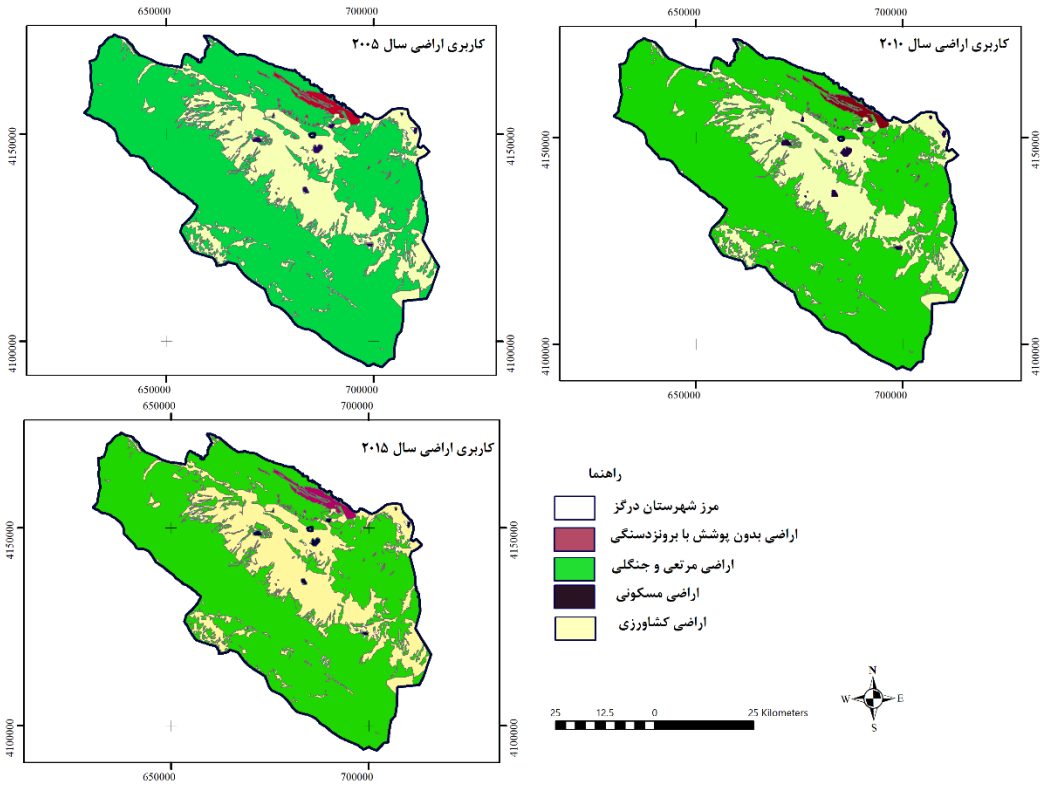
نتایج نشان داد که در طی مدت ۱۰ سال گذشته بیش از ۷۰۰۰ هکتار از اراضی طبیعی به اراضی کشاورزی و مسکونی تبدیل شده است. بطوریکه این تغییرات در مدت سال ها ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ بیشتر از سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ بوده است. روند تغییرات کاربری اراضی در مدت ۱۰ سال ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۵ در شکل ۷ نشان داده شده است.

جدول ۱۲. نتایج حاصل از بررسی صحّت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

نقشه کاربری اراضی	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵
اراضی مرتعی و جنگلی	۲۷۷۴۲۳	۲۷۴۴۵۱	۲۷۰۱۵۴
اراضی کشاورزی	۹۴۱۰۲	۹۷۰۲۵	۱۰۱۱۹۲
اراضی بدون پوشش با برونزدسنگی	۴۸۸۲	۴۸۸۲	۴۸۸۲
اراضی مسکونی	۱۲۲۳	۱۲۷۲	۱۴۰۲
دقّت کلّی	۰/۹۲۵	۰/۹۱۸	۰/۹۱۱
شاخص کاپا	۰/۸۷۰	۰/۸۶۵	۰/۸۵۱

جدول ۱۳. جدول تغییرات طبقه‌های کاربری اراضی در مدت ۱۰ سال-۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵

کاربری اراضی / سال	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵	مقدار تغییرات ۲۰۱۰-۲۰۰۵		مقدار تغییرات ۲۰۱۵-۲۰۱۰		مقدار تغییرات ۲۰۱۵-۲۰۰۵	
				مساحت-هکتار	درصد	مساحت-هکتار	درصد	مساحت-هکتار	درصد
اراضی مرتعی و جنگلی	۲۷۷۴۲۳	۲۷۴۴۵۱	۲۷۰۱۵۴	-۲۹۷۲	۱/۰۷	-۴۲۹۷	۱/۵۷	-۷۲۶۹	۲/۶۲
اراضی کشاورزی	۹۴۱۰۲	۹۷۰۲۵	۱۰۱۱۹۲	۲۹۲۳	۳/۱۱	۴۱۶۷	۴/۲۹	۷۰۹۰	۷/۵۳
اراضی بدون پوشش با برونزده سنگی	۴۸۸۲	۴۸۸۲	۴۸۸۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اراضی مسکونی	۱۲۲۳	۱۲۷۲	۱۴۰۲	۴۹	۴/۰۱	۱۳۰	۱۰/۲۲	۱۷۹	۱۴/۶۴



شکل ۷. نقشه روند تغییرات کاربری اراضی دشت درگز در مدت ۱۵ سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵

■ بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر برای ارزیابی و نقشه‌بندی شدت بیابان‌زایی در اراضی کشاورزی شهرستان درگز از مدل IMDPA استفاده شد. برپایهٔ یافته‌های به‌دست آمده مشخص شد که اراضی کشاورزی به دلیل فعالیّت‌های انسانی در معرض خطر بیابان‌زایی قرار دارد و در شرایط بحرانی است. به‌طوریکه در حدود ۷۷ درصد این اراضی بویژه بخش‌های جنوبی تا بخش‌هایی از مناطق غربی و شمال غربی منطقه از نظر طبقه خطر بیابان‌زایی، در طبقه شدید قرار گرفته است. داوری و همکاران در مطالعات خود در دشت قاسم آباد بجستان و پهلوان‌روی و بحرینی در منطقه بوردخون بوشهر نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند و مطالعات آنان نیز حاکی از تاثیر فعالیت‌های انسانی در افزایش شدت بیابان‌زایی اراضی کشاورزی بوده است. (۹ و ۱۶). با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته از بین عوامل و معیارهای انسانی بیابان‌زایی

در منطقه مورد مطالعه، اثر معیارآبیاری و زهکشی با میانگین وزنی ۳/۱۲ بیش‌ترین تاثیر را در بین شش معیار مورد بررسی دارا بوده است که لزوم توجه جدی به این معیار را برای جلوگیری از توسعه بیابان‌زایی یا تخریب اراضی نشان می‌دهد. یافته‌های حاصل از دو پژوهش انجام شده در بوشهر وکاشان ایران نیز کاهش بازدهی محصولات کشاورزی به دلیل استفاده از آبیاری سنتی وگهگاه شور و هدر رفت زیاد آب را عامل مهّم تخریب خاک و بیابان‌زایی دانسته که نتایج پژوهش حاضر نیز با یافته‌های مطالعات اشاره شده همخوانی دارد (۱۷ و ۲۸). معیار شور شدن خاک با میانگین وزنی ۲/۲۷ بعد از معیار آبیاری و زهکشی موثرترین معیار در شدت خطر بیابان‌زایی در اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه بوده است که نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج حاصل از بررسی‌ها (۳، ۱۵ و ۱۷) مطابقت داشته است. البته در برخی از بررسی‌ها نیز یافته‌ها دارای مغایرت بوده اند (۳۳)، که علّت اصلی آن می‌تواند به دلیل استفاده از روش‌های صحیح مدیریتی باشد. نتایج معیار خاک نشان داد که مقدار شوری خاک از گذشته تا کنون در حال افزایش بوده است. این تغییرات در بخش‌های شرقی منطقه به وضوح قابل مشاهده است که برپایهٔ نظر کارشناسان ادارات اجرایی، علّت آن آبیاری با آب دارای شوری زیاد بوده است (۲۰)، بطوریکه درصد فراوانی نسبی طبقه شدید هدایت الکتریکی خاک از حدود ۱/۸ درصد در سال ۱۳۸۶ به ۸/۲ درصد در سال ۱۳۹۶ افزایش‌یافته است. مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی نیز در قسمت‌های شرقی منطقه در طبقه شدید و گاهاً خیلی شدید قرار گرفت که این مقدار بیشترین مساحت منطقه از لحاظ مقدار هدایت الکتریکی را شامل می‌شود. این نتایج بیانگر هشدار اولیه و زنگ خطری برای منطقه و شوری خاک درنتیجه آبیاری با آب شور است، دیگر پژوهش‌ها نتیجه‌های مشابهی ارائه کردند (۱۳، ۳۴ و ۳۵). از نظر بهره‌برداری بیش از اندازه از سفره‌های آب زیرزمینی در منطقه، یافته_ها بیانگرآن است که مقدار افت آب زیرزمینی در بخش‌های غربی و شمال غربی دارای بیشترین مقدار است و علّت اصلی آن حفر چاه‌های عمیق و بدون مجوز و برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی می‌باشد (۲، ۳، ۱۳، ۳۳ و ۳۵). کیفیّت آب زیرزمینی تقریباً در تمامی منطقه بخصوص بخش‌های شمال شرقی از سطح کیفی پایینی برخوردار است که این شرایط با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و تغییر پارامترهای اقلیمی در مدیریت منابع آب باید به‌عنوان یک اولوّیت در تمام ادارات و سازمان‌های مربوط قرار گیرد. مقدار شاخص کاپای حاصل از بررسی درستی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵ قابلیت بالای اعتماد به این نقشه‌ها را نشان می‌دهد. در این مطالعه، از نقشه‌های کاربری اراضی چند زمانه حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای جهت انجام فرآیندهای آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات استفاده شد. فرآیند آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی مورد مطالعه نشان داد در مدت ۱۰ سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ مساحتی بیش از ۷۰۰۰ هکتار از اراضی طبیعی به کشاورزی، مسکونی و صنعتی تغییر کاربری داده که به ترتیب مقدار درصد تغییرات کاربری اراضی بوجود آمده ناشی از توسعه کشاورزی معادل ۹۸ درصد و توسعه مسکونی- صنعتی نیز معادل ۲ درصد بوده است. این موضوع نشان داد که توسعه شدید و نامتوازن اراضی کشاورزی در دشت درگز صورت گرفته و همچنان این روند ادامه دارد. این مطلب بیانگر آن است که اراضی جنگلی و مرتعی در منطقه مورد مطالعه، باگذشت زمان روند کاهشی داشته به‌طوریکه مساحتی بالغ بر ۷۲۰۰ هکتار از این اراضی در طی ۱۰ سال گذشته با تغییر کاربری روبرو شده است. لذا بایستی برای حفظ این منابع ارزشمند و نیز جبران سوء مدیریتی که تاکنون نسبت به این موضوع رخ داده چاره‌ای اساسی و در راستای مدیریت پایدار زمین لحاظ گردد. البته این مقدار توسعه نیز نیاز به اجرای فرآیندهای برنامه‌ریزی و طراحی دقیق کاربری‌های اراضی در منطقه داشته است تا هرگونه توسعه ازجمله مناطق مسکونی، در محل‌های مناسب و با طراحی و برنامه‌ریزی اصولی انجام شوند. پژوهشات انجام شده در سایر مناطق نیز نتایج مشابهی را اعلام نموده‌اند (۳۲). بطوریکه نتایج تحقیقی جهت بررسی روند تغییرات پوشش اراضی منطقه حفاظت‌شده ارسباران نشان داد که کاهش مساحت در وسعت اراضی جنگلی و مرتعی حساس

منطقه ارسباران در بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ قابل مشاهده و چشم‌گیر بوده و این روند بسیار نگران‌کننده بوده است.

با توجه به هدف اصلی این پژوهش، نتایج به‌دست آمده بیانگر تخریب خاک، شور شدن خاک، کاهش سطح تراز آب‌های زیرزمینی در نتیجه توسعه اراضی کشاورزی در شهرستان درگز بوده است. به‌طوریکه به دلیل فعالیّت اصلی مردم منطقه مورد مطالعه که کشاورزی و دامداری است، تغییرات کاربری‌های طبیعی به اراضی کشاورزی و مسکونی در ۱۰ سال گذشته شدت گرفته است که این موضوع به تخریب بیشتر اراضی کشاورزی منجر شده است.

با توجه به اهمیّت موضوع مورد پژوهش و برای مدیریت صحیح اراضی و جلوگیری از شدت بیابان‌زایی در منطقهٔ مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود الگوهای آبیاری اصلاح و استفاده از روش‌های نوین کشاورزی به‌ویژه تبدیل آبیاری‌های سنتی و غرقابی به قطره‌ای و زیرسطحی در اولویت قرار گیرد. علاوه بر آن جلوگیری از برداشت چاه‌های غیرمجاز، جلوگیری از توسعه باغ‌ها و اراضی کشاورزی در سرشاخه‌های رودخانه‌ها، حفظ بستر و حریم رودخانه‌ها به‌عنوان بهترین بستر برای تغذیه آبخوان، تغییر الگوی کشت و صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی به نحوی که اولویّت اوّل کشت گیاهان در منطقه برپایهٔ مقدار نیاز آبی آن‌ها تعیین شود. استفاده از پس آب تصفیه شده فاضلاب و جایگزینی آن با بخش کشاورزی، ترویج فرهنگ استفاده صحیح از آب می‌تواند تا حدودی شرایط نامناسب را بهبود بخشد.

■ سپاسگزاری

پژوهش حاضر در دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، نتیجهٔ استفاده از داده‌های اولیه و همچنین نظرهای گران‌بهای کارشناسان اداره‌های اجرایی بوده است. لذا از تمامی عزیزانی که در به ثمر رسیدن نتایج این پژوهش نقش مهمی ایفا نموده‌اند، سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

■ References

1. Anderson, J. R., Hardy, E., Roach. J.T., & Witmer. R. E. (2001). A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. Geological Survey professional Conference. United State. Washington, 41 p.

2. Arami, A., Ownegh, M., & Sheikh. V. B. (2013). Assessment of desertification risk in semi-arid Augh-Band Region, Golestan Province, Iran. *Agricultural Crop Science*, *5*(17), 1901-1908 (in Farsi).

3. Akbari, M. (2016). *Proposing an Early Warning System for Desertification Hazard (Case study: Semi desert region of the Gorgan Plain, Golestan Province, Iran),* Ph.D. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan (in Farsi).

4. Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H. R., Sadoddin, A., & Khosravi. H. (2016). Desertification risk assessment and management program, *Environmental Science and Management*, *2*(4), 365-380 (in Farsi).

5. Bahdure, R., & Murayama. y. (2009). *Land Use Change Analysis Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Kathmandu Metropolitan*, Ph.D. Thesis. Nepal Research Abstracts on Spatial Information Science, CSIS DAYS, 153 p.

6. Behera, M., Borate, S., Panda, S., & Behera. P. (2012). Modeling and analyzing the watershed dynamics using Cellular Automata (CA)–Markov model a geo-information based approach, *Earth System Sciences*, *121* (4), 1011–1024.

7. Davari, S., Rashki, A., & Akbari, M. (2016). Assessing the Severity and Risk of Desertification and Providing Management Plans (Study Area, Ghasem Abad, Bajestan, Khorasan Razavi), *Desert Management*, *5*(9), 91-106 (in Farsi).

8. Demir, Y., Ersahin, S., Guler, M., Cemek, B., Gunal, H., & Arslan. H. (2009). Spatial Variability of Depth and Salinity of Groundwater under Irrigated Ustifluvents in the Middle Black Sea Region of Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, *158*(4), 279-294.

9. Duan, H., Wang, T., Xue, X., & Yan. C. (2019). Dynamic monitoring of aeolian desertification based on multiple indicators in Horqin Sandy Land, China, *Science of The Total Environment*, *650*(2), 2374-2388.

10. Hadian, F., Jafari, R., & Bashri. H. (2016). Monitoring of land use change and land cover due to spatial and demographic development of Semirom city using satellite data, *Iranian Pasture and Desert Research*, *22*(4), 744-730 (in Farsi).

11. Karamesouti, M., Panagos, P., & Kosmas. C. (2018). Model-based Spatio-temporal analysis of land desertification risk in Greece, *Catena*, *167*(9), 266–275.

12. Marzaioli, R., Ascoli, R.D., De Pascale, R.A., & Rutigliano, F.A. (2010). Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types, *Applied Soil Ecology*, *44*(3), 205-212.

13. Masoudi, R., Zehtabian, G, R., Ahmadi, H., & Malkian. A. (2015). Evaluation of the quantitative and qualitative changes of groundwater in Kashan Plain, *Desert Management, 3*(5), 67-80 (in Farsi).

14. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: desertification synthesis. *World Resources Institute*, Washington, DC.

15. Nasrian, A., Akbari, M., Faridhosseini, A., & Neamatollahi. E. (2019). Spatio-temporal monitoring of groundwater changes on desertification intensity in agriculture areas in Dargaz plain, Khorasan Razavi province, Desert Ecosystem Engineering, *7*(21), 75-90.

16. Natural Resources and Watershed Department of Khorasan Razavi Province. (2013). Natural Resource Outlook Reports of Khorasan Razavi Province (in Farsi).

17. Pahlavanravia, A., & Bahraini. F. (2013). Evaluation of Current Desertification Status Based on IMDPA with Emphasis on Climate, Wind Erosion, Water, Soil and Vegetation: Case Study of Bordekhun Region of Boushehr, *DESERT*, *18*(1), 53-63.

18. Qureshi, A.S., McCornick, P. G., Qadir, M., & Aslam. Z. (2008). Managing salinity and water logging in the Indus basin of Pakistan, *Agricultural Water Management*, *95*(1), 1-10.

19. Rubio, J. L., & Bochet. E. (1998). Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe, *Arid Environment*, *39*(2), 113–120.

20. Sayad, H. (2013). *Quantitative and qualitative assessment of the underground waters of Dargaz Plain. Case Study: Darghas Plain*. Msc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Science (in Farsi).

21. Sciortino, M., Colonna, N., Ferrara, V., Grauso, S., Iannetta, M., & Svalduz. A. (2000). La lotta all desertification in Italia e nel bacino Del Mediterranean, *Energeia Ambient e Innovation*, *2*(1), 29-40.

22. Silakhori, A., Ownegh, M., & Sadoddin. A. (2014). Desertification risk and hazard assessment in Sabzevar region using MICD model, *Emergency Management*, *3*(1), 89-99 (in Farsi).

23. Souza, D. G., Cyphers, D. M., & Phipps. T. (1993). Factors affecting the adoption of sustainable agriculture practices, *Agricultural and Resource Economics Review*, *22*(2), 159-165.

24. Symeonakis, E., Karathanasis, N., Koukoulas, S., & Panagopoulos. G. (2016). Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: the case of Lesvos Island, *Land Degradation and Development*, *27*(6), 1562–1573.

25. Taghavi, A.N. (2001). *Population and Family Planning*, Danial press. 178 p. (in Farsi).

26. UNEP. (2007). Global environment outlook GEO4. *Environment for development*. UNEP, Nairobi.

27. UNCED, (1992). Managing Fragile Ecosystems: Combating Desertification and Drought, Agenda 21 – Chapter 12, *United Nations Conference on Environment & Development*, Rio de Janerio, Brazil, 3 to 14 June.

28. Vesali, A. Zehtabian, G, R., & Azarnivand. H. (2015). Determining the most effective indicators of water and irrigation on severity of desertification (Case study: Kashan Plains and AranoBidgol), *Desert Management*, *3*(6), 38-25 (in Farsi).

29. Wali, M. K., Everndilek, F., West, T., Gibbs, D., & Mc Clead. B. (1999). Assessing terrestrial ecosystem sustainability: usefulness of regional carbon and nitrogen models, *Nature Resources*, *35*(4), 20-33.

30. Wijitkosum, S. (2016). The impact of land use and spatial changes on desertification risk in degraded areas in Thailand, *Sustainable Environment Research*, *26*(2), 84-92.

31. Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., & Misopolinos. N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *88*(2), 137–146.

32. Zebardast, L., Jafari, H. R., Badeian, Z., & Asheghmoala. M. (2010). Evaluation of the trend of land cover changes in the protected area of Arasbaran during 2002, 2006 and 2008 using satellite imagery, *Environmental Research*, *1*(1), 33-23.

33. Zehtabian, G. R., & Esfandiari. M. (2010). Investigating the effects of agricultural development and utilization of groundwater resources in desertification of Tashk area (Fars province), *Arid Biome*, *1*(2), 125-138 (in Farsi).

34. Zehtabian, G.R., & Khosravi. H. (2009). *Investigation on effect of agricultural management on land degradation a case study in Taleghan Region, Iran.* 7th international symposium on plant-soil interaction at low pH, South China University of Technology Press, Guangzhou. 31 July: 245 p. (in Farsi).

35. Zehtabian, G. R., Khosravi, H., & Azareh. A. (2014). The effect of agricultural activities on land degradation in Khatam. Journal of Rangeland and Watershed Management, *Natural Resources*, *67*(1), 61-72 (in Farsi).

36. Zehtabian, G. R., Khosravi, H., & Masoudi. R. (2014). *Desertification Evaluation Models (Criteria and Indicators).* Tehran University Press, pp. 3480. 258 (in Farsi).

37. Zhang, Q., Wang, G., Peng, D., & Gong. P. (2002). Urban built-up land change detection with road density and spectral information from multi-temporal LANDSAT TM data, *Remote Sensing*, *23*(15), 3057–3078.

38. Zhu, Z. (1998). Concept, cause and control of desertification in China. *Quaternary Sciences*, *18*(2), 145-155.

No. 13, Spring & Summer, 2019, pp 149-170

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Quantitative Assessment of Desertification Intensity Indices in the Agricultural Lands of Dargaz Plain, Khorasan Razavi Province

A. Nasrian[1], M. Akbari [2*], A. Faridhosseini[3], E. Neamatollahi[4], S. Davari[1]

1. M.Sc. of Arid Land and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Associate Professor, Faculty of Water Resources Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran.

* Corresponding Author: m_akbari@um.ac.ir

Received date: 23/02/2019 **Accepted date: 01/06/2019**

Abstract

The purpose of this study was to assess the effects of agricultural development on increasing the intensity of desertification in Dargaz plain in northern Khorasan Razavi province. The intensity of desertification caused by agricultural development, using important criteria that is mainly related to human activities, such as groundwater, irrigation and drainage, agriculture, soil, industrial-urban development, and socio-economic criteria, in 20 years period from 1996 to 2016, were estimated using IMDPA model. Desertification intensity of Dargaz plain was classified into moderate and severe classes with frequency of 22% and 78%, respectively. Therfore, the irrigation and drainage criterion were the most important human factor in increasing of desertification intensity in this region. Then, soil criteria, agricultural development, urban-industrial development, socio-economic factors, and finally, quantitative and qualitative degradation of groundwater, respectively, had the most effective role in increasing the intensity of desertification in the agricultural land of Dargaz plain. Results showed that the increase of salinity in the eastern and northeastern parts of the region due to irrigation with salt water and the conversion of range and forest into agricultural and residential with an area of more than 7000 hectares over the past 10 years were the most important factors of increasing the intensity of desertification in this region. Therefore, to prevent extending of desertification, sustainable land management and preventing of land use change were suggested.

Keywords: Irrigation efficiency; Land degradation; Soil salinity; Land use change; Agricultural development