

ارزیابی زیست محیطی بیابان زایی در حوضه آبخیز شهر اصفهان با استفاده از مدل مدالوس و داده‌های سنجش از راه دور

علمی پژوهشی

خلیل علی نژاد ۱، محمد ابراهیم عقیفی ۲، مرضیه موغلی ۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶

صفحات: ۲۲-۴۲

چکیده

تخریب سرزمین یک فرایند جهانی است که در نهایت منجر به کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود و اگر مفهوم آن را نوعی ناپایداری و عدم تعادل در رابطه بین انسان و محیط قلمداد شده باشد، باید پذیرفت که بخش اعظمی از جهان و کشور ایران با این مشکل زیست محیطی روبرو است. مقابله با پدیده تخریب سرزمین و بیابان‌زایی نیازمند ارزیابی و پایش نوع و شدت تخریب اراضی، تعیین دلایل تخریب صورت گرفته و اتخاذ اقدامات لازم برای مواجهه با مشکل پیش آمده و نیز بررسی صحت انجلام پروژه‌های مزبور است. فناوری سنجش از دور نقش بسیار ارزنده‌ای در ارزیابی و پایش تخریب سرزمین و بیابان‌زایی در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی دارد و سبب ایجاد رویکرد جدیدی در مطالعات مربوط به ارزیابی و پایش بیابان‌زایی گردیده است. با توجه به اهمیت مساله تخریب، در این مطالعه سعی شد با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل مدالوس به ارزیابی بیابان‌زایی حوزه آبخیز شهر اصفهان پرداخته شود. درگام اول، بر اساس وضعیت منطقه، شش معیار اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، آب زیرزمینی و مدیریت و سیاست برای ارزیابی میزان تخریب، مدنظر قرار گرفت. شاخص‌ها بر اساس میزان تأثیرشان بر فرایند تخریب، کمی و به هر کدام از آن‌ها طبق روش فازی امتیازی بین ۰/۵ تا ۱ داده شد و در مقیاس پیکسل مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که ۴ درصد از سطح منطقه در رده خفیف، ۱۰ درصد منطقه در رده متوسط و ۸۶ درصد منطقه در رده شدید بیابان‌زایی قرار دارد. از نظر حساسیت محدوده به تخریب، ۴٪ از مساحت کل محدوده در طبقه بالقوه، ۲۲٪ در طبقه شکننده A، ۵۰٪ در طبقه شکننده B، ۲۰٪ در طبقه شکننده C و ۳٪ در طبقه بحرانی قرار دارد. بنابراین حدود ۹۲٪ از مساحت منطقه در طبقه شکننده قرار دارد.

کلمات کلیدی: بیابان‌زایی، مدالوس، سنجش از دور، شهر اصفهان

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لارستان، لارستان، ایران khalilalinejhad57@gmail.com

۲- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لارستان، لارستان، ایران afifi.ebrahim6353@gmail.com نویسنده مسئول

۳- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لارستان، لارستان، ایران mmoghali@yahoo.com

مقدمه

بیشتر از ۴۳ میلیون هکتار را بیابان فراگرفته، بنابراین توجه به مقوله مقابله با بیابانی شدن ضرورتی انکارناپذیر است. شش میلیون هکتار از مساحت اراضی بیابانی، شرایطی بحرانی داشته، که تاکنون فقط دو میلیون هکتار از این اراضی مهار شده است (پروری اصل و همکاران، ۱۳۹۰). سیطره ۸۹/۷ درصدی سرزمین های خشک، کمبود فاحش ریزش های آسمانی به نسبت میانگین های جهانی، پراکنش ناهنجار مراکز جمعیتی و عدم تناسب آن با ذخایر آبی کشور، ضریب تغییرات فاحش اقلیمی آن از میانگین های دراز مدت سالانه، وجود شناسه های غیرقابل انکار فقر در تمامی ابعاد پنج گانه پایداری (بوم - شناختی، سکونت گاهی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی)، به همراه میل شدید کشور به توسعه و جبران عقب - ماندگی های اغلب تحمیل شده گذشته به هر قیمتی، بخشی از مهم ترین دلایل شدت و توسعه بیابان زایی در گستره کشورمان ایران است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲). نخستین گام در اجرای فعالیت بیابان زدایی جلوگیری از گسترش بیابان است که باید بر شناخت پدیده هایی متکی باشد که هم به طور جداگانه و هم در کنش با یکدیگر در یک تابه تغییراتی را به وجود می آورند و به بیابان زایی منجر می شوند. می توان با ارائه راهکارها و روش های مدیریتی مناسب از شدت بیابان زایی کاست و نیز از گسترش و پیشروی آن جلوگیری کرد. در این راه شناخت فرایندهای بیابان زایی و عوامل به وجود آورنده و تشدید کننده آن و همچنین آگاهی از شدت و ضعف این فرایندها و عوامل و شاخص ها به منظور ارائه یک مدل برای نشان دادن شدت بیابان زایی و تعیین مهم ترین عوامل مؤثر بر آن برای جلوگیری از گسترش فاکتورهای بیابان زایی ضرورت دارد (یغمائیان و همکاران، ۱۳۹۶). پروژه مدالوس، شاخص های اصلی و کلیدی بیابان زایی در مقیاس منطقه ای در سطح

محلی با حوزه) را توسعه داده است (سیفی و همکاران، ۱۳۹۶) با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره ای نظیر به هنگام بودن، چند طیفی بودن، تکراری بودن، پوشش وسیع و افزایش روزافزون توان تفکیک طیفی و مکانی، می توان از این ابزار جهت مطالعه و بررسی مراحل مختلف بیابان زایی استفاده نمود (سربازی و همکاران، ۱۳۹۹). برای ارزیابی پدیده بیابان زایی و ارائه راهکارهای مطلوب جهت مهار آن مدل های زیادی ارائه شده است. بطور کلی مدل های بیابان زایی برای درک و پیش بینی خطرات احتمالی زیست محیطی بسیار مهم هستند. مطالعات زیادی در داخل و خارج از ایران به منظور ارزیابی بیابان زایی صورت گرفته است. برای مثال گل سربازی و همکاران (۱۳۹۹) به ارزیابی مسئله بیابان زایی سرخس بر اساس مدل سازی تغییرات زمانی - مکانی پرداختند و این روش را مناسب ارزیابی نمودند. افشانی و همکاران (۱۴۰۰) طی پژوهشی به بررسی مسئله بیابان زایی در آبخوان دشت مشهد بر اساس پیش بینی پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی پرداختند. مدل مدالوس، مدل ارائه شده برای ارزیابی بیابان زایی است که توسط کاسیاس (۱۹۹۹)، ESAS نام گرفت. در این روش می توان انواع مختلف مناطق حساس به بیابان زایی را در رابطه با انواع پارامترها مثل تغییرات سطح زمین، خاک، زمین شناسی، پوشش گیاهی، آب و هوا و عملکرد انسانی تعریف کرد. این روش نسبت به سایر مدل ها مزیت هایی دارد. نخست اینکه امکان وزن دهی لایه های مورد استفاده، با سیستم GIS وجود دارد که سرعت و دقت مطالعات را افزایش داده و خطای کارشناسی را کم می کند. همچنین در تلفیق شاخص ها، به جای میانگین حسابی از میانگین هندسی استفاده می کند که بر دقت کار جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی می افزاید. از طرفی در این روش از لایه هایی استفاده می شود که بدست آوردن اطلاعات آن ها به سادگی

مدالوس، روش جدیدی بوده و با توجه به فاکتورهای زیاد آن و بالا بردن دقت آن از روش های دیگر مناسب تر است. پیچیدگی و توسعه روزافزون پدیده های پویایی مانند تخریب سرزمین و بیابان زایی در قرن حاضر، فکر استفاده از فناوری های جدید از جمله سنجش از دور و... را برای ارزیابی و پایش آنها معطوف نموده است (کاظمی نیا و همکاران، ۱۳۹۶). یکی از مهم ترین کاربردهای داده های سنجش از دوری مطالعه و بررسی پدیده های پویا و در حال تغییر با طی زمان می باشد. از جمله پدیده های پویا در کشاورزی و منابع طبیعی می توان به رشد محصولات کشاورزی، تخریب خاک و پوشش گیاهی و تخریب اراضی و بیابان زایی اشاره نمود (عرب عامری و همکاران، ۱۳۹۸). پژوهش حاضر درصدد بررسی تاثیر استفاده از مدل مدالوس و سنجش از راه دور در ارزیابی بیابان زایی حوزه آبخیز شهر اصفهان است. با توجه به توسعه پدیده بیابان زایی در منطقه شهر اصفهان و لزوم توجه به اهمیت نتایج این پدیده مخرب در آینده و با توجه به ابعاد وسیع تاثیرگذاری این پدیده در این منطقه انجام پژوهش حاضر ضرورت دارد. از آنجا که این دشت یکی از دشتهای حاصلخیز استان بوده و با توجه به وسعت آن و همچنین تمرکز صنایع و بخش زیادی از جمعیت استان در این دشت، مطالعه آن به دلیل ابعاد اجتماعی و اقتصادی تاثیر گذاری پدیده بیابان زایی از اهمیت زیادی برخوردار است. (گل افشانی و همکاران، ۱۴۰۰) لذا در تحقیق حاضر درصدد پاسخ به این دو پرسش است که اولاً شدت و پیشرفت مسئله بیابانی شدن در شهر اصفهان چگونه بوده و میزان کاربرد دو روش مدالوس و سنجش از راه دور در ارزیابی این مسئله چگونه است.

مواد و روش ها

• محدوده مطالعاتی

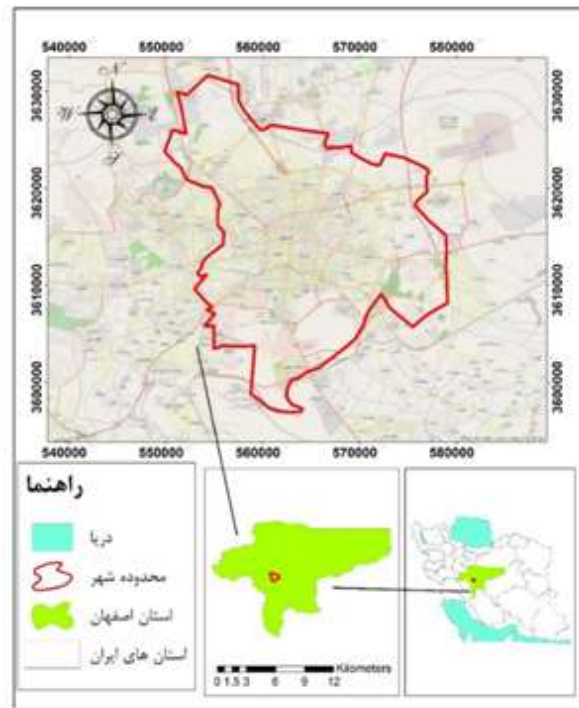
کلانشهر اصفهان همچون نگینی درخشان در قلب ایران مرکزی، در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه

امکان پذیر است (رسولی و همکاران، ۲۰۱۲). روند بیابان زایی در کشورهای درحال توسعه و مستعد بیابان زایی، از شدت بالایی برخوردار است؛ لذا مبارزه با بیابان زایی و تخریب سرزمین باید به عنوان اولویت محلی، ملی، منطقه ای و جهانی در نظر گرفته شود (ملکیاد، ۲۰۱۴). پروالیه و همکاران (۲۰۲۰) طی پژوهشی به بررسی و تحلیل سراسر رومانی با استفاده از روش مدالوس تثبیت شده پرداختند این پژوهش با ارزیابی آماری اراضی و بررسی درجات مختلف حساسیت به تخریب و بر اساس داده های فضایی مختلف که به عنوان شاخص های اصلی و زیرشاخص های (پارامترهای محیطی) به عنوان نیروهای محرک تخریب زمین در نظر گرفته می شود، انجام شد. همانگونه که بیان شد محققین مختلف روش های گوناگون را برای ارزیابی مسئله بیابان زایی بکار برده اند. روش پژوهش حاضر به منظور بررسی مسئله بیابان زایی در حوزه مورد نظر به روش مدالوس و سنجش از راه دور است. ابوزید (۲۰۲۲) طی پژوهشی با عنوان ارزیابی بیابان زایی با استفاده از مدل مدالوس اصلاح شده در شمال دلتای نیل، مصر اقدام به بررسی این موضوع کرد. این کار آزمایشی جدید برای ادغام شاخص کیفیت فرسایش EQI با روش بیابان زایی و کاربری اراضی مدیترانه اصلاح شده MEDALUS و تحلیل عاملی برای تعریف ESAS برای بیابان زایی انجام گرفت. بنابراین این مدل با بررسی اثرات متقابل عوامل مؤثر بر توسعه بیابان ها، میزان حساسیت به بیابان زایی و انواع تیپ های آن را که شامل تیپ های بحرانی، شکننده (f) و بالقوه (p) است را برای هر منطقه معین می نماید. بر اساس این روش، هر کدام از معیارهای کیفی مورد استفاده در آن، از میانگین گیری هندسی پارامترهای مربوط به خود بدست می آیند و با ترکیب میانگین هندسی این شاخص ها به کمک سیستم GIS، شاخص حساسیت مناطق تعیین می شود. هر یک از معیارهای کیفی فوق با توجه به اثری که در بیابان زایی منطقه دارند امتیاز می گیرند؛ بنابراین روش

برای آبیاری دشت های اصفهان به نام مادی وجود دارد. غیر از زاینده رود، رودخانه دائمی دیگری وجود ندارد. باتلاق گاوخونی در فلات مرکزی و در آستانه ورودی کویر قرار دارد و مساحت آن بالغ بر ۴۷۶ کیلومترمربع است و در ارتفاع ۱۴۷۰ متر از سطح دریا قرار دارد (شفقی، ۱۳۸۱). آب و هوای اصفهان به طور کلی معتدل رو به سرد است و مقدار بارش باران و برف به نسبت کمی دارد. حداکثر درجه حرارت در تابستان ۴۳ درجه سانتیگراد است که تابستانهایی گرم و خشک را میسازد و در زمستان تا حداقل ۱۹- درجه میرسد.

اصفهان دارای آب و هوای گرم و خشک بوده و متوسط باران سالانه ۱۳۰ میلی متر در سال می باشد.

و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی واقع است (سالنامه آماری شهر اصفهان، ۱۳۹۵). سطح شهر از سطح عمومی دریاها حدود ۱۵۷۰ متر ارتفاع دارد و در قسمت شمالی و شرقی به کویر محدود می گردد و در قسمت غربی و جنوبی نیز به سلسله کوه های زاگرس منتهی می شود. کوهستان کرکس در پنجاه کیلومتری شمال اصفهان و زردکوه بختیاری در جنوب غربی آن قرار دارد. وجود آب هایی همانند زاینده رود که از زاگری سرچشمه گرفته دلیل پیدایش این شهر می باشد. شهر اصفهان بر روی دشتی به نسبت هموار با شیبی در حدود ۲ درصد و به طرف شمال شرقی بنا گردیده است. [۱۰۴] در طی سده های گذشته نیز به سبب وجود آب فراوانتر و آلودگی کمتر در سمت جنوب غربی توسعه بیشتری یافته است. انشعاباتی نیز از زاینده رود



شکل ۱- نمایی از محدوده مطالعاتی

منطقه ای استان، بازدید میدانی و برداشت نمونه استفاده شده است. همچنین به منظور اخذ داده های مربوط به روش سنجش از راه دور از تصاویر ماهواره ای و سنجنده های TM و ETM و سنجنده OLI استفاده شد که برای این منظور از نرم افزارهای TerrSet و Arc GIS ۱۰,۵,۱ برای مدل سازی، پردازش داده ها، شبیه سازی استفاده شد.

داده های مورد استفاده

به منظور اخذ داده های مربوط به روش مدالوس و بررسی پارامترهای اقلیم شامل مواردی از قبیل (کیفیت اقلیم، کیفیت خاک، کیفیت آب زیر زمینی، معیار پوشش گیاهی و معیار کیفیت مدیریت و سیاست) از اطلاعات (هدایت الکتریکی، کلر، جذب سدیم و میزان افت سطح آب زیرزمینی) مربوط به نقاط نمونه در ایستگاه های سازمان هواشناسی و آب

سازی و برای طبقه بندی کاربری ها استفاده خواهد شد.

در این پژوهش به منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، مدل ساز تغییر زمین و بطور کلی ارزیابی وضعیت بیابان زایی منطقه مورد نظر از دو روش سنجش از راه دور و مدل سازی مدالوس استفاده خواهد شد. مدلسازی، تجزیه و تحلیل داده ها در روش مدالوس شامل مراحل از قبیل (انتخاب معیار و شاخص ها، امتیازدهی شاخص ها، میانگین هندسی معیارها و تهیه نقشه شدت بیابان زایی) است که پس از اخذ داده های مورد نظر و شاخص های مربوطه وضعیت فعلی بیابان زایی با استفاده از میانگین هندسی امتیاز هر معیار در هر نقطه محاسبه خواهد شد و امتیاز مربوط به وضعیت فعلی بیابانزایی تعیین می گردد. در روش سنجش از راه دور نیز مراحل از قبیل (اخذ داده های ماهواره ای، بررسی کیفیت تصاویر، طبقه بندی تصاویر، تهیه نقشه کاربری اراضی، ارزیابی صحت طبقه بندی، آشکارسازی تغییرات و مدلسازی تغییرات) به منظور تجزیه و تحلیل دنبال می گردد که در کلیه مراحل از نرم افزار ArcGIS به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل استفاده خواهد شد. در نهایت نتایج بدست آمده از مدل مدالوس برای سال جاری با نتایج حاصل از روش سنجش از دوری مورد مقایسه و ارزیابی آماری قرار خواهد گرفت. بدین منظور شدت بیابان زایی هر منطقه حاصل از مدل مدالوس با تغییرات حادث شده منتج از روش سنجش از دوری مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

مدل مورد استفاده در تحقیق

به منظور ارزیابی میزان تخریب در منطقه، در مرحله اول به مطالعه مدل مدالوس در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. قبل از به کارگیری مدل، با بررسی مطالعات صورت گرفته در منطقه و همچنین بازدیدهای صحرایی، معیارها و شاخص های مدل بازنگری و با توجه به شرایط محلی و اقلیمی حاکم بر منطقه، از ۵ معیار و ۱۵ شاخص برای تهیه نقشه تخریب منطقه استفاده گردید. معیارها و شاخص های مورد بررسی در جدول ۳-۴ ارائه شده است. سپس با استفاده از لایه های اطلاعاتی تهیه شده از

روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه اجرا یک پژوهش میدانی و سیستمی است که بصورت مطالعه موردی انجام می پذیرد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش حوضه آبخیز شهر اصفهان واقع در استان اصفهان می باشد. برای رسیدن به نتیجه مورد نظر در این پژوهش مراحل مختلفی باید طی شود، ابتدا دانلود و تهیه داده های مورد نیاز پژوهش و آماده سازی هر یک برای پردازش خاصی که بر روی هر نوع داده باید انجام بگیرد، در مرحله بعدی تلفیق داده ها و استخراج میزان بیابان زایی در منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی مورد نظر و در نهایت بررسی صحت یا همان صحت سنجی نتایج حاصل از پردازش تصاویر با استفاده از داده های برداشت میدانی انجام گیرد. برای پردازش تصاویر از داده های باند C ماهواره سنتینل ۱ استفاده شد و سپس به منظور اخذ داده های مربوط به روش مدالوس و بررسی پارامترهای اقلیم شامل مواردی از قبیل (کیفیت اقلیم، کیفیت خاک، کیفیت آب زیر زمینی، معیار پوشش گیاهی و معیار کیفیت مدیریت و سیاست) از اطلاعات مربوط به نقاط نمونه در ایستگاه های سازمان هواشناسی و آب منطقه ای استان، بازدید میدانی و برداشت نمونه استفاده خواهد شد. همچنین به منظور اخذ داده های مربوط به روش سنجش از راه دور از تصاویر ماهواره ای و سنجنده های TM و ETM و سنجنده OLI استفاده خواهد شد که برای این منظور از نرم افزارهای TerrSet و Arc GIS ۱۰،۵،۱ برای مدل سازی، پردازش داده ها، شبیه سازی استفاده خواهد شد.

نرم افزارهای مورد استفاده

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده های گردآوری شده از نرم افزارهای TerrSet و Arc GIS ۱۰،۵،۱ برای مدل سازی، پردازش داده ها، شبیه

مکانی تحت تأثیر عواملی مانند میدان دید لحظه‌ای، حرکت عارضه و تأثیرات جوی قرار دارد.

پردازش تصاویر

تصاویر خام سنجش از دور همیشه دارای خطایی در هندسه و همچنین مقدار ثبت شده برای پیکسل‌ها می‌باشند. به دسته اول این خطاها، خطاهای هندسی و به دسته دوم خطاهای رادیومتریکی گویند. بعضی از خطاهای هندسی و یا رادیومتریکی در ایستگاه‌های گیرنده زمینی تصحیح می‌شوند ولی در نهایت تصاویر باید توسط کاربران از لحاظ وجود این خطاها بررسی شده و در صورت لزوم تصحیح گردند.

درون یابی کریجینگ

روش مورد استفاده درون یابی کریجینگ می باشد. کریجینگ نوعی روش درونیابی زمین آماری است که از مدل های آماری برای تخمین مقدار یک سطح پیوسته در مکان های نمونه برداری نشده بر اساس مقادیر نقاط نمونه اطراف استفاده می کند. کریجینگ یک روش قدرتمند و انعطاف پذیر است که می تواند برای مدل سازی روابط فضایی پیچیده بین متغیرها استفاده شود و به ویژه در مواردی که نقاط نمونه دارای ساختار خودهمبستگی فضایی دارند، مفید است. این روش علاوه بر نقاط قوت که گفته شده دارای یک سری محدودیت است. با توجه به زمین آمار بودن آن برای مناطق با پیچیدگی زیاد نیاز به معادلات پیچیده بوده و نیازمند متخصص در این زمینه است. شرط اصلی این روش نرمال بوده داده می باشد و باید به موارد بسیار توجه شود.

طبقه بندی نظارت نشده

تکنیک های طبقه بندی برای گروه بندی پیکسل ها به کار می روند تا بتوانند جزئیات پوشش زمین (Land cover) را نشان بدهند. پوشش زمین می تواند جنگل، مناطق شهری، کشاورزی و یا دیگر موارد باشد. سه نوع طبقه بندی اصلی وجود دارد: ۱- طبقه بندی نظارت نشده ۲- طبقه بندی نظارت شده ۳- طبقه بندی شی گرا پیکسل ها کوچکترین واحد نمایش هر عکس هستند. طبقه بندی های نظارت نشده و نظارت شده دو نوع از مرسوم ترین نوع طبقه بندی ها هستند در حالیکه نوع

منطقه، به شاخص های هر معیار، امتیازی بین ۱-۰/۱ با توجه به جداول مربوطه که در توضیحات مربوط به هر معیار ذکر خواهد شد، اختصاص داده شد. امتیاز ۰/۱ برای بهترین حالت و امتیاز ۱ برای بدترین حالت در نظر گرفته شد. بررسی میزان تخریب با توجه به تغییرات پیکسل ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در روش مدالوس سه تیپ کلی حساسیت مناطق به تخریب براساس کاهش بازدهی و توانایی زمین های مناطق، تعریف می شود: ۱- بحرانی (Critical): مناطقی جزء این تیپ قرار می گیرند که قبلاً به علت کاربری نامناسب، شدت تخریب در آن ها بالا بوده و در حال حاضر، مناطق اطراف آن ها نیز در تهدید خطر بیابان زایی قرار دارند. ۲- شکننده (Fragile): مناطقی جزء این تیپ قرار می گیرند که در اثر ایجاد تغییری نامحسوس، تعادل بین طبیعت و فعالیت های انسانی، به هم خورده و در نتیجه ی این تغییر، بیابان زایی و تخریب اراضی صورت می گیرد.

۳- بالقوه (Potential): مناطقی جزء این تیپ قرار می گیرند که تغییرات شدید آب و هوایی، نحوه استفاده خاص از اراضی و تأثیرات برون منطقه ای موجب تهدید این نواحی به بیابان زایی می شود. اگر این مناطق به درستی مدیریت نشوند به اراضی متروکه تبدیل خواهند شد. این تیپ حالت خفیف تر تیپ قبلی است که برنامه ریزی برای آن الزامی می باشد.

قدرت تفکیک و کیفیت تصاویر

قدرت تفکیک به عنوان معیار توانایی تشخیص عوارض مجزا بیان می شود؛ به عبارت دیگر میزان حفظ جزئیات مکانی با این معیار مطرح می گردد؛ بنابراین، اندازه ی پیکسل کوچک، الزاماً متناظر با تصاویر با قدرت تفکیک بالا نمی باشد. قدرت تفکیک تصویر و اندازه ی پیکسل نباید بجای هم به کار روند زیرا این دو الزاماً یکسان نیستند.

قدرت تفکیک مکانی

توانایی ثبت اشیا کوچک مجاور یکدیگر را قدرت تفکیک مکانی سنجنده می گویند. قدرت تفکیک

گام های زیر است ۱- تولید خوشه ها (Clusters) ۲ - مشخص کردن کلاس ها

یافته ها

- معیار خاک

شاخص کیفیت خاک برای تهیه نقشه تخریب براساس ۳ شاخص اعم از زهکشی، بافت خاک سطحی و عمق تعیین شد. با استفاده از لایه اطلاعاتی خاک، هر یک از شاخص ها توسط جداول مربوطه امتیازدهی شدند (جدول ۱) در نهایت نقشه معیار خاک با استفاده از میانگین هندسی شاخص ها تهیه شد. دامنه امتیاز کیفیت خاک بین ۰/۶۲ - ۰/۱۵ بدست آمد.

- معیار اقلیم

برای بدست آوردن معیار کیفیت اقلیم از سه شاخص بارندگی، تبخیر و شاخص خشکی استفاده گردید. در ابتدا براساس متوسط بارندگی و تبخیر سالانه منطقه، شاخص خشکی (ترانسو) شاخص نسبتاً مناسبی است که برای بیان خشکی بکار می رود و معمولاً در مطالعات فائو مورد استفاده قرار می گیرد (پرتال جهاد کشاورزی اصفهان مطالعات خاک) که با استفاده از رابطه زیر (فرمول ۱) محاسبه شد. سپس هر کدام از شاخص ها با استفاده از افزونه ArcSDM در نرم افزار ArcGis طبق روش فازی طبقه بندی شده و برای به دست آوردن لایه کیفیت اقلیم به کار برده شد. (ایکس یو و همکاران، ۲۰۱۹)

فرمول ۱ - شاخص خشکی:

$$T = \frac{P}{ETP}$$

T: ضریب خشکی ترانسو

P: بارندگی سالانه (mm)

ETP: تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه (mm)

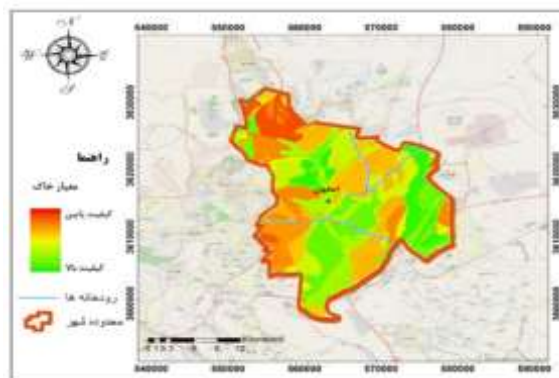
هر چه مقدار T کوچکتر باشد منطقه خشک تر است. دامنه امتیاز معیار اقلیم بین ۰/۷۶ - ۰/۲۷ بدست آمد. (گل افشانی و همکاران، ۱۴۰۰)

شی گرا همین اواخر پیشگام شده است. چه تفاوتی بین طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده وجود دارد؟ طبقه بندی نظارت نشده [بیبی] پیکسل ها بر اساس ویژگیهای بازتابی به صورت گروه هایی تقسیم می شوند. این گروه ها خوشه ها یا Clusters نامیده می شوند. کاربرد تعداد خوشه ها را برای طبقه بندی مشخص می کند و اینکه از کدام باندها استفاده کند. تفاوت هایی بین الگوریتم های خوشه ای مثل K-means و ISO data وجود دارد. این نوع طبقه بندی ها هنگامی استفاده می شود که هیچ نوع داده های زمینی وجود ندارد و نرم افزار بر اساس محاسبات آماری تعداد خوشه ها را مشخص می کند. کاربرد به صورت دستی مشخص می کند که هر خوشه مربوط به چه کلاسی است. این باعث می شود که چند خوشه یک کلاس را نشان دهند. این طبقه بندی شامل

جدول ۱. امتیاز شاخص های خاک

شاخص های معیار خاک			
بافت	عمق	زهکشی	مساحت به هکتار)
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۱۰۴۴/۳۴
۰/۲	۰/۲	۰/۳	۸۰۵/۰۵
۰/۵	۰/۴	۰/۲	۴۱۷/۲۸
۰/۲	۰/۸	۰/۴	۱۰۶/۲۸
۰/۱	۰/۵	۰/۳	۳۷۸/۱۹
۰/۲	۰/۴	۰/۲	۵۴/۱۲
۰/۱	۰/۳	۰/۱	۴۸/۸۵
۰/۳	۰/۶	۰/۴	۴۴۷/۰۹
۰/۷	۰/۹	۰/۳	۲۱۲/۵۴
۰/۱	۰/۲	۰/۱	۹/۱۰

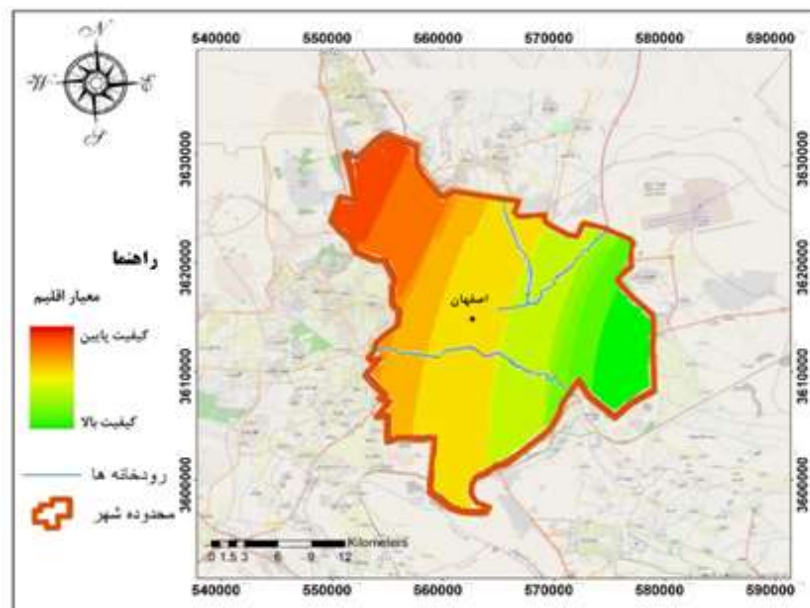
منبع: پرتال جهاد کشاورزی اصفهان مطالعات خاک



شکل ۲. تاثیر شاخص های خاک در بیابان زایی منطقه

جدول ۲. امتیاز شاخص های معیار اقلیم

شاخص های معیار اقلیم			
امتیاز	شاخص خشکی ترانسو	تبخیر سالانه (mm)	میانگین بارندگی سالانه (mm)
۱	۰/۰۲۳	< ۳۰۰۰	> ۷۱
۰/۹	۰/۰۳	۲۸۰۱-۳۰۰۰	۷۱-۱۰۰
۰/۸	۰/۱	۲۶۰۱-۲۸۰۰	۱۰۱-۱۵۰
۰/۷	۰/۱۵	۲۴۰۱-۲۶۰۰	۱۵۱-۲۰۰
۰/۶	۰/۲	۲۲۰۱-۲۴۰۰	۲۰۱-۲۵۰
۰/۵	۰/۳	۲۰۰۱-۲۲۰۰	۲۵۱-۳۰۰
۰/۴	۰/۴	۱۹۰۱-۲۰۰۰	۳۰۱-۳۵۰
۰/۳	۰/۵	۱۸۰۱-۱۹۰۰	۳۵۱-۴۰۰
۰/۲	۰/۶	۱۷۰۱-۱۸۰۰	۴۰۱-۶۰۰
۰/۱	۰/۷۵	> ۱۷۰۰	۶۰۰ >



شکل ۳. تاثیر شاخص های اقلیم در بیابان زاپی منطقه

می‌تواند برای مدل‌سازی روابط فضایی پیچیده بین متغیرها استفاده شود و به‌ویژه در مواردی که نقاط نمونه دارای ساختار خودهمبستگی فضایی دارند، مفید است. این روش علاوه بر نقاط قوت که گفته شده دارای یک سری محدودیت است. با توجه به زمین آمار بودن آن برای مناطق با پیچیدگی زیاد نیاز به معادلات پیچیده بوده و

درون یابی نقشه‌ها از روش کریجینگ استفاده شده است. درون‌یابی کریجینگ نوعی روش درونیابی زمین آماری است که از مدل‌های آماری برای تخمین مقدار یک سطح پیوسته در مکان‌های نمونه برداری نشده بر اساس مقادیر نقاط نمونه اطراف استفاده می‌کند. کریجینگ یک روش قدرتمند و انعطاف‌پذیر است که

گردیده است. این نقاط شامل چاه های شرب، کشاورزی، قنات و چشمه ها می باشند. لذا جهت بررسی از کل تعداد منابع آب زیرزمینی ۱۰ نمونه از منابع کیفی و ۱۰ نمونه از منابع کمی انتخاب و امتیاز مربوط به هریک از شاخص های آب زیرزمینی مربوط به نقاط انتخابی در جدول ۳ آورده شده است. (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۰)

نیازمند متخصص در این زمینه است. شرط اصلی این روش نرمال بوده داده می باشد و باید به موارد بسیار توجه شود

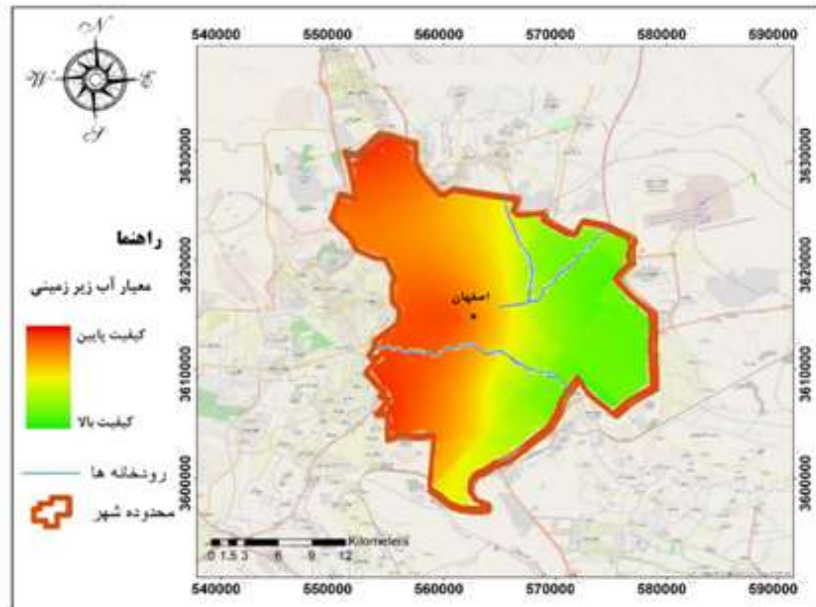
- معیار آب زیرزمینی مدل مدالوس

جهت بررسی این معیار در تشدید خطر بیابان زایی در منطقه مورد مطالعه از اطلاعات مربوط به منابع آبهای زیرزمینی (هدایت الکتریکی، افت سطح آب زیر زمینی، کدر و سدیم) موجود در منطقه جهت ارزیابی استفاده

جدول ۳. امتیاز شاخص های منابع آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

شماره	هدایت الکتریکی ($\mu\text{s/cm}$)	نسبت جذب سدیم Ppm SAR اکی والان	کل مواد جامد محلول (mgr/lit)	کدر (gr/lit)	افت سطح آب زیرزمینی به متر
۱	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۳	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۴	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۵	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۸
۶	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۷	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۸	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۹	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۱۰	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۸
۱۱	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۸
۱۲	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۱۳	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۱۴	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۸
۱۵	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۸
۱۶	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۱۷	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۱۸	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۸
۱۹	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
۲۰	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸

منبع: یافته های تحقیق



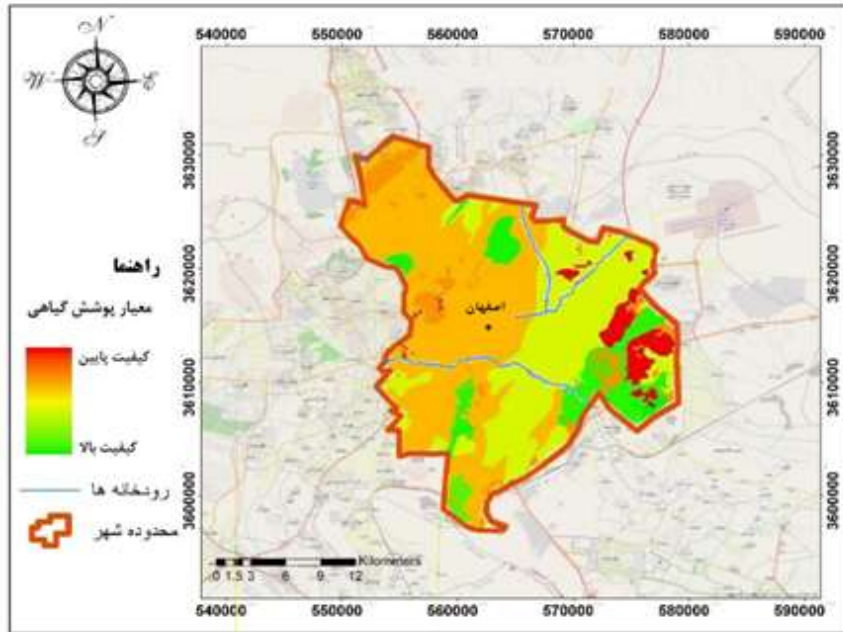
شکل ۵. تاثیر شاخص های آب زیرزمینی در بیابان زایی منطقه

- معیار پوشش گیاهی مدل مدالوس

جهت تعیین نقش معیار پوشش گیاهی در شدت بیابان زایی، این معیار با استفاده از تصاویر ماهواره لندست از باندهای C با پوشش کل منطقه مورد مطالعه تهیه و اطلاعات این شاخص استخراج شده است. و امتیاز مربوط به هر یک از شاخص های معیار پوشش گیاهی مربوط به منطقه مورد مطالعه در جدول ۴ آورده شده است. شکل ۶ تاثیر شاخص های پوشش گیاهی در بیابان زایی منطقه را نمایش می دهد.

جدول ۴. امتیاز شاخص های پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه (پرتال جهاد کشاورزی اصفهان مطالعات خاک)

نوع پوشش زمین	کد تیپ گیاهی	تراکم پوشش گیاهی	مقاومت به خشکی	حفاظت در برابر فرسایش	مساحت
خار و خاشاک	R1-Orchard	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۱۳۵/۱۸
خاک لخت	F2	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۷/۵۴
گون و درمنه	R2- PF	۰/۴	۰/۳	۰/۶	۱۸۲۳/۳۷
سنگ ریزه	ROCK	۰/۱	۰/۴	۰/۳	۱۳۶/۵۲
مرتع	F3	۰/۵	۰/۲	۰/۳	۲۷۶/۱۵
راک	ROCK(R3)	۰/۷	۰/۴	۰/۷	۲۴۲۵/۲۱
شوره زار	R3	۰/۷	۰/۵	۰/۶	۷/۳۶
گراس یکساله	SD	۰/۴	۰/۱	۰/۱	۱۵۹/۳۴
پهنه های آبی	BL	۱	۱	۱	۵۷/۴۲
زمین آیش	SL- TK- K- SS	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۸۸/۰۷



شکل ۶. تاثیر شاخص های پوشش گیاهی در بیان زایی منطقه

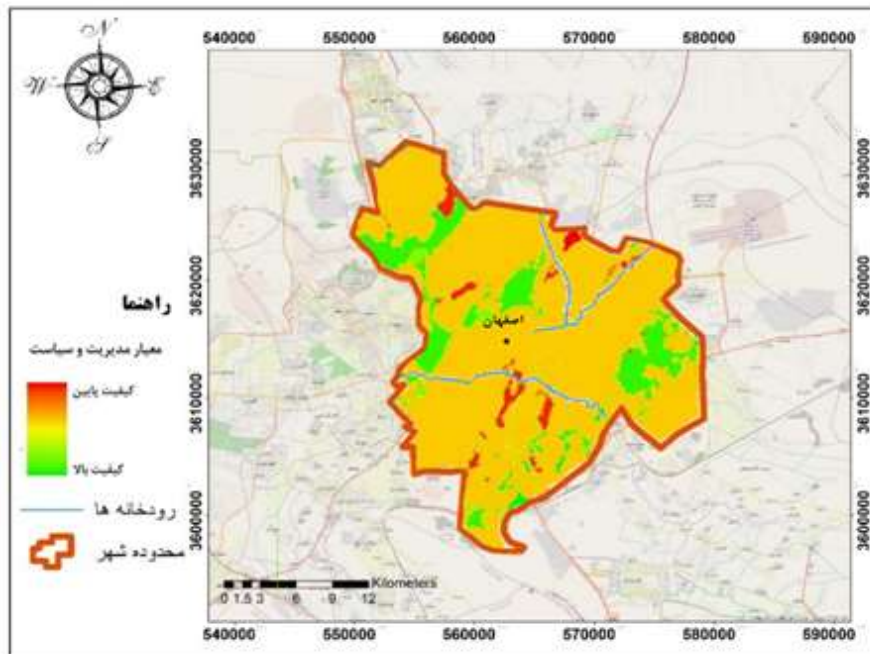
- معیار مدیریت و سیاست مدل مدالوس

معیار کیفیت مدیریت و سیاست، موجب رشد فزاینده بیابان زایی در منطقه مورد مطالعه شده است. این معیار در کاربری های متفاوت اراضی، جداگانه و با شاخص های متمایز، ارزیابی شد. سپس با ضرب هندسی لایه های شاخص مدیریت و سیاست در یکدیگر، نقشه نهایی وضعیت مدیریت و سیاست در منطقه مورد مطالعه بدست آمد. امتیاز مربوط به معیار مدیریت و سیاست در هر یک از کاربری ها در جدول ۵ دیده می شود، این اطلاعات براساس جدول روش انجام کار مربوط به قسمت مدیریت و سیاست بدست آمده اند.

جدول ۵. امتیاز شاخص های مدیریت و سیاست منطقه مورد مطالعه (پرتال جهاد کشاورزی اصفهان مطالعات خاک)

مرتب (تعداد دام موجود به مجاز)	دیگر کاربری ها	کیفیت کشاورزی و آبیاری (شاخص معیار مدیریت و سیاست)	امتیاز
< ۲/۷	انجام اعمال انسانی منجر به تخریب در اراضی حساس فرسایش	اراضی کشاورزی رها شده	۱
۲/۴ - ۲/۷	انجام اعمال انسانی منجر به تخریب در اراضی غیر حساس فرسایش	کشت واریته های اصلاح شده، استفاده از کودها و آفت کش ها، مکانیزاسیون نامحدود و شدید، عدم آیش قرار دادن زمین یا آیش بی موقع، استفاده از شیوه های آبیاری سنتی، کیفیت آب آبیاری نامناسب	۰/۹
۲/۱ - ۲/۳	عدم اجرای عملیات حفاظتی در اراضی نسبتاً حساس به فرسایش	کشت واریته های اصلاح شده، استفاده از کودها و آفت کش ها، مکانیزاسیون نامحدود و شدید، عدم آیش قرار دادن زمین یا آیش بی موقع، استفاده از شیوه های نوین آبیاری، کیفیت آب آبیاری نامناسب	۰/۸
۱/۹ - ۲	عدم اجرای عملیات حفاظتی در اراضی نسبتاً حساس به فرسایش	کشت واریته های اصلاح شده، استفاده از کودها و آفت کش ها، مکانیزاسیون نامحدود و شدید، عدم آیش قرار دادن زمین یا آیش بی موقع، استفاده از شیوه های نوین آبیاری، کیفیت آب آبیاری مناسب	۰/۷
۱/۶ - ۱/۸	عدم اجرای عملیات حفاظتی در اراضی غیر حساس به فرسایش	کشت واریته های اصلاح شده، استفاده از کودها و آفت کش ها، مکانیزاسیون در موارد ضروری مانند شخم، آیش مناسب و به موقع زمین، استفاده از شیوه های آبیاری سنتی، کیفیت آب آبیاری نامناسب	۰/۶
۱/۳ - ۱/۵	کمتر از ۳۰ درصد منطقه تحت عملیات حفاظتی	کشت واریته های اصلاح شده، استفاده از کودها و آفت کش ها، مکانیزاسیون در موارد ضروری مانند شخم، آیش مناسب و به موقع زمین، استفاده از شیوه های نوین آبیاری، کیفیت آب آبیاری نامناسب	۰/۵
۱/۱ - ۱/۲	۳۰ - ۵۰ درصد منطقه تحت عملیات حفاظتی	کشت واریته های اصلاح شده، استفاده از کودها و آفت کش ها، مکانیزاسیون در موارد ضروری مانند شخم، آیش مناسب و به موقع زمین، استفاده از شیوه های نوین آبیاری، کیفیت آب آبیاری مناسب	۰/۴
۰/۵ - ۱	۵۰ - ۷۰ درصد منطقه تحت عملیات حفاظتی	کشت واریته های بومی، عدم استفاده از کودهای شیمیایی و آفت کش ها، مکانیزاسیون محدود، آیش مناسب و به موقع زمین، استفاده از شیوه های آبیاری سنتی، کیفیت آب آبیاری نامناسب	۰/۳
۰/۲ - ۰/۴	بیش از ۷۰ درصد منطقه تحت عملیات حفاظتی	کشت واریته های بومی، عدم استفاده از کودهای شیمیایی و آفت کش ها، مکانیزاسیون محدود، آیش مناسب و به موقع زمین، استفاده از شیوه های نوین آبیاری، کیفیت آب آبیاری نامناسب	۰/۲
> ۰/۲	عملیات حفاظتی کامل	کشت واریته های بومی، عدم استفاده از کودهای شیمیایی و آفت کش ها، مکانیزاسیون محدود، آیش مناسب و به موقع زمین، استفاده از شیوه های نوین آبیاری، کیفیت آب آبیاری مناسب	۰/۱

(پرتال جهاد کشاورزی اصفهان مطالعات خاک)

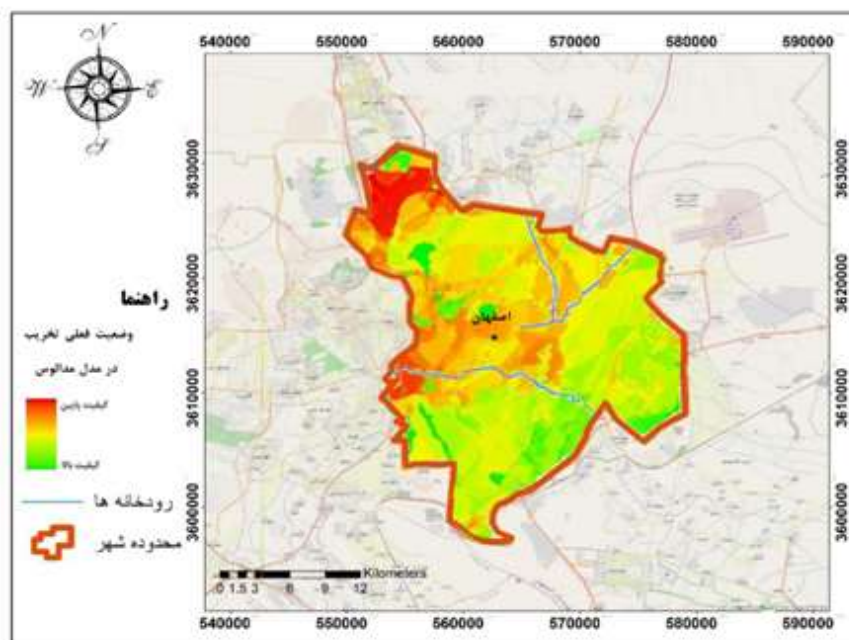


شکل ۷. تاثیر شاخص های مدیریت و سیاست در بیابان زایی منطقه

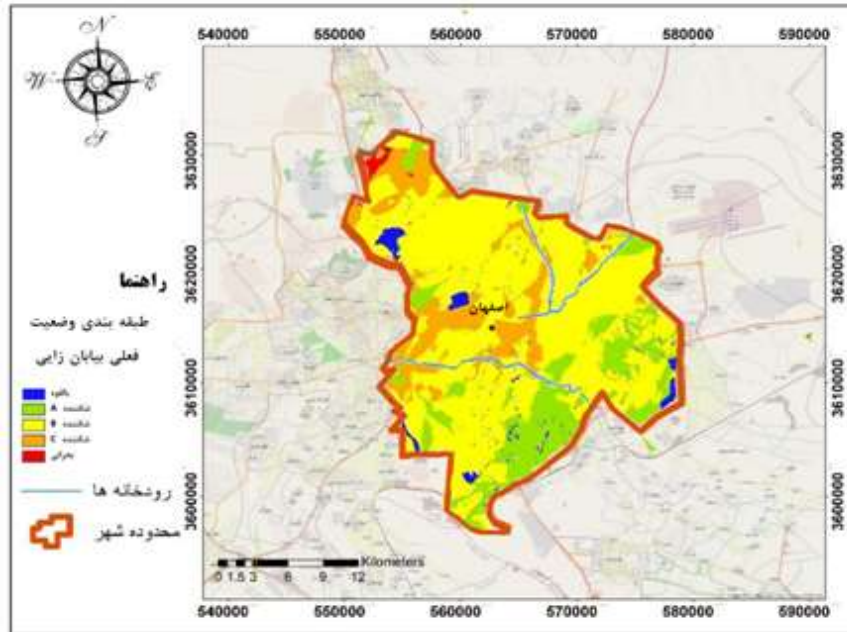
بحث

- بررسی وضعیت فعلی بیابان زایی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل مدالوس

در تهیه نقشه نهایی وضعیت فعلی تخریب در منطقه مورد مطالعه (شکل ۸)، از معیارهای مورد بررسی، ۴ درصد از سطح منطقه در رده خفیف، ۱۰ درصد منطقه در رده متوسط و ۸۶ درصد منطقه در رده شدید قرار دارد. از نظر حساسیت محدوده به تخریب، ۴٪ از مساحت کل محدوده در طبقه بالقوه، ۲۲٪ در طبقه شکننده A، ۵۰٪ در طبقه شکننده B، ۲۰٪ در طبقه شکننده C و ۳٪ در طبقه بحرانی قرار دارد. بنابراین حدود ۹۲٪ از مساحت منطقه در طبقه شکننده قرار دارد.



شکل ۸. نقشه نهایی وضعیت فعلی تخریب در منطقه مورد مطالعه

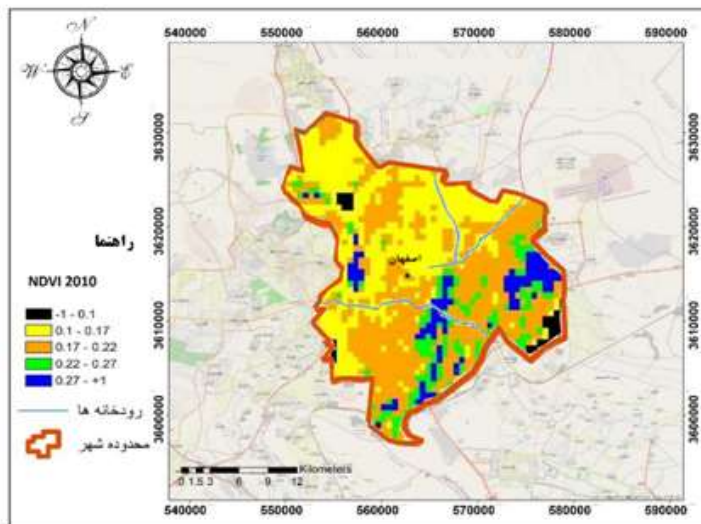


شکل ۹. نقشه طبقه بندی وضعیت فعلی تخریب در منطقه مورد مطالعه

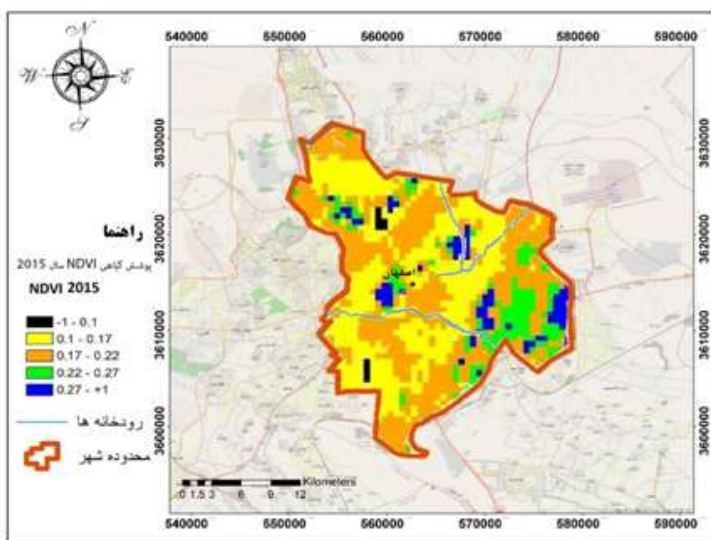
حدود صفر می باشند که علت آن تشابه و نزدیکی انعکاس در هر دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک در این تصاویر می باشد. سپس با توجه به روابط رگرسیونی موجود بین داده های زمینی و شاخص NDVI در سال ۲۰۲۰ و همچنین تغییرات وضعیت های مختلف مرتع، پوشش گیاهی منطقه براساس شاخص NDVI در پنج کلاس مختلف شامل فاقد پوشش گیاهی (۱- تا ۰/۱)، پوشش گیاهی ضعیف (۰/۱ تا ۰/۱۷)، متوسط (۰/۱۷ تا ۰/۲۲) و خوب (۰/۲۲ تا ۰/۲۷) و خیلی خوب (۰/۲۷ تا ۱) رده بندی شد. طبقه بندی تصاویر ماهواره ای یکی از مهم ترین روش ها برای استخراج اطلاعات و میزان تغییرات محسوب می شود. شکل های (۱۰) تا (۱۲) نتایج حاصل از طبقه بندی شاخص پوشش گیاهی و میزان تغییرات ایجاد شده در این شاخص در سالهای ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ را به نمایش می گذارند.

بررسی وضعیت بیابان زایی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از سنجش از دور

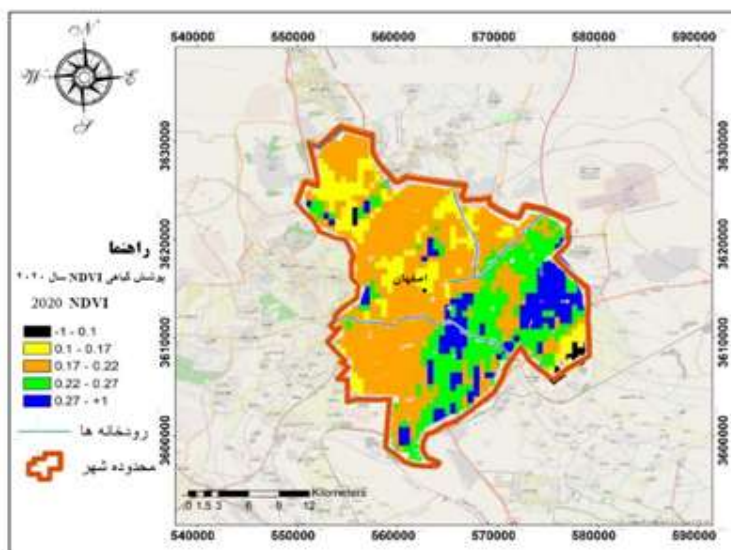
پس از پیش پردازش های لازم که بر روی تصاویر ماهواره ای سال های مختلف صورت گرفت، از شاخص NDVI جهت تعیین میزان پوشش گیاهی سال های مختلف استفاده گردید. با توجه به تصاویر حاصل از اعمال شاخص مشاهده شد که درجه روشنایی یا ارزش پیکسل ها بین +۱ و -۱ قرار می گیرد مناطق پوشش گیاهی دارای مقدار مثبت بوده و هر چه بر تراکم پوشش گیاهی افزوده می شود این مقدار به +۱ نزدیک تر می شود که علت آن انعکاس بیشتر پوشش گیاهی در باند مادون قرمز نزدیک نسبت به باند قرمز است. مناطقی نظیر ابر و خصوصاً آب دارای حداقل مقدار یا نزدیک به -۱ هستند که علت آن انعکاس بیشتر در باند قرمز نسبت به مادون قرمز نزدیک است، خاک لخت و اراضی بایر نیز دارای درجه روشنایی در



شکل ۱۰. پوشش گیاهی NDVI سال ۲۰۱۰



شکل ۱۱. پوشش گیاهی NDVI سال ۲۰۱۵



شکل ۱۲. پوشش گیاهی NDVI سال ۲۰۲۰

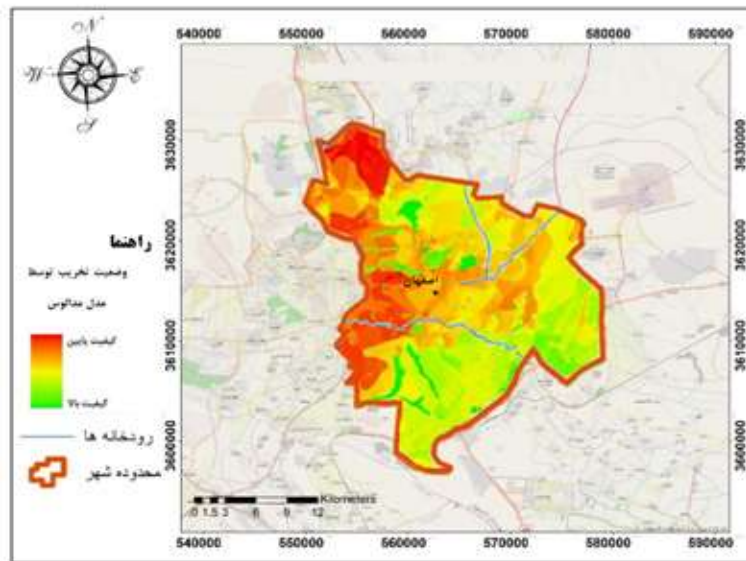
هر دو روش میزان تخریب در قسمت شمال، مرکز و غرب منطقه که در مدل مدالوس جز اراضی مرتعلی ضعیف، و در تصویر NDVI رده پوشش گیاهی خیلی ضعیف و ضعیف را شامل می شود زیاد برآورد شد .

پس از پیش پردازش های لازم که بر روی تصاویر ماهواره ای سال های مختلف صورت گرفت، از شاخص NDVI جهت تعیین میزان پوشش گیاهی سال های مختلف استفاده گردید. با توجه به تصاویر حاصل از اعمال شاخص مشاهده شد که درجه روشنایی یا ارزش پیکسل ها بین + ۱ و -۱ قرار می گیرد مناطق پوشش گیاهی دارای مقدار مثبت بوده و هر چه بر تراکم پوشش گیاهی افزوده می شود این مقدار به +۱ نزدیک تر می شود که علت آن انعکاس بیشتر پوشش گیاهی در باند مادون قرمز نزدیک نسبت به باند قرمز است. مناطقی نظیر ابر و خصوصاً آب دارای حداقل مقدار یا نزدیک به -۱ هستند که علت آن انعکاس بیشتر در باند قرمز نسبت به مادون قرمز نزدیک است، خاک لخت و اراضی بایر نیز دارای درجه روشنایی در حدود صفر می باشند که علت آن تشابه و نزدیکی انعکاس در هر دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک در این تصاویر می باشد. سپس با توجه به روابط رگرسیونی موجود بین داده های زمینی و شاخص NDVI در سال ۲۰۲۰ و همچنین تغییرات وضعیت های مختلف مرتع، پوشش گیاهی منطقه براساس شاخص NDVI در پنج کلاس مختلف شامل فاقد پوشش گیاهی (-۱ تا ۰/۱)، پوشش گیاهی ضعیف (۰/۱ تا ۰/۱۷)، متوسط (۰/۱۷ تا ۰/۲۲) تا خوب (۰/۲۲ تا ۰/۲۷) و خیلی خوب (۰/۲۷ تا ۱) رده بندی شد. طبقه بندی تصاویر ماهواره ای یکی از مهم ترین روش ها برای استخراج اطلاعات و میزان تغییرات محسوب می شود. شکل های (۱۰) تا (۱۲) نتایج حاصل از طبقه بندی شاخص پوشش گیاهی و میزان تغییرات ایجاد شده در این شاخص در سالهای ۲۰۱۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ را به نمایش می گذارند .

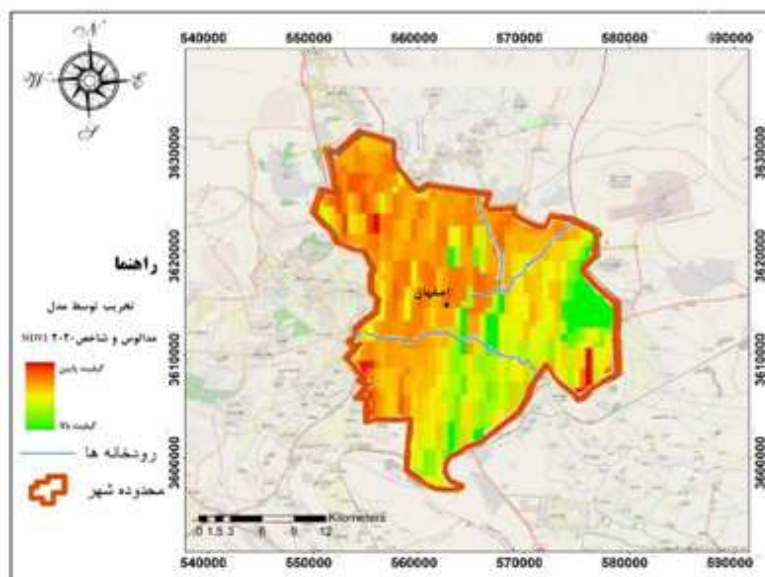
مقایسه نتایج مدل مدالوس و داده های

سنجش از دور

در این مرحله بین نقشه وضعیت فعلی بیابان زایی حاصل از مدل مدالوس (شکل ۴-۷) و داده های سنجش از دور مربوط به سال ۲۰۲۰ (شکل ۱۳) مقایسه ای صورت پذیرفته است. از آنجا که اکثر لایه های اطلاعاتی بکار رفته در مدل مدالوس مخصوصاً درصد پوشش گیاهی مربوط به سال ۲۰۲۰ می باشد به همین دلیل از تصویر همین سال برای مقایسه استفاده شده است. در



شکل ۱۳. مقایسه وضعیت تخریب توسط مدل مدالوس و شاخص NDVI ۲۰۱۵



شکل ۱۴. مقایسه وضعیت تخریب توسط مدل مدالوس و شاخص NDVI ۲۰۲۰

نتیجه گیری

اقلیم، شاخص تبخیر با امتیاز (۵-۰/۱)، در بین شاخص های معیار آب زیرزمینی، شاخص افت سطح آب با دامنه امتیاز (۵-۰/۱)، در بین شاخص های معیار پوشش گیاهی، شاخص نقش مقاومت به خشکی با امتیاز (۵-۰/۱) و در بین شاخص های معیار مدیریت و سیاست شاخص اراضی رها شده با دامنه امتیاز (۵-۰/۱) با توجه به توسعه کشاورزی و بالا رفتن مصرف آب و کاهش بارش که در این قسمت تقریباً کمتر از ۲۰۰ میلی تر می باشد، میزان

نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن است که تخریب در شمال، مرکز و غرب منطقه که شامل اراضی کشاورزی، دیمزارها و مراتع فقیر می باشد زیاد است. از میان معیارهای مورد مطالعه معیار اقلیم و بعد از آن معیار پوشش گیاهی بیشترین نقش را در تخریب منطقه داشته اند در بررسی های انجام شده بر روی امتیاز شاخص های معیار خاک، شاخص بافت خاک با امتیاز (۵-۰/۱)، در بین شاخص های معیار

به عنوان مکمل روش های میدانی در مطالعات تخریب اراضی به کار گرفته شوند، ارزیابی و پایش پوشش گیاهی بر پایه داده های ماهواره ای می تواند اطلاعات زیادی را درباره وضعیت تخریب اراضی و تغییرات زمانی و مکانی آن فراهم آورد. از محدودیت های پژوهش عدم دسترسی آسان به اطلاعات، داده ها و نقشه بود و همچنین پیمایش عملیات زمینی نیز در شرایط بسیار سخت انجام گرفت.

برداشت از سفره های آب زیرزمینی بالا رفته و میزان افت آب زیاد می باشد. همچنین چرای مفرط در مراتع منطقه مخصوصاً مراتعی که در این قسمت ها قرار دارند و جز مراتع فقیر محسوب می شوند موجب تخریب کیفیت خاک و پوشش گیاهی موجود، شده و به تدریج، قابلیت چرای شان کمتر شده است. بنابراین این مراتع را به اراضی دیم تبدیل می کنند که بیشترین میزان تخریب مربوط به این اراضی می باشد. روند تغییرات اراضی فاقد پوشش نشان می دهد از ۲۸۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۰ به ۱۰۸ در سال ۲۰۲۰ رسیده است. علت این امر را می توان با توجه به خشکسالی های اخیر و سیرکاهشی بارش در منطقه توجیه کرد. براساس مدل مدالوس از نظر حساسیت محدوده به تخریب، ۴٪ از مساحت کل محدوده در طبقه بالقوه، ۲۲٪ در طبقه شکننده A، ۵۰٪ در طبقه شکننده B، ۲۰٪ در طبقه شکننده C و ۳٪ در طبقه بحرانی قرار دارد. بنابراین حدود ۹۲٪ از مساحت منطقه در طبقه شکننده قرار دارد. بطوریکه تبدیل اراضی مرتعی به زمین های کشاورزی، چرای بیش از حد دام، برداشت بیرویه از آبهای زیر زمینی در این قسمت از منطقه از عوامل اصلی تخریب می باشند. تصاویر ماهواره ای طبقه بندی شده نیز این موضوع (تخریب در قسمت های شمال، مرکز و غرب منطقه) را تایید می کند. با توجه به نقشه شدت تخریب در منطقه، منطقه مورد مطالعه بسیار حساس به تخریب می باشد. لذا جا دارد به عنوان مدیریت و کنترل منطقه ای تخریب اراضی، عوامل انسانی و عوامل محیطی و همچنین عوامل موثر در این روند، در کنار هم در نظر گرفته شود. بررسی روند تخریب با تصاویر ماهواره ای بسیار سریعتر از مدل های ارزیابی تخریب است و با توجه به همبستگی بالای تصاویر ماهواره ای با نقشه تخریب حاصل از مدل مدالوس می توان نتیجه گرفت که به جای استفاده از مدل مدالوس در ارزیابی تخریب اراضی می توان از تصاویر ماهواره ای استفاده کرد. همان طور که نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد، شاخص های سنجش از دور می توانند

- یغمایان، نفیسه و اسدی، حسین و رضایی، صدیقه، ۱۳۹۶، پهنه بندی و ارزیابی خطر تخریب اراضی با استفاده از روش مدالوس در حوضه سیاهپوش استان اردبیل، پژوهش های حفاظت آب و خاک، دوره: ۲۴، شماره: ۱.

Abuzaid, A. S., & Abdelatif, A. D. (2022). Assessment of desertification using modified MEDALUS model in the north Nile Delta, Egypt. *Geoderma*, 405, 115400.

Boudjemline F, Semar A. 2018.

Assessment and mapping of desertification sensitivity with MEDALUS model and GIS– Case study: basin of Hodna, Algeria. *Journal of water and land development*, 36(1): 17-26.

Dutta S, Chaudhuri G. 2015. Evaluating environmental sensitivity of arid and semiarid regions in northeastern Rajasthan, India. *Geographical Review*, 105(4): 441-461

Hadeel AS, Mushtak T, Jabbar MT, Chen X. 2010. A application of remote sensing and GIS in the study of environmental sensitivity to d esertification: a case study in Basrah Province southern part of Iraq. *Applied Geomatics*, 2(3): 1

Melchiade, B. 2014. Secretariat of the convention to combat desertification. CSD-17 Intergovernmental Preparatory Meeting Panel on Desertification. New York, February 26.

Prăvălie, R., Patriche, C., Săvulescu, I., Sîrodoev, I., Bandoc, G., & Sfică, L. (2020). Spatial assessment of land sensitivity to degradation across Romania. A quantitative approach based on the modified MEDALUS methodology. *Catena*, 187, 104407.

Rasuly A, Naghdifar R, Rasoli M. 2010. Detecting of Arasbaran forest changes applying image processing procedures and GIS techniques. *Procedia Environmental Sciences*, 2: 454-464.

Veron SR, Paruelo JM and Oesterheld M. 2006. Assessing desertification, *Journal of Arid Environments*, 66: 751-763. 21.

Wijitkosum S. 2020. Reducing vulnerability to desertification by using the spatial measures in a degraded area in Thailand. *Land*, 9(2):

49. doi:<https://doi.org/10.3390/land9020049>

Xu D, Ding X. 2018. Assessing the impact of desertification dynamics on regional

منابع

- پروری اصل، س.، و حسینی، س.، و پهلوانروی، ا.، و مقدم نیا، ع.، و شهریاری، ع.، و اختصاصی، م. (۱۳۹۰). بررسی مقایسه ای مدل های ICD و ESAS به منظور تهیه نقشه بیابان زایی در منطقه نیاتک سیستان. پژوهش های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۲۴ (پیاپی ۹۰)، ۴۲-۵۴.
- رحیمی، محمد؛ دماوندی، علی اکبر جعفریان، وحید، ۱۳۹۲، بررسی کاربردهای سنجش از دور در ارزیابی و پایش تخریب سرزمین و بیابان زایی، اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دوره ی ۲۲، شماره ۸۷، صص ۱۱۵-۱۲۸.
- سربازی، محبوبه و اونق، مجید و محمدیان بهبهانی، علی و اکبری، مرتضی، ۱۳۹۹، ارزیابی و مدل سازی تغییرات زمانی- مکانی کاربری اراضی در گسترش شدت بیابان زایی مناطق خشک شمال شرق ایران (سرخس)، فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره: ۹، شماره: ۲.
- سیفی، اکرم و ریاحی مدوار، حسین، ۱۳۹۶، پهنه بندی کیفی آبخوان شهر اصفهان از منظر خوردگی و رسوب گذاری، تناسب کشاورزی، شرب و آبیاری تحت فشار، مجله آب و فاضلاب، دوره: ۲۸، شماره: ۱۱۱.
- عرب عامری، رامشت، رضایی، خلیل، سهرابی. (۱۳۹۸). ارزیابی کمی خطر بیابان زایی با استفاده از مدل مدالوس اصلاح شده، مطالعه موردی: حوزه آبخیز شاهرود-سپتام. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۵۰۸-۵۲۲، ۱۱۱ (۲).
- کاظمی نیا، عبدالرضا و رنگزن، کاظم و محمودآبادی، مهدی، ۱۳۹۶، بررسی شدت بیابان زایی با استفاده از مدل مدالوس (مطالعه موردی: اراضی غرب اهواز)، فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره: ۸، شماره: ۲.
- گل افشانی، مهدی و زهتابیان، غلامرضا و خسروی، حسن و ملکیان، آرش و احمدآلی، خالد و باقری، سمانه، ۱۴۰۰، هشدار اولیه بیابان زایی آبخوان دشت مشهد بر اساس پیش بینی پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمین، مهندسی آبیاری و آب ایران، دوره: ۱۱، شماره: ۴.

sensitive to land desertification in North China. *Ecological Indicators*, 97: 150-158. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.005>

Zhang C, Wang X, Li J, Hua T. 2020. Identifying the effect of climate change on desertification in northern China via trend analysis of potential evapotranspiration and precipitation. *Ecological Indicators*, 112: 106141.

ecosystem service value in North China from 1981 to 2010. *Ecosystem Services*, 30: 172-180. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.002>

Xu D, Song A, Li D, Ding X, Wang Z. 2019. Assessing the relative role of climate change and human activities in desertification of North China from 1981 to 2010. *Frontiers of Earth Science*, 13(1): 43-54. doi:<https://doi.org/10.1007/s11707-018-0706-z>

Xu D, You X, Xia C. 2019. Assessing the spatialtemporal pattern and evolution of areas

Environmental assessment of desertification in Shahr Isfahan watershed using Medalos model and remote sensing data.

Khalil Alinejad 1, Mohammad Ibrahim Afifi 2, Marzia Mowgli 3

Abstract

Destruction of the land is a global process that ultimately leads to the reduction of soil fertility, and if its concept is considered as a kind of instability and imbalance in the relationship between man and the environment, it should be accepted that a large part of the world and the country of Iran are facing this problem. The environment is facing. Dealing with the phenomenon of land destruction and desertification requires evaluating and monitoring the type and intensity of land destruction, determining the causes of the destruction and taking the necessary measures to face the problem, as well as checking the accuracy of the implementation of the mentioned projects. Remote sensing technology plays a very valuable role. It has a role in the evaluation and monitoring of land degradation and desertification in local, regional and global scales and has led to the creation of a new approach in studies related to the evaluation and monitoring of desertification. Considering the importance of the destruction issue, in this study, an attempt was made to evaluate the desertification of Isfahan watershed by using remote sensing data and Medalos model. In the first step, based on the situation of the region, six parameters of climate, soil, vegetation, underground water and management and policy were considered to evaluate the amount of destruction. The indices were quantified based on their effect on the destruction process and each of them was given a score between 0.5 and 1.5 according to the fuzzy method, and they were studied in the pixel scale. The obtained results indicate that 4% of the area is in the mild category, 10% of the area is in the moderate category, and 86% of the area is in the severe category of desertification. In terms of the range's sensitivity to destruction, 4% of the total area of the range is in the potential class, 22% in the fragile class A, 50% in the fragile class B, 20% in the fragile class C and 3% in the critical class. Therefore, about 92% of the area of the region is in the fragile layer.

Key words: desertification, Medalos, remote sensing, Isfahan city