آمایش سرزمین
دورهٔ هشتم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۵
صفحات ۳۳۰ – ۳۱۱

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

پهنه‌بندی تخریب اراضی محدودهٔ شهر کرمان بر اثر توسعهٔ شهری – صنعتی (بیابان‌زایی تکنوژنیکی) با به‌کارگیری GIS

عبدالرضا کاظمی‌نیا، صدیقه میمندی پاریزی*

مربی، دانشکدهٔ عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان، سیرجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۴)

چکیده

در دهه‌های اخیر حاکم‌شدن اقلیم خشک بر کشور ایران، موجب گسترش بیابانی‌شدن اراضی اطراف شهرها شده است. محدوده‌ای که برای این پژوهش انتخاب شده، اراضی اطراف شهر کرمان است. به‌منظور بررسی میزان بیابان‌زایی اطراف این شهر پس از تصحیح هندسی و رادیومتریک تصویر سنجندهٔ ETM^{+}_{2009} ماهوارهٔ لندست و عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ منطقه، نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه تهیه شد، و سپس، برای برآورد تعیین شدت بیابان‌زایی اراضی محدودهٔ شهر کرمان، شاخص‌های مربوط به معیار توسعهٔ شهری و صنعتی براساس مدل IMDPA، شامل تراکم راه‌ها و معادن، میزان تراکم فضای سبز، تبدیل اراضی مرتعی، و جنگلی و تبدیل اراضی باغی و زراعی به‌کار گرفته است. سپس، پارامترهای یادشده براساس میزان تأثیر آن‌ها در تخریب و بیابانی‌شدن اراضی منطقه امتیازدهی شد. در نهایت، در محیط نرم‌افزار GIS با به‌کارگیری توابع تحلیلی مورد نیاز براساس مدل IMDPA، اراضی منطقه از نظر شاخص بیابانی‌شدن پهنه‌بندی شد. نتایج نشان می‌دهد اراضی محدودهٔ شهر کرمان در اثر بیابان‌زایی تکنوژنیکی به سه بخش بحرانی، متوسط و کم قابل طبقه‌بندی هستند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

کلیدواژگان

بیابان‌زایی تکنوژنیکی، سنجنده، سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، IMDPA.

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: sm_parizi20@yahoo.com

مقدمه و بیان مسئله

گسترش اراضی بیابانی در اطراف شهرها سومین چالش مهم جهانی در قرن بیست‌ویکم محسوب می‌شود و بیش از ۱۱۰ کشور جهان در معرض این پدیده قرار دارند. سالانه بالغ بر ٤٢٠ میلیارد دلار خسارت، به‌لحاظ غیرقابل استفاده شدن بیش از ۵۰ هزار کیلومتر مربع از اراضی حاصلخیز، به کشاورزان و بهره‌وران وارد می‌شود که فقط بخشی از آثار بسیار وسیع و گستردهٔ اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بیابان‌زایی را شامل می‌شود (موسوی، ۱۳۸۵، ص۱۱). بیابان‌زایی در واقع، کاهش اکولوژیکی، بیولوژیکی و تخریب زمین است که ممکن است به‌صورت طبیعی یا غیرطبیعی (انسان) باشد، این فرایند نه‌فقط مناطق خشک و نیمه‌خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه مناطق حاشیهٔ مرطوب را نیز متأثر می‌کند (Ben-Dor et al., 2005, p.34). بیابان‌زایی فرایندی است که موجب تخریب و انهدام اکوسیستم‌های طبیعی شده و سبب کاهش تولید بیولوژیک در حد ظهور تخریب خاک می‌شود (Ldisa et al., 2002, p.25). پدیدهٔ بیابانی‌شدن اراضی می‌تواند در همهٔ شرایط اقلیمی به وقوع بپیوندد و شدت آن بستگی به رژیم رطوبتی آن منطقه دارد. در مناطق خشک با اقلیم گرم و خشک، این فرایند می‌تواند سرعت پیدا کند و به صورت فاجعه درآید (Babaev, 1993, p.21). حدود ۳۵ درصد از سطح کرهٔ زمین در معرض خطر بیابان‌زایی است، در حالی که ۲۰ درصد جمعیت کل زمین در این مناطق سکونت دارند و هر سال ۲۱ میلیون هکتار از اراضی حاصلخیز به‌دلیل بیابان‌زایی به اراضی غیرحاصلخیز تبدیل می‌شود و ٦ میلیون هکتار زمین غیرقابل استفاده و بایر می‌شود (Howari et al., 2007, p.69). کشور ما که در کمربند خشک دنیا واقع شده، و حدود ۲٫٤ درصد از بیابان‌های جهان را در خود جای داده است، نیز از این پدیده مستثنا نیست. مقابله با پدیدهٔ تخریب اراضی، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه و نیز کشورهایی که پتانسیل بالایی دارند، بسیار کارساز و حیاتی خواهد بود. در این زمینه می‌توان با ارائهٔ راهکارها و روش‌های مدیریتی مناسب از شدت آن کاست و نیز از گسترش و پیشروی آن جلوگیری کرد. در این راه شناخت فرایندهای بیابان‌زایی و عوامل به‌وجودآورنده و تشدیدکنندهٔ آن و همچنین، آگاهی از شدت و ضعف این فرایندها و عوامل، مهم و ضروری است و باید بررسی و

ارزیابی شود (فرازمند و همکاران، ۱۳۸۹، ص۱۱٤). شناخت معیارها و شاخص‌ها به‌منظور طراحی مدلی برای نشان‌دادن شدت بیابان‌زایی اراضی و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن برای جلوگیری از گسترش عوامل بیابان‌زایی ضرورت دارد. همچنین، در هر منطقه بسته به شرایط اقلیمی، خاک‌شناسی، ژئومورفولوژیکی و غیره عامل‌های مختلفی در بیابان‌زایی نقش دارند. برای پی‌بردن به نقش عوامل مؤثر بر تخریب اراضی و پتانسیل بیابان‌زایی تحقیقات زیادی انجام گرفته است که حاصل آن طراحی مدل‌های مختلف است.

اراضی حومهٔ شهر کرمان نمونه‌ای از اکوسیستم‌های مناطق خشک است که به‌دلیل فعالیت‌های نادرست انسانی و خشکسالی‌های متوالی، توان تولید بیوماس آن کاهش یافته و فرایند تخریب اراضی در آن رو به گسترش است. اراضی محدودهٔ شهر کرمان تحت تأثیر اقلیم‌های خشک و فراخشک و رشد جمعیتی است و با توجه به رشد سالیانهٔ تخریب اراضی و گسترش روزافزون آن، یافتن روش‌های ارزیابی این پدیده و علل ایجاد آن در قالب مدل‌های ارزیابی وضعیت فعلی و پیش‌بینی روند آن، بیش از پیش ضروری می‌نماید. در پژوهش پیش‌رو سعی شده است با هدف کمی‌کردن شاخص‌های مؤثر بر تخریب اراضی منطقهٔ مورد مطالعه اثر شاخص تکنولوژی توسعهٔ شهری – صنعتی در روند تخریب اراضی حومهٔ شهر کرمان بررسی شود. همچنین، از آنجا که هدف از انجام‌دادن طرح‌های توسعه صرفاً گسترش صنعتی و شهری است، ضرورت مطالعهٔ آثار توسعهٔ شهری- صنعتی بر پسکرانه‌های شهرها برای همسویی مقوله‌های توسعه و محیط زیست کاملاً مشهود است، در بررسی حاضر سعی شد تا وضعیت بیابان‌زایی تکنوژنیکی بالفعل اراضی به کمک شاخص‌های تخریب اراضی در محدودهٔ مطالعاتی تعیین، و نقشه‌های مربوطه به تأثیر معیار توسعهٔ شهری و صنعتی تهیه شود.

مبانی نظری

یکی از ابزارهای مؤثر در مطالعات محیط زیست و علوم زمین، فناوری سنجش‌ازدور و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است. سنجش‌ازدور از زمرهٔ روش‌های جمع‌آوری داده محسوب می‌شود که در آن تماس فیزیکی با اشیاء مورد اندازه‌گیری در حداقل ممکن نگه داشته می‌شود. به‌کارگیری

علم سنجش‌ازدور و داده‌های ماهواره‌ای اغلب موجب کاهش هزینه، افزایش دقت و سرعت می‌شود و روزبه‌روز بر اهمیت این فناوری در راستای توسعهٔ پایدار افزوده می‌شود (علوی‌پناه، ۱۳۸۲، ص۲۲). در ادامه، GIS نیز به کمک آمده است و در فرآوری داده‌های حاصل از سنجش‌ازدور کمک فراوانی می‌کند. سیستم‌های اطلاعات مکانی یا همان GIS، مجموعه‌ای از ابزارها برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، بازیافت ارادی، تبدیل و نمایش داده‌های مکانی از جهان واقعی است (هایوودکورنلیوس[1] و همکاران، ۱۳۸۱، ص۳۹). با این اوصاف مطالعهٔ تهدید بیابانی‌شدن اراضی در اطراف شهرها و مشکلات زیست‌محیطی که برای ساکنان مناطق به همراه دارد، با کمک‌گرفتن از علم سنجش‌ازدور و GIS به‌راحتی امکان‌پذیر است، زیرا مدیریت، ساماندهی و نظارت بر اراضی را توسط داده‌های چندزمانه و کلی‌نگر سنجش‌ازدور و آنالیزهای GIS بسیار آسان می‌کند. ارزیابی بیابانی‌شدن و تخریب اراضی محدودهٔ شهرها و تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی آن به کمک مدل‌های تجربی مختلفی انجام می‌گیرد که از آن جمله می‌توان به مدل‌های FAO- UNEP، LADA و MEDALUS اشاره کرد. روش مدالوس[2]، روش جدیدی است و با توجه به عامل‌های زیاد و بالابودن دقت آن از روش‌های دیگر مناسب‌تر است. این مدل توسط کمیسیون بین‌المللی اروپا طراحی شده است. کمیسیون اروپا در سال ۱۹۷۷ با هدف مطالعات تخریب اراضی، تأسیس شد و پروژه‌های مختلفی در این زمینه انجام داده است که مدالوس یکی از مهم‌ترین این پروژه‌ها است (Kosmas et al., 1999, p.90). برای به‌کارگیری این مدل، چهار معیار به‌عنوان معیارهای اصلی بیابان‌زایی در نظر گرفته شد. این چهار معیار عبارت‌اند از معیار پوشش گیاهی، اقلیم، کیفیت خاک و مدیریت اراضی. هدف از روش مدالوس مشخص‌کردن مناطق حساس به بیابان‌زایی با به‌کارگرفتن شاخص‌های ESAS است (Basso et al., 2000, p.56). این مدل در کشورهای اروپایی با اقلیم مدیترانه‌ای آزمایش شده است و برای کشورهای با اقلیم‌های

1. Hayvodkornelyos
2. MEDALUS

مختلف از جمله کشور ایران مناسب نیست. در ایران مدل‌های ICD، MICD و اخیراً روش IMDPA[1] نیز مطرح شده است. این مدل جدیدترین روش ارزیابی بیابان‌زایی اراضی در ایران است که بر پایهٔ روش مدالوس بوده و خاص اقلیم ایران طراحی شده است. روش IMDPA، داده‌های مختلفی مانند اقلیم، پوشش گیاهی، خاک‌شناسی و کاربری اراضی و.... را به‌عنوان شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی اراضی، به‌کار می‌گیرد. این روش نسبت به سایر مدل‌ها مزیت‌هایی دارد؛ نخست، اینکه امکان وزن‌دهی لایه‌های به‌کارگرفته‌شده با سیستم GIS وجود دارد که سرعت و دقت مطالعات را افزایش می‌دهد و خطای کارشناسی را کم می‌کند. همچنین، در تلفیق شاخص‌ها، به‌جای میانگین حسابی، میانگین هندسی به‌کار می‌گیرد که بر دقت کار برای ارزیابی و تهیهٔ نقشه بیابان‌زایی می‌افزاید. از طرفی، در این روش از لایه‌هایی به‌کار گرفته می‌شود که به‌دست‌آوردن اطلاعات آن‌ها به‌سادگی امکان‌پذیر است. بنابراین، این مدل با بررسی آثار متقابل عوامل مؤثر بر توسعهٔ خطر بیابانی‌شدن اراضی، میزان حساسیت به بیابان‌زایی و انواع تیپ‌های آن را، که شامل تیپ‌های بحرانی (c)، شکننده (f) و بالقوه (p) است، برای هر منطقه معین می‌کند. براساس این روش، هر یک از شاخص‌های کیفی به‌کارگرفته‌شده در آن، از میانگین‌گیری هندسی پارامترهای مربوط به خود به‌دست می‌آیند و با ترکیب (میانگین هندسی) این شاخص‌ها به کمک سیستم GIS، شاخص حساسیت مناطق (ESAI)[2]، تعیین می‌شود. هر یک از شاخص‌های کیفی یادشده با توجه به اثری که در بیابان‌زایی اراضی دارند، امتیاز می‌گیرند و دامنهٔ امتیاز آن‌ها از عدد ۱ (بهتر) تا عدد ۲ (بدتر) طبقه‌بندی شده است.

پیشینهٔ پژوهش

در سال‌های اخیر، مطالعات بسیاری زمینهٔ موضوع تحقیق حاضر انجام گرفته است که در ادامه، برخی از آن‌ها بررسی می‌شود. کاسموس و همکاران (۲۰۰۰) با به‌کارگیری مدل مدالوس، نقشهٔ

1. Iranian Model of Desertification Potential
2. Environmentally Sensitive Areas Index

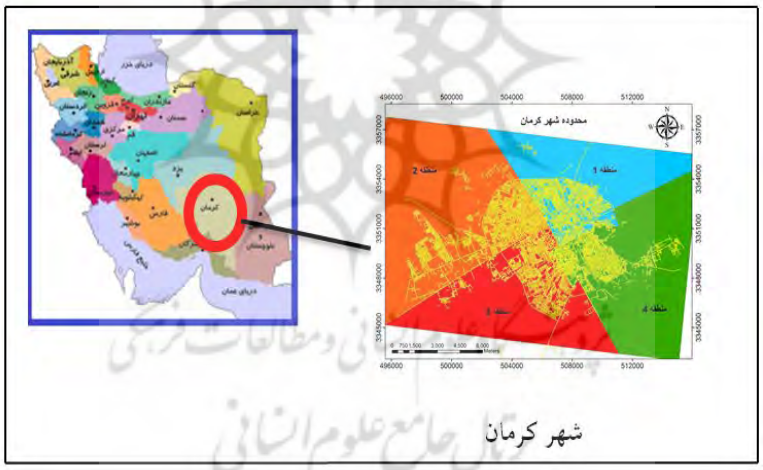
حساسیت اراضی منطقه‌ای در کشور یونان را با چهار پارامتر اقلیم، خاک، مدیریت اراضی و پوشش گیاهی طراحی کردند (Kosmas et al., 2000, p.91). کارین لی و همکاران (۲۰۰۲) با به‌کارگیری پارامترهای تخریب پوشش گیاهی، فرسایش بادی، آبی، شورشدن خاک، و باتلاقی‌شدن، آلودگی محیطی نقشهٔ بیابان‌زایی را تهیه کرد (Karnieli & Cierniewski, 2002, p.22). لاوادو و همکاران (۲۰۰۸)، با بررسی حساسیت اراضی به تخریب با مدل مدالوس در جنوب غرب اسپانیا، به این نتیجه رسیدند که نقشهٔ بیابان‌زایی تهیه‌شده در این تحقیق نسبت به سایر مدل‌ها بهتر و با شرایط طبیعی سازگارتر است (Lavado et al., 2008, p.28). گاد و لطفی با به‌کارگیری GIS برای مشخص‌کردن نحوهٔ بیابان‌زایی در نیل در کشور مصر، مدل مدالوس را به‌کار گرفتند. زهو و همکاران (۲۰۰۹) با به‌کارگیری GIS و شبکهٔ فازی نقشهٔ بیابانی‌شدن اراضی منطقه‌ای در چین را پیشنهاد کردند (Zhu et a1., 2009, p.56). دپالئو و همکاران (۲۰۰۹) نقشهٔ حساسیت به بیابان‌زایی را برای منطقه‌ای در کشور ایتالیا، با مدل مدالوس تهیه کردند (Depaola et al., 2009, p.673). کوندا و دوتا (۲۰۱۰) به کمک علم دورسنجی و GIS نقشهٔ اراضی بیابانی منطقه‌ای در کشور هندوستان را تهیه کردند (Kundu & Dutta, 2010, p.25). رفیعی و همکاران (۲۰۰۲) مدل مدالوس را برای منطقه‌ای در اطراف شهر ورامین با به‌کارگیری پارامترهای مؤثر در بیابان‌زایی و GIS اجرا کردند (Rafiei et al., 2002, p.201). فرازمند و همکاران (۱۳۸۹) اثر معیار تکنولوژی توسعهٔ شهری در بیابان‌زایی اراضی شرق شهر اهواز را به کمک مدل IMDPA بررسی کردند (فرازمند و همکاران، ۱۳۸۹، ص۱۱۵). زهتابیان و همکاران وضعیت بیابان‌زایی منطقه‌ای در اطراف شهر کاشان را با مدل مدالوس بررسی کردند (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۲، ص۲۸). ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰) شدت بیابان‌زایی دشت سیستان را با مدل IMDPA با دو پارامتر فرسایش بادی و خاک ارزیابی کردند (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰، ص٥٤). احمدی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تأثیر توسعهٔ شهری و صنعتی (بیابان‌زایی تکنوژنیکی)، وضعیت بیابانی‌شدن اراضی شرق اصفهان را مطالعه کردند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱، ص٦٦).

مطالعات نشان می‌دهد عملکرد شهرها می‌تواند در یک دورهٔ کوتاه‌مدت و به‌طور مشخصی طی

یک نسل، که ۱۰ الی ۲۰ سال است، به‌طور چشمگیری تغییر کند (رهنمایی، ۱۳۹۰، ص۸۱). بنابراین، پژوهش پیش‌رو به پهنه‌بندی خطر تخریب و بیابانی‌شدن اراضی محدودهٔ شهر کرمان براساس روش ایرانی IMDPA، علم سنجش‌ازدور و GIS برای مدیریت و جلوگیری از گسترش تخریب اراضی محدودهٔ شهر با توجه به بحرانی و خشک‌بودن منطقه، پرداخته است.

شناخت محدودهٔ پژوهش

منطقهٔ مورد مطالعه اراضی محدودهٔ شهر کرمان به مختصات ۵۷ درجه و ٤ دقیقهٔ طول جغرافیایی، و ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقهٔ عرض جغرافیایی به مساحت ۱۳۰۰۰ هکتار است. شهر کرمان با جمعیتی در حدود ۸۳۵ هزار نفر با میانگین بارندگی سالیانه کمتر از ۲۵۰ میلیمتر جزء اقلیم خشک محسوب می‌شود و از نظر ناحیه‌ای، به‌عنوان مهم‌ترین و بزرگترین شهر جنوب شرق کشور، عملکردی فرامنطقه‌ای دارد.



شکل ۱. موقعیت منطقه (نگارندگان، ۱۳۹۵)

روش پژوهش

برای تعیین داده‌ها و برآورد امتیاز هر یک از پارامترهای مورد نیاز روش IMDPA، نقشه‌ها و گزارش‌های موجود منطقهٔ مورد مطالعه، بررسی‌های زمینی، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر

ماهواره‌های سنجنده ETM^+ ماهوارهٔ LANDSAT 7 و عکس‌های هوایی در بازهٔ زمانی ده‌ساله (۱۳۷۶–۱۳۸۶) به‌کار گرفته شده است. این عکس‌های هوایی بیشتر مربوط به دی‌ماه سال ۱۳۸۶ است که دارای مقیاس ۱:۵۰۰۰ و مربوط به پروژهٔ فتوگرامتری شهر کرمان است که توسط سازمان نقشه‌برداری تهیه شده است. این لایه‌ها پس از استخراج و ویرایش در محیط GIS، به صورت نقشه‌های رستری ساماندهی و ذخیره شدند و وزن‌دهی آن‌ها، براساس مدل IMDPA و طبق جدول‌های مربوطه بوده است. سپس، با میانگین‌گیری هندسی، داده‌ها (با فرمت رستری) با هم تلفیق شده و نقشهٔ پهنه‌بندی اراضی محدودهٔ شهر کرمان نسبت به خطر تخریب تهیه شد.

لایه‌های به‌کارگرفته‌شده

لایهٔ کیفیت فضای سبز موجود در منطقه

منظور از پارامتر کیفیت فضای سبز (جنگل، باغ و پارک)، سرانهٔ آن به‌ازای هر نفر در محدودهٔ اراضی منطقه است. در این پژوهش این شاخص با نقشهٔ کیفیت پوشش گیاهی (VQI)[1] منطقه توسط درصد پوشش گیاهی ارزیابی شده است. برای به‌دست‌آوردن پارامترهای یادشده، شاخص (NDVI)[2] استخراج‌شده از تصویر ماهوارهٔ سنجندهٔ ETM (LANDSAT 7) سال ۲۰۰۹ به‌کار گرفته شده است. این شاخص با اعمال رابطهٔ ۱ بر روی تصویر ماهواره‌ای، میزان تراکم پوشش گیاهی منطقه را به‌دست می‌دهد. سپس، با توجه به ضرایب مربوطه در روش IMDPA، پارامترهای فوق وزن‌دهی می‌شود و براساس جدول ۱، در محیط GIS، در نهایت، نقشهٔ شاخص کیفیت فضای سبز منطقهٔ مورد مطالعه به‌دست آمد (شکل ۲).

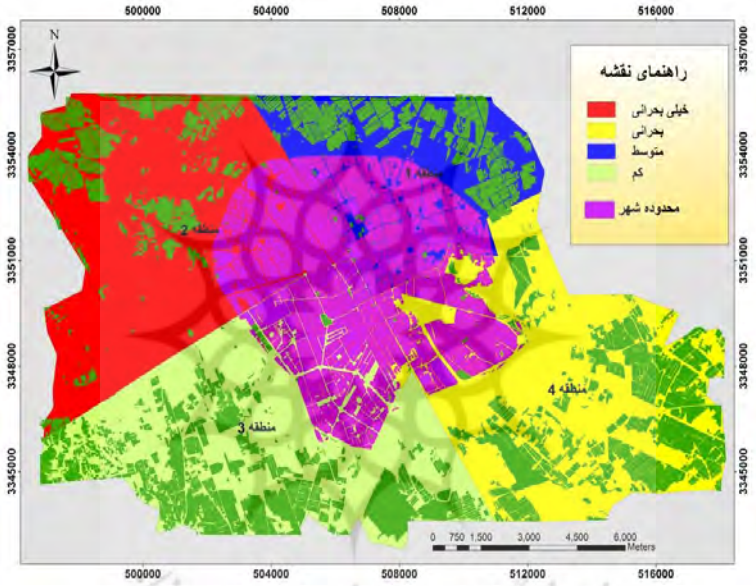
$$NDVI = \frac{band۴ - band۳}{band۴ + band۳} \qquad (۱)$$

NDVI= شاخص پوشش گیاهی

1. Vegetation Quality Index
2. Normalized Difference Vegetation Index

جدول ۱. شاخص کیفیت پوشش گیاهی

پارامتر مورد ارزیابی و امتیاز مربوطه	کم (<۲۵درصد) ۰–۲	متوسط (۲۵–۵۰ درصد) ۲–٤	بحرانی (۵۰–۷۵ درصد) ٤–٦	خیلی بحرانی (۷۵–۱۰۰ درصد) ٦–۸
میزان سرانهٔ فضای سبز به‌ازای هر نفر	سرانهٔ بیش از ۱۰۰ متر مربع برای هر نفر	۵۰–۱۰۰ متر مربع	۲۰–۵۰ متر مربع	<۲۰ متر مربع



شکل ۲. نقشهٔ کیفیت شاخص فضای سبز اراضی منطقهٔ مورد مطالعه

لایهٔ تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی شهری (مسکونی- صنعتی)

برای تهیهٔ نقشهٔ این شاخص، تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های +ETM ماهوارهٔ لندست و عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸٦ شهر کرمان و مطالعات میدانی به‌کار گرفته شد که پس از تصحیح هندسی و رادیومتریک آن‌ها، نقشهٔ تغییرات کاربری اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی مسکونی و صنعتی منطقهٔ مورد مطالعه، براساس روش مقایسهٔ طبقه‌بندی تصاویر مربوط به

یک بازهٔ زمانی ده‌ساله (۱۳۸٦-۱۳۷٦) یا مدل ماتریس ضرب کاربری‌ها (LMM)[1] استخراج شده است. مدل LMM با رابطهٔ ۲، تصویری به شکل ماتریس n×n تولید می‌کند که n تعداد کلاس‌های تعیین‌شده در طبقه‌بندی تصاویر به‌کارگرفته‌شده است و هر یک از مؤلفه‌های (عناصر) این ماتریس بیان‌کنندهٔ تغییر و تبدیل هر کاربری (کلاس) به کاربری دیگر است و تغییرات آن‌ها را مشخص می‌کند. عناصری از این ماتریس که روی قطر اصلی آن واقع شده، معرف کلاس‌هایی است که طی بازهٔ زمانی، تغییری در آن‌ها صورت نپذیرفته است (Richards, 2000, p.30).

$$LMM = (CT_{۱} \times ۱۰) + CT_{۲} \qquad (۲)$$

LMM: ماتریس ضرب کاربری‌ها

$CT_{۱}$: تصویر طبقه‌بندی‌شدهٔ تاریخ اول

$CT_{۲}$: تصویر طبقه‌بندی‌شدهٔ تاریخ دوم

بعد از تهیهٔ نقشهٔ تغییرات تبدیل اراضی، نسبت تغییرات مساحت اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی مسکونی - صنعتی در بازهٔ زمانی ده‌ساله (۱۳۸٦ ° ۱۳۷٦) با رابطهٔ ۳ تعیین، و نقشهٔ آن طبق جدول ۲ تهیه شد (شکل ۳).

$$IFM = \frac{ACM}{AT} \times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

IF: شاخص تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی مسکونی- صنعتی

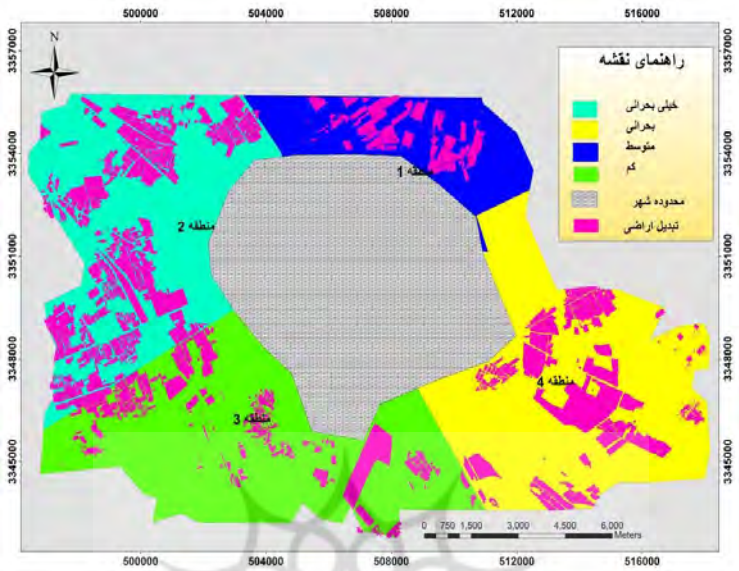
ACM: مساحت تغییریافته اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی مسکونی- صنعتی

AT: مساحت کل اراضی منطقه

جدول ۲. شاخص کیفیت تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی شهری

پارامتر مورد ارزیابی و امتیاز مربوطه	کم ۱	متوسط ۲	بحرانی ۳	خیلی بحرانی ٤
نسبت تبدیل اراضی مرتعی ° جنگلی به اراضی شهری	IFM<۱%	۱%<IFM<۲%	۲%<IFM<۵%	IFM>۵%

1. Landuse Multiplication Matrix



شکل ۳. نقشهٔ کیفیت شاخص تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی مسکونی–صنعتی منطقهٔ مورد مطالعه

لایهٔ تبدیل اراضی باغی و زراعی محدودهٔ شهر به اراضی مسکونی و صنعتی

برای تهیهٔ نقشهٔ تبدیل اراضی باغی و زراعی به اراضی مسکونی و صنعتی محدودهٔ شهر کرمان نیز، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای همراه با بازدیدهای صحرایی منطقه و روش ماتریس ضرب کاربری‌ها (LMM) در بازهٔ زمانی مورد نظر به‌کار گرفته شده است. پس از مشخص‌شدن تغییرات کاربری اراضی، نسبت تغییرات مساحت اراضی باغی و زراعی به اراضی مسکونی و صنعتی در بازهٔ زمانی ده‌ساله (۱۳۸٦ ° ۱۳۷٦) با به‌کارگیری رابطهٔ ٤ تعیین، و نقشهٔ آن طبق جدول ۳ تهیه شد (شکل ٤).

$$IFB = \frac{ACB}{AT} \times ۱۰۰ \qquad (٤)$$

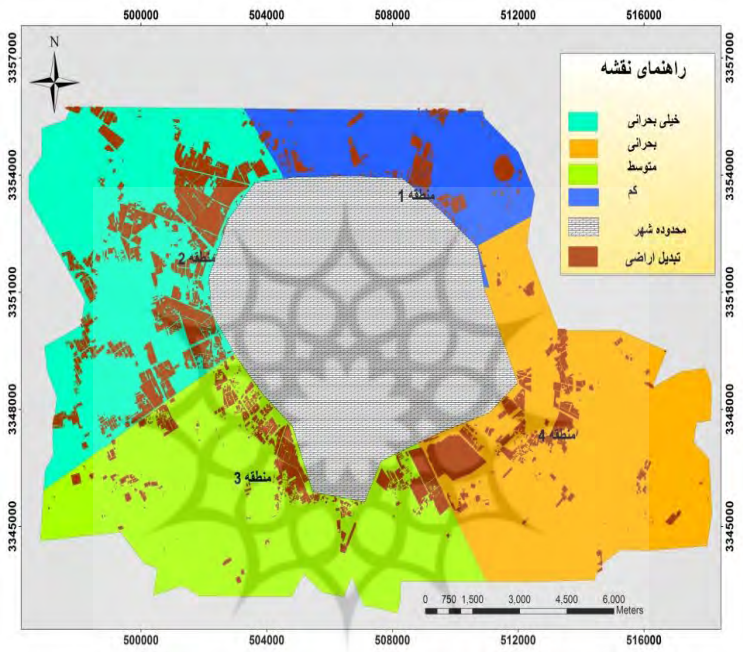
IF: شاخص تبدیل اراضی باغی و زراعی به اراضی شهری

ACB: مساحت تغییریافته اراضی باغی– زراعی به اراضی مسکونی– صنعتی

AC: مساحت کل اراضی منطقه

جدول ۳. شاخص کیفیت تبدیل اراضی باغی- زراعی به اراضی شهری

پارامتر مورد ارزیابی و امتیاز مربوطه	کم ۱	متوسط ۲	بحرانی ۳	خیلی بحرانی ٤
نسبت تبدیل اراضی باغی ° زراعی به اراضی شهری	IFM<۱%	۱%<IFM<۲%	۲%<IFM<۵%	IFM>۵%



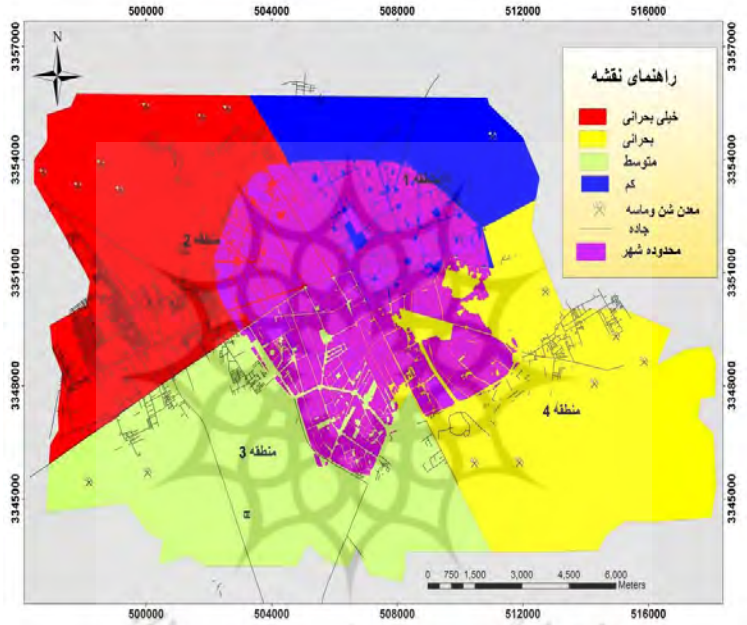
شکل ٤. نقشهٔ کیفیت شاخص تبدیل اراضی باغی و زراعی به اراضی مسکونی- صنعتی منطقهٔ مورد مطالعه

لایهٔ تراکم عوامل تخریب اراضی مانند جاده‌ها و معادن شن و ماسه در محدودهٔ شهر

احداث جاده‌ها و بهره‌برداری از معادن شن و ماسه در اراضی محدودهٔ شهرها بر تخریب و بیابانی‌شدن اراضی هر منطقه مؤثر است. برای تعیین این پارامتر با توجه به تغییر تراکم جاده‌ها (طول جاده‌ها) و سطح معادن در بازهٔ ده‌سالهٔ مورد نظر (به‌کارگیری تصاویر و عکس‌های هوایی همراه با بازدید میدانی) و حریم تخریبی این عوارض، نقشهٔ مورد نظر طبق مدل LMM و براساس جدول ٤ تهیه شد (شکل ۵).

جدول ٤. شاخص کیفیت تراکم جاده‌ها و معادن محدودهٔ منطقهٔ مورد مطالعه

پارامتر مورد ارزیابی و امتیاز مربوطه	کم ۱	متوسط ۲	بحرانی ۳	خیلی بحرانی ٤
تراکم جاده‌ها و معادن در منطقهٔ مورد مطالعه	کمتر از ۱ درصد	۲-۱درصد	۵-۲ درصد	بیش از ۵ درصد



شکل ۵. نقشهٔ کیفیت شاخص تراکم جاده‌ها و معادن در منطقهٔ مورد مطالعه

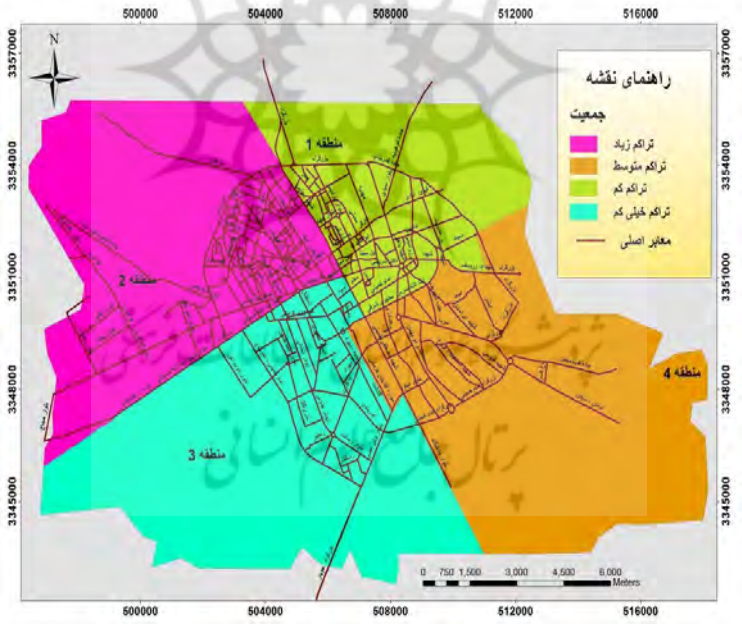
لایهٔ تراکم جمعیت (نسبت پذیرش جمعیت بالقوه به جمعیت بالفعل براساس رویکرد زیست‌محیطی در محدوده‌های سیاسی آبادی و شهری)

افزایش جمعیت بر توسعهٔ شهر و صنعتی‌شدن اراضی می‌انجامد، اما از نظر زیست‌محیطی سبب تخریب و پیش‌روی بیابانی‌شدن اراضی نیز می‌شود. برای تهیهٔ نقشهٔ تراکم جمعیت منطقهٔ مورد مطالعه آخرین آمار سرشماری جمعیت شهر کرمان و محدودهٔ آن به‌کار گرفته شد که پس از تعیین تعداد نفر در واحد سطح با رویکرد زیست‌محیطی، نقشهٔ شاخص تراکم جمعیت در محیط GIS

براساس جدول ۵ ترسیم شد. تراکم جمعیتی براساس منطقه‌بندی انجام‌گرفته در جامع شهر کرمان است. به‌طور عمده، تراکم جمعیت در مناطق ۲ و ٤ شهری و اراضی محدودهٔ آن‌ها است که دلیل آن را می‌توان تا حدی نوساز، طبقاتی‌بودن سازه‌ها و توسعهٔ شهر در امتداد معابر اصلی ورودی و خروجی شهرکرمان دانست (شکل ٦).

جدول ۵. شاخص تراکم جمعیت بالفعل در اراضی منطقهٔ مورد مطالعه

پارامتر مورد ارزیابی و امتیاز مربوطه	کم ۱	متوسط ۲	بحرانی ۳	خیلی بحرانی ٤
تراکم جمعیت (نسبت پذیرش جمعیت بالقوه به جمعیت بالفعل) براساس رویکرد زیست‌محیطی در منطقهٔ مورد مطالعه	کمتر از ۱ درصد	۲-۱درصد	۵-۲ درصد	بیش از ۵ درصد



شکل ۶. نقشهٔ کیفیت شاخص تراکم جمعیت در منطقهٔ مورد مطالعه

ترکیب لایه‌ها

پس از تعیین پنج شاخص کیفیت (تراکم فضای سبز، شاخص تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی مسکونی- صنعتی، تراکم جمعیت، تبدیل اراضی باغی و زراعی به اراضی مسکونی- صنعتی و تراکم جاده‌ها و معادن) طبق رابطهٔ ۵ با نرم‌افزار Arc GIS 10.2 میانگین هندسی هر یک از شاخص‌های یادشده (با فرمت رستری) محاسبه شد و در نهایت، نقشهٔ پهنه‌بندی بیابانی‌شدن اراضی محدودهٔ شهر کرمان با معیار توسعهٔ شهری و صنعتی (بیابان‌زایی تکنوژنیکی) به‌دست آمد. براساس جدول ٦، مقادیر عددی شدت بیابانی‌شدن اراضی براساس معیار توسعهٔ شهری ° صنعتی منطقهٔ مورد مطالعه پهنه‌بندی شد (شکل ۷).

$$TDI = (VQI \times IFM \times PQI \times IFB \times RQI)^{\frac{1}{5}} \qquad (۵)$$

TDI: شاخص بیابان‌زایی تکنوژنتیکی

VQI: شاخص تراکم فضای سبز

IFM: شاخص تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی شهری

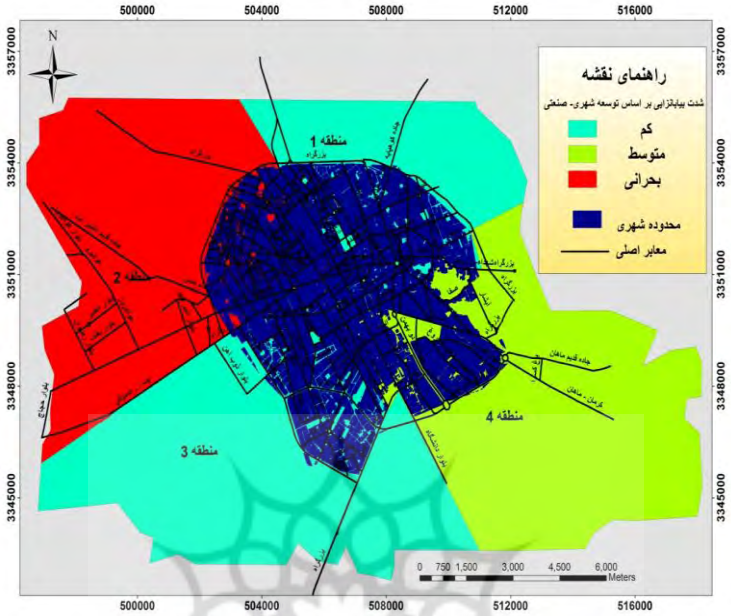
PQI: شاخص تراکم جمعیت

IFB: تبدیل اراضی باغی و زراعی به اراضی شهری

RQI: شاخص تراکم جاده‌ها و معادن

جدول ۶. پهنه‌بندی شدت بیابانی‌شدن اراضی براساس معیار توسعهٔ شهری و صنعتی شهر کرمان

دامنهٔ امتیاز	کم ۱-۰	متوسط ۲-۱	بحرانی ۳-۲	خیلی بحرانی ۵-۳
شاخص عددی شدت بیابان‌زایی ناشی از توسعهٔ شهری و صنعتی (TDI)	TDI <۱	۱<TDI<۲	۲<TDI<۳	TDI>۳



شکل ۷. نقشهٔ پهنه‌بندی شدت تخریب و بیابانی‌شدن اراضی محدودهٔ شهر کرمان براساس معیار توسعهٔ شهری و صنعتی (بیابان‌زایی تکنوژنیکی)

بحث و نتیجه

همان‌طور که بیان شد، در این تحقیق برای رسیدن به نقشهٔ تخریب اراضی براساس معیار تکنولوژی توسعهٔ شهری، شاخص‌های تبدیل اراضی باغی و زراعی اطراف شهرها به مسکونی و صنعتی، تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به شهری و صنعتی یا کشاورزی نامناسب، تراکم جاده و معدن، تراکم جمعیت و میزان فضای سبز برای بررسی در نظر گرفته شده است معیار تکنولوژی توسعهٔ شهری عاملی مهم در تخریب اراضی در منطقهٔ مورد مطالعه است، افزایش جمعیت در محدودهٔ اراضی شهر کرمان، گسترش بی‌رویهٔ و شتاب توسعهٔ صنایع، اگر چه موجب رونق و توسعهٔ اقتصادی- اجتماعی است، سرچشمهٔ بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی در این محدوده است. تجزیه‌وتحلیل شاخص‌های مطرح‌شده در مدل ارزیابی بیابان‌زایی تکنوژنیکی اراضی محدودهٔ شهر کرمان بیان‌کنندهٔ این واقعیت است که شاخص‌های تعریف‌شده چهرهٔ قابل قبولی از

وضعیت تخریب اراضی را نشان می‌دهد. از شاخص‌های مهم تخریب اراضی در این منطقه، توسعهٔ شهری و گسترش مناطق سکونتگاهی با فضای سبز و بیوماس محدود است. فرازمند و همکاران (۱۳۸۳)، و احمدی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌های مشابه بیان می‌کنند شاخص‌های یادشده برای وضعیت بالفعل بیابان‌زایی تکنوژنیکی مناسب است و به‌طور کلی اصلی‌ترین شاخص بیابان‌زایی تکنوژنیکی در محدودهٔ مطالعاتی را نسبت اراضی مسکونی و شهری به باغی و زراعی تشکیل می‌دهد که باید از تبدیل بی‌رویهٔ اراضی کشاورزی اعم از باغی و زراعی به اراضی صنعتی و مسکونی خودداری شود. بنابراین، در این تحقیق نیز با نتایجی مشابه، با توجه به‌ترتیب ارزش عددی هر یک از شاخص‌ها (۱: تبدیل اراضی باغی و زراعی، ۲: تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی، ۳: تراکم جاده و معدن ،٤: تراکم جمعیت، و ٥: فضای سبز) بیان می‌کند تأثیر تبدیل اراضی زراعی به اراضی صنعتی و مسکونی بیشترین نقش را در تخریب اراضی داشته است.

اراضی محدودهٔ شهر کرمان از لحاظ شدت تخریب و بیابان‌زایی در اثر توسعهٔ شهری و صنعتی‌شدن و براساس طبقه‌بندی مدل IMDPA، سه تیپ کم، متوسط و بحرانی دارد. با توجه شکل ۷، مشاهده می‌شود که از کل مساحت منطقه، ٤٤ درصد آن (برابر با ۱۱۵۸٤٫۳۲ هکتار) جزء مناطقی است که وضعیتی مناسب دارند. این نواحی شامل مناطق جنگلی است که بیشتر مناطق تفریحی شهر کرمان محسوب می‌شود و شهر در این راستا از نظر توسعه محدود شده است. ۳۰ درصد (برابر با ۷۸۹۸٫٤ هکتار) کل منطقه را تیپ متوسط تشکیل داده است که نواحی در امتداد منطقهٔ ٤ شهری را شامل می‌شود. دلایلی که موجب شده سات این اراضی از نظر تخریب در تیپ متوسط قرار گیرند، عبارت‌اند از قرارگرفتن در راستای مسیر خروجی شهر (مسیر کرمان ° زاهدان)، که سبب تمرکز کارخانه‌ها و واحدهای تولیدی کوچک شده است و کاربری تجاری–صنعتی به این اراضی داده‌اند. کوهستانی‌بودن قسمتی از این اراضی نیز باعث شده است مناطق مسکونی نتوانند در اشغال اراضی آن دخل و تصرف کنند. این ناحیه در صورت مدیریت‌نشدن، می‌تواند شکننده باشد و به تیپ بحرانی تبدیل شود. ۲٦ درصد (برابر یا ٦۸٤٥٫۸ هکتار) کل منطقه را تیپ بحرانی تشکیل داده است. همان‌طور که در شکل ۷ دیده می‌شود، این نواحی به اراضی منطقه ۲ شهری محدودند که حالت بحرانی به خود گرفته است، از جمله دلایل چنین وضعیتی

می‌توان به این موارد اشاره کرد: ۱. واقع‌شدن این اراضی در مسیر کرمان به شهرهای مختلفی مانند تهران، اصفهان، شیراز؛ ۲. وجود شهرک‌های صنعتی، شهرک‌های اقماری و تأسیسات زیربنایی مانند فرودگاه و غیره. بنابراین، باید برای جلوگیری از روند گسترش شهر در این منطقه و تخریب بیشتر اراضی آن، برنامه‌های مدیریتی را در این منطقه متمرکز کرد. با توجه به نتایج این پژوهش و بازدیدهای میدانی، از مجموع پارامترهای به‌کارگرفته‌شده در این پژوهش (تراکم راه‌ها و معادن، میزان تراکم فضای سبز، تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی، و تبدیل اراضی باغی و زراعی)، مهم‌ترین پارامتر مؤثر در بیابان‌زایی تکنوژنیکی در اراضی اطراف شهر کرمان، تبدیل بیش از حد اراضی کشاورزی (باغی و زراعی) به اراضی صنعتی و مسکونی است. بنابراین، باید تا حد امکان مانع چنین تغییراتی در منطقه شد و مکان‌های مناسب دیگری برای توسعهٔ شهرک‌های صنعتی و مسکونی انتخاب شوند. همچنین، می‌توان در نواحی بحرانی با ایجاد کمربند سبز و دیگر روش‌های بیابان‌زدایی بیولوژیکی مانع تخریب اراضی شد. اگر مناطق یادشده نیز به نحوی مناسب حفاظت نشود و مدیریت آن تداوم پیدا نکند، با توجه به پتانسیل‌های موجود، ممکن است اراضی محدودهٔ شهری از تیپ کم به تیپ متوسط و سپس به تیپ بحرانی تبدیل شوند. همچنین، می‌توان در پهنه‌بندی شدت تخریب اراضی محدودهٔ شهرها براساس مدل IMDPA در هر منطقه به‌جای شاخص‌های به‌کارگرفته‌شده در این روش، با توجه به محدودیت‌های موجود و مهم در هر منطقه از شاخص‌های مناسب دیگری مانند آلودگی زیست‌محیطی، و هوا یا آلودگی و عمق آب‌های زیرزمینی، و همچنین برای بالابردن دقت این روش در مدل‌سازی با GIS، شبکه‌های عصبی و منطق فازی نیز به‌کار گرفته شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

۱. احمدی، حسن، نظری سامانی، علی‌اکبر، اختصاصی، محمدرضا، مقیمی‌نژاد، فیروزه و حسین‌آبادی، مصطفی (۱۳۹۱). بررسی تأثیر توسعهٔ شهری و صنعتی (بیابان‌زایی تکنوژنتیکی) در بیابان‌زایی. *فصل‌نامهٔ پژوهش‌های فرسایش محیطی*، شمارهٔ ۲، صفحات ۷۷-۶۳.

۲. ذوالفقاری، فرهاد، شهریاری، علیرضا، فخیره، اکبر، راشکی، علیرضا، نوری، سهیلا و خسروی، حسن (۱۳۹۰). ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA. *مجلهٔ پژوهش و سازندگی*، شمارهٔ ۹۱، صفحات ٦٨-٥٠.

۳. رهنمایی، محمدتقی، پوراحمد، احمد و اشرفی، یوسف (۱۳۹۰). ارزیابی قابلیت‌های توسعهٔ شهری مراغه با استفاده از مدل ترکیبی SWOT- ANP. *مجلهٔ جغرافیا و توسعه*، شمارهٔ ٢٤، صفحات ۱۰۰-۷۷.

٤. زهتابیان، غلامرضا و جعفری، رضا (۱۳۸۲). تعیین شدت تخریب منابع آب در منطقهٔ کاشان با استفاده از مدل بیابان‌زایی. *فصل‌نامهٔ محیط‌شناسی*، شمارهٔ ۳۰، صفحات ۳۰-۱۹.

۵. علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۸۲). *کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین (علوم خاک)*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

٦. فرازمند، سارا، جعفری‌زاده، مسعود و فرجی، محمد (۱۳۸۹). بررسی اثر معیار تکنولوژی توسعهٔ شهری در بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA. *دومین همایش فرسایش بادی*، دانشگاه یزد.

۷. موسوی، سید محمد (۱۳۸۵). بیابان‌زدایی نیازمند عزم ملی. *فصل‌نامهٔ جنگل و مرتع*، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، شمارهٔ ۷۰، صفحات ۱۸-۷.

۸. هایوودکورنلیوس، کارور (۱۳۸۱). *مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی*. ترجمهٔ گیتی تجویدی، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور.

9. Babaev, A.G., Kharin, N.G, orlovsky (1993). *Assessment* and *mapping* of *desertification processes: A methodological guide*. Ashgabat.

10. Basso, F., Belloti, A., Faretta, S., Ferara, A., Manino, G., Pisanta, M., Quaranta, G. &

Tabemer, M. (1999). *The agri basin in: MEDALUS project- Mediterranean Desertification and land Use*. Manual on key indicators of desertification and mapping Environmentally Sensitive areas to desertification.

11. Ben-Dor, E., Levin, N., Singer, A. Kamili, A., Braun, O. & Kidron G.J. (2005). Quantitative mapping of the soil rubification process on sand dune using an airborne hyperspectral sensor. *Geoderma*, 131(1), 1-21.
12. Cities Alliance: Cities without Slums (2006). Guide to City Development Strategies: Improving Urban Performance, Washington D.C, USA.
13. Depaola F.D., Ducci, C. & Giugni, D. (2009). Soil erosion and desertification: a combined approach using RUSLE and ESAS models in the Tusciano basin (Southern Italy). *Environmental Earth Sciences*, 70(5),1-12
14. God, A. & Lofty, I. (2008). Use of remote sensing and GIS in mapping the environmental sensitivity areas for desertification of Egyptian territory. *Earth Discuss*, 3(1), 41- 85.
15. Howari, F.M., Baghdady, A. & Goodell, P.C. (2007). Mineralogical and gemorphological characterization of sand dunes in the eastern part of United Arab Emirates using orbital remote sensing integrated with field investigations. *Geomorphology*, 8(3), 67˚81.
16. Karnieli, A. & Cierniewski, J. (2002). Virtual surface simulating the bidirectional reflectance of semi-arid soil. *International Journal of Remote Sensing*, 23(19), 4019-4038.
17. Kosmas, C., Kirkby, M. & Geeson, N. (1999). Key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification European Commission, Energy, Environment and Sustainable Development. *EUR 18882*, 7(2), 82-87.
18. Kosmas, C., Ferrara, A., Briassouli, H. & Imeson, A. (2000). *Methodology for mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to desertification.* Agricultural University of Athens, Laboratory of Soils and Agricultural Chemistry.
19. Kundu, A. & Dutta, D. (2010). Monitoring desertification risk through climate change and human interference using Remote sensing and GIS techniques. *Journal of Geometrics and Geosciences*, 2(1), 21-33.
20. Lavado Conntador, J.F., Schnabel, S., Mezo Gutierrez, A.G. & Pulido, F.M. (2008). Mapping Sensitivity to land degradation Extremadura. *SW Spain*, 1(1), 25-41.
21. Ldisa G., Todorovic, M. & Trisorio-liuzzi, G. (2002). Characterization of Areas Sensitive to Desertification in Southern Italy, Proc. Of the 2nd Int. Conf. On New Trend in *Water and Environmental Engineering for Safety solutions for Aquatic Enviro and Life: Ecocompatible nments*, Capri, Italy, June 24-28.
22. Rafiei Emam, A., Fakhri, F. & Ahmadian, A. (2002). *Desertification vulnerability in varamin plain*. Faculty of natural resources, University of Tehran.
23. Richards, J.A. (2000). *Remote sensing digital image analysis*. 3th ed., Berlin: Springer-Verlag.
24. Zhu, D., Wang, T.W., Cai, C.F., Li, L. & Shi, Z.H. (2009). Large-scale assessment of soil erosion using a neuro-fuzzy model combined with GIS: A case study of Hubei Province, China. *Land Degrade Develop*, 20, 654˚666.