

## ارائه روشی جهت واسنجی درجه اهمیت معیارهای تأثیرگذار بر مدل سازی تخریب سرزمین با تاکید بر تخریب پوشش گیاهی

زهره جهان تاب<sup>۱\*</sup>، علی اصغر آل شیخ<sup>۲</sup>، علی درویشی بلورانی<sup>۲</sup>، کیوان باقری<sup>۲</sup>

- ۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
- ۲- استاد، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
- ۳- استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
- ۴- دانشجو دکتری سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۰۹

### چکیده

یکی از مهم ترین چالش های بشر در قرن حاضر کاهش منابع به دلیل استفاده غیرمنطقی انسان از زمین می باشد که منجر به پدیده ای به نام تخریب سرزمین شده است. تاکنون، مدل های متفاوتی جهت ارزیابی این پدیده معرفی شده اند که پارامترها و اوزان آن ها وابسته به نظر کارشناسان می باشند. در این تحقیق سعی شده با معرفی روشی جدید پارامترهای مؤثر بر این پدیده، با شرایط منطقه مورد مطالعه تعیین و واسنجی شوند. روش پیشنهادی، روشی داده مینا محسوب می شود طوری که در آن اوزان پارامترها به صورت هوشمند و مبتنی بر شرایط اقلیمی و جغرافیایی منطقه، محاسبه می گردند. جهت تعیین درجه اهمیت هر یک از معیارها و رتبه بندی آن ها از الگوریتم ژنتیک و شاخص هم پوشانی وزن دار استفاده شده است. برای ارزیابی، اطلاعات مربوط به منطقه نینوا واقع در کشور عراق که شامل تصاویر ماهواره ای لندست سال های ۱۹۸۵، ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و معیارهای فاصله از رودخانه، فاصله از دریاچه، فاصله از مناطق کشاورزی، فاصله از راهها، فاصله از مناطق مسکونی، ارتفاع، شیب، فاصله از قنات، فاصله از چاه آب، فرسایش، نوع اقلیم و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (*Normalized Difference Vegetation Index*) گردآوری شد. نتایج حاصل از مدل سازی و واسنجی روش پیشنهادی با روش معمول (اعمال وزن های یکسان) مقایسه شدند. با اعمال الگوریتم ژنتیک و واسنجی نمودن اوزان، میانگین خطای پیش بینی تخریب پوشش گیاهی ۰/۰۳ به دست می آید که در مقایسه با خطای روش معمول (۰/۱۳۷) از کاهش چشمگیری برخوردار است. همچنین در این مرحله، ترتیب اهمیت معیارها در منطقه مورد مطالعه نیز مشخص شد. به منظور اطمینان بیشتر از دقت نتایج دوباره ارزیابی شد که به ترتیب از اطلاعات سال های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۴ استفاده شد و خطای میانگین ۰/۰۵۳ و دقت ۰/۸۵۷ به دست آمد. پس از اطمینان به دقت مدل، پیش بینی تخریب پوشش گیاهی سال ۲۰۲۷ نیز صورت گرفت. نتایج به دست آمده از مدل ارائه شده حاکی از وضعیت بحرانی تخریب سرزمین در منطقه مورد مطالعه می باشد.

کلیدواژه ها: الگوریتم ژنتیک، تخریب پوشش گیاهی، واسنجی مدل، شاخص هم پوشانی وزن دار



## ۱- مقدمه

امروزه روند تخریب سرزمین در کشورهای در حال توسعه و نیز کشورهایی که دارای پتانسیل بالایی برای تخریب هستند، آهنگ روبه رشدی دارد و از شدت بالایی برخوردار است. واژه‌ی تخریب سرزمین، از دست دادن یا کاهش کیفیت و بهره‌وری زمین می‌باشد. تعریفی که مجمع سازمان ملل برای مبارزه با بیابان‌زایی<sup>۱</sup> (UNCCD) در دسامبر ۱۹۹۶ از واژه "تخریب" ارائه نموده آن را، به‌عنوان کاهش بهره‌وری زمین ناشی از کاربری نادرست زمین یا ترکیبی از فرایندها، از جمله فرسایش خاک، زوال خواص خاک و از دست دادن طولانی مدت پوشش گیاهی طبیعی دانسته است. با توجه به اهمیت این پدیده محققان زیادی از گذشته تا به امروز با دیدگاه‌ها و اهداف گوناگون به تحقیق درباره‌ی عوامل به‌وجود آورنده و آثار و پیامدهای ناشی از گسترش آن در مناطق مختلف پرداخته‌اند. به طوری که می‌توان آن را به‌عنوان یکی از ضروری‌ترین مسائل زیست‌محیطی معاصر مطرح کرد [۱]. امروزه تخریب سرزمین موجب بروز آسیب‌های زیادی در پوشش گیاهی و اکوسیستم شده است بنابراین تهدید بزرگی برای زندگی مردم و منابع می‌باشد [۲]. لذا جهت ارزیابی این پدیده، محققان متعددی در سرتاسر جهان از مدت‌ها قبل به بررسی این مشکل پرداخته‌اند که منجر به ارائه مدل‌های منطقه‌ای فراوانی شده است که خاص همان مناطق می‌باشند. بنابراین برای استفاده از این مدل‌ها در مناطق دیگر باید شاخص‌ها و معیارهای آن‌ها مورد بررسی و ارزیابی مجدد قرار گیرند و با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی تعدیل و اصلاح شوند. نکته حائز اهمیت این است که بیش‌ترین تمرکز مدل‌ها و روش‌های ارائه شده مبتنی بر نظر کارشناسان می‌باشد

یا به نوعی مدل‌سازی دانش مبنا می‌باشد. با توجه به موارد عنوان شده، لازم است تا با ارائه روشی داده مبنا، بدون نیاز به نظر کارشناسان و به روشی مبتنی بر شرایط اقلیمی و جغرافیایی منطقه، اوزان پارامترها به‌صورت خودکار تعیین گردند و بتوان میزان آن‌را نیز برای سالهای آتی پیش‌بینی کرد. در این تحقیق سعی شده با استفاده از الگوریتم بهینه‌ساز ژنتیک فرایند تخریب سرزمین با تاکید بر تخریب پوشش گیاهی مدل‌سازی کرده و همچنین با ارائه رویکردی نوین با استفاده از معیارهای تأثیرگذار، سیستم اطلاعات مکانی، مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار، مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی را هرچه بیشتر به واقعیت نزدیکتر ساخت. سردار زاده از تلفیق شبکه عصبی مصنوعی زنجیره مارکوف برای مدل‌سازی تخریب جنگل در حوضه‌ی چهل چای استان گلستان استفاده کرده و عوامل فاصله از کاربری‌های همسایه (کشاورزی و مسکونی) و تراکم جمعیت را به‌عنوان عوامل با بیش‌ترین تأثیر بر تخریب جنگل در منطقه مطالعاتی معرفی نموده است [۳]. عرفانی‌زاده با مطالعه تخریب مراتع در محدوده مطالعاتی در استان نینوا عراق از فاکتورهای نظیر شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از منابع آبی، فاصله از جاده و شاخص رطوبت خاک جهت پیش‌بینی تخریب مرتع با استفاده از شبکه عصبی - مارکوف استفاده نمود. این تحقیق در دوره زمانی سال‌های ۱۹۸۵-۲۰۰۱ (دوره اول) و ۲۰۰۱-۲۰۱۳ (دوره دوم) بررسی شد که سه حالت از تغییرات را در نظر گرفته است: حالت اول؛ تبدیل مراتع خوب به مراتع تخریب شده، حالت دوم؛ مراتع خوب به غیر مرتع و حالت سوم؛ تبدیل مراتع تخریب شده به غیر مرتع. نتایج این تحقیق نشان داد که در دوره اول و در حالت اول تغییر پوشش مراتع بیشترین همبستگی را با متغیر ارتفاع داشته و رابطه آن‌ها به‌صورت منفی بوده یعنی با کاهش ارتفاع تخریب مراتع خوب بیشتر می‌شود و کمترین همبستگی با فاصله از اراضی کشاورزی داشته است.

<sup>1</sup> United Nations Convention to Combat Desertification



نویسی ژنتیک<sup>۱</sup> روش جدیدی برای طراحی شاخص پوشش گیاهی ارائه کردند که به صورت خودکار مجموع پوشش گیاهی سالم، خشک و پوشش مرده را شناسایی کند، همچنین بتواند ارتباط خوب این شاخص با اثرات عامل پوشش خاک (مدل فرسایش<sup>۲</sup> RUSLE) را نیز بررسی نماید. مدل ارائه شده در مقایسه با شاخصهای مانند<sup>۳</sup> NDVI و<sup>۴</sup> SAVI از کارایی و دقت بسیار بالایی برخوردار بوده است [۷]. لوئیس و همکاران در پژوهش خود یک چارچوب تحلیلی به نام<sup>۵</sup> CLDM، یک روش دانش مبنا برای ارزیابی تخریب سرزمین معرفی کردند که هدف آن به تصویر کشیدن محرکهای اصلی تخریب سرزمین می باشد. آن ها با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و تحلیل های تصمیم گیری چند معیاری و ترکیب آن با طبقه بندی الگوی فازی توانستند شدت تخریب سرزمین را در دو حوضه آبخیز مکزیک مرکزی بررسی کنند و همچنین با استفاده از روش<sup>۶</sup> ANP مؤلفه های ضروری آن را شناسایی و طبقه بندی کنند [۸].

## ۲- مواد و روش ها

در این بخش به معرفی محدوده مورد مطالعه، پارامترهای تاثیر گذار و مدل های استفاده شده پرداخته می شود.

### ۲-۱- محدوده مورد مطالعه

طوفان های گرد و غبار یکی از پدیده های جوی غالب در مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می شوند که تأثیرات مخربی بر محیط زیست گذاشته و اثرات نامطلوبی را بر سلامتی انسان برجا می گذارند. این پدیده به خصوص در سالیان اخیر به طور متناوب

در حالت دوم تغییر پوشش مراتع با معیارهای فاصله از اراضی مسکونی و ارتفاع بیشترین همبستگی و فاصله از منابع آبی کمترین همبستگی را نشان می دهند و در در حالت سوم بیشترین همبستگی با عامل ارتفاع می باشد. در دوره ی دوم عامل فاصله از منابع آبی در هر سه حالت تأثیر کمی را بر تخریب مراتع نشان می دهد. همچنین عامل ارتفاع در هر سه حالت تأثیر نسبتاً زیادی در تخریب عرصه های مرتعی داشته است که به نظر می رسد به دلیل رابطه ی مستقیم ارتفاع با بارندگی می باشد. به این صورت که با کاهش ارتفاع و به تبع آن کاهش بارندگی تخریب مراتع بیشتر می شود. در انتها نتایج ارزیابی مدل نشان دهنده ی توافق نسبی مدل در برآورد تغییرات مراتع در ناحیه ی مورد مطالعه را دارد [۴]. خوی و همکاران در منطقه ای در شمال ویتنام تخریب جنگل ها را با استفاده از روش تلفیق شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف و داده های ماهواره ای مربوط به سه زمان مختلف، مدل سازی کردند. این مطالعه نشان داد که تخریب در مرز بین جنگل ها و اراضی کشاورزی، مناطق نزدیک به منابع آبی و مناطق با ارتفاع کمتر، شدیدتر است [۲]. اکبری و همکاران جهت بررسی و ارزیابی حساسیت معیارهای ورودی در وضعیت بیابانزایی جنوب شهرستان نیشابور از مدل شبکه عصبی مصنوعی و برای ارزیابی روند بیابانزایی استفاده کردند. وضعیت پوشش گیاهی، وضعیت مراتع، فرسایش بادی و آبی و شوری به عنوان عوامل مؤثر در وضعیت بیابانزایی تعریف و امتیازدهی شدند. نتایج آن ها نشان داد که ۶۲ درصد منطقه دارای بیابانزایی متوسط و ۳۰ درصد دارای وضعیت ناچیز است [۵]. اونسق جهت ارائه برنامه مدیریت خطر بیابانزایی دشت گرگان در قالب واحدهای فیزیوگرافیک و ۵ معیار کلیدی (شوری، ماندابی شدن، فرسایش آبی، فرسایش بادی و تخریب پوشش گیاهی) بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شدت خطر بیابانزایی این دشت را به ۴ کلاس طبقه بندی و با مقایسه سناریوها، راهکار ارائه داده است [۶]. سزار و همکاران با استفاده از برنامه

<sup>1</sup> Genetic Programing

<sup>2</sup> Revised Universal Soil Loss Equation

<sup>3</sup> Normalized Difference Vegetation Index

<sup>4</sup> Soil Adjusted Vegetation Index

<sup>5</sup> Connotative Land Degradation Mapping (CLDM)

<sup>6</sup> Analytic Network Process



برای مدل سازی استفاده شده است به خوبی عمل می کنند درحالی که در سایر مناطق، مخصوصاً زمانی که طبیعت، نوع پوشش و اقلیم منطقه تغییر می یابد، از میزان دقت و کارایی مدل ها کاسته می شود؛ بنابراین ممکن است مدل های پایه استفاده شده در روش های ارزیابی تخریب سرزمین یکسان باشد ولی قطعاً در مورد روابط و زیرمدل های استفاده شده بنا به طبیعت و نوع پوشش، تفاوت هایی وجود دارد. در این تحقیق هدف مدل سازی روند تخریب پوشش گیاهی و همچنین پیش بینی وضعیت تخریب در آینده با استفاده از روش های هوشمند انجام می باشد طوری که بیش ترین توجه و تمرکز روی اهمیت (وزن) معیارهای مؤثر بر تخریب سرزمین با تأکید بر تخریب پوشش گیاهی باشد. همچنین سعی شده است مدل پیشنهادی به صورت خودکار فرایند شبیه سازی را انجام و بتواند به عنوان یک سیستم هوشمند پیش بینی تخریب پوشش گیاهی، مورد استفاده قرار گیرد. مؤلفه های مدل پیشنهادی به شرح ذیل است: (۱) ارزیابی معیارهای تأثیرگذار (نرمالیزه کردن معیارها در محیط نرم افزار آرک مپ)، (۲) ترکیب لایه ها از طریق مدل شاخص همپوشانی وزن دار و (۳) اجرای الگوریتم ژنتیک (شکل (۳)).

کشورهای منطقه خاورمیانه از جمله عراق و ایران را در بر گرفته است. طی تحقیقات انجام شده توسط درویشی و همکاران در سال ۱۳۹۰ قانون های فعال تولید گرد و غبار در کشورهای همسایه شناسایی شده است که سهم کشور عراق در ایجاد این گرد و غبارها بیشتر از سایر کشورها می باشد. بررسی های صورت گرفته نشان دهنده آن است که طوفان های گسترده ای که سرتاسر غرب ایران و گاهی تا مرکز ایران را فرا می گیرند، از محدوده های شمال غرب عراق و شرق سوریه (مراکز اصلی قانون اول) و جنوب غرب و غرب عراق (مراکز اصلی قانون دوم) نشأت گرفته است (شکل (۱)) [۵]. از این رو در این تحقیق با تمرکز بر قانون اول گرد و غبار این منطقه از نظر تخریب سرزمین با تأکید بر از بین رفتن پوشش گیاهی مورد بررسی قرار می گیرد. شکل های (۱ و ۲) محدوده و تصویر ماهواره ای که بخشی از استان نینوا در کشور عراق است و در محدوده فعال ترین قانون تولید گرد و غبار قرار دارد را نشان می دهد. منطقه مورد مطالعه دارای مساحتی معادل ۱۸۲۵۷/۷۶ کیلومتر مربع می باشد. لازم به ذکر است که از تصاویر ماهواره لندست با سنجنده های  $ETM^+$ ،  $TM^1$  و  $OLI^3$  استفاده می شود و از ترکیب باندهای مادون قرمز نزدیک، قرمز و آبی استفاده شده است.

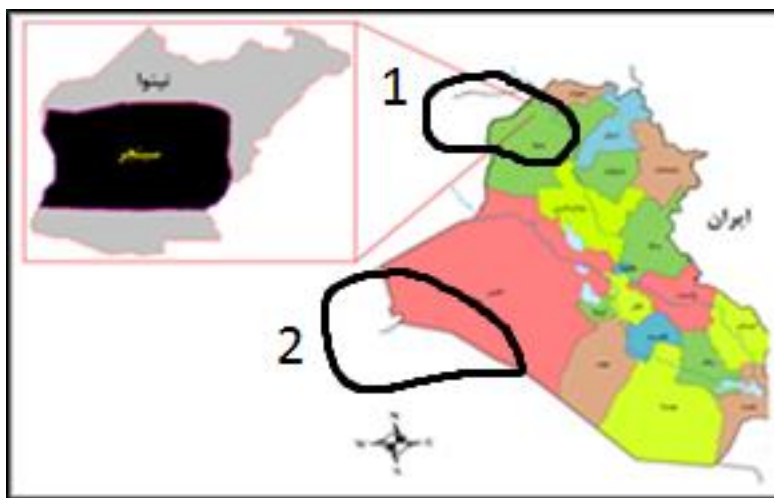
روش های بسیاری برای برآورد و تهیه نقشه ارزیابی شدت و تعیین نوع تخریب سرزمین وجود دارد. بر اساس بررسی منابع موجود، با توجه به اینکه ۱- تمرکز بیشتر این مدل ها بر روی ارزیابی تخریب سرزمین می باشد، ۲- مدل سازی و پیش بینی در آن ها کم رنگ بوده و ۳- مدل های ارائه شده معمولاً برای مناطقی که از داده های آن منطقه

1 Thematic Mapper

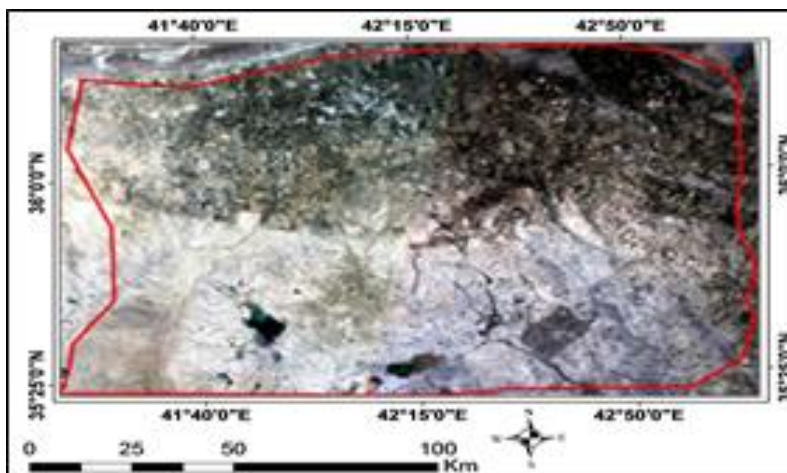
2 Enhanced Thematic Mapper Plus

3 Operational Land Imager





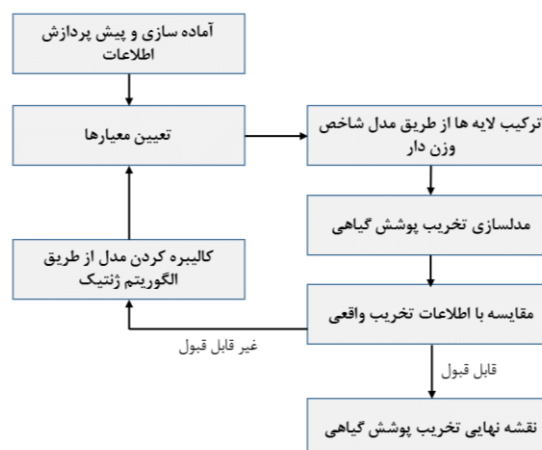
شکل ۱: محدوده مورد مطالعه



شکل ۲: منطقه مورد مطالعه لندست ۸ ترکیب باندهای (۳ ۴ ۵)

## ۲-۲- ارزیابی معیارهای تأثیرگذار

تخریب سرزمین پدیده‌ای پویا و کاملاً پیچیده است. مطالعه رفتار پیچیده تخریب سرزمین نیازمند مطالعه عوامل مؤثر و تأثیرگذار بر آن می‌باشد. در مدل‌سازی‌های مربوط به این پدیده، عوامل متفاوتی در نظر گرفته می‌شوند. انتخاب این عوامل از یک سو بستگی به مدل مورد استفاده دارد و از جنبه دیگر در دسترس بودن داده‌ها نیز بر این انتخاب سایه می‌افکند. در مسئله تخریب سرزمین معیارهای فراوانی تأثیرگذارند که توسط کارشناسان مربوطه انتخاب می‌شوند.



شکل ۳: مؤلفه‌های روش پیشنهادی برای مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی



در این تحقیق، با توجه به معیارهای در نظر گرفته شده در تحقیقات پیشین و نظرات کارشناسان، معیارهای ذیل جهت مدل سازی مسئله تخریب سرزمین با تأکید بر تخریب پوشش گیاهی در نظر گرفته شده است (جدول (۱)).

جدول ۱: معیارهای مورد استفاده در مدل سازی تخریب پوشش گیاهی

معیارها	نوع تأثیر (نوع رابطه)
C <sub>1</sub> فاصله از رودخانه	رابطه مستقیم
C <sub>2</sub> فاصله از دریاچه	رابطه مستقیم
C <sub>3</sub> فاصله از مناطق کشاورزی	رابطه مستقیم
C <sub>4</sub> فاصله از راهها	رابطه مستقیم
C <sub>5</sub> فاصله از مناطق مسکونی	رابطه معکوس
C <sub>6</sub> ارتفاع	رابطه معکوس
C <sub>7</sub> شیب	رابطه مستقیم
C <sub>8</sub> فاصله از قنات	رابطه مستقیم
C <sub>9</sub> فاصله از چاه آب	رابطه مستقیم
C <sub>10</sub> فرسایش (با استفاده از جنس خاک و نوع سنگ)	رابطه مستقیم
C <sub>11</sub> نوع اقلیم (با استفاده از بارندگی و دما)	رابطه مستقیم
C <sub>12</sub> شاخص NDVI	رابطه مستقیم

پس از تعیین معیارهای تأثیرگذار، نیاز است که وابستگی هریک از این معیارها با تخریب پوشش گیاهی بررسی شود. برای استفاده از آنالیزهای مکانی ابتدا معیارها به فرمت مدل داده ی رستری تبدیل می شوند که این کار در نرم افزار ARC map انجام شد. از این رو برای هر یک از پیکسل ها، معیارهای مؤثر مقداردهی می گردند. نکته قابل ذکر در تحلیل معیارهای موجود در جدول (۱)، تعیین نوع رابطه و تأثیر (مستقیم و یا معکوس) هر لایه با تخریب پوشش گیاهی است. در واقع باید رابطه بین روند ارزش پیکسل های هر معیار با ارزش پیکسل در لایه تخریب پوشش گیاهی

مشخص گردد. همان طور که جدول (۱) مشخص است، معیارهای فاصله از مناطق مسکونی و طبقات ارتفاعی رابطه ای معکوس با تخریب پوشش گیاهی دارند که این به مفهوم آن است که هر چه ارزش پیکسل های این دو لایه کمتر باشد احتمال تخریب پوشش گیاهی بالا می رود و بالعکس در مابقی معیارها که رابطه مستقیم با تخریب پوشش گیاهی منطقه دارند به مفهوم آن است که هر چه ارزش پیکسل در این لایه ها بیشتر شود احتمال افزایش میزان تخریب هم بیشتر است. بدین ترتیب هر پیکسل دارای مقداری به شکل یک بردار می باشد این بردار دارای ابعاد ۱۲×۱ است که مؤلفه های آن مقادیر محاسبه شده برای معیارها می باشد (مقادیر معیارهای C<sub>1</sub> تا C<sub>12</sub>). چون هریک از این معیارها دارای واحد و مقادیر خاص خود می باشند. نمی توان معیارها را باهم دیگر مقایسه کرد. برای مثال معیار شیب دارای واحد درصد و ارتفاع دارای واحد متر می باشد. در نتیجه ارزش عددی این معیارها قابل مقایسه نیست. برای مثال معیار ارتفاع دارای مقادیری بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ متر است درحالی که معیار فاصله از راهها دارای مقادیری بسیار بزرگتر از این می باشد. از این رو انجام عملیات اصلی ریاضی بر روی پیکسل ها قبل از نرمال کردن یا یکسان سازی مقیاس ها امکان پذیر نیست [۹].

## ۲-۲-۱- نرمالیزه کردن مقادیر معیارها

هر یک از مقادیر معیارها ممکن است توسط دو روش کیفی و کمی توصیف شوند. روش کیفی مانند نوع اقلیم، نوع خاک و جنس سنگ. معیارهای کمی مانند فواصل مقدار ارتفاع و شیب و مقدار شاخص NDVI<sup>۱</sup> هستند.

یک روش عمومی در اندازه گیری کمی یک معیار کیفی، استفاده از مقیاس دو قطبی<sup>۲</sup> فاصله ای است (اصغرپور

<sup>۱</sup> Normalized Difference Vegetation Index

<sup>۲</sup> Bipolar Scale



اطلاعات ضروری به نظر می‌رسد. مدل‌های تلفیق اطلاعات دارای دو مؤلفه کلیدی هستند. اولین مؤلفه لایه‌های اطلاعاتی و دومین مؤلفه وزن هر یک از این لایه‌ها می‌باشد. مدل‌هایی که از وزن‌ها استفاده می‌کنند ممکن است خود قادر به تعیین وزن‌ها باشند و یا اینکه وزن‌ها به‌عنوان یک ورودی به آن‌ها وارد شوند [۹ و ۱۰]. از این حیث روش‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

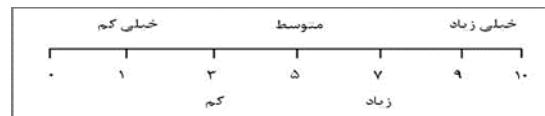
۱- دسته نخست روش‌هایی هستند که تنها داده‌ها را تلفیق می‌نمایند. از این دسته می‌توان به روش همپوشانی<sup>۱</sup> شاخص وزن‌دار اشاره کرد که در این تحقیق از آن استفاده شده است. در این صورت وزن‌ها و درجات مورد استفاده در این مدل توسط یک روش دیگر تعیین می‌شوند و این روش تنها آن‌ها را تلفیق و خروجی را تهیه می‌نماید [۱۱].

۲- دسته دوم روش‌هایی هستند که می‌توانند اوزان را با استفاده از داده‌ها تخمین بزنند و خود، آن‌ها را تلفیق نمایند. روش‌هایی نظیر وزن‌های نشانگر و رگرسیون لجستیک در این زمره قرار می‌گیرند [۱۲].

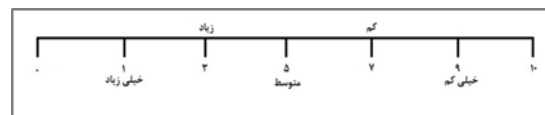
۳- دسته سوم روش‌هایی صرفاً جهت تعیین وزن هستند. روش‌های کارشناسی تعیین اوزان در این گروه می‌گنجند. چرا که یک کارشناس از نگاه خود، اهمیت داده‌ها را تعیین می‌کند و سپس اوزان به‌دست‌آمده باید در یک روش تلفیقی مناسب قرار گیرند تا نتیجه نهایی حاصل گردد [۱۳].

همان‌طور که بیان شد، در این تحقیق از روش همپوشانی شاخص وزن‌دار استفاده می‌شود که لایه‌ها را به همراه وزن هر یک و با در نظر گرفتن امتیازهای کلاس‌های موجود در هر لایه باهم ترکیب می‌کند [۱۱] (رابطه (۳)).

۱۳۸۴). این مقیاس برای معیارهای با جنبه مثبت (رابطه مستقیم) در شکل (۴) نشان داده شده است. این اندازه‌گیری بادی‌های برنجی یک مقیاس ده نقطه‌ای می‌باشد به طوری که صفر مشخص‌کننده مینیمم ارزش ممکن و ده مشخص‌کننده ماکزیمم ارزش ممکن از معیار موردنظر است. شکل (۵) این مقیاس را برای معیارهای با جنبه منفی (رابطه معکوس) نشان می‌دهد.



شکل ۴: مقیاس دوقطبی با جنبه مثبت



شکل ۵: مقیاس دوقطبی با جنبه منفی

همچنین روش‌های متعددی برای نرمال کردن مقادیر کمی وجود دارد با این وجود یکی از پرکاربردترین آن‌ها روش فازی می‌باشد که در این تحقیق از آن استفاده شده است. رابطه (۱) نرمال کردن یک معیار با جنبه مثبت را نشان می‌دهد.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij} - r_j^{\min}}{r_j^{\max} - r_j^{\min}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در اینجا  $r_j^{\min}$  کمترین مقدار معیار  $j$  ام،  $r_j^{\max}$  بیش‌ترین مقدار معیار  $j$  ام و  $r_{ij}$  مقدار معیار  $j$  ام در پیکسل  $i$  ام می‌باشد.

همچنین رابطه (۲) نرمال کردن یک معیار با جنبه منفی را نشان می‌دهد.

$$n_{ij} = \frac{r_j^{\max} - r_{ij}}{r_j^{\max} - r_j^{\min}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

مقیاس اندازه‌گیری در نرمال کردن به روش فازی بین صفر و یک خواهد بود، به طوری که صفر برای بدترین نتیجه و یک برای بهترین نتیجه است.

## ۲-۳- مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار

هنگامی که جهت مدل‌سازی یک پدیده از چندین لایه اطلاعاتی استفاده می‌شود، نیاز به یک مدل تلفیق

<sup>1</sup> overlay



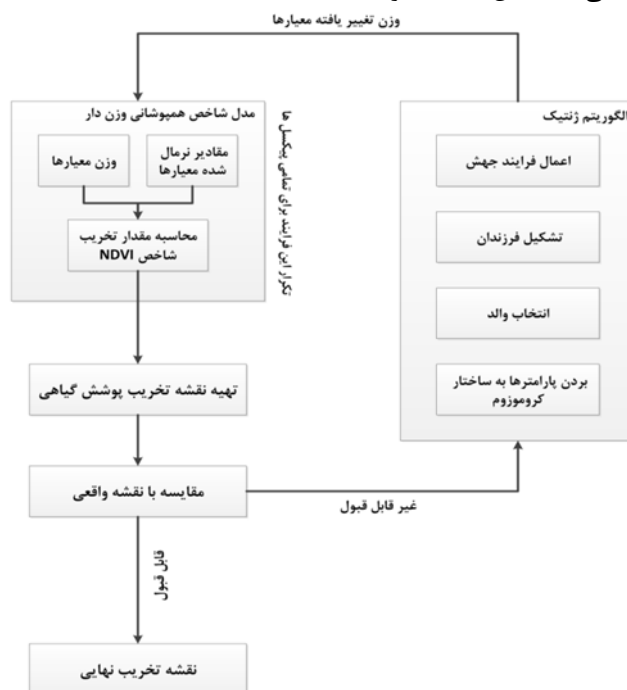
به ماهیت اکوسیستم‌های مناطق مختلف معیارها از درجه اهمیت متفاوتی در مناطق مختلف برخوردار باشند. به عنوان نمونه، ممکن است یک معیار در یک منطقه دارای اهمیت متوسط و در منطقه دیگر از اهمیت بالایی برخوردار باشد که این از ماهیت اکوسیستم‌های مناطق مختلف ناشی می‌گردد. از این رو با استفاده از الگوریتم ژنتیک اهمیت این معیارها واسنجی می‌گردند و در صورت استفاده از این مدل در منطقه دیگر نیاز به واسنجی مجدد دارد تا نسبت به ماهیت آن منطقه درجه اهمیت معیارها استخراج گردد. لذا مدل پیشنهادی این تحقیق از ترکیب مدل شاخص همپوشانی وزن دار و الگوریتم ژنتیک در محیط GIS تشکیل شده است. مقادیر محاسبه شده برای معیارهای مختلف و وزن هریک از این معیارها به عنوان ورودی مدل شاخص همپوشانی وزن دار می‌باشد. از آنجا که اهمیت هر معیار بستگی به نوع منطقه دارد این معیارها از طریق الگوریتم ژنتیک پس از تکرارهای مختلف بهینه می‌گردند (شکل ۶).

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij} W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3)$$

در اینجا،  $\bar{S}$  مقدار تلفیقی به دست آمده برای عارضه (پلی گون یا پیکسل)،  $W_i$  وزن  $i$  امین نقشه ورودی،  $S_{ij}$  امتیاز  $j$  امین کلاس از  $i$  امین نقشه و  $n$  تعداد نقشه‌های تلفیقی است. در واقع در هر مکان مجموع حاصل ضرب امتیاز در وزن، برای تمامی لایه‌ها حساب می‌شود. عبارت مخرج باعث می‌شود که معیارهای به دست آمده نرمالیزه شده و در محدوده بین صفر و یک قرار گیرند. چنانچه وزن‌ها پیش از تلفیق نرمالیزه شده باشند عبارت مخرج برابر یک می‌شود و اثری نخواهد داشت [۹]. علت اصلی رواج و کاربرد زیاد این روش به پیاده‌سازی ساده آن در محیط GIS بر می‌گردد [۱۴].

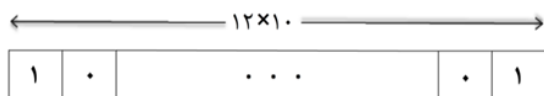
#### ۲-۴- الگوریتم ژنتیک و مدل توسعه داده شده

همان‌طور که ذکر گردید مدل‌هایی که از وزن‌ها استفاده می‌کنند ممکن است خود قادر به تعیین وزن‌ها باشند و یا اینکه به عنوان یک ورودی به آن‌ها وارد شود. مدل شاخص همپوشانی وزن دار وزن‌ها را به عنوان ورودی در نظر می‌گیرد. در حالی که ممکن است با توجه



شکل ۶: اجزای مدل توسعه داده شده





شکل ۹: ساختار باینری کروموزم پیشنهادی

پس از اینکه ساختار کروموزم‌ها تعیین گردید؛ برای هر یک از کروموزم‌ها (با ورود به مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار) یک مقدار تابع ارزیابی محاسبه می‌شود. این تابع ارزیابی برابر با میانگین اختلاف مقدار NDVI واقعی و مقدار NDVI پیش‌بینی شده می‌باشد. در نتیجه بر اساس این مقدار تابع ارزیابی کروموزم‌های موجود در جمعیت اولیه مرتب می‌شوند. هر کروموزمی که دارای اختلاف میانگین کمتری باشد از شانس بالاتری برای ورود به نسل بعدی برخوردار است. از این‌رو تمامی کروموزم‌های موجود مرتب‌شده و کروموزم‌های والد (کروموزم‌هایی که به نسل بعد منتقل می‌شوند و برابر ۳۰ درصد اولیه کروموزم‌های مرتب‌شده می‌باشد) انتخاب می‌گردند. شکل (۱۰) نمایی از تعداد ۱۰ کروموزم مرتب‌شده در جمعیت و همچنین کروموزم‌های والد را نشان می‌دهد در مرحله بعد بر اساس کروموزم‌های والد، فرزندان ایجاد می‌گردند که تزویج<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. از این‌رو با استفاده از روش تک نقطه‌ای فرزندان ایجاد شدند. شکل (۱۱) فرزند ایجادشده با استفاده از دو والد را نشان می‌دهد.

پس از مرحله ادغام، باید مرحله جهش<sup>۲</sup> صورت گیرد. جهش تنها تعدادی از ژن‌های کروموزم‌های انتخاب‌شده به صورت تصادفی را از حالت یک به صفر و بالعکس تبدیل می‌کند. در انتخاب کروموزم برای اعمال جهش، کروموزمی که دارای کمترین مقدار تابع ارزیابی (کروموزم نخبه) باشد انتخاب نمی‌گردد. شکل (۱۲) فرایند جهش برای یکی از کروموزم‌های انتخابی را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> Crossover

<sup>۲</sup> Mutation

مدل شاخص همپوشانی با استفاده از ترکیب لایه‌ها و وزن هریک از معیارها مقدار شاخص NDVI تخریب‌شده را با استفاده از رابطه (۴) به دست می‌آورد.

$$V_p = \frac{\sum_{i=1}^{12} W_i C_i}{\sum_{i=1}^{12} W_i} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در اینجا،  $C_i$  معیارهای معرفی‌شده در بخش ۲-۱،  $W_i$  وزن‌های مرتبط با هر معیار و  $V_p$  میزان تخریب پوشش گیاهی برای پیکسل موردنظر را نشان می‌دهد. مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار نیاز به وزن هریک از معیارها جهت ترکیب لایه‌ها دارد ولی اهمیت این معیارها وابسته به منطقه مورد مطالعه می‌باشد. از این‌رو وزن‌های معیارها به عنوان پارامترهای واسنجی در نظر گرفته می‌شوند. در نتیجه تعداد پارامترهای واسنجی برابر ۱۲ پارامتر می‌گردد. با توجه به ساختار الگوریتم ژنتیک نیاز است که این پارامترها به عنوان کروموزم در نظر گرفته شوند. در نتیجه هر کروموزم در این الگوریتم در خود ۱۲ پارامتر واسنجی را جای داده است. شکل (۷) ساختار این کروموزم را نشان می‌دهد.

$W_1$	$W_2$	...	$W_{12}$
-------	-------	-----	----------

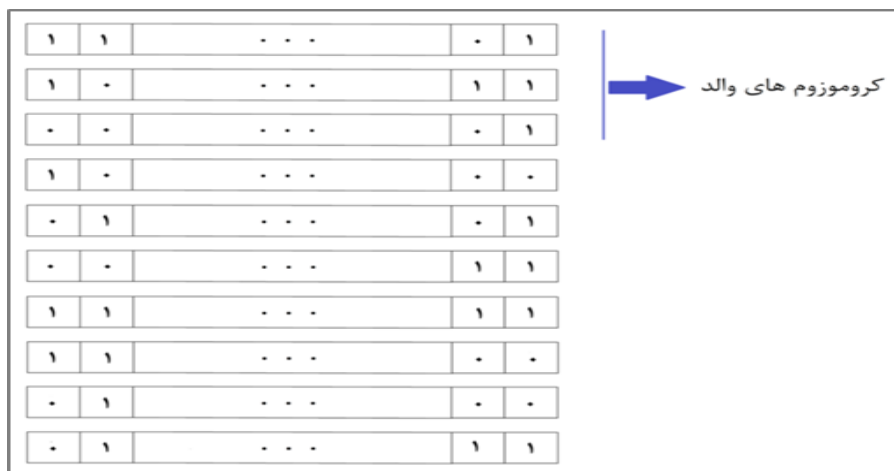
شکل ۷: ساختار کروموزم پیشنهادی

کروموزم‌ها باید به ساختاری تبدیل گردند که بتوان مرحله ادغام و جهش را بر روی آن‌ها اعمال کرد. از این‌رو از ساختار باینری برای این امر استفاده می‌گردد. شکل (۸)، ساختار باینری وزن یکی از معیارها و شکل (۹)، ساختار باینری کروموزم مورد استفاده در مدل پیشنهادی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است ارزش هر پیکسل را به صورت دودویی (۱ و ۰) نوشته شده در واقع ارزش موجود در پیکسل درایه به صورت یک عدد در مبنای ۲ تبدیل شده است زیرا الگوریتم ژنتیک با این نوع فرمت داده بهتر به و سریع‌تر به جواب می‌رسد.

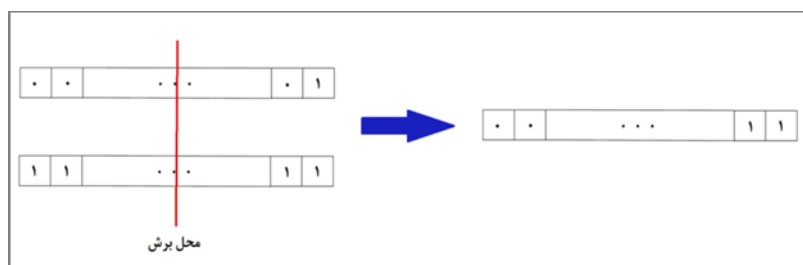
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

شکل ۸: ساختار باینری یکی از معیارها

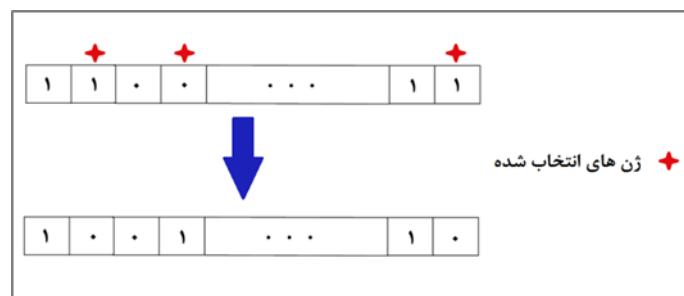




شکل ۱۰: نمایی از جمعیت کروموزوم‌ها و انتخاب کروموزوم‌های والد



شکل ۱۱: فرزند ایجاد شده با استفاده از دو والد در روش ادغام تک نقطه‌ای



شکل ۱۲: فرایند اعمال فرایند جهش بر روی کروموزوم انتخاب شده

تزوید و جهش برای نسل حاضر صورت گرفته و یک نسل جدید ایجاد می‌گردد. این فرایند تا زمانی تکرار می‌گردد که شرایط توقف برنامه فراهم شود. توقف برنامه با استفاده از روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که در این تحقیق تعداد تکرار و مقدار تابع ارزیابی ملاک توقف برنامه است. بدین معنی که هریک از این دو شرط زودتر فراهم شد برنامه متوقف می‌گردد. تعداد تکرار برابر ۲۰۰۰ تکرار و تابع ارزیابی ۰/۰۲ در نظر گرفته شد. برای پیش‌بینی تخریب پوشش گیاهی نیاز به سه دوره زمانی اطلاعات

پس از فرایندهای انتخاب والد، ادغام و جهش جمعیت جدیدی برای نسل جدید شکل گرفته است که باید شایستگی هر یک با استفاده از تابع ارزیابی سنجیده شود. در نتیجه هریک از کروموزوم‌ها در نسل جدید وارد مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار می‌گردد و نقشه تخریب پوشش گیاهی ایجاد شده توسط هریک به دست می‌آید. حال با مقایسه نقشه به دست آمده و نقشه واقعی که مدل‌سازی نشده، میانگین اختلاف و یا همان مقدار تابع ارزیابی به دست می‌آید. در نتیجه دوباره فرایند انتخاب والد،



می‌شود.

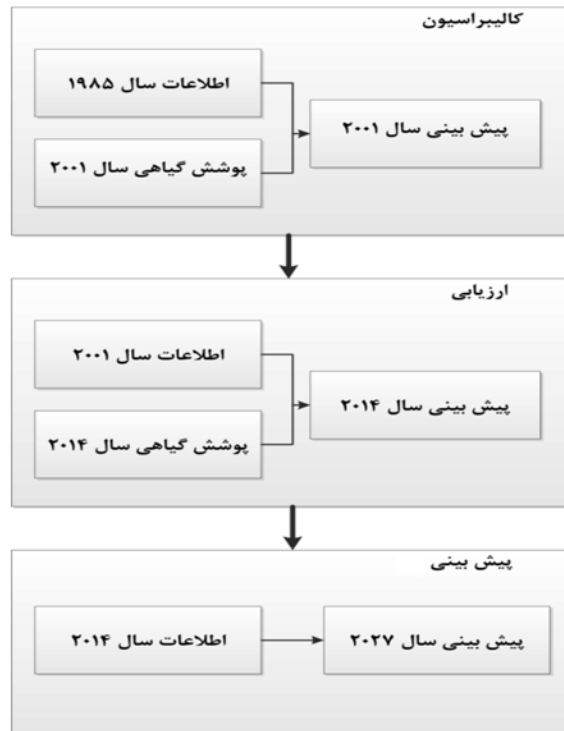
### ۳- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

در این بخش به شیوه مدلسازی، و ارزیابی پرداخته می‌شود.

#### ۳-۱- مدل‌سازی و واسنجی

روش شاخص وزن‌دار با ترکیب وزن‌دار معیارها، یک مقدار خروجی برای پیکسل موردنظر تولید می‌کند. این میزان تخریب پوشش گیاهی پیش‌بینی شده است. جهت مدل‌سازی از اطلاعات سال ۱۹۸۵ و برای مقایسه مقادیر محاسبه‌شده تخریب با واقعیت از اطلاعات سال ۲۰۰۱ استفاده شده است. در ادامه حل مسئله جهت انطباق کامل مقدار تخریب واقعی و محاسبه‌شده از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌گردد که این فرایند واسنجی نامیده شد، زیرا در اصل برای این فرایند پارامترهای  $W_i$  باید واسنجی گردند. با استفاده از الگوریتم ژنتیک پارامترهای واسنجی از طریق اطلاعات سال ۱۹۸۵ و مقایسه با اطلاعات سال ۲۰۰۱ واسنجی می‌گردد. در واقع هر کروموزم در این الگوریتم نمایان‌گر معیارهای واسنجی می‌باشد. مقدار تابع ارزیابی مورد استفاده برابر اختلاف بین مقدار NDVI پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۰۱ و مقدار واقعی NDVI موجود در سال ۲۰۰۱ می‌باشد. هدف اصلی مینیمم شدن مقدار تابع ارزیابی در فرایند واسنجی بود. حل مسئله با جمعیت اولیه ۱۰ کروموزم، باقی ماندن ۳۰ درصد از جمعیت هر نسل و نرخ جهش ۰/۱ آغاز گردید. شکل (۱۴) فرایند مینیمم کردن مقدار تابع ارزیابی توسط الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده این است که پس از ۲۰۰۰ تکرار مقدار خطای میانگین ۰/۰۳ و دقت کلی ۰/۹۷ به دست آمد.

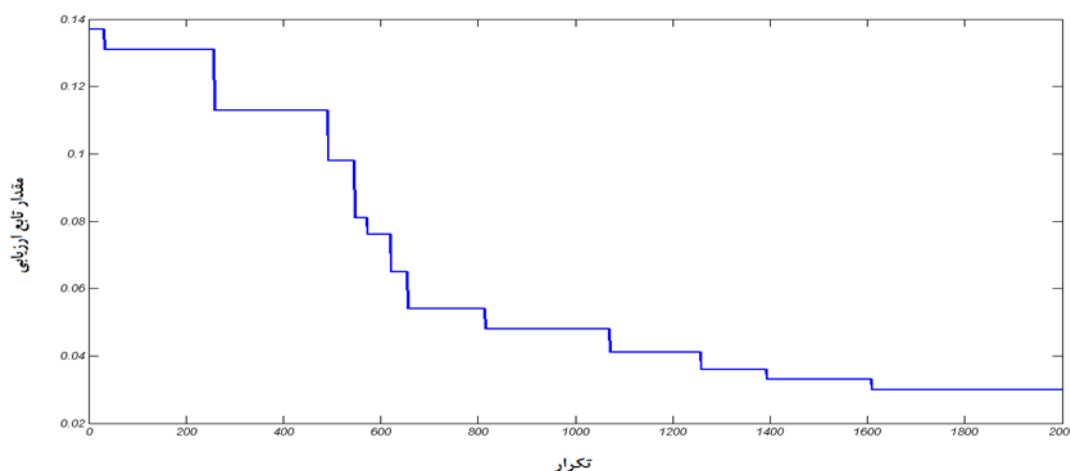
می‌باشد که شکل (۱۳) ساختار کلی مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی با استفاده از این اطلاعات را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳: ساختار کلی مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی

در مرحله واسنجی با استفاده از اطلاعات سال ۱۹۸۵ پوشش گیاهی سال ۲۰۰۱ به دست می‌آید سپس با استفاده از اطلاعات واقعی پوشش گیاهی سال ۲۰۰۱ و مقایسه آن با پوشش گیاهی به دست آمده از مدل‌سازی برای سال ۲۰۰۱ واسنجی پارامترها صورت می‌گیرد. از آنجایی که پارامترهای به دست آمده نیاز به ارزیابی دارد، از این‌رو با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱ و پارامترهای واسنجی به دست آمده در مرحله واسنجی، پوشش گیاهی سال ۲۰۱۴ به همراه خطای میانگین مدل ارائه شده به دست می‌آید. پس از مرحله ارزیابی امکان پیش‌بینی پوشش گیاهی سال ۲۰۲۷ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴ فراهم





شکل ۱۴: فرایند مینیمم کردن مقدار تابع ارزیابی توسط الگوریتم ژنتیک

جدول ۲: پارامترهای واسنجی به دست آمده پس از ۲۰۰۰ تکرار

پارامترهای واسنجی											
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>
۰/۰۰۷	۰/۰۳۶	۰/۰۴۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰/۰۱۲	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۱۲۲

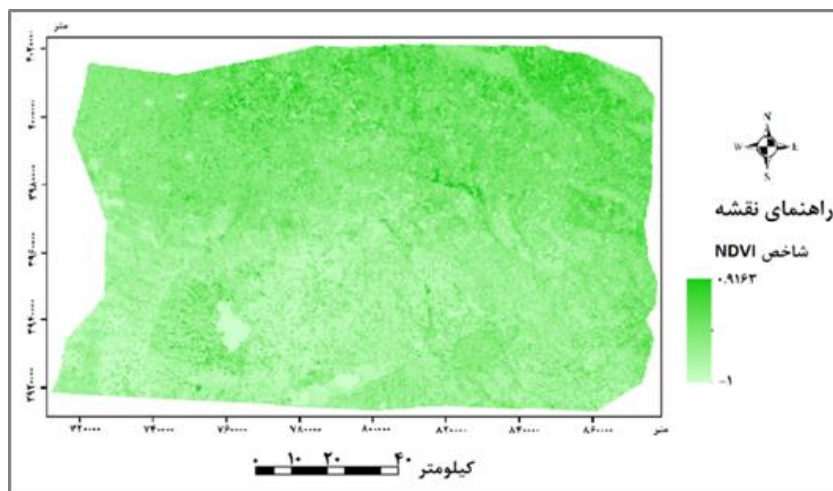
جدول ۳: ترتیب اهمیت به دست آمده برای معیارها

ترتیب اهمیت معیارها	
۱	شاخص NDVI
۲	ارتفاع
۳	فرسایش - نوع اقلیم - فاصله از مناطق کشاورزی
۴	فاصله از دریاچه
۵	فاصله از چاه آب
۶	شیب
۷	فاصله از مناطق مسکونی - فاصله از رودخانه
۸	فاصله از قنات
۹	فاصله از راهها

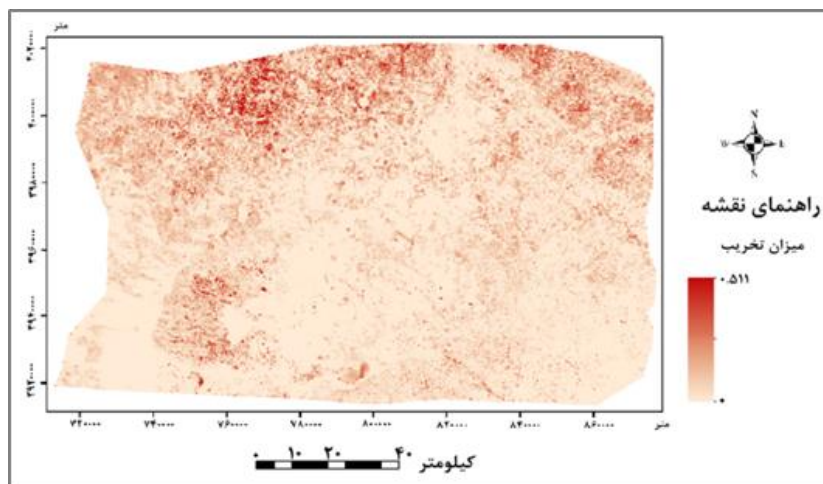
پس از محاسبه وزن هریک از معیارها درجه اهمیت هر یک از معیارها به دست آمد. طبق جدول (۳)، ترتیب اهمیت معیارهای تأثیرگذار بر تخریب پوشش گیاهی بعد از واسنجی وزن هر یک از معیارها، پس از مقدار شاخص NDVI هر پیکسل، مقدار ارتفاع می باشد. اهمیت معیارها در درجه بعدی شامل معیارهای فرسایش، نوع اقلیم و فاصله از مناطق کشاورزی می باشد. در انتها کمترین اهمیت نیز به فاصله از راهها تخصیص یافت.

شکل (۱۵) پوشش گیاهی پیش بینی شده برای سال ۲۰۰۱ و با استفاده از اطلاعات سال ۱۹۸۵ پس از واسنجی را نشان می دهد. همچنین شکل (۱۶) میزان تخریب پیش بینی شده پوشش گیاهی پس از واسنجی را برای سال ۲۰۰۱ نشان می دهد.





شکل ۱۵: پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۰۱ با استفاده از اطلاعات سال ۱۹۸۵ پس از واسنجی



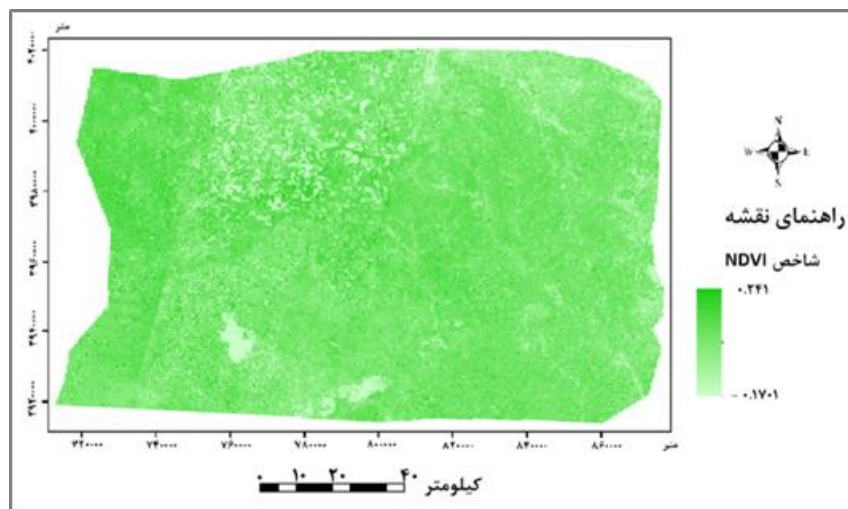
شکل ۱۶: تخریب پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۰۱ با استفاده از اطلاعات سال ۱۹۸۵ پس از واسنجی

### ۳-۲- ارزیابی دقت مدل

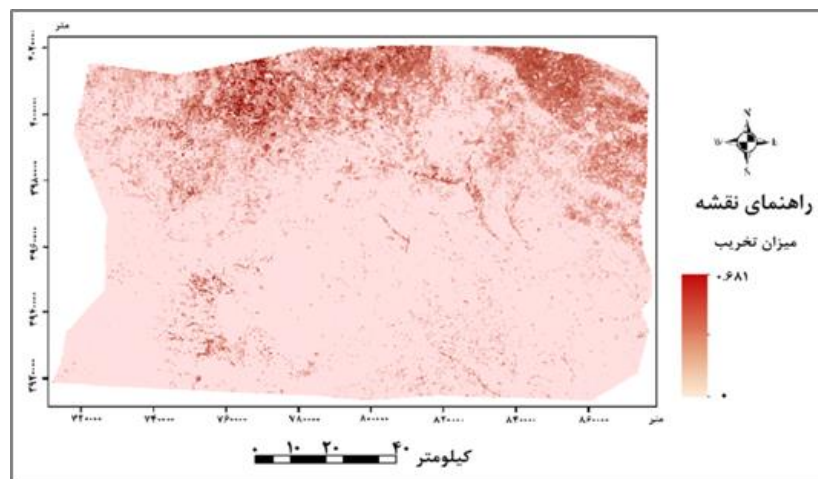
مدل ارائه‌شده که ترکیبی از مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار و الگوریتم ژنتیک می‌باشد، با میانگین خطای ۰/۰۳ پوشش گیاهی سال ۲۰۰۱ را پیش‌بینی نمود. هدف در این قسمت، ارزیابی مدل ارائه‌شده به همراه ضرایب به‌دست‌آمده از واسنجی می‌باشد. برای این امر از اطلاعات سال ۲۰۰۱ استفاده می‌شود و پوشش گیاهی سال ۲۰۱۴ پیش‌بینی می‌گردد. پس از اعمال مدل ارائه‌شده بر روی اطلاعات سال ۲۰۰۱ پوشش گیاهی سال ۲۰۱۴ با خطای میانگین ۰/۰۵۳ و

دقت ۰/۹۴۷ به‌دست آمد. شکل (۱۷) مقادیر NDVI به‌دست‌آمده برای سال ۲۰۱۴ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱ را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۱۸) میزان تخریب پیش‌بینی‌شده پوشش گیاهی را برای سال ۲۰۱۴ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱ نشان می‌دهد. بیشترین تخریب در مناطق شمال، شمال شرق و شمال غربی منطقه صورت گرفته است. زیرا در این مناطق هم پوشش گیاهی تنک‌تر بوده و هم به‌کانون گردوغبار نزدیک‌تره می‌باشد.





شکل ۱۷: پوشش گیاهی پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۱۴ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱



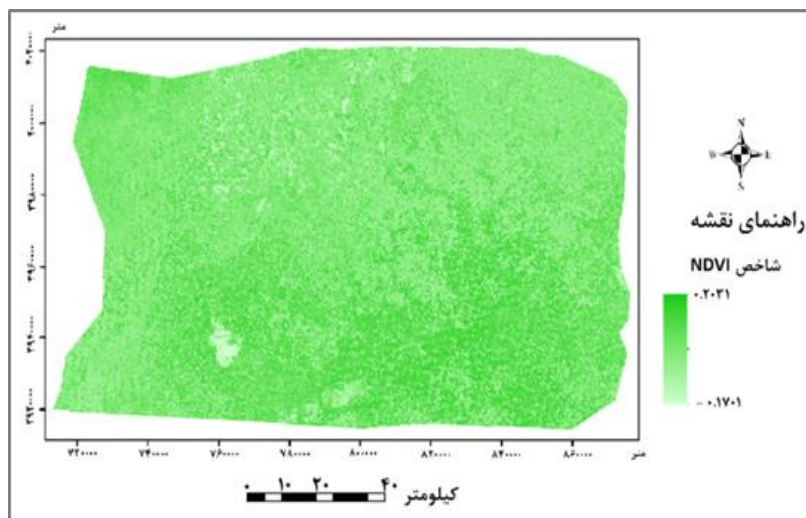
شکل ۱۸: تخریب پوشش گیاهی پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۱۴ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱

### ۳-۳- پیش‌بینی تخریب پوشش گیاهی

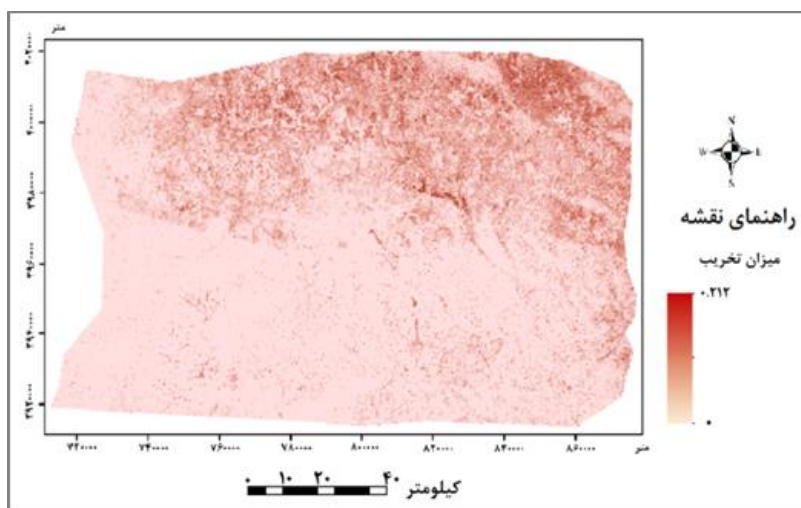
با توجه به نتایج بخش ۳-۲ این که مدل ارائه شده از دقت نسبتاً بالایی برخوردار بود، پیش‌بینی تخریب سرزمین با تأکید بر تخریب پوشش گیاهی برای سال

۲۰۲۷ صورت گرفت. از این رو با استفاده از مدل ارائه شده، ضرایب به دست آمده و با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴ پوشش گیاهی سال ۲۰۲۷ پیش‌بینی شده است.





شکل ۱۹: پوشش گیاهی پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۲۷ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴



شکل ۲۰: میزان تخریب پوشش گیاهی پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۲۷ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴

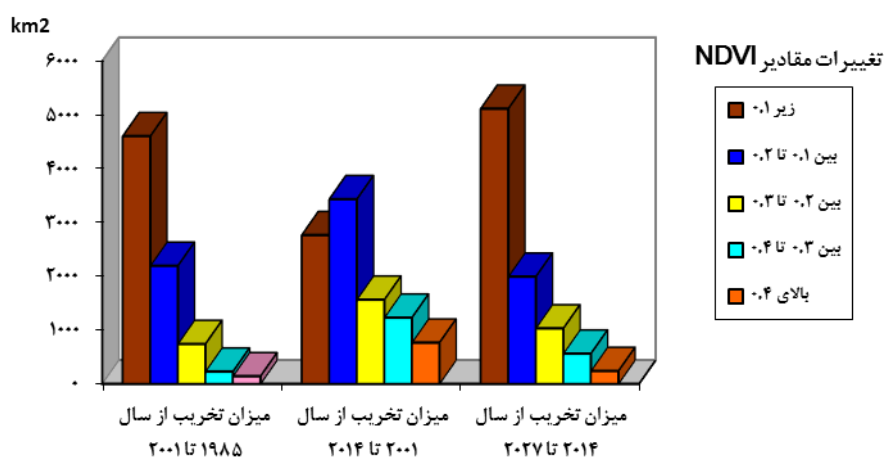
NDVI در این درجه اهمیت دارای بیش‌ترین تأثیر می‌باشد و نظر به پراکندگی معیارها، پیش‌بینی می‌گردد مدل پیشنهادی نقشه تخریب برای سال ۲۰۱۴ را به‌صورتی پیش‌بینی کند که بیش‌ترین تخریب در مناطق شمال، شمال شرق و شمال غربی منطقه صورت گیرد. زیرا کانون گرد و غبار بیشتر در شمال و شمال غرب محدوده مورد مطالعه می‌باشد و برای شمال شرق به دلیل جهت بادهای غربی می‌باشد. پس از اعمال مدل پیشنهادی بر روی اطلاعات سال ۲۰۱۴ نقشه تخریب مقادیر NDVI به‌دست آمد که تأکید‌کننده مطالب بیان شده می‌باشد. (شکل ۲۱)

نتایج به‌دست آمده ضمن تأیید کارآمد بودن مدل پیشنهادی، امکان تعیین ترتیب اهمیت معیارهای تأثیرگذار بر منطقه را نیز فراهم می‌کند. نتایج حاکی از این است که اولویت معیارهای تأثیرگذار بر مساله پس از مقدار شاخص NDVI هر پیکسل، مقدار ارتفاع می‌باشد. اهمیت معیارها در درجه بعدی نیز شامل معیارهای فرسایش، نوع اقلیم و فاصله از مناطق کشاورزی می‌باشد و نهایتاً کمترین اهمیت به فاصله از راه‌ها تخصیص یافته است. درجه اهمیت معیارها با توجه به انطباق آن‌ها با منطقه مورد مطالعه صورت پذیرفت. از این‌رو با توجه به اینکه شاخص



کیلومتر مربع کاهش NDVI می‌باشد. همچنین طبق پیش‌بینی صورت گرفته، در بازه بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۷ مجموعاً ۸۹۴۰ کیلومتر مربع کاهش NDVI می‌باشد.

نشان می‌دهد بیش‌ترین مساحت برای کاهش مقادیر NDVI به بازه بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ بر می‌گردد. مجموع کل مساحت کاهش NDVI برای این بازه مقدار ۹۷۵۹ کیلومتر مربع می‌باشد. در بازه بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۱ مجموعاً ۷۹۱۰



شکل ۲۱: مساحت کاهش مقادیر NDVI در بازه‌های زمانی مختلف

نشان‌دهنده وضعیت بحرانی تخریب سرزمین از نظر تخریب پوشش گیاهی در منطقه می‌باشد. در نتیجه زوال پوشش گیاهی در منطقه و تبدیل اراضی با پوشش گیاهی به اراضی بایر خود منجر به پدیده بیابان‌زایی شده که شدیدترین نوع تخریب سرزمین می‌باشد و به طبع تخریب پوشش گیاهی و کاهش تراکم آن و خشکی هوا و افزایش دما می‌شود.

میانگین نرخ کاهش مقادیر NDVI نشان‌دهنده وضعیت بحرانی تخریب سرزمین در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۱ میانگین کاهش مقدار NDVI برابر ۰/۱۶۷ می‌باشد در حالی که در بازه ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ این مقدار به ۰/۲۳۷ می‌رسد و در صورتی که روند فعلی ادامه یابد این مقدار بین بازه‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۲ به مقدار ۰/۱۷۵ خواهد رسید که خود

جدول ۴: نمایش مساحت کاهش مقادیر NDVI در بازه‌های زمانی مختلف

کاهش مقدار NDVI	(km <sup>2</sup> ) ۱۹۸۵-۲۰۰۱	(km <sup>2</sup> ) ۲۰۰۱-۲۰۱۴	(km <sup>2</sup> ) ۲۰۱۴-۲۰۲۷
کمتر از ۰/۱	۴۶۰۵/۶	۲۷۶۵/۴۳	۵۱۱۵/۶۴
۰/۱ - ۰/۲	۲۱۹۴/۷۲	۳۴۳۳/۳	۱۹۹۲/۵
۰/۲ - ۰/۳	۷۴۰/۴۸	۱۵۶۴/۹	۱۰۳۱/۶
۰/۳ - ۰/۴	۲۲۸/۳۲	۱۲۳۰/۲۹	۵۶۱/۷
بیشتر از ۰/۴	۱۴۱/۷۶	۷۶۵/۹۸	۲۳۹/۱
مجموع کل مساحت تخریب NDVI	۷۹۱۰/۸۸	۹۷۵۹/۹	۸۹۴۰/۵۴
میانگین تخریب NDVI	۰/۱۶۷	۰/۲۳۷	۰/۱۷۵



## ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف از انجام این تحقیق، پیاده‌سازی، واسنجی و بومی‌سازی مدلی در راستای مدل‌سازی تخریب سرزمین با تأکید بر تخریب پوشش گیاهی می‌باشد. در این تحقیق تلاش شده تا با در نظر گرفتن معیارهای متعددی که از طریق مرور تحقیقات پیشین و نظرات کارشناسان اتخاذ شده، تخریب پوشش گیاهی هرچه بیشتر به واقعیت نزدیک‌تر گردد. همچنین سعی شد با ارائه رویکردی نوین مدل پیشنهادی با ترکیب مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار و الگوریتم ژنتیک برای مناطق مورد مطالعه بومی‌سازی گردد. رویکرد پیشنهادی شامل سه مؤلفه کلیدی می‌باشد: تعیین معیارهای تأثیرگذار، مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار و الگوریتم ژنتیک.

در این تحقیق ابتدا به تعیین معیارهای مؤثر و جمع‌آوری داده و تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شد. ارزش هر کدام از معیارها با استفاده از تابع فازی نرمالیزه شدند تا معیارها با یکدیگر قابل مقایسه باشند. در مرحله بعد با استفاده از مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار و الگوریتم ژنتیک نقشه تخریب پوشش گیاهی به‌دست آمده و با نقشه واقعی اخذ شده مورد ارزیابی قرار گرفته شد. با استفاده از میانگین خطای به‌دست آمده پارامترهای واسنجی بهینه شده‌اند. در ادامه مدل پیشنهادی با پیاده‌سازی بر روی اطلاعات سال ۲۰۰۱ نقشه تخریب پوشش گیاهی سال ۲۰۱۴ را پیش‌بینی کرد؛ که دقت مدل قابل قبول می‌باشد. در انتها نیز نقشه تخریب پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۷ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴ پیش‌بینی گردید.

با توجه به اینکه در این تحقیق برخی از جنبه‌های پدیده پیچیده‌ای نظیر تخریب پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفته، برای تحقیقات بیشتر و دستیابی به نتایجی بهتر پیشنهاد می‌گردد که مدل‌های تلفیق

اطلاعات دیگر نظیر روش فازی و روش AHP<sup>۱</sup> مدنظر قرار گرفته و با ترکیب با الگوریتم ژنتیک مناسب‌ترین روش انتخاب گردد. همچنین در مدل ارائه شده از وزن‌های واسنجی شده توسط الگوریتم ژنتیک استفاده گردید که می‌توان با ارائه یک روش ترکیبی ضمن استفاده از وزن‌های واسنجی شده از وزن‌های مدنظر کارشناسان نیز استفاده نمود و مسئله را به‌صورت مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره گروهی حل کرد. در این تحقیق از روش الگوریتم ژنتیک برای واسنجی مدل استفاده شد، در این راستا و برای تحقیقات بیشتر می‌توان از سایر روش‌های هوش مصنوعی نظیر الگوریتم توده ذرات، زنبور عسل و غیره استفاده نمود و نتایج را باهم مقایسه کرد؛ و در انتها این مدل صرفاً با تأکید بر تخریب پوشش گیاهی مسئله را پیاده‌سازی نمود که می‌توان از آن برای دیگر جنبه‌های تخریب سرزمین نیز استفاده نمود.

<sup>۱</sup> Analytic hierarchy process



## مراجع

- [1] A. Luis, T. Bojorquez, M.C. Gustavo and L.L. Gonzalez, "Connotative land degradation mapping: A knowledge-based approach to land degradation assessment", *Environmental modeling & software*, 40-51-64, 2013
- [2] D.W. Hosmer and D. Lemeshow, *Applied Logistic regression*, John Wiley and Sons, Inc, 2000
- [3] Erfanzade, "Spatial-temporal modeling of active dust centers of ranges and their prioritization for implementing monitoring policies using GIS and RS techniques (The Study Region: Aljazire, Iraq) ", M.S.c degree, Faculty of Geology Sciences, Shahid Beheshti University, 1392.
- [4] .M. Akbari, E. Ranayi, and S. H. Badee'e Nameghi, "Assessment of the sensitivity of input parameters for desertification condition using artificial neural network, a case study: South of Neishabour", *Water and Soil Journal (Agriculture Science and Industry)*, Vol. 25, No. 2, Pages 410-398, June & July 2011
- [5] Asgharpour, M.j. (1384). *Multi-criteria Decision*. Tehran University Press
- [6] J. Malczewski, "Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4): 270-277, 2006
- [7] R.R. Calcerrada and S. Luque, "Habitat Quality Assessment Using Weight of Evidence Based GIS Modelling", *The Case of Picoides Tridactylus as Species Indicator of Biodiversity of the Finnish Forest*, *Ecological Modelling*, 196, 2006
- [8] K. Kellner, C. Risoli and M. Metz, "Land Degradation Assessment in Drylands (LADA)", *Terminal Evaluation of the UNEP/FAO/GEF Project*, United Nations Environment Programme, 2011
- [9] MEA. "Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and human well-being: synthesis", Washington D.C.: Island Press, 2005
- [10] G.F. Bonham-Carter, "Geographic Information systems for Geoscientists: Modelling with GIS", Pergamon Press, 1994.
- [11] M. Badri, A. Mortagy and A.K. Alsayed, "A Multi-Objective Model for Locating Fire Stations ", *European Journal of Operational Research*, Vol. 110, part18 , pp. 243-260, 1998
- [12] *International Journal of Geographical Information Science*, 14(3): 225-245, 2000.
- [13] P.A. Burrough and R.A. Mcdonnell, "Principles Of Geographical Information Systems", Oxford University Press, 1998.
- [14] H. Boroushaki and J. Malczewski, "Using the fuzzy majority approach for GIS-based multicriteria group decision-making", *Computers & Geosciences*, 36: 302-312, 2010





## **A new method for calibration of land-vegetation degradation modeling**

**Zahra Jahantab<sup>\*1</sup>, Ali Asghar Ale Sheikh<sup>2</sup>, Ali Darvishi Boloorani<sup>3</sup>, Keivan Bagheri<sup>3</sup>**

1- Msc in RS & GIS, Dep. Of RS&GIS, Faculty of Environment, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Professor, GIS Dep., Faculty of Geomatics, KN Toosi University of Technology

3- Assistant professor RS and GIS Department, Geography Department, Tehran University and Geo-Informatics Research Institute of Tehran University

4- Phd Studsent, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

### **Abstract**

One of the main challenges of human is the dramatic decrease in resources due to human's excessive consumption of land that has led to a phenomenon called land degradation. Various models have thus far been introduced for assessment of this phenomenon. The parameters and their weights differ from one model to another as per experts' opinion. The present study introduces a new method to identify and calibrate the parameters, as per the conditions of the region under study, affecting this phenomenon. The proposed method is considered as a data-based model such that parameter weights are computed intelligently and as per the climate and geographical conditions of the region. The genetic algorithm and Weighted Overlay Index were used to determine the significance level and ranking of the criteria. For the purpose of assessment, the data pertaining to Neinava region, located in Iraq, including Landsat satellite images of 1985, 2001, and 2014 as well as criteria such as distance from rivers, distance from lakes, distance from agricultural areas, distance from roads, distance from residential areas, height, slope, distance from Qanats, distance from wells, erosion, type of climate, and NDVI index were used. The results obtained from modeling and calibration as per the proposed model were compared with those of the regular method (application of equal weights). Application of genetic algorithm and calibration of weights yielded a standard deviation of 0.03 for prediction of vegetation degradation which is considerably lower than that yielded by the regular method (0.137). The criteria were also prioritized at this stage as per their significance. To ensure the model accuracy, data of 2001 and 2014 were used to assess the obtained results. The assessment result yielded a standard deviation of 0.053 and accuracy of 0.857. After the accuracy of the model was ensured, the vegetation degradation was predicted for 2027. The average rate of decreased NDVI values indicates the critical status of land degradation in the region under study.

**Key words:** Land and vegetation degradation, calibration, Weighted Overlay Index Model, GIS, Genetic Algorithm