نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری

سال ششم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
Vol.6, No.2, Summer 2018
۸۷-۱۰۴

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

**زهرا جهان تاب[۱*]، علی‌اصغر آل شیخ[۲]، علی درویشی بلورانی[۳]، کیوان باقری[۴]**

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

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

## چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌های بشر در قرن حاضر کاهش منابع به‌دلیل استفاده غیرمنطقی انسان از زمین می‌باشد که منجر به پدیده‌ای به‌نام تخریب سرزمین شده است. تاکنون، مدل‌های متفاوتی جهت ارزیابی این پدیده معرفی‌شده‌اند که پارامترها و اوزان آن‌ها وابسته به نظر کارشناسان می‌باشند. در این تحقیق سعی شده با معرفی روشی جدید پارامترهای مؤثر بر این پدیده، با شرایط منطقه موردمطالعه تعیین و واسنجی شوند. روش پیشنهادی، روشی داده مبنا محسوب می‌شود طوری که در آن اوزان پارامترها به‌صورت هوشمند و مبتنی بر شرایط اقلیمی و جغرافیایی منطقه، محاسبه می‌گردند. جهت تعیین درجه اهمیت هر یک از معیارها و رتبه‌بندی آن‌ها از الگوریتم ژنتیک و شاخص همپوشانی وزن دار استفاده شده است. برای ارزیابی، اطلاعات مربوط به منطقه نینوا واقع در کشور عراق که شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های 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 مدل‌سازی و واسنجی روش پیشنهادی با روش معمول (اعمال وزن‌های یکسان) مقایسه شدند. با اعمال الگوریتم ژنتیک و واسنجی نمودن اوزان، میانگین خطای پیش‌بینی تخریب پوشش گیاهی ۰٫۰۳ به‌دست می‌آید که در مقایسه با خطای روش معمول (۰٫۱۳۷) از کاهش چشمگیری برخوردار است. همچنین در این مرحله، ترتیب اهمیت معیارها در منطقه موردمطالعه نیز مشخص شد. به منظور اطمینان بیشتر از دقت مدل نتایج دوباره ارزیابی شد که به‌ترتیب از اطلاعات سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۴ استفاده شد و خطای میانگین ۰٫۰۵۳ و دقت ۰٫۸۵۷ به‌دست آمد. پس از اطمینان به دقت مدل، پیش‌بینی تخریب پوشش گیاهی سال ۲۰۲۷ نیز صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده از مدل ارائه شده حاکی از وضعیت بحرانی تخریب سرزمین در منطقه موردمطالعه می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها**: الگوریتم ژنتیک، تخریب پوشش گیاهی، واسنجی مدل، شاخص هم‌پوشانی وزن‌دار

[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

## 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 (UNCCD)[1] 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 مدل سازی 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 نینوای 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.

[1] United Nations Convention to Combat Desertification



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

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 می‌دهند و در در حالت سوم بیشترین همبسگی با عامل ارتفاع می‌باشد. در دوره‌ی دوم عامل فاصله از منابع آبی در هر سه حالت تأثیر کمی را بر تخریب مراتع نشان می‌دهد. همچنین عامل ارتفاع در هر سه حالت تأثیر نسبتاً زیادی در تخریب عرصه های مرتعی داشته است که به نظر می‌رسد به دلیل رابطه‌ی مستقیم ارتفاع با بارندگی می‌باشد. به این صورت که با کاهش ارتفاع و به تبع آن کاهش بارندگی تخریب مراتع بیشتر می‌شود. در انتها نتایج ارزیابی مدل نشان دهنده‌ی توافق نسبی مدل در برآورد تغییرات مراتع در ناحیه‌ی موردمطالعه را دارد [۴]. خوی و همکاران در منطقه ای در شمال ویتنام تخریب جنگل‌ها را با استفاده از روش تلفیق شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف و داده‌های ماهواره‌ای مربوط به سه زمان مختلف، مدل‌سازی کردند. این مطالعه نشان داد که تخریب در مرز بین جنگل‌ها 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 به‌عنوان عوامل مؤثر در وضعیت بیابانزایی تعریف و امتیازدهی شدند. نتایج آن‌ها نشان داد که ۶۲ درصد منطقه دارای بیابانزایی متوسط و ۳۰ درصد دارای وضعیت ناچیز است [۵]. اونق جهت ارائه برنامه مدیریت خطر بیابانزایی دشت گرگان در قالب واحدهای فیزیوگرافیک و ۵ معیار کلیدی (شوری، ماندابی شدن، فرسایش‌آبی، فرسایش‌بادی و تخریب پوشش‌گیاهی) بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی شدت خطر بیابان‌زایی این دشت را به ۴ کلاس طبقه‌بندی و با مقایسه سناریوها، راهکار ارائه داده است [۶]. سزار و همکاران با استفاده از برنامه نویسی ژنتیک[1] 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 RUSLE[2]) را نیز بررسی نماید. مدل ارائه شده در مقایسه با شاخص‌های مانند NDVI[3] و SAVI[4] از کارایی و دقت بسیار بالایی برخوردار بوده است [۷]. لوئیس و همکاران در پژوهش خود یک چارچوب تحلیلی به نام CLDM[5]، یک روش دانش مبنا برای ارزیابی تخریب سرزمین معرفی کردند که هدف آن به تصویر کشیدن محرک‌های اصلی تخریب سرزمین می باشد. آن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاری و ترکیب آن با طبقه‌بندی الگوی فازی توانستند شدت تخریب سرزمین را در دو حوضه آبخیز مکزیک مرکزی بررسی کنند و همچنین با استفاده از روش ANP[6] مؤلفه‌های ضروری آن را شناسایی و طبقه‌بندی کنند[۸].

## ۲- مواد و روش‌ها

در این بخش به معرفی محدوده مورد مطالعه، پارامترهای تاثیر گذار و مدلهای استفاده شده پرداخته می‌شود.

### ۲-۱- محدوده موردمطالعه

طوفان‌های گرد و غبار یکی از پدیده‌های جوی غالب در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شوند که تأثیرات مخربی بر محیط‌زیست گذاشته و اثرات نامطلوبی را بر سلامتی انسان برجا می‌گذارند. این پدیده به خصوص در سالیان اخیر به‌طور متناوب

[1] Genetic Programing
[2] Revised Universal Soil Loss Equation
[3] Normalized Difference Vegetation Index
[4] Soil Adjusted Vegetation Index
[5] Connotative Land Degradation Mapping(CLDM)
[6] Analytic Network Process



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

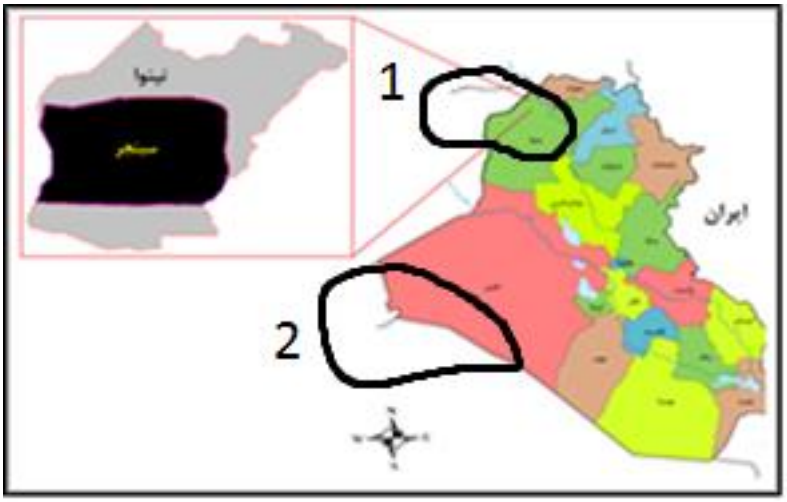
کشورهای منطقه خاورمیانه از جمله عراق و ایران را در برگرفته است. طی تحقیقات انجام‌شده توسط درویشی و همکاران در سال ۱۳۹۰ کانون‌های فعال تولید گرد و غبار در کشورهای همسایه شناسایی شده است که سهم کشور عراق در ایجاد این گرد و غبارها بیشتر از سایر کشورها می‌باشد. بررسی‌های صورت گرفته نشان‌دهنده آن است که طوفان‌های گسترده‌ای که سرتاسر غرب ایران و گاهی تا مرکز ایران را فرامی‌گیرند، از محدوده‌های شمال غرب عراق و شرق سوریه (مراکز اصلی کانون اول) و جنوب غرب و غرب عراق (مراکز اصلی کانون دوم) نشأت‌گرفته است (شکل (۱)) [۵]. ازاین‌رو در این تحقیق با تمرکز بر کانون اول گرد و غبار این منطقه از نظر تخریب سرزمین با تأکید بر از بین رفتن پوشش گیاهی موردبررسی قرار می‌گیرد. شکل‌های (۱ و ۲) محدوده و تصویر ماهواره‌ای که بخشی از استان نینوا در کشور عراق است و در محدوده فعال‌ترین کانون تولید گرد و غبار قرار دارد را نشان می‌دهد. منطقه موردمطالعه دارای مساحتی معادل ۱۸۲۵۷٫۷۶ کیلومترمربع می‌باشد.لازم به ذکر است که از تصاویر ماهواره لندست با سنجنده‌های TM[1], ETM+[2] و OLI[3] استفاده می‌شود و از ترکیب باندی باندهای مادون‌قرمز نزدیک، قرمز و آبی استفاده شده است.

روش‌های 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 مدل‌ها بر روی ارزیابی تخریب سرزمین می‌باشد، ۲- مدل‌سازی و پیش‌بینی در آن‌ها کمرنگ بوده و ۳- مدل‌های ارائه‌شده معمولاً برای مناطقی که از داده‌های آن منطقه برای مدل‌سازی استفاده شده است به خوبی عمل می‌کنند درحالی‌که در سایر مناطق، مخصوصاً زمانی که طبیعت، نوع پوشش و اقلیم منطقه تغییر می‌یابد، از میزان دقت و کارایی مدل‌ها کاسته می‌شود؛ بنابراین ممکن است مدل‌های پایه استفاده‌شده در روش‌های ارزیابی تخریب سرزمین یکسان باشد ولی قطعاً در مورد روابط و زیرمدل‌های استفاده‌شده بنا به طبیعت و نوع پوشش، تفاوت‌هائی وجود دارد. در این تحقیق هدف مدل‌سازی روند تخریب پوشش گیاهی و همچنین پیش‌بینی وضعیت تخریب در آینده با استفاده از روش‌های هوشمند انجام می‌باشد طوری که بیش‌ترین توجه و تمرکز روی اهمیت (وزن) معیارهای مؤثر بر تخریب سرزمین با تاکید بر تخریب پوشش گیاهی باشد. همچنین سعی شده است مدل پیشنهادی به‌صورت خودکار فرایند شبیه‌سازی را انجام و بتواند به‌عنوان یک سیستم هوشمند پیش‌بینی تخریب پوشش گیاهی، مورداستفاده قرار گیرد. مؤلفه‌های مدل پیشنهادی به شرح ذیل است: (۱) ارزیابی معیارهای تأثیرگذار (نرمالیزه کردن معیارها در محیط نرم‌افزار آرک مپ)، (۲) ترکیب لایه‌ها از طریق مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار و (۳) اجرای الگوریتم ژنتیک (شکل(۳)).

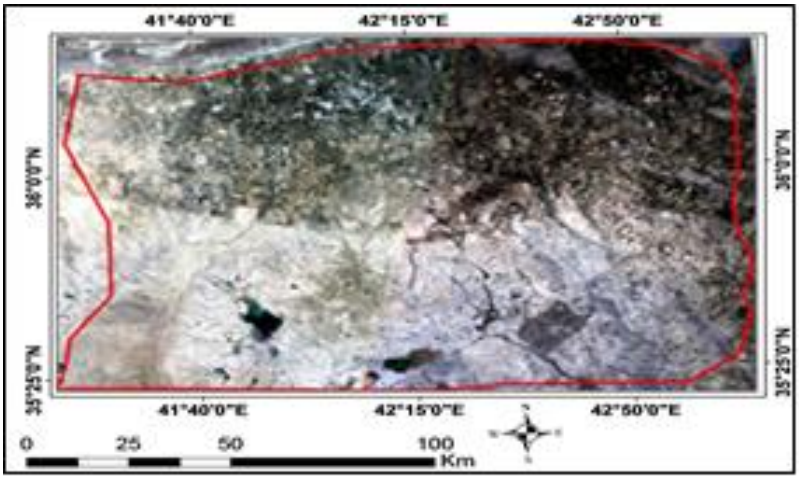
1 Thematic Mapper
2 Enhanced Thematic Mapper Plus
3 Operational Land Imager



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]



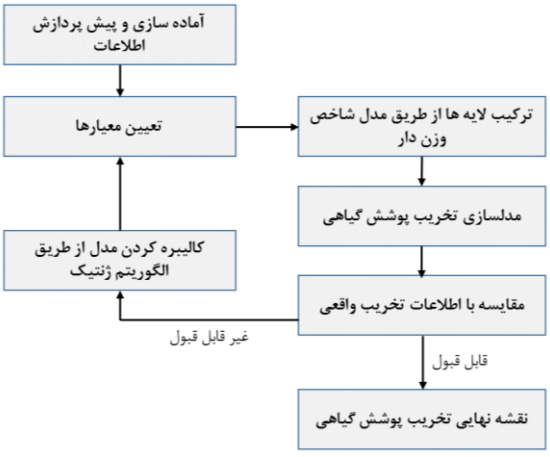

**شکل ۱ : محدوده موردمطالعه**




**شکل ۲ : منطقه موردمطالعه لندست ۸ ترکیب باندی (۵ ۴ ۳)**

## 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 مورداستفاده 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**



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

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

**جدول ۱ : معیارهای مورداستفاده در مدل‌سازی تخریب پوشش گیاهی**

| | معیارها | نوع تأثیر (نوع رابطه) |
|---|---|---|
| $C_1$ | فاصله از رودخانه | رابطه مستقیم |
| $C_2$ | فاصله از دریاچه | رابطه مستقیم |
| $C_3$ | فاصله از مناطق کشاورزی | رابطه مستقیم |
| $C_4$ | فاصله از راه‌ها | رابطه مستقیم |
| $C_5$ | فاصله از مناطق مسکونی | رابطه معکوس |
| $C_6$ | ارتفاع | رابطه معکوس |
| $C_7$ | شیب | رابطه مستقیم |
| $C_8$ | فاصله از قنات | رابطه مستقیم |
| $C_9$ | فاصله از چاه آب | رابطه مستقیم |
| $C_{10}$ | فرسایش (با استفاده از جنس خاک و نوع سنگ) | رابطه مستقیم |
| $C_{11}$ | نوع اقلیم (با استفاده از بارندگی و دما) | رابطه مستقیم |
| $C_{12}$ | 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 داده‌ی رستری تبدیل می‌شوند که این کار در نرم‌افزار ARC map انجام شد. ازاین‌رو برای هر یک از پیکسل‌ها، معیارهای مؤثر مقداردهی می‌گردند. نکته قابل‌ذکر 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 پیکسل‌های هر معیار با ارزش پیکسل در لایه تخریب پوشش گیاهی مشخص گردد. همان‌طور که جدول (۱) مشخص است، معیارهای فاصله از مناطق مسکونی و طبقات ارتفاعی رابطه‌ای معکوس با تخریب پوشش گیاهی دارند که این به مفهوم آن است که هر چه ارزش پیکسل‌های این دو لایه کمتر باشد احتمال تخریب پوشش گیاهی بالا می‌رود و بالعکس در مابقی معیارها که رابطه مستقیم با تخریب پوشش گیاهی منطقه دارند به مفهوم آن است که هرچه ارزش پیکسل در این لایه‌ها بیشتر شود احتمال افزایش میزان تخریب هم بیشتر است. بدین ترتیب هر پیکسل دارای مقادیری به شکل یک بردار می‌باشد این بردار دارای ابعاد ۱×۱۲ است که مؤلفه‌های آن مقادیر محاسبه‌شده برای معیارها می‌باشد (مقادیر معیارهای $C_1$ تا $C_{12}$). چون هریک از این معیارها دارای واحد و مقادیر خاص خود می‌باشند. نمی‌توان معیارها را باهم دیگر مقایسه کرد. برای مثال معیار شیب دارای واحد درصد و ارتفاع دارای واحد متر می‌باشد. در نتیجه ارزش عددی این معیارها قابل‌مقایسه نیست. برای مثال معیار ارتفاع دارای مقادیری بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ متر است درحالی‌که معیار فاصله از راه‌ها دارای مقادیری بسیار بزرگ‌تر از این می‌باشد. ازاین‌رو انجام عملیات اصلی ریاضی بر روی پیکسل‌ها قبل از نرمال کردن یا یکسان‌سازی مقیاس‌ها امکان‌پذیر 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[1] هستند.

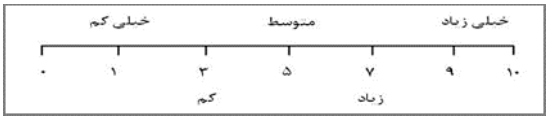
یک روش عمومی در اندازه‌گیری کمی یک معیار کیفی، استفاده از مقیاس دو قطبی[2] فاصله‌ای است(اصغرپور

[1] Normalized Difference Vegetation Index
[2] Bipolar Scale

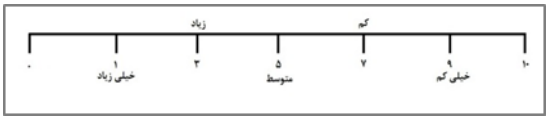


[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

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.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij} - r_j^{min}}{r_j^{max} - r_j^{min}}$$ 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.

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

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

### ۲-۳- مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار

هنگامی‌که جهت مدل‌سازی یک پدیده از چندین لایه اطلاعاتی استفاده می‌شود، نیاز به یک مدل تلفیق 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[1] شاخص وزن‌دار اشاره کرد که در این تحقیق از آن استفاده شده است.
در این صورت وزن‌ها و درجات مورداستفاده 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)).

[1] overlay



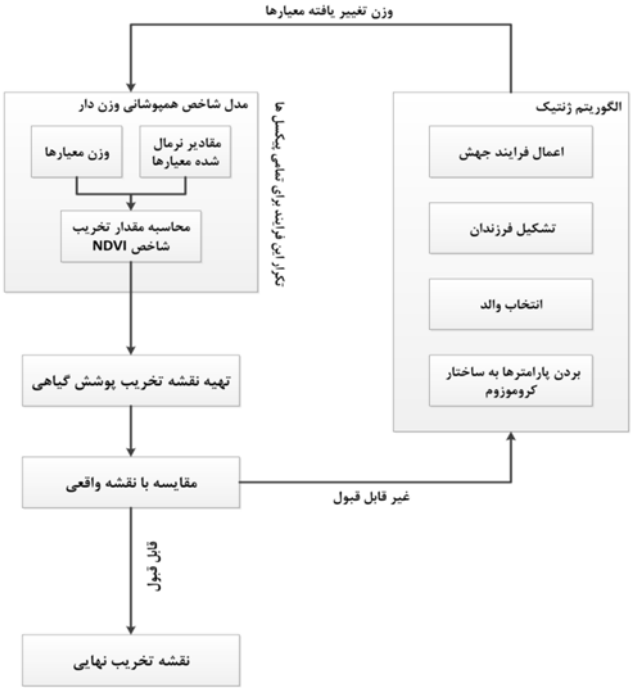
[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

رابطه (۳) $$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_{ij} W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$

در اینجا، $\bar{S}$ مقدار تلفیقی به‌دست‌آمده برای عارضه (پلی‌گون 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 حاصل‌ضرب امتیاز در وزن، برای تمامی لایه‌ها حساب می‌شود. عبارت مخرج باعث می‌شود که معیارهای به‌دست‌آمده 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 داده‌شده

همان‌طورکه ذکر گردید مدل‌هایی که از وزن‌ها استفاده می‌کنند ممکن است خود قادر به تعیین وزن‌ها باشند و یا اینکه به‌عنوان یک ورودی به آن‌ها وارد شود. مدل شاخص همپوشانی وزن دار وزن‌ها را به‌عنوان ورودی در نظر می‌گیرد. درحالی‌که ممکن است با توجه به ماهیت اکوسیستم‌های مناطق مختلف معیارها از درجه اهمیت متفاوتی در مناطق مختلف برخوردار باشند. به‌عنوان 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. ازاین‌رو 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 وزن‌دار و الگوریتم ژنتیک در محیط GIS تشکیل شده است. مقادیر محاسبه‌شده برای معیارهای مختلف و وزن هریک از این معیارها به‌عنوان ورودی مدل شاخص همپوشانی وزن دار می‌باشد. ازآنجاکه اهمیت هر معیار بستگی به نوع منطقه دارد این معیارها از طریق الگوریتم ژنتیک پس از تکرارهای مختلف بهینه می‌گردند (شکل (۶)).




**شکل ۶ : اجزای مدل توسعه داده‌شده**



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

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

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

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 موردمطالعه می‌باشد. ازاین‌رو وزن‌های معیارها به‌عنوان 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 به‌عنوان 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 مورداستفاده در مدل پیشنهادی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است ارزش هرپیکسل را به‌صورت دودویی (۰و۱) نوشته شده درواقع 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**

۱۲×۱۰

| ۱ | ۰ | ۰ ۰ ۰ | ۰ | ۱ |
|---|---|---|---|---|

**شکل ۹ : ساختار باینری کروموزم پیشنهادی**

پس‌ازاینکه 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 پیش‌بینی‌شده 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. ازاین‌رو 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

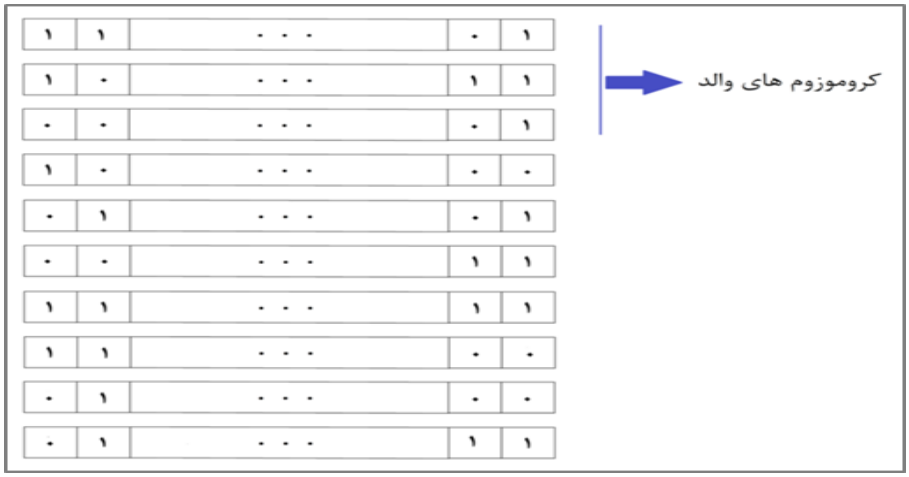
در مرحله بعد بر اساس کروموزم‌های والد، فرزندان ایجاد می‌گردند که تزویج[1] نامیده می‌شود. ازاین‌رو با استفاده از روش تک نقطه‌ای فرزندان ایجاد شدند. شکل (۱۱) فرزند ایجادشده با استفاده از دو والد را نشان می‌دهد.

پس از مرحله ادغام، باید مرحله جهش[2] صورت گیرد. جهش تنها تعدادی از ژن‌های کروموزم‌های انتخاب‌شده به‌صورت 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.

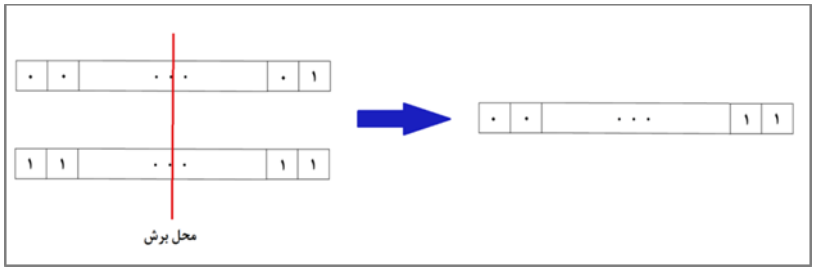
[1] Crossover
[2] Mutation



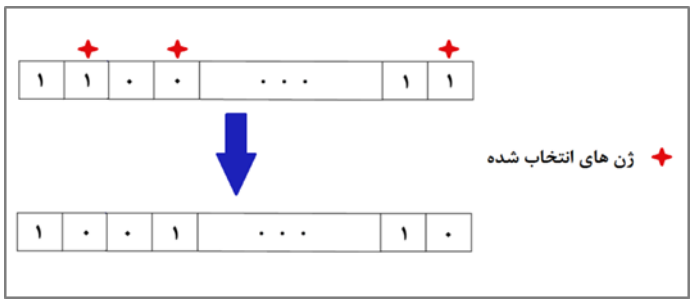
[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]




**شکل ۱۰ : نمایی از جمعیت کروموزم‌ها و انتخاب کروموزم‌های والد**




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



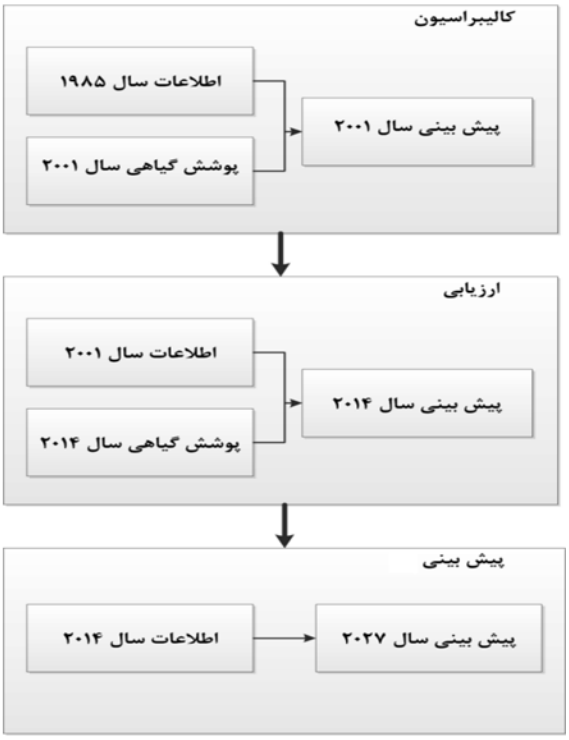

**شکل ۱۲ : فرایند اعمال فرایند جهش بر روی کروموزم انتخاب‌شده**

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. درنتیجه هریک از کروموزم‌ها در نسل جدید وارد مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار می‌گردد و نقشه تخریب پوشش گیاهی ایجادشده توسط هریک به دست می‌آید. حال با مقایسه نقشه به‌دست‌آمده و نقشه واقعی که مدل‌سازی نشده، میانگین اختلاف و یا همان مقدار تابع ارزیابی به‌دست می‌آید. در نتیجه دوباره فرایند انتخاب والد، تزویج 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



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

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 به‌دست می‌آید سپس با استفاده از اطلاعات واقعی پوشش گیاهی سال ۲۰۰۱ و مقایسه آن با پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از مدل‌سازی برای سال ۲۰۰۱ واسنجی پارامترها صورت می‌گیرد. ازآنجایی‌که پارامترهای به‌دست‌آمده نیاز به ارزیابی دارد. ازاین‌رو با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱ و پارامترهای واسنجی به‌دست‌آمده در مرحله واسنجی، پوشش گیاهی سال ۲۰۱۴ به‌همراه خطای میانگین مدل ارائه‌شده به‌دست می‌آید. پس از مرحله ارزیابی امکان پیش‌بینی پوشش گیاهی سال ۲۰۲۷ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴ فراهم می‌شود.

## ۳- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

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

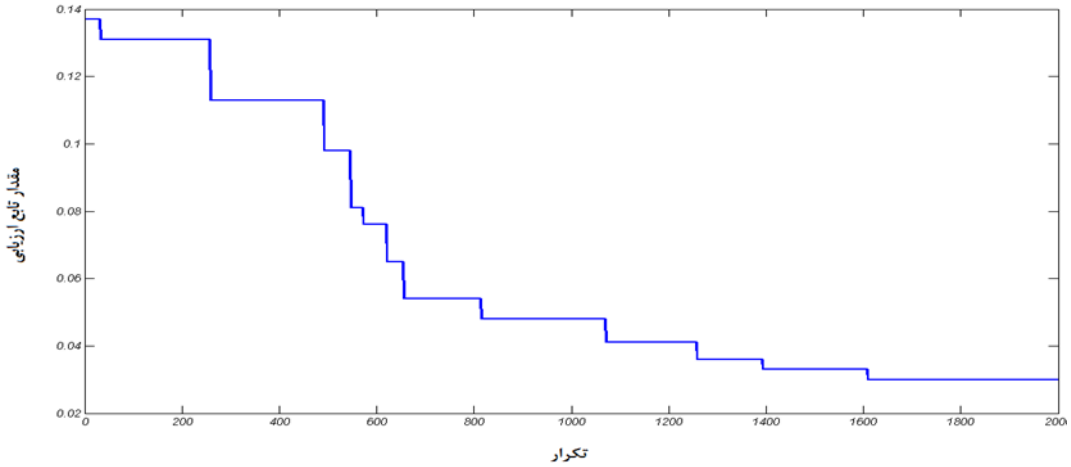
### ۳-۱- مدل‌سازی و واسنجی

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 استفاده‌شده 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 مورداستفاده 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 به‌دست آمد.



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]




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

**جدول ۲ : پارامترهای واسنجی به‌دست‌آمده پس از ۲۰۰۰ تکرار**

| پارامترهای واسنجی | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ | $C_7$ | $C_8$ | $C_9$ | $C_{10}$ | $C_{11}$ | $C_{12}$ |
| ۰/۰۰۷ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۴۱ | ۰/۱۲۲ |

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 می‌باشد. اهمیت معیارها در درجه بعدی شامل معیارهای فرسایش، نوع اقلیم و فاصله از مناطق کشاورزی می‌باشد. در انتها کمترین اهمیت نیز به فاصله از راه‌ها تخصیص یافت.

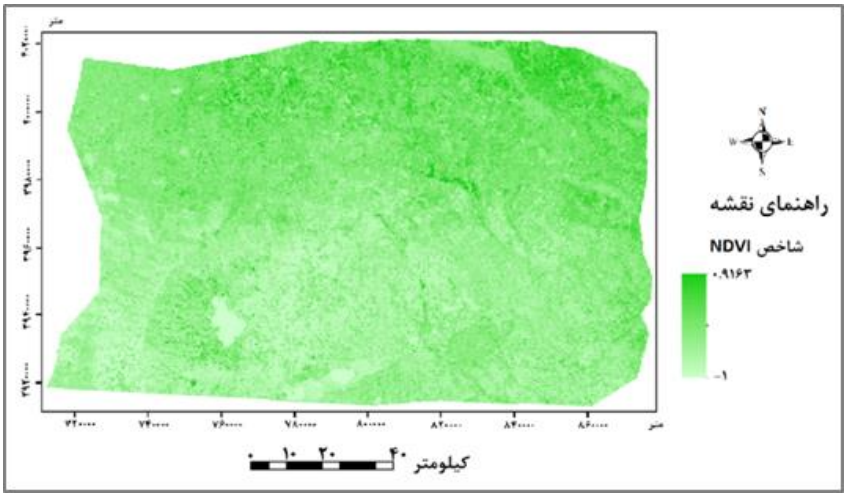
شکل (۱۵) پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۰۱ و با استفاده از اطلاعات سال ۱۹۸۵ پس از واسنجی را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۱۶) میزان تخریب پیش‌بینی‌شده پوشش گیاهی پس از واسنجی را برای سال ۲۰۰۱ نشان می‌دهد.

**جدول ۳ : ترتیب اهمیت به‌دست‌آمده برای معیارها**

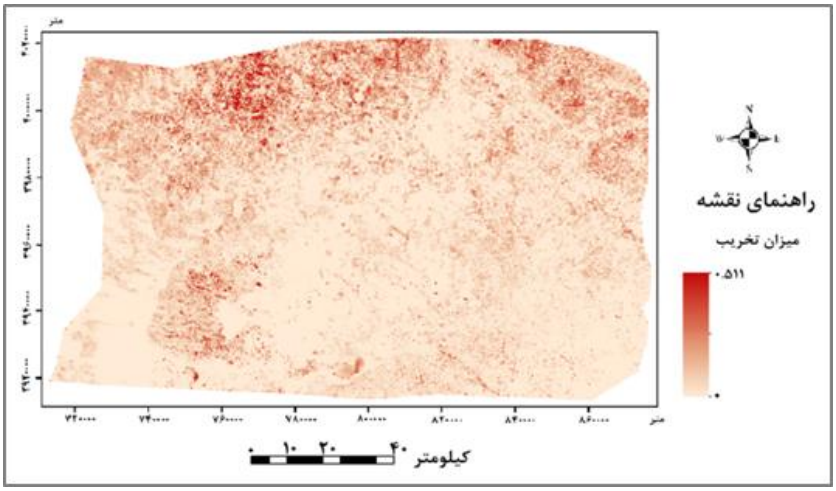
| ترتیب اهمیت معیارها | |
|---|---|
| ۱ | شاخص NDVI |
| ۲ | ارتفاع |
| ۳ | فرسایش - نوع اقلیم - فاصله از مناطق کشاورزی |
| ۴ | فاصله از دریاچه |
| ۵ | فاصله از چاه آب |
| ۶ | شیب |
| ۷ | فاصله از مناطق مسکونی - فاصله از رودخانه |
| ۸ | فاصله از قنات |
| ۹ | فاصله از راه‌ها |

[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]




**شکل۱۵ : پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۰۱ با استفاده از اطلاعات سال ۱۹۸۵ پس از واسنجی**



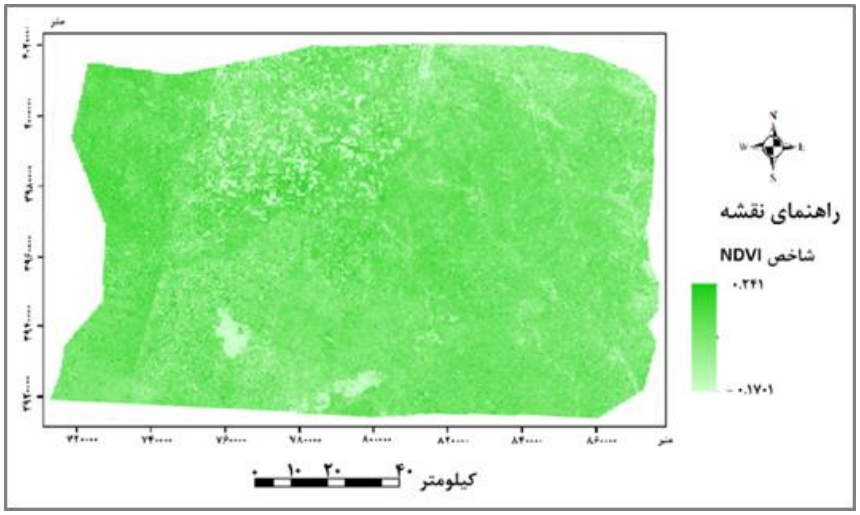

**شکل ۱۶ : تخریب پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۰۱ با استفاده از اطلاعات سال ۱۹۸۵ پس از واسنجی**

### ۳-۲- ارزیابی دقت مدل

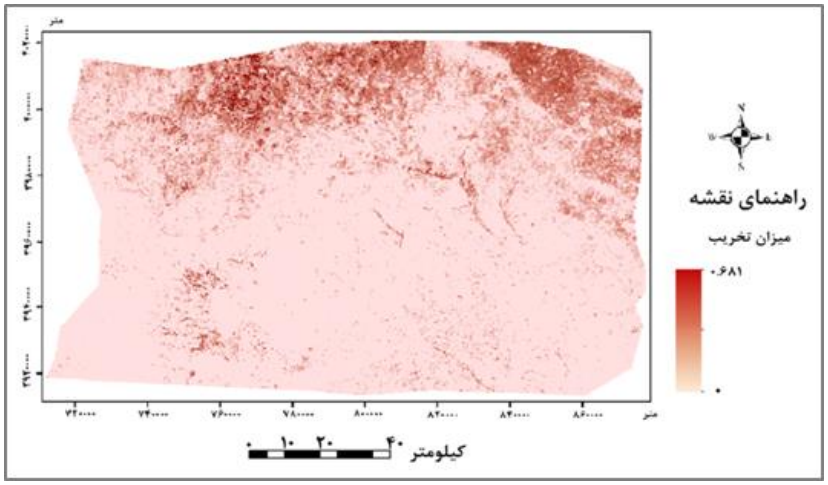
مدل ارائه‌شده که ترکیبی از مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار و الگوریتم ژنتیک می‌باشد، با میانگین خطای ۰/۰۳ پوشش گیاهی سال ۲۰۰۱ را پیش‌بینی نمود. هدف در این قسمت، ارزیابی مدل ارائه‌شده به همراه ضرایب به‌دست‌آمده از واسنجی می‌باشد. برای این امر از اطلاعات سال ۲۰۰۱ استفاده می‌شود و پوشش گیاهی سال ۲۰۱۴ پیش‌بینی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



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]




**شکل ۱۷ : پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۱۴ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱**




**شکل ۱۸ : تخریب پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۱۴ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۰۱**

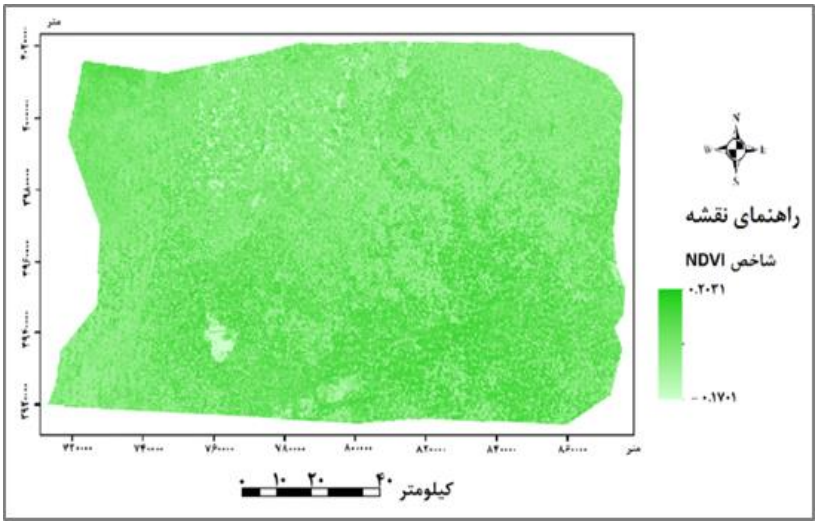
### ۳-۳- پیش‌بینی تخریب پوشش گیاهی

با توجه به نتایج بخش ۳-۲ این‌که مدل ارائه‌شده از دقت نسبتاً بالایی برخوردار بود، پیش‌بینی تخریب سرزمین با تأکید بر تخریب پوشش گیاهی برای سال ۲۰۲۷ صورت گرفت. ازاین‌رو با استفاده از مدل ارائه‌شده، ضرایب به‌دست‌آمده و با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴ پوشش گیاهی سال ۲۰۲۷ پیش‌بینی شده است.

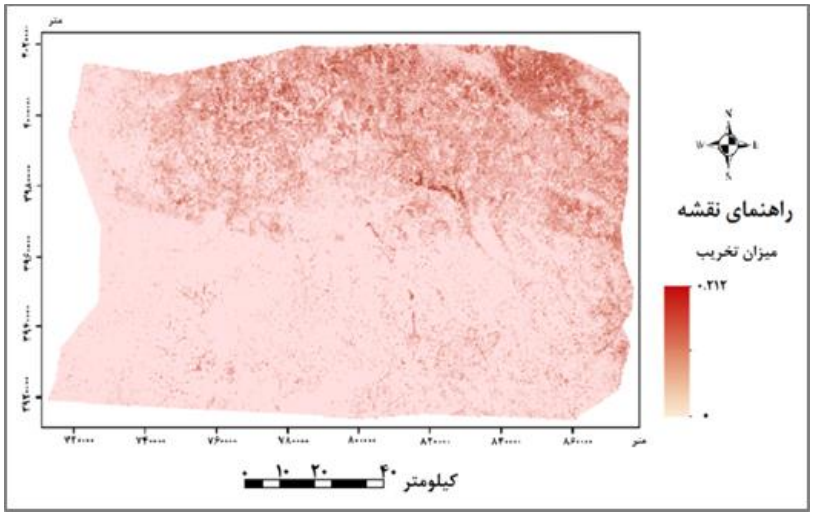


[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]




**شکل ۱۹ : پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۲۷ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴**



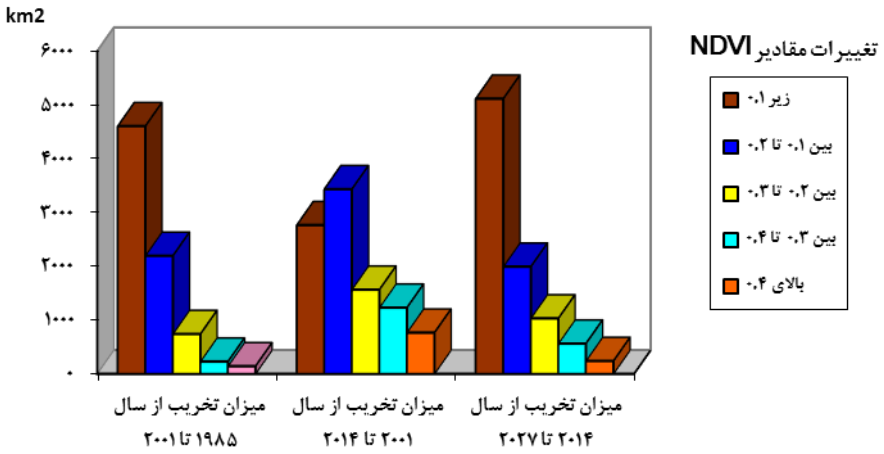

**شکل ۲۰ : میزان تخریب پوشش گیاهی پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۲۷ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴**

نتایج به‌دست‌آمده 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 موردمطالعه صورت پذیرفت. ازاین‌رو با توجه به اینکه شاخص 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 ۲۰۰۱ نقشه تخریب مقادیر NDVI به‌دست آمد که تأکید کننده مطالب بیان شده می‌باشد. شکل (۲۱)



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

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 کیلومترمربع می‌باشد. در بازه بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۱ مجموعاً ۷۹۱۰ کیلومترمربع کاهش NDVI می‌باشد. همچنین طبق پیش‌بینی صورت گرفته، در بازه بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۷ مجموعاً ۸۹۴۰ کیلومترمربع کاهش NDVI می‌باشد.




**شکل ۲۱ : مساحت کاهش مقادیر NDVI در بازه‌های زمانی مختلف**

میانگین نرخ کاهش مقادیر NDVI نشان‌دهنده وضعیت بحرانی تخریب سرزمین در منطقه موردمطالعه می‌باشد. در بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۱ میانگین کاهش مقدار NDVI برابر ۰/۱۶۷ می‌باشد درحالی‌که 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 ۲۰۲۷ به مقدار ۰/۱۷۵ خواهد رسید که خود 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 پدیده‌ی 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.

**جدول ۴ : نمایش مساحت کاهش مقادیر NDVIدر بازه‌های زمانی مختلف**

| کاهش مقدار NDVI | ۱۹۸۵- ۲۰۰۱ ($km^2$) | ۲۰۰۱ -۲۰۱۴($km^2$) | ۲۰۱۴ -۲۰۲۷($km^2$) |
|---|---|---|---|
| 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 |



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

## 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 اتخاذشده، 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 موردمطالعه 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 قابل‌مقایسه باشند. در مرحله بعد با استفاده از مدل شاخص همپوشانی وزن‌دار و الگوریتم ژنتیک نقشه تخریب پوشش گیاهی به‌دست‌آمده و با نقشه واقعی اخذشده مورد ارزیابی قرارگرفته شد. با استفاده از میانگین خطای به‌دست‌آمده پارامترهای واسنجی بهینه‌شده‌اند. در ادامه مدل پیشنهادی با پیاده‌سازی بر روی اطلاعات سال ۲۰۰۱ نقشه تخریب پوشش گیاهی سال ۲۰۱۴ را پیش‌بینی کرد؛ که دقت مدل قابل‌قبول می‌باشد. در انتها نیز نقشه تخریب پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۷ با استفاده از اطلاعات سال ۲۰۱۴ پیش‌بینی گردید.

با توجه به‌اینکه در این تحقیق برخی از جنبه‌های پدیده پیچیده‌ای نظیر تخریب پوشش گیاهی موردبررسی قرارگرفته، برای تحقیقات بیشتر و دستیابی به نتایجی بهتر پیشنهاد می‌گردد که مدل‌های تلفیق اطلاعات دیگر نظیر روش فازی و روش AHP[1] مدنظر قرارگرفته و با ترکیب با الگوریتم ژنتیک مناسب‌ترین روش انتخاب گردد. همچنین در مدل ارائه‌شده 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.

[1] Analytic hierarchy process



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

## 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", Enviromental modeling & software, 40-51-64, 2013

[2] D.W. Hosmer and D. Lemeshow, Applied Logistic regression, John Wiely and Sons, Inc, 2000

[3] Erfanizade, "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, "Habital 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



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

*Journal of Geospatial Information Technology*
**Vol.6, No.2, Summer 2018**

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

**Zahra Jahantab[*1], Ali Asghar Ale Sheikh[2], Ali Darvishi Boloorani[3], Keivan Bagheri[3]**

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

**Correspondence Address** Dep. Of RS&GIS, Faculty of Environment, Islamic Azad University, Iran
**Tel**: +989121986488
**Email**: : jahantabzahra@yahoo.com



[ Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOI: 10.29252/jgit.6.2.87 ]