تعیین الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در سطح سیمای‌سرزمین (مطالعه موردی: استان گلستان)

روح‌اله میرزایی[۱*]، عباس اسماعیلی ساری[۲]، محمودرضا همامی[۳] و حمیدرضا رضایی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱/۳۰)

چکیده

آگاهی از تهدیدات پیش روی تنوع‌زیستی به‌صورت مکانی به‌منظور مدیریت مؤثر حیات وحش کشور و زیستگاه‌های آنها، امری ضروری است. بدین منظور در این پژوهش به‌منظور تعیین الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در استان گلستان، ۱۲ شاخص در ۴ گروه جنبه‌های ساختاری (ضریب فراکتال محیط، نسبت دایره‌ای بودن و شیب متوسط)، جنبه‌های ترکیبی (حضور گونه‌های تهدید شده)، خطرات غیرزیستی (فاصله تا شهر، روستا، جاده، زیربناهای مهم، زمین کشاورزی، آلودگی خاک و خطر آتش‌سوزی) و تهدید ایزوله بودن (شاخص نزدیک‌ترین همسایه) تعریف و لایه‌های رقومی آنها در محیط GIS آماده شد. سپس با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وزن لایه‌ها مشخص و با استفاده از ترکیب خطی وزنی، الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در استان گلستان مشخص شد و نهایتاً به‌منظور درک بهتر نتایج، مقادیر مطلوبیت در ۵ طبقه تقسیم شدند. نتایج نشان داد که در بین ۴ گروه تهدیدات، به‌ترتیب جنبه‌های ترکیبی با وزن ۰/۵۹، تهدیدات غیرزیستی با وزن ۰/۲۳، تهدید ایزوله شدن با وزن ۰/۱۱ و جنبه‌های ساختاری با وزن ۰/۰۷، رتبه‌های اول تا چهارم را به‌خود اختصاص دادند. الگوی مکانی تهدیدات نیز نشان داد که در قسمت مرکزی استان، بیشترین میزان تهدید وجود دارد که در بخش‌هایی این الگو به قسمت‌های شمالی و جنوبی نیز کشیده شده است. به‌نظر می‌رسد مناطق پرتهدید در قسمت مرکزی از الگوی مکانی توسعه در استان شامل مناطق شهری، صنایع، جاده‌ها، روستاها و مناطق کشاورزی تبعیت می‌کنند و قسمت‌های کوچک پرتهدید در قسمت‌های شمالی و جنوبی بیشتر از الگوی مکانی پرندگان تهدیدشده در استان پیروی می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، تهدیدات تنوع‌زیستی، ارزیابی چندمعیاره، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، استان گلستان

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

۲. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rmirzaei@kashanu.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]

مقدمه

یکی از جنبه‌های کلیدی حفاظت تنوع‌زیستی، کاهش تهدیدات زیستگاه‌های حساس و گونه‌های کلیدی است. اگرچه تمام فعالیت‌های انسانی را نمی‌توان به‌عنوان خطر یا تهدید برای تنوع‌زیستی محسوب کرد، اما آثار مستقیم و غیرمستقیم انسان در نهایت مسئول بیشتر تغییر فرآیندهای بوم‌شناختی است که تنوع‌زیستی را حفظ می‌کنند. بنابراین، درک و شناخت ارتباط مکانی میان این عوامل خطر و سلامت بوم‌شناختی، اطلاع و بینش ارزشمندی برای مدیریت حفاظت فراهم می‌کند. به هرحال، ارزیابی و پیش‌بینی تهدیدات متوجه زیستگاه‌ها، یکی از چالش‌انگیزترین ابعاد برنامه‌ریزی حفاظت به‌دلیل پیش‌بینی ناپذیری، تغییر گسترده و کمبود اطلاعات موجود راجع به ارتباطات کارکردی فرآیندهای بوم‌شناختی و آثار آنها در اکوسیستم‌های مختلف می‌باشد (۱۱ و ۱۵). به‌همین منظور، برای برنامه‌ریزی حفاظت مؤثر، نیاز است تا کارشناسان حفاظت، درک و فهم درستی از تهدیدات تنوع‌زیستی داشته باشند. به‌عبارت دیگر، به‌دلیل محدودیت‌های مالی و زمانی پیش روی حفاظت تنوع‌زیستی، نه تنها باید مشخص شود که در کدام مناطق تنوع‌زیستی در گذشته نابود یا تخریب شده است بلکه لازم است مناطقی که ممکن است در آینده نزدیک، با تهدیدات جدیدی روبرو شوند شناخته شود (۲۲).

با توجه به نابودی روزافزون و غیرقابل برگشت تنوع‌زیستی جهانی، تعیین الگوی مکانی اولویت‌های حفاظتی همواره برای سازمان‌های مربوط مهم بوده است به‌طوری‌که درحال حاضر، بخشی مهم از چارچوب برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت هدف‌گذاری مناطق با اولویت حفاظتی زیاد مبتنی بر آسیب‌پذیری و تهدید انسانی است (۵، ۲۳ و ۲۹). از دهه ۱۹۸۰، سازمان‌های حفاظتی مانند کمیسیون طبیعت به تحلیل تهدیدات متوجه تنوع‌زیستی به‌منظور مشخص نمودن بهترین استراتژی‌ها، اقدام‌ها و سرمایه‌گذاری‌های لازم برای بحرانی‌ترین نیازهای حفاظتی، می‌پردازند (۸، ۱۳، ۱۶ و ۲۷). علت چنین رویکردهایی نیز این است که هدف سازمان‌های حفاظتی بزرگی مانند جامعه حفاظت حیات‌وحش، صندوق جهانی حیات‌وحش، جامعه بین‌المللی حفاظت، کمیسیون طبیعت، اثرگذاری در مقیاس‌های بزرگ مانند سیمای سرزمین است که به‌منظور نیل به این هدف لازم است تا این سازمان‌ها به داده‌های تهدیدات تنوع‌زیستی در مقیاس‌های بزرگ دسترسی داشته باشند تا قادر باشند تصمیم بگیرند چگونه، کجا و در چه زمانی، سرمایه‌گذاری کنند تا بیشترین اثر را داشته باشند (۱۸). معمولاً در بیشتر مطالعات صورت گرفته ، الگوی مکانی و اثر نسبی تهدیدات انسانی با استفاده از تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDA) مشخص شده است؛ فرآیندی که در آن چندین معیار یا فاکتور، به‌منظور دستیابی به هدف خاصی ارزیابی می‌شوند یا مطلوبیت ترکیبی آنها برای هدف خاصی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۲۰، ۲۶ و ۳۰).

پیرو تلاش‌های بین‌المللی برای حفاظت تنوع‌زیستی، در ایران نیز لازم است این تهدیدات شناسایی و الگوی مکانی آنها در مقیاس بزرگ مانند سیمای سرزمین مشخص شود. در این زمینه مطالعات بسیار کمی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعه رحیمی بلوچی و ملک محمدی (۲) در سال ۱۳۹۲ اشاره کرد که به ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی تالاب شادگان براساس شاخص‌های عملکرد اکولوژیکی پرداختند. اگر چه در این مطالعه سطح ریسک‌ها براساس شاخص‌های شدت اثر، احتمال وقوع و دامنه اثر پیامدها مشخص شده‌اند اما این مطالعه برای تالاب صورت گرفته است و تحلیل مکانی نیز در آن لحاظ نشده است. به‌هرحال، اگر چه مطالعاتی در کشور به بحث تهدیدات تنوع‌زیستی پرداخته‌اند اما مطالعاتی که تهدیدات را در مقیاس‌های بزرگ مشخص کنند بسیار کم انجام شده است. به‌همین دلیل، این پژوهش به‌منظور ارزیابی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در مقیاس بزرگی مانند استان گلستان انجام شده است.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]

جدول ۱. معیارها و شاخص‌های مرتبط با تهدیدات تنوع‌زیستی منطقه مورد مطالعه

معیار	شاخص	منبع
جنبه‌های ساختاری	۱-۱- ضریب فراکتال محیط	نقشه واحدهای زیستگاهی
	۱-۲- نسبت دایره‌ای بودن	نقشه واحدهای زیستگاهی
	۱-۳- شیب متوسط	نقشه واحدهای زیستگاهی
جنبه‌های ترکیبی	۲-۱- حضور گونه‌های تهدید شده	نقشه‌های پراکنش مدل‌سازی شده پرندگان
خطرات غیرزیستی	۳-۱- فاصله تا شهر	نقشه کاربری اراضی استان گلستان
	۳-۲- فاصله تا روستا	نقشه کاربری اراضی استان گلستان
	۳-۳- فاصله تا جاده	نقشه کاربری اراضی استان گلستان
	۳-۴- فاصله تا زیربناهای مهم	نقشه کاربری اراضی استان گلستان
	۳-۵- فاصله تا زمین کشاورزی	نقشه کاربری اراضی استان گلستان
	۳-۶- آلودگی خاک	نقشه خطر تجمعی بوم‌شناختی فلزات سنگین در استان
	۳-۷- خطر آتش سوزی	تصاویر ماهواره‌ای لندست مورخ ۲۰۱۰/۸/۹
تهدید ایزوله بودن	۴-۱- ایزوله بودن واحد	نقشه واحدهای زیستگاهی

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

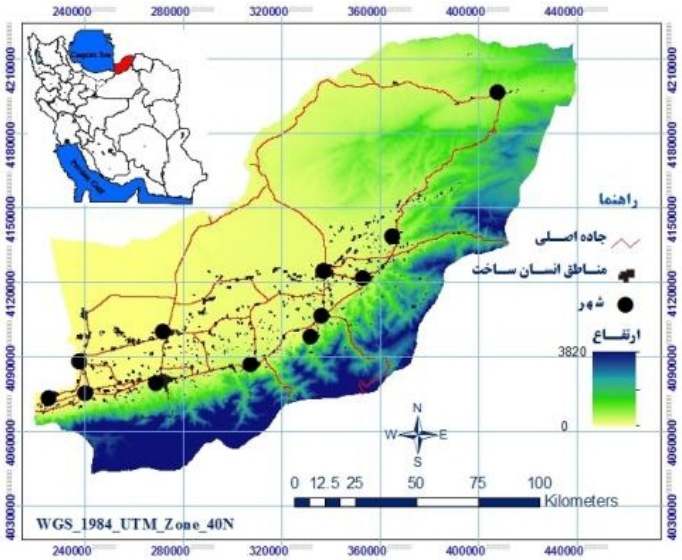
استان گلستان ۱/۳ درصد (۲۰۳۶۷ km^2) مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. این استان بین ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی تا ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است (شکل ۱). دو ویژگی طبیعی مهم در این استان که از نظر حفاظتی نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشد جنگل‌ها و مراتع استان است. براساس آمار اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، وسعت جنگل‌های این استان معادل۳۷۹۲۷۳ هکتار اعلام شده است. مساحت مراتع استان ۱۱۲۶۰۰۰هکتار برآورد شده که شامل مراتع ییلاقی در جنوب استان و مراتع قشلاقی در شمال و دشت گرگان و مراتع میان‌بند در دامنه شمالی البرز می‌باشد (۱).

روش کار

برای مشخص کردن الگوی مکانی تهدیدات، شاخص‌های مربوط در ۴ گروه معیار اصلی تعریف شدند (جدول۱). تمام این شاخص‌ها با کاهش یا نابودی تمامیت و یکپارچگی واحدهای زیستگاهی مرتبط می‌باشند. از آنجا که برخی از شاخص‌های معرفی شده، شاخص‌هایی از نوع متریک‌های سیمای سرزمین می‌باشد در ابتدا لازم بود واحدهای زیستگاهی در منطقه مورد مطالعه تعیین شود. واحدهای زیستگاهی منطقه مورد مطالعه از ترکیب نقشه‌های طبقات ارتفاعی، شیب، جهت، خاک و تیپ‌های گیاهی به‌دست آمد (۲۵). نقشه هر یک از شاخص‌های معرفی شده توسط تحلیل‌های موجود در محیط ArcGIS 9.3 تولید شدند.

خطرات ناشی از جنبه‌های ساختاری شامل ضریب فراکتال محیط، نسبت دایره‌ای بودن و شیب متوسط می‌باشد، که با استفاده از Extention V-LATE در ArcGIS 9.3 تولید شدند. عطف به ضریب فراکتال محیط، منابع پیشنهاد می‌کنند که بوم‌سازگان‌هایی که از جهات مختلف دارای ورودی هستند بیشتر در معرض خطر از دست‌دهی تمامیت خود می‌باشند (۲۵). مرزهای ناهموار تعامل با فاکتورها یا محیط‌های بیرونی مختلف را افزایش می‌دهد و در نتیجه آسیب‌پذیری زیستگاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. شاخص ضریب فراکتال محیط بین ۱ تا

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه و موقعیت استان گلستان در ایران

۲ متغیر است و به‌صورت زیر تعریف می‌شود (۲۵). با فرض ثابت بودن سایر شرایط، محیط غیریکنواخت‌تر یک زیستگاه، باعث ارتباط بیشتر با فاکتورهای پویای بیرونی و در نتیجه فشار بیشتر بر تمامیت و یکپارچگی زیستگاه می‌شود (معادله ۱).

$$FC = 2\frac{\ln(\text{perimeter})}{\ln(\text{area})} \qquad (۱)$$

که در آن، صورت کسر، محیط و مخرج کسر، مساحت واحد زیستگاهی مورد نظر است.

مانند شاخص قبلی، فشردگی شکل یک واحد، ویژگی ساختاری دیگری است که می‌تواند دارای آثار بوم‌شناختی گوناگونی باشد (۲۵). به‌عنوان نمونه، شکل‌های فشرده می‌توانند منابع زیستگاهی را حفظ کنند زیرا تماس و در معرض قرارگیری محیط را با محیط اطراف به حداقل می‌رسانند.

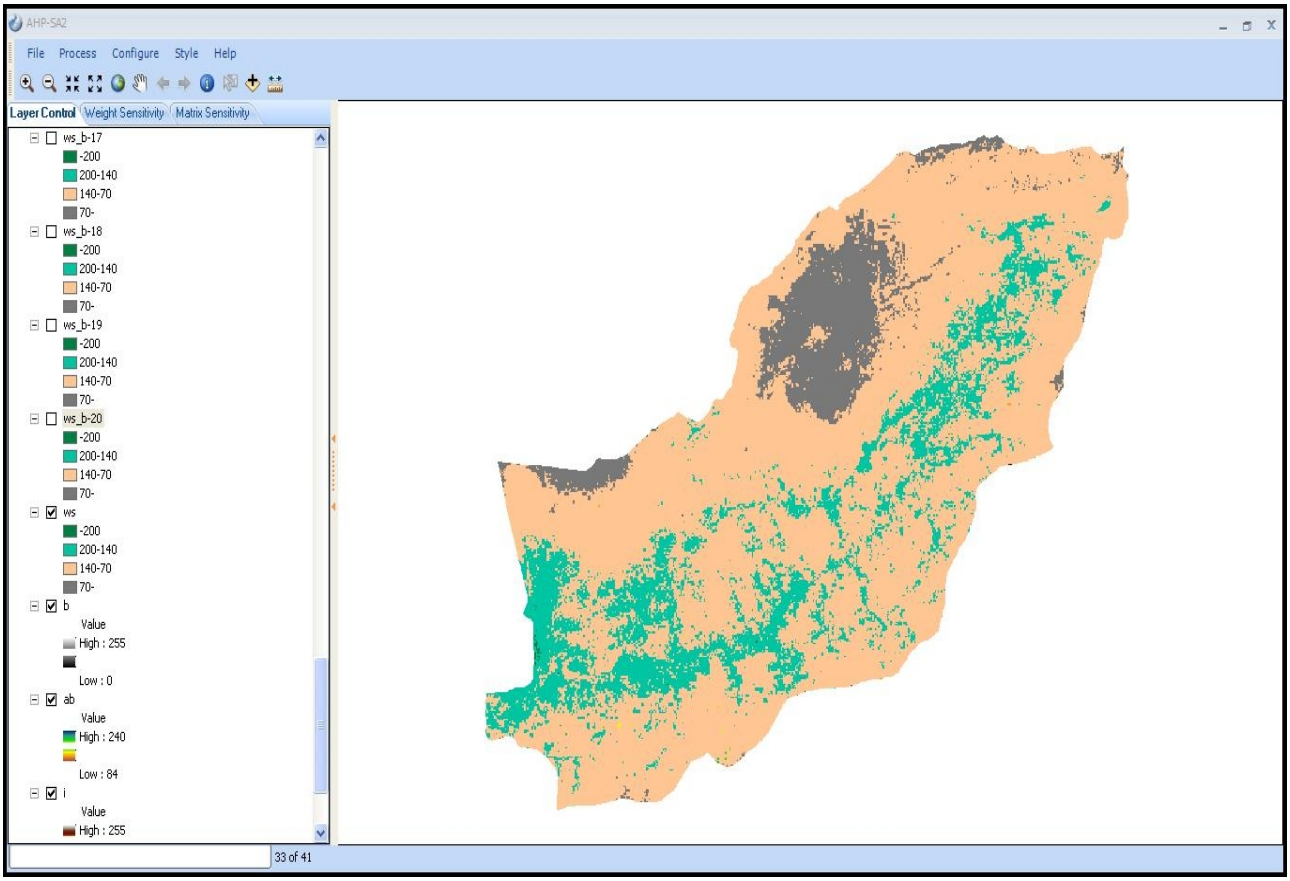
فشردگی زیستگاه با شاخص نسبت دایره‌ای بودن به‌صورت زیر تعیین شد (معادله ۲):

$$CR = \frac{\text{Area}}{\text{Area}_c} \qquad (۲)$$

که در آن صورت کسر بیانگر مساحت واحد زیستگاهی و مخرج کسر بیانگر مساحت کوچک‌ترین دایره دربرگیرنده واحد زیستگاهی است. با فرض ثابت بودن سایر شرایط، مقدار نزدیک به صفر به‌معنی قدرت بیشتر در حفظ منابع زیستی و غیرزیستی درون واحد زیستگاهی است.

شیب زمین، کیفیت و عمق خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این شاخص از نقشه رقومی ارتفاع منطقه استخراج شد. فرض اصلی در مورد این شاخص این است که با افزایش شیب مطلوبیت واحد زیستگاهی کاهش می‌یابد. معیار دوم شامل جنبه‌های ترکیبی است که شامل شاخص حضور گونه‌های تهدید شده می‌باشد. در این پژوهش فقط پرندگان استان گلستان درنظر گرفته شدند. برای مشخص کردن گونه‌های تهدیدشده از ۳ معیار IUCN، CITES و ملی استفاده شد. بدین صورت که چنانچه گونه در گروه در شرف تهدید قرار گرفته بود امتیاز ۱، در گروه آسیب‌پذیر امتیاز ۲ و در گروه در معرض خطر امتیاز ۳ اختصاص داده شد. هم‌چنین چنانچه اگر در ضمیمه ۱ و ۲ کنوانسیون سایتس قرار می‌گرفت به‌ترتیب امتیاز ۲ و ۱ به گونه اختصاص داده شده و در نهایت برطبق معیار حفاظتی ملی چنانچه حمایت شده و یا در معرض خطر بود به‌ترتیب امتیاز ۱ و ۲ به گونه اختصاص داده شد. نقشه نهایی گونه‌های تهدید شده از ترکیب نقشه پراکنش گونه‌های تهدید شده به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن این نقشه، در ابتدا پراکنش پرندگان با استفاده از نرم‌افزار مکسنت تهیه شد و در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 ترکیب شدند. معیار سوم خطرات

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]



شکل ۲. نمایی از درگاه ابزار AHP-SA مورد استفاده برای تحلیل حساسیت وزن معیارهای اصلی

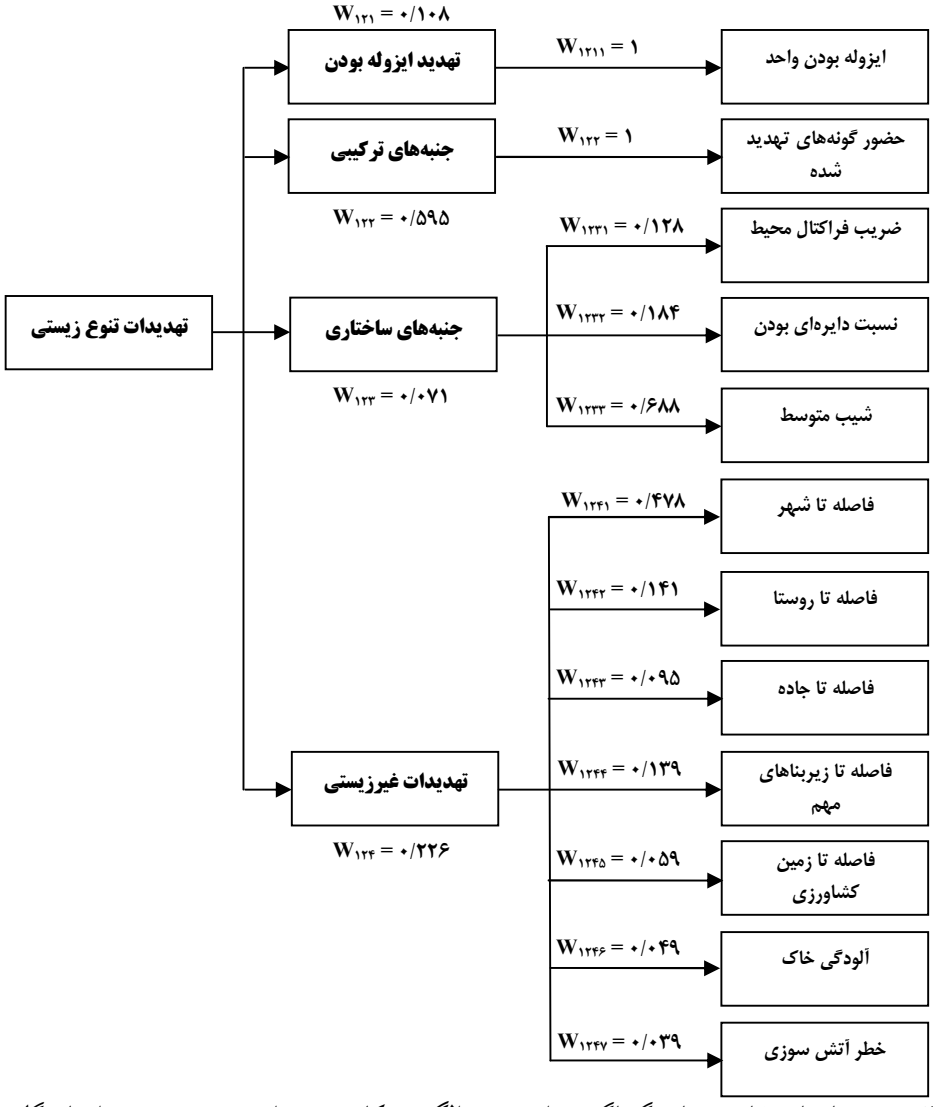
غیرزیستی است که شامل شاخص‌های فاصله تا شهر، فاصله تا روستا، فاصله تا جاده، فاصله تا زیربناهای مهم، فاصله تا زمین کشاورزی، آلودگی خاک به فلزات سنگین و خطر آتش‌سوزی می‌باشد. شاخص‌های فاصله‌ای براساس نقشه کاربری استان و استان‌های مجاور به‌منظور کاهش خطا و اریب در مناطق مرزی، تولید شد به استثنای شاخص فاصله تا زیربناهای مهم که تنها فاصله تا معادن، صنایع و فرودگاه استان گلستان تولید شد و اطلاعات استان‌های مجاور موجود نبود. نقشه کاربری اراضی از تصویر ماهواره‌ای لندست ۲۰۱۰ استخراج شد. فرض اساسی در مورد این شاخص‌ها این است که هرچه فاصله از این مناطق بیشتر باشد مطلوبیت بیشتری برای واحد زیستگاهی به‌وجود می‌آید (۱۵ و ۲۵). برای شاخص آلودگی خاک به فلزات سنگین نیز از نقشه خطر بوم‌شناختی فلزات سنگین استفاده شد (۳). شاخص خطر آتش‌سوزی براساس شاخص بالقوه آتش‌سوزی (Fire Potential Index) که به‌صورت زیر (معادله ۳) به‌دست می‌آید (۲۵) تولید شد.

$$PFI = (1-GVI)(1-WI) \qquad (۳)$$

که در آن *GVI* شاخص سبزی و *WI* شاخص‌تری (مرطوبی) است. این شاخص با استفاده از تصاویر ماهواره لندست مورخ ۲۰۱۰/۸/۹ تولید شد. دو شاخص تری و سبزی، پس از پردازش‌ها و تصحیحات اولیه و تبدیل ارزش‌های رقومی تصاویر به بازتاب طیفی، با استفاده از تبدیل Tasseled cap محاسبه شد. صحت تصحیح هندسی، ۰/۵۵ پیکسل بود که بسیار مطلوب می‌باشد.

معیار چهارم ایزوله شدن واحد است که شامل شاخص ایزوله بودن واحد زیستگاهی است که توسط شاخص نزدیک‌ترین همسایه (Nearest Neighbor Index) تولید شد. شاخص نزدیک‌ترین همسایه، برآوردی از ارتباط درونی در

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]



شکل ۳. وزن معیارها و شاخص‌های گوناگون برای تعیین الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در استان گلستان

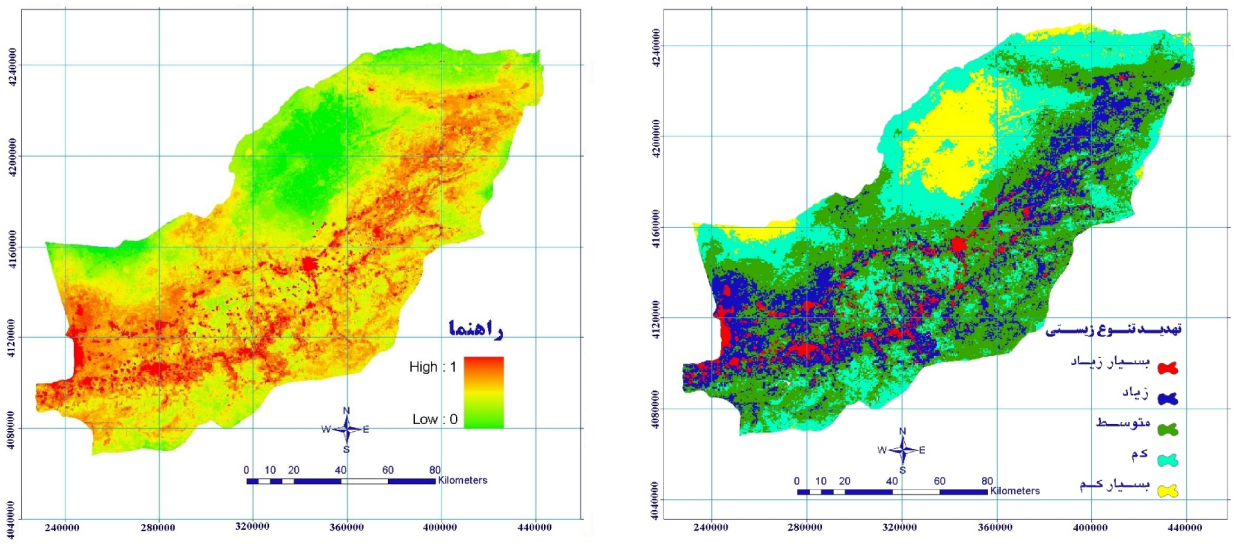
سیمای سرزمین است و میزان پراکنش مکانی واحدهای زیستگاهی را نشان می‌دهد (۲۵). شاخص‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS9.3 در مقیاس بایت (۱-۰)، با استفاده از مقیاس‌گذاری خطی، استاندارد و توسط فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن‌دهی شدند. برای تهیه نقشه نهایی تهدیدات تنوع‌زیستی، لایه‌ها با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی ترکیب شدند(۹). ترکیب خطی وزنی با استفاده از نرم‌افزار ایدریسی انجام شد. به‌منظور بررسی اثر وزن معیارها بر خروجی ارزیابی چندمعیاره، تحلیل حساسیت برای وزن چهار معیار اصلی با استفاده از ابزار AHP-SA انجام شد (۷). حداکثر ۲۰٪ تغییر وزن برای هر معیار با فواصل ۲٪ انتخاب شد و به‌منظور تفسیر راحت‌تر و بهتر، اثر تغییر وزن‌ها بر نقشه طبقه‌بندی شده تهدیدات (۴ طبقه) مورد بررسی قرار گرفت. نمایی از ابزار استفاده شده که رابط محیط نرم‌افزارهای MATLAB و(Engine) ArcGIS است در شکل ۲ (۷) آورده شده است.

نتایج

وزن معیارها و شاخص‌ها

وزن معیارها و شاخص‌های گوناگون در شکل ۳ آورده شده است. در بین ۴ معیار اصلی گروه تهدیدات تنوع‌زیستی به‌ترتیب

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]



شکل ۴. الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در استان گلستان

شاخص‌های اصلی جنبه‌های ترکیبی با وزن ۰/۵۹۵، تهدیدات غیرزیستی با وزن ۰/۲۲۶، تهدید ایزوله شدن با وزن ۰/۱۰۸ و جنبه‌های ساختاری با وزن ۰/۰۷۱، رتبه‌های اول تا چهارم را به‌خود اختصاص داده‌اند. در بین شاخص‌های جنبه‌های ساختاری، شیب متوسط با وزن ۰/۶۸۸ بیشترین وزن را به‌خود اختصاص داده است. در بین شاخص‌های تهدیدات غیرزیستی، به‌ترتیب فاصله تا شهر، فاصله تا روستا، فاصله تا زیربناهای مهم، فاصله تا جاده، فاصله تا زمین کشاورزی، آلودگی خاک و خطر آتش‌سوزی به‌ترتیب رتبه‌های اول تا هفتم را به‌خود اختصاص داده‌اند. نسبت سازگاری برای فرآیند وزن‌دهی ۰/۰۵۵ به‌دست آمد که کمتر از ۰/۱ می‌باشد و نشان از سازگاری و اعتبار فرآیند وزن‌دهی می‌باشد.

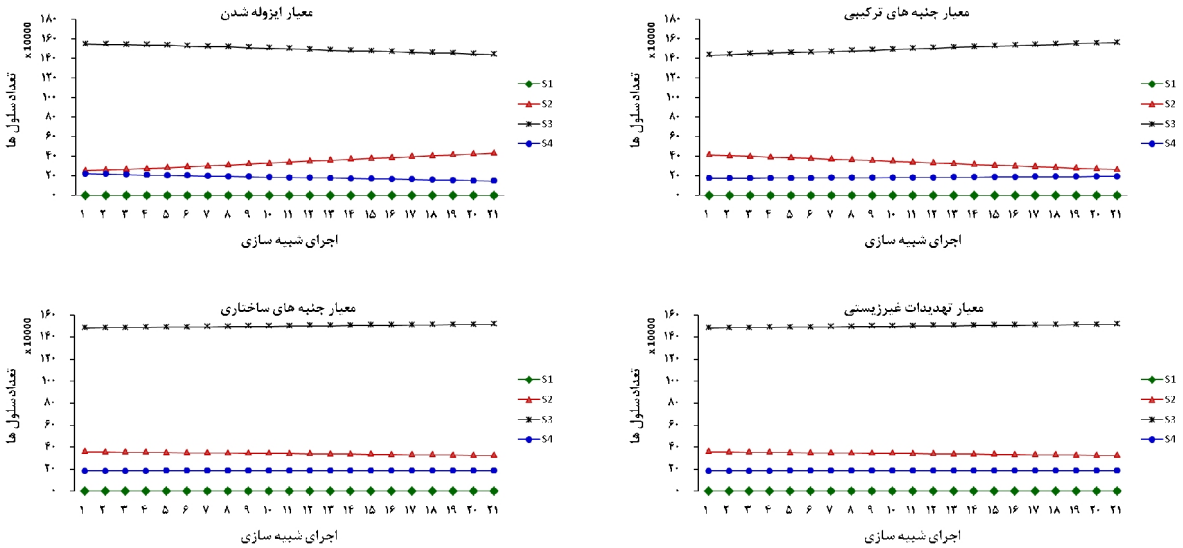
الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی

در شکل ۴، الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در استان گلستان آورده شده است. هر سلول در نقشه نهایی از نظر تهدید کل امتیازی در محدوده صفر (کمینه) و ۱ (بیشینه) دارا می‌باشد که میزان تهدید را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. به‌منظور درک بهتر نتایج، مقادیر تهدید در ۵ طبقه تقسیم شدند. حدآستانه طبقه‌ها براساس فاصله‌های مساوی انتخاب شد. مقادیر جدید در ۵ طبقه به‌صورت زیر می‌باشد: بسیار کم (۰-۰/۲)، کم (۰/۲۱-۰/۴)، متوسط (۰/۴۱-۰/۶)، زیاد (۰/۶۱-۰/۸) و بسیار زیاد (۰/۸۱-۱)، این تقسیم‌بندی براساس مرور منابع موجود انتخاب شد (۴). در مورد نقشه تهدیدات تنوع‌زیستی، در قسمت مرکزی استان، بیشترین میزان تهدید قابل مشاهده است که در بخش‌هایی این الگو به قسمت‌های شمالی و جنوبی نیز کشیده شده است. در مورد چنین الگویی، باید اذعان داشت، قسمت‌های پرتهدید در قسمت مرکزی از الگوی مکانی توسعه در استان شامل مناطق شهری، صنایع، جاده‌ها، روستاها و مناطق کشاورزی تبعیت می‌کنند و قسمت‌های کوچک پرتهدید در قسمت‌های شمالی و جنوبی بیشتر از الگوی مکانی پرندگان تهدیدشده در استان پیروی می‌کنند.

تحلیل حساسیت

با انتخاب حداکثر ۲۰٪ تغییر وزن هر معیار با فواصل ۲٪ (۲۱ اجرا با لحاظ نقشه پایه)، ۸۰ اجرای شبیه‌سازی تحلیل حساسیت مورد ارزیابی قرار گرفت که هر اجرا تنها یک نقشه مطلوبیت طبقه‌بندی شده ایجاد کرد و خلاصه نتایج برای هر معیار در جدول‌های مختلف تولید شد (به عنوان نمونه جدول ۲). این جدول‌ها شامل وزن معیارها،

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]



شکل ۵. نتایج ۸۰ شبیه‌سازی (۲۰ شبیه‌سازی برای هر معیار) طی فرآیند تحلیل حساسیت. طبقات S1، S2، S3 و S4 به‌ترتیب بیانگر طبقات تهدید زیاد، تهدید متوسط، تهدید کم و بدون تهدید می‌باشد. شبیه‌سازی ۱۱ بیانگر اجرای پایه و بدون تغییر وزن، شبیه‌سازی ۱ بیانگر کاهش ۲۰٪ وزن معیار و شبیه‌سازی ۲۱ نشان‌دهنده افزایش ۲۰٪ وزن معیار است.

سلول‌های موجود در هر طبقه و جمع سلول‌های تغییر کرده از طبقه اصلی خود در اجرای پایه است. برای نمونه در جدول ۲، نتایج خلاصه تحلیل حساسیت برای معیار جنبه‌های ترکیبی آورده شده است. در شکل ۵، نتایج ۸۰ شبیه‌سازی به‌تفکیک معیار آورده شده است. با توجه با نتایج ۸۰ شبیه‌سازی صورت گرفته مشخص شد که سلولی (پیکسلی) که تغییر دو طبقه‌ای چه افزایشی چه کاهشی از طبقه اصلی در اجرای پایه داشته باشد وجود نداشت. معیار جنبه‌های ترکیبی بیشترین حساسیت و معیار جنبه‌های ساختاری کم‌ترین حساسیت را نشان داد. طبقه‌اول (S1) تقریباً ثابت است و بعد از آن طبقه چهارم (S4) قرار دارد که از ثبات نسبی در شبیه‌سازی‌های مختلف به‌جز تغییر اندکی در وزن‌های معیارهای جنبه‌های ترکیبی و ایزوله شدن برخوردار است؛ و رتبه‌های بیشتر سلول‌های این دو طبقه تهدید تقریباً یکسان باقی‌مانده است یا کمی تغییر کرده است. انحراف وزن‌های تصمیم‌گیری، به‌ویژه برای معیارهای جنبه‌های ساختاری و تهدیدات غیرزیستی اثر کمی بر رتبه‌بندی بیشتر سلول‌ها در طبقات مختلف به‌ویژه طبقات اول و چهارم داشتند که این موضوع نشان‌دهنده این است که میزان چیرگی این سلول‌ها اغلب مستقل از تغییر وزن‌های معیارهای انتخابی است. بیشترین تغییر طبقه‌بندی ارزیابی در طبقه‌های دوم و سوم اتفاق افتاده است و بیشترین جابجایی از طبقه دوم به سوم درون محدوده تغییر ۸٪ رخ داده است. به‌نظر می‌رسد طبقه‌های دوم و سوم حساس‌ترین طبقات به تغییرات وزن معیارها هستند. معیار جنبه‌های ترکیبی بیشترین وزن را بین معیارهای مختلف داشته است و به‌همین دلیل بیشترین اثر را بر نتایج تحلیل حساسیت به‌همراه داشته است. علی‌رغم وجود برخی حساسیت‌ها به تغییر وزن‌ها، نقشه نهایی تهدیدات تنوع‌زیستی از پایداری خوبی برخوردار است به‌ویژه اینکه مهم‌ترین طبقه، طبقه اول (تهدید زیاد) است که کمترین حساسیت را بین طبقات از خود نشان داد. به‌هرحال تحلیل حساسیت صورت گرفته، به درک واقع بینانه‌تر از الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در منطقه کمک کرد.

بحث

اگرچه فرآیند ارزیابی چندمعیاره مبتنی بر GIS بسیار ساده و انعطاف‌پذیر است که می‌توان هر تعداد معیار و شاخص را در آن استفاده کرد؛ اما به‌هرحال، ممکن است افزایش معیارها و

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]

[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79] [DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0] [Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]

جدول ۲. مثالی از جدول تولید شده از ۲۱ اجرای شبیه‌سازی تحلیل حساسیت برای معیار جنبه‌های ترکیبی

(۲۰ اجرای شبیه‌سازی به همراه اجرای پایه)

	وزن‌معیارها				سلول‌های موجود در طبقات مختلف تهدید				تغییرات صورت گرفته در طبقات تهدید				
تغییر٪	جنبه‌های ترکیبی	جنبه‌های ساختاری	تهدیدات غیرزیستی	ایزوله شدن	S1	S2	S3	S4	S1 به S2	S2 به S1	S2 به S3	S3 به S2	S3 به S4	S4 به S3
-۲۰	۰/۴۷۶	۰/۰۸۷	۰/۲۹۶	۰/۱۴۲	۱۲۳۷	۴۱۴۰۵۴	۱۴۳۵۰۷۸	۱۷۵۶۲۳	۶۳۶	۸۴	۳۹۶۴۲	۱۳۵۲۰	۹۱	۵۳۱۲۸
-۱۸	۰/۴۸۸	۰/۰۸۶	۰/۲۸۹	۰/۱۳۹	۱۰۹۰	۴۰۶۹۷۶	۱۴۴۱۲۵۳	۱۷۶۶۷۳	۵۸۳	۸۴	۳۵۸۳۳	۱۲۲۳۶	۹۱	۴۶۳۴۹
-۱۶	۰/۴۹۹	۰/۰۸۴	۰/۲۸۲	۰/۱۳۵	۱۰۲۸	۳۹۹۹۱۰	۱۴۴۷۴۴۳	۱۷۷۶۱۱	۵۸۳	۸۳	۳۲۰۰۹	۱۰۴۱۲	۸۵	۴۰۱۹۲
-۱۴	۰/۵۱۱	۰/۰۸۳	۰/۲۷۴	۰/۱۳۲	۹۴۹	۳۹۲۹۶۷	۱۴۵۳۴۲۲	۱۷۸۶۵۴	۵۶۳	۶۹	۲۷۴۹۱	۹۲۰۲	۸۵	۳۴۵۸۴
-۱۲	۰/۵۳۲	۰/۰۸۰	۰/۲۶۷	۰/۱۲۹	۹۱۸	۳۸۶۲۶۵	۱۴۵۹۱۰۵	۱۷۹۷۰۴	۴۸۲	۵۴	۲۳۳۴۵	۷۹۱۶	۷۵	۲۸۳۷۳
-۱۰	۰/۵۳۵	۰/۰۷۸	۰/۲۶۰	۰/۱۲۵	۸۹۸	۳۷۸۹۷۷	۱۴۵۵۴۴۱	۱۸۰۶۷۶	۴۲۸	۵۴	۱۹۳۶۰	۶۶۲۶	۷۵	۲۲۶۹۱
-۸	۰/۵۴۷	۰/۰۷۷	۰/۲۵۳	۰/۱۲۲	۸۸۵	۳۷۲۱۷۳	۱۴۷۱۳۴۹	۱۸۱۵۸۵	۳۹۹	۳۶	۱۶۱۷۹	۵۰۵۴	۵۸	۱۸۰۹۲
-۶	۰/۵۵۹	۰/۰۷۶	۰/۲۴۶	۰/۱۱۹	۸۷۳	۳۶۴۸۰۶	۱۴۷۷۹۹۳	۱۸۲۳۲۰	۲۴۰	۶	۱۲۱۱۵	۳۷۶۵	۵۸	۱۳۸۲۵
-۴	۰/۵۷۱	۰/۰۷۴	۰/۲۳۸	۰/۱۱۵	۸۴۷	۳۵۷۳۵۱	۱۴۸۴۶۴۸	۱۸۳۱۴۶	۱۶۷	۰	۸۱۹۶	۲۷۴۹	۳۲	۸۸۴۰
-۲	۰/۵۸۳	۰/۰۷۲	۰/۲۳۱	۰/۱۱۲	۸۲۰	۳۴۹۷۳۶	۱۴۹۱۳۶۹	۱۸۴۰۶۷	۹۷	۰	۳۹۷۱	۱۴۵۸	۳۲	۳۸۶۶
۰	۰/۵۹۵	۰/۰۷۱	۰/۲۲۶	۰/۱۰۸	۷۵۰	۳۴۰۹۳۲	۱۴۹۹۳۱۱	۱۸۴۹۹۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰/۶۰۶	۰/۰۷۰	۰/۲۱۷	۰/۱۰۵	۶۸۸	۳۳۳۲۶۶	۱۵۰۵۹۵۷	۱۸۶۰۸۱	۰	۱۰۸	۱۳۹۰	۴۶۷۱	۳۷۵۲	۳۳
۴	۰/۶۱۹	۰/۰۶۹	۰/۲۰۹	۰/۱۰۲	۶۵۴	۳۲۴۸۴۶	۱۵۱۳۴۸۵	۱۸۷۰۰۷	۰	۱۴۵	۲۶۷۷	۸۶۲۵	۷۷۱۳	۶۸
۶	۰/۶۳۰	۰/۰۶۷	۰/۲۰۲	۰/۰۹۸	۶۵۱	۳۱۷۱۱۴	۱۵۱۹۹۷۱	۱۸۸۲۵۶	۰	۱۹۰	۳۹۱۲	۱۲۱۵۰	۱۲۶۰۸	۶۸
۸	۰/۶۴۲	۰/۰۶۶	۰/۱۹۵	۰/۰۹۵	۶۰۹	۳۰۹۹۹۲	۱۵۲۶۰۳۴	۱۸۹۳۵۷	۰	۳۲۶	۵۰۵۷	۱۶۴۵۸	۱۶۹۲۴	۷۹
۱۰	۰/۶۵۴	۰/۰۶۴	۰/۱۸۸	۰/۰۹۱	۵۹۰	۳۰۳۳۱۱	۱۵۳۱۳۸۵	۱۹۰۷۰۶	۰	۵۶۴	۶۶۶۴	۲۰۰۳۲	۲۱۷۲۷	۷۹
۱۲	۰/۶۶۶	۰/۰۶۳	۰/۱۸۱	۰/۰۸۸	۵۶۰	۲۹۶۰۸۵	۱۵۳۷۳۱۳	۱۹۲۰۳۴	۰	۶۸۶	۷۹۷۱	۲۳۹۶۶	۲۷۱۲۱	۷۹
۱۴	۰/۶۷۸	۰/۰۶۲	۰/۱۷۳	۰/۰۸۵	۵۵۶	۲۸۸۳۶۹	۱۵۴۳۷۶۶	۱۹۳۳۰۱	۰	۷۰۳	۹۱۸۱	۲۸۱۳۷	۳۲۴۶۱	۷۹
۱۶	۰/۶۹۰	۰/۰۶۲	۰/۱۶۸	۰/۰۸۱	۵۳۵	۲۸۰۵۸۵	۱۵۵۰۵۷۳	۱۹۴۲۹۹	۰	۷۴۴	۹۹۳۰	۳۲۷۸۲	۳۷۵۹۳	۷۹
۱۸	۰/۷۰۲	۰/۰۶۰	۰/۱۵۱	۰/۰۷۸	۴۷۲	۲۷۳۴۶۳	۱۵۵۶۶۱۷	۱۹۵۴۴۰	۰	۸۴۶	۱۰۹۴۳	۳۷۰۱۰	۴۲۴۰۴	۷۹
۲۰	۰/۷۱۴	۰/۰۵۹	۰/۱۴۳	۰/۰۷۵	۴۲۴	۲۶۶۵۳۲	۱۵۶۲۳۵۷	۱۹۶۶۷۹	۰	۱۱۱۰	۱۱۸۹۲	۴۰۸۰۲	۴۹۳۳۸	۷۹

شاخص‌ها، وزن‌دهی معیارها و شاخص‌ها را دچار مشکل کند (۲۱). تاکنون، معیارهای مختلفی برای تهدیدات ارائه شده است (۱۷ و ۱۹)؛ که بر اساس اهداف گوناگون و منابع اطلاعاتی موجود، در مطالعات مختلف استفاده شده است. در این پژوهش نیز، برخی از این شاخص‌ها استفاده شده است. لازم به‌ذکر است تهدیدات استفاده شده در این پژوهش، تهدیدات کنونی و ایستا منظور است که در بعضی از منابع به‌نام جای پا معرفی شده است (۱۵) و تهدیدات آتی یا پویا مانند تغییر اقلیم یا تغییر کاربری اراضی منظور نیست. هم‌چنین شدت و بزرگی تهدید و میزان حساسیت اکوسیستم به تهدید مشخص نشده است چون اطلاعات کافی در این زمینه وجود نداشت (۱۵). به‌عنوان مثال، نوع جاده (اصلی یا فرعی یا درجه ۱ و ۲) ممکن است آثار متفاوتی داشته باشد. برخی از تهدیدات دیگر مثل شدت چرا، فشار گردشگری، حضور گونه‌های مهاجم نیز در این پژوهش به‌دلیل نبود داده‌های کافی و معتبر در این پژوهش لحاظ نشده است. انتخاب هر شاخص دارای دلیل و فلسفه خاصی است و همین موضوع، شاخص‌های مورد استفاده در هر مطالعه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طور کلی برای موفقیت اقدامات حفاظتی، به مناطق دور از منابع آشفتگی، اولویت بیشتری داده شده است (به‌عنوان مثال مناطق مسکونی و جاده‌ها). لکه‌های حفاظتی نزدیک مناطق شهری از خطر کاهش اندازه و حتی نابودی کامل به‌عنوان پیامدی از کاربری اراضی نامناسب در این مناطق (۱۴)، افزایش خطر آتش‌سوزی (۶)، گسترش منطقه شهری (۱۱) رنج می‌برند. جاده می‌تواند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم باعث کاهش اندازه اکوسیستم شود. نابودی مستقیم زیستگاه به کاهش اندازه کل یک اکوسیستم برمی‌گردد و نابوی غیرمستقیم به تکه‌تکه شدن و تخریب اکوسیستم برمی‌گردد (۱۲). تکه‌تکه شدن می‌تواند با برخی از آثار آن مانند افزایش ایزوله شدن لکه‌ها، کاهش اندازه آنها و افزایش در معرض قرارگیری اختلالات بیرونی مانند تهاجم گونه‌های خارجی یا تغییرات در شرایط فیزیکی توصیف شود (۱۲). این آثار می‌تواند به‌طور بالقوه موجب کاهش تنوع‌زیستی اکوسیستم، پایداری آن و توان احیای آن از آشفتگی‌ها شود (۲۸). خطر آتش‌سوزی می‌تواند به‌دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر تنوع‌زیستی اثرگذار باشد (۱۱ و ۱۵). اثر مستقیم آن به‌صورت از بین‌بردن گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری و تخریب زیستگاه است و اثر غیرمستقیم آن به‌صورت مستعد کردن زمین برای تبدیل به کاربری‌های دیگر مانند کشاورزی است. نوع و شدت آتش‌سوزی بر میزان اثر آن مؤثر است. در این پژوهش پتانسیل آتش‌سوزی به‌عنوان تهدید استفاده شد و فراوانی آتش‌سوزی به‌دلیل نبود داده‌های مناسب و کافی استفاده نشد و فرض شد عوامل انسانی مؤثر در آتش‌سوزی در معیارهای دیگر مانند فاصله تا شهر و فاصله تا جاده پوشش داده شده است. هم‌چنین پتانسیل آتش‌سوزی می‌تواند جانشینی از خشکسالی باشد (۱۰).

شیب می‌تواند نماینده‌ای از آسیب‌پذیری به فرسایش خاک باشد. از طریق این فاکتور، به خاک‌هایی توجه می‌شود که دارای بیشترین قابلیت فرسایش می‌باشند. این شاخص به‌ویژه برای حفاظت مناطق جنگلی مهم می‌باشد چون چنین مناطقی بیشتر در معرض فرسایش خاک قرار دارند (۲۴). زمین‌های کشاورزی یکی دیگر از تهدیدات محسوب می‌شود (۱۵). که اثر آن بر اساس نوع محصول و تراکم کشت و نوع آبیاری و مصرف سموم متفاوت می‌باشد (۱۵)؛ اما این اطلاعات موجود نمی‌باشد و تنها فاصله تا زمین کشاورزی به‌عنوان تهدید معرفی شده است و فرض شده است هرچه فاصله تا زمین کشاورزی کمتر باشد، تهدید بیشتر است و احتمال تبدیل زمین‌های مجاور به زمین کشاورزی افزایش می‌یابد. زیرساخت‌ها اگر چه گسترده می‌باشند (۱۵)؛ در این پژوهش تنها زیرساخت‌های شهرک‌ها و ناحیه‌های صنعتی، فرودگاه و هم‌چنین معادن به‌عنوان زیرساخت انتخاب شده‌اند که اثرگذاری این فعالیت‌ها بر تنوع‌زیستی کاملاً مشخص است.

نتیجه‌گیری

الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی این امکان را برای دانشمندان و ارزیابان خطر فراهم می‌کند تا ماهیت و ساختار

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]

مکانی آثار عوامل تنش‌زا را مشخص کنند. چنین نقشه‌هایی هم‌چنین ابزار بسیارمفیدی برای معرفی نتایج ارزیابی خطر محیط‌زیستی به عموم و ذی‌نفعان می‌باشد. به‌هرحال، حفاظت از تنوع‌زیستی، بدون توجه به تهدیدات پیش روی تنوع‌زیستی بی‌معنی است و در صورت عدم رفع تهدیدات در گام اول و حتی انجام اقدام‌های حفاظتی، فشار تهدیدات همچنان تنوع‌زیستی را تحت تأثیر قرار خواهد داد. هر چقدر اطلاعات مکانی درباره تهدیدات پیش روی تنوع‌زیستی در مقیاس‌های بزرگ‌تر مانند سیمای سرزمین و با دقت و صحت بیشتر وجود داشته باشد، حفاظت تنوع‌زیستی موفق‌تر و مدیریت آن آسان‌تر خواهد بود.

مدل ارائه شده در این پژوهش، مطالعه موردی درباره تعیین الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی با استفاده از ارزیابی چندمعیاره است که برای سایر مناطق کشور و در مقیاس‌های گوناگون و حتی با ترکیب‌های مختلفی از شاخص‌های گوناگون قابل اجرا است. هم‌چنین استفاده از ارزیابی چندمعیاره در تعیین الگوی مکانی تهدیدات، امکان پایش تغییر تهدیدات را طی زمان فراهم می‌کند و از این طریق می‌توان وضعیت تهدیدات را طی دوره‌های زمانی مختلف با یکدیگر مقایسه کرد. به هر حال روش ارائه شده، گامی کوچک در ارزیابی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در سطح سیمای سرزمین است که امکان توسعه آن با لحاظ نمودن شاخص‌های گوناگون بیشتر، بررسی شدت اثر هر کدام از آنها، واکنش اکوسیستم‌ها و گونه‌های مختلف به تهدیدات و روش‌های مختلف ترکیب شاخص‌ها وجود دارد.

منابع مورد استفاده

۱. رشیدی، پ. ۱۳۸۷. انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی استان گلستان با استفاده از روش نظام ارزیابی و اولویت‌بندی حفاظت (CAPS)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۲. رحیمی بلوچی، ل. و ب، ملک محمدی. ۱۳۹۲. ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی تالاب بین‌المللی شادگان بر اساس شاخص‌های عملکرد اکولوژیکی. *مجله محیط شناسی* ۳۹ (۱): ۱۱۲-۱۰۱.

۳. میرزایی، ر. ۱۳۹۱. تعیین مناطق مناسب حفاظت از پرندگان بر اساس الگوی مکانی تهدیدات محیط زیستی و تنوع گونه‌ای در استان گلستان. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

4. Botteroa, M., E. Comino, M. Duriavig, V. Ferretti and S. Pomarico. 2013. The application of a Multicriteria Spatial Decision Support System (MCSDSS) for the assessment of biodiversity conservation in the province of Varese (Italy). *Land Use Policy* 30: 730-738.

5. Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, G. A. B. dafonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, J. D. Pilgrim and A. S. L. Rodrigues. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58-61.

6. Chen, K. P., R. Blong and C. Jacobson. 2001. MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. *Environmental Modeling and Software* 16 (4): 387-397.

7. Chen, Y., J. Yu, and S. Khan. 2010. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. *Environmental Modeling and Software* 25: 1582-1591

8. CMP (Conservation Measures Partnership). 2004. Open standards for the practice of conservation (version1.0) CMP:Washington, DC . www. Conservation Measures.org. Site visited on 11.08.13

9. Eastman, R. J. 2001. Guide to GIS and image processing, Clark University, USA.

10. Fuller, D. O. and K. J. Murphy. 2006. The ENSO-fire dynamic in insular Southeast Asia. *Climatic Change* 74: 435-455.

11. Fuller, D. O., E. M. Meijaard, L. Christy and T. C. Jessup. 2010. Spatial assessment of threats to biodiversity within East Kalimantan, Indonesia, *Applied Geography* 30: 416-425.

12. Geneletti, D. 2006. A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in an alpine valley. *Environonmental Impact Assessment and Review* 26: 257-267.

13. Groves, C. R., D. B. Jensen, L. L.Valutis, K. H. Redford, M. L. Shaffer, J. Michael Scott, J. V. Baumgartner, J. V. Higgins, M. W. Beck, and M. G. Anderson . 2002. Planning for biodiversity conservation: Putting conservation science into practice. *Bioscience* 52: 499-512.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]

14. Gutzwiller, K. J. and W. C. Barrow. 2003. Influences of roads and development on bird communities in protected Chihuahuan Desert landscapes. *Biological Conservation* 113: 225-237.
15. Jarvis, A., J. L. Touval, M. C. Schmitz, L. Sotomayor and G. G. Hyman. 2010. Assessment of threats to ecosystems in South America. *Journal for Nature Conservation* 18: 180-188.
16. Margoluis, R. and N. Salafsky. 2001. Is our project succeeding? A guide to the threat reduction assessment for conservation. Biodiversity Support Program, Washington D.C., USA.
17. McPherson, M., S. Schill, G. Raber, K. John, N. Zenny, K. Thurlow and A. Sutton. 2008. GIS-based modeling of Environmental Risk Surfaces (ERS) for conservation planning in Jamaica. *Journal of Conservation Planning* 4: 60 - 89.
18. Murdoch,W., S. Polasky, K. A. Wilson, H. P. Possingham, P. Kareiva and R. Shaw. 2007. Maximizing return on investment in conservation. *Biological Conservation* 139: 375-388.
19. Nackoney, J. and D. Williams. 2012. Conservation prioritization and planning with limited wildlife data in a Congo Basin forest landscape: assessing human threats and vulnerability to land use change. *Journal of Conservation Planning* 8: 25-44.
20. Paukert, C. P., K. L. Pitts, J. B. Whittier and J. D. Olden. 2011. Development and assessment of a landscape-scale ecological threat index for the Lower Colorado River basin. *Ecological Indicators* 11:304-310.
21. Phua, M. H. and M. Minowa. 2005. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning* 71: 207-222.
22.Pressey, R. L., M. Cabeza, M. E. Watts, R. W. Cowling and K. A. Wilson. 2007. Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology & Evolution* 22(11): 583-592.
23. Pressey, R. L. and M. C. Bottrill. 2008. Opportunism, threats, and the evolution of systematic conservation planning. *Conservation Biology* 22(5): 1340-1345.
24. Rosa, D., J. A. Moreno, F. Mayol and T. Bonson. 2000. Assessment of soil erosion vulnerability in western Europe and potential impact on crop productivity due to loss of soil depth using the ImpelERO model. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 81: 179-190.
25. Rossi, P., A. Pecci, V. Amadio, O. Rossi and L. Soliani. 2008. Coupling indicators of ecological value and ecological sensitivity with indicators of demographic pressure in the demarcation of new areas to be protected: The case of the Oltrepò Pavese and the Ligurian-Emilian Apennine area (Italy). *Landscape and Urban Planning* 85: 12-26.
26. Sanderson, E. W., M. Jaiteh, M. A. Levy, K. H. Redford, A. V. Wannebo and G. Woolmer. 2002. The human footprint and the last of the wild. *BioScience* 52(10): 891-904.
27. The Nature Conservancy (TNC). 2000. The five-S framework for site conservation: A practitioner's handbook for site conservation planning and measuring conservation success. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia.
28. Valente, R. O. A. and C. A. Vettorazzi. 2008. Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method. *Forest Ecology and Management* 256: 1408-1417.
29. Wilson, K., R. L. Pressey, A. Newton, M. Burgman, H. Possingham and C. Weston. 2005. Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning. *Environmental Management* 35: 527-543.
30. Woolmer, G., S. C. Trombulak, J. C. Ray, P. J. Doran, M. G. Anderson, R. F. Baldwin, A. Morgan and E. W. Sanderson. 2008. Rescaling the human footprint: a tool for conservation planning at an ecoregional scale. *Landscape and Urban Planning* 87(1):42-53.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-06-02]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.11.7.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.11.79]