محیط‌شناسی، دورهٔ ۳۹، شمارهٔ ٤ ، زمستان ۱۳۹۲، صفحهٔ ٥٤-٤٥

تعیین آسیب‌پذیری بوم‌شناختی مجموعهٔ حفاظت‌شدهٔ توران با ترکیب روش‌های ماتریس آثار متقابل، فرایند تحلیل سلسله مراتبی و فرایند تحلیل توسعه‌ای

شهرزاد فریادی[1]، حسین سپهر*[2]، مجید رمضانی[3]

۱. دانشیار دانشکدهٔ محیط‌زیست دانشگاه تهران، sfaryadi@ut.ac.ir
۲. کارشناس ارشد رشتهٔ برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش
۳. دانشجوی دکتری رشتهٔ برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست majidmehrian@ut.ac.ir

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۳/۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۶/۱٤

چکیده

آسیب‌پذیری بوم‌شناسی اصطلاحی عمومی است که می‌تواند در سطوح سلسله مراتبی مختلفی (جانداران، جمعیت، اجتماع، اکوسیستم و سیمای سرزمین) به کار رود. ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در علوم محیطی از جمله در ارزیابی آثار و ریسک و پایش محیط‌زیست کاربردهای فراوانی دارد و از این لحاظ حائز اهمیت است. همچنین، آسیب‌پذیری بوم‌شناختی می‌تواند به‌منزلهٔ شاخصی برای ارزیابی کیفیت محیط‌زیست در نظر گرفته شود. ابتدا ماتریس آثار متقابل به منظور تحلیل سیستم ادراکی محیط‌زیست تشکیل شد. سپس، از طریق مقایسهٔ درجهٔ اهمیت عوامل اکولوژیکی با هم، جدول مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی لایه‌های عوامل اکولوژیکی برای تعیین ارجحیت لایه‌ها نسبت به هم تشکیل شد. بر اساس روش تحلیل توسعه‌ای نیز فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای وزن‌دهی به طبقات هر یک از لایه‌ها انجام گرفت. مهم‌ترین عاملی که در میزان آسیب‌پذیری اکولوژیک منطقه با استفاده از ماتریس اثر متقابل و روش AHP به دست آمد، فرسایش‌پذیری سنگ مادر بود که روی عوامل دیگر همچون عمق خاک، فرسایش بادی و آبی و عواملی از این قبیل، تأثیر بسزایی دارد. پس از استنتاج درجهٔ ارجحیت طبقات و اهمیت لایه‌ها، امتیازات به‌دست‌آمده در نقشه‌های سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی اعمال و با استفاده از روش روی هم‌اندازی موزون نقشهٔ آسیب‌پذیری بوم‌شناختی منطقه تهیه شد. با توجه به نقشهٔ آسیب‌پذیری، نواحی غربی نسبت به دیگر قسمت‌های منطقه نقاط آسیب‌پذیری بیشتری دارند که لزوم توجه بیشتر به این مناطق را در طرح‌های مدیریتی نشان می‌دهد.

کلیدواژه

آسیب‌پذیری بوم‌شناختی، فرایند تحلیل توسعه‌ای، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ماتریس آثار متقابل، مجموعهٔ حفاظت‌شدهٔ توران.

۱. سرآغاز

آسیب‌پذیری بوم‌شناسی اصطلاحی عمومی است که می‌تواند در سطوح سلسله مراتبی مختلفی (جانداران، جمعیت، اجتماع، اکوسیستم و سیمای سرزمین) به کار رود (De Lange, et al., 2010). آسیب‌پذیری اکوسیستم، تخمینی از ناتوانی اکوسیستم در تحمل عوامل تنش‌زا طی زمان و فضاست که به وسیلهٔ ویژگی‌های اکوسیستمی تعیین می‌شود و شامل بسیاری از سطوح سازماندهی است (De Lange, et al., 2010).

ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی کاربردهای فراوانی در علوم محیطی از جمله در ارزیابی آثار و ریسک و پایش محیط‌زیستی دارد و از این لحاظ حائز اهمیت است. همچنین، آسیب‌پذیری بوم‌شناختی می‌تواند به‌منزلهٔ شاخصی برای ارزیابی کیفیت محیط‌زیست در نظر گرفته شود، همچنان که مخدوم (makhdoum, 2002) در مدل تخریب از آن برای ارزیابی کیفیت محیط‌زیست مناطق حفاظت‌شدهٔ ایران استفاده کرده است.

* نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۲۵۳۲۶۱۷۵۰۵ Email: Hosseinsepehr@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

تاکنون در دنیا و ایران تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است. از تحقیقات ایران می‌توان به کارهایی اشاره کرد که با استفاده از مدل تخریب (Makhdoum, 2002 & 2010) انجام شده، زیرا همان‌طور که ذکر شد، یکی از شاخص‌های مورد استفاده در مدل تخریب آسیب‌پذیری بوم‌شناختی است. همچنین، می‌توان به پژوهش جباریان (جباریان امیری، ۱۳۷۷) اشاره کرد که در زمینهٔ عینیت‌بخشی به آسیب‌پذیری اکولوژیکی نوآوری‌هایی با استفاده از رهیافت ماتریس آثار متقابل داشته است. از دیگر پژوهش‌هایی تازه در ایران، پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیهٔ غرب فارس با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (شمسی‌پور و شیخی، ۱۳۸۹) است که در آن به آسیب‌پذیری اکولوژیک در مقابل عواملی چون زلزله، سیلاب و حرکات دامنه‌ای اشاره شده است.

در عرصهٔ بین‌المللی تاکنون از روش‌های مختلفی برای ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی استفاده شده است. از آن جمله می‌توان به فرایند سلسله مراتبی فازی (FAHP)[۱] اشاره کرد که لی و همکاران در منطقهٔ ذخیره‌گاه دانجیانگ‌کو چین از آن بهره جسته‌اند (Li, et al., 2009). در دیگر پژوهش‌ها می‌توان روش‌های دیگری را مشاهده کرد، همچون ترکیب دو روش (AHP) و (GIS)[۲] (song, et al., 2010)، تجزیه و تحلیل داده‌ای چندراهه (MDA)[۳] برای اکتشاف ارتباط بین شاخص‌ها (Salvati and Zitti 2009) و تحلیل مؤلفه‌های اصلی فضایی (SPCA)[۴] (Li, et al., 2006). همچنین، در برخی پژوهش‌ها ترکیبی از روش‌های روی‌هم‌گذاری منابع و عوامل تنش‌زا، تجزیه و تحلیل حالت- فضا و تحلیل خوشه‌ای در گام‌های مختلف تجزیه و تحلیل (Tran, et al., 2010) و ترکیب حساسیت اکوسیستمی و الگوی سیمای سرزمین (Penghua, et al. 2007) مشاهده می‌شود. دی لانگ و همکاران نیز روش‌های مختلف تحلیل آسیب‌پذیری اکولوژیکی ایجادشده برای جمعیت‌ها (برای گونه‌های منفرد)، جوامع (شامل جمعیت‌های مختلف گونه‌ها) و اکوسیستم‌ها (جوامع و زیستگاه‌های ترکیب‌شده) را در پژوهشی مرور و تحلیل کردند (De Lange, et al. 2010). همچنین، تاکنون شاخص‌های متنوعی در پژوهش‌های مختلف در عرصه‌های ملی و بین‌المللی در زمینهٔ آسیب‌پذیری اکولوژیک به کار رفته است. از جملهٔ این شاخص‌ها می‌توان به نمایانگر حساسیت اکولوژیکی (ES)[۵]، فشار اجتماعی و طبیعی (NSP)[۶]، ظرفیت بازگشت اکولوژیکی (ERC)[۷] (song, et al., 2010) و شاخص‌های مرتبط با سیمای سرزمین مانند معکوس بعد فراکتال (FD)[۸]، انزوا (FI)[۹] و تکه‌تکه شدن (FN)[۱۰] (Penghua, et al., 2007) اشاره کرد. سالواتی و همکاران نیز در پژوهشی دربارهٔ آسیب‌پذیری تخریب سرزمین از شاخص‌های خشکی آب و هوا، رشد جمعیت و تغییرات کاربری اراضی بهره گرفتند (Salvati, et al., 2009). لی و همکاران نیز در مدلی که برای ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی معرفی کردند، از ۹ عامل ارتفاع، شیب، دمای تجمعی، شاخص خشکی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، خاک، فرسایش آبی- خاکی و تراکم جمعیت استفاده کردند (Li, et al., 2006).

در تحقیق حاضر بیشتر از شاخص‌های مرتبط با حساسیت اکولوژیکی بهره گرفته شده که علت آن، آمار مورد نیاز و قابلیت تجمیع این داده‌های آماری با یکدیگر است. هدف تحقیق حاضر، ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ توران با استفاده از ترکیب روش‌های روی‌هم‌گذاری، ماتریس آثار متقابل و روش AHP و FAHP است.

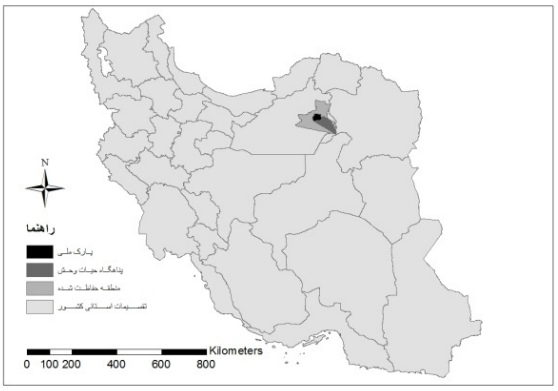
۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقهٔ مورد مطالعه

مجموعهٔ توران به مساحت ۱٤٦٤۹۹۲ هکتار، وسیع‌ترین مجموعهٔ حفاظت‌شده در ایران است (نیامیر، زنجانپور، (ب). ۱۳۸۱). این منطقه بین ۵۵ تا ۵۷ درجهٔ طول جغرافیایی و°۳٤ ٤٤` تا ۲۲` °۳٦ عرض جغرافیایی قرار گرفته است (رضایی‌فر، ۱۳۷۳). مجموعهٔ حفاظت‌شدهٔ

Archive of SID
www.SID.ir

توران در جنوب‌شرقی شهرستان شاهرود، جنوب‌غربی شهرستان سبزوار و شمال دشت بزرگ کویر در استان سمنان واقع است. این منطقه از نظر تقسیمات کشوری جزء دهستان خارتوران بخش بیارجمند شهرستان شاهرود استان سمنان است (رضایی‌فر، ۱۳۷۳) (شکل ۱). منطقهٔ مذکور در حد فاصل ۳ رشته کوه به نام‌های شترکوه در غرب با ارتفاع ۲۲۸۱ متر، قلعه‌بالا در شمال‌غربی با ارتفاع ۲٤۱۱ متر و کوه پیغمبر در جنوب‌شرقی با ارتفاع ۲۲٦٥ متر از سطح دریا واقع است. اغلب منطقه از یک سری دشت‌های وسیع تشکیل شده است که داخل آن‌ها ارتفاعات تپه‌ماهوری مشاهده می‌شود. آبریز عمومی ارتفاعات منطقه بیشتر به سمت بخش مرکزی و جنوبی منطقه جریان دارد (رضایی‌فر، ۱۳۷۳).



شکل ۱. موقعیت مجموعه حفاظت‌شدهٔ توران در کشور

از لحاظ تنوع گیاهی، در مجموع، ٦٥٤ گونهٔ گیاهی در منطقهٔ توران شناسایی شده است (نیامیر، زنجانپور، (الف) ۱۳۸۱). بر اساس فهرست سرخ مربوط به گونه‌های گیاهی در معرض تهدید ایران، یکی از گونه‌های گیاهی شناسایی‌شده در این منطقه در معرض انقراض به حساب می‌آید. بر این اساس ۱۰ گونهٔ گیاهی در طبقهٔ آسیب‌پذیر قرار دارند. همچنین، ۵۰ گونه در طبقهٔ در معرض خطر کمتر و ۱۱ گونه در طبقهٔ اطلاعات ناکافی قرار دارند. در این مجموعه ٦۳ آرایه که ۹/٦ درصد از کل گیاهان این منطقه را دربر می‌گیرند، اندمیک یا انحصاری‌اند (نیامیر، زنجانپور، (ب). ۱۳۸۱).

از لحاظ تنوع جانوری نیز تاکنون ۲۵۰ گونهٔ جانوری در مجموعهٔ توران شناسایی شده است (نیامیر، زنجانپور، (الف). ۱۳۸۱). از این تعداد ٤۱ گونه پستاندار، ۱٦۷ گونه پرنده، ٤۲ گونه خزنده، ۲ گونه دوزیست و ۱ گونه ماهی‌اند (نیامیر، زنجانپور، (ب). ۱۳۸۱).

از ٤۱ گونهٔ پستاندار وحشی این منطقه طبق مقررات ملی، ۵ گونه حمایت‌شده و ٤ گونه در خطر انقراض‌اند. بر اساس طبقات تهدید اتحادیهٔ جهانی حفاظت نیز، ۱ گونه آسیب‌پذیر، ۲ گونه در خطر انقراض و ۱ گونه در آستانهٔ انقراض قرار دارند. ۳ گونه در ضمیمهٔ شمارهٔ ۲ و ۳ گونه در ضمیمهٔ شماره یک فهرست‌های کنوانسیون تجارت گونه‌های در معرض خطر انقراض قرار دارند.

از ۱٦۷ گونه پرندهٔ مشاهده‌شده در توران، ۳۱ گونه حمایت‌شده، ٤ گونه آسیب‌پذیر و ۱۵ گونه در ضمیمهٔ ۲ کنوانسیون تجارت گونه‌های در معرض انقراض جهان قرار دارند.

از ٤۲ گونه خزندهٔ مشاهده‌شده در توران، ۲۱ گونه سوسمار، ۲۰ گونه مار و ۱ گونه لاک‌پشت هستند. از این میان ٤ گونه در ضمیمهٔ ۲ کنوانسیون تجارت گونه‌های در معرض انقراض جهان قرار دارند (نیامیر، زنجانپور، (ب). ۱۳۸۱).

بخش مرکزی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ توران، که از سال ۱۳۵۱ تحت حفاظت بوده است، با مساحتی برابر با ۱۰۱۰۷۳ هکتار در سال ۱۳۸۱ به پارک ملی ارتقا یافت. این پارک در قالب مجموعهٔ توران از سال ۱۳۵۵ به‌منزلهٔ ذخیره‌گاه زیست‌کره نیز تعیین شده است (نیامیر، زنجانپور، (ب). ۱۳۸۱).

بخش جنوب شرقی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ توران، که از سال ۱۳۵۱ تحت حفاظت بوده است، با مساحتی برابر ۳۰۳۳۳۰ هکتار در سال ۱۳۵۵ به پناهگاه حیات وحش تبدیل شد (نیامیر، زنجانپور، (ب). ۱۳۸۱).

منطقهٔ توران در سال ۱۳۵۱ حفاظت‌شده اعلام شد. مساحت کنونی بخش حفاظت‌شدهٔ این منطقه برابر با

Archive of SID
www.SID.ir

۱۰۳۷۱۲۰ هکتار است (نیامیر، زنجانپور، (ب). ۱۳۸۱).

به منظور حفظ و احیای وضع طبیعی و فضای حیاتی جانوران وحشی مجموعهٔ حفاظت‌شدهٔ توران، یک پنجم از محدودهٔ مجموعهٔ مذکور بر اساس تبصرهٔ ۲ مادهٔ ۱۱ آیین‌نامهٔ اجرایی قانون حفاظت و به‌سازی محیط‌زیست مصوب ٥٤/١٢/٣ هیئت محترم وزیران و ضوابط تعلیف احشام در منطقهٔ حفاظت‌شده به‌منزلهٔ «محدودهٔ امن» تعیین شد و از فعالیت‌های اقتصادی در آن جلوگیری می‌شود (رضایی‌فر، ۱۳۷۳). این منطقه به لحاظ مدیریتی زیر نظر ادارهٔ کل محیط‌زیست استان سمنان قرار دارد. در منطقهٔ مذکور ٤ پاسگاه محیط‌بانی وجود دارد و حدود ۲۰ محیط‌بان در این پاسگاه‌ها فعالیت می‌کنند. با توجه به وسعت زیاد و کمبود نیروی انسانی مورد نیاز در منطقه، بررسی وضعیت اکولوژیک این منطقه و تعیین نواحی به لحاظ اکولوژیکی آسیب‌پذیر، مهم جلوه می‌کند.

۳. روش‌شناسی

همان‌طور که فرایند تهیهٔ نقشهٔ آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در شکل ۲ آمده است، ابتدا ماتریس آثار متقابل به منظور تحلیل سیستم ادراکی محیط‌زیست تشکیل شد.

شکل ۲. فرایند تهیهٔ نقشهٔ آسیب‌پذیری بوم‌شناختی

Archive of SID
www.SID.ir

درجهٔ ارجحیت طبقات هر لایه نسبت به هم با استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای که از روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی تصمیم فازی است، به دست آمد. سپس، لایه‌های اطلاعاتی با توجه به امتیازات کسب‌شده در ماتریس آثار متقابل با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی تصمیم در نرم‌افزار expert choice امتیازدهی شدند و درجهٔ اهمیت هر یک مشخص شد.

پس از آن نوبت به تنظیم لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار Arc GIS 9.3 رسید. این لایه‌ها برای روی‌هم‌اندازی به لحاظ تعداد پیکسل‌ها باید یکسان‌سازی می‌شدند و پس از آن در مرحلهٔ روی‌هم‌اندازی، درجهٔ اهمیت‌شان نسبت به یکدیگر اعمال شد. ضمن آنکه قبل از آن لایه‌ها به منظور اعمال درجهٔ ارجحیت طبقات، مجدداً بر اساس درجهٔ ارجحیت طبقات‌شان، طبقه‌بندی شدند.

ماتریس آثار متقابل: به منظور تحلیل سیستم ادراکی محیط‌زیست تشکیل شد (جدول ۱). بر اساس این روش نخست یک ماتریس از عوامل اکولوژیکی مختلف و البته در دسترس تهیه می‌شود، به طوری که در محل‌هایی که عاملی اکولوژیکی در عامل دیگر اثر دارد، عدد یک و در غیر این صورت عدد صفر درج می‌شود. در گام بعدی جمع ردیف‌ها و ستون‌ها محاسبه و درجهٔ اهمیت عوامل اکولوژیکی به لحاظ میزان تأثیر در دیگر عوامل اکولوژیکی با پیروی از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{ij} = \sum_{1}^{n} (X_j - X_i) \qquad (1)$$

که S_{ij} عبارت از درجهٔ اهمیت عامل اکولوژیکی است که در واقع یک عدد بدون بعد است. X_i تعداد یک‌ها در ردیف i و X_j تعداد یک‌ها در ستون j است (جباریان امیری، ۱۳۷۷).

جدول ۱. ماتریس آثار متقابل عوامل اکولوژیکی

عوامل	ارتفاع	شیب	جهت	اقلیم	پوشش گیاهی	عمق خاک	فرسایش‌پذیری سنگ مادر	فرسایش آبی	فرسایش بادی	کاربری اراضی	جمع ردیف‌ها $\sum X_i$	درجهٔ اهمیت عامل $\sum_{1}^{n}(X_j - X_i)$
ارتفاع	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۵	۱
شیب	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۵	۰
جهت	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۵	۰
اقلیم	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	٤	٤
پوشش گیاهی	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۹	-۵
عمق خاک	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۸	-۵
زمین‌شناسی (سنگ مادر)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸
فرسایش آبی	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۵	۲
فرسایش بادی	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۷	-۲
کاربری اراضی	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۷	-۲
جمع ستون‌ها $\sum X_j$	٦	۵	۵	۸	٤	۳	۸	۷	۵	٤	۵۱	۳

Archive of SID

www.SID.ir

سپس، از طریق مقایسهٔ درجهٔ اهمیت عوامل اکولوژیکی با هم، فرایند تحلیل سلسله مراتبی لایه‌های عوامل اکولوژیکی برای تعیین ارجحیت لایه‌ها نسبت به هم اجرا شد (شکل ۳). در حقیقت با استفاده از ماتریس آثار متقابل، فرایند امتیازدهی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورتی شبه عینی درآمد.

در صورت استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای (EA)[11] برای تعیین اهمیت لایه‌ها امتیاز برخی لایه‌ها صفر می‌شد، به همین منظور برای تعیین ارجحیت عوامل اکولوژیکی از روش AHP ساده بهره گرفته شد. بر اساس روش تحلیل توسعه‌ای، که شرح آن در ادامه می‌آید، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای وزن‌دهی به طبقات هر یک از لایه‌ها انجام شد.

در این روش ابتدا مقایسات زوجی به صورت کیفی بین طبقات انجام می‌شود. سپس، با استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای این کیفیات کمّی می‌شوند. اعداد مورد استفاده در این روش، مثلثی فازی[12] اند.

در روش مذکور برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، ارزش Sk جدول ۲ و شکل ٤ که خود یک عدد فازی مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kj} \times \left[\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} M_{ij}\right]^{-1} \qquad (۲)$$

که در آن k بیانگر شمارهٔ سطر و i و j به ترتیب نشان‌دهندهٔ گزینه‌ها و شاخص‌هاست. در این روش پس از محاسبهٔ S_kها درجهٔ بزرگی آن‌ها نسبت به هم به دست می‌آید. به طور کلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجهٔ بزرگی M_1 بر M_2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۳)

اگر $M_1 > M_2$

$$\text{در غیر این صورت} \begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) \end{cases}$$

$$hgt = (M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - L_2}{(u_1 - L_2) + (m_2 - m_1)} \qquad (٤)$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از K عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2, ..., M_k) = V(M_1 \geq M_2) and ... and V(M_1 \geq M_k) \qquad (۵)$$

همچنین، برای محاسبهٔ وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر عمل می‌شود:

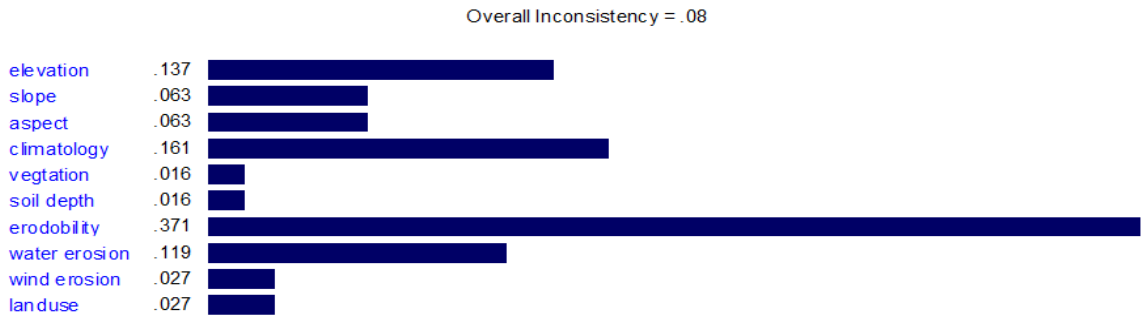
$$W(x_1) = \min \{V(S_i \geq S_k)\} \qquad (۶)$$

پس از استنتاج درجهٔ ارجحیت طبقات (جدول ۳) و درجهٔ اهمیت لایه‌ها (شکل ۳)، امتیازات به‌دست‌آمده در نقشه‌های سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی اعمال شدند و با استفاده از روش روی‌هم‌گذاری موزون، نقشهٔ آسیب‌پذیری بوم‌شناختی منطقه تهیه شد.

لایه‌های اکولوژیک مورد استفاده در این پژوهش به این شرح است: لایه‌های ارتفاع و جهت، هر یک شامل ۵ طبقه و لایهٔ شیب شامل ۸ طبقه که از روی لایهٔ DEM ۵۰ متر منطقه تهیه شدند؛ اقلیم‌شناسی، ۱ طبقه که با استفاده از روش دومارتن اصلاح‌شده به دست آمد؛ کاربری اراضی شامل ۷ طبقه، تراکم پوشش گیاهی شامل ٦ طبقه، عمق خاک شامل ۵ طبقه که از روی نقشهٔ قابلیت اراضی استخراج شد، فرسایش‌پذیری سنگ مادر شامل ۵ طبقه، فرسایش آبی شامل ۳ طبقه و نهایتاً فرسایش بادی شامل ۵ طبقه. این لایه‌ها به صورت رستری و با وضوح پیکسلی ۵۰ متر در نرم‌افزار Arc GIS 9.3، همان‌گونه که ذکر شد، با استفاده از روش روی‌هم‌گذاری موزون با یکدیگر ترکیب شدند و درنهایت نقشهٔ طیف آسیب‌پذیری بوم‌شناختی به دست آمد. برای مدیریت بهتر سرزمین لازم شد که طیف مذکور طبقه‌بندی و در ادامه منطقهٔ مزبور پهنه‌بندی شود. بدین منظور با استفاده از روش شکست طبیعی[13] طیف، منطقهٔ مذکور به ٤ طبقهٔ مقاوم، نیمه‌حساس، حساس و آسیب‌پذیر طبقه‌بندی شد.

Archive of SID

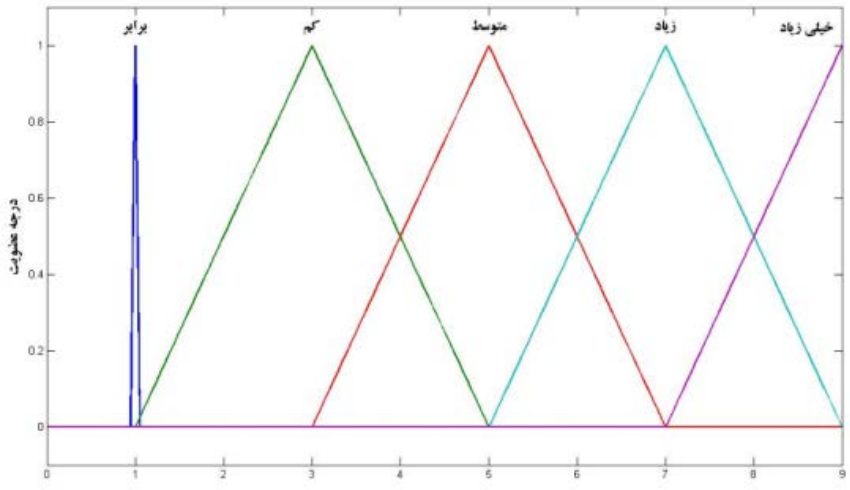
www.SID.ir



شکل ۳. نتایج حاصل از مقایسات زوجی AHP انجام‌شده برای عوامل اکولوژیکی

جدول ۲. توابع عضویت مثلثی فازی و درجهٔ ارجحیت طبقات

کیفیت ارجحیت	ارجحیت برابر	ارجحیت کم	ارجحیت متوسط	ارجحیت زیاد	ارجحیت خیلی زیاد
تابع مثلثی	۱ ۱ ۱	۵ ۳ ۱	۷ ۵ ۳	۹ ۷ ۵	۹ ۹ ۷



شکل ۴. نمودار توابع مثلثی

جدول ۳. اوزان طبقات لایه‌های اکولوژیکی به‌دست‌آمده از روش تحلیل توسعه‌ای

طبقه	ارتفاع (متر)	وزن (w)	شیب (درصد)	وزن (w)	جهت جغرافیایی	وزن (w)	عمق خاک (متر)	وزن (w)		
۱	۱۰۰۰>	۰	۲-۰	۰	بی‌جهت	۱	۱۸۰<	۰		
۲	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۰/۲۷	۵-۲	۰/۲۸	شمال	۰/۱۰	۱۸۰-۱۲۰	۰		
۳	۱۴۰۰-۱۸۰۰	۰/۵۱	۸-۵	۰/۴۳	شرق	۰/۱۰	۱۲۰-۶۰	۰/۳۰		
۴	۱۸۰۰-۲۲۰۰	۰/۷۴	۱۲-۸	۰/۶۲	جنوب	۰/۶۶	۶۰-۳۰	۰/۶۶		

www.SID.ir

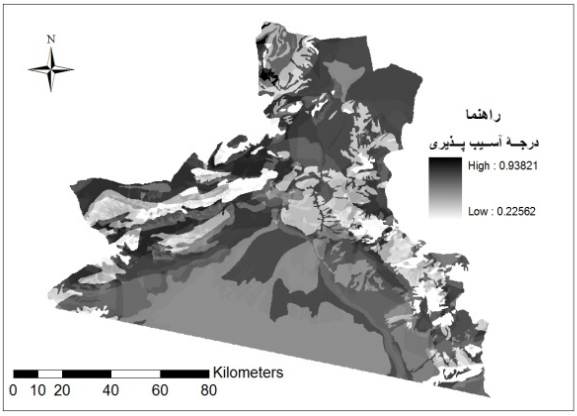
طبقه	ارتفاع (متر)	وزن (w)	شیب (درصد)	وزن (w)	جهت جغرافیایی	وزن (w)	عمق خاک (متر)	وزن (w)		
۵	۲۲۰۰<	۱	۱۲-۱۵	۰/۸۱	غرب	۰/٦٦	۳۰>	۱		
٦			۱۵-۳۰	۰/۸۵						
۷			۳۰-٦۵	۰/۸۷						
۸			٦۵<	۱						
طبقه	تراکم پوشش گیاهی	وزن (w)	کاربری اراضی	وزن (w)	زمین‌شناسی (سنگ مادر)	وزن (w)	فرسایش آبی	وزن (w)	فرسایش بادی	وزن (w)
۱	بدون پوشش	۰	کشاورزی آبی	۱	بسیار مقاوم	۰	پایین	۰	پایین	۰
۲	بسیار پراکنده	۰/۲۹	باغ	۰/۸٤	مقاوم	۰	متوسط	/۰۱	متوسط	۰/۱٤
۳	کم	۰/۵۰	مرتع	۰/۷۹	متوسط	۰/۳۹	زیاد	۱	زیاد	۰/۵٦
٤	ضعیف	۰/۷۰	درختزار	۰/٦۹	حساس	۰/۷۳			خیلی زیاد	۰/۹۱
۵	متوسط	۰/۸۵	تالاب	۰/٦۰	خیلی حساس	۱			مصیبت بار	۱
٦	کشاورزی آبی و باغات	۱	زمین بایر	۰/٤۱						
۷			کویر	۰/۰٤						

٤. نتایج

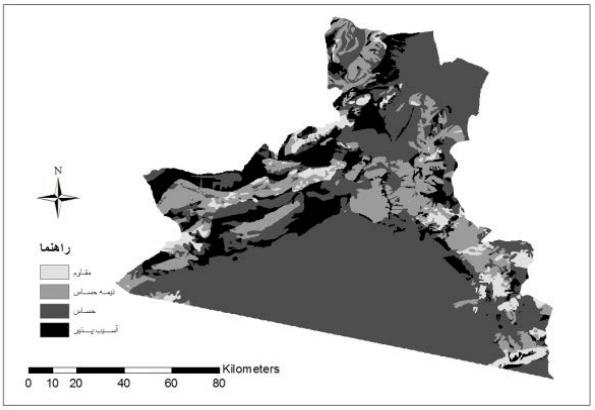
مهم‌ترین عاملی که در میزان آسیب‌پذیری اکولوژیک منطقه با استفاده از ماتریس اثر متقابل (جدول ۱) و روش AHP (شکل ۳) به دست آمد، عامل فرسایش‌پذیری سنگ مادر بود که روی دیگر عوامل همچون عمق خاک، فرسایش بادی، فرسایش آبی و عواملی از این قبیل، تأثیر بسزایی دارد. وزن این عامل همان‌طور که در شکل ۳ آمده، ۰/۳۷۱ است. پس از فرسایش‌پذیری اقلیم و ارتفاع از سطح دریا به ترتیب با درجهٔ اهمیت‌های ۰/۱٦۱ و ۰/۱۳۷ مهم‌ترین عوامل بودند. در آخر لیست نیز، عمق خاک و تراکم پوشش گیاهی که بیشتر متأثر از دیگر عوامل‌اند، هر دو با درجهٔ اهمیت ۰/۱٦ قرار دارند. همان‌گونه که ذکر شد، درجهٔ ارجحیت طبقات لایه‌ها نسبت به هم نیز با استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای به دست آمد. این طبقات به همراه وزن‌شان در جدول ۳ آمده‌اند. به علت اینکه لایهٔ اقلیم فقط یک طبقه داشت، بنابراین انجام تحلیل توسعه‌ای برای این لایه بی‌معنا بوده و به همین سبب این لایه در جدول ۳ نیامده است. نهایتاً نقشهٔ آسیب‌پذیری اکولوژیک با روی هم‌اندازی و اعمال وزن لایه‌ها، همچنین درجهٔ ارجحیت طبقات هر لایه در آن، به دست آمد (شکل ۵).

طیف آسیب‌پذیری اکولوژیک منطقه عددی بین ۰/۲۲ تا ۰/۹۳ است که افزایش عدد آسیب‌پذیری نشان‌دهندهٔ افزایش آسیب‌پذیری منطقه است. همچنین، در پایان برای برنامه‌ریزی بهتر در آینده با استفاده از روش شکست طبیعی نقشهٔ طیفی به‌دست‌آمده در ٤ طبقهٔ مقاوم، نیمه‌حساس، حساس و آسیب‌پذیر پهنه‌بندی و به نوعی خلاصه‌سازی شد (شکل ٦).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵. نقشهٔ طیف آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در مجموعهٔ حفاظت‌شدهٔ توران



شکل ۶. نقشهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ آسیب‌پذیری اکولوژیک مجموعهٔ حفاظت‌شدهٔ توران

۵. بحث و نتیجه‌گیری

همان‌گونه که ماتریس آثار متقابل نشان می‌دهد، عوامل مختلف اکولوژیکی روی هم اثر می‌گذارند و از هم اثر می‌پذیرند. نکتهٔ حائز اهمیت در این پژوهش این است که هرچه میزان آثار یک عامل در دیگر عوامل بیشتر باشد، همچنین هرچه اثرپذیری عامل مذکور از دیگر عوامل کمتر باشد، نقش آن در تعیین آسیب‌پذیری منطقه بیشتر خواهد بود. در این پژوهش مشخص شد که عامل فرسایش‌پذیری سنگ مادر از اهمیت بیشتری در تعیین آسیب‌پذیری بوم‌شناختی منطقه برخوردار است. در نتیجه این عامل در فرایند تحلیل سلسله مراتبی امتیاز بیشتری را نسبت به دیگر عوامل به خود اختصاص داد. دیگر عوامل نیز به تناسب اثرگذاری بیشتر در دیگر عوامل و اثرپذیری کمتر از دیگر عوامل در ماتریس آثار متقابل و در نتیجه فرایند تحلیل سلسله مراتبی امتیاز گرفتند.

درجهٔ ارجحیت هر طبقه نیز بسته به میزان آسیب‌پذیری نسبت به دیگر طبقات سنجیده شد و همان‌گونه که ذکر شد طبقات مختلف هر لایه در فرایند تحلیل توسعه‌ای امتیازات لازم را گرفتند. برای مثال، در لایهٔ شیب، با افزایش شیب، امتیاز آن در تعیین آسیب‌پذیری نیز بیشتر می‌شود.

به طور کلی قرارداشتن در زون‌های زمین‌شناسی حساس، خاک کم‌عمق، اقلیم گرم و خشک، باد و فرسایش بادی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کنندهٔ آسیب‌پذیری نواحی آسیب‌پذیر و حساس به شمار می‌روند.

با توجه به نقشهٔ آسیب‌پذیری، نواحی غربی نسبت به دیگر قسمت‌های منطقه بیشتر در معرض آسیب قرار دارند که این امر لزوم توجه بیشتر به این مناطق را در طرح‌های مدیریتی نشان می‌دهد. از جمله اقدامات ممکن می‌توان به تشدید اقدامات حفاظتی از جمله نظارت بیشتر بر امر چرای بیش از حد دام و شکار غیرمجاز اشاره کرد. از روی نقشه‌ها نیز می‌توان به این دو عامل رسید. چنانچه در اطراف زمین‌های کشاورزی عامل شکار وجود دارد و در مناطق با پوشش گیاهی متراکم چرای دام موجود است. همچنین، اکثر مساحت منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ توران از نظر درجهٔ آسیب‌پذیری در طبقهٔ حساس واقع شده است که لزوم توجه به کل منطقه را در سطح مدیریت کلان محیط‌زیست کشور می‌طلبد.

تشکر

با تشکر از مهندس زکی‌زاده کارشناس سازمان منابع طبیعی و کارشناس شرکت مهندسی مشاور جاماب که نقشه‌های مورد نیاز را در اختیار نویسندگان قرار دادند.

Archive of SID
www.SID.ir

یادداشت‌ها

1. The Fuzzy Analytic Hierarchy Process
2. The Analytic Hierarchy Process
3. Multiway Data Analysis
4. Spatial Principle Component Analysis
5. Ecological Sensitivity
6. Natural and Social Pressure
7. Ecological Recovery Capacity
8. Reciprocal of Fractal Dimension
9. Isolation
10. Fragmentation
11. Extent Analysis Method
12. Triangular Fuzzy Numbers
13. Natural Breaks

منابع

آذر، ع؛ فرجی، ح، (۱۳۸۹). *علم مدیریت فازی*، تهران: مؤسسهٔ کتاب *مهربان نشر*.

جباریان امیری، ب، (۱۳۷۷)، «معرفی یک روش عینیت‌گرا برای آسیب‌پذیری اکولوژیکی اکوسیستم‌ها»، مجلهٔ *محیط‌شناسی*، شمارهٔ ۲۱، صص ۵۷-۶۸.

رضایی‌فر، غ، (۱۳۷۳)، *شناسنامهٔ منطقهٔ حفاظت‌شده و پناهگاه حیات‌وحش تـوران*، سـازمان حفاظـت محـیط‌زیـست، ادارهٔ کـل حفاظـت محیط‌زیست استان سمنان.

شمسی‌پور، ع. ا؛ شیخی، م، (۱۳۸۹)، «پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیهٔ غرب فارس، با روش طبقه‌بنـدی فـازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شمارهٔ ۷۳، صص ۵۳- ۶۸.

نیامیر، آ؛ زنجانپور، گ، (۱۳۸۱)، *طرح مدیریت مجموعهٔ توران (پارک ملی، پناهگاه حیات‌وحش و منطقهٔ حفاظت‌شده)*، مرحلـهٔ تـوجیهی (طرح‌ریزی) (جلد اول: فیزیوگرافی)، تهران: مهندس مشاور ویسان.

نیامیر، آ؛ زنجانپور، گ، (۱۳۸۱)، *طرح مدیریت مجموعهٔ توران (پارک ملی، پناهگاه حیات‌وحش و منطقهٔ حفاظت‌شـده)*، مرحلـهٔ تـوجیهی (طرح‌ریزی) (جلد ۱۳: حیات‌وحش). تهران: مهندس مشاور ویسان.

De Lange, H.J., et al .2010. "Ecologi cal vulnerability in risk assessment — A review and perspectives" Science of the Total Environment.408. pp3871-3879

Li, A., et al .2006. "Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS—A case study in the upper reaches of Minjiang River, China" Ecological Modelling,192. pp175-187.

Li, L., et al .2009. "A fuzzy analytic hierarchy pr ocess (FAHP) approach to eco-environm ental vulnerability assessment for the danjiangkou reservoir area, China". Ecological Modelling. pp3439-3447

Makhdoum, M. 2002. "Degradation Model: A Quantitative EIA Instrument, Acting as a Decision Support System (DSS) for Environmental Management." Environmental Management Vol. 30, No. 1.pp151-156

Makhdoum,M. 2010. "Evaluation of the E nvironmental Quality of Iran`s Na tional Parks Using a Degradation Model". In K. Korhonen, K. fox, & M . fox (Eds.) , Enviromentalica Fennica27,Towards New Solution in Managing Environmental Crisis (pp. 155-164). helsinki: Na tional Academy of sciences; university of Helsinki; hellenbergChallenging Disasters; The Academy of Sciences of IR. Iran.

Penghua Q., et al .2007. "Analysis of the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity." ACTA ECOLOGICA SINICA.27(4). pp1257-1264

Salvati,L., M. , Zitti .2009. "Assessing the im pact of ecological and economic factors on land degradation vulnerability through multiway analysis". ecological indicators– 9. pp357-363.

song, G., et al.2010. "The Ecological Vulnerability Evaluation in Southwestern Mountain Region of China Based on GIS and AHP Method". Procedia Environmental Sciences.2.pp465-475

Tran, L, T., et al.2010. "Spatial pattern of environmental vulnerability in the Mid-Atlantic region, USA". Applied Geography.30. pp191-202

Archive of SID
www.SID.ir