

## ارزیابی آثار محیط‌زیستی توسعه بر منطقه حفاظت شده کرکس با استفاده از مدل تخریب

ایمان شیرمحمدی<sup>۱</sup>، علی جهانی<sup>۲\*</sup>، وحید اعتماد<sup>۳</sup>،  
نصرت الله ضرغام<sup>۴</sup>، مجید مخدوم فرخنده<sup>۵</sup>

۱ دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
۲ استادیار گروه علوم منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، کرج  
۳ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
۴ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
۵ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴)

### چکیده

از مناطقی که نیاز به پایش مداوم دارند، مناطق حفاظت شده هستند. جهت ارزیابی آثار توسعه در منطقه حفاظت شده کرکس از مدل تخریب محیط‌زیست استفاده شد. اجرای مدل تخریب در مناطق حفاظت شده، مناطق آسیب‌پذیر، مقاوم در برابر فعالیت‌های انسانی، میزان تخریب ناشی از اجرای فعالیت‌ها در گذشته و امکان توسعه در آینده را به صورت کمی نشان می‌دهد. در این پژوهش، نخستین بار واحدهای هیدرولوژیک به عنوان واحد نشانزد انتخاب شد. سپس، عناصر این مدل، شامل: شدت عوامل تخریب، تراکم فیزیولوژیک و آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در هر یک از واحدها محاسبه شد. در ادامه، برای تک‌تک این عناصر نقشه‌سازی صورت گرفت. پس از محاسبه پارامترهای مربوط به مدل تخریب، این پارامترها در مدل قرار گرفته و نقشه نهایی تخریب منطقه تهیه شد. همچنین در این پژوهش، نخستین بار به شیوه‌ای صحیح بر اساس نظریه فازی، ضرایب تخریب طبقه‌بندی شد. بدین ترتیب، کلیه واحدها از نظر شدت و میزان تخریب با یکدیگر مقایسه شدند و کل منطقه به ۳ پهنه مستعد توسعه، نیازمند بازسازی و نیازمند اقدام‌های حفاظتی تقسیم شد. با وجود وجود مناطق مستعد توسعه درجه ۲ در منطقه، با توجه به الویت‌بندی صورت گرفته بر اساس شرایط محلی و در نظر گرفتن مسایل اجتماعی-اقتصادی، امکان توسعه بیشتر وجود ندارد.

**کلید واژه‌ها:** ارزیابی آثار محیط‌زیستی، مدل تخریب، توسعه پایدار، منطقه حفاظت شده کرکس

## سرآغاز

آگاهی از ویژگی‌های کالبدی سرزمین از طریق شناخت عناصر تشکیل‌دهنده اکوسیستم و تجزیه و تحلیل سیستمی داده‌های حاصل از آن، انسان را قادر خواهد ساخت تا ضمن فراهم شدن شناخت کافی از محیط‌زیست به مناسب‌ترین گزینه استفاده از سرزمین بر اساس اصول محیط‌زیستی دست یابد (مخدوم، ۱۳۸۹). هرگونه بهره‌برداری از طبیعت باید پس از ارزیابی منابع و در چارچوب ظرفیت محیط صورت گیرد. ارزیابی آثار توسعه بر محیط‌زیست (EIA)<sup>(۱)</sup> روشی جهت اطمینان از رعایت ضوابط، معیارها، قوانین محیط‌زیستی در پروژه‌های مختلف است. هدف اصلی آن، پیش‌بینی، شناخت و فراکافت (تجزیه و تحلیل) دقیق کلیه نشاندهای مثبت و منفی یک پروژه (مستقیم، غیرمستقیم و تجمعی) بر محیط‌زیست طبیعی و انسانی است. ارزیابی آثار توسعه بر محیط‌زیست را می‌توان نوعی ابزار علمی برای شناسایی، جمع‌آوری و سازماندهی اطلاعات مربوط به آثار و پیامدهای گوناگون پروژه‌های مختلف بروی محیط‌زیست (آثار بوم‌شناختی و اجتماعی - اقتصادی) دانست (Makhdoum, 2010).

مدل تخریب محیط‌زیست (Makhdoum, 2002) نیز در واقع یکی از روش‌های ارزیابی آثار محیط‌زیستی است که اثر فعالیت‌های انسانی را در مقیاس منطقه‌ای یا آبخیز تحلیل می‌کند و مقدار آن را به صورت کمی نشان می‌دهد. مدل تخریب در دسته‌بندی کلی مدل‌ها، جزء مدل‌های اطلاع‌رسان (برای آگاهی مدیریت کلان طرح‌ها) محسوب می‌شود. این مدل از نوع تجزیه و تحلیل سیستمی بوده و از شیوه مدل‌سازی ریاضی بهره گرفته شده است. در حقیقت، هدف استفاده از این مدل پرهیز از مرور انشاگونه پدیده‌های تخریب، عوامل تخریب و درجه آسیب‌پذیری بوم‌سازگان‌هاست تا بدین ترتیب بتوان در پروژه‌های آتی از بروز تخریب جلوگیری کرده و راه‌های جلوگیری از تکرار آن را در کوتاه مدت نیز نشان داد. همچنین، می‌توان به تصمیم‌گیرندگان به صورت کمی درجات توسعه در گذشته، امکان توسعه در آینده را به طور ساده نشان داد (مخدوم و منصور، ۱۳۷۷). هدف این تحقیق نیز تعیین میزان تخریب ناشی از توسعه بر محیط‌زیست منطقه حفاظت شده کرکس با استفاده از مدل تخریب در مرحله‌ی اول و برنامه‌ریزی در مناطقی که قابلیت توسعه را دارند، در مرحله‌ی بعدی کار است. این مدل توسط دکتر مجید مخدوم برای اولین بار در سال ۱۳۷۲ معرفی و برای ارزیابی آثار توسعه

بر محیط‌زیست استان آذربایجان شرقی استفاده کرد. (جهانی، ۱۳۹۲) طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه مبنی بر شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از اجزای اکوسیستم، فعالیت‌های طرح جنگلداری و میزان تخریب اکوسیستم‌های جنگلی دانسته است تا بدین‌وسیله امکان ارزیابی آثار محیط‌زیستی طرح جنگلداری پیش از اجرا به عنوان یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری را فراهم آورد. (یارعلی، ۱۳۹۲) ارزیابی آثار محیط‌زیستی توسعه بر حوزه آبخیز زاینده‌رود با استفاده از مدل تخریب ارایه داد. پس از آن مواردی چند از کاربرد این مدل در ارزیابی آثار توسعه در مناطق حفاظت شده صورت‌گرفته است که از آن جمله می‌توان به کاربرد این مدل در منطقه حفاظت شده اشترانکوه (یارعلی، ۱۳۸۹)، و ارزیابی کیفیت سرزمین در پارک ملی توران (سپهر، ۱۳۹۰) اشاره کرد.

## مواد و روش‌ها

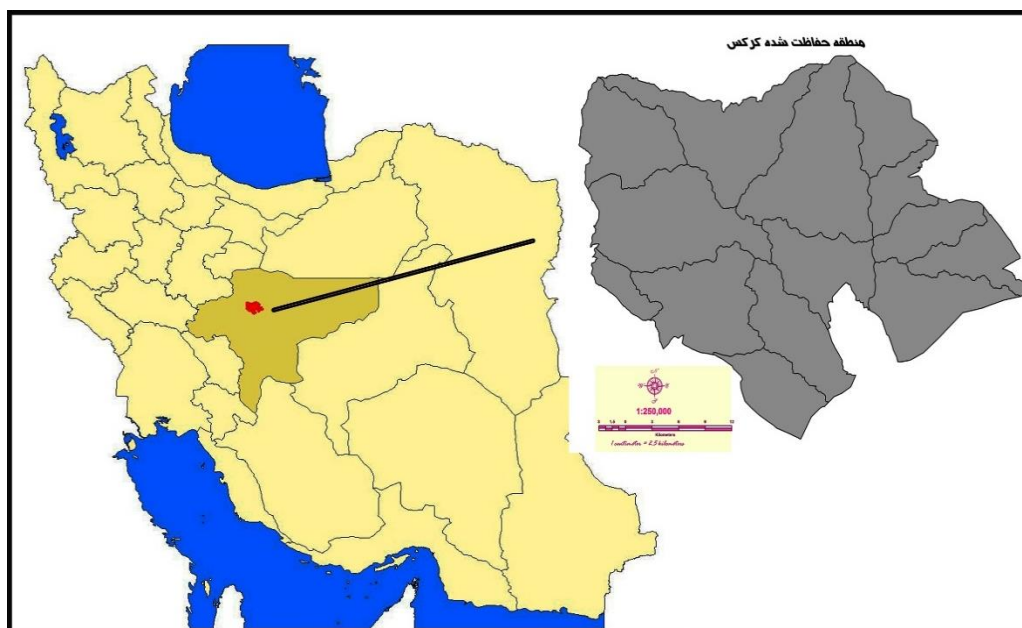
### منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده کرکس از نظر تقسیمات کشوری در استان اصفهان، در محدوده استحقاقی شهرستان‌های نطنز و برخوار - میمه و در فاصله ۵ کیلومتری غرب شهر نطنز واقع شده و جز اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران محسوب می‌شود. مساحت آن ۱۱۴۵۸۰ هکتار بوده و در مختصات ۳۳° ۲۶' ۵۱" تا ۵۷° ۵۸' ۵۱" طول شرقی و ۱۸° ۱۶' ۳۳" تا ۱۹° ۳۷' ۳۳" عرض شمالی قرار دارد و جاده قدیم اصفهان - کاشان از ضلع جنوبی آن می‌گذرد. حداقل ارتفاع آن حدود ۱۳۸۹ متر و حداکثر ارتفاع ۳۸۸۰ متر و متوسط ارتفاع منطقه ۲۴۲۵ متر ناحیه‌ای کاملاً کوهستانی و مرتفع، با شیب‌های تند به همراه بیرون‌زدگی‌های سنگی و در بسیاری از عرصه‌ها فاقد پوشش خاکی و یا دارای پوشش خاکی، کم عمق است. متوسط دمای سالانه در این منطقه بین ۱۶ الی ۱۰- درجه می‌باشد. تغییرات بارش سالانه از ۱۵۷ تا ۳۱۵ میلیمتر گزارش شده است. رژیم بارش منطقه مدیترانه‌ای، حداکثر رطوبت نسبی محدوده ۶۰/۵ درصد و حداقل آن ۳۷/۳ درصد و میانگین آن ۴۸/۴ درصد می‌باشد. طی ماه‌های سال، دی ماه مرطوب‌ترین و شهریور و مرداد خشک‌ترین ماه‌های سال هستند. تعداد روزهای پوشیده از ابر ۴۴ روز، تعداد ساعات آفتابی ۳۱۳۰/۵ ساعت، روزهای یخبندان حدود ۵ روز و روزهای برفی ۹/۴ روز در سال می‌باشند. جهت باد غالب در

در دره‌های این منطقه روستاهای متعددی مانند: طرقرود، کشه، طامه، اوره، صالح‌آباد، هنجن، یارند، کمجان، طره، بیدهند، تکیه سادات، چیمه، ولوجرد، ابیانه، فیریزهند و باغات سرسبز و خوش آب و هوا پذیرای هزاران گردشگر در طول سال می‌باشند. انواع کاربری‌هایی که در منطقه وجود دارد می‌توان به معدن کاوی، اراضی کشاورزی، باغات، مناطق مسکونی، مناطق مرطوب، مناطق فاقد پوشش گیاهی، رخنمون و مراتع اشاره کرد (شکل ۱).

ایستگاه هواشناسی نطنز شمال شرقی و شرقی می‌باشد (مهندسین مشاور جامع ایران، ۱۳۹۰).

فراوانی آبی در این منطقه شگفت‌آور است و دارای چشمه‌های متعدد می‌باشد. به علت وفور منابع آبی و غذایی بالا، تنوع حیات‌وحش جانوری و مهاجرت به این منطقه بسیار زیاد است. حالت‌های میکرو کليماتیک شاخص با توجه به پوشش‌های گیاهی و حیات‌وحش و زیستگاه‌ها در منطقه به ندرت وجود دارد.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه حفاظت شده کرکس در استان اصفهان

## روش پژوهش مدل تخریب

مدل تخریب محیط‌زیست یکی از روش‌های ارزیابی آثار محیط‌زیستی است که آثار فعالیت‌های انسانی را در مقیاس منطقه‌ای یا آبخیز با هر نوع واحد مدیریتی تحلیل می‌نماید و مقدار آن را به طور کمی مشخص می‌نماید (مخدوم، ۱۳۷۲).

رابطه تخریب عبارت است از:

$$H = (\Sigma I + Dp) / V_0 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه H: ضریب تخریب هر واحد نشانزد؛  $\Sigma I$ : مجموع شدت عوامل تخریب هر واحد نشانزد؛ Dp: تراکم فیزیولوژیک و  $V_0$ : آسیب‌پذیری بوم‌شناختی است. برای اجرای مدل تخریب ابتدا باید واحدهای نشانزد یا واحدهای کاری در منطقه مطالعاتی تعیین شوند. واحدهای نشانزد جهت اجرای این مدل می‌تواند سطح زیستگاه، حوزه آبخیز، زیر حوزه، شبکه، استان، شهر و

شهرستان، و یا واحدهای محیط‌زیستی باشند (Makhdoum, 2002). محاسبه هر یک از این مشخصه‌ها به شرح زیر صورت می‌گیرد:

### آسیب‌پذیری بوم‌شناختی

آسیب‌پذیری اکولوژیکی درجه‌ای است که یک اکوسیستم یا اجزای آن بر اثر قرارگرفتن در برابر عامل‌های محرک (آشفتگی یا فشار) در عمل خسارت می‌بینند (Turner et al., 2003). اکوسیستم‌های آسیب‌پذیر در معرض آشفتگی بیشتری هستند و سازگاری و انعطاف‌پذیری کمتری را در برابر تغییرات محیطی از خود نشان می‌دهند (Liecheko & O'Brien, 2002) با تعیین میزان آسیب‌پذیری اکوسیستم‌هایی که در آبخیز یا هر نوع واحد برنامه‌ریزی و مدیریتی وجود دارند می‌توان توسعه فعالیت‌های انسانی را به سمت آن دسته از اکوسیستم‌هایی سوق داد که

**جدول (۱): طبقه‌بندی آسیب پذیری بوم‌شناختی**

میزان آسیب‌پذیری	دامنه آسیب‌پذیری	درجه آسیب‌پذیری
مقاوم	۳۸-۴۱	۴
نیمه حساس	۴۱-۴۴	۳
حساس	۴۴-۴۷	۲
آسیب‌پذیر	۴۷-۵۰	۱

**تراکم فیزیولوژیک**

تراکم فیزیولوژیک، یا تراکم جمعیت تغذیه‌ای از حاصل تقسیم جمعیت هر واحد نشانزد بر سطح زیرکشت، یا کشتزارها محاسبه می‌شود (میلر، ۱۳۹۳). تراکم فیزیولوژیک جمعیت به منظور موثر و واقعی نشان دادن اثر جمعیت بر بوم‌سازگان‌ها است و به این علت است که از تراکم نسبی و حسابی جمعیت در مدل تخریب استفاده نمی‌شود (مخدوم، ۱۳۷۲).

برای تعیین جمعیت در هر واحد هیدرولوژیک، با استفاده از نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰)، جمعیت در کلیه واحدهای هیدرولوژیک محاسبه می‌شود. برای تعیین وسعت زمین‌های کشاورزی در هر واحد هیدرولوژیک نیز از نقشه کاربری اراضی منطقه و آمار کشاورزی مرکز آمار ایران استفاده شد و سطح زمین‌های کشاورزی به هکتار برآورد شد. پس از انجام مراحل فوق، از تقسیم جمعیت هر واحد هیدرولوژیک بر وسعت زمین‌های کشاورزی آن، تراکم فیزیولوژیک محاسبه شد. در محاسبه مساحت زمین‌های کشاورزی و جمعیت با توجه به این که اکثر روستاها در مجاورت مرز منطقه قرار گرفته‌اند جمعیت تاثیرگذار آن‌ها نیز در واحدهای مطالعاتی در نظر گرفته شد. تراکم فیزیولوژیک که تاکنون از تقسیم جمعیت هر واحد نشانزد بر مجموع مساحت زمین‌های کشاورزی همان واحد به دست می‌آید در تحقیق حاضر تراکم جمعیت در پلی‌گون زمین‌های کشاورزی به هم مرتبط محاسبه و مجموع پلی‌گون‌های یک منطقه کشاورزی - سکونت گاهی تعمیم داده شده است. زیرا، به لحاظ منطق محیط‌زیستی نیز فشار جمعیت ساکن در منطقه بر کل زمین‌های کشاورزی مرتبط با همان منطقه می‌باشد نه بر قسمتی از آن که بر فرض مثال درون یک واحد نشانزد قرار دارد (سپهر، ۱۳۹۰).

**تعیین عوامل تخریب و شدت آن‌ها**

در این قسمت از رابطه تخریب، عوامل آسیب رسان به محیط‌زیست

نسبت به سایر اکوسیستم‌های منطقه مورد نظر از آسیب‌پذیری کمتری برخوردارند (جباریان امیری، ۱۳۷۷). آسیب‌پذیری از راه‌های مختلفی قابل برآورد است. بعضی از راه‌های تعیین میزان آسیب‌پذیری عبارتند از تعیین آسیب‌پذیری بر اساس رتبه‌بندی زیستگاه (Rossi & Kuitunen, 1996) تعیین آسیب‌پذیری بر اساس برنامه‌ریزی سریع حوزه آبخیز (Zeilinski, 2002)، و سنجش تعداد لکه در سیمای سرزمین (آذری دهکردی و خزایی، ۱۳۸۸). در مطالعه حاضر، برای تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی روش مذکور در مدل تخریب (Makhdoum, 2002) استفاده شد.

آسیب‌پذیری بوم‌شناختی (جدول ۱) با استفاده از نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع، اقلیم، حساسیت سنگ مادر به فرسایش، طبقات آسیب‌پذیری خاک، پوشش گیاهی و... به این صورت محاسبه می‌شود که پس از تهیه نقشه‌های یاد شده، با روی هم‌گذاری نقشه شبکه‌بندی شده منطقه و لایه‌های اطلاعاتی ذکر شده، کد محدودیت طبقات غالب استخراج می‌شود و از مجموع آن‌ها در هر واحد، آسیب‌پذیری به دست می‌آید. برای برآورد درجه آسیب‌پذیری کلیه واحدها با استفاده از رابطه (۲) و با توجه به مجموع کد محدودیت‌های محاسبه شده از نقشه‌ها، دامنه اعداد به دست آمده در چهار طبقه درجه‌بندی می‌شوند. (میزان آسیب‌پذیری طبقات عوامل اکولوژیکی با استفاده از اصل مقادیر آستانه‌ای در علم بوم‌شناختی تعیین می‌شود). بر مبنای این اصل هر چه مقدار عامل اکولوژیکی به مقدار آستانه‌ای یا بحرانی خود نزدیک می‌شود، آسیب‌پذیری اکوسیستم مورد نظر بیشتر می‌شود (جباریان امیری، ۱۳۷۷).

بر اساس رابطه (۲) (Makhdoum, 2002) مجموع شاخص آسیب‌پذیری هر یک از واحدها طبقه‌بندی و طبقات آسیب‌پذیری بر اساس آن مشخص شد.

$$E = \sum(a - b) / 4 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه: E عدد افزایش هر طبقه؛  $\sum a$  مجموع حداکثر درجه کدهای محدودیت (بزرگترین عدد آسیب‌پذیری)؛  $\sum b$  مجموع حداقل درجه کدهای محدودیت (کوچکترین عدد آسیب‌پذیری)؛ عدد ۴ بیانگر چهار طبقه، یا چهار کلاس آسیب‌پذیری است و  $\sum(a-b)$  تفاضل مجموع حداقل و حداکثر کدهای محدودیت است. سپس عدد E، یا به عبارت دیگر عدد افزایش هر طبقه، به حداقل مجموع کدهای محدودیت هر طبقه اضافه می‌شود (مخدوم و منصوری، ۱۳۷۷؛ Makhdoum, 2002).

جدول (۴): مدل فازی طبقه‌بندی ضرایب تخریب

طبقه	دامنه ضریب تخریب	تصمیم‌گیری برای توسعه
۱	۱/۳۳-۴/۹۹	مستعد توسعه بیشتر
۲	۵-۱۴/۹۹	
۳	۱۵-۱۹/۹۹	نیازمند بازسازی
۴	۲۰/۵۶-۲۹/۹۸	
۵	۳۰-۴۷	نیازمند اقدام‌های حفاظتی
۶	۴۷/۲۱-۷۳/۴۹	

### تعیین اولویت توسعه واحدها

پس از تعیین توسعه واحدها، آن چه اهمیت دارد، تعیین اولویت واحدها برای توسعه آتی است. بر اساس درجه تخریب هر یک از واحدها و شرایط محلی مانند: وجود منابع آبی از قبیل چشمه، چاه، قنات، رودخانه دائمی و فصلی، اقدام به اولویت‌بندی واحدها شد (جدول ۵). زیرحوزه‌هایی که تحت تأثیر گسل‌های فعال قرار داشتند، یا فاقد منابع آبی بودند و نیز زیستگاه گونه‌های تحت حفاظت و با ارزش، در اولویت چهارم توسعه قرار گرفتند. با توجه به جدول (۵)، اولویت‌بندی مناطق قابل توسعه انجام گرفت. طبقه‌بندی صورت‌گرفته براساس جدول (۵)، به‌عنوان مبنای کار قرار گرفت و با قراردادن نقشه واحدها و ضرایب تخریب بر روی نقشه پراکنش منابع آب منطقه، گسل‌ها و زیستگاه‌ها، اولویت‌بندی شبکه‌ها انجام شد. وجود و وفور منابع آبی در هر واحد، اولویت توسعه را افزایش و عدم وجود آن‌ها، اولویت توسعه را کاهش می‌دهد.

### یافته‌ها

#### تصمیم‌گیری نهایی برای توسعه واحدها

همان‌طور که ذکر شد، ضرایب تخریب محاسبه شده براساس روش فازی طبقه‌بندی شدند که نتیجه آن در جدول (۶)، نشان داده شده است. شکل (۲)، نقشه تصمیم‌گیری نهایی برای توسعه شبکه‌ها را در منطقه حفاظت شده کرکس نشان می‌دهد.

#### شاخص آسیب‌پذیری

بر اساس نتایج حاصل شده در این بخش از تحقیق بخش وسیعی از محدوده مورد مطالعه در طبقه آسیب‌پذیری حساس به بالا قرار گرفته است. از مجموع تعداد ۱۴ زیر حوزه در محدوده تحقیق، تنها ۳ زیر حوزه در طبقه نیمه حساس و مقاوم قرار

مشخص می‌شود و شدت تخریب ناشی از آن‌ها در برآورد ضرایب تخریب مورد استفاده قرار می‌گیرد (مخدوم، ۱۳۷۲). برای این کار، با انجام مشاهدات میدانی، نظرات کارشناسی و نیز استفاده از اطلاعات و نقشه‌های موجود از منطقه، پرسش از مردم ساکن منطقه و مراجعه به طرح مدیریت منطقه حفاظت شده کرکس کلیه عوامل اصلی آسیب‌رسان به محیط‌زیست (جدول ۲) و شدت تخریب ناشی از آن‌ها بر اساس کدهای شدت تخریب (جدول ۳) مخدوم، ۱۳۷۲ تعیین شد.

جدول (۲): فهرست عوامل تخریب

علامت اختصاری	عوامل تخریب
H	شکار غیرمجاز
OG	چرای بی‌رویه
ZM	بهره‌برداری از معدن
UV	توسعه‌ی شهر و روستا
R	ضعف مدیریت
LP	تبدیل اراضی
IR	جاده سازی بدون برنامه
IN	فعالیت‌های صنعتی و خدماتی
L	تخریب منظره طبیعی
AG	مزارع و باغات رها شده
NE	فعالیت توریسم
G	زباله ریزی
U	بهره‌برداری (گیاهان دارویی و .....)
YS- YA- YN	آلودگی هوا، صوتی، خاک

جدول (۳): طبقه‌بندی شدت عوامل مخرب

میزان تخریب	کد شدت تخریب
ضعیف	۱
متوسط	۲
شدید	۳
خیلی شدید	۴

### طبقه‌بندی ضرایب تخریب جهت تصمیم‌گیری در مورد واحدهای هیدرولوژیک

پس از تعیین مشخصه‌های سه‌گانه مدل تخریب با استفاده از نرم‌افزار Excell، ضرایب تخریب در هر یک از واحدها مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفت. سپس جهت انجام تصمیم‌گیری توسعه واحدها، ضرایب محاسبه شده با استفاده مدل تخریب فازی (Makhdoum, 2002)، (جدول ۴) طبقه‌بندی شد.



جدول (۷): تعداد شبکه، درصد مساحت و تصمیم‌گیری نهایی برای توسعه شبکه‌ها

واحد	مجموع شدت عوامل تخریب	تراکم فیزیولوژیک	آسیب‌پذیری اکولوژیکی	ضریب تخریب	طبقه	تصمیم‌گیری
۱	۳۴	۲/۱۰	۴	۹/۰۲۵	۲	توسعه
۲	۲۴	۲/۵۹	۲	۱۳/۲۹۵	۲	توسعه
۳	۴۳	۲	۳	۱۵	۳	بازسازی
۴	۱۷	۰/۴۹	۲	۸/۷۴۵	۲	توسعه
۵	۶۰	۴/۳۸	۲	۳۲/۱۹	۵	حفاظتی
۶	۲۸	۱/۸۰	۴	۷/۴۵	۲	توسعه
۷	۴۰	۱۶/۲	۱	۴۲/۱۶	۵	حفاظتی
۸	۳۰	-	۲	۱۵	۳	توسعه
۹	۳۶	۳/۹۸	۲	۱۹/۹۹	۳	بازسازی
۱۰	۳۳	۳/۱۰	۲	۱۸/۰۵	۳	بازسازی
۱۱	۲۷	۰/۸۵	۱	۲۷/۸۵	۴	بازسازی
۱۲	۵۳	۱	۲	۲۷	۴	بازسازی
۱۳	۳۴	۱/۰۷	۲	۱۷/۵۳۵	۳	بازسازی
۱۴	۱۴	-	۱	۱۴	۲	توسعه

(۹)، ۴۸ درصد از محدوده مورد مطالعه در طبقه تخریب ۳ تا ۴ و نیازمند اقدام‌های بازسازی و احیا می‌باشد. از مجموع تعداد ۱۴

در نتیجه، با کاهش جمعیت میزان فشار وارده بر اکوسیستم کاهش یافته و از شدت عوامل تخریب کم می‌شود. این در حالی است که دامنه‌های شمالی و تا حدودی شمال شرقی و جنوب کرکس به علت مناسب بودن شرایط اقلیم و همچنین وجود زمین‌های حاصل‌خیزتر دارای تراکم بالایی از جمعیت می‌باشد. بنابراین، شدت تخریب در این در واحدها افزایش چشم‌گیری می‌یابد و واحدهای این منطقه اکثراً در طبقه نیازمند بازسازی و یا نیازمند اقدام‌های حفاظتی قرار می‌گیرند. با این حال، براساس نتایج (جدول ۸ و ۹) واحدهای با شدت تخریب زیاد دارای سطحی محدود می‌باشند. به طوری که، طبقات با تخریب زیاد و خیلی زیاد کمتر از ۲۱ درصد محدوده تحقیق و واحدهای با شدت تخریب متوسط نیز سطح قابل ملاحظه‌ای از منطقه تحقیق را در بر گرفته‌اند. این واحدها اکثراً در قسمت‌های جنوبی و متمایل به مرکز منطقه تحقیق قرار گرفته‌اند و علت کم بودن شدت تخریب در این واحدها را می‌توان دور بودن از مراکز جمعیتی بزرگ در نتیجه کاهش فشار بر اراضی طبیعی دانست. پس از تهیه ضرایب مربوط به مدل تخریب، شدت تخریب در هر یک از واحدها محاسبه شد و در ادامه واحدهای نشانزد (جدول ۷)، در ۵ طبقه قرار گرفتند (شکل ۳). بر اساس نتایج جدول (۸ و

جدول (۸) مساحت و درصد طبقات تخریب

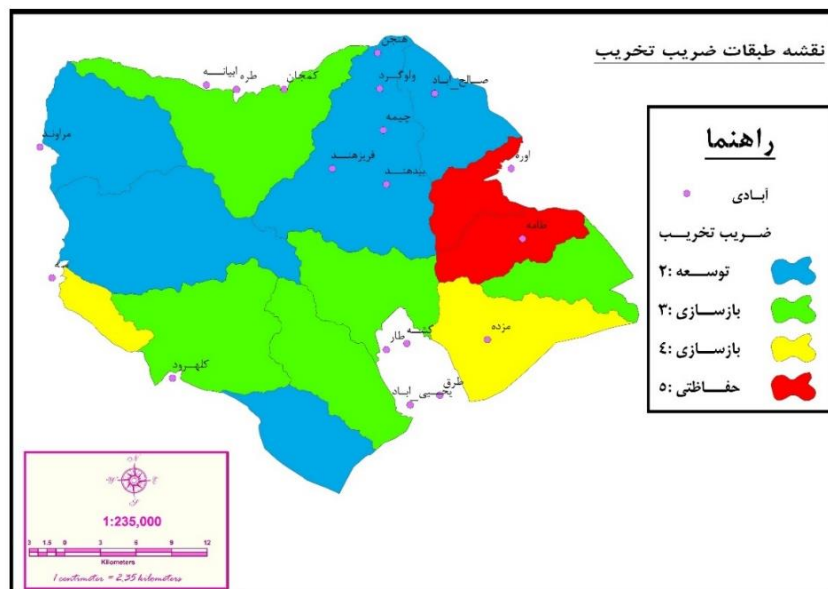
درصد	مساحت (هکتار)	طبقات تخریب
۴۴/۳۲	۵۱۱۱۱/۱۷۱	۲
۳۸/۲۹	۴۳۸۷۴/۰۱۳	۳
۹/۴۷	۱۰۸۵۵/۱۲۸	۴
۷/۹۲	۸۷۳۹/۷۰۸	۵
۱۰۰	۱۱۴۵۸۰	جمع

جدول (۹) طبقات شدت عوامل تخریب (IΣ)

سهم از کل منطقه (درصد)	مساحت	طبقه شدت عوامل تخریب
۱۲/۴۷	۱۴۲۸۹	خیلی کم
۲۴/۲۶	۲۷۷۹۹	کم
۴۱/۳۶	۴۷۳۸۸	متوسط
۱۱/۱۵	۱۲۷۷۶	زیاد
۱۰/۷۶	۱۲۳۲۸	خیلی زیاد
۱۰۰	۱۱۴۵۸۰	جمع

بیشتر از ۴۰ درصد از محدوده مورد مطالعه در طبقه شدت تخریب متوسط قرار گرفته است، از مجموع تعداد ۲۴ واحد در محدوده تحقیق، تعداد ۱۱ واحد در طبقه شدت عوامل تخریب متوسط به پایین قرار گرفته‌اند و ۳ واحد از نظر شدت عوامل تخریب در دامنه زیاد تا خیلی زیاد قرار گرفته‌اند که مقدار سطحی معادل ۲۲ درصد از کل محدوده مورد مطالعه را در بر می‌گیرد.

واحد در محدوده تحقیق، تعداد ۷ واحد در طبقه تخریب ۳ تا ۴ قرار گرفته‌اند و ۲ واحد از نظر شدت عوامل تخریب در طبقه ۵ قرار گرفته‌اند که مقدار سطحی معادل ۸ درصد از کل محدوده مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. بر اساس مجموع شدت عوامل تخریب در هر یک از واحدها، واحد ۵ دارای بالاترین مجموع شدت عوامل تخریب می‌باشد. همچنین، عامل تخریب چرای بی‌رویه دام و تخریب منظر طبیعی بالاترین میزان تخریب را در واحدهای هیدرولوژیک دارند. نتایج حاصل شده در این بخش،



شکل (۳): نقشه تصمیم‌گیری برای توسعه اراضی

بوم‌شناختی، در طبقه دوم مستعد توسعه یا کیفیت برتر قرار می‌گیرند. این واحدها نیز به هر حال از لحاظ توانایی‌های توسعه دارای اولویت‌های متفاوتی خواهند بود که در ادامه تشریح شده‌اند.

با توجه به نتایج ارزیابی آثار توسعه مشخص شد که در منطقه حفاظت شده کرکس بر اساس طبقه‌بندی فازی (Makhdoum, 2002) مناطق مستعد توسعه درجه ۲ وجود دارد. بنابراین، با توجه به اولویت‌بندی صورت‌گرفته بر اساس شرایط محلی و همچنین در نظر گرفتن مسایل اجتماعی-اقتصادی، امکان توسعه‌ی بیشتر وجود ندارد. یکی دیگر از دلایل مستعد نبودن منطقه برای توسعه بیشتر، می‌تواند فعالیت‌های مخرب کنونی همانند کان‌کشی، چرای بی‌رویه دام و آسیب‌پذیری بالای منطقه باشد.

### تعیین اولویت توسعه در واحدها

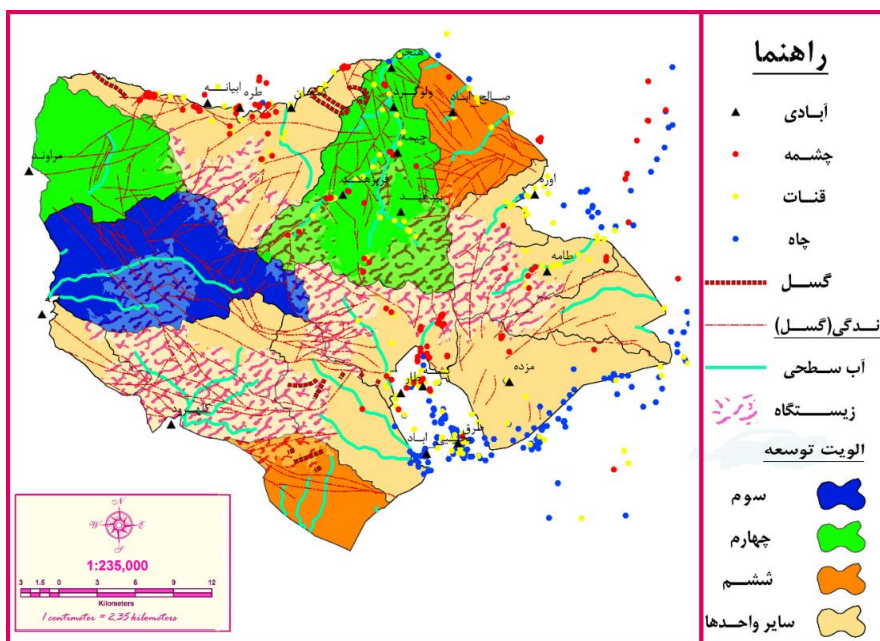
پس از تعیین توسعه شبکه‌ها، آن چه اهمیت دارد، تعیین اولویت شبکه‌ها برای توسعه آتی است. با در نظر گرفتن جدول (۶ و ۷)، نقشه واحدها و پراکنش منابع آب و گسل‌ها در مورد اولویت توسعه مربوط به تعداد ۵ واحد که دارای کد نهایی (۲) بودند، تصمیم‌گیری شد. جدول (۱۰) و شکل (۲)، نتایج حاصل از اولویت‌بندی توسعه را در واحدها نشان می‌دهد. از میان ۵ واحد هیدرولوژیک، یا واحدکاری مستعد توسعه در منطقه، اولویت اول، دوم و پنجم وجود ندارد و در این بین ۲ واحد نیز با توجه به محدودیت‌های موجود در هر یک غیرقابل توسعه یا دارای توسعه مشروط می‌باشند (شکل ۴).

همان‌طور که در جدول (۱۰) مشاهده می‌شود، از مجموع ۱۴ واحد هیدرولوژیک، تعداد ۵ واحد که در مجموع ۴۴/۳۲ درصد از کل مساحت منطقه را در بر می‌گیرد، با وجود آسیب‌پذیری طبیعی



جدول (۱۰): نتایج حاصل از اولویت‌بندی واحدها برای توسعه

اولویت‌بندی		تعداد واحدها	تصمیم‌گیری برای توسعه
اولویت اول توسعه		۰	مستعد توسعه
اولویت دوم توسعه		۰	
اولویت سوم توسعه		۱	
اولویت چهارم توسعه		۲	
اولویت پنجم توسعه		۰	
نوع محدودیت	تعداد واحد	اولویت ششم (غیرقابل توسعه، یا دارای توسعه مشروط)	۲
خطر زمین‌لرزه (وجود گسل)	۵		
فاقد منابع زیر زمینی	۳		
فاقد منابع آب سطحی	۰		
زیستگاه گونه‌های با ارزش جانوری	۳		



شکل (۴): نقشه تصمیم‌گیری نهایی برای اولویت توسعه اراضی

منطقه مورد نظر اجرا می‌شود و پیش‌بینی آثار اجرایی یک پروژه خاص قبل از اجرای طرح‌های مورد نظر در بسیاری از موارد انجام نمی‌گیرد.

#### مدل تخریب

مطالعات ارزیابی آثار توسعه بر مناطق حفاظت شده توسط مدل تخریب در ایران بسیار محدود می‌باشد. از جمله این مطالعات می‌توان به ارزیابی آثار محیط‌زیستی توسعه بر منطقه حفاظت

#### بحث و نتیجه‌گیری

##### ارزیابی آثار محیط‌زیستی

یکی از فوونی که در پروژه‌های عمرانی و صنعتی در تکمیل ملاحظات محیط‌زیستی استفاده می‌شود انجام ارزیابی آثار محیط‌زیستی است. منافع حاصل از این ارزیابی را بسیاری از کشورها شناخته‌اند و بسیاری از ضوابط قانونی آن را اجرا کرده یا در حال اجرای آن هستند. ولی در کشور ما هنوز بسیاری از پروژه‌ها بدون توجه به آثار احتمالی آن‌ها بر روی محیط‌زیست

به تعارض بین دام مازاد اشاره کرد. بر اثر چرای بی‌رویه دام در خارج از فصل، زودرس و مازاد بر ظرفیت مناطق، رقابتی میان تامین علوفه حیات‌وحش و دام‌های موجود ایجاد شده و حیات‌وحش منطقه با کمبود مواد غذایی روبه‌رو شده‌اند. تداوم این روند سبب می‌شود حیات‌وحش وادار به ترک زیستگاه‌های خود شوند. با بررسی پرونده‌های اداره منابع طبیعی و مشاهدات میدانی چرای بی‌رویه دام در واحد ۷ (روستای طامه) و در نواحی غربی مهم‌ترین و حادثترین تعارض به شمار می‌آید. کل تعداد دامداران دارای پروانه چرا در روستاهای مذکور معادل ۲۷۸ بهره بردار دامدار، کل دام موجود معادل ۱۳۸۴۲ راس دام کوچک و کل دام مجاز معادل ۱۱۸۳۶ راس می‌باشد. بنابراین، تعداد دام مازاد بر ظرفیت ممیزی مراتع معادل ۲۰۰۶ راس می‌باشد. البته نکته قابل تامل این که، اطلاعات مذکور براساس ممیزی‌های به نسبت قدیمی است. با این حال، وجود دام زیاد در منطقه علاوه بر رقابت با حیات وحش در استفاده از منابع و از بین بردن پوشش گیاهی، موجب تردد زیاد مردم و دسترسی افراد به بسیاری از زیستگاه‌ها شده است.

بیشترین وابستگی اقتصادی بهره‌برداران به فعالیت باغداری (۶۴/۴۳ درصد) می‌باشد. فعالیت پرورش دام سبک (۱۷/۵۲ درصد) و فعالیت پرورش دام سنگین (۱۲/۲ درصد) در رتبه‌های بعدی به لحاظ وابستگی اقتصادی اهالی قرار دارد. بدیهی است، با توجه به شاخص ارزش ناخالص تولید، اراضی باغی بیشترین سطح وابستگی اهالی به اراضی محدوده را داشته و اراضی مرتعی در رتبه بعدی قرار دارد. در ارتباط با وابستگی به پوشش گیاهی نیز وابستگی دام سبک به مراتع و درآمدزایی فعالیت‌های پرورش دام سبک نشان‌دهنده اهمیت پوشش گیاهی در تامین هزینه‌های زندگی جوامع روستایی محدوده می‌باشد. میانگین درآمد ناشی از یک هکتار مراتع موجود در سامان عرفی معادل ۴۰۳۲۱۶ ریال می‌باشد (مهندسین مشاور جامع ایران، ۱۳۹۰).

در یک جمع‌بندی کلی، تبدیل و تغییر کاربری اراضی به زمین‌های زراعی، تعلیف احشام و حفر چاه‌ها و فعالیت مخرب معادن از مهم‌ترین معضلات منطقه بوده و بیشترین تعارضات انسانی را با حفاظت تشکیل می‌دهد.

عواملی مختلفی نظیر عدم امکانات و تسهیلات کافی، محدود بودن مکان‌های اقامتی، نگرش و دیدگاه منفی اهالی روستاها نسبت به گردشگران، وجود فعالیت‌های مخرب همچون معادن و مراکز صنعتی بزرگی همچون شهرک صنعتی اوره، شجاع‌آباد،

شده اشترانکوه (یارعلی، ۱۳۸۹) و ارزیابی کیفیت سرزمین در مجموعه حفاظت شده توران با استفاده از مدل تخریب (سپهر، ۱۳۹۰) نام برد. اجرای مدل تخریب در مناطق حفاظت شده می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار مدیران این مناطق بگذارد. زیرا، این مدل علاوه بر مشخص کردن مناطق آسیب‌پذیر و مقاوم در برابر فعالیت‌های انسانی و میزان تخریب ناشی از اجرای فعالیت‌ها در گذشته به صورت کمی امکان توسعه در آینده را نیز نشان می‌دهد (اقنوم، ۱۳۹۱).

مزیت مطالعه حاضر نسبت به سایر مطالعات آثار توسعه بر مناطق حفاظت شده این است که تاثیر نتایج اجرای این مدل در ارزیابی توان اکولوژیک منطقه و بالتبع آن در طرح مدیریت منطقه لحاظ شده است.

در این مطالعه، برای نخستین بار به شیوه‌ی صحیح از طبقه بندی (Makhdoum, 2002) بر اساس منطق فازی استفاده شده است. در اکثر مطالعات تنها طبقه اول (۴/۹۹-۱/۳۳) را به عنوان کلاس مستعد توسعه بیشتر در نظر گرفته اند. در حالی که، بر اساس طبقه‌بندی (Makhdoum, 2002) دو طبقه اول در کلاس مستعد توسعه قرار گرفته و مطالعه حاضر نیز از این طبقه‌بندی استفاده کرده است. در نهایت همانند (چمنی و همکاران، ۱۳۸۰)، (یارعلی، ۱۳۹۲) پس از طبقه‌بندی بر اساس منطق فازی بر اساس ضرایب تخریب به‌دست آمده، شرایط محلی (وجود گسل و منابع آبی و...) و مسایل اجتماعی-اقتصادی به الویت‌بندی توسعه اقدام شد.

با توجه به موقعیت منطقه حفاظت شده کرکس و قرار گرفتن در نزدیکی کانون‌های جمعیتی، پیوندهایی تنگاتنگی نه تنها از نظر بیوفیزیکی و فرهنگی، بلکه از نظر بقا و نیازهای معیشتی به منابع منطقه وجود دارد. به همین دلیل، در برخی موارد به علت ناهمسویی مدیریت در منطقه حفاظت شده با مناطق آزاد پیرامونی آن اختلالاتی (مانند: پدیده جزیره‌ای شدن، پدیده جذب، نفوذ گونه‌های غیر بومی، آلودگی‌ها، فعالیت‌های مخرب و...) مشاهده می‌شود. نحوه استقرار سکونتگاه‌های انسانی نسبت به یکدیگر و میزان فاصله آن‌ها از منابع طبیعی موجود در منطقه و دیدگاه اهالی نسبت به این منابع با توجه به نیازهایشان می‌تواند بسیار حایز اهمیت باشد. مناطق حفاظت شده مادامی که مردم با آن‌ها به ستیز پرداخته و مخالفت می‌ورزند، نمی‌توانند با جوامع انسانی همزیستی داشته باشند.

از بیشترین تعارضات (عوامل تخریب) موجود در منطقه می‌توان

را در مناطق وسیع، دچار اشکال می‌نماید با خود هزینه بازدید از منطقه مطالعاتی را نیز به همراه دارد.

در مناطقی که هنوز آمایش سرزمین صورت نگرفته است، مدل تخریب می‌تواند به خوبی مناطق قابل توسعه و آسیب پذیر را مشخص کند و اطلاعات مفیدی را با هزینه و زمان کمتر در اختیار ارزیابان و مدیران برای تصمیم‌گیری بگذارد. اجرای مدل تخریب قبل از آمایش سرزمین در مناطق حفاظت شده علاوه بر مشخص کردن مناطق آسیب پذیر و مقاوم در برابر فعالیت‌های انسانی و میزان تخریب ناشی از اجرای فعالیت‌ها در گذشته، امکان توسعه در آینده را به صورت کمی به مدیران نشان می‌دهد. در نهایت، با توجه به نتایج ارزیابی آثار توسعه، با توجه به فعالیت‌هایی که در گذشته و حال در منطقه انجام گرفته دیگر بیش از این ظرفیت برای توسعه وجود ندارد. به عبارتی، شدت فعالیت‌های گذشته و کنونی اجازه اجرای برنامه‌های عملیاتی در جهت توسعه را نمی‌دهد. بنابراین، مناسب است اهداف مدیریت منطقه به سوی حفاظت و بازسازی منطقه پیش‌رود. علاوه بر این اقدام‌های اصلاحی و بهسازی جهت حفظ و تبیین شرایط کنونی در الویت قرارگیرد که یکی از این اقدام‌ها می‌تواند محدودیت در توسعه منطقه باشد.

## یادداشت‌ها

### 1. Environmental Impact Assessment

کشه، و مجتمع بزرگ ذوب آهن نطنز بر کاهش تقاضای اکوتوریسم منطقه اثر می‌گذارد. یکی دیگر از عواملی که بازدیدکنندگان به‌ویژه بازدیدکنندگان بین‌المللی را از بازدید منطقه مایوس می‌کند، کشمکش سیاسی و شایعه عدم وجود امنیت در منطقه به دلیل وجود سایت انرژی هسته‌ای و مراکز نظامی متعدد وابسته به آن است.

مناطق حفاظت شده الگوهای شاهدهی از طبیعت کمتر دست خورده‌اند که برای مقایسه تطبیقی با اکوسیستم‌های تخریب یافته، هدایت، ترمیم و احیای آن‌ها نیز به کار گرفته می‌شوند. مدل تخریب در برآورد تراکم فیزیولوژیکی و همچنین درجه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی بسیار عینی گراست. زیرا، اطلاعات مورد استفاده در این برآورد همگی قابلیت اندازه‌گیری و سنجش با مقیاس‌های فیزیکی هستند. اما، شناسایی و به‌ویژه تعیین شدت عوامل تخریب، تحت تاثیر ذهنیت‌گرایی ارزیاب قرار دارد. تعیین عوامل یاد شده، بیشتر با استفاده از تلفیق قضاوت کارشناسی و کار میدانی حاصل می‌شود. این ویژگی‌ها سبب می‌شوند که ارزیابان کم تجربه به هنگام اجرای مدل دچار سردرگمی شوند. چرا که، برای این امر، ارزیاب باید با تکیه بر دانش و اطلاعات بوم‌شناختی خود و همچنین کارهای میدانی، عوامل تخریب و شدت آن‌ها را بر اساس قضاوت کارشناسی تعیین نماید. این قضاوت بر اساس معیارهایی صورت می‌گیرد که پیشاپیش ارزیاب در ذهن خود آن‌ها را تعریف و تعیین نموده است. این ویژگی‌های کلی در عین حال که اجرای مدل تخریب

## فهرست منابع

- اقنوم، م. ۱۳۹۱. ارزیابی آثار محیط‌زیستی طرح جنگلداری با استفاده از مدل تخریب و ماتریس، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده‌ی منابع دانشگاه تهران.
- اقنوم، م.؛ فقهی، ج.؛ مخدوم، م. و جباریان امیری، ب. (۲۰۱۳). تعیین آسیب‌پذیری اکولوژیکی بخش پاتم جنگل خیرود با استفاده از روش عینی آسیب‌پذیری. نشریه محیط‌زیست طبیعی. ۶۶ (۳)، ۲۴۵-۲۵۴.
- آذری دهرودی، ف. و خزایی، ن. ۱۳۸۸. سامانه پستوانه تصمیم‌گیری سریع برای ارزیابی پی‌آمد فعالیت‌ها در تخریب سیمای سرزمین حوزه سفارود، مجله محیط شناسی، شماره ۵۱: ۶۹-۸۰.
- جباریان امیری، ب. ۱۳۷۷. مقایسه مدل تخریب محیط‌زیست با مدل پتانسیل رسوب‌دهی در حوزه آبخیز سد امیر کبیر. دومین همایش ملی انرژی، تهران، ایران.
- جهانی، ع. ۱۳۹۲. ارزیابی آثار محیط‌زیستی (EIA) طرح جنگلداری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) به عنوان یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS) مطالعه موردی: بخش‌های پاتم، نم‌خانه و گرازبن جنگل خیرود. رساله دکتری دانشکده منابع طبیعی

دانشگاه تهران.

چمنی، ع.؛ مخدوم، م. و جعفری، م. ۱۳۸۰. ارزیابی آثار توسعه بر محیط‌زیست استان همدان با کاربرد مدل تخریب. مجله محیط. شناسی، شماره ۳۷. صفحه: ۴۴-۳۵.

سپهر، ح. ۱۳۹۰. ارزیابی کیفیت سرزمین در مناطق حفاظت شده با استفاده از مدل تخریب و مدل فازی (مطالعه موردی: پارک ملی توران). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

شکوفه، ن. ۱۳۸۲. حفاظت محیط‌زیست در معادن، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست. ص ۵۱۲

مخدوم، م. و منصوری، م. ۱۳۷۷. بررسی و شناخت آثار توسعه بر محیط‌زیست هرمزگان به روش مدل تخریب. محیط شناسی ۲۳: ۵۷-۴۹.

مخدوم، م. ۱۳۷۲. محیط‌زیست و آذربایجان شرقی، مجموعه مقالات سمینار توسعه و آذربایجان شرقی، تبریز؛ استانداری آذربایجان.

مخدوم، م. ۱۳۷۸. درسنامه ارزیابی آثار توسعه، جزوه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۰. آمار و اطلاعات سرشماری سال ۱۳۹۰.

مهندسین مشاور جامع ایران. ۱۳۹۰. مطالعات طرح مدیریت منطقه حفاظت شده کرکس.

میلر، ج. ۱۳۹۳. زیستن در محیط زیست، ترجمه مجید مخدوم (چاپ چهاردهم). انتشارات دانشگاه تهران.

یارعلی، ن. ۱۳۸۹. ارزیابی آثار محیط‌زیستی توسعه (EIA) بر منطقه حفاظت شده اشترانکوه با استفاده از مدل تخریب. پژوهش‌های محیط‌زیست سال ۱، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۸۹، از صفحه ۱۳ تا ۲۲.

یارعلی، ن.؛ مافی‌غلامی، د.؛ جعفری، ع. و سیفالهی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی آثار محیط‌زیستی توسعه بر حوزه آبخیز زاینده رود با استفاده از مدل تخریب، سومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران.

Khazaei, N. & Azari-Dehkordi, F. 2008. Forest landscape degradation assessment in Dokeh watershed, Iran. *J. Int. Environmental Application & Science*, 3(2), 91-100.

Leichenko, R. M. & O'Brien, K. L. 2002. The dynamics of rural vulnerability to global change: the case of southern Africa. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 7(1), 1-18.

Makhdoum, M. F. 2002. Degradation model: a quantitative EIA Instrument, acting as a decision support system (DSS) for environmental management. *Environmental management*, 30(1), 151-156.

Makhdoum, M. F. 2010. Evaluation of Environmental quality of Iran's National Parks Using a degradation model. *Environmentalica Fennica*, 27, 155-164.

Rossi, E. & Kuitunen, M. 1996. Ranking of habitats for the assessment of ecological impact in land use planning. *Biological Conservation*, 77(2), 227-234.

Turner, B. L.; Kasperson, R. E.; Matson, P. A.; McCarthy, J. J.; Corell, R. W.; Christensen, L.; ... & Schiller, A. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079.

Zeilinski, J. 2002. Watershed vulnerability analysis. Ellicott City, MD Center for Watershed Protection. 1-22.