

## مدیریت عدم قطعیت در ارزیابی‌های فهرست سرخ IUCN

مصطفی قلی‌پور<sup>۱\*</sup>، عبدالرسول سلمان ماهینی<sup>۲</sup>، حمیدرضا رضایی<sup>۳</sup>،  
حسین وارسته مرادی<sup>۴</sup>، بهرام حسن‌زاده کیابی<sup>۵</sup>

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲ دانشیار گروه محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳ و ۴ استادیاران گروه محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۵ دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۱۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۲/۱۹)

### چکیده

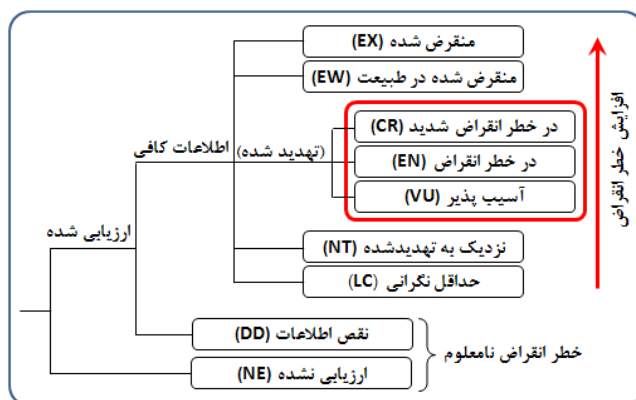
طبیعت و اطلاعات حاصل از آن مملوء از انواع عدم قطعیت‌هاست. عدم قطعیت به‌عنوان مشکل برای اطلاعات مطرح نیست. در واقع، عدم قطعیت را می‌توان از بارزترین ویژگی‌های داده‌ها قلمداد کرد که بایستی به نحو صحیح مدیریت شود. عدم مدیریت یا سوء مدیریت عدم قطعیت داده‌ها می‌تواند منجر به ایجاد ابهام در نتایج شود و از آنجایی که بیشتر داده‌های در دسترس برای ارزیابی طبقه تهدید گونه‌ها ناقص یا غیرقطعی هستند، مدیریت صحیح عدم قطعیت‌ها در روند ارزیابی فهرست سرخ بسیار ضروری است و می‌تواند در فرآیند ارزیابی اثرات توسعه نیز مفید باشد. پیشرفت‌های علمی اخیر توسعه چندین رهیافت در زمینه مدیریت عدم قطعیت در داده‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی گونه‌ها را در پی داشته است. در همین راستا، استفاده از منطق فازی جهت مدیریت عدم قطعیت داده‌ها و نتایج ارزیابی طبقه تهدید گونه‌ها توسعه یافته است. در این مقاله، به بررسی ضرورت مدیریت عدم قطعیت در ارزیابی فهرست سرخ، انواع عدم قطعیت و منشأ تولید آنها، نحوه تولید، نمایش و بیان مقادیر غیرقطعی، مدیریت عدم قطعیت‌ها با منطق فازی و مزایای مدیریت فازی عدم قطعیت می‌پردازیم.

**کلید واژه‌ها:** عدم قطعیت، ارزیابی فهرست سرخ، منطق فازی، مدیریت فازی عدم قطعیت

### سرآغاز

وضعیت جمعیت گونه‌های حیات وحش تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و شرایط محیطی در حال تغییر است. اندازه جمعیت گونه‌ها به واسطه تهدیدهای وابسته به انسان نظیر تخریب زیستگاه، بهره‌برداری بی‌رویه<sup>(۱)</sup>، اثرات گونه‌های معرفی شده و آلودگی‌ها کاهش می‌یابد (OGrady et al, 2004). آگاهی از وضعیت گونه‌ها مستلزم انجام طبقه‌بندی تهدید گونه‌هاست.

اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (IUCN)<sup>(۲)</sup> معتبرترین سازمان اعلام نظر در مورد وضعیت گونه‌ها است که از سال ۱۹۶۳ هر سال فهرستی از گیاهان و جانوران رو به انقراض را منتشر می‌کند که به فهرست سرخ IUCN مشهور است. در سیستم فهرست سرخ IUCN نه طبقه وجود دارد که در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): طبقات نه‌گانه فهرست سرخ IUCN (سلمان ماهینی، ۱۳۸۸)

برای فهرست‌سازی گونه‌های با گستره‌های جغرافیایی محدود یا در زیستگاه‌های محدود که در حال حاضر نیز در حال کاهش یا افت‌وخیزهای شدید و یا شدیداً قطعه قطعه شده و یا در مکان‌های معدودی حضور دارند مورد استفاده قرار می‌گیرد (Akçakaya et al, 2006). معیار E نیز این است که برای اکثر گونه‌ها اطلاعات در دسترس برای ساختن مدل‌هایی که بتواند برای تخمین احتمال انقراض به کار رود کافی نیست (Akçakaya et al, 2006). قواعد تصمیم‌گیری فهرست سرخ به دلیل کاربرد وسیع‌شان، عینی بودن و سهولت استفاده، جذابیت دارند (Mace & Lande, 1991). به طور کلی، فهرست سرخ IUCN به عنوان یک ارزیابی معتبر شرایط حفاظتی گونه‌ها شناخته شده است، اما داده‌های در دسترس برای تهیه فهرست سرخ اغلب یا ناقص و یا غیرقطعی می‌باشند (Newton, 2010) که بایستی به نحو صحیح مدیریت شوند.

### ضرورت مدیریت عدم قطعیت

اگر عدم قطعیت<sup>(۳)</sup> نادیده گرفته شود، طبقه‌بندی می‌تواند

طبق تعریف، یک گونه یا زیرگونه متعلق به طبقه در خطر انقراض شدید<sup>(۴)</sup> (CR) است اگر یک نرخ کاهش جمعیت ۲۵٪ را در طی سه سال یا یک نسل تجربه کرده باشد، متناسب با آن شرط تعلق به طبقه در خطر انقراض (EN)<sup>(۴)</sup> نرخ کاهش ۲۰٪ در طی پنج سال یا دو نسل و طبقه آسیب‌پذیر (VU)<sup>(۵)</sup> نرخ کاهش ۱۰٪ در طی ده سال یا سه نسل می‌باشد. بنابر تعاریف طبقات «در خطر انقراض شدید»، «در خطر انقراض» و «آسیب‌پذیر» که در کتاب داده‌های سرخ IUCN ارائه شده یک گونه یا زیرگونه «در خطر انقراض شدید» به طبقات «در خطر انقراض» و «آسیب‌پذیر» نیز متعلق می‌باشد. منظور از طبقات IUCN نشان دادن خطر و نه ضرورتاً کاهش جمعیت و اولویت حفاظتی است (سلمان ماهینی، ۱۳۸۸).

طبقه‌بندی تهدید گونه‌ها در طبقات نه‌گانه فهرست سرخ IUCN با استفاده از پنج معیار صورت می‌گیرد. چهار معیار فهرست سرخ (A-D) بر مبنای اندازه و نرخ کاهش جمعیت و یا گستره جغرافیایی می‌باشند در حالی که معیار پنجم (E) بر مبنای مدل‌های کمی خطر انقراض نظیر مدل تحلیل مانایی جمعیت<sup>(۶)</sup> (PVA) است (Akçakaya et al, 2006). معیار B

یک نوع معمول و بنیادی عدم قطعیت از خطای اندازه‌گیری و فقدان اطلاعات دقیق برای بعضی یا بیشتر متغیرهای مورد استفاده در قواعد منشا می‌گیرد. برای مثال بعید است که تعداد دقیق افراد بالغ و نرخ دقیق کاهش طی ۱۰ سال گذشته برای گونه‌ای مشخص باشد. همه اطلاعات عددی به‌علاوه اطلاعات کیفی نظیر «آیا افت‌وخیزهای شدید وجود دارد؟» غیرقطعی می‌باشند (Akçakaya et al, 2000). همیشه عدم قطعیت معنی‌شناختی و خطای اندازه‌گیری وجود دارد (سلمان ماهینی، ۱۳۸۸). خطای اندازه‌گیری از عدم قطعیت معنایی بدین صورت متمایز می‌شود که خطای اندازه‌گیری با کسب اطلاعات بیشتر حداقل از دیدگاه تئوری می‌تواند کاهش یافته یا حذف شود (Akçakaya et al, 2000). به خاطر عدم قطعیت‌های موجود در طبیعت به طور یقین نمی‌توان اندازه جمعیت یک گونه را دقیقاً برآورد کرد اما می‌توان با در نظر گرفتن حدود اطمینان اندازه جمعیت را به صورت یک بازه عددی تخمین زد. اگر عدم قطعیت در داده‌ها وجود دارد، بهتر است آنها را به صورت دامنه‌ای از اعداد ارائه نمود (سلمان ماهینی، ۱۳۸۸). به دلیل دشواری برآورد اندازه جمعیت در بیشتر جمعیت‌های طبیعی، معیارهای فهرست سرخ به ارزیاب اجازه می‌دهند که برای تخمین نرخ کاهش، انواع مدارک مستقیم و غیرمستقیم را به کار گیرند و مدارک در زیرمعیارها صریح است (Mace et al, 2008).

### تولید، نمایش و بیان مقادیر غیرقطعی

عدد فازی، بیانگر یک عدد غیرقطعی است یعنی عددی که ارزشش دقیقاً مشخص نیست هر چند که ممکن است در حقیقت ثابت و غیرمتغیر باشد (Akçakaya & Ferson, 2007). اعداد فازی جهت پالایش بازه‌هایی که حاوی عدم قطعیت هستند ایجاد شده‌اند (Akçakaya & Ferson, 2007). اعداد فازی مثلثی، دوزنقه‌ای و مستطیلی معمول‌ترین اشکال اعداد فازی برای بیان مقادیر غیرقطعی به‌شمار می‌روند. بازه‌ها و اعداد اسکالر<sup>(۱۳)</sup> نیز جزو حالت‌های خاصی از اعداد فازی محسوب می‌شوند. در حقیقت یک عدد اسکالر، مقداری فازی است که فاقد عدم قطعیت است. اعداد فازی مثلثی یک ارائه قوی از عدم قطعیت در بیشتر موقعیت‌ها هستند (Akçakaya & Ferson, 2007). مثلاً عدد فازی [۳۰، ۲۰، ۱۰] بیانگر عددی است که ارزشش قطعاً بین ۱۰ و ۳۰ است و بهترین حدس‌مان ۲۰ می‌باشد.

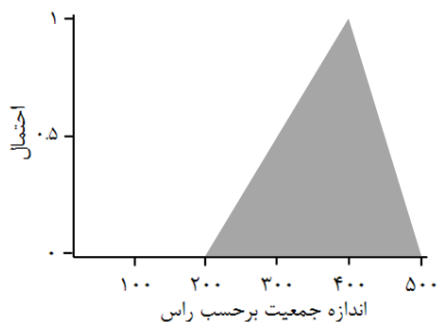
نادرست باشد (Colyvan et al, 1999). اطلاعات غیرقطعی می‌تواند منجر به طبقه‌بندی‌های متناقض شود، زیرا افراد مختلف روی بخش‌های متفاوتی از یک بازه یا جنبه‌های متفاوت عدم قطعیت تأکید می‌کنند (Akçakaya et al, 2000). با توجه به وجود روش‌های مختلف مدیریت عدم قطعیت، انتخاب شیوه‌ای که عدم قطعیت را مدیریت نماید نیز می‌تواند طبقه‌بندی تهدید حاصله را تغییر دهد (Burgman et al, 1999). تفسیر داده‌های غیرقطعی توسط ارزیابان مختلف منجر به طبقه‌بندی‌های متفاوت می‌شود که ریشه در نحوه برخورد با عدم قطعیت و خطر در اطلاعات ارائه شده دارد (سلمان ماهینی، ۱۳۸۸). با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان چنین گفت که عدم مدیریت یا سوء مدیریت عدم قطعیت داده‌ها می‌تواند نتایج ارزیابی‌های فهرست سرخ<sup>(۸)</sup> IUCN را برای تعیین طبقه تهدید گونه‌ها تحت تاثیر قرار داده و مخدوش نماید. لذا، استفاده از روشی نظیر منطق فازی<sup>(۹)</sup> که به صورت شفاف و کارا عدم قطعیت داده‌ها را در روند ارزیابی‌های فهرست سرخ IUCN مدیریت نماید و اثرات مدیریت عدم قطعیت در نتایج حاصله نیز به صورت واضح قابل رویت باشد بسیار ضروری است.

### انواع عدم قطعیت و منشا تولید آنها

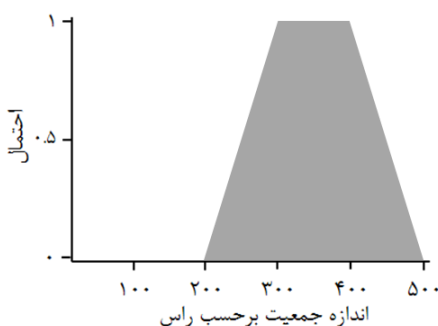
هر روشی برای طبقه‌بندی شرایط حفاظتی، با چندین نوع عدم قطعیت درگیر است که این عدم قطعیت‌ها می‌تواند تحت عناوین:

- عدم قطعیت معنایی (Semantic)
- خطای اندازه‌گیری (Measurement Error)
- تغییرات طبیعی (Natural Variability) دسته‌بندی شود (Akçakaya et al, 2000).

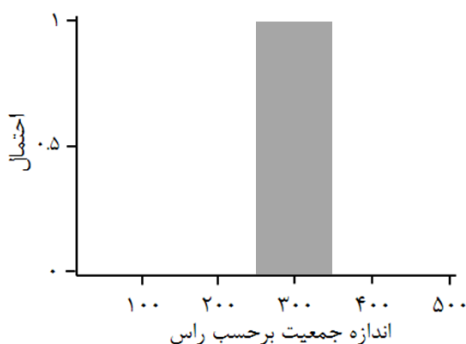
برای مثال، قواعد تصمیم‌گیری در فهرست سرخ IUCN نیازمند این است که کاربر تعداد افراد بالغ<sup>(۱۰)</sup>، سطح اشغال<sup>(۱۱)</sup> (AOO) و سطح افت‌وخیزها<sup>(۱۲)</sup> در این پارامترها را تعیین نماید؛ هر یک از این پارامترها تا حدی تحت تاثیر حداقل یکی از این منابع عدم قطعیت می‌باشند (Akçakaya et al, 2000). عدم قطعیت معنایی از استفاده تعاریف نادقیق نشات می‌گیرد (Akçakaya et al, 2000). لذا، واضح‌سازی و شفافیت بخشیدن به تعاریف می‌تواند به کاهش یا حذف این نوع عدم قطعیت بیانجامد.



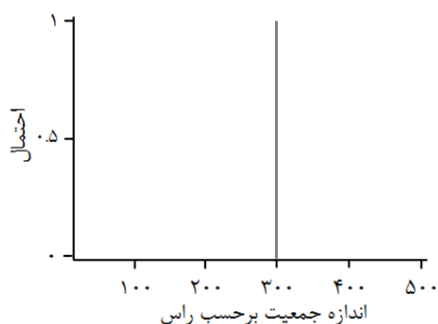
شکل (۲): عدد فازی مثلثی [۲۰۰, ۴۰۰, ۵۰۰] (Akçakaya et al, 2000)



شکل (۳): عدد فازی ذوزنقه‌ای [۳۰۰, ۴۰۰, ۵۰۰] (Akçakaya et al, 2000)



شکل (۴): عدد فازی مستطیلی [۲۵۰, ۳۵۰] (Akçakaya et al, 2000)



شکل (۵): عدد اسکالر به عنوان یک عدد فازی [۳۰۰] (Akçakaya et al, 2000)

عدم قطعیت داده‌ها در پهنای عدد فازی انعکاس پیدا می‌نماید (Akçakaya et al, 2000). به عبارتی، چنین می‌توان استنباط کرد که در یک عدد فازی هر چه قدر دامنه تغییرات بین حداقل مقدار ممکن و حداکثر مقدار ممکن بیشتر باشد عدم قطعیت در عدد فازی بیان شده بیشتر خواهد بود. برای مثال، عدم قطعیت عدد فازی مثلثی [۱, ۱۵۰۰, ۳۰۰۰] از عدم قطعیت عدد فازی مثلثی [۱۰۰۰, ۱۵۰۰, ۲۰۰۰] بیشتر است. اعداد فازی و محاسباتشان یک روش‌شناسی ساده و عملی فراهم می‌نمایند که برای مدیریت عدم قطعیت غیرآماري در محاسبات صحیح و قابل قبول است (Akçakaya and Ferson, 2007).

زمانی که انواع مختلف عدم قطعیت با هم آمیخته شده‌اند یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای بیان عدم قطعیت، تعیین بهترین تخمین و بازه‌ای از مقادیر احتمالی می‌باشد (Akçakaya et al, 2000). برای مثال اگر اندازه فعلی جمعیت مرال را در پارک ملی گلستان با بهترین تخمین ۴۰۰ راس و آستانه‌های ۲۰۰ و ۵۰۰ راس برآورد کرده باشیم، این برآورد را می‌توان به صورت یک عدد فازی مثلثی نشان داد (شکل ۲). همچنین اگر بهترین تخمین ما از اندازه جمعیت ۳۰۰ تا ۴۰۰ راس و حداقل و حداکثر ممکن را به ترتیب ۲۰۰ و ۵۰۰ راس برآورد نماییم این مقدار را می‌توان به صورت یک عدد فازی ذوزنقه‌ای نمایش داد (شکل ۳). در برخی شرایط ممکن است برآورد به صورت یک بازه باشد که عدد فازی مستطیلی را ایجاد می‌نماید (شکل ۴) و در مواردی عدد به دست آمده فاقد عدم قطعیت است، مثلاً تعداد مرال‌های موجود در یک محدوده کاملاً محصور که به صورت یک عدد اسکالر می‌باشد (شکل ۵). محاسبه آستانه‌ها می‌تواند مبتنی بر روش‌های متنوعی از محدوده‌یابی اندازه‌ها از توزیع‌های احتمال آماری برآورد شده تا نظرات مختلف یک گروه کارشناسی باشد (Akçakaya et al, 2000).

### تعیین طبقه تهدید گونه با داده‌های غیرقطعی و منطق فازی

میزان عدم قطعیت داده‌های در دسترس برای یک ارزیابی فهرست سرخ به دلیل منشاء و روش استحصال آنها معمولاً متغیر است و ممکن است بخشی از اطلاعات موجود قطعی و بخشی غیرقطعی باشد. پس از اینکه هر یک از داده‌های موجود متناسب با میزان عدم قطعیت‌شان به عدد فازی مناسب تبدیل

منحصر به فردی دارد (Akçakaya et al, 2000؛ سلمان ماهینی، ۱۳۸۸؛ Regan et al, 2000) که در زیر اشاره می‌شود:

۱. مرزهای فازی قابلیت تفکیک گونه‌های تهدیدشده و غیرتهدیدشده را بدون ایجاد نقاط انقطاع آشکار<sup>(۱۴)</sup> فراهم می‌آورد.

۲. نخستین مزیت یک طبقه فازی این است که در حالی که مانع از برخی مشکلات ناخواسته می‌شود در عین حال به طبقات مستقرشده IUCN پایبند می‌ماند. به عبارتی، این روش قواعد، آستانه‌ها و اهداف طبقات فهرست سرخ IUCN را تغییر نمی‌دهد.

۳. هنگامی که عدم قطعیت وجود ندارد، طبقه‌بندی با طبقات فهرست سرخ IUCN یکسان است.

۴. اگر عدم قطعیت خیلی کم باشد، طبقه‌بندی تفاوت اساسی با طبقات فهرست سرخ IUCN نخواهد داشت.

۵. اگر عدم قطعیت ارتباطی با معیارهای مورد نظر نداشته باشد، طبقه‌بندی اولیه IUCN را تغییر نمی‌دهد.

۶. روش فازی طرز تلقی افراد مختلف و واکنش آنها نسبت به ریسک و خطر را در بر می‌گیرد و به رسمیت می‌شناسد.

۷. این روش دست ارزیابان نهایی برای طبقه‌بندی را باز می‌گذارد ولی لازم است هرگونه تصمیم‌گیری به دقت تشریح شود.

۸. هنگامی که اثر عدم قطعیت بر طبقه‌بندی روشن باشد، دیگر نمی‌توان از آن به عنوان مستمسکی جهت ارتقاء و یا پایین آوردن سطح تهدید بدون پایه علمی استفاده نمود.

۹. این روش بر پایه دو حد بالا و پایین تخمین و نه توزیع احتمال استقرار یافته و مستلزم در نظر گرفتن فرض‌های زیادی نمی‌باشد.

۱۰. روش فازی در مقایسه بسیار ساده‌تر از روش‌هایی است که در آن لازم است توزیع احتمال و واریانس محاسبه شود.

۱۱. روش طبقه‌بندی فازی افراد را تشویق به استفاده از همه معیارها و عدم چشم‌پوشی از آنها می‌کند.

### بحث و نتیجه‌گیری

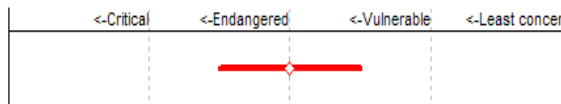
با توجه به این واقعیت که بیشتر داده‌های در دسترس برای ارزیابی‌های فهرست سرخ ناقص یا غیرقطعی هستند در این مقاله مدیریت عدم قطعیت داده‌ها در ارزیابی‌های فهرست سرخ

شدند با استفاده از قوانین فازی و بر مبنای قواعد فهرست سرخ IUCN، اعداد فازی برای هر یک از طبقات CR، EN و VU برای گونه مورد نظر محاسبه می‌شود. در گام بعدی از ادغام اعداد فازی این سه طبقه، یک عدد فازی بیانگر طبقه تهدید گونه حاصل می‌شود. مرحله ادغام سه عدد فازی به یک عدد طبقه تهدید را می‌توان به روش‌های مختلف انجام داد که بستگی به ارجحیت‌ها و طرز تلقی افراد نسبت به خطر و عدم قطعیت دارد (سلمان ماهینی، ۱۳۸۸). در جدول (۱) قواعدی را که براساس آنها سه عدد فازی به یک عدد فازی بیانگر طبقه تهدید گونه تبدیل می‌شود را مشاهده می‌نماییم.

جدول (۱): نتایج نمونه حاصل از ارزیابی یک گونه با داده‌های غیرقطعی بر اساس قواعد IUCN (اقتباس از: Akçakaya, et al., 2000)

مجموعه قواعد			طبقه بندی جاندار
VU	EN	CR	
—	—	—	شدیدا در خطر انقراض
—	—	—	در خطر انقراض
—	—	—	آسیب پذیر
—	—	—	خطر کم
—	—	■	حداقل در خطر، احتمالا شدیدا در خطر
—	■	—	حداقل آسیب پذیر، احتمالا در خطر اما نه به طور
—	■	■	شدید
—	▲	▲	حداقل آسیب پذیر، احتمالا در خطر، ممکن است
—	▲	▲	شدیدا در خطر باشد

در شکل (۶) جاندار در خطر انقراض (EN) طبقه‌بندی شده است و طبقات احتمالی آسیب‌پذیر (VU) و در خطر انقراض (EN) می‌باشند. بیان فازی طبقه تهدید جاندار، درک بهتر و واضح‌تری از شرایط جاندار با توجه به عدم قطعیت‌های موجود ارائه می‌دهد.



شکل (۶): مثالی از یک طبقه تهدید فازی (Akçakaya et al, 2000)

### مزایای مدیریت فازی عدم قطعیت داده‌ها و نتایج فهرست سرخ

مدیریت عدم قطعیت داده‌ها و نتایج در روند ارزیابی فهرست سرخ IUCN با منطق فازی، نسبت به سایر روش‌ها مزایای

انجام داد. به کمک روش یاد شده، ارزیابی اثرات توسعه بر گونه‌ها و تهدیدهای متوجه آنها به شکل منعطف و مشارکتی قابل انجام خواهد بود و ضمن به رسمیت شمردن عدم قطعیت‌ها، مبنایی علمی‌تر برای ارزیابی و حصول نتیجه نهایی فراهم خواهد آمد.

### یادداشت‌ها

1. Over-exploitation
2. International Union for Conservation of Nature (IUCN)
3. Critically endangered
4. Endangered
5. Vulnerable
6. Population Viability Analysis (PVA)
7. Uncertainty
8. Red List Assessments
9. Fuzzy Logic
10. Mature individuals
11. Area of Occupancy (AOO)
12. Fluctuations
13. Scalar
14. Sharp cut- off points

براساس منطق فازی مورد بررسی قرار گرفت. روش طبقه‌بندی فازی گونه‌ها، استفاده از معیارهای فهرست سرخ را بهبود می‌بخشد و به‌صورت واضحی اجازه مشارکت عدم قطعیت‌ها در داده‌های ورودی را نیز می‌دهد (Akçakaya & Ferson, 2007). عدم قطعیت از طریق واردسازی اعداد فازی برای پارامترهای ورودی بیان می‌شود (Akçakaya & Ferson, 2007). همچنین، عدم قطعیت در نتایج با ارائه یک دامنه طبقات به جای یک طبقه منفرد تهدید بیان می‌گردد (Akçakaya & Ferson, 2007) که درک نسبتاً واضح‌تری از شرایط گونه ارائه می‌دهد. در حال حاضر، روش طبقه‌بندی فازی گونه‌ها روش پیشنهادی به ارزیابان ارزیابی‌کننده گونه‌ها برای برنامه فهرست سرخ IUCN است (Newton, 2010). با توجه به اینکه در این روش مشارکت دادن عدم قطعیت داده‌ها در طبقه‌بندی به سهولت امکان‌پذیر است و مدیریت عدم قطعیت داده‌ها و نتایج طبقه‌بندی به صورت شفاف و کارا میسر است، روش طبقه‌بندی فازی گونه‌ها را می‌توان برای سایر گونه‌ها نیز با به‌کارگیری داده‌های غیرقطعی و منطق فازی

### فهرست منابع

سلیمان ماهینی، ع. ۱۳۸۸. شالوده حفاظت محیط زیست، نشر راه دانش سبز، تهران، ۳۵۰ صفحه.

- Akçakaya, H. R. & Ferson, S. 2007. RAMAS Red List: Threatened Species Classifications under Uncertainty. User manual for Version 3.0. Applied Biomathematics, Setauket, New York.
- Akçakaya, H. R.; Ferson, S.; Burgman, M. A.; Keith, D. A.; Mace, G. M. & Todd, C. R. 2000. Making Consistent IUCN Classifications under Uncertainty. *Conservation Biology*, pp: 1001-1013, Vol. 14, No.4.
- Akçakaya, H. R.; STUART, M. Butchart; Georgina. M. Mace; Simon N. Stuart & Craig Hilton- Taylor. 2006. Use and misuse of the IUCN Red List Criteria in projecting climate change impacts on biodiversity. *Global Change Biology*, pp: 2037-2043, Vol. 12.
- Burgman, M. A.; Keith, D. A. & Walshe, T. V. 1999. Uncertainty in Comparative Risk Analysis for Threatened Australian Plant Species, *Risk Analysis*, Vol. 19, No. 4.
- Colyvan, M.; Burgman, M. A.; Todd, C. R.; Akçakaya, H. R. & Boek, C. 1999. The treatment of uncertainty and the structure of the IUCN threatened species categories. *Biological Conservation*, pp: 245-249, Vol. 89.
- Mace, G. M.; Collar. N. J.; Gaston, K. J; Taylor, C. H.; Akçakaya, H. R.; Williams, N. L.; Gulland, E. J. M. & Stuart, S. N. 2008. Quantification of Extinction Risk: IUCN's System for Classifying Threatened Species. *Conservation Biology*, pp: 1424-1442, Vol. 22, No. 6.
- Mace, G. M. & Lande, R. 1991. Assessing extinction threats: towards a re-evaluation of IUCN threatened species categories. *Conservation Biology*, pp: 148-157, Vol. 5.
- Newton, A. C. 2010. Use of a Bayesian Network for Red Listing under uncertainty, *Environmental Modelling & Software*, pp: 15-23, Vol. 25.
- O'Grady, J. J.; Reed, D. H.; Brook, B. W. & Frankham, R. 2004. What are the best correlates of predicted extinction risk? *Biological Conservation*, pp: 513-520, Vol. 118.
- Regan, H. M.; Colyvan, M. & Burgman, M. A. 2000. A proposal for fuzzy International Union for the Conservation of Nature (IUCN) categories and criteria, *Biological Conservation* pp: 101-108. Vol. 92.