Archive of SID
محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹
صفحات ۶۳ تا ۷۶

ارتقاء سطح حفاظت از تنوع زیستی با بهبود وضعیت شبکه تحت حفاظت کشور، برنامه ریزی سیستماتیک حفاظت با استفاده از الگوریتم Zonation

بهمن شمس اسفندآباد[۱] و محمد کابلی[۲*]

۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک

۲- استاد گروه مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۶/۰۸/۱۴-تاریخ پذیرش ۹۷/۰۲/۰۳)

چکیده:

انتخاب مناطق حفاظت شده، یکی از مهمترین اقدامات برای حفاظت از تنوع زیستی محسوب می شود. رویکردهای تک منظوره و یا مبتنی بر انتخاب گونه‌های کاریزماتیک منجر به تشکیل شبکه حفاظتی غیر معرف از تنوع زیستی یک کشور می‌گردد. برای رفع این مشکل، رویکرد برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت معرفی شده است. با توجه به اینکه طبق پیشنهاد مطرح شده توسط UNEP تا سال ۲۰۲۰ سطح مناطق تحت حفاظت کشور باید از ۱۰ درصد تا ۱۷ درصد افزایش یابد، در این پژوهش، الگوریتم Zonation برای اولویت بندی مناطق جدید برای افزوده شدن به شبکه حفاظتی کنونی به کار گرفته شد. به این منظور ۳۶ گونه‌های جایگزین تنوع زیستی متشکل از گونه‌های آندمیک و یا در رده تهدید فهرست سرخ IUCN متعلق به پستانداران، پرندگان، خزندگان و دوزیستان انتخاب شدند. مدل مطلوبیت زیستگاه با روش بیشینه بی نظمی تهیه شد. سپس، الگوریتم Zonation با سه قانون حذف پیکسل زون بندی منطقه هسته‌ای، تابع افزاینده فایده و برنامه ریزی مبتنی بر هدف و با ثابت نگاه داشتن شبکه حفاظتی فعلی بر روی نقشه های مطلوبیت زیستگاه گونه های پیاده شد. انتخاب ۲۰ درصد از مناطق با بالاترین اولویت حفاظتی پیشنهاد شده توسط هر سه روش، حفاظت از زیستگاه گونه های جایگزین را حداقل ۱۶ درصد افزایش می‌دهد. مناطق پیشنهادی توسط روش تابع افزاینده فایده به طور متوسط ۳۴/۹۸ درصد از زیستگاه‌های گونه‌های جایگزین را در بر می‌گیرند که بیش از دو روش زون بندی منطقه هسته‌ای (۲۸/۷۴ درصد) و برنامه ریزی مبتنی بر هدف (۳۱/۱ درصد) است.

کلید واژگان: برنامه ریزی سیستماتیک حفاظت، الگوریتم Zonation، گونه جایگزین، شبکه حفاظتی ایران.

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴ ایمیل: mkaboli@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

اختصاص مناطق حفاظت شده یکی از مهمترین اقدامات برای حفاظت از تنوع زیستی در مقابله با افزایش تهدیدهای وارده از سوی انسان است (Dudley and Parish, 2006; Possingham *et al.*, 2006). اما کارآیی این مناطق به شدت به روش به کار رفته و انتخاب مناطق مناسب برای این منظور وابسته است. انتخاب مناطق به صورت تک منظوره و یا تنها مبتنی بر حفاظت برخی گونه‌ها منجر به تشکیل شبکه‌هایی غیر معرف از تنوع زیستی می‌گردید (Pressey and Tully, 1994; Rouget *et al.*, 2003). حتی سیستم‌های امتیاز دهی (Pressey and Nicholls, 1989) نتوانستند شبکه‌ای معرف و کارآمد از مناطق را تعیین کنند (Pressey, 1998). با توجه به این مشکلات و محدود بودن منابع در دسترس برای حفاظت، تلاش‌هایی برای بهبود برنامه‌ریزی حفاظت صورت گرفت که در نتیجه برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت[1] به عنوان یک رشته در حال تکامل و متشکل از مفاهیم بین رشته‌ای زیست شناسی، ریاضی و علوم اجتماعی شکل گرفت (Margules and Pressey, 2000; Possingham *et al.*, 2000). این رویکرد برتری قابل توجهی بر رویکردهای تک منظوره و امتیاز دهی دارد، زیرا مبتنی بر هدف، واضح، قابل دفاع و انعطاف‌پذیر بوده و هدف آن دستیابی کارآمد به اهداف مشخص شده به صورت کمی در داخل یک شبکه معرف و کامل کننده از مناطق تحت حفاظت است (Cowling and Pressey, 2003).

شبکه مناطق حفاظت شده در ایران بیشتر به صورت تک منظوره و مبتنی بر حفاظت از گونه‌های سمداران بزرگ جثه کاریزماتیک انتخاب شده‌اند (Madjnoonian, 2014). این مناطق در حال حاضر بیش از ۱۰/۳ از وسعت کل کشور را تحت پوشش قرار داده‌اند (Farashi and Shariati, 2017). اخیرا تلاشهایی برای افزایش سطح مناطق حفاظتی در ایران به انجام رسیده است، زیرا بر طبق پیشنهاد مطرح شده توسط UNEP در سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۲۰ حداقل ۱۷٪ از وسعت هر کشور باید حفاظت گردد. بنابراین، ضروری است تا در ابتدا توانایی شبکه مناطق حفاظت شده فعلی در حفاظت از تنوع زیستی کشور ارزیابی شود و سپس با به کارگیری رویکردی سیستماتیک، مناطق حفاظتی جدید با بالاترین کارآمدی حفاظتی (کمترین وسعت و بیشترین حفاظت از تنوع زیستی) معرفی شوند. تا کنون، در سطح کشور به صورت موردی از برخی از روش‌های برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت برای بهبود شبکه مناطق در استان‌های مختلف استفاده شده است که می توان به کارگیری نرم افزار Marxan (Ball and Possingham, 2000) در استان البرز (Esfandeh *et al.*, 2016)، استفاده از نرم‌افزار C-Plan (NSW NPWS, 1999) با تاکید بر حفاظت از تیپ‌های گیاهی در استان کهگیلویه و بویر احمد (Jafari *et al.*, 2010)، به کارگیری نرم افزار مارکسان و الگوریتم شبیه سازی تبرید تدریجی[2] در استان گلستان (Salman-Mahini, *et al.*, 2013) و استفاده از الگوریتم‌های مختلف نرم افزار Marxan در انتخاب مناطق مناسب برای حفاظت در استان مازندران (Mehri, *et al.*, 2013) اشاره نمود. از جمله روش هایی که بسیار اندک در داخل کشور

1-Systematic conservation planning

2-Simulated annealing

www.SID.ir

Archive of SID

بکارگرفته شده است می توان به روش Zonation اشاره نمود. در سایر نقاط دنیا، روش Zonation بر روی محیط‌های خشکی، رودخانه‌ای، دریایی و حتی شهری به کار گرفته شده است (Leathwick *et al.*, 2008; Moilanen *et al, 2011*. در این پژوهش برای اولین بار در سطح کل کشور از الگوریتم Zonation برای معرفی مناطق جدید به مجموعه فعلی شبکه مناطق حفاظت شده استفاده می‌شود. برای این منظور با در نظر گرفتن شبکه مناطق فعلی و با استفاده از رویکرد Zonation، ۲۰٪ از وسعت کشور که بالاترین اولویت در حفاظت از تنوع زیستی را دارند، معرفی می‌شوند.

۲. مواد و روش ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در سطح زیستگاه‌های کشور انجام شد. ایران کشور مهمی برای حفاظت از تنوع زیستی در خاورمیانه است. وسعت بالای آن (۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع)، موقعیت آن در میان مناطق جغرافیای جانوری پالئارکتیک، آفروتروپیکال و اورینتال به همراه تغییرات ارتفاعی در سرتاسر کشور موجب تنوع زیستی بالای آن شده است (Ziaei, 2008). به نحوی که تا کنون بیش از ۸۰۰۰ گونه گیاهی، ۲۰۰ گونه پستاندار، ۵۳۵ گونه پرنده، ۲۲۷ گونه خزنده، ۲۱ گونه دوزیست، ۱۶۰ گونه ماهی آب شیرین و ۷۱۰ ماهی دریایی شناسایی شده‌اند (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۸).

۲-۲. برنامه ریزی سیستماتیک حفاظت

مراحل برنامه ریزی سیستماتیک حفاظت عبارتند از (Moilanen *et al.*, 2009):

۱- تعیین پدیده‌های حفاظتی (جایگزین‌های تنوع زیستی[3])

۲- تعیین اهداف حفاظتی برای هر یک از پدیده‌ها

۳- تقسیم منطقه مورد مطالعه به واحدهای برنامه‌ریزی

۴- اندازه‌گیری مقدار هر پدیده حفاظتی در هر واحد برنامه‌ریزی

۵- تعریف و محاسبه مقدار هزینه برای هر واحد برنامه‌ریزی

۶- به کارگیری الگوریتم انتخاب مناطق حفاظت شده به منظور تعیین مناطق دارای اولویت برای حفاظت

۲-۳. انتخاب گونه های جایگزین

برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت متکی به اطلاعاتی در زمینه توزیع تنوع زیستی در داخل واحدهای برنامه‌ریزی است. با توجه به کمبود این اطلاعات و همچنین کمبود امکانات حفاظتی، به ناچار از جایگزین‌های تنوع زیستی استفاده می‌شود. هدف از انتخاب این جایگزین‌ها تعیین اجزایی از تنوع زیستی است که شایسته بیشترین توجه برای اقدامات حفاظتی می‌باشند (Sarkar and Illoldi-Rangel, 2010). در این مطالعه تمرکز بر گونه‌های مهره‌دار (به استثنای ماهی‌ها) بود و گونه‌هایی که در رده های تهدید شده فهرست سرخ IUCN (در آستانه انقراض[4]، در خطر انقراض[5] و آسیب پذیر[6]) قرار گرفته و گونه‌های آندمیک ایران به عنوان جایگزین تنوع زیستی در سطح کشور انتخاب شدند. برای شناسایی این گونه‌ها از اطلس‌های پرندگان (Kaboli *et al.*, 2012) پستانداران (Karami *et al.*, 2012)، خزندگان (Mozaffari *et al.*, 2015) و دوزیستان (Yousefi

3-Biodiversity surrogates

4 - Critically endangered (CR)

5 -Endangered (EN)

6 -Vulnerable (VU)

www.SID.ir

Archive of SID

et al., 2015) کشـور ایران اسـتفاده شـد. در نتیجه بر طبق این دو معیار (گونه های موجود در رده های تهدید و گونه های اندمیک) تعداد ۲۰ گونه پستاندار، ۲۱ گونه پرنـده، ۵۸ گونـه خزنده و ۱۰گونه دوزیسـت به عنوان جایگزین تنوع زیسـتی انتخاب شـدند. با توجه به اینکه این مطالعه محدود به زیسـتگاه‌های داخلی کشور است، بنابراین شـش گونه پسـتاندار دریازی از ادامه بررسی‌ها حذف شدند.

۲-۴. تعیین هدف حفاظتی

هدف حفاظتی بطور واضـح و کمی مشخص می کند که حـداقل چه میزانی از یک پدیده تنوع زیسـتی (در این مطالعه سـطح زیسـتگاه هر گونه) باید حفاظت شـود (Possingham *et al.*, 2006). در تحلیل انجام شده با اسـتفـاده از این روش، هـدف حفاظتی برای هر یک از گونـه ها ۳۰ درصـد از محدوده پراکنش در نظر گرفته شد. در پایان تجزیه و تحلیل با هر یک از روش‌ها، ۲۰٪ از وسـعت کشـور که بالاترین اولویت حفاظتی را داشتند انتخاب شـدند. این وسـعت با توجه به هدف افزایش تا سطح ۱۷٪ تا سال ۲۰۲۰ انتخاب گردید. لازم به توضیح اسـت که شـبکه کنونی مناطق حفاظت شده از ابتدا در تمـامی تحلیل ها بصـورت ثابت و با بالاترین اولویت در نظر گرفته شدند.

۲-۵. تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه ها

در مطالعاتی که در زمینه اولویت‌بندی مکانی حفاظت انجام می‌شود اغلب از توزیع پیش‌بینی شده برای گونه‌ها استفاده می‌شود، زیرا داده‌های به دست آمده از بازدیدهای صحرایی اغلب فقط قسمت اندکی از سیمای سرزمین را تحت پوشش قرار می‌دهند (Rondinini *et al.*, 2006). در این پژوهش، نقشه‌های توزیع بالقوه گونه‌های جایگزین، با استفاده از مدل توزیع گونه‌ها تهیه شد (Franklin, 2009). در میان روش‌های موجود برای مدلسازی توزیع گونه‌ها یکی از بهترین روش‌ها برای اندازه نمونه بین ۱۰ تا ۳۰ مشاهده رویکرد بیشینه بی نظمی[۷] است (Wiz *et al.*, 2008). بنابراین، با توجه به اندک بودن مشاهدات ثبت شده برای بیشتر گونه‌های مهره‌دار کشور از نرم افزار مکسنت[۸] استفاده شد، که بر مبنای بیشینه بی‌نظمی بنا شده است و تنها به نقاط حضور گونه‌ها نیاز دارد (Phillips *et al.*, 2006). داده‌های مورد نیاز، از اطلس‌های پستانداران (Karami *et al.*, 2012)، پرندگان (Kaboli et al., 2012)، خزندگان (Mozaffari *et al.*, 2015) و دوزیستان (Yousefi *et al.*, 2015) استخراج شدند. در پایان فقط برای گونه‌هایی که حداقل ۱۰ مشاهده از حضور آنها ثبت شده بود، مدل مکسنت تهیه گردید. برای انتخاب متغیرهای پیش‌بینی کننده حضور گونه‌ها از متغیرهای اقلیمی استفاده شد (Hijmans *et al.*, 2005; http://www.worldclim.org). این متغیرها ۱۹ لایه اطلاعاتی بوده که از داده‌های مربوط به بارش و دما در مقیاس پیکسل‌های با اندازه ۱×۱ کیلومتر تهیه شده اند. پیش از وارد سازی متغیرهای زیست اقلیمی در فرایند مدل سازی، همبستگی متغیرها با یکدیگر بررسی شدند و از متغیرهای با همبستگی بالا (r ›۰/۸) فقط یک متغیر وارد مدل شد. مدل‌سازی با نرم افزار مکسنت نسخه ۳,۳,۳ انجام شد.

برای آزمون اعتبار مدل نیز شاخص سطح زیر منحنی

7 - Maximum Entropy

8 - Maxent

www.SID.ir

Archive of SID

(AUC) برای منحنی ROC محاسبه شد. میزان این شاخص از ۰/۵ به معنای مدل تصادفی تا ۱ به معنای تفکیک کامل بین نقاط مطلوب و نامطلوب متغیر است (Liu *et al.*, 2009). سپس برای طبقه بندی نقشه مطلوبیت زیستگاه از آستانه مطلوبیت تولید شده توسط نرم افزار که مجموع توانایی مدل در پیش‌بینی مناطق مطلوب و نامطلوب را حداکثر می‌کند، استفاده شد (Jimenez-Valverde and Lobo, 2007). سپس، نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه شبکه مناطق حفاظت شده کشور رویهم‌گذاری شد تا میزان وسعتی از زیستگاه مطلوب پیش‌بینی شده برای هر گونه، که در داخل شبکه مناطق فعلی قرار می‌گیرند، مشخص شود. تمامی محاسبات مکانی با استفاده از نرم افزار Arcmap (Ver. 10.2) انجام گرفت.

۲-۶. الگوریتم انتخاب منطقه حفاظت شده

در این پژوهش از الگوریتم اولویت‌بندی مکانی Zonation و نرم افزار مربوطه استفاده گردید (Moilanen *et al.*, 2005; Moilanen and Kujala, 2008). الگوریتم Zonation (Moilanen *et al.*, 2005) سلسله مراتبی از اولویت حفاظتی در سرتاسر سیمای سرزمین ایجاد می‌کند. به این منظور به ترتیب پیکسل‌هایی از منطقه که حذف آنها کمترین کاهش را در ارزش حفاظتی شبکه مناطق باقیمانده دارند، انتخاب می‌شوند. این پیکسل ها پایین ترین رتبه را به خود اختصاص می دهند. پس از پایان رتبه بندی می‌توان هر وسعتی از منطقه را که در برگیرنده پیکسل های با بالاترین اولویت حفاظتی هستند، انتخاب نمود. پس از انتخاب این وسعت دلخواه از مناطق می‌توان سطحی از زیستگاه هر گونه که تحت حفاظت قرار می گیرد را مشخص کرد. این الگوریتم از قوانین متفاوتی برای حذف پیکسل‌ها استفاده می نماید که در نتیجه آن طبق نیازهای برنامه‌ریزی می‌توان شبکه دلخواهی از مناطق تحت حفاظت را انتخاب نمود. روش حذف پیکسل‌ها در الگوریتم Zonation به نحوی است که مناطق باقیمانده، بالاترین ارزش ممکن و بیشترین ارتباط را با یکدیگر داشته باشند (Moilanen, 2007). روش‌های به کار رفته برای حذف پیکسل‌ها و در نتیجه رتبه‌بندی سلسله مراتبی آنها عبارتند از: زون بندی منطقه هسته‌ای [9]، تابع افزاینده فایده [10] و برنامه ریزی مبتنی بر هدف[11]. در روش زون بندی منطقه هسته ای، حذف پیکسل به نحوی انجام می گردد تا میزان کاهش در حفاظت از پدیده‌های تنوع زیستی به حداقل برسد. در روش تابع افزاینده فایده، ارزش یک شبکه مناطق حفاظت شده برابر با مجموع ارزش‌های متعلق به تمامی گونه‌ها است. در روش برنامه ریزی مبتنی بر هدف، ابتدا حذف پیکسل ها به نحوی انجام می گیرد که سطح زیستگاه هیچ یک از گونه‌ها به کمتر از میزان هدف تعیین شده نرسد (Moilanen, 2007).

۲-۷. افزایش یکپارچگی زیستگاه‌ها

برای افزایش یکپارچگی مناطق اولویت‌بندی شده از دو روش جریمه طول مرز[12] (Moilanen and Wintle 2007) و صاف کردن توزیع[13] (Moilanen *et al.*,

9-Core Area Zonation (CAZ)
10-Additive benefit function (ABF)
11-Target based planning

12 - Boundary length penalty (BLP)
13 - Distribution smoothing

www.SID.ir

Archive of SID

2005) استفاده شد. برای انتخاب مقدار مناسب برای جریمه طول مرز همان گونه که توسط Moilanen و Wintle (۲۰۰۷) پیشنهاد شده است، مقادیر اعشاری مختلف از ۰/۰۱ به بالا انتخاب و تاثیر آن بر یکپارچگی مناطق با اولویت بالاتر بررسی گردید. بهترین نتیجه در هر سه روش حذف پیکسل‌ها با مقدار جریمه طول مرز برابر با ۰/۰۱ به دست آمد.

۳. نتایج

۳-۱. میزان حفاظت از گونه های نماینده تنوع زیستی در داخل شبکه مناطق چهارگانه:

با توجه به نقاط حضور موجود، از میان ۱۰۳ گونه جایگزین انتخاب شده فقط برای ۳۶ گونه (۱۱ گونه پستاندار، ۱۱ گونه پرنده، ۹ گونه خزنده و ۵ گونه دوزیست) نقاط حضور کافی برای تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه در دسترس بود. از میان ۳۶ گونه مدل سازی شده، برای ۲۲ گونه بیش از ۱۰٪ از زیستگاه‌های بالقوه داخل شبکه فعلی مناطق حفاظت شده سازمان حفاظت محیط زیست قرار گرفته است. بیشترین درصد حفاظت متعلق به گور ایرانی و سپس یوزپلنگ بوده است که هر دو گونه در آستانه انقراض (CR) قرار گرفته‌اند. اما خرس سیاه که در این رده تهدید قرار دارد، فقط ۶٪ از زیستگاه‌هایش داخل مناطق تحت حفاظت قرار گرفته است (جدول ۱). همچنین، در حال حاضر به طور متوسط فقط ۱۲/۶۲ درصد از زیستگاه گونه‌های جایگزین تحت حفاظت قرار گرفته است.

جدول ۱- گونه های جایگزین انتخاب شده برای اولویت بندی مکانی مناطق تحت حفاظت به همراه پراکنش آنها در شبکه مناطق چهار گانه کشور

	گونه های جایگزین	تعداد مشاهدات	وضعیت حفاظتی	AUC مدل مکسنت	مجموع زیستگاه های مطلوب (km^2)	درصد حفاظت شده داخل مناطق چهارگانه
پستانداران	*Acinonyx jubatus*	۳۵۶	CR	۰/۹۶	۱۱۵۵۲۱/۳۱	۳۰/۶۳
	Capra aegagrus	۳۰۶	VU	۰/۷۸	۴۸۳۴۱۲/۰۰	۱۱/۰۹
	Equus hemionus	۶۰	CR	۰/۹۹	۳۷۲۷۱/۵۹	۴۴/۲۰
	Gazella subgutturosa	۴۱	VU	۰/۸۴	۳۳۲۷۵۲/۱۰	۱۳/۸۹
	Myotis capaccinii	۲۰	VU	۰/۹۴	۱۴۶۴۱۱/۸۰	۵/۳۵
	Ovis orientalis	۶۴	VU	۰/۸۳	۶۳۷۴۸۱/۶۶	۱۰/۱۹
	Ovis vignei	۶۱	VU	۰/۸۰	۴۵۳۷۶۸/۶۵	۱۲/۰۴
	Panthera pardus	۸۶	EN	۰/۷۵	۳۳۳۲۲۷/۹۹	۱۲/۲۳
	Rhinolophus mehelyi	۱۰	VU	۰/۸۵	۶۰۱۸۷۷/۹۸	۸/۹۲
	Ursus thibetanus	۶۲	CR	۰/۹۶	۲۳۳۷۷۶/۱۵	۶/۱۸
	Vulpes cana	۱۱	VU	۰/۸۹	۳۳۲۹۹۴/۹۶	۱۵/۳۱

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱- گونه های جایگزین انتخاب شده برای اولویت بندی مکانی مناطق تحت حفاظت به همراه پراکنش آنها در شبکه مناطق چهار گانه کشور

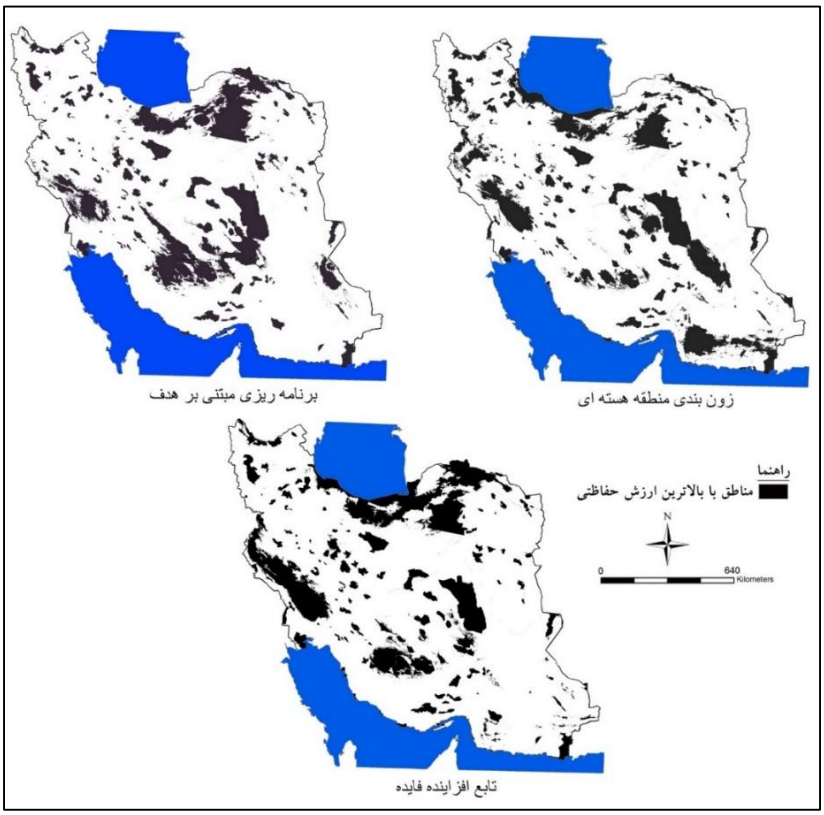
گونه های جایگزین		تعداد مشاهدات	وضعیت حفاظتی	AUC مدل مکسنت	مجموع زیستگاه های مطلوب (km^2)	درصد حفاظت شده داخل مناطق چهارگانه
Anser erythropus	پرندگان	۲۹	VU	۰/۹۸	۱۸۷۸۴۹/۹۸	۹/۶۹
Aquila clanga		۷۸	VU	۰/۸۸	۳۶۸۹۲۶/۳۱	۹/۵۵
Aquila heliacal		۹۳	VU	۰/۸۸	۲۷۱۹۱۳/۹۳	۹/۹۲
Chlamydotis macqueenii		۷۰	VU	۰/۸۱	۲۳۰۰۴۷/۹۹	۱۷/۴۲
Falco cherrug		۸۰	VU	۰/۸۰	۲۰۸۸۰۳/۸۶	۱۱/۳۲
Marmaronetta angustirostris		۴۵	VU	۰/۹۱	۲۴۴۹۶۹/۳۳	۱۱/۳۴
Neophron percnopterus		۱۹۴	EN	۰/۸۰	۴۶۵۴۶۲/۷۹	۸/۳۲
Otis tarda		۴۸	VU	۰/۹۵	۲۰۹۸۱۹/۰۷	۷/۷۴
Pelecanus crispus		۶۰	VU	۰/۹۴	۲۱۰۱۸۹/۵۲	۷/۰۵
Vanellus gregarious		۱۵	CR	۰/۸۳	۲۰۴۷۸۴/۳۳	۹/۹۳
Podoces pleskei		۲۵	آندمیک	۰/۸۷	۳۹۵۱۷۰/۳۷	۱۰/۹۳
Bunopus crassicauda	خزندگان	۱۴	آندمیک	۰/۸۷	۳۲۳۵۱۵/۰۸	۱۲/۵۲
Darevskia defilippii		۲۵	آندمیک	۰/۹۸	۱۷۳۸۵۳/۴۳	۱۴/۳۶
Montivipera latifii		۴۶	EN، آندمیک	۰/۹۹	۵۸۰۹/۰۰	۲۳/۶۱
Phrynocephalus persicus		۱۲	VU، آندمیک	۰/۷۹	۴۶۴۴۵۷/۹۸	۱۳/۳۶
Rhinigecjo misonnei		۱۰	آندمیک	۰/۹۷	۲۱۳۴۶۴/۰۶	۱۵/۵۲
Testudo graeca		۶۸	VU	۰/۸۵	۱۷۹۲۴۶/۴۴	۶/۹۰
Testudo horsfieldii		۱۵	VU	۰/۸۴	۴۶۱۲۲۱/۷۳	۱۳/۱۰
Timon princeps		۱۶	آندمیک	۰/۹۴	۲۰۲۸۳۳/۱۹	۱۰/۵۱
Tropiocolates latifi		۱۰	آندمیک	۰/۹۳	۸۷۷۶۶/۲۶	۱۴/۱۱
Bufo eichwaldi	دوزیستان	۲۰	VU	۰/۹۸	۱۶۳۳۹۲/۸۵	۱۳/۰۷
Bufo surda annulata		۱۳	آندمیک	۰/۸۴	۲۴۳۷۸۴/۰۰	۶/۵۴
Neurergus kaiseri		۲۹	CR، آندمیک	۰/۹۹	۵۷۵۸۵/۰۴	۵/۹۰
Pseudopidalea luristanica		۱۰	آندمیک	۰/۹۸	۸۱۲۵۲/۲۷	۸/۴۶
Rana pseudodalmatina		۱۸	آندمیک	۰/۹۶	۱۸۶۵۴۱/۶۹	۱۳/۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲. مناطق پیشنهاد شده توسط الگوریتم Zonation

در این پژوهش، نقشه دربرگیرنده ۲۰ درصد از سطح کشور که دارای بالاترین اولویت حفاظتی است با استفاده از هر سه روش حذف پیکسل ها به دست آمد (شکل ۱). در ادامه، با رویهم گذاری هر یک از سه نقشه فوق بر روی نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه طبقه بندی شده برای گونه‌های جایگزین، درصدی از زیستگاه هر یک از این گونه‌های که در داخل ۲۰ درصد از سطح کشور با بالاترین اولویت حفاظتی قرار می‌گیرد، تعیین شد (جدول ۲). نتایج نشان داد در صورت انتخاب مناطق با الویت بالای حفاظتی پیشنهاد شده توسط هر یک از سه روش حذف پیکسل ها چه درصدی از زیستگاه های گونه های جایگزین حفاظت می‌شود. مناطق پیشنهاد شده توسط روش برنامه ریزی مبتنی بر هدف تنها در ۱۴ مورد از ۳۶ مورد حداقل مساحتی برابر با ۳۰٪ از کل زیستگاه های یک گونه را تحت پوشش قرار داد. روش تابع افزاینده فایده در ۲۱ مورد علمکرد بهتری نسبت به روش مبتنی بر هدف داشت. روش تابع افزاینده فایده در ۲۸ مورد از ۳۶ مورد بهتر از روش زون‌بندی منطقه هسته‌ای عمل نمود. در روش زون‌بندی منطقه هسته‌ای کمترین مساحت پوشش داده شده برای یک گونه ۱۳ درصد از وسعت زیستگاه گونه بود در حالی که این مقدار در روش مبتنی بر هدف ۹/۷۷ و برای روش تابع افزاینده فایده ۷/۸۴ است.



شکل ۱- مناطق در برگیرنده ۲۰٪ از سطح کشور با بالاترین ارزش حفاظتی بر طبق روش‌های مختلف حذف پیکسل در الگوریتم Zonation.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ -میزان حفاظت از زیستگاه های مطلوب گونه های جایگزین در شبکه مناطق حفاظت شده پیشنهاد شده توسط سه روش حذف پیکسل در نرم افزار Zonation.

گونه‌های جایگزین		درصد پوشش داده شده در روش تابع افزاینده فایده	درصد پوشش داده شده در روش زون‌بندی منطقه هسته‌ای	درصد پوشش داده شده در روش مبتنی بر هدف
پستانداران	*Acinonyx jubatus*	۳۶/۷۰	۴۰/۵۲	۴۱/۰۳
	Capra aegagrus	۲۵/۸۹	۲۰/۴۰	۲۸/۳۰
	Equus hemionus	۷۸/۲۰	۷۲/۷۲	۸۶/۰۲
	Gazella subgutturosa	۲۶/۲۱	۲۰/۶۸	۳۴/۵۴
	Myotis capaccinii	۴۴/۱۱	۳۰/۰۵	۲۶/۳۰
	Ovis orientalis	۲۱/۳۷	۱۶/۵۲	۲۴/۹۴
	Ovis vignei	۲۵/۸۰	۲۰/۳۰	۳۳/۹۴
	Panthera pardus	۳۱/۷۹	۲۱/۸۵	۳۷/۴۰
	Rhinolophus mehelyi	۲۷/۷۳	۲۰/۹۳	۲۲/۱۴
	Ursus thibetanus	۹/۴۲	۱۹/۱۰	۱۴/۱۷
	Vulpes cana	۱۶/۶۵	۱۸/۹۴	۲۱/۰۱
پرندگان	*Anser erythropus*	۴۰/۳۸	۲۹/۵۰	۲۳/۶۳
	Aquila clanga	۳۳/۹۹	۳۰/۷۵	۲۳/۲۶
	Aquila heliacal	۳۳/۸۳	۲۴/۲۰	۲۷/۷۸
	Chlamydotis macqueenii	۱۹/۲۶	۲۰/۲۸	۲۰/۹۷
	Falco cherrug	۴۰/۰۳	۲۷/۰۳	۳۰/۷۰
	Marmaronetta angustirostris	۴۱/۸۴	۲۸/۳۱	۳۲/۹۲
	Neophron percnopterus	۳۰/۱۰	۲۳/۱۸	۲۰/۳۹
	Otis tarda	۱۹/۲۷	۱۵/۲۶	۱۶/۹۹
	Pelecanus crispus	۳۱/۳۱	۳۱/۹۵	۱۸/۷۵
	Vanellus gregarious	۲۹/۱۳	۲۳/۵۵	۱۶/۵۰
	Podoces pleskei	۱۵/۶۵	۱۳/۳۱	۲۳/۳۴

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۲ -میزان حفاظت از زیستگاه های مطلوب گونه های جایگزین در شبکه مناطق حفاظت شده پیشنهاد شده توسط سه روش حذف پیکسل در نرم افزار Zonation.

	گونه‌های جایگزین	درصد پوشش داده شده در روش تابع افزاینده فایده	درصد پوشش داده شده در روش زون‌بندی منطقه هسته‌ای	درصد پوشش داده شده در روش مبتنی بر هدف
خزندگان	*Bunopus crassicauda*	۲۵/۵۲	۱۸/۷۴	۲۴/۴۰
	Darevskia defilippii	۴۵/۶۰	۳۱/۹۰	۳۵/۴۹
	Montivipera latifii	۹۹/۹۹	۹۹/۹۹	۹۸/۶۰
	Phrynocephalus persicus	۲۴/۷۲	۲۰/۰۲	۲۴/۸۷
	Rhinigecjo misonnei	۱۵/۶۶	۲۷/۴۲	۱۵/۵۹
	Testudo graeca	۳۱/۴۶	۲۳/۳۷	۱۹/۶۷
	Testudo horsfieldii	۲۵/۵۹	۱۹/۰۰	۲۶/۵۱
	Timon princeps	۴۰/۷۷	۲۷/۵۸	۴۰/۰۰
	Tropiocolates latifi	۳۷/۶۰	۱۸/۶۷	۶۲/۵۹
دوزیستان	*Bufo eichwaldi*	۴۷/۵۰	۳۵/۸۵	۳۶/۰۴
	Bufo surda annulata	۷/۸۴	۱۸/۳۰	۹/۷۷
	Neurergus kaiseri	۸۲/۳۰	۵۴/۵۹	۳۹/۷۹
	Pseudopidalea luristanica	۵۸/۹۱	۴۳/۹۰	۳۵/۰۳
	Rana pseudodalmatina	۳۷/۲۴	۲۵/۹۱	۲۶/۱۱

۴. بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش برای نخستین بار از یک رویکرد سیستماتیک اولویت‌بندی مکانی برای پیشنهاد مناطق جدید برای توسعه شبکه مناطق حفاظت شده در سطح کل کشور استفاده گردید. الگوریتم Zonation برای تحلیل مجموعه داده‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی با حجم زیاد که نشان دهنده توزیع اجزایی از تنوع زیستی (نظیر گونه‌ها، زیستگاه‌ها و یا خدمات اکوسیستم‌ها) هستند، مناسب است (Kremen *et al.*, 2008; Leathwick *et al.*, 2008; Thomson *et al.*, 2009). در این پژوهش نقشه های مطلوبیت زیستگاه بکار رفته اندازه پیکسلی برابر با ۱ کیلومتر مربع داشتند و کل منطقه مورد مطالعه به بیش از یک میلیون و ششصد هزار واحد برنامه ریزی تقسیم گردید. در حالیکه در مطالعه ای که در سطح استان مازندران با روش

www.SID.ir

Archive of SID

Marxan انجام گردید کل منطقه به ۱۹۸۶۵ واحد تقسیم شد (Mehri *et al.*, 2013)، و یا اولویت بندی حفاظت در استان البرز با روش Marxan با بررسی ۱۰۲۷ واحد انجام گرفت (Esfandeh *et al.*, 2016). انتخاب مناطق حفاظت شده جدید در استان کهگیلویه و بویر احمد با روش C-Plan نیز با تحلیل ۹۱۹ واحد برنامه ریزی انجام شد (Jafari *et al.*, 2010). هر چند این مطالعات هر یک محدود به یک استان بودند اما تعداد واحدهای برنامه ریزی بکار رفته در پژوهش حال حاضر بیش از ۸۰ برابر حداکثر تعداد واحد برنامه ریزی مورد استفاده در سایر مطالعات بود. این امر نشان دهنده توان بالای روش Zonation برای تصمیم گیری در مقیاس های بزرگ می باشد.

در روش Zonation می‌توان به جای تعیین میزان اهداف حفاظتی (نظیر درصدی از وسعت محدوده انتشار هر گونه) که در روش‌هایی نظیر Marxan (Ball and Possingham, 2000) کاربرد دارد، از رتبه بندی اولویت سلسله مکانی برای تمامی پیکسل‌ها در سیمای سرزمین بر اساس میزان وقوع هر یک از گونه‌ها و ارتباط بین زیستگاه‌ها برای هر یک از گونه‌ها استفاده نمود. در حالیکه در روشهایی نظیر Marxan مجموعه مناطق پیشنهادی با تغییر میزان هدف حفاظتی تغییر زیادی می یابند (Mehri *et al.*, 2013; Esfandeh *et al.*, 2016)، و از این روی نتایج بدست آمده از تحلیل های انجام شده به وسیله Marxan وابستگی زیادی به معیارهای بکار رفته در تعیین میزان هدف حفاظتی دارند.

روش اولویت‌بندی مکانی مناطق حفاظتی Zonation در مقایسه با روش‌های ارائه شده در نرم افزار Marxan مانند شبیه‌سازی تبرید تدریجی می‌تواند از نقشه‌های کمی پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه استفاده کند. در حالی که در روش‌های نرم‌افزار Marxan هر یک از نقشه‌های توزیع گونه‌ها و یا سایر پدیده های حفاظتی بصورت لایه های بولین (صفر و یک) قابل استفاده می باشند (Ball and Possingham, 2000; Mehri *et al.*, 2013). این امر نشان دهنده دقت بالاتر روش Zonation است. همچنین در روش Zonation برای مجموعه ثابتی از نقشه‌ها و قانون یکسان حذف پیکسل، مجموعه ثابتی از مناطق با اولویت حفاظتی پیشنهاد می‌گردند (Moilanen *et al.*, 2005)، در حالی که روش‌های به کار رفته در نرم افزار Marxan مبتنی بر تکرار هستند و میانگین تکرار و یا تعداد دفعات انتخاب یک پیکسل در تکرارها نشان دهنده اهمیت حفاظتی آن پیکسل است (Ball and Possingham, 2000). برای مثال در مطالعه انجام شده در استان مازندران (Mehri *et al.*, 2013) مدل ۱۰۰ بار تکرار و در هر تکرار الگوریتم انتخاب مناطق ۱۰ میلیون بار تکرار گردید. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که روش Zonation جواب‌های قطعی‌تری ارائه می‌کند.

مناطق پیشنهاد شده بر اساس هر یک از روش‌های حذف پیکسل‌ها در نرم افزار Zonation حداقل ۱۶٪ به میانگین وسعت زیستگاه‌های حفاظت‌شده از گونه‌های جایگزین تنوع زیستی در سطح کشور می‌افزایند. بیشترین پوشش تنوع زیستی در اولویت‌بندی مبتنی بر روش تابع افزاینده فایده مشاهده می‌گردد. همانگونه که در منابع نیز ذکر شده است (Moilanen, 2007) زمانی که از نمونه‌ای از گونه‌ها به عنوان معرف تنوع‌زیستی حفاظت می‌گردد، این روش مناسب‌تر از روش‌های دیگر حذف پیکسل است. برنامه‌ریزی مبتنی بر هدف نیز به

www.SID.ir

Archive of SID

خوبی تابع افزاینده فایده عمل نمی‌کند که دلیل آن محدود شدن زیستگاه‌های انتخاب شده فقط به ۲۰٪ از سطح کشور است، که در این وسعت امکان دستیابی به تمامی اهداف تعیین شده وجود ندارد. به عبارت دیگر، چنانچه تصمیم بر حفاظت حداقل ۳۰٪ از زیستگاه‌های گونه‌های جایگزین باشد باید بیش از ۲۰٪ از وسعت کل کشور تحت حفاظت قرار گیرد. روش زون‌بندی منطقه هسته‌ای موفقیت کمتری در متوسط حفاظت از زیستگاه گونه‌ها دارد، اما در این روش حداقل مساحت حفاظت‌شده از زیستگاه یک گونه بیش از دو روش دیگر است که نشان‌دهنده تمرکز این روش بر حفظ زیستگاه‌های مرکزی هر گونه است. در نتیجه چنانچه هدف حفاظت بیشترین سطح ممکن از زیستگاه گونه ها باشد، نتیجه روش تابع افزاینده فایده مناسب تر است. اما برای حفاظت از زیستگاه های با مطلوبیت بالاتر روش زون بندی منطقه هسته ای و برای تلفیقی از دو معیار سطح زیستگاه و میزان مطلوبیت آن نتیجه روش برنامه ریزی مبتنی بر هدف کارآمد تر خواهد بود. در پایان، این پژوهش با بکار گیری رویکرد سیستماتیک حفاظت الگوریتم Zonation سه گزینه برای افزایش تقریبا ۱۰٪ به وسعت مناطق چهارگانه فعلی ارائه می نماید که هر یک از این سه گزینه میزان حفاظت از تنوع زیستی در کشور را حداقل دو برابر می‌نمایند.

در انتها ذکر این نکته الزامی است که افزایش کارآیی شبکه مناطق حفاظت‌شده وابستگی مستقیم به میزان اطلاعات موجود از حضور گونه‌ها به ویژه گونه‌های آندمیک دارد. با توجه به آمار و پژوهش‌های اندک در این زمینه امکان پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب برای بسیاری از گونه‌های آندمیک در سطح کشور وجود ندارد، که این امر کارآیی این مناطق را در حفاظت از ارزشمندترین اجزای تنوع زیستی کشور می‌کاهد.

Refrencces

Ball, I.R., Possingham, H.P., 2000. Marxan version 1.8.3. Available at: http://www.ecology.uq.edu.au/marxan.htm.

Cowling, R.M., Pressey, R.L., 2003. Introduction to systematic conservation planning in the Cape Floristic Region. Biological Conservation 112, 1-13.

Dudley, N., Parish, J., 2006. Closing the gap. Creating ecologically representative protected area systems: A guide to conducting the gap assessment of protected area system for the Convention on Biological Diversity. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Techinical Serie no. 24, Montreal

Esfandeh, S., Kaboli, M., Islami, L., 2016. Application of simulated annealing algorithm to systematic prioritization of protected area in Alborz province, Iran. Journal of Animal Environment 9, 105-122 (In Persian).

Farashi, A. and Shariati, M., 2017. Biodiversity hotspots and conservation gaps in Iran. Journal for Nature conservation 39, 37-57.

Franklin, J., 2009. Mapping species distributions; spatial inference and prediction. Cambridge University Press.

Hijmans, R.J.S.E., Cameron, J.L., Parra, P.G., Jones, Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25, 1965–1978.

Jafari, A., Yavari, A., Bahrami, S., Yarali, N., 2010. Designation of new protected area with application of C-Plan on vegetation types (Case study: Kohgiloye

www.SID.ir

Archive of SID

and Boyer Ahmad). Journal of Environmental science 36, 1-12.

Jimenez-Valverde, A, Lobo, J.M., 2007. Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either–or presence–absence .Acta Oecologica 31, 361 – 369.

Kaboli, M., Aliabadian, M., Tohidifar, M., Hashemi, A.R., Roslar, K., 2012. Atlas of Birds of Iran. Department of Environment of Iran-University of Tehran.

Karami, M., Ghadirian, T., Faizolahi, k., 2012. Atlas of Mammals of Iran. Department of Environment of Iran-University of Tehran.

Kremen, C., Cameron, A., Moilanen, A., Phillips, S.J., Thomas, C.D., 2008. Aligning Conservation Priorities Across Taxa in Madagascar with High- Resolution Planning Tools. Science 320, 222–226.

Leathwick, J., Moilanen, A., Francis, M., Elith, J., Taylor, P., 2008. Novel methods for the design and evaluation of marine protected areas in offshore waters. Conservation Letters 1, 91–102.

Liu, C., White, M., Newell, G., 2009. Measuring the accuracy of species distribution models: a review. 18th World IMACS/MODSIM Congress, Carins, Australia.

Madjnoonian, H., 2014. Protected Areas: Criteria and Guideline for Selection, Conservation and Management of Protected Areas. Vol 1. Nashr-Day Publications, Tehran, Iran. (in Persian).

Margules, C.R., Pressey, R.L. 2000. Systematic conservation planning, Nature 405, 243–253.

Mehri, A., Salman – Mahini, A., Mirkarimi, S.H., Rezaei, H.R., 2013. Comparison of efficiency of three intelligent algorithms in selection of conservation areas (Case study: Mazandaran province). Journal of Environmental Science. 40, 1-16 (In Persian).

Moilanen, A., 2007. Landscape Zonation, benefit functions and target-based planning: Unifying reserve selection strategies. Biological Conservation 134, 571–579.

Moilanen, A., Franco, A.M.A., Early, R.I., Fox, R., Wintle, B., 2005. Prioritizing multiple-use landscapes for conservation: methods for large multi-species planning problems. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 272, 1885–1891.

Moilanen, A., Wintle, B.A., 2007. The boundary-quality penalty: a quantitative method for approximating species responses to fragmentation in reserve selection. Conservation Biology 21, 355-364.

Moilanen, A., Kujala, H., 2008. Zonation: software for spatial planning. v. 2.0. User manual: Online: http://www.helsinki.fi/bioscience/consplan. 136 pp.

Moilanen, A., Wilson, K.A., Possingham, H.P., 2009. Spatial Conservation Prioritization: Quantitative Methods and Computational Tools. Oxford University Press, Oxford. 320 pp.

Moilanen, A., Anderson, B.J., Eigenbrod, F., Heinemeyer, A., Roy, D.B., 2011. Balancing alternative land uses in conservation prioritization. Ecological Applications 21, 1419–1426.

Mozaffari, O., Kamali, K., Fahimi, H., 2015. Atlas of Reptiles of Iran. Department of Environment of Iran.

New South Wales National Parks and Wildlife Service (NSW NPWS).1999. The Conservation Planning System (C-Plan) version 3.11. http://www.members.ozemail.com.au/~cplan/

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modelling 190, 231-259.

Possingham, H.P., Ball, I.R., Andelman, S., 2000. Mathematical methods for identifying representative reserve networks. In: Ferson S, Burgman M (Eds.), Quantitative Methods for Conservation Biology. Springer-Verlag, New York, pp. 291–305.

Possingham, H.P., Wilson, K.A., Andelman, S.J., Vynne, C.H., 2006. Protected areas. Goals, limitations, and design. Pp. 507–549 in M. J. Groom, G. K. Meffe, C. R. Carroll, eds. Principles of

www.SID.ir

Archive of SID

conservation biology. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.

Pressey, R.L., 1998. Algorithms, politics and timber: an example of the role of science in a public, political negotiation process over new conservation areas in production forests In: R.T. Wills and Hobbs RJ, Editors, Ecology for Everyone: Communicating Ecology to Scientists, the Public and the Politicians, Chipping Norton, Surrey Beatty and Sons, NSW pp. 73–87.

Pressey, R.L., Nicholls, A.O., 1989. Efficiency in conservation planning: scoring versus iterative approaches, Biological Conservation 50, 199–218.

Pressey, R.L., Tully, S.L., 1994. The cost of ad hoc reservation: a case study in western New South Wales, Australian Journal of Ecology, 19, 375–384.

Rondinini, C., Chiozza, F., Boitani, L., 2006. High human density in the irreplaceable sites for African vertebrate conservation. Biological Conservation 133, 358-363.

Rouget, M., Cowling, R.M., Pressey, R.L., Richardson, D.M., 2003. Identifying spatial components of ecological and evolutionary processes for regional conservation planning in the Cape Floristic Region, South Africa. Diversity and Distribution 9, 191–210.

Salman – Mahini, A., Saeid, M., Kamyab, H., Nasir-Ahmadi, K., 2013. Comparison of simulated annealing and multi objective land use assessment and allocation in optimal selection of land use. Journal of Applied Ecology 3, 1-12.

Sarkar, s., Illoldi-Rangel, P., 2010. Systematic conservation planning: an updated protocol. Brazilian Journal of Nature Conservation 8, 19-26.

Thomson, J.R., Moilanen, A.J., Vesk, P.A., Bennett, A.F., Nally, R.M., 2009. Where and when to revegetate a quantitative method for scheduling landscape reconstruction. Ecological Applications 19, 817–828.

Wiz, M.S., Hijmans, R.J., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C.H., Guisan, A., NCEAS predicting species distribution working group, 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. Diversity and Distribution 14,763-773.

Yousefi, S., Saeedi, H., Behfar, M., Fallahi, R., Izadian, M., 2015. Atlas of Amphibians of Iran. Department of Environment of Iran.

Ziaei, H., 2008. A field guide to mammals of Iran, 2nd edition. Wildlife Center Publication, Iran.

www.SID.ir