

## مدل‌سازی زیستگاه یوزپلنگ ایرانی با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (مطالعه موردی پناهگاه حیات وحش دره انجیر)

نوید زمانی<sup>۱</sup>، مجتبی قندالی<sup>۲\*</sup>، وحید زمانی<sup>۳</sup>، جلال موسوی<sup>۴</sup> و شاهو کرمی<sup>۵</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۷/۱۹)

### چکیده

تعیین مطلوبیت زیستگاه یکی از ارکان مدیریت و حفاظت گونه‌های حیات وحش محسوب می‌گردد. زیستگاه‌های مطلوب تاثیر به‌سزایی بر بقاء و تولید مثل گونه‌ها خواهد داشت و در امر مدیریت و حفاظت حیات وحش مورد توجه قرار می‌گیرند. در این پژوهش به‌منظور مطالعه زیستگاه یوزپلنگ ایرانی و تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه این گونه در پناهگاه حیات وحش دره انجیر جهت حفاظت مؤثرتر از این گونه در آستانه انقراض، داده‌های حضور گونه که طی چهار فصل در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۰ از این منطقه جمع‌آوری گردید با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی در نرم‌افزار Biomapper مورد بررسی قرار گرفت. پس از آماده‌سازی نقشه‌ها توسط نرم‌افزار Idrisi و Biomapper، متغیرهای زیستگاهی شامل ارتفاع، شیب، جهت، تیپ پوشش گیاهی، فاصله از منابع آب و فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی وارد نرم‌افزار بایومپر شد. جدول امتیاز حاصل از تحلیل عاملی نشان می‌دهد که یوزپلنگ ایرانی به مناطق کوهستانی که دارای عوارض توپوگرافی مناسب برای مخفی شدن به منظور شکار طعمه است و جهت‌های شمالی که دارای رطوبت نسبی بیشتر و پوشش گیاهی غنی‌تر و طعمه بیشتر است تمایل بیشتری نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل مدل مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر نشان می‌دهد که یوزپلنگ ایرانی در این زیستگاه دارای پهنای آشیان بوم‌شناختی متوسط می‌باشد و به زیستگاه‌های حاشیه‌ای تمایل بیشتری نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بایومپر، نمابه پیوسته بویس، مدل مطلوبیت زیستگاه، داده‌های فقط حضور، تخصص‌گرایی

۱. گروه محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان

۲. گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، همدان

۳. گروه محیط‌زیست، لابراتوار اکولوژی آلباین، دانشگاه ژوزف فوریه، گرونوبل، فرانسه

۴. رئیس اداره محیط زیست شهرستان بافق، یزد

۵. گروه محیط زیست، دانشگاه پیام نور تهران

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ghandali@gmail.com

## مقدمه

تعیین مطلوبیت زیستگاه یکی از ارکان مدیریت و حفاظت گونه‌های حیات وحش محسوب می‌گردد، زیستگاه‌های مطلوب تاثیر به‌سزایی بر بقاء و تولید مثل گونه‌ها خواهد داشت و در امر مدیریت و حفاظت حیات وحش مورد توجه قرار می‌گیرند (۵). اما تعیین زیستگاه‌های مطلوب در مقیاس وسیع با بررسی‌های صحرائی، بسیار وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد، لذا روش‌های مدل‌سازی زیستگاه به سرعت در مدیریت حیات وحش مورد استفاده قرار گرفتند.

مدل‌های زیستگاه بر مبنای این فرض ساخته شده است که بین وقوع یا فراوانی گونه‌ها با متغیرهای زیستگاهی، الگوهای معنی‌داری وجود دارد (۱۵). وقتی مکانی با خصوصیات زیستگاهی مشخص، با وقوع گونه هم‌بستگی دارد، اغلب فرض می‌شود که این مکان، زیستگاه با کیفیتی می‌باشد. بنابراین احتمال حضور یک گونه به‌عنوان جایگزینی برای کیفیت زیستگاه استفاده می‌شود (۲۵ و ۲۶).

مدل‌های مطلوبیت زیستگاه جایگاه ویژه‌ای در مدیریت زیستگاه داشته و نقش مهمی در حفاظت حیات وحش ایفا می‌نمایند (۵ و ۷). شناسایی زیستگاه‌های مناسب برای حفاظت و مدیریت گونه‌های در خطر انقراض، معرفی دوباره گونه‌ها، تحلیل تضاد بین انسان و حیات وحش، شناخت اکولوژیک در مورد رفتار گونه، شناسایی مناطقی که بالفعل مستعد حضور گونه یا گونه‌های خاصی هستند، عمدتاً متکی به مدل‌سازی رابطه بین زیستگاه و توزیع گونه‌ها هستند (۷). لذا روش‌های مدل‌سازی زیستگاه به سرعت در مدیریت حیات وحش مورد استفاده قرار گرفتند. تعداد زیادی از روش‌ها برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه استفاده می‌شود، ولی این روش‌ها می‌تواند به دو گروه کلی تقسیم شوند. گروهی که نیاز به داده‌های حضور/عدم حضور گونه دارند و گروهی که نیاز به داده‌های فقط حضور گونه دارند. رایج‌ترین فنون آماری مدل‌سازی براساس روش‌های رگرسیون چندگانه است و نیازمند داده‌های دوتایی (حضور/عدم حضور گونه) برای ساخت مدل می‌باشد.

اخیراً روش‌هایی از مدل‌سازی که از داده‌های فقط حضور استفاده می‌شود توسعه پیدا کرده است که شامل تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (Ecological Niche Factor Analysis: ENFA)، تکنیک الگوریتم ژنتیک (Genetic Algorithm for Bioclimate) و (GARF: Prediction Rule-set) و (Analysis) می‌باشد (۷). روش‌های مدل‌سازی بر مبنای داده‌های فقط حضور برای مدل‌سازی آماری مشکل‌تر است و به‌علت استفاده از مشاهدات فرصت طلبانه و عدم استفاده از داده‌های عدم حضور، ارباب نمونه‌برداری ناشناخته‌ای به‌وجود می‌آید که دقت و صحت مدل را کاهش می‌دهد. در این روش، اغلب مکان‌های نمونه‌برداری با فاکتورهای دیگری از قبیل دسترس پذیری یا تیپ زیستگاهی هم‌بسته می‌باشد (۲۷). اگرچه کارایی مدل‌های بر مبنای داده‌های فقط حضور صحت کمتری از مدل‌های بر مبنای داده‌های حضور/عدم حضور دارد، ولی به‌علت اینکه اغلب داده‌های فقط حضور در دسترس هستند و همچنین داده‌های فقط حضور به‌وسیله بررسی‌های غیرطرح‌دار (تصادفی) از منطقه جمع‌آوری می‌شود که هزینه کمتری نسبت به نمونه‌برداری‌های طرح‌دار دارد به‌همین دلیل روش‌های مدل‌سازی فقط حضور مورد استفاده بیشتری قرار می‌گیرد (۷).

از چند سال گذشته، نگرانی‌هایی درباره حفاظت از یوزپلنگ آسیایی در ایران وجود دارد. یوزپلنگ آسیایی زیرگونه در معرض خطر انقراضی است (۲۲) که در گذشته در شبه قاره هند، افغانستان، ترکمنستان، ایران، شبه جزیره عربستان و سوریه پراکنش داشته است (۲۴). طی ۲۰ سال گذشته، نیمه شرقی ایران آخرین سنگرگاه یوزپلنگ‌های آسیایی بوده است و حضور آنها تنها به چند منطقه محدود در داخل کشور می‌باشد (۱۲).

یوزپلنگ به‌عنوان گوشتخواری شناخته شده است که زیستگاه‌های دشتی باز را ترجیح می‌دهد. این تفکر تنها به دلیل آن نیست که آنها ساخته شده‌اند برای سرعت (۲۴) بلکه احتمالاً به این دلیل نیز می‌باشد که بیشتر مطالعات صورت گرفته درخصوص اکولوژی یوزپلنگ، در ساوان‌های علفی باز اجرا

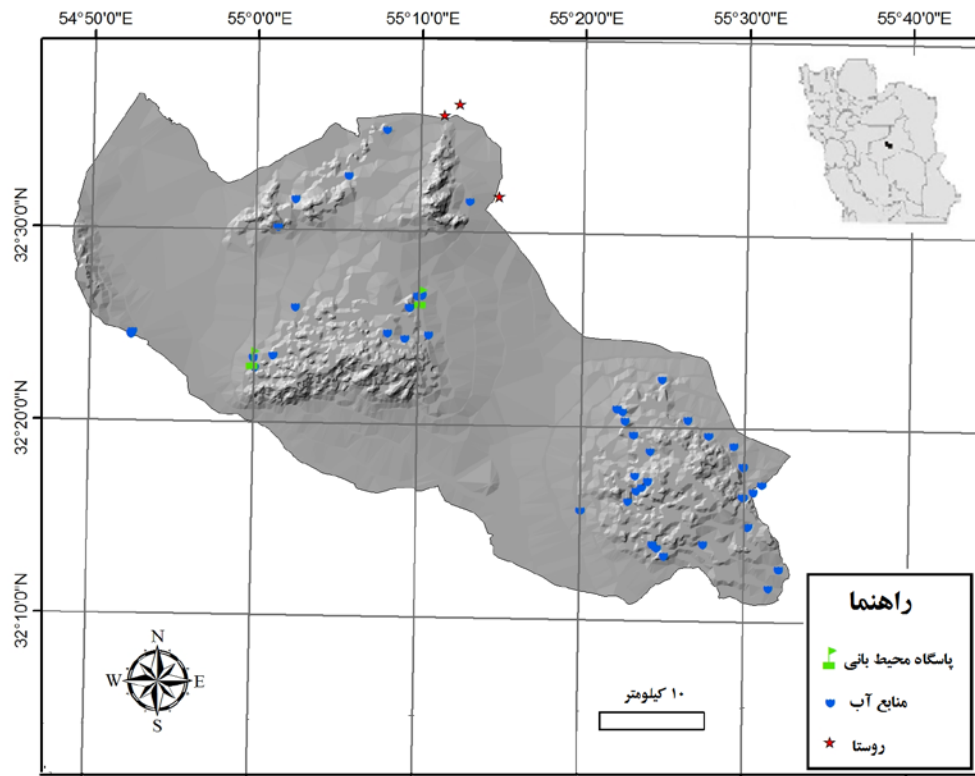
شده است، به‌خصوص در دشت‌های سرنگتی (۱۰ و ۱۱)، جایی که یوزپلنگ عمدتاً در دشت زندگی کرده و می‌تواند آهوها را دنبال کند.

در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی براساس داده‌های فقط حضور، متغیرهای زیستگاهی تأثیرگذار بر پراکنش یوزپلنگ ایرانی، نقشه مطلوبیت زیستگاه و هم‌چنین عوامل تهدید کننده این جمعیت در پناهگاه حیات وحش دره انجیر شناسایی شود، تا بتوان با تعیین زیستگاه‌های مطلوب و حفاظت بیشتر از آن، این جمعیت در بحران انقراض را مورد حفاظت مؤثرتر قرار داد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

پناهگاه حیات وحش دره انجیر بین طول جغرافیایی



شکل ۱. نقشه پناهگاه حیات وحش دره انجیر

سلول  $30 \times 30$  متر تبدیل شدند.

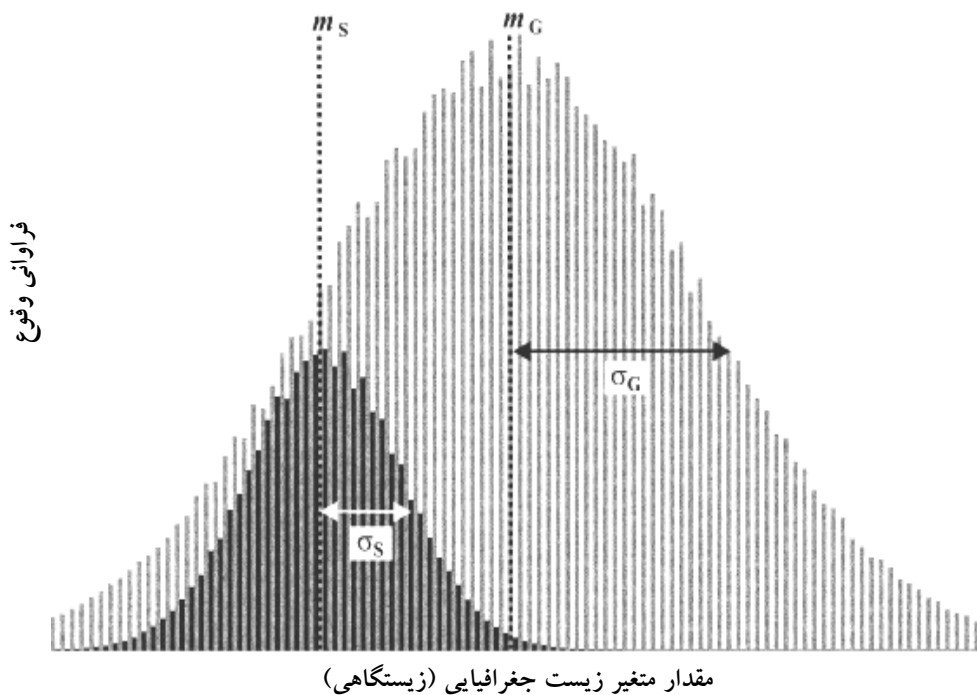
#### مدل تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی

متغیرهای محیط زیستی مختلفی برای تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر استفاده شد. در ابتدا نقشه‌های زیست جغرافیایی توسط نرم‌افزار بایومپر از نظر پیوستگی و توزیع نرمال بررسی شدند و نقشه‌هایی که از نظر توزیع غیرنرمال بودند، مورد تبدیل باکس-کاکس قرار گرفتند. در نهایت نقشه‌هایی که علی‌رغم تبدیل باکس-کاکس مجدداً ناپیوسته و دارای توزیع غیرنرمال بودند از آنالیز کنار گذاشته شد. از بین ۱۹ نقشه زیست جغرافیایی، ۱۶ نقشه دارای توزیع نرمال بودند.

تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی نیاز به متغیرهایی دارد که اصولاً غیروابسته هستند. در تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی اگر دو متغیر همبستگی بالایی داشته باشند، هر دو با یک ضریب وارد مدل می‌شوند. بنابراین حذف یکی از دو یا چند متغیری

آشیان بوم شناختی شامل نقشه رستری نقاط حضور یوزپلنگ ایرانی و نقشه‌های رستری فاکتورهای زیست جغرافیایی و فاکتورهای توزیع انسانی می‌باشد. نقاط حضور یوزپلنگ در پناهگاه حیات وحش دره انجیر در طول چهار فصل در طی سال‌های ۸۸ الی ۹۰ براساس نمایه‌های ثبت شده طی عملیات میدانی به صورت پیاده و موتورسیکلت با کمک محیط‌بانان منطقه و همچنین نقاط ثبت شده توسط دوربین‌های تله‌ای به دست آمد. در نهایت ۸۶ نقطه حضور توسط GPS ثبت گردید. در این پژوهش هم‌چنین از نقشه‌های تپ پوشش گیاهی، ارتفاع، شیب، جهت و فاصله از منابع آب و فاصله از پاسگاه‌های محیط‌بانی به‌عنوان متغیرهای تاثیرگذار بر پراکنش یوزپلنگ ایرانی مورد استفاده قرار گرفت.

نقشه‌های رستری برای ورود به ENFA توسط نرم‌افزار بایومپر و ایدرسی آماده می‌شوند، تعداد ۱۹ نقشه زیست جغرافیایی و نقاط حضور به فرمت رستری ایدرسی با اندازه



شکل ۲. توزیع گونه مورد مطالعه بر روی هر یک از متغیرهای زیست‌جغرافیایی (خط‌های مشکی) می‌تواند از توزیع مجموعه سلول‌های منطقه مورد مطالعه (نوار خاکستری) در خصوص آن متغیر زیست‌جغرافیایی متفاوت باشد. تفاوت بین میانگین این دو (میانگین توزیع گونه و میانگین منطقه مورد مطالعه)  $(s \pm G)$  منجر به تعریف حاشیه‌گرایی می‌گردد. هم‌چنین تفاوت بین انحراف معیار این دو  $(ss \pm sG)$  به‌عنوان تخصص‌گرایی گونه مورد مطالعه شناخته می‌شود (۱۸).

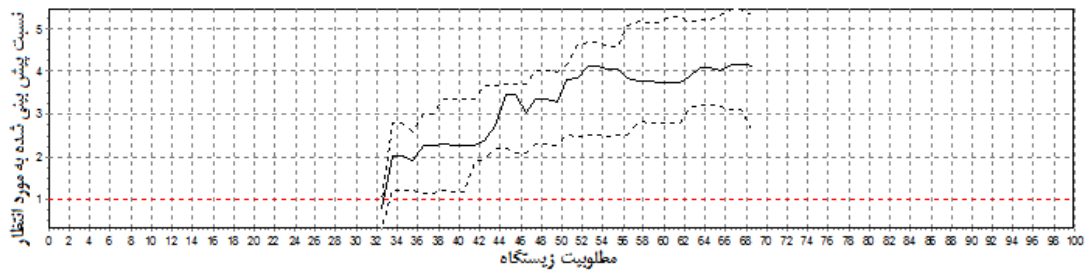
می‌کند. بعد از انتخاب تعداد عامل مناسب، بایستی الگوریتم مناسب برای محاسبه مطلوبیت زیستگاه استفاده شود. برای محاسبه مطلوبیت زیستگاه در نرم‌افزار بایومپر چهار الگوریتم میانه، میانگین هندسی فاصله، میانگین هارمونیک فاصله و حداقل فاصله وجود دارد که هر یک از آنها در شرایط خاصی استفاده می‌شود. در این پژوهش اعتبار مدل‌های تهیه شده با هر یک از الگوریتم‌های فوق بررسی و بهترین الگوریتم براساس شاخص پیوسته بویس انتخاب شد.

#### تائید اعتبار مدل‌های تهیه شده مبتنی بر رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی

ارزیابی قدرت پیش‌بینی یک مدل از اهمیت به‌سزایی برخوردار است زیرا به محقق می‌گوید که تا چه حد می‌تواند به نتایج حاصل از مدل اتکا کند و تا چه حد نتایج پیش‌بینی مدل به

که همبستگی بالایی دارند الزامی است (۶). از بین ۱۶ نقشه زیست‌جغرافیایی که دارای توزیع نرمال بوده‌اند ۳ نقشه دارای همبستگی بالای ۰/۸ (۵، ۶ و ۷) با سایر نقشه‌ها بود که از آنالیز کنار گذاشته شد و تحلیل با ۱۳ نقشه زیست‌جغرافیایی انجام شد.

پس از انجام تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی برای یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر، مدل مطلوبیت زیستگاه گونه به‌دست می‌آید. با استفاده از این مدل می‌توان نقشه مطلوبیت زیستگاه را محاسبه کرد. برای ترسیم نقشه مطلوبیت زیستگاه ابتدا بایستی تعداد عاملی که قرار است در محاسبه مطلوبیت زیستگاه وارد شوند به‌دست آید. تعداد کمی از عامل‌ها، می‌تواند بخش زیادی از حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه را توضیح دهد. انتخاب تعداد کمتری از عامل‌ها انجام محاسبات و تفسیر نتایج به‌دست آمده را آسانتر



شکل ۳. نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح برای الگوریتم میانگین هندسی (با حدود اعتماد ۹۵ درصد)

فراوانی تنظیم شده براساس سطح، بالاتر از این خط شاخص قرار می‌گیرد به‌عنوان زیستگاه مطلوب در نظر گرفته می‌شود (شکل ۳).

### نتایج

در نتیجه اجرای ENFA به تعداد متغیرهای به‌کار رفته در تحلیل، عامل تولید می‌شود که اولین عامل ۱۰۰٪ حاشیه‌گرایی گونه و بخش زیادی از تخصص‌گرایی گونه را توضیح می‌دهد (۱۹). به‌همین دلیل با انتخاب تعداد کمی از عامل‌ها بخش زیادی از داده‌ها توضیح داده می‌شود. با استفاده از روش عصای شکسته مک آرتور که توسط نرم‌افزار بایومپر محاسبه می‌گردد تعداد ۶ عامل انتخاب گردید که ۹۷٪ داده‌ها را توضیح می‌دهد قابل توجه می‌باشد که عامل اول تمام حاشیه‌گرایی و ۵۶٪ از تخصص‌گرایی را توضیح می‌دهد. در جدول ۱ ویژگی‌های مدل انتخاب شده برای گونه مورد مطالعه آورده شده است. ماتریس امتیازات متغیرهای محیط زیستی به‌کار رفته در تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی برای ۶ عامل انتخاب شده توسط روش عصای شکسته در جدول ۲ آمده است.

با استفاده از نمایه پیوسته بویس، صحت نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه ترسیم شده مبتنی بر رویکردهای الگوریتم میانه، میانگین هندسی و میانگین هارمونیک و حداقل فاصله با یکدیگر مقایسه و بهترین الگوریتم انتخاب شد. در جدول ۳ میزان نمایه پیوسته بویس به‌ازای الگوریتم‌های مختلف مطلوبیت زیستگاه ارائه شده است.

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که الگوریتم میانگین

واقعیت نزدیک است. روش‌های گوناگونی برای نیل به این هدف توسط محققین مختلف ابداع شده است که از آن جمله می‌توان به شاخص اعتبارسنجی مطلق (Absolute Validation Index)، شاخص اعتبارسنجی تباین (Contrast Validation Index)، شاخص بویس (Boyce index) و شاخص پیوسته بویس (Continuous Boyce index) اشاره کرد (۲۰).

برای بررسی اعتبار مدل‌های مطلوبیت زیستگاه مبتنی بر داده‌های فقط حضور از نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح و نمایه پیوسته بویس استفاده شد. نمایه پیوسته بویس بین ۱- و ۱+ تغییر می‌کند. مقادیر مثبت نشان‌دهنده این است که پیش‌بینی‌های مدل با توزیع نقاط حضور در مجموعه داده‌های ارزیابی سازگار است. مقادیر نزدیک به صفر نشان می‌دهد که مدل با یک مدل تصادفی تفاوت ندارد. مقادیر منفی بیانگر یک مدل اشتباه است (۹). هم‌چنین با تفسیر نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح می‌توان میزان صحت پیش‌بینی‌های مدل در مطلوبیت‌های مختلف را بررسی و بر طبق آن نسبت به طبقه‌بندی مجدد نقشه مطلوبیت زیستگاه اقدام نمود (۷). در این نمودار که نشان‌دهنده روند تغییرات  $F_i$  می‌باشد، خط قرمز رنگ به موازات محور افقی نشان‌دهنده میزان  $F_i$  برابر با ۱ به ازای همه طبقات مطلوبیت زیستگاه می‌باشد. این شاخص نشان‌دهنده پیش‌بینی نمودن تصادفی مدل می‌باشد. هنگامی که نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح در زیر این خط شاخص می‌باشد یعنی مدل؛ برای مطلوبیت‌هایی پایین‌تر از این خط شاخص، از یک مدل تصادفی هم بدتر می‌باشد، بنابراین این بخش به‌عنوان زیستگاه نامطلوب در نظر گرفته می‌شود. از آن نقطه مطلوبیتی که نمودار

جدول ۱. نتایج حاصل از تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی یوزپلنگ در پناهگاه حیات وحش دره انجیر

تعداد متغیر به کار رفته در مدل	میزان حاشیه‌گرایی	میزان تخصص‌گرایی	میزان بردباری	تعداد عامل انتخاب شده	میزان تخصص‌گرایی توضیح داده شده توسط عامل‌ها (%)
۱۳	۱/۱۵۶	۲/۳۹۱	۰/۴۱۵	۶	۹۷

جدول ۲. ماتریس امتیازات تحلیل عاملی انجام شده درباره یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر

متغیرهای زیست محیطی	۱ (۵۶%)	۲ (۲۱%)	۳ (۸%)	۴ (۶%)	۵ (۴%)	۶ (۲%)
فاصله از جهت‌های شرقی	-۰/۱۴۹	۰/۱۴۶	۰/۲۴۹	-۰/۳۶۶	۰/۱۲۹	۰/۳۲۹
فاصله از جهت‌های شمالی	-۰/۱۹۳	۰/۸۱۷	۰/۰۶۳	-۰/۳۰۱	۰/۴۶۸	-۰/۶۱۴
فاصله از جهت‌های غربی	۰/۰۵۹	-۰/۲۷۴	۰/۰۸۵	-۰/۴۰۲	۰/۱۱۱	-۰/۲۰۴
فاصله از پاسگاه	-۰/۰۲۶	-۰/۲۱۲	-۰/۱۵۱	-۰/۱۱۷	۰/۰۰۶	-۰/۰۳۷
فاصله از شیب‌های ۱۰-۳۰	-۰/۴۲۳	-۰/۳۲۱	-۰/۲۱۳	۰/۳۰۲	-۰/۲۰۷	-۰/۳۸۹
فاصله از شیب‌های ۵۰-۷۰	-۰/۴۳۵	-۰/۱۳۳	۰/۰۰۶	-۰/۰۱۹	-۰/۲۸۲	۰/۱۲۰
فاصله از منابع آب	-۰/۷۰۷	۰/۰۵۳	-۰/۰۴۲	۰/۰۱۳	۰/۰۷۷	۰/۰۴۵
فراوانی جهت‌های شمالی	-۰/۰۳۳	۰/۰۴۹	۰/۵۸۴	-۰/۰۹۶	۰/۵۵۳	-۰/۲۷۳
فراوانی جهت‌های جنوبی	-۰/۰۵۱	-۰/۲۴۸	۰/۶۰۳	۰/۶۴۸	-۰/۱۱۱	-۰/۰۶۲
درمنه دشتی - قیچ فاصله از تپ پوشش	-۰/۳۱۱	-۰/۱۸۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۴	-۰/۳۲۵	۰/۱۸
فاصله از تپ پوشش درمنه دشتی - اشنان	-۰/۲۲۸	-۰/۲۸۸	-۰/۰۶۶	۰/۰۲۸	-۰/۰۹۹	۰/۰۰۵
فراوانی شیب‌های بیش از ۷۰	۰/۰۳۱	-۰/۰۴۲	-۰/۰۳۸	-۰/۰۶۲	۰/۵۳۳	۰/۱۹۶
فراوانی شیب‌های ۳۰-۵۰	۰/۲۷۹	-۰/۰۰۴	-۰/۰۶۳	۰/۲۷۵	-۰/۱۵۱	-۰/۴۳۲

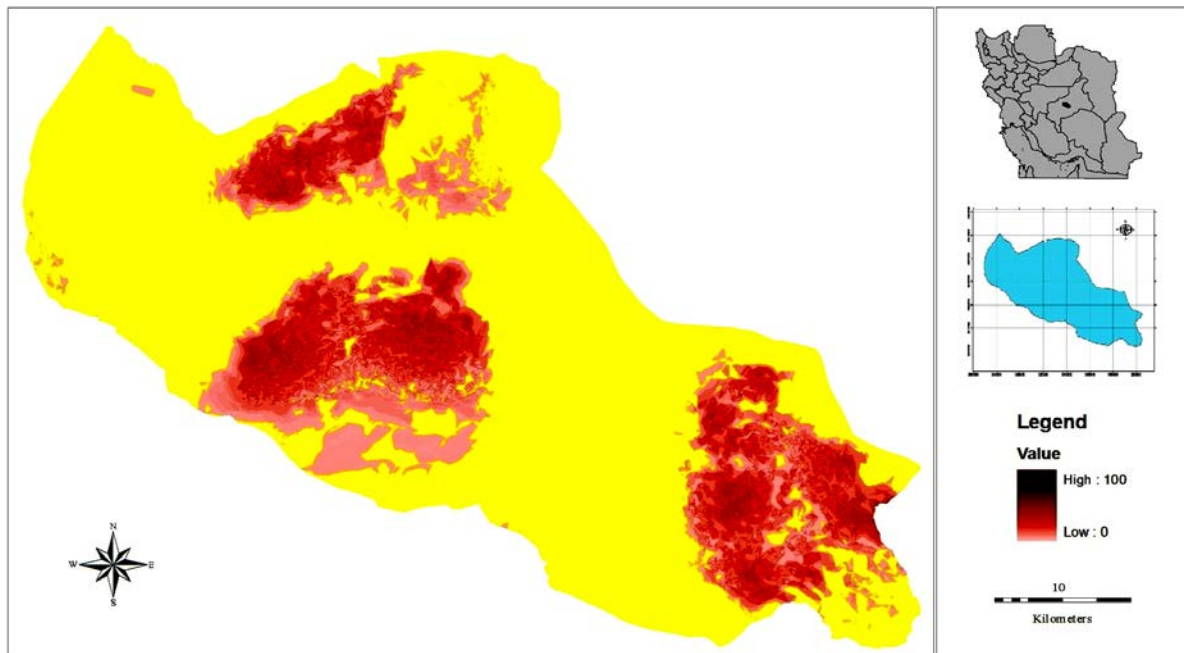
جدول ۳. میزان نمایه پیوسته بویس به‌ازای الگوریتم‌های مختلف

الگوریتم مورد استفاده	نمایه پیوسته بویس	انحراف معیار
الگوریتم میانه	۰/۱۳۵	۰/۷۴۵
الگوریتم میانگین هندسی	۰/۱۸۲	۰/۸۹۱
الگوریتم میانگین هارمونیک	۰/۳۰۲	۰/۵۰۵
الگوریتم حداقل فاصله	۰/۲۵۸	۰/۳۰۵

یوزپلنگ ایرانی براساس الگوریتم هندسی در شکل ۴ آورده شده است.

شکل ۳، نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح را نشان می‌دهد که براساس این نمودار، آستانه مطلوبیت زیستگاه

هندسی بالاترین شاخص پیوسته بویس را به‌دست آورده است. بنابراین، مناسب‌ترین الگوریتم برای ایجاد نقشه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر، الگوریتم میانگین هندسی می‌باشد. نقشه مطلوبیت زیستگاه



شکل ۴. نقشه مطلوبیت زیستگاه براساس رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی

و به‌دست آوردن داده‌های عدم حضور واقعی در این گونه‌ها بسیار دشوار بوده، اما با استفاده از نمایه‌ها (ردپا و سرگین) می‌توان داده‌های حضور را به‌دست آورد و براساس این داده‌های حضور، نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه مورد نظر را به‌دست آورد.

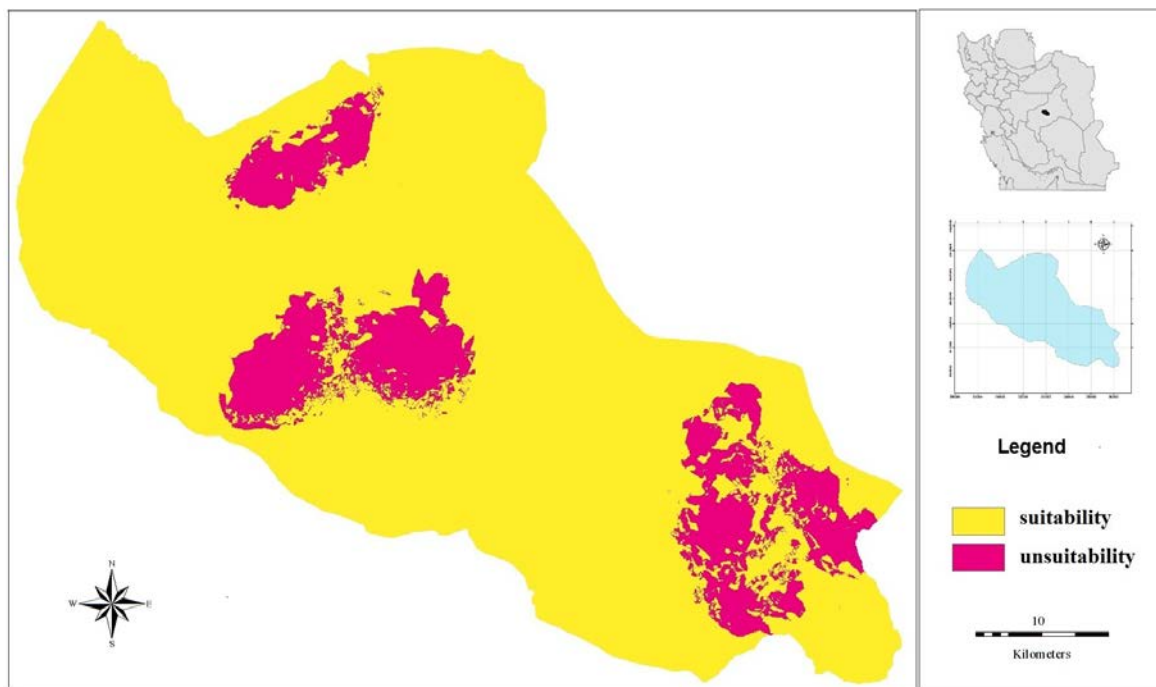
طبق تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی (جدول ۲) یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر مناطق کوهستانی و تپه ماهوری را ترجیح می‌دهد و شیب بر مطلوبیت زیستگاه می‌افزاید به‌طوری‌که فراوانی شیب‌های بالای ۷۰ (مناطق صخره‌ای) عدد مثبت را به‌خود گرفته است. هم‌چنین فاصله از شیب‌های ۵۰ تا ۷۰ درصد عدد منفی به‌خود گرفته که نشان‌دهنده تمایل یوزپلنگ به زیستگاه‌های تپه ماهوری می‌باشد زیرا این تپه ماهورها به‌عنوان یک کمین‌گاه برای یوزپلنگ به منظور شکار حیات وحش استفاده می‌شود. این مورد نتیجه قابل توجهی است زیرا درگذشته تصور بر این بود که زیستگاه مطلوب یوزپلنگ ایرانی مانند یوزپلنگ آفریقایی مناطق دشتی است اما نتایج حاصل از این تحقیق که با روش انفا به‌دست

یوزپلنگ ایرانی، مطلوبیت ۳۳ (از ۱۰۰) می‌باشد. با استفاده از این آستانه به‌دست آمده نقشه طبقات مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی به‌دست آمد. بدین منظور نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه نامطلوب (بخش‌هایی که مطلوبیت آنها کمتر یا مساوی حد آستانه مطلوبیت بود) و مطلوب (بخش‌هایی که مطلوبیت آنها بیشتر از حد آستانه مطلوبیت بود) تقسیم‌بندی شد (شکل ۵).

### بحث و نتیجه‌گیری

به‌منظور مدل‌سازی زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر با به‌کارگیری روش ENFA و استفاده از نرم‌افزار Biomapper، مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ محاسبه شد. از مزایای این نرم‌افزار امکان محاسبه مدل‌های مطلوبیت زیستگاه تنها براساس داده‌های حضور است و نیازی به داده‌های عدم حضور نمی‌باشد، که این مورد زمان و بودجه لازم برای جمع‌آوری اطلاعات را کاهش می‌دهد. از طرفی گونه‌هایی مثل یوزپلنگ و پلنگ که امکان مشاهده مستقیم آنها بسیار کم است





شکل ۵. نقشه طبقه‌بندی زیستگاه براساس رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی

یوزپلنگ به مناطق تپه ماهوری و کوهستانی است. طبق نتایج تحقیق (جدول ۲) جهت‌های شمالی بیشترین تأثیر را در مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی دارد و آن هم به‌خاطر تابش کمتر آفتاب و رطوبت نسبی بیشتر و در نهایت سرسبزی بیشتر در طول سال می‌شود که منجر به تجمع حیات وحش از جمله قوچ، میش، کل و بز به‌عنوان طعمه اصلی یوزپلنگ (۴) در این ناحیه می‌شود (عدد منفی برای فاصله از دامنه‌های شمالی). هم‌چنین متغیر فاصله از منابع آب به‌خصوص چشمه‌های دائمی در حضور یوزپلنگ ایرانی به‌دلیل تجمع حیات وحش در اطراف آن، تأثیر به‌سزایی در مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ دارد (عدد منفی برای متغیر فاصله از منابع آب (جدول ۲)).

مطالعهٔ صحرایی با روش مشاهدهٔ مستقیم یوزپلنگ‌های دارای گردن‌بند رادیویی در ساوان‌های پارک ملی کراگر در آفریقای جنوبی و مرور مقالات مربوط به زیستگاه‌های ساوانی یوزپلنگ نشان می‌دهد که انتخاب زیستگاه بسته به ترکیب طعمه، پوشش گیاهی در دسترس و حضور گونه‌های رقیب و

آمد، ثابت می‌کند که زیستگاه مطلوب یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر، مناطق کوهستانی و تپه ماهوری است.

معمولاً تصور بر آن است که یوزپلنگ آسیایی هر جا که آهو زندگی می‌کنند، دیده می‌شود (۱۴، ۱۶ و ۱۷)، ولی به‌نظر می‌رسد کاهش شدید در تعداد آهوان در ایران باعث شده که یوزپلنگ‌ها مجبور به تغییر رژیم غذایی به سم‌داران کوهستانی شده (۱۲) و به‌تبع آن مجبور به تغییر زیستگاه به سمت نواحی کوهستانی شوند. مطالعات جدید مؤید این مطلب است که برخلاف تصور رایج، طعمه اصلی یوزپلنگ در ایران قوچ، میش، کل و بز است (۴). به‌نظر می‌رسد یوزپلنگ آسیایی عمدتاً بر روی زیستگاه‌هایی با قابلیت بالای گیر انداختن طعمه تمرکز کرده که این مورد در دشت‌های صاف در کمترین حالت خود بوده و وجود عوارض توپوگرافی بیشتر، این امکان را بالا می‌برد (۱۳ و ۲۱). اکثر مشاهدات مستقیم یوزپلنگ از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۷ نیز در مناطق کوهستانی پناهگاه حیات‌وحش دره انجیر می‌باشد (۲). نتایج تحقیق موجود نیز نشان‌دهنده وابستگی

مزا محم است (۲۳).

به علت اینکه مطالعات بوم‌شناختی در مورد یوزپلنگ اکثراً در پارک ملی سرنگیتی در شرق آفریقا انجام شده است و نیز راهبرد شکار یوزپلنگ، این گونه به نظر می‌رسد که مناطق دشتی و هموار را ترجیح می‌دهد حال آنکه در مناطق دارای درختچه و بوته‌زار هم زندگی می‌کند. با وجود اینکه پوشش گیاهی و بوته‌زارها سرعت یوزپلنگ را کاهش می‌دهد ولی کمین‌گاه مناسبی برای یوزپلنگ به حساب می‌آیند. یوزپلنگ با مناطق دارای پوشش گیاهی نیز سازگار است و فقط یک شکارچی موفق در دشت‌های باز نیست (۲۳).

یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر به تیپ پوشش گیاهی درمنه دشتی - قیچ متمایل می‌باشند (عدد منفی برای فاصله از این تیپ پوشش گیاهی نشان‌دهنده تمایل گونه برای جذب به این منابع به‌عنوان کمین‌گاه برای شکار می‌باشد (جدول ۲)).

ویژگی حاشیه‌گرایی کل (Marginality) برای گونه یوزپلنگ ۱/۱۵ محاسبه شد که نشان می‌دهد که زیستگاه یوزپلنگ ایرانی به مقدار کمی متفاوت از شرایط میانگین زیستگاه است. در واقع اگر عدد حاشیه‌گرایی بیشتر از یک باشد حاکی از آن است که گونه به زیستن در زیستگاه‌های حاشیه‌ای تمایل بیشتری دارد. دامنه تحمل یا بردباری (Tolerance) فاکتوری است که نشان می‌دهد که گونه نسبت به تغییر شرایط بهینه زیستگاه خود به

چه میزان حساس است. به عبارت دیگر دامنه تحمل فاکتوری است که ترجیح گونه را نسبت به متغیرهای محیطی محاسبه می‌کند و بیانگر آن است که گونه تمایل به زیستن در دامنه باریکی از شرایط دارد یا اینکه محدوده وسیعی شامل تمام شرایط منطقه را برمی‌گزیند (۱). مقدار بردباری کل به دست آمده برای یوزپلنگ ۰/۴۱۵ است که نشان می‌دهد که یوزپلنگ ایرانی نسبت به تغییر شرایط بهینه زیستگاه خود خیلی حساس نمی‌باشد و بردباری نسبتاً خوبی دارد. مقدار تخصص‌گرایی گونه نیز برابر با ۲/۳۹۱ می‌باشد که براساس نسبت واریانس متغیر محیطی و پراکنش جاندار از نظر آن عامل محیطی محاسبه می‌شود.

طبق نتایج تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی (جدول ۲) یوزپلنگ ایرانی به پاسگاه‌های محیط‌بانی تمایل نشان می‌دهد که این مورد احتمالاً به‌خاطر تأسیس پاسگاه‌های محیط‌بانی در زیستگاه‌های مطلوب طعمه‌های یوزپلنگ ایرانی برای حفاظت از جمعیت آنها می‌باشد. با توجه به اینکه یوزپلنگ ایرانی گونه‌ای در بحران انقراض است و از طرفی اکثر زیستگاه‌های آن در ایران تخریب یافته است، و نظر به کمیاب بودن یوزپلنگ در ایران، پیشنهاد می‌شود به منظور حفاظت مؤثرتر از این گونه و شناخت بهتر از رفتار و ترجیحات انتخاب زیستگاه آن، مدل مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ در سایر زیستگاه‌ها با روش انفا مورد بررسی قرار گیرد.

## منابع مورد استفاده

۱. امید، م. ۱۳۸۷. تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پارک ملی کلاه قاضی استان اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم محیط زیست - زیستگاه‌ها و تنوع زیستی، دانشگاه علوم تحقیقات تهران.
۲. جورابچیان، ع. ر. م. ص. فرهادی نیا. ۱۳۸۷. پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی و زیستگاه‌های مرتبط با آن، گزارش نهایی، دفتر پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی، سازمان حفاظت از محیط‌زیست، تهران، ۱۲۸ ص.
۳. درویش صفت، ع. ۱۳۸۵. اطلس مناطق حفاظت شده ایران (چاپ اول). تهران: انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۷۵ ص.
۴. زمانی، ن. ۱۳۸۹. بررسی و مقایسه عادات غذایی یوزپلنگ ایرانی در دو پناهگاه حیات وحش نایبندان و دره انجیر استان یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۵. فراشی، آ.، م. کابلی و ا. مومنی. ۱۳۸۸. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پازن در پارک ملی کلاه قاضی استان اصفهان، با روش ENFA، نشریه محیط زیست طبیعی (مجله منابع طبیعی ایران) ۶۳(۱): ۷۳-۶۳.
۶. فلاح باقری، ف. ۱۳۸۶. ارزیابی مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش در پارک ملی کلاه قاضی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۷. قندالی، م. ۱۳۸۹. مقایسه ارزیابی زیستگاه با استفاده از دو روش مدل‌های خطی تعمیم یافته و رویکرد تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی برای گوسفند وحشی در پارک ملی کویر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۸. مهندسین مشاور جامع ایران. ۱۳۸۸. مطالعات طرح مدیریت پناهگاه حیات وحش دره انجیر و نی باز، گزارش شماره ۶، معاونت محیط طبیعی و تنوع زیستی. دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق، ۱۸۳ ص.
9. Boyce, M. S., P. R. Vernier, S. E. Nielsena and F. K. A. Schmiegelowc. 2002. Evaluating resource selection functions. 157: 281-300.
10. Caro, T. M. 1994. Cheetahs of the Serengeti Plains. The University of Chicago Press, Chicago, 478 p.
11. Eaton, R. 1970. The Cheetah: the Biology, Ecology and Behavior of an Endangered Species. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 178 p.
12. Farhadinia, M. 2004. The last stronghold: Cheetah in Iran. 40: 11-14.
13. Farhadinia, M., A. Jourabchian, M. Eslami, F. Hosseini and B. Nezami. 2008. Is food availability a reliable indicator of cheetah presence in Iran? 49: 14-17.
14. Firouz, E. 1974. Environment of Iran. National Society of the Conservation of Natural Resources and Human Environment, Tehran, 491 p.
15. Guisan, A. and N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology 135: 147-186.
16. Harrison, D. L. and P. J. J. Bates. 1991. Cheetah. in: Mammals of Arabia. Sevenoaks, UK: Harrison Zoological Museum, 172 p.
17. Heptner, V. G. and A. A. Sludski. 1992. Mammals of the Soviet Union, Carnivora (Hyenas and Cats), 982 p.
18. Hirzel, A., J. Hausser, D. Chessel and N. Perrin. 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? 83(7): 2027-2036.
19. Hirzel, A., V. Helfer and F. Metral. 2001. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. 145: 111-121.
20. Hirzel, A., G. Le Lay and V. Helfer. 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. 199: 142-152.
21. Hunter, L., H. Jowkar, H. Ziaie, G. Schaller, G. Balme, C. Walzer, S. Ostrowski, P. Zahler, N. Robert-Charrue, K. Kashiri and S. Christie. 2007. Conserving the Iranian cheetah in Iran: Launching the first radio-telemetry study. 46: 8-11
22. IUCN .2006. IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland [http://www.redlist.org, accessed 24 September 2008].
23. Mills, M., L. S. Broomhall and J. T. Toit. 2004. Cheetah ( ) feeding ecology in the Kruger National Park and a comparison across African savanna habitats: is the cheetah only a successful hunter on open grassland plains? 10(3):177-186.
24. Nowell, K. and P. Jackson. 1996. Wild Cats: Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN, Gland, 421 p.
25. Tyre, A. J., H. P. Possingham and D. B. Lindenmayer. 2001. Inferring process from pattern can territory occupancy provide information about life history parameters. 11: 1722-1737.
26. Van Horne, B. 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. 47: 893-901.
27. Zaniwski, A. E., A. Lehmann and J. M. C. Overton. 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. 157: 261-280.