

مدل سازی مطلوبیت رویشگاه آردوج (*Juniperus foetidissima* Willd.) در ذخیره گاه زیست کره ارسباران

جلیل سرهنگزاده*

- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (jsarhangzadeh@yazd.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۹

چکیده

هرچند گونه آردوج (*Juniperus foetidissima* Willd.) در طبقه بندی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی در طبقه کمترین نگرانی قرار دارد، اما دامنه انتشار این گونه دیرزیست که نماد گیاهی استان آذربایجان شرقی است، کاهش یافته است و حفاظت رویشگاه های آن دارای اهمیت است. در این پژوهش، مطلوبیت رویشگاه آردوج در ذخیره گاه زیست کره ارسباران بررسی شد. بدین منظور برای مدل سازی مطلوبیت رویشگاه آردوج با استفاده از نقاط حضور گونه، از روش تحلیل عامل آشیان بوم شناختی (ENFA) بهره گیری شد. درصد شیب و طبقات آن، طبقات جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و طبقات آن، شکل واحدهای اراضی خاک و زمین شناسی، طبقه بندی اقلیمی به عنوان متغیرهای مستقل محیط زیستی در مدل سازی استفاده شدند. نتایج نشان داد این گونه دارای آشیان بوم شناختی باریکی بوده و نسبت به تغییرات زیستگاه حساس است. رویشگاه های مطلوب گونه در محدوده ارتفاعی ۳۳۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، شیب ۱۰ تا ۶۰ درصد، تمامی دامنه ها و در محدوده اقلیم های نیمه خشک و مدیترانه ای قرار دارد. بر اساس مدل سازی انجام شده ۲۷/۱۷ درصد از وسعت ذخیره گاه زیست کره ارسباران، رویشگاه مطلوبی برای آردوج است. نتایج این پژوهش برای اهداف مدیریتی در توسعه پایدار اکوسیستم های جنگلی، حفاظت و احیای این اکوسیستم ها کاربرد دارد.

واژه های کلیدی: آردوج، ارسباران، بایومپر، تخصص گرایی.

مقدمه

جنگل‌های ارسباران یکی از بی‌نظیرترین و ارزشمندترین جنگل‌های جهان بوده و به علت تنوع گونه‌ای بالا و تفاوت با پوشش گیاهی شمال، به عنوان یکی از مناطق پنج‌گانه رویشی ایران به حساب می‌آید (Javanshir, 1976). به همین خاطر منطقه حفاظت‌شده ارسباران از سال ۱۹۷۶ از سوی سازمان جهانی یونسکو به عنوان یکی از ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره جهان ثبت شده است (Alijanpour, 2000)؛ اما با وجود اهمیت از جنبه‌های مختلف محیط‌زیستی، روندی رو به انهدام دارد، به طوری که به دلیل قطع بی‌رویه، چرای مفرط دام و بهره‌برداری غیراصولی روزبه‌روز وسعت این جنگل‌ها کم می‌شود.

انتشار آردوج (*Juniperus foetidissima*) در جهان به جنوب شرق اروپا (آلبانی، بلغارستان، صربستان، مقدونیه و یونان)، شرق اروپا (اوکراین و کریمه)، قفقاز (ارمنستان، آذربایجان و گرجستان)، آسیای مرکزی (ترکمنستان) و غرب آسیا (شمال غربی ایران، ترکیه، سوریه، لبنان و قبرس) محدود شده است. در ایران این گونه تنها در ارسباران انتشار دارد (Asri and Partonia, 2017, Farjon, 1992). این گونه بیشتر در فقیرترین شرایط زیستی مانند بسترهای به طور کامل صخره‌ای و سنگریزه‌ای و خاک‌های فرسایش یافته باقی‌مانده است (Ali Ahmad Koruri et al., 2011). این گونه چوب صنعتی ساختمانی تولید می‌کند. ارزش این چوب‌ها نه تنها به دلیل استقامت و پایداری آن در سقف منازل بلکه به دلیل ترکیبات معطر فراوانی است که آن را در برابر صدمات ثانویه مانند حمله آفات و موریانه حفاظت می‌کند (Ali Ahmad Koruri et al., 2011). آردوج با وجودی که در طبقه‌بندی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی در طبقه کمترین نگرانی قرار گرفته است (Farjon, 2013)،

(IUCN, 2017)؛ اما به عنوان یک گونه دیرزیست و نماد گیاهی (Flagship Species) استان مهم بوده و امروزه حفاظت ویژه با توجه به روند کاهش وسعت رویشگاه‌ها، حائز اهمیت است (Rheissi et al., 2012a).

پوشش گیاهی از شاخص‌های زیستی بوم‌سازگان‌ها و یکی از معیارهای مهم تنوع زیستی است که حفظ آن، مستلزم شناخت گونه، ارتباط گونه با متغیرهای رویشگاهی است. عدم شناخت کافی پوشش گیاهی و اهمیت آن در حفظ تنوع زیستی و تأثیرات متقابلشان بر محیط، موجب شده تا در برخی از مناطق، گونه‌های گیاهی و رویشگاه از بین رفته و حتی در مناطق تحت مدیریت بسیاری از گونه‌ها در معرض خطر قرار گیرد (Majnoniyan, 2000). تاکنون پژوهش‌های زیادی بر مبنای این فرض که بین پوشش گیاهی و محیط فیزیکی پیرامون آنها ارتباط وجود دارد انجام شده است. کشف این ارتباط در مدل‌سازی رویشگاه گونه و تعیین الگوی توزیع گونه نسبت به شرایط محیطی مهم است. نتیجه این الگوی توزیع گونه در ارتباط با شرایط محیطی، انتخاب مکانی برای رویش و زادآوری است (Marzluff and Ewing, 2001). با توسعه GIS مدل‌سازی محیطی بر اساس ساختار داده و روش‌های تجزیه و تحلیل متفاوت برای بررسی اطلاعات مکانی امکان‌پذیر شده است (Wilson and Gallant, 2000). درصد شیب، جهت دامنه‌ها و ارتفاع از سطح دریا مهم‌ترین متغیرهای فیزیوگرافی هستند که به طور متداول در اندازه‌گیری‌ها و مدل‌سازی وقوع مکانی پوشش گیاهی به کار گرفته می‌شوند (Liprieur et al., 1988). از طرفی انتخاب مکان رویش گونه به کیفیت درونی محیط بستگی دارد (Bahrami and Ghorbani, 2016)؛ بنابراین آن دسته از متغیرهای محیطی که تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم بیشتری

می‌شود تا آن نقطه به عنوان نقطه عدم حضور گونه ثبت شود. این خطا می‌تواند نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها را با خطای بالایی همراه سازد؛ اما تحلیل ENFA به دلیل اینکه فقط از داده‌های حضور استفاده می‌کند با مشکل مذکور روبه‌رو نیست (Hirzel *et al.*, 2002). اصول کار این روش مشابه آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یا PCA (Principal Component Analysis) بوده و متغیرهای محیطی که در پراکنش گونه تأثیرگذار هستند به تعداد کمی عامل‌های متعامد و غیرهمبسته تبدیل می‌شوند. با این تفاوت که در رویکرد ENFA، عامل‌های استخراج‌شده از نظر بوم‌شناختی معانی ویژه‌ای دارند. اولین عامل حاشیه‌گرایی (Marginality) است و بیان می‌دارد که حد بهینه گونه موردنظر در چه فاصله‌ای از حد میانگین رویشگاه مورد بررسی قرار دارد. دومین عامل، تخصص‌گرایی (Specialization) گونه است که به ترتیب از دومین عامل تا آخرین عامل اطلاعات موجود در آنها به تدریج کاهش می‌یابد. این عامل‌ها وسعت آشیان بوم‌شناختی گونه را نسبت به متغیرهای مستقل محیط‌زیستی نشان می‌دهند (Hirzel *et al.*, 2002). این روش کاربرد وسیعی داشته و در زمینه‌های متعددی همچون ارزیابی رویشگاه و پیش‌بینی رویشگاه‌های گونه‌ها به کار رفته است.

Esfanjani و همکاران (2017) مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه‌های گیاهی مراتع جنوب استان گلستان را با استفاده از روش تحلیل آشیان بوم‌شناختی در نرم‌افزار بایومپر (Biomapper) انجام دادند. آنها نشان دادند که مدل‌های تولید شده می‌تواند برای شناسایی مناطق مستعد به منظور انجام عملیات اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد.

Zare Chahouki and Abasi (2016b) با استفاده از مدل تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی، رویشگاه آویشن کوهی را در مراتع طالقان میانی مدل‌سازی کردند و نشان

در نیازهای گونه دارند برای ارزیابی رویشگاه گونه مهم‌تر هستند.

مدل‌های مطلوبیت رویشگاه، مدل‌های آماری احتمالی هستند که توزیع جغرافیایی گونه را به خصوصیات محیط‌زیست آن مرتبط می‌کند. این مدل‌ها قدرت سامانه اطلاعات جغرافیایی را با ابزارهای آماری چند متغیره درهم می‌آمیزد و ارتباط بین گونه و رویشگاه را به صورت فرمول درآورده و تأثیر متغیرهای مؤثر بر مطلوبیت رویشگاه را کمی کند (Carvalho and Gomes, 2004). روش‌های زیادی برای مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه استفاده می‌شود:

- مدل‌هایی که به داده‌های حضور و عدم حضور (هر دو) نیاز دارند: مانند مدل‌های General (GLM)، Linear models، General additive models (GAM)، طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل درخت رگرسیونی و شبکه عصبی (Manel *et al.*, 1999; Guisan and Zimmerman, 2000).

- مدل‌هایی که فقط بر اساس داده‌های حضور ارزیابی می‌شوند: مانند مدل‌های تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی ((Ecological Niche Factor (ENFA) Analysis) و تحلیل بیشینه آنتروپی. این نوع روش‌ها زمانی به کار می‌روند که اطلاعات مربوط به عدم حضور گونه ناکافی است و دسترسی به اطلاعات امکان‌پذیر نیست (Hirzel and Arletaz, 2003).

از بین مدل‌های مختلف ارزیابی مطلوبیت رویشگاه، روش تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی با استفاده از مفهوم آشیان بوم‌شناختی به مدل‌سازی مطلوبیت رویشگاه گونه می‌پردازد.

روش‌هایی که بر اساس داده‌های حضور و عدم حضور گونه استوار هستند با پدیده عدم حضور کاذب روبه‌رو هستند. به عبارت دیگر مشاهده گونه توسط مشاهده‌گر به دلایل متعددی مانند دقت مشاهده‌گر سبب

که گونه *Juniperus foetidissima* در محدوده ارتفاعی ۶۱۰ تا ۱۴۱۰ متر از سطح دریا، شیب ۳۰ تا ۶۰ درصد، تمامی دامنه‌های منطقه حضور دارد.

در سال‌های اخیر پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها یکی از اجزای مهم در برنامه‌ریزی حفاظت بوده است و طیف گسترده‌ای از فن‌های مدل‌سازی نیز بدین منظور گسترش یافته است؛ بنابراین مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها از ابعاد مختلفی دارای اهمیت است که از آنها می‌توان به یافتن مکان‌های جدید حضور گونه، برنامه‌های مدیریتی انتقال گونه‌ها به مکان‌های جدید، تعیین کاربری‌های اراضی و تعیین حدود قلمرو پراکنش گونه‌ها و کمک به گونه‌های در معرض خطر اشاره کرد (Blackburn, 2006).

جنگل‌های آردوج با وجود اهمیت بسیار از جنبه‌های مختلف محیط‌زیستی و ژنتیکی، روندی رو به انهدام دارند و این وضعیت به‌ویژه در مناطقی که تحت کنترل و مدیریت نیست، حادث‌تر و بحرانی‌تر است، به‌طوری‌که به‌دلیل قطع بی‌رویه، چرای مفرط دام و بهره‌برداری غیراصولی روزبه‌روز از وسعت این جنگل‌ها کاسته می‌شود. از طرفی این گونه یکی از عناصر رلیک (بازمانده) و گونه نادر و ارزشمندی است که در ترکیب و تنوع عناصر رویشی جنگل‌های ارسباران می‌تواند جایگاه بسیار ویژه‌ای داشته باشد (Asri and Partonia, 2017).

برای فراهم آوردن اطلاعات و شناخت در مورد نیازهای رویشگاهی آردوج و مطابق با آن شناخت رویشگاه‌های دارای ویژگی‌های بالقوه استقرار این گونه در عملیات اصلاحی، مدل مطلوبیت رویشگاه گونه با استفاده از روش تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی تهیه شد تا نتایج حاصل از پژوهش در مناطق دارای شرایط بالقوه، به‌منظور بازسازی به‌کار گرفته شود. این گونه از نظر اقتصادی و دارویی دارای اهمیت زیادی بوده و تنها

دادند که گونه تخصصی بوده و دارای آشیان بوم‌شناختی به‌نسبت محدودی است و تمایل به زندگی در شرایط رویشگاهی خاص دارد. همچنین رویشگاه مطلوب گونه در ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا و در دامنه‌های شمالی و شرقی قرار دارد.

(Zare Chahouki and Abasi, 2016a)

از مدل تحلیل عامل بوم‌شناختی رویشگاه *Stipa barbata* را در مراتع طالقان میانی مدل‌سازی کرده و نشان دادند که متغیرهای محیطی ارتفاع، جهت شمالی، هدایت الکتریکی و پتانسیم تأثیر منفی و متغیرهای عمق، آهک، ماده آلی و اسیدیته تأثیر مثبت داشتند و گونه به شرایط خاصی از متغیرهای محیطی تخصص پیدا کرده و دامنه خاصی از متغیرهای محیطی را تحمل می‌کند.

در مورد آردوج تاکنون پژوهشی با عنوان تعیین رویشگاه‌های بالقوه انجام نشده است و تنها چند مورد مانند ویژگی‌های رویشگاهی و جنگل‌شناسی گونه (Asri and Partonia, 2017)، نیاز رویشگاهی گونه (Ebrahimi Gajoti et al., 2015)، شناسایی مولکولی گونه در معرض تهدید گیاه آردوج در منطقه ارسباران بر اساس ژن 18SrDNA (Rheissi et al., 2012b) و ایجاد بانک DNA جمعیت‌های گونه در معرض خطر تهدید انقراض ارس منطقه حفاظت‌شده ارسباران (Rheissi et al., 2012a) بررسی شده است.

(Asri and Partonia, 2017) در پژوهشی در

ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران نتیجه گرفتند آردوج در محدوده ارتفاعی ۵۵۰ تا ۱۵۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. حضور گونه به جهت جغرافیایی بستگی ندارد ولی بیشترین تراکم در دامنه‌های شمالی و بیشترین ارتفاع درخت در دامنه‌های جنوبی بوده است و در محدوده شیب ۳۰ تا ۶۰ درصد حضور دارد.

Ebrahimi Gajoti و همکاران (2015) در

پژوهشی در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران نتیجه گرفتند

در شهرستان های کلیر و خداآفرین پراکنش دارد و با توجه به عدم پهنه بندی رویشگاه های بالقوه آن، تعیین رویشگاه های مطلوب ذخیره گاه زیست کره ارسباران برای آردوج و متغیرهای مؤثر بر مطلوبیت رویشگاه و پهنه بندی آن هدف این پژوهش بوده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد پژوهش

منطقه حفاظت شده ارسباران با مساحت ۸۵۷۹۴ هکتار در شهرستان های کلیر و خداآفرین و در شمال استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این ناحیه در محدوده جغرافیایی $38^{\circ}43'28''$ تا $39^{\circ}08'02''$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). منطقه مورد بررسی، در سال ۱۳۵۲ به عنوان منطقه حفاظت شده ارسباران و از سال ۱۳۵۵ به عنوان ذخیره گاه زیست کره تحت مدیریت قرار گرفته است. به علاوه قسمتی از منطقه با وسعت ۸۹۲۶ هکتار از سال ۱۳۹۱ به پارک ملی ارسباران ارتقا یافته است.

مرتفع ترین نقطه منطقه، قله زینقانلو در جنوب غربی منطقه با ارتفاع ۲۸۹۶ متر و گودترین آن در شمال شرقی منطقه در خروجی رودخانه ارس با ارتفاع ۲۷۰ متر از سطح دریا قرار دارد.

برای تحلیل عوامل آب و هوایی به طور عمده از آمار ایستگاه های موجود در اطراف منطقه استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا ایستگاه های منطقه مورد بررسی قرار گرفتند و سپس با توجه به طول دوره آماری (۱۹۷۵-۲۰۱۴ میلادی)، ایستگاه های مناسب انتخاب و آمار آنها استخراج شد و اقدام به تطویل و تکمیل نواقص آماری در دوره آماری منتخب شد و از روش های جرم مضاعف و ران تست اقدام به بررسی همگنی آمار شد (Alizadeh, 2013). با بررسی ایستگاه های هواشناسی منتخب، به بررسی شاخص های

مختلف هواشناسی پرداخته و با تحلیل آنها در یک دوره آماری مناسب و تعیین مقادیر نرمال، اقلیم منطقه تعیین شد (Mahdavi, 1995). میانگین سالانه بارندگی منطقه، از ۲۵۰ میلی متر در خروجی حوزه تا ۶۳۰ میلی متر در ارتفاعات کلن و دغرون، میانگین سالانه دما از 2°C تا 17°C و نوع اقلیم آن بر اساس ضریب خشکی دمارتن از نیمه خشک تا خیلی مرطوب تعیین شد (Fathzadeh, 2014). مهم ترین گونه های درختی و درختچه ای منطقه بلوط، مرمرز، کرب، بنه، گیلان وحشی، آردوج، انار، زغال اخته، ال، سرخدار، سماق، کیکم، سیب وحشی، گوجه وحشی، ازگیل، گلابی وحشی و گردو هستند (Alijanpour, 2016; Sarhangzadeh, 1996; Javanshir, 1991).

روش پژوهش

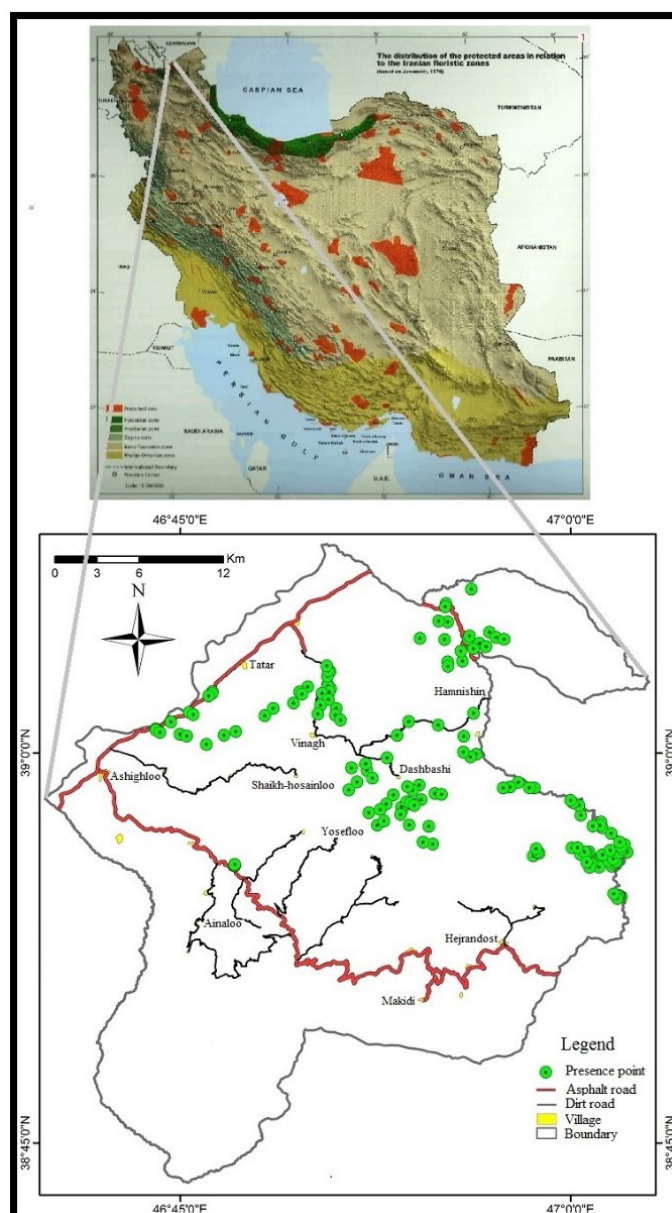
اساس تجزیه و تحلیل به کار برده شده در این پژوهش را روش تحلیل عامل آشیان بوم شناختی تشکیل می دهد. در این بررسی از نرم افزار بایومپر (Hirzel et al., 2004) برای تعیین مدل مطلوبیت رویشگاه و از نرم افزارهای ArcGIS 10.5 و Idrisi برای ساخت لایه های اطلاعاتی و ورود آنها به نرم افزار بایومپر استفاده شد. اساس کار مدل، مقایسه ویژگی های محیط زیستی نقاط حضور گونه با ویژگی های محیط زیستی منطقه است.

لایه های اطلاعاتی مورد نیاز برای اجرای مدل در نرم افزار بایومپر را می توان به دو دسته لایه های اطلاعاتی شامل نقشه کار (Work map) و نقشه های اکوجغرافیایی (Ecogeographical maps) طبقه بندی کرد. این لایه ها در آغاز در نرم افزارهای ArcGIS و Idrisi تهیه و تنظیم و سپس به نرم افزار بایومپر وارد شدند. نقشه کار شامل نقشه نقاط حضور آردوج در سطح منطقه است. نقشه های اکوجغرافیایی شامل اطلاعات متغیرهای مستقل زیستگاهی هستند که حضور و یا عدم حضور

حضور گونه مورد بازدید قرار گیرد (شکل ۱). در مسیرهای بازدید با مشاهده گونه، مختصات جغرافیایی نقطه با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS)، به عنوان نقطه حضور ثبت می شد و از ثبت نقاط حضور با فاصله نزدیک با ویژگی های مشابه خودداری می شد. در مجموع ۱۵۷ نقطه حضور در طول تحقیق ثبت و در مدل سازی از آنها استفاده شد (شکل ۱).

آردوج به آنها بستگی دارد. مثل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت جغرافیایی، اقلیم و زمین شناسی. نمونه برداری

نمونه برداری نقاط حضور گونه آردوج، با بازدیدهای میدانی به همراه کارشناسان محیط زیست شهرستان کلیر در قسمت های مختلف منطقه در بهار و تابستان ۱۳۹۶ به صورت تصادفی انجام و سعی شد مناطق مختلف



شکل ۱ - پراکنش نقاط حضور آردوج در ذخیره گاه زیست کره ارسباران

Figure 1. Distribution of recorded Juniper presence points in Arasbaran Biosphere Reserve

متغیرهای محیط زیستی

برای شناسایی متغیرهای محیط زیستی تأثیرگذار بر انتخاب زیستگاه گونه با مرور تحقیقات انجام شده بر روی زیست شناسی گونه با رویشگاه (Asri and Sarhangzadeh et al., 2017, Partonia, 2017, Maghsoudlou, Ebrahimi Gajoti et al., 2015, Ali Ahmad Koruri et al., Nezhad et al., 2013, Ali Ahmad, Shirzad and Tabari, 2011, 2011, Gardner and Korori and Khoshnevis, 2000, Fisher, 1996). مجموعه عواملی که در تأمین نیازهای رویشگاهی گونه تأثیرگذار هستند، تعیین شدند. متغیرهای مستقل محیط زیستی که در این پژوهش انتخاب و مورد پژوهش قرار گرفتند، شامل درصد شیب و طبقات آن (۲۵-۱۰، ۴۰-۲۵، ۶۰-۴۰ و بیش از ۶۰ درصد)، طبقات جهت جغرافیایی (مناطق بدون جهت، شمال، شرق، جنوب و غرب)، ارتفاع از سطح دریا و طبقات آن (۶۰۰-۲۰۰، ۹۰۰-۶۰۰، ۱۲۰۰-۹۰۰، ۱۶۰۰-۱۲۰۰ و ۱۲۰۰ و ۱۶۰۰-۳۰۰۰ متر از سطح دریا)، واحدهای خاک، طبقه بندی اقلیم و سازندهای زمین شناسی هستند. شایان ذکر است در کل تعداد ۳۹ فقره نقشه به عنوان متغیرهای مستقل رویشگاهی در مدل سازی مطلوبیت رویشگاه مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه طبقات درصد شیب، طبقات ارتفاع و دامنه جغرافیایی با استفاده از نرم افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی و نقشه رقومی ارتفاع منطقه تهیه شد. لایه های اطلاعاتی تمام متغیرها پس از رقومی سازی با اندازه سلول ۳۰×۳۰ متر به نقشه های رستری تبدیل شدند. تمامی متغیرها (مانند طبقات دامنه، طبقه بندی اقلیمی) به متغیرهای فاصله ای تبدیل و کمی شدند.

بررسی وضعیت نرمال بودن داده ها

روش تحلیل عامل آشیان بوم شناختی تا حدودی به عادی بودن داده های اولیه حساسیت دارد و رعایت

شدن این اصل سبب انحراف از محاسبات درست و تولید خروجی های بی اعتبار خواهد شد؛ بنابراین تمامی لایه ها توسط تبدیل باکس-کاکس (Box-Cox) نرمال شدند تا در نرم افزار قابل استفاده باشند (Hirzel et al., 2004) (رابطه ۱).

$$T(X) = \frac{(X^Y - 1)}{Y} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه X متغیر اصلی، T(X) مقادیر تبدیل یافته و Y ضریب همبستگی بین داده ها است.

بررسی همبستگی داده ها

با اطمینان از نرمال بودن متغیرها، در مرحله بعد همبستگی متغیرهای محیط زیستی بررسی شد. محاسبات در آنالیز ENFA بر پایه عواملی است که بین آنها همبستگی وجود ندارد. استفاده از لایه های همبسته می تواند در یک آزمون سبب افزایش مصنوعی ضریب همبستگی شود. این همبستگی در غالب ماتریس همبستگی (Correlation matrix) در نرم افزار بایومپر بررسی می شود. در این مرحله از بین دو یا چند متغیری که دارای همبستگی بیش از ۸۵ درصد بودند یکی از آنها با نظر کارشناسی از فهرست متغیرهای وارد شونده حذف شد (Hirzel et al., 2004).

اجرای تحلیل عامل آشیان بوم شناختی

با انجام تحلیل توسط نرم افزار چندین خروجی به دست می آید: اولین عامل خروجی در این روش عامل حاشیه گرایی (M) نام دارد که مطابق رابطه ۲ عبارت است از قدر مطلق تفاوت بین میانگین یک متغیر در کل منطقه (m_G) و میانگین توزیع گونه در آن متغیر (m_S) بر انحراف معیار هر متغیر در کل منطقه (S_G). مقادیر مثبت M نشان دهنده این است که گونه، مقادیری بیشتر از میانگین رویشگاه را در مورد آن متغیر ترجیح می دهد.

$$M = \frac{|m_s - m_G|}{1.96 S_G} \quad \text{رابطه (۲)}$$

الگوریتم میانه (Median Algorithm)، میانگین هندسی (Geometric Distance Mean) و میانگین هارمونیک (Harmonic Distance Mean) برای محاسبه مطلوبیت ارائه شده است (Hirzel, Hirzel and Arletaz, 2003; Hirzel et al., 2002; et al., 2004).

الگوریتم میانه، سریع و در بیشتر موارد صحیح بوده و قدرت تعمیم خوبی دارد. توزیع گونه در هر عامل باید تک‌جمله‌ای بوده و قرینه باشد.

میانگین هندسی فاصله، کند، قدرت خوب تعمیم دادن، هیچ‌گونه پیش‌فرضی در زمینه توزیع گونه ندارد. میانگین هارمونیک فاصله، کند، قدرت تعمیم دادن متوسط، هیچ فرضی در زمینه توزیع گونه‌ها ندارد. به هر مشاهده وزن یکسانی داده و بنابراین هنگامی که اندازه نمونه خیلی کوچک است نتیجه بهتری ارائه می‌دهد و هر مشاهده اطلاعات مرتبطی به مدل ارائه می‌دهند.

در این پژوهش اعتبار پیش‌بینی مدل با استفاده از هر یک از الگوریتم‌ها بررسی و بهترین الگوریتم بر اساس مقادیر محاسبه شده انتخاب شد (جدول ۲).

ارزیابی اعتبار مدل

برای ارزیابی صحت پیش‌بینی‌های مدل تهیه‌شده فرآیند اعتبارسنجی متقابل (Cross-Validation) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فرآیند بررسی اعتبار حدود اطمینان صحت پیش‌بینی مدل مطلوبیت رویشگاه توسط نرم‌افزار بایومپر محاسبه می‌شود. $K-1$ مجموعه برای محاسبه مدل استفاده شده و بخش کنار گذاشته برای تأیید اعتبار آن استفاده می‌شود. این فرآیند K بار تکرار شده و در هر بار یک مجموعه کنار گذاشته می‌شود. این فرآیند منجر به K نقشه مطلوبیت رویشگاه متفاوت می‌شود. با استفاده از این نقشه‌ها و بررسی نوسانات آنها نمایه پیوسته بویس (Continuous Boyce Index) در نرم‌افزار بایومپر محاسبه و نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح ((Area Adjusted Frequency (AAF)

دومین عامل خروجی تخصص‌گرایی (S) نام دارد که با تقسیم انحراف معیار توزیع کل (σ_G) بر انحراف معیار سلول‌های مشاهده‌گونه (σ_S) به‌دست می‌آید (رابطه ۳) و نشان‌دهنده این است که تا چه مقدار گونه در استفاده از منابع منطقه، به‌صورت تخصصی عمل می‌کند (Hirzel, 2001).

$$S = \frac{\sigma_G}{\sigma_S} \quad \text{رابطه (۳)}$$

عامل تخصص‌گرایی بین صفر و بی‌نهایت تغییر می‌کند اما مقدار عکس آن (T) بین صفر و یک تغییر می‌کند که هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده تحمل کم گونه نسبت به تغییر شرایط رویشگاه است (رابطه ۴).

$$T = \frac{1}{S} \quad \text{رابطه (۴)}$$

سومین عامل خروجی ماتریس امتیازها است و نشان‌دهنده نقش هر یک از متغیرهای محیط‌زیستی در مطلوبیت رویشگاه گونه است.

انتخاب تعداد عامل مورد استفاده

تعداد کمی از عامل‌ها می‌توانند بخش زیادی از حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی گونه را توضیح دهند. انتخاب تعداد کمتری از عامل‌ها انجام محاسبات را راحت‌تر و تفسیر نتایج به‌دست‌آمده را آسان‌تر می‌کند. برای انتخاب تعداد عامل مناسب و استفاده از آنها در محاسبه نقشه رویشگاه از مدل عصای شکسته (Broken Stick Model) استفاده شد (Hirzel et al., 2002). بر اساس روش عصای شکسته چهار عامل از ۳۹ عامل محاسبه‌شده برای تهیه نقشه مطلوبیت رویشگاه انتخاب شد.

ارزیابی و تأیید اعتبار مدل مطلوبیت رویشگاه

با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده، نقشه مطلوبیت رویشگاه محاسبه شد. برای محاسبه مطلوبیت رویشگاه بایستی الگوریتم مناسب را انتخاب کرد. در نرم‌افزار بایومپر سه

ترسیم می شود (Hirzel et al., 2006). با تفسیر نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح می توان مقدار صحت پیش بینی های مدل را بررسی کرد (شکل ۲).

نمایه بویس عبارت است از همبستگی بین نسبت نقاط تأیید اعتبار (نقاط حضور گونه که به منظور بررسی اعتبار مدل به کار گرفته شده اند) قرار گرفته در هر طبقه مطلوبیت زیستگاه (Fi) و شماره آن طبقه (Fi.i) با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می شود.

$$\text{رابطه (۵)} \quad Fi = Pi / Ei$$

در رابطه فوق Pi عبارت است از بخشی از نقاط تأیید اعتبار که در طبقه مطلوبیت رویشگاه i قرار می گیرند. مقدار Ei برابر است با سطحی از منطقه که توسط طبقه مطلوبیت i پوشانده می شود. انتظار بر این است که با افزایش مطلوبیت رویشگاه سهم بیشتری از نقاط حضور در آن طبقه از مطلوبیت رویشگاه قرار گرفته و وسعت طبقه نیز کاهش یابد. در نتیجه در مدلی که از اعتبار مناسبی برخوردار باشد با افزایش مطلوبیت رویشگاه مقدار Fi افزایش می یابد و همبستگی بین نسبت محاسبه شده و شماره طبقه مثبت است.

مقدار نمایه بویس از ۱ تا ۱- تغییر می کند. مقادیر مثبت نمایه نشان دهنده آن است که پیش بینی های مدل همسو با توزیع داده های حضور است. مقادیر نزدیک به صفر نشان دهنده آن است که پیش بینی های مدل متفاوت از یک مدل تصادفی نیست. مقادیر منفی نیز نشان دهنده مدل نامناسب است (Hirzel et al., 2006).

با تفسیر نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح می توان آستانه مطلوبیت رویشگاه را تعیین و رویشگاه را به طبقات مطلوب و نامطلوب تقسیم کرد (Hirzel et al., 2006). در این پژوهش الگوریتمی که بالاترین نمایه پیوسته بویس را به خود اختصاص می داد، انتخاب شد. برای تعیین مقدار دقت نقشه رویشگاه بالقوه آردوج و تطبیق آن با واقعیت زمینی از آماره کاپا در نرم افزار

SPSS16 استفاده شد. ضریب کاپا بیانگر مقدار توافق مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده است و مقدار آن از صفر تا یک تغییر می کند. هرچه مقدار کاپا به یک نزدیک تر باشد نشان دهنده توافق بهتر مدل با دنیای واقعی است.

با استفاده از الگوریتم انتخاب شده، نقشه کمی مطلوبیت رویشگاه محاسبه و ترسیم شد. سپس با استفاده از نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح، ابتدا نقشه مطلوبیت رویشگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب و سپس محدوده رویشگاه های مطلوب خود به سه طبقه با مطلوبیت (کم، متوسط و زیاد) تقسیم بندی شد.

نتایج

مقدار تخصص گرایی آردوج (۱۲/۱۹۶) نشان دهنده تخصصی بودن گونه در استفاده از منابع رویشگاهی است. ماتریس امتیازات تولید شده در جدول ۱ نشان دهنده سهم هر یک از متغیرها در مطلوبیت رویشگاه گونه است. در جدول ۱ عامل اول علاوه بر تخصص گرایی، ۱۰۰ درصد حاشیه گرایی را نشان می دهد. به عنوان نمونه عامل اول علاوه بر ۱۰۰ درصد حاشیه گرایی ۵۵/۹۵ درصد تخصص گرایی، عامل دوم ۲۳/۴۶ درصد تخصص گرایی، عامل سوم ۱۲/۹۹ درصد و عامل چهارم ۴/۳۳ درصد ویژگی تخصص گرایی آردوج را توضیح می دهند. این چهار عامل در مجموع ۹۶/۷۳ درصد مقدار تخصص گرایی گونه را تعیین می کنند. ضرایب محاسبه شده نشان دهنده مقدار نقش هر متغیر محیط زیستی در حاشیه گرایی گونه است. به عنوان نمونه ضریب ۰/۱۷۳- محاسبه شده برای متغیر ارتفاع از سطح دریا در جدول ۱ نشان دهنده آن است که آردوج تمایل به مناطقی دارد که ارتفاعی کمتر از میانگین منطقه (۱۴۳۰ متر از سطح دریا) دارد. ضریب

مطلوبیت رویشگاه آن می‌افزاید. آردوج در تمامی دامنه‌های منطقه حضور دارد.

بر اساس شاخص پیوسته بویس میانگین هارمونیک به علت مقدار نزدیک به یک و حدود اعتماد کم ($0/864 \pm 0/097$) از قدرت پیش‌بینی بهتری نسبت به دیگر الگوریتم‌ها برخوردار است (جدول ۲). علاوه بر این منحنی نرخ F (نرخ پیش‌بینی شده به نرخ مورد انتظار در محور عمودی) به مطلوبیت رویشگاه (محور افقی) نشان می‌دهد که این مدل از قدرت پیش‌بینی بسیار بالایی برخوردار است. در نتیجه، نقشه مطلوبیت رویشگاه آردوج با استفاده از الگوریتم میانگین هارمونیک محاسبه شد. همچنین مقدار تطابق نقشه تهیه شده با واقعیت زمینی در رویشگاه آردوج بر اساس ضریب کاپا ۸۴/۷ محاسبه شد.

۰/۲۳۷ فاصله تا مناطق با ارتفاع ۱۶۰۰-۳۰۰۰ متر از سطح دریا نشان‌دهنده تمایل رویش آردوج در مناطق دور از این نواحی است و ضریب ۰/۰۱۴- فاصله تا مناطق با ارتفاع ۱۶۰۰-۱۲۰۰ متر از سطح دریا نشان‌دهنده تمایل گونه به حضور در این نواحی و یا نزدیک به این مناطق بوده و حضور این متغیر در رویشگاه مطلوبیت آن را افزایش می‌دهد. برای دیگر متغیرها به عنوان نمونه ضریب ۰/۰۸۲- فاصله تا مناطق با شیب ۲۵-۱۰ درصد نشان‌دهنده تمایل گونه به رویش در مناطق با شیب ۲۵-۱۰ درصد منطقه است.

مطابق ماتریس امتیازات و ضرایب محاسبه شده آردوج مناطق با ارتفاع کمتر از میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد. همچنین کاهش مقدار درصد شیب بر

جدول ۱ - ماتریس امتیازات برای ۳۰ متغیر در مدل مطلوبیت آشیان بوم‌شناختی آردوج

Table 2. Score matrix for thirty variables in habitat suitability model for Juniper

تخصص‌گرایی Specialization			عامل حاشیه‌گرایی Marginality	نام متغیر Habitat variable
عامل سوم Factor3 (4.33%)	عامل دوم Factor2 (12.99%)	عامل اول Factor1 (23.46%)	عامل Factor 55.5%	
-0.007	-0.001	0.004	-0.063	فاصله تا دامنه شمالی Distance to northern hillside
-0.002	-0.003	0.008	-0.215	فاصله تا دامنه شرقی Distance to eastern hillside
0.001	-0.003	0.005	-0.068	فاصله تا دامنه جنوبی Distance to southern hillside
-0.002	-0.005	0.007	-0.184	فاصله تا دامنه غربی Distance to western hillside
-0.005	-0.003	0.002	0.121	فاصله تا مناطق کم شیب Distance to flat areas
0.016	-0.045	0.021	-0.211	فاصله تا مناطق با اقلیم نیمه‌خشک Distance to semi-arid climate areas

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

تخصص‌گرایی Specialization			عامل حاشیه‌گرایی Marginality Factor	نام متغیر Habitat variable
عامل سوم Factor3 (4.33%)	عامل دوم Factor2 (12.99%)	عامل اول Factor1 (23.46%)	55.5%	
0.005	-0.046	0.017	-0.108	فاصله تا مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای Distance to mediterranean climate areas
0.052	-0.073	0.060	0.164	فاصله تا مناطق با اقلیم نیمه‌مرطوب Distance to semi-humid climate areas
-0.181	0.102	0.175	0.234	فاصله تا مناطق با اقلیم مرطوب Distance to humid climate areas
0.860	0.513	-0.092	0.217	فاصله تا مناطق با اقلیم خیلی مرطوب Distance to very humid climate areas
0.005	-0.082	0.012	-0.173	ارتفاع از سطح دریا Elevation
0.035	0.057	0.001	-0.075	فاصله تا مناطق با ارتفاع ۲۰۰-۶۰۰ متر از سطح دریا Distance to areas with elevations 200 - 600 m above sea level
-0.004	-0.011	0.015	-0.258	فاصله تا مناطق با ارتفاع ۶۰۰-۹۰۰ متر از سطح دریا Distance to areas with elevations 600 - 900 m above sea level
0.017	-0.015	-0.005	-0.251	فاصله تا مناطق با ارتفاع ۹۰۰-۱۲۰۰ متر از سطح دریا Distance to areas with elevations 900 - 1200 m above sea level
0.017	-0.049	-0.009	-0.014	فاصله تا مناطق با ارتفاع ۱۲۰۰-۱۶۰۰ متر از سطح دریا Distance to areas with elevations 1200 - 1600 m above sea level
-0.225	0.122	-0.086	0.237	فاصله تا مناطق با ارتفاع ۱۶۰۰-۳۰۰۰ متر از سطح دریا Distance to areas with elevations 1600 - 3000 m above sea level
-0.225	0.015	-0.032	-0.203	فاصله تا مناطق با سازند کنگلومرا Distance to areas with conglomerate formation
0.035	0.006	0.716	0.159	فاصله تا مناطق با سازند دیوریت Distance to areas with Diorite Formation
0.026	0.055	0.019	0.040	فاصله تا مناطق با سازند سنگ آهک ریفی و یا مارنی Distance to areas with Reefal and marly limestone formation
-0.016	-0.019	0.005	0.219	فاصله تا مناطق با سازند آهک و ماسه‌سنگ Distance to areas with limestone and sandstone formation
-0.160	-0.003	0.001	-0.132	فاصله تا مناطق با سازند مارن، ماسه‌سنگ، آهک Distance to Marl, sandstone, limestone formation
0.022	-0.031	0.016	-0.049	فاصله تا مناطق با سازند گدازه جریانی با ترکیب اسیدی (ریوداسیت) Distance to areas with Acid lava flow (Rhyodacite) formation

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

تخصص گرایي Specialization			عامل حاشیه گرایي Marginality	نام متغیر Habitat variable
عامل سوم Factor3 (4.33%)	عامل دوم Factor2 (12.99%)	عامل اول Factor1 (23.46%)	Factor 55.5%	
0.108	0.032	-0.051	0.108	فاصله تا مناطق با سازند سنگ های آتشفشانی رسوبی Distance to areas with volcano- sedimentary rocks formation
0.022	- 0.018	- 0.003	0.022	فاصله تا مناطق با سازند کواترنری Distance to areas with Quaternary Formations
0.013	0.059	0.032	-0.181	فاصله تا واحد اراضی کوه های به نسبت مرتفع با سنگ های کم عمق تا نیمه عمیق با بیرون زدگی سنگی آهکی و خاک کم Distance to land unit of relatively high mountains with limestone and shallow to relatively deep soil with a outcrop
- 0.049	0.028	-0.020	0.214	فاصله تا واحد اراضی کوه های کم ارتفاع و بریده بریده و دارای تشکیلات مارنی با خاک کم عمق تا نیمه عمیق سنگریزه دار با بافت متوسط تا سنگین Distance to land unit of badland marl formation low mountains with gravelly, shallow to relatively deep soil and medium to heavy texture
-0.116	-0.791	-0.230	0.259	فاصله تا واحد اراضی کوه های مرتفع با سنگ های آهکی و آتشفشانی، خاک کم عمق تا نیمه عمیق با بافت متوسط تا سنگین Distance to land unit of limestone & volcanous high mountains with, shallow to relatively deep soil, medium to heavy texture
-0.249	0.177	-0.605	-0.039	فاصله تا واحد اراضی کوه های به نسبت مرتفع با قله مدور متشکل از سنگ های آتشفشانی و توف با خاک بسیار کم عمق تا کم عمق Distance to land unit of relatively high mountains with round summit, volcanous rocks and tuffs, thin and very thin soil cover
0.027	-0.028	0.043	0.046	فاصله تا واحد اراضی کوه های مرتفع با تشکیلات آتشفشانی و دگرگونی با خاک بسیار کم عمق تا نیمه عمیق با بافت سنگین Distance to land unit of high mountains with volcanous and metamorphous rocks, very shallow to Relatively deep soil, heavy texture
0.005	0.017	0.001	-0.361	فاصله تا واحد اراضی تپه های مرتفع با قله تیز و سنگ های سخت آهکی با خاک بسیار کم عمق تا کم عمق Distance to land unit of high hills With runcinate summit, limestone, thin and very thin soil cover

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

تخصص‌گرایی Specialization			عامل حاشیه‌گرایی Marginality	نام متغیر Habitat variable
عامل سوم Factor3 (4.33%)	عامل دوم Factor2 (12.99%)	عامل اول Factor1 (23.46%)	عامل Factor 55.5%	
-0.037	0.062	- 0.005	0.149	فاصله تا واحد اراضی تپه‌های کم ارتفاع با مارن‌های گچی و آهکی و نمکی، خاک کم‌عمق تا نیمه‌عمیق با بافت متوسط تا سنگین
				Distance to land unit of low hills with gypsic, calcareous and salty marland, shallow to relatively deep soil with medium to heavy texture
0.008	-0.100	0.011	-0.123	فاصله تا واحد اراضی تپه‌های به نسبت مرتفع با ماسه سنگ و کنگلومرای، خاک کم‌عمق تا نیمه‌عمیق با بافت سبک تا سنگین
				Distance to land unit of relatively high hills sandstone & conglomerate, shallow to relatively deep soil, light to heavy texture
- 0.082	0.016	-0.039	0.067	فاصله تا واحد اراضی تپه‌های به نسبت مرتفع با قلل مسطح با مواد آبرفتی، خاک نیمه‌عمیق تا عمیق با بافت سبک تا سنگین
				Distance to land unit of relatively high hills with flat summit with alluvial, relatively deep soil to deep soil, light to heavy texture
-0.096	0.083	-0.082	0.031	فاصله تا اراضی حاشیه رودخانه با خاک کم‌عمق تا نیمه‌عمیق با بافت سنگین
				Distance to the margin of the river, shallow to relatively deep soil, heavy texture
0.002	0.001	0.001	-0.026	درصد شیب Slope
0.001	0.004	-0.008	-0.082	فاصله تا مناطق با شیب ۱۰-۲۵ درصد
				Distance to areas with a slope of 10-25%
0.003	0.005	-0.005	-0.099	فاصله تا مناطق با شیب ۲۵-۴۰ درصد
				Distance to areas with a slope of 25-40%
-0.001	0.006	-0.005	- 0.024	فاصله تا مناطق با شیب ۴۰-۶۰ درصد
				Distance to areas with a slope of 40-60%
- 0.005	0.007	-0.001	-0.042	فاصله تا مناطق با شیب بیش از ۶۰ درصد
				Distance to areas with a slope of over 60%

استفاده از آستانه مطلوبیت به دست آمده نقشه مطلوبیت رویشگاه آردوج ابتدا در دو طبقه رویشگاه مطلوب و نامطلوب تعیین، سپس رویشگاه مطلوب خود بر اساس نمودار فراوانی در سه طبقه، تفکیک شد که در شکل ۳ نمایش داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده،

با بررسی نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح مبتنی بر الگوریتم میانگین هارمونیک (شکل ۲) و تعیین محدوده‌ای از مطلوبیت رویشگاه که در آن نسبت پیش‌بینی شده به مورد انتظار کمتر و یا برابر با یک است، آستانه مطلوبیت رویشگاه ۱۷ درصد تعیین شد. با

بیش از ۲۳۳۰۵ هکتار (۲۷/۱۷ درصد) از وسعت منطقه، از وسعت رویشگاه‌های مطلوب، ۶۱۶۷ هکتار در پارک رویشگاه مطلوب برای گونه تعیین شده است. به علاوه ملی واقع شده است (جدول ۳).

جدول ۲ - نمایه پیوسته بویس محاسبه شده به ازای الگوریتم‌های مختلف تعیین مطلوبیت رویشگاه

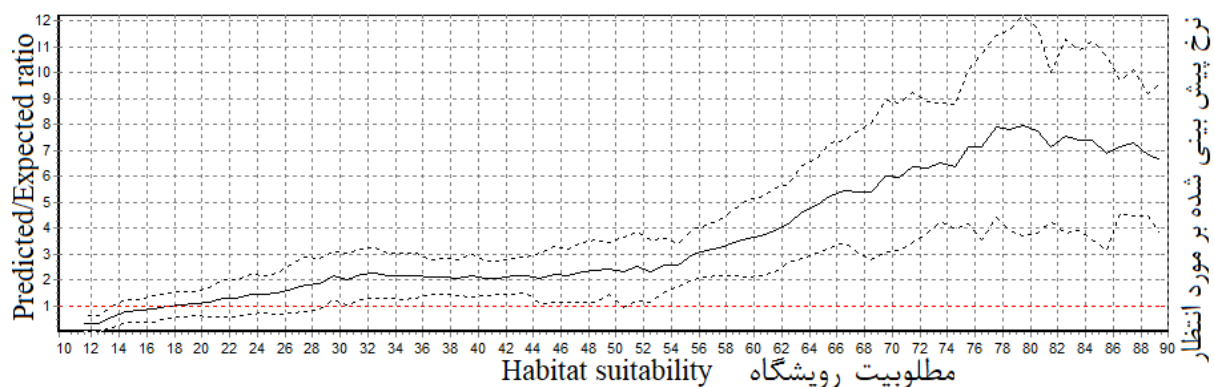
Table 2. Continuous boyce index for habitat suitability algorithms

انحراف معیار $\pm$ نمایه پیوسته بویس		
Boyce Index $\pm$ Standard deviation		
الگوریتم میانگین هارمونیک	الگوریتم میانگین هندسی	الگوریتم میانه
Harmonic mean algorithm	Geometric mean algorithm	Median algorithm
0.864 $\pm$ 0.097	0.012 $\pm$ 0.733	0.209 $\pm$ 0.553

جدول ۳ - مساحت رویشگاه‌های مطلوب آردوج با رویکرد تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی

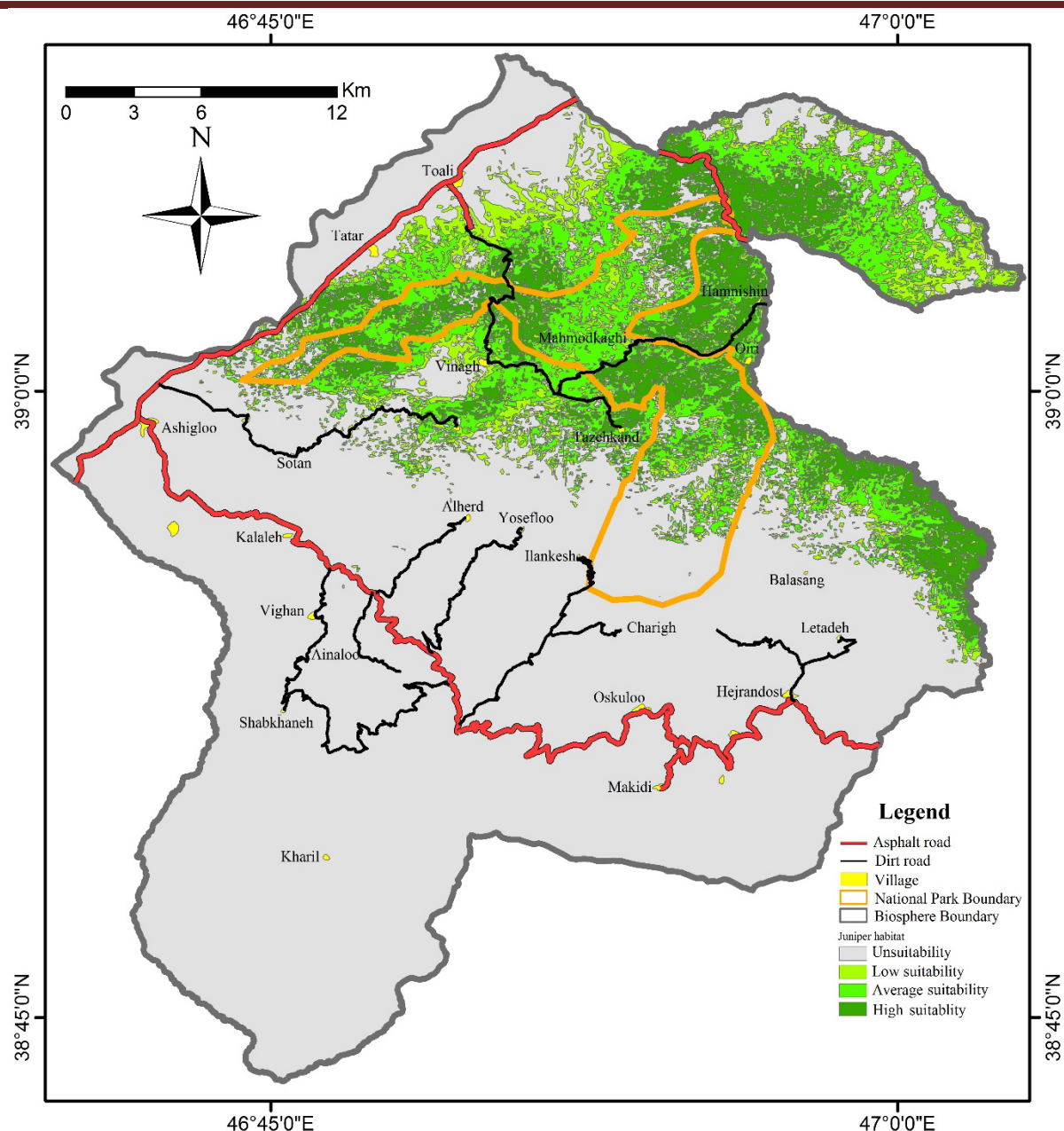
Table 3. Area of juniper habitat suitability with Ecological Niche Factor Analysis approach

جمع Total	مطلوبیت Suitability						نامطلوب Unsuitability		کیفیت رویشگاه Habitat Quality
	زیاد High		متوسط Average		کم Low				مساحت Area
	درصد %	هکتار ha	درصد %	هکتار ha	درصد %	هکتار ha	درصد %	هکتار ha	
85794	8.35	7162	12.54	10755	6.28	5387	72.83	62490	ذخیره‌گاه Biosphere
8926	23.99	2141	34.14	3048	10.96	978	30.91	2759	پارک Park



شکل ۲- نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح مبتنی بر الگوریتم میانگین هارمونیک

Figure 2. (P.E) curve for Harmonic mean algorithm for habitat suitability modeling



شکل ۳ - نقشه پراکنش رویشگاه های مطلوب و نامطلوب آردوج در ذخیره گاه زیست کره ارسباران
Figure 3. Classified habitat suitability map for Juniper in Arasbaran Biosphere Reserve

بحث

(جدول ۱) که محدود بودن پراکنش آردوج در بخش شرقی را توجیه می کنند. بیش از ۲۶/۵ درصد رویشگاه های مطلوب در داخل پارک ملی واقع شده است و بیش از ۶۸ درصد وسعت پارک ملی رویشگاه مطلوبی برای آردوج بر اساس مدل طراحی شده است؛ بنابراین حفظ این بخش از منطقه به عنوان پارک ملی علاوه بر حفظ این گونه، گونه های مهم دیگر نیز

این پژوهش نشان داد که حدود یک سوم وسعت منطقه (۲۷/۱ درصد) به عنوان رویشگاه مطلوب برای آردوج است که در نیمه شرقی و شمال شرقی منطقه واقع شده است (شکل ۳). شکل زمین، اقلیم، سازندهای زمین شناسی و تیپ های واحدهای اراضی خاک از مهم ترین عوامل تعیین کننده پراکنش گونه در منطقه بوده

حفاظت شده و به عنوان یک ذخیره گاه ژنی قوی در کشور باقی خواهد ماند (Sarhangzadeh et al., 2017). نتایج نشان داد، آردوج نسبت به تغییر شرایط منابع رویشگاهی خود حساس بوده و در نتیجه دست کاری در رویشگاه آن، در بقا گونه تأثیرگذار است؛ بنابراین انتظار می رود آردوج را از عوامل تخریبی محافظت کرد. در ارسباران، در محدوده رویشگاه های مطلوب آردوج، ۲۶ روستای با سکنه وجود دارند. وابستگی مستقیم و غیرمستقیم مردم این روستاها به این رویشگاه ها عامل محدود کننده محسوب شده، بنابراین با آموزش و فرهنگ سازی از تخریب رویشگاه های این گونه مهم و دیرزیست جلوگیری شود.

کاهش ارتفاع از سطح دریا مطلوبیت رویشگاه را افزایش داده و به همین علت تراکم حضور گونه در ارتفاعات پایین بیشتر است. با توجه به مدل طراحی شده رویشگاه های مطلوب آردوج در ذخیره گاه زیست کره ارسباران در محدوده ارتفاعی ۳۳۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. در واقع مناسب بودن رویشگاه برای گونه بستگی به فراهم بودن مجموعه شرایط دارد و تنها یک متغیر مطلوبیت رویشگاه را مشخص نمی کند. این دستاورد با نتایج Ebrahimi Gajoti و همکاران (2015) و Asri and Partonia (2017) در مورد آردوج که استقرار آن با ارتفاع همبستگی دارد مشابه است. در این پژوهش این همبستگی منفی بوده و با کاهش ارتفاع از سطح دریا کیفیت رویشگاه بهتر می شود. حضور رویشگاه های آردوج در ارتفاعات پایین در ارتباط با اقلیم های نیمه خشک و مدیترانه ای است. این نوع اقلیم ها در ارسباران در محدوده ارتفاعی ۳۳۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است و با توجه به جدول ۱ اهمیت اقلیم نیمه خشک بیشتر از اقلیم مدیترانه ای است؛ بنابراین ارتفاعات پایین مطلوبیت رویشگاهی بیشتری برای

آردوج دارد و این مهم در بازدهی های میدانی نیز به وضوح دیده می شد. لازم به ذکر است مدل سازی مطلوبیت رویشگاه بالقوه آردوج و پهنه بندی آن تاکنون انجام نشده و نتایج پژوهش های اندک نیز در مورد گونه در وضع موجود (به صورت محلی) بیان شده است.

شیب یکی از عوامل تأثیرگذار و محدود کننده رویش درختان جنگلی است. با افزایش شیب در مناطق کوهستانی، عمق خاک کاهش می یابد و همین عامل سبب می شود که شیب از عوامل تعیین کننده و تأثیرگذار در پراکنش گونه های درختی به شمار آید (Daghestani et al., 2017). مطابق مدل طراحی شده، آردوج تمایل به مناطقی دارد که شیب کمتر از میانگین منطقه (۳۵ درصد) دارد و همبستگی رویشگاه گونه با شیب منفی است. با اینکه آردوج در تمامی طبقات درصد شیب تمایل به حضور دارد، ولی با فراهم شدن دیگر متغیرها در مناطق با شیب متوسط بیشتر استقرار پیدا می کند (جدول ۲) که بازدید میدانی از نواحی مختلف منطقه این مهم را نشان می داد. شیب طبقه ۰ تا ۱۰ درصد برای استقرار آردوج نامناسب است. این دستاورد مشابه با نتایج Ebrahimi Gajoti و همکاران (2015) و Asri and Partonia (2017) (که استقرار آردوج با مقدار شیب همبستگی دارد) است.

نتایج این پژوهش نشان داد که آردوج در تمامی دامنه های منطقه توان رویش داشته و بیشتر تمایل به حضور در مناطق نزدیک به دامنه های شرقی و غربی دارد و از مناطق دشتی دوری می کند. با توجه به اینکه در منطقه مورد پژوهش مناطق دشتی بیشتر به اراضی زراعی اختصاص دارد، بنابراین رویش آن در این مناطق توسط کشاورزان کنترل و حذف می شوند. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق Ebrahimi Gajoti و همکاران (2015) و Asri and Partonia (2017) هم خوانی دارد.

همچنین آردوج در مناطق با سازند زمین شناسی کنگلومرا؛ سازند مارن، ماسه سنگ، آهک مارنی و سازند گدازه جریانی با ترکیب اسیدی رویش دارد این همبستگی با توجه به نفوذپذیر بودن این سازندها توجیه پذیر است. به علاوه آردوج در واحدهای اراضی کوه های به نسبت مرتفع با قله مدور متشکل از سنگ های آتشفشانی و توف با خاک بسیار کم عمق تا کم عمق و تپه های مرتفع و به نسبت مرتفع با سنگ های ماسه ای و کنگلومرای و سنگ های آهکی با خاک بسیار کم عمق تا نیمه عمیق با بافت سبک تا سنگین بیشتر دیده می شود و این متغیرها برای حضور گونه، جاذب محسوب می شوند. این همبستگی با توجه به خصوصیات زیستی گونه که در مناطق سنگلاخی کوهستانی و کم عمق رویش می کند (Sarhangzadeh et al., 2017) توجیه پذیر است. این دستاورد مشابه نتایج Ebrahimi Gajoti و همکاران (2015) است که رشد گونه را در سخت ترین و فقیرترین وضعیت زمین شناسی و خاک تأیید کرده اند.

این پژوهش رویشگاه های مطلوب آردوج را در متنوع ترین منطقه تحت حفاظت در کشور مشخص

کرده و متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه را تعیین کرد. با توجه به اینکه آردوج از گونه هایی است که از نظر تعداد و محدوده پراکنش در ایران، دچار کاهش شدیدی شده است (Asri and Partonia, 2017)؛ بنابراین حفاظت بیشتر از رویشگاه های مطلوب آن و پیشگیری از تخریب آنها به ویژه از طریق افزایش تعداد دام های روستایی و گردشگری با مشارکت تمامی سازمان های ذی ربط و مردم محلی مورد پیشنهاد است.

تشکر و قدردانی

از همکاری های آقایان مهندس عبدالرضا کلاتری ریاست محترم و مهندس جابر سرهنگزاده و مهندس فرزین رضوان کارشناسان محترم اداره محیط زیست شهرستان کلبر؛ الیاس اویدی دبیر بازنشسته آموزش و پرورش؛ همچنین محیط بانان پاسگاه های وینق، آینالو و تازه کند که در انجام این پژوهش در بررسی های میدانی اینجانب را یاری کردند و آقای دکتر غلامحسین مرادی عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد بازبینی مقاله را انجام دادند، صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

References

- Ali Ahmad Korori, S. & M. Khoshnevis, 2000. Ecological and Environmental Studies of *Juniperus* Habitats in Iran, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 208 p (In Persian).
- Ali Ahmad Koruri, S., M. Khoshnevis & M. Matinizadeh, 2011. Comprehensive studies of *Juniperus* species in Iran, Published by Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, 550 p (In Persian).
- Alijanpour, A., 2000. Investigation and determination of optimum statistical methods at Arasbaran forests. PhD thesis. Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran, 165 p (In Persian).
- Alijanpour, A., 2016. Quantitative analysis of fruit production of *Cornus mas* L. in Arasbaran forests, *Forest Research and Development*, 2(1): 49-62 (In Persian).
- Alizadeh, A., 2013. The Principles of Applied Hydrology, Imam Reza (AS) University, Mashhad, 928 p (In Persian).
- Asri, Y. & L. Partonia, 2017. Site and silvicultural characteristics of *Juniperus foetidissima* Willd. endangered species in Arasbaran Biosphere Reserve, *Iranian Journal Forest and Poplar Research*, 24(4): 687-699 (In Persian).
- Bahrami, B. & A. Ghorbani, 2016. Investigation and determining environmental factors affecting on distribution of rangeland habitats in Southeast of Sabalan, *Natural Ecosystems of Iran*, 7(1): 33-44 (In Persian).
- Blackburn, J. k., 2006. Evaluating the spatial ecology of anthrax in North America: examining epidemiological components across multiple geographic scales using a

- GIS-based approach. PhD thesis. Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, 141 p.
- Carvalho, J. C. & P. Gomes, 2004. Influence of herbaceous cover, shelter and land cover structure on wild rabbit abundance in NW Portugal, *Acta Theriologica*, 49(1): 63-74.
 - Daghestani, M., M. Zanganeh & M. Taheri, 2017. Investigation on quantitative characteristic and soil properties of *Juniperus excels* M.Bieb stands in Tarom Zanjan, *Journal of Forest Research and Development*, 3(2): 175-190. (In Persian)
 - Ebrahimi Gajoti., T. Kh. Sagheb-Talebi, A. Razban Haghighi, N. Kasebi & Y. Imani, 2015. Site demands of juniper (*Juniperus foetidissima* Wild.) in Arasbaran, East Azerbaijan Province, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(3): 452-464 (In Persian).
 - Esfanjani, J., M. A. Z. Chahouki, H. Rouhani, M. M. Esmaili & B. Behmanesh, 2017. Suitability habitat modeling species using Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) in rangelands Chaharbagh of Golestan province, Iran, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23(3): 516-525 (In Persian).
 - Farjon, A., 1992. The taxonomy of multispeed *juniperus* (*Juniperus* Sect. *sabina*) in southwest Asia and east Africa (Taxonomic notes on Cupressaceae I), *Edinburgh Journal of Botany*, 49(3): 251-283.
 - Farjon, A., 2013. *Juniperus foetidissima*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013, <http://dx.doi.org.10.2305.IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42234A2965043.en>. Accessed 7th September 2017.
 - Fathzadeh, A., 2014. Final Report of Research Project Environmental Planning of Siyahkuh National Park Part 3: Climate & Weather), Department of the Environment I.R. IRAN, Yazd (In Persian).
 - Gardner, A. S. & M. Fisher, 1996. The Distribution and Status of the Montane Juniper Woodlands of Oman, *Journal of Biology*, 23(6): 791-803.
 - Guisan, A., & N.E. Zimmermann, 2000. Predictive habitat distribution models in ecology, *Ecological Modeling*, 135(2-3): 147-186.
 - Hirzel A. H. & A. Guisan, 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling, *Ecological Modelling*, 157(2-3): 331-341.
 - Hirzel, A. H. & R. Arletaz, 2003. Modeling habitat suitability for complex species distribution by the environmental distance geometric mean, *Environmental Management*, 32(5): 614-623.
 - Hirzel, A. H., 2001. When GIS come to life, linking landscape and population ecology for large population management modeling: the case of ibex (*Capra ibex*) in Switzerland. PhD thesis. Institute of Ecology, Laboratory for Conservation Biology, University of Lausanne, 114 pp.
 - Hirzel, A. H., G. Le Lay, V. Helfer, C. Randin & A. Guisan, 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences, *Ecological Modelling*, 199(2): 142-152.
 - Hirzel, A. H., J. Hausser & N. Perrin, 2004. Biomapper 3.1. Division of Conservation Biology, University of Bern. Available at <http://www.unil.ch.biomapper>.
 - Hirzel, A. H., J. Hausser, D. Chessel & N. Perrin, 2002. Ecological niche factor analysis: how to compute habitat suitability maps without presence data, *Ecology*, 83(7): 2027-2036.
 - IUCN., 2017. Red List of Threatened Species, Version 2017-1. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed 7th September 2017.
 - Javanshir, K., 1976. Iranian shrub and woody plants Atlas, Iran National Society of Natural Resources Conservation, Tehran, Iran, 163 p (In Persian).
 - Javanshir, K., 1991. Forestry of Aras and Urmia Watersheds. Jame Iran Consulting Engineers. Report number: 11, 144 p (In Persian).
 - Liprieur, V. E., J. M. Durand & J. L. Peyron, 1988. Influence of topography on forest reflectance using Landsat Thematic Mapper and digital terrain data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(4): 461-496.
 - Maghsoudlou Nezhad, M., S.H. Shataee, H. Habashi & M. Babanezhad, 2013. Spatial and statistical analysis of quantitative characteristics of *Juniperus* stands in Chahar-bagh of Gorgan regarding to topographic and soil features, *Iranian Journal of Forest*, 5(2): 195 -206 (In Persian).
 - Mahdavi. M., 1995. Applied Hydrology. Tehran University Press, second edition, Tehran, Iran, Vol. 1.2 (In Persian).
 - Majnoniyan, H., 2000. Iran's protected areas. Foundations and measures to protect the park

- and regions, Environmental Protection Agency, Tehran, Iran, 216 p (In Persian).
- Manel, S., J. M. Dias & S. J. Ormerod, 1999. Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species distributions: a case study with a Himalayan river bird, *Ecological Modelling*, 120(2): 337-347.
 - Marzluff, J. M. & K. Ewing, 2001. Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: A general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes, *Restoration Ecology*, 9(3): 280-292.
 - Rheissi, B., N. Azami, P. Mokhtari Zenozi & L. Partonia, 2012a. Molecular identification of the Species under threat of juniper based on SrDNA18 in Arasbaran. Proceedings of 12th National Iranian Genetics Congress, Tehran, Iranian Society of Genetics (In Persian).
 - Rheissi, B., P. Mokhtari Zenozi, N. Azami & L. Partonia, 2012b. Molecular identification of the juniper populations at risk of extinction threatened in the protected area of Arasbaran. Proceedings of 12th National Iranian Genetics Congress, Tehran, Iranian Society of Genetics (In Persian).
 - Sarhangzadeh, J., 1996. Land use planning of Arasbaran protected area, MSc thesis. Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, Nur, Iran, 246 p (In Persian).
 - Sarhangzadeh, J., M. H. Iran Nejadparazi, A. Mosleh Arani & H. Akbari, 2017. Study of growth conditions (Genetic, Biometric and Establishment) of Juniper (*Juniperus excelsa*) in Kouh-e-Bafgh protected area. Iran Iron Ore Company Bafgh, Yazd Province. Report number: 1, 128 p (In Persian).
 - Shirzad, M. A. & M. Tabari, 2011. Effect of some environmental factors on diversity of woody plants in *Juniperus excelsa* habitat of Hezarmasjed Mountains, *Iranian Journal of Biology*, 24(6): 800 -808 (In Persian).
 - Wilson, J. P. & J. C. Gallant, 2000. Terrain Analysis, Principles and Applications, John Wiley and Sons Press, New York, 479 p.
 - Zare Chahouki, M. A. & M. Abasi, 2016a. Habitat suitability modeling for *Stipa barbata* using Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) (case study: rangeland of middle Taleghan), *Natural Ecosystems of Iran*, 7(4): 1-16 (In Persian).
 - Zare Chahouki, M. A. & M. Abasi, 2016b. Habitat suitability modeling for *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. using ecological-niche factor analysis (case study: rangeland of middle Taleghan), *Natural Ecosystems of Iran*, 32(4): 516-526 (In Persian).

Habitat suitability modeling for Juniper (*Juniperus foetidissima*) in Arasbaran Biosphere Reserve

J. Sarhangzadeh*

- Assistant Professor, Departement of Environment, Yazd University, Yazd, I. R. Iran.
(jsarhangzadeh@yazd.ac.ir)

Received: 01.10.2017

Accepted: 12.03.2018

Abstract

Juniper (*Juniperus foetidissima* Willd.) is classified as a Least Concern (LC) species of the International Union for Conservation of Nature (IUCN), but its distribution has decreased as a flagship and longevous species in East Azarbaijan province during last decades, and hence it is important to protect its habitats. In this research, the habitat suitability of Juniper in Arasbaran biosphere reserve, as the only habitat of this species in Iran, was considered. For the habitat suitability modeling of this species, Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) method and ENFA software were used. Results showed that this species has narrow ecological niche and is sensitive to habitat changes. Information layers determined as affecting variables on this species include slope, aspect, elevation, land form, Geology and climate. Results showed that 27.17% of Arasbaran biosphere reserve were suitable for Juniper. The suitable habitats were recognized to be in areas with elevation range of 330 to 1500 meters above sea level, 10 to 60 percent of slope, hillsides, mediterranean and semi-arid climates. The results of this research is suitable for sustainable management of forest ecosystems, reclamation and land protection.

Keywords: Juniper (*Juniperus foetidissima*), Arasbaran, Biomapper, Specialization.

* Corresponding author

Tel: +983538210312