



پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه *Juniperus excelsa* M.Bieb. با استفاده از داده‌های اقلیمی در شرایط حاضر و آینده در استان سمنان

سمیرا سادات فاطمی آذرخوارانی^۱، محمد رحیمی^{۲*}، مصطفی ترکش^۳ و هومن روانبخش^۴

^۱ دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده کوبرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان
^{۲*} دانشیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کوبرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان
^۳ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان
^۴ استادیار گروه جنگلداری مناطق خشک، دانشکده کوبرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۷)

چکیده

اقلیم تعیین‌کننده نوع خاک، پوشش گیاهی و جانوری هر منطقه است و در مقیاس وسیع موجب تنوع در زیست‌بوم‌ها و ترکیب گونه‌ای می‌شود. در مطالعه حاضر، پراکنش گونه *Juniperus excelsa* در شرایط حال حاضر و آینده تحت اثر تغییر اقلیم (سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 با سری داده مدل گردش عمومی HadGEM2_ES با استفاده از مدل توزیع گونه‌ای MaxEnt و ۲۲ متغیر اقلیمی و توپوگرافی، در ۱۶۰ سایت نمونه‌برداری استان سمنان، بررسی شده است. نتایج حاکی از آن است که پس از متغیر ارتفاع از سطح دریا، بارش سردترین فصل سال و درجه حرارت متوسط سالانه، مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر پراکنش گونه است. همچنین نتایج نشان داد که با ادامه روند کنونی گرمایش جهانی، سطح رویشگاه گونه نسبت به شرایط حاضر تحت سناریوی خوش‌بینانه RCP2.6 تا سال ۲۰۷۰، در طبقه رویشگاه متوسط ۸۲/۴ درصد افزایش، در طبقات رویشگاه خوب و بسیار خوب به ترتیب، ۳۱/۳ و ۶۷/۳ درصد کاهش خواهد یافت و تحت سناریوی بدبینانه RCP8.5 در طبقات رویشگاه متوسط، خوب و بسیار خوب به ترتیب ۷۶/۵، ۹۸ و ۱۰۰ درصد با کاهش سطح مواجه خواهد شد. نتایج نشان داد که مدل‌هایی مانند MaxEnt با دقت قابل قبولی، کارایی لازم را برآورد پراکنش گونه دارند و متخصصان می‌توانند از آنها برای ارائه راهکارهای حفاظتی استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، جنگل‌های ایران و تورانی، راهکارهای حفاظتی، مدل MaxEnt.

مقدمه

جانوری یک منطقه است و در مقیاس وسیع موجب تنوع در زیست‌بوم‌ها و ترکیب گونه‌ای آنها می‌شود. هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم^۱ (IPCC)، در سال ۲۰۰۷ اظهار داشت که قرن بیست‌ویکم به احتمال زیاد با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و درجه حرارت همراه خواهد بود و این موضوع اثرهای مختلفی بر روی

در قرن اخیر از اقلیم در ترکیب با دیگر عوامل محیطی برای توصیف الگوهای پراکنش پوشش گیاهی در سراسر جهان استفاده (Guisan & Zimmermann, 2000) و مشخص شده است که اقلیم تعیین‌کننده خاک، پوشش گیاهی و

جانوران و گیاهان خواهد داشت و موجب از دست رفتن گونه‌های زیستی خواهد شد. مناطق کوهستانی، دارای اقلیم سرد بوده و به دلیل تغییرات توپوگرافی شدید (شیب، جهت و ارتفاع) و اثر آنها بر پارامترهای اقلیمی (بارش و دما) تمایل زیادی به تغییر در توزیع گونه‌ای دارند. این زیست‌بوم‌ها به تغییرات اقلیمی حساس‌اند و شرایط را برای تشخیص زودهنگام و مطالعه سیگنال‌های تغییر اقلیم فراهم می‌کنند (Ferrarini et al., 2014). هر گونه‌ای به تغییرات محیطی پاسخی متفاوت می‌دهد، بنابراین ترکیب گونه‌ای، ژنوتیپ، جوامع و حتی زیست‌بوم‌ها از مکانی به مکان دیگر تحت اثر تغییر اقلیم، دچار تغییرات متفاوتی می‌شوند. پیامدهای ناشی از این تغییر به صورت تغییر ترکیب گونه‌های محلی، تهاجم، مرگومیر و در نهایت انقراض است (IPCC, 2014). مطالعات نشان داده است که برخی گونه‌ها (گونه‌های گیاهی و پرندگان) در عرض‌های جغرافیایی به‌طور میانگین، ۱۷ کیلومتر به سمت قطب و ۱۱ متر در ارتفاع رشد در هر دهه میلادی (برای مثال در اروپا، آمریکای جنوبی، شیلی و مالزی) جابه‌جایی داشته‌اند که این نقل مکان‌ها به دلیل گرمایش جهانی بوده (Chen et al., 2011) و دو یا سه برابر سریع‌تر از تخمین‌های گذشته حادث شده است (IPCC, 2014). پیشرفت‌های شگرف در علم آمار و از طرف دیگر ورود فناوری‌های نوین امکان محاسبات پیچیده و تلفیق داده‌های خام اقلیمی را با استفاده از کامپیوتر، نرم‌افزارهای آماری و GIS میسر کرده است. مدل‌های توزیع گونه‌ای (SDMs)^۱، ابزاری محبوب برای به دست آوردن بینش صحیح از توزیع دامنه وسیعی از گونه‌های زمینی و دریایی است (Gallagher et al., 2010) که به‌طور گسترده برای درک پاسخ گونه‌ها به سناریوهای اقلیمی به کار می‌روند (Loarie et al., 2008). مدل‌های توزیع گونه‌های گیاهی به‌عنوان یک الگوریتم آماری -تحلیلی تعریف می‌شوند، که با توجه به مشاهده‌های میدانی و

نقشه‌های محیطی می‌توانند دامنه جغرافیایی پراکنش یک گونه گیاهی معین را تعیین کنند (Hengl et al., 2009). این مدل‌ها، به دو دسته مدل‌های متمایزکننده گروه‌ها^۲ و مدل‌های پروفیل^۳ تقسیم می‌شوند. مدل‌های متمایزکننده گروه‌ها نیازمند داده‌های حضور و عدم حضورند و بر مبنای همبستگی و ارتباط بین متغیرها هستند و این ارتباطات را به صورت توابع ریاضی نشان می‌دهند که روش‌هایی همچون رگرسیون لجستیک (LR)^۴ و رگرسیون‌های غیرپارامتریک مانند مدل افزایشی تعمیم‌یافته (GAM)^۵ و رگرسیون درختی (CART)^۶ جزء این مدل‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. اما مدل‌های پروفیل فقط براساس داده‌های حضور، پیش‌بینی مکانی پراکنش گونه‌ای را انجام می‌دهند. از مدل‌های این گروه می‌توان به DOMAIN, BioClim, MaxEnt اشاره کرد، ژنتیک الگوریتم (GARP)^۷ و ENFA اشاره کرد (Toth et al., 2013) (Tarkesh & Jetschke, 2012) توزیع گونه *Melitaea ornata* را در شرایط حاضر، آخرین یخبندان و تا سال ۲۰۸۰ با استفاده از مدل توزیع گونه‌ای MaxEnt مطالعه کردند. نتایج پیش‌بینی آنها نشان داد که مناطق معتدل برای این گونه در حال حاضر کمتر مناسب‌اند، در دوره آخرین یخبندان، این گونه، گستره بیشتری را اشغال کرده بود و تا سال ۲۰۸۰ به سمت شمال مهاجرت می‌کند و در مناطق مدیترانه‌ای انقراض می‌یابد. (Khanum et al., 2013) تأثیر تغییر اقلیم بر سه گونه دارویی جنس *Asclepiads* را با استفاده از مدل MaxEnt در پاکستان بررسی کردند. در این مطالعه سه مدل گردش عمومی HadCM3، CCCMA و CSIRO تحت سناریوی A2 رویشگاه مطلوب سه

¹ Species Distribution Models

² Discrimination

³ Profile

⁴ Logistic Regression

⁵ Generalized Additive Models

⁶ Classification and Regression Trees

⁷ Non Parametric Multiplicative Regression

استفاده شده و پارامترهای مؤثر بر پراکنش گونه *Juniperus excelsa* در سه دوره (حاضر، ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰)، مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

استان سمنان در مختصات جغرافیایی، ۵۱ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده و با مساحت ۹۷۴۹۱ کیلومتر مربع، ۵/۸ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. موقعیت جغرافیایی این استان به گونه‌ای است که هرچه از غرب به شرق آن پیش می‌رویم، به میزان ارتفاع از سطح دریا افزوده می‌شود. ارتفاعات شمالی این استان سبب شده تا پوشش گیاهی نسبتاً غنی در آن دیده شود. به دلیل وجود سلسله جبال البرز در شمال و همجواری با زمین‌های هموار و کویر در جنوب، از شمال به جنوب دارای شیب است (Roadi et al., 2008). تیپ‌های گیاهی در عرصه مراتع با وسعت ۱۰۸۷۳۹۳ هکتار، ۷۲/۴۰ درصد و عرصه‌های جنگلی نیز گستره‌ای به وسعت ۳۱۱۱۷ هکتار، ۲/۰۷ درصد منطقه را پوشش می‌دهند. گروه تیپ‌های گیاهی *Artemisia sieberi* با ۹ تیپ گیاهی، گروه تیپ‌های گیاهی، *Salsola dendroides* با ۳ تیپ، گروه تیپ‌های گیاهی *Artemisia aucheri* با ۷ تیپ گیاهی و گروه تیپ‌های گیاهی گون‌ها *Astragalus spp.* با ۴ تیپ گیاهی مهم‌ترین و گسترده‌ترین عناصر گیاهی در عرصه منطقه هستند. از گونه‌های جنگلی شایان توجه می‌توان به گونه‌های *Juniperus communis*، *Juniperus excelsa*، *Acer*، *Rhamnus cathartica*، *Spirea crenata*، *Quercus macranthera*، *monspessulanum*، *Alayha* & *Viburnum lanata* اشاره کرد (Shokouei, 2003).

گونه را با استفاده از مدل MaxEnt برای سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کردند. نتایج این مطالعه، عملکرد مناسب مدل MaxEnt را در پیش‌بینی گونه‌ها، به‌ویژه گونه‌های نادر به اثبات رساند. (Yuan et al., 2015) با استفاده از مدل MaxEnt توزیع پتانسیل سه گونه قارچی دارویی شامل *Phellinus ignarius* و *Phellinus vaninii* را در چین بررسی کردند. از مجموع متنوع سوزنی‌برگان دنیا فقط چهار جنس به‌صورت طبیعی و بومی در ایران استقرار یافته‌اند که در بین آنها جنس ارس (*Juniperus*) با داشتن ۵ گونه بیشترین تنوع گونه‌ای را داراست و از بین آنها گونه *Juniperus excelsa* پراکنش وسیع‌تری دارد. حدود ۱/۲ میلیون هکتار سطح کوهستان‌های مرتفع ایران را ارس پوشانیده است که از درختان مهم در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات کوهستانی البرز و در بخش‌های شمالی خراسان و ارسباران ایران است (Djavanshir, 1976). *Juniperus excelsa* از گونه‌های درختی ارتفاعات ناحیه ریشی ایران و تورانی است که در کشور ما گونه‌ای ارزشمند و نماد جنگل‌های خشک کوهستانی و شرایط زیستی دشوار است (Sagheb-Talebi et al., 2014). پراکنش این گونه از شرق مدیترانه، بالکان، ترکیه، کوهستان‌های ایران تا افغانستان و پاکستان است. جوامع ارس در جنگل‌های کوهستانی فلات مرکزی ایران در محدوده ۱۷۰۰ تا ۲۵۰۰ متر (۳۴۰۰ متر در ارتفاعات جنوب کشور) انتشار دارند (Ravanbakhsh et al., 2013). هدف از پژوهش حاضر بررسی پراکنش گونه *Juniperus excelsa* در شرایط حاضر و آینده با استفاده از مدل توزیع گونه‌ای MaxEnt و ۱۶۰ سایت نمونه‌برداری حضور گونه در استان سمنان است. مطابق با سایت‌های حضور واقعی گونه، نقشه‌های رویشگاه گونه برای حال حاضر و ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ تحت دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 ترسیم شده است که برای پیش‌بینی شرایط آینده از مدل گردش عمومی HadGEM2-ES

شیوه اجرای پژوهش

از آنجا که نقشه مناسبی از پوشش *Juniperus excelsa* در استان وجود نداشت، محدوده حضور گونه از طریق مطالعات میدانی و تصاویر حاصل از گوگل ارث تعیین شد. روش مورد استفاده برای تعیین سایت‌های نمونه‌برداری، روش تصادفی طبقه‌بندی شده^۱ است؛ بدین صورت که پس از شناسایی جمعیت *Juniperus excelsa* در منطقه مورد تحقیق، با در نظر گرفتن عوامل فیزیوگرافی (پارامترهای شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا)، جمعیت مذکور به چند زیرجمعیت که از نظر پارامترهای ذکر شده همگن هستند، تقسیم شد. به اصطلاح نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا روی هم‌گذاری^۲ شد و سعی شد در ترکیبات مختلف محیطی (طبقات همگن حاصل از پارامترهای فیزیوگرافی)، دست کم یک سایت حضور انتخاب شود. برای تحلیل مناسب قوی باید حداقل از نسبت ده به یک بین تعداد سایت‌ها و تعداد متغیر پیش‌بینی‌کننده استفاده شود (Miller, 2010). در نهایت ۱۶۰ سایت حضور گونه *Juniperus excelsa* انتخاب شد (شکل ۱). برای متغیرهای محیطی، علاوه بر سه عامل توپوگرافی شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا که از DEM ۹۰ متر حاصل از پایگاه USGS، تهیه شدند، متغیرهایی که از نظر بوم‌شناسی برای گونه *Juniperus excelsa* در منطقه مورد مطالعه حائز اهمیت‌اند، به تعداد ۱۹ متغیر از پایگاه داده‌ای WorldClim در مقیاس مکانی ۳۰ ثانیه (حدود ۹۰۰ متر) انتخاب شدند (Hijmans et al., 2005). این متغیرهای بیوکلیماتیک طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۵۰ از درجه حرارت ماهانه و پارامترهای بارش اشتقاق یافته‌اند و برای رشد و توسعه گونه‌ها مهم‌اند و به‌طور گسترده‌ای برای بررسی پراکنش گونه‌ها استفاده می‌شوند (Warren et al., 2013). سپس، با روش‌های ضریب همبستگی پیرسون ($\pm 0/8$)

(Priti et al., 2016) و تجزیه مؤلفه‌های اصلی PCA^۳ (Barbet-Massin et al., 2012) و همچنین در نظر گرفتن اهمیت متغیر از منظر اکولوژیکی، ۱۳ متغیر به شرح جدول ۱ برای ورودی مدل MaxEnt انتخاب شد. برای پیش‌بینی شرایط آینده در دو دوره ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ از داده‌های مدل گردش عمومی HadGEM2_ES گزارش پنجم IPCC (AR5^۴)، استفاده شد و پراکنش آینده گونه تحت دو سناریوی RCP^۵ ۲.۶ و RCP8.5 تحلیل شد. سناریوی RCP 2.6، نمایشگر شرایطی خوش‌بینانه با پیک رادیواکتیو حدود ۳ وات بر مترمربع (w/m^2)، تقریباً معادل ($ppm\ CO_2\ eq\ 490$) قبل از سال ۲۱۰۰ است و پس از آن با کاهش مواجه می‌شود (Van Vuuren et al., 2011) و سناریوی RCP8.5 شرایطی بدبینانه را برای کره زمین با انتشار رادیواکتیو ۸ وات بر مترمربع (w/m^2)، معادل ($ppm\ CO_2\ eq\ 1370$) تا سال ۲۱۰۰ در نظر می‌گیرد (Van Vuuren et al., 2011). مدل HadGEM2-ES، یک مدل سیستم زمینی^۶ است که در مرکز هدلی برای گزارش پنجم هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم توسعه یافته و تعامل چرخه کربن را بین اقیانوس، زمین و پوشش گیاهی پویا نشان می‌دهد (Jones et al., 2011). این مدل در مقیاس‌های مکانی مختلف، ۱۰، ۵ و ۲/۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه برای آینده در پایگاه Worldclim در دسترس است.

مدل (Maximum Entropy) MaxEnt -

مدل MaxEnt (Phillips et al., 2006) یک مدل توزیع گونه‌ای نشأت گرفته از یادگیری ماشینی^۷ است که برای پیش‌بینی پراکنش بالقوه گونه‌ها استفاده می‌شود. این مدل تنها به داده‌های حضور و اطلاعات محیطی نیاز دارد (Elith et al., 2011).

¹ Stratified – random sampling method

² Overlay

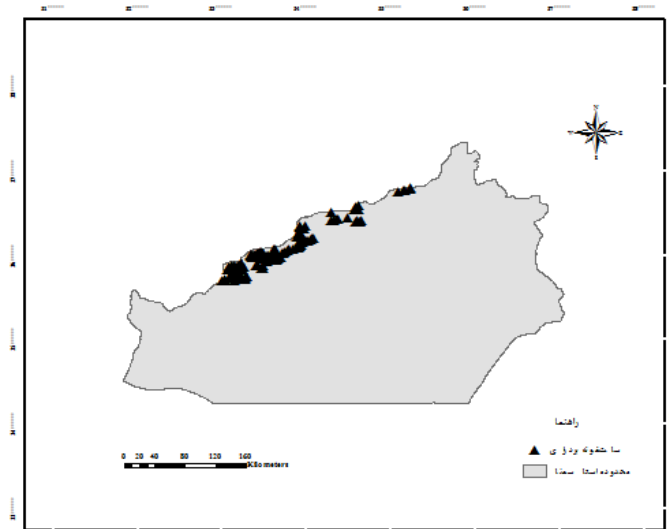
³ Principal Component Analysis

⁴ IPCC's Fifth Assessment Report (AR5).

⁵ Representative Concentration Pathways

⁶ Earth system

⁷ Machine learning



شکل ۱- موقعیت سایت‌های نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- متغیرهای محیطی مورد استفاده در مطالعه (متغیرهای منتخب برای ورود به مدل به صورت پررنگ مشخص شده‌اند)

شماره	کد	متغیر محیطی	واحد
۱	Bioclim1	درجه حرارت متوسط سالانه	درجه سانتی‌گراد
۲	Bioclim2	Mean diurnal range (متوسط ماهانه (درجه حرارت حداکثر - درجه حرارت حداقل))	درجه سانتی‌گراد
۳	Bioclim3	هم‌دمایی ($100 \times (Bio2/Bio7)$)	درصد
۴	Bioclim4	درجه حرارت فصلی (انحراف معیار $100 \times$)	درصد
۵	Bioclim5	حداکثر درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال	درجه سانتی‌گراد
۶	Bioclim6	حداقل درجه حرارت سردترین ماه سال	درجه سانتی‌گراد
۷	Bioclim7	دامنه درجه حرارت سالانه (اختلاف $Bio5$, $Bio6$)	درجه سانتی‌گراد
۸	Bioclim8	متوسط درجه حرارت مرطوب‌ترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد
۹	Bioclim9	متوسط درجه حرارت خشک‌ترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد
۱۰	Bioclim10	متوسط درجه حرارت گرم‌ترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد (°C)
۱۱	Bioclim11	متوسط درجه حرارت سردترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد (°C)
۱۲	Bioclim12	بارش سالانه	میلی‌متر (mm)
۱۳	Bioclim13	بارش مرطوب‌ترین ماه	میلی‌متر (mm)
۱۴	Bioclim14	بارش خشک‌ترین ماه	میلی‌متر (mm)
۱۵	Bioclim15	بارش فصلی (CV)	درصد (%)
۱۶	Bioclim16	بارش مرطوب‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)
۱۷	Bioclim17	بارش خشک‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)
۱۸	Bioclim18	بارش گرم‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)
۱۹	Bioclim19	بارش سردترین فصل سال	میلی‌متر (mm)
۲۰	DEM	ارتفاع از سطح دریا	متر (M)
۲۱	Slop	میزان شیب	درصد (%)
۲۲	Aspect	جهت شیب	-

ارزیابی، از سطح زیر منحنی (AUC)^۲ پلات ROC^۳ استفاده می‌شود. در ارزیابی مدل در آستانه‌های مختلف دو شاخص زیر تعیین و سپس منحنی آنها در یک پلات دوبعدی ترسیم می‌شود. سطح زیر منحنی بیانگر عملکرد مدل است، به نحوی که هرچه به مقدار یک نزدیک‌تر باشد، مدل از عملکرد بهتری برخوردار خواهد بود (Garsia, 2013).

رابطه ۱ $Sensitivity = a/(b+c)$

رابطه ۲ $Specificty = d/(b+d)$

جدول ۲- ماتریس خطا و عناصر تشکیل‌دهنده آن

وضعیت واقعی		وضعیت پیش‌بینی شده
-	+	
b	a	+
d	c	-

نتایج

پراکنش گونه *Juniperus excelsa* در شرایط حاضر نتایج اجرای مدل نشان داد که سه متغیر ارتفاع از سطح دریا (۵۰٪ درصد)، بارش سردترین فصل سال (Bioclim19) (۲۲٪ درصد) و درجه حرارت متوسط سالانه (Bioclim1) (۱۰٪ درصد) بیشترین سهم را در پراکنش گونه به خود اختصاص داده‌اند. شکل ۲، منحنی‌های عکس‌العمل گونه را نسبت به این سه متغیر نشان می‌دهد. نتایج نمایانگر آن است که مناطقی با دامنه ارتفاعی ۲۸۰۰-۱۸۰۰ متر از سطح دریا، بارش ۴۰ تا بیش از ۵۰ میلی‌متر در سردترین فصل سال و درجه حرارت متوسط سالانه ۵ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد شرایط مطلوب برای حضور گونه *Juniperus excelsa* را داراست.

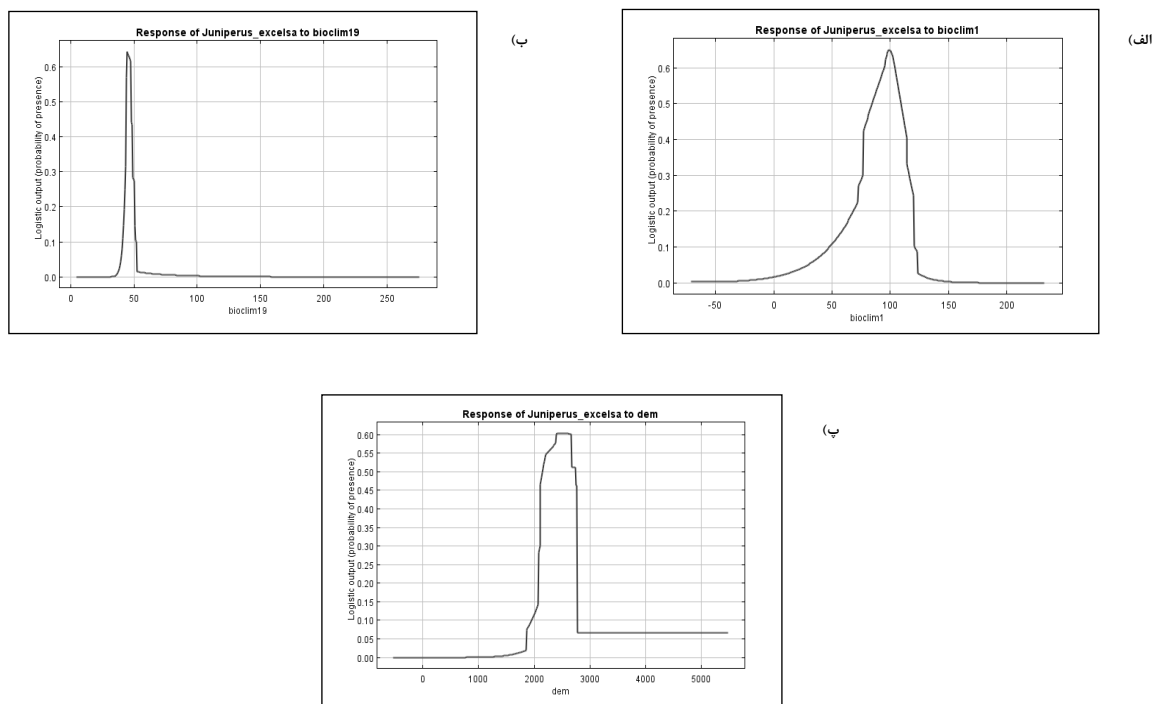
روش‌هایی که تنها داده‌های حضور استفاده می‌شوند، ساده هستند و به تنظیم روابط رخدادهای حضور شناخته‌شده با متغیرهای پیش‌بینی‌کننده مانند توپوگرافی، اقلیم، خاک، جغرافیایی زیستی و غیره نیاز دارند (Phillips & Dudik, 2008). این روش از هر دو دسته داده‌های پیوسته و طبقه‌بندی‌شده و ترکیب فعل و انفعالات بین متغیرها استفاده می‌کند (Phillips et al., 2006). همچنین مطالعات نشان می‌دهد حتی در مواقعی که حجم نمونه‌ها کم است، عملکرد روش MaxEnt می‌تواند با روش‌هایی که بیشترین دقت پیش‌بینی را دارند، رقابت کند و نتایج قابل قبولی را ارائه دهد (Anderson & Gonzalez, 2011). در این روش، ابتدا لایه‌های محیطی ورودی براساس نقاط مشاهده‌شده وارد مدل می‌شوند. مدل MaxEnt بین نقاط رخداد گونه و متغیرهای محیطی بهترین تابع توزیع را براساس مفهوم حداکثر آنتروپی تعیین می‌کند، سپس تابع مذکور را در سرتاسر منطقه مورد مطالعه تعمیم می‌دهد و نقشه پراکنش گونه هدف (*Juniperus excelsa*) را تولید می‌کند.

ارزیابی مدل MaxEnt با استفاده از ماتریس خطا^۱ که توسط Fielding and bell (1997) ارائه شده، با چهار نتیجه ممکن که در جدول ۲ نمایش داده شده است، انجام می‌گیرد. در این جدول، (a) تعداد نقاطی است که گونه هدف در وضعیت واقعی و پیش‌بینی‌شده توسط مدل وجود دارد؛ (b) تعداد نقاطی است که گونه هدف در وضع موجود (دنیای واقعی) مشاهده نشده، ولی توسط مدل پیش‌بینی شده است؛ (c) تعداد نقاطی است که گونه توسط مدل پیش‌بینی نشده، اما در حالت واقعی مشاهده شده است (پیش‌بینی غلط)؛ (d) تعداد نقاطی است که گونه توسط مدل پیش‌بینی نشده و در حالت واقعی نیز مشاهده نشده است (Fielding & Bell, 1997). برای

¹ Confusion Matrix

² Area Under the Curve

³ Reciver Operating Characteristic



شکل ۲- منحنی‌های عکس‌العمل گونه نسبت به سه متغیر پراهمیت بر پراکنش گونه *Juniperus excelsa* (الف) Bioclim1: درجه حرارت متوسط سالانه، (ب) Bioclim19: بارش سردترین فصل سال، (پ) DEM: ارتفاع از سطح دریا)

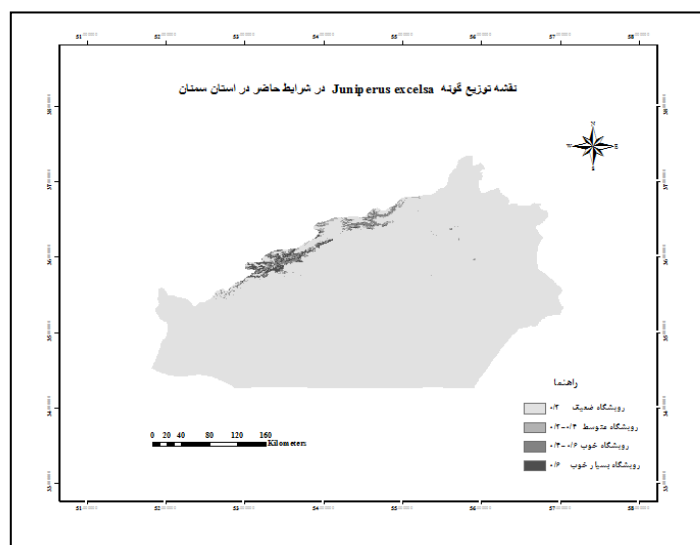
که دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک است، دیده می‌شوند. بنابراین تنها ۱/۸۶ درصد از سطح استان را رویشگاه‌های خوب و بسیار خوب پوشانده است.

-پراکنش گونه *Juniperus excelsa* در آینده از آنجا که سناریوی RCP2.6، خوش‌بینانه است، شرایط آتی منطقه را با افزایش سطح رویشگاه مناسب گونه نسبت به حال حاضر پیش‌بینی کرده است، به نحوی که گونه با مساعد شدن شرایط از منظر اقلیمی، فرصت برای رشد و توسعه یافته و در رقابت گونه‌ای پیروز می‌شود و رویشگاه آن در سطح استان افزایش می‌یابد. این افزایش سطح در طبقه رویشگاه متوسط ۶۷۶/۳۵ کیلومتر مربع و رویشگاه بسیار خوب، ۱۸۶۷/۸۶ کیلومتر مربع است. در طبقه رویشگاه خوب ۲۴ درصد، کاهش دیده می‌شود.

جدول ۳، متغیرهای منتخب براساس همبستگی پیرسون و PCA و میزان سهم آنها در پراکنش گونه *Juniperus excelsa* را نشان می‌دهد. ارزیابی مستقل مدل، AUC معادل ۰/۹۸۷ را نشان داد که بیانگر عملکرد بالای مدل MaxEnt در برآورد پراکنش گونه می‌باشد. شکل ۳، رویشگاه مطلوب گونه را در شرایط حاضر در استان سمنان نشان می‌دهد. رویشگاه ضعیف سطحی برابر با ۹۴۲۱۶/۹۸ کیلومتر مربع، رویشگاه متوسط، ۱۱۷۵/۳۱ کیلومتر مربع، رویشگاه خوب ۱۴۲۵/۶ کیلومتر مربع و رویشگاه بسیار خوب، ۶۷۳/۱۱ کیلومتر مربع از سطح منطقه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۴). به‌علت اینکه سطح وسیعی از استان سمنان را مناطق بیابانی و کویری پوشانده است، گونه‌های درختی همچون *Juniperus excelsa* بیشتر در مناطق شمال و شمال شرق استان

جدول ۳- متغیرهای منتخب برای اجرای مدل و درصد سهم و اهمیت جایگشت آنها در پراکنش گونه *Juniperus excelsa*

شماره	کد	متغیر محیطی	واحد	درصد سهم (%)	اهمیت جایگشت (%)
۱	Bioclim1	درجه حرارت متوسط سالانه	درجه سانتی‌گراد	۱۰/۲	۰/۶
۲	Bioclim3	هم‌دمایی (Bio2/Bio7) × ۱۰۰	-	۰/۱	۰/۱
۳	Bioclim5	حداکثر درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال	درجه سانتی‌گراد	۳/۷	۰
۴	Bioclim6	حداقل درجه حرارت سردترین ماه سال	درجه سانتی‌گراد	۱	۰
۵	Bioclim8	متوسط درجه حرارت مرطوب‌ترین فصل سال	درجه سانتی‌گراد	۱/۸	۱/۷
۶	Bioclim12	بارش سالانه	میلی‌متر	۴/۲	۱/۴
۷	Bioclim13	بارش مرطوب‌ترین ماه	میلی‌متر	۰/۹	۰/۱
۸	Bioclim15	بارش فصلی (CV)	درصد	۰/۷	۰/۸
۹	Bioclim18	بارش گرم‌ترین فصل سال	میلی‌متر	۰/۶	۳/۵
۱۰	Bioclim19	بارش سردترین فصل سال	میلی‌متر	۲۲/۷	۲۴/۱
۱۱	DEM	ارتفاع از سطح دریا	متر	۵۰/۷	۱۶/۲
۱۲	Slop	میزان شیب	درصد	۲/۷	۱/۲
۱۳	Aspect	جهت شیب	-	۰/۷	۰/۳



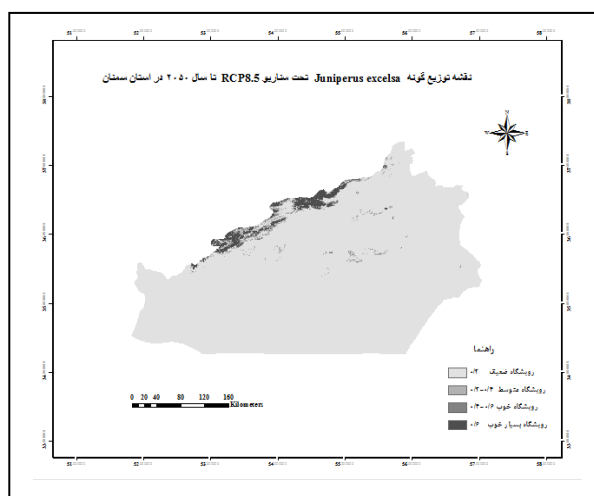
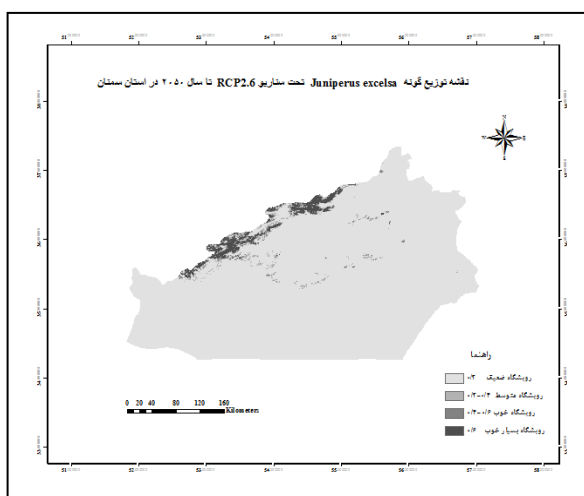
شکل ۳- پراکنش گونه *Juniperus excelsa* در شرایط حاضر در استان سمنان

وجود مساعد شدن شرایط تا سال ۲۰۵۰، حتی با در نظر گرفتن خوش‌بینانه‌ترین حالت در کره زمین، در سال ۲۰۷۰، گونه درختی *Juniperus excelsa* با روند کاهش سطح مواجه است؛ اما در حالت بدبینانه و تحت سناریوی RCP8.5، شرایط به‌شکل دیگری

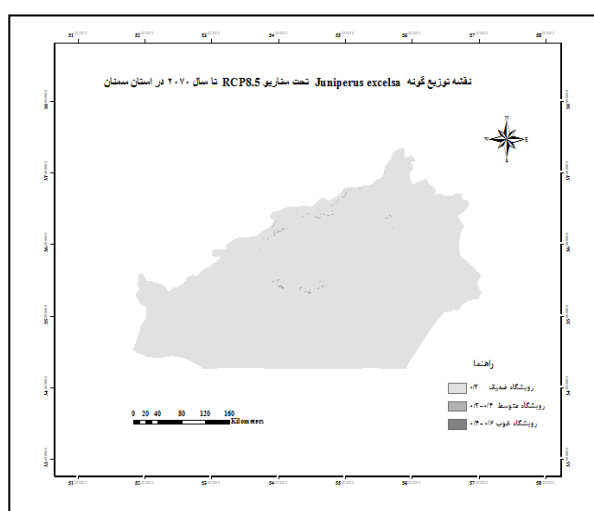
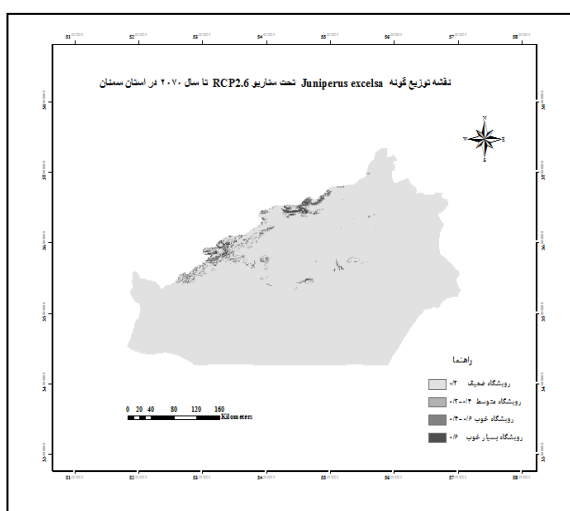
همچنین نتایج نشان داد که گونه *Juniperus excelsa* تحت همین سناریو، تا سال ۲۰۷۰، نسبت به شرایط حاضر در طبقه رویشگاه خوب و بسیار خوب، ۵۲۹۰/۱۱ کیلومتر مربع از سطح رویشگاه خود را از دست خواهد داد. به تعبیری، با

در طبقه رویشگاه خوب و ۱۰۰ درصد در طبقه رویشگاه بسیار خوب خواهد بود. به نظر می‌رسد با شواهد موجود در منطقه و مطالعات میدانی انجام گرفته، نتیجه به دست آمده، با واقعیت فاصله زیادی داشته باشد (جدول ۴). شکل‌های ۴ و ۵ سناریوهای RCP2.6 و RCP8.5 در استان سمنان را تحت نشان می‌دهند.

است، به طوری که در طبقه رویشگاه ضعیف، سطح رویشگاه تا سال ۲۰۵۰ نسبت به حال حاضر، ۱۷۵۹/۳۲ کیلومتر مربع افزایش خواهد یافت و در طبقه رویشگاه متوسط، خوب و بسیار خوب به ترتیب، ۵۶۱/۳۳، ۴۱۰/۶۷ و ۱۶۰۸/۶۶ کیلومتر مربع کاهش سطح خواهد داشت. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که گونه تا سال ۲۰۷۰، به طرز عجیبی، بخش‌های وسیعی از رویشگاه خود را از دست خواهد داد که ۹۸ درصد



شکل ۴- نقشه پراکنش گونه *Juniperus excelsa* تحت سناریوهای RCP8.5 (سمت راست) و RCP2.6 (سمت چپ) تا سال ۲۰۵۰ در استان سمنان



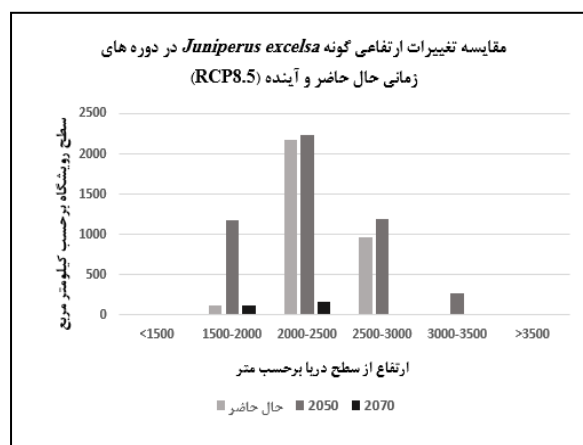
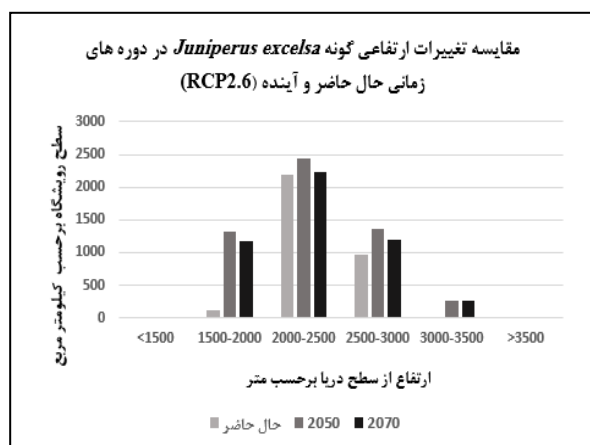
شکل ۵- نقشه پراکنش گونه *Juniperus excelsa* تحت سناریوهای RCP8.5 (سمت راست) و RCP2.6 (سمت چپ) تا سال ۲۰۷۰ در استان سمنان

جدول ۴- مقایسه سطح رویشگاه گونه *Juniperus excelsa* در دوره‌های زمانی مختلف

آینده (کیلومتر مربع)				حال حاضر (کیلومتر مربع)	طبقه
۲۰۷۰		۲۰۵۰			
RCP8.5	RCP2.6	RCP8.5	RCP2.6		
۹۷۲۰۳/۴۵	۹۳۷۰۳/۴۴	۹۲۴۵۷/۶۶	۹۲۰۱۶/۲۱	۹۴۲۱۶/۹۸	رویشگاه ضعیف
۲۷۵/۴	۲۱۴۴/۰۷	۱۷۳۶/۶۴	۱۸۵۱/۶۶	۱۱۷۵/۳۱	رویشگاه متوسط
۱۲/۱۵	۹۷۸/۴۸	۱۰۱۴/۹۳	۱۰۸۲/۱۶	۱۴۲۵/۶	رویشگاه خوب
۰	۶۲۷/۷۵	۲۲۸۱/۷۷	۲۵۴۰/۹۷	۶۷۳/۱۱	رویشگاه بسیار خوب

کیلومتر مربع در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۳۵۰۰ متر تا سال ۲۰۵۰ دیده می‌شود و در طبقه ارتفاعی ۳۵۰۰-۳۰۰۰ متر نیز رویشگاه گونه نسبت به شرایط حاضر، ۲۶۲/۴۴ کیلومتر مربع افزایش سطح خواهد داشت که تمام نتایج حاکی از مهاجرت گونه به ارتفاعات بالاتر در دوره آتی است. به معنای دیگر، ارتفاعات بالاتر در آینده، شرایط مساعدتری را برای حضور گونه از نظر پارامترهای اقلیمی فراهم می‌کنند و گونه *Juniperus excelsa* برای بقای خود به سمت ارتفاعات بالاتر تغییر مکان می‌دهد.

در شکل ۶ تغییرات ارتفاعی رویشگاه گونه *Juniperus excelsa* طی دوره‌های زمانی مختلف مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که گونه *Juniperus excelsa* در شرایط حال حاضر در ارتفاعات بالاتر از ۳۵۰۰ متر از سطح دریا دیده نمی‌شود، اما تا سال ۲۰۵۰، تحت سناریوی RCP2.6، به میزان ۸/۱ کیلومتر مربع و تا سال ۲۰۷۰، ۱۲/۱۵ کیلومتر مربع در ارتفاعات بالاتر از ۳۵۰۰ متر در منطقه مشاهده می‌شود. همچنین، تحت سناریوی RCP8.5، با وجود از دست رفتن سطح وسیعی از رویشگاه تا سال ۲۰۷۰، حضور گونه با میزان ۱۲/۱۵

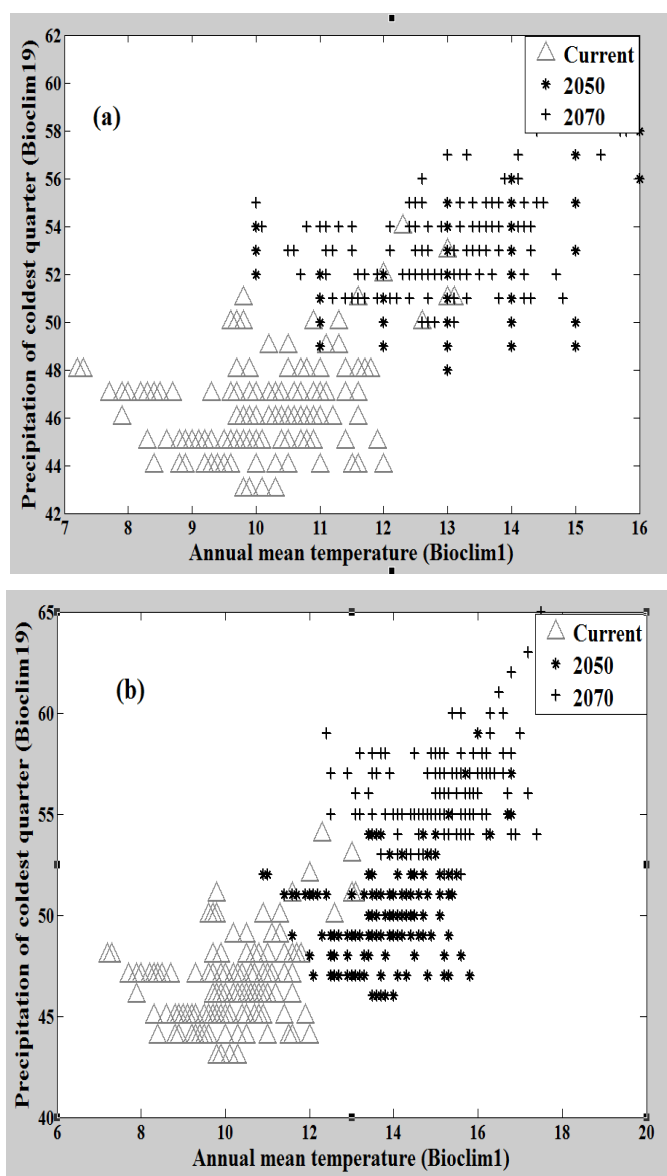


شکل ۶- مقایسه تغییرات ارتفاعی گونه *Juniperus excelsa* در سه دوره حال حاضر و آینده (۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) تحت مدل گردش عمومی HadGEM2_ES و دو سناریوی RCP8.5 و RCP2.6

بحث

محور پتانسیل پراکنش گونه تا سال ۲۰۷۰ به سمت راست نمودار کشیده شده است. هرچند این کشیدگی ناچیز است، اما بدین مفهوم است که به تدریج با افزایش درجه حرارت در اثر تغییر اقلیم، بخشی از آشیان خود را از دست می دهد و در کنار کاهش سطح به سمتی جابه جا می شود که بتواند این افزایش درجه حرارت را تا حدودی جبران کند.

نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد از میان متغیرهای منتخب اقلیمی اثرگذار بر پراکنش گونه *Juniperus excelsa*، دو متغیر بارش سردترین فصل سال و متوسط درجه حرارت سالانه بیشترین سهم را به خود اختصاص داده اند. شکل ۷، تغییرات آشیان اقلیمی گونه *Juniperus excelsa* را نسبت به این دو متغیر نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود،



شکل ۷- تغییرات آشیان اقلیمی گونه *Juniperus excelsa* تحت دو متغیر درجه حرارت متوسط سالانه (Bioclim1) و بارش سردترین فصل سال (Bioclim19) در دوره های زمانی حال حاضر، ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰. (الف) تحت سناریوی RCP2.6، (ب) تحت سناریوی RCP8.5

یافته‌های Ravanbakhsh and Moshki (2016) در مطالعه رویش‌های جنگلی دامنه جنوبی البرز مرکزی و Sarangzai et al. (2012) در بررسی اکولوژی و دینامیک *Juniperus excelsa* در بلوچستان پاکستان، که دامنه ارتفاعی این گونه را ۳۰۰۰-۲۰۰۰ متر بیان کردند، همخوانی دارد. نتایج بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه در دوره‌های آتی، نشان‌دهنده کاهش سطح رویشگاه به‌ویژه در ارتفاعات غرب و شمال غرب منطقه (چاشم و منطقه حفاظت‌شده پرور) است و محدود شدن حضور گونه به بخش اندکی در شمال شرق استان (حوالی شاهرود) تا سال ۲۰۷۰ را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که سناریوی RCP8.5، تقریباً کل رویشگاه *Juniperus excelsa* را از دست‌رفته پیش‌بینی می‌کند که با واقعیت موجود در منطقه همخوانی ندارد؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد اجرای مدل تحت سناریوی RCP2.6 نتایج بهتری را دربرداشته است. نتایج اجرای مدل، میزان AUC زیاد را نشان داد که حاکی از عملکرد مناسب مدل MaxEnt در پیش‌بینی پراکنش گونه در منطقه مورد پژوهش است. Fois et al. (2012) به‌منظور تحقیق در مورد وضعیت حفاظت گونه *Gentiana lutea* L. ssp. *lutea* در سه دوره هولوسن میانی، حال حاضر و آینده (۲۰۷۰) در ساردینیا، Yuan et al. (2015) برای بررسی پراکنش پتانسیل سه گونه قارچی دارویی *Phellinus baumii*، *Phellinus igniarius* و *Phellinus vaninii* در چین و Choudhury et al. (2016) برای بررسی پراکنش احتمالی دو گونه مهاجم *Mimosa diplotricha* و *Mikania micrantha* Kunth در هند از مدل پراکنش گونه‌ای MaxEnt استفاده کردند که نتایج این محققان، عملکرد بالای این مدل را در پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای نشان داد. همچنین نتایج حاکی از آن است که این مدل، برای پژوهش درباره گونه‌ها به‌ویژه در مناطق ناشناخته و برنامه‌ریزی حفاظت گونه‌ای حائز اهمیت است. در تحقیق حاضر توزیع گونه *Juniperus excelsa* با در نظر گرفتن

نکته شایان تأمل اینکه بارش با افزایش مقدار مواجه است که این امتیاز مثبتی برای رشد گونه، به‌ویژه در تأمین رطوبت و حرکت به سمت ارتفاعات بالاتر برای جبران افزایش درجه حرارت است. نتایج تحت هر دو سناریو برای دامنه آشیان اقلیمی گونه بسیار مشابهت دارد. تنها تفاوت فاحشی که می‌توان بدان اشاره کرد، این است که تحت سناریوی RCP2.6، گونه تا سال ۲۰۵۰، در دامنه وسیع‌تری از درجه حرارت متوسط سالانه (۱۰ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد) حضور خواهد داشت. بارش سردترین فصل سال به‌نوعی دربرگیرنده میزان پوشش برف در منطقه نیز است که (Marvi-Mohajer 2006) نیز به آن اشاره داشته است. همچنین Ahmed et al. (2006) در بررسی فیتوسوسیولوژی و ساختار جنگل‌های هیمالیا در پاکستان عامل فاصله از خط برف و عمق برف را در پراکنش گونه *Juniperus excelsa* در این مناطق تأثیرگذار دانستند. Hall (1984) مناطقی با درجه حرارت متوسط سالیانه کمتر از ۱۹ درجه سانتی‌گراد را مناسب حضور گونه در آفریقا دانسته است. Sass-Klaassen et al. (2007) در مطالعه *Juniperus excelsa* در کوهستان‌های شمالی عمان، متوسط درجه حرارت ۱۸، ماکزیمم ۳۶/۳ و مینیمم ۳/۶- درجه سانتی‌گراد را عنوان کردند. Momeni Moghaddam et al. (2012) درجه حرارت متوسط سالانه ۸ درجه سانتی‌گراد را در مطالعه ارس‌زارهای استان خراسان، مناسب رشد این گونه بیان کردند.

نتایج نشان داد که عامل ارتفاع از سطح دریا، مهم‌ترین متغیر اثرگذار بر پراکنش گونه *Juniperus excelsa* است و تا سال ۲۰۷۰ گونه به ارتفاعات بالاتر از ۳۵۰۰ متر نیز مهاجرت خواهد کرد. اما ارتفاع کنونی حضور گونه در دامنه ۲۸۰۰-۱۸۰۰ متر از سطح دریاست که با نتایج Dogan et al. (2011) که ارتفاع حضور گونه در ترکیه را ۲۳۰۰-۵۰۰ متر از سطح دریا دانستند،

این دست می‌تواند متخصصان بخش منابع طبیعی را در ارائه راهکارهای حفاظتی برای دوره‌های آتی، مطالعات بنیادی مانند بررسی روند پراکنش گونه از گذشته تاکنون و تحلیل کارشناسی متغیرهای اثرگذار بر این تغییرات یاری رساند.

متغیرهای توپوگرافی و اقلیمی، بررسی شد. این پژوهش می‌تواند برای این گونه و دیگر گونه‌ها، به‌ویژه گونه‌های در حال انقراض، چه در بخش منابع جنگلی و چه مرتعی یا گونه‌های بیابانی با متغیرهایی چون خاک و اقتصادی-اجتماعی تکمیل شود. تحقیقاتی از

References

- Ahmed, M., Husain, T., Sheikh, A.H., Hussain, S.S., & Siddiqui, M.F. (2006). Phytosociology and structure of Himalayan forests from different climatic zones of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 38(2), 361-383.
- Alayha, M., & Shokouei, M. (2003). *Ecological Regions of Iran: Vegetation Types of Semnan Area* (N335). Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands.
- Anderson, R.P., & Gonzalez, I. (2011). Species -specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: an implementation with Maxent. *Ecological Modelling*, 222(15), 2796 -2811.
- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C.H., & Thuiller, W. (2012). Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2), 327-338.
- Chen, I.C., Hill, J.K., Ohlemüller, R., Roy, D.B., & Thomas, C.D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*, 333(6045), 1024-1026.
- Choudhury, M.R., Deb, P., Singha, H., Chakdar, B., & Medhi, M. (2016). Predicting the probable distribution and threat of invasive *Mimosa diplotricha* Suavalle and *Mikania micrantha* Kunth in a protected tropical grassland. *Ecological Engineering*, 97, 23-31.
- Djavanshir, K. (1976). *Atlas of woody plants of Iran*. National society for the conservation of natural resources and human environment. p163.
- Dogan, H.H., Karadelev, M., & İŞILOĞLU, M. (2011). Macrofungal diversity associated with the scale-leaf juniper trees, *Juniperus excelsa* and *J. foetidissima*, distributed in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 35(2), 219-237.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., & Yates, C.J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17, 43-57.
- Ferrarini, A., Rossi, G., Mondoni, A., & Orsenigo, S. (2014). Prediction of climate warming impacts on plant species could be more complex than expected. Evidence from a case study in the Himalaya. *Ecological Complexity*, 20, 307-314.
- Fielding, A.H., & Bell, J.F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24 (1), 38-49.
- Fois, M., Cuenca-Lombraña, A., Fenu, G., Cogoni, D., & Bacchetta, G. (2016). The reliability of conservation status assessments at regional level: Past, present and future perspectives on *Gentiana lutea* L. ssp. *lutea* in Sardinia. *Journal for Nature Conservation*. 33, 1-9.
- Gallagher, R.V., Hughes, L., Leishman, M.R., & Wilson, P.D. (2010). Predicted impact of exotic vines on an endangered ecological community under future climate change. *Biological Invasions*, 12 (12), 4049-4063 .

- Garsia, C.I. (2013). Predicted effects of climate change on the distribution of the invasive grass *dichanthium annulatum*. Ms.C thesis, University of Texas-Pan American.
- Guisan, A., & Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147-186.
- Hall, J. B. (1984). *Juniperus excelsa* in Africa: a biogeographical study of an Afromontane tree. *Journal of biogeography*, 47-61.
- Hengl, T., Sierdsema, H., Radovi, A., & Dilo, A. (2009). Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. *Ecological Modelling*, 220, 3499-3511.
- Hijmans, R. J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 25(15), 1965-1978.
- IPCC. (2014). *Impact, Adaptation and Vulnerability. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jones, C.D., Hughes, J.K., Bellouin, N., Hardiman, S.C., Jones, G.S., Knight, J., & Boo, K.O. (2011). The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations. *Geoscientific Model Development*, 4(3), 543-570.
- Khanum, R., Mumtaz, A.S., & Kumar, S. (2013). Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. *Acta Oecologica*, 49, 23-31.
- Loarie, S.R., Carter, B.E., Hayhoe, K., McMahon, S., Moe, R., Knight, C.A., & Ackerly, D.D. (2008). Climate change and the future of California's endemic flora. *PLoS One* 3(6), e2502.
- Marvi-Mohajer, M.R. (2006). *Silviculture*. University of Tehran Press. p388.
- Miller, J. (2010). Species Distribution Modeling. *Geography Compass*, 4(6), 490-509
- Momeni, M.T., Sagheb-Talebi, K., Akbarinia, M., Akhavan, R., Hosseini, S.M. (2012). Impact of some physiographic and edaphic factors on quantitative and qualitative characteristics of Juniper forest (Case Study: Layen region-Khorasan). *Iranian Journal of Forest*, 4(2), 143-156.
- Phillips, S.J., & Dudik, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161-175.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Priti, H., Aravind, N.A., Shaanker, R.U., Ravikanth, G. (2016). Modeling impacts of future climate on the distribution of Myristicaceae species in the Western Ghats, India. *Ecological Engineering*, 89, 14-23.
- Ravanbakhsh, H., & Moshki, A. (2016). The influence of environmental variables on distribution patterns of Irano-Turanian forests in Alborz Mountains, Iran. *Journal of Mountain Science*, 13(8), 1375-1386.
- Ravanbakhsh, H., Marvi-Mohajer, M.R., Asadi, M., Zobeiri, M., & Etemad, V. (2013). Classification of *Juniperus excelsa* M. Bieb forests vegetation and its analysis of relationship with environmental variables. *Forest and wood product (Iranian Journal of natural resources)* 66 (3), 277-292.
- Roadi, B., Mozaffarian, V., Fallahian, F., & Khavarinejad, R. (2008). Medical plants of mountainous area in the province of semnan. *Biological sciences (danish-i zisti-i iran)*, 3(3)1-6.
- Sagheb-Talebi, Kh., Sajedi, T., Pourhashemi, M. (2014). *Irano-Turanian Region in Forests of Iran*. Springer Netherlands. pp 67-113.

- Sarangzai, A.M., Ahmed, M., Ahmed, A., Tareen, L., & Jan, S.U. (2012). The ecology and dynamics of *Juniperus excelsa* forest in Balochistan-Pakistan. *Pakistan journal of Botany* 44(5), 1617-1625.
- Sass-Klaassen, U., Leuschner, H.H., Buerkert, A., & Helle, G. (2007). Tree-ring analysis of *Juniperus excelsa* from the northern Oman mountains. *TRACE Dendrosymposium*, 99-108.
- Tarkesh, M., & Jetschke, G. (2012). Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. *Environmental and Ecological Statistics*, 19(3), 437-457.
- Toth, J.P., Varga, K., Végvári, Z., & Varga, Z. (2013). Distribution of the Eastern knapweed fritillary (*Melitaea ornata* Christoph, 1893) (Lepidoptera: Nymphalidae): past, present and future. *Journal of Insect Conservation*, 17(2), 245-255.
- Van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., & Masui, T. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 109, 5-31.
- Warren, R., Van Der Wal, J., Price, J., Welbergen, J.A., Atkinson, I., & Ramirez-Villegas, J. (2013). Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. *Nature Climate Change*, 3(7), 678-682.
- Woodward, F.I., & Williams, B.G. (1987). *Climate and plant distribution at global and local scales*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yuan, H.S., Wei, Y.L., Wang, X.G. (2015). Maxent modeling for predicting the potential distribution of Sanghuang, an important group of medicinal fungi in China. *Fungal Ecology*, 17, 140-145.



Prediction of *Juniperus excelsa* M.Bieb. geographical distribution using by climate data under the conditions of current and future in Semnan Province

S. Sadat Fatemi Azarkhavarani¹, M. Rahimi^{2*}, M. Tarkesh³, and H. Ravanbakhsh⁴

¹Ph.D student of combating desertification, Faculty of desert studies, Semnan University, Semnan, I. R. Iran

²Associate Prof., Faculty of desert studies, Semnan University, Semnan, I. R. Iran

³Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, I. R. Iran

⁴Assistant Prof., Faculty of desert studies, Semnan University, Semnan, I. R. Iran

(Received: 13 February 2017, Accepted: 28 May 2017)

Abstract

The climate is determinative of the soil and flora and fauna of a region and in wide scale causes variation in ecosystem and the species combination. In this study, distribution of *Juniperus excelsa* were studied on the current and future climate condition (2050, 2070) under two climate change scenarios of Rcp2.6 and RCP8.5 with the GCM data of HadGEM2-ES by using of MaxEnt model. 22 variables of climate and topography in 160 sites were employed. The results showed that in addition to height above sea level, precipitation in coldest season and annual mean temperature are the next important variables on *Juniperus excelsa* distribution. Also the results show that if the current trend of climate change continues, habitat area of species under the scenario of RCP2.6 till 2070, increases in middle habitat class (82.4%), in good and very good habitat classes, 31.3, 67.3 percent, respectively, and will be reduced and under the scenario of RCP8.5, faces with too much decreasing the area (in middle, good and very good habitat classes, 76.5, 98 and 100 percent, respectively). According to the results, the models like MaxEnt, with acceptable accuracy have enough performance in evaluation of species distribution and can be used for strategies of conservation by the experts.

Keywords: Climate change, Conservation strategies, Irano-Turanian forests, MaxEnt model.