



سجش از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
Vol.10, No. 2, Summer 2018

۹۵-۱۰۸

مدل سازی مکانی توزیع گونه‌ای

و پیش بینی پتانسیل پراکنش قورباغه پادراز جنگلی ایران

فراهم احمدزاده^{۱*}، نگار امیری^۲، الهام ابراهیمی^۲

۱. استادیار گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید

بهشتی تهران

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم

محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۵/۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۲/۲

چکیده

امروزه، مشخص شده است پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه‌های در خطر انقراض، با استفاده از روش‌های مدل‌سازی مکانی، بسیار سودمند است و استفاده از این روش‌ها کمک بزرگی به حفاظت و مدیریت اکولوژیکی می‌کند. قورباغه پادراز جنگلی (*Rana pseudodalmatina*) از جمله گونه‌های بومی انحصاری ایران به‌شمار می‌رود. در این مطالعه، اطلاعات حضور قورباغه پادراز جنگلی، از طریق پایش میدانی در زیستگاه‌های فعلی گونه، گردآوری و نوزده متغیر اقلیمی از پایگاه داده Worldclim استخراج شد. در مرحله بعدی، با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون، همبستگی بین متغیرهای اقلیمی با ضریب همبستگی ۰.۷۵ مورد سنجش قرار گرفت و سپس، متغیرهای دارای همبستگی بالا از فرایند مدل‌سازی حذف شدند. مدل‌سازی توزیع گونه‌ای قورباغه پادراز جنگلی، با استفاده از مدل‌های GAM، GLM، RF، MARS، CART، FDA، BRT، SVM و محیط نرم‌افزار R انجام شد و در نهایت، با استفاده از مدل‌سازی ترکیبی (Ensemble) به‌منزله فرایند سنتز نتایج مدل‌های فردی برای افزایش دقت قدرت پیش‌بینی، نقشه ترکیبی جامعی به‌دست آمد. نتایج حاصل از مدل ترکیبی برای تعیین پتانسیل‌های زیستگاهی این گونه قورباغه در ایران پیش‌بینی می‌کند، در شرایط اقلیمی حاضر، جنگل‌های هیرکانی بیشترین پتانسیل توزیع برای این گونه را دارند. همچنین، نتایج ارزیابی مدل‌ها نشان داد شاخص AUC و TSS وضعیت بهتری دارند و مدل SVM دارای بیشترین درجه اعتبار است. افزون بر این، نتایج سنجش اهمیت هریک از متغیرها نشان داد BIO6 بیشترین و BIO19 کمترین اهمیت را برای این گونه دارند.

کلیدواژه‌ها: قورباغه پادراز جنگلی، مدل‌سازی مکانی، توزیع گونه‌ای، مدل ترکیبی.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

۱- مقدمه

دانشمندان بی‌شماری بر این عقیده‌اند که زمین در حال ورود به انقراض گروهی ششم است. فشار شدید انسان بر محیط‌زیست، چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیرمستقیم، آثار جبران‌ناپذیری به جا گذاشته است (David and Vance, 2008). مطالعات نشان می‌دهند که سرعت از بین رفتن دوزیستان بیش از سایر تاکسون‌های مهره‌داران است (Pounds et al., 1999; Stuart et al., 2004). دوزیستانی مانند قورباغه‌ها، سمندرها و سیسپلین‌ها ممکن است تنها گروه مهمی باشند که امروزه در معرض تهدید شدید قرار گرفته‌اند. ارزیابی جهانی، در این زمینه، نشان می‌دهد یک سوم این گونه‌ها در معرض خطر انقراض‌اند. احتمالاً به مرور زمان، این تهدید تسریع خواهد شد زیرا بیشتر دوزیستان در نواحی گرمسیری سکنا دارند، که محدوده جغرافیایی کوچکی است و ممکن است آنها را مستعد انقراض کند. طبق مطالعات انجام‌شده، افزایش فشار ناشی از تخریب زیستگاه و تغییرات اقلیمی بیشترین اثر را در کاهش جمعیت دوزیستان دارد (David and Vance, 2008). از این رو، امروزه مطالعه آثار تغییر اقلیم در پراکنش این گونه‌ها مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است.

مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (SDM)، طی بیست سال اخیر، رشد چشمگیری داشته است (Guisan and Thuiller, 2005). SDMها، برای پیش‌بینی توزیع گونه‌ها، از داده‌های حضور/عدم حضور^۱ و نیز داده‌های محیطی-اقلیمی بهره می‌گیرند و به این ترتیب، بخش مهمی از مطالعات بوم‌شناختی را دربر گرفته‌اند (Phillips et al., 2006; Royle et al., 2012; Yackulic et al., 2013; Renner and Warton, 2013; Bosso et al., 2016; Bosso et al., 2017). یکی از مفروضات اصلی SDM این است که گونه‌ها در تعادل با محیط‌زیست‌اند و به‌موجب همین مشخصه، گونه همه زیستگاه‌های مناسب را اشغال می‌کند (Austin, 2002; O'Connor, 2002; Araújo and Peterson, 2012).

البته گونه‌های مهاجم، در نظریه، این فرض را نقص می‌کنند زیرا این گونه‌ها دامنه پراکنش خود را، در منطقه تهاجمی، افزایش می‌دهند. در واقع، مدل‌های همبستگی^۲ مخالف مدل‌های پویا^۳ در فرایندهای اکوسیستم‌اند (Guisan and Theurillat, 2000; Guisan and Zimmermann, 2000). اختلالات در تعادل بین گونه و محیط‌زیست آن ناشی از مهاجرت، تهاجم و یا تعاملات محیط‌زیستی است که منجر به محدودیت‌های طبیعی در عملکرد مدل‌های توزیع گونه‌ای می‌شود. پژوهشگران تلاش می‌کنند، با ساخت مدل‌های توزیع مکانیکی که اطلاعات مربوط به پاسخ هر گونه به شرایط محیطی متفاوت را دربر می‌گیرد، بر این محدودیت غلبه کنند (Kearney and Porter, 2009). برخی دیگر از پژوهشگران، برای ایجاد مدل مطلوب توزیع گونه‌ای، اطلاعات محیطی و داده‌های حضور گونه را ترکیب کرده‌اند (Clark et al., 2014; Harris, 2015; Ovasikainen et al., 2016; Tikhonov et al., 2017). افزون بر این، برخی مطالعات توزیع موقت^۴ و برخی پراکندگی^۵ دائمی را مدل‌سازی می‌کنند (Zurell et al., 2009; Gutt et al., 2012; Génard and Lescourret, 2013; Mieszkowska et al., 2013; Hayes et al., 2013). مجموعه داده‌های متغیرهای اقلیمی مورد استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی (WorldClim, Bioclimate) متغیرهای اولیه مدل‌های توزیع گونه‌ای، به‌ویژه در خشکی‌ها و قاره‌ها، محسوب می‌شوند (Elith et al., 2006; Pearson et al., 2007). در این مطالعه نیز، مدل‌سازی توزیع گونه‌ای قورباغه پادراز جنگلی، با استفاده از لایه‌های اقلیمی مناطق خشکی جهان^۶ و با بهره‌گیری از مدل‌های گوناگون بسته آماری SDM

1. presence-absence
2. correlative models
3. dynamic models
4. temporal
5. dispersal

۶. ر.ک. www.worldclim.org

(et al., 2014). رشته کوه زاگرس نیز در امتداد بخش غربی ایران گسترش یافته است و از شمال غرب تا جنوب شرق امتداد دارد. ایران در کمربند خشک آسیایی (بیابان‌های گرم) واقع شده (Breckle, 2002) اما جنگل‌های هیرکانی در کشور ایران یکی از قدیمی‌ترین جنگل‌های آسیا و نیمکره شمالی محسوب می‌شوند (Sagheb-Talebi et al., 2014) که دارای تنوع ژنتیکی، تنوع زیستی و بسیاری دیگر از خدمات زیست‌محیطی منحصر به فردند و شرایط آب‌وهوایی مرطوبی برای ایران ایجاد کرده‌اند (Behjou et al., 2009; Poorzady and Bakhtiari, 2009; Pourmajidian and Rahmani, 2009; Sagheb-Talebi et al., 2014).

۲-۲- تهیه داده‌های مورد نیاز

الف) داده‌های زیستی

مجموعاً هجده نقطه از حضور قورباغه پادراز جنگلی در استان‌های گیلان، مازندران و گرگان، طی پیمایش منطقه و با مشاهده مستقیم به کمک سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد. اطلاعات این نقاط در محیط اکسل با فرمت CSV ذخیره گردید. سپس برای بهبود نتایج مدل‌ها، نقاط شبه‌حضور به تعداد ۱۱۰۰ نقطه تهیه شد. شایان ذکر است که این نقاط در محیط نرم‌افزار RStudio Version 0.99.903 تهیه شدند.

ب) داده‌های اقلیمی

در این پژوهش، از داده‌های اقلیمی Bioclim، که با دسترسی رایگان در سایت <http://www.worldclim.org> در اختیار کاربران قرار دارد، استفاده شده است.

1. Generalized Linear Models
2. Generalized Additive Models
3. Boosted Regression Tree
4. Support Vector Machine
5. Random Forests
6. Multivariate Adaptive Regression Splines
7. Classification And Regression Trees
8. Flexible Discriminant Analysis
9. Ensemble

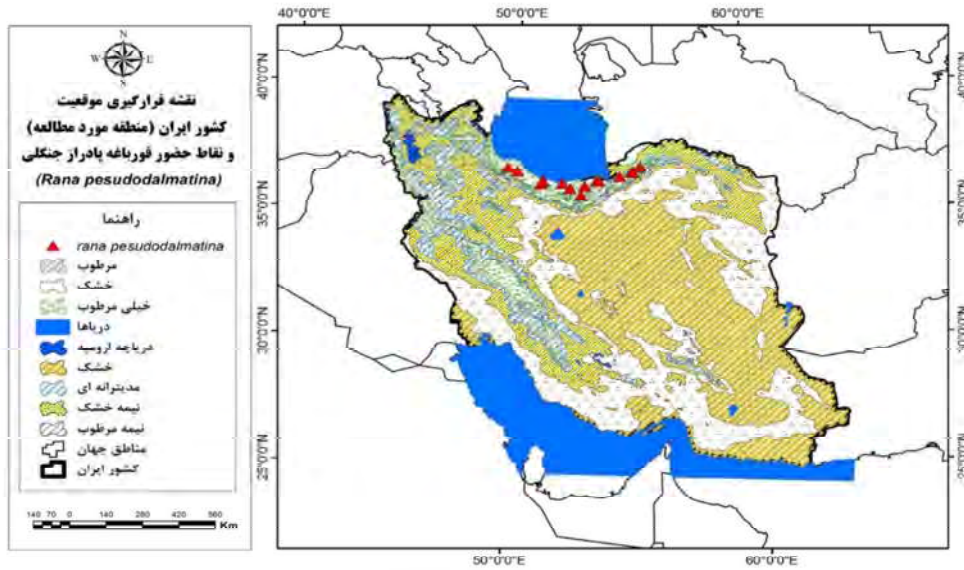
شامل الگوریتم‌های مدل خطی تعمیم‌یافته (GLMs)^۱ (McCullagh and Nelder, 1989)، مدل افزایشی تعمیم‌یافته (GAMs)^۲ (Hastie and Tibshirani, 1990)، رگرسیون درختی پیشرفته (BRTs)^۳ (Friedman, 2001)، مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM)^۴ (Vapnik, 1995)، مدل جنگل تصادفی (RFs)^۵ (Breiman, 2001)، مدل رگرسیون سازشی چندمتغیره (MARS)^۶ (Friedman, 1991)، مدل درختی رگرسیونی و طبقه‌بندی (CART)^۷ (Breiman, 1984)، مدل آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر (FDA)^۸ (Hastie et al., 1994) انجام شده و در نهایت، با روی هم‌گذاری نتایج تمامی مدل‌های یادشده در قالب یک مدل ترکیبی^۹، با درجه اطمینان بالایی زیستگاه‌های مطلوب این گونه شناسایی شده است. همان‌طور که اشاره کردیم، امروزه یک‌سوم دوزیستان در سراسر جهان در تهدید قرار دارند؛ بنابراین، این موضوع اهمیت مطالعه در مورد دوزیستان را بیشتر می‌کند. به همین دلیل در این تحقیق، با توجه به اینکه قورباغه پادراز جنگلی از جمله قورباغه‌های بومی انحصاری ایران است (کمی و همکاران، ۱۳۸۱) و در رده دوزیستان حفاظت‌شده و در حمایت ملی قرار دارد (یوسفی سیاهکلرودی و همکاران، ۱۳۹۵) مطالعه شده است. از آنجاکه تا کنون مطالعه مستندی در مورد توزیع جغرافیایی این گونه از قورباغه‌ها، در کشور ایران، انجام نشده است، حفاظت از آن شناسایی دقیق زیستگاه‌های آن را می‌طلبد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

کشور ایران، با مساحت کل $۱۰۶ * ۱/۶$ کیلومتر مربع، در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه و طول جغرافیایی ۴۴ تا ۶۳ درجه قرار گرفته است (شکل ۱). بزرگ‌ترین رشته‌کوه‌های ایران البرز و زاگرس است. البرز در کنار مرز شمالی ایران در ساحل جنوبی دریای خزر قرار دارد و دامنه‌های شمالی آن، تا ارتفاع ۲۸۰۰ متر از سطح دریا، کمربند سبزی را تشکیل دادند (Sagheb-Talebi

مدل‌سازی مکانی توزیع گونه‌ای و پیش‌بینی پتانسیل پراکنش قورباغه پادراز جنگلی ایران



شکل ۱. موقعیت جنگل هیرکانی در کشور ایران و نقاط جمع‌آوری شده نشان‌دهنده حضور قورباغه پادراز جنگلی

جدول ۱. متغیرهای اقلیمی برگرفته از داده‌های اقلیمی جهانی WorldClim

متغیر به اختصار	متغیر	متغیر	توضیحات
BIO 01	میانگین دمای سالانه	Annual mean temperature	-
BIO 02	میانگین دمای روزانه	Mean diurnal range	Mean of monthly (max temp - min temp)
BIO 03	هم‌دمایی	Isothermality	(BIO2/BIO7) * 100
BIO 04	دمای فصلی	Temperature seasonality	Standard deviation * 100
BIO 05	حداکثر درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال	Max temperature of warmest month	-
BIO 06	کمترین دما در سردترین ماه سال	Min temperature of coldest month	-
BIO 07	محدوده دمای سالانه	Temperature annual range	BIO5-BIO6
BIO 08	دمای متوسط فصل مرطوب	Mean temperature of wettest quarter	-
BIO 09	میانگین دمای فصل خشک	Mean temperature of driest quarter	-
BIO 10	میانگین دمای گرم‌ترین فصل	Mean temperature of warmest quarter	-
BIO 11	میانگین دمای سردترین فصل	Mean temperature of coldest quarter	-
BIO 12	بارندگی سالانه	Annual precipitation	-
BIO 13	بارش در مرطوب‌ترین ماه سال	Precipitation of wettest month	-
BIO 14	بارش در خشک‌ترین ماه سال	Precipitation of driest month	-
BIO 15	بارش فصلی	Precipitation seasonality	-
BIO 16	بارش در مرطوب‌ترین فصل	Precipitation of wettest quarter	-
BIO 17	بارش در خشک‌ترین فصل	Precipitation of driest quarter	-
BIO 18	بارش در گرم‌ترین فصل	Precipitation of warmest quarter	-
BIO 19	بارش در سردترین فصل	Precipitation of coldest quarter	-

در این مطالعه، پس از تعیین متغیرهای مستقل، از بسته آماری SDM در نرم‌افزار R version 3.3.2 برای پیش‌بینی نواحی دارای پتانسیل توزیع گونه‌ای قورباغه پادراز جنگلی در ایران استفاده شد. بسته آماری SDM را نایمی و آراؤژو^۳ (۲۰۱۶) طراحی کردند و شامل مدل‌های GLM، FDA، CART، MARS، RF، SVM، BRT، GAM می‌شود. در نهایت، با روی هم‌گذاری نتایج مدل‌های مذکور، نقشه پتانسیل توزیع قورباغه پادراز جنگلی در قالب مدل ترکیبی، با قطعیت بالاتری، پیش‌بینی می‌شود. در واقع، مدل ترکیبی راه‌حلی ممکن برای برآورد تغییرات بین‌مدلی و کاهش عدم قطعیت در پیش‌بینی و استفاده از پیش‌بینی‌های ترکیبی به‌جای استفاده از روش مدل‌سازی واحد است (صابرفر و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۳-۱- مدل ترکیبی

مدل‌سازی ترکیبی به‌منزله فرایند سنتز نتایج مدل‌های فردی، در قالب مدل یکپارچه‌ای به‌منظور افزایش دقت قدرت پیش‌بینی به‌شمار می‌رود (Rokach, 2010; Lee et al., 2013) که سبب افزایش علاقه‌مندی در

مجموعه لایه‌های اقلیمی جهانی^۱ شامل سری زمانی، سالیانه، با میانگین داده ماهیانه برای بارش و میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت، حاصل بیش از ۴۰۰۰ ایستگاه آب‌وهوایی طی سال‌های ۱۹۵۰ و ۲۰۰۰ است (Hijmans et al., 2005). نوزده متغیر اقلیمی مورد استفاده در این مطالعه را هیمانس و همکاران^۲ (۲۰۰۵) معرفی کردند که در جدول ۱ ارائه شده است.

۲-۳-۲ تعیین همبستگی بین متغیرهای اقلیمی

پس از تهیه متغیرهای اقلیمی از سایت www.worldclim.org، این لایه‌ها در نرم‌افزار ArcMap 10.2 پردازش شدند. سپس، براساس مرز مطالعاتی مورد مطالعه در این پژوهش (محدوده سیاسی کشور ایران)، تمامی لایه‌های اقلیمی برش داده شدند (شکل ۲) و در نهایت، تمامی لایه‌ها برای مدل‌سازی، به فرمت ASCII تبدیل شدند. در این مطالعه، از ضریب همبستگی پیرسون در محیط نرم‌افزار R استفاده شد؛ بدین ترتیب که متغیرهای مستقل و وابسته با ضریب همبستگی ۰/۷۵ مشخص شدند و متغیرهای مستقل در مدل‌سازی به‌کار رفتند.



شکل ۲. برش لایه‌های اقلیمی Bioclim مطابق مرز سیاسی ایران (مرز خشکی)

1. bioclim
2. Hijmans et al.
3. Naimi and Araújo

معیارهای گوناگون ارزیابی (وابسته به آستانه و مستقل از آستانه) استفاده شده است. معیارهای وابسته به آستانه عبارت‌اند از TSS و Deviance؛ درحالی‌که معیارهای مستقل از آستانه شامل مساحت زیر منحنی ROC (یعنی AUC) و همبستگی (Cor) می‌شود. اگرچه معیارهای وابسته به آستانه در پژوهش‌های گوناگونی به کار رفته‌اند؛ به دلیل اینکه این معیارها نیازمند مشخص کردن آستانه‌اند، به نسبت معیارهای مستقل از آستانه، محدودیت‌هایی دارند؛ بنابراین امروزه معیارهای مستقل از آستانه، مانند AUC، در جایگاه جامع‌ترین و رایج‌ترین معیار ارزیابی استفاده می‌شوند (Felicitimo et al., 2013).

۳- نتایج

۳-۱- پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه‌ای قورباغه پادراز جنگلی، با مدل‌های بسته آماری SDM
پیش‌بینی مدل‌ها برای گونه قورباغه پادراز جنگلی نتایج نسبتاً مشابهی در پی داشته است (شکل ۳). نتایج حاصل از این مطالعه با مدل GLM، FDA، CART و BRT بخش‌هایی از استان‌های گیلان و مازندران و لکه‌هایی بسیار محدود از استان گلستان را، در جایگاه مناطقی با بیشترین پتانسیل توزیع، پیش‌بینی کرده‌اند اما مدل‌های GAM، SVM، RF و MARS افزون‌بر مناطق یادشده، بخش‌های معتدلی از استان گلستان را نیز جزء مناطقی با پتانسیل بالا، برای توزیع قورباغه پادراز جنگلی، پیش‌بینی کرده‌اند. همچنین، می‌توان اشاره کرد که در تمامی مدل‌های مذکور، لکه‌ای در شهرستان طارم و در مرز شمالی استان‌های قزوین و زنجان، به منزله زیستگاه مطلوب برای توزیع این گونه جانوری، پیش‌بینی شده است. با بررسی نتایج مدل‌های FDA و MARS نیز مشخص شد این مدل‌ها، غیر از استان‌های گیلان و مازندران و گرگان، بخش‌هایی از استان اردبیل را نیز به منزله منطقه‌ای با پتانسیل بالا برای توزیع این گونه پیش‌بینی کرده‌اند.

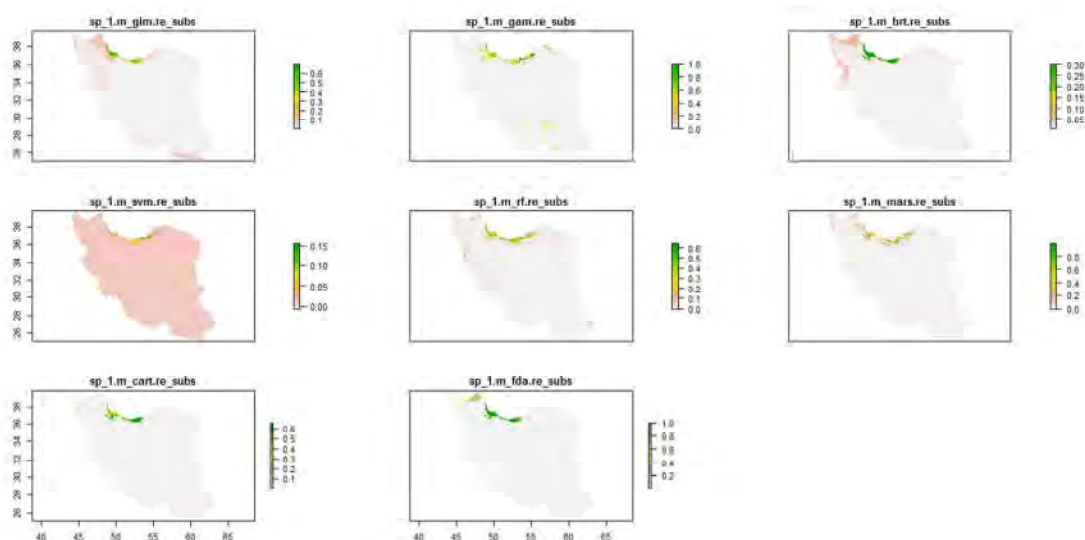
میان طراحان، به‌ویژه کسانی که با مدل داده‌کاوی برخورد کرده‌اند، شده است (Bui et al., 2014; Jebur et al., 2014). تقریباً تمامی تکنیک‌های گروهی از تلفیق وزنی مدل‌های فردی برای نتیجه‌گیری استفاده می‌کنند؛ اگرچه شیوه محاسبه این وزن‌ها متفاوت است. در این مطالعه، پس از بهره‌گیری از هشت مدل توزیع گونه‌ای در بسته آماری SDM، طبق رابطه زیر، میانگین وزنی مدل گروهی محاسبه شد:

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^n \{AUSRCi * Mi\}}{\sum_{i=1}^n \{AUSRC\}}$$

EM نتیجه مدل گروهی محسوب می‌شود و AUSRCi ارزش AUSRC آن مدل واحد است (Mi).
با استفاده از این معادله، اشکالاتی از مفروضات ساده مدل‌های یادشده (مثلاً ساده‌سازی میانگین) پشت‌سر گذاشته می‌شوند زیرا این نتیجه حاصل ادغام ساده‌ای از مدل‌ها نیست بلکه با انتصاب عملکرد مدل‌ها به‌ویژه مهارت یادگیری و سازگاری آنها، میزان وزن برآورد شده و سپس با استفاده از وزن برآورد شده نتیجه مدل گروهی از طریق وزن میانگین، محاسبه می‌شود (Chen et al., 2017).

۲-۴- اعتبارسنجی مدل‌ها

فرایند مدل‌سازی، بدون مرحله اعتبارسنجی، فاقد اعتبار و ارزش علمی است (Walter, 2002). در این مرحله، نتایج حاصل از مدل‌سازی توزیع گونه‌ای، براساس نقاط حضور گروه اعتبارسنجی (۳۰٪ نقاط حضور) و در قالب روش‌های Deviance، Tss، Cor، Roc اعتبارسنجی می‌شود (Naimi and Araújo, 2016). قطعاً از آنجا که ساختار مدل‌های به‌کاررفته با هم متفاوت است، انتظار می‌رود عملکردهای متفاوتی در پیش‌بینی توزیع گونه داشته باشند. در این مرحله، کارایی تمامی تکنیک‌های به‌کاررفته، در زمینه تعیین پتانسیل‌های توزیع گونه‌ای، با یکدیگر مقایسه و مناسب‌ترین تکنیک‌ها (از لحاظ دقت، زمان و داده‌های موردنیاز برای شبیه‌سازی) شناسایی می‌شوند (Bui et al., 2014). در این پژوهش، به‌منظور اطمینان بیشتر از نتایج،



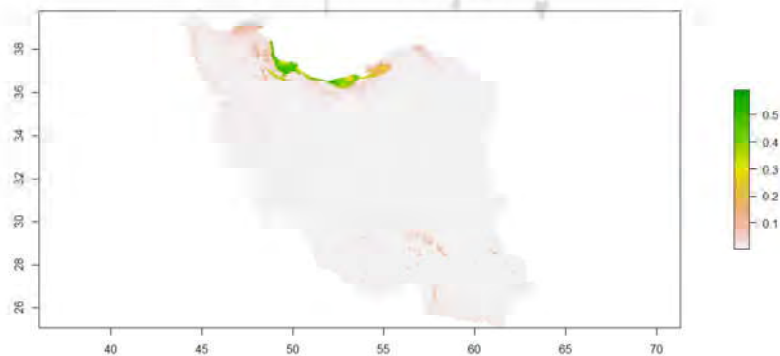
شکل ۳. نقشه پیش‌بینی پتانسیل توزیع قورباغه پادراز جنگلی

۳-۲- پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه‌ای قورباغه پادراز جنگلی، با استفاده از مدل ترکیبی زیستگاه مطلوب برگزیده است (شکل ۴).

۳-۳- اعتبارسنجی مدل‌ها

نتایج صحت‌سنجی مدل‌ها با شاخص‌های گوناگون نشان داده است شاخص AUC و TSS وضعیت بهتری برای مدل‌های مورد استفاده دارند اما شاخص‌های COR و Deviance شاخص سختگیرانه‌تری در صحت‌سنجی مدل‌ها، به خصوص برای CART و FDA، شمرده می‌شوند. در مجموع نیز، با توجه به کل شاخص‌های صحت‌سنجی، به نظر می‌رسد مدل SVM اعتباری به مراتب بیشتر از سایر مدل‌های مورد استفاده در تحلیل‌ها دارد.

پیش‌بینی مدل ترکیبی برای گونه قورباغه پادراز جنگلی در ایران نشان می‌دهد مناطق مرطوب خزری تنها زیستگاه مناسب برای توزیع این گونه در ایران محسوب می‌شوند و دیگر مناطق ایران هیچ‌گونه پتانسیلی برای فراهم آوردن زیستگاه مطلوب این گونه ندارند. با توجه به ویژگی‌های بوم‌شناسی این جانور، که به شدت برای بقا به مناطق کوهستانی، مرتفع، جنگلی و مرطوب وابسته است و این شرایط هم‌زمان در بخش‌هایی از منطقه مرطوب خزری فراهم آمده، این گونه فقط منطقه مرطوب خزری ایران را به منزله



شکل ۴. نقشه پیش‌بینی پتانسیل توزیع قورباغه پادراز جنگلی با مدل ترکیبی

جدول ۲. نتایج اعتبارسنجی مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های متفاوت

Methods	Auc	Cor	Tss	Deviance
GLM	0.73	0.3	0.54	0.14
GAM	0.79	0.17	0.61	0.73
BRT	0.68	0.32	0.59	0.13
SVM	0.88	0.29	0.79	0.12
RF	0.76	0.25	0.56	0.14
MARS	0.79	0.3	0.68	0.16
CART	0.63	0.26	0.24	0.14
FDA	0.69	0.32	0.42	0.45

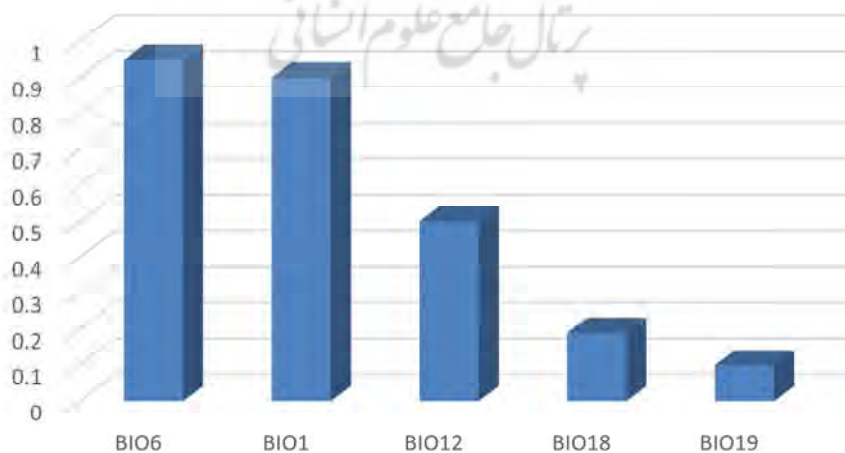
(بارش در سردترین فصل) کمترین اهمیت را در شکل‌گیری شیوه توزیع این گونه دارد. بنابراین، با توجه به ویژگی‌های بوم‌شناسی و رفتاری بیان‌شده در مورد قورباغه پادراز جنگلی، می‌توان بر صحت تعیین میزان اهمیت متغیرها در مطالعه حاضر تکیه کرد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر، در مورد آثار نامطلوب تغییرات جهانی اقلیم و تهاجم‌های گونه‌ای در تنوع زیستی بحث بسیار شده است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). از دست‌دادن تنوع زیستی، در قرن بیست‌ویکم، چالش بزرگی محسوب می‌شود. دوزیستان نمونه مناسبی برای کاهش تنوع زیستی، با نرخ انقراض بالا، طی دهه‌های گذشته‌اند (Stuart et al., 2004; Roelants et al., 2007). روش‌های متفاوت، شامل جغرافیای تبارشناختی و تکنیک‌های مدل‌سازی توزیع گونه‌ای، برای بررسی آثار تغییرات اقلیم در توزیع گونه‌ها در دسترس قرار دارند (Taberlet et al., 1998). مدل‌های توزیع گونه‌ای ابزارهای مفیدی برای حل مسائل عملی در بوم‌شناسی کاربردی و زیست‌شناسی حفاظت به‌شمار می‌روند (Austin, 2002). در این

۳-۴- میزان اهمیت متغیرهای اقلیمی در مدل‌سازی

میانگین میزان اهمیت متغیرهای گوناگون در هشت مدل متفاوت بسته آماری SDM نشان می‌دهد متغیر BIO6 (کمترین دما در سردترین ماه سال) بیشترین اهمیت را در بین سایر متغیرها دارد و از این رو، به نظر می‌رسد انتخاب این متغیر در مقام پراهمیت‌ترین متغیر اقلیمی تأثیرگذار در پراکنش قورباغه پادراز جنگلی، ناشی از ویژگی سرمدوست بودن این گونه است. همچنین، با توجه به اینکه این گونه قورباغه معمولاً از آب خارج می‌شود، چند متر از آب فاصله می‌گیرد و اغلب زیر برگ‌های کف جنگل مشاهده می‌شود و رطوبت پوست خود را از طریق رطوبت برگ‌های کف جنگل تأمین می‌کند، متغیر BIO19



شکل ۵. میزان اهمیت هر یک از متغیرها در توزیع قورباغه پادراز جنگلی

می‌کند (Vapnik, 1995). به عبارت دیگر، این مدل پس از مشخص شدن داده‌های ورودی مدل (متغیرهای مستقل) و داده‌های هدف (متغیر وابسته) و تحلیل بین متغیرهای مستقل و وابسته (کالیبراسیون)، داده‌ها را به گروه‌های متمایزی تقسیم می‌کند (Drake et al., 2006; Set of tutorials on SVM's and Kernel methods) که مجموع این عوامل سبب بهبود مدل می‌شود. با بررسی جزئیات مناطق پیش‌بینی‌شده با استفاده از مدل SVM (مدلی با بیشترین درجه اعتبار)، مشخص شد در استان گیلان بخش‌هایی از لوشان، قلعه رودخان، امامزاده ابراهیم، سیاهکل، دیلمان، رودسر، جنگل سلاکجان، چابکسر، پارک جنگلی سراوان، منطقه گرمادشت و لکه‌هایی از روستای آغوزبن تا جاده اسالم-خلخال و شهرستان تالش بهترین زیستگاه‌ها برای گسترش و توزیع این گونه‌اند. در استان مازندران، مناطقی در حاشیه دریای خزر از رامسر تا بابلسر و مناطقی با وسعت نسبتاً زیاد در آمل، بابل، قائمشهر، بهشهر، زیراب و نور پیش‌بینی شده است. همچنین، مدل یادشده منطقه‌ای با وسعت چشمگیر، در استان گلستان، از بندر ترکمن در غرب استان گلستان تا ده عبدالله در شرق آن را، به لحاظ اقلیمی، مطلوب‌ترین زیستگاه برای قورباغه پادراز جنگلی پیش‌بینی کرده است. البته علاوه بر این مناطق، مدل SVM شمال شهرستان طارم را نیز منطقه‌ای با پتانسیل متوسط برای توزیع قورباغه پادراز جنگلی پیش‌بینی کرده است. بنابراین، طبق آنچه درباره حضور قورباغه پادراز جنگلی، فقط در منطقه هیرکانی ایران و در استان‌های گیلان و مازندران و گرگان، گزارش شده است (Vences et al., 2013; Veith et al., 2003; Eisel et al., 1971; Eisel and Schmidtler, 1971; کمی، ۱۳۷۳؛ یوسفی سیاهکلرودی و همکاران، ۱۳۹۵)، این مطالعه و نتایج هشت مدل متفاوت نیز نشان داد که این قورباغه اغلب در مناطق هیرکانی و شمال کشور پتانسیل توزیع دارد و همین موضوع می‌تواند نشان‌دهنده دقت و صحت نسبی نتایج پژوهش حاضر باشد. مطالعات پسرکرلو و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که مناسب‌ترین

مطالعه نیز، از هشت الگوریتم متفاوت برای پیش‌بینی توزیع گونه‌ای استفاده شد. طبق نتایج حاصل از مدل‌سازی در این مطالعه، مناطق هیرکانی در ایران معمولاً شرایط اقلیمی مطلوبی برای توزیع این گونه دارند؛ البته مدل‌های MARS و FDA لکه‌هایی از ارتفاعات استان اردبیل در شهرستان‌های سرعین، گرمی و کلیبر را نیز در جایگاه زیستگاه مطلوب برای این گونه پیش‌بینی کرده‌اند. البته به نظر می‌رسد، از آنجاکه قورباغه پادراز جنگلی گونه‌ای سرمادوست است (بلوچ و کمی، ۱۳۷۳) و با مرزهای هیرکانی محصور شده (Eisel et al., 1971)، احتمالاً امکان مهاجرت به عرض‌های شمالی‌تر خارج از این محدوده را نداشته است؛ بنابراین، قادر نبوده در مقابل ارتفاع واکنش از خود بروز دهد (Hewit, 2004) و تا کنون، در استان اردبیل مشاهده و گزارش نشده است. نکته دیگر در این مطالعه، که ارزش بررسی دارد، پیش‌بینی لکه‌ای در شهرستان طارم، در مرز شمالی استان‌های قزوین و زنجان، به منزله منطقه‌ای با پتانسیل متوسط و بالا برای این گونه است. تا کنون، طی مطالعات جامع قبلی در مورد دوزیستان ایران (یوسفی سیاهکلرودی و همکاران، ۱۳۹۵)، حضور این گونه در شهرستان طارم و استان اردبیل گزارش نشده است؛ بنابراین، به نظر می‌رسد به علت وجود مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای و نیز تأثیرات اقلیمی استان‌های مجاور (گیلان)، این نواحی به صورت بالقوه، ظرفیت توزیع را برای قورباغه پادراز جنگلی دارند. این نکته ضرورت بررسی توزیع بالفعل این گونه جانوری در شهرستان طارم و استان اردبیل را، طی مطالعات بعدی، نشان می‌دهد.

نتایج اعتبارسنجی در این مطالعه، به طور کلی، مدل SVM را با استفاده از هر چهار شاخص، به منزله مدلی با بیشترین درجه اعتبار معرفی کرده است. احتمالاً دلیل این عملکرد بالا آن است که مدل مورد نظر الگوریتمی پیشرفته محسوب می‌شود که، بر اساس شناسایی شرایط متفاوت و تعیین توابع گوناگون ناپارامتری، بیشترین میزان تفکیک را بین داده‌ها ایجاد

بررسی حضور این گونه و بررسی زیستگاه‌های بالقوه پیش‌بینی شده آن، صرفاً در شهرستان‌های طارم، گرمی، سرعین و کلیبر مطالعاتی انجام گیرد.

۵- منابع

بلوچ، م. و کمی، ح. ق.، ۱۳۷۳. دوزیستان ایران، انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۱۷۷ صفحه.

پسرکلو، ع.، قارزی، ا.، کمی، ح.، و نجیب زاده، م.، ۱۳۹۱. مطالعه زیست‌شناسی تولیدمثل در قورباغه جنگلی (*Rmana pseudodalmatina macrocnemis*) در استان گلستان (مینودشت)، مجله زیست‌شناسی ایران، ۱(۲۵)، صفحات ۶۳-۵۵.

حسین‌زاده، م.، آبادیان، م.، پویانی، ا.، ۱۳۹۴، ارزیابی پراکنش جغرافیایی کنونی و آینده گونه معرفی‌شده جکوی شکم‌زرد خانگی *Hemidactylus flaviviridis Ruppell, 1840* ایران با استفاده از مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، دوره ۲۸، شماره ۴، صص. ۴۴۰-۴۳۱.

صایرفر، ر.، فلاحتکار، س.، کیا، ح.، ۱۳۹۵، مروری بر مدل‌های توزیع گونه‌ای با معرفی مدل نمادین، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت در قرن ۲۱، ایتالیا، رم.

کفاش، ا.، یوسفی، م.، احمدی، م.، کلهر، گ.، کابلی، م.، ۱۳۹۲، پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی بر خزندگان مناطق بیابانی ایران (مطالعه موردی: سوسمار دم‌تیغی بین‌النهرین *Saara loricata*)، سومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

کمی، ح. ق.، ابراهیمی، م.، ۱۳۸۳، مطالعه ریزساختارهای سطحی دهان لارو قورباغه جنگلی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نگاره، دوازدهمین کنفرانس سراسری زیست‌شناسی ایران، همدان، دانشگاه بوعلی سینا.

دم، برای فعالیت قورباغه پادراز جنگلی، بین ۱۱ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد است و فعالیت این گونه، در دمای بالاتر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد، کاهش گسترده‌ای می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر نیز مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار در پراکنش این گونه را دمای محیطی نشان داد. از آنجاکه الگوهای پراکنش دوزیستان ارتباط بسیاری با فاکتورهای محیطی (بلوچ و کمی، ۱۳۷۳)، تأثیرات دما و عرض جغرافیایی دارد (Bishop et al., 2012)؛ می‌توان بر صحت نتایج مدل‌سازی حاضر تکیه کرد. در مطالعه مولوی و همکاران^۱ (۲۰۱۱) نیز مشخص شد که، در بین تمامی دوزیستان بی‌دم، گونه‌های جنس *Rana* بیشترین تأثیر را از فاکتورهای دما و عرض جغرافیایی دریافت می‌کنند که خود این موضوع نیز تأییدکننده نتایج پژوهش حاضر است. به‌طور کلی، در سراسر جهان، تغییرات اقلیمی تأثیر گسترده‌ای در کاهش تعداد دوزیستان گذاشته است (Carey et al., 2003; Hawkins et al., 2003; Stuart et al., 2004). بنابراین، با توجه به افزایش مطالعات SDMs در سال‌های اخیر (Vane-Wright et al., 1991; Sechrest et al., 2002; Redding and Mooers, 2006; Forest et al., 2007) که مشخص کرده مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (Pearson et al., 2007) و نقشه‌های پتانسیل توزیع بالقوه (Williams and Gaston, 1998) و نتایج حاصل از آنها بیشترین تأثیر را در حراست و نگهداری از گونه، مدیریت مناسب، بازسازی زیستگاه و جمعیت آنها دارد (Groff et al., 2014)، با بهره‌گیری از روش‌های مدل‌سازی توزیع گونه‌ای می‌توان شناخت مناسبی از زیستگاه‌های مطلوب گونه‌ها یافت و به برنامه‌ریزی صحیح دست پیدا کرد. گونه مورد مطالعه منحصراً گونه بوم‌زاد جنگل‌های هیرکانی است (Veith et al., 2003; Eiselt and Schmidtler, 1971)؛ بنابراین، مطالعات متعدد اکولوژیکی و مدل‌سازی درمورد این گونه و زیستگاه آن، با هدف برنامه‌ریزی حفاظتی، ضروری می‌نماید و پیشنهاد می‌شود نتایج چنین مطالعاتی در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی به‌کار رود. درنهایت، همان‌طور که پیش‌تر اشاره کردیم، پیشنهاد می‌شود برای

1. Molavi et al.

- of Forest Science, 55(2), PP. 96–100.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. & Courchamp, F., 2012, **Impacts of Climate Change on the Future of Biodiversity**, Ecology Letters, 15(4), PP. 365–377.
- Bosso, L., Di Febbraro, M., Cristinzio, G., Zoina, A. & Russo, D., 2016, **Shedding Light on the Effects of Climate Change on the Potential Distribution of Xylella Fastidiosa in the Mediterranean Basin**, Biological Invasions, 18(6), PP. 1759–1768.
- Bosso, L., Luchi, N., Maresi, G., Cristinzio, G., Smeraldo, S. Russo, D., 2017, **Predicting Current and Future Disease Outbreaks of Diplodia Sapinea Shoot Blight in Italy: Species Distribution Models as a Tool for Forest Management Planning**, Forest Ecology and Management, 400, PP. 655–664.
- Breiman, L., 1984, **Classification and Regression Trees**, Wadsworth International Group, Belmont, CA, USA.
- Breiman, L., 2001, **Random Forests**, Machine Learning, 45(1), PP. 5–32.
- Bui, D.T., Ho, T.C., Revhaug, I., Pradhan, B. & Nguyen, D.B., 2014, **Landslide Susceptibility Mapping along the National Road 32 of Vietnam Using GIS-Based J48 Decision Tree Classifier and Its Ensembles**, In Cartography from pole to pole (PP. 303–317), Springer Berlin Heidelberg.
- Groff, L. A., Marks, S. B., & Hayes, M. P., 2014, **Using ecological niche models to direct rare amphibian surveys: a case study using the Oregon Spotted Frog (*Rana pretiosa*)**. *Herpetological Conservation and Biology*, 9(2), 354-368.
- Carey, C., Bradford, D.F., Brunner, J.L., Collins, J.P., Davidson, E.W., Longcore, J.E., Ouellet, M., Pessier, A.P. & Schock, D.M., 2003, **Biotic factors in amphibian population declines. Multiple stressors and declining amphibian populations: evaluating cause and effect** (ed. by G. Linder, D.W. Sparling and S.K. Krest), Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Pensacola, Florida, PP. 1–49.
- کمی، ح.ق.، اسماعیلی، ح.، ابراهیمی، م.، ۱۳۸۱، **بررسی صفات مورفومتریک، رابطه طول و وزن و نسبت جنسی در قورباغه جنگلی در *Rana macrocnemis pseudodalmatina* اسلستان گلستان**، اولین کنفرانس علوم و تنوع زیستی جانوری، کرمان، دانشگاه شهید باهنر.
- مؤمنی، م.، زحمتکش، ی.، ۱۳۸۳، **بررسی امکان تکثیر و پرورش گونه *Rana ridibunda* در تالاب انزلی**، اولین کنگره علوم دام و آبزیان کشور، دانشگاه تهران، مجله علمی- پژوهشی دانشگاه اصفهان، دوره ششم، شماره ۳۵، صص. ۲۰۹–۲۲۲.
- میرزاجانی، ع.، کیابی، ب.، باقری، س.، ۱۳۸۵، **بررسی رشد لارو قورباغه مردابی و برآورد جمعیت گونه *Rana ridibunda* در تالاب انزلی**، مجله زیست‌شناسی ایران، دوره دوم، شماره ۱۹، صص. ۱۹۱–۲۰۲.
- یوسفی سیاهکلرودی، س.، سعیدی، ه.، بهفر، م.، ۱۳۹۵، **اطلس دوزیستان ایران**، انتشارات جهاد دانشگاهی استان البرز، واحد خوارزمی.
- Araújo, M.B. & Peterson, A.T., 2012, **Uses and Misuses of Bioclimatic Envelope the Past, a Hope for the Future**, Springer-Verlag, London.
- Austin, M.P., 2002, **Spatial Prediction of Species Distribution: An Interface between Ecological Theory and Statistical Modelling**, Ecological Modelling, 157(2-3), PP. 101–118.
- Bishop, P. J., Angulo, A., Lewis, J. P., Moore, R. D., Rabb, G. B., & Moreno, J. G., 2012. **The amphibian extinction crisis-what will it take to put the action into the amphibian conservation action plan?**, *SAPI EN. S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, 5, 97–111.
- Behjou, F.K., Majnounian, B., Dvořák, J., Namiranian, M., Saeed, A. & Fegghi, J., 2009, **Productivity and Cost of Manual Felling with a Chainsaw in Caspian Forests**, Journal

- Chen, W., Pourghasemi, H.R., Kornejady, A. & Zhang, N., 2017, **Landslide Spatial Modeling: Introducing New Ensembles of ANN, MaxEnt, and SVM Machine Learning Techniques**, *Geoderma*, 305, PP. 314–327.
- Forest, F., Grenyer, R., Rouget, M., Davies, T. J., Cowling, R. M., Faith, D. P. & Reeves, G., 2007, **Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots**. *Nature*, 445(7129), 757.
- Friedman, J. H., 1991, **Adaptive spline networks**. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, PP. 675–683.
- Clark, J.S., Gelfand, A.E., Woodall, C.W. & Zhu, K., 2014, **More than the Sum of the Parts: Forest Climate Response from Joint Species Distribution Models**, *Ecological Applications*, 24(5), PP. 990–999.
- Drake, J.M., Randin, C. & Guisan, A., 2006, **Modelling Ecological Niches with Support Vector Machines**, *Journal of Applied Ecology*, 43(3), PP. 424–432.
- Eiselt, J., Schmidler, J.F. and Schmidler, F., 1971, **Vorläufige Mitteilung über zwei neue Subspezies von Amphibia salientia aus dem Iran**, *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 75, PP. 383–385.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A. & Li, J., 2006, **Novel Methods Improve Prediction of Species' Distributions from Occurrence Data**, *Ecography*, PP. 129–151.
- Felicisimo, A.M., Cuartero, A., Remondo, J. & Quiros, E., 2013, **Mapping Landslide Susceptibility with Logistic Regression, Multiple Adaptive Regression Splines, Classification and Regression Trees, and Maximum Entropy Methods: A Comparative Study**, *Landslides*, 10(2), PP. 175–189.
- Friedman, J.H., 2001, **Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine**, *Annals of Statistics*, Vol. 29, N. 5, PP. 1189–1232.
- Génard, M. & Lescourret, F., 2013, **Combining Niche and Dispersal in a Simple Model (NDM) of Species Distribution**, *PloS one*, 8(11), e79948.
- Guisan, A. Theurillat, J.P., 2000, **Assessing Alpine Plant Vulnerability to Climate Change: A Modeling Perspective**, *Integrated Assessment*, 1(4), PP. 307–320.
- Guisan, A. & Thuiller, W., 2005, **Predicting Species Distribution: Offering more than Simple Habitat Models**, *Ecology Letters*, 8(9), PP. 993–1009.
- Guisan, A. & Zimmermann, N.E., 2000, **Predictive Habitat Distribution Models in Ecology**, *Ecological Modelling*, 135(2-3), PP. 147–186.
- Gutt, J., Zurell, D., Bracegridle, T., Cheung, W., Clark, M., Convey, P. & Griffiths, H., 2012, **Correlative and Dynamic Species Distribution Modelling for Ecological Predictions in the Antarctic: A Cross-Disciplinary Concept**, *Polar Research*, 31(1), P. 11091.
- Harris, D.J., 2015, **Generating Realistic Assemblages with a Joint Species Distribution Model**, *Methods in Ecology and Evolution*, 6(4), PP. 465–473.
- Hastie, T.J. & Tibshirani, R.J., 1990, **Generalized Additive Models**, Chapman and Hall/CRC, Vol. 43 of Monographs on Statistics and Applied Probability
- Hastie, T., Tibshirani, R. & Buja, A., 1994, **Flexible Discriminant Analysis by Optimal Scoring**, *Journal of the American statistical association*, 89(428), PP. 1255–1270.
- Hayes, B.J., Cogan, N.O., Pembleton, L.W., Goddard, M.E., Wang, J., Spangenberg, G.C. & Forster, J.W., 2013, **Prospects for Genomic Selection in Forage Plant Species**, *Plant Breeding*, 132(2), PP. 133–143.
- Hays, J.D., Imbrie, J. & Shackleton, N.J., 1976, **Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages**, *Science*, 194(4270), PP. 121–1132.
- Hewitt, G.M., 2004, **The Structure of Biodiversity—Insights from Molecular Phylogeography**, *Frontiers in Zoology*, 1(1), P.1.
- 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**, *Int. J. Climatol.*, 25, PP. 1965–1978.

- Jebur, M.N., Pradhan, B. & Tehrany, M.S., 2014, **Optimization of Landslide Conditioning Factors Using Very High-Resolution Airborne Laser Scanning (LiDAR) Data at Catchment Scale**, Remote Sensing of Environment, 152, PP. 150–165.
- Kearney, M., & Porter, W., 2009, **Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges**. Ecology letters, 12(4), 334-350.
- Lee, C.O., Arge, C.N., Odstrčil, D., Millward, G., Pizzo, V., Quinn, J.M. Henney, C.J., 2013, **Ensemble Modeling of CME Propagation**, Solar Physics. 285(1–2). PP. 349–368.
- Marvi Mohadjer, M.R., 2006, **Silviculture**, University of Tehran press, Tehran.
- McCullagh, P., Nelder, J.A., 1989, **Generalized Linear Models**, CRC Monographs on Statistics and Applied Probability, Springer Verlag, New York.
- Mieszzkowska, N., Milligan, G., Burrows, M.T., Freckleton, R. & Spencer, M., 2013, **Dynamic Species Distribution Models from Categorical Survey Data**, Journal of Animal Ecology, 82(6), PP. 1215–1226.
- Naimi, B. & Araújo, M.B., 2016, **SDM: A Reproducible and Extensible R Platform for Species Distribution Modelling**, Ecography, 39(4), PP. 368–375.
- O'Connor, R.J., 2002, **The Conceptual Basis of Species Distribution Modeling: Time for a Paradigm Shift**, Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale, Island Press, Washington, DC, USA, PP. 25–33.
- Ovaskainen, O., Abrego, N., Halme, P. & Dunson, D., 2016, **Using Latent Variable Models to Identify Large Networks of Species-To-Species Associations at Different Spatial Scales**, Methods in Ecology and Evolution, 7(5), PP. 549–555.
- Pearson, R.G., 2007, **Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners**, Synthesis. American Museum of Natural History, P. 50.
- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M. & Townsend Peterson, A., 2007, **Predicting Species Distribution from Small Numbers of Occurrence Records: A Test Case Using Cryptic Geckos in Madagascar**, Journal of Biogeography, 34(1), PP. 102–117.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E., 2006, **Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions**, Ecological Modelling, 190(3–4), PP. 231–259.
- Poorzady, M. & Bakhtiari, F., 2009, **Spatial and Temporal Changes of Hyrcanian Forest in Iran**, iForest-Biogeosciences and Forestry, 2(5), P. 198.
- Pounds, J.A., Fogden, M.P. & Campbell, J.H., 1999, **Biological Response to Climate Change on a Tropical Mountain**, Nature, 398(6728), PP. 611–615.
- Guisan, A. & Thuiller, W., 2005, **Predicting Species Distribution: Offering more than Simple Habitat Models**, Ecology Letters, 8(9), PP. 993–1009.
- Pourmajidian, M.R. & Rahmani, A., 2009, **The Influence of Single-Tree Selection Cutting on Silvicultural Properties of a Northern Hardwood Forest in Iran**, American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci., 5(4), PP. 526–532.
- Renner, I.W. & Warton, D.I., 2013, **Equivalence of MAXENT and Poisson Point Process Models for Species Distribution Modeling in Ecology**, Biometrics, 69(1), PP. 274–281.
- Roelants, K., Gower, D.J., Wilkinson, M., Loader, S.P., Biju, S.D., Guillaume, K. & Bossuyt, F., 2007, **Global Patterns of Diversification in the History of Modern Amphibians**, Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(3), PP. 887–892.
- Rokach, L., 2010, **Ensemble-Based Classifiers**, Artificial Intelligence Review, 33(1), PP. 1–39.
- Royle, J.A., Chandler, R.B., Yackulic, C. & Nichols, J.D., 2012, **Likelihood Analysis of Species Occurrence Probability from Presence-Only Data for Modelling Species Distributions**, Methods in Ecology and Evolution, 3(3), PP. 545–554.
- Sagheb-Talebi, Kh., Sajedi, T. & Pourhashemi, M., 2014, **Forests of Iran, A Treasure from the Past, a Hope for the Future**, Springer-Verlag, New York.
- Sechrest, W., Brooks, T.M., da Fonseca, G.A., Konstant, W.R., Mittermeier, R.A., Purvis, A.,

- Rylands, A.B. & Gittleman, J.L., 2002, **Hotspots and the Conservation of Evolutionary History**, Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(4), PP. 2067–2071.
- Set of Tutorials on SVM's and Kernel Methods** [Online], Available: <http://www.kernel-machines.org/tutorial.html>.
- Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S., Fischman, D.L. & Waller, R.W., 2004, **Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide**, Science, 306(5702), PP. 1783–1786.
- Taberlet, P., Fumagalli, L., Wust-Saucy, A.G. & Cosson, J.F., 1998, **Comparative Phylogeography and Postglacial Colonization Routes in Europe**, Molecular Ecology, 7, PP. 453–464.
- Tikhonov, G., Abrego, N., Dunson, D. & Ovaskainen, O., 2017, **Using Joint Species Distribution Models for Evaluating How Species-to-Species Associations Depend on the Environmental Context**, Methods in Ecology and Evolution, 8(4), PP. 443–452.
- Vane-Wright, R.I., Humphries, C.J. & Williams, P.H., 1991, **What to Protect? – Systematics and the Agony of Choice**, Biological Conservation, 55, PP. 235–254.
- Vapnik, V., 1995, **The Nature of Statistical Learning Theory**, Springer-Verlag, New York.
- Veith, M., Kosuch, J. & Vences, M., 2003, **Climatic Oscillations Triggered Post-Messinian Speciation of Western Palearctic Brown Frogs (Amphibia, Ranidae)**, Molecular Phylogenetics and Evolution, 26(2), PP. 310–327.
- Vences, M., Hauswaldt, J.S., Steinfartz, S., Rupp, O., Goesmann, A., Künzel, S. & Laugsch, C., 2013, **Radically Different Phylogeographies and Patterns of Genetic Variation in Two European Brown Frogs, Genus Rana**, Molecular Phylogenetics and Evolution, 68(3), PP. 657–670.
- Vences, M., Hauswaldt, J.S., Steinfartz, S., Rupp, O., Goesmann, A., Künzel, S. & Laugsch, C., 2013, **Radically Different Phylogeographies and Patterns of Genetic Variation in Two European Brown Frogs, Genus Rana**, Molecular Phylogenetics and Evolution, 68(3), PP. 657–670.
- Wake, D. B., & Vredenburg, V. T., 2008, **Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians**. Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Wake, D.B. & Vredenburg, V.T., 2008, **Are We in the Midst of the Sixth Mass Extinction? A View from the World of Amphibians**, Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(Supplement 1), PP. 11466–11473.
- Walter, S.D., 2002, **Properties of the Summary Receiver Operating Characteristic (SROC) Curve for Diagnostic Test Data**, Stat Med., 21, PP. 1237–1256.
- Williams, P.H. & Gaston, K.J., 1998, **Biodiversity Indicators: Graphical Techniques, Smoothing and Searching for What Makes Relationships Work**, Ecography, 21(5), PP. 551–560.
- Yackulic, C.B., Chandler, R., Zipkin, E.F., Royle, J.A., Nichols, J.D., Campbell Grant, E.H. & Veran, S., 2013, **Presence-Only Modelling Using MAXENT: When Can We Trust the Inferences?**, Methods in Ecology and Evolution, 4(3), 236–243.
- Zurell, D., Jeltsch, F., Dormann, C.F. & Schröder, B., 2009, **Static Species Distribution Models in Dynamically Changing Systems: How Good Can Predictions Really Be**, Ecography, 32(5), PP. 733–744.



نمایش از دور

GIS ایران

سال دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
Vol.10, No. 2, Summer 2018

سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

95-108



Spatial Modeling of Species Distribution and predicting potential distribution of the Iranian long-legged wood frog Abstract

Ahmadzadeh, F.*¹, Amiri, N.², Ebrahimi, E.²

1. Assistant Professor, Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Evin, Tehran, Iran
2. M. Sc. in Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Evin, Tehran, Iran

Abstract

Today, it is well-known that predicting the distribution potential of endangered species by using spatial modeling methods is highly beneficial and using these methods can greatly contribute to ecological conservation and management. *Rana pseudodalmatina* is one of the Iranian endemic amphibian species of Iran. In order to predict the potential geographic distribution of the species its occurrence points were collected through field work and 19 so-called bioclim climate variables as spatial environmental predictors were extracted from the Worldclim database. By applying Pearson correlation test, the highly correlated variables with correlation coefficient of 0.75 were eliminated. Species distribution modeling was done using newly published R package which includes GLM, GAM, RF, MARS, CART, FDA, BRT and SVM models. All individual models were compound as an ensemble to reduce the uncertainty which increase the accuracy and predictive power. The results revealed that the long-legged wood frog has maximum distribution potential in Hyrcanian forest of Iran. Also, the results of the valuation of the models showed that the AUC and TSS had better status and the SVM model was the most credible. In addition, the results of measuring the importance of each of the variables showed that BIO6 had the highest and BIO19 had the least importance for this.

Keywords: Iranian Long-legged Wood Frog, Species Distribution, Spatial Modeling, Ensemble Model.