

تعیین مطلوبیت زیستگاه قرقاول (*Phasianus colchicus*) در استان گلستان با استفاده از مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی

- روح الله میرزایی*: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
- محمودرضا همای: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- عباس اسماعیلی‌ساری: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، صندوق پستی: ۳۵۶-۴۶۴۱۴
- حمیدرضا رضایی: گروه محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۹۱۳۸-۱۵۷۳۹

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۳

چکیده

قرقاول (*Phasianus colchicus*) یکی از پرندگان حمایت‌شده محسوب می‌شود که در محدوده نسبتاً گسترده‌ای از زیستگاه‌های شمال ایران زیست می‌کند. با توجه به لزوم حفاظت جدی‌تر از جمعیت‌های این گونه در کشور و همچنین اتخاذ برنامه‌های مدیریتی کارآمدتر، دستیابی به دانسته‌های مرتبط با نیازهای زیستگاهی این گونه ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. در این پژوهش، مطلوبیت زیستگاه قرقاول در سطح استان گلستان با استفاده از مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی تعیین شد. در این راستا، ۱۵ متغیر مهم که به نظر می‌رسید ابعاد آشیان بوم‌شناختی قرقاول را در مقیاس وسیع تشکیل می‌دهند شناسایی شدند و با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه، پراکنش قرقاول در استان مدل‌سازی شد. نتایج نشان داد که پراکنش پیش‌بینی شده قرقاول، به‌طور معنی‌داری بهتر از مدل تصادفی عمل کرده است ($p < 0/01$). اگرچه سه منطقه مجزا از پراکنش قرقاول در بخش غربی، مرکزی و شرقی جنوب استان و بخش کوچکی نیز در بخش شمال غربی استان شناسایی شد، اما پراکنش قرقاول بیش‌تر محدود به قسمت جنوبی استان یا منطقه جنگلی و زیستگاه‌های اطراف آن است. به‌طور کلی ۸/۶٪، ۲۸/۱٪ و ۶۳/۳٪ از سطح استان گلستان به‌ترتیب در زیستگاه‌های با مطلوبیت زیاد، متوسط و کم قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مهم‌ترین متغیرهایی که بیش‌ترین سهم را در پراکنش قرقاول داشته‌اند عبارت از "فاصله تا جنگل" و "رژیم بارش" می‌باشند.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، الگوریتم آنتروپی بیشینه، قرقاول، استان گلستان

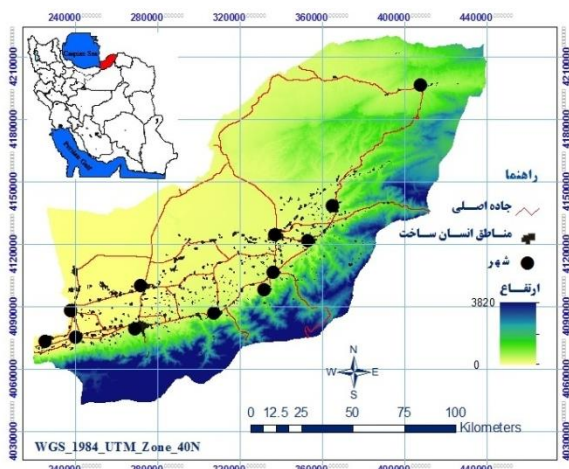


مقدمه

کرد که تمام این پژوهش‌های یادشده، در مقیاس کوچک مانند منطقه حفاظت شده یا پارک ملی و با استفاده از تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی اجرا شده‌اند. اخیراً پژوهش‌هایی هم به مدل‌سازی پراکنش گونه‌های مختلف حیات وحش با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه پرداخته‌اند که می‌توان به پژوهش‌های میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد. برای مدیریت بهتر حیات وحش کشور، لازم است بررسی مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها در مقیاس‌های بزرگ‌تر مورد توجه قرار گیرد. از این‌رو، در این پژوهش مطلوبیت زیستگاه قرقاول به‌عنوان گونه‌ای از پرندگان حمایت شده کشور در مقیاس بزرگی مانند استان گلستان مورد توجه و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۲۰۳۸۷ کیلومتر مربع در جنوب شرقی دریای مازندران واقع شده و در حدود ۱/۳ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). این استان بین ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). استان گلستان به سه بخش جلگه‌ای، کوهپایه‌ای و کوهستانی تقسیم شده و دارای تنوع آب و هوایی خشک و نیمه خشک، معتدل و کوهستانی است. میانگین بارندگی سالانه استان ۴۵۰ میلی‌متر است که این میزان در نواحی شمالی آن، به کم‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد. میانگین تبخیر سالانه در نواحی جنوبی و نواحی مرتفع ۸۰۰ میلی‌متر و در نواحی شمالی تا ۲۰۰۰ میلی‌متر می‌رسد (رشیدی، ۱۳۸۷).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و موقعیت استان گلستان در ایران

مدل‌های مطلوبیت زیستگاه (Models Habitat Suitability)، توزیع مکانی هر گونه‌ای از حیات وحش را پیش‌بینی می‌کنند، از این‌رو به‌طور گسترده در بوم‌شناسی، جغرافیای زیستی، مدیریت و حفاظت گونه‌های مختلف حیات وحش استفاده می‌شوند (Huck و همکاران، ۲۰۱۰؛ Barry و Elith، ۲۰۰۶؛ Huber و همکاران، ۲۰۰۶؛ Wiegand و همکاران، ۲۰۰۴؛ Austin، ۲۰۰۲).

با بهره‌گیری از داده‌های حضور یک گونه و متغیرهای محیط‌زیستی و با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، می‌توان آشیان بوم‌شناختی را با استفاده از الگوریتم‌های مختلف مدل‌سازی کرد و گستره پراکنش یک گونه را پیش‌بینی نمود (Elith و همکاران، ۲۰۰۶). نقشه‌هایی که در این فرآیند تهیه می‌شوند نشان‌گر پراکنش بالقوه گونه هستند (Anderson و Mart'nez-Meyer، ۲۰۰۴). پیش‌بینی بهتر پراکنش گونه (پراکنش بالفعل) با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی در مناطقی که گونه مشاهده شده است و هم‌پوشانی با نقشه کاربری اراضی به‌دست می‌آید (Sobero و Peterson، ۲۰۰۵). آشیان بوم‌شناختی بنیادی هر گونه‌ای عامل تعیین کننده‌ای از پراکنش آن است، که به‌صورت فضای چندبعدی بوم‌شناختی تعریف می‌شود. اگر چه می‌توان پذیرفت که آشیان واقعی در طبیعت تنها با بررسی گونه در سرتاسر پراکنش جغرافیایی آن قابل مشاهده است، اما احتمال پراکنش گونه می‌تواند براساس زیستگاه بالقوه مطلوب گونه محاسبه شود و بنابراین نمایی از آشیان بوم‌شناختی بنیادی فراهم آید (Peterson، ۲۰۰۱). تا کنون رویکردهای گوناگونی برای مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی بنیادی استفاده شده است. یکی از این رویکردها، الگوریتم آنتروپی بیشینه یا مکسنت (Maxent) است. مکسنت، الگوریتمی برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای است که براساس اصول و قواعد یادگیری ماشین عمل می‌کند که از این طریق قادر است تا براساس داده‌های اندک، پراکنش گونه را پیش‌بینی کند (Baldwin، ۲۰۰۹). در حال حاضر مکسنت یکی از قوی‌ترین الگوریتم‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای است و قادر است تا حدی بر اریب و خودهمبستگی در داده‌ها هم غلبه کند (Elith و همکاران، ۲۰۱۱؛ Baldwin، ۲۰۰۹).

تاکنون پژوهش‌های متعددی در زمینه تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مختلف حیات وحش در سطح کشور انجام شده است، که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به پژوهش‌های فراشی و همکاران (۱۳۸۹)، ملکی‌نجدآبادی و همکاران (۱۳۸۹)، سرهنگ‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)، فراشی و همکاران (۱۳۹۰) اشاره

ویژگی عامل دریافت کننده (Characteristic Receiver Operating Curve) استفاده شد.

جدول ۱: متغیرهای محیط‌زیستی انتخابی برای مدل‌سازی پراکنش قرقاول در استان گلستان

ردیف	متغیر	نام اختصاری	VIF
۱	همدمایی (ایزوترمالی)	Bio_3	۸/۳۱
۲	میانگین دمای مرطوب‌ترین فصل	Bio_8	۴/۸۴
۳	میانگین دمای خشک‌ترین فصل	Bio_9	۷/۴۳
۴	رژیم بارش	Bio_15	۵/۱۹
۵	بارش گرم‌ترین فصل	Bio_18	۶/۲۶
۶	ارتفاع	Dem	۴/۷۲
۷	شیب	Slope	۲/۴۰
۸	فاصله تا زمین‌های کشاورزی	D_t_AA	۴/۰۵
۹	فاصله تا جنگل	D_t_F	۳/۸۰
۱۰	فاصله تا مناطق مسکونی	Dis_t_V	۳/۷۴
۱۱	فاصله تا منابع آب	D_t_W	۳/۴۳
۱۲	فاصله تا رودخانه	D_t_R	۳/۹۸
۱۳	شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده	NDVI	۲/۲۰
۱۴	کاربری سرزمین	Landuse	
۱۵	جهت شیب	Aspect	

این منحنی میزان نقاط حضور صحیح (sensitivity) را در مقابل نقاط عدم حضور صحیح (specificity) به تصویر می‌کشد. مساحت زیرمنحنی آن (AUC) با امتیاز ۱ به معنی پیش‌بینی کامل بدون حذف هیچ‌کدام از نقاط حضور است. AUC با امتیاز ۰/۵ برای یک پیش‌بینی تصادفی مورد انتظار است. AUC بین ۰/۷ تا ۰/۸ بیان‌گر یک مدل خوب، بین ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و AUC بیش از ۰/۹ بیان‌گر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (Giovannelli و همکاران، ۲۰۱۰). برای حساسیت‌سنجی مدل و مشخص کردن متغیرهای مهم در پراکنش، از تحلیل جک‌نایف استفاده شد. نقشه نهایی پیش‌بینی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 تولید شد.

نتایج

در شکل ۲، نقشه پیوسته پراکنش، انحراف معیار، کمینه و بیشینه و نقشه مطلوبیت طبقه‌بندی شده قرقاول در محدوده استان گلستان آورده شده است. همان‌طور که روی نقشه‌ها مشخص است پراکنش قرقاول بیش‌تر محدود به قسمت جنوبی استان یا منطقه جنگلی و زیستگاه‌های اطراف آن است. به‌طور کلی سه

روش کار: در ابتدا استان به‌صورت شبکه سلول‌های مربع با ضلع ۲۵ کیلومتری تقسیم‌بندی شد (Scott, ۲۰۰۷). سپس، به‌منظور بررسی حضور قرقاول، طی سال ۱۳۸۹ در سلول‌هایی که در مناطق جنگلی قرار می‌گرفتند، از شیوه ترانسکت نقطه‌ای و در مناطق باز از شیوه ترانسکت خطی استفاده شد. پس از مشاهده گونه، موقعیت مکانی آن به کمک GPS ثبت شد.

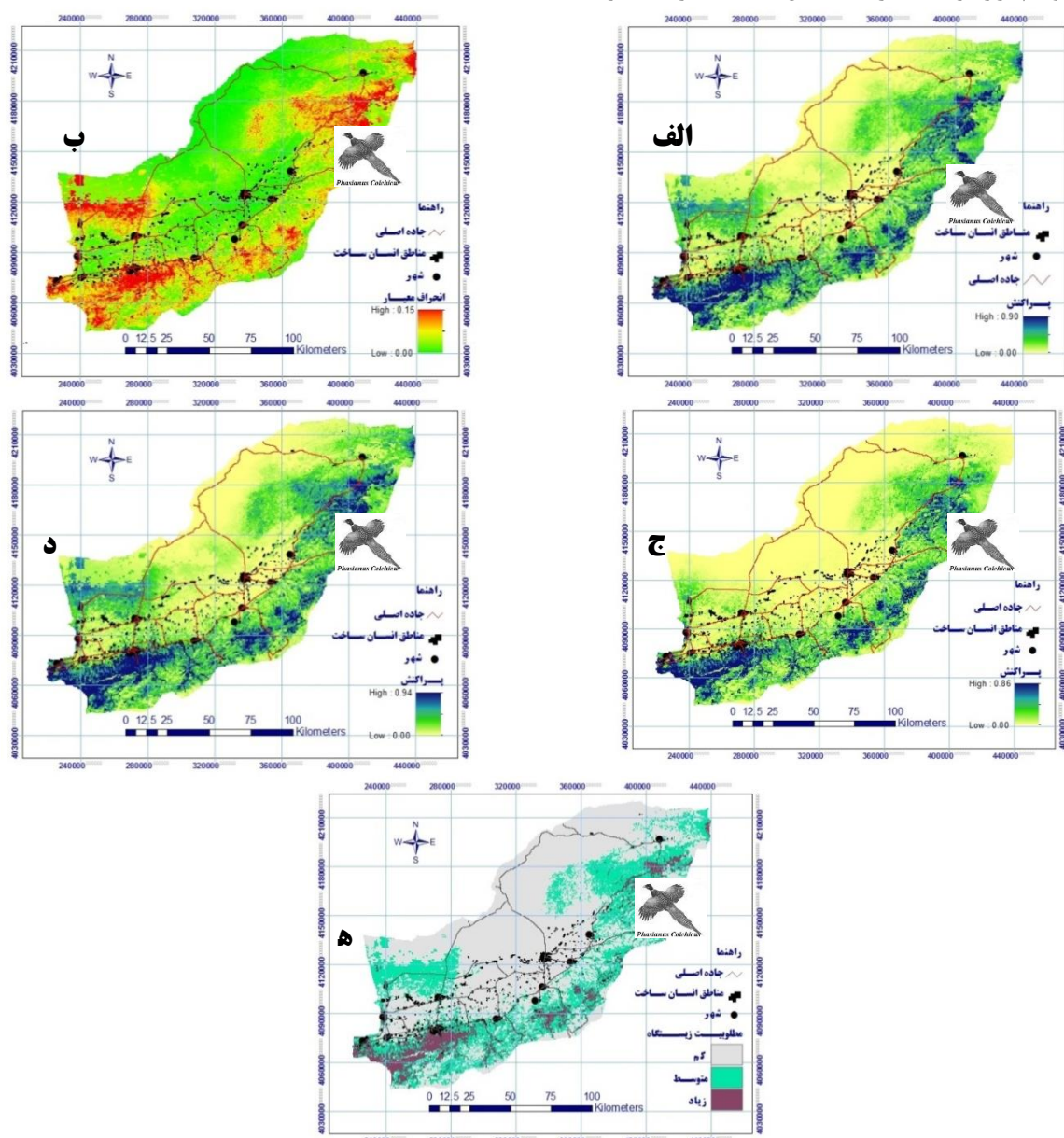
براساس داده‌های موجود و عوامل مؤثر بر پراکنش گونه، ۲۹ متغیر محیط‌زیستی انتخاب شد این متغیرها شامل متغیرهای مستقیم (مانند بارش و دما) و متغیرهای غیرمستقیم (مانند ارتفاع) می‌باشد. متغیرها به طرق مختلف مانند ایجاد پناه و تامین غذای پراکنش گونه مورد نظر اثرگذار می‌باشند. متغیرهای اقلیمی به‌صورت مستقیم از پایگاه داده آن‌لاین World Clim دانلود شد. لایه‌های شیب و جهت با استفاده از جعبه ابزار تحلیل‌گر مکانی ArcMap از نقشه رقومی ارتفاع استخراج شد. برای تهیه شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده از NDVI تصاویر ماهواره‌ای سنجنده Modis با فاصله زمانی ۱۶ روز برای دوره بهار ۱۳۸۹ و با قدرت تفکیک‌پذیری ۱۶ روز استفاده شد. تصاویر مورد اشاره به‌صورت مستقیم از پایگاه داده آن‌لاین ناسا دانلود شد. متغیرهای کاربری اراضی، فاصله تا زمین‌های کشاورزی، فاصله تا مناطق انسان‌ساخت، فاصله تا رودخانه، فاصله تا منابع آبی و فاصله تا جنگل از روی نقشه کاربری اراضی منطقه استخراج شد. با استفاده از تحلیل هم‌خطی (analysis Multi-collinearity) چندگانه ۱۳ متغیر پیوسته برگزیده شد. این متغیرها، متغیرهایی هستند که مقدار عامل تورم واریانس (VIF) برای آن‌ها کم‌تر از ۱۰ است (Chatterjee و Hadi, ۲۰۰۶). در نهایت به همراه دو متغیر کاربری سرزمین و جهت شیب، به‌عنوان متغیرهای گسسته، ۱۵ متغیر وارد مرحله مدل‌سازی شد (جدول ۱).

مدل‌سازی با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه و با استفاده از نرم‌افزار مکسنت (Maxent3.3.3k) انجام شد، داده‌های حضور قرقاول (۴۷ نقطه) به دو گروه داده‌های آموزش (۷۵٪) و داده‌های آزمون (۲۵٪) تقسیم شد. نقاط پس‌زمینه (حضور کاذب) به‌صورت تصادفی از تمام منطقه مورد مطالعه انتخاب شد و روش نمونه‌برداری نقاط حضور و عدم حضور در مدل به‌صورت ارزیابی متقابل اجرا شد. نقشه پراکنش قرقاول براساس ۱۰ مرتبه اجرای مدل‌سازی و ۱۰۰۰ تکرار تولید شد و نقشه میانگین پیش‌بینی شده به‌عنوان نقشه نهایی ارائه شد، سپس نقشه پیوسته احتمال حضور، طبقه‌بندی و در سه طبقه مطلوبیت ارائه شد. برای ارزیابی یافته‌های مدل‌سازی متغیر آماری تحلیل منحنی



نقشه میانگین پیش‌بینی پراکنش قرقاول آورده شده است. بیشینه انحراف معیار مشاهده شده حدود ۰/۱۵ به‌دست آمده است. نقشه کمینه ارائه شده بیان‌گر این است که هر شبکه آن حداقل مقدار را در ۱۰ اجرا کسب کرده است. همین مطلب برای نقشه بیشینه نیز صدق می‌کند. همان‌طور که مشخص است اختلاف بیشینه احتمال مشاهده شده در نقشه بیشینه (۰/۹۴) و کمینه (۰/۸۶) حدود ۰/۰۸ است. براساس این اختلاف کم و توجه به نقشه انحراف معیار، مشخص است که نقاط حضور و عدم حضور تصادفی انتخابی به‌خوبی در کل منطقه پراکنده شده‌اند.

منطقه مجزا در بخش غربی، مرکزی و شرقی جنوب استان قابل مشاهده است و بخش کوچکی نیز در بخش شمال‌غربی استان مشخص شده است. بیش‌ترین مطلوبیت به‌دست آمده مربوط به جنوب‌غربی استان می‌باشد که منطقه حفاظت شده جهان‌نما را نیز پوشش می‌دهد. با طبقه‌بندی کردن نقشه مطلوبیت این وضع بهتر مشخص می‌شود به‌صورتی که تمام مناطق با مطلوبیت زیاد در بخش جنوبی قرار می‌گیرند و بخش شمال‌غربی در طبقه مطلوبیت متوسط قرار می‌گیرد. به‌طور کلی ۸/۱٪، ۲۸/۱٪ و ۶۳/۳٪ از استان گلستان به‌ترتیب در گروه‌های با مطلوبیت زیاد، متوسط و کم قرار گرفته‌اند. در نقشه شکل ۲ (ب)، انحراف معیار



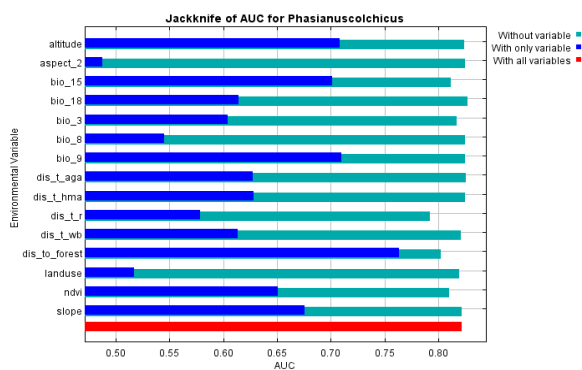
شکل ۲: نقشه پیوسته پراکنش (الف)، انحراف معیار (ب)، کمینه (ج)، بیشینه (د) و نقشه مطلوبیت طبقه‌بندی شده قرقاول (ه) در محدوده استان گلستان



جدول ۲: درصد سهم نسبی متغیرها در مدل سازی پراکنش قرقاول در منطقه مورد مطالعه

ردیف	متغیر	نام اختصاری	درصد سهم
۱	فاصله تا جنگل	dis_to_forest	۳۹
۲	رژیم بارش	bio_15	۱۷/۵
۳	کاربری سرزمین	landuse	۹/۸
۴	فاصله تا رودخانه	dis_t_r	۸/۵
۵	شیب	slope	۶/۶
۶	شاخص تفاضلی نرمال شده گیاهی	ndvi	۶
۷	همدمایی (ایزوترمالی)	bio_3	۴/۵
۸	ارتفاع	altitude	۳/۱
۹	میانگین دمای خشک ترین فصل	bio_9	۱/۳
۱۰	فاصله تا منابع آبی	dis_t_wb	۱/۱
۱۱	فاصله تا مناطق انسان ساخت	dis_t_hma	۱
۱۲	جهت شیب	aspect_2	۰/۶
۱۳	بارش گرم ترین فصل	bio_18	۰/۴
۱۴	میانگین دمای مرطوب ترین فصل	bio_8	۰/۴
۱۵	فاصله تا زمین کشاورزی	dis_t_aga	۰/۴

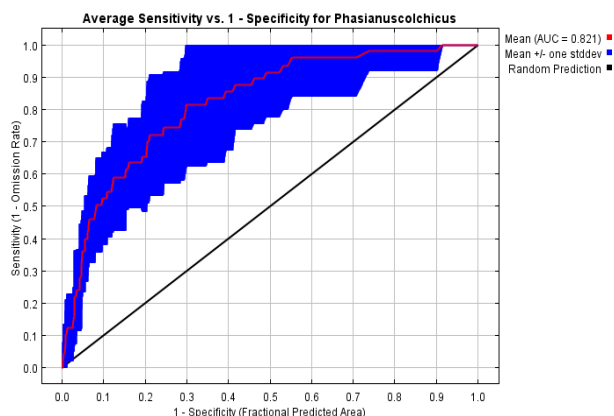
در این حالت نیز مهم ترین متغیر فاصله تا جنگل است که می تواند AUC حدود ۰/۷۶ را ایجاد کند، به عبارت دیگر، متغیر فاصله تا جنگل متغیری است که هنگامی که به تنهایی استفاده می شود بیشترین افزوده را به همراه دارد به این معنی که به نظر می رسد این متغیر به تنهایی حاوی اطلاعات بسیار ارزشمند و مفیدی است. به طور کلی تحلیل چک نایف نشان می دهد مهم ترین متغیرهایی که بیشترین سهم را در مدل سازی داشته اند عبارت از فاصله تا جنگل و رژیم بارش می باشند. همان طور که مشخص است تنها دو متغیر اول یعنی فاصله تا جنگل و رژیم بارش طبق دو رویکرد، دارای جایگاه های یکسانی می باشند.



شکل ۴: نتایج آزمون چک نایف برای بررسی اهمیت هر کدام از متغیرهای محیط زیستی در توسعه مدل

شکل ۳ منحنی ROC مدل سازی را برای میانگین اجراها به همراه انحراف معیار آن نشان می دهد. میزان AUC برای داده های یادگیری بهترین اجرا حدود ۰/۹۴ و برای داده های آزمون حدود ۰/۸۸ است که نشان گر پیش بینی خوب مدل در مقابل AUC با مقدار ۰/۵ که به معنی تصادفی بودن پیش بینی است می باشد (Binomial tests, $P < 0/001$). اگرچه AUC میانگین در این حالت به ۰/۸۲ کاهش یافته است، اما باز این مقدار نشانه کارایی زیاد مدل می باشد.

درصد سهم نسبی متغیرهای مورد استفاده در مدل سازی پراکنش قرقاول در منطقه در جدول ۲ آورده شده است. این جدول براساس اجرای مکسنت تولید شده است، بنابراین نتایج آن متفاوت از تحلیل چک نایف است. براساس این رویکرد، فاصله تا جنگل با ۳۹٪ مهم ترین عامل اثرگذار بر پراکنش قرقاول شناخته شده است و رژیم بارش با ۱۷/۵٪ در رتبه دوم قرار می گیرد و متغیرهای جهت، بارش گرم ترین فصل، میانگین دمای مرطوب ترین فصل و فاصله تا زمین کشاورزی کمترین سهم را در مدل سازی پراکنش قرقاول داشته اند.



شکل ۳: منحنی میزان حضور صحیح (sensitivity) در مقابل حضور اشتباه (1 - specificity) در مدل سازی پراکنش قرقاول در منطقه مورد مطالعه، specificity میزان عدم حضور صحیح است.

شکل ۴ نیز، نتایج تحلیل چک نایف را نشان می دهد. این منحنی شامل دستیابی به AUC در سه حالت مختلف است. در محور افقی مقدار AUC و در محور عمودی متغیرها آورده شده است. حالت اول بیان گر زمانی است که مدل سازی با حذف متغیر محیط زیستی مورد نظر انجام می شود. همان طور که در شکل مشخص است فاصله تا رودخانه و جنگل، متغیرهایی هستند که با حذف آن ها بیشترین کاهش در AUC اتفاق می افتد. حالت دوم مربوط به زمانی است که مدل سازی تنها براساس وجود یک متغیر انجام می شود و براساس آن میزان AUC برآورد می گردد.



بحث

زیستگاه یک جانور، ساختار چندبعدی از سیستمی از متغیرهای بوم‌شناختی و ارتباط بین آن‌هاست. عوامل بوم‌شناختی زیادی در گزینش زیستگاه یک گونه اثرگذار می‌باشند. چنین عواملی وابسته به مکان یا مقیاس مطالعه هستند، بنابراین، تعیین مطلوبیت زیستگاه در مقیاس‌های گوناگون، نتایج متفاوتی از عوامل مؤثر بر پراکنش گونه را فراهم خواهد نمود. چنین مجموعه عوامل مؤثر بر انتخاب زیستگاه یا پراکنش گونه آشیان بوم‌شناختی گونه را فراهم می‌کند. براساس همین مفهوم پراکنش بالقوه قرقاول در استان گلستان انجام شد و به تبع آن، متغیرهای انتخابی نیز شامل متغیرهایی است که به نظر می‌رسید به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در مقیاس بزرگ بر پراکنش قرقاول مؤثر می‌باشند.

نتایج تعیین مطلوبیت زیستگاه قرقاول نشان داد که AUC با میانگین ۰/۸۲، مکسنت در اجرای مدل موفق بوده است (Swets, ۱۹۸۸). اگرچه مدل‌های مبتنی بر نقاط حضور کاذب تصادفی در قیاس با مدل‌های با نقاط عدم حضور واقعی برآزش کم‌تری را دارند (Wisz و Guisan, ۲۰۰۹) اما اطمینان از نقاط عدم حضور واقعی اغلب بسیار زمان‌بر و پرهزینه است (Ke'ry, ۲۰۰۲). اطمینان از نقاط عدم حضور واقعی در محدوده مقیاس این پژوهش نیز امکان‌پذیر نبوده است. اگر چه تعداد نقاط حضور گونه تاحدی پایین است، به‌ویژه هنگامی که با تعدادی از پژوهش‌های دیگر مقایسه می‌شود (Elith و همکاران, ۲۰۰۶؛ Hernandez و همکاران, ۲۰۰۶) اما مشخص شده است که تعداد بیش‌تر نقاط حضور، صحت بیش‌تر پیش‌بینی را تضمین نمی‌کند. همان‌طور که در پژوهش‌های دیگر نیز به این مطلب اشاره شده است (Hernandez و همکاران, ۲۰۰۶)، به‌ویژه که الگوریتم آنتروپی بیشینه نسبت به سایر الگوریتم‌های موجود در این زمینه بسیار کارا است و تقریباً به تعداد نمونه کم در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها غیرحساس است (Hernandez و همکاران, ۲۰۰۶).

اعتبار هر مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی به‌روش مدل‌سازی، کیفیت و جامعیت داده‌های حضور گونه‌ها و کیفیت و جامعیت لایه‌های متغیرهای محیط‌زیستی استفاده شده به‌عنوان پیش‌بینی کننده در مدل بستگی دارد (Ron, ۲۰۰۵)، بنابراین لازم است ذکر شود مجموعه داده‌های استفاده شده در این پژوهش، بدون خطا و اریب نیست. اصولاً یکی از مشکلات مهم در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، اریب در داده‌های حضور گونه‌ها و محدوده جغرافیایی یا محیط‌زیستی است. اریبی در داده‌ها به این معنی

است که ارتباطات مدل‌سازی شده بیش‌تر توسط الگوهای موجود در منطقه نمونه‌گیری مشخص می‌شوند تا کل منطقه مورد مطالعه و این به نوبه خود موجب خطای مکانی می‌شود (Barry و Elith, ۲۰۰۶). مجموعه داده‌های مورد استفاده دارای دو اریب مهم و اصلی است: الف- اریب زمانی که مربوط می‌شود به زمان فعالیت میدانی که تمام سال را پوشش نمی‌دهد و محدود به فصول گرم سال می‌باشد. باید اذعان داشت که حتی نمونه‌گیری از تمام فصول یک‌سال نیز ممکن است دارای خلاءهای اطلاعاتی باشد و بهتر آن است که اطلاعات مربوط به چند سال متوالی جمع‌آوری شود تا اطلاعات کافی برای مدل‌سازی گونه فراهم شود. ب- اریب مکانی که مربوط به مناطق نمونه‌گیری است. اگرچه سعی شده است مطالعه میدانی به‌صورت سیستماتیک و با روش علمی انجام شود و به‌نظر می‌رسد در این امر موفق هم بوده است، اما به‌رحال هر مطالعه میدانی خالی از اریب و خطا نیست و به‌نظر می‌رسد مهم‌ترین منبع اریب مکانی در داده‌های موجود مربوط به امکان دسترسی به مناطق مختلف استان است که تحت تأثیر راه‌های دسترسی قرار داشته است. در بیش‌تر پژوهش‌ها، نمونه‌گیری معمولاً نزدیک به جاده‌ها صورت می‌گیرد (Kadmon و همکاران, ۲۰۰۴). برای کاهش اثر این اریب در داده‌ها، چندین اقدام صورت گرفت: الف- متغیر فاصله از جاده از بین متغیرهای محیط‌زیستی حذف شد، ب- تفکیک‌پذیری نقشه پراکنش پرندگان ۱ کیلومتر مربع انتخاب شد، ج- ضریب تعمیم‌پذیری از ۱ به ۱/۰۱ تغییر یافت و د- داده‌های استان مازندران هم برای بهبود فرآیند مدل‌سازی و هم کاهش اریب به مجموعه داده‌ها اضافه شد.

در این مطالعه مشخص شد که فاصله تا مناطق جنگلی و رژیم بارش، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش قرقاول در منطقه می‌باشند. این موضوع تا حد زیادی در سایر پژوهش‌ها (Li و همکاران, ۲۰۰۹؛ Ni و همکاران, ۲۰۰۱) نیز به آن اشاره شده است. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد، در موارد مختلف به‌دلیل تفاوت در روش‌های گوناگون استفاده شده، مقیاس پژوهش‌ها و مناطق گوناگون، نتایج گوناگونی به‌دست آمده است، بنابراین این امر مقایسه بین این مطالعه را با سایر پژوهش‌ها سخت می‌کند.

برخی پژوهش‌ها اشاره کردند که قرقاول اغلب در حاشیه زیستگاه‌هایی مانند زمین‌های کشاورزی و مناطق جنگلی حضور دارد. از جنبه توپوگرافی، قرقاول مناطق کم‌ارتفاع‌تر، با شیب ملایم و جهت شمال‌شرقی را ترجیح می‌دهد (Li و همکاران, ۲۰۰۹؛ Ni و همکاران, ۲۰۰۱)، اما در یک زیستگاه خاص، این موضوع ممکن است متفاوت باشد. در زمین‌های



- حفاظت (CAPS)، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۲۸ صفحه.
۲. **سرهنگزاده، ج؛ یاوری، آر؛ همای، م.ر؛ جعفری، ح.ر. و شمس اسفندآباد، ب.**، ۱۳۹۰. مدل سازی مطلوبیت زیستگاه گونه های حیات وحش در مناطق خشک (مطالعه موردی: کل و بز (*Capra aegagrus*) در منطقه حفاظت شده کوه بافق) دو فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم. دوره ۱، شماره ۳، صفحات ۳۸ تا ۵۰.
۳. **فراشی، آ؛ کابلی، م. و کرمی، م.**، ۱۳۹۰. بررسی مقدماتی وضعیت گونه راکون (*Procyon lotor* (Linnaeus, 1758)) به عنوان یک گونه مهاجم جدید برای ایران (منطقه مورد مطالعه: پناهگاه حیات وحش لوندویل). تاکسونومی و بیوسیستماتیک. سال ۳، شماره ۷، صفحات ۷۱ تا ۸۵.
۴. **فراشی، آ؛ کابلی، م. و مؤمنی، آ.**، ۱۳۸۹. مدل سازی مطلوبیت زیستگاه بز و پازن (*Capra aegagrus*) به کمک روش تحلیل عاملی آشپان بوم شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی، استان اصفهان. نشریه محیط زیست طبیعی. دوره ۶۳، شماره ۱، صفحات ۶۳ تا ۷۳.
۵. **ملکی نجف آبادی، س؛ همای، م.ر. و سلمان ماهینی، ع.**، ۱۳۸۹. تعیین مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش اصفهانی (*Ovis orientalis isphahanica*) در پناهگاه حیات وحش موته با استفاده از روش تحلیل عاملی آشپان بوم شناختی. نشریه محیط زیست طبیعی. دوره ۶۳، شماره ۳، صفحات ۲۷۹ تا ۲۸۹.
۶. **میرزایی، ر؛ همای، م.ر؛ اسماعیلی ساری، ع. و رضایی، ح.ر.**، ۱۳۹۲. مدل سازی پراکنش دلجچه کوچک در استان گلستان. نشریه پژوهش های محیط زیست. سال ۴، شماره ۸، صفحات ۱۴۹ تا ۱۵۶.
7. **Anderson, R.P. and Martı́nez-Meyer, E., 2004.** Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biol. Cons.* Vol. 116, pp: 167-179.
8. **Austin, M.P., 2002.** Case studies of the use of environmental gradients in vegetation and fauna modelling: theory and practice in Australia and New Zealand. In *predicting species occurrences. Issues of accuracy and scale.* Edited by J.M. Scott, P.J. Heglund, M.L. Morrison, J.B. Haufler, M.G. Raphael, W.A. Wall and F.B. Samson. Island Press, London, UK. pp: 73-82.
9. **Baldwin, R.A., 2009.** Use of Maximum Entropy modeling in wildlife research. *Entropy.* 11, pp. 854-866.
10. **Barry, S. and Elith, J., 2006.** Error and uncertainty in habitat models. *Journal of Appl Ecol.* Vol. 43, pp: 413-423.
11. **Chatterjee, S. and Hadi, A., 2006.** Regression analysis by example. John Wiley & Sons, New York. 424 p.
12. **Elith, J. and Leathwick, J., 2009.** The contribution of species distribution modelling to conservation
- کشاورزی، مناطق انتخابی دارای ارتفاع بیشتر، شیب بیشتر بوده و نزدیک مرز مناطق جنگلی واقع شده اند و اشاره شده است که نزدیکی به حاشیه مناطق جنگلی مهم ترین عامل مؤثر بر پراکنش قرقاول بوده است (Ni و همکاران، ۲۰۰۱) که این موضوع با نتایج این مطالعه هم خوانی دارد. پژوهش های متعددی مشخص کرده اند که قرقاول ها، براساس منطقه، زیستگاه های گوناگونی را انتخاب می کنند. به عنوان نمونه، ماده های زادآور کشت زارهای گندم را طی زمستان در امریکای شمالی انتخاب کرده اند، در حالی که در انگلستان درخت زارها و مناطق جنگلی را در آوریل و می انتخاب کردند (Li و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین، قرقاول در مراحل مختلف زندگی، ممکن است زیستگاه های با شرایط متفاوتی را انتخاب کنند. به عنوان نمونه، در دوران جوجه کشی، پوشش گیاهی انبوه را برای داشتن پناه و استفاده از حشرات بیشتر ترجیح می دهند. اگرچه برخی پژوهش ها نیز مانند Li و همکاران (۲۰۰۹)، اطلاعات دقیقی از مطلوبیت زیستگاه قرقاول ارائه داده اند و بیان داشتند که عوامل ارتفاع، نوع پوشش گیاهی، شیب، جهت، تراکم درختان، درصد پوشش علفی، دیدپذیری و فاصله تا منابع آب بر گزینش زیستگاه قرقاول تاثیر گذار می باشند، اما به دلیل تفاوت در ماهیت روش شناختی با این پژوهش امکان مقایسه به خوبی فراهم نیست. یکی از مهم ترین کاربردهای مدل های مطلوبیت زیستگاه، شناسایی زیستگاه های با کیفیت به منظور بقاء گونه های مختلف حیات وحش است. در این بررسی، مطلوبیت زیستگاه گونه مهم قرقاول در استان گلستان با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه انجام شد. به طور کلی حدود ۸ درصد از سطح استان دارای مطلوبیت زیاد برای زیست قرقاول شناسایی شد که بخش عمده آن در جنوب استان یا مناطق جنگلی قرار دارد، بنابراین حفاظت زیستگاه های جنگلی برای حفظ گونه ضروری است. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که تولید نقشه های صحیح پراکنش گونه های مختلف کشور در مقیاس های بزرگ، با استفاده از داده های رقوم موجود به راحتی امکان پذیر است. این پژوهش، مطالعه موردی با بررسی محدود در منطقه ای از ایران بود، اما مشخص شد که مدل قطعاً می تواند نقشه های پراکنش بهتری از اطلاعات و نقشه های موجود تولید کند.

منابع

۱. رشیدی، پ.، ۱۳۸۷. انتخاب سیستماتیک لکه های حفاظتی استان گلستان با استفاده از روش نظام ارزیابی و اولویت بندی



26. **Soberón, J. and Peterson, A.T., 2005.** Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiv Info*. Vol. 2, pp: 1-10.
27. **Swets, J.A., 1988.** Measures of the accuracy of diagnostic systems. *Science*. Vol. 240, pp: 1285-1293.
28. **Wiegand, T.; Knauer, F.; Kaczensky, P. and Naves, J., 2004.** Expansion of brown bears (*Ursus arctos*) into the Eastern Alps: a spatially explicit population model. *Biodiv and Cons*. Vol. 13, pp: 79-114.
29. **Wisz, M. and Guisan, A., 2009.** Do pseudo-absence selection strategies influence species distribution models and their predictions? An information-theoretic approach based on simulated data. *BMC Eco*. Vol. 9, pp: 1-13.
13. **Elith, J.; Graham, C.; Anderson, R.P.; Dudik, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R.J.; Huettmann, F.; Leathwick, J.R.; Lehmann, A.; Li, J.; Lohmann, L.G.; Loiselle, B.A.; Manin, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Overton, J.M. C.; Peterson, A.T.; Phillips, S.J.; Richardson, K.S.; Scachetti-Prereira, R.; Schapire, R.E.; Soberón, J.; Williams, S.; Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E., 2006.** Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. Vol. 29, pp: 129-151.
14. **Elith, J.; Phillips, S.J.; Hastie, T.; Dudik, M.; Chee, Y.E. and Yates, C.J., 2011.** A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers and Distrib*. Vol. 17, pp: 43-57.
15. **Giovanelli, J.G.R.; De Siqueira, M.F.; Haddad, C.F.B. and Alexandrino, J., 2010.** Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: how the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. *Ecological Modelling*. Vol. 221, No. 2, pp: 215-224.
16. **Hernandez, P.A.; Graham, C.H.; Master, L.L. and Albert, D.L., 2006.** The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modelling methods. *Ecography*. Vol. 29, pp: 773-785.
17. **Huber, D.; Kusak, J.; Majić-Skrbinšek, A.; Majnarić, D. and Sindičić, M., 2008.** A multidimensional approach to managing the European brown bear in Croatia. *Ursus*. Vol. 19, No. 1, pp: 22-32.
18. **Huck, M.; Jędrzejewski, W.; Borowik, T.; Miłos Cielma, M.; Schmidt, K.; Jędrzejewska, B.; Nowak, S. and Mysłajek, R.W., 2010.** Habitat suitability, corridors and dispersal barriers for large carnivores in Poland. *Acta Theriol*. Vol. 55, pp: 177-192.
19. **Kadmon, R.; Farber, O. and Danin, A., 2004.** Effect of roadside bias on the accuracy of predictive maps produced by bioclimatic models. *Ecol Appl*. Vol. 14, pp: 401-413.
20. **Ke'ry, M., 2002.** Inferring the absence of a species - a case study of snakes. *Journal of Wildlife Manag*. Vol. 66, pp: 330-338.
21. **Li, H.Q.; Zhen, L. and Chen, C.G., 2009.** Winter foraging habitat selection of brown-eared pheasant (*Crossoptilon mantchuricum*) and the common pheasant (*Phasianus colchicus*) in Huanglong Mountains, Shaanxi province. *Acta Ecol Sinica*. Vol. 29, pp: 335-340.
22. **Ni, X.J.; Zheng, G.M.; Zhang, Z.W. and Liu, N., 2001.** Modelling study on the nesting habitat of ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*). *Acta Ecol Sinica*. Vol. 21, No. 6, pp: 969-977.
23. **Peterson, A.T., 2001.** Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor*. Vol. 103, pp: 599-605.
24. **Ron, S.R., 2005.** Predicting the distribution of the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in the new world. *Biotropica*. Vol. 37, No. 2, pp: 209-221.
25. **Scott, D.A., 2007.** A review of the status of the breeding waterbirds in Iran in the 1970s. *Podoces*. Vol. 2, No. 1, pp: 1-21.

