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 همامی:** گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- **عباس اسماعیلی‌ساری:** گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، صندوق پستی: 356-46414
- **حمیدرضا رضایی:** گروه محیطزیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: 49138-15739

تاریخ دریافت: مرداد 1393 تاریخ پذیرش: آبان 1393

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، 15 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. به‌طورکلی 8/6%، 28/1% و 63/3% 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

مدل‌های مطلوبیت زیستگاه (Models Habitat Suitability)، توزیع مکانی هر گونه‌ای از حیات‌وحش را پیش‌بینی می‌کنند، از این‌رو به‌طور گسترده در بوم‌شناسی، جغرافیای زیستی، مدیریت و حفاظت گونه‌های مختلف حیات‌وحش استفاده می‌شوند (Huck و همکاران، 2010؛ Barry و Elith، 2006؛ Huber و همکاران، 2006؛ Wiegand و همکاران، 2004؛ Austin، 2002).

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، 2006). نقشه‌هایی که در این فرآیند تهیه می‌شوند نشان‌گر پراکنش بالقوه گونه هستند (Anderson و Martı´nez-Meyer، 2004). 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، 2005). آشیان بوم‌شناختی بنیادی هر گونه‌ای عامل تعیین کننده‌ای از

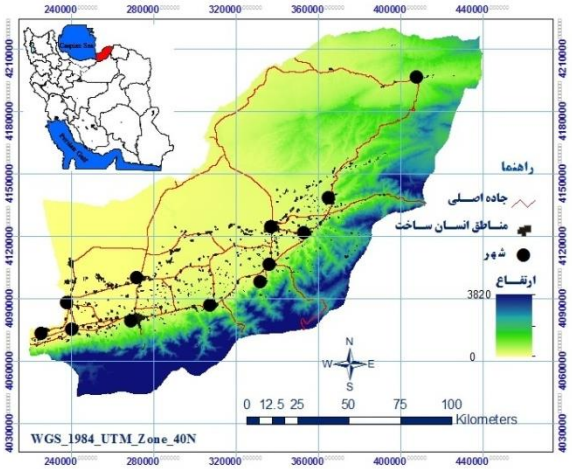
* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rmirzaei@kashanu.ac.ir

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، 2001). 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، 2009). درحال 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، 2011؛ Baldwin، 2009).

تاکنون پژوهش‌های متعددی در زمینه تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مختلف حیات‌وحش در سطح کشور انجام شده است، که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به پژوهش‌های فراشی و همکاران (1389)، ملکی-نجف‌آبادی و همکاران (1389)، سرهنگ‌زاده و همکاران (1390)، فراشی و همکاران (1390) اشاره 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 حیات‌وحش با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه پرداخته‌اند که می‌توان به پژوهش‌های میرزایی و همکاران (1392) اشاره کرد. برای مدیریت بهتر حیات‌وحش 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 20387 کیلومترمربع در جنوب‌شرقی دریای مازندران واقع شده و در حدود 1/3 درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود (میرزایی و همکاران، 1392). این استان بین 36 درجه و 25 دقیقه تا 38 درجه و 8 دقیقه عرض شمالی و 53 درجه و 50 دقیقه تا 56 درجه و 18 دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل1). 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 450 میلی‌متر است که این میزان در نواحی شمالی آن، به کم‌تر از 200 میلی‌متر هم می‌رسد. میانگین تبخیر سالانه در نواحی جنوبی و نواحی مرتفع 800 میلی‌متر و در نواحی شمالی تا 2000 میلی‌متر می‌رسد (رشیدی، 1387).



شکل1: منطقه مورد مطالعه و موقعیت استان گلستان در ایران

روش کار: در ابتدا استان به‌صورت شبکه سلول‌های مربع با ضلع

25 کیلومتری تقسیم‌بندی شد (Scott، 2007). سپس، به‌منظور بررسی حضور قرقاول، طی سال 1389 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، 29 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 غذا بر 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 16 روز برای دوره بهار 1389 و با قدرت تفکیکپذیری 16 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 (Multi-collinearity analysis) چندگانه 13 متغیر پیوسته برگزیده شد. این متغیرها، متغیرهایی هستند که مقدار عامل تورم واریانس (VIF) برای آن‌ها کم‌تر از 10 است (Chatterjee و Hadi، 2006). در نهایت به همراه دو متغیر کاربری سرزمین و جهت شیب، به‌عنوان متغیرهای گسسته، 15 متغیر وارد مرحله مدل‌سازی شد (جدول1).

مدل‌سازی با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه و با استفاده از نرم‌افزار مکسنت (Maxent3.3.3k) انجام شد، داده‌های حضور قرقاول (47 نقطه) به دو گروه داده‌های آموزش (75%) و داده‌های آزمون (25%) 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 10 مرتبه اجرای مدل‌سازی و 1000 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 ویژگی عامل دریافت کننده (Receiver Operating Characteristic Curve) استفاده شد.

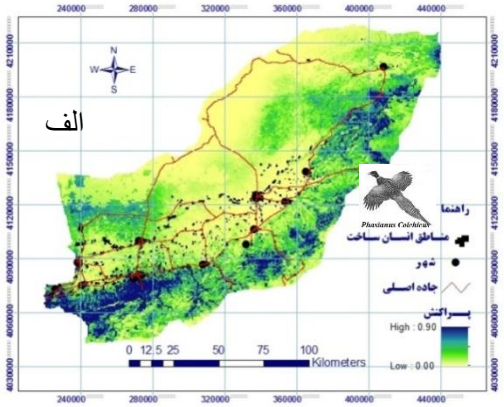
جدول 1: متغیرهای محیطزیستی انتخابی برای مدل‌سازی پراکنش قرقاول در استان گلستان

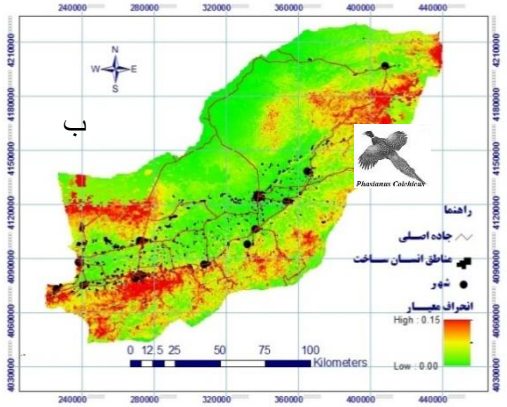
ردیف	متغیر	نام‌اختصاری	VIF
1	همدمایی (ایزوترمالی)	Bio_3	8/31
2	میانگین دمای مرطوبترین فصل	Bio_8	4/84
3	میانگین دمای خشکترین فصل	Bio_9	7/43
4	رژیم بارش	Bio_15	5/19
5	بارش گرم‌ترین فصل	Bio_18	6/26
6	ارتفاع	Dem	4/73
7	شیب	Slope	2/40
8	فاصله تا زمین‌های کشاورزی	D_t_AA	4/05
9	فاصله تا جنگل	D_t_F	3/80
10	فاصله تا مناطق مسکونی	Dis_t_V	3/74
11	فاصله تا منابع آب	D_t_W	3/43
12	فاصله تا رودخانه	D_t_R	3/98
13	شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده	NDVI	2/20
14	کاربری سرزمین	Landuse	
15	جهت شیب	Aspect	

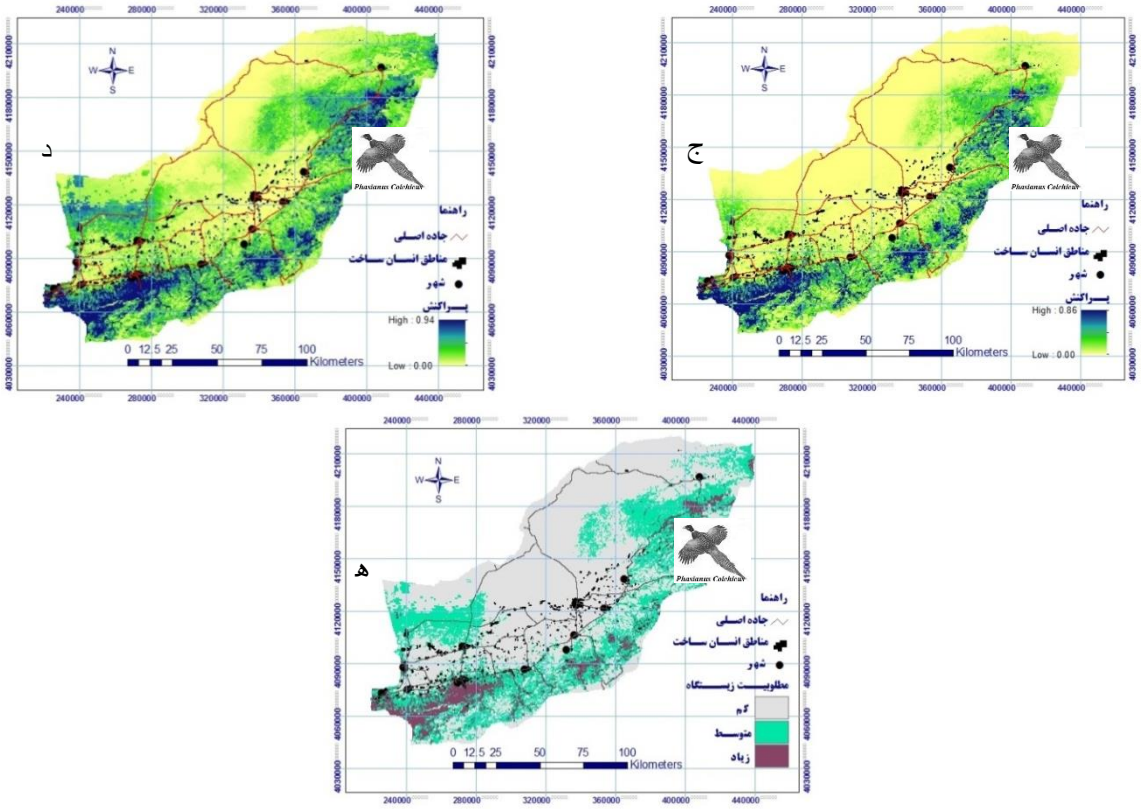
این منحنی میزان نقاط حضور صحیح (sensitivity) را در مقابل نقاط عدم حضور صحیح (specificity) به تصویر می‌کشد. مساحت زیرمنحنی آن (AUC) با امتیاز 1 به معنی پیش‌بینی کامل بدون حذف هیچ‌کدام از نقاط حضور است. AUC با امتیاز 0/5 برای یک پیش‌بینی تصادفی مورد انتظار است. AUC بین 0/7 تا 0/8 بیان‌گر یک مدل خوب، بین 0/8 تا 0/9 مدل عالی و AUC بیش از 0/9 بیان‌گر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (Giovanelli و همکاران، 2010). 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 2، نقشه پیوسته پراکنش، انحراف معیار، کمینه و بیشینه و نقشه مطلوبیت طبقه‌بندی شده قرقاول در محدوده استان گلستان آورده شده است. همان‌طورکه روی نقشه‌ها مشخص است پراکنش قرقاول بیشتر محدود به قسمت جنوبی استان یا منطقه جنگلی و زیستگاه‌های اطراف آن است. به‌طورکلی سه 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 به‌صورتی‌که تمام مناطق با مطلوبیت زیاد در بخش جنوبی قرار می‌گیرند و بخش شمال‌غربی در طبقه مطلوبیت متوسط قرار می‌گیرد. به‌طورکلی 8/6%، 28/1% و 63/3% از استان گلستان به‌ترتیب در گروه‌های با مطلوبیت زیاد، متوسط و کم قرار گرفته‌اند. در نقشه شکل 2 (ب)، انحراف معیار نقشه میانگین پیش‌بینی پراکنش قرقاول آورده شده است. بیشینه انحراف معیار مشاهده شده حدود 0/15 به‌دست آمده است. نقشه کمینه ارائه شده بیان‌گر این است که هر شبکه آن حداقل مقدار را در 10 اجرا کسب کرده است. همین مطلب برای نقشه بیشینه نیز صدق می‌کند. همان‌طورکه مشخص است اختلاف بیشینه احتمال مشاهده شده در نقشه بیشینه (0/94) و کمینه (0/86) حدود 0/08 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.



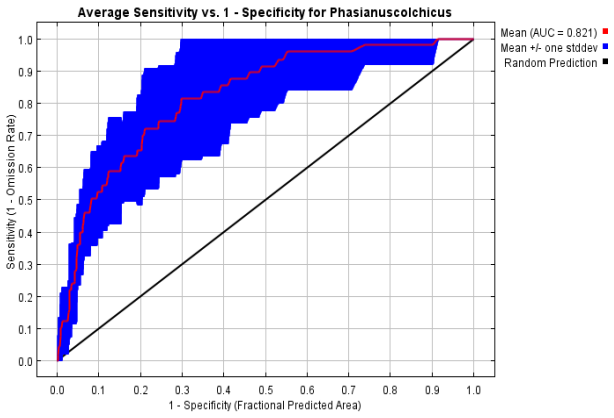




شکل 2: نقشه پیوسته پراکنش (الف)، انحراف معیار (ب)، کمینه (ج)، بیشینه (د) و نقشه مطلوبیت طبقه‌بندی شده قرقاول (ه) در محدوده استان گلستان

شکل3 منحنی ROC مدل‌سازی را برای میانگین اجراها به‌همراه انحراف معیار آن نشان می‌دهد. میزان AUC برای داده‌های یادگیری بهترین اجرا حدود 0/94 و برای داده‌های آزمون حدود 0/88 است که نشان‌گر پیش بینی خوب مدل در مقابل AUC با مقدار 0/5 که به معنی تصادفی بودن پیش‌بینی است می‌باشد (Binomial tests, P<0/001). اگرچه AUC میانگین در این حالت به 0/82 کاهش یافته است، اما باز این مقدار نشانه کارایی زیاد مدل می‌باشد.

درصد سهم نسبی متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش قرقاول در منطقه در جدول 2 آورده شده است. این جدول براساس اجرای مکسنت تولید شده است، بنابراین نتایج آن متفاوت از تحلیل جکنایف است. براساس این رویکرد، فاصله تا جنگل با 39% مهم‌ترین عامل اثرگذار بر پراکنش قرقاول شناخته شده است و رژیم بارش با 17%/5 در رتبه دوم قرار می‌گیرد و متغیرهای جهت، بارش گرم‌ترین فصل، میانگین دمای مرطوب‌ترین فصل و فاصله تا زمین کشاورزی کم‌ترین سهم را در مدل‌سازی پراکنش قرقاول داشته‌اند.



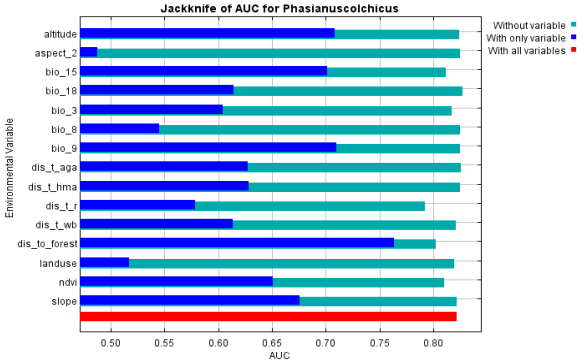
شکل3: منحنی میزان حضور صحیح (sensitivity) در مقابل حضور اشتباه (1- specificity) در مدل‌سازی پراکنش قرقاول در منطقه مورد مطالعه، specificity میزان عدم حضور صحیح است.

شکل 4 نیز، نتایج تحلیل جکنایف را نشان می‌دهد. 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 بیانگر زمانی است که مدل‌سازی با حذف متغیر محیط‌زیستی مورد نظر انجام می‌شود. همان‌طورکه در شکل مشخص است فاصله تا رودخانه و جنگل، متغیرهایی هستند که با حذف آن‌ها بیشترین کاهش در AUC اتفاق می‌افتد. حالت دوم مربوط به زمانی است که مدل‌سازی تنها براساس وجود یک متغیر انجام می‌شود و براساس آن میزان AUC برآورد می‌گردد.

جدول2: درصد سهم نسبی متغیرها در مدل‌سازی پراکنش قرقاول در منطقه مورد مطالعه

ردیف	متغیر	نام اختصاری	درصدسهم
1	فاصله تا جنگل	dis_to_forest	39
2	رژیم بارش	bio_15	17/5
3	کاربری سرزمین	landuse	9/8
4	فاصله تا رودخانه	dis_t_r	8/5
5	شیب	slope	6/6
6	شاخص تفاضلی نرمال‌شده گیاهی	ndvi	6
7	همدمایی (ایزوترمالی)	bio_3	4/5
8	ارتفاع	altitude	3/1
9	میانگین دمای خشکترین فصل	bio_9	1/3
10	فاصله تا منابع آبی	dis_t_wb	1/1
11	فاصله تا مناطق انسان‌ساخت	dis_t_hma	1
12	جهت شیب	aspect_2	0/6
13	بارش گرم‌ترین فصل	bio_18	0/4
14	میانگین دمای مرطوبترین فصل	bio_8	0/4
15	فاصله تا زمین کشاورزی	dis_t_aga	0/4

در این حالت نیز مهم‌ترین متغیر فاصله تا جنگل است که می‌تواند AUC حدود 0/76 را ایجاد کند، به عبارت دیگر، متغیر فاصله تا جنگل متغیری است که هنگامی‌که به تنهایی استفاده می‌شود بیشترین افزوده را به‌همراه دارد به این معنی که به‌نظر می‌رسد این متغیر به تنهایی حاوی اطلاعات بسیار ارزشمند و مفیدی است. به‌طورکلی تحلیل جکنایف نشان می‌دهد مهم‌ترین متغیرهایی که بیشترین سهم را در مدل‌سازی داشته‌اند عبارت از فاصله تا جنگل و رژیم بارش می‌باشند. همان طورکه مشخص است تنها دو متغیر اول یعنی فاصله تا جنگل و رژیم بارش طبق دو رویکرد، دارای جایگاه‌های یکسانی می‌باشند.



شکل4: نتایج آزمون جکنایف برای بررسی اهمیت هر کدام از متغیرهای محیط‌زیستی در توسعه مدل

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 به‌تبع آن، متغیرهای انتخابی نیز شامل متغیرهایی است که به‌نظر می‌رسید به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در مقیاس بزرگ بر پراکنش قرقاول مؤثر می‌باشند.

نتایج تعیین مطلوبیت زیستگاه قرقاول نشان داد که AUC با میانگین 0/82، مکسنت در اجرای مدل موفق بوده است (Swets، 1988). اگرچه مدل‌های مبتنی بر نقاط حضور کاذب تصادفی در قیاس با مدل‌های با نقاط عدم حضور واقعی برازش کم‌تری را دارند (Wisz و Guisan، 2009) اما اطمینان از نقاط عدم‌حضور واقعی اغلب بسیار زمان‌بر و پرهزینه است (Ke´ry، 2002). اطمینان از نقاط عدم‌حضور واقعی در محدوده مقیاس این پژوهش نیز امکان‌پذیر نبوده است. اگر چه تعداد نقاط حضور گونه تاحدی پایین است، به‌ویژه هنگامی‌که با تعدادی از پژوهش‌های دیگر مقایسه می‌شود (Elith و همکاران، 2006؛ Hernandez و همکاران، 2006) اما مشخص شده است که تعداد بیشتر نقاط حضور، صحت بیشتر پیش‌بینی را تضمین نمی‌کند. همان‌طورکه در پژوهش‌های دیگر نیز به این مطلب اشاره شده است (Hernandez و همکاران، 2006)، 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، 2006).

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، 2005)، 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، 2006). 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 به‌هرحال 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، 2004). 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 1 کیلومتر مربع انتخاب شد، ج- ضریب تعمیم‌پذیری از 1 به 1/01 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، 2009؛ Ni و همکاران، 2001) نیز به آن اشاره شده است. به‌طورکلی 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، 2009؛ Ni و همکاران، 2001)، اما در یک زیستگاه خاص، این موضوع ممکن است متفاوت باشد. در زمین‌های کشاورزی، مناطق انتخابی دارای ارتفاع بیشتر، شیب بیشتر بوده و نزدیک مرز مناطق جنگلی واقع شده‌اند و اشاره شده است که نزدیکی به حاشیه مناطق جنگلی مهم‌ترین عامل مؤثر بر پراکنش قرقاول بوده است (Ni و همکاران، 2001) که این موضوع با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد. پژوهش‌های متعددی مشخص کرده‌اند که قرقاول‌ها، براساس منطقه، زیستگاه‌های گوناگونی را انتخاب می‌کنند. به‌عنوان نمونه، ماده‌های زادآور کشتزارهای گندم را طی زمستان در امریکای شمالی انتخاب کرده‌اند، درحالی‌که در انگلستان درختزارها و مناطق جنگلی را در آوریل و می انتخاب کردند (Li و همکاران، 2009).

هم‌چنین، قرقاول در مراحل مختلف زندگی، ممکن است زیستگاه‌های با شرایط متفاوتی را انتخاب کنند. به‌عنوان نمونه، در دوران جوجه‌کشی، پوشش گیاهی انبوه را برای داشتن پناه و استفاده از حشرات بیشتر ترجیح می‌دهند. اگرچه برخی پژوهش‌ها نیز مانند Li و همکاران (2009)، اطلاعات دقیقی از مطلوبیت زیستگاه قرقاول ارائه داده‌اند و بیان داشتند که که عوامل ارتفاع، نوع پوشش گیاهی، شیب، جهت، تراکم درختان، درصد پوشش علفی، دیدپذیری و فاصله تا منابع آب بر گزینش زیستگاه قرقاول تاثیرگذار می‌باشند، اما به‌دلیل تفاوت در ماهیت روش‌شناختی با این پژوهش امکان مقایسه به‌خوبی فراهم نیست.

یکی از مهم‌ترین کاربردهای مدل‌های مطلوبیت زیستگاه، شناسایی زیستگاه‌های با کیفیت به‌منظور بقاء گونه‌های مختلف حیات‌وحش است. در این بررسی، مطلوبیت زیستگاه گونه مهم قرقاول در استان گلستان با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه انجام شد. به‌طورکلی حدود 8 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 زیستگاه‌های جنگلی برای حفظ گونه ضروری است. نتایج این مطالعه هم‌چنین نشان داد که تولید نقشه‌های صحیح پراکنش گونه‌های مختلف کشور در مقیاس‌های بزرگ، با استفاده از داده‌های رقومی موجود به‌راحتی امکان‌پذیر است. این پژوهش، مطالعه موردی با بررسی محدود در منطقه‌ای از ایران بود، اما مشخص شد که مدل قطعاً می‌تواند نقشه‌های پراکنش بهتری از اطلاعات و نقشه‌های موجود تولید کند.

منابع

1. **رشیدی، پ.، 1387.** انتخاب سیستماتیک لکه‌های حفاظتی استان گلستان با استفاده از روش نظام ارزیابی و اولویت‌بندی حفاظت (CAPS)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد محیط زیست. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. 128 صفحه.
2. **سرهنگزاده، ج.؛ یاوری، آ.ر.؛ همامی، م.ر.؛ جعفری، ح.ر. و شمس اسفندآباد، ب.، 1390.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش در مناطق خشک (مطالعه موردی: کل و بز (*Capra aegagrus*) در منطقهٔ حفاظت شدهٔ کوه بافق) دو فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم. دوره 1، شماره 3، صفحات 38 تا 50.
3. **فراشی، آ.؛ کابلی، م. و کرمی، م.، 1390.** بررسی مقدماتی وضعیت گونه راکون (*Procyon lotor* (Linnaeus, 1758)) به عنوان یک گونه مهاجم جدید برای ایران (منطقه مورد مطالعه: پناهگاه حیات‌وحش لوندویل).

تاکسونومی و بیوسیستماتیک. سال 3، شماره 7، صفحات 71 تا 85.

4. **فراشی، آ.؛ کابلی، م. و مؤمنی، آ.، 1389.** مدلسازی مطلوبیت زیستگاه بز و پازن (*Capra aegagrus*) به کمک روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی، استان اصفهان. نشریه محیط‌زیست طبیعی. دوره 63، شماره 1، صفحات 63 تا 73.

5. **ملکی‌نجف‌آبادی، س.؛ همامی، م.ر. و سلمان‌ماهینی، ع.، 1389.** تعیین مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش اصفهانی (*Ovis orientalis isphahanica*) در پناهگاه حیات وحش موته با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی. نشریه محیط‌زیست طبیعی. دوره 63، شماره 3، صفحات 279 تا 289.

6. **میرزایی، ر.؛ همامی، م.ر.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و رضایی، ح.ر.، 1392.** مدلسازی پراکنش دلیجه کوچک در استان گلستان. نشریه پژوهش‌های محیط‌زیست. سال 4، شماره 8، صفحات 149 تا 156.

7. **Anderson, R.P. and Martı´nez-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 prioritization. In Spatial conservation prioritization: quantitative methods and computational tools. Edited by A. Moilanen, K. Wilson, and H.P. Possingham. Oxford University Press, New York, USA. pp: 70-93.

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.; Sobero´n, 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.

26. **Sobero´n, 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.