

ارزیابی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*, Pocock) (1927) با روش آنتروپی بیشینه (Maxent) در پارک ملی تندوره طی فصول تابستان و پاییز

- **احمد شعاعی***: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: 49138-15739
- **مصطفی قلی پور**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: 49138-15739
- **حمیدرضا رضایی**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: 49138-15739
- **ثارالله یارمحمدی بربرستانی**: گروه فیزیولوژی دام، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: 49138-15739

تاریخ پذیرش: اردیبهشت 1395

تاریخ دریافت: بهمن 1394

چکیده

پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) به عنوان یکی از بزرگترین گربه سانان ایران از جایگاه ویژه ای در مدیریت و حفاظت از حیات وحش برخوردار است. این گونه توسط اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (IUCN) در رده حفاظتی در معرض خطر انقراض (EN) قرار گرفته است. مهم ترین عامل در کاهش جمعیت این گونه، تخریب و نابودی زیستگاه های آن معرفی شده است. لذا شناخت عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ به عنوان یک ابزار کارآمد، می تواند مدیران را در مدیریت و حفاظت از زیستگاه های باقی مانده و انتخاب لکه های جدید یاری رساند. در این مطالعه با استفاده از رویکرد بی نظمی بیشینه و جمع آوری داده های میدانی، مدل مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در پارک ملی تندوره که یکی از مهم ترین زیستگاه های این گونه در ایران است، طی سال 1391 در فصول تابستان و پاییز تهیه شد. قدرت پیش بینی مدل تهیه شده با استفاده از شاخص AUC محاسبه شده (0/878) که نشان از قدرت خوب مدل در پیش بینی مطلوبیت زیستگاه این گونه است. نتایج نشان داد که مهم ترین عامل مؤثر بر حضور یا عدم حضور پلنگ در این منطقه فاصله از جاده است. به علاوه مطلوب ترین زیستگاه پلنگ در این فصول ارتفاع 1900 تا 2300 متری از سطح دریا و در جهت شمالی و همچنین فاصله 1100 تا 2500 متری از چشمه ها واقع شده است. این نتایج مشخص کننده تأثیر منفی جاده ها روی گونه های ارزشمند و حفاظت شده پارک های ملی است.

کلمات کلیدی: ارزیابی زیستگاه، بی نظمی بیشینه (Maxent)، پارک ملی تندوره، پلنگ ایرانی

مقدمه

شناسایی نیازهای زیستی و غیرزیستی حیات وحش نیاز مبرم برای حفظ و مدیریت حیات وحش است. در واقع بهترین روش برای حفاظت از گونه ها، حفاظت از زیستگاه مورد استفاده آن ها است و برای حفاظت از این زیستگاه ها ابتدا باید به شناسایی آن ها پرداخت. برای شناسایی زیستگاه نیز باید نیازهای زیستی و غیرزیستی حیات وحش را شناخت. شناخت این نیازها برای پستانداران به عنوان مهندسين بوم سازگان ها (Jones و همکاران، 1996) از احتیاجات مدیران و برنامه ریزان حیات وحش است. ضمن این که تمرکز روی حفاظت از مناطق با تنوع زیستی بالا مؤثرترین راه برای حفظ تنوع زیستی جهان به شمار می رود

شناسایی نیازهای زیستی و غیرزیستی حیات وحش نیاز مبرم برای حفظ و مدیریت حیات وحش است. در واقع بهترین روش برای حفاظت از گونه ها، حفاظت از زیستگاه مورد استفاده آن ها است و برای حفاظت از این زیستگاه ها ابتدا باید به شناسایی آن ها پرداخت. برای شناسایی زیستگاه نیز باید نیازهای زیستی و غیرزیستی حیات وحش را شناخت. شناخت این نیازها برای پستانداران به عنوان مهندسين بوم سازگان ها (Jones و همکاران، 1996) از احتیاجات مدیران و برنامه ریزان حیات وحش است. ضمن این که تمرکز روی حفاظت از مناطق با تنوع زیستی بالا مؤثرترین راه برای حفظ تنوع زیستی جهان به شمار می رود



در ایران صورت گرفته است (Farhadinia و همکاران، 2015؛ Ghoddousi و همکاران، 2008؛ Khorozyan، 2003؛ Kiabi و همکاران، 2002).

هدف این مطالعه شناسایی نیازهای اصلی زیستگاهی پلنگ در پارک ملی تندوره با استفاده از مدل‌سازی زیستگاه MaxEnt است. پلنگ ایرانی در حال حاضر بزرگترین و یکی از نادرترین گوشت‌خواران ایران محسوب شده و از نظر اکولوژیکی گونه‌ای بسیار مهم و ارزشمند است. این گونه در حالی اکنون جزوه گونه‌های نادر به شمار می‌رود که در گذشته‌های نه‌چندان دور در اکثر زیستگاه‌های کوهستانی و جنگلی ایران حضور داشته است. جمعیت این گربه‌سان ارزشمند در ایران حدود 550 تا 850 قلاده برآورد می‌شود (امیدی و همکاران، 1389) که جمعیت اصلی این گونه در خاورمیانه نیز است (Kiabi و همکاران، 2002). در این مقاله سعی شده تا با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل ساخته‌شده، پیشنهادهایی در جهت مدیریت بهتر این گونه به تصمیم‌گیران مربوطه ارائه شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: پارک ملی تندوره با وسعتی معادل 35658 هکتار در شمال‌شرقی کشور ایران و در نزدیکی کشور ترکمنستان واقع گردیده است. این پارک در $19^{\circ}37'$ تا $37^{\circ}33'$ عرض جغرافیایی و $58^{\circ}33'$ تا $58^{\circ}54'$ طول جغرافیایی قرار گرفته است. متوسط میزان بارندگی منطقه 364/88 میلی‌متر است (حداقل 106/7 میلی‌متر و حداکثر 493/8 میلی‌متر). تغییرات درجه‌حرارت سالانه در پارک ملی تندوره نسبتاً زیاد بوده و متوسط درجه‌حرارت 14/3 درجه سانتی‌گراد می‌باشد (متوسط گرم‌ترین ماه سال 34/15 درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال 2/7 درجه سانتی‌گراد). متوسط سالانه رطوبت نسبی منطقه نیز حدود 55 درصد اندازه‌گیری شده است (حداقل 45 درصد و حداکثر 63 درصد). همچنین محدوده ارتفاعی منطقه بین ارتفاع 2586 متر از سطح دریا در مرتفع‌ترین نقطه (قله قنبرعلی) که در بخش جنوبی پارک واقع شده تا ارتفاع 884 متر از سطح دریا در پایین‌ترین نقطه که در بخش شمالی پارک قرار گرفته است (آقامیری و همکاران، 1384).

پوشش گیاهی پارک ملی تندوره بسیار متنوع است و تاکنون ۳۷۳ گونه از ۶۰ تیره در این پارک شناسایی شده است. انواع گیاهان علفی، بوته‌ای، درختی و درختچه‌ای در این منطقه قابل‌مشاهده است. اورس، انجیر، بید، نسترن، گوجه وحشی، کرکو، درمنه، گون، کلاه میرحسن، آنفوزه، کندل، زیره سیاه، کتان وحشی، آویشن، انواع گرامینه، آلبالوی وحشی، شیرخشت، کرکو، باریجه، گردو، زرشک، چوبک، بومادران، سریش، بارهنگ، انواع گیاهان یک‌ساله مرتعی و گیاهان بارز داروئی از مهم‌ترین گونه‌های گیاهی این پارک است (آقامیری و همکاران، 1384). همچنین جامعه جانوری پارک از غنای گونه‌ای نسبتاً مناسبی

(Hebblewhite و همکاران، 2005؛ Soulé و همکاران، 2005؛ Berger و همکاران، 2001). پلنگ (*Panthera pardus*) به‌عنوان یکی از گونه‌های بالایی زنجیره‌های غذایی (Lukarevskiy و Gavashelishvili، 2008) اهمیت زیادی در برقراری تعادل و افزایش برآزش در جمعیت‌های مختلف سایر پستانداران بزرگ و کوچک دارد (کربز، 1391). پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) یکی از زیرگونه‌های پلنگ معمولی است که در لیست سرخ اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (IUCN) در محدود درخطر انقراض (EN) قرار گرفته است (Khorozyan، 2008). کاهش شدید جمعیت این‌گونه ارزشمند که زمانی در مناطق غرب آسیا و آسیای میانه پراکنش داشته به دلیل تخریب زیستگاه، شکار توسط انسان برای پوست و جلوگیری از حمله آن‌ها به حیوانات اهلی بوده است (Achyut و Kreigenhofer، 2009). از این‌رو شناسایی نیازهای زیستگاهی این گونه ارزشمند از نیازهای ضروری مدیران مناطق حفاظت‌شده است.

روش‌ها و ابزارهای گوناگونی برای انجام ارزیابی زیستگاه تاکنون معرفی شده که تقریباً تمام آن‌ها با استفاده از دو نوع داده به ارزیابی زیستگاه می‌پردازند. داده‌های فقط حضور گونه (Presence only) و داده‌های حضور/عدم حضور گونه (Presence/Absence) (امیدی و همکاران، 1389). در این پژوهش با توجه به مشکلات و خطاهای احتمالی ارزیابی با داده‌های حضور/عدم حضور به دلیل رفتار گونه در استتار، دقت مشاهده‌گر، دقت تجهیزات مورد استفاده و سایر عوامل برای ثبت نقاط عدم حضور، از داده‌های فقط حضور استفاده شد. در ارزیابی زیستگاه هدف، مشخص کردن ویژگی‌ها و خصوصیات ترجیحی گونه مورد نظر و یافتن مناطقی که دارای ویژگی‌های مذکور می‌باشند و برای ادامه حیات موجود ضروری هستند، است. داده‌های به‌دست‌آمده از نقاط حضور گونه با استفاده از رویکرد آنتروپی بیشینه¹ که معیاری از عدم قطعیت اطلاعات است مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. برای این کار از نرم‌افزار MaxEnt که سامانه‌ای رایانه‌ای برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاه بر پایه آنتروپی بیشینه و روش یادگیری ماشینی² است (Phillips و همکاران، 2006)، استفاده می‌شود. این مدل همان‌طور که اشاره شد به داده‌های فقط حضور گونه حساس است و متغیرهای تعیین‌شده (مثل دما، شیب، ارتفاع، نوع خاک و ...) برای انجام آنالیز نیاز داشته؛ همچنین قابلیت استفاده از داده‌های پیوسته و طبقه‌بندی‌شده (گسسته) را به‌صورت هم‌زمان دارد (Benito و همکاران، 2009؛ Wisz و همکاران، 2008؛ Hernandez و همکاران، 2006).

در ایران روی مدل‌سازی زیستگاه برای پلنگ صورت گرفته که البته در پارک ملی کلاهماضی اصفهان و پارک ملی گلستان، با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی صورت گرفته است (امیدی و همکاران، 1389؛ Erfanian و همکاران، 2013). همچنین مطالعات دیگری روی این گونه



شد. برای این منظور باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک ماهواره لندست 8 متعلق به ماه ژوئن سال 2015 مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به ارجحیت مناطق غیردشتی برای پلنگ، در این مطالعه نقشه بافت سطحی زمین (Terrain Surface Texture) که پیچیدگی توپوگرافیک سیمای سرزمین را نشان می‌دهد از مدل رقومی ارتفاع (DEM) استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. برای همه لایه‌های اطلاعاتی از قدرت تفکیک مکانی 30 متر و سیستم تصویر مرکاتور معکوس جهانی (UTM) زون 40 شمالی به شکل یکسان استفاده شد (جدول 1).

جدول 1: متغیرهای مستقل محیطی مورد استفاده برای ارزیابی زیستگاه پلنگ در پارک ملی تندوره

ردیف	نام متغیر	سیستم تصویر	قدرت تفکیک مکانی
1	جهت شیب		
2	مدل رقومی ارتفاع (DEM)		
3	فاصله از رودخانه‌ها	سیستم	
4	فاصله از جاده‌ها	مرکاتور	
5	فاصله از چشمه‌ها	معکوس	30 m*30 m
6	فاصله از طعمه‌ها	جهانی	
7	فاصله از روستاها	(UTM) زون	
8	کاربری اراضی	40n	
9	تراکم پوشش گیاهی (NDVI)		
10	شیب		

تجزیه و تحلیل: برای انجام مدل‌سازی و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزار MaxEnt (version 3.3.3) استفاده شد. این نرم‌افزار با استفاده از رویکرد آنتروپی بیشینه داده‌های حضور را با سایر داده‌های متغیرهای محیطی (Background Data) گونه مقایسه می‌کند (Phillips و همکاران، 2006). هر کدام از متغیرهای پیش‌بینی‌شده با استفاده از آزمون جک‌نایف مورد ارزیابی قرار گرفته و درجه اهمیت آن متغیر مشخص می‌شود. در نهایت یکی از خروجی‌های نرم‌افزار تولید یک نقشه است که روی آن مطلوبیت هر سلول با اعدادی بین صفر (نامطلوب) تا یک (مطلوب) مشخص شده است (Phillips و همکاران، 2006).

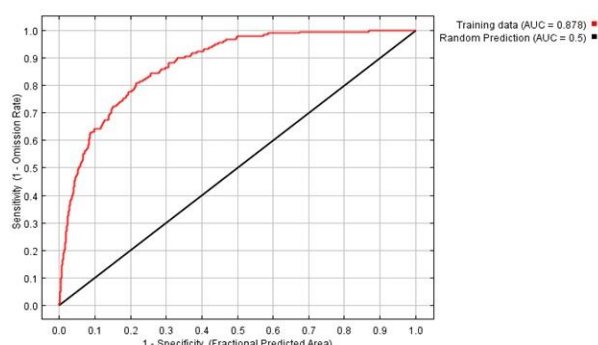
برای ارزیابی عملکرد این مدل از دامنه شاخص AUC^1 (سطح زیر منحنی ROC^2) استفاده می‌شود. ROC میزان مستقل بودن معیارهای سنجش در رابطه مقدار کارایی مدل را بیان می‌کند (Elith و همکاران، 2006). شاخص سطح زیر منحنی (AUC) میزان کارایی مدل را مشخص می‌کند. مفهوم کارایی مدل در اینجا بین صفر و 1 بحث می‌شود؛ که 1 نشان‌دهنده قابلیت بالای پیش‌بینی مدل و صفر نشان‌دهنده تصادفی بودن مدل و ضعف آن است (Phillips و همکاران، 2006).

برخوردار است. تاکنون حدود 80 گونه جانوری شامل پستانداران، پرندگان و خزندگان در منطقه شناسایی شده‌اند (آقامیری و همکاران، 1384). از گونه‌های جانوری شاخص منطقه می‌توان به قوچ و میش اورپال (*Ovis orientalis*)، کل و بز (*Capra aegagrus*)، گرگ (*Canis lupus*)، گراز (*Sus scrofa*)، کفتار (*Hyaena hyaena*)، رودک (*Meles meles*) و گربه پالاس (*Felis manul*) از پستانداران، هما (*Gypaetus barbatus*)، کورکور (*Milvus migrans*)، سارگپه پابلند (*Buteo rufinus*)، عقاب طلایی (*Aquila chrysaetos*)، شبگرد بلوچی (*Caprimulgus maharattensis*) و دلیجه معمولی (*Falco tinnunculus*) از پرندگان و افعی شاخ‌دار (*Pseudocerastes persicus*) و مار عینکی (*Naja oxiana*) از خزندگان اشاره کرد (آقامیری و همکاران، 1384).

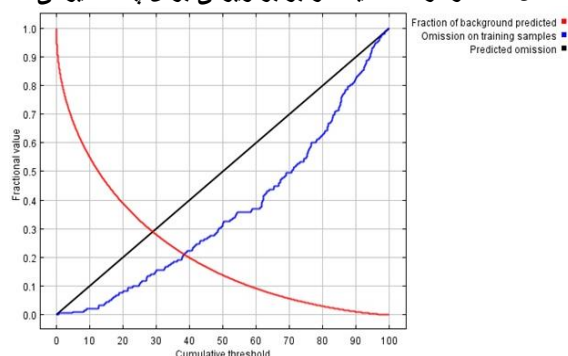
نمونه‌برداری و آماده‌سازی لایه‌های متغیرهای محیطی: با توجه به ویژگی‌های رفتاری پلنگ برای ثبت نقاط حضور گونه به‌جای مشاهده مستقیم از نمایه‌های غیرمستقیم مثل ردپا، سرگین، محل خط و خش و لاشه‌های شکارشده برای ثبت نقاط استفاده شد. نقطه‌برداری‌ها با ایجاد مسیرهایی با عرض 3 متر، در دو فصل تابستان و پاییز در تمام مناطق پارک ملی صورت گرفت. سپس لایه‌های مورد نیاز برای ارزیابی و مدل‌سازی زیستگاه در نرم‌افزارهای ادریسی (IDRISI SELVA) و ARC GIS تولید و آماده پردازش توسط نرم‌افزار مورد نظر شدند.

برای تولید لایه‌های متغیرهای محیطی از مدل رقومی ارتفاع (DEM) 30 متری به عنوان نقشه پایه استفاده شد. لایه‌های درصد شیب و جهت شیب نیز از مدل رقومی ارتفاع (DEM) تهیه شدند. نقشه چشمه‌های منطقه مورد مطالعه از شناسنامه پارک ملی تندوره (آقامیری و همکاران، 1384) اخذ شد. نقشه چشمه‌ها از شناسنامه پارک ملی تندوره اسکن شد و پس از زمین مرجع‌سازی و رقومی‌سازی، نقشه فاصله اقلیدسی از چشمه‌ها در پارک ملی تندوره تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه نقشه پراکنش طعمه‌های اصلی پلنگ (کل و بز، قوچ و میش و گراز) در منطقه مورد مطالعه از مشاهدات محیط‌بانان باتجربه پارک ملی تندوره بهره بردیم. موقعیت جغرافیایی مناطق عمده پراکنش طعمه‌های پلنگ روی نقشه مشخص شد و پس از زمین مرجع‌سازی و رقومی‌سازی، نقشه فاصله اقلیدسی از طعمه‌ها در پارک ملی تندوره تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. نقشه وکتوری روستاها و رودخانه‌ها نیز بر اساس مرز منطقه برش داده شد و نقشه‌های فاصله از روستاها و فاصله از رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. برای کاربری اراضی منطقه از نقشه‌های وکتوری موجود پس از برش، تبدیل سیستم مختصات و تبدیل به رستر استفاده شد. جاده اصلی از بخش شمال غربی پارک ملی تندوره می‌گذرد. این جاده از Google earth رقومی‌سازی و نقشه فاصله از جاده تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه نقشه تراکم پوشش گیاهی از شاخص گیاهی تفاضل نرمال شده (NDVI) استفاده



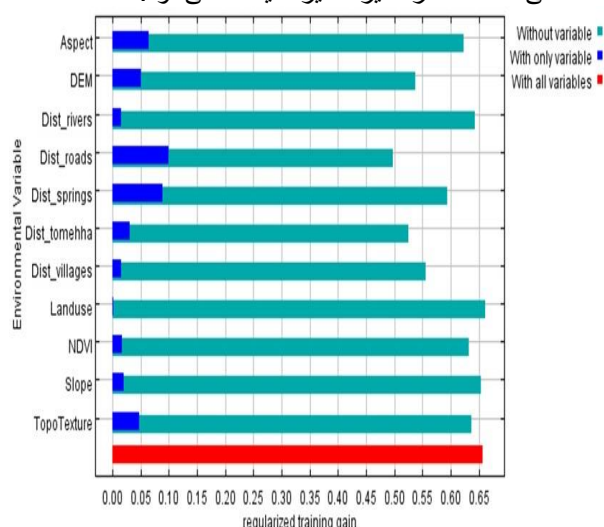


شکل 2: نمودار حساسیت در برابر ویژگی برای پلنگ ایرانی



شکل 3: نرخ حذف در مقابل مقادیر پیش‌بینی‌شده برای پلنگ ایرانی

بر اساس آزمون جک‌نایف¹ از بین 11 متغیر در نظر گرفته‌شده پنج متغیر فاصله از جاده (Dist_roads)، فاصله از چشمه‌ها (Dist_springs)، جهت جغرافیایی (Aspect)، مدل رقومی ارتفاع (DEM) و بافت سطحی زمین (TopoTexture) اثر بیشتری برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه موردنظر داشته‌اند (شکل 4). متغیر فاصله از جاده هنگام حذف مقدار تأثیر آموزش (Training gain) بیشینه کاهش را ایجاد می‌کند که نشان می‌دهد این لایه دارای بیشترین اطلاعاتی است که در سایر متغیرها یافت نمی‌شود.



همچنین از نرخ حذف در برابر سطح پیش‌بینی شده برای آزمون کیفیت مدل استفاده شده است. نرخ حذف شرط لازم و نه کافی برای یک مدل خوب است (وارسته و همکاران 1394). به دلیل نرخ آستانه تجمعی نرخ حذف باید نزدیک به میزان پیش‌بینی‌شده آن باشد. هرچه حذف نمونه‌های تعلیمی با حذف پیش‌بینی‌شده منطبق‌تر باشد، مدل بهینه‌تر و قابل‌قبول‌تر است.

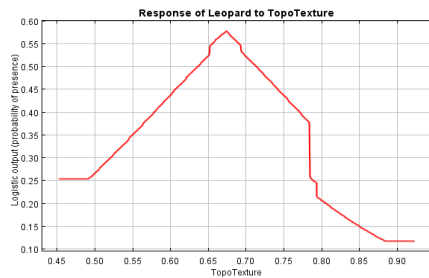
نتایج

به‌منظور ایجاد مدل مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی با استفاده از رویکرد آنتروپی بیشینه، 11 متغیر زیستگاهی انتخاب، با 178 نقطه حضور (شکل 1) گونه مقایسه شده و با استفاده از مدل Maxent پتانسیل مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در پارک ملی تندوره پیش‌بینی شد. مدل به‌دست‌آمده دارای شاخص AUC بالایی (0/878) بود (شکل 2) و نمودار حذف نمونه‌های تعلیمی شکم‌دار شده اما با نمودار حذف پیش‌بینی‌شده دارای انطباق کلی است و مدل قابل‌قبولی به‌دست‌آمده است (شکل 3).

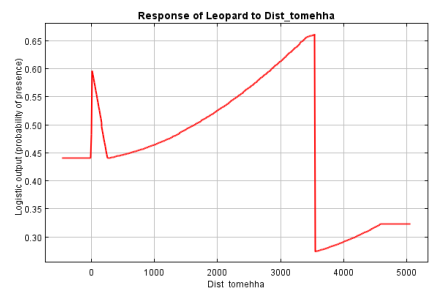


شکل 1 آثار ثبت‌شده از نقاط حضور پلنگ (الف: طعمه شکار شده و ب: ردپای پلنگ)

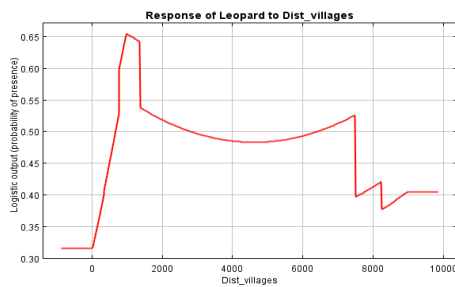
شکل 4: اهمیت متغیرها برای پلنگ بر اساس آزمون جکنایف



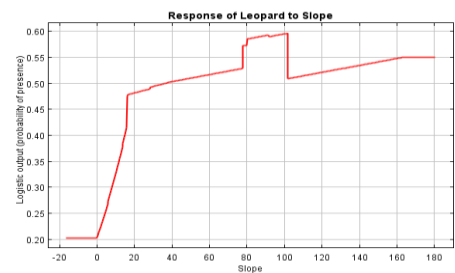
شکل 9: نمودار پاسخ پلنگ به بافت سطحی زمین



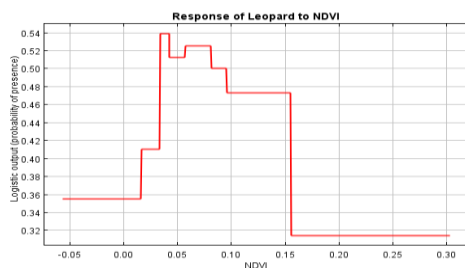
شکل 10: نمودار پاسخ پلنگ به فاصله از طعمه‌ها



شکل 11: نمودار پاسخ پلنگ به فاصله از روستا و مناطق انسانی

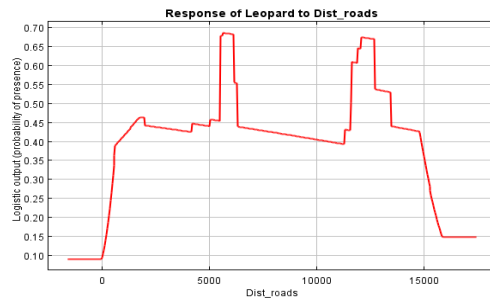


شکل 12: نمودار پاسخ پلنگ به درصد شیب

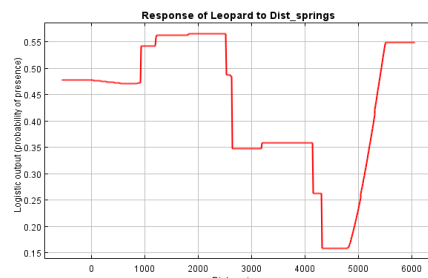


شکل 13: نمودار پاسخ پلنگ به تراکم پوشش گیاهی

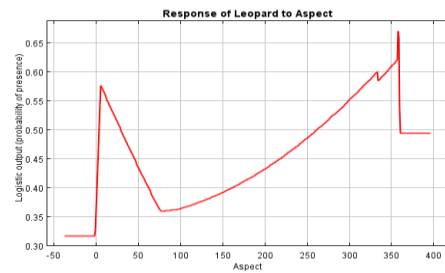
منحنی پاسخ (به صورت لگاریتمی)، رابطه بین متغیرهای محیطی و زیستگاه مناسب هر گونه را نشان می‌دهد. منحنی پاسخ برای هریک از متغیرهای محیطی با استفاده از مدل آنتروپی بیشینه به کار رفته است. در ادامه چهار منحنی پاسخ برای متغیرهایی با تأثیرگذاری بیشتر روی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه ارائه شده است.



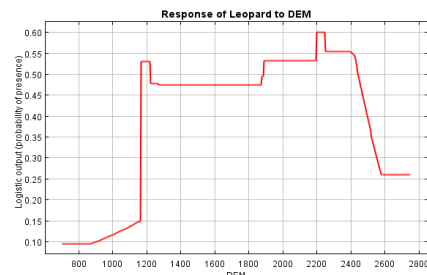
شکل 5: نمودار پاسخ پلنگ به فاصله از جاده



شکل 6: نمودار پاسخ پلنگ به فاصله از چشمه‌ها



شکل 7: نمودار پاسخ پلنگ به جهت

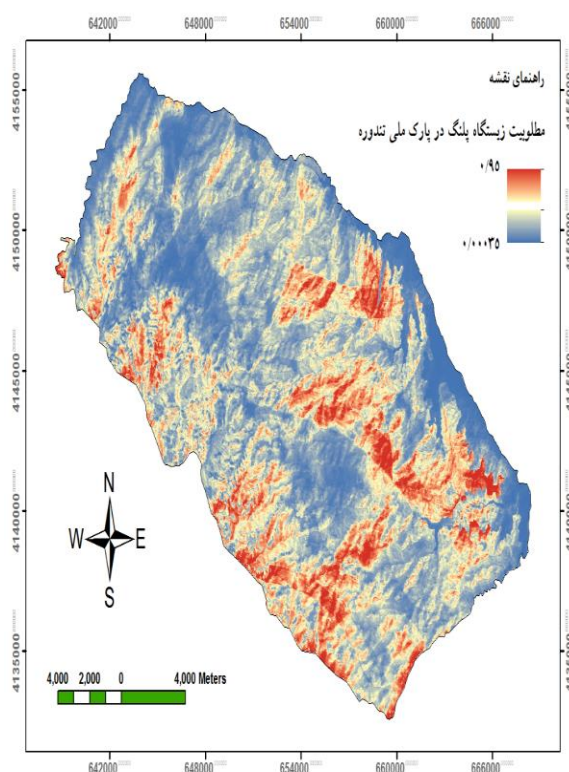


شکل 8: نمودار پاسخ پلنگ به ارتفاع



کاهش یافته است همچنین نمودار پاسخ پلنگ به فاصله از رودخانه (شکل 14) نیز افزایشی بوده و نشان‌دهنده دوری جستن پلنگ از مناطق با تراکم پوشش گیاهی بالا و نزدیکی رودخانه‌ها است.

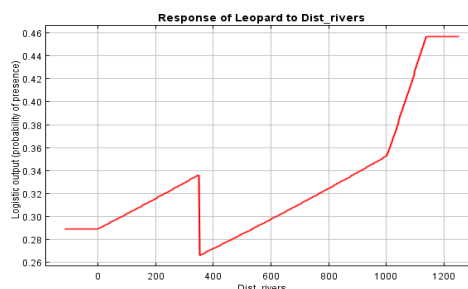
با توجه به متغیرهای در نظر گرفته شده و مقایسه آن‌ها با هم و با نقاط حضور گونه، نقشه مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در پارک ملی تندوره با رویکرد آنتروپی بیشینه تولید شد (شکل 15)، در این نقشه که ارزش نقاط آن بین صفر تا 1 هستند (نقاط به هر میزان که به یک نزدیکتر باشند، مطلوبیت بیشتری برای گونه مورد نظر داشته‌اند). همان‌گونه که در نقشه رسم شده مشخص است، قسمت‌های جنوبی و مرکزی پارک از مطلوبیت بیشتری برخوردارند که احتمالاً مهم‌ترین دلیل آن فاصله این مناطق از جاده اصلی مشهد-درگز که از قسمت شمال غربی پارک عبور می‌کند، است.



شکل 15: پیش‌بینی مدل Maxent برای پلنگ بر اساس متغیرهای محیطی

بحث

در این پژوهش مدل مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در پارک ملی تندوره برای دو فصل تابستان و پاییز تهیه شد. به دلیل مشکلات موجود در روش‌های حضور/عدم حضور، در این مطالعه از یکی از روش‌های فقط حضور گونه استفاده شد. ما برای این مدل‌سازی از رویکرد آنتروپی بیشینه با Maxent استفاده کردیم که یکی از بهترین روش‌های مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه است (Peterson و Ortega-Huerta، 2008؛ Elith و همکاران، 2006) و حتی در نمونه‌های کوچک نیز بسیار کارآمد است (Benito و همکاران،



شکل 14: نمودار پاسخ پلنگ به فاصله از رودخانه

منحنی پاسخ فاصله از جاده (شکل 5) مشخص می‌کند که ابتدا تا فاصله 6 کیلومتری از جاده مطلوبیت به شدت افزایش می‌یابد سپس از 6 تا 12 کیلومتری مطلوبیت کاهش پیدا می‌کند و دوباره افزایش می‌یابد. این شکستگی احتمالاً به دلیل تأثیر متقابل سایر متغیرها به وجود آمده است. همچنین شکل 6 که نشان‌دهنده تأثیر فاصله از چشمه‌ها می‌باشد، در فاصله 4800 متری از چشمه نمودار دچار شکستگی شده که دلیل آن نیز احتمالاً اثر متقابل سایر معیارها است. در این منحنی مطلوبیت تا فاصله 2500 متری از چشمه افزایش و پس‌از آن به شدت کاهش می‌یابد. البته در فاصله 1000 تا 25000 متری مطلوبیت تقریباً ثابت است.

منحنی پاسخ جهت، بیانگر این است که زوایای آریزونی صفر تا 10 درجه (شمال) و 300 تا 350 (شمال غربی) درجه دارای بالاترین مطلوبیت برای پلنگ در منطقه هستند. جهت شمال شرقی (75 درجه) دارای کمترین مطلوبیت است که با پیشروی به سمت جنوب و جنوب غرب مطلوبیت آن افزایش می‌یابد (شکل 7).

منحنی پاسخ ارتفاع (شکل 8) نشان‌دهنده این است که به‌طور کلی از ارتفاع 1200 تا 2200 مطلوبیت زیستگاه برای حضور پلنگ در منطقه افزایش می‌یابد و در 2200 تا 2250 به حداکثر خود می‌رسد. همچنین از ارتفاع 2400 به بعد مطلوبیت با شیب ملایم کاهش می‌یابد.

در نهایت، منحنی پاسخ به بافت سطحی زمین (شکل 9) مشخص‌کننده این موضوع است که مطلوبیت زیستگاه برای پلنگ تا پیچیدگی‌های متوسط تا نسبتاً زیاد (0/7) افزایش و پس‌از آن با شیب ملایم کاهش یافته است.

در نمودار پاسخ فاصله از طعمه (شکل 10)، از فاصله حدود 200 متری از طعمه روند نمودار افزایشی بوده و تا حدود 3500 متری ادامه پیدا کرده و بعد از آن به شدت کاهش یافته است. همچنین منحنی پاسخ فاصله از روستاها و مناطق انسانی (شکل 11) تا فاصله 1000 متری افزایش مطلوبیت و پس‌از آن تدریجاً مطلوبیت کاهش یافته و در 8000 متری به حداقل خود رسیده است.

منحنی پاسخ به درصد شیب (شکل 12) نموداری افزایشی بوده که با افزایش شیب مطلوبیت زیستگاه نیز برای پلنگ افزایش یافته و شکستگی به وجود آمده در شیب حدوداً 45 درجه احتمالاً به دلیل اثر سایر متغیرها به وجود آمده است. نمودار پاسخ پلنگ به تراکم پوشش گیاهی (شکل 13) ابتدا افزایش و سپس با افزایش تراکم پوشش گیاهی به تدریج



و شکار پلنگ یا طعمه‌های آن را ساده کرده و در نتیجه حفاظت از منطقه برای محیط‌بانان بسیار مشکل شده است. درک فرآیند انتخاب زیستگاه گوشت‌خواران بزرگ مثل پلنگ ایرانی برای بهبود برنامه‌های حفاظتی و دوام درازمدت مناطق حفاظت‌شده ضروری است (Erfanian و همکاران، 2013). رویکرد آنتروپی بیشینه یکی از ابزارهای قدرتمند و مفید برای پی بردن به ویژگی‌ها زیستگاهی جانوران است که با تولید نقشه مطلوبیت زیستگاه کمک شایانی به مدیریت هرچه بهتر گونه‌ها می‌کند (Ortega-Huerta و Peterson، 2008). نتایج ما نشان داد که توزیع پلنگ ایرانی در منطقه مطالعه شده به شدت تحت تأثیر جاده است. به‌طوری‌که این گونه زیستگاه خود را در دورترین نقطه نسبت به جاده انتخاب می‌کند.

به‌منظور حفاظت از پلنگ ایرانی و زیستگاه‌های آن در منطقه چند پیشنهاد توسط نگارندگان ارائه می‌شود. جلوگیری از احداث جاده‌های مشابه در منطقه و در صورت امکان تغییر مکان جاده به خارج از محدوده پارک ملی و منطقه حفاظت‌شده تندوره. احداث زیرگذر یا روگذر برای عبور حیات‌وحش منطقه به‌منظور کاهش اثرات منفی جاده روی حیات‌وحش و به‌خصوص پلنگ ایرانی. جبران نیاز جوامع محلی و بهبود معیشت آن‌ها برای جلوگیری از نفوذ و ورود صدمات ناشی از این جوامع (مثل تعریف دام‌هایشان از مناطق داخلی پارک و همچنین شکار غیرمجاز حیات‌وحش). احداث آبشخورهایی در منطقه با توجه به کم‌آبی‌های ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر در منطقه.

در نهایت پیشنهاد می‌شود مطالعات گسترده‌تری روی سایر گونه‌های منطقه و مناطق اطراف انجام‌شده تا ضمن ایجاد بانک اطلاعاتی قوی، امکان احداث کریدورهایی بین مناطق حفاظت‌شده اطراف با این منطقه بررسی شود.

منابع

1. آقامیری، س.ح.؛ گلستانی، ح. و بیرنی، م.، 1384. شناسنامه پارک ملی و منطقه حفاظت‌شده تندوره، انتشارات سازمان محیط‌زیست. مشهد. 64 صفحه.
2. امید، م.؛ کابلی، م.؛ کرمی، م.؛ سلمان‌ماهینی، ع. و حسن‌زاده‌کیایی، ب.، 1389. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) به روش تحلیل عاملی آشپان بوم‌شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی، استان اصفهان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. سال 12، شماره 1، صفحات 137 تا 148.
3. کریر، ج.ج.، 1391. بوم‌شناسی: مطالعه‌ی تجربی توزیع و فراوانی، مترجم: وهاب‌زاده، ع.، چاپ دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد. صفحات 264 تا 269.
4. وارسته‌مرادی، ح.؛ سلمان‌ماهینی، ع. و قلی‌پور، م.، 1394. ارزیابی زیستگاه حیات‌وحش (جلد دوم)، چاپ اول، انتشارات دی‌نگار. تهران. صفحات 338 تا 346.
5. Acevedo, P.; Alzaga, V.; Cassinello, J. and Gortazar, C., 2007. Habitat suitability modelling reveals a strong niche overlap between two poorly known species, the broom hare and the Pyrenean grey partridge, in the north of Spain. *Acta Oecologica*, Vol. 31, No. 2, pp: 174-184.

2009؛ Wisz و همکاران، 2008؛ Hernandez و همکاران، 2006). مدل Maxent مطلوبیت زیستگاهی پلنگ ایرانی را با توجه به مقدار پایین نرخ حذف و میزان قابل‌قبول شاخص AUC (0/878) با قدرت بالایی پیش‌بینی کرد.

اکثر مناطق مطلوب پیش‌بینی‌شده در قسمت‌های جنوب و مرکز پارک واقع‌شده است. آزمون جک‌نایف نیز نشان داد که مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده مدل، فاصله از جاده، فاصله از چشمه‌ها و جهت جغرافیایی هستند. متغیرهای زیستگاهی استفاده‌شده در مدل نشان می‌دهد که زیستگاه مطلوب پلنگ در این منطقه حفاصل مناطق بافاصله بیش از 6 کیلومتر از جاده، فواصل 1200 تا 2500 متری از چشمه‌ها، جهت شمالی، ارتفاعات بین 1900 تا 2250 متری از سطح دریا و میزان متوسط تا نسبتاً زیاد پیچیدگی‌های سطحی زمین واقع می‌گردد. امیدی و همکاران (1389) نیز گزارش کردند که ارتفاع مناسب برای پلنگ در پارک ملی کلاه‌قازی 1800 تا 2400 متری از سطح دریا است. همچنین عرفانیان و همکاران طی مطالعه‌ای در سال 2013 با استفاده از روش تحلیل عاملی آشپان بوم‌شناختی مطلوبیت زیستگاه پلنگ را در پارک ملی گلستان ارزیابی کرده‌اند. طبق نتایج آن‌ها، زیستگاه مطلوب پلنگ در منطقه دارای ارتفاع متوسط 1234 متری از سطح دریا با شیب 32% است.

براساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش برای مطلوبیت زیستگاهی پلنگ، دوری از جاده بیشترین و فاصله از روستاها و مناطق انسانی و فاصله از رودخانه کمترین اهمیت را دارد که با برخی از نتایج قبلی به‌دست‌آمده برای ارزیابی زیستگاهی پلنگ مطابقت دارد (امیدی و همکاران، 1389؛ Farhadinia و همکاران، 2009؛ Edgaonkar، 2008؛ Ghoddousi و همکاران، 2008).

شیب مطلوب برای پلنگ در منطقه پارک ملی تندوره بین 30 تا 80 درصد است و با افزایش تراکم پوشش گیاهی نیز مطلوبیت زیستگاه برای پلنگ کاهش می‌یابد که همانند برخی نتایج به‌دست‌آمده قبلی است (Erfanian و همکاران، 2013؛ Edgaonkar، 2008). همچنین با افزایش بیش از 3500 متری فاصله پلنگ نسبت به طعمه‌ها مطلوبیت زیستگاه برای پلنگ به‌شدت کاهش می‌یابد. البته هم‌بستگی پایین پلنگ با طعمه‌ها می‌تواند نتیجه پراکنش نسبتاً یکنواخت طعمه‌های پلنگ، در منطقه باشد.

یکی از مشکلات اصلی حفاظت از پلنگ استفاده انسان از اراضی و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های این گونه است (Acevedo و همکاران، 2007). در پارک ملی تندوره جاده ترانزیت ایران و ترکمنستان احداث‌شده که پارک ملی را به دو بخش پارک ملی و منطقه حفاظت‌شده تندوره تقسیم کرده است. این جاده تأثیر منفی بزرگی روی مطلوبیت زیستگاه این گونه ارزشمند گذاشته است. در قسمت شمال و شمال غربی پارک ملی تندوره، منطقه حفاظت‌شده تندوره با وسعتی حدود 23 هزار هکتار واقع‌شده که بخشی از طعمه‌ها و نیازهای زیستگاهی پلنگ را در خود جای‌داده است و این گونه در مواردی مجبور به عبور از این جاده می‌باشد که موجب کاهش احتمال بقای این گونه ارزشمند گشته است. همچنین وجود این جاده دسترسی شکارچیان به داخل پارک



- Persian Leopard (*Panthera pardus saxicolor* Pocock, 1927) in Bamu National Park, Iran. Zoology in the Middle East, Vol. 44, No. 1, pp: 101-103.
16. **Hebblewhite, M.; White, C.A.; Nietvelt, C.G.; McKenzie, J.A.; Hurd, T.E.; Fryxell, J.M.; Bayley, S.E. and Paquet, P.C., 2005.** Human activity mediates a trophic cascade caused by wolves. Ecology, Vol. 86, No. 8, pp: 2135-2144.
 17. **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 modeling methods. Ecography. Vol. 29, No. 5, pp: 773-785.
 18. **Jones, C.G.; Lawton, J.H. and Shachak, M., 1996.** Organisms as ecosystem engineers. Ecosystem management. Springer New York. pp: 130-147
 19. **Khorozyan, I., 2003.** Habitat preferences by the Persian Leopard (*Panthera pardus saxicolor* Pocock, 1927) in Armenia. Zoology in the Middle East, Vol. 30, No. 1, pp: 25-36.
 20. **Khorozyan, I., 2008.** *Panthera pardus ssp. saxicolor*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T15961A5334217. Downloaded on 26 November 2015. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T15961A5334217.en>.
 21. **Kiabi, B.H.; Dareshouri, B.F.; Ghaemi, R.A. and Jahanshahi, M., 2002.** Population status of the Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor* Pocock, 1927) in Iran. Zoology in the Middle East, Vol. 26, No. 1, pp: 41-47.
 22. **Ortega-Huerta, M.A. and Peterson, A.T., 2008.** Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. Revista mexicana de Biodiversidad, Vol. 79, No. 1, pp: 205-216.
 23. **Phillips, S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modeling, Vol. 190, No. 3, pp: 231-259.
 24. **Pocock, R.I., 1927.** XXVII. Description of two subspecies of leopards. Journal of Natural History, Vol. 20, No. 116, pp: 213-214.
 25. **Soulé, M.E.; Estes, J.A.; Miller, B. and Honnold, D.L., 2005.** Strongly interacting species: conservation policy, management, and ethics. BioScience, Vol. 55, No. 2, pp: 168-176.
 26. **Wisz, M.S.; Hijmans, R. J.; Li, J.; Peterson, A.T.; Graham, C.H. and Guisan, A., 2008.** Effects of sample size on the performance of species distribution models. Diversity and Distributions, Vol. 14, No. 5, pp: 763-773.
 6. **Achyut, A. and Kreigenhofer, B., 2009.** Summer diet composition of the common leopard *Panthera pardus* (Carnivora: Felidae) in Nepal. Journal of Threatened Taxa, Vol. 1, No. 11, pp: 562-566.
 7. **Benito, B. M.; Martínez-Ortega, M. M.; Munoz, L. M.; Lorite, J. and Peñas, J., 2009.** Assessing extinction-risk of endangered plants using species distribution models: a case study of habitat depletion caused by the spread of greenhouses. Biodiversity and Conservation, Vol. 18, No. 9, pp: 2509-2520.
 8. **Berger, J.; Stacey, P. B.; Bellis, L. and Johnson, M. P., 2001.** A mammalian predator-prey disequilibrium: how the extinction of grizzly bears and wolves affects the diversity of avian neotropical migrants. Ecological Applications, Vol. 11, No. 4, pp: 947-60.
 9. **Edgaonkar, A., 2008.** Ecology of the leopard (*Panthera pardus*) in Bori wildlife sanctuary and Satpura national park, India. PhD thesis. University of Florida. Florida, USA. 135 p.
 10. **Elith, J.; Graham, C.H.; 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.; Manion, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Overton, J.M.; Peterson, A.T.; Phillips, S.J.; Richardson, K.; Scachetti-Pereira, R.; Schapire, R.E.; Soberon, J.; Williams, S.; Wisz M.S. and Zimmermann, N.E., 2006.** Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, Vol. 29, No. 2, pp: 129-151.
 11. **Erfanian, B.; Mirkarimi, S.H.; Mahini, A.S. and Rezaei, H.R., 2013.** A presence-only habitat suitability model for Persian leopard *Panthera pardus saxicolor* in Golestan National Park, Iran. Wildlife Biology, Vol. 19, No. 2, pp: 170-178.
 12. **Farhadinia, M.S.; Ahmadi, M.; Sharbafi, E.; Khosravi, S.; Alinezhad, H. and Macdonald, D.W., 2015.** Leveraging trans-boundary conservation partnerships: Persistence of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in the Iranian Caucasus. Biological Conservation, Vol. 191, pp: 770-778.
 13. **Farhadinia, M.S.; Mahdavi, A. and Hosseini-Zavarei, F., 2009.** Reproductive ecology of the Persian Leopard, *Panthera pardus saxicolor*, in Sarigol National Park, northeastern Iran: (Mammalia: Felidae). Zoology in the Middle East, Vol. 48, No. 1, pp: 13-16.
 14. **Gavashelishvili, A. and Lukarevskiy, V., 2008.** Modelling the habitat requirements of leopard *Panthera pardus* in west and central Asia. Journal of Applied Ecology, Vol. 45, No. 2, pp: 579-588.
 15. **Ghoddousi, A.; KhaleghiHamidi, A.M.; Ghadirian, T.; Ashayeri, D.; Hamzehpour, M.; Moshiri, H.; Zohrabi, H. and Julayi, L., 2008.** Territorial marking by the



