

تلفیق مدل مدار الکتریکی و حداکثر آنتروپی برای طرح ریزی کریدورهای حفاظتی بین استان های اصفهان و مرکزی

- **آزیتا رضوانی:** گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- **سیما فاخران اصفهانی*:** گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- **علیرضا سفیانیان:** گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- **مصطفی ترکش:** گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- **محمودرضا همامی:** گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۵

چکیده

آگاهی از مسیر حرکت گونه ها در میان زیستگاه های مختلف امری ضروری جهت توسعه رویکردهای حفاظتی در مقیاس سیمای سرزمین است. حفظ توانایی حرکت و جابه جایی افراد در دوره های کوتاه تا میان مدت امکان انتشار، دسترسی به زیستگاه های مطلوب، مهاجرت های فصلی و پویایی ابرجمعیت ها و در بلندمدت، امکان تغییر محدوده های پراکنش گونه ها در واکنش به تغییر اقلیم را فراهم می نماید. هدف از این مطالعه شناسایی کریدورهای مهاجرتی قوچ و میش اصفهانی *Ovis orientalis isphahanica* در بین منطقه حفاظت شده هفتادقله در استان مرکزی و پناهگاه حیات وحش موته در استان اصفهان با رویکرد تلفیقی مدل مدار الکتریکی با استفاده از نرم افزار Circuitscape و مدل حداکثر آنتروپی با استفاده از نرم افزار MaxEnt است. در مرحله اول، مدل سازی پراکنش گونه طی دو گام با استفاده از داده های حضور و بدون استفاده از داده های حضور در ناحیه حدفاصل مورد مطالعه مابین مناطق تحت حفاظت مذکور انجام گرفت. خروجی های مدل حداکثر آنتروپی جهت شناسایی مسیرهای ارتباطی وارد مدل مدار الکتریکی گردید. نتایج مدل ها نشان داد تنها یک مسیر اصلی بالقوه مطلوب برای جابه جایی بین مناطق تحت حفاظت موته و هفتادقله وجود دارد که در نزدیکی منطقه هفتادقله به چند شاخه تقسیم شده و در نتیجه، مسیرهای متعدد بالقوه مطلوبی را در آن ناحیه به وجود می آورند. مسیرهای مطلوب شناسایی شده توسط مدل ها با راه های گذار شناخته شده ای که در طی سالیان گذشته توسط جمعیت های این گونه استفاده شده است مطابقت دارد و پیشنهاد می شود این کریدورها به شبکه مناطق تحت حفاظت، افزوده شود.

کلمات کلیدی: کریدور، مهاجرت، گردنه بطری، مقاومت سیمای سرزمین، مدار الکتریکی



مقدمه

این در حالی است که ممکن است مسیرهای متعدد دیگری نیز جهت تسهیل حرکت افراد وجود داشته باشد (Keitt و Pinto، ۲۰۰۹؛ Moilanen و همکاران، ۲۰۱۱). برای برطرف نمودن این محدودیت، روش‌های جایگزینی توسعه یافته که قادر به شناسایی تمامی مسیرهای ارتباطی ممکن می‌باشند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل مدار الکتریکی (Circuitscape Theory) اشاره نمود (McRae و همکاران، ۲۰۰۸). کاربرد تئوری مدار الکتریکی در مسائل بوم‌شناختی به دلیل شباهتی است که میان ارتباطات بوم‌شناختی و ارتباط الکتریکی وجود دارد. در این تئوری، گره‌های الکتریکی به‌عنوان لکه‌های زیستگاهی، حرکت جریان به‌منزله حرکت افراد و مقاومت (Resistors) میان گره‌ها به‌عنوان مسیرها یا کریدورهای زیستگاهی در نظر گرفته می‌شوند. خروجی این مدل نقشه جریان است که شدت آن نشان‌دهنده احتمال حرکت افراد در سیمای سرزمین می‌باشد. به‌علاوه با استفاده از نقشه جریان می‌توان کریدورها و نواحی ارتباطی مهم در سیمای سرزمین را نیز شناسایی نمود (ملکوتی‌خواه و همکاران، ۱۳۹۲). Poor و همکاران (۲۰۱۲)، جهت شناسایی کریدورهای فصلی برای گونه شاخ چنگالی از دو مدل حداقل هزینه و مدل مدار استفاده کرده و نتایج حاصل از دو مدل ذکر شده را با یکدیگر مقایسه نمودند. در مطالعه‌ای دیگر Beier و همکاران (۲۰۰۸)، از مدل حداقل هزینه استفاده و کریدورهای حداقل هزینه را برای *Ovis canadensis nelsoni* در آریزونا مشخص نمودند. در ایران نیز مطالعاتی مشابهی انجام گرفته است. برای مثال، ملکوتی‌خواه و همکاران (۱۳۹۳) از این دو مدل استفاده و کریدورهای مهاجرتی را برای دو سم‌دار آسیب پذیر آهوی ایرانی *Gazelle subgutturosa subgutturosa* و قوچ و میش *Ovis orientalis isphahanica* در بین پناهگاه‌های حیات وحش موه‌و قمیشلو شناسایی نمودند. Goljani و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از مدل حداقل هزینه، مسیرهای حداقل هزینه واقع در میان زیستگاه‌های تابستانه و پاییزه برای قوچ و میش را در شمال ایران تعیین کردند. در بررسی مشابه، مشهدی‌احمدی (۱۳۹۳)، با به‌کارگیری ۸ لایه زیست‌محیطی و با استفاده از مدل الگوریتم حداکثر آنتروپی نقشه مطلوبیت تابستانه و زمستانه قوچ و میش البرز مرکزی را تهیه و با کمک مدل کم‌ترین هزینه مسیر، ۲۵ مسیر گدار یا مهاجرت را برای این گونه طراحی کرد. هم‌چنین Farhadinia و همکاران (۲۰۱۵) با کمک تئوری مدار الکتریکی به بررسی کریدورهای مهاجرتی پلنگ در قفقاز پرداختند. در بررسی دیگری الماسیه و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی شدت جریان بالقوه خرس سیاه ایرانی در سیستان و بلوچستان با استفاده از تئوری مدار الکتریکی اقدام نمودند. در اکثر مطالعات انجام‌شده،

آگاهی از مسیر حرکت گونه‌ها در میان زیستگاه‌های مختلف امری ضروری جهت توسعه رویکردهای حفاظتی در مقیاس سیمای سرزمین است. حفظ توانایی حرکت و جابه‌جایی افراد در دوره‌های کوتاه تا میان مدت امکان انتشار، دسترسی به زیستگاه‌های خالی، مهاجرت‌های فصلی و پویایی ابرجمعیت‌ها (Metapopulations) (Hanski، ۱۹۹۸)، و در بلندمدت امکان تغییر محدوده‌های پراکنش گونه‌ها در واکنش به تغییر اقلیم را فراهم نموده و سبب حفظ تنوع ژنتیکی مورد نیاز جهت فرآیندهای تکاملی گونه‌ها می‌گردد (Minor و Urban، ۲۰۰۸). یکی از مهم‌ترین اشکال حرکت گونه‌ها در سیمای سرزمین، مهاجرت (حرکت رفت و برگشت هم‌زمان، دسته‌جمعی و قابل پیش‌بینی افرا یک گونه در میان زیستگاه‌های دور از هم) است (Poor و همکاران، ۲۰۱۲). در میان انواع مختلف گونه‌ها، مهاجرت‌های دسته‌جمعی و طولانی سم‌داران از جمله جالب توجه‌ترین انواع مهاجرت می‌باشد (Bolger و همکاران، ۲۰۰۸). متأسفانه، در طول سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی سبب شده است تا بخش قابل توجهی از مسیرهای مهاجرتی این گونه‌ها نابود گردد. مهم‌ترین فعالیت‌های انسانی که در نابودی فرآیند مهاجرت و مسیرهای مهاجرتی سم‌داران نقش به‌سزایی داشته‌اند عبارتند از شکار بی‌رویه، موانع انسان ساخت و نابودی زیستگاه (Bolger و همکاران، ۲۰۰۸). کاهش‌هایی که در سالیان اخیر در نتیجه تأثیر این عوامل در اندازه جمعیت سم‌داران رخ داده است، به‌خوبی آسیب‌پذیری مسیرهای مهاجرتی باقی‌مانده را آشکار می‌نماید (Bolger و همکاران، ۲۰۰۸). از این‌رو، با ادامه شدت یافتن این تهدیدات انسانی، ضروری است که مسیرهای مهاجرتی باقی‌مانده شناسایی شده تا بتوان اقدامات مؤثر جهت حفاظت کافی از آن‌ها را به‌عمل آورد (Poor و همکاران، ۲۰۱۲). در این ارتباط، شناسایی کریدورهای ارتباطی به‌عنوان یک ابزار حفاظتی مهم (Cushman و همکاران، ۲۰۱۳)، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش تأثیرات منفی فعالیت‌های انسانی و جلوگیری از نابودی مسیرهای مهاجرت سم‌داران داشته باشد. جهت پیش‌بینی و شناسایی کریدورها و ارتباطات زیستگاهی، روش‌های متعددی توسعه یافته‌است که مبنای آن‌ها محاسبه میزان مقاومت سیمای سرزمین در برابر حرکت افراد می‌باشد. متداول‌ترین روش مورد استفاده، روش تحلیل حداقل هزینه است (Cushman و همکاران، ۲۰۰۹) که با استفاده از آن می‌توان مسیر یا کریدورهای حداقل هزینه را شناسایی نمود. مهم‌ترین عیب این روش در این است که تنها یک مسیر را به‌عنوان مطلوب‌ترین راه ارتباطی میان لکه‌های زیستگاهی شناسایی می‌کند،



مناطق مورد بررسی جهت شناسایی کریدورهای زیستگاهی در یک استان قرار داشته‌اند، با توجه به این که مسیرهای مهاجرتی با مرزهای سیاسی استان‌ها مطابقت ندارد و از دیرباز مهاجرت بین مناطق صورت می‌گرفته، بنابراین هدف اصلی این مطالعه بررسی و شناسایی ارتباطات زیستگاهی و کریدورهای مهاجرتی قوچ و میش بین پناهگاه حیات وحش موته و منطقه حفاظت شده هفتادقله در نظر گرفته شد. به این منظور ابتدا با استفاده از روش حداکثر آنتروپی نقشه مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش در ناحیه مطالعه تهیه و سپس با استفاده از تئوری مدار الکتریکی کریدورها و نواحی ارتباطی مهم شناسایی گردید.

مواد و روش‌ها

گونه مورد مطالعه: در این مطالعه قوچ و میش *Ovis orientalis isphahanica* به دلیل مشاهدات میدانی مبنی بر مهاجرت این گونه در بین دو منطقه و اهمیت آن در مناطق مذکور، به عنوان گونه هدف انتخاب شد. از جمله مشخصات این گونه عبارتند از: خمیدگی شاخ‌ها به دوطرف گردن، قسمت جلویی شاخ‌ها گرد و لبه پشتی تیز است (ضیایی، ۱۳۸۷). پیچش شاخ به اطراف گردن و مقطع شاخ مثلثی شکل است. میش‌ها اغلب بدون شاخ هستند. در زمستان موهای زیرگردن و سینه سیاه‌رنگ و در مقایسه با قوچ ارمنی بسیار بلنداند. لکه سفید زینی شکل در ناحیه کمر دیده می‌شود. رنگ بدن تیره‌تر از سایر قوچ‌هاست ولی دست و پا و پوزه سفید است (ضیایی، ۱۳۸۷). این حیوانات روزگردند. زندگی آن‌ها به صورت اجتماعی و میش‌ها و بره‌ها و نرهای جوان باهم و جدا از قوچ‌های مسن (گله نرهای بالغ) می‌باشند. فصل جفت‌گیری آن‌ها در اوایل پاییز است (مکی، ۱۳۹۰). قوچ و میش ارمنی و زیرگونه‌های آن از جمله زیرگونه اصفهان در لیست IUCN در رده آسیب‌پذیر (Vulnerability) قرار دارد (www.IUCN.org) پراکندگی قوچ و میش اصفهانی فقط در مناطق جنوب غرب و جنوب شرق استان اصفهان و قسمتی از استان چهارمحال و بختیاری است (ضیایی، ۱۳۸۷؛ مکی، ۱۳۹۰).

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه، منطقه‌ای است به طول حدود ۶۳ کیلومتر که در بین پناهگاه حیات وحش موته در شمال غربی استان اصفهان و منطقه حفاظت شده هفتادقله در جنوب استان مرکزی واقع شده است. ارتفاع این ناحیه در محدوده ۲۸۹۸-۱۴۲۰ متر می‌باشد. پوشش گیاهی در منطقه شامل *Scariola_Euphorbia Scariola_Cousinia Scariola_Stipa*

جمع‌آوری داده و لایه‌های مورد نیاز: برای جمع‌آوری نقاط حضور در دو فصل مهاجرت بهار و پاییز، بازدیدهای میدانی در آبان، آذر و اسفند سال ۱۳۹۴ از مناطق مورد مطالعه صورت گرفت، به علاوه از اطلاعات محیط‌بانان نیز در این زمینه استفاده شد. در بازدیدهای میدانی، موقعیت مکانی حضور گونه به صورت مستقیم و غیرمستقیم (ثبت نمایه‌هایی نظیر ردپا، سرگین) با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی ثبت گردید. در نهایت ۱۰۰ نقطه حضور جهت ورود به فرایند مدل‌سازی استفاده شد. در این مطالعه بر مبنای مطالعات میدانی، مرور منابع (مروتی و همکاران، ۱۳۹۳؛ مکی، ۱۳۹۰؛ ملکوتی خواه و همکاران، ۱۳۹۲) و پرسش از کارشناسان و محیط‌بانان پناهگاه حیات وحش موته و منطقه حفاظت شده هفتادقله، تیپ پوشش گیاهی، شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، شاخص NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)، پارامترهای اقلیمی و منابع آب برای تهیه مدل مطلوبیت



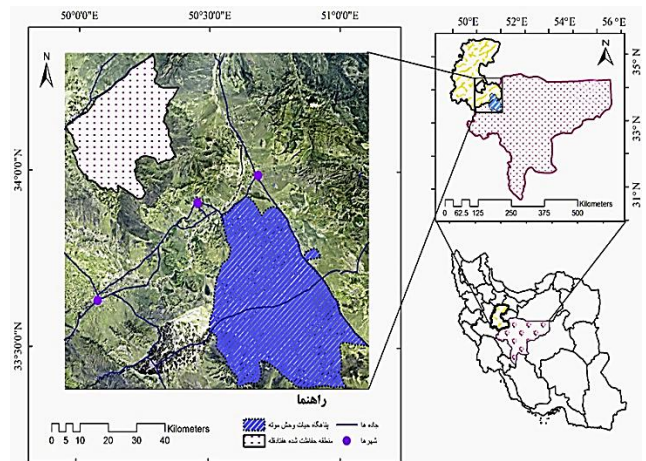
بین تمامی داده‌های اقلیمی آنالیز همبستگی با استفاده از شاخص همبستگی پیرسون انجام شد و متغیرهایی که همبستگی بالایی داشتند حذف گردید. آستانه در نظر گرفته شده جهت شناسایی متغیرها با همبستگی بالا برابر ۷/ در نظر گرفته شد (Li و همکاران، ۲۰۱۴). سپس مدل حداکثر آنتروپی با تمامی متغیرها و داده‌های اقلیمی انتخاب شده اجرا شد. در نهایت با استفاده از تحلیل جک نایف متغیرهایی که بالاترین درجه اهمیت را براساس کاربرد تنهایی آن متغیر داشتند، مشخص شدند، ۱۲ متغیر به‌عنوان داده‌های نهایی انتخاب شدند (جدول ۱).

جدول ۱: لیست متغیرهای نهایی مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش قوچ و میش اصفهانی

کد	نام متغیر
DEM	ارتفاع
Slop	شیب
Bio13	بارش خشک‌ترین ماه
Bio14	بارش مرطو ترین فصل
	تیپ‌های پوشش گیاهی
auc_Ast	(۱) <i>Artemisia aucheri_Astragalus</i>
sie_Ast	(۲) <i>Artemisia sieberi_Astragalus</i>
Ast_Cou	(۳) <i>Astragalus_Cousinia</i>
Sca_Cou	(۴) <i>Scariola_Cousinia</i>
Ndvi_pc1	شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده
Urban	شهرها
Mine	معادن و صنایع
Road	جاده‌ها

تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه: اجرای مدل حداکثر آنتروپی در نرم‌افزار maxent ۳,۳,۳ صورت گرفت (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶). در این مطالعه فرایند مدل‌سازی به دو شکل انجام گرفت. در گام اول، مدل حداکثر آنتروپی با استفاده از لایه‌های نهایی و داده‌های حضور (داده‌های حضور پناهگاه حیات وحش موته، منطقه حفاظت شده هفتادقله و مابین این دو منطقه) انجام شد. پارامتر هموارسازی (Regularization multiplier) یک انتخاب شد که دلیل آن جلوگیری از برازش بیش از مقدار واقعی بود (Khosravi و همکاران، ۲۰۱۵، Phillips و همکاران، ۲۰۰۶). حداکثر تعداد نقاط پس زمینه ۱۰۰۰۰، تعداد اجرای هر مدل ۱۰ بار و فرمت خروجی، لجستیک در نظر گرفته شد (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶؛ خسروی، ۱۳۹۴؛ Khosravi و همکاران، ۲۰۱۵). در گام دوم مدل‌سازی همان متغیرهای محیطی مورد استفاده قرار گرفت، با این تفاوت که تنها از داده‌های حضور جمع‌آوری شده

زیستگاه قوچ و میش انتخاب شدند. در این مطالعه از ۱۹ متغیر اقلیمی و زیست اقلیمی بانک داده Worldclim برای مدل‌سازی زیستگاه قوچ و میش استفاده شد (Hijmans و همکاران، ۲۰۰۵). کم‌ترین قدرت تفکیک مکانی داده‌های این وبگاه نزدیک به یک کیلومتر مربع است، از آنجایی که هدف از این مطالعه بررسی تأثیر متغیرهای محیطی بر پراکنش قوچ و میش در مقیاس ۲۵۰ متر بوده، لذا از روش spline جهت کاهش تغییر قدرت تفکیک مکانی پیکسل‌ها از یک کیلومتر به ۲۵۰ متر استفاده گردید (Hijmans و همکاران، ۲۰۰۵). در این مطالعه برای تهیه شاخص NDVI از تصاویر سنجنده MODIS ماهواره Terra با دقت مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد. بدین منظور تصاویر سری زمانی ۲۰۱۵ این سنجنده برای دوره مهاجرت شه‌ریور- مهر که در واقع ماه‌های اوج رشد پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است، از سایت USGU تهیه شد و شاخص پوشش گیاهی برای ماه‌های ذکر شده با استفاده از نرم‌افزار ENVI استخراج شد. با توجه به دوره ۱۶ روزه تصویر برداری این سنجنده جهت تهیه تصویر نهایی ورودی به فرایند مدل‌سازی آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی لایه‌ها در نرم‌افزار ArcMap ۱۰,۲ انجام شد. تصویر حاصل در مدل مطلوبیت به‌عنوان نقشه شاخص پوشش گیاهی وارد گردید.

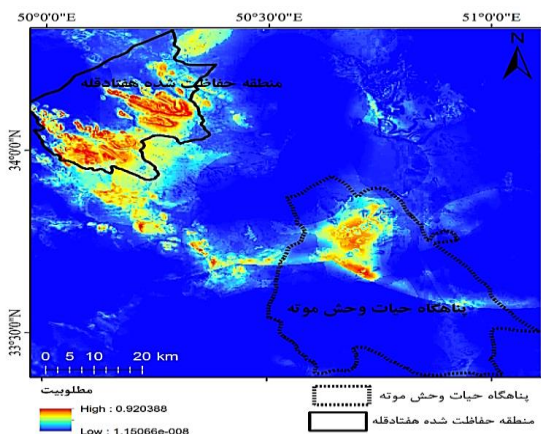


شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه، شامل پناهگاه حیات وحش موته استان اصفهان، منطقه حفاظت شده هفتادقله استان مرکزی و مناطق بینابینی

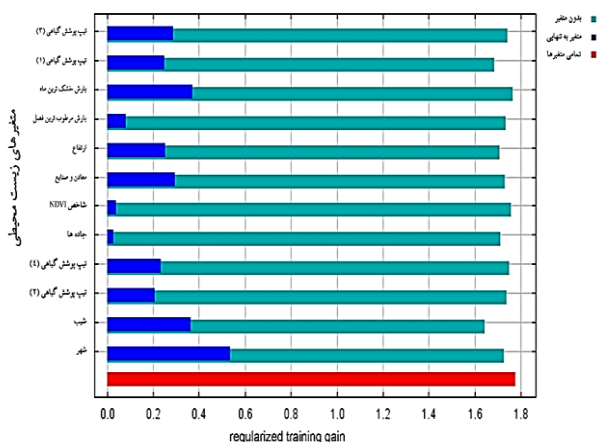
همبستگی بین متغیرها: به دلیل تعداد زیاد لایه‌های انتخاب شده و هم‌چنین احتمال همبستگی بالا بین برخی از متغیرها، انتخاب متغیرهای نهایی برای ورود به مدل به صورت زیر انجام شد. ابتدا بین تمامی متغیرها آنالیز همبستگی انجام گرفت. نتایج نشان داد تنها داده‌های اقلیمی دارای همبستگی هستند، بنابراین



مناطق با مطلوبیت بالا که حداکثر احتمال حضور گونه را دارد است به رنگ قرمز و مناطقی که احتمال حضور گونه پایین است با رنگ آبی مشخص شده است. بیشترین مناطق مطلوب در محدوده ناحیه مطالعه در قسمت شمالی پناهگاه حیات وحش موته و بخش‌های شرق و جنوب تا جنوب غربی منطقه حفاظت شده هفتادقله قرار دارند. کمترین میزان مطلوبیت در این دو منطقه نیز در بخش‌های جنوبی پناهگاه حیات وحش موته و بخش شمالی منطقه حفاظت شده هفتادقله پیش‌بینی شده که مناطق دشتی آن‌ها را تشکیل می‌دهد. براساس پیش‌بینی مدل مکسنت، بخش عمده‌ای از وسعت ناحیه حدفاصل دو منطقه حفاظت شده، از مطلوبیت پایینی برای حمایت از جمعیت‌های قوچ و میش برخوردار می‌باشد. تنها گستره مطلوب در این بخش، نواری باریک و ناپیوسته از زیستگاه‌های مطلوب است که در طول رشته کوه‌های منطقه و در جهت شمال جنوب قرار گرفته است.



شکل ۲: نقشه مطلوبیت زیستگاه احتمال حضور قوچ و میش با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در گام اول



شکل ۳: نتایج آزمون جک‌نایف برای بررسی اهمیت هر یک از متغیرها

از دو منطقه تحت حفاظت موته و هفتادقله استفاده و از نقاط ناحیه حدفاصل صرف نظر گردید. هدف از این کار بررسی میزان ارزیابی کارایی مدل در پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب قوچ و میش در شرایط عدم دسترسی به داده‌های حضور کافی بود.

مدل‌سازی ارتباطات با نرم‌افزار Circuitscape:

Circuitscape برنامه‌ای است که از نظریه مدارهای الکتریکی برای پیش‌بینی ارتباط جمعیت‌های حیات وحش در سیمای سرزمین‌های ناهمگن در حرکت انفرادی افراد، جریان ژن و برنامه‌ریزی حفاظت بهره می‌برد. اجرای برنامه مدار الکتریکی در نرم‌افزار Circuitscape ۳،۵،۸ صورت گرفت (Mcrae و همکاران، ۲۰۱۱). این نرم‌افزار برای طراحی کریدور بین جمعیت‌های حیات وحش در طبیعت از دو نوع لایه زیستگاه ورودی استفاده می‌کند. این لایه می‌تواند به شکل مدل مطلوبیت زیستگاه گونه هدف و یا لایه مقاومت باشد (نقشه مناطق نامناسب برای حرکت گونه است که مکان‌های نامناسبی را که گونه در طول مسیر حرکت ممکن است با آن‌ها برخورد کند نشان می‌دهد و در نرم‌افزار مذکور به نام نقشه مقاومت خوانده می‌شود). مقاومت‌های کم به زیستگاه‌هایی اختصاص می‌یابند که بیشترین نفوذپذیری را به حرکت دارند و یا بهترین راه‌های تسهیل جریان ژن هستند و مقاومت‌های زیاد برای زیستگاه‌هایی با کمترین پراکنش و یا برای موانع حرکت طراحی شده‌اند. که در این مطالعه از مدل حداکثر آنتروپی تهیه شده در نرم‌افزار MaxEnt (به عنوان مطلوبیت) استفاده گردید. هر سلول شبکه با مقاومت محدود به عنوان یک گره در نمودار نشان داده می‌شود و به چهار سلول زیستگاه همسایه درجه یک یا هشت سلول زیستگاه همسایه درجه دو وصل شده است که در این جا از ۴ پیکسل به دلیل حجم کم تر استفاده شد. برای محاسبه جریان الکتریکی، از روش سوم all_to_one استفاده گردید. این روش نیازمند حافظه کمتری بود و الگوی ارتباطات در ناحیه براساس شدت جریان الکتریکی را بهتر نشان می‌دهد (ملکوئی خواه و همکاران ۱۳۹۲). پس از اجرای برنامه، خروجی آن که نقشه جریان در کل منطقه است، به دست آمد. از این نقشه برای بررسی ارتباطات عملکردی قوچ و میش در ناحیه و شناسایی بهترین مسیرهای مهاجرت برای گونه استفاده گردید.

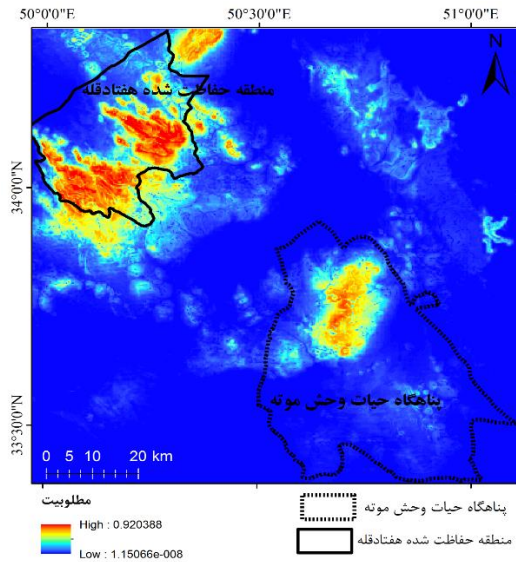
نتایج

مدل‌های مطلوبیت زیستگاه

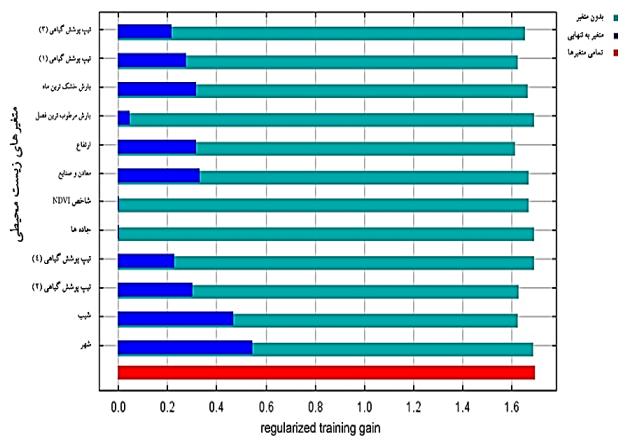
مدل‌های مطلوبیت زیستگاه: نقشه پیش‌بینی پراکنش قوچ و میش در شکل ۲ نشان داده شده است. نقشه مطلوبیت زیستگاه به دست آمده مطلوبیت را از صفر تا یک بیان می‌کند.



جهت شمال- جنوب بین دو منطقه حفاظت شده پیش بینی شده است. با توجه به نقشه مطلوبیت (شکل ۲) مشخص می شود که حداکثر جریان با آن بخشی از منطقه که دارای حداکثر مطلوبیت و حداقل مقاومت زیستگاهی است، مطابقت دارد.



شکل ۴: نقشه مطلوبیت زیستگاه احتمال حضور قوچ و میش با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در گام دوم



شکل ۵: نتایج آزمون جک نایف برای بررسی اهمیت هریک از متغیرها در گام دوم

دلیل دوم برای بالا بودن جریان، مقاومت بالای پیکسل های پیرامون ناحیه است که در نقشه مطلوبیت (شکل ۲) به وضوح قابل مشاهده است. علاوه بر این، در بخش میانی و شرقی منطقه نیز رگه هایی از جریان مشاهده می شود که به دلیل وجود زیستگاه های کم تر در این مناطق، شدت جریان عبوری از این ناحیه به نسبت پایین بوده است. همان طور که از روی شکل مشخص است جاده دلیجان- محلات که در جهت شرقی- غربی کشیده شده است،

نتیجه حاصل از ارزیابی کارایی مدل حداکثر آنتروپی با استفاده از شاخص AUC (۰/۹۳) نشان داد که مدل از کارایی و دقت بالایی در پیش بینی مناطق مطلوب حضور این گونه در ناحیه مطالعه برخوردار است. آزمون جک نایف نشان داد که متغیرهای فاصله تا نواحی شهری و بارش خشک ترین ماه (BIO13) مهم ترین متغیرهای پیش بینی کننده بودند (شکل ۳).

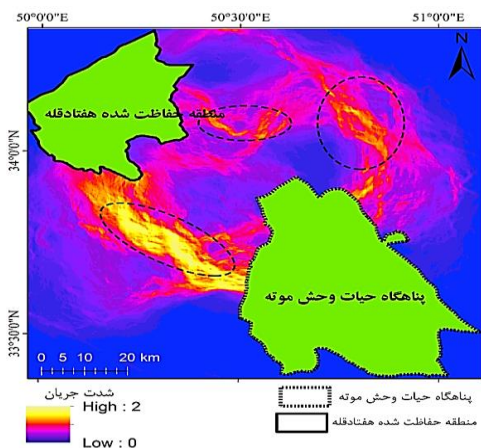
مدل مطلوبیت زیستگاه: خروجی مدل حداکثر آنتروپی که در گام دوم و بدون در نظر گرفتن نقاط حضور در ناحیه حد فاصل تهیه گردید در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشخص است الگوی پیش بینی شده برای حضور قوچ و میش در دو منطقه حفاظت شده هدف مشابه مدل به دست آمده در گام اول است. مهم ترین تفاوت مشاهده شده در نتایج دو مدل در ناحیه حدفاصل دو منطقه مشاهده گردید. در مقایسه با مدل قبل، نواحی با حداکثر احتمال حضور قوچ و میش تنها به شکل چندین لکه و در حاشیه مرز جنوبی منطقه حفاظت شده هفتادقله پیش بینی شده است. علاوه بر این، عدم استفاده از نقاط حضور در ناحیه حد فاصل سبب شده است تا مدل حداکثر آنتروپی احتمال حضور بسیار پایینی برای زیستگاه های مطلوب واقع در جهت شمال- جنوب پیش بینی نماید. به علاوه، مدل دوم در بخش شرقی ناحیه نواحی زیستگاهی جدیدی به شکل پراکنده شناسایی نموده است که توسط مدل اول پیش بینی نشدند. نتایج تحلیل جک نایف نشان می دهد که متغیرهای شهر، شیب، صنایع و معادن، بارش خشک ترین ماه مهم ترین متغیرهای پیش بینی کننده هستند. هم چنین میزان AUC برای این مدل، ۰/۹۳۲ به دست آمده است که بیان کننده کارایی و دقت بالای مدل در پیش بینی مناطق حضور این گونه در ناحیه مطالعه می باشد (شکل ۵). براساس نتایج حاصل از آزمون جک نایف، فاصله تا نواحی شهری به عنوان یک متغیر وابسته به فعالیت های انسانی در هر دو مرحله به عنوان اصلی ترین متغیر در پیش بینی احتمال حضور گونه در ناحیه مطالعه شناسایی گردید.

نقشه های شدت جریان

مدل ارتباطی در گام اول: مدل ارتباط عملکردی قوچ و میش در ناحیه مطالعه که با استفاده از مدل مدار الکتریکی تهیه گردید در شکل ۶ نشان داده شده است. براساس الگوی توزیع شدت جریان در ناحیه، می توان نتیجه گرفت که بخش غرب و جنوب غربی منطقه مورد مطالعه حداکثر احتمال برای حمایت از جابه جایی های فصلی این گونه را دارد. حداکثر شدت جریان در سراسر ناحیه (جریان با شدت بالا در این ناحیه با رگه های زرد رنگ نمایان شده است) در این بخش متمرکز شده است که به شکل نواری پیوسته در



شمال ادامه یافته است. مسیر دوم نیز در نزدیکی پناهگاه حیات وحش موته قرار دارد که ارتباط میان حاشیه شمال غربی منطقه با مسیر اصلی را برقرار نموده است. در برخی از بخش‌های این مسیرهای ارتباطی، شدت جریان عبوری حداکثر میزان بوده که به‌عنوان گردنه بطری در شبکه ارتباطی شناسایی شده عمل می‌نمایند. این مناطق با شدت جریان بالای عبوری در بخش‌های مختلفی در طول مسیر ارتباطی اول و دوم مشاهده می‌شوند. مقایسه مدل جریان با نقشه جاده‌های منطقه نشان می‌دهد که مشابه مسیر اصلی، جاده‌های منطقه در چندین بخش، مسیرهای جدید شناسایی شده را قطع نموده‌اند. از جمله بزرگراه اصفهان-تهران که در یک بخش مسیر ارتباطی اول قرار را قطع نموده و هم‌چنین جاده دلیجان-محلات که از دو نقطه شامل مسیر اصلی جریان و مسیر اول عبور نموده است. مقایسه شکل ۷ و نقشه مطلوبیت زیستگاهی شکل ۴ نشان می‌دهد که مقاومت زیستگاهی در بخش غربی منطقه بینابینی نیز کم‌تر است. سلول‌های اطراف این جریان به شدت مقاومت زیستگاهی بالایی دارند، که این نیز بر وجود شدت جریان در آن بخش غربی ناحیه بینابینی می‌افزاید. در سمت راست پناهگاه حیات وحش موته و منطقه حفاظت شده هفتادقله نیز جریان ضعیفی دیده می‌شود که به دلیل مقاومت زیستگاهی در این ناحیه است.

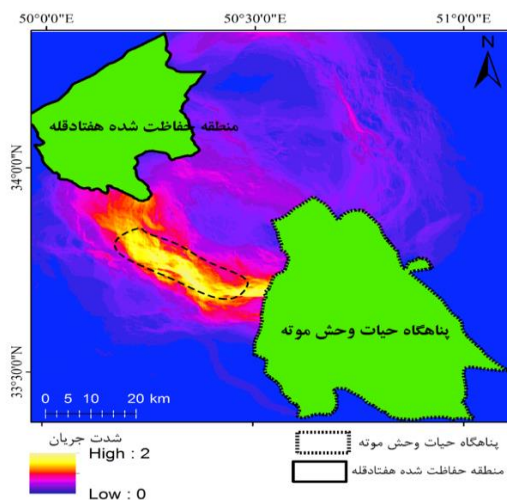


شکل ۷: نقشه شدت جریان با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در گام دوم

بحث

مدل‌های پراکنش قوچ و میش: مدل‌سازی پراکنش قوچ و میش با و بدون استفاده از نقاط حضور جمع‌آوری شده در منطقه مطالعه رویکرد جدیدی است که برای اولین بار در این مطالعه انجام گرفت. هرچند که هدف از تهیه این مدل‌ها مقایسه خروجی‌های مدل ارتباطی گونه بوده است، اهمیت متغیرهای

از بخش میانی مسیر جریان عبور نموده است. مقایسه نقشه شدت جریان و مطلوبیت زیستگاه نشان می‌دهد که بخش شرقی ناحیه بینابینی به دلیل مقاومت زیاد، شدت جریان کمی را دارد. این ناحیه دارای بیش‌ترین تعارضات انسانی از جمله صنایع و معادن (معدن تراورتن موته و ترشاب)، مناطق شهری و روستاها (از جمله شهرستان محلات، دلیجان و روستای راه و خوره) است. در کل می‌توان گفت با وجود دو جاده اصلی در شمال پناهگاه حیات وحش موته و جنوب منطقه حفاظت شده هفتادقله و هم‌چنین کاربری‌های متعدد انسانی، قوچ و میش بین دو ناحیه موردنظر مهاجرت می‌کنند.



شکل ۶: نقشه بالقوه شدت جریان حرکت افراد گونه قوچ و میش ارمنی با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در گام اول

مدل ارتباطی گام دوم: الگوی حرکت قوچ و میش بدون در نظر گرفتن نقاط حضور در منطقه حفاصل در مدل ارتباطی تهیه شده در شکل ۷ نشان داده شده است. مقایسه نقشه جریان دوم با نقشه اول نشان می‌دهد که مسیر اصلی شمالی-جنوبی که ضلع جنوب غربی منطقه حفاظت شده هفتادقله و ضلع غربی پناهگاه حیات وحش موته را به هم مرتبط نموده است در مدل دوم نیز پیش‌بینی شده است. مهم‌ترین تفاوت این دو مدل افزایش شدت جریان در طول مسیرهایی است که در مدل اول شدت جریان عبوری از آن‌ها پایین‌تر و لذا به‌طور مشخصی پیش‌بینی نشده بودند. دلیل اصلی افزایش شدت جریان و تشکیل این مسیرها در واقع زیستگاه‌های جدیدی است که به شکل پراکنده در بخش شرقی ناحیه توسط مدل دوم مطلوبیت زیستگاه شناسایی شدند. این مسیرها عبارتند از: مسیر واقع در منتهی‌الیه شرقی منطقه که جهت شمال-جنوب داشته و از حاشیه شمال شرقی پناهگاه حیات وحش موته تا نزدیکی مرز شرقی منطقه حفاظت شده هفتادقله در



تعمیم پیش‌بینی به این بخش کافی نبوده است (Philips و همکاران، ۲۰۰۶). به عبارت دیگر با توجه به این که این مسیر ارتباطی یک کریدور عملکردی است مدل حداکثر آنتروپی در گام دوم توانایی پیش‌بینی مطلوبیت را برای آن نداشته‌است در حالی که در گام اول به دلیل وجود نقاط حضور در ناحیه حدفاصل به خوبی پیش‌بینی صورت گرفته‌است.

مدل‌های ارتباطی قوچ و میش: براساس پیش‌بینی مدل ارتباطی اول، محتمل‌ترین مسیر شناسایی شده برای مهاجرت قوچ و میش با مسیر شناخته شده‌ای که در طی سالیان گذشته توسط جمعیت‌های این گونه استفاده شده است مطابقت دارد. با توجه به مدل اول مطلوبیت، مشخص می‌گردد که علت حداکثر بودن شدت جریان عبوری از این مسیر احاطه شدن زیستگاه‌های مطلوب مسیر با نواحی با مقاومت بسیار بالا است. به عبارتی مقاومت بالای زیستگاه‌های پیرامونی مانع عبور جریان و منحرف نمودن آن به این بخش از منطقه شده است. در طول این مسیر کم‌ترین تعارضات انسانی از جمله صنایع و معادن و مناطق شهری به چشم می‌خورد. تراکم روستاها در این نواحی به نسبت بالاست که با توجه به مطالعات میدانی مسیر مهاجرت این گونه در نواحی روستایی قرار گرفته‌است، بنابراین به نظر می‌رسد وجود روستاها در این ناحیه مقاومتی ایجاد نکرده‌است (ملکوتی‌خواه و همکاران، ۱۳۹۲). برخلاف پناهگاه حیات وحش موته که بالا بودن شدت جریان تا نزدیکی منطقه حفظ شده است، حداکثر شدت جریان در نزدیکی منطقه هفتاد قله کاهش یافته است که دلیل آن وجود زیستگاه‌های مطلوب گسترده در این بخش می‌باشد. این نشان می‌دهد که تنها یک مسیر اصلی بالقوه مطلوب برای جابه‌جایی بین مناطق تحت حفاظت موته و هفتاد قله وجود دارد که در نزدیکی منطقه هفتاد قله به چند شاخه تقسیم شده و در نتیجه مسیرهای متعدد بالقوه مطلوبی را در آن ناحیه به وجود می‌آورند (شکل ۶). جاده دلیجان - محلات که از بخشی از مسیر عبور نموده است به عنوان یک مانع بالقوه بر سر راه عبور جریان، محسوب می‌گردد. ولی برخلاف انتظار، جریان از این مانع عبور نموده و پیوستگی خود را حفظ نموده است. این رفتار جریان نشان‌دهنده این واقعیت مهم است که این مسیر بهترین مسیر ممکن بوده و مسیر جایگزین دیگری جهت عبور جریان، وجود ندارد. مدل ارتباطی دوم علاوه بر پیش‌بینی مسیر اصلی مدل اول، مسیرهای جدید دیگری را نیز در منطقه مطالعه شناسایی نمود. مسیرهای ارتباطی جدید که توسط مدل تئوری مدار الکتریکی پیش‌بینی گردید، می‌تواند به-عنوان مسیرهای بالقوه دیگری تلقی شده که جمعیت‌های قوچ و میش برای مهاجرت بین دو منطقه

پیش‌بینی کننده ورودی به مدل حداکثر آنتروپی در هر دو مرحله حاوی نکته قابل توجهی می‌باشد. با توجه به تحلیل نمودار جک نایف (شکل‌های ۳ و ۵) فاصله تا نواحی شهری در پیش‌بینی احتمال حضور جمعیت‌های قوچ و میش سهم قابل توجهی داشته‌اند که نشان‌دهنده اهمیت فاکتور امنیت برای این گونه می‌باشد. عدم حفاظت مسیرهای مهاجرتی در خارج از مناطق حفاظت‌شده، از جمله دو منطقه هدف در این مطالعه و از طرفی وجود سه ناحیه شهری اصلی در این ناحیه که از نقاط حضور با فاصله قرار گرفته‌اند، می‌تواند به خوبی اهمیت فاکتور امنیت برای این گونه در فصل مهاجرت را توجیه نماید. در این ارتباط، نتایج حاصل از مطالعه Bashari و Hemami (۲۰۱۳) نیز به خوبی نتیجه این مطالعه را تایید می‌کند. آن‌ها در بررسی خود با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه بیزین، مدلی را برای مدیریت مؤثر این گونه در مناطق حفاظت‌شده توسعه دادند که براساس آن متغیر امنیت زیستگاه به‌عنوان مهم‌ترین متغیر در تعیین مطلوبیت زیستگاه این گونه در گستره پراکنش آن در ایران مشخص گردید. در مدل اول، متغیر بارش (BIO13) به‌عنوان دومین متغیر مهم در پراکنش قوچ و میش تعیین شد. هر چند که عمده تأثیر متغیرهای اقلیمی بر پراکنش گونه‌ها در مقیاس‌های وسیع می‌باشد (Dawson و Pearson، ۲۰۰۳)، تأثیر این متغیر اقلیمی در پیش‌بینی مدل با توجه مقیاس مورد مطالعه درخور توجه است. اهمیت بارش در تعیین پراکنش قوچ و میش را می‌توان این گونه توضیح داد که بارش نقش عمده‌ای در کنترل رویش پوشش گیاهی به‌خصوص در نواحی خشک و بیابان‌ها دارد (Bertiller و همکاران، ۱۹۹۵). در دسترس بودن پوشش گیاهی نیز به‌عنوان یک مولفه زیستگاهی در تعیین پراکنش علف‌خواران از اهمیت زیادی برخوردار است (Fryxell، ۱۹۹۱). از این رو می‌توان اهمیت متغیر بارش در پراکنش قوچ و میش را به‌واسطه تأثیر آن بر کمیت و کیفیت پوشش گیاهی در دسترس برای این گونه در فصل مهاجرت توجیه نمود. استفاده و عدم استفاده از نقاط حضور گونه در ناحیه حدفاصل پناهگاه حیات وحش موته و منطقه حفاظت شده هفتاد قله سبب ایجاد تفاوت چشم‌گیری در پیش‌بینی دو مدل مطلوبیت گردید. ارتفاعات منطقه که در جهت شمال - جنوب (رشته کوه‌های کلاته و چشمه دراز) امتداد یافته‌اند از دیرباز به عنوان زیستگاه‌های اصلی جمعیت‌های قوچ و میش مهاجر در منطقه شناخته شده که مطلوبیت بالای این زیستگاه‌ها به خوبی در مدل اول مطلوبیت و با استفاده از نقاط حضور پیش‌بینی گردید. در حالی که، در مدل دوم احتمال حضور گونه در این بخش تقریباً نزدیک به صفر پیش‌بینی شد که با واقعیت زمینی انطباق نداشته و استفاده از نقاط حضور در داخل مناطق هدف نیز به تنهایی جهت



کریدورهای مهاجرتی قوچ و میش در بین پناهگاه حیات وحش موته و منطقه حفاظت شده هفتادقله به دلیل مهاجر بودن این گونه و ویژگی تنوع طلبی آن است که بدون توجه به مرزهای حفاظتی به شکل فصلی و برحسب نیازهای اقلیمی بین مناطق جابه‌جا می‌شود. با توجه به گسترش مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی و همچنین گسترش جاده‌ها امکان حفاظت یکپارچه از مناطق وجود ندارد. بنابراین، حفاظت از کریدورهای شناسایی شده بهترین راه کار در شرایط موجود است. کارایی مدل مدار الکتریکی در شناسایی کریدورها تاکنون در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج مطلوبی نیز به همراه داشته است (Poor و همکاران، ۲۰۱۳؛ McRae و همکاران، ۲۰۱۳؛ McClure و همکاران، ۲۰۱۶؛ McRae و همکاران، ۲۰۰۸). در این مطالعه برای اولین بار و با استفاده از دو مرحله مدل‌سازی، عملکرد این مدل در پیش‌بینی مسیرهای ارتباطی در شرایطی که داده حضور وجود ندارد مورد بررسی قرار گرفت. شناسایی مسیر اصلی مهاجرت قوچ و میش بین دو منطقه حفاظت شده بدون داشتن نقاط حضور گونه در منطقه حدفاصل مشابه آن چه مدل در گام اول پیش‌بینی شد، توانایی و کارایی بالای مدل مدار در انجام پیش‌بینی‌های صحیح در شرایط عدم وجود داده را نشان می‌دهد. این توانایی مدل مدار از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، به‌ویژه در زمانی که امکان بررسی میدانی و حضور در منطقه وجود ندارد که می‌توان از این روش برای پیش‌بینی مسیرهای ارتباطی بالقوه استفاده نمود. با این حال پیشنهاد می‌شود برای رسیدن به نتایج بهتر و حصول اطمینان بیشتر، دو مرحله تهیه مدل مطلوبیت و شناسایی کریدورها با استفاده از روش‌ها و مدل‌های دیگری نیز انجام و نتایج مقایسه گردد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که استفاده از مدل حداکثر آنتروپی جهت پیش‌بینی احتمال حضور گونه‌ها در زمان کمبود داده در صورتی که به‌عنوان ورودی مدل مدار استفاده شوند، در مقایسه با زمانی که داده‌ها از توزیع مناسبی برخوردارند از کارایی و صحت نتایج مدل مدار الکتریکی نمی‌کاهد و می‌توان به نتایج مدل اطمینان داشت. ولی با توجه به تفاوت قابل ملاحظه در پیش‌بینی‌های دو مدل حداکثر آنتروپی در این مطالعه، اگر هدف اصلی از پیش‌بینی پراکنش زیستگاه‌های یک گونه، حفاظت از زیستگاه‌های آن است تعداد و توزیع مناسب داده‌ها ضروری می‌باشد. زیرا عدم توزیع مناسب نقاط، ممکن است سبب شود بخشی از زیستگاه‌های مهم پیش‌بینی نشده توسط مدل برای حفاظت نادیده گرفته شده که به نوبه خود پیامدهای نامطلوبی برای گونه به‌ویژه گونه‌های در معرض خطر انقراض به همراه خواهد داشت.

از آن‌ها استفاده نمایند. این از جنبه حفاظتی اهمیت زیادی دارد، چرا که در صورت نابودی هر کدام مسیر جایگزین دیگری جهت حفظ یکپارچگی جابه‌جایی‌های فصلی وجود خواهد داشت. ولی به دلیل شناسایی این مسیرها در شرایط عدم حضور داده، کارایی این مسیرها جهت حمایت از جمعیت‌های مهاجر نیازمند بررسی‌های میدانی دقیق می‌باشد (ملکوئی‌خواه و همکاران، ۱۳۹۲). مدل ارتباطی اول تنها یک مسیر اصلی جهت جابه‌جا شدن جمعیت‌ها بین موته و منطقه مطالعه شناسایی نمود، در حالی که مدل دوم مسیر ارتباطی دومی در نزدیکی منطقه موته شناسایی نمود که می‌تواند به‌عنوان یک مسیر فرعی ارتباط میان پناهگاه حیات وحش موته و مسیر اصلی در منطقه را برقرار نماید. مسیر ارتباطی اول که ارتباط بین دو منطقه حفاظت شده را در بخش شرق منطقه مطالعه برقرار می‌کند، نشان‌دهنده تأثیر جاده‌های منطقه در منحرف نمودن مسیر جریان می‌باشد. همان‌طور که از روی نقشه جریان مشخص است، بالاترین میزان مقاومت در ناحیه در بخش کوچکی در شمال پناهگاه حیات وحش موته به چشم می‌خورد که دلیل اصلی آن عبور جاده‌های ارتباطی از این بخش می‌باشد. حضور این جاده‌ها مانعی بر سر راه عبور جریان بوده که برخلاف مسیر اصلی، به دلیل وجود یک مسیر جایگزین جریان به سمت شرق منطقه منحرف و با طی کردن مسیری طولانی‌تر به منطقه حفاظت شده هفتادقله رسیده است. چنین انحرافی در مسیر جریان در نزدیکی منطقه حفاظت شده هفتادقله نیز مشاهده می‌شود که مقاومت بالای ناشی از منطقه شهری (شهرستان دلیجان) مجدداً مانع عبور بخشی از مسیر اول جریان و انحراف آن شده است. ادامه مسیر جریان در این بخش می‌تواند نشان‌دهنده مسیر بالقوه دیگری باشد که سبب برقراری ارتباط با منطقه حفاظت شده جاسب در شمال منطقه بوده که در این بررسی وارد نگردید. گردنه‌های بطری (مشخص شده در شکل ۶ و ۷) در طول مسیر اول مهم‌ترین بخش‌های شبکه ارتباطی در بخش شرقی منطقه بوده که نقش مهمی در حفظ ارتباط میان دو منطقه ایفا می‌نمایند. نابودی این مناطق ارتباطی مهم به هر دلیلی می‌تواند سبب کاهش یا قطع ارتباط میان پناهگاه حیات وحش موته و منطقه حفاظت شده هفتادقله در این بخش از منطقه شود. این به‌ویژه در مورد ناحیه ارتباطی باریکی که در نزدیکی منطقه حفاظت شده هفتادقله قرار گرفته صادق است چرا که به احتمال زیاد ارتباط میان این منطقه و مسیر اول از طریق این گردنه‌های بطری برقرار می‌گردد. از این‌رو ضروری است تا این نواحی مهم جزء الویت‌های حفاظتی قرار داده شوند (Dickson و همکاران، ۲۰۱۳). اهمیت انجام چنین مطالعه‌ای برای شناسایی



تشکر و قدردانی

نگارندگان این مقاله از مهندس شیمای ملکوتی‌خواه، مهندس محسن احمدی، دکتر رسول خسروی و هم‌چنین تمامی محیط‌بانان پناهگاه حیات وحش موته و منطقه حفاظت‌شده هفتاد قله که در انجام این مطالعه یاری نمودند، کمال سپاس و قدردانی را دارند.

منابع

۱۳. distribution along a precipitation gradient in western Patagonia. *Journal of Arid Environments*. pp: 85-97.
۱۴. **Bolger, D.T.; Newmark, W.D.; Morrison, T.A. and Doak, D.F., 2008.** The need for integrative approaches to understand and conserve migratory ungulates. *Ecol Lett*. Vol. 11, pp: 63-77.
۱۵. **Cushman, S.; McKelvey, K. and Schwartz, M., 2009.** Use of Empirically Derived Source-Destination Models to Map Regional Conservation Corridors. *Conservation Biology*. pp: 368-376.
۱۶. **Cushman, S.A.; McRae, B.H.; Adriaenssen, F.; Beier, P.; Shirley, M. and Zeller, K., 2013.** Biological corridors and connectivity. *Key Topics in Conservation Biology*. pp: 384-404.
۱۷. **Dickson, B.; Roemer, G.; McRae, B. and Rundall, J., 2013.** Models of Regional Habitat Quality and Connectivity for Pumas (*Puma concolor*) in the Southwestern United States. *PLOS*. Vol. 8.
۱۸. **Farhadinia, M.; Ahmadi, M.; Sharbafi, E.; Khosravi, S.; Alinezhad, H. and Macdonald, D., 2015.** Leveraging trans-boundary conservation partnership: Persistence of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in the Iranian Caucasus. *Biological Conservation*. pp: 770-778.
۱۹. **Fryxell, J.M., 1991.** Forage quality and aggregation by large herbivores. *American Naturalist*. pp: 478-498.
۲۰. **Goljani, R.; Kaboli, M.; Karami, M.; Ghodsizadeh, Z. and Nourani, E., 2012.** Male Alborz Red Sheep (*Ovis gmelini* × *O. vignei*) Migration Corridors Selection from Summer to Fall Habitats in Jajroud Protected Area Complex Iran. *Russian Journal of Ecology*. pp: 67-76.
۲۱. **Hanski, I., 1998.** Connecting the parameters of local extinction and metapopulation dynamics. *Oikos*. pp: 390-396.
۲۲. **Hijmans, R.J.; Cameron, S.E.; Parra, J.L.; Jones, P.G. and Jarvis, A., 2005.** Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol*. Vol. 25, pp: 1965-1978.
۲۳. **Khosravi, R.; Hemami, M.; Malekian, M.; Flint, A. and Flint, L., 2015.** Maxent modelling for predicting distribution of goitered gazelle in central Iran: the effect of extent and grain size on performance of the model. *Turkish Journal of Zoology*. pp: 574-585.
۲۴. **Li, G.; Xu, G.; Guo, K. and Du, S., 2014.** Mapping the global potential geographical distribution of black locust using herbarium data and a maximum entropy model. *Forest*. pp: 2773-2792.
۲۵. **McClure, M.L.; Hansen, A.J. and Inman, R.M., 2016.** Connecting models to movements: testing connectivity model predictions against empirical migration and dispersal data. *Landscape Ecology*. pp: 1419-1432.
۲۶. **McRae, B.H.; Dickson, B.G.; Keitt, T.H. and Shah, V.B., 2008.** Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution & conservation. *Ecology*. pp: 2712-2724.
۲۷. **McRae, B.H. and Shah, V.B., 2011.** Circuitscape User Guide. The University of California, Santa Barbara.
۲۸. **Minor, E. and Urban, D., 2008.** A graph theory framework for evaluating landscape connectivity and conservation planning. *Conservation Biology*. pp: 297-307.
۲۹. **Moilanen, A.; Leathwick, J.R. and Quinn, J.M., 2011.** spatial prioritization of conservation management. *Conserv Lett*. pp: 393-383.
۳۰. **Pearson, R.G. and Dawson, T.P., 2003.** Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*. pp: 361-371.
۳۱. **Phillips, S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006.** Maximum Entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*. pp: 231-259.
۳۲. **Pinto, N. and Keitt, T.H., 2009.** Beyond the least-cost path: evaluating corridor redundancy using a graph-theoretic approach. *Landscape Ecol*. pp: 253-266.
۳۳. **Poor, E.; Loucks, C.; Jakes, A. and Urban, D., 2012.** Comparing Habitat Suitability & Connectivity Modeling Method for Conserving Pronghorn Migratins. *PLOS*.
۳۴. **Roever, C.L.; Aarde, R.J.V. and Leggett, K., 2013.** Functional connectivity within conservation networks: delineating corridors for African elephant. *Biological Conservation*. pp: 128-135.
۳۵. **Shams Esfandabad, B.; Karami, M.; Hemami, M.; Riazi, B. and Sadough, M., 2010.** Habitat associations of wild goat in central Iran: implications for conservation. *European Journal of Wildlife Research*. WWW.IUCN.org
۱. **خسروی، ر.**، ۱۳۹۴. تاثیر ناهمگونی زیستگاه بر ساختار ژنی و اکولوژی جمعیت‌های آهوی گواتردار (*Gazella subgutturosa*) در مناطق مرکزی کشور با رویکرد سیمای-ژنتیک. رساله دکتری. دانشگاه صنعتی اصفهان. دانشکده منابع طبیعی.
۲. **ضیایی، ه.**، ۱۳۸۷. راهنمای صحرایی پستانداران ایران. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست.
۳. **علی‌نیا، ا. و سامانی، م. و افخمی، م. و بیرانوند، م.**، ۱۳۸۹. بررسی تنوع زیستی استان اصفهان. همایش ملی تنوع زیستی و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست.
۴. **محمدی، ع.؛ و کابلی، م.؛ اشرفی، س.؛ یوسفی، م. و مفیدی‌نیستانک، م.**، ۱۳۹۲. تعیین اندازه گستره خانگی کمرکولی بزرگ *Sittaphonota* و کمرکولی کوچک *S. neumayeri* در ناحیه تماس آن‌ها در ایران. همایش ملی برنامه‌ریزی حفاظت، حمایت از محیط زیست و توسعه پایدار.
۵. **مروتی، م.؛ کرمی، م.؛ کابلی، م.؛ روستا، ز. و شرکائی، م.**، ۱۳۹۲. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش *Ovis orientalis* مهم‌ترین طعمه یوزپلنگ آسیایی (*Acinonyx jubatus venaticus*) با استفاده از حداکثر آنتروپی در پناهگاه حیات وحش دره انجیر در استان یزد. محیط زیست جانوری. صفحات ۱۳۵ تا ۱۴۹.
۶. **مشهدی‌احمدی، ا.؛ شمس‌اسفندآباد، ب. و گشتاسب میگوئی، ح.**، ۱۳۹۳. مدل‌سازی مسیرهای گذار گوسفند وحشی البرز مرکزی با استفاده از آنالیز کم‌ترین هزینه مسیر در استان تهران (*O.o.arkali* & *O.o.vignei*). علوم و مهندسی محیط زیست. ۴۱ صفحه.
۷. **مکی، ت.**، ۱۳۹۰. ارزیابی اثرات اکولوژیکی کنارگذر غرب اصفهان بر پناهگاه حیات وحش قمیشلو. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
۸. **ملکوتی‌خواه، ش.؛ فاخران، س. و سفبانیان، ع.**، ۱۳۹۲. استفاده از تئوری مدارهای الکتریکی جهت شناسایی کریدورهای مهاجرتی بین پناهگاه‌های حیات وحش موته و قمیشلو در استان اصفهان. بوم‌شناسی کاربردی. ۷۷ صفحه.
۹. **ملکی‌نجف‌آبادی، س.؛ همای، م. و ماهینی، ع.**، ۱۳۸۹. تعیین مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش اصفهانی در پناهگاه حیات وحش موته با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی. نشریه محیط زیست طبیعی. مجله منابع طبیعی ایران. صفحات ۲۷۹ تا ۲۹۰.
۱۰. **Bashari, H. and Hemami, M.R., 2013.** A predictive diagnostic model for wild sheep (*Ovis orientalis*) habitat suitability in Iran. *J of Natural Conservation*. pp: 319-325.
۱۱. **Beier, P.; Garding, E. and Majka, D.R., 2008.** Arizona missing linkages Gila Bend - Sierra Estrella Linkage Design. Report to Arizona Game and Fish Department. School of Forestry, Northern Arizona University.
۱۲. **Bertiller, M.B.; Elissalde, N.O.; Rostagno, C.M. and Defosse, G.E., 1995.** Environmental patterns and plant

