

تعیین گذرگاه احتمالی پلنگ ایرانی (*Pantera pardus saxicolor*) بین دو زیستگاه پناهگاه حیات وحش خوش ییلاق و پارک ملی گلستان با استفاده از تئوری جریان الکتریکی مدار

• حیدر روحی: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

• هادی تحسینی*: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

• عبدالرسول سلمان ماهینی: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

• حمیدرضا رضایی: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۶

چکیده

مدل سازی ارتباطات بوم شناختی در بین زیستگاه ها و کاربرد این مدل ها در برنامه ریزی حفاظت، کمی نمودن اثر الگوهای مکانی سیما سرزمین بر درجه ارتباطات زیستگاهی ضرورت دارد. این مطالعه با هدف تعیین گذرگاه احتمالی پلنگ ایرانی (*Pantera pardus saxicolor*) در دو زیستگاه پارک ملی گلستان و پناهگاه حیات وحش خوش ییلاق انجام شده است، این دو زیستگاه از بارزترین زیستگاه های پلنگ بوده که در جوار همدیگر قرار دارند. ابتدا مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در دو زیستگاه با روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی مورد بررسی قرار گرفت. لایه های اطلاعاتی به کار برده شده به عنوان متغیرهای مؤثر بر حضور گونه شامل ارتفاع، شیب، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، فاصله از جاده ها، روستاها، چشمه ها و رودخانه ها بوده است. همچنین از تئوری مدارهای الکتریکی برای بررسی ارتباطات زیستگاهی پلنگ ایرانی بین دو زیستگاه مذکور استفاده شد. یافته های حاصل از پژوهش نشان داد که مهم ترین عامل در انتخاب مسیر و جابه جایی پلنگ ایرانی یافتن مسیرهایی است که دارای امنیت کافی بوده و با مناطق مسکونی تداخلی نداشته باشد. به طور کلی چهار مسیر متفاوت برای جابه جایی پلنگ ایرانی شناسایی شد، که مهم ترین آن ها گذر پلنگ از قسمت جنوبی پارک در امتداد منطقه حفاظت شده لوهه است. جایی که دارای پوشش مناسبی از جنگل بوده و به احتمال زیاد دارای طعمه کافی نیز می باشد، از سوی دیگر مهم ترین مسیر حرکت پلنگ در زیستگاه خوش ییلاق در شمال این منطقه قرار دارد در این جا دو مسیر با فاصله نسبتاً کمی از همدیگر مشخص شده است، که دارای تعداد کمی روستا و مناطق مسکونی است و همین امر مهم ترین عامل در انتخاب مسیر حرکت و جابه جایی پلنگ است. بر اساس نقشه های مطلوبیت زیستگاه و نقشه مقاومت، نقشه جریان برای گونه هدف و همچنین نواحی مهم ارتباطی در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید.

کلمات کلیدی: تئوری مدار الکتریکی، پلنگ ایرانی (*Pantera pardus saxicolor*)، آشیان بوم شناختی، اختلاف پتانسیل، جریان



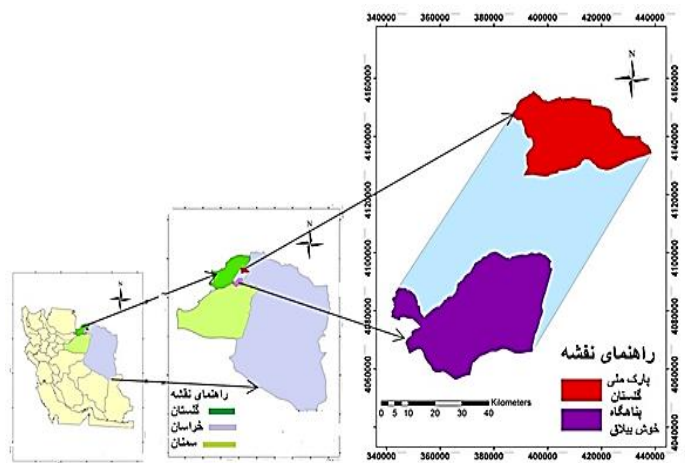
مقدمه

تخریب و تجزیه زیستگاه از تهدیدات مهم تنوع زیستی هستند. تجزیه زیستگاه سبب کاهش مساحت و در نتیجه محدود شدن جمعیت‌های محلی به زیستگاه‌های کوچک می‌شود. نتیجه این امر افزایش درون‌آمیزی، کاهش تنوع ژنتیکی، افزایش حوادث دموگرافیک و در نتیجه افزایش ریسک انقراض است. ارتباط میان لکه‌های زیستگاهی و جمعیت‌ها عامل مهمی است که بر گستره وسیعی از فرایندهای بوم‌شناختی نظیر جریان ژن، پویایی ابرجمعیت‌ها، افزایش گستره پراکنش گونه‌ها، بقاء جمعیت‌ها و حفظ تنوع زیستی تأثیرگذار بوده (Crooks, 2002) و یک ویژگی بسیار مهم سیمای سرزمین به شمار می‌رود (McRae و همکاران، 2008). مدل‌سازی ارتباط بوم‌شناختی در سیمای سرزمین برای فهم گستره وسیعی از فرایندهای بوم‌شناختی اهمیت دارد. به منظور مدل‌سازی ارتباطات بوم‌شناختی در بین زیستگاه‌ها و کاربرد این مدل‌ها در برنامه‌ریزی حفاظت، کمی‌نمودن اثر الگوهای مکانی سیمای سرزمین بر درجه ارتباطات زیستگاهی ضرورت دارد. افزایش ارتباط سرزمین‌های تکه‌تکه‌شده یک راه مقابله با اثرات جداسازی زیستگاه‌ها است. در این راستا، مفهوم راه‌های ارتباطی و کریدورها یک اقدام عملی و مستقیم جهت پاسخ به اثرات جداسازی زیستگاه‌هاست. در متون و نوشته‌های علمی مختلف تعاریف تقریباً متنوعی از کریدورها با عناوین مختلف مانند گذرگاه‌های حیات وحش، گذرگاه‌های حرکت، گذرگاه‌های انتشار و غیره ارائه شده اما معنی و مفهوم همه آن‌ها تقریباً یکسان است. برای مثال، طبق تعریف (Beier و Noss, 1988)، گذرگاه حیات‌وحش یک زیستگاه خطی است که در یک زمینه ناهمگن برای ارتباط دو یا چند زیستگاه جدا شده از یکدیگر قرار گرفته است و باعث حفاظت از حیات‌وحش و افزایش یا حفظ زیستایی جمعیت‌های ویژه در آن زیستگاه‌ها می‌شود. کریدورهای حیات‌وحش با افزایش ارتباطات بین لکه‌ها (زیستگاه‌های جدا افتاده) باعث افزایش تنوع ژنتیکی و بقای گونه و از انقراض گونه جلوگیری می‌کنند. این لکه‌ها که توسط فعالیت‌های انسان از جمله توسعه صنعتی، شهرنشینی، کشاورزی، جاده‌سازی، تغییر کاربری اراضی و دیگر فعالیت‌های انسانی ایجاد شده‌اند، باعث اختلال در ارتباط جمعیت‌های حیات‌وحش، جلوگیری از جریان ژن بین جمعیت‌ها، ایزوله شدن تنوع ژنتیکی و نهایتاً انقراض گونه را به همراه دارند. گیاهان و جانوران

می‌توانند از کریدورها برای پراکندگی و مهاجرت استفاده کنند، که دو الگوی کلیدی حرکت برای تداوم گونه است. نظریه زیست‌شناسی حفاظت بیان می‌کند که احداث ساختارهای اتصال‌دهنده، حیات را در بین لکه‌های زیستگاهی جدا شده افزایش می‌دهد و یادست کم سطوحی از انتشار بین لکه‌ای را حفظ می‌نماید و بنابراین، باعث حفظ جریان ژن و زیستایی جمعیت می‌گردد (Corlatti و همکاران، 2009). برای اساس، باید به گزینه حفظ کریدورها و اتصال مصنوعی مانند روگذر و زیرگذر در جبران اثرات منفی و مضر جاده‌ها بر حیات‌وحش به عنوان گذرگاه مناسب بیش‌تر اهمیت داده شود. برای تعیین محدوده پراکنش گونه‌ها و مطلوبیت زیستگاه‌ها فنون مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بر اساس آنالیز رابطه بین گونه و زیستگاه ابداع شدند (Gibson و همکاران، 2003). این مدل‌ها احتمال حضور گونه را بر اساس متغیرهای زیست محیطی پیش‌بینی می‌کنند. واژه کریدور (گذرگاه) به یک راه باریک از سرزمین گفته می‌شود که امکان عبور افراد گونه‌های حیات‌وحش را میان دو یا چند بلوک زیستگاهی فراهم می‌کند (Beier و همکاران، 2011). در طراحی کریدورهای زیستگاهی، الگوریتم نظریه نموداری (Graph theory)، از اهمیت بسیاری در زمینه ارتباط زیستگاهی حیات وحش برخوردار است (Bunn و همکاران، 2000). این الگوریتم، مطالعه روابط میان یک جفت (بلوک زیستگاهی) است و اندازه‌گیری‌های کمی از جفت‌ها و روابط کل شبکه را نشان می‌دهد. این نظریه که به صورت کاربردی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System=GIS) تعبیه شده است، در برگیرنده روش‌های تحلیل کمینه هزینه (Least cost analysis) (Adriaenssen و همکاران، 2003)، نظریه مدارهای الکتریکی (Electrical circuit theory) (McRae و همکاران، 2008) و تحلیل‌های مرکزیت (Centrality analyses) (Estrada و Bodin، 2008) است. تحقیق پیش‌رو نیز یکی از مسائل مهم در دو زیستگاه پارک ملی گلستان و پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق یعنی تکه‌تکه‌شدگی زیستگاه این گونه توسط فعالیت‌های انسانی از جمله جاده‌سازی، تغییر کاربری اراضی (تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی و مرتع)، مناطق مسکونی و صنعتی را مورد بررسی قرار داده و تعیین کریدور احتمالی بین این دو زیستگاه را به عنوان راهکاری در جبران اثرات منفی جاده‌سازی و دیگر فعالیت‌های انسانی و تلاش در جهت حفظ کریدورهای طبیعی و اتصال مجدد این دو زیستگاه و از همه مهم‌تر حفاظت حیات‌وحش را بررسی کرده است. گونه پلنگ به جهت



شاهرود- آزاد شهر، از جنوب غربی به منطقه نظامی چهل دختر و دشت جیلان و از شرق هم به جاده حسین آباد- کالپوش منتهی می شود. ارزش بالای پناهگاه حیات وحش خوش ییلاق به دلیل وجود "اکوتون" مابین اکوسیستم بیابانی و جنگلی است. اکوتون مرز بین دو اکوسیستم متفاوت و جدا از هم است. با ارزش ترین ذخایر اکوسیستمی در اکوتون ها قرار دارند و معمولاً از تنوع زیستی بالایی برخوردارند. منطقه مورد مطالعه شامل سه بخش پارک ملی گلستان در شمال منطقه مورد مطالعه و پناهگاه حیات وحش خوش ییلاق در جنوب و محدوده بین این دو زیستگاه است، جایی که بخشی از سه استان سمنان، گلستان و خراسان رضوی را شامل می شود. تنوع زیاد بوم سازگانی این منطقه شامل جنگل های کوهستانی خزری در سمت شمال و غرب منطقه است که منطقه حفاظت شده لوه را نیز پوشش می دهد و هم- چنین اراضی دشتی خشک و بیابانی و کوهستان های صخره ای در قسمت های شرقی منطقه است. هم چنین این منطقه دارای اکوتون مابین اکوسیستم بیابانی و جنگل های انبوه خزری می باشد که تنوع زیستی زیاد و ارزشمندی به این بخشیده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

معرفی گونه پلنگ ایرانی (*Pantera pardus saxicolor*): پلنگ یکی از ۳۷ گونه گربه سان دنیا به شمار می آید (که البته برخی از متخصصین اعتقاد دارند که این خانواده ۳۶ عضو دارد) (ضیایی، ۱۳۸۷). دارای جثه بزرگ و بدنی عضلانی و قابل انعطاف است. سر آن پهن و کشیده است. دست و پای پلنگ کوتاه که به ۴ انگشت در پا و ۵ انگشت

اهمیت و قرارگیری در زمره حیوانات در معرض خطر انقراض فهرست سرخ اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources) و هم چنین به این دلیل که این گونه قابلیت جابه جایی بالایی دارد و گستره خانگی وسیع این گونه و این که این گونه در اکوسیستم خود گونه چتر است، نشان دهنده اهمیت بسیار زیاد این گونه می باشد که به عنوان گونه هدف در این مطالعه انتخاب شده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه بخشی هایی از سه استان گلستان، خراسان شمالی و سمنان است (شکل ۱). پارک ملی گلستان در سال ۱۳۴۶ به عنوان نخستین پارک ملی ایران تعیین و در سال ۱۳۵۵ به عنوان ذخیره گاه زیست کره انتخاب شد. این پارک با مساحتی برابر با ۹۱۸۹۵ هکتار و در موقعیت جغرافیایی بین ۳۷/۳۱ الی ۵۳/۰۴ عرض شمالی و ۵۵/۴۳ الی ۶۶/۱۷ طول شرقی در استان های گلستان، خراسان شمالی و سمنان و در منتهی الیه شرقی جنگل های خزری واقع شده و منطقه ای کوهستانی با دامنه ارتفاع ۴۵۰ تا ۲۴۱۱ متر از سطح دریا است. پارک ملی گلستان منطقه ای کوهستانی است. بخش اعظم آن را کوه های بلند و دره های عمیق تشکیل می دهد و ناحیه دشتی واقع در جنوب شرقی آن قسمت کوچکی را شامل می شود. حداقل ارتفاع ۴۵۰ متر در تنگراه و حداکثر آن ۲۴۱۱ متر در قله دیورکجی است (ضیایی، ۱۳۸۷). اهمیت این منطقه از لحاظ بین المللی نیز به دلیل قرارگیری آن در فهرست ذخیره گاه های زیست کره جهانی در سال ۱۹۷۷ است (مجنونیان و همکاران، ۱۳۸۷). پناهگاه حیات وحش خوش ییلاق منطقه با مساحت ۱۵۰۰۵۷ هکتار در استان های گلستان و سمنان قرار دارد، در سال ۱۳۴۶ حفاظت شده اعلام و در سال ۱۳۵۴ به پناهگاه حیات وحش تبدیل شد. دامنه ارتفاعی ۱۰۹۷ تا ۲۸۸۲ متر، دمای متوسط ۸ تا ۱۲ درجه سانتی گراد و بارندگی متوسط ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی متر منطقه را دارای اقلیم های خشک بیابانی گرم تا نیمه مرطوب معتدل کرده است. تنوع زیاد بوم سازگانی منطقه که شامل جنگل های کوهستانی خزری و هم چنین اراضی دشتی خشک و بیابانی است، تنوع زیستی زیاد و ارزشمندی به آن بخشیده است (Darvish Sefat, ۲۰۰۶). این منطقه که در ۴۷ کیلومتری جاده آزادشهر واقع گردیده است، از غرب به جاده آسفalte



در دست ختم مي شود. سازش پلنگ با بوم سازگان هاي مختلف بازتابي از قدرت و انعطاف پذيري اين جانور است. براساس رده بندي اتحاديه جهاني حفاظت از طبيعت و منابع طبيعي پلنگ در سطح گونه در طبقه least concern قرار گرفته است (Huntera و همكاران، ۲۰۰۳)، در حالي كه بسته به نوع زيرونه از رده بندي حفاظتي متفاوتي برخوردار است. زيرونه (*saxicolor*) كه به نام پلنگ ايراني مشهور است و از هندوستان به غرب آسيا (به استثنای شبه جزيره عربستان) تمامي پلنگ ها را شامل مي شود، در سال ۲۰۰۸ ميلادي و در زمره گونه هاي در خطر انقراض (Endangered) ليست قرمز قرار گرفته است (قدوسي و همكاران، ۱۳۸۷).

روش تحقيق: در اين پژوهش، مدل سازي مطلوبيت زيستگاه پلنگ ايراني در منطقه مورد مطالعه با روش تجزيه و تحليل آشيان بوم شناختي انجام شده و سپس در ادامه با استفاده از تئوري مدارهاي الكتريكي شبكه انتشار بالقوه و كريدور احتمالي بين دوزيستگاه حفاظت استفاده شده است. نرم افزار بايومپر در سال ۲۰۰۰ توسط Hirzel طراحي گرديد. به كمك اين نرم افزار مديران حيات وحش و زيست شناسان مي توانند شناخت بهتري از آشيان بوم شناختي و توزيع جغرافيايي بالقوه گونه هدف به دست آورند. اين نرم افزار شامل مجموعه اي از سامانه اطلاعات جغرافيايي و برنامه هاي آماري است كه براي توليد نقشه تناسب زيستگاه تهيه گرديده است. محاسبه نقشه مطلوبيت زيستگاه تنها براساس داده هاي حضور گونه هدف امكان پذير است و بنابر اين، باعث مي گردد تا در زمان و هزينه تهيه اطلاعات مورد نياز صرفه جويي گردد (Hirzel و همكاران، ۲۰۰۷). اين روش همانند تجزيه و تحليل مؤلفه هاي اصلي (Principal Component Analysis) متغيرهاي محيط زيستي را در تعداد كم تري از متغيرهاي غيرهم بسته به نام عامل خلاصه مي كند با اين تفاوت كه عامل ها از نظر بوم شناختي معني دار هستند و مي توانند به عنوان متغيرهاي جديد در مدل تناسب زيستگاه به كار روند (Hirzel و همكاران، ۲۰۰۷؛ Srisan و همكاران، ۲۰۰۷؛ Galparsoro و همكاران، ۲۰۰۹؛ Wang و همكاران، ۲۰۰۹). يكي از روش هاي تعيين مطلوبيت زيستگاه گونه هاي حيات وحش و تهيه نقشه آن، استفاده از روش تحليل عاملی آشيان بوم شناختي (Ecological Niche Factor Analysis) است كه به اختصار ENFA خوانده مي شود. دقت مدل سازي در روش ENFA در مقايسه باروش هاي GLM، GAM و Regression Tree در پاره اي اوقات- نظير زماني كه

مشاهده حضور گونه دشوار است و يا بنا به دلایلي، حتي در صورت مناسب بودن زيستگاه، گونه حضور ندارد و يا اين كه زيستگاه حقيقتاً براي گونه نامساعد است نتيجه مطلوب تري خواهد داشت (Hirzel و همكاران، ۲۰۰۲). تحليل عاملی آشيان بوم شناختي هسته مركزي نرم افزار بايومپر را تشكيل مي دهد. تحليل انجام شده در ENFA مشابه تجزيه به مؤلفه هاي اصلي به محاسبه فاكترهايي مي پردازد كه توضيح دهنده بخش عمده اي از تاثير متغيرهاي مستقل محيط زيست گونه ها است. در اين مطالعه از روش تحليل عاملی آشيان بوم شناختي براي تهيه مدل مطلوبيت زيستگاه و هم چنين نرم افزار ايدريسي براي تحليل حساسيت و نيز ساخت لايه هاي اطلاعاتي و ورود آن ها به نرم افزار بايومپر استفاده شد. لايه هاي اطلاعاتي مورد نياز براي تجزيه و تحليل در نرم افزار بايومپر را مي توان به دو دسته لايه هاي اطلاعاتي شامل Work map و Ecogeographical maps طبقه بندي كرد. اين لايه ها در ابتدا در نرم افزار ايدريسي تهيه و تنظيم و سپس به نرم افزار بايومپر وارد شدند.

Work map: نقشه متغير وابسته يا نقاط حضور گونه يك نقشه رستري نقطه اي است كه بايد به شكل بولين (صفر و يك) تهيه گردد. عدد يك در واقع همان نقاط و مناطقي است كه در كار صحرابي ثبت گرديده است و نشان دهنده محل هايي است كه گونه در آن حضور دارد (Hirzel و همكاران، ۲۰۰۷). تهيه نقشه پراكنش افراد گونه هدف نياز به كار ميداني و جمع آوري داده هاي صحرابي دارد. به دليل اين كه روش تجزيه و تحليل عاملی آشيان بوم شناختي تنها براساس داده هاي حضور گونه استوار است، بنابر اين بايد نسبت ثبت داده هاي حضور حاصل مشاهدات مستقيم و يا غيرمستقيم گونه مورد نظر مبادرت ورزید. طبق نظر Hirzel تعداد نقاط حضور گونه حتي مي تواند ۲۰ يا ۳۰ عدد باشد، اما زيادتر بودن تعداد نقاط به سود صحت مدل و معني داري آن است (هیرزل و همكاران، ۲۰۰۷).

Ecogeographical maps: نقشه هاي رستري متغيرهاي جغرافيايي زيستي (Ecogeographical Variables يا EGV) بر حضور گونه تاثير دارند و به عنوان متغيرهاي مستقل به كار مي روند. متغيرهاي جغرافيايي زيستي عوامل مكاني ناحيه مورد مطالعه هستند و عوارض كمی منطقه را توصيف مي نمايند (Hirzel و همكاران، ۲۰۰۷). نحوه آماده سازي نقشه متغيرهاي مستقل جغرافيايي زيستي براي اين گونه به ترتيب به قرار زير است:



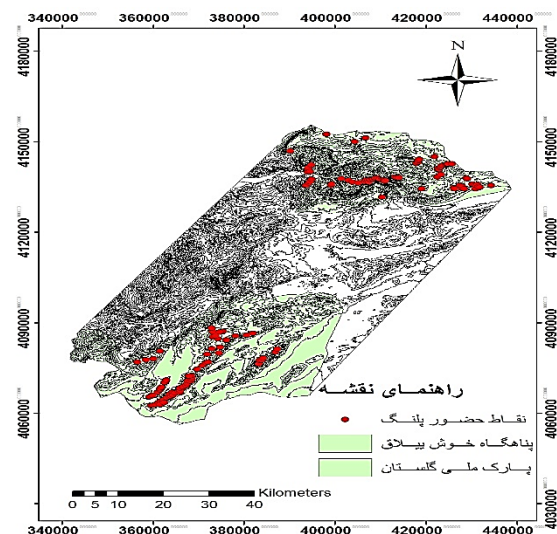
تحلیل دایره‌ای و مستقیم وجود دارد، (۳) به دلیل این که نقشه‌های جغرافیای زیستی و هم‌چنین نقشه حضور گونه باید توزیع نرمال داشته باشند بنابراین، باید وضعیت آن‌ها را بررسی کرد و سپس برای اطمینان کامل از نرمال بودن داده‌ها آزمون کلمیوگروف-اسمیروف را انجام داد. اگر داده‌ها نرمال نباشند نرمال‌سازی به روش باکس-کاکس (Box-Cox) که در بایومپر قابل اجراست توصیه می‌گردد، (۴) ماسک کردن مجموع نقشه متغیرهای مستقل و وابسته جهت اطمینان از این که آن‌ها ناحیه یکسانی را پوشش می‌دهند، (۵) مقایسه یکنواختی و قابلیت استفاده نقشه‌ها از مسیر Verify امکان پذیر است. در این عملیات همسانی مقادیر سلول‌های زمینه و غیره بررسی می‌گردد. لایه‌های ناهمسان در این مرحله مشخص می‌شوند، (۶) بررسی همبستگی بین نقشه‌های جغرافیای زیستی از طریق ماتریس همبستگی. در این مرحله باید لایه‌های همبسته (در این مطالعه همبستگی بالای ۰/۸۵) را حذف نمود. به دلیل این که این تحلیل به متغیرهایی نیاز دارد که مستقل و بدون همبستگی باشند، در تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی اگر دو متغیر همبستگی داشته باشند هر دو با یک ضریب در مدل ظاهر خواهند شد. تصمیم به نگه داشتن هر دو لایه و یا حذف یکی از آن‌ها بر عهده بوم‌شناس است. متغیرهایی که مقدار معنی‌داری از تغییرات را توضیح نمی‌دهند از مدل نهایی حذف می‌شوند، (۷) اجرای تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی، (۸) محاسبه عوامل مورد نیاز جهت تهیه نقشه تناسب زیستگاه، (۹) محاسبه نقشه تناسب زیستگاه.

تئوری جریان الکتریکی (Circuit-scape theory) نظریه مدار را برای مدل‌سازی ارتباطی جمعیت‌های حیات وحش در سیمای سرزمین‌های ناهمگن به کار می‌گیرد. این نرم‌افزار معمول‌ترین برنامه کاربردی است که حرکت و جریان ژن را برای گیاهان و جانوران مدل‌سازی می‌کند، و هم‌چنین مناطق مهم را برای حفاظت برای اتصال بین زیستگاه‌ها شناسایی می‌کند. تئوری مدار، مکمل مدل‌های معمول مورد استفاده است، جهت پیش‌بینی و شناسایی ارتباطات زیستگاهی روش‌های متعددی توسعه یافته است که از داده‌های سیمای سرزمین استفاده می‌نمایند. این روش‌ها شامل:

- (۱) استفاده از شاخص‌های الگوی سیمای سرزمین (McRae، ۲۰۰۶)،
- (۲) شبیه‌سازی حرکات افراد (Individual movements simulation) (فاخران‌اصفهان، ۱۳۸۷، ۳)، روش‌های تحلیلی ارتباط شبکه (Analytical measures of network connectivity) است (McRae و Shah، ۲۰۱۱).

تهیه فهرستی از متغیرهای جغرافیای زیستی مؤثر در حضور گونه هدف: نقشه‌های رستری مدل رقومی ارتفاع (DEM = Digital Elevation Model) با استفاده از نقشه خطوط تراز ۲۲ متری، شیب و جهت (بر اساس مدل رقومی ارتفاع)، روستاهای داخل منطقه، منابع آبی شامل چشمه‌ها و رودخانه‌های دائمی و فصلی، جاده‌های ماشین‌رو و آسفالت، پاسگاه‌های محیط‌بانی و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (حاصل ترکیب باند ۲ و ۳ تصویر ماهواره‌ای IRS سال ۲۰۱۲ میلادی) نیز تهیه گردید.

رستری کردن نقشه‌ها در نرم‌افزار ایدریسی و توجه به یکسان بودن قالب همه نقشه‌ها: منظور از یکسان‌سازی نقشه‌ها یکی بودن سیستم مختصات آن‌ها، طول و عرض جغرافیایی، نوع لایه، فرمت لایه تعداد سطر و ستون و هر پارامتری که در جدول اطلاعات متغیر مورد نظر وجود دارد. بدین منظور می‌توان یک لایه را به عنوان الگو مشخص نمود و بقیه لایه‌ها را بر اساس آن تهیه کرد. در این پژوهش نقشه رستری DEM منطقه به عنوان الگو انتخاب گردید.



شکل ۲: نقاط حضور پلنگ ایرانی در پارک ملی گلستان و پناهگاه حیات وحش خوش بیلاق

مراحلی که در نرم‌افزار بایومپر انجام می‌گیرد به ترتیب عبارتند از: (۱) فراخوانی لایه‌های متغیرهای زیستگاهی و نقشه حضور گونه، (۲) کمی کردن لایه‌ها: همان‌طور که ذکر شد، برای این که نقشه‌ها از نظر زیستی معنی‌دار باشند باید آن‌ها را کمی نمود. برای این منظور دو روش



از جمله رویکردهای تحلیلی که اخیراً برای کمی نمودن ارتباطات زیستگاهی مورد استفاده قرار گرفته است، تئوری مدار الکتریکی (Circuitscape theory) می باشد. این تئوری در ابتدا برای آنالیز ارتباط در شبکه های شیمیایی، عصبی، اقتصادی و اجتماعی و به تازگی برای مدل سازی جریان ژن در سیمای سرزمین غیریکنواخت مورد استفاده قرار گرفته است (ملکی نجف آبادی و همکاران، ۱۳۸۹). مدارهای الکتریکی شبکه ای متشکل از گره ها بوده که به وسیله بخش های الکتریکی هدایت کننده جریان الکتریسته به یکدیگر متصل شده اند. براساس قانون اهم، زمانی که بین دو گره ولتاژ (V) برقرار شود، کل جریان عبوری به میزان ولتاژ برقرار شده و مقاومت رسیستورها بستگی خواهد داشت (McRae و همکاران، ۲۰۰۸). کاربرد تئوری مدار الکتریکی در مسائل بوم شناختی به دلیل شباهتی است که میان ارتباط بوم شناختی و ارتباط الکتریکی وجود دارد (Beier و McRae، ۲۰۰۷). در این تئوری گره های الکتریکی به عنوان لکه های زیستگاهی، حرکت جریان به منزله حرکت افراد و رسیستورهای میان گره ها به عنوان مسیرها یا کریدورهای زیستگاهی در نظر گرفته می شوند. همان طور که افزایش تعداد رسیستورهای موازی باعث افزایش جریان عبوری از میان گره ها می شود، افزایش تعداد یا وسعت لکه های زیستگاهی مرتبط کننده جمعیت ها و زیستگاه ها نیز احتمال حرکت و ارتباط در میان آن ها را افزایش می دهد. تئوری مدار سیمای سرزمین را به عنوان سطحی رسانا در نظر می گیرد که هر پیکسل آن به یک گره الکتریکی تبدیل و با اتصال گره های مجاور به یکدیگر یک مدار الکتریکی تشکیل می شود (McRae و Shah، ۲۰۱۱). نتایج حاصل از این تئوری نقشه های جریان و ولتاژ است. شدت جریان الکتریکی نشان دهنده احتمال حرکت افراد در سیمای سرزمین می باشد. به علاوه با استفاده از نقشه جریان می توان کریدورها و نواحی ارتباطی مهم در سیمای سرزمین را نیز شناسایی نمود. ولتاژ نیز که نشان دهنده میزان اختلاف شار جریان الکتریکی بین دو گره در یک مدار است، می تواند برای پیش بینی احتمال رسیدن فردی از یک نقطه از مدار به مقصدی معین یا به عبارتی پیش بینی میزان موفق بودن انتشار افراد استفاده شود (McRae و همکاران، ۲۰۰۸). برتری این مدل نسبت به دیگر مدل های تحلیلی متداول که به بررسی ارتباطات زیستگاهی می پردازند در شناسایی مسیرهای متعدد برای انتشار گونه هاست (McRae، ۲۰۰۶). فایده این روش این است که اگر زمانی یک یا تعدادی از مسیرهای انتشار و

مهاجرت از دست بروند، اهمیت دیگر مسیرهای پیش بینی شده باقی مانده افزایش پیدا می کند. مهم تر این که مدل های ارتباطی حاصل از این تئوری تا حد زیادی به چگونگی حرکت واقعی گونه ها در سیمای سرزمین نزدیک می باشد. تاکنون مطالعات متعددی از این تئوری برای بررسی ارتباطات و شناسایی کریدورها استفاده شده است، از جمله مطالعه Roever و همکاران (۲۰۱۳) که از این تئوری برای بررسی ارتباطات میان جمعیت فیل ها در آفریقای جنوبی و ارزیابی کارایی شبکه مناطق حفاظت شده استفاده نمودند. جهت شناسایی ارتباطات ممکن برای گونه های هدف با استفاده از تئوری مدارهای الکتریکی دو گروه لایه رستری به عنوان داده های ورودی به مدل، در نرم افزار Arc GIS ۹.۳ تهیه گردید. ۱- لایه رستری زیستگاه ها ۲- لایه رستری گره های اصلی (Focal nodes).

نقشه زیستگاه ها نشان دهنده مقاومت (resistance) یا رسانایی (conduciveness) هر پیکسل سیمای سرزمین نسبت به عبور جریان می باشد (Urban و Minor، ۲۰۰۷). در این بررسی لایه رستری زیستگاه از نوع مقاومت انتخاب گردید که برای تهیه آن از مدل های مطلوبیت زیستگاهی پلنگ ايراني به عنوان لایه اصلی استفاده شد. ایده استفاده از مدل های مطلوبیت زیستگاهی برای محاسبه مقاومت از این جهت است که در سیمای سرزمین، پیکسل هایی با خصوصیات زیستگاهی مطلوب مثلاً تراکم کم جمعیت انسانی و عدم حضور جاده ها مقاومت کمی در برابر عبور گونه دارند در حالی که پیکسل هایی با خصوصیات زیستگاهی ضعیف مانند اراضی کشاورزی، تراکم زیاد جمعیت انسانی و جاده ها مقاومت زیادی در برابر حرکت گونه نشان می دهند (Wang و همکاران، ۲۰۰۸). این بدین معنا است که میان مقاومت و مطلوبیت زیستگاه رابطه ای معکوس وجود دارد. بنابراین می توان از لایه مربوطه جهت تهیه لایه مقاومت استفاده نمود (Crooks و Sanjaya، ۲۰۰۶). در واقع لایه مقاومت عکس لایه مطلوبیت زیستگاه می باشد. جاهای که ارزش پیکسل ها بالاست بدین معنی است که موانع زیادی برای حرکت گونه وجود دارد و گونه تمایل کمتری به حرکت در آن مسیرها دارد. نقشه مطلوبیت زیستگاه لکه یا پلی گون هایی (معمولاً زیستگاه های اصلی) را نشان می دهد که درجه ارتباط زیستگاهی میان آن ها مدل سازی می شود (McRae و Shah، ۲۰۱۱). در این چابلی گون های دارای مطلوبیت بالا در منطقه شناسایی و به کار گرفته شد. از آن جایی که برنامه مدار



سریع تر اجرا شده و به حافظه کمتری نیاز دارد. شناسایی نواحی که حرکت جریان یا به عبارتی حرکت گونه‌ها از طریق ناحیه باریکی صورت می‌گیرد، یکی از مهم‌ترین نتایج حاصل از نقشه‌های جریان برای گونه هدف می‌باشد. این نواحی ارتباطی مهم که pinch point نام دارند، حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین بخش‌های شبکه ارتباطی بوده، زیرا حذف یا کاهش زیستگاه‌ها در این نواحی می‌تواند باعث اختلال یا قطع ارتباط در کل ناحیه شود.

نتیجه

تحلیل ENFA براساس لایه‌های اطلاعاتی رستری در این نرم‌افزار به اجرا در می‌آید. از این رو، اولین گام، ورود داده‌ها به نرم‌افزار است. نقشه‌ها به دو طبقه شامل: نقشه نقاط حضور گونه و نقشه‌های متغیرهای مستقل محیطی دسته‌بندی می‌شود. برای این مرحله، ماتریس همبستگی نقشه‌های EGV محاسبه شد. میزان همبستگی بین متغیرها کم‌تر از میزان بحرانی برای حذف یکی از متغیرها بود. لذا تمامی متغیرهای باقی‌مانده برای تحلیل ENFA مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱: بررسی میزان همبستگی لایه‌های مستقل محیطی

ارتفاع	NDVI	رودخانه	جاده	شیب	روستا
ارتفاع	۱				
NDVI	۰/۴۷۵	۱			
رودخانه	-۰/۶۶۱	-۰/۳۴۶	۱		
جاده	-۰/۸۱۲	-۰/۴۱۴	۰/۶۲۶	۱	
شیب	۰/۸۳۵	۰/۵۸۱	-۰/۶۱۴	-۰/۵۳۸	۱
روستا	-۰/۰۳۵	۰/۳۵۸	-۰/۶۰۲	-۰/۴۵۶	۰/۸۳۸

خروجی مهم این تحلیل ماتریس امتیازها است که حاوی دو مؤلفه اصلی حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی است و باید جهت درک بوم‌شناختی وضعیت موجود به دقت بررسی شوند. اولین ستون از جدول ماتریس امتیازها یا بردار ویژه همواره ۱۰۰ درصد از عامل حاشیه‌گرایی و ۱۰ تا ۷۰ درصد از تخصص‌گرایی را بیان می‌کند درحالی‌که سایر ستون‌ها یا به عبارت دیگر تعداد متغیرهای مستقل محیطی منهای یک فقط نشان‌دهنده عامل تخصص‌گرایی هستند. سطرها سهم متغیرهای مستقل در هر عامل را نشان می‌دهند. در واقع، در این ماتریس عواملی که اطلاعات کافی را توضیح می‌دهند و هم‌چنین متغیرهایی که بالاترین

الکتریکی از داده‌هایی با فرمت ASCII استفاده می‌کند، پس از تهیه لایه‌ها در محیط ادریسی، فرمت آن‌ها به فرمت مورد نظر تبدیل شد. لایه مقاومت، از طریق معکوس کردن ارزش لایه مطلوبیت زیستگاهی به دست آمد، در واقع لایه مقاومت برعکس لایه مطلوبیت زیستگاهی است. به‌طوری‌که لکه‌هایی که مقاومت بالا دارند (از جمله کاربری‌های انسانی، روستاها و جاده‌ها) در واقع همان نواحی زیستگاهی است که در نقشه مطلوبیت زیستگاه، میزان مطلوبیت آن‌ها حداقل می‌باشد. این برنامه با تبدیل پیکسل‌های رستر زیستگاهی به گره و اتصال هر کدام از آن‌ها به نزدیک‌ترین گره‌های مجاور شبکه‌ای تشکیل داده و شدت جریان عبوری از بین گره‌ها (ارتباط یا احتمال انتشار افراد) را محاسبه می‌کند. تعداد گره‌های مجاور که برای این منظور انتخاب شد ۱۲ عدد بود. جریان الکتریکی میان گره‌ها براساس میانگین مقاومت یا میانگین میزان رسانایی که بین گره‌ها وجود دارد، محاسبه می‌شود. به دلیل این‌که نقشه رستری انتخابی زیستگاه‌ها نشان‌دهنده مقاومت ناحیه مطالعه بود، محاسبه ارتباط نیز بر مبنای میانگین مقاومت تعیین گردید. تئوری مدار برای محاسبه ارتباط میان گره‌ها از یکی از چهار روش زیر استفاده می‌نماید:

۱- Pair wise: در این روش، ارتباط بین هر دو گره (پیکسل‌ها) محاسبه می‌شود. در این روش، به شکل اختیاری یک گره به خروجی و گره دیگر به یک منبع جریان یک آمپری (Source) وصل شده و جریان عبوری از دو گره محاسبه و این فرآیند بین تمامی جفت گره‌ها تکرار می‌شود.

۲- One – to – all: در این روش، یک گره به منبع جریان یک آمپری و بقیه گره‌ها به زمین متصل شده و فرآیند برای تک‌تک گره‌ها تکرار می‌شود.

۳- All-to-one: در این مدل یک گره به زمین و بقیه گره‌ها به یک منبع جریان یک آمپری متصل می‌شود. این روش، جایگزین خوبی برای روش اول است. به‌خصوص زمانی‌که هدف نقشه‌سازی نواحی ارتباطی مهم در میان لکه‌های زیستگاهی متعدد می‌باشد.

۴- Advanced mode: در این روش کاربر این اختیار را دارد که هر تعداد ورودی و خروجی برای جریان الکتریکی در سیمای سرزمین تعیین نماید (Shah و McRae، ۲۰۱۱). در این مطالعه از مدل سوم برای محاسبه جریان الکتریکی استفاده شد. چرا که نواحی مهم برای ارتباطات زیستگاهی را بهتر از سه مدل دیگر نشان داده، به‌علاوه

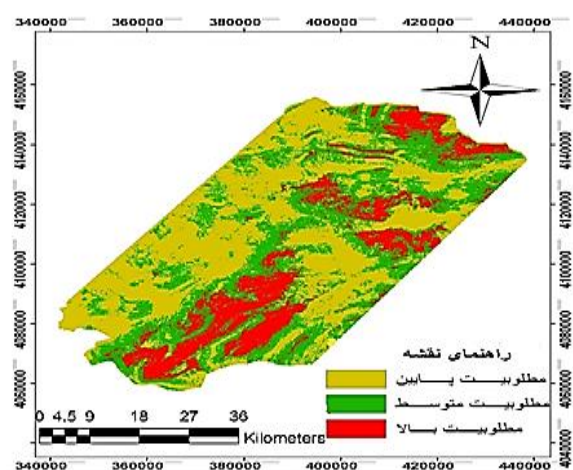


می‌کند چند نقشه ENFA طی این تحلیل تولید گردد. البته بایومپر خود نیز براساس معیار چوب شکسته Mc-Arthur تعداد نقشه‌های ENFA را پیشنهاد می‌کند لیکن کاربر می‌تواند خود این تعداد را بر اساس مقدار تجمعی واریانس توجیه شده توسط فاکتورها تعیین نماید (شکل ۴).

تعیین الگوریتم مناسب با استفاده از شاخص Boyce: برای تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه در بایومپر امکان به‌کارگیری الگوریتم‌های متفاوتی شامل Distance، Distance geometric mean، Median و harmonic mean و Minimum distance فراهم شده است با توجه به این‌که نتایج حاصله بر مبنای انتخاب و به‌کارگیری هر الگوریتم متفاوت خواهد بود بنابراین انتخاب یک الگوریتم مناسب از اهمیت خاصی برخوردار است. بر این اساس هرچه میزان Boyce بیش‌تر و انحراف معیار کم‌تر باشد نشان‌دهنده آن است که الگوریتم انتخاب شده مناسب‌تر است (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۶). در این مطالعه، با مقایسه اعداد حاصله (جدول ۳)، الگوریتم هارمونیک انتخاب شد.

جدول ۳: مقایسه شاخص بویس در الگوریتم‌های مختلف

الگوریتم	انحراف معیار $\pm$ شاخص بویس
میان	0.372 ± 0.3209
هندسی	0.548 ± 0.3365
هارمونیک	0.599 ± 0.3624
حداقل فاصله	0.507 ± 0.3251



شکل ۳: مطلوبیت زیستگاه در منطقه مورد مطالعه

ضریب (قدر مطلق) را نشان می‌دهند اهمیت زیادی در بیان توزیع گونه خواهند داشت. عواملی که ارزش تقریباً صفر دارند را می‌توان حذف کرد (جدول ۲).

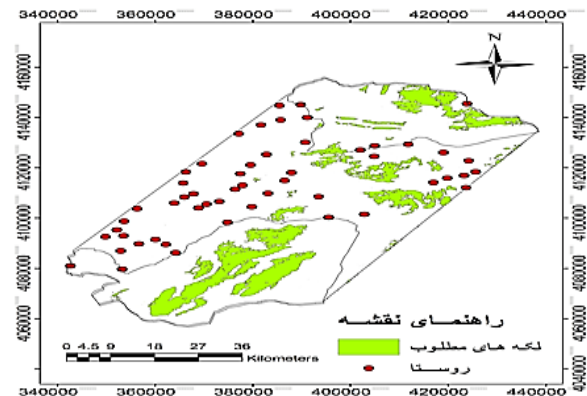
جدول ۲: ماتریس امتیازات متغیرهای مستقل محیطی

ارتفاع	NDVI	رودخانه	جاده	شیب	روستا
۰/۱۳۹	-۰/۰۱۴	۰/۰۵۹	۰/۱۲۴	۰/۲۴۴	-۰/۰۹۵
-۰/۰۰۱	۰/۰۸۲	۰/۱۱۴	۰/۴۳۶	۰/۶۴۲	-۰/۰۶۱۵
۰/۰۰۵	-۰/۰۰۶	-۰/۴۳۹	۰/۴۳۸	۰/۰۰۸	۰/۷۸۴
۰/۰۰۵	۰/۰۱۶	۰/۳۴۴	۰/۴۹۶	۰/۳۶	۰/۷۱۱
۰/۰۵۵	۰/۲۶۹	۰/۰۵۳	۰/۲۱۵	-۰/۰۸۹	-۰/۰۹۳۱

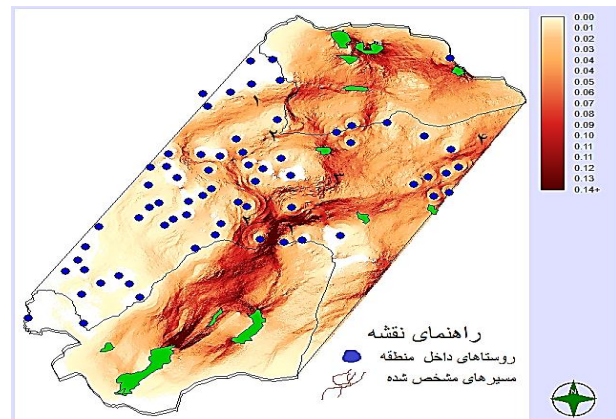
مقدار حاشیه‌گرایی اغلب بین صفر و یک قرار دارد (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷). مقادیر نزدیک به صفر بیان می‌کند. مقادیر نزدیک به یک نشان می‌دهد که گونه در یک زیستگاه بسیار ویژه زندگی می‌کند. در واقع حاشیه‌گرایی نشان‌دهنده موقعیت آشیان بوم‌شناختی در فضای محیط زیستی است (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷؛ Mertzanis و همکاران ۲۰۰۶). در این مطالعه مقدار حاشیه‌گرایی ۱/۱۱۴، تخصص‌گرایی ۷/۳۵۶ و تحمل‌پذیری ۰/۱۳۶ محاسبه گردید. دومین عامل آشیان بوم‌شناختی تخصص‌گرایی (Specialization Factor) است که نشان‌دهنده وسعت آشیان بوم‌شناختی است. به بیان دیگر این عامل معیاری است از دامنه شرایط محیط زیستی که گونه تحمل می‌کند (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷؛ Mertzanis و همکاران ۲۰۰۶). عامل تحمل‌پذیری عکس تخصص‌گرایی است و مقادیر نزدیک به صفر آن نشان‌دهنده تحمل‌پذیری پایین گونه و تخصصی بودن آن است و برعکس مقادیر بالا ضمن بیان تحمل زیاد گونه حاکی از آن است که گونه به شرایط بسیار ویژه و خاص در زیستگاه برای زندگی نیاز ندارد. مقادیر تحمل‌پذیری بین صفر تا یک متغیر است (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۷؛ Mertzanis و همکاران، ۲۰۰۶؛ Wang و همکاران، ۲۰۰۹).

پس از اجرای تحلیل ENFA و دستیابی به خروجی‌های مربوطه می‌توان به محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه پرداخت. گام اول در محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه محاسبه نقشه معیار است (شکل ۳). نتایج این تحلیل برای محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه الزامی است. نکته حائز اهمیت در این تحلیل تعیین تعداد نقشه‌های ENFA وارد شونده به تحلیل مطلوبیت زیستگاه است. در تحلیل نقشه معیار، کاربر تعیین

این که بر مبنای رویکرد تئوری مدار، جریان عبوری از پیکسل‌ها (گره‌ها) معادل با احتمال حرکت گونه است، می‌توان این‌طور تفسیر نمود که در صورت تردد پلنگ ایرانی بین دو زیستگاه یاد شده، بخش‌هایی که شدت جریان عبوری از آن‌ها بالا است، محتمل‌ترین مسیر جهت عبور آن‌ها خواهند بود. شناسایی نواحی ارتباطی مهم در منطقه از دیگر نتایج مهم حاصل از نقشه‌های جریان است. حفاظت از این نواحی مهم در بخش جنوبی و غربی پارک ملی گلستان و بخش‌های شمالی پناهگاه حیات وحش خوش‌یلاق از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. نتایج حاصل از اجرای تئوری مدار در شکل ۵ به شکل نقشه جریان نشان داده شده است. واضح است که پلی‌گون‌های سبز رنگ نشان‌دهنده لکه‌های مادر در دو زیستگاه اصلی است که به‌عنوان زیستگاه‌های اصلی برای پلنگ ایرانی تعیین شده‌اند. در این مدل ارزش هر پیکسل نشان‌دهنده شدت جریان عبوری از آن پیکسل (گره) یا به عبارتی احتمال حرکت گونه از یک لکه زیستگاهی به لکه‌های دیگر می‌باشد. رنگ‌های گرم‌تر (قهوه‌ای) شدت جریان بیش‌تر و به عبارت دیگر احتمال بالاتر انتشار گونه را نشان می‌دهد که در بخش‌های مختلفی از ناحیه مطالعه مشاهده می‌شود. هر چه به سمت قهوه‌ای کم‌رنگ پیش می‌رویم از میزان جریان و بالتبع از احتمال حرکت گونه کاسته می‌شود. همان‌طور که از شکل برمی‌آید به‌طور کلی چهار مسیر متفاوت برای جابجایی پلنگ ایرانی شناسایی شد، که مهم‌ترین آن‌ها عبور پلنگ از قسمت جنوبی پارک در امتداد منطقه حفاظت شده لوه است، جایی که دارای پوشش مناسبی از جنگل بوده و به احتمال زیاد دارای طعمه کافی نیز می‌باشد، هم‌چنین مهم‌ترین مسیر حرکتی پلنگ در شمال پناهگاه حیات وحش خوش‌یلاق قرار دارد، که دارای تعداد کمی روستا و مناطق مسکونی واقع است، همین امر مهم‌ترین فاکتور در حرکت و جابجایی پلنگ است، هم‌چنین در این شکل دایره‌های آبی رنگ روستاهای داخل منطقه را نشان می‌دهد که مهم‌ترین موانع در حرکت و جابجایی پلنگ در منطقه است. در نواحی پررنگ احتمال حرکت گونه بسیار بالا است ولی پهنای کم بعضی نواحی ارتباط را بسیار آسیب‌پذیر می‌کند. در این پژوهش به‌طور کلی چهار مسیر متفاوت جهت ورود و خروج پلنگ از پارک ملی گلستان مشخص شده است، این مسیرها به‌صورت قهوه‌ای پررنگ نشان داده شده است. مهم‌ترین مسیر حرکت پلنگ از نزدیک روستای تنگ‌راه در قسمت جنوبی پارک است، جایی که منطقه حفاظت شده لوه به‌عنوان بافری برای پارک نقش به‌سزایی در جابه‌جایی



شکل ۴: لکه‌هایی از زیستگاه دارای مطلوبیت بالا



شکل ۵: نقشه جریان بین دو زیستگاه مورد مطالعه

بحث

حفظ و بازگرداندن ارتباط در بخش‌های مختلف سیمای سرزمین نیازمند مدل‌های ارتباطی و شاخص‌هایی است که قابل اعتماد و کارآمد باشند. از جمله این مدل‌ها، مدل ارتباطی است که بر مبنای تئوری مدار الکتریکی بوده و برای پیش‌بینی الگوی حرکت در سیمای سرزمین، شناسایی لکه‌های زیستگاهی مهم و کریدورها با هدف برنامه ریزی برای حفاظت مورد استفاده قرار گرفته است (Defries و Hansen, ۲۰۰۷). در این مطالعه از این رویکرد مدل‌سازی جهت بررسی ارتباطات زیستگاهی و شناسایی کریدورهای مهاجرتی برای گونه آسیب‌پذیر پلنگ ایرانی میان پناهگاه حیات وحش خوش‌یلاق و پارک ملی گلستان در سه استان گلستان، سمنان و خراسان شمالی استفاده شد. به دلیل

حيات وحش علي الخصوص پلنگ دارد، اما با نگاه به مسيرهاي ورودی و خروجی پلنگ در زيستگاه خوش ييلاق در می يابيم که فقط دو مسير جهت ورود و خروج از منطقه وجود دارد، که با فاصله نسبتاً کمی از همديگر قرار دارند، قسمت هاي شمالی اين زيستگاه جایی که کم ترين فاصله را با پارک دارد و هم چنين دارای پوشش مناسبی از جنگل و پوشش گیاهی است، مهم ترين مکان ها جهت تردد پلنگ است. با بررسی های میدانی و پرسش های به عمل آمده از افراد محلی در فواصل بين دو زيستگاه مشخص شد که پلنگ در فصول مختلف سال در بسیاری از مسيرهایی که به عنوان مسيرهاي پيشنهادهی مشخص شده است، توسط مردم محلی و دامداران دیده شده است و موارد متعددی از حمله پلنگ به احشام توسط دامداران گزارش شده است، همین امر گواه محکمی بر اين ادعاست که پلنگ از مسيرهاي مشخص شده چه به صورت عبوری و چه به صورت مهاجری حرکت می کند.

Roever و همكاران، (۲۰۱۲) از اين تئوری استفاده نمودند تا ارتباط میان شش گروه از جمعیت فیل ها در آفریقای جنوبی را برای بررسی کارایی شبکه مناطق حفاظت شده در هندوستان ارزیابی کنند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که در بخش مرکزی ناحیه مطالعه احتمال زیادی برای برقراری ارتباط میان جمعیت ها وجود دارد. کریدورهای مهاجرتی نیز براساس محدوده های عبور حداکثر شدت جریان در منطقه مطالعه برای دو گونه شناسایی و کارایی آن ها براساس عواملی مانند پهنا و نحوه توزیع زیستگاه ها بررسی شد (Roever و همكاران، ۲۰۱۳). ملکوئی خواه و همكاران (۱۳۹۲) در مقاله ای با عنوان استفاده از تئوری مدارهای الکتریکی جهت شناسایی کریدورهای مهاجرتی بین پناهگاه های حیات وحش موته و قمشلو در استان اصفهان (ایران) نشان دادند بین زیستگاه های مذکور براساس نقشه های جریان، الگوی حرکت و ارتباطات عملکردی برای گونه های هدف نواحی مهم ارتباطی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد (ملکوئی خواه و همكاران، ۱۳۹۲). Walpole و همكاران (۲۰۱۲) نیز با استفاده از اين تئوری موفق به پیش بینی و بررسی ارتباط عملکردی و کریدورهای زیستگاهی سیاه گوش در حاشیه جنوبی محدوده پراکنش آن در کانادا شدند. مقایسه نقاط حضور این گونه با کریدورهای شناسایی شده حاصل از نقشه جریان نشان داد که سیاه گوش از مسيرهایی عبور می کند که ارتباط بالاتری برای این گونه ایجاد می نمایند. اگر قرار است که گونه ها از این کریدورها استفاده نمایند، در دسترس بودن و کیفیت زیستگاه های

موجود در آن ها اهمیت بسیاری پیدا می کند (Walpole و همكاران، ۲۰۱۲).

به منظور مدیریت بهینه زیستگاه پلنگ و حفاظت موثر از آن و هم چنين شناخت بیش تر نیازهای زیستگاهی این گونه در پناهگاه حیات وحش خوش ييلاق و پارک ملی گلستان و غنی سازی بانک اطلاعات جانوری، و در جهت تکمیل هرچه بیش تر نتایج حاصل از این پژوهش پيشنهادهی می گردد که در مسيرهاي پيشنهادهی شده با نصب دوربین های تله ای پایش سالانه بر روی این گونه انجام شود، به علاوه استفاده از ابزارهای راديو تله متری جهت بررسی مطالعات دقیق تر و رفتارشناسی پلنگ و هرچه بهتر حفاظت پلنگ ضروری است. راهکار پيشنهادهی دوم نصب علائم هشداردهنده در طول مسيرها به ویژه جاده هایی که زیستگاه ها را از هم جدا کرده اند، ضروری است. مطالعات ژنتیکی برای بررسی شباهت ها و تفاوت های موجود در ژنوم پلنگ ايراني در دو زیستگاه پارک ملی گلستان و پناهگاه حیات وحش خوش ييلاق به عنوان راهکار سوم جهت تکمیل این پژوهش پيشنهادهی می گردد.

منابع

۱. سلمان ماهینی، ع. و کامیاب، ح. ر.، ۱۳۸۸. سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم افزار ایدریسی. انتشارات مهر مهدیس. تهران. ۵۸۲ صفحه.
۲. ضیایی، ه.، ۱۳۸۷. راهنمایی صحرایی پستانداران ایران. انتشارات کانون آشنایی با حیات وحش. ۳۵۰ صفحه.
۳. فاخران اصفهانی، س.، ۱۳۸۷. بررسی امکان ایجاد کریدورهای زیستگاهی علف خواران بزرگ بین پناهگاه های حیات وحش موته و قمیشلو. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۲۰ صفحه.
۴. قدوسی، ا.؛ عشایری، د.؛ مشیری، ح.؛ قدیریان، ط.؛ خالقی حمیدی، ا.؛ قشقایی، ع.؛ حمزه پور، م.؛ ظهرايي، ح.؛ جولایی، ل. و خوروزیان، ا.، ۱۳۸۷. پروژه پلنگ ايراني، گزارش سالانه ۱۳۸۶ الی ۱۳۸۷. انجمن طرح سرزمین. تهران. صفحات ۲۱۴ تا ۲۵۱.
۵. مجنونیان، ه.؛ زاهد، ب.؛ کیابی، ب.؛ فرهنگ دره شوری، ب. و گشتاسب میگوئی، ح.، ۱۳۷۸. پارک ملی گلستان (ذخیره گاه زیست کره). سازمان حفاظت محیط زیست. تهران. ۱۲۹ صفحه.



۱۸. Hansen, A.J. and Defries, R., 2007. Ecological mechanisms linking protected areas to surrounding lands. *Journal of Ecological Applications*. Vol. 17, pp: 974-988.
۱۹. Hirzel, A.H.; Hausser, J. and Perrin, N., 2007. Biomapper 4.0, Laboratory for Conservation Biology, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Switzerland. URL, Viewed 10 November 2010. <http://www2.unil.ch/biomapper>.
۲۰. Hirzel, A.H., 2001. When GIS come to life. Linking landscape- and population ecology for large population management modelling: the case of Ibex (*Capra ibex*) in Switzerland. PhD Thesis. Faculté des Sciences de L'Université de Lausanne. 114 p.
۲۱. Huntera, L.; Balme, G.; Walker, C.; Pretorius, K. and Rosenberg, K., 2003. The landscape ecology of leopards (*Panthera pardus*) in northern KwaZulu-natal, South Africa: A preliminary project report. *Ecological journal*. pp: 88-94.
۲۲. McRae, B.H.; Dickson, B.; Keitt, T.H. and Shah, V., 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution and conservation. *Journal of Ecology*. Vol. 89, No. 10, pp: 2712-2724.
۲۳. McRae, B.H., 2006. Isolation by resistance. *Journal of Evolution*. Vol. 60, pp: 1551-1561.
۲۴. McRae, B.H. and Beier, P., 2007. Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. *Journal of Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 104, pp: 19885-19890.
۲۵. McRae, B.H. and Shah, V.B., 2011. Circuitscape User Guide. The University of California, Santa Barbra.
۲۶. McRae, B.H.; Dickson, B.; Keitt, T.H. and Shah, V., 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution and conservation. *Journal of Ecology*. Vol. 89, No. 10, pp: 2712-2724.
۲۷. Mertzanis, G.; Korakis, G.; Kallimanis, A.; Sgardelis, S.T. and Aravidis, I., 2006. Bear habitat suitability in relation to habitat types of European interest in NE pindos mountain range, Greece. pp: 321-326.
۲۸. Minor, E.S. and Urban, D.L., 2007. Graph theory as a proxy for spatially explicit population models in conservation planning. *Journal of Ecological Applications*. Vol. 17, pp: 1771-1782.
۲۹. Roever, C.L.; Van Aarde, R.J. and Leggett, K., 2012. Functional responses in the habitat selection of a generalist mega-herbivore, the African savannah elephant. *Ecography*. Vol. 35, pp: 1-11.
۳۰. Roever, C.L.; Van, A.R.J. and Leggett, K., 2013. ملکوتی خواه، ش.، ۱۳۹۲. استفاده از تئوری مدارهای الکتریکی جهت شناسایی کریدورهای مهاجرتی بین پناهگاه‌های حیات وحش موته و قمشلو در استان اصفهان. مجله اکولوژی کاربردی. سال ۲، شماره ۵، صفحات ۲۳ تا ۳۴.
۷. ملکی نجف آبادی، س.؛ همای، م.ر.؛ ماهینی، ع. و راهداری، و.، ۱۳۸۹. استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی جهت مدیریت زیستگاه حیات وحش: مطالعه موردی قوچ و میش اصفهانی (*Ovis orientalis isfahanica*) در پناهگاه حیات وحش موته. همایش ملی ژئوماتیک.
۸. Adriaensen, F.; Chardon, J.P.; De Blust, G.; Swinnen, E.; Villalba, S.; Gulinck, H. and Matthysen, E., 2003. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 64, pp: 233-247.
۹. Beier, P. and Noss, R.F., 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology*. Vol. 12, No. 6, pp: 1241-1252.
۱۰. Bunn, A.G.; Urban, D.L. and Keitt, T.H., 2000. Landscape connectivity: A conservation application of graph theory. *Journal of Environmental Management*, Vol. 59, pp: 265-278.
۱۱. Corlatti, L.; Hacklander, K. and Frey-Rous, F., 2009. Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. *Conservation Biology*.
۱۲. Crooks, K.R., 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Journal of conservation biodiversity*. Vol. 16, No. 2, pp: 488-502.
۱۳. Crooks, K.R. and Sanjayan, M., 2006. *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 732 p.
۱۴. Darvish Sefat, A., 2006. Atlas of protected areas of Iran. Department of the Environment, Iran. 157 p.
۱۵. Estrada, E. and Bodin, O., 2008. Using network centrality measures to manage landscape connectivity. *Ecological Applications*. Vol. 18, pp: 1810-1825.
۱۶. Galparsoro, I.; Borja, A.; Bald, J.; Liria, P. and Chust, G., 2009. Predicting sustainable habitat for the European lobster (*Homarus gammarus*), on the basque continental shelf (Bay of Biscay), using ecological-niche factor analysis. *Ecological Modeling*. Vol. 220, pp: 550-567.
۱۷. Gibson, L.A.; Wilson, B.A.; Cahill, D.M. and Hill, J., 2003. Modeling habitat suitability of the Swamp Antechinus. *Biological Conservation* Vol. 117, No. 2, pp: 143-150.



- Functional connectivity within conservation networks: Delineating corridors for African elephants. *Journal of Biological Conservation*. Vol. 157, pp: 128-135.
۳۱. **Srisang, W.; Jaroensutasinee, K. and Jaroensutasinee, M., 2007.** Assessing habitat suitability models with a virtual species at Khao Nan national park, Thailand. *Proceeding of world academy of science. Engineering and technology*. Vol. 21, pp: 1307-6884.
۳۲. **Walpole, A.A.; Bowman, J.; Murray, D.L. and Wilson, P.J., 2012.** Functional connectivity of lynx at their southern range periphery in Ontario, Canada. *Landscape Ecology*. Vol. 27, pp: 761-773.
۳۳. **Wang, X.; Weihua, X. and Ouyang, Zh., 2009.** Integrating population size analysis into habitat suitability assessment: implications for giant panda conservation in the Minshah Mountain, China. *The Ecological Society of Japan*.
۳۴. **Wang, Y.; Yang, K. Bridgman, C.L. and Lin, L., 2008.** Habitat suitability modeling to correlate gene flow with landscape connectivity. *Journal of Landscape Ecology*. Vol. 23, pp: 989-100.

