مکان‌یابی احداث گذرگاه برای پلنگ (*Panthera pardus*) در پارک ملی گلستان

- **بهناز عرفانیان***: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸
- **سید حامد میرکریمی**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸
- **عبدالرسول سلمان‌ماهینی**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸
- **حمیدرضا رضایی**: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۳

چکیده

جاده‌سازی در تشدید عوامل تهدیدکننده حیات‌وحش و نابودی زیستگاه‌ها موثر است به‌طوری‌که یکی از مناسب‌ترین روش‌های جلوگیری از این ناهنجاری‌ها ساخت گذرگاه‌ها به شکل روگذر و زیرگذر است. این گذرگاه‌ها باید هماهنگ با محیط طبیعی باشند و در مکان‌هایی احداث شوند که حیوانات از آن‌ها استفاده نمایند. عبور جاده از پارک ملی گلستان حیات‌وحش منطقه از جمله پلنگ (*Panthera pardus*) ، که یکی از گونه‌های در خطر انقراض و در فهرست سرخ اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی قرار دارد را تهدید کرده است. هدف این تحقیق تعیین مکان‌های مناسب احداث روگذر و زیرگذر به‌منظور کاهش تلفات جاده‌ای حیات‌وحش به‌ویژه پلنگ در پارک ملی گلستان است. بدین منظور مکان‌های مناسب احداث گذرگاه با استفاده از تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر در محیط GIS تعیین گردیدند. دو لایه اصطکاک محیط و هزینه تجمعی به‌همراه چند نقطه مبدا و مقصد به‌عنوان داده‌های ورودی این تحلیل در نظر گرفته شدند. با محاسبات صورت گرفته پنج مسیر جهت اتصال دو تکه شمالی و جنوبی پارک ملی گلستان شناسایی گردیدند. مقایسه مسیرهای شناسایی شده با مکان‌های ثبت شده تصادفات جاده‌ای پلنگ در طول جاده نتایج قابل قبولی را نشان داد. یافته‌های این تحقیق امکان تمرکز فعالیت‌های مدیریتی برای بهبود وضعیت پلنگ در پارک ملی گلستان را فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: پارک ملی گلستان، پلنگ، کم هزینه‌ترین مسیر، گذرگاه حیات‌وحش

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: b_erfaniyan@yahoo.com

مقدمه

جاده‌سازی به‌عنوان عاملی مؤثر در تشدید عوامل تهدید کننده حیات‌وحش، تکه شدگی و نابودی زیستگاه‌ها معرفی گردیده است و می‌تواند اثرات منفی قابل توجهی بر حرکت حیات‌وحش و بقای آن‌ها به‌ویژه در گونه‌هایی با گستره خانگی وسیع مانند گوشت‌خواران داشته باشد (Mullin و همکاران، ۲۰۰۷؛ Sandra و همکاران، ۲۰۰۴؛ Clevenger و Gloyn، ۲۰۰۱؛ Hass، ۲۰۰۰). جاده‌ها می‌توانند توانایی حیوانات را برای جبران جمعیت کاهش یافته، استقرار مجدد در زیستگاه‌هایی که در آن‌ها انقراض رخ داده و یا برای کوچ و مهاجرت به زیستگاه‌های مناسب محدود سازند (Bennett، ۲۰۰۳). بنابراین، در مقیاس بین‌المللی جاده‌ها و ترافیک علت اصلی مرگ و میر پستانداران بزرگ است (Underhill و Angold، ۲۰۰۰). نظریه زیست‌شناسی حفاظت بیان می‌کند که احداث ساختارهای اتصال‌دهنده، حیات را در بین لکه‌های زیستگاهی جدا شده افزایش می‌دهد و یا دست کم سطوحی از انتشار بین لکه‌ای را حفظ می‌نماید. بنابراین، یک راه مقابله با اثرات جداشدگی زیستگاه‌ها احداث چنین ساختارهایی است که باعث حفظ جریان ژن و زیستایی جمعیت می‌گردد (Coraltti، ۲۰۰۹؛ Smith و همکاران، ۲۰۰۶). بر این اساس، همراه با سایر فعالیت‌های اصلاحی می‌توان به احداث گذرگاه‌ها (شامل روگذر و زیرگذر) در جبران اثرات منفی و مضر جاده‌ها بر حیات‌وحش بیش‌تر اهمیت داد. بیش‌ترین سودمندی گذرگاه‌های حیات وحش کاهش مرگ و میر جاده‌ای است. نکته قابل توجه این است که گذرگاه‌های حیات‌وحش باید هماهنگ با محیط طبیعی باشند و در مکان‌هایی احداث شوند که حیوانات از آن‌ها استفاده نمایند.

دو نیمه شدن پارک ملی گلستان از طریق بزرگراه آسیایی گرگان- مشهد، حرکت و جابه‌جایی حیات‌وحش را با مشکل روبرو کرده است و در اکثر مواقع باعث مرگ و میر آن‌ها گردیده است. این مسئله می‌تواند به‌تدریج باعث کاهش قابل توجه در اندازه جمعیت حیات‌وحش به‌خصوص گونه‌های آسیب‌پذیر شود. بنابراین، به‌منظور کاهش اختلال ساختارهای اجتماعی، حفظ الگوهای حرکت طبیعی و کاهش مرگ و میر حیات‌وحش و هم‌چنین حفاظت از این زیستگاه ارزشمند و جبران نسبی اثرات منفی جاده‌سازی، تعیین مکان گذرگاه حیات‌وحش به‌عنوان یک راهکار مدیریتی مورد مطالعه قرار گرفته است.

مکان‌یابی گذرگاه‌های حیات‌وحش نیاز به انتخاب گونه هدف[1] دارد (Cavallaro و همکاران، ۲۰۰۵؛ Bennett، ۲۰۰۳) چراکه ارزیابی زیستگاه و در نظرگیری سایر شرایط باید براساس یک یا چند گونه هدف انجام گیرد. به‌همین منظور از میان گونه‌های در معرض تهدید، پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) به‌عنوان یک زیرگونه شاخص که حفاظت از آن به جهت قرارگیری در فهرست سرخ اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی اهمیت دارد (IUCN، ۲۰۱۰)، در این مطالعه انتخاب شد و براساس نیازها و شرایط زیستگاهی آن اقدام به تعیین مکان مناسب گذرگاه‌ها گردید. جمعیت این گونه به‌طور فزاینده‌ای به‌وسیله تخریب و تکه‌شدن زیستگاه و هم‌چنین تعارض با انسان برای حمایت از دام‌های خود مورد تهدید است. شیوه‌های متفاوتی در تعیین مکان مناسب احداث گذرگاه حیات‌وحش مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از این روش‌ها عبارتند از: مدل‌های GIS پایه (مانند تحلیل سلسله مراتبی، تابع فاصله مبنا و تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر و غیره)، بررسی مکان حوادث جاده‌ای حیات‌وحش، رادیو تله‌متری، شناسایی مسیرهای مهاجرت و نمایه‌های حیوانات از قبیل ردپا، سرگین و غیره. مطالعات فراوانی در زمینه استفاده از تجزیه و تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر در مدیریت حیات‌وحش و حفاظت از آن با هدف اتصال مجدد زیستگاه‌های جداشده و جلوگیری از انقراض گونه‌ها صورت گرفته است که از این میان می‌توان به پژوهش‌های Brost (۲۰۱۰)، Beier و همکاران (۲۰۰۹)، Menke (۲۰۰۸) و Gavashelishvili و Lukarevskiy (۲۰۰۸) اشاره کرد.

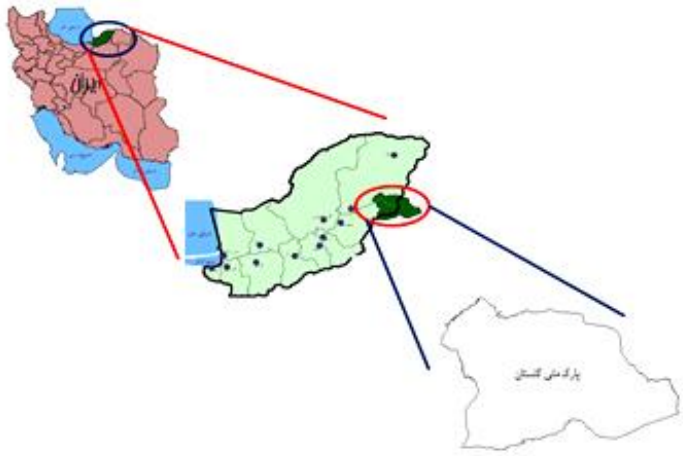
بنابراین، با توجه به کاربرد وسیع تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر در مدل‌سازی گذرگاه‌های بالقوه حیات‌وحش بین لکه‌های زیستگاهی و هم‌چنین مطلوبیت بهتر نتایج Brost (۲۰۱۰) نسبت به سایر روش‌ها، در مطالعه پیش رو از این تحلیل استفاده گردید. از نتایج این پژوهش می‌توان به‌عنوان یک الگو و راهکار مدیریتی در حفاظت حیات‌وحش و دستیابی به مکان‌های ویژه گذرگاه در سایر مناطق حفاظت شده و دیگر حیوانات نیز استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

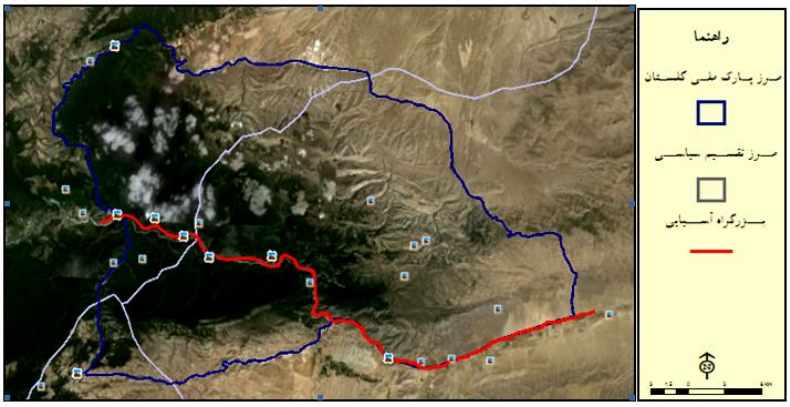
منطقه منطقه مورد مطالعه: پارک ملی گلستان با وسعت ۹۱۸۹۵ هکتار در شمال‌شرقی ایران و در حد فاصل نقاط ′۲۴ و °۳۷

[1] - Target species

شمالی و ′۵۸ و °۵۵ شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این پارک در ۵۵ کیلومتری شرق گنبدکاووس و ۱۱۵ کیلومتری غرب بجنورد و در مسیر بزرگراه آسیایی گرگان- مشهد واقع شده است. این بزرگراه به‌طول ۳۵ کیلومتر پارک ملی گلستان را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم کرده است (شکل ۲). این منطقه از نظر تشکیلات و مسئولیت حفاظتی تحت نظر اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گلستان قرار دارد (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸).



شکل ۱: محدوده پارک ملی گلستان



شکل ۲: مسیر بزرگراه آسیایی داخل پارک ملی گلستان

روش مطالعه: تجزیه و تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر یک روش سیستماتیک برای ارزیابی و مقایسه هزینه‌های بوم‌شناختی گذرگاه‌های بالقوه حیات‌وحش است (Casterline و همکاران، ۲۰۰۳). این تحلیل یک الگوریتم رستر پایه ساده را جهت وزن‌دهی به مسیرهای حداقل بین مبدا و مقصد براساس مقاومت محیط در برابر متحرک استفاده می‌کند. خروجی آن نقشه رستری است که در آن هر سلول در سیمای سرزمین ارزشی دارد که پایین‌ترین هزینه تجمعی را از سلول مبدا به مقصد نشان می‌دهد و به‌عنوان کم هزینه‌ترین مسیر شناسایی می‌گردد. در واقع در این روش، قسمت‌هایی از زیستگاه که مطلوبیت بالایی برای گونه مورد نظر دارند مقاومت پایینی جهت حرکت و جابه‌جایی آن خواهند داشت و برعکس هرجا که مطلوبیت زیستگاه پایین است سختی حرکت زیاد است و در نتیجه هزینه جابه‌جایی حیوان افزایش خواهد یافت (Beier و همکاران، ۲۰۰۹؛ Driezen و همکاران، ۲۰۰۷؛ Casterline و همکاران؛ ۲۰۰۳).

به‌طور کلی به دو دسته داده برای محاسبه کم هزینه‌ترین مسیر در نرم‌افزار IDRISI Kilimanjaro نیاز است:

نقشه اصطکاک یا سطح هزینه: نقشه رستری است که مقدار هر سلول آن نشان‌دهنده میزان مقاومت یا هزینه عبور از آن سلول است. واحد این سطح می‌تواند هزینه، زمان، مسافت و غیره باشد (سلمان‌ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸؛ عابدیان، ۱۳۸۸).

نقشه سطح هزینه تجمعی: سطح هزینه تجمعی یک نقشه رستری است که فاصله وزن‌دار و نه فاصله جغرافیایی بین دو نقطه را محاسبه می‌کند به‌طوری‌که یک عملیات تکراری از نقطه شروع آغاز و به هر سلول مقدار تجمعی داده می‌شود (Hill، ۲۰۰۹؛سلمان‌ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸؛ عابدیان، ۱۳۸۸).

به‌منظور یافتن مسیرهای کوتاه و بهینه در این پژوهش از دو نوع لایه اصطکاک محیط یکی در برابر احداث سازه و دیگری حرکت گونه هدف استفاده شد.. در شناسایی مناطقی که مناسب‌ترین موقعیت را برای احداث گذرگاه دارند روش ارزیابی چندمعیاره[۱] (MCE) بر پایه منطق فازی و رعایت اصول محیط زیستی استفاده گردید. این روش اساس تهیه لایه اصطکاک در برابر احداث سازه است.

روش MCE در این پژوهش به‌طور مختصر با سه عامل شیب، سنگ و شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی انجام گردید. انتخاب لایه‌ها براساس نظر کارشناسی و بر مبنای اهمیت آن‌ها در مکان گذرگاه‌ها صورت گرفت. از آن‌جایی‌که نقش و اهمیت هر یک از عوامل تأثیرگذار بر مسیریابی گذرگاه یکسان نیست بنابراین، باید این عوامل وزن‌دهی گردند اما به‌دلیل تعداد کم عامل‌ها وزن‌دهی با نظر کارشناسی صورت گرفت و از روش معمول وزن‌دهی یعنی تحلیل سلسله مراتبی استفاده نگردید. در روش MCE تلفیق لایه‌های اطلاعاتی از طریق ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) صورت پذیرفت (رابطه ۱) و خروجی آن تصویری رستری است که شایستگی منطقه مورد مطالعه را برای مسیریابی گذرگاه نشان می‌دهد. معکوس این نقشه به‌عنوان لایه اصطکاک محیط در انتخاب مکان گذرگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۴).

رابطه (۱):

$$WLC= \sum_{i=1}^{n} W_i X_i \Pi C_j$$

WLC= میزان مطلوبیت، W_i= وزن عامل i، Xi= ارزش فازی عامل i، و C_j= امتیاز معیار محدودیت j.

دومین لایه اصطکاک از دیدگاه بوم‌شناسی گونه است و میزان سختی محیط را در برابر حرکت نشان می‌دهد. این نقشه نیز معکوس نقشه مطلوبیت زیستگاه تولید شده در فرآیند تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی[۲] است. لازم به ذکر است، نقشه مطلوبیت زیسنگاه پلنگ در پارک ملی گلستان در مطالعه پیشین عرفانیان (۱۳۹۰) تهیه گردیده است.

عوامل مؤثر در مسیریابی از دیدگاه بوم‌شناسی از جمله (ارتفاع، شیب ، جهت منطقه، NDVI، طعمه‌ها، فاصله تا منابع آبی مانند چشمه و رودخانه، فاصله تا زمین‌های کشاورزی و روستاهای اطراف پارک و فاصله از جاده) در تولید نقشه مطلوبیت زیستگاه لحاظ شده‌اند.

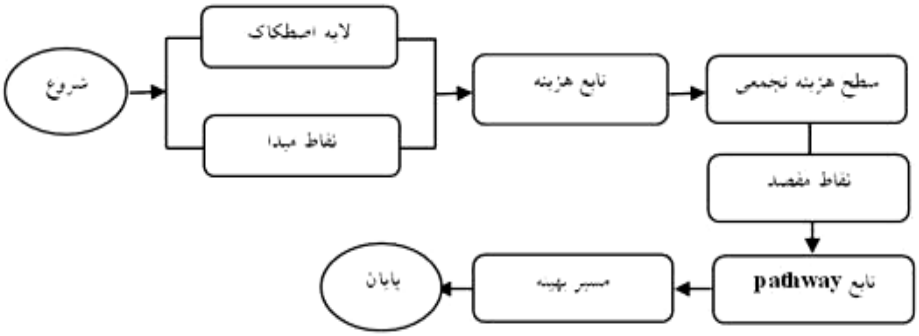
مجموع دو لایه اصطکاک تولید شده نقشه اصطکاک نهایی مورد نیاز را ایجاد می‌نماید. این نقشه به‌همراه چند نقطه به عنوان منبع یا نقاط شروع در تحلیل هزینه مبنا وارد می‌گردد. خروجی این فرآیند تولید سطح هزینه تجمعی است. در این لایه مقدار هر پیکسل بیانگر مجموع هزینه یا ارزش بین نقطه ابتدایی و پیکسل مورد نظر است و مقادیر بزرگ‌تر نشانه اعتبار کم‌تر آن پیکسل جهت عبور مسیر است (Lee و Munro، ۲۰۰۳؛ Halpin و Bunn، ۲۰۰۰؛ عابدیان، ۱۳۸۸).

سطح هزینه تجمعی تولید شده و یک یا چند نقطه به عنوان مقصد اساس تعیین مسیر بهینه است (شکل ۳). در این پژوهش نقاط مبدا و مقصد با توجه به نقشه اصطکاک، نقاط حضور و مشاهده پلنگ در سال‌های قبل و نقشه مطلوبیت زیستگاه آن تعیین گردید.

بنابراین، با استفاده از نقاط مبدا و مقصد و لایه هزینه تجمعی و با به‌کارگیری تابع Pathway کم هزینه‌ترین مسیر به‌صورت خودکار ایجاد می‌گردد. این تابع از مقصد به مبدا و بر عکس جهت یافتن کوتاه‌ترین مسیر روی سطح هزینه تجمعی حرکت می‌نماید و پیکسلی را که دارای کم‌ترین سطح هزینه تجمعی باشد را به‌عنوان جهت حرکت درنظر می‌گیرد (سلمان‌ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸؛ عابدیان، ۱۳۸۸).

۱-Multi-Criteria Evaluation (MCE)

۲- Ecological niche factor analysis

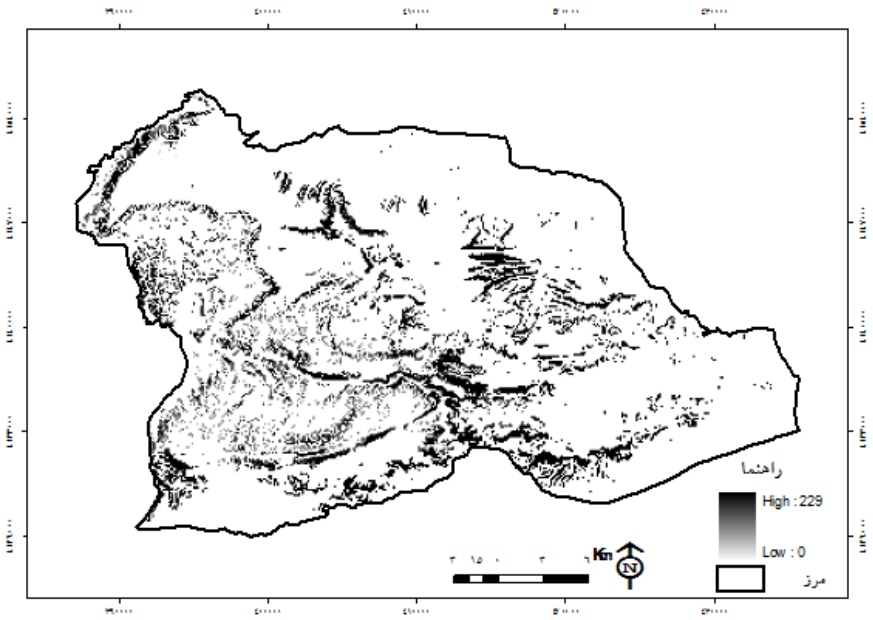


شکل ۳: خلاصه‌ای از مراحل تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر در ایدریسی

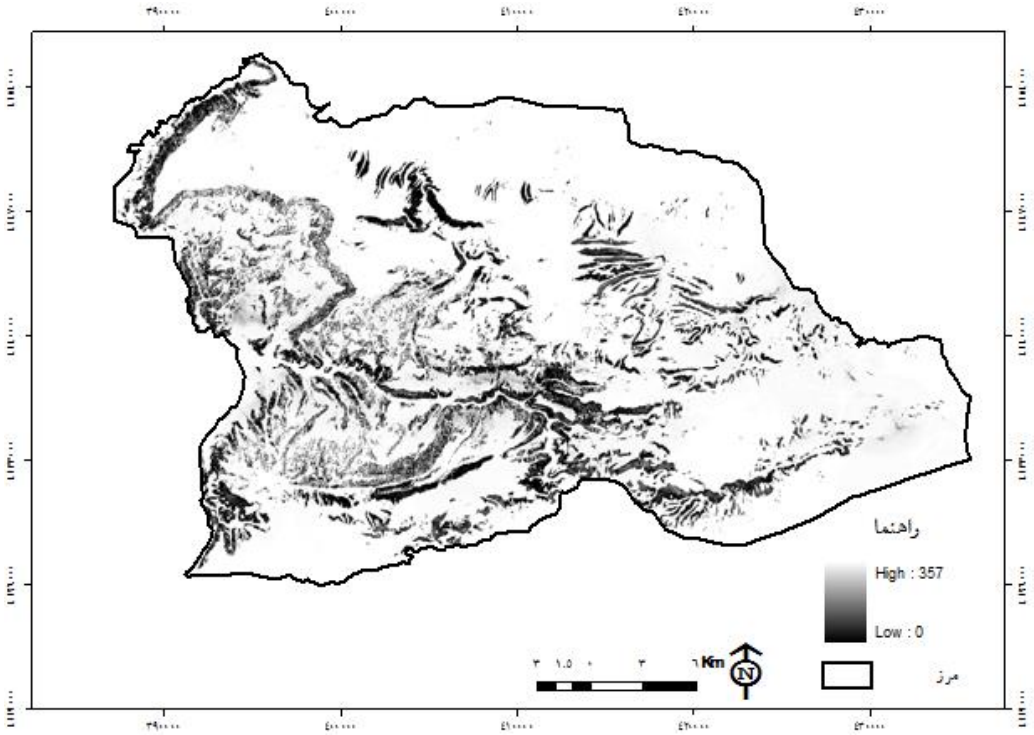
نتایج

همان‌طورکه اشاره شد مجموع دو لایه اصطکاک محیط از دیدگاه احداث سازه و بوم‌شناسی گونه به‌عنوان لایه اصطکاک نهایی وارد تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر گردید (شکل ۵). تولید نقشه اصطکاک در برابر احداث سازه براساس روش MCE است (شکل ۴) اما در مرحله وزن‌دهی به معیارها به‌منظور بررسی نقش و اهمیت هر یک از عوامل تأثیرگذار بر مسیریابی گذرگاه به‌دلیل تعداد کم عامل‌ها از نظر کارشناسی استفاده شد

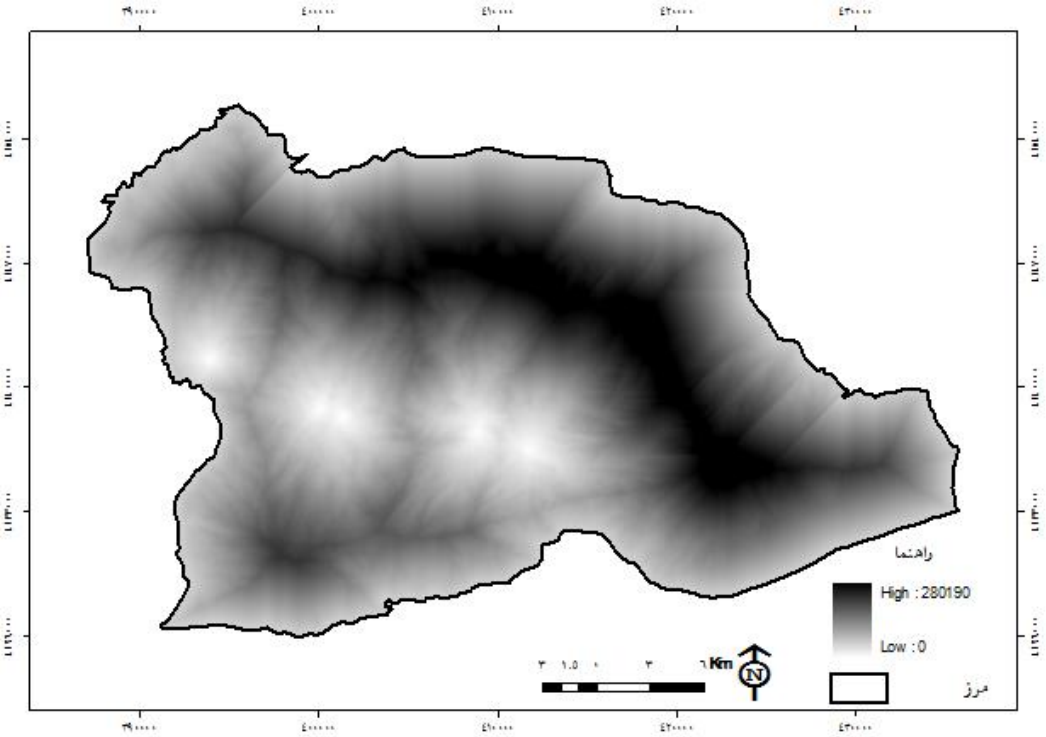
پس از تولید نقشه اصطکاک نهایی و تعیین نقاط مبدا در اطراف جاده با کمک تابع هزینه لایه سطح هزینه تجمعی ایجاد گردید (شکل ۶). در این نقشه با افزایش فاصله از نقطه مبدا میزان اصطکاک و به تبع آن هزینه تجمعی افزایش می‌یابد. در نهایت، با استفاده از نقاط مبدا و مقصد و لایه هزینه تجمعی و با به‌کارگیری تابع Pathway پنج مسیر مختلف و در عین حال کوتاه شناسایی گردید (شکل۷). مسیرهای پیشنهادی با محل تصادفات جاده‌ای پلنگ و آبگذرهای فعلی پارک ملی گلستان مورد مطابقت قرار گرفت (شکل ۸). لازم به ذکر است، مختصات دقیق محل تصادفات جاده‌ای پلنگ بر اساس گزارش کارشناسان پارک طی بررسی‌های میدانی ثبت گردید.



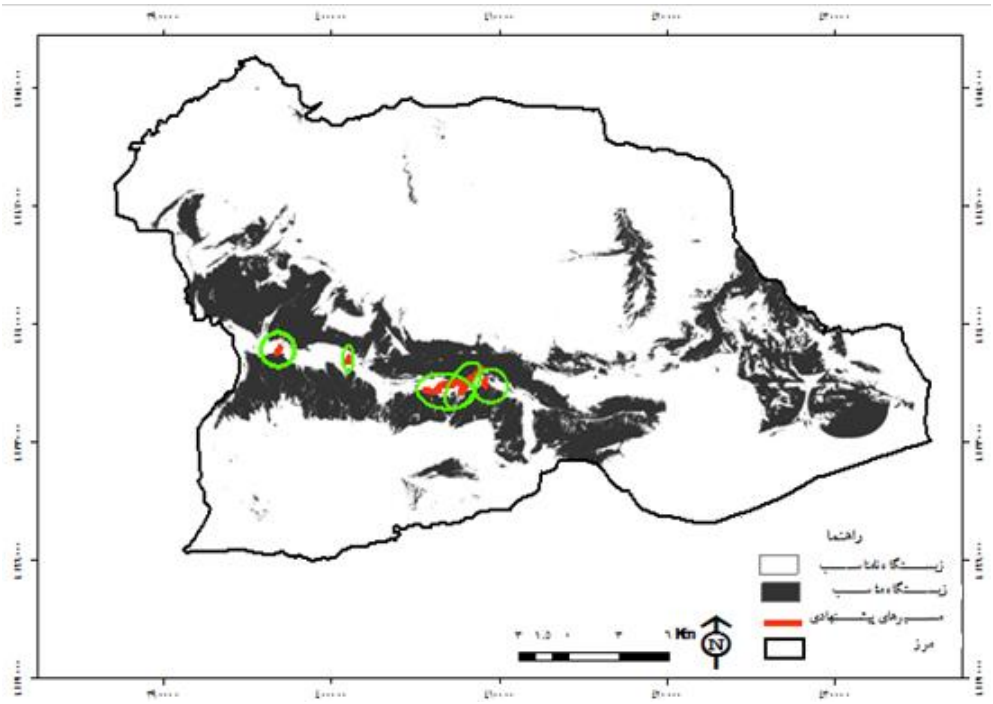
شکل ۴: نقشه اصطکاک حاصل از روش MCE



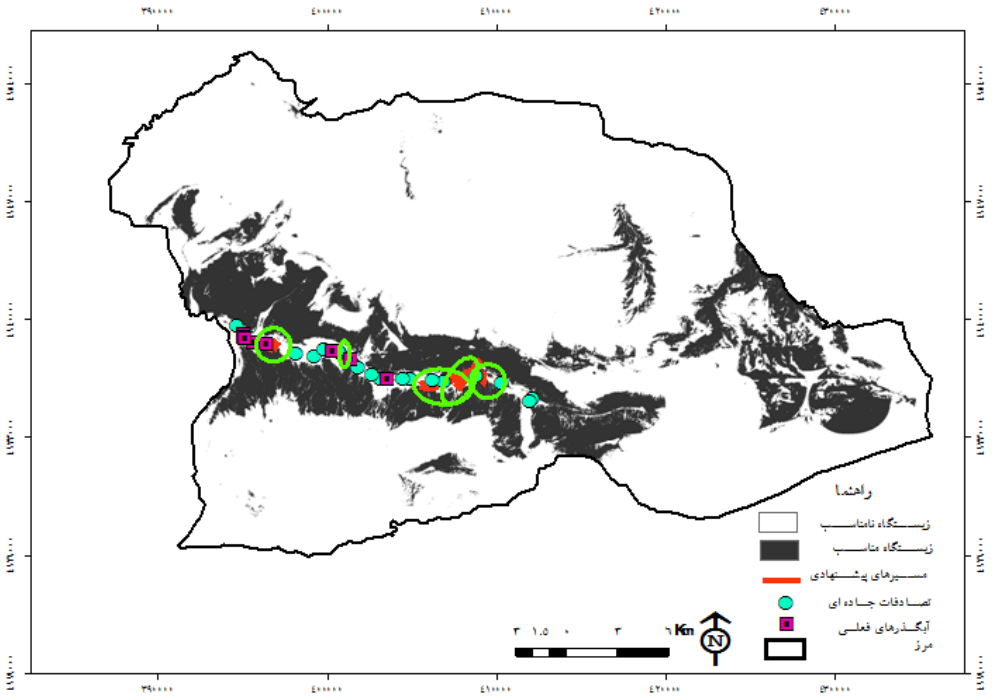
شکل ۵: نقشه اصطکاک نهایی



شکل ۶: نقشه هزینه تجمعی



شکل ۷: نقشه مسیرهای پیشنهادی



شکل ۸: نقشه موقعیت تصادفات جاده‌ای پلنگ و آبگذرهای فعلی پارک ملی گلستان

بحث

یک گونه باید قادر باشد به‌منظور یافتن غذا، پناه، جفت و سایر نیازهای اساسی و هم‌چنین برای جستجوی زیستگاه‌های اشغال نشده و برقراری تبادلات ژنتیکی درون گستره خانگی خود حرکت کند. بسیاری از بوم‌شناسان برای جبران کاهش

تکه‌تکه‌شدگی و جدایی زیستگاه‌ها اتصال مجدد زیستگاه‌ها را پیشنهاد کرده‌اند (Beier و همکاران، ۲۰۰۹). شیوه‌های متفاوتی در تعیین مکان مناسب ساختارهای عبوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از این روش‌ها عبارتند از: مدل‌های GIS پایه، بررسی مکان حوادث جاده‌ای حیات‌وحش، رادیو تله‌متری، شناسایی مسیرهای مهاجرت و نمایه‌های حیوانات از قبیل ردپا، سرگین و غیره. ترکیب اطلاعات کسب شده از بررسی مکان حوادث جاده‌ای و ردیابی نمایه‌ها به‌اضافه در نظرگیری توپوگرافی منطقه نتایج بهتری در شناسایی مکان احداث ساختارهای عبوری خواهد داد (Smith و همکاران، ۲۰۰۶). استراتژی‌های زیادی در کاهش میزان مرگ و میر جاده‌ای حیات‌وحش به‌کار می‌رود. علاوه بر روگذرها و زیرگذرهای حیات وحش و حصارکشی زیستگاه، علائم هشدار دهنده رانندگان وسایل نقلیه نیز اثر کاهشی مؤثری بر حوادث جاده‌ای حیات‌وحش دارند (Mulline و همکاران، ۲۰۰۷؛ Cavallaro و همکاران، ۲۰۰۵؛ L.SA، ۲۰۰۳). مطالعات نشان می‌دهد حیوانات تمایل به عبور از مسیرهای کوتاه با صرف حداقل انرژی را دارند بنابراین، شناسایی و حفاظت از این مسیرها در منطقه‌ای که حیوان به‌دلیل وجود خطرات احتمالی قادر به یافتن آن نیست، ضروری است. مطالعات (Dibari، ۲۰۰۹؛ Larue و Nielsen، ۲۰۰۸) نشان داد براساس ویژگی‌های سیمای سرزمین کم هزینه‌ترین مسیرها بیش‌ترین نفوذپذیری را در برابر حرکت حیات‌وحش دارند. Driezen و همکاران (۲۰۰۷) نیز تأکید نمودند که گونه‌ها در انتخاب مسیرها تصادفی عمل نمی‌کنند و از مسیرهایی حرکت می‌کنند که به‌طور معنی‌داری هزینه کم‌تری نسبت به میانگین سیمای سرزمین داراست. مدل‌سازی کم هزینه‌ترین مسیر در مورد گونه‌های کانونی از جمله روش‌هایی است که کاربرد وسیعی در یافتن گذرگاه‌های حیات‌وحش به‌منظور اتصال مجدد لکه‌های زیستگاهی جداشده در سیمای سرزمین دارد (Brost، ۲۰۱۰). در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان به تجزیه و تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر که عموماً کوتاه‌ترین مسیر بین سلول مبدا و یک یا چند سلول مقصد است، پرداخت (Singelton و همکاران، ۲۰۰۲-۲۰۰۱). بنابراین، با این روش می‌توان چگونگی اتصال نقاط مبدا و مقصد را نشان داد به‌طوری‌که مقرون به صرفه و مناسب باشد. شناخت فاصله هزینه مبنا و گذرگاه‌های سیمای سرزمین ابزارهای حفاظتی ارزشمندی برای حفظ اتصال سیمای سرزمین به‌خصوص در گونه‌های با تراکم پایین است.

با توجه به این‌که بیش‌ترین عوامل تهدیدکننده جمعیت پلنگ را تصادفات جاده‌ای و کاهش زیستگاه تشکیل می‌دهد (Kiabi و همکاران، ۲۰۰۰) بنابراین، به منظور اتصال مجدد دو قسمت شمالی و جنوبی پارک ملی گلستان و با هدف حفاظت حیات‌وحش به‌ویژه پلنگ تجزیه و تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر انجام گردید. محصول این تحلیل شناسایی مسیرهای کوتاه جهت احداث روگذر و یا زیرگذر است. به‌دلیل این‌که در فرآیند مسیریابی گذرگاه حیات‌وحش پارامترهای کمّی و کیفی مختلفی از دیدگاه بوم‌شناسی و در چارچوب اصول محیط‌زیستی نقش دارد از این رو، شناسایی و تعیین میزان اهمیت هر یک از آن‌ها ضروری است. لازم به ذکر است عوامل مؤثر در مسیریابی از دیدگاه بوم‌شناسی (ارتفاع، شیب، جهت، NDVI، طعمه‌ها، فاصله تا منابع آبی مانند چشمه و رودخانه، فاصله تا زمین‌های کشاورزی و روستاهای اطراف پارک و فاصله از جاده،) بررسی گردیده و در فرآیند ارزیابی زیستگاه لحاظ شده‌اند (عرفانیان، ۱۳۹۰). به‌دلیل این‌که بزرگراه آسیایی گرگان- مشهد ناحیه جنگلی پارک ملی گلستان را به دو نیمه تقسیم نموده است بنابراین، مسیرهای پیشنهادی نیز در این قسمت شناسایی گردیدند. در مجموع پنج مسیر کوتاه و کم هزینه از نظر بوم‌شناسی و اقتصادی تعیین شد که در زمان احداث گذرگاه می‌توان از آن‌ها استفاده نمود. مطالعه Van der Ree و همکاران (۲۰۰۹) و Waltho و Clevenger (۲۰۰۵) نیز نشان داد که احداث چندین ساختار با ابعاد مختلف جهت عبور حیات‌وحش در مسیر یک بزرگراه بهتر از ساخت تنها یک مورد است. هم‌چنین پژوهش Clevenger و Gloyn (۲۰۰۱) و بررسی‌های انجام گرفته توسط Sandra و همکاران (۲۰۰۴) تأکید می‌کند که، حیوانات از ساختارهایی که نزدیک به زیستگاه‌های با کیفیت بالاست، بیش‌تر استفاده می‌کنند. بنابراین، هدف این مطالعه نیز اتصال زیستگاه‌های مطلوب پلنگ در پارک ملی گلستان و حرکت ایمن و در عین حال مصرف حداقل انرژی توسط حیوان است. ضمن این‌که احداث گذرگاه در این مسیرها از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهد بود. طبق مطالعات Menke (۲۰۰۸) تنها اطلاعات مفیدی که می‌توان برای شناسایی گذرگاه‌های بالقوه استفاده کرد مقایسه مکان‌های حوادث جاده‌ای و نتایج تحلیل کم هزینه‌ترین مسیر است. در این مطالعه نیزصحت و مطابقت مسیرهای شناسایی شده با مکان‌های ثبت شده تصادفات جاده‌ای پلنگ و آبگذرهای فعلی در طول جاده بررسی و نتایج قابل قبولی مشاهده گردید (شکل ۷).

بررسی‌های Prelaz-Droux و Vuilleumeier (۲۰۰۲) مؤید این مطلب است که اگر در بزرگراه‌ها تونل یا پل برای عبور حیوانات وجود نداشته باشد انتشار امکان‌پذیر نیست. بنابراین، با توجه به وضعیت فعلی پارک ملی گلستان و تعریض بزرگراه آسیایی گرگان- مشهد در بعضی قسمت‌ها در نظرگیری مکان‌های امن جهت عبور حیوانات بین دو قسمت شمالی و جنوبی زیستگاه لازم است.

ذکر این نکته ضروری است که، تنها با انجام این پژوهش نمی‌توان با قطعیت بیان کرد که گونه مورد مطالعه به‌طور یقین از گذرگاه‌های پیشنهاد شده عبور می‌کند. مطالعات بسیار کمی در مورد این‌که آیا ساختارهای عبوری حیات‌وحش مورد استفاده حیوانات قرار می‌گیرد یا خیر صورت گرفته است. کاربردی بودن ساختارها بستگی به استفاده حیوانات از آن‌ها دارد. علاوه بر ویژگی‌های ساختاری گذرگاه‌ها سابقه تاریخی گونه نیز اهمیت دارد. برخی از گونه‌ها طبق عادت و در یک دوره زمانی طولانی از مسیرهای خاصی استفاده می‌کنند. با استفاده از گردن‌بندهای رادیویی، دوربین‌های تله‌ای و سایر روش‌های پیشرفته می‌توان در مورد استفاده پلنگ و سایر گونه‌های جانوری از گذرگاه‌های پیشنهاد شده اطمینان یافت. با توجه به مطالعات صورت گرفته در مورد نقش و اهمیت گذرگاه‌های حیات‌وحش در افزایش زیستایی جمعیت‌های جدا شده وکاهش تلفات جاده‌ای، لزوم احداث گذرگاه‌ها به‌خصوص در حین عملیات جاده‌سازی ضروری به‌نظر می‌رسد

منابع

۱. **سلمان‌ماهینی، ع. و کامیاب، ح.، ۱۳۸۸.** سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی. انتشارات مهر مهدیس. تهران. ۵۸۲ صفحه.

۲. **عابدیان، س.، ۱۳۸۸.** مسیریابی شبکه جاده‌ای براساس پارامترهای بوم‌شناسی سیمای سرزمین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران. ۱۱۳ صفحه.

۳. **عرفانیان، ب.، ۱۳۹۰.** مسیریابی بهینه گذرگاه‌های حرکتی پلنگ (*Panthera pardus*) در پارک ملی گلستان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده شیلات و محیط زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۵۸ صفحه.

۴. **مجنونیان، ه.؛ زاهد، ب.؛ حسن‌زاده‌کیابی، ب.؛ فرهنگ دره‌شوری، ب. و گشتاسب‌میگونی، ح.، ۱۳۷۸.** پارک ملی گلستان (ذخیره‌گاه زیست کره). سازمان حفاظت محیط زیست. تهران. ۱۲۹ صفحه.

5. **Bennett, A.F., 2003.** Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 262 p.

6. **Beier, P.; Majka, D.R. and Newell, S.L., 2009.** Uncertainty analysis of least-cost modeling for designing wildlife linkages. Ecological Aplication. Vol. 19, No. 8, pp: 2067-2077.

7. **Brost, B.M., 2010.** Use of land facets to design conservation corridors: conserving the arenas not the actors. Msc Thesis. Northern Arizona University. 94 p.

8. **Casterline, M.; Fegraaus, E.; Fujioka, E.; Hagan, L.; Mangiardi, C.; Riley, M. and Tiwari, H., 2003.** Wildlife corridor design and implementation in southern Ventura County, California. Group project brief. Donald Bren School of Environmental Science and Management. 4 p.

9. **Cavallaro, L.; Sanden, K.; Schellhase, J. and Tanaka, M., 2005.** Designing Road Crossings for Safe Wildlife Passage: Ventura County Guidelines. Msc Thesis. University of California. Santa Barbara. 90 p.

10. **Clevenger, A.P. and Waltho, F.N., 2005.** Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. Biological Conservation. Vol. 121, pp: 453-464.

11. **Corlatti, L.; Hacklander, K. and Frey-Roos, F., 2000.** Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. Conservation Biology. Vol. 23, No. 3, pp: 548-556.

12. **Dibari, J., 2009.** Using boundary-detection methods to assess conservation corridors. Journal of Conservation Planning. Vol. 5, pp: 15-27.

13. **Driezen, K.; Adriaensen, F.; Rondinini, C.; Doncaster, C.P. and Matthysen, E., 2007.** Evaluation least- cost model prediction with empirical dispersal data: A case-study using radiotracking data of hedgehogs (*Erinaceus europaeus*). Ecological Modelling. pp: 314-322.

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, pp: 579-588.

15. **Gloyne, C.C. and Clevenger, A.P., 2001.** Cougar Puma concolor use of wildlife crossing structures on the Trans-Canada highway in Banff National Park, Alberta. Wild life Biology. Vol. 7, No. 2, pp: 117-124.

16. **Halpin, N.P. and Bunn, A.G., 2000.** Using GIS to compute a least-cost distance matrix: a comparison of terrestrial and marine ecological applications. In: Proceedings of the 20th Annual ESRI User Conference, San Diego, CA. pp: 1-19.

17. **Hass, C.D., 2000.** Distribution, relative abundance, and roadway underpass responses of carnivores throughout the Puente-chino hills. PhD Thesis. The Faculty of California State Polytechnic University, Pomona. 218 p.

18. **Hill, A., 2009.** A GIS habitat suitability analysis of the OribiI Antelope in Kwazulu-Natal. Msc Thesis, University of Kwazulu-Natal.120 p.

19. **IUCN. 2010.** IUCN Red List of Threatened Species, Viewed 5 September 2009. www.redlist.org. Gland downloaded 23.x.2008.

20. **Kiabi, H.B.; Dareshouri, F.B.; Ghaemi, 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, pp: 41-47.

21. **Larue, M.A. and Nielsen, C.K., 2008.** Modelling potential dispersal corridors forcougarsin Midwestern

North America using least-cost path methods. Ecological Modeling. Vol. 212, pp: 372-381.

22. **Lee, J. and Munro-Stasiuk, M.J., 2003.** Extensions to least-cost path algorithms for roadway planning. Journal of Geogheraphical Information Science. Vol. 17, No. 4, pp: 361-376.
23. **LSA Associates, Inc. 2003.** Literature Review Paper: Ventura Wildlife Corridor Assessment Project. LSA Project No. CDT230I. Wildlife corridor assessment project. 26 p.
24. **Mullin, J.R.; Ahern, j.; Warren, P.; Carr, E.; Brena.; Civjan, S.; Kotval, Z.; Jackson, S. and Charney, N., 2007.** Walden passage feasibility study. Metropolitan Area Planning Council. 126 p.
25. **Sandra, J.N.; Dole, J.W. and Sauvajot, R.M., 2004.** Use of highway undercrossings by wildlife in southern California.Biological Conservation. Vol. 115, pp. 499-507.
26. **Singleton, P.H. and Lehmkuhl, J.F., 2001.** Using weighted distance and least-cost corridor analysis to evaluate regional-scale large carnivore habitat connectivity in Washington. The eScholorship Repository, University of California. pp: 583-594.
27. **Singleton, P.H.; Gaines, W.L. and Lehmkuhl, J.F., 2002.** Landscape Permeability for large carnivores in Washington: A geographic Information system weighted-distance and least-cost corridor Assessment. United States Department of Agricalture, Forest Service. 74 p.
28. **Smith, D.J.; Noss, R.F. and Main, M.B., 2006.** East collier county wildlife movement study: SR 29, CR 846, and CR 858 wildlife crossing project. University of Central Florida and University of Florida IFAS. Southwest Florida REC Research Report, SWFREC-IMM-2007-01, 141 p.
29. **Underhill, J.E. and Angold, P.G., 2000.** Effects of roads on wildlife in an intensively modified. Environmental Review. Vol. 8, pp: 21-39.
30. **Vuilleumier, S. and Prelaz- Droux, R., 2002.** Map of ecological networks for landscape planning. Landscape and Urban Planning. Vol. 58, pp: 157-170.
31. **Van der Ree, R.; Heinze, D.; McCarthy, M. and Mansergh, I., 2009.** Wildlife tunnel enhances population viability. Ecology and Society. Vol. 14, No. 2, pp: 7-17.