



طراحی و مدل سازی گذرگاه های مهاجرت قوچ و میش البرزی در منطقه حفاظت شده ورجین

محسن محفوظی^{۱*} و حمید گشتاسب^۲

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
^۲ استادیار گروه علوم محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه محیط زیست کرج

تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۹

Designing Wild Sheep Migration Corridors in Varjin Protected Area

Mohsen Mahfouzi^{1*} & Hamid Goshtasb²

¹ MSc. in Environmental Planning and Management, Faculty of Environment, University of Tehran

² Assistant Prof., Department of Environmental Sciences and Natural Resources, Environment University, Karaj

Abstract

Nowadays, climate change, drought and habitat fragmentation threaten biodiversity throughout the world. Beside of natural incidents, anthropogenic factors are the most important reasons for disconnecting genetic flow between habitat patches. Hence establishing suitable habitat corridors is very vital for migratory species or wide-ranging animals. Such animals need to migrate repeatedly to their recognized home ranges, but are often faced with many natural physical barriers or man-made obstacles in their habitats which resulted stress and forced dispersion of animal groups. If a suitable habitat is not provided, wildlife groups will inevitably become scattered and we will be faced with isolated meta-populations and biodiversity degradation over the long-term and this event may lead to species extinction in the future. In this research, at first four factors including topographic position, digital elevation model (DEM), distance to road and land cover layers were selected to assign habitat suitability. At the next step, habitat patches were extracted through weighting these factors and their characteristics into the GIS environment. Then, the suitability and ecological resistance maps were used to calculate the cost-distance factor to extract potential habitat corridors with considering the least distant-cost path criterion. These alternative corridors were then corrected for accuracy by field visits and consideration of probable land-use conflicts and desired corridors were finally selected. In the end, the selected corridors were ranked Considering annual allocated budget for installing and priority of corridors.

Keywords: Habitat Corridors, Ecological Cost, Gene Flow, Habitat Permeability, Habitat Suitability.

چکیده

امروزه تغییرات اقلیمی، خشکسالی، جزیره ای شدن زیستگاه ها از جمله عوامل بحرانی در تهدید و کاهش تنوع زیستی به شمار می آیند. علاوه بر بلایا و پدیده های طبیعی، فعالیت های با منشا انسانی از جمله مهم ترین عوامل جزیره ای شدن زیستگاه ها و قطع ارتباط جریان ژنی از طریق گذرگاه ها هستند. وجود گذرگاه های مطلوب و ایمن برای وحوش دارای مهاجرت بالفطره (ذاتی) و یا حیوانات بزرگ جنه و دارای قلمرو وسیع همانند قوچ و میش بسیار حیاتی است. این گونه ها باید بتوانند در قلمروهای شناخته شده خود جابجا شوند اما با حضور موانع متعدد فیزیکی یا ساخت و سازهای انسانی بیشتر آسیب می بینند. در صورت عدم تامین زیستگاه های مطلوب و پراکندگی اجباری گروه های جمعیتی قوچ و میش، به طور مسلم انزوای گروه های جمعیتی (در اثر فعالیت های انسانی) و در نتیجه قطع جریان ژنتیکی و کاهش تنوع زیستی در بلندمدت و در درجات بعدی تهدید و انقراض نسل گونه های شاخص به ویژه در راس هرم غذایی را شاهد خواهیم بود. در این پژوهش تعیین مطلوبیت و انتخاب لکه های زیستگاهی با روش وزن دهی و تلفیق چهار نقشه کاربری و پوشش اراضی، مدل رقومی فاصله از راه های دسترسی، مدل رقومی ارتفاع از سطح دریا و موقعیت های توپوگرافی در محیط GIS انجام شد. سپس با اجرای مدل کمترین فاصله- هزینه، گذرگاه های بالقوه قوچ و میش با کمترین هزینه اکولوژیکی محاسبه شد. این گذرگاه ها در ادامه مورد بازدید میدانی قرار گرفته و از نظر تعارضات، کاربری های بهنگام، مسائل و واقعیات زمینی بازبینی و در نهایت تدقیق شدند. در پایان مسیر گذرگاه های تدقیق شده با ملاحظه ضرورت و اولویت اجرا در سه فاز بخش بندی و چک لیست اولویت بندی مراحل اجرا و شرح تمهیدات و تجهیزات لازم برای استقرار گذرگاه ها در منطقه مطالعاتی ارائه شد.

کلمات کلیدی: گذرگاه های زیستگاهی، هزینه اکولوژیکی، جریان ژنی، نفوذپذیری زیستگاه، مطلوبیت زیستگاه.

* Corresponding Author. E-mail Address: momahfouzy@gmail.com

امروزه تکه تکه شدن زیستگاه‌ها و کاهش تدریجی ارتباط میان زیستگاه‌های منزوی شده در مناطق حفاظت‌شده شاید به تراژدی غیر ملموس برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران دولتی تبدیل شده که بنوعی حقوق اولیه زیستی و حیاتی جانوران را نادیده می‌گیرند. در حالی که به عقیده اکثر بوم‌شناسان این موضوع بزرگترین تهدید برای دوام و بقا گونه و حیات وحش می‌باشد [۲، ۱]: زیست‌مندی که به‌عنوان بانک ژن در طول زمان پاسخگوی معماها، مسائل حیاتی، بیماری‌ها بوده و سلامت انسان و جامعه را تضمین می‌نماید. جانوران بزرگ جثه در حال حاضر علاوه بر مواجهه با پیامدهای تغییر اقلیم با تخریب‌ها و فشارهای انسانی از جمله توسعه راه‌ها، استقرار سکونتگاه‌ها، مراکز صنعتی و خطوط انتقال انرژی روبه‌رو بوده که تماماً بطور تجمعی اثراتی را بر روی اجتماعات جانوری برجای می‌گذارند. راه حل زیست‌شناسان در جهت سازگاری با چنین شرایط متغیر و محدود کننده‌ای وادار نمودن جانوران شاخص به مهاجرت به زیستگاه‌های مطلوب و ایمن‌تر می‌باشد.

هرچند محققان تاکنون نتوانسته‌اند دقیقاً واکنش‌ها و رفتار انفعالی حیات وحش را در برابر پیامدهای تغییر اقلیم شناسایی کنند ولی این موضوع از طریق تغییر مکرر قلمروهای زیستگاهی گونه نمایان شده و این موضوع نشان‌دهنده نیاز حیاتی جانوران به مهاجرت به زیستگاه‌های مطلوب و سازگار با تغییرات اقلیمی است [۳].

در پژوهش‌های قبلی، از مدل‌های وابسته به حضور و عدم حضور وحش برای تعیین گذرگاه‌های خطی مهاجرت استفاده شده است [۷، ۶، ۵، ۴]، اما در روش فعلی، طراحی گذرگاه به‌صورت گذرگاه‌های پهنه‌ای بوده که کار مشترک Beier & Majka در دانشگاه آریزونا شمالی است [۸]. این الگو منطبق بر مدل گذرگاه‌های حیات وحش آریزونا بوده که قبلاً طی همکاری مشترک دانشگاه آریزونا شمالی و دپارتمان حمل و نقل و سرویس حیات وحش و آبریزان ایالت آریزونا انجام شده است [۹]. همچنین از این مدل در طراحی گذرگاه‌های حیات وحش ایالت کلرادو آمریکا در سال ۲۰۰۶ برای تعیین گذرگاه ۷ گونه پستاندار از جمله قوچ و میش کانادایی^۲ استفاده شد.^۳

هدف از پژوهش، تعیین گذرگاه‌های واقعی مهاجرت قوچ و میش البرزی در منطقه ورجین به‌شکلی دقیق و واقع

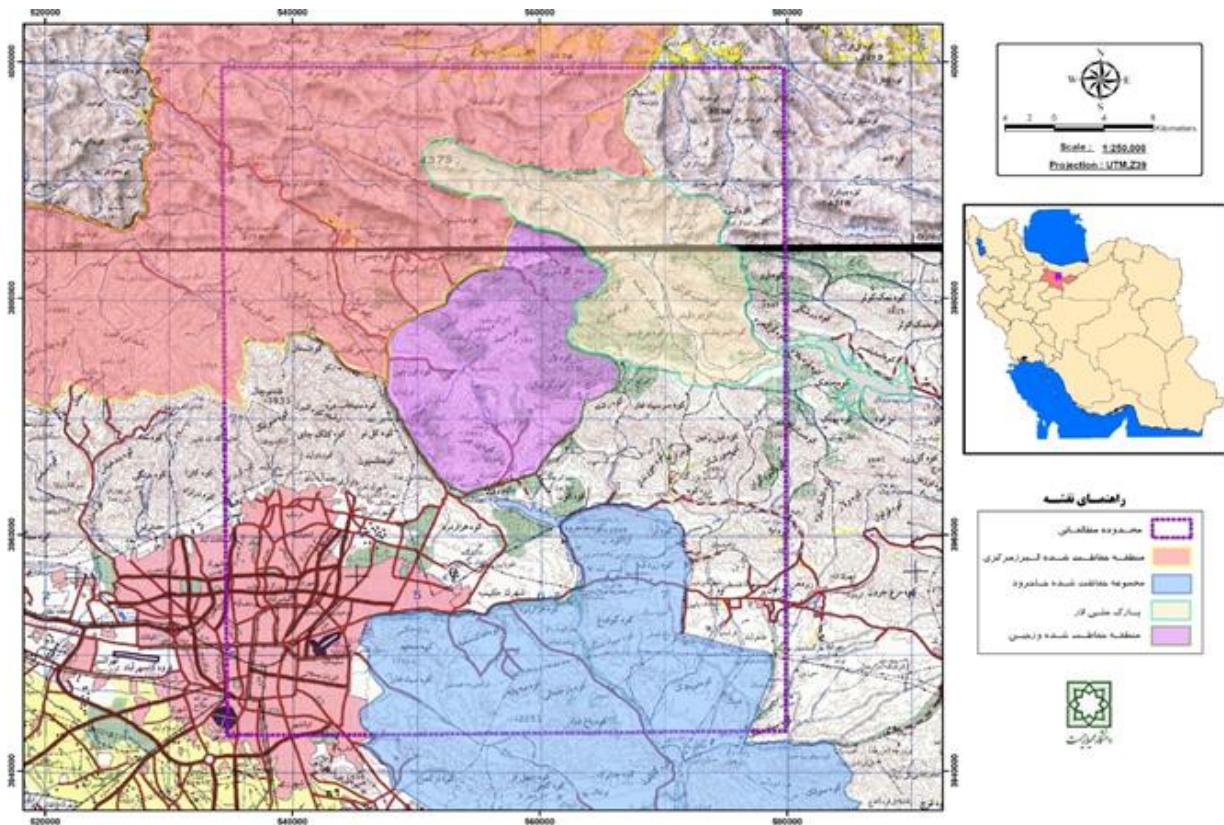
گرایانه بوده به‌طوریکه پیاده‌سازی کريدورهای مهاجرت در بلندمدت در حفظ اندک جمعیت باقیمانده قوچ و میش این منطقه کارآمد و تاثیرگذار باشد. از این‌رو تشخیص کیفیت ساختاری و عملکردی لکه‌های زیستگاهی مبدا و مقصد و راهرو تعیین‌کننده بوده و طراحی دقیق و صحیح گذرگاه‌ها در گرو مشخص کردن پهنه‌های مطلوب زیستگاهی، لحاظ ویژگی‌های رفتاری و ذاتی گونه‌ها و شرایط کاربری اراضی و تهدیدات بالقوه است. در غیر این‌صورت علاوه بر صرف هزینه‌های گزاف اقتصادی پیاده‌سازی گذرگاه‌ها و افزایش توان حفاظتی، نتایج عملی و کارایی بلندمدت گذرگاه‌ها در برقراری ارتباط ژنی و افزایش تنوع‌زیستی و بقای نسل گونه‌ها نا امید کننده خواهد بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مشخصات محدوده مطالعاتی

منطقه حفاظت‌شده ورجین دارای سیمای کوهستانی بوده و حداکثر ارتفاع آن در داخل منطقه ۳۸۶۳ متر، حداقل آن ۱۶۳۸ متر و ارتفاع متوسط آن ۲۶۶۴ متر برآورد شده است. این منطقه یکی از حساس‌ترین زیستگاه‌های زمستان‌گذران و میان‌بند قوچ و میش در ناحیه البرز مرکزی است که به علت برخورداری از قابلیت زیستگاهی ممتاز از دیرباز مورد توجه وحوش بوده است. متأسفانه بخشی از زیستگاه‌های حساس این ناحیه که در جوار مناطق مسکونی و رودخانه جاجرود قرار گرفته، طی دو دهه اخیر به علت مجاورت با کلان شهر تهران ارزش تجاری پیدا کرده‌اند و با ترفندهای مختلف در معرض تغییر شدید کاربری و معضل ویلاسازی قرار گرفته‌اند.

با توجه به سوابق علمی این پژوهش، نظر متخصصان و مرور منابع تجربی حال و گذشته درباره مبدا و مقصد مهاجرت، گذرگاه‌های بالفعل مهاجرت قوچ و میش البرز مرکزی محدوده مطالعاتی بین طول جغرافیایی شرقی " ۵۵' ۲۲' ۵۱" تا " ۵۷' ۵۲' ۵۱" و عرض جغرافیایی شمالی " ۲۶' ۰۸' ۳۶" تا " ۴۴' ۳۷' ۳۵" انتخاب شد. در این محدوده منتخب، منطقه ورجین در مرکز مستطیل قرار دارد. مرز شمالی محدوده با حد مرزی استان تهران و مازندران و شروع منطقه امن منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی انطباق داشته، مرز شرقی تماماً پارک ملی لار را در بر می‌گیرد، مرز جنوبی تا میانه مجموعه حفاظتی جاجرود و مرز غربی تا حد مرز غربی شهرستان شمیرانات امتداد یافته است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت سیاسی اداری و جغرافیایی منطقه

۲-۲- روش پژوهش

روش مورد استفاده به کاربران اجازه می‌دهد که کیفیت زیستگاه را برای چندین گونه شاخص در داخل مناطق حفاظت شده ارزش یابی کنند تا در ادامه برای تحلیل شرایط زیستگاهی و مدل سازی گذرگاه‌ها به کار گرفته شوند. در این روش مطلوبیت و تناسب زیستگاهی با وزن دهی و تلفیق نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی، مدل رقومی فاصله از راه‌های دسترسی، مدل رقومی ارتفاع از سطح دریا و موقعیت‌های توپوگرافی و رویهم‌گذاری لایه‌ها در محیط GIS محاسبه می‌شود.

بدین ترتیب هر فاکتور شاخص تعیین کننده زیستگاه به همراه طبقات مشخصه‌های خود بر حسب اهمیت، ارزش‌هایی از صفر تا ۱۰۰ را بر اساس نظر کارشناسان زیستگاه و متخصصان زیست‌شناس به دست آورده و سپس هر مشخصه وزن گذاری شده در ضریب کلی اهمیت فاکتور زیستگاهی ضرب می‌شود. در نهایت مجموع امتیاز حاصل برای هر پیکسل برای محاسبه مطلوبیت کل زیستگاه استفاده می‌شود. از روش‌های معمول برای محاسبه مجموع ارزش‌های وزن دار فاکتورها و مشخصه‌های آن‌ها، میانگین

هندسی و میانگین حسابی بوده که در این پژوهش از میانگین هندسی وزنی^۴ به خاطر دقت بالای آن استفاده شد. برای تدقیق نقشه مطلوبیت زیستگاهی، در صورتی که داده‌های ثبت شده بلندمدت حضور گونه در هر یک از فاکتورهای زیستگاهی برای یک دوره معین وجود داشته باشد آنگاه جهت تعیین امتیاز دقیق حضور گونه از تلفیق روش‌های تجربی و تکنیک‌های آماری از قبیل مدل‌های عمومی خطی و^۵ مدل‌های عمومی ریاضی^۶ می‌توان بهره گرفت. به عبارتی می‌توان احتمال و فراوانی حضور گونه در موقعیت‌های مختلف توپوگرافی، کاربری و پوشش اراضی و فراوانی حضور گونه در طبقات مختلف ارتفاعی را پیش‌بینی و سپس در ادامه فرایند، در تدقیق نقشه‌های تولیدی مطلوبیت نیز استفاده کرد.

در پژوهش فعلی به دلیل عدم وجود داده‌های زمانی ثبت شده (بلندمدت) حضور فیزیکی گونه قوچ و میش در منطقه، از نظر همکاران زیست‌شناس و سوابق تجربی موجود برای تعیین احتمال حضور گونه و تشخیص وزن فاکتورها و مشخصه‌های مربوط به آن‌ها استفاده شد.

مرحله بعدی مدل محاسبه نقشه اصطکاک (هزینه اکولوژیکی) و تعیین شاخص فاصله-هزینه^۷ مبنای ترسیم

می‌دهند که قابل دسته‌بندی بوده و هرچه تعداد آن‌ها بیشتر شود تعداد باندهای گذرگاهی بیشتر خواهد بود.

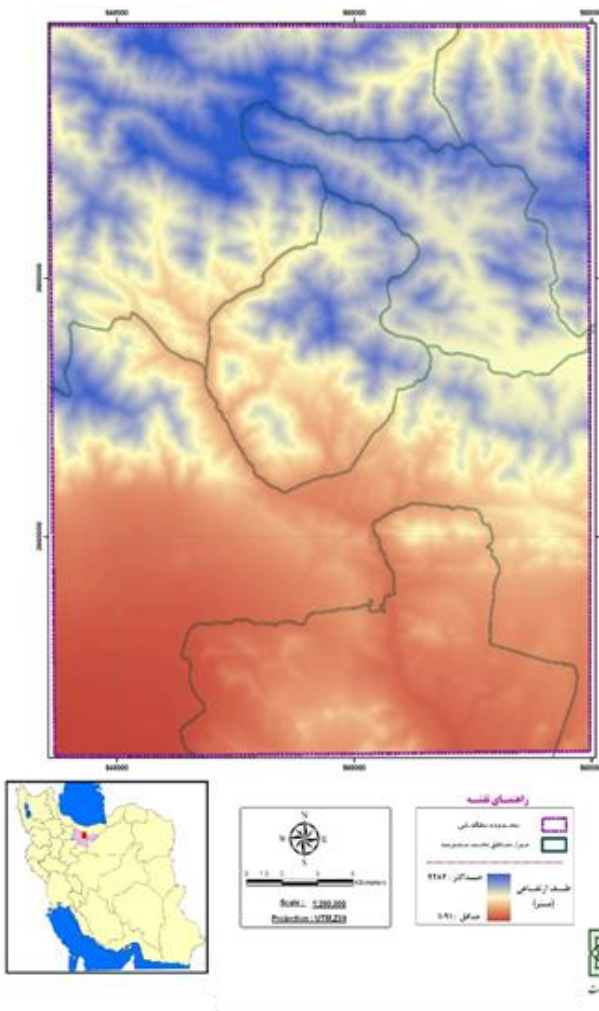
گذرگاه‌های تولیدی در ادامه مورد بازدید میدانی قرار گرفته و از نظر تعارضات، کاربری‌های به‌نگام، مسائل و واقعیات زمینی بازبینی و درنهایت تدقیق شدند. در پایان مسیر گذرگاه‌های تدقیق شده با در نظر گرفتن ضرورت اولویت اجرا در سه فاز بخش‌بندی و چک لیست اولویت‌بندی مراحل اجرا و شرح تمهیدات و تجهیزات لازم برای استقرار گذرگاه‌ها در منطقه مطالعاتی ارائه شد.

اشکال (۲) تا (۵) نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی، مدل رقومی فاصله از راه‌های دسترسی، مدل رقومی ارتفاع از سطح دریا و موقعیت‌های توپوگرافی در محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهند.

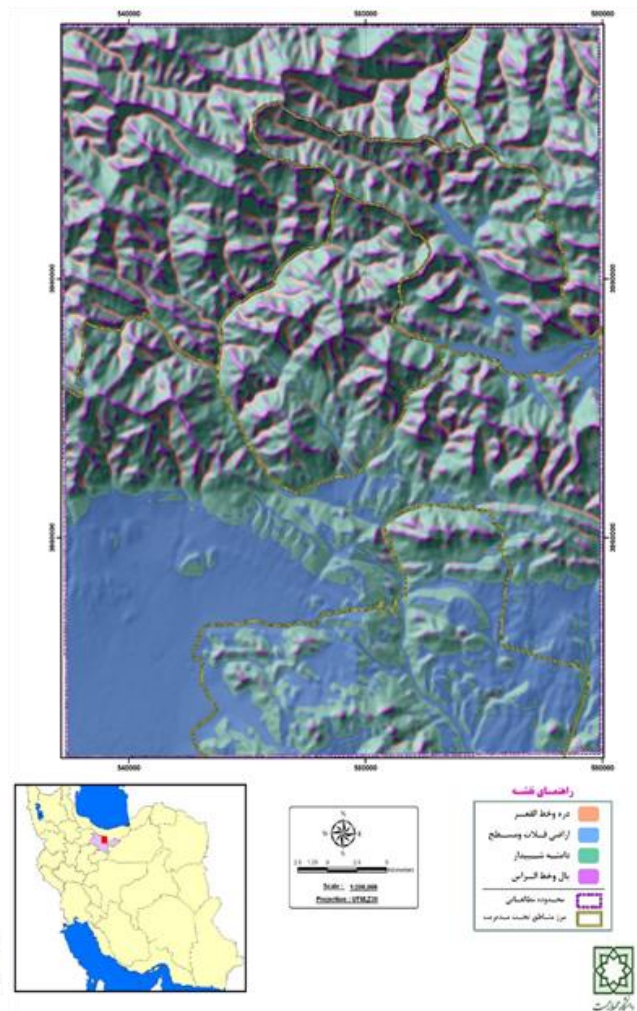
گذرگاه‌ها است. شاخص هزینه- فاصله یک مشخصه اکتسابی پیکسل بوده که در واقع معکوس نفوذپذیری و مطلوبیت زیستگاهی است.

این شاخص که برخی اوقات فاصله موثر^۸ یا فاصله هزینه وزن‌دهی شده^۹ نامیده می‌شود کمترین مقدار ممکن مقاومت تجمعی گذر از نقطه مبدا به سمت نقطه مقصد مهاجرت است. به عبارت دیگر، وجه تفاوت هزینه- فاصله با فاکتور هزینه در محاسبه ارزش مقدار هزینه‌ای مجموعه‌ای از پیکسل‌ها (ارزش تجمعی) در امتداد طول نقشه است.

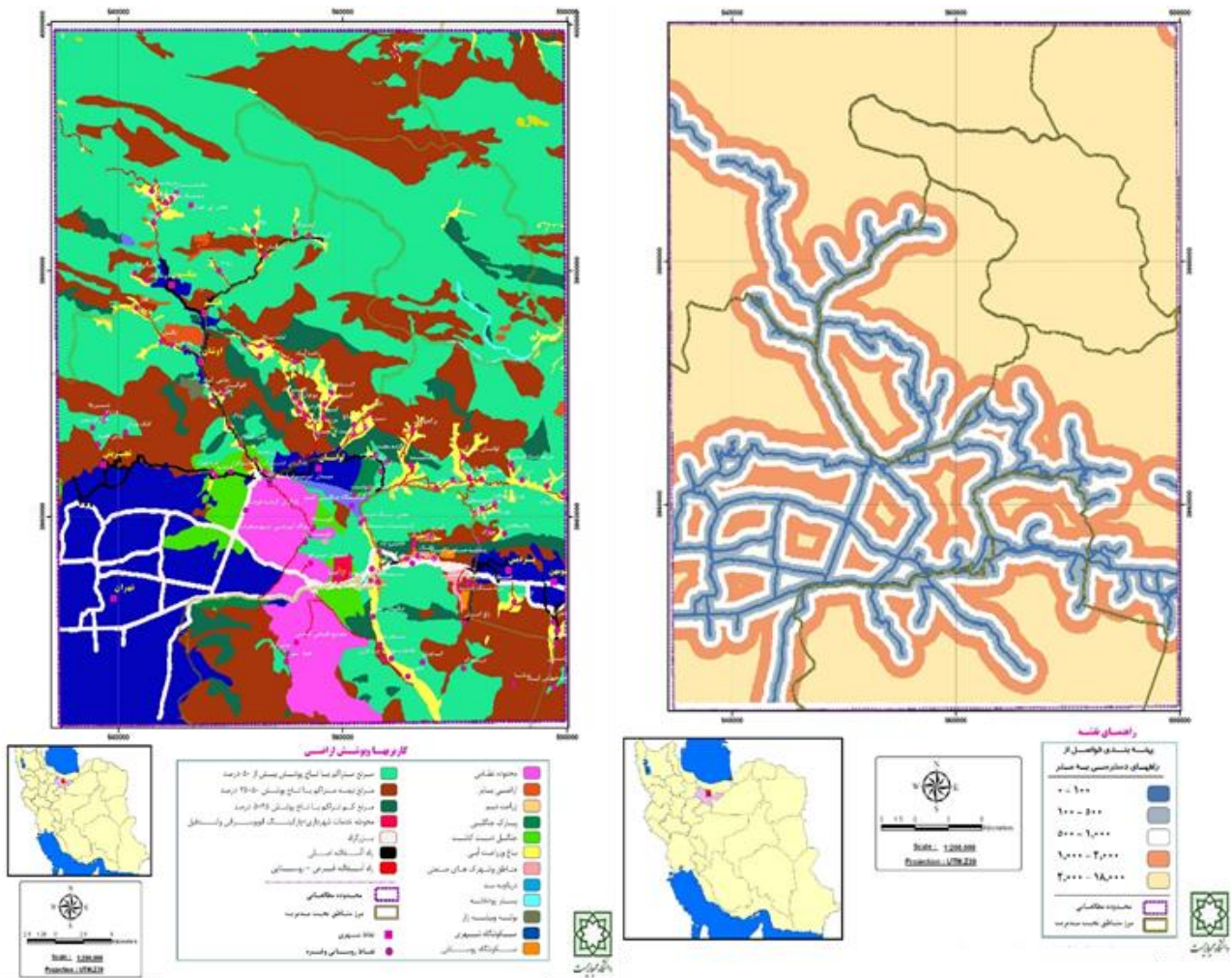
نقشه استخراجی فاصله- هزینه، شمایی از نوارهای باریک و پیوسته‌ای از پیکسل‌های نفوذپذیر را نشان داده که پایه‌ای برای طراحی نقشه گذرگاه‌ها محسوب می‌شود. همان‌طور که فاصله- هزینه در داخل نقشه تغییر می‌کند پیکسل‌های با کمترین مقدار هزینه تشکیل نوارهای باریکی



شکل ۳- مدل رقومی ارتفاع (DEM) در محدوده مطالعاتی



شکل ۲- موقعیت‌های توپوگرافی در محدوده مطالعاتی



شکل ۴- مدل رقومی پهنه بندی فواصل از راههای دسترسی

شکل ۵- کاربری و پوشش اراضی در محدوده مطالعاتی

۳- نتایج و بحث

۳-۱- محاسبه مطلوبیت زیستگاهی

راهبرد اساسی در این پژوهش این است که مطلوبیت با نرخ نفوذپذیری زیستگاه^۱ مترادف و همسنگ است. در حالی که هردو واژه در تضاد با عبارت هزینه سفر اکولوژیکی هستند. زیستگاه‌های نامطلوب به پهنه‌های با مقاومت بالا گفته می‌شود که از نفوذپذیری کمی برخوردار هستند. با وزن‌دهی فاکتورهای تعیین‌کننده زیستگاه و محاسبه ارزش نهایی مطلوبیت در واقع رابطه بین رفتار گونه‌های شاخص در گذر از لکه‌های زیستگاهی و یا امتناء از لکه‌های غیر زیستگاهی در طول زمان مشخص می‌شود. بدین صورت که هر فاکتور شاخص تعیین‌کننده زیستگاه به‌همراه طبقات مشخصه‌های خود بر حسب اهمیت، بر اساس نظر کارشناسان زیستگاه و متخصصان زیست‌شناس ارزش‌هایی از صفر تا ۱۰۰ را به‌دست آورده و هر مشخصه

وزن‌گذاری شده به همراه ضریب کلی اهمیت فاکتور زیستگاهی در نظر گرفته می‌شود.

دسته‌بندی امتیازات حاصل از ارزش‌دهی به فاکتورها و مشخصه‌های آن‌ها به شرح زیر است:

۱. امتیاز ۸۰-۱۰۰: بهترین شرایط زیستگاهی، بالاترین نرخ زاد و ولد و موفقیت در تولید مثل
۲. امتیاز ۸۰-۶۰: نرخ قابل قبول زاد و ولد و تولید مثل
۳. امتیاز ۶۰-۳۰: سازگاری با طبیعت دست خورده و احتمال تولید مثل
۴. امتیاز ۳۰-۲۰: استفاده گذرا یا تصادفی جهت تغذیه یا گذار
۵. امتیاز ۲۰-۱: اراضی که معمولاً مورد استفاده قوچ و میش قرار نمی‌گیرند.
۶. امتیاز صفر: مناطق انسان ساخت و مراکز شهری و روستایی غیر زیستگاهی

هم به مدل اضافه کرد. در آن صورت با افزایش لایه‌های ورودی، مسلماً جمع‌بندی و تصمیم‌گیری درباره پهنه‌های مطلوب پیچیده‌تر خواهد بود. دربخش دوم پژوهش، با تعیین لکه‌های زیستگاهی محاسبه‌شده و مبدا و مقصد مهاجرت، طراحی گذرگاه‌های زیستگاهی با در نظر گرفتن توامان هزینه اکولوژیکی (لایه اصطکاک) سفر و کمترین فاصله ممکن بین دو لکه زیستگاهی انجام شد. در این پژوهش هزینه اکولوژیکی معادل عکس مطلوبیت زیستگاهی لحاظ شد و از محاسبات صرفاً اقتصادی و غیر مکان‌دار خودداری گردید.

۳-۲- مدل‌سازی گذرگاه‌های مهاجرت قوچ و میش

در این مرحله برای اینکه از نقشه مطلوبیت زیستگاهی به نقشه مسیرهای گذرگاهی برسیم باید سه گام ذیل در محیط GIS برداشته شود:

گام اول: محاسبه نقشه اصطکاک (هزینه

اکولوژیکی) از روی نقشه مطلوبیت زیستگاهی

مطلوبیت به‌عنوان واژه مترادف با نفوذپذیری زیستگاه معرفی می‌شود که بر اساس این اصل کلیدی می‌توان اصطکاک یا هزینه-سفر را به‌عنوان عکس مطلوبیت و نفوذپذیری در نظر گرفت. درحقیقت اصطکاک، هزینه اکولوژیکی حرکت گونه از یک پیکسل به پیکسل دیگر را نشان می‌دهد. درجایی که اصطکاک بالا باشد احتمال ریسک حذف گونه بالا رفته و به موازات آن هزینه مصرف انرژی در سفر نیز افزایش می‌یابد. اصطکاک بالا نشان از کاهش دستیابی به غذا، آب و پناه برای جانور است و به همین صورت احتمال جفت‌یابی و زاد و ولد را نیز کم می‌کند. البته در فاکتور اصطکاک، رابطه با سرعت گذر از یک پیکسل مطرح نیست زیرا جانور می‌تواند از سرعت سیر خود استفاده کرده و از پیکسل‌های با اصطکاک بالا به‌سرعت عبور کند و خود را به زیستگاه بهتر برساند.

گام دوم: انتخاب مناطق مبدا و مقصد مهاجرت

برای مدل گذرگاهی

محدوده شروع و پایان حرکت در گذرگاه‌ها قطعاً روی مسیرهای طراحی تاثیر می‌گذارند. در مدل کنونی، این محدوده‌ها می‌تواند با نقطه، خط و پلیگون و یا یک پیکسل از نقشه معرفی شوند. بطور معمول محدوده شروع و پایان مهاجرت بخشی از مرز منطقه حفاظت‌شده در نظر گرفته می‌شود. چهار منطقه ورجین، جاجرود شمالی، لار و البرز مرکزی هم مرز هستند، از این‌رو در مطالعات فعلی، محدوده‌های مورد نظر براساس الگو و سابقه تاریخی مهاجرت

بدین ترتیب چهار فاکتور شاخص تعیین‌کننده زیستگاه شامل موقعیت‌های توپوگرافی، پوشش و کاربری اراضی، مدل رقومی ارتفاع و مدل رقومی فاصله از راه‌های دسترسی با سهم وزنی مشخص در تعیین مطلوبیت زیستگاه استفاده شدند. در ادامه هر مشخصه از فاکتورهای فوق، وزن‌گذاری شده و در ضریب کلی اهمیت فاکتور زیستگاهی ضرب شد و در تلفیق لایه‌ها، براین امتیازات حاصل برای هر پیکسل نقشه بر اساس محاسبه میانگین هندسی وزنی ارزش‌ها، برای استخراج نقشه نهایی مطلوبیت کل زیستگاه مورد استفاده قرار گرفت.

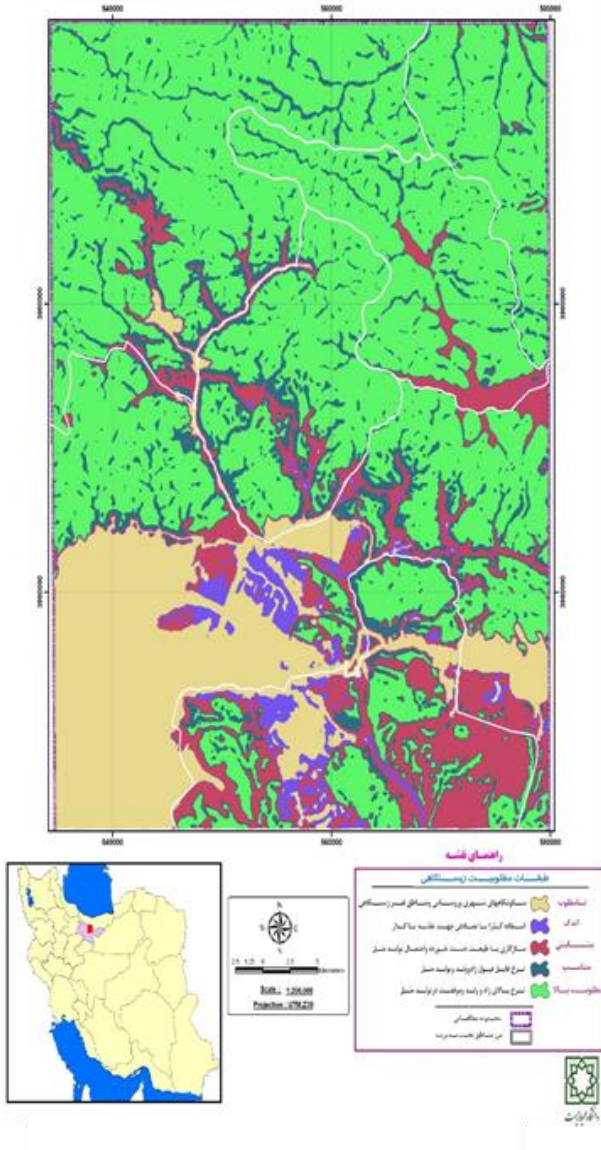
شکل (۶) طیف کلی ارزش مطلوبیت محاسبه شده در منطقه ورجین را نشان می‌دهد. برای نمایش بهتر مطلوبیت و پهنه‌بندی درجه تناسب آن، طبقه‌بندی ارزش‌ها طبق دسته‌بندی فوق به‌صورت شکل (۷) ارائه شده است.

روش مورد استفاده به منظور ارزشیابی صحت و کارآمدی نقشه پیشنهاد می‌دهد از تحلیل آماری نقاط شاهد و آمار ثبتي بلندمدت حضور قوچ و میش در منطقه ورجین استفاده شود. همچنین برای کاهش خطای احتمالی ناشی از عملکرد توابع GIS و یا تحلیل ناموجه متخصصان در ارزش‌دهی و محاسبه امتیازات از تابع Cross-tabulation برای بررسی میزان انطباق نقشه مطلوبیت با لایه‌های ورودی و مشخصه‌های توزین شده می‌توان استفاده کرد. در این پژوهش آمار ثبتي حضور بلندمدت گونه در منطقه وجود نداشت اما از تابع فوق‌الذکر برای بررسی دقت و صحت محاسبات استفاده شد و نتایج قابل قبولی به‌دست آمد.

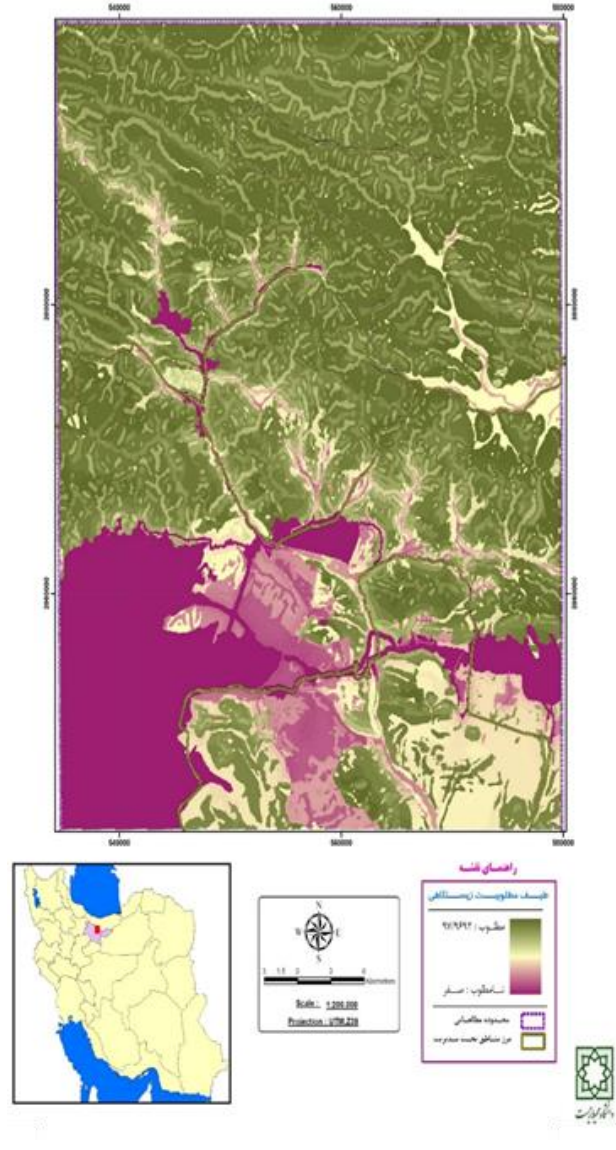
تجربه نشان داده روش سنتی رویهم‌گذاری چند عامله و بدون وزن لایه‌های شاخص نظیر شیب، جهت، ارتفاع، پوشش گیاهی، خاک و غیره برای تعیین اکوسیستم‌های خرد نمی‌تواند راهبرد مناسبی برای تعیین نقشه دقیق زیستگاه‌های کلان حیات وحش باشد. در روش مزبور اغلب کاربران با مجموعه‌ای از یگان‌های ریز، نامنظم و ناپیوسته روبرو می‌شوند که در تحلیل ارتباطات زیستی، جمع‌بندی و اولویت‌بندی (وزن‌دهی) یگان‌ها با مشکل مواجه می‌شوند. از این‌رو تعیین پهنه‌های وسیع مطلوب به‌عنوان اکوسیستم کلان منطبق بر رویکرد اکولوژی منظر بسیار منطقی و کاربردی‌تر خواهد بود. در این پژوهش ضمن استفاده از این رویکرد، تعیین مطلوبیت و تناسب زیستگاهی با وزن‌دهی و تلفیق چهار نقشه اصلی و کاربردی صورت گرفت. با این حال در صورت وجود آمار و اطلاعات معتبر از منطقه و بهره‌گیری از نظرات تخصصی بوم‌شناسان می‌توان لایه‌های دیگری را

مرکزی، محدوده زیستگاه پرتراکم قوچ و میش پارک ملی لار و مجموعه حفاظتی جاجرود شمالی انتخاب شدند.

قوچ و میش البرز مرکزی انتخاب شد. بدین صورت که مبادی و مقاصد مهاجرت زمستانه و تابستانه قوچ و میش برای مسیرگذرگاهی لحاظ شدند. منطقه امن ورجین به عنوان مبدا مهاجرت و سه مقصد مهاجرت شامل منطقه امن البرز



شکل ۷- پهنه بندی طیف مطلوبیت زیستگاهی قوچ و میش در محدوده مطالعاتی



شکل ۶- طیف امتیازات محاسبه شده مطلوبیت زیستگاهی قوچ و میش در محدوده مطالعاتی

طراحی مدل گذرگاهی انتخاب پهنای مناسب و کافی برای تسهیل حرکت و تامین نیازهای زیستی گونه‌های هدف است. در واقع پهنای باند گذرگاهی باید طوری باشد که ضمن تسهیل حرکت گونه هدف، کمترین هزینه ریالی جهت استقرار، حفظ و نگهداری گذرگاه صرف شود.

در اشکال (۸) تا (۱۰) مسیرگذرگاه‌های بالقوه مدل سازی شده در محیط GIS از منطقه امن ورجین به سمت سه مقصد البرز مرکزی، لار و جاجرود شمالی مشخص شده‌اند.

گام سوم: محاسبه شاخص فاصله - هزینه از روی نقشه اصطکاک و تولید مسیرهای گذرگاهی

مطلوب‌ترین مقدار فاصله - هزینه هر پیکسل از نقشه، کمترین مقدار مقاومت تجمعی^{۱۱} از یک نقطه مبدا به سمت مقصد نهایی گذرگاه است. نقشه حاصل از شاخص فاصله - هزینه در محیط GIS، نوارهای باریکی از پیکسل‌های نفوذپذیر را نمایان ساخته که به عنوان نقشه مقدماتی گذرگاه‌های بالقوه معرفی می‌شود. مشکل‌ترین بخش در

۳-۳- راستی آزمایی و تدقیق گذرگاه‌های پیشنهادی

گذرگاه‌های تولید شده مسیره‌های بالقوه‌ای هستند که براساس کمترین هزینه اکولوژیکی گذار قوچ و میش ترسیم شده‌اند همانطور که قبلاً عنوان گردید. داده‌های حضور و تردد قوچ و میش در این منطقه به صورت مختصات ثبت شده وجود ندارد با این حال در ادامه فرایند پژوهش هر یک از مسیره‌ها مورد بازدید میدانی و از نظر تعارضات، کاربری‌های بهنگام، مسائل و واقعیات زمینی مورد راستی‌آزمایی و تدقیق قرار گرفتند. در مرحله تدقیق نقشه‌ها، تلاش شد که مسیره‌های گذرگاهی در نزدیکی مراکز روستایی و کشاورزی طوری اصلاح شوند که کمترین اراضی روستایی یا کشاورزی در داخل آن‌ها قرار گیرد. به هر حال مسائل اجتماعی و محدودیت مالی برای تحقق برنامه‌های حفاظت و احیاء زیستگاه‌های طبیعی اداره کل محیط‌زیست استان کاملاً لحاظ شده تا مدل گذرگاهی پیشنهادی امکان اجرا داشته باشد.

شکل (۱۱) نقشه نهایی و تدقیق شده گذرگاه‌های زیستگاهی محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد.

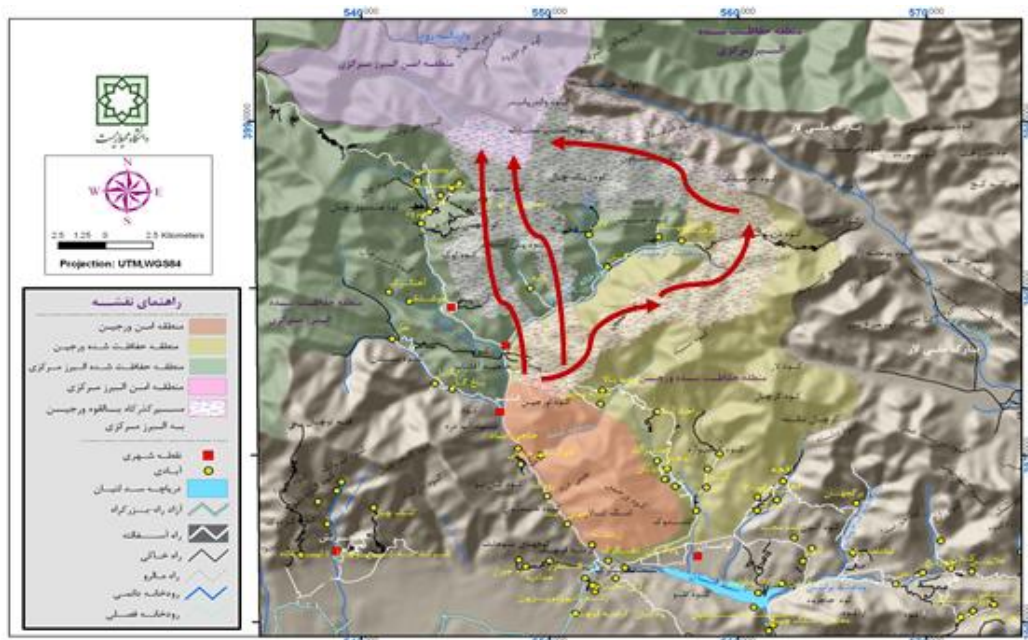
۳-۴- ارائه تمهیدات و راهکارهای مدیریتی نحوه استقرار و نگهداری گذرگاه‌ها

استقرار و اجرایی شدن مدل گذرگاهی در واقع مداخله خردمندانه در جهت فراهم کردن زمینه حضور گونه هدف در گذرگاه‌های طراحی شده و تردد ایمن به سمت مقصد نهایی زیستگاه‌های هدف بوده، به طوری که در این مسیر کلیه نیازهای روزانه و فصلی گونه از جمله آب، غذا و پناه تامین شود. برای اجرای مسیر گذرگاه‌ها در وهله اول

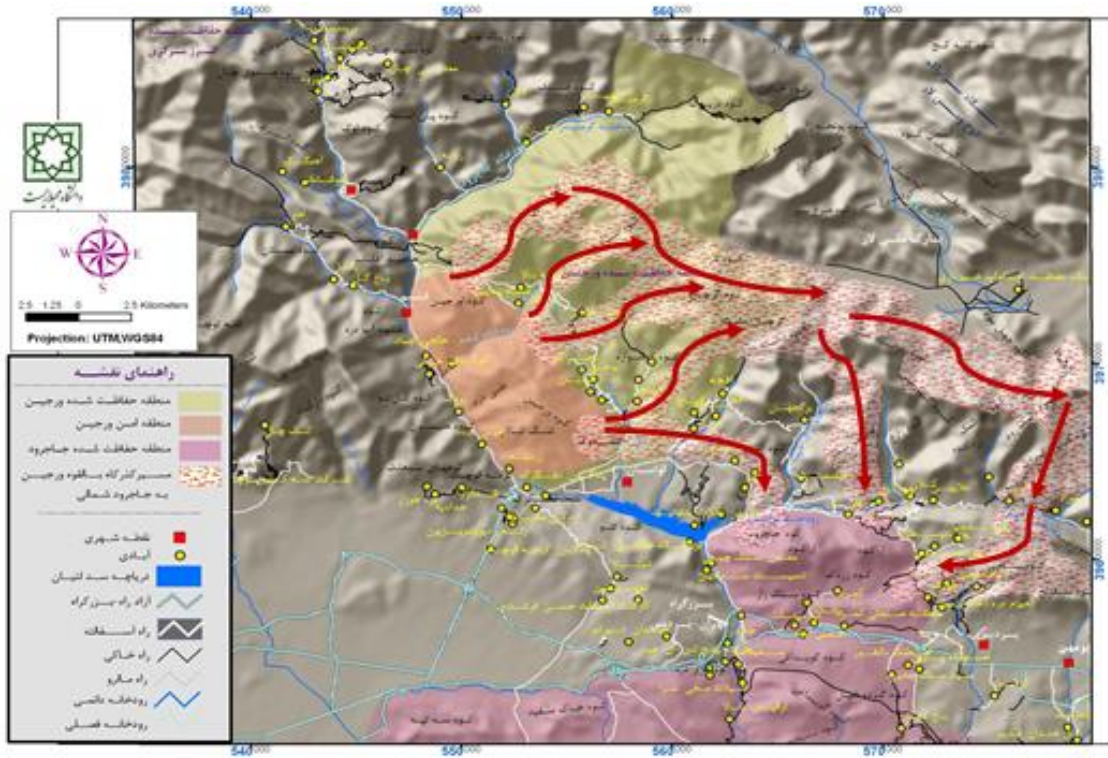
بایستی اطلاع رسانی و هماهنگی با مقامات و مدیران محلی و استانی صورت پذیرد. چه بسا ممکن است طرح‌ها و برنامه‌هایی برای توسعه شهری و روستایی منطقه پیش‌بینی شده باشد که در تقابل با اهداف و مسیره‌های گذرگاهی قرار بگیرند. در این صورت تصمیم‌گیران استان باید با نگرش فربخشی و مصلحت‌اندیشی، نسبت به بازنگری در طرح‌های توسعه و یا مدل گذرگاهی اقدام کنند. به هر حال اگر شروطی برای اجرایی شدن مسیره‌های تعیین شده از سوی مسئولان مطرح شود نباید مغایر با اهداف عملکردی گذرگاه‌ها بوده و یا کارایی آن‌ها را کمرنگ نماید.

برای پیاده‌سازی مسیره‌های گذرگاهی باید تدابیر حفاظتی و تجهیزات لازم برای اجرا و نگهداری گذرگاه‌ها پیش‌بینی شود. برای این منظور خرید و تملک اراضی زراعی و باغی داخل گذرگاه، احداث برج دیده‌بانی، تکمیل و راه‌اندازی پاسگاه‌های موجود، فنس‌کشی، نصب روگذر و زیرگذر، نصب تابلوهای اطلاع رسانی و علائم الکترونیکی راهنما و بازدارنده در حاشیه گذرگاه‌ها و محل تقاطع با مراکز روستایی و راه‌های دسترسی ضروری خواهد بود.

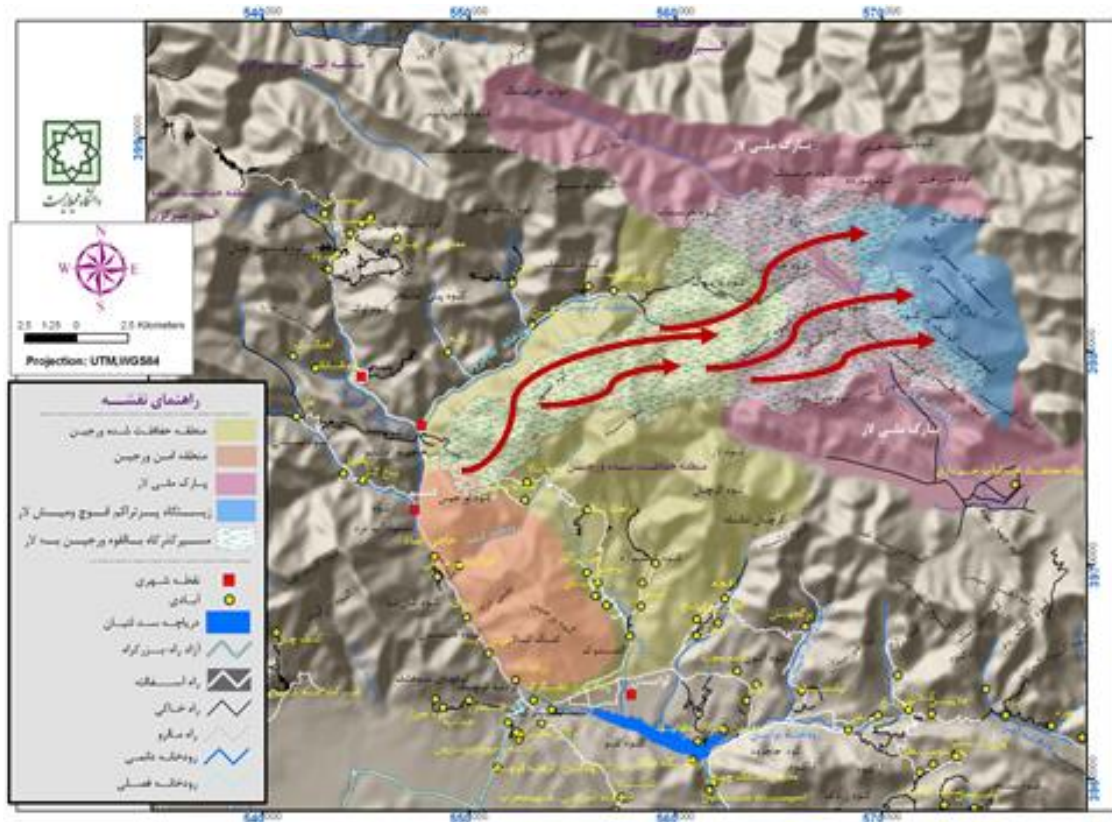
با عنایت به مقیاس و حجم اقدامات مدیریتی و محدودیت‌های تخصیص بودجه لازم برای اجرایی شدن طرح، اجرای گذرگاه‌های پیش‌بینی شده با ملاحظه ضرورت و اولویت اجرا در سه فاز بخش‌بندی و چک لیست اولویت‌بندی مراحل اجرا و شرح اقدامات و تجهیزات لازم برای استقرار گذرگاه‌ها در منطقه مطالعاتی به کارفرمای طرح نیز ارائه شد.



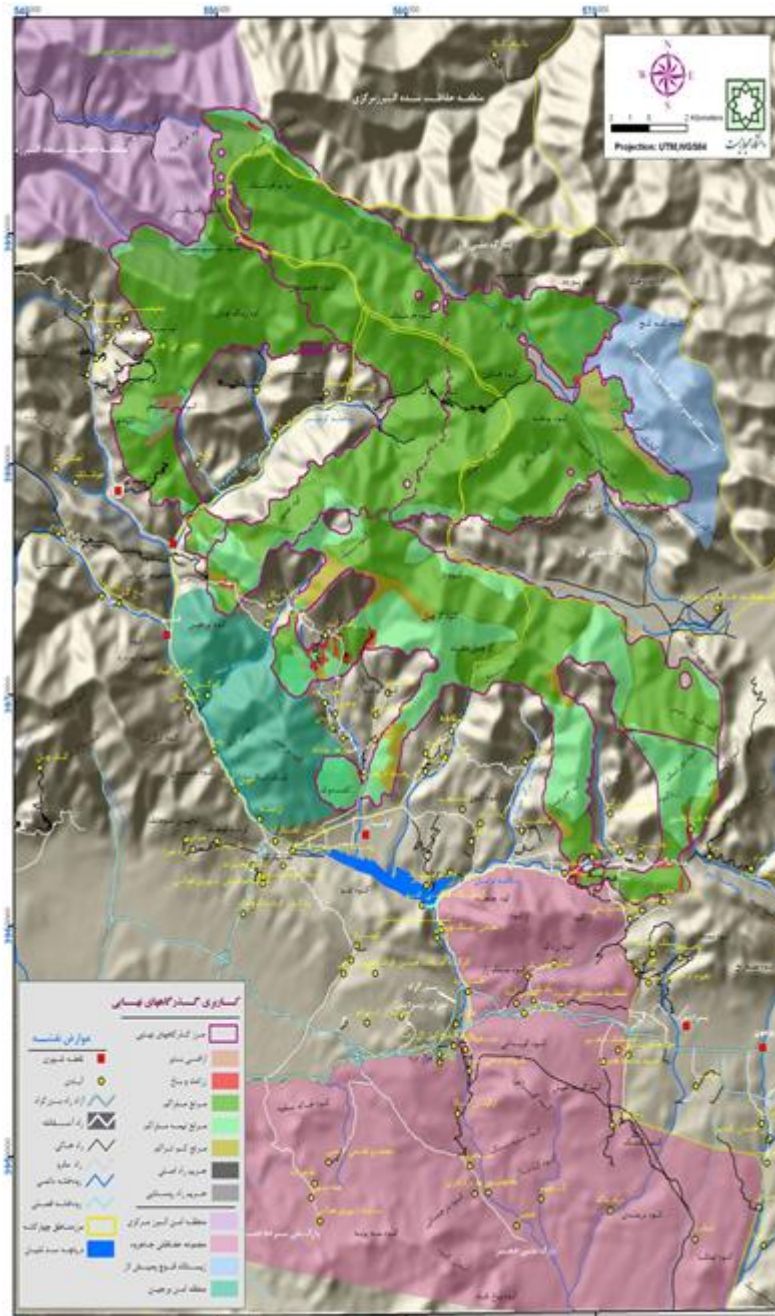
شکل ۸- مسیر گذرگاه‌های بالقوه منطقه امن ورجین تا منطقه امن البرز مرکزی



شکل ۹- مسیر گذرگاه‌های بالقوه منطقه امن ورجین تا منطقه جاجرود شمالی



شکل ۱۰- مسیر گذرگاه‌های بالقوه منطقه امن ورجین تا زیستگاه پرتراکم قوچ و میش در پارک ملی لار



شکل ۱۱- مسیر گذرگاه‌های نهایی تدقیق شده به همراه کاربری فعلی

۴- نتیجه‌گیری

منطقه حفاظت شده ورجین به‌خاطر همجواری و ارتباط با زیستگاه‌های غنی حوزه جاجرود، لار و البرز مرکزی، به‌عنوان دالان گذرگاهی و زمستان‌گذرانی برخی از گونه‌های شاخص خصوصاً قوچ و میش و کل و بز و گوشتخواران وابسته به آن‌ها به‌شمار می‌آید و قبل از اینکه منطقه به یک زیستگاه کاملاً جزیره‌ای تبدیل شود بایستی اقدام عاجل و اساسی صورت گیرد. در حال حاضر با استقرار لجام گسیخته جوامع انسانی و واحدهای گردشگری

درحاشیه و انشعابات فرعی رودخانه جاجرود و رشد صعودی ارزش کالائی زمین، این منطقه به سرعت در مسیر تغییر کاربری طبیعی قرار گرفته و عرصه برای ادامه زیست و حوش به‌ویژه قوچ و میش که جزء گونه‌های پایبند به قلمروهای شناخته شده خود هست هر روز تنگ‌تر می‌شود. تبدیل اراضی زیستگاهی و رشد بی‌رویه ویلا و باغات محصور در حاشیه شهر لواسان و روستاهای منطقه ورجین، آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های گردشگری و به‌دنبال آن جاده‌سازی مفرط و فنس‌کشی اراضی طبیعی جهت تملک تدریجی، از جمله تهدیدات و معضلات جدی برای

حداقل پهنای متناسب، الگوی رفتاری گونه، الگوی توزیع مراکز توسعه انسانی، محدودیت‌های مالی امکان‌سنجی حفاظت، تامین نیرو و تجهیزات مورد نیاز امکان پذیر می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاران گروه پژوهشی دانشگاه محیط‌زیست کرج که همکاری پیوسته‌ای در به سرانجام رسیدن این تحقیق داشته‌اند سپاسگزاری می‌کنم. همچنین، از مدیریت اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان تهران که منابع مالی این تحقیق را تامین کرده و کارشناسان اداره کل جناب آقایان مشهدی احمدی و کرمی که همکاری و همفکری صمیمانه‌ای داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌کنم.

پی‌نوشت‌ها

- ¹ The Arizona Missing Linkages Project, (2001-2007)
- ² Ovis Canadensis
- ³ The Southern Rockies Ecosystem Project (2006)
- ⁴ Weighted Geometric Mean
- ⁵ Generalized Linear Models
- ⁶ Generalized Additive Models
- ⁷ Cost-Distance Factor
- ⁸ Effective Distance
- ⁹ Cost-Weighted Distance
- ¹⁰ Habitat Permeability
- ¹¹ Cumulative Resistance
- ¹² Landscape Ecology
- ¹³ Central Place Foraging

منابع

- [1] Fahrig L. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecological Applications*; **2002**; **12** (2): 346-353
- [2] Fahrig L, Goodwin B J. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*; **1993**; **68** (5): 571-573
- [3] Frankham R, Sanjayan M. Genetics and landscape connectivity. *Connectivity conservation*. Cambridge, U.K: Cambridge Univ. Press; **2006**; 72-96.
- [4] Faraideh Pardaze Mohit Consulting Engineers. Possibility of wild Sheep and Iranian Gazelle Restoration in Haftadgholeh and Muteh protected Areas. Markazi Province office of Environmental Protection; **2012**; P. 150. [In Persian]
- [5] Goljani R, Kaboli M, Karami M, Naimi B, Alizadeh A. Fall Habitat Suitability Modeling of Central Alborz Wild Sheep in Jajrud Protected Complex. *Iran. Journal of natural Resources*; **2010**; **63**(2): 1-14. [In Persian]

زیستگاه‌ها و گذرگاه‌های گذار کوچ و میش بشمار می‌آیند. از این رو هرچه سریعتر بایستی نسبت به استقرار، حفظ و نگهداری گذرگاه‌های حیات وحش در این منطقه اقدام کرد. در این پژوهش ضمن استفاده از رویکرد اکولوژی منظر^{۱۲} تعیین مطلوبیت و تناسب زیستگاهی با وزن‌دهی و تلفیق چهار نقشه کاربری و پوشش اراضی، مدل رقومی فاصله از راه‌های دسترسی، مدل رقومی ارتفاع از سطح دریا و موقعیت‌های توپوگرافی انجام شد. هرچند در صورت وجود داده‌های دیگر، می‌توان لایه‌های دیگری هم به مدل اضافه کرد اما با افزایش لایه‌های ورودی، مسلماً جمع‌بندی و تصمیم‌گیری در خصوص پهنه‌های مطلوب پیچیده‌تر خواهد بود.

به کمک سیستم‌های مدل‌سازی اکولوژیکی، توابع GIS و نرم‌افزارهای تحلیل آماری، محققان می‌توانند به‌طور دقیق مسیره‌های گذرگاهی را با رویکرد کمترین هزینه اکولوژیکی و کوتاه‌ترین فاصله تا مقصد گذرگاه مکان‌یابی کنند.

اغلب محققان مدل‌سازی گذرگاه‌های زیستگاهی بر این باور هستند که انتخاب مسیر خطی مستقیم و بدون پهنای برای حرکت جانوران، بیانگر محدوده واقعی گذار آن‌ها نبوده و این مسیرها به‌خاطر عدم تبعیت از حرکت ارگانیک وحوش از دقت زیادی برخوردار نیستند. دلیل این ادعا، نظریه چرای دایره وار^{۱۳} گونه‌ها است که بیان می‌دارد جانوران با رفتار ذاتی خاص خود به تشکیل گروه‌ها و ساختار اجتماعی پرداخته و اغلب به صورت پراکنده و شعاعی به جستجوی غذا و پناه می‌پردازند [۱۰]. از این‌رو طراحی گذرگاه‌های نواری در پهنه‌های مطلوب زیستگاهی برای گذار وحوش پیشنهاد شده که از مقبولیت و توجیه علمی بیشتری در بین بوم‌شناسان نسبت به مدل‌های خطی برخوردار است.

یک گذرگاه کارآمد باید شکل، ابعاد و موقعیت مکانی راهبردی داشته باشد تا بتواند ضمن هدایت گروه‌های هدف از نفوذ و تاثیرگذاری فعالیت‌های مخرب به گذرگاه جلوگیری کند. در طراحی گذرگاه‌ها یک‌سری الزامات و شرایط زیستگاهی باید رعایت شوند. به‌عبارتی شکل و ابعاد لکه‌های زیستگاهی، چیدمان اشکال زمین، نوع و تراکم کاربری اراضی در این مقوله اهمیت دارند.

مدل گذرگاهی فعلی این قابلیت را داراست که براساس نحوه توزیع لکه‌های مطلوب زیستگاهی بطور بالقوه چندین نوار گذرگاهی با پهنای مختلف و به نسبت سهم معین از وسعت کلی منطقه را عرضه کند ولی انتخاب نوع و تعداد گذرگاه‌های بهینه (نهایی) با توجه به ملاحظه توان

- [6] Mahini A. Wildlife Habitat Evaluation in Touran Biosphere Reserve. MSc Thesis. University of Tehran; **1994**; p. 110 [In Persian]
- [7] Goljani R, Kaboli M, Karami M, Ghodsizadeh Z, Nourani E. Male Alborze Red Sheep Migration Corridors Selection from Summer to Fall Habitats in Jajrud protected Area Complex. Russian Journal of Ecology; **2012**; **63**(1)
- [8] Beier P, Majka D R, Spencer W D. Forks in the road: choices in procedures for designing wildland linkages. Conservation Biology; **2008**; **22**(1): 836-851.
- [9] The Arizona Missing Linkages Project. Wild lands Project and Northern Arizona University. Arizona Game and Fish Department. Arizona Department of Transportation. US Fish and Wildlife Service. US Forest Service. Federal Highway Administration. Bureau of Land Management. Sky Island Alliance Wildlands Project. Northern Arizona University Press; **2007**; p. 250
- [10] Lindenmayer DB, Nix H A. Ecological Principles for Design of Wildlife Corridors. Conservation Biology; **1993**; **7** (3): 627-631.

