

## ارزیابی اثرات بوم شناختی کنارگذر غرب اصفهان بر پناهگاه حیات وحش قمیشلو با استفاده از روش HEP

تکتم مکی<sup>۱\*</sup>، سیما فاخران<sup>۱</sup>، حسین مرادی<sup>۱</sup>، مجید ایروانی<sup>۲</sup> و مریم فرهمند<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۳)

### چکیده

ساخت جاده‌ها در زیستگاه‌های حساس و مناطق حفاظت‌شده، دارای اثرات فاجعه‌باری بر حیات‌وحش است که طی سال‌های گذشته در کشور ما رو به گسترش بوده است. این مقاله به ارزیابی اثرات بوم شناختی (EcIA) آزادراه غرب اصفهان که از پناهگاه حیات وحش قمیشلو (طبقه چهارم I.U.C.N) می‌گذرد، بر زیستگاه گونه کلیدی آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa subgutterosa*) می‌پردازد. در این پژوهش، برای نخستین بار در ایران از راهبرد HEP (Habitat Evaluation Procedure) به‌عنوان یک روش ارزیابی بر مبنای زیستگاه که هم کیفیت و هم کمیت زیستگاه تحت تأثیر را مورد توجه قرار می‌دهد، برای ارزیابی اثرات بوم شناختی پروژه‌های توسعه بهره گرفته شد. کیفیت زیستگاه به‌صورت شاخص مطلوبیت زیستگاه HSI برای گونه مورد نظر اندازه‌گیری شد. از طریق بررسی جامع منابع و مشاهدات میدانی (ثبت ۲۹۳ نقطه حضور)، پنج متغیر مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه (شامل پوشش گیاهی، شیب، ارتفاع، فاصله تا آب و فاصله تا جاده)، در نظر گرفته شد و در نهایت واحدهای زیستگاهی مربوطه از طریق ضرب HSI برای گونه آهو در مساحت زیستگاه گونه در دو حالت قبل و بعد جاده، به‌دست آمد. نتایج حاصل نشان داد که در اثر احداث آزادراه، به میزان ۷۷۱۰ واحد زیستگاهی برای گونه آهو از دست‌رفته است. هم‌چنین به منظور بررسی اثر جاده در مقیاس سیمای سرزمین، رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گرفت و متریک‌های MNN، NP و CONTAG، استخراج شدند. نتایج، از دست رفتن زیستگاه و تکه‌تکه‌شدن سیمای سرزمین را در پناهگاه حیات وحش قمیشلو، به‌طورکمی نشان داده و گویای تأثیرات منفی آزادراه بر جمعیت آهوان از طریق محدود کردن حرکت آنها بین لکه‌های زیستگاهی در این منطقه است که گویای پیامدهای نگران‌کننده آزادراه برای حفاظت از این گونه آسیب‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: بوم شناختی، احداث جاده، تکه‌تکه شدن زیستگاه، آهوی ایرانی، HEP، متریک‌های سیمای سرزمین

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. سازمان حفاظت محیط زیست

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: t.makky@yahoo.com

## مقدمه

امروزه بزرگ‌ترین تهدید تنوع زیستی در سطح جهان، تخریب زیستگاه‌هاست که به دنبال تغییر زیستگاه‌ها و تکه تکه شدن زیستگاه‌های بزرگ رخ می‌دهد. در این میان جاده‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها شناخته می‌شوند (۱۸، ۱۹ و ۲۶) آنها با تأثیر روی کریدورهای حیات وحش، مانع جابه‌جایی آنها بین دو منطقه جدا افتاده می‌شوند (۱۶). گونه‌هایی که قادر نیستند از جاده بگذرند، به لکه‌های خیلی کوچک محدود خواهند شد و در نتیجه اندازه جمعیت و احتمال ماندگاری آن کاهش می‌یابد. همچنین، حاشیه زیستگاه افزایش می‌یابد که باعث تسهیل ورود گونه‌های مهاجم خواهد شد (۱۷). بنابراین ملاحظه می‌شود که جاده‌ها، اغلب پیامدهای ناسازگار بوم‌شناختی را در پی دارند. ساخت جاده‌ها در زیستگاه‌های حساس و مناطق حفاظت‌شده، فاجعه‌ای است که در کشور ما رو به گسترش است و عدم توجه به اثرات فاجعه‌بار بوم‌شناختی جاده‌ها (در طی فرآیند ارزیابی اثرات محیط زیستی) در این مناطق مشهود است. به‌طور مثال، می‌توان به جاده پارک ملی گلستان، جاده شهید کلانتری در پارک ملی دریاچه ارومیه، جاده کنار گذر انزلی، آزادراه تهران-شمال در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی، جاده ارژن و پریشان و دیگر موارد از این دست اشاره کرد. بدین ترتیب، در راستای حفاظت از تنوع زیستی و کاهش اثرات تخریبی پروژه‌های انسان‌ساخت، لازم است که اثرات ناشی از پروژه‌ها بر اکوسیستم‌های طبیعی، به‌طور کمی ارزیابی شود.

در ایران، بیشتر ارزیابی‌های بوم‌شناختی به‌صورت کیفی انجام پذیرفته است. از سویی، در روش‌های معمول ارزیابی اثرات محیط زیستی پروژه‌ها در ایران تا حد زیادی اثرات مثبت اقتصادی و اجتماعی، اثرات منفی بوم‌شناختی را تعدیل می‌کند؛ به‌عنوان مثال برای پروژه عظیم آزادراه تهران-شمال، احداث کنارگذر انزلی، آزادراه تهران-پردیس، جاده دشت ارژن، از ماتریس ساده برای ارزیابی اثرات محیط زیستی پروژه استفاده شده که در آن، اثرات منفی بوم‌شناختی جاده بر محیط اطراف

به خوبی نشان داده نشده است (۹، ۱۰ و ۱۱). بنابراین، نیاز به روش ارزیابی که توجه بیشتری بر اثرات بوم‌شناختی داشته باشد؛ احساس می‌شود. به منظور ارزیابی اثرات بوم‌شناختی جاده‌ها، بخشی از مسیر آزادراه غرب اصفهان که در پناهگاه حیات وحش قمیشلو قرار دارد، انتخاب گردید. کل طول این آزادراه، ۹۴ کیلومتر است که حدود ۲۶ کیلومتر آن با عرض ۳۵ متر از منطقه قمیشلو عبور می‌کند. آزادراه مذکور با گذر از منطقه، تأثیرات جبران‌ناپذیری را بر زیستگاه گونه‌های مختلف به‌ویژه علفخواران بزرگ وارد کرده است. از آنجا که قسمت اعظم آزادراه از داخل قسمت‌های دشتی منطقه می‌گذرد و بیشتر زیستگاه آهوی ایرانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا بررسی پیامدهای مخرب بوم‌شناختی ناشی از این آزادراه بر منطقه قمیشلو دارای اهمیت بسزایی است.

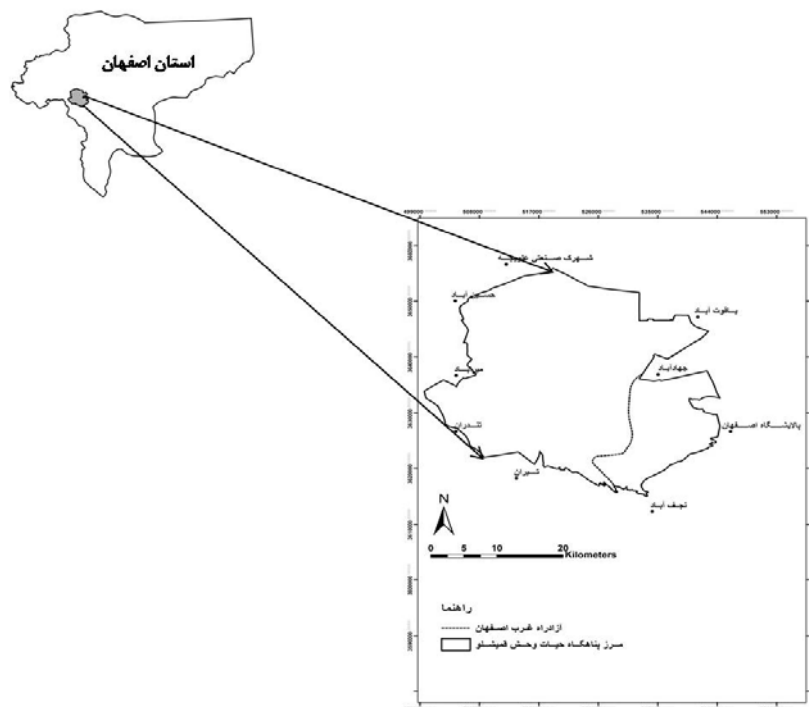
این تحقیق اهداف ذیل را دنبال نموده است:

۱) آیا آزادراه موجود، موجب تکه‌تکه شدن زیستگاه آهوی ایرانی شده است؟ (۲) آیا آزادراه موجود، موجب جابه‌جایی زیستگاه‌های آهوی ایرانی در منطقه شده است؟ و در صورت جابه‌جایی، زیستگاه‌های فعلی مورد استفاده چه کیفیتی دارند؟ (۳) بررسی روش‌های مختلف (Landscape Metrics، HEP) و معرفی روش‌های جدید برای ارزیابی اثرات بوم‌شناختی پروژه‌های راه‌سازی در ایران

## مواد و روش

## منطقه مورد مطالعه

پارک ملی و پناهگاه حیات‌وحش قمیشلو در شمال غربی اصفهان قرار دارد (شکل ۱). این منطقه بین  $33^{\circ} 59' 43''$  تا  $33^{\circ} 02' 24''$  عرض شمالی واقع شده و مساحت آن حدود  $113653$  هکتار است که حدود  $30069$  هکتار از این مساحت، پارک ملی است. پارک ملی و پناهگاه حیات‌وحش قمیشلو شامل دشت‌ها، کوه‌ها و تپه ماهورهای متعدد است. حداقل ارتفاع منطقه  $1687$  متر از سطح دریا در بخش غربی و حداکثر ارتفاع  $2767$  متر در بخش



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مدیریت منطقه، مراجعه به اداره کل محیط زیست استان اصفهان، اداره تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، شرکت سیمین سپاهان (همکار شرکت آزادراه غرب اصفهان) و همچنین بازدید از منطقه، اطلاعات اولیه شامل نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰، مرز جدید و قدیمی پناهگاه حیات وحش قمیشلو، نقشه پوشش گیاهی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، نقاط حضور گونه مورد مطالعه و مشخصات آزادراه جمع‌آوری شد. مشاهدات میدانی گسترده و ثبت نقاط حضور گونه آهوی ایرانی توسط GPS (۲۹۳ نقطه) در طی چهار فصل انجام شد. همچنین به منظور شناسایی محل‌های پراکنش این گونه (به‌خصوص در وضعیت قبل از احداث جاده) پرسش‌نامه‌ای تنظیم شده و در اختیار محیط‌بانان و کارشناسان محیط زیست آشنا با منطقه قرار گرفت.

جنوبی منطقه است. اقلیم این منطقه سرد و خشک و در منطقه‌ای نیمه‌صحرايي واقع گردیده است. این پناهگاه در بین زیستگاه‌های نواحی خشک کشور جایگاه ویژه‌ای دارد. تعداد ۳۸ گونه جانوری متعلق به شش راسته و ۱۶ خانواده و چهار زیرخانواده در محدوده پناهگاه به‌صورت بومی و مهاجر حضور دارند. در حال حاضر حدود ۳۰۴۰ رأس آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) در زیستگاه‌های مختلف سطح پناهگاه حضور داشته و به‌علاوه پستاندارانی نظیر قوچ و میش، کل و بز، پلنگ، گربه وحشی، روباه، کفتار، شغال، خرگوش، گورکن راه‌راه، کاراکال، پلنگ، تشی، موش و جربیل در این زیستگاه ارزشمند دیده می‌شود (۸). هم‌چنین، حدود ۳۵۰ گونه گیاهی، مربوط به ۲۱۶ جنس و ۶۲ تیره گیاهی در زیستگاه‌های این منطقه رویش می‌نماید.

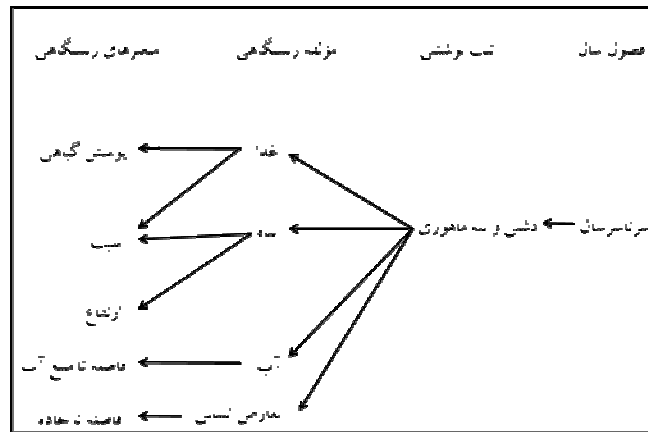
## ۲) HEP

بر طبق مطالعات صورت گرفته از روش‌های متفاوتی می‌توان برای ارزیابی اثرات بوم‌شناختی جاده‌ها استفاده کرد (۱۸، ۲۰)،

## روش مطالعه

### ۱) جمع‌آوری داده‌ها

ابتدا با بررسی‌های کتابخانه‌ای و مطالعه گزارشات طرح جامع



شکل ۲. نمودار درختی ارزیابی زیستگاه برای گونه مورد مطالعه

انجام شده در خصوص این گونه آهو [به عنوان مثال، ۲، ۵، ۲۱، ۲۷]، مؤثرترین متغیرها بر مطلوبیت زیستگاه این گونه انتخاب و طبقه بندی شد (شکل ۲). سپس، براساس درصد نقاط حضور گونه و بررسی منابع ذکر شده، به هر طبقه یک رتبه کیفی اختصاص داده شد. بدین ترتیب که به هر طبقه با بدترین شرایط، ارزش صفر و به سایر طبقات، به ترتیب بهتر شدن شرایط، درجه های ۱، ۲ و ... اختصاص داده شد. درجه مطلوبیت هر طبقه حاصل تقسیم رتبه کیفی هر طبقه بر رتبه کیفی مطلوب ترین طبقه برای گونه مورد مطالعه بود. هم چنین با توجه به طبقه بندی هر متغیر و درجه مطلوبیت آن، نقشه های مربوط به آن متغیر نیز طبقه بندی شد. در تمام نقشه ها، طیف رنگی سبز تا قرمز انتخاب گردید به طوری که رنگ سبز نشان دهنده مطلوب ترین طبقه و رنگ قرمز مشخص کننده کمترین مطلوبیت است.

ج) مدل سازی: در این مرحله متغیرهای شناسایی شده در مرحله قبل برای تهیه یک مدل نهایی (HSI)، با هم ادغام شدند.

فرمول نهایی برای تعیین مطلوبیت زیستگاه آهو، با در نظر گرفتن روابط بین متغیرها و بررسی فرمول های مختلف تعیین گردید (رابطه ۲) و براساس این رابطه نقشه مطلوبیت به دست آمد.

$$HSI = \frac{\text{MIN}(SI_1, SI_2, SI_3) + SI_4}{2} \times SI_5 \quad [2]$$

نقشه نهایی حاصله (نقشه رستری با دقت ۳۰ متر)، براساس

از جمله می توان به HEP (Habitat Evaluation Procedures) اشاره نمود که در سال ۱۹۷۴ توسط اداره حیات وحش و آبیان آمریکا (U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS)) معرفی شد و برای محاسبه آثار مربوط به جایگزین های پروژه ها روی یک گونه و زیستگاه مربوط به آن به کار می رود. برخی از کشورها برای اجرای بهتر EIA به این راهبرد روی آورده اند به طوری که به صورت گسترده ای در پروژه های بزرگ در کل آمریکا و به تازگی در ژاپن استفاده می شود (۲۳ و ۲۵). HEP با استفاده از مساحت زیستگاه در دسترس (Area) و شاخص مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Index) (HSI)، ارزش های مورد نیاز برای ارزیابی زیستگاه را محاسبه می کند. در واقع برای گونه مورد ارزیابی در منطقه مورد مطالعه، باید واحد زیستگاهی (Habitat Unit) (HU) محاسبه شود که از حاصل ضرب شاخص مطلوبیت زیستگاه در مساحت کل زیستگاه در دسترس، به دست می آید.

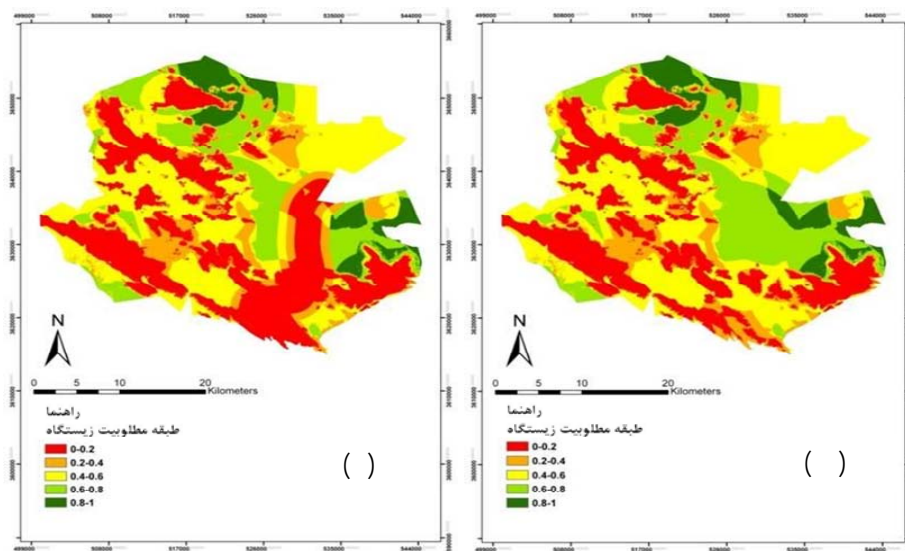
$$HU = HSI \times Area \quad [1]$$

روند کمی سازی واحدهای زیستگاه در این مطالعه عبارت است از (۷): الف) تعیین اهداف مدل: محدوده جغرافیایی مطالعاتی این تحقیق، کل پناهگاه حیات وحش و پارک ملی قمیشلو بوده و مدل حاضر برای کل سال تهیه شد.

ب) تعیین متغیرهای مدل (SI): ابتدا با توجه به مشاهدات میدانی (ثبت نقاط حضور گونه) در طی یک سال و مطالعات

جدول ۱. توصیف مطلوبیت نهایی زیستگاه (۱۳)

شاخص مطلوبیت	توصیف زیستگاه
۰ - ۰/۲	خیلی ضعیف
۰/۲ - ۰/۴	ضعیف
۰/۴ - ۰/۶	متوسط
۰/۶ - ۰/۸	خوب
۰/۸ - ۱	عالی



شکل ۳. نقشه مطلوبیت نهایی زیستگاه آهو بدون حضور آزادراه (الف) و پس از حضور آزادراه (ب) براساس رابطه ۲

### ۳) کمی‌سازی متریک‌های سیمای سرزمین

امروزه ارزیابی اثرات جاده‌ها، بیشتر در چارچوب بوم‌شناسی سیمای سرزمین، صورت می‌گیرد. اگر چه، طراحان سیستم‌های حمل‌ونقل بیشتر تمایل دارند که نوار باریک مجاور جاده را تجزیه و تحلیل کنند ولی براساس اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین، اثرات جاده‌ها به‌طور وسیعی در سطح سیمای سرزمین گسترده است (۱۵). در بسیاری از مطالعات نیز رویکردهای بوم‌شناسی سیمای سرزمین و متریک‌های مختلف برای کمی کردن اثرات احداث بزرگراه و هم‌چنین تعیین اثرات جاده‌ها بر بقای گونه‌ها استفاده می‌شود (۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۲). در این مطالعه، به منظور بررسی اثر آزادراه غرب اصفهان بر پارک ملی و پناهگاه حیات وحش قمیشلو در مقیاس سیمای سرزمین، با استفاده از

جدول ۱ طبقه‌بندی شد. بدین ترتیب، نقشه مطلوبیت نهایی زیستگاه آهو بدون حضور آزادراه (شکل ۳-الف) و پس از حضور آن (شکل ۳-ب) تهیه شد.

د) بررسی درستی مدل: در این مطالعه از درصد نقاط حضور گونه آهو در هر طبقه مطلوبیت در نقشه مطلوبیت نهایی زیستگاه (در حالت عدم حضور آزادراه) استفاده شد تا نقشه مناسب و قابل قبول انتخاب شود.

و) تعیین واحدهای زیستگاهی: واحدهای زیستگاهی از طریق ضرب مساحت منطقه در دسترس در عدد مطلوبیت مربوطه و جمع مقادیر حاصله (در نقشه مطلوبیت نهایی زیستگاه)، در حالت وجود و عدم وجود آزادراه غرب اصفهان به‌دست آمد.

جدول ۲. تعیین درجه مطلوبیت پوشش گیاهی

درجه مطلوبیت	تیپ پوشش گیاهی	گروه
۱	تیپ ۴ و ۶ (Sc-St, Ar-No) Scariola Orientalis-Stipa barbata, Artemisia Sieberi- Noaea mucrunatu	۱
۰/۷۵	تیپ ۱، ۲ و ۷ (As-Pr, Ar-Sc, An-Ar) Astragalus Spp. – Perennial grasses, Artemisia Sieberi- Scariola Orientalis, Anabasis apylla- Artemisia siebri – Astragalus spp	۲
۰/۵	تیپ ۵ (Ar-La) Artemisia Sieberi-Launae acanthodes	۳
۰/۲۵	تیپ ۳ (Ar-As) Artemisia Sieberi – Astragalus Spp.	۴
۰	تیپ ۸ (Rock)	۵

تیپ‌های پوشش گیاهی انجام شد که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود (در این مطالعه شش پارامتر مربوط به پوشش گیاهی شامل تولید زی توده سالانه (kg/ha)، وضعیت یا گرایش مرتع، متوسط پوشش تاجی (درصد)، درصد لاشبرگ، درصد علفیان، بوته‌ای‌ها، گندمیان و درصد ترکیب گونه‌های گیاهی در نظر گرفته شد و براساس آن تیپ‌های پوشش گیاهی وزن دهی شد). پس از طبقه‌بندی و امتیازدهی (جدول ۲)، تیپ‌های پوشش گیاهی منطقه در نرم‌افزار ArcGIS9.3 طبقه‌بندی و نقشه مطلوبیت تیپ‌های پوشش گیاهی حاصل گردید (شکل ۴- الف). همان‌طور که در شکل ۴- الف ملاحظه می‌شود، بیشترین مطلوبیت پوشش گیاهی مربوط به مرکز منطقه و قسمت‌هایی در جنوب شرقی منطقه می‌باشد. کمترین مطلوبیت در مناطق دارای شیب تند که به صورت صخره طبقه‌بندی شده بود دیده می‌شود. هم‌چنین گروه دوم (تیپ‌های گیاهی Ar-Sc, As-Pr و An-Ar) با درجه مطلوبیت ۰/۷۵ بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده و کمترین مساحت مربوط به گروه چهارم (تیپ گیاهی Ar-As) با درجه مطلوبیت ۰/۲۵ است.

(۲) **متغیر شیب (SI<sub>2</sub>):** میزان مطلوبیت برای هر کدام از طبقات شیب در جدول ۳ نمایش داده شده است. پس از طبقه‌بندی و امتیازدهی، نقشه مطلوبیت شیب حاصل گردید (شکل ۴- ب). همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، گروه سه (طبقه شیب ۲۰ تا ۳۰ درصد)، با مطلوبیت ۰/۳ دارای کمترین

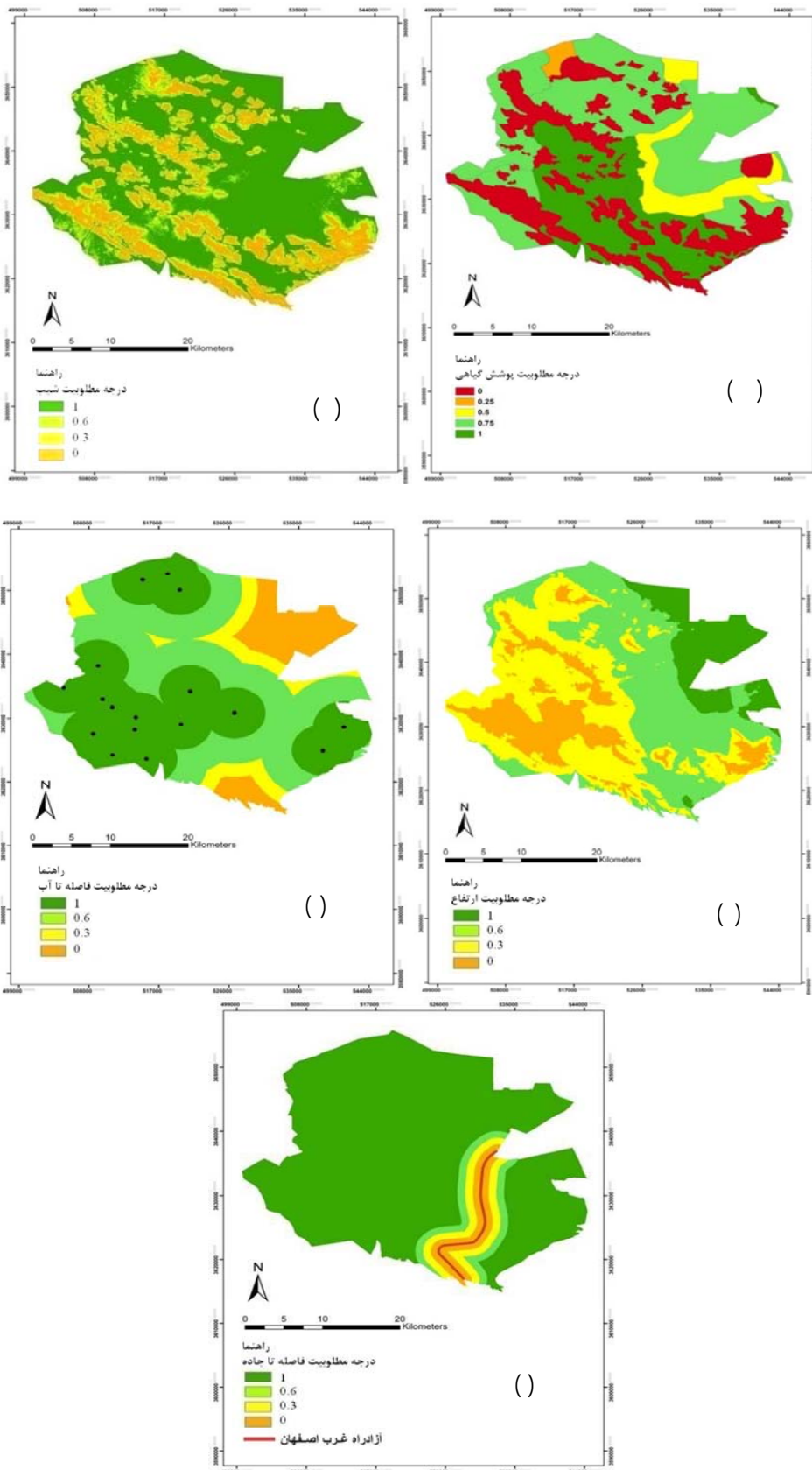
فایل‌های موجود (نقاط حضور ثبت شده توسط تاکی، ۱۳۸۸)، پلی‌گون‌های پراکنش مربوط به طرح جامع مدیریت مهندسی مشاور پویش جامع، مشاهدات میدانی و هم‌چنین نقشه‌های تهیه شده براساس اطلاعات جمع‌آوری شده در پرسش‌نامه‌ها، نقاط حضور و محل‌های پراکنش گونه آهو در دو حالت قبل و بعد از احداث آزادراه تعیین شد (به کمک نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۹/۳). در نهایت دو لایه اصلی مربوط به نقاط حضور آهو در وضعیت قبل و بعد از احداث آزادراه به دست آمد. با استفاده از این لایه‌ها، پلی‌گون‌های پراکنش گونه تهیه شد. سپس در دو وضعیت قبل و بعد از آزادراه، متریک‌های نزدیک‌ترین همسایه)، NP (Number of Patches) (تعداد لکه‌ها) و CONTAG (Contagion) (پیوستگی)، به کمک نرم‌افزار Fragstats نسخه ۳/۳، استخراج شدند.

## نتایج و بحث

### نتایج حاصل از HEP

الف) تعیین متغیرهای مدل: پس از تعیین اهداف مدل، پنج متغیر مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه آهوی ایرانی در نظر گرفته شدند که طبقه‌بندی و درجه مطلوبیت آنها به شرح ذیل می‌باشد:

۱) **متغیر پوشش گیاهی (SI<sub>1</sub>):** به منظور تعیین مطلوبیت پوشش گیاهی، براساس وزن کلی هر تیپ اولویت‌بندی بین



شکل ۴. نقشه مطلوبیت پوشش گیاهی (الف)، شیب (ب)، ارتفاع (ج)، فاصله تا منبع آب (د) و فاصله تا جاده (و) برای گونه آهو

کدام از طبقات فاصله تا منابع آب، در جدول ۳ نمایش داده شده است. پس از طبقه‌بندی و امتیازدهی، نقشه مطلوبیت فاصله تا منابع آب حاصل گردید (شکل ۴-د). همان‌طور که در نقشه ملاحظه می‌شود، گروه سه (فاصله ۸ تا ۱۰ کیلومتر تا منابع آب)، با مطلوبیت ۰/۳ دارای کمترین مساحت (۹۱۰۲ هکتار) و طبقه دو با مطلوبیت ۰/۶ دارای بیشترین مساحت (۴۹۹۱۸ هکتار) است.

با توجه به نتایج داده‌های صحرایی، حضور گونه در فاصله ۰ تا ۴۰۰۰ متری از منابع آبی بیشتر است به طوری که ۶۰٪ نقاط حضور گونه در این طبقه است. در مطالعه تاکی (۵)، نتایج مشاهدات و تراکم گروه‌های سرگین گونه آهو نشان داد که در ماه‌های گرم سال با افزایش فاصله از منابع آبی، تراکم گروه سرگین نیز کاهش می‌یابد و حضور گونه در نزدیکی آب (فاصله ۰ تا ۳۰۰۰ متری) بیشتر بوده است. اکبری هارونی و همکاران (۳)، تا فاصله حدود ۱۰ کیلومتری منابع آبی، آهو را مشاهده نمودند. در این مطالعه نیز، حداکثر فاصله نقاط حضور گونه از منابع آبی، ۱۰ کیلومتر بود که مشابه نتایج اکبری هارونی و همکاران (۳)، می‌باشد.

**(۵) متغیر فاصله تا جاده (SI<sub>5</sub>):** میزان مطلوبیت برای هر کدام از طبقات این متغیر، در جدول ۳ نمایش داده شده است. پس از طبقه‌بندی و امتیازدهی، نقشه مطلوبیت فاصله تا جاده حاصل گردید (شکل ۴-و). همان‌طور که در نقشه ملاحظه می‌شود، طبقه چهار با درجه مطلوبیت صفر، دارای کمترین مساحت (۵۳۵۰ هکتار) و طبقه یک با درجه مطلوبیت یک دارای بیشترین مساحت (۹۷۷۹۰ هکتار) است.

با توجه به نتایج داده‌های صحرایی، فاصله بالای ۳۰۰۰ متری از آزادراه برای این گونه آهو وضعیت بهینه دارد؛ به طوری که ۹۱٪ نقاط حضور گونه در این طبقه می‌باشد. اکبری هارونی و همکاران (۳)، تا فاصله ۵۰۰ متری جاده‌های اصلی گله‌های آهو را در حال استراحت یا چرا مشاهده نمودند. اما در این مطالعه، با توجه به درصد نقاط حضور گونه در منطقه، حداقل فاصله تا جاده، ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته

مساحت (۷۵۵۶ هکتار) و گروه یک (طبقه شیب ۰ تا ۱۰ درصد)، با مطلوبیت یک دارای بیشترین مساحت (۶۹۵۵۹ هکتار) است.

با توجه به نتایج داده‌های صحرایی، شیب ۰ تا ۱۰ درصد برای این گونه آهو وضعیت بهینه دارد. مشاهدات ارایه‌شده از منطقه حفاظت‌شده کالمند-بهداران استان یزد نیز نشان داد که گونه آهو بیشترین استفاده را از شیب ۰ تا ۱۰ درصد دارد (۳). نتایج حاصل از طرح جامع پارک ملی کلاه قاضی (۶) نیز نشان داد که بیشترین درصد حضور آهو در مناطقی با شیب کمتر از ۱۰ درصد می‌باشد. همچنین اشاره شده که آهو تا شیب ۳۰ درصد نیز مشاهده شده است. در مطالعه تاکی (۵)، در پناهگاه حیات وحش قمیشلو، نقاط حضور آهو در نقشه طبقات شیب نشان می‌دهد که در بهار، پاییز و زمستان، حضور آهو در شیب ۰ تا ۸ درصد بیشتر است. درصد نقاط حضور گونه در منطقه نیز در تأیید این نتایج است.

**(۳) متغیر ارتفاع (SI<sub>3</sub>):** میزان مطلوبیت برای هر کدام از طبقات ارتفاع در جدول ۳ نمایش داده شده است. پس از طبقه‌بندی و امتیازدهی، نقشه مطلوبیت ارتفاع حاصل گردید (شکل ۴-ج). با توجه به شکل، گروه یک با درجه مطلوبیت ۱ دارای کمترین مساحت (۱۵۱۰۸ هکتار) و گروه دو با درجه مطلوبیت ۰/۶، دارای بیشترین مساحت (۴۰۰۱۴ هکتار) است. با توجه به نتایج داده‌های صحرایی، ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ متر برای این گونه آهو وضعیت بهینه دارد؛ به طوری که ۴۱٪ نقاط حضور گونه در این طبقه ارتفاعی می‌باشد. در مطالعه اکبری هارونی و همکاران (۳)، بیشترین مشاهدات در ارتفاع ۱۴۰۰-۱۶۰۰ متر رخ داد که می‌تواند به دلیل پایین بودن میانگین کلی ارتفاع در آن منطقه باشد. در مطالعه حاضر، ۹۵٪ نقاط حضور گونه تا ارتفاع ۲۳۰۰ متری ثبت شد و تنها ۵٪ نقاط حضور در ارتفاع بالای ۲۳۰۰ متر است. تاکی (۵)، نیز در مشاهده مستقیم آهو، حدود ۸۰ درصد حضور آهو را تا ارتفاع ۲۲۰۰ متری مشاهده نموده است.

**(۴) متغیر فاصله تا منبع آب (SI<sub>4</sub>):** میزان مطلوبیت برای هر

جدول ۳. تعیین درجه مطلوبیت شیب، ارتفاع، فاصله تا منبع آب و فاصله تا جاده برای گونه آهو

گروه	درجه مطلوبیت	شیب		ارتفاع		فاصله تا منبع آب		فاصله تا جاده	
		طبقه شیب (درصد)	درصد نقاط حضور	طبقه ارتفاعی	درصد نقاط حضور	طبقه (متر)	درصد نقاط حضور	طبقه (متر)	درصد نقاط حضور
۱	۱	۰-۱۰	٪۷۸	۱۷۰۰-۱۹۰۰	٪۴۱	۰-۴۰۰۰	٪۶۰	> ۳۰۰۰	٪۹۱
۲	۰/۶	۱۰-۲۰	٪۱۲	۱۹۰۰-۲۱۰۰	٪۳۸	۴۰۰۰-۸۰۰۰	٪۳۲	۲۰۰۰-۳۰۰۰	٪۵
۳	۰/۳	۲۰-۳۰	٪۷	۲۱۰۰-۲۳۰۰	٪۱۶	۸۰۰۰-۱۰۰۰۰	٪۶	۱۰۰۰-۲۰۰۰	٪۳
۴	۰	> ۳۰	٪۳	> ۲۳۰۰	٪۵	> ۱۰۰۰۰	٪۲	۰-۱۰۰۰	٪۱

محیطبانان به خروج آهوی ایرانی در فصول بحرانی (فصولی که در آن حیات وحش از نظر آب یا غذا در تنگنا است)، از پناهگاه حیات وحش قمیشلو و هجوم به مزارع اطراف اشاره دارند که گواهی بر این کاهش مطلوبیت زیستگاه است. هم‌چنین عوامل دیگری نیز همچون حضور گله‌های متعدد دام‌های اهلی و آشفستگی ناشی از سر و صدای وسایط نقلیه سنگین می‌تواند اثر چشمگیری بر این زیستگاه داشته باشد. البته ممکن است بسیاری از اثرات غیرمستقیم آزادراه از قبیل تغییر در ساختار جمعیت، کاهش تنوع زیستی در سطح منطقه‌ای و سیمای سرزمین تا سال‌ها بعد از وقوع، به‌طور کامل آشکار نشود (۲۴).

#### نتایج حاصل از متریک‌های سیمای سرزمین

به منظور ارزیابی اثرات تکه‌ای شدن بر پناهگاه حیات وحش قمیشلو، تغییرات در متریک‌های سیمای سرزمین کمی شدند. در این راستا، لکه‌های مربوط به پراکنش آهو در حالت قبل و بعد از احداث آزادراه، تهیه شد (شکل ۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده مشاهده می‌گردد که متریک پیوستگی (CONTAG)، از ۵۴/۸ واحد به ۵۳/۲ واحد کاهش یافته است. از طرفی تعداد لکه‌های پراکنش گونه (متریک NP)، از ۲۲ واحد به ۲۶ واحد افزایش یافته است که احتمالاً این می‌تواند به‌دلیل تغییر الگوی مهاجرت و به تبع آن حضور گونه در مناطق جدید و یا تغییر محل‌های پراکنش گونه باشد. هم‌چنین، نزدیک‌ترین فاصله بین لکه‌های مجاور (متریک MNN)، از ۱۲۸۷/۹۴ متر به ۱۳۸۲/۳۹

شد. دلیل این امر می‌تواند به این علت باشد که بیشتر مسیر آزادراه مذکور از مناطق دشتی عبور می‌کند و میدان دید بیشتری برای آهوان جهت رؤیت خودروهای عبوری از آزادراه وجود دارد؛ لذا آهوان حداکثر تا فاصله ۱۰۰۰ متری به آزادراه نزدیک می‌شوند. بیگلین و دوپیگنی (۱۵)، نیز در تعیین زون اثر جاده، فاصله ۱۰۰۰ متر را از جاده در نظر گرفتند.

ب) تعیین واحدهای زیستگاهی: میزان واحدهای زیستگاهی با توجه به نقشه‌های مطلوبیت نهایی زیستگاه آهو، به‌دست آمد که به‌صورت زیر می‌باشد:

- واحدهای زیستگاهی گونه آهو قبل از حضور آزادراه: ۵۶۰۱۹ واحد زیستگاهی

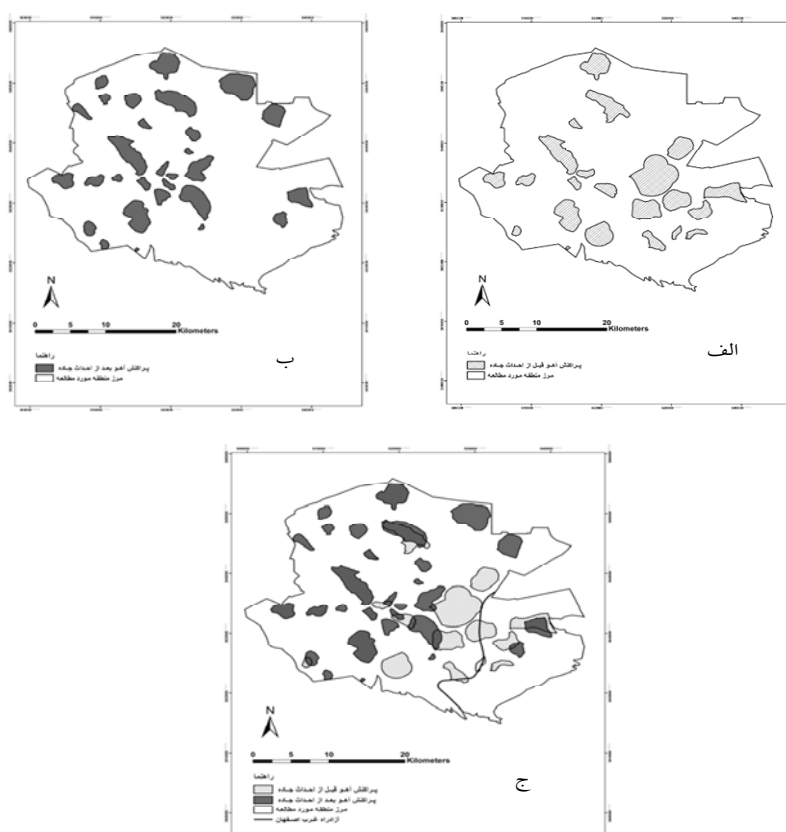
- واحدهای زیستگاهی گونه آهو بعد از حضور آزادراه: ۴۸۳۰۹ واحد زیستگاهی

نتیجه مقایسه تعداد واحدهای زیستگاهی به‌دست آمده در دو وضعیت قبل و بعد از حضور آزادراه، نشان می‌دهد که در اثر حضور آزادراه، به میزان ۷۷۱۰ واحد زیستگاهی برای این گونه از دست رفته است.

هم‌چنین، با مقایسه مساحت طبقات مطلوبیت در دو حالت قبل و بعد از آزادراه (جدول ۴)، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که طبقه اول که دارای مطلوبیت خیلی ضعیف است، به میزان ۷۹۷۷ هکتار افزایش یافته و بیشترین کاهش (۵۷۴۲ هکتار)، مربوط به طبقه چهارم با مطلوبیت خوب می‌باشد. با توجه به اطلاعات استخراج‌شده از پرسش‌نامه‌ها، اکثریت کارشناسان و

جدول ۴. مقایسه مساحت هر طبقه از نقشه مطلوبیت زیستگاه آهو در دو حالت قبل و بعد آزادراه

تفاوت میزان مساحت در تفاوت دو حالت قبل و بعد آزادراه	مساحت		طبقه
	بعد از آزادراه (ha)	قبل از آزادراه (ha)	
+۷۹۷۷	۳۷۷۹۸	۲۹۸۲۱	خیلی ضعیف
+۱۴۱۳	۱۵۱۳۳	۱۳۷۲۰	ضعیف
-۲۹۴۱	۳۵۲۱۷	۳۸۱۵۸	متوسط
-۵۷۴۲	۱۷۴۸۷	۲۳۲۲۹	خوب
-۷۰۷	۷۷۶۸	۸۴۷۵	عالی



شکل ۵. نقشه پلی‌گون‌های پراکنش آهوی ایرانی در پناهگاه حیات وحش قمیشلو\*

\* الف (نقشه پلی‌گون‌های پراکنش آهوی ایرانی قبل از احداث آزادراه)، ب (نقشه پلی‌گون‌های پراکنش آهوی ایرانی بعد از احداث آزادراه) و ج (نقشه پلی‌گون‌های پراکنش آهوی ایرانی قبل و بعد از احداث آزادراه)

افزایش یافته است که نشان می‌دهد این آزادراه بر یکپارچگی لکه‌های پراکنش آهو تأثیر منفی داشته است. به‌طور کلی، نتایج حاصل نشان داد که عبور آزادراه از داخل زیستگاه آهو باعث تکه‌تکه شدن کریدورهای عبور آهو شده و قطع کریدورهای حرکتی و مسیر مهاجرتی این گونه را به دنبال دارد. بصیری دهکردی (۴)، به تأثیر منفی آزادراه غرب اصفهان بر عملکرد لکه‌های اکوسیستمی در پناهگاه حیات وحش قمیشلو اشاره می‌کند. وی در مطالعه خود سه منطقه مطالعاتی را

قطع کریدورهای حرکتی و مسیر مهاجرتی این گونه را به دنبال دارد. بصیری دهکردی (۴)، به تأثیر منفی آزادراه غرب اصفهان بر عملکرد لکه‌های اکوسیستمی در پناهگاه حیات وحش قمیشلو اشاره می‌کند. وی در مطالعه خود سه منطقه مطالعاتی را

به عبارتی دیگر، این آزادراه ارزش منطقه را برای حمایت از گونه‌های حیات وحش تحت تأثیر قرار داده است. این آزادراه سبب پراکندگی حیات وحش شده و امنیت آنها را به خطر می‌اندازد؛ با احداث این آزادراه گشت و کنترل منطقه سخت‌تر گردیده است که در نتیجه دسترسی بیشتر متخلفین نیز راحت‌تر شده است.

به‌علاوه وجود آزادراه باعث شده که اکثر مردم آن را به‌عنوان مرز پناهگاه تلقی کرده به‌طوری‌که بخش جدا شده شرق آزادراه را جزو پارک ملی و پناهگاه حیات وحش قمیشلو تلقی نمی‌کنند. مضاف بر این‌که هیچ پاسگاه محیط بانی در بخش جدا شده شرق آزادراه وجود ندارد. هم‌چنین، براساس شکل ۵ مشاهده می‌شود که بعد از حضور آزادراه، تعداد و وسعت پلی‌گون‌های پراکنش در شرق آزادراه کاهش یافته است که نشان می‌دهد این قسمت عملاً برای حیات وحش، از دست رفته تلقی می‌شود و این احتمال وجود دارد که طرف شرق آزادراه در طی زمان عملاً جدا گردد که در صورت از دست رفتن این منطقه، به میزان ۱۱۲۰۹ واحد زیستگاهی (مساحتی برابر با ۲۲۵۶۱ هکتار) برای گونه آهو از دست خواهد رفت. به‌طورکلی، آگاهی از اثرات زیان‌بار پروژه‌های حمل و نقل بر محیط اطراف آن بیشتر شده و زمینه را برای اقدامات اصلاحی و گزینه‌های جبرانی فراهم می‌آورد. در این صورت، در دراز مدت می‌توان تخریب کمتری را به واسطه اجرای طرح‌های توسعه‌ای به‌ویژه جاده‌ها و آزادراه‌ها انتظار داشت.

در نظر گرفت که منطقه مطالعاتی پناهگاه حیات وحش قمیشلو به‌عنوان آسیب‌پذیرترین منطقه در اثر توسعه آزادراه شناخته شد. پژوهش‌های مشابه در کشورهای دیگر نیز نتایج این پژوهش را تأیید می‌نماید. ایگنبرد و همکاران (۱۶)، به این نتیجه رسیدند که زیستگاهی که می‌تواند از طریق یک لکه زیستگاهی کانونی بدون گذر از آزادراه، در دسترس قرار گیرد به احتمال بیشتری نیازهای یک جمعیت را نسبت به زیستگاهی که در سمت دیگر آزادراه قرار دارد؛ تأمین می‌نماید. به‌علاوه جاده‌ای که نیاز است برای دسترسی به دیگر لکه‌های زیستگاهی از آن عبور شود احتمالاً نسبت به جاده‌ای که دسترسی به زیستگاه را محدود نمی‌کند، دارای اثر منفی بزرگ‌تری بر جمعیت است؛ هم‌چنین بیان نمودند که بخشی از زیستگاه (بخش کوچک‌تر) که در سمت دیگر جاده قرار می‌گیرد، کمتر قادر به تأمین نیازهای جمعیت می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از HEP نشان داد که در اثر حضور آزادراه، به میزان ۷۷۱۰ واحد زیستگاهی برای گونه آهو از دست رفته است که اعمال اقدامات اصلاحی و طرح‌های جبرانی، ضروری می‌نماید. در این صورت، واحدهای زیستگاهی جبرانی بایستی برابر یا بیشتر از میزان واحدهای از دست رفته باشد. یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری متریک‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین نشان داد که آزادراه غرب اصفهان سبب تجزیه زیستگاه حیات وحش منطقه قمیشلو به‌ویژه زیستگاه آهوی ایرانی شده است.

### منابع مورد استفاده

۱. آذری دهکردی، ف. و ف. فتحی سقزچی ۱۳۸۸. بررسی کمی رابطه بین توسعه شبکه راه‌ها و تخریب سیمای سرزمین اطراف تالاب انزلی. مجله علمی-تخصصی تالاب (۱۱): ۳-۱۷.
۲. اسمعیلی، س. ۱۳۸۹. استفاده از زیستگاه توسط آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) در پارک ملی کلاه قاضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. اکبری هارونی، ح.، ب. کیابی و ب. بهروزی راد. ۱۳۸۷. بررسی مطلوبیت زیستگاه آهو در منطقه حفاظت شده کالمند- بهادران استان یزد. محیط‌شناسی ۴۶: ۱۱۳-۱۱۸.

۴. بصیری دهکردی، ف. ۱۳۸۵. تدوین طرح مدیریت محیط زیستی آزاد راه غرب اصفهان با استفاده از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.
۵. تاکی، ز. ۱۳۸۸. انتخاب زیستگاه گوسپند وحشی و آهوی ایرانی در پناهگاه حیات وحش قمیشلو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات.
۶. کابلی، م. ۱۳۸۳. طرح جامع پارک ملی کلاه قاضی: بخش حیات وحش پستانداران. جلد دهم، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۷. کرمی، م. ب. ریاضی و ن. کلانی. ۱۳۸۵. ارزیابی زیستگاه کفتار راه راه ایرانی (*Hyaena hyaena hyaena*) در پارک ملی خجیر و ارایه مدل مطلوبیت به کمک روش HEP. علوم محیطی ۱۱: ۷۷-۹۶.
۸. مشاور پویش جامع. ۱۳۸۱. طرح جامع مدیریت پناهگاه حیات وحش قمیشلو (جلد یازدهم: حیات وحش و آبریان)، سازمان حفاظت محیط زیست.
۹. مهندسین مشاور آب نیرو. ۱۳۸۰. مطالعات زیست محیطی و ارزیابی اثرات طرح کنارگذر انزلی (جلد دوم)، وزارت راه و ترابری، اداره کل فنی و امور مهندسان مشاور طرح کنار گذر بندر انزلی.
۱۰. مهندسین مشاور آمایشگران پویای محیط. ۱۳۸۲. ارزیابی اثرات زیست محیطی جاده دشت ارژن- پل آبگینه، وزارت راه و ترابری، اداره کل راه و ترابری استان فارس.
۱۱. مهندسین مشاور ایران استن. ۱۳۷۹. ارزیابی اثرات زیست محیطی آزادراه تهران-رودهن (پردیس)، وزارت راه و ترابری، معاونت ساخت و توسعه راه‌ها، اداره کل فنی و امور مهندسان مشاور.
۱۲. نژادی، ا. م. مخدوم، ع. بالی، ح. فراهانی راد و س. م. منوری. ۱۳۸۷. ارزیابی آثار محیط زیستی بزرگراه تهران-پردیس بر تخریب اکوسیستم مناطق حفاظت شده خجیر و سرخه حصار، محیط‌شناسی ۴۵: ۹۷-۱۰۶.
13. Ashley, P. and S.Wagoner. 2006. Habitat Evaluation Procedures (HEP) Report; Ladd Marsh Wildlife Area. Technical Report, Oregon Department of Fish and Wildlife.
14. Bender, D. J., L. Tischendorf and L. Fahrig. 2003. Using patch isolation metrics to predict animal movement in binary landscapes. *Landscape Ecology* 18: 17-39.
15. Biglin, K. and L. Dupigny-Giroux. 2006. Mapping the road-effect zone to assess impacts of proposed road segments. *Journal of Conservation Planning* 2: 1 – 16.
16. Eigenbrod, F., S. Hecnar and L. Fahrig. 2008. Accessible habitat: an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. *Landscape Ecology* 23( 2): 159-168.
17. Gelbard, J. and J. Belnap. 2003. Roads as Conduits for Exotic Plant Invasions in a Semiarid Landscape. *Conservation Biology* 17( 2): 420-432.
18. Geneletti, D. 2003. Biodiversity Impact Assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. *Environmental Impact Assessment Review* 23: 343-365.
19. McGarigal, K., W.H. Romme, M. Crist and E. Roworth. 2001. Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado (USA). *Landscape Ecology* 16(4): 327-349.
20. Monavari, S. M. and S. Momen Bellah Fard. 2010. A GIS Based Assessment Tool for Biodiversity Conservation. *International Journal of Environmental Research* 4(4): 701-712.
21. Nowzari, H., B. Behrouzi Rad and M. Hemami. 2007. Habitat Use by Persian Gazelle (*Gazella Subgutturosa Subgutturosa*) in Bamoo National Park During Autumn and Winter. *Acta Zoologica Mexicana (n.s.)* 23(1): 109-121.
22. Quintana, S. M., B. M. Ramos, M. A. Martinez and I. O. Pastor. 2010. A model for assessing habitat fragmentation caused by new infrastructures in extensive territories – Evaluation of the impact of the Spanish strategic infrastructure and transport plan. *Journal of Environmental Management* 91: 1087-1096.
23. Tanaka, A. 2008. First application of Habitat Evaluation Procedure to EIA in Japan: How to quantify loss and gain of habitats?. IAIA08 Conference Proceedings', The Art and Science of Impact Assessment 28th Annual

- Conference of the International Association for Impact Assessment, Perth Convention Exhibition Centre, Perth, Australia.
24. Trombulak, S. C. and C. A. Frissell. 2000. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology* 14( 1): 18-30.
  25. U.S. Fish and Wildlife Service(USFWS). 2010. Draft Fish and Wildlife Coordination Act Report for the Odessa Subarea Special Study, U. S. Bureau of Reclamation Pacific Northwest Region, Yakima, Washington.
  26. Underhill, J. 2002. Roads and wildlife: A study of the effects of roads on mammals in roadside habitats. Doctor of Philosophy, School of Geography and Environmental Science, The University of Birmingham.
  27. Wenxuan, X., Q. Jianfang, L. Wei and Y. Weikang. 2008. Food habits of goitered gazelles (*Gazella subgutturosa sairensis*) in northern Xinjiang. *Acta Theriologica Sinica* 28( 3): 280-286.