Archive of SID

ارایه الگوی نوین زون‌بندی در مناطق حفاظت‌شده با تاکید بر ارزیابی ارتباطات زیستگاهی در زیستگاه قوچ و میش البرز مرکزی منطقه حفاظت‌شده ورجین

نسیم خیرخواه‌قهی[1*] و سیدعلی جوزی[2]

۱) دکتری رشته برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

*رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: n_kheirkhah@ut.ac.ir

۲) استاد گروه مهندسی محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۷

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارایه الگوی نوین زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده با تاکید بر ارزیابی ارتباط زیستگاهی در منطقه حفاظت‌شده ورجین در استان تهران به انجام رسیده است. مناطق حفاظت‌شده، رویکردی برای حفاظت از تنوع‌زیستی و عرضه خدمات اکوسیستمی در نواحی ارزشمند اکولوژیکی است و با افزایش شدت فشارهای انسانی و پیدایش الگوهای مدیریت تاب‌آور محور در مناطق حفاظت‌شده، مبحث ارزیابی ارتباطات زیستگاهی و نقش هر لکه زیستگاهی و موقعیت قرارگیری آن بیش‌ازپیش مهم گشته است. در این پژوهش با در نظرگیری این رویکرد، به تدوین الگوی زون‌بندی منطقه حفاظت‌شده ورجین بر اساس لکه‌های زیستگاهی گونه قوچ و میش البرز مرکزی پرداخته شده است. در این راستا، نقشه لکه‌های زیستگاهی این گونه برای بررسی شاخص ارتباطات انتخاب شده است. شاخص‌های منتخب در دو مقیاس لکه و سیمای سرزمین، به‌ترتیب دو شاخص IF و IIC انتخاب شده که بر اساس تئوری گراف در محیط نرم‌افزار Graphab و بر اساس مدل اقلیدسی مدل‌سازی شده است. پس از بررسی و روی‌هم‌گذاری نتایج به‌دست‌آمده، لکه‌های سمت شرق منطقه (لکه‌های ۱ و ۴) در هر دو مقیاس لکه و سیمای سرزمین، بالاترین میزان شاخص را به‌ترتیب با عدد ۰/۷۵ و ۰/۵۶ برای شاخص IIC و ۳/۱۷E+۱۵ و ۳/۸۴E+۱۲ برای شاخص IF نشان می‌دهند. نقشه‌های خروجی روی‌هم‌گذاری شده و نقشه نهایی اولویت‌بندی ارتباطات زیستگاهی به‌دست آمد. در مرحله بعد، با روی‌هم‌گذاری نقشه‌های اولویت‌بندی ارتباطات زیستگاهی و زون‌بندی منطقه حفاظت‌شده ورجین، نواحی حفاظتی جدیدی به منطقه بر اساس اهمیت محدوده برای برقراری حفظ ارتباطات زیستگاهی معرفی شد. این پژوهش با معرفی ارزیابی ارتباطات برای حفظ تنوع زیستی، قدمی نوین در توسعه الگوی زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده برداشته و می‌تواند برای مناطق دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارتباطات زیستگاهی، تاب‌آوری، زون‌بندی، قوچ و میش البرز مرکزی، منطقه حفاظت‌شده ورجین.

مقدمه

مناطق حفاظت‌شده رویکردی غالب برای حفاظت از تنوع‌زیستی و عرضه خدمات اکوسیستمی است (Ferraro *et al.*, 2011) و مدیریت مناطق حفاظت‌شده همچنان یکی از اساسی‌ترین اقدامات مدیریت اکوسیستم در مبحث حفاظت است (Cumming, 2016). تا سال‌های اخیر، مدیریت مناطق حفاظت‌شده همواره بدین صورت بود که مدیران و برنامه‌ریزان محیط‌زیست سعی در حفظ اکوسیستم در وضعیت طبیعی خود داشتند (Cumming & Allen, 2017). این سبک از مدیریت نیز در بیشتر اوقات برای حفاظت از جمعیت گونه‌ای خاص در محیطی با مرزهای مشخص بوده است (Allen *et al.*, 2011). با پیدایش مفهوم سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی[1] (Ostrom, 2009) و در نظرگیری مناطق حفاظت‌شده به‌عنوان یک سیستم اجتماعی- اکولوژیکی، مواردی همانند آستانه‌ها[2]، بازخوردها[3] و تاب‌آوری[4] را در امر مدیریت حایز اهمیت ساخته است (Folke *et al.*, 2004).

اگر هدف از بررسی تاب‌آوری مناطق حفاظت‌شده، حفظ

1 Social-Ecological Systems
2 Thresholds
3 Feedbacks
4 Resilience

www.SID.ir

Archive of SID

پایداری محیط در نظر گرفته شود، با کاهش تاب‌آوری، آسیب‌پذیری اکوسیستم افزایش یافته و در نتیجه فشارهای بیرونی کوچک‌تری می‌تواند منجر به تغییر وضعیت شود. به بیان دیگر، مداخلات بشر احتمال تغییرات رژیمی[1] را افزایش می‌دهد (Folke *et al.*, 2004) و محیط را آسیب‌پذیر می‌سازد. در نتیجه اکوسیستم از شرایط مطلوب به سمت مطلوبیت کمتر رفته و ظرفیت آن برای تولید خدمات اکوسیستمی کاهش می‌یابد. حال با در نظرگیری رویکرد نوین مدیریت بر مبنای تاب آوری[2]، مبحث ارتباطات زیستگاهی[3] اهمیت پیدا می‌کند. مدیریت بر مبنای تاب آوری هفت عنصر اصلی دارد که ارتباطات اکولوژیکی یکی از عناصر اصلی آن است. ارتباطات اکولوژیک به معنی ساختار و قدرتی است که گونه‌ها و یا عوامل اجتماعی می‌توانند مابین لکه‌ها، زیستگاه‌ها و یا دامنه‌های اجتماعی حرکت داشته باشند (Dakos et al, 2015). لکه‌های زیستگاهی در این مقاله به‌عنوان مناطق کلیدی برای حفظ تنوع‌زیستی و پراکنش گونه در نظر گرفته شده‌اند. این لکه‌ها بخشی از شبکه بوم‌شناختی منطقه بوده و در حفاظت از تنوع‌زیستی به‌طور قابل توجهی موثر هستند (Hilty *et al.*, 2020). هنگامی‌که مناطق حفاظت‌شده و لکه‌های زیستگاهی به‌صورت مناطقی منسجم از لحاظ مکانی و بوم‌شناختی در نظر گرفته شود، هرگونه اقدام مدیریتی، دیگر نباید صرفا بر اساس خصوصیات بوم‌شناختی منطقه باشد، بلکه کل شبکه برای حفاظت از تنوع‌زیستی می‌بایست در نظر گرفته شود (Tarabon *et al.*, 2021).

حال با در نظرگیری نکات فوق در یک منطقه حفاظت‌شده و یا یک سیمای سرزمین، ارتباطات، میزان سهولتی در تعاملات است که یک گونه می‌تواند بین لکه‌ها داشته و جابه‌جا شود (Taylor *et al.*, 1993). سطوح بالای ارتباطات، منجر به افزایش تاب‌آوری محیط شده است و در نتیجه وضعیت اکوسیستم پس از هر اختلال انسانی و طبیعی با سرعت بیشتری بهبود می‌یابد، زیرا در صورت هر گونه برهم‌خوردگی شرایط محیطی، گونه امکان جابه‌جایی به سایر نقاط سیمای سرزمین را دارد. در ارزیابی ارتباطات این نکته مهم است که به علت نحوه قرارگیری لکه‌های زیستگاهی و مسیرهای ارتباطی بین آن، ارتباطات را می‌بایست با رویکرد شبکه‌ای در نظر گرفت. در این بین یکی از روش‌های ارزیابی ارتباطات زیستگاهی، رویکردهایی بر مبنای نظریه گراف[4] است که از روش‌های ترسیم و نقشه‌سازی شبکه‌های زیستگاهی استفاده می‌کند (Hofman *et al.*, 2018).

در رویکرد شبکه‌ای، تمامی لکه‌های زیستگاهی گره[5] بوده که در شبکه ای بین مسیرهای ارتباطی (لبه‌ها[6]) قرار گرفته‌اند. با بررسی و تحلیل مکانی لکه‌های زیستگاهی و نحوه ارتباطات، می‌توان مناطقی را که دارای کیفیت بهتری برای گونه هستند (از لحاظ دسترسی[7]) به‌صورت زیستگاه کلیدی انتخاب کرد و با تاکید بر مدیریت آن نرخ مرگ‌ومیر گونه را کاهش داد و منجر به افزایش تاب‌آوری سیمای سرزمین شد (Nyström & Folke, 2001).مطالعات در رابطه با مدل‌سازی ارتباطات زیستگاهی نیز به‌طور عمده از دو روش حذف لکه و محاسبه دوباره شاخص‌های ارتباطات و اولویت‌بندی اهمیت هر لکه بر مبنای عدد کمی شاخص‌ها انجام شده است (Blazquez-Cabrera *et al.*, 2014). در روش دوم (اولویت‌بندی اهمیت) که روش انتخابی این پژوهش است، شاخص‌های ارتباطات در وضعیت فعلی سیمای سرزمین برای لکه‌های زیستگاهی مدل‌سازی شده و طبقه‌بندی می‌شوند.

برای بررسی و تاثیر شاخص‌های ارتباطات و بهبود الگوی زون‌بندی، منطقه حفاظت‌شده ورجین انتخاب شد. این منطقه با مساحت ۲۶۹۰۷ هکتار در دامنه جنوبی البرز مرکزی، منطقه‌ای است کوهستانی که در بخش لواسانات و رودبار قصران از توابع شهرستان شمیرانات واقع شده است (جوزی و همکاران، ۱۳۹۱). منطقه حفاظت‌شده ورجین از سال ۱۳۶۱ به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده، تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست قرار گرفته و از سال ۱۳۸۱ نیز الگوی مدیریت بر مبنای زون‌بندی در آن اجرایی شده است. همچنین گونه شاخص در این منطقه، گونه قوچ و میش البرز مرکزی است (شرکت مهندسین مشاور یکم، ۱۳۸۳). وجود گذرگاه‌های امن و مطلوب برای این گونه بسیار حیاتی بوده و در صورت عدم جابه‌جایی، انزوای گروه‌های جمعیتی و کاهش تنوع‌زیستی به وجود خواهد آمد (محفوظی و گشتاسب، ۱۳۹۴). با وجود اجرای طرح مدیریتی در منطقه، زیستگاه این گونه به علت نزدیکی به اوشان، فشم و منطقه لواسانات تحت‌فشارهای

1 Regime Shifts
2 Resilience based management
3 Habitat Connectivity
4 Graph theory
5 Nodes
6 Edge
7 Habitat Reachability

www.SID.ir

Archive of SID

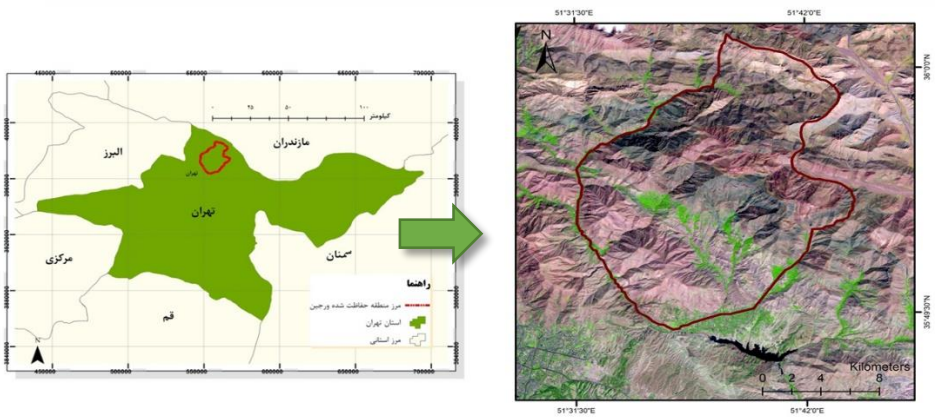
انسانی قرار گرفته است (Kheirkhah *et al.*, 2020) و نیاز به بازبینی نحوه مدیریت در منطقه وجود دارد.

هدف از این پژوهش بررسی مناطقی است که از لحاظ ارتباطات بوم‌شناختی در میان زیستگاه‌های کلیدی قوچ و میش البرز مرکزی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. بنابراین با در نظرگیری دو شاخص ارتباطات زیستگاهی در دو مقیاس سیمای سرزمین (Bodin & Saura, 2010) و لکه (Sahraoui *et al.*, 2017) به ارزیابی ارتباطات لکه‌های زیستگاهی قوچ و میش پرداخته شد. شاخص‌های ارتباطات می‌بایست بر اساس اهداف حفاظتی انتخاب شوند و در بسیاری از موارد ترکیبی از شاخص‌ها می‌تواند بهترین گزینه ممکن برای بررسی و ارزیابی ارتباطات زیستگاهی در منطقه باشد (Choe *et al.*, 2021). پس از طبقه‌بندی لکه‌ها از نظر درجه اهمیتی که در برقراری ارتباطات با شاخص‌های منتخب دارند، نقشه به‌دست آمده برای ارتباطات با نقشه زون‌بندی اجرایی در منطقه توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست روی‌هم‌گذاری شد و زون‌های پیشنهادی جدید برای حفظ این گونه مشخص شد. بنابراین ترکیب شاخص‌های ارتباطات زیستگاهی و الگوی زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده به‌عنوان مدلی نوین در این پژوهش ارایه گردیده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه با عنوان منطقه حفاظت‌شده ورجین در محدوده جغرافیائی ‘۳۱–°۵۱ تا ‘۴۴–°۵۱ طول شرقی و ‘۴۹–°۳۵ تا ‘۰۱–°۳۶ عرض شمالی و با وسعت حدود ۲۷۲ کیلومترمربع در شمال‌شرق تهران واقع گردیده است (شکل ۱). رودخانه اصلی منطقه مورد مطالعه جاجرود است که از ارتفاعات ۴۳۷۵ متری البرز میانی سرچشمه می‌گیرد و در جهت شمال به جنوب جریان یافته، پس از گذر از روستاهای فشم و اوشان و طی مسیری ۳۲/۵ کیلومتری از منطقه خارج و به سمت دریاچه سد لتیان هدایت می‌گردد.



شکل ۱. موقعیت منطقه حفاظت‌شده ورجین در استان تهران

این منطقه به موجب مصوبه شماره ۸۹ شورای عالی حفاظت محیط‌زیست در تاریخ ۱۳۶۱/۶/۲۱، به‌عنوان منطقه حفاظت شده اعلام گردید و از نظر تقسیمات کشوری در استان تهران و شهرستان شمیرانات قرار گرفت. منطقه ورجین به‌واسطه خصوصیات خاص خود از شبکه‌بندی بسیار مناسب راه‌ها برخوردار بوده و نزدیکی به تهران موجب شده است شبکه کاملی از خطوط ارتباطی بین آبادی‌ها و بخش‌های این منطقه برقرار گردد. منطقه ورجین دارای سیمایی کوهستانی و حداکثر ارتفاع آن در داخل منطقه ۳۹۳۰، حداقل آن ۱۵۶۰ و ارتفاع متوسط آن ۲۶۶۴ متر محاسبه گردیده است و بیشترین وسعت از نظر طبقه بندی ارتفاعی با قریب ۱۸/۷ کیلومترمربع مساحت (حدود ۷ درصد از کل مساحت منطقه)، مربوط به طبقه ارتفاعی ۲۳۰۰–۲۲۰۰ متر است (شرکت مهندسین مشاور یکم، ۱۳۸۳). گونه‌های مهم جانوری منطقه عبارتند از قوچ و میش (Ovis *orientalis*) البرز، کل و بز (Capra *aegagrus*) و گراز (Sus *scrofa*) (درویش‌صفت، ۱۳۸۵).

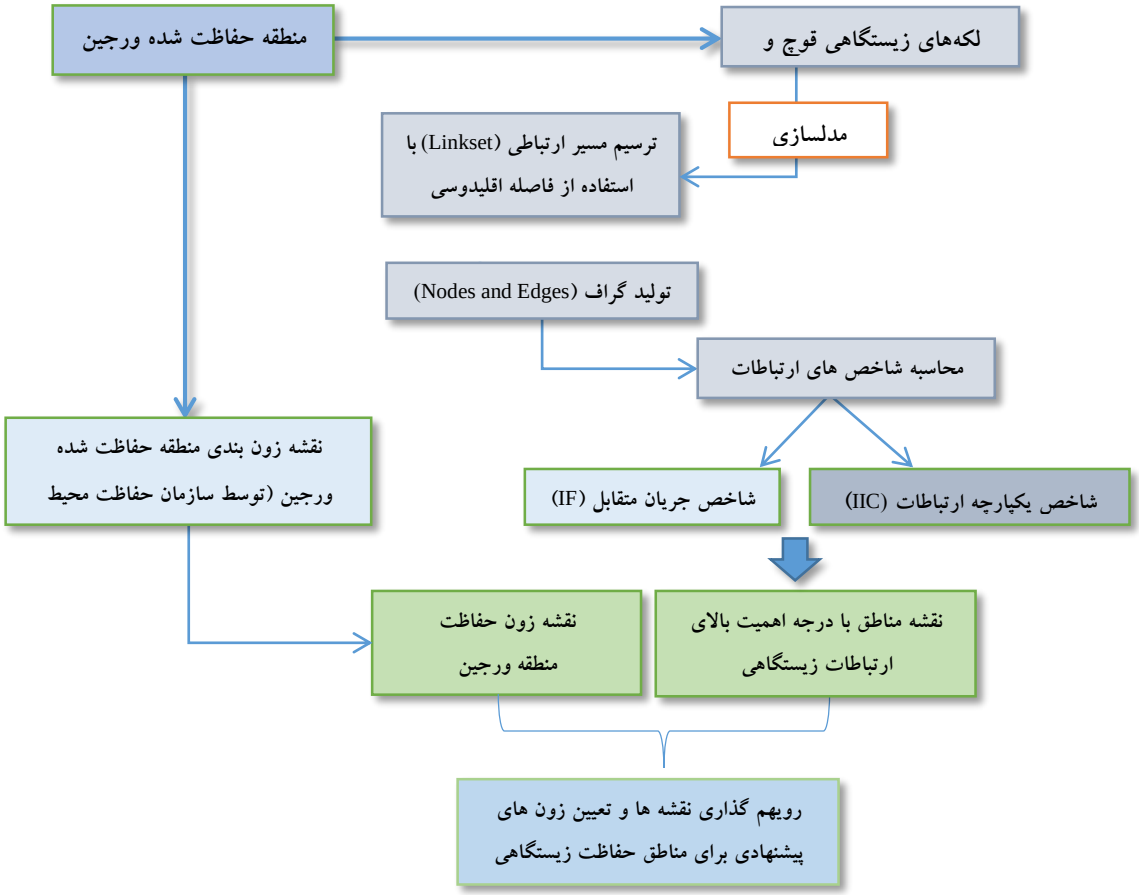
روش پژوهش

روش انجام کار به دو بخش اصلی محاسبه شاخص‌های

www.SID.ir

Archive of SID

ارتباطات زیستگاهی و روی‌هم‌گذاری با الگوی زون‌بندی منطقه تقسیم شد. نمودار مفهومی این پژوهش در شکل (۲) قابل مشاهده و در ادامه توضیح داده شده است.



شکل ۲. چارچوب مفهومی ارایه الگوی نوین زون‌بندی در منطقه حفاظت‌شده ورجین

محاسبه شاخص‌های ارتباطات

شاخص‌های انتخابی در این پژوهش در دو مقیاس سیمای سرزمین و لکه انتخاب شد. شاخص منتخب برای مقیاس سیمای سرزمین شاخص یکپارچه ارتباطات بود که به بررسی زیستگاه در دسترس و احتمال ارتباط بین دو نقطه تصادفی در آن زیستگاه می‌پردازد. اما همان‌طور که شاخص یکپارچه ارتباطات در مقیاس سیمای سرزمین حایز اهمیت است، این احتمال بین لکه‌های زیستگاهی نیز می‌بایست مورد بررسی قرار گیرد تا تمامی کوتاه‌ترین مسیرهایی که به لکه موردنظر منتهی می‌شوند، بررسی شود. برای تهیه لکه‌های زیستگاهی، نقشه‌های ارتفاع، شیب، جهت، شاخص پوشش گیاهی[۱]، فاصله تا مناطق مسکونی، فاصله تا جاده و فاصله تا منابع آب در محیط نرم افزار Terrset روی‌هم‌گذاری شد. در مرحله بعد، نقشه مطلوبیت زیستگاه که به پنج کد مطلوبیت طبقه‌بندی‌شده بود (Kheirkhah *et al.*, 2020) وارد محیط نرم‌افزار Graphab شد تا لکه‌های زیستگاهی در سطح منطقه ورجین به‌دست آید (Foltête *et al.*, 2012). نسخه مورد استفاده از این نرم‌افزار برای محاسبه شاخص‌ها و تحلیل شبکه گره‌ها و مسیر، نسخه ۲/٤ است. پس از تعیین لکه‌های زیستگاهی، گراف منطقه در محیط نرم‌افزار برای آستانه حرکتی گونه قوچ و میش طراحی شد. روش محاسبه در این مطالعه روش اقلیدسی بود و موانع حرکتی در این تحقیق بررسی نشده و کمترین مقدار حرکتی (آستانه ۱۰۰۰ متر) به‌عنوان آستانه ارتباطات انتخاب شد (خیرخواه و همکاران، ۱٤۰۰).

۱- محاسبه شاخص یکپارچه ارتباطات[۲]

شاخص IIC یا شاخص در دسترس بودن زیستگاه بر

www.SID.ir

Archive of SID

اساس شبکه دوتایی (لبه‌های بدون وزن) در سیمای سرزمین‌های تکه‌تکه شده مورد استفاده قرار گرفته و عدد واحدی را برای ارتباطات، ویژگی‌های زیستگاه و ارتباطات سیمای سرزمین را مشخص می‌کند، بنابراین لکه‌های زیستگاهی به‌عنوان گره در نظر گرفته شده و روابط توپولوژیکی یا ارتباط بین آن‌ها به‌عنوان لبه‌های ارتباطی بر اساس نظریه گراف بوده است. به بیان بهتر، این شاخص همانند شاخص احتمال ارتباطات (PC) در منطقه است اما در محاسبه خود از تابع‌نمایی منفی فاصله توپولوژیکی بین دو لکه استفاده می‌کند و به‌جای ارزیابی احتمال پراکنش بین تمامی لکه‌ها، این شاخص احتمال بین تمامی لکه‌ها را تخمین می‌زند. از این‌رو، اگر پراکندگی مستقیم بین دو لکه امکان‌پذیر باشد و گونه بتواند از لکه شماره۱ به سمت لکه شماره۲ بدون هیچ مانعی حرکت کند، قدرت لبه را به‌صورت ۱ و در غیر این‌صورت صفر در نظر می‌گیرد (Bodin & Saura, 2010)؛ و عدد یک تنها برای وضعیتی است که کل منطقه زیستگاه باشد. شاخص یکپارچه ارتباطات مطابق رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Pascual-Hortal & Saura, 2006)

رابطه (۱): $IIC = \frac{1}{A^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_i a_j}{1+nl_{ij}}$

که در این فرمول ai و aj مساحت دو لکه زیستگاه، n تعداد لکه‌های زیستگاهی موجود در سیمای سرزمین و A مساحت کل منطقه و nl_{ij} نیز تعداد مسیرهای با حداقل هزینه (فاصله توپولوژیکی) بین لکه i و j است.

۲- محاسبه شاخص جریان متقابل[1]

شاخص جریان متقابل و یا شاخص IF[2] برابر است با مجموع احتمال تعاملات یک لکه کانونی با تمام لکه‌های دیگر در اطراف خود (Foltête *et al.*, 2012) که از رابطه (۲) قابل محاسبه است:

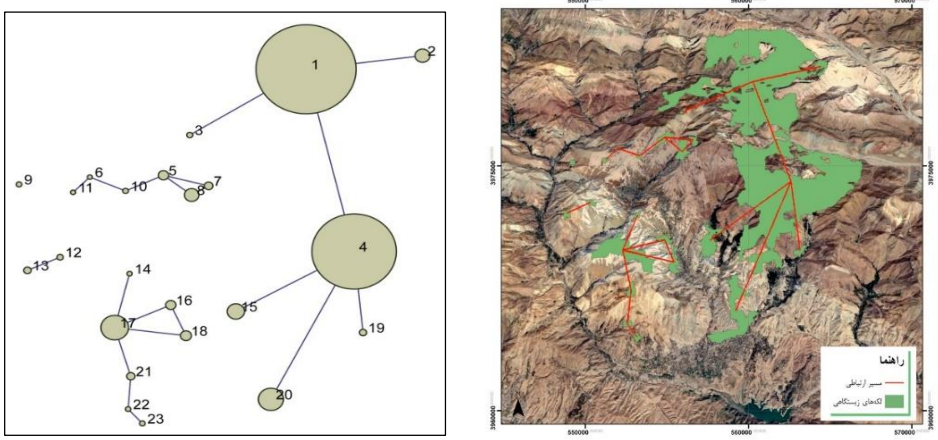
رابطه (۲) $IF = \sum_{j=1}^{n} \alpha_i^{\beta}\, \alpha_j^{\beta} e^{-\alpha d_{ij}}$

که در این رابطه، برای هر دو لکه مسیر گراف انتخابی مسیری است که $e^{-\alpha d}$ را به حداکثر عددی خود برساند و به‌بیان دیگر فاصله یا همان d را به حداقل رسانده تا گونه کمترین هزینه را برای انتقال خود به لکه بعدی پرداخت کند و از لکه i به لکه j حرکت کند. شاخص IF با شاخص IIC در مقیاس لکه مطابقت دارد (Sahraoui *et al.*, 2017).

نتایج

محاسبه شاخص‌های ارتباطات

پس از تعیین گراف‌های منطقه حفاظت‌شده ورجین، دو شاخص IIC و IF برای ارزیابی ارتباطات منطقه در مقیاس سیمای سرزمین و لکه محاسبه شده است. شکل (۳) نشان‌دهنده موقعیت قرارگیری لکه‌های زیستگاهی قوچ و میش در سطح منطقه ورجین و شکل (٤)، وضعیت ارتباطات منطقه با استفاده از دو شاخص IIC و IF را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نقشه‌های شکل (٤) قابل مشاهده است، لکه‌های شرق منطقه (۱ و ٤) در هر دو شاخص، بیشترین میزان عددی را نشان می‌دهند.

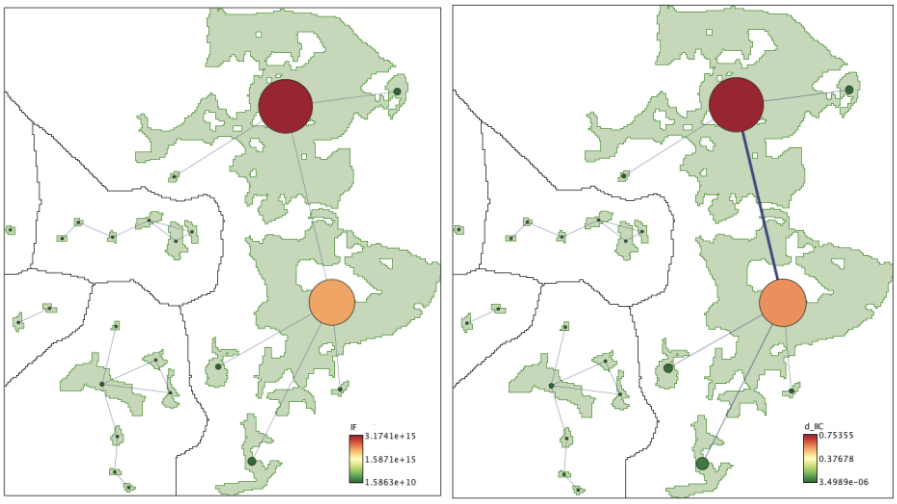


شکل ۳. نحوه قرارگیری لکه‌های زیستگاهی در منطقه حفاظت‌شده ورجین
(تصویر سمت راست: لکه‌های زیستگاهی در سطح منطقه، تصویر سمت چپ: گره‌ها و اتصالات در مدل گراف منطقه)

1 IF
2 Interaction Flux

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤. گراف شاخص‌های ارتباطات در سطح منطقه
(سمت راست شاخص IIC و سمت چپ شاخص IF)

همچنین جدول(۱)، نشان‌دهنده مقادیر عددی هر شاخص برای هر لکه به همراه مساحت لکه‌های زیستگاهی است.

جدول ۱. مقادیر عددی شاخص‌های IIC و IF در لکه‌های زیستگاهی منطقه حفاظت‌شده

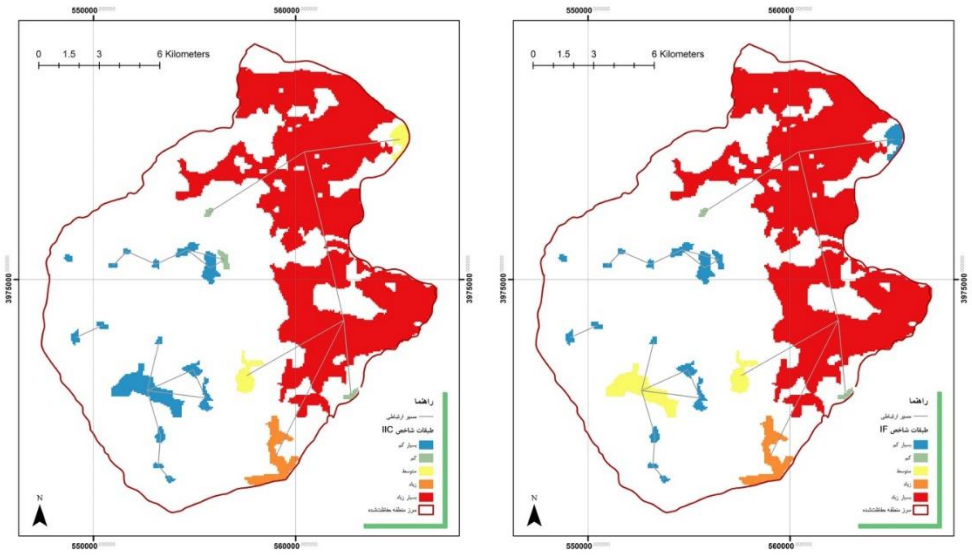
شماره لکه	مساحت (مترمربع)	شاخص IIC	شاخص IF
۱	٤٣٣٠٠٠٠٠	۰/۷۵۳۵۵۱	۳/۱۷E+۱۵
۲	۹٤۷۳٤۸	۰/۰۱٤۰۲۷	٤/۲۷E+۱۳
۳	۱٤۲۳۷٦	۰/۰۰۲۱	۳/۸٤E+۱۲
٤	۳۰۹۰۰۰۰۰	۰/۵٦۸۰۰۹	۲/۲۸E+۱۵
۵	٤٤۹۰۳۲	۰/۰۰۰۲۳٤	٦/۳۳E+۱۱
٦	۹۳۰۹۲	۰/۰۰۰۰٤۲	۳/٦۱E+۱۰
۷	۳۰٦٦۵٦	۰/۰۰۰۱۲٤	٤/۳٦E+۱۱
۸	۸۹۸۰٦٤	۰/۰۰۳٦۲	۱/٤۱E+۱۲
۹	۱۲۵۹٤۸	۰/۰۰۰۰۰٤	۱/۵۹E+۱۰
۱۰	۱۳۱٤۲٤	۰/۰۰۰۰۷۹	۸/٦۸E+۱۰
۱۱	۹۸۵٦۸	۰/۰۰۰۰۲۱	۲/۷۹E+۱۰
۱۲	۱٦٤۲۸۰	۰/۰۰۰۰۱٤	٤/٦۷E+۱۰
۱۳	۲۲٤۵۱٦	۰/۰۰۰۰۱۹	۷/۰۲E+۱۰
۱٤	۱۰٤۰٤٤	۰/۰۰۰۰۹۹	۱/۷۷E+۱۱
۱۵	۱۲۷۰٤۳۲	۰/۰۱۷۸۲۲	۲/۱۹E+۱۳
۱٦	٤۳۸۰۸۰	۰/۰۰۰٤٤٤	۱/۰۸E+۱۲
۱۷	۳۲۸۵٦۰۰	۰/۰۰۳۵۲۷	۱/۳۳E+۱۳
۱۸	۵۰۳۷۹۲	۰/۰۰۰۵۱۰	۱/۵۱E+۱۲
۱۹	۲۱۳۵٦٤	۰/۰۰۲۹۷۹	۵/۰۷E+۱۲
۲۰	۲۷۲۱۵۷۲	۰/۰۳۸٤٦۹	٦/۰٤E+۱۳
۲۱	۲۸٤۷۵۲	۰/۰۰۰٤۰٤	۷/۳۵E+۱۱
۲۲	۱۱٤۹۹٦	۰/۰۰۰۱٤۲	۱/۱۲E+۱۱
۲۳	۱۲۰٤۷۲	۰/۰۰۰۰٦٦	۷/٦٤E+۱۰

در مرحله بعد، هر کدام از دو شاخص IIC و IF به ۵ گروه اهمیت از بسیارزیاد تا بسیارکم در محیط ArcGIS تقسیم‌بندی شده‌اند. این تقسیم‌بندی بر اساس دسته‌بندی نرمال و طبق اعداد ارایه شده در جدول (۱) می‌باشد. شکل (۵) نشان‌دهنده طبقات ارتباطی شاخص‌ها در سطح منطقه حفاظت‌شده است. در ادامه برای شناسایی لکه‌هایی که بیشترین اهمیت را در هر دو مقیاس سیمای سرزمین و لکه دارند، لکه‌هایی که هم در سطح سیمای سرزمین و هم در

www.SID.ir

Archive of SID

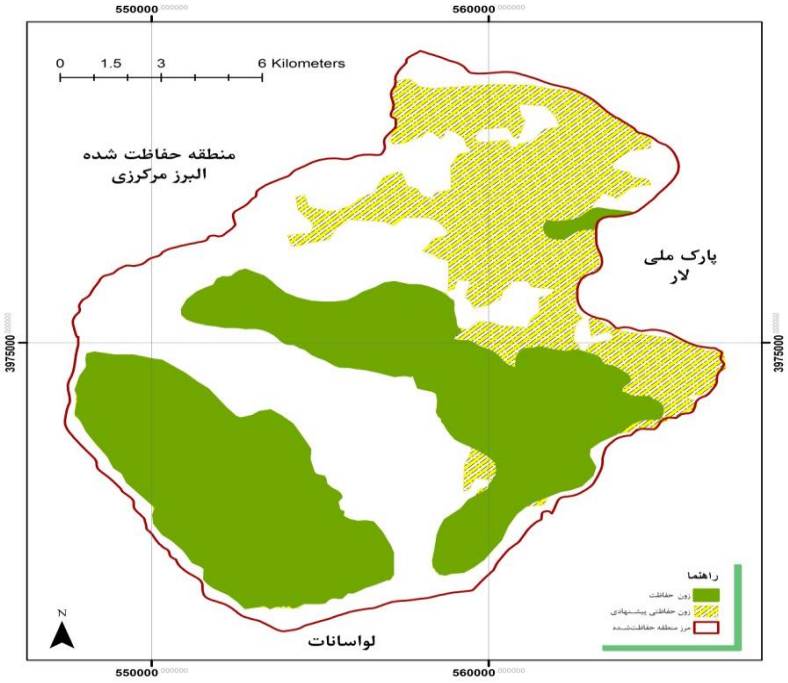
سطح مقیاس لکه دارای درجه اهمیت "بسیار زیاد" هستند انتخاب شده‌اند. همان‌طور که پیشتر نیز ذکر شد، در منطقه حفاظت‌شده ورجین، لکه‌های ۱ و ٤ (لکه‌های سمت شرقی منطقه) در هر دو مقیاس بیشترین نقش را در وضعیت ارتباطی کل سیمای سرزمین و بین لکه‌ای دارند.



شکل ٥. طبقات شاخص‌های IIC و IF در لکه‌های زیستگاهی منطقه حفاظت‌شده ورجین

ارایه الگوی زون‌بندی منطقه حفاظت‌شده ورجین

در نهایت با استفاده از نقشه زون‌بندی منطقه حفاظت‌شده ورجین، زون حفاظتی در الگوی زون‌بندی منطقه انتخاب شده و در محیط ArcGIS با لایه لکه‌های با بیشترین درجه اهمیت در ارتباطات زیستگاهی (لکه ۱ و ٤) روی‌هم‌گذاری شدند. این محدوده که در شکل (٦) قابل مشاهده است، به‌عنوان زون پیشنهادی به الگوی زون‌بندی حفاظت در سطح منطقه حفاظت‌شده اضافه شده است.



شکل ٦. زون حفاظتی پیشنهادی در منطقه حفاظت‌شده ورجین

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل شاخص‌های ارتباطات زیستگاهی

هدف از این پژوهش، توسعه الگوی زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده با تاکید بر ارزیابی ارتباطات زیستگاهی است تا بتوان مناطقی را شناسایی کرد که در صورت افزایش فشار و فقدان قسمتی از لکه، کاهش ارتباطات زیستگاهی به‌وجود آمده و گونه در زیستگاه خود باقی می‌ماند، بنابراین دو شاخص IIC برای مقیاس سیمای سرزمین و شاخص IF برای مقیاس لکه انتخاب و محاسبه شد تا مسیرهای ارتباطی قوچ و میش البرز مرکزی شناسایی شود.

اولویت‌های حفاظتی بر مبنای ارتباطات (شناسایی لکه‌هایی که نقش عددی و کمی بالاتری در برقراری ارتباطات زیستگاهی دارند) و در دو سطح «سیمای سرزمین و لکه» می‌تواند به بررسی سلسله مراتبی ارتباطات زیستگاهی بپردازد و با تلفیق اولویت‌ها «تامین‌کنندگان اصلی ارتباطات[1]» در منطقه شناسایی و حفاظت خواهند شد. این امر از این لحاظ مهم است که سیمای سرزمین طی زمان در حال تغییر است، بنابراین علاوه بر نیازی که در تغییر الگوی حفاظت منطقه در بازه‌های زمانی می‌بایست صورت پذیرد (برای مثال بیست سال)، حفاظت از ارتباطات منجر به افزایش تاب‌آوری اکولوژیک منطقه شده و حفاظت از گونه‌ها را بهبود می‌بخشد (Blazquez-Cabrera *et al.*, 2014). نتایج این پژوهش نشان‌دهنده این امر بود که لکه‌های با مقادیر بالای IIC و IF در سمت راست منطقه قرار گرفته‌اند (شکل ۵) و این مناطق می‌بایست به علت نقش بالایی که در امر ارتباطات زیستگاهی دارند حفظ شوند، زیرا با افزایش ارتباطات، تعادل اکولوژیکی منطقه نیز افزایش خواهد یافت (Liu *et al.*, 2018) و منطقه تاب‌آوری بیشتری نسبت به فشارهای انسانی خواهد داشت. اگرچه، مقیاس مطالعه در تعیین اولویت‌بندی شاخص‌های ارتباطات تاثیرگذار است و در صورت افزایش وسعت منطقه مورد مطالعه، اولویت‌بندی لکه‌ها می‌تواند متفاوت باشد (Van Langevelde, 2000). در این مطالعه نیز با توجه به ارتباط بسیار نزدیک دو منطقه ورجین و لار و حرکت گونه قوچ و میش در این دو منطقه، شناسایی منطقه لار نیز می‌تواند منجر به دستیابی به نتایج معنی‌دارتری در رابطه با اولویت‌بندی لکه‌ها شود که با توجه به وسعت مطالعه، در این پژوهش از آن صرف‌نظر شده است.

همان‌طور که از فرمول محاسبه نیز مشخص است IIC بر اساس ارتباطات کل به دست می‌آید، اما IF تحت تاثیر تعداد و موقعیت مکانی لکه‌هاست، بنابراین IF با درجه بیشتری تحت تاثیر نحوه قرارگیری لکه‌ها قرار می‌گیرد. البته در حال حاضر نیز رشد و توسعه مناطق شهری از سمت لواسانات (جنوب منطقه) و رشد روستایی در داخل منطقه منجر به قطع ارتباط لکه‌های زیستگاهی غربی (کوه ورجین به‌عنوان یکی از زیستگاه‌های کلیدی قوچ و میش) و نواحی شرقی (حرکت به سمت پارک ملی لار) شده است. مناطق مسکونی و جاده‌های موجود در منطقه به‌عنوان مانع انسانی عمل کرده و این‌گونه تغییرات، ساختار منطقه را تغییر داده و منجر به کاهش ارتباطات عملکردی می‌شود. یکی از روش‌های بسیار کاربردی در طراحی گراف منطقه و محاسبه ارتباطات، استفاده از روش حداقل هزینه است (Etherington & Holland, 2013)، اما این امر نیازمند شناسایی دقیق تمامی موانع و نظر کارشناسی در رابطه با هزینه‌ای است که گونه برای عبور می‌بایست پرداخت کند. در این پژوهش از روش اقلیدسی استفاده شد که با توجه به آستانه پیشنهادی، نزدیک‌ترین مسیر بین دو لکه را طراحی می‌کند. به‌طور قطع، روش تحلیل حداقل هزینه به شناسایی کریدورها کمک خواهد کرد و دقت تحلیل در امر حفاظت را افزایش خواهد داد.

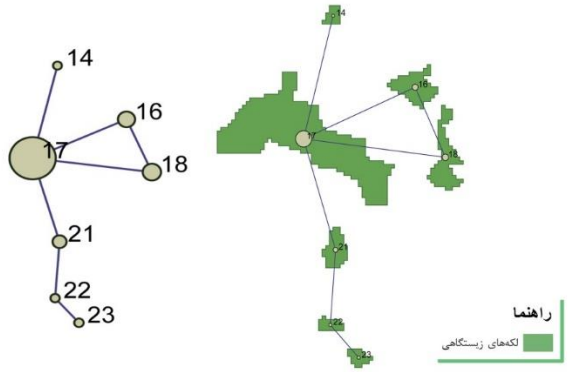
منطقه حفاظت‌شده ورجین در کنار پارک ملی لار قرار گرفته و گونه قوچ و میش از این منطقه به سمت لکه‌های زیستگاهی خود در منطقه لار در حال رفت‌وآمد است. لکه‌های زیستگاهی شماره ۱ و ٤ به‌علت وسعت بالایی که دارند (متغیر A در فرمول IIC) از لحاظ شاخص ارتباطات سیمای سرزمین (دسترسی به زیستگاه در کل منطقه) اهمیت بالایی دارند. نکته مهم این است که با در نظرگیری موقعیت قرارگیری پارک ملی لار در همان سمت، با احتمال قوی بر اهمیت ارتباطی این دو لکه نیز افزوده خواهد شد، زیرا به‌صورت لکه بینابینی برای لکه‌های زیستگاهی لار عمل خواهند کرد که در مقیاس مطالعاتی این پژوهش، این تحلیل صورت نپذیرفت. در رابطه با شاخص IF، لکه‌های سمت

www.SID.ir

1 Key Habitat providers

Archive of SID

غربی منطقه، برای برقراری «ارتباطات بین لکه‌ای» بسیار مهم هستند، زیرا برای مثال لکه شماره ۱۷ به‌عنوان زیستگاه بینابینی[1] عمل کرده و حذف آن می‌تواند ارتباط ٤ لکه دیگر (لکه ١٤، ١٦، ١٨ و ٢١) را نیز از بین ببرد و زیستگاه تکه‌تکه شده به وجود آید (شکل ۷) و عدم توجه به این موضوع منجر به کاهش تنوع‌زیستی و تعداد گونه قوچ و میش خواهد شد.



شکل ۷. اهمیت شاخص IF در لکه‌های جنوب غربی منطقه (زیستگاه کوه ورجین)

ارایه الگوی زون‌بندی در منطقه حفاظت‌شده

ترکیب شاخص‌های ارتباطات برای حفاظت در مطالعات بسیاری نظیر Luque و همکاران (۲۰۱۲) و Crooks و Sanjayan (۲۰۰٦) استفاده شده است که این امر نشان‌دهنده اهمیت در نظرگیری محاسبه چندین شاخص به‌طور هم‌زمان برای امر حفاظت است. نتایج این طرح و شناسایی مناطق حساس بر مبنای ارتباطات، می‌تواند به برنامه‌ریزی دوباره منطقه برای جلوگیری از تکه‌تکه شدن و منزوی شدن لکه‌های زیستگاهی کمک کند، زیرا این بار الگوی حفاظت بر این اساس است که کدام لکه برای برقراری ارتباط می‌بایست حفظ شود (Tarabon *et al.*, 2019) و با این امر ارتباطات زیستگاهی در مقیاس مورد بررسی حفظ خواهد شد (Duflot *et al.*, 2018). در نهایت، خروجی این پژوهش برای شناسایی لکه‌های مهم در ارتباطات با رویکرد چندمقیاسی[2] می‌تواند در امر شناسایی نقاط کلیدی[3] مهم باشد و در عین حال منجر به افزایش ارتباطات سیمای سرزمین برای گونه قوچ و میش شود. ترکیب این رویکرد با روش‌های حفاظتی (همانند الگوی زون‌بندی منطقه) در امر حفاظت تنوع زیستی تاثیرگذار خواهد بود، زیرا علاوه بر حفظ منطقه (زون حفاظت)، موجب تسهیل تردد گونه نیز خواهد شد. لازم به ذکر است گونه بسیار مهم دیگر در منطقه حفاظت‌شده ورجین، کل و بز است. شناسایی لکه‌های زیستگاهی این‌گونه و تحلیل ارتباطات زیستگاهی برای آن می‌تواند منجر به زون‌بندی دقیق‌تری برای حفاظت در سطح منطقه شود.

منابع

جوزی، ع.، رضاییان، س. و آقامیری، ک. (۱۳۹۱) ارزیابی توان محیط‌زیستی منطقه حفاظت‌شده ورجین به‌منظور استقرار کاربری گردشگری با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره مکانی (SMCEM)، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ١٤(١): ٩٦-٨٣.

خیرخواه‌قهی، ن.، ملک‌محمدی، ب. و جعفری، ح. (١٤٠٠) ارزیابی سنجه‌های ارتباطات سیمای سرزمین و کیفیت زیستگاه برای شناسایی لکه‌های زیستگاهی کلیدی قوچ و میش البرز مرکزی، مطالعه موردی منطقه حفاظت‌شده ورجین، تهران. فصلنامه علوم محیطی، ۱۹(۳): ٤٠-۲۳.

درویش‌صفت، ع. (۱۳۸۵) اطلس مناطق حفاظت‌شده ایران، ناشر: دانشگاه تهران: ۹٦.

شرکت مهندسین مشاور یکم. (۱۳۸۳) مطالعه و تهیه طرح جامع مدیریت منطقه حفاظت‌شده ورجین، جلد سیزدهم: سیمای محیط طبیعی.

محفوظی، م. و گشتاسب، ح. (١٣٩٤) طراحی و مدل‌سازی گذرگاه‌های مهاجرت قوچ و میش البرزی در منطقه حفاظت‌شده ورجین، علوم محیطی، ۱۳(۲): ۱۲۱-۱۲۸.

Allen, C.R., Cumming, G.S., Garmestani A.S., Taylor, P.D. and Walker, B.H. (2011) Managing for

www.SID.ir

Archive of SID

Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford, I., Pittock, J. and White, W.J (2020) Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. Best practice protected area guidelines series (30): 14-15

Hofman, M.P., Hayward, M.W., Kelly, M.J. and Balkenhol, N. (2018) Enhancing conservation network design with graph-theory and a measure of protected area effectiveness: Refining wildlife corridors in Belize, Central America. Landscape and Urban Planning, 178(10): 51-59.

Kheirkhah, N., MalekMohammadi, B. and Jafari, H. (2020) Integrating habitat risk assessment and connectivity analysis in ranking habitat patches for conservation in protected areas. Journal for Nature Conservation 56(4): 125867.

Liu, S., Yin, Y., Cheng, J., Li, F., Dong, S. and Zhang, Y. (2018) Using cross-scale landscape connectivity indices to identify key habitat resource patches for Asian elephants in Xishuangbanna, China. Landscape and Urban Planning, 171(3): 80-87.

Luque, S., Saura, S. and Fortin, M.-J. (2012) Landscape connectivity analysis for conservation: Insights from combining new methods with ecological and genetic data. Landscape Ecology, 27(2): 153-157.

Nyström, M. and Folke, C. (2001) Spatial resilience of coral reefs. Ecosystems, 4(5): 406-417.

Ostrom, E. (2009) General framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, 325(5939): 419-422.

Pascual-Hortal, L. and Saura, S. (2006) Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the priorization of habitat patches and corridors for conservation. Landscape Ecology 21(7): 959-967.

Sahraoui, Y., Foltête, J.-C. and Clauzel, C. (2017) A multi-species approach for assessing the impact of land-cover changes on landscape connectivity. Landscape Ecology, 32(9): 1819-1835.

Tarabon, S., Bergès, L., Dutoit, T. and Isselin-Nondedeu, F. (2019) Environmental impact assessment of development projects improved by merging species distribution and habitat connectivity modelling. Journal of Environmental Management, 241(13): 439-449.

Tarabon, S., Dutoit, T. and Isselin-Nondedeu, F. (2021) Pooling biodiversity offsets to improve habitat connectivity and species conservation. Journal of Environmental Management, 277(1): 111425.

Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K. and Merriam, G. (1993) Connectivity is a vital element of landscape structure. Oikos, 68(3): 571-573.

Van Langevelde, F. (2000) Scale of habitat connectivity and colonization in fragmented nuthatch populations. Ecography Journal, 23(5): 614-622.

resilience. Wildlife Biology, 17(4): 337-349.

Blazquez-Cabrera, S., Bodin, Ö. and Saura, S. (2014) Indicators of the impacts of habitat loss on connectivity and related conservation priorities: Do they change when habitat patches are defined at

1 Stepping Stones
2 Cross Scale
3 Hotspots

dicators, 45: 704-716.

) Ranking individual

nectivity providers: integrating network analysis and patch removal experiments. Ecological Modelling, 221(19): 2393-2405.

Choe, H., Keeley, A.T., Cameron, D.R., Gogol-Prokurat, M.L., Hannah, P.R., Roehrdanz, C.A. and Thorne, J.H. (2021) The influence of model frameworks in spatial planning of regional climate-adaptive connectivity for conservation planning. Landscape and Urban Planning, 214(10): 104169.

Crooks, K.R. and Sanjayan, M. (2006) Connectivity conservation, Cambridge University Press: 1-18.

Cumming, G.S. (2016) The relevance and resilience of protected areas in the Anthropocene. Anthropocene, 13(1): 46-56.

Cumming, G.S. and Allen, C.R. (2017) Protected areas as social- ecological systems: perspectives from resilience and social- ecological systems theory. Ecological applications, 27(6): 1709-1717.

Dakos, V., Quinlan, A.J., Baggio, A., Bennett, E., Bodin, Ö. and BurnSilver, S. (2015) Principle 2– manage connectivity (R. Biggs, O.M. Schlüter, and M.L. Schoon, Eds). Principles for building resilience: Sustaining ecosystem services in social ecological systems. Cambridge University Press, Cambridge, UK: pp. 80-104.

Duflot, R., Avon, C., Roche, P. and Bergès, L. (2018) Combining habitat suitability models and spatial graphs for more effective landscape conservation planning: An applied methodological framework and a species case study. Journal for Nature Conservation, 46(6): 38-47.

Etherington, T.R. and Holland, E.P. (2013) Least-cost path length versus accumulated-cost as connectivity measures. Landscape Ecology, 28(7): 1223-1229.

Ferraro, P.J., Hanauer, M.M. and Sims, K.R. (2011) Conditions associated with protected area success in conservation and poverty reduction. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(34): 13913-13918.

Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. and Holling, C.S. (2004) Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35(1): 557-581.

Foltête, J.-C., Clauzel, C. and Vuidel, G. (2012) A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. Environmental Modelling & Software, 38(11): 316-327.

Hilty, J., Worboys, G.L., Keeley, A., Woodley, S.,

www.SID.ir

Archive of SID

Introducing a novel zoning model in protected areas based on habitat connectivity analysis in habitat patches of *Ovis orientalis* in Varjin protected area

Nasim Kheirkhah Ghehi[1] and Seyed Ali Jozi[2]

1) Ph.D. Environmental Planning, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: n_kheirkhah@ut.ac.ir
2) Full Professor, Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Date of Submission: 2021/05/26 Date of Acceptance: 2021/08/18

Abstract

This article presents a novel zoning model for protected areas, emphasizing habitat connectivity analysis, in Varjin protected area, province of Tehran. Protected areas are an approach to biodiversity conservation and the provision of ecosystem services in ecologically valuable areas. Habitat connectivity analysis is becoming more important by increasing the intensity of human pressures and the emergence of resilience-based management plans. As a result, the location of each patch in the whole landscape plays a vital role in conservation. Considering this perspective, the zoning pattern of Varjin protected areas is discussed in this article based on habitat patches of wild sheep (*Ovis orientalis*). The selected connectivity indices are IF (patch scale) and IIC (landscape scale), modeled based on graph theory in the Graphab software and calculated on the Euclidean distance. After overlaying the obtained results, the patches on the east side of the region (patches 1 and 4) in both scales (local and landscape) have the highest index values. The results show 0.75 and 0.56 for the IIC index and 3.17E+15 and 3.84E+12 for the IF index. It is determined that patches located on the east side of the area (patches 1 and 4) at both scales show the highest index levels and should be prioritized in conservation plans. Finally, new areas for conservation have been introduced by overlaying the maps of habitat connectivity and conservation zoning of Varjin Protected Area. This article introduces the connectivity analysis for biodiversity conservation as a new step in developing a protected area zoning pattern. The model can be used for other areas as well.

Keywords: Habitat Connectivity, *Ovis orientalis*, Resilience, Varjin protected area, Zoning.

www.SID.ir