مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه سه گونه کلیدی در زیستگاه‌های جنگلی با استفاده از مدل HEP (مطالعه موردی: مناطق جنگلی مازندران)

- **کاملیا علوی***: گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران
- **سیده‌عالمه صباغ**: گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۷

چکیده

زیستگاه اصلی‌ترین عامل زندگی حیات‌وحش جانوری و زندگی گیاهی می‌باشد که حفاظت از آن برای تداوم توسعه پایدار ضروری است. مدل سازی زیستگاه می‌تواند یک برآورد در مقیاس وسیع از مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش بدون نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از جزئیات ویژگی‌های فیزیولوژیک و رفتاری جانوارن در اختیار بگذارد. بنابراین بررسی و ارزیابی دقیق زیستگاه‌ها نیازی مبرم است. پارامترهای موثر در ٤ زیستگاه جنگلی شمال کشور، قادیکلا، آب‌بندان‌کش، اروست، لاجیم برای تعیین مطلوبیت با مدل HEP مورد مطالعه قرار گرفته است این مدل از روش‌های ارزیابی زیستگاه به‌صورت کمی‌سازی است و با کم‌ترین داده‌ها می‌توان به نتیجه مطلوب رسید. بعد از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی محیطی براساس شواهد به‌دست آمده، ۳ گونه کرم شب‌تاب (*Lampyris noctiluca*)، حشره‌خور خزری (*Shrew caspian*) و باز (*Accipiter gentilis*) به‌عنوان شاخص برای مطالعه زیستگاه انتخاب شدند. مرحله بعد مدل SI برای دو گونه حشره‌خور خزری و باز با استفاده از فرمول‌های معتبر موجود تهیه و برای کرم شب‌تاب با توجه به این‌که فرمول مشخصی در تحقیقات سایر محققان وجود نداشت، در ایستگاه‌های منتخب اقدام به تله‌گذاری به‌صورت ترانسکت شد. مطلوبیت زیستگاه با محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه یا HSI به‌دست آمد. نتایج نشان می‌دهد هر ٤ ایستگاه از مطلوبیت نسبتاً مناسبی برخوردار بوده‌اند. در حالت کلی و محاسبه میانگین میزان مطلوبیت در ٤ ایستگاه، سه ایستگاه آب‌بندان‌کش، اروست و لاجیم میزان یکسانی از مطلوبیت، با مقدار ۰/٦۷ و ۰/٦۸ برخوردار هستند. اما ایستگاه قادیکلا با میزان ۰/۸۷ دارای بیش‌ترین میزان مطلوبیت بوده است.

کلمات کلیدی: ارزیابی، زیستگاه جنگلی، شاخص مطلوبیت، مدل HEP

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: camelia.alavi@gmail.com

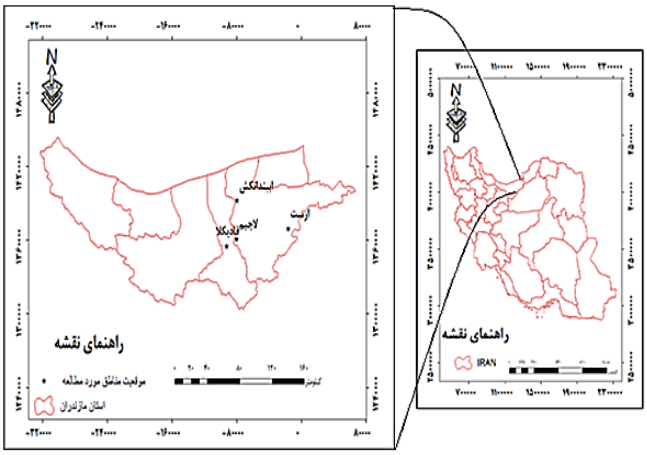
مقدمه

زیستگاه به‌عنوان اصلی‌ترین عامل زندگی حیات‌وحش جانوری و زندگی گیاهی محسوب می‌شود که حفاظت از آن برای تداوم توسعه پایدار امری ضروری است و هم‌چنین بزرگ‌ترین عامل تهدید و تخریب حیات گیاهی و جانوری نیز می‌باشد چرا که زیستگاه امن و مطلوب عامل تداوم حیات و یکی از فاکتورهای مهم برای حفاظت از گونه‌های درمعرض خطر و در حال انقراض می‌باشد (Genelett، ۲۰۰۳). در واقع زیستگاه به‌عنوان یکی از پارامترهای کلیدی در جهت حفاظت از گونه‌ها به‌خصوص گونه‌های در معرض خطر انقراض مطرح است و بررسی ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌ها و تعیین مطلوبیت زیستگاه آن‌ها، یکی از ارکان اصلی مدیریت و حفاظت گونه‌های حیات‌وحش محسوب می‌شود (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۵). شرایط ویژه‌ای که در مورد این فاکتور وجوددارد مانندزمان طولانی و هزینه بسیارزیاد، مطالعه‌زیستگاه‌ها در مقیاس وسیع مانند یک استان را مشکل می‌کند. از این‌رو مدل‌سازی زیستگاه که روش‌های مختلفی از آن به‌کار گرفته و از سال ۱۹۷۰ تا به حال استفاده می‌شود، با سرعت زیادی حجم عظیمی از مشکلات بودجه و زمان مطالعه را حل کرده‌است (Olivier و Wotherspoon، ۲۰۰۶).با روش‌های مدل‌سازی زیستگاه به‌یک برآورد درمقیاس وسیع از مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش بدون نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از جزئیات ویژگی‌های فیزیولوژیک و رفتاری گونه می‌توان دست‌یافت(Morrison و همکاران، ۱۹۹۲).درواقع مدل‌سازی زیستگاه به اکولوژیست‌ها اجازه می‌دهد تا نسبت به نیازهای اکولوژیکی گونه‌ها، فاکتورهای محدودکننده آن‌ها جغرافیای‌زیستی‌و موانع‌پراکنش آن‌ها، جمعیت‌ها و گونه‌های جدید، تشخیص مکان‌های جدیدی برای معرفی گونه‌ها، طراحی برنامه‌های حفاظتی و ذخیره‌گاه‌ها، پیش‌بینی اثرات تخریب زیستگاه‌ها، پیش‌بینی هجوم گونه‌ها و پیش‌بینی اثرات تغیرات اقلیمی شناخت حاصل نمایند (Peterson و همکاران، ۲۰۰۶). تفاوت اصلی بین روش‌های‌متداول‌برای ارزیابی زیستگاه نوع کیفیت داده‌های مورد نیاز است. امروزه روش‌های مختلف و نرم‌افزارهای کارامدی جهت مدل‌سازی زیستگاه وجود دارد ازجمله روش‌های یادگیری ماشینی و عملکردنرم‌افزار GIS اماروش‌هپ به‌دلیل نیاز به مطالعات دقیق میدانی که ماهیت این پژوهش به آن نیازمند است می‌تواندروش‌مناسبی برای ارزیابی تلقی شود(Gelbard و Belnap، ۲۰۰۳). این روش که به‌واسطه مساحت زیستگاه در دسترس، شاخص مطلوبیت زیستگاه (HIS) و ارزش‌های مورد نیاز برای ارزیابی زیستگاه محاسبه می‌شود، ازجمله روش‌های ارزیابی زیستگاه است که‌باکم‌ترین داده‌ها می‌توان به بهترین و مطلوب‌ترین نتیجه رسید (کرمی و همکاران، ۱۳۸۵). مدل‌سازی به روش HEP ازجمله روش‌های آسانی است که در مناطقی که اطلاعات کافی‌در رابطه با گونه در دسترس نباشد این مدل به‌راحتی و به تنهایی می‌تواند پاسخگو باشد (Ebischer و Robertson، ۲۰۱۲). زیستگاه به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در حفاظت از گونه‌ها مطرح بوده است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۳) و از این‌رو شناختن ویژگی‌های زیستگاهی برای تلاش‌های حفاظتی امری اجتناب‌ناپذیر است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۱). در این میان حفاظت و مدیریت زیستگاه جنگلی به‌ویژه جنگل‌های بکر و جنگل‌هایی که در آن‌ها تنوع زیستی بالاست و متاسفانه توسط فعالیت‌های انسانی به شدت مورد آسیب قرار گرفته‌اند، از فاکتورهای مهم‌زیست‌شناسی حفاظت و مدیریت زیستگاه جنگل است (McGarigal و همکاران، ۲۰۰۱). عوامل مختلفی در این تخریب‌ها نقش دارند که فعالیت‌های‌انسانی در راس قراردارد (Haukos و Smith، ۱۹۹۱). هدف اصلی در مطالعات ارزیابی‌زیستگاه‌تعیین مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار در پراکنش گونه‌ها می‌باشد. برای این‌که فعالیت‌های انسانی و تاثیرات آن‌را بتوان به‌صورت کمی نشان‌داد‌لازم است ازروش‌های‌مناسب جهت کمی‌سازی استفاده شود (ملکی‌نجف‌آبادی، ۱۳۸۹). دگرگونی شرایط زیستگاه‌باعث‌ایجاداسترس‌در‌حیات‌وحش‌می‌شود‌لذا شناخت زیستگاه و نیازهای زیستگاهی حیات‌وحش در جهت حفاظت از آن‌ها و تدوین برنامه‌های‌مدیریتی‌می‌تواندبسیارموثر واقع گردد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶).درایران‌تاریخچه مدل‌سازی زیستگاه مربوط به مطالعه ماهینی (۱۳۷۳) در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در تهران می‌باشد که در آن با استفاده از مدل‌های حرفی مکانیکی به ارزیابی زیستگاه قوچ و میش و ذخیره‌گاه زیست‌سپهر توران پرداخت که تاکنون مطالعات فراوانی با تکیه بر این مطالعه و رویکردهای مختلفی که بعدها پیدا شد، انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود. سلامتیان و آقابابایی (۱۳۹۱) زیستگاه پارک ملی کلاه قاضی را برای دو گونه کل و بز با دو روش رتبه‌دهی به متغیرهای زیستگاهی و هپ ارزیابی کرده‌اند.در‌این‌تحقیق‌سه‌فاکتوراصلی‌شامل‌شیب، تراکم پوشش گیاهی و دشمن طبیعی برای بررسی زیستگاه درنظر گرفته شده و در نهایت منطقه‌ای که در مقایسه با سایر بخش‌ها بهترین کیفیت را برای زندگی کل و بز دارد مشخص شده است. شعاعی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیق با عنوان ارزیابی مطوبیت زیستگاه کل و بز در استان گلستان با هدف ارزیابی مطلوبیت زیستگاه پازن در کوهستان‌های این استان با استفاده از روش ماکسنت انجام شده و نتیجه نشان می‌دهد سه عامل شیب، ارتفاع و پوشش‌گیاهی به‌عنوان فاکتورهای موثر و جهت باد با درجه تاثیر کم شناخته می‌شوند و در پایان این روش با ارزیابی هپ مقایسه شده است. در تحقیقی که توسط Brook (۲۰۰۷) انجام‌شده از دو روش HSI و HEP جهت‌ارزیابی‌سلامت و مطلوبیت ۵ ایستگاه جنگلی مختلف استفاده شده است و در پایان مقایسه بین این ایستگاه‌ها انجام گرفت. Gerald و McCrain (۲۰۱۲) از هپ

جهت ارزیابی میزان آسیب به جنگل‌های چوب مرغوب و تالاب‌ها در مسیر ساخت و عریض کردن بزرگراه در شمال کارولینای آمریکا استفاده کرده‌اند. Kostadin و همکاران (۲۰۱۸) با ارزیابی اهمیت جنگل‌های مدیریت شده به‌عنوان زیستگاه برای ماهی‌گیران نیمه‌گرد (*Ficedula semitorquata*) از یک مدل جمعی تعمیم‌یافته برای شناسایی ویژگی‌های مطلوبیت جنگلی در منطقه استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد در مقیاس ملی سن و درصد پوشش جنگل بهترین توزیع را از لحاظ پرورشی نشان می‌دهد هم‌چنین در مقیاس محلی مقدار چوب مرده به‌طور مثبت بر محل انتخاب لانه فیش‌تراش‌ها تاثیر می‌گذارد. Wakeley (۲۰۱۸) روش جدیدی را برای ساده‌سازی مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه مطرح کرد که با کاربرد هپ در زمان و میزان نمونه‌برداری صرفه‌جویی شده است. این مدل ساده شده با سه گونه صحت‌سنجی شده و با ضریب اطمینان ۹۰ درصد ارائه شده است. هوشمند و ایزدی (۱۳۹۲) به مطالعه زیستگاه گور ایرانی در منطقه حفاظت شده المند- بهادران با روش HEP پرداختند و طی پنج فاز روش هپ انجام و شاخص مطلوبیت زیستگاه با روش هندسی محاسبه گردید. در نهایت مدلی محلی سالیانه برای HSI گور ایرانی ارائه شده است. کرمی و همکاران (۱۳۸۷) زیستگاه قرقاول معمولی را براساس روش هپ در توتستان گیلان ارزیابی کرده‌اند و در نهایت مدلی محلی برای HSI قرقاول معمولی در فصل زادآوری در زیستگاه توتستان استان گیلان ارائه دادند. Hing و همکاران (۲۰۱۶) برای ارزیابی اثرات بازنگری و وزن‌دهی در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه از شاخص (AI) که اطلاعات لازم در زمینه ارزیابی شاخص‌های مطلوبیت زیستگاه (HSI) را فراهم می‌کند، استفاده کردند. ارزیابی و پیش‌بینی نتایج نشان داد که مدل HSI با استفاده از داده‌های AL برای زیستگاه بهینه خرچنگ آمریکایی کاربردی و با قابلیت است. Erfanian و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی با روش آنتروپی بیشینه در پارک ملی تندوره طی فصول تابستان و پاییز به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین عامل موثر بر حضور و یا عدم حضور پلنگ در این منطقه فاصله از جاده است. در این پژوهش شاخص‌های زیستگاهی به‌کار گرفته شده مورد توجه بوده است. در تحقیق پیش‌رو از روش هپ با هدف ارزیابی مطلوبیت زیستگاه‌های جنگلی شمال کشور، استفاده شده که در اولین گام از آن‌جایی که ارزیابی همه انواع گونه‌ها در یک اکوسیستم امکان‌پذیر نمی‌باشد، گونه‌های شاخص و کلیدی برای ارزیابی اکوسیستم براساس تحقیقات معتبر جهانی انتخاب شدند، ازجمله گزارش مرکز تحقیقات اکوسیستم و اقیانوس کانادا درمورد شیوه کاربرد هپ در سال ۲۰۱۶ (DFO، ۲۰۱۶). بر این اساس حشره‌خور خزری به‌عنوان گونه پستاندار کوچک، باز یا طرلان به‌عنوان شاخص پرنده و کرم شب‌تاب به‌عنوان شاخص حشرات استفاده شده است. نحوه کاربرد هپ در این پژوهش کم‌تر استفاده شده است و از این جهت دارای نوآوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت مناطق مورد مطالعه: یکی از منطقه‌های مورد پژوهش روستای لاجیم از توابع بخش مرکزی شهرستان سوادکوه، با مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه و ۶ دقیقه و ۲۳,۶۸ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه و ۳۴,۶۶ ثانیه شمالی، در ۳۰ کیلومتری شمال‌شرقی پل سفید و ۳۵ کیلومتری جنوب‌شرقی ساری قرار دارد. روستای اروست در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه و ۵۱,۲۶ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۷ دقیق و ۲۸,۲۱ ثانیه شرقی قرار گرفته و روستای آب‌بندان کش در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه و ۲۱,۳۳ ثانیه شمالی و در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۷۶ دقیقه و ۵۰ ثانیه شرقی و روستای قادیکلای قائم‌شهر در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲۵,۴۴ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۴,۱۳ دقیقه و ۱۳,۰۷ ثانیه شرقی واقع شده است.



شکل ۱: موقعیت مناطق مورد مطالعه در سطح استان و کشور

این روستاها از شمال به جنگل و روستاهای ورکی، آقمشه و آمره، از شرق به جنگل‌های آچو، منطقه دودانگه و قارن سرا، از جنوب به جنگل و روستاهای اتو و پیر نعیم محدود می‌شوند، جزء روستاهای سراسر پوشیده از جنگل‌های هیرکانی هستند، اغلب تحت تأثیر اقلیم معتدل کوهستانی، تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد دارند و فصل خشک به‌طور کامل وجود ندارد. با توجه به اوضاع طبیعی این منطقه، بارش و رطوبت جهت ایجاد پوشش گیاهی فراهم است. البته پوشش گیاهی در تمام نقاط آن یکسان نیست و متغیر است. مناطقی که دارای حداکثر بارندگی است به‌طورکلی جنگل‌ها دارای تراکم

بیش‌تری است و انواع درختان مانند راش، ممرز، توسکا و کلهر ملج انجیلی را می‌توان دید (بختیاری، ۱۳۹۶).

معرفی مدل: روش کمی‌سازی در این پژوهش، مدل HEP (Habitat Evaluation Procedures) می‌باشد که در سال ۱۹۸۰ در پاسخ به نیاز مستندسازی ارزش‌های غیرمالی منابع حیات‌وحش و ماهیان، گسترش یافت اما در بررسی‌های دقیق‌تر، مستندسازی برای این مدل اولین‌بار در جهان در سال ۱۹۷۴ مورد بررسی قرار گرفت (USFW، ۲۰۱۰). در واقع روش هپ کوتاه شده کلمه Habitat evaluation Procedures می‌باشد، که در سال ۱۹۷۴ توسط اداره حیات وحش و آبزیان آمریکا(USFWS: U.S. Fish and wild life service) معرفی شد (Hirzel و Arlettaz، ۲۰۰۳). در ایران براساس مدل هپ‌وبا بومی‌سازی برخی پارامترها، یک روش ارزیابی زیستگاهی توسط (منوری و مومن بلاه‌فرد، ۱۳۸۹) تکامل یافته است. روند کمی‌سازی واحدهای زیستگاه با مدل HEP در بخش‌های زیر خلاصه می‌شود:

الف- تعیین اهداف مدل و ارزیابی

ب- تعیین متغیرهای مدل SI: در این بخش متغیرهای زیستگاهی که در تعیین ساختار مدل نقش دارند مشخص می‌گردند (Eigenbrod و همکاران، ۲۰۰۸). انتخاب متغیرها مرحله‌ای اساسی است که پایه‌های اصلی تشکیل‌دهنده مدل می‌باشند، مرحله بعد تعیین تیپ پوشش گیاهی است که در روش هپ با تعیین تیپ پوششی دو هدف مد نظر قرار می‌گیرد اول متغییرهای قابل اندازه‌گیری در گروه‌هایی دسته‌بندی می‌شوند که جمع‌آوری داده‌های صحرایی را آسان می‌کند دوم برای تعیین روابط مکانی میان اجرا زیستگاه (عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۲).

ج- مدل‌سازی: در این مرحله متغیرهای شناسایی شده در مرحله قبل برای تهیه یک مدل نهایی HSI با هم ادغام می‌شوند. به این مفهوم که به مدل باید ساختار بخشید که در آن هر متغیر تعیین شده در گام قبلی باید برای تهیه نمایه مطلوبیت زیستگاه ترکیب شود، این کار با روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که شامل روش‌های توصیفی (امیدی و همکاران، ۱۳۸۹)، نموداری (کرمی و همکاران، ۱۳۹۳) و روش ریاضی (سلمان‌ماهینی، ۱۳۷۳) خواهد بود. در این مرحله می‌توان مدل را مستندسازی کرد که حتماً باید به‌صورت مکتوب ثبت گردد.

د- بررسی درستی مدل و آزمون آن که به‌منظور افزایش اطمینان از عملکرد مدل باید آن را با داده‌های در دسترس آزمود. 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) به‌دست می‌آید که رعایت ترتیب مرحله‌ها مهم و در برون داد مدل بسیار موثر است. براساس اطلاعات مربوط به تاریخ طبیعی گونه و عوامل اکولوژیک برخی از متغیرهایی که مهم‌ترین نقش را در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه دارند، برای مطالعه انتخاب می‌شوند (Underhill، ۲۰۰۲). این مدل ترجیحاً برای بررسی زیستگاه‌های مختلف معرفی شده است. برخی از کشورها برای اجرای بهتر EIA از این روش استفاده می‌کنند ازجمله در آمریکا و ژاپن که به‌طور فراگیر استفاده می‌شود (Tanaka، ۲۰۰۸).

روش جمع‌آوری داده: ابتدا با بررسی کتابخانه‌ای اطلاعات پایه از منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد و سپس با مراجعات سازمانی به اداراتی هم‌چون اداره کل حفاظت محیط‌زیست، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و بازدید از منطقه اطلاعات اولیه کامل و گونه‌های مناسب و شاخص جهت انجام تحقیق انتخاب گردید. در هر زیستگاهی گونه‌هایی وجود دارد که تاثیرات کلیدی روی اکوسیستم دارند و با بررسی آن‌ها به‌عنوان نمونه می‌توان تصمیم‌گیری در سایر موارد را انجام داد. مرحله بعد تهیه مدل SI برای ارزیابی زیستگاه جنگلی است که در ادامه توضیح داده شده است. گام بعدی به‌کارگیری این سه مدل در چهار منطقه جنگلی و سپس ارزیابی نتایج حاصل می‌باشد. ازجمله موارد گونه‌های کلیدی می‌توان پستانداران، پرندگان و تجزیه کنندگانی را نام برد که نقش موثری در بازگرداندن مواد به محیط دارند به‌همین دلیل یک گونه شاخص پستاندار، پرنده و تجزیه‌کننده برای ارزیابی زیستگاه انتخاب شده است. گونه‌ها مطابق شکل ۲، شامل یک گونه کرم شب‌تاب (*Lampyris noctiluca*) به‌عنوان شاخص حشرات، باز یا طرلان (*Accipiter gentilis*) به‌عنوان شاخص پرنده و حشره‌خور خزری (*Crocidura caspica/Shrew caspian*) به‌عنوان گونه پستاندار کوچک می‌باشد. زیستگاه کرم شب‌تاب مناطق مردابی و جنگلی، جایی که لاروهایشان به منابع غذایی دسترسی داشته باشند، می‌باشد. این نوع کرم از گونه‌های متداول در جنوب فرانسه است که از نظر کنترل حشرات آفت جنگلی و کشاورزی بسیار مفید و مورد توجه کشاورزان و باغداران هستند (Doyon و همکاران، ۲۰۰۰). تمام سوسک‌های درخشنده در شب فعالیت می‌کنند و هنگام روز در زیر سنگ‌ها مخفی می‌شوند. این حشرات در نواحی جنگلی مرطوب، حاشیه باتلاق‌ها، شالیزارها، مرداب‌ها و رودخانه‌ها دیده می‌شوند. زیستگاه باز یا طرلان هم در نواحی پر درخت و جنگلی است و هم در دشت‌ها و کوهستان‌ها و اغلب در نزدیکی فضاهای باز دیده می‌شود. طرلان در نقاط دورافتاده جنگل برای خود آشیانه بزرگی می‌سازد، گاهی نیز از آشیانه متروک پرندگان دیگر استفاده می‌کند. طرلان پرنده‌ای است که با وجود تعداد اندک در ایران نقش مهمی در مناطق جنگلی دارد. اغلب برای برای زمستان گذرانی به ایران می‌آیند اما احتمال دارد بعضی از آن‌ها در استان مازندران زادآوری هم بکنند. این پرنده ساکن شمال ایران است (استان گیلان، گستان و مازندران) و به‌طور اتفاقی زمستان‌ها در فارس و بلوچستان هم دیده شده است (Machmer و همکاران، ۲۰۱۷).

حشره‌خور خزری بیش‌تر در علف‌زارها زیست می‌کند و کفرو در جنگل محسوب می‌شود.

شکل ۲: گونه مورد بررسی در تحقیق

تهیه مدل SI با توجه به مطالعات میدانی و داده‌های جمع‌آوری شده در مناطق جنگلی و همین‌طور اطلاعات به‌دست آمده از مصاحبه با محیط‌بانان، کارشناسان جنگل و متخصصان محلی در طول سال ۹۵ تعیین شده است. از آن‌جایی‌که تهیه مدل SI روشی تجربی و بر اساس وضعیت اکولوژیکی اکوسیستم می‌باشد بنابراین در مورد گونه‌های مشابه در اکوسیستم‌های مشابه می‌توان از فرمول‌های منتشر شده در تحقیقات معتبر استفاده کرد که در مورد باز و حشره‌خوار این فرایند به شرح جدول ۱ انجام شده است اما در مورد کرم شب‌تاب این مدل سازی صورت گرفته که در قسمت بعدی شرح داده خواهد شد. در این پژوهش برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه از روش شاخص مطلوبیت زیستگاهی (Habitat Suitability Index) استفاده شده است. برای این منظور ابتدا بر مبنای نظر اتکارشناسی، مشاهدات میدانی و مرور منابع ذکر شده، متغیرهای زیستگاهی تأثیرگذار بر گونه‌های هدف، شامل موارد ذکر شده در جدول ۱ برای هر گونه (به‌عنوان متغیرهای زیستگاهی) انتخاب و طبقه‌بندی گردید. تراکم، متوسط بلندی چوب درختان و مساحت جنگلی براساس آمار سازمان جنگل‌ها و مراتع استان و شرایط غذایی نیز براساس میزان در دسترس بودن طعمه برای باز که پرنده‌ای شکارچی است در فصول مختلف به‌دست آمده است. سپس با استفاده از شاخص مطلوبیت (Suitability Index) میزان مطلوبیت هر طبقه برای هر گونه به‌ترتیب ذکر شده در جدول در محدوده ۱–۰/۰۱ تعیین شد. در مرحله بعد برای به‌دست آوردن شاخص مطلوبیت نهایی زیستگاه، براساس نوع متغیرهای مورد استفاده و با بهره‌گیری از فرمول‌های ارائه شده توسط (Machmer و همکاران، ۲۰۱۷) و (Doyon و همکاران، ۲۰۰۰) برای باز و هم‌چنین (Timossi و همکاران، ۲۰۱۵) برای حشره‌خور، مدل‌های مطلوبیت زیستگاهی برای هر دو گونه هدف به‌دست آمد. پس از تعیین شاخص کیفی مطلوبیت (Suitability Index) برای هر کدام از متغیرهای زیستگاهی، مدل نهایی مطلوبیت زیستگاه برای گونه‌های هدف، با استفاده از فرمول‌های ارائه‌شده توسط (Machmer و همکاران، ۲۰۱۷)، (Doyon و همکاران، ۲۰۰۰) و (Timossi و همکاران، ۲۰۱۵) تعیین گردید. از آن‌جایی‌که در مورد کرم شب‌تاب در زیستگاه‌های جنگلی مشابه جنگل‌های شمالی ایران فرمول مشخصی در تحقیقات سایر محققان وجود نداشت تا از آن برای تهیه نمایه مطلوبیت زیستگاه استفاده شود بنابراین در مورد این گونه از روش تله‌گذاری و بررسی آن‌ها استفاده شده است. در این روش ابتدا متغییرهای زیستگاهی موثر بر این گونه شناسایی و پس از آن با توجه به تعداد بازیابی شده از تله‌ها نمودار مطلوبیت آن‌ها توسط نرم‌افزار اکسل رسم گردید که نتایج در ادامه آمده است. در مورد این گونه نیز همان‌طورکه در نمودارها نشان داده شده‌است جهت هماهنگی با دو گونه دیگر شاخص مطلوبیت در محدوده ۱–۰/۰۱ تعریف شده است.

جدول ۱: فرمول شاخص مطلوبیت زیستگاه برای دو گونه هدف

حشره‌خور خزری	باز
$HSI = \frac{SI_1 + SI_2 + SI_3 + SI_4}{4}$	$HSI = \frac{(SI_1 \times SI_2 \times SI_3 \times SI_4)^{1/4} + 2SI_5}{3}$
SI_1: تعداد حفرات روی زمین، SI_2: تاج پوشش، SI_3: تعداد درختان بلند، SI_4: بافت و ساختار خاک	SI_1: نوع چوب، SI_2: متوسط بلندی چوب درختان، SI_3: تراکم درختان، SI_4: مساحت جنگلی، SI_5 : شرایط غذایی

تهیه مدل SI برای کرم شب‌تاب: این تحقیق سال در ۱۳۹۵ صورت گرفته که حدوداً یک‌سال به‌طول انجامید و برای دستیابی به نتایج از هر دو روش کتابخانه‌ای و میدانی بهره‌گیری شده است. ابتدا ۴ منطقه جنگلی از جنگل‌های شمالی کشور انتخاب شد که عبارتند از منطقه جنگلی قادیکلای قائم‌شهر، آب‌بندان کش ساری، منطقه جنگلی اروست و لاجیم ساری. در این ۴ ایستگاه برای به دام انداختن کرم‌های شب‌تاب ۴۰۰ تله به‌صورت ترانسکت نصب و از یک قطعه کوچک ماهی مرکب به‌عنوان طعمه در یک جعبه فیلم برای لارو گونه استفاده شده است. روش ترانسکت (Transect) یکی از صدها روش تله‌گذاری در طبیعت است که عبارت از خط یا نواری است که نقاط نمونه‌گیری بر روی آن قرار می‌گیرد. این روش شامل کشیدن متر نواری بین دو نقطه مورد نظر است که از یک متر نواری به طول ۵۰ تا ۱۰۰ متر و اگر در دسترس نباشد از نخ، طناب یا سیم استفاده می‌شود که تله‌ها روی یک خط موازی قرار می‌گیرند. انواع ترانسکت به‌صورت نقطه‌ای و روش نقطه یک چهارم می‌باشد. به‌دلیل این‌که دلیل لارو کرم شب‌تاب در زیر برگ‌ها زندگی می‌کند و در طول روز هم مخفی است به‌دست آوردن مدل مطلوبیت (SI) میزان پوشش برگ افتاده کف جنگل در

این مرحله امری ضروری بوده و از آن‌جایی‌که لاروهای کرم شب‌تاب به‌میزان کمی رطوبت خاک نیازمند هستند مدل مطلوبیت میزان رطوبت نیز به‌دست آورده شد. تهیه مدل مطلوبیت متغییرها مطابق با تحقیق کرمی و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از روش رتبه‌دهی و پس از بررسی محیطی تله‌ها انجام گرفته است. به این ترتیب که بهینه‌ترین میزان در هرفاکتور عدد ۵ و بدترین میزان عدد ۱ را به‌خود اختصاص داده است. هم‌چنین کرم شب‌تاب به‌میزان کافی پوشش جنگلی برای نگه‌داشتن درجه‌حرارت نیاز دارد، بنابراین مدل مطلوبیت نرخ پوشش جنگلی هم محاسبه شده است. لارو کرم شب‌تاب مناطق پرشیب را برای زیست ترجیح می‌دهد از این‌رو مدل مطلوبیت میزان زاویه شیب نیز در کنار سایر مدل‌های مطلوبیت لازم بود محاسبه گردد (De Cock، ۲۰۱۸). ضمناً داده‌های جمع‌آوری‌شده هیچ‌گونه ناسازگاری را برای توسعه مدل مطلوبیت نشان نداده است اما به هرحال لازم است این مدل‌ها به‌دلیل این‌که مدل‌های اولیه هستند، به‌نحو مطلوب اصلاح شوند. بعد از تله‌گذاری نتایج بررسی تله‌ها در طول یک‌سال به‌صورت فصلی به‌صورت جدول ۲ آورده شد.

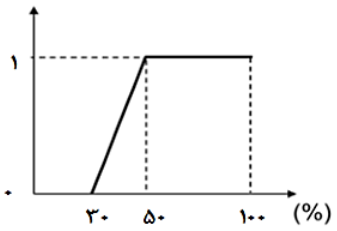
جدول ۲: تعداد تله‌های نصب شده و بازیابی شده در منطقه مورد مطالعه طی فصول سال

تاریخ	تعداد تله نصب شده	تعداد تله بازیابی شده
بهار ۹۵	۱۰۰	۳۶
تابستان ۹۵	۱۰۰	۴۸
پاییز ۹۵	۱۰۰	۶۴
زمستان ۹۵	۱۰۰	۳۵
مجموع	۴۰۰	۱۸۳ (۵۷/۷۵ درصد)

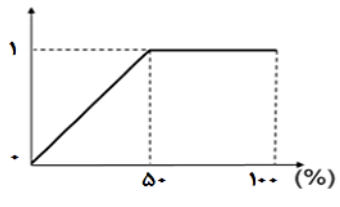
همان‌طورکه در جدول ۲ ذکر شده است، در چهار فصل سال ۱۳۹۵ تعداد ۴۰۰ تله در مناطق مورد مطالعه نصب گردید. پس از بررسی و گذشت زمان مناسب هرکدام از تله‌های نصب شده بررسی شدند که از ۴۰۰ تله نصب شده تعداد ۱۸۳ تله بازیابی شدند. در بین چهار فصل، پاییز و تابستان دارای بیش‌ترین تعداد تله باقی‌مانده و موثر به‌ترتیب برابر ۶۴ و ۴۸ عدد بودند.

نتایج

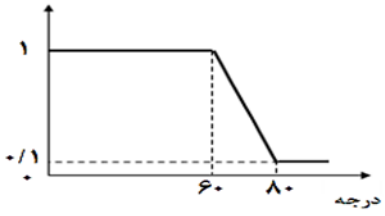
در مدل‌سازی SI برای کرم شب‌تاب، با توجه به وضعیت محیطی بررسی شده برای هرکدام از پارامترهای درنظر گرفته شده به‌صورتی که توضیح داده‌شد و با استفاده از نرم‌افزار مکسنت، نمودارهای مطلوبیت ۱ تا ۴ به‌دست آمده است. براساس مدل مطلوبیت درصد پوشش جنگلی شکل ۳، کرم شب‌تاب به‌میزان کافی پوشش جنگلی برای نگه‌داشتن درجه حرارت در اختیار دارد. به‌عبارتی براساس درصد پوشش جنگلی از سطح ۳۰ تا ۵۰ درصد، رشد روند افزایشی داشته و از ۵۰ درصد به بعد حد بهینه جهت رشد لاروها تلقی می‌شود. در مدل مطلوبیت درصد پوشش برگ‌های افتاده کف جنگل به‌صورت شکل ۴، روند زندگی لارو کرم شب‌تاب در زیر برگ‌ها به گونه‌ای است که رشد این حشره تا ۵۰ درصد به‌صورت صعودی خواهد بود و در ادامه روندی ثابت و بدون تغییر در زیر برگ‌ها خواهد داشت که حالت مطلوب برای گونه است. این گونه در طول روز مخفی است. در مدل مطلوبیت زاویه شیب شکل ۵، تجربیات نشان می‌دهد لارو کرم شب‌تاب مناطق پرشیب را برای زیست ترجیح می‌دهد. براساس نتایج حاصل شده از نمونه‌برداری این حشره تا شیب ۶۰ درجه بهترین روند رشد را خواهد داشت ولی با افزایش شیب تا ۸۰ درجه رشد این حشره رو به نزول می‌رود. درنهایت براساس مدل مطلوبیت میزان رطوبت شکل ۶ کرم و لارو برای رشد نیاز به‌مقداری رطوبت خاک دارند. در این نمونه‌برداری تا ۲۰ درصد از رطوبت موجود در خاک، رشد رو به صعودی در این حشره دیده شد و رطوبت ۲۰ تا ۵۰ درصد میزان بهینه رشد این حشره می‌باشد. با افزایش درصد رطوبت، شاهد رشد نزولی لارو کرم شب‌شتاب خواهیم بود.



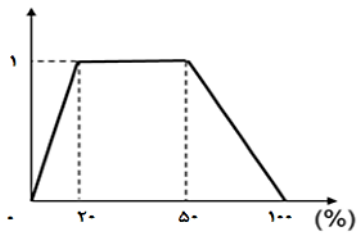
شکل ۳: مدل مطلوبیت درصد پوشش جنگلی



شکل ۴: مدل مطلوبیت درصد پوشش برگ‌های افتاده کف جنگل



شکل ۵: مدل مطلوبیت زاویه شیب



شکل ۶: مدل مطلوبیت میزان رطوبت

همان‌طورکه قبلاً ذکر شد ۴ منطقه انتخابی تله‌گذاری و مدل مطلوبیت برای کرم شب‌تاب به‌دست آمد دو گونه دیگر نیز قبلاً مدل سازی شده بودند. با توجه به اطلاعات حاصله، نتایج به‌شرح جدول ۳ گزارش می‌گردد. در جدول ۳ ستون اول مربوط به معرفی گونه‌های شاخص و قسمت عمودی مربوط به ۴ ایستگاه مورد بررسی می‌باشد. در هر قسمت برای گونه‌ها عدد شاخص مطلوبیت زیستگاه (HIS) و میزان‌مطلوبیت‌به تفکیک پارامترهای مورد بررسی (SI) به‌دست آورده شد. مطابق بررسی‌ها در چهار منطقه قادیکلا، آبندانکش، اورست و لاجیم، هریک از مواردی که تاثیر روی رشد لارو و کرم شب‌تاب خواهد گذاشت ارزیابی شد که برای کرم شب‌تاب میزان رطوبت دارای درجه SI کم‌تری نسبت به بقیه موارد است. برای پرنده باز در سه منطقه لاجیم، آبندانکش‌واورست‌شرایط‌غذایی‌دارای‌کم‌ترین‌شاخص‌مطلوبیت می‌باشد و در منطقه قادیکلا همه شاخص‌ها مطلوبیت یکسان دارند. در مورد حشره‌خوار خزری در سه منطقه قادیکلا، آبندانکش و لاجیم، کم‌ترین مطلوبیت مربوط به شاخص تعداد حفرات روی زمین است و در منطقه اورست تاج پوشش کم‌ترین مطلوبیت را دارد.

جدول۳: شرح مطلوبیت ۴ زیستگاه

منطقه جنگلی		لاجیم					اروست					آبندانکش					قادیکلا				
کرم شب تاب	HSI	۰/۹۳					۰/۹۳					۱					۰/۹۳				
	SI	۱	۰/۷۱	۱	۱		۱	۰/۷۱	۱	۱		۱	۱	۱	۱		۱	۰/۷۱	۱	۱	
	پارامتر	نرخ پوشش جنگلی	میزان رطوبت خاک	نرخ پوشش برگهای افتاده کف جنگل	زاویه شیب		نرخ پوشش جنگلی	میزان رطوبت خاک	نرخ پوشش برگهای افتاده کف جنگل	زاویه شیب		نرخ پوشش جنگلی	میزان رطوبت خاک	نرخ پوشش برگهای افتاده کف جنگل	زاویه شیب		نرخ پوشش جنگلی	میزان رطوبت خاک	نرخ پوشش برگهای افتاده کف جنگل	زاویه شیب	
باز	HSI	۰/۳۹					۰/۳۰					۰/۴۸					۱				
	SI	۱	۰/۳۴	۱	۱	۰/۲	۱	۰/۲۴	۱	۰/۲۴	۰/۲	۰/۴۶	۱	۱	۰/۸۱	۰/۲	۱	۱	۱	۱	۱
	پارامتر	نوع چوب	متوسط بلندی چوب درختان	تراکم درختان	مساحت جنگلی	شرایط غذایی	نوع چوب	متوسط بلندی چوب درختان	تراکم درختان	مساحت جنگلی	شرایط غذایی	نوع چوب	متوسط بلندی چوب درختان	تراکم درختان	مساحت جنگلی	شرایط غذایی	نوع چوب	متوسط بلندی چوب درختان	تراکم درختان	مساحت جنگلی	شرایط غذایی
حشره خوار خزری	HSI	۰/۷۱					۰/۷۸					۰/۶۲					۰/۶۸				
	SI	۰/۴۲	۰/۸۷	۰/۶۹	۱		۰/۷۵	۰/۶۱	۰/۸۰	۱		۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۷۲	۱		۰/۳	۰/۷	۱	۱	
	پارامتر	تعداد حفرات روی زمین	تاج پوشش	تعداد درختان بلند	بافت و ساختار خاک		تعداد حفرات روی زمین	تاج پوشش	تعداد درختان بلند	بافت و ساختار خاک		تعداد حفرات روی زمین	تاج پوشش	تعداد درختان بلند	بافت و ساختار خاک		تعداد حفرات روی زمین	تاج پوشش	تعداد درختان بلند	بافت و ساختار خاک	
میانگین		۰/۶۸					۰/۶۷					۰/۶۷					۰/۸۷				

بحث

تعیین‌مطلوبیت‌زیستگاهی‌یکی‌از اساسی‌ترین نیازها در مطالعات تنوع‌زیستی‌می‌باشد‌که نیاز مبرم به تعیین برخی پارامترهای تاثیرگذار روی پراکنش گونه‌ها دارد (عمانی، ۱۳۸۹). هدف این تحقیق پاسخ به این سوال‌بوده است‌که ازبین مناطق انتخاب‌شده درجنگل‌های شمالی کشورکه از بهترین نمونه جنگل‌های خزری هستند، کدام منطقه دارای شاخص مطلوبیت بالاتری است. در بررسی روند مطوبیت زیستگاهی از رابطه کمی با مدل شاخص ارزیابی مطلوبیت زیستگاه HEP استفاده و مشخص شد هر چهار ناحیه معرفی شده از مطلوبیت نسبتاً خوبی برخوردار هستند. در مدل هپ هرچه میزان (HIS)به ۱ نزدیک‌تر‌باشد نشان‌دهنده میزان مطلوبیت بیش‌تر زیستگاه مورد نظر برای گونه است. امتیازات (SI) برای پارامترهای موثر بر رشد گونه کرم شب‌تاب به‌غیر از میزان‌رطوبت‌خاک در سایر پارامترها شامل زاویه شیب، نرخ پوشش برگ‌های افتاده کف جنگل و نرخ پوشش جنگلی در هر ۴ زیستگاه مورد مطالعه برابر با ۱ است که نشان‌دهنده حداکثر مطلوبیت می‌باشد اما آیتم رطوبت خاک (SI =۰/۷۱) می‌باشد

که با توجه به امتیاز سایر پارامترها تاثیر مخربی نخواهد داشت. عدد (HIS)منطقه جنگلی آب‌بندان‌کش برابر ۱ است که نشان‌دهنده حداکثر مطلوبیت برای گونه کرم شب‌تاب می باشد و البته سه منطقه دیگر هم امتیاز (HSI=۰/۹۳) دارند که نشان‌دهنده مطلوبیت بالای هر ۴ منطقه جنگلی مورد مطالعه برای گونه شاخص کرم شب‌تاب است. بررسی نتایج مربوط به گونه دوم که پرنده شکاری باز است، نشان می‌دهد درحالت کلی‌تر ۳ زیستگاه جنگلی آبندانکش، اروست، لاجیم به‌دلیل مقدار HIS بسیار پایین، مطلوبیت کمی برای گونه مورد نظر دارند درحالی‌که قادیکلا زیستگاهی با مطلوبیت حداکثری برای گونه موردنظر می‌باشد. این زیستگاه وسیع با درختان متراکم و بلند می‌باشد که شرایط مناسبی برای لانه‌سازی و تهیه غذای این گونه را فراهم می‌کند. زیستگاه جنگلی لاجیم، آب‌بندان‌کش هر دو به‌میزان تقریباً برابری مقدار عددی (HIS=۰/۳۹ و HSI=۰/۳۸) را به خود اختصاص داده‌اندکه با توجه به‌میزان عددی مدل مطلوبیت (SI) ۴ پارامتر مورد بررسی، از نظر تراکم درختان و مساحت جنگلی تقریباً شرایط یکسانی از مطلوبیت را در اختیار گونه باز قرار می‌دهند که به‌طور دقیق‌تر از منظر دو آیتم فوق الذکر زیستگاه لاجیم مطلوب‌تر به‌نظر می‌رسد و هم‌چنین از نظر مدل مطلوبیت (SI) نوع چوب زیستگاه جنگلی لاجیم باز هم برای گونه مذکور مناسب‌تر است اما با توجه به آیتم متوسط بلندی چوب درختان زیستگاه جنگلی آب‌بندانکش از نقطه نظر عدد (SI =۱) در مقابل عدد (SI) آیتم متوسط بلندی چوب درختان در زیستگاه‌لاجیم،این‌زیستگاه مطلوب‌تر است و مطلوبیت هر دو زیستگاه از نظر شرایط غذایی یکسان است و با توجه به سلسله مراتب اهمیت مدل‌های مطلوبیت ۴ آیتم مورد بررسی برای گونه حشره‌خوار زیستگاه جنگلی لاجیم، با تفاوت بسیار کم مطلوب‌تر از زیستگاه آب‌بندان‌کش می‌باشد. امازیستگاه‌جنگلی‌اروست باکسب‌مقدارعددی (HSI =۰/۳۰) مطلوبیت کم‌تری نسبت به سایر زیستگاه‌ها برای پرنده باز داردو از نظر مدل‌مطلوبیت(SI)برای‌پارامترهای نوع چوب و تراکم درختان، مناسب وبرای‌پارامترهای‌شرایط‌غذایی،متوسط‌بلندی‌چوب درختان و مساحت جنگلی با توجه به عدد (SI=۰/۲۰) و (SI=۰/۲۴) و (SI=۰/۲۴) شرایط مناسبی‌ندارد و اصلاً ترجیح داده نمی‌شود. در رابطه با گونه حشره‌خوار خزری زیستگاه اروست مطلوبیت حداکثری ندارد بلکه مطلوبیت بالاتر و بهتری نسبت به سایر زیستگاه‌ها با مقدار عددی (HSI =۰/۷۸) دارد و از نظر مدل مطلوبیت (SI) برای پارامتر بافت و ساختار خاک حداکثر و برای پارامتر تاج پوشش با عدد(SI=۰/۶۱)، پارامتر درختان بلند عدد (SI=۰/۸۰)، آیتم تعداد حفرات روی زمین عدد (SI=۰/۷۵) و طبیعتاً مطلوبیت تقریباًمشابهی را برای گونه در زیستگاه اروست‌دارند. زیستگاه جنگلی‌لاجیم با توجه‌به‌عدد(HSI =۰/۷۱)بعد از اروست مطلوب به‌نظر می‌رسد و پارامتر بافت و ساختار خاک دارای حداکثر مطلوبیت و بعد از آن پارامتر تاج پوشش (SI=۰/۷۸)، تعداد درختان بلند (SI=۰/۶۹) و تعداد حفرات روی زمین با (SI=۰/۴۲) کم‌ترین مطلوبیت را داراست. زیستگاه جنگلی قادیکلا با عدد (HSI =۰/۶۸) زیستگاه تقریباً مناسبی بعداز اروست و لاجیم به‌شمار می‌آید و از نظرمدل مطلوبیت (SI) برای پارامترهای بافت و ساختار خاک، تعداد درختان بلند حداکثر مطلوبیت (SI=۱) و پارامتر تاج پوشش درختان (SI=۰/۷۰) هم مطلوبیت خوبی را داراست اما از نظر میزان مطلوبیت پارامتر تعداد حفرات روی زمین (SI=۰/۳۰) ضعیف به‌شمار می‌آید. هم‌چنین زیستگاه آب‌بندان‌کش با میزان (HSI =۰/۶۲) مطلوبیت کم‌تری در مقابل سایر زیستگاه‌ها دارد ولی از نظر بافت و ساختار خاک در سطح بسیار مناسبی قرار دارد و سایر پارامترها شامل تعداد درختان بلند، تاج پوشش و تعداد حفرات روی‌زمین‌به‌ترتیب(SI=۰/۷۲)و (SI=۰/۴۹) و (SI=۰/۴۲) دارا هستند و به این معنی است که از نظر تعداد درختان بلند نسبتاً مناسب است و چون میزان(HIS) بالای‌پنجاه درصد دارد می‌توان گفت به‌طور نسبی زیستگاه‌هایی که‌عدد(HIS)آن‌ها بالاتراز ۰/۵ است‌درزمره‌زیستگاه‌های نسبتاً مناسب قرار می‌گیرند. نتایج حاکی از آن است که برای گونه شب‌تاب هر ۴ زیستگاه‌جنگلی‌مناسب، برای گونه باز یا طرلان زیستگاه قادیکلاحداکثر مطلوبیت را دارد و بعداز آن‌به‌ترتیب مطلوبیت زیستگاه به‌صورت لاجیم، آب‌بندان‌کش و اورست می‌باشدوبرای‌گونه‌حشره‌خوار خزری‌زیستگاه اورست، لاجیم، قادیکلا و آب‌بندان‌کش به‌ترتیب دارای مطلوبیت بهتری است. با توجه به این نکته که مقدار عددی مطلوبیت زیستگاه باز یا طرلان از پنجاه درصد مطلوبیت نیز کم‌تر است، نشان دهنده ضعیف بودن زیستگاه برای گونه مورد نظر می‌باشد و بهتر است در اقدامات صحیح نسبت به افزایش پتانسیل زیستگاه از نظر نزدیک شدن به‌مطلوبیت‌مناسب گونه‌های با نیاز زیستگاهی مشابه انجام شود. در حالت کلی و محاسبه میانگین میزان مطلوبیت در هر ۴ ایستگاه، دوایستگاه‌آب‌بندان‌کش و اروست میزان یکسانی از مطلوبیت برخوردار است. ایستگاه لاجیم نیز مطلوبیتی شبیه دو زیستگاه مذکور دارد. اما ایستگاه قادیکلا با میزان ۰/۸۷ دارای بیش‌ترین میزان مطلوبیت برای ۳ گونه مورد پژوهش است. این منطقه از آن‌جایی‌که از مناطق جنگلی تقریباً انبوه مازنداران است و از میزان بارندگی خوبی برخوردار است انتظار می‌رفت مطلوبیت محیط‌زیستی مناسبی‌هم‌داشته‌باشدکه نتایج حاصل از ارزیابی HEP نیز این وضعیت را تایید می‌کند. این‌که عدد مطلوبیت زیستگاه جنگلی قادیکلا به نسبت بقیه بالاتر است، بیش‌تر از آن‌که مربوط به عوامل محیطی باشد مربوط به شرایط نمونه‌برداری، حضور انسانی و تا حدی میزان فرسایش خاک می‌تواند باشد. گونه‌های مطالعه شده برای این تحقیق از سه رده مختلف گونه‌های شاخص جنگلی انتخاب شدند که مطلوبیت نهایی برای این سه گونه به نوعی می‌تواندمنعکس‌کننده مطلوبیت‌زیستگاه‌برای‌سایر گونه‌های

جنگلی در این مناطق نیز باشد. در واقع عدد نهایی شاخص مطلوبیت زیستگاه‌به‌دست‌آمده‌در این تحقیق نشان‌دهنده وضعیت کلی زیستگاه مورد نظر می‌تواند تلقی شود. مطالعات انجام شده در ایران در زمینه هپ عمدتاً به ارزیابی یک زیستگاه برای یک گونه خاص پرداخته شده است ازجمله مطالعه کرمی و همکاران (۱۳۸۵) برای ارزیابی زیستگاه کفتار راه راه ایرانی در پارک ملی خجیر یا مشتاقی و همکاران (۱۳۹۲) که شاخص‌های مرتبط با نمایه تغذیه‌ای و زیستگاهی را با مدل HEP محاسبه و عوامل مطلوبیت را مشخص کردند. مطالعه حاضر با نگاهی که به‌روش به‌کارگرفته شده در هریک از این پژوهش‌های علمی داشته این مدل‌سازی را برای مقایسه چند زیستگاه به‌کار برده است و از این جهت نوآوری در تحقیق قابل ارائه است. در مطالعات خارجی نیز عمدتاً روش HEP و HISبرای کمی‌کردن و ارزیابی مطوبیت زیستگاهی استفاده شده است به‌عنوان نمونه می‌توان به مطالعه Yang و همکاران (۲۰۱۷) اشاره کرد که از شاخص AL در ارزیابی زیستگاه (HSI) استفاده کردند که استفاده از شاخص مساحت در این تحقیق به‌نوعی با روش آن انطباق دارد. De Cock (۲۰۱۸) به ارزیابی زیستگاه مناسب کرم شب‌تاب پرداخته و به نتایجی مشابه با این پژوهش دست یافته است. در پژوهشی مشابه Kostadin و همکاران (۲۰۱۸) برای ماهی‌های گرد از روش تعمیم‌یافته برای ارزیابی زیستگاهی استفاده کردند و درگذشته نیز می‌توان به مطالعه Ebischer و Robertson، ۱۹۹۲ اشاره نمود که پایه‌ای‌برای به‌کارگیری این روش در ارزیابی مطلوبیت زیستگاه می‌تواند تلقی شود. این تحقیق با هدف ارزیابی مطلوبیت ۴ زیستگاه مختلف در شمال کشور که نمونه بهترین مناطق جنگلی کشور را دارند، انجام گرفته که مطالعات داخلی کم‌تر به این شیوه زیستگاه‌ها کمی‌سازی شده‌اند. نتایج تحقیق کاربردی بوده و می‌تواند در مدیریت گونه و زیستگاه استفاده گردد. همانند تمام تحقیقات این پژوهش نیز با محدودیاتی روبرو بوده است ازجمله محدودیت زمانی و مکانی که فرصت و امکان دسترسی به برخی مناطق برای نمونه‌برداری وجود نداشت و بعضی از تله‌ها گاهی از بین رفته بود اما با افزایش تله‌ها و بالا بردن دقت جمع‌آوری نمونه‌ها سعی در کاهش اریب خطا شده است. چنان‌چه نتایج حاصل این پژوهش با روش سنجش از دور و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای ترکیب شود دقت کار به‌میزان زیادی بالا رفته و به‌عنوان تحقیقات آینده مفید خواهد بود.

منابع

۱. **امیدی، م.؛ کابلی، م.؛ کرمی، م.؛ سلمان، آ. و حسن‌زاده‌کیابی، ب.، ۱۳۸۹.** مدل‌سازی مناسب بودن زیستگاه‌های لئوپارد فارسی (*Panthera pardus saxicolor*) با روش تجزیه و تحلیل فاکتورهای محیط‌زیست در پارک ملی کلاه قاضی استان اصفهان. مجله علوم و فن‌آوری محیط‌زیست. دوره ۶، شماره ۸۲، صفحات ۶۴۲ تا ۶۹۳.

۲. **بختیاری، س.، ۱۳۹۶،** اطلس جامع گیتاشناسی (راهنمای کامل جهان امروز). گیتاشناسی، تهران. صفحات ۸۲ تا ۸۵.

۳. **حسینی، س.؛ ریاضی، ب.؛ شمس‌اسفندآباد، ب. و نادری، آ.، ۱۳۹۶.** ارزیابی مناسبات زیستگاه *Capra aegagrus* در استان گلستان. مجله محیط زیست‌جانوری. دوره ۲، شماره ۹ ، صفحات ۹ تا ۱۶.

۴. **خلیلی، ف.؛ ملکیان، م.؛ رجایی، ن. و همامی، م.، ۱۳۹۵.** ارزیابی زیستگاه سنجاب ایرانی (*Sciurus anumalus*) در منطقه جنگلی سروک در استان کهگیلویه و بویراحمد. بوم‌شناسی کاربردی. سال ۵، شماره ۴، صفحات ۱۵ تا ۲۴.

۵. **سلامتان، ص. و آقابابایی، م.، ۱۳۹۱.** ارزیابی زیستگاه پارک ملی کلاه قاضی با استفاده از روش هپ. کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. تهران. وزارت کشور.

۶. **سلمان‌ماهینی، س.، ۱۳۷۳.** ارزیابی محیط‌زیست در محیط‌زیست در منطقه تورانی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه ارزیابی محیطی. دانشگاه تهران. ۴۵ صفحه.

۷. **شعاعی، آ.؛ گلی‌پور، م.؛ رضایی، ه. و ببرستانی، ی.م.، ۱۳۹۶.** ارزیابی پذیرش زیستگاه *Panthera pardus saxicolor* با روش پس زمینه آنتروپی، Maxent در پارک ملی تاندور در تابستان و پاییز. مجله محیط زیست‌جانوری. دوره ۲، شماره ۹، ، صفحات ۲۱ تا ۳۰.

۸. **عرفانیان،ب.؛میرکریمی،س.ه.؛سلمان‌ماهینی،آ.س.و رضایی، ه.ر.ا.، ۱۳۹۲.** مناسب بودن موجودیت زیستگاه مدل‌سازی برای *Panthera pardus saxicolor* در پارک ملی گلستان ایران. مجله زیست‌شناسی حیات‌وحش.دوره ۲، شماره ۶۹، صفحات ۶۳۰ تا ۶۳۲.

۹. **عمانی، س.، ۱۳۸۹.** ارزیابی تناسب زیستگاه *Gazella bennettii* در منطقه شکارممنوع سرخ در زابل در پاییز و زمستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ۶۸ صفحه.

۱۰. **کرمی، م.ریاضی، ب. و کلانی، ن.، ۱۳۸۵.** ارزیابی زیستگاه کفتار راه راه ایرانی در پارک ملی خجیر و ارائه مدل مطلوبیت با کمک روش HEP. علوم محیطی. دوره ۳. شماره ۱۱. ص ۷۷-۸۶.

۱۱. **کرمی، پ.، ۱۳۹۳.** مدل‌سازی مناسبات زیست‌محیطی منطقه شکار (*subgutturosa*) *Subgutturosain gharaviz* با روش تجزیه و تحلیل عامل فیزیکی (ENFA). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲۱ صفحه.

۱۲. **کرمی، م.؛ رضایی، ب. و کولایی، ن.، ۱۳۸۵.** مدل‌سازی سازگاری با محیط زیست *Gazella subgutturosa subgutturosa* در منطقه شکار گاراوییز استان کرمانشاه با ANN. مجله تحقیقات حیوانی مجله علمی ایران. دوره۳، شماره ۲۹، صفحات ۳۴۰ تا ۳۵۰.

۱۳. **کرمی،م.؛حسن‌زاده‌کیابی، ب.؛ سلمان‌ماهینی، س. و پناهنده، م.، ۱۳۹۱.** ارزیابی محیط‌زیست پهناور با مدل HEP در استان استان گیلان. مجله گیاه و اکوسیستم. شماره ۱۴، صفحات ۲۵ تا ۴۰.

۱۴. **کرمی، م.؛ حسن‌زاده کیابی، ب.؛ سلمان‌ماهینی، ع. و پناهنده، م.، ۱۳۸۷.** ارزیابی زیستگاه قرقاول معمولی در زیستگاه توتستان استان گیلان براساس روش هپ. گیاه و زیست‌بوم. دوره ۴، شماره ۱۴، صفحات ۲۵ تا ۴۰.

۱۵. **مشتاقی، م.؛ کابلی، م. و شمسایی، م.، ۱۳۹۲.** تعیین شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) اردک سرسبز *Anas platyrhynchos* در رودخانه زاینده رود. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز. دوره ۵، شماره ۱۸، صفحات ۱۳ تا ۲۲.

۱۶. **ملکی‌نجف‌آبادی، س.، ۱۳۸۹.** تعیین پارامترهای زیستگاه *Ovis orientalis Isphahanica* توسط GIS. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد گروه ارزیابی آلودگی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۶۵ صفحه.

۱۷. **منوری، س.م. و مومن‌بلاه‌فرد، س.ا.، ۱۳۸۹.** ابزار ارزیابی مبتنی بر GIS برای حفاظت از تنوع‌زیستی. مجله بین‌المللی تحقیقات محیط زیست. دوره ۴، شماره ۴، صفحات ۷۰۱ تا ۷۱۲.

۱۸. **هوشمند، ف. و ایزدی، ف.، ۱۳۹۲،** ارزیابی زیستگاه گور ایرانی (*Equus hemionus onager*) در منطقه حفاظت‌شده المند- بهادران باروش HEP. اولین همایش ملی برنامه‌ریزی، حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار، همدان. صفحات ۱۲۴ تا ۱۳۸.

۱۹. **Brook, P., 2007.** Improving habitat suitability index models, wildlife society bulletin. Vol. 35, No. 1, pp: 163-167.

۲۰. **De Cock, R., 2018.** Biology and behaviour of lampyrids. Bioluminescence in Focus: A Collection of Illuminating Essays. University of Antwerp. pp: 163-200.

۲۱. **DFO. 2016.** Review of Habitat Evaluation Procedure (HEP) input parameters and model results for the Meadowbank Gold Mine Project. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2016/038.

۲۲. **Doyon, F.; Higgelke, P.E. and MacLeod, H.L., 2000.** Prepared for Millar Western Forest Products' Biodiversity Assessment Project. KBM Forestry Consultants Inc. Thunder Bay, Ontario. pp: 8-19.

۲۳. **Ebischer, N.J. and Robertson, P. A., 2012.** Practical aspects of compositional analysis as applied to pheasant habitat. Utilization in wildlife. pp: 285-293.

۲۴. **Eigenbrod, F.; Hecnar, S. and Fahrig, L., 2008.** Accessible habitat: an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. Landscape Ecology. Vol. 23, No. 2, pp: 159-168.

۲۵. **Erfanian, B.; Mirkarimi, S.H.; Mahini, A.S. and Rezaei, H.R. A., 2013.** presence-only habitat suitability. modeling for Persian leopard in Golestan National Park, Iran. Wildlife Biology. Vol. 69, No. 2, pp: 630-632.

۲۶. **Gelbard, J. and Belnap, J., 2003.** Roads as Conduits for Exotic Plant Invasions in a Semiarid Landscape. Conservation Biology. Vol. 17, No. 2, pp: 420-432.

۲۷. **Geneletti, D., 2003.** Biodiversity Impact Assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. Environmental Impact Assessment Review. Vol. 23, pp: 343-365.

۲۸. **Haukos, D.A. and Smith, L.M., 1991.** Vegetation management in playa lakes for wintering waterfowl. Management Note 14. Department of Range and Wildlife Management. Texas Tech University, Lubbock. 4 p.

۲۹. **Hirzel, A. and Arlettaz, R., 2003.** Modeling habitat suitability for complex species distributions by the environmental distance geometric mean. Environ Manage. Vol. 32, 614 p.

۳۰. **Hing, S.; Narayan, E.J.; Thompson, R.C. and Godfrey, S., 2016.** The relationship between physiological stress and wildlife disease: consequences for health and conservation. Ecology, Management and Conservation in Natural and Modified Habitats. Vol. 38, No. 1, pp: 309-317.

۳۱. **Kostadin, B.G.; Thorna, S.; Zlatanovc, T.; Nikolovd, B.P.; Shurulinkove, P.; Daskalovae, G. and Gottschalkf, T. K., 2018.** Evaluating the importance of managed forests as habitat for the *Semicollared flycatcher*. Forest Ecology and Management. Vol. 41, No. 4, pp: 123-129.

۳۲. **Machmer, M.; Utzig, G.F.; Gates, T.M.; Savignac, C. and Dulisse, J., 2017.** Development of a Northern Goshawk habitat suitability index for forest types of the Kootenay region. Conference: Proc. Biology and Management of Species and Habitats at Risk, At Kamloops, BC, Canada. pp: 241-246.

۳۳. **McCrain, M. and Gerald, R., 2012.** Habitat evaluation procedures (HEP) applied to mitigation banking in North Carolina, Journal of Environmental Management. Vol. 45, No. 2, pp: 153-162.

۳۴. **McGarigal, K.; Crist, M.; Roworth, E. and Romme, W.H., 2001.** Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado (USA). Landscape Ecology. Vol. 16. pp: 327-349.

۳۵. **Morrison, M.L.; Marcot, B.G. and Mannan, R.W., 1992.** Wildlife-habitat relationships: Concepts and applications. Madison. WI: University of Wisconsin Press. 343 p.

۳۶. **Olivier, F. and Wotherspoon, S.J., 2006.** Habitat selection Modelling, using presence-only data: Case study of a colonial hollow nesting bird, the snow petrel. Ecological Modelling. Vol. 195, pp: 187-204.

۳۷. **Peterson, A.T.; Lash, R.R.; Carroll, D.S. and Johnson, K.M., 2006.** Geographic potential for outbreaks of Marburg hemorrhagic fever. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. Vol. 75, pp: 9-15.

۳۸. **Tanaka, A., 2008.** First application of Habitat Evaluation Procedure to EIA in Japan: How to quantify loss and gain of habitats. IAIA08 Conference Proceedings, 28th Annual Conference of the International Association for Impact Assessment. Perth Convention Exhibition Centre, Perth. Australia. pp: 741-749.

۳۹. **Timossi, I.C., Woodard, E.L. and Barrett, R.H., 2015,** Habitat sustainability models for use with ARC/INFO. Department of Environmental Science, Policy, and Management Universit y of California. Berkeley and the Sierra Nevada Ecosystem Project. 26 p.

۴۰. **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 Regiom Yakima. Washington. 128 p.

۴۱. **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. 98 p.

۴۲. **Wakeley, J.S., 2018.** A method to create simplified versions of existing habitat suitability index models. Environmental Management. Vol. 20, No. 1, pp: 79-83.

۴۳. **Yang, H.; Viñaa, b.A.; Tanga, Y.; Zhanga, C.J.; Wanga, F.; Zhaoa, Z. and Liua, J., 2017.** Range-wide evaluation of wildlife habitat change: A demonstration using Giant Pandas. Biological Conservation. Vol. 213, No. 2, pp: 203-209.