

## مقاله پژوهشی

## بررسی تنوع و فراوانی جامعه خفاش‌ها با استفاده از روش زیست صوت‌شناسی (بیوآکوستیک) در اکوسیستم کوهستانی- جنگلی محدوده شهرستان رودبار-گیلان

شیوا پیروی‌لطیف<sup>۱</sup>، رخشاد حجازی<sup>۱\*</sup>، سهراب اشرفی<sup>۲</sup>، سیدعلی جوزی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

## چکیده

## کلمات کلیدی

**مقدمه:** تنوع گونه‌ای از بارزترین خصوصیات یک جامعه زیستی است و تنوع خفاشان به‌عنوان شاخص زیستی در اکوسیستم‌های کوهستانی جنگلی مطرح می‌باشند. هدف از این مطالعه برآورد پارامترهای جامعه خفاشان با استفاده از روش زیست صوت‌شناسی (بیوآکوستیک) در جنگل‌های هیرکانی محدوده شهرستان رودبار استان گیلان بوده است.

**مواد و روش‌ها:** نمونه‌برداری در فصل تابستان (تیر و مرداد) ۱۳۹۸ و با استفاده از دستگاه ضبط خودکار فرکانس آوای خفاش (Bat Logger) در محدوده زیستگاه تولیدمثلی (Reproductive) و خوراک‌جویی (Foraging) خفاشان انجام شد.

خفاشان  
زیست صوت‌شناسی  
تنوع و فراوانی  
جنگل‌های هیرکانی  
شهرستان رودبار

**نتایج:** در مجموع ۲۰ گونه خفاش از سه خانواده و هشت جنس مختلف در محدوده مطالعاتی شناسایی گردید. جنس *Myotis* با هشت گونه و بعد از آن جنس *Pipistrellus* با چهار گونه بیش‌ترین تعداد گونه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. جنس‌های *Nyctalus* و *Plecotus* هر کدام با دو گونه و جنس‌های *Rhinolophus* و *Miniopterus* و *Barbastella* و *Eptesicus* هر کدام با یک گونه کم‌ترین تعداد گونه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. غنای گونه‌ای به‌روش جک‌نایف برابر با  $(7-35/18)$   $26/9$  برآورد گردیده است. معیار تنوع سیمپسون برابر با  $(0/0-77/81)$  و معیار یکنواختی اسمیت و ویلسون برابر با  $0/22$  برآورد گردید. به‌طور کلی مشخص گردید که منطقه مورد مطالعه به‌دلیل برخورداری از زیستگاه‌های متنوع کوهستانی، جنگلی، آبی و کشاورزی از تنوع بالایی از خفاشان برخوردار است.

**نتیجه‌گیری و بحث:** در نهایت با توجه به کاربرد روش زیست صوت‌شناسی در برنامه‌های حفاظت و مدیریت تنوع‌زیستی جنگل، پیشنهاد می‌شود که از دستگاه‌های BATLOGGER (M, C) به‌دلیل سهولت استفاده و کارایی در نمونه‌برداری صحرائی، در پایش اکوسیستم‌های کوهستانی-جنگلی در سطح سیمای‌سرزمین استفاده گردد.

\* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rokshadhejazi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۷ اسفند ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۲ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۷ تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۸ تیر ۱۳۹۹

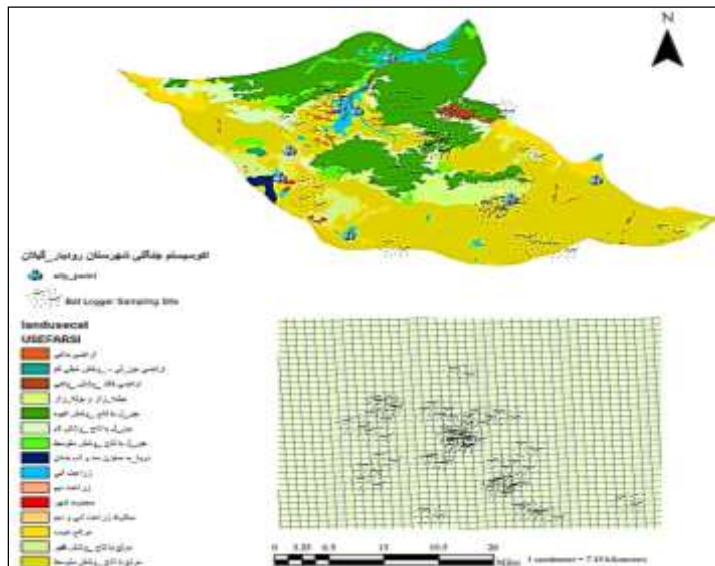
(DOI): 10.22034/aej.2021.132651

## مقدمه

خفاش‌ها (Chiroptera) بعد از جوندگان، متنوع‌ترین و فراوان‌ترین راسته پستانداران هستند و از تنوع گونه‌ای زیادی برخوردار می‌باشند (Hutson و همکاران، ۲۰۰۱). این تنوع و فراوانی در ایران نیز قابل مشاهده است. در ایران تاکنون ۵۱ گونه متعلق به هشت خانواده و ۱۹ جنس شناسایی شده است (Benda و همکاران، ۲۰۱۴؛ Naderi و همکاران، ۲۰۱۷). به طوری که این میزان تنوع فون خفاشان در ایران بسیار چشم‌گیر و هم‌تراز با تنوع گونه‌ای اروپا مقایسه می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵). تنوع گونه‌ای در بردارنده دو مولفه، غنای گونه‌ای یا تعداد گونه‌ها و یکنواختی گونه‌ای، که بازتاب فراوانی نسبی گونه‌های متفاوت در جامعه است (Williams و همکاران، ۲۰۰۲) و از بارزترین خصوصیات یک جامعه زیستی شناخته می‌شود که قابل اندازه‌گیری است (Krebs، ۲۰۱۴) این خصیصه می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد مناسب برای توصیف جوامع زیستی باشد. تمرکز اصلی بوم‌شناسی جامعه به هم‌کنشی بین جمعیت گونه‌های مختلف است و مهم‌ترین مشخصه مطالعات بوم‌شناسی جامعه، غنای گونه‌ای است (Williams و همکاران، ۲۰۰۲). غنای گونه‌ای تابعی از نرخ انقراض، استقرار، روگشت و مهاجرت محلی است، بنابراین در سطح جامعه، تغییر در هریک از این نرخ‌های حیاتی باعث تغییر این پارامتر خواهد شد (Williams و همکاران، ۲۰۰۲). خفاشان شاخص زیستی طبیعی بودن زیستگاه شناخته می‌شوند. خفاشان در اکوسیستم‌های جنگلی خدمات اقتصادی و اکولوژیکی متنوعی از جمله: انتشار دانه، گرده افشانی و کنترل حشرات ارائه می‌دهند (Kunz و همکاران، ۲۰۱۱؛ Kasso و Balakrishnan، ۲۰۱۳). علاوه بر این در برنامه‌های مدیریت و حفاظت از تنوع زیستی و هم‌چنین در بررسی‌های ارزیابی اثرات آشفته‌گی‌های انسانی بر روی تنوع زیستی از مولفه‌های غنا و یکنواختی گونه‌ای برای مشخص کرده ماهیت جامعه زیستی و ردگیری روند تغییرات به‌طور فراوان استفاده می‌شود (Fenton و همکاران، ۱۹۹۲؛ Jones و همکاران، ۲۰۰۹). با گروه‌بندی خفاشان در سلک‌های (Guilds) مختلف می‌توان نقش عملکرد پایه‌ای را که در اکوسیستم جنگلی ایفا می‌کنند مشخص کرد. سلک شامل گروهی از گونه‌هاست که از یک پایگاه مشترک منابع (مثل غذا و زیستگاه) به شیوه‌ای مشابه استفاده می‌کنند (Fenton و همکاران، ۲۰۱۶). خفاشان بسته به نوع زیستگاه و رفتار خوراک‌جویی در سلک‌های متفاوتی جای می‌گیرند و گونه‌های متعلق به هر سلک در بهره‌برداری از منابع، دارای استراتژی‌های خوراک‌جویی، رفتار پژواک‌جایی مشابه هستند که در نهایت مجموعه سلک‌های مختلف با آشیان اکولوژیک متفاوت از مجموعه‌ای گوناگون از حشرات و خرد زیستگاه‌های مختلف جنگل بهره‌برداری می‌نمایند (Fenton و همکاران، ۲۰۱۶). اطلاعات مورد نیاز برای تعیین هریک از جنبه‌های تنوع گونه‌ای

خفاش‌ها از توزیع فراوانی گونه‌های مختلف که نشان‌دهنده تعداد افراد هر گونه در جامعه است به‌دست خواهد آمد. جمع‌آوری این گونه اطلاعات نیازمند شناسایی و شمارش افراد هر گونه در زیستگاه طبیعی است که با استفاده از روش‌هایی چون شمارش افراد در غارها، صید افراد در زیستگاه خوراک‌جویی و یا استفاده از دستگاه‌های خفاش‌یاب انجام می‌شود (Flaquer و همکاران، ۲۰۰۷). خفاش‌ها تنها پستاندارانی هستند که پرواز حقیقی دارند و با تولید آواهای با فرکانس بالا، اطلاعات مربوط به محیط اطراف خود را جمع‌آوری می‌کنند (Fenton و Simmons، ۲۰۱۴). خفاش‌ها به‌طور معمول از آواهای پژواک‌جایی (Echolocation) برای خوراک‌جویی (Foraging) و مسیریابی (Orientation) استفاده می‌نمایند (Obrist، ۱۹۹۵؛ Altringham و همکاران، ۲۰۱۱). که از آن می‌توان در مطالعات زیستگاهی و ارزیابی اثرات زیست محیطی استفاده کرد. برای شناسایی گونه‌های خفاش با استفاده از آواهای پژواک‌جایی که مختص هر گونه است باید دامنه فرکانس، حداکثر انرژی بسامد، طول مدت (زمان) آوا و توالی آوا مثل فواصل زمانی بین آواهای متوالی شناخته شود (Fenton و همکاران، ۲۰۱۶؛ Russo و همکاران، ۲۰۱۸). یکی از ابزارهای جدید، که با آن می‌توان به مطالعه ترکیب، تنوع و فراوانی جامعه خفاشان در ارتباط با زیستگاه‌شان پرداخت و کار با آن آسان و سریع است، بهره‌گیری از دستگاه‌های Bat detector است (Wordley و همکاران، ۲۰۱۴؛ Russo و Jones، ۲۰۰۲؛ Flaquer و همکاران، ۲۰۰۷). برای مثال Frey-Ehrenbold و همکاران (۲۰۱۳) در دشت‌های مرکزی سوئیس با روش زیست صوت‌شناسی و با استفاده از دستگاه Bat Logger C به بررسی رابطه بین عناصر ساختار سیمای سرزمین با فعالیت پروازی، غنای گونه‌ای و تنوع جامعه خفاشان حشره‌خوار در ۱۵ پلات با ابعاد چهار کیلومتر مربع پرداختند و براساس مشخصات بیواکوستیک مختص هر گونه، ۱۹ گونه از هشت جنس مختلف در قالب سه سلک خوراک‌جویی را از یکدیگر متمایز ساختند. Akmalی و همکاران (۲۰۰۴) به مطالعه انتخاب زیستگاه خفاش لب‌کوتاه (*Pipistrellus pipistrellus*) در منطقه دینور در غرب ایران پرداختند. در این مطالعه از دستگاه آشکارساز صوتی خفاش به مدت ۱۹ شب استفاده شد. نتایج آن‌ها نشان داد که تغذیه این خفاش عمدتاً در محدوده متنوعی از زیستگاه‌های آبی است. اگرچه از دیگر زیستگاه‌های خشکی به‌طور منظم استفاده می‌نمایند. Fathipour و همکاران (۲۰۱۶) به مطالعه توزیع فون خفاشان غارزی در استان ایلام پرداختند. نتایج این مطالعه حاکی از حضور ۱۱ گونه از پنج خانواده و پنج جنس در استان ایلام بوده است. در مطالعه حاضر از دستگاه اتوماتیک ضبط فرکانس آوای خفاش برای شناسایی گونه‌های مختلف استفاده شد و سپس آواهای به‌دست آمده توسط این دستگاه با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه آنالیز گردید (Russo و Jones،

۲۸۲۸۹ هکتار در مرکز شهرستان و بخش‌هایی از منطقه حفاظت‌شده گشت رودخان و سیاه‌مزیگی (۳۹۵۱۴ هکتار) در شمال غربی شهرستان وجود دارد که تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست قرار دارد.



شکل ۱: نقشه شبکه‌بندی منطقه مورد مطالعه

سلول‌های بررسی شده با نقاط تیره نشان داده شده است

**روش نمونه‌گیری:** نمونه‌برداری و ثبت فرکانس آوایی خفاش‌ها تحت مجوز سازمان حفاظت محیط‌زیست و با هماهنگی اداره کل محیط زیست استان گیلان و اداره محیط‌زیست شهرستان رودبار انجام شد. نمونه‌برداری در فصل تابستان (تیر و مرداد) ۱۳۹۸ و با استفاده از دستگاه ضبط خودکار فرکانس آوایی خفاش (Bat Logger) از غروب آفتاب تا صبح فردا (از ساعت ۱۸ عصر لغایت ۶ صبح) به مدت ۱۲ ساعت در هر شبانه روز و در مجموع به مدت هفت شب انجام شد. از نظر فضایی در مجموع از ۱۵ نقطه جغرافیایی به صورت نقطه‌ای و هم‌چنین در برخی از مناطق از ترانسکت خطی (Adams و همکاران، ۲۰۱۲) با استفاده از اتومبیل و یا پیاده نمونه‌برداری شد. با توجه به این که گونه‌های مختلف از زیستگاه‌های متفاوتی برای استراحت، زادآوری و خوراک‌جویی استفاده می‌نمایند (Russo و Jones، 2003). بنابراین سعی گردید از بخش‌های مختلف زیستگاه از جمله غارها، مناطق روستایی و کشاورزی، زیستگاه‌های آبی و تالابی، مناطق جنگلی پر تراکم، مراتع و علفزارها نمونه‌گیری شود. در هر زیستگاه برای تعیین الگوی فعالیت و شناسایی گونه‌های غارزی و جنگلی، پس از غروب آفتاب و هم‌زمان با شروع فعالیت خوراک‌جویی خفاش‌ها، به‌طور تصادفی در زیستگاه‌های مختلف با استفاده از دستگاه خفاش‌یاب دستی و دستگاه ضبط خودکار فرکانس آوایی خفاش اقدام به شناسایی و ثبت فرکانس آوایی خفاش گردید (MacSwiney و همکاران، ۲۰۰۸). با استفاده از فرکانس پژواک‌جایی (Ecolocation) خفاش‌ها می‌توان

هدف از این مطالعه برآورد مهم‌ترین پارامتر جامعه خفاشان جنگلی یعنی تنوع گونه‌ای و خلاصه‌سازی اطلاعات مربوط به آن در قالب یک پارامتر استاندارد با بهره‌گیری از روش زیست‌صوت‌شناسی (بیواکوستیک) به منظور کاربرد این روش نمونه‌برداری در برنامه‌های پایش و مدیریت زیستگاه خفاشان در سطح سیمای سرزمین است (Russo و Voigt، ۲۰۱۶). هم‌چنین این مطالعه می‌تواند یک روش مناسب برای مطالعات جامعه و طرح فرضیات جدید مربوط به تنوع گونه‌ای خفاشان در مناطق کوهستانی- جنگلی در مقیاس وسیع باشد.

## مواد و روش‌ها

**محدوده مورد مطالعه:** جنگل‌های هیرکانی شامل کمربند ممتد ۸۰۰ کیلومتری در جنوب دریای خزر در نیم‌رخ شمالی رشته کوه البرز است. جنگل‌های هیرکانی با قدمت ۲۵ میلیون سال باقی‌مانده از دوره چهارم یخبندان است و به‌عنوان نمادی از فسیل‌های زنده و میراث طبیعی جهان شناخته می‌شود. علاوه بر این منطقه هیرکانی (شامل زیستگاه‌های جنگلی و غیر جنگلی) از غنای تنوع‌زیستی و بوم‌زادی بالای گیاهی برخوردار است و با ۳۲۳۴ گونه شناخته‌شده در بردارنده ۴۴ درصد فلور ایران می‌باشد (توحیدی‌فر و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از این رویشگاه‌ها، جنگل‌های دامنه‌های اطراف قله درفک شهرستان رودبار می‌باشد که جزو بکرترین و با ارزش‌ترین جنگل‌های گیلان به‌شمار می‌رود. جامعه خفاشان مورد مطالعه در محدوده شهرستان رودبار در استان گیلان قرار دارد (شکل ۱). شهرستان رودبار از طرف شمال به شهرستان رشت، شفت و از طرف شرق به سیاهکل، از طرف جنوب به استان قزوین و از طرف غرب به استان زنجان محدود شده است. متوسط درجه حرارت سالیانه براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی منطقه رودبار معادل ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین درجه حرارت پایین‌تر از متوسط سالیانه و در شش ماه دیگر بالاتر از آن می‌باشد. سردترین ماه‌های سال دی و بهمن با ۷/۷ درجه سانتی‌گراد و گرم‌ترین ماه سال مرداد ماه با ۲۴/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (اداره آب و هواشناسی استان گیلان، ۱۳۹۸). پوشش گیاهی این شهرستان عمدتاً از نوع جنگل و مرتع می‌باشد (شکل ۱). با توجه به تأثیر شرایط اقلیمی گرم و مرطوب جلگه گیلان، پوشش جنگلی در بخش‌هایی از رحمت‌آباد و بلوکات، قسمت‌هایی از بخش مرکزی و باریکه‌ای در شمال غربی و غرب بخش عمارلو دیده می‌شود که با افزایش فاصله از این اقلیم مرطوب، نوع و تراکم پوشش گیاهی به شکل قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. به‌طوری که در بخش‌های جنوبی، جنوب‌غربی و جنوب شرقی پوشش جنگلی حذف و عمدتاً با مراتع کوهستانی جایگزین می‌شود (صادقی‌پورحلیمه‌جانی، ۱۳۹۴). در محدوده مورد مطالعه منطقه حفاظت‌شده سیاه‌رود به وسعت

مرحله بعد براساس شکل فرکانس و سپس کیفیت فرکانس و طول فرکانس گونه‌ها شناسایی گردیدند (Bader و همکاران، ۲۰۱۸). در رابطه با برآورد غنا و فراوانی نسبی گونه‌ها در مطالعات جامعه دو فرض اساسی وجود دارد. فرض مربوط به غنای گونه‌ای یا تعداد گونه‌های شمارش شده در واحدهای نمونه‌گیری این است که تمامی گونه‌ها کشف و شناسایی گردیده است و فرض دوم این است که همه گونه‌ها در جامعه با احتمال یکسانی نمونه‌گیری شده‌اند (Williams و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به این که مهم‌ترین آماره شمارش در سطح جامعه عبارتست از تعداد افراد کشف شده در مقابل تعداد گونه‌های شناسایی شده، بنابراین در این مطالعه از دو نوع از داده‌های به‌دست آمده از دستگاه BatLogger برای برآورد غنا و فراوانی نسبی گونه‌ها استفاده گردید. داده‌های اول مربوط به تعداد آواهای کشف شده (تعداد آوای جزئی) می‌باشد که توسط نرم‌افزار به‌طور اتوماتیک تشخیص داده شده است. این نوع از آواها ممکن است بخشی از یک فرکانس کامل یک گونه باشد و بیانگر تعداد کل آواهای (N) مربوط به یک گونه است. از این داده برای برآورد نسبت و سهم گونه‌ها در نمونه و از آن برای شناسایی گونه‌ها بر اساس حداکثر احتمال فراوانی هر آوا به گونه‌های مختلف و برآورد یکنواختی گونه‌ای استفاده گردید. داده‌های دوم مربوط به تعداد آوای حقیقی (n) یا تعداد فرکانس‌هایی است که به‌طور کامل و با کیفیت مناسب ضبط شده است که توسط کاربر از مجموع کل آواها انتخاب شده است ( $n < N$ ). انتخاب نهایی با استفاده از تجربه قبلی و شناخت زیستگاه و هم‌چنین شکل و کیفیت اصوات گونه‌های مختلف، از یکدیگر تفکیک و متمایز شده‌اند و از آن برای برآورد غنای گونه‌ای استفاده شده است. در این مطالعه فرض بر این شده است که فراوانی فرکانس‌های به‌دست آمده (n, N) رابطه مستقیم و خطی با فراوانی حضور گونه (Abundance) در زیستگاه دارد. N و n دارای توزیع نامتقارن و چولگی مثبت می‌باشند و از همبستگی بالایی برخوردار هستند. همبستگی بین این دو نوع متغیر برابر با ۰/۹۶ می‌باشد.

#### تجزیه و تحلیل آماری پارامترهای جامعه: چگونگی انتخاب

معیار ناهمگنی و یکنواختی برای استفاده از داده‌ها باید بر این اساس باشد که: بیش‌ترین تأکید بر روی گونه‌های چیره است یا گونه‌های نادر (اجتهادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Krebs، ۲۰۱۴)؟ اگرچه بوم‌شناسان به‌طور معمول علاقه‌مند به گونه‌های نادر در جامعه هستند، اما از نقطه نظر بوم‌شناسی جنگل گونه‌های رایج از اهمیت بیش‌تری برخوردارند چرا که سهم آن‌ها در شبکه غذایی، جریان انرژی و کنترل آفات در اکوسیستم‌های جنگلی بیش‌تر است (Kunz و همکاران، ۲۰۱۱). نکته دیگر به‌روش نمونه‌برداری و شناسایی گونه‌ها بر می‌گردد. با توجه به این که شناسایی گونه‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف نتایج متفاوتی را ارائه می‌دهند (Brabant و همکاران، ۲۰۱۸) و احتمال هم‌پوشانی

نوع گونه و محل حضور آن‌ها را شناسایی کرد (Jones و Russo، ۲۰۰۲). در ابتدا با استفاده از دستگاه خفاش‌یاب دستی نقاط حضور خفاش‌ها شناسایی گردید (شکل ۲). در این مرحله از نرم‌افزار BatLib App که قابلیت نصب بر روی سیستم عامل اندروید دستگاه تلفن همراه دارد، بر اساس پیک فرکانس و دامنه فرکانس (کیلوهرتز) تولید شده توسط خفاش‌ها و هم‌چنین مقایسه صدای دریافت شده از دستگاه با صدای نرم‌افزار می‌توان به تطبیق صدا و شناسایی گونه مورد نظر پرداخت. علاوه بر این نرم‌افزار اطلاعات بیش‌تری از گونه مورد نظر، مثل نوع زیستگاه، زمان فعالیت، مشخصات آکوستیک، وزن (گرم)، طول بال و اندازه بدن (سانتی‌متر) و تصاویر مختلفی از آن ارائه می‌دهد (Elekon AG). در مرحله بعد برای ثبت و ضبط فرکانس آوایی گونه‌ها اقدام به نصب و راه‌اندازی دستگاه ضبط خودکار فرکانس آوای خفاش براساس دستورالعمل Bader و همکاران (۲۰۱۸) نموده است. در این مطالعه از دستگاه BATLOGGER C (Elekon AG, Lucerne, Switzerland) برای ضبط و ثبت فرکانس آوایی خفاشان استفاده گردید (شکل ۲). صداهای ضبط شده توسط این دستگاه سپس با نرم‌افزار شرکت تولید کننده دستگاه (Elekon) BatExplorer 2.1.6 آنالیز گردید.



شکل ۲: دستگاه BATLOGGER C (عکس بالایی) و دستگاه BATSCANNER STEREO (عکس پایینی)

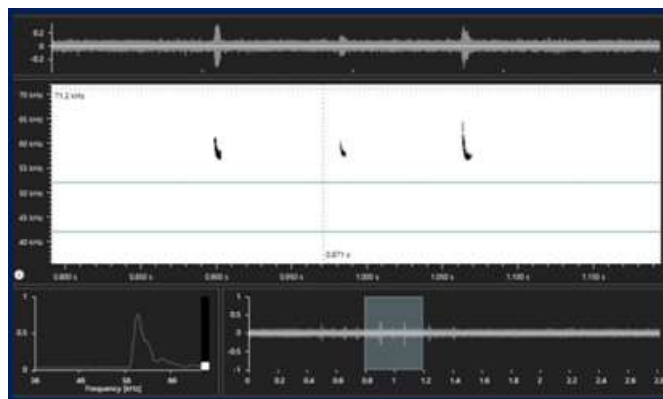
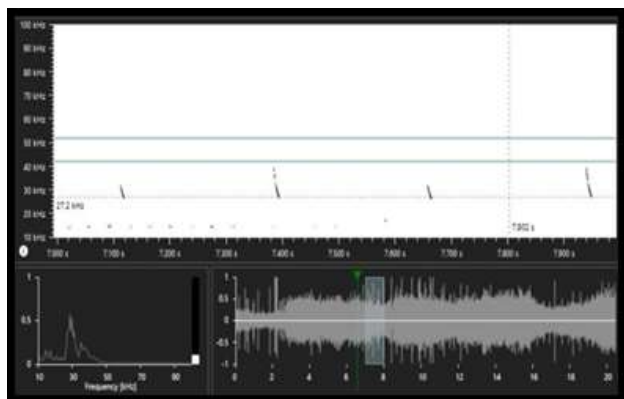
روش تجزیه و تحلیل داده‌های زیست صوت‌شناسی: در مرحله اول با گوش دادن به صدا (Pitch, Mixer, Divider) و در

نمونه‌گیری یکسان استفاده شده باشد (MacSwiney و همکاران، ۲۰۰۸). از این‌رو برای مقایسه جوامع در سال‌های آینده و یا در مناطق مشابه دیگر که از این روش نمونه‌برداری استفاده کرده‌اند اما از اندازه نمونه متفاوتی برخوردارند از روش ریرفکش برای استانداردسازی رابطه بین تعداد گونه‌ها و تعداد نمونه در برآورد غنای گونه‌ای استفاده گردید. شاخص‌های تنوع‌زیستی با استفاده از نرم‌افزار Ecological Methodology ورژن ۷/۲ محاسبه گردید.

## نتایج

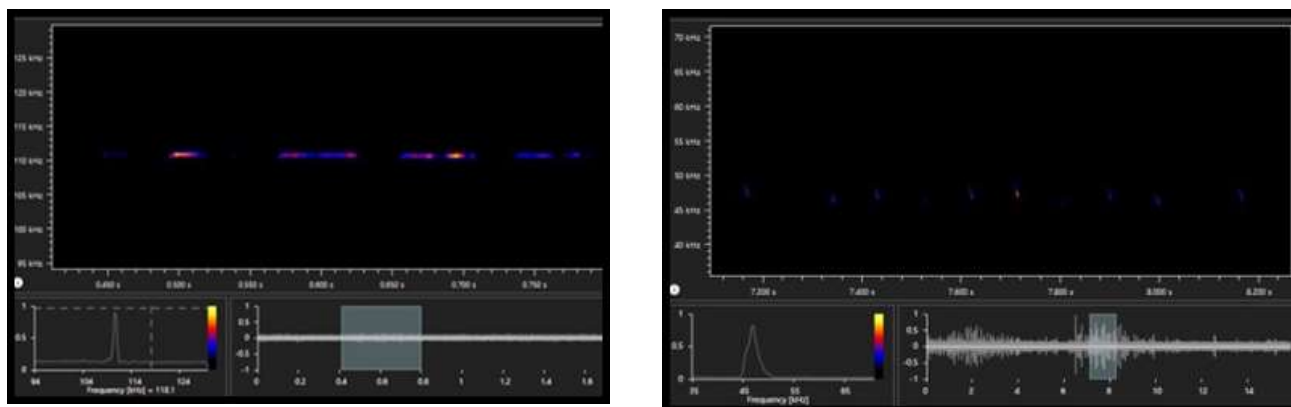
براساس تجزیه و تحلیل تعداد ۲۹۱۶ فرکانس ضبط شده در طی دوره نمونه‌گیری (هفت شب، ۸۴ ساعت)، تعداد ۶۷۲۰ آوا توسط نرم‌افزار به‌طور اتوماتیک شناسایی گردید. از کل مجموع آواهای ثبت شده (۶۷۲۰) تعداد ۳۴۶۵ (۵۱/۵ درصد) آوا مربوط به فرکانس گونه‌های مختلف خفاش بوده است و مابقی فرکانس نویز بوده است. با مقایسه طیف‌نگاره گونه پیشنهادی نرم‌افزار با طیف‌نگاره استاندارد هر گونه و مقایسه نوع صدای ضبط شده با صدای استاندارد هر گونه و همچنین تجربه و شناخت کاربر از زیستگاه و دامنه فرکانس هر گونه، تعداد ۳۲۵۵ فرکانس پارازیت (۴۸/۵ درصد) (صدای جیرجیرک، قورباغه و سایر پارازیت‌ها) شناسایی و آن دسته از گونه‌هایی که به اشتباه توسط نرم‌افزار انتخاب گردیده بود از مجموعه داده‌ها حذف گردید. در نهایت تعداد ۶۸۱ فرکانس آوایی براساس شکل و طول (میلی ثانیه) آوا و همچنین حداکثر انرژی (کیلو هرتز)، حداقل انرژی (کیلو هرتز)، بیشینه (پیک) انرژی (کیلو هرتز)، طول (ثانیه) و درصد کیفیت هر فرکانس در طیف‌نگاره ارایه شده، گونه‌ها از یکدیگر تفکیک و برای شناسایی نهایی گونه‌ها انتخاب گردید (شکل‌های ۳ و ۴). نتایج حاکی از حضور ۲۰ گونه خفاش از ۴ خانواده و ۸ جنس مختلف در محدوده مطالعاتی می‌باشد.

بین فرکانس آوایی گونه‌های رایج با گونه‌های نادر می‌باشد که ممکن است در جامعه حضور نداشته باشند و به اشتباه شناسایی گردیده‌اند. شناسایی اتوماتیک گونه‌ها بستگی به فاکتورهای متعددی مثل: کیفیت فرکانس ضبط شده، فاصله پروازی خفاش تا دستگاه گیرنده، نویز و پارازیت، نوع گونه، رطوبت و تنظیمات اولیه نرم‌افزار بستگی دارد (Bader و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این هم‌پوشانی مشخصات پژواک‌جایی بین گونه‌های مختلف، شناسایی گونه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد (Russo و همکاران، ۲۰۱۸). از این‌رو در این مطالعه به‌منظور برآورد دقیق متریک‌ها و جلوگیری از برآورد بیش از اندازه پارامترها که ممکن است ناشی از خطای احتمالی نرم‌افزار در شناسایی گونه‌ها باشد از شاخص‌های یکنواختی و ناهمگنی که وزن بیشتری به گونه‌های رایج می‌دهند و تحت تأثیر گونه‌های نادر در جامعه نیستند استفاده گردید (Krebs، ۲۰۱۴). در بین انواع معیارهای برآورد پارامترهای جوامع زیستی، شاخص ناهمگنی سیمپون و شاخص یکنواختی اسمیت و ویلسون و شاخص یکنواختی تغییر یافته نی به گونه‌های رایج، وزن بیشتری می‌دهند (Krebs، ۲۰۱۴). هم‌چنین معیار تغییر یافته نی زمانی استفاده می‌شود که توزیع فراوانی داده‌ها دارای چولگی است (اجتهادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Krebs، ۲۰۱۴). زمانی که از نمونه‌برداری کوادرات برای نمونه‌برداری جامعه استفاده می‌شود امکان استفاده از روش‌های ناپارامتریک مانند روش جک‌نایف و یا روش بوت‌استرپ وجود دارد. هنگامی که تعداد کوادرات‌ها کم است برآوردکننده جک‌نایف و هنگامی که تعداد کوادرات‌ها زیاد است برآوردکننده بوت‌استرپ پیشنهاد می‌شود (اجتهادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Krebs، ۲۰۱۴). با توجه به تعداد کم نمونه‌ها در این مطالعه (۷ شب) و با استفاده از ماتریس داده‌های حضور و عدم حضور گونه‌ها در هر دوره نمونه‌گیری (هر شبانه روز)، از روش جک‌نایف جهت برآورد غنای گونه‌ای استفاده گردیده است. برای ردگیری تغییرات جوامع در طی زمان و یا ارزیابی اثرات توسعه انسانی، باید گونه‌ها از نظر تاکسونومیک مشابه باشند و از یک روش



شکل ۳: قسمتی از طیف‌نگاره پی‌پی‌سترل کوتوله (سمت راست) و خفاش گوش‌بلند قهوه‌ای (سمت چپ)





شکل ۴: قسمتی از طیف‌نگاره پی‌پیستریل معمولی (سمت راست) و خفاش نعل‌اسبی کوچک (سمت چپ)

بلند‌خاکستری و در جنس *Nyctalus* خفاش جنگلی بیش‌ترین فراوانی را داشته‌اند. در جنس *Rhinolophus* خفاش نعل‌اسبی کوچک و در جنس *Barbastella* خفاش گوش‌پهن اروپایی فراوانی بالاتری نسبت به گونه‌های سروتین از جنس *Eptesicus* و گونه خفاش بال‌خمیده کمرنگ از جنس *Miniopterus* داشته‌اند. در بین ۲۰ گونه شناسایی شده گونه پی‌پیستریل معمولی (n=۲۶۱) بیش‌ترین فراوانی و خفاش گوش‌بلند قهوه‌ای (n=۱) و مایوتیس ناترر (n=۱) کم‌ترین فراوانی را داشته‌اند.

جنس *Myotis* با هشت گونه و بعد از آن جنس *Pipistrellus* با چهار گونه بیش‌ترین تعداد گونه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. جنس‌های *Nyctalus* و *Plecotus* هر کدام با دو گونه و جنس‌های *Rhinolophus* و *Miniopterus* و *Barbastella* و *Eptesicus* هر کدام با یک گونه کم‌ترین تعداد گونه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. در جنس *Myotis* گونه مایوتیس سبیل‌دار و مایوتیس انگشت‌دراز بیش‌ترین فراوانی را داشته‌اند. در جنس *Pipistrellus* گونه پی‌پیستریل معمولی و پی‌پیستریل کوتوله بیش‌ترین فراوانی را داشته‌اند. در جنس *Plecotus* خفاش گوش

جدول شماره ۱: فهرست گونه‌های شناسایی شده به تفکیک خانواده و جنس و فراوانی آواهای کشف شده

ردیف	نام فارسی گونه	نام علمی گونه	جنس	خانواده	کل تعداد آوا جزئی (Calls) کشف شده به صورت اتوماتیک (N)	تعداد فرکانس حقیقی شناسایی شده (n)	
۱	پی‌پیستریل معمولی	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	<i>Pipistrellus</i>		۱۶۹۴	۲۶۱	
۲	پی‌پیستریل کوتوله	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>			۴۱۸	۱۱۷	
۳	پی‌پیستریل کول (بال سفید)	<i>Pipistrellus kuhlii</i>			۲۸۳	۸۱	
۴	پی‌پیستریل ناتوزی	<i>Pipistrellus nathusii</i>			۲	۲	
۵	مایوتیس انگشت‌دراز	<i>Myotis capaccinii</i>	<i>Myotis</i>	Vespertilionidae	۷۲	۲۴	
۶	مایوتیس سبیل‌دار	<i>Myotis mystacinus</i>			۱۰۱	۲۷	
۷	مایوتیس گوش‌موشی بزرگ	<i>Myotis myotis</i>			۱۳۶	۲	
۸	مایوتیس آلکاته	<i>Myotis alcathoe</i>			۱۲۲	۲۰	
۹	مایوتیس دابنتونی	<i>Myotis daubentonii</i>			۲۲	۲	
۱۰	مایوتیس بکشتاین (گوش بلند)	<i>Myotis bechsteinii</i>			۱۲	۴	
۱۱	مایوتیس ناترر	<i>Myotis nattereri</i>			۵	۱	
۱۲	مایوتیس گوش‌موشی کوچک	<i>Myotis blythii</i>			۴۰	۲	
۱۳	خفاش نعل‌اسبی کوچک	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	<i>Rhinolophus</i>	Rhinolophidae	۲۲۷	۵۶	
۱۴	خفاش بال‌خمیده کمرنگ	<i>Miniopterus pallidus</i>	<i>Miniopterus</i>	Miniopteridae	۴۸	۱۰	
۱۵	خفاش گوش‌پهن اروپایی	<i>Barbastella barbastellus</i>	<i>Barbastella</i>		۱۱۳	۲۶	
۱۶	خفاش گوش‌بلند خاکستری	<i>Plecotus austriacus</i>	<i>Plecotus</i>	Vespertilionidae	۷۸	۲۲	
۱۷	خفاش گوش‌بلند قهوه‌ای	<i>Plecotus auritus</i>			۱۳	۱	
۱۸	خفاش جنگلی	<i>Nyctalus noctula</i>			<i>Nyctalus</i>	۴۵	۱۹
۱۹	خفاش جنگلی بزرگ	<i>Nyctalus lasiopterus</i>				۳	۲
۲۰	سروتین (خفاش قهوه‌ای بزرگ)	<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Eptesicus</i>		۳۱	۲	
جمع کل					۳۴۶۵	۶۸۱	

جدول ۲: نتایج برآورد متریک‌های تنوع گونه‌ای جامعه خفاشان جنگلی در محدوده شهرستان رودبار

حدود اعتماد ۹۰٪		فرکانس n=۶۸۱	حدود اعتماد ۹۰٪		آوا N=۳۴۶۵	شاخص‌های اندازه‌گیری ناهمگنی با ۵۰۰۰ نمونه بوت‌استرپ
حد پایین	حد بالا		حد پایین	حد بالا		
۰/۷۷۴	۰/۸۱۴	۰/۷۹۵	۰/۷۴۲	۰/۷۱۶	۰/۷۲۹	معیار تنوع سیمپسون
۶/۹۰۹	۷/۹۸۹	۷/۴۴۷	۷/۰۳۲	۶/۵۱۳	۶/۷۷۱	تعداد گونه‌های برابر
<b>شاخص‌های اندازه‌گیری یکنواختی</b>						
		۰/۲۲۱			۰/۲۲۶	معیار اسمیت و ویلسون
		۰/۱۰۶			۰/۱۰۸	معیار تغییر یافته نی
<b>برآورد غنای گونه‌ای با استفاده از ۷ کوادرات (حضور و عدم حضور) به روش جک‌نایف</b>						
حدود اعتماد ۹۵٪		انحراف معیار		غنای گونه‌ای		
۳۵/۰	۱۸/۷	۲۶/۹	۳/۳۲	تعداد گونه‌های منحصر به فرد (نادر)		
				۸		

سبیل‌دار و خفاش گوش‌بلند خاکستری است. از نظر میزان حضور در واحدهای نمونه‌گیری (۷ شبانه‌روز) جنس پی‌پیستریل بیش‌ترین میزان حضور در نمونه‌ها را داشته است و بعد از آن جنس *Myotis* و *Plecotus* قرار دارد. در جنس *Pipistrellus* گونه پی‌پیستریل معمولی (n=۶) به جز یک مورد، در تمامی نمونه‌ها حضور داشته است و پس از آن پی‌پیستریل کول (n=۵) و پی‌پیستریل کوتوله (n=۴) قرار دارد. در جنس *Myotis* مایوتیس سبیل‌دار (n=۵) و مایوتیس آلکاته (n=۳) بیش‌ترین میزان حضور در نمونه‌ها را داشته‌اند. در جنس *Plecotus* خفاش گوش‌بلند خاکستری (n=۵) بیش‌ترین میزان حضور در نمونه‌ها را داشته‌اند. روش ریرفکش با استاندارد کردن تعداد نمونه‌ها امکان مقایسه جوامع را می‌دهد. براساس جدول ۳، اگر در یک مطالعه در منطقه جنگل‌های هیرکانی شمال کشور ۶۰ فرکانس آوایی از هفت نقطه جغرافیایی مختلف که به‌طور تصادفی در سطح سیمای سرزمین ضبط و ثبت شود احتمال مشاهده ۱۹ گونه مختلف خفاش می‌رود.

**برآورد پارامترهای جامعه:** تنوع گونه‌ای خفاشان پارامتر بوم‌شناسی مناسبی برای اکوسیستم‌های کوهستانی- جنگلی مطرح می‌باشد (Garcia-Morales و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج برآورد متریک‌های تنوع گونه‌ای (ناهمگنی، یکنواختی و غنای گونه‌ای) جامعه خفاشان برای ۲۰ گونه در جدول ۲ ارائه شده است. برآورد غنای گونه‌ای با استفاده از ۷ کوادرات (حضور و عدم حضور) به روش جک‌نایف برابر با ۲۶/۹ برآورد گردیده است. تعداد گونه‌های منحصر به فرد (نادر) ۸ گونه می‌باشند که عبارتند از: سروتین، خفاش جنگلی بزرگ، خفاش گوش‌بلند قهوه‌ای، خفاش نعل‌اسبی کوچک، مایوتیس گوش‌موشی کوچک، مایوتیس ناترر، مایوتیس بکشتاین و مایوتیس دابنتونی می‌باشند. تعداد گونه‌های چیره (رایج) که تقریباً در اکثر نمونه‌ها حضور آن‌ها ثبت شده است، ۵ گونه می‌باشد. رایج‌ترین گونه‌های شناسایی شده عبارتند از: پی‌پیستریل معمولی، پی‌پیستریل کول، پی‌پیستریل کوتوله، مایوتیس

جدول ۳: برآورد غنای گونه‌ای با استفاده از روش ریرفکشن

انحراف معیار SD	واریانس	تعداد گونه مورد انتظار	تعداد آوای حقیقی n= ۶۸۱	انحراف معیار SD	واریانس	تعداد گونه مورد انتظار	تعداد آوای جزئی N= ۳۴۶۵
			۶۰۰	۰/۱۴۱۷	۰/۰۲۰۱	۱۹/۹۷۹۶	۳۰۰۰
			۴۰۰	۰/۴۷۹۴	۰/۲۲۹۸	۱۹/۷۳۲۳	۲۰۰۰
			۲۰۰	۰/۸۱۰۵	۰/۶۵۶۹	۱۸/۹۲۲۰	۱۰۰۰
۰/۵۳۹۶	۰/۲۹۱۱	۱۹/۶۷۸۰	۱۰۰	۰/۹۳۹۵	۰/۸۸۲۷	۱۸/۱۶۰۸	۶۰۰
۱/۱۵۸۷	۱/۳۴۲۵	۱۸/۱۲۶۶	۵۰	۱/۰۲۹۷	۱/۰۶۰۴	۱۷/۴۵۰۴	۴۰۰
۱/۴۴۶۱	۲/۰۹۱۲	۱۵/۳۱۵۱	۲۰	۱/۲۰۵۱	۱/۴۵۲۲	۱۵/۹۱۲۹	۲۰۰
۱/۳۸۹۲	۱/۹۲۹۹	۱۳/۰۳۳۴	۱۰	۱/۴۰۱۱	۱/۹۶۳۲	۱۳/۸۰۲۲	۱۰۰
۱/۳۹۸۶	۱/۹۵۶۰	۱۰/۷۴۸۰	۵	۱/۵۳۰۵	۲/۳۴۲۵	۱۱/۱۱۷۵	۵۰
۱/۳۶۵۲	۱/۸۶۳۸	۷/۵۰۴۸	۲	۱/۴۵۳۰	۲/۱۱۱۲	۷/۳۵۸۷	۲۰
۱/۱۷۷۶	۱/۳۸۶۶	۵/۲۹۲۹	۱	۱/۲۴۱۳	۱/۵۴۰۹	۴/۹۶۴۱	۱۰
۰/۸۷۹۶	۰/۷۷۳۷	۳/۴۹۴۸	۵	.	.	.	۵

Morales و همکاران، ۲۰۱۶) و می‌تواند به‌عنوان یک شاخص در مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی استفاده گردد (Fenton و همکاران، ۱۹۹۲). از جمله عوامل توضیح‌دهنده تنوع گونه‌ای خفاشان در این منطقه را می‌توان به ناهمگونی فضایی که مربوط به ساختار لکه‌ای،

## بحث

گونه‌های مختلف خفاشان دارای نیچ اکولوژیک متفاوتی هستند و تنوع گونه‌ای آن‌ها بیانگر تنوع زیستگاهی هر منطقه است (Garcia-

در زیستگاه‌های گوناگونی هم‌چون درخت‌زارهای باز و مناطق جنگلی متراکم، تالاب‌ها، بوته‌زارها، مزارع کشاورزی، باغ‌های روستایی و مناطق شهری خوراک‌جویی می‌کند. بیش‌ترین انرژی آوای پژواک جایابی در فرکانس ۴۴ تا ۴۸ کیلوهرتز است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). برآورد جک‌نایف براساس تکرار گونه‌های نادر مشاهده شده در جامعه است (Krebs, ۲۰۱۴). اگرچه خفاش نعل‌اسبی کوچک و مایوتیس گوش‌موشی کوچک در این مطالعه جزو گونه‌های نادر طبقه‌بندی شده‌اند اما مشاهدات میدانی و بازدید از غارهای منطقه حاکی از این است که آن‌ها گونه‌های کمیابی نیستند بلکه از پراکندگی جغرافیایی وسیع و فراوانی نسبتاً زیادی برخوردارند و جزو گونه‌های غالب غارهای منطقه شهرستان رودبار به‌شمار می‌روند. با این وجود در ایران و به ویژه در اکوسیستم‌های جنگلی شمال کشور، بسیاری از گونه‌های جامعه خفاشان شناسایی نشده است و احتمال حضور گونه‌های جدید می‌رود (Benda و همکاران، ۲۰۱۲؛ جهانی‌صیادنوبری و همکاران، ۱۳۹۵؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین از این روش می‌توان برای برآورد غنا و تعیین و شناسایی گونه‌های جدید استفاده کرد. با شناسایی و گزارش این گونه‌ها می‌توان فرضیات مربوط به حضور گونه‌های جدید در کشور و اکوسیستم‌های جنگلی هیرکانی را مطرح نمود و در مطالعات آتی با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری مستقیم مثل تور نامرئی، حضور یا عدم حضور گونه‌ها را مشخص نمود. یکی از این گونه‌ها، خفاش گوش‌پهن اروپایی می‌باشد که در ایران از جمله خفاش‌های بسیار کمیاب به‌شمار می‌آید (Benda و همکاران، ۲۰۱۲). پیش از این محدوده حضور خفاش گوش‌پهن اروپایی فقط براساس چهار گزارش به‌دست آمده از بخش‌های شمالی ایران بوده است (شیخ جباری، ۱۳۸۶؛ Benda و همکاران، ۲۰۱۲). محدوده پراکنش این گونه را می‌توان به دو بخش مجزا از محدوده جنگل‌های هیرکانی شامل: بخش شرقی جنگل‌های هیرکانی در استان گلستان و بخش غربی جنگل‌های هیرکانی در استان اردبیل در نظر گرفت و به‌علت ناکافی بودن داده‌های موجود از پراکندگی این گونه در ایران به‌نظر می‌رسد که حضور این گونه در استان‌های گیلان و مازندران محتمل باشد (قدیریان، ۱۳۹۶). نتایج این بررسی براساس ۱۱۳ آوا و ۲۶ فرکانس دریافت شده در طی نمونه‌برداری، حضور این گونه در مناطق جنگلی و مرطوب محدوده شهرستان رودبار را نشان می‌دهد. نتایج برآورد متریک‌های تنوع و غنای گونه‌ای در این مطالعه در نشان دادن سوالات و طرح فرضیات مربوط به تغییر جغرافیایی در غنا و ساختار جامعه و هم‌چنین غنای بالای جنگل‌های هیرکانی مفید خواهد بود و پیشنهاد می‌شود که در مطالعات بعدی فاکتورهای کلیدی بوم‌شناختی توضیح‌دهنده تنوع و فراوانی گونه‌های مختلف بررسی گردد. گونه گوش‌موشی کوچک اگرچه از نظر مکانی گونه‌ای کمیاب به‌حساب می‌آید

تنوع خرد زیستگاهی، تنوع توپوگرافی (دامنه زیاد تغییرات ارتفاع، شیب و جهت) در بخش‌های مختلف منطقه، تنوع اقلیمی (اقلیم خشک در جنوب شهرستان تا خیلی مرطوب در شمال آن)، وسعت زیاد منطقه (این قاعده که مناطق بزرگ‌تر گونه‌های بیش‌تری دارند یکی از قدیمی‌ترین قواعد کلی شناخته‌شده در بوم‌شناسی جامعه است). اثرات تاریخی نیز می‌تواند یکی از مولفه‌های مهم در تعیین فون و فلور این منطقه باشند. با توجه به قدمتی که جنگل‌های هیرکانی در این منطقه دارد احتمال حضور گونه‌های جدید و نادر در آن بیش‌تر است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). تنوع گونه‌ای و فراوانی جمعیت حشرات در منطقه (Garcia-Morales و همکاران، ۲۰۱۶) نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده تنوع گونه‌ای خفاشان تلقی شود. جامعه هنگامی در تعادل است که فراوانی گونه‌هایش با گذشت زمان تغییری نکند یعنی این‌که اکوسیستم جنگل در یک حالت توازن به‌سر می‌برد. نقطه تعادل در زیستگاه‌های مختلف ممکن است تفاوت کند به‌طوری‌که از نظر تعداد گونه‌ها تغییرات فضایی وجود داشته باشد. این تعادل معمولاً در دامنه مشخصی از شرایط محیطی به‌صورت محلی پایدار است، می‌توان پایداری را بر مبنای تغییرپذیری جامعه در گذر زمان نیز اندازه‌گیری کرد به‌طوری‌که اگر جمعیت‌های تشکیل‌دهنده جامعه از سالی به سال دیگر به‌لحاظ فراوانی، دارای نوسانات چشمگیر باشند آن جامعه را ناپایدار می‌دانیم، هم‌چنین پایداری را بر حسب تداوم جامعه در طی زمان نیز می‌توان اندازه گرفت (Krebs, ۲۰۰۹). تنوع زیستی مفهوم گسترده‌تری نسبت به تنوع گونه‌ای دارد (Krebs, ۲۰۱۴). تنوع زیستی در بردارنده تنوع ژنتیکی و تنوع زیستگاهی است اگرچه افزایش تنوع خفاش‌های ایران در طی چند سال اخیر نتیجه شناسایی گونه‌های جدید و شناسایی گونه‌های پنهانی است که در نتیجه تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی کشف شده‌اند و اغلب در گذشته زیرگونه به‌شمار می‌آمدند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). اما شناسایی خفاش‌ها به‌دلیل شباهت مورفولوژیک بین گونه‌های یک جنس و خانواده، تغییرات زیاد درون‌گونه‌ای در زیستگاه‌های مختلف و تفاوت رنگی میان افراد یک جمعیت در سنین متفاوت، بسیار دشوار و همراه با تناقض است (اکملی، ۱۳۹۶). با این‌که در منابع جدیدتر برای گونه‌های مختلف از جنس‌های متفاوت کلید شناسایی ارائه شده است (Dietz و Helversen, ۲۰۰۴)، اما با این حال شناسایی بسیاری از گونه‌ها بدون استفاده از داده‌های مولکولی حتی برای خفاش‌شناسان با تجربه نیز آسان نیست (قدیریان، ۱۳۹۶). گونه‌های چیره، فراوانی زیادی دارند و ساختار جامعه را تعیین می‌کنند (Krebs, ۲۰۰۹). در مناطق جنگلی شهرستان رودبار مثل سایر مناطق ایران پی‌پی‌سترل معمولی گونه‌ای بسیار فراوان و از پراکندگی بسیار وسیعی برخوردار است به‌طوری‌که از هفت شب نمونه‌گیری به‌جز یک مورد، در تمامی نمونه‌ها حضور داشته است و



سایت‌های توربین بادی (Horn و همکاران، ۲۰۰۸) در محدوده شهرهای منجیل و رودبار استفاده گردد. باتوجه به این که نتایج انتخاب اتوماتیک گونه‌ها توسط این نوع از نرم‌افزارها دارای عدم قطعیت است، قبل از انتخاب نهایی گونه، باید فرکانس‌ها با استفاده از کارشناس متخصص و با دقت اعتبارسنجی شوند (Brabant و همکاران، ۲۰۱۸؛ Russo و Voigt، ۲۰۱۶). برای مثال برخی از گونه‌ها مثل مایوتس آلکاته، مایوتیس دابنتونی، خفاش گوش‌بلند خاکستری و مایوتیس گوش‌موشی بزرگ تاکنون از ایران گزارش نشده‌اند اما توسط نرم‌افزار BatExplorer شناسایی گردیده‌اند، بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی از نرم‌افزارهای جدیدتر مثل BatScope در آنالیز اصوات استفاده شود. در نهایت با فرض این که دقت نرم‌افزار در حد تفکیک تا سطح جنس می‌باشد و براساس اولین و دومین بیش‌ترین فراوانی آوایی کشف شده هر گونه در جنس مربوطه و هم‌چنین تطابق آن با منابع و مشاهدات میدانی، احتمال قطعی هشت گونه در منطقه وجود دارد. در جنس *Pipistrellus* گونه پی‌پیسترل معمولی در جنس *Myotis* گونه مایوتیس گوش‌موشی کوچک در جنس *Plecotus* گونه خفاش گوش‌بلند قهوه‌ای و در جنس *Nyctalus* گونه خفاش جنگلی احتمال حضور بیش‌تری نسبت به سایر گونه‌های هم‌جنس خود در منطقه دارند. علاوه بر این احتمال حضور گونه‌های دیگری مثل خفاش نعل‌اسبی بزرگ (*Rhinolophus ferrumequinum*)، خفاش نعل‌اسبی مدیترانه‌ای (*Rhinolophus euryale*) و یا گونه‌هایی که در سایر مناطق جنگل‌های هیرکانی پیش از این گزارش شده‌اند (یعقوبی‌رستمی و همکاران، ۱۳۹۹) نیز در این منطقه وجود دارد که در این بررسی کشف نشده‌اند و ناشی از نوع روش نمونه‌برداری می‌باشد و پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از ترکیبی از روش‌های مختلف نمونه‌گیری در هر زیستگاه استفاده گردد.

## تشکر و قدر دانی

بدین‌وسیله نگارندگان از زحمات و رهنمودهای اداره کل محیط زیست استان گیلان به‌ویژه جناب آقای منصور سربازی و بازقلعه، اداره محیط‌زیست شهرستان رودبار به‌ویژه جناب آقای رامین حسین‌زاده و مهندس کاظمی کمال تشکر را دارند. هم‌چنین از همکاری که در این پژوهش صمیمانه همکاری کردند به‌ویژه جناب آقای جواد نظام دوست و خانم مهندس هلاله‌ناطق از موسسه غارشناسی ایرانیان، از مهندس سیما صادقی‌پور، ایوب میرزاپور، غلامحسین صادقی‌پور و خاتون صادقی‌پور که در برنامه نمونه‌گیری صحرائی شرکت داشته‌اند قدردانی و تشکر بعمل می‌آید.

## منابع

۱. اجتهادی، ح؛ سپهری، ع. و عکافی، ح. ۱۳۹۱. روش‌های اندازه‌گیری تنوع‌زیستی. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۳۰ صفحه.

اما لزوماً از نظر عددی کمیاب نیست چون می‌تواند به‌صورت بسیار کپه‌ای در منطقه حضور داشته باشند. مشاهدات و بررسی‌های به‌عمل آمده از غارهای منطقه نشان داده است که گونه گوش‌موشی کوچک گونه چیره غارهای این منطقه در فصل بهار و تابستان است و سهم به‌سزایی در جریان انرژی و تعادل اکوسیستم منطقه دارد. به‌طور مثال در غار دربندرسی (A) که غاری بزرگ است، میانگین جمعیت آن (میانگین بوت‌استرپ) در دو سال متوالی (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸) ۱۷۵۳ فرد با حدود اعتماد ۲۲۰۰-۱۳۰۰ برآورده گردیده است که الگوی فضایی شدیداً کپه‌ای را از خود نشان داده است. باتوجه به سرد شدن هوا در فصل پاییز و زمستان و مهاجرت این گونه از منطقه، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی الگوی غذایی گونه مایوتیس گوش‌موشی کوچک در فصل زادآوری و پرورش نوزادان (بهار و تابستان) در ارتباط با جمع‌آوری بهینه‌غذا (Optimal Foraging) در زیستگاه‌های خوراک‌جویی اطراف غارهای جمشیدآباد، دربندرسی، دیورش بررسی گردد و مهم‌ترین زیستگاه‌های تغذیه‌ای و کریدورهای جابجایی آن‌ها شناسایی و در اولویت حفاظت قرار داده شوند. توسعه سریع در تاکسونومی و سیستماتیک کار شناسایی خفاش‌های هم‌بوم در یک زیستگاه را برای بوم‌شناسان صحرائی مشکل‌تر ساخته است (Dietz و Helversen، ۲۰۰۴). از طرفی صید، شناسایی و تفکیک گونه‌های خفاش از یکدیگر، یکی از مشکل‌ترین بخش‌های مطالعات این گروه جانوری برای بوم‌شناسان جامعه است که در صحرا اقدام به نمونه‌گیری می‌کنند (Gannon و O'Farrell، ۱۹۹۹). هم‌چنین روش‌های مولکولی اغلب پرهزینه و استفاده از روش‌های شناسایی گونه‌ها توسط کلیدهای شناسایی با استفاده از متغیرهای مورفومتریک و قضاوت براساس ریخت و ظاهر، نیازمند صید افراد با استفاده از تور نامرئی (Mist net) و یا Harp traps است، که راه‌اندازی، نصب و خارج کردن خفاش از تور در زیستگاه‌های طبیعی که اغلب در حاشیه درخت‌زارها و نواحی تالابی است کاری زمان‌بر، تخصصی و نیازمند تجهیزات (چراغ‌قوه، کولیس، دوربین عکاسی مجهز به لنز ماکرو) و کار گروهی (بیش از دو نفر) می‌باشد بنابراین برای مطالعات صحرائی در مقیاس سیمای سرزمین نامناسب است (Dietz و همکاران، ۲۰۰۴). از جمله کاربردهای دستگاه Bat detector در برنامه‌های حفاظت و مدیریت زیستگاه خفاشان، پایش تغییرات جمعیت و زیستگاه، توزیع و فراوانی گونه‌ای و مطالعه پارامترهای جامعه مثل تنوع و غنا گونه‌ای خفاش‌ها است (Battersby، ۲۰۱۰؛ Russo و Jones، ۲۰۰۳). از این‌رو پیشنهاد می‌شود که از دستگاه BATLOGGER M به‌دلیل وزن کم برای طرح نمونه‌برداری با ترانسکت خطی و از دستگاه BATLOGGER C برای طرح نمونه‌برداری با پلات در برنامه‌های پایش جامعه خفاشان مناطق جنگلی در سطح سیمای سرزمین استفاده گردد. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود که از دستگاه BATLOGGER WE X در برنامه‌های پایش

- of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica*. Vol. 24, pp: 440-446.
19. **Fenton, M.B.; Grinnell, A.; Popper, A.N. and Fay, R.R., 2016.** Bat bioacoustics. Springer Handbook of Auditory Research. Springer, New York, NY. Vol. 54, 304 p.
  20. **Flaquer, C.I.; Torre, I. and Arrizabalaga, A., 2007.** Comparison of sampling methods for inventory of bat communities. *Journal of Mammalogy*. Vol. 88. pp: 526-533.
  21. **García-Morales, R.; Moreno, C.E.; Badano, E.I.; Zuria, I.; Galindo-González, J.; Rojas-Martínez A.E. and A vila-Go mez, E.S., 2016.** Deforestation Impacts on Bat Functional Diversity in Tropical Landscapes. *PLOS ONE*. Vol. 11, No. 12, e0166765 p.
  22. **Horn, J.W.; Arnett, E.B. and Kunz, T.H., 2008.** Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *Journal of Wildlife Management*. Vol. 72, pp:123-132.
  23. **Hutson, A.M.; Mickleburgh, S.P.; and Racey, P.A., 2001.** Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. x + 258 p.
  24. **Jones, G.; Jacobs, D.S.; Kunz, T.H.; Willig, M.R. and Racey, P.A., 2009.** Carpe Noctem: The importance of bats as bio indicators. *Endangered Species Research*. Vol. 8, pp: 93-115.
  25. **Kasso, M. and Balakrishnan, M., 2013.** Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera). Review Article. *ISRN Biodiversity*. pp: 1-9.
  26. **Krebs, C.J., 2014.** Ecological methodology. 3<sup>rd</sup> edition. 745 p.
  27. **Krebs, C.J., 2009.** Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. San Francisco, CA: Pearson Benjamin Cummings.
  28. **Kunz, T.; Braun de Torrez, E.; Bauer, D.; Lobova, T. and Fleming, T., 2011.** Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol. 1223, pp: 1-38.
  29. **Kuenzi, A.J. and Morrison, M.L., 1998.** Detection of bats by mist-nets and ultrasonic sensors. *Wildlife Society Bulletin*. Vol. 26, pp: 307-311.
  30. **MacSwiney, G.; Clarke, F.M. and Racey, P.A., 2008.** What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 45, pp: 1364-1371.
  31. **Naderi, S.; Dietz, C.; Mirzajani, A. and Mayer, F., 2017.** First record of *Nathusius' Pipistrellus pipistrellus nathusii* (Mammalia: Chiroptera) from Iran, *Zoology in the Middle East*. Vol. 63, No. 1, pp: 93-94.
  32. **Obrist, M.K., 1995.** Flexible bat echolocation: the influence of individual, habitat, and conspecifics on sonar design. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. Vol. 36, pp: 207-219.
  33. **O'Farrell, M.J. and Gannon, W.L., 1999.** A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *Journal of Mammalogy*. Vol. 80, pp: 24-30.
  34. **Russo, D.; Ancillotto, L. and Jones, G., 2018.** Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification. *Canadian Journal of Zoology*. Vol. 96, No. 2, pp: 63-78.
  35. **Russo, D. and Voigt C.C., 2016.** The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis. *Ecological Indicators*. Vol. 66, pp: 598-602.
  36. **Russo, D. and Jones, G., 2002.** Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology*. Vol. 258, No. 1, pp: 91-103.
  37. **Russo, D. and Jones, G., 2003.** Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography*. Vol. 26, pp: 197-209.
  38. **Russo, D. and Jones, G., 2002.** Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology*. Vol. 258, No. 1, pp: 91-103.
  39. **Silvy, N.J., 2012.** The wildlife techniques manual. 7th ed. The Johns Hopkins University Press. 686 p.
  40. **Williams, B.K.; Nichols, J.D. and Conroy, M.J., 2002.** Analysis and Management of Animal, modeling, estimation, and decision making. Academic Press, San Diego, CA. 817 p.
  41. **Wordley, C.F.R.; Foui, E.K.; Mudappa, D.; Sankaran, M. and Altringham, J.D., 2014.** Acoustic Identification of Bats in the Southern Western Ghats, India. *Acta Chiropterologica*. Vol. 16, No. 1, pp: 213-222.
۲. **اکملی، و.، ۱۳۹۶.** تبارزایی خفاش‌های دم‌موشی جنس *Rhinopoma* (خانواده *Rhinopomatidae*) در ایران براساس ژن D-loop. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال ۹، شماره ۳. صفحات ۶۵ تا ۷۲.
  ۳. **توحیدی‌فر، م.؛ موزر، م.؛ زهزاد، ب. و قدیریان، ط.، ۱۳۹۵.** پروژه مدیریت چندمنظوره جنگل‌های خزری. گزارش تحلیلی تنوع‌زیستی جنگل‌های خزری. سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. UNDP. pdf. ۴۵ صفحه.
  ۴. **جهانی‌صیادنوبری، م.؛ اسدیان نارنجی، س. و نیک‌پی، ع.، ۱۳۹۵.** اولین گزارش خفاش *Myotis capaccinii* (Chiroptera: Vespertilionidae) از شمال ایران. نوزدهمین کنگره ملی و هفتمین کنگره بین‌المللی زیست‌شناسی. تبریز، ایران.
  ۵. **فتحی‌پور، ف.؛ اکملی، و. و شریفی، م.، ۱۳۹۴.** بررسی تنوع و پراکنش خفاش‌های نعل‌اسبی در استان ایلام. دومین کنگره ملی زیست‌شناسی و علوم‌طبیعی ایران. تهران، ایران.
  ۶. **قدیریان، ط.، ۱۳۹۶.** فصلنامه پستانداران. جلد ۲، شماره ۲، پیاپی ۴.
  ۷. **کرمی، م.؛ قدیریان، ط. و فیض‌الهی، ک.، ۱۳۹۵.** اطلس پستانداران ایران. انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۲۹۴ صفحه.
  ۸. **صادقی‌پورحلیمه‌جانی، س.، ۱۳۹۴.** بررسی راهکارهای توسعه گردشگری ماجراجویانه در شهرستان رودبار با تأکید بر غار. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی گردشگری. دانشگاه علوم‌انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. ۱۷۱ صفحه.
  ۹. **یعقوبی‌رستمی، م.؛ کمی، ح.؛ باقریان‌یزدی، ع. و اخلی، ن.، ۱۳۹۹.** اولین گزارش خفاش نعل‌اسبی مدیترانه‌ای (*Rhinolophus euryale*) در استان مازندران. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال ۱۲، شماره ۲، صفحات ۱۱ تا ۲۰.
  10. **Adams, A.M.; Jantzen, M.K.; Hamilton, R.M. and Fenton, M.B., 2012.** Do you hear what I hear? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 3, pp: 992-998.
  11. **Akmali, V.; Sharifi, M. and Farasat, H., 2004.** Habitat selection by the Common Pipistrelle, *Pipistrellus pipistrellus* s. I. (Chiroptera: Vespertilionidae), in the Dinevar region of western Iran. *Zoology in the Middle East*. Vol. 33, pp: 43-50.
  12. **Bader, E.; Bontadina, F.; Frey-Ehrenbold, A.; Schönbacher, C.; Zingg, P.E. and Obrist, M.K., 2018.** Guidelines for the recording, analysis and validation of bat calls in Switzerland. Report of the Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG, Version 1.1e, 19 p.
  13. **Battersby, J., 2010.** Guidelines for Surveillance & Monitoring of European Bats. EUROBATs Publication Series No. 5. UNEP/EUROBATs Secretariat, Bonn, Germany. 95 p.
  14. **Benda, P.; Faizolahi, K.; Andreas, M.; Obuch, J.; Reiter, A.; Ševčík, M.; Uhrin, M.; Vallo, P. and Ashrafi, S., 2012.** Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*. Vol. 76, pp: 163-582.
  15. **Brabant, R.; Laurent, Y.; Dolap, U.; Degraer, S. and Poerink, B.J., 2018.** Comparing the results of four widely used automated bat identification software programs to identify nine bat species in coastal Western Europe. *Belgian Journal of Zoology*. Vol. 148, No. 2, pp: 119-128.
  16. **Fathipour, F.; Sharifi, M. and Akmali, V., 2016.** Distribution of Cavernicolous Bat Fauna in Ilam Province, Western and Southwestern of the Iranian Plateau. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*. Vol. 12, No. 1, pp: 97-110.
  17. **Fenton, M.B. and Simmons, N.B., 2014.** Bats: A World of Science and Mystery. Chicago, University of Chicago Press. 240 p.
  18. **Fenton, M.B.; Acharya, L.; Audet, D.; Hickey, M.B.C.; Merriman, C.; Obrist, M.K. and Syme, D.M., 1992.** Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators

