Journal of Acoustical Society of Iran, Vol. 12, No. 2, 2025

(Research Article)
Underwater soundscape analysis in a temperate pond: a case study in Guilan province

Saeed Shafiei Sabet*
Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan
Revised: 2024/07/08, Accepted: 2024/10/14

Abstract

Aquatic habitats can be characterized according to the temporal and spatial patterns of the sounds they produce. Ambient noise can be described as structured energy associated with potentially important information about underwater habitats. Soundscapes are a collection of all abiotic, biotic, and anthropogenic sounds occurring in a place over a given period. Here, for the first time, a field-based investigation of soundscapes and the diversity of ambient sound, including sound levels and spectral densities, in a temperate pond located in Sowmeh Sara, Iran, was conducted. Subsequently, sound profiles and limitations of acoustic measurements were addressed for future complementary soundscape assessments. The average ambient sound level across three geographical points and three different sampling days was 97.25 ± 1.11 dB re 1 µPa. The results reveal that the sampled pond is not a silent habitat and that part of the freshwater biodiversity in freshwater habitats can be reflected in acoustic diversity. Both the study findings and limitations highlight the considerable opportunity to develop and refine sound measurements and processing indices. Follow-up passive acoustic monitoring studies should be conducted to explore the soundscapes of ponds. Soundscape approaches could enhance our understanding of the diversity, temporal, and spatial dynamics of aquatic species at the individual, population, and community levels.

Keywords: Ecoacoustics, Soundscapes, Pilot study, Sound pressure, Passive acoustic monitoring.

pp. 1-16 (In Persian)

* Corresponding author E-mail: s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

مقاله پژوهشی

مجله انجمن علوم صوتی ایران

سال: ۱۴۰۳، دوره: ۱۲، شماره ۲، صفحات: ۱-۱۶

تجزیه و تحلیل صداگستره زیرآب در یک استخر منطقه معتدله: مطالعه موردی در استان گیلان

سعید شفیعی ثابت

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳

چکیده

زیستگاه‌های آبی را می‌توان با توجه به الگوهای زمانی و مکانی صداهای تولیدشده مشخص کرد. نوفه محیط با انرژی ساختاری مرتبط با اطلاعات بالقوه مهم در مورد زیستگاه‌های زیرآب توصیف می‌شود. صداگستره‌ها (سیمای صوتی) مجموعه‌ای از صداهای غیرزیستی، زیستی و بشرگِن (بشر-ساخت) است که در یک مکان و زمان معین رخ می‌دهند. در اینجا، برای اولین بار، بررسی میدانی بر پایه صداگستره‌ها و تنوع صداهای محیط شامل ترازهای صدا، چگالی‌های طبیعی، استخر معتدل واقع در صومعه‌سرا، ایران صورت گرفت. متعاقباً، نیم‌رخ‌های صدا و محدودیت‌های اندازه‌گیری‌های صوتی برای ارزیابی‌های تکمیلی گستره‌صدا در آینده، شرح داده‌شد. میانگین شدت صوتی زمینه در نقاط سه گانه در طی سه روز نمونه‌برداری مختلف برابر با ۱٫۱۱±۹۷٫۲۵ دسی‌بل نسبت به ۱ میکروپاسکال ثبت گردید. نتایج نشان دادند استخر نمونه‌برداری شده یک زیستگاه صامت نبوده و بیانگر آن است که احتمال دارد بخشی از تنوع زیستی در زیستگاه‌های آب شیرین را بتوان در تنوع صوتی منعکس کرد. یافته‌ها و هم محدودیت‌های این مطالعه، فرصت قابل‌توجهی را برای توسعه و اصلاح اندازه‌گیری‌های صدا و شاخص‌های پردازش برجسته می‌کنند. برای توضیح صداگستره‌های استخرها، باید مطالعات نظارت صوتین غیرفعال بعدی انجام شوند. رویکردهای صداگستره‌ئی به طور بالقوه می‌توانند دامنه درک ما از تنوع پویایی زمانی و مکانی گونه‌های آبزی را در ترازهای فردی، جمعیتی و اجتماعی افزایش دهد.

کلیدواژه‌ها: بوم‌صوتیّات، صداگستره، فشار صوتی، پایش صوتین غیرفعال.

۱. مقدمه

دنیای آبزیان شامل زیستگاه‌های آبی با صداهایی با منشاء مختلف و دوره‌های زمانی و مکانی متنوع می‌باشد [۱]. نوفه‌های محیطی (نوفه زمینه[1]) به آبزیانی که قادر به شنیدن و دریافت آن‌ها هستند اطلاعاتی در مورد حضور، جهت، فاصله و حرکت منابع صوتی می‌دهند [۲-۳] صدا، نشانه حسی است که دورترین فاصله را در منابع آبی طی می‌کند و توسط گونه‌های آبزیان، از بی‌مهرگان گرفته تا ماهی‌ها، برای تفسیر و کشف محیط‌های آبی و انجام تعاملات درون و بین گونه‌ای استفاده می‌شود [۴]، بنابراین نوفه‌های محیطی (نوفه زمینه) احتمالا می‌توانند حاوی اطلاعات (شامل علایم[2] و نشانه‌های[3]) با اهمیتی در مورد کیفیت زیستگاه باشد.

۱-۱. صداگستره در محیط‌های آبی

صداگستره[4] زیرآب حاوی اطلاعات مهمی در مورد محیط زندگی و بیش‌تر اشیا و رویدادهایی هستند که در محیط اطراف یک گونه آبزی قابل دریافت بوده و با توجه به آن‌ها نشان دادن رفتار و تصمیم‌های مناسب برای جانور مورد نظر ممکن می‌گردند [۳]. البته اصطلاح صداگستره از ادبیات و لغت مقالات متمرکز در زمینه تخصصی ادراک فضایی سه-بعدی و تأثیر نوفه شهری گرفته شده است [۲ و ۵]. صداهای شاخص هر محیط (صداگستره) با منابع متنوع با هم ترکیب می‌شوند و نوعی صحنه یا گستره را می‌سازند که به تعیین و بروز حس مکان‌یابی و جهت‌گیری گونه جانور در زیستگاه خود کمک می‌کند (مثلاً رجوع شود به[۶]). این اطلاعات موجود و قابل استخراج در صداگستره به گونه‌های آبزیان کمک می‌کند

* نویسنده پاسخگو: s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir

[1] Ambient noise
[2] Signals
[3] Cues
[4] Soundscape

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

که موقعیت خود (کجا هستند) را پیدا کرده و در مورد بیش‌تر رویدادهایی که در محیط زندگی اطرافشان رخ می‌دهند اشراف داشته باشند. در مقایسه با زیستگاه‌های خشکی متأسفانه تحقیقات کمی در مورد صداگستره، در محیط‌های آبی انجام شده است.

صداگستره زیستگاه‌های دریایی و اقیانوسی به دلایل کاهش شدید فراوانی و تنوع جانوران دارای توانایی تولید نوفه (منشاء زیستی نوفه‌ها)، تغییر و تحولات فعالیت‌های مرتبط با منابع ژئوفیزیکی، مانند تحرکات یخ دریا و بروز طوفان در نتیجه تغییرات آب و هوایی (نوفه‌های با منشاء غیرزیستی)، توسعه فن‌اوری صنعت حمل و نقل دریایی (افزایش آلودگی‌های صوتی با منشاء فعالیت‌های انسانی) به سرعت در حال تغییر است [۴]. در مطالعه‌ای جامع ترازهای نوفه‌ها، اجزا و دسته‌بندی بخش‌های عمده نوفه‌های زمینه با منشاء زیستی و غیرزیستی در محیط‌های دریایی و اقیانوسی مورد بررسی قرار گرفته است [۱]. اما تعداد مطالعات جهت بررسی این نوع دسته بندی منابع صوتی در محیط‌های آب شیرین بسیار محدود می‌باشد. شواهد نشان می‌دهد که همانند زیستگاه‌های دریایی و اقیانوسی در زیستگاه‌های آب شیرین نیز بسیاری از گونه‌های جانوری - به ویژه ماهی‌ها، بندپایان و دوزیستان- اصواتی تولید می‌کنند [۸ - ۷]. علاوه بر این، نوفه‌های محیطی نیز توسط جریان آب، عمل امواج و تبادل گازی در گیاهان ماکروفیت و بسترهای منابع آب شیرین ایجاد می‌شوند که می‌تواند نقش با اهمیتی در غنی سازی صداگستره منابع آب شیرین داشته باشد [۷]. تمامی این منابع صوتی با منشاء زیستی و طبیعی، در کنار فعالیت‌های انسانی شامل قایق‌رانی، حرکت ماشین‌ها در جاده‌های کناره منابع آبی، استخرها و پارک‌های آبی تفریحی، استخراج سنگ، شن و ماسه از بستر و سواحل محیط‌های رودخانه‌ای و نوفه‌های ناشی از ساخت و سازهای حاشیه منابع آب شیرین، همگی می‌توانند تنوعی وسیع از سروصداها را تولید نمایند. امروزه (در دهه‌های اخیر) با استفاده از میکروفون‌های زیرآب (هیدروفون) برای ارائه داده‌های صوتی و ویژگی‌های صوتین[1] موجود در بوم‌سامانه‌های[2] آب شیرین می‌توان آن‌ها را ضبط نموده تا ارزیابی شوند [۷ و ۹].

[1] Acoustic
[2] Ecosystem

۱-۲. اهمیت ارزیابی صداگستره استخرهای آب شیرین

مراقبت از سلامت منابع آب شیرین برای حفظ تنوع زیستی منطقه‌ای و جهانی یک موضوع حیاتی است. در کنار سایر منابع آب شیرین همچون دریاچه‌ها، سدها و رودخانه‌ها، استخرها یکی از بخش‌های مهمی از این منابع آب شیرین هستند و به عملکرد کلی بوم‌سامانه‌ها و تنوع گونه‌ای این زیستگاه‌ها کمک می‌کنند. این درحالی است که برغم (علی‌رغم) نقش‌های مهم آن‌ها در حفظ تنوع زیستی و ارتباط نزدیک آن با قلمرو زیستگاه‌های خشکی، اغلب کم‌تر شناخته شده‌اند. استخرها به صورت دائم و یا متناوب زیستگاهی مناسب برای طیف وسیعی از آبزیان، گونه‌های ساکن در خشکی و دوزیست‌ها، که اغلب شامل گونه‌های کمیاب و رو به انقراض هستند، را فراهم می‌کنند [۱۰]. به طور کلی، تنوع زیستی گونه‌های ساکن در آب شیرین در سطح جهان به دلیل بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی، معرفی و رهاسازی انواع آلودگی‌ها، تغییرات هیدرولوژیکی، تخریب زیستگاه‌ها و ورود گونه‌های مهاجم تهدید می‌شود [۱۱ - ۱۲]. اگرچه استخرها (منابع آبی کوچک با مساحت کم‌تر از ۲ هکتار) می‌توانند در بسیاری از مناطق سرزمینی (خشکی) نسبتاً فراوان باشند و زیستگاه‌های حیاتی غنی را برای جوامع مختلف گیاهی و گونه‌های جانوری فراهم کنند، اما اهمیت و نقش آن‌ها در پویایی اجتماعات زیستی در مقایسه با سایر زیستگاه‌های بزرگ‌تر آب شیرین نادیده گرفته شده‌اند [۱۳]. این در حالی است که با توجه به این تنوع گونه‌ای و عملکرد خدمات‌های بوم‌شناختی[3]، بوم‌سامانه‌های استخرها به طور قابل توجهی به تنوع زیستی آب شیرین در سراسر جهان کمک می‌کنند [۱۴]. از نظر تحقیقات علمی، استخرها با توجه به ابعاد و اندازه خود، همچنین قابلیت دستکاری تجربی، پتانسیل‌های ارزشمندی برای بررسی و آزمون فرضیه‌های متنوع فراهم می‌کنند و به‌عنوان سامانه‌های الگو مناسبی در مطالعات بوم‌شناختی[4]، زیست‌شناسی نظری[5] و زیست‌شناسی حفاظتی[6] کاربرد دارند [۱۵].

در طی ۱۵ سال گذشته، دانشمندان و مدیران در مناطق سرزمینی توجه ویژه‌ای را نسبت به منابع آبی استخرها از نظر

[3] Ecological services
[4] Ecology
[5] Evolutionary biology
[6] Conservation biology

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

منافع میراثی، تفریحی، تزئینی، کشاورزی، بوم‌شناختی و زیست‌محیطی داشته‌اند [۱۶]. این توده‌های آبی توسط تنوع زیادی از اندامگان (ارگانیسم‌ها) اشغال شده‌اند که تعداد مهمی از گونه‌های مهره‌دار و بی‌مهرگان بومی را در خود جای داده‌اند که برخی از آن‌ها به شدت در معرض تهدید و خطرات انقراض نسل هستند [۱۷]. استخرها به دلیل دامنه وسیعی از فعالیت‌های انسانی مانند زهکشی، ترک رسوم باستانی محافظت و نگهداری از منابع طبیعی خدادادی (به عنوان مثال، جنگل یا آب‌بندان‌های کشاورزی)، شهرنشینی و مکانیکی‌کردن (مکانیزاسیون) کشاورزی، شیب تخریب بی‌سابقه و شدیدی را تجربه می‌کنند [۱۸].

۱-۳. معرفی صوتیّات در منابع آبی

در مطالعات زیست‌صوتیّات[1] صداهایی که توسط گونه‌های جانوری تولید می‌شوند و یا می‌توانند مرحله یا مراحلی از زندگی گونه‌های جانوری را تحت تاثیر قرار دهند مورد بررسی قرار می‌گیرند [۱۹-۲۲]. بسیاری از گونه‌های آبزیان از تولید صداها برای انجام فعالیت‌های مهم زیستی روزانه و یا در برخی از مراحل زندگی خود استفاده می‌کنند [۲۳ و ۲۴]. از طرفی، نوفه‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی در محیط می‌توانند اثرات مختلفی بر گونه‌های جانوری داشته باشند [۲۵ و ۲۶]. همچون گونه‌های جانوری که در محیط خشکی زندگی می‌کنند، سروصداها برای بسیاری از گونه‌های آبزیان نیز در زمینه‌های مختلف زیستی دارای اهمیت می‌باشند [۲۷ و ۲۸]. اولویت‌های منابع موجود و در دسترس علمی‌پژوهشی در زمینه علمی زیست‌صوتیّات سه دسته کلی می‌باشند. دسته اول در خصوص سازوکارهای دریافت، تولید صدا و اندام‌های مرتبط با تولید صدا در ماهی‌ها هست که به طور ویژه مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۲۹-۳۱]. دسته دوم، شامل مطالعات در خصوص استفاده از صدا توسط آبزیان در برقراری ارتباط درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای و دامنه‌های صوتی تولیدشده‌ی مستندات و پژوهش‌هایی در دسترس هستند [۳۲-۳۴]. در دسته سوم، تشخیص بررسی اثر آلودگی‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی بر گونه‌های آبزیان است [۳۵-۳۸]. بنابراین، به طور کلی، در مطالعات زیست‌صوتیّات معمولا تمرکز بر سازوکارهای تولید صداها با منشاء زیستی توسط جانوران آبزی می‌باشد. همچنین، به تفحص و پژوهش رفتارهای مرتبط و اثرات آلودگی‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی بر فعالیت‌های زیستی و پیامدهای احتمالی آن بر تولید مثل و بقاء آبزیان پرداخته می‌شود [۷]. البته، لازم به ذکر است که در کنار انجام مطالعات زیست‌صوتیّات که در دسته‌های سه گانه بیان گردید، نیاز به بررسی بوم‌صوتیّات[2] زیستگاه‌های گونه‌های آبزی که در آن زندگی می‌کنند، نیز می‌باشد که بخش زیست‌صوتیّات را نیز شامل می‌گردد.

بوم‌صوتیّات بر مطالعه و دسته‌بندی صداهای موجود در محیط‌زیست متمرکز است [۷]. صداهای محیطی به عنوان اختصاصات و ویژگی‌های بوم‌سامانه‌ی‌که به طور بالقوه الگوها و فرایندهای بوم‌شناختی را آشکار می‌کنند، شناخته می‌شوند. در تعریفی دیگر، بوم‌صوتیّات یک زمینه علمی‌در مطالعات بوم‌شناختی می‌باشد که به بررسی نقش صداها در ترازهای فردی جانوری تا اجتماعات و محیط زندگی‌شان می‌پردازد. هم‌چنین، ارزیابی حضور و پراکنش گونه‌های دارای توانایی تولید صدا در زیست‌گاه‌های آبی می‌شود [۳۹]. اندازه‌گیری و مطالعه صداهای محیطی می‌توانند با توجه به اهداف علمی مورد نظر به طور کوتاه مدت و یا مداوم و پیوسته باشند و به عنوان یک رویکرد غیرتهاجمی برای نظارت بر محیط‌زیست اهمیت خود را نشان دهند [۲۱]. این در حالی است که هنوز داده‌ها و مستندات علمی در بخش دانشگاهی و کاربردی در راستای بررسی زمینه‌های علمی زیست‌صوتیّات و بوم‌صوتیّات محدود است و نیاز به بررسی و تحلیل هم برای گونه‌های جانوری در خشکی و هم آبزیان می‌باشد. هم‌چنین، ما اطلاعات کمی در مورد بوم‌شناختی صوتی، یا سازوکار و نحوه استفاده از داده‌های زیستی مرتبط با صداهایی که گونه‌های آبزیان از محیط استخراج می‌کنند، موجودند. به بیانی دیگر بوم‌صوتیّات به عنوان یک زمینه علمی‌جدید تلاش دارد تا با در نظر گرفتن صداهای تولیدشده توسط گونه‌های جانوری به عنوان ابزاری جهت پایش تنوع زیستی و ارزیابی سلامت بوم‌شناختی زیستگاه‌ها و منابع آبی استفاده نماید [۳۹]. نتایج مطالعات بوم‌صوتیّات به طور فزاینده‌ای برای نظارت بر جمعیت گونه‌ها و تخمین تنوع زیستی در بوم‌سامانه‌های دریایی مورد

[1] Bioacoustics

[2] Ecoacoustics

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

استفاده قرار می‌گیرند، اما صداگستره زیرآب محیط‌های آب شیرین تا حد زیادی از این نظر ناشناخته باقی مانده است [۹]. علاقه روزافزون به ضبط همه صداهای زیستی، ژئوفیزیکی و انسانی موجود در یک مکان در هر زمان و به طور کلی صداگستره در دهه‌های اخیر باعث توسعه زمینه علمی بوم‌صوتیّات شده است [۳۹]. اطلاعاتی که از صداگستره در یک منطقه می‌توان برداشت نمود شامل حضور یا عدم حضور گونه تولیدکننده صدا، تراکم جمعیت، استفاده از زیستگاه برای انجام فعالیت‌های تولیدمثلی و یا تغذیه‌ای، ارزیابی رفتارها برای مثال رفتارهای تولیدمثلی، حرکت و جابجایی‌های گونه‌های دارای توانایی صوتی را شامل می‌شود [۷].

پژوهش‌های انجام شده در سایر کشورها و زیستگاه‌های آبی دریایی و اقیانوسی نشان‌دهنده تنوع در بسامدها و پراکنش‌های زمانی و مکانی صداگستره می‌باشد [۲۰ و ۴۳-۴۰].

صداگستره استخرهای آب شیرین مناطق معتدل تا قبل از مطالعه توسط دسونکورس[1] و همکاران مورد بررسی قرار نگرفته بود [۴۴]. در این مطالعه هدف بررسی امکان‌سنجی انجام مطالعات صوتی در محیط طبیعی منابع آبی و هم‌چنین ارزیابی مشکلات احتمالی پشتیبانی و فنی در زمان نمونه‌برداری‌های صوتی بوده است تا در بررسی‌های تکمیلی میدانی بعدی مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، اهداف این پژوهش عبارتند از: الف) تعیین صداگستره و اندازه‌گیری ترازهای فشار صوتی در یک استخر منطقه معتدله ب) حصول داده‌های صوتی بیانگر تنوع زیستی، صداهای با منشاء غیرزیستی و آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی و ج) تهیه نوسان‌نگاره‌ها و طیف‌نگاره‌ها و نمودار تراکم طیف انرژی جهت دسته‌بندی و تفکیک منابع صوتی موجود در استخر.

۲. مواد و روش کار

۲-۱. محل جغرافیایی نمونه‌برداری صوتی

برای اندازه‌گیری صداگستره استخر آبی واقع در پارک ابریشم در شهرستان صومعه سرا، سه نقطه مختصات مکانی برای داده‌برداری صوتی انتخاب گردیدند (شکل ۱). اندازه‌گیری‌های صوتی در محل طی روزهای نمونه‌برداری ۲، ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۴۰۳ بین ساعت‌های ۶ تا ۹ صبح انجام شدند. روزهای ۱ و ۳ اردیبهشت حضور در مکان نمونه‌برداری مقدور شد ولی به دلیل مشکلات حمل‌ونقل و جابجایی امکان ضبط صداها و نمونه‌برداری انجام نشد. بنابراین، اهمیت آماده‌سازی لوازم و تجهیزات و انجام آزمایش‌های پایلوت برای ارزیابی صداگستره ضروری است. داده‌برداری‌های صوتی انجام‌شده شامل تعداد ۲۰ فایل صوتی ضبط‌شده برای روز اول نمونه‌برداری، ۸ فایل صوتی ضبط‌شده برای روز دوم نمونه‌برداری و تعداد ۱۷ فایل صوتی ضبط‌شده برای روز سوم نمونه‌برداری شد. طول دوره انجام آزمایش تعیین صداگستره پنج روزه بود [۴۵].

۲-۲. تعیین شیوه‌نامه و روش اندازه‌گیری‌های صوتی

اندازه‌گیری‌های صوتی در نقاط مختصات مکانی الف، ب و ج به ترتیب در هر یک از روزهای ۲ و ۴ و ۵ اردیبهشت صورت گرفتند (شکل ۱). برای این منظور از یک دستگاه ضبط‌صوت و کابل مربوطه جهت اتصال به یک دستگاه ذخیره‌کننده صدا با منبع تغذیه باتری استفاده شد. در ادامه، برای تعیین ترازهای صداهای زمینه و صداگستره و هم‌چنین تعیین تراکم طیف انرژی، فایل‌های ضبط‌شده صوتی توسط برنامه‌نویسی و اسکریپت تجزیه و تحلیل صداها در محیط بسته نرم‌افزاری آر با استفاده از یک دستگاه لپ‌تاپ اچ‌پی انجام شد. هم‌چنین برای تولید اوسیلوگرام[2] (نوسان‌نگاره صوتی) اسپکتروگرام‌ها[3] (طیف‌نگاره صوتی) از نرم افزار آئوداسیتی نسخه ۳.۵.۱ استفاده شد.

تحلیل داده‌های فشار صوتی ابتدا از نظر بهنجار بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف - اسمیرنوف[4] ارزیابی شد. در ادامه، با آزمون واریانس یک طرفه آنووا[5] مورد بررسی قرار گرفت. متعاقباً آزمون تکمیلی پست هاک[6] جهت بررسی جفتی تیمارهای زمانی (روزهای سه‌گانه) استفاده شد. لازم به ذکر است جهت انجام تحلیل واریانس با توجه به تعداد ناهمسان فایل‌های صوتی نمونه‌برداری شده در روزهای سه‌گانه برای احتساب حد نصاب ۱۹ (تعداد فایل‌های تحلیل در روز اول) تراز شدت صوتی در هر تیمار زمانی با استفاده از اضافه کردن

[1] Desjonqueres

[2] Oscillogram
[3] Spectrogram
[4] Kolmogorov-Smirnov
[5] ANOVA
[6] Post hoc

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

اندازه‌گیری میانگین‌ها تا رسیدن به ۱۹ تراز شدت صوتی برای هر تیمار اقدام گردید. هم‌چنین، از اندازه‌گیری‌های روز اول، دوم و سوم به ترتیب تعداد یک فایل، چهار فایل و یک فایل صوتی به دلیل خطاها در نمونه‌برداری ضبط‌صوت در تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار نگرفتند و کنار گذاشته شدند.

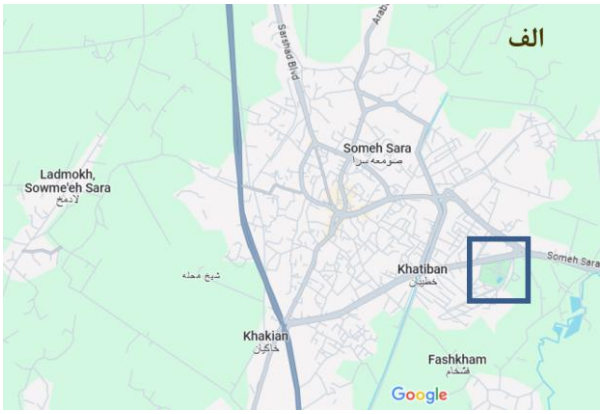
جدول ۱ مشخصات جغرافیایی با مختصات طول و عرض جغرافیایی نقاط انتخاب شدت برای نمونه‌برداری‌های صوتی در این آزمایش.

موقعیت جغرافیایی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
نقطه شماره ۱ (الف)	۴۹٫۳۳۰۴۱۴	۳۷٫۲۹۴۸۹۵
نقطه شماره ۲ (ب)	۴۹٫۳۳۰۴۷۹	۳۷٫۲۹۴۹۵۸
نقطه شماره ۳ (ج)	۴۹٫۳۳۰۴۰۶	۳۷٫۲۹۴۹۷۸

۳. نتایج

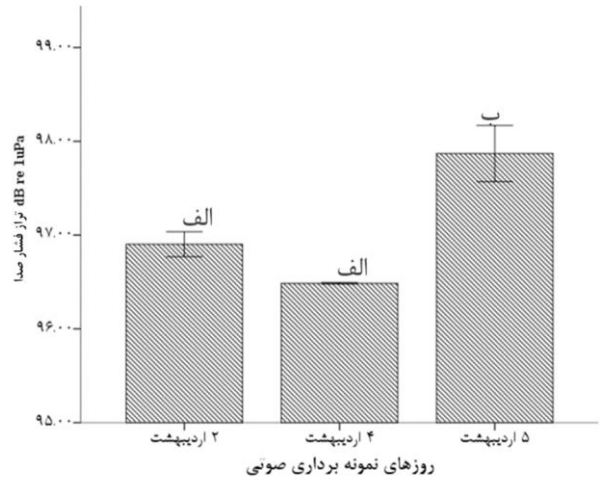
میزان میانگین شدت صوتی زمینه در نقاط سه گانه در طی سه روز نمونه‌برداری مختلف برابر با ۱٫۱۱±۹۷٫۲۵ دسی‌بل نسبت به ۱ میکروپاسکال ثبت گردید. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده‌است میانگین تراز فشار صدا در روزهای مختلف نمونه‌برداری از صداگستره متفاوت بوده‌است ($p<0.001$, $F:14.037$, $df:2$).

در ادامه آزمون‌های تکمیلی پست هاک نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین روزهای اول (۲ اردیبهشت) و دوم (۴ اردیبهشت) دیده نشد ($p>0.05$). این درحالی است که تراز فشار صدای اندازه‌گیری‌شده در روز سوم (۵ اردیبهشت) با روزهای اول و دوم تفاوت معنی‌داری را نشان داده‌است ($p<0.001$).



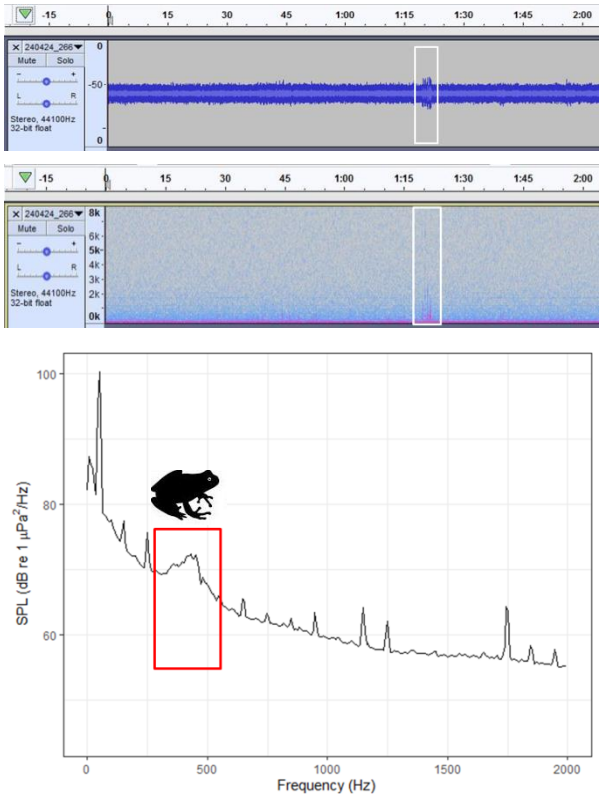
شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محل نمونه‌برداری پایلوت تعیین صداگستره استخر در شهرستان صومعه سرا. الف) تصویر با بزرگنمایی کم‌تر از منطقه نمونه‌برداری. ب) بزرگنمایی‌شده بخش کادر آبی رنگ در شکل الف. ج) بخش بزرگنمایی شده کادر نارنجی شکل ب و هم‌چنین تعیین مساحت استخر محل نمونه‌برداری پایلوت صداگستره با مختصات جغرافیایی شامل سه نقطه الف، ب و ج می‌باشد.

نقطه شماره ۱ (a)	۴۹٫۳۳۰۴۱۴	۳۷٫۲۹۴۸۹۵
نقطه شماره ۲ (b)	۴۹٫۳۳۰۴۷۹	۳۷٫۲۹۴۹۵۸
نقطه شماره ۳ (c)	۴۹٫۳۳۰۴۰۶	۳۷٫۲۹۴۹۷۸



شکل ۲ ترازهای فشار صوتی در روزهای مختلف و نقطه مختصات‌های نمونه‌برداری سه‌گانه نشان‌داده‌شده‌اند. حروف متفاوت بیانگر تغییرات آماری معنی‌داری در تراز $p<0.001$ را نشان می‌دهند.

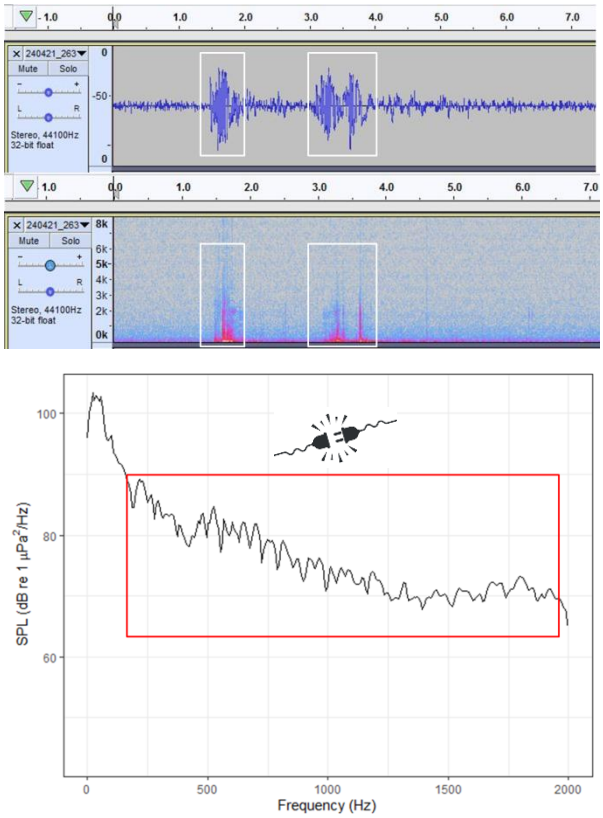
[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]



شکل ۳ تصویری از صداگستره منطقه نمونه‌برداری. الف) اوسیلوگرام نوسان‌نگاره صوتی ب) اسپکتروگرام طیف‌نگاره صوتی و ج) تراکم طیف انرژی صوتی نمونه فایل ضبط‌شده نشان‌دهنده صداگستره در استخر نمونه‌برداری. کادرهای سفید در شکل‌های الف و ب نشان‌دهنده زمان وقوع صوت با منشاء زیستی می‌باشند. کادر قرمز رنگ شکل ج نشان‌دهنده افزایش شدت صوت در دامنه بسامدی ۴۰۰ تا ۵۰۰ هرتز مرتبط با اصوات تولیدشده با منشاء زیستی را نشان می‌دهد. در شکل ج، محور افقی دامنه بسامدهای صوتی و محور عمودی واحد سطح صوت را نشان می‌دهد.

نمودارهای نوسان‌نگاره صوتی، طیف‌نگاره صوتی و تراکم طیف انرژی صوتی نوفه‌های ضبط‌شده با منشاء زیستی، خطای در حین نمونه‌برداری و تولید حباب با منشاء نامعلوم زیستی/غیرزیستی به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ و ۵ نشان داده‌شده‌اند.

در شکل ۶ نمایی از نوسان‌نگاره صوتی و طیف‌نگاره صوتی به همراه تراکم طیف انرژی نوفه‌های ثبت‌شده‌ای که منشاء تولید آن‌ها مشخص نیست، نشان داده شده‌اند. افزایش شدت صوتی در بسامدهای ثبت‌شده قله ۱۰۰، ۱۲۵۰، ۴۰۰ و ۱۷۵۰ قرار داشتند. هم‌چنین، در شکل ۷ گونه‌ای از دوزیستان در محل نمونه‌برداری به ثبت رسید و همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است منشاء تولید صداهای زیستی در استخر نمونه‌برداری را تشکیل می‌دهد.



شکل ۴ تصویری از اضافه شدن منبع صوتی ثانویه ناشی از خطای در حین نمونه‌برداری نشان داده شده است. شکل الف) و ب) به ترتیب نوسان‌نگاره صوتی و طیف‌نگاره صوتی می‌باشند. کادرهای سفید نشان‌دهنده شکل نوسان و تغییرات انرژی در واحد زمان می‌باشند. شکل ج) تراکم طیف انرژی صوتی فایل ضبط‌شده و کادر قرمز افزایش شدت ترازهای فشار صوتی در دامنه بسامدهای مختلف ناشی از خطای در حین نمونه‌برداری در دامنه بسامدهای ۱۲۵ تا ۲۰۰۰ هرتز قابل مشاهده است.

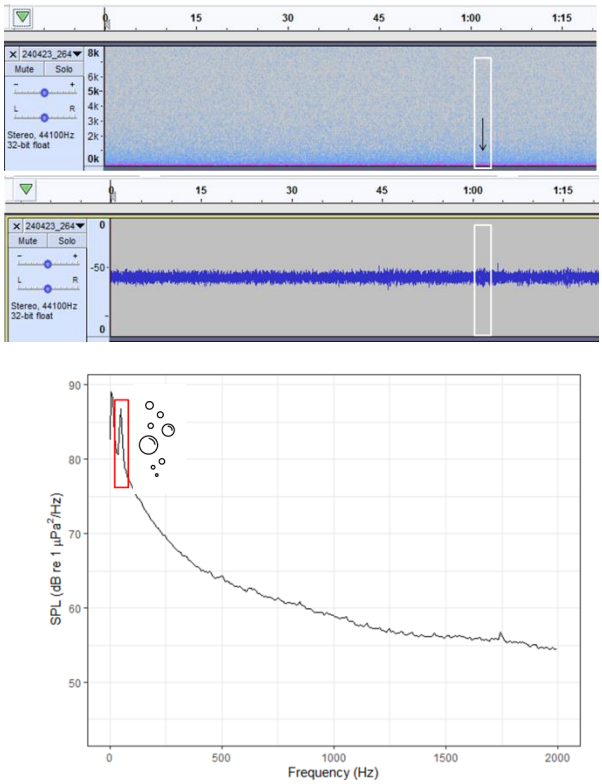
۴. بحث

۴-۱. پایش صوتین غیرفعال و مطالعات بوم‌صوتیّات

ضبط و مستندسازی صداهایی که گونه‌های مختلف در یک محیط‌های آبی تولید می‌کنند، می‌تواند توسط محققان به عنوان یک فنّ بررسی غیرتهاجمی در کنار سایر روش‌های بررسی سنتی تنوع زیستی جهت پایش و ارزیابی جمعیت‌های آبزیان و بوم‌سامانه‌ها مورد استفاده قرار گیرد [۴۶].

استفاده از شاخص‌های صوتی و ارزیابی صداگستره در حال حاضر یکی از ابزارهای کاربردی و گسترده در زمینه بوم‌صوتیّات می‌باشد. به طور کلی بین الگوهای صداگستره و شاخص‌های صوتی در زیستگاه‌های آبی ارتباط وجود دارد [۴۷].

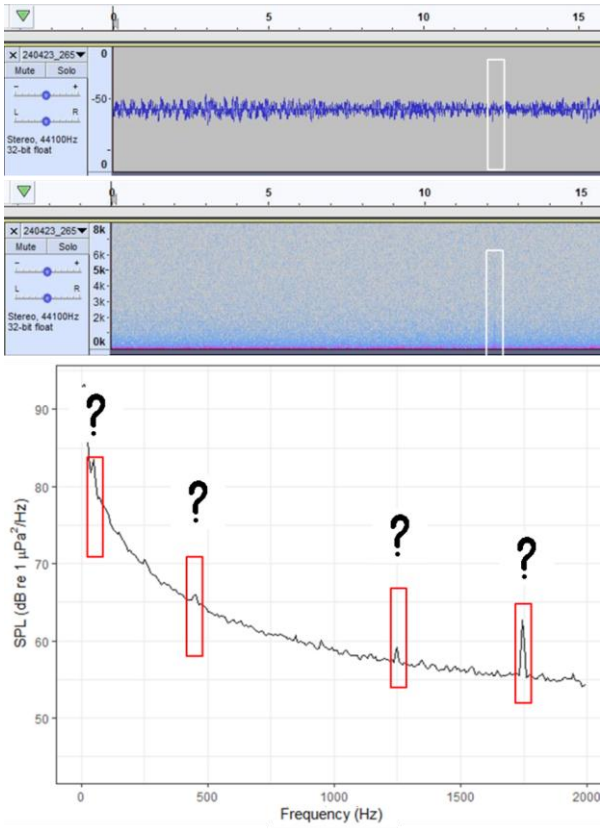
[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]



شکل ۵ تصویری از صداگستره منطقه نمونه‌برداری. در شکل الف) و ب) به ترتیب نوسان‌نگاره صوتی و طیف‌نگاره صوتی قابل مشاهده می‌باشند. کادر سفید نشان‌دهنده منبع صوتی حباب با منشاء غیرزیستی است. شکل ج) تراکم طیف انرژی صوتی فایل ضبط‌شده و کادر قرمز نشان‌دهنده افزایش میزان شدت ترازهای صوتی در نتیجه تولید حباب با منشا نامعلوم زیستی/غیرزیستی در دامنه بسامدهای پایین کم‌تر از ۱۰۰ هرتز می‌باشد.

شاخص‌های صوتی می‌توانند شواهد و اطلاعات در خصوص وضعیت گونه جانوری، جمعیت آن‌ها و بوم‌سامانه مربوطه را فراهم آورند و از این جهت نقش ویژه‌ای در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی زیست‌محیطی و توسعه پایدار دارا هستند.

در پژوهش [۲۱] شش مرحله کلیدی شرح داده‌شده‌اند که باید برای افزایش کاربرد روش‌های مطالعات صوتی منابع و زیستگاه‌های آب شیرین و پایش و ارزیابی بوم‌شناختی انجام شوند. این شش مرحله کلیدی عبارتند از: ۱. مشخص کردن انواع صداها و ایجاد ارتباط بین این منابع صوتی با گونه‌های جانوری و فرآیندهای آن بوم‌شناختی. ۲. بهبود روش‌های تشخیص و تجزیه و تحلیل خودکار سروصداها. ۳. دسترسی به داده‌ها و علم به صورت نامحدود و باز. ۴. کمّی‌سازی و الگوسازی انتشار صداها به صورت سه-بعدی. ۵. در نظر گرفتن تنوع زمانی با مقیاس متنوع. ۶. ایجاد ارتباط بین شرایط بوم‌شناختی و صداهای شناخته‌شده در زیستگاه یا منابع آبی.



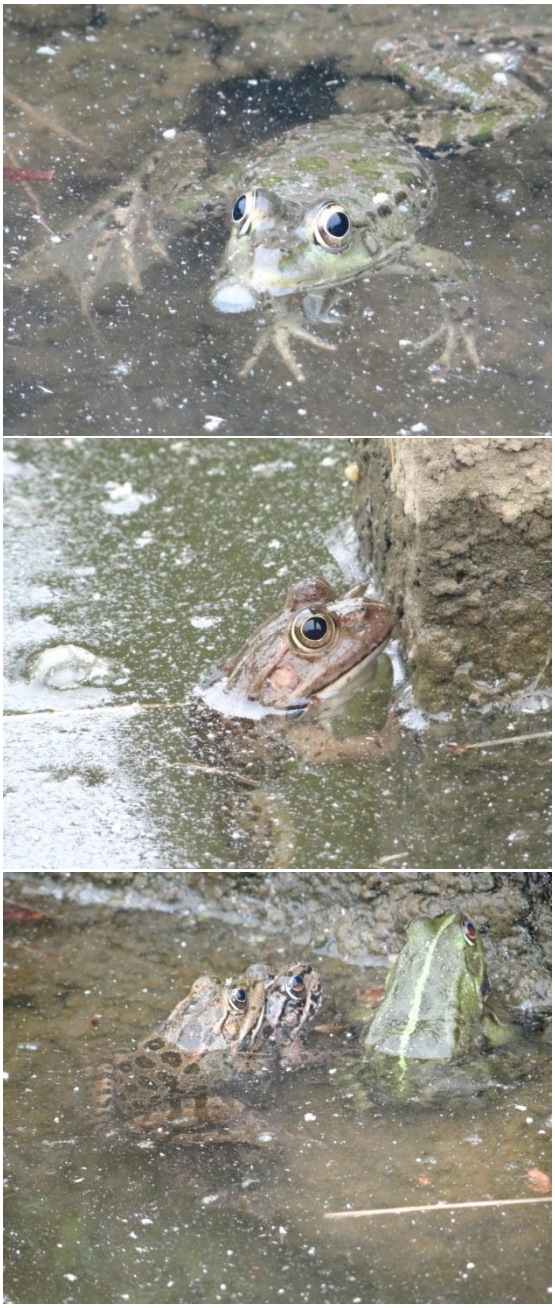
شکل ۶ تصویری از صداگستره منطقه نمونه‌برداری. شکل الف) و ب) به ترتیب نوسان‌نگاره صوتی و طیف‌نگاره صوتی قابل مشاهده می‌باشد. کادر سفید محل وقوع اصوات با منشاء ناشناخته می‌باشند. شکل ج) تراکم طیف انرژی صوتی فایل ضبط‌شده و کادر قرمز نشان‌دهنده افزایش میزان شدت ترازهای صوتی در نتیجه تولید نوفه‌ها با منشاء ناشناخته در دامنه بسامدهای نزدیک ۱۰۰، ۴۰۰ ۱۲۵۰ و ۱۷۵۰ هرتز می‌باشد. بنابراین، در مطالعات بعدی بررسی و ارزیابی بلند مدت‌تر و در مکان‌ها و زمان‌های متفاوت مورد نیاز است.

در مطالعه‌ای که بر اجتماعات گونه دوزیستان و قورباغه در منطقه دریای مازندران (کاسپین-قزوین) صورت گرفته است، بسامد صوتی ۴۰۰ هرتز نیز طی فرایند تولید صدا توسط قورباغه‌های جنس نر برای جذب جنس مخالف و انجام فعالیت‌های تولیدمثلی به ثبت رسیده است [۴۸].

در این مطالعه نیز با توجه به حضور دوزیستان در استخر (شکل ۷)، یک نوع صدا با منشاء زیستی مورد تفکیک و شناسایی قرار گرفت. بنابراین، برای شاخص غنای صوتی با منشاء زیستی این استخر عدد ۱ اختصاص داده شد.

البته، با افزایش طول دوره نمونه‌برداری و هم‌چنین افزایش پراکندگی تعداد محل‌های نمونه‌برداری، احتمال افزایش غنای صوتی با منشاء زیستی در این استخر می‌باشد.

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]



شکل ۷ نمای الف) روبرو و ب) جانبی از یک گونه قورباغه در محل نمونه‌برداری. ج) تولید صداهای توسط جنس نر این گونه از دوزیستان در زمان فصل تولیدمثلی می‌تواند به عنوان یکی از منابع صوتی در تعیین صداگستره استخر مورد مطالعه در نظر گرفته شود.

در در مطالعه [۴۴] در سه استخر نمونه‌برداری شده بین ۴۸-۹ انواع صدا شناسایی و دسته‌بندی شدند. در مطالعه حاضر به دلیل عدم تحقیقات پیش‌زمینه‌ای در این منطقه جغرافیایی و به‌ویژه نبود فهرستی که انواع صداها را به نام گونه‌ها نسبت دهد، شناسایی برخی از منابع صوتی ثبت‌شده، انجام نشد.

صداهای ناشی از حباب‌های هوا در این مطالعه به ثبت رسیدند. البته، منشاء تشکیل حباب نامشخص بوده و تعیین نگردیده است. بررسی‌های قبلی سایر محققین نشان داده‌اند که حجم داده‌های کم‌تر و هدفمند می‌تواند نتایج دقیق‌تری را نسبت به داده‌های زیاد ولی غیرهدفمند ارائه دهند [۴۹]. اندازه نمونه‌برداری ناکافی و یا داده‌های سوگرفته مشاهدات بوم‌شناختی دقیقی را حاصل نمی‌کنند [۵۰].

روش‌های مرسوم و متداول در اندازه‌گیری، تخمین و بررسی تنوع زیستی در بوم‌سامانه‌های آبی می‌توانند غیرانتخابی و تهاجمی‌باشد (همچون تورکشی مکرر و استفاده از شوکرهای برقی). در بسیاری از این موارد استفاده از روش‌های تهاجمی‌و غیرانتخابی می‌تواند منجر به گرفتن، صید و آسیب احتمالی به گونه‌های آسیب‌پذیر شود [۵۱]. بنابراین، علاقه و توجه به استفاده از فنون و روش‌های غیرتهاجمی موجب گسترش مطالعه و نمونه‌برداری در بین بوم‌شناسان زیستگاه‌های آب شور و شیرین شده‌است.

پایش صوتین غیرفعال[1] یک روش ضبط غیرتهاجمی و مستقل از صید و صیادی جهت ثبت و دریافت صداهای محیطی می‌باشد. این فنّ حسگری از دور[2] می‌تواند با ضبط صداگستره و اجزاء ترکیبی آن یک ابزار قوی برای بررسی جمعیت و اجتماعات گونه‌های دارای توانایی تولید نوفه محسوب شود. برای مثال توزیع مکانی آبزیان، ترجیحات بوم‌شناختی و وضعیت حفاظتی گونه‌های آبزیان از همین روش اندازه‌گیری صوتی مبتنی بر حسگری از دور قابل ارزیابی می‌باشد. این روش در مقایسه با سایر روش‌های متداول و مرسوم اجازه می‌دهد تا بدون دخالت و ایجاد اختلال در فعالیت‌های طبیعی آبزیان، پاسخ‌های رفتاری آن‌ها را در جهت ارزیابی دقیق و صحیح به محرک‌های مختلف مرتبط با نوفه‌ها کسب شوند [۵۲]. مطالعات قبلی نشان داده شده که با استفاده از این نوع پایش غیرتهاجمی می‌توان به طور موثری زیستگاه‌ها را در بوم‌سامانه‌های زمینی و آبی شیرین و شور مورد بررسی قرارگیرند [۹]. پایش غیرفعال صوتین در زیستگاه‌های آبی می‌توانند به ویژه برای شناسایی گونه‌های استتار کننده پنهان‌شونده[3] و یا سایر گونه‌هایی که ممکن است توسط سایر

[1] PAM; Passive acoustic monitoring
[2] Remote sensing
[3] Cryptic species

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

روش‌های نمونه‌برداری متداول و رایج شناخته نشوند و قابل بررسی نباشند مورد استفاده قرار گیرد [۵۲]. با این حال، آگاهی از اصوات تولیدشده توسط گونه‌های آبزیان در زیست‌گاه‌های آب شور و شیرین بسیار محدود است. علاوه بر این، اطلاعات کمی‌در مورد نمایش انواع گروه‌های طبقه‌بندی جانوری در زیستگاه‌های آب شور و شیرین موجود می‌باشد.

به طور کلی انجام مطالعات در محیط‌های مهارشده آزمایشگاهی می‌تواند تا حدود زیادی در مورد سازوکار تولید سروصداها، الگوهای پخش و کاربرد آن در گونه‌های جانوری قابل استفاده باشد. البته، در کنار مطالعات آزمایشگاهی زیست‌صوتیّات ادامه و توسعه مطالعات در محیط‌های طبیعی که گونه‌های مورد نظر در آنجا زندگی می‌کنند به اعتبار و قابل تعمیم بودن نتایج و شواهد زیستی اضافه خواهد کرد. این در حالی است که جهت بررسی بوم‌صوتیّات نیاز به مراحل اندازه‌گیری‌ها در محیط طبیعی، تعیین منابع صوتی، تحلیل بسامدها و تشخیص گونه‌های مستقر در زیستگاه می‌باشد. تنوع زیستی و عملکردهای یک بوم‌سامانه ارتباط نزدیکی با هم دارند. نظارت بر تنوع زیستی و فراوانی گونه‌های آبزیان برای توسعه درک شرایط و فرایندهای بوم‌سامانه و ارزیابی آن ضروری است [۵۳].

استفاده از بوم‌صوتیّات در تحقیقات علمی در ده سال گذشته به طور قابل توجهی افزایش یافته است و این مطالعات در آب‌های شیرین رایج‌تر می‌شود [۹]. لازم به یاداوری می‌باشد که بررسی‌های صوتی به وضوح تنها می‌توانند اصوات گونه‌های دارای توانایی تولید صدا را ضبط کنند و اطلاعات آن‌ها را در اختیار قرار دهند. یکی دیگر از نکات قابل توجه این موضوع می‌باشد که دانش شناسایی و دسته‌بندی صداهای تولیدشده توسط گونه‌های مختلف آب شیرین بسیار محدود است [۵۴]. علاوه بر این، استانداردهای توافق شده‌ای برای نمونه‌برداری از صداگستره یک زیستگاه معین وجود ندارد و هم‌چنین راهنمایی در مورد اینکه چگونه داده‌های صوتی ضبط‌شده می‌توانند به بهترین نحو برای نظارت موثر بر تنوع زیستی یک بوم‌سامانه استفاده شوند، وجود ندارد [۵۵ و ۵۶].

شاید در بزرگترین مقیاس مطالعه صداگستره در زیستگاه‌های آب شیرین تا به امروز، رونتری[1] و همکاران را بتوان نام برد [۵۴ و ۵۸ و ۶۶] که سروصداهای ۱۹ دریاچه، ۱۷ استخر، ۲۰ رودخانه و ۲۰ نهر در نیوانگلند (ایالات متحده آمریکا) را ضبط کردند و ۷۰۰۰ صدا را در ۱۷۳ مکان نمونه‌برداری به ثبت رساندند. آن‌ها دریافتند که زیستگاه‌های آب شیرین حاوی مجموعه متنوعی از سروصداها با منشاء زیستی ناشناس هستند و سروصداهای انسانی (حمل‌ونقل، قایق، ماهیگیری) بر صداگستره ضبط‌شده غالب بوده و به طور قابل توجهی بر نوفه‌های طبیعی تأثیر می‌گذارد [۵۴]. تعدادی از مطالعات نیز هم در محیط‌های خشکی و هم در محیط‌های آبی ارتباط بین صداهای تولیدشده توسط گونه‌های جانوری و شرایط بوم‌سامانه محل نمونه‌برداری را نشان داده‌اند [۵۷]. اگرچه ایجاد تغییر در محتوای صداگستره به طور خودکار و مستقیم نشان‌دهنده جهت و سمت و سوی ایجاد تغییرات در یک بوم‌سامانه نمی‌باشد. سیمای در بوم‌سامانه‌های تخریب شده برای مثال می‌تواند غنی تر و متنوع تر گردد در حالی که شرایط آن بوم‌سامانه در حال تخریب بیش‌تر می‌باشد. برای مثال زمانی که گونه‌های جانوری دارای توانایی تحمل آلودگی‌ها شروع به تسلط و گسترش توسعه و پراکنش خود در صداگستره زیستگاه و بوم‌سامانه در حال تخریب را آغاز می‌کنند افزایش تنوع صوتی مشهود می‌باشد. همینطور گونه‌های مهاجم نیز می‌توانند همزمان با تاثیرگذاری منفی خود بر عملکردهای اکولوژیک گونه‌های بومی‌باعث افزایش پیچیدگی و توسعه صداگستره گردند [۵۷].

بر رغم مزایای بالقوه بررسی صوتی در آبهای شیرین، در حال حاضر هیچ روش میدانی استاندارد شناخته‌شده‌ای جهت الگوبرداری وجود ندارد [۱۰]. بنابراین، با سایر محقین [۵۸ و ۵۷] موافقیم که در بسیاری از موارد، دانستن و فهرست‌نویسی منبع سروصداها لازم و ضروری است. هم‌چنین، برای تکمیل اطلاعات صوتی دریافت‌شده از زیستگاه‌های آبی در مرحله اول دسته‌بندی و طبقه‌بندی نوفه‌ها و در مرحله بعدی اختصاص دادن نوفه‌ها به گونه‌های آبزیان دارای اهمیت می‌باشند. البته برخی از مشکلاتی که برای پایش نوفه‌ها در محیط‌های آب شیرین وجود دارند، شامل تمامی‌گونه‌هایی می‌شوند که توانایی تولید سروصداها را ندارند تا مورد بررسی قرار گیرند. بسامدهای بالا نیز به سرعت در این محیط‌های آبی ضعیف و غیرقابل ارزیابی می‌شوند. الگوهای پخش سروصداها در آب‌های کم عمق بسیار پیچیده می‌باشند و در آخر اطلاعات

[1] Rountree

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

بسیار محدودی در مورد گونه‌هایی که توانایی تولید صدا دارند در این زیستگاه‌ها به ثبت رسیده است.

در منابع آبی و زیستگاه‌های آب شیرین چهار گروه اصلی جانوری شناخته شده‌اند که دارای توانایی تولید صدا هستند که شامل دوزیستان، سخت‌پوستان، ماهی‌ها و حشرات می‌باشند [۵۹]. تغییرات ترازهای شدت صوتی تولیدشده توسط یک گونه گاوماهی مهاجم[1] در بازه‌های زمانی ساعات روزانه و ماهانه توسط [۵۲] نشان داده شده است. در این تحقیق تفاوت‌هایی در شدت ترازهای صوتی زمینه در روزهای نمونه‌برداری شاهد بودیم. لینک و همکاران در طی نمونه‌برداری صوتی مداوم شش-روزه از دو منبع آبی در منطقه جغرافیایی گرمسیری نشان دادند که حتی نمونه‌برداری کوتاه مدت چند روزه نیز می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در زمینه غنای صوتی منابع آبی را فراهم آورد. اگرچه در ادامه بیان داشتند که عملیات‌های پایش و نمونه‌برداری صوتی در این مناطق نباید فقط بر پایه نمونه‌های تکی و جداگانه صوتی باشند و یا اینکه نمونه‌برداری‌های متعدد صوتی فقط در یک زمان از روز انجام شوند [۷]. بررسی صداگستره یک تالاب آب شیرین در منطقه جغرافیایی گرمسیری نشان‌دهنده پویایی و تنوع منشاء صداها بوده است. به طوریکه امکان دسته‌بندی الگوهای صوتی روزانه و هم‌چنین نشان دادن جایگاه‌های طیف صوتی و الگوهای زمانی آن‌ها برای محققین مقدور گردید [۶۰]. البته، نسبت علامت به نوفه[2] که یکی از شاخص‌های با اهمیت رصد و پایش زیستگاه‌ها و منابع آبی می‌باشد در مطالعه [۶۰] مقدار بالایی ارزیابی گردید. تغییرات نسبت ضریب S/N می‌تواند به موقعیت مکانی استخر مورد مطالعه و نمونه‌برداری مرتبط باشد. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی تکمیلی این نسبت علامت به نوفه در کنار ارزیابی غنای صوتی برآورد و گزارش گردد. گونه‌های آبزیان می‌توانند در ساعات مختلف شبانه‌روزی دارای فعالیت محدود و اختصاصیِ زمانی و یا پیوسته بلند مدت باشند. ترکیب صداگستره در طول روز می‌تواند کاملا متفاوت باشد و حتی در طی شبانه‌روز شامل تغییرات شود [۶۰]. لذا، نتایج حاصل از محدوده زمانی چند ساعته صبح در این نمونه‌برداری صوتی می‌تواند عامل محدودکننده تنوع منابع صوتی ثبت‌شده و دسته‌بندی‌شده در نظر گرفته شود. تولید علائم صوتی در ساعات و زمان مشخصی از روز می‌تواند مزایای زیادی برای گونه آبزی مورد نظر داشته باشد. برای مثال انتخاب تولید صدا در ساعات خاص روز می‌تواند به دلیل افزایش توانایی انتقال پیام‌ها به دریافت‌کننده‌های هم‌گونه‌ای، بهینه‌سازی پراکنش مکانی، کاهش مصرف انرژی و زمان، کاهش خطر شکار شدن و هم‌چنین پیداکردن فضا و جایگاه مناسب صوتی باشد. انتخاب این راهبردها می‌تواند بر اساس فرضیه طبقه‌بندی جایگاه صوتی[3] باشد که کاهش تا حد امکان همپوشانی مکانی و زمانی بین انواع مختلف صداها در یک فضای صوتی معین و مشخص دارای اهمیت است [۶۱]. به این معنی که گونه‌ها در اجتماعات با غنای گونه‌ای و تنوع گونه‌ای بالا از نظر تطوری (تکاملی) و یا رفتاری علائم صوتی خود را تغییر می‌دهند و صداهایی تولید می‌کنند به ترتیبی که همپوشانی مکانی و زمانی با سایر صداهای موجود و تولیدشده منظم در محیط نداشته باشند و یا به حداقل برسد [۶۲]. از طرفی در فرضیه‌ای دیگر به عنوان آداپتاسیون صوتین[4] تصریح شده که ویژگی‌های صوتی زیستگاه‌ها که توسط ریخت‌شناختی زمین و ساختارهای گیاهی ایجاد می‌شوند، صداهای گونه‌های جانوری را شکل‌داده و در نتیجه انتشار آن‌ها به حداکثر می‌رسد [۶۳]. این دو فرضیه زمینه‌های اصلی نظریات بوم‌صوتیّات برای گونه‌های زیستی می‌باشند.

در بخش نتایج این مطالعه نیز شواهد و مستندات تولید صداها توسط دوزیستان با منشا زیستی و هم‌چنین حباب هوا با منشاء نامشخص (زیستی یا غیرزیستی) به ثبت رسیده‌است. البته، مطالعه‌های بلند مدت می‌توانند به افزایش اگاهی از سایر منابع صوتی موجود در این استخر و یا سایر زیستگاه‌های آبی منجر گردند. از طرفی نوفه‌های ناشی از حباب‌های هوا که در این مطالعه به ثبت رسیده‌اند شاید با مطالعات بیش‌تر به منابع صوتی ناشی از تبادلات گازی گونه‌های گیاهی ماکروفیت [۶۴] و یا ناشی از فعالیت‌های زیستی آبزیان و دوزیستان مرتبط شوند. اگرچه ماهی‌ها گروه بزرگی از مهره‌داران را در زیستگاه‌های آبی تشکیل می‌دهند ولی در این مطالعه نمونه صداهایی از آن‌ها در صداگستره این استخر مورد مطالعه مشاهده نشد. از دلایل آن شامل عدم کافی بودن مدت زمان

[1] Neogobius melanostomus
[2] Signal to noise ratio (SNR)
[3] The acoustic niche hypothesis (ANH)
[4] The acoustic adaptation hypothesis (AAH)

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

نمونه‌برداری (طول ضبط صداها)، عدم انتخاب زمان مناسب فصل تولیدمثلی و جفتگیری ماهی‌ها در استخر محل نمونه‌برداری و یا عدم انتخاب محل مناسب نمونه‌برداری (نزدیکی به محل جفتگیری و یا انجام فعالیت‌های تولیدمثلی) می‌باشند. البته، مطالعه تکمیلی در راستای بررسی گونه‌های ماهی‌های رهاسازی‌شده و مستقر در استخر مورد بررسی پیشنهاد می‌گردد. در مطالعه‌ای دیگر [۶۰] صداهایی متنوعی را دسته‌بندی کردند که از نوعِ با منشاء زیستی و مرتبط با حشرات بوده‌است. توانایی دسته‌بندی و طبقه‌بندی صداهای ضبط‌شده در مطالعات قبلی با موفقیت نشان داده شده است [۲۱]. البته، برقراری ارتباط بین صداهایی دسته‌بندی و ضبط‌شده با گونه‌های جانوری ساکن در منطقه نمونه‌برداری نیز دارای اهمیت هست و مرحله بعدی تکمیل مطالعات زیست‌صوتیّات و بوم‌صوتیّات می‌باشد [۶۵].

۴-۲. لزوم انجام مطالعات بوم‌صوتیّات در منابع آبی ایران

با توجه به وسعت زیستگاه‌های آبی داخلی ملی و مشترک بین‌المللی، انجام آزمایش‌ها و مطالعات کوتاه مدت هم در شرایط مهارشده آزمایشگاهی و هم محیط‌زیست طبیعی پیشنهاد می‌گردد [۲۲]. یکی از مهم‌ترین بخش‌های ارزیابی بوم‌صوتیّات و تعیین وضعیت زیستگاه‌های آبی، برنامه‌ریزی و تعیین پروتکل‌های انجام اندازه‌گیری‌های صوتی می‌باشد [۶۵و۵۱]. لازمه تعیین روش کار و انجام آزمایش‌های زیست‌صوتیّات و بوم‌صوتیّات، انجام مطالعات پایلوت و اولیه هم در شرایط مهارشده آزمایشگاهی و هم در محیط‌های طبیعی گونه‌های زیستمند در بوم‌سامانه‌های آبی می‌باشد. با توجه به اینکه تاکنون اطلاعاتی در مورد زیست‌صوتیّات و بوم‌صوتیّات در زیستگاه‌های آبی در متون علمی‌فارسی موجود نمی‌باشد، لذا برای نیل به این اهداف، انجام مطالعات کتابخانه‌ای و هم‌چنین بررسی منابع علمی و مستندات به زبان‌های دیگر جهت کسب اطلاعات و مستندات علمی الزامی است. در بخش‌های متداول نمونه‌برداری و ثبت اطلاعات علمی، در نظرگرفتن فایل وراءداده[1] نیز در ادامه مراحل تجزیه‌تحلیل داده‌ها و روش کار بسیار با اهمیت می‌باشد. البته، برخی نکات در زمینه اندازه‌گیری‌های صوتی و مشاهدات میدانی در زیستگاه‌های آبی نیاز به مداقه دوباره[2] دارند که شامل موارد ذیل است: ۱. انجام نمونه‌برداری‌های صوتی در مکان‌های مشخص‌شده و انجام تکرارهای لازم در بازه‌های زمانی مورد نظر. ۲. ضبط صداها و پایش صوتین در زمان‌های مشخص و یا بازه‌های زمانی تعریف‌شده برای یک مکان نمونه‌برداری و یا همزمان برای نمونه‌برداری از چند منبع آبی. ۳. کالیبره‌کردن از قبلِ دستگاه‌ها و لوازم تجهیزات صوتی نمونه‌برداری و تحلیل صوتی. ۴. پایش وضعیت شار و باتریِ لوازم اندازه‌گیری صدا و گنجایش کارت‌های حافظه مربوطه. ۵. در حد امکان، حذف و یا کاهش و ثبت سایر منابع صوتی ناخواسته و یا تصادفی در زمان و محل‌های نمونه‌برداری. ۶. تصویربرداری و یا فیلمبرداری از انجام مراحل آزمایش پایلوت و ثبت موقعیت (طول و عرض) جغرافیایی محل نمونه‌برداری. ۷. تعیین شاخص‌های صوتی مورد مطالعه و اندازه‌گیری شبه‌سنج‌های محیطی منبع آبی شامل دمای آب، هوا، سرعت جریانات بادی، شدت نور و طول دوره‌های نوری-خاموشی (طلوع آفتاب-غروب آفتاب). هم‌چنین نوشتن جزییات مواد و روش کار و پروتکل‌های استفاده شده برای انجام مشاهدات دیداری (تهیه عکس و فیلمبرداری) و ضبط صداها نیز می‌تواند به کارایی بیش‌تر علمی‌در جهت امکان تکرارپذیری بسیار موثر و دارای اهمیت باشد.

مطالعه تغییرات روزانه و فصلی صداگستره منابع آبی شیرین و شور جهت تعیین وضعیت حضور گونه‌های دارا توانایی تولید صدا پیشنهاد می‌گردد. این داده‌های صوتی از حضور گونه‌ها می‌توانند اطلاعات بیش‌تری در زمینه وضعیت تولیدمثلی و تعیین دقیق‌تر مکان‌ها و زمان‌های فعالیت‌های تولیدمثلی و تخم‌ریزی برای مثال برای گونه‌های دارای اهمیت اقتصادی، بوم‌شناختی و یا حضور گونه‌های مهاجم در اختیار بگذارند. برای مثال با استفاده از پایش غیرفعال صوتین برای شناسایی و تعیین نقشه‌های پراکنش زمانی و مکانی گونه‌های ماهی پیرانا که دارای توانایی تولید صدا هستند، تغییرات صداگستره مورد استفاده قرار گرفت [۶۶].

علاوه بر استقرار و استفاده از هیدوفون‌ها برای اندازه‌گیری‌های صداگستره و تجزیه تحلیل داده‌ها می‌توان از سایر روش‌های به

[1] Meta data

[2] Double check

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

دست آوردن داده‌های صوتی همچون روش سنجش صوتی پراکنده در امتداد تارهای نوری دی‌ای‌اِس[1] هم نام برد [۶۷ و ۶۸]. با بررسی صداگستره و موقعیت‌های پراکنش زمانی و مکانی صداها با منشاءهای مختلف زیستی، غیرزیستی و ناشی از فعالیت‌های انسانی، امکان مدیریت کارآمدتری در جهت کاهش اثرات آلودگی‌های صوتی برخواسته از فعالیت‌های انسانی در زیستگاه‌های آبی در ایران به صورت ملی و بین‌المللی میسر می‌گردد.

۵. نتیجه‌گیری

محافظت و مهار و پایش یا کاهش تغییرات در توزیع زمانی و مکانی نوفه‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی در زیستگاه‌های آب شیرین به طور ویژه می‌تواند در جهت‌گیری‌های صداگستره و هدایت گونه‌های آبزیان و استفاده از نشانه‌های صوتی در طی‌کردن موفق مسیرهای فعالیت‌های زیستی آن‌ها دارای اهمیت بوده و مرتبط تاثیرگذار بر موفقیت‌های مختلف زیستی و در نتیجه بقاء آن‌ها گردد.

با توجه به عدم اطلاعات و داده‌های مستند در خصوص زیست‌صوتیّات و بوم‌صوتیّات آغاز همکاری‌های علمی‌مشترک برای انجام مطالعات صوتی در محیط‌های دانشگاهی ایران پیشنهاد می‌گردد. با تهیه نقشه‌های صوتی زیستگاه‌های آبی، گامی ارزشمند و علمی در جهت توسعه همکاری‌های ملی بین‌دانشگاهی و بین‌المللی در حوزه محافظت از زیستگاه‌های آبی و تکمیل اطلاعات زیست‌صوتیّات و بوم‌صوتیّات برداشته خواهد شد.

پیشنهاد می‌گردد تا چنین مطالعاتی در زیستگاه‌های طبیعی و در معرض خطر آب شور و منابع آب شیرین ایران در اولویت قرار گرفته شوند. حفاظت از این زیستگاه‌های آبی شور و شیرین می‌تواند در حمایت از تنوع زیستی و کاهش اثرات و آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی باشد و در حرکت به سوی توسعه پایدار هم نقش به سزایی ایفاء کند.

تقدیر و تشکر

از داوران محترم که با بررسی محتوای علمی مقاله و ارائه نظرات سازنده‌شان موجبات بهبود ساختار و توسعه مقاله را فراهم نموده‌اند قدردانی می‌گردد. نویسنده از گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان به جهت حمایت معنوی و فراهم نمودن امکان انجام آزمایش کمال تشکر را دارد.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در مورد محتویات این مقاله وجود ندارد. نویسندگان هیچ منافع مالی یا روابطی که بتواند بر انتشار این مقاله تأثیرگذار باشد ندارند.

فهرست منابع

[1] G. Wenz, "Acoustic ambient noise in the ocean: Spectra and sources", The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 34, No. 12, pp. 1936–1956, 1962.
[2] H. Slabbekoorn, N. Bouton, "Soundscape orientation: a new field in need of sound investigation", Animal Behaviour, Vol. 76, No. 4, pp. 5–8, 2008.
[3] R. Fay, "Soundscapes and the sense of hearing of fishes", Integrative Zoology, Vol. 4, No. 1, pp. 26–32, 2009.
[4] C. Duarte, L. Chapuis, S. Collin, D. Costa, R. Devassy, V. Eguiluz, C. Erbe, "The soundscape of the Anthropocene ocean", Science, Vol. 371, No. 6529, pp. 4658, 2021.
[5] S. J. Smith, "Soundscape", Area, pp. 232-240, 1994.
[6] B. Krause, "The Loss of Natural Soundscapes", Earth Island Journal, vol. 17, no. 1, pp. 27-29, 2002.
[7] S. Linke, T. Gifford, C. Desjonquères, D. Tonolla, T. Aubin, L. Barclay, C. Karaconstantis, M. Kennard, F. Rybak, J. Sueur, "Freshwater ecoacoustics as a tool for continuous ecosystem monitoring", Frontiers in Ecology and the Environment, vol. 16, no. 4, pp. 231-238, 2018.
[8] C. Desjonquères, T. Gifford, S. Linke, "Passive acoustic monitoring as a potential tool to survey animal and ecosystem processes in freshwater environments", Freshwater Biology, vol. 65, no. 1, pp. 7-19, 2020.
[9] J. Greenhalgh, M. Genner, G. Jones, C. Desjonquères, "The role of freshwater bioacoustics in ecological research", Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, vol. 7, no. 3, pp. 1416, 2020.
[10] C. Abrahams, C. Desjonquères, J. Greenhalgh, "Pond Acoustic Sampling

[1] DAS

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

Scheme: A draft protocol for rapid acoustic data collection in small waterbodies", Ecology and Evolution, vol. 11, no. 12, pp. 7532–7543, 2021.

[11] D. Dudgeon, A. Arthington, M. Gessner, Z. Kawabata, D. Knowler, C. Lévêque, R. Naiman, "Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges", Biological Reviews, vol. 81, no. 2, pp. 163-182, 2006.

[12] M. Cantonati, S. Poikane, C. Pringle, L. Stevens, E. Turak, J. Heino, J. Richardson, "Characteristics, main impacts, and stewardship of natural and artificial freshwater environments: consequences for biodiversity conservation", Water, vol. 12, no. 1, pp. 260, 2020.

[13] J. Biggs, P. Williams, M. Whitfield, P. Nicolet, A. Weatherby, "15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation", Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, vol. 15, no. 6, pp. 693-714, 2005.

[14] P. Williams, M. Whitfield, J. Biggs, S. Bray, G. Fox, P. Nicolet, D. Sear, "Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England", Biological Conservation, vol. 115, no. 2, pp. 329-341, 2004.

[15] L. De Meester, S. Declerck, R. Stoks, G. Louette, F. Van De Meutter, T. De Bie, E. Michels, L. Brendonck, "Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology", Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, vol. 15, no. 6, pp. 715-725, 2005.

[16] B. Oertli, R. Céréghino, A. Hull, R. Miracle, "Pond conservation: from science to practice", Pond Conservation in Europe, pp. 157-165, 2009.

[17] R. Céréghino, B. Oertli, M. Bazzanti, C. Coccia, A. Compin, J. Biggs, N. Bressi, "Biological traits of European pond macroinvertebrates", Hydrobiologia, vol. 689, pp. 51-61, 2012.

[18] P. Wood, M. Greenwood, M. Agnew, "Pond biodiversity and habitat loss in the UK", Area ,vol. 35, no. 2, pp. 206-216, 2003.

[19] A. Popper, A. Hawkins, "An overview of fish bioacoustics and the impacts of Anthropogenic Sounds on fishes", Journal of Fish Biology ,vol. 94, no. 5, pp. 692-713, 2019.

[20] A. Lindseth, P. Lobel, "Underwater soundscape monitoring and fish bioacoustics: a review", Fishes ,vol. 3, no. 3, pp. 36, 2018.

[21] S. Linke, T. Gifford, C. Desjonquères, "Six steps towards operationalising freshwater ecoacoustic monitoring", Freshwater Biology ,vol. 65, no. 1, pp. 1-6, 2020.

[22] M. Aminifard, S. Shafiei Sabet, "The importance of behavioural studies and bioacoustics of aquatic animals", Science Cultivation ,vol. 12, no. 2, pp. 191-197, 2022.

[23] A. Popper, T. Carlson, "Application of sound and other stimuli to control fish behavior", Transactions of the American Fisheries Society ,vol. 127, no. 5, pp. 673-707, 1998.

[24] C. Radford, J. Stanley, S. Simpson, A. Jeffs, "Juvenile coral reef fish use sound to locate habitats", Coral Reefs ,vol. 30, pp. 295-305, 2011.

[25] M. Hastings, A. Popper, "Effects of sound on fish", Report to Jones and Stokes for California Department of Transportation, 2005.

[26] A. Popper, M. Hastings, "The effects of Human-generated Sound on fish", Integrative Zoology ,vol. 4, no. 1, pp. 43-52, 2009.

[27] F. Filiciotto, G. Buscaino, "The Role of Sound In the Aquatic Environment", Ecoacoustics: The Ecological Role of Sounds ,pp. 61-79, 2017.

[28] A. Hawkins, "The impact of underwater sound on aquatic animals–and especially fishes", J Agri Horti Res ,vol. 5, no. 2, pp. 98-103, 2022.

[29] A. Popper, R. Fay, "Sound detection and processing by teleost fishes: a critical review", The Journal of the Acoustical Society of America ,vol. 53, no. 6, pp. 1515-1529, 1973.

[30] A. Popper, R. Fay, "Rethinking sound detection by fishes", Hearing Research ,vol. 273, no. 1-2, pp. 25-36, 2011.

[31] M. Fine, E. Parmentier, "Mechanisms of fish sound production", Sound Communication in Fishes ,pp. 77-126, 2015.

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

[32] F. Ladich, "Sound production and acoustic communication", The Senses of Fish: Adaptations for the Reception of Natural Stimuli ,pp. 210-230, 2004.

[33] F. Ladich, "Acoustic communication and the evolution of hearing in fishes", Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences , vol. 355, no. 1401, pp. 1285-1288, 2000.

[34] W. Tavolga, A. Popper, R. Fay, " Hearing and Sound Communication in Fishes", Springer Science & Business Media, 2012.

[35] A. Popper, J. Fewtrell, M. Smith, R. McCauley, "Anthropogenic sound: effects on the behavior and physiology of fishes", Marine Technology Society Journal ,vol. 37, no. 4, pp. 35-40, 2003.

[36] A. Wright, N. Aguilar Soto, A. Baldwin, M. Bateson, C. Beale, C. Clark ,T. Deak et al., "Do marine mammals experience stress related to anthropogenic noise?", International Journal of Comparative Psychology , vol. 20, no. 2, 2007.

[37] S. Shafiei Sabet, Y. Neo, H. Slabbekoorn, "Impact of anthropogenic noise on aquatic animals: from single species to community-level effects", in The Effects of Noise on Aquatic Life II ,pp. 957-961, Springer New York, 2016.

[38] H. Slabbekoorn, R. Dooling, A. Popper, R. Fay, "Effects of Anthropogenic Noise on Animals", ASA Press springer, 2018.

[39] J. Sueur, A. Farina, "Ecoacoustics: the ecological investigation and interpretation of environmental sound", Biosemiotics ,vol. 8, pp. 493-502, 2015.

[40] C. Erbe, R. McCauley, A. Gavrilov, S. Madhusudhana, A. Verma, "The underwater soundscape around Australia", Proceedings of Acoustics 2016 ,vol. 1, pp. 8-17, 2016.

[41] S. Marley, C. Erbe, C. Salgado-Kent, "Underwater sound in an urban estuarine river: sound sources, soundscape contribution, and temporal variability", Acoustics Australia ,vol. 44, pp. 171-186, 2016.

[42] F. Basan, J. Fischer, R. Putland, J. Brinkkemper, C. de Jong, B .Binnerts, A. Norro, "The underwater soundscape of the North Sea", Marine Pollution Bulletin ,vol. 198, pp. 115891, 2024.

[43] T-H. Lin, T. Akamatsu, F. Sinniger, S. Harii, "Exploring coral reef biodiversity via underwater soundscapes", Biological Conservation ,vol. 253, pp. 108901, 2021.

[44] C. Desjonqueres, F. Rybak, M. Depraetere, A. Gasc, I. Le Viol, S .Pavoine, J. Sueur, "First description of underwater acoustic diversity in three temperate ponds", PeerJ , vol. 3, pp. 1393, 2015.

[45] J. Greenhalgh, H. Stone, T. Fisher, C. Sayer, "Ecoacoustics as a novel tool for assessing pond restoration success: Results of a pilot study", Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems ,vol. 31, no. 8, pp. 2017-2028, 2021.

[46] S. Harris, N. Shears, C. Radford, "Ecoacoustic indices as proxies for biodiversity on temperate reefs", Methods in Ecology and Evolution ,vol. 7, no. 6, pp. 713-724, 2016.

[47] T. Bradfer-Lawrence, C. Desjonqueres, A. Eldridge, A. Johnston, O .Metcalf, "Using acoustic indices in ecology: Guidance on study design ,analyses and interpretation", Methods in Ecology and Evolution ,vol. 14, no. 9, pp. 2192-2204, 2023.

[48] H. Schneider, U. Sinsch, "Mating call variation in lake frogs referred to as Rana ridibunda Pallas, 1771: taxonomic implications", Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research ,vol. 30, no. 4, pp. 297-315, 1992.

[49] R. Boyd, G. Powney, O. Pescott, "We need to talk about nonprobability samples", Trends in Ecology & Evolution ,vol. 38, no. 6, pp. 521-531, 2023.

[50] S. Buckland, A. Johnston, "Monitoring the biodiversity of regions: Key principles and possible pitfalls", Biological Conservation , vol. 214, pp. 23-34, 2017.

[51] S. Linke, T. Gifford, C. Desjonquères, "Six steps towards operationalising freshwater ecoacoustic monitoring", Freshwater Biology ,vol. 65, no. 1, pp. 1-6, 2019.

[52] D. Higgs, S. Humphrey, "Passive acoustic monitoring shows no effect of anthropogenic noise on acoustic communication in the invasive round goby (Neogobius melanostomus)", Freshwater Biology ,vol. 65, no. 1, pp. 66-74, 2020.

[53] J. McGrady-Steed, P. Harris, P. Morin, "Biodiversity regulates ecosystem predictability", Nature ,vol. 390, no. 6656, pp. 162-165, 1997.

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]

[54] R. Rountree, F. Juanes, M. Bolgan, "Temperate freshwater soundscapes: A cacophony of undescribed biological sounds now threatened by anthropogenic noise", PLoS ONE ,vol. 15, no. 3, pp. 0221842, 2020.

[55] L. Sugai, T. Silva, J. Ribeiro Jr, D. Llusia, "Terrestrial passive acoustic monitoring: review and perspectives", BioScience ,vol. 69, no. 1, pp. 15-25, 2019.

[56] T. Bradfer-Lawrence, N. Gardner, L. Bunnefeld, N. Bunnefeld, S. Willis, D. Dent, "Guidelines for the use of acoustic indices in environmental research", Methods in Ecology and Evolution, vol. 10, no. 10, pp. 1796-1807, 2019.

[57] S. Linke, J. Deretic, "Ecoacoustics can detect ecosystem responses to environmental water allocations", Freshwater Biology, vol. 65, no. 1, pp. 133-141, 2020.

[58] R. Rountree, M. Bolgan, F. Juanes, "How can we understand freshwater soundscapes without fish sound descriptions?", Fisheries, vol. 44, no. 3, pp. 137-143, 2019.

[59] C. Desjonquères, T. Gifford, S. Linke, "Passive acoustic monitoring as a potential tool to survey animal and ecosystem processes in freshwater environments", Freshwater Biology, vol. 65, no. 1, pp. 7-19, 2020.

[60] B. Gottesman, D. Francomano, Z. Zhao, K. Bellisario, M. Ghadiri, T. Broadhead, A. Gasc, B. Pijanowski, "Acoustic monitoring reveals diversity and surprising dynamics in tropical freshwater soundscapes", Freshwater Biology, vol. 65, no. 1, pp. 117-132, 2020.

[61] B. Krause, "The niche hypothesis: a virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats", The Soundscape Newsletter, vol. 6, no. 5, 1993.

[62] L. Ruppé, G. Clément, A. Herrel, L. Ballesta, T. Décamps, L. Kéver, E. Parmentier, "Environmental constraints drive the partitioning of the soundscape in fishes", Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 112, no. 19, pp. 6092-6097, 2015.

[63] E. Morton, "Ecological sources of selection on avian sounds", The American Naturalist, vol. 109, no. 965, pp. 17-34, 1975.

[64] S. Linke, E. Decker, T. Gifford, C. Desjonquères, "Diurnal variation in freshwater ecoacoustics: Implications for site-level sampling design", Freshwater Biology, vol. 65, no. 1, pp. 86-95, 2020.

[65] T. Bradfer-Lawrence, B. Duthie, C. Abrahams, M. Adam, R. Barnett, A. Beeston, J. Darby, "The Acoustic Index User's Guide: A practical manual for defining, generating and understanding current and future acoustic indices", Methods in Ecology and Evolution, 2024.

[66] R. Rountree, F. Juanes, "Potential for use of passive acoustic monitoring of piranhas in the Pacaya–Samiria National Reserve in Peru", Freshwater Biology, vol. 65, no. 1, pp. 55-65, 2020.

[67] E. Sidenko, C. Erbe, H. Debens, D. McCorry, D. Hume, R. McCauley, A. Gavrilov, "Distributed Acoustic Sensing for Underwater Passive Acoustic Monitoring: Preliminary Insights from a North-West Australia Case Study", 85th EAGE Annual Conference & Exhibition (including the Workshop Programme), vol. 2024, no. 1, pp. 1-5, European Association of Geoscientists &Engineers, 2024.

[68] W. Wilcock, S. Abadi, B. Lipovsky, "Distributed acoustic sensing recordings of low-frequency whale calls and ship noise offshore Central Oregon", JASA Express Letters, vol. 3, no. 2, 2023.

[Downloaded from joasi.ir on 2026-06-01]