

اهمیت مطالعات رفتارشناسی و زیست صوت آبزبان

مرضیه امینی فردا، سعید شفیعی ثابت^{۱*}

چکیده

نگرانی‌های فزاینده‌ای در مورد نظارت بر پیشرفت‌های علمی، ایجاد ظرفیت علمی، ارائه مقدمه و نمای کلی از یک حوزه جدید علم برای دانشگاهیان در سراسر جهان وجود دارد. هدف این مقاله ارتقای علم، هدایت محققین تحصیلات تکمیلی و دانشجویان مقطع کارشناسی در زمینه مطالعات رفتارشناسی، بیوآکوستیک و پرورش در حوزه‌های جدید از تحقیقات می باشد. اگرچه فناوری پایش تغییرات آکوستیک و اجزای صوتی پیچیده و محدود است، اما ارتباطات علمی بین‌المللی می تواند نقشی مهم و فرصتی را برای غلبه بر محدودیت‌های این زمینه تحقیقاتی در ایران ایجاد کند. از طرفی، مفاهیم و فرایندهای شناختی مانند ادراک، یادگیری، حافظه و تصمیم‌گیری نقش مهمی در جفت یابی، جستجوی غذا و بسیاری از رفتارهای دیگر آبزبان دارد. در این مقاله، به طبقه‌بندی منابع صوتی آبی و تعریف بیوآکوستیک می‌پردازیم. علاوه بر این، مروری بر برخی از انتشارات اخیر خود و مشارکت‌های تحقیقاتی مرتبط سایرین در زمینه تحقیق رفتارشناسی آبزبان و همچنین مقایسه مطالعات آزمایشگاهی رفتارشناسی در مقابل مطالعات در زیستگاه‌های طبیعی آبزبان را ارائه می‌دهیم. انجام مطالعات رفتارشناسی وابسته به صوت و مجموعه‌ای از نظارت مداوم بر آکوستیک زیر آب در شرایط میدانی و زیستگاه‌های واقعی و همچنین اندازه‌گیری‌های صوتی در شرایط آزمایشگاهی پیشنهاد می‌گردد.

واژگان کلیدی: پایش، زیست صوت، صوت، ماهی، ایران

*عهده‌دار مکاتبات، استادیار، تلفن ۰۱۳۴۴۳۲۳۵۹۹، فکس ۰۱۳۴۴۳۲۲۱۰۲، پست الکترونیکی: s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir

۱ گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

مقدمه

عظیم اقیانوسی در سطح و عمق آنها، اصوات تولید شده در اثر نیروی جزر و مد در مناطق ساحلی، ریزش‌های جوی بر سطح آنها و همچنین حرکات تکتونیک و زمین‌شناسی و آتشفشان‌های زیردریایی اشاره نمود [۳]. این دسته از اصوات برای مسیریابی‌های مهاجرتی، تولیدمثل و بقا گونه‌های جانوری ساکن در زیستگاه‌های آبی می‌توانند بسیار دارای اهمیت و ضروری باشند [۱]. امروزه با گسترش شهرنشینی^{۱۱}، مکانیزاسیون کشاورزی^{۱۲}، توسعه صنعتی^{۱۳} و گردشگری نوعی دیگر از اصوات نیز به محیط‌های زیستی خشکی و آبی اضافه شده است که از آن به عنوان صوت ناشی از فعالیت‌های انسانی^{۱۴} نام برده می‌شود [۴،۵]. این دسته از اصوات هم از نظر دامنه پراکنش فرکانس صوتی^{۱۵} و هم از نظر پراکنش زمانی و مکانی^{۱۶} با توجه به منشأ صوت بسیار متغیر و گوناگون می‌باشند [۳]. در طی دهه‌های اخیر مطالعات و پژوهش‌ها نشان داده است که این دسته از اصوات می‌توانند به صورت گسترده‌ای بر گونه‌های جانوری در سطح انفرادی^{۱۷} و اجتماعات گونه‌ای^{۱۸} تأثیرگذار باشند [۷-۵]. در مطالعات قبلی نشان داده شده است که اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی توانایی اثرگذاری بر بسیاری از فعالیت‌های زیستی-رفتاری آبزیان برای مثال شامل رفتارهای تغذیه‌ای^{۱۹} [۸-۱۴] رفتارهای شناگری^{۲۰} [۱۵-۲۲] و رفتارهای تولیدمثلی^{۲۱} [۲۳-۲۹] تأثیرگذار باشد. همچنین نشان داده شده است که صوت می‌تواند باعث بروز پاسخ‌های رفتاری مرتبط با استرس^{۲۲} در آبزیان گردد [۳۰-۳۴]. بنابراین با توجه به تأثیرگذاری اصوات بر گونه‌های آبزیان و اینکه بیشتر منابع علمی موجود در نشریات به زبان انگلیسی و در خارج از کشور انجام یافته است (تنها برخی از مقالات به فارسی و توسط نگارندگان این مقاله به فارسی موجود و در دسترس می‌باشد) معرفی این

با توجه به اهمیت معرفی علوم نوین، ترویج روش‌های پژوهشی به‌روز و مرتبط به مسائل زیست‌محیطی در منابع علمی فارسی، در این مقاله نویسندگان به تعریف، بررسی و دسته‌بندی منابع صوتی^۱ در زیستگاه‌های آبی^۲ می‌پردازند. همچنین نیاز، ضرورت و لزوم مطالعه اصوات زیستی^۳ ماهی‌ها و سایر آبزیان بر شمرده می‌شود. در ادامه نقاط قوت و ضعف انجام مطالعات رفتارشناسی^۴ در محیط‌های کنترل‌شده آزمایشگاهی^۵ و زیستگاه‌های طبیعی^۶ آبزیان مقایسه و بررسی می‌شود. همچنین به‌صورت خلاصه به معرفی علم بیومیمتیک، لزوم و اهمیت الگوبرداری از طبیعت در راستای افزایش سطح رفاه جامعه پرداخته می‌شود. در پایان مروری بر مطالعات رفتارشناسی نویسندگان، نیاز و ضرورت و راهکارهای حمایتی جهت ترویج و گسترش این شاخه از علم در محیط دانشگاهی پیشنهاد می‌گردد.

اهمیت منابع صوتی و انواع آن در زیستگاه‌های آبی

محیط‌های آبی^۷ همانند محیط‌های خشکی^۸ مملو از انواع اصوات هستند که می‌توانند دارای منشأ و منبع متفاوتی باشند [۱]. محیط‌های آبی با توجه به تنوع اقلیم، مناطق جغرافیایی پراکنش و همچنین عوامل متغیر غیرزیستی^۹ همچون دما، شوری و جریان‌های آبی دامنه گسترده‌ای از زیستگاه‌ها را برای شاخه‌های مختلف گونه‌های جانوری فراهم می‌آورند. البته این زیستگاه‌های آبی مملو از منابع صوتی با منشأ مختلف (زیستی و غیرزیستی^{۱۰}) می‌باشند [۲-۳]. از منابع صوتی زیستی می‌توان به اصوات تولید شده توسط بی‌مهرگان، ماهی‌ها و پستانداران دریایی اشاره داشت. اصوات با منشأ غیرزیستی می‌توان به حرکت جریان‌های

1 Sound sources

2 Aquatic habitats

3 Bioacoustics

4 Behavioural studies

5 Laboratory conditions

6 Natural habitats

7 Aquatic environments

8 Terrestrial environments

9 Abiotic factors

10 Biotic and abiotic

11 Urbanization

12 Agricultural mechanisation

13 Industrial development

14 Anthropogenic sound

15 Sound frequency distribution

16 Temporal and spatial distribution

17 Individual level

18 Species communities

19 Foraging behaviour

20 Swimming behaviour

21 Reproductive behaviour

22 Stress-related behavioural responses

تولیدشده در ماهی‌ها، بی‌مهرگان آبزی و پستانداران دریایی در کشورهای مختلف، تاکنون گزارشی از این دسته تحقیقات در ایران به ثبت نرسیده است. لذا یکی از اهداف نویسندگان این مقاله بیان اهمیت انجام این دست از پژوهش‌های کاربردی و پایه‌ای در محیط‌های دانشگاهی ایران و سطوح آکادمیک مختلف می‌باشد. البته انجام مطالعات علمی- پژوهشی رفتارشناسی و به‌ویژه بررسی زیست صوت در گونه‌های آبزیان و اندازه‌گیری اصوات در محیط‌های آزمایشگاهی و یا زیستگاه‌های طبیعی آبزیان دارای مزایا و معایبی می‌باشد که محققین گرامی باید در نظر داشته باشند و در ادامه این مقاله به آن پرداخته می‌شود.

مقایسه مطالعات آزمایشگاهی در مقابل مطالعات در زیستگاه‌های طبیعی

انجام مطالعات و پژوهش‌های رفتارشناسی پاسخ به اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی و اندازه‌گیری‌های صوتی در محیط‌های کنترل‌شده آزمایشگاهی و زیستگاه‌های طبیعی گونه‌های جانوری آبزیان می‌تواند به درک و فهم بهتر نتایج به‌دست‌آمده پاسخ‌های رفتاری مرتبط با اصوات کمک داشته باشد. البته این دسته از پژوهش‌ها از نظر روایی و اعتبار رفتارشناسی و همچنین علم اصوات و شرایط فیزیکی پخش صوت دارای تفاوت‌هایی می‌باشد [۳۷]. برای جمع‌آوری اطلاعات و افزایش دانش در خصوص اثر اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی بر رفتار طبیعی گونه‌های آبزیان در محیط طبیعی، مجموعه مطالعات در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی و محیط زندگی- زیستگاه طبیعی آنها دارای مزایا^۹ و محدودیت‌هایی^{۱۰} می‌باشد. جهت تحقیق و پژوهش جنبه‌های ویژه‌ای از اثر صوت بر آبزیان، انجام مطالعات در شرایط آزمایشگاهی و کنترل شده معمولاً بیشتر قابل انجام و عملی می‌باشد. همچنین مدت زمان کمتر انجام آزمایش و ارزان‌تر بودن هم از ویژگی‌های انجام مطالعات رفتارشناسی بررسی اثر صوت بر آبزیان می‌توان نام برد که البته نسبت به محیط طبیعی و زیستگاه آبزیان شرایط انجام آزمایش بسیار بیشتر

مباحث علمی و دانش نوین در زمینه اصوات و صوت‌شناسی زیستی در محافل علمی- پژوهشی و دانشگاهی ایران لازم و ضروری می‌باشد. اگر چه بخشی از این موضوع مربوط به عدم وجود تجهیزات لجستیکی^۱ و اندازه‌گیری و بررسی واحدهای صوت در محیط‌های آزمایشگاهی هم می‌باشد که در بخش‌های بعدی راهکارهایی پیشنهاد می‌گردد.

علم زیست صوت: فرصتی برای تحقیق و پژوهش در ایران

مشاهدات و توسعه علم زیست صوت در دهه ۱۹۶۰ آغاز گردید [۳۵]. اصطلاح زیست صوت به معنی همه جانبه تولید^۲، انتقال^۳ و دریافت^۴ اصوات در گونه‌های جانوری می‌باشد. بنابراین علم زیست صوت از علوم بین‌رشته‌ای می‌باشد که زیست‌شناسی^۵ و فیزیک صوت^۶ را به هم مرتبط می‌کند. با توجه به علم فیزیک صوت مشخص می‌باشد که اصوات در محیط‌های آبی دارای اختصاصات خاصی نسبت به محیط بیرون از آب می‌باشند [۳]. که به‌عنوان یک وسیله و ابزار دریافت توسط حواس مربوطه قابلیت‌های فراوانی را به‌ویژه جهت برقراری ارتباطات در حیطه علوم زیست‌شناسی و بوم‌شناسی برای آبزیان فراهم می‌نمایند [۳۶]. اگرچه هنوز اطلاعات ما در مورد پراکنش اصوات موجود در زیستگاه‌ها، منشأ و کاربرد آنها بسیار محدود می‌باشد. به همین دلیل انجام مطالعات آزمایشگاهی در شرایط کنترل شده می‌تواند به‌صورت علمی جهت فهم و درک مفاهیم زیست صوت و روش‌های تولید صوت توسط آبزیان مفید و سازنده باشد. البته رویکردهای علمی و فناوری‌های جدید نیز می‌توانند فرصت‌های بسیار خوب و سازنده‌ای را جهت پیشرفت حاصل نمایند. در مجموع با افزایش آگاهی از زیست صوت و شناسایی گونه‌های جانوری تولید کننده اصوات و بررسی اهدافشان می‌توان به شناخت بهتر از سیمای صوتی^۷ زیستگاه‌های آبی^۸ و اهمیت اصوات زیستی برای گونه‌های جانوری جهت رسیدن به اهداف مختلف در طی مراحل مختلف زیستی‌شان رسید. علی‌رغم مطالعات گسترده انجام شده در زمینه اندازه‌گیری اصوات

1 Logistical equipment

2 Production

3 Transmission

4 Reception

5 Biology

6 Acoustics

7 Soundscape

8 Aquatic habitats

9 Advantages

10 Limitations

نحوه پاسخ‌های رفتاری آبزیان در این شرایط به اینکه آیا در همین محل‌ها تولیدمثل کرده و رشد نموده‌اند و یا از محیط زیست طبیعی شان صید شده و به این مناطق محصور انتقال داده شده‌اند می‌تواند کاملاً متفاوت باشد. علاوه بر این به علت تجربه قرارگیری در شرایط محدود و محصور برای شناگری و فرار، شاید مانع از بروز الگوهای پاسخ رفتاری و حتی بروز پاسخ‌های رفتاری غیرطبیعی نیز گردد. در نتیجه در تفسیر^۷ نتایج مشاهده شده آبزیان تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی و تعمیم آن به محیط طبیعی حتماً باید نکات بیان شده در نظر گرفته و در نتیجه‌گیری علمی با احتیاط عمل گردد. در مرحله اول، آبزیان در این زیستگاه‌ها و محیط‌های آبی به دلیل کمبود شفافیت آب و کدرت بالا به راحتی قابل مشاهده و بررسی نمی‌باشند. اگرچه تصاویر اولتراسونیک^۸ و تکنیک‌های نشانه‌گذاری پیشرفته^۹ می‌توانند تا حدود زیادی امکان بررسی و شناسایی حرکات کوتاه مدت و تاحدودی بلند مدت آبزیان را فراهم نمایند. ولی همچنان بسیاری از پاسخ‌های رفتاری وابسته به صوت که دارای اهمیت زیستی می‌باشند در این روش‌ها قابل بررسی و اندازه‌گیری نمی‌باشند. همینطور اندازه‌گیری‌های شاخص‌های رشدی^{۱۰}، اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیک^{۱۱} و روند تولیدمثل^{۱۲} و بقا^{۱۳} نیز آسان نمی‌باشد. بسیاری از پارامترهای محیطی شامل دما، نور اکسیژن محلول در ساعات مختلف شبانه روزی متغیر بوده و قابل کنترل نمی‌باشند. بنابراین برای دانشجویان، محققین و علاقمندان به علم رفتارشناسی و بررسی پاسخ‌های رفتاری در آبزیان هم در محیط‌های کنترل شده آزمایشگاهی و هم در زیستگاه‌های طبیعی آبزیان، دانستن نکات و مباحث یاد شده لازم و ضروری می‌باشد.

مروری بر مطالعات رفتارشناسی: پاسخ‌های رفتاری آبزیان به صوت در ایران

قابل کنترل‌تر و استاندارد می‌باشد [۳۷]. در زمان طراحی^۱ و انجام آزمایش‌ها رفتارشناسی وابسته به محرک‌های صوتی حتماً باید تمامی محدودیت‌ها و اندازه‌گیری‌های صوتی ثبت، گزارش و در نظر گرفته شوند. در این زمینه علمی-تحقیقاتی تفاوت‌های بین گونه‌ای^۲ در خصوص حساسیت‌های نسبی و مطلق^۳ در میزان فشار صوت^۴ و اندازه حرکت ذره^۵ صوت حتماً باید در نظر گرفته شود. علاوه بر این در حال حاضر اطلاعات کمی در خصوص قدرت و دامنه شنوایی آبزیان در دسترس می‌باشد [۳۸-۳۹]. حتی علی‌رغم اطلاعات تقریباً وسیع و کامل برای برخی از گونه‌ها هنوز به طور قطع معلوم نیست که علت اثرگذاری و پاسخ‌های رفتاری^۶ به صوت به خاطر مؤلفه فشار صوت یا اندازه حرکت می‌باشد [۳۹-۴۰].

در مرحله اول، انجام مطالعات رفتارشناسی در محیط‌ها کنترل شده آزمایشگاهی داخل تانک و یا آکواریوم‌ها و همچنین محیط‌های محصور شده در طبیعت می‌توانند مفید باشند. البته باید به این نکته توجه داشت که این دسته از آزمایش‌ها تا حدودی از نظر روایی و اعتبار صوتی محدود می‌باشند. این محدودیت به علت محصور بودن منطقه تانک، آکواریوم و مخزن‌ها در شرایط کنترل شده توسط دیواره‌های شیشه‌ای یا با جنس‌های دیگر می‌باشد. بنابراین شرایط صوتی در محیط‌های کنترل شده آزمایشگاهی متفاوت با شرایط صوتی در محیط واقعی و نامحصور می‌باشد [۴۲-۴۴]. موضوع دیگر قابل طرح در این مقایسه، محدودیت‌های اعتبار رفتاری پاسخ‌های مشاهده شده در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی می‌باشد. این محدودیت‌ها حتی می‌تواند برای مطالعات بر آبزیانی که در محیط‌های محصور آزمایشی در زیستگاه خودشان نگهداری می‌شوند نیز وجود داشته باشد. به طوری که علی‌رغم شرایط صوتی طبیعی در زیستگاه‌شان آنها در پاسخ‌گویی رفتاری‌شان به واسطه اندازه، محیط محصور و محل مورد نظر محدود شده می‌باشند. البته

1 Design

2 Inter species differences

3 Relative and absolute sensitivity

4 Sound pressure

5 Particle motion

6 Behavioural responses

7 Interpretation

8 Ultrasonic images

9 Advanced tagging techniques

10 Growth indices

11 Physiological measurements

12 Reproduction

13 Survival

بشری نقش مهمی خواهد داشت و به واسطه استفاده از علوم به روز گسترش توسعه مرزهای دانش میسر می‌گردد. همچنین توجه ویژه و سرمایه‌گذاری جهت تشکیل گروه‌های تحقیقاتی- پژوهشی در مراکز علمی و آکادمی ایران، بسترسازی جهت تبادل نظرهای پژوهشی و کرسی‌های علمی مشترک بین‌دانشگاهی و بین‌رشته‌ای و استقرار و شروع به فعالیت هسته‌های پژوهشی و علوم نوین با برنامه‌ریزی در راستای رفتارشناسی گونه‌های جانوری هم ساکن در خشکی و هم آبی پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

در پایان نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از داوران محترم که در بهبود و ارتقای علمی و ساختاری این مقاله کمک شایانی داشتند اعلام می‌دارند.

منابع و مؤاخذ

- [1]. Slabbekoorn, H., Bouton, N., van Opzeeland, I., Coers, A., ten Cate, C., & Popper, A. N. (2010). A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. Trends in ecology & evolution, 25(7), 419-427.
- [2]. Shafiei Sabet, S. (2018). Effects of sound pollution on predatory behaviour strategies in aquatic animals. Veterinary Researches & Biological Products, 31(2), 25-33.
- [3]. Shafiei Sabet, S. (2017). Biological effects of anthropogenic noise on fish: a review. Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No, 115, 213-223.
- [4]. Hildebrand, J. A. (2005). Impacts of anthropogenic sound. Marine mammal research: conservation beyond crisis, 101-124.
- [5]. Shafiei Sabet, S., Neo, Y. Y., & Slabbekoorn, H. (2016). 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, NY.
- [6]. Slabbekoorn, H., & Halfwerk, W. (2009). Behavioural ecology: noise annoys at community level. Current biology, 19(16), R693-R695.
- [7]. Slabbekoorn, H., Dalen, J., de Haan, D., Winter, H.V., Radford, C., Ainslie, M.A., Heaney, K.D., van Kooten, T., Thomas, L. and Harwood, J., 2019. Population-level consequences of seismic surveys on fishes: An interdisciplinary challenge. Fish and Fisheries, 20(4), pp.653-685.
- [8]. Shafiei Sabet, S., Neo, Y. Y., & Slabbekoorn, H. (2015). The effect of temporal variation in sound exposure on swimming and foraging behaviour of captive zebrafish. Animal Behaviour, 107, 49-60.
- [9]. Magnhagen, C., Johansson, K., & Sigray, P. (2017). Effects of motorboat noise on foraging

در طی سال‌های اخیر یکسری مطالعات پیوسته رفتارشناسی آبزیان در پاسخ به محرک‌های صوتی توسط نویسندگان مقاله در ایران انجام گرفت که عبارتند از: بررسی اثر همزمان صوت و نور بر رفتارهای شناگری دافنی آب شیرین [۴۵]. پاسخ‌های رفتاری ماهی زبرا به صوت با الگوهای زمانی متفاوت [۴۶]. تغییرات رفتاری پراکنش مکانی ماهی زبرا به‌عنوان شاخص استرسی در پاسخ به صوت [۳۴]. همچنین از نویسندگان، مطالعات بررسی پراکنش فشار صوت و شیب صوتی در شرایط آزمایشگاهی در تانک ماهی و بررسی زیست صوت در آبزیان در حال انجام می‌باشد. البته علی‌رغم پژوهش‌های علمی و پایه‌ای گسترده انجام شده و در حال انجام در دانشگاه‌های خارجی به صورت بین‌المللی متأسفانه دامنه تحقیق در این بخش در مراکز دانشگاهی و علمی ایران بسیار محدود بوده و سهم ناچیزی در تولید علم در این زمینه تخصصی دارا می‌باشد [۳].

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

گونه‌های جانوری به‌طور پیوسته با آدارک از طریق حواس مختلف خود در جهت شناخت محیط اطراف جهت زنده ماندن و بقا خود در تلاش می‌باشند و معمولاً بیشتر آنها شکارچیان موفق در جهت حفظ بقا خود می‌باشند. مطالعات پژوهشی نوین در شرایط کنترل‌شده محیط آزمایشگاهی و محیط طبیعی زیست آبزیان می‌توانند به درک بهتر مفاهیم علمی و کاربردی زیست این گونه‌ها و نحوه پاسخگویی‌شان به محرک‌های طبیعی و تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی کمک نماید. همچنین با توجه به اهمیت الگوبرداری از پاسخ‌های رفتاری آبزیان، نحوه و روش‌های استفاده از اصوات زیستی و لزوم بهره‌مندی از جدیدترین فناوری‌های به روز جهان در لازم است جهت حل مسائل و مشکلات انسانی گام برداریم. این مهم به واسطه علم طراحی و الگوبرداری با استفاده از طبیعت به نوعی که با بهره‌گیری از ساختارهای زیست‌شناختی، مکانیسم‌ها و برهمکنش‌ها بتوانیم مدل‌ها و راه کارهایی برای حل مشکلات و مسائل انسانی میسر خواهد گردید. امروزه همچنین شاخه جدید و نوین از علم تحت عنوان بیومیمتیک (علم طراحی با الهام از طبیعت و با بهره‌گیری از ساختارهای زیست شناختی) متداول گردیده که جهت نیل به این اهداف مهم که در پیشرفت آینده

- interval. *Marine Pollution Bulletin*, 97(1-2), 111-117.
- [22]. Campbell, J., Sabet, S. S., & Slabbekoorn, H. (2019). Particle motion and sound pressure in fish tanks: a behavioural exploration of acoustic sensitivity in the zebrafish. *Behavioural processes*, 164, 38-47.
- [23]. de Jong, K., Forland, T. N., Amorim, M. C. P., Rieucan, G., Slabbekoorn, H., & Sivle, L. D. (2020). Predicting the effects of anthropogenic noise on fish reproduction. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(2), 245-268.
- [24]. Sivle, L. D., Vereide, E. H., de Jong, K., Forland, T. N., Dalen, J., & Wehde, H. (2021). Effects of Sound from Seismic Surveys on Fish Reproduction, the Management Case from Norway. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 436.
- [25]. McCloskey, K. P., Chapman, K. E., Chapuis, L., McCormick, M. I., Radford, A. N., & Simpson, S. D. (2020). Assessing and mitigating impacts of motorboat noise on nesting damselfish. *Environmental Pollution*, 266, 115376.
- [26]. Sivle, L. D., Vereide, E. H., de Jong, K., Forland, T. N., Dalen, J., & Wehde, H. (2021). Effects of Sound from Seismic Surveys on Fish Reproduction, the Management Case from Norway. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 436.
- [27]. De Jong, K., Amorim, M. C. P., Fonseca, P. J., Fox, C. J., & Heubel, K. U. (2018). Noise can affect acoustic communication and subsequent spawning success in fish. *Environmental Pollution*, 237, 814-823.
- [28]. de Jong, K., Amorim, M., Fonseca, P. J., & Heubel, K. U. (2018). Noise affects multimodal communication during courtship in a marine fish. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 113.
- [29]. de Jong, K., Amorim, M. C. P., Fonseca, P. J., Klein, A., & Heubel, K. U. (2016, July). Noise affects acoustic courtship behavior similarly in two species of gobies. In *Proceedings of Meetings on Acoustics 4ENAL* (Vol. 27, No. 1, p. 010018). Acoustical Society of America.
- [30]. Filiciotto, F., Vazzana, M., Celi, M., Maccarrone, V., Ceraulo, M., Buffa, G., Di Stefano, V., Mazzola, S. and Buscaino, G., (2014). Behavioural and biochemical stress responses of *Palinurus elephas* after exposure to boat noise pollution in tank. *Marine pollution bulletin*, 84(1-2), pp.104-114.
- [31]. Wysocki, L. E., Dittami, J. P., & Ladich, F. (2006). Ship noise and cortisol secretion in European freshwater fishes. *Biological conservation*, 128(4), 501-508.
- [32]. Debusschere, E., Hostens, K., Adriaens, D., Ampe, B., Botteldooren, D., De Boeck, G., De Muynck, A., Sinha, A.K., Vandendriessche, S., Van Hoorebeke, L. and Vincx, M., (2016). Acoustic stress responses in juvenile sea bass *Dicentrarchus labrax* induced by offshore pile driving. *Environmental Pollution*, 208, pp.747-757.
- behaviour in Eurasian perch and roach: a field experiment. *Marine Ecology Progress Series*, 564, 115-125.
- [10]. Voellmy, I. K., Purser, J., Flynn, D., Kennedy, P., Simpson, S. D., & Radford, A. N. (2014). Acoustic noise reduces foraging success in two sympatric fish species via different mechanisms. *Animal Behaviour*, 89, 191-198.
- [11]. Hughes, A. R., Mann, D. A., & Kimbro, D. L. (2014). Predatory fish sounds can alter crab foraging behaviour and influence bivalve abundance. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1788), 20140715.
- [12]. Purser, J., & Radford, A. N. (2011). Acoustic noise induces attention shifts and reduces foraging performance in three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *PLoS One*, 6(2), e17478.
- [13]. Hubert, J., van Bemmelen, J. J., & Slabbekoorn, H. (2021). No negative effects of boat sound playbacks on olfactory-mediated food finding behaviour of shore crabs in a T-maze. *Environmental Pollution*, 270, 116184.
- [14]. Shafiei Sabet, S. (2020). The Effects of Anthropogenic Noise on Aquatic Animals: With an Emphasis on Foraging Behaviour. *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(11), 49-61.
- [15]. Shafiei Sabet, S., Wesdorp, K., Campbell, J., Snelderwaard, P., & Slabbekoorn, H. (2016). Behavioural responses to sound exposure in captivity by two fish species with different hearing ability. *Animal Behaviour*, 116, 1-11.
- [16]. Neo, Y. Y., Parie, L., Bakker, F., Snelderwaard, P., Tudorache, C., Schaaf, M., & Slabbekoorn, H. (2015). Behavioral changes in response to sound exposure and no spatial avoidance of noisy conditions in captive zebrafish. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 9, 28.
- [17]. Hubert, J., Campbell, J. A., & Slabbekoorn, H. (2020). Effects of seismic airgun playbacks on swimming patterns and behavioural states of Atlantic cod in a net pen. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111680.
- [18]. Parmentier, E., Berten, L., Rigo, P., Aubrun, F., Nedelec, S. L., Simpson, S. D., & Lecchini, D. (2015). The influence of various reef sounds on coral-fish larvae behaviour. *Journal of Fish Biology*, 86(5), 1507-1518.
- [19]. Neo, Y. Y., Hubert, J., Bolle, L., Winter, H. V., Ten Cate, C., & Slabbekoorn, H. (2016). Sound exposure changes European seabass behaviour in a large outdoor floating pen: Effects of temporal structure and a ramp-up procedure. *Environmental Pollution*, 214, 26-34.
- [20]. Fewtrell, J. L., & McCauley, R. D. (2012). Impact of air gun noise on the behaviour of marine fish and squid. *Marine pollution bulletin*, 64(5), 984-993.
- [21]. Neo, Y. Y., Ufkes, E., Kastelein, R. A., Winter, H. V., Ten Cate, C., & Slabbekoorn, H. (2015). Impulsive sounds change European seabass swimming patterns: Influence of pulse repetition

- detection thresholds in fish: a re-examination of salient auditory cues in teleosts. *Journal of Experimental Biology*, 215(19), 3429-3435.
- [41]. Shafiei Sabet, S. (2021). Sound impacts on the behaviour of zebrafish and Lake Victoria cichlids under laboratory conditions.
- [42]. Akamatsu, T., Okumura, T., Novarini, N., & Yan, H. Y. (2002). Empirical refinements applicable to the recording of fish sounds in small tanks. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 112(6), 3073-3082.
- [43]. Parvulescu, A. (1967). The acoustics of small tanks. *Marine Bio Acoustics*, 2, 7-13.
- [44]. Rogers, P. H., & Cox, M. (1988). Underwater sound as a biological stimulus. In *Sensory biology of aquatic animals* (pp. 131-149). Springer, New York, NY.
- [45]. Shafiei Sabet, S., Karnagh, S. A., & Azbari, F. Z. (2019, July). Experimental test of sound and light exposure on water flea swimming behaviour. In *Proceedings of Meetings on Acoustics 5ENAL* (Vol. 37, No. 1, p. 010015). Acoustical Society of America.
- [46]. Mohsenpour, S. R., & Shafiei Sabet, S. (2021). The effect of increased sound levels with different temporal patterns on swimming behaviour of Zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Natural Environment*, 73(4), 805-818
- [33]. Shafiei Sabet, S. (2019). Noise pollution as a stressor in aquatic animal species. *Iranian Journal of Biology*, 2(3), 130-134.
- [34]. Mohsenpour, R., & Shafiei Sabet, S. (2021). Spatial distribution of zebrafish (*Danio rerio*) as a behavioral index of stress in response to sound. *Aquatics Physiology and Biotechnology*, 9(4), 23-46.
- [35]. Myrberg Jr, A. A. (1997). Underwater sound: its relevance to behavioral functions among fishes and marine mammals. *Marine & Freshwater Behaviour & Phy*, 29(1-4), 3-21.
- [36]. Montgomery, J. C., & Radford, C. A. (2017). Marine bioacoustics. *Current Biology*, 27(11), R502-R507.
- [37]. Slabbekoorn, H. (2016). Aiming for progress in understanding underwater noise impact on fish: complementary need for indoor and outdoor studies. In *The effects of noise on aquatic life II* (pp. 1057-1065). Springer, New York, NY.
- [38]. Wysocki, L. E., Codarin, A., Ladich, F., & Picciulin, M. (2009). Sound pressure and particle acceleration audiograms in three marine fish species from the Adriatic Sea. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(4), 2100-2107.
- [39]. Ladich, F., & Schulz-Mirbach, T. (2013). Hearing in cichlid fishes under noise conditions. *PLoS One*, 8(2), e57588.
- [40]. Radford, C. A., Montgomery, J. C., Caiger, P., & Higgs, D. M. (2012). Pressure and particle motion