

اثرات آلودگی صوتی بر استراتژی‌های رفتار شکارگری در آبزیان

• سعید شفیعی ثابت

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی،
دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴-۰۵-۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۰۳-۱۰-۱۳۹۶
Email: s.shafei.sabet@guilan.ac.ir



چکیده

امروزه با توسعه صنعتی شدن و افزایش فعالیت‌های انسانی در محیط‌های خشکی و منابع آبی بسیاری از محیط‌های زیست طبیعی و جوامع زیست‌مند آن‌ها در معرض آلاینده‌های زیست محیطی قرار گرفته است. آلاینده‌های زیست محیطی بطور کلی شامل انواع آلاینده‌های شیمیایی، نوری و صوتی با منشا فعالیت‌های انسانی هستند که در طیف بسیار گسترده و با دامنه‌های پراکنش زمانی و مکانی متغیر در محیط می‌توانند تأثیرات مختلفی بر ویژگی‌های زیستی موجودات داشته باشند. یکی از انواع این آلاینده‌های زیستی، اصوات تولید شده ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشد. صوت تولید شده در نتیجه فعالیت‌های انسانی نیز نوعی از آلاینده‌های زیستی می‌باشد که در طی دهه گذشته توجه بسیاری از فعالان و متخصصین بخش توسعه و حفاظت محیط زیست، مدیران منابع شیلاتی، سیاست‌گذاران در بخش قانون‌گذاری و فعالان بخش‌های صنعتی و کشاورزی مرتبط را به خود معطوف کرده است. نتایج قبلی نویسنده، بالارفتن سطوح اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی پتانسیل اثرگذاری بر ارتباطات متقابل شکار و شکارگری را در دو گونه از ماهی‌ها نشان می‌دهد. در این مطالعه مروری سعی بر این است تا ابتدا با توجه به روند رو به افزایش آلاینده‌های صوتی به اهمیت مطالعه اثرات آن‌ها بر جوامع آبی و بویژه ماهی‌ها پرداخته شود. در ادامه به معرفی انواع آلاینده‌های صوتی و مروری بر اثرات آلاینده‌های صوتی بر خصوصیات رفتاری گونه‌های مختلف آبزیان بویژه برهمکنش‌های شکار و شکارگری پرداخته و نتیجه تحقیقات قبلی نویسنده با مطالعات اخیر سایر محققین بررسی می‌گردد. و در پایان با نتیجه‌گیری، پیشنهادهایی در جهت ادامه این دسته از مطالعات زیست‌شناسی در آینده ارائه می‌گردد.

کلمات کلیدی: زیست‌شناسی، استراتژی‌های رفتار شکارگری، جانوران آبی، آلودگی صوتی

• Veterinary Researches & Biological Products No 119 pp: 25-33

Effects of sound pollution on predatory behaviour strategies in aquatic animals

By: Shafiei Sabet, S., (Corresponding Author) Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, 1144, Guilan, Iran.

Received: 2017-08-05 Accepted: 2017-12-24

Email: s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir

Nowadays, with the development of industrialization and other human activities, terrestrial and aquatic ecosystems exposed to environmental pollutants. Environmental pollutants include chemical, light and acoustic pollution originated from anthropogenic activities in a variety of temporal and spatial domains and their distributions can have different effects on biological indices of many organisms. One of these biological pollutants, is sound which is generated due to human activities and is thought to contribute many sound-induced changes in aquatic animals. Sound generated as a result of anthropogenic activities is a form of biological contaminants which has received considerable attention of stockholders, marine protected area managers, legislators and industrial and agricultural development organizations. In this review according to the elevation of anthropogenic noise in both content and magnitude, I emphasized to study on the importance of anthropogenic noise effects and acoustic-induced behavioural changes on aquatic animals specially fish species. Based on the results, elevated sound levels, may affect predator prey interactions. In addition to briefly reviewing anthropogenic noise sources, this work represents anthropogenic noise effects on behavioural characteristics of aquatic animals and specially predator prey interactions and compares my recent behavioural experiment results with recently other publications have been published in the literature. At the end after conclusion, I suggested recommendations in order to continue biological studies.

Key words: Biology, predatory behaviour strategies, Aquatic animals, sound pollution

برداشت و استحصال نفت و گاز دریایی (۱۶)، ترافیک ناشی از حمل و نقل‌های دریایی با کشتی و قایق‌های تجاری بسیار گسترده هستند (۱۵). آلاینده‌های زیستی حاصل از فعالیت‌ها انسانی شامل آلودگی‌های شیمیایی، نوری و صوتی می‌باشد که در دامنه‌های زمانی و مکانی مختلف و با شدت‌های متناوب می‌تواند باعث بروز یکسری تغییرات در جوامع زیست‌مند گردد. محیط‌های آبی شیرین شامل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و محیط‌های آب شور شامل دریاها و اقیانوس‌ها مملو از اصوات با منشا زیستی (Biotic sounds) و اصوات با منشا غیر زیستی (Abiotic sounds) می‌باشند که بسیاری از آنها برای ادامه زیست، بقا و فعالیت‌های تولید مثل موجودات ساکنین این محیط‌ها لازم و ضروری هستند (۴۴).

این در حالی است که با تشدید و افزایش آلاینده‌های صوتی (دامنه و شدت تاثیرگذاری شان بر جانوران ثابت گردیده و شواهد رو به افزایش در خصوص پتانسیل خطر و نگرانی‌ها در مورد اثرات آنها رو به افزایش می‌باشد) اثراتشان بر سلامت انسان‌ها و کارکرد صحیح سیستم‌های طبیعی محیط زیست و حیات وحش در حال افزایش می‌باشد (۲۴). تغییرات صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی در محیط‌های طبیعی خشکی و آبی شامل افزایش میزان و تعداد دفعات وقوع اصوات با شدت صوت بالا، افزایش مزمن و بلند مدت اصوات در نتیجه موجب افزایش همگن سطوح اصوات پس زمینه محیط‌های زیست می‌گردد (۴۴). تعیین دقیق کمیت و کیفیت اثرات آلاینده‌های صوتی بر مراحل مختلف زندگی جانوران ساکن در محیط زیست امری بسیار پیچیده و البته دارای اهمیت

مقدمه

روند رو به افزایش آلاینده‌های زیستی

امروزه، محیط زیست در نتیجه مجموعه فعالیت‌های انسانی و پیشرفت تکنولوژی در مقیاس وسیع در حال تغییرات می‌باشد. تغییرات زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی در وسعت گسترده‌ای بر کره زمین و موجودات ساکن در آن تاثیرگذار می‌باشد و به عنوان یک تهدید کلیدی برای تنوع زیستی شناخته شده می‌باشد (۲۰). سرعت بالای تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی بسیاری از گونه‌ها را در معرض چالش‌های زیست محیطی قرار داده است (۴۵). روند افزایشی شهرسازی و توسعه مناطق شهری، قطع درختان و جنگل‌زدایی و همچنین قطعه قطعه شدن زیستگاه‌های مختلف از جمله مواردی هستند که جوامع جانوری در طی دوره زندگی خود در معرض تغییرات ناشی از آنها قرار گرفته و در یک دامنه وسیع با توجه به اختصاصات و ویژگی‌های گونه‌ای تا حدودی با آن انطباق پیدا کرده و خوگیری می‌نمایند.

همچنین با افزایش جمعیت شهری، گسترش شهرسازی، مکانیزاسیون کشاورزی و توسعه صنایع حمل و نقل در محیط‌های خشکی و دریایی در دهه‌های اخیر حجم بسیار وسیعی از انواع آلاینده‌ها را بطور مستقیم و غیر مستقیم وارد محیط‌های زیست خشکی و آبی نمودند. بطور کلی محیط‌های زیست آبی به دو دسته محیط‌های آب شیرین و محیط‌های آب شور تقسیم‌بندی می‌شود. در محیط‌های زیست دریایی و اقیانوسی توزیع و پراکنش فعالیت‌های انسانی شامل سکوها و مکان‌های

آلاینده‌های صوتی می‌توانند باعث بروز طیف وسیعی از مشکلات فیزیولوژیکی، عصبی و سایر اختلالات با منشا هورمونی گردد که نتیجه و آثار سوء آن شامل عدم توانایی برقراری ارتباط کارآمد با سایر افراد هم گونه ای یا بین گونه‌ای، اختلالات شناختی (cognitive impairment)، تغییر طول دوره استراحت و خواب و افزایش احتمال شیوع بیماری‌ها می‌باشند (۱۸ و ۲۲). همچنین اثرات کوتاه مدت و بلند مدت اصوات می‌تواند بر روی رفتارهای مختلف آبزیان (بویژه جفت‌یابی، معاشقه، تولید مثلی، قلمروطلبی، تغذیه و رابطه متقابل شکار و شکارگری) در مراحل مختلف زیستی آن‌ها تاثیرگذار باشد (۳۰، ۳۸، ۴۷، ۴۸ و ۵۰). با توجه به اهمیت اجتماعی- اقتصادی و آسیب‌پذیری بسیاری از گونه‌ها (بویژه گونه‌های آسیب‌پذیر و در معرض انقراض فهرست شده در لیست سازمان‌های جهانی) نسبت به فشارهای محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی شامل افزایش میزان صید بی‌رویه (Overfishing) و تغییرات زیست محیطی (Climate Change)، ماهی‌ها یکی از جمله مهم‌ترین گروه‌هایی هستند که می‌توان اثرات نامطلوب آلاینده‌های صوتی را بر آن‌ها مورد مطالعه قرار داد (۲۹) که در مطالعه حاضر بیشتر مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. بنابراین با توجه به جدید بودن موضوعیت بررسی و انجام مطالعات رفتارشناسی آبزیان و عدم وجود منابع کافی و آزمایش‌های علمی مستدل در پایگاه‌های علمی و پژوهشی منابع فارسی، سعی بر این است تا با عمده‌ترین اثرات آلاینده‌های صوتی بر ویژگی‌های رفتاری ماهی بویژه استراتژی‌ها و برهمکنش‌های رابطه شکار و شکارگری آشنایی حاصل گردد و در پایان پیشنهادهایی در خصوص ادامه این دسته از مطالعات زیست‌شناسی ارائه می‌شود.

اثرات آلاینده‌های صوتی بر جوامع آبزیان

شواهد و مطالعات قبلی سایر محققین نشان‌دهنده توانایی تولید صوت در بیش از ۸۰۰ گونه ماهیان از ۱۰۰ خانواده می‌باشند و با مطالعات بیشتر تعداد این دسته از گونه‌های دارای توانایی صوت در حال افزایش است (۲۱). آلاینده‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی با دامنه فرکانس‌ها و شدت‌های متفاوت به طور بالقوه می‌توانند تأثیرات متنوعی بر جوامع زیست‌مند داشته باشند. پراکنش و وسعت دامنه الگوهای زمانی و مکانی آلاینده‌های صوتی و همچنین فاصله منبع صوت با موجودات آبی می‌تواند باعث بروز طیف وسیعی از آسیب‌ها گردد که شامل مرگ سریع آبزیان، آسیب‌های حاد و شدید فیزیکی، پاره شدن و آسیب کیسه شنا، کلیه‌ها، آبشش‌ها و قسمت‌هایی از دستگاه گوارش، از دست دادن دانه‌ی و یا کوتاه مدت قدرت شنوایی و درک اصوات عدم توانای در تشخیص اصوات و سیگنال‌های تولید شده و با اهمیت توسط سایر افراد هم گونه ای خود و در نهایت بروز تغییرات وسیع رفتاری گردد. بطور کلی می‌توان بیان نمود که اصوات تولید شده در نتیجه فعالیت‌های انسانی می‌توانند باعث بروز سلسله‌ای از اثرات فیزیکی، فیزیولوژیکی و رفتاری در فون جانوران دریایی شامل پستانداران دریایی، پرندگان دریایی، خزندگان، ماهی‌ها و بی‌مهره‌گان و همچنین گونه‌های جانوری ساکن در محیط‌های آب شیرین گردد (۲). علاوه بر این محرک‌های صوتی این پتانسیل را دارند که باعث استرس،

ویژه‌ای می‌باشد. حساسیت و قابلیت درک و دریافت اصوات در بین سلسله جانداران با توجه به سیر تکاملی و گونه‌ای بسیار متفاوت می‌باشد (۵ و ۴۲). همچنین باتوجه به نحوه اثرگذاری آلاینده‌ها در مراحل مختلف زیستی جانوران می‌تواند این اثرات و اختلالات متفاوت باشد (۱۱). البته تعیین مقیاس و وسعت این دسته از اختلالات ایجاد شده نیازمند به اندازه‌گیری دقیق ویژگی‌های منبع صوتی شامل طول مدت پخش صوت، ممتد ادامه‌دار (Continuous) یا فاصله‌دار (Intermittent)، دامنه فرکانس و شدت آن می‌باشد (۱۱ و ۱۳).

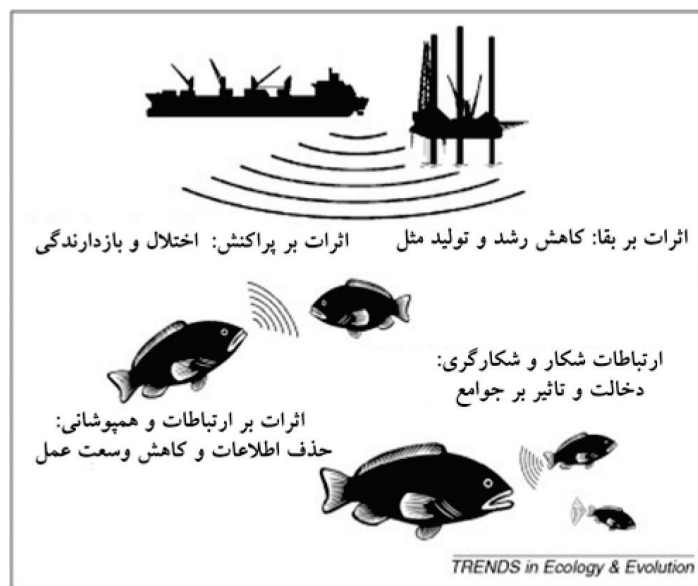
معرفی آلاینده‌های صوتی

آلاینده‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی امروزه به عنوان آلاینده‌ای جهانی شناخته شده است و در حال حاضر شواهد حاکی از اثرات متنوع آن بر گستره وسیعی از سلسله حیوانات می‌باشد (۳۹). طبق گزارشات سازمان سلامت جهانی (WHO) آلاینده‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی یکی از عمده‌ترین خطرات حاصل از تغییرات زیست محیطی ناشی از فعالیتهای انسانی می‌باشد و به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها در سطح جهانی نیز شناخته شده است (۲۰). آلاینده‌های صوتی تولید شده در نتیجه فعالیت‌های انسانی در محیط‌ها و زیست‌گاه‌های آبی شامل: فعالیت‌های تجاری کشتی‌رانی، قایق‌های تفریحی، حفاری‌های دریایی، تحقیقات زلزله‌نگاری و فعالیت‌های تولید انرژی با دوره‌های تناوب فراگیر می‌باشند که در دامنه‌های زمانی و مکانی وسیعی گسترده شده‌اند (۲۶). به طور مشابهی همچنین در محیط‌های زیست خشکی اجتماعات شبکه‌های حمل و نقل، کارخانه‌ها، برداشت‌های صنعتی از منابع و توسعه مناطق شهری نسبت به دهه‌های قبلی رو به افزایش است (۳). در محیط‌های آبی با توجه به ویژگی‌های محیط‌های آبی شامل اجتماعات پلانکتونی، رشد گیاهان آبی و غلظت مواد محلول در آب که می‌تواند منجر به کدورت و کاهش شفافیت در آب گردد صدا خیلی بهتر و با کارایی بیشتری نسبت به نور توزیع و پخش می‌شود. اصوات تولید شده توسط کشتی‌ها و قایق‌های تجاری و تفریحی و سایر فعالیت‌ها در محیط‌های آبی شامل تحقیقات و فعالیت‌های نظامی دریایی- اقیانوسی منجر به افزایش سطوح و تناوب وقوع اصوات در چند دهه گذشته شده است (۴۶).

امروزه اصوات تولید شده ناشی از فعالیت‌های انسانی باعث ایجاد یکسری تغییرات گسترده‌ای در بوم سازگان محیط زیست گردیده است که شامل تغییر تراکم و تنوع گونه‌های جانوری، معرفی گونه‌های غیر بومی و مهاجم و تعبیر در زمان مهاجرت و مسیرهای مهاجرتی در گونه‌های جانوران مهاجر می‌باشد و در نتیجه این دسته از تغییرات آلودگی صوتی در جوامع علمی بین‌المللی و سازمان‌های حفاظت از محیط زیست و حیات وحش به عنوان یکی از آلاینده‌های زیست محیطی به حساب می‌آید (۳۲). علاوه بر افزایش میزان سطوح کمی و کیفی آلاینده‌های صوتی، معمولا فعالیت‌های انسانی باعث تولید اصواتی می‌گردد که از بسیاری جهات ویژگی‌هایشان نسبت به آن دسته از اصواتی که از منابع طبیعی محیط‌های زیست منشا می‌گیرند متفاوت است (۱۶ و ۲۶). بطور کلی در مطالعات قبلی سایر محققین نشان داده شده است که

گونه‌های جاوران شامل ایجاد تغییرات در فرایند تولید صوت توسط گونه‌ها (در جهت کاهش دادن و به حداقل رساندن میزان همپوشانی با آلاینده‌های صوتی موجود در محیط)، کاهش تراکم و فراوانی گونه‌ها در زیست‌گاه‌های آلوده به آلاینده‌های صوتی، تغییرات در میزان مراقبت و سطوح هوشیاری، فعالیت‌های تغذیه‌ای و همچنین اثرگذاری بر میزان بقا گونه‌ها و در سطح وسیع‌تر ساختار اکولوژیکی جمعیت‌ها می‌باشد (۳۹). شهرسازی و توسعه فضاهای شهری و ترافیک‌های حمل و نقل از منابع متداول صوتی هستند که بسیاری از گونه‌های حیوانات را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۳۲، ۳۴، ۴۱ و ۴۲). آلاینده‌های صوتی ناشی از این دسته منابع صوتی می‌توانند بویژه اثرات مخربی بر آناتومی (کالبدشناسی) و ریخت‌شناسی (مورفولوژی) ارگانسیم‌ها در وسعت محدود و یا حتی گسترده‌تری داشته باشد. برای مثال آلاینده‌های صوتی می‌تواند بر ساختار استاتوسیت‌ها در سخت‌پوستان، کسپه شنا و دستگاه شنوایی گوش ماهی‌ها (۱۷) و ارگان‌های شنوایی پستانداران دریایی تاثیرات مخربی داشته باشد (۲). آلاینده‌های صوتی می‌توانند همچنین در طی مراحل تکاملی گونه‌ها از مراحل اولیه لقاح تا بلوغ کامل تاثیر بگذارند. اگرچه در مراحل اولیه زیستی بسیاری از گونه‌های آبزیان توانایی تطابق با تغییرات طبیعی محیط زیست‌شان را دارند، تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌توانند فراتر از دامنه تحمل این گونه‌ها باشد. در نتیجه آلاینده‌های صوتی می‌توانند باعث تغییرات شکلی بدریختی (morphological malformations) (۹)، کاهش تکامل موفق جنینی و

کاهش تمرکز حواس و همچنین هم‌پوشانی اصوات مهم زیستی (Masking effects) (از اثرات هم‌پوشانی صوتی شامل جلوگیری از درک، دریافت و شناخت علایم و نشانه‌های با اهمیت زیستی می‌توان نام برد) گردند که در نتیجه آن باعث بروز تغییرات فیزیولوژیکی و رفتاری و نهایتاً منجر به کاهش میزان موفقیت تولید مثلی و بقای یک گونه می‌گردد (۴۹). علاوه بر اثرات کوتاه مدت اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی ممکن است اثرات و پیامدهای بلندمدت‌تری نیز در نتیجه تداوم مدت زمان قرارگیری در معرض آلاینده‌های صوتی ایجاد نمایند. همچنین علاوه بر اثرات مستقیم ذکر شده اثرات غیرمستقیم آلاینده‌های صوتی نیز می‌تواند از طریق تغییر قابلیت و توانایی پیدا کردن و دسترسی به طعمه و صید باشد. این اثرات می‌توانند بطور منفی بر میزان بقا، بازسازی ذخایر و حفظ گونه‌های در حال انقراض که در مناطق آلوده شده به آلاینده‌های زیستی دارای فعالیت‌های مهاجرتی، تولید مثلی و تغذیه‌ای هستند تاثیرگذار باشد. شواهد و مستندات علمی بیانگر این موضوع می‌باشند که ویژگی‌های سیگنال‌های صوتی شامل فرکانس (بسامد) و دامنه، طول مدت، زمان شروع و شدت صوت از یک طرف و ویژگی‌های زیست‌شناسی و شرایط زیستی گونه‌های مورد مطالعه شامل دامنه فرکانس شنوایی و قابلیت دریافت اصوات شرایط و حالت رفتاری، زیستگاه و رفتارهای تولید صوت از طرفی دیگر از جمله موارد مهم و عمده جهت برآورد و تخمین چگونگی و میزان اثرات آلاینده‌های صوتی بر جوامع جانوران می‌باشد (۱۱). از جمله اثرات آلاینده‌های صوتی بر



شکل ۱- چهار حوزه اصلی پژوهش به منظور ارزیابی پتانسیل اثر آلاینده‌های صوتی با شدت متوسط ولی با دامنه گسترده بر گونه‌ها و جمعیت‌های ماهی‌ها. این اثرات شامل تاثیر بر توزیع و پراکنش، نتایج منفی بر فرایند رشد، ماندگاری و بقا، اثرات ارتباطات صوتی و همپوشانی اصوات زیستی و همچنین تاثیر متقابل رابطه شکار - شکارگری بر گونه‌ها و جمعیت‌های ماهی‌ها می‌باشد. تصویر اقتباس شده از (۴۴).

میزان زمان صرف شده برای اختصاص به رفتاری خاص و ضروری که در موفقیت فرایند و فعالیت‌های تولید مثلی گونه ماهی گوپی دهان قرمز *Gobius cruentatus* در محیط زیست طبیعی‌شان اهمیت دارد تاثیر منفی می‌گذارد. (۳۳) همچنین این محققین نشان دادند که نزاع‌ها و رفتارهای مخاصمه‌آمیز در جهت دفاع و حفاظت از قلمرو زیستی در نتیجه وجود آلاینده‌های صوتی بیشتر گردیده است.

ماهی‌ها از سیستم‌های علامت‌دهی (Signaling systems) مختلفی جهت برقراری ارتباط با هم در روابط درون گونه‌ای و یا حتی بین گونه‌ای استفاده می‌کنند که شامل سیگنال‌های بینایی، شنوایی، محرک‌های لرزشی، الکتریکی و صوتی می‌باشد (۲۲). تولید، پراکنش و دریافت اصوات در محیط‌های آبی بسیار پیچیده‌تر از محیط‌های خشکی می‌باشد (۳۲ و ۴۴). به این جهت که بسیاری از گونه‌های ماهیان در مقایسه با سایر جانوران خشکی‌زی توانایی استفاده از هوا و تنفس هوایی برای تولید صوت را دارا نمی‌باشند. علاوه بر این با توجه به این موضوع که سرعت صوت در آب تقریباً برای گونه‌های جانوران آبی ۴ برابر بیشتر نسبت به هوا می‌باشد که فرایند تشخیص جهت صوت را مشکل‌تر می‌سازد و همچنین باعث افزایش میزان صداهای پس زمینه نیز می‌گردد. البته بسیاری از گونه‌های ماهی‌ها برای غلبه بر این مشکلات توانسته‌اند سازگاری‌هایی را با این شرایط بوجود آمده داشته باشند که شامل تغییر در کمیت و کیفیت اصوات تولید شده و همچنین استفاده از سایر سیگنال‌ها و حسگرها و روش‌های حسی ترکیبی شامل بینایی، الکتریکی و شیمیایی (رنگ و بو) می‌باشد. (۶).

استفاده از اصوات توسط جانوران

موجودات آبی غالباً از اصوات جهت ایجاد ارتباط با هم‌نوعان، موقعیت‌یابی، دفاع از قلمرو، رفتارهای مرتبط با فعالیت‌های تولید مثلی تغذیه و پیداکردن شکار و دوری از شکارچیان استفاده می‌نمایند (۴۱). جانوران باید از قرار گرفتن در معرض شکار شدن تا حد امکان بپرهیزند تا بقا خود را تضمین نموده و موفق به انجام فعالیت‌های تولیدمثلی شوند. شواهد زیادی وجود دارد که آلاینده‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌توانند بر انتخاب استراتژی‌های شکارگری و ارتباط و برهم کنش‌های روابط شکار و شکارگری تاثیر بگذارند. آن دسته از منابع صوتی که برای اولین بار و جدید در محیط زیست پخش می‌شوند معمولاً غیرقابل پیش‌بینی هستند. همچنین از نظر ساختار فیزیکی پراکنش و ویژگی‌های پهنای باند فرکانس شبیه سایر اصواتی هستند که از نظر زیستی با اهمیت می‌باشند. پیش‌بینی می‌شود که این دسته از اصوات در جانوران پاسخ‌هایی رفتاری مشابه‌ای القا گردد که بسیار شبیه به پاسخ‌های رفتاری جانوران زمان مواجهه و رویارویی با خطر و شکار می‌باشد که این رفتارها شامل رفتارهای فرار سریع، پنهان‌شدن، حرکت و جهش‌های ناگهانی با سرعت بالا می‌باشد (۱۱). بسیاری از جانوران باید در اختصاص دادن میزان توجه، احتیاط، سطح هوشیاری و آمادگی پاسخ‌دهی به محیط اطراف (۱۰) و زمان اختصاص دادن به فعالیت زیستی (۲۳) در بین عمده فعالیت‌های مهم زیستی خود (تغذیه) و رفتارهای مقابله با شکارگران (احتیاط، هوشیاری و آمادگی) تعادل و تناسبی ایجاد نمایند. در نتیجه منحرف کردن توازن می‌تواند باعث افزایش میزان حساسیت پذیری در

افزایش میزان مرگ و میر در مرحله لاروی (larvae mortality) (۲۵) در گونه‌ها گردد. همچنین آلودگی صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی منجر به مداخله در تشخیص صحیح و تمایز سیگنال‌ها و علایم صوتی می‌گردد که مانع از بروز موفق بسیاری از رفتارهای مرتبط با بقا، شامل جذب جنس مخالف و همچنین دوری‌گزینی از شکارگران می‌گردد. برای مثال آلاینده‌های صوتی غالباً اصوات تولید شده ناشی از ورود و حضور ناگهانی گونه‌های شکارگر و سایر اصوات هشداردهنده مرتبط با حضور گونه‌های شکارگر را همپوشانی می‌کند و در نتیجه مانع دریافت، شناخت و ردیابی گونه‌های شکارگر توسط گونه‌های شکار می‌گردد که به نوبه خود باعث کاهش راندمان و قابلیت بقا، گونه‌ها می‌گردد (۴۳). همچنین یکی دیگر از اثرات منفی آلاینده‌های صوتی بر انتخاب صحیح در تصمیم‌گیری، دقت در الویت‌های استراتژی شکارگری و رفتار متقابل شکار و شکارگری گونه‌های ماهی‌ها می‌باشد که در این مقاله بیشتر مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

بررسی تغییرات رفتاری

اولین پاسخ گونه‌های آبیان به تغییرات و آلاینده‌های زیستی (در این مطالعه: آلودگی صوتی) در محیط زیست‌شان غالباً به صورت تغییرات رفتاری می‌باشد (۴۵). آلاینده‌های صوتی می‌توانند منجر به بروز طیف وسیعی از تغییرات رفتاری در گونه‌های مختلف گردد. برای مثال آلاینده‌های صوتی می‌توانند باعث هم‌پوشانی و تداخل در دامنه شنوایی بسیاری از گونه‌های ماهی‌ها گردد و امکان برقراری ارتباط با محیط اطراف زیست خود را سخت و یا حتی ناممکن نماید. همچنین همپوشانی و تداخل پهنای باند حاوی اطلاعات صوتی با منشا زیستی و غیر زیستی موجود در محیط زندگی آنها گردد. علاوه بر آن باعث بروز اختلالات در حواس و عدم تمرکز آبیان در انجام فعالیت‌های زیستی معمول و روزمره‌شان گردد (۸). دلایل و منشا عمده بروز پاسخ‌های رفتاری آبیان به آلاینده‌های صوتی شامل: بروز یکسری تغییرات در مسیر انتقال اطلاعات و یافته‌ها، افزایش میزان تحریک‌کننده‌ها و اختلالات هورمونی، اهمیت و میزان در دسترس بودن منابع زیستی محدود، پتانسیل و امکان پراکندگی‌های مکانی، و فراوانی برهمکنش‌ها و تعاملات گونه‌ها با یکدیگر می‌باشد. در پاسخ به تغییرات محیطی تنها گونه‌های محدودی قابلیت انطباق‌پذیری و خوگیری (Adaptation) رفتاری به شرایط جدید ایجاد شده در محیط زیست خود را دارا هستند که این ویژگی به آن‌ها در بقای‌شان نسبت به سایر گونه‌ها در محیط‌هایی که شدیداً تخریب و آلوده شده‌اند کمک می‌کند. از این رو بروز اختلالات سریع حاصل شده در نتیجه فعالیت‌های انسانی غالباً می‌تواند منجر به کاهش تنوع زیستی گونه‌های بومی آن محیط شود در حالی که قوه محرکه رشد و پتانسیل توسعه بسیاری از گونه‌های مهاجم و غیربومی با ویژگی و قابلیت تنوع‌پذیری و انعطاف‌پذیری رفتاری را حاصل کند. بنابراین پاسخ‌های رفتاری گونه‌ها به تغییرات زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند اثرات عمیق و اساسی بر توزیع و پراکنش، قابلیت خوگیری و انطباق‌پذیری، زایش و انقراض جمعیت‌ها و در نتیجه تنوع زیستی گردد (۴۵). (پیچوپولین و همکاران، ۲۰۱۰) نشان دادند که تاثیرات منفی اصوات تولیدشده ناشی از فعالیت‌های موتوری بر

طبیعی زیست آن‌ها تأثیری متفاوت داشته است. این دو گونه ماهی از نظر رژیم غذایی و شکارگران طبیعی اکولوژیکی دارای شباهت‌های بسیاری می‌باشند. نتایج نشان داد که ماهی سه خاره در مقایسه با تیمار کنترل با سرعت بیشتری نسبت به عامل شکارگر شبیه سازی شده در طول زمان پخش صوت عکس‌العمل و پاسخ نشان داده است که در مورد گونه ماهی مینوی اروپایی این تفاوت سرعت در پاسخگویی به مواجهه با الگوی شبیه‌سازی شده گونه شکارگر دیده نشده است (۴۸). همچنین گرلای و همکاران، ۲۰۰۹، نشان دادند که ماهی گورخری هم در پاسخ به تصویر مدل شبیه‌سازی شده گونه شکارچی طبیعی در زیستگاه خود در شرایط آزمایشگاهی رفتارهای ضد شکارگری نشان داده است که این رفتارها شامل افزایش اولیه میزان سرعت شنا و در بلند مدت کاهش میزان سرعت شنا و همچنین شنا در قسمت‌های عمقی ستون آب می‌باشد (۱۲).

تأثیر الگوهای زمانی آلاینده‌های صوتی

بر رفتارهای شکار و شکارگری

نتایج قبلی نویسنده در خصوص بررسی مقایسه‌ای اثر آلاینده‌های صوتی با الگوهای زمانی متفاوت بر رفتارهای شناگری و پراکنش مکانی دو گونه ماهی گورخری و ماهی سیکلید دریاچه ویکتوریا نشان‌دهنده پاسخ‌های اختصاصی و وابسته به گونه می‌باشد (۳۷). اطلاعات و نتایج این آزمایشات و تحقیقات به وضوح نشان دهنده اثرات اصوات بر فعالیت‌ها و عملکرد بصری و بینایی با اثر مستقیم بر روی کارایی رفتار تغذیه‌ای و راندمان شکارگری گونه‌ها می‌باشد. البته اثرات اصوات بر رفتارهای ضدشکارگری (Antipredator Behaviour) ممکن است به استراتژی و نوع جهت‌گیری و پاسخ به گونه مهاجم متفاوت گردد. آلاینده‌های نوری نیز می‌توانند علاوه بر آلاینده‌ها صوتی در توزیع و پراکنش مکانی گونه‌های ماهیان و در نتیجه تشخیص و شناسایی گونه‌های شکارگر نقش داشته باشد. برای مثال در مطالعه قبلی نویسنده نشان داده شد که در شرایط مختلف آلاینده‌های نوری و صوتی ماهی گورخری آرایش مکانی متفاوتی را در محیط آکواریومی از خود نشان می‌دهد که همچنین از نظر سرعت شنا نیز این تفاوت‌ها دیده می‌شود (۳۶). با توجه به نتایج حاصله در آزمایش‌های قبلی نیاز به تامل و مطالعه بیشتر در خصوص برهم‌کنش‌های احتمالی عوامل و آلاینده‌های محیطی با اتفاق بر پاسخ‌های رفتاری از جمله رفتارهای شناگری و دوری‌گزینی از شکارگران لازم و ضروری می‌باشد. البته دور از انتظار نیست که رابطه شکار و شکارگری در سایر گونه‌ها و در محیط‌های طبیعی زیست‌شان تأثیر مقابل و اثر برهم‌کنش بر هر دو گونه داشته باشد. مطالعات گسترده‌تر و مقایسه‌ای در خصوص نحوه اثر آلاینده‌های صوتی با شدت و دوره‌های زمانی متفاوت در محیط‌های آزمایشگاهی و محیط طبیعی زیست گونه‌ها می‌تواند در جهت افزایش آگاهی از پتانسیل ایجاد اختلالات در رابطه شکار و شکارگری گونه‌های ماهیان و احتمال تأثیرات مخرب جمعی آن بر جوامع زیستی، چرخه غذایی و اکولوژی محیط‌های آبی موثر باشد.

اثرات آلاینده‌های صوتی بر سایر گونه‌های آبزیان

مطالعات دیگر بر سایر سلسله‌های جانوران نیز نشان‌دهنده اثرات

برابر شکارشده و در نتیجه آثار و نتایج مضر و در برخی موارد غیرقابل جبرانی برای بقا گونه‌ها حاصل گردد (۱۰). بنابراین آلاینده‌های صوتی می‌توانند بصورت بالقوه باعث کاهش و آسیب‌پذیری بقا بوسیله افزایش حساسیت‌پذیری در مقابل شکارگران را منجر گردند. در تحقیقات گذشته نشان داده شده است که شکارچیان ممکن است که از کاهش مراقبت از فرزندان و توجه گونه‌های شکار به محیط اطراف خودشان در نتیجه وجود آلاینده‌های صوتی سود ببرند (۱۹). با تداوم زمان در معرض قرار گرفتن آلاینده صوتی و منابع صوت ناشی از فعالیت‌های انسانی قدرت و احتمال پاسخگویی رفتاری و تغییر در رفتار حیوانات ممکن است کاهش پیدا کند که این پدیده به عنوان خوگیری (Habituation) در بسیاری از حیوانات متداول می‌باشد.

البته آلاینده‌های صوتی موجود در محیط زیست آبی (شامل محیط‌های آب شیرین و دریایی) با توجه به منبع تولید کننده صوت دارای الگوهای زمانی متفاوتی می‌باشند که می‌تواند در بروز تغییرات رفتاری تأثیرگذار باشد (۳۴). در مطالعه قبلی نویسنده با بررسی اثرات الگوهای زمانی متفاوت صوتی بر رفتار شکار و شکارگری و کارایی تغذیه گونه شکار (سخت پوست دافنی) و گونه شکارگر (ماهی گورخری) در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی نشان داده شد که اصوات تولید شده تنها بر گونه شکارگر ماهی گورخری و کارایی تغذیه‌ای آن بر سخت پوست دافنی (گونه شکار) تأثیرگذار بوده است (۳۴). البته این مطالعه بیانگر عدم حساسیت‌پذیری و عدم پاسخگویی مطلق سخت‌پوست دافنی به محرک‌های صوتی نمی‌باشد و مطالعات گسترده‌تری به همراه بررسی دامنه حساسیت‌پذیری سخت‌پوستان به اصوات نیاز است. مطالعات قبلی سایر محققین بیانگر تأثیر پذیری بی‌مهرگان و سخت‌پوستان از اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشد (۲۵ و ۲۶).

در مطالعه‌ای دیگر در خصوص بررسی اصوات بر رفتار گونه شکار دافنی آب شیرین *Daphnia magna* و شکارگر ماهی سه خاره *Gasterosteus aculeatus* و اثرات متقابل آنها (۳۰) همچنین نشان دادند که در تیمارهای صوت در مقایسه با تیمار کنترل افزایش میزان خطا و اشتباه در تفکیک ماده غذایی و همچنین گرفتن ماده غذایی را موجب گردید. برای مثال (۱) تغییرات متعدد و متفاوت رفتاری را در ماهی‌های کلمه *Rutilus rutilus* و سه خاره ماهی *Gasterosteus aculeatus* نشان دادند که تحت عنوان پاسخ‌های رفتاری وابسته و مختص به گونه در برابر خطر صید شدن توسط گونه‌های شکارگر تفسیر شده است. (۴۷) همچنین در تحقیق خود نشان دادند که گونه‌های مختلف ماهی‌ها می‌توانند بصورت متفاوتی در مقابله با آلاینده‌های صوتی حاصل از قایق‌های موتوری از خود تغییراتی در رفتار نشان دهند. بطوریکه ماهی مینوی اروپایی *Phoxinus phoxinus* در مقایسه با ماهی سه خاره *Gasterosteus aculeatus* در زمینه فعالیت شنا و جستجوگری و ایجاد ارتباط افراد با هم گونه‌ای‌های خود (درون گونه‌ای) بطور متفاوتی پاسخ‌های رفتاری از خود نشان دادند. (۴۸) در مطالعه خود در خصوص بررسی چگونگی تأثیرگذاری اصوات تولید شده از قایق‌های موتوری در مقایسه با تیمار کنترل نشان دادند که صوت بر پاسخ رفتاری دو گونه ماهی مینوی اروپایی *Phoxinus phoxinus* و ماهی سه خاره *Gasterosteus aculeatus* به ماکت و تصویر متحرک نمونه شبیه‌سازی شده از گونه پرنده شکارچی موجود در محیط

زنجیره‌ای بر چرخه اکوسیستم و کارکرد آن شامل نرخ تغییر فراوانی جمعیت‌ها و تغییر الگوهای شکار در اجتماعات گونه‌ها داشته باشد. البته لازم به ذکر است که جانوران بطور کلی برای انجام بسیاری از فعالیت‌های زیستی خود همچون ایجاد ارتباطات درون گونه‌ای و بین گونه‌ای و موقعیت یابی‌های مهاجرتی از ادراک حسی چندگانه (Multiple Senses) و گوناگونی بطور همزمان بهره می‌برند (۱۴). این محورهای گیرنده ادراک حسی ممکن است محرک‌های ارسال شده اختیاری با هدف ارسال به گیرنده (Signals) و یا محرک‌های ارسال شده غیر ارادی بدون هدف ارسال به گیرنده (Cues) را بطور همزمان یا متناوب دریافت و در خصوص پاسخهای لازم و مورد نیاز تصمیم‌گیری می‌کنند. بنابراین با توجه به این موضوع لزوم اهمیت مطالعه و انجام تحقیقات با در نظر گرفتن اثرات آلاینده‌های صوتی و نوری و شیمیایی می‌تواند درک بهتر و درست‌تری از پاسخ‌های گونه‌ها در شرایط نزدیک به وضع موجود در طبیعت و محیط زیست طبیعی شان را فراهم کند. با توجه به اینکه بسیاری از گونه‌های ماهی‌ها و سایر آبزیان در محیط‌های مختلف و متنوع آبی در معرض اصوات با شدت متوسط ولی گسترده فرکانس‌های پایین ناشی از بسیاری از فعالیت‌های کشتی‌ها، قایق‌های باری و تفریحی، مزارع بزرگ آسیاب‌های (توربین‌های) بادی جهت تولید انرژی و سایر فعالیت‌های صنعتی ساحلی می‌باشند لذا انجام مطالعات کامل در زمینه‌های زیست‌شناسی و بوم‌شناسی اثرات بلندمدت آلاینده‌های صوتی پیشنهاد می‌گردد.

بسیاری از مطالعات انجام شده در خصوص اثرات منفی آلاینده‌های زیستی بویژه آلاینده‌های صوتی بر جانوران فاقد شواهد و نتایج بلند مدت اثرگذاری این منابع صوتی بر جمعیت‌های خاص و گونه‌های جانوران بصورت انفرادی می‌باشند. بنابراین لزوم برنامه‌ریزی‌های دقیق برای انجام تحقیقات کامل‌تر و بلندمدت‌تر بر نحوه اثرات آلاینده‌های زیستی بویژه آلاینده‌های صوتی بر زیست‌شناسی گونه‌های جانوری پیشنهاد می‌گردد. در ادامه لازم به ذکر می‌باشد که آلاینده‌های صوتی تنها یک دسته از آلوده‌کننده‌های زیست محیطی ناشی از مجموعه فعالیت‌های انسانی (آلاینده‌های شیمیایی، نوری-گرما، الکتریکی) می‌باشد. بنابراین محققین باید در نظر داشته باشند که نقش تجمعی اثرات انواع آلاینده‌های زیستی را بطور بالقوه در تفسیر و توضیح یافته‌ها و پاسخ‌های رفتاری و فیزیولوژیکی گونه‌ها در نظر داشته باشند.

تشکر و قدردانی

نویسنده بر خود لازم می‌داند تا از داوران محترم بخاطر نظرات سازنده و ارزشمند خود در مراحل داوری این مقاله تشکر و قدردانی نماید.

منابع مورد استفاده

1. Andersson, M. H., Gullström, M., Asplund, M. E., & Ohman, M. C. 2007. Importance of using multiple sampling methodologies for estimating of fish community composition in offshore wind power construction areas of the Baltic Sea. *Ambio*, 36(8), 634-636.

آلاینده‌های صوتی بطور گسترده بر انتخاب استراتژی‌های شکارگری و ارتباط متقابل شکار و شکارگری می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که آلاینده‌های صوتی می‌تواند باعث بروز اثرات منفی بر کارایی تغذیه در خفاش‌ها *Myotis myotis* با ایجاد همپوشانی صوتی بر اصوات تولید شده توسط بی‌مهرگان مورد تغذیه خفاش‌ها گردد (۴۰). همچنین گزارشات در خصوص اثرات آلاینده‌های صوتی بر پرندگان نشان داده شده است. برای مثال (۳۱) تغییرات مرتبط با اصوات را در کارایی تغذیه‌ای گونه پرنده سهره *Fringilla coelebs* بیان داشتند. بطوری‌که افزایش میزان اصوات نسبت به صدای زمینه محیط منجر به کاهش دفعات تغذیه و افزایش توجه و نظارت بر محیط اطراف توسط گونه پرنده گردید. در مطالعه‌ای در خصوص اثر آلاینده صوتی بر ارزیابی ریسک و احتمال خطر شکار نشان داده شده است که در پاسخ به اصوات پخش شده ناشی از قایق موتوری، گونه شکارگر شبیه‌سازی شده بیشتر به خرچنگ راهب کاریبیایی (*Coenobita clypeatus*) نزدیک شد تا عکس‌العمل فرار و پنهان شدن در این گونه خرچنگ مشاهده گردد (۷). در نتیجه اصوات حاصل شده از قایق موتوری اختلالاتی در توانایی درک علایم خطر و پاسخگویی خرچنگ‌ها را در مواجهه شکارچی شبیه‌سازی شده به وضوح نشان داده است. بنابراین به نظر می‌رسد که اثرات آلاینده‌های صوتی در گونه‌های مختلف فراگیر و بطور گسترده‌ای می‌باشد. بطوریکه اثرات پوششی (Masking effects) و یا اثر گیج و پریشان کردن گونه‌های جانوری در نتیجه مواجهه با آلاینده‌های صوتی می‌تواند بر ادراک سیستم شنوایی و همچنین بینایی گونه‌ها تاثیر داشته باشد و بنابراین آلاینده‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند هم بر گونه شکار و هم بر گونه شکارگر تاثیرات مخرب خود را بر جای بگذارد.

بحث و نتیجه‌گیری

آلاینده‌های زیستی در اثر فعالیت‌های انسانی در دهه اخیر بطور چشمگیر و تصاعدی در محیط‌های خشکی و آبی در حال افزایش و گسترش بر میزان سطوح اصوات زمینه در این محیط‌های پویای زیستی می‌باشد. این میزان افزایش در سطوح و طیف گسترده آلاینده‌های صوتی بطور یقین تمام مناطق و حوزه‌های زیست محیطی بطور یکسان تاثیرگذار می‌باشد و بطور کاملاً انتخابی قسمت‌هایی خاص از این مناطق را که سطوح فعالیت‌های انسانی بیشتر است تحت تاثیرات منفی خود قرار می‌دهد. گروه‌های گونه‌ها در طبقه‌بندی‌های مختلف همچون پستانداران دریایی، ماهی‌ها و بی‌مهرگان می‌توانند قسمتی از اجزای یک اجتماع زیستی باشند. اما ممکن است به روش‌های مختلفی و میزان متغیری تحت تاثیر آلاینده‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی قرار گیرند (۳۵). یکی از بزرگترین خطرات کوتاه مدت افزایش و گستردگی آلاینده‌های زیستی می‌تواند از دست دادن گونه‌هایی باشد که توانایی تطابق و سازگاری با محیط تغییر یافته را ندارند (۱۱). برای مثال اختلالات ایجاد شده در نتیجه افزایش آلاینده‌های صوتی ممکن است برخی از گونه‌ها را با عدم توانایی در جهت ارتباط با جنس مخالف و جفت‌یابی (۲۷)، کاهش ضریب بقا در نتیجه افزایش میزان استرس‌های محیطی (۴) و یا کاهش توانایی شناخت و شناسایی شکارگران حاضر در محیط گرداند (۱۱). از دست رفتن گونه‌ها (کاهش تنوع گونه‌ای) ممکن است در سطح وسیع تر اثرات مرتبط و

2. André, M., Solé, M., Lenoir, M., Durfort, M., Quero, C., Mas, A., ... Houégnigan, L. 2011. Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Front. in Ecol. and the Envi.*, 9(9), 489–493.
3. Barber, J. R., Crooks, K. R., & Fristrup, K. M. 2010. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecol. and Evol.*, 25(3), 180–189.
4. Blickley, J. L., Blackwood, D., & Patricelli, G. L. 2012. Experimental Evidence for the Effects of Chronic Anthropogenic Noise on Abundance of Greater Sage-Grouse at Leks. *Cons. Biol.*, 26(3), 461–471.
5. Brumm, H., & Slabbekoorn, H. 2005. Acoustic Communication in Noise. *Adv. in the Study of Behav.*
6. Candolin, U. 2014. The complexity of fish communication in human-disturbed environments: comment on Radford et al. *Behav. Ecol.*, 0(April), 1–2.
7. Chan, A. A. Y.-H., Giraldo-Perez, P., Smith, S., & Blumstein, D. T. 2010. Anthropogenic noise affects risk assessment and attention: the distracted prey hypothesis. *Biol. Lett.*, 6(4), 458–461.
8. Chan, A. A. Y. H., & Blumstein, D. T. 2011. Attention, noise, and implications for wildlife conservation and management. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 131(1–2), 1–7.
9. de Soto, N. A., Delorme, N., Atkins, J., Howard, S., Williams, J., & Johnson, M. 2013. Anthropogenic noise causes body malformations and delays development in marine larvae. *Sci. Rep.*, 3, 2831.
10. Dukas, R. 2004. *Causes and Consequences of Limited Attention*, 2004, 197–210.
11. Francis, C. D., & Barber, J. R. 2013. A framework for understanding noise impacts on wildlife: an urgent conservation priority. *Front. in Ecol. and the Env.*, 11(6), 305–313.
12. Gerlai, R., Fernandes, Y., & Pereira, T. 2009. Zebrafish (*Danio rerio*) responds to the animated image of a predator: Towards the development of an automated aversive task. *Behav. Brain Res.*, 201(2), 318–324.
13. Gill, S. A., Job, J. R., Myers, K., Naghshineh, K., & Vonhof, M. J. 2015. Toward a broader characterization of anthropogenic noise and its effects on wildlife. *Behav. Ecol.*, 26(2), 328–333.
14. Halfwerk, W., & Slabbekoorn, H. 2015. Pollution going multimodal: the complex impact of the human-altered sensory environment on animal perception and performance. *Biol. Lett.*, 11: 20141051.
15. Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, K. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., ... Watson, R. 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865), 948–952.
16. Hildebrand, J. A. 2009. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 395, 5–20.
17. Jepson, P. D., Arbelo, M., Deaville, R., Patterson, I. A. P., Castro, P., Baker, J. R., ... Fernández, A. 2003. Gas-bubble lesions in stranded cetaceans. *Nature*, 425(6958), 575–576.
18. Koolhaas, J. M., Bartolomucci, a., Buwalda, B., de Boer, S. F., Flügge, G., Korte, S. M., ... Fuchs, E. 2011. Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neurosci. and Biobehav. Rev.*, 35(5), 1291–1301.
19. Krause, J., & Godin, J. J. 1992. Influence of prey foraging posture on flight behavior and predation risk: predators take advantage of unwary prey, 7(3), 264–271.
20. Kunc, H. P., Mclaughlin, K. E., & Schmidt, R. 2016. Aquatic noise pollution: implications for individuals, populations, and ecosystems, (August).
21. Ladich F, Collin SP, Moller P, Kapoor BG. 2006. Fish communication. Enfield (CT): Science Publisher.
22. Ladich, F. (2014a). Fish bioacoustics. *Curr. Opini. in Neurobiol.*
23. Lima, S. L., & Bednekoff, P. A. 2013. Temporal Variation in Danger Drives Antipredator Behavior: The predation risk allocation hypothesis, 153(6), 649–659.
24. Mcgregor, P. K., Horn, A. G., Leonard, M. L., & Thomsen, F. 2013. Animal Communication and Noise. *Anim. Sig. and Commun.* 2, 2, 409–444.
25. Nedelec, S. L., Radford, A. N., Simpson, S. D., Nedelec, B., Lecchini, D., & Mills, S. C. 2014. Anthropogenic noise playback impairs embryonic development and increases mortality in a marine invertebrate. *Sci. Rep.*, 4 (Figure 1), 5891.
26. Normandeau Associates, I. 2012. Effects of noise on fish, fisheries, and invertebrates in the U.S. Atlantic and Arctic from energy industry sound-generating activities. Workshop Report December 2012, (December), 80.
27. Pasinelli, G., Gross, K., Pasinelli, G., & Kunc, H. P. 2010. Behavioral Plasticity Allows Short-Term Adjustment to a Novel Environment Behavioral Plasticity Allows Short-Term Adjustment, (October).
28. Picciulin, M., Sebastianutto, L., Codarin, A., Farina, A., & Ferrero, E. a. 2010. In situ behavioural responses to boat noise exposure of *Gobius cruentatus* (Gmelin, 1789; fam. Gobiidae) and *Chromis chromis* (Linnaeus, 1758; fam. Pomacentridae) living in a Marine Protected Area. *J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol.*, 386(1–2), 125–132.
29. Purser, J., Bruintjes, R., Simpson, S. D., & Radford, A. N. 2015. Condition-dependent physiological and behavioural responses to anthropogenic noise. *Physiol. & Behav.*, 155, 157–161.
30. Purser, J., & Radford, A. N. 2011. Acoustic noise induces atten-

- tion shifts and reduces foraging performance in three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *PLoS ONE*, 6(2).
31. Quinn, J. L., Whittingham, M. J., Butler, S. J., Cresswell, W., & Noise, W. 2006. Noise, predation risk compensation and vigilance in the chaffinch *Fringilla coelebs*, 6.
32. Radford, a. N., Kerridge, E., & Simpson, S. D. 2014. Acoustic communication in a noisy world: can fish compete with anthropogenic noise? *Behav. Ecol.*, 0, 1–9.
33. Sebastianutto, L., Picciulin, M., Costantini, M., & Ferrero, E. a. 2011. How boat noise affects an ecologically crucial behaviour: The case of territoriality in *Gobius cruentatus* (Gobiidae). *Envi. Biol. of Fishes*, 92(2), 207–215.
34. Shafiei Sabet, S., Neo, Y. Y., & Slabbekoorn, H. 2015a. Impact of anthropogenic noise on aquatic animals: from single species to community-level effects.
35. Shafiei Sabet, S., Neo, Y. Y., & Slabbekoorn, H. 2015b. The effect of temporal variation in sound exposure on swimming and foraging behaviour of captive zebrafish. *Anim. Behav.*, 107, 49–60.
36. Shafiei Sabet, S., Van Dooren, D., & Slabbekoorn, H. 2016. Son et lumiere: Sound and light effects on spatial distribution and swimming behavior in captive zebrafish. *Env. Poll.*, 212, 480–488.
37. 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. *Anim. Behav.*, 116, 1–11.
38. Shafiei Sabet, S. 2017. Biological effects of anthropogenic noise on fish: a review. *Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* No 115 pp: 213-223.
39. Shannon, G., Mckenna, M. F., Angeloni, L. M., Crooks, K. R., Frstrup, K. M., Brown, E., ... Wittemyer, G. 2015. A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biol. Rev.*, 24.
40. Siemers, B. M., & Schaub, A. 2011. Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators. *Proc. Biol. Sci. / The Royal Society*, 278(1712), 1646–1652.
41. Slabbekoorn, H. 2013a. 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* (pp. 1–10).
42. Slabbekoorn, H. 2013b. Songs of the city: Noise-dependent spectral plasticity in the acoustic phenotype of urban birds. *Anim. Behav.*, 85(5), 1089–1099.
43. Slabbekoorn, H., & Bouton, N. 2008. Soundscape orientation: a new field in need of sound investigation. *Anim. Behav.*, 76, 5–8.
44. 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. *Tr. in Ecol. and Evol.*
45. Tuomainen, U., & Candolin, U. 2011. Behavioural responses to human-induced environmental change, 640–657.
46. Tyack, P. 2008. Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *J. of Mam.*, 89, 549–558.
47. 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. *Anim. Behav.*, 89, 191–198.
48. Voellmy, I. K., Purser, J., Simpson, S. D., & Radford, A. N. 2014. Increased noise levels have different impacts on the anti-predator behaviour of two sympatric fish species. *PLoS ONE*, 9(7).
49. Wale, M. a., Simpson, S. D., & Radford, A. N. 2013. Noise negatively affects foraging and antipredator behaviour in shore crabs. *Anim. Behav.* 86(1), 111–118.
50. Weilgart, L. S. 2007. A Brief Review of Known Effects of Noise on Marine Mammals. *Int. J. of Comp. Psych.*, 20(2), 159–168. Retrieved from.

