



اهمیت ارزیابی اثر صوت بر ماهیان بومزاد آب شیرین ایران

سیدرضا محسن پور^۱، سعید شفیعی ثابت^{۲*}

^۱دانشجوی دکتری بوم‌شناسی آبزیان، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
^۲استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

چکیده

ماهیان بومزاد جزئی از ذخایر ژنتیک زیستگاه‌های آبی محسوب می‌گردند. دریای خزر به‌عنوان بزرگ‌ترین دریاچه جهان، با تنوع زیستگاهی منحصربه‌فرد از اهمیت بالایی برای کشورهای منطقه برخوردار است. در طی دهه‌های اخیر، با افزایش سطح اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی، تأثیرات آن بر ماهیان آب شیرین و دریایی مورد توجه مدیران شیلاتی و سایر علاقه‌مندان مرتبط قرار گرفته است. اگرچه نشان داده شده است که اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند تأثیرات مهمی بر پستانداران دریایی و ماهیان در اکوسیستم‌های دریایی داشته باشد، اما اطلاعات کمی در مورد این تأثیرات بر ماهیان آب شیرین وجود دارد. در مطالعه حاضر، به بررسی و دسته‌بندی قدرت شنوایی ماهیان بومزاد آب شیرین و پتانسیل اثر صوت بر ماهیان بومزاد و همین‌طور شاخص‌های قابل‌بررسی در مطالعات رفتارشناسی آن‌ها خواهیم پرداخت. در اینجا ما تأکید می‌کنیم که پژوهش‌های بیشتری بر بررسی اثرات احتمالی صوت بر ماهیان بومزاد آب شیرین نیاز می‌باشد و پیشنهاد می‌شود برای درک بهتر این اثرات تکنیک‌های رفتاری و فیزیولوژیک و نتایج آن‌ها به‌طور هم‌زمان باهم ادغام و بررسی گردد.

واژه‌های کلیدی:

شنوایی، صوت، ماهیان بومزاد، حفاظت، دسته‌بندی، شاخص‌های رفتاری.

نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

DOI: 10.22034/jair.8.5.6

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۰۰/۰۹/۲۴

پذیرش: ۰۰/۱۱/۱۰

نویسنده مسئول مکاتبه:

سعید شفیعی ثابت، استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

ایمیل: s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir

۱ | مقدمه

(Oriental) و آفریقا (Coad, 2015) (شکل ۱) و همچنین وجود زیستگاه‌های منحصربه‌فرد در ایران، ماهیان بومزاد متنوعی از خانواده و جنس‌های متنوع در ایران وجود دارد (Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2015). ماهیان آب شیرین ایران شامل ۲۶۴ گونه، ۹۷ جنس، ۳۳ خانواده و ۲۰ رده می‌باشد، که از این تعداد ۷۹ گونه بومزاد در ۹ خانواده در ۱۹ حوضه آبریز ایران پراکنش دارند (Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2020) (شکل ۲). با توجه به تهدیدات موجود در زیستگاه‌های آبی و وجود محرک‌های صوتی متنوع که با پراکنش‌های زمانی و مکانی متفاوت در این محیط‌ها گسترده هستند (Shafiei Sabet *et al.*, 2015)، مطالعه و بررسی قدرت شنوایی این ماهیان بومزاد که از اهمیت زیادی برخوردار هستند، تأکید می‌گردد. زیستگاه‌های آب شیرین بخش نسبتاً زیادی از تنوع زیستی زمین را در خود جای داده‌اند (Combes, 2003). تا سال ۲۰۲۱ میلادی تعداد ۳۵۷۹۷ گونه ماهی شناسایی شده است (IUCN Red List, 2021). با توجه به اینکه آب شیرین ممکن است کمتر از ۰/۳٪ آب جهانی موجود را تشکیل دهد، قابل توجه است که بیش از ۱۵۰۰۰ گونه ماهی آب شیرین وجود دارد. درحالی‌که جوامع دریایی

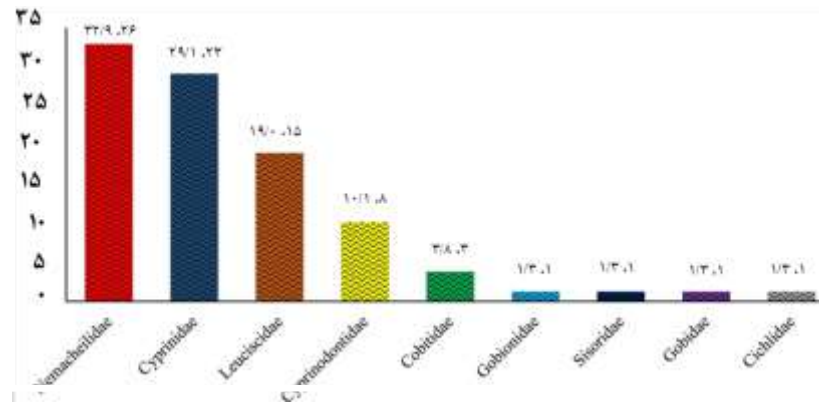
گونه بومی (Native) به گونه‌ای گفته می‌شود که به‌تنهایی در یک ناحیه جغرافیایی از زمین وجود دارد و در آنجا تولیدمثل و تکثیر می‌کند. به‌عبارت‌دیگر گونه بومی گونه‌ای است که بخشی از فون یا فلور اصلی یک ناحیه جغرافیایی باشد (Kiabi *et al.*, 1999). اما در تعریف گونه‌ی بومزاد (Endemic) باید گفت، کلمه‌ی بومزاد موقعی استفاده می‌شود که یک تاکسون گیاهی یا جانوری در یک گستره‌ی جغرافیایی در یک ناحیه‌ی ویژه محدود شده است. پدیده اندمیسم ممکن است ناشی از چندین پدیده باشد، ولی به‌طور کلی پایه و اساس همه این جدایی‌ها، جدایی جغرافیایی (Geographical isolation) می‌باشد. بر اساس این پدیده، گونه بومزاد به یک جمعیت کوچک و جدا شده با تنوع ژنتیکی محدود گفته می‌شود. بعد از نسل‌های زیاد، رانش ژنتیکی (Drift) باعث تشکیل و به‌وجود آمدن گونه‌ها و زیرگونه‌های جدید می‌شود. در یک تعریف دیگر گونه بومزاد به یک گونه بومی گفته می‌شود که محدود به یک ناحیه‌ی باریک شده باشد و یا گونه بومی که منحصراً متعلق به یک منطقه خاص است (Coad, 2005). با توجه به تنوع گونه‌های ماهیان آب شیرین ایران به دلیل حضور در سه صفحه جغرافیایی پالوارکتیک (Palearctic)، اورینتال

در برابر تغییرات محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی آسیب‌پذیر هستند (Abell, 2002). تهدیدهای عمده برای ماهیان آب شیرین و سایر تنوع زیستی آب شیرین شامل: دست‌کاری (habitat modification)، تکه‌تکه شدن (fragmentation) و تخریب زیستگاه (destruction)؛ گونه‌های مهاجم (invasive species)؛ صید بی‌رویه (overfishing)؛ آلودگی محیطی (environmental pollution)؛ تغییرات اقلیمی (climate change) و غیره می‌باشد (IUCN, 2015). بر این اساس به گزارش ۱۶ سازمان از جمله صندوق جهانی حیات‌وحش و انجمن جانورشناسی لندن، ۳۰ درصد از ۱۰ هزار و ۳۳۶ ماهی بررسی شده در فهرست قرمز گونه‌های در معرض خطر IUCN در معرض خطر انقراض قرار دارند (IUCN, 2020). همچنین با توجه به سرعت بالای صوت در محیط آبی که حدود ۵ برابر سریع‌تر از سرعت صوت در محیط خشکی است، اهمیت این موضوع را نشان می‌دهد که نقش و کاربردهای اصوات و تأثیرات آن‌ها بر موجودات آبی مورد بررسی قرار گیرد (Shafiei Sabet *et al.*, 2015).

در مجموع گونه‌های بیشتری دارند، آب‌های شیرین در واحد حجم زیستگاه بسیار غنی‌ترند. تنوع گونه‌های ماهیان آب شیرین بیشتر از تنوع ماهیان دریایی است، درحالی‌که محیط‌های دریایی حدود ۷۰٪ کره زمین و حدود ۹۷٪ از حجم کل آب‌های کره زمین را در برمی‌گیرد (May, 1994; Carrete Vega & Wiens, 2012; Manel *et al.*, 2020). این تنوع در گونه‌های آب شیرین شاید تعجب‌آور نباشد، زیرا زیستگاه‌های متعدد و متنوعی به‌صورت جداگانه وجود داشته که این تنوع گونه‌ای را تقویت می‌کند (Bone & Moore, 2008). ماهی‌های آب شیرین که تقریباً ۲۵٪ از کل مهره‌داران را تشکیل می‌دهند، یکی از مؤلفه‌های مهم تنوع زیستی جهانی هستند (Reid *et al.*, 2013). اکوسیستم‌های آب شیرین به دلایل زیادی ارزشمند می‌باشد، زیرا این اکوسیستم خدمات زیادی از جمله آب آشامیدنی، کنترل سیل، تنظیم آب‌وهوا، تولید مواد غذایی را برای انسان فراهم می‌کند (Hitt *et al.*, 2015). تنوع زیستی در زیستگاه‌های آب شیرین به دلیل جمعیت زیاد انسانی در اطراف این اکوسیستم‌ها به همراه غنای گونه‌های زیاد، به‌ویژه



شکل ۱- موقعیت صفحات جغرافیایی مختلف در جهان و سه صفحه متأثر بر ایران (اقتباس شده از Esmaili *et al.*, 2017)



شکل ۲- تفکیک ماهیان بوم‌زاد ایران بر اساس خانواده‌های مختلف (تعداد گونه‌ها، درصد کل). (اقتباس شده از Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2020)

۲ | مواد و روش‌ها

مستقیمی که بر آن‌ها وارد می‌کنند متمرکز شده است (Popper and Hastings, 2009)؛ باین‌حال، کشتی‌رانی از مهم‌ترین منابع تولید اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی است که همانند سایر منابع صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی در فرکانس‌های پایین در زیر آب پخش می‌شود و با دامنه شنوایی بسیاری از گونه‌های آبزیان همپوشانی دارد (Solan *et al.*, 2016). بسیاری از گونه‌های ماهیان غیراقتصادی شاید از برخی تأثیرات انسانی مثل صید بی‌رویه در این مناطق محافظت شوند اما همچنان به‌طور گسترده تحت تأثیرات منفی فعالیت‌های

صوت به‌صورت فعال می‌تواند در تولیدمثل، ردیابی شکار و شکارچیان، دفاع از قلمرو و همچنین برای شناسایی شاخص‌های مهم زیستگاه مورد استفاده قرار گیرد (Fay and Popper, 2000). بسیاری از گونه‌ها به‌خصوص در محیط‌هایی که دید کم و تاریک و یا محیط کدر است (Heuschele *et al.*, 2012)، از صوت برای شناسایی و درک محیط اطراف و برقراری ارتباط استفاده می‌کنند (Fay and Popper, 2000). بیشتر مطالعات آبزیان بر منابع تولید صوت شدید از جمله سونار، تفنگ‌های بادی (Air guns) و سکوهای حفاری به دلیل صدمات

حساسیت‌های شنوایی ماهیان بومزاد ایران بر اساس خانواده و همچنین تهدیدات آن‌ها به نشان داده شده است. در بحث حساسیت‌های شنوایی بسته به گونه ماهی و ارتباط کیسه شنا با گوش داخلی از طریق استخوانچه‌های وبر متفاوت می‌باشند. در واقع این دسته از ماهیان که به واسطه دارا بودن پل ارتباطی استخوانچه‌های وبر اتصال کیسه شنا و گوش داخلی را میسر می‌سازند، حساسیت تخصص‌یافته دارند و توانایی بیشتری در درک شنوایی محیط اطراف خود دارند. در مقابل ماهیان فاقد ساختار وبر این قابلیت را ندارند و حساسیت شنوایی عمومی و معمولی دارند.

انسانی قرار دارند. به‌طور مثال اصوات ضبط‌شده از یک منطقه حفاظت‌شده دریایی به مدت ۱ سال در دریای مدیترانه نشان می‌دهد که اصوات حمل‌ونقل کشتی‌ها در ساعات اوج اصوات ماهی‌ها ۴۶ درصد هم‌پوشانی داشت (Buscaino *et al.*, 2016). بیشتر تأثیرات اثبات‌شده از آلودگی صوتی بر گونه‌های آبی، بر شناسایی تغییرات رفتاری از جمله تغییر در عملکرد تغذیه‌ای (Purser and Radford, 2011; Sahfiei Sabet *et al.*, 2015) و یا منجر به تغییرات فیزیولوژیک مانند افزایش سطح استرس یا اختلال شنوایی آن‌ها (Smith *et al.*, 2006; Wysocki *et al.*, 2004) متمرکز شده است. در جدول ۱،

جدول ۱- حساسیت‌های شنوایی ماهیان بومزاد ایران به تفکیک خانواده و تهدیدات

خانواده	حساسیت شنوایی	درجه تهدید*
Nemacheilidae	تخصص یافته [†] (Niemiller <i>et al.</i> , 2019)	LC ^I , NT ^{II} , VU ^{III} , EN ^{IV}
Cyprinidae	تخصص یافته (van Opzeeland <i>et al.</i> , 2007)	LC, NT, VU
Leuciscidae	تخصص یافته (van Opzeeland <i>et al.</i> , 2007)	LC, CE ^V
Cyprinodontidae	تخصص یافته (Schulz-Mirbach <i>et al.</i> , 2011)	LC, NT, CE, EN
Cobitidae	تخصص یافته (Ladich, 2013)	LC, CE
Gobionidae	-	LC, EN
Sisoridae	-	LC
Gobiidae	عمومی [‡] (Ladich, 2013)	LC
Cichlidae	عمومی (van Opzeeland <i>et al.</i> , 2007)	NT

^I: LC= Least Concern, ^{II}: NT= Near Threatened, ^{III}: VU= Vulnerable, ^{IV}: EN= Endangered, ^V: Critically Endangered

[†]: Specialist, [‡]: Generalist

*: (Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2020)

۳ | نتایج

تغییرات افزایشی و یا کاهش در بازه زمانی بلندمدت خواهد داشت. شفیعی ثابت و همکاران (Shafiei Sabet *et al.*, 2016) در آزمایشی به تأثیرات صوت در تغییرات سرعت شنای ماهی زبرا (*Danio rerio*) و سیچلاید ویکتوریا (*Haplochromis piceatus*) پرداختند.

پراکنش مکانی ماهی (Spatial distribution): با تغییرات در سرعت شنای ماهی و همچنین حرکات انفجاری، الگوی مکانی و در نهایت پراکنش مکانی ماهی در زیستگاه و یا محیط مورد مطالعه تغییر خواهد کرد. مطالعه تغییرات پراکنش مکانی ماهی در دو فضای پروفایل عمودی (ستون آب) و یا پروفایل افقی صورت می‌گیرد. مطالعات متنوعی در زمینه تغییرات پراکنش مکانی ماهی در مواجهه با محرک‌های صوتی انجام شده است. در این راستا، شفیعی ثابت و همکاران (Shafiei Sabet *et al.*, 2016) به منظور بررسی اثرات الگوهای صوتی بر پراکنش مکانی دو گونه ماهی زبرا و سیچلاید ویکتوریا آزمایشی طراحی نمودند. به طوری که در پروفایل عمودی اختلاف معنی‌داری در ماهی زبرا در مقایسه با تیمار شاهد دیده نشد اما درصد حضور ماهی در لایه پایین تانک آزمایش در مقایسه با قبل از در معرض صوت در سیچلاید ویکتوریا اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در پروفایل افقی نیز در هر دو گونه ماهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

کارایی تغذیه‌ای (Foraging Performance)- خطای تبعیض غذایی (Food Discrimination Error): به موجب تغییرات در شاخص‌های شناگری ماهی در مواجهه با محرک‌های صوتی، ممکن است ماهی دچار اختلالات تغذیه‌ای از جمله خطای تبعیض غذایی شود.

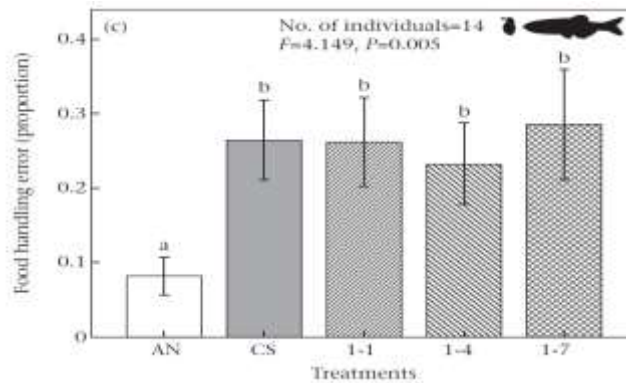
دسته‌بندی شاخص‌های قابل‌بررسی در مطالعات رفتارشناسی: پاسخ‌های کوتاه‌مدت: حرکت انفجاری (Startle): تعداد حرکت انفجاری، در وهله اول نخستین تغییرات رفتاری‌ای قابل‌مشاهده، در معرض قرارگیری گونه‌های آبیان با محرک‌های صوتی می‌باشد. تعداد حرکت انفجاری ماهی بسته به گونه مورد مطالعه می‌تواند تعاریف متعددی داشته باشد؛ اما به‌طور کلی، Shafiei Sabet و همکاران (۲۰۱۵) در تعریف تعداد حرکات انفجاری به «اوج شنای ماهی بیش از ۱۰ سانتی‌متر بر ثانیه که بلافاصله پس از پخش صوت اتفاق می‌افتد.» اشاره نمودند. مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان‌دهنده افزایش تعداد حرکت انفجاری در مواجهه با اصوات کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌باشد (Purser and Radford, 2011).

سرعت شنای کوتاه‌مدت یا لحظه‌ای (Brief Swimming Speed): محرک‌های صوتی پس از تغییرات در تعداد حرکات انفجاری، در بازه زمانی کوتاه‌مدت بر سرعت شنای ماهی تأثیرگذار است. محسن‌پور و شفیعی ثابت (Mohsenpour and Shafiei Sabet, 2021) دریافته‌اند الگوهای صوتی مختلف در بازه زمانی کوتاه‌مدت باعث افزایش سرعت شنای ماهی در مقایسه با شرایط سکوت می‌شوند. همچنین شفیعی ثابت و همکاران (Shafiei Sabet *et al.*, 2015) تغییرات سرعت شنای ماهی در بازه کوتاه‌مدت در مقایسه با شرایط سکوت را مشاهده نمودند.

سرعت شنای بلندمدت (Prolonged Swimming Speed): در ادامه، این تغییرات سرعت شنای ماهی بسته به گونه ماهی دستخوش

پرسر و رادفورد (Purser and Radford, 2011) در تعریف عبارت خطای تبعیض غذایی به «تقسیم تعداد دفعات حمله ناموفق به طعمه به کل تعداد دفعات حمله موفق و ناموفق به طعمه» اشاره کردند. آن‌ها در این مطالعه دریافتند که الگوهای صوتی می‌تواند باعث بروز خطای دریافت غذایی در ماهی گردد. والمی و همکاران (Voellmy et al., 2014a) در مطالعه‌ای دریافتند اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی بر ماهی سه‌خاره باعث افزایش خطای دریافت غذایی شد اما در ماهی قنات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مطالعه‌ای مشابه، شفیعی ثابت و همکاران (Shafiei Sabet et al., 2015) نیز دریافتند اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی باعث بروز خطای دریافت غذایی در ماهی زبرا می‌شود (شکل ۳).

تبعیض غذایی درواقع به توانایی درک و تشخیص طعمه هدف از غیر هدف گفته می‌شود. پرسر و رادفورد (Purser and Radford, 2011) در تعریف عبارت خطای تبعیض غذایی به «تقسیم تعداد دفعات حمله ماهی به ماده غیر غذایی به کل تعداد حملات به مواد غذایی و غیر غذایی» اشاره کردند. مطالعات پرسر و رادفورد (Purser and Radford, 2011) نشان داد، اصوات ناشی از فعالیت‌های انسانی باعث بروز خطای تبعیض غذایی در ماهی سه‌خاره شد. خطای دریافت غذایی (Food Handling Error): اختلالات تغذیه‌ای در مواجهه با الگوهای مختلف صوتی می‌تواند منجر به خطای دریافت غذایی نیز گردد. به‌طورکلی خطای دریافت غذایی به اختلال در توانایی ماهی در دریافت طعمه و درنهایت تغذیه از آن گفته می‌شود.



شکل ۳- تغییرات خطای دریافت غذایی در مواجهه با تیمارهای مختلف صوتی در مقایسه با شرایط سکوت (AN). (اقتباس شده از Shafiei Sabet et al., 2015)

جدول ۲- مروری بر منابع مطالعات رفتارشناسی (اثر اصوات) بر ماهیان آب شیرین

گونه ماهی	شاخص‌های موردبررسی		عنوان	منبع
	شناسایی	تغذیه‌ای		
<i>Danio rerio</i>	*		اثر افزایش سطوح صوت با الگوهای زمانی متفاوت بر رفتار شناسایی ماهی زبرا (<i>Danio rerio</i>)	Mohsenpour & Shafiei Sabet, 2021
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	*		Effects of aquaculture production noise on hearing, growth, and disease resistance of rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Wysocki et al. 2007
<i>Cyprinus carpio</i> , <i>Gobio gobio</i> , <i>Perca fluviatilis</i>	*		Ship noise and cortisol secretion in European freshwater fishes	Wysocki et al. 2006
<i>Danio rerio</i> , <i>Haplochromis piceatus</i>	*	*	Behavioural responses to sound exposure in captivity by two fish species with different hearing ability	Shafiei Sabet et al. 2016
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	*	*	Acoustic noise induces attention shifts and reduces foraging performance in three-spined sticklebacks (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	Purser and Radford, 2011
<i>Carassius auratus</i>	*		Stress response and habituation to motorboat noise in two coastal fish species in the Bothnian Sea	Smith et al. 2006
<i>Danio rerio</i>	*	*	The effect of temporal variation in sound exposure on swimming and foraging behaviour of captive zebrafish	Shafiei Sabet et al. 2015
<i>Danio rerio</i>	*	*	Behavioral changes in response to sound exposure and no spatial avoidance of noisy conditions in captive zebrafish	Neo et al., 2015
<i>Dicentrarchus labrax</i>	*	*	European seabass respond more strongly to noise exposure at night and habituate over repeated trials of sound exposure	Neo et al., 2018
<i>Gasterosteus aculeatus</i> , <i>Phoxinus phoxinus</i>	*	*	Acoustic noise reduces foraging success in two sympatric fish species via different mechanisms	Vollemy et al., 2014a
<i>Gasterosteus aculeatus</i> , <i>Phoxinus phoxinus</i>	*		Increased noise levels have different impacts on the anti-predator behaviour of two sympatric fish species	Vollemy et al., 2014b

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

ماهیان بومزاد این منطقه به‌واسطه مکانیسم‌های ویژه اکتسابی، پتانسیل تأثیرپذیری بالایی از این اصوات را می‌توانند دارا باشند. اثرات متنوع افزایش سطوح اصوات زمینه در نتیجه افزایش میزان فعالیت‌های

گسترش و توسعه فعالیت‌های متنوع انسانی در زیستگاه‌های آب شیرین، می‌تواند منجر به افزایش سطوح اصوات زمینه در این زیستگاه‌های بااهمیت گردد. همچنین به‌دلیل توانایی بالای شنوایی در گونه‌های

- Fay R.R., Popper A.N. 2000. Evolution of hearing in vertebrates: the inner ears and processing. *Hearing Research*, 149 (1-2): 1-10.
- Heuschele J., Salminen T., Candolin U. 2012. Habitat change influences mate search behaviour in three-spined sticklebacks. *Animal Behavior*, 83(6):1505-1510.
- Hitt N.P., Bonneau, L.K., Jayachandran, K.V., Marchetti, M.P. 2015. Freshwater ecosystems and biodiversity. *Lessons in Conservation*, 5: 5-16.
- IUCN. 2020. *Global Freshwater Fish Assessment*. [online] Available at: <https://www.iucn.org/theme/species/our-work/freshwater-biodiversity/our-projects/global-freshwater-fish-assessment> [Accessed 10 May 2021].
- IUCN Freshwater Fish Specialist Group. 2015. *Major threats*. [Online] Available at: <https://www.iucnffsg.org/> [Accessed 10 May 2021].
- IUCN Red List. 2021. *Summary Statistics*. [Online] Available at: <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics> [Accessed 16 May 2021].
- Jouladeh-Roudbar A., Ghanavi H.R., Doadrio I. 2020. Ichthyofauna from Iranian freshwater: Annotated checklist, diagnosis, taxonomy, and distribution and conservation assessment. *Zoological Studies*, 59:21-30.
- Jouladeh-Roudbar A., Vatandoust S., Eagderi S., Jafari-Kenari S., Mousavi-Sabet H. 2015. Freshwater fishes of Iran; an updated checklist. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 8 (6): 855-909.
- Kiabi B.H., Abdoli A., Naderi M. 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. *Zoology in the Middle East*, 18 (1): 57-65.
- Kuperman, W.A., Ingenito F. 1998. Attenuation of the coherent component of sound propagating in shallow water with rough boundaries. *Journal of the Acoustical Society of America*, 61(5): 1178-1187.
- Ladich F. 2013. Diversity in hearing in fishes: ecoacoustical, communicative, and developmental constraints. In *Insights from comparative hearing research* (pp. 289-321). Springer, New York, USA.
- Manel S., Guerin P.E., Mouillot D., Blanchet S., Velez L., Albouy C., Pellissier L. 2020. Global determinants of freshwater and marine fish genetic diversity. *Nature communications*, 11 (1): 1-9.
- May R.M. 1994. Biological diversity: differences between land and sea. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 343 (1303): 105-111.
- 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. (In Persian).
- Neo Y.Y., Hubert J., Bolle L.J., Winter H.V., Slabbekoorn H. 2018. European seabass respond more strongly to noise exposure at night and habituate over repeated trials of sound exposure. *Environmental Pollution*, 239: 367-374.
- 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
- انسانی در سایر زیستگاه‌های آبی بررسی گردیده و نشان داده شده است که آلودگی‌های صوتی در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌توانند باعث بروز مرگ‌ومیر، تغییرات فیزیولوژیک و اختلالات رفتاری و کاهش راندمان تغذیه‌ای در سطوح انفرادی گونه‌های آبزیان شده و در نتیجه به صورت زنجیره‌ای اثرات گسترده‌تری بر شبکه‌های غذایی و جوامع اکوسیستم‌های آبی داشته باشند. لذا با توجه به اهمیت حفاظت از ماهیان بومزاد و همین‌طور عدم وجود اطلاعات و پاسخ‌ها در ابعاد مختلف زیست‌شناسی این گونه‌ها به صوت، انجام مطالعات پیوسته در محیط‌های آزمایشگاهی و طبیعی پیشنهاد می‌گردد.
- پست الکترونیک نویسنده:**
سعید شفیعی ثابت: s.shafiei.sabet@guilan.ac.ir
- REFERENCES**
- Abell R. 2002. Conservation biology for the biodiversity crisis: a freshwater follow-up. *Conservation Biology*, 16 (5): 1435-1437.
- Bone Q., Moore R. 2008. *Biology of fishes*. Taylor & Francis. ISBN 978-0-415-37562-7.
- Buscaino G., Ceraulo M., Pieretti N., Corrias V., Farina A., Filiciotto F., Maccarrone V., Grammauta R., Caruso F., Giuseppe A., Mazzola S. 2016. Temporal patterns in the soundscape of the shallow waters of a Mediterranean marine protected area. *Scientific Reports*, 6: 342-350.
- Carrete Vega G., Wiens J.J. 2012. Why are there so few fish in the sea? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279 (1737): 2323-2329.
- Coad B.W. 2015. *Freshwater fishes of Iran*. Available at: <http://www.briancoad.com>. Accessed: May, 2014.
- Coad, B.W. 2005. Endemicity in the freshwater fishes of Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 1 (1):26-34.
- Combes S. 2003. Protecting freshwater ecosystems in the face of global climate change. In *global climate change and freshwater ecosystems* Edited by L.J. Hansen J.L. Biringer J.R., Hoffman. University of Washington, Seattle, pp: 177-216.
- Esmaili H.R., Brian W.C., Mehraban H.R., Masoudi M., Khaefi R., Abbasi K., Mostafavi H., Vatandoust S. 2014b. An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. *Iranian Journal of Ichthyology*, 1(3): 152-184.
- Esmaili H.R., Coad B.W., Gholamifard A., Nazari N., Teimory A. 2010. Annotated checklist of the freshwater fishes of Iran. *Zoosystematica Rossica*, 19: 361-386.
- Esmaili H.R., Mousavi-Sabet H., Sayyadzadeh G., Vatandoust S., Freyhof J. 2014a. *Paracobitis atrakensis*, a new species of crested loach from northeastern Iran (Teleostei: Nemacheilidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 25 (3): 237-242.
- Esmaili H.R., Mehraban H., Abbasi K., Keivany Y., Brian W.C. 2017. Review and updated checklist of freshwater fishes of Iran: Taxonomy, distribution and conservation status. *Iranian Journal of Ichthyology*, 4 (Suppl. 1): 1-114.

- zebrafish. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 9 (28): 1-11.
- Niemiller M.L., Bichuette M.E., Chakrabarty P., Fenolio D.B., Gluesenkamp A.G., Soares D., Zhao Y. 2019. Cavefishes. In *Encyclopedia of caves*, 26: 227-236. Academic Press.
- Poppe, A.N., Hastings M.C. 2009. The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. *Journal of Fisheries Biology* 75 (3): 455-489.
- 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): e0017478.
- Reid G.M., Contreras MacBeath T., Csatádi K. 2013. Global challenges in freshwater-fish conservation related to public aquariums and the aquarium industry. *International Zoo Yearbook*, 47 (1): 6-45.
- Schulz-Mirbach T., Heß M., Plath M. 2011. Inner ear morphology in the Atlantic molly *Poecilia mexicana*—first detailed microanatomical study of the inner ear of a cyprinodontiform species. *PLoS One*, 6 (11): e27734.
- 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 Behavior*, 107: 49-60.
- 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 Behavior*, 116: 1-11.
- Smith M.E., Coffin A.B., Miller D.L., Popper A.N. 2006. Anatomical and functional recovery of the goldfish (*Carrassius auratus*) ear following noise exposure. *Journal of Experimental Biology*, 209(21): 4193-4202.
- Smith M.E., Kane A.S., Popper A.N. 2004. Noise-induced stress response and hearing loss in goldfish (*Carassius auratus*). *Journal of Experimental Biology*, 207 (3): 427-435.
- Solan M., Hauton C., Godbold J.A., Wood C.L., Leighton T.G., White P. 2016. Anthropogenic sources of underwater sound can modify how sedimentdwelling invertebrates mediate ecosystem properties. *Scientific Reports*, 6: 1-9.
- van Opzeeland I., Slabbekoorn H., Andringa T., ten Cate C. 2007. Herrie onder water: vissen en geluidsoverlast. *De Levende Natuur*, 108 (2): 39-43.
- Voellmy I.K., Purser J., Flynn D., Kennedy P., Simpson S.D., Radford A.N. 2014a. Acoustic noise reduces foraging success in two sympatric fish species via different mechanisms. *Animal Behaviour*, 89: 191-198.
- Voellmy I.K., Purser J., Simpson S.D., Radford A.N. 2014b. Increased noise levels have different impacts on the anti-predator behaviour of two sympatric fish species. *PloS One*, 9 (7): e102946.
- Wysocki L.E., Davidson J.W., Smith M.E., Frankel A.S., Ellison W.T., Mazik P.M., Popper A.N., Bebak J. 2007. Effects of aquaculture production noise on hearing, growth, and disease resistance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 272: 687-697.
- Wysocki L.E., Dittami J.P., Ladich F. 2006. Ship noise and cortisol secretion in European freshwater fishes. *Biol. Conserv.* 128 (4): 501-508.

نحوه استناد به این مقاله:

محسن‌پور ر.، شفیع‌ثابت س. اهمیت ارزیابی اثر صوت بر ماهیان بومزاد آب شیرین ایران. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۳۹۹، ۱۳۳-۱۳۹ (۵): ۸.

Mohsenpour R., Shafiei Sabet S. The importance of sound effect assessment in the Iranian freshwater endemic fishes. *Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous*. 2021, 8(5): 133-139.

The importance of sound effect assessment in the Iranian freshwater endemic fishes

Mohsenpour R¹., Shafiei Sabet S^{2*}.

¹PhD Student of Aquatic Ecology, Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, Iran.

²Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, Iran.

Type:

Original Research Paper

DOI: 10.22034/jair.8.5.6

Paper History:

Received: 15-12-2021

Accepted: 30-01- 2022

Corresponding author:

Shafiei Sabet S. Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, Iran.

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

Abstract

Endemic fishes are part of the genetic resources in aquatic habitats. The Caspian Sea, as the largest lake in the world, has a unique habitat diversity and is of great importance for the countries of the region. Over the recent decades, with the increase in the level of anthropogenic sound, its effects on freshwater and marine fishes have been considered by fisheries managers and stakeholders. Although it has been shown that anthropogenic sounds have significant effects on marine mammals and fishes in marine ecosystems, yet there is limited knowledge of such effects on endemic freshwater fishes. In the present study, we classify the hearing abilities of endemic freshwater fishes and explore the potential of sound impacts on these endemic species, as well as categorize the behavioural indices that can be used in such studies. Here, we emphasize that more studies are needed to assess the possible effects of sound on endemic freshwater fishes and it is suggested that using behavioural and physiological techniques simultaneously with combination of those results would help us to better understand sound-related effects in endemic freshwater fishes.

Keywords: Hearing, Sound, Endemic fishes, Conservation, Classification, Behavioural indices.