



Growth, feeding, and reproduction capabilities of the Northern Pike (*Esox lucius*) as an invasive species in the Zrebar Lake, Marivan, Kurdistan Province

Farshad Molodi¹ | Barzan Bahrami Kamangar^{2,3} | Habibolah Mohammadi^{4,5} | Edris Ghaderi⁶

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: fa.molodi@gmail.com

2. Corresponding Author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: bbkamangar@uok.ac.ir

3. Department of Environmental Study of Zrebar Lake, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: bbkamangar@uok.ac.ir

4. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ha.mohammadi@uok.ac.ir

5. Department of Environmental Study of Zrebar Lake, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ha.mohammadi@uok.ac.ir

6. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ed.ghaderi@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 17 September 2024

Received in revised form 11 November 2024

Accepted 28 November 2024

Published online 20 December 2024

Keywords:

Northern pike,

Biological characteristics,

Biological invasion,

Zrebar Lake.

ABSTRACT

The growth, feeding, and reproductive biology of the non-native Northern Pike (*Esox lucius*) were evaluated over a one-year period from January 2020 to December 2020 in order to find evidence on the invasive nature of this species in Zrebar Lake, Marivan. Specimens were categorized into four age classes (2 to 5 years), with the highest number observed in the 3-year-old age class. The length-weight relationship indicated isometric growth for the population. Mean gonadosomatic indices were significantly higher in February compared to other months for both sexes ($P < 0.05$). The monthly distributions of gonad maturation stages revealed that most specimens reached the fifth stage (spawning) of gonad maturity from December to February. Mean absolute fecundity and relative fecundity were 13139 ± 1.163 eggs per fish and 20.37 ± 1.67 eggs per gram of body weight, respectively. The most consumed food items were *Carassius sp.*, *Rana sp.*, *Squalius sp.*, *Alburnus sp.*, and *Pseudorasbora parva*. The highest gastro-somatic index and lowest vacuity index were observed in spring. The results indicate that the Northern Pike population in Zrebar Lake can feed, grow, and reproduce similarly to natural populations in other regions. The continued presence of this species in Zrebar Lake and its spread to the Sirvan River and Tigris Basin suggest that the Northern Pike is not only in the establishment phase but has also reached the expansion phase as an invasive species.

Cite this article: Molodi, F., Bahrami Kamangar, B., Mohammadi, H., & Ghaderi, E. (2024). Growth, feeding, and reproduction capabilities of the Northern Pike (*Esox lucius*) as an invasive species in the Zrebar Lake, Marivan, Kurdistan Province. *Journal of Natural Environment*, 77 (3), 521-535. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.382361.2712>



توان رشد، تغذیه و تولیدمثل اردک ماهی (*Esox lucius*) به عنوان یک گونه مهاجم در دریاچه زریبار مریوان، استان کردستان

فرشاد مولودی^۱ | برزان بهرامی کمانگر^{۲،۳} | حبیب‌الله محمدی^{۴،۵} | ادريس قادری^۶

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: fa.molodi@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: bbkamangar@uok.ac.ir
۳. گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: bbkamangar@uok.ac.ir
۴. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ha.mohammadi@uok.ac.ir
۵. گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ha.mohammadi@uok.ac.ir
۶. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ed.ghaderi@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	به منظور جمع‌آوری شواهد لازم مبنی بر مهاجم بودن گونه غیر بومی اردک‌ماهی (<i>Esox lucius</i>) در دریاچه زریبار مریوان، توان این گونه از نظر رشد، تغذیه و تولیدمثل طی یک سال از دی ماه ۱۳۹۸ تا آذر ماه ۱۳۹۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. از چهار گروه سنی ۲ تا ۵ سال صید شده، بیشترین فراوانی در گروه سنی ۳ مشاهده شد. نتایج روابط طول-وزن نشان داد که این جمعیت دارای رشد ایزومتریک می‌باشد. مقادیر میانگین شاخص گنادوسوماتیک در هر دو جنس در بهمن ماه به طور معنی‌داری بیش از سایر ماه‌های نمونه‌برداری بود ($P < 0.05$). نتایج ماهانه توزیع فراوانی درصد مراحل رسیدگی جنسی نشان داد که بیشتر ماهیان نر و ماده از آذر ماه تا بهمن ماه در مرحله پنجم (در حال تخم‌ریزی) از مراحل رسیدگی جنسی می‌باشند. میانگین (\pm خطای استاندارد) هم‌آوری مطلق ($1163 \pm$) ۱۳۱۳۹ تخمک و هم‌آوری نسبی ($167 \pm$) ۲۰/۳۷ تخمک به ازای گرم وزن بدن تعیین شد. بیشترین درصد غذای مصرفی به ترتیب شامل ماهی کاراس، یک گونه قورباغه، عروس‌ماهی، کولی و آمورچه بود. بیشترین مقدار شاخص گاستروسوماتیک (۷/۸۹) و کمترین مقدار شاخص تهی بودن معده (۵۲/۳۹) در فصل بهار مشاهده شد. نتایج نشان داد که جمعیت اردک‌ماهی در دریاچه زریبار امکان تغذیه، رشد و انجام تولیدمثل، مشابه با جمعیت‌های طبیعی این گونه در سایر مناطق جغرافیایی را دارد. با توجه به تداوم حضور این گونه در دریاچه زریبار و همچنین شواهد حضور آن در بخش‌های پایین دست دریاچه، چنین به نظر می‌رسد که در چارچوب تعریف مهاجم زیستی، این گونه نه تنها در مرحله استقرار یافتگی به عنوان گونه مهاجم قرار دارد بلکه توانسته است وارد رودخانه سپروان و حوضه دجله شده و به مرحله گسترش از مراحل تبدیل به گونه مهاجم قرار گیرد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۷	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۱	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۳۰	
کلیدواژه‌ها: اردک‌ماهی، تهاجم زیستی، دریاچه زریبار، ویژگی‌های زیستی.	

استاد: مولودی، فرشاد؛ بهرامی کمانگر، برزان؛ محمدی، حبیب‌الله؛ و قادری، ادريس (۱۴۰۳). توان رشد، تغذیه و تولیدمثل اردک ماهی (*Esox lucius*) به عنوان

یک گونه مهاجم در دریاچه زریبار مریوان، استان کردستان. *مجله زیست طبیعی*، ۷۷ (۳)، ۵۳۵-۵۲۱.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.382361.2712>



مقدمه

دریاچه زریبار واقع در شمال غرب استان کردستان یکی از دریاچه‌های آب شیرین ایران است که در سال ۱۳۹۷ با توجه به اهمیت آن در فهرست تالاب‌های ایران در کنوانسیون رامسر قرار گرفت (Ramsar Convention, 2023). عوامل متعددی از جمله ورود فاضلاب‌های روستایی و کشاورزی، ساخت بند در بخش خروجی دریاچه، شکوفایی جلبکی و معرفی گونه‌های غیر بومی ماهیان طی سال‌های اخیر، موجب ایجاد تغییراتی در ساختار جمعیتی ماهیان این دریاچه شده است (Mohammadi *et al.*, 2020). بررسی داده‌های ماهی‌شناسی انجام شده طی سه دهه اخیر نشان‌دهنده تغییراتی در ترکیب ماهیان این دریاچه دارد. مطالعات اولیه در سال ۱۳۷۳ وجود ۱۰ گونه ماهی (۴ گونه بومی^۱ و ۶ گونه غیربومی^۲) از دریاچه را تأیید نمود (Kas-Khazar, 1994). در سال ۱۳۸۵ تعداد گونه‌های ماهی گزارش شده این دریاچه به ۴ گونه بومی و ۷ گونه ماهی غیربومی تغییر پیدا نمود (Asar-ab, 2006). در مطالعه دیگری وجود تنها ۹ گونه ماهی غیر بومی از این دریاچه گزارش شده است (Esmaeili *et al.*, 2011). به‌دنبال آن و در سال ۱۳۹۴ وجود یازده گونه ماهی (۳ گونه بومی و ۸ گونه غیربومی) از این دریاچه گزارش شده است (Bahrami Kamangar, 2015). در سال ۱۳۹۸ علاوه بر تغییرات یادشده، حضور گونه اردک‌ماهی *Esox lucius* به‌عنوان یک گونه غیربومی از دریاچه زریبار گزارش شد (Mohammadi *et al.*, 2020). اردک‌ماهی یک گونه گوشتخوار است که به‌طور طبیعی در آب‌های نیمکره شمالی و در سراسر شمال اوراسیا و آمریکای شمالی پراکنش دارد. پراکنش طبیعی این گونه در ایران عمدتاً در حوضه دریای خزر از تالاب انزلی تا خلیج گرگان و سایر رودخانه‌های شمالی در نزدیکی لاهیجان بوده (Abdoli, 1999; Abbasi *et al.*, 2013). آخرین زیستگاه طبیعی آن حوضه جنوبی دریای خزر گزارش شده است (Coad, 2020). اگر چه دلیل رهاسازی اردک‌ماهی در دریاچه زریبار به روشنی مشخص نیست ولی معرفی آن به سایر منابع آبی ایران به‌دلایل مختلفی همچون کنترل جمعیت سایر گونه‌های ماهیان و یا صید ورزشی در چندین دریاچه و منبع آبی انجام شده است (Mirzajani *et al.*, 2021).

گونه غیربومی به گونه‌ای اطلاق می‌شود که به‌طور طبیعی در یک منطقه وجود نداشته و ورود آن به بوم‌سازگان جدید به‌صورت تصادفی و یا به‌عمد انجام شده باشد. در صورت استقرار و گسترش این گونه در محیط جدید و ایجاد آسیب به تنوع زیستی، محصولات کشاورزی و یا سلامت انسان، به‌عنوان گونه مهاجم^۳ شناخته می‌شود (Kiruba-Sankar *et al.*, 2018). معرفی گونه‌های غیربومی و مهاجم می‌تواند موجب از بین رفتن تنوع زیستی و تخریب آن بوم‌سازگان شود. همچنین می‌تواند بر اقتصاد جوامع وابسته به آن بوم‌سازگان تأثیرات منفی داشته باشد. هنگامی که گونه ماهی غیربومی خود را در بوم‌سازگان جدید تثبیت کرد، از بین بردن کامل آن دشوار و پرهزینه می‌باشد (Gaupale and Sontakke, 2023). امکان استقرار یک گونه غیر بومی و تبدیل آن به یک گونه مهاجم در بوم‌سازگان معرفی شده توسط شاخص‌های مختلفی از جمله توان تولید مثل، تغذیه و رشد آن گونه در بوم‌سازگان جدید ارزیابی می‌شود (Havel *et al.*, 2015).

توان رشد، تغذیه، و تولیدمثل یک گونه ماهی غیربومی، از جمله عوامل کلیدی می‌باشند که موفقیت گونه در استقرار و تبدیل آن به گونه مهاجم در یک بوم‌سازگان جدید را تعیین می‌نمایند (Havel *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2019; Sorensen, 2021; Griffen *et al.*, 2024; da Silva *et al.*, 2024). گونه‌های ماهی غیربومی که دارای سرعت رشد بالاتر هستند، می‌توانند در رقابت برای کسب منابع غذایی و فضا از گونه‌های بومی پیشی گیرند. همچنین گونه‌های غیربومی شکارچی و با اندازه بزرگتر می‌توانند بر گونه‌های بومی کوچک‌تر، تسلط یافته و موجب کاهش جمعیت گونه‌های بومی شوند (da Silva *et al.*, 2024). از سوی دیگر، ماهیان مهاجم اغلب دارای رژیم غذایی انعطاف‌پذیرتر و متنوع‌تری می‌باشند که آنها را قادر می‌سازد از طیف وسیعی تری از منابع غذایی بهره‌برداری نمایند. این سازگاری به آنها اجازه می‌دهد تا در محیط‌های مختلف رشد کنند و حتی در زمانی که منابع غذایی ترجیحی کم است، جمعیت خود را حفظ نمایند. این توانایی شانس آنها را برای گسترش و تسلط در مناطق جدید افزایش می‌دهد (Brodeur *et al.*, 2017; Carvalho *et al.*, 2019). همچنین داشتن نرخ تولیدمثل بالا، بلوغ زودرس و انجام تولیدمثل ناهمزمان در طول فصل تولیدمثل، شانس استقرار و گسترش جمعیت را افزایش داده و پتانسیل تهاجمی گونه را

¹Native²Exotic³Invasive

افزایش می‌دهد (Sorensen, 2021; Griffen *et al.*, 2024). با توجه به اهمیت اکولوژیک دریاچه زریبار و آسیب‌پذیر بودن آن، هدف از انجام این تحقیق تعیین توان تولیدمثل، رشد و ساختار جمعیت و همچنین ارزیابی وضعیت تغذیه این گونه در دریاچه زریبار به‌منظور تعیین توان تهاجمی آن در دریاچه بود.

روش‌شناسی پژوهش

دریاچه زریبار در شهرستان مریوان و در مختصات جغرافیایی طول شرقی $۴۶^{\circ}۰۳'۵۲''$ تا $۴۶^{\circ}۱۰'۴۷''$ و عرض شمالی $۳۵^{\circ}۳۰'۳۱''$ تا $۳۵^{\circ}۳۷'۰۶''$ و ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا، با مساحتی حدود ۸۲۰ هکتار واقع شده است. این دریاچه زیستگاه طیف متنوعی از گونه‌های گیاهی و جانوری بومی، از جمله ۲۲۲ گونه پرنده است و در حفظ تعادل اکولوژیک منطقه نقش مهمی دارد (Reyahi-Khoram and Hoshmand, 2012; Zarei *et al.*, 2017). دریاچه زریبار با ارائه خدمات اکوسیستمی فراهم‌سازی، تنظیمی، فرهنگی و حمایتی نقش مهمی در اقتصاد محلی و رفاه جامعه دارد (Shanazi and Aazami, 2023). براساس آخرین مطالعه ماهی‌شناسی، از فون ماهیان بومی این دریاچه در حال حاضر تنها حضور سه گونه *Mastacembelus Alburnus sellal*، *Squalius berak* و گزارش شده است (Bahrami Kamangar, 2015). با این وجود چندین گونه ماهی غیر بومی، از جمله *Cyprinus carpio*، *Ctenopharyngodon idella*، *Carassius gibelio*، *Alburnus hohenackeri*، *Pseudorasbora*، *Hypophthalmichthys nobilis*، *Hypophthalmichthys molitrix*، *Hemiculter leucisculus*، *Gambusia holbrooki parva* (Esmaeili *et al.*, 2011; Bahrami Kamangar, 2015) و *Esox lucius* (Mohammadi *et al.*, 2020) از این دریاچه گزارش شده است. کیفیت آب دریاچه براساس شاخص کیفی آب کانادا برای آبریزان بد گزارش شده است (Ebrahimpour and Mohammadzadeh, 2014). همچنین شرایط تغذیه‌ای و تعادل اکولوژیک دریاچه به‌دلیل ورود فاضلاب‌های کشاورزی و روستایی، توریسم و ایجاد سدخاکی در خروجی دریاچه (Rahmani *et al.*, 2013) و همچنین معرفی گونه‌های غیربومی ماهی نامناسب گزارش شده است (Mohammadi *et al.*, 2020).

نمونه‌برداری به‌صورت ماهیانه و طی ۱۲ نوبت از دی ماه سال ۱۳۹۸ تا آذر ماه ۱۳۹۹ انجام شد. در هر نوبت، نمونه‌برداری با استفاده از تور گوشگیر با اندازه چشمه‌های ۴ و ۵ سانتی‌متری به طول ۱۰۰ متر انجام شد. تورهای مورد استفاده به‌مدت یک شب در دریاچه مستقر و صبح روز بعد اقدام به جمع‌آوری نمونه‌ها شد. فراسنجه‌های وزن بدن، وزن گناده، وزن لوله گوارش، وزن کبد با دقت ۰/۱ گرم و طول استاندارد ماهیان با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. سپس تخمدان ماهیان برای تعیین هم‌آوری مطلق و قطر تخمک در فرمالدئید ۴ درصد نگهداری شدند. سن ماهیان با استفاده از شمارش دایره سالانه رشد بر روی فلس انجام شد (Biswas, 1993). ساختار جمعیت براساس ترکیب طولی و وزن بدن ماهیان در گروه‌های سنی با توجه به جنسیت آنها تعیین شد. مقدار شاخص وضعیت برای هر جنس و در هر گروه سنی با معادله $CF = \frac{W*100}{L^3}$ تعیین شد (Biswas, 1993). در این معادله W وزن بدن بر حسب گرم و L طول استاندارد بر حسب سانتی‌متر است. همچنین توزیع فراوانی نمونه‌ها براساس طول استاندارد و جنسیت ماهیان تعیین شد (Biswas, 1993). رابطه طول-وزن به‌طور جداگانه برای جنس‌های نر، ماده و ترکیب هر دو جنسیت با استفاده از معادله $W = aL^b$ محاسبه شد. در این معادله W وزن بدن بر حسب گرم، L طول استاندارد بر حسب سانتی‌متر، a ضریب مربوط به فرم بدن و b نمای معادله است که الگوی رشد ایزومتریک و یا آلومتریک را نشان می‌دهد (Cren, 1951). برای تخمین فراسنجه‌های a و b معادله، از تحلیل رگرسیون حداقل مربعات فرم لگاریتمی معادله و برای تعیین وجود تفاوت معنی‌دار مقدار b محاسباتی از عدد ۳ از آزمون t استفاده شد (Pauly, 1983). برای توصیف رابطه طول در سن از معادله رشد ون برتالانفی $L_t = L_{inf} (1 - e^{-k(t-t_0)})$ استفاده شد (Sparre and Venema, 1992). در این رابطه L_t طول مورد انتظار در سن t ، L_{inf} طول بی‌نهایت، k ضریب رشد نسبی، t سن ماهی بر حسب سال و t_0 زمان فرضی که طول در آن صفر است. پارامترهای معادله برای کل نمونه‌ها با استفاده از روش فورد-والفرد^۴ برآورد شد (King, 2007).

بررسی توان تولیدمثل با تعیین برخی از شاخص‌های تولیدمثلی و رسیدگی جنسی اردک‌ماهی در دریاچه زریبار انجام شد. تعیین

^۴Ford-Walford

جنسیت با بررسی چشمی گنادها و تعیین مراحل رسیدگی جنسی با استفاده از کلید ریخت‌شناسی شش مرحله‌ای رسیدگی جنسی ماهیان (Kesteven, 1960) انجام شد. در این کلید مراحل بلوغ غدد جنسی براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی شامل؛ اندازه گناد، تغییر رنگ غدد جنسی، درجه شفافیت، وجود رگ‌های خونی، مشاهده تخمک و اسپرم و همچنین سیال بودن آنها تعیین می‌شود. مراحل رسیدگی جنسی شامل مرحله اول؛ نابالغ، مرحله دوم؛ نابالغ درحال رسیدگی (یا تخم‌ریزی کرده)، مرحله سوم؛ در حال توسعه، مرحله چهارم؛ رسیده، مرحله پنجم؛ درحال تخم‌ریزی و مرحله ششم؛ تخم‌ریزی کرده می‌باشند. تغییرات شاخص گنادوسوماتیک برای تعیین فصل تخم‌ریزی به‌صورت ماهانه و با استفاده از رابطه $GSI = \frac{Wg * 100}{W}$ تعیین شد (Biswas, 1993). در این رابطه GSI شاخص گنادوسوماتیک، Wg وزن گناد و W وزن بدن، هر دو برحسب گرم می‌باشند. میانگین قطر تخمک (بر حسب میلی متر) و تعداد تخمک در واحد وزن تخمدان پس از نمونه‌برداری از بخش‌های قدامی، میانی و خلفی هر تخمدان تعیین شد. میانگین قطر تخمک و تعداد تخمک در واحد وزن تخمدان، برای تخمدان‌هایی اندازه‌گیری شد که در مراحل رسیدگی جنسی سوم به بالا بودند. سپس هم‌آوری مطلق و نسبی با استفاده از روابط $F = \frac{n * G}{Wg}$ و $R_f = \frac{F}{W}$ تعیین شدند (Biswas, 1993). در این روابط F هم‌آوری مطلق، n تعداد تخمک در واحد وزن نمونه تخمدان، G وزن نمونه تخمدان، Wg وزن تخمدان برحسب گرم، R_f هم‌آوری نسبی و W وزن بدن برحسب گرم است. همچنین شاخص هپاتوسوماتیک با استفاده از رابطه $HSI = \frac{Wl * 100}{W}$ به‌صورت ماهانه و برای هر دو جنس نر و ماده تعیین شد (Biswas, 1993). در این رابطه HSI شاخص هپاتوسوماتیک، Wl وزن کبد و W وزن بدن، هر دو برحسب گرم می‌باشند.

وضعیت تغذیه اردک‌ماهی در دریاچه زریبار با بررسی محتویات دستگاه گوارش ماهیان به‌صورت ماهانه و تعیین برخی از شاخص‌های تغذیه مورد ارزیابی قرار گرفت. درصد فراوانی طعمه در دستگاه گوارش با استفاده از رابطه $F_n = \frac{Ni * 100}{Ns}$ در هر ماه تعیین شد (Euzen, 1987). در این رابطه F_n درصد فراوانی طعمه مورد نظر، Ni تعداد لوله گوارش دارای طعمه مورد نظر و Ns تعداد کل لوله گوارش مورد بررسی می‌باشد. شاخص گاستروسوماتیک نیز با استفاده از رابطه $GaSI = \frac{Wi * 100}{W}$ برای نمونه‌های هر ماه تعیین شد (Biswas, 1993). در این رابطه $GaSI$ شاخص گاستروسوماتیک، Wi وزن لوله گوارش به‌همراه محتویات آن و W وزن بدن ماهی هر دو برحسب گرم می‌باشند. همچنین شاخص تهی بودن معده با استفاده از رابطه $VI = \frac{Es * 100}{Ts}$ تعیین شد (Euzen, 1987). در این رابطه VI شاخص تهی بودن معده، Es تعداد معده‌های خالی و Ts تعداد کل معده‌های مورد بررسی می‌باشد. تفسیر مقادیر این شاخص در هر فصل با توجه به دامنه‌های تعریف شده آن توسط Euzen (۱۹۸۷) انجام شد.

توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرونوف^۵ و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون^۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه آماری فراسنجه‌های طول استاندارد، وزن بدن ماهیان و همچنین شاخص وضعیت در بین جنس‌های نر و ماده هر گروه سنی با استفاده از آزمون تی مستقل انجام شد. از تجزیه واریانس یک‌طرفه و به‌دنبال آن از آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین شاخص‌های تولیدمثل و تغذیه در ماه‌ها و یا فصول نمونه‌برداری و همچنین در گروه‌های سنی استفاده شد. مقایسه نسبت فراوانی جنس‌های نر و ماده در جمعیت مورد مطالعه از نسبت مورد انتظار ۵۰ نر به ۵۰ ماده با استفاده از آزمون مربع کای انجام شد (Zar, 2010). مقایسه‌ها در گروه‌های مورد بررسی در سطح آماری ۵ درصد و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

یافته‌های پژوهش

در طی دوازده ماه نمونه‌برداری از دریاچه زریبار، تعداد ۱۸۴ قطعه اردک‌ماهی از هر دو جنس نر و ماده صید شد. در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و اسفند هیچ نمونه اردک‌ماهی نر در ترکیب صید مشاهده نشد. نتایج ترکیب طول استاندارد، وزن بدن و شاخص وضعیت براساس گروه‌های سنی و جنسیت اردک‌ماهیان صید شده در جدول ۱ ارائه شده است. طی دوره نمونه‌برداری چهار گروه سنی ۲ تا ۵ سال شناسایی شد. در هر دو جنس نر و ماده بیشترین تعداد ماهیان در گروه سنی ۳ سال مشاهده شد. کمینه و بیشینه طول استاندارد و وزن زنده بدن اردک‌ماهیان جنس نر به ترتیب ۲۸۵ و ۴۴۵ میلی‌متر و ۲۵۶/۲ و ۹۶۸/۱ گرم تعیین شد. همچنین

⁵Kolmogrov-Smirnov

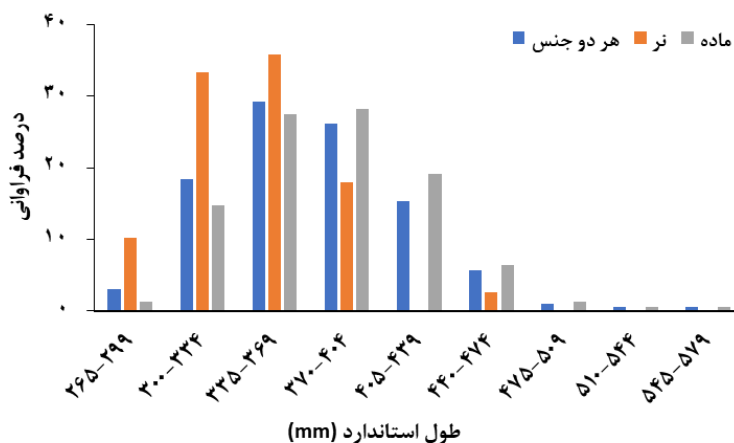
⁶Leven's Test

در جنس ماده دامنه این شاخص‌ها به ترتیب ۲۶۶ و ۵۷۲ میلی‌متر طول استاندارد و ۲۱۲/۲ و ۲۵۲۱/۷ گرم وزن زنده بدن تعیین شد. مقایسه فراسنج‌های طول استاندارد و وزن بدن نشان داد که بین جنس‌های نر و ماده تنها در گروه‌های سنی ۳ و ۴ تفاوت بسیار معنی‌دار وجود دارد ($P < 0.01$). با این وجود تفاوت معنی‌داری بین مقادیر شاخص وضعیت ماهیان نر و ماده در هیچ‌یک از گروه‌های سنی مشاهده نشد (جدول ۱). توزیع درصد فراوانی طول استاندارد نمونه‌های صید شده اردک‌ماهی در دریاچه زریبار مریوان در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بیشترین درصد فراوانی طول استاندارد ماهیان جنس نر و مجموع هر دو جنسیت در کلاس طولی ۳۳۵-۳۶۹ میلی‌متر و در ماهیان جنس ماده در کلاس طولی ۳۷۰-۴۰۴ میلی‌متر می‌باشد. از کل نمونه های صید شده اردک‌ماهی، ۱۹/۶ درصد دارای جنسیت نر و ۸۰/۴ درصد دارای جنسیت ماده بودند. این نسبت به‌طور معنی‌دار از نسبت مورد انتظار ۵۰ درصد نر به ۵۰ درصد ماده متفاوت می‌باشد ($P < 0.001$, $df = 1$, $\chi^2 = 70.2$). نتایج مقادیر ضرایب ثابت (a)، شیب خطوط (b) و ضرایب تبیین (R^2) معادلات رگرسیونی روابط طول-وزن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین مقادیر محاسبه شده ضرایب شیب خط با عدد ۳ در هر سه حالت مورد مقایسه، الگوی رشد اردک‌ماهی در دریاچه زریبار ایزومتریکی تعیین شد ($P > 0.05$). همچنین پارامترهای برآورد شده معادله رشد وون برتالانفی براساس کل جمعیت اردک‌ماهی دریاچه زریبار در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- مقادیر میانگین (\pm خطای استاندارد) ترکیب طولی، وزن بدن و شاخص وضعیت جمعیت اردک‌ماهی صید شده در دریاچه زریبار براساس جنسیت و سن^۱

گروه سنی (سال)	جنسیت	تعداد	طول استاندارد (mm) (میانگین \pm خطای استاندارد)	وزن بدن (g) (میانگین \pm خطای استاندارد)	شاخص وضعیت (%) (میانگین \pm خطای استاندارد)
۲	نر	۳	۳۳۳/۶۷ \pm ۱۹/۴۶	۴۲۷/۵۳ \pm ۷۲/۴۸	۱/۱۳ \pm ۰/۰۷
	ماده	۸	۳۴۳/۵۰ \pm ۱۱/۵۱	۴۷۷/۰۶ \pm ۳۶/۰۸	۱/۱۶ \pm ۰/۰۳
	هر دو جنس	۱۱	۳۴۰/۸۲ \pm ۹/۴۹	۴۶۳/۵۵ \pm ۳۱/۵۹	۱/۱۵ \pm ۰/۰۳
۳	نر	۳۰	۳۴۲/۵۰ \pm ۶/۷۱	۴۹۱/۱۰ \pm ۳۱/۳۱	۱/۱۹ \pm ۰/۰۳
	ماده	۱۰۷	۳۶۶/۸۹ \pm ۳/۶۷**	۶۱۲/۸۱ \pm ۱۶/۶۳**	۱/۲۲ \pm ۰/۰۱
	هر دو جنس	۱۳۷	۳۶۱/۵۵ \pm ۳/۳۲	۵۸۶/۱۶ \pm ۱۵/۲۶	۱/۲۱ \pm ۰/۰۱
۴	نر	۳	۳۵۳/۳۳ \pm ۲۰/۶۹	۵۹۳/۱۳ \pm ۹۸/۰۶	۱/۳۳ \pm ۰/۰۶
	ماده	۳۲	۴۲۸/۰۳ \pm ۶/۵۷**	۹۵۸/۳۸ \pm ۴۱/۸۷*	۱/۲۲ \pm ۰/۰۴
	هر دو جنس	۳۵	۴۲۱/۶۳ \pm ۷/۱۴	۹۲۷/۰۸ \pm ۴۲/۶۳	۱/۲۳ \pm ۰/۰۳
۵	نر	۰	-	-	-
	ماده	۱	۴۳۷	۱۱۴۴/۷	۱/۳۷

^۱مقایسه میانگین‌های هر شاخص در هر گروه سنی بین جنس‌های نر و ماده با استفاده از آزمون تی مستقل انجام شد. * و ** به ترتیب نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین دو گروه جنسی نر و ماده در هر گروه سنی در سطوح آماری ۰/۰۵ و ۰/۰۱ است.



شکل ۱- توزیع درصد فراوانی طول استاندارد نمونه‌های اردک‌ماهی دریاچه زریبار مریوان براساس گروه‌های جنسی

جدول ۲- مقادیر پارامترهای روابط رگرسیونی طول-وزن جمعیت اردک ماهی دریاچه زریبار در جنس های نر، ماده و ترکیب هر دو جنس

پارامتر	جنس نر	جنس ماده	هر دو جنس
ضریب ثابت $(a) \pm$ خطای استاندارد	0.0002 ± 0.000	0.0003 ± 0.000	0.0003 ± 0.000
شیب خط $(b) \pm$ خطای استاندارد	2.95 ± 0.25	2.83 ± 0.09	2.86 ± 0.09
t محاسباتی برای مقایسه مقدار شیب خط با عدد ۳	0.2^{ns}	1.81^{ns}	1.65^{ns}
ضریب تبیین $(R^2) \pm$ خطای استاندارد	0.79 ± 0.15	0.85 ± 0.15	0.85 ± 0.15

NS عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد

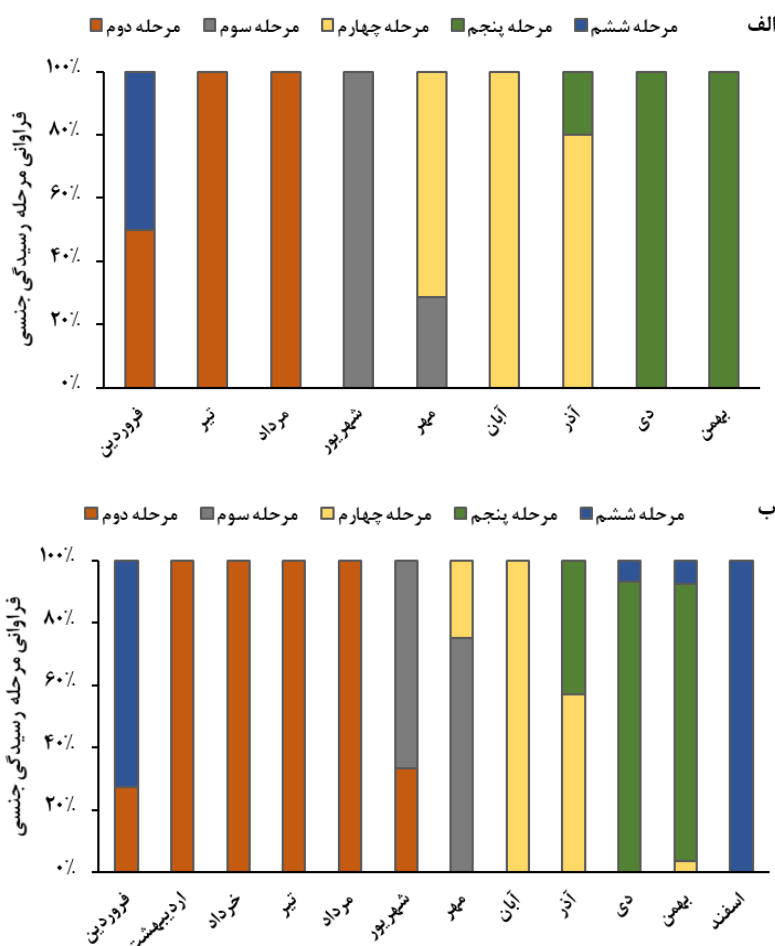
جدول ۳- مقادیر پارامترهای محاسبه شده معادله رشد وون بر تالانفی برای کل جمعیت اردک ماهی دریاچه زریبار مریوان

پارامتر	مقادیر محاسبه شده
L_{inf} حداکثر طول احتمالی (mm)	۵۱۶/۹۱
k ضریب رشد ($Year^{-1}$)	۰/۲۵
t_0 سن در طول صفر (Year)	-۱/۸۶

از شاخص گنادوسوماتیک و توزیع فراوانی مرحله رسیدگی جنسی ماهیان در هر ماه برای تعیین چرخه و زمان انجام تولیدمثل اردک ماهی در دریاچه زریبار استفاده شد. جدول ۴ تغییرات شاخص گنادوسوماتیک در دو جنس نر و ماده اردک ماهی را طی ماه های نمونه برداری نشان می دهد. در هر دو جنس نر و ماده میانگین مقادیر شاخص گنادوسوماتیک از مهرماه روند افزایشی داشته و در بهمن ماه به حداکثر مقدار رسیده و پس از آن مجدداً کاهش می یابند. مقدار این شاخص در بهمن ماه به طور معنی دار بیش از سایر ماه های نمونه برداری می باشد ($P < 0.05$). توزیع درصد فراوانی مراحل رسیدگی جنسی در میان اردک ماهیان نر و ماده صید شده در ماه های مختلف نمونه برداری در شکل ۲ ارائه شده است. در هر دو جنس نر و ماده، بیشتر گنادهای ماهیان طی فروردین تا شهریور ماه در مرحله دوم از مراحل رسیدگی جنسی می باشند. به دنبال آن در شهریور و مهر ماه فراوانی بیشتر گنادهای هر دو جنس در مرحله سوم، مهر تا آذر ماه در مرحله چهارم و از آذر تا بهمن ماه در مرحله پنجم (در حال تخم ریزی) می باشند. همچنین در ماه های دی تا فروردین ماه، گناد درصدی از ماهیان در مرحله ششم (تخم ریزی کرده) از مراحل رسیدگی جنسی می باشند که به دنبال آن وارد مرحله دوم از مراحل رسیدگی جنسی می شوند. تغییرات میانگین شاخص هیپاتوسوماتیک طی دوره مطالعه و با توجه به جنسیت ماهی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد در هر دو جنس نر و ماده شاخص هیپاتوسوماتیک پس از یک دوره نسبتاً ثابت از اسفند تا مهر ماه، دارای روند افزایشی از مهر تا دی ماه و به دنبال آن روند کاهشی می باشد. در هر دو جنس نر و ماده بیشترین مقدار میانگین شاخص هیپاتوسوماتیک در دی ماه مشاهده شد. بررسی تغییرات اندازه قطر تخمک در طی مراحل رسیدگی جنسی نشان داد که میانگین اندازه قطر تخمک در مرحله سوم رسیدگی جنسی (0.64 ± 0.02) میلی متر، مرحله چهارم (1.29 ± 0.07) میلی متر و در مرحله پنجم (2.29 ± 0.11) میلی متر می باشد. تغییرات شاخص های هم آوری مطلق و هم آوری نسبی در گروه های سنی ۲ الی ۴ در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد که با افزایش سن مقدار هم آوری مطلق تغییر معنی داری نداشته ولی هم آوری نسبی با افزایش سن کاهش معنی داری یافته است. در سه گروه سنی دامنه هم آوری مطلق از حداقل ۹۷۰ تا حداکثر ۳۳۹۵۲ و هم آوری نسبی از حداقل ۱/۹ تا حداکثر ۴۴/۰۷ در مراحل رسیدگی جنسی ۳ الی ۵ نوسان داشت. همچنین در کل جمعیت اردک ماهی زریبار میانگین هم آوری مطلق 13139 ± 1163 تخمک و میانگین هم آوری نسبی $20/37 \pm 1/67$ تخمک به ازای گرم وزن بدن تعیین شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین (\pm خطای استاندارد) تغییرات ماهانه مقادیر شاخص گنادوسوماتیک و هیاتوسوماتیک در اردک ماهیان نر و ماده دریاچه زریبار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد. وجود حروف متفاوت در ماه‌های مختلف برای هر شاخص و در هر جنسیت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین آن شاخص نسبت به سایر ماه‌های نمونه‌برداری می‌باشد.

شاخص هیاتوسوماتیک		شاخص گنادوسوماتیک		ماه نمونه‌برداری
جنس ماده	جنس نر	جنس ماده	جنس نر	
۱/۵۷ \pm ۰/۰ ^{ab}	۰/۸۲ \pm ۰/۰ ^a	۰/۲۵ \pm ۰/۰۳ ^a	۰/۳۹ \pm ۰/۰۴ ^a	فروردین
۱/۹۰ \pm ۰/۱۲ ^{bc}	-	۰/۰۰۲ \pm ۰/۰۰۱ ^a	-	اردیبهشت
۲/۱۰ \pm ۰/۱۲ ^c	-	۰/۰۹ \pm ۰/۰۰۴ ^a	-	خرداد
۱/۹۱ \pm ۰/۱۲ ^{bc}	۱/۶۹ \pm ۰/۲۷ ^{bc}	۰/۱۵ \pm ۰/۰۳ ^a	۰/۰۰۲ \pm ۰/۰۰۲ ^a	تیر
۱/۴۳ \pm ۰/۱۰ ^a	۰/۹۶ \pm ۰/۰ ^{ab}	۰/۱۰ \pm ۰/۰۰۴ ^a	۰/۰۷ \pm ۰/۰۰ ^a	مرداد
۱/۴۱ \pm ۰/۰۶ ^a	۱/۳۴ \pm ۰/۰ ^{ab}	۰/۴۰ \pm ۰/۰۰۶ ^a	۰/۰۹ \pm ۰/۰۰ ^a	شهریور
۱/۳۶ \pm ۰/۰۹ ^a	۱/۲۰ \pm ۰/۱۱ ^{ab}	۱/۹۹ \pm ۰/۱۵ ^a	۰/۲۷ \pm ۰/۰۳ ^a	مهر
۱/۹۶ \pm ۰/۱۵ ^{bc}	۱/۳۱ \pm ۰/۱۶ ^{ab}	۵/۱۷ \pm ۰/۴۲ ^b	۱/۸۹ \pm ۰/۱۰ ^{ab}	آبان
۲/۵۴ \pm ۰/۱۴ ^d	۱/۷۰ \pm ۰/۱۵ ^{bc}	۷/۹۳ \pm ۰/۸۵ ^b	۱/۶۹ \pm ۰/۱۴ ^{ab}	آذر
۲/۹۶ \pm ۰/۱۲ ^d	۲/۳۶ \pm ۰/۰۴ ^c	۱۶/۵۳ \pm ۰/۹۸ ^c	۲/۸۲ \pm ۰/۲۷ ^{bc}	دی
۲/۰۷ \pm ۰/۱۰ ^d	۲/۱۴ \pm ۰/۳۳ ^c	۱۷/۹۷ \pm ۱/۲۳ ^c	۴/۲۴ \pm ۱/۷۱ ^c	بهمن
۱/۲۴ \pm ۰/۰۹ ^a	-	۰/۴۹ \pm ۰/۰۵ ^a	-	اسفند

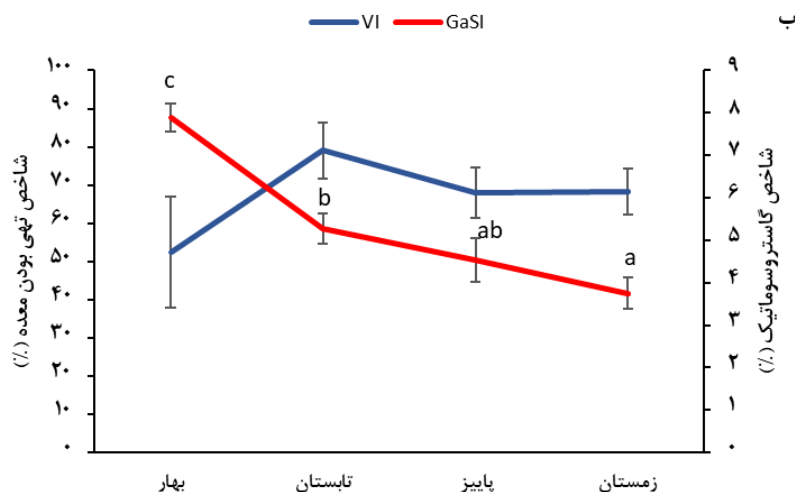
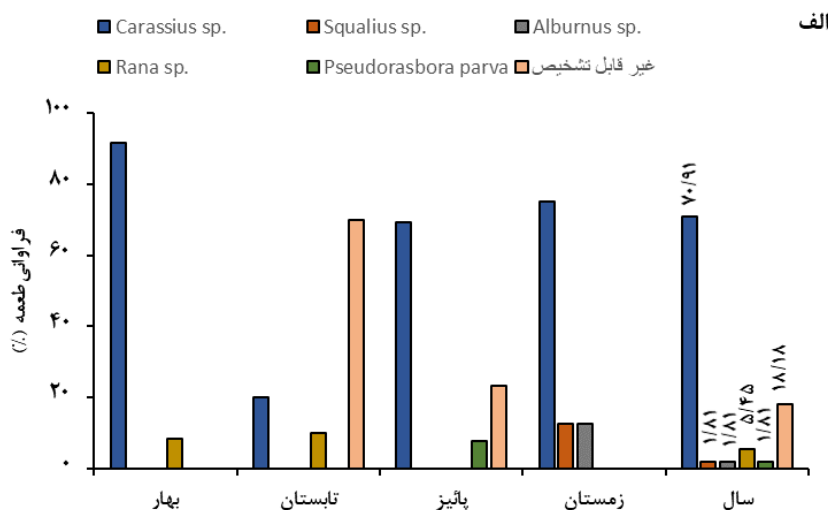


شکل ۲- توزیع فراوانی مراحل رسیدگی جنسی اردک ماهیان نر (الف) و ماده (ب) در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری در دریاچه زریبار

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های (\pm خطای استاندارد) تغییرات مقادیر هم‌آوری مطلق و نسبی در گروه‌های سنی اردک‌ماهی دریاچه زریبار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد. حروف متفاوت در هر شاخص نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های سنی می‌باشد.

گروه سنی (سال)	تعداد	هم‌آوری مطلق	هم‌آوری نسبی
۲	۸	۱۲۳۹۶±۲۴۷۸	۲۴/۸۲±۴/۳۴ ^b
۳	۲۹	۱۴۰۶۷±۱۴۶۵	۲۲/۲۱±۱/۸۶ ^b
۴	۸	۱۰۵۰۴±۳۰۰۹	۹/۲۵±۲/۵۷ ^a

درصد فراوانی طعمه مصرفی، شاخص‌های گاستروسوماتیک و شاخص تهی بودن معده با بررسی اقلام غذایی مصرفی در دستگاه گوارش ماهیان تعیین شد. ماهی کاراس (*Carassius sp.*)، یک گونه قورباغه (*Rana sp.*)، ماهی عروس (*Squalius sp.*)، ماهی کولی (*Alburnus sp.*) و ماهی آمورچه (*Pseudorasbora parva*) بیشترین درصد اقلام غذایی مصرفی در دستگاه گوارش اردک‌ماهیان صید شده بود (شکل ۳ الف). همچنین در کل نمونه‌های مورد بررسی در طول سال ۱۸/۱۸ درصد ترکیبات غذایی مصرفی بویژه در دو فصل تابستان و پاییز به‌علت شدت هضم غیر قابل شناسایی بود. از طرف دیگر بیشترین مقدار شاخص گاستروسوماتیک و کمترین مقدار شاخص تهی بودن معده در فصل بهار مشاهده شد (شکل ۳ ب).



شکل ۳- تغییرات مقادیر میانگین فراوانی طعمه‌های مصرفی (الف) و میانگین‌های (\pm خطای استاندارد) شاخص گاستروسوماتیک و شاخص تهی بودن معده (ب) اردک ماهی در دریاچه زریبار در فصول مختلف سال. مقایسه در خصوص شاخص‌های VI و GaSI با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. حروف متفاوت در هر شاخص نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین فصول سال می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

حضور گونه اردک ماهی در دریاچه زریبار مریوان اولین بار در سال ۱۳۹۸ گزارش شد (Mohammadi *et al.*, 2020). زمان دقیق رهاسازی این گونه در دریاچه زریبار مشخص نیست. با این وجود گزارش های غیررسمی نشان دهنده رهاسازی آن طی سال های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ به منظور کنترل جمعیت سایر ماهیان غیر بومی دریاچه است. بنابراین در خصوص سابقه جمعیت معرفی شده به دریاچه زریبار از لحاظ سن، تعداد و منشاء آن اطلاعات کافی در دسترس نمی باشد. داده های اندازه و ساختار جمعیت، الگوی رشد و روابط طول-وزن نه تنها برای ارزیابی و مدیریت موفق گونه ها مهم است بلکه این اطلاعات می توانند در ارزیابی اثرات گونه های مهاجم بر روی گونه های بومی و اکوسیستم هایی که در آنها حیات دارند مورد استفاده قرار گیرد (Fogg *et al.*, 2019). بنابراین از این داده ها می توان به عنوان شاخص های اکولوژیکی در ارزیابی تأثیر گونه های مهاجم بر روی گونه های محلی و زیستگاه آنها استفاده نمود (Fogg *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2023). مقایسه ساختار سنی جمعیت اردک ماهی دریاچه زریبار با برخی از جمعیت های این گونه در تالاب انزلی و تالاب امیرکلاهی (Valipour, 1998; Abbasi *et al.*, 2013; Moradinasab *et al.*, 2014) و همچنین دریاچه کارامیک^۷ ترکیه (Balik *et al.*, 2006) نشان داد که جمعیت اردک ماهی دریاچه زریبار دارای گروه های سنی محدودتری می باشد. همچنین مقدار برآورد شده پارامتر حداکثر طول احتمالی از معادله وون برتالانفی برای جمعیت اردک ماهی دریاچه زریبار نسبت به مقادیر گزارش شده برای این گونه در تالاب انزلی (Abbasi *et al.*, 2013; Moradinasab *et al.*, 2014) و تالاب امیرکلاهی (Abbasi *et al.*, 2013) کمتر می باشد. این تفاوت اگرچه می تواند ناشی از تفاوت در تعداد گروه های سنی مورد استفاده در برآورد باشد، ولی تفاوت در شرایط محیطی (Corll and Kooten, 2022) و عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (Fogg *et al.*, 2019) نیز ممکن است در ایجاد این تفاوت نقش داشته باشند. به طور معمول مقدار برآورد شده پارامتر حداکثر طول احتمالی در بسیاری از گونه های ماهیانی که در عرض های جغرافیایی پایین تر زندگی می نمایند، کمتر است (Lindsey, 1966). با این وجود مقایسه میانگین وزن و شاخص وضعیت جمعیت اردک ماهی دریاچه زریبار با جمعیت های تالاب انزلی (Abbasi *et al.*, 2014) و تالاب امیرکلاهی (Moradinasab *et al.*, 2013; *et al.*, 2013) و همچنین دریاچه کارامیک ترکیه (Balik *et al.*, 2006) نشان داد که در گروه های سنی متناظر، جمعیت زریبار میانگین وزنی و شاخص وضعیت بیشتری از سه جمعیت یاد شده دارد. همچنین در حالی که نتایج روابط طول-وزن جمعیت اردک ماهی دلالت بر الگوی رشد ایزومتریک این گونه در دریاچه زریبار دارد، نتایج گزارش شده در تالاب امیرکلاهی (Abbasi *et al.*, 2013) نشان دهنده الگوی رشد آلومتریک منفی و در تالاب انزلی (Moradinasab *et al.*, 2014) ایزومتریک برای جنس نر و آلومتریک مثبت برای جنس ماده را دارد. این نتایج نشان داد که جمعیت اردک ماهی دریاچه زریبار دارای شرایط رشد مناسب تری در مقایسه با چند جمعیت یاد شده می باشد. در ارزیابی کیفی رشد ماهیان و زیستگاهی که در آن پراکنش دارند می توان از شاخص وضعیت استفاده نمود (Anderson and Neuman, 2023; Mouludi-Saleh *et al.*, 1996). با این وجود عوامل متعددی از جمله شرایط اکولوژیکی و محیط، دسترسی به منابع غذایی، وجود رقیب غذایی و چرخه تولیدمثل در تغییرات شاخص وضعیت موثر می باشند (Anderson and Neuman, 1996; Datta *et al.*, 2013). چنین به نظر می رسد که به دلیل عدم وجود رقیب غذایی در محیط دریاچه زریبار، این گونه دارای نرخ رشد بیشتری در گروه های سنی متناظر در مقایسه با سایر جمعیت های یاد شده باشد.

بررسی نتایج شاخص گنادوسوماتیک جمعیت اردک ماهی دریاچه زریبار نشان داد که گناد ماهیان نر و ماده در دی و بهمن ماه دارای حداکثر مقدار می باشند. همچنین بررسی توزیع فراوانی مراحل رسیدگی جنسی ماهیان نر و ماده طی ماه های مختلف نشان داد که فراوانی گنادها در مرحله پنجم رسیدگی جنسی (در حال تخم ریزی) در آذر تا بهمن ماه بیشتر می باشد. براین اساس تخم ریزی این گونه در دریاچه زریبار از آذر ماه آغاز و در بهمن ماه به اوج می رسد. نتایج حاضر با نتایج گزارش شده در خصوص جمعیت اردک ماهی تالاب انزلی مطابقت دارد (Moslemi-Aqdam *et al.*, 2016; Imanpoor *et al.*, 2018). از طرف دیگر، بررسی روند تغییرات شاخص هپاتوسوماتیک نشان داد که مقدار این شاخص از مهرماه دارای روند افزایشی بوده و حداکثر مقدار آن کمی زودتر از حداکثر مقدار شاخص گنادوسوماتیک، در دی ماه می باشد. در چرخه تولیدمثل ماهیان ماده کبد مکان اصلی برای تولید

⁷Karamik

پیش‌ساز زرده و پوسته تخمک است (Hara *et al.*, 2016). همچنین کبد مکان اصلی برای تأمین انرژی در فرآیند تولیدمثل ماهیان نر و ماده است (Nunes *et al.*, 2011). افزایش مقادیر شاخص هیپاتوسوماتیک ماهیان ماده در این دوره زمانی همزمان است با تغییرات توزیع فراوانی مراحل رسیدگی جنسی تخمدان اردک‌ماهی زریبار، که در این بازه زمانی بیشتر گنادها در مراحل ۳ و ۴ می‌باشند. از آنجا که مراحل رسیدگی ۳ و ۴ در اردک ماهی مطابق با مراحل تشکیل ویزیکول‌های زرده و دانه‌های زرده در تخمدان است (Khodadoust *et al.*, 2015)، چنین به‌نظر می‌رسد که فرآیند زرده‌سازی در تخمدان اردک‌ماهی دریاچه زریبار از مهرماه آغاز و در دی‌ماه تکمیل می‌شود. مانند سایر گونه‌های ماهیان، شاخص هیپاتوسوماتیک در جمعیت اردک‌ماهی زریبار در مراحل ابتدایی‌تر چرخه رسیدگی جنسی دارای روند افزایشی بوده و قبل از مرحله رسیدگی نهایی، مقدار این شاخص کاهش می‌یابد. با این وجود در جنس نر اردک‌ماهی تغییرات شاخص هیپاتوسوماتیک دارای دامنه کم‌تری از جنس ماده می‌باشد. پیش‌تر تفاوت در مقدار تخصیص انرژی بین دو جنس نر و ماده ماهیان در طی فرآیند تولیدمثل را دلیل تفاوت در مقدار شاخص هیپاتوسوماتیک ماهیان نر و ماده گزارش نموده‌اند (Nunes *et al.*, 2011; Rizzo and Bazzoli, 2020). مقایسه نتایج مقادیر میانگین‌های قطر تخمک، هم‌آوری مطلق و هم‌آوری نسبی در جمعیت اردک‌ماهی زریبار با نتایج گزارش شده برای جمعیت انزلی (Khodadoust *et al.*, 2016; Moslem-Aqdam *et al.*, 2015) و جمعیت دریاچه کارامیک ترکیه (Balik *et al.*, 2006) مشابه است. اگرچه عوامل متعددی مانند اندازه، سن و تراکم جمعیت ماهی، دسترسی به منابع غذایی و شرایط محیطی (May, 1967) می‌توانند بر تغییرپذیری این شاخص‌ها مؤثر باشند ولی چنین به‌نظر می‌رسد که تکامل مراحل رسیدگی جنسی و توانایی انجام تولیدمثل برای این گونه در دریاچه زریبار تحت تأثیر قرار نگرفته است. به‌عبارتی این گونه امکان انجام تولیدمثل در دریاچه زریبار را دارد.

بررسی مقادیر شاخص گاستروسوماتیک در جمعیت اردک‌ماهی زریبار نشان داد که این گونه در فصل بهار دارای بیش‌ترین شدت تغذیه بوده و به‌دنبال آن در فصول تابستان تا زمستان شدت تغذیه آن با یک روند نزولی، کاهش و در زمستان به‌حداقل مقدار می‌رسد. همچنین براساس دسته‌بندی انجام شده برای شاخص ته‌بودن معده (Euzen, 1987) جمعیت اردک‌ماهی زریبار در فصل بهار دارای تغذیه متوسط و در سایر فصول سال کم‌خوراک محسوب می‌شود. نتایج گزارش شده در خصوص شدت تغذیه این گونه در تالاب امیرکلایه لاهیجان نشان داده که حداکثر شدت تغذیه این گونه در فصل زمستان و حداقل آن در فصل بهار انجام می‌شود (Nezami Balochy *et al.*, 2005a). همچنین در تالاب بوجاق کیشهر حداکثر شدت تغذیه این گونه در پاییز و حداقل آن در بهار گزارش شده است (Nezami Balochy *et al.*, 2005b). عوامل متعددی از جمله منطقه جغرافیایی (Nye *et al.*, 2013; Beer and Wing, 2011)، اندازه بدن (Werner and Gilliam, 1984; Xue *et al.*, 2005)، رفتارهای رقابتی بین گونه‌ها، دسترسی به منابع غذایی، زمان تغذیه در طول شبانه‌روز و فاکتورهای محیطی به‌ویژه میزان دما (Moyle and Cesch, 2004) می‌توانند شدت تغذیه ماهیان را تحت تأثیر قرار دهند. چنین به‌نظر می‌رسد که تفاوت در زمان حداکثر شدت تغذیه جمعیت اردک‌ماهی زریبار و سایر جمعیت‌های گزارش شده می‌تواند ناشی از تأثیر تفاوت در شرایط دمایی آب و منطقه جغرافیایی جمعیت‌های یاد شده باشد. از طرف دیگر، اگرچه این گونه در تالاب امیرکلایه لاهیجان و تالاب بوجاق کیشهر به‌عنوان گونه‌ای پرخور و حریص در تغذیه گزارش شده است (Nezami Balochy *et al.*, 2005a, b) نتایج مطالعه حاضر نشان داد که این گونه در دریاچه زریبار دارای شدت تغذیه کم تا متوسط می‌باشد. کم بودن تنوع و فراوانی منابع غذایی به‌ویژه گونه‌های ماهیان دریاچه زریبار می‌تواند دلیل اصلی این تفاوت باشد. مقایسه تنوع اقلام غذایی مصرفی با سایر گزارش‌های موجود (Nezami Balochy *et al.*, 2005a, b) نشان‌دهنده پایین بودن تنوع اقلام غذایی مصرفی توسط جمعیت اردک‌ماهی زریبار دارد. کاهش آمار رسمی صید ماهیان دریاچه زریبار در سال‌های اخیر گواه کم بودن فراوانی ماهیان این دریاچه است. افزون بر این، وجود تنها پنج نوع ماده غذایی در بررسی محتویات دستگاه گوارش جمعیت اردک‌ماهی زریبار می‌تواند نشان‌دهنده این موضوع باشد. از طرف دیگر با توجه به ترکیب غذایی دستگاه گوارش اردک‌ماهی در دریاچه زریبار و با توجه به شناخت جوامع زیستی دریاچه، چنین به‌نظر می‌رسد که اردک‌ماهی در بالاترین سطح زنجیره غذایی این اکوسیستم قرار دارد و فاقد رقیب یا شکارچی در دریاچه می‌باشد.

گونه‌های غیر بومی از طریق یک فرآیند هجومی چند مرحله‌ای تبدیل به گونه‌ای مهاجم می‌شوند (Blackburn *et al.*, 2011; Kiruba-Sankar *et al.*, 2018). در چارچوب یکپارچه پیشنهادی برای تهاجم زیستی یک گونه مراحل مشخصی شامل انتقال، معرفی، استقرار و گسترش تعریف و برای عبور از هر مرحله موانع مشخصی ذکر شده است که گونه غیر بومی برای تبدیل به گونه

مهاجم باید از آنها عبور نماید (Blackburn *et al.*, 2011). شناخت این مراحل و موانع مربوطه آنها کمک می‌نمایند تا خطرات مرتبط با گونه‌های مهاجم درک و امکان مدیریت آنها فراهم شود. برای استقرار یافتن یک گونه غیر بومی نه تنها رفع موانع مربوط به زنده‌مانی (تغذیه و رشد) و امکان تولیدمثل گونه معرفی شده دارای اهمیت است، بلکه امکان تولیدمثل پایدار و دوام گونه معرفی شده در آن اکوسیستم نیز اهمیت دارد (Blackburn *et al.*, 2011). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که جمعیت اردک‌ماهی در دریاچه زریبار امکان تغذیه، رشد و انجام تولیدمثل را مشابه با جمعیت‌های طبیعی این گونه در سایر مناطق جغرافیایی دارد. همچنین دوام و حضور این گونه در دریاچه زریبار با مشاهدات اخیر (Karimian *et al.*, 2024) و گزارش صیادان منطقه تأیید می‌شود. به‌علاوه گزارش حضور این گونه در بخش‌های پایین‌دست دریاچه زریبار و در رودخانه سیروان (Mouludi-Saleh *et al.*, 2022) نشان‌دهنده گسترش این گونه در حوضه سیروان و دجله دارد. بنابراین جمعیت اردک‌ماهی در دریاچه زریبار نه تنها استقرار یافته بلکه توانسته است از طریق خروجی دریاچه وارد رودخانه سیروان و حوضه دجله شده و وارد مرحله گسترش در تبدیل به گونه مهاجم شود. بنابراین انجام اقداماتی نظیر صدور مجوز صید و جمع‌آوری این گونه برای کنترل و حذف آن در منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این تحقیق از محل هزینه‌های مصوب انجام پایان‌نامه کارشناسی ارشد نفر اول نویسندگان، توسط معاونت پژوهشی دانشگاه کردستان و همچنین گرانت پژوهشی شماره ۸ / ۳۴۰۲۷/۹/۰۰/ ص دانشگاه کردستان تأمین شده است که بدینوسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را ابراز می‌دارند.

References

- Abbasi, M., Bani, A., Moradinasab, A., Mosavi-Sabet, S.H., 2013. The comparison some of growth characteristic in pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) from Anzali and Amirkelayeh wetlands. Journal of Applied Ichthyology Research 1(3), 49-62. (In Persian)
- Abdoli A., 1999. The inland water fishes of Iran. Iranian nature museum and wild life publication, 377 p.
- Anderson, R.O., Neumann, R.M., 1996. Length, weight, and associated structural indices. In: Fisheries Techniques, American Fisheries Society, pp. 447-482.
- Anderson, R.O., Neumann, R.M. 1996. Length, weight, and associated structural indices. In: Murphy, B.R., Willis, D.W. (Eds.), Fisheries techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, pp. 447-482.
- Asar-ab consulting engineers. 2006. Environmental, limnological studies and maintaining the ecological balance of Zaribar-Marivan Lake (report on identifying the animal cover of the area and the lake). Kurdistan Governorate, 29 p. (In Persian)
- Bahrami Kamangar, B., 2015. Fish DNA barcoding of Kurdistan province. University of Kurdistan, 65 p. (In Persian)
- Balik, I., Çubuk, H., Özkök, R., Uysal, R., 2006. Reproduction properties of Pike (*Esox lucius* L., 1758) population in Lake Karamik (Afyonkarahisar/Turkey). Turkish Journal of Zoology 30(1), 27-34.
- Beer N.A., Wing, S.R., 2013. Trophic ecology drives spatial variability in growth among subpopulations of an exploited temperate reef fish. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 47(1), 73-89.
- Biswas, S.P., 1993. Manual of methods in fish biology. South Asian Publishers. 95 p.
- Blackburn, T.I., Pys'ek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jaros'ík, V., Wilson, J.R.U., Richardson, D.M., 2011. A proposed unified framework for biological invasions. Trends in Ecology and Evolution 26(7), 333-339.
- Brodeur, R.D., Smith, B.E., McBride, R.S., Heintz, R., Farley Jr, E., 2017. New perspectives on the feeding ecology and trophic dynamics of fishes. Environmental Biology of Fishes 100(4), 293-297.
- Carvalho, D.R., de Castro, D.M.P., Callisto, M., Chaves, A.J.M., Moreira, M.Z., Pompeu, P.S., 2019. Stable isotopes and stomach content analyses indicate omnivorous habits and opportunistic feeding

- behavior of an invasive fish. *Aquatic Ecology* 53(3), 365-381.
- Coad, B.W., 2020. Review of the East Asian minnows of Iran (Family Xenocyprididae). *Iranian Journal of Ichthyology* 7(1), 1-67.
- Corll, J. C., Kooten, T.V., 2022. Accounting for temporal and individual variation in the estimation of Von Bertalanffy growth curves. *Ecology and Evolution* 12(12), e9619
- da Silva, J. C., Soares, C. M., Bialetzki, A., 2024. Effect of an invasive fish species on nutrient cycling and on the community structure: an experimental approach. *Aquatic Ecology*, <https://doi.org/10.1007/s10452-024-10129-y>
- Datta, S.N., Kaur, V.I., Dhawan, A., Jassal, G., 2013. Estimation of length-weight relationship and condition factor of spotted snakehead *Channa punctata* (Bloch) under different feeding regimes. *Springerplus* 2(1), 436.
- Ebrahimpour, S., Mohammadzadeh, H., 2014. Water quality assessment/zonation of Zarivar Lake using NSFQI, OWQI and CWQI Indexes. *Environmental Researches* 4(7), 137-146. (In Persian)
- Esmaeili, H. R., Gholamifard, A., Freyhof, J., 2011. Ichthyofauna of Zarivar Lake (Iran) with the first records of *Hemiculter leucisculus* and *Alburnus hohenerkeri* in the tigris drainage. *Electronic Journal of Ichthyology* 7(1), 1-6.
- Euzen, O., 1987. Food habits and diet composition of some fishes of Kuwait. *Kuwait Bulletin Science* 9(1), 65-85.
- Fogg, A.Q., Evans, J.T., Peterson, M.S., Brown-Peterson, N., Hoffmayer, E.R., Ingram, G., 2019. Comparison of age and growth parameters of invasive Red Lionfish (*Pterois volitans*) across the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin* 117(3), 1-15.
- Gaupale, T.C., Sontakke, G.K., 2023. Impact of exotic fishes on ecosystem, economics and management. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 50(1), 33-42.
- Griffen, B. D., Bolander, M., Fletcher, L. S., Luckett, J., Repetto, M. F., Smith, N., Stancil, C., Toscano, B. J., 2024. Factors influencing variation in reproduction in invasive species: a case study of the Asian shore crab *Hemigrapsus sanguineus*. *Biological Invasions* 26(10), 3243-3255.
- Hara, A., Hiramatsu, N., Fujita, T., 2016. Vitellogenesis and choriogenesis in fishes. *Fisheries Science* 82(2), 187-202.
- Havel, J.E., Kovalenko, K.E., Thomaz, S.M., Amalfitano, S., Kate, L.B., 2015. Aquatic invasive species: challenges for the future. *Hydrobiologia* 750(1), 147-170.
- Imanpoor, M. R., Taghizadeh, V., Khodadoust, A., Roohi, Z., 2018. Effect of fish size and seasonal changes on gonadal steroid hormones in Pike brood stocks (*Esox lucius*). *Nova Biologica Reperta* 5(1), 65-71. (In Persian)
- Karimian, E. 2024. Refinement of pollutants and the quality of the water area of the lagoon. In: the study of the ecology and limnology of Zarivar International Wetland with the aim of providing solutions for wetland restoration. University of Kurdistan, Research project report, 250 p. (In press)
- Kas-Khazar consulting engineers. 1994. Comprehensive limnological studies of Zarivar Lake. Iranian Fisheries Organization. (In Persian)
- Kesteven, G. L., 1960. Manual of field methods in fisheries biology. *FAO Manuals of Fisheries Sciences*, 1; 152 p.
- Khodadoust, A., Khara, H., Taghi Zadeh, V., Imanpoor, M. R., 2015. The histological study of ovarian development of Pike *Esox Luciusin* Anzali Marsh. *Journal of Plasma and Biomarkers* 8(2), 13-22. (In Persian)
- King, M., 2007. *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Blackwell Scientific Publication. 382 p.
- Kiruba-Sankar, R., Praveen Raj, J., Saravanan, K., Lohith Kumar, K., Raymond Jani Angel, J., Velmurugan, A., Dam Roy, S., 2018. Invasive species in freshwater ecosystems – Threats to ecosystem services. In: Sivaperuman, C., Velmurugan, A., Kumar Singh, A., Jaisankar, I. (Eds.), *Biodiversity and climate change adaptation in tropical islands*. Academic Press, Cambridge, USA, pp. 257-296.
- Le Cren, E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in Gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20(2), 201-219.
- Li, Y., Feng, M., Huang, L., Zhang, P., Wang, H., Zhang, J., Tian, Y., Xu, J., 2023. Weight-length relationship analysis revealing the impacts of multiple factors on body shape of fish in China. *Fishes* 8(5), 269.

- Lindsey, C.C., 1966. Body sizes of poikilotherm vertebrates at different latitudes. *Evolution* 20(4), 456-465.
- May, A.W., 1967. Fecundity of Atlantic cod. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 24(7), 1531-1551.
- Mirzajani, A., Abbasi, K., Bagheri, S., Moradi, M., Kiabi, B., 2021. Investigation of the possible effect of Pike (*Esox lucius*) on the invasive fishes of the Persian Gulf Martyrs Lake, Tehran. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 30(2), 35-48. (In Persian)
- Mohammadi, M., Ghaderi, E., Molodi, F., Bahrami Kamangar, B., 2020. The first record of Northern pike *Esox lucius*, Linnaeus, 1758 in Zrebar Lake, Marivan, Kurdistan, Iran: morphology, feeding habit, reproductive biology, and assessment of invasive threats. *Journal of Applied Ichthyology Research* 8(1), 133-142. (In Persian)
- Moradinasab, A., Ghorbani, R., Paighambari, S.Y., Noferesti, H., Mehdipour, N., 2014. Determination of growth parameters, Age structure and sex ratio of Pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) from Anzali wetland. *Journal of Fisheries* 66(4), 479-490. (In Persian)
- Moslemi-Aqdam, M., Imanpour Namin, J., Sattari, M., Abdolmalaki, S., Bani, A., Rochowski, B., 2016. Reproductive characteristics of northern Pike, *Esox lucius* (Actinopterygii: Esociformes: Esocidae), in the Anzali Wetland, southwest Caspian Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 46(4), 313-323.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2022. Ichthyofauna of the Iranian part of the Sirvan River drainage with the first record of *Cobitis avicenna* and *Oxynoemacheilus euphraticus*. *International Journal of Aquatic Biology* 10(3), 242-253.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Çiçek, E., Ghaderi, E., 2023. Condition factor and length-weight relationships evaluation of 15 *Oxynoemacheilus* species (Cypriniformes: Nemacheilidae) from Iran. *Turkish Journal of Zoology* 47(2), 130-134.
- Moyle, P.B., Cech, J.J., 2004. *Fishes: An introduction to ichthyology*. United Kingdom: Pearson Prentice Hall. 726 p.
- Nezami Balochy, S. A., Khara, H., Bakhtazma, N., Furozan, M., 2005a. Diet study of pike (*Esox lucius*) in Lahijan Amirkelayeh Lagoon. *Pajouhesh and Sazandegi* 18(3), 46-55. (In Persian)
- Nezami Balochy, S.A., Khara, H., Nikokerdar, L., Mirmosavy, M., 2005b. The diet survey Zibakenar-Kiashar Bojagh lagoon Pike (*Esox lucius*). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 11(4), 175-186. (In Persian)
- Nunes, C., Silva, A., Soares, E., Gantias, K. 2011. The use of hepatic and somatic indices and histological information to characterize the reproductive dynamics of Atlantic sardine *Sardina pilchardus* from the Portuguese Coast. *Marine and Coastal Fisheries* 3(1), 127-144.
- Nye, J.A., Loewensteiner, D.L., Miller, T.J., 2011. Annual, seasonal and regional variability in diet of Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*) in Chesapeake Bay. *Estuaries and Coasts* 34(4), 691-700.
- Pauly, D., 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Technical Paper*. 52 p.
- Rahmani, T., Poorbagher, H., Javanshir, A., Bahrami Kamangar, B., 2013. Effects of agriculture, tourism and the dam on eutrophic status of the Zerebar Lake, Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 1(4), 403-420.
- Ramsar Convention, 2023. List of wetlands of international importance. Available from <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf>. (Accessed 5th November 2024).
- Reyahi-Khoram, M., Hoshmand, K., 2012. Assessment of biodiversities and spatial structure of Zarivar Wetland in Kurdistan Province, Iran. *Biodiversitas* 13(3), 130-134.
- Rizzo, E., Bazzoli, N., 2020. Reproduction and embryogenesis, (Chapter 13), In: Baldisserotto, B., Urbinati, E. C., Cyrino, J. E. P. (Eds.), *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish*. Academic Press, pp. 287-313.
- Shanazi, K., Aazami, M., 2023. Rapid assessment approach of Zarivar international wetland ecosystem services in Marivan County. *Physical Geography Research Quarterly* 55(3), 111-130.
- Sorensen, P.W., 2021. Introduction to the biology and control of invasive fishes and a special issue on this topic. *Fishes* 6(4), 69.
- Sparre, P., Venema, S., 1992. *Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 - Manual*. FAO

- Fisheries Technical Paper 306/1, FAO Rome, 407 p.
- Valipour, A., 1998. An investigation on feeding habits of northern Pike of Anzali Lagoon. Iranian Journal of Fisheries Sciences 7(3), 75-90. (In Persian)
- Werner, E.E., Gilliam, J.F., 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 15(1), 393-425.
- Xue, Y., Jin, X., Zhang, B., Liang, Z., 2005. Seasonal, diel and ontogenetic variation in feeding patterns of small yellow croaker in the central Yellow Sea. Journal of Fish Biology 67(1), 33-50.
- Zar, J. H., 2010. Biostatistical Analysis (5th ed.). Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, xiii, 944 p.
- Zarei, F., Hosseini, S.N., Amini, S.S., Pezeshk, J., Maleki, L., Rajabi-Maham, H., 2017. Proposing Zarivar wildlife refuge (Western Iran) as a Ramsar site based on avian diversity and conservation criteria. Podocees 12(2), 27-42.