

Morphological pattern, length-weight relationship and condition factor of Namak chub (*Squalius namak*) in the Jajrood river

Hamed Shabanloo^{1,*} and Soheil Eagderi²

1- Ph. D. Graduated, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 3 July 2024

Accepted: 10 November 2024

Key words

Morphometry, weight- length, condition factor, Namak chub *S. namak*.

Abstract

Considering the importance of studying inland fishes, especially endemic fishes, some morphological characterization, length-weight relationship, and condition factor of Namak chub (*Squalius namak*) in the Jajrood protected river were investigated at three stations. To investigate the morphometric variation, 13 landmarks were placed on 2D images using TpsDig2 software, and 4 distance features were measured using ImageJ software. The equation $W = aTL^b$ was used to calculate the length-weight relationship, and the formula $K = (W/L^b) \times 100$ was used to calculate the condition factor. Past, morphoJ, and R softwares were utilized to analyze the data. Based on the landmark displacement patterns, the most significant landmark displacements were related to the pectoral, dorsal, ventral (pelvic) fins and snout of the fish. The total length-weight relationship for all fish was obtained as $W=00048L^{3.24}$ with a correlation coefficient of $R^2=0.88$. In this study, the condition factor (CF) of the *S. namak* was calculated in the range of 0.032 to 0.19, which indicates very bad to bad living conditions for the fish in the Jajrood river. The total length and total weight of the studied specimens were in the range of 7.82 to 37.67 cm and 48. to 44.94 g, respectively. According to the findings, the studied species did not have a suitable growth pattern, in other words, this fish does not grow equally in all body dimensions (allometric). The most important causes can be considered to be unsuitable habitat conditions, including the small size of the ecological niche and lack of food.

*Corresponding Author: shabanloo.hamed@ut.ac.ir

بررسی الگوی ریختی، رابطه طول- وزن و فاکتور وضعیت در ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius namak*) در رودخانه جاجرود

حامد شعبانلو^{۱*} و سهیل ایگدیری^۲

۱- دانش آموخته دکتری بوم‌شناسی آبزیان، گروه شیلات، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

پذیرش: ۱۰ آذر ۱۴۰۳

دریافت: ۱۳ تیر ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی	چکیده
ریخت‌سنجی، وزن-طول، فاکتور چاقی، ماهی سفید نمک، <i>S. namak</i>	با توجه به اهمیت ماهیان آب‌های داخلی به ویژه ماهیان بومزاد، برخی ویژگی‌های ریختی، رابطه طول کل- وزن و فاکتور وضعیت ماهی سفید رودخانه‌ای نمک (<i>Squalius namak</i>) در رودخانه جاجرود در سه ایستگاه مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی خصوصیات ریختی، تعداد ۱۳ لندمارک با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 روی تصاویر دوبعدی قرار داده شد و ۴ صفت اندازشی با استفاده از نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری شد. برای محاسبه رابطه طول- وزن از معادله $W = aTL^b$ و برای محاسبه شاخص وضعیت از فرمول $K = (W/L^b) \times 100$ استفاده شد. جهت آنالیز داده‌ها از نرم‌افزارهای Past، morphoJ و R استفاده گردید. براساس الگوهای جابه‌جایی لندمارک‌ها بیشترین جابه‌جایی لندمارک‌ها مربوط به باله‌های سینه‌ای، پشتی، شکمی و پوزه ماهیان بود. رابطه طول کل- وزن برای کل ماهیان به صورت $W = 0.0048 L^{3.24}$ با ضریب همبستگی $R^2 = 0.88$ به دست آمد. طول کل و وزن کل نمونه‌های مورد بررسی به ترتیب در دامنه‌ی ۷/۸۲ تا ۳۷/۶۷ سانتی‌متر و ۴۸/۴ تا ۴۴/۹۴ گرم بود. در این پژوهش میزان شاخص وضعیت (condition factor) ماهی <i>S. namak</i> به طور کلی در دامنه ۰/۳۲ تا ۰/۱۹ محاسبه شد که بسیار پایین است و نشان از شرایط زیستی بین بسیار بد تا بد برای این ماهی در رودخانه جاجرود است. با توجه به نتایج، گونه مورد مطالعه از الگوی رشد مناسبی برخوردار نبوده و به عبارتی این ماهی در تمام ابعاد بدن به صورت یکسان رشد نمی‌کند (آلومتریک)، که می‌توان مهمترین علل آن را نامناسب بودن شرایط زیستگاه از جمله کوچک بودن آشیان اکولوژیک و کمبود غذا دانست.

* پست الکترونیکی: shabanloo.hamed@ut.ac.ir

مقدمه

نخستین گام‌ها در درک تکامل حیات و رده‌بندی موجودات، از طریق توصیف‌های ریخت‌شناختی از اشکال مختلف حاصل شده است. بنابراین خصوصیات ریخت‌شناسی از همان آغاز در مطالعات زیست‌شناسی اهمیت اساسی داشته‌اند (Takács *et al.*, 2016). ریخت‌سنجی می‌تواند به عنوان مجموعه‌ای کم و بیش در هم تنیده از روش‌های عمدتاً آماری برای تجزیه و تحلیل تنوع در اندازه و شکل اندام‌ها و موجودات تعریف شود (Mojekwu & Anumudu, 2015). از اینرو ریخت‌سنجی می‌تواند زیربنایی برای درک بهتر فرآیندهای زیستی و تکاملی باشد که کمتر به آن توجه می‌شود (Luo, 2024). خصوصیات ریخت‌سنجی و صفات اندازشی می‌توانند به دلیل تأثیرات ترکیبی ژنتیک، عوامل محیطی و مراحل رشد در بین جمعیت‌ها متفاوت باشد (Jawad *et al.*, 2022). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تغییرات ریخت‌شناسی می‌توانند در کمتر از ۶۰ روز رخ دهند، در حالی که دیگر مطالعات، تغییرات بین نسل‌ها را در یک جمعیت پس از ۱۰ تا ۲۰ سال نشان داده‌اند (Hetzel & Forsythe, 2023).

ماهی‌ها متنوع‌ترین گروه مهره‌داران هستند (Tesfay *et al.*, 2024) و یک چهارم مهره‌داران جهان را ماهیان آب شیرین تشکیل می‌دهند (Su *et al.*, 2021). تغییرپذیری بالا در ریخت‌شناختی بدن ماهیان، آنها را به یکی از بهترین مدل‌های جانوری برای بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی تبدیل کرده است (Shuai *et al.*, 2018). تنوع ریختی بین گونه‌ای و درون گونه‌ای در ماهی‌ها عمدتاً در شکل بدن و سر آنها منعکس می‌شود (Martinez-Leiva *et al.*, 2023). ماهیان آب شیرین در پاسخ به متغیرهای محیطی مانند جریان آب، شکل‌پذیری ریختی قابل توجهی از خود نشان می‌دهند (Kelley *et al.*, 2017). برای مثال در جریان‌های متلاطم، ماهی‌ها می‌توانند با ایجاد شکل بدنی باریک و دوکی، هزینه اتلاف انرژی را کاهش دهند که آنها را قادر می‌سازد به شیوه‌ای ثابت‌تر شنا کنند و امکان جستجوی کارآمد غذا را فراهم می‌سازد (Shuai *et al.*, 2018). در حالیکه در شرایط

جریان‌های کم، شکل مسطح و عمیق‌تر بدن برای کمک به شنای ناگهانی با سرعت انفجاری برای ماهیان مؤثرتر است (Hetzel & Forsythe, 2023).

پارامترهای رابطه طول-وزن محاسبه شده با استفاده از داده‌های ریخت‌سنجی برای زیست‌شناسی ماهیان، مدیریت شیلاتی و نظارت بر برنامه‌های زیست‌محیطی مهم هستند (Saylar, 2022). مطالعات روابط طول-وزن، شاخص‌های کاربردی برای درک بقا، چرخه زندگی، بلوغ، تخم‌ریزی و سلامت عمومی ماهی‌ها هستند و همچنین برای مقایسه جمعیت‌ها یا گونه‌های مختلف ماهیان استفاده می‌شوند. آنها همچنین در درک الگوهای رشد در ماهی‌ها مفید هستند (Sidiq *et al.*, 2021). در واقع روابط طول-وزن ماهی برای تعیین الگوی ایزومتریک یا آلومتریک رشد و وضعیت ماهی استفاده می‌شود (Ankita & Khanb, 2022). فاکتور وضعیت نیز برای مقایسه وضعیت، چاقی یا سلامت ماهی، بر اساس این فرض که ماهی‌های سنگین‌تر با طول معین در وضعیت بهتری هستند، استفاده می‌شود (Paul *et al.*, 2022). برای برآورد وزن با استفاده از طول، اغلب از رگرسیون طول-وزن استفاده می‌شود زیرا اندازه‌گیری مستقیم وزن می‌تواند زمان‌بر باشد (Mehanna & Farouk, 2021).

ایران از نظر تنوع و بومزادگرایی دارای غنای بالایی از ماهیان آب شیرین است (Eagderi *et al.*, 2022). طبق آخرین مطالعات، در مجموع ۳۰۰ گونه ماهی متعلق به ۳۸ خانواده و ۱۱۰ جنس در آب‌های داخلی ایران زیست می‌کنند (Sayyadzadeh & Esmacili, 2024). جنس ماهی سفید رودخانه‌ای *Squalius* یکی از جنس‌های مهم در خانواده سفیدماهیان (*Leuciscidae*) به شمار می‌رود. پنج گونه از این جنس در آب‌های داخلی ایران شناسایی شده است (Sayyadzadeh & Esmacili, 2024) که یکی از آنها سفید ماهی رودخانه‌ای نمک (*Squalius namak Khaefi*) (et al., 2016) می‌باشد. صفات ریختی از قبیل حاشیه محدب قسمت پشتی باله مخرجی، خال‌های درشت یا

داد زیرا شرایط زیستگاهی در هر رودخانه‌ای متفاوت است و حتی ممکن است خصوصیات ریختی این گونه در یک رودخانه طی بازه‌های زمانی مختلف نیز دستخوش تغییرات شود، همچنین رودخانه جاجرود به عنوان رودخانه‌ای که تحت فشار کم آبی و آلودگی‌های مختلف قرار دارد احتمالاً تأثیرات منفی و شرایط نامساعدی برای این گونه ماهی ایجاد کرده است که ممکن است در فاکتور وضعیت یا خصوصیات ریختی آن نمود پیدا کند. بنابراین نیاز به انجام مطالعاتی همچون پژوهش حاضر جهت پایش مستمر وضعیت این گونه بومزاد احساس می‌شود. از اینرو با در نظر گرفتن ضرورت حفظ تنوع زیستی، مطالعه حاضر به اجرا در آمد تا اطلاعات بیشتری در مورد ویژگی‌های زیست‌شناختی این گونه و درک الگوی سازگاری آن در اکوسیستم‌های آبی ارائه گردد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز جاجرود، در شمال شرقی شهرستان تهران، بین طول ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه الی ۵۱ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه الی ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی واقع شده است (Joodaki et al., 2022). رودخانه جاجرود در نهایت به سد دریاچه لتیان منتهی می‌شود و یکی از رودخانه‌های دایمی حوضه آبریز نمک می‌باشد (Eagderi et al., 2024) که با ۱۴۰ کیلومتر طول و ۷۱۰ کیلومتر مربع مساحت حوضه زهکشی دارای شیب ۴ درصد و بستر شنی و ماسه‌ای بریده بریده است (Hosseinabadi et al., 2022). در ابتدا ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سپس بازدیدهای میدانی از رودخانه، انتخاب شدند. در طول رودخانه چهار ایستگاه (جدول ۱) تعیین شد (Ahmadzadeh et al., 2019).

قهوه‌ای، برجستگی ضخیم و عریض فک پایینی، لکه‌های گرد یا هلالی شکل روی نوک خلفی فلس‌های پهلوها و نارنجی بودن شعاع‌های باله‌های دمی، مخرجی و لگنی موجب تمایز این گونه از سایر اعضای جنس *Squalius* شده است (Khaefi et al., 2016). گونه‌ی *S. namak* اخیراً در آب‌های داخلی ایران شناسایی شده است (Saleh et al., 2017) بنابراین نیازمند مطالعات بیشتری است.

مطالعه کیوانی و همکاران (۲۰۱۸) با مقایسه زیست‌سنجی ماهی *Squalius namak* در رودخانه‌های حوضه نمک نشان داد که بعضی از صفات اندازشی قادر هستند برخی از جمعیت‌های *S. namak* را از یکدیگر تفکیک نمایند (Keivany et al., 2018). در مطالعه تنوع ریختی ماهیان سفید رودخانه‌ای عنوان شد گونه *S. namak* دارای دهان متمایل به بالا، ارتفاع بدنی کمتر و باله مخرجی خلفی‌تر نسبت به دو گونه دیگر ماهیان سفید رودخانه‌ای (*S. turcicus* و *S. berak*) بود (Mouludi-Saleh & Keivany, 2018). ایگدري و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی رابطه طول-وزن این ماهی در رودخانه‌های قره‌چای و مزلقان‌چای، الگوی رشد در این گونه را آلومتریک مثبت برآورد کردند (Eagderi et al., 2020). همچنین بررسی تغییرات شکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهی سفید نمک نشان داد که همبستگی مثبت معناداری بین متغیرهای ریخت‌سنجی در این ماهیان و فاکتورهای محیطی رودخانه وجود دارد (Shabanloo et al., 2021).

با توجه به مطالعات پیشین، فرض بر این است که این گونه دارای انعطاف‌پذیری ریختی بوده و خصوصیات ریختی آن به شدت با شرایط زیستگاهی مرتبط است، بنابراین یافته‌های حاصل از مطالعات ریختی این ماهی در یک رودخانه را نمی‌توان به تمام ماهیان این گونه در هر رودخانه‌ای نسبت

جدول ۱. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه جاجرود و پارک ملی خجیر

ایستگاه	۱ خجیر	۲ خجیر	۱ جاجرود	۲ جاجرود
طول و عرض جغرافیایی	N 35°38'53.3" E 51°45'14.4"	N 35°39'25.9" E 51°44'21.8"	N 35°44'0.79" E 51°41'38.0"	N 35°44'0.4" E 51°41'42.1"
تعداد ماهی	۱۵	۶۶	۱۸	۴

و رقومی شدند، زیرا به طور متداول در مطالعات ریخت‌سنجی ماهیان از ۱۵ لندمارک استفاده می‌گردد (Park *et al.*, 2013).

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

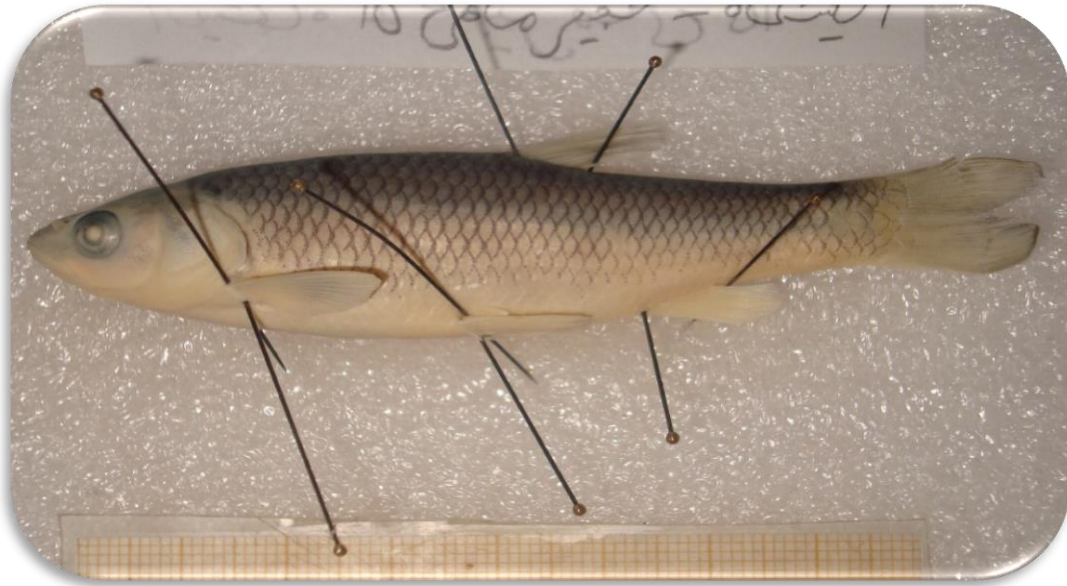
دو لندمارک آخر نیز بر روی تصویر خطکش موجود در عکس به فاصله ۱ سانتی‌متر از هم قرار داده شد تا اثر سایز با فاصله بین دو لندمارک آخر حذف شود. مختصات لندمارک‌ها در یک فایل tps ذخیره گردید. برای حذف اثر سایز ابتدا فاصله اقلیدسی بین دو لندمارک آخر (d) با استفاده از مختصات دویعدی (x) و (y) آنها و معادله ۱ حذف گردید.

مقادیر d در فایل tps تایپ گردید. به این منظور در فایل tps باز شده با Notepad، دو مختصات آخر مربوط به هر نمونه حذف گردید و مقدار d مربوط به آن نمونه به صورت $d = \text{SCALE}$ (مثلاً $\text{SCALE} = 2.35$) در فایل تایپ شد. سپس به منظور حذف اثرات اندازه، جهت و موقعیت ماهی‌ها در داده‌های حاصل از لندمارک‌های رقومی شده، آنالیز پروکراست (GPA) انجام شد (Pishkhpour *et al.*, 2019). فایل tps که حاوی مختصات لندمارک‌ها بود با نرم‌افزارهای Past 4.03 (Mehrabani & MorphoJ (Eagderi, 2023) و بسته Geomorph در نرم‌افزار R به منظور ریخت‌سنجی هندسی استفاده شد (Shabanloo *et al.*, 2021). داده‌های حاصل با استفاده از آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) و ایجاد شکل اجماع از ماهیان، مورد تحلیل قرار گرفتند (Rahmani *et al.*, 2017).

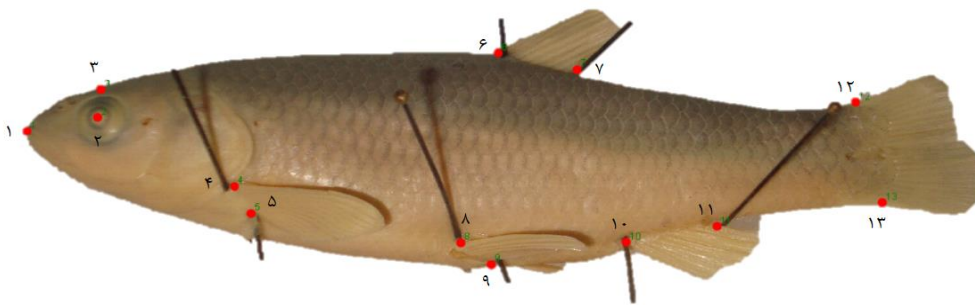
نمونه‌برداری به صورت روزانه و با استفاده از دستگاه الکتروشوکر ۷۲ SAMUS در فصل پاییز از بالادست رودخانه به سمت پایین دست انجام شد و تعداد ۱۰۳ نمونه‌ی سفید ماهی نمک نمونه‌برداری گردید. طول هر ایستگاه نمونه‌گیری در حدود ۳۰ تا ۳۵ متر بود و به منظور جلوگیری از سوگیری ناشی از الکتروشوکر در صید ماهیان با اندازه مختلف در کلیه ایستگاه‌ها، نمونه‌گیری در زیستگاه‌های مختلف موجود در رودخانه، در سه مسیر مختلف در خلاف جهت جریان انجام شد. همچنین به منظور جلوگیری از فرار ماهیان، در کلیه ایستگاه‌ها از تورهای پشتیبان در بالادست و پایین دست استفاده گردید (Eagderi *et al.*, 2024).

نمونه‌های صید شده با استفاده از کلیدهای جدید و معتبر مورد شناسایی قرار گرفتند (Eagderi *et al.*, 2022, Esmaeili *et al.*, 2018) و تعداد آنها ثبت شد و پس از شمارش، وزن‌کشی و عکس‌برداری از آنها و اطمینان از شنای فعال در همان محل صید رهاسازی شدند و تنها ۲ نمونه به آزمایشگاه سیستماتیک و تکوین دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شد (شکل ۱). با توجه به اینکه نمونه‌های ایستگاه چهارم اندک بودند (۴ نمونه ماهی) و از نظر آماری این تعداد نمونه بسیار کم قابل استناد نیست، نمونه‌های ایستگاه‌های ۱ جاجرود (۱۸ نمونه) و ۲ جاجرود (۴ نمونه) با توجه به فاصله جغرافیایی کمی که داشتند با یکدیگر ادغام شدند.

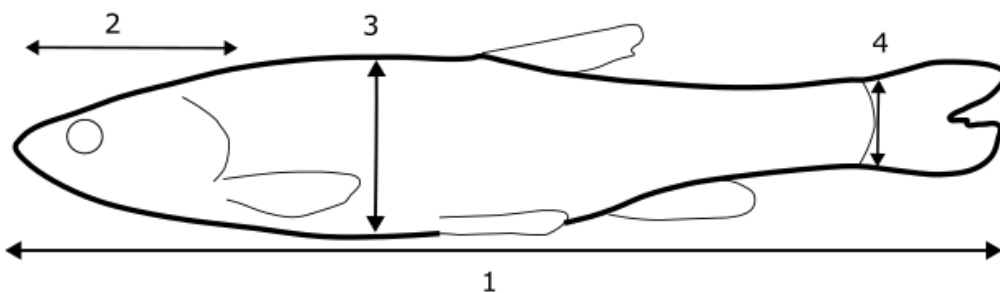
به منظور مطالعات ریخت‌سنجی از سطح سمت چپ نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال کداک ۶ مگاپیکسل عکس‌برداری شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار TpsDig۲ بر روی تصاویر دویعدی تعداد ۱۳ لندمارک تعریف (شکل ۲)



شکل ۱. تصویری از ماهی سفید رودخانه‌ای نمک (*Squalius namak*) (شعاع بالکان: سفید ماهیان) از رودخانه جاجرود



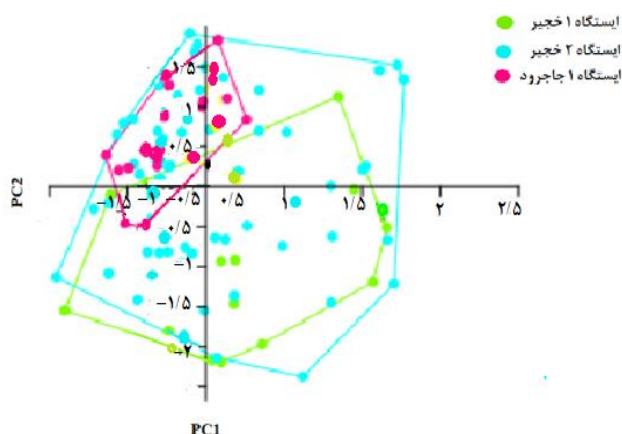
شکل ۲. لندمارک‌های قرار داده شده بر روی تصاویر ماهی. ۱. ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا، ۲. نقطه وسط چشم، ۳. امتداد خطی عمود از لندمارک شماره ۲ به سمت بالای بدن، ۴. ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای، ۵. انتهایی‌ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای، ۶. ابتدای قاعده باله پستی، ۷. انتهای قاعده باله پستی، ۸. ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله شکمی، ۹. انتهایی‌ترین نقطه قاعده باله شکمی، ۱۰. ابتدای قاعده باله مخرجی، ۱۱. انتهای قاعده باله مخرجی، ۱۲. انتهای ساقه دم در قسمت بالایی، ۱۳. انتهای ساقه دم در قسمت پایینی.



شکل ۳. فواصل اندازه‌گیری شده به وسیله نرم‌افزار ImageJ در ماهیان مورد مطالعه. (۱) طول کل، (۲) طول سر، (۳) ارتفاع بدن و (۴) ارتفاع ساقه‌ی دم

نتایج

ترسیم پراکنش نقطه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه ماهی *Squalius namak* براساس فاکتورهای اول و دوم بدست آمده صفات ریخت‌سنجی هندسی به کمک آزمون PCA نشان داد ویژگی‌های ریخت‌سنجی ماهیان هر ۳ ایستگاه به یکدیگر نزدیک بوده در نتیجه نمونه‌های مورد بررسی همپوشانی بالایی با یکدیگر داشتند، هرچند جمعیت‌های یک خجیر و یک جاجرود کمترین همپوشانی را با یکدیگر نشان دادند (شکل ۴). مطابق شکل، مؤلفه‌های ۱ و ۲ جمعیت‌های مورد مطالعه با هم همپوشانی دارند و جمعیت ۲ خجیر بیشترین تنوع ریختی را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) صفات ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های ماهی *squalis namak* در سه ایستگاه نمونه‌برداری از رودخانه جاجرود

در بررسی تغییرات الگوی شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه به صورت تفکیک شده برای هر جمعیت (شکل ۵)، با حرکت در جهت مثبت محور PC1 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به افزایش اندازه سر (موقعیت لندمارک‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۱۱) و کاهش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۵، ۶، ۹ و ۱۰) و نیز کاهش طول ساقه دم (لندمارک‌های ۷ و ۸) دارند.

نمودار فراوانی داده‌های طولی با استفاده از فرمول استورگس^۱ $m=1+3.322 \log(40)=6.322$ و بسته نرم‌افزاری stats در برنامه R در ۷ طبقه با طول دسته ۲ سانتی‌متر ترسیم شد که در آن m تعداد طبقات n تعداد کل داده‌ها L طول طبقه و Range حدود تغییرات است.

رابطه بین طول کل و وزن کل از فرمول تجربی پائولی (رابطه ۱) $W=aL^b$ (Pauly, 1983) به دست آمد که در این رابطه W: وزن بدن ماهی بر حسب گرم، L: طول کل بدن ماهی بر حسب سانتی‌متر، a: ضریب ثابت که وابسته به فرم بدن است و b: شیب خط رگرسیونی است و مقدار آن نوع رشد بدن ماهی را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن نمای b و مقدار ثابت a از فرم لگاریتمی رابطه طول-وزن (رابطه ۲) استفاده شد.

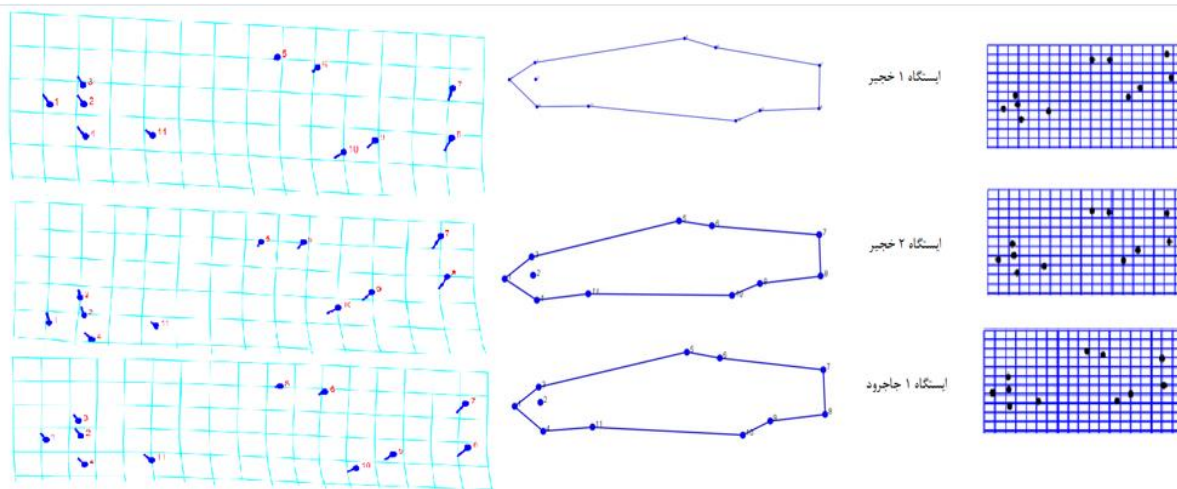
$$\ln W = \ln(a) + b \ln(L) \quad (\text{رابطه ۲})$$

در رابطه فوق، $\ln(W)$: لگاریتم طبیعی وزن، $\ln(L)$: لگاریتم طبیعی طول، $\ln(a)$: ضریب شکست منحنی و b شیب خط منحنی است (Eagderi et al., 2020).

برای تعیین الگوی رشد از آزمون t یک نمونه‌ای استفاده شد (Pauly, 1983). در رابطه با ضریب b اگر عدد به دست آمده برای b با عدد ۳ اختلاف معنی‌داری نداشته باشد، ماهی دارای رشد ایزومتریک (همگون) و در صورتی که اختلاف معنی‌داری داشته باشد، ماهی دارای رشد آلومتریک (ناهمگون) است. همچنین از ضریب تعیین پیرسون (R^2) برای تشخیص کیفیت رگرسیون خطی استفاده شد. فاکتور وضعیت (شاخص چاقی) هم با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Kor et al., 2018).

$$K = (W / TL^3) \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

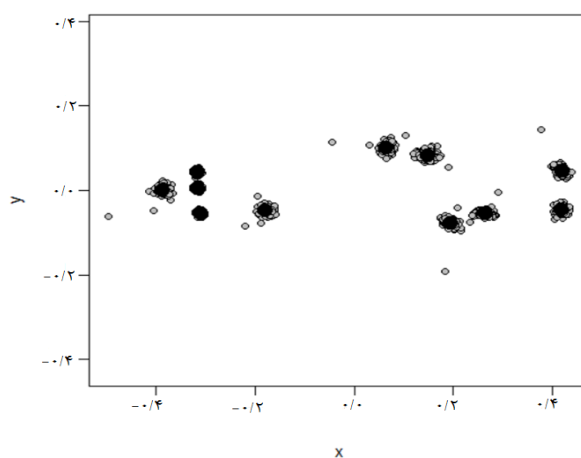
در معادله ۳، K فاکتور وضعیت، W وزن کل به گرم، TL طول کل به سانتی‌متر و b شیب خط رگرسیونی طول کل-وزن کل می‌باشد.



شکل ۵. تغییرات مربوط به مولفه‌های اصلی (PC) سه جمعیت مورد مطالعه در ریخت‌سنجی هندسی ماهی *squalis namak* در رودخانه جاجرود

به صورت جابه‌جایی قدامی- تحتانی جایگاه نوک پوزه (جابه‌جایی لندمارک شماره یک)، تا حدودی افزایش طول قاعده‌ی باله‌ی پشتی (جابه‌جایی لندمارک‌های شماره شش و هفت)، افزایش طول ساقه‌ی دمی (جابه‌جایی لندمارک‌های ساقه‌ی دمی) و تا حدودی افزایش طول قاعده‌ی باله‌ی مخرجی (جابه‌جایی لندمارک‌های ۱۰ و ۱۱) است که حاکی از وجود الگوی تنوع ریختی از نظر لندمارک‌های مذکور در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه است (شکل ۶).

براساس الگوهای جابه‌جایی لندمارک‌ها برای تمام ماهیان هر سه ایستگاه (شکل ۶)، بیشترین تفاوت مربوط به جایگاه لندمارک‌های مستقر در نیمه‌ی خلفی بدن است، هرچند نوک پوزه نیز تغییرپذیری بالایی نشان داد. لندمارک‌های شماره یک (ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا)، شش (ابتدای قاعده باله پشتی)، هفت (انتهای قاعده باله پشتی)، ده، (ابتدای قاعده باله مخرجی)، ۱۱ (انتهای قاعده باله مخرجی)، ۱۲ (انتهای ساقه دمی در قسمت بالایی)، ۱۳ (انتهای ساقه دمی قسمت پایینی) بیشترین تغییرات را داشته‌اند که تغییرات این بخش‌ها گویای تغییرات شکل بدن



شکل ۶. شکل اجماع لندمارک‌ها و تغییرات شکلی آنها بعد از آنالیز پروکراست (GPA) در بسته geomorph در R

براساس نتایج به دست آمده از صفات اندازه‌شنی ماهیان هر سه ایستگاه، به ترتیب میانگین طول کل ۱۲/۹۵ (سانتی‌متر)، میانگین وزن ۲/۹۰ (گرم) و بیشینه طول بدن ۳۷/۶۷، کمینه طول بدن ۷/۸۲ و بیشترین وزن ۴۴/۹۴ و کمترین وزن ۰/۴۸ بود. میانگین فاکتور وضعیت در کل جمعیت‌ها ۰/۰۹۲ و بیشینه آن ۰/۱۹ بود (جدول ۲).

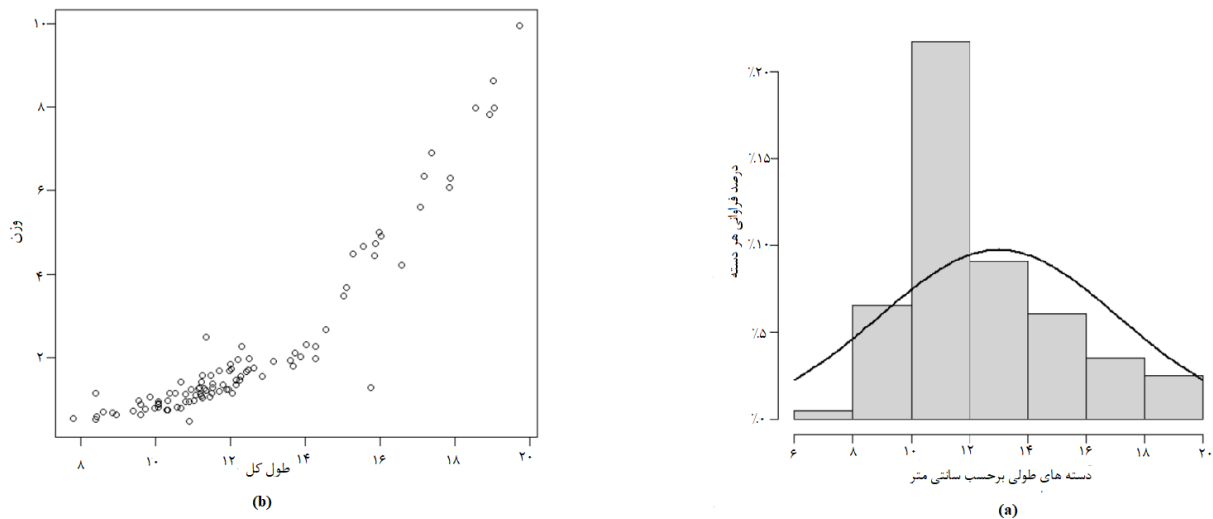
جدول ۲. آماره‌های توصیفی برخی از صفات اندازه‌شنی جمعیت‌های مورد مطالعه ماهیان سفید رودخانه‌ای نمک (*Squalius namak*) در رودخانه جاجرود

جمعیت	آماره‌های توصیفی	طول کل (cm)	طول سر	ارتفاع بدن	ارتفاع ساقه دمی	وزن (گرم)	فاکتور وضعیت
۱ خجیر	بیشینه	۱۹/۷۳	۴/۵۲	۴/۵۲	۲/۱۱	۹/۹۵	۰/۱۶
	کمینه	۸/۴۱	۱/۸۸	۱/۵۸	۰/۷۶	۰/۵۲	۰/۰۸
	میانگین	۱۲/۸۵	۲/۷۸	۲/۷۲	۱/۲۹	۳/۱۵	۰/۱۱
	واریانس	۱۳۳/۲۶	۶/۰۵	۷/۹	۱/۷۸	۹/۱۱	۰/۰۰۰۳
	انحراف معیار	۳/۶۵	۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۴۲	۳/۰۱	۰/۰۱۹
۲ خجیر	بیشینه	۱۵/۷۵	۳/۳۴	۳/۵۱	۱/۵۸	۳/۶۷	۰/۱۹
	کمینه	۷/۸۱	۱/۶۴	۱/۴۸	۰/۵۷	۰/۴۸	۰/۰۳۲
	میانگین	۱۱/۴۱	۲/۴۷	۲/۲۱	۱/۰۴	۱/۲۶	۰/۰۸
	واریانس	۲۷/۰۵	۱/۵۰	۱/۵۱	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۰۰۰۳
	انحراف معیار	۱/۶۴	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۱۹	۰/۵۴	۰/۰۱۹
۱ جاجرود	بیشینه	۳۷/۶۶	۹/۳۳	۷/۹۵	۴/۱۴	۴۴/۹۴	۰/۱۳
	کمینه	۱۰	۲/۲۷	۲/۰۷	۰/۹	۱/۰۹	۰/۰۵
	میانگین	۱۷/۶۴	۴/۰۵	۳/۸۵	۱/۷۵	۷/۶۸	۰/۱۰
	واریانس	۴۲۵	۴۲/۳۶	۲۲/۳۹	۵/۸۶	۹۸/۶۴	۰/۰۰۰۲
	انحراف معیار	۶/۷۲	۲/۰۵	۱۴/۹۶	۰/۷۶	۹/۹۳	۰/۰۱۶
میانگین کل	بیشینه	۳۷/۶۷	۹/۳۳	۷/۹۵	۶/۱۱	۴۴/۹۴	۰/۱۹
	کمینه	۷/۸۲	۱/۶۵	۱/۴۸	۱/۱۳	۰/۴۸	۰/۰۳۲
	میانگین	۱۲/۹۵	۲/۸۵	۲/۶۴	۲	۲/۹۰	۰/۰۹۲
	واریانس	۱۸/۹۵	۱۴/۴۰	۱۰/۹۰	۵/۳۱	۲۸/۱۲	۰/۰۰۰۵
	انحراف معیار	۴/۳۵	۱/۲۰	۱/۰۴	۰/۷۲	۵/۳۲	۰/۰۲۳

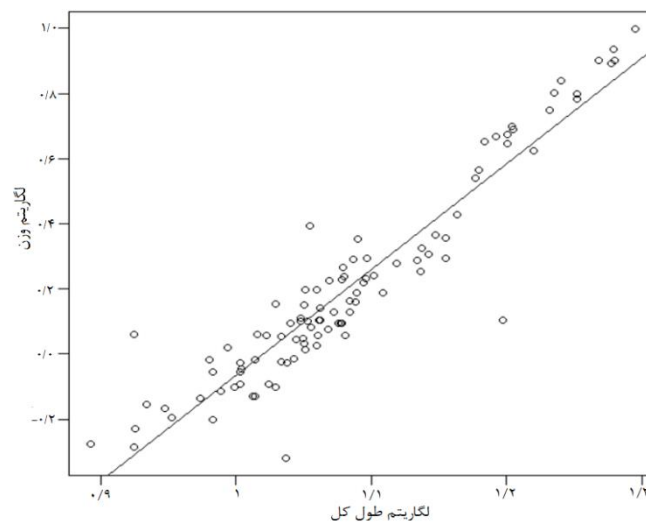
مستقل (طول کل) بود و یک رابطه‌نمایی دیده شد (شکل ۷ ب).

رابطه طول کل - وزن برای کل ماهیان به صورت $W=00048 L^{3.24}$ با ضریب همبستگی $R^2=0/88$ به دست آمد (شکل ۸ و جدول ۳).

هیستوگرام دسته‌بندی طول کل در نمونه‌ها نشان داد که بیشترین فراوانی طولی در ماهیان با طول کل ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر بود (بیش از ۲۰ درصد از کل نمونه‌ها) (شکل ۷ الف) و نمودار پراکنش نقطه‌ای طول - وزن ماهیان حاکی از همبستگی قوی بین متغیرهای وابسته (وزن) و متغیرهای



شکل ۷. (الف) مقایسه درصد فراوانی طول کل ماهیان بر اساس فرمول استورگس. (ب) نمودار ابرپراکنش بین داده های طول کل و وزن در ماهیان سفید رودخانه ای نمک (*Squalius namak*) نمونه برداری شده از رودخانه جاجرود



شکل ۸. ارتباط رگرسیونی بین لگاریتم (طبیعی) طول کل و لگاریتم (طبیعی) وزن برای تمام ماهیان سفید نمک (*Squalius namak*) نمونه برداری شده از رودخانه جاجرود

وزن برای هر ایستگاه بررسی شد تا تفاوت های مکانی هم مشخص گردد، با این وجود تفکیک جمعیت های هر ایستگاه نشان داد الگوی رشد تنها در جمعیت ۲ خجیر آلودمتریک منفی بود.

نتایج حاصل از آزمون t نشان داد که بین مقدار b به دست آمده برای کل جمعیت (۳/۲۴)، با مقدار $b = 3$ اختلاف معنی داری وجود دارد ($t\text{-test} = 2.04$, $p < 0.05$) و مقدار آن از عدد ۳ بیشتر است، بر همین اساس الگوی رشد برای کل جمعیت، آلودمتریک مثبت بود. همچنین رابطه طول-

جدول ۳. مقادیر a و b به همراه نتایج آماری (رگرسیون خطی) رابطه لگاریتمی طول- وزن تمام ماهیان سفید نمک (*Squalius namak*) نمونه برداری شده از رودخانه جاجرود

جمعیت	a	b	R ²	رشد
۱ خجیر	۰/۰۰۰۵۳۱	۳/۲۹	۰/۹۷	آلومتریکی (مثبت)
۲ خجیر	۰/۰۰۰۴۲	۲/۳۱	۰/۷۱	آلومتریکی (منفی)
۱ جاجرود	۰/۰۰۰۳۱	۳/۴۵	۰/۹۷	آلومتریکی (مثبت)
کل جمعیت	۰/۰۰۰۴۸۴	۳/۲۴	۰/۸۸	آلومتریکی (مثبت)

بحث

باتوجه به نتایج این مطالعه، براساس الگوهای جابه جایی لندمارک ها گونه *Squalius namak* دارای بدن باریک، ساقه دمی باریک و سر بزرگ است و بیشترین جابه جایی لندمارک ها مربوط به باله های سینه ای، پشتی، شکمی و پوزه ماهیان بود. مطالعه Saleh و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که بسیاری از تفاوت های ریختی در جمعیت های ماهی *S. namak* مربوط به سر، موقعیت دهان، عمق بدن، موقعیت باله مخرجی و عرض باله دمی است (Saleh et al., 2017) که این نتایج با یافته های مطالعه حاضر در انطباق است. هرچند در مطالعه پیش رو، عرض باله دمی به علت سایدگی های که در ناحیه باله دمی وجود داشتند بررسی نشد اما عرض ساقه دمی و باله مخرجی تغییرپذیری بالایی نشان دادند. در مورد سایدگی و فرسایش باله دمی علل متعددی مطرح شده است از جمله سایش با سطوح ناهموار، آسیب باله در اثر برخورد های تهاجمی بین ماهیان، کمبود های تغذیه ای و عفونت باکتریایی (Latremouille, 2003). مطالعه کیوانی و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که طول پیش باله سینه ای و طول پیش باله مخرجی بیشترین نقش را در تفکیک جمعیت های مختلف ماهی سفید نمک در رودخانه های حوضه نمک داشتند که این یافته ها در رابطه با تغییرپذیری بالای طول پیش باله سینه ای با نتایج مطالعه حاضر در انطباق است. همچنین در مطالعه آنها در میان صفات اندازشی، پوزه دارای تغییرپذیری بالایی در میان ماهیان جنس *Squalius* بود که در مطالعه حاضر نیز چنین نتیجه ای حاصل شد (Keivany et al., 2018).

ماهیانی با ریختی کشیده تر توانایی بیشتری برای غلبه بر جریان های سریع تر آب (مانند رودخانه جاجرود) دارند (Eagderi & Kamal, 2013). در مطالعه رادخواه و همکاران (۲۰۲۴) عنوان شد در نواحی از رودخانه که جریان سریع تر است، فراوانی حضور این گونه نیز بیشتر می باشد (Radkhah et al., 2024). در واقع بدن باریک در رودخانه هایی که جریان زیاد دارند به منظور کاهش اصطکاک ناشی از جریان آب می باشد. عمق بدن علاوه بر واکنش رفتاری، بیشتر تحت تأثیر میزان ذخیره انرژی است. ممکن است باریک شدن بدن این ماهیان به دلیل میزان غذای کم موجود در زیستگاه باشد، زیرا زمانی که غذای مصرفی زیاد باشد، شکل بدن ماهی پهن تر می شود (Bakhtiar et al., 2022). تغییرات در موقعیت سر و دهان نیز بیشتر منعکس کننده راهبردهای تغذیه ای (نوع تغذیه و جست و جوی غذا) می باشد (Mouludi saleh et al., 2021). گونه هایی که در رودخانه های کم عمق (مانند جاجرود) زیست می کنند دهان رو به بالا برای تغذیه از سطح و گونه هایی که در رودخانه های عمیق زیست می کنند دارای دهان رو به پایین برای تغذیه از موجودات بنتیک هستند (Dostdar et al., 2018). بر اساس مطالعه Radkhah و همکاران (۲۰۲۴) مطلوبترین زیستگاه برای ماهی سفید رودخانه ای در رودخانه قره چای، نواحی از رودخانه با عمق ۳۰ تا ۳۵ سانتی متر تعیین گردید (Radkhah et al., 2024).

همچنین تغییر در موقعیت لندمارک های دهان و سرپوش آبششی را می توان به تغییرات اکسیژن محلول در رودخانه نسبت داد. زیرا در شرایط کاهش اکسیژن محلول آب،

سرعت در زیستگاه‌هایی با شرایط متفاوت، جمعیت‌هایی را با الگوهای شکی مختلف ایجاد کنند (Keivany *et al.*, 2018).

در مطالعه حاضر مقدار b معادله رگرسیونی رابطه طول کل - وزن برای کل ماهیان نمونه‌برداری شده از رودخانه جاجرود (۳/۲۴) بیشتر از مقدار به دست آمده برای جمعیت‌های گونه *S. namak* در رودخانه مزلقان‌چای (۳/۰۹) بود (Eagderi *et al.*, 2020). میزان ضریب رگرسیون b به طور معمول در ماهیان بین عدد دو و چهار است (Keivany & Ghorbani-Ranjbari, 2020). در رابطه طول-وزن، مقادیر b و a نه تنها در گونه‌های متفاوت، بلکه در گونه‌های یکسان نیز با یکدیگر تفاوت دارند. به طوریکه در همین مطالعه، حتی بین جمعیت‌های مختلف مورد بررسی نیز مقادیر b و a متفاوت بود هرچند در همه جمعیت‌ها رشد آلومتریک دیده شد. علت اختلاف مقادیر b و a را می‌توان به نوسانات فصلی، تغییرات پارامترهای زیست‌محیطی مثل درجه حرارت و شوری، شرایط فیزیولوژیکی ماهیان در زمان جمع‌آوری نمونه، جنسیت، شرایط تغذیه‌ای، نوع رفتار غذایی، نوع زیستگاه و مراحل باروری ماهی نسبت داد (Mazareiy *et al.*, 2019) که این موارد در مطالعه حاضر بررسی نشدند. در بررسی الگوی رشد ماهی سفید رودخانه‌ای نمک مشخص شد که طول کل و وزن دارای همبستگی مثبت هستند ($R^2 > 0.5$) و رابطه نمایی بین طول کل و وزن کاملاً مشهود بود.

در این پژوهش میزان شاخص وضعیت (CF) ماهی *S. namak* در دامنه ۰/۰۳۲ تا ۰/۱۹ محاسبه شد که بسیار پایین‌تر از مقدار آن در اغلب مطالعات مربوط به ماهیان رودخانه‌ای است و نشان از شرایط زیستی بین بسیار بد تا بد برای این ماهی در رودخانه جاجرود است. میزان $CF > 1$ نشان دهنده تغذیه خوب ماهی است. بر این اساس، بررسی حاضر نشان داد که این ماهی از ضریب رشد چندان خوبی برخوردار نیست. به طور کلی تغییرات شاخص چاقی (CF) در ماهیان تابع شرایط اکولوژیکی، محیطی و تغذیه‌ای جمعیت است (Mazareiy *et al.*, 2019). با توجه به اینکه

میزان اکسیژن‌خواهی ماهی بیشتر شده و بنابراین ماهی برای جبران این مشکل، می‌تواند سازگاری‌های ریختی مانند تغییر در سرپوش آبخشی به سمت بزرگتر شدن و موقعیت دهان به سمت بالا را برگزیند تا بتواند اکسیژن مورد نیاز خود را تأمین کند (Dostdar *et al.*, 2018). در سال‌های اخیر افزایش صنایع فعال در منطقه جاجرود و دفع غیرسیستماتیک پساب‌های صنعتی و شیمیایی، آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه را آلوده کرده است (Hosseiniabadi *et al.*, 2022). هنگامی که فاضلاب حامل مقادیر زیادی از آلاینده‌های مصرف‌کننده اکسیژن به رودخانه‌های شهری (مانند رودخانه جاجرود) تخلیه می‌شود، اکسیژن محلول پیکره آبی تقریباً به صفر می‌رسد، در نتیجه گیاهان و جانوران حساس، ضعیف می‌شوند و از بین می‌روند (Liu *et al.*, 2016).

میانگین طول کل برای ماهیان سفید رودخانه‌ای نمک (*S. namak*) مورد مطالعه در این رودخانه (۱۲۹/۵۲ میلی‌متر) بالاتر از میانگین گزارش شده برای جمعیت‌های این گونه در رودخانه‌های قره‌چای (۱۰۰ میلی‌متر)، خزنق (۴۷/۶۹ میلی‌متر) غیرچه (۵۵/۱۷ میلی‌متر) و قم‌رود (۴۱/۱۹ میلی‌متر) بود (Keivany *et al.*, 2018). همچنین میانگین ارتفاع بدن ماهیان مورد مطالعه در این رودخانه بالاتر از متوسط ارتفاع بدن جمعیت‌های این گونه در رودخانه‌های دیگر حوضه آبریز نمک بود. حداقل و حداکثر وزن ماهیان بررسی شده در مطالعه حاضر (۰/۴۸ و ۴۴/۹۴ گرم) بود، درحالی‌که ایگدری و همکاران (۲۰۲۰) حداقل و حداکثر وزن برای اعضای این گونه در رودخانه مزلقان‌چای را به ترتیب ۶/۳۸ و ۶۶/۵۶ (گرم) گزارش کردند (Eagderi *et al.*, 2020). مقایسه دامنه تغییرات مشاهده شده در بین جمعیت‌های مختلف این گونه در رودخانه‌های مختلف نشان می‌دهد که شرایط زیستگاهی حاکم بر هر یک از جمعیت‌ها، نسبت به فاکتورهای توارثی نقش مهم‌تری در نحوه رشد دارند (Alavi *et al.*, 2013). به عبارتی دیگر، ماهیان قادرند در مدت زمان اندکی نسبت به شرایط محیطی که در آن زیست می‌نمایند عکس‌العمل نشان داده و به

یکسان رشد نمی‌کند (آلومتریک)، که می‌توان مهمترین علل آن را شرایط نامناسب زیستگاهی، کوچک بودن پهنای آشیان اکولوژیک (Shabanloo *et al.*, 2022) و کمبود منابع غذایی دانست. این مطالعه یافته‌های بیشتری را به مطالعات قبلی در مورد ماهی سفید نمک (*S. namak*) اضافه نمود که می‌تواند برای مقایسه با مطالعات مشابه در مورد گونه *S. namak* در حوضه آبریز نمک مفید باشد و در عین حال از این یافته‌ها به عنوان بستری برای مطالعات آتی جهت حفاظت از این گونه بومزاد استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه تهران انجام شده است و نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از جناب آقای دکتر هادی پورباقر بابت راهنمایی‌های ارزشمندشان اعلام می‌دارند.

منابع

Ahirwal, S. K., Singh, J., Sarma, K., Kumar, T., Bharti, V., & Kumar, A. (2023). Morphometric Characteristics, Length-Weight Relationships, and Condition Factors of Five Indigenous Fish Species from the River Ganga in Bihar, India. *Journal of Applied Ichthyology*, 2023(1), 1329222.

Ahmadzadeh, M., Poorbagher, H., & Eagderi, S. (2019). Calculating the habitat suitability index of Siahmahi (*Capoeta buhsei*, Kessler 1877) using the kernel smoothing in the Jajrood River, Namak basin of Iran. *Aquaculture Sciences*, 6(2), 99-108.

Alavi, Y. M., Seifabadi, S., Keivany, Y., & Kazemi, B. (2013). Comparison of length-weight relationships in different populations and sexes of two iranian thoothcarps, *aphanius sophiae* and *aphanius. Vladykovi*. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 26 (2), 181-185.

Ankita, M., & Khanb, S. (2022). Relationships between length-weight, length-length, and fish length to otolith morphometry in *Rita rita* (Hamilton, 1822). *Zoology and Ecology*, 32(1), 49-55.

Bakhtiar, R., Miraei Ashtiani, R., Nejati-Javaremi, A., Moradi, M. H., & Martínez, P. (2022). Phenotypic plasticity of the body shape in wild and farmed common carp (*Cyprinus carpio*) using geometric morphometric method. *Journal of Aquatic Ecology*, 12(3), 48-59.

در مطالعات پیشین عنوان شده است فاکتورهای فیزیکوشیمیایی رودخانه جاجرود نقش زیادی در رقابت برای آشیان اکولوژیک و زیستگاه مطلوب این گونه را ندارند (Shabanloo *et al.*, 2022) بنابراین استنباط می‌شود که کمبود منابع غذایی، احتمالاً عامل اصلی پایین تر بودن وزن ماهیان رودخانه جاجرود تهران نسبت به رودخانه‌ی مزلفان چای استان مرکزی باشد. شاخص وضعیت یا ضریب چاقی برای مقایسه کیفیت ماهیان از نظر وضعیت چاقی یا تناسب ماهی و در کل تعیین وضعیت سلامت جمعیت کاربرد دارد. ماهیانی که شاخص وضعیت یا ضریب چاقی در آنها بالاست نسبت به طولشان ماهیان سنگینی هستند و بالعکس ماهیانی که شاخص وضعیت یا ضریب چاقی در آنها پایین است، نسبت به طولشان ماهیان سبکی هستند. به طور کلی عوامل مؤثر بر تغییرات شاخص وضعیت، شرایط و عوامل زیست محیطی و نوسان‌های آن، شرایط فیزیولوژی ماهی در زمان جمع‌آوری نمونه، سن و جنسیت، پر بودن معده، مرحله رسیدگی تولید مثلی ماهی و شرایط تغذیه‌ای ماهی می‌باشند (Kamali *et al.*, 2015).

رابطه طول- وزن برای درک نرخ رشد و الگوی رشد ماهیان بسیار مهم است (Ahirwal *et al.*, 2023) و برای به دست آوردن اطلاعات در مورد شرایط ماهی جهت برآورد اینکه آیا رشد توده بدنی ایزومتریک است یا آلومتریک، استفاده می‌شود (Das *et al.*, 2023). در واقع رابطه حقیقی بین طول و وزن ماهیان با توجه به خصوصیات وراثتی آنها از گونه‌ای به گونه‌ای دیگر متفاوت است. با این حال، در یک گونه، این رابطه ممکن است بسته به شرایط یک ماهی نیز متفاوت باشد (Borah *et al.*, 2017). به طور کلی رابطه طول - وزن در جمعیت گونه‌های مختلف، اغلب می‌تواند نشانه استراتژی‌های مصرف انرژی به وسیله ماهی باشد و تنوع مقدار b در مناطق مختلف پراکنش گونه‌های یک ماهی به عنوان تنوع درون جمعیتی تفسیر می‌شود (Mazareiy *et al.*, 2019). با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، گونه مورد مطالعه از الگوی رشد مناسبی برخوردار نبوده و به عبارتی این ماهی در تمام ابعاد بدن به صورت

- Jawad, L. A., Abed, J. M., Ibáñez, A. L., & Al-Faisal, A. (2022). Morphometric and meristic characters of cultured and wild carp, *Cyprinus carpio* L., populations (southern Iraq). *Fisheries & Aquatic Life*, 30(2), 95-103.
- Joodaki, S., Taghian, A., & Yamani, M. (2022). Factors Affecting Late Quaternary River Terrace Sequences in Jajrood River. *Physical Geography Research*, 54(3), 313-330.
- Kamali, E., Dehghani, R., & Hosseini, S. A. (2015). Weight relationship and obesity factor (K) of *Carangoides chrysophrys* in Hormozgan province (Persian). *Journal of Aquatic Animals and Fisheries*, 6 (23), 65-73.
- Keivany, Y., & Ghorbani-Ranjbari, Z. (2020). Estimation of growth and mortality parameters and length-weight relationship of *Barilius mesopotamicus* Berg, 1932 populations in Iran. *Fisheries Science and Technology*, 9(3), 193-200.
- Keivany, Y., Mouludi Saleh, A., & Jalali, S. A. H. (2018). Biometry of Chub (*Squalius namak* Khaefi et al., 2016) in rivers of Namak Basin. *Experimental animal Biology*, 7(1), 107-118.
- Kelley, J. L., Davies, P. M., Collin, S. P., & Grierson, P. F. (2017). Morphological plasticity in a native freshwater fish from semiarid Australia in response to variable water flows. *Ecology and Evolution*, 7(16), 6595-6605.
- Khaefi, R., Esmacili, H. R., Sayyadzadeh, G., Geiger, M. F., & Freyhof, J. (2016). *Squalius namak*, a new chub from Lake Namak basin in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 4169(1), 145-159.
- Kor, A., Patimar, R., Harsij, m., & Bahalkeh, A. (2018). Length-weight relationship and condition factor of *Capoeta razii* in Zav River, Golestan National Park. *Shil*, 6 (1), 48-54.
- Latremouille, D. N. (2003). Fin erosion in aquaculture and natural environments. *Reviews in Fisheries Science*, 11(4), 315-335.
- Liu, B., Wang, W. L., Han, R. M., Sheng, M., Ye, L. L., Du, X., ... & Wang, G. X. (2016). Dynamics of dissolved oxygen and the affecting factors in sediment of polluted urban rivers under aeration treatment. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227, 1-13.
- Luo, D. (2024). Quantitative Analysis of Fish Morphology Through Landmark and Outline-based Geometric Morphometrics with Free Software. *Bio-protocol*, 14(20), e5087.
- Martinez-Leiva, L., Landeira, J. M., Fatira, E., Díaz-Pérez, J., Hernández-León, S., Roo, J., & Borah, S., Bhattacharjya, B. K., Saud, B. J., Yadav, A. K., Debnath, D., Yengkokpam, S., ... & Sarma, K. K. (2017). Length-weight relationship of six indigenous fish species from Deepor beel, a Ramsar site in Assam, India. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(3), 655-657.
- Das, M., Mandal, S., Bhanja, A., & Manda, B. (2023). Morphomeristic characteristics, length-weight relationship, and condition factors of one stripe spiny eel, *Macragnathus aral* (Bloch and JG Schneider, 1801). *Res J Agric Sci*, 14 (1), 131-138.
- Dostdar, M., Seifali, M., Keymaram, F., Jamili, S., & Bani, A. (2018). Stock identification (*Acanthopagrus arabicus*) in Persian Gulf and Oman Sea by using geometric morphometric. 10 (3), 11-20.
- Eagderi, S., & Kamal, S. (2013). Application of geometric morphometrics approach in phenotypic plasticity investigations of fishes: A case study of killifish *Aphanius sophiae* (Heckel, 1847) body shape comparison in Cheshme-Ali (Damghan) and Shour River (Eshtehard). *Journal of applied ichthyological research*, 1(2), 47-52.
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., & Cicek, E. (2020). Length-weight relationship of ten species of Leuciscinae sub-family (*Cyprinidae*) from Iranian inland waters. *International Aquatic Research*, 12(2), 133-136.
- Eagderi, S., Mouludi-saleh, A., Esmaceli, H. R., Sayyadzadeh, G., & NASRI, M. (2022). Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. *Turkish Journal of Zoology*, 46(6), 500-522.
- Eagderi, S., Zamani-Faradonbeh, M., Mouludi-Saleh, A., & Poorbagher, H. (2024). Comparison of habitat suitability of Namak scraper, *Capoeta buhsei* Kessler, 1877 in autumn and winter seasons in the Jajroud River, Namak Lake basin. *Environmental Researches*, 14(28), 41-54.
- Esmaceli, H. R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., & Abbasi, K. (2018). Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa*, 3(3), 1-95.
- Hetzel, C., & Forsythe, P. (2023). Phenotypic plasticity of a generalist fish species resident to lotic environments: Insights from the Great Lakes region. *Ecology and Evolution*, 13(11), e10715.
- Hosseiniabadi, F., Hashemi, S. H., Abdoli, A., & Mehrjo, F. (2022). Development of multimetric index based on benthic macroinvertebrate for water quality assessment of Jajrood River in Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 77-88.

- Radkhah, A., Eagderi, S., & Poorbagher, H. (2024). Study of habitat suitability of Namak chub (*Squalius namak*) in Qarachai River from Namak Lake basin. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 33(1), 53-69.
- Rahmani, H., Abdollahpour, z., & Jooladeh Roudbar, A. (2017). Evaluation of sexual dimorphism in *Ponticola cyrius* in Tajan River using geometric-morphometric and traditional morphometric methods. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 30(1), 68-78.
- Saleh, A. M., Keivany, Y., & Jalali, S. A. H. (2017). Geometric morphometric comparison of Namak Chub (*Squalius namak*, Khaefi et al., 2016) in rivers of lake Namak basin of Iran. *Res Zool*, 7(1), 1-6.
- Saylar, Ö. (2022). Length-Weight and Length-Length Relationships and Condition Factor of An Endemic Fish Species (*Capoeta tinca* (Heckel, 1843)) Inhabiting Bayat Pond (Ankara, Türkiye). *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 6(2), 132-137.
- Sayyadzadeh, G., & Esmaeili, H. R. (2024). Freshwater lamprey and fishes of Iran: Reappraisal and updated checklist with a note on Eagderi et al. (2022). *Zootaxa*, 5402(1), 1-99.
- Shabanloo, H., Poorbagher, H., & Eagderi, S. (2021). Effects of environmental parameters on morphological traits of *Squalius namak* in the Jajrood River. *Aquaculture Sciences*, 9(1), 172-181.
- Shabanloo, H., Poorbagher, H., & Eagderi, S. (2022). Effect of size on the relationship between habitat suitability index and niche overlap in Namak chub (*Squalius namak* Khaefi et al., 2016) in Jajrood River, Namak Lake basin. *Journal of Ecohydrology*, 9(4), 751-759.
- Shuai, F., Yu, S., Lek, S., & Li, X. (2018). Habitat effects on intra-species variation in functional morphology: Evidence from freshwater fish. *Ecology and Evolution*, 8(22), 10902-10913.
- Sidiq, M., Ahmed, I., & Bakhtiyar, Y. (2021). Length-weight relationship, morphometric characters, and meristic counts of the coldwater fish *Crossocheilus diplochilus* (Heckel) from Dal Lake. *Fisheries & Aquatic Life*, 29(1).
- Su, G., Logez, M., Xu, J., Tao, S., Villéger, S., & Brosse, S. (2021). Human impacts on global freshwater fish biodiversity. *Science*, 371(6531), 835-838.
- Tuset, V. M. (2023). Energetic implications of morphological changes between fish larval and juvenile stages using geometric morphometrics of body shape. *Animals*, 13(3), 370.
- Mazareiy, M. H., Sattari, M., & Imanpour Namin, J. I. N. (2019). Length-weight relationship and some biological parameters of *Alosa braschnikowi* (Borodin 1904) from coast of the Guilan Province. *Aquaculture Sciences*, 7(1), 9-18.
- Mehanna, S. F., & Farouk, A. E. (2021). Length-weight relationship of 60 fish species from the Eastern Mediterranean Sea, Egypt (GFCM-GSA 26). *Frontiers in Marine Science*, 8, 625422.
- Mehrabani, Z., & Eagderi, S. (2023). Morphological variation of longspine scraper (*Paracapoeta trutta*) in sub-basins of Sirwan using geometric morphometric method. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 36(2), 150-167.
- Mojekwu, T. O., & Anumudu, C. I. (2015). Advanced techniques for morphometric analysis in fish. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 6(8), 1-6.
- Mouludi-Saleh, A., & Keivany, Y. (2018). Morphological diversity in three species of Chubs (*Squalius* spp.) populations in Iranian Basins. *Nova Biologica Reperta*, 5(2), 192-204.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., Shojaei, D., & Nasri, M. (2021). Phenotypic adaptation patterns in *Abu Mullet*, *Planiliza abu* using traditional and geometric morphometric methods in rivers of the Persian Gulf basin. *Fisheries Science and Technology*, 10(2), 141-150.
- Park, P. J., Aguirre, W. E., Spikes, D. A., & Miyazaki, J. M. (2013). Landmark-based geometric morphometrics: what fish shapes can tell us about fish evolution. *Proceedings of the Association for Biology Laboratory Education*, 34, 361-371.
- Paul, M. G., Nath, P., & Dutta, A. (2022). Length-weight relationship, relative condition factor and fecundity of *Notopterus notopterus* (Pallas, 1769) from river Brahmaputra in Dhubri, Assam, India. *Journal of Fisheries*, 10(3), 103201-103201.
- Pauly, D. (1983). Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks (No. 234). Food & Agriculture Org.
- Pishkahpour, Z., Poorbagher, H., & Eagderi, S. (2019). Comparing efficiency of traditional and geometric morphometrics in distinguishing populations of *Alburnus doriae* in the central and western basins of Iran.

Elala and Gereb Tsedo streams, Tekeze Sub-Basin: Northern Ethiopia. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 27(8), 501-514.

Takács, P., Vitál, Z., Ferincz, Á., & Staszny, Á. (2016). Repeatability, reproducibility, separative power and subjectivity of different fish morphometric analysis methods. *PLoS One*, 11(6), e0157890.

Tesfay, S., Teferi, M., & Haileselasie, T. H. (2024). Diversity and abundance of the fish community in