University of Tehran

Journal of Fisheries

Home Page: https://jfisheries.ut.ac.ir

Online ISSN: 2423-7809

Habitat preference modeling of Brond-snout (*Chondrostoma regium*); Case study: Dinorab River

Seyed Mohammad Ahmadian[1] | Soheil Eagderi[2] ✉ | Hadi Poorbagher[3]

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: mohammadahmadian@ut.ac.ir
2. Corresponding author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: soheil.eagderi@ut.ac.ir
3. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: poorbagher@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 10 November 2024
Revised: 17 January 2025
Accepted: 22 February 2025
Published online: 25 March 2025

Keywords:
Ecology,
Karkheh basin,
Modeling,
Suitability index.

ABSTRACT

Habitat suitability index (HSI) modeling describes a wide range of management requirements or species habitat mapping. HSI models were used to investigate the habitat preference and habitat quality of the Brond-snout, *Chondrostoma regium*, in the Dinorab river, a sub-basin of the Karkheh. Sampling was done in the Dinorab river during the fall season, from the downstream to the upstream, in 5 stations in 2018, each with three replications and a total of 15 habitats. Eight environmental factors were measured, including river width, potamal width, depth, temperature, total dissolved solids, electrical conductivity, pH, and velocity. During the sampling period, 142 specimens were caught and released after restoring biological status in the Dinorab river. The results showed that the highest and lowest SI values for the habitat preference of *C. regium* in the Dinorab river were related to potamal width (0.809) and total dissolved solids (0.499), respectively. The total habitat desirability index (0.573) showed that the Dinorab river is a medium-desirability habitat for *C. regium*.

Cite this article: Ahmadian, S.M., Eagderi, S., Poorbagher, H. (2025). Habitat preference modeling of Brond-snout (*Chondrostoma regium*); Case study: Dinorab River. *Journal of Fisheries*, 78 (1), 43-54. DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2025.385193.1445

© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2025.385193.1445

دانشگاه تهران

شیلات، مجله منابع طبیعی ایران

سایت نشریه: https://jfisheries.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۷۸۰۹-۲۴۲۳

مدل‌سازی ترجیح زیستگاهی گونهٔ نازک‌ماهی جنوب (*Chondrostoma regium*)؛ مطالعهٔ موردی: رودخانهٔ دینورآب

سید محمد احمدیان[۱] | سهیل ایگدری[۲*] | هادی پورباقر[۳]

۱. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران. ایران. رایانامه: mohammadahmadian@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران. ایران. رایانامه: soheil.eagderi@ut.ac.ir

۳. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران. ایران. رایانامه: poorbagher@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۰۵

کلیدواژه:
مدل‌سازی،
اکولوژی،
حوضه کرخه،
شاخص مطلوبیت.

چکیده

مدل‌سازی شاخص مطلوبیت زیستگاه برای بیان طیف گسترده‌ای از نیازهای مدیریتی یا نقشه‌برداری زیستگاه یک گونه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل‌های شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای بررسی ترجیح زیستگاهی و کیفیت زیستگاه گونهٔ نازک ماهی جنوب (*Chondrostoma regium*) در رودخانهٔ دینورآب، زیر حوضهٔ کرخه استفاده شد. نمونه‌برداری در رودخانهٔ دینورآب در فصل پاییز سال ۱۳۹۸ از قسمت پایین‌دست به‌سمت بالادست در ۵ ایستگاه هر کدام با سه تکرار مجزا و در مجموع ۱۵ زیستگاه انجام شد. تعداد هشت عامل محیطی شامل عرض رودخانه، عرض ناحیهٔ پتامال، عمق محل نمونه‌برداری، دمای آب، کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، pH و سرعت جریان آب اندازه‌گیری شدند. در مجموع تعداد ۱۴۲ قطعه نازک ماهی جنوب طی نمونه‌برداری از رودخانهٔ دینورآب صید و پس از بازیابی وضعیت زیستی رهاسازی شدند. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین مقادیر SI در ترجیح زیستگاهی نازک ماهی جنوب در رودخانهٔ دینورآب، به‌ترتیب مربوط به عوامل عرض ناحیهٔ پتامال (۰/۸۰۹) و کل مواد جامد محلول (۰/۴۹۹) است. بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه کل (۰/۵۷۳) نشان داد که رودخانهٔ دینورآب برای گونهٔ مورد مطالعه یک زیستگاه با مطلوبیت متوسط محسوب می شود.

استناد: احمدیان؛ سید محمد، ایگدری؛ سهیل، پورباقر؛ هادی (۱۴۰۴). مدل سازی ترجیح زیستگاهی گونهٔ نازک ماهی جنوب (*Chondrostoma regium*)؛ مطالعهٔ موردی: رودخانهٔ دینورآب. *نشریهٔ شیلات، مجله منابع طبیعی ایران*، ۷۸ (۱)، ۵۴-۴۳. DOI:http//doi.org/10.22059/jfisheries.2025.385193.1445

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2025.385193.1445

۱. مقدمه

رودخانه‌ها در موارد متعددی از جمله بخش‌های کشاورزی، توریستی، صنعتی، پرورش آبزیان، سدسازی و بسیاری موارد دیگر نقش‌های مهمی ایفا می‌کنند. این اکوسیستم‌های ارزشمند در معرض آسیب‌های جدی تحت تأثیر تغییرات کاربری و فعالیت‌های انسانی از جمله کیفیت (شوری، رسوبات، تجمع و انباشت آفت کش‌ها) و کمیت آب قرار دارند (Heshmati *et al*., 2020) که بر تنوع زیستی و زیستگاه‌های مختلف تأثیرات منفی برجای گذاشته است. بنابراین، بررسی جامع پارامترهای کیفیت آب را می‌توان یک گام اساسی در تبیین استراتژی حفاظت و مدیریت آبزیان یک اکوسیستم آبی در نظر گرفت (Khwairakpam *et al*., 2023). همچنین عوامل دیگری از قبیل تکه‌تکه شدن زیستگاه (Habitat fragmentation) بر جمعیت آبزیان به‌ویژه ماهی‌ها تأثیر منفی گذاشته و از حرکت آن‌ها به مناطق مناسب و با کیفیت بالا ممانعت می‌کند، که در نهایت موفقیت تولیدمثلی و حیات آن‌ها را تهدید می‌نماید (Kanno *et al*., 2014; Zheng *et al*., 2024). از این‌رو لازم است برای حفاظت از گونه‌های بومی و گونه‌های در معرض خطر تدابیر مدیریتی مناسبی اندیشیده شود.

در این راستا مدل‌های اکولوژیک مبتنی بر متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی، از جمله شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) به‌عنوان یک ابزار قدرتمند به‌طور گسترده در تشخیص ترجیح، کمّیت و کیفیت زیستگاه ماهی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Poorbagher *et al*., 2024)، به‌عبارت دیگر، ترجیح زیستگاهی یک گونه را می‌توان از طریق پارمترهای مختلف و با استفاده از شاخص مطلوبیت زیستگاه به‌دست آورد (Mouludi-Saleh *et al*., 2024a). در این روش پاسخ حضور یک گونه در زیستگاه براساس مقیاس عددی بین صفر (بیانگر زیستگاه و نامطلوب) تا یک (زیستگاه مطلوب) بیان می‌گردد (Brown *et al*., 2000)، که در نهایت از طریق روابط ریاضی و براساس کل متغیرهای مورد بررسی، شاخص مطلوبیت زیستگاه ارائه می‌شود (Poorbagher *et al*., 2024). استفاده از این روش به‌طور موفقیت‌آمیزی جهت بررسی مطلوبیت زیستگاه بسیاری از ماهیان آب‌های شیرین از جمله جویبارماهی سانیا (*Cobitis saniae*) و جویبار ماهی سفیدرود (*Oxynemacheilus bergianus*) در رودخانهٔ سفیدرود (Eagderi *et al*., 2021; Sohrabi *et al*., 2024)، جویبارماهیان *O. kiabii* و*O. karunensis* همبوم در رودخانهٔ الک (Ghaderi *et al*., 2024)، بوتک دهان بزرگ (*Cyprinion macrostomum*) در رودخانهٔ زاب (Ghafouri *et al*., 2023) و سیاه‌ماهی شجریانی (*Capoeta shajariani*) و گل چراغ (*Garra rufa*) در رودخانهٔ دینورآب (Mouludi-Saleh *et al*., 2021, 2022) مورد استفاده قرار گرفته است.

ماهی نازک یا نازک ماهی جنوب (*Chondrostoma regium* Heckel, 1843) متعلق به جنس *Chondrostoma* و خانوادهٔ Leuciscidae است. از این جنس تعداد ۴ گونه در آب‌های داخلی ایران گزارش شده است. گونهٔ نازک ماهی جنوب در حوضه‌های تیگریس (رودخانه‌های کارون، مارون، بازفت وکرخه) زهره و اصفهان پراکنش دارد (Eagderi *et al*., 2022). این گونه به‌واسطهٔ صفاتی از جمله تعداد فلس روی خط جانبی به تعداد ۵۰ تا ۶۹ عدد، شعاع‌های غیر منشعب باله پشتی و مخرجی ۳ عدد و شعاع‌های منشعب به‌ترتیب به تعداد ۸ تا ۱۱ و ۹ تا ۱۲ روی باله‌های پشتی و مخرجی، دندان‌های قلابی شکل، پردهٔ صفاق سیاه‌رنگ قابل تشخیص می‌باشد و در دریاچه‌ها و رودخانه‌ها با بسترهای سنگریزه‌ای و جریان ملایم پراکنش دارد (Keivany *et al*., 2016).

با توجه به پراکنش گستردهٔ نازک ماهی جنوب در بیشتر رودخانه‌های حوضه‌های آبریز غرب کشور این سوال پیش می‌آید که ترجیح زیستگاهی این گونه براساس شاخص‌های زیستگاهی بزرگ مقیاس به چه صورت است که توانسته است بقای خود را در بیشتر زیستگاه‌ها حفظ کند. نتایج این مطالعه می‌تواند در راستای مدیریت شیلاتی و ارزیابی ذخایر این گونه و مقایسه در مطالعات آتی در زیستگاه‌های دیگر این گونه دراکوسیستم‌های آب‌های داخلی ایران مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به موارد فوق، این مطالعه با هدف مدل‌سازی ترجیح زیستگاهی گونهٔ ماهی نازک در رودخانهٔ دینورآب، زیر حوضهٔ آبریز کرخه به‌اجرا درآمد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. منطقهٔ مورد مطالعه

رودخانهٔ دینورآب در شمال شرق استان کرمانشاه واقع شده است. این رودخانه پس از پیوستن به رودخانهٔ گاماسیاب؛ سرشاخهٔ اصلی

زیر حوضهٔ کرخه را تشکیل می‌دهد. این حوضه مساحت نزدیک به ۴۰ هزار هکتار دارد و سد جامیشان بر روی این رودخانه احداث شده است. متوسط بارش، دما و تبخیر در حوضهٔ رودخانهٔ دینورآب به‌ترتیب ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد، ۴۵۰ و ۱۱۰۰ متر است (Heshmati *et al.*, 2020).

۲-۲. محل نمونه‌برداری

نمونه‌برداری گونهٔ نازک ماهی جنوب از رودخانهٔ دینورآب در فصل پاییز سال ۱۳۹۸ از قسمت پایین‌دست به‌سمت بالادست، خلاف جهت جریان آب، و در ۵ ایستگاه (هر کدام با سه تکرار مجزا به‌طول حدود ۳۵-۳۰ متر در هر تکرار، در مجموع ۱۵ زیستگاه) با استفاده از دستگاه الکتروشوکر (مدل Samus Mp750) با شدت جریان پایین و با استفاده از یک تور ساچوک انجام شد (جدول ۱). ایستگاه‌ها به‌نحوی انتخاب شدند که معرف کل تنوع زیستگاهی این رودخانه باشد (Mouludi-Saleh *et al.*, 2022). به‌منظور دقت در نمونه‌برداری، شمارش ماهیان به تفکیک هر زیستگاه انجام پذیرفت و برای جلوگیری از فرار ماهیان، در تمام نقاط نمونه‌برداری و در بخش‌های بالادست و پایین‌دست از تورهای پشتیبان استفاده شد (Price and Peterson, 2010). در پایان نمونه‌برداری جهت جلوگیری از کاهش تنوع زیستی، ماهی‌های صید شده پس از بازیابی وضعیت زیستی در همان محل نمونه‌برداری رهاسازی شدند (Price and Peterson, 2010).

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری گونهٔ *Chondrostoma regium* در رودخانهٔ دینورآب

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۴۶ ۵۶ ۴۷	۱۱ ۲۶ ۳۴
۲	۵۵ ۲۵ ۴۷	۵۱ ۲۸ ۳۴
۳	۴۳ ۲۲ ۴۷	۲۸ ۳۱ ۳۴
۴	۹ ۲۴ ۴۷	۳۴ ۳۲ ۳۴
۵	۴۳ ۲۶ ۴۷	۲۶ ۳۴ ۳۴

۲-۳. اندازه‌گیری شاخص‌های محیطی و زیستگاهی

در تمام ایستگاه‌ها و بلافاصله بعد از فرآیند نمونه‌برداری، متغیرهای محیطی و زیستگاهی از جمله عرض رودخانه (متر) (در سه بخش پایین‌دست، میان و بالادست هر زیستگاه در نقاط نمونه‌برداری، با استفاده از متر نواری ثبت و میانگین آنها به‌عنوان عرض رودخانه در نظر گرفته شد)، عرض ناحیهٔ پتامال (متر) (با استفاده از متر نواری)، عمق محل نمونه‌برداری (سانتی‌متر)، دمای آب (درجهٔ سانتی‌گراد)، کل مواد جامد محلول TDS (ppm)، هدایت الکتریکی EC (µ mhos/cm)، pH و سرعت جریان آب (با استفاده از الگوی جسم شناور) (Hasanli, 2000; Garg *et al.*, 2002) ثبت و اندازه‌گیری شدند. همچنین در طول نمونه‌برداری از زیستگاه‌های مورد مطالعه نیز با استفاده از مشاهدات میدانی فاکتورهای زیستگاهی نوع بستر و نوع پوشش حاشیه‌ای به‌صورت کیفی ثبت شد. چهار شاخص دما، EC، TDS و pH نیز در در سه نقطه با استفاده از دستگاه الکترونیکی قابل حمل (WTW) ثبت و میانگین این سه عدد در هر ایستگاه گزارش شد (Garg *et al.*, 2002). مقادیر میانگین هر یک از شاخص‌های مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

۲-۴. محاسبهٔ شاخص مطلوبیت

به‌منظور محاسبهٔ مقادیر مطلوب هر یک از شاخص‌های زیستگاهی براساس فراوانی نمونه‌ها در هر نقطهٔ نمونه‌برداری، همچنین طبقات هر یک از شاخص های مورد بررسی با در نظر گرفتن زیستگاه انتخاب شده از نرم‌افزار HABSEL (Habitat Selection) استفاده شد. نحوهٔ محاسبه بدین‌صورت بود که محدودهٔ هر یک از متغیرهای محیطی به‌صورت طبقاتی مشخص و مقادیر بهینهٔ هر طبقه یا کلاس (SI) تعیین گردید. بنابراین ارزش مقدار بهینه (SI) براساس رابطهٔ SIc,i= %Uc,i/%Ac,i محاسبه شد. در این رابطه c: یک متغیر محیطی مورد بررسی، i: طبقهٔ آن متغیر، $\%Uc,i$: درصد استفادهٔ آبزی از یک طبقهٔ خاص متغیرهای محیطی و

%Ac,i: درصد در دسترس بودن آن متغیر محیطی برای ارگانیسم آبزی بودند (Waddle, 2012). جهت تعیین شاخص مطلوبیت زیستگاه هر یک از شاخص‌های محیطی در رودخانهٔ دینورآب، مقادیر عددی شاخص مطلوبیت هر ایستگاه تعیین شد. سپس میانگین حسابی هر ایستگاه به‌عنوان شاخص مطلوبیت تعیین گردید. به‌منظور برآورد شاخص مطلوبیت کل زیستگاه برای گونهٔ نازک ماهی جنوب از رابطهٔ میانگین هندسی $HSI = (SI1 \times SI2 \times \ldots \times SIn)^{1/n}$ استفاده شد (Chen *et al*., 2009, 2010).

جدول ۲- مقادیر میانگین هر یک از شاخص‌های مورد بررسی در نقاط و ایستگاه‌های نمونه‌برداری گونهٔ *Chondrostoma regium* در رودخانهٔ دینورآب

ایستگاه	تکرارها	عرض رودخانه (متر)	عرض ناحیه پتامال (متر)	دمای آب (درجه سانتی گراد)	عمق آب (سانتی‌متر)	TDS (ppm)	EC (µ mhos/cm)	pH	سمت جریان آب (متر بر ثانیه)	پوشش حاشیه‌ای	نوع بستر	تعداد نمونه‌های صید شده
۱	۱	۶/۵	۵	۱۸/۹	۲۸/۳۸	۲۹۲	۵۸۴	۷/۴۳	۰/۳	پوشش گیاهی	گلی-کف رودخانه قلوه‌سنگی و شنی	۲۵
	۲	۲	۵	۱۹/۱	۱۳/۷۶	۲۸۹	۵۷۹	۷/۴۲	۰/۵۸	پوشش گیاه آبزی	تخته‌سنگی	۰
	۳	۳/۱	۵/۵	۱۹/۳	۳۴/۵	۲۸۸	۵۷۴	۷/۵۸	۰/۴۲	پوشش گیاهی	تخته‌سنگی	۱۴
۲	۱	۳/۲	۸	۲۲/۶	۳۰	۳۰۱	۶۰۳	۷/۳۹	۰/۱۷	گیاه آبزی هر دوطرف سایه‌دار	سنگی گلی	۲۴
	۲	۳	۸	۱۹/۶	۳۳	۲۸۹	۵۸۱	۷/۸۱	۰/۲۱	گیاه آبزی هر دوطرف سایه‌دار	سنگی گلی	۱۲
	۳	۳/۵۱	۶/۸	۲۰/۴	۳۶/۷۵	۲۹۸	۵۹۹	۷/۸	۰/۳	گیاه آبزی هر دوطرف سایه‌دار	سنگی گلی	۵
۳	۱	۱/۳۲	۳/۵	۲۱/۳	۴۵/۵	۲۷۵	۵۵۲	۸/۲۷	۰/۱۹	پوشش گیاه آبزی	ماسه‌ای-گلی	۱۲
	۲	۲	۳/۱	۱۵	۲۳/۸	۴۲۱	۸۴۹	۷/۳۸	۰/۲۲	صخره‌ای-چمنی	ماسه‌ای-گلی	۱۹
	۳	۲/۲	۴/۲	۱۳	۲۴/۱	۴۱۸	۸۳۶	۷/۳۸	۰/۳	دو طرف گیاه آبزی	ماسه‌ای-گلی	۲۱
۴	۱	۶	۳	۱۹/۲	۲۴/۵	۳۸۳	۷۶۷	۷/۸۷	۰/۳۸	دو طرف گیاه آبزی	سنگریزه	۵
	۲	۷	۳	۱۸/۹	۱۳/۱۶	۳۸۵	۷۷۰	۷/۸۴	۰/۶۵	یک طرف چمن و طرف دیگر خاکی	سنگریزه	۱
	۳	۷	۳	۱۹/۱	۱۴	۳۸۷	۶۹۰	۷/۷	۰/۶	چمن و گیاه آبزی	سنگریزه	۲
۵	۱	۶	۳	۲۴	۱۹/۲۶	۳۹۱	۷۸۶	۷/۷	۰/۳۴	دوطرف چمن و گیاه آبزی	قلوه‌سنگی	۰
	۲	۱۲	۱۲	۲۴/۸	۳۷/۵	۳۸۱	۷۵۹	۷/۷۷	۰/۶	صخره‌ای-چمنی	قلوه‌سنگی	۰
	۳	۸	۸	۲۴/۱	۳۷/۵	۳۷۹	۷۵۷	۷/۲۵	۰/۶۴	حاشیه گلی-کف رودخانه قلوه سنگی و شن	قلوه‌سنگی	۲

۳. یافته‌های پژوهش

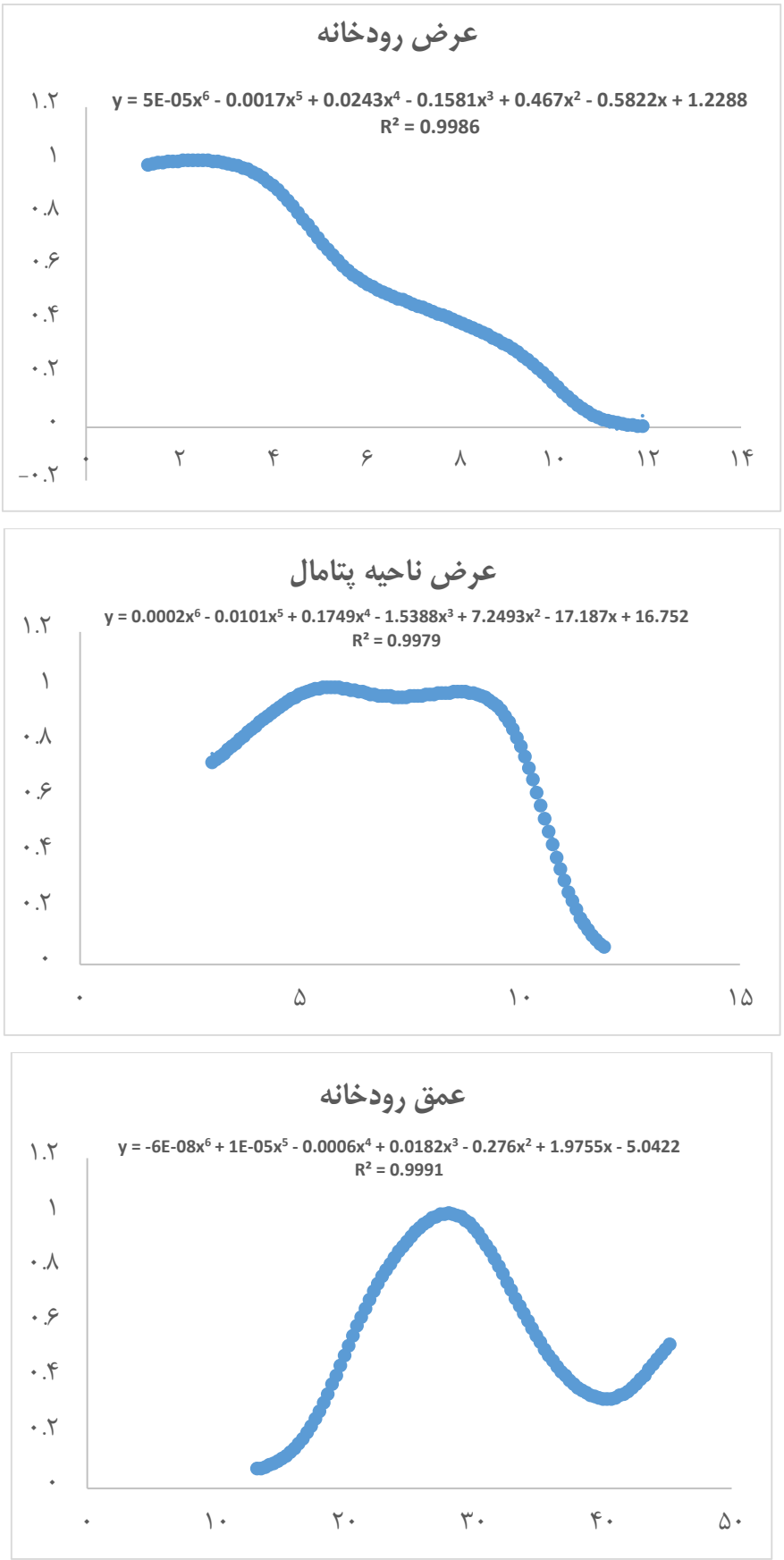
در مجموع تعداد ۱۴۲ قطعه از گونهٔ نازک ماهی جنوب طی نمونه‌برداری از رودخانهٔ دینورآب صید و رهاسازی شدند. براساس نتایج، ترجیح و زیستگاه مطلوب نازک ماهی جنوب در رودخانهٔ دینورآب براساس فاکتورهای زیستگاهی بزرگ مقیاس مورد بررسی به

شرح زیر برآورد گردید.

مطلوب‌ترین دامنهٔ عرض رودخانه ۲/۸>-۱/۴ متر با شاخص مطلوبیت ۰/۲۶۳، مطلوب‌ترین دامنهٔ عرض ناحیهٔ پتامال رودخانه ۵/۶>-۴/۲ متر با شاخص مطلوبیت ۰/۳۸۳، مطلوب‌ترین دامنهٔ عمق ۳۰>-۲۶ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۳۲۲، مطلوب‌ترین دامنهٔ دمای آب ۲۳/۲>-۲۱/۸ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۵۶۰، مطلوب‌ترین دامنهٔ کل مواد جامد محلول ۸۶۵>-۸۳۰ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۲۵۸، مطلوب‌ترین دامنهٔ هدایت الکتریکی ۴۳۰>-۴۱۰ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۴۰۴، مطلوب‌ترین دامنهٔ pH ۷/۴۴>-۷/۳۲ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۳۴۱و مطلوب‌ترین دامنهٔ سرعت جریان ۰/۲۸>-۰/۲۲ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۲۶۹ بود (جدول ۳ و شکل ۱). همچنین ارزش عددی شاخص مطلوبیت به تفکیک برای هر یک از فاکتورهای محیطی مورد بررسی در **Error! Reference source not found.۴** ارائه شده است. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین مقادیر SI در ترجیح زیستگاهی گونهٔ نازک ماهی جنوب در رودخانهٔ دینورآب به‌ترتیب مربوط به فاکتورهای عرض ناحیهٔ پتامال (۰/۸۰۹) و کل مواد جامد محلول (۰/۴۹۹) بود. محاسبهٔ شاخص مطلوبیت زیستگاه نشان داد که میزان شاخص مطلوبیت زیستگاه کل رودخانهٔ دینورآب برای گونهٔ مورد مطالعه ۰/۵۷۳ (متوسط) می‌باشد. براساس مشاهدات میدانی نیز بیشترین فراوانی گونهٔ نازک ماهی جنوب در ایستگاه ۳ بود که بستر در این زیستگاه از نوع گلی و پوشش حاشیه‌ای از گیاهان آبزی و چمنی بود.

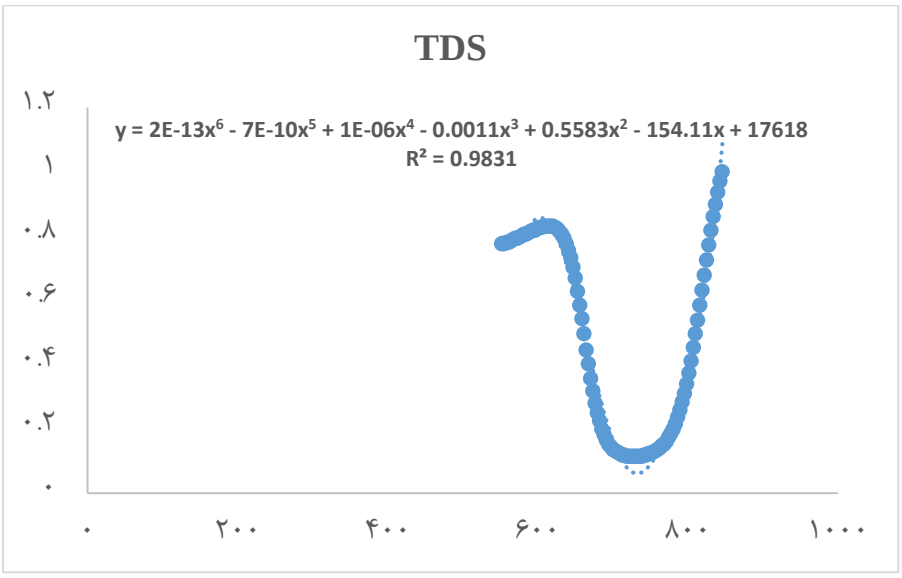
جدول ۳- طبقات شاخص‌های زیستگاهی و مقادیر شاخص مطلوبیت (SI) گونهٔ *Chondrostoma regium* در هر طبقه

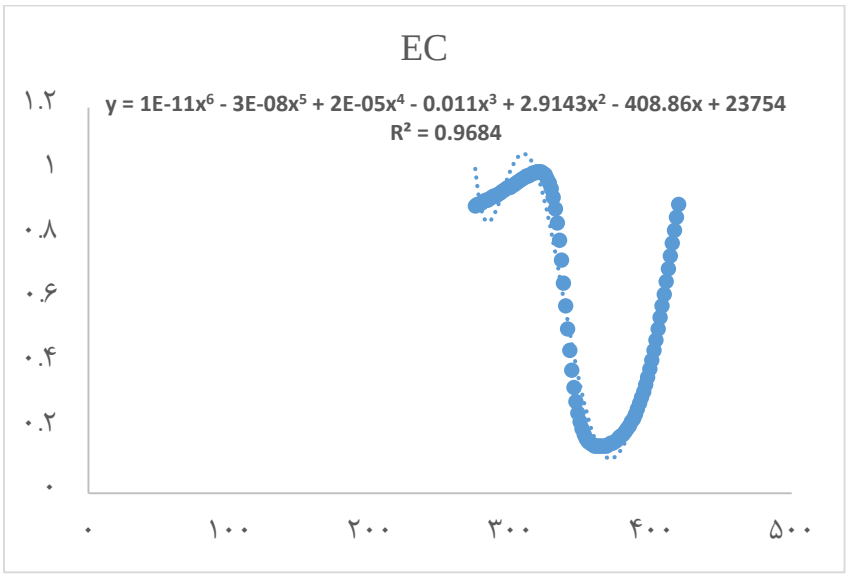
فاکتور زیستگاهی	SI	طبقات	فاکتور زیستگاهی	SI	طبقات	فاکتور زیستگاهی	SI	طبقات
عرض رودخانه	۰/۲۳۶	۰-<۱/۴	عرض ناحیه پتامال	۰/۰۰	۰-<۲/۸	عمق رودخانه	۰/۰۰۶	۱۰-<۱۴
	۰/۲۶۳	۱/۴-<۲/۸		۰/۱۶۶	۲/۸-<۴/۲		۰/۰۲۶	۱۴-<۱۸
	۰/۲۷۱	۲/۸-<۴/۲		۰/۳۸۳	۴/۲-<۵/۶		۰/۰۰	۱۸-<۲۲
	۰/۰۰	۴/۲-<۵/۶		۰/۱۲۸	۵/۶-<۷		۰/۱۹۳	۲۲-<۲۶
	۰/۱۹۷	۵/۶-<۷		۰/۳۲۳	۷-<۸/۴		۰/۳۲۲	۲۶-<۳۰
	۰/۳۳	۷-<۸/۴		۰/۰۰	۸/۴-<۱۲/۶		۰/۲۳۲	۳۰-<۳۴
	۰/۰۰	۸/۴-<۱۲/۶		۰/۲۲۶	۱۲-<۱۳/۴		۰/۰۶۸	۳۴-<۳۸
TDS	۰/۲۴۲	۵۵۰-<۵۸۵		۰/۰۰	۱۳/۴-<۱۴/۸		۰/۰۰	۳۸-<۴۲
	۰/۲۷۸	۵۸۵-<۶۲۰		۰/۲۰۴	۱۴/۸-<۱۶/۲		۰/۱۵۴	۴۲-<۴۶
	۰/۰۰	۶۲۰-<۶۹۰		۰/۰۰	۱۶/۲-<۱۷/۶	EC	۰/۱۹۲	۲۷۰-<۲۹۰
	۰/۰۳۸	۶۹۰-<۷۲۵	دمای آب	۰/۱۴	۱۷/۶-<۱۹		۰/۳۶۴	۲۹۰-<۳۱۰
	۰/۰۱۹	۷۲۵-<۷۶۰		۰/۰۷۱	۱۹-<۲۰/۴		۰/۰۰	۳۱۰-<۳۷۰
	۰/۰۳۸	۷۶۰-<۷۹۵		۰/۰۹۱	۲۰/۴-<۲۱/۸		۰/۰۴	۳۷۰-<۳۹۰
	۰/۰۰	۷۹۵-<۸۳۰		۰/۲۵۸	۲۱/۸-<۲۳/۲		۰/۰۰	۳۹۰-<۴۱۰
	۰/۳۸۴	۸۳۰-<۸۶۵		۰/۰۱۱	۲۳/۲-<۲۶/۸۶		۰/۴۰۴	۴۱۰-<۴۳۰
pH	۰/۰۳۸	۷/۲-<۷/۳۲			۰/۱۶-<۰/۲۲			
	۰/۳۴۱	۷/۳۲-<۷/۴۴			۰/۲۲-<۰/۲۸			
	۰/۰۰	۷/۴۴-<۷/۵۶			۰/۲۸-<۰/۳۴			
	۰/۲۶۸	۷/۵۶-<۷/۶۸	سرعت جریان آب		۰/۳۴-<۰/۴			
	۰/۰۱۳	۷/۶۸-<۷/۸			۰/۴-<۰/۴۶			
	۰/۱۱	۷/۸-<۷/۹۲			۰/۴۶-<۰/۵۸			
	۰/۰۰	۷/۹۲-<۸/۱۶			۰/۵۸-<۰/۶۴			
	۰/۲۳۲	۸/۱۶-<۸/۲۸			۰/۶۴-<۰/۷			



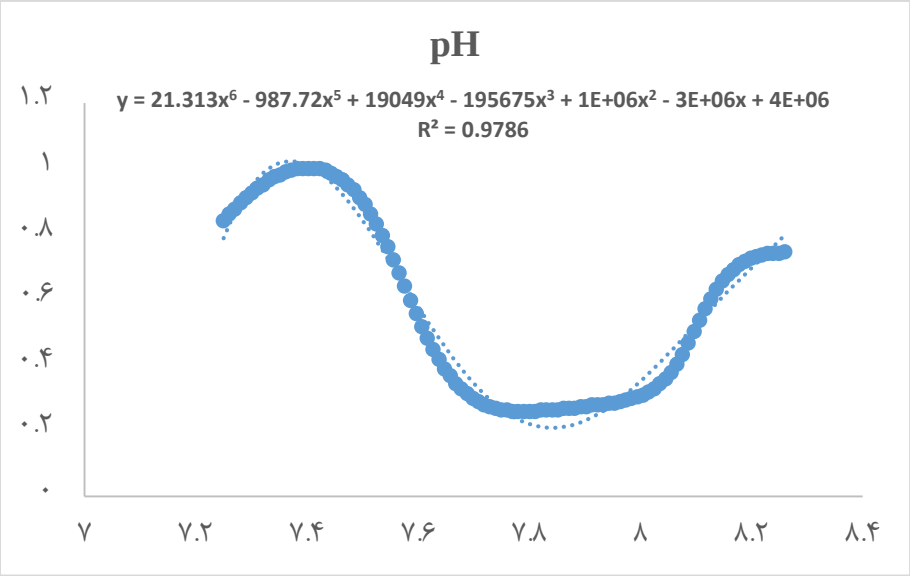
شکل ۱– نمودار میانگین فراوانی نسبی گونهٔ *Chondrostoma regium* براساس ویژگی‌های محیطی مورد بررسی در رودخانهٔ دینورآب

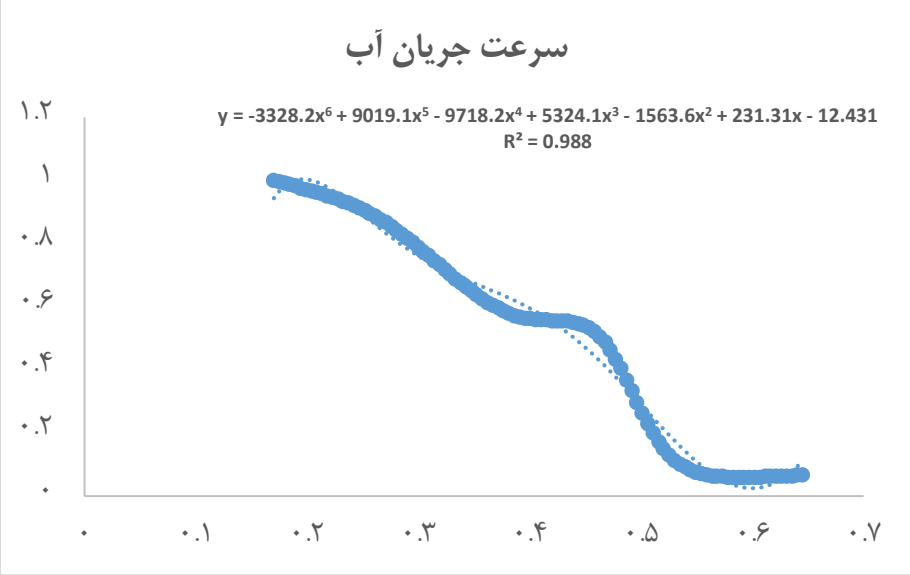
دمای آب
y = 2E-05x⁶ - 0.0024x⁵ + 0.1057x⁴ - 2.4507x³ + 31.27x² - 208.14x + 565.52
R² = 0.9922
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۵ ۱۰ ۱۵ ۲۰ ۲۵ ۳۰


TDS
y = 2E-13x⁶ - 7E-10x⁵ + 1E-06x⁴ - 0.0011x³ + 0.5583x² - 154.11x + 17618
R² = 0.9831
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۲۰۰ ۴۰۰ ۶۰۰ ۸۰۰ ۱۰۰۰


EC
y = 1E-11x⁶ - 3E-08x⁵ + 2E-05x⁴ - 0.011x³ + 2.9143x² - 408.86x + 23754
R² = 0.9684
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۱۰۰ ۲۰۰ ۳۰۰ ۴۰۰ ۵۰۰

ادامهٔ شکل ۱





ادامهٔ شکل ۱

جدول ٤– مقادیر شاخص مطلوبیت کل برای هر متغیر و شاخص مطوبیت کل زیستگاه (HSI) رودخانهٔ دینورآب برای گونهٔ *Chondrostoma regium*

	عرض رودخانه	عرض ناحیهٔ پتامال	عمق	دما	کل مواد جامد محلول	هدایت الکتریکی	pH	سرعت جریان	HSI
SI	۰/۵۳۴	**۰/۸۰۹**	۰/۵۵۱	۰/۵۶۰	**۰/۴۸۹**	۰/۵۹۹	۰/۵۷۷	۰/۵۲۰	۰/۵۷۳

۴. بحث و نتیجه‌گیری نهایی

در بررسی‌های اکولوژیک، شناسایی محدودهٔ پراکنش گونه‌ها و نیازهای زیستگاهی آنها از اهمیت خاصی برخوردار است (Mouludi-Saleh *et al.*, 2024b). زوال تنوع زیستی جهانی که عمدتاً ناشی از تغییرات آب و هوایی و تغییر کاربری زمین است، پیشرفت دستورالعمل‌های نظارتی برای حفاظت را ضروری می‌سازد. مدل‌سازی توزیع گونه‌ها یک رویکرد پرکاربرد برای پیش‌بینی تغییرات بالقوه در توزیع گونه‌ها است، جایی که انتظار می‌رود تغییرات محیطی بر جمعیت و پویایی جامعه تأثیر بگذارد (De Kort *et al.*,

2020). از این‌رو، توسعهٔ این مدل‌ها می‌تواند حفاظت از محیط‌زیست موجودات زنده به‌ویژه آبزیان را میسر نماید. در این راستا، مطالعهٔ حاضر به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و اولویت ترجیح زیستگاهی گونهٔ نازک‌ماهی جنوب براساس فاکتورهای زیستگاهی بزرگ مقیاس در رودخانهٔ دینورآب، زیر حوضهٔ کرخه به‌اجرا درآمد. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش مقادیر شاخص‌های عرض رودخانه و ناحیهٔ پتامال، عمق رودخانه، دمای آب، pH و سرعت جریان سبب کاهش مقادیر مطلوبیت زیستگاه و افزایش شاخص‌های کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی روند صعودی HSI را نشان داد.

هدایت الکتریکی برآوردی از میزان مواد جامد محلول و یا یون‌های محلول در آب است. عوامل متعددی بر مواد جامد محلول در محیط‌های آبی تاثیرگذارند که از جمله این موارد می‌توان به رواناب‌های شهری، پساب‌ها، تجزیه موجودات، فرسایش خاک و ویژگی‌های ژئوشیمیایی منطقه اشاره کرد. میزان TDS و هدایت الکتریکی پایین نشان‌دهندهٔ تمیزی منابع آبی است (Sunday*et al*., 2019). طبقه‌بندی آب‌های غیرآلوده براساس هدایت الکتریکی در آب‌های تمیز و قابل شرب کمتر از ۳۲۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است. در حالی‌که میزان TDS تا ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیز گزارش شده است (Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, 2003). در مطالعهٔ حاضر، نتایج نشان داد که بیشترین مقادیر TDS اندازه‌گیری شده در رودخانهٔ دینورآب مربوط به ایستگاه سوم (تکرار ۲ و ۳) بوده است که کل نمونه‌های صید شده نیز براساس حضور و مشاهده گونه در این ایستگاه بوده است. Ghafouri و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی مطلوبیت زیستگاه ماهی نازک جنوب در رودخانهٔ زاب کوچک در طی چهار فصل سال گزارش کردند که زیستگاه مطلوب این گونه براساس فاکتورهای زیستگاهی مورد بررسی مربوط به pH در محدودهٔ ۱۰-۹، دمای بالا، ارتفاع پایین، سرعت جریان متوسط آب و بسترهای قلوه‌سنگی و تخته‌سنگی بدون پوشش گیاهی است. در فصل بهار این گونه نواحی با عرض رودخانه و عمق بیشتر و در فصل تابستان و پاییز عرض و عمق کمتر آب را ترجیح داد. ترجیح فاکتورهای EC و TDS در فصل‌های بهار و تابستان در دامنه‌های پایین‌تر و در فصل پاییز و زمستان مقادیر نسبتاً بالاتری بود. در مطالعهٔ مشابه، Zamani-Faradonbeh (۲۰۲۱) در بررسی عوامل فیزیکی تعیین‌کننده در زیستگاه انتخابی گونهٔ نازک ماهی در زاینده‌رود گزارش کرد که نقاطی با مقدار عمق ۳۲-۲۵ سانتی‌متر، عرض رودخانه ۵/۶-۵/۰ متر، سرعت جریان ۰/۷-۰/۳۰ متر بر ثانیه اولویت زیستگاهی گونهٔ مورد مطالعه است.

در بررسی فاکتور pH در طول نقاط نمونه‌برداری تغییرات زیادی مشاهده نشد. مطالعات نشان داده‌اند که مقادیر pH تابعی از موقعیت رودخانه و ساختار زمین‌شناسی آن است. همچین بیان شده است که محدودهٔ pH برای حیات ماهی دامنهٔ ۸/۵-۶/۵ است (Ghafouri *et al*., 2023) که رودخانهٔ دینورآب از این نظر زیستگاه مناسب را برای گونهٔ نازک ماهی جنوب فراهم کرده است.

دما فاکتور اساسی در پراکنش و رفتار ماهیان است. نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که گونهٔ نازک ماهی جنوب دماهای پایین را ترجیح می‌دهد. از آنجا که دما بر روی فرآیندهای زیستی، تولیدمثل و رفتار آبریان تاثیرگذار است (Zamani Faradonbe *et al*., 2015)، این احتمال وجود دارد که افزایش دما باعث افزایش فعالیت‌های طبیعی و زیستی ماهی شده که ترجیح آن در دماهای پایین نبوده است. با توجه به اینکه دو فاکتور عمق و سرعت جریان از عوامل اصلی و محدودکنندهٔ زیستگاه آبزیان از جمله ماهیان به‌شمار می‌روند در این مطالعه نیز ترجیح زیستگاهی گونهٔ نازک ماهی جنوب عمق و سرعت جریان پایین بود. از آنجا که سرعت جریان تأثیر به‌سزایی در صرف انرژی موجود آبزی در برابر جریان آب را دارد، این گونه با انتخاب نقاطی که سرعت جریان کمتری دارد بقای خود را حفظ می‌کند. همچنین ترجیح عمق‌های کمتر این گونه احتمالاً به‌دلیل در امان ماندن از دست شکارچیان است. همچنین عرض رودخانه معرف اندازهٔ رودخانه و تنوع زیستگاهی اکوسیستم آن است که در این مطالعه نیز با افزایش عرض رودخانه ترجیح زیستگاهی گونه کاهش یافت که در مطالعهٔ مشابه در رودخانه زاب نیز چنین نتایجی برای گونهٔ نازک ماهی جنوب گزارش شده است (Ghafouri *et al*., 2023).

۵. نتیجه‌گیری کلی

به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که زیستگاه رودخانهٔ دینورآب یک زیستگاه متوسط برای گونهٔ نازک ماهی جنوب است. براساس نتایج این گونه زیستگاه‌هایی با ناحیهٔ پتامال وسیع‌تر،دارای عرض کمتر، عمق بیشتر، دمای متوسط، و سرعت

جریان کمتر را در نواحی با بسترهای گلی داری پوشش گیاهی حاشیه‌ای را ترجیح می‌دهد که با نیازهای زیستی آن از جمله داشتن بدنی پهن‌تر به‌واسطهٔ قدرت مانور حرکتی بالاتر، هماهنگ است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد برای دستیابی به نتایج بهتر و اظهار نظر در مورد ترجیح زیستگاهی این گونه، مطالعات بیشتری در فصول مختلف و با بررسی شاخص‌های بیشتر انجام پذیرد.

References

Brown, S.K., Buja, K.R., Jury, S.H., Monaco, M.E., Banner, A., 2000. Habitat suitability index models for eight fish and invertebrate species in Casco and Sheepscot Bays, Maine. *North American Journal of Fisheries Management* 20(2), 408-435. DOI: 10.1577/1548-8675(2000)020<0408:HSIMFE>2.3.CO;2

Chen, X., Li, G., Feng, B., Tian, S., 2009. Habitat suitability index of Chub mackerel (*Scomber japonicus*) from July to September in the East China Sea. *Journal of Oceanography* 65(1), 93-102. DOI: 10.1007/s10872-009-0009-9

Chen, X., Tian, S., Chen, Y., Liu, B., 2010. A modeling approach to identify optimal habitat and suitable fishing grounds for neon flying squid (*Ommostrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean. *Fishery Bulletin* 108(1).

De Kort, H., Baguette, M., Lenoir, J., Stevens, V.M., 2020. Toward reliable habitat suitability and accessibility models in an era of multiple environmental stressors. *Ecology and Evolution* 10(20), 10937-10952. DOI: 10.1002/ece3.6753

Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Esmaeli, 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. DOI: 10.55730/1300-0179.3104

Eagderi, S., Zamani-Faradonbeh, M., Poorbagher, H., Mouludi-Saleh, A., 2021. Habitat preference of Sefid river loach, *Oxynoemacheilus bergianus* (Steindachner, 1897) in Jajroud River by comparing its preference in autumn and winter. *Journal of Natural Environment* 74(1), 1-11. DOI: 10.22059/jne.2021.311177.2087 (In Persian)

Garg, S.K., Bhatnagar, A., Kalla, A., Johal, M.S., 2002. Experimental ichthyology. CBS Publishers & Distributors.

Ghaderi, E., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Moloodi, F., Molodinia, B., 2024. Investigation of the habitat preference of two sympatric species, *Oxynoemacheilus kiabii* and *Oxynoemacheilus karunensis* from Alk River (Karkheh basin). *Journal of Natural Environment* 77(Ecology and Biodiversity Management), 213-222. DOI: 10.22059/jne.2024.371910.2647 (In Persian)

Ghafouri, Z., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2023. Study and comparison of the habitat suitability indices of *Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843 from Zab River in four seasons. *Journal of Natural Environment* 76(1), 105-115. DOI: 10.22059/jne.2022.351529.2492 (In Persian)

Ghafouri, Z., Eagderi, S., Poorbagher, H., Rahimi, J., Hasani Azhdarim M., 2023. Variation in the habitat Suitability indices of *Chondrostoma regium* (Leuciscidae) in Zab River during four seasons. *Iranian Journal of Ecohydrology* 10(2), 203-214. DOI: 10.22059/ije.2023.357474.1723

Hasanli, A.M. 1999. Diverse methods to water measurement (Hydrometry). Shiraz University publication. Iran. 265 P. (In Persian)

Heshmati, M., Gheitouri, M., Gharibreza, M., 2020. Field survey assessment of river bank erosion and effective factors; Case study: Dinavar River, Kermanshah Province, Iran. *Extension and Development of Watershed Management* 8(30), 10-18. (In Persian)

Kanno, Y., Letcher, B.H., Coombs, J.A., Nislow, K.H., Whiteley, A.R., 2014. Linking movement and reproductive history of brook trout to assess habitat connectivity in a heterogeneous stream network. *Freshwater Biology* 59(1), 142-154. DOI: 10.1111/fwb.12254

Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., Abdoli, A., 2016. Atlas book of fishes in inland water of Iran. Department of Environment Press, Tehran. 238 p. (In Persian)

Khwairakpam, E., Dhawan, B., Sivakumar, K., Johnson, J.A., 2023. Habitat suitability modeling of a conservation-significant fish species of the Kosi River, Uttarakhand, India. *River Research and Applications* 39(2), 189-199. DOI: 10.1002/rra.4079

Moses, S., Wyasu, G., Moses, T.Y., 2019. Physicochemical and bacteriological quality of water collected from dams and rivers along gold mining sites in Zamfara State. *Science World Journal* 14(1), 148-155.

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2021. Study of habitat preference of *Garra rufa* in Dinorab River, Karkheh River basin. *Iranian Journal of Ecohydrology* 8(4), 953-960. DOI: 10.22059/ije.2022.326521.1522 (In Persian)

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., Jafari, B., 2022. Investigation of habitat characteristics of *Capoeta shajariani* in Dinorab River, Karkheh River drainage. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)* 35(2), 96-108. DOI: 10.22059/jne.2022.346993.2461 (In Persian)

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2024a. How the morphology of two closely related riverine sympatric species are reflected in ecological niche overlapping? A case study of two *Capoeta* species. *Limnology* 25(3), 267-275. DOI: 10.1007/s10201-024-00750-z

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., Esmaeili, H., 2024b. Ecological niche overlap from occurrence of two cyprinid sympatric species, *Paracapoeta trutta* and *Capoeta damascina* in the Sirvan River, Persian Gulf Basin. *Nova Biologica Reperta* 11(1), 77-85. DOI: 10.61186/nbr.11.1.87 (In Persian)

Price, A.L., Peterson, J.T., 2010. Estimation and modeling of electrofishing capture efficiency for fishes in wadeable warmwater streams. *North American Journal of Fisheries Management* 30(2), 481-491. DOI: 10.1577/M09-122.1

Proorbagher, H., Eagderi, S., Moëzzi, F., 2024. Comparison of the performance of the linear and non-linear models in habitat suitability estimation (case study: Razi scraper, *Capoeta razii*). *Journal of Natural Environment* 77(Special Issue), 49-60. (In Persian)

Sohrabi, H., Mousavi-Sabet, H., Eagderi, S., 2024. Habitat suitability indices of Sania's spined loach (*Cobitis saniae*) in the Sefidroud River. *Journal of Natural Environment* 77(2), 255-269. DOI: 10.22059/jne.2024.369752.2629 (In Persian)

Summary of Guidelines for Canadian Drinking Water Quality., 2003. Prepared by the Federal–Provincial–Territorial Committee on Drinking Water of the Federal–Provincial–Territorial Committee on Environmental and Occupational Health.

Waddle, T., 2001. PHABSIM for Windows user's manual and exercises (No. 2001-340). US Geological Survey.

Zamani-Faradonbeh, M., 2021. The study of the determining physical factors in the selected habitat of the *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) in Zayandeh Rood. 8th National Conference on Iranian Fisheries. Tarbiat Modares University, Noor, Iran. 2021. (In Persian)

Zheng, W., Wang, S., Lv, Z., Zhang, P., Yang, Z., Chang, J., 2024. Multi-index evaluation of fish habitat in a cascaded hydropower reservoir of the Yangtze River, China. *Endangered Species Research* 53, 151-165. DOI: 10.3354/esr01287

Zamani Faradonbe, M., Eagderi, S., Zarei, N., 2015. Determination of habitat suitability index of *Capoeta gracilis*, Keyserling 1861 from Taleghan River. *Journal of Fisheries* 68(3), 409-419. DOI: 10.22059/jfisheries.2015.56120 (In Persian)