اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۲۱۴-۲۰۳

تغییرات مطلوبیت زیستگاه ماهی نازک جنوب: *Chondrostoma regium* (Cypriniformes: Leuciscidae) در رودخانهٔ زاب کوچک در چهار فصل سال

زانیار غفوری[۱]، سهیل ایگدری[۲*]، هادی پورباقر[۲]، جمال رحیمی[۱]، مهرداد حسنی‌اژدری[۱]
۱. دانشجوی دکترای گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲. دانشیارگروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۱۰/۱۵؛ تاریخ بازنگری ۱۴۰۱/۱۱/۱۱ تاریخ تصویب ۱۴۰۱/۱۲/۲۲)

چکیده

در برنامه‌های حفاظت از اکوسیستم‌های آبی و ذخایر ماهیان، درک نیازهای زیستگاهی گونه‌های آبزیان حائز اهمیت است. در این راستا، این مطالعه با هدف بررسی ترجیح ویژگی‌های بزرگ‌مقیاس زیستگاهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه گونهٔ نازک ماهی جنوب *Chondrostoma regium* در رودخانهٔ زاب کوچک به اجرا درآمد. متغیرهای محیطی شامل pH، دما، هدایت الکتریکی (EC)، کل مواد جامد محلول (TDS)، سرعت جریان، ارتفاع از سطح دریا، عرض رودخانه، عمق آب، شیب، نوع بستر و فراوانی گونهٔ نازک ماهی در ٦ ایستگاه هر یک با ۳ تکرار از پایین‌دست به بالادست رودخانه در چهار فصل از پاییز ۱۴۰۰ تا تابستان ۱۴۰۱ ثبت شدند. نتایج نشان داد مطلوبیت زیستگاه نازک ماهی مورد مطالعه طی چهار فصل متفاوت بوده و نواحی با pH در محدودهٔ ۹ـ ۱۰، دمای بالا، ارتفاع پایین، شیب بستر کم، سرعت جریان متوسط آب و بسترهای قلوه‌سنگی و تخته‌سنگی بدون پوشش گیاهی را ترجیح می‌دهد که طی چهار فصل سال این مقادیر ترجیحی تقریباً مشابه هستند. ترجیح فاکتورهای EC، TDS، عرض رودخانه و عمق آب در فصل‌های مختلف متفاوت بودند. در فصل بهار عرض رودخانه و عمق بیشتر و در فصل تابستان و پاییز عرض و عمق کمتر آب را ترجیح داد. برای دو فاکتور EC و TDS در فصل‌های بهار و تابستان محدودهٔ پایین‌تر و در فصل پاییز و زمستان دامنهٔ نسبتاً بالاتری با توجه به تغییرات فصلی مورد ترجیح بود. به طور کلی، می‌توان بیان داشت که رودخانهٔ زاب کوچک دارای مطلوبیت متوسط (۰/٤۲٦) برای ماهی نازک جنوب است.

کلیدواژگان: زیستگاه ترجیحی، پراکنش، زاب، فاکتور محیطی.

* نویسندهٔ مسئول
Email: soheil.eagderi@ut.ac.ir

مقدمه

ماهی‌ها دارای بیشترین تنوع گونه‌ای در بین مهره‌داران هستند و حدود ۱۸ هزار گونه از آن‌ها در آب‌های شیرین پراکنش دارند [۱]. امروزه ماهیان آب شیرین کمتر از سایر مهره‌داران شناخته شده و بیشتر در معرض خطر انقراض هستند [۲]. همچنین اکوسیستم‌های آب شیرین نسبت به سایر اکوسیستم‌ها در سطح جهان با سرعت بیشتری در حال نابودی هستند [۳]؛ چراکه دخالت‌های انسانی در حوضه‌های آبی منجر به اثرات پیچیده و تغییرات در اکوسیستم‌ها شده است. چنین تأثیراتی جریان آب و کیفیت زیستگاه بسیاری از گونه‌های ماهیان آب شیرین را تغییر داده و عامل اصلی کاهش تنوع زیستی ماهیان آب شیرین عنوان شده است [۴]. فعالیت‌های انسانی از جمله برداشت بیش از حد از ذخایر آبزیان، معرفی گونه‌های غیربومی، آلودگی، تخریب زیستگاه‌ها و تغییرات آب‌وهوایی (ناشی از فعالیت‌های انسانی) به عنوان عوامل اصلی کاهش تنوع گونه‌ها بیان شده‌اند [۵]. به رغم اهمیت این اکوسیستم‌ها، بسیاری از سیستم‌های رودخانه‌ای به‌ویژه مناطقی با پویایی مکانی و زمانی به‌خوبی مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند [۶].

یکی از روش‌های ارزیابی آبزیان، مدل شاخص مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Index: HSI) است که برای تعیین وضعیت زیستگاه گونه‌های ماهیان کاربرد دارد. به طور کلی، شاخص‌های مطلوبیت زیستگاه منحنی‌هایی هستند که برای تعیین کمیت و ارزیابی کیفیت زیستگاه برای یک گونهٔ خاص و براساس شرایط زیستگاهی انتخاب‌شده طی دوره‌های خاصی از زیست گونه‌ها استفاده می‌شود [۷]. بنابراین منحنی‌های HSI فقط برای مراحلی از زندگی و مناطقی که مشخص شده‌اند و داده‌های میدانی برای آن‌ها به دست آمده است قابل استفاده هستند. در نبود داده‌های محیطی، منحنی‌های HSI برای برخی مناطق دیگر تطابق داده شده و در برخی موارد اعمال می‌شود، اما ممکن است برای مناطق دیگر مناسب نباشد [۸].

در آب‌های داخلی ایران ۲۹۲ گونه ماهی از ۳۶ خانواده گزارش شده است که ۱۰۲ گونهٔ بومزاد (endemic) و ۲۹ گونه نیز غیربومی هستند [۹]. جنس *Chondrostoma* از خانوادهٔ Leuciscidae در ایران دارای چهار گونهٔ *C. regium*، *C. cyri*، *C. orientale* و *C. esmaeilii* است که در حوضه‌های دریای خزر، حوضهٔ رودخانهٔ کر، زاینده‌رود، حوضه‌های تیگره و غیره پراکنش دارند [۱۰]. ماهی نازک جنوب *C. regium* گونهٔ بومی حوضهٔ تیگره، زاینده‌رود (چهارمحال و بختیاری و اصفهان) و کارون (نظیر زهره، کوهرنگ و ارمند) در ایران [۱۰ و ۱۱] و همچنین خلیج فارس در کشورهای همجوار جنوب و غرب ایران است [۱۲] و از لحاظ بوم‌شناختی و صید تفریحی اهمیت دارد.

با توجه به دخالت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی روی رودخانهٔ زاب کوچک در سال‌های گذشته و برداشت شن به صورت گسترده، تغییرات وسیعی در زیستگاه ماهیان این رودخانه ایجاد شده است. از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی ترجیح زیستگاهی گونهٔ نازک ماهی جنوب *C. regium* و تغییرات سالیانهٔ آن در بخش ایرانی رودخانهٔ زاب کوچک در استان آذربایجان با انجام نمونه‌برداری در چهار فصل سال صورت گرفت. نتایج این مطالعه علاوه بر درک نیازهای زیستی این گونه، در راستای مدیریت این اکوسیستم‌های آبی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش کار

رودخانهٔ دائمی زاب کوچک با طول ۴۰۰ کیلومتر حوضهٔ آبریزی برابر با ۲۲ هزار کیلومتر را در غرب کشور در بر می‌گیرد. این رودخانه از ضلع غربی کوهستان‌های بین مهاباد و پیرانشهر با ۲۱۴۰ متر ارتفاع از سطح دریا و ضلع شرقی کوهستان‌های قندیل سرچشمه می‌گیرد و دارای دو شاخه فرعی است و با عبور از منطقهٔ سردشت به طرف عراق جریان پیدا می‌کند و به رودخانهٔ دجله می‌ریزد [۱۳]. در این مطالعه، در مجموع تعداد ۶ ایستگاه (هر یک با ۳ تکرار) برای شمارش فراوانی و ثبت فاکتورهای محیطی انتخاب شدند (جدول ۱). داده‌های فراوانی نازک ماهی جنوب و فاکتورهای زیستگاهی در چهار فصل از آبان‌ماه ۱۴۰۰ تا مهر ۱۴۰۱ از رودخانهٔ زاب کوچک در استان آذربایجان غربی جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری‌ها در هر ایستگاه با طول ۳۰ متر با ۳ تکرار با استفاده از دستگاه الکتروشوکر (Samus Mp 750) و تور ساچوک پشتیبان صورت گرفت. بلافاصله بعد از صید نمونه‌ها، فاکتورهای زیستگاهی نیز اندازه‌گیری و ثبت شدند. در ایستگاه‌های نمونه‌برداری موقعیت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و شیب (با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی و سونتو)، عمق (با استفاده از متر نواری)، عرض (با استفاده از متر نواری) سرعت (با استفاده از

جسم شناور) [۱۴] اندازه‌گیری و از ساختار بستر و پوشش گیاهی نیز نمونه‌برداری و داده‌های آن براساس [۱۵] ثبت شد. برخی پارامترهای آب شامل pH (PH TESTER - PH108)، کل مواد جامد محلول (TDS) (TDS-02/TDS-03/TDS-039)، هدایت الکتریکی (EC) و دما توسط دستگاه پرتابل سنجش اندازه‌گیری شدند.

دامنهٔ ارزش بهینه هر یک از فاکتورهای زیستگاهی (شاخص مطلوبیت، SI) که فراوانی نمونه‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری را تحت تأثیر قرار می‌دهند و نیز طبقات هر یک از فاکتورهای زیستگاهی با در نظر گرفتن زیستگاه انتخاب شده با استفاده از نرم‌افزار HABSEL (Habitat selection) (Version 1.00 : ۱۶) محاسبه شد. این محاسبه به این صورت انجام شد که دامنهٔ مربوط به هر متغیر کمی به طبقاتی تقسیم می‌شود و ارزش مقدار بهینهٔ هر طبقه (SI) مشخص می‌شود. ارزش مقدار بهینه (SI) طبق رابطهٔ SIc, i= %Uc,i%Ac,i به دست آمد که در این رابطه c فاکتور محیطی است، i طبقهٔ آن متغیر، %Uc,i درصد استفادهٔ ماهی از طبقه‌ای خاص از هریک از فاکتورهای محیطی و %Ac,i درصد در دسترس بودن آن متغیر محیطی است [۱۷]. برای تعیین شاخص مطلوبیت هریک از فاکتورهای مورد بررسی در رودخانهٔ زاب کوچک، مقادیر عددی مطلوبیت هر ایستگاه تعیین و میانگین حسابی شاخص‌های مطلوبیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری به منزلهٔ شاخص مطلوبیت آن فاکتور در رودخانهٔ زاب کوچک تعیین شد. به منظور محاسبهٔ شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) کل برای گونهٔ مورد مطالعه در رودخانهٔ زاب از رابطهٔ میانگین هندسی $HSI= (SI1*SI2*\ldots*SIn)^{1/n}$ استفاده شد [۱۸]. در این معادله SI1 تا SIn به‌ترتیب شاخص مطلوبیت برای هریک از فاکتورهای زیستگاهی مستقل مورد مطالعه هستند.

جدول ۱. مختصات و موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری در رودخانهٔ زاب

شماره ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	جنس بستر
۱	۴۵° ۳۰′ ۱۸/۳۶″ E	۳۶° ۱۴′ ۳۴/۳۹″ N	شنی
۲	۴۵° ۳۰′ ۱۶/۶۸″ E	۳۶° ۱۴′ ۵۷/۳۶″ N	شنی
۳	۴۵° ۳۰′ ۱۲/۴۳″ E	۳۶° ۱۵′ ۴۶/۰۲″ N	قلوه‌سنگی
۴	۴۵° ۲۹′ ۳۹/۴۶″ E	۳۶° ۱۶′ ۱۰/۲۵″ N	سنگی تا شنی
۵	۴۵° ۲۹′ ۰۶/۱۵″ E	۳۶° ۱۷′ ۲۶/۹۱″ N	قلوه‌سنگی
۶	۴۵° ۲۶′ ۴۵/۸۷″ E	۳۶° ۱۸′ ۴۸/۰۹″ N	تخته‌سنگی بزرگ

یافته‌ها

نتایج نشان داد مطلوب‌ترین pH در سه فصل بهار، تابستان و پاییز در دامنهٔ ۹ـ ۱۰ با شاخص مطلوبیت ۱ بود و در فصل زمستان دامنهٔ ۸ــ ۹ بیشترین مطلوبیت را داشت (جدول ۴). فاکتور دما نشان داد در سه فصل بهار، تابستان و پاییز دامنهٔ دمای ۱۸ـ ۲۳ درجهٔ سانتی‌گراد بیشترین مطلوبیت را به خود اختصاص داد و در فصل زمستان دامنهٔ دمایی ۱۲ـ ۱۲/۲ دارای شاخص مطلوبیت ۱ بود. در فصل بهار دامنهٔ TDS ۱۰۴-۱۰۳ میلی‌گرم بر لیتر با مطلوبیت ۰/۵۳ بیشترین مقدار شاخص مطلوبیت را داشت، اما در فصل‌های تابستان، پاییز و زمستان دامنهٔ ۱۵۲-۱۵۷ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین مقدار شاخص مطلوبیت TDS را داشت. نتایج فاکتور EC نشان داد در فصل بهار دامنهٔ ۲۱۷-۲۱۴ (µSiemens/cm)، در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان دامنهٔ ۳۰۴-۳۲۰ بیشترین مقدار مطلوبیت را داشت. نتایج فاکتور ارتفاع از سطح دریا برای چهار فصل سال مشابه بود و در دامنهٔ ارتفاع ۱۰۲۰-۱۰۳۰ متر بیشترین مقدار مطلوبیت را داشت. همچنین نتایج فاکتور عمق آب نشان داد در فصل بهار دامنهٔ عمق ۸۰-۹۰ سانتی‌متر بیشترین مقدار مطلوبیت (۰/۳۱) را داشت و در فصل تابستان عمق ۴۴ـ ۵۰ سانتی‌متر بیشترین مطلوبیت و برای فصل پاییز دامنهٔ ۳۰ــ ۳۵ سانتی‌متر و در فصل زمستان ۶۸ـ ۷۶ سانتی‌متر به دست آمد.

نتایج فاکتور عرض رودخانه نشان داد در فصل بهار دامنهٔ عرض ۶۰ـ ۶۵ متر با شاخص مطلوبیت ۰/۳۹، در فصل تابستان دامنهٔ ۲۰ــ ۲۵ متر با شاخص مطلوبیت ۰/۷۱، در فصل پاییز دامنهٔ عرض ۱۹ـ ۲۱ متر با مطلوبیت ۱ و در فصل زمستان دامنهٔ ۳۰ــ ۳۲ متر با شاخص

مطلوبیت ۰/۵۸ بیشترین مقدار را داشت. مطلوبیت سرعت جریان آب در فصل بهار دو دامنهٔ ۰/۴ـ ۰/۶ و ۱ـ ۱/۲ متر بر ثانیه بیشترین مقدار مطلوبیت، در فصل تابستان دامنه سرعت ۰/۶ـ ۰/۷ متر بر ثانیه با شاخص مطلوبیت ۱، در فصل پاییز نیز سرعت ۰/۴۵ـ ۰/۶ با شاخص مطلوبیت ۱ و در فصل زمستان سرعت ۱/۱۶- ۱/۲۸ متر بر ثانیه بیشترین مقدار شاخص مطلوبیت را داشتند. نتایج فاکتور شیب رودخانه نشان داد دامنهٔ شیب ۱ــ ۱/۴ درصد در چهار فصل سال بیشترین مقدار شاخص مطلوبیت را داشت و تفاوتی بین فصل‌ها برای این فاکتور برای ماهی *C. regium* نداشت. میانگین کلیهٔ متغیرهای محیطی زیستگاه در رودخانهٔ زاب کوچک به صورت فصلی در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. میانگین تغییرات هر یک از فاکتورها طی چهار فصل سال نشان داد دامنهٔ فاکتورها متغیر بود. همچنین مشخص شد این گونه در بسترهای قلوه‌سنگی و تخته‌سنگی ریز تا متوسط بدون پوشش گیاهی بیشتر حضور دارد و پراکنش آن در ایستگاه‌های با بستر سنگی بیشتر است.

جدول ۲. حداقل، حداکثر و میانگین مقادیر فاکتورهای زیستگاهی نازک ماهی جنوب در فصل بهار و تابستان، رودخانهٔ زاب

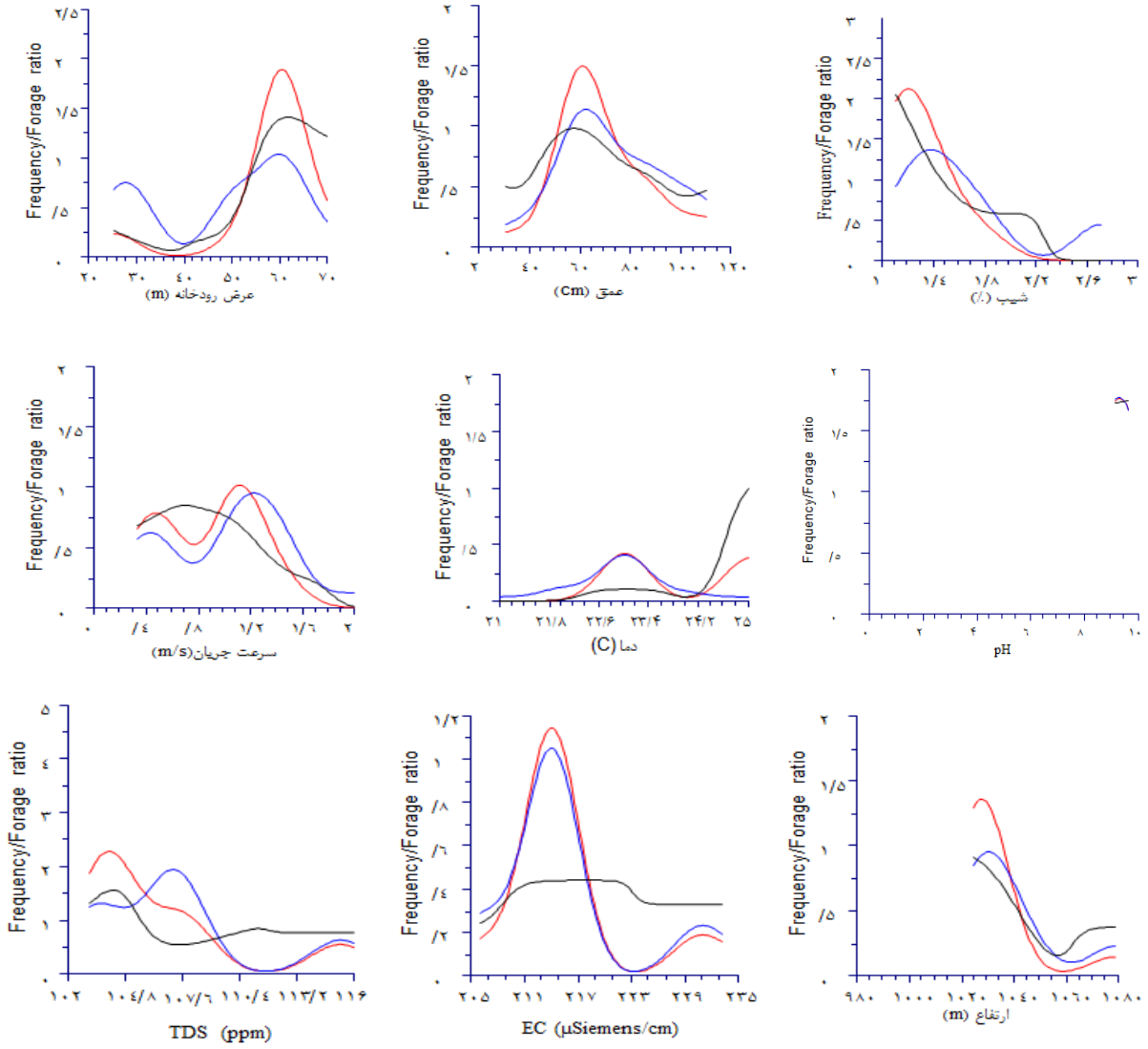
فاکتور	بهار			تابستان		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
PH	۹/۲	۹/۶	۹/۲۸	۹/۲	۹/۴	۹/۲۸
دما	۲۳	۲۵	۲۳/۹۵	۲۲	۲۳	۲۲/۱۱
TDS (ppm)	۱۰۳	۱۱۶	۱۰۶/۵۲	۱۵۳	۱۵۵	۱۵۳/۷۴
EC	۲۰۶	۲۳۳	۲۱۵/۶۷	۳۰۸	۳۱۰	۳۰۸/۴۷
ارتفاع	۱۰۲۵	۱۰۷۸	۱۰۳۲/۲۴	۱۰۲۴	۱۰۲۶	۱۰۲۵/۷۹
عمق	۳۰	۱۱۰	۶۹/۰۵	۴۵	۶۰	۴۹/۷۴
عرض	۲۵	۷۰	۵۷/۳۸	۲۰	۲۵	۲۰/۵۳
سرعت جریان	۰/۳۳	۱/۴۲	۰/۸۵	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶
شیب	۱/۱	۱/۸	۱/۲۸	۱/۳	۲/۳	۱/۳

جدول ۳. حداقل، حداکثر و میانگین مقادیر فاکتورهای زیستگاهی نازک ماهی جنوب در فصل پاییز و زمستان، رودخانهٔ زاب

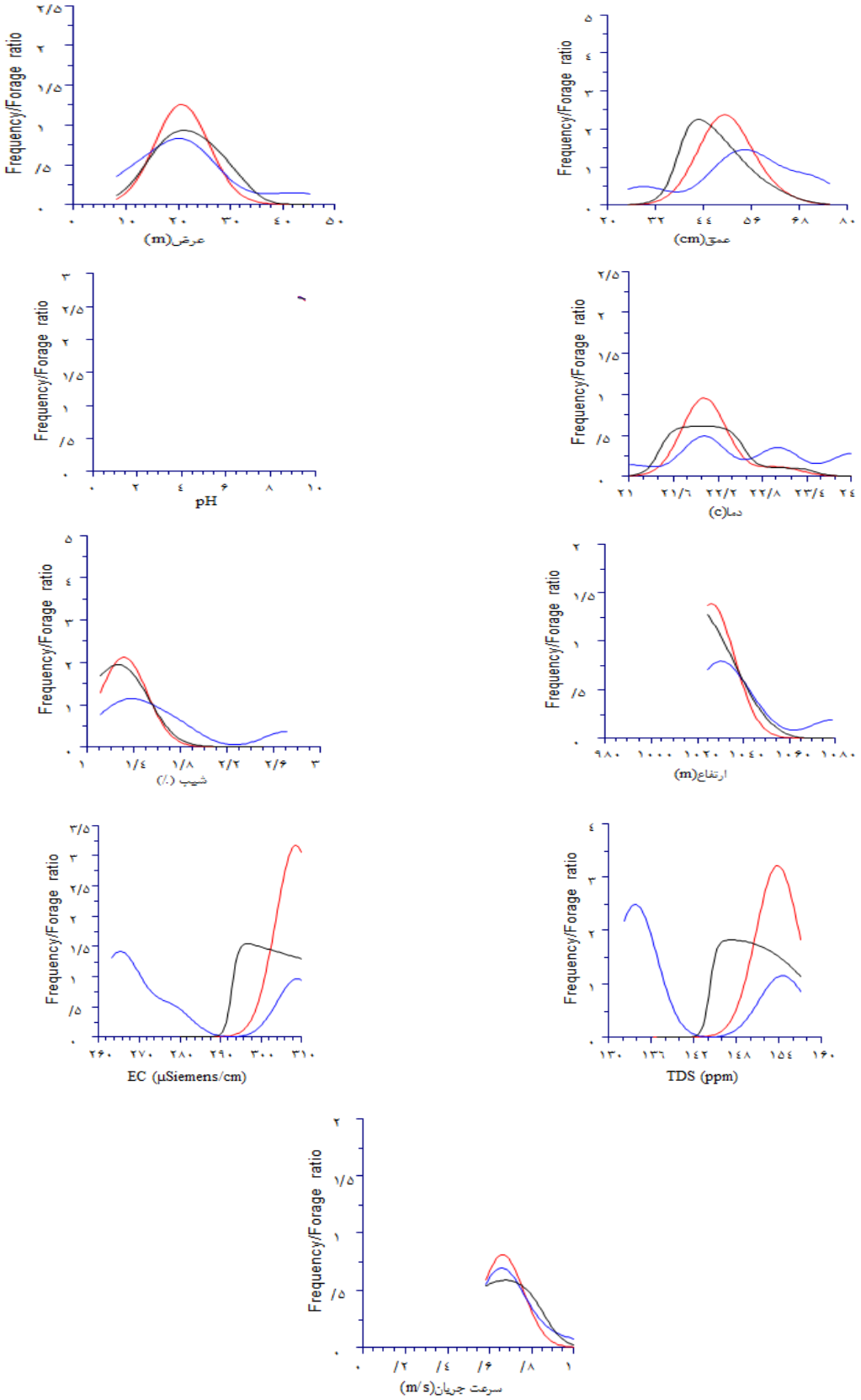
فاکتور	پاییز			زمستان		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
PH	۹/۴	۹/۷	۹/۵۲	۸/۶	۹/۱	۸/۷۸
دما	۱۸	۱۹	۱۸/۶	۱۲	۱۲	۱۲
TDS (ppm)	۱۵۴	۱۵۴	۱۵۴	۱۵۵	۱۵۵	۱۵۵
EC	۳۰۴	۳۰۶	۳۰۴/۸	۳۱۲	۳۱۵	۳۱۳/۹۲
ارتفاع	۱۰۲۴	۱۰۲۶	۱۰۲۵/۲	۱۰۲۹	۱۰۴۳	۱۰۳۲/۵
عمق	۳۰	۵۰	۴۲	۵۰	۸۰	۶۲/۵
عرض	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰	۲۸/۴۲
سرعت جریان	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱/۱	۱/۲۵	۱/۱۹
شیب	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۱	۲/۷	۱/۵

فراوانی این گونه در محدوده‌های استفاده‌شده، دردسترس و انتخابی در شکل‌های ۱ــ ۴ در چهار فصل سال ارائه شده است. نتایج نشان داد محدودهٔ استفاده‌شده، در دسترس و انتخابی در چهار فصل سال برای بیشتر فاکتورهای محیطی متفاوت بود، اما برای سه فاکتور pH، ارتفاع از سطح دریا و شیب محدودهٔ استفاده‌شده، در دسترس و انتخابی مشابه بود. در فصل بهار فاکتورهای دما، سرعت جریان و EC محدودهٔ استفاده، دردسترس و انتخابی متفاوت بود. در فصل تابستان فاکتورهای EC و TDS محدودهٔ انتخابی، استفاده‌شده و دردسترس آن‌ها متفاوت بود. در فصل پاییز نیز فاکتورهای دما، EC و TDS محدودهٔ انتخابی، استفاده‌شده و دردسترس متفاوت بود. همچنین در فصل زمستان فاکتور دمای محدوده‌های انتخابی، استفاده‌شده و دردسترس آن متفاوت بود. همچنین شاخص مطلوبیت کل برای هر یک از فاکتورها در چهار فصل سال در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج

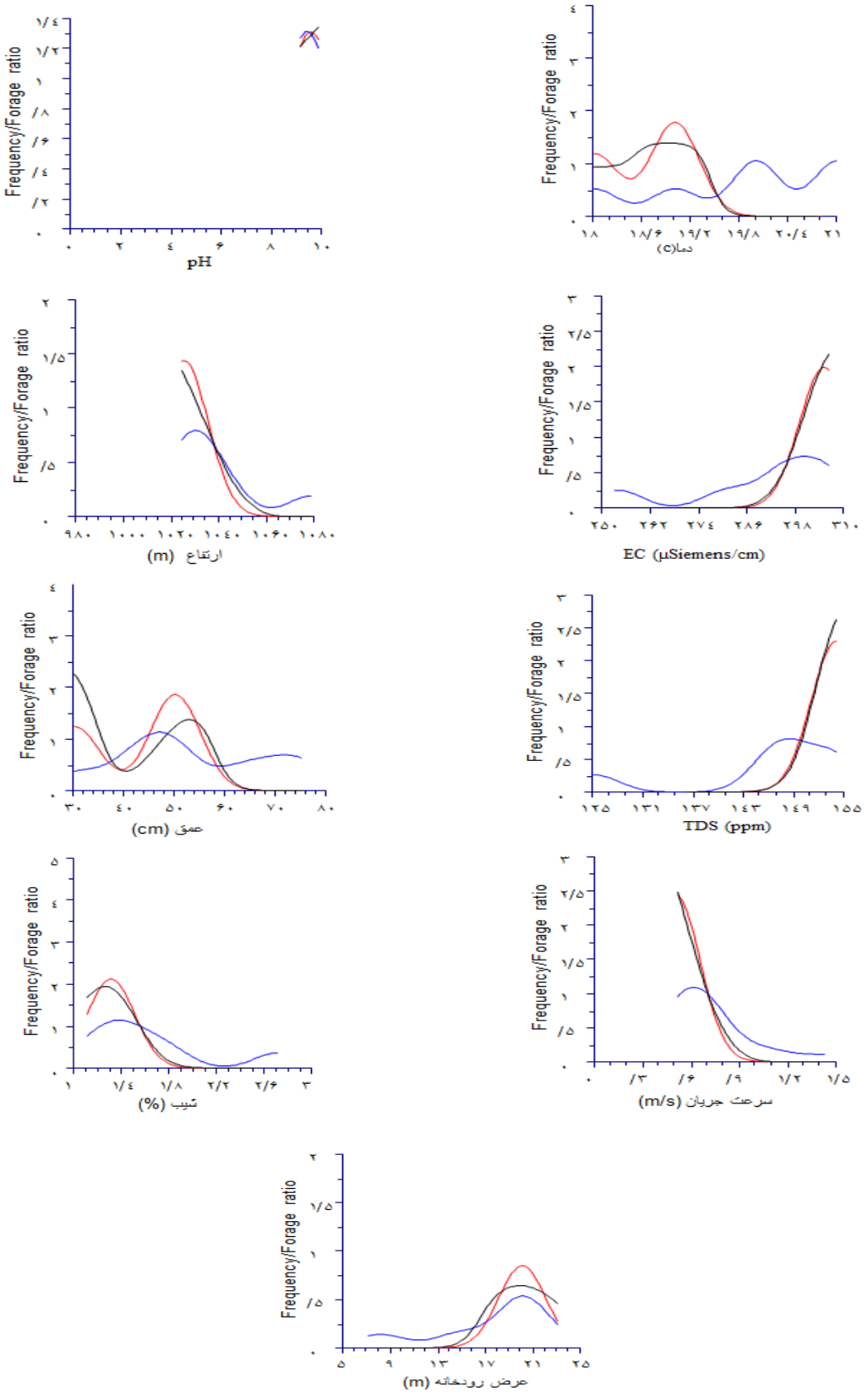
شاخص مطلوبیت کل نشان داد فاکتور pH در چهار فصل سال دارای بیشترین مقدار شاخص مطلوبیت است. همچنین نتایج نشان داد فاکتور شیب کمترین مقدار شاخص مطلوبیت کل را در چهار فصل سال داشت. شاخص مطلوبیت کل فاکتورهای دیگر در چهار فصل سال دارای تغییرات مختلف بود و هر یک از فاکتورها طی چهار فصل سال میزان مطلوبیت کل آن متغیر بود. مقدار شاخص کل مطلوبیت برای این گونه در رودخانهٔ زاب کوچک ۰/۴۲۶ به دست آمد و فصل بهار مطلوب‌ترین فصل برای این گونه بود.



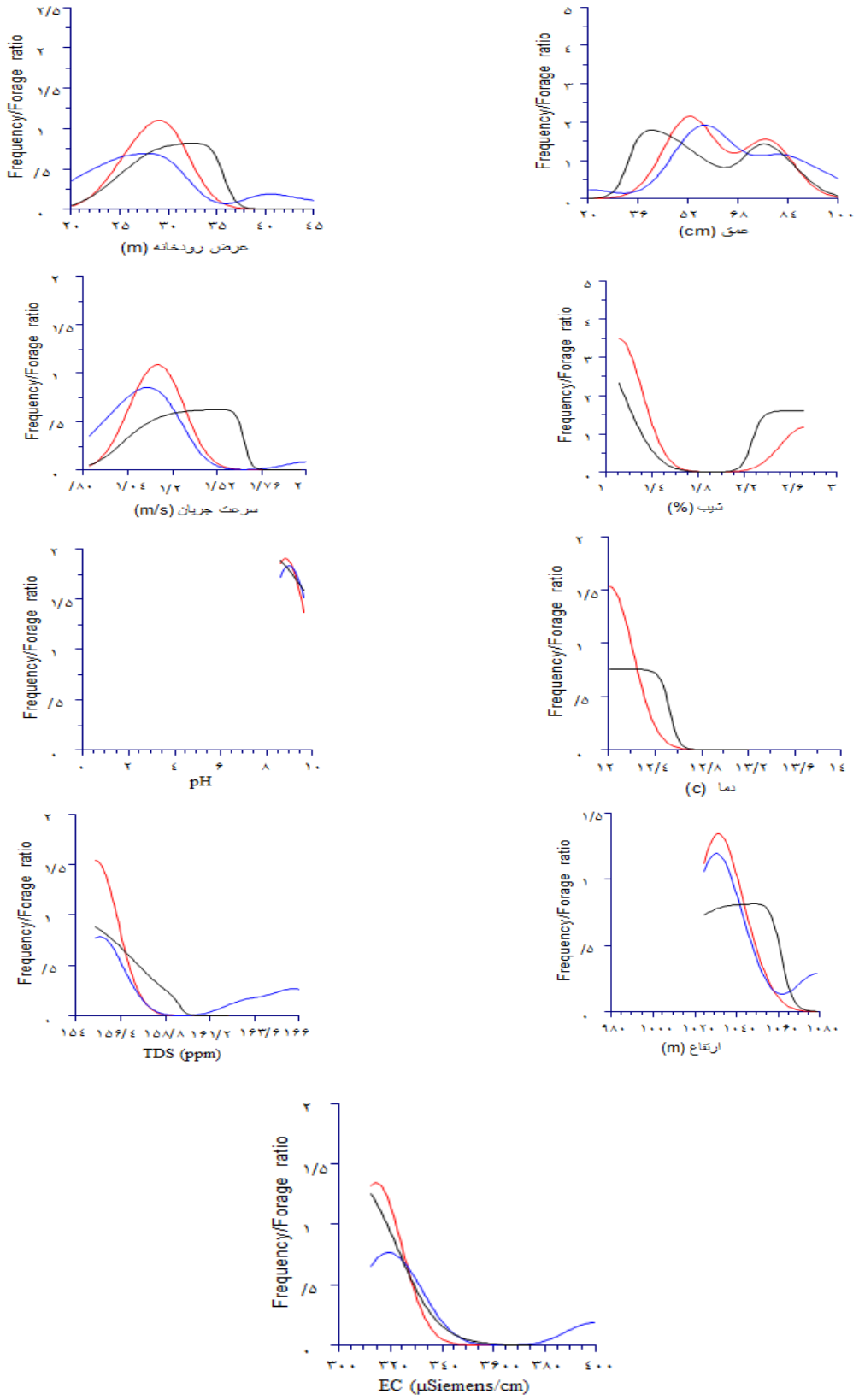
شکل ۱. نمودارهای مربوط به محدوده‌های انتخابی، استفاده‌شده و دردسترس توسط نازک ماهی جنوب Chondrostoma regium در فصل بهار، رودخانهٔ زاب کوچک استفاده‌شده (رنگ آبی، محدودهٔ دردسترس؛ قرمز، محدودهٔ استفاده‌شده؛ مشکی، محدودهٔ انتخابی)



شکل ۲. نمودارهای مربوط به محدوده‌های انتخابی، استفاده‌شده و دردسترس توسط نازک ماهی جنوب Chondrostoma regium در فصل تابستان، رودخانهٔ زاب کوچک (رنگ آبی، محدودهٔ دردسترس؛ قرمز، محدودهٔ استفاده‌شده؛ مشکی، محدودهٔ انتخابی)



شکل ۳. نمودارهای مربوط به محدوده‌های انتخابی، استفاده‌شده و دردسترس توسط نازک ماهی جنوب Chondrostoma regium در فصل پاییز، رودخانهٔ زاب کوچک (رنگ آبی، محدودهٔ دردسترس؛ قرمز، محدودهٔ استفاده‌شده؛ مشکی، محدودهٔ انتخابی)



شکل ۴. نمودارهای مربوط به محدوده‌های انتخابی، استفاده‌شده و دردسترس توسط نازک ماهی جنوب Chondrostoma regium در فصل زمستان، رودخانهٔ زاب کوچک (رنگ آبی، محدودهٔ دردسترس؛ قرمز، محدودهٔ استفاده‌شده؛ مشکی، محدودهٔ انتخابی)

جدول ۴. شاخص مطلوبیت در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان نازک ماهی جنوب (Chondrostoma regium) در رودخانهٔ زاب کوچک

بهار			تابستان			پاییز			زمستان		
فاکتور	طبقه	SI	فاکتور	طبقه	SI	فاکتور	طبقه	SI	فاکتور	طبقه	SI
pH	۹-<۱۰	۱	pH	۹-<۱۰	۱	pH	۹-<۱۰	۱	pH	۸-<۹	۰/۷۵
دما	۲۳-<۲۳/۴	۱	دما	۲۱/۹-<۲۲/۲	۰/۸۶	دما	۱۸/۹-<۱۹/۲	۰/۶۰	دما	۱۲<۱۲/۲	۱
TDS	۱۰۳/۴-<۱۰۴/۸	۰/۵۳	TDS	۱۵۴-<۱۵۷	۰/۵۳	TDS	۱۵۲-<۱۵۵	۱	TDS	۱۵۴-<۱۵۵/۲	۱
EC	۲۱۴-<۲۱۷	۰/۳۳	EC	۳۰۵-<۳۱۰	۰/۶۳	EC	۳۰۴-<۳۱۰	۱	EC	۳۱۰-<۳۲۰	۱
ارتفاع	۱۰۲۰-<۱۰۳۰	۰/۷۶	ارتفاع	۱۰۲۰-<۱۰۳۰	۱	ارتفاع	۱۰۲۰-<۱۰۳۰	۱	ارتفاع	۱۰۲۰-<۱۰۳۰ ۱۰۴۰-<۱۰۵۰	۰/۵۰
عمق	۸۰-<۹۰	۰/۳۱	عمق	۴۴-<۵۰	۰/۶۸	عمق	۳۰-<۳۵	۰/۵۷	عمق	۶۸-<۷۶	۰/۴۴
عرض	۶۰-<۶۵	۰/۳۹	عرض	۲۰-<۲۵	۰/۷۱	عرض	۱۹-<۲۱	۱	عرض	۳۰-<۳۲/۵	۰/۵۸
سرعت جریان	۰/۴-<۰/۶ ۱/۰-<۱/۲	۰/۳۶	سرعت جریان	۰/۶-<۰/۷	۱	سرعت جریان	۰/۴۵-<۰/۶۰	۱	سرعت جریان	۱/۱۶-<۱/۲۸	۰/۵۴
شیب	۱/۰-<۱/۲	۰/۵۳	شیب	۱/۲-<۱/۴	۱	شیب	۱/۲-<۱/۴	۱	شیب	۱-<۱/۲	۰/۷۵

جدول ۵. شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای هر متغیر در چهار فصل نازک ماهی جنوب (Chondrostoma regium) در رودخانهٔ زاب کوچک

فاکتور / فصل	pH	دما (°C)	EC (µSiemens/cm)	TDS (ppm)	ارتفاع (m)	عمق (cm)	سرعت جریان (m/s)	عرض رودخانه (m)	شیب (%)	HSI (کل)
بهار	۰/۹۹۷	۰/۲۷۸	۰/۸۴۷	۰/۵۲۳	۰/۴۱۶	۰/۶۶۰	۰/۴۵۹	۰/۲۵۷	۰/۲۵۳	۰/۴۲۶
تابستان	۰/۹۹۶	۰/۲۷۴	۰/۴۴۷	۰/۵۱۸	۰/۱۹۳	۰/۱۶۵	۰/۴۶۴	۰/۳۳۴	۰/۱۸۸	
پاییز	۰/۹۵۰	۰/۴۱۵	۰/۴۴۵	۰/۴۴۶	۰/۱۸۷	۰/۲۳۳	۰/۱۲۵	۰/۳۷۰	۰/۱۸۸	
زمستان	۰/۹۲۲	۰/۴۷۴	۰/۱۳۱	۰/۳۵۷	۰/۴۵۸	۰/۳۴۸	۰/۵۱۱	۰/۳۷۶	۰/۱۵۳	

بحث و نتیجه‌گیری

بـه منظـور بهـره‌بـرداری پایـدار و حفـظ تنـوع زیسـتی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، شناخت نیازهای زیستی آبزیان ضروری اسـت و درک تـرجیح زیسـتگاهی یکـی از عوامـل مدیریتی مهم برای مـدیریت جوامـع ماهیـان اسـت [۱۹]. نیازهای زیستگاهی شامل عوامل غیرزنده محیطی است که برای بقا و زیست ماهیان مورد نیاز است و در بـین عوامـل محیطی ساختارهای فیزیکی اهمیت بالایی از نظر حضـور، فراوانی و ترکیب گونه‌ها دارد [۲۰]. عوامل محیطی شـامل دما، TDS، EC، pH، ارتفاع از سطح دریا، عرض رودخانـه، عمق آب، سرعت جریـان آب و شـیب اسـت کـه فراوانـی، توزیع و پراکنش ماهیان را در نقاط مختلف رودخانه تحـت تأثیر قرار می‌دهند. با توجه به نتایج، دامنهٔ مقادیر شاخص مطلوبیت برای بیشتر فاکتورهای زیستگاهی در چهار فصل سال متفاوت بودند، به بیانی دیگر نازک مـاهی جنـوب در چهار فصل سال زیستگاه‌های متفـاوتی را تـرجیح مـی‌داد. بررسی مقادیر مطلوبیت فـاکتور pH نشـان‌دهنـدهٔ سـطوح مطلوبیت مشابه در فصل‌های مختلف سال بود، بـه طـوری که محدودهٔ ۹ـ ۱۰ بیشترین مطلوبیت را داشت و در فصل زمستان در دامنهٔ پایین‌تر شاخص مطلوبیت بالاتر بـود، بـه طور کلی تغییرات فاکتور pH طی سال در این رودخانه کم بود و این می‌تواند بـه دلیـل موقعیـت رودخانـه و سـاختار زمین‌شناسی منطقهٔ مطالعاتی باشد. محـدودهٔ pH مناسـب برای ماهی ۶/۵ تا ۸/۵ است که در مطالعهٔ حاضـر بـالاتر از این محدوده است.

دما عامـل اصـلی پـراکنش و رفتـار ماهیـان اسـت. در مطالعهٔ حاضر با افزایش دما شاخص مطلوبیت افزایش یافت و نشـان داد نـازک مـاهی جنـوب دمـای بـالاتر را تـرجیح می‌دهد و در فصل‌هـای بهـار و تابسـتان در ایسـتگاه‌هـای نمونه‌برداری فراوانی این گونه بیشتر بود، زیرا دما به عنوان یک محـرک طبیعـی در بسـیاری از فراینـدهای زیسـتی و مهاجرت ماهی نقـش دارد. ایـن نتـایج احتمـالاً بـه دلیـل

ارتباط بین دما و نرخ واکنش‌های متابولیسمی و مصرف انرژی، تولیدمثل، رشد و رفتار گونه‌ها است [۲۱]. نتایج مطالعات مختلف روی گونه‌های مختلف نیز نشان داده است با افزایش دما، مطلوبیت زیستگاه و فراوانی گونه‌ها افزایش یافته است [۲۲ـ ۲۵]. بنابراین دما فاکتور مهمی در ترجیح زیستگاه نازک ماهی جنوب (*C. regium*) بود و مطلوب‌ترین زیستگاه در دمای بالاتر ثبت شد.

دامنهٔ تغییرات TDS و EC در فصل‌های مختلف سال با یکدیگر تفاوت داشتند و هر دو فاکتور در فصل بهار در دامنه‌های پایین‌تر مطلوبیت بیشتری داشتند و در دیگر فصل‌های سال شاخص مطلوبیت در دامنه‌های نسبتاً بالاتر، بیشتر بود و این می‌تواند نشان‌دهندهٔ سازگاری نسبتاً بالای این گونه به تغییرات فاکتورهای محیطی در فصل‌های مختلف سال است. مواد جامد محلول (TDS) به صورت طبیعی در آب وجود دارند یا بر اثر استخراج از رودخانه یا ورودی آب‌ها ایجاد می‌شوند [۲۶]. میزان تغییرات این فاکتورها به موقعیت جغرافیایی رودخانه‌ها بستگی دارد [۲۰]. براساس نتایج حاضر در چهار فصل سال دامنهٔ مطلوب ارتفاع برای این گونه در ارتفاع ۱۰۲۰ تا ۱۰۳۰ متر بود و تغییراتی در ترجیح این فاکتور طی سال وجود نداشت و می‌توان گفت که این گونه ارتفاعات پایین‌تر را بیشتر ترجیح می‌دهد. این فاکتور می‌تواند بر دمای آب، سرعت جریان و اکسیژن محلول آب اثرگذار باشد. دسترسی به نواحی دارای سرعت و عمق مناسب در اولویت‌بندی انتخاب زیستگاه، اهمیت این فاکتورها را در ارزیابی آکوسیستم‌های رودخانه‌ای تأیید می‌کنند [۲۷].

سرعت جریان برنرخ شست‌وشوی بی‌مهرگان آبزی و عمق آب به عنوان محافظی در برابر شکارچیان اثرگذار هستند، همچنین عواملی مانند میزان نور، دما، تراکم مواد غذایی، میزان تولید اولیه و ثانویه در زیستگاه‌های آبی تحت تأثیر دو فاکتور سرعت جریان و عمق آب هستند [۲۸]. در مطالعهٔ حاضر نتایج نشان داد گونه *C. regium* در رودخانهٔ زاب نواحی با سرعت و عمق متوسط را ترجیح می‌دهد. در رابطه با سرعت جریان آب بیشترین مقدار مطلوبیت در فصل تابستان و پاییز با سرعت متوسط مشاهده شد. با توجه به ارتباط بین سرعت جریان و عمق آب، این گونه مناطق با عمق متوسط را ترجیح دهد، همچنین این دو فاکتور از عوامل مهم در تعیین ترجیح زیستگاه این گونه است. فاکتور عرض رودخانه نیز با عمق آب رابطهٔ عکس دارد، یعنی در نواحی با عرض زیاد با توجه به دبی عمق آب کاهش می‌یابد. در واقع عرض رودخانه نشان‌دهندهٔ اندازهٔ رودخانه و تنوع زیستگاهی در نقاط مختلف رودخانه است. در مطالعهٔ حاضر نازک ماهی جنوب نواحی با عرض متوسط ۲۰ تا ۲۵ متر را ترجیح داد و با افزایش و کاهش عرض رودخانه میزان شاخص مطلوبیت کاهش یافت. مطالعات مختلف نشان می‌دهند زیستگاه‌های با عرض بیشتر رودخانه مطلوبیت کمتری برای زیست دارند و گونه‌های مختلف ماهی ترجیح می‌دهند در زیستگاه‌های کم‌عرض‌تر زیست کنند [۲۹] وگونهٔ نازک ماهی جنوب نیز از این الگوی اکثر ماهیان تبعیت می‌کند. فاکتورهایی مانند عمق، دما، شفافیت آب و تولیدات مواد غذایی به طور مستقیم تحت تأثیر عرض رودخانه است. بنابراین در عرض‌های بالاتر سبب شدت جریان، عمق و پوشش جلبکی کمتر خواهد بود [۲۱]. نتایج همچنین نشان داد در چهار فصل سال با افزایش شیب بستر رودخانه میزان شاخص مطلوبیت این گونه کاهش می‌یابد. به طور کلی مطلوبیت این ماهی در ایستگاه‌های با شیب کمتر و سرعت جریان متوسط بیشتر است. شناخت خصوصیات و شرایط ترجیحی ماهیان محققان را از آثار مخرب تغییرات محیطی آگاه می‌سازد، چون تغییر در الگوی پراکنش ماهیان تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است. به منظور حفاظت از ماهیان و بازسازی اکوسیستم‌های آبی نیازمند شناخت این ویژگی‌های محیطی است تا بقای طولانی‌مدت آن‌ها را تضمین کند [۳۰].

نتایج این تحقیق نشان داد ترجیح زیستگاهی این گونه در فصل‌های مختلف سال متفاوت بوده و به طور کلی این گونه مناطقی با دما و pH بالا، ارتفاع پایین‌تر، شیب بستر کمتر و سرعت جریان، عمق و عرض متوسط را ترجیح می‌دهد. فاکتورهای عرض رودخانه، عمق آب، سرعت جریان و تاحدی فاکتورهای EC و TDS به عنوان عوامل مؤثر در شاخص مطلوبیت زیستگاه نازک ماهی جنوب *C. regium* شناخته شدند. همچنین مشخص شد که این گونه در نواحی با بستر سنگی احتمالاً برای تأمین مواد غذایی و فعالیت تولیدمثلی زیست می‌کند. با توجه به تغییرات عمده در بستر رودخانهٔ زاب کوچک به دلیل فعالیت‌های انسانی توصیه می‌شود در جهت حفاظت از ذخایر این گونه و برای مدیریت منابع آبی، مطالعه و بررسی مطلوبیت

زیستگاه گونه‌های ماهی در رودخانـهٔ زاب مـورد نظـر قـرار گیرد و توصیه می‌شود با توجه به پراکنش نسبتاً وسیع این گونـه در حوضـه‌هـای مختلـف ایـران مقایسـهٔ مطلوبیـت زیستگاه آن در رودخانه‌های مختلف انجام شود تا وضـعیت زیستگاهی این گونه مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

[1]. Fricke R, Eschmeyer W. N, van der Laan R. Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. [available on internet at Accessed 22 May 2020.

[2]. Miqueleiz I, Bohm M, Ariño A.H, Miranda R. Assessment gaps and biases in knowledge of conservation status of fishes. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2020; 30: 225–236.

[3]. Reid A. J, Carlson A. K, Creed I. F, Eliason E. J, Gell P. A, Johnson P. T. J, et al. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. Biological Reviews, 2019; 94: 849–873.

[4]. Bănăduc D, Joy M, Olosutean H, Afanasyev S, Curtean-Bănăduc A. Natural and Anthropogenic Driving Forces as Key Elements in the Lower Danube Basin–South-Eastern Carpathians–North-Western Black Sea Coast Area Lakes: A Broken Stepping Stones for Fish in a Climatic Change Scenario? Environ. Sci. Eur. 2020; 32: 73.

[5]. Dudgeon A.H, Arthington M.O, Gessner Z.I, Kawabata D.J, Knowler C, Lévêque R.J, et al. Stiassny Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges Biol. Rev., 2006; 81 (2): 163-182

[6]. Caleta M, Marcic Z, Buj I, Zanella D, Mustafic P, Duplic A, et al. A Review of Extant Croatian Freshwater Fish and Lampreys: Annotated List and Distribution. Ribar. Croat. J. Fish. 2019; 77: 137–234.

[7]. Bovee K.D. Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology. USDI Fish and Wildlife Service Instream Flow Information Paper No. 21 FWS/OBS-86/7, Washington, DC. 1986; 235 p.

[8]. Larocque S.M, Hatry C, Enders E.C. Development of habitat suitability indices and bioenergetics models for Arctic grayling (Thymallus arcticus). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2014; 3097: 57 p.

[9]. Eagderi S, Mouludi-Saleh A, Esmaeili H.R, Sayadzadeh G, Nasri M. Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. Turkish Journal Zoology, 2022; 46: 500-522.

[10]. Esmaeili H. R, Sayyadzadeh G, Eagderi S, Abbasi K. Checklist of freshwater fishes of Iran: FishTaxa. 2018; 3(3): 1–95.

[11]. Keivany Y, Nasri M, abbasi k, Abdoli A. Atlas book of fishes in inland water of Iran. Department of Environment Press, Tehran. 2016; 238 p. (In English and Persian).

[12]. Froese R, Pauly D. Editors. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org , Version (3/2020).

[13]. Binandeh A, Nobari A.H, Neyestan J, Vahdati Nasab H. A New Archaeological Research in Northwestern Iran: Prehistoric Settlements of Little Zab River Basin. Intl. J. Humanities, 2012; 19 (2): 27- 41.

[14]. Hasanli A.M. Diverse methods to water measurement (Hydrometry). Shiraz University publication. 2000; 265pp. (In Persian)

[15]. Tabatabaei S.N, Hashemzadeh Segherloo I, Eagderi S, Zamani Faradonbeh M. Determining factor in habitat selection of *Paracobitis iranica* (Nalbant & Bianco 1998) population in Kordan River, Namak Lake Basin, Iran. Journal of Aquatic Ecology, 2014; 3(4): 1-9. (In Persian)

[16]. Jowett I.G. Jowett Consulting. Www.jowettconsulting.co.nz. Accessed on December 9, 2014.

[17]. Waddle T.J. (Ed.). PHABSIM for Windows user's manual and exercises: U.S. Geological Survey Open-File Report, 2012; 2001-340. 288 p.

[18]. Haghi Vayghan A, Poorbagher H, Taheri Shahraiyni H, Fazli H, Nasrollahzadeh Saravi H. Suitability indices and habitat suitability index model of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) in the southern Caspian Sea. Aquatic Ecology. 2013; 47(3): 441-451.

[19]. Asadi H, Sattari M, Eagderi S. The determinant factors underlying habitat selectivity and preference for Black fish *Capoeta capoeta gracilis* (Keyserling, 1981) in siyahrud River (a tributary of Sefidrud River basin). Iranian Scientific Fisheries Journal. 2014; 23(3): 1-10.

[20]. Eagderi S, Mouludi-Saleh A, Mahmoudi M, Hakimi F. Habitat characteristics of Brown trout (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) in tributaries of the Taleghan River. Iranian Scientific Fisheries Journal, 2021; 30(5): 111-120. (In Persian).

[21]. Zamani Faradonbe M, Eagderi S, Zarei N. Determination of habitat suitability index of *Capoeta gracilis*, Keyserling 1861 from Taleghan River. Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources), 2015; 68(3): 409-419 (In Persian).

[22]. Pishkahpour Z, Poorbagher H, Eagderi S. Effects of Ecological Conditions and Physical Variables of the Dinvarab River in the Kermanshah Province on the Habitat Suitability Index of *Alburnus sellal* Heckel (1843). Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources), 2019; 71(4): 317-328 (In Persian).

[23]. Moradpour DerazKolaei A, Haghparast S, Rahmani H, Aghaei Moghadam A. Determination of Habitat Suitability Index and the most significant factors on distribution pattern of *Capoeta capoeta* in Roodbabol River, Mazandaran Province. Journal of Applied Ichthyological Research, 2021; 8(4) :1-14 (In Persian).

[24]. Abdollahpour Z, Rahmani H, Abdoli A, Janikhalili K. Evaluation of Habitat Suitability Index for Goby, *Ponticola cyrius*, in Tajan River (Shahid Rajai dam area to crossroad Takam). Journal of Aquatic Ecology, 2020; 10(1): 1-13. (in Persian)

[25]. Nasrolah Pourmoghadam M, Poorbagher H, Eagderi S, Rezaei Tavabe K. Assessment of habitat suitability index of Capoeta species in the Caspian Sea and Namak Lake basins, Iran. International of Journal Aquatic Biology, 2019; 7(3): 146-154.

[26]. Duffy L. Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Organisms: A Review of Literature and Recommendation for Salmonid Species. American Journal of Environmental Sciences, 2007; 1(3): 1-6.

[27]. Mouludi-Saleh A, Eagderi S, Poorbagher H. Study of habitat preference of *Garra rufa* in Dinorab River, Karkheh River basin. Iranian Journal of Eco Hydrology, 2022; 8(4): 953-960. (In Persian)

[28]. Damalas D, Maravelias C.D, Katsanevakis S, Karageorgis A.P, Papaconstantinou C. Seasonal abundance of non-commercial demersal fish in the easter Mediterranean Sea in relation to hydrographic and sediment characteristics. 2010; 89(1): 107-118

[29]. Littlejohn S, Holland L, Jacobson R, Huston M, Hornung T. Habits and Habitats of Fishes in the Upper Missississippi River. U.S. Fish and Wildlife Service, La Crosse, Wisconsin. 1985.

[30]. Garland R.D, Tiffan K.F, Rondorf D.W, Clark L.O. Comparison of subyearling fall Chinook salmon's use of riprap revetments and unaltered habitats in Lake Wallula of the Columbia River. North American Journal of Fisheries Management. 2002; 22(4): 1283-1289.