شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
صفحات ۱۵۲-۱۳۹

ارزیابی مطلوبیت زیستگاه ماهی قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta fario*) در رودخانه چالوس با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته

رحمت زرکامی[1]*، صبا گودرزی[2]، مرتضی سحرخیز[3]

۱. دانشیارگروه محیط زیست ،دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران
۳. کارشناس ارشد اداره حفاظت محیط زیست چالوس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹ /۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۵

چکیده

قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta fario*) یکی از انواع ماهیان آب شیرین می‌باشد که به دلیل صید افراطی، نابودی زیستگاه و تخریب زمین‌های خاص برای تخم ریزی در ایران در معرض خطر انقراض قرار دارد. برای پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاهی ماهی قزل‌آلای خال قرمز، ۳ ایستگاه از بخش‌های مختلف رودخانه چالوس (بالا دست، میان دست و پایین دست) در نظر گرفته شد. مجموعه ای از عوامل محیطی (فیزیکو- شیمیایی و ساختاری) در هر ایستگاه (در مجموع ۱۹ متغیر) بطور هم زمان با داده‌های مربوط به حضور/عدم حضور ماهی قزل‌آلای خال قرمز (۱۲ نمونه حضور و ۲۴ نمونه عدم حضور) به صورت ماهانه در طول یک سال (۱۳۹۷-۱۳۹۶) نمونه برداری گردید. بر اساس پیش‌بینی نتایج مدل خطی تعمیم یافته، اختلاف معنی داری بین حضور و عدم حضور ماهی قزل‌آلا در ایستگاه‌ها با تمام عوامل محیطی مورد مطالعه (پس از حذف عوامل با همبستگی بالا) وجود داشت ($p < ۰/۰۱$) . نتایج مدل نشان داد که با افزایش سرعت جریان آب، عمق رودخانه و غلظت اکسیژن محلول (خصوصا در قسمت‌های بالا دست رودخانه) بر روند احتمال حضور ماهی در رودخانه افزوده خواهد شد و بر عکس با افزایش عوامل فیزیکی و ساختاری مثل دمای آب، عرض رودخانه و فاصله از مبدا و همچنین با افزایش غلظت متغیرهای کیفی آب مثل افزایش میزان شوری، مواد مغذی (مثل نیترات و فسفات)، اکسیژن خواهی شیمیایی و مواد جامد معلق بتدریج از احتمال حضور ماهی کاسته می‌شود .

واژه‌های کلیدی: قزل‌آلای خال قرمز، مطلوبیت زیستگاهی، حضور و عدم حضور، مدل خطی تعمیم یافته، رودخانه چالوس

* نویسنده مسئول: رحمت زرکامی
Email: rzarkami2002@yahoo.co.uk

Journal of Fisheries
Vol. 74, No. 1, Spring 2021
pp. 139-152

Assessment of habitat suitability of the River brown trout (*Salmo trutta fario*) in Chalous River using generalized linear model

Rahmat Zarkami[1*], Saba Godarzi[2], Morteza Saharkhiz[3]

1. Associate professor, Department of Environment science, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
2. MSc student. Department of Environment science, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
3. MSc. Chalous environmental protection bureau, Guilan, Iran

Received: 02-Jan-2021 **Accepted: 04-Feb-2021**

Abstarct

The River brown trout (*Salmo trutta fario*) is one of the freshwater fish species that is endangered in Iran due to overfishing, habitat destruction and demolation of special substates for spawning. Three sampling sites were considered from different parts of Chalous River (upstream, middle and downstream of river) to predict the habitat suitability of the River brown trout. A set of environmental variables (physico-chemical and structural variables) was monthly sampled at each sampling site (in total 19 variables). The environmental variables were simultaneously colledted with the presence/absence of the river trout (12 samples presence and 24 samples absence) during one-year study period (2017-2018). Based on the prediction of the generalized linear model, there was a significant difference between the presence and absence of fish in the sampling sites regarding all the environmental factors (after excluding the variables with high correlation) ($p< 0.01$). The results of the model showed that increase of the water flow velocity, river depth and dissolved oxygen concentration (especially in the upper part of the river) may increase the probability of fish presence in the river. In contrast, increasing physical and structural variables such as water temperature, the river width and the distance from the source and also increasing the concentration of water quality variables such as salinity, nutrients (such as nitrate and phosphate), chemical oxygen demand and suspended solids gradually might decrease the presence of fish.

Keywords: The River brown trout, Habitat suitability, Presence and absence, Generalized linear model, Chalous River.

Corresponding author: Rahmat Zarkami Email: rzarkami2002@yahoo.co.uk

۱. مقدمه

بررسی ماهیان در بوم سازگان‌های آبی مثل رودخانه‌ها اهمیت بسزایی در پژوهش‌های بوم شناختی (مانند مطلوبیت زیستگاهی)، تکامل، رفتارشناختی، حفاظت، مدیریت و بهره برداری ذخایر دارد. زیستگاه ماهیان می‌تواند به وسیله عوامل متعددی از جمله آلاینده‌ها، تخریب زیستگاه، پرغذایی، افزایش درجه حرارت آب، آفت کش‌ها تخریب شود(Vrijenhoek, 1998).

ماهی قزل‌آلای خال قرمز[1] به خانواده آزاد ماهیان[2] تعلق دارد و در میان گونه‌های این خانواده دارای وسیع‌ترین دامنه پراکنش طبیعی است (Bernatchez, 2001) بطوری که این ماهی به طور گسترده در بوم سازگان‌های آب شیرین در اروپا و در سراسر جهان یافت می‌شود . این ماهی گونه بسیار خوبی برای پایش زیستی به شمار می‌آید (Culioli *et al*., 2009). بر اساس مطالعات انجام شده (Coad, 2000) قزل‌آلای خال قرمز یا قهوه‌ای رودخانه‌ای یکی از انواع ماهیان آب شیرین است که به دلیل صید افراطی، نابودی زیستگاه و تخریب زمین‌های خاص برای تخم ریزی در معرض خطر انقراض در ایران قرار دارد (Nezami *et al*., 2000). این ماهی یک گونه شاخص و حساس به انواع فشارهای انسانی و آلاینده‌ها ست و به عنوان یک گونه شاخص زیستی (اندیکاتور) برای تعیین عوامل کیفی آب شناخته شده است (Culioli *et al*., 2009). این ماهی در انتخاب زیستگاه، یک گونه بسیار انعطاف پذیر است (Elliott, 1994) و در ایران به علت کاهش جمعیت به صورت حفاظت شده زیست می‌کند، با این وجود صید ورزشی بیش از حد جمعیت آن را تهدید می‌کند.

بر اساس یافته‌های پژوهش‌های محتلف از دیر باز جمعیت آزاد ماهیان به ویژه قزل‌آلای خال قرمز به شدت به شرایط زیستگاهی وابسته است (Baran *et al*., 1995; Greenberg and Dahl, 1998). بر اساس مطالعات انجام شده، قزل‌آلای خال قرمز مکان‌هایی دارای جریان آبی با سرعت مناسب، تمیز و شفاف با بستر سنگلاخی را برای زیست ترجیح می‌دهد. بر اساس گزارشهای مختلف علمی، افزایش دمای آب در زمستان بیشتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد و در تابستان بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد نمی تواند زیستگاه مطلوبی برای زیست این ماهی را فراهم کند (Elliott, 2000; Skelton, 2001; Ojanguren and Brana, 2003)، و در آبهایی با غلظت اکسیژن بالا و فاقد آلودگی (حداقل آلودگی) یافت می‌شود. با توجه به اینکه برخی از نژادهای آن برای تخمریزی از آبهای شور و لب شور به آبهای شیرین رودخانه‌ای مهاجرت می‌کنند، می‌توانند محدوده وسیعی از شوری (۰ تا ۳۵ درصد) را تحمل کنند و زنده بماند (Molony, 2001). مانند دیگر آزاد ماهیان، این ماهی نیازهای بالاتری برای محتوای اکسیژن آب نسبت به گونه‌های دیگر دارد. هر چند قزل‌آلای خال قرمز می‌تواند با شنا کردن حداقل غلظت اکسیژن از ۵ تا ۵/۵ میلی گرم در لیتر را تحمل کند اما سطح بهینه اشباح اکسیژن ۸۰ ٪ در نظر گرفته شده است (Elliott, 1994). قزل‌آلای خال قرمز می‌تواند دامنه وسیعی از اسیدیته را تحمل کند بطوری که در آب‌هایی دارای اسیدیته بین ۴/۹۵ تا ۸/۰ یا بالاتر از ۹/۲ دیده می‌شود (Bachman, 1991). این ماهی سال اول زندگی خود را در زیستگاه طبیعی یعنی مناطق جویباری، سپری می‌کند (Elliott, 1994). قزل‌آلای خال قرمز در ابتدای زندگی به زیستگاه‌هایی با سرعت جریان پایین آب نیاز دارد (Anderson and Nehring, 1985). در یک جویبار، یکی از متغیرهای مهم که زیستگاه ماهی‌ها از جمله ماهی قزل‌آلای خال قرمز را تحت تاثیر قرار می‌دهد عمق آب است (Gorman and Karr, 1978). علاوه بر فاکتورهای ذکر شده، عوامل دیگری: مانند سرعت جریان، دما، بستر زیست می‌تواند پراکنش و فراوانی گونه‌ها را تعیین نماید (Rahel and Hubert, 1991).

استفاده از روش‌های آماری مناسب و مدل‌های بوم شناختی مرتبط با اهداف تحقیق (Piri Sahragard, 2018) می‌تواند کمک موثری برای پیش‌بینی وضعیت بوم شناختی و انتخاب زیستگاه مناسب توسط گونه‌های آبزیان و همچنین برای تحقق برنامه‌های مدیریتی اصولی

[1] *Salmo trutta fario*
[2] Salmonidae

در بوم سازگان‌های آبی باشد (Sadeghi *et al*., 2013). بطوری که اگر از خصوصیات بوم شناختی و شرایط بهینه زیستگاهی آبزیان اطلاعات جامعی در دسترس نباشد مدیریت اکوسیستم‌های آبی دچار مشکل خواهد شد (Zarkami *et al*., 2018). در مطالعه فعلی برای پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاهی ماهی قزل‌آلای خال قرمز از مدل خطی تعمیم یافته استفاده شد که این مدل نوعی تعمیم رگرسیون خطی بوده و یک روش بسیار ارزشمندی برای بررسی پیش‌بینی روند احتمال حضور یا عدم حضور گونه‌ها (احتمال وقوع گونه ای) است و معمولا بیشتر برای داده‌هایی که پراکنش غیر نرمال دارند استفاده می‌شود (Nelder and Wedderburn, 1972).

تحقیقات کمی در مورد شاخص‌های محیطی تاثیر گذار بر پراکنش این گونه در ایران انجام گرفته است. مطلوبیت زیستگاهی این گونه برای حفظ ذخایر آن و خروج آن از لیست گونه‌های در خطر انقراض دارای اهمیت زیادی است. با توجه به داده‌های بسیار ناچیز در ارتباط با مطلوبیت زیستگاه این گونه در ایران و در جهان و در خصوص پراکنش و فراوانی ماهی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه چالوس و برخی دیگر از اکوسیستم‌های آبی کشور، که ارتباط چندانی با اهداف مورد مطالعه فعلی ندارند، و نظر به اینکه این ماهی جزو گونه‌های شاخص آبهای جاری در مناطق کوهستانی ایران است و از این نظر ارزش بسیار بالایی در آب‌های شیرین دارد. در این پژوهش، ارزیابی وضعیت مطلوبیت زیستگاهی ماهی قزل‌آلای خال قرمز با توجه به متغیرهای مهم و کلیدی تاثیر گذار بر حضور گونه مانند فیزیکو – شیمیایی آب و سایر ساختارهای محیطی در رودخانه چالوس مورد بررسی قرار گرفت.

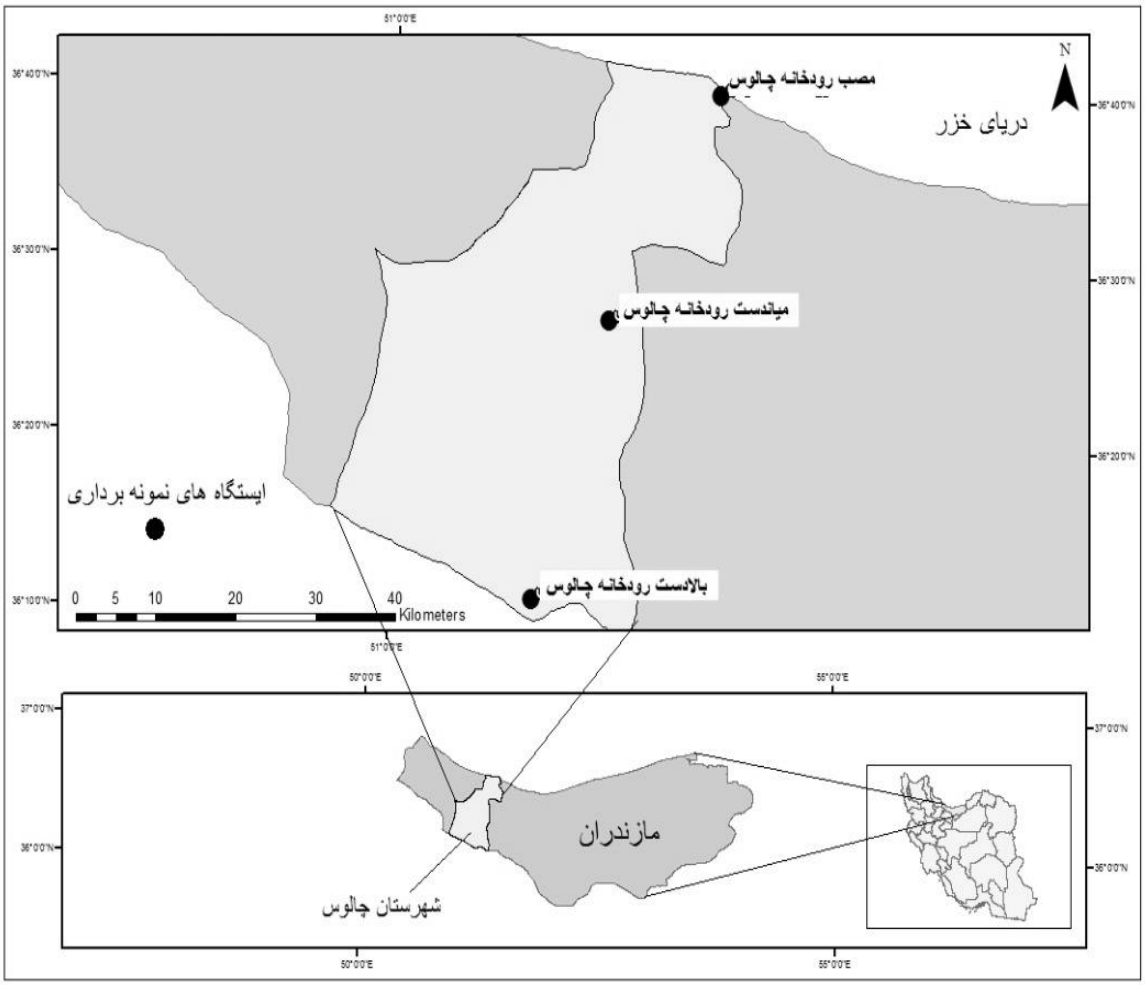
۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. توصیف مناطق مورد مطالعه

رودخانه چالوس یکی از ۵ رودخانه حفاظت شده کشور است که با بستری سنگلاخی به طول ۷۰ کیلومتر، جریان سالیانه ۴۱۰ میلیون متر مکعب، متوسط آبدهی ۱۳ متر مکعب در ثانیه و حداکثر طغیان ۲۵۰ متر مکعب در ثانیه از ارتفاعات البرز مرکزی سرچشمه می‌گیرد. رودخانه چالوس یک رودخانه نسبتا پر آب است که حوضه آن کاملا کوهستانی است (Mirbagheri *et al*., 2010) و در موقعیت جغرافیایی ″ ۲۲ ′ ۵۸°۵۰ تا ″۲۵ ′ ۴۰°۵۱ طول شرقی و ″۵۶ ′ ۰۸ °۳۶ تا ″۰۱ ′ ۳۶ °۳۶ عرض شمالی قرار دارد. از مشخصات قسمت‌های بالا دست رودخانه چالوس نسبت به دو منطقه دیگر رودخانه (میان دست و پایین دست)، میزان مواد جامد محلول و شوری نسبتا کم آب، سرعت جریان آب بالا و آلودگی کمتر است.

در انتخاب ایستگاه‌های مطالعاتی کوشش شده تا مجموعه ای از شرایط مختلف از جمله بوم شناختی (حضور و یا عدم حضور ماهی قزل‌آلای خال قرمز)، وضعیت جغرافیایی و مورفولوژی رودخانه و همچنین فعالیت‌های مختلف انسانی در رودخانه چالوس در نظر گرفته شود. بطوری که داده‌های جمع آوری شده زیستی و محیطی در هر ایستگاه از نظر آماری استقلال بیشتری نسبت به ایستگاه‌های دیگر داشته باشند. بر این اساس در پژوهش فعلی، برای بررسی پیش‌بینی الگوی احتمال حضور و عدم ماهی قزل‌آلای خال قرمز، ۳ ایستگاه از قسمت‌های مختلف رودخانه چالوس انتخاب گردید. این ۳ ایستگاه در رودخانه چالوس از مصب تا بالا دست انتخاب گردیدند که موقعیت جغرافیایی ۳ منطقه (مصبی، میان دست و بالا دست رودخانه) با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی[1] ثبت گردیده است. ایستگاه شماره ۱ مصب رودخانه چالوس با موقعیت N 36 40. 330, E 51 27. 317 و ارتفاع ۲۷- متر از سطح آب‌های آزاد، ایستگاه شماره ۲ میان‌دست رودخانه چالوس، مرزن آباد، با موقعیت N 36 27. 165, E 51 18 . 389 با ارتفاع ۴۶۵ متر، و ایستگاه شماره ۳ بالا دست رودخانه چالوس منطقه پل زنگوله با موقعیت N 36° 11. 810, E 51 120. 296 و ارتفاع ۲۳۰۵ متر از سطح آب‌های آزاد تعیین شدند (شکل ۱).

[1] GPS



شکل۱- مناطق نمونه برداری برای اندازه گیری متغیرهای محیطی و زیستی (حضور و عدم حضور ماهی قزل‌آلای خال قرمز) در رودخانه‌های چالوس

۲.۲. جمع آوری داده

در پژوهش کنونی، از مناطق مختلف نمونه برداری به منظور سنجش فاکتورهای کیفی آب، نمونه برداری شد و فاکتورهای دینامیکی شامل سرعت جریان آب، ساختاری محیط از قبیل عرض، عمق رودخانه و فاصله از مبدا (فاصله سه مکان نمونه برداری از سر چشمه رودخانه) و فیزیکی (دمای آب) و نمونه‌های زیستی (حضور و عدم حضور قزل‌آلای خال قرمز) ثبت شد. داده‌ها از سه ایستگاه مختلف در رودخانه چالوس به مدت یک سال (۱۳۹۶-۱۳۹۷) به صورت ماهیانه به دست آمد. نمونه برداری از ایستگاه‌ها در یک روز و ترجیحا در اواسط هر ماه و در همان موقعیت جغرافیایی قبلی انجام شد. نمونه‌های کیفی آب در همان ساعات اولیه روز به آزمایشگاه منتقل شدند. حضور و عدم حضور ماهی در مناطق مورد مطالعه با صید ماهی با استفاده از دستگاه الکترو شوکر با ولتاژ ۲۰۰-۳۰۰ ولت ثبت شد (Coad, 1995). بر اساس تحقیقات گذشته و همچنین با بررسی علمی در پژوهش حاضر، تاکنون هیچ گونه شواهدی مبنی بر حضور ماهی در قسمت‌های میان دست و مصبی رودخانه چالوس مشاهده نشده است. در حالی که این گونه در ایستگاه بالا دست در تمام ماه‌های سال حضور کامل داشته است. لذا پس از حصول اطمینان از مناطق مورد مطالعه، در دو تا از ایستگاه‌های مورد نظر، ماهی قزل‌آلای خال قرمز به صورت عدم حضور

و در یک ایستگاه دیگر به صورت حضور در نظر گرفته شد. نمونه‌های زیستی (گونه ماهی) توسط کارشناسان در حوضه علوم ماهی شناسی شناسایی شد تا اطمینان حاصل شود که گونه‌ی مورد نظر همان ماهی قزل‌آلای خال قرمز است. از فاکتورهای مهم ساختاری، فیزیکی و دینامیکی که در عملیات میدانی اندازه گیری شدند عبارت بودند از فاصله از مبدا (DS:distance from source) (با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی)، عمق آب (depth) که به کمک یک متر چوبی معمولی اندازه گیری شد (Sadeghi *et al*., 2014)، عرض رودخانه (width) که با متر معمولی اندازه‌گیری گردید (Zarkami *et al*., 2019)، دمای آب (WT) و دمای هوا (AT) (با یک ترمومتر دیجیتال) و سرعت جریان آب (FW: flow velocity) که با کمک قطعه ای از یونولیت به فاصله ای حدود ۱۵ متر مدت زمان طی شده در مسافت مورد نظر محاسبه شد و از نسبت مسافت پیموده شده بر زمان طی شده سرعت جریان آب محاسبه شد (Sadeghi *et al*., 2014) و از فاکتورهای مهم کیفی آب که مستقیما در مطالعات میدانی اندازه گیری شدند عبارت بودند از اسیدیته (pH) (pH-meter, WTW)، هدایت الکتریکی آب (EC: electric conductivity) (TDS- meter, WTW) و اکسیژن محلول (DO: dissolved oxygen) (تیتراسیون الکترومتریک). برای سنجش بقیه عوامل درآزمایشگاه نظیر کل مواد جامد معلق (TSS: total suspended solids)، کل مواد جامد محلول (TDS:total dissolved solids)، کدورت (tur: turbidity)، اکسیژن خواهی زیستی (BOD: bilogical oxyen demand)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD:chemical oxygen demand)، شوری (sal: salinity)،کلراید (Cl^-)، فسفات (PO_4^{3-})، نیترات (NO_3^-)، نیتریت (NO_2^-) و آمونیاک (NH_3) در آزمایشگاه از روش استاندارد استفاده شد (APHA, 1989).

۳.۲. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

میزان تاثیر گذاری عوامل فیزیکو-شیمیایی و ساختاری برای بررسی حضور و عدم حضور گونه ماهی مورد نظر با استفاده از آمار توصیفی انجام گرفت (پراکنش داده‌ها برای تمام عوامل محیطی با در نظر گرفتن میزان حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار مشخص شده است) (جدول ۱). تعیین نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (نرم افزار SPSS) انجام گرفت (هدف این کار بکار گیری آزمون‌های آماری و مدل‌های مناسب برای مطالعه حضور/عدم حضور ماهی قزل‌آلا بوده است). از ضریب همبستگی پیرسون (نرم افزار SPSS) برای مشخص شدن ارتباط بین متغیرهای محیطی در ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده شد (هدف از اجرای این آزمون حذف برخی از متغیرهای که داده‌های آنها دارای ضریب همبستگی بالاتر از ۰/۵ بوده می‌باشد). مدل خطی تعمیم یافته (نرم افزار PAST) که مدل اصلی بکار گرفته شده در تحقیق حاضر است برای پیش‌بینی احتمال روند حضور/عدم حضور ماهی در مناطق مختلف رودخانه چالوس با توجه به مهمترین و تاثیرگذارترین متغیرهای محیطی بکار گرفته شده است.

۳. نتایج

۱.۳. پراکنش آماری داده‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه

آمار توصیفی با تعیین حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار برای متغیرهای اندازه گیری شده در خصوص پیش‌بینی احتمال حضور/عدم حضور ماهی قزل‌آلای خال قرمز برای کل ایستگاه‌ها (به تفکیک در طول فصول مختلف سال) در جدول ۱ نشان داده شده است. با سه بار صید به ازای واحد تلاش در تمام این صیدها در یکی از ایستگاه‌های مورد مطالعه (بالا دست) ماهی در تمام ماه‌ها و فصول مختلف سال حضور کامل داشت و در دو ایستگاه دیگر (مناطق مصبی و میان دست رودخانه) ماهی در هیچکدام از فصول سال حضور نداشت. تعداد کل نمونه برای هر متغیر بر اساس حضور و عدم حضور ۳۶ بوده است بطوری که در ۱۲ نمونه حضور ماهی (بالا دست) و در ۲۴ نمونه دیگر (مناطق مصبی و میان

دست رودخانه هر کدام ۱۲ نمونه) بعد از سه بار صید به ازای واحد تلاش، هیچ تعداد ماهی مشاهده نشد. لازم به ذکر است که برای متغیر فاصله از مبدا میزان حداقل (۲۰۰۰)، حداکثر (۶۷۰۰۰)، میانگین (۳۲۳۳۳)، انحراف معیار (۲۸۳۳۳) و میانه (۲۸۰۰۰) در تمام فصول سال یکسان بوده است.

بر اساس نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مشخص شد که داده‌های مربوط به متغیرهای اسیدیته، هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول از پراکنش نرمال پیروی کردند (p> ۰/۰۵ برای هر سه متغیر) در حالی که سایر متغیرها از پراکنش نرمال برخوردار نبودند (p < ۰/۰۵).

جدول ۱- متغیرهای اندازه گیری شده برای پیش‌بینی احتمال حضور/عدم حضور ماهی در ایستگاه‌های مختلف رودخانه چالوس با تعیین میزان حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار در طول یک سال نمونه برداری با تفکیک فصول مختلف سال برای هر متغیر (*برای مدل خطی تعمیم یافته در نظر گرفته نشده است)

متغیرها								
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
		*pH				TSS (mg/l)		
حداقل	۷/۸۰	۷/۹۵	۷/۸۶	۷/۸۸	۳۷/۰۰	۱۱/۰۰	۲۴/۰۰	۱۵/۰۰
حداکثر	۸/۱۵	۸/۱۵	۸/۱۰	۸/۰۵	۳۲۰/۰۰	۲۱۹/۰۰	۲۱۵/۰۰	۱۶۳/۰۰
میانگین	۷/۹۶	۸/۰۸	۷/۹۹	۷/۹۵	۱۵۹/۲۲	۷۲/۲۲	۷۹/۰۰	۵۳/۲۲
انحراف از معیار	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۶	۱۰۱/۸۰	۷۳/۱۸	۶۳/۳۹	۴۶/۸۱
میانه	۷/۹۳	۸/۱۰	۷/۹۶	۷/۹۴	۱۰۶/۰۰	۳۳/۰۰	۴۶/۰۰	۳۴/۰۰
		*TDS (mg/l)				*EC (µs/cm)		
حداقل	۲۸۶/۰۰	۳۳۹/۰۰	۲۱۷/۰۰	۲۰۲/۰۰	۴۲۵/۰۰	۴۹۳/۰۰	۳۴۶/۰۰	۳۳۴/۰۰
حداکثر	۳۷۱/۰۰	۴۱۹/۰۰	۴۹۲/۰۰	۴۳۷/۰۰	۵۶۰/۰۰	۶۱۰/۰۰	۷۶۶/۰۰	۶۷۳/۰۰
میانگین	۳۱۷/۴۴	۳۶۵/۸۹	۳۱۲/۳۳	۲۸۱/۶۷	۴۷۳/۵۶	۵۴۴/۳۳	۴۸۱/۴۴	۴۴۴/۸۹
انحراف از معیار	۲۷/۷۳	۲۹/۷۹	۹۵/۵۶	۷۳/۴۰	۴۱/۳۹	۳۹/۰۹	۱۴۶/۳۲	۱۰۵/۶۵
میانه	۳۱۷/۰۰	۳۵۵/۰۰	۲۶۸/۰۰	۲۷۹/۰۰	۴۶۷/۰۰	۵۳۵/۰۰	۴۱۶/۰۰	۴۵۲/۰۰
		*tur (NTU)				*BOD (mg/l)		
حداقل	۴۵/۰۰	۱۹/۰۰	۱۵/۰۰	۱۷/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۱/۰۰
حداکثر	۱۰۳۰/۰۰	۲۷۲/۰۰	۴۲۶/۰۰	۷۹۰/۰۰	۶/۰۰	۳/۰۰	۲۰/۰۰	۶/۰۰
میانگین	۴۵۶/۷۸	۱۰۹/۷۸	۱۲۵/۴۴	۱۴۶/۱۱	۳/۳۳	۲/۳۳	۵/۸۳	۳/۳۳
انحراف از معیار	۴۰۲/۰۱	۱۰۳/۷۶	۱۳۳/۱۸	۲۴۶/۳۱	۲/۰۰	۰/۸۷	۶/۰۲	۱/۵۸
میانه	۱۹۳/۰۰	۶۸/۰۰	۶۷/۰۰	۵۲/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۵/۰۰	۳/۰۰
		COD (mg/l)				DO (mg/l		
حداقل	۲/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۶/۸۹	۶/۷۶	۷/۲۱	۷/۴۰
حداکثر	۱۲/۰۰	۵/۰۰	۵۸/۰۰	۱۰/۰۰	۷/۲۰	۷/۱۹	۷/۸۲	۷/۸۱
میانگین	۶/۳۳	۴/۰۰	۱۳/۲۲	۵/۷۸	۷/۰۱	۶/۹۹	۷/۵۳	۷/۵۶
انحراف از معیار	۳/۶۰	۱/۳۲	۱۷/۶۱	۲/۸۶	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۳
میانه	۶/۰۰	۵/۰۰	۱۱/۰۰	۵/۰۰	۶/۹۴	۷/۰۵	۷/۵۳	۷/۵۴

ادامه جدول ۱

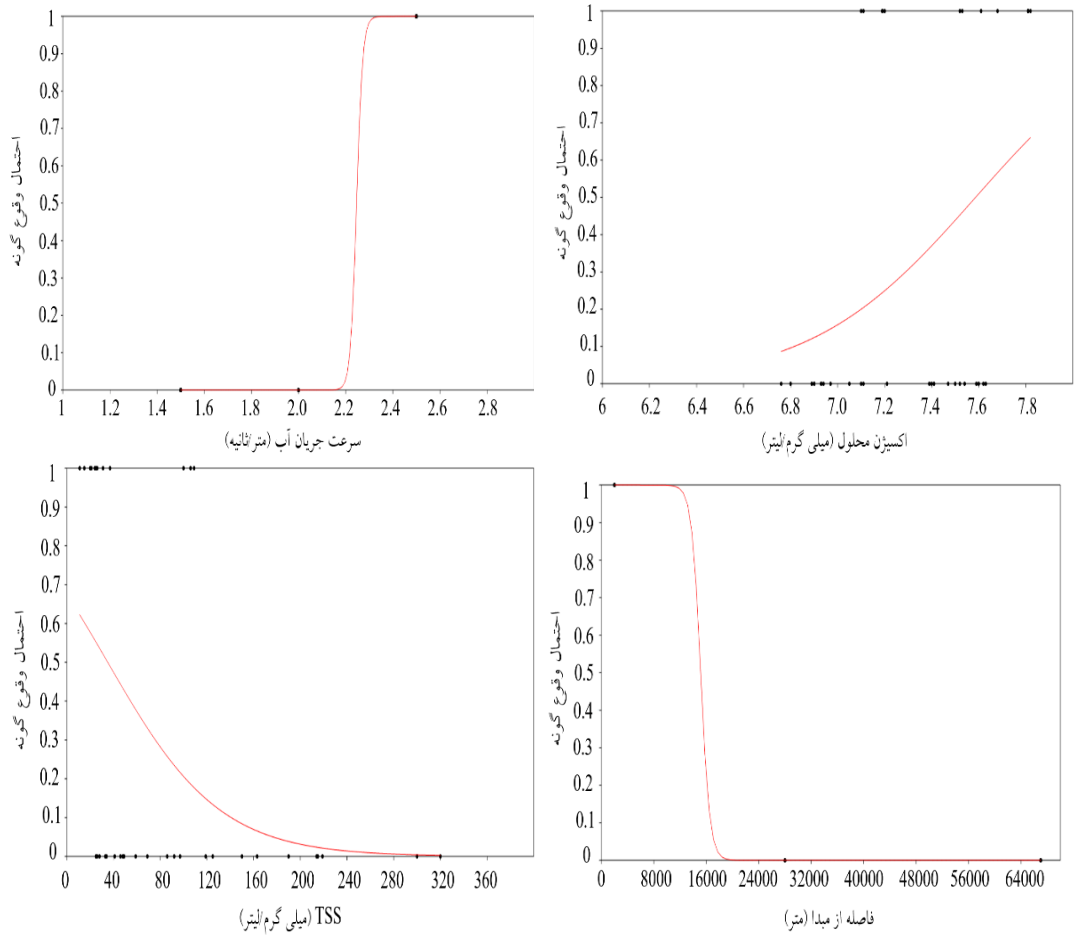
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
		*NO_2- (mg/l)				NO_3^-(mg/l)		
۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۵۵	۰/۳۲	حداقل
۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۶۱	۰/۰۰۹	۰/۶۵	۰/۵۶	۳/۹۰	۰/۶۳	حداکثر
۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲۳	۰/۰۰۵	۰/۵۴	۰/۴۸	۱/۰۰	۰/۴۶	میانگین
۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۲۶	۰/۰۰۲	۰/۰۷	۰/۰۶	۱/۰۹	۰/۱۱	انحراف از معیار
۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۶۶	۰/۴۲	میانه
		*PO_4^{3-}(mg/l)				*NH_3 (mg/l)		
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۳	حداقل
۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۰۹	حداکثر
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۶	میانگین
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۲	انحراف از معیار
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	میانه
		depth(cm)				width (m)		
۳۰/۰۰	۴۰/۰۰	۳۵/۰۰	۴۹/۰۰	۵/۸۰	۶/۸۰	۵/۵۰	۸/۰۰	حداقل
۶۰/۰۰	۷۰/۰۰	۶۵/۰۰	۱۲۰/۰۰	۳۷/۰۰	۳۷/۰۰	۳۶/۰۰	۴۲/۰۰	حداکثر
۴۵/۶۷	۵۲/۰۰	۴۸/۵۶	۸۳/۷۸	۲۵/۷۰	۲۵/۹۴	۲۵/۱۰	۲۹/۶۷	میانگین
۹/۶۳	۱۰/۷۵	۱۱/۵۹	۲۳/۸۷	۱۴/۷۲	۱۴/۳۶	۱۴/۶۱	۱۵/۵۵	انحراف از معیار
۴۵/۰۰	۵۰/۰۰	۴۸/۵۰	۹۰/۰۰	۳۵/۰۰	۳۵/۰۰	۳۴/۰۰	۳۹/۰۰	میانه
		*Cl^- (mg/l)				FV (m/s)		
۱۲/۷۸	۱۱/۳۶	۱۱/۳۵	۱۱/۳۶	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	حداقل
۲۵/۵۶	۲۸/۴۰	۲۵/۵۶	۲۵/۵۶	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	حداکثر
۱۸/۴۶	۱۸/۱۴	۱۶/۹۶	۱۷/۳۹	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	میانگین
۴/۲۰	۵/۴۰	۵/۸۸	۴/۹۵	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	انحراف از معیار
۱۸/۴۶	۱۸/۴۶	۱۵/۱۲	۱۷/۰۴	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	میانه
		sal (ppt)				WT °(C)		
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۵/۰۰	۱/۰۰	۱۷/۰۰	۱۱/۰۰	حداقل
۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۱۳/۰۰	۱۷/۰۰	۲۵/۰۰	۲۴/۰۰	حداکثر
۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۹/۶۷	۱۱/۲۲	۲۲/۱۱	۱۷/۱۱	میانگین
۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۲/۶۰	۴/۸۷	۳/۱۸	۵/۰۹	انحراف از معیار
۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۱۰/۰۰	۱۲/۰۰	۲۴/۰۰	۱۸/۰۰	میانه

بر اساس نتایج آزمون همبستگی پیرسون، از بین عوامل اندازه گیری شده در ایستگاه‌های سه گانه، برخی از متغیرها مانند هدایت الکتریکی با کل مواد جامد محلول (r= ۰/۹۹, p< ۰/۰۱)، کدورت با کل مواد جامد معلق (r= ۰/۹۰, p< ۰/۰۱)، اکسیژن خواهی زیستی با اکسیژن خواهی شیمیایی (r= ۰/۹۷, p< ۰/۰۱)، فاصله از مبدا با شوری (r= ۰/۹۲, p< ۰/۰۱)، و عرض رودخانه (r= ۰/۸۰ , p< ۰/۰۱)، همبستگی مثبت و بالاتر از ۰/۵ را نشان دادند بطوری که افزایش در مقادیر هر کدام از عوامل در مناطق مورد مطالعه ممکن است در ارتباط مستقیم با افزایش

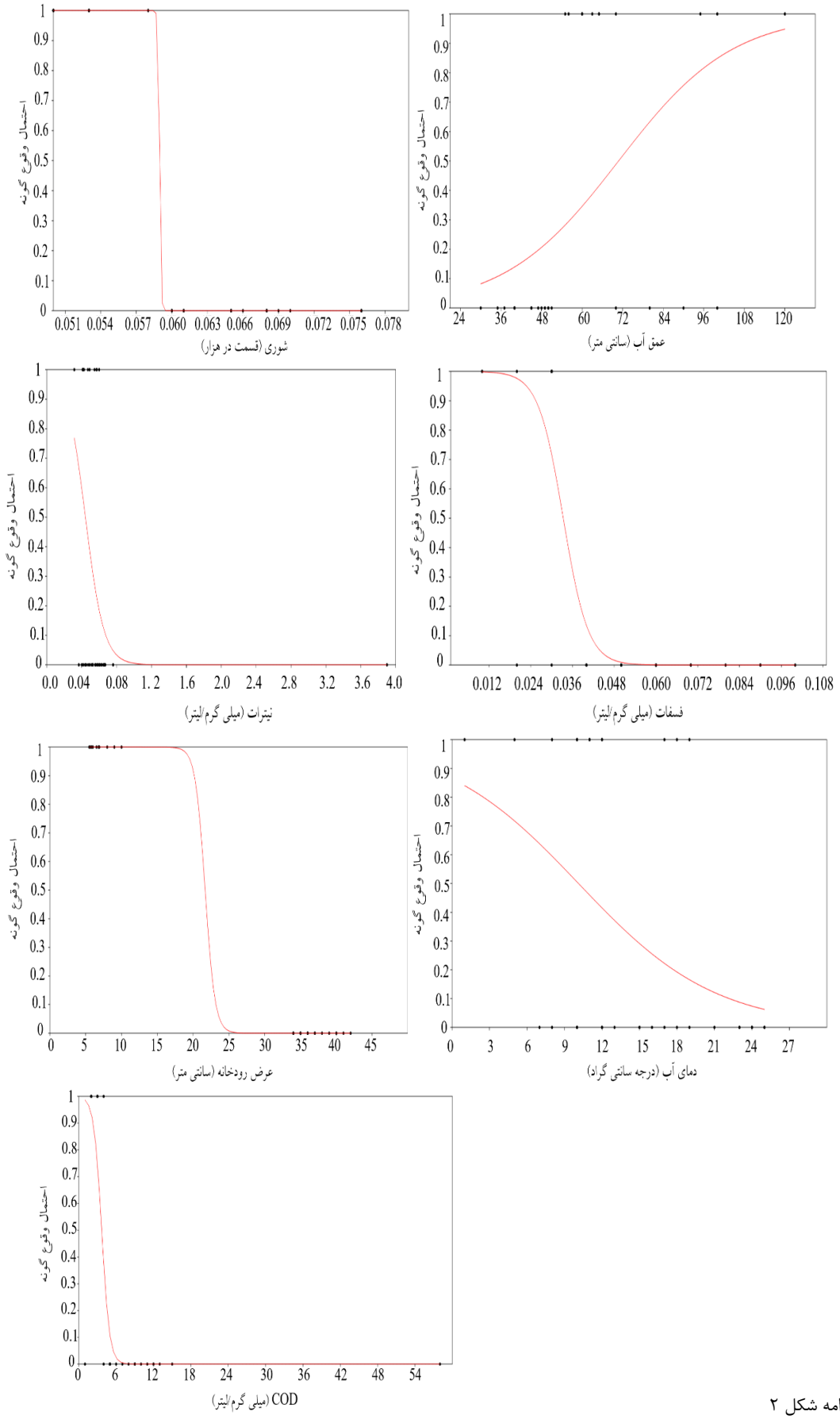
مقدار عوامل دیگر باشد. نتایج آزمون همبستگی پیرسون همبستگی منفی را بین سرعت جریان آب با عرض رودخانه آب ($r = -۰/۸۵$, $p<۰/۰۱$) و اکسیژن محلول با دمای آب ($r = -۰/۷۳$, $p<۰/۰۵$) نشان داده است. بطوری که افزایش و یا کاهش در مقدار این متغیرها در ایستگاه‌های مورد تحقیق ممکن است بترتیب منجر به کاهش و یا افزایش در مقدار و یا غلظت این عوامل شود.

۲.۳. مدل خطی تعمیم یافته

بر اساس نتایج حاصله از مدل خطی تعمیم یافته، ارتباط کاملا معنی داری بین تمام عوامل در نظر گرفته شده در مدل با حضور یا عدم حضور ماهی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه چالوس وجود داشته است ($p< ۰/۰۱$ برای همه عوامل). بطوری که از منحنی مدل کاملا مشخص است که با افزایش میزان عوامل دینامیکی و ساختاری در رودخانه چالوس شامل سرعت جریان آب و عمق رودخانه و یا شاخص‌های شیمیایی آب شامل غلظت اکسیژن محلول ممکن است روند احتمال حضور ماهی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه افزوده شود و یا بر عکس با افزایش غلظت متغیرهای شیمیایی از جمله مقدار شوری، مواد مغذی (فسفات و نیترات)، میزان کل مواد جامد معلق، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی و با افزایش عوامل ساختاری و فیزیکی رودخانه نظیر فاصله از مبدا، عرض رودخانه و دمای آب بتدریج از احتمال حضور ماهی کاسته می‌شود بطوریکه بیشترین میزان غلظت و مقدار این فاکتورها نیز در میان دست و پایین دست رودخانه ثبت شده است (شکل ۲).



شکل ۲- پیش‌بینی احتمال روند حضور و عدم حضور ماهی قزل‌آلای خال قرمز توسط مدل خطی تعمیم یافته در رودخانه چالوس بر اساس مهمترین و تاثیر گذارترین متغیرهای محیطی.


احتمال وقوع گونه
شوری (قسمت در هزار)
0.051 0.054 0.057 0.060 0.063 0.066 0.069 0.072 0.075 0.078
عمق آب (سانتی متر)
24 36 48 60 72 84 96 108 120
نیترات (میلی گرم/لیتر)
0.0 0.04 0.08 1.2 1.6 2.0 2.4 2.8 3.2 3.6 4.0
فسفات (میلی گرم/لیتر)
0.012 0.024 0.036 0.048 0.060 0.072 0.084 0.096 0.108
عرض رودخانه (سانتی متر)
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45
دمای آب (درجه سانتی گراد)
0 3 6 9 12 15 18 21 24 27
COD (میلی گرم/لیتر)
0 6 12 18 24 30 36 42 48 54

ادامه شکل ۲

۴. بحث

ماهی قزل‌آلای خال قرمز یک گونه بسیار شاخص جهت پایش زیستی بوم سازگان‌های آبی به شمار می‌آید (Culioli *et al*., 2009). در پژوهش حاضر عوامل محیطی زیادی برای بررسی مطلوبیت زیستگاهی ماهی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه چالوس در نظر گرفته شد. هر چند مطلوبیت زیستگاهی این ماهی شاخص در رودخانه مذکور ممکن است کم و بیش تحت تاثیر بیشتر این عوامل قرار گرفته باشد اما در ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گونه‌های آبزیان باید عواملی را انتخاب کرد تا بیشترین نقش تعیین کننده را در شرایط مطلوبیت زیستگاهی گونه‌ها ایفا کنند. لذا با توجه به اهداف مطالعه، کنار گذاشتن برخی از عوامل با ضریب همبستگی زیاد در مطالعات پیشین پیشنهاد شده است (Walczak and Cerpa, 1999; Kuhn and Johnson, 2013; Sadeghi *et al*., 2014; Zhao *et al*., 2014; Zarkami *et al*., 2018) بطوری که برای پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاهی ماهی قزل‌آلای خال قرمز (پس از حذف برخی از عوامل همبسته) با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته در نهایت تاثیر ۱۱ متغیر تاثیرگذار در نظر گرفته شده اند.

نتایج پیش‌بینی مدل خطی تعمیم یافته مشخص کرد که بعضی از فاکتورها می‌توانند در مطلوبیت زیستگاهی ماهی قزل‌آلا تاثیر منفی یا مثبت بگذارند. بطوری که با افزایش میزان عوامل ساختاری و فیزیکی رودخانه از جمله عرض رودخانه، فاصله از مبدا و دمای آب، بتدریج از احتمال حضور ماهی کاسته می‌شود. بر اساس نتایج مدل، ازدیاد عرض رودخانه (بیشتر از ۲۵ متر) منجر به عدم حضور ماهی می‌شود که این امر خصوصا در قسمت‌های میان دست و پایین دست رودخانه چالوس بیشتر نمود پیدا می‌کند. بر اساس نتایج مدل، عرض مناسب برای مطلوبیت زیستگاهی ماهی قزل‌آلا باید کمتر از ۱۰ متر باشد. این موضوع در خصوص فاصله از مبدا هم صادق است بطوری که هر چقدر ایستگاه‌های مورد مطالعه از مبدا فاصله زیادی داشته باشند با توجه به اینکه میزان آلاینده‌ها در قسمت‌های پایین دست رودخانه زیاد تر می‌شوند احتمال حضور ماهی کمتر می‌شود. در خصوص دمای آب می‌توان گفت که نظر به اینکه این عامل در قسمت‌های بالا دست (مناطق کوهستانی) کمتر از پایین دست (مصبی) است و همچنین بخاطر اینکه گونه مورد نظر آب‌های سرد و اکسیژن دار را می‌پسندد، لذا احتمال حضور گونه در بالا دست‌ها بیشتر خواهد بود. بر اساس یافته‌های پیشین (Elliott, 2000; Skelton, 2001; Ojanguren and Brana, 2003) این گونه دمای آب کمتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد را برای زیست ترجیح می‌دهد. پیامدهای پیش‌بینی مدل همچنین نشان داد که با افزایش مقدار شوری، مواد مغذی مثل نیترات و فسفات، اکسیژن خواهی شیمیایی و مواد جامد معلق عدم حضور ماهی قزل‌آلای خال قرمز بیشتر می‌شود، در این ارتباط و در این پژوهش، بیشترین میزان غلظت این مواد نیز در قسمت‌های میان دست و پایین دست رودخانه ثبت شد که تایید کننده اثرات این عوامل بر حضور کمتر ماهی در این مناطق است. شایان ذکر است که افزایش غلظت برخی از این عوامل در قسمت‌های میان دست و پایین دست رودخانه، خود متاثر از افزایش بار آلاینده‌ها بوده است (Greenberg and Dahl, 1998).

بر عکس، افزایش شاخص هایی نظیر اکسیژن محلول، سرعت جریان آب و عمق آب، احتمال حضور ماهی را در مناطق مورد مطالعه افزایش داد. هر چند ممکن است تحمل ماهی قزل‌آلا به کاهش اکسیژن محلول در آب نسبتا زیاد باشد اما در تحقیق کنونی روند منحنی مدل کلا نشان دهنده افزایش احتمال حضور ماهی با ازدیاد اکسیژن محلول در آب بود. بطوری که بر اساس یافته‌های دیگر (Weithman and Haas, 1984)، دامنه اکسیژن کمتر از ۵ میلی‌گرم در لیتر تاثیر زیادی بر بقا و ماندگاری بسیاری از گونه‌های قزل‌آلا دارد و در مدت طولانی باعث مرگ آنها می‌شود. از فاکتورهای مهم دینامیکی که ممکن است در انتخاب زیستگاه گونه ماهی مورد نظر در رودخانه چالوس تاثیر بگذارد، سرعت جریان آب است. در نتایج فعلی و همچنین مطالعات پیشین (Rahel and Hubert, 1991)، بطور کلی افزایش سرعت جریان آب حضور ماهی مورد

نظر را در رودخانه‌ها بیشتر می‌کند. بیشترین میزان سرعت جریان آب در قسمت‌های بالا دست رودخانه (نسبت به مناطق دیگر رودخانه) ثبت شد. لذا بر اساس نتایج مدل می‌توان استنتاج کرد که این گونه ماهی برای بقای خود به آب‌های نسبتا جاری با اکسیژن مناسب نیاز دارد و از طرف دیگر حضور این گونه ماهی بیشتر در قسمت‌هایی از رودخانه ثبت شد که آب‌ها کمترین میزان آلودگی را داشتند. بنابر این، با توجه به کاهش میزان آلایندگی در بالا دست رودخانه و همچنین افزایش سرعت جریان آب، بنظر می‌رسد، در مناطق بالادست این رودخانه، شرایط بهینه برای انتخاب زیستگاه‌های حفاظتی فراهم باشد. از منحنی مدل در خصوص عمق رودخانه می‌توان استنتاج نمود که در مناطقی که عمق رودخانه بین ۵۰ تا ۱۲۰ سانتی متر است احتمال حضور ماهی در رودخانه افزوده می‌شود. لذا، با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که عمق تحت تاثیر دما، میزان آلودگی نمی تواند نقش خود را در حضور بیشتر گونه داشته باشد و در مناطق بالادست رودحانه که آلودگی کمتر است و دمای آب در دامنه زیست ماهی قرار دارد، شرایط مطلوب برای حضور گونه فراهم شده است. و عمق‌های کم نیز در رودخانه‌ها می‌توانند یک متغیر محدود کننده برای حضور و بقای این گونه محسوب شوند.

۵. نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر، پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاهی (روند احتمال وقوع) ماهی قزل‌آلای خال قرمز (بر حسب حضور/عدم حضور) در رودخانه چالوس با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته بود. از نتایج مدل چنین استنتاج شد که فاکتورهای مختلفی از جمله دینامیکی، فیزیکو- شیمیایی آب و ساختاری محیط رودخانه می‌توانند مجموعا در خصوص مطلوبیت زیستگاهی ماهی قزل‌آلای خال قرمز در رودخانه چالوس اثر گذار باشند. این ماهی بیشتر زیستگاه‌هایی را برای زندگی خود انتخاب می‌کند که دارای سرعت جریان آب نسبتا خوب و عمق زیاد باشد و از طرف دیگر با فاصله گرفتن ایستگاه‌های نمونه برداری از مبدا رودخانه حضور ماهی کمتر می‌شود. نتایج مدل همچنین نشان داد که، گونه ماهی مورد نظر جاهایی از رودخانه را ترجیح می‌دهد که غلظت اکسیژن آب بالا باشد بطوری که بر اساس پیش‌بینی مدل، مناطق اکسیژن دار ممکن است زیستگاه بهینه ای را برای حیات ماهی فراهم آورد. و ماهی زیستگاه‌های را ترجیح می‌دهد که کمترین میزان آلودگی (خصوصا آلودگی ناشی از پرغذایی مثل فسفات و نیترات) یا کمترین میزان شوری و مواد جامد معلق را داشته باشد. نتایج حاصله از این نوع تحقیقات می‌تواند برای بررسی پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاهی سایر گونه‌های قزل‌آلا در رودخانه‌ها که شرایط بوم شناختی تقریبا یکنواختی با رودخانه چالوس را دارند مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای مهندس مرنضی سحرخیز از اداره محیط زیست چالوس برای همکاری در این پروژه تحقیقاتی تشکر و قدردانی می گردد.

۶. منابع

References

Anderson, R.M., Nehring, R.B., 1985. Impacts of stream discharge on trout rearing habitat and trout recruitment in the South Platte River, Colorado. *In: Proceedings of the Symposium on Small Hydropower and Fisheries*, American Fisheries Society, p. 59-64.

APHA, 1989. Standard methods for examining of water and wastewater, 17th edition, Method 507, Washington D.C., 531p.

Bachman, R., 1991. Brown trout (Salmo trutta) in J. Stolz and J. Schnell Eds. Trout. Stackpole Books, Harrisburg, PA. PP. 208-229.

Baran, P., Delacoste, M., Dauba, F., Lascaux, J.M., Belaud, A. Lek, S., 1995. Effects of reduced flow on brown trout (Salmo trutta L.) populations downstream dams in French Pyrenees. Regulated rivers: *Research & management* 10(2-4), 347-361.

Bernatchez, L., 2001. The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution* 55(2), 351-379.

Coad, B.W., 1995. Freshwater Fishes of Iran. Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae, *Brno* 29(1), 1–64.

Culioli, J.L., Calendini, S., Mori, C., Orsini, A., 2009. Arsenic accumulation in a freshwater fish living in a contaminated river of Corsica, France. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72(5), 1440-1445.

Elliott, J., 2000. Pools as refugia for brown trout during two summer droughts: trout responses to thermal and oxygen stress. *Journal of fish biology* 56(4), 938-948.

Elliott, J.M., 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press. USA. 298 pp.

Gorman, O.T., Karr, J.R., 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology* 59(3), 507-515.

Greenberg, L., Dahl, J., 1998. Effect of habitat type on growth and diet of brown trout, *Salmo trutta* L., in stream enclosures. *Fisheries Management and Ecology* 5(4), 331-348.

Kuhn, M., Johnson, K., 2013. Applied predictive modeling. New York: Springer. DOI 10.1007/978-1-4614-6849-3. 615 pp.

Mirbagheri, A., Mahmodi, S., Khezri, M., 2010. Modeling of nitrogen and phosphorus in the Chalus River in 1387 using software QUL2K. *Journal of Civil and Environmental Engineering* 40(3), 50-60.

Molony, B., 2001. Environmental requirements and tolerances of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brown trout (*Salmo trutta*) with special references to South Australia: a review. Fisheries Research Report Western Australia 130(-), 131-128.

Nelder, J., Wedderburn, R., 1972. Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society*. Series A (General). Blackwell Publishing. 135(3), 370–384.

Nezami S.A., Savari A., Sakari M., Alizadeh M., 2000. National Report of Biodiversity in Caspian Coastal Zone. Research Department, Gilan Provincial Office, Department of the Environment Conservation, Iran (TACIS (Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States, European Union), Caspian Environmental Programme). 97 pp.

Ojanguren, A., Brana, F., 2003. Thermal dependence of embryonic growth and development in brown trout. *Journal of fish biology* 62(3), 580-590.

Piri Sahragard, H., 2018. Predictive modeling of plant species habitat distribution using logistic regression (A case study in western Taftan, Khash City). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 30(4), 792-806.

Rahel, F.J., Hubert, W.A., 1991. Fish assemblages and habitat gradients in a Rocky Mountain–Great Plains stream: biotic zonation and additive patterns of community change. *Transactions of the American Fisheries Society* 120(3), 319-332.

Sadeghi, R., Zarkami, R., Sabetraftar, K., Van Damme, P., 2013. Application of genetic algorithm and greedy stepwise to select input variables in classification tree models for the prediction of habitat requirements of *Azolla filiculoides* (Lam.) in Anzali wetland, Iran. *Ecological Modelling* 251(-), 44-53.

Sadeghi, R., Zarkami, R., Van Damme, P., 2014. Modelling habitat preference of an alien aquatic fern, *Azolla filiculoides* (Lam.), in Anzali wetland (Iran) using data-driven methods. *Ecological Modelling* 284(-), 1–9.

Skelton, P.H., 2001. A complete guide to the freshwater fishes of southern Africa. Cape Town (South Africa): Struik Publishers, 395 pp.

Vrijenhoek, R., 1998. Conservation genetics of freshwater fish. *Journal of fish Biology* 53(-), 394-412.

Walczak, S., Cerpa, N., 1999. Heuristic principles for the design of artificial neural networks. *Information and Software Technology* 41(2), 107–117.

Weithman, A.S., Haas, M.A., 1984. Effects of dissolved-oxygen depletion on the rainbow trout fishery in Lake Taneycomo, Missouri. *Transactions of the American Fisheries Society* 113(2), 109-124.

Zarkami, R., Darizin, Z., Sadeghi, Pasvisheh, R., Bani, A., Ghanee, A., 2019. Use of data-driven model to analyse the occurrence patterns of an indicator fish species in river: A case study for *Alburnoides eichwaldii* (De Filippi, 1863) in Shafaroud River, north of Iran *Ecological Engineering* 133(-), 10–19.

Zarkami, R., Moradi, M., Sadeghi, R., Bani, A., Abbasi, K., 2018. Input variable selection with greedy stepwise search algorithm for analyzing the probability of fish occurrence: A case study for *Alburnoides mossulensis* in the Gamasiab River, Iran. *Ecological engineering* 118(-), 104-110.

Zhao, J., Cao, J., Tian, S., Chen, Y., Zhang, S., Wang, Z., Zhou, X., 2014. A comparison between two GAM models in quantifying relationships of environmental variables with fish richness and diversity indices. *Aquatic Ecology* 48(3), 297–312.