University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Habitat suitability indices of Sania's spined loach (*Cobitis saniae*) in the Sefidroud River

Hojjat Sohrabi[1] | Hamed Mousavi-Sabet[2]✉ | Soheil Eagderi[3]

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran. E-mail: hojat.sry1363@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran. E-mail: mosavii.h@gmail.com
3. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. soheil.eagderi@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 17 December 2023

Received in revised form 09 January 2024

Accepted 28 January 2024

Published online 31 August 2024

Keywords:

Biological conservation,

Cobitidae,

Habitat suitability index,

Sustainable exploitation.

ABSTRACT

In conservation and fisheries concepts, understanding the needs of fish in the aquatic ecosystems is important. Therefore, the present study was carried out to investigate and identify the habitat preference pattern of *Cobitis saniae* in the Sefidroud River. For this purpose, sampling was carried out along the river from downstream to upstream at eight sampling sites each with three repetitions. A total of 28 environmental and physicochemical factors were recorded and measured. The results of the habitat preference based on the studied factors showed that the increase in the values of altitude, depth, river width, salinity, pH, alkalinity, TDS, TSS, hardness, turbidity, EC, COD, No3, PO4, NH3, Ca, Mg, K, Na, and SO4, decreased the habitat suitability indices. The findings showed that the highest and lowest preferences were related to the two factors K (0.881) and NH4 (0.369), respectively. In general, the Sefidroud River was assessed as a moderate to favorable habitat for Sania's spined loach. The results of this study can be useful to the conservation programs for this species in stressful conditions and for optimum exploitation of the Sefidroud River.

Cite this article: 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: http//doi.org/10.22059/jne.2024.369752.2629

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.369752.2629

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

بررسی ترجیح زیستگاهی جویبارماهی سانیا (*Cobitis saniae*) در رودخانهٔ سفیدرود

حجت سهرابی[۱] | سید حامد موسوی ثابت[۲]✉ | سهیل ایگدری[۳]

۱. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. رایانامه: hojat.sry1363@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. رایانامه: mosavii.h@gmail.com
۳. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران. رایانامه: soheil.eagderi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰

کلیدواژه‌ها:
بهره‌برداری پایدار،
حفاظت زیستی،
شاخص مطلوبیت زیستگاه،
جویبارماهیان خاردار.

چکیده

در مباحث بوم‌شناختی، درک نیازهای ماهیان در اکوسیستم‌های آبی از اهمیت خاصی برخوردار است. از این‌رو مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی و شناخت الگوی ترجیح زیستگاهی گونه جویبارماهی سانیا (*Cobitis saniae*) در رودخانه سفیدرود انجام شد. برای این تحقیق، نمونه‌برداری در طول رودخانه از پایین‌دست به بالادست در هشت ایستگاه هر کدام با سه تکرار انجام شد. در مجموع تعداد ۲۸ فاکتور محیطی و فیزیکوشیمیایی در ایستگاه‌ها ثبت و اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی ترجیح زیستگاهی براساس فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که با افزایش مقادیر ارتفاع از سطح دریا، عمق، عرض رودخانه، شوری، pH، قلیائیت، TDS، TSS، سختی کل، کدورت، EC، COD، نیترات، فسفات، آمونیاک، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم و سولفات در نهایت مقادیر مطلوبیت کاهش یافت. یافته‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین مطلوبیت به‌ترتیب مربوط دو فاکتور پتاسیم (۰/۸۸۱) و آمونیاک (۰/۳۶۹) بود. به‌طور کلی رودخانهٔ سفیدرود برای جویبارماهی سانیا یک زیستگاه متوسط تا مطلوب ارزیابی شد. نتایج این مطالعه می‌تواند در راستای حفاظت از این گونه در شرایط تنش‌زا و بهره‌برداری بهینه از رودخانهٔ سفیدرود مفید واقع گردد.

استناد: سهرابی، حجت؛ موسوی ثابت، سید حامد؛ و ایگدری، سهیل (۱۴۰۳). بررسی ترجیح زیستگاهی جویبارماهی سانیا (*Cobitis saniae*) در رودخانهٔ سفیدرود. *محیط زیست طبیعی*، ۷۷ (۲)، ۲۶۹-۲۵۵.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.369752.2629

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

مقدمه

ساختار، عملکرد و سلامت اکوسیستم‌های رودخانه زمانی تحت تأثیر شرایط نامطلوب قرار می‌گیرند که رودخانه برای حفظ آب مورد نیاز اکولوژیک خود (EWR[1]) ناکارآمد باشد و آلاینده‌های زیادی را از منابع مختلف دریافت کند (Sarkar *et al*., 2021). رودخانه و زیستگاه آن، به‌طور طبیعی تکامل می‌یابد و تنوع اشکال حیات را برای حفظ اکولوژی رودخانه نشان می‌دهد. Osborne (۱۹۸۹) بوم‌شناسی اکوسیستم رودخانه را به‌عنوان جایگاهی تعریف می‌کند که یک گونهٔ هدف می‌تواند برای مدت معینی در آن ساکن شود. پارامترهای فیزیکی از جمله عمق آب و سرعت جریان، تأثیر زیادی بر سیستم رودخانه و زیستگاه آن دارند (Theodoropoulos *et al*., 2018). تنوع و پایداری زیستگاه آبی تحت تأثیر تعامل بین عوامل فیزیکی، زیستی و شیمیایی متعدد است که در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف اتفاق افتاد (Dauwalter and Fisher, 2008). عوامل بالقوه‌ای که بر پویایی اکوسیستم تأثیر می‌گذارد شامل تغییرات آب و هوایی، ویژگی‌های هیدرودینامیکی و تغییرات زیستی است. این عوامل می‌توانند انواع پیوندهای زمین‌شناسی و زیستگاهی لازم را برای حفظ گونه‌های آبزی در آب‌های شیرین، شور و دریایی ایجاد کنند (Hannah *et al*., 2007; Nikora 2010; Dutta *et a*l., 2020).

شاخص مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Index) از جمله شاخص‌های مناسب برای شناسایی و توصیف در دسترس بودن زیستگاه برای گونه ماهیان آب‌های شیرین است (Vismara *et al*., 2001). هدف استفاده از این روش کمی‌سازی و ارائهٔ نیازهای زیستگاهی یک گونه است. زیرا در مباحث حفاظتی، مطلوب بودن و ایده‌آل بودن یک زیستگاه برای یک گونه از اهمیت به‌سزایی برخوردار است به‌عبارت دیگر، تعیین زیستگاه و ترجیح زیستگاهی یک گونه یا گونه‌های در معرض انقراض از مفاهیم کلیدی در بحث اکولوژیک است (Eagderi *et al*., 2021a,b).

در مباحث بوم‌شناسی، خصوصاً در بررسی ماهی‌ها و توسعهٔ گونه‌ها، با توجه به محدودیت‌هایی که جهت جمع‌آوری اطلاعات وجود دارد، استفاده از روش‌های آماری پیش‌بینی‌کننده، در حال افزایش است. این روش‌های آماری شرایط مناسبی برای نقشه‌برداری از حضور، توزیع و پراکنش جمعیت گونه‌ها در شرایط زیستگاهی فراهم می‌کنند (Kim and Choi, 2018; Jácome *et al*., 2019; Vilela *et al*., 2020). چیزی که مهم است، تراکم و توزیع گونه‌ای است که تحت تأثیر پویایی و دینامیک جمعیت است که در بیشتر موارد در ارتباط با غذای در دسترس یا شرایط شکار شدن (Kulkarni *et al*., 2014) و شرایط زیستگاه آن‌ها است (Stratford *et al*., 2016). افزایش فعالیت‌های انسانی و شهرنشینی، سیستم ساحلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، کیفیت زیستگاه آبی را کاهش، منجر به از بین رفتن تدریجی منابع طبیعی و در نهایت ایجاد یک مشکل بزرگ محیط‌زیستی می‌شود (Li *et al*., 2009; Zhang *et al*., 2013). این فعالیت‌ها به کاهش و انقراض گونه‌های ماهیان حساس به تغییرات رژیم‌های جریانی، از بین رفتن مسیرهای مهاجرتی، تغییرات در پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (تلاطم و دمای آب) می انجامد (Burkhardt-Holm *et al*., 2005).

فون ماهیان آب‌های داخلی ایران براساس آخرین فهرست گونه‌ای شامل ۲۹۲ گونه در ۲۴ راسته، ۳۶ خانواده و ۱۰۶ جنس است که دو خانوادهٔ کپورماهیان و جویبارماهیان در مجموع ۱۲۱ گونه را شامل می شود (Eagderi *et al*., 2022). در بین جویبارماهیان خاردار، جنس *Cobitis* دارای ۴ گونهٔ معتبر (*Cobitis saniae*، *C*. avicennae، *C. faridpaki* و *C. linea*) است (Eagderi and Mouludi-Saleh, 2021). *Cobitis saniae* در سال ۲۰۱۷ از رودخانهٔ باراگور از سرشاخه های رودخانهٔ سفیدرود توصیف و شناسایی شد (Eagderi *et al*., 2017، شکل ۱). از طرفی، با توجه به اینکه رودخانهٔ سفیدرود تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است و این احتمال وجود دارد که زیستگاه طبیعی یا اصلی این گونه از بین برود و از طرف دیگر، با توجه به اینکه تاکنون در رابطه با ترجیح زیستگاهی این گونه مطالعه‌ای انجام نشده است، بنابراین بررسی حاضر به‌منظور مطالعه ترجیح زیستگاهی گونه جویبار ماهی سانیا در رودخانه سفیدرود به‌اجرا درآمد. نتایج این مطالعه می‌تواند در راستای حفاظت و جلوگیری از انقراض این گونهٔ ارزشمند مد نظر مدیریت منابع آبزیان کشور واقع گردد.

[1]Ecological Water Requirements

شکل ۱- نمای جانبی از جویبارماهی سانیا (*Cobitis saniae*) صید شده از رودخانهٔ سفیدرود

روش‌شناسی پژوهش

منطقهٔ مورد مطالعه: رودخانهٔ سفیدرود جزء بزرگترین رودخانه‌های حوضهٔ آبریز جنوبی دریای خزر است که مساحت آبخیز آن ۵۵۰۰ کیلومتر مربع با دبی سالانه حدود ۳۸/۸ میلیارد متر مکعب است (Ghavidel *et al*., 2010). طول این رودخانه ۱۱۰ کیلومتر و عرض آن حدود ۲۵۰–۱۰۰ متر می‌باشد (Mirmoshtaghi *et al*., 2011). براساس مطالعات صورت گرفته، تعداد ۴۰ گونه ماهی از گروه ماهیان رودخانه‌ای، مهاجر و مصبی–دریایی از این رودخانه گزارش شده است (Abbasi *et al*., 2023).

نمونه‌برداری: به‌منظور بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه جویبارماهی سانیا (*C. saniae*) (شکل ۱) در رودخانهٔ سفیدرود، نمونه‌برداری از هشت ایستگاه با سه تکرار، با استفاده از دستگاه صید الکتریکی با شدت جریان پایین، از پایین‌دست به‌سمت بالادست صورت گرفت (Johnson and Arunachalam, 2009) (جدول ۱ و شکل ۱). نقاط نمونه‌برداری به‌نحوی انتخاب شدند که معرف تنوع زیستگاهی کل باشد (Lotfi, 2012). به‌منظور دقت در شمارش و جلوگیری از فرار ماهیان، در حین نمونه‌برداری از تورهای پشتیبان استفاده شد. نمونه‌ها پس از شناسایی و شمارش، در همان محل صید رهاسازی شدند (Price and Peterson, 2010). بعد از نمونه‌برداری، تعداد ۲۸ متغیر محیطی مورد بررسی از جمله ارتفاع از سطح دریا (برحسب متر با استفاده از سامانهٔ گوگل ارث)، عرض رودخانه (متر، با استفاده از متر نواری و سه تکرار در هر نقطه و میانگین آن به‌عنوان عرض محل نمونه‌برداری)، عمق آب (سانتی‌متر، با استفاده از میلهٔ مدرج و به‌صورت سه تکرار در هر نقطه و میانگین آن به‌عنوان عمق محل نمونه‌برداری)، دمای آب (درجهٔ سانتی‌گراد)، شوری (قسمت در هزار)، قلیائیت (میلی‌گرم بر لیتر)، و کل مواد جامد محلول TDS (میلی‌گرم بر لیتر) با استفاده از دستگاه پرتابل MIC-98721، کل مواد جامد معلق (میلی‌گرم بر لیتر)، کدورت، سختی کل (میلی‌گرم بر لیتر)، pH، اسیدیته (میلی‌گرم بر لیتر) با دستگاه پرتابل Wagtech، هدایت الکتریکی (EC) (میکروزیمنس بر سانتی‌متر، با استفاده از دستگاه پرتابل Wagtech)، اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر، با استفاده از کیت‌های سنجش اکسیژن شرکت واهب)، اکسیژن‌خواهی زیستی (BOD) و شیمیایی (COD) (میلی‌گرم بر لیتر)، نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)، و نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر) با استفاده از دستگاه پرتابل PASTEL UV، ارتو فسفات محلول (میلی‌گرم بر لیتر)، فسفات محلول (میلی‌گرم بر لیتر)، آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)، منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر)، کلسیم (میلی‌گرم بر لیتر)، سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)، پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر)، یون کلرید (میلی‌گرم بر لیتر)، و سولفات (میلی‌گرم بر لیتر) با استفاده از دستگاه فتومتر Palintest ۸۰۰۰، قطر سنگ‌های بستر (سانتی‌متر، با استفاده از متر نواری) و محل صید (وسط، پیرامون صخره‌ها و سنگ‌ها و حاشیهٔ رودخانه) و نوع بستر (مشاهدهٔ میدانی و ثبت تصاویر در هر نقطه از محل نمونه‌برداری) اندازه‌گیری و ثبت شد. در ایستگاه‌های نمونه‌برداری، با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی ارتفاع از سطح دریا و موقعیت جغرافیایی محل ثبت شدند و با سامانهٔ گوگل ارث تطابق داده شدند. ابتدا داده‌های ثبت‌شده (خام) وارد محیط اکسل شدند. سپس با استفاده از این داده‌ها، محدودهٔ مقادیر مطلوب هر یک از فاکتورهای مورد بررسی (شاخص مطلوبیت) که بر تنوع و فراوانی نمونه‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه تأثیر می‌گذارد و طبقات مربوط به هر یک از این متغیرها با در نظر گرفتن زیستگاه در نرم‌افزار HABSEL Version 1/0 (Consulting, 2014) محاسبه شد. مقدار بهینه براساس رابطهٔ $SIc,i=\%Uc,i/\%Ac,i$ که c: متغیر محیطی، i: طبقهٔ متغیر مورد بررسی، $\%Uc,i$: مقادیر درصدی استفاده ماهی از یک طبقه و محدودهٔ خاص مربوط به متغیرهای مورد

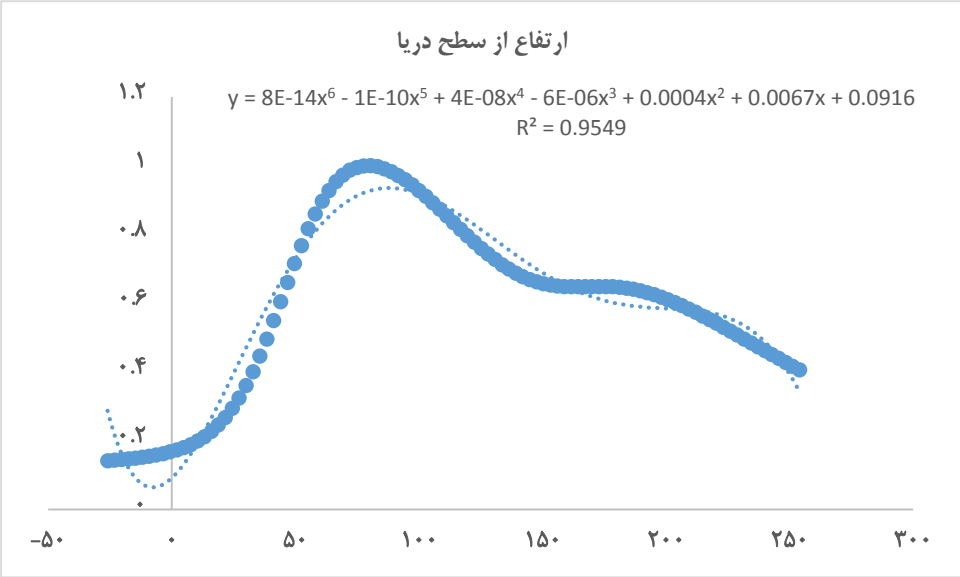
بررسی و Ac,i٪ متغیر محیطی در دسترس (به‌صورت درصد) می‌باشند، محاسبه شد (Waddle, 2012). جهت محاسبهٔ شاخص مطلوبیت زیستگاه کل برای جویبارماهی مورد مطالعه از میانگین هندسی HSI = (SI1×SI2×…×SIn)1/n استفاده شد (Chen *et al*., 2009, 2010). در معادلهٔ فوق، SI1 تا Sin: به‌ترتیب شاخص مطلوبیت برای هر یک از متغیرهای مورد بررسی و n: تعداد کل متغیرها در این مطالعه می‌باشند. تمام آنالیزهای آماری در بستر نرم‌افزارهای HABSEL و Excel (نسخهٔ ۲۰۱۳) انجام شد.

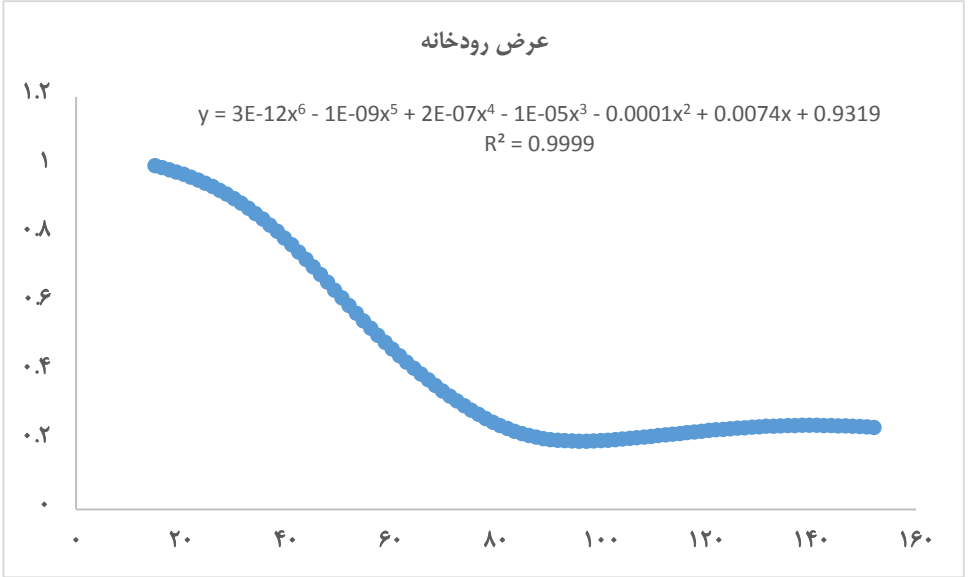
جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه های مورد بررسی جویبار ماهی سانیا (*Cobitis saniae*) در رودخانهٔ سفیدرود

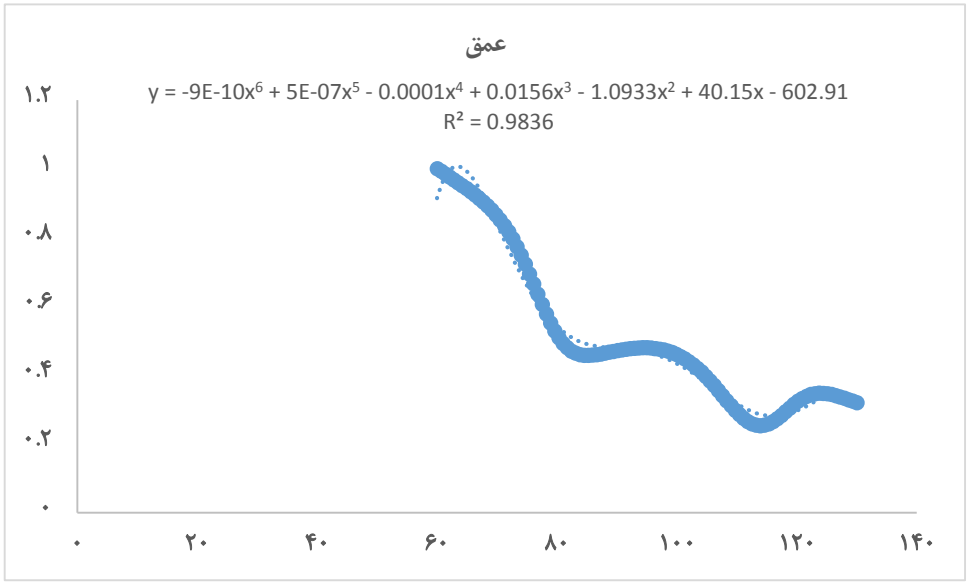
ایستگاه	مختصات جغرافیایی
۱	۳۰°۴۴'۳۲/۶۷"N, ۴۹°۱۷'۹/۶۶"E
۲	۳۶°۴۷'۴۵/۱۳"N, ۴۹°۲۴'۳۲/۴۲"E
۳	۳۶°۵۹'۳۱/۰۱"N, ۴۹°۳۴'۳۴/۵۶"E
۴	۳۶°۵۱'۴۵/۲۴"N, ۴۹°۳۲'۵۸/۵۹"E
۵	۳۷°۰'۵۷/۵۷"N, ۴۹°۳۸'۵/۸۲"E
۶	۳۷°۱۴'۴۷/۳۲"N, ۴۹°۵۰'۲۵/۶۸"E
۷	۳۷°۲۵'۳۳/۶۸"N, ۴۹°۵۴'۴۹/۳۰"E
۸	۳۶°۴۷'۴۵/۱۳"N, ۴۹°۲۴'۳۲/۴۲"E

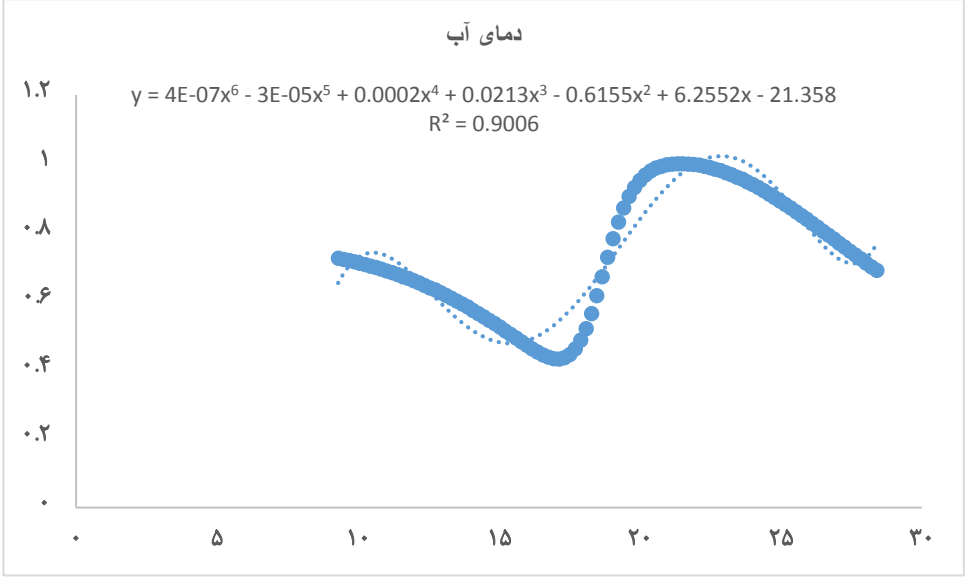
یافته‌های پژوهش

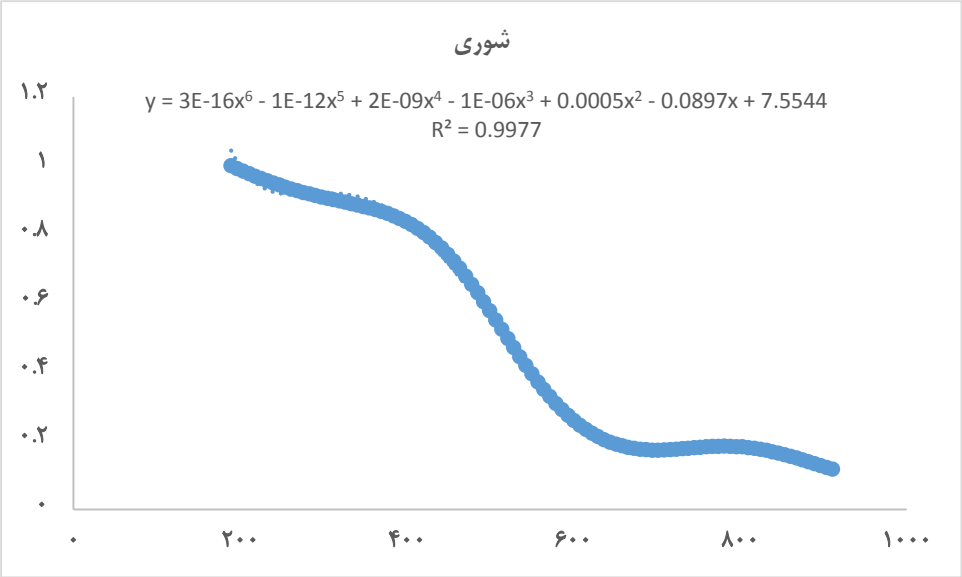
تحلیل مطلوبیت زیستگاه به تفکیک متغیرهای مورد بررسی در شکل ۲ ارائه شده است. براساس نتایج، بیشترین مطلوبیت گونهٔ جویبارماهی سانیا در رودخانهٔ سفیدرود به‌ترتیب در ارتفاع از سطح دریا ۹۰>–۵۵ متر (مقدار مطلوبیت ۰/۴)، عرض رودخانه ۴۰>–۲۰ متر (مقدار مطلوبیت ۰/۳۶۶)، عمق رودخانه ۶۷>–۶۰ سانتی‌متر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۹)، دمای آب ۲۵>–۲۲/۵ درجهٔ سانتی‌گراد (مقدار مطلوبیت ۰/۳۰۱)، شوری ۲۰۰>–۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۳۶۵)، pH ۷/۲>–۷/۱ (مقدار مطلوبیت ۰/۲۶۷)، اسیدیته ۲۳>–۲۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۳۵)، قلیائیت ۲۴۵>–۲۱۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۳۲۳)، TDS ۱۷۵>–۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۶۷)، TSS ۶۰۰>–۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۴۳۲)، کدورت ۱۸۰>–۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۳۴۵)، سختی کل ۱۲۰>–۱۸۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۴۳۹)، EC ۳۵۰>–۳۰۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر (مقدار مطلوبیت ۰/۳۲۶)، DO ۸>–۷/۵ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۵۲)، BOD ۷/۴>–۶/۸ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۴۱)، COD ۱۰/۴>–۹/۲ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۶۶)، فسفات کل ۰/۰۵>–۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۴۰)، نیترات ۰/۹>–۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۴۳)، نیتریت ۰/۰۵۲>–۰/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۳۳۸)، آمونیاک ۰/۱۴>–۰/۰۷میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۵۲۲)، منیزیم ۴۰>–۳۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۳۵)، کلسیم ۸۸>–۷۶میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۴۸)، سدیم ۲۰>–۱۰میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۸)، پتاسیم ۲/۵>–۲میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۱۹۴)، کلرید ۲۲۵>–۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۳)، فسفات ۶۰>–۴۰ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار مطلوبیت ۰/۲۹۷)، سرعت جریان آب ۲/۱>–۱/۹ متر بر ثانیه (مقدار مطلوبیت ۰/۲۴۸) و میانگین قطر ذرات بستر ۲۹>–۲۵/۵ سانتی‌متر (مقدار مطلوبیت ۰/۴۱) به‌دست آمد. در جدول ۲ مطلوبیت کل برای هر یک از فاکتورهای مورد بررسی و کل رودخانهٔ سفیدرود برای گونهٔ جویبارماهی سانیا ارائه شده است. نتایج نشان داد که دو فاکتور پتاسیم (۰/۸۸۱) و آمونیاک (۰/۳۶۹) به‌ترتیب بیشترین و کمترین مطلوبیت را در بین فاکتورهای مورد بررسی به‌خود اختصاص دادند. همچنین مطلوبیت کل رودخانه برای گونهٔ مورد مطالعه ۰/۵۸۲ به‌دست آمد که بیانگر زیستگاه متوسط تا مطلوب برای جویبارماهی سانیا است.

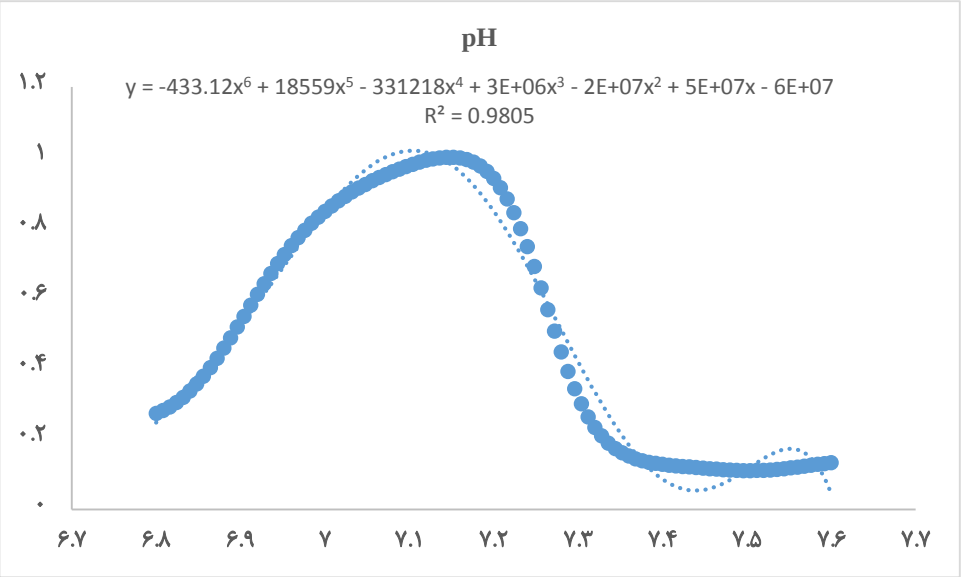

ارتفاع از سطح دریا
y = 8E-14x⁶ - 1E-10x⁵ + 4E-08x⁴ - 6E-06x³ + 0.0004x² + 0.0067x + 0.0916
R² = 0.9549
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
-۵۰
۰
۵۰
۱۰۰
۱۵۰
۲۰۰
۲۵۰
۳۰۰

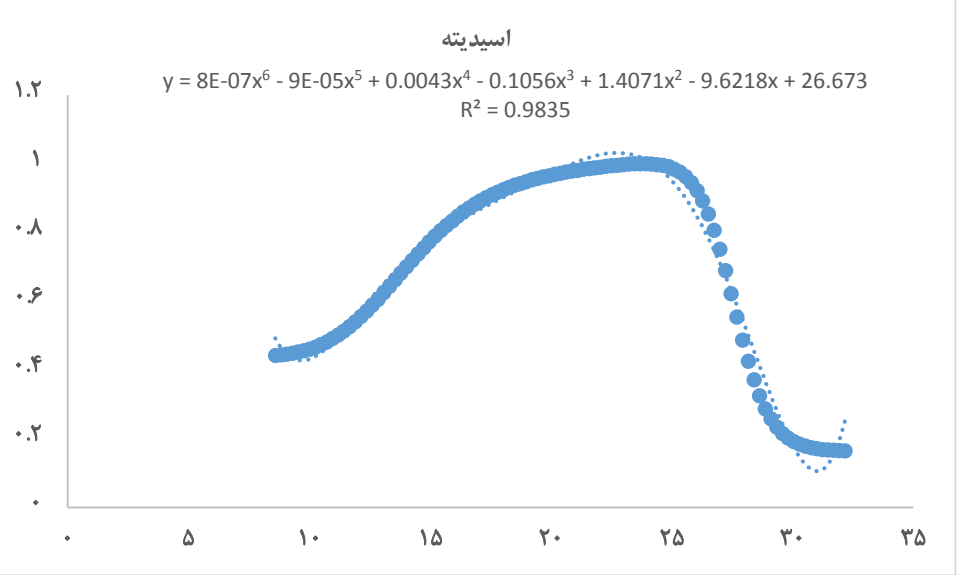

عرض رودخانه
y = 3E-12x⁶ - 1E-09x⁵ + 2E-07x⁴ - 1E-05x³ - 0.0001x² + 0.0074x + 0.9319
R² = 0.9999
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰
۲۰
۴۰
۶۰
۸۰
۱۰۰
۱۲۰
۱۴۰
۱۶۰

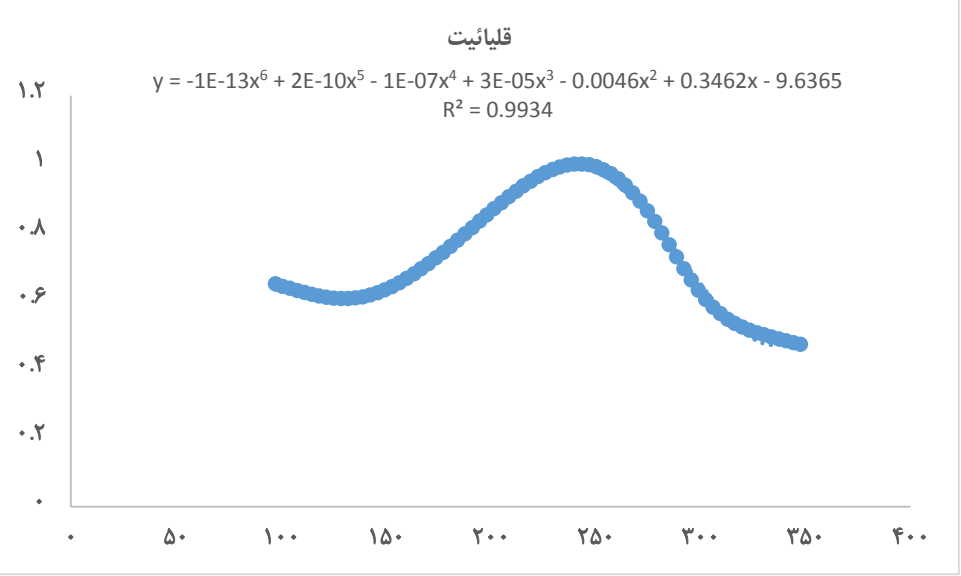

عمق
y = -9E-10x⁶ + 5E-07x⁵ - 0.0001x⁴ + 0.0156x³ - 1.0933x² + 40.15x - 602.91
R² = 0.9836
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰
۲۰
۴۰
۶۰
۸۰
۱۰۰
۱۲۰
۱۴۰

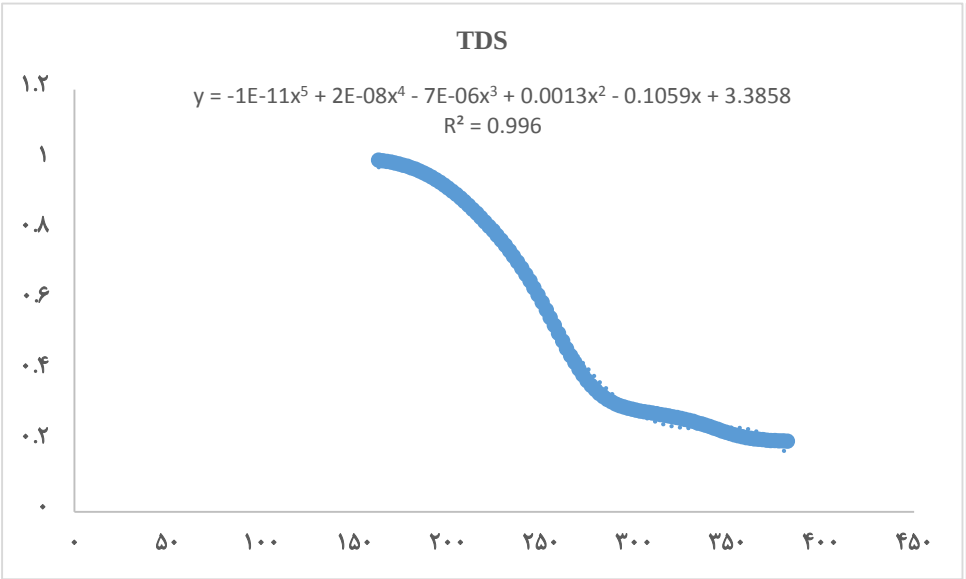

دمای آب
y = 4E-07x⁶ - 3E-05x⁵ + 0.0002x⁴ + 0.0213x³ - 0.6155x² + 6.2552x - 21.358
R² = 0.9006
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰
۵
۱۰
۱۵
۲۰
۲۵
۳۰

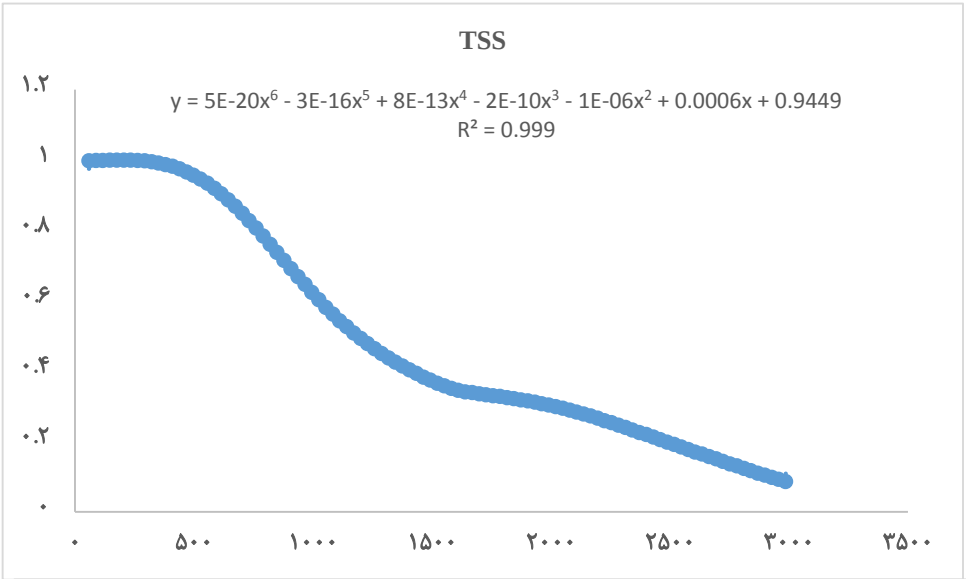

شوری
y = 3E-16x⁶ - 1E-12x⁵ + 2E-09x⁴ - 1E-06x³ + 0.0005x² - 0.0897x + 7.5544
R² = 0.9977
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰
۲۰۰
۴۰۰
۶۰۰
۸۰۰
۱۰۰۰

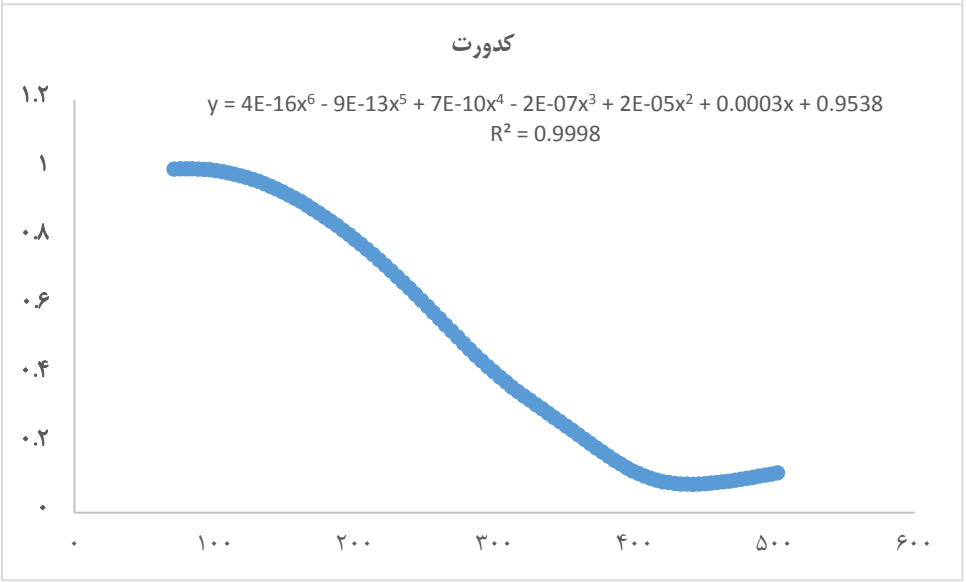

pH
y = -433.12x⁶ + 18559x⁵ - 331218x⁴ + 3E+06x³ - 2E+07x² + 5E+07x - 6E+07
R² = 0.9805
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۶.۷
۶.۸
۶.۹
۷
۷.۱
۷.۲
۷.۳
۷.۴
۷.۵
۷.۶
۷.۷

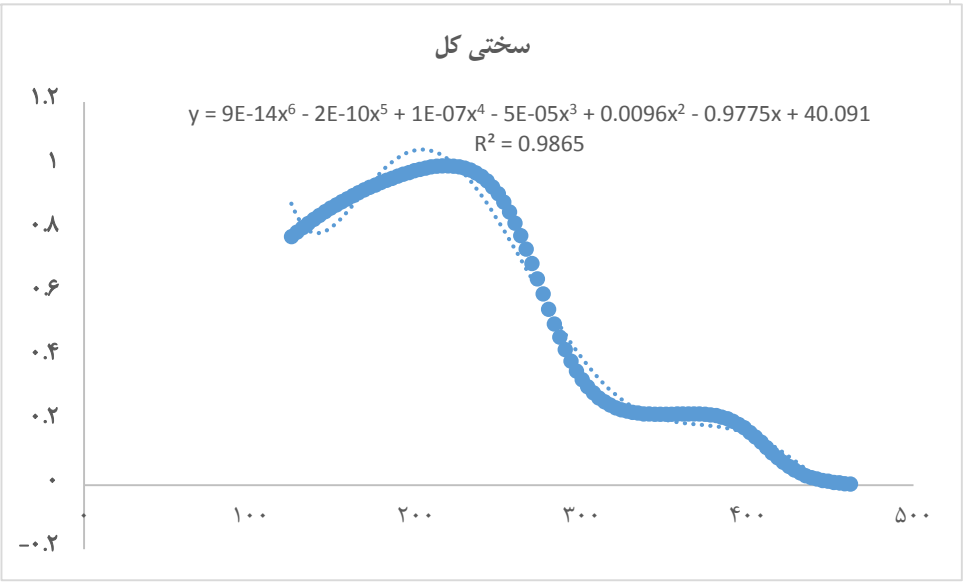

اسیدیته
y = 8E-07x⁶ - 9E-05x⁵ + 0.0043x⁴ - 0.1056x³ + 1.4071x² - 9.6218x + 26.673
R² = 0.9835
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰
۵
۱۰
۱۵
۲۰
۲۵
۳۰
۳۵

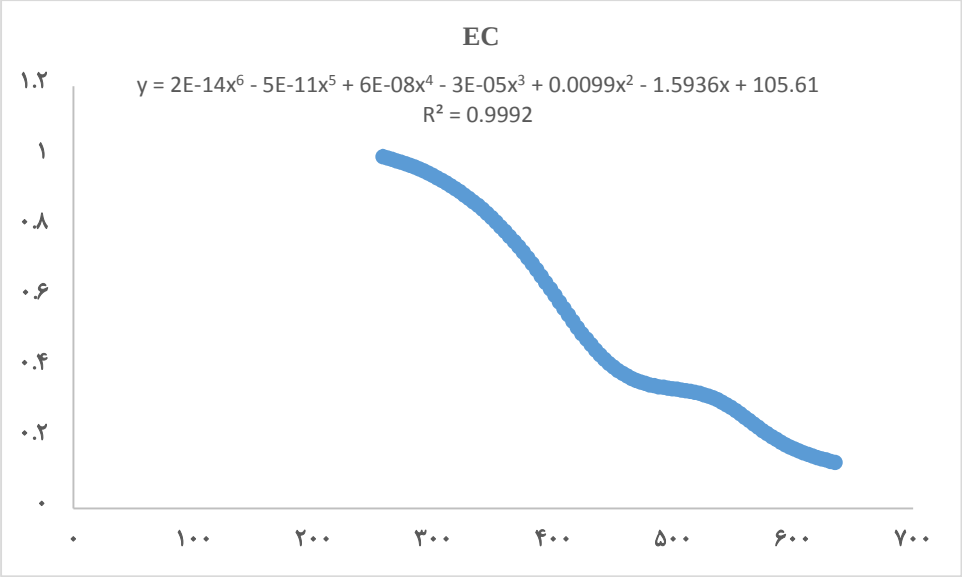

قلیائیت
y = -1E-13x⁶ + 2E-10x⁵ - 1E-07x⁴ + 3E-05x³ - 0.0046x² + 0.3462x - 9.6365
R² = 0.9934
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰
۵۰
۱۰۰
۱۵۰
۲۰۰
۲۵۰
۳۰۰
۳۵۰
۴۰۰

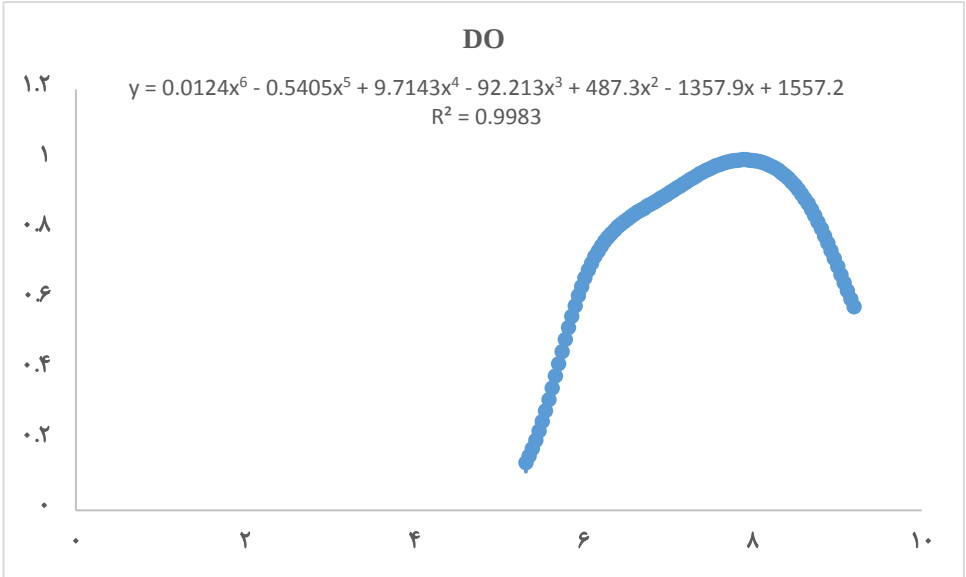

TDS
y = -1E-11x5 + 2E-08x4 - 7E-06x3 + 0.0013x2 - 0.1059x + 3.3858
R² = 0.996
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۵۰ ۱۰۰ ۱۵۰ ۲۰۰ ۲۵۰ ۳۰۰ ۳۵۰ ۴۰۰ ۴۵۰

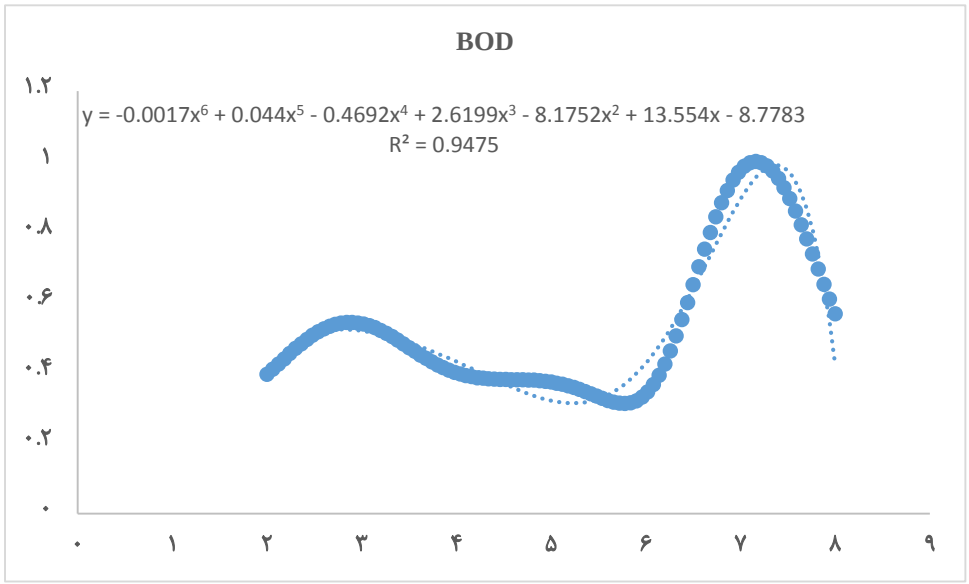

TSS
y = 5E-20x6 - 3E-16x5 + 8E-13x4 - 2E-10x3 - 1E-06x2 + 0.0006x + 0.9449
R² = 0.999
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۵۰۰ ۱۰۰۰ ۱۵۰۰ ۲۰۰۰ ۲۵۰۰ ۳۰۰۰ ۳۵۰۰

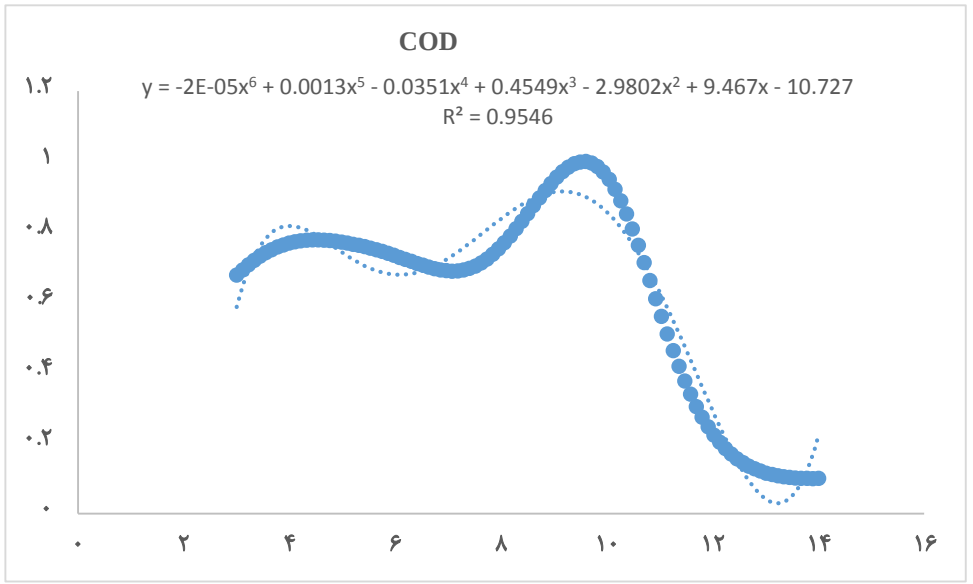

کدورت
y = 4E-16x6 - 9E-13x5 + 7E-10x4 - 2E-07x3 + 2E-05x2 + 0.0003x + 0.9538
R² = 0.9998
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۱۰۰ ۲۰۰ ۳۰۰ ۴۰۰ ۵۰۰ ۶۰۰

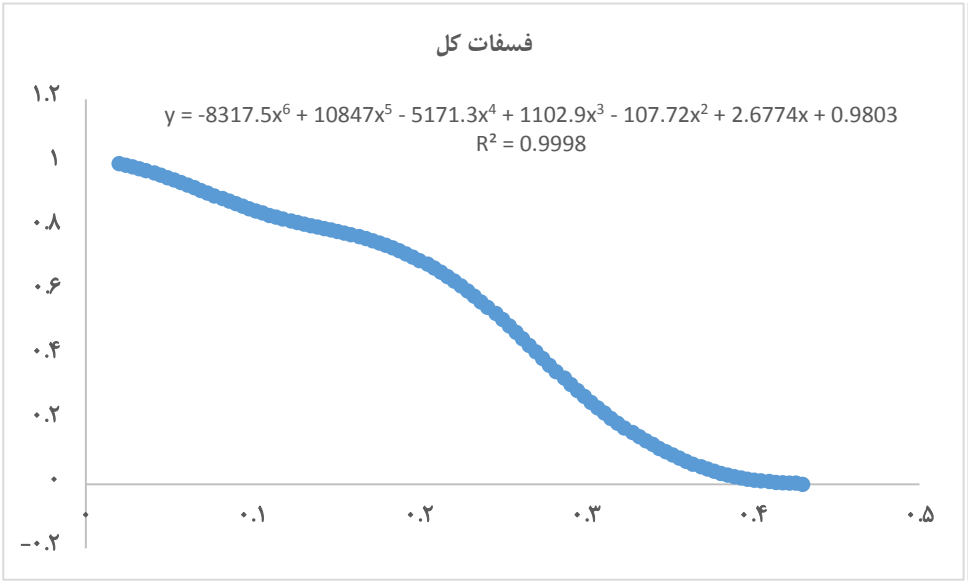

سختی کل
y = 9E-14x6 - 2E-10x5 + 1E-07x4 - 5E-05x3 + 0.0096x2 - 0.9775x + 40.091
R² = 0.9865
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
-۰.۲
۰ ۱۰۰ ۲۰۰ ۳۰۰ ۴۰۰ ۵۰۰

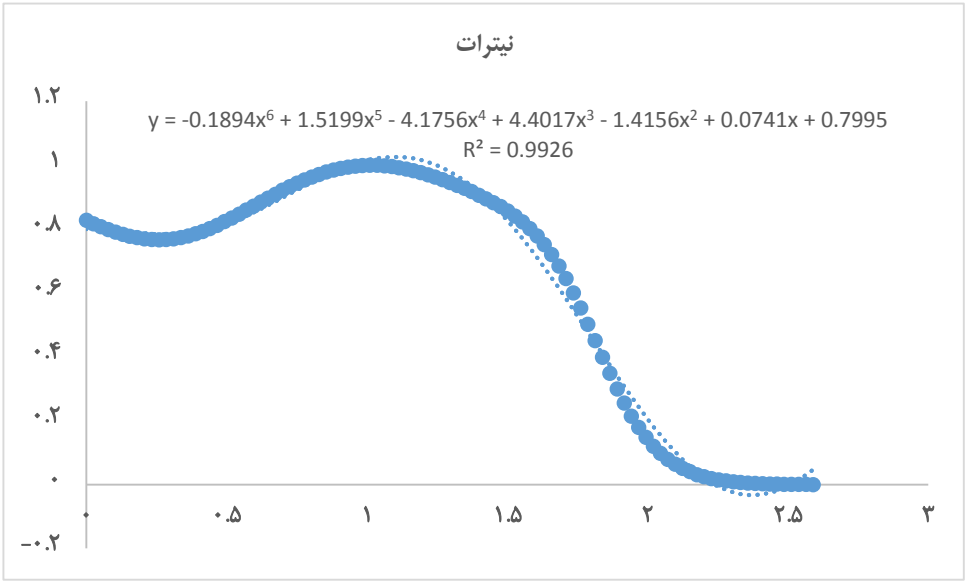

EC
y = 2E-14x⁶ - 5E-11x⁵ + 6E-08x⁴ - 3E-05x³ + 0.0099x² - 1.5936x + 105.61
R² = 0.9992
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۱۰۰ ۲۰۰ ۳۰۰ ۴۰۰ ۵۰۰ ۶۰۰ ۷۰۰

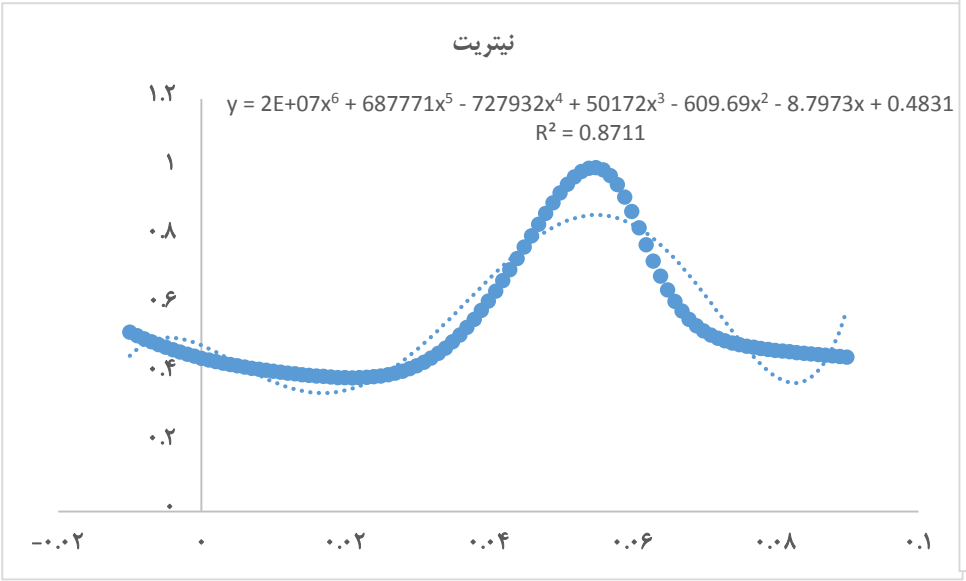

DO
y = 0.0124x⁶ - 0.5405x⁵ + 9.7143x⁴ - 92.213x³ + 487.3x² - 1357.9x + 1557.2
R² = 0.9983
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۲ ۴ ۶ ۸ ۱۰

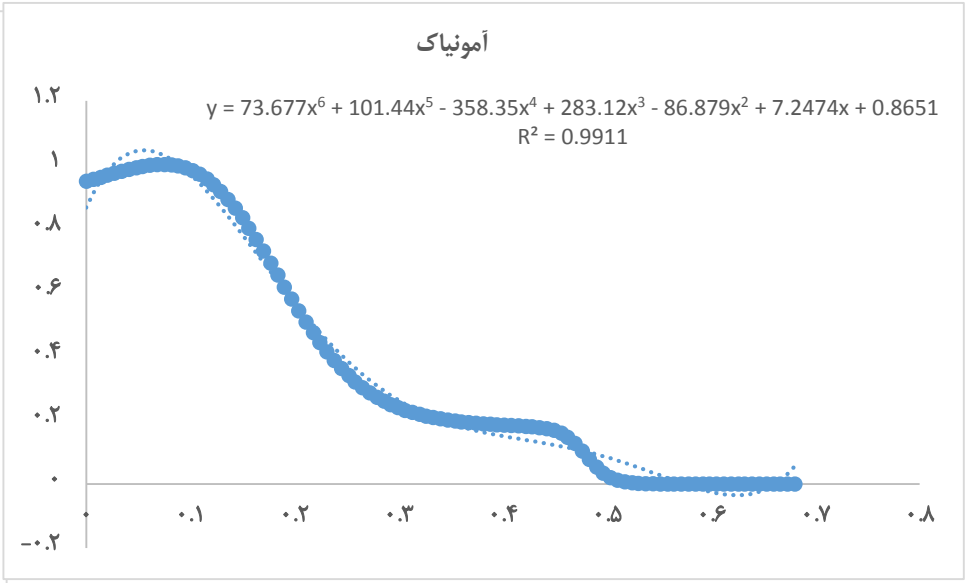

BOD
y = -0.0017x⁶ + 0.044x⁵ - 0.4692x⁴ + 2.6199x³ - 8.1752x² + 13.554x - 8.7783
R² = 0.9475
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹

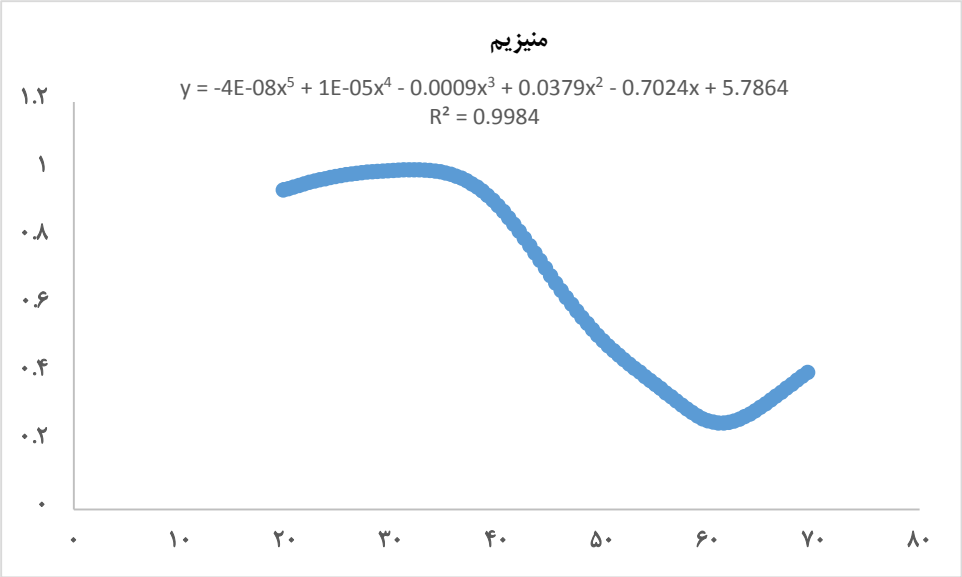

COD
y = -2E-05x⁶ + 0.0013x⁵ - 0.0351x⁴ + 0.4549x³ - 2.9802x² + 9.467x - 10.727
R² = 0.9546
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۲ ۴ ۶ ۸ ۱۰ ۱۲ ۱۴ ۱۶

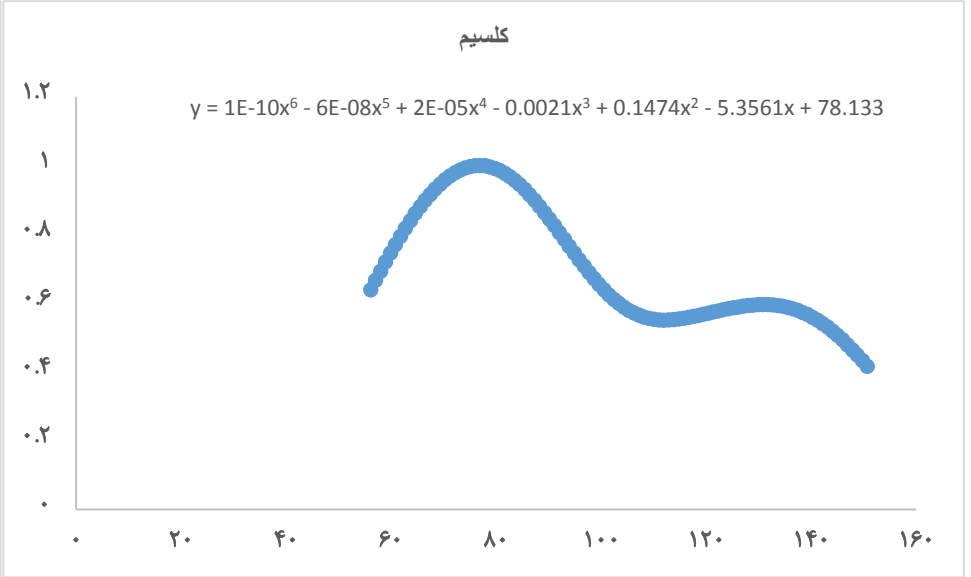

فسفات کل
y = -8317.5x⁶ + 10847x⁵ - 5171.3x⁴ + 1102.9x³ - 107.72x² + 2.6774x + 0.9803
R² = 0.9998
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
-۰.۲
۰
۰.۱
۰.۲
۰.۳
۰.۴
۰.۵

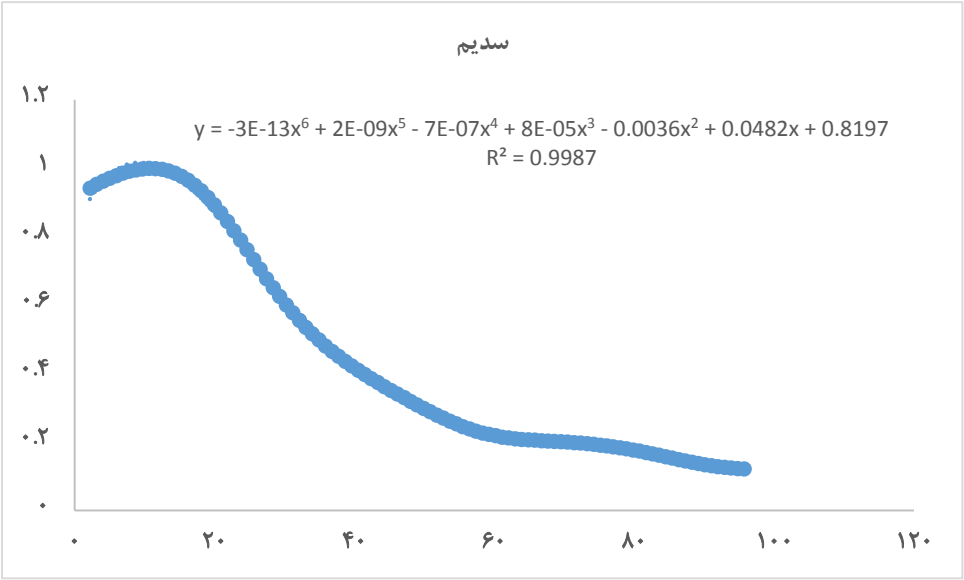

نیترات
y = -0.1894x⁶ + 1.5199x⁵ - 4.1756x⁴ + 4.4017x³ - 1.4156x² + 0.0741x + 0.7995
R² = 0.9926
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
-۰.۲
۰
۰.۵
۱
۱.۵
۲
۲.۵
۳

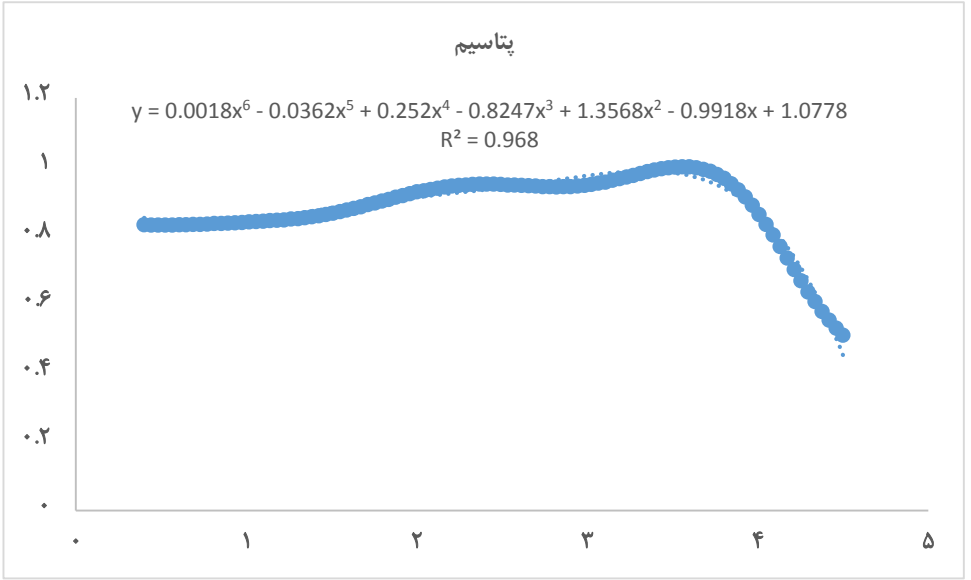

نیتریت
y = 2E+07x⁶ + 687771x⁵ - 727932x⁴ + 50172x³ - 609.69x² - 8.7973x + 0.4831
R² = 0.8711
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
-۰.۰۲
۰
۰.۰۲
۰.۰۴
۰.۰۶
۰.۰۸
۰.۱

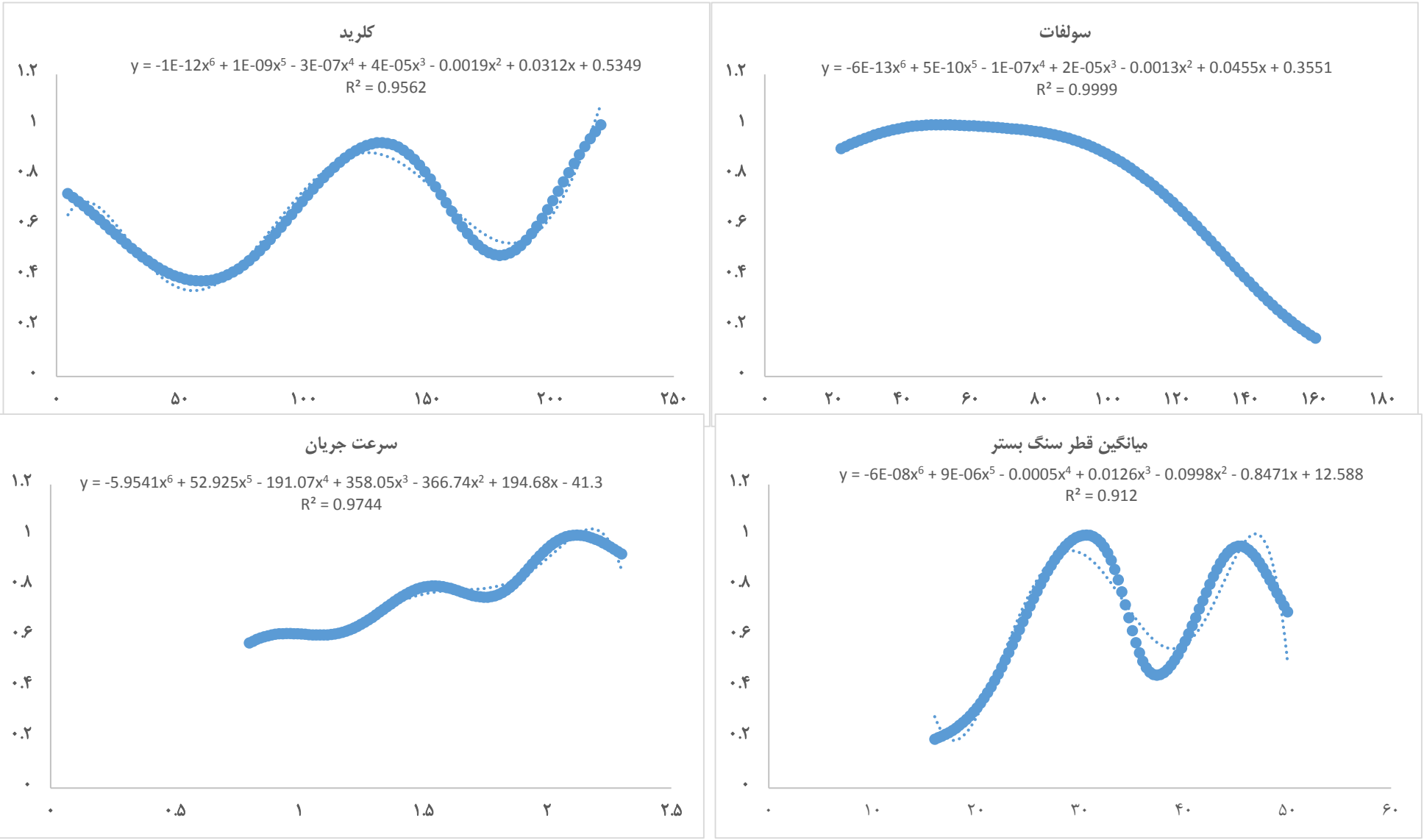

آمونیاک
y = 73.677x⁶ + 101.44x⁵ - 358.35x⁴ + 283.12x³ - 86.879x² + 7.2474x + 0.8651
R² = 0.9911
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
-۰.۲
۰
۰.۱
۰.۲
۰.۳
۰.۴
۰.۵
۰.۶
۰.۷
۰.۸


منیزیم
y = -4E-08x5 + 1E-05x4 - 0.0009x3 + 0.0379x2 - 0.7024x + 5.7864
R² = 0.9984
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۱۰ ۲۰ ۳۰ ۴۰ ۵۰ ۶۰ ۷۰ ۸۰


کلسیم
y = 1E-10x6 - 6E-08x5 + 2E-05x4 - 0.0021x3 + 0.1474x2 - 5.3561x + 78.133
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۲۰ ۴۰ ۶۰ ۸۰ ۱۰۰ ۱۲۰ ۱۴۰ ۱۶۰


سدیم
y = -3E-13x6 + 2E-09x5 - 7E-07x4 + 8E-05x3 - 0.0036x2 + 0.0482x + 0.8197
R² = 0.9987
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۲۰ ۴۰ ۶۰ ۸۰ ۱۰۰ ۱۲۰


پتاسیم
y = 0.0018x6 - 0.0362x5 + 0.252x4 - 0.8247x3 + 1.3568x2 - 0.9918x + 1.0778
R² = 0.968
۱.۲
۱
۰.۸
۰.۶
۰.۴
۰.۲
۰
۰ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵



شکل ۱- نمودار شاخص مطلوبیت جویبار ماهی سانیا (*Cobitis saniae*) در رودخانه سفید رود براساس فاکتورهای مورد بررسی

جدول ۲- شاخص مطلوبیت زیستگاه به تفکیک فاکتورهای مورد بررسی در رودخانهٔ سفیدرود برای گونهٔ جویبارماهی سانیا (*Cobitis saniae*)

ردیف	فاکتورهای مورد بررسی	مقادیر SI
۱	ارتفاع از سطح دریا	۰/۵۴۳
۲	عرض رودخانه	۰/۴۲۹
۳	عمق	۵۱۲
۴	دمای آب	۰/۷۳۸
۵	شوری	۰/۵
۶	pH	۰/۵۰۵
۷	اسیدیته	۰/۶۹۲
۸	قلیائیت	۰/۷۳۴
۹	TDS	۰/۵۲۵
۱۰	TSS	۰/۴۹۲
۱۱	کدورت	۰/۵۰۲
۱۲	سختی کل	۰/۵۱۵
۱۳	EC	۰/۵۲۲
۱۴	DO	۰/۷۸۵
۱۵	BOD	۰/۵۳۲
۱۶	COD	۰/۶۲۸
۱۷	فسفات	۰/۵۲۳
۱۸	نیترات	۰/۶۲۴
۱۹	نیتریت	۰/۵۵۳
۲۰	آمونیاک	**۰/۳۶۹**
۲۱	منیزیم	۰/۶۷
۲۲	کلسیم	۰/۷
۲۳	سدیم	۰/۴۵۱
۲۴	پتاسیم	**۰/۸۸۱**
۲۵	کلرید	۰/۶۴۲
۲۶	سولفات	۰/۷۷۳
۲۷	شدت جریان	۰/۷۶۶
۲۸	میانگین قطر ذرات بستر	۰/۶۴۷
	HSI کل	
	۰/۵۸۲	

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه در راستای بررسی و اولویت ترجیح زیستگاهی گونهٔ جویبارماهی سانیا در سفیدرود (حوضهٔ آبریز جنوبی دریای خزر) به‌اجرا درآمد. نتایج نشان داد که با افزایش مقادیر ارتفاع از سطح دریا، عمق و عرض رودخانه، شوری، pH، قلیائیت، TSS، TSS، سختی کل، کدورت، EC، COD، نیترات، فسفات، آمونیاک، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم و سولفات در نهایت مقادیر مطلوبیت کاهش می‌یابد. در حالی که با افزایش سرعت جریان آب، میانگین قطر ذرات بستر، DO، مطلوبیت گونهٔ جویبارماهی سانیا روند افزایشی نشان داد. مطالعات بیان داشته‌اند که افزایش سرعت جریان، سبب افزایش مقادیر اکسیژن محلول در آب می‌شود (Mouludi-Saleh *et al*., 2022) با توجه به اینکه ترجیح زیستگاهی گونهٔ مورد مطالعه در مقادیر بالای DO (حدود ۸ میلی‌گرم بر لیتر) بود، می‌توان چنان عنوان کرد که از این طریق نیاز اکسیژنی خود را تأمین می‌کند. همچنین با توجه به اینکه این گونه به لحاظ جثه کوچک می‌باشد بنابراین برای حفظ و در امان ماندن از دست شکارچیان در لابه‌لای سنگ‌ها و قطعات بستر پنهان می شود. نتایج نشان داد که هر چه میانگین قطر ذرات بستر بیشتر شود مطلوبیت و ترجیح زیستگاهی این گونه نیز بیشتر می‌شود. که در مطالعات مختلف روی جویبارماهیان نیز این نتایج تأیید شده است (Asadi *et al*., 2016; Eagderi *et al*., 2021b).

Asadi و همکاران (۲۰۱۶)، در بررسی ترجیح زیستگاهی جویبار ماهی سفیدرود (*Oxynoemacheilus bergianus*) در رودخانهٔ توتکابن بیان داشتند که ترجیح این گونه نقاطی با ارتفاع از سطح دریا ۱۷۵–۱۵۰ متر، سرعت جریان ۰/۵۶–۰/۴۸متر بر ثانیه، میانگین قطر سنگ بستر ۲۵–۲۰ سانتی‌متر، عمق ۳۲–۲۴ سانتی‌متر، عرض رودخانه ۷–۴/۲ متر و دمای ۱۸–۱۶درجهٔ سانتی‌گراد است. در مطالعهٔ مشابه نیز در دو فصل پاییز و زمستان روی این گونه نیز ترجیح متفاوتی برای دو فصل گزارش شد به‌طوری که در فصل پاییز نقاطی با ارتفاع از سطح دریای زیاد، عمق کم، شدت جریان بالا، میانگین قطر سنگ بستر متوسط، شیب کم، دمای بالا و EC و TDS متوسط گزارش شد (Eagderi *et al*., 2021b). پراکنش و فراوانی ماهیان تحت تاثیر فاکتورهای عمق آب، سرعت جریان، ترکیب و نوع سنگ بستر و پوشش گیاهی ساحلی است (Angermeier and Karr1994; Mendonça *et al*., 2005; Cunico *et al*., 2006; Ferreira and Casatti, 2006).

Rostamian و همکاران (۲۰۱۷)، در بررسی ترجیح زیستگاهی گونهٔ *Cobitis keyvani* در رودخانهٔ توتکابن گزارش کردند که متغیرهای شاخص بستر، عرض، سرعت جریان و ارتفاع از سطح دریا در ترجیح زیستگاهی گونه معنی‌دار بودند. همچنین فراوانی جویبارماهی خاردار کیوان با فاکتورهای ارتفاع از سطح دریا، سرعت جریان و شاخص بستر رابطهٔ عکس و با عرض رودخانه رابطهٔ مستقیم دارد. آنها بیان داشتند که زیستگاه انتخابی این گونه نقاطی با سرعت جریان بالا، بستر ماسه‌ای–گلی، عرض زیاد رودخانه و ارتفاع از سطح دریا پایین و عمق کم می‌باشد.

با توجه به وجود سدهای متعدد در مسیر و سرشاخه‌های سفیدرود از یک‌سو و از سوی دیگر استفاده از آب این رودخانه در تولید محصولات کشاورزی و آبیاری و به‌دنبال آن کاهش حجم آب ورودی به رودخانه و تغییرات بوم‌شناختی ناشی از فعالیت‌های انسانی، آلودگی کشاورزی و شهری، برداشت و بهره‌برداری بیش از حد از رودخانه (شن و ماسه و ...) و تغییرات اقلیمی (Abbasi *et al*., 2023) که هر ساله شاهد آن هستیم تنوع زیستی و غنای بالای گونه ماهیان این رودخانه را در معرض خطر قرار داده است. نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که رودخانهٔ سفیدرود زیستگاهی متوسط رو به ایده‌آل برای گونهٔ جویبارماهی سانیا است. از این‌رو پیشنهاد می‌شود اتخاذ تدابیر حفاظتی لازم در راستای حفاظت از این گونه در دستور کار مدیران محیط‌زیستی و شیلاتی قرار گیرد.

References

Abbasi, K., Mirzajani, A., Moradi, M., 2023. Diversity and abundance of fish in the Sefidroud River. Iranian Scientific Fisheries Journal 32(3), 1-12. (In Persian)

Angermeier, P.L., Karr, J.R., 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives: protecting biotic resources. In Ecosystem management. (pp. 264-275). Springer, New York.

Asadi, H., Sattari, M., Eagderi, S., 2016. Determination of habitat suitability index of spined loach *Oxynoemacheilus bergianus* (Derjavin, 1934) from Totkabon River (a tributary of Sefidrud River basin). Utilization and Cultivation of Aquatics 5(1), 13-23. (In Persian)

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).

Consulting, J., 2019. Available: www.jowettconsulting.co.nz. Accessed on 2/3/2019.

Cunico, A.M., Agostinho, A.A., Latini, J.D., 2006. Influência da urbanização sobre as assembléias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. Revista Brasileira de Zoologia 23(4), 1101-1110.

Dauwalter, D.C., Fisher, W.L. 2008. Spatial and temporal patterns in stream habitat and smallmouth bass populations in eastern Oklahoma. Transactions of the American Fisheries Society 137(4): 1072-1088.

Eagderi, S., Jouladeh-Roudbar, A., Jalili, P., Sayyadzadeh, G., Esmaeili, H.R., 2017. Taxonomic statue of the genus *Cobitis* Linnaeus, 1758 (Teleostei: Cobitidae) in the southern Caspian Sea basin, Iran with description of a new species. FishTaxa 2(1), 48-61.

Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., 2021. Morphological comparison of the *Cobitis* species from Iranian inland waters using geometric morphometric method. Applied Biology 34(1), 9-20. (In Persian)

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.

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

Eagderi, S., Zamani-Faradonbeh, M., Poorbagher, H., Mouludi-Saleh, A., 2021b. 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. (In Persian)

Ferreira, C.P., Casatti, L., 2006. Influência da estrutura do habitat sobre a ictiofauna de um riacho em um micro-bacia de pastagem São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 23(3), 642-651.

Ghavidel, A., Razdar, B., Falah Firoozkoohi, F., Zoghi, M., 2010. Sefidroud river area classification using the water quality index. Environment and sustainable development. Islamic Azad Unversity, Hamedan, p. 9. (In Persian)

Hannah, L., Midgley, G., Andelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., Pearson, R., Williams, P., 2007. Protected area needs in a changing climate. Frontiers in Ecology and the Environment 5(3), 131-138.

Jácome, G., Vilela, P., Yoo, C.K., 2019. Present and future incidence of dengue fever in Ecuador nationwide and coast region scale using species distribution modeling for climate variability's effect. Ecological Modelling 400, 60-72.

Johnson, J.A., Arunachalam, M., 2010. Relations of physical habitat to fish assemblages in streams of Western Ghats, India. Applied Ecology and Environmental Research 8(1), 1-10.

Kim, S.K., Choi, S.U., 2018. Prediction of suitable feeding habitat for fishes in a stream using physical habitat simulations. Ecological Modelling 385, 65-77.

Kulkarni, D., Hommen, U., Schäffer, A., Preuss, T.G. 2014. Ecological interactions affecting population-level responses to chemical stress in *Mesocyclops leuckarti*. Chemosphere 112, 340-347.

Liu, Q., Bi, Song, L., Wang, G.Q., Jin, G. 2018. Species–habitat associations in an old-growth temperate forest in northeastern China. BMC Ecology 18(1), 1-11.

Lotfi, A., 2012. Guideline on rapid assessment of environmental features of rivers. Environment Protection Department of Iran Publication. 120 p.

Mendonça, F.P., Magnusson, W.E., Zuanon, J., 2005. Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. Copeia 4, 751-764.

Mirmoshtaghi, S.M., Amirnezhad, R. and Khaledian, M.R., 2011. Sefidroud river water quality assessment and its mapping according to NSFWQI and OWQI water quality indicators. Wetland 3, 23-34. (In Persian)

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2022. Using kernel smoothing method in evaluating habitat preference of Mesopotamian barb, *Capoeta damascina* (Valenciennes, 1842) in Sirvan River. Journal of Natural Environment 75(4), 642-651. (In Persian)

Nikora, V., 2010. Hydrodynamics of aquatic ecosystems: An interface between ecology, biomechanics and environmental fluid mechanics. River Research and Applications 26(4), 367-384.

Osborne, A.R., 1989. Barren mountains, raging rivers: The ecological and social effects of changing land use on the Lower Yangzi periphery in late imperial China. Ph.D. dissertation, Graduate School of Arts and Science, Columbia University.

Rostamian, N., Saeedpour, B., Eagderi, S., Ramin, M., 2017. Investigating habitat suitability of Keyvan spined loach, *Cobitis keyvani* Mousavi-Sabet et al., 2012 in Totkabon River (Sefidroud river basin) using generalized additive models (GAM). Journal of Applied Ichthyological Research 4(4), 1-12. (In Persian)

Sarkar, B., Islam, A., Das, B.C., 2021. Role of declining discharge and water pollution on habitat suitability of fish community in the Mathabhanga-Churni River, India. Journal of Cleaner Production 326, 129426.

Stratford, D.S., Pollino, C.A., Brown, A.E., 2016. Modelling population responses to flow: the development of a generic fish population model. Environmental Modelling & Software 79, 96-119.

Theodoropoulos, C., Skoulikidis, N., Rutschmann, P., Stamou, A., 2018. Ecosystem-based environmental flow assessment in a Greek regulated river with the use of 2D hydrodynamic habitat modelling. River Research and Applications 34(6), 538-547.

Vilela, P., Jácome, G., Kim, S. Y., Nam, K., Yoo, C., 2020. Population response modeling and habitat suitability of Cobitis choii fish species in South Korea for climate change adaptation. Ecotoxicology and Environmental Safety 189, 109949.

Vismara, R., Azzellino, A., Bosi, R., Crosa, G., Gentili, G., 2001. Habitat suitability curves for brown trout (*Salmo trutta* fario L.) in the River Adda, Northern Italy: Comparing univariate and multivariate approaches. Regulated Rivers: Research & Management 17(1), 37-50.

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

Zhang, Q., Singh, V.P., Li, J., 2013. Eco-hydrological requirements in arid and semiarid regions: Case study of the Yellow River in China. Journal of Hydrologic Engineering 18(6), 689-697.