علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره شانزدهم، شماره ویژه ۹۳

زیست سنجی و طبقه بندی کیفی رودخانه بالخلو بر اساس شاخص بیولوژیک (فون ماهیان)

نغمه جعفرزاده*[۱]

naghme.jafarzadeh@gmail.com

ابراهیم فتایی[۲]

صابر وطن دوست[۳]

غلامرضا حاتمی[٤]

سید محمود شریعت[٥]

تاریخ دریافت:۹۰/۱۰/۲۰ **تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۱۵**

چکیده

زمینه و هدف: رودخانه بالخلو به عنوان یکی از سرشاخه های اصلی رود قره سو اردبیل و تامین کننده آب سد یامچی می‌باشد. این سد به منظور تامین آب مناطق کشاورزی و آب شرب شهرهای اردبیل و سرعین مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به وجود منابع آلاینده مختلف مانند پساب مناطق مسکونی، صنعتی و کشاورزی و آب‌گرم معدنی، بررسی کیفی این رودخانه برای حفظ حیات آن ضروری می باشد.

روش تحقیق: این مطالعه به منظور ارزیابی بیولوژیک رودخانه بالخلو بر اساس جمعیت و گونه ماهیان رودخانه در ۵ ایستگاه و در دو فصل کم آبی و پر آبی در سال آبی ۸۹-۹۰ انجام گرفته است. در این مطالعه نمونه برداری از ماهیان توسط دستگاه الکترو شوکرانجام شد و پارامتر های فیزیکی و شیمیایی نیز همزمان اندازه گیری گردیدند. همچنین برای افزایش‌دقت از شاخص تنوع شانون وینر و غنای تاکزونی استفاده گردید.

یافته ها: در این مطالعه ۸ گونه ماهی متعلق به چهار خانواده شناسایی شد که بیشترین تعداد را خانواده کپور[٦] ماهیان داشتند. نتایج شاخص شانون بین ۰(ایستگاه سوم) تا ۱/۳۳(ایستگاه پنجم) در فصول نمونه برداری متفاوت بود.

نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان دادکه شاخص شانون نمایه مناسبی برای ارزیابی کیفی در این رودخانه می باشد. نتایج ارزیابی فیزیکوشیمیایی تایید کننده نتایج ارزیابی شاخص های غنای گونه ای و شانون بود. در نهایت با مقایسه پارامتر های فیزیکی و شیمیایی و شاخص های بیولوژیک کیفیت آب رودخانه بالخلو در محدوده مطالعاتی به سه ناحیه آلودگی کم (ایستگاه های چهارم و پنجم)، متوسط (ایستگاه های اول و دوم) و بالا (ایستگاه سوم) کلاسه بندی گردید.

واژه های کلیدی: ارزیابی زیستی، ماهی، رودخانه بالخلو، کیفیت آب، اردبیل.

۱- کارشناس ارشد رشته ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده انرژی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران*(مسوول مکاتبات).

۲- استادیار،گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد واحد اسلامی واحد اردبیل.

۳- استادیار،گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل.

۴- کارشناس ارشدآبیاری و زهکشی،شرکت مهندسین مشاور پژوهش عمران راهوار-تهران.

۵- استاد، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

6- *Cyprinidae*

مقدمه

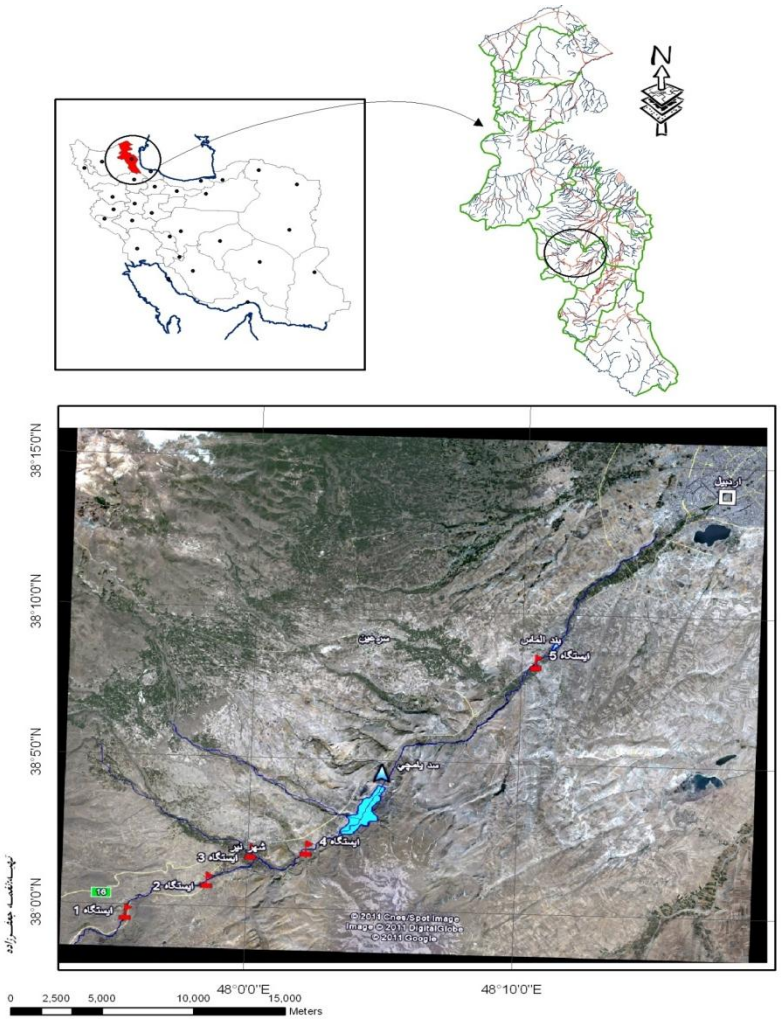
ارزیابی بیولوژیک به لحاظ این‌که موجودات زنده اکوسیستم را در بررسی های زیست محیطی لحاظ می کند و چندین گروه از موجودات از جمله ماهیان، درشت بی‌مهرگان کفزی، جلبک ها و کلی فرم ها هستند به عنوان شاخص در ارزیابی زیستی مورد بررسی قرار می گیرند نسبت به ارزیابی فیزیکی و شیمیایی دارای دقت بالایی می باشد (۱و۲). ماهیان اولابه دلیل قرار گرفتن درآخرین حلقه زنجیره غذایی محیط آبی و ثانیا سهولت شناسایی و صیدشان به عنوان شاخص ارزیابی کیفی آب مورد توجه هستند. هم‌چنین وجود و عدم وجود گونه های مختلف و نیز نوع گونه های آن ها در محیط نشان دهنده شرایط خاص محیطی می‌باشد. این امر اهمیت استفاده ازماهیان را برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه ها و محیط های آبی نشان می دهد (۳). محققان و دانشمندان متعددی طی سالیان گذشته طبقه بندی‌های گوناگونی را برای رودخانه ها انجام داده‌اندکه در آن‌ها از ماهیان به عنوان شاخص استفاده شده است. وثوقی ومستجیر (۴) رودخانه‌ها را بر اساس نوع ماهیان به ۵ قسمت تقسیم بندی کرده‌اند. در تحقیق دیگری عباسی (۵) شناسایی و پراکنش ماهیان رودخانه حویق را برای بررسی وضعیت زیستی رودخانه انجام داده است. این تحقیق نشان دهنده وجود پتانسیل بالای رودخانه برای رشد و تکثیر ماهیان بوده است. در مطالعاتی که روی ماهیان رودخانه‌ها انجام شده از شاخص های کمی مانند هورن وشانون و نمایه ایلو (۶) نوع ماهیان، غنای گونه ، تنوع گونه، تراز زیستی ،غالبیت (۶، ۷، ۸ و۹)و شاخص Holcik-Hensel (۹) استفاده شده است. با توجه این که رودخانه بالخلو به عنوان زهکش دریافت کننده پساب شهر ها و روستاها و آب های گرم به صورت مستقیم و زمین های کشاورزی به طور غیر مستقیم است، لذا بررسی کیفیت آب آن برای تامین سلامت آبزیان و مردم منطقه دارای اهمیت می‌باشد لذا هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی کیفی رودخانه بالخلو بر اساس شاخص های زیستی و پارامتر های فیزیکی و شیمیایی بود.

روش مطالعه

رودخانه بالخلو در قسمت شمال غربی ایران و در شهرستان اردبیل جریان دارد. طول رودخانه بالخلو ۷۸کیلومتر و وسعت حوزه آن تا ایستگاه هیدرومتری پل الماس ۱۰۷۱کیلومترمربع است (۱۰، ۱۱، ۱۲ و۱۳). محدوده مطالعاتی با توجه به وسعت رودخانه و حوزه آن در طول ۳۰ کیلومتر از شاخه اصلی رودخانه از روستای ایلانجیق تا بند الماس در نظر گرفته شد. برای نمونه برداری در طول رودخانه ۵ ایستگاه انتخاب گردید. از این ایستگاه ها چهار ایستگاه در بالادست سدیامچی و یک ایستگاه هم در پایین دست سد بود. مشخصات و موقعیت ایستگاه های نمونه برداری در زیر آمده است. (جدول۱) (شکل۱).

جدول۱- موقعیت و شرح ایستگاه های انتخابی جهت مطالعه رودخانه بالخلو

شماره ایستگاه	موقعیت مکانی	مختصات UTM			ارتفاع از سطح دریا (متر)
		Y	X	Zone	
۱	بالادست روستای ایلانجیق	۴۲۰۹۳۳۸	۷۵۶۸۷۹	۳۸	۱۷۰۶
۲	پائین‌دست آبگرم برجلو	۴۲۱۱۵۷۷	۷۶۱۱۹۲	۳۸	۱۶۱۹
۳	رودخانه نیرچای - پایین دست شهر نیر	۴۲۱۳۴۶۸	۲۳۶۸۶۵	۳۹	۱۶۱۰
۴	بالخلو چای- قبل از سد یامچی	۴۲۱۳۶۴۸	۲۳۹۸۹۹	۳۹	۱۵۷۴
۵	بالخلو چای – روستای حکیم‌قشلاقی	۴۲۲۶۶۴۶	۲۵۳۸۲۹	۳۹	۱۴۳۹



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و جانمایی ایستگاه های نمونه‌برداری رودخانه بالخلو بر روی نقشه ماهواره‌ای

نمونه برداری در دو فصل کم آبی و پر آبی در فصل زراعی ۸۹-۹۰ انجام گرفت. برای نمونه برداری از ماهیان از دستگاه الکترو شوکر دو دسته بنزینی با ولتاژ ۲۲۰ استفاده گردید. در هر ایستگاه نمونه برداری در سه تکرار از طول ۱۰۰ متری رودخانه انجام شد. ماهیان نمونه برداری شده در فرمالین ۱۰٪ فیکس گردیدند و برای شناسایی به آزمایشگاه ارسال شدند. در آزمایشگاه با کلید شناسایی معتبر تا حد گونه شناسایی انجام گرفت و تعداد فراوانی هر گونه نیز مشخص گردید. برای سنجش پارامترهای فیزیکی مانند عمق و پهنای رودخانه از شاخص سنجش عمق و سانتی متر فلزی با میانگین سه تکرار استفاده شد. برای سنجش اکسیژن و نیترات نمونه‌های آب طبق استاندارد های ذکر شده نمونه برداری شده و در یخ نگه‌داری شدند و برای اندازه گیری به آزمایشگاه منتقل گردیدند. برای سنجش اسیدیته از دستگاه pH سنج استفاده شد. دبی و سرعت آب با استفاده از یونولیت و کرنومتر سنجیده شدند. دمای آب و هوا نیز با استفاده از دما سنج جیوه ای اندازه گیری شد.

شاخص های مورد بررسی

شاخص غنای تاکسونی (TR)[1]: در ارزیابی کیفی ایستگاه‌ها بر اساس تنوع و فراوانی گونه ها از شاخص TR استفاده گردید (۱۴).

نمایه شانون[2]: شاخص دیگری که برای ارزیابی بیولوژیکی رودخانه بالخلو استفاده گردید نمایه شانون بود. در این نمایه برای تعیین مقدار تنوع تاکزونی از رابطه (۱) و (۲) استفاده می‌گردد.

رابطه (۱): $H' = -\sum_i^n piLnPi$ که

در این فرمول H' : مقدار نمایه شانون

1- Taxa richness
2- Shannon winner

S: تعداد کل تاکزون(گونه) در نمونه مورد نظر

Pi: فراوانی نسبی افراد تاکزون i در نمونه مورد نظر

N: تعداد افرادگونه مورد نظر می باشد (۱۴).

رابطه (۲):

$$P_i = \frac{N}{S}$$

نتایج

درایستگاه های مورد بررسی جمعاً ۴ خانواده و ۸ گونه ماهی شناسایی شدکه بیشترین جمعیت مربوط به خانواده کپور ماهیان بود. توزیع گونه های شناسایی شده و نتیجه شاخص غنای تاکسونی در ایستگاه های مورد مطالعه به شرح زیر بودند:

ایستگاه اول: در فصل پاییز دارای دو خانواده کپور ماهیان و نماچیلوس بودکه روی هم ۵ گونه را در خود جای داده بودند (سفید رودخانه‌ای[1]، سس‌ماهی[2]، سیاه ماهی[3]، خیاطه[4] و رفتگرماهی[5]) که در این مرحله از نمونه برداری ماهی خیاطه (۸۲٪) گونه غالب در این ایستگاه بود. با توجه به میزان جمعیت خیاطه در این ایستگاه و شرایط زیستگاهی این گونه، حضور آن نشان دهنده شرایط کیفی سخت از نظر زیستی برای ماهیان می باشد. این ایستگاه در بهار دارای سس ماهی ،سیاه ماهی،خیاطه، رفتگرماهی بود ولی گونه سفیدرودخانه‌ای مشاهده نگردید و نماچیلوس با (۵۱٪) گونه غالب بود. البته میزان کل جمعیت ماهیان به طور چشمگیری در این فصل کاهش داشت. (شکل۲).

ایستگاه دوم: ماهیان نمونه برداری شده در ۶ گونه سفید رودخانه ای، سس ماهی، سیاه ماهی،خیاطه، نوعی خیاطه[6]، رفتگرماهی در پاییز و بهار دیده شد و بیشترین تعداد متعلق به سیاه ماهی در پاییز با (۶۳٪) و در بهار با (۴۹٪) بود. در مقایسه با ایستگاه قبل میزان تنوع ماهی‌ها افزایش داشت که به‌علت خود پالایی رودخانه و بهتر شدن وضعیت زیستی برای ماهیان می باشد. (شکل۳).

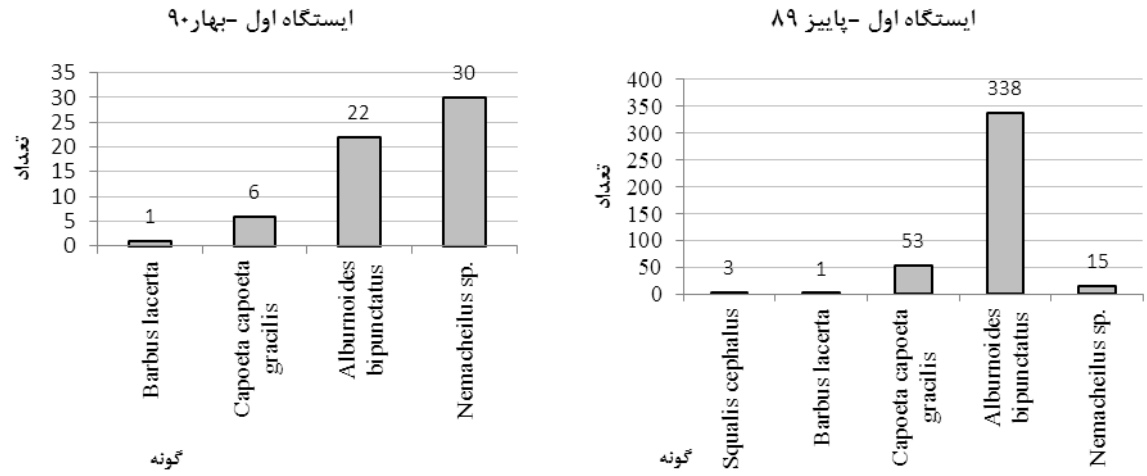
ایستگاه سوم: تنوع و فراوانی در این ایستگاه در مقایسه با سایر ایستگاه ها بسیار کمتر است. درماهیان نمونه برداری شده‌ی فصل پاییز فقط یک گونه خیاطه مشاهده شد و در بهار دو گونه خیاطه با فراوانی(۹۲٪) و باربوس با (۸٪)،کل جمعیت را تشکیل دادند. کمبود تعداد گونه ها نسبت به ایستگاه های قبلی وجود استرس را در این ناحیه نمایان می کند. این استرس به علت ورود فاضلاب شهر نیر (به علت عدم وجود تصفیه خانه فاضلاب) و ورود پساب مزارع آبزی پروری در چشمه بولاغلار در بالادست لای چای می باشد.(شکل۴).

ایستگاه چهارم (قبل از سد یامچی): ماهیان در پاییز بیشترین تنوع گونه‌ای را نشان دادند (سه خانواده و ۸ گونه شامل سفید رودخانه‌ای، سس ماهی، سیاه ماهی، خیاطه، نوعی خیاطه، رفتگر ماهی،کاراس[7]،سگ ماهی[8]). در این میان سگ‌ماهی (۵۴٪) بالاترین جمعیت را داشت. در بهار گونه سفید رودخانه ای و سگ‌ماهی و رفتگر ماهی مشاهده نشدند وخیاطه (۴۲٪) بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده بود. در کل در این ایستگاه وضعیت زیستی نسبت به ایستگاه قبلی بسیار بهتر شده بود و دارای تنوع بالا بود که این امر به دلیل طی مسیر و پالایش طبیعی رودخانه می باشد که شرایط زیستی به حد قابل قبول رسیده است. (شکل۵).

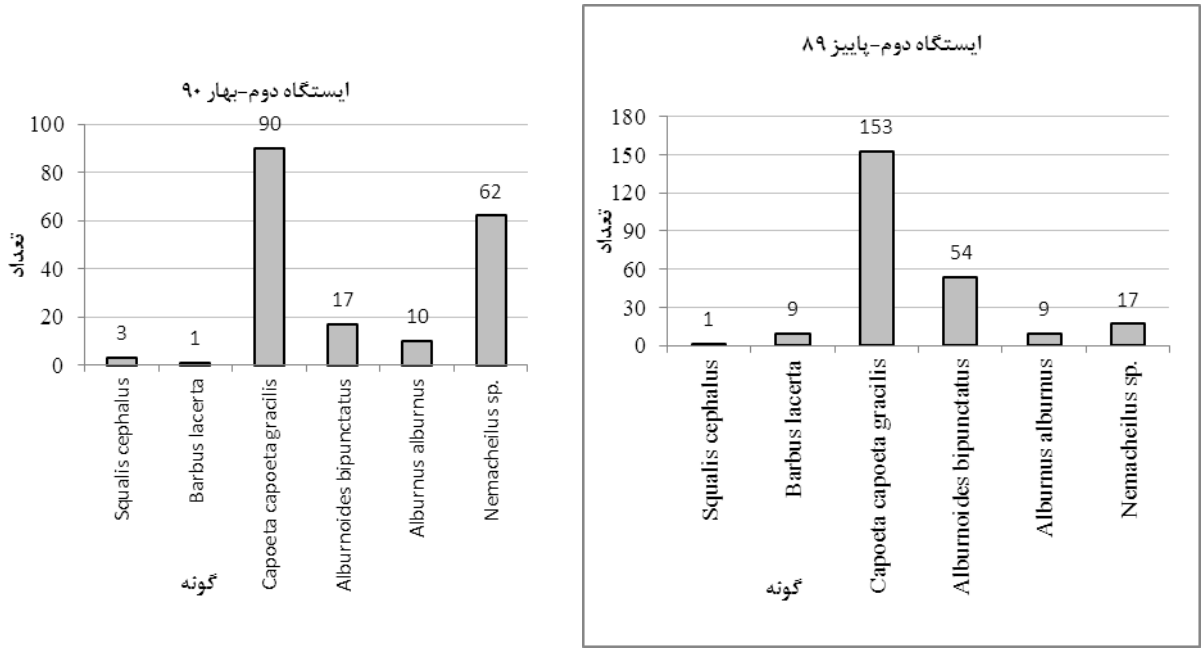
ایستگاه پنجم (پل الماس): در پاییز ۶ گونه ماهی (سفید رودخانه ای،سس ماهی ،سیاه ماهی،خیاطه، نوعی خیاطه، رفتگر ماهی) مشاهده شد که خیاطه و رفتگر ماهی بیشترین جمعیت را داشتند(۳۸٪) اما در بهار این میزان به دو گونه (خیاطه و رفتگر ماهی) کاهش پیدا کرد و رفتگر ماهی بیشترین تعداد را با فراوانی(۹۷٪) به طور اختصاصی داشت. تنوع در این ایستگاه درفصل بهار بسیار کم شده بود. این موضوع می‌تواند به دلیل ورود آلاینده ها از روستای حکیم قشلاقی به آب رودخانه باشد. (شکل۶).

1- Squalis cephalus
2- Barbus lacerta
3- Capoeta capoeta gracilis
4- Alburnoides bipunctatus
5- Nemacheilus
6 -Alburnus alburnus

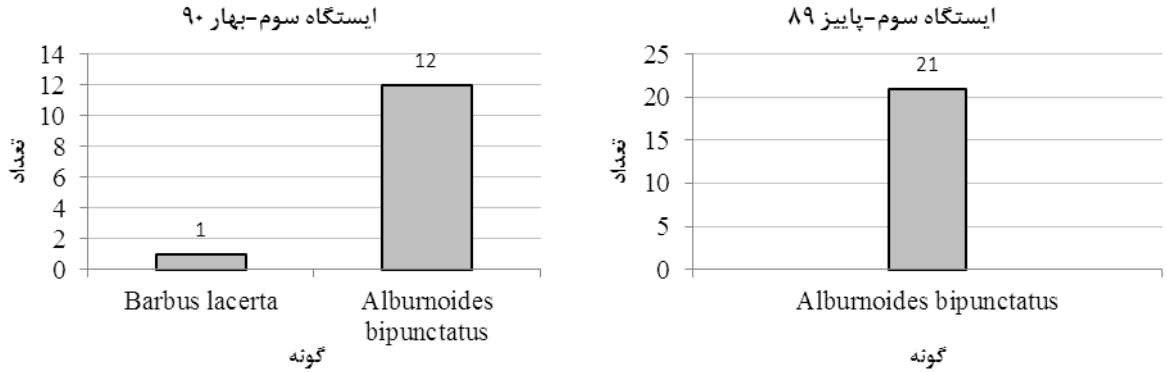
7 -Carasssius carassius
8- Sabanejewia



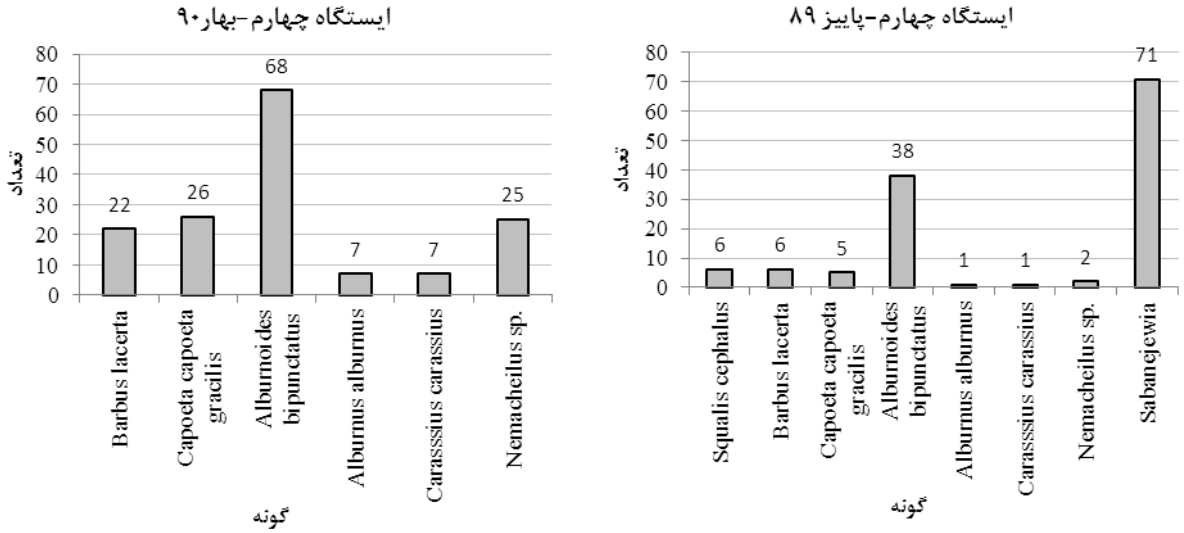
شکل۲- مقایسه تنوع و فراوانی ماهیان نمونه‌برداری شده در ایستگاه اول و در فصول نمونه‌برداری پاییز و بهار



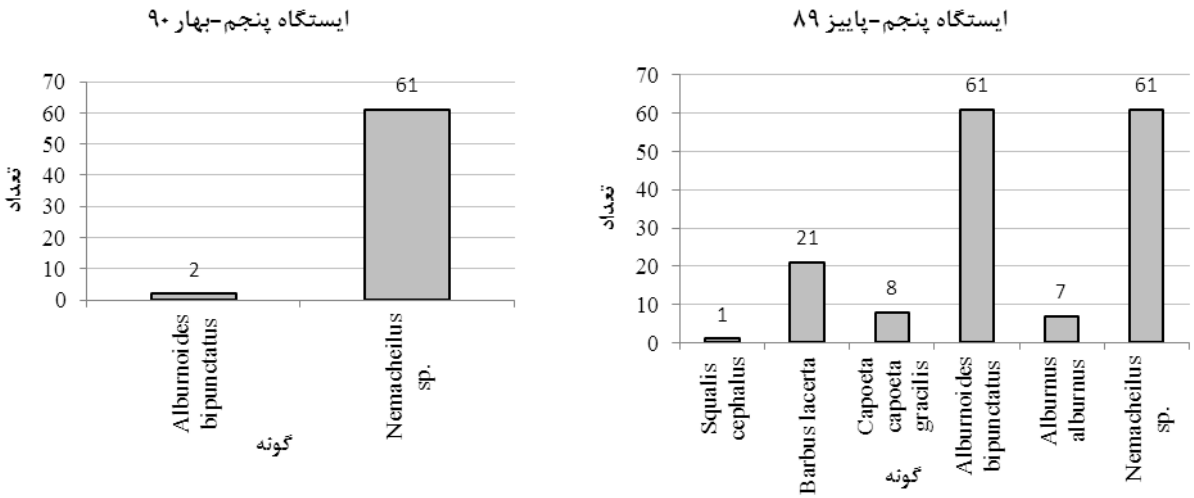
شکل۳- مقایسه تنوع و فراوانی ماهیان نمونه‌برداری شده در ایستگاه دوم و در فصول نمونه‌برداری پاییز و بهار



شکل۴-مقایسه تنوع و فراوانی ماهیان نمونه‌برداری شده در ایستگاه سوم و در فصول نمونه‌برداری پاییز و بهار



شکل۵- مقایسه تنوع و فراوانی ماهیان نمونه‌برداری شده در ایستگاه چهارم و در فصول نمونه‌برداری پاییز و بهار



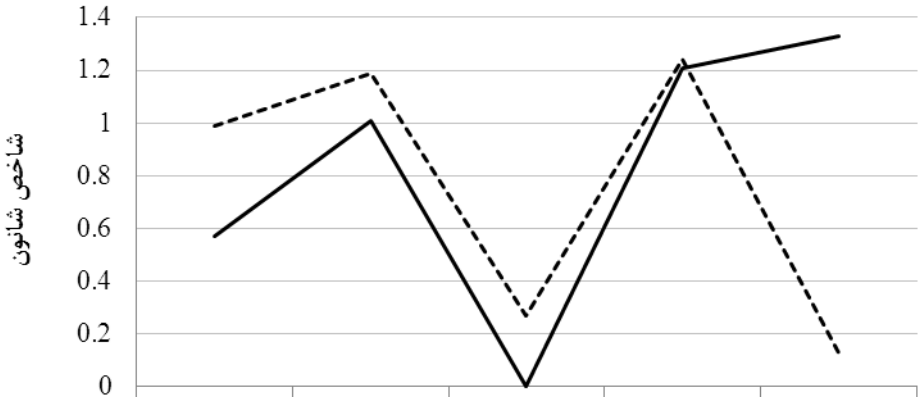
شکل ۶- مقایسه تنوع و فراوانی ماهیان نمونه‌برداری شده در ایستگاه پنجم ودر فصول نمونه‌برداری پاییز و بهار

برای دقیق شدن نتایج برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و هیدرولوژیکی نیز اندازه گیری شد کـه نتـایج آن در زیـر آمـده اسـت. (جدول۲)

جدول۲-نتایج سنجش پارامترهای هیدرولیکی و فیزیکو شیمیایی در فصول بهار و پاییز

-	ایستگاه اول		ایستگاه دوم		ایستگاه سوم		ایستگاه چهارم		ایستگاه پنجم	
تاریخ نمونه برداری	پاییز۸۹	بهار ۹۰	پاییز۸۹	بهار ۹۰	پاییز۸۹	بهار۹۰	پاییز۸۹	بهار ۹۰	پاییز۸۹	بهار ۹۰
ساعت	۹:۳۰	۱۳:۳۰	۱۲:۳۰	۱۵	۱۳:۳۰	۱۶	۱۵:۴۵	۱۷	۱۷	۱۸
پهنای متوسط رودخانه(متر)	۵	۴/۵	۲/۲	۲/۲	۴/۶۶	۳	۴/۳۳	۷	۵/۶۶	۳
عمق متوسط رودخانه (سانتی متر)	۱۹/۴۴	۳۵	۳۳/۲۴	۳۰	۲۳/۳۸	۲۰	۳۲/۲۳	۴۵	۱۶/۹۴	۱۵
دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۱۲	۲۲	۱۵	۲۳	۱۴	۲۳	۱۲	۲۱	۸	۲۱
بستر رودخاته	S-G-B-C	S-G-B-C	S-B-G-C	S-B-G-C	G-S-C	G-S-C	C-G-B	C-G-B-C	S-G-B	S-G-B
دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۷	۱۴	۷	۱۷	۱۳	۱۹	۱۲	۱۸	۱۰	۱۸
دبی آب (مترمکعب‌درثانیه)	۰/۲۴	۱/۵	۰/۲	۰/۸	۱	۰/۵	۰/۸	۳/۵	۰/۵	۰/۳
سرعت آب (متردرثانیه)	۰/۲۵	۰/۹۲	۰/۳۶	۰/۸۹	۱	۰/۷۹	۰/۵۹	۱/۱۱	۰/۵۵	۰/۶۳
PH	۸	۸	۸/۵	۸/۱	۸/۲	۷/۶	۸	۸	۸	۷/۹
DO (mg/l)	۷/۵	۸	۸/۶	۸/۶	۷	۷/۸	۸/۱	۷/۹	۷/۳	۸/۵
نیترات (mg/l)	۲/۵۶	۰/۸۸	۱/۶	۰/۸۵	۸	۱/۷۷	۴	۰/۸۸	۱/۷	۰/۸۵
کدورت	روشن	گل آلود	روشن	گل آلود	کدر	روشن	روشن	روشن	گل‌آلود	روشن

B= تخته سنگ هایی به اندازه بـیش از ۳۰ سـانتی متـر S = تختـه سنگ هایی بین ۳۰-۱۰ سانتی متر G= قلوه سنگ هایی بـه انـدازه ۱۰-۰/۵ سانتی متر -C = گل و لای و ماسه با اندازه کمتر از ۰/۵ سانتی متر استفاده شاخص شانون برای مقایسه هرچه بهتر نتایج ارزیابی کیفی انجام شد. (شکل۷)



	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	ایستگاه چهارم	ایستگاه پنجم
پاییز	0.57	1.01	0	1.21	1.33
بهار	0.99	1.19	0.27	1.24	0.13

شکل۷- مقادیر شاخص شانون برای نمونه‌های ماهی در ایستگاه ها و در فصول نمونه‌برداری پاییز و بهار

بحث و نتیجه گیری

جوامع ماهی ها در رودخانه بالخلو نشانگر بیشتر بودن تنوع غذایی در سطوح بالاتر زنجیره غذای است. ماهیان بهترین شاخص تاثیرات طولانی مدت و شرایط زیستی وسیع هستند. در مطالعات انجام یافته، بیان شده که شاید مهم ترین عامل اکولوژیکی تنوع ساختاری و فعالیتی جمعیت ماهیان، به صورت مستقیم و غیر مستقیم سازگاری جمعیت با کیفیت‌های متفاوت آشفتگی های زیست محیطی در آب باشد. اما به‌طور کلی بررسی ماهیان به دلیل هزینه بالای جمع آوری و تصادفی بودن نمونه ها مشکل است(۲).

بررسی وضعیت آلودگی و میزان تنوع گونه‌ای ایستگاه‌ها، نشان دادکه ایستگاه سوم بدترین شرایط (یک گونه در پاییز و دو گونه در بهار) را دارا می باشد. علت این امر را می توان این‌گونه توجیح کرد که ایستگاه سوم به دلیل قرار داشتن در پایین دست شهر نیر و ورود مستقیم فاضلاب های این شهر و پساب استخرهای پرورش ماهی به رودخانه بوده است. به همین دلیل درفصل پاییز این ایستگاه تنها یک گونه و در بهار دو گونه را دارا بود. پس از ایستگاه سوم در پاییز، ایستگاه اول کمترین گونه‌ها را داشته که این ایستگاه به دلیل قرار گرفتن در روستای ایلانجیق بار آلوگی آن را دریافت می کند. اما میزان جمعیت بالا نشانگر سازگار شدن ماهیان است که توانسته اند خود را با محیط وفق دهند. این امر با نتایج به‌دست آمده در گرگان‌رود توسط عباسی نیز تایید شده است (۱۵). البته در این ایستگاه ها میزان تنوع ماهیان می‌تواند متناسب با ویژگی های تغذیه آن‌ها باشد، چنان‌که عبدلی در سردآب‌رود مازندران به نتیجه مشابهی دست یافته است (۱۶). در رودخانه بالخلو وجود شرایط متنوع در ایستگاه ها، نوع و تعداد ماهیان را تحت تاثیر قرار داده است. به عنوان مثال در ایستگاه دوم تخلیه پساب آب گرم برجلو به رودخانه احتمالا سبب افزایش میزان سیاه ماهی در مقایسه با سایر ایستگاه ها بوده است. نتایج به‌دست آمده ازاین تحقیق با نتایج تحقیق بر روی رودخانه قزل اوزن توسط کاظمیان مطابقت دارد. هم‌چنین در مطالعات انجام شده در سایر نقاط دنیا نیز تاکید شده است که تجزیه و تحلیل تغییرات فراوانی ماهیان در یک اکوسیستم چندان آسان نبوده و شرایط مختلف اکولوژیکی نیازها، روابط غذایی موجودات و سازگاری آن‌ها با محیط زیست، میزان تراکم و پراکنش گونه های مختلف را مشخص می‌نماید (۱۷، ۱۸و ۱۹). ایستگاه چهارم (قبل از سد یامچی) بهترین وضعیت را از لحاظ تراکم و نوع ماهیان در دو فصل داشت. این ایستگاه بعد از ایستگاه نیر و قبل از سد یامچی قرار دارد. در این محدوده منابع آلاینده خاصی وجود ندارد. در این ایستگاه وضعیت جمعیتی و تنوع ماهیان بیشتر بود، به‌طوری‌که میزان گونه‌های حساس به آلودگی مانند باربوس در این ایستگاه تنوع بیشتری داشت البته بهبود کیفیت آب برای زیستن ماهی حساسی مانند باربوس می‌تواند به علت طی مسیر و خود پالایی طبیعی رودخانه در این ایستگاه باشد. گونه سگ‌ماهی فقط در این ایستگاه مشاهده شد که علت آن ممکن‌است مهاجرت این ماهی از مخزن سد باشد. شرایط مختلف اکولوژیکی، نیازها، روابط غذایی موجودات و سازگاری‌های آن‌ها با محیط زیست، میزان تراکم وپراکنش گونه های مختلف را مشخص می نماید که غالبیت گونه های مشخص شده در این ایستگاه یعنی خیاطه و سگ ماهی تاییدی بر این موضوع می باشد. در مطالعه ماهیان رودخانه حویق توسط عباسی نیز این امر مشاهده گردیده است (۵). ایستگاه پنجم نیز در

فصل پاییز از تنوع خوبی برخودار بود. این ایستگاه در فصل بهار از نظر آلودگی در سطح پایینی قرار داشت. غالبیت رفتگر ماهی در این ایستگاه نشانگر مناسب بودن شرایط زیستی آن می باشد و کم شدن تنوع گونه ای به علت مهاجرت در این فصل بوده است. در رودخانه بالخلو خانواده کپور ماهیان هم از نظر ترکیب گونه‌ای و هم از نظر پراکنش و فراوانی در رتبه اول قرار دارند. چنین نتایجی در رودخانه های حویق، گرگان‌رود و شفارود توسط عباسی (۵، ۱۵و۲۰) و سیاه درویشان توسط عباسی و همکاران (۱۵) ارایه شده است.در رودخانه های چالوس و سردآب‌رود مازندران و سر پناه در رودخانه سفید رود نیز عبدلی به چنین نتیجه هایی دست یافته است (۲۱). در هر حال دلیل اصلی غالبیت جمعیتی این خانواده در اکوسیستمهای آب‌های داخلی و آب‌های شیرین حوزه جنوبی دریای خزر را می‌توان به‌نیاز زیستی متفاوت و تنوع گونه‌ای این خانواده و سازگاری با شرایط رودخانه ربط داد. باید توجه داشت که عوامل غیر زیستی از قبیل دما، سرعت آب و نوع بستر رودخانه نیز در پراکنش و فراوانی گونه های ماهیان مختلف هم‌چنین بر غنای‌گونه‌ای، تنوع گونه‌ای و تولیدات ماهیان موثرند (۱۶و۲۱).

نتایج شاخص شانون بهترین ترکیب تنوعی را به ترتیب در ایستگاه پنجم و چهارم در پاییز و بدترین حالت را در ایستگاه سوم همان فصل نشان داد. در بهار ایستگاه چهارم بیشترین تنوع و ایستگاه پنجم کمترین ترکیب تنوع را داشت. همان‌طور که ذکر گردید تغییر در ترکیب جمعیتی گونه ها در این فصل و در ایستگاه پنجم معنی دار بودکه احتمالا به‌علت مهاجرت ماهیان در این فصل می‌باشد.(شکل۷) پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نیز وجود استرس را در ایستگاه سوم در هر دو فصل نشان داد. در مقایسه فصلی آب رودخانه مشخص گردید رودخانه بالخلو در محدوده مطالعاتی در فصل بهار وضعیت کیفی بالاتری را نسبت به پاییز داشت که به دلیل پر آبی رودخانه در این فصل می باشد.

به نظر برخی متخصصین افزایش عمق آب باعث افزایش کنج های بوم شناختی شده و این مکان‌ها ضمن ایجاد پناهگاه مناسب برای اغلب ماهیان، زیستگاه مناسبی برای گونه‌های مختلف به شمار می روند. در مطالعه عباسی در رودخانه حویق افزایش عمق آب باعث افزایش میزان تنوع ماهیان بوده است (۵). در رودخانه بالخلو نیزعمق آب در ایستگاه چهارم بیش از سایر ایستگاه ها بود و تنوع گونه ای بیشتری نسبت به سایر ایستگاه ها داشت. مطالعات انجام شده بر روی ماهیان رودخانه ای نشان دهنده تاثیرات عوامل زیستی از قبیل دما، سرعت جریان آب و بستر در پراکنش و فراوانی ماهیان مختلف است (۸، ۹و۱۰). در ایستگاه دوم تاثیرات دمایی به علت وجود پساب آب گرم در تنوع ماهیان مشخص است. علاوه بر این تاثیر سد یامچی بر وجود گونه های جدید و تنوع گونه‌های ماهیان در ایستگاه های قبل و بعد از سد به‌عبارتی ایستگاه چهارم و پنجم معلوم می باشد.

بر اساس نتایج حاصل از شاخص شانون، همه ایستگاه‌ها غیر از ایستگاه پنجم در فصل بهار نسبت به فصل پاییز در وضعیت کیفی مطلوبی قرار داشتند. در هر دو فصل کاهش تنوع در ایستگاه سوم، وجود یک عامل عدم حضور برخی ماهیان را مشخص می کند. همان‌طور که قبلا نیز اشاره گردید این امر ورود منابع آلاینده از پساب شهر نیر و استخر های پرورش ماهی در بالا دست این ایستگاه ها می باشد که منجر به کاهش تنوع ماهی ها و جمعیت آن ها گردیده است. نتیجه این شاخص با تغییرات مقادیر پارامترهای فیزیکی وشیمیایی (نیترات و اکسیژن محلول) هم مطابقت دارد. (جدول۲)(شکل۷).

نتایج مطالعات مربوط به قبل از احداث سد یامچی بر روی رودخانه بالخلو نشان می دهد که ماهیانی از قبیل گونه‌های سگ ماهی، *Nemacheilus vangorae* ، سس ماهی[1] ، زرد پر[2] ، بلیزم(باربوس)[3]، سیاه ماهی[4]، کپور[5] ، ماهی سفید رودخانه‌ای[6] ، خیاطه[7] و*Leuciscus cephalus* وجود داشته است(۲۲). در حالی که در مطالعه حاضر برخی از این ماهی ها از جمله سس ماهی ، زرد پرو *Leuciscus cephalus* در ایستگاه های مورد مطالعه مشاهده نشدند. این امر می تواند نشانگر تاثیر احداث سد و جلوگیری از ارتباط بین دو طرف رودخانه و نیز افزایش بار آلودگی ورودی به رودخانه همراه با افزایش توسعه شهری و روستایی و حذف برخی گونه ها در سال های اخیر باشد.

با توجه به جدول تقسیم بندی رودخانه بر اساس ماهیان (۴) محدوده مطالعاتی می تواند به دوبخش منطقه ماهیان بلند بالا و منطقه سس ماهیان تقسیم گردد. در تقسیم بندی دیگر بر اساس دمای آب و شرایط بیولوژیکی و هیدرولوژیکی رودخانه می‌توان این رودخانه را زیستگاه ماهیان سرد آبی دانست (۲۳). بررسی وضعیت زیست محیطی کیفیت آب رودخانه بالخلو بر اساس ماهیان نشان داد که رودخانه در حین عبور از نواحی آلاینده دچار استرس محیطی شده و تنوع گونه‌ای تحت تاثیرقرارگرفته است. نتایج بررسی تغییرات بیولوژیکی در ایستگاه های مورد مطالعه نشان داد که قدرت خود پالایی رودخانه به حدی بالا است که در صورت عدم ورود آلاینده‌ها به سرعت می‌تواند خود را احیا کرده و محیط مناسبی را برای گونه‌های مختلف فراهم نماید.

1- Barbus barbulus
2- Barbus capito
3- Barbus lacerta
4- Capoeta capoeta
5- Cyprinus carpio
6- Cephalus Leciscus
7- Alburnus Sp

طبقه‌بندی رودخانه بر اساس تشابه ایستگاه ها از لحاظ ترکیب تنوع و شاخص شانون و هم‌چنین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، ایستگاه های چهارم و پنجم را در یک سطح و بالاتر از بقیه و ایستگاه های اول و دوم را دریک طبقه و در رتبه بعدی و وضعیت کیفی ایستگاه سوم را در وضعیت جداگانه و رده آخر قرار داد.

از بین رفتن مکان‌های مناسب تخم ریزی یکی از دلایل عمده رو به زوال رفتن و کاهش جمعیت برخی از گونه می‌باشد. این امر باعث شده تا گونه‌هایی از ماهیان در معرض تهدید قرار گیرند.هم‌چنین جمعیت برخی گونه‌ها که دارای جمعیت های مناسب در گذشته بوده‌اند، امروزه رو به کاهش گذاشته که از جمله این ماهیان باربوس ماهی[1] می‌باشد. دلایلی که می توان برای زوال و انقراض آن ها عنوان نمود، صید بیش از حد، نامناسب شدن مناطق تولید مثلی و محدود شدن زیستگاه‌ها است. با توجه به این‌که باربوس ماهی از گونه هایی می‌باشدکه نیاز به حفاظت دارد، جمعیت های کوچک این گونه و محدود شدن زیستگاه‌ها از عمده عوامل نیاز به حمایت این گونه می‌باشد. این امر در رودخانه تالار مازندران توسط مصطفوی نیز گزارش شده است (۲۳). با توجه به وضعیت فیزیکی مشاهده شده در رودخانه بالخلو ازسایر عوامل کاهش جمعیت ماهیان رودخانه، می توان به شرایط هیدرولوژیکی رودخانه مانند سرعت جریان،گل آلودگی و فقر مواد بنتیکی با منشا گیاهی وفصل‌های متفاوت اشاره کرد. فرآیندهای مذکور در رودخانه قزل اوزن زنجان نیز بر جمعیت ماهیان تاثیر منفی داشته است (۱۹).

این رودخانه نیز همانند سایر رودخانه ها دارای مشکلات زیست محیطی شامل آلودگی های شهری و روستایی، آلودگی های ناشی از کارگاه‌های صنعتی و احداث کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای‌رنگین کمان(بالادست نیر)و آلودگی های کشاورزی، احداث سد، موانع زیر پل و پساب آب های گرم و ورود فاضلاب های تصفیه نشده می‌باشد که به نوبه خود می‌تواند سبب از بین رفتن هرچه بیشتر بیولوژی این رودخانه گردد، به طوری که احتمال احیا آن کم می‌شود. چنان‌که در رودخانه تالار مازندران و بیشتر رودخانه های جنوب دریای خزر ورود فاضلاب تاثیر منفی شدیدی بر بیولوژی رودخانه داشته است (۲۳). با توجه به شرایط زیستی ماهیان در گذشته و حال، با جلوگیری از بهره برداری بی رویه آب و کنترل ورود آلاینده‌ها می توان مدیریت شیلاتی و زیست محیطی رودخانه را بهبود بخشید تا توان اکولوژیک آن ارتقا یابد. علاوه بر این، می‌توان با ایجاد شرایط مناسب در کیفیت آب، بستر و زیستگاه‌های رودخانه و از طریق اعمال ملاحظات زیست محیطی جهت غنی‌تر شدن تنوع گونه ای گونه های ناپدید شده اقدام نمود.

نتایج این تحقیق نشان دادکه نتایج شاخص شانون کاملا منطبق بر نتایج ارزیابی کیفی و فیزیکو شیمیایی رودخانه می باشد. با توجه به این‌که نتایج ارزیابی فیزیکوشیمیایی تایید کننده ارزیابی کیفی غنای گونه ای و کمی شانون بوده است، لذا استفاده از ماهیان می تواند شاخص خوبی برای ارزیابی کیفی رودخانه باشد.

سپاس گزاری

از همکاری صمیمانه آقایان الیاس حاتمی و سرکار خانم نگین جعفرزاده بویژه نمونه بردار محترم آقای مهندس امیری کمال قدردانی وتشکر را داریم.

منابع

1. Barbour, M. T., Gerrtsen, J., Snyder, B.D., and Stribling, J.B. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertabrates, and Fish.Second Edition.EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Agency; Office of Water Washington,D.C.841p.
2. Yin Wang A, Z. Lee, H. W. Cheng, D. Duan, X. 2008. Benthic invertebrates investigation in the East Riverand habitat restoration strategies.Journal of Hydro-environment Research 2.
3. Wohl, E. Angermeier, P. Bledson, B. Kondolf, G. MacDonnell, L. Merritt, D. Palmer, M. poff, L. Tarboto, D. 2005. Riverrestoration. Water sourcesResearch, VOL. 41.

۴. وثوقی، غ. مستجیر، ب. ۱۳۸۵، کتاب ماهیان آب شیرین، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هفتم. ۳۱۷ص.

۵. عباسی، ک. ۱۳۸۴، شناسایی و بررسی ماهیان رودخانه حویق استان گیلان، مجله زیست شناسی ایران، شماره۴، جلد ۱۸. صفحه ۳۴-۴۴.

۶. بناگر، غ. ر.، کرمی، م. حسن‌زاده کیابی، ب. قاسمپوری، م. ۱۳۸۷، بررسی فراوانی و تنوع زیستی گونه های ماهیان رودخانه هراز در استان مازندران.مجله علوم محیطی،سال ششم، شماره دوم. صفحه۲۸-۳۷.

1- B. lacerta

۷. اسکندری، غ. سبزعلیزاده، س. دهقان مدیسه، س. میاحی، ۱۳۸۶، ساختار جمعیتی ماهیان در دریاچه سددز، امور دام و آبزیان شماره ۷۴، بهار صفحه ۳۵-۴۵.

۸. تورجی، م. وثوقی، غ.۱۳۸۵، شناسایی و بررسی ماهیان رودخانه مزدقان ساوه، مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، شماره۷۲، پاییز. صفحه۲۵-۳۵.

۹. جاذبی زاده، م.ک. شیرین آبادی، م. ۱۳۸۷، شناسایی و تخمین ماهیان رودخانه نمرود، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم،شماره یک. صفحه۳۲-۴۱.

۱۰. شرکت آب و فاضلاب، ۱۳۸۶. آمار نامه شرکت آب و فاضلاب استان اردبیل.

۱۱. سازمان آب منطقه ای اردبیل.۱۳۸۱،گزارش هواشناسی هیدرولوژی طرح سد اردبیل.۴۱۲ص.

۱۲. فتایی، ا. شیخ جباری،ح. ۱۳۸۷، ارزیابی و پهنه بندی کیفی آب رودخانه مرداب آستارا بر اساس شاخص کیفیت آب. دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست.

۱۳. فتایی،ا. ۱۳۸۸، تدوین الگوی برنامه پایش زیست محیطی کیفیت آبهای سطحی(مطالعه موردی رودخانه قره سو)، پایان نامه دکترا، دانشکده محیط زیست و انرزی ، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات .۱۸۵ص.

14. Mandaville, S.M. 2002, Benetic Macroinvertabrates in Fresh Water-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. AppendixB.

۱۵. عباسی،ک.۱۳۸۲ ب،شناسایی و بررسی ماهیان رودخانه شفارود استان گیلان، مرکز تحقیقات ماهیان استخوانی دریای خزر. بندر انزلی.۱۷ص.

16. Abdoli, A. 1994. Ecology of fishes in Sardab Rud and Chalus rivers in Mazandaran province. M.Sc . thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University .

17. Sheldon, A. L. 1968. Species diversity and longitudinal succession in stream fishes, Ecology49:193-198.

18. Whitton, B. A. 1975. River ecology. Blackwell scientific publication. Oxford, 725p.

۱۹. مهندسان مشاور مهاب قدس، ۱۳۸۴،مطالعات ارزیابی زیست محیطی سد یامچی، جلد دوم.۳۱۴ص.

۲۰. کاظمیان،م.رامین،م.و شاکری کاشانی،م. ۱۳۸۸،شناسایی و بررسی ماهیان رودخانه قزل اوزن(استان زنجان)، مجله علمی شیلات ایران سال سوم، شماره سوم.صفحه۲۴-۴۳.

21. Abdoli, A. 2000. The Inland Water Fishes of Iran. Tehran: Iranian Museum of Nature and Wildlife.

۲۲. قریب خانی،م.وتاتینا،م.۱۳۸۷، توان تولید طبیعی رودخانه لوندویل آستارا بر اساس جوامع کفزیان. مجله شیلات سال دوم،شماره چهارم.صفحه۳۷-۴۹.

۲۳. مصطفوی،ح. ۱۳۸۵،تنوع زیستی ماهیان رودخانه تالار استان مازندران، مجله محیط شناسی، سال سی و دوم، شماره ۴۰. صفحه۳۳-۴۵.