Original Article

Simulation of suitable habitat area of simuliid larvae in the PHABSIM model (Cheshme-Kileh River)

Rezvan Mousavi-Nadushan,[1*] Mohammad Reza Majdzade-Tabatabai,[2] Abdolreza Sheikhbahaie[2]

[1] Department of Marine Science, Faculty of Marine Science and Technology, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[2] Department of Water Engineering, Power and Water Institute of Technology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Introduction: The distribution pattern of simuliids, like other aquatic animals and especially benthic invertebrates, is affected by the surrounding environment and the fluctuations of ecohydraulic variables. These Dipterans are common benthic organisms in running waters, and they show significant reactions in response to variations in the physical habitat and hydraulic variations.

Material and Methods: In this research, trough PHABSIM simulation system, favorable biological conditions (HSC), and by using HABTAM module, and the percentage of favorable and settleable habitats (WUA) for this group of macrobenthos was analyzed. This research was carried out during 8 surveys (from the beginning of June 2022 to September 2023) in 4 study stations, by measuring 3 hydraulic variables and collecting Simuliid larvae/pupae in Cheshme-Kileh River.

Results and Discussion: A total of 4380 Simuliid larvae and pupae were examined. It is noteworthy that the maximum abundance of Simuliid larvae was recorded at the research center station located upstream (station 1) and the minimum abundance was recorded at the downstream deltaic station (station 4) of Cheshme-Kileh River. The habitat suitability curves (HSC) also showed a significant influence of the larvae of the Simuliid family on the hydromorphological conditions of the habitat in the Cheshme Kileh River, and the optimal habitat ranges for the population of Simulid larvae in the flow velocity of 0.8-1 m/s, depth 0.2 m and the substrate structure index (Channel Index) was evaluated as 50. The pattern obtained in HABTAM clearly shows that Simulid species prefer medium depths of about 0.15 to 0.9 and occupy the most WUA at these depths, at this depth range the maximum WUA% remained constant and the habitat conditions remained favorable for the larvae of this family. On the other hand, the highest value of WUA against dimensionless speed (V/Vmax) was determined to be around 0.4 to 0.5 and the suitable habitat area reached 22%. Also, the percentage of suitable habitat area in the speed ranges of 0.5 to 1.1 m/s remained constant at 18-22%. This suggests that Simuliid larvae prefer moderate flow conditions, which may provide optimal feeding and respiration conditions. In relation with the grain size and bed structure in Cheshme Kileh River, the percentage of suitable/usable habitat (WUA) showed an increase with the increase of D50.

[*] Corresponding Author Email Address: mousavi.nadushan@gmail.com

Also, in the middle ranges of the bed particles, the area of suitable habitat (WUA) remained in the range of 18-18.5%. And finally, at D50/(D50max ≈ 1), a significant increase up to about 21.5% in the appropriate habitat space was observed for the simulid larvae This trend indicates that the largest relative sizes of substrate materials provide the most suitable habitat conditions for attachment and settlement of simulid larvae. Also, in accordance with the patterns of WUA changes, the abundance distribution of simulid larvae also showed a significant decrease by reaching the river delta and by reducing the size of the bed particles.

Conclusion: Finally, the results of this research exhibited that by simulating and identifying the preferred habitats by macrobenthos, especially the sensitive groups to hydraulic discharge variables, including the larvae of the Simuliidae, it is possible to control the resource exploitation projects and direct the rehabilitation projects in such a way that constraints and advantages of the habitat should be considered and the components of the flow should be controlled in such a way that suitable habitats for simuliids or other macrobenthos and finally fish communities are preserved.

Keywords: Riverine ecosystem, Simulation, Habitat suitability curve, Usable area, Simuliidae

نسخه پیش انتشار

مقاله پژوهشی

شبیه‌سازی مساحت زیستگاه مطلوب لاروهای خانواده سیمولیده در مدل PHABSIM (رودخانه چشمه کیله)

رضوان موسوی ندوشن[1]، محمدرضا مجدزاده طباطبائی[2] ، عبدالرضا شیخ بهایی[2]

[1] گروه علوم دریایی، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[2] گروه مهندسی منابع آب، دانشکده عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

سابقه و هدف: الگوی پراکنش سیمولیدها مانند سایر آبزیان و بویژه بی مهرگان کفزی متاثر از محیط پیرامون و نوسانات متغیرهای اکوهیدرولیک است. این دوبالان از کفزیان رایج در آبهای جاری بشمار می روند، و به نوسانات زیستگاه فیزیکی و هیدرولیک جریان عکس العمل های شاخص نشان می دهند. لذا اهداف این مطالعه (۱) شبیه‌سازی نوسانات زیستگاه فیزیکی تحت تاثیر تغییرات هیدرولیک جریان جهت ارزیابی پاسخ و پراکنش جوامع لاروهای خانواده سیمولیده (Simuliidae) (۲) پیش بینی محدوده های مطلوب زیستگاه فیزیکی برای لاروهای این خانواده و متعاقبا محاسبه درصد مساحت قابل دستیابی(WUA) بر اساس نوسانات طبیعی متغیرهای هیدرولیک در کل مسیررودخانه چشمه کیله، در نظر گرفته شد.

مواد و روش ها: در این تحقیق با استفاده از سیستم شبیه سازی PHABSIM دامنه شرایط مطلوب زیستگاهی (HSC) و با استفاده از مدل HABTAM درصد زیستگاه های مطلوب و قابل استقرار (WUA) برای لاروهای سیمولید مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این تحقیق در قالب ۸ عملیات صحرایی (از ابتدای خرداد ۱۴۰۱ تا شهریور ۱۴۰۲) در مقاطع ۴ ایستگاه مطالعاتی، با سنجش ۳ متغیر هیدرولیک و جمع آوری لاروهای سیمولید در رودخانه چشمه‌کیله انجام شد.

نتایج و بحث: در مجموع تعداد ۴۳۸۰ لارو سیمولید شمارش و مورد بررسی قرار گرفت . نکته قابل توجه اینکه حداکثر فراوانی لاروهای سیمولید در ایستگاه مرکز تحقیقات واقع در بالادست رودخانه چشمه کیله (ایستگاه ۱) و حداقل فراوانی در ایستگاه مصب (ایستگاه ۴) به ثبت رسید. منحنی های تناسب زیستگاه (HSC) نیز نشان دهنده تاثیر پذیری قابل توجه لاروهای خانواده سیمولید از شرایط هیدرومورفولوژیک زیستگاهی در رودخانه چشمه کیله بود، و بازه های مطلوب زیستگاهی برای جمعیت لاروهای خانواده سیمولید در سرعت جریان ۱-۰/۸ متر بر ثانیه، عمق ۰/۲ متر و شاخص ساختار بستر معادل ۵۰ ارزیابی گردید. همچنین الگوی بدست آمده در HABTAM بخوبی نشان می‌دهد که گونه های سیمولید عمق‌های متوسط حدود ۰/۱۵ تا ۰/۹ را ترجیح می‌دهند و بیشترین سطح را در این اعماق اشغال می نمایند.. در این محدوده از عمق سطح قابل استقرار در محدوده ۱۵-۲۰٪

† Corresponding Author Email Address: mousavi.nadushan@gmail.com

نسخه پیش انتشار

ثابت و شرایط زیستگاه برای لاروهای این خانواده مطلوب باقی می‌ماند. . از سوی دیگر، بیشترین مقدار WUA در سرعت بدون بعد (V/V_max) حدود ۰/۴ تا ۰/۵ مشخص گردید و مساحت زیستگاه مناسب به ۲۲٪ رسید. همچنین درصد مساحت مطلوب زیستگاهی در بازه های سرعت ۰/۵ تا ۱/۱ متر بر ثانیه به میزان ۱۸- ۲۲ درصد بصورت ثابت باقی ماند. این موضوع نشان می‌دهد که لاروهای سیمولید شرایط جریان متوسط را ترجیح می‌دهند، که ممکن است تغذیه و شرایط تنفسی بهینه را فراهم کند. در ارتباط با دانه بندی و ساختار بستر در رودخانه چشمه کیله ، درصد زیستگاه مطلوب (WUA) با افزایش D50 افزایش نشان داد. همچنین در محدوده های میانی ذرات بستر، مساحت زیستگاه مطلوب (WUA) در محدوده ۱۸-۱۸.۵٪ ثابت ماند. و در$(D50/(D50_{max} \approx 1$، یک افزایش قابل توجه تا حدود ۲۱/۵٪ در فضای مطلوب زیستگاهی مشاهده شد. این روند بیانگر آن است که بزرگترین اندازه‌های نسبی مواد بستر، مناسب ترین شرایط زیستگاهی را برای چسبیدن و استقرار لاروهای سیمولیده فراهم می‌کنند. همچنین مطابق با الگوهای تغییرات WUA ، پراکنش فراوانی لاروهای سیمولید نیز با نزدیک شدن به مصب رودخانه، و با کاهش سایز ذرات بستر کاهش چشمگیری نشان داد.

نتیجه گیری: در نهایت نتایج این تحقیق نشان داد با شبیه سازی و شناسایی زیستگاه های ترجیحی توسط کفزیان ، بویژه گروه های حساس به پارامترهای هیدرولیک از جمله لاروهای خانواده سیمولیده، می توان پروژه های بهره برداری را کنترل و پروژه های بازسازی را به طریقی هدایت نمود که محدودیت ها و مطلوبیت های زیستگاهی درنظرگرفته شود و مولفه های جریان به گونه ای تحت کنترل قرار گیرد که زیستگاه‌های مناسب برای سیمولیدها، سایر کفزیان و در نهایت جوامع ماهیان حفظ شود.

واژه های کلیدی: اکوسیستم رودخانه‌ای، شبیه سازی، منحنی تناسب زیستگاه، سطح زیستگاهی قابل دستیابی، سیمولیده

مقدمه

اکوسیستم‌های آبی بدون شک از مهم‌ترین مناطق زیستگاهی در هر کشور بشمار می‌روند، که منابع و ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی را شامل می‌شوند. در دهه اخیر با توجه به مسائل و مشکلات زیست‌محیطی ازجمله آلودگی‌های صنعتی، تغییر اقلیم، خشک‌سالی وهم چنین گرمایش جهانی و متعاقبا تبخیر بالای آب، مدیریت این مناطق از اهمیت بسیار بالایی در نظام استراتژیک هر کشور برخوردار است (Ghiyas Abadi et al, 2014, Zhang et al, 2016, Yazdandoost et al, 2020). رودخانه‌ها دارای اهمیت اکولوژیکی و محل رویش تعداد بسیار زیادی از گیاهان و زیستگاه بسیاری از آبزیان هستند و ساختار زیست‌محیطی پیچیده‌ای دارند. برقراری تعادل بین نیازهای اکوسیستم آبی و سایر مصارف آب در یک حوضه آبخیز اصلی‌ترین موضوع سیستم های کلان مدیریت آب بشمار می رود

نسخه پیش انتشار

(Mousavi Nadushanand and Fatemi, 2008). رودخانه‌ها در شرایط جغرافیایی و موقعیت‌های مختلف از سرچشمه تا انتها و از کف بستر تا سطح آب دارای گونه‌های گیاهی و جانوری متفاوتی هستند و قاعدتا کیفیت آب در هر منطقه از اکوسیستم باید متفاوت باشد. از طرفی ماهیان و بی مهرگان کفزی ارتباط نزدیکی با هیدرولیک جریان دارند و جواهع آنها با کم یا زیاد شدن سرعت، دبی و عمق جریان با تغییرات روبرو می‌شوند (Mousavi-Nadushan et al, 2010; Majdzadeh Tabatabaiet al,2017). همچنین عواملی مانند مقدار غذا، نوع بستر، شرایط فیزیکی و شیمیایی حاکم بر زیستگاه، مقدار مواد آلی، آلودگی محیط‌زیست، اندازه ذرات رسوب، میزان اکسیژن محلول، تغییرات فصول، نوع ماهی و تعداد ماهیان کف زی خوار می‌تواند بر فراوانی و تنوع این موجودات کف زی تأثیرگذار باشد (Ghorbanzadeh Zaferani et al, 2017, Vahidi et al, 2021).

مطالعات بیولوژک و اکولوژیک مختلف، توسط محققان برروی رودخانه‌های ایران و خارج از کشور انجام شده است. از مطالعات داخلی می‌توان به ارزیابی کیفی آب رودخانه چشمه‌کیله توسط عباسپور و همکاران (۱۳۹۱)، بررسی تنوع ماکروبنتوزها، فراوانی و ارزیابی زیستی رودخانه کردان توسط موسوی ندوشن و رمضانی (۲۰۱۱) ، ارزیابی زیستگاهی مصب های سرداب رود و چشمه کیله با معرفی گونه های جدید کم تاران توسط تاولی و همکاران (۲۰۱۹)، تاثیر برخی متغیرهای هیدرولیکی و کیفی آب بر تنوع و فراوانی زیستی ماکروبنتوزها در رودخانه کرج توسط تابان و همکاران (۲۰۱۸))، پراکنش جوامع کفزیان در جنگل‌های حرای مصب رودخانه مهران توسط وحیدی و همکاران (۲۰۲۰)، ارزیابی کیفیت اکولوژیک مصب یکشبه (Yekshabe creek estuary) توسط کوثری و همکاران (۲۰۲۱) اشاره کرد. از مطالعات خارج از کشور می‌توان به تأثیر یک سیل فاجعه‌بار بر وضعیت جامعه بی مهرگان کف زی در مصب موسمی گرمسیری توسط Vineetha(2019) ، میزان فراوانی و تراکم جمعیت بی‌مهرگان آبزی براساس هفده شاخص کیفی در سواحل شمالی استرالیا توسط Denis-Roy (2020)، طبقه‌بندی رودخانه مترو بر اساس جامعه جانوری ماکروزوبنتوز در تعیین وضعیت کیفی آب رودخانه مترو توسط Setyobudiarso (2018)، و ارزیابی کیفیت آب جهت کنترل آلودگی برای بهبود تنوع زیستی و ترویج توسعه پایدار در حوضه رودخانه وی واقع در کشور چین توسط Zhang (2020) اشاره کرد.

در مطالعات اکولوژیک و بررسی وضعیت زیستگاهی آبزیان پیش‌بینی تغییرات و نوسانات درون محیط آب بویژه هنگامی که نیاز به توجیه تصمیمات مدیریت رودخانه، از جمله موارد مرتبط با برداشت آب، یا تغییرات در بستر رودخانه، وجود اشته باشد، از اهمیت ویژه برخوردار است. سیستم شبیه‌سازی زیستگاه فیزیکی PHABSIM (Physical Habitat Simulation System) یک مدل هیدرو- اکولوژیک کاملاً معتبر است که در ارزیابی ارتباط میان شاخص

های هیدرولیک و شاخص‌های زیستی و شبیه‌سازی شرایط زیستگاهی مطلوب انواع آبزیان از جمله ماهی‌ها و کف‌زیان از دقت بسیار بالایی برخوردار است (Vagenas 2023). در این راستا با رویکرد بررسی تاثیر شرایط هیدرولیک بر زیستگاه کف‌زیان، داده های مربوط به عمق، سرعت ، دبی و دانه‌بندی به مدل PHABSIM معرفی و منحنی های تناسب زیستگاهی و به عبارتی شاخص زیستی- اکوهیدرولوژیک یا منحنی تناسب زیستگاه HSC(Habitat Suitability Curve) ترسیم می گردد. در واقع از طریق منحنی های HSC می توان کیفیت و کفایت شرایط زیستگاهی تاکسون مورد نظر را پیش بینی نمود. و در نهایت می توان با معرفی منحنی های تناسب زیستگاهی به زیرنرم‌افزار HABTAM و با شبیه سازی زیستگاه‌های بستر ، درصد مساحت مطلوب و قابل استفاده (WUA) برای آبزی مورد نظر را پیش بینی و محاسبه نمود. در این میان آسیب پذیری و تخریب زیستگاه برای کفزیان بدلیل تحرک محدود در رودخانه هایی که در معرض استرس های زیست محیطی هستند شدیدتر است. در حال حاضر HSCs مهمترین روش و ابزار جهت تعیین آستانه های زیستی محسوب می شوند و مطالعات در زمینه طراحی HSCs برای انواع آبزیان تحت تاثیر شرایط مختلف اکوهیدرولیک ادامه دارد(Weng et al 2021) .

از نظر عملی، داده‌های جمع‌آوری‌شده در شرایط مختلف جریان ممکن است اطلاعات حیاتی در مورد رفتار کفزیان را ارائه دهند که می‌تواند به دلیل تجمیع داده‌ها مبهم شود. در اکثر مطالعات، تعیین و تفسیر منحنی‌های suitability زیستگاه (HSCs) تنها بر اساس داده‌های یک عملیات میدانی واحد مد نظر قرار می گیرد زیرا درچنین شرایطی تفسیر داده آسان‌تر است. اما مطالعات در بازه های مکانی متنوع و در بازه های زمانی مختلف می تواند نیاز به در نظر گرفتن شرایط محیطی وسیع‌تر برای آبزیان را برآورده نماید. از نظر عملی، داده‌های جمع‌آوری‌شده در شرایط مختلف جریان ممکن است اطلاعات حیاتی در مورد رفتار کفزیان را ارائه دهند اما تنها تعداد محدودی از تحقیقات به مطالعه همزمان شرایط اکوهیدرولیک مختلف پرداخته اند و بنظر میرسد که تا کنون مطالعه ای در زمینه مطالعه توام و همزمان شرایط اکوهیدرولیک موقعیت های کوهستانی و مصبی و تاثیر آن بر زندگی کفزیان انجام نشده باشد(Murad 2020). از سوی دیگر ضرورت ارزیابی حفظ جوامع کفزیان در هر دو مورد تعارضات جریان‌های تنظیم‌شده و همچنین در برنامه‌ریزی برای بازسازی، احیا و یا حفظ مناطق و زیستگاه‌های بحرانی به طور فزاینده‌ای در حال افزایش است (Höller et al 2023, Weng et al 2021) .

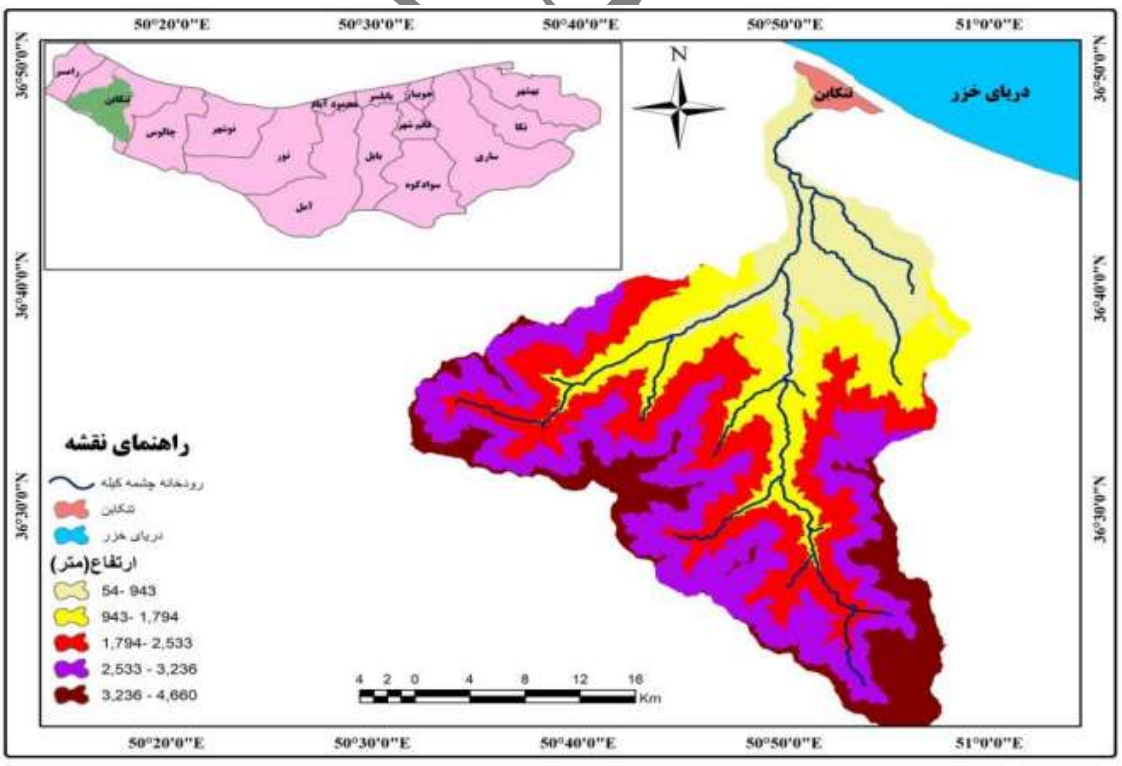
اکولوژی و شرایط زیستگاه های رودخانه چشمه‌کیله تنکابن و سرشاخه‌های آن به عنوان یک منطقه استراتژیک و حساس شیلاتی از نیم قرن گذشته تا کنون مطرح بوده، و فعالیت‌های تولیدی کارگاه‌های متعدد پرورش ماهی و فعالیت‌های انسانی ناشی از برداشت بیرویه شن و ماسه، آلودگی شهری، آلودگی صنعتی، آلودگی کشاورزی

و روستائی تغییراتی را در شرایط طبیعی رودخانه چشمه‌کیله بوجود آورده است. بدین ترتیب در این تحقیق استفاده مناسب از معیارهای زیستگاهی لاروهای یک خانواده شاخص از کفزیان در ارزیابی تغییرات شرایط اکوهیدرولیک در امتداد سرشاخه های رودخانه چشمه‌کیله تنکابن تا مصب آن مورد استفاده قرار گرفت و اهداف این مطالعه (۱) شبیه سازی نوسانات زیستگاه فیزیکی تحت تاثیر تغییرات هیدرولیک جریان جهت ارزیابی پاسخ و پراکنش جوامع لاروهای خانواده سیمولیده (۲) پیش بینی محدوده های مطلوب زیستگاه فیزیکی برای لاروهای این خانواده و متعاقبا پیش بینی و محاسبه درصد مساحت قابل دستیابی(WUA) بر اساس نوسانات طبیعی متغییرهای هیدرولیک در کل مسیررودخانه چشمه کیله، در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

معرفی عمومی رودخانه در محدوده طرح

رودخانه چشمه کیله در منطقه غرب مازندران جریان داشته و سر شاخه‌های اصلی آن در محدوده طرح شامل رودخانه های دوهزار ، سه هزار و ولمرود می‌با شند. دو رودخانه دوهزار و سه هزار به صورت قرینه از جنوب غرب و جنوب شرق خط-الرأس های مرتفع البرز مرکزی با شبکه ابراهه مناسب جریان یافته و در منطقه چالدره واقع در حدود ۱۸ کیلومتری جنوب شهر تنکابن بهم پیوسته و رودخانه چشمه کیله را تشکیل می‌دهند (شکل ۱).



شکل ۱ - موقعیت حوضه آبریز چشمه کیله

انتخاب محدوده و موقعیت ایستگاه های مطالعاتی

در انتخاب نقاط مورد مطالعه به دلیل دست یافتن به نتایج قابل مقایسه ایستگاه های مطاالعاتی تحقیق حاضر منطبق بر مناطق پایش های ادواری مرکز تحقیقات شیلات شهرستان تنکابن درنظر گرفته شد. بدین ترتیب که دو ایستگاه در بخش کوهستانی و سرشاخه‌های دوهزار و سه‌هزار از قسمت و دو ایستگاه در قسمت پایین دست رودخانه چشمه کیله انتخاب گردید. همچنین در (شکل ۲) موقعیت ایستگاه ها و در جدول (۱) مشخصات جغرافیایی هریک ارائه شده است.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه- رودخانه چشمه کیله

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	مرکز تحقیقات	۴۸۵۲۳۵.۰۰۹	۴۰۶۰۶۵۰.۷۵۲
۲	لوکاجوب	۴۸۴۳۸۲.۱۲۶	۴۰۶۹۲۱۸.۴۲۷
۳	ولمرود	۴۸۶۶۰۸.۸۶	۴۰۶۶۴۱۰.۶۰۶
۴	پل چشمه کیله- مصب	۴۸۹۲۲۳.۱۶	۴۰۷۴۶۹۵.۸۰۲

شکل ۲ - محدوده ایستگاه های مطالعاتی به صورت شماتیک

نمونه برداری از ذرات رسوبی، پارامترهای هیدرولیکی و لاروهای خانواده سیمولیده

نمونه برداری از ذرات زیر سطحی بستر با استفاده از روش "قدم زدن پاشنه تا پنجه" .بر اساس روش پیشنهادی توسط ولمن انجام شد (Wolman 1954). بدین ترتیب که تعداد ۱۰ سنگ درشت از رسوبات سطحی موجود بر روی یک سطح با ابعاد مشخص برداشت و رسوبات لایه زیر سطحی با استفاده از بیلچه و به صورت حجمی نمونه برداری شد. در نهایت منحنی دانه بندی نمونه‌های جمع آوری شده از لایه زیرسطحی بستر رودخانه چشمه کیله در آزمایشگاه مکانیک خاک با استفاده از الک‌های استاندارد به دست آمد.

برای بررسی و به منظور بدست آوردن فراوانی لاروهای خانواده سیمولید در واحد سطح، از دستگاه نمونه‌بردار سوربر(۲۰×۲۵) سانتیمتر مربع استفاده شد، بدین ترتیب که سوربر درخلاف جهت جریان قرار داده شد و سنگ‌ها وسنگریزه‌ها و قطعات و ذرات محدوده سطح سوربر، به دقت شستشو داده شد و موجودات بنتیک انتقال یافته توسط جریان آب به انتهای تور جمع آوری و در فرملین ۴٪ تثبیت گردید..

فرایندهای آزمایشگاهی

آزمایش دانه‌بندی از آزمایش‌های مکانیک خاک است. که به منظور تعیین منحنی دانه‌بندی رسوبات ایستگاه‌های نمونه-برداری در هر بازدید به عمل آمد.

نمونه‌های کفزیان در آزمایشگاه بوسیله لوپ با بزرگ نمایی ۴۵ تا ۳۰ برابر و به کمک کلیدهای شناسایی معتبر مورد شناسایی قرار گرفته و شمارش شدند (McCafferty, 1981, Merritt & Cummins, 1996) . پس از شناسایی به کمک استریومیکروسکوپ دوربین دار و با دوربین معمولی از نمونه ها عکس برداری انجام گرفت . پس از شناسایی و شمارش، فراوانی و درصد فراوانی لاروهای خانواده سیمولیده در هر هر ماه و در هر ایستگاه محاسبه شد.

تولید منحنی تناسب زیستگاه

منحنی‌های تناسب زیستگاه نشان دهنده تاثیر پذیری جانداران از محیط زندگی خود و فیزیک زیستگاه خود هستند. لذا براساس داده‌های زیستی، هیدرولیکی و رسوبی ، منحنی‌های تناسب زیستگاه، برای جمعیت خانواده سیمولیده بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مرحله ابتدایی، پارامترهای هیدرولیکی تاثیرگذار بر شرایط زیستگاهی لاروهای خانواده سیمولیده، شامل عمق و سرعت جریان و دانه بندی بستر مورد بررسی قرار گرفت. سپس فراوانی لاروهای سیمولید در اعماق و سرعت‌های متناطر اندازه‌گیری و به همراه منحنی دانه بندی به صورت جداگانه به عنوان داده‌های ورودی مرحله اول به نرم افزارPHABSIM معرفی شدند..

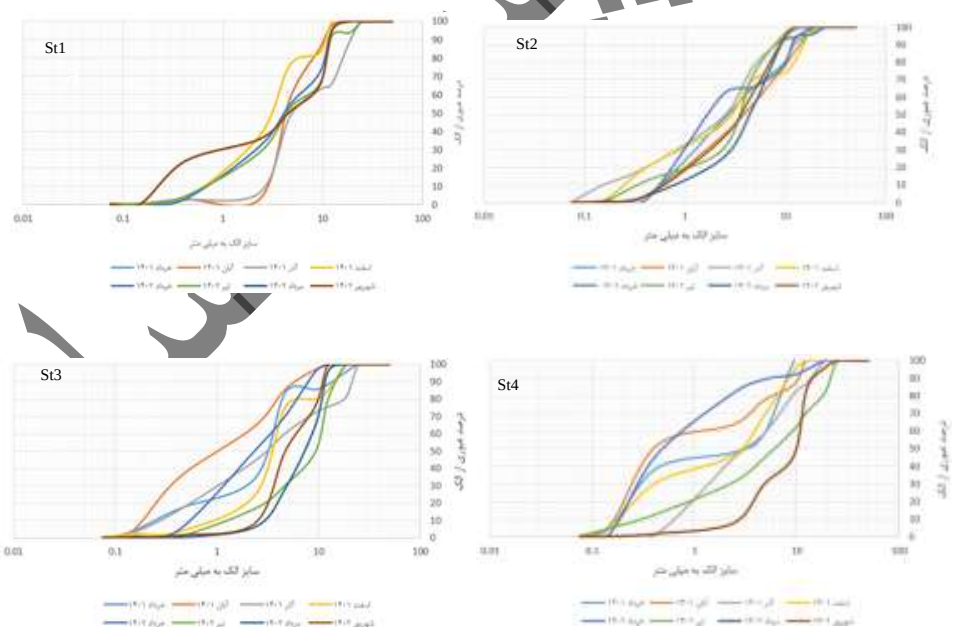
تحلیل و شبیه‌سازی اکو هیدرولیکی توسط نرم افزار PHABSIM

در این تحقیق به منظور شبیه‌سازی زیستگاهی از گزینه HABTAM به عنوان مهم‌ترین مدل زیستگاهی در نرم افزار PHABSIM استفاده شد. در این رابطه در ابتدا شرایط مطلوب زیستگاهی سیمولید بر اساس فراوانی جوامع در ایستگاه های مورد مطالعه در PHABSIM در قالب گرا ف‌های HSC ترسیم گردید. لازم به ذکر است که منحنی های تناسب زیستگاهی (HSC)، خروجی مرحله اول در روند مدل سازی زیستگاهی محسوب می شوند. سپس گراف‌های فوق به عنوان داده‌های ورودی به گزینه HABTAM معرفی شد تا داده‌های WUA شبیه‌سازی شود.

و در نهایت جهت اعتبارسنجی سطوح قابل دستیابی و مطلوب زیستگاهی شبیه سازی شده برای لاروهای خانواده سیمولیده ، از آزمون همبستگی میان درصدهای شبیه سازی شده با فراوانی لاروهای سیمولیده در ماه‌های و ایستگاه های مورد مطالعه استفاده شد (SPSS software, version 19).

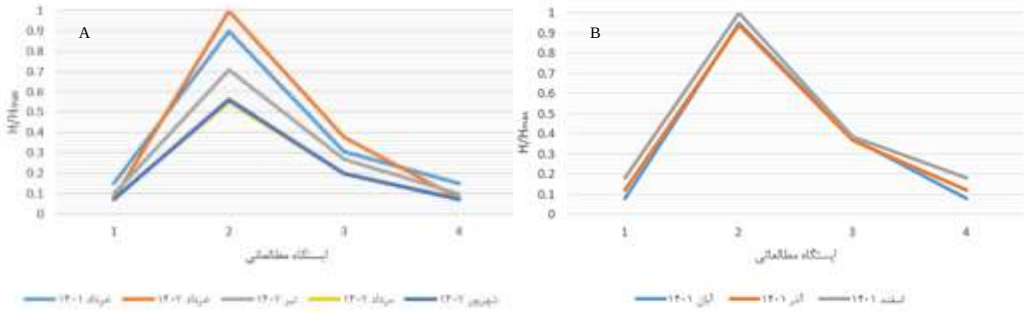
نتایج و بحث

منحنی‌های دانه بندی در لایه زیر سطحی بیشترین نوسانات زمانی را درایستگاه های ۳ و ۴ به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۳).



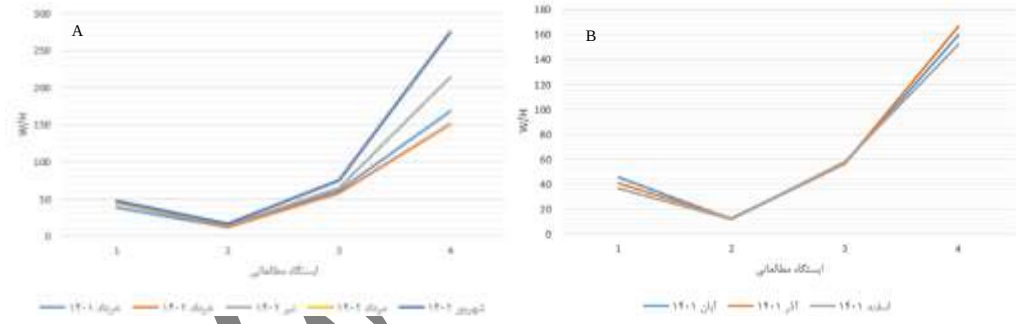
شکل ۳- نمودار دانه بندی لایه زیربرسطحی در ۴ ایستگاه مطالعاتی

نتایج مقادیر بی‌بعد عمق رودخانه در فصول پر آبی و کم آبی حاکی از آن است که ایستگاه شماره ۲ به دلیل قرارگیری در محل گودآب رودخانه دارای بیشترین نوسانات عمق در فصول کم آبی می‌باشد(شکلB ۴) .



شکل ۴- مقادیر بی‌بعد عمق در ایستگاه‌های مطالعاتی در فصول کم‌آبی (B) و پر آبی(A)

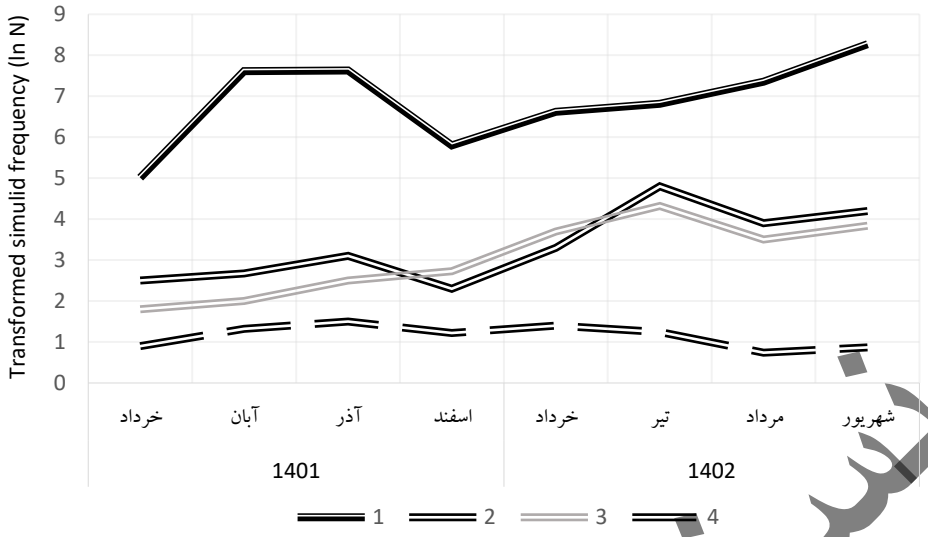
نسبت عرض به عمق یکی از شاخص‌های مهم هیدرولیکی رودخانه است. این شاخص در مناطق کوهستانی کوچک در حالی که در مناطق جلگه‌ای افزایش می‌یابد و در نزدیکی مصب، این شاخص به حداکثر مقدار خود می‌رسد. نوسانات این شاخص به تغییرات جریان بستگی دارد، بدین صورت که با افزایش تغییرات جریان در فصول پرآبی افزایش یافته و با کاهش آن در فصول کم آبی نیز کاهش می‌یابد (شکل ۵).



شکل ۵- مقادیر نسبت عرض به عمق در فصول کم آبی (B) و پر آبی(A) در ایستگاه‌های مطالعاتی

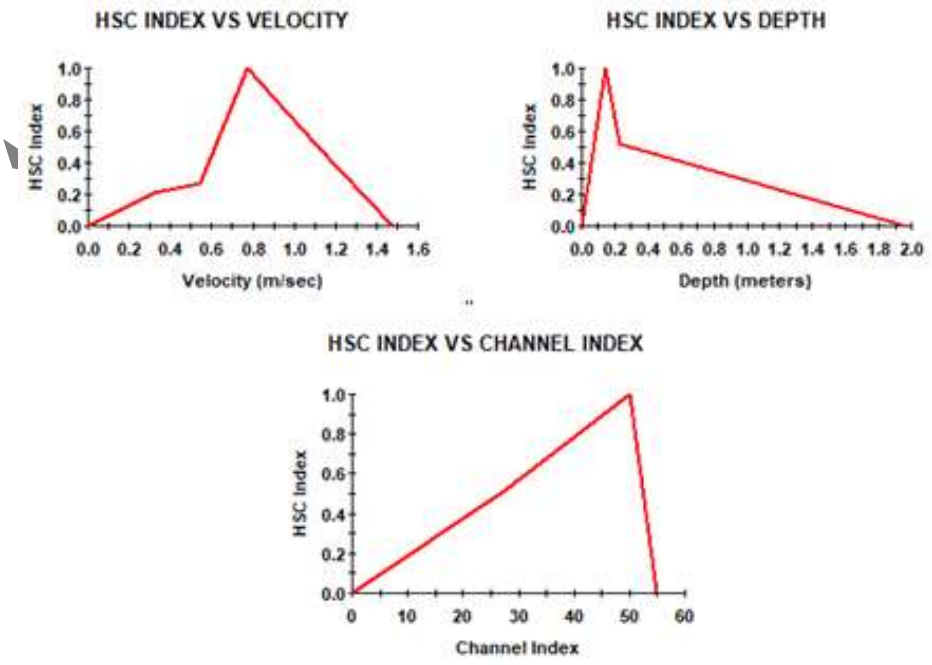
شکل (۶) تغییرات فراوانی زمانی- مکانی لاروهای خانواده سیمولید را نشان می‌دهد. در کلیه ایستگاه های مورد مطالعه فراوانی سیمولیدها در ماه های سرد سال کاهش یافته و حداقل فراوانی در ماه اسفند قابل مشاهده است. لاروهای این خانواده در فصل بهار به دنبال تخم‌ریزی مگس‌های بالغ، به رشد خود تا فصل تابستان ادامه می‌دهند. فراوانی لاروهای این خانواده در ایستگاه‌های ۱ تا ۴ ، الگوهای متفاوتی را از نشان می‌دهند که منعکس کننده تفاوت‌های مکانی جوامع آن‌ها در بازه مورد مطالعه می‌باشد. نکته قابل توجه آن است که در ایستگاه مرکز تحقیقات واقع در نزدیکی روستای پرده سر (ایستگاه ۱) فراوانی در حداکثر مقدار و در ایستگاه مصب (ایستگاه ۴) به حداقل مقدار رسیده است.

نسخه آزمایشی



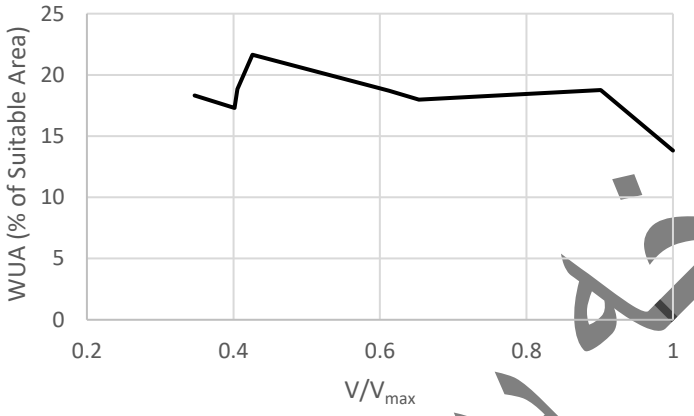
شکل ۶- میانگین تغییرات فراوانی لاروهای خانواده سیمولید در ایستگاه‌های مطالعاتی

منحنی های تناسب زیستگاه نشان دهنده تاثیر پذیری لاروهای خانواده سیمولید از شرایط هیدرومورفولوژیک زیستگاه خود هستند. لذا با ورود شاخص‌های جمعیت (فراوانی)، منحنی‌های تناسب زیستگاهی(HSC) به عنوان خروجی مرحله اول از مدل PHABSIM ، بدست آمد. در شکل (۷)، بازه‌های مطلوب زیستگاهی برای جمعیت لاروهای خانواده سیمولید مربوط به عمق، سرعت جریان و ساختار بستر آورده شده است .



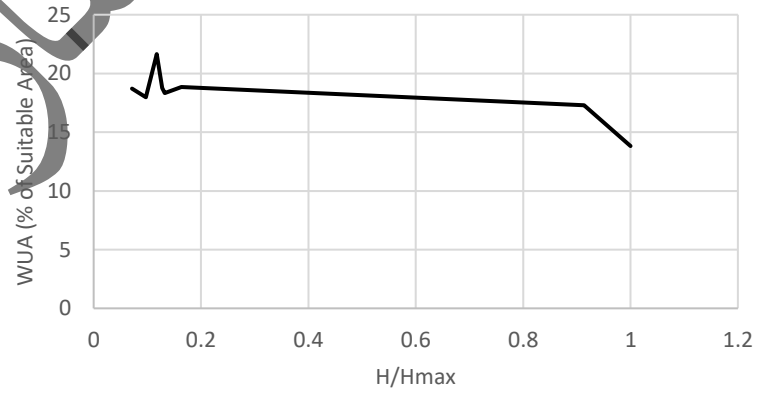
شکل ۷- منحنی تناسب زیستگاه بر اساس پارامترهای عمق، سرعت و ساختار بستر (Channel index) برای جمعیت لاروهای خانواده سیمولید

در شکل (۸) تاثیر مقادیر بی بعد سرعت بر WUA نشان داده شده است. در بازه سرعت ۰/۴ تا ۰/۵ ، تقریبا ۲۰٪ درصد از فضای زیستگاهی بستر برای لاروهای این خانواده، مطلوب و قابلیت استقرار دارد.



شکل۸ - نسبت مساحت زیستگاه‌های مناسب از کل مساحت قابل دستیابی برای لاروهای خانواده سیمولید در سرعت های متفاوت - رودخانه چشمه کیله

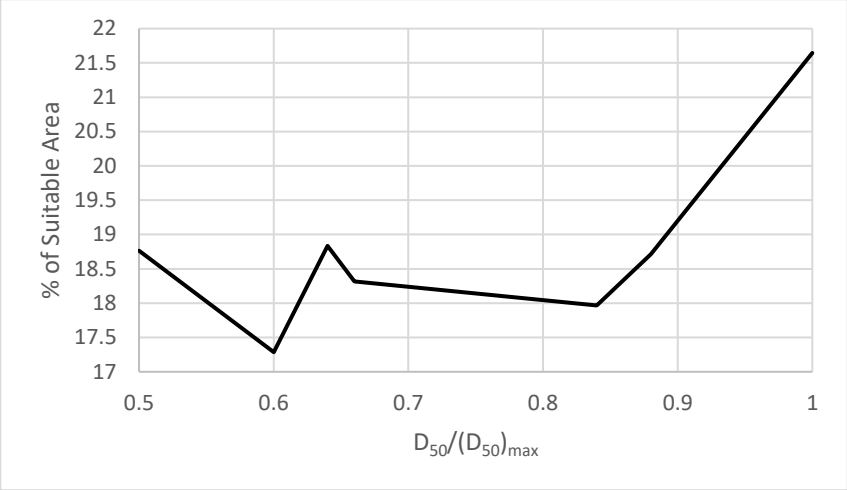
با توجه به شکل ۹، درصد زیستگاه ایده‌آل خانواده سیمولیده در اعماق کم حدود ۰/۱ (به عبارتی نسبت کوچک عمق به حداکثر عمق)، ، به حداکثر ۲۲٪ می رسد. اما در بازه ۰/۱ تا ۰/۹ درصد زیستگاه مطلوب تقریبا ثابت و و با افزایش عمق به بیش از ۰/۹، مساحت زیستگاه مطلوب بشدت کاهش می یابد.



شکل۹ - نسبت مساحت زیستگاه‌های مناسب از کل مساحت قابل دستیابی برای لاروهای خانواده سیمولید در اعماق مختلف- رودخانه چشمه کیله

نسخه پیش انتشار

شکل ۱۰ الگوی تغییرات درصد مساحت زیستگاه مطلوب (WUA) را تحت تاثیر اندازه مواد بستر بدون بعد (D50/(D50)max) نشان می‌دهد. روند کلی تغییرات مساحت زیستگاه مطلوب با افزایش D50 برای لاروهای سیمولیده روندی افزایشی است. با این حال، این رابطه خطی نبوده، نوساناتی نیز مشاهده می شود.



شکل۱۰ - نسبت مساحت زیستگاه‌های مناسب از کل مساحت قابل دستیابی برای لاروهای خانواده سیمولید در امتداد ساختارهای مختلف بستر - رودخانه چشمه کیله

در این تحقیق داده های فراوانی لاروهای سیمولیده در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف در بخش‌های بالادست و پایین‌دست جهت اعتبارسنجی مدل رودخانه انتخاب شدند.. و سپس آزمون همبستگی پیرسون برای اعتبارسنجی پیش‌بینی مدل درباره نتایج WUA مورد بررسی قرار گرفت و یک همبستگی قوی میان داده های فراوانی و خروجی مدل مشاهده شد(جدول ۲).

جدول ۲- همبستگی پیرسون میان فراوانی لاروهای خانواده سیمولیده و مساحت سطح مطلوب شبیه سازی شده (WUA) در رودخانه چشمه کیله.

Frequency	WUA(velocity)	WUA(Depth)	WUA(Channel Index)
r-values	- 0.73	- 0.61	0.78
p-value (2tailed)	0.029	0.031	0.011

سیمولیدها به طور طبیعی در نهرها و رودخانه های سراسر جهان وجود دارند. ویژگی شاخص آنها این است که بسترهایی را برای زندگی انتخاب می کنند که در معرض سرعت های جریان خاص هستند. در ایران نیز در تمامی چشمه ها و

نهرهای کوهستانی یافت می شوند (Mousavi-Nadushan et al, 2010, Docile et al, 2015)، اما اطلاعات در زمینه پراکنش آنها در آبهای مصبی و جلگه ای محدود است. در تحلیل منحنی تاسب زیستگاهی لاروهای سیمولید در رودخانه چشمه کیله، بیشترین مقدار WUA در سرعت بدون بعد (V/V_max) حدود ۴/- تا ۰/۵ مشخص گردید ، و در این شرایط مساحت زیستگاه مناسب تقریباً به ۲۲٪ رسید. و درصد مساحت مطلوب زیستگاهی در بازه های سرعت ۰/۵ تا ۱/۱ متر بر ثانیه به میزان ۱۸- ۲۲ درصد بصورت ثابت باقی ماند (شکل ۹). این موضوع نشان می‌دهد که لاروهای سیمولیده شرایط جریان متوسط را ترجیح می‌دهند، که ممکن است تغذیه و شرایط تنفسی بهینه را فراهم کند. تحقیقات Horne و همکاران (۱۹۹۲) در تعیین سرعت های مطلوب سیمولیدها در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که اغلب گونه ها در سرعت های۰/۱۸ تا ۰/۳ متر مربع در ثانیه بالاترین فراوانی را به خود اختصاص می دهند اما آبهای با سرعت کمتر را به سوی زیستگاههای با سرعت بالاتر ترک می کنند. بطوریکه در نهر های با جریان های سریعتر در مدت زمان کوتاهی خود را بخوبی با سرعت ها متوسط جریان در محدوده ۰/۸ – ۰/۹۵ متر بر ثانیه سازگار می نمایند. همچنین برخی گونه ها جریان های سریعتر حدود ۰/۹ تا ۱/۳ متر بر ثانیه را ترجیح می دهندMorin و همکاران (۱۹۸۶) نیز با تحقیق بر روی رودخانه Laurentian نشان دادند که هرچند لاروهای سیمولید جریان کند را ترجیح می‌دهند ولی بخوبی می‌توانند در سرعت‌های پایین یا بالا وجود داشته باشند و لذا الگوهای گرافیکی WUA مسطحی داشتند.

در ارتباط با عمق، سیمولیدها در رودخانه چشمه کیله حداکثر مساحت زیستگاهی مطلوب را در عمق ۰/۱ متر به خود اختصاص دادند و با افزایش عمق WUA کاهش یافت، هرچند که درصد مساحت مطلوب تا عمق کمتر از یک متر همچنان بالا بود. افزایش اولیه عمق بی بعد از ۰ تا ۰/۱ حاکی از آن است که در بخش هایی از مناطق کم عمق، مساحت زیستگاه مطلوب می تواند بصورت قابل توجه افزایش نشان دهد. با افزایش بیشتر عمق از ۰/۱۵ تا ۰/۹ سطح مطلوبیت در محدوده ۱۵-۲۰٪ ثابت و شرایط زیستگاه برای لاروهای این خانواده مطلوب باقی می‌ماند. با افزایش بیشتر عمق از ۰/۹ تا ۱، افت قابل توجه در WUA مشاهده می‌شود و این کاهش نشان می‌دهد که آب‌های بسیار عمیق برای این گونه، زیستگاهی مطلوب نخواهد بود. الگوی بدست آمده درHABTAM بخوبی نشان می‌دهد که گونه های سیمولید عمق‌های متوسط را ترجیح می‌دهند (۰/۲ تا ۰/۸ متر) و بیشترین سطح را در این اعماق اشغال می نمایند.. این احتمال وجود دارد که آب‌های کم‌عمق ، بسترمناسب، ، جریان آب ، اکسیژن و ذرات غذایی کافی فراهم نباشد، در حالی که در آب‌های بیش از حد عمیق ممکن است کیفیت زیستگاه به دلیل عواملی مانند کاهش نفوذ نور، سطوح اکسیژن پایین‌تر، و ایجاد جریان های گردابی، کاهش یابد. بنابراین در برنامه های پایش ، حفاظت و بازسازی زیستگاه، حفظ جریان‌های سطحی در دامنه اعماق بی بعد ۰/۰۵ تا ۰/۸ ، برای حداکثرسازی دسترسی لاروهای سیمولید به زیستگاه مناسب

نسخه پیش انتشار

ضروری خواهد بود. در رودخانه کوچک Flinta در لهستان نیز عمق ترجیحی برای سیمولیدها ۰/۱۵ متر گزارش گردید و نشان داده شد که تا عمق ۰/۴ فراوانی همچنان در حد مطلوب قرار دارد (Szałkiewicz et al, 2022).

در ارتباط با دانه بندی و ساختار بستر، در رودخانه چشمه کیله درصد WUA با افزایش D50 افزایش نشان داد. بدین صورت که مساحت زیستگاه مطلوب در D50/(D50)max = 0.5 از حدود ۱۸/۸٪ شروع و سپس به پایین‌ترین میزان ۱۷/۳٪ در D50/(D50)max ≈ 0.6 رسید. این کاهش اولیه نشان می دهد که مواد بستر ریزتر ، تناسب زیستگاهی را کاهش می دهد. در محدوده های میانی ذرات بستر، مساحت زیستگاه مطلوب (WUA) در محدوده ۱۸-۱۸.۵٪ ثابت ماند و در نهایت، از D50/(D50)max ≈ 0.9، یک افزایش قابل توجه تا حدود ۲۱.۵٪ در D50/(D50)max = 1.0 مشاهده شد. این روند بیانگر آن است که بزرگترین اندازه‌های نسبی مواد بستر، مناسب ترین شرایط زیستگاهی را برای لاروهای سیمولیده فراهم می‌کنند. بر اساس الگوهای پراکنش فراوانی نیز با نزدیک شدن به مصب (شکل ۵)، و با کاهش سایز ذرات زیر سطحی (شکل ۲) کاهش چشمگیری در فراوانی سیمولیدها مشخص گردید. مطالعات سایر محققان نشان داده است که اکثر گونه های سیمولید، زیستگاه های سنگی و riffle را ترجیح می دهند (Figueiró et al, 2012). نتایج مطالعات Lo´pez-Pen˜a و همکاران (۲۰۲۰) ، نیز نشان داد در رودخانه هایی که بستر رودخانه غالبا با سنگ، شن و ماسه پوشیده شده است تنوع سیمولیدها زیاد است و فراوانی های بالایی را نشان می دهند. در تحقیق Lo´pez-Pen˜a و همکاران (۲۰۲۰) مشخص گردید که برای لاروهای اکثر گونه های سیمولید سطح سنگ ها بهترین زیستگاه برای چسبیدن و استقرار است و لذا با افزایش سطح سنگ ها تعداد بیشتری از لاروها امکان چسبیدن و رشد خواهند داشت.

در این تحقیق از داده های فراوانی لاروهای سیمولیده در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف جهت اعتبارسنجی مقادیر WUA از طریق آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد و یک همبستگی قوی میان داده های فراوانی و خروجی مدل مشاهده شد. محققین مختلف سعی کرده‌اند مدل‌های زیستگاه هیدرولیکی را با تعیین اینکه آیا رابطه خطی مثبتی بین فراوانی کفزیان و مساحت زیستگاه وجود دارد، اعتبارسنجی نمایند. نتایج متفاوت هستند، به طوری که در برخی مطالعات همبستگی و ارتباط خطی مشاهده شد (Fisher et al 2012 ; Gard, 2009) اما در پاره ای از مطالعات همبستگی معنی داری مشاهده نشد (Hoffman 2015; Nuhfer and Baker 2004). در واقع این تفاوت نشان می دهد. در برخی سیستم‌های اکولوژیک رودخانه ای روابط پیچیده ای برقرار نیست، و اغلب در درصدهای زیستگاهی کوچک تقریبا این اطمینان وجود دارد که جمعیت‌های کم تراکم با فراوانی محدود استقرار یابند، اما در درصد های زیستگاهی بزرگ الزامی برای تشکیل جمعیت های متراکم وجود ندارد (Put et al, 2017).

نسخه پیش انتشار

نتیجه‌گیری

PHABSIM ببه عنوان یک سیستم شبیه سازی، بخشی از یک چارچوب تحلیلی گسترده را برای پرداختن به اکوهیدرولوژی آبهای جاری بکار گرفته، مسائل مربوط به مدیریت جریان را در قالب استراتژی های گام به گام درون جریانی پردازش می کند. در این سیستم، مدل HABTAM ترجیحات موجودات و ساکنین را بر اساس پارامترهایی مانند سرعت، عمق و نوع بستر، بصورت کمی و در قالب منحنی های HSC مشخص نموده، در نهایت نوسانات مساحت سطح مطلوب زیستگاهی را ارزیابی می کند.

مطالعه تاثیر مولفه های هیدرولیک بر زیستگاه های مطلوب لاروهای خانواده رودخانه چشمه کیله و الگویHSC نشان‌دهنده یک رابطه واضح بین عمق بی‌بعد و مناسب بودن زیستگاه برای لاروهای سیمولید است، و در بررسی تاثیرسرعت جریان بر الگوی پراکنش لاروهای سیمولید مشخص شد که در سرعت های متوسط تقریبا ۲۰٪ درصد از فضای زیستگاهی بستر رودخانه برای لاروهای این خانواده، مطلوب و قابلیت استقرار دارد. بالاترین WUA در محدوده خاصی از عمق‌ها مشاهده شد، که اهمیت حفظ شرایط جریان بهینه را برای حمایت از زیستگاه آبزیان برجسته می‌کند. در بررسی تاثیر دانه‌بندی لایه‌های زیربستر برای زیستگاه لاروهای سیمولید مشخص گردید هر چه میزان قطر متوسط دانه‌بندی بیشتر باشد مساحت زیستگاه مناسب برای سیمولیدها افزایش می‌یابد. لذا آنالیز ها و نتایج این تحقیق می تواند بینش‌های ارزشمندی برای مطالعات بوم‌شناختی و مدیریت منابع آب فراهم نماید و اطمینان حاصل شود که زیستگاه‌های مناسب برای سیمولیدها، سایر کفزیان و در نهایت جوامع ماهیان حفظ می‌شوند. در نهایت با اعتبارسنجی مدل می‌توان جزئیات تناسب زیستگاه در رودخانه چشمه کیله را برای سیستم‌های پشتیبانی تصمیم گیری مورد استفاده قرار داد و براساس نتایج اعتبارسنجی، امکان استفاده و پیش بینی WUA برای جمعیت لاروهای سیمولیده در رودخانه‌های مشابه دیگر نیز وجود دارد. همچنین با شناسایی زیستگاه های ترجیحی توسط کفزیان و بویژه گروه های حساس به پارامترهای هیدرولیک از جمله لاروهای خانواده سیمولیده، می توان پروژه های بهره برداری را کنترل و پروژه های بازسازی را به گونه ای پیش بینی کرد که محدودیت ها و مطلوبیت های زیستگاهی درنظرگرفته شود و در نتیجه مولفه های جریان به شیوه ای تحت کنترل قرار گیرد که به بازسازی و افزایش جوامع تخریب شده بیانجامد.

منابع

References

Abbaspur R (2014) Qualitative assessment of Cheshme Kileh river water by using macro benthic communities and water physicochemical factors, Journal of Aquacultuure Development, 7(4): 43-56.

نسخه پیش انتشار

Denis-Roy, L., Ling, S., Fraser, K. and Edgar, G., (2020), Relationship between invertebrate benthos, environmental drivers and pollutants at a subcontinental scsle, Marine pollution Bullentin, 157, 111316.

Docile, T.N., Figueiró, R., Gil-Azevedo, L.H. and Nessimian, J.L., 2015. Water pollution and distribution of the black fly (Diptera: Simuliidae) in the Atlantic Forest, Brazil. Revista de biologia tropical, 63(3), pp.683-693.

Figueiró, R., Gil-Azevedo, L.H., Maia-Herzog, M. and Monteiro, R.F., (2012) Diversity and microdistribution of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages in the tropical savanna streams of the Brazilian cerrado. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 107, pp.362-369.

Ghorbanzadeh Zaferani, S.G., Machinchian Moradi, A., Mousavi Nadushan, R., Sari, A.R. and Fatemi, S.M.R., (2017) Spatial and temporal patterns of benthic macrofauna in Gorgan Bay, South Caspian Sea, Iran.

Ghiyas Abadi, M., Mousavi Nadushan, R., Fatemi, M.R. and Jozi, A., 2014. Assessment of Gahar Lake Trophic Status using TLI Index.

Horne, P.A., Bennison, G. and Davis, J., (1992) The water velocity preferences of Austrosimulium furiosum and Simulium ornatipes (Diptera: Simuliidae) larvae, and the implications for micro-habitat partitioning. Hydrobiologia, 230, pp.31-36.

Kosari, S., Mousavi Nadushan, R., Faremi, R., Ejlali Khanghah, K. and Mashinchian, A., (2021) Macrobenthos as bioindicator of ecological status in the Yekshabe creek-estuary, Persian Gulf. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 20(2).

López-Peña, D., García-Roger, E.M. and Jiménez-Peydró, R., (2020) Pre-imaginal black fly assemblages in streams of Eastern Spain: environmental and substrate requirements. Hydrobiologia, 847(6), pp.1521-1538.

McCafferty, W.P. (1981). Aquatic Entomology, Jones & Bartlett Publishers, Boston.

Majdzadeh Tabatabai, M.R., Mousavi Nadushan, R. & Hashemi, S. (2017) Impact of hydrogeomorphic processes on ecological functions of brown trout habits. Int. J. Environ. Sci. Technol. 14, 1757–1770. https://doi.org/10.1007/s13762-017-1281-7.

Merritt, R.W. & Cummins, K.W. (1996). An Introduction to the Aquatic Insects of North America (3rd edition), Kendell/Hunt Publishing Company, Iowa.

Morin, A., Harper, P.P. and Peters, R.H., (1986) Microhabitat–preference curves of blackfly larvae (Diptera: Simuliidae): a comparison of three estimation methods. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 43(6), pp.1235-1241.

Mousavi Nadushan, R. and Ramezani, M., (2011) Bioassessment of Kordan Stream (Iran) water quality using macro-zoobenthos indices. International Journal of Biology, 3(2), pp.127-134.

Nadushan, R. M., & Fatemi, S. M. (2008). Trophic status and primary production in Lake Choghakhor, Chaharmahal-Bakhtiyari Province, Islamic Republic of Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, *11*(4), 577-582.

نسخه پیش انتشار

Nadushan, R.M., Emadi, H., Fatemi, M.R. and Samanpajuh, M., (2010) Assessment of the ecological status of the shallow Lake Neor (Iran) using a macroinvertebrate community structure. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 135, pp.169-177.

Put, W. and Pasture, P., 2017. Don‟ t Throw Out the Baby (PHABSIM) with the Bathwater: Bringing Scientific Credibility to Use of Hydraulic Habitat Models, Specifically PHABSIM. Future of Salmon In the Face of Change, 146, pp.493-560.

Setyobudiarso, H. and Yuwonoi, E., (2018), Analysis of Biodiversity and Quality of Metro River in Malang City (Plankton and Bentos Bioindicator Study), Journal of science and applied engineering, 1, 10-19.

Szałkiewicz, E., Kałuża, T. and Grygoruk, M., (2022) Detailed analysis of habitat suitability curves for macroinvertebrates and functional feeding groups. Scientific Reports, 12(1), p.10757.

Taban, P., Abdoli, A., Khorasani, N., & Aazami, J. (2018). Biodiversity study and the effect of some environmental factors on distribution of macrobenthos in Jajrood and Karaj Rivers. *Journal of Animal Environment*, *10*(4), 477-488.

Tavol Koteri, M., Fatemi, M., Mousavi Nadushan, R. and Khoda Bakhshi, M., (2019) First record of Nais elinguis Müller, 1773 (Annelida: Oligochaeta: Naididae), Spatio-temporal patterns of its population density and biomass production along two estuaries in the South Caspian Sea, Mazandaran Province, Iran.

Vahidi, F., Fatemi, S.M.R., Danehkar, A., Mashinchian, A. and Musavi Nadushan, R., (2020). Benthic macrofaunal dispersion within different mangrove habitats in Hara Biosphere Reserve, Persian Gulf. International Journal of Environmental Science and Technology, 17, pp.1295-1306.

Vahidi, F., Fatemi, S.M.R., Danehkar, A., Mashinchian Moradi, A. and Mousavi Nadushan, R., (2021) Patterns of mollusks (Bivalvia and Gastropoda) distribution in three different zones of Harra Biosphere Reserve, the Persian Gulf, Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 20(5), pp.1336-1353.

Vineetha, G., Kripa, V., Karati, K.K., Rehitha, T.V., and Manu, M., (2020), Impact of a catastrophic flood on the heavy metal pollution status and the concurrent responses of the bentho-pelagic community in a tropical monsoonal estuary, Marine Pullution Bulletin.

Wolman, M.G. (1954) A method of sampling coarse river-bed material. Transactions of the American Geophysical Union 35: 951-956.

Yazdandoost, F., Moradian, S. and Izadi, A., (2020) Evaluation of water sustainability under a changing climate in Zarrineh River Basin, Iran. Water Resources Management, 34(15), pp.4831-4846.

Zhang, Q., Han, L., Jia, J., Song, L. and Wang, J., (2016) Management of drought risk under global warming. *Theoretical and applied climatology*, *125*, pp.187-196.

Zhang, Q., Yang, T., Wan, X., Wang, Y. and Wang W., (2020), Community characteristics of benthic macroinvertebrates and identification of environmental driving factors in rivers in semi-arid areas A case study of Wei River Basin, China, Ecological indicators, 121, 107153.

نسخه پیش انتشار

نسخه پیش انتشار