محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵
صفحات ۸۶۵ تا ۸۸۰

محدوده جریان‌های زیستی قزل‌آلای خال قرمز براساس پارامترهای ریخت‌شناسی و زیستگاهی در سرشاخه‌های رودخانه لار

سمن هاشمی*[۱]، محمدرضا مجدزاده طباطبائی[۲]، رضوان موسوی ندوشنی[۳]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی رودخانه، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور
۲- استادیار پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور، دانشگاه شهید بهشتی
۳- عضو هیئت علمی دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳ /۶/۱۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۴/۲)

چکیده:

در دهه‌های اخیر، جمعیت قزل‌آلای خال‌قرمز رودخانه‌های حوزه لار بدلیل تنظیمات رودخانه‌ای و تاثیر آن بر مورفولوژی رودخانه، کاهش یافته است. در حال حاضر با توجه به شرایط کم آبی در کشور، شدت اثرات تنظیم جریان بر جمعیت‌های موجودات نهرها و ارزش‌های اکولوژیک خاص در سرشاخه‌های لار، ارائه مدل‌های ارزیابی زیستگاهی و پیش‌بینی پاسخ‌های اکولوژیک رودخانه به تغییرات طبیعی و مصنوعی ایجاد شده، امری ضروری بنظر می‌رسد که می‌تواند در ارائه روش‌های مدیریت بهره‌برداری از این رودخانه مورد استفاده قرار گیرد. لذا در این مطالعه، با ایجاد ارتباط بین فرآیندهای هیدرولوژیک، هیدرولیک، مورفولوژیک و اکولوژیک، ارائه روشی تحلیلی و کاربردی جهت ارزیابی زیستگاه‌های قزل‌آلای خال‌قرمز مورد نظر قرار گرفت. پس از انجام بازدید صحرایی و اندازه‌گیری‌های لازم، با استفاده از فرمول شیلدز، آستانه‌های تنش برشی بی‌بعد شامل آستانه دبی زیست محیطی، آستانه دبی مقطع پر و آستانه دبی رسوبی، در هر یک از رودخانه‌های لار، دلیچای و سفیدآب محاسبه گردید. سپس با استفاده از محاسبه آستانه‌های تنش برشی بی‌بعد رودخانه، تاثیر تغییر دبی بر پراکنش و فراوانی آبزیان در پاسخ به تغییرات مورفولوژیک رودخانه، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در ایستگاه‌های مورد مطالعه، دبی جریان در محدوده آستانه دبی زیست محیطی و آستانه دبی رسوبی، طی فعالیت‌های زیستی وابسته به تکثیر، دبی زیستی مشخص گردید، در صورتیکه دبی جریان بیشتر از آستانه دبی زیست محیطی، طی فعالیت‌های زیستی دوران رشد، دبی زیستی در نظر گرفته شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دبی جریان، هندسه مقطع عرضی و اندازه مواد بستر، می‌تواند بر فعالیت‌های زیستی و چرخه زندگی قزل‌آلای خال قرمز، مؤثر باشد و تنظیم نامناسب جریانات رودخانه‌ای می‌تواند منجر به حذف تدریجی این آبزی از اکوسیستم‌های مذکور گردد.

کلید واژگان: ارزیابی زیستی رودخانه، تنش برشی بی‌بعد، زیستگاه، قزل‌آلای خال‌قرمز.

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۹۱۲۴۷۰۲۵۹۵ ایمیل: s.hashemi02@yahoo.com

۱. مقدمه

دبی جریان متغیر اساسی در کنترل فرآیندهایی است که در اکوسیستم رودخانه رخ می‌دهد (Power *et al*., 1995). با این حال در اینکه کدام محدوده از دبی منجر به فرآیندهای خاص زیستی می‌شود و رژیم جریان چگونه بر اکوسیستم رودخانه تأثیر می‌گذارد، عدم قطعیت‌هایی وجود دارد. امروزه مورفولوژیست‌ها در تعیین روابط کمی بین دبی و شاخص‌های مورفولوژیک تلاش بسیاری انجام می‌دهند درحالیکه پیشرفت اندکی جهت تعیین این روابط بین دبی و شاخص‌های زیستی حاصل شده است. بسیاری از فرآیندهای زیستی مانند انتقال مواد غذایی و آلی، پراکندگی و فراوانی بی‌مهرگان (Rabeni *et al*., 2002) و ماهیان (Peterson and Rabeni, 2001) به دبی جریان وابسته بوده، میزان جریان و دبی رسوب بطور مستقیم بر تنوع زیستگاه[1]های مورفولوژیک و حفظ حیات جانوری تأثیرگذار است. همچنین در چرخه زندگی موجودات آبزی، فعالیت‌های زیستی و اکولوژیک همواره در ارتباط متقابل با زیستگاه فیزیکی[2] و قلمروهای زیستگاهی رودخانه صورت می‌پذیرد. واحدها و قلمروهای زیستگاهی رودخانه‌ها، ناشی از اثرات متقابل فرآیندهای مورفولوژیک، هیدرولوژیک و هیدرولیک شکل می‌گیرند (Poff *et al*., 1997). زیستگاه‌های فیزیکی، تاثیر بسزایی بر ساختار و ترکیب جمعیت موجودات رودخانه‌ها دارند (Calow and apetts, 1994; Maddock, 1999). هر گونه تغییر و تحول در اکوسیستم رودخانه‌ها، موجب تغییر در رژیم جریان و بار رسوبی و بنابراین موجب تغییر در مورفولوژی کانال، شرایط فیزیکی آن، دسترسی به زیستگاه‌ها و عملکرد موجودات، تغییر ساختار جمعیت‌ها و در نهایت تغییر در سلامت اکوسیستم می‌گردد (Stevens *et al*., 1995). با وجود پیچیدگی ارزیابی زیستگاه‌های رودخانه‌ای[3]، در دو دهه گذشته محدوده وسیعی از روش‌های ارزیابی زیستگاه‌های رودخانه‌ای توسعه یافته است. اگرچه این روش‌ها ممکن است در تعیین دقیق شرایط زیستگاهی موثر واقع شوند، ولی همبستگی لازم را بین پارامترهای مهم زیستگاهی، جهت فهم بهتر تقابل فرآیندهای هیدرولوژیک، هیدرولیک، مورفولوژیک و اکولوژیک، ایجاد نمی‌کنند (Maddock, 1999; Clarke *et al*., 1999). تغییرات هیدرولیک جریان، تغییرات مورفولوژی رودخانه و بالعکس را بدنبال دارد. و هر یک از فرآیندهای مورفولوژیک و هیدرولوژیک-هیدرولیک تاثیر بسزایی بر اکولوژی رودخانه دارد (شکل ۱). مدل جریان‌های زیستی، روشی است تحلیلی که از طریق مفهوم انتقال رسوب و بر مبنای وابستگی فعالیت‌های زیستی[4] به رژیم جریان، به ارزیابی عملکرد زیستگاه-های رودخانه‌ای و تعیین محدوده‌های دبی زیستی[5] می‌پردازد (Escobar, 2007). بنا به تعریف، دبی

[1] Habitat
[2] Physical habitat
[3] River habitat assessment methods
[4] Ecological functions
[5] Functional flows range

زیستی به جریانی که حاصل اندرکنش فرآیندهای ریخت‌شناسی و زیستی، از طریق فرآیندهای هیدرولوژیک و هیدرولیک است، اطلاق می‌شود. مدل جریان‌های زیستی در مقایسه با مدل‌های دیگر سنجش زیستگاه‌های رودخانه‌ای، می‌تواند مناسب‌تر باشد، زیرا همزمان شاخص‌های هیدرولوژیک-هیدرولیک، مورفولوژیک و زیستی را در بر می گیرد (Escobar, 2007). بر طبق مدل جریان‌های زیستی، دبی جریان، هنگامی زیستی محسوب می-شود که شرایط هیدرومورفولوژیک مناسبی را برای انجام فعالیت‌های زیستی آبزی مهیا سازد. تاثیر فرآیندهای هیدرومورفولوژیک بر اکولوژی رودخانه، با استفاده از تعریف آستانه‌های جریان، اعم از "آستانه دبی زیست محیطی[1]"، "آستانه دبی مقطع پر[2]" و "آستانه دبی رسوبی[3]" انجام می‌شود. با تعیین محدوده جریان‌های زیستی می‌تواند تخمین مناسبی جهت ارزیابی پاسخ اکولوژیکی رودخانه به تغییرات مورفولوژیکی ایجاد شده در اثر فرآیندهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی باشد.

وجود ماهی قزل‌آلای خال‌قرمز از گونه‌های حساس و ارزشمند ماهیان جهان، اهمیت حوزه لار را دوچندان نموده‌است. اما در حال حاضر به دلیل شدت اثرات تنظیم جریان، پراکنش این ماهی به بخش های خاصی از آبهای حوزه محدود گردیده است. در این پژوهش به منظور ارزیابی زیستگاه‌های ماهی قزل‌آلا خال قرمز[4]، از روش "مدل جریان‌های زیستی[5]" استفاده شده است. لذا هدف از پژوهش فوق، تعیین آستانه فعالیت‌های زیستی قزل‌آلای خال قرمز سرشاخه‌های رودخانه لار، ارتباط آن‌ها با فرآیندهای هیدرومورفولوژیک و ارائه الگوی تعیین محدوده جریان‌های زیستی است.

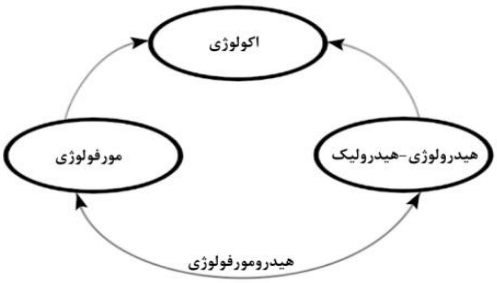
۲. مواد و روش‌ها

۱،۲. منطقه مورد مطالعه

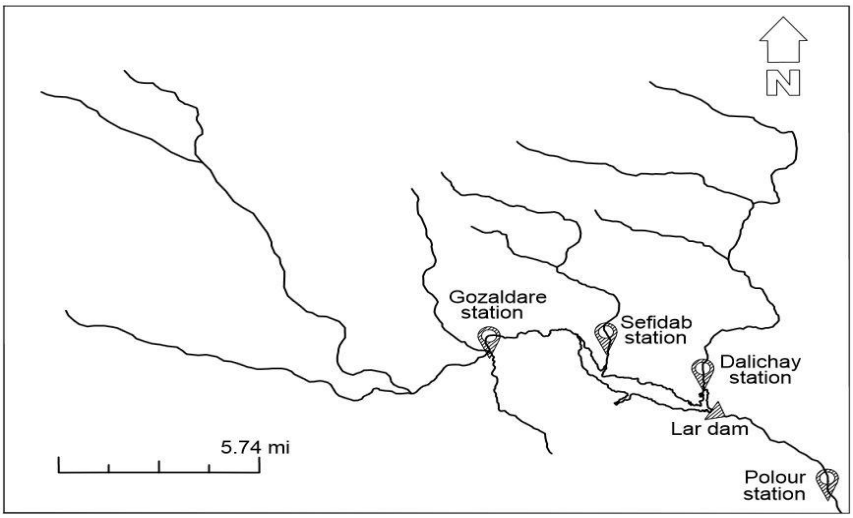
پارک ملی لار که دارای اکوسیستم‌های کوهستانی مرتفع و آبی می‌باشد، در نزدیکی دامنه جنوب غربی دماوند و در حوزه استحفاظی سازمان حفاظت محیط زیست ایران قرار گرفته است. مساحت حوزه آبخیز لار تقریبا ۷۳ کیلومترمربع است (Tehran Regional Water Authority, 1996). سرشاخه‌های رودخانه لار بعنوان یکی از نادر زیستگاه‌های بومی ماهی قزل‌آلا خال قرمز در ایران، از شاخه‌های درجه دومی ترکیب یافته که می‌توان از دلیچایی، سفیدآب و گزل‌دره نام برد. این نوع قزل‌آلا اصولاً یک ماهی شکارچی و پُراشتها بوده، در فصل پاییز برای تخم‌ریزی عکس جهت جریان آب و به سمت سرچشمه‌های رودخانه حرکت می‌کند. تخم-ریزی روی بسترهای شنی و سنگی با جریان کند آب انجام می‌گیرد و در همین منطقه بچه ماهیان رشد می‌کنند. این ماهی به محل زندگی خود علاقه داشته

[1] Environmental flow threshold
[2] Bankfull discharge threshold
[3] Sediment discharge threshold
[4] Brown trout (Salmo trutta fario)
[5] Functional Flows Model

و بشدت از آن دفاع می‌کند (Vosoghi, 1998). سد خاکی لار در فاصله ۷۵ کیلومتری شهر تهران، بر روی رودخانه لار احداث شده است. در این پژوهش، در قسمت بالادست سد سه ایستگاه گزل‌دره، دلیچای و سفیدآب و در قسمت پایین دست سد، ایستگاه پلور و هر یک از شاخه‌ها در یک مقطع عرضی و در طول سه سال آبی مورد بررسی قرار گرفتند (شکل۲).



شکل (۱) تقابل فرآیندهای هیدرولوژیک- هیدرولیک و مورفولوژیک و تاثیر آنها بر اکولوژی رودخانه.



شکل (۲) موقعیت حوزه لار و ایستگاه‌های هیدرومتری بالادست و پایین‌دست سد لار .

همچنین جهت تحلیل مراحل حرکت بستر، از رسوبات لایه سطحی در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه، نمونه‌برداری و شرایط مورفولوژی رودخانه-های موردنظر مشخص گردید. جهت محاسبه متوسط اندازه رسوبات (d_{50}) لایه‌سطحی[1]، روش "قدم زدن پاشنه تا پنجه[2] " مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳) و دبی تقریبی جریان در این ایستگاه‌ها با استفاده از

[1] Surface layer
[2] Heel-to-toe walk

روش شناور تخمین زده شد. همچنین برای هر یک از ایستگاه‌ها، مشخصات فیزیکی و جغرافیایی (جدول ۱) و هندسه مقاطع عرضی مربوط به سه سال آماری ۱۳۹۰-۱۳۸۷ از شرکت آب منطقه‌ای تهران برای هر یک از ایستگاه‌ها جمع‌آوری شد.

شکل (۳) نمایی از نمونه‌برداری لایه سطحی بستر، ایستگاه پلور، مورخ ۹۲/۶/۲۹، تصویر در جهت جریان آب.

جدول (۱) مشخصات فیزیکی و جغرافیایی ایستگاه.

رودخانه	ایستگاه	عرض جغرافیایی (UTM)	طول جغرافیایی (UTM)	S (m/m)	n
لار	گزل‌دره	۳۵-۵۵-۰۷	۵۱-۵۲-۵۹	۰/۰۱۵	۰/۰۴۵
سفیدآب	سفیدآب	۳۵-۵۵-۰۴	۵۱-۵۹-۳۵	۰/۰۱۳۶	۰/۰۳۵
دلیچای	دلیچای	۳۵-۵۵-۱۷	۵۱-۵۶-۴۱	۰/۰۱۵	۰/۰۵
لار	پلور	۳۵-۵۱-۱۸	۵۲-۰۳-۲۴	۰/۰۱۱۸	۰/۰۳۲

۲،۲. روش محاسباتی

به منظور انجام ارزیابی زیستی، الگوریتم یک بعدی جهت محاسبه تنش برشی انتخاب گردید. در زیستگاه‌هایی که به رژیم رسوبی وابسته هستند، جهت ارزیابی زیستی، تنش برشی عامل محدود کننده مناسبی است (Montgomery *et al.*, 1999). بعلاوه تنش برشی بی‌بعد شیلدز (رابطه ۱)، معادله‌ای کاربردی جهت ارائه اثر متقابل دبی جریان، S، d_{50} و هندسه مقطع عرضی است (Shields, 1936). در مرحله اول، در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه، تراز آستانه دبی زیست محیطی با

استفاده از روش محیط خیس شده (Gippel and Stewardson, 1998; Gordon *et al.*, 2004)، تراز آستانه دبی مقطع پر با استفاده از مقاطع عرضی رودخانه و رسم منحنی نسبت عرض به عمق و عمق (Wolman, 1955; Leopold *et al.*,1964) تعیین شد. سپس تنش برشی بی بعد متناظر با "آستانه دبی زیست محیطی" ($\tau^*_{eco.}$) و "آستانه دبی مقطع‌پر" ($\tau^*_{b.f}$)، از طریق رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$\tau_0^* = \frac{RS}{(G_s-1)d_{50}} \quad (۱)$$

τ_0^* =تنش برشی بی بعد

R =شعاع هیدرولیکی (m)

S =شیب سطح آب (m/m)

G_s = چگالی مخصوص

d_{50} = متوسط اندازه مواد بستر (mm)

در مرحله دوم، تراز "آستانه دبی رسوبی" (آستانه حرکت ذره رسوب، $\tau^*_{sed.}$ یا همان τ^*_c) با استفاده از رهیافت تنش برشی شیلدز (Shields, 1936; Henderson, 1969) با استفاده از رابطه (۲) و تنش برشی بی‌بعد متناظر با آن با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید. لازم به ذکر است که تنش برشی بی بعد بحرانی مربوط به متوسط اندازه رسوبات بستر (τ^*_{cd50} یا τ^*_c) به عنوان آستانه حرکت ذره رسوب در نظر گرفته شده است. در رودخانه‌های درشت‌دانه، جریانی که متوسط اندازه رسوبات بستر، تحت آن در آستانه حرکت قرار می‌گیرد از رابطه (۲) قابل محاسبه است (Henderson, 1969).

$$d_{50} = 11R_c\,S \quad , \quad (d_{50} > 6/12\ mm) \quad (۲)$$

R_c = شعاع هیدرولیکی که تحت آن ذرات بستر در آستانه حرکت قرار می‌گیرند (m)

$$\tau_C^* = \frac{R_C S}{(G_s-1)d_{50}} \quad (۳)$$

τ_c^* = تنش برشی بی‌بعد بحرانی

در نهایت با مقایسه تنش برشی مرزی (τ_0^*) و تنش برشی بی بعد آستانه‌های جریان، شرایط جریان و نحوه حرکت بستر مشخص گردید. τ_0^*، با توجه به تراز سطح آب موردنظر، مشخصات مقطع عرضی و اندازه مواد بستر (d_{50})، با استفاده از رابطه (۱) مشخص می‌شود. همچنین، علاوه بر محاسبه تغییرات زمانی تنش برشی بی بعد در بستر، امکان مشاهده وابستگی تغییرات مورفولوژیک بستر به دبی جریان وجود دارد. بدین ترتیب دبی جریان متناظر با تراز سطح آب مورد نظر، با استفاده از رابطه (۴) (Chang, 1988)، محاسبه گردید.

$$Q = \frac{1}{n}AR^{2/3}s^{1/2} \quad (۴)$$

Q = دبی جریان (m^3/s)

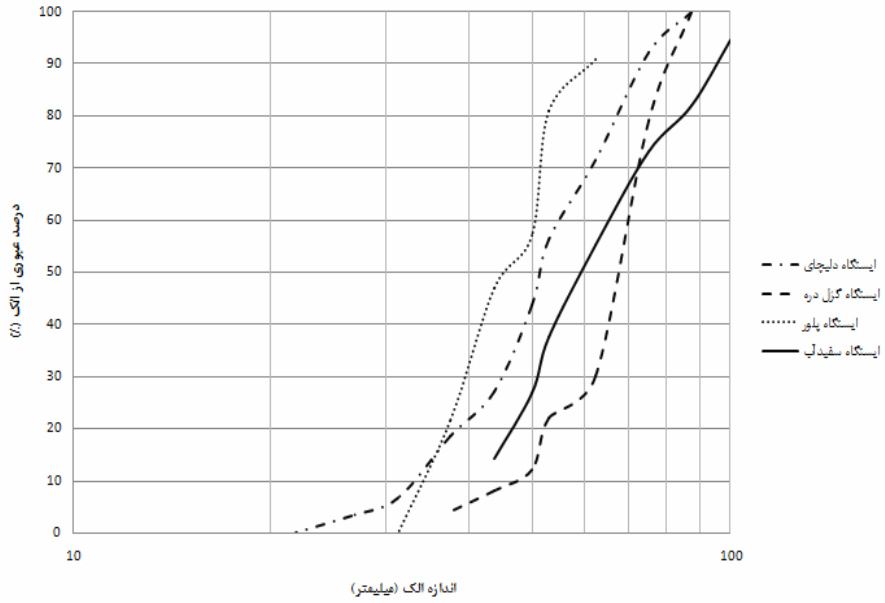
n = ضریب زبری مانینگ

A = مساحت مقطع عرضی (m^2)

۳. نتایج

به دنبال بازدید صحرایی و محاسبه متوسط دانه‌بندی ذرات بستر بین نقاط بالادست و پایین‌دست ایستگاه‌های موردنظر، منحنی دانه‌بندی لایه سطحی

ترسیم شد (شکل ۴). متوسط اندازه رسوبات سطحی (d_{50}) در ایستگاه‌های گزل‌دره، سفیدآب، دلیچای و پلور به ترتیب برابر ۶۸، ۵۸، ۵۱ و ۴۷ میلیمتر و دبی تقریبی جریان در این ایستگاه‌ها به ترتیب برابر ۳/۱۴، ۰/۴۸، ۱/۴۳ و ۰/۶۵ مترمکعب بر ثانیه مشخص گردید (جدول ۲).



شکل (۴) منحنی دانه بندی لایه سطحی ایستگاه‌ها.

جدول (۲) خلاصه نتایج بازدید صحرایی.

متوسط اندازه رسوبات لایه سطحی (d_{50}) (mm)	دبی (m^3/s)	تاریخ نمونه برداری	ایستگاه	رودخانه
۶۸	۳/۱۴	۹۲/۶/۱۰	گزل‌دره	لار
۵۸	۰/۴۸	۹۲/۶/۱۰	سفیدآب	سفیدآب
۵۱	۱/۴۳	۹۲/۶/۱۰	دلیچای	دلیچای
۴۷	۰/۶۵	۹۲/۶/۲۹	پلور	لار

چرخه سالانه زندگی قزل‌آلای خال‌قرمز، شامل دو بخش "فعالیت‌های زیستی وابسته به تکثیر[1]" و "فعالیت‌های زیستی دوران رشد[1]" می‌باشد. بازه

[1] Bed occupation

زمانی فعالیت‌های زیستی این آبزی در منطقه مورد مطالعه، در شکل ۵-الف ترسیم گردید و ارتباط فعالیت‌های زیستی با مقادیر دبی جریان سالانه ایستگاه گزل‌دره، در شکل۵-ب، نمایش داده شد. فعالیت‌های زیستی وابسته به تکثیر، شامل تخم‌ریزی و ظاهر شدن آبزی به صورت آلوین و فرای می‌باشد. در این مرحله، جریان‌های با شدت کم، بدون ایجاد هیچ‌گونه حرکتی در بستر و جریان‌های با شدت متوسط، با ایجاد زیستگاه‌های بیشتر در بستر، محدوده جریان مناسب برای ادامه فعالیت‌های زیستی آبزی و یا محدوده دبی زیستی در نظر گرفته شد. فعالیت‌های زیستی دوران رشد، شامل دوران بلوغ و مهاجرت آبزی می‌باشد و در این مرحله، جریان‌های با شدت زیاد نیز با ایجاد جابجایی در بستر، در محدوده دبی زیستی در نظر گرفته شد.

در هر یک از ایستگاه‌های گزل‌دره، دلیچای، سفیدآب و پلور، ابتدا تراز سطح آب، دبی جریان، دوره بازگشت وقوع دبی و تنش برشی بی‌بعد متناظر با هر یک از آستانه‌ها تعیین شد (جدول ۳). بعنوان نمونه در ایستگاه گزل دره، آستانه دبی زیست محیطی ۰,۹ مترمکعب بر ثانیه، تراز سطح آب متناظر با آن ۲۵ سانتی متر، دوره بازگشت وقوع این دبی یکساله و تنش برشی بی‌بعد متناظر با آن ۰,۰۱۴ مشخص گردید. در نهایت تراز آستانه‌های جریان در مقاطع عرضی این ایستگاه‌ها ترسیم گردید (شکل۶).

سپس الگوی تعیین محدوده جریان‌های زیستی بر اساس تنش برشی بی بعد آستانه‌های جریان در رودخانه‌های سنگی و قلوه سنگی (بازه‌های آبشاری[2] و پله‌گوداب[3]) گزل دره، دلیچای، سفیدآب و پلور، برای یک دوره یک ساله، مشخص گردید (جدول ۴ و ۵).

شرایطی را که در آن، دبی جریان رودخانه بیشتر از دبی متناظر با آستانه حرکت ذرات رسوب بستر باشد و جابجایی رسوبات، مورفولوژی و هیدرولیک جریان را تغییر می‌دهد، ناحیه "تجدید شرایط زیست"، Aquatic Life Restoration (A.L.R) ، در نظر گرفته شد. در این شرایط دبی جریان در طی فعالیت زیستی وابسته به تکثیر، غیر زیستی و در طی فعالیت زیستی دوران رشد، زیستی محسوب گردید. در چرخه سالانه سرشاخه‌های گزل-دره، دلیچای و سفیدآب در یک بازه زمانی و سرشاخه پلور در دو بازه زمانی شرایط زیست می‌تواند در اثر سیلاب، ناپایدار و تجدید گردد.

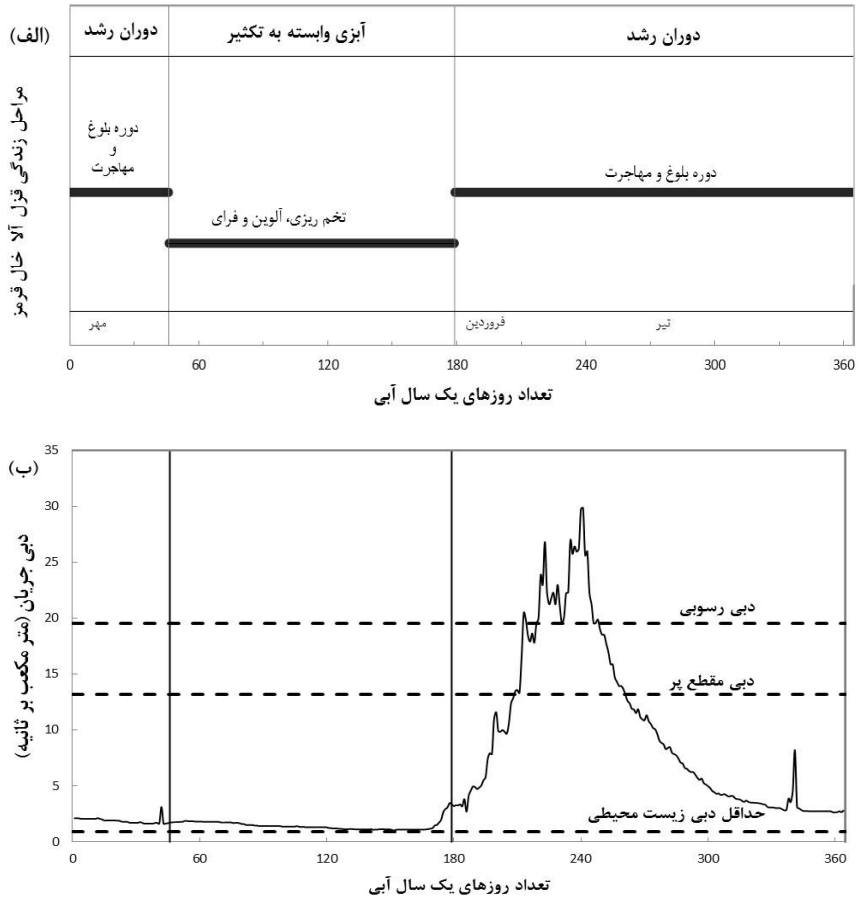
شرایطی که دبی جریان رودخانه کمتر از دبی متناظر با آستانه حرکت ذرات رسوب بستر و بیشتر از آستانه دبی زیست محیطی مقطع باشد، ناحیه "شرایط زیست نسبتا پایدار"، Relatively Stable Aquatic Life (S.A.L)، در نظر گرفته شد. در این شرایط دبی جریان در طی فعالیت زیستی وابسته به تکثیر، زیستی و در طی فعالیت زیستی دوران رشد، غیر زیستی محسوب گردید. در چرخه سالانه سرشاخه‌های گزل‌دره، دلیچای و سفیدآب در دو بازه زمانی و سرشاخه پلور در یک بازه زمانی شرایط

[1] Bed preparation

[2] Cascade channels

[3] Step-pool channels

زیست می‌تواند نسبتا پایدار و شرایط جهت فعالیت-های وابسته به تکثیر مهیا گردد. شرایطی که دبی جریان رودخانه کمتر از آستانه دبی زیست محیطی مقطع باشد، ناحیه "عدم وجود شرایط زیست"، No Aquatic Life (N.A.L)، در نظر گرفته شد. در چرخه سالانه سرشاخه‌های گزل‌دره، دلیچای، سفیدآب و پلور بر اساس متوسط دبی سه ساله، فقط در یک بازه زمانی شرایط زیست می‌تواند کاملا ناپایدار گردد.



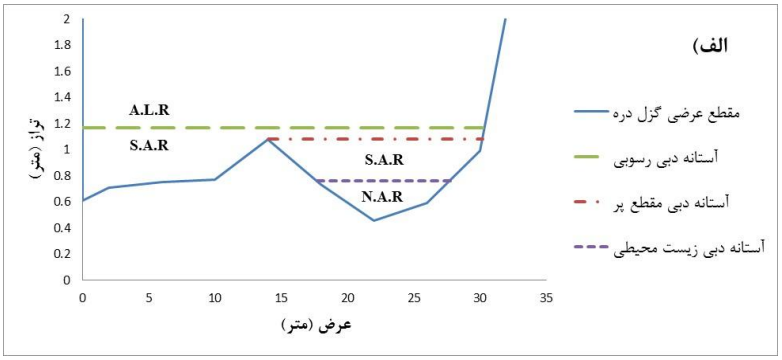
شکل (۵) ارتباط مراحل زندگی قزل‌آلای خال‌قرمز با مقادیر دبی جریان (الف) نمودار مراحل زندگی قزل‌آلای خال‌قرمز Mousavi Nadushan (Bjornn and Reiser, 1991; Escobar, 2007; and Ramezan, 2011)، **(ب) رژیم آبدهی متوسط سالانه رودخانه لار، ایستگاه گزل‌دره.**

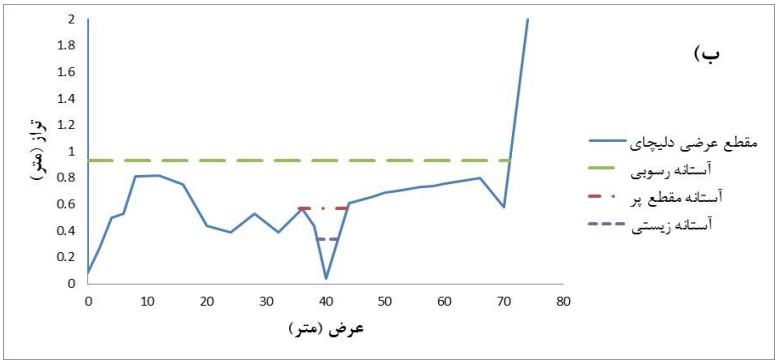
جدول (۳) آستانه‌های تنش برشی بی‌بعد.

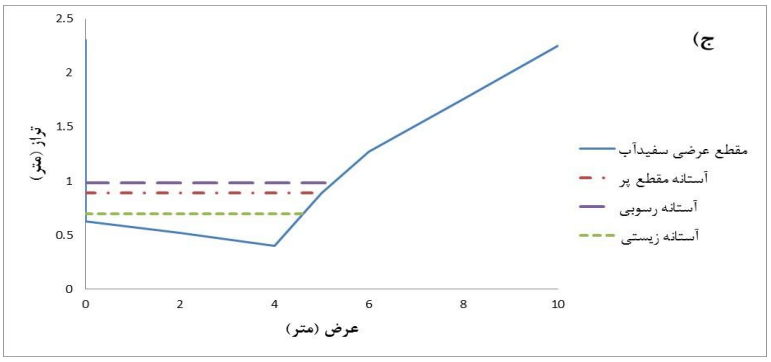
		ایستگاه			
		گزل‌دره	دلیچای	سفیدآب	پلور
آستانه دبی زیست محیطی	$h(cm)$	۲۵	۳۰	۳۰	۲۵
	$Q(m^3/s)$	۰/۹۳	۱	۰/۸۶	۱/۶
		۰/۰۱۴	۰/۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵
آستانه دبی مقطع‌پر	$h(cm)$	۶۲	۵۳	۴۹	۹۸
	$Q(m^3/s)$	۱۳/۲	۳/۶	۳	۳۱/۷
		۰/۰۴۴	۰/۰۴۱	۰/۰۴۵	۰/۱
آستانه دبی رسوبی	$h(cm)$	۷۱	۸۶	۵۸	۴۹
	$Q(m^3/s)$	۱۹/۵	۲۳/۵	۴	۱۰
		۰/۰۵۶	۰/۰۵۶	۰/۰۵۶	۰/۰۵۶

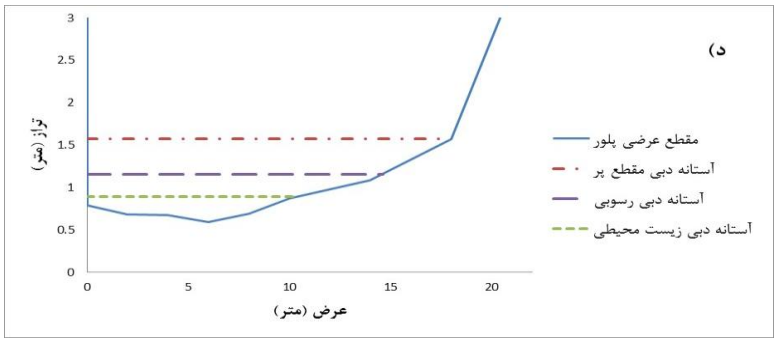
۴. بحث و نتیجه‌گیری

در هر یک از ایستگاه‌های گزل‌دره، دلیچای، سفیدآب و پلور، ابتدا تراز آستانه‌های جریان و پس از آن با استفاده از فرمول شیلدز و مانینگ، به ترتیب تنش برشی بی‌بعد و دبی متناظر با هر یک از آستانه‌ها تعیین شد. تنش برشی بی بعد جریان، در محدوده زمانی مناسب می‌تواند نقش بسزایی در تکثیر و رشد آبزیان داشته باشد. با توجه به اینکه تنش برشی بی‌بعد جریان در کدام ناحیه قرار می‌گیرد، شدت جریان، نحوه حرکت بستر و شرایط زیست آبزیان متفاوت است و با توجه به محدوده زمانی فعالیت زیستی قزل‌آلا، زیستی و یا غیر زیستی بودن شدت جریان مورد نظر قابل تعیین است. بنابراین تاثیری که هندسه مقطع عرضی و اندازه مواد بستر، بر فعالیت‌های زیستی موجودات و عملکرد زیستی زیستگاه‌ها می‌گذارند، متفاوت است. لذا فعالیت‌های زیستی قزل‌آلای خال‌قرمز حوزه لار، در طول یک سال آبی بطور کلی به دو دسته "فعالیت‌های زیستی وابسته به تکثیر" و "فعالیت‌های زیستی دوران رشد" تقسیم‌بندی گردید. بعلاوه سه آستانه به منظور توصیف شرایط زیستی در هر یک از مقاطع تشخیص داده شد. "آستانه دبی زیست محیطی"، که در دبی‌های جریان کمتر از آن، بدلیل افزایش دما و کاهش اکسیژن آب در ماه‌های گرم سال و امکان یخ‌زدگی کامل آب و خفگی ماهیان در ماه‌های سرد سال، شرایط خطرناکی برای جمعیت ماهیان ایجاد می‌شود. چراکه بطور کلی قزل‌آلای خال‌قرمز در رودخانه‌های دارای آب زلال، سرد و سرشار از اکسیژن، زندگی می‌کند و نسبت به تغییرات دما و اکسیژن حساس









شکل (۶) مقطع عرضی ایستگاه الف) گزل‌دره، ب) دلیچای، ج) سفیدآب و د) پلور.

جدول (۴) الگوی تعیین محدوده جریان‌های زیستی ایستگاه‌های گزل‌دره، دلیچای و سفیدآب.

ناحیه	ایستگاه‌های گزل‌دره، دلیچای و سفیدآب			
	تعیین محدوده جریانات زیستی با استفاده از پارامتر شیلدز		فعالیت‌های زیستی وابسته به تکثیر	فعالیت‌های زیستی دوران رشد
۱	تجدید شرایط زیست		غیر زیستی	زیستی
۲	شرایط زیست نسبتا پایدار	τ	زیستی	زیستی
۳	شرایط زیست نسبتا پایدار	τ	زیستی	زیستی
۴	عدم وجود شرایط زیست		غیر زیستی	غیر زیستی

جدول (۵) الگوی تعیین محدوده جریان‌های زیستی ایستگاه پلور.

ناحیه	ایستگاه پلور			
	تعیین محدوده جریانات زیستی با استفاده از پارامتر شیلدز		فعالیت‌های زیستی وابسته به تکثیر	فعالیت‌های زیستی دوران رشد
۱	تجدید شرایط زیست		غیر زیستی	زیستی
۲	تجدید شرایط زیست	τ	غیر زیستی	زیستی
۳	شرایط زیست نسبتا پایدار		زیستی	زیستی
۴	عدم وجود شرایط زیست		غیر زیستی	غیر زیستی

است (Vosoghi, 1998)، لذا تعیین حداقل آستانه زیست محیطی اهمیت بسزایی دارد. لازم به ذکر است که این آستانه بسته به مورفولوژی مقطع عرضی می‌تواند متفاوت باشد. در هر یک از ایستگاه‌ها، پس از محاسبه حداقل دبی زیست محیطی با استفاده از روش محیط خیس شده، مقایسه آن با مقادیر حداقل تراز سطح آب پیشنهادی مناسب جهت زیست قزل‌آلای خال قرمز (Bjornn and Reiser, 1991) و بر اساس مشاهدات به عمل آمده در بازدیدهای صحرایی، حداقل تراز زیستی در ایستگاه‌های سفیدآب و دلیچای ۳۰ سانتی‌متر و در ایستگاه گزل‌دره و پلور ۲۵ سانتی‌متر مشخص گردید. "آستانه دبی مقطع پر" که تحت آن، تغییر در چرخه مواد غذایی و میزان زیستگاه‌های در دسترس قزل‌آلای خال قرمز، بویژه در زمان تکثیر و رشد لاروها، شرایط زیستی پایدار و مطلوبی را ایجاد می‌کند. این دبی تاثیر بسزایی بر اکولوژی رودخانه دارد، زیرا دبی جریان در سطوح بالاتر از آستانه مقطع پر کانال، از یک سو بر کیفیت آب رودخانه به واسطه تاثیر بر چرخه مواد مغذی (Peacock, 2003)، و از سوی دیگر بر گستردگی و

ایجاد ریززیستگاه‌ها در بستر موثر واقع می‌شود (Piazza and la Peyre, 2007). بعلاوه جریانی که رودخانه را در آستانه سیل قرار داده و در سطوح بالاتر از آن، سیلاب‌دشت غرقاب شود، دبی مقطع پر[1] نامیده می‌شود. دبی مقطع پر، بعنوان دبی طراحی سازه‌های رودخانه‌ای درنظر گرفته می‌شود، از اینرو تعیین آن دارای اهمیت بسزایی است (Parker *et al.*, 2003). "آستانه دبی رسوبی" که تحت آن، مواد بستر رودخانه شروع به حرکت کرده، مقطع عرضی تغییر شکل داده می‌شود و منجر به فرآیندهای جدید زیستی و ایجاد زیستگاه‌های جدید در شرایط سیلابی می‌شود. هنگامی که وضعیت جریان به گونه‌ای باشد که معیار آستانه حرکت تامین شود، رسوبات در طول بستر رسوبی، شروع به حرکت می‌کنند. بحث آستانه حرکت در مطالعات انتقال رسوب، مطالعه چگونگی رسوب‌گذاری و فرسایش در آبراهه‌ها از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است (Emami, 2010). علاوه بر آن در رودخانه‌های سنگی و قلوه سنگی، در شرایط سیلابی که ذرات بستر شروع به حرکت می‌کنند، تغییر توزیع دانه‌بندی بستر و مورفولوژی رودخانه باعث تغییر ویژگی‌های " ناحیه هایپریک[2]" و در نتیجه ایجاد شرایط مطلوب جهت تجدید زیستی و احیاء جمعیت کفزیان رودخانه می‌شود (Tonia and Buffington, 2009). بنابراین در شرایط سیلابی و آستانه حرکت ذرات بستر، شرایط برای رشد لاروها و حتی ماهیان بزرگتر چندان مطلوب نیست اما این دبی با تاثیر بر ناحیه هایپریک، نقش بسزایی در اکولوژی رودخانه ایفا می‌کند.

بر این اساس در هر یک از ایستگاه‌ها به لحاظ زیستی، سه بازه "تجدید شرایط زیست"، "شرایط زیست نسبتا پایدار" و "عدم وجود شرایط زیست" تعیین شد. تراز سطح آب با گذشتن از آستانه دبی رسوبی و قرارگیری در ناحیه تجدید شرایط زیستی می‌تواند اکوسیستم رودخانه را به واسطه تاثیر بر ناحیه هایپریک، کیفیت آب و دسترسی به زیستگاه‌ها بازسازی نماید و با تشدید تغییرات مورفولوژیک و زیستگاهی در بستر، تغییرات قابل توجه در فراوانی و تنوع کفزیان پدید آورد (Tonia and Buffington, 2009) و از جنبه‌های تغذیه‌ای، شرایط را برای لارو ماهیان بهبود بخشد (Escobar, 2007). تراز سطح آب در حد فاصل تراز آستانه دبی زیست محیطی و رسوبی، دوره زیست نسبتاً پایداری ایجاد می‌کند. در این ناحیه دوره‌های کوتاه و گذرای تراز سطح آب با گذشتن از آستانه دبی مقطع‌پر با تاثیر بر چرخه مواد مغذی، کیفیت آب و میزان زیستگاه‌های در دسترس، شرایط مناسبی را برای بازسازی موجودات کفزی فراهم می‌کند و موجودات کفزی در نهایت به مصرف تغذیه قزل‌آلا می‌رسند. ترازهای کمتر از آستانه دبی زیست محیطی، آستانه خطر برای جمعیت ماهیان، ناحیه عدم وجود شرایط زیست محسوب می‌شود. در این حالت، شرایط زیستی برای ادامه حیات ماهیان حتی در مقاطع کوتاه زمانی و در طول چند سال مناسب نخواهد بود.

[1] Bankfull discharge
[2] Hyporheic zone

در ایستگاه‌های مورد مطالعه، دبی جریان در محدوده دبی آستانه زیست محیطی و دبی آستانه رسوبی، طی فعالیت‌های زیستی وابسته به تکثیر، دبی زیستی مشخص گردید، در صورتیکه دبی جریان بیشتر از دبی آستانه زیست محیطی، طی فعالیت‌های زیستی دوران رشد، دبی زیستی در نظر گرفته شد. در نهایت ملاحظه می‌گردد که بر اساس پارامترهای هیدرولوژیک، آمار دبی متوسط سه ساله و تعیین آستانه‌های جریان، در چرخه سالانه، سرشاخه‌های گزل‌دره، دلیچای و سفیدآب، دو بازه زمانی و یا دو دوره، شرایط مناسب جهت فعالیت‌های زیستی وابسته به تکثیر و فقط یک دوره و یک مقطع زمانی، شرایط سیلابی را در راستای تجدید شرایط زیستی و زیستگاهی تجربه می‌کنند. اما سرشاخه پلور در یک بازه زمانی محدوده‌های جریان مناسب جهت فعالیت-های زیستی وابسته به بستر و در دو بازه زمانی محدوده‌های سیلابی و دوره‌های ناپایداری بستر را سپری نموده و لذا شرایط زیستی در آن برای استقرار و تداوم چرخه زندگی نامناسب‌تر است.

مطالعات صورت گرفته، بخش کوچکی از مبحث بررسی زیستی رودخانه را شامل می‌شود. وسعت مباحث و اهمیت بسیار آن برای کارشناسان در شناخت اکوسیستم رودخانه‌ها و بررسی پدیده‌های هیدرولوژیک، هیدرولیک، مورفولوژیک و زیستی مرتبط با آنها و همچنین در برآورد دقیق‌تر پاسخ اکولوژیکی رودخانه نسبت به تغییرات ایجاد شده در رودخانه، ایجاب می‌نماید که مطالعات و بررسی‌های وسیعی در این زمینه صورت گیرد. جهت تدقیق و بهبود بخشیدن به این روش، استفاده از روش‌های نوین نمونه‌برداری صحرائی جهت تعیین آستانه‌های حرکت بستر و توزیع دانه‌بندی دقیق‌تر، بهبود الگوریتم محاسبه تنش برشی، تعیین مدت زمان تداوم جریان زیستی، بررسی همزمان جمعیت بنتوز رودخانه به عنوان پایه زنجیره غذایی و تاثیر پذیری آنها از حرکت رسوبات بستر، پیشنهاد می‌شود.

References

Bjornn, T.C., and D.W. Reiser. 1991. Habitat requirements of salmonids in streams. In Influences of Forest and Rangeland Management on Salmonid Fishes and Their Habitats. Edited by William R. Meehan. American Fisheries Society Special Publication 19:83-138.

Calow P. and Petts G.E., eds. 1994. The Rivers Handbook, Vol. 2. Blackwell Scientific, Oxford.

Chang, H. H., 1988. "Fluvial Processes in River Engineering", A book published by Wiley Interscince Publication, John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-63139-6.

Clarke, S. J., L. Bruce-Burgess, and G. Wharton. 2003. Linking form and function: toward an eco-hydromorphic approach to sustainable river restoration. Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems 13:439-450.

Emami, A., 2010, Sediment transport, Publication of JIHAD AMIRKABIR University, ISBN : 978 - 964 - 6096 - 33 - 2, (in Persian).

Escobar, M. I. A., 2007. Evaluating stream flow to characterize ecological functions of physical habitat in rivers, ProQuest Dissertations and Theses, pg. n/a, UMI Number: 3317922.

Gippel C.J. and Stewardson M.J., 1998. Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows. River Research and Applications, DOI: 10.1002/(SICI)1099-Gordon N.D, McMahon T.A. and Finlayson B.L., 2004." Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists", 2nd edn. John Wiley & Sons, 444pp.

Henderson, F. M. , 1969. Open Channel Flow, 3rd edition, Macmillan, New York.

Leopold, L. B., Wolman, M. G. and Miller, J. P., 1964, Fluvial Processes and Geomorphology. Freeman and Co., San Francisco, California.

Maddock, I. 1999. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. Freshwater Biology 41:373-391.

Montgomery, D. R., E. M. Beamer, G. R. Pess, and T. P. Quinn. 1999. Channel type and salmonid spawning distribution and abundance. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56:377-387.

Mousavi Nadushan, R., Ramezan M., 2011, Bioassessment of Kordan Stream (Iran) Water Quality Using Macro-Zoobenthos Indices, International Journal of Biology. Vol 3, No 2, 127-134.

Parker, G., Toro-Escobar, R. C.M., and B. M., S. 2003. Effect of floodwater extraction on mountain stream morphology. Journal of hydraulic engineering ASCE:885-895.

Peacock, C., 2003. 'Rivers, floodplains and wetlands: connectivity and dynamics', RSPB.

Peterson, J. T., and C. F. Rabeni, 2001. The relation of fish assemblages to channel units in an Ozark stream, Trans. Am. Fish. Soc., 30, 911-926.

Piazza, B. P. and La Peyre, M. K., 2007. 'Restoration of the annual flood pulse in Breton Sound, Louisiana, USA: habitat change and nekton community response', Aquatic Biology, Vol. 1: 109-110, doi: 10.3354/ab00013.

poff, N. L., J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegaard , B. D. Richter, R. E. Sparks, and J. C. Stromberg , 1997. The natural flow regime, BioScience, 47, 769-784.

Rabeni, C.F., K.E. Doisy, and D.L. Galat. 2002. Testing the biological basis of a stream habitat classification using benthic invertebrates. Ecological Applications 122:782-796.

Shields, A, 1936. 'Application of similarity principles, and turbulence research to bed-load movement', California Institute of Technology, Pasadena (translated from German).

Stevens, L.E., J.C. Schmidt, T.J. Ayers, and B.T. Brown. 1995. Flow regulation, geomorphology, and Colorado River marsh development in the Grand Canyon, Arizona. Ecological Applications 5:1025-1039.

Tehran Regional Water Authority, 1996. Identification phase studies. Gozaldare dam project. Department of Energy. Report number: 127454-15003 , (in Persian).

Tonia, D. and Buffington, J. M., 2009. 'Hyporheic exchange in mountain rivers: Mechanics and environmental effects', Geography compass 3/3: 1063-1086.

Vosoghi, G.H. and Mostajir, B., 1998. Freshwater Fish. 1st Edn., Tehran UniversityPublication, Iran, pp: 131-138 (in Persian).

Wolman, M. G., 1955, The natural channel of Brandywine Creek, Pennsylvania. U. S. Geological Survey Professional Paper 271, Washington, D. C.

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵ صفحه ۸۸۰

Brown trout functional flows range, based on morphologic and physical habitat parameters in Lar Headwaters

Hashemi S. [*1], Tabatabai M. R. M. [2] and Mousavi Nadoushani R. [3]

1- MSc Student, River Engineering, Technical and Engineering College of Abbaspour, Shahid Beheshti University
2- Assistant Professor, Technical and Engineering College of Abbaspour, Shahid Beheshti University,
3- Faculty Member of Marine Science and Technology Department, Azad University Tehran North Branch

Received: 20-Sep.-2014 Accepted: 23-Jan-2015

Abstract:

In recent decades, brown trout populations have been declining due to river regulation and its impact on river morphology along Lar River downstream of Lar Dam located near Tehran. Currently, due to water scarcity in the country, intensity of water regulation impacts on aquatic population of streams and specific ecologic values in tributaries of Lar River, it is necessary to present a habitat assessment model to predict ecologic response of the river to natural and man-induced changes by which can be applied to strategic management of the river. Hence, in this research, an analytically applied approach is adopted to assess brown trout population by creating relation among hydrologic, hydraulic, morphologic and ecologic processes. After field work and required measurements, Shields function was applied to derive dimensionless shear stress for minimum environmental flow, bankfull discharge and critical discharge for initiation of sediment transport for Lar, Dalichai and Sefid-Ab rivers. Then, dimensionless shear stress for initiation of the bed sediments was used to investigate effects of discharge variation on frequency and distribution of aquatic life in response to morphologic changes. It was found that when water discharge is in the range of discharge corresponding to environmental flow threshold and critical discharge for sediment motion, it is identified functional discharge for bed occupation while water discharge greater than critical discharge for sediment motion is also considered functional discharge for bed preparation. Results obtained from this research, suggest that water discharge, cross-sectional geometry and bed material size could be effective on ecologic functions and life cycle of brown trout fish and inappropriate river regulation may lead to gradual elimination of that from river ecosystem.

Keywords: River habitat assessment, dimensionless shear stress, habitat, brown trout fish.

* Corresponding author;Tel: +98-9124702595 Email: s.hashemi02@yahoo.com