

## استفاده از روش هیدرولیکی در برآورد حداقل جریان زیست محیطی بخشی

### از رودخانه دو آب صمصامی استان چهارمحال و بختیاری

داود حسین پور<sup>۱</sup>؛ رفعت زارع بیدکی<sup>۲\*</sup> و روح اله کریمیان کاکلی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبخوانداری دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه شهرکرد

۳- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخوانداری دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت ۹۶/۱۱/۲۳ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۳/۲۱)

#### چکیده:

استفاده از آب‌های سطحی در سال‌های اخیر به‌منظور تأمین نیازهای متنوع انسان نظیر شرب، کشاورزی و صنعت باعث شده است کارکرد و سلامت این اکوسیستم به خطر بیفتد. برداشت آب از رودخانه تا حدی می‌تواند برای اکوسیستم رودخانه بی‌ضرر باشد اما برای بهره‌برداری صحیح از رودخانه‌ها و جلوگیری از برداشت مازاد، باید حد تأمین نیازهای محیط‌زیستی رودخانه تعیین شود. به‌منظور تعیین مقدار حق‌آبه زیست‌محیطی روش‌های مختلف هیدرولیکی، هیدرولوژیکی و روش‌های جامع وجود دارند. در این تحقیق نیاز زیست محیطی رودخانه دوآب صمصامی (واقع در کوه‌رنگ، چهارمحال و بختیاری) از روش هیدرولوژیکی تنانت و دو روش هیدرولیکی شیب منحنی و حداکثر انحنا محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد جریان پیشنهادی از روش تنانت در نیمه کم آب سال نمی‌تواند پاسخگوی نیاز رودخانه باشد، همچنین روش حداکثر انحنا برآورد بهتری نسبت به روش شیب منحنی دارد. در این تحقیق مقدار دبی ۰/۹۴ مترمکعب بر ثانیه برای ماه‌های تیر تا دی و مقدار ۳/۸۲ مترمکعب بر ثانیه برای ماه‌های بهمن تا خرداد به‌عنوان حداقل نیاز زیست‌محیطی رودخانه دوآب صمصامی پیشنهاد شده است.

**کلید واژگان:** رودخانه، روش هیدرولیکی، حق‌آبه زیست محیطی، دوآب صمصامی

## ۱. مقدمه

مداخلات بشر در رودخانه‌ها از جمله احداث سدهای مخزنی و انحرافی، برداشت آب برای کشاورزی و تأمین آب برای شرب، کارکردهای زیستی رودخانه‌ها را دگرگون می‌کند. پس تنظیم جریان‌های رودخانه برای نیازهای انسانی باید با حفظ جریان‌های ضروری وابسته به خدمات زیستی متوازن شود (King and Brown, ۲۰۰۳). نیازهای زیست محیطی رودخانه، به صورت دبی جریان با مقدار، زمان وقوع، فراوانی و دوام جریان معین تعریف می‌شوند. این جریان‌ها که شرایط مستعد نگهداری زیستگاه آبی و فرایندهای آن را فراهم می‌کنند، به‌عنوان «جریان زیست محیطی<sup>۱</sup>» خوانده می‌شوند (Tharme, ۲۰۰۳). روش‌های تعیین حداقل جریان رودخانه، قبل از سال ۱۹۴۰ در آمریکا به وجود آمد. علم محیط‌زیست موفق به معرفی بیش از ۲۰۰ روش شد که در چهار گروه کلی روش‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، شبیه‌ساز زیستگاه و روش‌های جامع طبقه‌بندی می‌شوند (Tharme and King, ۱۹۸۸). روش‌های هیدرولوژیکی به‌عنوان ساده‌ترین روش‌های ارزیابی حق‌آبه زیست محیطی تنها درصدی از جریان متوسط سالانه رودخانه را به نیازهای زیست محیطی تخصیص می‌دهند. در روش‌های هیدرولیکی رابطه‌ای بین پارامترهای هیدرولیکی نظیر محیط خیس شده، عمق و سرعت جریان رودخانه با فراوانی زیستگاه گونه هدف برقرار می‌شود. سپس مقدار دبی که شرایط بهینه زیستگاه‌ها را فراهم کند، حساب می‌شود. روش محیط خیس شده معمول‌ترین روش از

روش‌های هیدرولیکی می‌باشد (Anonymous, ۲۰۱۲). Shokoohi (۲۰۱۵)، روش‌های هیدرولیکی را بررسی کرد و نشان داد که هندسه مقاطع رودخانه (به ویژه عمق کانال)، عامل مهم موثر بر جریان‌های زیست محیطی در رودخانه‌ها است. Tsai و همکاران (۲۰۱۶)، در ۱۲ رودخانه در تایوان، نشان دادند که تاثیر ویژگی‌های رژیم جریان می‌تواند برای جمعیت و تنوع ماهی‌ها حیاتی باشد. Abdi و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای با برآورد جریان زیست محیطی در رودخانه فرامرزی زاب در شمال غربی ایران، برای بازه بالادست روش اکو-هیدرولوژیکی انتقال منحنی تداوم جریان و بازه پایین دست روش ترکیبی اکو-هیدرولیکی شبیه‌ساز زیستگاه را به‌عنوان روش مناسب انتخاب کردند. Karimi و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از روش تنانت برای ارزیابی جریان زیست محیطی رودخانه زهره اذعان کردند که روش تنانت به تخصیص صد درصد جریان رودخانه به نیازهای زیست محیطی در ماه‌های مرداد و شهریور منجر می‌شود که این تخصیص مشکلات متعددی را برای دیگر بخش‌ها منتفع از جریان رودخانه فراهم می‌کند. هدف از تحقیق حاضر مقایسه روش‌های هیدرولوژیکی تنانت و هیدرولیکی محیط خیس شده، شیب منحنی و انحنا و محاسبه حداقل جریان زیست محیطی در رودخانه دوآب صمصامی از حوضه آبخیز کارون شمالی می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

## ۱.۲. منطقه مورد مطالعه

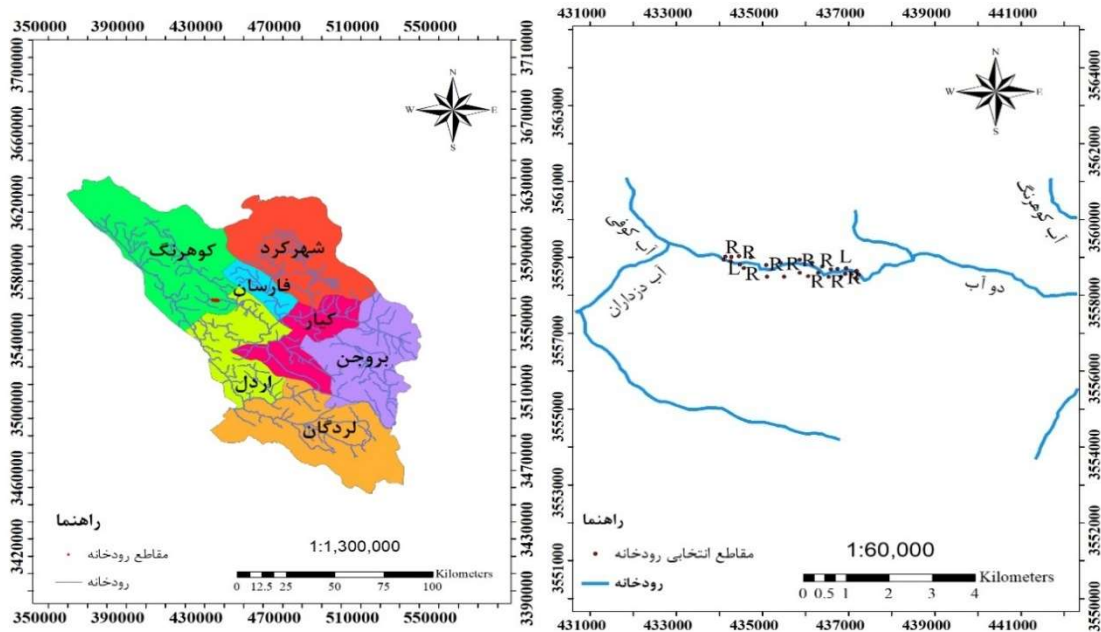
حوضه صمصامی یکی از زیر حوضه‌های اصلی کارون علیا می‌باشد. این حوضه با مساحتی در حدود ۲۴۶

---

۱- Environmental flow

(*al.*, صفا‌باد میانگین دبی سالانه رودخانه ۷/۵ مترمکعب بر ثانیه است. ۱۴ مقطع در طول ۳ کیلومتر از این رودخانه انتخاب شده است (شکل ۱).

کیلومتر مربع در قسمت غربی استان چهارمحال و بختیاری با فاصله ۱۰۰ کیلومتری از شهرکرد واقع شده است. ارتفاع متوسط حوضه حدوداً ۲۵۰۰ متر، میانگین بارش سالانه ۱۱۷۵ میلی‌متر است. رودخانه دوآب صمصامی ۱۴ کیلومتر طول دارد (Marofi *et al.* ۲۰۱۰).



شکل ۱- موقعیت حوضه و مقاطع رودخانه دوآب صمصامی

۱۱ رودخانه در آمریکا نتیجه گرفت که ۱۰ درصد متوسط جریان سالیانه  $AAF^1$  حداقل جریان موردنیاز برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها است. ۳۰ درصد  $AAF$  قادر به حفظ وضعیت بقای نسبتاً خوب بوده و ۶۰ درصد  $AAF$  برای زیستگاه مطلوب، مناسب می‌باشد (Tennant, ۱۹۷۶). با توجه به دستورالعمل ابلاغ شده وزارت نیرو معادل ۳۰ درصد دبی متوسط سالانه برای دوره پر آب و ۱۰ درصد دبی متوسط سالانه برای دوره

۲،۲. روش هیدرولوژیکی تنانت (Tennant)

اصلاح شده

روش تنانت ۱۹۹۶ یا روش مونتانا نیز یک روش هیدرولوژیکی ساده بوده (Pyrce, ۲۰۰۴; Oryan *et al.*, ۲۰۱۴) که در آن درصدهای مختلفی از متوسط جریان سالیانه ( $MAR^2$ ) به عنوان سطوح مختلف کیفیت زیست‌بوم رودخانه در نظر گرفته می‌شود (Tharme, ۲۰۰۳). تنانت از بررسی ۵۹ مقطع عرضی

۱- Average Annually Flow

خشک منطبق بر دوره خشک (تیر تا آذر) و مرطوب (دی تا خرداد) رودخانه صمصامی به کار گرفته شد (Guidelines for determining the water requirements of wetlands, ۲۰۱۳).

کم آب ضروری می‌باشد (The President's Strategic Planning and Control Department, ۲۰۱۱). با توجه به دستورالعمل بومی‌سازی شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران روش اصلاح‌شده تنانت در جدول شماره ۱ برای دو فصل تر و

جدول ۱- دبی‌های پیشنهادی روش تنانت، دبی‌ها (مترمکعب بر ثانیه) درصدی از دبی متوسط سالانه هستند.

دبی پایه توصیه شده		نوع جریان
دی - خرداد	تیر - آذر	
%۲۰۰		جریان ماکزیمم یا شست‌وشو
%۶۰-۱۰۰		مقدار بهینه جریان
%۴۰	%۶۰	بسیار عالی
%۳۰	%۵۰	عالی
%۲۰	%۴۰	خوب
%۱۰	%۳۰	متوسط
%۱۰	%۱۰	ضعیف
%۰-۱۰		تخریب شدید

هیدرولیکی (m) که  $R=A/P$  است و P محیط خیس شده (m)، S: شیب طولی رودخانه و بدون بعد است. ابتدا نمودار دبی- محیط خیس شده تا محل شکست در منحنی (با توجه به شکل مقطع) به صورت بی بعد رسم می‌شود ( $p=P/P_{max}$ ,  $q=Q/Q_{max}$ ). معمولاً برای مقاطع مثلثی شکل، نمودار توانی رابطه ۲ و برای مقاطع مستطیلی شکل، نمودار لگاریتمی رابطه ۳ بهترین برازش را دارند (Gippel and Stewardson, ۱۹۹۸).

$$p = cq^b \quad (۲)$$

$$p = a \ln(q) + ۱ \quad (۳)$$

### ۳.۲. روش هیدرولیکی محیط خیس شده

در روش محیط خیس شده اعتماد به نقطه بحرانی می‌تواند شرایطی را ایجاد کند که از توده زیستی و بنابراین از اکوسیستم کل رودخانه حفاظت به عمل آورد (Jowett, ۱۹۹۷). در روش محیط خیس شده بر اساس دو روش شیب و انحنا برای تعیین نقطه شکست در منحنی استفاده می‌شود. رابطه مانینگ برای به دست آوردن دبی به صورت زیر است:

$$Q = n^{-۱} AR^{۲/۳} S^{۱/۲} \quad (۱)$$

در این رابطه Q: معرف دبی ( $m^3/s$ ), n: ضریب زبری مانینگ، A: سطح مقطع عرضی رودخانه، R: شعاع

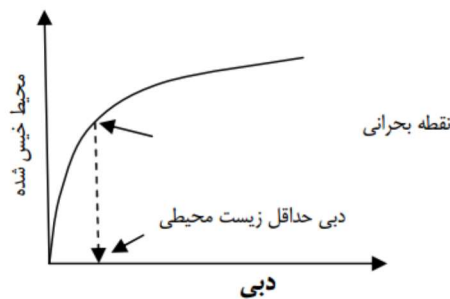
$$dp/dq=1 \quad (4)$$

حال بر اساس این رابطه و با مشتق‌گیری از روابط ۲ و ۳ دبی متناظر با نقطه شکست (q) برای نمودار توانی از رابطه  $a=q$  و برای نمودار لگاریتمی از رابطه  $bq^{b-1}=1$  به دست می‌آید. با ضرب عدد حاصل از این روابط در دبی حداکثر ( $Q_{max}$ )، بر حسب مترمکعب بر ثانیه) حداقل جریان زیست‌محیطی برای هر مقطع به دست می‌آید (Gippel and Stewardson, ۱۹۹۸).

a, b و c: ضرایب حاصل از برازش بهترین منحنی از بین نقاط نمودار بی بعد هستند. اکنون با مشخص شدن رابطه منحنی توانی یا لگاریتمی، نقطه شکست در منحنی تعیین می‌شود، این کار با سه روش شیب، انحنا و نقطه ایده آل انجام می‌شود.

۱,۳,۲. تعیین نقطه شکست با روش شیب منحنی

بر اساس این روش نقطه بحرانی نقطه‌ای است که به ازای آن شیب منحنی در رابطه زیر بگنجد (Liu et al., ۲۰۰۶):



شکل ۲) نمایش رابطه میان دبی و محیط خیس شده، نقطه بحرانی و دبی زیست‌محیطی معادل آن (Shokouhi and Hang, ۲۰۱۲).

خیس شده حداکثر خواهد بود که همان نقطه بحرانی است (Gippel and Stewardson, ۱۹۹۸; Liu et al., ۲۰۰۶).

$$k_c = \frac{\frac{d^2 p}{dq^2}}{\left[1 + \left(\frac{dp}{dq}\right)^2\right]^{3/2}} \quad (5)$$

برای نمودار توانی از رابطه ۶ و برای نمودار لگاریتمی از رابطه ۷ استفاده می‌شود.

۲,۳,۲. تعیین نقطه شکست با روش انحنا

انحنا در منحنی حاصل از رابطه بین دبی و محیط خیس شده به صورت رابطه ۵ بیان می‌شود. در روش انحنا، با توجه به تعریف بنیادی انحنا مبنی بر یافتن نقطه‌ای بر روی منحنی که در آنجا روند تغییر شیب عوض می‌شود، تابع انحنا در هر نقطه از منحنی اولاً تابع زاویه‌ای است که خط مماس بر منحنی در آن نقطه با افق می‌سازد و ثانیاً تابع طول منحنی تا آن نقطه است. مقدار این تابع که در رابطه ۵ مشاهده می‌شود به ازای یک نقطه در منحنی دبی-محیط

بودن ارزش صید ورزشی، اقتصادی، اکولوژیکی و حفاظت ملی انتخاب شد. گیاه آبی کابومبا سبز نیز به صورت غالب در حاشیه و وسط رودخانه تا عمق ۱/۱ متر وسط رودخانه دیده شد.

### ۳. نتایج

روش تنانت میزان ۱۰٪ متوسط جریان ۶ ماه کم آب سال و ۳۰٪ متوسط جریان ۶ ماه پرآب سال را به عنوان نیاز جریان زیست محیطی بیان می کند. نتایج این روش در رودخانه دو آب صمصامی به ترتیب ۰/۲۵ و ۳/۸۷ متر مکعب بر ثانیه به دست آمده است. نیمرخ چهارده مقطع برداشت شده از رودخانه دو آب صمصامی و نمودار رابطه دبی- محیط خیس شده مربوط به هر مقطع در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. طبق جدول ۲ دبی بحرانی، عمق بحرانی، ضریب  $R^2$  و رابطه منحنی برازش برای هر مقطع آورده شده است. مقاطع بر اساس عمق بحرانی به دست آمده به سه دسته تقسیم شدند که در جدول ۳ آمده است. نتایج روش انحنای برای ۱۴ مقطع عرضی رودخانه در جدول شماره ۴ آورده شده است کمترین دبی به دست آمده از این روش ۰/۳ و بیشترین دبی ۲/۱ مترمکعب بر ثانیه می باشد. در این روش با متوسط گیری از مقاطع مقدار ۰/۹۴ مکعب بر ثانیه را به عنوان جریان زیست محیطی پیشنهاد می کند. شکل ۵ نمودار دبی های برآورد شده توسط روش شیب منحنی و حداکثر انحنای را نشان می دهد. همان طور که در شکل پیداست روش شیب منحنی نسبت به روش انحنای مقدار بیشتری را نشان می دهد. در مقاطع مختلف در روش شیب و انحنای به علت تغییر کردن بازه عرضی رودخانه مقادیر مختلفی از

$$|k_c| = \frac{|b(b-1)q^{b-2}|}{[1+(bq^{b-1})^2]^{3/2}} \quad (6)$$

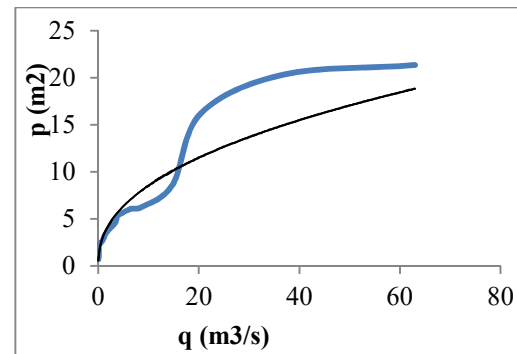
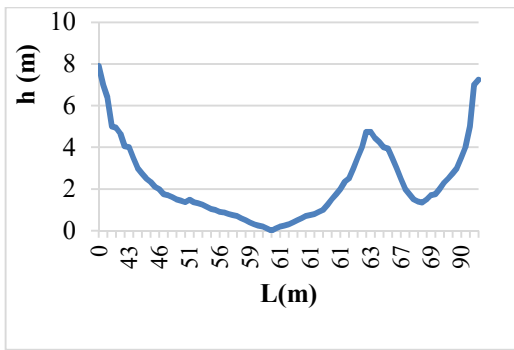
$$|k_c| = \frac{\left|\frac{-a}{q^2}\right|}{\left[1+\left(\frac{a}{q}\right)^2\right]^{3/2}} \quad (7)$$

در روابط ۶ و ۷ با در نظر گرفتن مقداری برای  $q$  و محاسبه  $k_c$  و سپس ضرب  $q$  معادل  $k_c$  حداکثر ( $k_{max}$ ) در  $Q_{max}$  حداقل جریان زیست محیطی برای مقطع مورد نظر حاصل می شود. به طور خلاصه، در روش شیب، نقطه بحرانی جایی تعریف شده است که شیب منحنی برابر با یک است. در روش انحنای این نقطه جایی تعریف شده که انحنای در منحنی حداکثر است (Shaeri and Yasi, 2009, Ahmadpour and Yasi, 2014).

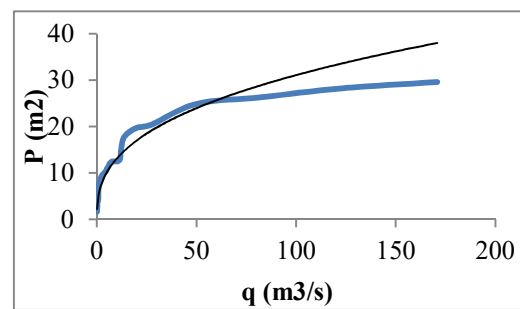
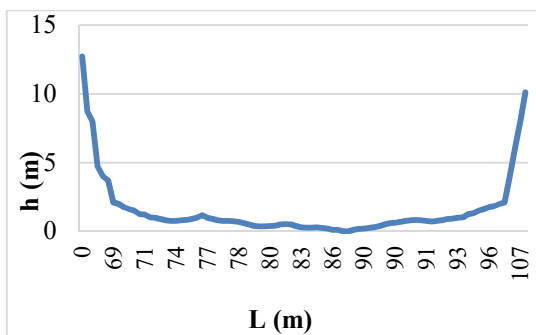
به منظور برآورد حداقل جریان زیست محیطی لازم است گونه های گیاهی و جانوری موجود در رودخانه، شناسایی شوند. به این دلیل که طول دوره زندگی ماهیان بالا است و در بالای هرم اکولوژیکی قرار دارند. پس با وجود ماهی ها، می توان گفت که یک رودخانه دارای سلامت است (Waddle, 2012). در این تحقیق با چند بار نمونه گیری از رودخانه، ماهی و گیاه غالب رودخانه انتخاب شد. حدود ۷۰ درصد از این گونه های شناسایی شده در رودخانه های حوضه کارون شمالی متعلق به خانواده کپور ماهیان است (Anonymous, 2017). بر اساس نمونه برداری ها از این رودخانه در فصل پاییز (آبان ماه) گونه ی سیاه ماهی (Capoeta damaeina) با توجه به غالب بودن و همچنین دارا

منحنی بیشترین میزان دبی (۶۹ درصد متوسط سالانه) را برای نیاز زیست‌محیطی و روش تنانت کمترین مقدار (۱۰ درصد متوسط جریان سالانه) را برای نیمه کم‌آب سال پیشنهاد می‌دهد.

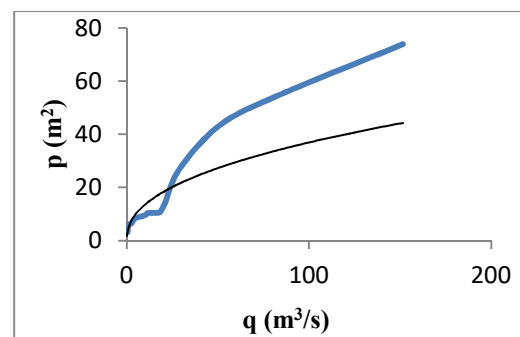
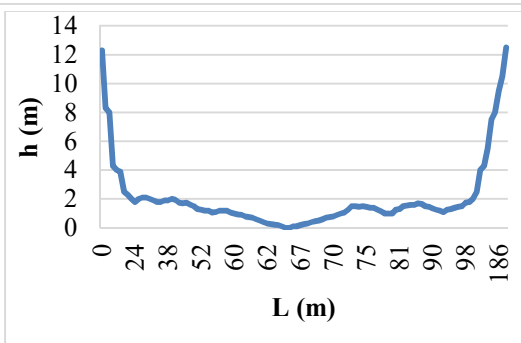
دبی را ارائه می‌دهد و در هر مقطع، دبی بستگی به هندسه بازه رودخانه (کم عرض و عمیق بودن تا عریض و کم عمق بودن مقاطع عرضی) دارد. جدول ۵ نتایج حاصل از روش‌های هیدرولیکی و روش هیدرولوژی تنانت را نشان می‌دهد. در مقام مقایسه، روش شیب



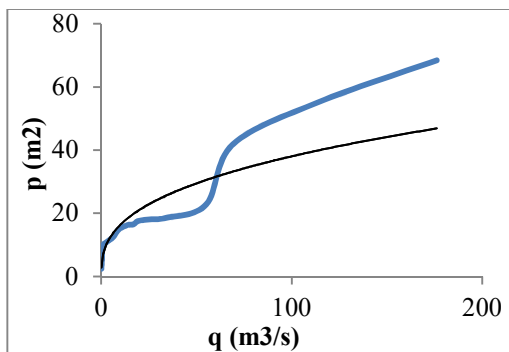
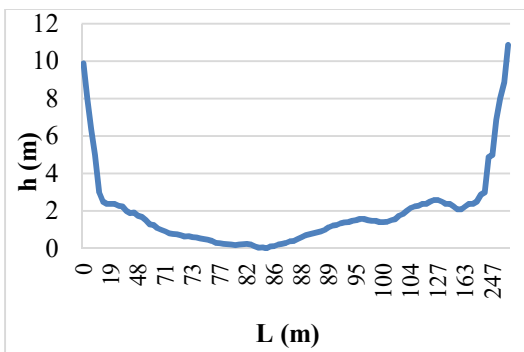
مقطع شماره ۱



مقطع شماره ۲

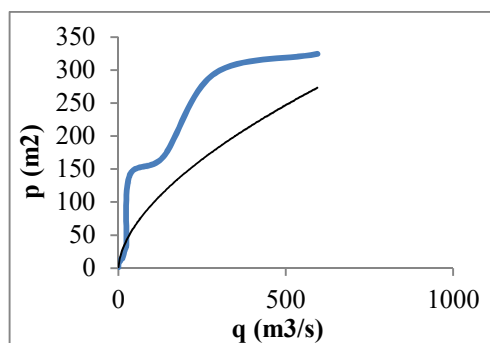
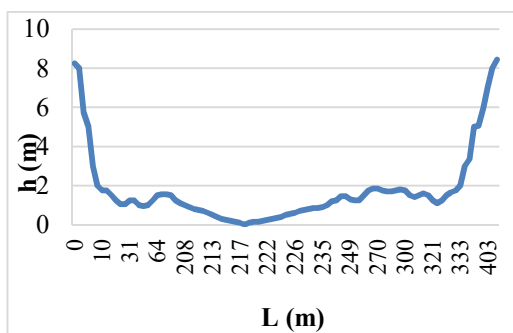


مقطع شماره ۳

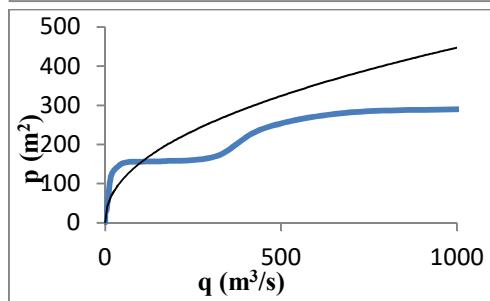
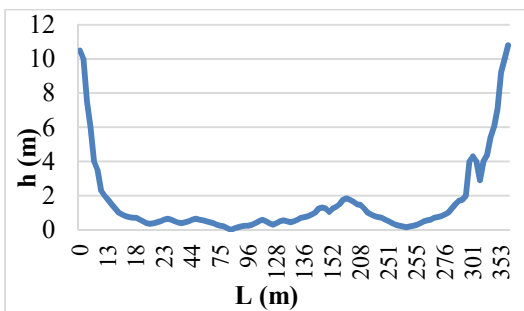


مقطع شماره ۴

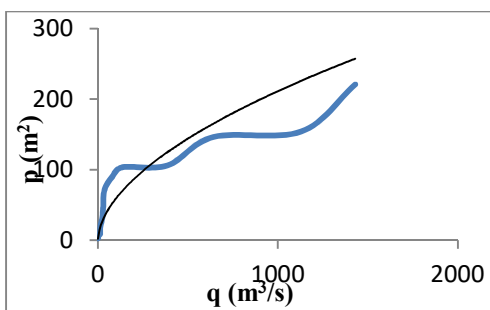
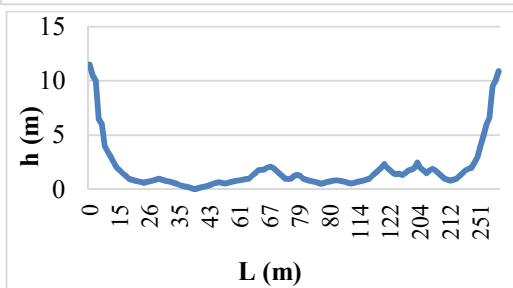
شکل ۴- شکل مقاطع برداشت شده و نمودار دبی-محیط خیس شده در روش شیب منحنی



مقطع شماره ۵

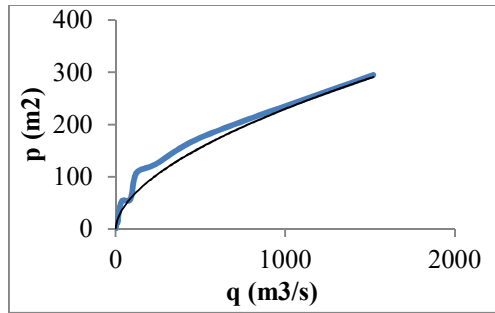
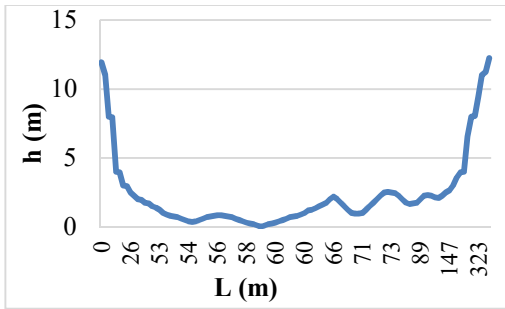


مقطع شماره ۶

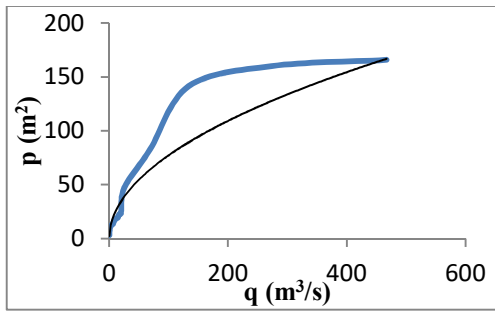
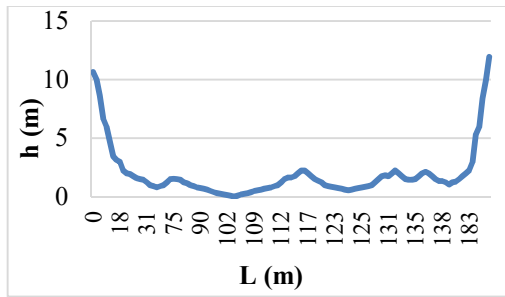


مقطع شماره ۷



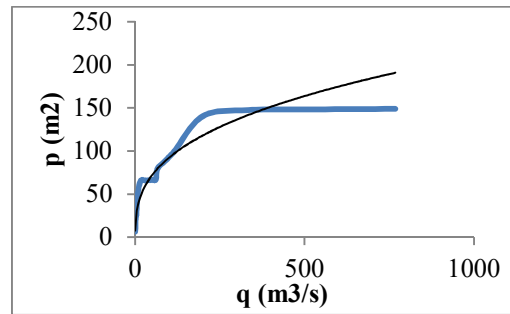
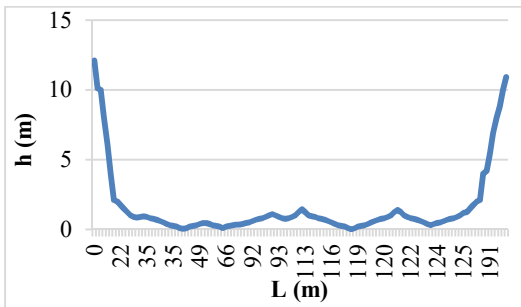


مقطع شماره ۸

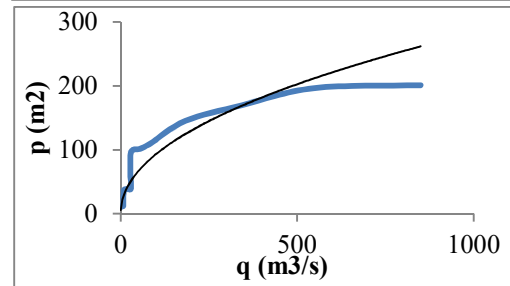
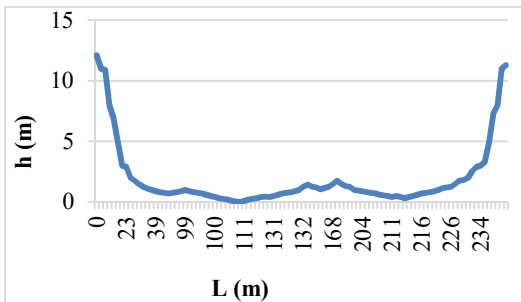


مقطع شماره ۹

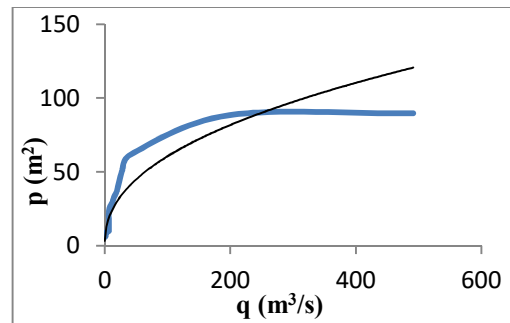
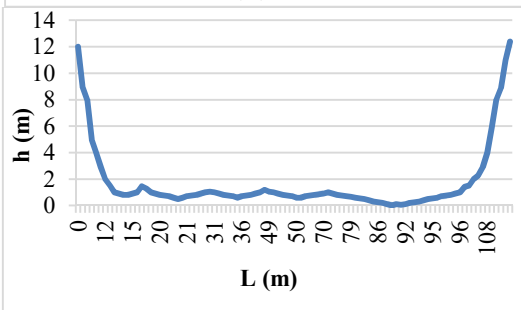
ادامه شکل ۴ - شکل مقاطع برداشت شده و نمودار دبی-محیط خیس شده در روش شیب منحنی



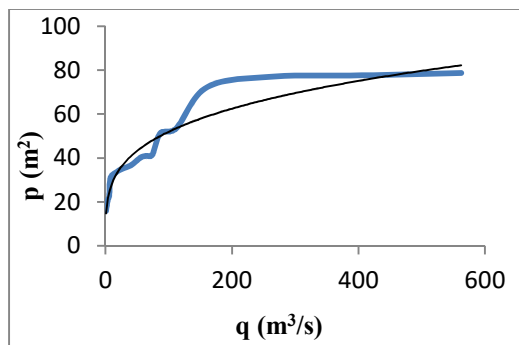
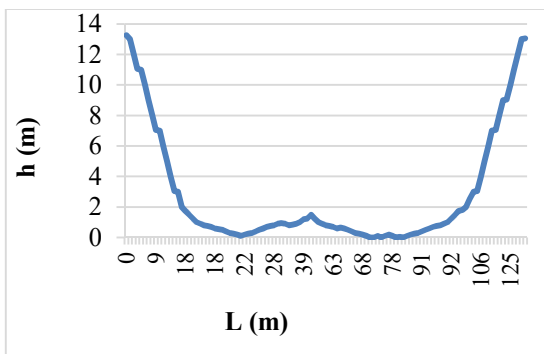
مقطع شماره ۱۰



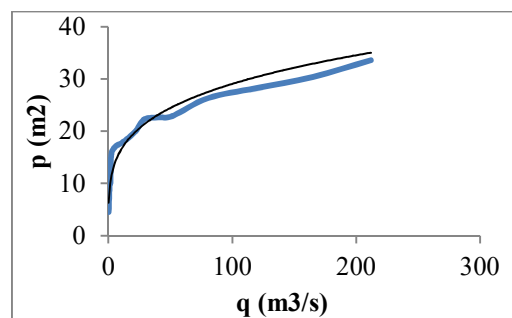
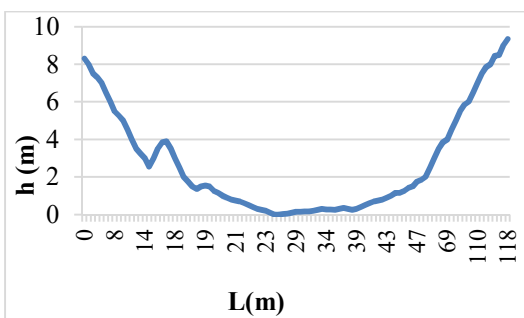
مقطع شماره ۱۱



مقطع شماره ۱۲



مقطع شماره ۱۳



مقطع شماره ۱۴

ادامه شکل ۴- نمودار و شکل مقاطع برداشت شده به روش شیب منحنی

جدول ۲- دبی و عمق بحرانی به دست آمده از روش هیدرولیکی شیب منحنی

مقطع شماره	دبی بحرانی (مترمکعب بر ثانیه)	عمق بحرانی (متر)	$R^2$	رابطه
۱	۱/۹۹	۰/۵۳	۰/۹۵	$p = ۲.۱۷q^{۰.۴۳}$
۲	۲/۸۸	۰/۴۶	۰/۹۵	$p = ۵.۵۱q^{۰.۳۷}$
۳	۶/۶۷	۰/۵۱	۰/۸۴	$p = ۴.۹۲q^{۰.۴۳}$
۴	۷/۰۹	۰/۵۷	۰/۹۱	$p = ۶.۹۸q^{۰.۳۶}$
۵	۹/۳۵	۰/۶۵	۰/۹۰	$p = ۶.۵۵q^{۰.۵۸}$
۶	۴/۲۷	۰/۳	۰/۸۹	$p = ۱۷.۹۴q^{۰.۴۶}$
۷	۳/۶۲	۰/۳۷	۰/۹۲	$p = ۴.۶۵q^{۰.۵۵}$
۸	۴/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۷	$p = ۴.۶۹q^{۰.۵۶}$
۹	۷/۶	۰/۵۶	۰/۹۴	$p = ۷.۷۱q^{۰.۵}$
۱۰	۳/۱۸	۰/۲۵	۰/۹۶	$p = ۱۷.۸۸q^{۰.۳۵}$
۱۱	۷/۳۸	۰/۳۸	۰/۸۷	$p = ۱۰q^{۰.۴۸}$
۱۲	۴/۴۵	۰/۴۸	۰/۸۶	$p = ۸.۲q^{۰.۴۳}$
۱۳	۴/۴۳	۰/۲۵	۰/۹۵	$p = ۱۵.۲۸q^{۰.۲۶}$

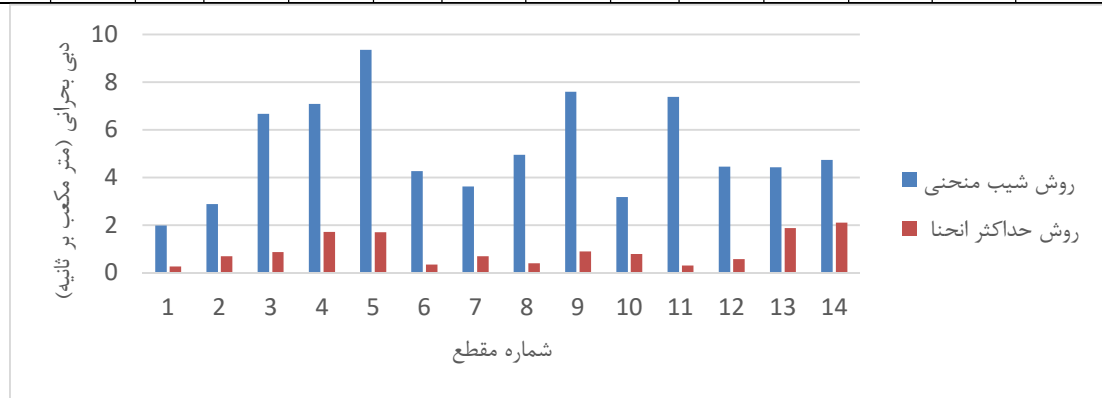
$p = 9.2q^{0.249}$	۰/۹۳	۰/۳۳	۴/۷۳	۱۴
--	--	۰/۴۷	۵/۱۸	میانگین

جدول ۳- دسته‌بندی مقاطع بر اساس عمق بحرانی

عمق بحرانی (متر)	متوسط عمق بحرانی هر دسته (متر)	متوسط دبی بحرانی هر دسته (مترمکعب بر ثانیه)
از ۰/۲۵ تا ۰/۴ (۶ مقطع)	۰/۳	۴/۶
از ۰/۴ تا ۰/۶ (۶ مقطع)	۰/۵۱	۵/۱
از ۰/۶ تا ۱ (۲ مقطع)	۰/۸	۷/۱

جدول ۴- دبی بحرانی به دست آمده از روش هیدرولیکی انحنا (مترمکعب بر ثانیه)

مقاطع	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	متوسط
دبی	۰/۲۶	۰/۶۹	۰/۸۷	۱/۷۲	۱/۷	۰/۳۵	۰/۶۹	۰/۴	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۳	۰/۵۸	۱/۸۷	۲/۱	۰/۹۴



شکل ۵- مقایسه نتایج روش شیب منحنی و حداکثر انحنا

جدول ۵- نتایج محاسبه دبی

روش	درصد از متوسط سالانه (%)	دبی محاسبه شده (مترمکعب بر ثانیه)
هیدرولوژیکی - تنانت	۵۰	۳/۸۲
هیدرولوژیکی - محیط	۶۹	۵/۱۸
روش شیب منحنی	۳	۰/۲۵

۰/۹۴	۱۲	روش انحنا	خیس شده
------	----	-----------	---------

## ۴. بحث و نتیجه گیری

متوسطهای جریان ماهانه رودخانه منطقی تر است. پژوهش‌های Poursalehan و همکارانش (۲۰۱۶) و Dehghanzadeh و همکارانش (۲۰۱۷)، برعکس پژوهش‌های مطرح شده و تحقیق حاضر روش شیب منحنی را به روش انحنا ترجیح دادند. مشکلی که روش انحنا دارد این است که در ماه‌های سال انعطاف‌پذیری لازم را ندارد و برای تمام سال یک دبی ثابت را در نظر می‌گیرد. پژوهش‌های Ahmadpour و Yasi (۲۰۱۳)، Abdi و همکارانش (۲۰۱۶)، Yasi (۲۰۱۴) نیز این نکته را تأیید می‌کند. Poursalehan و همکارانش (۲۰۱۴ و ۲۰۱۵) و Dehghanzadeh و همکارانش (۲۰۱۷)، نتایج حاصل از روش شیب را در محدوده قابل قبول روش کار تنانت می‌دانند در حالی که در تحقیق حاضر روش شیب منحنی اختلاف زیادی با نتایج روش تنانت دارد و ۶۹٪ از متوسط جریان سالانه را به عنوان نیاز زیست محیطی معرفی می‌کند. با در نظر گرفتن نیاز آبی گونه‌های زیستی سیاه ماهی و گیاه کابومبا روش انحنا با دبی (۰/۹۴ مترمکعب بر ثانیه) برای ماه‌های تیر تا دی و روش تنانت با دبی ۳/۸۲ (مترمکعب بر ثانیه) برای ماه‌های بهمن تا خرداد پذیرفته شد. پیشنهاد می‌شود برای به دست آوردن نتایج بهتر و محاسبه حداقل نیاز آبی گونه‌های شاخص، روش‌های پیچیده‌تر با در نظر گرفتن شرایط زیستگاهی مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به رقابت بر سر منابع آب سطحی محاسبه حداقل جریان زیست‌محیطی در رودخانه ضرورتی غیر قابل انکار محسوب می‌شود. روش‌های متفاوتی برای برآورد حداقل جریان زیست‌محیطی وجود دارند. در این تحقیق یک روش هیدرولیکی و یک روش هیدرولوژیکی مقایسه شده اند. نتایج روش هیدرولوژیکی تنانت برای نیمه کم آب سال جوابگوی نیاز اکوسیستمی رودخانه نیست و برای نیمه پرآب سال در ماه دی بیشتر از متوسط ماهانه است. روش هیدرولیکی انحنا نسبت به روش شیب منحنی مقادیر کمتری برآورد می‌کند. در پژوهش Shokouhi و Hang (۲۰۱۲)، و Liu و همکارانش (۲۰۰۶) روش شیب را غیر قابل قبول می‌دانند چون مقادیر به دست آمده از این روش از دبی درازمدت رودخانه بیشتر است. همچنین بیان می‌دارد که این روش در مناطق نیمه‌خشک تا شبه مدیترانه‌ای پاسخ خوبی نمی‌دهد. در پژوهش Poursalehan و همکارانش (۲۰۱۵)، آمده که روش شیب منحنی در مقاطع مثلثی دبی پیشنهادی را بیش از حد برآورد کرده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد. در پژوهش‌های Ahmadpour و Yasi (۲۰۱۳)، Abdi و همکارانش (۲۰۱۶)، Shokouhi و Hang (۲۰۱۳) و Yasi (۲۰۱۴)، نتایج روش حداکثر انحنا را بهتر از روش شیب می‌دانند. نتایج روش انحنا نسبت به

## References:

Abdi, R., Yasi, M., Sokooti, R., Mohammadi, E., ۲۰۱۵. Environmental flow assessment for Zarineh

roud River, using hydrological methods. Watershed engineering and management, ۶(۳): ۲۱۱-۲۲۳. (in Persian).

Abdi, R., Yasi, M., Sedghi, H., ۲۰۱۶. Using Ecologic-Hydraulic-Hydrologic Methods for Evaluating Environmental Flows in Rivers. *Water and Wastewater*, ۲۶(۲): ۷۱-۸۱. (in Persian).

Ahmadpour, Z., Yasi, M., ۲۰۱۳. comparing hydraulics and eco-hydraulics methods for environmental flow assessment in rivers. ۱۲<sup>th</sup> Iranian hydraulics conference, Iranian hydraulics association, Tehran University. (in Persian).

Ahmadipour, Z., Yasi, M., ۲۰۱۴. Evaluation of Eco-hydrology-hydraulics Methods for Environmental Flows in Rivers (Case Study: Nazloo River, Urmia Lake Basin). *Journal of Hydraulics*, ۹(۲): ۶۹-۸۲. (in Persian).

Anonymous., ۲۰۱۶. Research plan of the Environmental Department of Chaharmahal & Bakhtiari Province, Fisheries Division

Brown, C., King, J., ۲۰۰۳. Environmental flows concept and methods. *Water resource and environment technical note C-۱*, World Bank, ۲۸P.

Dehghanzadeh, M., Mosaedi, A., Farashi, A., ۲۰۱۷. Environmental flow assessment using wetted perimeter method. second conference on science, engineering and environmental technology, University of Tehran, Faculty of Environment, University of Tehran. (in Persian).

Gippel, C.J., Stewardson, M.J., ۱۹۹۸. Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows. *Regulated Rivers: Research and Management*, ۱۴, ۵۳-۶۷.

Guidelines for determining the water requirements of wetlands / Protection plan for wetlands in Iran. ۲۰۱۲. Talae Pub. ۱۸۸pp. (in Persian).

Jowett, I.G., ۱۹۹۷. Instream flow methods: A comparison of approaches. *Regulated Rivers: Research & Management*, ۱۳, ۱۱۵-۱۲۷

Karimi, S., Salarijazi, M., Ghorbani, Kh., ۲۰۱۸. River Environmental Flow Assessment Using Tennant, Tesson, FDC Shifting and DRM Hydrological Methods, *Ecohydrology*, ۴(۱): ۱۷۷-۱۸۹. (in Persian).

Liu, S., Mo, X., Xia, J., Liu, C., Lin, Z., Men, B., Ji, L., ۲۰۰۶. Uncertainty analysis in estimating the minimum ecological in-stream flow requirements via wetted perimeter method: curvature technique or slope technique. *Acta Geographica Sinica*. ۶۱(۳): ۲۷۳-۲۸۱.

Marofi, S., et al., ۲۰۱۰. Investigating the influence of wind on spatial distribution of snow accumulation in one of Karoon sub-basins (case study-Samsami basin). *Irrigation and Water Engineering*. ۱(۱): ۳۱-۴۴. (in Persian).

Oryan, S., sadeghiyan, M.S., makhdoum, M., zarankabi, M., ۲۰۱۴. Comparison of Environmental Flow Requirement Assessment Methodologies for Rivers and Proposing the Appropriate Approach for Iran by Using TOPSIS Technique. *Environmental researches*. ۴(۸):۳-۱۴. (in Persian).

Poursalehan, S.J., Sedghi Asl, M., Parvizi, M., ۲۰۱۳. Using the Hydrological Method to Estimate Minimum Environmental Flow in Maroon River. ۷th National Congress on Civil Engineering. (in Persian).

Poursalehan, S.J. Sedghi Asl, M., Parvizi, M. ۲۰۱۵. Application of wetted perimeter method for predicting Minimum Environmental Flow of Beshar River. *Irrigation Sciences And Engineering (Jise) (Scientific Journal Of Agriculture)*, ۳۷(۱):۱۰۷-۱۱۸. (in Persian).

Poursalehan, S.J., Sedghi Asl, M., Parvizi, M., ۲۰۱۶. Comparison of the slope and curvature techniques for estimation of the minimum environmental flow of river using hydraulically method. *Iran Water Research Journal*, ۹(۲): ۶۹-۷۹. (in Persian).

- Pyrce, R., ۲۰۰۴. Hydrological Low Flow Indices and their Uses. Watershed Science Centre. WSC Report No. ۰۴, Trent University, Peterborough, Ontario, ۳۳P.
- Shaeri Karimi, S., Yasi. M., ۲۰۰۹. Environmental Flow Assessment of Shahre Chay River, Eighth Iranian Hydraulic Conference, Tehran University. (in Persian).
- Shokoohi, A., ۲۰۱۵. Sensitivity analysis of Hydraulic models regarding hydro morphologic data derivation methods to determine environmental water requirement. J Water Waste Water ۲۶(۳):۱۰۴-۱۱۵. (in Persian).
- Shokouhi, A., Hang. Y., ۲۰۱۲. Use of Morphological Characteristics in Permanent Rivers to Determine Minimum Requirements for Ecological Aquatic Environment. Journal of Environmental Studies, thirty-seventh year, ۳۷(۵۸): ۱۱۷-۱۲۸. (in Persian).
- Tennant, D.L., ۱۹۷۶. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Fisheries, ۱(۴): ۶-۱۰.
- Tharme, R.E., ۲۰۰۳. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications ۱۹, ۳۹۷-۴۴۱.
- Tharme, R.E., King, J.M., ۱۹۹۸. Development of the building block methodology for instream flow assessments, and supporting research on the effects of different magnitude flows on riverine ecosystems", Report to Water Research Commission, ۵۷۶/۱۹۸, Cape Town, South Africa, pp. ۴۵۲.
- The President's Strategic Planning and Control Department, Guide for Water Requirement Determination of Aquatic Ecosystems, Journal No. ۵۵۷, ۱۲۷. (in Persian).
- Tsai, WP., Chang, FJ., Herricks, E.E., ۲۰۱۶. Exploring the ecological response of fish to flow regime by soft computing techniques. J Ecol Eng, ۱۷: ۹-۱۹.
- Waddle, T.J., ۲۰۱۲. PHABSIM for Windows user's manual and exercises: U.S. Geological Survey Open-File Report ۲۰۰۱-۳۴۰. ۲۸۸P.
- Yassi, M., ۲۰۱۴. Urmia Lake Recovery Plan with Environmental Management of Rivers Within the Basin. Second National Conference on Water Crisis, Shahrekord University. (in Persian).