

## بررسی روش‌های مختلف تخمین نیاز آب زیست‌محیطی (مطالعه موردی: رودخانه الوندچای)

المیرا پیروزیان<sup>۱</sup>  
مهدی سرائی تبریزی<sup>۲\*</sup>  
[m.sarai@srbiau.ac.ir](mailto:m.sarai@srbiau.ac.ir)  
حسین صدقی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۲

### چکیده

زمینه و هدف: طرح‌های توسعه منابع آب دارای اثرات زیست‌محیطی متعددی می‌باشد که تغییر رژیم طبیعی رودخانه و کاهش جریان سطحی پایین دست از مهم‌ترین آن است. برآورد جریان زیست‌محیطی مورد نیاز برای سلامت رودخانه‌ها و اکوسیستم‌های آبی پایین دست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. راهکار پایدار، تجدیدنظر در تخصیص آب برای مصارف مختلف و افزایش سهم جریان زیست‌محیطی از ۱۰٪ کنونی به ۲۰ تا ۴۰٪ آورد سالانه رودخانه‌ها است. هدف این پژوهش، ارزیابی توزیع ماهیانه جریان زیست‌محیطی یک رودخانه شاخص با جریان دائمی (رودخانه الوندچای) از روش‌های موجود هیدرواکولوژیکی بوده است.

روش بررسی: در این مقاله، از هفت روش هیدرواکولوژیکی: ۱- Tennant؛ ۲- Tessman؛ ۳- شاخص‌های تداوم جریان FDC ۴- Smakhtin؛ ۵- FDC shifting؛ ۶- DRM و ۷- روش کیفیت آب موسوم به رابطه (Q) استفاده شده است. نتایج برآورد جریان زیست‌محیطی رودخانه الوندچای در سال ۹۷ از روش‌های مختلف محاسبه گردید.

یافته‌ها: بر اساس این مقاله، حقابه زیست‌محیطی رودخانه الوندچای در روش FDC shifting و با پذیرش شرایط رودخانه در حداقل وضعیت اکولوژیکی قابل قبول (کلاس مدیریت زیست‌محیطی C)، در ایستگاه هیدرومتری بدان، شدت جریان متوسط سالانه معادل ۱/۵۶ مترمکعب بر ثانیه برآورد گردید که از نظر مقدار دبی حقابه زیست‌محیطی از تمام روش‌های هفت گانه محاسبه شده بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده و روش Tennant هم در ایستگاه نامبرده ۰/۳۹ محاسبه گردید. بقیه روش‌ها بین دو روش یادشده قرار گرفته است.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج مقاله حاضر دقت روش FDC shifting را با کلاس زیست‌محیطی C که در ایستگاه مورد مطالعه برابر با ۱/۵۶ مترمکعب بر ثانیه است، به‌عنوان کلاس مدیریت زیستی برای رودخانه الوندچای نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که روش‌های سریع محاسبه جریان زیست‌محیطی بکار رفته در ایران، عمدتاً بدون در نظر گرفتن شرایط زیست‌محیطی ایران بکار برده می‌شود. این امر دقت نتایج حاصل را بشدت کاهش داده و گاه حتی نتایج معکوسی را حاصل می‌کند.

واژه‌های کلیدی: نیاز زیست‌محیطی، روش‌های اکوهیدرولوژیکی، رودخانه، الوندچای.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران\* (مسوول مکاتبات)

۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

## **Investigating Different Methods for Estimating the Need for Environmental Water (Case Study: Alandchay River)**

**Elmira pirouzian<sup>1</sup>**

**Mahdi Sarai Tabrizi<sup>2\*</sup>**

[m.sarai@srbiau.ac.ir](mailto:m.sarai@srbiau.ac.ir)

**Hossein Sedghi<sup>3</sup>**

Admission Date: September 12, 2018

Date Received: March 13, 2018

### **Abstract**

**Background and Objective:** Water resource development plans have several environmental impacts, the most important of which are natural river flow change and downstream surface reduction of flow. Estimation of the environmental flow required for the health of rivers and downstream ecosystems are of particular important. A sustainable strategy is a revision of the allocation of water for various uses and an increase in the share of the environmental flow from the current 10% to (20-40%) annual yields of rivers. The main objective of this study was to evaluate the monthly distribution of the environmental flow of an indicating river with a permanent flow (Alandachay river) using existing hydro-ecological methods.

**Method:** In this paper, seven hydro-ecological methods were used: (1- Tennant; 2- Tessman; FDC 4- Smakhtin 5- FDC shifting 6-DRM; 7- Water-quality method called Q-relation). The results of environmental estimation of Alandachay River were calculated using different methods.

**Findings:** According to this paper, the environmental law of the Alandachay river in the FDC shifting method and with acceptance of the river conditions at the minimum ecological status acceptable (environmental management class C), at hydrometry station, average annual flow rate was estimated to be 1.56 cubic meters per second, which considering the amount of environmental water, the highest calculated amount of all seven methods and was calculated 0.39 by using Tennant method. The other remaining methods were between these methods.

**Discussion and Conclusion:** The results of this paper show the accuracy of the FDC shifting method with the environmental class C at the studied station at 1.56 cubic meters per second as the bio-management class. These results show that quick methods of calculating the environmental flow used in Iran are mainly applied without considering the environmental conditions. This greatly reduces the accuracy of the results and even yields the opposite results.

**Key words:** Environmental Flow, Eco-hydrological Methods, River, Alandchay.

---

1- M.Sc. of Water Structures, Department of Water Engineering and Sciences, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.\* (Corresponding Author)

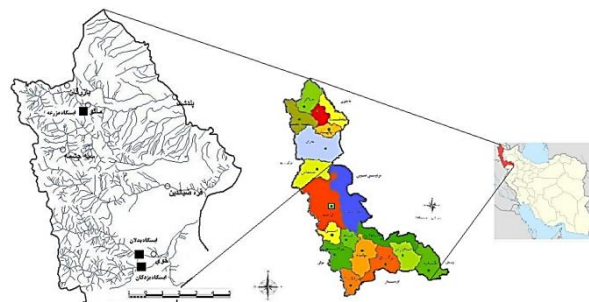
3- Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

## مقدمه

مباحث مربوط به آب که حیاتی‌ترین ماده بقای حیات انسان است، اهمیت آن را تا بدان جا رسانده است که از آن برای تعیین خط فقر در جهان بهره گرفته می‌شود و سیاستمداران آب را با امنیت ملی کشورها پیوند زده‌اند. با عنایت به جهانی بودن بحران آب، لزوم برنامه‌ریزی در حفظ و بقای آب کشور و استفاده بهینه از این منابع از مهم‌ترین برنامه‌های توسعه هر کشور می‌باشد و پر واضح است که بدون داشتن اطلاعات صحیح از منابع آب، برنامه‌ریزی در مورد آن مفهومی ندارد (۱). استفاده از منابع آب به نحوی که توانایی جامعه بشری در راستای تداوم حیات و پیشرفت در آینده‌های نامحدود را تأمین کند و تداخلی با ساختار سیکل هیدرولوژی و اکوسیستم‌های مرتبط با آن ایجاد نکند، تعیین‌کننده مصرف آب به صورت پایدار است که در این میان حفاظت از محیط‌زیست به عنوان یک ستون کلیدی توسعه پایدار مطرح است (۲). براساس برآورد کمیته جهانی سدها، احداث سدها، انتقال آب بین حوضه‌ای و استحصال آب کشاورزی ۶۰٪ رودخانه‌های جهان را در معرض تهدید قرار داده است. این مداخلات منجر به بروز اثرات چشمگیری از جمله کاهش کل جریان رودخانه و تحت تأثیر قرار دادن تغییرات فصلی جریان و نیز اندازه و تناوب سیلاب‌ها می‌شود. واضح است که تغییرات انجام یافته در جریان رودخانه، لازم است با حفاظت از خدمات اکولوژیکی ضروری وابسته به آب متوازن شود. جریان‌های مورد نیاز برای حفاظت از این خدمات "جریان زیست‌محیطی" نامیده شده و فرآیند تعیین این جریانات "ارزیابی جریان زیست‌محیطی" نامیده می‌شود. تعیین و تخصیص جریان زیست‌محیطی مؤثرترین نگرش برای جلوگیری از اثرات تنظیم جریان رودخانه‌ها است (۳). مطالعات متعددی در جهت تعیین جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌ها انجام یافته است و در حال حاضر روش‌های مختلفی (حدوداً ۲۰۷ روش) به منظور برآورد جریان زیست‌محیطی در سراسر جهان وجود دارد که این روش‌ها را به طور عمده می‌توان به ۴ گروه: روش هیدرولوژیکی، روش درجه‌بندی هیدرولیکی، روش شبیه‌سازی زیستگاه و روش

جامع تقسیم کرد (۴). برای ارزیابی زیست‌محیطی رودخانه نازلوچای از پنج روش هیدرولوژیکی (درصدی از منحنی تداوم جریان، Tenant، RVA، FDC-shifting و DRM) استفاده گردید و نتایج این بررسی نشان داد که برای حفاظت رودخانه نازلودر حداقل شرایط زیست محیطی قابل قبول، جریان پیوسته از حداقل ۰/۸ مترمکعب بر ثانیه (در دوماه مرداد و شهریور) (تحداکثر ۸ مترمکعب بر ثانیه (در ماه اردیبهشت)) در طول رودخانه و تا ورود به دریاچه ارومیه باید تأمین گردد (۵). برای تعیین شدت جریان زیست‌محیطی رودخانه باراندوزچای از هشت روش هیدرولوژیکی Tennant، Tessman، Duration، Smakhtin، Indices Flow، شاخص‌های منفرد جریان کم آبی، انتقال منحنی تداوم جریان FDC shifting، مدل ذخیره رومیزی DRM و RVA استفاده شد و نتایج نشان داد حداقل دبی از اسفند تا تیر ۲/۲۰ و مرداد تا بهمن ۰/۷۳ مترمکعب برای تأمین شرایط زیست محیطی می‌باشد (۶). طی انجام مطالعاتی بر رودخانه سیمینه رود برای محاسبه مقدار جریان زیست‌محیطی از روش‌های مختلفی استفاده شد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که روش تغییر منحنی تداوم جریان با توجه به تغییرپذیری طبیعی جریان و سعی به حفظ این تغییرپذیری در جریان زیست‌محیطی نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد (۷). تغییرات رژیم جریان در رودخانه Yangtze با استفاده از معیارهای سازگار با محیط‌زیست جریان مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی پارامترها با شاخص IHA به این نتیجه رسیدند که جریان سالانه در دوره ۲۰۰۸-۱۹۶۱ کاهش یافته که در فصل پاییز بسیار شدید بوده است. مقدار آب رها شده سد از سال ۲۰۰۳ به علت خشک‌سالی کاهش یافته که منجر به اثرات منفی زیست‌محیطی شده است (۸). با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه Segura در منطقه مدیترانه به دست آورده شد و حداقل نیاز زیست‌محیطی رودخانه برای حفظ زیستگاه طبیعی ساحلی مورد مطالعه قرار گرفت (۹).

از غرب به شرق امتداد دارد و از زیر با پیوستن به رود آند در ایواوغلی همراه آغ چای وارد ارس گشته و همراه دیگر رودها وارد دریاچه خزر می‌شوند. رودخانه آند از شاخه‌های مهم رودخانه قطور بوده که در شهر خوی جریان دارد. این رودخانه از کوه‌های مرزی ایران و ترکیه بنام کانی زیارت، نظر بیک و حاجی بیک سرچشمه می‌گیرد و این کوه‌ها در فاصله تقریبی ۵۷ کیلومتری خوی واقعند. حداکثر، حداقل دمای مطلق و میانگین دما در حوضه آندچای به ترتیب  $11/2$ ،  $11/20$  - و  $13/8$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به‌طور متوسط تعداد روزهای یخبندان در حوضه یادشده برابر ۱۱۱ روز می‌باشد. طول رودخانه آند تا این نقطه ۷۰ کیلومتر و حوضه آبریز ۷۱۲ کیلومتر مربع است و در مواقع پرآبی و سیلابی در پایین روستای بیزنده وارد رودخانه قطور می‌شود. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری آندچای و قطورچای در استان آذربایجان غربی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری آندچای و قطورچای در استان آذربایجان غربی

Figure 1. Location of Alandchay and Gothor Chay hydrometric stations in West Azarbaijan province

شمال تغییر جهت داده و در پست پایین واقع در باختر خنی وارد جلگه خوی می‌شود. ایستگاه بدلان بر روی رودخانه آندچای تا بالادست سد انحرافی آند دارای طول تقریبی ۲۵ متر و با عرض و عمق متوسط  $4/447$  می‌باشد. جدول ۱ و ۲ اطلاعات بیولوژیکی و مشخصات آماری رودخانه آند را نشان می‌دهد.

هدف اصلی در این پژوهش، معرفی و ارزیابی شاخص‌های اکولوژیکی- هیدرولوژیکی در تعیین جریان زیست‌محیطی رودخانه آندچای در حوضه آبریز ارس با استفاده از روش‌های مربوط است. با توجه به شرایط رودخانه ارس، سهم جریان زیست‌محیطی آن از رودخانه آندچای بر اساس پتانسیل جریان طبیعی رودخانه تعیین و پیشنهاد می‌گردد.

## روش بررسی

### معرفی رودخانه مورد مطالعه

حوضه آبریز آندچای واقع در شمال استان آذربایجان غربی، در شهرستان خوی و در محل ایستگاه آب بدلان که از ارتفاعات ۳۱۱۱ متری سرچشمه می‌گیرد. این حوضه جزء حوضه آبریز ارس می‌باشد. حوضه آبریز ارس به ۸ زیر حوضه تقسیم می‌شود که زیرحوضه دره رود و قطورچای بزرگ‌ترین آن‌ها هستند. رودخانه قطورچای از دریاچه کازالی ترکیه سرچشمه و بعد از عبور از نقطه صفر مرزی کاپی کوی وارد ایران می‌شود. این رود

شاخه‌های اولیه آندچای در روستای بدلان بنام رودخانه بدلان وارد آند می‌گردد. این شاخه (بدلان) از کوه اورین بزرگ که بلندترین قله حوضه آبریز رود آند می‌باشد و  $3622$  متر از سطح دریا ارتفاع دارد، سرچشمه می‌گیرد. کوه اورین در ۳۴ کیلومتری غرب خوی قرار دارد. آب حاصل از ذوب برف‌های این کوه وارد رودخانه بدلان شده و از طریق آن به رودخانه آند می‌ریزند. پس از الحاق شاخه بدلان، رودخانه قوسی به سوی

## جدول ۱ - اطلاعات بیولوژیکی رودخانه الندچای

Table 1. Biological Information for Alandchay River

گیاهان آبی رودخانه الند (محیط زیست، ۱۳۹۰)	ماهیان رودخانه الند (محیط زیست، ۱۳۹۰)
گزنه سفید ( <i>Juncus spp</i> )	ماهی خیاط ( <i>Aalburnoides lifuncalus</i> )
بوریه ( <i>Scripus mariutimus</i> )	سیاه ماهی ( <i>Varicorhunus capoeta</i> )
سیزاب آبی ( <i>Veronica aquatic</i> )	کپور ماهی ( <i>Cyprinus carpio</i> )
زرشک ( <i>Berberis inlegerriama</i> )	ماهی کولی ( <i>Acanthalburnus microlepis</i> )
دم اسب ( <i>Equisctum fluuitiale</i> )	ماهی ریز نقره ای ( <i>Leucaspius delineates</i> )
نی ( <i>Phraymotes australis</i> )	سس ماهی ( <i>Barbus spp</i> )
سیزاب جویباری ( <i>Veronica beccabungeu</i> )	ماهی گربه ای ( <i>Carassius caressius</i> )
گون ( <i>Astragalus dictiobus</i> )	سس ماهی سر
جگن ( <i>Carex spp</i> )	

## جدول ۲ - مشخصات آماری دبی سالیانه و ماهیانه ایستگاه هیدرومتری بدلان (۱۳۵۳-۱۳۹۴)

Table 2. Statistical characteristics of annual and monthly discharge of Badalan hydrometric station (1353-1394)

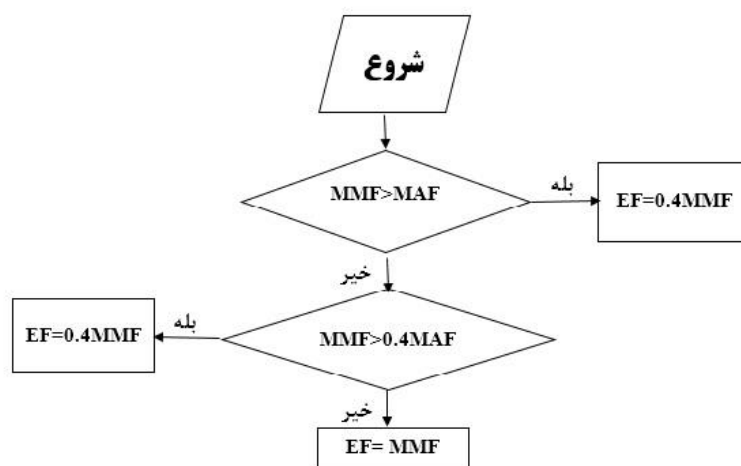
جریان	بده متوسط	حداکثر بده	حداقل بده
مهر	۱/۸۳	۵/۰۷۳	۰/۴۹
آبان	۲/۰۱	۷/۰۵۸	۰/۸۴
آذر	۱/۶۸	۵/۱۸۱	۰/۶۹۳
دی	۱/۴۶	۳/۸۱۱	۰/۵۴
بهمن	۱/۵۸	۵/۲۶۲	۰/۶۵
اسفند	۲/۱۵	۴/۱۶۴	۰/۹۲
فروردین	۶/۳۸	۲۲/۴۶	۲/۱۱
اردیبهشت	۱۲/۱۵	۳۴/۰۲	۲/۱۱
خرداد	۸/۷۹	۲۲/۵۹	۱/۰۵
تیر	۴/۳۴	۱۴/۷۷	۰/۶۱
مرداد	۲/۵۰	۸/۸۳	۰/۷۱
شهریور	۲/۳۶	۱۲/۸	۰/۳۲
سالانه	۳/۹۴	۱۲/۱۶	۰/۹۲

## روش‌های مورد استفاده در تعیین جریان زیست‌محیطی رودخانه الندچای

روش Tennant: Donald Tennant (۱۹۷۶) روشی برای تعیین جریان زیست‌محیطی مورد نیاز برای ماهی‌ها معروف به روش «مونتانا» یا «Tennant» معرفی کرد. در این روش درصدهای مختلفی از متوسط جریان سالیانه به‌عنوان جریان زیست‌محیطی پیشنهاد می‌شود (۱۰ و ۱۱). این درصدها در حالت قابل قبول ۱۰٪ MAR (متوسط آورد سالیانه) برای

نیمه پر آبی و ۳۰٪ MAR برای نیمه کم آبی در نظر گرفته می‌شود.

روش Tessman: Tessman (۱۹۸۰) با اقتباس از پیشنهاد های فصلی روش Tennant از ترکیبی از متوسط جریان ماهیانه (MMF) و متوسط جریان سالیانه (MAF) برای تعیین حداقل جریان ماهیانه مورد نیاز استفاده کرد که در شکل ۲ مراحل آن به‌صورت فلوجارتی ارائه شده‌است.



شکل ۲- فلوجارت تعیین جریان زیست‌محیطی به روش Tessman

Figure 2. Flowchart for determination of environmental flow by Tessman method

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (1)$$

که در آن پارامتر  $m$  مرتبه دبی در سری زمانی مرتب‌سازی شده به صورت نزولی و  $n$  کل تعداد فراوانی داده‌ها است. روش Smakhtin: Smakhtin و همکاران (۲۰۰۴) از این روش برای بررسی ۱۲۸ حوضه آبریز در نقاط مختلف جهان، به منظور ارزیابی وضعیت بهره‌برداری از رودخانه‌های جهان با لحاظ نمودن نیاز آب زیست‌محیطی استفاده کردند (۱۲). در روش Smakhtin، نیاز آب زیست‌محیطی (EWR) به صورت ترکیبی از حداقل جریان زیست‌محیطی (LFR) و نیاز حداکثر جریان زیست‌محیطی (HFR) در نظر گرفته می‌شود (۱۳). در این روش برای آن که شرایط رودخانه به صورت "نسبتاً خوب" باشد، باید LFR در آن رودخانه مساوی  $Q_{90}$  در نظر گرفته شود.  $Q_{90}$  جریانی است که نود درصد مواقع سال، بده جریان رودخانه از آن مقدار بیش‌تر است. Smakhtin و همکاران حوضه‌های آبریز را در ۴ کلاس طبقه‌بندی کرده و بر این اساس مقدار HFR را به صورت درصدی از میانگین آورد سالانه (MAR: Mean Annual Runoff) ارائه نموده‌اند (جدول ۳).

تحلیل منحنی تداوم جریان (FDC): یکی از خصوصیات مربوط به جریان آب که در ارزیابی نوسانات و تغییرپذیری آب رودخانه از نظر زیست‌محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد منحنی تداوم جریان (FDC: Flow Duration Curve) می‌باشد. این روش یکی از مفیدترین روش‌های نمایش محدوده کامل بده جریان‌های رودخانه از رخدادهای کم‌آبی تا سیلابی است که رابطه بین مقدار و فراوانی جریان را نشان می‌دهد. شاخص‌های جریان کم‌آبی مختلفی از منحنی‌های تداوم جریان مورد استفاده قرار می‌گیرند. جریان‌های بین محدوده ۷۰ تا ۹۹٪ زمان تجاوز ( $Q_{70}$  تا  $Q_{99}$ ) معمولاً به‌عنوان جریان‌های کم‌آبی استفاده می‌شوند. جریان‌های  $Q_{90}$  و  $Q_{95}$  شاخص‌هایی هستند که اکثراً به‌عنوان شاخص‌های جریان کم‌آبی به کار می‌روند. جریان  $Q_{50}$  نیز در ماه‌های تابستان، شاخص تداوم جریان دیگری است.

روش ترسیم منحنی تداوم جریان: با مرتب کردن داده‌های آماری جریان به صورت نزولی می‌توان منحنی تداوم جریان رسم کرد، به عبارت دیگر بزرگ‌ترین عدد دارای رتبه ۱ است. احتمال وقوع هر دبی نیز از رابطه ۱ به دست می‌آید:

## جدول ۳- تخمین حداکثر جریان زیست‌محیطی با روش اسمختین

Table 3. Estimation of maximum environmental flow using Smakhtin method

توضیحات	نیاز جریان حداکثر (HFR)	نیاز جریان حداقل (Q90)
در حوضه‌های با رژیم متغیر که جریان عمدتاً بر اثر سیلاب در فصل تر به وجود می‌آید.	MAR 20% = HFR	Q90 > MAR 10%
	MAR 15% = HFR	MAR 10% > Q90 > MAR 20%
	HFR = MAR 7%	MAR 20% > Q90 > MAR 30%
در حوضه‌های با رژیم ثابت، جایی که جریان در طول سال ثابت است.	HFR = 0	Q90 < MAR 30%

A: طبیعی، B: اندک تغییر یافته، C: نسبتاً تغییر یافته، D: تا حد زیادی تغییر یافته، E: به شدت تغییر یافته و F: به طرز بحرانی تغییر یافته می‌باشد.

**تولید منحنی‌های تداوم جریان زیست‌محیطی:** پس از رسم منحنی تداوم جریان طبیعی، در مرحله بعد از تغییرات (شیفت) عرضی به سمت چپ در طول محور احتمال استفاده می‌شود تا منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی برای هر کلاس مدیریتی محاسبه شود. یک شیفت در منحنی تداوم جریان طبیعی به این معنی است که جریانی که ۹۹/۹۹٪ مواقع رخ می‌داد.

**تولید سری زمانی جریان زیست‌محیطی ماهیانه:** با استفاده از یک میان‌یابی فضایی می‌توان منحنی‌های تداوم جریان زیست‌محیطی را به سری‌های زمانی جریان زیست‌محیطی ماهیانه تبدیل کرد. در این روش برای هر ماه، یک درصد بر روی منحنی تداوم جریان طبیعی تشخیص داده می‌شود و سپس در همان درصد، مقدار جریان ماهیانه از روی منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی قرائت می‌شود. با استفاده از سری‌های زمانی جریان ماهیانه طبیعی رودخانه، متوسط جریان سالیانه (MAR) محاسبه می‌شود، متوسط جریان زیست‌محیطی سالیانه (MAER: Mean Annual Environmental Runoff) نیز با استفاده از سری‌های زمانی جریان ماهیانه زیست‌محیطی تولید شده، محاسبه می‌شود (۱۴). سپس با تقسیم متوسط جریان زیست‌محیطی سالیانه بر متوسط جریان سالیانه (MAER/MAR) می‌تواند

روش تغییر منحنی تداوم جریان (FDC shifting): Smakhtin و Anputhas (۲۰۰۶) به منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی در سامانه رودخانه از این روش استفاده کردند. این روش که یک رژیم هیدرولوژیکی برای حفاظت رودخانه در وضعیت اکولوژی مطلوب ارائه می‌دهد اصطلاحاً "انتقال منحنی تداوم جریان (FDC-Shifting: Flow Duration Curve Shifting) نامیده می‌شود. برای محاسبه نیاز آب زیست‌محیطی از این روش از اولین نسخه نرم‌افزار GEFC (2007) استفاده می‌شود. روش FDC shifting به منظور حفظ الگوی کلی تغییرپذیری جریان از شیفت منحنی تداوم جریان طبیعی استفاده کرده و بر این اساس نیاز آب زیست‌محیطی را برای کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی A تا F پیشنهاد می‌کند. در این روش چهار مرحله اصلی وجود دارد: **شبیه‌سازی وضعیت‌های هیدرولوژیکی موجود:** در این روش، محور احتمالات منحنی تداوم جریان با نمایش ۱۷٪ احتمال وقوع (۰/۱، ۰/۱، ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵، ۹۹، ۹۹/۹ و ۹۹/۹۹) تهیه می‌گردد. این نقاط تضمین می‌کنند که تمام محدوده جریان‌ها به قدر کافی پوشش داده شده و همین‌طور ادامه کار را در مراحل بعدی آسان می‌سازند.

**تعریف کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی:** در این روش هدف تأمین جریان‌های زیست‌محیطی حفظ اکوسیستم در وضعیت‌های مورد نظر است که به‌عنوان "کلاس مدیریت زیست‌محیطی"، "رده مدیریت اکولوژیکی" یا "سطح حفاظت زیست‌محیطی" شناخته می‌شوند. کلاس‌های مدیریتی شامل:

درصدی از MAR را که باید برای هر کلاس مدیریتی به عنوان جریان زیست محیطی در نظر گرفته شود، محاسبه کرد.

**مدل ذخیره رومیزی (DRM):** این روش برای اولین بار توسط Hughes and Hannart (۲۰۰۳) برای ارزیابی‌های اولیه نیازهای جریان زیست محیطی رودخانه‌ها در آفریقای جنوبی توسعه داده شده است. مدل ذخیره رومیزی (DRM: Desktop Reserve Model) یکی از این روش‌ها است که قادر است نیاز جریان اکولوژیکی را در شرایطی که یک ارزیابی سریع مورد نیاز است و داده‌های موجود محدود می‌باشند محاسبه کند. در این روش چهار "کلاس مدیریت زیست محیطی" ممکن (A-D) تعریف می‌شود. کلاس A شامل رودخانه‌های طبیعی و تغییرنیافته است. کلاس B رودخانه‌های تغییر یافته ولی تا حد زیادی طبیعی، کلاس C رودخانه‌های نسبتاً تغییر یافته و کلاس D رودخانه‌های تا حد زیادی تغییر یافته با خسارات زیاد به زیستگاه طبیعی، بیوتا و عملکرد اساسی اکوسیستم است. رودخانه‌های کلاس B و C بین این حدود قرار می‌گیرند. در این دسته‌بندی‌ها، طبقه‌بندی‌های انتقالی (مثلاً A/B و B/C) نیز برای افزایش محدوده جریان‌های زیست محیطی ممکن مورد استفاده قرار می‌گیرند. فرض اصلی در DRM این است که انتظار می‌رود، رودخانه‌هایی با رژیم جریان پایدارتر نیازهای جریان کم‌آبی بیشتری در سال‌های نرمال داشته باشند و رودخانه‌هایی با رژیم جریان متغیرتر نیازهای جریان کم‌آبی کم‌تری داشته باشند.

**روش کیفیت آب موسوم به رابطه Q:** در راستای اعمال اثر کیفیت آب در جریان زیست محیطی پیشنهاد شده، از رابطه ۲

کمک گرفته شد تا کارایی این رابطه در برآورد جریان زیست محیطی بررسی شود:

$$(Q_1 + Q_c) \times C_0 = (Q_2 \times C_2) + (Q_1 \times C_1) \quad (2)$$

Q1 بده جریان اولیه، Q2 بده جریان ثانویه، Qc بده جریان برای رسیدن به غلظت مطلوب، C1 غلظت اولیه، C2 غلظت ثانویه و C0 غلظت مطلوب می‌باشد.

**کنترل کیفیت آب با استفاده از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی:** مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب از نظر اثرات روی اکوسیستم‌های آبی عبارتند از: دما، جامدات محلول (TDS)، اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی پنج‌روزه (BOD5)، مواد مغذی (P و N)، اسیدیته (pH)، کدورت و کلیفرم‌ها و همچنین در شاخص میکروبی، نماتد‌ها و انگل‌ها نیز عامل مهمی به شمار می‌روند. با توجه به این‌که منبع آبی ممکن است مورد استفاده‌های مختلف قرار گیرد، پارامترهای پایش دیگری علاوه بر پارامترهای یاد شده بسته به نوع مصرف آب، (مانند سدیم، سختی و ...) لازم است مدنظر قرار گیرد.

یافته‌ها

**روش Tennant برای رودخانه الندچای:** سطح مورد نظر از این روش با توجه به دستورالعمل ابلاغ شده از طرف وزارت نیرو "حالت قابل قبول" و معادل ۳۰٪ MAR برای نیمه فروردین تا شهریورماه (آوریل تا سپتامبر) و ۱۰٪ MAR برای مهرماه تا نیمه فروردین (اکتبر تا مارس) است. طبق ابلاغیه شماره ۱۱/۳۱ / ۸۳۴۹ م، مورخ ۱۳۸۶ / ۱۱/۲۸ وزارت نیرو که برای حقایب زیست محیطی در ۶ ماهه اول سال آبی ۱۰٪ متوسط جریان سالیانه و برای ۶ ماهه دوم ۳۰٪ متوسط جریان سالیانه به عنوان جریان زیست محیطی در نظر گرفته شد.



جدول ۴- جریان زیست‌محیطی رودخانه الندچای با استفاده از روش Tennant برای ایستگاه بدلان

Table 4. The environmental flow of the Alandchay River by using the Tennant method for the Badalan station

جریان زیست‌محیطی در ایستگاه بدلان (m <sup>3</sup> /s)		جریان زیست‌محیطی پیشنهادی Tennant درصدی از AAF		دسته‌بندی جریان
فروردین - شهریور	مهر - اسفند	فروردین - شهریور	مهر - اسفند	
۷/۸۶	۷/۸۶	۲۰۰	۲۰۰	شستشوی سریع یا حداکثر
۲/۳۵ - ۳/۹۳	۲/۳۵ - ۳/۹۳	۶۰ - ۱۰۰	۶۰ - ۱۰۰	محدوده بهینه
۲/۳۵	۱/۵۷	۶۰	۴۰	بسیار عالی
۱/۹۶	۱/۱۸	۵۰	۳۰	عالی
۱/۵۷	۰/۷۸	۴۰	۲۰	خوب
۱/۱۸	۰/۳۹	۳۰	۱۰	قابل قبول
۰/۳۹	۰/۳۹	۱۰	۱۰	ضعیف
۰/۳۹ <	۰/۳۹ <	۱۰ <	۱۰ <	بسیار ضعیف

روش Tessman برای رودخانه الندچای: بر اساس  
 جریان زیست‌محیطی از روش Tessman برای ایستگاه  
 فلوجارت ارائه شده در شکل ۲، نتایج محاسبات توزیع ماهیانه  
 هیدرومتری بدلان الندچای در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- جریان زیست‌محیطی رودخانه الندچای در ایستگاه مورد مطالعه با استفاده از روش تسمن

Table 5. The environmental flow of the Alandchay River at the station in this study using Tessman method

ماه	m <sup>3</sup> /s (متوسط جریان ماهیانه)	m <sup>3</sup> /s (نیاز زیست‌محیطی)
مهر	۱/۸	۱/۶
آبان	۲/۰	۱/۶
آذر	۱/۷	۱/۶
دی	۱/۵	۱/۶
بهمن	۱/۶	۱/۶
اسفند	۱/۲	۱/۶
فروردین	۶/۴	۲/۶
اردیبهشت	۱۲/۲	۴/۹
خرداد	۸/۸	۳/۵
تیر	۳/۴	۱/۷
مرداد	۲/۵	۱/۶
شهریور	۲/۴	۱/۶
میانگین	۵/۲۳	۲/۵۴

۹۵ و منحنی تداوم جریان ماهیانه برای ایستگاه بدلان در  
 جداول ۶ و ۷ ارائه شده است.

تحلیل منحنی تداوم جریان ( FDC ) برای رودخانه  
 الندچای: جریان‌های با درصد وقوع ۷۰، ۷۵، ۸۰، ۸۵، ۹۰ و

جدول ۶- شاخص‌های منحنی تداوم جریان سالیانه رودخانه الندچای ایستگاه مورد مطالعه

Table 6. Curve Indicators of Continuous Annual Flood Alandchay River Station

شاخص‌های منحنی تداوم جریان ( $m^3/s$ )						ایستگاه
Q95	Q90	Q85	Q80	Q75	Q70	
۰/۹۴	۱/۰۵	۱/۲	۱/۲۸	۱/۳۶	۱/۴۸	بدلان

جدول ۷- شاخص‌های منحنی تداوم جریان ماهیانه ایستگاه بدلان

Table 7. Curve Indicators for Continuity of the Monthly Stock of the Badalan Station

بدلان ( $m^3/s$ )				ماه
Q95	Q90	Q50	MMF	
۰/۷۶	۰/۹۶	۱/۵۰	۱/۸	مهر
۰/۹۶	۱/۰۶	۱/۵۸	۲/۰	آبان
۰/۷۷	۰/۹۹	۱/۵۰	۱/۷	آذر
۰/۶۶	۰/۸۲	۱/۳۳	۱/۵	دی
۰/۶۶	۰/۹۶	۱/۳۶	۱/۶	بهمن
۰/۹۲	۱/۰۷	۱/۶۷	۱/۲	اسفند
۲/۱۱	۲/۴۵	۴/۸۷	۶/۴	فروردین
۲/۴۵	۳/۷۸	۱۰/۷۶	۱۲/۲	اردیبهشت
۱/۳۶	۲/۱۷	۷/۴۷	۸/۸	خرداد
۰/۹۷	۱/۴۳	۳/۶۲	۳/۴	تیر
۰/۷۲	۰/۸۲	۲/۰۴	۲/۵	مرداد
۰/۸۰	۰/۸۳	۱/۵۸	۲/۴	شهریور
۱/۰۹	۱/۴۵	۳/۲۷	۳/۹۳	میانگین

جریان زیست‌محیطی در ایستگاه بدلان ۱/۳ مترمکعب در ثانیه معادل ۲۸٪ جریان متوسط سالانه است.

روش Smakhtin برای رودخانه الندچای: نتایج ارزیابی بده جریان زیست‌محیطی از روش Smakhtin با توجه به جدول ۲ در جدول ۸ ارائه شده است. بر اساس این روش بده

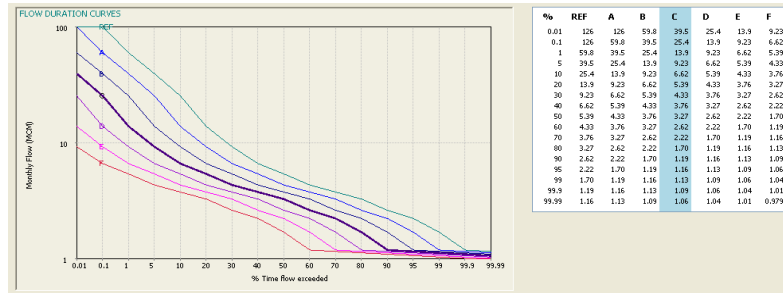
جدول ۸- نیاز آب زیست‌محیطی رودخانه الندچای در ایستگاه مورد مطالعه با روش اسمختین

Table 8. Environmental water requirement of Alandchay River at the station in this study with Smakhtin method

( $m^3/s$ )EWR	( $m^3/s$ )(HFR)	(Q90=LFR)( $m^3/s$ )	( $m^3/s$ )MAR	نام ایستگاه
۱/۳	۰/۲۷	۱/۰۵	۳/۹۳	بدلان

زیست‌محیطی برای شش کلاس برای ایستگاه بدلان در شکل ۳ نشان داده شده است.

روش تغییر منحنی تداوم جریان ( FDC shifting ) برای رودخانه الندچای: این روش برای کلاس‌های مختلف مدیریتی جریان‌های مختلفی را ارائه می‌کند. منحنی تداوم جریان



شکل ۳- منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی و شیف‌های عرضی در ایستگاه بدلان رودخانه الندچای

Figure 3. Continuity curve of the environmental flow and transverse shifts at the badalan station at the Alandchay River

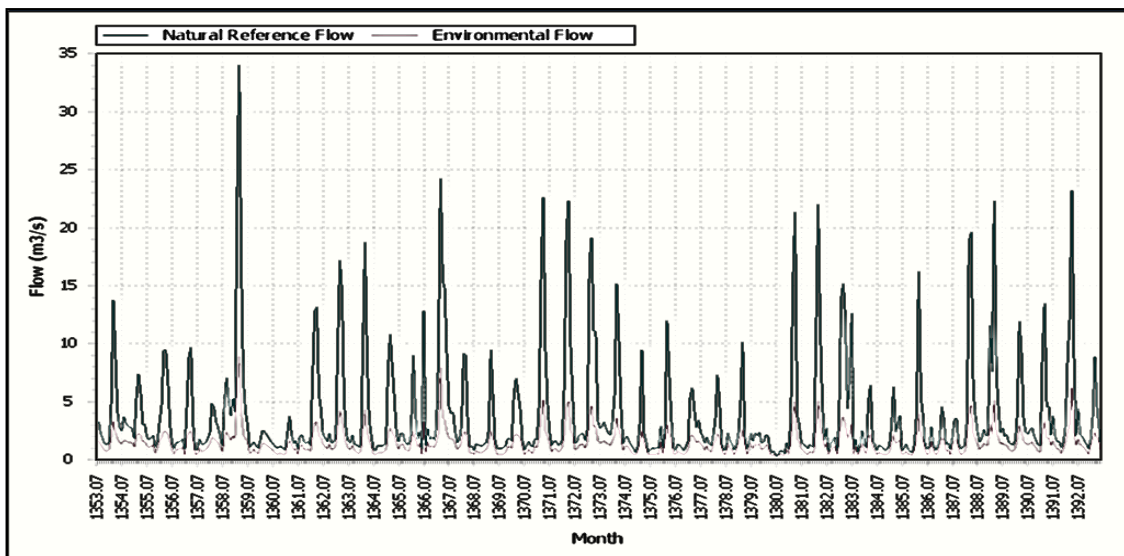
جدول ۹- نیاز آب زیست‌محیطی رودخانه الندچای با روش FDC-Shifting

Table 9. Environmental water requirement demand of Alandchay River by using FDC-Shifting method

(EWR) (درصدی از MAR)						(MAR)	نام ایستگاه
کلاس F	کلاس E	کلاس D	کلاس C	کلاس B	کلاس A	(m <sup>3</sup> /s)	
۲۰/۹	۲۴/۹	۳۰/۳	۳۸/۲	۵۱	۷۱/۶	۳/۹۳	بدلان

انتخاب شود که حیات گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری اکوسیستم رودخانه درخطر باشد. به همین دلیل در این مقاله با توجه به طبقه‌بندی رودخانه به کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی مختلف در این روش کلاس مدیریتی C به‌عنوان کلاس مدیریتی مورد نظر انتخاب شد. سری زمانی تولید شده برای همه کلاس‌ها برای ایستگاه مورد مطالعه در رودخانه الندچای، در شکل ۴ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج جدول ۹، برای حفظ رودخانه الندچای در ایستگاه مورد مطالعه در کلاس A، ۷۸ تا ۹۱٪ MAR، در کلاس B، ۵۱ تا ۷۰٪، در کلاس C، ۳۸ تا ۵۶٪ و در کلاس D، ( حداقل کلاس قابل قبول)، ۳۰ تا ۴۲٪ MAR مورد نیاز است. با توجه به موقعیت منطقه و وابستگی مردم به کشاورزی و لزوم مصرف آب در این حوزه نمی‌توان کلاس مدیریتی بالایی را انتخاب نمود، ولیکن این کلاس مدیریتی نباید به‌گونه‌ای



شکل ۴- روند تغییرات سری زمانی جریان زیست‌محیطی ماهیانه کلاس C ایستگاه بدلان الندچای

Figure 4. Changes in the time series of the monthly environmental flow of the class c from the Badalan-Alandchay station

مدل ذخیره رومیزی DRM برای رودخانه الندیچای: نتایج حاصل از روش DRM برای هفت کلاس اکولوژیکی A تا D برای ایستگاه بدلان در جدول ۱۰ ارائه شده است.

بر اساس این روش جریان زیست محیطی پیشنهادی در ایستگاه بدلان الندیچای در شرایط متوسط و کلاس مدیریت زیستی C میزان جریان پیشنهادی ۱/۵۶ مترمکعب در ثانیه معادل ۱۲/۴۶ میلیون مترمکعب در سال برابر با ۳۹/۵٪ از آورد سالانه است.

### جدول ۱۰- نیاز آب زیست محیطی رودخانه الندیچای با روش DRM

Table 10. Environmental water requirement of Alandchay River by using DRM method

نیاز آب زیست محیطی بلندمدت (EWR) (درصدی از MAR)							متوسط آورد سالانه (m <sup>3</sup> /s)	رودخانه الندیچای
D	C/D	C	B/C	B	A/B	A		
۱۵/۷۰	۲۰/۰۹	۲۴/۵۷	۳۱/۷۳	۳۸/۶۴	۴۸/۸۶	۶۰/۰۷	۳/۹۳	ایستگاه بدلان

می باشند؛ بنابراین برای برطرف کردن این مشکل و این که مطمئن باشیم که مدل، شاخص تغییرپذیری جریان را بسیار نزدیک به واقعیت محاسبه می کند، بنابراین سری زمانی داده های جریان ماهیانه ورودی به مدل، دو ماه شیفت داده شدند (ژانویه به مارس تبدیل شد و به همین ترتیب تا انتها). نتایج به دست آمده با توجه به تغییرات اولیه اصلاح شدند. بر اساس روش DRM جریان زیست محیطی الندیچای در ایستگاه بدلان سالانه ۳۸/۸۴ میلیون مترمکعب (۱/۲ مترمکعب در ثانیه) معادل ۳۱/۷۳٪ متوسط جریان سالانه برآورد گردید که از ۳/۹۳ مترمکعب در ثانیه جریان متوسط این رودخانه، جریان قابل قبولی است. نتایج به دست آمده از این روش در جدول ۱۱ ارائه شده است.

در این تحقیق، کلاس B/C به عنوان وضعیت اکولوژیکی مطلوب برای رودخانه الندیچای به دلیل قضاوت کارشناسان با توجه به بخش کشاورزی منطقه و حیات گونه های گیاهی و جانوری مختلف اکوسیستم رودخانه در ایستگاه مورد مطالعه انتخاب شد. یکی از محدودیت های DRM این است که در محاسبه شاخص CV ماه های ژانویه (دی) تا مارس (اسفند) را به عنوان ماه های پرآبی و ماه های ژوئیه (خرداد) تا آگوست (مرداد) را به عنوان ماه های کم آبی در نظر می گیرد (با توجه به شرایط آفریقای جنوبی)؛ که این گزینه در مدل قابل تغییر نیست. این در حالی است که برای رودخانه الندیچای در ایستگاه مورد مطالعه ماه های مارس (اسفند) تا ژوئیه (خرداد) ماه های پرآب و ماه های جولای (تیر) تا فوریه (بهمن) ماه های کم آب

### جدول ۱۱- توزیع ماهیانه جریان زیست محیطی از روش DRM در کلاس B/C برای رودخانه الندیچای

Table 11 . The monthly distribution of environmental flow from the DRM method in the B / C class for the Alandchay River

بدلان	
	MMF (m <sup>3</sup> /s)
مهر	۱/۸۳
آبان	۲/۰۱
آذر	۱/۶۸
دی	۱/۴۶
بهمن	۱/۵۸
اسفند	۲/۱۵
فروردین	۶/۳۸

اردیبهشت	۱۲/۱۵
خرداد	۸/۷۹
تیر	۴/۳۴
مرداد	۲/۵۰
شهریور	۲/۳۶
میانگین	۳/۹۴

## روش کیفیت آب برای رودخانه الندچای:

فقط در ایستگاه نزدیک بدلان در محل ورودی به شهر خوی داده‌های کیفیت وجود داشت که در جدول ۱۲ گردآوری شده است.

برای استفاده از روش رابطه Q نیاز به اطلاعات کیفیت آب در ایستگاه های مورد مطالعه می باشد. با استفاده از گزارش زیست‌محیطی سازمان محیط‌زیست استان آذربایجان غربی

## جدول ۱۲- پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه الندچای

Table 12. Physical and chemical parameters of Alandchay River

تجزیه شیمیایی نمونه					تاریخ نمونه برداری	نام ایستگاه
DO (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	Temp (C°)	pH		
۵/۹	۲۳/۵	۳/۵	۱۵/۵	۷/۷۴	۷۹/۳/۲۹	بدلان-ندچای
۹	-	۲	۹/۷	۸/۰۷	۷۹/۱۱/۱۶	بدلان-ندچای

آلودگی یعنی ۳۰ مرداد ۱۳۷۹؛ در ایستگاه بدلان بده جریان برابر با ۰/۸۲ مترمکعب در ثانیه و مقدار COD برابر با ۲۳/۵ میلی‌گرم بر لیتر است که این مقادیر در رابطه Q با اندیس یک به کار برده شدند و غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان مقدار COD مطلوب در نظر گرفته شد. بده جریان جدید در ایستگاه بدلان ۰/۴۷ مترمکعب در ثانیه به‌دست آمد. برای حفظ کیفیت مطلوب باید حداقل مقدار Qc در رودخانه جریان داشته باشد. در صورتی که ورود آلاینده‌ها مدیریت نشود، حداقل می‌توان با افزایش جریان کیفیت را بهتر کرد و از بالا رفتن غلظت و رسیدن به حد خطرناک جلوگیری کرد. تمامی این محاسبات با اعمال ضریب تبدیل برای اقلیم ایران محاسبه شده است.

بر اساس جدول فوق برای استفاده از روش رابطه Q در بین پارامترهای کیفی، مقدار COD به‌دلیل بحرانی بودن مقدار آن انتخاب و بده جریان مورد نیاز تعیین گردید. پارامترهای موردنیاز رابطه Q در جدول ۱۳ ارائه شده‌است. در رابطه Q، بده جریان روزانه متناظر با بحرانی‌ترین مقدار آلودگی در روز پایش شده، با اندیس یک به کار برده می‌شود و غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر (بر اساس استاندارد EPA ایالات‌متحده) به‌عنوان مقدار COD مطلوب در نظر گرفته می‌شود. با توجه به این که در محل‌های پایش شده جریان دیگری به رودخانه وارد نمی‌گردد؛ لذا مقادیر Q و C با اندیس ۲ برابر صفر در نظر گرفته می‌شود. بده جریان جدید (Qc) برای رودخانه الندچای از رابطه Q تعیین می‌شود. در این تحقیق در بحرانی‌ترین مقدار

جدول ۱۳- اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه جریان زیست محیطی رودخانه الندچای با استفاده از کیفیت آب (رابطه Q)

Table 13. Information needed to calculate the environmental flow of the Alandchay River using water quality (Q relation)

پارامترهای رابطه Q (بده جریان بر حسب m <sup>3</sup> /s و C بر حسب mg/l)						تاریخ نمونه برداری	نام ایستگاه	نام رودخانه
Co	Qc	C2	Q2	C1	Q1			
۱۵/۰۰	۰/۴۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۳/۵	۰/۸۲	۷۹/۳/۲۹	بدلان	الندچای

جدول ۱۴ خلاصه نتایج روش های مورد مطالعه است که روش

FDC shifting به عنوان کلاس مدیریت زیستی برای این

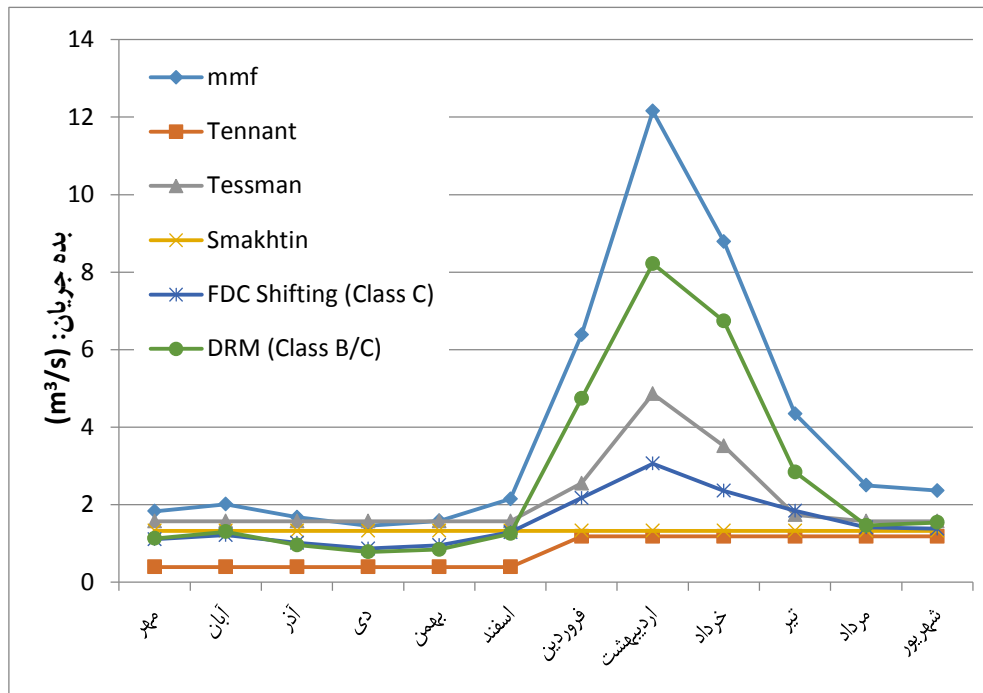
رودخانه انتخاب شد.

جدول ۱۴- مقایسه مقادیر پیشنهادی جریان زیست محیطی رودخانه الندچای از روش های مختلف

Table 14. Comparison of proposed values of environmental flow of Alandchay River from different methods

نیاز آب زیست محیطی (EWR)			ایستگاه روش
بدلان		(%MAR)	
(m <sup>3</sup> /s)			
۲/۷۰	۶۸/۶۸	کلاس A	FDC shifting
۱/۹۷	۵۰/۱۳	کلاس B	
۱/۵۶	۳۹/۵۷	کلاس C	
۱/۲۶	۳۲/۱۵	کلاس D	
۱/۰۳	۲۶/۲۳	کلاس E	
۰/۸۵	۲۱/۵۵	کلاس F	
۲/۳۶	۶۰/۰۷	کلاس A	DRM
۱/۹۲	۴۸/۸۶	کلاس A/B	
۱/۵۲	۳۸/۶۴	کلاس B	
۱/۲۵	۳۱/۷۳	کلاس B/C	
۰/۹۷	۲۴/۵۷	کلاس C	
۰/۷۹	۲۰/۰۹	کلاس C/D	
۰/۶۲	۱۵/۷	کلاس D	Tennant
۰/۳۹	۱۰	مهر تا اسفند	
۱/۱۸	۳۰	فروردین تا شهریور	
۱/۲	۵۳/۵		Tessman
۱/۳۲	۳۳/۷۱		Smakhtin
۱/۴۸	۳۷/۶۶	Q70	شاخص های تداوم جریان
۱/۳۶	۳۴/۶۱	Q75	

۱/۲۸	۳۲/۵۷	Q80
۱/۲	۳۰/۵۳	Q85
۱/۰۵	۲۶/۷۲	Q90
۰/۹۴	۲۳/۹۲	Q95



شکل ۵- نتایج روش‌های مختلف برای ایستگاه بدلان الندچای

Figure 5. Results of different methods for the Badalan Alandachay Station

بحث و نتیجه‌گیری

بنابراین روش Tennant باید در موقعیت‌ها و پروژه‌های حفاظتی رودخانه مورد استفاده قرار گیرد. روش تسمن برگرفته از روش تنانت بوده و با مقایسه جریان ماهیانه موجود با متوسط جریان سالیانه، حداقل نیاز آب زیست محیطی مورد نیاز را در ماه‌های مختلف پیشنهاد می‌کند. برای برآورد شدت جریان زیست محیطی از روش تحلیل منحنی تداوم جریان، شاخص‌های تداوم جریان مختلفی به کار رفت (محدوده بین Q70 تا Q90). در روش Smakhtin، نیاز آب زیست محیطی به صورت ترکیبی از حداقل جریان زیست محیطی (LFR) و نیاز حداکثر جریان زیست محیطی (HFR) در نظر گرفته می‌شود. روش FDC shifting به منظور حفظ الگوی کلی تغییرپذیری جریان از شیفت منحنی تداوم جریان طبیعی استفاده کرده و بر این اساس نیاز آب زیست محیطی را برای

کاربرد تمام روش‌های مورداستفاده در این مقاله، با توجه به داده‌های موجود در اکثر رودخانه‌های ایران امکان پذیر است. این روش‌ها در تحلیل‌های خود نیاز به داده‌های ماهیانه دارند که به راحتی در ایران در دسترس می‌باشند. در روش تنانت درصد‌های مختلفی از متوسط جریان سالیانه به عنوان جریان زیست محیطی پیشنهاد می‌شود. این درصدها در حالت قابل قبول ۱۰٪ MAR (متوسط آورد سالیانه) برای نیمه پرآبی و ۳۰٪ MAR برای نیمه کم آبی در نظر گرفته شد. روش Tennant فقط بر متوسط جریان سالیانه تکیه دارد. رودخانه‌هایی که دچار زوال و افت زیست محیطی شده‌اند، از متوسط جریان سالیانه قابل قبولی برخوردار نبوده و قادر به نگه‌داری زیستگاه طبیعی خود نیستند. در این شرایط، استفاده از روش Tennant در پروژه‌های احیا و بازگردانی توصیه نمی‌شود.

جریان زیست‌محیطی برای بازه گرزال معادل  $7/6$  مترمکعب بر ثانیه؛ و برای بازه پل سردشت  $7/7$  مترمکعب بر ثانیه را پیشنهاد شد.

در پایان‌نامه کارشناسی ارشد دیگر برای ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه باراندوزچای از  $8$  روش هیدرولوژیکی FDC، Tesson.Tennant، شاخص‌های تداوم جریان، Smakhtin.Shifting، شاخص‌های منفرد جریان‌های کم‌آبی 7Q10 و 7Q2، DRM، محدوده تغییرپذیری RVA و روش شبیه‌ساز زیستگاه (روش کیفیت آب موسوم به رابطه Q) استفاده شده است که جریان پیشنهادی توسط DRM در کلاس C را با در نظر گرفتن شرایط اکولوژیکی و هیدرولوژیکی، به‌عنوان حداقل جریان زیست‌محیطی برای رودخانه باراندوزچای توصیه گردید که  $1/93$  مترمکعب در ثانیه است.

#### تشکر و قدردانی

اطلاعات مورد استفاده در این مقاله از اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان آذربایجان غربی تهیه شده است که به این وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

#### Reference

1. www. wrm.ir
2. Taleb Bidokhti, N., 2013. Environmental Challenges in Iran. Special Issue Newspaper (Sunday, November 26, 2013) (in Persian).
3. Water and Waste Water Industry (2009), Guidelines for determining the minimum water required by aquatic ecosystems, Ministry of Energy, Water and Waste Water Department, Water and Waste Water Engineering and Technical Standards (in Persian).
4. Abdi, R., Yassi, M., 1392. Assessment of Dam Effect in River Ecosystem Set with Estimation of Environmental Need. Case Study of Shahre Chay River . Eighth National Congress of

کلاس‌های مدیریت زیست محیطی A تا F پیشنهاد می‌کند. در این تحقیق کلاس مدیریتی C به عنوان کلاس مورد نظر انتخاب شد. در این کلاس، زیستگاه‌ها و دینامیک بیوتا مختل شده ولی عملکردهای اساسی اکوسیستم هنوز دست نخورده اند. اساس روش DRM بر این پایه است که تحت وضعیت‌های طبیعی، قسمت‌های مختلف رژیم جریان، نقش‌های مختلفی در عملکرد اکولوژیکی یک رودخانه بازی می‌کنند و بنابراین حفظ تفاوت‌های اساسی بین جریان‌های فصول تر و خشک، ضروری است؛ بنابراین اجزای سازنده (BBs: building blocks) مؤلفه‌های مختلف جریان هستند که باهم ترکیب شده و یک رژیم جریان قابل قبول از نظر اکولوژیکی را ایجاد می‌کنند (۱۴). در DRM نیز از طبقه بندی‌های اکولوژیکی استفاده می‌شود با این تفاوت که دو کلاس E و F در روش FDC shifting در DRM قابل قبول نمی‌باشند. با توجه به نتایج روش‌های استفاده شده در این مقاله روش FDC shifting با کلاس زیست محیطی C به عنوان کلاس مدیریت زیستی برای رودخانه الوندچای انتخاب شد. در این روش کلاس مدیریت زیستی جریان پیشنهادی برای بازه ایستگاه بدلان  $1/56$  متر مکعب در ثانیه معادل  $39/57$  جریان متوسط برآورد گردید. در بررسی‌های انجام یافته قبلی برای ارزیابی زیست‌محیطی رودخانه نازلوچای از پنج روش هیدرولوژیکی (درصدی از منحنی تداوم جریان، Tenant، RVA، DRM، FDC-shifting) استفاده شده است و نتایج این بررسی نشان می‌دهد که برای حفاظت رودخانه نازلو در حداقل شرایط زیست‌محیطی قابل قبول، جریان پیوسته از حداقل  $0/8$  متر-مکعب بر ثانیه (در دو ماه مرداد و شهریور) تا حداکثر  $8$  مترمکعب بر ثانیه (در ماه اردیبهشت)، در طول رودخانه و تا ورود به دریاچه ارومیه باید تأمین گردد.

همچنین در پژوهش‌های مربوط به پایان‌نامه کارشناسی ارشد جریان زیست‌محیطی رودخانه زاب برآورد شده است که ضمن استفاده از چندین روش هیدرولوژیکی و اکولوژیکی و هیدرولیکی، روش FDC Shifting در کلاس زیستی B برای بازه درابکای خانه و روش ترکیبی اکو-هیدرولیکی برای دو بازه گرزال و پل سردشت انتخاب گردید. بر این اساس، متوسط بده



- requirements of Indian river basins. IWMI Research Report 107. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 36p.
11. Tennant, D. L. (1976). Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries* 1, 6–10.
  12. Tessman, S. A. (1980). Environmental Assessment, Technical Appendix E, in Environmental Use Sector Reconnaissance Elements of the Western Dakotas Region of South Dakota Study. Water Resources Research Institute, South Dakota State University, Brookings, SD.
  13. Smakhtin, V.U., Revenga, C., Dooll, P. (2004). Taking into account environmental water requirements in global scale water resources assessments. Research Report 2 of the CGIAR Comprehensive Assessment Program of Water Use in Agriculture. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 24 pp
  14. Hughes, D.A., Hannart, P. (2003). A desktop model used to provide an initial estimate of the ecological instream flow requirements of rivers in South Africa. *Journal of Hydrology* 270, 167-181.
  - Civil Engineering, Babil University, Babylon (in Persian).
  5. Ahmadpoor, Z., 2012. Hydrological Variable Regime Indicators in Environmental Risk Assessment. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Urmia University (in Persian).
  6. Mostavafi, S., 2013. Environmental Flow Assessment of the River Using Echo-Hydrological Methods. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia (in Persian).
  7. Rezayi, N., (2015). Evaluation of Environmental Flows in the Simineh River by Using Hydrological Methods. First National Conference on Earth Sciences and Urban Development, Tabriz University, Tabriz, Iran (in Persian).
  8. Gao, B., Yang, D., Zhao, T., and Yang, H. (2012). Changes in the eco-flow metrics of the Upper Yangtze River from. *Journal of Hydrology*.
  9. Belmar, O. Bruno, D. Martínez-Capel, F. Barquín, J. and Velasco, J. (2013). Effects of flow regime alteration on fluvial habitats and riparian quality in a semiarid Mediterranean basin. *Journal of Ecological Indicators*.
  10. Smakhtin, V.U., Anpuhas, M. (2006). An assessment of environmental flow