Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 14
No. 4 (56)

Received:
2023-12-12

Accepted:
2024-12-21

Pages: 111-129

Evaluation of RVA Method to Determine the Environmental Flow Values Of Palangver River for Preserving the Ecological Values and Comparing It with Hydrological Approaches

Seyed Mostafa Ebrahimnia[1], Hadi Modaberi[2*], Morteza Karimi[3] and Behnaz Khatar[4]

1) MSc. Graduated student in Civil Engineering-Hydraulic Structure, Higher-Education Institute of the Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran.
2) Assistance Professor, Department of Water Resources Monitoring, Environmental Research Institute of Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran.
3) Researcher, Department of Water Resources Monitoring, Environmental Research Institute of Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran.
4) Ph.D. Graduated Student of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
*Corresponding author email: modaberi8@gmail.com

Abstract:

Background and Aim: The effects of natural and human factors on changes in hydrological cycles in watersheds have threatened the safety and health of aquatic ecosystems and reduced biodiversity in rivers and wetlands. In recent years, in order to preserve natural ecosystems, functions and services related to them, increasing attention has been paid to the evaluation of environmental flows in these ecosystems. The present paper was carried out with the purpose of estimating the environmental water demand of Palangver river using simple ecohydrological methods that take into account the ecological characteristics of the river in addition to the hydrological characteristics.

Research Method: In this research, due to the existence of different ecological conditions and different habitat diversity in the upstream and downstream of Palangver river, the data of 2 hydrometric stations of Masjedpish in the upstream and Kolesar in the downstream were used at first. Then the effective meteorological parameters such as precipitation and the periods of wet and drought year were analyzed and by calculating the hydraulic regime of the flow, the flow rates in the river were analyzed in different months of the year. In the next step, the environmental flow of the river was calculated on a monthly basis using the variability curve method in minimum and maximum conditions and compared with the results of other hydrological methods such as Tennant, Texas, modified Texas and transfer of flow continuity curve methods.

Findings: The environmental flow values estimated by the RVA method in the Palangver River at two hydrometric stations of Masjedpish in the upstream and Kolesar in the downstream, in the conditions of minimum environmental flow were obtained 0.84 and 5.01 cubic meters per second, and in the conditions of maximum environmental flow were obtained 1.4 and 9.69 cubic meters per second, respectively. The estimated values of the environmental flow in minimum conditions at Masjidpish station show that the RVA method can completely maintain the ecological conditions of the river in a part of the year, because in the months of September to May, it covers a number between 60 and 80% of the monthly average. But in the months of June, July and August, when water withdrawal from the river is increased due to the agricultural uses, the RVA method has considered about 20-40% of the average flow; although this amount is far from the ideal conditions, it can be an acceptable amount to maintain minimum ecological conditions in the river considering the environmental conditions and water resource allocation management.

Also, the results of the estimated values of the environmental flow in the minimum conditions at Kolesar station in the downstream of the river showed that the RVA method can maintain the ecological conditions of the river because in the whole year, it has been able to include a number between 55 and 80% of the monthly average even in hot and critical months.

Results: In the condition of lack of data, using the values estimated from the flow variability range method in minimum average conditions can maintain the ecological conditions of the river to a large extent by providing reasonable values. Since the main spawning time of fishes in the Palangver ecosystem is in the months of March, April and May, therefore the results of the RVA method have been able to maintain the suitable conditions for this important ecological function in the minimum conditions in both upstream and downstream stations and the full scientific guarantee for this ecological value is to maintain fish spawning operations in this area. It is also recommended to use RVA methods in the maximum conditions and FDC-shifting method in the cold months of the year, i.e. from October to May, due to providing values close to the average or even higher. But in the critical months of the year, it is recommended to use RVA methods in the minimum conditions, modified Texas method, Texas method and FDC-shifting method respectively.

Keywords: Environmental water requirement, River Ecosystem Management, Range of Variability Approach, Palangver river

مقاله پژوهشی

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال چهاردهم
شماره ٤ (٥٦)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۹/۲۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۰/۰۱

صفحات: ۱۲۹-۱۱۱

ارزیابی روش RVA به منظور تعیین مقادیر جریان محیطزیستی رودخانه پلنگ‌ور جهت حفظ ارزش‌های اکولوژیکی و مقایسه آن با رویکردهای هیدرولوژیکی

سید مصطفی ابراهیم نیا[1]، هادی مدبری[2*]، مرتضی کریمی[3] و بهناز ختار[4]

۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران سازه‌های هیدرولیکی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی رشت، ایران.
۲) استادیار گروه پایش منابع آب، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران.
۳) پژوهشگر گروه پایش منابع آب، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت، ایران.
۴) دانش آموخته دکتری مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع آب دانشگاه امام خمینی (ره) قزوین، ایران.
[*] ایمیل نویسنده مسئول: modaberi8@gmail.com

چکیده:

زمینه و هدف: اثرات عوامل طبیعی و انسانی بر تغییرات چرخه‌های هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبریز سبب تهدید در امنیت و سلامت اکوسیستم‌های آبی و کاهش تنوع زیستی در رودخانه‌ها و تالاب‌ها شده است. در سالیان اخیر به منظور حفظ اکوسیستم‌های طبیعی، کارکردها و خدمات وابسته به آنها توجه فزاینده‌ای به ارزیابی جریانات محیطزیستی در این زیست‌بوم‌ها شده است. مقاله حاضر با هدف برآورد نیاز آبی محیط زیستی رودخانه پلنگ‌ور با استفاده از روشهای اکوهیدرولوژیکی ساده که علاوه بر خصوصیات هیدرولوژیکی ویژگیهای اکولوژیکی رودخانه را نیز در نظر می‌گیرد، صورت پذیرفت.

روش پژوهش: در این تحقیق ابتدا به دلیل وجود شرایط اکولوژیکی مختلف و تنوع زیستگاهی متفاوت در بالادست و پایین دست رودخانه پلنگ‌ور از داده‌های ۲ ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش در بالادست و کلسر در پایین‌دست استفاده شد. سپس پارامترهای موثر هواشناسی مانند بارش، دوره‌های ترسالی و خشکسالی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با محاسبه رژیم هیدرولیکی جریان، مقادیر دبی جریان در رودخانه در ماه‌های مختلف سال تحلیل گردید. در مرحله بعد جریان زیست‌محیطی رودخانه به صورت ماهانه از روش منحنی تغییرپذیری در شرایط حداقل و حداکثر محاسبه شد و با نتایج حاصل از سایر روش‌های هیدرولوژیکی مانند روش‌های تنانت، تگزاس، تگزاس اصلاح‌شده و انتقال منحنی تداوم جریان مقایسه گردید.

یافته‌ها: مقادیر جریان محیطزیستی برآورد شده از روش RVA در رودخانه پلنگ‌ور در دو ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش در بالادست و کلسر در پایین‌دست به ترتیب در شرایط حداقل جریان محیطزیستی برابر ۰/۸۴ و ۵/۰۱ مترمکعب بر ثانیه و در شرایط حداکثر جریان محیطزیستی برابر ۱/۴ و ۹/۶۹ مترمکعب بر ثانیه به دست آمد. مقادیر برآورد شده جریان محیطزیستی در شرایط حداقل در ایستگاه مسجدپیش نشان می‌دهد که روش RVA می‌تواند شرایط اکولوژیکی رودخانه را در بخشی از سال به طور کامل حفظ نماید زیرا در ماه‌های شهریور تا اردیبهشت عددی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد میانگین ماهانه را دربرمی‌گیرد. اما در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد که افزایش برداشت آب از رودخانه به دلیل مصارف کشاورزی زیاد است عملا روش RVA حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد متوسط جریان را درنظرگرفته است که این مقدار اگرچه با شرایط مناسب کمی فاصله دارد اما با توجه به شرایط محیطی و مدیریت تخصیص منابع آب، می‌تواند مقداری قابل قبول برای حفظ شرایط اکولوژیکی حداقلی در رودخانه باشد. همچنین نتایج مقادیر برآورد شده جریان محیطزیستی در شرایط حداقل در ایستگاه کلسر در پایین‌دست رودخانه نشان داد که روش RVA می‌تواند شرایط اکولوژیکی رودخانه را حفظ نماید زیرا در کل سال حتی در ماه‌های گرم و بحرانی توانسته است عددی بین ۵۵ تا ۸۰ درصد میانگین ماهانه را دربربگیرد. مقادیر برآورد شده از سایر روشهای هیدرولوژیکی استفاده شده در این مطالعه نتوانست جوابگوی نیاز آبی محیطزیستی در رودخانه در ماه‌های گرم سال باشد.

نتایج: در شرایط کمبود داده، استفاده از مقادیر برآورد شده از روش محدوده تغییرپذیری جریان در شرایط حداقل میانگین می‌تواند با ارائه مقادیر منطقی، شرایط اکولوژیکی رودخانه را تا حد زیادی حفظ نماید. از آنجا که زمان اصلی تخمریزی ماهیان در زیست بوم پلنگ‌ور در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت است لذا نتایج حاصل از روش RVA در شرایط حداقل در هر دو ایستگاه بالادست و پایین دست توانسته است به خوبی شرایط مناسب برای این کارکرد مهم اکولوژیکی را حفظ نماید و ضمانت علمی کامل برای این ارزش اکولوژیکی یعنی حفظ عملیات تخمریزی ماهیان در این منطقه باشد. همچنین استفاده از روش‌های RVA در شرایط حداکثر و روش FDC-shifting در ماه‌های سرد سال یعنی از ماه مهر تا اردیبهشت به دلیل ارائه مقادیر نزدیک به میانگین و یا حتی بیشتر از آن توصیه می‌شود. اما در ماه‌های بحرانی سال به ترتیب استفاده از روش‌های RVA در شرایط حداقل، روش تگزاس اصلاح شده، روش تگزاس و روش FDC-shifting توصیه می‌گردد.

کلید واژه‌ها: نیاز آبی محیط زیستی، مدیریت اکوسیستم رودخانه، روش محدوده تغییرپذیری جریان، رودخانه پلنگ‌ور

مقدمه

رژیم جریان نقش اصلی را در ساختار و عملکرد اکوسیستم های آبی ایفا می‌کند. تقریباً تمامی اکوسیستم های آبی ازجمله رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها تا حد زیادی توسط رژیم هیدرولوژیکی کنترل می‌شوند (Arthington et al., 2006). تغییر در مقادیر جریان آب در یک اکوسیتم آبی مانند رودخانه موجب تغییرات در مطلوبیت زیستگاه شده و به طور قابل توجهی بر کیفیت آب، دما، چرخه مواد مغذی و حتی در دسترس بودن اکسیژن برای موجودات زنده تأثیر می‌گذارد. رژیم‌های جریان طبیعی، محدوده تغییرپذیری را در طیفی از مقیاس‌های زمانی از جمله ماهانه، فصلی و سالانه نشان می‌دهند و موجودات آبزی در این زیستگاه‌ها با این تنوع سازگار شده‌اند (Richter et al., 1997). نتایج مطالعات متعدد نشان داد که چهار اصل مهم در چگونگی تأثیر تغییر رژیم جریان بر تنوع زیستی آبزیان در رودخانه‌ها وجود دارد (Richter et al., 1996). این چهار اصل شامل ضروری بودن حفظ الگوهای طبیعی رژیم جریان برای زنده ماندن جمعیت گونه‌ها، تکامل گونه‌های آبزی در واکنش مستقیم با رژیم هیدرولوژیکی و شرایط مورفولوژیکی طبیعی رودخانه، تسهیل در حضور گونه‌های مهاجم و جدید در اکوسیستم با تغییر رژیم‌های هیدرولوژیکی و از همه مهم‌تر اینکه رژیم هیدرولوژیکی یک عامل تعیین‌کننده مهم در مطلوبیت زیستگاه، ترکیب زیستی و زمان اتفاق توابع اکولوژیکی برای زیستمندان است (Richter et al., 1996). بنابراین می‌توان گفت که رژیم هیدرولوژیکی طبیعی نقش اصلی را در حفظ تنوع زیستی، تولید و پایداری اکوسیستم های آبی ایفا می‌کند (Tharme, 2003). این یک اصل کلی و ثابت شده است که به عنوان پارادایم جریان طبیعی شناخته می شود.

تغییر در حد و آستانه‌های غیرقابل قبول در رژیم طبیعی جریان در رودخانه‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی سبب بوجود آمدن اختلالات زیادی در عملکرد آنها می‌شود (King et al., 2008). این تغییرات سبب تغییر در فرآیندهای محیط زیستی و در نهایت ایجاد عوامل استرس‌زا شده و فشار مضاعفی بر اکوسیستم وارد می‌کند. فعالیت‌های انسانی مانند برداشت مستقیم آب از رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی مرتبط با آن، عملیات آبگیری مانند ساخت سد برای اهداف مختلف، رژیم طبیعی جریان بسیاری از رودخانه‌ها را تا حد زیادی تغییر داده است (Poff and Zimmerman, 2010). با فرض اینکه رژیم جریان از اهمیت محوری در حفظ یکپارچگی اکولوژیکی سیستم‌های آب شیرین برخوردار است در نتیجه تغییر در این رژیم جریان نیز منجر به تخریب محیط زیست می شود. هنگامی که هیچ تغییری در جریان وجود ندارد، شرایط طبیعی بر اکوسیستم آبی حاکم است. با این حال، افزایش بزرگی تغییر جریان، ساختار و عملکرد سیستم‌های آبی را از شرایط طبیعی به شرایط به شدت تغییر یافته منحرف می‌کند (Poff and Zimmerman, 2010). به منظور حفظ رژیم طبیعی جریان و اینکه چقدر می‌توان از یک رژیم طبیعی تاریخی انحراف پیدا کرد تا اثرات زیانباری بر سیستم وارد نشود از مفهوم ارزیابی جریان‌های محیط‌زیستی در اکوسیستم‌های آبی استفاده گردید (Tharme, 2003). تشخیص نیاز به حداقل مقدار آب برای باقی ماندن در یک رودخانه به نحوی که گونه های ماهی شاخص (مانند ماهی قزل آلا) در آن حفظ گردد سبب ایجاد تعاریفی مانند حداقل جریان آب مورد نیاز، جریان زنده‌مانی و جریان موردنظر برای زندگی یک گونه خاص ماهی شد. بررسی جنبه‌های اکولوژیکی در رودخانه‌ها و نقش حیاتی رژیم طبیعی جریان بر ساختار و عملکرد یک اکوسیستم سبب شد تا واژه‌های دیگری مانند جریان زیست‌محیطی، جریان ذخیره اکولوژیکی، تخصیص یا نیاز آبی محیط‌زیستی ، تقاضای آب اکولوژیکی ابداع گردد که هرکدام بنابرشرایطی در مناطق مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند و توسط گروه‌های مختلف برای تامین نیازهای جریان محیط‌زیستی اکوسیستم‌های آبی به کار می‌رود (Arthington et al., 2003).

علاوه بر تعاریف مختلف، روش‌های زیادی نیز برای تعیین مقدار جریان زیست‌محیطی برای رودخانه‌ها توسعه‌یافته‌اند که بعضی از این روش‌ها همچنان در حال بازبینی و اصلاح می‌باشند (Tharme, 2003). صاحب‌نظران علم جریانات زیست‌محیطی در رودخانه‌ها این روش‌ها را به چهار دسته اصلی شامل هیدرولوژیکی، هیدرولیکی، شبیه‌ساز زیستگاه و جامع‌نگر تقسیم‌بندی می‌کنند. در عمل همه این روش‌ها برای برقراری درجه‌ای معین از حفاظت به تعیین یک جریان حداقل می‌پردازند. ساده‌ترین روش‌های تعیین جریان زیست‌محیطی معروف به روش هیدرولوژیکی یا جدولی هستند که بر پایه استفاده از اطلاعات و آمار هیدرولوژیکی استوار بوده و معمولاً به‌صورت ثبت داده‌های تاریخی جریان روزانه یا ماهانه می‌باشند (Nikghalb and Shokoohi, 2013). در این روش‌ها نیاز آبی محیط‌زیستی رودخانه براساس استفاده از آمار و اطلاعات موجود تعیین شده و معمولا این محاسبات بدون هرگونه جمع آوری اطلاعات جدید صورت می‌پذیرد (Shokoohi and Amini, 2014).

به منظور برآورد حداقل جریان محیط‌زیستی رودخانه کارون از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، جریان پایه آبریان، آرکانزاس و محدوده تغییرپذیری استفاده گردید و با استفاده از مدل هیدرودینامیکی شبیه‌سازی زیستگاه River2D نشان داده شد که در استفاده از روش تنانت در فصل تابستان باید محتاط بود چرا که معیار این روش بازه‌ی بین ۹ تا ۹۶ درصد متوسط جریان سالانه می‌باشد (Naderi et al., 2020). وزارت نیرو طی ابلاغیه ۸۳۴۹/۳۱/م مورخ ۸۶/۱۱/۲۸ روش مونتانا (تنانت) در سطح ۱۰٪ آورد سالیانه را به‌عنوان حداقل نیاز زیست‌محیطی

رودخانه‌ها و حفظ شرایط اکوسیستم پایین دست سدها تعیین کرده است لذا ضروری است که توضیحات لازم در مورد استفاده از این روش در این مقاله ارائه و بررسی شود.

در مطالعه‌ای دیگر، ختار و شکوهی (۱۳۹۹) به ارزیابی و اصلاح روش تگزاس به عنوان یک روش هیدرولوژیکی برای ارائه رژیم اکولوژیکی در رودخانه‌های دائمی پرداخته‌اند. در این تحقیق ضمن اثبات ارزش روش تگزاس و همچنین تفاوت بین نتایج این روش با رژیم تاریخی مشاهده شده در قالب یک مطالعه موردی، روش تگزاس توسعه داده شد و توانست رژیم اکولوژیکی رودخانه بعد از برداشت جریان را بین دو محدوده‌ی حداقل و میانگین جریان تاریخی در مقیاس ماهانه تضمین و تأمین نماید. مهمترین دستاورد این تحقیق آن بود که نشان داد هر دو روش تگزاس و تگزاس اصلاح شده به عنوان یک روش هیدرولوژیکی می‌توانند جایگزین روش تنانت شوند و در عین حال رژیم بهنگام رودخانه را همانند روش‌های پیچیده شبیه‌سازی زیستگاه، مشابه رژیم نابهنگام و تاریخی رودخانه بدست دهند.

در بعضی از این روش‌ها سعی می‌شود تا ارتباط تجربی بین کیفیت و مقدار جریان آب موجود در رودخانه با وضعیت اکوسیستم آبی مرتبط با آن برقرار گردد (Yang et al., 2016) و داده‌های هیدرولوژیکی برای تعیین مقادیر جریان آب و درصد رواناب ورودی به رودخانه به صورت سالیانه، فصلی و ماهانه مورد نیاز می‌باشد. از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به مطالعه هاشمی و همکاران (۱۴۰۲) که به بررسی تاثیر شبکه آبیاری و زهکشی تجن بر تامین نیازهای جریان محیط زیستی منابع آب پرداختند، اشاره نمود. بدین منظور مقدار نیاز آبی محیط‌زیستی رودخانه تجن با استفاده از چهار روش هیدرولوژیکی محاسبه شد. مقدار نیاز آبی محیط‌زیستی این رودخانه نیز بر مبنای سه آلاینده اصلی آب‌های سطحی در منطقه شامل نیتروژن، فسفر و شوری تعیین شد. مقایسه روش‌های تحلیل جریانات زیست‌محیطی با رویکردهای هیدرولوژیکی با درنظرگرفتن مسائل کیفی نشان داد که روش تنانت که عموما در فرآیندهای توسعه منابع آب و حتی وزارت نیرو به کار گرفته می‌شود مطلوبیت لازم را برای حفاظت کمی و کیفی رودخانه ندارد. در مقایسه با سایر روش‌های هیدرولوژیکی، روش اسماختین تا حدی بهتر از بقیه بود. همچنین برای حفاظت کیفی رودخانه حتما باید میزان جریان محیط‌زیستی تعریف شده براساس بحرانی‌ترین آلاینده مدنظر قرار گیرد. براساس نتایج حاصل از این تحقیق، با توجه به کمبودهای قابل توجه در تامین نیاز آبی محیط‌زیستی، منطقه تجن در وضعیت ناپایدار قرار دارد و ادامه شرایط موجود سبب تشدید ناپایداری خواهد شد. سرچشمه و همکاران (۱۳۹۹) نیز در مطالعه‌ای به بررسی کمبود آب با درنظرگرفتن همزمان کمیت و کیفیت آب و جریان محیط‌زیستی پرداختند. براساس داده‌های ماهانه کمیت آب، نیاز آبی جریان محیط‌زیستی از روش تنانت محاسبه گردید و داده‌های کیفی و کمی آب برای ارزیابی کمبود آب به وسیله یک شاخص جامع بدست آمد. نتایج نشان داد که هردو شاخص کمی و کیفی در حال تحمل کمبود آب برای مقدار معین نیاز آبی محیط‌زیستی می‌باشند.

در برخی دیگر از این روش‌ها با برقراری ارتباط بین آماره‌های مختلف هیدرولوژی و ساختار و کارکرد اکوسیستم‌های آبی مربوطه دقت بیشتری در محاسبات حاصل می‌شود ولی برآوردها به صورت کلی بوده و در حد تعیین حجم آب سالانه، جریانات ماهانه یا فصلی می‌باشد (Verma et al., 2015). این روش‌های هیدرولوژیکی خاص درنظر دارند تا با معرفی و استفاده از یک سری شاخص‌های هیدرولوژیکی ساده بتوانند نتایجی را بدست آورند که بسیار نزدیک به روش‌های اکولوژیکی باشد. روش‌های انتقال منحنی تداوم جریان (FDC-shifting) و محدوده تغییرپذیری (RVA) نمونه‌هایی از این روش‌ها هستند که به طور عمده در تحقیقات مختلف از آن استفاده می‌گردد. شکوهی و همکاران (۱۴۰۰)، تاثیر رهاسازی جریان براساس دستورالعمل‌های زیست‌محیطی رودخانه‌ها بر بیلان تالاب انزلی را مورد ارزیابی قرار دادند. بخشی از نتایج این مقاله نشان داد که بهترین روش هیدرولوژیکی که بتواند دبی جریان زیست‌محیطی را طوری محاسبه نماید که بهترین عملکرد بر روی بیلان تالاب بوجود آید روش FDC-shifting بوده و کمترین مقدار نیز از اعمال سناریوی محافظه‌کارانه از روش تنانت بدست می‌آید. خان‌محمدی و شکوهی (۱۳۹۷) مطالعه‌ای را با عنوان استفاده از مدل RVA در تبیین رژیم اکولوژیکی رودخانه‌ها به منظور تعیین جریان زیست‌محیطی انجام دادند. نتایج نشان داد که روش‌های هیدرولوژیکی ساده نظیر تنانت و Q95 اگرچه هزینه مالی ندارند اما از دقت و سازگاری لازم با محیط زیست رودخانه برخوردار نیستند. در این تحقیق علاوه بر روش‌های هیدرولوژیکی از روش RVA با این فرض که از سادگی روش‌های هیدرولوژیکی برخوردار است و درعین حال می‌تواند شرایط اکولوژیکی رودخانه را حفظ نماید مورد آزمون قرار گرفت. بررسی آماری بر روی دبی‌های ماهانه رودخانه نشان داد که برای داده‌های دارای چولگی بهتر است از میانه جریان ماهانه تاریخی به جای میانگین استفاده به عمل آید. همچنین نتیجه شد که دبی حاصل از روش River2D در رودخانه در همه ماه‌ها قابل تأمین نیست، در حالی که دبی حاصل از روش RVA جریان زیست‌محیطی حداقلی را بدست می‌آورد که می‌تواند تمام معیارهای مورد انتظار برای حفظ محیط زیست در رودخانه را ارضا نماید. کریمی و همکاران (۱۴۰۱) مطالعه‌ای را درخصوص تعیین نیاز آبی محیط‌زیستی زیرحوضه‌های رودخانه کرج انجام دادند. در آن تحقیق، حقابه محیط‌زیستی رودخانه در سطح زیرحوضه و در مقیاس زمانی ماهانه با استفاده از روش‌های

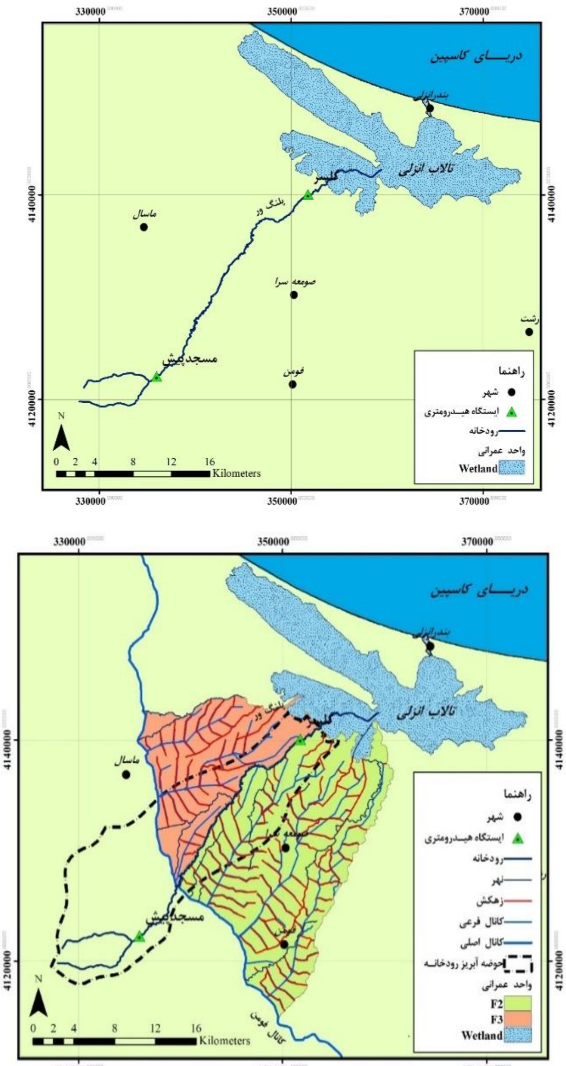
منحنی تداوم جریان و شاخص تغییرپذیری محاسبه گردید. نتایج نشان داد که روش منحنی تداوم جریان (Q95) بالاترین و تنانت اضلاح شده کمترین مقادیر را برآورد می‌کند. همچنین پیشنهاد گردید تا مقادیر به دست آمده از روش منحنی تداوم به عنوان حد بالا و شاخص تغییرپذیری جریان به عنوان حد پایین حقابه رودخانه کرج به صورت ماهانه درنظر گرفته شود.

بررسی مطالعات گذشته در مورد روش‌های هیدرولوژیکی موجود نشان داد که اگرچه این روش‌ها برای مدیریت دقیق روزانه آب در اکوسیستم‌ها کافی نیست اما برآوردهای کلی آنها برای مقیاس برنامه‌ریزی در سطح حوضه آبریز بسیار مناسب است. وضعیت اکولوژیکی رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی در حوضه آبریز این تالاب نشان می‌دهد که این رودخانه‌ها دارای مشکلات محیط زیستی متعدد مانند برداشت‌های بی‌رویه شن و ماسه، ایجاد بندهای انحرافی در مسیر رودخانه و ورود آلودگی‌های شهری و روستایی به داخل رودخانه هستند (Modaberi and Shokoohi, 2020) لذا باید با آگاهی کامل به شناسایی مقدار آب مورد نیاز برای حفظ این اکوسیستم‌های با ارزش پرداخت. رودخانه پلنگ‌ور یکی از رودخانه های مهم ورودی به تالاب انزلی است که منبع مهم تامین کننده نیاز آبی کشاورزی بخصوص اراضی شالیزاری در حوضه آبریز فومنات است. در سال‌های اخیر به دلیل توسعه کشاورزی و دست درازی به مقدار آب جریان یافته در رودخانه اثرات نامطلوبی بر روی حیات زیستمندان وابسته به آن اتفاق افتاده است (Modaberi and Shokoohi, 2020). مقاله حاضر درنظر دارد نیاز آبی محیط زیستی رودخانه پلنگ‌ور را با تکیه بر آمارهای تاریخی جریان رودخانه و با صرف هزینه و وقت کمتر محاسبه نماید و همچنین با استفاده از روش‌های اکوهیدرولوژیکی مرسوم مانند روش محدوده تغییرپذیری جریان، توانایی حفظ توابع اکولوژیکی مهم برای مهمترین زیستمندان رودخانه یعنی ماهیان را نیز درنظر بگیرد. در این راستا ابتدا نیاز آبی محیط زیستی رودخانه با روش محدوده تغییرپذیری جریان در دو ایستگاه در بالادست و پایین دست رودخانه با استفاده از داده‌های دبی ماهانه جریان در بازه زمانی ۳۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از روش‌های هیدرولوژیکی تنانت، تنانت اصلاح شده، تگزاس، تگزاس اصلاح شده و منحنی انتقال جابجاشونده نیز، نیاز آبی رودخانه تخمین زده شد و در انتها بهترین روش برای حفظ توابع اکولوژیکی رودخانه انتخاب گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه پلنگ‌ور به طول حدود ۳۱ کیلومتر یکی از رودخانه‌های دائمی حوضه تالاب انزلی است که از دامنه‌های شمال شرقی کوه‌های ماسوله با ارتفاع ۳۰۵۰ متر از سطح دریا که در ۲۸ کیلومتری غرب شهرستان فومن در استان گیلان قرار دارد، سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از روستاهای متعدد در بخش فومنات در نهایت در محدوده روستای کلسر در شهرستان صومعه‌سرا به تالاب انزلی می‌ریزد (Modaberi and Shokoohi, 2019). رودخانه پلنگ‌ور با توجه به شرایط دیواره و بستر رودخانه جز رودخانه‌های آبرفتی محسوب کرد. دانه بندی بستر رودخانه از قلوه سنگ و گراول تشکیل شده است و این موضوع سبب شده است که پلنگ‌ور دارای پراکنش گونه‌ای مختلف ماهیان بومی منطقه و محلی مناسب برای تخمریزی ماهیانی همچون کپور معمولی، سس ماهی سرگنده، لای ماهی، اسبله، ماهی سفید، سیاه کولی و شاه کولی باشد (Abbasi, 2018). رودخانه پلنگ‌ور شرایط مهاجرت برای ماهیان را باتوجه به آبدهی مناسب و شرایط سیلابی در تمامی فصول سال دارد. متوسط بارندگی در حوضه آبریز رودخانه پلنگ‌ور حدود ۱۷۵۵



شکل ۱. موقعیت، محل قرارگیری ایستگاه‌های هیدرومتری و واحدهای عمرانی موجود در حوضه رودخانه پلنگ‌ور

میلیمتر است. همچنین مقدار بیشینه بارش با میزان ۳۱۱ میلی‌متر در آبان ماه و کمترین سهم از میزان بارش با ۲۸ میلی‌متر در خرداد ماه رخ داده است. به منظور انجام محاسبات هیدرولوژیکی در حوضه آبریز رودخانه پلنگ‌ور از داده‌های اندازه‌گیری شده ۲ ایستگاه هیدرومتری که یکی در بالادست رودخانه با نام ایستگاه مسجدپیش و دیگری در پایین‌دست رودخانه با نام ایستگاه کلسر استقرار یافته است، استفاده شد تا بتوان با آگاهی از شرایط هیدرولوژیکی رودخانه به صورت روزانه، تحلیل بهتری از وضعیت حوضه آبریز داشت. اطلاعات مربوط به دبی رودخانه‌ها در دوره آماری از سال ۱۳۷۱ تا سال ۱۴۰۱ از شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان دریافت شد. جدول (۱)، مشخصات عمومی رودخانه و شکل (۱)، نمایی از رودخانه پلنگ‌ور را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات عمومی رودخانه پلنگ‌ور

نام شهر	مختصات ابتدای بازه			مختصات ابتدای بازه		
	محل شروع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	محل خاتمه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
فومن	سیاه ور آلیان	۳۳۷۷۰۱	۴۱۲۵۵۷۳	کلسر	۳۵۴۳۵۴	۴۱۴۱۵۹۳

بررسی مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه رودخانه پلنگ‌ور و تعیین حقابه محیطزیستی آن مستلزم شناخت کلیه مصارف و منابع مربوط به حوضه این رودخانه می‌باشد. ازآنجاکه کشاورزی اصلی‌ترین بخش مصرف در حوضه رودخانه پلنگ‌ور بوده و مهم‌ترین منبع تأمین آب این اراضی که عمدتاً اراضی شالیزاری است، رودخانه پلنگ‌ور می‌باشد (Modaberi and Shokoohi, 2020) لذا سعی گردید که درباره واحدهای عمرانی مرتبط با این رودخانه که به نحوی با حقابه زیست‌محیطی تالاب در تعارض هستند، توضیحاتی ارائه گردد. واحدهای عمرانی F2 و F3 از زیرحوضه های مهم بخش فومنات با این رودخانه در ارتباط هستند. واحد عمرانی F2، دومین واحد عمرانی شبکه آبیاری زهکشی استان گیلان در بخش فومنات بوده که از شمال به تالاب انزلی، از جنوب به کانال فومن، از شرق به رودخانه پیش‌روبار و از غرب به رودخانه پلنگور محدود است. مطالعات این واحد از شبکه در سال ۱۳۴۹ انجام گرفت و در سال ۱۳۵۱ ساخته‌شده است (Anonymous, 2004). در حال حاضر تمامی شبکه‌های موجود در آن اعم از درجه ۱ و ۲ دردست بهره‌برداری می‌باشد. مشخصات واحد F2 در جدول (۲) آمده است.

همچنین واحد عمرانی F3، سومین واحد عمرانی از شبکه آبیاری زهکشی استان گیلان است که در مجاورت واحدهای عمرانی F2 و F4 قرار دارد. این واحد از شمال به رودخانه مرغک، از شمال شرقی به تالاب انزلی، از غرب به کانال فومن و از شرق و جنوب به رودخانه پلنگور محدودشده است. مطالعات این واحد از شبکه در سال ۱۳۴۹ انجام گرفت و در سال ۱۳۵۱ ساخته‌شد (Anonymous, 2004). در حال حاضر تمامی شبکه‌های موجود در آن اعم از درجه ۱ و ۲ در دست بهره‌برداری است. مشخصات واحد F3 در جدول (۳) آمده است.

روش انجام کار

در این مطالعه، به منظور تعیین جریان زیست‌محیطی رودخانه پلنگ‌ور، ابتدا به تجزیه و تحلیل پارمتر بارش به عنوان مهمترین فاکتور هواشناسی تاثیرگذار بر میزان جریان رودخانه پرداخته شد. سپس با محاسبه رژیم هیدرولیکی جریان، مقادیر

جدول ۲. مشخصات واحد F2 (پایگاه داده شرکت آب منطقه‌ای گیلان)

مصارف موجود در واحد F2						منابع موجود در واحد F2					
مساحت اراضی شالیزاری		مساحت سایر کشت‌ها		مساحت کل		کانال فومن		رودخانه ماسوله رودخان		رودخانه پیشرودبار	
هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	حجم آب تحویلی (MCM)	درصد	حجم آب تحویلی (MCM)	درصد	حجم آب تحویلی (MCM)	درصد
۱۹۶۸۴	۷۰/۳	۸۳۲۹	۲۹/۷	۲۸۰۱۳	۱۰۰	۱۱۷/۹	۶۵	۴۱/۷	۲۳	۲۰/۵	۱۲

جدول ۳. مشخصات واحد F3 (پایگاه داده شرکت آب منطقه‌ای گیلان)

مصارف موجود در واحد F3						منابع موجود در واحد F3					
مساحت اراضی شالیزاری		مساحت سایر کشت‌ها		مساحت کل		کانال فومن		رودخانه پلنگ‌ور		رودخانه خالکائی	
هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	حجم آب تحویلی (MCM)	درصد	حجم آب تحویلی (MCM)	درصد	حجم آب تحویلی (MCM)	درصد
۹۲۰۸	۶۷/۵	۴۴۳۳	۳۲/۵	۱۳۶۴۱	۱۰۰	۵۷/۹	۵۲	۲۷/۲	۲۵	۲۵/۴	۲۳

دبی جریان در رودخانه در هر دو ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش و کلسر در ماه‌های مختلف سال آنالیز گردید. در انتها نیاز آبی محیطزیستی رودخانه در هر دو ایستگاه ابتدا با روش RVA محاسبه شد و با سایر روشهای هیدرولوژیکی به دست آمده در این تحقیق نیز مقایسه گردید و بهترین روش هیدرولوژیکی که بتواند ضامن حفظ توابع اکولوژیکی رودخانه باشد، انتخاب شد. درباره هریک از روش‌های مورد استفاده در این تحقیق توضیحات مختصری ارائه شده است.

روش محدوده تغییرپذیری

یکی از روش‌های سریع و ساده هیدرولوژیکی در تعیین جریانات محیطزیستی رودخانه‌ها، رهیافت محدودهٔ تغییرپذیری است که به تمام پارامترهای هیدرولوژیکی رژیم جریان توجه کرده و براساس تحلیل آماری برای جریان محیطزیستی یک رژیم هیدرولوژیکی معرفی می‌کند (Richter et al., 1996). این روش بیشتر در رودخانه هایی که حفاظت از تنوع زیستی و حفظ کارکرد خدمات از اهداف مدیریتی آن هستند به کار گرفته می‌شود. رهیافت محدوده تغییرپذیری برای پرکردن فاصله میان مدیریت هیدرولوژیک رودخانه و مبانی اکولوژیک و بویژه درنظرگرفتن شرایط آبزیان تدوین شده است (Khanmohammady and Shokoohi, 2020). این روش از ۶ گام اصلی تشکیل شده است. در گام اول، محدوده طبیعی تغییر هیدرولوژیکی با استفاده از چندین شاخص هیدرولوژیکی مناسب از نظر اکولوژیکی مشخص می‌گردد. این شاخص‌ها معروف به شاخص‌های تغییر هیدرولوژیکی هستند که در جدول (۴) نشان داده شده است. در گام دوم، برای هریک از پارامترهای شاخص تغییر هیدرولوژیکی، یک هدف مدیریتی انتخاب می‌شود. فرض اساسی این است که مقدار سالیانه هریک از پارامترهای منتخب باید در محدوده تغییر طبیعی رودخانه قرار گیرد. هدف‌های مدیریتی براساس اطلاعات موجود اکولوژیکی رودخانه است. در گام سوم، محدوده تغییرپذیری جریان براساس اهداف مدیریتی مشخص شده و در گام چهارم، به ارزیابی اثرات اکولوژیکی وارد بر رودخانه در سیستم جدید مدیریت منابع آب پرداخته می‌شود. گام پنجم به مشخص کردن تغییرات واقعی جریان با استفاده از همان پارامترهای هیدرولوژیکی و سپس مقایسه با اهداف کمی رهیافت محدوده تغییرپذیری می‌پردازد. در گام ششم، تکرار پنج گام اول با منظور کردن نتایج مدیریت سال های گذشته و یافته های پژوهش جدید اکولوژیکی یا اطلاعات پایش برای بازنگری سیستم مدیریت یا هدفهای کمی رهیافت محدوده تغییرپذیری است. به منظور انجام روش RVA با هدف بررسی شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی در این مقاله از نرم افزار IHA software 7.1 استفاده شد (The Nature Conservancy, 2009). این نرم‌افزار با هدف پردازش سریع داده‌های هیدرولوژیکی روزانه برای تعیین شرایط جریان طبیعی و محاسبه مقادیر ۳۳ پارامتر تغییرات هیدرولوژیکی طراحی شده است (Song et al., 2020). دلیل اصلی استفاده از شاخص‌های هیدرولوژیکی در روش RVA، نگهداری شرایط جریان در محدوده تغییرات طبیعی آن و مرتبط کردن شاخص‌های گیاهی و جانوری رودخانه با ۵ گروه از متغیرهای هیدرولوژیکی است به طوری که با حفظ هرکدام از این متغیرها در محدوده میانه یا میانگین جریان رودخانه، شرایط اکولوژیکی برای زیستمندان موجود در رودخانه حفظ گردد (Talukdar and Pal., 2018).

جدول ۴. شاخص‌های تغییر هیدرولوژیکی

گروه	عنوان	ویژگی گروه	پارامترها
گروه ۱	بزرگی جریان ماهانه	بزرگی مقدار زمان رخداد جریان	مقادیر متوسط ماهانه جریان
گروه۲	بزرگی و مدت دوام وقایع حدی سالانه	بزرگی مدت دوام جریان	حداقل سالانه و حداقل متوسط های ۱ روزه حداقل سالانه و حداقل متوسط های ۷ روزه حداقل سالانه و حداقل متوسط های ۳۰ روزه حداقل سالانه و حداقل متوسط های ۹۰ روزه
گروه۳	مقدار زمان جریان حدی سالانه	مقدار زمان رخداد جریان	شماره روز وقوع هر حداقل و یا حداکثر جریان ۱ روزه در سال
گروه۴	فراوانی و مدت تداوم پالس‌های کم و زیاد جریان	تناوب مدت دوام جریان	تعداد پالس‌های جریانات کم و زیاد در هر سال متوسط تداوم پالس‌های کم و زیاد جریان
گروه ۵	نرخ و فراوانی تغییرات جریان	سرعت تغییرات	متوسط تفاوت‌های مثبت بین مقادیر روزانه متوسط همه تفاضل‌های منفی بین مقادیر روزانه

روش تنانت

روش تنانت یکی از ساده‌ترین روش‌های هیدرولوژیکی برای تعیین نیاز حداقل آب زیست‌محیطی معرفی شده است که در آن درصدهای مختلفی از متوسط جریان سالیانه رودخانه در قالب سطوح مختلف کیفیت زیست‌بوم رودخانه در نظر گرفته می‌شود. بر طبق پیشنهاد تنانت ۱۰٪، ۳۰٪ و ۶۰٪ درصد متوسط جریان سالیانه به ترتیب به عنوان حداقل جریان برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها، حفظ وضعیت بقای نسبتاً خوب و حفظ زیستگاه مناسب تخصیص می‌یابد (Tennant, 1976). جدول (۵)، درصدهای پیشنهادی روش تنانت را برای سناریوهای مختلف مدیریت جریان و تخصیص نشان می‌دهد.

جدول ۵. دبی‌های زیست‌محیطی پیشنهادی به روش تنانت

نوع جریان	دبی پایه توصیه شده	
	مهر- اسفند	فروردین- شهریور
جریان ماکزیمم یا شست و شو (flushing or maximum)	۲۰۰٪	
مقدار بهینه جریان (optimum rang)	۱۰۰٪-۶۰٪	
بسیار عالی (out standing)	۴۰٪	۶۰٪
عالی (Excellent)	۳۰٪	۵۰٪
خوب (Good)	۲۰٪	۴۰٪
عادلانه (Fair or degrading)	۱۰٪	۳۰٪
ضعیف (Poor or minimum)	۱۰٪	۱۰٪
تخریب شدید (severe degradation)	۱۰٪- ۰	

روش تگزاس

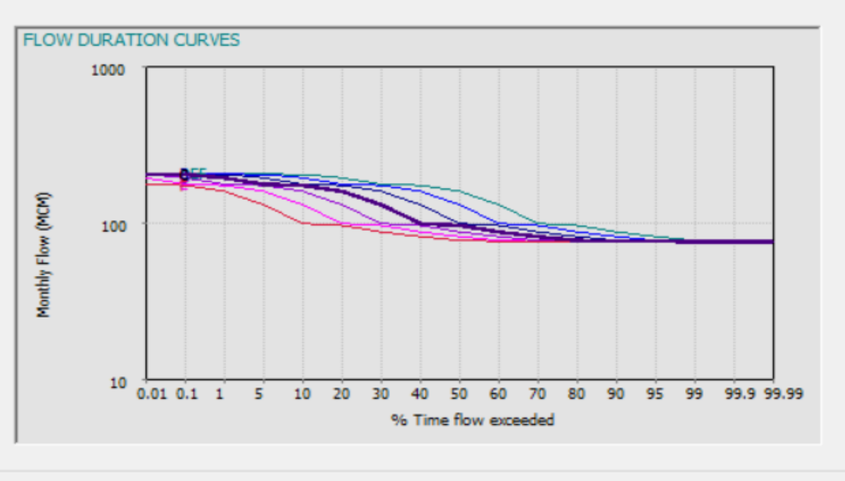
روش تگزاس به عنوان روشی مشتق شده از روش تنانت به منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی استفاده می‌شود. در روش تگزاس جریان آب رودخانه در فصول بهار و تابستان اهمیت بیشتری از فصول دیگر سال دارد؛ به همین جهت ۴۰٪ درصد از میانگین جریان ماهانه به‌عنوان جریان زیست‌محیطی از اکتبر تا فوریه اختصاص داده می‌شود، در حالی که این مقدار از ماه مارس تا سپتامبر برابر ۶۰٪ است (Anonymous, 2006). در این روش برخلاف روش تنانت که جریان زیست‌محیطی را به صورت درصدی از متوسط جریان در مقیاس سالانه در نظر می‌گیرد، جریان موردنظر به صورت درصدی از جریان متوسط در مقیاس ماهانه می‌باشد (Shokoohi and Hong, 2011). اگرچه از روش تگزاس در ایران کمتر استفاده شده است اما دلایلی مانند سادگی مفهوم، نیاز کم به داده‌های اولیه و نهایتا سهولت کاربرد این روش سبب شده است تا محققین به استفاده از آن ترغیب گردند. تخمین جریان محیطزیستی به صورت ماهانه و همچنین ارزیابی نتایج ارزشمند حاصله از مطالعات Naderi et al., 2020، Shokoohi and Hong., 2013، Razzaghi Rezaeieh., 2019 و Khatar and Shokoohi., 2021 در محدوده‌هایی دیگر، سبب شد تا از روش تگزاس برای ارزیابی جریان زیست محیطی رودخانه پلنگ‌ور استفاده شود.

روش تگزاس اصلاح شده

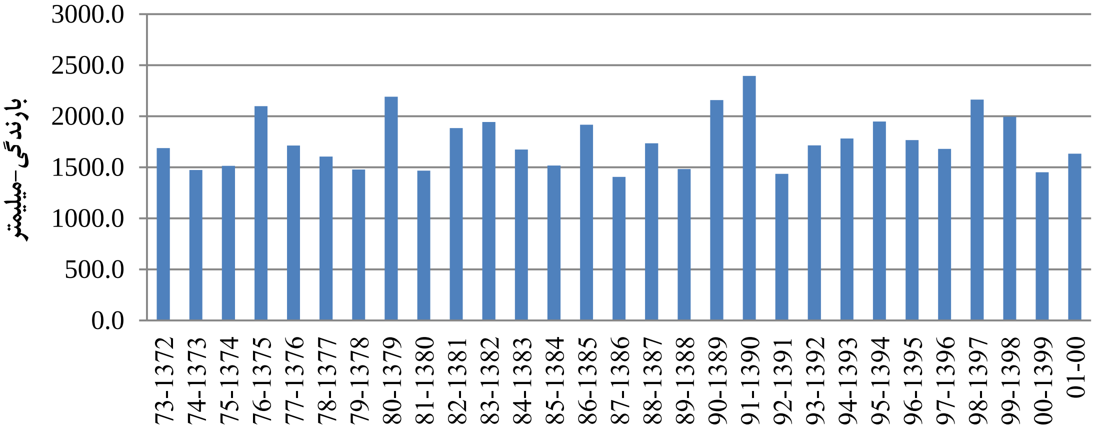
وفادار ماندن به رژیم تاریخی رودخانه از طریق روش‌های اکولوژیکی در شرایط کمبود داده و بودجه و زمان محدود برای مطالعات محیطزیستی و اکولوژیکی در اکوسیستم‌های آبی امکانپذیر نیست (Khatar and Shokoohi, 2020). بدین منظور می‌توان با بومی‌سازی یا توسعه روش‌های هیدرولوژیکی مانند تگزاس نتایجی تقریبا مشابه با روش‌های اکولوژیکی بدست آورد که نیاز به صرف هزینه و زمان بیشتری دارند. در روش تگزاس اصلاح شده که در ایران توسعه داده شد استفاده از میانگین دبی ماهانه به جای میانه آنها توصیه گردید (Khatar and Shokoohi, 2020). لذا در این تحقیق نیز از این روش هم به عنوان یکی از روش‌های تعیین جریان زیست‌محیطی که برای رودخانه های ایران، بومی‌سازی شده است، استفاده گردید.

روش انتقال منحنی تداوم جریان

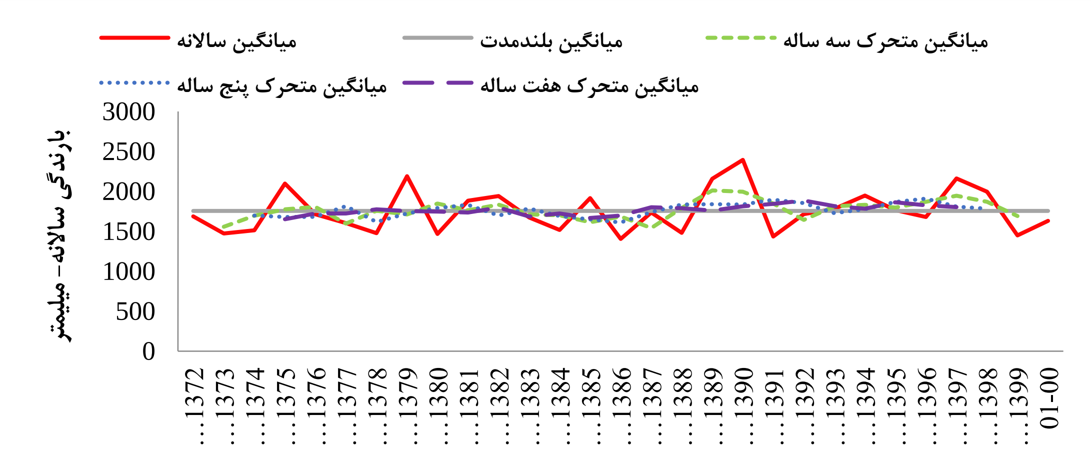
روش انتقال منحنی تداوم جریان (FDC-shifting) یک روش هیدرولوژیکی به منظور ارزیابی اولیه و سریع نیاز آبی زیست‌محیطی رودخانه‌ها است که دارای چهار مرحله اصلی (Smakhtin and Anputhas, 2006) شامل شبیه‌سازی شرایط هیدرولوژیکی مرجع که در آن منحنی تداوم جریان برای رودخانه در یک سری زمانی ماهانه برآورد می‌شود در مرحله اول، تعریف کلاس‌های مدیریت زیست‌محیطی در مرحله دوم، تولید منحنی‌های تداوم جریان محیطزیستی در مرحله سوم و تولید سری زمانی جریان محیطزیستی ماهانه می‌باشد. براساس مفاهیم روش انتقال منحنی تداوم جریان، نرم‌افزار GEFC که در مطالعه حاضر از آن استفاده شده، توسعه داده شد (Smakhtin and Anputhas., 2006). مراحل کار در این نرم‌افزار به ترتیب شامل انتخاب منبع داده‌های ورودی، نمایش مشخصات هیدرولوژیکی، محاسبه جریان زیست‌محیطی و انتخاب کلاس مدیریت زیست‌محیطی پیش‌فرض و نمایش محاسبه سری زمانی جریان مرجع و جریان زیست‌محیطی است. این نرم‌افزار با استفاده از داده‌های جریان ماهانه، مقادیر جریان زیست‌محیطی را به ترتیب از چپ به راست در کلاس‌های زیست‌محیطی A تا F در اختیار ما قرار می‌دهد. نمونه‌ای از منحنی‌های روش انتقال تداوم جریان در شکل (۲) ارائه شده است.



شکل ۲. نمونه‌ای از منحنی‌های روش انتقال تداوم جریان



شکل ۳. مقادیر میانگین سالانه بارش در ایستگاه انزلی



شکل ۴. منحنی تغییرات بارش سالانه به همراه میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله برای ایستگاه انزلی

نتایج و بحث

در این مطالعه، ابتدا به دلیل اهمیت تغییرپذیری مکانی و زمانی بارش و نقش مهم آن در تعیین نیاز آبی رودخانه ها، این پارامتر اقلیمی مورد توجه محققین قرار گرفت. به‌منظور بررسی بارندگی در محدوده مورد مطالعه، مقادیر بارندگی سالانه ایستگاه انزلی برای یک دوره بلندمدت آماری ۳۰ ساله تحلیل شد. از آنجایی که کل حوضه آبخیز تالاب انزلی دارای شرایط همگن است لذا می‌توان از ایستگاه سینوپتیک انزلی به عنوان

ایستگاه معرف کل حوضه آبخیز جهت برآورد و تخمین داده‌های هواشناسی استفاده نمود و تعمیم داد (Razi and Shokoohi, 2019). مقادیر میانگین بارندگی سالانه در ایستگاه انزلی برای دوره آماری ۳۰ ساله در شکل (۳) درج گردیده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود میانگین بارندگی بلندمدت سالانه در ایستگاه انزلی ۱۷۵۵/۲ میلیمتر می‌باشد. برای تحلیل دوره ترسالی و خشکسالی و تعیین درجه خشکسالی منطقه از روش SPI استفاده گردید. همچنین به‌منظور بررسی دوره‌های خشک و تر در محدوده مورد مطالعه، منحنی‌های تغییرات بارش سالانه به مدت ۳۰ سال به همراه میانگین متحرک ۳ ، ۵ و ۷ ساله برای ایستگاه سینوپتیک انزلی در شکل (۴) ترسیم گردید. بررسی این نمودار نشان می‌دهد که بجز یک تغییر شدید در بین سال‌های ۸۵ تا ۹۰ که به صورت ترسالی نمود پیدا کرده، تغییرات بارندگی چندانی در طول دوره ۳۰ ساله مشاهده نشده است.

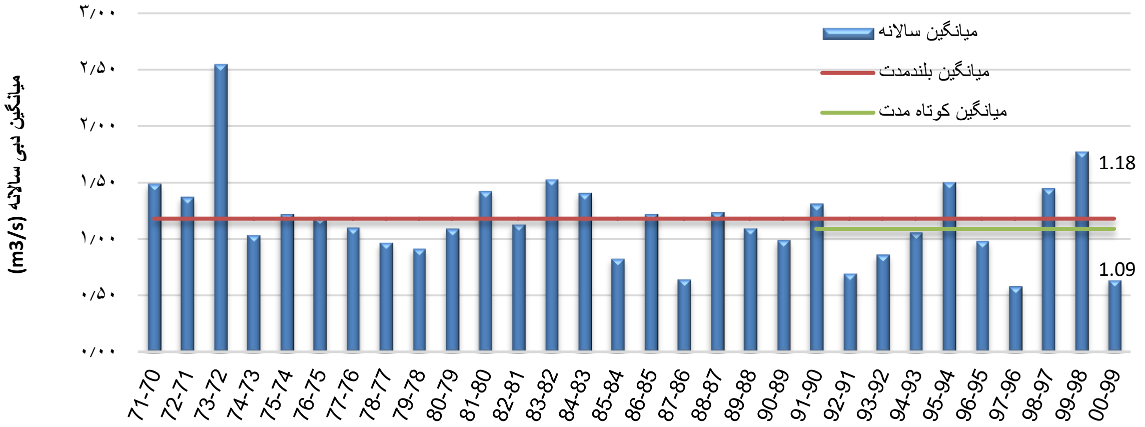
رژیم آبدهی جریان در رودخانه پلنگ‌ور

به منظور بررسی تصادفی بودن، عدم وجود روند و بررسی همگنی داده‌های ثبت شده دبی رودخانه پلنگ‌ور در ایستگاه‌های هیدرومتری مسجدپیش و کلسر به ترتیب از آزمون‌های ران تست، من کندال و ویلکاکسون استفاده گردید که نتایج آن در جدول (۴) آمده است. نتایج نشان داد که داده‌های مورد استفاده همگن و تصادفی بوده و در سطح اطمینان ۵ درصد فاقد روند معنی دار می‌باشند. در این حالت می‌توان برای تحلیل جریان زیست‌محیطی به روش RVA و با استفاده از نرم افزار IHA از روش پارامتریک استفاده نمود. در تحلیل پارامتری، رژیم جریان با استفاده از دبی ماهانه تعیین می‌گردد. در این حالت حدود RVA که شامل نوسانات قابل قبول جریان است، با اضافه و کم کردن یک انحراف معیار به میانگین جریان ماهانه بدست می‌آید.

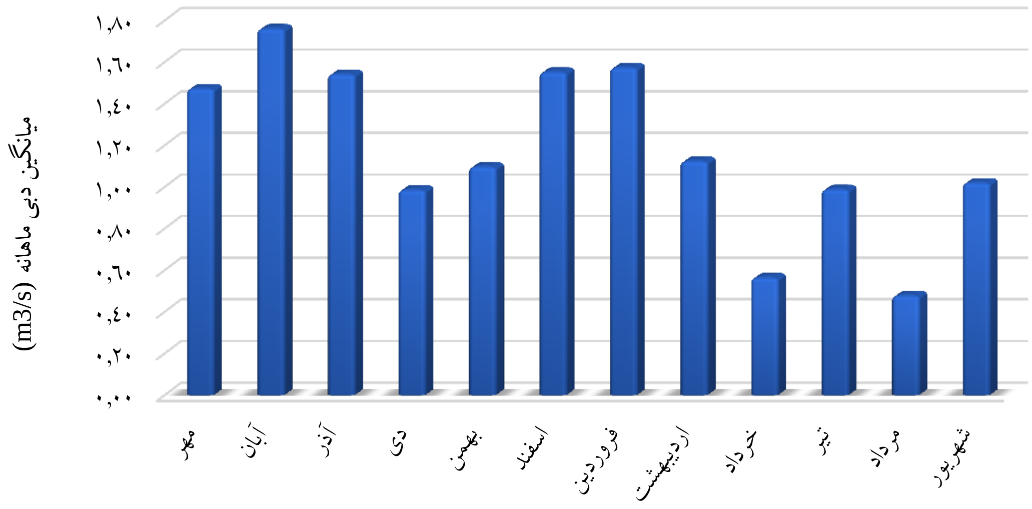
جدول ۴. نتایج آزمون بررسی تصادفی بودن، همگنی و روند داده‌های دبی در رودخانه پلنگ‌ور

ایستگاه هیدرومتری	آزمون	Statistic value	p-value	نتیجه آزمون
مسجدپیش	ران تست	۱/۸۳	۰/۱۷۶	تصادفی بودن داده ها
	من کندال	۰/۳۲	۰/۸۶	بدون روند
	ویلکاکسون	۰/۲۱	۰/۷۹	همگن بوده داده ها
کلسر	ران تست	۱/۳۸	۰/۱۲۳	تصادفی بودن داده ها
	من کندال	۰/۲۱۲	۰/۶۰۴	بدون روند
	ویلکاکسون	۰/۱۵	۰/۷۷	همگن بوده داده ها

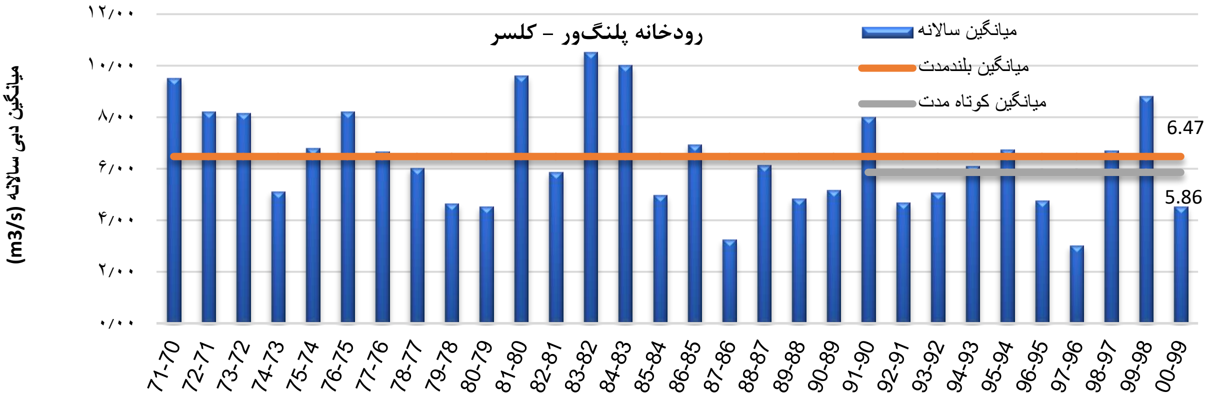
در این مرحله، ارزیابی رژیم آبدهی رودخانه پلنگ‌ور براساس تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده دبی جریان در دو ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش در بالادست و کلسر در پایین دست رودخانه صورت پذیرفت. میانگین دبی بلندمدت و کوتاه‌مدت رودخانه در ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش در دوره شاخص به ترتیب حدود ۱/۱۸ و ۱/۰۹ مترمکعب بر ثانیه بود و در ماه‌های آبان و مرداد به ترتیب بیشترین و کمترین آبدهی را دارد. همچنین میانگین دبی بلندمدت و کوتاه‌مدت در ایستگاه هیدرومتری کلسر به ترتیب حدود ۶/۴۷ و ۵/۸۶ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد و بیشترین و کمترین آبدهی آن در ماه‌های آبان و مرداد جریان دارد. در شکل‌های (۵)، (۶)، (۷) و (۸) میانگین دبی سالانه ماهانه در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه پلنگ‌ور ارائه شده است.



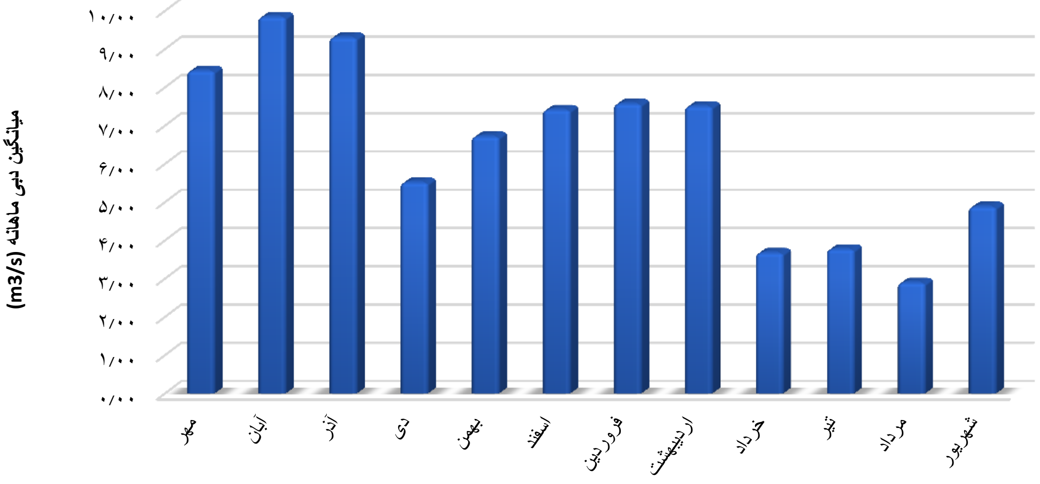
شکل ۵. میانگین دبی سالانه، بلندمدت و کوتاه‌مدت رودخانه پلنگ‌ور ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش



شکل۶. میانگین دبی ماهانه رودخانه پلنگ‌ور ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش



شکل ۷. میانگین دبی سالانه، بلندمدت و کوتاه‌مدت رودخانه پلنگ‌ور ایستگاه هیدرومتری کلسر



شکل ۸. میانگین دبی ماهانه رودخانه پلنگ‌ور ایستگاه هیدرومتری کلسر

تعیین نیاز آبی محیط زیستی رودخانه پلنگ‌ور

در این بخش ابتدا نیاز آبی محیط‌زیستی رودخانه پلنگ‌ور در ایستگاه‌های هیدرومتری بالادست و پایین‌دست با استفاده از روش RVA محاسبه شد و سپس مقادیر تخصیص نیاز آبی زیست‌محیطی با دیگر روش‌های هیدرولوژیکی نیز بررسی گردید.

تعیین نیاز آبی محیط زیستی رودخانه پلنگ‌ور با استفاده از روش RVA

نتایج تغییرات پارامترهای شاخص تغییرات هیدرولوژیکی در روش RVA برای ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش در رودخانه پلنگ‌ور در جدول (۵) ارائه شده است. میانگین حداقل جریان محیط‌زیستی برابر ۰/۸۴ مترمکعب بر ثانیه و میانگین حداکثر جریان محیط‌زیستی برابر ۱/۴ مترمکعب بر ثانیه برآورد گردید. حجم جریان محیط‌زیستی مورد نیاز سالانه رودخانه در ایستگاه مسجدپیش به صورت حداقل(پایه) و حداکثر به ترتیب برابر ۲۲/۵۱ و ۴۴/۱۸ میلیون مترمکعب تخمین زده شد. نتایج مقادیر برآورد شده جریان محیط‌زیستی در شرایط حداقل نشان داد که روش RVA می‌تواند شرایط اکولوژیکی رودخانه را حفظ نماید زیرا در ماه‌های شهریور تا اردیبهشت عددی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد میانگین ماهانه را دربرمی‌گیرد. اما در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد که افزایش برداشت آب از رودخانه به دلیل مصارف کشاورزی زیاد است عملا روش RVA حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد متوسط جریان را درنظرگرفته است که این مقدار اگرچه با شرایط مناسب کمی فاصله دارد اما با توجه به شرایط محیطی و مدیریت تخصیص منابع آب، می‌تواند عددی قابل قبول برا ی حفظ شرایط اکولوژیکی حداقلی در رودخانه را تضمین نماید. نکته قابل توجه این است که در زیست بوم پلنگ‌ور، زمان اصلی تخمریزی ماهیان در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت است (Abbasi, 2018) که نتایج حاصل از روش RVA در شرایط حداقل توانسته است به خوبی شرایط اکولوژیکی مناسب را حفظ نماید و ضمانت علمی کامل برای این ارزش اکولوژیکی یعنی حفظ عملیات تخمریزی ماهیان در این منطقه باشد.

همچنین با توجه به جدول (۵)، نتایج تغییرات پارامترهای شاخص تغییرات هیدرولوژیکی در روش RVA برای ایستگاه هیدرومتری کلسر در رودخانه پلنگ‌ور نشان داد که میانگین حداقل جریان زیست‌محیطی برابر ۵/۰۱ مترمکعب بر ثانیه و میانگین حداکثر جریان محیط‌زیستی برابر ۹/۶۹ مترمکعب بر ثانیه است. حجم جریان محیط‌زیستی مورد نیاز سالانه رودخانه در ایستگاه کلسر به صورت حداقل(پایه) و حداکثر به ترتیب برابر ۱۵۸/۱۱ و ۳۰۵/۸۱ میلیون مترمکعب تخمین زده شد. نتایج مقادیر برآورد شده جریان محیط‌زیستی در شرایط حداقل نشان داد که روش RVA می‌تواند شرایط اکولوژیکی رودخانه را حفظ نماید زیرا در کل سال حتی در ماه‌های گرم و بحرانی توانسته است عددی بین ۵۵ تا ۸۰ درصد میانگین ماهانه را دربربگیرد. باید قبول کرد که تامین شرایط اکولوژیکی مناسب در ماه‌هایی که برداشت آب برای کشاورزی بسیار حیاتی است سبب می‌شود که مدیریت تخصیص آب شرایط محتاط‌تری را نسبت به سایر ماه‌ها اعمال نمایند لذا استفاده از منطقی که بتواند اعداد و ارقامی را مطالبه کند که برای عملیات تخصیص، قابل چانه‌زنی باشد، بسیار ضروری است. نکته قابل توجه این است که در زیست بوم پلنگ‌ور، زمان اصلی تخمریزی ماهیان در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت است (Abbasi, 2018) که نتایج حاصل از روش RVA در شرایط حداقل در این ایستگاه نیز توانسته است به خوبی شرایط اکولوژیکی مناسب را حفظ نماید و ضمانت علمی کامل برای این ارزش اکولوژیکی یعنی حفظ عملیات تخمریزی ماهیان در این منطقه باشد.

جدول ۵. تغییرات پارامترهای شاخص تغییرات هیدرولوژیکی در روش RVA برای ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش

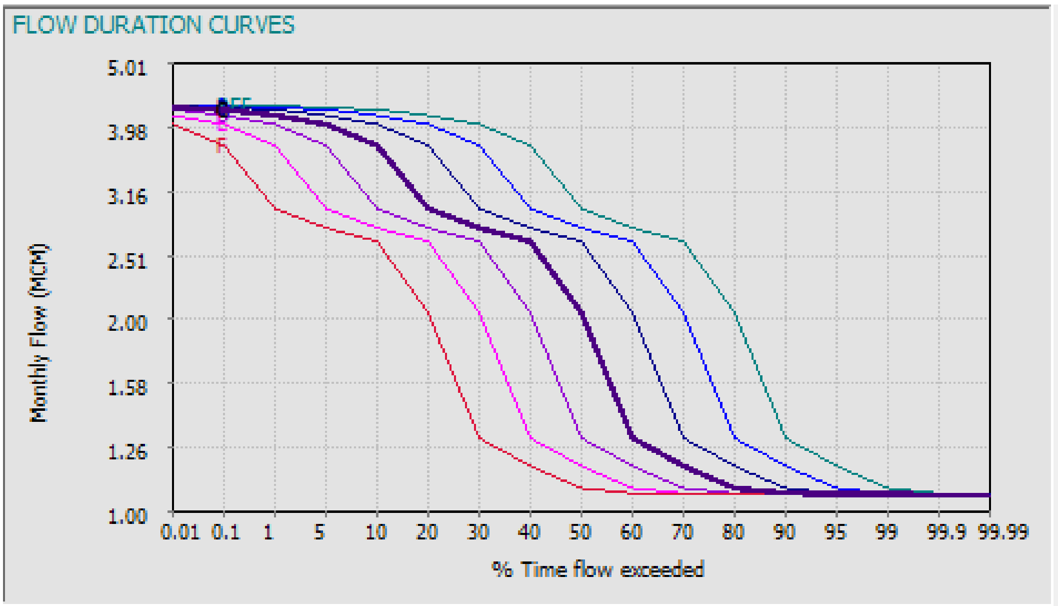
پارامترها	رژیم جریان			برآورد جریان محیط‌زیستی RVA	
	میانگین	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
	میزان آبدهی ماهانه برحسب مترمکعب برثانیه				
مهر	۱/۴۷	۰/۰۷	۳/۳۳	۱/۱۳	۱/۶۳
آبان	۱/۷۶	۰/۲۳	۵/۷۷	۱/۰۸	۲/۳۴
آذر	۱/۵۴	۰/۳۲	۲/۴۹	۱/۱	۱/۵۷
دی	۰/۹۹	۰/۴۷	۲/۱۲	۰/۷۸	۱/۲۴
بهمن	۱/۱	۰/۳۹	۲/۰۵	۰/۹۶	۱/۲۸
اسفند	۱/۵۵	۰/۵۳	۳/۲۴	۱/۲۶	۱/۷۹
فروردین	۱/۵۷	۰/۳۳	۳/۰۶	۱/۴۶	۲/۰۸
اردیبهشت	۱/۱۲	۰/۲۴	۲/۵۹	۰/۸۷	۱/۶۲
خرداد	۰/۵۶	۰/۱۶	۱/۴۳	۰/۲۵	۰/۸۳
تیر	۰/۹۹	۰/۱	۲/۰۸	۰/۲۱	۰/۹۳
مرداد	۰/۴۸	۰/۰۲	۲/۱۱	۰/۱۹	۰/۳۷
شهریور	۱/۰۲	۰/۰۹	۲/۳۵	۰/۷۴	۱/۱۶
میانگین				**۰/۸۴**	**۱/۴**

جدول ۶. تغییرات پارامترهای شاخص تغییرات هیدرولوژیکی در روش RVA برای ایستگاه هیدرومتری کلسر

پارامترها	رژیم جریان			برآورد جریان محیط‌زیستی RVA	
	میانگین	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
	میزان آبدهی ماهانه برحسب مترمکعب برثانیه				
مهر	۸/۴۵	۰/۴۸	۲۷/۷۷	۷/۳۲	۱۰/۵۸
آبان	۹/۸۵	۱/۲۴	۲۱/۳۹	۶/۷۸	۱۱/۵۱
آذر	۹/۳۱	۱/۴۹	۲۰/۰۵	۷/۳۴	۱۰/۱۶
دی	۵/۵۳	۲/۳۲	۱۹/۰۱	۴/۷	۶/۵۴
بهمن	۶/۷۳	۲/۷۳	۱۵/۹۷	۵/۳۵	۷/۷۳
اسفند	۷/۴۲	۲/۲۱	۱۴/۹۴	۶/۵۴	۹/۵۴
فروردین	۷/۵۸	۰/۳۴	۱۵/۷۹	۶/۸۲	۱۰/۸۷
اردیبهشت	۷/۵۲	۱/۲۱	۲۰/۷۹	۵/۷۶	۱۰/۱۹
خرداد	۳/۶۹	۱/۰۵	۱۳/۱۷	۲/۰۵	۵/۴۱
تیر	۳/۷۸	۰/۳۱	۱۱/۰۲	۲/۱۷	۶/۳۸
مرداد	۲/۹۱	۰/۲	۸/۹۸	۱/۶	۳/۵۳
شهریور	۴/۸۹	۰/۰۷	۱۶/۹۵	۳/۷۳	۶/۶۴
میانگین				**۵/۰۱**	**۹/۶۹**

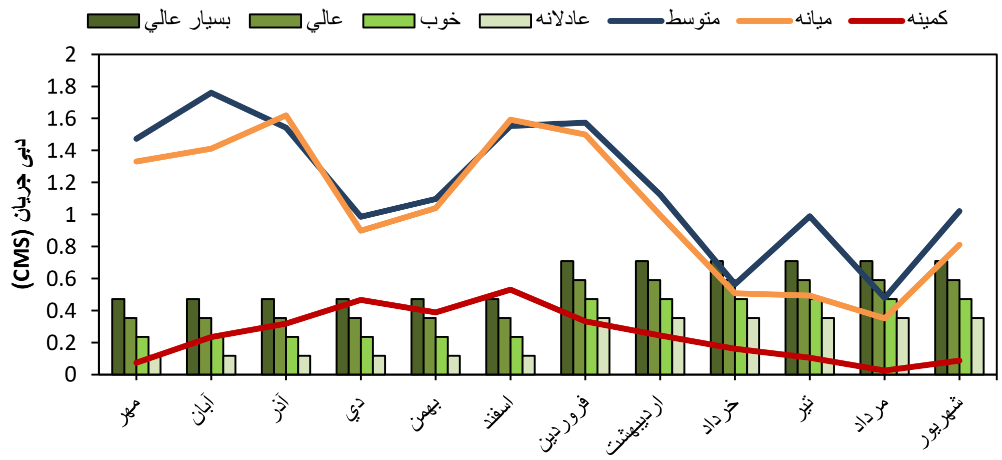
تعیین نیاز آبی محیط‌زیستی رودخانه پلنگ‌ور با استفاده از سایر روشهای هیدرولوژیکی

نیاز آبی محیط‌زیستی رودخانه پلنگ‌ور در ایستگاه‌های هیدرومتری مسجدپیش و کلسر به روش‌های هیدرولوژیکی مرسوم مانند انتقال منحنی تداوم جریان، تگزاس، تگزاس اصلاح شده و روش تنانت با سناریوهای مختلف در این بخش محاسبه گردید. در گام اول، جهت تعیین مقادیر نیاز زیست‌محیطی ایستگاه مسجدپیش به روش انتقال منحنی تداوم جریان از نرم‌افزار GEFC استفاده شد که نتایج حاصل از آن به صورت ماهانه در شکل (۹) آمده است. مقایسه وضعیت مدیریتی رودخانه پلنگ‌ور با استفاده از مرور منابع (Shokoohi et al., 2023) و نظر کارشناسان خبره نشان داد که کلاس مدیریتی C می‌تواند جوابگوی مشکلات محیط زیستی و مدیریتی این منطقه باشد. نتایج حاصل از روش انتقال منحنی تداوم جریان در ماه‌های مختلف در جدول (۷) ارائه شده است.

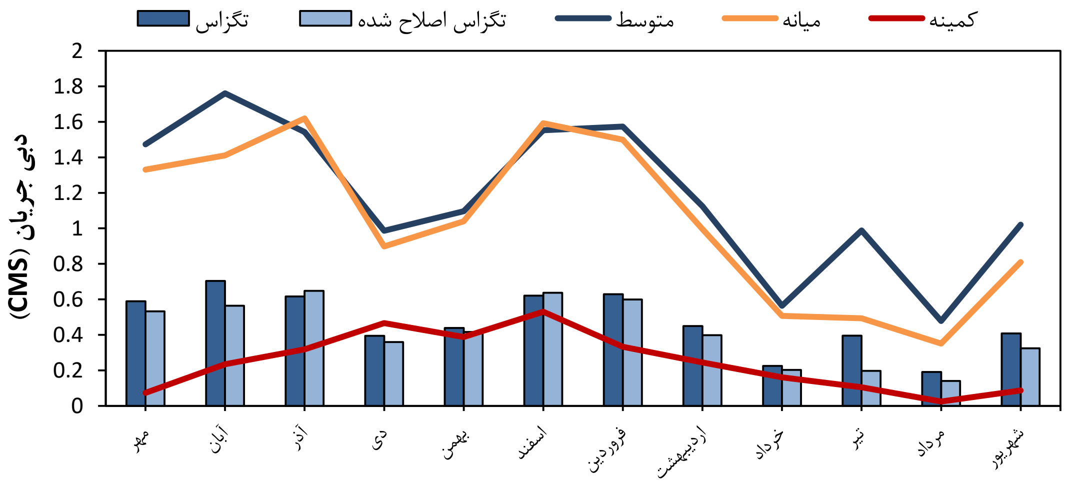


شکل ۹. نمودار منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی کلاس مدیریتی C ایستگاه مسجدپیش

شکل های (۱۰) و (۱۱) مقادیر جریان زیست‌محیطی بدست آمده با روش تنانت و تگزاس را در ایستگاه مسجدپیش نشان می‌دهد. مقایسه نتایج حاصل از روش تنانت در کلیه سناریوها با مقادیر متوسط و میانه درازمدت رودخانه نشان داد که در فصول سرد سال از ماه‌های مهر تا اسفند مقادیر ماهانه بدست آمده از این روش اگرچه درصد کمی از میانگین بلندمدت رودخانه را نشان می‌دهد اما می‌تواند نیاز آبی محیطزیستی رودخانه را در شرایط خاص تامین نماید اما در ماه‌های گرم سال به خصوص در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد که هم مصارف کشاورزی در رودخانه پلنگور به دلیل برداشت مستقیم آب افزایش می‌یابد و از طرف دیگر گرمای هوا زیاد می‌شود، مقادیر مذکور نمی‌تواند جوابگوی نیاز آبی زیست‌محیطی رودخانه باشد و استفاده از این روش منجر به اتفاق فجایع محیطزیستی در رودخانه می‌شود. به علت نرمال بودن داده‌ها و اختلاف ناچیز بین مقادیر بدست آمده از روش تگزاس و تگزاس اصلاح‌شده می‌توان نتیجه گرفت که به جز در ماه‌های بحرانی مانند خرداد، تیر و مرداد، جایگزینی یکی از این روش‌ها نسبت به دیگری میسر است و در ماه‌های گرم سال باید از روشی استفاده نمود که بتواند مقادیر منطقی‌تری را محاسبه کند. در مقام مقایسه روش‌های تگزاس با سناریوهای مختلف روش تنانت می‌توان اذعان نمود که روش تگزاس اعداد قابل قبول‌تری را نسبت به روش تنانت بیان می‌کند. در مجموع، مقادیر جریان زیست‌محیطی به روش‌های هیدرولوژیکی در رودخانه پلنگور در جدول (۷) آمده است.



شکل ۱۰. جریان زیست‌محیطی بدست آمده با روش تنانت در ایستگاه مسجدپیش

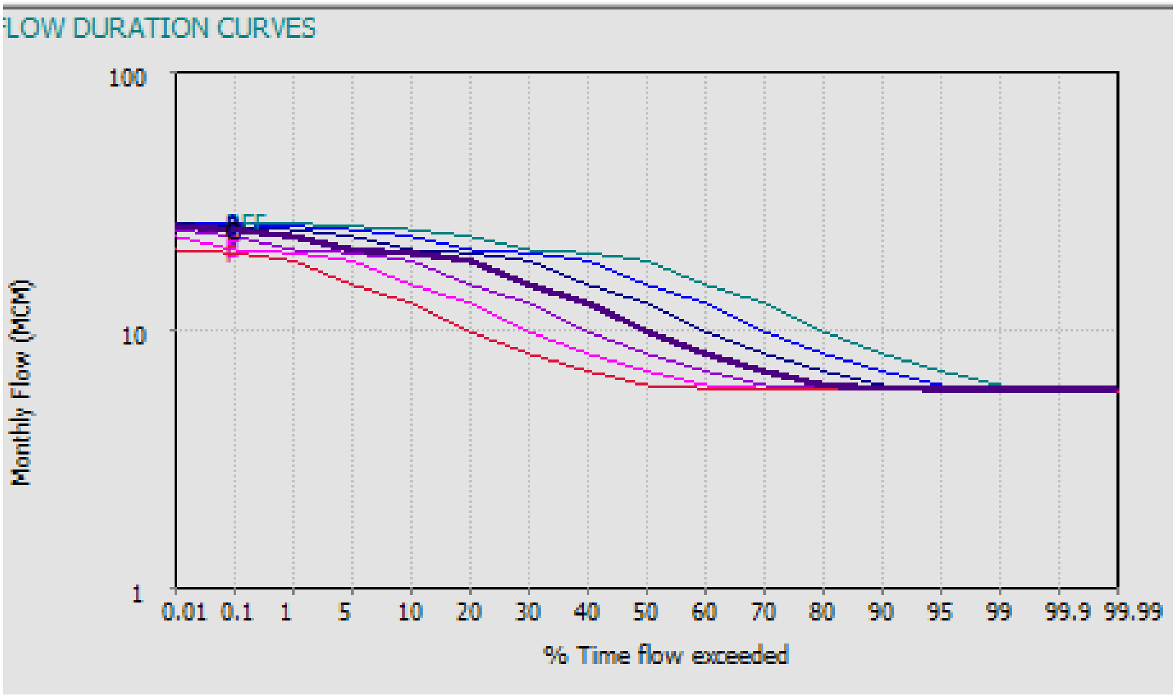


شکل ۱۱. جریان زیست‌محیطی بدست آمده با روش تگزاس و تگزاس اصلاح‌شده در ایستگاه مسجدپیش

جدول ۷. مقادیر جریان زیست‌محیطی به روش‌های هیدرولوژیکی در رودخانه پلنگور در ایستگاه مسجدپیش برحسب متر بر ثانیه

ماه	تنانت عادلانه	تنانت خوب	تنانت عالی	تنانت بسیار عالی	تگراس اصلاح شده	تگراس	منحنی انتقال جابجا شده	آماره‌های دبی بلندمدت			
								متوسط	میانه	بیشینه	کمینه
مهر	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۵۹	۱	۱/۴۷	۱/۳۳	۳/۳۳	۰/۰۷
آبان	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۶	۰/۷	۱/۶	۱/۷۶	۱/۴۱	۵/۷۷	۰/۲۳
آذر	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۶۲	۱/۰۹	۱/۵۴	۱/۶۲	۲/۴۹	۰/۳۲
دی	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۹۹	۰/۹	۲/۱۲	۰/۴۷
بهمن	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۶۶	۱/۱	۱/۰۴	۲/۰۵	۰/۳۹
اسفند	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۶۴	۰/۶۲	۱/۰۷	۱/۵۵	۱/۵۹	۳/۲۴	۰/۵۳
فروردین	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۶	۰/۶۳	۱/۲۵	۱/۵۷	۱/۵	۳/۰۶	۰/۳۳
اردیبهشت	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۴	۰/۴۵	۰/۸۵	۱/۱۲	۱	۲/۵۹	۰/۲۴
خرداد	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۲	۰/۲۳	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۵۱	۱/۴۳	۰/۱۶
تیر	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۳	۰/۴	۰/۴۴	۰/۹۹	۰/۴۹	۲/۰۸	۰/۱
مرداد	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۳۵	۲/۱۱	۰/۰۲
شهریور	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۳۲	۰/۴۱	۱/۰۲	۱/۰۲	۰/۸۱	۲/۳۵	۰/۰۹

همچنین در گام دوم، به منظور تعیین مقادیر نیاز آبی زیست‌محیطی رودخانه پلنگ‌ور در ایستگاه هیدرومتری کلسر به روش انتقال منحنی تداوم جریان از نرم‌افزارGEFC استفاده گردید که نتایج حاصل از آن در شکل (۱۲) آمده است. مقایسه وضعیت مدیریتی رودخانه پلنگور در پایین‌دست رودخانه با استفاده از مرور منابع (Shokoohi et al., 2023) و نظر کارشناسان خبره نشان داد که کلاس مدیریتی C می‌تواند جوابگوی مشکلات محیط زیستی و مدیریتی در ایستگاه کلسر باشد. نتایج حاصل از روش تغییر منحنی تداوم جریان در ماه‌های مختلف در جدول (۸) ارائه شده است.

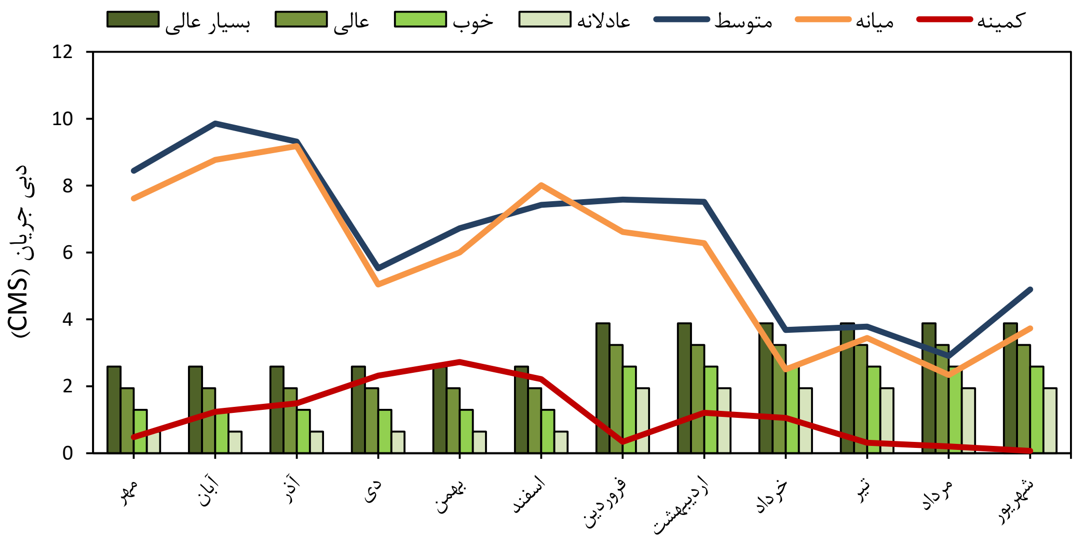


شکل ۱۲. نمودار منحنی تداوم جریان زیست‌محیطی کلاس مدیریتی C ایستگاه کلسر

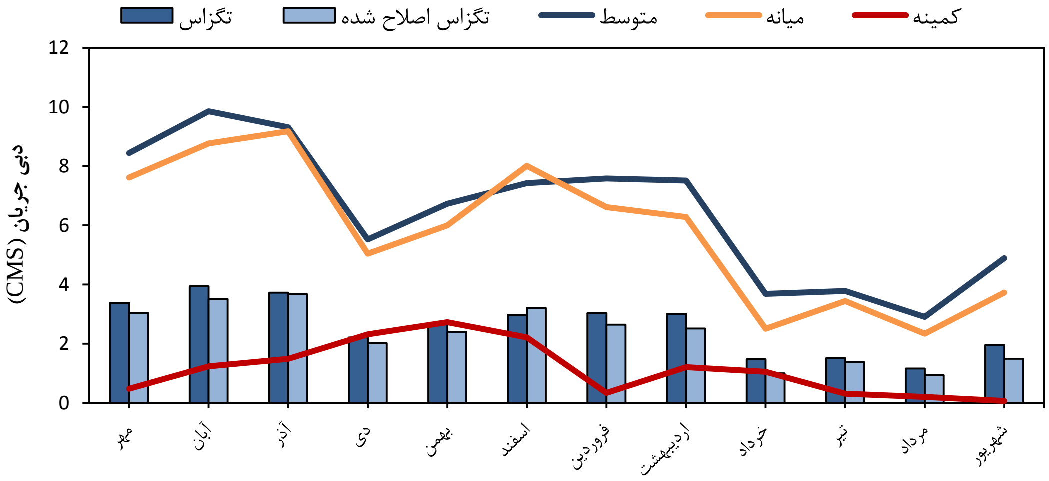
شکل‌های (۱۳) و (۱۴) مقادیر جریان زیست‌محیطی بدست آمده با استفاده از روش‌های تنانت در سناریوهای مختلف، تگراس و تگراس اصلاح شده را در مقایسه با مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر جریان در بلند مدت را در ایستگاه کلسر نشان می‌دهد. نتایج حاصل از سناریوهای تنانت نشان داد که این روش مقادیر کمی را به جریان محیطزیستی اختصاص می‌دهد و حتی در سناریوی عادلانه خود نیز نتوانسته است شرایط اکولوژیکی رودخانه را حفظ نماید. روش‌های تگراس و تگراس اصلاح‌شده اگرچه مقادیر قابل قبولی را با توجه به شرایط تخصیص در حوضه رودخانه پلنگ‌ور در ماه‌های گرم سال به خصوص در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد بدست می‌آورند اما در ماه‌های سرد سال با توجه به اینکه هیچ‌گونه تخصیصی مانند شرب، صنعت و کشاورزی در رودخانه وجود ندارد، مقادیر کمی را به دست می‌دهد به طوری که شرایطی مانند شرایط سیلابی و اثرات استفاده از سیلابه‌های بلندمدت به عنوان یکی از ارکان حفظ رژیم طبیعی جریان را درنظر نمی‌گیرد. در مجموع، مقادیر جریان زیست‌محیطی به روش‌های هیدرولوژیکی در ایستگاه کلسر در جدول (۸) آمده است.

جدول ۸. مقادیر جریان زیست‌محیطی به روش‌های هیدرولوژیکی در رودخانه پلنگ‌ور در ایستگاه کلسر برحسب متر بر ثانیه

ماه	تنانت عادلانه	تنانت خوب	تنانت عالی	تنانت بسیار عالی	تگراس	تگراس اصلاح شده	منحنی انتقال جابجا شده	آماره‌های دبی بلندمدت			
								متوسط	میانه	بیشینه	کمینه
مهر	۰/۶۵	۱/۲۹	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۳۸	۳/۰۵	۶/۵	۸/۴۵	۷/۶۲	۲۷/۷۷	۰/۴۸
آبان	۰/۶۵	۱/۲۹	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۹۴	۳/۰۵	۷/۹۶	۹/۸۵	۸/۷۷	۲۱/۳۹	۱/۲۴
آذر	۰/۶۵	۱/۲۹	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۷۳	۳/۵۱	۷/۶	۹/۳۱	۹/۱۸	۲۰/۰۵	۱/۴۹
دی	۰/۶۵	۱/۲۹	۱/۹۴	۲/۵۹	۲/۲۱	۳/۶۷	۳/۱	۵/۵۳	۵/۰۴	۱۹/۰۱	۲/۳۲
بهمن	۰/۶۵	۱/۲۹	۱/۹۴	۲/۵۹	۲/۶۹	۲/۰۲	۳/۴۴	۶/۷۳	۶	۱۵/۹۷	۲/۷۳
اسفند	۰/۶۵	۱/۲۹	۱/۹۴	۲/۵۹	۲/۹۷	۲/۴	۴/۲۵	۷/۴۲	۸/۰۱	۱۴/۹۴	۲/۲۱
فروردین	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۲۴	۳/۸۸	۳/۰۳	۳/۲۱	۵/۵۴	۷/۵۸	۶/۶۱	۱۵/۷۹	۰/۳۴
اردیبهشت	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۲۴	۳/۸۸	۳/۰۱	۲/۶۵	۴/۹	۷/۵۲	۶/۲۸	۲۰/۷۹	۱/۲۱
خرداد	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۲۴	۳/۸۸	۱/۴۷	۲/۵۱	۲/۳۴	۳/۶۹	۲/۵	۱۳/۱۷	۱/۰۵
تیر	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۲۴	۳/۸۸	۱/۵۱	۱	۲/۳۸	۳/۷۸	۳/۴۴	۱۱/۰۲	۰/۳۱
مرداد	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۲۴	۳/۸۸	۱/۱۶	۱/۳۸	۲/۳	۲/۹۱	۲/۳۴	۸/۹۸	۰/۲
شهریور	۱/۹۴	۲/۵۹	۳/۲۴	۳/۸۸	۱/۹۶	۰/۹۳	۲/۶۲	۴/۸۹	۳/۷۳	۱۶/۹۵	۰/۰۷



شکل ۱۳. جریان زیست‌محیطی بدست آمده با روش تنانت در ایستگاه کلسر



شکل ۱۴. جریان زیست‌محیطی بدست آمده با روش تگزاس و تگزاس اصلاح‌شده در ایستگاه کلسر

نتیجه‌گیری

برآورد جریان محیطزیستی با روش‌های هیدرولوژیکی به دلیل نیاز حداقلی به داده و هزینه کم و سریع بودن آنها سبب شده است که به عنوان یک روش ایده‌آل در ارزیابی های اولیه در سیستم مدیریت منابع آب و محیط زیست قرار گیرد. در این تحقیق نیاز آبی محیطزیستی رودخانه پلنگ‌ور به عنوان یکی از رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اهمیت رودخانه پلنگ‌ور در حوضه آبریز تالاب انزلی، ۲ ایستگاه هیدرومتری یکی در بالادست رودخانه با نام ایستگاه مسجدپیش و دیگری در پایین‌دست رودخانه با نام ایستگاه کلسر استقرار یافته است تا بتوان با آگاهی از شرایط هیدرولوژیکی رودخانه به صورت روزانه، تحلیل بهتری از وضعیت حوضه آبریز داشت. بر اساس آمار ایستگاه هیدرومتری مسجدپیش در بالادست این رودخانه، میانگین دبی بلندمدت و کوتاه‌مدت رودخانه در دوره شاخص به ترتیب حدود ۱/۱۸ و ۱/۰۹ مترمکعب بر ثانیه است و در ماه‌های آبان و مرداد به ترتیب بیشترین و کمترین آبدهی را دارد. همچنین میانگین دبی بلندمدت و کوتاه‌مدت در ایستگاه هیدرومتری کلسر در پایین‌دست این رودخانه به ترتیب حدود ۶/۴۷ و ۵/۸۶ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد و بیشترین و کمترین آبدهی آن در ماه‌های آبان و مرداد جریان دارد. روش RVA در شرایط حداقل را می‌توان روشی مناسب هم برای بالادست و هم پایین دست رودخانه پلنگ‌ور تجویز نمود. البته باید متذکر شد که چون در ماه‌های مهر تا اریبهشت هرسال هیچگونه برداشتی از آب این رودخانه برای سایر مصارف استفاده نمی‌گردد می‌توان از مقادیر حاصل از روش RVA با شرایط حداکثر استفاده نمود که این کار باعث می‌شود تا نیاز زیستمندان رودخانه به سیلاب‌های بزرگ نیز تامین گردد. Zarakani and Shokoohi, 2017 در تحقیق خود با معرفی رژیم جامع اکولوژیکی در شرایط کمبود داده برای تعیین حقابه زیستمحیطی رودخانه‌ها بیان نمودند که رودخانه‌ها برای حفظ شرایط زیستگاهی زیستمندان نیاز به چند دوره سیلابی به منظور فراهم آوردن شرایط مناسب هیدرولیکی برای موجودات زنده درون رودخانه، حفظ مورفولوژی بستر رودخانه، حفاظت از شکل آبراهه اصلی، نگهداری از پوشش گیاهی اطراف رودخانه و همسویی با اقلیم حاکم بر حوضه آبریز دارند. همچنین نکته قابل توجه این است که در زیست بوم پلنگ‌ور، زمان اصلی تخمریزی ماهیان در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت است که نتایج حاصل از روش RVA در شرایط حداقل در هر دو ایستگاه بالادست و پایین دست توانسته است به خوبی شرایط اکولوژیکی مناسب را حفظ نماید و ضمانت علمی کامل برای این ارزش اکولوژیکی یعنی حفظ عملیات تخمریزی ماهیان در این منطقه باشد. استفاده از روش‌های تگزاس و تگزاس اصلاح‌شده در ماه‌های گرم و بحرانی سال به دلیل محاسبه منطقی جریان محیطزیستی با توجه به شرایط تخصیص در منطقه، توصیه می‌شود اما در ماه‌های سرد سال به خصوص در شش ماهه اول سال آبی یعنی ماه‌های مهر تا اسفند و حتی فروردین و اردیبهشت می‌توان از روش‌هایی مانند انتقال منحنی تداوم یا RVA در شرایط حداکثر که اعداد به مراتب بزرگتری را نشان می‌دهد و درصد بیشتری از میانگین بلندمدت جریان را به خود اختصاص می‌دهند، استفاده نمود. در مقام مقایسه روش‌های تگزاس با روش تنانت می‌توان اذعان نمود که روش تگزاس اعداد قابل قبول تری را نسبت به روش تنانت بیان می‌کند. همچنین نتایج مقادیر نیاز زیست‌محیطی رودخانه پلنگ‌ور در هر ۲ ایستگاه با استفاده از روش انتقال منحنی تداوم جریان از نرم‌افزارGEFC، مرور منابع و نظر کارشناسان خبره نشان داد که باتوجه به وضعیت مدیریتی

رودخانه پلنگ‌ور کلاس مدیریتی C می‌تواند جوابگوی مشکلات محیط زیستی و مدیریتی باشد.

در انتها باید خاطر نشان کرد که با توجه به بررسی‌ها و مقایسه کلی بین مقادیر نیاز آبی محیط‌زیستی حاصل از تمامی روش‌های استفاده شده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که اولا در شرایط کمبود داده، استفاده از مقادیر برآورد شده از روش محدوده تغییرپذیری جریان در شرایط حداقل میانگین می‌تواند با ارائه مقادیر منطقی، شرایط اکولوژیکی رودخانه را تا حد زیادی حفظ نماید. ثانیا روش‌هایی مانند RVA در شرایط حداکثر و روش FDC-shifting اگرچه شرایط اکولوژیکی رودخانه را درنظر می‌گیرد اما به دلیل عدم توجه به مدیریت تخصیص در حوضه آبریز به خصوص در زمانی که فعالیت‌های کشاورزی افزایش می‌یابد و در موارد تخصیص منابع آب، ملاحظات اقتصادی-اجتماعی و سیاسی نیز وجود دارد، توصیه نمی‌شود. استفاده از روش‌های RVA در شرایط حداکثر و روش FDC-shifting در ماه‌های سرد سال یعنی از ماه مهر تا اردیبهشت به دلیل ارائه مقادیر نزدیک به میانگین و یا حتی بیشتر از آن توصیه می‌شود. اما در ماه‌های بحرانی سال به ترتیب استفاده از روشه‌های RVA در شرایط حداقل، روش تگزاس اصلاح شده، روش تگزاس و روش FDC-shifting توصیه می‌گردد. در انتها توصیه می‌شود که سازمان‌های دولتی که در جایگاه تصمیم‌گیری در مورد مسائل مربوط به منابع آب و مدیریت حوزه‌های آبخیز کشور هستند، با شناسایی حوزه‌های مهم نسبت به تخصیص صحیح آب در بخش‌های مختلف تصمیم‌گیری نمایند تا این تصمیمات شرایط را برای بقای اکولوژیکی رودخانه‌ها در هر حوضه آبریز حفظ نماید.

Reference:

Abbasi, K. (2018). Report on Fish abundance and reproduction biology in Anzali wetland and its inlet rivers, (Cheklist, Dispertion, Abundance, IUCN status and Reproduction) for JICA.

Anonymous. (2004). Report on improvement of irrigation and drainage network Guilan Sefidrud. Guilan Regional Water Authority. (In Persian)

Anonymous. (2006). TEXAS instream flow studies: technical overview. Texas Commission on Environmental Quality Texas Parks and Wildlife Department Texas Water Development Board. 150 pages.

Arthington, A., Bunn, S., Poff, N., & Naiman, R. (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems". Ecological Applications 16:1311-1318.

Arthington, A., & Pusey, B. J. (2003). Flow restoration and protection in Australian rivers. River Research and Applications 19: 377–395.

Hashemi, Z., Darzi, A., Karandish, F., Ritzema, H., & Solaimani, K. (2023). The impact of Tajan Irrigation and Drainage Network on Meeting the Environmental Flow Requirements of Water Resources. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 12(4): 73-85. (In Persian)

Karimi, S., Pourebrahim, Sh., Salajegheh, A., Malekian, A., Strauch, M., volk, M., & Witing, F. (2020). Environmental flow requirements of Karaj River's sub-watersheds using Flow Duration Curve and Indicators of Hydrological Alteration. Journal of Range and Watershed Management. 74(2): 393-405. (In Persian)

Khatar, B., & Shokoohi, A. (2020) Evaluating and Modifying the Texas Method as a Hydrologic Method for Prescribing Ecological Regime in Perennial Rivers. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 9(3): 31-46. (In Persian)

Khanmohammady, S., & Shokoohi, A. (2018). Using RVA Model for Defining River Ecological Regime for Determining Environmental Flow. Iran-Water Resources Research, 14(2): 224-235. (In Persian)

King, J., Tharme, R., & De Villiers, M. (2008). Environmental flow assessment for rivers: Manual for the Building Block Method. WRC Report NoTT 354/08, 364p.

Modaberi, H., & Shokoohi, A. (2019). Determining Anzali Wetland Environmental Water Requirement Using Eco-Hydrologic Methods. Iran-Water Resources Research, 15(3): 91-104. (In Persian)

Modaberi, H., & Shokoohi, A. (2020). Evaluation of the Effects of Exploitation of Sefidrood Irrigation and Drainage Network on the Life of Anzali Wetland. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 6(14): 1939-1953. (In Persian)

Naderi, M., Alioghli, S., Jahandideh, O., Rajabizadeh, Y., & Salarijazi, M. (2020). Determination of Optimal and Desirable Environmental Flow Release from Latian Dam reservoir with Consideration of Ecohydraulic, Hydrological and Hydro morphological Characteristics to Protect the Habitat of the Jajrood River. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 14(4):1277-1300. (In Persian)

Nikghalb, S Shokoohi, A. Singh, V. P. and Yu, R. (2016). 'Ecological Regime versus Minimum Environmental Flow: Comparison of Results for a River in a Semi Mediterranean Region'. Water Resource Manage, 30:4969–4984.

Poff, N., & Zimmerman, J. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. Freshwater Biological, 55(1):194-205.

Razi, F., & Shokoohi, A. (2019). Determining and Estimating the Lag time between Meteorological and Hydrological Drought Using a Water Balance Model. Watershed engineering and management, 13(1). (In Persian)

Razzaghi Rezaeieh, A., Ahmadi, H., Haghdoust, N., & Hessari, B. (2019). The evaluation of river environmental flow by using the ecohydrological methods (Case study: Mahabad-Chai River). Journal of Water and Soil Conservation, 25(6): 47-65. (In Persian)

Richter, D., Baumgartner, V., Powell, J. & Braun, P. (1996). A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conservation Biology, 10(4): 1163-1174.

Richter, D., Baumgartner, V., Wigington, R. & Braun, P. (1997). How much water does a river need? Freshwater Biology, 37: 231-249.

Sarcheshmeh, B., Behmanesh, J., & Rezaverdinejad, J. (2020). Evaluation of Water Scarcity by Determining Quantity and Quality and Environmental Flow Requirement of Zarrinehrood. Journal of Water and Soil. 34(3): 565-577. (In Persian)

Shokoohi, A., & Amini, M. (2014) 'Introducing a new method to determine rivers' ecological water requirement in comparison with hydrological and hydraulic methods', International Journal of Environmental Science and Technology, 11:3, 747-756.

Shokoohi, A., & Hong, H. (2011). Using hydrologic and hydraulically derived geometric parameters of perennial rivers to determine minimum water requirements of ecological habitats (case study: Mazandaran Sea Basin—Iran). Hydrological Processes, 25(22), 3490-3498.

Shokoohi, A., Modaberi, H., & Monjezi, H. (2023). Evaluation of the Effect of Flow Release Based on River Environmental Guidelines on the Water Balance of Anzali Wetland, Journal of Water and Soil Resources Conservation. 12(2): 31-49. (In Persian)

Smakhtin, V. U., & Anputhas, M. (2006). An assessment of environmental flow requirements of Indian river basins. IWMI Research Report 107, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Song, X., Zhuang, Y., Wang, X., Li, E., Zhang, Y., Lu, X. & Liu, X. (2020). Analysis of Hydrologic Regime Changes Caused by Dams in China. Journal of Hydrologic Engineering, 25(4): 05020003.

Talukdar, S., & Pal., S. (2018). Impact of dam on flow regime and flood plain modification in Punarbhaba River Basin of Indo-Bangladesh Barind tract. Water Conservation Science and Engineering, 3(2): 59-77.

Tennant, D. L. (1976). Instream flow regimens for fish and wildlife. Recreation and related environmental resources. Journal of Fisheries, (1): 6–10.

Tharme, R. E. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications, (19): 397–441

The Nature Conservancy. (2009). Indicators of Hydrologic Alteration – Version 7.1 User's Manual. 81pp.

Verma, R. K., Murthy, S., & Tiwary, R. K. (2015) Assessment of environmental flows for various sub-watersheds of Damodar river basin using different hydrological methods. Journal Waste Resources, 5(182): 2.

Yang, Y., Yin, X., & Yang, Z. (2016). Environmental flow management strategies based on the integration of water quantity and quality, a case study of the Baiyangdian Wetland, China. Ecological Engineering, 96:150-161.

Zarakani, M., Shookohi, A., Pising, V. (2017). Introducing a comprehensive ecological diet in the absence of data to determine the true environmental status of rivers. Iranian Water Resources Research Journal, 13(2): 140-153. (In Persian)