

EXTENDED ABSTRACT

The Combined Use of Hydrological Methods and Game Theory in Determining the Environmental Flow of the Great Karun River

A. Foroughian¹, E. Derikvand^{2*}, H. Eslami³ and S. Khoshnavaz⁴

1- Student - Department of Water Sciences, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

2*- Corresponding Author, Assistant Professor - Department of Water Sciences, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran. (derikvand@iau-shoushtar.ac.ir).

3- Assistant Professor - Department of Water Sciences, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

4- Assistant Professor - Department of Water Sciences, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 30 July 2020

Revised: 16 October 2020

Accepted: 20 October 2020

Keywords:

Nash Function, Qual2k Model,
Tenant Method.

TO CITE THIS ARTICLE:

Frooghiyan, A., Derikvand, E., Eslami, H., Khoshnavaz, S. (2021). 'The Combined Use of Hydrological Methods and Game Theory in Determining the Environmental Flow of the Great Karun River', *Irrigation Sciences and Engineering*, 44(1), pp. 111-126. doi: 10.22055/jise.2020.34662.1927

Introduction

Due to the increase in population and the inappropriate temporal and spatial distribution of precipitation, the implementation of dam construction projects is essential. This, along with the increasing abstraction of water and discharge of wastewater and sewage, has caused the river ecosystems to be negatively affected by dam construction projects. In dam construction, more attention is paid to the needs of drinking, agriculture, and industry, and less to the environmental flow of rivers. In order to maintain the ecosystem, however, it is necessary to determine the environmental requirements of the dams downstream.

Methodology

There are various methods for determining the environmental flow of the river, including hydraulic, hydrological, comprehensive, etc. The use of a combination of modern sciences and other conventional methods in this field has been widely used. In this study, taking into account the environmental needs of downstream and using the new integrated hydrological method of Tennant and simulating the river BOD parameter using Qual-2k model and solving game theory (calculating the Nash function), the optimal amount of environmental flow of the Karun river was estimated under three different quantitative and qualitative scenarios.

Results and discussion

The study area of the Great Karun River is in the place of Qir Dam to Farsi Hydrometric Station at the foot of Ahvaz. To determine the optimal flow, first the upper and the lower limits of the environmental flow were determined by the tantulum method and the aquatic flow, and then the pollution-river movement process was simulated using the Qual-2k model. (This is one of the latest

models in the Qual series, which can simulate water quality changes in a one-dimensional way across the river (Noroozi, 2018). The results were then applied to game theory dispute resolution theory (Nash function). Tenant first introduced the natural flow of the river, then introduced an average of 10 to 60 percent of the annual average as the environmental flow (Tennant 1976).

The average annual natural flow of the Great Karun River is 512 cubic meters per second, according to data taken over 25 years. Therefore, the amount of environmental flow based on the introduced percentages is between 51.20 and 302.70 cubic meters.

In the hydrological method of the basic aquatic flow, the environmental flow is equal to the minimum monthly average of the river flow. From the data about the input current to Gotvand dam, the monthly average was taken. The lowest monthly average of 302.70 cubic meters was considered as the ecological flow of the aquatic base stream. In order to take into account the tenant method and the basic flow of aquatic animals, between 50 and 350 cubic meters per second was selected to ensure the environmental range.

Qual-2k calibration was then performed. Hydraulic properties and general river information, and 6 quality parameters (DO, BOD, COD, N-NH₄, N-NO₃, P-PO₄) were used for calibration. After calibrating the model, the model was evaluated to determine the accuracy of the simulation and the degree of confidence in its results. Due to the degradability of the BOD parameter, it was used to estimate the river flow.

After simulation, BOD diagrams were obtained for different values of the release current. With these diagrams, the contact length of the contamination and the average value of the concentration at different distances can be obtained.

Conclusion

The importance of environmental protection has led to many studies in estimating the need for environmental water. To this end, researchers have developed ways to meet the water needs of organisms. A large part of these methods is devoted to hydrological methods. Today, new methods such as combining hydrological methods and game theory have many applications in estimating environmental needs. The superiority of this method over other methods is in considering other objectives of dam construction such as hydropower and agricultural requirements in determining the environmental needs of the river. Accordingly, in this section, the environmental needs assessment of the Karun River was estimated. In the Karun River's range from Bandaghir to Farsiat station, in addition to Dez Dam, the release of Gotvand Dam also affects the flow of the river. In this regard, first by using the hydrological method of tenant and the basic aquatic flow, an environmental interval was determined and then by using game theory and estimating the Nash function for different values of release flow, the optimal value of the environmental flow in each scenario was obtained.

In order to determine the optimal release current for the Karun, first an environmental range was determined using the hydrological method of tenant and aquatic base flow. The next step was to determine the optimal river flow using game theory in different quantitative and qualitative scenarios. For this purpose, 3 scenarios were defined, and in each of the scenarios, different weights were considered for quantitative and qualitative purposes. In the first scenario, the weight is the same for all the goals; in the second scenario for quantitative goals (meeting the needs of the environmental flow, providing the downstream needs and average concentration) the weight is 1.5 and 2 times larger; and in the third scenario for qualitative goals (reliability and contact length) the weight is assumed to be 1.5 and 2 times larger. Different values of the released current were obtained for each scenario. Hence, the discharge values of the Karun River were obtained to be 243/67, 221/22, 205/45, 265/76 and 277/77 cubic meters per second for different scenarios, respectively, for the weighted coefficients of 1.5 and 2. As can be seen, as the weight of quantitative and qualitative objectives increases, the optimal release current decreases and increases, respectively. By changing the weight of the goals, the amount of current changes significantly. Changing the weight of the goals is an important issue in optimization

and is effective in managers' decision making according to the social, economic, etc. conditions of the region.

Acknowledgment

The authors thank Khuzestan Water and Power Organization for providing statistics, information support.

References

- 1- Noroozi, H., Radmanesh, F., Pourhaghi, A. and Solgi, A., 2018. Multi-Objective Optimization in Determine the Environmental Flows of the River. *Journal of Watershed Management Research*, 9(17), pp.14-25
- 2-Tennant, D.L., 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries*, 1(4): 6-10.



© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



استفاده تلفیقی از روش های هیدرولوژیکی و نظریه بازی ها در تعیین جریان زیست محیطی رودخانه کارون بزرگ

امیر فروغیان¹، احسان دریکنوند^{2*}، حسین اسلامی³ و صائب خوشنواز⁴

1- دانشجوی دکتری گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

2- نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. derikvand@iau-shoushtar.ac.ir

3- استادیار گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

4- استادیار گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

پذیرش: 1399/7/29

بازنگری: 1399/7/25

دریافت: 1399/5/9

چکیده

آب از عوامل مهم زندگی انسان، گیاهان و حیوانات می باشد. توسعه روزافزون جمعیت منجر به کمبود آب گردیده است. نیاز به ذخیره آب از هزاران سال قبل مورد توجه بوده و ایجاد سد روی رودخانه دارای سابقه تاریخی طولانی می باشد. روش های مختلفی از جمله هیدرولیکی، هیدرولوژیکی، جامع و... برای تعیین جریان زیست محیطی وجود دارد. استفاده ترکیبی از علوم نوین و دیگر روش های مرسوم در این زمینه کاربرد فراوانی پیدا کرده است. در این تحقیق، با استفاده از روش هیدرولوژیکی تنانت و تئوری بازی ها (تابع نش) مقدار بهینه جریان زیست محیطی رودخانه کارون بزرگ برآورد گردید. برای این منظور، ابتدا با استفاده از روش تنانت، بازه 50 تا 350 متر مکعب بر ثانیه تعریف گردید. سپس با شبیه سازی رودخانه و استفاده از مدل Qual-2k و محاسبه تابع نش، جریان زیست محیطی در سه سناریو مختلف کمی و کیفی برآورد گردید. در سناریو اول برای هر کدام از اهداف کمی و کیفی سد ضریب تأثیر یکسان در نظر گرفته و مقادیر بهینه جریان 243 مترمکعب بر ثانیه و در سناریو دوم برای اهداف کمی با ضرایب 1/5 و دو برابر، مقادیر بهینه جریان به ترتیب مقدار 221 مترمکعب بر ثانیه و 205 مترمکعب بر ثانیه و در سناریو سوم برای اهداف کیفی با ضرایب 1/5 و دو برابر، مقادیر بهینه جریان به ترتیب مقدار 265 مترمکعب بر ثانیه و 277 متر مکعب بر ثانیه برآورد گردید.

کلیدواژه ها: تابع نش، مدل Qual2k، روش تنانت.

زیست محیطی است.

مقدمه

رشد جمعیت و کمبود آب از یک طرف و توسعه فعالیت های مختلف مانند فعالیت های شهری، کشاورزی و صنعتی از طرف دیگر، باعث تخریب اکولوژیک رودخانه ها شده است. مدیریت منابع آب به دلیل پیوندهای متعدد آن با کاهش فقر، از طریق بهداشت، بهره‌وری کشاورزی و رشد صنعتی و انرژی، مسئله مهمی در توسعه است. (Shaeri Karimi et al., 2014). یکی از مهمترین راه های ذخیره آب و استفاده بهینه و کنترل شده از آن و همچنین جلوگیری از هدر رفت آب احداث سد می باشد. سد به علت آنکه پدیده عظیمی در طبیعت محسوب می شود، اثرات آن روی محیط زیست گسترده است (Bagherian Marzouni, 2013). احداث سد باعث کاهش جریان رودخانه و اثر مستقیم آن بر محیط زیست پایین دست سد می شود. در سدسازی بیشتر تأمین نیاز آب شرب، صنعت، کشاورزی و برقی مورد توجه قرار گرفته و کمتر به تأمین آب لازم برای حفظ محیط زیست رودخانه پرداخته می شود. لذا در نظر گرفتن جریان محیط زیست باید یکی از اولویت های بهره برداری از منابع آب باشد. از جمله محدودیت های این تحقیق، کمبود منابع انجام شده در زمینه استفاده از تئوری بازی ها در برآورد جریان

بررسی روش های مهندسی محیط زیست برای کنترل منابع غیر نقطه ای آلودگی ناشی از به کار بردن کودهای شیمیایی و آفت کش ها را انجام دادند. در این تحقیق به بررسی جنبه های مختلف آلودگی آب از جمله عواملی که در آلودگی آب نقش دارند، ارزیابی وضعیت رودخانه و روش های زیست محیطی رایج کنترل آلودگی مانند غربال گیاهی و احداث تالاب ها پرداخته شد و چند روش از روش های زیست محیطی رایج کنترل آلودگی، به عنوان راه کارهای مفید برای کشاورزی پایدار ارائه شد.

Pang et al. (2013) روش جبران اقتصادی استاندارد را برای تخصیص بخشی از منابع آب مصرفی در بخش کشاورزی به زیست بوم ها ارائه کردند. در این تحقیق، در عرصه تخصیص منابع آب، بخش کشاورزی و زیست بوم ها برای دریافت آب با همدیگر در رقابت هستند. این روش در سه گام بخشی از آب تخصیص داده شده به بخش کشاورزی را برای حفاظت از زیست بوم ها ذخیره می نماید که این سه گام عبارتند از: 1- تعیین اختلاف مقدار آب کشاورزی، بین قبل و بعد از تخصیص آب برای محیط زیست 2- تعیین یک مدل کاهش تولید محصولات کشاورزی توسط

رودخانه‌های در ایران است. رودخانه کارون با طول بیش از 867 کیلومتر و مساحت حوضه حدود 71980 کیلومترمربع، از زردکوه در رشته کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته و در نهایت در رودخانه اروند که منبع آب شیرین در خلیج فارس است، تخلیه می‌گردد. حوضه کارون از سه ناحیه اقلیمی کوهستانی، کوهپایه‌ای و بیابانی تشکیل شده است. محدوده‌ی شرایط اقلیمی حوضه‌ی کارون از تابستان‌های گرم با دمای بالاتر از 50 درجه تا زمستان‌های سرد با دماهای کمتر از صفر در نوسان است. کل بارش سالانه حوضه از 150 میلی‌متر در دشت‌ها تا 1200 میلی‌متر در نواحی کوهستانی متغیر است. (Khosravi et al., 2015)

محدوده مورد مطالعه ما رودخانه کارون بزرگ از محل بند قیر تا ایستگاه هیدرومتری فارسیات در پایین‌دست اهواز به طول حدود 100 کیلومتر است که در این فاصله انواع آلاینده‌های شهری، صنعتی و کشاورزی وارد رودخانه می‌شود. (شکل 1). مطابق شکل (1)، به ترتیب دو ایستگاه کیفی سنجی ملاتانی و زرگان و سه ایستگاه هیدرومتری ملاتانی، اهواز و فارسیات روی مسیر رودخانه قرار دارد. حداقل، میانگین و حداکثر ارتفاع حوضه‌ی آبریز کارون بزرگ در ایستگاه هیدرومتری فارسیات به ترتیب 13 متر و 1951 متر و 4415 متر می‌باشد.

روش انجام تحقیق

برای تعیین جریان رهاسازی بهینه، ابتدا حداقل و حداکثر جریان زیست‌محیطی از روش هیدرولوژیکی تنانت و جریان پایه آبریزان مشخص و پس از واسنجی و ارزیابی مدل نسبت به شبیه‌سازی BOD و محاسبه اهداف متوسط غلظت و طول تماس اقدام شد. سپس روند حرکت آلودگی‌ها در رودخانه توسط نرم‌افزار Qual-2k شبیه‌سازی گردید. اهداف به دو دسته کمی و کیفی تقسیم‌بندی شدند. اهداف کمی شامل اطمینان‌پذیری ذخیره، تأمین نیاز زیست‌محیطی و تأمین نیازهای پایین‌دست و اهداف کیفی شامل غلظت و طول تماس می‌باشد. منظور از متوسط غلظت در واقع میانگین غلظت کل رودخانه در تمام نقاط شبیه‌سازی شده است و طول تماس مسافتی است که رودخانه باید طی کند تا به غلظت مد نظر استاندارد برسد. در مرحله بعد، نتایج حاصل از آن به‌منظور پیدا کردن مقدار جریان بهینه در نظریه حل اختلاف تئوری بازی‌ها (تابع نش) و استفاده از وزن‌های نسبی اهداف به کار گرفته شد. برای تعیین جریان زیست‌محیطی رودخانه، از داده‌های رودخانه کارون بزرگ از بازه بند قیر تا پایین‌دست شهر اهواز (ایستگاه فارسیات) استفاده شد. اهم این داده‌ها شامل جریان رهاسازی از سد، خصوصیات هیدرولیکی رودخانه، مکان قرارگیری منابع آلودگی، مقدار جریان و غلظت‌های آلودگی و ضرایب پراکنندگی و زوال می‌باشند. از میان روش‌های هیدرولوژیکی، روش‌های تنانت و جریان پایه آبریزان، مرسوم‌ترین روش‌های موجود هستند که شرایط استفاده از آن‌ها، تطابق خوبی با شرایط منطقه مورد مطالعه دارد. لذا در ادامه از این دو روش برای محاسبه جریان زیست‌محیطی رودخانه کارون بزرگ استفاده شد.

برقراری رابطه بین میزان افت تولید محصولات کشاورزی و کمبود آب کشاورزی 3- جبران اقتصادی مناسب برای ذی‌نفعان آبیاری بر اساس مقدار کاهش محصول، که به‌علت کم شدن آب بخش کشاورزی خسارت دیده‌اند. این روش علاوه بر حفظ زیست‌بوم‌ها که فواید خاص خود را دارند، می‌تواند با کاشت محصولات با سودآوری بیشتر به ازای همان مقدار مصرف آب، کارآمدی بیشتری ایجاد نماید.

Herrera و Burneo (2017) بیان داشتند که احداث سدها علاوه بر کاهش جریان بستر رودخانه و اثرات مخرب آن بر زیست‌گاه‌ها، معمولاً باعث ایجاد کارخانه‌ها، توسعه سامانه‌های زهکشی مزارع و دیگر مسائلی از این دست در مناطق اطراف سد می‌شود که این امر خطر ورود آلاینده‌ها و کاهش کیفیت رودخانه را افزایش می‌دهد.

بنا بر نظر Rivaes et al. (2015) رشد جمعیت و کمبود آب از یک طرف و توسعه فعالیت‌های مختلف از قبیل فعالیت‌های شهری، کشاورزی و صنعتی از طرف دیگر، باعث تخریب اکولوژیک رودخانه‌ها شده است.

Yin et al. (2018) در تحقیقی به ارزیابی جریان‌های زیست‌محیطی در رودخانه‌های کانالیزه شده شهری پرداختند. استفاده از روش‌های معمول در این رودخانه‌ها باعث برآورد کم جریان زیست‌محیطی و به تبع آن اولویت کم به حفاظت از رودخانه‌ها خواهد شد. برای همین منظور این کار روی رودخانه شیوالی در چین ارایه شد. آن‌ها نشان دادند، که روش‌های جدید می‌تواند جریان زیست‌محیطی رودخانه‌های کانالیزه شده شهری را دقیق‌تر و واقعی‌تر ارایه دهد.

نوآوری تحقیق در آن است، که چون مدل‌های هیدرولوژیکی به‌علت محدودیت، به تنهایی قادر به برآورد نیاز زیست‌محیطی نیستند، لذا به‌منظور بهینه‌سازی جریان خروجی از مخزن سد و ز گتوند با در نظر گرفتن نیاز زیست‌محیطی پایین‌دست، از روش‌های تلفیقی هیدرولوژیکی و حل تئوری بازی‌ها استفاده شد. سپس با شبیه‌سازی پارامتر Biochemical Oxygen Demand (BOD) و استفاده از مدل QUAL-2K در بازه‌ی تعیین شده مقدار دقیق جریان برآورد شد. تحقیقات زیادی با استفاده از مدل QUAL-2K برای شبیه‌سازی کیفی سیستم رودخانه انجام شده است. بنا بر نظر Bagherian Marzouni (2013) تغییرات شاخص BOD بیشترین تأثیر را روی محیط‌زیست دارد و معقول‌ترین معیار برای سنجش کیفیت آب می‌باشد (Ardakani, 2002). با توجه به این‌که پارامتر BOD ارتباط معکوس و زیادی با آبدهی رودخانه دارد، از تغییرات و تأثیرات آن روی محیط‌زیست پایین‌دست به‌منظور بررسی آلودگی رودخانه و تعیین آبدهی مناسب استفاده شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه کارون تنها آبراهه قابل کشتیرانی و بزرگترین حوضه

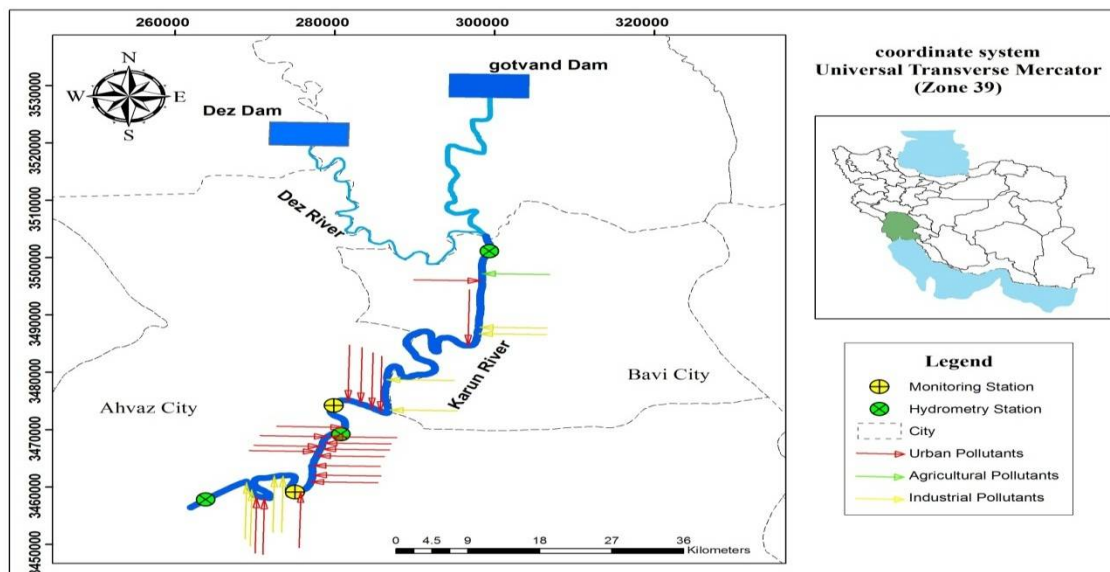


Fig. 1- The study area

شکل 1- منطقه مورد مطالعه

مزیت های مدل: 1- توانایی شبیه سازی آلودگی های نقطه ای و غیر نقطه ای 2- ساده بودن روش کار نسبت به مدل های دیگر 3- استفاده به صورت وسیع در تحقیقات کیفی آب های سطحی با نتایج قابل قبول 4- هزینه تهیه کم 5- قابل استفاده بودن مدل با داده های ورودی کم 6- قادر به تحلیل پارامترهای کیفی بیشتری نسبت به روش های دیگر (Park and Lee 2002).

نظریه بازی ها

نظریه بازی ها یک روش ریاضی برای تجزیه و تحلیل مسائلی است که دربرگیرنده موقعیت های در تعارض هستند (Asgharpour, 2003). نظریه بازی ها شامل تصمیماتی است که هر بازیکن باید بر اساس قوانین بازی از میان چند تصمیم مختلف یکی را انتخاب کند تا احتمال برنده شدن خود را زیاد کند. نظریه بازی ها مدلی را ارائه می دهد که بر طبق آن می توان راهکارهای مختلف را با یکدیگر مقایسه کرده و نتیجه بازی را پیش بینی نمود. نظریه بازی ها به بررسی تعارضات موجود در یک بازی و واکنش بازیکنان به این تعارضات بازی می پردازد. تعارضات و واکنش هایی که در طول یک بازی به وجود می آیند، ناشی از موضوع اصلی بازی و روش انجام آن هستند. با داشتن درک کاملی از نظریه بازی ها، می توان تعارضات و واکنش ها را به درستی بررسی کرد و بازیکنان را به سمت اتخاذ تصمیمات صحیح رهنمود کرد. نظریه بازی ها در طیف وسیعی از موضوعات و به خصوص در محیط های رقابتی که نتایج هر تصمیم از هر فردی بر نتایج سایر تصمیم گیران تأثیرگذار باشد، به کار می رود. این نظریه در ابتدا برای درک مجموعه رفتارهای اقتصادی به کار گرفته شد. اما امروزه از نظریه بازی ها در زمینه های مختلفی مانند علوم اقتصادی، اجتماعی، زیست شناسی، روان شناسی، فلسفی و غیره استفاده می شود.

روش هیدرولوژیکی تنانت

با توجه به کم هزینه بودن و سادگی روش تنانت نسبت به روش های دیگر، از این روش استفاده شد. تنانت براساس تحقیقاتی که برای برآورد جریان زیست محیطی روی رودخانه هایی در چند ایالت آمریکا انجام داد، روشی را ارائه نمود. در این روش، ابتدا جریان طبیعی رودخانه از روی داده های تاریخی به دست آورد سپس از آن متوسط سالانه گرفته و سه مقدار از جریان طبیعی رودخانه، که عبارتند از ده، 30 و 60 درصد را به عنوان جریان زیست محیطی معرفی کرد. (Tennant, 1976).

مدل Qual-2k

یکی از مهمترین عامل های دستیابی به نتایج قابل قبول در شبیه سازی کیفی آب های سطحی، انتخاب مدل شبیه ساز مناسب است. انتخاب مدل مناسب به نوع مسئله، شناخت پیچیدگی های موجود و اهداف مطالعه بستگی دارد. برای انتخاب مدل شبیه سازی کیفی، باید اهداف و فرضیات مسئله، داده های لازم برای هر مدل و داده های موجود، ویژگی های آلودگی های مسئله و گام های زمانی و مکانی شبیه سازی تعیین شوند. در این تحقیق برای انتخاب مدل مناسب شبیه سازی کیفی، علاوه بر بررسی جوانب ذکر شده، به بررسی تحقیق های پیشین انجام شده در راستای شبیه سازی کیفی رودخانه ها پرداخته شده است. لذا در نهایت مدل Qual-2k به عنوان شبیه ساز کیفی رودخانه انتخاب شده است. این مدل از آخرین مدل های سری Qual و نسخه کامل شده مدل های پیشین این سری است. این مدل به عنوان کامل ترین مدل شبیه سازی کیفی رودخانه است که در حال حاضر مورد استفاده قرار گرفته و قادر است شاخص های بسیاری از قبیل DO، BOD، دما، اسیدیته، مواد معلق، فسفر، حالت های مختلف نیتروژن و جلبک را شبیه سازی کند (Noroozi, 2018).

نظریه حل اختلاف نش

در یک فرایند تصمیم‌گیری چنان‌چه تعداد تصمیم‌گیران بیش از یک نفر باشند، به‌علت وجود دیدگاه‌های مختلف، تصمیم‌گیری با مشکلاتی همراه خواهد بود. یکی از روش‌های حل اختلاف، نظریه چانه‌زنی نش است. نش مجموعه مشخصی از شرایطی را که جواب‌ها باید آن‌ها را ارضا کنند، ارایه نمود و ثابت کرد که تنها یک جواب می‌تواند شرایط مسئله را ارضا کند. شرایط نظریه نش: 1- امکان تخصیص بیش از منابع در دسترس برای تصمیم‌گیران وجود ندارد. 2- هیچ تصمیم‌گیرنده‌ای توافقی را که در آن تابع مطلوبیت کم‌تر از حداقل سطح مطلوبیت آن تصمیم‌گیرنده باشد را نمی‌پذیرد. 3- جواب بهتری برای تصمیم‌گیران وجود ندارد (Karamooz and Karachian, 2005).

نظریه حل اختلاف نش برای حل اختلاف بین دو شخص ارایه شد. Harsanyi (1988) این نظریه را برای حل اختلاف بین چند شخص توسعه داد که به صورت یک مدل بهینه‌سازی در رابطه (1) ارایه شده است.

$$-max: \prod_{i=1}^N (f_i - d_i)^{w_i} \text{ و } f_i \geq d_i \quad (1)$$

از این مدل به خاطر وجود ضرب بین نتایج به‌دست آمده برای هر شخص، به‌عنوان نش ضربی نیز یاد می‌شود که در این رابطه، i = شماره تصمیم‌گیران، N = تعداد تمام تصمیم‌گیران، f_i = تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده i ، d_i = کمینه سطح مطلوبیت قابل‌قبول برای تصمیم‌گیرنده i و w_i = وزن نسبی تصمیم‌گیرنده i هستند. (Asgharpour, 2003). بنابراین برای رفع اختلاف موجود میان دو یا چند بازیکن با استفاده از نظریه نش، ابتدا باید تصمیم‌گیران مشخص شوند و از آن، حداقل سطح مطلوبیت و وزن‌های نسبی تعیین شوند سپس با به‌کارگیری رابطه (1) می‌توان بهترین راه حل را برای اختلاف موجود پیدا نمود. منظور از بازی در این کار اهدافی است، که باید در تعیین جریان رهاسازی بهینه در نظر گرفته شود. شامل 1- متوسط غلظت، 2- طول تماس، 3- تأمین جریان زیست محیطی، 4- اطمینان‌پذیری ذخیره یا ذخیره کافی برای برآورده کردن نیاز پایین‌دست، برقابی، کشاورزی و... 5- تأمین نیاز پایین دست است. در میزان بهره‌برداری از آب رودخانه برای اهداف

ذکر شده قبلی، اختلاف وجود دارد به این صورت که برای اهداف طول تماس و اطمینان‌پذیری ذخیره، حداقل جریان رهاسازی از سد مطلوب است. اما برای اهداف متوسط غلظت، تأمین جریان زیست محیطی و تأمین نیاز پایین‌دست، رهاسازی جریان با حداکثر مقدار ممکن از سد مطلوب است.

نتایج و بحث**روش هیدرولوژیکی تنانت برای رودخانه کارون**

برای استفاده از روش تنانت به میانگین سالانه جریان طبیعی رودخانه نیاز است. میانگین سالانه جریان طبیعی رودخانه کارون بزرگ در ایستگاه ملاثانی با توجه به اطلاعات گرفته شده از سازمان آب و برق خوزستان طی 25 سال 512 مترمکعب بر ثانیه است، توضیح اینکه به‌علت محدودیت فضای مقاله آمار سال 1371 تا 1388 یک‌جا آورده شده است (جدول 1). تنانت جریان زیست محیطی را به‌صورت یک بازه ده تا 60 درصدی از میانگین جریان رودخانه پیشنهاد کرده است. لذا مقدار جریان زیست محیطی بر اساس درصدهای معرفی شده جدول (1) بین 51/2 تا 307/20 مترمکعب بر ثانیه است.

هیدرولوژیکی جریان پایه آبریان

در این روش، جریان زیست محیطی برابر با کم‌ترین متوسط ماهانه جریان طبیعی رودخانه می‌باشد. لذا از داده‌های جریان ورودی به رودخانه کارون میانگین ماهانه گرفته شد (جدول 2). کم‌ترین میانگین ماهانه 302 مترمکعب به‌عنوان جریان زیست محیطی جریان پایه آبریان در نظر گرفته شد. (این عدد بین اعداد به‌دست آمده از ده درصد 51/20 مترمکعب بر ثانیه و 60 درصد 307/20 مترمکعب بر ثانیه جدول (1) پیشنهادی تنانت می‌باشد). لذا به‌منظور لحاظ کردن روش تنانت و جریان پایه آبریان، و اطمینان بیشتر، بازه زیست محیطی بین 50 و 350 مترمکعب بر ثانیه انتخاب گردید. نمونه برداری کیفی از آلاینده‌های کیفی توسط سازمان آب و برق خوزستان در سال‌های 1392 و 1395 انجام شد و اطلاعات آن در دسترس بود. برای همین در این تحقیق برای سال 1392 مدل و ضرایب آن کالیبره شد و برای سال 1395 مدل صحت‌سنجی گردید تا بتوان به نتایج آن اطمینان کرد.

جدول 1- میانگین سالانه جریان رودخانه کارون ایستگاه ملاثانی در دوره آماری 1395-1371 (مترمکعب بر ثانیه)**Table 1-Annual average flow of Karun river (Malasani station) in statistical period 1992-2016 ($m^3.s^{-1}$)**

	1992-2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Average
Annual average	594	239	258	295	313	300	299	393	512
(10%) Tennant	59.40	23.92	25.88	29.53	31.38	30.00	29.91	39.36	51.20
(60%) Tennant	356.40	143.52	155.30	177.18	188.29	180.00	179.49	236.14	307.20

جدول 2- خلاصه آمار آبدهی ماهانه ایستگاه ملائانی برای تعیین بازه جریان زیست محیطی 1395-1371 (مترمکعب بر ثانیه)

Table 2- Summary of monthly discharge statistics of Malasani station to determine the environmental flow interval.1992-2016

August	July	June	May	April	March	Month	River
335	340	367	440	806	794	Average	Karun
February	January	December	November	October	September	Month	River
619	619	598	518	381	302	Average	Karun

جدول 3- وضعیت کیفی ایستگاه های مانیتورینگ و مقایسه آن با استانداردهای مربوطه

Table 3- Qualitative status of monitoring stations and its comparison with relevant standards

parameters	Amount Parameters			Standard		
	station	Malasani	Zergan	Ahvaz	Drinking	Agriculture
Years	parameters					
2013	DO(mg/L)	7.8	7.63	7.5	5	2
2016	DO(mg/L)	7.41	6.73	6.1	5	2
2013	BOD(mg/L)	2.84	2.78	3.04	5	50
2016	BOD(mg/L)	2.6	2.34	1.87	5	50
2013	COD(mg/L)	18.84	13.59	21.67	10	100
2016	COD(mg/L)	19.86	16.89	22.87	10	100
2013	N-NH4(mg/L)	0.63	0.59	0.64	1.5	5
2016	N-NH4(mg/L)	0.71	0.69	0.87	1.5	5
2013	N-NO3(mg/L)	5.6	5.53	6.09	10	10
2016	N-NO3(mg/L)	5.9	5.45	6.04	10	10
2013	P-PO4(mg/L)	0.01	0.02	0.02	0.2	2
2016	P-PO4(mg/L)	0.02	0.03	0.03	0.2	2

بررسی وضعیت کنونی کیفیت رودخانه
 بررسی وضعیت کیفی رودخانه در زمان شبیه سازی می تواند دید خوبی از رودخانه و ادامه کار برای ما حاصل نماید. برای این منظور از پارامترهای جدول (3) در ایستگاه های اهواز، زرگان و ملائانی برای بررسی وضعیت کیفی و شبیه سازی استفاده شد. (Khuzeestan Water and Electricity Organization -) (2013 and 2016)

واستنجی و صحت سنجی مدل کیفی Qual-2k

بررسی وضعیت کنونی کیفیت رودخانه
 بررسی وضعیت کیفی رودخانه در زمان شبیه سازی می تواند دید خوبی از رودخانه و ادامه کار برای ما حاصل نماید. برای این منظور از پارامترهای جدول (3) در ایستگاه های اهواز، زرگان و ملائانی برای بررسی وضعیت کیفی و شبیه سازی استفاده شد. (Khuzeestan Water and Electricity Organization -) (2013 and 2016)

واستنجی مدل Qual-2k برای دوره نمونه برداری سال 1392 و صحت سنجی برای سال 1395 انجام شد. در دوره واستنجی ضرایب مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه سازی و محاسبه شد. تابع هدف در این قسمت از کار، کم کردن خطای محاسبه BOD و در واقع نزدیک کردن مقادیر شبیه سازی و مشاهداتی به هم است. از خصوصیات هیدرولیکی و اطلاعات کلی رودخانه شامل شیب کناره ها (درصد)، شیب طولی (درصد)، عرض کف (متر)، ضریب مانینگ، دمای هوا (سانتی گراد)، سرعت باد (متر بر ثانیه)، سطح سایه انداز (درصد)، دمای نقطه شبنم (سانتی گراد)، تعداد روزهای ابری و شش پارامتر کیفی جدول (3) برای انجام واستنجی استفاده گردید تا اطمینان بیشتری نسبت به نتایج شبیه سازی حاصل گردد.

نتایج حاصل از شبیه سازی رودخانه

نتایج حاصل از شبیه سازی پارامترهای کیفی برای سال های

1392 و 1395) در شکل های (2) و (3) آورده شده است. در این اشکال، مقادیر مشاهداتی اطلاعات ورودی آلاینده ها در سه نقطه نشان داده شد. شکل ها توسط مدل Qual-2k شبیه سازی شده و روند صعودی یا نزولی بودن هر آلاینده در رودخانه توسط خطی به ما نشان داده شده است. با توجه به شکل ها می توان موارد زیر را استنباط نمود:

DO: روند تغییرات DO برای رودخانه کارون بزرگ در سال های 1392 و 1395 تقریباً مشابه است. به این صورت که در ابتدا DO کاهش پیدا می کند و در ادامه روند کاهش متوقف شده و به صورت یکنواخت ثابت می ماند. در سال 1392 در فاصله 22 کیلومتر تا ابتدای رودخانه با شیب تقریبی نه درصد مقدار کاهش پیدا می کند و بعد از آن تقریباً روند تغییرات ثابت بوده اما در انتهای بازه مجدداً روند صعودی افزایش DO شروع می شود (شکل 2).

در سال 95 روند نزولی DO با شیب شش درصد تا فاصله 40 کیلومتر از ابتدای رودخانه ادامه دارد. سپس روند ثابت بودن DO از فاصله 40 تا 50 کیلومتری مسیر شروع می شود و بعد از آن پارامتر DO با شیب نسبتاً کم شروع به افزایش می کند (شکل 3).

BOD: با توجه به شکل های (2) و (3) به ترتیب برای سال های 1392 و 1395، روند تغییرات به این صورت است که برای سال 1392 تا فاصله تقریباً 20 کیلومتری مقدار BOD با شیب پنج درصدی افزایش و بعد از آن تا فاصله 30 کیلومتری از ابتدای رودخانه روند کاهشی ادامه دارد. در سال 1395 نیز روند کاهش BOD از ابتدا تا انتهای مسیر رودخانه با شیب کمتر از یک درصد

نوسان تغییرات آمونیم ملایم تر بوده، به صورتی که تا فاصله 60 کیلومتر نسبت به ابتدای رودخانه 15 درصد کاهش می یابد و در باقی مانده مسیر مقدار آمونیم با شیب بیشتری افزایش می یابد (شکل 2و3).

N-NO₃: روند تغییرات نیترات با توجه به شکل های (2) و (3) به این صورت است که در سال 1392 و 1395 تغییرات نیترات رودخانه ثابت است. اما در 20 کیلومتر به انتهای مسیر، روند تغییرات سیر صعودی دارد.

P-PO₄: روند تغییرات PO₄ با توجه به شکل های (2) و (3) در سال 1392 و 1395 روند تغییرات افزایشی با شیب ملایم می باشد.

ادامه دارد.

COD: روند تغییرات پارامتر COD برای سال 1392 و 1395 ابتدا به صورت کاهشی و بعد افزایشی است. به این صورت که برای سال 92 تقریباً تا کیلومتر 40 از ابتدای رودخانه روند کاهش COD با شیب نسبتاً کم ادامه دارد. اما در کیلومترهای باقی مانده روند افزایشی شروع شده و تا انتهای بازه مطالعاتی مقدار COD افزایش می یابد. (شکل های 2و3).

N-NH₄: روند تغییرات پارامتر آمونیم برای سال های 1392 و 1395 به این صورت است که برای هر دو شبیه سازی در ابتدای روند، تغییرات کاهشی است. در سال 1392 برای 50 کیلومتر اول مسیر، شاهد کاهش پنجاه درصدی آمونیم مشاهده می شود. اما در ادامه مسیر، مقدار آمونیم 75 درصد افزایش می یابد. در سال 1395

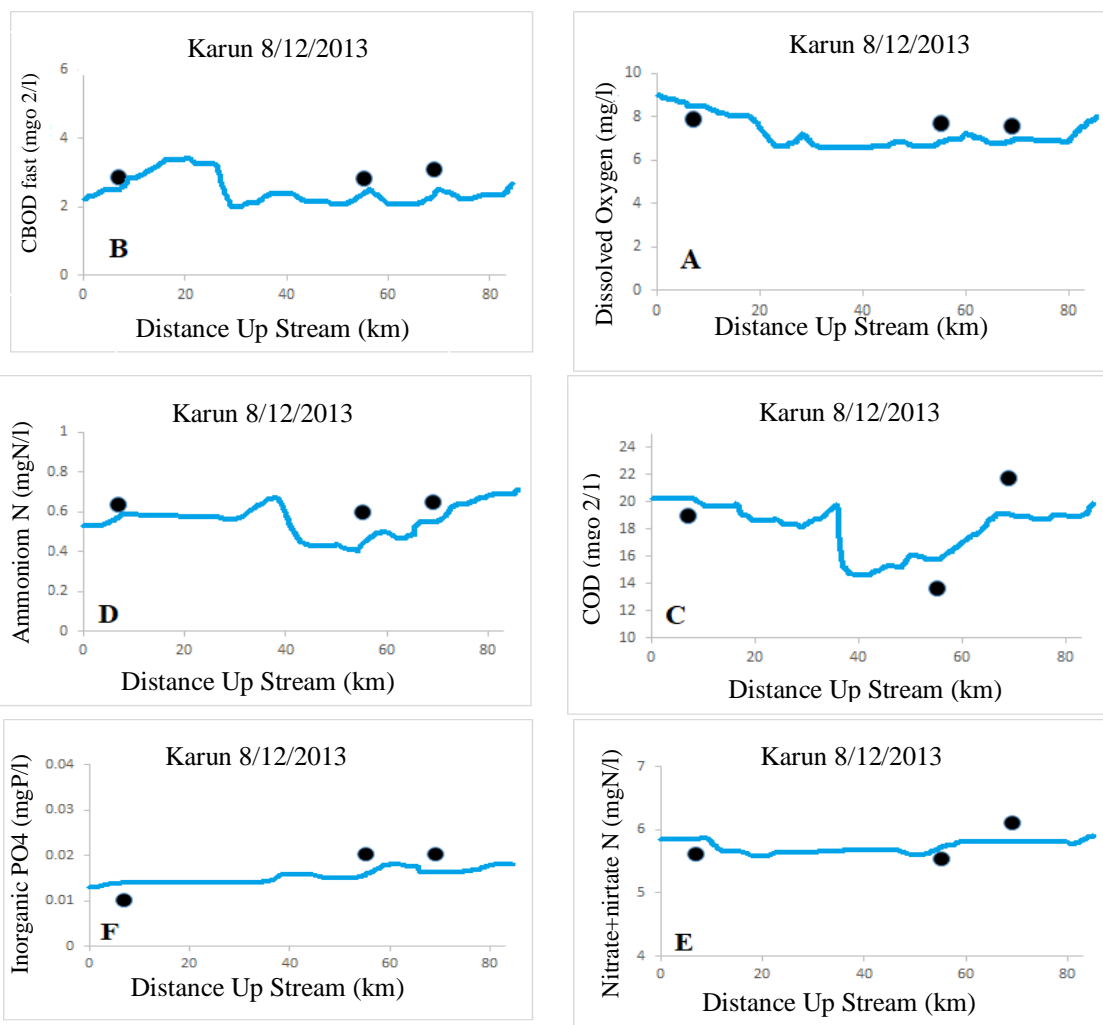


Fig. 2- Examining the changes in the measurement data with the simulated model A: DO, B: BOD, C: COD, D: N-NH₄, E: N-NO₃, F: P-PO₄ in 2013

شکل 2- بررسی تغییرات داده های اندازه گیری با شبیه سازی شده مدل A: DO, B: BOD, C: COD, D: N-NH₄, E: N-NO₃, F: P-PO₄ در سال 1392

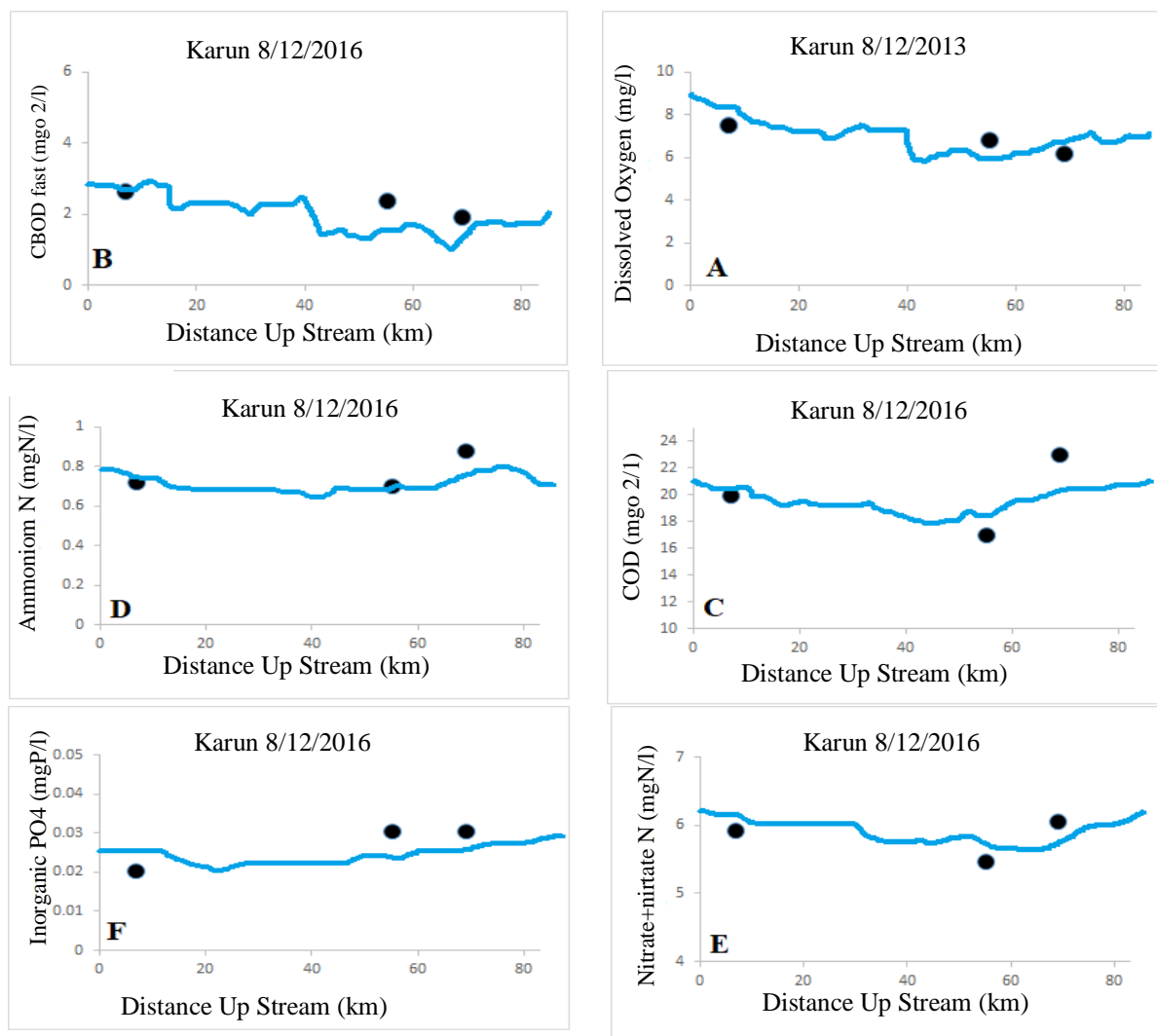


Fig. 3- Examining the changes in the measurement data with the simulated model A: DO, B: BOD, C: COD, D: N-NH₄, E: N-NO₃, F: P-PO₄ in 2016

شکل 3- بررسی تغییرات داده‌های اندازه‌گیری با شبیه‌سازی شده مدل A: DO, B: BOD, C: COD, D: N-NH₄, E: N-NO₃, F: P-PO₄ در سال 1395

جدول 4- نتایج حاصل از واسنجی و صحت سنجی

Table 4 -The results of calibration and verification

parameters	Calibration 2013			Verification 2016		
	RMSE(ppm)	MSE(ppm ²)	R ²	RMSE(ppm)	MSE(ppm ²)	R ²
DO	0.88	0.078	0.91	0.94	0.096	0.90
BOD	0.75	0.085	0.90	0.79	0.097	0.92
COD	2.12	0.095	0.86	2.36	0.098	0.87
N-NH ₄	0.098	0.093	0.88	0.097	0.098	0.93
N-NO ₃	0.95	0.087	0.90	0.94	0.096	0.89
P-PO ₄	0.056	0.087	0.89	0.068	0.099	0.88

میانگین خطای استاندارد انجام شد. مدل بهینه در این حالت آن است که معیارهای RMSE و MSE کمتر و R² بیشتر داشته باشد. جدول (4) نتایج حاصل از ارزیابی مدل شبیه‌ساز را نشان می‌دهد. این جدول بر اساس مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده محاسبه گردیده است.

ارزیابی مدل

بعد از واسنجی مدل، به منظور تعیین دقت شبیه‌سازی و میزان اعتماد به نتایج آن، مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که در مباحث قبل گفته شد هدف از این مرحله به حداقل رساندن اختلاف مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی پارامترهای شبیه‌سازی است. این کار با استفاده از معیارهای ریشه میانگین مربعات خطا، ضریب تعیین،

طول تماس آلودگی و مقدار متوسط غلظت را در فواصل مختلف به دست آورد. برای محاسبه متوسط غلظت، از غلظت‌های بالاتر از یک میلی‌گرم بر لیتر متوسط گرفته و این مقدار به عنوان متوسط غلظت BOD به ازای جریان رهاسازی در نظر گرفته شد. مقدار یک میلی‌گرم بر لیتر به این علت به عنوان حد مجاز انتخاب شده است و آب با غلظت کمتر از یک میلی‌گرم بر لیتر، آب خالص در نظر گرفته می‌شود. (Noroozi, 2018).

به ازای دبی‌های مشخص، مقادیر غلظت میانگین و طول تماس محاسبه و نمودار آن رسم گردید. مطابق شکل (5) با افزایش جریان رهاسازی، غلظت مواد آلاینده رودخانه به علت افزایش حجم آب کاهش می‌یابد و برعکس. همچنین مطابق با شکل مشاهده می‌گردد با افزایش میزان جریان رهاسازی، به علت افزایش سرعت جریان آب، غلظت‌های غیرمجاز طول بیشتری را از رودخانه طی می‌کند و به دنبال آن طول تماس افزایش می‌یابد به عنوان مثال در شکل (5) در دبی 200 مترمکعب بر ثانیه تقریباً 170 کیلومتر مسافت برای هضم BOD و رسیدن آن به حد استاندارد لازم است. و با همین دبی، مقدار BOD چهار میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در جدول (6) خلاصه نتایج حاصل از تغییرات متوسط غلظت و طول تماس به ازای جریان‌های مختلف نشان داده شده است.

شبیه‌سازی BOD در حالت حداقل و حداکثر آبدهی رودخانه

با توجه به خاصیت زوال‌پذیری پارامتر BOD، از آن به منظور برآورد دبی رودخانه استفاده شد. شکل (4) تغییرات BOD را برای آبدهی حداقل و حداکثر جریان زیست‌محیطی نشان می‌دهد (50 تا 350 متر مکعب بر ثانیه). در جدول (5) خلاصه نتایج حاصل از شبیه‌سازی پارامتر BOD ارائه گردیده است.

در مدل Qual-2k برای انجام شبیه‌سازی، ابتدا باید زمان لازم برای هر شبیه‌سازی را محاسبه نمود. (مدت زمان شبیه‌سازی برابر با زمان لازم برای رسیدن غلظت آلودگی رودخانه به حالت تعادل در نظر گرفته می‌شود. لذا حداقل زمان لازم برای رسیدن به وضعیت تعادل برابر با زمان رسیدن آلودگی از اولین نقطه ورود تا انتهای مسیر شبیه‌سازی است). این زمان با داشتن سرعت جریان و با استفاده از رابطه مانینگ در خود مدل Qual-2k محاسبه می‌شود. مدت زمان لازم به منظور شبیه‌سازی برای رودخانه کارون 7/ روز به دست آمد.

محاسبه اهداف متوسط غلظت و طول تماس

بعد از اتمام شبیه‌سازی، شکل BOD برای مقادیر مختلف جریان رهاسازی از سد گتوند و دز به دست آمد. با این شکل می‌توان

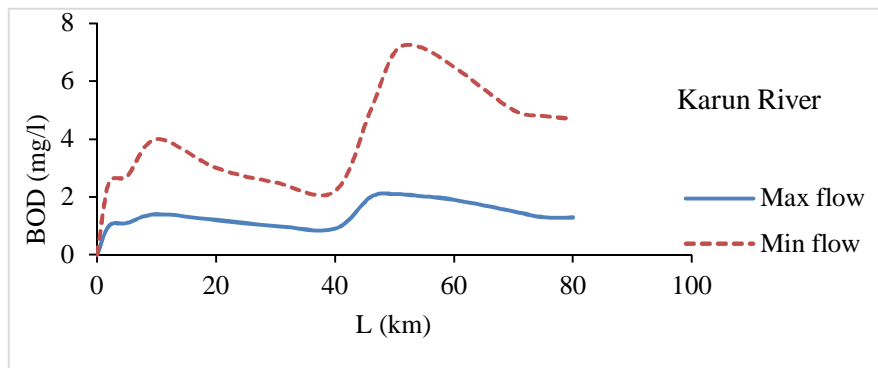


Fig. 4- Simulation of river BOD in minimum and maximum long-term flow.

شکل 4- شبیه‌سازی BOD رودخانه در حالت دبی حداقل و حداکثر جریان بلند مدت

جدول 5- خلاصه نتایج حاصل از شبیه‌سازی پارامتر BOD در حالت حداقل و حداکثر آبدهی

Table 5- Summary of the results of simulating the BOD parameter in the minimum and maximum discharge mode

		Karun river											
Distance(km)		2	5	10	20	30	40	46	54	60	70	75	80
Bod(max flow) mg/l		1	1.1	1.4	1.2	1	0.9	2	2.04	1.9	1.5	1.3	1.29
Bod(min flow) mg/l		2.5	2.7	4	3	2.5	2.2	5	7.2	6.5	5	4.8	4.7

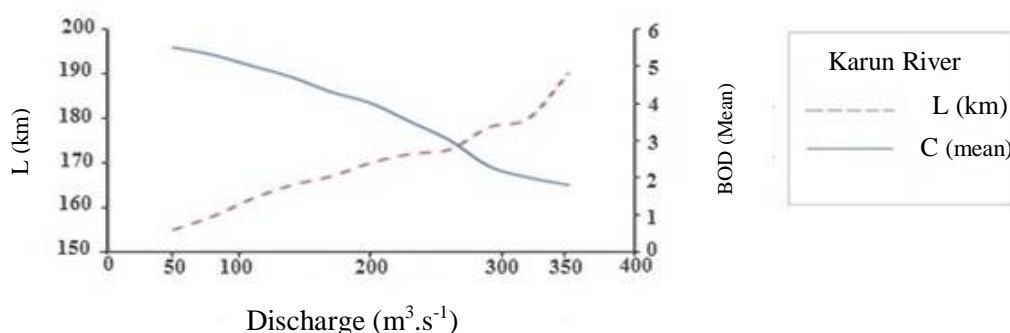


Fig. 5- Average changes in concentration and contact length for different currents

شکل 5- تغییرات متوسط غلظت و طول تماس به ازای جریان‌های مختلف

جدول 6- خلاصه نتایج حاصل از تغییرات متوسط غلظت و طول تماس به ازای جریان‌های مختلف

Table 6- Summary of the results of the mean changes in concentration and contact length for different flows

		Karun river										
<i>Discharge m³/s</i>		50	80	110	140	170	200	230	260	290	320	350
C (Mean)mg/l		5.5	5.3	5	4.7	4.3	4	3.5	3	2.3	2	1.8
L (km)		155	158	162	165	167	170	172	173	178	180	190

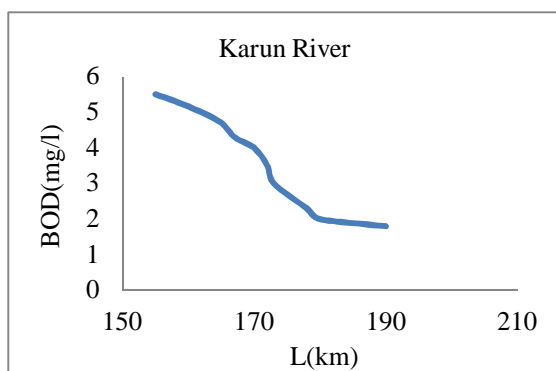


Fig. 7- Average concentration and contact length for Karun River

شکل 7- متوسط غلظت و طول تماس برای رودخانه کارون

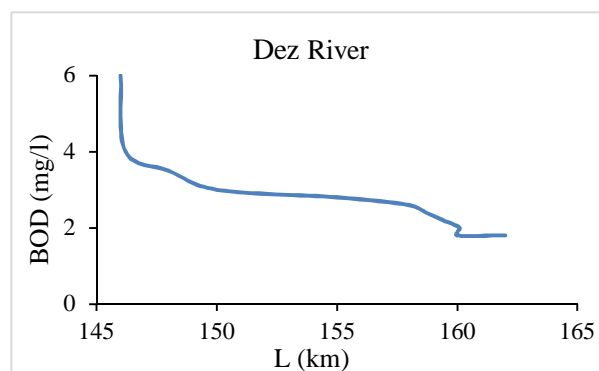


Fig. 6- Average concentration and contact length for Dez River

شکل 6- متوسط غلظت و طول تماس برای رودخانه دز

جریان رهاسازی بهینه

شکل‌های (6) و (7) به دست می‌آید. برای بهینه‌سازی جریان رهاسازی شده از سدها، باید اهداف تولید انرژی برقی، کنترل سیلاب، تنظیم آب کشاورزی پایین دست باید در نظر گرفته شود. لذ باید یک هدف با عنوان اطمینان پذیری ذخیره تعریف شود. با توجه به اینکه شهرهای مهمی در پایین دست سد قرار دارند، در نظر گرفتن کیفیت مناسب شرب مهم است لذا مجموع اهدافی که بایستی برای تعیین جریان رهاسازی بهینه در نظر گرفته شود عبارتند از: 1- تأمین نیاز جریان زیست محیطی 2- تأمین نیاز پایین دست 3- متوسط غلظت 4- اطمینان پذیری ذخیره 5- طول تماس.

به کارگیری تابع نش

اهدافی که ذکر شد با هم دیگر در تضاد منافع هستند. به این صورت که با در نظر گرفتن یکی از آن‌ها ممکن است، دیگر اهداف

از میان گزینه‌های کاهش غلظت آلودگی، بهترین گزینه، جریان رهاسازی از سد گتوند و دز می‌باشد. (با توجه به اینکه به علت مشکلات اجتماعی، هزینه و توسعه منطقه، نمی‌توان آلاینده‌های ورودی به رودخانه را کاهش، حذف یا تغییر مکان داد، می‌توان گفت بهترین گزینه برای کنترل آلودگی جریان رهاسازی از سد می‌باشد). افزایش جریان رهاسازی شده به رودخانه، متوسط غلظت مواد آلاینده کاهش و طول تماس افزایش پیدا می‌کند. در مسأله بهینه‌سازی باید کاهش غلظت آلودگی با توجه به طول تماس، در نظر گرفته شود لذا باید در بازه جریان زیست محیطی، مقدار جریان رهاسازی به گونه‌ای تنظیم گردد که دو پارامتر غلظت متوسط و طول تماس در بهترین حالت بهینه قرار داشته باشند. با ترسیم غلظت متوسط و طول تماس در بازه جریان رهاسازی شده

مقادیر غلظت BOD با استفاده از مدل QUAL-2K در آبدهی و کیلومترهای مختلف مقادیر غلظت متوسط در طول کل مسیر رودخانه محاسبه گردید. متوسط غلظت برای رودخانه 2/164 میلی گرم بر لیتر و طول تماس نیز 198 کیلومتر به دست آمد. این مقدار جریان رهاسازی می تواند، وضعیت رودخانه را در حد خوب تا عالی نگه دارد. می توان گفت که این مقدار جریان رهاسازی برای منطقه مورد مطالعه مناسب می باشد. با تأثیر گذار بودن سد دز در تأمین نیاز بازه دوم و تأثیر آن در محاسبه تابع نش، برای رودخانه کارون جریان رهاسازی شده 243 مترمکعب بر ثانیه محاسبه شد. با توجه به اینکه در حل تابع نش، سد گتوند به عنوان سد اصلی و سد دز به عنوان سد فرعی در نظر گرفته شد. در ادامه برای حل مسئله و با تعریف حداقل سطح قابل قبول برای سد دز، بایستی 25 درصد یعنی 61 مترمکعب بر ثانیه آن توسط سد دز و مابقی توسط سد گتوند تأمین گردد. این مقدار برای هدف اطمینان پذیری ذخیره مقدار مطلوبی است اما برای هدف تأمین نیازهای پایین دست، چندان مناسب نیست.

سناریوی دوم: در این سناریو به اهداف کمی، تأمین نیاز جریان زیست محیطی و تأمین نیاز پایین دست و متوسط غلظت، وزن نسبی معادل با 1/5 و دو برابر با اهداف کیفی، اطمینان پذیری و طول تماس داده شد. در این سناریو مقدار تابع ضریبی نش برای مقادیر مختلف جریان رهاسازی در بازه زیست محیطی محاسبه شد. (شکل های 9 و 10). مقدار جریان بهینه رودخانه کارون بزرگ برای ضرایب کمی 1/5 و دو برابر 221 و 205 متر مکعب بر ثانیه به دست آمد. در این سناریو هر چه وزن اهداف کمی افزایش پیدا کند، مقدار جریان رهاسازی شده کاهش پیدا می کند. علت آن ذخیره آب برای اهداف کمی مسأله است. با افزایش ضریب وزنی اهداف کمی، علاوه بر کاهش در مقدار جریان رهاسازی شده، مقادیر به دست آمده برای طول تماس کاهش و غلظت متوسط افزایش پیدا می کند.

در وضعیت مطلوبی قرار نگیرند. برای اهداف تأمین نیاز جریان زیست محیطی، تأمین نیاز پایین دست و متوسط غلظت بیشترین جریان رهاسازی از سد مطلوب است. اما برای اهداف اطمینان پذیری ذخیره و طول تماس کمترین جریان رهاسازی از سد مطلوب است. استفاده از نظریه نش می تواند برای رفع اختلاف های موجود مورد استفاده قرار گیرد.

سناریوهای وزن های نسبی اهداف

پس از تعیین حداقل سطح قابل قبول و نرمال سازی داده های اهداف مورد نظر، باید برای هر کدام از این اهداف با توجه به اهمیت آن ها وزن های نسبی تعیین نمود اهداف به دو دسته کمی و کیفی دسته بندی شده است و به هر کدام از آن ها با توجه به سناریوهای مختلف، وزن دهی شده و مقدار آب دهی بهینه محاسبه شده است اما با توجه به اینکه وزن های نسبی به شرایط بسیاری از جمله شرایط اقتصادی، اجتماعی، اقلیمی و غیره بستگی دارند، بدون انجام مطالعه ها نمی توان مقادیر دقیقی برای وزن های نسبی اهداف تعیین نمود. لذا در ادامه، سه سناریوی مختلف که در آن وزن های نسبی با توجه به مسائل کمی و کیفی تغییر می کنند، تعریف می شود تا بتوان حالت های مختلفی را بررسی نمود. بدین ترتیب با تعیین وزن های نسبی اهداف، نتایج تابع نش در هر سناریو به دست آمده و تصمیم گیری در مورد انتخاب سناریو مناسب به مسئولین امر واگذار می شود.

سناریوی اول: در این سناریو برای تمامی اهداف وزن یکسان در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن این سناریو، به ازای مقادیر مختلف جریان رهاسازی در آبدهی های مختلف و BOD های حاصل از شبیه سازی، مقدار تابع ضریبی نش محاسبه گردید (شکل 8). در هر یک از شکل ها، مقدار جریان رهاسازی شده متناظر با بیشترین مقدار تابع نش به عنوان حالت بهینه این سناریو در نظر گرفته شد. مقدار این جریان 243 مترمکعب بر ثانیه محاسبه گردید. با محاسبه

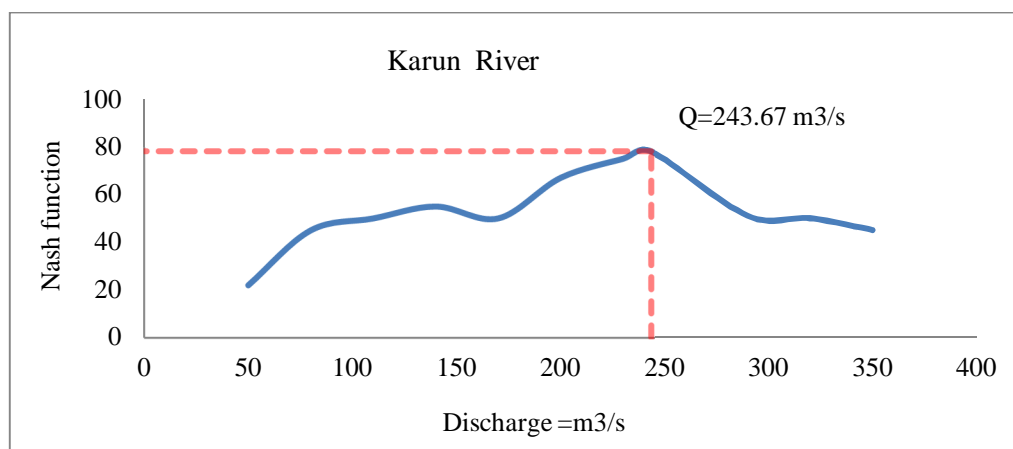


Fig.8- Nash function variations in the first scenario.

شکل 8- تغییرات مقدار تابع نش در سناریو اول

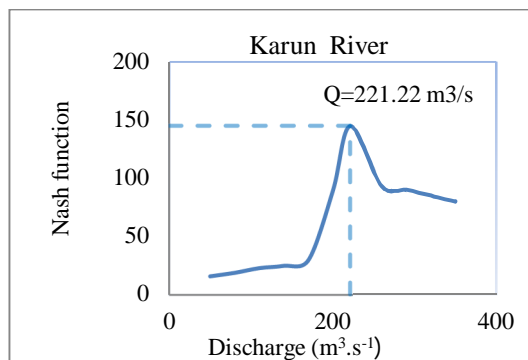


Fig. 9- Nash function changes in Scenario 2 with a factor of 1.5

شکل 9- تغییرات تابع نش در سناریو دو با ضریب 1/5 برابر

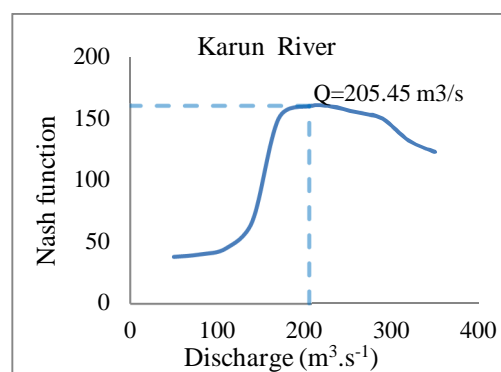


Fig.10- Nash function changes in Scenario 2 with a factor of 2

شکل 10 - تغییرات تابع نش در سناریو دو با ضریب دو برابر

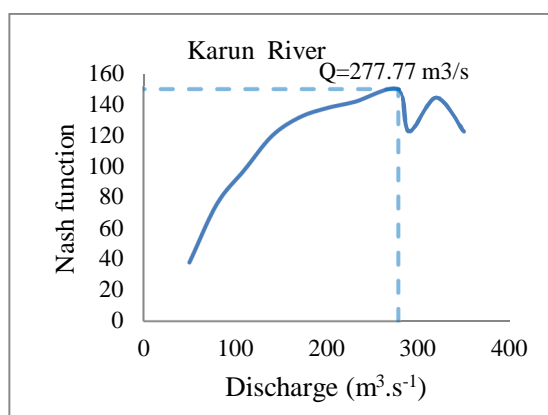


Fig.12- Nash function changes in Scenario 3 with a factor of 2.

شکل 12- تغییرات تابع نش در سناریو سه با ضریب دو برابر

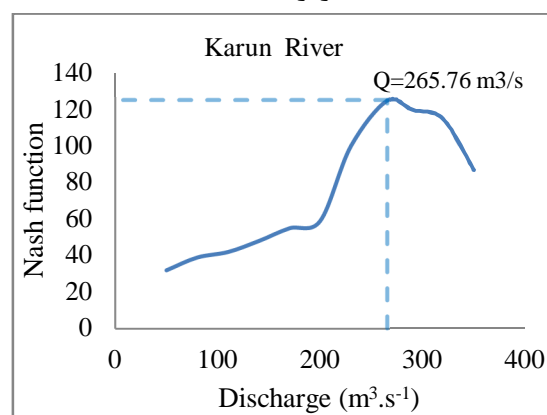


Fig. 11- Nash function changes in Scenario 3 with a factor of 1.5.

شکل 11- تغییرات تابع نش در سناریو سه با ضریب 1/5 برابر

جدول 7- خلاصه نتایج حاصل از تعریف سناریوهای مختلف

Table 10- Summary of results from the definition of different scenarios

	Discharge (m ³ /s) selected	Contact length(km)	Average concentration (mg/l)
Scenario 1	243	198	2.164
Scenario 2 factor of 1.5	221	196	2.286
Scenario 2 factor of 2	205	195	2.512
Scenario 3 factor of 1.5	265.76	199.01	1.891
Scenario 3 factor of 2	277.77	199.46	1.783

علاوه بر افزایش در مقدار جریان رهاسازی شده، مقادیر به‌دست آمده برای طول تماس افزایش و غلظت متوسط کاهش پیدا می‌کند. در صورت بی بعد کردن تابع نش می‌توان آن را در محدوده صفر و یک قرار داد. نظریه بازی‌ها در واقع بین اهداف مختلف که با هم در تضاد هستند، می‌خواهد توافقی ایجاد نماید تا به بهترین شکل ممکن تضاد بین آن‌ها را حل کند. موضوع عدم توافق به همین مورد اشاره دارد و آن اینکه نقاطی وجود دارند که هیچ یک از اهداف را ممکن است ارضا نکنند. در جدول (7) خلاصه نتایج حاصل از سناریوهای مختلف آورده شده است.

سناریوی سوم: در این سناریو به اهداف کیفی وزن نسبی معادل با 1/5 و دو برابر با اهداف کمی داده شد. مقدار تابع ضریبی نش برای مقادیر مختلف جریان رهاسازی در بازه زیست‌محیطی محاسبه شد. مقادیر تغییرات تابع نش در شکل‌های (11) و (12) مشاهده می‌گردد. مقدار جریان بهینه رودخانه برای ضرایب کیفی 1/5 و دو برابر، 265 و 277 متر مکعب بر ثانیه به‌دست آمد. در این سناریو هر چه وزن اهداف کیفی افزایش پیدا کند مقدار جریان رهاسازی شده نیز افزایش پیدا می‌کند. علت این امر افزایش حجم آب و کاهش غلظت مواد آلاینده است. با افزایش ضریب وزنی اهداف کیفی،

نتیجه گیری

درخاتمه برای ادامه کار و توسعه نتایج حاصل از تحقیق، پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد

- ✓ یکی از ملزوماتی که در مدیریت پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری باید در نظر گرفته شود، تصفیه آلودگی‌های ورودی به رودخانه هر چند به مقدار کم است. پیشنهاد می‌گردد تأثیر تصفیه آب روی محیط‌زیست رودخانه با استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز محاسبه و با برآورد هزینه‌های ناشی این کار، مقدار بهینه و یا حد معقول تصفیه آب با توجه به تابع هزینه-فایده محاسبه و با توجه به آن جریان رهاسازی بهینه محاسبه گردد.
- ✓ پیشنهاد می‌گردد این کار برای دیگر رودخانه‌های منطقه انجام و یک نتیجه‌گیری کلی برای آن منطقه انجام گیرد.
- ✓ یکی از کارهایی که می‌تواند در بهبود محیط‌زیست رودخانه مؤثر باشد تغییر محل دفع آلاینده‌ها است. پیشنهاد می‌گردد با تغییر در محل دفع آلاینده‌ها و شبیه‌سازی وضع موجود با استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز، تأثیر آن روی رودخانه بررسی جریان بهینه رهاسازی در سناریوهای مختلف محاسبه و نقد شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از سازمان آب و برق خوزستان بابت اراییه و آمار و اطلاعات تشکر و قدردانی می‌نمایند.

به منظور تعیین جریان رهاسازی بهینه برای کارون بزرگ، ابتدا یک بازه زیست‌محیطی با استفاده از روش هیدرولوژیکی تنانت و جریان پایه آبیان تعیین شد. در گام بعدی، هدف تعیین جریان بهینه رودخانه با استفاده از نظریه بازی‌ها در سناریوهای مختلف کمی و کیفی بود. برای این منظور سه سناریو تعریف شد که در هر یک از سناریوها، به اهداف کمی و کیفی، وزن‌های مختلفی داده شد. در سناریو اول برای تمام اهداف وزن یکسان، در سناریو دوم برای اهداف کمی مسأله وزن $1/5$ و دو برابر و در سناریوی سوم برای اهداف کیفی مسأله وزن $1/5$ و دو برابر در نظر گرفته شد. برای هر سناریو مقادیر مختلفی از جریان رهاسازی شده به دست آمد. به ترتیب سناریو و برای ضرایب وزنی $1/5$ و دو مقادیر آبدی برای رودخانه کارون 243، 221، 205، 265 و 277 مترمکعب بر ثانیه به دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، با افزایش وزن اهداف کمی و کیفی مسأله، جریان رهاسازی بهینه به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد و با تغییر در وزن اهداف مسأله مقدار جریان به شکل محسوسی تغییر می‌کند. تغییر در وزن اهداف، یک مسأله مهم در بهینه‌سازی می‌باشد و در تصمیم‌گیری مدیران با توجه به شرایط اجتماعی و اقتصادی و ... منطقه مؤثر است. تعیین وزن دقیق این ضرایب از اهمیت بالایی برخوردار است.

References

- 1- Ardakani, M.R. (2002). *Ecology*. Tehran University Press 2 nd ed, Tehran, Iran. (In Persian).
- 2- Asgharpour, M., 2002. Group decision and game theory, operations research and attitude. *Scientific Journal of Tehran University*, 5(1), pp.47-52. (In Persian).
- 3- Bagherian Marzouni, M., 2013. *Evaluation of assess the self-purification power of simulation resultswith Qual 2 k model, case study: between Mollasani to Farsiat*. Msc.Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz (In Persian).
- 4- Harsanyi, J.C. and Selten, R., 1988. A general theory of equilibrium selection in games. *MIT Press Books, 1*.
- 5- Herrera, I.A. and Burneo, P.C., 2017. Environmental flow assessment in Andean rivers of Ecuador, case study: Chanlud and El Labrado dams in the Machángara River. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 17(2), pp.103-112.
- 6- Karamooz, M. and Karachian, R. 2005. *Planning and Quality Management of Water Resources Systems*. Amirkabir University of Technology Publications (Tehran Polytechnic), Third Edition, Tehran, Iran.
- 7-Khosravi, M., Siadatmousavi, S. M., Yari, S., and Azizpour, J. 2015. Field Observation of Flow in the Karun River. *Journal of Hydrophysics*, 1 (1): 33-39.
- 8- Noroozi, H., Radmanesh, F., Pourhaghi, A. and Solgi, A., 2018. Multi-Objective Optimization in Determine the Environmental Flows of the River. *Journal of Watershed Management Research*, 9(17), pp.14-25.
- 9-Pang, A., Sun, T. and Yang, Z., 2013. Economic compensation standard for irrigation processes to safeguard environmental flows in the Yellow River Estuary, China. *Journal of hydrology*, 482, pp.129-138.

- 10-Park, S.S. and Lee, Y.S., 2002. A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea. *Ecological Modelling*, 152(1), pp.65-75.
- 11-Rivaes, R., Rodríguez-González, P.M., Albuquerque, A., Pinheiro, A.N., Egger, G. and Ferreira, M.T., 2015. Reducing river regulation effects on riparian vegetation using flushing flow regimes. *Ecological Engineering*, 81, pp.428-438.
- 12-Shaeri Karimi, S., Yasi, M., Cox, J. p., and Eslamian, S., 2014, Environmental Flows, in *Handbook of Engineering Hydrology*, Ed. By Eslamian, S., Taylor and Francis, CRC Group, USA.
- 13-Tennant, D.L., 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries*, 1(4): 6-10.
- 14-Wu, M., Tang, X., Li, Q., Yang, W., Jin, F., Tang, M. and Scholz, M., 2013. Review of ecological engineering solutions for rural non-point source water pollution control in Hubei Province, China. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(5), p.1561.
- 15-Yin, X. A., Yang, Z., Zhang, E., Xu, Z., Cai, Y., & Yang, W. (2018). A new method of assessing environmental flows in channelized urban Rivers. *Engineering*, 4(5), 590-596.