Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322 - 2069
Online ISSN: 2322 - 2794

Evaluating the Impact of Agricultural Drainage on the Quantity and Quality of Flow Into Shadegan Wetland By WEAP Model (Case Study: Maroon-Jarahi Basin)

Mohammad Movahedi[1] | Heidar Zarei[*2] | Ali Shahbazi[3]

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: moh.movahedi1372@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: zareih@scu.ac.ir
3. Deputy of Comprehensive Studies of Water Resources, Khuzestan Water and Power Authority (KWPA). E-mail: alish1980@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 08.05.2021
Revised: 10.06.2021
Accepted: 11.06.2021

Keywords:
Basin,
Maroon- Jarahi,
Modeling,
Water Resources Management,
WEAP

ABSTRACT

Background and Objectives: Development of agricultural lands, the occurrence of droughts, and climate change have made the Maroon-Jarahi basin to become one of the most stressful basins both quantitatively and qualitatively. Due to the existence of numerous irrigation and drainage networks in this basin, it is very important to investigate the effect of returned drainages on the river. Due to having suitable water potential, the study basin has always been suitable for the development of irrigation and drainage networks, also Shadegan Wetland at the end of the basin has increased the importance of quantitative and qualitative water resources management. Therefore, in this study, the effect of drainage from irrigation and drainage networks and traditional agriculture on the quantity and quality of rivers, and more importantly, the endpoint of the Jarahi River and the entrance to Shadegan wetland was investigated. Quantitative and qualitative simulation of the basin for a period of 60-year was performed by the WEAP model. Considering that none of the studies conducted in the Maroon-Jarahi basin has comprehensively and accurately examined all agricultural drains and critical points of the basin from a quantitative and qualitative perspective, so the study was conducted in this regard.

Materials and Methods: In this study, the WEAP model was used as a comprehensive tool for quantitative and qualitative Modeling and their effect on downstream. First, the WEAP model was calibrated and validated in a period of 5-year (2012-2016) using the observed data. In order to evaluate the results of calibration and validation of the quantitative model, the statistical indices of root mean square error (RMSE), squared correlation coefficient (R^2), and NASH model efficiency coefficient were used. The model was implemented for a 60-year simulation period (2017 to 2077) under the control management scenarios of network drainage in terms of quantity and quality to determine the effect of each drainage on the river system of the basin.

Results: The results of the model showed that the amount of salinity in the reference scenario is 3.6 (dS m^{-1}) which in comparison with other scenarios only in Matbag drainage transmission scenario with a decrease of 34% (1.2 (dS m^{-1})) salinity compared to the reference scenario. This rate of

salinity improvement is very important at the end of the Jarahi River and the entrance of the Shadegan Wetland and will have an excessive effect on the environment. Also, according to the reliability values of the environmental node of the Jarahi River, the difference between the reliability in the two references and the Matbag drainage transmission scenarios is 0.4%, which shows the minor effect of the Matbag drainage on the flow of the Jarahi River and also the reliability of other scenarios is equal to the reference scenario.

Conclusion: According to the results of quantitative and qualitative modeling in the Maroon-Jarahi basin, the Matbag drainage transmission scenario (left drainage network of Ramshir) has the maximum effect in terms of quality compared to other scenarios. If this drain is transferred, the salinity at the end of the basin during the simulation period will decrease by 1.2 (dS m^{-1}) (34%).

Cite this article: Movahedi**,** Mohammad**,** Zarei**,** Heidar**,** Shahbazi**,** Ali. 2022. Evaluating the Impact of Agricultural Drainage on the Quantity and Quality of Flow Into Shadegan Wetland By WEAP Model (Case Study: Maroon-Jarahi Basin). *Journal of Water and Soil Conservation*, 28 (3), 115-131.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2022.19377.3487
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا الکترونیکی: ۲۳۲۲-۲۷۹٤

بررسی تأثیر زهاب‌های کشاورزی بر کمیت و کیفیت جریان ورودی به تالاب شادگان با استفاده از مدل WEAP (حوضه مارون– جراحی)

محمد موحدی[۱] | حیدر زارعی*[۲] | علی شهبازی[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز. رایانامه: moh.movahedi1372@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز. رایانامه: zareih@scu.ac.ir

۳. معاون مطالعات جامع منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان. رایانامه: alish1980@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۰۰/۰۵/۱٤
تاریخ ویرایش: ۰۰/۰۷/۱٤
تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۸/۱۵

واژه‌های کلیدی:
حوضه مارون- جراحی،
مدل‌سازی،
مدیریت منابع آب،
WEAP

چکیده

سابقه و هدف: توسعه اراضی کشاورزی، وقوع خشک‌سالی‌ها و تغییر اقلیم سبب شده تا حوضه مارون- جراحی به یکی از پرتنش‌ترین حوضه‌های آبریز هم ازنظر کمی و هم کیفی تبدیل گردد. به‌علت وجود شبکه‌های آبیاری و زهکشی متعدد در این حوضه، بررسی اثر زهاب‌های برگشتی این شبکه‌ها به سیستم رودخانه‌ای بسیار دارای اهمیت است. به‌علت دارا بودن پتانسیل آبی مناسب، حوضه موردمطالعه همواره برای توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی مناسب بوده است؛ هم‌چنین تالاب شادگان در انتهای این حوضه، اهمیت مدیریت کمی و کیفی منابع آب را دوچندان نموده است. به همین دلیل در این پژوهش، تأثیر زهاب‌های شبکه‌های آبیاری و زهکشی و کشاورزی‌های سنتی بر کمیت و کیفیت رودخانه‌ها و مهم‌تر از آن نقطه انتهایی رودخانه جراحی و ورودی به تالاب شادگان موردبررسی قرار گرفت. شبیه‌سازی کمی و کیفی حوضه برای دوره ٦۰ ساله توسط مدل WEAP انجام شد. با توجه به این‌که تاکنون هیچ‌یک از مطالعات انجام‌شده در حوضه مارون- جراحی به بررسی جامع و دقیق کل زهکش‌های کشاورزی و نقاط بحرانی حوضه از منظر کمی و کیفی نپرداخته‌اند، بنابراین پژوهش حاضر در این راستا انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از مدل WEAP به‌عنوان ابزاری جامع، به‌منظور مدل‌سازی کمی و کیفی زهاب‌ها و تأثیر آن‌ها بر پایین‌دست استفاده گردید. ابتدا مدل WEAP در یک دوره ۵ ساله (۲۰۱٦-۲۰۱۲) با استفاده از اطلاعات ثبت‌شده حوضه واسنجی و اعتبارسنجی شد. جهت ارزیابی نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل کمی از شاخص‌های آماری جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، مجذور ضریب همبستگی (R^2) و آماره نش (NASH) استفاده گردید. مدل برای یک دوره شبیه‌سازی ٦۰ ساله (۲۰۱۷ الی ۲۰۷۷) تحت سناریوهای مدیریتی کنترل زهاب شبکه‌ها از نظر کمی و کیفی جهت تعیین میزان تأثیر هر زهکش بر سیستم رودخانه‌ای حوضه اجرا گردید.

یافته‌ها: نتایج مدل نشان داد که میزان شوری در سناریو مرجع برابر با ۳/٦ دسی‌زیمنس بر متر بوده که در مقایسه با سایر سناریوها، تنها در سناریو انتقال زهکش مطبگ کاهش ۳٤ درصدی شوری (۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به سناریو مرجع مشاهده می‌گردد. این میزان بهبود شوری آن‌هم در انتهای رودخانه جراحی و ابتدای ورودی به تالاب شادگان بسیار مهم بوده و تأثیر به‌سزایی بر محیط‌زیست خواهد داشت. ضمناً با توجه به مقادیر اعتمادپذیری تأمین نیاز گره زیست‌محیطی رودخانه جراحی، اختلاف بین اعتمادپذیری در دو سناریو مرجع و انتقال زهکش مطبگ برابر با ۰/٤ درصد بوده که تأثیر ناچیز زهکش مطبگ بر جریان رودخانه جراحی را نشان می‌دهد و هم‌چنین اعتمادپذیری سایر سناریوها برابر سناریو مرجع می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج مدل‌سازی کمی و کیفی در حوضه مارون- جراحی، سناریوی انتقال زهکش مطبگ (زهکش شبکه چپ رامشیر) از نظر کیفی، بیش‌ترین تأثیر را نسبت به سایر سناریوها دارد. در صورت انتقال این زهکش، میزان شوری در انتهای حوضه در دوره شبیه‌سازی ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر (۳٤ درصد) کاهش خواهد یافت.

استناد: موحدی، محمد، زارعی، حیدر، شهبازی، علی (۱۴۰۰). بررسی تأثیر زهاب‌های کشاورزی بر کمیت و کیفیت جریان ورودی به تالاب شادگان با استفاده از مدل WEAP (حوضه مارون- جراحی). *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۸ (۳)، ۱۳۱-۱۱۵.
DOI: 10.22069/jwsc.2022.19377.3487

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

با توجه به حجم محدود منابع آب شیرین، مدیریت کیفیت و میزان آن به‌طور مداوم یکی از بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین چالش‌ها به‌دلیل تغییرات جهانی است. بهبود کیفیت آب در رودخانه‌ها همیشه جزو دغدغه‌های اصلی مهندسین آب به شمار رفته و یکی از مهم‌ترین عواملی که موجب کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها می‌شود ورود زهکش‌های مزارع و شبکه‌های کشاورزی به این منابع است؛ بنابراین اگر بتوان زهاب زهکش‌های شبکه‌ها را کنترل و از ورود آن‌ها به رودخانه‌ها جلوگیری کرد قطعاً کیفیت رودخانه‌ها بهبود خواهد یافت. تغییر سیستم آبیاری شبکه‌ها به شبکه‌هایی با راندمان بالاتر (تلفات کم‌تر) و یا تغییر الگوی کشت به کشت‌هایی با نیاز آبی و تولید زهاب کم‌تر ازجمله راهکارهایی است که می‌توان زهاب‌های کشاورزی را کنترل کرد. بنابراین بررسی تأثیر کنترل کیفیت بر برنامه‌ریزی منابع آب و کمیت جریان در هر حوضه‌ای بسیار مهم است. یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین مدل‌های کمی و کیفی که در سال‌های اخیر در دنیا بسیار مورداستفاده قرارگرفته مدل WEAP[1] است. این مدل توانایی شبیه‌سازی کمی و کیفی آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی (به‌صورت نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای) همراه با در نظر گرفتن حداقل نیاز زیست‌محیطی رودخانه را داشته و الگوریتم تخصیص منابع آن اولویت محور است. تابع هدف این مدل حداکثر کردن میزان تأمین نیاز گره‌های مصرف است. مزیت اصلی مدل WEAP، رویکرد مدیریت یکپارچه منابع آب در شبیه‌سازی سامانه‌های آبی است. مدل شبیه‌سازی و ارزیابی منابع آب WEAP را می‌توان به‌عنوان یکی از بهترین مدل‌های نیمه‌توزیعی شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه آبریز و مدیریت منابع آب در گام‌های زمانی مختلف در نظر گرفت (۹). آلامانوس و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل WEAP به بررسی وضعیت تنش‌های زیست‌محیطی ناشی از مدیریت نادرست بخش کشاورزی براساس مدل‌سازی ترکیب جنبه‌های کیفی، اقتصادی آب در یک حوزه آبخیز یونان پرداختند. نتایج این مطالعه افزایش بیش‌ازحد بهره‌برداری از منابع آب این حوضه را تأیید کرد که این مطالعه نیاز فوری به اقدامات مدیریتی و رویکردهای مدل‌سازی یکپارچه را جهت بهبود وضعیت این حوضه نشان می‌دهد (۱). نگویان و تران (۲۰۲۰) با استفاده از ابزار ارزیابی و برنامه‌ریزی آب (WEAP)، کیفیت آب آینده رودخانه‌ها در منطقه هانوی[2] را تحت‌تأثیر شهرنشینی و تغییرات آب و هوایی ارزیابی کرده و حوضه آبریز خلیج کاو[3] را به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفتند. رودخانه خلیج کاو یک سیستم رودخانه ساخت بشر است و فاضلاب تصفیه نشده مناطق لانگ بین[4] و جیا لم[5] را دریافت می‌کند. نتیجه نشان می‌دهد، بدون اجرای تصفیه‌خانه فاضلاب، کیفیت آب رودخانه خلیج کاو در فصل خشک بدتر خواهد شد یعنی مقدار DO برابر ۱/۲-۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر و مقدار BOD برابر ۵۵-۵۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. با اجرای طرح جامع، سطح DO و BOD به ترتیب ۷/۳-۷/۱ میلی‌گرم بر لیتر و ۱۳/۸-۷ میلی‌گرم بر لیتر در فصل خشک و در فصل مرطوب این مقادیر ۳/۷ میلی‌گرم بر لیتر و ۴۱/۸-۳۶/۱ میلی‌گرم بر لیتر خواهد بود (۱۵). کاو و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل (WEAP) به تجزیه‌وتحلیل روند استفاده و تقاضای آب بین سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۵۰ برای شهر شیامن[6] (کشور چین) پرداختند و این مطالعه ازآن‌جهت منحصربه‌فرد بود که منابع آب هر

1- Water Evaluation and Planning System (WEAP)

2- Ha Noi
3- Cau Bay
4- Long Bien
5- Gia Lam
6- Xiamen

یک از پنج منطقه شهر را به‌طور جداگانه در نظر گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که مصرف آب در آینده بسیار افزایش می‌یابد و بدون منابع جدید آب پس از سال ۲۰۳۰ کمبود آب وجود خواهد داشت. سناریوهای تجدید ساختار صنعت (صرفه‌جویی در مصرف آب SWS[1]) و فناوری پیشرفته صرفه‌جویی در مصرف آب (سناریوی فنی صرفه‌جویی در مصرف آب، TWS[2]) می‌تواند منجر به صرفه‌جویی آب به‌ترتیب ٦/٩٧ درصد و ٩/٨٢ درصد تا سال ۲۰۵۰ شود، ضمن این‌که با اتخاذ هم‌زمان هر دو استراتژی (دو برابر صرفه‌جویی در مصرف آب، DWS[3]) می‌تواند ١٦/٤٤ درصد صرفه‌جویی کند (۱۱).

میرزایی و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از مدل آب زیرزمینی MODFLOW آبخوان آزاد گرگان‌رود را مدل کرده و سپس به‌منظور مدیریت تخصیص آب در منطقه موردمطالعه، اطلاعات حاصل از مدل آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار KITCHEN LINK به مدل شبیه‌ساز و تخصیص منابع آب (WEAP) انتقال یافت. سناریوهای مختلف مدیریتی ازجمله افزایش راندمان آبیاری، استفاده از پساب تصفیه‌خانه، کاهش دبی رودخانه در اثر تغییر اقلیم و ترکیبی از سناریوهای فوق برای برآورد میزان کاهش تقاضای آب برای یک دوره ۲۰ ساله انجام و اثرات آن روی منابع آب حوضه، موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به‌کارگیری هم‌زمان راهبردهای مختلف مدیریت مصرف آب، بهتر از سناریوی استفاده منفرد از هر کدام از آن‌ها، برداشت آب از منابع مختلف را کاهش می‌دهد (۱۳). آلفارا و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل WEAP به ارزیابی گزینه‌های جایگزین منابع آب در دره اردن JV)[4]) پرداختند. آن‌ها سناریوهای افزایش میزان تصفیه پساب کشاورزی و تغییرات اقلیم را تا سال ۲۰۵۰ مورد مدل‌سازی قرار دادند (۲). اشرفی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی عملکرد مدل WEAP در شبیه‌سازی هیدرولوژیک حوضه آبخیز الند پرداختند. نتایج بیانگر عملکرد خوب مدل در شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک اعم از بارش-رواناب، جریان پایه، آب زیرزمینی و سایر اجزای بیلان آبی حوضه می‌باشد (۳). صاحبدل و اکبرپور (۲۰۱۱) به بررسی و ارزیابی مدیریت کمی و کیفی حوضه قره‌سو در استان گلستان با مدل WEAP پرداختند که در بخش کمی از دو سناریوی وضع موجود و احداث سد شصت‌کلاته و در بخش کیفی از چهار سناریو با توجه به شرایط توسعه تعریف گردید. نتایج نشان داد که با احداث سد شصت‌کلاته و با توجه به اولویت تأمین برای مصارف شرب و کشاورزی نیاز نقاط تقاضا تأمین می‌گردد و در بخش کیفی میزان TDS محدودیتی را برای تخصیص به وجود (۱۷). پرکی و همکاران (۲۰۰۸) به‌منظور بررسی اثرات افزودن اهداف زیست‌محیطی، مطالعه‌ای با استفاده از مدل WEAP در حوضه دریاچه ساکرامنتو[5] در ایالت کالیفرنیای[6] آمریکا انجام دادند (١٦). آساف و ساده (٢٠٠٦ و ٢٠٠٨) در بالادست حوضه لیتانی[7] در لبنان، به توسعه محیط شبیه‌سازی سامانه تصمیم‌گیری (DSS[8]) از طریق پارامترهای جهانی WEAP برای کنترل کیفیت آب در این منطقه پرداختند. نتایج حاصله، نشان از پراکندگی یکدست فصلی در میزان BOD دارد که به‌شدت با دبی رودخانه مربوط است. در ماه‌های خشک، میزان بیش‌تر BOD و در ماه‌هایی با دبی زیاد، میزان کم‌تر BOD را مشاهده کردند (٤ و ٥). اسلاتر و همکاران (٢٠١٦) با استفاده از مدل WEAP به مدل‌سازی و تعیین اثرات تغییر اقلیم در آفریقای جنوبی بر کیفیت

1- structural water-saving scenario
2- Technical Water-Saving scenario
3- Double Water-Saving scenario
4- Jordan Valley

5- Sacramento
6- California
7- Litani
8- Decision Support System

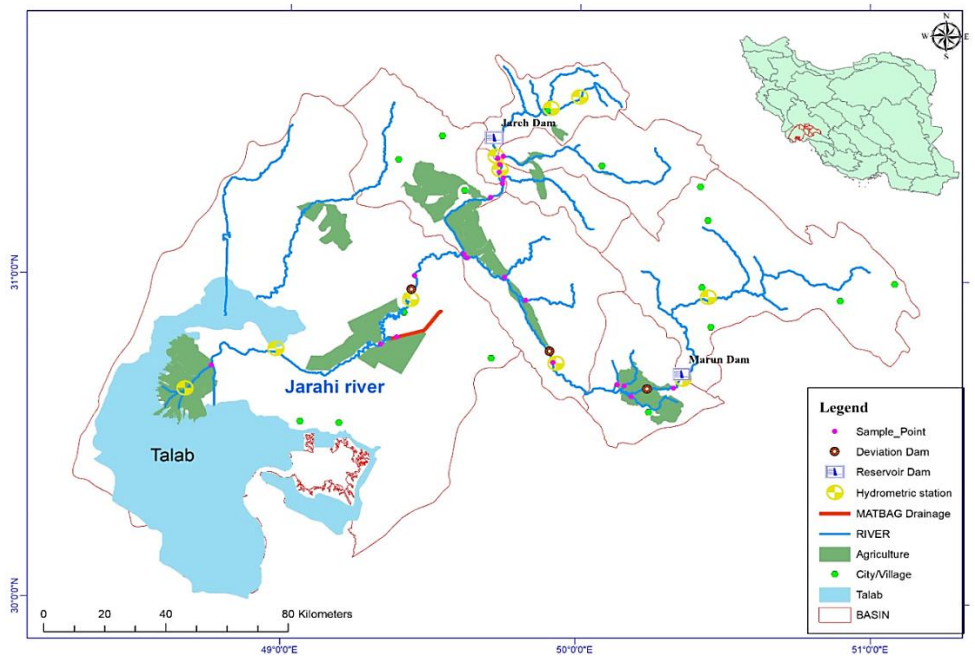
منابع آب از نظر شوری و مواد مغذی[1] پرداختند. نتایج بیانگر تأثیر تغییر اقلیم بر کیفیت بوده و یک مدیریت همراه با نظارت مستمر جهت حفظ کیفیت منابع آب توصیه گردید (۱۸). کومار (۲۰۱۸) با استفاده از مدل WEAP به مدل‌سازی کیفی در رودخانه گمتی[2] (شهر لاکونو[3]، هند) جهت ارزیابی جریان و هم‌چنین پیش‌بینی وضعیت کیفی آینده این رودخانه تحت سناریوهای مختلف و با در نظر گرفتن عوامل کلیدی تغییرات جهانی، یعنی تغییرات اقلیمی و رشد جمعیت پرداخت. شبیه‌سازی کیفیت آب در یک بازه ۲٤ کیلومتری از رودخانه گمتی انجام‌گرفته و نتایج مدل‌سازی تحت سناریوها بیانگر کاهش کیفیت آب تا سال ۲۰۳۰ بوده و در نتیجه نیاز به اقدام فوری و جامع است (۱۲). موحدی و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از داده‌های کیفی ایستگاه‌های مشراگه، گرگر و شادگان به بررسی تأثیر زهکش مطبگ بر کیفیت رودخانه جراحی پرداختند که نتایج بیانگر آن است در حالت کنترل زهکش مطبگ کیفیت گرگر و شادگان بهبود داشته و در دسته‌بندی C_4S_2 قرار گرفته‌اند و کاهش حدود ۱۰۰۰ واحدی شوری را در حالت عدم ورود زهکش نسبت به شرایط موجود را نشان می‌دهد (۱٤). بوالحسنی و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از اطلاعات ۸ ایستگاه هیدرومتری به پایش کیفی آب رودخانه‌های مارون، الله و جراحی در سال آبی ۹٤-۹۳ را پرداختند و جهت بررسی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی، شرب و تعیین رخساره هیدروشیمیایی آب از دیاگرام‌های ویلکاکس، شولر و پایپر استفاده گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کیفیت آب‌های سطحی در حوضه، کاهش کیفیت آب را به صورت افزایش در پارامترهای TH، TDS، EC، آنیون‌ها و کاتیون‌ها در دوره مطالعاتی نشان می‌دهد، به صورتی که کیفیت آب سه رودخانه مارون، الله و جراحی در حوضه از لحاظ کشاورزی به ترتیب در کلاس‌های شور و قابل‌استفاده، شور و نامناسب و خیلی‌شور قرار دارند و از لحاظ شرب در محدوده‌های قابل‌قبول، متوسط و نامناسب نزدیک به نامطبوع می‌باشند (٦). حوضه مارون- جراحی به‌علت دارا بودن پتانسیل آبی مناسب همواره بستر مناسبی برای توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی در استان خوزستان به‌شمار می‌رود و نیز قرارگیری تالاب بین‌المللی شادگان در انتهای رودخانه جراحی اهمیت مدیریت منابع و مصارف (کمی و کیفی EC) را دوچندان نموده است. به همین دلیل در این پژوهش سعی شد تا با استفاده از مدل WEAP و شبیه‌سازی حوضه برای یک دوره ٦۰ ساله (جهت در نظر گرفتن شرایط کم‌آبی، پرآبی و متوسط حوضه) بتوان تأثیر زهاب‌های شبکه‌های آبیاری و زهکشی و اراضی محلی بر میزان کمیت و کیفیت کل سیستم و مهم‌تر از آن نقطه انتهایی رودخانه جراحی (نقطه انتهایی سیستم) و ورودی به تالاب شادگان بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز مارون- جراحی به مساحت ۲٤۳۱۰ کیلومترمربع است که ۹۸۰۲ کیلومترمربع آن (٤۳/۳ درصد) کوهستانی و ۱٤٥۰۸ کیلومترمربع (٥۹/۷ درصد) آن را دشت‌ها و زمین‌های دامنه‌ای تشکیل داده است. دو رودخانه مهم این حوضه مارون و الله بوده و بعد از تلاقی، رودخانه جراحی را تشکیل داده و با عبور از دشت رامشیر و شادگان وارد تالاب شادگان می‌گردد. مجموع کل مساحت شبکه‌های آبیاری و زهکشی در وضعیت‌های مطالعاتی، بهره‌برداری و اجرایی موجود در حوضه آبریز موردمطالعه معادل ۱٥۹۳۱۳ هکتار می‌باشد که ۲٦۰۲۳ هکتار مربوط به کل شبکه‌های آبیاری و زهکشی حوضه مارون (٥۰۲۳ هکتار اجرایی و ۲۱۰۰۰ هکتار

1- Nutrients
2- Gomti
3- Lucknow

در وضعیت بهره‌برداری) می‌باشد. مجموع کل شبکه آبیاری و زهکشی حوضه الله معادل ٦٢٦٥٦ هکتار می‌باشد که ۲۱۳۹۸ هکتار دارای وضعیت اجرایی، ٤٤٥٨ هکتار در وضعیت بهره‌برداری و ۱۷۰۰۰ هکتار در وضعیت مطالعاتی قرار دارند. هم‌چنین مجموع کل شبکه آبیاری و زهکشی جراحی معادل ۷۰٦۳٤ هکتار می‌باشد که از این مقدار ۳۱۰۱۵ هکتار در وضعیت بهره‌برداری و ۳۹٦۱۹ هکتار در وضعیت مطالعاتی می‌باشد. شبکه‌های بهره‌برداری حوضه مارون شامل شبکه‌های بهبهان شمال و جنوب، جایزان و فجر و حوضه الله شامل شبکه رامهرمز ناحیه ۲ و حوضه جراحی شامل شبکه رامشیر راست و چپ و شبکه شادگان راست و چپ می‌باشند.



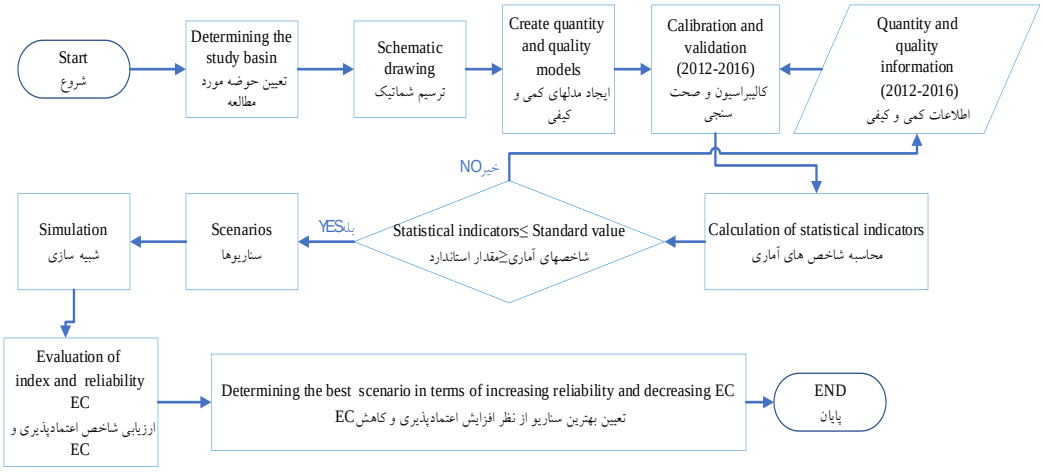
شکل ۱- نقشه حوضه مارون- جراحی، استان خوزستان، ایران.

Figure 1. Map of Maroon-Jarahi Basin, Khuzestan Province, Iran.

اولین گام در مدل‌سازی تهیه پیکره‌بندی (شماتیک[1]) حوضه شامل نقاط منابع (رودخانه‌ها و...) و مصارف (نیاز شرب، زیست‌محیطی، صنعت و کشاورزی) می‌باشد. با استفاده از لایه‌های GIS پیکره‌بندی حوضه در مدل آماده گردید. شکل ۳ پیکره‌بندی حوضه مارون- جراحی را در مدل WEAP نشان می‌دهد. در پیکره‌بندی سیستم مارون- جراحی محل برداشت‌ها و نیز محل تخلیه زهاب‌های کشاورزی و شبکه‌های آبیاری و زهکشی در سه رودخانه مارون، الله و جراحی مشخص گردید. از زهکشی‌های رودخانه مارون می‌توان به زهکش‌های کُره سیاه، بَدَلی به‌عنوان زهکش‌های شبکه بهبهان شمال و زهکش سَرآسیاب به‌عنوان زهکش شبکه بهبهان جنوب اشاره کرد. شبکه‌های جایزان و فجر زهکش شاخصی ندارند و به صورت بازه در نظر گرفته‌شده‌اند. در رودخانه الله نیز تنها شبکه عمرانی ۲ رامهرمز وجود داشته و بقیه اراضی در بالادست و

1- Schematic

پایین‌دست سد رامهرمز سنتی بوده که رودخانه الله به ۲ بازه قابل تقسیم و بررسی می‌باشد. در رودخانه جراحی نیز زهاب شبکه راست رامشیر وارد رودخانه نمی‌شود و زهاب شبکه چپ رامشیر توسط زهکش مطبگ وارد رودخانه می‌شود. در پایین‌دست شبکه رامشیر به‌علت شاخه‌ای شدن تمامی زهاب‌های پایین‌دست به‌خصوص زهاب شبکه شادگان وارد رودخانه نمی‌شوند و وارد تالاب شادگان می‌شوند که در این مطالعه تنها مسیر اصلی رودخانه جراحی موردبررسی و مدل‌سازی قرار گرفت. فلوچارت مدل WEAP نیز در شکل ۲ آورده شده است. راهنمای شماتیک مدل WEAP در جدول ۱ آورده شده است.



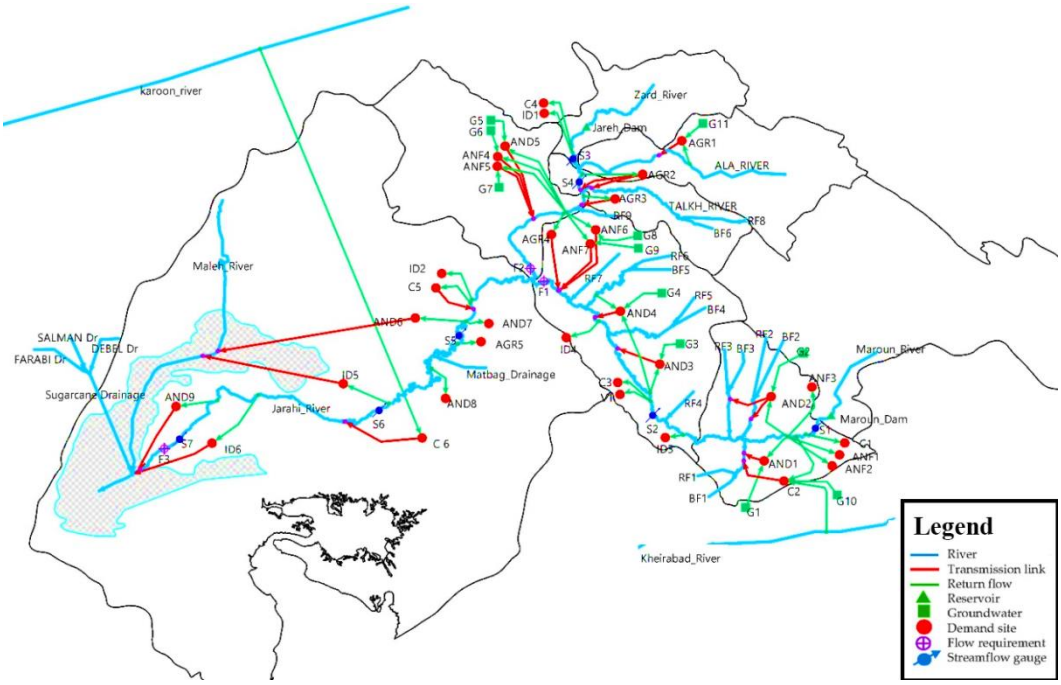
شکل ۲- فلوچارت مدل WEAP.

Figure 2. WEAP model flowchart.

جدول ۱- علائم اختصاری شماتیک مدل WEAP.

Table 1. Schematic abbreviations of the WEAP model.

عنوان Title	نوع گره (منابع/مصارف) Node type (Resources/Needs)	مخفف Abbreviation
مصارف Needs	اراضی محلی Local lands	AGR
	شبکه‌های آبیاری (بهره‌برداری) Irrigation networks (operation)	AND
	شبکه‌های آبیاری (درحال‌توسعه) Irrigation networks (development)	ANF
	شرب شهری Domestic	C
	نیاز زیست‌محیطی Environmental requirement	F
	صنعت Industrial	ID
	شرب روستایی Rural drinking	V
منابع Resources	جریان پایه آبراهه‌ها Baseflow of streams	BF
	آب زیرزمینی Groundwater	G
	جریان میان حوضه Inter-basin flow	RF
	ایستگاه هیدرومتری Hydrometric station	S



شکل ۳- شماتیک مدل WEAP برای حوضه مارون- جراحی (پیکره‌بندی منابع و مصارف).

Figure 3. WEAP model schematic for Maroon-Jarahi basin (configuration of resources and needs).

پس از تهیه پیکره‌بندی سیستم، در گام دوم اقدام به جمع‌آوری اطلاعات آبدهی رودخانه‌ها و میزان EC از ۱۰ ایستگاه هیدرومتری موجود در حوضه گردید. هم‌چنین در این حوضه آبراهه‌ها و زهکش‌های متعددی وجود دارد که فاقد هرگونه اطلاعات هیدرومتری می‌باشند. پس به همین جهت اقدام به نمونه‌برداری کمی و کیفی (EC) در یک دوره یک‌ساله (۲۰۱۷-۲۰۱۶) در ۲۱ نقطه حساس از منظر کمیت و کیفیت گردید. نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ به‌صورت نقاط صورتی‌رنگ تحت عنوان Sample_point مشخص شده است. جهت برآورد مقادیر رواناب آبراهه‌ها و رودخانه‌های حوضه نیز پس از بررسی‌های فراوان و امتحان روش‌های مختلف در نهایت با استفاده از روش SCS و داده‌های روزانه، تمامی رواناب‌ها محاسبه و وارد مدل گردید. آمار جریان‌های ورودی به سیستم برای دوره ۶۰ ساله اخیر محاسبه گردید و بازه‌های فاقد آمار با استفاده از روش‌های آماری متناسب با شرایط آن نقطه تکمیل و تطویل گردید. در مواردی که برخی از ایستگاه‌ها نیاز به بازسازی آمار گم‌شده داشتند از روش همبستگی بین ایستگاه‌های مبنا و ایستگاه‌های دارای آمار ناقص استفاده شد. به همین خاطر به‌منظور تکمیل و تطویل آبدهی‌های ماهانه و سالانه ایستگاه‌های آب‌سنجی مورد مطالعه از مدل HEC-4 استفاده گردید. در مدل HEC4، بازسازی و تولید داده‌های موردنیاز (Data Generation) بر مبنای یک مدل اتو رگرسیون لگاریتمی خطی چندگانه انجام می‌شود که در آن یک عامل تصادفی در برآوردها لحاظ می‌شود و از آن طریق، پراکندگی آماری مورد اشاره در داده‌های بازسازی‌شده اعمال می‌شود. ازاین‌رو در نرم‌افزار فوق، به نوعی اشکالات عمده روش همبستگی عادی رفع شده است و نتایج کاربردی‌تری را ارائه خواهد داد. بدین ترتیب آبدهی‌های ماهانه ایستگاه‌ها هم‌دوره گردید. لازم به ذکر است که ضرایب همبستگی

برقرارشده توسط بسته نرم‌افزاری HEC-4 (تهیه‌شده توسط گروه مهندسی ارتش آمریکا) در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بوده‌اند. آمار نیازهای شرب، کشاورزی و صنعت از سازمان آب و برق خوزستان و سازمان آب و فاضلاب روستایی و شهری اخذ گردید و نیز نیاز زیست‌محیطی رودخانه‌های مارون، الله و جراحی با استفاده از روش تنانت (۱۹۷٦) که براساس درصدی از پتانسیل آبدهی رودخانه‌ها می‌باشد برآورد و وارد مدل گردیدند. لازم به ذکر است دلیل مدل‌سازی در یک دوره ٦۰ ساله این است که بتوان تمام تغییرات اقلیمی ازجمله ترسالی و خشک‌سالی را مدنظر قرارداد که در دوره ٦۰ ساله اخیر دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی مشاهده شده‌اند.

تنانت (۱۹۷٦) با بررسی میدانی جریان ۱۱ رودخانه در ۳ ایالت بین سال‌های ۱۹٦٤ تا ۱۹۷٤ به ارزیابی و آزمایش روش مونتانا پرداخت و نتیجه گرفت که ۱۰ درصد جریان متوسط سالانه (MAF[1]) حداقل جریان برای حفظ کوتاه‌مدت زیستگاه ماهی‌هاست. ۳۰ درصد جریان متوسط سالانه توانایی حفظ شرایط بقا برای اکثر آبزیان و تفریحات عمومی و ٦۰ درصد جریان متوسط سالانه بهترین شرایط را برای بقای زندگی آبزیان و اکثر مصارف تفریحی فراهم می‌کند (۱۹).

واسنجی مدل فرآیندی است که طی آن تعدادی از پارامترهای ورودی آن‌قدر تغییر داده می‌شوند تا مقادیر شبیه‌سازی‌شده با مقادیر اندازه‌گیری‌شده انطباق پیدا کنند (۱۰). در این مدل به جهت شرایط خاص حوضه مارون- جراحی و اهمیت دقت بالای مدل جهت شبیه‌سازی، مدل با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری ایستگاه‌ها واسنجی گردید. در ابتدا مدل برای بازه ۵ ساله (۲۰۱۲ الی ۲۰۱٦) اجرا و با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های هیدرومتری چم نظام و جوکنک از نظر کمی و کیفی واسنجی گردید. دلیل انتخاب این دو ایستگاه صحت و دقت اطلاعات آن‌ها نسبت به سایر ایستگاه‌های حوضه می‌باشد. ایستگاه‌های ماشین و تنگ تکاب به علت قرارگیری بعد از سدهای جره و مارون و عدم برداشت در این بازه مورد استفاده قرار نگرفتند. ایستگاه مشراگه به‌علت جابه‌جایی و قرارگیری بعد از سد انحرافی رامشیر به‌خصوص در بحث آبدهی دقت کافی را نداشته و به همین جهت مورداستفاده قرار نگرفت. هم‌چنین ایستگاه‌های گرگر و شادگان به‌علت شاخه‌شاخه شدن رودخانه جراحی نیز مناسب واسنجی نبوده و تنها از دو ایستگاه مذکور جهت واسنجی و اعتبارسنجی کمی و کیفی استفاده گردید. جهت ارزیابی نتایج واسنجی و اعتبار سنجی مدل کمی از شاخص‌های آماری جذر میانگین مربعات خطا (RMSE[2])، مجذور ضریب همبستگی (R^2) و آماره نش (NASH) استفاده گردید. در روابط زیر $\overline{H}_O$ میانگین مقادیر دبی مشاهداتی در کل دوره، H^i_M مقادیر دبی شبیه‌سازی مدل برای دوره iام، H^i_O مقادیر دبی مشاهداتی برای دوره iام و n تعداد کل داده‌هاست.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(H_O^i - H_M^i\right)^2} \qquad (۱)$$

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(H_O^i - H_M^i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(H_O^i - \overline{H_O}\right)^2} \qquad (۲)$$

جهت تعیین تأثیر زهکش‌ها بر کمیت و کیفیت آب (EC) در انتهای سیستم، مدل WEAP در یک دوره ٦۰ ساله شبیه‌سازی حوضه مارون- جراحی تحت سناریوهای زیر اجرا شد:

1- Mean Average Flow

2- Root Mean Square Error

۱- سناریو مرجع (ادامه شرایط آتی و ورود زهکش‌ها)

۲- مدیریت زهکش‌ها (کاهش حجم یا کاهش شوری زهاب برگشتی از اراضی با مدیریت مناسب یا انتقال آن‌ها در صورت امکان)

تذکر: سناریو ۲ در واقع خلاصه چند سناریو است. به جهت مدیریت زهکش‌های شبکه‌ها و اراضی کشاورزی رودخانه‌های مارون، الله و جراحی بازه بندی شد و هر بازه جداگانه تحت سناریوهای ۱- کاهش ۱۰٪ حجم زهاب برگشتی ۲- کاهش ۱۰٪ شوری زهاب ۳- کاهش هم‌زمان ۱۰٪ حجم و شوری زهاب مورد مدل‌سازی قرار گرفت. این بازه‌ها شامل ۱- سد مارون تا ایستگاه چم‌نظام ۲- ایستگاه چم نظام تا انتهای رودخانه مارون ۳- سد جره تا سد رامهرمز ٤- سد رامهرمز تا انتهای رودخانه الله ۵- از تلاقی تا انتهای رودخانه جراحی (تنها زهکشی که به رودخانه جراحی تخلیه می‌شود زهکش مطبگ (شبکه چپ رامشیر) می‌باشد که با توجه به امکان انتقال آن به خلیج‌فارس، سناریو انتقال برای آن در نظر گرفته شد).

* اولویت نقاط مصرف در همه سناریوها ثابت و به‌شرح زیر می‌باشد:

- اولویت ۱ = شرب
- اولویت ۲ = زیست‌محیطی
- اولویت ۳= کشاورزی
- اولویت ٤ = صنعت

ترتیب اولویت‌بندی فوق بر اساس توزیع عادلانه آب بوده که در شرایط واقعی محیط‌زیست دارای اولویت ٤ و بعد از همه نیازها می‌باشد و مشکلات زیست‌محیطی موجود نیز ناشی از همین عدم توجه به اولویت نیاز زیست‌محیطی می‌باشد.

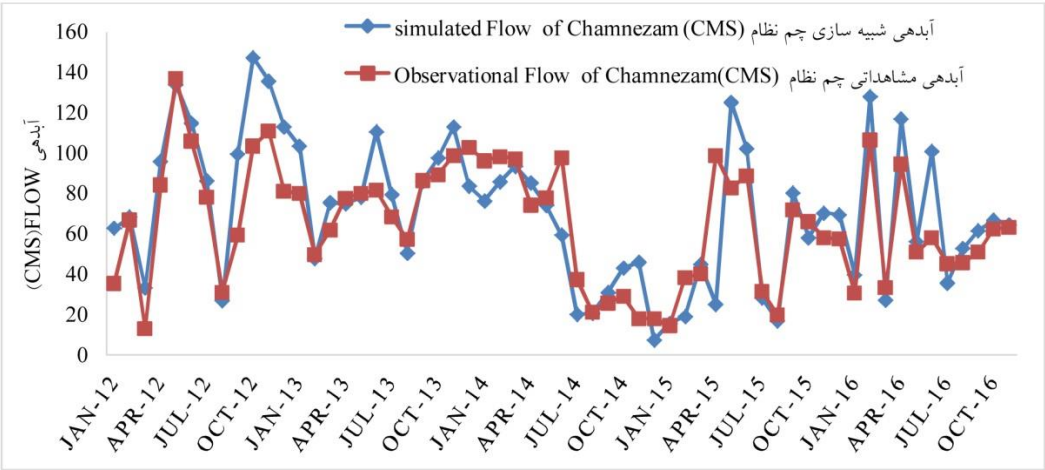
جهت بررسی کمیت جریان ورودی به تالاب شادگان از شاخص اعتمادپذیری ماهانه تأمین نیاز زیست‌محیطی در نقطه انتهایی رودخانه جراحی استفاده گردید (۸). نیاز زیست‌محیطی رودخانه جراحی بر اساس روش هیدرولوژیکی تنانت است که در رابطه ۳، RI_t شاخص اطمینان‌پذیری زمانی، M تعداد کل وقایع شکست سیستم، j d(j)–امین واقعه شکست سیستم و T تعداد کل دوره‌های تعریف‌شده در سیستم می‌باشند.

$$RI_t = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{M} d(j)}{T} \qquad (۳)$$

نتایج و بحث

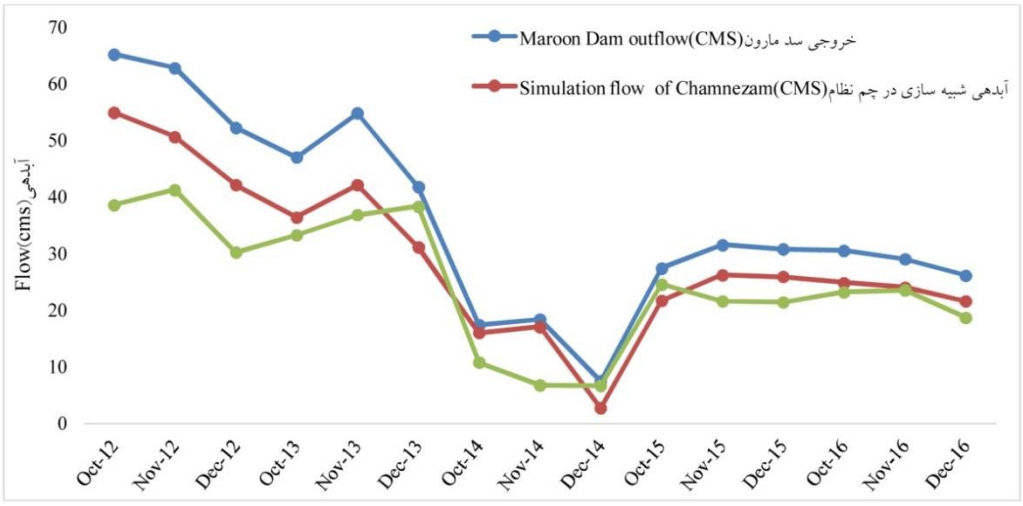
پس از آماده‌سازی پیکره‌بندی حوضه موردنظر و ورود تمامی اطلاعات، مدل در دوره ۵ ساله (۲۰۱۲ الی ۲۰۱٦) شبیه‌سازی گردید و مقادیر مدل‌سازی با مقادیر مشاهداتی در موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری چم نظام و جوکنک جهت واسنجی مدل‌های کمی و کیفی مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند. با توجه به شکل ٤ مشاهده می‌شود که مقادیر آبدهی مشاهداتی و شبیه‌سازی مدل (در دوره کالیبراسیون) در محل ایستگاه هیدرومتری چم‌نظام در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر (معادل فصل تابستان) اختلاف قابل‌توجهی باهم دارند. با مقایسه مقادیر آبدهی خروجی سد مارون با مقادیر آبدهی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در محل ایستگاه و نیز بررسی نیازهای پایین‌دست سد تا ایستگاه (در دوره کالیبراسیون) و بررسی بیلان حجمی منابع و مصارف مشخص گردید که آمار مشاهداتی در ایستگاه چم نظام دارای خطا می‌باشد. دلیل این خطا ناشی از نیاز حداکثری در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر و متعاقباً رهاسازی حجم زیاد آب توسط سد مارون و مشکل تجهیزات ایستگاه چم نظام در اندازه‌گیری دبی‌های زیاد و هم‌چنین عدم حضور متصدی در این زمان‌ها می‌باشد. در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر (تابستان) ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ زمانی که سد مارون آبدهی بالایی داشته، بیش‌ترین اختلاف

(تقریباً ۲۰ cms) بین دو نمودار شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی دیده می‌شود. در جدول ۲ شاخص‌های آماری جهت بررسی و صحت‌سنجی ایستگاه چم نظام محاسبه‌شده و دلیل فاصله شاخص آماری RMSE با مقدار مطلوب نیز به‌علت وجود همین اختلاف آمار در فصول تابستان و اطلاعات نادرست ایستگاه چم نظام است که از سازمان آب و برق خوزستان اخذ گردیده است. درنهایت طبق موارد ذکرشده در مورد اختلاف مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی می‌توان بیان کرد که مقادیر شبیه‌سازی‌شده مدل در محل ایستگاه چم نظام صحیح‌تر از مقادیر مشاهداتی ایستگاه چم نظام بوده و بدین‌ترتیب مدل کمی در بازه رودخانه مارون واسنجی و اعتبار سنجی گردید. رودخانه اعلا (صیدون) فاقد هرگونه ایستگاه هیدرومتری بوده و به همین جهت نیز مقادیر آبدهی این رودخانه از روش بیلان بین ایستگاه ماشین و جوکنک برآورده شده و وارد مدل گردید. بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی در محل ایستگاه جوکنک همخوانی بالایی وجود داشته و می‌توان نتیجه گرفت منابع و مصارف در بازه موردنظر به‌خوبی برآورد شده است. ضمناً با توجه به مقادیر شاخص آماری در جدول ۲ نیز می‌توان صحت داده‌های ورودی به مدل را تأیید کرد و درنتیجه مدل برای بازه موردنظر واسنجی و اعتبارسنجی گردید. مدل کیفی رودخانه مارون براساس مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شوری در محل ایستگاه چم نظام مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به دارا بودن جزئیات دقیق نقاط بحرانی کیفی (زهکش‌ها و...) ناشی از نمونه‌برداری بهترین همخوانی را ($R^2 = ۸۵/۰$) با مقادیر مشاهداتی داشته است. هم‌چنین مدل کیفی رودخانه رامهرمز (الله) به‌علت محاسبه شوری رودخانه اعلا از روش بیلان جرمی شوری بین ایستگاه‌های ماشین و جوکنک، مقادیر شبیه‌سازی و مشاهداتی روند یکسانی داشته (R^2=۹۱/۰) و بدین‌ترتیب مدل کیفی حوضه نیز واسنجی و اعتبارسنجی گردید. (حجی‌پور و همکاران، ۲۰۱۹) نیز جهت ارزیابی نتایج واسنجی و اعتبارسنجی از ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده کردند (۷).



شکل ٤- آبدهی مشاهداتی و شبیه‌سازی در ایستگاه چم نظام (۲۰۱٦-۲۰۱۲).

Figure 4. Graph of observational and simulated Flow at Chamnezam station.



شکل ۵- آبدهی خروجی سد مارون و آبدهی مشاهداتی و شبیه‌سازی ایستگاه چم‌نظام (۲۰۱۶-۲۰۱۲).

Figure 5. Graph of Maroon Dam Outflow and Observational and Simulated Flow of chamnezam station.

جدول ۲- شاخص‌های نش، ریشه میانگین مربعات خطا و مجذور همبستگی بین مقادیر آبدهی مشاهداتی و شبیه‌سازی ایستگاه‌ها.

Table 2. Nash, RMSE, and R^2indices of observed discharge values and station simulations.

NASH	RMSE	R^2	Station ایستگاه
0.52	20.05	0.68	Chamnezam چم نظام
0.96	3.89	0.98	Jokanak جوکنک

بعد از تکمیل اطلاعات و واسنجی و اعتبار سنجی، مدل کمی و کیفی برای دوره ٦٠ ساله (٢٠١٧ الی ٢٠٧٧) اجرا گردید. همان‌طور که در جدول ٤ مشاهده می‌گردد مقادیر متوسط ماهانه شوری در ١٤ سناریو مورد نظر نقطه پایانی رودخانه جراحی آورده شده که میزان شوری در سناریو مرجع برابر با ٣/٦ دسی‌زیمنس بر متر بوده که در مقایسه با سایر سناریوها تنها در سناریو انتقال زهکش مطبگ کاهش ٣٤ درصدی شوری (١/٢ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به سناریو مرجع مشاهده می‌گردد. در مقابل ١٢ سناریو دیگر اختلاف چندانی با سناریو مرجع نداشته و این گویای عدم تأثیر آن‌ها بر سیستم می‌باشد. این میزان بهبود شوری آن‌هم در انتهای رودخانه جراحی و ابتدای ورودی به تالاب شادگان بسیار مهم و تأثیرگذار بر محیط‌زیست خواهد بود. ضمناً با توجه به مقادیر اعتمادپذیری تأمین نیاز گره زیست‌محیطی رودخانه جراحی در جدول ٤ اختلاف بین اعتمادپذیری در دو سناریو مرجع و انتقال زهکش مطبگ برابر ٠/٤ درصد بوده که تأثیر ناچیز زهکش مطبگ بر جریان رودخانه جراحی را نشان می‌دهد و هم‌چنین اعتمادپذیری سایر سناریوها برابر سناریو مرجع می‌باشد. دلیل بالا بودن مقادیر اعتمادپذیری نیز مربوط به اولویت گره‌های زیست‌محیطی در مدل بوده که بعد از شرب دارای اولویت ٢ می‌باشند و تأمین نیاز آن‌ها زودتر از کشاورزی و صنعت صورت می‌پذیرد. شوری اراضی شبکه چپ رامشیر و سازند زمین‌شناسی منطقه بالادست زهکش (گچساران) را می‌توان مهم‌ترین علت شور بودن این زهکش بیان کرد. با توجه به هزینه‌بر بودن اصلاح خاک شبکه چپ رامشیر، انتقال زهکش مطبگ به خلیج‌فارس بسیار منطقی و اقتصادی می‌باشد. بر اساس اندازه‌گیری‌ها میزان شوری در زهکش مطبگ از ١٨ تا ٨٠

دسی‌زیمنس بر متر و آبدهی آن از ۰/۵ تا ۱/۵ مترمکعب بر ثانیه متغیر بوده است.

در ضمن باید بیان کرد که به‌علت عدم وجود آمار کمی و کیفی از زهکش مطبگ جهت تکمیل داده‌های ورودی به مدل به‌منظور کالیبراسیون و نیز شبیه‌سازی با استفاده از آمار سطح زیر کشت (مساحی) و میزان تخصیص آب از سد انحرافی رامشیر به شبکه چپ رامشیر، مقادیر شوری و آبدهی محاسبه و وارد مدل گردید؛ بنابراین تأثیر این زهکش در کل دوره فعالیت شبکه چپ رامشیر در نظر گرفته‌شده و صرفاً از اطلاعات یک سال نمونه‌برداری استفاده نگردیده است. در جدول ٤ بازه‌های رودخانه‌ای مدل‌سازی به‌صورت اختصار آورده شده که توضیح آن‌ها در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- علائم اختصاری بازه‌های مدل‌سازی.

Table 3. Abbreviations of modeling intervals.

علائم Abbreviation	بازه رودخانه‌ها Range of rivers
a	سد مارون تا چم نظام Maroon Dam to Cham Nezam
b	چم نظام تا انتهای رودخانه مارون Cham Nezam to the end of Maroon River
c	ایستگاه ماشین تا سد رامهرمز Mashin station to Ramhormoz Dam
d	سد رامهرمز تا انتهای رودخانه الله Ramhormoz Dam to the end of Allah River

جدول ٤- مقادیر شبیه‌سازی شوری و اعتمادپذیری در انتهای رودخانه جراحی (گره زیست‌محیطی).

Table 4. Salinity simulation and reliability at the end of Jarahi River (environmental node).

متوسط شوری Avg Salinity ($dS\,m^{-1}$)	اعتمادپذیری (٪) Reliability	سناریو Scenario
2.4	98.5	انتقال زهکش مطبگ Transfer of Matbag drainage
3.6	98.9	مرجع Reference
3.6	98.9	کاهش ۲۰٪ شوری زهاب 20% reduction in drainage salinity(a)
3.6	98.9	کاهش هم‌زمان ۲۰٪ حجم و شوری زهاب 20% reduction in drainage salinity & volume(a)
3.6	98.9	کاهش ۲۰٪ شوری زهاب 20% reduction in drainage salinity(c)
3.6	98.9	کاهش ۲۰٪ شوری زهاب 20% reduction in drainage salinity(d)
3.6	98.9	کاهش هم‌زمان ۲۰٪ حجم و شوری زهاب 20% reduction in drainage salinity & volume(b)
3.6	98.9	کاهش هم‌زمان ۲۰٪ حجم و شوری زهاب 20% reduction in drainage salinity & volume(c)
3.6	98.9	کاهش ۲۰٪ شوری زهاب 20% reduction in drainage salinity(b)
3.6	98.9	کاهش ۲۰٪ حجم زهاب 20% reduction in drainage volume(b)
3.6	98.9	کاهش ۲۰٪ حجم زهاب 20% reduction in drainage volume(d)
3.6	98.9	کاهش ۲۰٪ حجم زهاب 20% reduction in drainage volume(a)
3.6	98.9	کاهش هم‌زمان ۲۰٪ حجم و شوری زهاب 20% reduction in drainage salinity & volume(c)
3.6	98.9	کاهش ۲۰٪ حجم زهاب 20% reduction in drainage volume(c)

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج مدل‌سازی کمی و کیفی در حوضه مارون- جراحی و بررسی ۱۴ سناریوی کنترل زهاب‌ها در بازه‌های موردنظر، سناریوی انتقال زهکش مطبگ (زهکش شبکه چپ رامشیر) از نظر کیفی بیش‌ترین تأثیر را نسبت به سایر سناریوها با سناریو مرجع داشته است که در صورت انتقال این زهکش به مسیر دیگر و خروج از منطقه میزان شوری در انتهای سیستم در دوره شبیه‌سازی ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر یعنی ۳۴ درصد کاهش خواهد یافت. ضمناً با بررسی شاخص اعتمادپذیری گره زیست‌محیطی در انتهای رودخانه جراحی میزان تأثیر زهکش مطبگ ۰/۴ درصد بوده است. بنابراین درنهایت می‌توان بیان کرد در صورت کنترل و خروج زهکش مطبگ از حوضه، میزان شوری در انتهای سیستم و ورود به تالاب شادگان کاهش خواهد داشت و هیچ‌گونه اثر نامناسبی نیز بر جریان ورودی به تالاب شادگان ندارد. ضمناً زهکش مطبگ ضمن تخلیه زهاب کشاورزی شبکه چپ رامشیر، رواناب‌های بالادست حوضه که از سازند گچساران عبور می‌کنند و زهاب پایگاه هوایی امیدیه را نیز تخلیه می‌کند.

تقدیر و تشکر

این پژوهش در قالب یک طرح پایان‌نامه در دانشگاه شهید چمران اهواز صورت گرفته است.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌های این پژوهش مربوط به پایان‌نامه فوق‌لیسانس نویسنده اول است که با مکاتبه با نویسنده مسئول قابل‌دسترسی می‌باشند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول است که انجام آزمایش‌ها، جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل و نگارش مقاله را انجام داده است. نویسنده مسئول و نویسنده سوم به‌ترتیب اساتید راهنما و مشاور پایان‌نامه بودند که در انجام پایان‌نامه، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها کمک کردند.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

پژوهش حاضر در قالب پایان‌نامه دانشجویی و با حمایت مالی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام‌شده است.

منابع

1. Alamanos, A., Latinopoulos, D., Xenarios, S., Tziatzios, G., Mylopoulos, N., and Loukas, A. 2019. Combining hydro-economic and water quality modeling for optimal management of a degraded watershed. Journal of Hydroinformatics, 21: 6. 1118-1129.
2. Alfarra, A., Kemp-Benedict, E., Hötzl, H., Sader, N., and Sonneveld, B. 2012. Modeling water supply and demand for effective water management allocation in the Jordan Valley. Journal of Agricultural Science and Applications (JASA), 1: 1. 1-7.
3. Ashrafi, S.M., Ebrahim Bakhshi Pour, I., and Adib, A. 2019. Water Quality Effects on the Optimal Water Resources Operation in Great Karun River Basin.

Pertanika Journal of Science and Technology, 27: 1881-1900.
4. Assaf, H., and Saadeh, M. 2006. Development of an integrated decision support system for water quality control in the Upper Litani Basin, American University of Beirut, Lebanon.
5. Assaf, H., and Saadeh, M. 2008. Assessing water quality management options in the Upper Litani Basin, Lebanon, using an integrated GIS-based decision support system. Environmental Modelling & Software, 23: 10-11. 1327-1337.
6. Bolhasani, K., Zarei, H., and Movahedi, M. 2017. Evaluation of Surface Water Quality Parameters in Maroon-jarahi Basin Using Qualitative Indicators. 5th National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management and 3rd National Congress on Irrigation and Drainage of Iran, Ahvaz. (In Persian)
7. Hajipour, M., Zakeri Nia, M., Ziaee, A.N., and Hussam, M. 2019. Integrated management of water demand in the drinking and industrial sector by connecting WEAP and MODFLOW models (Case study of Bojnourd city). Journal of Soil and Water Conservation Research, 26: 1. 187-203. (In Persian)
8. Hashimoto, T., Stedinger, J.R., and Loucks, D.P. 1982. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. Water resources research, 18: 1. 14-20.
9. Ingol-Blanco, E., and McKinney, D.C. 2013. Development of a hydrological model for the Rio Conchos Basin. Journal of Hydrologic Engineering, 18: 3. 340-351.
10. Kermanshahi, S., Davari, K., Hashemi Nia, S.M., Farid Hosseini, A., and Ansari, H. 2013. Application of WEAP Model to Evaluate Impact of Irrigation Water Management on Neyshabour Plain Water Resources. Water and soil (agricultural sciences and industries), 27: 3. 505-549. (In Persian)
11. Kou, L., Li, X., Lin, J., and Kang, J. 2018. Simulation of urban water resources in Xiamen based on a WEAP model. Water, 10: 6. 732.
12. Kumar, P. 2018. Simulation of Gomti River (Lucknow City, India) future water quality under different mitigation strategies. Heliyon, 4: 12. e01074.
13. Mirzai, M.F., Zakeri Nia, M., and Hezarjaribi, A.T. 2020. Evaluation of different scenarios of water resources management in Gorgan river basin using WEAP and MODFLOW models. Water and soil sciences (agricultural sciences and technologies and natural resources), 24: 2. 137-152. (In Persian)
14. Movahedi, M., Zarei, H., and Bolhasani, K. 2017. Investigation of the effect of drainage control of the southern network of Ramshir (Mutabg) and its effect on the downstream of Jarahi river. 5th National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management and 3rd National Congress on Irrigation and Drainage of Iran, Ahvaz. (In Persian)
15. Nguyen, L.H., and Nga, T. 2020. evaluating future water quality of urban rivers in ha noi under effect of urbanization and climate change -the application of weap model for cau bay river. Vietnam Journal of Science and Technology, 58: 195-202.
16. Purkey, D., Joyce, B., Vicuna, S., Hanemann, M., Dale, L., Yates, D., and Dracup, J. 2008. Robust analysis of future climate change impacts on water for agriculture and other sectors: a case study in the Sacramento Valley. Climatic Change. 87: 1. 109-122.
17. Sahebdel, S., and Akbarpour, A. 2011. Quantitative-qualitative evaluation of water allocation scenarios using WEAP model Case study: Gharasoo catchment in Golestan province. 4th Iranian Water Resources Management Conference, Tehran, Iran. (In Persian)
18. Slaughter, A.S., Mantel, S.K., and Hughes, D.A. 2016. Water quality management in the context of future climate and development changes: a South African case study. Journal of Water and Climate Change, 7: 4. 775-787.
19. Tennant, D.L. 1976. Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife. Recreation and Related Environmental Resources. Fisheries. 1: 4. 6-10.