پیشرفت‌ها در علوم و مهندسی آب
جلد ۱، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

Advances in Water Sciences and Engineering
Vol.۱, Issue ۱, Spring ۲۰۲٤

روند شبیه‌سازی تاثیر مخازن متوالی بر کیفیت آب سدها با شبیه سازی عددی (مطالعه موردی سدهای گلپایگان و کوچری)

سولماز اشرفی[۱]، محمدعلی توفیقی[۲،۳*]

چکیده

ساخت سدهای متعدد روی رودخانه‌ها یکی از راهکارهای نگهداشت و توزیع آب‌های سطحی است. وجود این سدها کیفیت آب در طول حوضه‌های آبریز روی کیفیت آب رودخانه‌ها تاثیر دارد. در سدهای پشت سر هم بخشی از آب سد پایین‌دستی از سد بالادستی می‌گذرد و ماند آب و چگونگی بهره‌برداری از سد بالادستی می‌تواند وضعیت کیفی آب سد پایین‌دستی را دستخوش تغییر کند. در این مقاله بررسی این موضوع دو سد گلپایگان و کوچری در حوضه آبریز مرکزی ایران مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این کار با استفاده از داده‌های میدانی موجود، شبیه‌سازی سه‌بعدی با نرم‌افزار MIKE۳ انجام شده است. در این مقاله روند شبیه‌سازی بیان شده است. دقت قابل قبول واسنجی مدل تهیه شده به این روش نشان داد که این مدل امکان شبیه‌سازی و مطالعه کیفیت آب را با اجرای سناریوهای مختلف محیطی فراهم می‌سازد.

کلمات کلیدی: مخازن متوالی، کیفیت آب، مدل‌سازی عددی، MIKE۳.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۸/۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۹/۱۸

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی آل طه، تهران، ایران.

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی آل طه، تهران، ایران.

۳- محقق، مدیریت ADERSIM، بلایا و اضطرار، دانشگاه یورک، کانادا.

ایمیل: m.tofighit@aletaha.ac.ir

*- نویسنده مسئول

The process of simulating the effect of consecutive reservoirs on the water quality of dams using the numerical simulation (Case Study: Golpayegan and Koocheray Dams)

S. Ashrafi[۱], M. Tofighi[۲،۳*]

Abstract

Construction of dams on rivers is one of the ways of storing and distribution of the surface water. The existence of these dams impacts the quality of water along the rivers in watersheds. In consecutive (back-to-back) dams, part of the downstream dam water passes through the upstream dam, and the water retention and how the upstream dam is used can change the water quality of the downstream dam. In this article, two dams of Golpayegan and Koocheray in the central watershed of Iran have been studied. For this purpose, using available field data, ۳D simulation has been done using MIKE۳ software. In this article, the simulation process is described. The acceptable accuracy of the calibration of the model prepared in this way showed that this model provides the possibility of simulating and studying water quality by implementing different environmental scenarios.

Keywords: Water quality, Numerical Simulation, MIKE۳, Interconnected reservoirs.

Received: October ۲٤, ۲۰۲۳
Accepted: December ۰۹, ۲۰۲۳

۱- MSc., Civil Engineering Department, Ale-Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran.

۲- Assistant Professor, Civil Engineering Department, Ale-Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran.

۳- Researcher, Advanced Disaster, Emergency and Rapid Response Simulation (ADERSIM), Disaster & Emergency Managemt, York University, Canada.

Email: m.tofighit@aletaha.ac.ir

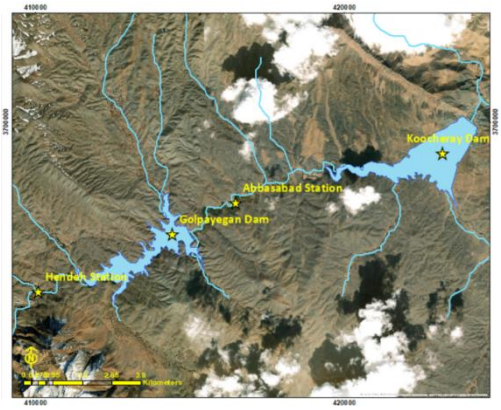
* Corresponding Author

مقدمه

احداث سدها سبب تغییر کیفیت آب‌های سطحی می‌شود. قرارگیری مخزن در حوضه آبریز دارای خاک‌های شور، نحوه مدیریت نگهداشت و خروج آب از سد نمونه‌هایی هستند که کیفیت آب دستخوش تغییر می‌کنند. شناسایی کیفیت آب و پایش و مدیریت آن در کنار نگهداری از مخازن و تامین نیاز کاربران آب سدها بسیار مهم است. یافتن راهکارهای مناسب برای حفظ کیفیت آب به‌ویژه آن‌ها که می‌توانند تحت کنترل بهره‌برداران قرار گیرند از مطالعات و تحقیقات ضروری در حوزه مدیریت منابع آب است. در سدهای پشت سر هم در یک حوضه آبریز استفاده از قابلیت‌های ذخیره‌ای سدهای بالادستی برای بهبود کیفیت آب در سدهای پایین‌دست می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. بیشتر تحقیقات انجام شده روی کیفیت آب مخازن سدها شامل پایش و شبیه‌سازی کیفیت آب در یک مخزن هستند. اما مدل‌سازی‌های کیفی برای یافتن شرایط مدیریتی مناسب در چند مخزن مرتبط برای حفظ یا بهبود کیفیت آب ضروری است. در این تحقیق این موضوع به عنوان یک گام اولیه مورد توجه قرار گرفته است.

کیفیت آب معمولاً باتوجه به خصوصیات زیستی، فیزیکی و شیمیایی آن توصیف می‌شود آب مناسب برای آشامیدن، آبیاری و اهداف صنعتی با این مشخصات تعیین می شود. با مرور مطالعات گذشته می‌توان روش‌های بررسی کیفیت آب را به صورت زیر دسته‌بندی کرد (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۹): ۱- بررسی لایه‌بندی حرارتی، ۲- تغذیه‌گرایی، ۳- شاخص کیفیت آب (WQI) ۴- راهکارهای مدیریتی برای نمونه (Oseke و همکاران، ۲۰۲۱) به ارزیابی کیفیت آب در مخازن تحت تأثیر انحراف آب می‌پردازد. تحلیل نمونه‌های آب از دو مخزن مختلف در فصل‌های خشک و بارانی با استفاده از تکنیک‌های GIS و شاخص کیفیت آب نشان می‌دهدکه مدیریت مناسب این منابع آب می‌تواند به بهبود کیفیت آب در سدها کمک کند. (پور و همکاران , ۱۳۹۶) مدیریت کیفی آب مخزن سد بافت از طریق آبگیری انتخابی از محل خروجی‌های سد را بررسی و وضعیت دمایی لایه‌های مختلف مخزن برای یک دوره ۲۷ ساله پیش‌بینی کردند. (ویسی و همکاران, ۱۳۹۳) روند بروز تغذیه‌گرایی را در دریاچه سد مخزنی اکباتان شهرستان همدان بررسی نمودند. (جاوید و همکاران, ۱۳۹۳) به ارزیابی وضعیت کیفی دریاچه سد دز با استفاده از شاخص WQI و TSI پرداختند. (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۶) به شبیه‌سازی و ارزیابی راهکارهای مدیریتی برای کاهش مواد مغذی ورودی به دریاچه زریبار با استفاده از مدل SWAT پرداختند. (Chenو همکاران، ۲۰۲۰) به مطالعه‌ی تاثیر مخازن بر دینامیک کیفیت آب در حوزه رودخانه میسوری با روش SWAT پرداختند. (KASSOUL، ۲۰۱۹) به مطالعه کیفیت آب چهل سد واقع در غرب و شرق الجزایر پرداختند جهت انجام پژوهش خود از

روش‌های توصیف فیزیک و شیمیایی[۱] به منظور بررسی عوامل مؤثر در تعیین کیفیت آب استفاده کردند. در این نمونه مطالعات، کیفیت آب در یک مخزن با شبیه‌سازی و مدل‌های کیفی بررسی شده است و تاثیر نگهداشت آب در سد بالادستی به طور مستقیم در نظر گرفته نشده است. در این مقاله نیازهای اطلاعاتی برای مطالعه رابطه دو سد در کیفیت آب ارایه شده است.



شکل ۱: موقعیت سدهای گلپایگان و کوچری و ایستگاه‌ها

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش سدهای گلپایگان و کوچِری در حوضه آبریز مرکزی ایران مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این سدها به فاصله حدود ۲ کیلومتر از هم قرار دارند. سد گلپایگان در ۲۳ کیلومتری جنوب باختری شهر گلپایگان در نزدیکی روستای اختخوان بر روی رودخانه انار‌بار واقع شده است. با اضافه شدن بخشی از آب سرشاخه‌های سد دز از نزدیکی شهرستان الیگودرز با کمک مجموعه کانال‌ها و تونل‌های انتقال قمرود، حوضه آبریز سد افزایش یافته است. در این سد طول تاج سد ۳۶۰ متر، حجم مخزن در نرمال ۴۲/۳۰ میلیون متر مکعب و حجم بدنه سد ۱/۲۰ میلیون متر مکعب است (اصفهان, ۱۳۸۹). سد کوچری در پایین‌دست سد گلپایگان برای ایجاد مخزن ذخیره آب اضافی ورودی به حوضه آبریز مرکزی ایران برای استفاده شرب و کشاورزی ساخته و در سال ۱۳۹۵ آب‌گیری شد. تأمین آب شرب درازمدت شهرهای دلیجان، ساوه، قم، خوانسار، خمین، گلپایگان، محلات، نیمور، سلفچگان و شهرک پردیسان قم هدف اجرای پروژه انتقال آب بوده است. در سد کوچری تراز تاج سد ۱۹۳۸ متر از سطح دریا، طول تاج سد ۶۳۲/۵ متر، حجم مخزن در نرمال ۲۰۷ میلیون متر مکعب و سطح حوضه آبریز ۱۲۶۳ کیلومتر مربع است (تهران, ۱۳۸۳). شکل ۱ موقعیت سدهای گلپایگان و کوچری و ایستگاه های آب‌سنجی را نشان می‌دهد.

مدل سه بعدی MIKE۳

مدل‌های عددی مختلفی برای پیش‌بینی کیفیت آب استفاده می‌شوند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان HEQ-۵، CE-QUAL-W۲، WQRRS، WASP، DYRESEM و MIKE۳ اشاره کرد. در این پژوهش، با توجه به نقاط قوت و ضعف مدل‌های عددی، بررسی مطالعات مشابه صورت گرفته در رابطه با موضوع

[۱] physico-chemical characterization

تحقیق و شناخت کافی و دسترسی بهتر مدل سه‌بعدی MIKE۳ انتخاب گردید. ارزیابی این مدل از طریق تجزیه و تحلیل حساسیت مدل و مقایسه نتایج شبیه‌سازی با اطلاعات میدانی نشان داده که مدل ۳D (سه بعدی) ارایه‌دهنده همبستگی بالاتری بین داده شبیه‌سازی شده و واقعی است (Zeinoddini و همکاران، ۲۰۰۹). MIKE۳ نرم افزاری برای شبیه سازی سه بعدی جریان‌های با سطح آزاد است که توسط مؤسسه DHI تهیه شده و از قابلیت‌های آن می‌توان در شبیه سازی هیدرولیکی، کیفیت آب و انتقال رسوب‌ها در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سواحل، خلیج‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها استفاده کرد. مدل سه بعدی در شبیه سازی هیدرولیکی پدیده‌هایی که ساختار جریان سه بعدی دارند، اهمیت می‌یابد. بعضی از این پدیده‌ها عبارتند از: تبادلات جزر و مدی، جریان‌های لایه‌ایی، گردش‌های اقیانوسی، چرخه‌های دما و شوری، کیفیت آب، پدیده‌های زیست محیطی، فلزهای سنگین، خوردگی و حمل ته‌نشین شدن رسوب‌ها، پیش‌یابی و شبیه سازی یخ‌های دریایی. در این نرم افزار سه مدل هیدرودینامیک دریایی HD، NHD و مدل HD-FM تعریف شده است.

در مدل‌سازی هیدرودینامیکی (HD) عوامل زیر را می‌توان در نظر گرفت.

۱- ممنتم موجود و وارد شده به محیط، ۲- تنش اصطکاکی کف، ۳- تنش اصطکاکی باد در سطح، ۴- گرادیان‌های فشار جو، ۵- نیروهای کوریولیس، ۶- لزجت، ۷- جریان‌های ایجاد شده توسط موج، ۸- چشمه و چاه‌ها، ۹- تبخیر و بارش، ۱۰- تر و خشک‌شدن مرزها.

معادلات پایه در MIKE۳، معادلات پایستگی جرم (پیوستگی)، معادلات رینولدز – ناویر – استوکس میانگین‌گیری شده در سه‌بعد شامل تأثیر آشفتگی و تغییرات چگالی، همراه با معادلات پایستگی شوری و دما است که در معادلات ۱ تا ۵ ملاحظه می‌شود.

۱- رابطه پیوستگی

$$\frac{1}{\rho c_s^2}\frac{\partial u_i}{\partial t}+\frac{\partial u_j}{\partial x_j}=SS \qquad (۱)$$

۲- روابط ممنتم

$$\frac{\partial u_i}{\partial_t}+\frac{\partial\left(u_i u_j\right)}{\partial x_j}+2\Omega_{ij}u_j=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial_p}{\partial x_i}+g_i+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\upsilon_T\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)-\frac{2}{3}\delta_{ij}k\right)+u_i ss \qquad (۲)$$

۳- روابط پایستگی شوری

$$\frac{\partial S}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(Su_j\right)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(D_s\frac{\partial S}{\partial x_j}\right)+SS \qquad (۳)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(Tu_j\right)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(D_T\frac{\partial T}{\partial x_j}\right)+SS \qquad (۴)$$

٤- رابطه پایستگی دما

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(Tu_j\right)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(D_T\frac{\partial T}{\partial x_j}\right)+SS \quad (۵)$$

که در آن‌ها، ρ چگالی محلی مایع، c_s سرعت صوت در آب، u_i سرعت در جهت x_i، g_i تانسور نیروی کوریولیس،p فشار مایع، g_i بردار شتاب جاذبه، υ_T آشفتگی لزجت گردابی، δ دلتای کرونیکر، K آشفتگی انرژی جنبشی، S و T شوری و دما، D_S و D_T ضرایب وابسته انتشار و t زمان است. SS مربوط به پارامتر چشم و چاه است که در هر معادله مفهموم متناسب با آن را دارد (DHI، ۲۰۱۴).

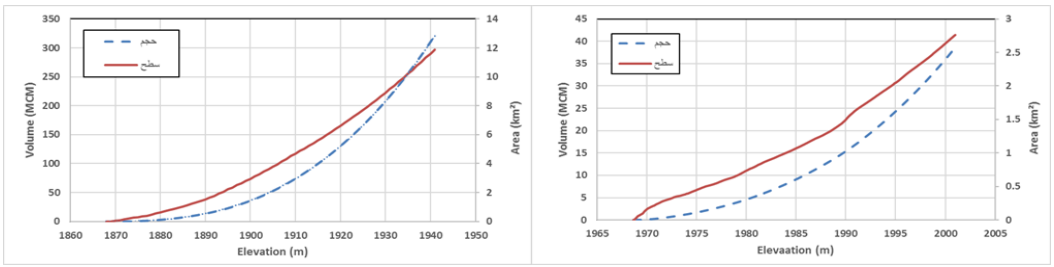
داده‌ها و روش کار

به طور کلی مدل‌سازی عددی هیدرودینامیک آب با استفاده از نرم افزار MIKE۳ چندین مرحله کلیدی دارد. ابتدا لازم است داده‌های مبنا شامل تهیه داده‌های مربوط به حوضه‌آبریز، شبکه زهکشی، سد و سیستم‌های مختلف آبی (مانند رودخانه‌ها و جریان‌ها) تهیه شوند. این داده‌ها شامل اطلاعات مکانی، هندسی، و ویژگی‌های فیزیکی زمین هستند که از نقشه‌های موجود، اطلاعات ماهواره ای استخراج می‌شوند و مبنای شبیه‌سازی قرار می‌گیرند. سپس، با استفاده از نرم افزار MIKE۳ باید مدل هیدرودینامیکی شبیه‌سازی تهیه شود. این شامل ایجاد شبکه نقاط گرهی و سلول‌های محاسبات[۲] برای مدل‌سازی فضای هندسه سه بعدی توپوگرافی مخزن، تعریف ویژگی‌های مواد و اطلاعات مربوط به رژیم جریان و تغییرات هیدرولیکی می‌شود. شرایط مرزی شامل شرایط مرزی هیدرودینامیکی برای محدوده‌های خاص مدل مانند محدوده مکانی و زمانی ورودی و خروجی جریان، سطح آب، و شرایط مرزی دیگر می‌شود. نیروها و بارها مانند نیروی گرانشی، نیروهای افقی (باد)، و نیروهای دیگری که بر سیستم تأثیر می‌گذارند، باید به مدل اعمال شوند. همچنین لازم است پارامترها و خصوصیات هیدرولوژیکی برای اجسام آبی مختلف مانند خاک و سنگ، جهت بهبود دقت مدل‌سازی هیدرولوژیکی تعیین شوند. در نهایت پس از تعیین پارامترها و شرایط ابتدایی، مدل باید اجرا شود و نتایج هیدرودینامیکی مورد نظر مانند نقشه‌های جریان، ارتفاع سطح آب، و سایر پارامترهای مهم برای تحلیل مسائل مورد بررسی تولید شود.

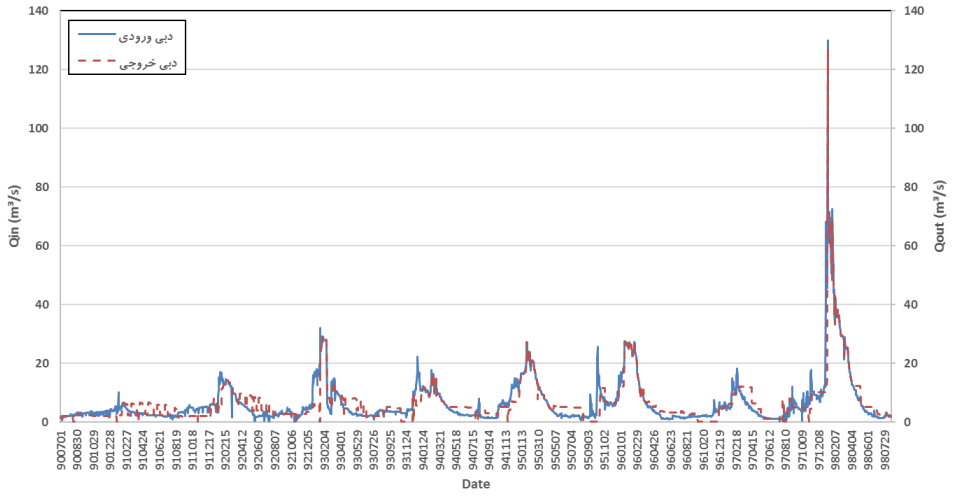
در مرحله واسنجی مدل ساخته شده، با مقایسه نتایج مدل با داده‌های واقعی از اندازه‌گیری میدانی مشخصاتی مانند سرعت جریان، عمق آب یا دمای آب در یک دوره زمانی خاص می‌توان نسبت به قابلیت مدل برای شبیه‌سازی هیدرودینامیک جریان اطمینان حاصل کرد. در ادامه، با تحلیل نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌سازی، می‌توان به تصمیم‌گیری‌های بهتر در زمینه

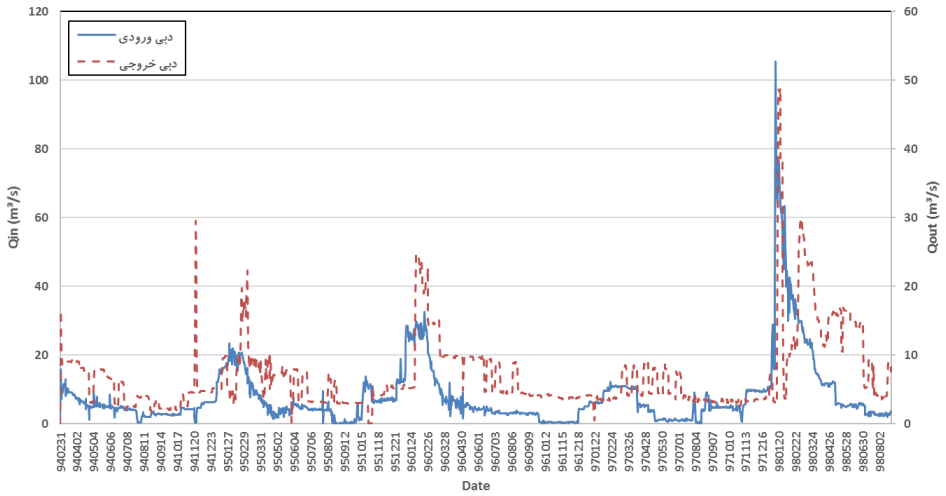
[۲] Meshing

مدیریت منابع آب، کنترل سیلاب، و مسائل مربوط به هیدرودینامیک جریان پرداخت. در هر مرحله از مدلسازی، دقت در تهیه داده‌ها، انتخاب پارامترها، و اعمال شرایط مرزی بسیار مهم است تا نتایج مدل به نتایج واقعی نزدیک شود.

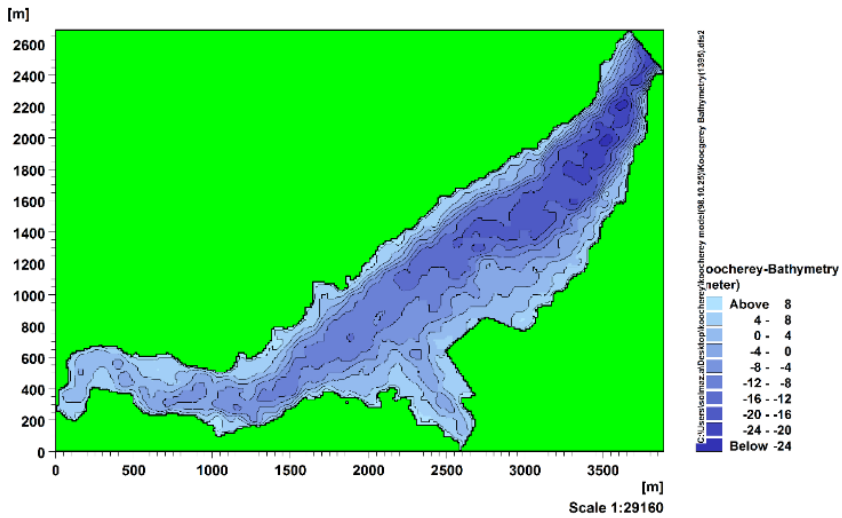


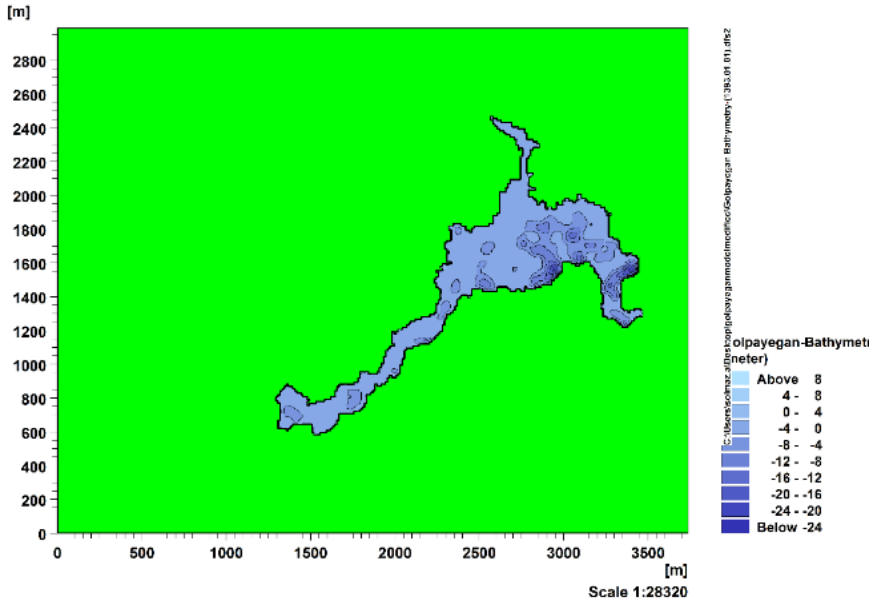
شکل۲- تغییرات‌تراز، سطح-حجم سد گلپایگان (راست)، کوچری(چپ)





شکل ۳- دبی ورودی و خروجی سد گلپایگان (بالا)، سد کوچری (پایین)





شکل۴- هیدروگرافی سدگلپایگان (بالا)، سدکوچری (پایین)

روندی مشابه برای مدل‌های کیفیت آب در نرم افزار پیش بینی شده است و در مدل کیفی، اطلاعات کیفی مانند دما یا شوری آب اطلاعات مبنا و خروجی های مدل خواهند بود. همه داده‌های تغییرات تراز، سطح، حجم سدهای گلپایگان و کوچری (شکل۲) و دبی ورودی و خروجی آنها (شکل ۳) و آمار و اطلاعات روزانه و ماهانه آب‌سنجی شامل آب‌دهی، سیلاب رسوب و کیفیت ایستگاه‌های آب‌سنجی سراب‌هنده و عباس‌آباد بین مهر سال ۱۳۹۴ تا مهر سال ۱۳۹۸ از وزارت نیرو دریافت شد. بررسی طول مدت و دقت و هموپوشانی داده‌های موجود، زمان مدل‌سازی اولیه از سال ۱۳۹۴ تا سال ۱۳۹۶ را برای ساخت مدل مخازن و پیشنهاد می‌کند.

با انتخاب این سال‌ها امکان کالیبراسیون و واسنجی مدل‌ها بوجود آمد. هیدروگرافی سدهای گلپایگان و کوچری متناسب با محل تاج سد تهیه شد. این هیدروگرافی با استفاده از نقشه جهانی DEM با دقت ۱۲/۵ متری و استفاده از ArcGIS ساخته شد. شکل ۴ هیدروگرافی سدهای گلپایگان و کوچری را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل ۴ (بالا) بیشینه عمق آب در سد گلپایگان در حدود ۳۰ متر در شمال شرقی دریاچه سد و مطابق شکل ۴ (پایین) بیشینه عمق آب در قسمت شمالی مخزن با عمق ۲۸ متر هستند.

کیفیت آب را می‌توان با در نظر گرفتن تغییرات شوری به عنوان شاخص کیفیت آب شبیه‌سازی کرد. در مدل MIKE۳، لازم است دو معادله تغییرات دما و شوری

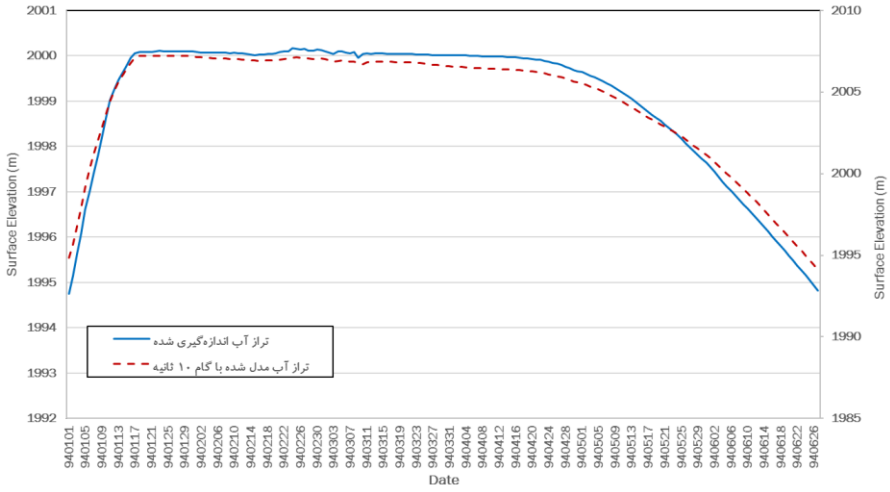
نیز به مدل هیدرودینامیک اضافه شوند و سری‌های زمانی دما و شوری آب به عنوان ورودی‌های مدل در نظر گرفته شوند. در این مطالعه تغییرات دما دو ایستگاه عباس آباد و سراب هنده به صورت ماهانه و تغییرات ماهانه شوری[۳] داده‌های ورودی این شبیه‌سازی هستند.

شبیه‌سازی مقدماتی

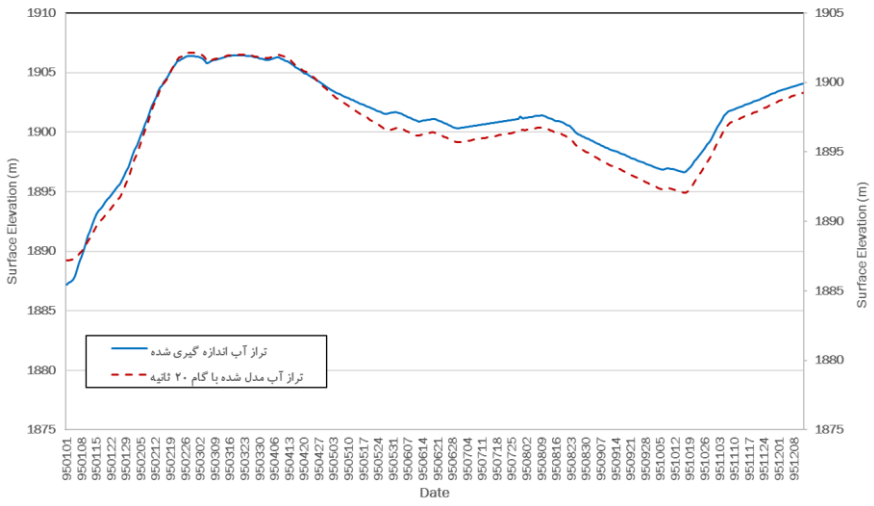
با توجه به داده‌های موجود، ورودی‌ها و شرایط مرزی مدل هیدرودینامیک سدهای گلپایگان و کوچری عبارت‌اند از:

- تغییرات زمانی بارش خالص (تبخیر-بارندگی) به‌صورت روزانه اطلاعات از ایستگاه‌های سراب‌هنده و عباس‌آباد
- رطوبت نسبی سد کوچری به صورت یک دوره ساله از ایستگاه‌های هواشناسی اطراف سد کوچری
- تغییرات زمانی دبی ورودی و خروجی سدهای گلپایگان و کوچری به صورت ماهانه
- عمق خشک ۰/۲ و مقدار عمق تر ۰/۳ متر (انتخاب پیش فرض نرم‌افزار به دلیل عدم حساسیت مدل در محدوده ورودی‌های مدل)
- زبری بستر ۰/۰۵ متر (انتخاب پیش فرض نرم‌افزار به دلیل عدم حساسیت مدل در محدوده ورودی‌های مدل)
- گام زمانی اجرای مدل ۱۰ ثانیه متناسب با عدد کورانت ۲۰ (افزایش سرعت شبیه‌سازی بدون تغییر دقت. لازم به ذکر است که تعریف عدد کورانت خاص در نرم‌افزار است و مدل می‌تواند تا حداکثر ۲۰ بدون ناپایداری عددی اجرا شود)
- نقاط ورودی[۴] و خروجی[۵] در موقعیت ورود و خروج آب از مخازن به طوری که در کل دوره شبیه‌سازی درون محیط آبی بمانند.

[۳] Salinity
[۴] Source
[۵] Sink



الف- سد گلپایگان



ب- سد کوچری

شکل ۵- نمودار تراز آب اندازه گیری شده و تراز آب مدل شده سد گلپایگان و کوچری

برای صحت‌سنجی مدل‌های عددی، مدل ساخته شده باتوجه به اطلاعات موجود برای یک دوره زمانی تهیه و اجرا شده و نتایج با اطلاعات میدانی موجود در آن دوره مقایسه و دقت یا عدم دقت مدل تعیین می‌شود. برای واسنجی مدل سال ۹۴ به عنوان سال شاخص انتخاب شد. واسنجی با استفاده از مقایسه تغییرات عمق و سطح مخزن دریاچه سدها با نتایج بدست آمده از مدل انجام شد. با داشتن تراز سطح آب میانگین روزانه مخازن گلپایگان و کوچری، مقدار تراز آب مدل‌سازی شده از نرم افزار MIKE۳ استخراج و با هم مقایسه شد که این نتایج در نمودارهای شکل ۵ آمده‌اند. همان‌طور که دیده می‌شود نتایج حاصل از مدل به خوبی توانسته است مقدار تراز سطح آب را در مخزن مدل کند و انطباق قابل قبولی نشان می‌دهد. مدل می‌تواند بقای جرم را با دقت خوبی شبیه‌سازی کند. علت اختلاف ناچیز ترازها به دلیل عدم دقت توپوگرافی است.

نتایج و بحث

یافتن راهکارهای مناسب برای حفظ کیفیت آب به‌ویژه آن‌ها که می‌توانند تحت کنترل بهره‌برداران قرار گیرند از مطالعات و تحقیقات ضروری در حوزه مدیریت منابع آب است. مطالعه عددی و شبیه‌سازی یکی از راهکارهای مطالعه کیفیت آب است. در این پژوهش کیفیت آب سدهای متوالی گلپایگان و کوچری که در حوضه آبریز مرکزی ایران قرار دارند با استفاده از مدل سه بعدی **MIKE۳** مورد مطالعه قرار گرفته است. در مقاله حاضر ضرورت این شبیه‌سازی و روند جمع‌آوری اطلاعات لازم برای شبیه‌سازی ارایه شدند. واسنجی مدل نشان داد که می‌توان با دقت مناسبی شبیه‌سازی هیدرودینامیکی این سدها را انجام داد. با اضافه کردن اطلاعات کیفی به مدل هیدرودینامیک می‌توان تاثیر کیفیت آب سد بالادستی بر کیفیت آب سد پایین دستی را شبیه‌سازی و مطالعه کرد که در ادامه پژوهش مورد توجه قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

سدها یکی از عوامل نگهداشت و توزیع آب‌های سطحی هستند و می‌توانند بر روی کیفیت آب‌ها اثر بگذارند. در این پژوهش با استفاده از داده‌های میدانی موجود، شبیه‌سازی سه‌بعدی با نرم‌افزار MIKE۳ بر روی دو سد گلپایگان و کوچری صورت گرفته است و نیازهای اطلاعاتی برای مطالعه رابطه دو سد در کیفیت آب ارایه شده است. در این بخش کیفیت آب در یک مخزن با شبیه‌سازی و مدل‌های کیفی مورد بررسی واقع شده است. از طرفی تاثیر نگهداشت آب در سد بالادستی به طور مستقیم در نظر گرفته نشده است. نتایج واسنجی مدل بیانگر این است که می‌توان با دقت مناسبی شبیه‌سازی هیدرودینامیکی این سدها را انجام داد. همچنین می‌توان تاثیر کیفیت آب سد بالادستی بر کیفیت

آب سد پایین دستی را با اضافه کردن اطلاعات کیفی به مدل هیدرودینامیک شبیه‌سازی کرد.

مراجع

سازمان آب منطقه‌ایی اصفهان. ۱۳۸۹."گزارش تحلیلی اداره امور آب شهرستان گلپایگان".

ایمانی، امیر؛ آباد، سمیه؛ دلاور، مجید؛ نیک سخن، محمد حسین. (۱۳۹۶). شبیه سازی و ارزیابی راهکارهای مدیریتی برای کاهش مواد مغذی ورودی به دریاچه زریبار با استفاده از مدل SWAT تحقیقات منابع آب ایران.

بیرامی‌پور، سپیده؛ قادری، کورش؛ حق‌جویی، هادی و رحیم‌پور، مجید.۱۳۹۶. "مدیریت کیفی آب مخزن سد بافت از طریق آبگیری انتخابی از محل خروجی های سد با استفاده از مدل CE-QUAL-W۲".

سازمان آب منطقه‌ای. تهران ۱۳۸۳."طرح انتقال آب از سرشاخه‌های حوضه دز به قم‌رود مطالعات مرحله دوم سد کوچری".

جاوید، امیر حسین؛ میرباقری، سید احمد و کریمیان، آرزو . (۱۳۹۳). ارزیابی وضعیت کیفی آب دریاچه های سدهای بزرگ با استفاده از شاخص WQI و TSI.

ویسی، کیوان؛ سمرقندی، محمدرضا و نورمرادی، حشمت الله.۱۳۹۳. "پایش پدیده تغذیه گرایی در دریاچه سد مخزنی اکباتان با بهره‌گیری از شاخص غنی شدگی کارلسون".

سولماز، اشرفی؛ محمدعلی، توفیقی؛ محمدجواد، اکبرپور؛ ۱۳۹۹، مروری بر کیفیت آب در سدها و منابع آبی ایران، هشتمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در مهندسی عمران، تهران.

Chen, P., & Li, W. (۲۰۲۲). Assessing reservoir effect on water quality in the Missouri River basin using the soil and water assessment tool (SWAT) model. River Research and Applications, ۳۸(۱۰), ۱۷۷٥-۱۷۸٦.

DHI. (۲۰۱٤). MIKE۳ Estuarine and Coastal Hydraulics and OceanographyHydrodynamic Module Reference Manual.

Kassoul, a., & hadbi, t. (۲۰۱۹). Evaluation of the water quality of algerien dams.

Oseke, F. I., Anornu, G. K., Adjei, K. A., & Eduvie, M. O. (۲۰۲۱). Assessment of water quality using GIS techniques and water quality index in reservoirs affected by water diversion. Water-Energy Nexus, ٤, ۲٥-۳٤.

Zeinoddini, M., Tofighi, M. A., & Vafaee, F. (۲۰۰۹). Evaluation of dike-type causeway impacts on the flow and salinity regimes in Urmia Lake, Iran. Journal of Great Lakes Research, ۳٥(۱), ۱۳-۲۲.