

شبیه‌سازی بازنگری بهره‌برداری از سد چند منظوره مارون با اعمال ملاحظات

زیست‌محیطی پایین دست

سمیه سیما^۱، مجید شفیعی جود^{۲*}، مسعود تجریشی^۳، احمد ابریشم چی^۴

کاندیدای دکتری مهندسی منابع آب، دانشگاه صنعتی شریف، تهران^۱

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب، دانشگاه صنعتی شریف، تهران^۲

هیأت علمی دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران^۳

shafieejood@mehr.sharif.edu

چکیده

احداث سدهای بزرگ مخزنی و نیروگاه های برق آبی در بسیاری از حوضه های آبریز دنیا منجر به تغییر رژیم جریان طبیعی رودخانه ها و اکوسیستم های وابسته شده است. بازنگری بهره برداری از سدهای موجود با هدف تخصیص نیازهای زیست محیطی پایین دست، به عنوان راهکاری مؤثر برای مدیریت پایدار منابع آب شناخته شده است. در این مطالعه بازنگری بهره برداری از سد و نیروگاه مارون با در نظر گرفتن نیازهای زیست محیطی (تالاب شادگان) با استفاده از مدل تحلیل دینامیکی سیستم (SD) مورد شبیه سازی قرار گرفت. ابتدا وضعیت موجود سیستم طی دوره زمانی ۱۳۵۶ تا ۱۳۸۷ شبیه سازی شده و نتایج مدل با داده های ایستگاه های هیدرومتری پایین دست اعتبارسنجی شد. سپس سناریوهای مختلف برای بازنگری بهره برداری از مخزن مارون با اعمال نیاز زیست محیطی تالاب در سطوح مختلف توسعه داده شد. نتایج شبیه سازی سناریوها نشانگر این است که در شرایط بهره برداری از سد جره و نیروگاه مارون، تأمین نیاز زیست محیطی تالاب در سطوح ۱ و ۲ (آورد سالانه $1099MCM$ و 1139) امکان پذیر است. همچنین به منظور کاهش کمبود آب ورودی به تالاب، درصدهای مختلف کاهش نیاز آبیاری دشتهای پایین دست سد مارون بررسی شد. بر اساس نتایج بدست آمده بازنگری بهره برداری از سد مارون با اعمال نیاز های تالاب در سطح ۲ و کاهش ۳۰ درصدی در نیازهای آبیاری (معادل آورد سالانه $1255MCM$) شرایط مناسب تر و پایدارتری را نسبت به وضعیت موجود سیستم ایجاد خواهد نمود.

کلمات کلیدی: بازنگری بهره برداری، مدل تحلیل دینامیکی سیستم، سد و نیروگاه مارون، نیاز زیست محیطی، تالاب شادگان



در حال حاضر بیش از ۱۹ درصد انرژی الکتریسیته مورد نیاز در جهان، توسط نیروگاه‌های برق آبی تأمین می‌شود و از هر سه کشور یکی برای تأمین حداقل نیمی از نیاز برق خود به نیروگاه‌های برق آبی وابسته است. همچنین بیش از نیمی از سدهای بزرگ دنیا برای تأمین نیازهای آبیاری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند [1]. از طرفی احداث سدها بر روی رودخانه‌های بزرگ، به علت تغییر رژیم طبیعی جریان و زیستگاه‌های وابسته، هزینه‌های هنگفتی را به لحاظ سلامت اکولوژیکی اکوسیستم‌ها و خدمات ارائه شده از طریق آن‌ها به جوامع تحمیل می‌کند ([2]، [3]، [4]). در بسیاری از حوضه‌های آبریز دنیا به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به صورت مجازی تقریباً هر قطره آب برای مصارف انسانی تخصیص داده شده و میزان آب ناچیزی برای تأمین نیازهای اکوسیستم رودخانه باقی مانده است. از طریق تخصیص مناسب جریان زیست‌محیطی بسیاری از اثرات پایین دست طرح‌های برق آبی را می‌توان به حداقل رساند [1].

مطالعات مختلفی در خصوص ایجاد تعامل بین نیازهای اکوسیستم و مصارف انسانی انجام شده است. به عنوان نمونه Cardwell و همکاران هدف حداقل سازی کمبود برق آبی و حداکثر سازی تعداد ماهیان را مدنظر قرار دادند [5]. Suen و Eheart (2006) یک مدل چند معیاره را توسعه دادند که اهداف زیست محیطی بر اساس تابع عضویت فازی تعریف شده بودند [6]. به علت دشواری در ارتباط دادن بهره‌برداری از مخازن برق آبی با شاخص‌های مربوط به کارکرد اکوسیستم، مطالعات محدودی به صورت صریح اهداف زیست محیطی را در تصمیم‌گیری‌های منابع آب گنجانده‌اند. حتی در مدل‌های بهینه‌سازی اهداف زیست محیطی عمدتاً به صورت قیود حداقل رهاسازی لحاظ می‌شوند [7].

بازنگری بهره‌برداری (Re-operation) از مخازن با اعمال ملاحظات زیست محیطی در حوضه‌های آبریز توسعه یافته، یکی از ضرورت‌های دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب است. مزایای بالقوه بازنگری بهره‌برداری از مخازن عبارتند از: احیای جمعیت ماهی‌ها و سایر جانوران دارای ارزش تجاری یا تفریحی، فعال‌سازی مجدد سیلاب‌های شستشو، ایجاد تعادل بین فرسایش بستر و حجم رسوبات تولیدی که در شکل‌دهی زیستگاه‌ها مؤثر است و بازسازی تغییرات اعمال شده روی ژئومورفولوژی رودخانه [8]. با این وجود، در نظر گرفتن قیود اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی ناشی از شیوه تخصیص و بهره‌برداری موجود، بر دشواری این کار می‌افزاید.

هدف از این مطالعه ارزیابی بازنگری بهره‌برداری از سد و نیروگاه آبی مارون با اعمال ملاحظات زیست محیطی پایین دست است. به این منظور ابتدا سیستم سد و نیروگاه مارون- رودخانه جراحی- تالاب شادگان در وضعیت‌های قبل و بعد از بهره‌برداری از نیروگاه با استفاده از مدل تحلیل دینامیکی سیستم مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. سپس نتایج شبیه‌سازی با سری زمانی آورد ایستگاه‌های هیدرومتری پایین دست صحت‌سنجی شد. در مرحله بعد ارزیابی سناریوهای مختلف برای تأمین نیاز زیست‌محیطی تالاب شادگان انجام شده و بر این اساس الگوهای بهبود ممکن برای بهره‌برداری پایدار منابع آب در حوضه مارون- جراحی پیشنهاد شد.



منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه جراحی در دامنه‌های جنوبی رشته کوه‌های زاگرس، در جنوب غربی ایران قرار گرفته است. از نظر جغرافیایی، حوضه بین $45^{\circ} 48'$ تا $51^{\circ} 10'$ طول شرقی و $30^{\circ} 30'$ تا $31^{\circ} 40'$ عرض شمالی واقع شده است. ارتفاع بخش‌های مختلف حوضه بین ۳۸۰۰ متر از سطح دریا در کوهستان‌های شمالی تا همسطح دریا در منتهی الیه جنوب حوضه تغییر می‌کند. مساحت حوضه آبریز ۲۴۳۱۰ کیلومتر مربع است که ۴۰ درصد آن را مناطق کوهستانی و حدود ۶۰ درصد آن را دشت‌ها و زمین‌های دامنه‌ای تشکیل داده‌اند. دو شاخه اصلی رودخانه جراحی یکی به نام اعلاء و دیگر یمارون در بخش کوهستانی حوضه جاری هستند. دشت‌های اصلی حوضه عبارتند از: بهبهان، جایزان، رامهرمز، باغملک، خلف آباد و شادگان. در این دشت‌ها سالانه حدود ۵۱۰۰۰ هکتار کشت فاریاب انجام می‌شود.

تالاب شادگان سی و چهارمین تالاب از ۱۲۰۱ تالاب ثبت شده در فهرست معاهده رامسر و نیز وسیع‌ترین تالاب ساحلی خلیج فارس است. این تالاب به مساحت ۵۳۷۷۳۱ هکتار در منتهی الیه مسیر رودخانه جراحی در ابتدای خلیج فارس واقع شده است (شکل ۱). تالاب از تنوع زیستی بسیار غنی برخوردار است و دارای عملکردهای متنوع هیدرولوژیکی ژئومورفولوژیکی از جمله کنترل سیلاب، حفاظت سواحل، کاهش رسوب، جذب مواد مغذی و سموم محلول در آب رودخانه و تعدیل آب و هوا است. آب شیرین تالاب توسط رودخانه جراحی (۹۰٪) و کارون (۱۰٪) تأمین می‌شود.



شکل ۱: محدوده حوضه آبریز رودخانه جراحی و تالاب شادگان [9]

بهره‌برداری از سدهای مخزنی مارون (۱۳۷۸) و جره و به موازات آن طرح‌های توسعه آبیاری در دشت‌های بالادست تهدیدات اصلی هستند که رژیم طبیعی تالاب شادگان را تغییر داده‌اند [10]. مشخصات سدهای مخزنی و نیاز آبی



دشت های کشاورزی پایین دست آن ها به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است. سیستم سد جره رود اعلاء به صورت مستقل از سد مارون مورد بهره برداری قرار می گیرد و تنها در محلی پایین دست دشت جایزان، مازاد آب به عنوان آورد میان حوضه وارد سیستم مارون - جراحی می شود.

توزیع ماهانه نیاز آب زیست محیطی تالاب شادگان بر اساس مطالعه سیما و تجریشی (۱۳۸۵)، در جدول شماره ۳ آمده است. بر مبنای این مطالعه نیاز زیست محیطی تالاب شادگان در سه سطح احتمالاتی ارزیابی و بیان شده است که با بهره برداری از مخزن مارون برای تأمین نیازهای آبی پایین دست، امکان تأمین نیاز تالاب در سطح ۳ وجود ندارد. همچنین، نیاز برآورد شده در سطح ۲ به عنوان مناسب ترین سطح نیاز قابل تأمین شناخته شده است [11].

جدول ۱: مشخصات سد و نیروگاه مارون و جره [12],[13]

ویژگی	سد مارون	سد جره
حجم بهره برداری در شرایط نرمال (MCM)	۱۲۰۰	۱۸۰
حجم جریان تنظیمی (MCM)	۷۲۳	۱۰۱
حجم مرده (MCM)	۱۹۹	۲۱/۶
ظرفیت کنترل سیلاب (MCM)	۲۷۳	---
ظرفیت نصب شده نیروگاه (MW)	۱۵۰	---

جدول ۲: سطح زیر کشتو نیازهای آبیاری دشت های کشاورزی پایین دست سدهای مارون و جره [12],[13]

جراحی - مارون				اعلا - جراحی	سیستم رودخانه - مخزن
بهبان	جایزان	خلف آباد	شادگان	رامهرمز	نام دشت
۱۳۵۰۰	۱۳۵۰۰	۲۲۰۶۵	۸۱۹۵	۲۲۱۵۰	سطح زیر کشت (هکتار)
۲۵۳	۱۲۹	۲۶۴	۱۱۸	۳۵۴	حق آبه سالانه (MCM)

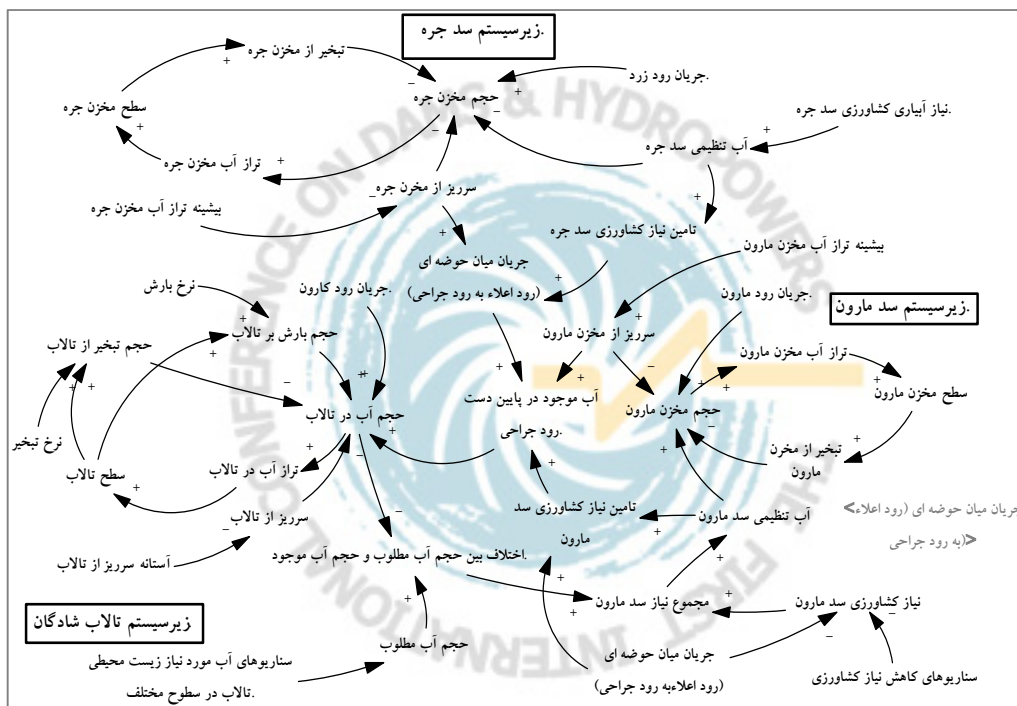
جدول ۳: نیاز زیست محیطی تالاب شادگان بر حسب حجم آب مورد انتظار در تالاب (MCM)

سطح تامین نیاز آبی	احتمال (%)	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀	Q ₁₁	Q ₁₂	Q ₁₃	Q ₁₄	Q ₁₅
سطح ۱	۹۰	۱۴	۴۸	۸۴	۱۴۴	۲۲۹	۲۳۳	۲۷۵	۲۲۷	۱۴۴	۸۲	۳۲	۰			
سطح ۲	۸۰	۳۰	۶۶	۱۲۷	۱۹۸	۲۷۳	۲۸۶	۳۱۷	۲۶۸	۱۸۶	۱۰۳	۴۷	۱۶			
سطح ۳	۶۰	۶۹	۱۱۲	۲۱۲	۳۰۶	۳۶۰	۳۹۲	۴۰۱	۳۵۰	۲۶۹	۱۵۵	۸۳	۵۷			



شبیه‌سازی سیستم

به منظور شبیه‌سازی سیستم از مدل تحلیل دینامیکی سیستم (SD)^۱ استفاده شد. مدل تحلیل دینامیکی سیستم، ابزاری کارا در شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده و دارای رفتار دینامیکی است. محققان مختلفی کاربرد موفقیت‌آمیز مدل تحلیل دینامیکی سیستم را در مسایل مربوط به مدیریت منابع آب گزارش کرده‌اند (از جمله: [14]، [15]، [16]). به منظور شبیه‌سازی سیستم مارون - جرّه - جراحی و شادگان ابتدا ساختار سیستم با توسعه حلقه‌های علی و معلولی شبیه‌سازی شد (شکل ۲). سپس روابط ریاضی مربوطه به اندرکنش متغیرها تعریف شد. در نهایت رفتار دینامیکی سیستم طی سناریوهای مختلف بهره‌برداری از مخزن شبیه‌سازی شده و نتایج شبیه‌سازی برای مقایسه سناریوها و انتخاب سناریوی مناسب به کار رفت.



شکل ۲: ساختار حلقه‌های علی - معلولی در مدل SD برای شبیه‌سازی سیستم مارون - جرّه - جراحی - شادگان

سناریوها

به منظور ارزیابی وضعیت تأمین نیازهای آبیاری، برق آبی و نیاز زیست محیطی تالاب پنج سناریو به شرح جدول ۴ تعریف و شبیه‌سازی شد. در سناریوی ۱ تأمین نیاز زیست محیطی تالاب شادگان در اهداف سد مارون در نظر گرفته نشده و تنها میزان حجم آب موجود در تالاب تحت سناریوهای مختلف با نیاز آب زیست محیطی آن مقایسه شده است. سناریوهای ۲ تا ۴ وضعیت سیستم را پس از بهره‌برداری از سد جرّه و نیروگاه مارون مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در سناریوهای ۲ تا ۴ اثر گنجاندن نیاز زیست محیطی تالاب در نیازهای مخزن مارون بررسی می‌شود. در سناریوی ۵ اثر درصدهای مختلف (۱۰ تا ۳۰ درصد) کاهش نیاز آبیاری پایین دست مارون به منظور بهبود سناریوی ۳ (بهره‌برداری از مخزن و نیروگاه با تخصیص نیاز تالاب در سطح ۲)، ارزیابی می‌شود.

¹ System Dynamics



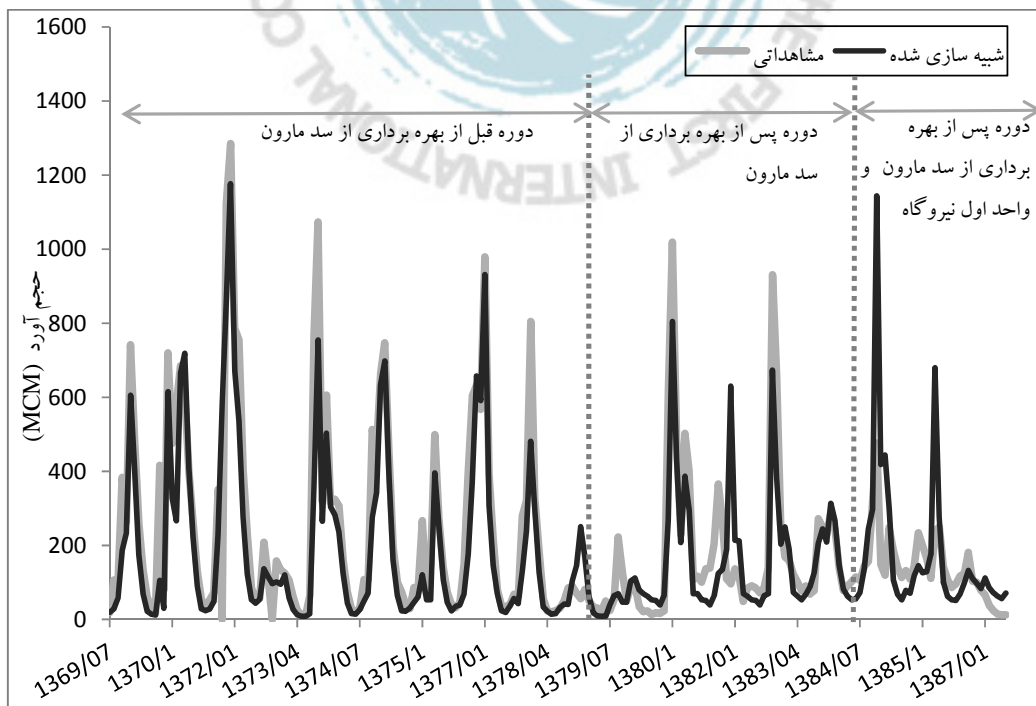


جدول ۴: سناریوهای شبیه سازی شده در سیستم مارون-جره- جراحی و شادگان

سناریو	شرح سناریو
سناریوی ۱	وضعیت موجود بهره‌برداری از سد مخزنی مارون و نیروگاه
سناریوی ۱	بهره‌برداری از سد و نیروگاه مارون و سد جره
سناریوی ۲	بهره‌برداری از سد مخزنی و نیروگاه مارون با اعمال نیاز زیست محیطی تالاب در سطح ۱ و سد جره
سناریوی ۳	بهره‌برداری از سد مخزنی و نیروگاه مارون با اعمال نیاز زیست محیطی تالاب در سطح ۲ و سد جره
سناریوی ۴	بهره‌برداری از سد مخزنی و نیروگاه مارون با اعمال نیاز زیست محیطی تالاب در سطح ۳ و سد جره
سناریوی ۵a	بهره‌برداری از سد جره و سد و نیروگاه مارون با اعمال نیاز آبی تالاب در سطح ۲ و با کاهش ۱۰ درصدی نیازهای کشاورزی
سناریوی ۵b	بهره‌برداری از سد جره و سد و نیروگاه مارون با اعمال نیاز آبی تالاب در سطح ۲ و با کاهش ۲۰ درصدی نیازهای کشاورزی
سناریوی ۵c	بهره‌برداری از سد جره و سد و نیروگاه مارون با اعمال نیاز آبی تالاب در سطح ۲ و با کاهش ۳۰ درصدی نیازهای کشاورزی

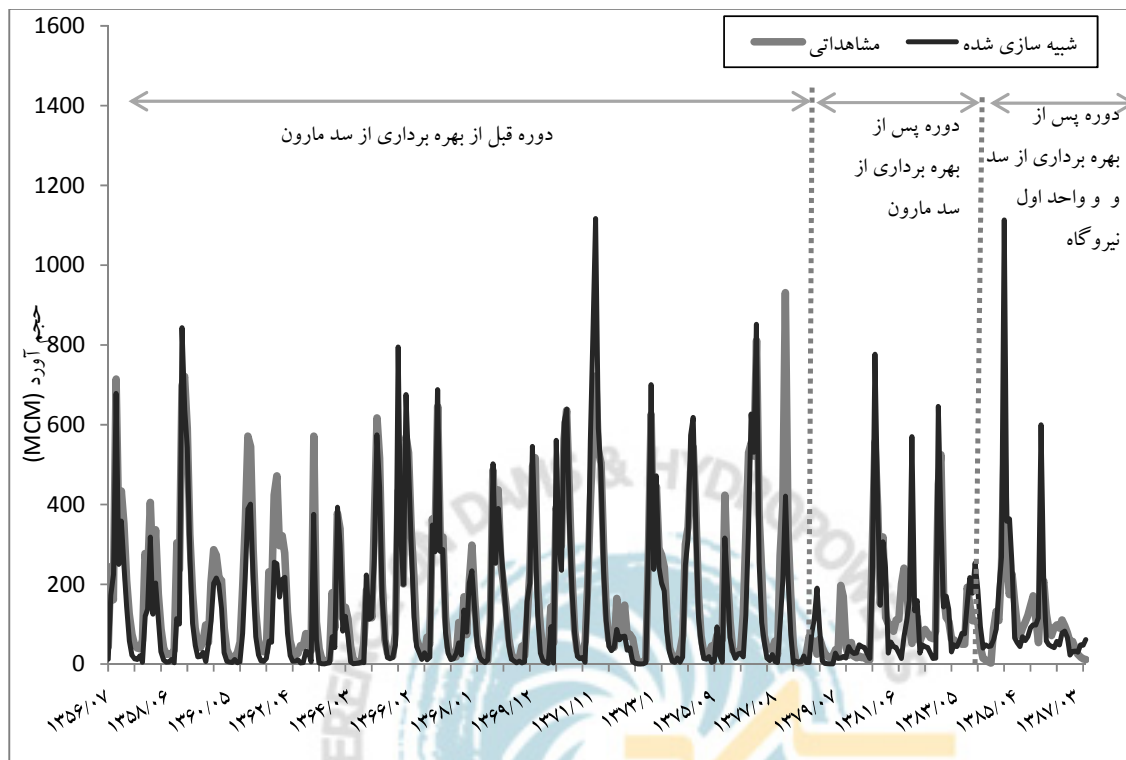
اعتبارسنجی مدل

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، سناریوی ۱ بیانگر وضعیت موجود سیستم درباره زمانی ۱۳۵۶ تا ۱۳۸۷ است. به منظور تأیید اعتبار مدل، نتایج شبیه‌سازی حجم آورد در ایستگاه‌های هیدرومتری مشراکه و گرگر (شکل ۱) تحت وضع موجود با داده‌های اندازه‌گیری شده مورد مقایسه قرار گرفت (شکل‌های ۳ و ۴). به این منظور ابتدا شبیه‌سازی سیستم سد و مخزن تحت شرایط موجود طی سال‌های ۱۳۵۶ لغایت ۱۳۸۷ انجام شد. این دوره به سه دوره زمانی تقسیم می‌شود: ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۸ دوره قبل از بهره‌برداری از سد مارون، ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳ دوره قبل از بهره‌برداری از واحد اول نیروگاه مارون و ۱۳۸۳ تا ۱۳۷۸ بهره‌برداری از سد مارون و واحد اول نیروگاه آن.



شکل ۳: مقایسه سری زمانی آورد شبیه سازی شده و مشاهداتی در ایستگاه مشراکه





شکل ۴: مقایسه سری زمانی آورد شبیه سازی شده و مشاهداتی در ایستگاه هیدرومتری گرگر

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی سناریوها در جدول ۵ آمده است. بر این اساس، در سناریوی اول که بیانگر وضعیت سیستم با فرض تکرار سری زمانی های هیدرولوژیکی در ۳۱ سال آینده و پس از بهره برداری از سد جره و نیروگاه مارون و بدون در نظر گرفتن نیاز زیست محیطی تالاب است، متوسط سالانه کمبود آب مخزن مارون برای تنظیم نیازهای آبیاری و کمبود تالاب به ترتیب ۹/۵ و ۶۷۰ متر مکعب است. در این حالت متوسط انرژی برق آبی تولیدی نیز معادل ۳۳۷/۳۰ گیگا وات ساعت است. بنابراین نادیده گرفتن نیاز تالاب در تنظیم و تخصیص آب سد مارون، شرایط بهره برداری ناپایداری را ایجاد می کند که در درازمدت به تخریب کامل تالاب و حذف کارکردهای آن خواهد انجامید. لذا نظر به ضرورت تخصیص نیاز زیست محیطی تالاب، در سناریوهای ۲ تا ۴ به ترتیب اثر گنجاندن نیاز زیست محیطی تالاب در برنامه بهره برداری سد مارون در سطوح ۱ تا ۳ ارزیابی شد. همان طور که پیش تر اشاره شد، به علت بهره برداری مستقل سد جره، تأمین نیاز زیست محیطی تالاب شادگان تنها در اهداف سد مارون مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین فرض شد که با تأمین نیاز زیست محیطی تالاب جریان زیست محیطی رودخانه نیز به تبع آن تأمین خواهد شد.

نتایج شبیه سازی رفتار سیستم حاکی از آن است که با افزایش سطح نیاز زیست محیطی تالاب، شکست سد در تأمین نیازهای آبیاری پایین دست افزایش چشمگیری خواهد داشت. به طوری که در سناریوی ۴ که بالاترین حجم برای نیاز



تالاب تنظیم می‌شود، سد ۱۱۹ میلیون متر مکعب کمبود را طی ۷۴ دوره از کل ۳۱ سال بهره‌برداری (۲۰ درصد موارد) تجربه می‌کند. بر این مبنا تأمین نیاز زیست محیطی تالاب در سطح ۳، به علت شکست عمده در تأمین نیازهای آبیاری امکان‌پذیر نخواهد بود. مقایسه سناریوهای ۲ و ۳، نشان می‌دهد که افزایش تأمین آب تالاب از سطح احتمال ۹۰٪ به ۸۰٪، کاهش چشمگیری در تأمین نیازهای آبیاری مارون و نیز انرژی برق آبی تولید شده نخواهد داشت اما در مقابل بهبود قابل ملاحظه‌ای (کاهش ۵۰ درصدی فراوانی و ۲۰ درصدی حجم کمبود) در وضعیت تالاب ایجاد می‌کند.

به علاوه نتایج ارزیابی سناریوهای کاهش نیاز آبیاری (Ocl5a) نشانگر امکان بهبود بیشتر در وضعیت تالاب با کاهش حداکثر ۳۰ درصدی در نیازهای آبیاری دشت‌های پایین دست سد مارون است. این بهبود با کاهش ناچیز انرژی برق آبی تولیدی همراه خواهد بود. به لحاظ عملیاتی نیز با افزایش راندمان آبیاری کاهش ۳۰ درصدی نیازهای آبیاری با هدف بهبود شرایط اکوسیستم‌های پایین دستی وجود امکان‌پذیر است.

جدول ۵: نتایج ارزیابی سناریوهای مختلف بهره‌برداری از مخزن مارون

سناریو	پارامتر	تعداد	حجم (MCM)/انرژی (GWH)
۱	شکست در تأمین نیاز سد مارون	۶	۹/۴۴
	کمبود تالاب شادگان	۲۰۱	۶۶۹/۶۶
	تولید انرژی نیروگاه مارون	۸	۳۶۷/۳۰
۲	شکست در تأمین نیاز سد مارون	۴۲	۷۱/۵۲
	کمبود تالاب شادگان	۱۵۰	۲۲۵/۹۱
	تولید انرژی نیروگاه مارون	۶۰	۳۳۱/۹۶
۳	شکست در تأمین نیاز سد مارون	۵۱	۸۶/۶۸
	کمبود تالاب شادگان	۱۰۰	۱۸۱/۴۶
	تولید انرژی نیروگاه مارون	۸۴	۳۲۳/۵۰
۴	شکست در تأمین نیاز سد مارون	۷۴	۱۱۹/۳۶
	کمبود تالاب شادگان	۱۰۱	۲۳۹/۲۰
	تولید انرژی نیروگاه مارون	۱۲۹	۳۰۰/۷۰

جدول ۶: نتایج شبیه‌سازی سیستم در سناریوی ۳ و اعمال درصد های مختلف کاهش نیاز آبیاری

درصد کاهش نیازهای کشاورزی	۰	۱۰	۲۰	۳۰
کمبود حجم تالاب (MCM)	۱۸۱/۴۶	۱۷۴/۰۵	۱۶۱/۱۵	۱۵۰/۷۱
تعداد شکست در تأمین نیاز تالاب	۱۰۰	۹۳	۸۹	۸۳
درصد شکست در تأمین نیاز آبیاری	۷/۴۸	۶/۷۹	۶	۵/۱۹
حجم کمبود مخزن مارون برای تأمین نیاز های مصرفی	۵۱	۴۷	۴۵	۴۲
تعداد شکست در تأمین نیاز آبیاری	۸۵/۶۸	۷۲/۵۹	۵۹/۵۱	۴۷/۵۰
میزان تولید انرژی برقی	۳۲۳/۵۴	۳۲۵/۷۹	۳۲۷/۶۴	۳۲۹/۱۹
تعداد شکست در تأمین نیازهای برق آبی	۸۴	۷۹	۷۶	۷۰



جمع بندی

در این مطالعه اثر اعمال نیاز زیست محیطی تالاب شادگان در برنامه بهره‌برداری سد و نیروگاه مارون، تحت سناریوهای مختلف با استفاده از مدل تحلیل دینامیکی سیستم شبیه‌سازی شد. نتایج به دست آمده بیانگر امکان‌پذیر بودن لحاظ نمودن نیاز زیست محیطی تالاب در سطوح ۳ و ۲ است. همچنین بدون کاهش چشمگیر انرژی برق آبی تولید شده و کاهش ۳۰ درصدی نیازهای آبیاری از طریق ارتقای راندمان آبیاری، تخصیص نیاز زیست محیطی تالاب در سطح احتمالاتی ۸۰ درصد از طریق سد مارون امکان‌پذیر است. نتایج این مطالعه استفاده مؤثر از نگرش تحلیل دینامیکی سیستم را در شبیه‌سازی تعامل بین نیازهای کشاورزی و برق آبی و نیازهای زیست محیطی پایین دست تأیید می‌کند.

مراجع

- [1] World Commission on Dams (WCD); "Dams and development: a new framework for decision making"; Earthscan, London, UK. (2000)
- [2] Millennium Ecosystem Assessment (MEA); "Ecosystem services and human well-being: wetlands and water synthesis"; World Resources Institute, Washington, D.C., USA. (2005)
- [3] World Wildlife Fund (WWF); "Rivers at risk: dams and the future of freshwater ecosystems". (2004) Available online at: <http://assets.panda.org/downloads/riversatriskfullreport.pdf>.
- [4] S. Posteland B. Richter; "Rivers for life: managing water for people and nature"; Island Press, Washington, D.C., USA. (2003)
- [5] H. Cardwell, H. I. Jager and M. J. Sale; "Designing instream flows to satisfy fish and human water needs"; Water Resources Planning and Management-ASCE 122, No. 5 (1996) 356-363
- [6] J. P. Suenand J. W. Eheart; "Reservoir management to balance ecosystem and human needs: Incorporating the paradigm of the ecological flow regime"; Water Resource Research 42, W03417 (2006)
- [7] M. Olivares; "Optimal Hydropower Reservoir Operation with Environmental Requirements" PhD dissertation, Civil and environmental engineering"; University of California Davis. (2007)
- [8] B. D. Richter and G. A. Thomas; "Restoring environmental flows by modifying dam operations"; Ecology and Society 12, No. 1 (2007)
- [9] لطفی، ا.؛ «طرح مدیریت زیست محیطی تالاب شادگان گزارش شماره ۱: محیط طبیعی بوم سازگان تالاب شادگان»؛ وزارت جهاد کشاورزی معاونت آب و خاک، پروژه بهسازی آبیاری، مهندسان مشاور پندام، شهریور ۱۳۸۱.
- [10] Ramsar Sites Information Service: <http://ramsar.wetlands.org>
- [11] سیما، سمیه و تجریشی مسعود؛ «برآورد نیاز آب زیست محیطی تالاب شادگان»؛ هفتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، تهران، ۱۳۸۵.
- [12] مهندسین مشاور مهتاب قدس؛ «طرح دستورالعمل نگهداری و بهره‌برداری سد مارون»؛ (گزارش برنامه‌ریزی منابع آب)، خرداد ۱۳۷۵.
- [13] مهندسین مشاور مهتاب قدس؛ «مطالعات مرحله دوم سد مخزنی جره»؛ (گزارش برنامه‌ریزی منابع آب)، آذر ۱۳۷۲.
- [14] K. A. Stave; "A system dynamics model to facilitate public understanding of water management options in Las Vegas, Nevada"; Environment Management 67 (2003) 303-313
- [15] T. Kojiri, T. Hori, J. Nakatsuka and T. Chong; "World continental modeling for water resources using system dynamics"; Physics and Chemistry of the Earth 33 (2008) 304-311
- [16] S. H. Khan, L. Yufeng and A. Ahmad; "Analysing complex behaviour of hydrological system through a system dynamics approach"; Environmental Modelling & Software 24 (2009) 1363-1372