کاهش گازهای گلخانه‌ای و صرفه‌جویی در مصرف سوخت با توسعه پایدار نیروگاه‌های برق‌آبی در حوضه آبریز رودخانه کارون

طیبه ثابت دیلمی[۱]، عبدالرحیم صلوی تبار [۲*]

چکیده

تولید انرژی الکتریکی نقش کلیدی در طرح های توسعه ملی در ایران دارد. انرژی الکتریکی با استفاده از سوخت های فسیلی یا با بهره گیری از منابع پاک تولید می¬شود. تولید انرژی از سوخت فسیلی با انتشار گازهای گلخانه¬ای (GHG) همراه است که منجر به تغییر آب و هوا می¬گردد. انتشارگازهای گلخانه ای باید براساس مقررات مکانیسم توسعه پاک (CDM) محدود گردد. انتشار گازهای گلخانه ای مازاد بر مقررات CDM در آینده مشمول جریمه مالی برای کشورهای ذیربط خواهد شد. انرژی برق¬آبی مناسب ترین تولید انرژی پاک بوده و برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در کشورهایی که تولید اصلی برق از سوخت های فسیلی می باشد بسیار حیاتی است. سهم تولید انرژی الکتریکی توسط نیروگاه های برق¬آبی در ایران ۵،۱ درصد از کل تولید انرژی الکتریکی در کشور است. مهمترین منبع تولید انرژی برق¬آبی ایران در حوضه رودخانه کارون بزرگ، واقع در جنوب غرب کشور با شش سد مخزنی و یک سد جریانی برق¬آبی در دست بهره برداری، پنج سد مخزنی برق¬آبی در حال ساخت یا مطالعه می¬باشد. هدف، توسعه یک مدل شبیه سازی پویا و کاربردوست سیستم نیروگاه های برق¬آبی آبشاری و موازی برای تولید انرژی مطمئن و پیک انرژی الکتریکی، برآورد میزان صرفه جویی در سوخت های فسیلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و همچنین حفاظت از محیط زیست می باشد.

کلمات کلیدی: کاهش انتشار گازهای گلخانه ای، شبیه سازی پویا، تولید انرژی برق¬آبی، صرفه جویی سوخت فسیلی و حفاظت محیط زیست.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۶/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۷/۱۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی آل طه، تهران، ایران.
۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی آل طه، تهران، ایران.
ایمیل:

Reducing greenhouse gases and saving fuel consumption with sustainable development of hydro-power plants in Karun River Basin

T. Sabet Deilami[1], A. Salavi Tabar[2*]

Abstract

The generation of electrical energy plays a crucial role in national development plans in Iran. Electrical energy is produced either through fossil fuels or by utilizing clean energy sources. Energy production from fossil fuels is associated with greenhouse gas (GHG) emissions, which lead to climate change. Greenhouse gas emissions must be limited according to the regulations of the Clean Development Mechanism (CDM). Any emissions exceeding CDM regulations will result in financial penalties for the respective countries in the future. Hydropower is the most suitable form of clean energy production and is vital for reducing greenhouse gas emissions in countries where electricity generation primarily relies on fossil fuels. In Iran, hydropower accounts for 5.1% of the total electricity generation. The most important source of hydropower generation in Iran is located in the Karun River Basin in the southwest of the country, where six reservoir dams and one run-of-river hydropower dam are operational, with five additional reservoir dams under construction or in the study phase.The objective is to develop a dynamic and user-friendly simulation model for cascade and parallel hydropower systems to ensure reliable energy production and peak electricity generation, estimate fossil fuel savings, reduce greenhouse gas emissions, and protect the environment.

Keywords: Pressure Management, Water Distribution Network, Pressure Reducing Valve (PRV), Multi-Objective Optimization, Hydraulic Analysis, Multi-Criteria Decision Making (MCDM), MOPSO Algorithm.
Received: August 31, 2024
Accepted: Octobr 5,2024

1- MSc., Civil Engineering Department, Ale-Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, Civil Engineering Department, Ale-Taha Institute of Higher Education, Tehran, Iran.
Email:
* Corresponding Author

مقدمه

گلخانه یک اتاق شیشه ای است که نور خورشید از شیشه های آن به داخل می تابد و هوای گلخانه را گرم می کند اما شیشه های گلخانه اجازه نمی دهند که این هوای گرم از گلخانه خارج شود. جو یا هوایی که در اطراف ما است شبیه یک گلخانه است. گاز گلخانه ای در جو مثل شیشه گلخانه عمل می کند نور خورشید پس از عبور از لایه های گازهای گلخانه ای وارد جو زمین می شود، زمانی که به سطح زمین می رسد مقداری از انرژی گرمایی آن توسط خاک، آب و سایر موجودات جذب می شود، مقداری هم در جو زمین می ماند و باقیمانده آن به فضا برمی گردد. به مجموعه ای از گازها که مقداری از انرژی خورشید را در جو زمین نگه می دارند و باعث گرم شدن جو می شوند گازهای گلخانه ای می گویند. فراوان ترین گازهای گلخانه ای در جو شامل:بخار آب (H_2O) ، دی اکسید کربن (CO_2) ، متان (CH_4)، اکسید نیتروژن(N_2O)، ازن (O_3) و کلروفلوئوروکربن ها (CFC) می باشند. در این میان بخار آب به جهت درصد بالای آن که حدود ۳٪ کل گازهای گلخانه ای اتمسفر را تشکیل می دهد و دی اکسید کربن مهم ترین گازهای گلخانه ای هستند که هر دو عمده ترین محصول احتراق سوخت های هیدروکربنی می باشند. دی اکسید کربن اصلی ترین گاز گلخانه ای است که توسط بشر تولید می شود. این گاز حاصل خیلی از فعالیت های انسان و دیگر موجودات است. سالیانه حدود ۲۶ میلیارد تن گاز کربنیک از فعالیتهای بشری تولید و به اتمسفر زمین وارد می‌شود.

تاکنون تحقیقاتی برای ارائه‌ی راه کارها و رویکردهایی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام شده است. روحی و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل پویایی سیستم نشان دادند که وابستگی اندونزی به منابع فسیلی (۸۵٪ از تولید برق) منجر به افزایش سالانه ۷۸,۰۱ میلیون تن گازهای گلخانه‌ای شده است، در حالی که نیروگاه‌های برق‌آبی از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی مقرون‌به‌صرفه‌تر هستند. تروجا و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای در کالیفرنیا تأثیر تغییرات اقلیمی بر تولید برق‌آبی، دسترسی نیروگاه‌های حرارتی و بارهای الکتریکی را بررسی کردند و بر ضرورت برنامه‌ریزی منابع انرژی تأکید نمودند. سجیر و همکاران (۲۰۱۷) به پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیه اشاره کرده و آن را یکی از راه‌حل‌های مؤثر برای توسعه انرژی پایدار دانستند. میوسا و همکاران (۲۰۱۷) بر ضرورت سیاست‌گذاری در حمایت از مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در چین تأکید کردند. خان و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که افزایش ارزش افزوده کشاورزی، گسترش منابع تجدیدپذیر و توسعه مناطق سبز در پاکستان می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند.

در تحقیقات گذشته راهکارهایی برای کاهش استفاده از سوخت فسیلی در تولید انرژی نیز ارائه شده است. شجاعی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که برق

هسته‌ای، با در نظر گرفتن هزینه‌های خارجی انتشار گازهای گلخانه‌ای، می‌تواند گزینه‌ای رقابتی در برابر نیروگاه‌های فسیلی باشد. حسین شاهی بندری و حاجی زاده (۱۳۹۲) روند افزایشی ظرفیت نصب نیروگاه‌های بادی ایران را بررسی کرده و پتانسیل ۶۵۰۰ مگاواتی انرژی بادی را شناسایی کردند. زینلی کرمانی و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر نیروگاه‌های بادی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کرمان را ارزیابی کرده و بازگشت سرمایه کوتاه‌مدت آن را تأیید نمودند. سونگ و همکاران (۲۰۱۷) از طریق تحلیل چرخه عمر تولید برق در ماکائو دریافتند که توسعه نیروگاه‌های گاز طبیعی در کوتاه‌مدت و استفاده از انرژی خورشیدی در بلندمدت مؤثرترین راهکارها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. پرانه و همکاران (۲۰۱۷) نیز نقشه راهی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ماداگاسکار و جزیره رونیون پیشنهاد کردند که بر کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی تا سال ۲۰۵۰ تمرکز دارد. این بررسی مطالعاتی نشان می‌دهد که ترکیب بهینه‌ای از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کند، که در ادامه این پژوهش به تدوین روش‌شناسی مناسب پرداخته خواهد شد.

مطالعات انجام‌شده در زمینه احداث نیروگاه‌های برق‌آبی و ارزیابی اثرات آن‌ها به بررسی تأثیرات زیست‌محیطی، اقتصادی و هیدرولیکی این نیروگاه‌ها پرداخته‌اند. عباسپور و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از ماتریس لئوپولد اثرات زیست‌محیطی نیروگاه برق‌آبی سردآبرود را در فازهای ساختمانی و بهره‌برداری بررسی کرده و نشان دادند که اجرای این پروژه تأثیرات مثبت زیست‌محیطی دارد. عباسی (۱۳۹۳) با استفاده از مدل عددی MIKE21، چگالی انرژی قابل استحصال در بخش‌هایی از رودخانه کارون را تحلیل کرده و مکان‌های مناسب برای تولید انرژی برق‌آبی را شناسایی کرد.

شریفیان (۱۳۹۵) با بهره‌گیری از الگوریتم SDDP و مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای، ضرورت لحاظ تغییرات اقلیمی در طراحی سدهای برق‌آبی را نشان داد. بولرت و همکاران (۲۰۱۶) اثرات فیزیکی و اقتصادی تغییرات در تولید برق‌آبی ایالات متحده را تحت سناریوهای کاهش گازهای گلخانه‌ای بررسی کرده و دریافتند که این تغییرات باعث افزایش تولید برق‌آبی و مزایای اقتصادی قابل‌توجهی می‌شود. ژنگ و همکاران (۲۰۱۶) اثرات خارجی سد TGP را تحلیل کرده و نشان دادند که مزایای اقتصادی این پروژه پنج برابر اثرات منفی آن است.

گانبی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر تغییرات اقلیمی بر تولید برق‌آبی در ۵۱ کشور آفریقایی را بررسی کرده و پیشنهاد دادند که برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین ضروری است. جونز و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه عملیات مجدد سد Glen Canyon، تمایل خانوارهای ایالات متحده برای پرداخت هزینه‌های اضافی به‌منظور جلوگیری از افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای را ارزیابی کردند و

دریافتند که مردم حاضر به پرداخت مبلغ بیشتری برای کاهش اثرات زیست‌محیطی هستند. نتایج این مطالعات نشان‌دهنده اهمیت برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار نیروگاه‌های برق‌آبی با درنظر گرفتن تأثیرات زیست‌محیطی و اقتصادی، تغییرات اقلیمی و پتانسیل تولید انرژی تجدیدپذیر است.

شریفی و تجریشی (۱۳۸۷) به بررسی تأثیر توسعه بالادست حوضه آبریز کرخه بر تولید انرژی برق‌آبی سد کوران بوزان با استفاده از روش پویایی سیستم و نرم‌افزار Vensim پرداختند. نتایج نشان داد که علی‌رغم احداث شش سد در بالادست و توسعه کشاورزی به میزان ۳۴،۰۰۰ هکتار، نیروگاه همچنان قادر به تأمین انرژی مطمئن ماهیانه به میزان ۵۰ گیگاوات خواهد بود. شیخ خوزانی و همکاران (۱۳۸۹) به مدل‌سازی بهره‌برداری از مخازن چندمنظوره به روش پویایی سیستم با استفاده از نرم‌افزار Vensim در سد دامغان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که با اجرای سیاست‌های مناسب، نه‌تنها می‌توان نیازهای موردنظر را در شرایط موجود تأمین کرد، بلکه امکان توسعه نیازها نیز وجود دارد. همچنین، ارتفاع بهینه سد به گونه‌ای تعیین شد که بتواند نیازهای مختلف را در حد قابل‌قبول تأمین نماید.

صلوی‌تبار و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از روش پویایی سیستم، مدل شبیه‌سازی تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی را برای مدیریت حوضه آبریز هراز توسعه دادند. نتایج این پژوهش کارایی مدل را در شبیه‌سازی و ارزیابی سناریوهای مختلف تأیید کرد.

کدخداحسینی و همکاران (۲۰۱۷) حجم آب مخزن سد چغاخور را با روش پویایی سیستم در محیط نرم‌افزار Vensim شبیه‌سازی کردند و وضعیت آب‌دهی و تأمین نیازهای کشاورزی و محیط‌زیست را ارزیابی نمودند. مدل واسنجی شد و پس از اجرای آن تحت سناریوهایی نظیر افزایش راندمان کشاورزی و گسترش سطح زیر کشت، نتایج نشان داد که سد در بهترین شرایط قادر به تأمین نیاز آبی ۱۶۰۰ هکتار اراضی آبیاری‌شده خواهد بود.

بیان مساله

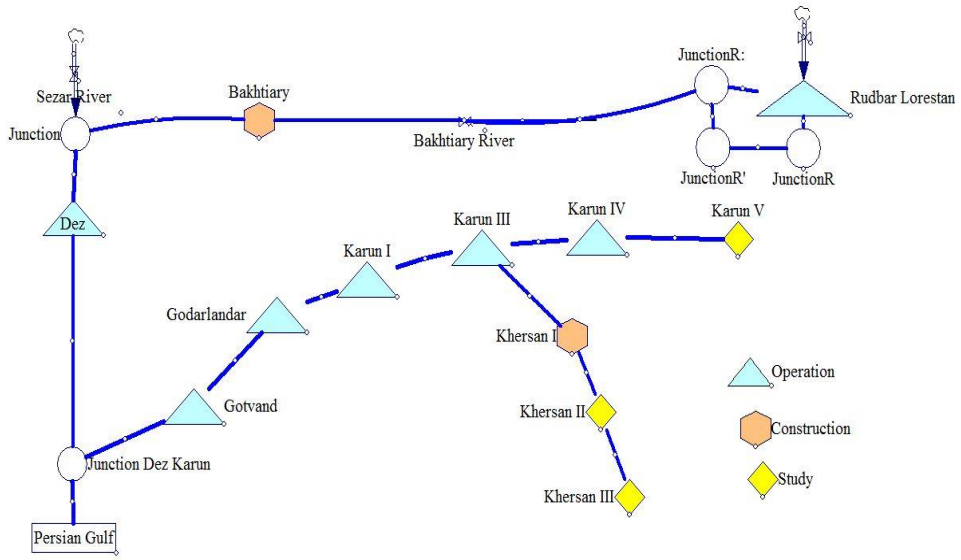
وجود این گازها بخودی خود و به میزان طبیعی برای ادامه حیات لازم می باشد در صورت عدم وجود این گازها گرمای منعکس شده به فضا برمی گردد و هوا آنقدر سرد می شود که ادامه حیات را مختل می کند. از طرفی اگر مقدار این گازها در جو از حد معینی بالاتر رود به جهت جذب تشعشعات مادون قرمز منعکس شده از سطح زمین توسط این گازها، گرما در اتمسفر زمین محبوس می شود و انرژی کمتری به فضا برمی گردد در نتیجه جو زمین گرم تر می شود و دمای کره زمین بالاتر می رود. با ادامه انتشار گازهای گلخانه ای و افزایش مداوم و طولانی مدت دمای هوا پیش بینی می شود اثرات مخربی بر اکوسیستم، تنوع زیستی و حیات مردم در سراسر جهان وارد شود. ممکن است دمای زمین به قدری زیاد شود که جانداران نتوانند آثار گرمای آن را تحمل کنند. همچنین اثر گلخانه ای میانگین دمای زمین را افزایش می دهد که باعث گرمایش عرض های میانی (از جمله ایران) می شود

(ناصری‌فر و وثوق ،۱۳۹۵). گرم شدن کره زمین باعث افزایش بیماری های عفونی، بالا آمدن سطح دریاها، وقوع خشکسالی بزرگ منطقه ای و تغییر الگوی گردش آب و هوا می شود که نمونه طوفان های آن را در چند سال اخیر مشاهده می کنیم همچنین با تاثیر آن بر مزارع کشاورزی، منابع غذایی کاهش می یابد، آب بیشتری بخار می شود و انسانها با کمبود آب شیرین مواجه خواهند شد و در جنگلها با آتش سوزی اتفاق ناخوشایند مرگ درختان رخ میدهد و تامین اکسیژن به مخاطره می افتد و خاک دچار فرسایش می شود (ایرج ترکان،۱۳۹۴). همچنین باعث ایجاد پدیده ریزگردها و افزایش آلودگی هوا می‌شود.

مواد و روش‌ها

سیمای نیروگاههای برق‌آبی در حوضه آبریز کارون بزرگ

شکل‌های ۱ و۲ موقعیت مکانی نیروگاه های برق¬آبی حوضه رودخانه کارون بزرگ را نشان می دهند. در حال حاضر هفت سد برق‌آبی در حوضه آبریز کارون بزرگ در دست بهره برداری، دو سد برق‌آبی در مرحله ساخت و سه سد برق‌آبی در دست مطالعه می باشند.



شکل ۱- سیمای شماتیک نیروگا ههای برق‌آبی در دست بهره برداری، ساخت و مطالعه

شبیه‌سازی مخازن آبشاری در حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگ

در این مطالعه، وضعیت سدهای حوضه کارون بزرگ شامل سدهای در دست مطالعه (سد خرسان ۲، سد خرسان ۳، سد کارون ۵)، سدهای در حال بهره‌برداری

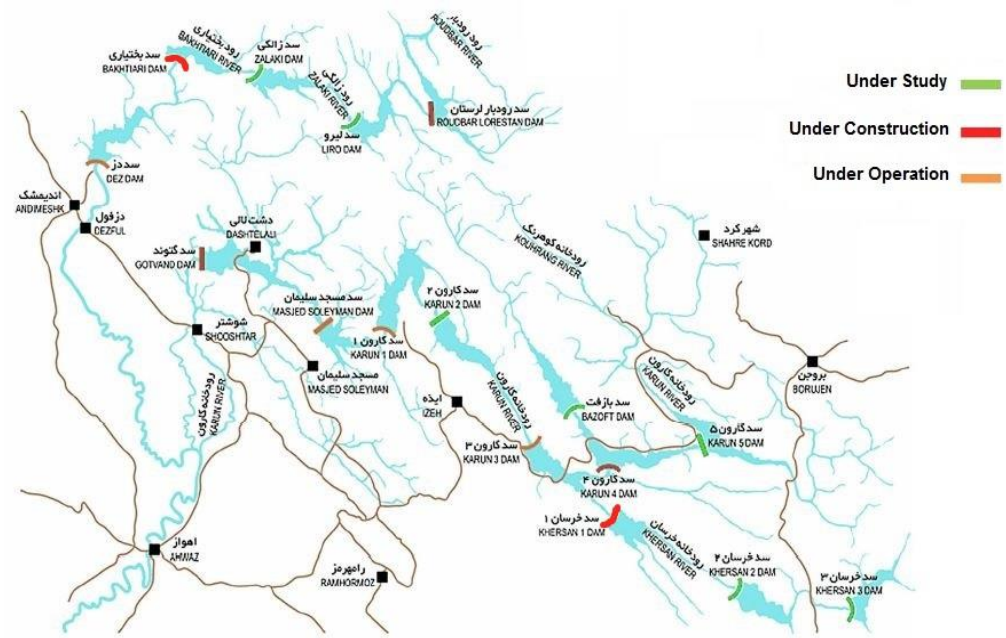
(سدهای کارون ۱، کارون ۳، کارون ۴، مسجد سلیمان، گتوند، دز، رودبار) و سدهای در دست ساخت (سد بختیاری، سد خرسان ۱) مورد بررسی قرار گرفته است.

شبیه‌سازی به عنوان یک روش مدل‌سازی برای برآورد رفتار سیستم و تحلیل پیامدهای سناریوهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش، مدل‌سازی پویای تولید انرژی برق‌آبی برای سدهای مخزنی و جریانی حوضه آبریز کارون توسعه داده شده است. این مدل بر پایه توپولوژی رودخانه، داده‌های آماری، اطلاعات ورودی و ارتباط بین بخش‌های مختلف سیستم طراحی شده و قابلیت ارزیابی سدهای در دست مطالعه، ساخت و بهره‌برداری را داراست.

معیارهای شبیه‌سازی شامل تأمین انرژی مطمئن و پاسخ‌گویی به پیک مصرف است.

مراحل توسعه مدل شبیه‌سازی

ابتدا ساختار مدل با تعریف متغیرهای سیستم، ارتباطات میان متغیرهای ورودی، خروجی و کمکی تدوین شد. سپس، داده‌های ورودی در قالب فایل‌های Excel قابل استفاده در نرم‌افزار Vensim تهیه گردید. اجرای مدل و تحلیل خروجی‌ها از طریق تبدیل داده‌ها از فرمت vdf به xls انجام شد. این فرایند به تحلیل نتایج و استخراج شاخص‌های کلیدی منجر شد.



شکل ۲-نقشه موقعیت نیروگاه های برق‌آبی در دست بهره برداری، ساخت و مطالعه

مدل‌سازی پویایی سیستم در مدیریت منابع آب

تحلیل سیستم‌ها در مدیریت منابع آب نقش کلیدی ایفا می‌کند و شبیه‌سازی به‌عنوان ابزاری ضروری در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با مدیریت مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش پویایی سیستم با ارائه ساختارهای پیچیده‌تر از مدل‌های ذهنی، امکان تحلیل سیستم‌های پیچیده را بدون نیاز به ریاضیات پیچیده فراهم می‌آورد. این رویکرد که توسط جی. دبلیو. فورستر در دانشگاه MIT توسعه یافته است، با استفاده از روابط علت و معلولی و حلقه‌های بازخورد، رفتار سیستم‌های پیچیده را تحلیل می‌کند. نرم‌افزارهای متعددی برای این منظور توسعه یافته‌اند که در این پژوهش، نرم‌افزار Vensim به دلیل قابلیت‌های بالای شبیه‌سازی، تحلیل و بهینه‌سازی مدل‌های پویای منابع آب مورد استفاده قرار گرفته است.

مدل‌سازی در شبکه پویایی سیستم با Vensim

نرم‌افزار Vensim یک ابزار مدل‌سازی کاربرپسند است که امکان توسعه مدل‌ها را از طریق نمودارهای حلقه‌ای و جریان فراهم می‌کند. در این نرم‌افزار، روابط بین متغیرهای سیستم از طریق اتصال عناصر با فلش‌ها تعریف شده و پس از توسعه مدل، تمامی جنبه‌های رفتار سیستم قابل شبیه‌سازی خواهد بود. مدل توسعه‌یافته در این پژوهش، با تمرکز بر حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگ، به تحلیل تولید انرژی برق‌آبی مطمئن و متوسط، صرفه‌جویی مالی در مصرف سوخت‌های فسیلی، حفظ محیط زیست و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌پردازد.

شکل۳- مراحل توسعه مدل برق¬آبی جهت شبیه سازی در مرحله اول و دوم

اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی

برای شبیه‌سازی سدهای این حوضه، داده‌های ورودی شامل اطلاعات هواشناسی (بارش ماهانه)، داده‌های هیدرولوژیکی (سری زمانی آبدهی ماهانه ورودی به سدها)، و اطلاعات فنی سدها (ارتفاع، سطح، حجم مخزن، ظرفیت نیروگاهی و ضریب کارکرد) مورد استفاده قرار گرفته است. مدل‌سازی این داده‌ها امکان تحلیل قابلیت اطمینان سدها در تأمین نیازهای انرژی و مدیریت منابع آبی را فراهم می‌کند.

مراحل طراحی مدل مفهومی نیروگاه و مخزن سد

روش پویایی سیستم، که نوعی شبیه‌سازی بازخورد شی‌گرا است، به‌عنوان ابزاری کارآمد برای مدل‌سازی عملکرد نیروگاه‌های برق‌آبی حوضه کارون مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل فرآیندهای مرتبط با عملکرد مخازن برق‌آبی را شامل تولید انرژی، ظرفیت نیروگاه، و قابلیت اطمینان سیستم در شرایط قطعی شبیه‌سازی می‌کند. با این روش، امکان ایجاد مدل‌های پیچیده منابع آب با سهولت بیشتر نسبت به سایر زبان‌های برنامه‌نویسی فراهم می‌شود.

در فرآیند مدل‌سازی، ابتدا متغیرها و پارامترهای کلیدی شناسایی شده و در نرم‌افزار Vensim تعریف می‌شوند. سپس ارتباطات بین متغیرها از طریق پیکان‌ها مشخص می‌شود که جهت آن‌ها نشان‌دهنده وابستگی متغیرها به یکدیگر است. برخی متغیرهای کمکی نیز برای انتقال اطلاعات میان بخش‌های مختلف مدل تعریف می‌شوند. در نهایت، روابط ریاضی و منطقی، که اغلب از اصول فیزیکی نشأت می‌گیرند، به‌عنوان قیود مدل وارد می‌شوند. شکل۳ مراحل توسعه مدل برق‌آبی جهت شبیه سازی در مرحله اول و دوم را نشان می‌دهد.

مراحل شبیه‌سازی نیروگاه و مخزن سد در Vensim

۱. مرحله اول: تنظیم متغیرهای اولیه

تعیین قدرت نصب نیروگاه و ضریب کارکرد نیروگاه

محاسبه تولید انرژی روزانه (GWH)

برآورد رقوم پایاب سد و محاسبه سطح آب در مخزن

محاسبه پتانسیل ریزش آب (**ΔH**) و دبی ماهانه موردنیاز برای تولید انرژی

۲. مرحله دوم: توسعه مدل و شبیه‌سازی

طراحی نمودار مخزن در محیط Vensim و تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های آن

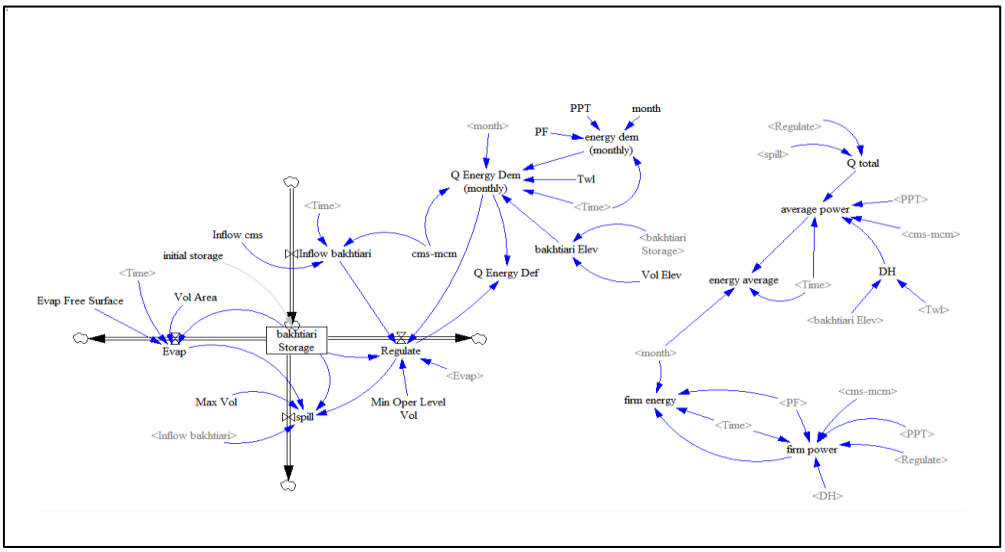
شبیه‌سازی جریان‌های ورودی، خروجی، تبخیر و سرریز مخزن

محاسبه قدرت و انرژی تولیدی مطمئن و مقایسه آن با نیاز انرژی

برآورد کمبود انرژی، تحلیل پارامترهای آماری کمبود، و محاسبه انرژی ثانویه

کاربرد نرم‌افزار Vensim در طرح سدها

نرم‌افزار Vensim امکان تحلیل سناریوهای مختلف تولید انرژی را با تغییر متغیرها از طریق اسلایدرها فراهم می‌کند. خروجی مدل را می‌توان به دو صورت گرافیکی و عددی مشاهده و همچنین به صفحه گسترده اکسل انتقال داد. علاوه بر این، بیلان آب مخزن و نتایج شبیه‌سازی در قالب جداول و نمودارها ارائه می‌شود و اعتبارسنجی مدل از طریق مقایسه داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های واقعی انجام خواهد شد. شکل ۴ شماتیک مدل پویایی سیستم برای یک مخزن ذخیره نیروگاه برق‌آبی را نشان می‌دهد.



شکل ۴- شماتیک مدل پویایی سیستم برای یک مخزن ذخیره نیروگاه برق‌آبی

برای شبیه‌سازی سد در محیط نرم‌افزار Vensim، آن را به‌عنوان یک سیستم در نظر می‌گیریم که شامل مجموعه‌ای از اطلاعات ورودی و خروجی است. این اطلاعات به دو دسته کنترل‌پذیر و کنترل‌ناپذیر تقسیم می‌شوند. اطلاعاتی مانند جانمایی، بهره‌برداری و طراحی سد از جمله متغیرهای کنترل‌پذیر بوده، درحالی‌که پارامترهایی مانند شرایط هواشناسی و زمین‌شناسی در دسته متغیرهای کنترل‌ناپذیر قرار می‌گیرند. در این مدل‌سازی، میزان تبخیر و جریان ورودی به مخزن سد به‌عنوان عوامل کنترل‌ناپذیر در نظر گرفته شده‌اند، درحالی‌که حجم حداکثر مخزن به‌عنوان یک متغیر کنترل‌پذیر در نظر گرفته شده است.

در فرایند شبیه‌سازی، سد همچون یک سیستم پویا مدل‌سازی می‌شود که متغیرهای آن در هر بازه زمانی به‌روز می‌شوند. مهم‌ترین رابطه در عملکرد مخازن، رابطه پیوستگی جرم است که میزان تغییرات حجم مخزن را در هر دوره زمانی بر اساس ورودی‌ها و خروجی‌های آن مشخص می‌کند. این رابطه بیان

می‌کند که حجم مخزن در پایان یک دوره برابر است با حجم اولیه آن به‌علاوه مقدار آب ورودی و کسر میزان تبخیر، خروجی تنظیمی و سرریز. این مفهوم نشان می‌دهد که هرگونه تغییری در مقدار ورودی و خروجی مستقیماً بر میزان ذخیره آب در مخزن تأثیر خواهد گذاشت. جدول ۱ظرفیت نصب نیروگاه برای سد بختیاری را نشان می‌دهد.

در نرم‌افزار Vensim، پارامترهای مرتبط با آبدهی ماهانه در بخش Inflow تعریف می‌شوند. مقدار ورودی آب به مخزن که معمولاً برحسب مترمکعب بر ثانیه (CMS) بیان می‌شود، برای استفاده در شبیه‌سازی به میلیون مترمکعب در ماه (MCM) تبدیل می‌شود. این تبدیل از طریق ضریب تبدیل CMS-MCM انجام می‌شود تا داده‌های ورودی در قالب مناسب برای مدل‌سازی به‌کار گرفته شوند. در ادامه، این داده‌ها برای تحلیل میزان تغییرات حجم مخزن در بازه‌های زمانی مختلف مورد استفاده قرار گرفته و تأثیر متغیرهایی نظیر تبخیر، آب خروجی تنظیمی و سرریز بر عملکرد مخزن سد بررسی می‌شود.

جدول ۱-ظرفیت نصب نیروگاه برای سد بختیاری

هد طراحی (متر)	تعداد واحد	افت هد (متر)	راندمان (درصد)	ظرفیت نصب (مگاوات)	رقوم بهره‌بر داری (متر)	رقوم نرمال (متر)	حجم حداقل (میلیون مترمکعب)	حجم فعال (میلیون مترمکعب)	حجم کل (میلیون مترمکعب)	نام سد
۲۷۰	۶	۴	۹۲,۱	۱۵۰۰	۷۸۵	۸۳۰	۲۷۲۲	۲۱۲۲	۴۸۴۴	بختیاری

پس از تعریف این پارامترها و روابط، مدل قادر خواهد بود میزان تغییرات حجم مخزن را در هر بازه زمانی شبیه‌سازی کند. نتایج شبیه‌سازی را می‌توان به‌صورت نمودارهای گرافیکی نمایش داده یا برای تحلیل‌های دقیق‌تر به نرم‌افزار Excel منتقل کرد. این مدل‌سازی امکان بررسی سناریوهای مختلف را فراهم می‌کند و تأثیر تغییرات در ورودی‌ها و خروجی‌ها را بر عملکرد مخزن سد نشان می‌دهد.

در نرم‌افزار شبیه‌سازی Vensim، پارامترهای تبخیر به‌طور کلی به‌صورت تابعی از عواملی نظیر درجه حرارت، باد، تابش خورشید، نم نسبی و ساعات آفتابی مدل‌سازی می‌شوند. آخرین خروجی محاسبات تبخیر، که به‌عنوان Evap شناخته می‌شود، مقدار تبخیر از سطح آزاد آب است. واحد حجم تبخیر در این مدل، میلیون مترمکعب (MCM) در نظر گرفته می‌شود. میزان تبخیر برابر با تبخیر ماهانه است که به‌طور

معمول در واحد میلی‌متر بر سطح (mm/Km^2) نمایش داده می‌شود.

برای محاسبه تبخیر در مدل، لازم است که سه پارامتر اصلی در نظر گرفته شوند: حجم تبخیر، سطح مخزن و تبخیر ماهانه از سطح آزاد آب. میزان تبخیر از مخازن، که مستقیماً به سطح دریاچه مخزن مرتبط است، بستگی به ارتفاع تبخیر در هر ماه دارد. بنابراین، در محاسبه میزان تبخیر در دوره مدلسازی، پارامتر Vol Area (حجم و سطح مخزن) که متناظر با رقوم‌های مختلف آب در هر ماه است، در مدل وارد می‌شود. این پارامتر از طریق فایل اکسل به مدل معرفی می‌شود. جدول ۲ ارتفاع تبخیر ماهانه از سطح آزاد آب در محل دریاچه سد بختیاری را ارئه می‌دهد.

جدول ۲- ارتفاع تبخیر ماهانه از سطح آزاد آب در محل دریاچه سد بختیاری

ماه	ارتفاع تبخیر ماهانه (mm)
مهر	۱۷۹,۷
آبان	۱۳۴
آذر	۷۳,۲
دی	۵۵
بهمن	۵۶,۳
اسفند	۷۵,۳
فروردین	۱۳۶,۱
اردیبهشت	۱۸۵,۸
خرداد	۲۳۶,۸
تیر	۲۵۳,۹
مرداد	۲۴۸,۵
شهریور	۲۳۱,۷

پارامتر سطح-حجم نیز به‌عنوان تابعی از حجم ذخیره مخزن به‌منظور محاسبه تبخیر در نظر گرفته می‌شود. پارامتر Free Surface Evap مقادیر ماهانه تبخیر از سطح آزاد آب را بر حسب میلی‌متر در خود جای می‌دهد و مدل با استفاده از آن، حجم تبخیر از سطح مخزن را در هر ماه محاسبه می‌نماید. اطلاعات مربوط به تبخیر ماهانه از سطح آزاد آب نیز از طریق فایل اکسل به مدل وارد می‌شود. جدول۳روابط سطح حجم با ارتفاع در محور سد بختیاری را ارائه می‌دهد.

جدول۳- روابط سطح حجم با ارتفاع در محور سد بختیاری

سطح (کیلومتر مربع)	حجم (میلیون مترمکعب)	ارتفاع (متر)
۰	۰	۵۳۲
۰,۱۱	۱,۰۲	۵۵۰
۰,۷۴	۱۰,۵۵	۵۷۵
۱,۹	۴۲,۴۷	۶۰۰
۳,۵۷	۱۰۹,۷۵	۶۲۵
۵,۹۲	۲۲۷,۰۴	۶۵۰
۸,۹۸	۴۱۱,۹۷	۶۷۵
۱۳,۱	۶۸۶,۴۲	۷۰۰
۱۸,۴۳	۱۰۷۸,۶۳	۷۲۵
۲۵,۰۴	۱۶۱۹,۸	۷۵۰
۳۲,۹۱	۲۳۴۱,۹۹	۷۷۵
۴۳,۴۱	۳۲۹۲,۹۵	۸۰۰
۵۵,۹۲	۴۵۳۱,۲۵	۸۲۵
۵۸,۶۸	۴۸۴۴,۶۷	۸۳۰
۶۴,۱۸	۵۴۷۱,۵	۸۴۰
۶۹,۷	۶۰۹۸,۳	۸۵۰

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر به بررسی نتایج زیر از طریق شبیه سازی نرم افزار ونسیم می پردازیم:

۱) انرژی متوسط و انرژی مطمئن تولید شده از سدهای حوضه کارون بزرگ

۲) تاثیر میانگین متوسط سالیانه انرژی متوسط سدها بر میزان صرفه جویی در سوخت فسیلی

۳) ارزش ارزی و ریالی سوخت صرفه جویی شده سالیانه

۴) اثرات احداث نیروگاه های برق¬آبی درمیزان کاهش انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای

مقادیر منابع و مصارف که از شرکت آب نیرو گرفته شده است، نتایج محاسبات در شکل ارایه شده است ۷(به عنوان نمونه تنها سد بختیاری نشان داده شده است).

تعاریف انرژی مطمئن و انرژی متوسط

انرژی برق آبی تولیدی در سه بخش ذیل محاسبه می شود:

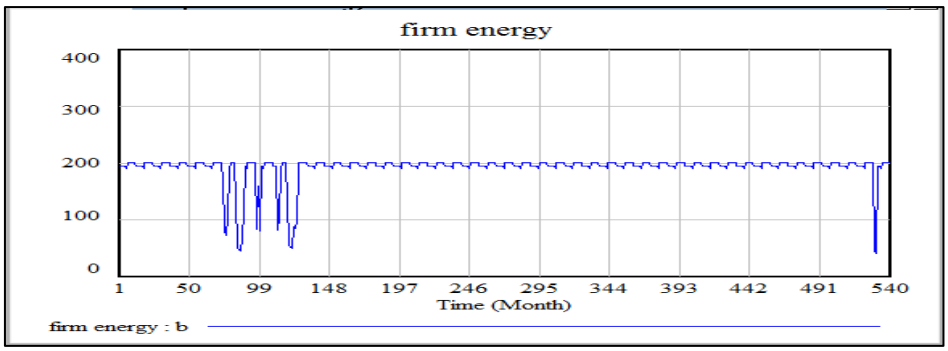
۱) انرژی برق‌آبی که با احتمال ۹۸٪ تولید شود انرژی مطمئن (Firm Energy) گویند.

۲) انرژی برق‌آبی که در یک سری زمانی خشک، نرمال و مرطوب از یک سیستم قابل تولید است، انرژی متوسط (Average Energy) گویند.

۳) به تفاوت بین (Average Energy) و (Firm Energy) انرژی ثانویه (Secondary Energy) گویند.

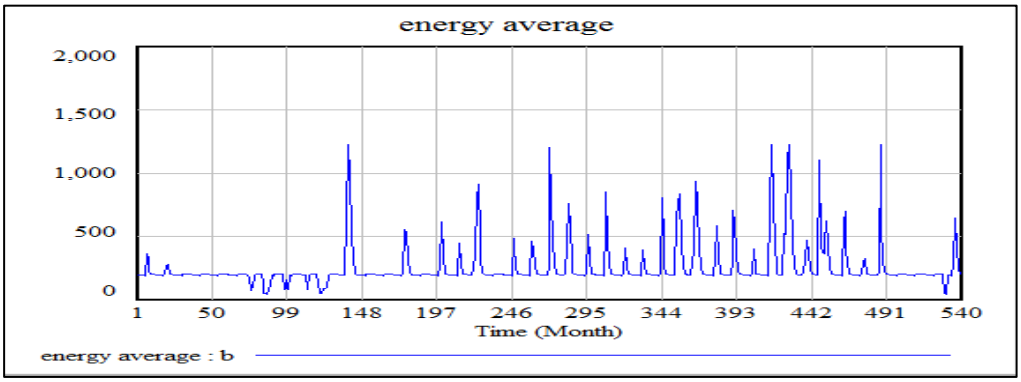
تولید انرژی مطمئن ماهانه در سدها

شبیه سازی انرژی ماهانه از سال ۱۳۳۶ تا ۱۳۸۱ در یک دوره ۵۴۰ ماهه (۴۵ساله) با استفاده از نرم افزار ونسیم، انجام و بعنوان نمونه سری زمانی انرژی مطمئن ماهانه سد بختیاری در شکل ۵ ارائه شده است. انرژی مطمئن در طول دوره ۲۳۰۶ گیگا وات ساعت در سال برآورد شده است.



شکل ۵- انرژی مطمئن ماهانه سد بختیاری

بعنوان نمونه انرژی متوسط ماهانه شبیه سازی سیستم سد بختیاری در شکل ۶ ارائه شده است. متوسط انرژی دوره ۴۵ ساله، ۳۰۸۵ گیگاوات ساعت در سال برآورد شده است.



شکل ۶- انرژی متوسط ماهانه سد بختیاری

Time (Month)	540
y ave average power	4,212
y ave bakhtiari dam storage	4,204
y ave energy average	3,085
y ave evap	99.69
y ave firm energy	2,306
y ave firm power	17,532
y ave inflow bakhtiari	4,519
y ave Q energy month	3,400
y ave regulate	3,302
y ave spill	1,118
bakhtiari Storage	4,770
balance	0.0039

شکل ۷-نتایج حاصل از اجرای مدل سد(بیلان سد بختیاری)

جمع بندی

نتیجه‌گیری این مطالعه امکان بررسی و اولویت‌بندی نیروگاه‌های برق‌آبی در مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری را فراهم کرده است تا بتوان با تأمین انرژی از منابع پاک، به کاهش گازهای گلخانه‌ای و صرفه‌جویی ارزی در مصرف سوخت دست یافت. مجموع انرژی مطمئن و متوسط تولید شده توسط سدهای در دست بهره‌برداری به‌ترتیب برابر با ۱۲۱۵۱ و ۲۳۶۹۹ گیگاوات ساعت در سال است. صرفه‌جویی در سوخت و حفاظت از محیط زیست برای انرژی متوسط تولید شده توسط سدهای در دست بهره‌برداری معادل ۱,۹۲ میلیارد دلار در سال می‌باشد. همچنین، کاهش میانگین سالانه انتشار گازهای گلخانه‌ای برای سدهای در دست بهره‌برداری ۱۶ میلیون تن در سال است. در مورد سدهای در دست ساخت، میانگین سالانه انرژی مطمئن و متوسط تولید شده به‌ترتیب برابر با ۲۶۵۲,۶۶ و ۴۴۲۰ گیگاوات ساعت در سال است که معادل مالی صرفه‌جویی در سوخت و حفاظت از محیط زیست معادل ۰,۳۳ میلیارد دلار در سال می‌باشد. متوسط کاهش سالانه انتشار گازهای گلخانه‌ای برای سدهای در دست ساخت نیز به ۳ میلیون تن در سال معادل گاز کربنیک می‌باشد. برای سدهای در دست مطالعه، میانگین سالانه انرژی مطمئن و متوسط تولید شده به‌ترتیب برابر با ۱۴۵۶,۳۱ و ۳۶۵۲,۶۹ گیگاوات ساعت در سال است که معادل مالی صرفه‌جویی در سوخت و حفاظت از محیط زیست معادل ۰,۲۷ میلیارد دلار در سال می‌باشد. همچنین، متوسط کاهش سالانه انتشار گازهای گلخانه‌ای برای این سدها به ۲ میلیون تن در سال معادل گاز کربنیک می‌باشد. میزان سوخت صرفه‌جویی شده در گاز طبیعی ۵۷۲۱ میلیون مترمکعب، گازوییل ۱۰۹۲ میلیون لیتر معادل ۵,۵ میلیون بشکه و نفت کوره ۲۰۳۱ میلیون لیتر معادل ۱۰,۲ میلیون بشکه برآورد شده است. توسعه سدها (در دست بهره‌برداری، ساخت و مطالعه) برای تولید برق‌آبی در حوضه رودخانه کارون، مجموع میانگین درازمدت انرژی مطمئن و انرژی متوسط تولیدی به‌ترتیب ۱۶۲۶۰ و ۳۱۷۷۱,۷ گیگاوات ساعت در سال را به همراه داشته است. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برابر ۲۱ میلیون تن در سال برآورد شده است و کل صرفه‌جویی سالانه در مصرف سوخت و حفاظت از محیط زیست ۱۰۶۴۰۰ میلیارد ریال

می‌باشد که با دلار ۴۲۰۰۰ ریال معادل ۲,۵۳ میلیارد دلار در سال برآورد شده است. این دستاوردها نشان‌دهنده مزایای قابل توجه توسعه نیروگاه‌های سدهای برق‌آبی در حوضه آبریز کارون است که نه تنها به تأمین انرژی پاک کمک می‌کند، بلکه در کاهش آلودگی‌های محیطی و بهبود وضعیت اقتصادی نیز مؤثر است

مراجع

آمارنامه تفصیلی صنعت برق- ویژه مدیریت راهبردی در سال ۱۳۹۳ .

ایمانی زاده شریف پور ، محبوبه. (۱۳۸۹)."مدل کردن عملکرد سدها با رویکرد پویایی سیستم ها با استفاده از نرم افزار vensim ".

ارشدی، محمد ؛ باقری، علی .(۱۳۹۲)،" تحلیل سیستم منابع آب حوضه کارون از منظر پایداری با رویکرد پویایی سیستم ها"، تحقیقات منابع آب ایران ,دوره ۹، شماره ۳ ، ۱-۱۳.

بخشنامه دستگاه های اجرایی. (۱۳۹۳)،" راهنمای طراحی سیستم های فتوولتاییک به منظور تامین انرژی الکتریکی"،شماره ۹۳/۷۱۱۷۳.

بهادری فر، ماندانا ؛ باقری نشانی، عبدالله ؛ زارعی، علی اکبر. (۱۳۹۲)،"تجارت تکنولوژی انرژی های پاک، راهی به سوی کاهش اثرات تغییرات اقلیمی"، همایش ملی پژوهشهای محیط زیست ایران.

تارنمای سازمان انرژی های نو ایران www.suna.org.ir

ترکان، ایرج. (۱۳۹۴)، صفحه اینترنتی پست ۴۴۱. http://iraj-torkan.blogfa.com/post-,۲۰۱۵/۲۵/۱۱ 441.aspx

تهامی پور، مرتضی ؛ عابدی، سمانه ؛ کریمی بابا احمدی ، رضا ؛ ابراهیمی زاده، مرتضی. (تابستان ۱۳۹۵)،"بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر سرانه رشد اقتصادی واقعی ایران" مقاله ۲، دوره ۵، شماره ۱۹، صفحه ۵۳-۷۷ .

جلالی،محمدرضا ؛ افشار، عباس.(۱۳۸۲)،"شبیه سازی پویای سیستم تولید انرژی مخازن برق¬آبی"،اولین کنفرانس مدیریت،ایران، تهران.

حسین شاهی بندری ، مرجان؛ حجی زاده، متین. (۱۳۹۲)،"بررسی پتانسیل انرژی بادی در ایران"، پنجمین همایش علمی تخصصی انرژی های تجدید پذیر و پاک و کارآمد.

خداپرست مشهدی، مهدی؛ قزلباش، اعظم، (۱۳۹۵)." ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه تلمبه ذخیره ای در سد و نیروگاه پیرتقی"، پژوهشی مطالعات اقتصادی

کاربردی ایران، دوره پنجم،شماره ۱۷، صفحه ۲۲۴-۱۹۹.

رستمی، سمیه و همکاران، (۱۳۸۸)." بررسی تئوری پدیده تراوش با توجه به آمار سدسازی و مطالعات اخیر درزمینه تراوش".

رحیمی، محمد حسین ؛کلانتری، نصرالله و کشاورزی، محمدرضا. (۱۳۸۶)،"مقاله های همایشهای ایران و بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین "، وزارت صنایع و معادن.

رفیعیان، مجتبی ؛ باقری، علی و فرخی، مریم. (۱۳۹۵) ،"برنامه ریزی مدیریت توسعه شهری با استفاده از رویکرد پویایی سیستم بررسی موردی: منطقه ۱۸تهران"، نشریه نامه معماری و شهرسازی، دوره ۸،شماره ۱۶.

زینلی کرمانی، منصور؛ زینلی کرمانی، محمدصادق؛ احمدی پور، اکبر؛ حسنی سعدی ، نگین. (۱۳۹۳)،" تاثیر استفاده از نیروگاه بادی بر کاهش گازهای گلخانه ای در شهر کرمان"، چهارمین کنفرانس سالانه انرژی پاک، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی .

شیخ خوزانی، زهرا و همکاران. (۱۳۸۹)."شبیه سازی و ارزیابی شاخص تکاپوی آب سد مخزنی شهید یعقوبی با استفاده از روش تحلیل پویایی سیستم "، مجله مدل سازی در مهندسی، سال هشتم،شماره ۲۱.

شریفی، امیررضا؛ تجریشی، مسعود. (۱۳۸۷)، "مدل سازی پویایی سیستم به منظور بررسی تاثیر توسعه بالادست حوضه آبریز رودخانه کرخه بر تولید انرژی برق¬آبی سد کوران بوزان".دومین کنفرانس ملی سد و نیزوگاه های برق-آبی

شریفیان، وحید . (۱۳۹۵)،"بهینه سازی پارامترهای طراحی سدهای برق¬آبی برای سازگاری با تغییراقلیم با استفاده از الگوریتم برنامه ریزی پویای دوگان غیرقطعی (SDDP).

شجاعی، معصومه ؛ نمازی، ساناز ؛ بیراوند، مهتاب. (بهار ۱۳۹۲)،" انجام مطالعات اقتصادی و زیست محیطی نیروگاه‌های فسیلی و هسته‌ای و ارائه گزینه بهینه"، مقاله ۲، دوره ۷، شماره ۲۲، صفحه ۲۷-۴۸.

عباسپور، مجید ؛کرباسی، عبدالرضا ؛ پهلوان، عاتکه ؛ رحیمی پور انارکی، حمید ؛ مطهری، سعید. (تابستان ۱۳۸۹)،"مطالعات پایه و بررسی اثرات زیست محیطی نیروگاه های برق¬آبی (نمونه موردی نیرو گاه سردآبرود)" ، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره ۲، شماره۲ ، صفحات ۱-۱۸.

عباسی ، هادی .(۱۳۹۳) ،"ارزیابی قابلیت تولید برق¬آبی از جریان رودخانه - مطالعه موردی: رودخانه کارون در استان خوزستان".

عباس زاده ناصری، مهدی، (۱۳۸۷)."شناسایی و کنترل نیروگا ههای برق¬آبی کوچک (تولید پراکنده) و مطالعه موردی نیروگاه ناو گیلان ".

فاطمی، سید احسان ؛ پاک بین ، مژگان و حافظ پرست مودت ، مریم،(۱۳۹۵)،" توسعه مدل شبیه سازی تولید انرژی برق¬آبی مخزن با رویکردی جدید در سد ابوالعباس "، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد۴۶، شماره ۸۴.

کرباسی، عبدالرضا ." نقش نیروگاهها در آلودگی محیط زیست"، نشریه انرژی ایران ، دوره۱ ،شماره ۲ ، صفحه ۴۲-۲۷.

" گزارش عملکرد شرکت منابع آب و نیرو ایران "،(۱۳۸۵).

ناصری فر، یاسر ؛ وثوق، علی . انتشار: (۲۳ خرداد ۱۳۹۵)،" نقش نیروگاههای برق¬آبی در کاهش تولید گازهای گلخانه ای (با نگاهی به سد و نیروگاه بختیاری)"، کد خبر:۱۵۶۱۲، پایگاه اطلاع رسانی صنعت برق (برق نیوز) .

نصیری خونساری، محمدمهدی. (۱۳۹۶)، "تحلیل سیستمهای داینامیک با نرم افزار " Vensim، نشر نوین برتر، دانشگاه صنعتی شریف .

Ashofte, PS, Hadad OB, Akbari –Alashti H, Marino MA (2014) Determination of Irrigation allocation policy under Climate change by genrtic programming. Journal of Irrigation and Drainage Enginrrring,Doi: 10.1061/ (ASCE) .IR.1943-4774.0000807, 04014059

Boehlert, B., Strzepek, K. M., Gebretsadik, Y., Swanson, R., McCluskey, A., Neumann, J. E., ... & Martinich, J. (2016). Climate change impacts and greenhouse gas mitigation effects on US hydropower generation. Applied energy, .183, 1511-1519

Berga, L. (2016). The role of hydropower in climate change mitigation and adaptation: a .review. Engineering, 2(3), 313-318

Boysen F (2002) an overview and evaluation of composite indices of devploment, journal of .social

CO2 Emission From Fuel Combustion: Highlights (2011 edition)

(http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2450), Paris, France: International Energy Agency (IEA), 2011, p.9

Ghorbania, M.A. Hosseinia, H. Kashania, Abbasib, H (2015) Evaluation of Alaina Reservoir Operation Performance under the Condition of Future Climate Change, Journal of Civil and Environmental Engineering Volume .45, Issue 2, summer

Hashimoto, T., Stedinger, J.R., and Loucks, D.P., (1982), "Reliability,resiliency, and vulnerability cri- teria for water resource system performance evalutation ", water resource .Research, 18(1), 14-20

Jones, B. A., Ripberger, J., Jenkins-Smith, H., & Silva, C. (2017). Estimating willingness to pay for greenhouse gas emission reductions provided by hydropower using the contingent .valuation method. Energy Policy, 111, 362-370

Kadkhodahosseini, M., sh. Shahomammadi, R. Mirabbasi and H. Nozari(2017). "Evaluation of Different Allocation Scenarios for Choghakhor Dam Reservoir Using System Dynamic". Iran-Watershed Management Science &Engineering: Vol. 11, No. 36

Kounagbè, L. B. O., & Salami, A. O. (2017). Working Paper 269-Climate Change and Renewable Energy Generation in Africa (No. .2386)

Khan, M. T. I., Ali, Q., & Ashfaq, M. (2018). The nexus between greenhouse gas emission, electricity production, renewable energy and agriculture in Pakistan. Renewable Energy, 118, .437-451

Loucks DP, van Beek E (2005) Water resource systems Planing and Management, United Nations Educational, Scientific and Organization(UNESCO), Paris, France

Mc Mahon TA, Adebayo j, Sen _lin Z (2006)."Underasting Performance Measure of Reservior journal of Hydology, 324:359-382