برآورد و بررسی آبدهی مطمئن مخزن سد اکباتان بر اساس سطح اعتمادپذیری نیازهای شرب و کشاورزی شهر همدان

کوشا خاتونی[1*]، رضا فرزاد[1]

۱) دانشجوی دکتری عمران آب، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: **kousha.khatooni@srbiau.ac.ir**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰**

چکیده

با رشد روز افزون خشکسالی‌های اخیر در کشور، مدیریت صحیح و درست منابع آب و اولویت‌بندی تخصیص بخصوص در شهر-هایی که وضعیت بحرانی قرار دارند از مسائل مهم و ضروری هستند. مقدار تخصیص آب در سدهای مخزنی در ماه‌های مختلف با توجه به ذخیره مخزن تعیین می‌شود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، برآورد و بررسی میزان اعتمادپذیری سد مخزنی اکباتان شهر همدان بر اساس نیاز آب شرب و کشاورزی است؛ که با توجه به آماره‌ی بارش‌های سالانه این حوضه و مدل کردن شبیه‌سازی آبدهی مطمئن در محیط نرم‌افزاری MATLAB به بررسی این امر مهم و اساسی می‌پردازد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد با شبیه-سازی آبدهی مطمئن سد اکباتان، آبدهی این مخرن با توجه به داده آماری بارش، با هدف تـامین ۹۰ درصد نیـاز شرب و ۸۰ درصد نیاز کشاورزی مخزن سد قادر به تامین این نیازها خواهد بود و می‌توان گفت مدل آبدهی تعریف شده در این تحقیق با توجه به توانایی در کاهش کمبودها و جلوگیری از وقوع کمبودهای شدید، جهت تهیه منحنی فرمان بهره‌برداری از سدهای مخزنی مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبدهی مطمئن، مدل آبدهی، اعتمادپذیری، بهره‌برداری مخزن، سد اکباتان

مقدمه

با توجه به کمبود و محدودیت‌های شدید منابع آب در کشور، یکی از گام‌های اساسی برای مدیریت، برنامه‌ریزی و تامین آب طرح‌های موجود و توسعه در حوضه‌های آبریز، نگاه ویژه به مقادیر حداکثر آبدهی مطمئن قابل تامین است. در سال‌های اخیر، خشکسالی‌های شدید و کمبود آب شیرین، چالش‌ها و مباحث متنوعی را در بین کارشناسان، طراحان و مدیران صنعت آب کشور ایجاد نموده است. در این میان، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب همواره به عنوان یکی از مؤثرترین راهکارها مطرح بوده است. بنابراین، توجه ویژه به سیاست‌های بهره‌برداری بهینه در سدهای مخزنی برای تأمین حداکثر آبدهی مطمئن با اعتمادپذیری مطلوب امری اجتناب ناپذیر است. در حقیقت، قواعد بهره‌برداری اغلب به عنوان راهنمایی برای رهاسازی آب از مخازن به کار می‌روند تا امکان تامین نیازها را در شرایط عملی فراهم نمایند (Tu, et al. 2003). آبدهی مطمئن، حجم آبی است که در هر بازه زمانی و مکانی مورد نظر با اطمینان‌پذیری مطلوب قابل تامین است (Loucks, 1981). میزان آبدهی مطمئن قابل دسترس از مخزن یا مجموعه‌ای از مخازن به مجموع ظرفیت ذخیره فعال مخازن، سری زمانی جریان ورودی و نیازها بستگی دارد. در سیستم‌های منابع آب ساده شامل یک سد مخزنی و یک شبکه نیاز آبی منفرد، سه روش دیاگرام جرمی، تحلیل قله متوالی و بهینه‌سازی را می‌توان جهت تعیین حداکثر آبدهی مطمئن به کار برد (Loucks and Van Beek, 2017). اضافه شدن تعداد مخازن، تعداد شبکه‌های مصرف آب و جریان‌های ورودی، پیچیدگی‌های معنی‌داری را به مساله فوق تحمیل می‌نماید. بنابراین در سیستم‌های فوق، ناگزیر به استفاده از روش‌های مبتنی بر بهینه‌سازی می‌باشد. بایستی توجه نمود که اگر مبنای این مدل‌ها به جای توزیع احتمال، تنها بر اساس مقادیر مورد انتظار جریان ورودی باشد، ممکن است منجر به نتایجی خوش‌بینانه و غیرواقعی گردد. به همین دلیل است که مدل-های برنامه‌ریزی استوکستیک برای برآورد عدم قطعیت هیدرولوژیک ارائه شده‌اند. انواع مدل‌های استوکستیک مورد استفاده در بهره‌برداری از منابع آب که حل آنها مستلزم استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی پویا و خطی است به شرح ذیل است:

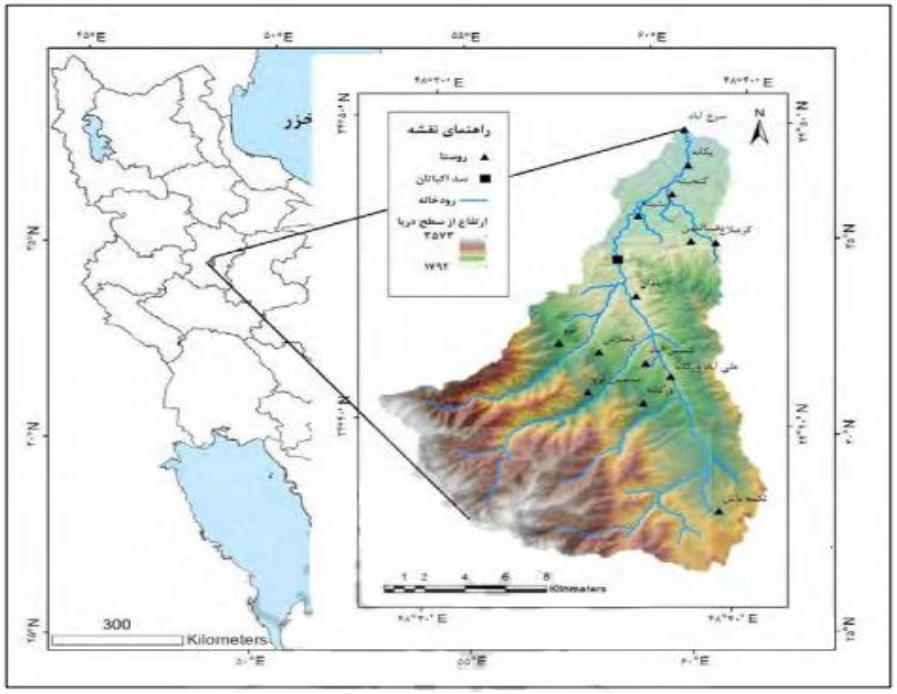
- مدل‌هایی که تعدادی از جریان‌ها و حجم‌های ذخیره گسسته و احتمالات آنها را در هر فاصله زمانی و در هر محل تعریف می‌کنند و مدل‌های برنامه‌ریزی پویا نام دارند (Allen and Bridgeman, 1986).
- مدل‌هایی که یک آبدهی مطمئن و قابلیت اطمینان آن را تعریف می‌کنند و مدل‌های آبدهی نامیده می‌شوند (Loucks, 1981; Dahe and Srivastava, 2002).
- مدل‌های مقید به شانس که دارای قواعدی برای بیان توزیع‌های احتمال حجم ذخیره مخزن و رهاسازی آب به عنوان توابع خطی از جریان‌های ورودی غیر معین (استوکستیک) هستند (Loucks and Dorfman, 1975).

Loucks و همکاران (۱۹۸۱) مفهوم اولیه و اصلی مدل آبدهی را مطرح کردند که توسط Stedinger و همکاران (۱۹۸۳) مورد ارزیابی و بازبینی قرار گرفت. Lall و Miller (۱۹۸۸)؛ Lall (۱۹۹۵) و Sinha و همکاران (۱۹۹۹) کاربرد مدل آبدهی را توسعه دادند. Dandy و همکاران (۱۹۹۷) برای تخمین آبدهی مطمئن سیستم، مقایسه‌ای را بین روش‌های شبیه‌سازی، برنامه‌ریزی خطی شبکه جریان و بهینه‌سازی با حل مدل آبدهی انجام دادند. Dahe و Srivastava (۲۰۰۲) یک راه حل اصلاحی در مدل آبدهی پیشنهاد دادند که امکان دستیابی به اعتمادپذیری سالانه مطلوب و متفاوت برای اهداف مختلف ضمن حفظ پیوستگی در آبدهی سالانه را میسر ساخت و این یکی از مشکلاتی بود که تا آن زمان به صورت حل نشده باقی مانده بود. Srivastava و Awchi (۲۰۰۹) یک مدل چندگانه را به کار بردند تا یک استراتژی مفید به منظور ارزیابی ذخیره مخزن، آبدهی مطمئن آبی و عملکرد بهره برداری فراهم نمایند. Sharma و همکاران (۲۰۱۱) ضمن برآورد حداکثر آبدهی مطمئن سالانه مخزن، یک توزیع قطعی از کمبودهای ذخیره آتی بر مبانی نیازهای موجود و داده-های تاریخی جریان ارائه دادند. در این تحقیق، یک برنامه شبیه‌سازی توسعه داده شد و با نتایج به دست آمده از مدل برنامه‌ریزی خطی مقایسه گردید. آنها نتیجه‌گیری کردند؛ اگر مدل برنامه‌ریزی خطی بتواند جزئیات مدل‌های شبیه‌سازی را منظور نماید، نتیجه بهتری خواهد داشت. Ahmad و همکاران (۲۰۱۳) یک مدل ترکیبی شبیه‌سازی- بهینه‌سازی را برای برآورد حداکثر آبدهی مطمئن در یک مخزن منفرد به کار بردند. Pattewar و همکاران (۲۰۱۳) یک مدل برنامه‌ریزی خطی مبتنی بر مدل آبدهی را به منظور برآورد آبدهی مطمئن در یک سیستم دو مخزنه توسعه داده و سعی کردند تا جزئیات بیشتری از مدل‌های شبیه‌سازی را در برنامه‌ریزی خطی وارد نمایند. Taghian (۲۰۱۷) به برآورد آبدهی مطمئن در سیستم‌های منابع آب با استفاده از بهینه‌سازی خطی در سیستم منابع آب سه مخزنی حوضه آبریز زهره در جنوب غرب ایران پرداخت. نتایج او نشان داد که در شرایط توسعه آتی، اعتمادپذیری تامین نیازهای سیستم منابع آب زهره معادل با ۸۳ درصد است و آبدهی مطمئن سیستم زهره معادل با ۶۵ درصد نیاز ها خواهد بود. با توجه به آنچه بیان گردید در این تحقیق، به بررسی مدل شبیه‌سازی خطی آبدهی مطمئن مخزن سد اکباتان پرداخته می‌شود، که با توجه بارش‌های سالانه در این حوضه و همچنین نیازهای شرب و کشاورزی شهر همدان میزان اعتمادپذیری مخزن این سد بررسی و برآورد می-شود.

مواد و روش‌ها

سد اکباتان یا سد شهناز مهم‌ترین سد استان همدان است (شکل ۱). این سد از پنج کیلومتری جاده همدان به ملایر منشعب شده و راه دسترسی به آن به سمت روستای تفریجان و یلفان است، بر روی رود آبشینه، پایین‌تر از محل تلاقی رودخانه‌های یلفان و رود ابرو احداث شده است. این سد بعد از انقلاب ۱۳۵۷ از سد شهناز پهلوی به سد اکباتان (آبشینه)

تغییر نام داد. ارتفاع سد در زمان ساخت ۵۴ متر (از پی) بوده است و پس از اتمام طرح افزایش ارتفاع، هم اکنون ارتفاع سد اکباتان به ۷۹ متر رسیده است. گنجایش فعلی مخزن ۳۶ میلیون مترمکعب است و ذخیره آب این سد در شهریور سال ۱۴۰۱ تقریباً به پایان رسید به گونه‌ای که ساکنان شهر همدان بیش از سه هفته قطعی آب کامل در بیشتر ساعات روز را تجربه کردند و تانکرهای آبرسانی به محلات شهر آبرسانی می‌کردند. با توجه به اهمیت این سد در استان همدان به عنوان مطالعه موردی این تحقیق انتخاب گردید.



شکل۱: موقعیت سد اکباتان همدان و رودخانه‌های جاری در آن

آبدهی مطمئن یا قابل اطمینان، مقداری است که مخزن همواره قادر به تأمین کردن آن است و آبدهی‌های بالاتر از آن نامطمئن هستند. در مدل آبدهی دو سری رابطه برای برقراری تعادل حجمی در حجم ذخیره برونسالی و درونسالی وجود دارد. شبیه‌سازی مخزن در این روش از تعیین حجم ذخیره مخـزن در هر دوره بر اساس دبی ورودی به مخزن، برداشت و تلفات آب که با توجه به شرایط آب و هوایی و زمین‌شناسی محل رخ می‌دهد. شـبیه‌سازی مخزن بر اساس رابطه پیوستگی که به صورت زیر انجام می‌گیرد:

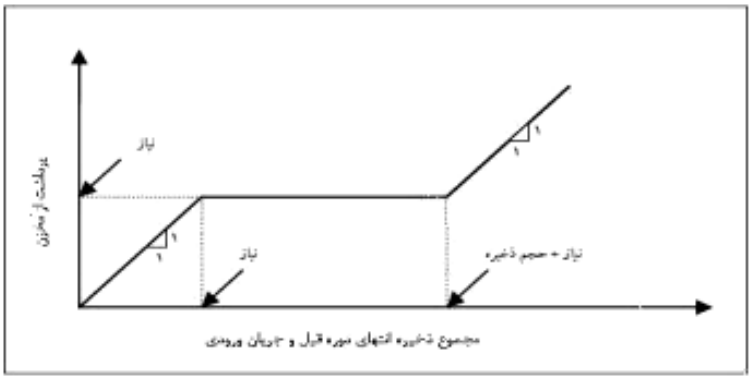
جدول ۱: نیاز ماهیانه پایین دست سد اکباتان (MCM)

نیاز / ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
شرب	۲.۵	۲.۵	۲.۶	۲.۶	۲.۶	۲.۳	۲.۳	۲	۲	۲	۲	۲
کشاورزی	۱۱	۳۲	۴۵	۵۹	۶۰	۵۳	۰	۰	۱	۲	۱	۱
مجموع	۱۳.۵	۳۴.۵	۴۷.۶	۶۱.۶	۶۲.۶	۵۵.۳	۲.۳	۲	۳	۴	۳	۳

جدول (۱) نیازهای پایین‌دست سد مخزنی اکباتان را نمایش می‌دهد که بر این اساس در ماه‌های فصل بهار و تابستان نیازهای شرب و کشاورزی بیشترین مقدار را شامل می‌شود. رابطه (۱)، اصلی‌ترین و مهم‌ترین رابطه آبدهی مطمئن در سیاست بهره‌برداری استاندارد را نشان می‌دهد:

رابطه۱: $$S_{t+1} = S_t + Q_t + P_t - R_t - EV_t - Spill_t$$

که در این رابطه: S_{t+1}، حجم ذخیره مخزن در ابتـدای مـاه t+1 ، S_t، حجم ذخیره مخزن در ابتدای ماه t، Q_t، حجم جریان ورودی به مخزن در ماه t، P_t، حجم بارش روی سطح دریاچـه در مـاه t، R_t، حجم برداشت یا رهاسازی از مخزن سد در ماه t؛ Ev_t، حجم تبخیر از سطح دریاچه در ماه t و $Spill_t$، حجـم سـرریز در مـاه t می‌باشد. به علت ناچیز بودن مقادیر حجم آب خروجی از مخزن در اثر نشت و حجم آب ورودی به مخـزن در اثـر چشـمه‌هـای موجـود در دریاچه سد و به دلیل مشکلات موجود در برآورد مقادیر آنها بصـورت کلی جز در مواردی که صرفاً مطالعه این پارامترها مدنظر باشد از ایـن دو پارامتر صرفنظر می‌گردد. رابطه (۱) مبنای همه شبیه‌سازی‌هـا مـی‌باشد ولی عاملی که شبیه‌سازی‌ها را از یکدیگر متمایز می‌کند و باعث بوجود آمدن سیاست‌های مختلف بهره‌برداری می‌شود، مقـدار و زمـان برداشت آب یعنی R_t می‌باشد که متفاوت از مقدار نیاز می‌باشد.



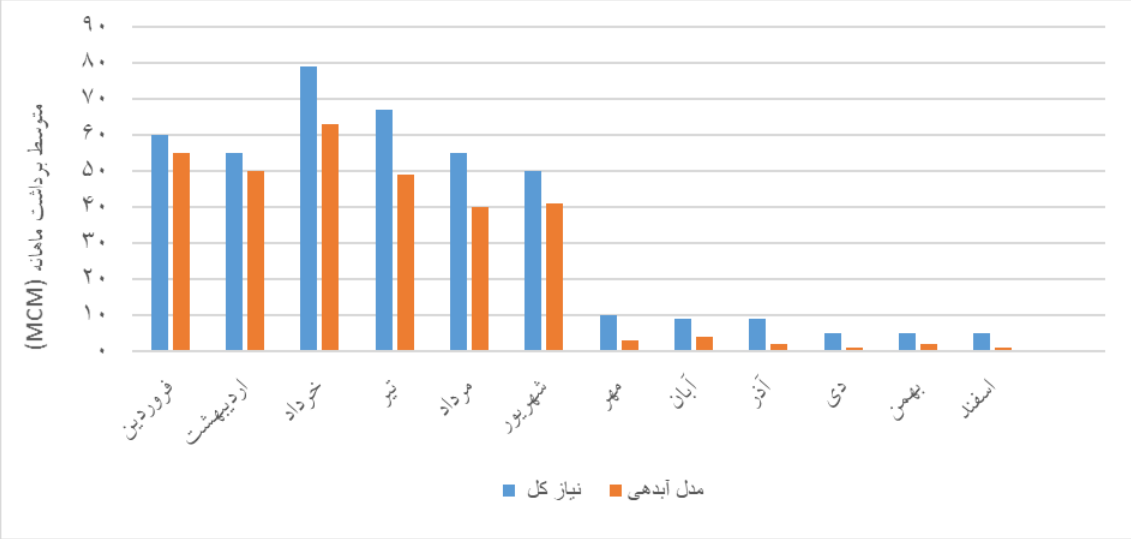
شکل ۲: سیاست بهره برداری استاندارد

در این پژوهش تامین ۹۰ درصد نیاز شرب و ۸۰ درصد نیاز کشاورزی به عنوان نیاز قطعی در نظر گرفتـه شد. تـامین ۲۰ درصد باقیمانده نیاز کشاورزی به عنوان نیاز ثانویه در نظر گرفته می‌شود که جهت جلوگیری از مواجه شدن سیستم با کمبودهای شدید در ماه‌های آینده بهره‌برداری با توجه به خصوصیات مدل آبدهی ممکن است تامین نشود. اگر مخزن قادر به تامین نیاز ثانویه نباشد خسارت چندانی به بخش‌های مصرف کننده آب وارد نمی‌شود. نـوع و شرایط مصرف-کننده‌ها در تعیین درصد نیازهای قطعی و ثانویه نقش مهمی دارند. با توجه به آنچه که بیان گردید، با توجه به رابطه (۱) و همچنین داشتن آماره‌ی بارش ۱۵ ساله بصورت ماهیانه و همچنین اطلاعات مخزن و هیدرولیکی سد اکباتان، مدل

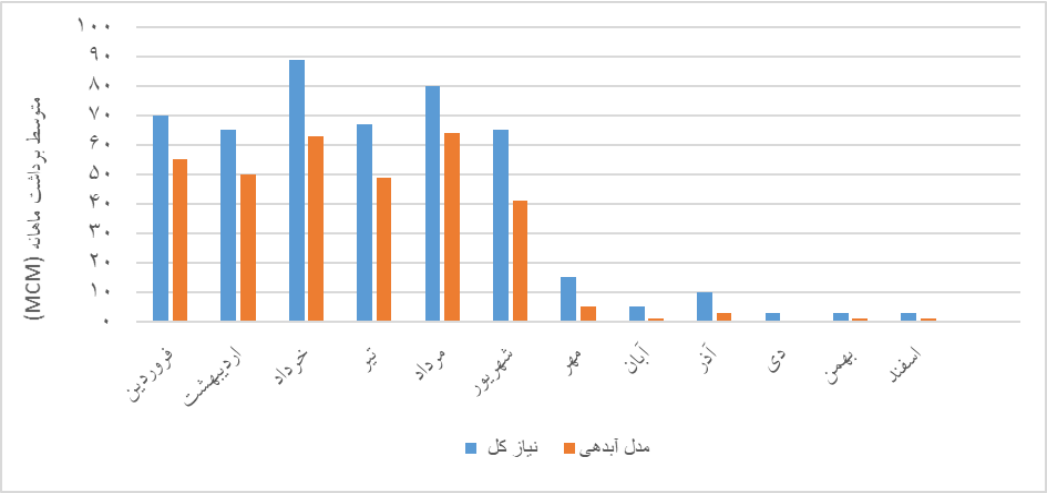
شبیه‌سازی خطی آبدهی مطمئن این سد در محیط نرم‌افزاری متلب صورت گرفته است که در بخش بعدی به شرح نتایج پرداخته می‌شود.

نتایج و بحث

با توجه به این که در بخش سد اکباتان همدان از آبدهی حوضه میانی استفاده می‌شود، بنابراین از جریان تنظیمی سد به منظور تأمین نیازهای شرب، کشاورزی و جبران کمبودهای حاصله در تأمین نیازهای کشاورزی استفاده خواهد شد. این امر سبب می‌گردد تا ضمن استفاده حداکثر از حوضه میانی، از آب ذخیره شده در مخزن استفاده مناسب‌تری به عمل آید. مخزن سد اکباتان توانایی برآورد کامل نیاز آبی پایین‌دست را دارد، در ماه‌هایی که مخزن توانایی تأمین ۱۰۰ درصد نیاز را دارد، کل نیاز آن ماه تأمین می‌شود در غیر این صورت، درصدی از نیاز آن ماه تأمین و مخزن از آب خالی می‌شود. این مدل متوسط سالانه تنظیم آب را در طول دوره آماری ۱۳۵/۵ میلیون مترمکعب بدست آورده است. بر اساس مدل آبدهی، دو سیاست متفاوت در نظر گرفته شد که در تمامی آنها، نیازهای شرب، کشاورزی به طور کامل و درصدهای متفاوتی از نیاز کشاورزی منظور شده است. در شکل(۳ و ۴) منحنی‌های فرمان مدل آبدهی با ۹۰ و ۸۰ درصد تأمین نیازهای شرب و کشاورزی نشان داده شده است.

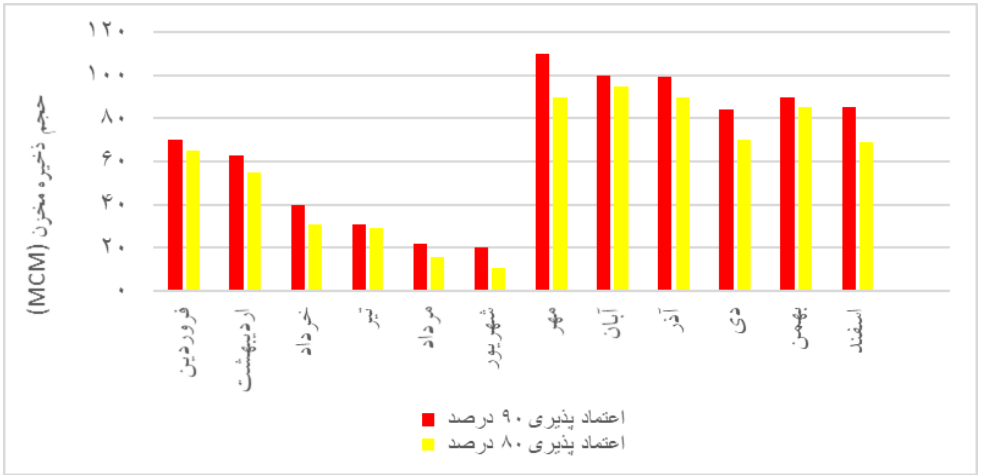


شکل ۳: متوسط برداشت ماهیانه بر اساس اعتمادپذیری ۹۰ درصد (شرب)



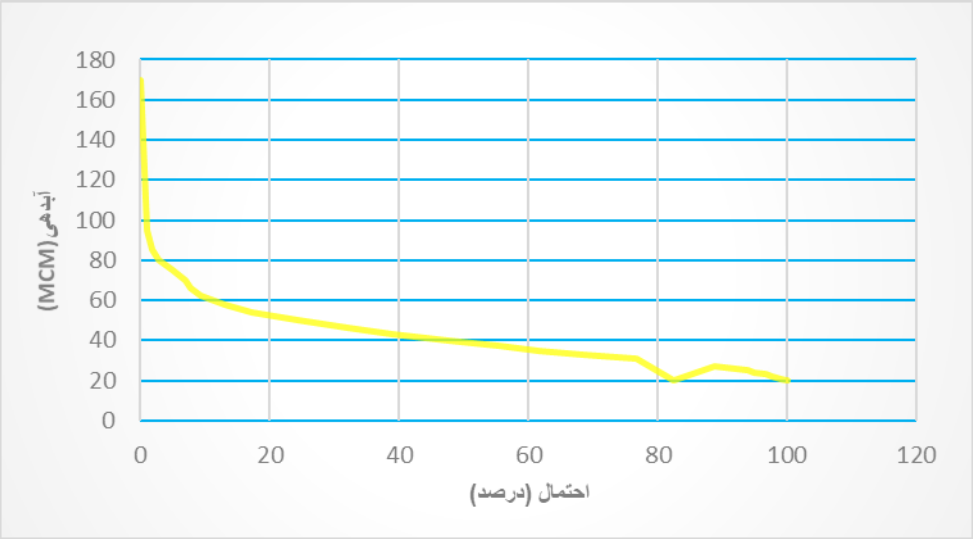
شکل ۴: متوسط برداشت ماهیانه بر اساس اعتمادپذیری ۸۰ درصد (کشاورزی)

در هـــر دو حالت در فـصول پـاییز و زمـستان و همچنین در ماه‌های فروردین و شـهریور کـه جریـان ورودی به رودخانه زیاد و برداشت آب از مخزن سـد کم است، ۱۰۰ درصد آبی کـه از مخـزن سـد تقاضـا شود، قابل تأمین است و نیازی به جیره‌بندی آب در این ماه‌ها نیست. در مدل بررسی آبدهی مطمئن در ماه‌های اردیبهشت تا مرداد، خصوصاً در ماه تیر میزان متوسـط برداشـت آب کمتر از میزان متوسط تقاضا از مخزن می‌باشـد و شدت کمبود آب در این ماه‌ها زیاد است. اگرچه در این سیاست بهره‌برداری تعـداد ماه‌های شکست افزایش یافته ولی شدت کمبودها کنترل شده است. تغییرات حجم ذخیـره مخـزن در سیاست‌هـای پذیرش شده از مدل آبدهی در شکل (۵) نشان داده شده است. از ماه مهر تا ماه فروردین، در سیاست اول مدل آبـدهی در مخـزن حجـم آب بـیشتـری نـسبت بـه سیاست‌های دوم و سوم ذخیره شده است. در صورتی که از ماه اردیبهشت تا ماه شهریور هر چه درصد نیـاز کشاورزی کمتر میشود میـزان حجـم ذخیـره مخـزن بیشتر شده است.



شکل ۵: تغییرات حجم مخزن در مدل آبدهی مطمئن با سیاست استاندارد شرب و کشاورزی

در نهایت با توجه به آنچه که بیان شد در شکل (۶) منحنی آبدهی مطمئن شده اکباتان را نشان می‌دهد که طی ۱۵ سال بارش آماری و حجم مخزن و نیازهای این سد در پایین‌دست به چه صورت آبدهی دارد:



شکل ۶: منحنی آبدهی مطمئن شده اکباتان همدان

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به تشریح مدل آبدهی مطمئن مخزن سد اکباتان همدان پرداخته شد. بدین منظور جهت بررسی تامین نیازهای شرب و کشاورزی این شهر مدل آبدهی در محیط نرم‌افزار متلب توسعه داده شد؛ که با توجه به بررسی‌هایی که تشریح گردید می‌توان نتیجه گرفت در مدل آبدهی این مخرن با توجه به داده آماری بارش، با هدف تامین ۹۰ درصد نیاز شرب و ۸۰ درصد نیاز کشاورزی مخزن سد قادر به تامیین این نیازها خواهد بود، باید توجه داشت سال‌هایی که از نظر خشکسالی شدید بوده‌اند تعداد ماهه‌ای شکست، یعنی تعداد ماه‌هایی که سیستم با کمبود مواجه شده است بیشتر بوده و مدل آبدهی در این سال‌ها دچار کمبود مخزن می‌باشد، همچنین مدل آبدهی با ذخیره آب از دو یا سه ماه قبل از ایجاد کمبودهای شدید، از شدت کمبودها در ماه‌های بحرانی می‌کاهد. در نهایت می‌توان با در نظر گرفتن مقادیر مختلفی از نیازهای قطعی و ثانویه، منحنی‌های فرمان مختلفی را به عنوان سیاست بهره‌برداری تهیه نمود. و بصورت کلی می‌توان گفت مدل آبدهی تعریف شده در این تحقیق با توجه به توانایی در کاهش کمبودها و جلوگیری از وقوع کمبودهای شدید، جهت تهیه منحنی فرمان بهره‌برداری از سدهای مخزنی مناسب می‌باشد.

منابع

Ahmed, G.L., Srivastava, D.K. and Rani, D. (2013). Optimization-simulation models for yield assessment of a single reservoir system. Journal of Indian Water Resources, Soc, 33, pp: 9–16.

Allen, R.B. and Bridgeman, S.G. (1986). Dynamic programming in hydropower scheduling. Journal of Water Resources, Plan Manage, 112, pp: 339–353.

Dahe, P.D. and Srivastava, D.K. (2002). Multireservoir multiyield model with allowable deficit in annual yield. Journal of Water Resources, Plan Manage, 128, pp: 406–414.

Dandy, G.C., Connarty, M.C. and Loucks, D.P. (1997). Comparison of methods for yield assessment of multiple reservoir systems. Journal of Water Resources, Plan Manage, 123, pp: 350–358.

Lall, U. (1995). Yield model for screening surface-and ground-water development. Journal of Water Resources, Plan Manag, 121, pp: 9–22.

Lall, U. and Miller, C.W. (1988). An optimization model for screening multipurpose reservoir systems. Water Resources, Res, 24, pp: 953–968.

Loucks, D.P. (1981). Water Resources Planning. Analysis, Prentice-Hall, New Jersey.

Loucks, D.P. and Dorfman, P.J. (1975). An evaluation of some linear decision rules in chance-Constrained models for reservoir planning and operation. Water Resources, Res, 11, pp: 777–782.

Loucks, D.P. and Van Beek, E. (2017). Water resource systems planning and management: An introduction to methods, models, and applications. Springer.

Pattewar, D. V, Sharma, K.M. and Dahe, P.D. (2013). Yield estimation for a single purpose multi-reservoir system using LP based yield model. Journal of Water Resources. Prot, 5, 28 pp.

Sharma, K. and Pattewar, D. V. (2011). Comparison of Actual Release Schedule and Optimal Operation of Isapur Reservoir (India). International Journal of Civil Engineering, Reservoir, Dev, 1.

Sinha, A.K., Rao, B.V. and Lall, U. (1999). Yield model for screening multipurpose reservoir systems. Journal of water Resources, Plan Manage, 125, pp: 325–332.

Srivastava, D.K. and Awchi, T.A. (2009). Storage-yield evaluation and operation of Mula Reservoir (India). Journal of Water Resources, Plan Manage, 135, 414 pp.

Stedinger, J.R., Sule, B.F. and Pei, D. (1983). Multiple reservoir system screening models. Water Resources, Res, 19, pp: 1383–1393.

Taghian, M. (2017). Estimating the Yield In Water Resource Systems Using Linear Programming. Irrigation sciences Engineering, 40, pp: 73–82.

Tu, M.Y., Hsu, N.S. and Yeh, W.W.G. (2003). Optimization of reservoir management and operation with hedging rules. Journal of Water Resources, Plan Manage, 129, pp: 86–97.

Estimating and checking the Reliable water supply of Ekbatan dam Reservoir based on the Reliability level of drinking and Agricultural needs of Hamedan city

Kousha Khatooni [*1], Reza Farzad [1]

1) PhD Candidate in Civil Engineering, Department of Civil Engineering, Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

***Correspondence author:** kousha.khatooni@srbiau.ac.ir

Received Data: 2023. 06. 05 **Accepted Data: 2023. 09.11**

Abstract

With the growing number of recent droughts in the country, correct management of water resources and prioritization of allocation, especially in cities that are in a critical situation, are important and necessary issues. The amount of water allocation in reservoir dams in different months is determined according to the reserve of the reservoir. Therefore, the purpose of this research is to estimate and check the reliability of Ekbatan Reservoir Dam in Hamedan city based on drinking and agricultural water needs, which according to the annual rainfall statistics of this basin and modeling the simulation of reliable irrigation in the MATLAB software environment. Investigating this is important and fundamental. The results of the research show that by simulating the reliable water supply of Ekbatan Dam, the water supply of this dam will be able to supply these needs according to the statistical data of rainfall, with the aim of providing 90% of the drinking needs and 80% of the agricultural needs of the dam reservoir, and it can be said that the model The reservoir defined in this research is suitable for preparing the command curve for reservoir dams due to its ability to reduce shortages and prevent the occurrence of severe shortages.

Keywords: Reliable irrigation, irrigation model, reliability, reservoir exploitation, Ekbatan Dam