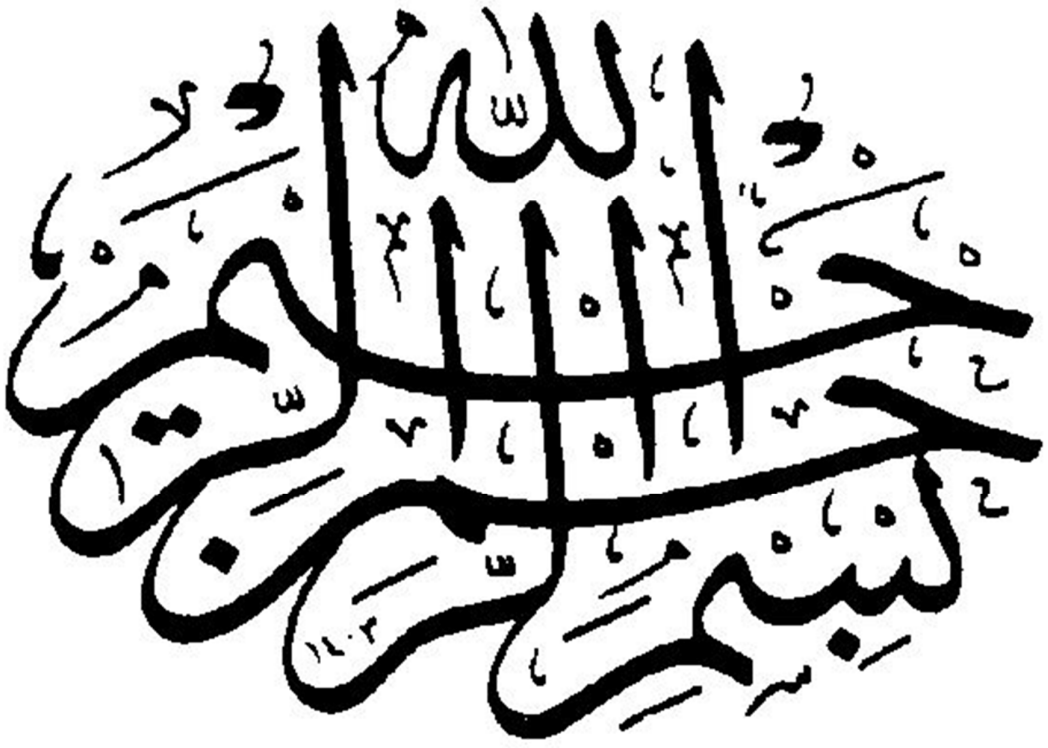
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه ازاد اسلامی تهران مرکز

دانشکده فنی ومهندسی

استخراج منحنی فرمان سد با استفاده از الگوریتم‌های GA و PSO

(مطالعه موردی:سد گلستان)

استاد راهنما:

دکتر مهدی مفتاح هلقی

استاد مشاور:

دکتر عبدالرضا ظهیری

نگارش:

مسلم بهلول

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران (گرایش آب)

بهمن ۱۳۹۰

چکیده

افزایش جمعیت، رشد تقاضا، رعایت معیارهای اقتصادی و نیز محدودیت منابع آبی، لزوم بهره‌برداری بهینه از این منابع را نمایان می‌سازد. سیاست‌های بهره‌برداری، مجموعه‌ای از قوانین می‌باشند که در شرایط مختلف بهره‌برداری، مقدار آبی را که بایستی ذخیره یا رهاسازی شود را تعیین می‌نمایند. این سیاست‌ها، قوانین از پیش تعیین شده برای مواجهه با شرایط مختلف را تعریف می‌کنند. با توجه به جریان ورودی غیرقطعی، ارائه دستورالعمل‌هایی بر اساس دامنه تغییرات جریان ورودی، نیازها و حجم ذخیره مخزن ضروری می‌باشد. منحنی‌های فرمان نمونه‌ای از این دستورالعمل‌ها می‌باشند که می‌توانند جریان خروجی از مخزن را به شکل تابعی از جریان ورودی و حجم ذخیره مخزن تعریف نمایند. استخراج قواعد مناسب در بهره‌برداری، با افزایش تعداد مخازن و در نظر گرفتن اثرات مخازن بر یکدیگر، پیچیدگی مسأله را افزایش می‌دهد. اگرچه در سیستم‌های چندمخزنی، می‌توان هر یک از مخازن را به صورت جداگانه و بدون در نظر گرفتن اثرات مخازن بر یکدیگر بهره‌برداری نمود و یک مدیریت خرد بر سیستم اعمال نمود، اما اگر با نگرشی جامع و در نظر گرفتن اثرات جریانات تنظیم شده خروجی از مخازن بالادست بر مخزن پایین‌دست، مدیریت یکپارچه بر سیستم اعمال شود، نتایج بهتری بدست می‌آید. از این رو در این تحقیق چند مدل بهینه‌سازی براساس برنامه‌ریزی غیرخطی، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم مجموعه ذرات، برای بهینه‌سازی عملکرد مخزن سدها با در نظر گرفتن اثرات جریانات تنظیم شده خروجی از مخازن بالادست بر مخزن پایین‌دست، توسعه داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه، در صورتیکه زمان پارامتر موثری نباشد پیشنهاد شد که از الگوریتم‌های فراکاوشی استفاده شود. در نهایت از بین منحنی‌های فرمان در نظر گرفته شده، یک منحنی به عنوان منحنی فرمان بهینه پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: سیاست‌های بهره‌برداری، منحنی فرمان، مدل بهینه‌سازی، مدیریت یکپارچه، الگوریتم‌های تکاملی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- منحنی های فرمان ۴
۱-۳- لزوم تحقیق ۵
۱-۴- هدف از تحقیق ۷
۱-۵- فرضیات تحقیق ۷
۱-۶- جمع بندی و نتیجه گیری ۷
فصل دوم: پیشینه تحقیقات ۸
۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲-روش های متداول بهینه سازی بهره برداری از مخزن ۹
۲-۳- الگوریتم های فراکاوشی بهینه سازی بهره برداری از مخزن ۱۳
۲-۳-۱- الگوریتم ژنتیک ۱۳
۲-۳-۲- الگوریتم مجموعه ذرات ۱۷
۲-۳-۳- سایر الگوریتم های فراکاوشی ۲۱
۲-۴- جمع بندی و نتیجه گیری ۲۳
فصل سوم: مواد و روش ها ۲۴
۳-۱- مقدمه ۲۵
۳-۲- مطالعه موردی ۲۵
۳-۲-۱- مشخصات حوزه ۲۵
۳-۲-۲- اهمیت حوزه ۲۶
۳-۲-۳- موقعیت جغرافیایی ۲۷
۳-۲-۴- سد بوستان ۲۷
۳-۲-۵- سد گلستان ۳۰
۳-۲-۶- سد وشمگیر ۳۱

۳-۲-۷- تامین نیاز آبی ۳۳
۳-۳- مدل خود همبسته میانگین متحرک (ARMA) ۳۴
۳-۳-۱- مدل ARIMA ۳۵
۳-۴– بهره برداری از مخزن ۳۶
۳-۴-۱- بهره برداری از مخزن جهت تأمین نیازهای مصرفی ۴۲
۳-۴-۲- سیاست های بهره برداری از مخازن ۴۲
۳-۴–۲–۱– سیاست بهره برداری استاندارد ۴۴
۳-۴–۲–۲– قواعد تصمیم گیری خطی ۴۵
۳-۴-۲-۳- سیاست خطی برنامه ریزی پویا با رگرسیون ۴۷
۳-۴–۲–۴– قواعد جیره بندی ۴۸
۳-۵- روش ها و الگوریتم های بهینه سازی سیاست های بهره برداری ۴۹
۳-۵-۱- روش های بهینه سازی استوکستیک ۵۰
۳-۵-۱-۱- برنامه ریزی خطی ۵۱
۳-۵-۱-۲- برنامه ریزی غیرخطی ۵۲
۳-۵-۱-۳- برنامه ریزی پویا ۵۳
۳-۵-۱-۴- مدل آبدهی ۵۴
۳-۵-۲- الگوریتم های بهینه سازی تکاملی ۵۵
۳-۵-۲-۱- نورد شبیه سازی شده ۵۶
۳-۵-۲-۲- الگوریتم ژنتیک ۵۶
۳-۵-۲-۳- الگوریتم مجموعه ذرات ۶۴
۳-۵-۲-۳-۱- الگوریتم NMS ۷۰
۳-۶- نحوه ارزیابی قوانین بهره برداری ۷۲
۳-۶-۱- شاخص های ارزیابی قوانین بهره برداری ۷۲
۳-۶-۱-۱- اعتماد پذیری ۷۴
۳-۶-۱-۲- برگشت پذیری ۷۵
۳-۶-۱-۳- آسیب پذیری ۷۶

۳-۷- جمع بندی و نتیجه گیری ۷۷
فصل چهارم: نتایج و بحث ۷۸
۴-۱- مقدمه ۷۹
۴-۲- تولید داده های طولانی مدت ۷۹
۴-۳- نتایج مدل های بهینه سازی ۸۱
۴-۳-۱- الگوریتم ژنتیک ۸۱
۴-۳-۲- الگوریتم PSO ۸۵
۴-۳-۲-۱- نتایج الگوریتم PSO اصلاح شده ۸۵
۴-۳-۳- برنامه ریزی غیر خطی ۸۹
۴-۳-۴- تحلیل نتایج مدل های بهینه سازی ۹۲
۴-۳-۵- مقایسه عملکرد روش های بهینه سازی ۹۴
۴-۳-۵-۱- مقایسه مقادیر تابع هدف ۹۴
۴-۳-۵-۲- مقایسه سرعت رسیدن به جواب بهینه ۹۵
۴-۳-۵-۳- انتخاب روش بهینه سازی برگزیده ۹۶
۴-۴- استخراج و ارزیابی قوانین بهره برداری ۹۶
۴-۵- جمع بندی و نتیجه گیری ۱۰۳
فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادات ۱۰۴
۵-۱- مقدمه ۱۰۵
۵-۲- جمع بندی و نتیجه گیری ۱۰۵
۵-۳- پیشنهادات ۱۰۶
مراجع ۱۰۷

فهرست شکل ها

شکل ۳-۱- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ موقعیت سدها و تاسیسات آبی مهم در استان گلستان ۲۸

شکل ۳-۲- شماتیک موقعیت سدهای بوستان، گلستان و وشمگیر ۲۸

شکل ۳-۳- نمودار سطح به حجم سد بوستان ۲۹

شکل ۳-۴- نمودار دبی ورودی ماهانه به سد بوستان ۲۹

شکل۳-۵- نمودار سطح به حجم سد گلستان..... ۳۱

شکل ۳-۶- نمودار دبی ورودی ماهانه به سد گلستان ۳۱

شکل ۳-۷- نمودار سطح به حجم سد وشمگیر ۳۲

شکل ۳-۸- نمودار دبی ورودی ماهانه به سد وشمگیر..... ۳۳

شکل (۳-۹): شکل کلی نحوه ارتباط سیستم چندمخزنه..... ۳۸

شکل (۳-۱۰): شماتیکی از یک سیستم چهارمخزنی ۳۹

شکل (۳-۱۱): جابجایی تک نقطه ای ۵۹

شکل (۳-۱۲): جابجایی دونقطه ای ۵۹

شکل (۳-۱۳): جابجایی یکنواخت ۵۹

شکل (۳-۱۴): نمایش گامهای مختلف GA ۵۹

شکل (۳-۱۵): روشهای مختلف رتبه بندی پارتو..... ۶۲

شکل (۳-۱۶): شماتیک طبیعت PSO (Eberhart et al., 1996). ۶۵

شکل (۳-۱۷): نمایش انواع همسایگی مجموعه ذرات ۶۶

شکل (۳-۱۸): نمایش گامهای مختلف الگوریتم PSO..... ۷۰

شکل ۴-۱- سری زمانی ۳۰ ساله دبی برای سد بوستان ۸۰

شکل ۴-۲- سری زمانی ۳۰ ساله دبی برای سد گلستان..... ۷۹

شکل ۴-۳- سری زمانی ۳۰ ساله دبی برای سد وشمگیر ۷۹

شکل ۴-۴- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط الگوریتم ژنتیک برای سد بوستان ۸۲

شکل ۴-۵- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط الگوریتم ژنتیک برای سد گلستان ۸۲

شکل ۴-۶- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط الگوریتم ژنتیک برای سد وشمگیر ۸۲

فهرست شکل ها

شکل ۴-۷- حجم ذخیره سد بوستان بر اساس مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک ۸۲
شکل ۴-۸- حجم ذخیره سد گلستان بر اساس مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک ۸۴
شکل ۴-۹- حجم ذخیره سد وشمگیر بر اساس مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک ۸۳
شکل ۴-۱۰- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط الگوریتم PSO برای سد بوستان ۸۶
شکل ۴-۱۱- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط الگوریتم PSO برای سد گلستان ۸۶
شکل ۴-۱۲- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط الگوریتم PSO برای سد وشمگیر ۸۷
شکل ۴-۱۳- حجم ذخیره سد بوستان بر اساس مدل بهینه سازی الگوریتم PSO ۸۷
شکل ۴-۱۴- حجم ذخیره سد گلستان بر اساس مدل بهینه سازی الگوریتم PSO ۸۸
شکل ۴-۱۵- حجم ذخیره سد وشمگیر بر اساس مدل بهینه سازی الگوریتم PSO ۸۸
شکل ۴-۱۶- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط مدل برنامه ریزی غیرخطی برای سد بوستان ۸۹
شکل ۴-۱۷- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط مدل برنامه ریزی غیرخطی برای سد گلستان ۹۰
شکل ۴-۱۸- میزان رهاسازیهای بهینه شده توسط مدل برنامه ریزی غیرخطی برای سد وشمگیر ۹۰
شکل ۴-۱۹- حجم ذخیره سد بوستان بر اساس مدل بهینه سازی برنامه ریزی غیرخطی ۹۱
شکل ۴-۲۰- حجم ذخیره سد گلستان بر اساس مدل بهینه سازی برنامه ریزی غیرخطی ۹۱
شکل ۴-۲۱- حجم ذخیره سد وشمگیر بر اساس مدل بهینه سازی برنامه ریزی غیرخطی ۹۲
شکل ۴-۲۲- مقایسه رهاسازیهای ماهانه بهینه سازی شده با NLP، GA و PSO برای سد بوستان ۹۳
شکل ۴-۲۳- مقایسه رهاسازیهای ماهانه بهینه سازی شده با NLP، GA و PSO برای سد گلستان ۹۳
شکل ۴-۲۴- مقایسه رهاسازیهای ماهانه بهینه سازی شده با NLP، GA و PSO برای سد وشمگیر ۹۴
شکل ۴-۲۵- رهاسازیهای ماهانه بر اساس منحنی فرمان Q2S2 برای سد بوستان ۱۰۰
شکل ۴-۲۶- رهاسازیهای ماهانه بر اساس منحنی فرمان Q2S2 برای سد گلستان ۱۰۰
شکل ۴-۲۷- رهاسازیهای ماهانه بر اساس منحنی فرمان Q2S2 برای سد وشمگیر ۱۰۱
شکل ۴-۲۸- حجم ذخیره ماهانه بر اساس منحنی فرمان Q2S2 برای سد بوستان ۱۰۱
شکل ۴-۲۹- حجم ذخیره ماهانه بر اساس منحنی فرمان Q2S2 برای سد گلستان ۱۰۲
شکل ۴-۳۰- حجم ذخیره ماهانه بر اساس منحنی فرمان Q2S2 برای سد وشمگیر ۱۰۲

فهرست جدول ها

جدول ۳-۱- مشخصات فیزیکی سد بوستان ۲۹
جدول ۳-۲- مشخصات فیزیکی سد گلستان ۳۰
جدول ۳-۳- مشخصات فیزیکی سد وشمگیر ۳۲
جدول ۳-۴- مقادیر نیاز آبی برای سدهای بوستان، گلستان و وشمگیر در سال بر حسب میلیون متر مکعب ۳۴
جدول ۴-۱- مقایسه مقادیر تابع هدف ۹۵
جدول ۴-۲- مقایسه سرعت الگوریتم ها در رسیدن به جواب بهینه ۹۵
جدول ۴-۳ مقایسه معیارهای کارایی منحنی های فرمان ۹۷
جدول ۴-۴- ضرایب ثابت بدست آمده برای منحنی فرمان Q2S2 سد بوستان ۹۸
جدول ۴-۵- ضرایب ثابت بدست آمده برای منحنی فرمان Q2S2 سد گلستان ۹۸
جدول ۴-۶- ضرایب ثابت بدست آمده برای منحنی فرمان Q2S2 سد وشمگیر ۹۹

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

افزایش جمعیت، محدودیت منابع غیریکنواخت آن، همچنین استفاده بی‌رویه از این منابع محدود، از جمله مسائل مهم مطرح در حوزه‌های مختلف زندگی بشر است. منابع آب نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. از آنجایی که مهار و تأمین آب بوسیله اجرای طرح‌های جدید و یا توسعه منابع آب موجود، مستلزم صرف هزینه‌های کلان بوده، مدیریت و بهره‌برداری از منابع موجود بیش از پیش مورد توجه واقع شده است. از جمله مواردی که در حوزه منابع آب، جهت ذخیره و استفاده از منابع آب سطحی استفاده می‌گردد و بهره‌برداری بهینه از آن لازم می‌باشد، مخازن سطحی هستند. برای بهره‌برداری بهینه از یک مخزن بایستی مقدار تابع هدف و متغیرهای موردنظر، جهت برآورده نمودن نیازهای طرح، بهینه گردند. در حالت واقعی، برای بهره‌برداری از یک مخزن، اهداف متفاوتی نظیر تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت در مناطق پایین‌دست، تولید انرژی و کنترل سیلاب و تفریحات تعریف می‌شوند که می‌توانند همسو یا ناهمسو باشند.

اجرای اهداف اشاره شده، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی را طلب می‌نماید، این در حالی است که مدل‌های شبیه‌سازی، مستقیماً قادر به تعیین جواب‌های بهینه مسأله نبوده ولی مدل-های بهینه‌سازی با بهره‌گیری از روابط ریاضی و استفاده از تابع هدف که حداکثرسازی منافع خاص و یا حداقل‌سازی ضررهای ناشی از شکست در طول دوره بهره‌برداری می‌باشد، علاوه بر این که بهینه-ترین جواب مساله را پیدا می‌کنند. با اعمال محدودیت‌های حاکم بر مسأله نقیصه مدل‌های شبیه‌سازی را نیز جبران می‌نمایند.

در حالی که در دهه‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای از کاربرد بهینه‌سازی در سیستم‌های مخزن وجود دارد، محققینی نظیر یه[1] و وربز[2] همچنان فرق بین توسعه تئوری‌های بهینه‌سازی و

[1] Yeh
[2] Wurbs

اجرای آن در دنیای واقعی را متذکر می‌شوند، دلایل احتمالی این اختلاف شامل موارد زیر است(Labadie, 2004):

- بسیاری از بهره‌برداران سیستم مخزن، درباره مفهوم مدل‌ها که منجر به تغییر قضاوت‌هایشان و تعیین استراتژی‌ها و راه‌حل‌های جدید می‌شود، دچار تردید بوده و با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی موجود احساس رضایت می‌کنند.
- محدودیت‌های سخت‌افزاری در گذشته احتیاج به ساده‌سازی و تقریب‌سازی داشته که مورد قبول بهره‌بردار نمی‌باشد.
- به طور کلی مدل‌های بهینه‌سازی پیچیدگی‌های ریاضی بیشتری نسبت به مدل‌های شبیه‌سازی داشته، بنابراین دارای کاربرد کمتری می‌باشند.
- بسیاری از مدل‌های بهینه‌سازی جهت در نظر گرفتن ریسک و عدم قطعیت، مناسب نمی‌باشند.
- تنوع روش‌های بهینه‌سازی نوعی سردرگمی جهت انتخاب کاربرد آنها ایجاد می‌نماید.
- برخی روش‌های بهینه‌سازی، مثل برنامه‌ریزی پویا[1]، احتیاج به توسعه برنامه دارند.
- بسیاری از روش‌های بهینه‌سازی، تنها گزارشی از راه‌حل همان دوره ارائه می‌نمایند که نسبت به شرایط دیگر بهره‌برداری، کمتر مفید است.

علاوه بر مسائل مطرح شده، روند یافتن جواب بهینه مسأله، با توجه به پیچیدگی‌های حاکم بر مسائل منابع آب، به خصوص مسائل به شدت مقعر، گاه با مشکل روبروست، جهت رفع این مشکل، استفاده از روش‌های تکاملی[2] و فراکاوشی[3] گسترش یافته است.

[1] Dynamic Programming
[2] Evolutionary
[3] Metaheuristic

الگوریتم‌های تکاملی، روش‌های جستجوی تصادفی هستند که حرکت در آن شبیه به تکامل بیولوژیکی و یا رفتار اجتماعی گونه‌های مختلف جانداران می‌باشد. برای مثال، چگونه مورچه‌ها کوتاهترین مسیر تا منبع غذایی را پیدا می‌نمایند و یا چگونه پرندگان به منبع غذایی در طول دوره مهاجرت دست می‌یابند (Elbeltagi et al., 2005).

کاربرد موفقیت‌آمیز الگوریتم‌های الهام گرفته شده از طبیعت، همچون نورد شبیه‌سازی شده[1] (SA) الگوریتم ژنتیک[2] (GA) و شبکه‌های عصبی مصنوعی[3] (ANN) در مسائل بسیار پیچیده مهندسی آن چنان دلگرم کننده بوده است که سیستم‌های طبیعی به عنوان منبع اساسی ایده‌های مدلسازی و ایجاد سیستم‌های مصنوعی مختلف مورد پذیرش و توجه خاص قرار گرفته اند. در سال-های اخیر، روش‌های مختلف بسیاری جهت عملکرد بهتر، چه در رسیدن به معیارهای موردنظر و چه در کاهش زمان اجرا توسعه یافته‌اند (Blum and Roli, 2003).

پس از اثبات کارایی این الگوریتم‌ها در حل مسائل تک‌هدفه، استفاده از آنها در حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه[4] گسترش یافته است. اما نتایج ارائه شده از استفاده و توسعه این الگوریتم‌ها در مسائل بهینه‌سازی، بیشتر محدود به مسائل پیچیده و خاص ریاضی بوده و نسبت به کاربرد آن‌ها در مسائل عملی مهندسی به طور عام و منابع آب به طور خاص کمتر پرداخته شده است. همچنین ممکن است نتایج کاربرد این الگوریتم‌ها در مسائلی که ماهیت آنها با مسائل ریاضی متفاوت است (منابع آب)، متفاوت باشد.

۱-۲- منحنی های فرمان

منحنی‌های فرمان بهره برداری، منحنی یا دسته منحنی‌های نشان دهنده بهترین وضعیت بهره-برداری از مخزن در شرایط ویژه از قبل تعیین شده هستند. منحنی‌های فرمان در قالب دستورالعمل-

[1] Simulated Annealing
[2] Genetic Algorithm
[3] Artificial Neural Network
[4] Multi-objective Optimization

های بهره‌برداری ارائه می‌شوند. دستورالعمل‌های بهره‌برداری به مجموعه توصیه‌ها و دستورهایی اطلاق می شود که نحوه بهره‌برداری از سد را برای افراد مسئول مشخص می‌سازند، در حالی که منحنی‌های فرمان یک چهارچوب پیش‌بینی شده هستند که نحوه بهره‌برداری از مخزن را مشخص و در حقیقت سیاست کلی استفاده از مخزن را بر اساس روش‌های علمی بیان می نمایند.

در گذشته منحنی‌های فرمان بیشتر از آنکه صرفاً به محاسبات متکی باشند، به تجربه طراحان بستگی داشته و عمدتاً با استفاده از موارد مشابه صورت می‌پذیرفت. ولی امروزه با دسترسی به بسته-های نرم‌افزاری پیشرفته (مدل‌های بهینه‌سازی، شبیه‌سازی و روش‌های احتمالات) می‌توان بر اساس تحلیل‌های پیاپی و تحت شرایط بحرانی و با توجه به نیازهای پروژه، منحنی‌های فرمان را در شرایط پیچیده‌تری مورد بررسی قرار داد و منحنی فرمان بهینه را طراحی کرد. به طور کلی تهیه منحنی‌های فرمان برای مخازن یک منظوره ساده‌تر است و با توجه به داده‌های ورودی و ظرفیت مخزن و میزان نیازها می‌توان منحنی فرمان بهینه را تهیه نمود. بدیهی است در سدهای چندمنظوره، از آنجا که تامین نیازهای مختلف معمولاً با یکدیگر در تضاد هستند، مساله پیچیده‌تر است. به عنوان مثال می‌توان تامین نیازهای کشاورزی و کنترل سیلاب را ذکر نمود. سیاست کنترل سیلاب ایجاب می‌کند که مخزن برای فصول سیلابی خالی نگهداشته شود، تا امکان کاهش سیلاب خروجی موجود باشد. در حالی که برای تامین نیازهای کشاورزی ضرورت دارد که مخزن حتی الامکان پر نگهداشته شود، تا نیازهای مربوط تامین گردد. در این گونه موارد با استفاده از روش‌های محاسباتی می توان بهترین تراز سطح دریاچه را که برای هر دو منظور مناسب باشد، تعیین نمود.

۱-۳- لزوم تحقیق

بحران کمبود آب مسئله‌ای است که مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب را به طراحی و اجرای برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت جهت استفاده بهینه از این منابع وادار نموده است. در کشور ما جهت کنترل و مهار آب‌های سطحی تلاش‌هایی صورت گرفته است و هزینه‌های بسیاری جهت ساخت مخازن صرف شده است. اما برای بهره‌برداری از آنها نیز بایستی برنامه‌ریزی مناسب ارائه

شود. همان‌طور که بیان شد، سیاست بهره‌برداری مناسب، شامل قواعدی است که با در دست داشتن دامنه تغییرات جریان ورودی رودخانه و مشخصات مخزن شامل حجم ذخیره، بتوان تصمیم‌گیری مناسب در هر لحظه را اتخاذ نمود.

پیچیدگی‌های تعیین قاعده بهره‌برداری مناسب، با افزایش تعداد مخازن و در نظر گرفتن اثرات مخازن بالادست بر مخازن پایین‌دست افزایش می‌یابد. به طوری که در حالت معمول، هر مخزن می‌تواند به طور جداگانه و بدون در نظر گرفتن اثرات مخازن دیگر بر روی آن به صورت بهینه بهره‌برداری شود، ولی این نوع بهره‌برداری حالت ایده‌آلی است که بدون در نظر گرفتن اثرات مخازن بر یکدیگر بدست می‌آید.

با توجه به موارد فوق و لزوم شرایطی که بتوان به سمت مدیریت جامع و یکپارچه از سیستم‌های چندمخزنی دست یافت، ارائه سیاست‌هایی که بتواند بهره‌برداری را در اتخاذ تصمیم مناسب جهت رهاسازی بهینه آب از سیستم‌های چندمخزنه هدایت نماید، ضروری می‌باشد.

در واقع در سیستم‌های چندمخزنه با بررسی ورودی‌های مخازن، که ممکن است خروجی بالادست نیز به عنوان ورودی مخزن پایین‌دست قرار گیرد، و میزان خروجی از آنها در یک دوره آماری ثبت شده، بایستی بتوان قواعد مشخص و ثابتی را تعیین نمود. به بیان دیگر، ورودی مخزن پایین‌دست می‌تواند به صورت مجموع جریان تنظیم نشده و تنظیم شده باشد، که جریان تنظیم نشده شامل جریان میان حوضه‌ای و یا جریان شاخه‌هایی از رودخانه که فاقد مخزن می‌باشد و جریان تنظیم شده شامل حجم رهاسازی مخازن بالادست می‌باشد. بدین طریق بهره‌بردار بایستی با استفاده از اطلاعات مذکور، تجربیات خود و پیش‌بینی جریان‌های آینده، تصمیم‌گیری مناسبی را در مورد رها-سازی آینده اتخاذ نماید.

۱-۴- هدف از تحقیق

با در نظر گرفتن جمیع موارد مذکور، هدف این تحقیق ابتدا ارزیابی برخی روش‌های موجود برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از سدهای چندمخزنی و در ادامه تعیین سیاست بهره برداری بهینه و ارائه منحنی‌های فرمان بهینه برای سدهای مورد مطالعه می باشد. تمرکز تحقیقات و مطالعاتی که تاکنون در این باره صورت گرفته، مبتنی بر روش‌هایی است که تنها به یک جواب به عنوان گزینه بهینه می-انجامد. بدین منظور استفاده از روش‌های فراکاوشی که به ارائه مجموعه جواب‌های بهینه می‌انجامد، می‌تواند راه‌گشا باشد.

۱-۵- فرضیات تحقیق

در این تحقیق فرض شده است داده هایی شامل مصرف آب و دبی که از سازمان آب منطقه-ای استان گلستان گرفته شده است دقت مناسب داردو الگوریتم های بهینه سازی توانایی خوبی در بهره برداری سیستم چند مخزنی دارندو آب گیری از هر سد وابسته به حجم موجود و ورودی به سد می باشد. همچنین فرض شده است که درصد ثابتی از آب رهاسازی شده از سد بالادست همیشه به سد پائین‌دست می‌رسد و در واقع مساله مورد مطالعه از نوع سیستم‌های چند مخزنی می‌باشد .

۱-۶- جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق در فصل دوم پیشینه تحقیقات انجام شده در این زمینه ارائه شده است. در فصل سوم، منطقه مورد مطالعه و همچنین مسایل مربوط به سیاست‌های بهره‌برداری، روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی و سایر مواد و روش‌های لازم در این تحقیق تشریح می‌شوند. بحث بر روی نتایج در فصل چهارم ارائه گردیده و در نهایت در فصل پنجم جمع‌بندی دستاوردهای این مطالعه و پیشنهاداتی برای ادامه راه، ارائه شده است.

فصل دوم:

پیشینه تحقیقات

۲-۱- مقدمه

به دلیل اهمیت زیاد مساله بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن سدها، تحقیقات گسترده‌ای در این راستا انجام شده است. این تحقیقات را می‌توان با دیدگاه‌های متفاوتی دسته‌بندی نمود. به عنوان نمونه می‌توان از دیدگاه‌های تک‌هدفه یا چندهدفه بودن، تک‌مخزنی یا چندمخزنی بودن، مطالعات گذشته را تقسیم‌بندی نمود. از آنجائیکه پیش‌تر نیز اشاره شد در این تحقیق بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم چندمخزنی بوستان، گلستان و وشمگیر مطالعه شده است. بنابراین مساله پیش‌رو یک مساله بهینه سازی سیستم چندمخزنی بوده و با بررسی کاربری این سیستم مخازن، می‌توان به این نتیجه رسید که هدف اصلی این سیستم مخازن تامین نیاز مصرفی برای مصارف شرب و کشاورزی می‌باشد. از طرفی غیر از دیدگاه‌های مذکور بر روی روش‌های بهینه‌سازی تحقیقات زیادی انجام شده است. لذا این نیاز وجود داشت که با مطالعه روش‌های مختلف بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن، روش‌ها و الگوریتم‌های مناسب‌تر انتخاب شده و مطالعات بیشتری بر روی آن‌ها انجام شود.. از این رو در ادامه، تحقیقات گذشته از نقطه نظر فراکاوشی بودن یا نبودن بررسی، جمع‌بندی و ارائه شده‌اند.

۲-۲-روش های متداول بهینه سازی بهره برداری از مخزن

کارآموز و هوک (۱۹۸۲)، در مطالعات بسیاری به امر بهره‌برداری از مخزن توسط این الگوریتم پرداخته‌اند. آنها تدوین قوانین بهره‌برداری از مخزن منفرد چندمنظوره را با استفاده از مدل بهینه‌سازی قطعی توسعه داده و سپس در سال (۱۹۸۷) مقایسه‌ای را بین DP[1] در حالت قطعی و تصادفی برای تولید سیاست‌های بهره‌برداری مخزن انجام دادند. همچنین ایشان روش پویای قطعی را تحت عنوان DPR[2] مطرح نمودند که این روش از سه بخش برنامه‌ریزی پویای معین، یک تحلیل رگرسیون خطی و یک روش شبیه‌سازی تشکیل شده است. ایشان با مقایسه و ارزیابی این روش با روش شبیه‌سازی بهره‌برداری زمان واقعی برنامه‌ریزی پویای استوکستیک (SDP[3]) برای حالت‌های

[1] Dynamic Programming
[2] Dynamic Programming and Regression
[3] Stochastic Dynamic Programming

مختلف هیدرولوژیکی نتیجه گرفتند که مدل‌های DP[1] قطعی برای مخازن بزرگ (که ظرفیت مخزن بیش از ۵۰٪ آورد سالانه متوسط رودخانه می‌باشد) و روش‌های SDP[2] برای مخازن کوچک (باظرفیت ۲۰٪ آورد متوسط سالانه رودخانه) عملکرد مناسب‌تری دارند (Karamouz and Houck, 1982, 1987).

هیو و همکاران (۱۹۸۹)، در یک پروژه‌ی هشت مخزنی در شمال کلرادو از LP[3] جهت استخراج منحنی فرمان حجم ذخیره‌ی بهینه استفاده نمودند که مشابه رابطه (۲–۱) می‌باشد. آنها از آمار تاریخی ۳۰ ساله جریان‌های تنظیم نشده ماهانه استفاده کردند که نتایج حاصل برای ۱۲۶۱۳ متغیر و ۵۰٤۰ قید به‌دست آمد (Hiew et al., 1989).

$$S_{t+1} = \bar{A}.S_t + \bar{B}.Q_{t-1} + \bar{C} \qquad (۱–۲)$$

که در آن $\bar{A}$ و $\bar{B}$ ماتریس‌های ارتباط و بردار $\bar{C}$ از آنالیز همبستگی چندگانه حاصل از نتایج LP محاسبه می‌شود. شبیه‌سازی بهره‌برداری با همبستگی زیاد که از آنالیزهای همبستگی چندگانه بدست آمد، بسیار موفقیت‌آمیز بود (Hiew et al., 1989).

تجادا–گیوبرت و همکاران (۱۹۹۰)، SQP[4] را در یک سیستم پنج‌مخزنی در کالیفرنیا با استفاده از MINOS به کار گرفتند. تابع هدف شامل عبارات غیرخطی از هزینه‌های بهره‌برداری و توان تولیدی برقآبی برای هر نیروگاه است. نتایج بهینه‌سازی سه‌ساله با دوره‌های ماهانه، ۱۲۲۲ متغیرو ۱۷٦٤ قید می‌باشد. آنها دریافتند که زمان محاسبات تقریباً با مجذور طول دوره بهره‌برداری افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده نامناسبی کاربرد این الگوریتم در بهره‌برداری طولانی می‌باشد (Tejada-Guibert et al., 1990).

[1] Dynamic Programming
[2] Stochastic Dynamic Programming
[3] Linear Programming
[4] Sequential Quadratic Programming

آنور و میز (۱۹۹۰)، GRG[1] را جهت دستیابی به کنترل سیلاب بهینه در سیستم هایلند لیکز[2] در حوزه رودخانه کلرادو در تگزاس به کار گرفتند. آنها دریافتند که GRG بایستی با روش‌های تابع جریمه‌ای مشابه MOM[3] ترکیب شود تا به‌طور صحیح قیودات نامساوی در متغیرهای حجم ذخیره مخزن عمل کند (Unver and Mays, 1990).

بایازیت و یونال (۱۹۹۰)، اثرات بهره‌برداری از یک مخزن تأمین آب توسط سیاست جیره-بندی را بررسی نمودند. آنها در این مقاله به بررسی معیارهای عملکرد مخزن پرداخته و جهت مقایسه، مسأله حل شده توسط لاکس (۱۹۸۱) و هاشیموتو (۱۹۸۲) را به کار گرفته و سیاست جیره-بندی را بر آن اعمال نمودند. این مسأله بهره‌برداری از مخزن با دنباله‌ای از جریان‌های فصلی ساختگی بلندمدت ۲۰ ساله می‌باشد. هدف تأمین آب آبیاری جهت ثابت نگهداشتن تأمین آب آبیاری در فصل تابستان در مقدار مطلوب بوده و در انتها به مقایسه معیارهای عملکردی بدست آمده از دو روش و جیره‌بندی پرداختند (Bayazit and Unal, 1990).

داهه و اسریواستاوا (۲۰۰۲)، نیز مدل آبدهی چندگانه را در بدست آوردن کمبود مجاز آبدهی سالانه یک سیستم هشت‌مخزنی به کار بردند. ابتدا آنها با استفاده از یک مدل، مخزنی با رهاسازی مورد اطمینان نزدیک به مطلوب را طراحی نمودند. اهداف موردنظر در این مطالعه دستیابی به دورنمایی قابل قبول از تأمین آب کشاورزی و تولید انرژی جهت رسیدن به کمبود قابل قبول در نظر گرفته شد. سپس مدل حاصل روی یک سیستم ۸ مخزنی در هند بررسی شد (Dahe and Srivastava, 2002).

شیائو و لی (۲۰۰۵)، سیاست ذخیره مناسب را برای حداقل نمودن همزمان خصوصیات کمبود کوتاه‌مدت و بلندمدت یک مخزن ذخیره آب با استفاده از برنامه‌ریزی سازشی[4] استخراج نمودند. آنها دو نوع جیره‌بندی را به کار گرفتند که نوع اول از ذخیره موجود استفاده نموده که به

[1] Generalized Reduced Gradient
[2] Highland Lakes
[3] Method of Multipliers
[4] Compromise Progrmming