٩٤٢٩٩

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد رشته سازهای آبی

تحت عنوان

ارائه برنامه بهینه بهره‌برداری از مخزن سد با استفاده از الگوریتم‌ژنتیک (مطالعه موردی:سد جیرفت و سد دز)

۱۳۸۷ /۹/ ۲۳

استاد راهنما:

دکتر محمد باقر رهنما

استاد مشاور:

دکتر حسین ابراهیمی

مؤلف:

امید امینی

تیر ۸۷

۹۴۲۹۹

این پایان‌نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی‌ارشد به

گروه مهندسی آب

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو: امید امینی

استاد راهنما: دکتر محمد باقر رهنما

استاد مشاور: دکتر حسین ابراهیمی

داور۱: دکتر مجید رحیم پور ۱۳۸۷/۹/۲۰

داور۲: دکتر کوروش قادری

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: دکتر محمد حسن فولادی

دانشگاه شهید باهنر کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

حق چاپ محفوظ و مخصوص مؤلف است.

تقدیم به:

روان پاک مادرم زهرا(س) آینه افتادگی و یکرنگی که زندگیش برایم همه درس بود و زندگیم برایش همه درد.

تقدیم به:

پدر و مادرم که ساختمان موفقیت‌هایم بر کوه رنج‌هایشان بنا شد.

تقدیم به:

همسر مهربان و صبورم به خاطر همه فداکاری‌هایش.

۱۳۸۷ /۹/ ۲۳

تشکر و قدردانی

"ان اشکر الناس لله اشکرهم للناس"

"شاکرترین مردم نسبت به خدا حق شناس‌ترین آنها نسبت به مردم است" رسول اکرم(ص)

سپاس و ستایش خداوندی را سزا است که عشق به آموختن را در انسان به ودیعه نهاد. عشقی که رسالت برانگیز است، رسالتی انبیاگونه. شکرگذار هستم که در این راه یاریم نمود و از او می خواهم که مرا در جهت بکارگیری آموخته‌هایم در راه ثواب مدد فرماید. اکنون که این پژوهش به زیور چاپ آراسته می‌گردد بر خود لازم می دانم تا مطابق سنت حسنه سپاسگزاری، والاترین مراتب سپاس خویش را به محضر استادان فرزانه‌ای که در طول تحصیل همواره افتخار شاگردی آنان را داشته و مرا مرهون الطاف و عنایت خالصانه خود قرار داده‌اند اعلام دارم. اما کدامین قلم در ادای حق استاد قادر خواهد بود و کدامین زبان است که در بیان اجر فرهیختگان علم‌پرور، اظهار عجز ننماید. از اینرو بر خود لازم می دانم از استاد فرزانه؛ جناب آقای **دکتر محمدباقر رهنما** که با راهنمایی‌های سودمند و تذکرات عالمانه همواره فراراه پژوهش حاضر بودند و نه‌تنها در امر پژوهش بلکه در فراز و نشیب‌های زندگی راهنمایم بودند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

در حوزه مدیریت منابع آب یکی از مهمترین مسائل، بهینه‌سازی عملکرد سدها پس از ساخت می باشد. روش‌های مختلفی برای بهینه‌سازی عملکرد سدها مورد استفاده قرار گرفته است. اما روشی که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته، روش الگوریتم ژنتیک است. کاربرد وسیع روش الگوریتم ژنتیک در سال‌های اخیر، برنامه‌ریزان نرم افزار مطلب را بر آن داشته است تا جعبه ابزار جدیدی به نام الگوریتم ژنتیک را در نسخه هفتم اضافه کنند. این جعبه ابزار دارای قابلیت‌هایی مانند تغییر هریک از قسمت های الگوریتم ژنتیک و ترسیم نمودارهای مختلف به خصوص در ارتباط با روند اجرای الگوریتم ژنتیک به طور همزمان می-باشد. در مطالعه حاضر با در نظر گرفتن افق دید برنامه‌ریزی یک ساله و بازه های زمانی ماهانه، این الگوریتم برای سدهای جیرفت و دز اجرا گردید. با در نظر گرفتن عدم قطعیت دبی ورودی ماهیانه با احتمالات متفاوت، نتایج حاصل نشان داد که در بدترین شرایط خشکسالی با مدیریت صحیح (استفاده از برنامه بهینه سازی) سدهای جیرفت و دز نیاز پایین دست را برآورده می کنند.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی، بهره‌برداری، الگوریتم ژنتیک و سدهای جیرفت و دز

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات ۴
۱-۱- مقدمه ۵
۱-۲- بررسی مقدماتی بهینه سازی عملکرد مخزن سد ۶
۱-۳- اهداف تحقیق ۸
فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده ۱۰
۲-۱- مقدمه ۱۱
۲-۲- کلیات ۱۱
۲-۳- مروری بر تحقیقات انجام شده ۱۲
فصل سوم: معرفی سدهای جیرفت و دز ۱۸
۳-۱- مقدمه ۱۹
۳-۲- بررسی آبدهی رودخانه هلیل و موقعیت حوزه آبریز آن ۱۹
۳-۳- موقعیت و مشخصات عمومی سد جیرفت ۱۹
۳-۳-۱- دریاچه پشت سد جیرفت ۲۱
۳-۴- معرفی نیروگاه سد جیرفت ۲۵
۳-۵- مشخصات سد انحرافی جیرفت ۲۶
۳-۶- نیاز کشاورزی پایین دست سد جیرفت ۲۷
۳-۷- حوزه رودخانه دز ۲۷
۳-۸- موقعیت و مشخصات عمومی سد دز ۲۸
۳-۸-۱- دریاچه پشت سد دز ۲۹
۳-۹- مشخصات نیروگاه سد دز ۳۳
۳-۱۰- نیازهای آبی ۳۳
۳-۱۰-۱- برآورد نیاز کشاورزی پایین دست سد دز ۳۴
۳-۱۰-۲- حجم مورد نیاز مراکز صنعتی ۳۴
۳-۱۰-۳- تغذیه مصنوعی کرخه و شاوور ۳۵
۳-۱۰-۴- حجم مورد نیاز واحدهای پرورش ماهی ۳۶
فصل چهارم: معرفی الگوریتم ژنتیک ۳۸
۴-۱- مقدمه ۳۹
۴-۲- روشهای کلی بهینه سازی ۳۹
۴-۳- متغیرهای طراحی ۴۰
۴-۴- محدودیت های طراحی ۴۰
۴-۵- تابع هدف ۴۰
۴-۶- الگوریتم های تکامل گرا ۴۱
۴-۶-۱- الگوریتم ژنتیک ۴۲
۴-۷- آشنایی با الگوریتم ژنتیک ۴۳
۴-۸- چگونگی عملکرد الگوریتم ژنتیک ۴۴
۴-۸-۱- کدگذاری ۴۴
۴-۸-۲- انتخاب ۴۵

۴-۸-۳- عملگر پیوند ۴۸
۴-۸-۴- عملگر جهش ۴۸
۴-۹- شرط همگرایی الگوریتم ژنتیک ۴۹
فصل پنجم: توسعه الگوریتم ژنتیک جهت بهینه سازی عملکرد سدهای جیرفت و دز ۵۰
۵-۱- مقدمه ۵۱
۵-۲- معرفی جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک ۵۱
۵-۲-۱- نوشتن M فایل ۵۲
۵-۲-۲- ماکزیمم کردن در مقابل مینیمم کردن ۵۲
۵-۲-۳- استفاده از جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک ۵۳
۵-۳- یافتن تابع هدف سد جیرفت ۵۳
۵-۳-۱- معادله مربوط به رابطه سطح-حجم برای سد جیرفت ۵۳
۵-۳-۲- آمار پایه هیدرولوژیک ۵۴
۵-۳-۳- نیاز پایین دست ۵۸
۵-۴- تابع هدف برای سد جیرفت ۶۰
۵-۴-۱- قیود حاکم ۶۲
۵-۴-۲- قیود و پارامترهای سد جیرفت ۶۴
۵-۵- یافتن تابع هدف سد دز ۶۶
۵-۵-۱- معادله مربوط به رابطه سطح-حجم برای سد دز ۶۶
۵-۵-۲- آمار پایه هیدرولوژیک ۶۶
۵-۵-۳- نیاز پایین دست ۷۰
۵-۶- تابع هدف برای سد دز ۷۱
۵-۶-۱- قیود حاکم ۷۲
۵-۶-۲- قیود و پارامترهای سد دز ۷۳
۵-۷- معرفی پارامترهای ژنتیک در این مسئله ۷۴
۵-۷-۱- پراکندگی جمعیت ۷۵
۵-۷-۲- مرتبه بندی صلاحیت ۷۸
۵-۷-۳- انتخاب ۷۸
۵-۷-۴- گزینه های تولید مثل ۷۹
۵-۷-۵- مهاجرت ۸۱
۵-۷-۶- استفاده از تابع هیبرید ۸۲
۵-۷-۷- معیارهای توقف ۸۲
فصل ششم: کاربرد مدل توسعه داده شده و ارائه نتایج ۸۴
۶-۱- مقدمه ۸۵
۶-۲- حجم آب قابل تنظیم برای سدهای جیرفت و دز ۸۵
۶-۳- نتایج به دست آمده از الگوریتم ژنتیک برای سد جیرفت ۸۶
۶-۳-۱- مجموع توان تولیدی سالیانه نیروگاه در حالت های ۱ و ۲ ۸۸
۶-۳-۲- تغییرات حجم مخزن در حالت های ۱ و ۲ ۸۹

۶-۳-۳- بازشدگی دریچه کشاورزی در برابر ارتفاع، با توجه به دبی ثابت ۹۰
۶-۳-۴- حداکثر دبی قابل دریافت از دریچه کشاورزی سد جیرفت ۹۳
۶-۳-۵- کارکرد نیروگاه با حداکثر توان اسمی ۹۵
۶-۳-۶- مجموع توان تولیدی سالیانه نیروگاه در حالت ۸ ساعت کارکرد روزانه نیروگاه ۹۹
۶-۳-۷- تغییرات حجم مخزن در حالت ۸ ساعت کارکرد روزانه نیروگاه ۹۹
۶-۴- نتایج به دست آمده از الگوریتم ژنتیک برای سد دز ۱۰۰
۶-۴-۱- تغییرات حجم مخزن سد دز ۱۰۰
فصل هفتم: بحث و نتیجه گیری ۱۰۲
۷-۱- مقدمه ۱۰۳
۷-۲- تحلیل نتایج بدست آمده از الگوریتم ژنتیک برای سدهای جیرفت و دز ۱۰۳
۷-۳- تحلیل نتایج مربوط به توان تولیدی نیروگاه سد جیرفت در حالت های ۱ و ۲ ..... ۱۱۰
۷-۴- تحلیل نتایج مربوط به تغییرات سالیانه حجم مخزن سدهای جیرفت و دز ۱۱۲
۷-۵- تحلیل نتایج مربوط به بازشدگی دریچه کشاورزی سد جیرفت ۱۱۴
۷-۶- تحلیل نتایج مربوط به حداکثر دبی قابل دریافت از دریچه کشاورزی سد جیرفت ۱۱۶
۷-۷- تحلیل نتایج مربوط به کارکرد نیروگاه با حداکثر توان اسمی ۱۱۷
۷-۸- پیشنهادات ۱۲۰
منابع ۱۲۱

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

آب از عوامل عمده‌ای است که بصورت مستقیم و غیر مستقیم در حیات موجودات زنده از جمله انسان و نیز در تمدن بشری نقش بسزایی داشته و احتیاج به آن دائما افزایش می‌یابد. محدود بودن منبع آب قابل دسترس از یک سو و نیاز روز افزون بشر به آن از سوی دیگر ایجاب می‌کند تا با اعمال مدیریت صحیح، در ضمن بهره‌برداری بهینه از آن، از این منبع حیاتی حفاظت شود. در برنامه‌ریزی منابع آب و بویژه سدها مواردی را باید مد نظر داشت از قبیل اینکه، کمتر از ۰/۰۴ درصد از کل آب موجود در کره زمین در اختیار انسان است. بعلت عدم تطبیق توزیع منابع آب قابل استفاده با توزیع جمعیت در سطح کره زمین و همچنین عدم تطابق توزیع زمانی آن با نیازهای آبی، امکان بهره‌برداری از تمامی منابع آب، در اختیار انسان قرار ندارد(حاتمی، ۱۳۷۰). همچنین میانگین نزولات جوی درکشور ما حدود یک سوم میانگین نزولات خشکی‌های زمین است و در کشور پهناور ما نیز توزیع همین مقدار اندک بارندگی یکنواخت نیست. بنابراین کنترل آب‌های سطحی و استفاده بهینه از منابع آب از اولویت بسیار بالایی برخوردار است.

افزایش تقاضای مداوم برای آب به مقدار کافی، با کیفیت و توزیع زمانی و مکانی مناسب، برنامه‌ریزان را وادار به ارائه طرح‌های جامع‌تر برای سیستم‌های منابع آب نموده است. چنین طرح‌هایی، مدیریت صحیح آب‌ها، انتقال آب بین حوزه‌های آبریز، کشورها و حتی قاره‌ها را شامل می‌شوند. برنامه‌ریزان منابع آب گزینه‌های قابل قبولی را جهت بررسی کارفرمایان ارائه می‌کنند. همچنین باید جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی، سیاسی و اثرات اجتماعی را که ممکن است از هریک از این گزینه‌ها ناشی شود، بررسی کنند. امروزه حوزه رودخانه‌ها، دریاچه-ها و دیگر سیستم‌های منابع آب را با آگاهی بیشتری از پیچیدگی، حساسیت آنها و با توجه به محدودیت‌ها در درک رفتار آنها، مطالعه می‌کنیم. برگشت‌ناپذیری کلی اثرات پروژه‌های بزرگ،

بر اکوسیستم‌های طبیعی و ساختار اجتماعی و اقتصادی، واقعیتی غیرقابل انکار است. ساخت مخازن بزرگ، کاربری زمین‌های با ارزش را محدود به استفاده‌های خاصی می‌سازد. بنابراین حق انتخاب جوامع در استفاده‌های گوناگون از این زمین‌ها از بین می‌رود. این خود یک هشدار ساده اما در عین حال یک چالش به شمار می‌رود. این امر در چند دهه گذشته موجب توسعه ابزارهای تحلیلی و بهبود روش‌های ارزیابی در مدیریت این سیستم‌ها گردیده به گونه‌ای که بهترین تصمیم ممکن گرفته شوند.

طراحی، اجرای صحیح، بهره‌برداری و ذخیره مناسب در مخازن آبی، می‌تواند نقش مهمی در افزایش تولیدات کشاورزی، میزان پرورش آبزیان و حتی مهار سیلاب در مناطق سیل‌خیز را داشته باشند. بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در سطح جهانی، علل ناکامی بسیاری از طرح‌های آبی عمدتا مدیریت ضعیف، طراحی و اجرای نادرست و عدم رعایت اصول بهره‌برداری و نگهداری بوده است(برخوردار و چاوشیان، ۱۳۷۹).

در سه دهه اخیر، سرمایه‌گذاری‌های عظیمی در سطح جهانی در زمینه آبرسانی به منظور افزایش تولیدات مواد غذایی صورت گرفته است. در کشور ما طبق آمار اعلام شده در سمینار ارزیابی زیست محیطی طرح‌های آبی در بهمن ماه ۱۳۷۶، وسعت شبکه‌های آب احداث شده ۱/۲ میلیون هکتار بوده است. با توجه به این آمار و هزینه‌های هنگفت بعمل آمده، به نظر می‌رسد هر اقدامی در جهت بهینه‌سازی میزان ذخیره در مخازن سدها و نیز افزایش راندمان عملکرد شبکه‌های آب، مفید خواهد بود(ذوالفقاری، ۱۳۷۶).

۱-۲- بررسی مقدماتی بهینه سازی عملکرد مخزن سد

از مشخصه‌های مهم برنامه‌ریزی مخزن سد، ماهیت پیچیده مصارف و نیازهای آبی می‌باشد، که به پیروی از پارامترهای محیطی، فرهنگی، تکنولوژی و مدیریتی در دامنه وسیعی تغییر و

نوسان می‌کند. یکی از عوامل مهم، تغییر در الگوی کشت می‌باشد که باعث تغییر در نیاز آب کشاورزی می‌شود. با گذشت زمان راندمان شبکه انتقال و توزیع آب نیز کاهش پیدا می‌کند که این عامل خود باعث افزایش نیاز آب کشاورزی می‌شود. بنابراین در برنامه‌ریزی برای بهره-برداری از سد، مسئله، تنها و صرفا رفع نیازها و کمبودهای آب نیست، بلکه موضوع بهره‌برداری بهینه اقتصادی- اجتماعی از آب ذخیره شده نیز بسیار حائز اهمیت است(محمدپور، ۱۳۷۸).

یکی دیگر از ویژگی‌های برنامه‌ریزی بهره‌برداری، می‌تواند میزان ریسکی باشد که تحت شرایط خاصی به سیستم اعمال می‌شود. به طور مثال اگر اهداف مورد نظر از احداث یک سد تولید برق و کنترل سیلاب باشند، بالا نگهداشتن حجم ذخیره آب در فضای کنترل سیلاب یک مخزن سبب تضمین بیشتری در تولید نیروی برق و نیازهای آبی دیگر می‌گردد، در حالیکه کاهش فضای لازم جهت کنترل سیلاب موجب عدم توانایی مخزن در کنترل مناسب سیل و نهایتا ایجاد خسارت بیشتر خواهد شد. در این مورد تصمیم‌گیری برای ذخیره یا تخلیه آب پشت سد بسیار مهم است. بدیهی است دسترسی کامل به همه اهداف ذکر شده در بالا بصورت همزمان، مستلزم استفاده از یک برنامه‌ریزی صحیح و همه‌جانبه می‌باشد(محمدپور، ۱۳۷۸).

برای تعریف سیاست‌های بهره‌برداری از مخازن که رهاسازی مطلوب آب مخزن را به عنوان تابعی از حجم ذخیره اولیه و جریان ورودی در هر دوره مشخص می‌کند، می‌توان از مدل‌های مختلف بهینه‌سازی استفاده کرد.

برای تحلیل جریان‌های ورودی مدل‌های قطعی مبتنی بر متوسط یا میانگین ورودی جریان-ها، معمولا خوشبینانه می‌باشند. اگر مبنای این مدل‌ها به جای توزیع‌های احتمال بیان کننده متغیرهای تصادفی ورودی، تنها بر مقادیر مورد انتظار هر ورودی باشد، منافع سیستم بیش از اندازه و زیان‌های آن کمتر از اندازه برآورد می‌شوند. بنابراین مدل‌های قطعی حتی برای تعیین اولیه کارآیی طرح‌ها و سیاست‌های بهره‌برداری پروژه‌ها قبل از پرداختن به مطالعات شبیه‌سازی

دقیق، اعتبار محدودی دارند. بدلیل وجود این محدودیت‌هاست که مدل‌های برنامه‌ریزی اتفاقی بسیاری برای به حساب آوردن عدم قطعیت هیدرولوژیک ارائه شده‌اند. این مدل‌ها با وجود اینکه بر پیچیدگی مسئله می‌افزایند، تنها به عنوان ابزاری برای بررسی اولیه محدوده گسترده‌ای از طرح‌ها و سیاست‌های بهره‌برداری مختلف، قبل از مطالعات شبیه‌سازی دقیق‌تر بکار می‌روند.

هدف مدل‌های اتفاقی طراحی و بهره‌برداری، تعیین بهترین جواب یگانه نیست، حتی اگر بتوان با یک هدف برنامه‌ریزی یگانه که به خوبی تعریف شده است، موافقت کرد. روند این مدل‌ها بر حذف آن دسته از گزینه‌هایی است که نامناسب بودن آنها روشن می‌باشد. این معیاری است که باید هنگام قضاوت در مزایا و محدودیت‌های نسبی انواع مختلف مدل‌های بهینه‌سازی قطعی و اتفاقی سیستم‌های منابع آب، بکار گرفته شود(لاکس و همکاران[1]، ۱۹۸۱).

۱-۳- اهداف تحقیق

گسترش فن‌آوری‌های بهینه‌سازی برای برنامه‌ریزی و طراحی و مدیریت سیستم‌های منابع آب یکی از مهمترین پیشرفت‌هایی است که در طی سه دهه گذشته در مهندسی منابع آب انجام گرفته است. در روش‌های نوین، بهره‌برداری از مخازن بر اساس تاثیر متقابل اهداف روی همدیگر، یعنی حداکثر کردن آب قابل استفاده برای تامین آب شهری، صنعتی، کشاورزی، تولید نیروی برقابی و غیره و حداکثر کردن فضای قابل استفاده جهت کنترل کردن سیلاب می‌باشد(مشیری، ۱۳۷۵).

[1] Loucks et al

در این تحقیق به منظور استفاده بهینه از ذخیره مخزن سد، از روش الگوریتم ژنتیک برای تعیین مقادیر بهینه خروجی از مخزن استفاده شده است. به طور کلی اهداف این تحقیق را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

۱. شناخت اطلاعات مورد نیاز جهت مطالعات مربوط به بهینه‌سازی عملکرد سدهای چندمنظوره

۲. کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی عملکرد سدهای چندمنظوره

۳. کاربرد عملی مدل پیشنهاد شده جهت بهینه‌یابی عملکرد سدهای جیرفت و دز

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده

۲-۱- مقدمه

از دیر باز مقوله بهینه‌سازی بهره‌برداری از پروژه‌های آبی در کنار برنامه‌ریزی و اجرای طرح، مورد توجه بوده است. اما این موضوع، در بیشتر موارد محدود به ارزیابی مالی و فیزیکی طرح بوده و اثر بخشی طرح کمتر مورد بررسی قرار گرفته است.

با گسترش اهداف پروژه‌ها نظیر بازگشت سرمایه، اهداف اجتماعی و انسانی نظیر گسترش و ارتقا فرهنگ و تکنولوژی، کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست، مساله بهینه‌سازی بهره‌برداری اهمیت بیشتری پیدا کرده است. همین مساله موجب شده که پژوهشگران برای دستیابی به اهداف خود، راه کارها و روش‌های گوناگونی را مد نظر قرار داده و در پروژه‌های مختلف بکار گیرند(سماعی‌نژاد، ۱۳۸۰).

۲-۲- کلیات

استفاده از الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی عملکرد سدها مدت کوتاهی است که مورد توجه قرار گرفته است. اما محقیق متعددی در طول چهار دهه اخیر از برنامه‌ریزی دینامیکی[1]، برنامه‌ریزی خطی[2] و برنامه‌ریزی غیرخطی[3] برای تعیین سیاست‌های بهره‌برداری از مخازن استفاده کرده و آنها را گسترش داده‌اند. در بین تکنیک‌های متعدد بهینه‌سازی برای عملکرد مخازن، برنامه‌ریزی دینامیکی از عمومیت بیشتری برخوردار شد. عمومیت یافتن برنامه‌ریزی دینامیکی در مطالعات عملکرد مخازن به علت توانایی آن در برخورد با حالت‌های غیرخطی و احتمالی بود. برنامه‌ریزی خطی نیز یک تکنیک بهینه‌سازی مشهور برای عملکرد مخازن است اما به قیود و تابع هدف خطی نیاز دارد. روش برنامه‌ریزی غیرخطی در آنالیز سیستم‌های منابع

[1] Dynamic Programming

[2] Linear Programming

[3] Non Linear Programming

آب به خوبی برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی دینامیکی، عمومیت نیافت. معادلات ریاضی که در روش برنامه‌ریزی غیرخطی وجود دارد، بسیار پیچیده‌تر از حالت خطی است و برنامه‌ریزی غیرخطی بر خلاف برنامه‌ریزی دینامیکی نمی‌تواند به خوبی حالات طبیعی تصادفی جریان‌های ورودی به سیستم‌ها را مورد تحلیل قرار دهد(ژوران علی و آروپ کومار، ۲۰۰۵).

۲-۳- مروری بر تحقیقات انجام شده

در سه دهه گذشته تحقیقات وسیعی در زمینه گسترش تکنیک‌های بهینه‌سازی برای برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سیستم‌های منابع آب انجام گرفته است و مخازن به عنوان مهمترین تاسیسات منابع آب در این زمینه جایگاه ویژه‌ای داشته‌اند.

سیمونویچ و مارینو[1] (۱۹۸۰) از روش برنامه‌ریزی بر اساس قابلیت اعتماد در مخازن چندمنظوره برای یک سیستم تک مخزنی استفاده کردند. نگرش کلی آنها بر اساس قابلیت اعتمادی بود که به عنوان متغیر تصمیم در نظر گرفته می‌شود و نهایتا مقایسه نتایج و انتخاب بر اساس سود و ریسک انجام می‌گرفت. در روش برنامه‌ریزی بر اساس قابلیت اعتماد، تعداد محدودیت‌ها از نظر تئوری نامحدود می‌باشند. این روش می‌تواند برای مخازن چندمنظوره و جریان‌های ورودی تصادفی و تقاضاهایی که خود تصادفی می‌باشند مورد استفاده قرار گیرد.

سیمونویچ و مارینو (۱۹۸۱) از برنامه‌ریزی قابلیت اعتماد برای برنامه‌ریزی عملکرد مخازن بر اساس مفهوم توابع ریسک-افت استفاده کرده‌اند. در این روش ارتباطی بین آب مازاد و همچنین کمبودها و خسارات -افت‌ها- تعیین می‌گردد. در انجام اهداف فوق دسترسی به داده-های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و اقتصادی ضروری است.

[1] Simonovic and Marino

در مقایسه‌ای که توسط یه[1] (۱۹۸۵) تحت عنوان "مروری بر مدل‌های بهره‌برداری و مدیریت مخازن" ارائه گردیده، جزئیات متنوعی از مدل‌های بهینه‌سازی را مطرح نموده و ترکیب دو مدل برنامه‌ریزی خطی و دینامیکی را به جهت بهبود تدوین سیاست‌های تخلیه از مخزن به بحث گذاشته است.

داتا و هاک[2] (۱۹۸۴) مدل بهینه‌سازی تصادفی را برای عملکرد زمان واقعی مخازن با استفاده از عدم قطعیت در پیش‌بینی‌ها گسترش دادند. مدل ایشان بر اساس قیدهای تصادفی و یک شکل مشخص از قوانین تصمیم‌گیری خطی بنا شده است. آنها تابع توزیع تجمعی شرطی را، با شرط مقادیر پیش‌بینی شده جریان‌های ورودی به مخزن، مورد استفاده قرار دادند. تابع توزیع تجمعی شرطی، بوسیله ترکیب خواص آماری خطاهای پیش‌بینی شده برای پریودهای زمانی مختلف، ساخته شده است. تابع هدف مدل مورد نظر، عبارت از حداقل احتمال وزنی انحرافات از تخلیه و ذخیره هدف می‌باشد. وزن‌های در نظر گرفته شده در تابع هدف جانشین تابع افت واقعی شده‌اند.

کن و هاک[3] (۱۹۸۴) مدل برنامه‌ریزی آرمانی ترتیبی[4] را برای بهره‌برداری بهینه سیستم چهارمخزنه چندمنظوره رودخانه گرین پیشنهاد و بکار بردند. هدف از برنامه‌ریزی آرمانی ارضا پی‌درپی یک سری از معیارهای فیزیکی بهره‌برداری می‌باشد. مدل ارائه شده توسط ایشان نیازی به تابع سود یا جریمه ندارد. آنها نتایج حاصل از برنامه‌ریزی آرمانی را با نتایج حاصل از مدل‌های دیگر، که توسط محققان دیگری برای سیستم رودخانه گرین بکار رفته است، مقایسه

[1] Yeh

[2] Datta and Houck

[3] Can and Houck

[4] Preemptive Goal Programming (PGP)