بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی

دانشکده مهندسی عمران

گروه مهندسی آب

رساله برای اخذ درجه دکترا

مدل بهینه‌سازی بهره‌برداری در سامانه‌های رودخانه – مخزن بر پایه مدیریت ریسک سیلاب

Operation Optimization Model for Flood Risk Management in River - Reservoir Systems

نگارش:

بهرام ملک محمدی

اساتید راهنما:

دکتر بنفشه زهرائی

دکتر رضا کراچیان

آبان ماه ۱۳۸۷

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب بهرام ملک محمدی تأیید می‌کند که مطالب مندرج در این رساله حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

امضاء:

پروردگارا

ای هستی بخش وجود، مرا بر نعمات بی‌کرانت توان شکر نیست. ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می‌تپد. الهی، مرا مدد کن تا دانش اندکم، نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه‌ای برای اسارت و نه دست مایه‌ای برای تجارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران.

تقدیم به :

همسر عزیزم،

که با صبر و حوصله در همه مراحل زندگی همراهم است

و

پدر ومادر بزرگوارم،

که همیشه با دعای خیرشان گام نهاده‌ام

و

برادر و خواهرانم روشنگران راه زندگیم.

چکیده

ساخت سدها و مخازن زیاد بر روی رودخانه‌های کشور و از طرف دیگر شرایط اقلیمی ایران و سیلابهائی که هر ساله در مناطق مختلف کشور اتفاق می‌افتد، نیاز به تدوین برنامه جامع مدیریت بهره‌برداری در شرایط سیلابی از این مخزن‌ها را ضروری ساخته است. در این تحقیق مدیریت سیلاب با تکیه بر بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخزن صورت گرفته است. برای این منظور با استفاده تلفیقی از مدل هیدرولیکی برآورد خسارت در رودخانه پائین‌دست و مدل‌های بهینه‌سازی بهره‌برداری کوتاه مدت (ساعتی) و بلندمدت (ماهانه) از مخزن، قوانین بهره‌برداری ساعتی از مخزن برای زمان وقوع سیلاب و قوانین بهره‌برداری ماهانه از مخزن برای ماههای مختلف سال به دست آمده است.

مدل بهینه‌سازی بهره‌برداری کوتاه مدت از مخازن سری، در مقیاس زمانی ساعتی با هدف مهار سیلاب تهیه شده است. با ایجاد ارتباط بین این مدل کوتاه مدت با مدل برآورد خسارت سیلاب، جریان خروجی از مخزن با در نظر گرفتن مشخصات هیدروگراف‌های ورودی و حجم ذخیره مخازن در زمان شروع سیلاب، بهینه شده است. قوانین بهینه بهره‌برداری ساعتی از سامانه رودخانه- مخزن با استفاده از روش K- نزدیک‌ترین همسایه (K-NN[1]) بر اساس نتایج اجرای مدل بهینه‌سازی در سناریوهای مختلف تدوین شده است که از جمله نوآوری‌های این تحقیق محسوب می‌شود. همچنین با استفاده از سامانه استنتاج فازی (FIS[2])، امکان برآورد خسارت سیلاب بر اساس دوره بازگشت‌های مختلف سیلاب ورودی و میزان ذخیره مخازن در زمان شروع سیلاب فراهم شده است.

در مدل بهره‌برداری بلند مدت، با در نظر گرفتن دو هدف مهار سیلاب و تأمین نیاز، بهینه‌سازی مقدار خروجی ماهانه و حجم ذخیره ماهانه مخازن با استفاده از مدل الگوریتم ژنتیک با طول کروموزوم متغیر (VLGA[3]) انجام شده است. در حل مدل بهینه‌سازی VLGA با رویکرد سازگار شونده، مقدار اولیه جوابها در سال‌های بهینه‌سازی با استفاده از معیار تشابه سال‌های هیدرولوژیکی و همچنین با استفاده از روش K- نزدیکترین همسایه انتخاب شده است. دو مدل VLGA-I و VLGA-II بر اساس این دو روش با بسط مدل VLGA در این تحقیق ارائه شده است که تأثیر قابل توجهی در افزایش سرعت همگرائی مدل VLGA داشته و از جمله نوآوری‌های این تحقیق محسوب می‌شود. همچنین از مدل بهینه‌سازی چند هدفه NSGA-II[4] برای بهینه‌سازی در مقیاس ماهانه استفاده شده است و با استفاده از روش ELECTRE- TRI که یکی از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره است دسته بندی بر روی جواب‌های مدل چند هدفه انجام شده است. در این تحقیق قواعد بهره‌برداری برای مدل ماهانه برای اولین بار با استفاده از تئوری احتمالاتی بیز[5] و تشکیل شبکه بیزی (BN[6]) مناسب به دست آمده است. اطلاعات مدل بهینه‌سازی ورودی‌های این شبکه می‌باشد. اطلاعات خروجی از این شبکه شامل توزیع احتمالاتی مقادیر خروجی از مخازن می‌باشد. نتیجه اجرای مدل‌های تهیه شده برای سامانه رودخانه - مخزن سدهای سری دز و بختیاری نشان دهنده کارآئی مناسب مدل‌ها در بهره‌برداری در شرایط سیلابی و ایجاد آمادگی در مخازن برای کاهش خسارت سیلاب و تأمین نیازها می‌باشد.

کلمات کلیدی: سامانه رودخانه – مخزن، خسارت سیلاب، بهینه‌سازی بهره‌برداری کوتاه مدت و بلند مدت، الگوریتم ژنتیک با طول کروموزوم متغیر (VLGA)، سامانه استنتاج فازی (FIS)، روش K- نزدیک‌ترین همسایه (K-NN)، شبکه بیزی(BN) ، سد های دز و بختیاری

---

[1] K-Nearest Neighbor (K-NN)
[2] Fuzzy Inference System (FIS)
[3] Varying chromosome Length Genetic Algorithm (VLGA)
[4] Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II (NSGA-II)
[5] Bayes
[6] Bayesian Network (BN)

تشکر و قدردانی

و من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

"از دست و زبان که برآید کز عهده شکرش به در آید"

خدای را سپاس که به من توفیق داد تا چند صباحی در وادی علم قدم نهاده و از اساتید و بزرگان این دریا اندک بهره‌ای ببرم.

از زحمات اساتید راهنمای بزرگوار سرکار خانم **دکتر بنفشه زهرائی** و جناب آقای **دکتر رضا کراچیان** که در انجام این رساله راه تحقیق، تفکر و آموختن را برایم هموار ساختند و از هیچگونه کمک و همراهی دریغ نکردند، خالصانه سپاسگزاری می‌نمایم.

از هیأت داوران محترم جناب آقای **دکتر احمد ابریشم‌چی**، جناب آقای **دکتر محمدابراهیم بنی-حبیب**، جناب آقای **دکتر محمدعلی بنی‌هاشمی** و جناب آقای **دکتر مسعود تابش** به پاس قبول زحمت و ارائه نظرات سازنده در مراحل مختلف این رساله کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از جناب آقای **دکتر سید تقی نائینی** سرپرست محترم گرایش مهندسی آب و جناب آقای **دکتر عباس بابازاده** معاون محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده که در مراحل مختلف انجام این رساله کمک نمودند، تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

در اینجا لازم است از کلیه اساتید، دانشجویان و دوستانی که در انجام مراحل مختلف این رساله همفکری و همراهی نمودند، قدردانی نمایم. از کلیه افرادی که در گردآوری اطلاعات مورد نیاز در این رساله همکاری نمودند، به خصوص کارشناسان شرکت مهندسین مشاور دزآب، مشانیر و مهاب قدس تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول: ضرورت و اهداف رساله ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق ۵

۱-۳- اهداف رساله ۷

۱-۴- سؤالات اصلی تحقیق ۷

۱-۵- روش تحقیق ۸

۱-۷- فرضیات رساله ۱۱

۱-۸- ساختار رساله ۱۳

فصل دوم: پیشینه تحقیقات انجام شده ۱۴

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- پیشینه تحقیقات بهینه‌سازی و بهره‌برداری از مخزن با رویکرد مهار سیلاب ۱۶

۲-۳- پیشینه تحقیقات تدوین قوانین بهره‌برداری ماهانه از مخازن ۲۴

۲-۴- پیشینه تحقیقات الگوریتم ژنتیک (GA) و کاربرد آن در بهره‌برداری از مخازن ۲۵

۲-۵- کاربرد مدلهای بهینه‌سازی چند هدفه در بهره‌برداری از مخازن ۳۰

۲-۶- جمع بندی پیشینه تحقیقات و نوآوری‌ها در این رساله ۳۲

فصل سوم: تئوری و روش انجام رساله ۳۹

۳-۱- مقدمه ۴۰

۳-۲- مدل برآورد خسارت سیلاب در رودخانه پائین‌دست ۴۱

۳-۲-۱- نحوه برآورد خسارت سیلاب ۴۳

۳-۲-۲- برآورد خسارت در مناطق مسکونی ۴۴

۳-۲-۳- توابع خسارت برای مناطق کشاورزی ۴۷

۳-۳- بهره‌برداری از مخازن در شرایط سیلابی (مدل بهره‌برداری کوتاه مدت) ۵۰

۳-۳-۱- ایجاد ارتباط بین مدل بهینه‌سازی کوتاه مدت با مدل برآورد خسارت سیلاب ۵۱

۳-۳-۲- مدل بهینه‌سازی کوتاه مدت در شرایط سیلابی ۵۲

۳-۳-۲-۱- متغیرهای تصمیم در مدل بهینه‌سازی کوتاه مدت در شرایط سیلابی ۵۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۳-۲-۲- تابع هدف در مدل بهینه‌سازی کوتاه مدت در شرایط سیلابی	۵۴
۳-۳-۲-۳- محدودیتها در مدل بهینه‌سازی کوتاه مدت در شرایط سیلابی	۵۷
۳-۳-۳- الگوریتم ژنتیک	۶۰
۳-۳-۳-۱- عملگرهای الگوریتم ژنتیک	۶۱
۳-۳-۳-۲- نخبه‌گرایی	۶۴
۳-۳-۴- تدوین قوانین بهره‌برداری از مخزن به صورت ساعتی در شرایط سیلابی	۶۵
۳-۳-۴-۱- معرفی روش K- نزدیکترین همسایه‌ها (K-NN)	۶۶
۳-۳-۴-۲- اعتبارسنجی تقاطعی	۶۷
۳-۳-۴-۳- اندازه‌گیری فاصله همسایگی	۶۷
۳-۳-۴-۴- پیشبینی‌های K- نزدیکترین همسایه	۶۸
۳-۳-۴-۵- نحوه استفاده از الگوریتم K- نزدیکترین همسایه در این رساله	۶۹
۳-۴- سامانه استنتاج فازی (FIS)	۷۲
۳-۴-۱- تئوری مجموعه فازی (FST)	۷۳
۳-۴-۲- تابع عضویت فازی	۷۴
۳-۴-۳- ساختار سامانه استنتاج فازی (FIS)	۷۵
۳-۴-۴- کاربرد سامانه استنتاج فازی در برآورد خسارت سیلاب	۷۶
۳-۵- بهره‌برداری بلند مدت (ماهانه) از مخازن	۷۸
۳-۵-۱- اجزای اصلی مدل بهینه‌سازی بهره‌برداری ماهانه از مخازن	۷۹
۳-۵-۱-۱- متغیرهای تصمیم	۷۹
۳-۵-۱-۲-تابع هدف مدل بهینه‌سازی	۷۹
۳-۵-۱-۲-۱- مقدار خسارت قابل انتظار ماهانه سیلاب	۸۱
۳-۵-۱-۲-۲- مقدار خسارت عدم تأمین نیاز	۸۲
۳-۵-۱-۳- محدودیت‌ها	۸۵
۳-۵-۲- مدل الگوریتم ژنتیک با طول کروموزم متغیر (VLGA)	۸۶
۳-۵-۳- مدلهای VLGA-I و VLGA-II	۸۸
۳-۵-۴- معیارهای همگرائی و ارزیابی کارائی مدلهای VLGA، VLGA-I و VLGA-II	۹۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه

۳-۵-۵- مدل بهینه‌سازی چند هدفه NSGA-II ۹۵
۳-۵-۵-۱- گامهای مختلف الگوریتم NSGA-II ۹۸
۳-۵-۶- روش ELECTRE-TRI ۱۰۰
۳-۵-۷- تدوین قوانین بهره‌برداری ماهانه از مخازن ۱۰۴
۳-۵-۷-۱- شبکه‌های بیزی ۱۰۵
۳-۵-۷-۲- کاربرد شبکه بیزی در تدوین قوانین ماهانه بهره‌برداری از مخازن ۱۱۰
۳-۶- جمع‌بندی مطالب فصل ۱۱۳
فصل چهارم: مطالعه موردی و اطلاعات پایه مورد استفاده ۱۱۵
۴-۱- مقدمه ۱۱۶
۴-۲- سامانه رودخانه-مخزن بختیاری و دز ۱۱۶
۴-۳- مشخصات کلی سدهای دز و بختیاری ۱۱۷
۴-۴- مشخصات ایستگاههای هیدرومتری محدوده مورد مطالعه ۱۲۰
۴-۵- هیدروگرافهای سیلاب تاریخی ۱۲۱
۴-۶- هیدروگرافهای سیلاب با دوره بازگشتهای مختلف ۱۲۳
۴-۷- بازه برآورد خسارت سیلاب و خسارت عدم تأمین نیاز ۱۲۳
۴-۸- جریان ورودی ماهانه به مخازن و نیاز آبی پائین‌دست ۱۲۷
۴-۹- مشخصات سد مخزنی زاینده‌رود و کارون ۱ ..... ۱۲۸
۴-۱۰- جمع‌بندی مطالب فصل ۱۳۲
فصل پنجم: نتایج اجرای مدلها ۱۳۳
۵-۱- مقدمه ۱۳۴
۵-۲- سناریوهای مختلف برآورد خسارت و بهینه‌سازی در مدل کوتاه مدت ۱۳۵
۵-۳- مدل برآورد خسارت سیلاب ۱۳۶
۵-۳-۱- نحوه تدوین و اجرای مدل HEC-RAS ۱۳۶
۵-۳-۲- ورود و پردازش اطلاعات در GIS ۱۳۸
۵-۳-۳- نحوه برآورد خسارت سیلاب با مدل تهیه شده ۱۳۸
۵-۴- مدل بهینه‌سازی کوتاه مدت در شرایط سیلابی ۱۴۰

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۴-۱- تعیین تابع هدف و محدودیتها	۱۴۰
۵-۴-۲- تعیین پارامترها و همگرایی مدل	۱۴۳
۵-۴-۳- نتایج اجرای مدل	۱۴۴
۵-۵- تدوین قوانین بهره‌برداری از مخازن بختیاری و دز در شرایط سیلابی	۱۵۲
۵-۵-۱- شبیه‌سازی خروجی از مخازن با استفاده از الگوریتم K- نزدیکترین همسایه	۱۵۲
۵-۶- نتایج سامانه استنتاج فازی (FIS)	۱۵۴
۵-۷- نتایج مدل بلندمدت بهره‌برداری	۱۵۹
۵-۷-۱- نتایج اجرای مدلهای VLGA، VLGA-I و VLGA-II	۱۶۰
۵-۷-۲- تدوین تابع هدف مهار سیلاب و تأمین نیاز	۱۷۱
۵-۷-۳- نتایج اجرای مدل بهینه‌سازی VLGA-II	۱۷۳
۵-۷-۴- نتایج مدل بهینه‌سازی چند هدفه NSGA-II	۱۷۵
۵-۷-۵- روش ELECTRE-TRI در رتبه‌بندی جوابهای مدل بهینه‌سازی چند هدفه	۱۷۵
۵-۷-۶- تدوین قوانین ماهانه بهره‌برداری از مخازن با شبکه بیزی	۱۷۷
۵-۸- جمع‌بندی مطالب فصل	۱۷۹
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها	۱۸۴
۶-۱- خلاصه و نتیجه‌گیری	۱۸۵
۶-۲- بررسی سؤالات اولیه تحقیق	۱۸۸
۶-۳- دستاوردها و نوآوریهای رساله	۱۸۹
۶-۴- پیشنهادها برای ادامه تحقیق	۱۹۱
فصل هفتم: منابع و مراجع	۱۹۳
Abstract	۲۰۶

(پیوست‌ها در CD ضمیمه)

پیوست ۱: اطلاعات مقاطع عرضی مورد استفاده ۲

پیوست ۲: متن برنامه‌های رایانه‌ای تهیه شده ۲۲

پیوست ۲-الف: برنامه رایانه‌ای تهیه شده به زبان فرترن برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن در شرایط سیلابی (برای سامانه بختیاری و دز) ۲۳

فهرست مطالب

عنوان صفحه

پیوست ۲-ب: برنامه رایانه‌ای تهیه شده به زبان فرترن برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از مخازن به صورت ماهانه (برای سامانه بختیاری و دز) ۴۲

پیوست ۲-ج: برنامه رایانه‌ای تهیه شده به زبان فرترن برای تدوین قوانین بهره‌برداری از مخازن در شرایط سیلابی با استفاده از روش K-NN (برای سامانه بختیاری و دز) ۷۰

پیوست ۲-د: برنامه رایانه‌ای تهیه شده به زبان Matlab برای برآورد خسارت سیلاب با استفاده از مدل FIS برای سامانه بختیاری و دز ۷۴

پیوست ۳: نتایج مدل ها ۷۷

پیوست ۳-الف: مشخصات جریان در مقاطع عرضی در برنامه HEC-RAS برای یکی از سناریوهای اجرای مدل ۷۸

پیوست ۳-ب: نتایج مدل بهینه سازی کوتاه مدت (در شرایط سیلابی) در سناریوهای مختلف ۸۳

فهرست جداول

عنوان | صفحه

جدول (۲-۱): خلاصه برخی از تحقیقات انجام شده در مدلهای بهره‌برداری کوتاه مدت از مخازن در مقایسه با مدل تدوین شده در این رساله ۳۶

جدول (۲-۲): خلاصه برخی از تحقیقات انجام شده در مدلهای بهره‌برداری بلند مدت از مخازن در مقایسه با مدل تدوین شده در این رساله ۳۸

جدول(۳-۱): درصد خسارت برای گیاهان زراعی ۵۰

جدول(۳-۲): درصد خسارت در طول دوره رشد برای گیاهان زراعی ۵۰

جدول (۳-۳): نحوه محاسبه طول کروموزومها و انتخاب مقادیر اولیه در هر سال بهینه‌سازی در سه مدل VLGA، VLGA-I و VLGA-II ۹۱

جدول(۴-۱): خلاصه مشخصات سدهای دز و بختیاری مورد استفاده در مطالعه موردی ۱۲۰

جدول (۴-۲): مشخصات هیدروگرافهای بحرانی در ماههای سیلابی مختلف در محل ایستگاه تنگه پنج بختیاری ۱۲۲

جدول (۴-۳): اطلاعات دبی‌های پیک لحظه‌ای در هر سال برای ماههای سیلابی در ایستگاه تنگه پنج بختیاری ۱۲۴

جدول(۴-۴): مشخصات محصولات کشاورزی درمحدوده مورد مطالعه ۱۲۶

جدول(۴-۵): مشخصات سدهای زاینده‌رود و کارون ۱ ۱۳۰

جدول(۵-۱): مقادیر هیدروگرافهای ورودی و خروجی و تغییرات حجم مخازن در مدل بهینه‌سازی ۱۴۸

جدول(۵-۲): مشخصات هیدروگرافهای ورودی و بهینه خروجی و مقادیر خسارت سیلاب برآورده شده دربازه مورد مطالعه از رودخانه پائین‌دست سد دز ۱۵۰

جدول(۵-۳): متوسط درصد خطای نسبی مدل K-NN با مقادیر مختلف پارامترهای K، w_I و w_S و مدل رگرسیون خطی نسبت به مدل بهینه‌سازی برای ۳۲ سناریوی بهینه‌سازی شده ۱۵۴

جدول(۵-۴): مقایسه بین تعداد محاسبات تابع هدف، زمان اجرا، سرعت همگرائی و مقدار بهینه تابع هدف در مدلهای VLGA، VLGA-I و VLGA-II ۱۶۸

جدول(۵-۵): ارزیابی معیارهای کارائی برای رسیدن به جواب بهینه در مدلهای VLGA، VLGA-I و VLGA-II برای سامانه بختیاری-دز با طول دوره بهینه‌سازی ۵۰ سال ۱۶۹

جدول(۵-۶): شاخصهای ارزیابی در مدلهای VLGA، VLGA-I و VLGA-II بر اساس جواب بهینه آنها برای سه مطالعه موردی در نظر گرفته شده ۱۷۰

جدول(۵-۷): توابع خسارت سیلاب برای دوره بازگشتهای مختلف بر اساس حجم اولیه مخازن در زمان سیلاب ۱۷۲

جدول(۵-۸): مقدار خسارت سالانه عدم تأمین نیاز محاسبه شده برای پائین‌دست سد دز ۱۷۲

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۵-۹): نتایج و مشخصات مدل بهینه‌سازی VLGA-II با توابع هدف اقتصادی	۱۷۶
جدول (۵-۱۰): جوابهای مدل بهینه‌سازی چند هدفه و رتبه‌بندی جوابها در حالات مختلف	۱۷۷
جدول (۵-۱۱): مقایسه خروجی بهینه‌سازی شده، شبکه بیزی، رگرسیون خطی و رگرسیون فازی	۱۸۳

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل (۳-۱): ساختار، نحوه ارتباط و روش تدوین مدلهای بهینه‌سازی و شبیه‌سازی در این رساله ۴۲

شکل (۳-۲): منحنی عمق - خسارت پیشنهادی توسط James and Lee (1971) ۴۵

شکل (۳-۳): منحنی‌های عمق - خسارت پیشنهادی توسط Corry et al. (1980) ۴۵

شکل (۳-۴): منحنی‌های عمق - خسارت پیشنهادی برای خانه های مسکونی ۴۸

شکل(۳-۵): ساختار کروموزوم‌ها در مدل الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی ساعتی بهره‌برداری از مخازن ۵۴

شکل (۳-۶): نحوه در نظر گرفتن وضعیت مخزن در شروع سیلاب در بهینه‌سازی مقدار خروجی در زمان سیلاب ۵۷

شکل (۳-۷): الگوریتم مدل بهینه‌سازی خروجی از مخازن سری در شرایط سیلابی ۵۹

شکل (۳-۸): مراحل آموزش و استفاده از مدل K-NN برای بهره‌برداری از مخازن در شرایط سیلابی ۷۰

شکل (۳-۹): ساختار اساسی یک کنترل کننده منطق فازی ۷۵

شکل (۳-۱۰): مراحل آموزش و استفاده از مدل FIS برای برآورد خسارت سیلاب ۷۸

شکل (۳-۱۱): مراحل بهینه‌سازی در دو مدل پیشنهادی VLGA-I و VLGA-II ۹۳

شکل (۳-۱۲): نمایی از الگوریتم NSGA-II ۹۹

شکل (۳-۱۳): نحوه محاسبه فاصله شلوغی ۹۹

شکل(۳-۱۴): نحوه تعریف دسته ها با استفاده از محدودیت پروفیل ها در روش ELECTRE TRI ۱۰۱

شکل(۳-۱۵): مراحل رتبه‌بندی جواب‌های مدل بهینه‌سازی چند هدفه با استفاده از روش ELECTRE-TRI ۱۰۳

شکل(۳-۱۶): توابع عضویت و رابطه بین متغیرها رگرسیون در قواعد بهره‌برداری فازی ۱۰۵

شکل(۳-۱۷): مثالی ساده از شبکه بیزی ۱۰۷

شکل (۳-۱۸): ساختار شبکه بیزی برای به دست آوردن قواعد بهره‌برداری برای سامانه مخازن سری ۱۱۲

شکل (۳-۱۹): مراحل آموزش، آزمایش و استفاده از شبکه بیزی در تدوین قوانین بهره‌برداری ماهانه ۱۱۴

شکل (۴-۱): موقعیت شماتیک، مشخصات سدهای مخزنی بختیاری و دز و بازه مورد مطالعه ۱۱۷

شکل(۴-۲): موقعیت سد های مخزنی بختیاری و دز، رودخانه‌های بختیاری و دز، بازه مورد مطالعه در برآورد خسارت و ایستگاههای هیدرومتری مورد استفاده ۱۱۸

شکل(۴-۳): منحنی مقادیر حدأکثر خروجی ماهانه از مخزن سد دز بر حسب حجم ذخیره مخزن ۱۱۹

شکل (۴-۴): منحنی تراز – دبی در محل ایستگاه هیدرومتری هرمله در پائین‌دست بازه مورد مطالعه در رودخانه دز ۱۲۱

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل (۴-۵): هیدروگرافهای سیلاب تاریخی در ماههای سیلابی در ایستگاه تنگه پنج بختیاری در دوره آماری مورد مطالعه ۱۲۲
شکل (۴-۶): هیدروگرافهای سیلاب با دوره بازگشت مختلف در محل ایستگاه تنگ پنج بختیاری در اردیبهشت‌ماه ۱۲۵
شکل (۴-۷): هیدروگرافهای سیلاب با دوره بازگشت مختلف در محل ایستگاه تنگه پنج سزار در اردیبهشت‌ماه ۱۲۵
شکل (۴-۸): جریان ورودی ماهانه به مخزن سد بختیاری و جریان بین راهی ورودی به مخزن سد دز ۱۲۷
شکل (۴-۹): نیاز آبی محاسبه شده برای محصولات کشاورزی در محدوده مورد مطالعه ۱۲۸
شکل (۴-۱۰): موقعیت سد های بختیاری و دز و حوزه‌های مربوطه ۱۲۹
شکل (۴-۱۱): موقعیت سد زاینده‌رود و حوزه‌های مربوطه ۱۲۹
شکل (۴-۱۲) موقعیت سد کارون۱ و حوضه آبریز رودخانه کارون ۱۲۹
شکل (۴-۱۳): منحنی حداکثر خروجی ماهانه برحسب حجم ذخیره مخزن سد زاینده‌رود ۱۳۰
شکل(۴-۱۴): منحنی مقادیر حدأکثر خروجی ماهانه از مخزن سد کارون ۱ بر حسب حجم ذخیره مخزن ۱۳۱
شکل (۴-۱۵): جریان ورودی ماهانه به مخزن سد زاینده‌رود در دوره برنامه‌ریزی ۳۳۶ ماهه ۱۳۱
شکل (۴-۱۶): جریان ورودی ماهانه به مخزن سد کارون ۱ در دوره برنامه‌ریزی ۲۷۶ ماهه ۱۳۲
شکل (۵-۱): پروفیل طولی مسیر و سطح آب حدأکثر در بازه مورد مطالعه از رودخانه دز در برنامه HEC-RAS ۱۳۷
شکل (۵-۲): (a): محل مقاطع عرضی مورد استفاده در مدل HEC-RAS، (b): مقاطع عرضی بالادست و پائین‌دست بازه مورد مطالعه ۱۳۷
شکل (۵-۳): لایه اطلاعاتی خروجی برنامه Arcview شامل کاربری اراضی، محل مقاطع عرضی و پهنه سیلاب در بازه پائین‌دست سد دز ۱۴۰
شکل (۵-۴): رابطه بین پیک هیدروگرافهای بهینه خروجی از مخزن دز و خسارت سیلاب در بازه مورد مطالعه ۱۴۲
شکل (۵-۵): تغییرات متوسط و کمترین مقدار تابع هدف بر حسب تعداد نسل در اجرای مدل بهینه‌سازی ۱۴۵
شکل (۵-۶): هیدروگرافهای سیلاب ورودی، خروجی بهینه و تغییرات حجم مخازن در مدل بهینه‌سازی ۱۴۵
شکل (۵-۷): هیدروگرافهای خروجی مدل بهینه‌سازی با در نظر گرفتن ظریب تغییرات در تابع هدف و بدون آن ۱۴۶
شکل (۵-۸): مقایسه نتایج مدلهای بهینه‌سازی، شبیه‌سازی K-NN و رگرسیون خطی برای مخزن بختیاری ۱۵۴
شکل (۵-۹): ساختار سامانه استنتاج فازی (FIS) تدوین شده در محیط برنامه MATLAB ۱۵۵
شکل (۵-۱۰): نمونه‌ای از قواعد فازی و نحوه ترکیب اجزاء آنها در محیط برنامه MATLAB ۱۵۶
شکل (۵-۱۱): توابع عضویت ورودی برای سامانه استنتاج فازی (FIS) ۱۵۷
شکل (۵-۱۲): تابع عضویت خروجی برای سامانه استنتاج فازی (FIS) ۱۵۷

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

شکل (۵-۱۳): رویه به‌دست آمده از قوانین در نظر گرفته شده برای سامانه استنتاج فازی (FIS) تدوین شده..... ۱۵۸

شکل (۵-۱۴): مقایسه نتایج محاسبه خسارت در دو مدل هیدرولیکی و FIS..... ۱۵۹

شکل (۵-۱۵): تغییرات مقدار تابع هدف و تعداد محاسبات تابع هدف برای مدل VLGA-II با تغییر تعداد جمعیت اولیه (P_S) در سه سامانه مورد مطالعه..... ۱۶۳

شکل (۵-۱۶): تقسیم-بندی سالهای بهینه‌سازی در مدل VLGA-I در سه مطالعه موردی..... ۱۶۵

شکل (۵-۱۷): تعداد نسلهای مورد نیاز برای رسیدن به جواب بهینه در سالهای بهینه‌سازی در مدلهای VLGA، VLGA-I و VLGA-II در سه مطالعه موردی..... ۱۶۶

شکل (۵-۱۸): خروجی بهینه ماهانه در مدلهای VLGA، VLGA-I و VLGA-II در سه سامانه مورد مطالعه..... ۱۶۷

شکل (۵-۱۹): خروجی‌های بهینه از مخزن دز در مقایسه با نیازهای پائین‌دست..... ۱۷۴

شکل (۵-۲۰): سری زمانی حجم ذخیره بهینه مخازن دز و بختیاری در طول دوره برنامه‌ریزی..... ۱۷۴

شکل (۵-۲۱): جبهه پارتو بین مقادیر دو تابع هدف خسارات قابل انتظار سیلاب سیلاب و خسارت کمبود نیاز آبی ۱۷۵

شکل (۵-۲۲): پروفیلهای در نظر گرفته شده در برنامه ELECTRE-TRI و دسته‌بندی گزینه‌ها..... ۱۷۶

شکل (۵-۲۳): ساختار شبکه بیزی آموزش داده شده در سامانه مورد مطالعه..... ۱۷۹

شکل (۵-۲۴): توابع توزیع احتمالاتی متغیرهای ورودی و خروجی بعد از آموزش شبکه بیزی..... ۱۸۰

شکل (۵-۲۵): مقایسه مقادیر خروجی بین حد بالا و پائین شبکه بیزی آموزش داده شده و مقادیر بهینه‌سازی شده ۱۸۱

شکل (۵-۲۶): مقایسه خروجی بهینه‌سازی شده، امید ریاضی خروجی شبکه بیزی و رگرسیون خطی ۱۸۲

شکل (۵-۲۷): مقایسه خروجی بهینه‌سازی شده با مقدار شبیه‌سازی شده با رگرسیون فازی ۱۸۳

فصل اول

ضرورت و اهداف رساله

فصل اول

ضرورت و اهداف رساله

۱-۱- مقدمه

در بین بلایای طبیعی، سیل، زلزله و خشکسالی به لحاظ خسارت مالی و جانی ناشی از وقوع آنها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. به استناد آمار و اطلاعات موجود، خسارات ناشی از سیل در پاره‌ای از نقاط دنیا به ویژه در آسیا و اقیانوسیه، بیشترین میزان را در بین خسارات حاصل از بلایای طبیعی به خود اختصاص داده‌اند. صدمات و خسارات مالی و جانی ناشی از سیل دائماً در حال افزایش است. این افزایش خسارات به این دلیل است که بیشتر مردم در مناطقی که در معرض خطرات طبیعی قرار دارند، مثل پهنه‌های سیل و نواحی دلتایی رودخانه‌های بزرگ سکونت دارند. اثرات تغییر اقلیم نیز منجر به تشدید شدت و فراوانی وقوع سیلاب‌ها در برخی از مناطق شده است.

استنباطی که غالباً از سیل می‌شود، عبارت از جریان یا دبی زیادی است که باعث بروز خسارات می‌شود و در این رابطه مقدار دبی پیک جریان، حجم آب در مدت زمان وقوع سیلاب و مدت زمان تداوم سیلاب مورد توجه می‌باشد. در یک سیلاب همواره مقدار جریان مازاد بر دبی حداکثر ظرفیت عبور رودخانه است که مشکل آفرین می‌شود.

روشهای مهار سیلاب در دشت سیلابی به دو دسته روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند. در روشهای سازه‌ای، عمدتاً مهار سیلاب با احداث سازه‌ها و یا ساماندهی مسیر رودخانه می‌باشد، در حالی که در روشهای غیر سازه‌ای، هدف مهار سیلاب با استفاده از شیوه‌های مدیریتی، پیش‌بینی و هشدار سیلاب است. در داخل حوزه‌های آبریز نیز روشهای آبخیزداری، تمهیدات مناسبی هستند که در جهت کاهش پتانسیل سیل‌خیزی انجام می‌گیرند. تلفیق مناسب روش‌های مهار سیلاب می‌تواند در کاهش خسارت سیلاب تأثیر بسزائی داشته باشد. روش‌های سازه‌ای شامل احداث سیل‌بندها، دایک‌های اضطراری، کانال‌های انحراف سیلاب، سدهای مخزنی- تأخیری و سایر عملیات

ساماندهی رودخانه‌ها می‌باشند. روش‌های غیر سازه‌ای، شامل مدیریت کاربری اراضی، ضد سیلاب کردن، سامانه‌های هشدار سیل، فعالیتهای اجتماعی مانند بیمه سیل و جابجائی و انتقال به مکان امن و مدیریت بهره‌برداری از مخازن سدها به منظور کاهش خسارات سیلاب انجام می‌گیرند.

سدها به عنوان یکی از منابع مهم تأمین آب، مهار سیلاب و تولید برق نیاز به برنامه‌ریزی در جهت مدیریت بهینه بهره‌برداری در شرایط مختلف را دارند. ایجاد تعادل بین اهداف مهار سیلاب، تأمین آب و تولید الکتریسیته یکی از وظایف اصلی در مدیریت بهره‌برداری از مخازن می‌باشد. مهار سیلاب توسط مخازن سدها با توجه به شرایط و حجم ذخیره مخزن در هنگام وقوع سیلاب و آسیب پذیری تأسیسات پائین‌دست، نیاز به بهینه‌سازی مقادیر خروج سیلاب در هنگام وقوع سیلاب دارد.

بهره‌برداری مناسب از مخازن این سدها قبل از وقوع و در حین وقوع سیلاب می‌تواند در کاهش خسارات سیل تأثیر زیادی داشته باشد. یکی از روشهای مؤثر مدیریت سیلاب تدوین قوانین مناسب بهره‌برداری از مخازن است به گونه‌ای که با حدأکثر کردن حجم آب در داخل مخزن در انتهای سیلاب و حفظ ایمنی سد، خسارات پائین‌دست حدأقل شود.

بهره‌برداری در زمان واقعی از مخزن یک فرآیند تصمیم‌گیری بر مبنای قواعد بهره‌برداری می‌باشد و نیاز به روش-های خاص و مناسبی دارد. بدین جهت در بهره‌برداری از مخازن در عمل مسائل و حالتهای خاصی به وجود می‌آید که نیاز به تصمیم‌گیری در همان شرایط را دارد. بهره‌برداری از دریچه‌ها در زمان سیلاب، نیاز به دقت بالائی دارد و معمولاً مشکل است زیرا تصمیم‌گیری باید با استفاده از اطلاعات غیر قطعی انجام گیرد، بازه زمانی تصمیم‌گیری بسیار کوچک است (بازه ای از ساعات کم)، اطلاعات در دسترس معمولاً کم و تخمین شرایط آب و هوائی مشکل می‌باشد. تصمیم‌گیری برای بهره‌برداری از دریچه‌ها در این شرایط بسیار مهم است، زیرا تأسیسات پائین‌دست، جان انسانها و یا حتی ایمنی سد ممکن است بر اثر بهره‌برداری نامناسب در خطر قرار گیرد.

برای کاهش خسارت سیل در پایین دست سد، مدیریت بهره‌برداری و نحوه برخورد با سیلاب اهمیت زیادی دارد. سیاست‌گذاری برای عملکرد مناسب دریچه‌ها بستگی به وجود مشخصات هیدروگراف سیلاب ورودی به مخزن و حجم مناسب ذخیره مخزن در زمان شروع وقوع سیلاب را دارد. حداکثر دبی تخلیه دریچه‌ها نیز نباید به اندازه‌ای باشد که خود برای پایین دست سیلاب محسوب شود. ظرفیت حداکثر رودخانه‌های پایین دست مخازن با داشتن پروفیل‌های