"به نام خالق هستی بخش"

دانشگاه تربیت مدرس

**بسمه تعالی**

**تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری**

خانم / آقای جواد سروریان رساله ۱۸ واحدی خود را با عنوان: "کنترل بهینه سیلاب در حوضه آبریز با ترکیب سدهای تاخیری پاره سنگی و خاکریز ساحلی" در تاریخ ۹۱/۱۲/۲ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده است و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری پیشنهاد می‌کنند.

| اعضای هیات داوران | نام و نام خانوادگی | رتبه علمی | امضاء |
|---|---|---|---|
| ۱- استاد راهنمای اصلی | جمال محمدولی سامانی | استاد | |
| ۲- استاد راهنمای دوم | حسین محمدولی سامانی | استاد | |
| ۳- استاد مشاور اول | | | |
| ۴- استاد مشاور دوم | | | |
| ۵- استاد ناظر | سید علی ایوب زاده | دانشیار | |
| ۶- استاد ناظر | محمد جواد منعم | دانشیار | |
| ۷- استاد ناظر | بهرام ثقفیان | استاد | |
| ۸- استاد ناظر | محمدعلی بنی هاشمی | دانشیار | |
| ۹- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی | مهدی مظاهری | استادیار | |

**بسمه تعالی**

## آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

**مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهش‌گران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

**ماده ۱**- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

**ماده ۲**- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

**ماده ۳**- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

**ماده ۴**- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

**ماده ۵**- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

"اینجانب جواد سروریان دانشجوی رشته سازه‌های آبی ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۶ مقطع دکتری دانشکده کشاورزی متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدین‌وسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم"

امضا

تاریخ

**بسمه تعالی**

## آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

**ماده ۱** در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به "دفتر نشر آثارعلمی" دانشگاه اطلاع دهد.

**ماده ۲** در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

"کتاب حاضر، حاصل رساله دکتری نگارنده در رشته سازه‌های آبی است که در سال ۱۳۹۲ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقایان دکتر جمال محمدولی سامانی و دکتر حسین محمدولی سامانی از آن دفاع شده است."

**ماده ۳** به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به "دفتر نشر آثارعلمی" دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

**ماده ۴** در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

**ماده ۵** دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب‌های عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

**ماده ۶:** اینجانب جواد سروریان دانشجوی رشته سازه‌های آبی مقطع دکتری، تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی

تاریخ و امضا

**دانشگاه تربیت مدرس**
**دانشکده کشاورزی**
**گروه سازه‌های آبی**

**رساله دکتری رشته سازه‌های آبی**

# کنترل بهینه سیلاب در حوضه آبریز با ترکیب سدهای تاخیری پاره‌سنگی و خاکریز ساحلی

**جواد سروریان**

اساتید راهنما
**دکتر جمال محمد ولی سامانی**
**دکتر حسین محمد ولی سامانی**

اسفند ۱۳۹۱

تقدیم به

پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم ؛

به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر ؛

به همسرم که در طول تحصیل، همراه و همگام من بود و با قلبی آکنده از عشق محیطی سرشار از آرامش و آسایش برایم فراهم آورد ؛

به برادرم که وجودش مایه دلگرمی من بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات ؛

به خواهرم که وجودش شادی بخش من بود و صفایش مایه آرامش من ؛

و به تمام دانشمندان، بزرگان، و آزادمردانی که نیک می اندیشند و جان و مال خود را در حفظ و اعتلای این مرز و بوم فدا کرده اند.

## تقدیر و تشکر

اکنون که به یاری پروردگار متعال کار تحقیق و رساله خود را به پایان رساندم، بر خود لازم می دانم که به مصداق "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق" از کسانی که در انجام این امر بنده را یاری کردند قدردانی نمایم.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر جمال محمد ولی سامانی که در طول سال های تحصیلات تکمیلی به آموزش، راهنمایی و مشاوره بنده پرداختند و علاوه بر مسایل درسی و رساله، همواره مشوق و راه‌گشای بنده در زندگی بوده‌اند.

از استاد گرامی جناب آقای دکتر حسین محمد ولی سامانی که با راهنمایی‌های مشفقانه و ارزشمند خود، زمینه هر چه بیشتر شدن بار فنی و علمی تحقیق را فراهم آوردند.

از دوست عزیز و گرامی جناب آقای دکتر امیر کرجی که در انجام رساله دین زیادی به گردن بنده دارند و متحمل زحمات زیادی برای اینجانب شدند.

از اساتید گرانقدر جناب آقایان دکتر منعم، دکتر ایوب‌زاده، دکتر مظاهری، دکتر بنی هاشمی و دکتر ثقفیان که قبول زحمت نموده و با داوری و ارائه نظرات ارزشمند، موجب ارتقای سطح علمی این رساله گردیدند.

از شرکت مهندسین مشاور یکم که در تهیه آمار حوضه آبریز طالقان با بنده همکاری نمودند.

و در نهایت از دیگر اساتید گروه سازه‌های آبی دانشگاه تربیت مدرس و دوستان گرامی که در طول سالیان تحصیل اینجانب در دانشگاه تربیت مدرس همواره مشوق و همیار بنده بوده‌اند سپاسگزاری می کنم.

## چکیده

چنانچه میزان جریان آب رودخانه بیش از ظرفیت آبگذری مقطع اصلی رودخانه باشد، مناطق همجوار رودخانه در معرض سیلاب قرار می‌گیرند. روش‌های سازه‌ای کنترل سیلاب، معمولا به‌منظور کاهش دبی اوج و یا جلوگیری از سیل‌بردگی به‌کار برده می‌شوند. سد پاره‌سنگی یک روش سازه‌ای کنترل سیل است که بخشی از جریان سیلابی در مخزن آن ذخیره شده و با گذشت زمان بتدریج و با دبی کمتری از میان بدنه سد تخلیه می‌شود. خاکریزساحلی نیز به‌عنوان یک روش سازه‌ای کنترل سیل، بدون تغییر موثر در دبی اوج سیلاب، باعث جلوگیری از سیل‌بردگی می‌شود. در صورتی که طرح کنترل سیلاب با مشارکت این دو روش انجام شود، علاوه بر کاهش قدرت و شدت سیلاب و جلوگیری از آبگرفتگی زمین‌های اطراف رودخانه، گزینه نهایی کنترل سیلاب با انعطاف‌پذیری بیشتری انتخاب خواهد شد. نکته مهم در رابطه با اقدامات تاخیری کنترل سیل، انتخاب درست موقعیت آنها در سطح حوضه می‌باشد. بسته به عوامل توپوگرافی و دیگر عوامل محیطی، مکان احداث سدهای پاره‌سنگی و همچنین طراحی این سدها و خاکریزساحلی متفاوت بوده و بر این اساس هر چینش و طراحی دلخواه از این دو روش سازه‌ای می‌تواند در تسکین سیلاب موثر واقع شود. بدیهی است ترکیب مذکور نه‌تنها از نظر هیدرولیکی بلکه از نظر اقتصادی نیز نمی‌تواند بهترین ترکیب ممکن باشد. بنابراین هدف از این تحقیق، معرفی روشی است که در آن مناسب‌ترین طراحی ترکیبی از چینش سدهای پاره‌سنگی درون حوضه به‌همراه خاکریزساحلی در محدوده مسکونی پایین دست حوضه را ارائه نماید، به‌طوری که با در نظر گرفتن محدودیت‌های حاکم بر حرکت سیلاب، مجموع هزینه ساخت سدها و احداث خاکریزساحلی حداقل مقدار ممکن شود.

بدین منظور یک "مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز" تهیه گردید که ضمن روندیابی جریان سیلاب در حوضه آبریز (با توجه به وجود و یا عدم وجود سدهای پاره‌سنگی)، هزینه احداث سدهای پاره‌سنگی در سطح حوضه آبریز بالادست و خاکریز ساحلی در محدوده مسکونی پایین‌دست را محاسبه کرده و در فرآیند بهینه‌سازی، بهترین چینش و قرارگیری سدهای پاره‌سنگی به‌طوری که هزینه‌های حاکم بر طرح کنترل سیلاب حداقل مقدار ممکن شود را تعیین می‌نماید. برای روندیابی جریان در حوضه آبریز بالادست متشکل

از سدهای تاخیری پاره‌سنگی و بازه‌های مختلف، از روندیابی پالس و ماسکینگام - کونژ، در قالب مدل شبیه‌ساز استفاده گردید. همچنین برای محدوده مسکونی پایین‌دست نیز، رابطه حجم خاکریز - دبی پیک، تهیه و به مدل بهینه‌ساز معرفی شد. مدل شبیه‌ساز، با مدل بهینه‌ساز الگوریتم ژنتیک در محیط نرم‌افزار MATLAB ترکیب شده و در نهایت، شاخص‌های بهینه سدهای پاره‌سنگی و خاکریز ساحلی برای ترکیب بهینه به‌دست آمد.

نتایج حاصله از کاربرد مدل مذکور برای حوضه آبریز طالقان بیان‌گر آن بود که به‌منظور بالا رفتن راندمان تسکین سیلاب این سدها و همچنین برای کاهش هزینه‌های طرح کنترل سیل، حتی‌الامکان سدهای پاره‌سنگی، در قسمت‌های میانی و بالادست حوضه آبریز احداث شوند. به‌طوری که از ۶ سد باقیمانده، تنها یکی در پایین‌دست حوضه واقع شده است و بقیه در قسمت‌های میانی و بالادست حوضه آبریز استقرار یافته‌اند. علاوه بر این، در حالت بهینه، هزینه سدها، ۷۲۴۷/۶۶ در قیمت واحد حجم سنگریزه، هزینه خاکریزها، ۵۸۰۸/۰۸ در قیمت واحد حجم سنگریزه و هزینه کل، ۱۶۹۷۲/۴۵ در قیمت واحد حجم سنگریزه به‌دست آمد. بر این اساس، هزینه طرح کنترل سیل، بیشتر از ۸۱ درصد نسبت به استقرار تمامی سدها کاهش داشته است.

علاوه بر جنبه اقتصادی طرح، از نظر مسایل هیدرولیکی نیز طرح بهینه، باعث تسکین قابل توجه هیدروگراف سیل گردید به‌طوری که طرح بهینه سیلاب، موجب کاهش ۵۶ درصدی دبی پیک هیدروگراف خروجی گردید. علاوه بر این، پخشیدگی و کشیدگی هیدروگراف خروجی در حالت بهینه، قابل ملاحظه بود و طرح بهینه کنترل سیلاب به‌خوبی توانسته بود شدت وقوع سیلاب را کنترل نماید. بنابراین، کاربرد هم‌زمان سدهای تاخیری پاره‌سنگی و خاکریز ساحلی به‌عنوان یک طرح تلفیقی کنترل سیل، از نظر هیدرولیکی و اقتصادی باعث افزایش راندمان طرح کنترل سیل خواهد شد.

**کلمات کلیدی:** الگوریتم ژنتیک - بهینه‌سازی - پالس - ترکیب بهینه - حوضه آبریز - خاکریز ساحلی - روندیابی سیلاب - سدهای تاخیری پاره‌سنگی- کنترل بهینه سیلاب - ماسکینگام - کونژ

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فهرست اشکال ..... ه**

**فهرست جداول ..... ح**

**فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ط**

**فصل اول کلیات ..... ۱**

۱-۱- مقدمه ..... ۲

۱-۲- سیلاب ..... ۲

۱-۳- عوامل موثر در وقوع سیلاب ..... ۳

۱-۴- پیامدها و خسارات ناشی از سیلاب ..... ۴

۱-۵- ضرورت کنترل و مهار سیلاب ..... ۶

۱-۶- روش‌های کنترل سیلاب ..... ۷

۱-۶-۱- روش‌های سازه‌ای ..... ۸

۱-۶-۲- روش‌های غیرسازه‌ای ..... ۹

۱-۷- کنترل تلفیقی سیلاب ..... ۱۰

۱-۸- کنترل بهینه سیلاب ..... ۱۱

۱-۹- تعریف مساله ..... ۱۲

۱-۱۰- ضرورت انجام تحقیق ..... ۱۵

۱-۱۱- اهداف تحقیق ..... ۱۷

۱-۱۲- دامنه کار ..... ۱۸

۱-۱۳- ساختار رساله ..... ۱۹

**فصل دوم مروری بر ادبیات تحقیق ..... ۲۱**

۲-۱- مقدمه ..... ۲۲

۲-۲- کنترل سیلاب توسط سدهای پاره‌سنگی ..... ۲۳

۲-۲-۱- مزایا ..... ۲۴

۲-۲-۲- معایب ..... ۲۵

۲-۲-۳- اصول و روابط حاکم بر جریان عبوری از سد های پاره‌سنگی ..... ۲۵

۲-۳- کنترل سیلاب توسط خاکریز ساحلی (گوره یا دایک) ..... ۳۱

۲-۳-۱- تاریخچه ..... ۳۲

۲-۳-۲- مزایا ..... ۳۳

۲-۳-۳- معایب ..... ۳۴

۲-۳-۴- ملاحظات طراحی و اجرایی ..... ۳۴
۲-۴- کنترل بهینه سیلاب ..... ۳۶
۲-۵- روندیابی سیلاب ..... ۴۷
۲-۵-۱- انتخاب روش مناسب روندیابی ..... ۴۹
۲-۵-۲- روندیابی پالس در مخزن ..... ۵۱
۲-۵-۳- روندیابی ماسکینگام - کونژ در رودخانه ..... ۵۳
۲-۶- بهینه‌سازی ..... ۵۷
۲-۶-۱- فرمول‌بندی و بیان ریاضی یک مساله بهینه‌سازی ..... ۵۷
۲-۶-۲- روش‌های حل مسایل بهینه‌سازی ..... ۵۸
۲-۶-۲-۱- روش کلاسیک ..... ۵۸
۲-۶-۲-۲- برنامه‌ریزی خطی ..... ۵۹
۲-۶-۲-۳- برنامه‌ریزی غیرخطی ..... ۵۹
۲-۶-۲-۴- الگوریتم‌های فراکاوشی ..... ۵۹
۲-۶-۳- انتخاب روش بهینه‌سازی ..... ۶۱
۲-۶-۳-۱- الگوریتم ژنتیک ..... ۶۲
۲-۶-۴- نحوه اعمال قیود حاکم بر تابع هدف ..... ۶۳
۲-۷- جمع‌بندی ..... ۶۴
**فصل سوم مبانی و روش انجام تحقیق ..... ۶۶**
۳-۱- مقدمه ..... ۶۷
۳-۲- تعیین هیدروگراف ورودی به بازه‌ها ..... ۶۷
۳-۳- روندیابی جریان در حوضه آبریز بالادست ..... ۶۹
۳-۳-۱- تعیین جانمایی سدهای پاره‌سنگی ..... ۷۰
۳-۳-۱-۱- توپوگرافی ..... ۷۰
۳-۳-۱-۲- زمین‌شناسی ..... ۷۱
۳-۳-۱-۳- منابع قرضه ..... ۷۲
۳-۳-۲- روندیابی جریان در مخازن سدهای پاره‌سنگی ..... ۷۲
۳-۳-۲-۱- رابطه حجم - اشل ..... ۷۳
۳-۳-۲-۲- رابطه دبی - اشل ..... ۷۴
۳-۳-۲-۳- مراحل روندیابی پالس ..... ۷۷
۳-۳-۲-۴- تعیین ارتفاع سدهای پاره‌سنگی ..... ۷۸
۳-۳-۳- روندیابی در آبراهه بین سدهای پاره‌سنگی ..... ۷۸
۳-۳-۴- تهیه مدل شبیه‌ساز ..... ۸۱
۳-۴- شبیه‌سازی جریان در محدوده مسکونی پایین‌دست ..... ۸۳
۳-۴-۱- جانمایی و راستای خاکریز ..... ۸۳
۳-۴-۲- ارتفاع خاکریز ..... ۸۵
۳-۴-۳- تعیین رابطه دبی پیک - حجم خاکریز ..... ۸۶

۳-۵- مدل بهینه‌ساز ..... ۸۷
۳-۵-۱- متغیر تصمیم ..... ۸۸
۳-۵-۲- قیود ..... ۸۸
۳-۵-۳- تابع هدف ..... ۹۰
۳-۵-۳-۱- حجم بدنه سدهای پاره‌سنگی **Vdami** ..... ۹۱
۳-۵-۳-۲- حجم خاکریز ساحلی (**Vd**) ..... ۹۳
۳-۵-۳-۳- هزینه‌های جاری (**P**) ..... ۹۵
۳-۵-۴- اعمال قیود در تابع هدف ..... ۹۵
۳-۵-۴-۱- تابع جریمه مرگ ..... ۹۶
۳-۵-۴-۲- تابع جریمه استاتیکی ..... ۹۶
۳-۵-۴-۳- تابع جریمه انطباقی ..... ۹۷
۳-۵-۵- حل مساله بهینه‌سازی توسط الگوریتم ژنتیک ..... ۹۷
۳-۵-۵-۱- کدگذاری و تولید جمعیت اولیه ..... ۹۹
۳-۵-۵-۲- انتخاب والدین ..... ۹۹
۳-۵-۵-۳- جفت‌گیری ..... ۱۰۱
۳-۵-۵-۴- جهش ..... ۱۰۱
۳-۵-۵-۵- شرط توقف ..... ۱۰۲
۳-۶- الگوریتم محاسباتی ..... ۱۰۲
۳-۷- جمع‌بندی ..... ۱۰۶

**فصل چهارم واسنجی، ارزیابی مدل و ارائه نتایج ..... ۱۰۸**

۴-۱- مقدمه ..... ۱۰۹
۴-۲- محدوده مطالعاتی ..... ۱۰۹
۴-۲-۱- هیدروگراف ورودی به بازه‌های مطالعاتی ..... ۱۱۴
۴-۲-۲- تعیین ضرایب روابط دبی - سطح مقطع و سطح مقطع - عمق ..... ۱۱۵
۴-۲-۳- رابطه حجم - ارتفاع در محل سدهای پاره‌سنگی ..... ۱۱۷
۴-۲-۴- رابطه دبی پیک - حجم خاکریز ساحلی ..... ۱۱۷
۴-۳- نتایج حاصله از اجرای مدل شبیه‌ساز ..... ۱۲۰
۴-۳-۱- صحت‌سنجی مدل شبیه‌ساز ..... ۱۲۰
۴-۳-۲- آنالیز حساسیت پارامترهای مدل شبیه‌ساز ..... ۱۲۴
۴-۳-۲-۱- بررسی حساسیت مدل نسبت به قطر متوسط ذرات سنگی (**D50**) ..... ۱۲۴
۴-۳-۲-۲- بررسی حساسیت مدل نسبت به تخلخل ذرات سنگی ..... ۱۲۵
۴-۳-۲-۳- بررسی حساسیت مدل نسبت به شیب بدنه سدهای پاره‌سنگی ..... ۱۲۷
۴-۳-۲-۴- بررسی حساسیت مدل نسبت به ضریب **a** ..... ۱۲۸
۴-۳-۲-۵- بررسی حساسیت مدل نسبت به ضریب **b** ..... ۱۲۹
۴-۳-۳- تعیین حداکثر ارتفاع سدهای پاره‌سنگی و تاثیر حاصل از هر سد برروی هیدروگراف خروجی از حوضه آبریز ..... ۱۳۱

۴-۴- نتایج "مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز" ..... ۱۳۹
۴-۴-۱- توابع و معیارهای بهینه‌سازی ..... ۱۴۰
۴-۴-۲- ضرایب و مقادیر پارامترهای عملگرهای بهینه‌سازی ..... ۱۴۱
۴-۴-۲-۱- تعداد اعضای جامعه (تعداد کروموزوم‌ها) ..... ۱۴۱
۴-۴-۲-۲- نرخ تلاقی ..... ۱۴۲
۴-۴-۲-۳- نرخ جهش ..... ۱۴۳
۴-۴-۳- صحت‌سنجی مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز ..... ۱۴۳
۴-۴-۴- نتایج حاصل از اجرای "مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز" برای کل محدوده مطالعاتی ..... ۱۵۰
۴-۴-۴-۱- تعیین جواب بهینه با استفاده از توابع جریمه مختلف ..... ۱۵۰
۴-۴-۴-۲- تعیین بهترین قطر ذرات سنگریزه برای ساخت سدهای پاره‌سنگی ..... ۱۵۱
۴-۴-۴-۳- نتایج نهایی ..... ۱۵۲
۴-۵- جمع‌بندی ..... ۱۵۸
**فصل پنجم خلاصه نتایج و پیشنهادات ..... ۱۶۰**
۵-۱- خلاصه نتایج ..... ۱۶۱
۵-۲- پیشنهادات ..... ۱۶۵
**فهرست مراجع ..... ۱۶۷**

# فهرست اشکال

**عنوان** **صفحه**


شکل (۱-۱) افزایش رواناب و کاهش نفوذ جریان با تغییر کاربری حوضه آبریز ..... (Assembly of Rouge Communities, 2005) ..... ۳
شکل (۱-۲) تعریف گرافیکی از مساله تحقیق..... ۱۵
شکل (۲-۱) خاکریز ساحلی رودخانه می‌سی‌سی‌پی در جوار شهر Gretna در Louisiana در سال ۲۰۰۵. ۳۲
شکل (۲-۲) عبور جریان از روی خاکریز رودخانه می‌سی‌سی‌پی و تخریب قسمتی از آن (Robinson, 1989) ..... ۳۵
شکل (۲-۳) هیدروگراف های ورودی و خروجی و مقدار ذخیره جریان در روندیابی مخزن ..... ۵۲
شکل (۲-۴) سلول محاسباتی برای حل عددی مساله روندیابی موج سینماتیک ..... ۵۴
شکل (۲-۵) طبقه‌بندی انواع روش‌های بهینه‌سازی مقید .....۶۳
شکل (۳-۱) اجزای هیدروگراف واحد مثلثی .....۶۹
شکل (۳-۲) نمایش شماتیک سد پاره سنگی و حدود انتگرال گیری برای مقطع ذوزنقه‌ای..... ۷۵
شکل (۳-۳) نمایش شماتیک سد پاره سنگی و حدود انتگرال گیری برای مقطع مستطیلی .....۷۶
شکل (۳-۴) نمایش الگوی شماره‌گذاری متوالی از بالادست ..... ۸۲
شکل (۳-۵) موقعیت خاکریز ساحلی در مسیر مئاندری رودخانه..... ۸۴
شکل (۳-۶) نمایش گرافیکی پارامترهای محاسبه حجم سنگریز سد پارهسنگی..... ۹۱
شکل (۳-۷) نمایش گرافیکی پارامترهای محاسبه حجم خاکریزساحلی در محدوده مسکونی..... ۹۳
شکل (۳-۸) دیاگرام محاسباتی روش الگوریتم ژنتیک ..... ۹۸
شکل (۳-۹) نمونه کروموزوم‌های تولید شده در الگوریتم بهینه سازی ..... ۹۹
شکل (۳-۱۰) دیاگرام مراحل محاسباتی "مدل شبیهساز".....۱۰۵
شکل (۳-۱۱) دیاگرام مراحل محاسباتی "مدل شبیهساز- بهینهساز" .....۱۰۶
شکل (۴-۱) موقعیت محدوده طرح بر روی نقشه ایران.....۱۱۰
شکل (۴-۲) موقعیت رودخانه‌ها، زیرحوضه‌ها، شهرک طالقان و دریاچه سد طالقان در حوضه آبریز طالقان .....۱۱۲
شکل (۴-۳) موقعیت بازههای مطالعاتی، سدهای پارهسنگی و خاکریز ساحلی در حوضه آبریز طالقان....۱۱۳
شکل (۴-۴) نمونه‌هایی از هیدروگراف‌های ورودی به بازه‌های مطالعاتی .....۱۱۵
شکل (۴-۵) نمونه‌ای از نمودارهای رابطه حجم - ارتفاع در محل سدهای پاره‌سنگی .....۱۱۷
شکل (۴-۶) پروفیل طولی سطح آب رودخانه طالقان در محدوده مسکونی شهرک طالقان .....۱۱۸
شکل (۴-۷) نمونه‌ای از پروفیل‌های عرضی سطح آب رودخانه طالقان در محدوده مسکونی شهرک طالقان .....۱۱۸
شکل (۴-۸) نمودار حجم خاکریزهای منطقه مسکونی در برابر تغییر دبی .....۱۱۹

شکل (۴-۹) نمودار طول خاکریزهای منطقه مسکونی در برابر تغییر دبی.....۱۱۹
شکل (۴-۱۰) نمودار ارتفاع خاکریزهای چپ و راست منطقه مسکونی در برابر تغییر دبی .....۱۱۹
شکل (۴-۱۱) مقایسه هیدروگراف‌های خروجی مدل MIKE11 و مدل ماسکینگام - کونژ (شماره ۱) ....۱۲۱
شکل (۴-۱۲) نمای کلی از فلوم آزمایشگاه هیدرولیکی گروه سازه‌های آبی دانشگاه تربیت مدرس .....۱۲۲
شکل (۴-۱۳) مدل فیزیکی سد پاره‌سنگی داخل فلوم.....۱۲۲
شکل (۴-۱۴) هیدروگراف ورودی به سد پاره‌سنگی و مقایسه هیدروگراف‌های خروجی مشاهداتی و محاسباتی .....۱۲۳
شکل (۴-۱۵) تغییرات دبی پیک خروجی در برابر قطر متوسط ذرات سنگی.....۱۲۵
شکل (۴-۱۶) تغییرات ارتفاع سد پاره‌سنگی در برابر قطر متوسط ذرات سنگی.....۱۲۵
شکل (۴-۱۷) تغییرات دبی پیک خروجی در برابر تخلخل ذرات سنگی .....۱۲۶
شکل (۴-۱۸) تغییرات ارتفاع سد پاره‌سنگی در برابر تخلخل ذرات سنگی .....۱۲۶
شکل (۴-۱۹) تغییرات دبی پیک خروجی در برابر شیب بدنه سد پاره‌سنگی.....۱۲۷
شکل (۴-۲۰) تغییرات ارتفاع سد پاره‌سنگی در برابر شیب بدنه سد پاره‌سنگی.....۱۲۸
شکل (۴-۲۱) تغییرات دبی پیک خروجی در برابر ضریب a .....۱۲۹
شکل (۴-۲۲) تغییرات ارتفاع سد پاره‌سنگی در برابر ضریب a .....۱۲۹
شکل (۴-۲۳) تغییرات دبی پیک خروجی در برابر ضریب b .....۱۳۰
شکل (۴-۲۴) تغییرات ارتفاع سد پاره‌سنگی در برابر ضریب b .....۱۳۱
شکل (۴-۲۵) حداکثر ارتفاع سدهای پاره‌سنگی.....۱۳۳
شکل (۴-۲۶) راندمان کاهش دبی اوج هیدروگراف خروجی از حوضه تحت تاثیر سدهای پاره‌سنگی .....۱۳۳
شکل (۴-۲۷) دبی هیدروگراف خروجی در ساعت ۱۰ام.....۱۳۳
شکل (۴-۲۸) حداکثر ارتفاع سدهای پاره‌سنگی.....۱۳۴
شکل (۴-۲۹) راندمان کاهش دبی اوج سدهای پاره‌سنگی .....۱۳۵
شکل (۴-۳۰) نمودار حجم - ارتفاع سدهای شماره ۲۷ و ۴۵ .....۱۳۶
شکل (۴-۳۱) قسمتی از حوضه آبریز طالقان .....۱۳۸
شکل (۴-۳۲) هیدروگراف‌های خروجی از بازه‌های ۲۷ و ۳۰ در شرایط وجود و عدم وجود سد ۲۰ .....۱۳۸
شکل (۴-۳۳) مجموع هیدروگراف‌های خروجی از بازه‌های ۲۷ و ۳۰ در شرایط وجود و عدم وجود سد ۲۰ .....۱۳۹
شکل (۴-۳۴) روند تغییرات هزینه بهینه طرح کنترل سیل در برابر تغییر پارامتر اعضای جامعه بهینه‌سازی .....۱۴۲
شکل (۴-۳۵) روند تغییرات هزینه بهینه طرح کنترل سیل در برابر تغییر ضریب تلاقی الگوریتم ژنتیک .۱۴۲
شکل (۴-۳۶) روند تغییرات هزینه بهینه طرح کنترل سیل در برابر تغییر نرخ جهش الگوریتم ژنتیک ....۱۴۳
شکل (۴-۳۷) قسمتی از حوضه آبریز طالقان برای صحتسنجی "مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز" .....۱۴۴
شکل (۴-۳۸) حداقل و متوسط تابع ارزیاب در نسل‌های مختلف بر اساس تابع جریمه مرگ.....۱۴۵

شکل (۴-۳۹) حداقل و متوسط تابع ارزیاب در نسل‌های مختلف بر اساس تابع جریمه استاتیکی.....۱۴۵
شکل (۴-۴۰) حداقل و متوسط تابع ارزیاب در نسل‌های مختلف بر اساس تابع جریمه انطباقی.....۱۴۵
شکل (۴-۴۱) دبی پیک هیدروگراف خروجی از حوضه آبریز در ترکیب‌های مختلف جدول (۴-۹) .....۱۴۷
شکل (۴-۴۲) هزینه سدهای پاره‌سنگی، خاکریز ساحلی و هزینه کل برای ترکیب‌های مختلف جدول (۴-۹) .....۱۴۷
شکل (۴-۴۳) روند تغییرات هزینه سدهای پاره‌سنگی و خاکریزهای ساحلی به‌ازای قطرهای مختلف سنگ‌دانه .....۱۵۱
شکل (۴-۴۴) روند تغییرات هزینه بهینه طرح کنترل سیل به‌ازای قطرهای مختلف سنگ‌دانه .....۱۵۲
شکل (۴-۴۵) دبی پیک هیدروگراف خروجی از حوضه آبریز به‌ازای قطرهای مختلف سنگ‌دانه.....۱۵۲
شکل (۴-۴۶) نمودارهای الگوریتم ژنتیک پس از اجرای "مدل شبیه‌ساز - بهینه‌ساز".....۱۵۴
شکل (۴-۴۷) جانمایی نهایی سدهای پارهسنگی به همراه ارتفاع آنها در حوضه آبریز طالقان .....۱۵۶
شکل (۴-۴۸) مقایسه هیدروگراف خروجی از حوضه در حالت بهینه با حالت‌های بدون سد و استقرار تمام سدها.....۱۵۸

# فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**


جدول (۱-۱) توزیع رخدادها و خسارات سیل در دوره ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۰ ..... ۵
جدول (۲-۱) ضرایب رابطه بین ضریب اصطکاک با عدد رینولدز در دو حالت نمایی و کسری ..... ۲۸
جدول (۲-۲) ضرایب رابطه بین سرعت و گرادیان هیدرولیکی در دو حالت نمایی و دو جمله‌ای ..... ۲۸
ادامه جدول (۲-۲) ضرایب رابطه بین سرعت و گرادیان هیدرولیکی در دو حالت نمایی و دو جمله‌ای ..... ۲۹
جدول (۳-۱) مقادیر پیشنهادی برای عرض تاج توسط USBR ..... ۹۲
جدول (۴-۱) مشخصات رودخانه‌ها و بازه‌های محدوده مطالعاتی.....۱۱۱
جدول (۴-۲) محدوده دوره بازگشت سیلاب طراحی در کشورهای مختلف براساس نوع کاربری (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، نشریه شماره ۳۱۶).....۱۱۴
جدول (۴-۳) ضرایب معرف هندسه هیدرولیکی بازه‌های مطالعاتی به‌همراه طول و شیب طولی آنها .....۱۱۶
جدول (۴-۴) ضرایب معرف هندسه هیدرولیکی جایگاه سدهای پاره‌سنگی به‌همراه طول و شیب طولی آنها .....۱۱۶
جدول (۴-۵) پارامترهای صحت‌سنجی مدل ماسکینگام - کونژ، توسط مدل MIKE11.....۱۲۱
جدول (۴-۶) پارامترهای صحت‌سنجی مدل پالس توسط داده‌های آزمایشگاهی.....۱۲۳
جدول (۴-۷) حداکثر ارتفاع سدهای پاره‌سنگی و تاثیر آنها برروی هیدروگراف خروجی از حوضه آبریز ...۱۳۲
جدول (۴-۸) نتایج حاصل از اجرای مدل شبیهساز - بهینهساز برای شکل (۴-۳۷) بر اساس تابع جریمه ۱۴۶
جدول (۴-۹) حالت های مختلف قرارگیری سدهای پاره‌سنگی در حوضه آبریز شکل (۴-۳۷).....۱۴۶
جدول (۴-۱۰) مشخصات هندسی سدهای پارهسنگی در ترکیبهای منتخب پس از اجرای مدل .....۱۴۹
جدول (۴-۱۱) نتایج حاصل از اعمال توابع جریمه مختلف توسط مدل "شبیه‌ساز - بهینه‌ساز".....۱۵۰
جدول (۴-۱۲) نتایج حاصل از اجرای مدل شبیهساز- بهینهساز برای کل محدوده مطالعاتی .....۱۵۵
ادامه جدول (۴-۱۲) نتایج حاصل از اجرای مدل شبیهساز- بهینهساز برای کل محدوده مطالعاتی .....۱۵۵
جدول (۴-۱۳) مقایسه پارامترهای خاکریز ساحلی در حالت بهینه با حالت‌های حدی.....۱۵۵
جدول (۴-۱۴) مقایسه طرح کنترل سیل بهینه با حالت‌های با و بدون سد پاره‌سنگی.....۱۵۷

# فهرست علایم و نشانه‌ها

$a$ و $b$: ضرایب معادله نمایی ضریب اصطکاک - عدد رینولدز

$a'$ و $b'$: ضرایب معادله کسری ضریب اصطکاک - عدد رینولدز

$A$ و $B$: ضرایب معادله نمایی گرادیان هیدرولیکی - سرعت جریان

$A'$ و $B'$: ضرایب معادله دوجمله‌ای گرادیان هیدرولیکی - سرعت جریان

$A_{ca}$ سطح مقطع جریان در رودخانه، $m^2$

$A_d$: سطح مقطع خاکریز، $m^2$

$A_{dam}$: سطح مقطع عرضی سد پاره‌سنگی، $m^2$

$A_{vd}$: سطح مقطع ویژه دینامیکی، $m^2$

$b_d$: عرض فوقانی خاکریز، $m$

$B$: عرض تاج سد پاره‌سنگی، $m$

$c_d$: قیمت واحد حجم سنگریزه برای ساخت خاکریز ساحلی

$c_{dam}$: قیمت واحد حجم سنگریزه برای ساخت سد پاره‌سنگی

$c_k$: سرعت مطلق موج سینماتیک، $m/s$

$C_n$: عدد کورانت

$C_w$: ضریب ثابت محیط سنگدانه‌ای

$C_0$، $C_1$ و $C_2$: ضرایب معادله ماسکینگام

$d$: قطر ذرات، $mm$

$d_{50}$: قطر متوسط ذرات سنگریزه، $mm$

$D$: عدد رینولدز هر سلول از شبکه گسسته‌سازی

$Du$: دوره بارندگی، $s$

$eval(x)$: تابع ارزیاب

$f$: ضریب اصطکاک دارسی - ویسباخ

$F.B._{min}$: حداقل ارتفاع آزاد خاکریز، $m$

$FF$: تابع هدف

$g$: شتاب ثقل، $m/s^2$

$h_l$: افت هیدرولیکی، $m$

$H$: عمق جریان داخل بدنه سد پاره‌سنگی، $m$

$H_d$: ارتفاع خاکریز، $m$

$H_{dam}$: ارتفاع سد پاره‌سنگی، $m$

$H_{dl}$: ارتفاع خاکریز سمت چپ، $m$

$H_{dn}$: عمق جریان در پایین‌دست سد پاره‌سنگی ، $m$

$H_{dr}$: ارتفاع خاکریز سمت راست، $m$

$H_s$: ارتفاع مربوط به نشست خاکریز، $m$

$H_{up}$: عمق جریان در بالادست سد پاره‌سنگی ، $m$

$H_{valley}$: ارتفاع دره یک سد، $m$

$H_w$: ارتفاع متوسط تراز جریان در سیلاب طرح، $m$

$i$: گرادیان هیدرولیکی

$k$: ضریب نفوذپذیری ذاتی، $m^2$

$k_t$: ضریب رابطه دوجمله‌ای استفانسن

$K$: ضریب ثابت رابطه Kuri Morales و Quezada

$K_o$: ثابت تجربی برای ذرات کروی

$L$: طول قاعده سد، $m$

$M_c$: ضریب پیچانرودی

$n$: تخلخل محیط متخلخل

$p(x)$: تابع جریمه

$P$: درصد هزینه‌های جاری طرح

$q_0$: دبی جریان در واحد عرض، $m^2/s$

$Q$: دبی، $m^3/s$

$Q_I$: دبی ورودی به مخزن سد، $m^3/s$

$Q_o$: دبی خروجی از مخزن سد، $m^3/s$

$Q_{pulse}$: دبی عبوری از بدنه سد پاره‌سنگی، $m^3/s$

$Q_{ref}$: دبی مرجع در روش ماسکینگام - کونژ، $m^3/s$

$Q_i^k$: دبی در زمان و مکان، $m^3/s$

$r$: شعاع انحنای خم رودخانه، $m$

$R$: شعاع هیدرولیکی، $m$

$Re$: عدد رینولدز

$S$: حجم ذخیره مخزن سد پاره‌سنگی، $m^3$

$S_o$: شیب طولی بازه

$t_b$: زمان پایه هیدروگراف، $s$

$t_c$: زمان تمرکز، $s$

$t_l$: زمان تاخیر، $s$

$t_p$: زمان اوج هیدروگراف، $s$

$T$: عرض سطح آب، $m$

$U_{ca}$: سرعت متوسط جریان در رودخانه، $m/s$

$U_{dam}$: سرعت جریان داخل بدنه سد پاره‌سنگی، $m/s$

$V_d$: حجم خاکریز، $m^3$

$V_{dam}$: حجم سد پاره‌سنگی، $m^3$

$x_d$: فاصله طولی از ابتدای خاکریز، $m$

$x_{dam}$: فاصله هر مقطع عرضی از ابتدای سد، m

X: ضریب وزنی بدون بعد در روش ماسکینگام

$X_i$: متغیر تصمیم

y: عمق جریان در رودخانه، m

z: شیب بدنه سد پاره‌سنگی

$z_1$: شیب شیروانی سمت رودخانه خاکریز

$z_2$: شیب شیروانی سمت خشکی خاکریز

$\alpha$ و $\beta$: ضرایب رابطه دبی - سطح مقطع

$\gamma$ و $\lambda$: ضرایب رابطه سطح مقطع - عمق جریان

$\Delta b_{dl}$: انحراف از قید حداکثر ارتفاع خاکریز ساحلی چپ، m

$\Delta b_{dr}$: انحراف از قید حداکثر ارتفاع خاکریز ساحلی راست، m

$\Delta b_i$: مقدار انحراف از قید حداکثر ارتفاع سدها، m

$\Delta h$: اضافه ارتفاع جریان در خم رودخانه، m

$dt$ و $\Delta t$: گام زمانی، s

$dx$ و $\Delta x$: طول زیربازه، m

$\theta$: زمان انتقال موج سیلاب در روش ماسکینگام، s

$\mu$: لزجت دینامیکی، $\frac{kg}{m.s}$

$\upsilon$: لزجت سینماتیکی، $m^2/s$

$\upsilon_n$: ضریب دیفیوژن عددی، $m^2/s$

$\rho$: چگالی $kg/m^3$

$\sigma$: انحراف معیار ذرات سنگریزه، mm

# فصل اول
# کلیات