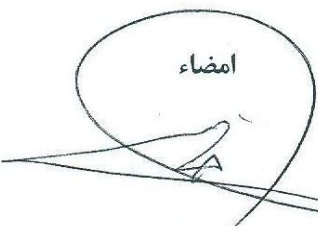




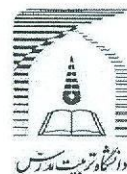


به نام آنکه جان را فکرت آموخت

تایید اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه‌ی نهائی پایان‌نامه خانم فاطمه رضوانی تحت عنوان : روندیابی سیل در سدهای پاره‌سنگی با استفاده از حل عددی معادلات سنت-وانانت را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه ی علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	جمال محمدولی سامانی	استاد	
۲- استاد مشاور	حسین محمدولی سامانی	استاد	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	سید علی ایوب‌زاده	دانشیار	
۴- اساتید ناظر: ۱- داخلی	سید علی ایوب‌زاده	دانشیار	
۲- خارجی	محمدابراهیم بنی‌حبیب	استادیار	



آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

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

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی سازه های آبی است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر جمال محمد ولی سامانی و مشاوره جناب آقای دکتر حسین محمد ولی سامانی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض 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 می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶: اینجانب فاطمه رضوانی دانشجوی رشته مهندسی سازه های آبی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: فاطمه رضوانی

تاریخ و امضا:

۹.۹.۲۰



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 پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

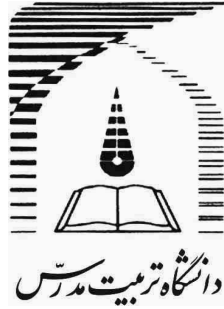
ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما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

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، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه می باشد، 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.



دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی سازه‌های آبی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی سازه‌های آبی

روندیابی سیل در سدهای پاره‌سنگی با استفاده از حل عددی معادلات سنت-ونانت

نگارنده

فاطمه رضوانی

استاد راهنما

دکتر جمال محمد ولی سامانی

استاد مشاور

دکتر حسین محمد ولی سامانی

خرداد ۱۳۹۰

تقدیم بہ

آبادکیران سرسبز مین پاکمان

پاسکزاری

اگر کون که بیاری پروردگار متعال با تدوین این پایان نامه به منزلگاه دیگری از مریکار و ایامش در سیاهه بزم و فلانیم که فی که سیه جبریت شان در سگدیر به پیشی نهنگی این طریق بوده، قدروانی نیام.

از پدرم که وجودناز نیزش به شوقیت برای رساندن فرزند به اوج نیکویی و مادرم و جبریت خدای گوناش که بر طای زینرا فرزند نیزش نگردد.

از هر مرم، همراه و یاور تمامم کامم

و از خانوادهی هر بازم که نگاه تمامم بر قدیم بودند.

از هر آموذگار اززم، از آخان تا به امروز...

از هر پندگرم که جناب آقای دکتر جمال جو مدو بی سامانی که روشنای مری بر عام بودند و اخلاق.

از استاد کرامتی، جناب آقای دکتر حسین جو مدو بی سامانی که با مشاوری از زنده شان حقیق را یاری رسانند.

از آقایان دکتر جواد بروردیان و دکتر مهدی مطهری که به بیخیاری سان مایم سینهنگی راه بودند.

از اساتید کرامتند، جناب آقای دکتر مهدی علی نایه جناب آقای دکتر سید سبک بلایه جناب آقای دکتر فرمودند و با دوری و اراده نظرات ارزشمند خویش، حقیق را در ارتقاء سطح این

پایان نامه یاری دادند.

و در آخر از هر کسافی که در این پیلایا کرم بودند، پاسکزاری مویکم.

چکیده

یکی از پدیده‌های طبیعی که همواره زمین‌های اطراف رودخانه‌ها را در معرض تهدید و خسارت قرار می‌دهد، وقوع سیلاب می‌باشد. از جمله تدابیری که به منظور جلوگیری از گسترش سیل و کاهش خطرات ناشی از آن صورت می‌گیرد، ساخت سدهای پاره‌سنگی و کنترل انرژی مخرب جریان سیل می‌باشد. این سدها به عنوان گونه‌ای از سدهای تأخیری، بخشی از آب را در هنگام جریان سیل در پشت سد ذخیره نموده و به تدریج و با دبی کمتری به پایین دست انتقال می‌دهند. به منظور مطالعه و تحقیق در زمینه تأثیر سدهای پاره‌سنگی در کنترل سیلاب، در این پایان‌نامه به روندیابی سیل در این نوع سدها در کل مسیر رودخانه پرداخته شده است.

تلاطم ناشی از محیط سنگریزه‌ای و متخلخل، منجر به ایجاد جریان غیرخطی می‌شود. بنابراین به منظور محاسبه افت انرژی درون محیط متخلخل، روابطی بین افت اصطکاکی و عدد رینولدز و یا بین گرادیان هیدرولیکی و سرعت جریان ارائه شده است. در تحقیق حاضر از رابطه‌ی یک بعدی سامانی و همکاران به صورت $f = 54 \text{Re}^{-0.077}$ بهره گرفته شده است. همچنین به منظور روندیابی سیل از درون سد پاره‌سنگی در رودخانه، از معادلات سنت-ونانت استفاده شده است. برای حل این معادلات، یک مدل ریاضی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB R2009، بر طبق روش تفاضل‌های محدود و الگوی حل ضمنی پرایزمن ارائه و دقت مدل با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی بررسی شده است. این مدل نتایج قابل قبولی با کارایی بیش از ۹۸ درصد و خطای کمتر از ۲/۲۲ درصد نشان می‌دهد. همچنین بررسی حساسیت مدل نسبت به برخی از پارامترها، حاکی از تأثیر زیاد فاصله‌ی سد از محل ورود سیلاب به رودخانه می‌باشد. از سوی دیگر، مقایسه‌ی نتایج حاصل از مدل با نتایج تحقیق شایان‌نژاد که با کاربرد معادلات پیوستگی در محیط متخلخل سد پاره‌سنگی را به عنوان مخزن در نظر می‌گیرد، نتیجه می‌دهد که با افزایش قطر متوسط سنگدانه، به علت کاهش تأثیر سد به عنوان مخزن نتایج شایان‌نژاد اختلاف بیشتری با نتایج حاصل از معادلات یک بعدی سنت-ونانت نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: روندیابی سیل، معادلات سنت-ونانت، سد پاره‌سنگی.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
و	فهرست شکل‌ها
د	فهرست جدول‌ها
ر	فهرست نشانه‌ها
۱	فصل اول - کلیات
۲	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ سیل
۵	۱-۲-۱ روش‌های کنترل سیل
۵	۲-۲-۱ سدهای تأخیری و کاربرد آنها در کنترل سیل
۶	۳-۲-۱ سدهای تأخیری پاره‌سنگی
۷	۳-۱ مدل ریاضی
۸	۴-۱ ضرورت انجام پایان‌نامه
۹	۵-۱ نوآوری پایان‌نامه
۱۰	۶-۱ فرض‌های پایان‌نامه
۱۰	۷-۱ محدوده و روش انجام تحقیق
۱۰	۸-۱ اهداف پایان‌نامه
۱۱	۹-۱ ساختار پایان‌نامه
۱۳	فصل دوم - مبانی تحقیق
۱۴	۱-۲ مقدمه

ادامه فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۴	۲-۲ روندیابی سیل.....
۱۷	۱-۲-۲ روش‌های روندیابی سیل.....
۱۷	۱-۱-۲-۲ روش دینامیکی کامل.....
۱۸	۲-۱-۲-۲ روش تقریبی.....
۱۸	۱-۲-۱-۲-۲ روش سینماتیکی.....
۱۹	۲-۲-۱-۲-۲ روش پخشیدگی.....
۲۰	۳-۲-۱-۲-۲ روش هیدرولوژیکی.....
۲۱	۳-۲ انتخاب روش مناسب روندیابی سیل.....
۲۱	۴-۲ معادلات سنت ونانت.....
۲۳	۵-۲ حل معادلات با استفاده از روش‌های عددی.....
۲۴	۱-۵-۲ روش تفاضل‌های محدود.....
۲۵	۲-۵-۲ روش اجزا محدود.....
۲۵	۳-۵-۲ روش احجام محدود.....
۲۶	۴-۵-۲ روش اجزا مرزی.....
۲۷	۶-۲ انتخاب روش عددی و الگوی حل مناسب.....
۲۸	۱-۶-۲ بررسی روش تفاضل‌های محدود.....
۳۱	۲-۶-۲ الگوی حل ضمنی پرایزمن.....
۳۲	۷-۲ هیدرولیک جریان در محیط‌های متخلخل.....
۳۳	۱-۷-۲ مبانی هیدرولیک جریان در محیط ریزدانه.....

ادامه فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۵	۲-۷-۲ مبانی هیدرولیک جریان در محیط درشت‌دانه
۳۷	۸-۲ انتخاب رابطه‌ی افت هیدرولیکی مناسب
۳۷	۹-۲ جمع بندی
۳۸	فصل سوم - مروری بر مطالعات انجام شده
۳۹	۱-۳ مقدمه
۳۹	۲-۳ روندیابی سیل
۴۱	۳-۳ معادلات سنت-ونانت
۴۶	۴-۳ هیدرولیک جریان در محیط‌های متخلخل
۴۶	۱-۴-۳ هیدرولیک جریان در محیط متخلخل ریزدانه
۴۹	۲-۴-۳ هیدرولیک جریان در محیط متخلخل درشت‌دانه
۴۹	۱-۲-۴-۳ روابط بین ضریب اصطکاک و عدد رینولدز
۵۳	۲-۲-۴-۳ روابط بین گرادیان هیدرولیکی و سرعت
۵۳	۱-۲-۲-۴-۳ روابط دوجمله‌ای بین سرعت و گرادیان هیدرولیکی
۵۶	۲-۲-۲-۴-۳ روابط نمایی بین سرعت و گرادیان هیدرولیکی
۶۲	۵-۳ مطالعات کاربردی در بحث هیدرولیک جریان در محیط سنگدانه‌ای
۷۱	۶-۳ جمع بندی
۷۳	فصل چهارم - مواد و روش‌ها
۷۴	۱-۴ مقدمه
۷۴	۲-۴ کلیات مدل

ادامه فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۴ گسسته‌سازی معادلات سنت-ونانت.....	۷۷
۴-۴ خطی سازی معادلات گسسته شده.....	۷۹
۵-۴ الگوی حل معادلات بدست آمده.....	۸۵
۶-۴ تعیین عمق جریان خروجی از سد.....	۸۷
۷-۴ تعیین شرایط اولیه.....	۸۹
۸-۴ تعیین شرایط مرزی.....	۹۰
۱-۸-۴ شرط مرزی بالادست.....	۹۰
۲-۸-۴ شرط مرزی پائین‌دست.....	۹۱
۹-۴ تعیین بازه‌های زمان و مکان.....	۹۱
۱۰-۴ جمع بندی.....	۹۲
فصل پنجم - بررسی نتایج و ارزیابی مدل.....	۹۳
۱-۵ مقدمه.....	۹۴
۲-۵ بررسی صحت عملکرد مدل.....	۹۴
۳-۵ بررسی شرایط آزمایش‌ها.....	۹۸
۴-۵ بررسی دقت عملکرد مدل.....	۱۰۰
۵-۵ آنالیز حساسیت مدل.....	۱۰۵
۱-۵-۵ حساسیت مدل نسبت به تغییر طول پی سد.....	۱۰۶
۲-۵-۵ حساسیت مدل نسبت به تغییر فاصله‌ی سد از محل ورود سیلاب.....	۱۰۸
۳-۵-۵ حساسیت مدل نسبت به تغییر اندازه‌ی متوسط سنگدانه‌های سد.....	۱۱۰

ادامه فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱۲	۴-۵-۵ مقایسه‌ی اثر پارامترها.....
۱۱۳	۶-۵ مقایسه نتایج مدل با نتایج رابطه‌ی یک بعدی شایان‌نژاد.....
۱۱۵	۱-۶-۵ بررسی پروفیل سطح آب درون محیط پاره‌سنگی.....
۱۱۹	۲-۶-۵ بررسی تغییرات سرعت درون محیط پاره‌سنگی.....
۱۲۱	۷-۵ جمع بندی.....
۱۲۳	فصل ششم - نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....
۱۲۴	۱-۶ مقدمه.....
۱۲۵	۲-۶ نتیجه‌گیری کلی.....
۱۲۷	۳-۶ پیشنهادها.....
۱۲۹	منابع.....
۱۴۱	پیوست.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ بخش‌های مختلف هیدروگراف سیل.....	۱۵
شکل ۲-۲ تغییرات هیدروگراف ورودی نسبت به هیدروگراف خروجی.....	۱۶
شکل ۳-۲ ذخیره منشوری و تیغه‌ای در رودخانه برای پروفیل سطح آب در هنگام عبور سیل.....	۲۱
شکل ۴-۲ تقریب تفاضل‌های محدود.....	۳۰
شکل ۵-۲ شبکه محاسباتی تفاضل‌های محدود در مختصات (x,t)	۳۰
شکل ۶-۲ المان‌های محاسباتی در روش پرایزمن.....	۳۱
شکل ۷-۲ جریان از درون محیط پاره‌سنگی مستطیلی.....	۳۶
شکل ۸-۲ جریان از درون محیط پاره‌سنگی دوزنقه‌ای.....	۳۷
شکل ۱-۳ فاکتور اصطکاک برای جریان در محیط متخلخل.....	۵۸
شکل ۲-۳ مقایسه‌ی نتایج واقعی با نتایج برخی از معادلات (شایان نژاد، ۱۳۷۹).....	۶۱
شکل ۳-۳ اجزا معادله‌ی انرژی در جریان آشفته یک بعدی از یک مجرای متخلخل درشت‌دانه.....	۶۵
شکل ۱-۴ شبکه‌ی تفاضل‌های محدود در مدل جریان یک بعدی.....	۸۵
شکل ۲-۴ شکل مقطع نامنظم در رودخانه.....	۸۶
شکل ۱-۵ تأثیر ابعاد سد بر هیدروگراف خروجی.....	۹۵
شکل ۲-۵ حجم یکسان سیلاب ورودی و خروجی.....	۹۶
شکل ۳-۵ پروفیل سطح آب در زمان ۲۰۰، ۳۰۰ و ۹۰۰ ثانیه پس از شروع روندیابی.....	۹۸
شکل ۴-۵ هیدروگراف خروجی حاصل از مدل و مشاهدات آزمایشگاهی، آزمایش شماره ۱.....	۱۰۱
شکل ۵-۵ هیدروگراف خروجی حاصل از مدل و مشاهدات آزمایشگاهی، آزمایش شماره ۲.....	۱۰۱

ادامه فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۱۰۲.....	شکل ۵-۶ هیدروگراف خروجی حاصل از مدل و مشاهدات آزمایشگاهی، آزمایش شماره ۳.....
۱۰۲.....	شکل ۵-۷ هیدروگراف خروجی حاصل از مدل و مشاهدات آزمایشگاهی، آزمایش شماره ۴.....
۱۰۷.....	شکل ۵-۸ اثر تغییر طول پی سد بر هیدروگراف خروجی.....
۱۰۹.....	شکل ۵-۹ اثر تغییر فاصله‌ی ابتدای سد از محل ورود سیلاب بر هیدروگراف خروجی.....
۱۱۱.....	شکل ۵-۱۰ اثر تغییر اندازه متوسط سنگدانه بر هیدروگراف خروجی.....
۱۱۶.....	شکل ۵-۱۱ مقایسه پروفیل سطح آب حاصل از مدل و رابطه‌ی شایان‌نژاد برای $d_{50} = 0/04 \text{ m}$
۱۱۷.....	شکل ۵-۱۲ مقایسه پروفیل سطح آب حاصل از مدل و رابطه‌ی شایان‌نژاد برای $d_{50} = 0/12 \text{ m}$
۱۱۷.....	شکل ۵-۱۳ مقایسه پروفیل سطح آب حاصل از مدل و رابطه‌ی شایان‌نژاد برای $d_{50} = 0/2 \text{ m}$
۱۱۹.....	شکل ۵-۱۴ مقایسه تغییرات سرعت در مدل و رابطه‌ی شایان‌نژاد برای $d_{50} = 0/04 \text{ m}$
۱۲۰.....	شکل ۵-۱۵ مقایسه تغییرات سرعت در مدل و رابطه‌ی شایان‌نژاد برای $d_{50} = 0/12 \text{ m}$
۱۲۰.....	شکل ۵-۱۶ مقایسه تغییرات سرعت در مدل و رابطه‌ی شایان‌نژاد برای $d_{50} = 0/2 \text{ m}$

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳ پارامترهای حاصل از هر سه روش برای سه دسته اندازه متفاوت سنگدانه.....	۵۶
جدول ۲-۳ اندازه‌ی سنگدانه و تخلخل محیط پاره‌سنگی.....	۶۷
جدول ۱-۵ مشخصات آزمایش‌های انجام شده.....	۱۰۰
جدول ۲-۵ نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده و اجرای مدل روندیابی سیلاب.....	۱۰۳
جدول ۳-۵ بررسی تطابق نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده و اجرای مدل روندیابی سیلاب.....	۱۰۴
جدول ۴-۵ مختصات مقاطع ابتدا و انتهای رودخانه.....	۱۰۵
جدول ۵-۵-a مشخصات سد و رودخانه به منظور بررسی اثر تغییر طول پی سد.....	۱۰۶
جدول ۵-۵-b پارامترهای شبیه‌سازی به منظور بررسی اثر تغییر طول پی سد.....	۱۰۶
جدول ۶-۵ نتایج حاصل از تغییر طول پی سد بر هیدروگراف خروجی سیل.....	۱۰۷
جدول ۷-۵-a مشخصات سد و رودخانه به منظور بررسی اثر فاصله‌ی سد از ابتدا.....	۱۰۸
جدول ۷-۵-b پارامترهای شبیه‌سازی به منظور بررسی اثر فاصله‌ی سد از ابتدا.....	۱۰۸
جدول ۸-۵ نتایج حاصل از تغییر فاصله‌ی سد از محل ورود سیلاب بر هیدروگراف خروجی سیل.....	۱۰۹
جدول ۹-۵-a مشخصات سد و رودخانه به منظور بررسی اثر اندازه سنگدانه‌های سد.....	۱۱۰
جدول ۹-۵-b پارامترهای شبیه‌سازی به منظور بررسی اثر اندازه سنگدانه‌های سد.....	۱۱۰
جدول ۱۰-۵ نتایج حاصل از تغییر اندازه متوسط سنگدانه‌های سد بر هیدروگراف خروجی سیل.....	۱۱۱
جدول ۱۱-۵ درصد تغییرات نسبی دبی و زمان در آنالیز حساسیت مدل برای شرایط یکسان.....	۱۱۳
جدول ۱۲-۵-a مشخصات سد و رودخانه به منظور مقایسه نتایج مدل و رابطه شایان‌نژاد.....	۱۱۶
جدول ۱۲-۵-b پارامترهای شبیه‌سازی به منظور مقایسه نتایج مدل و رابطه شایان‌نژاد.....	۱۱۶

ادامه فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

جدول ۵-۱۳ متوسط خطای نسبی پروفیل سطح آب در مدل و رابطه‌ی یک بعدی شایان‌نژاد..... ۱۱۸

جدول ۵-۱۴ متوسط خطای نسبی سرعت جریان در مدل و رابطه‌ی یک بعدی شایان‌نژاد..... ۱۳۱

فهرست نشانه‌ها

نشانه	واحد
..... α : ضریب انرژی جنبشی	
..... β : ضریب تصحیح غیریکنواختی سرعت	
..... γ : وزن مخصوص سیال	N / m^3
..... θ : ضریب وزنی زمان	
..... ψ : ضریب وزنی مکان	
..... μ : لزوجت دینامیکی سیال	$N.s / m^2$
..... U : لزوجت سینماتیکی سیال	m^2 / s
..... τ_0 : تنش برشی بستر	N / m^2
..... τ_s : تنش برشی جداره	N / m^2
..... a, b, a', b' : ضرایب ثابت	
..... b_w, n_w : ثابت‌های تجربی	
..... A : سطح مقطع جریان	m^2
..... B : عرض سطح آب	m
..... C : ضریب شزی	
..... C : ضریب شکل	
..... d_{50} : قطر متوسط ذرات	m
..... D : عمق هیدرولیکی	m
..... E : انرژی مخصوص	
..... f : ضریب اصطکاک دارسی - وایسباخ	

ادامه فهرست نشانه‌ها

نشانه	واحد
Fr : عدد فرود	
Fr_p : عدد فرود جریان تراوشی	
g : شتاب گرانشی	m / s^2
h : پتانسیل کل آب خاک	m
h_m : پتانسیل ماتریکس	m
h_p : پتانسیل فشاری	m
h_z : پتانسیل ثقلی	m
i : گرادیان هیدرولیکی	
n : ضریب زبری مانینگ	
n_p : تخلخل	
P : محیط خیس شده	m
q : دبی در واحد عرض کانال	m^2 / s
q_1 : دبی جریان جانبی ورودی بر واحد طول کانال	$m^3 / s / m$
q_2 : دبی جریان جانبی خروجی بر واحد طول کانال	$m^3 / s / m$
Q : دبی جریان	m^3 / s
R : شعاع هیدرولیکی	m
Re : عدد رینولدز	
S_0 : شیب بستر	
S_f : شیب هیدرولیکی	

ادامه فهرست نشانه‌ها

واحد	نشانه
s	زمان: t
m/s	سرعت طولی جریان جانبی ورودی به کانال: v_x
m/s	سرعت: V
m/s	سرعت جریان تراوشی: V_p
	فاکتور شکل: W
m	عرض کانال اصلی: W_1
m	عرض دشت سیلابی: W_2
m	مکان: x
m	عمق جریان: y
m	ارتفاع بستر: z_b
m	تراز سطح آب: z_s