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 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 آئین نامه 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 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 تاریخ۸۷/۴/۱ 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.حسین ریاحی..دانشجوی رشته سازه های آبی ورودی سال تحصیلی۸۵. مقطع دکتری دانشکده .کشاورزی. متعهد می شوم کلِیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم 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: ۱۳۹۰/۹/۵

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

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

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (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 پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته سازه های آبی که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده‌کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ایوب زاده 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 تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند 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 حسین ریاحی دانشجوی رشته سازه های آبی مقطع دکتری تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:حسین ریاحی مدوار

تاریخ و امضا:۱۳۹۰/۹/۵

دانشگاه تربیت مدرس

مهندسی سازه‌های آبی

رساله دکتری تخصصی

استخراج روابط انتقال رسوب برای کانالهای با مقاطع مرکب روباز با استفاده از مدل عددی سه‌بعدی

نگارش

حسین ریاحی مدوار

اساتید راهنما

دکتر سید علی ایوب زاده

دکتر مسعود منتظری نمین

آذر ۹۰

تقدیم

به همسرم، که در همه روزهای بی‌بهار،

زنده‌ام داشت با بهار...

سپاس

خدایم

اساتیدم

و

خانواده‌ام را....

چکیده

در این رساله با استفاده از رویکرد هیبریدی برنامه نویسی نمادین و شبیه‌سازی عددی سه‌بعدی مسائل خاص انتقال رسوب مقاطع مرکب بررسی شده است. هدف اصلی رساله توسعه بسته نرم افزاری برای استخراج روابط بدون بعد انتقال رسوب در مقاطع مرکب مبتنی بر نتایج شبیه‌سازی عددی سه‌بعدی و برنامه نویسی نمادین است. برای استخراج روابط از دو رویکرد کلاسیک ضرائب اصلاحی و خودکار برنامه‌نویسی نمادین استفاده شده و روابط بدون‌بعدی برای تنش برشی متوسط بستری، ظرفیت انتقال بار معلق و ظرفیت انتقال بار کل مواد بستری در مقاطع مرکب استخراج شده است. در رساله حاضر برای اولین بار استخراج خودکار فرم صریح روابط بدون بعد(فرم، شکل و ضرائب) به روش برنامه نویسی عبارتی ژنتیکی[1](GEP) انجام شده است و با توسعه بسته نرم افزاری تابع یابی ژنتیکی (HFFGEP[2]) روابط هیدرولیکی آزمایشگاهی و صحرائی متعددی استخراج شده است و نتایج آن در استخراج برخی توابع غیرخطی هیدرولیکی و داده‌های صحرائی رودخانه‌ای ارزیابی و تائید شده است. در استخراج روابط ابتدا نتایج مطالعات آزمایشگاهی برای صحت سنجی و اطمینان از نتایج مدل عددی بکار گرفته شده است و همچنین حساسیت نتایج آن نسبت به پارامترهای مختلف بررسی شده است. پس از تائید نتایج مدل در مقایسه با داده‌های آزمایشگاهی و صحرائی، با استفاده از آنالیز ابعادی تاثیر پارامترهای بدون بعد مختلف بر متوسط تنش برشی بستر، ظرفیت انتقال بار معلق و ظرفیت بار کل بررسی شده است. سپس در استخراج روابط بدون بعد تنش برشی بستر، بار معلق و بار کل مواد بستری بسته نرم افزاری HFFUGEP استفاده شده و روابط بدون بعد مورد نظر خودکار استخراج شده است. مقایسه نتایج مجموعه روابط بدون بعد استخراج شده توسط HFFGEP نشان داد که روش GEP نسبت به روش ضرائب اصلاحی عملکرد بسیار بهتری دارد و بسته‌ی نرم افزاری توسعه یافته در این رساله قابلیت کاربرد در زمینه‌های بسیار وسیعی از مدلسازی، بهینه سازی، پیش‌بینی و رفتارسنجی مسائل علوم مهندسی آب و هیدرولیک را داراست.

واژگان کلیدی: آنالیز ابعادی، انتقال رسوب، استخراج رابطه، بار معلق، بار کل مواد بستری، برنامه‌نویسی نمادین، توسعه بسته نرم افزاری

---

[1] - **G**ene **E**xpression **P**rogramming

[2] -**H**ydraulic **F**unction **F**inding **U**sing **G**ene **E**xpression **P**rogramming

فهرست مطالب

فصل ۱ کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تعریف مسئله ۳

۱-۳- ضرورت تحقیق ۵

۱-۵- اهداف ۶

۱-۶- نوآوری ۶

۱-۷- دامنه و چارچوب رهیافت تحقیق ۷

۱-۸-فصلهای رساله ۸

فصل ۲ سابقه تحقیق ۹

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- مفاهیم و مبانی هیدرولیکی جریان در مقاطع مرکب ۱۰

۲-۳- سابقه جریان یک بعدی و شبه دو بعدی در مقاطع مرکب ۱۳

۲-۴- سابقه مدلسازی عددی دو و سه بعدی جریان و رسوب در مقاطع مرکب ۱۴

۲-۵- سابقه روابط انتقال رسوب در مقاطع روباز ۱۷

۲-۶- سابقه تحقیق آنالیز ابعادی و شناخت متغیرهای موثر ۱۸

۲-۷-سابقه استخراج روابط با شبیه سازی عددی و آنالیز ابعادی ۱۸

۲ -۸- سابقه استفاده از برنامه نویسی ژنتیک در استخراج روابط هیدرولیکی ۲۷

۲-۹- سابقه کاربرد مدل عددی *SSIIM* و دلایل انتخاب آن ۲۸

فصل ۳ معادلات حاکم و حل عددی جریان سه‌بعدی درمجاری روباز با انتقال رسوب.... ۳۰

۳-۱- مقدمه ۳۱

۳-۲- فرضیات حاکم بر مدل ۳۱

۳-۳- معادلات حاکم و حل عددی آنها در مدل سه بعدی ۳۲

۳-۴- مدلسازی آشفتگی ۳۳

۳-۴-۱- مدل $\kappa-\varepsilon$ ۳۴

۳-۴-۲- مدل $\kappa-\omega$ ۳۵

۳-۴-۳- مدلهای لزجت گردابهای ۳۶
۳-۵- قانون دیوار و زبری فرم بستر در مقاطع مرکب ۳۶
۳-۶- معادلات سهبعدی انتقال رسوبات ۳۷
۳-۶-۱- معادله انتقال بار معلق ۳۷
۳-۶-۲- محاسبات بار بستر ۳۸
۳-۶-۳- محاسبه تنش برشی بستر ۴۰
۳-۶-۴- محاسبه تنش برشی بحرانی ۴۱
۳-۷- مرز ورودی ۴۱
۳-۸- مرز خروجی ۴۲
۳-۹- مرز دیواره صلب ۴۲
۳-۱۰- مرز بستر متحرک ۴۳
۳-۱۱- مرز سطح آزاد ۴۴
فصل ۴ روش انجام تحقیق ۴۵
۴-۲- پارامترهای موثر بر هیدرلیک جریان و رسوب مقطع مرکب ۴۶
الف) خصوصیات هندسه سیستم ۴۷
ب) خصوصیات جریان ۴۷
ج) خصوصیات سیال ۴۸
د) خصوصیات رسوبات ۴۸
۴-۳- آنالیز ابعادی تنش برشی بستری در مقاطع مرکب ۴۹
۴-۴- آنالیز ابعادی بار معلق در مقاطع مرکب ۵۴
۴-۵- آنالیز ابعادی بار کل مواد بستری در مقاطع مرکب ۵۶
۴-۶- طراحی آزمایشها ۵۷
۴-۶-۱-آزمایشات تعیین رابطه تنش برشی بستر ۵۸
۴-۶-۲-آزمایشات تعیین رابطه بار معلق ۵۹
۴-۶-۳-آزمایشات تعیین رابطه بار کل مواد بستری ۵۹
۴-۶-۴-تعداد کل آزمایشها و زمان اجرای آنها ۵۹
۴-۶-۵- روابط محاسبه پارامترهای بدون بعد ۶۰
۴-۶-۶- محدوده تغییرات پارامترها و محدوده اعتبار روابط ۶۱
۴-۷- استخراج فرم صریح روابط مهندسی هیدرولیک با استفاده از *GEP* ۶۳

۴-۷-۱-برنامه نویسی عبارتی ژنتیکی ۶۳
۴-۷-۲- قدمهای اولیه برنامه نویسی ژنتیک ۶۴
۴-۷-۳- درختهای تجزیه ۶۵
۴-۷-۴- دو نکته مهم در برنامهنویسی ژنتیک ۶۷
۴-۷-۵- کنترل عمق درخت ۶۸
۱. تعیین حداکثر عمق برای درختها ۶۸
۲. دادن جریمه به درختهای بزرگ ۶۹
۴-۷-۶- مشکلات، مزایا و روند کلی *GEP* ۶۹
۴-۷-۷- برنامهنویسی عبارتی ژنتیکی در تحقیق حاضر ۷۲
۴-۸- معیارهای آماری ارزیابی روابط ۷۳
۴-۹- استخراج تابع چندجملهای درجه چهار با استفاده از *HFFUGEP* ۷۴
۴-۱۰- استخراج فرم صریح رابطه کلبروک-وایت با استفاده از *HFFUGE* ۷۶
۴-۱۱- استخراج رابطه صریح دیاگرام شیلدز با استفاده از *HFFUGEP* ۷۸
۴-۱۲- استخراج رابطه جهش هیدرولیکی با استفاده از *HFFUGEP* ۸۰
۴-۱۳- ارزیابی عملکرد برنامه *HFFUGEP* در استخراج روابط رودخانههای رژیمی ۸۲
فصل ۵ شبیه سازی سهبعدی میدان جریان در مقاطع مرکب ۸۵
۵-۱- مقدمه ۸۶
۵-۲- ارزیابی نتایج مدل عددی در شبیه سازی توزیع سرعت در جریان در کانال روباز معمولی ۸۶
۵-۳- ارزیابی نتایج مدل عددی در شبیه سازی توزیع سرعت در جریان در کانال مرکب ۸۹
۵-۶- نتایج تحلیل پارامتریک در استخراج رابطه تنش برشی بستر ۹۶
۵-۶-۱- رابطه عدد فرود جریان با تنش برشی متوسط بستر ۹۸
۵-۶-۲- تاثیر عرض نسبی بر تنش برشی متوسط بستر ۹۸
۵-۶-۳- تاثیر فاکتور شکل مقطع بر تنش برشی متوسط بستر ۹۹
۵-۶-۴- تاثیر عمق نسبی جریان بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۱
۵-۶-۵- تاثیر شیب جدار مقطع اصلی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۲
۵-۶-۶- تاثیر شیب جدار دشت سیلابی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۲
۵-۶-۷- تاثیر زبری نسبی مقطع اصلی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۳
۵-۶-۸- تاثیر اختلاف زبری نسبی دشت سیلابی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۵
۵-۶-۹- رابطه نهائی تنش برشی بدون بعد متوسط بستر با پارامترهای موثر ۱۰۶

فصل ۶ شبیه سازی سه بعدی انتقال بار معلق و کل مواد بستری در مقاطع مرکب ۱۰۸
۶-۱- مقدمه ۱۰۹
۶-۲- ارزیابی دقت مدل عددی سه بعدی در شبیه سازی انتقال بارمعلق ۱۰۹
۶-۳- ارزیابی دقت مدل عددی سهبعدی در شبیهسازی انتقال رسوب ۱۱۱
۶-۴- تحلیل پارامتریک رابطه ظرفیت انتقال بارمعلق در مقاطع مرکب..... ۱۱۹
۶-۴-۱- رابطه عدد رینولدز ذره با ظرفیت انتقال بارمعلق..... ۱۲۰
۶-۴-۲- رابطه پارامتر شیلدز با ظرفیت انتقال بارمعلق..... ۱۲۱
۶-۴-۳- رابطه اندازه نسبی ذره رسوب با ظرفیت انتقال بارمعلق..... ۱۲۳
۶-۴-۴- رابطه ظرفیت انتقال بارمعلق ۱۲۴
۶-۵- تحلیل پارامتریک و استخراج رابطه بار کل در مقطع مرکب..... ۱۲۵
۶-۵-۱- رابطه عدد رینولدز ذره با ظرفیت انتقال بارکل موادبستری..... ۱۲۶
۶-۵-۲- رابطه پارامتر شیلدز با ظرفیت انتقال بارکل موادبستری..... ۱۲۷
۶-۵-۳- رابطه اندازه نسبی ذره رسوب با ظرفیت انتقال بارکل موادبستری..... ۱۲۸
۶-۵-۴- رابطه ظرفیت انتقال بارکل موادبستری در مقطع مرکب..... ۱۲۹
۶-۶- جمع بندی ۱۳۰
فصل ۷ استخراج خودکار روابط با استفاده از بسته نرم افزاری توسعه یافته ۱۳۲
۷-۱- مقدمه ۱۳۳
۷—۲- استخراج رابطه تنش برشی متوسط بستر با استفاده از *HFFUGEP*..... ۱۳۳
۷-۳- استخراج رابطه بار معلق مقطع مرکب با استفاده از *HFFUGEP*..... ۱۳۸
۷-۴- استخراج رابطه بار کل مواد بستری مقاطع مرکب با استفاده از *HFFUGEP*..... ۱۴۱
۷-۵- توسعه مجموعه برنامه های نتایج تحقیق..... ۱۴۳
۷-۶- ارزیابی روابط ۱۴۳
۷-۷- کاربرد روابط استخراج شده ۱۴۴
۷-۸- ارزیابی دقت و کاربرد روابط ۱۴۵
۷-۹-ارزیابی و کاربرد رابطه تنش برشی ۱۴۶
۷-۱۰-ارزیابی و کاربرد رابطه بارمعلق ۱۴۸
۷-۱۱-ارزیابی و کاربرد رابطه بارمواد بستری ۱۵۰
۷-۱۲- مقایسه نتایج روابط با نتایج روابط محققین دیگر..... ۱۵۱
۷-۱۳-جمع بندی ۱۵۵

فصل ۸ نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۵۷
۸-۲- نتایج مدل عددی سه بعدی در شبیهسازی و تحلیل پارامتریک ۱۵۸
۸-۳-نتایج استخراج خودکار روابط با استفاده از *HFFUGEP* ۱۶۰
۸-۴- پیشنهادها ۱۶۱
۸-۴-۱- پیشنهادها در ارتباط با شبیه سازیهای عددی و تحلیل پارامتریک عددی ۱۶۲
۸-۴-۲- پیشنهادها در ارتباط با مجموعه روابط و *HFFUGEP* ۱۶۳

فهرست اشکال

شکل (۲-۱) مقطع عرضی کانال مرکب و پارامترهای هندسی آن ۱۲
شکل (۲-۲) ناحیه اندرکنشی بین مقطع اصلی و دشتهای سیلابی(حسینی و همکاران، ۱۳۸۷) ۱۲
شکل (۲-۳) ساختار جریان در مقاطع مرکب(Bousmar, 2002) ۱۳
شکل (۳-۱) نمای طولی از میدان محاسباتی رسوبات(Ruther, 2006) ۳۹
شکل (۴-۱) شماتیک مقطع عرضی کانال مرکب متقارن و پارامترهای هندسی آن ۴۷
شکل (۴-۳) درخت تجزیه(((x/y+(10+32))-(3*pow(x.y)) ۶۶
شکل (۴-۲) درخت تجزیه x+5 ۶۶
شکل (۴-۳) نمونهای از یک مدل شبه خطی چنددرختی ۷۲
شکل (۴-۴) تغییرات تابع هدف مجموع خطای مطلق در نسلهای مختلف در چندجملهای درجه چهار ۷۵
شکل (۴-۵) مقایسه مقادیر پیش بینیHFFUGEP در چندجمله ای مرتبه چهار با مقادیر واقعی ۷۵
شکل (۴-۶) برنامه تولید شده توسطHFFUGEP برای چندجمله ای مرتبه چهار ۷۶
شکل (۴-۷) تغییرات تابع هدف مجموع خطای مطلق در نسلهای مختلف در رابطه کلبروک وایت ۷۷
شکل (۴-۸) مقایسه مقادیر پیشبینی HFFUGEP و واقعی در استخراج رابطه کلبروک وایت ۷۷
شکل (۴-۹) مقایسه روند مقادیر پیشبینی HFFUGEP و واقعی در استخراج رابطه کلبروک وایت ۷۸
شکل (۴-۱۰) استخراج دیاگرام شیلدز با استفاده از HFFUGEP ۸۰
شکل (۴-۱۱) برنامه تولید شده توسطHFFUGEP برای جهش هیدرولیکی ۸۱
شکل (۴-۱۲) عملکرد HFFUGEP در استخراج رابطه جهش هیدرولیکی ۸۱
شکل (۴-۱۳) دقت HFFUGEP در استخراج رابطه عمق کانال رژیمی ۸۳
شکل (۴-۱۴) دقت HFFUGEP در استخراج رابطه عرض کانال رژیمی ۸۴
شکل (۴-۱۵) دقت HFFUGEP در استخراج رابطه شیب کانال رژیمی ۸۴
شکل (۵-۱) مقایسه نتایج شبیه سازی عددی در تحقیق حاضر با مشاهدات واقعی و نتایج Fisher Antz el a.(2001) در دبی ۰/۱۷۹ ۸۸
شکل(۵-۲) مقایسه نتایج شبیه سازی عددی در تحقیق حاضر با مشاهدات واقعی و نتایج Fisher Antz el a.(2001) در دبی ۰/۰۵۸ ۸۹
شکل (۵-۳) مقایسه نتایج شبیه سازی عددی در تحقیق حاضر با مشاهدات واقعی و نتایج Fisher Antz el a.(2001) در مقطع مرکب باوجود پوشش گیاهی در دبی۰/۰۵۷ ۹۰
شکل (۵-۴) شبکه محاسباتی و توزیع سرعت در مقطع مرکب در دبی ۰/۰۵۷ ۹۱
شکل(۵-۵) مقایسه نتایج شبیه سازی عددی در تحقیق حاضر با مشاهدات واقعی و نتایج Fisher Antz el a.(2001) در مقطع مرکب باوجود پوشش گیاهی در دبی۰/۰۴۱ ۹۱
شکل(۵-۶) مقایسه نتایج مدل عددی سه بعدی و اندازهگیریهای سرعت طولی Chatila(1997) ۹۴
شکل(۵-۷) مقایسه نتایج مدل عددی SSIIM با نتایج SKM و داده های آزمایشگاهی ۹۵
شکل(۵-۸) مقایسه توزیع سرعت مدل عددی با نتایج FCF ۹۵
شکل(۵-۹) مقایسه توزیع تنش برشی بستر مدل عددی با نتایج FCF ۹۶

شکل(۵-۱۰) رابطه تنش برشی متوسط بستر با عدد فرود ۱۰۰
شکل(۵-۱۱) تاثیر عرض نسبی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۰
شکل(۵-۱۲) تاثیر فاکتور شکل مقطع اصلی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۱
شکل(۵-۱۳) تاثیر عمق نسبی جریان بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۳
شکل(۵-۱۴) تاثیر شیب جداره مقطع اصلی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۳
شکل(۵-۱۵) تاثیر شیب جداره دشت سیلابی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۴
شکل(۵-۱۶) تاثیر زبری مقطع اصلی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۴
شکل(۵-۱۷) تاثیر زبری دشت سیلابی بر تنش برشی متوسط بستر ۱۰۵
شکل(۵-۱۸) مقایسه تنش برشی بدون بعد پیش بینی شده توسط رابطه (۵-۱۰) و مدل عددی و خط ۲۰٪ خطا ۱۰۷
شکل (۶-۱) دقت مدل عددی در شبیهسازی ظرفیت انتقال بار معلق جریان روباز ۱۱۱
شکل (۶-۲) پلان سد Kapunga و آبگیر آن(Ruhther, 2006) ۱۱۳
شکل (۶-۳) شبکه محاسباتی مورد استفاده در مدل عددی سه بعدی ۱۱۵
شکل(۶-۳) میدان جریان محاسبه شده در تحقیق حاضر -ادامه ۱۱۶
شکل (۶-۴) میدان جریان محاسبه شده در مدل PHONICS در تحقیق(2006) Ruther) ۱۱۶
شکل (۶-۵) توزیع غلظت شبیه سازی شده در این تحقیق ۱۱۷
شکل (۶-۵) توزیع غلظت شبیه سازی توسط Ruther (2006) (ادامه) ۱۱۷
شکل (۶-۶) مقایسه نسبت عملکرد آبگیر در تحقیق حاضر با مطالعات قبلی و صحرائی ۱۱۸
شکل (۶-۶) مقایسه درصد اختلاف نسبت عملکرد در تحقیق حاضر با موارد قبلی و صحرائی (ادامه) ۱۱۸
شکل (۶-۷) رابطه بین عدد رینولدز ذره رسوب (*Re) ظرفیت انتقال بار معلق مقطع مرکب (□s) ۱۲۱
شکل (۶-۸) رابطه پارامتر شیلدز با ظرفیت انتقال بار معلق مقطع مرکب ۱۲۲
شکل (۶-۹) رابطه اندزاه نسبی ذره رسوب با ظرفیت انتقال بار معلق ۱۲۳
شکل (۶-۱۰) مقایسه ظرفیت انتقال بار معلق پیشبینی شده توسط رابطه (۶-۳) و دادههای مدل عددی ۱۲۵
شکل (۶-۱۱) رابطه عدد رینولدز ذره با ظرفیت انتقال بارکل موادبستری در مقطع مرکب ۱۲۷
شکل (۶-۱۲) رابطه پارامتر شیلدز با ظرفیت انتقال بارکل موادبستری در مقطع مرکب ۱۲۸
شکل (۶-۱۳) رابطه اندازه نسبی ذره رسوب با ظرفیت انتقال بارکل موادبستری در مقطع مرکب ۱۲۹
شکل (۶-۱۴) مقایسه نتایج رابطه (۷-۳) با نتایج مدل عددی سهبعدی ۱۳۰
شکل (۷-۱) برنامه نهائی تولید شده توسط HFFUGEP برای تنش برشی بدون بعد ۱۳۴
شکل (۷-۲) مقایسه نتایج رابطه تنش برشی بستر HFFUGEP با دادههای مدل سهبعدی ۱۳۶
شکل (۷-۳) همبستگی نتایج رابطه تنش برشی بستر HFFUGEP با دادههای مدل عددی سهبعدی ۱۳۶
شکل (۷-۴) تغییرات تابع هدف(RMSE) در نسلهای مختلف در استخراج رابطه تنش برشی بستر ۱۳۷
شکل (۷-۵) نتایج کلیه توابع تولید شده برای تنش برشی بستر توسط HFFUGEP در مقابل درجه پیچیدگی ۱۳۷
شکل (۷-۶) برنامه نهائی تولید شده توسط HFFUGEP برای بار معلق بدون بعد(□s) ۱۳۸
شکل (۷-۷) نتایج رابطه استخراج شده توسطHFFUGEP برای بار معلق بدون بعد(□s) ۱۳۹
شکل (۷-۸) همبستگی رابطه استخراج شده توسطHFFUGEP با مقادیر عددی برای بار معلق (□s) ۱۴۰
شکل (۷-۹) توزیع برنامههای تولید شده برای رابطه بار معلق در مقابل درجه پیچیدگی و دقت آنها ۱۴۰
شکل (۷-۱۰) برنامه نهائی تولید شده توسط HFFUGEP برای بار کل مواد بستری(□tot) ۱۴۱

شکل (۷-۱۱) مقایسه نتایج رابطه استخراج شده توسط HFFUGEP در برآورد بار مواد بستری..... ۱۴۲
شکل (۷-۱۲) همبستگی رابطه استخراج شده بار کل مواد بستری توسط HFFUGEP با مقادیر عددی..... ۱۴۲
شکل (۷-۱۳) ارزیابی دقت رابطه تنش برشی بستر در دادههای ارزیابی..... ۱۴۷
شکل (۷-۱۴) ارزیابی دقت رابطه تنش برشی بستر در دادههای ارزیابی..... ۱۴۸
شکل (۷-۱۵) ارزیابی دقت رابطه بار معلق در دادههای ارزیابی..... ۱۴۹
شکل (۷-۱۶) ارزیابی دقت رابطه بار معلق در دادههای ارزیابی..... ۱۴۹
شکل (۷-۱۷) ارزیابی دقت رابطه بار کل مواد بستری در دادههای ارزیابی..... ۱۵۰
شکل (۷-۱۸) ارزیابی دقت رابطه بار کل مواد بستری در دادههای ارزیابی..... ۱۵۱
شکل (۷-۱۹) مقایسه نتایج رابطه بار معلق تحقیق حاضر با روابط محققین دیگر..... ۱۵۳
شکل (۷-۲۰) مقایسه نتایج رابطه بار کل مواد بستری تحقیق حاضر با روابط محققین دیگر..... ۱۵۴

فهرست جداول

جدول (۲-۱) مهمترین روابط انتقال رسوب در مقاطع روباز ۲۰
جدول (۲-۲) آنالیز ابعادی در مقاطع روباز و پارامترهای مستقل انتخابی ۲۴
جدول (۴-۱) مشخصات هندسه کانال مبنائی در تحلیل پارامتریک عددی(Knight and Shiono,1990) ۵۱
جدول (۴-۲) محدوده تغییرات پارامترهای بدون بعد در استخراج رابطه تنش برشی بستری..... ۶۲
جدول (۴-۳) محدوده تغییرات پارامترهای بدون بعد در استخراج رابطه بارمعلق و بار کل مواد بستری..... ۶۲
جدول (۷-۱) مشخصات دادههای مربوط به مثالهای ارزیابی روابط و محدوده پارامترهای بدون بعد ۱۴۶
جدول (۷-۲) مقایسه روابط محققین دیگر با روابط تحقیق حاضر..... ۱۵۳

فهرست علائم

نماد	توضیح
a	ارتفاع مبنا و برابر نصف ارتفاع اولین حجم کنترل، تراکم پوشش گیاهی، ضریب انعطاف پذیری، شاخص انعطاف استوانه، فاصله از سطح آب
A	سطح مقطع جریان
b	زایه جانبی دیواره، قطر پایه پل
B	عرض کانال
bb	-شیب تکیه-گاه پل
Bc	عرض مقطع اصلی
Bf	عرض دشت سیلابی
Bl	عرض دشت سیلابی و مقطع اصلی سمت چپ
bl	عرض مقطع اصلی سمت چپ
Br	عرض دشت سیلابی و مقطع اصلی سمت راست
br	عرض مقطع اصلی سمت راست
C	درجه تراکم، ضریب زبری شزی
Ca	غلظت در تراز مبنا، غلظت وزنی
CC	میزان رس
Cd	ضریب دبی
CD	ضریب کشش
Cf	ضریب اصطکاک بستر

Cm	ضریب ثابت در مدل لزجت گردابه ای
Cp	غلظت رسوب در سلول مجاور مرز
Ct	متوسط غلظت رسوبات
D	ارتفاع فرم بستر، اندازهٔ ذره، زبری ظاهری سطح بستر در معادلات انتقال رسوب، عمق جریان در مقطع اصلی، قطر استوانه، قطر رسوبات، قطر تانک
D^*	اندازه ذره بدون بعد
$D50$	اندازه ذره رسوب
Dgr	پارامتر اندازه ذره بدون بعد
dn	فاصله عمودی دیوار تا مرکز سلول مرزی
Ds	عمق آبشستگی
$dsed$	عمق فرسایش
E	ضریب ثابت در توزیع سرعت
F	زاویه ایستائی، زاویه انحراف تکیه-گاه پل
f	ضریب اصطکاک، فاکتور شکل
Fr	عدد فرود
$Frj1$	عدد فرود جریان بالادست
G	این رابطه ترم جریان ثانویه
g	شتاب ثقل
Gt	ضریب پخش
h	ارتفاع دشت سیلابی، عمق آب،
H	عمق جریان در مقطع اصلی

$H-h$	عمق جریان در دشت سیلابی
ho	عمق جریان پایه
hp	ارتفاع پوشش گیاهی، فاصله استوانه، فاکتور شکل پایه پل
$I1, I2$	ضرائب رابطه بارمعلق انیشتین
IWC	محتوی آب خاک
K	ثابت در مدل لزجت گردابه ای
k	ثابت کارمن
KBr	ضریب اصلاحی عرض نسبی
Kh	ضریب اصلاحی عمق نسبی
KH/BC	ضریب اصلاحی فاکتور شکل مقطع
ks	زبری جدار یا بستر
Ksc	ضریب اصلاحی شیب جانبی مقطع اصلی
Ksf	ضریب اصلاحی شیب جانبی دشت سیلابی
l	ضریب لزجت گردابه-ای بدون بعد
L	مقیاس فرسایش، نصف عرض کانال، نصف عرض کانال مجاور تکیه-گاه پل
La	طول پایه پل، طول تکیه-گاه پل
$M-n$	نوع رس
n	لزجت سینماتیکی سیال
nc	زبری مانینگ مقطع اصلی، ضریب زبری مانینگ مقطع اصلی
nf	ضریب زبری مانینگ دشت سیلابی

nfl	زبری مانینگ دشت سیلابی سمت چپ
nfr	زبری مانینگ دشت سیلابی سمت راست
$O(i)$	مقدار مشاهده
P	فشار
$P(i)$	مقدار براورده شده
$p(xi,t)$	فشار لحظه-ای آشفته
$p'(xi,t)$	نوسان فشار لحظه-ای
Pi	فاکتور شکل استوانه گیاهی
PL	ضریب تایع عمق و سرعت سقوط
$---q$	دبی آب
qb	دبی بار بستر
$qb*$	دبی رسوب بصورت جرم در واحد زمان در واحد عرض
qc	دبی بحرانی آستانه حرکت
Qp	دبی پیک جریان
$qtot$	دبی بار کل رسوب
r	جرم مخصوص سیال
R	شعاع هیدرلیکی
s	شیب جانبی، چگالی نسبی
S	مقاومت برشی
Sc	شیب دیواره جانبی مقطع اصلی
$S'c$	شیب جانبی بستر مقطع اصلی

scl	شیب جابنی مقطع اصلی سمت چپ
scr	شیب جابنی مقطع اصلی سمت راست
Sf	شیب دیواره جانبی دشت سیلابی
$S'f$	شیب جانبی بستر دشت سیلابی
sfl	شیب جانبی دشت سیلابی سمت چپ
sfr	شیب جانبی دشت سیلابی سمت راست
sg	انحراف معیار دانه-بندی رسوبات
sg	انحراف معیار
SLc	شیب طولی مقطع اصلی
SLf	شیب طولی دشت سیلابی
SO	شیب بستر
So	شیب بستر
T	دما
t	زمان
$t(x)$	متوسط تنش برشی بستر در مقطع
$t'(x,y)$	تنش برشی بستر در موقعیتx,y
τ_β	تنش برشی بستر
τc	تنش برشی بحرانی از نمودار شیلدز
tc,s	تنش برشی بحرانی برای ذرات با اندازهs
$tmax$	ماکزیمم تنش برشی حول تکیه-گاه پل
Tp	زمان تا پیک