

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی ، گروه عمران
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.SC)

گرایش: مهندسی عمران - مهندسی آب

عنوان :

مدل سازی شبه دو بعدی توزیع عرضی سرعت و رسوب در رودخانه های سیلابی

استاد راهنما:

دکتر عبدالرضا ظهیری

استاد مشاور:

دکتر امیر احمد دهقانی

پژوهشگر:

جواد قلی نژاد

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم به :

این پایان نامه هر چند اندک را که حاصل تحقیق علمی اینجانب می باشد به تمامی شهدای اسلام، شهدای علم و دانش بالخصوص شهدای دانشمند هسته ای دکتر علی محمدی ، دکتر شهریاری ، مهندس رضایی نژاد، مهندس احمدی روشن ، قشقایی و دانشمند گمنام سردار شهید حسن تهرانی مقدم تقدیم می نمایم .

ان شاء الله توانسته باشم با این کار تحقیقاتی روح آن عزیزان را شاد کرده و بتوانم ادامه دهنده راه آن عزیزان برای سر بلندی هر چه بیشتر ایران عزیزم باشم.

تقدیر و تشکر:

خداوند رحمان و رحیم را شاکرم که به بنده حقیرش لطف نمود تا بتوانم این پایان نامه را به ثمر برسانم و می دانم که اگر او نمی خواست این نمی شد.

از تمامی عزیزانی که بنوعی مرا در پایان رساندن این پایان نامه هرچند اندک، یاری نمودند تشکر و قدردانی می کنم. از زحمات بی دریغ استاد راهنمایم آقای دکتر عبدالرضا ظهیری و استاد مشاورم آقای دکتر امیر احمد دهقانی که با صبوری مرا در تدوین پایان نامه راهنمایی نموده اند سپاسگذاری می نمایم.

بر خود لازم می دانم که از آقای دکتر محمد صادق صادقیان که زحمت داوری این پایان نامه را برعهده داشتند صمیمانه تشکر و سپاسگذاری نمایم.

همچنین از آقای دکتر مهدی مفتاح هلقی و مهندس حدادچی صمیمانه تشکر و سپاسگذاری می نمایم. این پایان نامه به عنوان طرح تحقیقاتی مورد حمایت مالی و معنوی شرکت آب منطقه ای استان گلستان می باشد، و بر خود لازم می دانم که از کمیته تحقیقات و مطالعات پایه منابع آب و همچنین گروه آب های سطحی این شرکت تشکر و سپاسگزاری نمایم.

در آخر از پدر عزیز و فداکارم، مادر همیشه مهربان و دلسوزم و خواهران عزیزم که همیشه پشتیبانم بودند و بی شک اگر همراهی آنان نبود این پایان نامه به اتمام نمی رسید، سپاسگذاری می نمایم.

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب جواد قلی نژاد دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی ۸۸۰۶۵۱۴۷۹۰۰ در رشته مهندسی عمران - مهندسی آب که در تاریخ ۹۰/۱۱/۳۰ از پایان نامه خود تحت عنوان :

مدل سازی شبه دو بعدی توزیع عرضی سرعت و رسوب در رودخانه های سیلابی

با کسب نمره ۲۰ و درجه عالی دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم:

- ۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام.
- ۲- این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.
- ۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.
- ۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی :

تاریخ و امضاء

بسمه تعالی

در تاریخ: ۱۳۹۰/۱۱/۳۰

دانشجوی کارشناسی ارشد آقای جواد قلی نژاد از پایان نامه خود دفاع نموده

وبا نمره ۲۰ بحروف بیست و با درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت .

امضاء استاد راهنما

بسمه تعالی

دانشکده فنی و مهندسی تهران مرکزی

(این چکیده به منظور چاپ در پژوهش نامه دانشگاه تهیه شده است)

| | | |
|--|---------------|--|
| نام واحد دانشگاهی : تهران مرکزی | کد واحد: ۱۰۱ | کد شناسایی پایان نامه : ۱۰۱۴۰۴۰۲۸۹۱۰۱۸ |
| عنوان پایان نامه : مدل سازی شبه دو بعدی توزیع عرضی سرعت و رسوب در رودخانه های سیلابی | | |
| نام و نام خانوادگی دانشجو : | جواد قلی نژاد | تاریخ شروع پایان نامه : ۸۹/۸/۲۸ |
| شماره دانشجویی : | ۸۸۰۶۵۱۴۷۹۰۰ | تاریخ اتمام پایان نامه : ۹۰/۱۰/۱۵ |
| رشته تحصیلی : | عمران-آب | |
| استاد / استادان راهنما : دکتر عبدالرضا ظهیری | | |
| استاد / استادان مشاور: دکتر امیر احمد دهقانی | | |
| آدرس و شماره تلفن : استان گلستان- گرگان- روستای باغ گلبن - خیابان حافظ- کوچه حافظ ۴ - پلاک ۷۴ (۰۹۱۱۱۷۷۵۴۵۲) | | |
| چکیده پایان نامه (شامل خلاصه، اهداف، روش های اجرا و نتایج به دست آمده) : | | |
| <p>با توجه به اهمیت شناخت صحیح هیدرولیک جریان در رودخانه‌ها در زمان وقوع سیلاب و سرریز شدن جریان از مقطع اصلی به دشت‌های سیلابی، مطالعات زیادی در زمینه هیدرولیک جریان در کانال‌های آزمایشگاهی با مقطع مرکب انجام شده است، ولی به دلیل شرایط خاص رودخانه‌ها تاکنون مطالعات محدودی بر روی هیدرولیک جریان در شرایط سیلابی صورت گرفته است. در این تحقیق، با استفاده از مدل ریاضی شبه دو بعدی شیونو و نایت (۱۹۹۱) به شبیه سازی توزیع عرضی سرعت متوسط در عمق در رودخانه قره سو در محل ایستگاه سیاه آب پرداخته شده و سپس با توجه به این پروفیل و با استفاده از روابط تجربی انتقال رسوب، توزیع رسوب معلق در عرض این رودخانه محاسبه شده است. نتایج حاصل از برآورد توزیع عرضی سرعت بیانگر دقت مدل ریاضی شبه دو بعدی با ضریب تعیین ۰/۹۸ نسبت به روش یک بعدی (تجزیه قائم مقطع مرکب) با ضریب تعیین ۰/۹۴ است. در زمینه انتقال رسوب معلق، رابطه میر- پیتر و مولر نسبت به روابط دیگر مورد مطالعه در تحقیق حاضر، عملکرد بهتری در برآورد توزیع عرضی رسوب و محاسبه دبی رسوب کل در رودخانه مورد مطالعه ارائه داده است. با استفاده از پروفیل توزیع عرضی سرعت در رودخانه گرگانرود، منحنی دبی- اشل محاسبه گردید که با منحنی دبی اشل مشاهداتی مطابقت خوبی دارد.</p> | | |

نظر استاداراهنما برای چاپ در پژوهش نامه دانشگاه مناسب است تاریخ و امضا :

مناسب نیست

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

| | |
|----------------------------|----|
| ۱-۱- مقدمه..... | ۲ |
| ۱-۲- مسئله تحقیق..... | ۵ |
| ۱-۳- ضرورت تحقیق..... | ۶ |
| ۱-۴- اهداف تحقیق..... | ۷ |
| ۱-۵- محدوده تحقیق..... | ۸ |
| ۱-۶- روش انجام تحقیق..... | ۹ |
| ۱-۷- نحوه تدوین تحقیق..... | ۱۰ |

فصل دوم: سابقه تحقیق

| | |
|--|----|
| ۱-۲- مقدمه..... | ۱۲ |
| ۲-۲- سابقه تحقیقات هیدرولیک جریان یکنواخت در مقاطع مرکب آزمایشگاهی..... | ۱۳ |
| ۲-۲-۱- رفتار جریان در کانال مرکب مستقیم..... | ۱۳ |
| ۲-۲-۲- سابقه مطالعات بر روی نقش جریان ثانویه در کانال مرکب با مسیر مستقیم..... | ۲۵ |
| ۲-۲-۳- سابقه مطالعات بر روی نیروی برشی ظاهری در کانال های مرکب با مسیر مستقیم..... | ۲۶ |
| ۲-۲-۴- سابقه مطالعات بر روی مدل سازی عددی تاثیر واکنش در کانال مرکب..... | ۲۸ |
| ۲-۳- سابقه تحقیقات هیدرولیک جریان یکنواخت در مقاطع مرکب و رودخانه های سیلابی..... | ۲۹ |
| ۲-۴- جمع بندی..... | ۳۶ |

فصل سوم: هیدرولیک جریان در رودخانه های سیلابی (مقاطع مرکب)

- ۳-۱-۱- مقدمه ۳۸
- ۳-۲-۲- ساختار کیفی جریان در کانالهای مرکب ۳۸
- ۳-۲-۱-۱- اعماق سیلابدستی خیلی کم ۳۸
- ۳-۲-۲-۲- اعماق سیلابدستی متوسط ۴۰
- ۳-۲-۳-۳- اعماق سیلابدستی زیاد ۴۱
- ۳-۳- انواع آبراهه (مقاطع) مرکب ۴۲
- ۳-۴- تبادل مومنتوم و پدیده اثر متقابل در مقاطع مرکب ۴۲
- ۳-۴-۱- عوامل موثر بر پدیده اثر متقابل جریان ۴۴
- ۳-۴-۱-۱- چرخشهای فصل مشترک ۴۴
- ۳-۴-۲-۱- جریانهای ثانویه حلزونی ۴۵
- ۳-۴-۲- پارامتر اصلی موثر بر پدیده اثر متقابل جریان ۴۷
- ۳-۵- مفهوم ضریب اصلاح دبی و کوهیرنس در مقاطع همگن و غیر همگن ۴۸
- ۳-۵-۱- مفهوم ضریب اصلاح دبی ۴۸
- ۳-۵-۲- مفهوم کوهیرنس مقطع ۴۸
- ۳-۶- لایه های برشی در مقاطع مرکب ۵۰
- ۳-۷- روشهای محاسبه و پیش بینی دبی، سرعت و تنش برشی در مقاطع مرکب ۵۱
- ۳-۷-۱- روشهای یک بعدی در مقاطع مرکب ۵۱
- ۳-۷-۱-۱- روش مقطع واحد (SCM) ۵۱
- ۳-۷-۱-۲- روش تجزیه مقطع مرکب (DCM) ۵۲

- ۳-۱-۷-۳- روش تجزیه وزنی مقطع مرکب (WDCM)..... ۶۰
- ۳-۱-۷-۴- روش تبادل دبی (EDM)..... ۶۱
- ۳-۱-۷-۵- روش هیدرا-والنتین..... ۶۱
- ۳-۱-۷-۶- روش جمع مقاطع جزئی (SSGM)..... ۶۲
- ۳-۱-۷-۷- روش DRC..... ۶۲
- ۳-۱-۷-۸- مزایای مدل‌های یک بعدی در مقاطع مرکب..... ۶۴
- ۳-۷-۲- روش‌های دوبعدی در مقاطع مرکب..... ۶۵
- ۳-۷-۳- روش‌های سه بعدی در مقاطع مرکب..... ۶۶
- ۳-۸-۱- توزیع عرضی سرعت در مقاطع مرکب به روش‌های دوبعدی..... ۶۶
- ۳-۸-۱- مقدمه..... ۶۶
- ۳-۸-۲- مدل توزیع عرضی سرعت راجاراتنام-احمدی..... ۶۷
- ۳-۸-۳- مدل دو بعدی توزیع عرضی سرعت وارک (LDM)..... ۶۸
- ۳-۸-۴- مدل دوبعدی توزیع عرضی سرعت شیونو-نایت..... ۶۸
- ۳-۸-۵- معادلات ناویر-استوکس متوسط در عمق..... ۷۱
- ۳-۸-۶- مدلینگ تنش برشی متلاطم و اصطکاک بستر..... ۷۶
- ۳-۹- جمع بندی..... ۷۹

فصل چهارم: مواد و روش‌ها

- ۴-۱- مقدمه..... ۸۱
- ۴-۲- مبانی مدل یک بعدی..... ۸۲

- ۳-۴- مبانی مدل ریاضی شبه دو بعدی ۸۳
- ۱-۳-۴- حل تحلیلی مدل ریاضی دو بعدی ۸۵
- ۲-۳-۴- حل عددی مدل ریاضی دو بعدی..... ۸۹
- ۱-۲-۳-۴- شبکه بندی فضای حل و شرایط مرزی ۹۰
- ۲-۲-۳-۴- جداسازی (منفصل نمودن) معادله ی دیفرانسیل به روش تفاضل های محدود ۹۱
- ۳-۲-۳-۴- تشکیل دستگاه معادله ی جبری..... ۹۳
- ۴-۲-۳-۴- حل ماتریس سه قطری ایجاد شده ۹۵
- ۴-۴- روابط محاسبه رسوب کل..... ۱۰۰
- ۱-۴-۴- رابطه انتقال آیکر و وایت ۱۹۷۳ ۱۰۱
- ۲-۴-۴- رابطه انتقال انگلوند- هانسن (۱۹۷۵-۱۹۷۶) ۱۰۴
- ۳-۴-۴- رابطه انتقال لارسن کوپلند(۱۹۹۶) ۱۰۶
- ۴-۴-۴- رابطه انتقال رسوب میر و پیتر (۱۹۷۵) ۱۰۷
- ۵-۴-۴- رابطه انتقال رسوب یانگ (۱۹۷۳ و ۱۹۸۴) ۱۰۸
- ۵-۴- داده های مورد استفاده در تحقیق ۱۱۰

فصل پنجم : نتایج و بحث

- ۱-۵- مقدمه..... ۱۱۶
- ۲-۵- داده های مورد نیاز برای اجرای مدل یک بعدی و مدل ریاضی شبه دو بعدی..... ۱۱۶
- ۳-۵- تعیین عمق لبریز مقطع اصلی جریان..... ۱۱۷
- ۴-۵- مقایسه مقادیر محاسباتی حاصل از مدل یک بعدی و شبه دو بعدی در رودخانه گرگانرود (ایستگاه هیدرومتری آق قلا)(مرحله وا سنجی)..... ۱۱۹

- ۵-۵- صحت سنجی مدل یک بعدی و مدل ریاضی شبه دو بعدی ۱۲۳
- ۵-۶- منحنی دبی - اشل ۱۲۹
- ۵-۷- ارزیابی خطای نتایج مدل یک بعدی و مدل ریاضی شبه دو بعدی ۱۳۰
- ۵-۸- توزیع عرضی رسوب ۱۳۳
- ۵-۸-۱- مقدمه ۱۳۳
- ۵-۸-۱- نتایج توزیع عرضی سرعت ۱۳۳
- ۸-۵-۲- نتایج توزیع عرضی رسوب ۱۳۶
- ۵-۸-۳- ارزیابی خطای نتایج عرضی رسوب ۱۳۸

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۶-۱- نتیجه گیری ۱۴۱
- ۶-۲- پیشنهادات ۱۴۲
- فهرست منابع و مآخذ ۱۴۴
- چکیده انگلیسی ۱۴۹

فهرست شکل ها

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۳ | شکل ۱-۱- مقطع اصلی و دشت های سیلابی در یک مقطع عرضی از رودخانه |
| ۱۴ | شکل ۱-۲- مکانیسم ساختار جریان در یک کانال با مقطع مرکب (شیونو و نایت ۱۹۹۱)..... |
| ۱۵ | شکل ۲-۲- مقطع مرکب و الگوهای مختلف تجزیه آن..... |
| ۱۸ | شکل ۳-۲- تعادل نیروها بین قسمت های یک کانال با مقطع مرکب (اروین و بیرد ۱۹۸۲)..... |
| ۲۰ | شکل ۴-۲- رابطه بین ϕ و عمق نسبی (ورملیتون و مرت ۱۹۸۸)..... |
| ۲۲ | شکل ۵-۲- بررسی تاثیر زبری در کانال SERC بر روی منحنی دبی - اشل |
| ۲۶ | شکل ۶-۲- جهت جریان ثانویه در مقاطع مرکب (کاواهارا و تامای ۱۹۸۹) |
| ۳۹ | شکل ۱-۳- مشاهدات آزمایشگاهی جریان سیلابدشتی در اعماق نسبی کم |
| ۳۹ | شکل ۲-۳- ورتکسهای پرئودیک بزرگ مقیاس در جریان سیلابدشتی در اعماق کم |
| ۴۱ | شکل ۳-۳- مشاهدات آزمایشگاهی جریان سیلابدشتی در اعماق نسبی متوسط |
| ۴۱ | شکل ۴-۳- جزئیات ساختار جریان در کانالهای مرکب پیچ و خم دار |
| ۴۵ | شکل ۵-۳- جریانهای چرخشی در حد فاصل بین کانال اصلی و دشت سیلابی |
| ۴۶ | شکل ۶-۳- آشفتگی و اختلاط جریان در فصل مشترک بین مقطع اصلی و دشت سیلابی |
| ۴۸ | شکل ۷-۳- مشخصات و ابعاد مقطع ذوزنقه ای..... |
| | شکل ۸-۳- منحنی تغییرات ضریب اصلاح دبی نسبت به عمق نسبی برای مقاطع مرکب همگن و غیرهمگن (ظهیری، ۱۳۷۸) |
| ۴۹ | |

- شکل ۳-۹- لایه برشی در فصل مشترک مقطع اصلی و دشت سیلابی ۵۰
- شکل ۳-۱۰- توزیع عرضی سرعت به روش DCM در مقطع FCF (H=0.169 m) ۵۴
- شکل ۳-۱۱- توزیع عرضی سرعت به روش DCM در مقطع FCF (H=0.288 m) ۵۴
- شکل ۳-۱۲- توزیع عرضی سرعت در رودخانه سورن برای (H=7.81 m) ۵۵
- شکل ۳-۱۳- روش های مختلف تقسیم در مقاطع مرکب ۵۶
- شکل ۳-۱۴- مقایسه روشهای یک بعدی با مقادیر واقعی منحنی دبی-اشل در رودخانه سورن
(ظهیری، ۱۳۷۸) ۶۳
- شکل ۳-۱۵- تصویر تنش برشی بستر روی سطح افقی (بوسمار، ۲۰۰۲) ۷۶
- شکل ۴-۱- محدوده های جریان چرخشی در رودخانه های سیلابی با مسیر مستقیم در شرایط
جریان عادی (الف) و سیلابی (ب و ج) ۸۲
- شکل ۴-۲- تقسیم مقطع عرضی رودخانه به المان های کوچک برای محاسبه ی توزیع عرضی
سرعت ۸۲
- شکل ۴-۳- گره های محاسباتی برای محاسبه ی توزیع عرضی سرعت ۸۳
- شکل ۴-۴- پروفیل عرضی سرعت در رودخانه در شرایط وقوع سیل ۸۴
- شکل ۴-۵- تقسیم بندی مقطع عرضی کانال ۸۶
- شکل ۴-۶- تقسیم بندی مقطع عرضی کانال به فاصله های دلخواه جهت محاسبه توزیع عرضی
سرعت ۹۰
- شکل ۴-۷- گره بندی محاسباتی مقطع عرضی کانال جهت محاسبه توزیع عرضی سرعت ۹۱
- شکل ۴-۸- روندنمای حل عددی پیش بینی توزیع عرضی سرعت در رودخانه های سیلابی ۱۰۰

- شکل ۴-۹- محل قرارگیری ایستگاه هیدرومتری آق قلا در رودخانه گرگان رود و سیاه آب در رودخانه قره سو ۱۱۰
- شکل ۴-۱۰- مقطع عرضی رودخانه گرگانرود در محل ایستگاه هیدرومتری آق قلا ۱۱۱
- شکل ۴-۱۱- شیب طولی رودخانه گرگانرود در محل ایستگاه هیدرومتری آق قلا ۱۱۲
- شکل ۴-۱۲- نمایی از رودخانه گرگانرود در محل ایستگاه هیدرومتری آق قلا ۱۱۲
- شکل ۴-۱۳- مقطع عرضی رودخانه قره سو در محل ایستگاه هیدرومتری سیاه آب ۱۱۳
- شکل ۴-۱۴- شیب طولی رودخانه قره سو در محل ایستگاه هیدرومتری سیاه آب ۱۱۳
- شکل ۴-۱۵- نمایی از رودخانه قره سو در محل ایستگاه هیدرومتری سیاه آب ۱۱۴
- شکل ۵-۱- نمودار تغییرات عمق جریان در مقابل نسبت عرض به عمق جریان ۱۱۸
- شکل ۵-۲- تعیین عمق لبریز رودخانه گرگانرود در محل ایستگاه هیدرومتری آق قلا ۱۱۸
- شکل ۵-۳- مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله واسنجی (دبی $3/035$ متر مکعب بر ثانیه) ۱۲۰
- شکل ۵-۴- مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله واسنجی (دبی $13/363$ متر مکعب بر ثانیه) ۱۲۰
- شکل ۵-۵- مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله واسنجی (دبی $20/57$ متر مکعب بر ثانیه) ۱۲۱

شکل ۵-۶ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله واسنجی (دبی ۳۲ متر مکعب بر ثانیه) ۱۲۱.....

شکل ۵-۷ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله واسنجی (دبی ۳۸ متر مکعب بر ثانیه) ۱۲۲

شکل ۵-۸ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله واسنجی (دبی ۹۷ متر مکعب بر ثانیه) ۱۲۲

شکل ۵-۹ - رابطه بین ضریب زبری مانینگ و تغییرات عمق جریان در مقطع اصلی جریان..... ۱۲۴

شکل ۵-۱۰ - رابطه بین ضریب زبری مانینگ و تغییرات عمق جریان در دشت های سیلابی..... ۱۲۴

شکل ۵-۱۱ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله صحت سنجی (دبی ۳/۴۲۵ متر مکعب بر ثانیه)..... ۱۲۵

شکل ۵-۱۲ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله صحت سنجی (دبی ۱۴/۴ متر مکعب بر ثانیه)..... ۱۲۵

شکل ۵-۱۳ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله صحت سنجی (دبی ۲۹/۰۱۴ متر مکعب بر ثانیه)..... ۱۲۶

شکل ۵-۱۴ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله صحت سنجی (دبی ۳۲/۳۰۱ متر مکعب بر ثانیه)..... ۱۲۶

شکل ۵-۱۵ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله صحت سنجی (دبی ۳۵/۱۴۲ متر مکعب بر ثانیه)..... ۱۲۷

شکل ۵-۱۶ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله صحت سنجی (دبی ۳۵/۸۵۷ متر مکعب بر ثانیه)..... ۱۲۷

شکل ۵-۱۷ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله صحت سنجی (دبی ۴۷ متر مکعب بر ثانیه)..... ۱۲۸

شکل ۵-۱۸ - مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل های یک بعدی و شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا در مرحله صحت سنجی (دبی ۷۴/۴۶۹ متر مکعب بر ثانیه)..... ۱۲۸

شکل ۵-۱۹ - مقایسه دبی محاسباتی با استفاده از مدل شبه دو بعدی با منحنی دبی اشل رودخانه گرگانرود در محل ایستگاه هیدرومتری آق قلا ۱۳۰

شکل ۵-۲۰ - مقایسه درصد خطای دبی جریان محاسباتی در رودخانه گرگانرود ایستگاه هیدرومتری آق قلا..... ۱۳۱

شکل ۵-۲۱ - مقایسه سرعت های اندازه گیری شده به سرعت های محاسباتی در عمق ۷/۲ متر..... ۱۳۱

شکل ۵-۲۲ - مقایسه سرعت های اندازه گیری شده به سرعت های محاسباتی در عمق ۳/۶ متر..... ۱۳۲

- شکل ۵-۲۳- مقایسه سرعت‌های اندازه‌گیری شده به سرعت‌های محاسباتی در عمق ۶/۱ متر... ۱۳۲
- شکل ۵-۲۴- مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب در مرحله صحت سنجی (دبی ۲/۱۸۴ متر مکعب بر ثانیه) ۱۳۴
- شکل ۵-۲۵- مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب در مرحله واسنجی (دبی ۱/۲۵۷ متر مکعب بر ثانیه) ۱۳۴
- شکل ۵-۲۶- مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب در مرحله واسنجی (دبی ۲/۳۶۶ متر مکعب بر ثانیه) ۱۳۵
- شکل ۵-۲۷- مقایسه توزیع عرضی سرعت مدل شبه دو بعدی با مقادیر مشاهداتی رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب در مرحله صحت سنجی (دبی ۱/۴۳۲ متر مکعب بر ثانیه) ۱۳۵
- شکل ۵-۲۸- مقایسه توزیع عرضی رسوب بدست آمده از روابط محاسبه رسوب با مقادیر مشاهداتی رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب (دبی ۲/۳۶۶ متر مکعب بر ثانیه) ۱۳۶
- شکل ۵-۲۹- مقایسه توزیع عرضی رسوب بدست آمده از روابط محاسبه رسوب با مقادیر مشاهداتی رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب (دبی ۱/۲۵۷ متر مکعب بر ثانیه) ۱۳۷
- شکل ۵-۳۰- مقایسه توزیع عرضی رسوب بدست آمده از روابط محاسبه رسوب با مقادیر مشاهداتی رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب (دبی ۱/۴۳۲ متر مکعب بر ثانیه) ۱۳۷
- شکل ۵-۳۱- مقایسه توزیع عرضی رسوب بدست آمده از روابط محاسبه انتقال رسوب با مقادیر مشاهداتی رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب (دبی ۲/۱۸۴ متر مکعب بر ثانیه) ۱۳۸
- شکل ۵-۳۲- مقایسه نتایج روابط محاسبه انتقال رسوب در تعیین دبی رسوب کل در ایستگاه هیدرومتری سیاه آب ۱۳۹

فهرست جدول ها

| <u>صفحه</u> | <u>عنوان</u> |
|-------------|---|
| ۴۲ | ۱-۳- جدول مشخصات انواع مقاطع مرکب (Samuels, 1989)..... |
| ۷۹ | ۲-۳- جدول مدل‌های لزجت گردابه ای..... |
| ۱۱۱ | ۴- ۱- جدول داده‌ها و مشخصات رودخانه گرگان رود ایستگاه هیدرومتری آق قلا و رودخانه قره سو ایستگاه هیدرومتری سیاه آب |
| ۱۱۴ | ۴- ۲- جدول مشخصات مربوط به ایستگاه هیدرومتری آق قلا و سیاه آب |
| ۱۱۷ | ۵- ۱- جدول آمار و اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مدل یک بعدی و مدل ریاضی شبه دو بعدی در رودخانه ها |

فصل اول: کلیات

- مقدمه
- ضرورت تحقیق
- اهداف تحقیق
- محدوده تحقیق
- روش انجام تحقیق
- نحوه تدوین تحقیق