



117372 — 2-1724



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده کشاورزی

رساله دوره دکتری سازه های آبی

بررسی تاثیر زاویه واگرایی و مشخصات هیدرولیکی

— رسوبی بر نحوه پیشروی دلتا در مخازن سدها

جعفر مامی زاده

اساتید راهنما

دکتر سید علی ایوب زاده

دکتر محمدعلی بنی هاشمی

استاد مشاور

دکتر سیدعلی اکبر صالحی نیشابوری

بهار ۱۳۸۸

۱۳۸۸/۶/۱۶

اطلاعات درک علمی بزرگ
قیمت برآورد

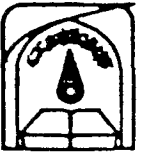
۱۱۶۳۷۵



بسمه تعالی
تاییدیه اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

آقای جعفر مامی زاده رساله ۲۴ واحدی خود را با عنوان: بررسی تاثیر زاویه واگرایی و مشخصات هیدرولیکی - رسوبی بر نحوه پیشروی دلتا در مخازن سدها در تاریخ ۸۸/۲/۱۲ ارائه کردند.
اعضای هیأت داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده است و پذیرش آن را برای تکمیل درجه دکتری پیشنهاد می کنند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیأت داوران
	دانشیار	سید علی ایوب زاده	۱- استاد راهنمای اصلی
	استادیار	محمدعلی بنی هاشمی	۲- استاد راهنمای دوم
	استاد	سیدعلی اکبر صالحی نیشابوری	۳- استاد مشاور اول
	-	-	۴- استاد مشاور دوم
	استاد	جمال محمدولی سامانی	۵- استاد ناظر
	دانشیار	کوروش محمدی	۶- استاد ناظر
	استاد	جواد فرهودی	۷- استاد ناظر
	استاد	محمود شفاعی بچستان	۸- استاد ناظر
	استاد	جمال محمدولی سامانی	۹- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی



بسمه تعالی

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 فعالیتهای 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:
و کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته سازه های آبی است
که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر محمدعلی ابراهیمی، مشاور سرکار خانم / جناب آقای دکتر سعید علی کرمانی و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر 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 *محمدعلی ابراهیمی* دانشجوی رشته سازه های آبی مقطع دکتری تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: *محمدعلی ابراهیمی*

تاریخ امضا:

۸۸/۳/۲۳

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه : با عنایت به سیاست های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان ها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح در مورد نتایج پژوهش های علمی که تحت عنوان پایان نامه، رساله و طرح های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه ها، رساله های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین نامه ها و دستورالعمل های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره : در مقالاتی که پس از دانش آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان نامه و رساله منتشر می شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه، رساله و تمامی طرح های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و براساس آیین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره های ملی، منطقه ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه، رساله و تمامی طرح های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

مهری نامی زاده

تقدیم به:

مرحوم پدرم؛

مادرم؛

خانواده ام که همیشه و در همه حال یاورم بوده اند؛

معلمانم؛

دوست عزیزم رشید جمشیدی

و

مردمانی که آنها را دوست دارم و با آنها زندگی می کنم

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خداوند را که توانایی انجام این تحقیق را به من عطا فرمود. راهنمایی این رساله بر عهده استادان گرانقدر جناب آقای دکتر سید علی ایوب‌زاده و دکتر محمدعلی بنی‌هاشمی بوده که در تمام مراحل علمی و اجرایی آن، از راهنمایی‌های ایشان بهره‌فراوان برده‌ام، لذا از ایشان نهایت سپاسگزاری و تشکر را دارم.

استاد مشاور رساله، جناب آقای دکتر سیدعلی اکبر صالحی نیشابوری، در تمام مراحل تحقیق به خصوص در زمینه کار عددی، با راهنمایی‌های خود مرا مرهون زحمات بی‌دریغ خود ساخته‌اند. از ایشان نیز منتهای سپاسگزاری و تشکر را دارم.

از جناب آقای مهندس رشید جمشیدی کارشناس ارشد رشته مهندسی سازه‌های آبی که در طول آزمایشات و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی به صورت شبانه‌روزی در کنار اینجانب بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان از خانواده‌ام که با حمایت‌های بی‌دریغ همواره پشتیبان من بوده‌اند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

در تحقیق حاضر با استفاده از انجام آزمایش در یک فلوم آزمایشگاهی، پدیده رسوب گذاری به صورت دلتا در مخازن سدها مورد بررسی قرار گرفته است. رسوب گذاری به صورت دلتا در مخزن، تابع متغیرهایی از جریان، رسوب، هندسه رودخانه و مخزن می باشد. در این تحقیق اثر برخی از این متغیرها شامل دبی جریان آب و رسوب در رودخانه، عمق آب در مخزن و زاویه واگرایی بخش ابتدایی مخزن بر نحوه شکل گیری و پیشروی دلتا در مخزن و در طول فرآیند مورد مطالعه قرار گرفته است. تغییرات زمانی بالا آمدگی بستر و میزان پیشروی پایه و تاج دلتا در مقاطع مختلف مشاهده و اندازه گیری شده است. الگوی جریان نیز توسط سرعت سنج سه بعدی و مدل عددی FLUENT مورد بررسی قرار گرفته است. مشاهدات الگوی جریان با استفاده از سرعت سنج سه بعدی نشان داد که در زاویه واگرایی ۹۰ و ۲۳/۵ درجه جریان به صورت نامتقارن و در زاویه واگرایی ۱۱/۵ درجه جریان به صورت متقارن است. نتایج مدل عددی FLUENT برای دو زاویه واگرایی ۹۰ و ۱۱/۵ درجه تحت شرایط مختلف هیدرولیکی نشان داد که الگوی جریان در محل بازشدگی ناگهانی متقارن است. تاثیر عدم تقارن بخش رودخانه و مخزن مانند عدم تقارن هندسی رودخانه و عدم همگنی زبری رودخانه و مخزن در زاویه واگرایی ۹۰ درجه با مدل عددی FLUENT بررسی شد و نتایج نشان داد که تحت این شرایط جریان به صورت نامتقارن در می آید. نتایج آزمایشگاهی به دست آمده نشان داد که تحت زوایای واگرایی بیشتر از ۲۳/۵ درجه الگوی پیشروی دلتا به صورت نامتقارن و تحت زوایای واگرایی کمتر از ۱۱/۵ درجه پیشروی دلتا متقارن است و تحت زاویه ۱۵/۴ درجه بسته به شرایط هیدرولیکی و رسوبی در برخی شرایط، پیشروی دلتا متقارن و در شرایط دیگر نامتقارن است. بنابراین در زاویه ۱۵/۴ درجه مشخص شد که الگوی پیشروی رسوبات نه تنها به زاویه واگرایی بلکه به شرایط هیدرولیکی و رسوبی نیز وابسته است به طوری که الگوی پیشروی رسوبات تحت شرایط عمق کم آب در مخزن، دبی جریان و دبی تزریق رسوبات بالا به سمت نامتقارنی پیش می رود. با استفاده از آنالیز ابعادی و تحلیل داده های حاصل از آزمایش ها و با به کارگیری نرم افزار SPSS، مدل رگرسیون خطی چندگانه برای پیشروی پایه و تاج دلتا به صورت تابعی از پنج متغیر بدون بعد شامل زاویه واگرایی، زمان، دبی جریان، دبی رسوب و عمق آب در مخزن به دست آمد.

واژه های کلیدی: مطالعه آزمایشگاهی، زاویه واگرایی، پیشروی دلتا، الگوی جریان، مدل عددی FLUENT.

فهرست مطالب

آ	فهرست مطالب
ز	فهرست علائم و نشانه‌ها
ح	فهرست جداول
ط	فهرست شکل‌ها

فصل اول: کلیات

۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- توزیع رسوب در مخزن
۴	۱-۲-۱- ته نشینی رسوبات درشت دانه و تشکیل دلتا
۵	۲-۲-۱- انتقال و ته نشینی رسوبات ریزدانه در اثر جریان‌های همگن (غیر لایه ای)
۶	۳-۲-۱- انتقال و ته نشینی رسوبات ریزدانه در اثر جریان‌های غیرهمگن (لایه ای)
۶	۳-۱- الگوی طولی ته نشینی رسوبات در مخزن
۷	۱-۳-۱- رسوبگذاری دلتایی
۷	۲-۳-۱- رسوبگذاری تیغه ای شکل
۷	۳-۳-۱- رسوبگذاری زاویه ای
۷	۴-۳-۱- رسوبگذاری یکنواخت
۸	۴-۱- الگوی عرضی ته نشینی رسوبات
۸	۵-۱- ضرورت انجام تحقیق
۱۰	۶-۱- اهداف تحقیق
۱۱	۷-۱- روش کار و محدوده تحقیق
۱۲	۸-۱- نحوه تدوین تحقیق

فصل دوم: مروری بر سوابق تحقیق رسوبگذاری در مخازن و الگوی جریان

۱۴	۱-۲- مقدمه
۱۴	۲-۲- مدل‌های تجربی
۱۵	۳-۲- مدل‌های ریاضی
۱۵	۴-۲- مطالعات انجام شده در زمینه رسوبگذاری در مخازن و پیشروی دلتا در داخل و خارج کشور
۱۵	۱-۴-۲- مطالعات انجام شده با مدل‌های تجربی

فهرست مطالب

۲۰	۲-۴-۲- مطالعات انجام شده با مدل های ریاضی
۳۲	۲-۴-۳- مطالعات انجام شده با مدل های فیزیکی
۴۲	۲-۵- مطالعات انجام شده در زمینه بررسی الگوی جریان در بازشدگی ناگهانی
۴۴	۲-۶- جمع بندی

فصل سوم: طراحی مدل، تجهیزات آزمایشگاهی و روش انجام آزمایشات

۴۶	۳-۱- مقدمه
۴۶	۳-۲- آنالیز ابعادی در فرایند پیشروی دلتای رسوبی
۵۰	۳-۳- تعداد آزمایشات
۵۲	۳-۳-۱- محدوده تغییر متغیرهای آزمایش ها
۵۵	۳-۴- لوازم و تجهیزات آزمایشگاهی
۵۵	۳-۴-۱- مقدمه
۵۶	۳-۴-۲- فلوم آزمایشگاهی
۵۷	۳-۴-۳- سیستم گردش آب
۵۸	۳-۴-۴- ساخت مخزن تغذیه رسوب
۶۰	۳-۴-۵- اندازه گیری دبی جریان
۶۱	۳-۴-۶- تنظیم دبی جریان
۶۲	۳-۴-۷- اندازه گیری عمق جریان و رسوبات
۶۳	۳-۴-۸- تنظیم عمق آب در مخزن
۶۴	۳-۴-۹- آرام کننده ها
۶۴	۳-۴-۱۰- سرعت سنج صوتی (Vectrino+)
۶۵	۳-۴-۱۱- مصالح رسوبی کف
۶۸	۳-۴-۱۲- ترازوی دیجیتالی
۶۸	۳-۴-۱۳- تعیین روش برداشت بستر
۶۹	۳-۴-۱۴- شبکه نقاط برداشت شده به منظور الگوی جریان
۷۰	۳-۴-۱۵- روش و ترتیب انجام آزمایشات
۷۲	۳-۵- منابع خطا در مطالعات آزمایشگاهی
۷۳	۳-۶- جمع بندی

فهرست مطالب

فصل چهارم: مبانی نظری مدل FLUENT

۷۶	۱-۴- مقدمه
۷۶	۲-۴- نرم افزار FLUENT
۷۶	۱-۲-۴- معادلات جریان
۷۸	۲-۲-۴- انواع مدل‌های آشفتگی
۷۸	۳-۲-۴- نحوه برخورد مدل‌های آشفتگی با اثر دیواره
۷۹	۱-۳-۲-۴- توابع دیواره جهت شبیه سازی ناحیه نزدیک دیواره
۸۰	۲-۳-۲-۴- قانون استاندارد دیواره
۸۱	۴-۲-۴- روش‌های انفصال و حل میدان جریان
۸۱	۵-۲-۴- مراحل حل مساله
۸۱	۱-۵-۲-۴- هندسه
۸۲	۲-۵-۲-۴- انتخاب شیوه محاسباتی و فرمول بندی حل
۸۲	۳-۵-۲-۴- شرایط مرزی

فصل پنجم: مشاهدات و نتایج آزمایشگاهی

۸۵	۱-۵- مقدمه
۸۵	۲-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات اولیه
۸۵	۱-۲-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات با عرض رودخانه ۳۰ سانتیمتر و زاویه واگرایی ۱۲ درجه
۸۶	۲-۲-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات با عرض رودخانه ۱۰ سانتیمتر و زاویه واگرایی ۹۰ درجه
۸۷	۳-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات اصلی
۸۷	۱-۳-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات با عرض رودخانه ۱۶ سانتیمتر و زاویه واگرایی ۹۰ درجه
۸۹	۲-۳-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات با عرض رودخانه ۱۶ سانتیمتر و زاویه واگرایی ۲۳/۵ درجه
۹۰	۳-۳-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات با عرض رودخانه ۱۶ سانتیمتر و زاویه واگرایی ۹/۲ درجه
۹۷	۴-۳-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات با عرض رودخانه ۱۶ سانتیمتر و زاویه

فهرست مطالب

	واگرایی ۱۱/۵ درجه	
۱۰۰	۵-۳-۵- مشاهدات مربوط به نحوه پیشروی دلتا در آزمایشات با عرض رودخانه ۱۶ سانتیمتر و زاویه	
	واگرایی ۱۵/۴ درجه	
۱۰۳	۵-۴- مشاهدات الگوی جریان در آزمایشات مربوط به زاویه واگرایی ۲۴/۳ درجه	
۱۱۱	۵-۵- مشاهدات الگوی جریان در آزمایشات مربوط به زاویه واگرایی ۹/۲ درجه	
۱۱۹	۵-۶- جمع بندی	

فصل ششم: تحلیل الگوی جریان با مدل FLUENT

۱۲۲	۶-۱- مقدمه	
۱۲۲	۶-۲- شبیه سازی الگوی جریان در بازشدگی ناگهانی با نسبت بازشدگی ۲	
۱۲۳	۶-۲-۱- تنظیم شبکه بندی برای حل	
۱۲۴	۶-۲-۲- شرایط مرزی اعمال شده به مدل	
۱۲۵	۶-۲-۳- نتایج اجرای مدل	
۱۲۹	۶-۳- شبیه سازی الگوی جریان در بازشدگی ناگهانی با نسبت بازشدگی ۵	
۱۳۰	۶-۴- شبیه سازی الگوی جریان در بازشدگی ناگهانی فلوم آزمایشگاهی	
۱۳۱	۶-۴-۱- تنظیم شبکه بندی	
۱۳۱	۶-۴-۲- تنظیم شرایط مرزی	
۱۳۲	۶-۴-۳- نتایج اجرای برنامه با مدل $k-\epsilon$	
۱۳۳	۶-۴-۴- شبیه سازی الگوی جریان در حالت عدم یکنواختی زبری و عدم تقارن هندسی	
۱۳۳	۶-۴-۴-۱- نتایج اجرای برنامه در حالت تغییر زبری یک طرف کانال و مخزن با مدل $k-\epsilon$	
۱۳۹	۶-۴-۴-۲- نتایج اجرای برنامه در حالت عدم تقارن هندسی با مدل $k-\epsilon$	
۱۴۱	۶-۵- شبیه سازی الگوی جریان در واگرایی های تدریجی (زوایای واگرایی ۱۱/۵ و ۲۳/۵ درجه) فلوم آزمایشگاهی	
۱۴۱	۶-۵-۱- مشخصات میدان حل	
۱۴۲	۶-۵-۲- تنظیم شرایط مرزی	
۱۴۲	۶-۵-۳- نتایج اجرای برنامه با مدل $k-\epsilon$	
۱۴۳	۶-۶- مقایسه نتایج الگوی جریان توسط مدل عددی و مشاهدات آزمایشگاهی	
۱۴۵	۶-۷- جمع بندی	

فهرست مطالب

فصل هفتم: تحلیل نتایج آزمایشات پیشروی دلتای رسوبی

۱۴۷	۱-۷- مقدمه
۱۴۷	۲-۷- توسعه روابط مربوط به سرعت پیشروی دلتای رسوبی
۱۵۳	۳-۷- تاثیر پارامترهای مختلف بر پروفیل طولی دلتای رسوبی
۱۵۴	۱-۳-۷- تاثیر دبی جریان بر پروفیل طولی دلتای رسوبی
۱۵۶	۲-۳-۷- تاثیر عمق آب در مخزن بر پروفیل طولی دلتای رسوبی
۱۵۸	۳-۳-۷- تاثیر دبی رسوبات بر پروفیل طولی رسوبات
۱۶۰	۴-۳-۷- نواحی پروفیل طولی دلتای رسوبی
۱۶۲	۵-۳-۷- زاویه پیشانی دلتای رسوبی
۱۶۳	۴-۷- تاثیر پارامترهای مختلف بر پلان تاج دلتا
۱۶۴	۱-۴-۷- تاثیر دبی جریان و رسوب و عمق آب در مخزن بر پلان تاج دلتا در زوایای $9/2$ و $11/5$ درجه
۱۶۶	۲-۴-۷- تاثیر دبی جریان و رسوب و عمق آب در مخزن بر پلان تاج دلتا در زاویه $15/4$ درجه
۱۶۸	۳-۷- جمع بندی

فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۷۰	۱-۸- نتیجه گیری
۱۷۳	۲-۸- پیشنهادات
۱۷۶	فهرست منابع

فهرست علائم و نشانه ها

Kg/m^3	جرم مخصوص آب	ρ
m^2/sec	لزجت سینماتیکی آب	ν
Lit/s	دبی جریان آب	Q_w
cm	عمق آب در مخزن	W
Kg/m^3	جرم مخصوص ذرات خشک	ρ_s
gr/s	دبی جریان رسوب	Q_s
mm	قطر متوسط ذرات رسوبی	d_{50}
-	زاویه واگرایی مخزن	θ
-	شیب کف مخزن	S_B
cm	عرض مخزن	B
cm	عرض کانال ورودی	b
cm	عمق آب در کانال ورودی	h
cm	عمق رسوبات	h_s
cm	طول مخزن	L_B
cm	طول کانال ورودی	L_C
m/s^2	شتاب ثقل	g
cm	طول پیشروی	X
-	طول پیشروی پایه دلتا	X_b^*
-	طول پیشروی تاج دلتا	X_c^*
-	دبی جریان آب	Q_w^*

فهرست علائم و نشانه ها

-	دبی جریان رسوبات	Q_s^*
-	عمق آب در مخزن به صورت بدون بعد	W^*
-	زمان پیشروی پایه دلتا به صورت بدون بعد	T_b^*
-	زمان پیشروی تاج دلتا به صورت بدون بعد	T_c^*
m/s	سرعت برشی	u^*
m/s	سرعت سقوط ذره رسوب	W_s
-	قطر بدون بعد ذره رسوب	D^*
m	شعاع هیدرولیکی	R_h
-	شیب سطح آب	S_c
m ² /sec	لزجت سینماتیکی آب	ν
-	ضریب یکنواختی	C_u
-	انحراف معیار هندسی	σ_g
N/m ²	عامل فشار در هر نقطه از سیال	p
-	ثابت قانون دیواره	E
-	ثابت ون کارمن	k
-	تغییرات نسبت اختلاف طول پیشروی پایه و تاج با مقادیر مشاهده‌ای	λ
cm	طول پیشروی دلتا در انتهای آزمایش در دیواره سمت راست	L_R
cm	طول پیشروی دلتا در انتهای آزمایش در خط مرکزی کانال	L_C
cm	طول پیشروی دلتا در انتهای آزمایش در دیواره سمت چپ	L_L
-	شاخص پیشروی یک بعدی یا دو بعدی پلان تاج دلتا	ϕ
-	شاخص درجه تقارن پلان تاج دلتا	η

فهرست جداول

۵۰	جدول (۱-۳) - آزمایشات پیشروی دلتا برای شرایط $d_{50}(l)$ و $W(l)$ ، (θ_1)
۵۱	جدول (۲-۳) - آزمایشات پیشروی دلتا برای شرایط $d_{50}(l)$ و $Q_S(l)$ ، $Q_W(l)$
۵۱	جدول (۳-۳) - آزمایشات پیشروی دلتا به منظور مطالعه الگوی جریان
۵۱	جدول (۴-۳) - تعداد کل آزمایش‌های مورد نیاز تحقیق
۵۲	جدول (۵-۳) - متغیرهای مستقل آزمایش‌ها
۵۲	جدول (۶-۳) - محدوده پارامترهای بی بعد در آزمایش‌ها
۵۲	جدول (۷-۳) - فهرست آزمایشات انجام شده در تبدیل با زاویه واگرایی ۹۰ درجه
۵۳	جدول (۸-۳) - فهرست آزمایشات انجام شده در تبدیل با زاویه واگرایی ۲۳/۵ درجه
۵۳	جدول (۹-۳) - فهرست آزمایشات انجام شده در تبدیل با زاویه واگرایی ۹/۲ درجه
۵۴	جدول (۱۰-۳) - فهرست آزمایشات انجام شده در تبدیل با زاویه واگرایی ۱۱/۵ درجه
۵۵	جدول (۱۱-۳) - فهرست آزمایشات انجام شده در تبدیل با زاویه واگرایی ۱۵/۴ درجه
۶۱	جدول (۱۱-۳) - رابطه تراز آب روی سرریز و دبی جریان
۱۲۵	جدول (۱-۶) - مشخصات هیدرولیکی کانال
۱۳۰	جدول (۲-۶) - مشخصات هیدرولیکی کانال
۱۵۰	جدول (۱-۷) - مقادیر ضرایب برای زوایای ۹/۲، ۱۱/۵ و ۱۵/۴ درجه
۱۶۱	جدول (۲-۷) - مقادیر ضرایب در نواحی مختلف پروفیل طولی رسوبات

فهرست اشکال

- ۵ شکل (۱-۱)- ته نشینی رسوبات به شکل دلتای رسوبی
- ۶ شکل (۲-۱)- ته نشینی رسوبات به صورت رسوبات جریان غلیظ
- ۸ شکل (۳-۱)- الگوهای مختلف ته نشینی طولی رسوبات
- ۹ شکل (۴-۱)- نمونه ای از زوایای واگرایی تدریجی در سدهای داخل کشور
- ۱۰ شکل (۵-۱)- نمونه ای از زوایای واگرایی تدریجی در سدهای خارج کشور
- ۱۱ شکل (۶-۱)- پیش بینی نحوه پیشروی دلتا تحت شرایط مختلف بصورت شماتیک
- ۲۵ شکل (۱-۲)- نتایج مدل عددی و آزمایشگاهی پس از ۴۰ دقیقه از شروع یکی از آزمایشات
- ۲۶ شکل (۲-۲)- مدل سازی سیستم رودخانه- مخزن
- ۲۷ شکل (۳-۲)- شکل گیری و پیشرفت دلتا برای یک دوره زمانی ۱۰۰ ساله در سیستم مخزن- رودخانه
- ۲۸ شکل (۴-۲)- تخمین پروفیل توسعه دلتا مطابق با مدل MIKE 11
- ۲۸ شکل (۵-۲)- تخمین پروفیل توسعه دلتا مطابق با مدل روش تجربی USBR
- ۲۸ شکل (۶-۲)- مقایسه نتایج تخمین پروفیل توسعه دلتا مطابق با سه روش ذکر شده
- ۳۰ شکل (۷-۲)- نتایج آزمایشات سوامی و مدل GSTARS3.0 برای پیشروی دلتا در دو زمان ۱۲ و ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش
- ۳۱ شکل (۸-۲)- تاثیر K_s بر پروفیل طولی رسوبات
- ۳۱ شکل (۹-۲)- تاثیر u_{*c} بر پروفیل طولی رسوبات
- ۳۲ شکل (۱۰-۲)- نتایج مدل و داده های آزمایشگاهی برای سرعت سطحی جریان در خط مرکزی کانال ۶۰ دقیقه پس از شروع یکی از آزمایشات
- ۳۲ شکل (۱۱-۲)- نتایج مدل و داده های آزمایشگاهی برای پروفیل طولی و عرضی کانال ۶۰ دقیقه پس از شروع یکی از آزمایشات
- ۳۳ شکل (۱۲-۲)- پلان مدل
- ۳۶ شکل (۱۳-۲)- توسعه دلتا مطابق با بررسی های بهامیدپاتی و شن
- ۳۷ شکل (۱۴-۲)- توسعه دلتا مطابق با بررسی های سوگیو
- ۳۸ شکل (۱۵-۲)- رشد و توسعه دلتا در آزمایشگاه (الف)- پس از ۲ ساعت (ب)- پس از ۴۶ ساعت
- ۳۹ شکل (۱۶-۲)- پلان و پروفیل فلوام آزمایشگاهی
- ۳۹ شکل (۱۷-۲)- نتایج مشاهدات آزمایشگاهی پروفیل طولی دلتا و مدل عددی در یکی از آزمایشات (الف)- یک ساعت پس از شروع آزمایش (ب)- ۷ ساعت پس از شروع آزمایش
- ۴۰ شکل (۱۸-۲)- پلان و پروفیل طولی فلوام آزمایشگاهی
- ۴۰ شکل (۱۹-۲)- سرعت سطحی جریان و پیشروی دلتا در پلان
- ۴۱ شکل (۲۰-۲)- پروفیل طولی پیشروی دلتا
- ۴۱ شکل (۲۱-۲)- پروفیل عرضی دلتا در مقاطع طولی مختلف

فهرست اشکال

- شکل (۲۲-۲) - فلوم آزمایشگاهی ۴۲
- شکل (۲۳-۲) - مقایسه نتایج مدل عددی و آزمایشگاهی ۴۲
- شکل (۲۴-۲) - بردارهای سرعت (الف) و خطوط جریان (ب) در کانال با بازشدگی ناگهانی ۴۳
- شکل (۲۵-۲) - بردارهای سرعت طولی (الف) و سرعت عرضی (ب) در کانال با بازشدگی ناگهانی ۴۳
- شکل (۱-۳) - پلان و پروفیل طولی فلوم آزمایشگاهی ۴۸
- شکل (۲-۳) - تخریب مقطع مرکب فلوم آزمایشگاه هیدرولیک گروه سازه های آبی ۵۶
- شکل (۳-۳) - ساخت و اصلاح فلوم آزمایشگاه جهت مطالعه مخزن ۵۷
- شکل (۴-۳) - کالیبراسیون دستگاه تزریق رسوبات ۵۷
- شکل (۵-۳) - مراحل ساخت مخزن تغذیه رسوب ۵۸
- شکل (۶-۳) - ساخت مخزن تغذیه رسوب ۵۹
- شکل (۷-۳) - ساخت مخزن تامین رسوب ۵۹
- شکل (۸-۳) - پروب های دبی سنج اولتراسونیک و تابلوی نمایشگر دبی های جریان به ترتیب از چپ به راست ۶۰
- شکل (۹-۳) - شیر برقی دیجیتال و اجزای وابسته آن ۶۲
- شکل (۱۰-۳) - عمق سنج ثابت ۶۳
- شکل (۱۱-۳) - عمق سنج متحرک (کولیس دیجیتال) ۶۳
- شکل (۱۲-۳) - نمونه هایی از پروب های سرعت سنج های صوتی ($Vectrino+$) و نحوه قرار گیری پروب ها در مقابل جریان ۶۵
- شکل (۱۳-۳) - رابطه سرعت سقوط با قطر ذرات ۶۷
- شکل (۱۴-۳) - منحنی دانه بندی مصالح بستر ۶۷
- شکل (۱۵-۳) - ترازوی دیجیتالی ۶۸
- شکل (۱۶-۳) - نقاط برداشت شده به منظور الگوی جریان در زاویه $24/3$ درجه ۷۰
- شکل (۱۷-۳) - نقاط برداشت شده به منظور الگوی جریان در زاویه $11/5$ درجه ۷۰
- شکل (۱-۴) - توزیع تابع سرعت در نزدیکی دیوار ۷۹
- شکل (۲-۴) - روش های مورد استفاده در شبیه سازی جریان نزدیک دیواره ۷۹
- شکل (۱-۵) - الگوی پیشروی متقارن رسوبات در کانال با عرض ۳۰ سانتیمتر ۸۶
- شکل (۲-۵) - الگوی پیشروی نامتقارن رسوبات در کانال با عرض ۱۰ سانتیمتر ۸۷
- شکل (۳-۵) - الگوی غیرمتقارن پیشروی رسوب ۸۸
- شکل (۴-۵) - پیشروی دلتای رسوبی تا ۴۰ سانتیمتری ابتدای مخزن (۱۸ دقیقه از شروع تزریق رسوبات) ۹۰
- شکل (۵-۵) - پیشروی دلتای رسوبی تا ۸۰ سانتیمتری ابتدای مخزن (۲۸ دقیقه از شروع تزریق رسوبات) ۹۰
- شکل (۶-۵) - پروفیل طولی رسوبات در دیواره سمت راست (شکل الف) و چپ (شکل ب) فلوم در زمان های ۱۸ ۹۰

فهرست اشکال

- تا ۳۲ دقیقه از شروع تزریق رسوبات
- ۹۲ شکل (۷-۵) - پیشروی دلتای رسوبی تا ۴۰ سانتیمتری ابتدای مخزن
- ۹۲ شکل (۸-۵) - پیشروی دلتای رسوبی تا ۸۰ سانتیمتری ابتدای مخزن
- ۹۲ شکل (۹-۵) - پیشروی دلتای رسوبی تا ۲۴۰ سانتیمتری ابتدای مخزن
- ۹۳ شکل (۱۰-۵) - نمونه ای از پروفیل رسوبات و عمق آب در مراحل مختلف پیشروی دلتای رسوبی (آزمایش ۴۰ با حداقل سرعت پیشروی) - دیواره سمت راست - زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۳ شکل (۱۱-۵) - نمونه ای از پروفیل رسوبات و عمق آب پس از اتمام آزمایش (آزمایش ۴۰ با حداقل سرعت پیشروی) - دیواره سمت راست، چپ و خط مرکزی کانال - زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۴ شکل (۱۲-۵) - نمونه ای از پروفیل رسوبات و عمق آب در مراحل مختلف پیشروی رسوب (آزمایش ۳۴ با حداکثر سرعت پیشروی) - دیواره سمت راست - زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۴ شکل (۱۳-۵) - نمونه ای از پروفیل رسوبات و عمق آب پس از اتمام آزمایش (آزمایش ۳۴ با حداکثر سرعت پیشروی) - دیواره سمت راست، چپ و خط مرکزی کانال - زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۵ شکل (۱۴-۵) - منحنی پیشروی پایه دلتای رسوبی برای کلیه آزمایشات با زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۵ شکل (۱۵-۵) - منحنی پیشروی تاج دلتای رسوبی برای کلیه آزمایشات با زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۶ شکل (۱۶-۵) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۹۰ گرم در ثانیه - زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۷ شکل (۱۷-۵) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۱۳۰ گرم در ثانیه - زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۷ شکل (۱۸-۵) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۴۵ گرم در ثانیه - زاویه ۹/۲ درجه
- ۹۸ شکل (۱۹-۵) - منحنی پیشروی پایه دلتای رسوبی در کلیه آزمایشات با زاویه ۱۱/۵ درجه
- ۹۹ شکل (۲۰-۵) - منحنی پیشروی تاج دلتای رسوبی در کلیه آزمایشات با زاویه ۱۱/۵ درجه
- ۹۹ شکل (۲۱-۵) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۱۳۰ گرم در ثانیه - زاویه ۱۱/۵ درجه
- ۱۰۰ شکل (۲۲-۵) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۹۰ گرم در ثانیه - زاویه ۱۱/۵ درجه
- ۱۰۰ شکل (۲۳-۵) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۴۵ گرم در ثانیه - زاویه ۱۱/۵ درجه
- ۱۰۱ شکل (۲۴-۵) - منحنی پیشروی پایه دلتای رسوبی در کلیه آزمایشات با زاویه ۱۵/۴ درجه

فهرست اشکال

- شکل (۵-۲۵) - منحنی پیشروی تاج دلتای رسوبی در کلیه آزمایشات با زاویه $۱۵/۴$ درجه ۱۰۱
- شکل (۵-۲۶) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۹۰ گرم در ثانیه - زاویه $۱۵/۴$ درجه ۱۰۲
- شکل (۵-۲۷) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۱۳۰ گرم در ثانیه - زاویه $۱۵/۴$ درجه ۱۰۲
- شکل (۵-۲۸) - پروفیل‌های طولی دلتای رسوبی در خط مرکزی و دیواره‌های سمت چپ و راست با تزریق رسوبات ۴۵ گرم در ثانیه - زاویه $۱۵/۴$ درجه ۱۰۳
- شکل (۲۹-۵) - نقاط برداشت شده به منظور الگوی جریان ۱۰۴
- شکل (۵-۳۰) - میدان سرعت در لایه‌های سطحی، میانی و پایینی جریان - با وجود رسوبات ۱۰۴
- شکل (۵-۳۱) - میدان سرعت در لایه‌های سطحی، میانی و پایینی جریان - بدون رسوبات ۱۰۵
- شکل (۵-۳۲) - توزیع سرعت طولی در لایه سطحی، میانی و پایینی جریان - با وجود رسوبات ۱۰۶
- شکل (۵-۳۳) - توزیع سرعت طولی در لایه سطحی، میانی و پایینی جریان - بدون رسوبات ۱۰۶
- شکل (۵-۳۴) - توزیع سرعت عرضی در لایه سطحی، میانی و پایینی جریان - با وجود رسوبات ۱۰۷
- شکل (۵-۳۵) - توزیع سرعت عرضی در لایه سطحی، میانی و پایینی جریان - بدون رسوبات ۱۰۸
- شکل (۵-۳۶) - پروفیل سرعت طولی در عمق - عرض ۲۰ ، خط مرکزی و ۲۰ سانتیمتری - با وجود رسوبات ۱۰۹
- شکل (۵-۳۷) - پروفیل سرعت طولی در عمق - عرض ۲۰ ، خط مرکزی و ۲۰ سانتیمتری - بدون رسوبات ۱۰۹
- شکل (۵-۳۸) - پروفیل سرعت طولی در عرض - طول ۱۲۰ ، ۱۶۰ و ۲۰۰ سانتیمتری - با وجود رسوبات ۱۱۰
- شکل (۵-۳۹) - پروفیل سرعت طولی در عرض - طول ۱۲۰ ، ۱۶۰ و ۲۰۰ سانتیمتری - بدون رسوبات ۱۱۱
- شکل (۵-۴۰) - نقاط برداشت شده به منظور الگوی جریان ۱۱۱
- شکل (۵-۴۱) - میدان سرعت در لایه سطحی، میانی و پایینی جریان - با وجود رسوبات ۱۱۲
- شکل (۵-۴۲) - میدان سرعت در لایه سطحی، میانی و پایینی جریان - بدون رسوبات ۱۱۳
- شکل (۵-۴۳) - توزیع سرعت طولی در لایه سطحی، لایه میانی و پایینی جریان - با وجود رسوبات ۱۱۴
- شکل (۵-۴۴) - توزیع سرعت طولی در لایه سطحی، لایه میانی و پایینی جریان - بدون رسوبات ۱۱۴
- شکل (۵-۴۵) - توزیع سرعت عرضی در لایه سطحی، لایه میانی و پایینی جریان - با وجود رسوبات ۱۱۵
- شکل (۵-۴۶) - توزیع سرعت عرضی در لایه سطحی، لایه میانی و پایینی جریان - بدون رسوبات ۱۱۶
- شکل (۵-۴۷) - پروفیل سرعت طولی در عمق: عرض ۲۰ ، خط مرکزی و ۲۰ سانتیمتری - با وجود رسوبات ۱۱۷
- شکل (۵-۴۸) - پروفیل سرعت طولی در عمق: عرض ۲۰ ، خط مرکزی و ۲۰ سانتیمتری - بدون رسوبات ۱۱۷
- شکل (۵-۴۹) - پروفیل سرعت طولی در عرض - طول ۲۲۰ ، ۲۶۰ و ۳۰۰ سانتیمتری - با وجود رسوبات ۱۱۸
- شکل (۵-۵۰) - پروفیل سرعت طولی در عرض - طول ۲۲۰ ، ۲۶۰ و ۳۰۰ سانتیمتری - بدون رسوبات ۱۱۹