بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای حسین هدایتی پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان مدل ریاضی رسوبگذاری در مخازن در تاریخ ۷۷/۸/۲۷ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران باگرایش آب پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	آقای دکتر عبدالعلی شرقی	
۲ـ استاد مشاور :	آقای دکتر فرزین نصیری صالح	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر مولی‌نژاد	
	آقای دکتر برهانی	
۴ـ مدیر گروه :	آقای دکتر قدسیان	
(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)		

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

شماره:.....
تاریخ:.....
پیوست:.....

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس مبیّن 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:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مرکز نشر دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/~~رسالهٔ دکتری~~ نگارنده در رشتهٔ عمران - آب است که در سال ۱۳۷۷ در دانشکدهٔ فنی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی ~~سرکار خانم~~/جناب آقای دکتر عبدالعلی شرعی و مشاورهٔ ~~سرکار خانم~~/جناب آقای دکتر مهندس فرزین نصیری از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های نشریات دانشگاه تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر دانشگاه اهدا کند دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پوداخت 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 مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب حسین هراتی دانشجوی رشته عمران - آب مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

دانشگاه تربیت مدرس
دانشگاه فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران ـ مهندسی آب

تهیه مدل ریاضی رسوبگذاری در مخازن

حسین هدایتی

۱۳۷۸ /۶/ ۸

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
بخش مدارک

3738/1

استاد راهنما

دکتر عبدالعلی شرقی

پاییز ۱۳۷۷

از اعماق وجودم برگ سبزی تقدیم می‌کنم به:

وجود سبز **پدر و مادر** بزرگوارم

تشکر و قدردانی

خداوند را سپاس می‌گویم که سلامتی عطا فرمود و مرا در سایهٔ پر برکت پدر و مادری با کرامت و خانواده‌ای با محبت قرار داد تا توفیق کسب دانش بیابم.

پایان نامهٔ حاضر در واقع تلاش جمعی از محققین و همکاران در سالهای گذشته و مساعدت اساتید محترم دانشکده است که به دست اینجانب تحریر شده، لذا برسم ادب، مراتب احترام و تشکر خود را از اساتید محترم دانشکدهٔ فنی که در کلیه مراحل تحصیل از شمع وجودشان بهره برده‌ام، ابراز می‌دارم.

در این میان امیدوارم که اساتید محترم راهنما و مشاور این پایان نامه :جناب آقای دکتر عبدلعلی شرقی وآقای مهندس فرزین نصیری ،مراتب تشکر خاصه و قدر دانی صمیمانه مرا بپذیرند ،چرا که بدون راهنمایی و مساعدت ایشان ،به اتمام رساندن این تحقیق میسر نبود.

همچنین از آقای مهندس شهراد دولتشاهی که در طول انجام مراحل تحقیق بارها از راهنمایی‌های ایشان استفاده کردم، تشکر می‌کنم.

در خاتمه، از کلیه دوستان و همکاران گرامی که بنحوی در به ثمر رساندن این تحقیق مرا یاری نمودن، متشکرم.

چکیده

رسوبگذاری در مخازن ، مسائل متعددی را در طراحی و بهره برداری از سیستم‌های منابع آب ایجاد می کند . عمر مفید مخزن به خاطر رسوبگذاری سریعاً کاهش می‌یابد و تعداد مخازنی که بخاطر رسوبگذاری روبه زوال گذاشته دائماً بیشتر می‌شود.

برای مقابله با رسوبگذاری ، دو راه حل وجود دارد: یکی جلوگیری از ورود رسوب به مخزن و راه حل دیگر اینکه به رسوب اجازهٔ ورود بدهیم ولی بعداً آنرا از مخزن خارج کنیم. یکی از راههایی که برای بازیافت ظرفیت از دست رفته مخازن شناخته شده و بکار رفته فلاشینگ است . معمولاً در انتهای دورهٔ آبیاری ، مقداری آب در مخزن باقی می‌ماند که می‌توان آنرا برای شستشوی رسوبات ته نشین شده در طول سال بکار برد.

پیش بینی الگوی رسوبگذاری در مخزن کاری پیچیده و وابسته به عوامل متعدد است از جمله ؛ شکل و بافت ذرات رسوب، تغییرات فصلی جریان آب و رسوب ، اندازه و شکل مخزن و برنامهٔ بهره برداری آن و ....

برای شبیه سازی ته نشینی رسوب در مخزن و طراحی برنامه فلاشینگ ، توسعهٔ یک مدل ریاضی برای شبیه سازی میدان سرعت و حرکت رسوب لازم به نظر می‌رسد. مدل ریاضی تحقیق در رابطهٔ بین عوامل مهم فرآیند رابرای مهندسین ممکن می‌سازد، همچنین فرصت خوبی برای مطالعهٔ پاسخ‌های درازمدت سیستم فراهم می‌کند.

مدل ریاضی حاضر جریان ناپایدار و رسوب ورودی را در مخازن تشریح می‌کند. دیدگاه جریان ترکیبی و معادلات جت برای پیش بینی شدت و توزیع جانبی رسوب در مخزن بکار رفته است.

معادلات دیفرانسیل که برای شبیه سازی جریان متغیر تدریجی ناپایدار بکار رفته ، معادلات پیوستگی و مومنتم برای آب و معادلهٔ پیوستگی رسوب است که با روش تفاضل محدود حل شده‌اند.

نتایج مدل ریاضی با کمک نتایج حاصل از مدل آزمایشگاهی ارزیابی شده و توافق مناسبی با پروفیل کف مشاهده شده دارد.

به نظر می‌رسد مدل ریاضی توسعه یافته در این معادلات، برای تخمین بهتر و دقیق‌تر از راندمان تله اندازی مخزن ، مستعد و تواناست. ضمناً آنرا می‌توان برای محاسبهٔ منحنی ظرفیت و تخمین‌عمرمفید مخزن بکار برد.

کلید واژه : مخزن ، رسوب ، فرسایش ، ته نشست ، تشکیل دلتا

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه
مقدمه ۱
فصل ۱ : مباحث عمومی رسوب ۴

مقدمه ۴

۱-۱-اندازه ذره ۴

۱-۲-استفاده از منحنی دانه بندی ۵
۱-۳-وزن مخصوص ذرات ۶
۱-۴-سرعت سقوط ۶
۱-۵-تخمین جریان رسوبی ورودی به مخزن ۹
۱-۵-۱-مساحی توده رسوبی ۹
۱-۵-۲-نسبت تحویل رسوب ۹
۱-۵-۳-استفاده از شرایط حوزه آبریز مشابه ۹
۱-۵-۴-نمونه برداری و منحنی مشخصه ۹
۱-۵-۵-استفاده از روابط ارائه شده ۱۱
۱-۶-آستانه حرکت و معادلات رسوبی ۱۱
۱-۶-۱-سرعت مجاز ۱۲
۱-۶-۲-نیروی بالا برنده ۱۳
۱-۶-۳-نیروی کشنده بحرانی ۱۴
۱-۶-۳-۱-رابطهٔ بین نیروی کشنده و طبیعت مواد ۱۴

۱-۶-۳-۲-روابط تجربی برای تنش کشنده بحرانی ۱۵
۱-۷-معادلات برگزیده رسوبی ۱۶
۱-۷-۱-H. A . Einstein 1950 ..... ۱۶
۱-۷-۲-L.pernecker , H . j . Vollmers 1965 ..... ۲۲
۱-۷-۳-F . B . Toffaleti , 1969 ..... ۲۳
۱-۷-۴-M . F . karim , J . F . Kennedy 1983 ..... ۲۶
۱-۷-۵-F. Engelund , E. Hansen 1967 ..... ۳۰
۱-۷-۶-C . T . Yang , 1979 ..... ۳۱
۱-۷-۷-C . T . Yang , 1973 ..... ۳۲
۱-۷-۸-L . C . VanRijn , 1984 ..... ۳۳
فصل ۲ : مروری بر مطالعات گذشته ۴۱
۲-۱-شرح عمومی پدیدهٔ رسوبگذاری در مخزن ۴۲
۲-۲-ته نشست دلتایی و توزیع رسوب ۴۴
۲-۲-۱-فرآیند توزیع ۴۴
۲-۲-۲-روشهای تجربی ۴۷
۲-۲-۳-مدلهای ریاضی ۴۸
۲-۲-۴-تجربیات آزمایشگاهی ۵۴
۲-۳-راندمان‌گیرش درمخزن ۵۴
۲-۴-جریان غلیظ و تشکیل چینه ۵۶
۲-۴-۱-اختلاف دانسیته در مخزن ۵۶
۲-۴-۲-مدلسازی جریان تیره ۵۹
۲-۴-۳-مکانیک شیرجه‌ای ۶۴
۲-۵-رسوب چسبنده و غیر یکنواخت ۶۵
۲-۵-۱-فلوکولاسیون و توافق ساختاری ۶۶

۲-۵-۲-ته نشینی ۶۷
۲-۵-۳-تثبیت رسوبات بسته ۶۷
۲-۵-۴-شستگی و تعلیق مجدد ۶۸
۲-۵-۵-مدلسازی ۶۸
۲-۶-عملکرد مخزن ۶۹
۲-۶-۱-مقدمه ۶۹
۲-۶-۲-مطالعات عملکردی ۷۰
فصل ۳: تئوری جت ۷۴
۳-۱-تعریف کلی ۷۴
۳-۲-تحلیل الگوی جریان متوسط ۷۵
۳-۲-۱-ملاحظات کلی ۷۵
۳-۲-۲-ناحیهٔ جریان‌درحال تکامل ۷۷
۳-۲-۳-ناحیه جریان تکامل یافته ۷۸
۳-۳-نتایج‌بدست آمده از آزمایش ۷۹
فصل ۴: بررسی مدل ریاضی پخش رسوب در مخزن ۸۳
۴-۱-مقدمه ۸۳
۴-۲-مدل سازی سیستم رودخانه ـ مخزن ۸۳
۴-۲-۱-معادلات اساسی جریان غیر دائم ۸۷
۴-۲-۲-تئوری جت ۹۲
۴-۲-۳-معادلات جریان ترکیبی ۹۸
۴-۳-روش حل ۹۹
۴-۳-۱-پخش جریان ۱۰۰
۴-۳-۲-پخش رسوب ۱۰۱
۴-۳-۳-تغییر دانه بندی رسوبات ته نشین شده ۱۰۶

۴-۴- فلوجارت مدل و اطلاعات مورد نیاز ۱۰۸
۴-۵- محدودیت‌های مدل ۱۰۹
فصل ۵: روشهای حل عددی ۱۱۱
۵-۱- مقدمه ۱۱۱
۵-۲- روش تفاضل محدود ۱۱۱
۵-۳- بسط معادلهٔ پیوستگی جریان ۱۱۳
۵-۴- بسط معادلهٔ ممنتوم ۱۱۴
۵-۵- بسط معادلهٔ پیوستگی رسوب ۱۲۴
۵-۶- الگوریتم حل معادلات ۱۲۵
۵-۷- شرایط مرزی ۱۲۸
۵-۸- تحلیل پایداری و دقت جوابها ۱۳۰
فصل ۶: ارزیابی مدل ریاضی ۱۳۳
۶-۱- مقدمه ۱۳۳
۶-۲- مشخصات مدل فیزیکی آزمایشگاهی ۱۳۳
۶-۳- مراحل آزمایش ۱۳۵
۶-۴- ارزیابی مدل ۱۳۵
۶-۵- بررسی علل خطا ۱۳۷
فصل ۷: خلاصه و نتیجه گیری ۱۵۱
۷-۱- مقدمه ۱۵۱
۷-۲- فرمولاسیون مدل ریاضی ۱۵۱
۷-۳- نکات بکار رفته در روشهای حل عددی ۱۵۳
۷-۴- نتیجه گیری ۱۵۴
فصل ۸: پیشنهادات در جهت توسعه مطالعات ۱۵۵

مقدمه :

مخازن ، دریاچه‌های مصنوعی هستند که برای ذخیرهٔ آب بکار می‌روند، این دریاچه‌ها، مسائل متعددی مخصوص به خود دارند، از جملهٔ این مسائل، مسائل اقتصادی ، زیست محیطی ، نگهداری و بهره‌برداری و... را می توان نام برد.

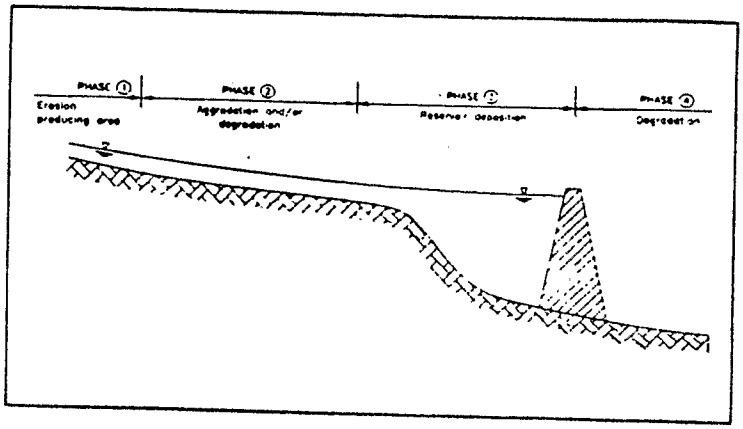
مخازن معمولاً برای مقاصد مختلف از جمله آبیاری ، شرب، تولید انرژی ، کنترل سیلاب، کشتیرانی و ... ایجاد می شوند.

هر چند دانش سد سازی و علوم مرتبط به آن پیشرفت زیادی کرده‌اند، ولی مسائل زیادی ، هنوز حل نشده باقی مانده، یکی از مهمترین این مسائل ، اشغال شدن مداوم حجم مخازن توسط رسوبات است، همه ساله حدود بیش از $50\ Km^3$ از حجم ذخیره مخازن جهان توسط رسوبات پر می‌گردد. (Mahmood 1987).[9]

پدیدهٔ رسوبگذاری در مخازن ، مسائل متعددی را در مراحل طراحی، ساخت و بهره‌برداری ایجاد می‌کند. عمر مخازن ممکن است سریعاً بخاطر رسوبگذاری کاهش یابد، مثلاً گزارش شده که سد ichari با 60^m ارتفاع و maneri با 39^m ارتفاع ، در هیمالیا ظرف 2 سال پس از بهره‌برداری تا تراز تاج خود از رسوب پر شده‌اند. (Bhargava 1987)[9]

میانگین خسارت ناشی از رسوبگذاری فقط در آمریکا در سال 1948 ، در حدود $50 * 10^6$ واحد؟ بوده. (madock 1969) همچنین در سال 1967 ، در آمریکا ، حدود $1 * 10^6$ acre-ft از حجم مخازن آمریکا توسط رسوب اشغال شد. (Glymph & Storey 1967) و (Graf 1983).[9]

از دیدگاه مهندسی تخمین روند رسوبگذاری ، دورهٔ زمانی که مخزن به طور مفید عمل می‌کند و روشهای بازیافت و افزایش طول عمر مفید مخزن مورد نظر است. به طور کلی با احداث سد، شرایط طبیعی جریان مثل خصوصیات جریان و ظرفیت حمل رسوب تغییر می‌کند. تحت این شرایط، یک کانال و مسیل طبیعی را می‌توان به چهار قسمت متمایز از یکدیگر تقسیم نمود :



شکل(م-۱) : رسوبگذاری وفرسایش دربستر طبیعی جریان دربالادست و پایین‌دست یک سد.[9]

قسمت اول : بالا دست مخزن و در داخل حوزه آبریز که در آن فرسایش و رسوبگذاری به طور طبیعی اتفاق می‌افتد، این قسمت تأمین کننده رسوب حمل شونده توسط جریان است.

قسمت دوم : قسمتی از رودخانه است که جریان در آن تحت تأثیر فرا آب مخزن بوده و در آن با توجه به شرایط مختلف (عمدتاً رسوبگذاری و افزایش تراز آب) مشاهده می‌شود.

قسمت سوم : که خود مخزن بوده و به طور کلی در این محدوده پدیدهٔ رسوبگذاری وجود دارد.

قسمت چهارم : پایین دست سد بوده که بدلیل تغییر شرایط طبیعی و جریان خروجی از سد، اغلب تحت تأثیر قرارگرفته تا در نهایت به حالت تعادل جدیدی برسد.

مهندس طراح باید بتواند میزان و موقعیت رسوبات جمع شده در مخزن را تخمین بزند، زیرا این عامل، حجم ذخیرهٔ مخزن، موقعیت سازه‌های خروجی مثل تخلیه‌کننده‌های تحتانی، آبگیرها و ایستگاههای پمپاژ و تسهیلات احیاء کنندهٔ مخزن را متأثر می‌کند.

مسئله ته نشینی رسوبات در مخزن به عوامل متعددی مثل اندازه و شکل ذره، تغییرات فصلی جریان، اندازه و شکل و عملکرد مخزن و ... بستگی دارد. بخاطر تأثیر این عوامل، پیش‌بینی الگوی رسوبگذاری کار پیچیده‌ای است و باید برای هر مخزن به طور موردی و جداگانه بررسی شود.

اگر بتوان شرایط جریان آب و رسوب و شرایط مرزی را توسط معادلات تحلیلی مورد

بررسی قرار داد و درک فیزیکی مناسبی از پدیده داشت، می‌توان نسبت به تهیه یک مدل ریاضی اقدام نمود. حرکت آب و رسوب توسط یک سری از معادلات دیفرانسیل به شرح زیر بیان می‌شود:[9]

۱) معادلهٔ پیوستگی آب و رسوب (مشتق شده از قانون بقای جرم .)

۲) معادلهٔ حرکت آب و رسوب (مشتق شده از قانون بقای مومنتم .)

خصوصیات آب ، رسوب ، مقاومت جریان ، شرایط مرزی و شرایط هندسی سیستم نیز باید فرموله شود تا به یک مدل ریاضی برسیم.

در یک مدل ریاضی، ارتباط این معادلات بسیار پیچیده است و حل آنها نیاز به تئوری های عددی و تجهیزات پیشرفتهٔ کامپیوتری دارد.

در این مجموعه ، در فصل اوّل مباحث کلاسیک رسوب که به نحوی در مدل مورد استفاده قرارگرفته شرح داده می‌شود و معادلات خاص رسوبی ، همراه با نمایه (فلوچارت) زیر برنامه های کامپیوتری آنها ارائه می‌شود، سپس در فصل دوّم ، به موضوعاتی که بارسوبگذاری در مخزن مرتبط هستند می‌پردازیم و مطالعات آزمایشگاهی و مدلهای ریاضی که در هر مورد قابل رجوع و مطرح است، بیان می‌کنیم ، گفتنی است که این فصل از نظر شرح علمی و معادلات مربوطه بسیار مختصر است و در واقع به عنوان یک لیست راهنما از مراجع اصلی ارائه شده تا علاقمندان به ادامهٔ مطالعات بتوانند به صورت موضوعی مراجع مورد نظر خود را شناسایی کنند. در فصل سوّم ، تئوری جت آلبر تسون که در واقع ترجمهٔ مقالهٔ مربوطه است، بیان می‌گردد. در فصل چهارم مبانی مدل ریاضی به صورت تئوری بررسی می‌شود و در فصل پنجم ، روشهای عددی مورد استفاده توضیح دا ده می‌شود. فصل ششم به ارزیابی نتایج بدست آمده از مدل اختصاص دارد و در نهایت لیست برنامهٔ کامپیوتری ارائه می‌شود.