فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل۱: کلیات	**۱**
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۱-۱- رسوبگذاری در مخازن سدها و مفاهیم مربوط	۳
۱-۱-۲- توزیع رسوب در مخزن	۵
۱-۱-۳- ته‌نشینی رسوبات درشت‌دانه و تشکیل دلتاها	۶
۱-۱-۴- انتقال و ته‌نشینی رسوبات ریزدانه در اثر جریان‌های همگن (غیرلایه‌ای)	۷
۱-۱-۵- انتقال و ته‌نشینی رسوبات ریزدانه در اثر جریان‌های غیرهمگن (لایه‌ای)	۷
۱-۱-۶- الگوی طولی ته‌نشینی رسوبات	۷
۱-۱-۷- الگوی عرضی ته‌نشینی رسوبات	۹
۱-۱-۸- اثرات ناشی از تجمع رسوبات در مخازن سدها	۹
۱-۲- اهداف تحقیق	۱۰
۱-۳- ساختار پایان‌نامه	۱۰
فصل۲: مروری بر منابع تحقیق	**۱۲**
۲-۱- مقدمه	۱۳
۲-۲- سابقه تحقیق	۱۳
۲-۲-۱- سابقه‌ی مدل‌های ریاضی	۱۳
۲-۲-۲- سابقه‌ی استفاده از مدل ریاضی CCHE2D	۱۵
۲-۲-۳- سابقه‌ی مطالعات رسوب در مخزن سد دز	۱۷
فصل۳: مواد و روش‌ها	**۱۹**
۳-۱- مقدمه	۲۰
۳-۲- منطقه مورد مطالعه	۲۰

۳-۲-۱- مشخصات جغرافیایی و توپوگرافی حوضه آبریز دز ۲۰
۳-۲-۲- زمین شناسی حوضه آبریز دز ۲۲
۳-۲-۳- هواشناسی حوضه آبریز دز ۲۳
۳-۲-۴- مشخصات فنی سد دز ۲۳
۳-۲-۵- شبکه آبیاری سد دز ۲۴
۳-۳- مدل ریاضی CCHE2D ۲۴
۳-۳-۱- مدل هیدرودینامیک جریان ۲۵
۳-۳-۲- مدل انتقال رسوب ۳۰
۳-۳-۳- الگوریتم گردشی محاسباتی مدل ۴۵
۳-۴- داده‌های ورودی و اجرای مدل ۴۶
۳-۴-۱- نرم‌افزار CCHE_Mesh ۴۷
۳-۴-۲- شرایط اولیه جریان ۴۹
۳-۴-۳- پارامترهای جریان ۵۰
۳-۴-۴- شرایط در مرز ورودی و خروجی ۵۰
۳-۴-۵- اجرای مدل جریان ۵۱
۳-۴-۶- تعیین پارامترهای رسوب ۵۱
۳-۴-۷- تعیین شرایط مرزی رسوب ۵۲
۳-۴-۸- تعیین خصوصیات بستر ۵۳
۳-۴-۹- اجرای مدل انتقال رسوب ۵۳

فصل۴: نتایج **۵۴**

۴-۱- مقدمه ۵۵
۴-۲- کاربرد مدل ۵۵
۴-۲-۱- اجرای مدل جریان ۵۵
۴-۲-۲- اجرای مدل انتقال رسوب ۵۵
۴-۳- تحلیل حساسیت مدل ۵۵
۴-۳-۱- فاصله انطباق ۵۶
۴-۳-۲- مدل آشفتگی ۵۸
۴-۳-۳- عدد اشمیت ۵۹

۴-۳-۴- ضریب زبری ۵۹
۴-۳-۵- روابط تجربی ظرفیت حمل رسوب ۵۹
۴-۴- واسنجی مدل ۶۰
۴-۵- مقایسه نتایج مدل دوبعدی CCHE-2D و مدل یک‌بعدی HEC-6 ۶۳
۴-۶- اجرای مدل برای بازه زمانی مورد نظر و نتایج ۶۴

فصل۵: بحث و نتیجه‌گیری ۷۸

۵-۱- مقدمه ۷۹
۵-۲- بحث و نتیجه‌گیری ۷۹
۵-۳- پیشنهادها ۸۱
۵-۳-۱- پیشنهادهای پژوهشی ۸۱
۵-۳-۲- پیشنهادهای اجرایی ۸۲

فصل۶: مراجع ۸۳

فهرست اشکال

عنوان ــ صفحه

شکل ۱-۱ تقسیم بندی نواحی مختلف رسوبگذاری در مخزن سد..۶
شکل ۱-۲ حالت‌های مختلف رسوبگذاری در مخازن سدها..۹
شکل ۳-۱موقعیت جغرافیایی سد دز.. ۲۲
شکل ۳-۲ انتقال رسوب در آبراهه.. ۳۲
شکل ۳-۳ سرعت ته‌نشینی ذرات بر اساس قطر رسوبات ۴۳
شکل ۳-۴ الگوریتم گردشی محاسباتی مدل CCHE-2D.. ۴۶
شکل ۳-۵ منحنی دانه‌بندی رسوبات معلق در ایستگاه تله زنگ ۵۲
شکل ۴-۱ تاثیر فاکتور انطباق بر الگوی طولی رسوبگذاری ۵۸
شکل ۴-۲ نتایج عمق سنجی مخزن سد دز در سال ۱۳۸۱ .... ۶۱
شکل ۴-۳ مقایسه‌ی پروفیل کف مخزن در سال‌های مختلف و پروفیل حاصل از مدل ۶۲
شکل ۴-۴ نتایج شبیه‌سازی رسوبگذاری در مخزن سد دز با HEC-6 .... ۶۲
شکل ۴-۵ مخزن سد دز و محدوده‌ی مورد نظر در تحقیق حاضر ۶۵
شکل ۴-۶ محل مقاطع عرضی مورد بررسی در مخزن سد دز ۶۶
شکل ۴-۷ مقطع عرضی شماره ۱ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶.. ۶۶
شکل ۴-۸ مقطع عرضی۲ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ .... ۶۷
شکل ۴-۹ مقطع عرضی۳ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ .... ۶۷
شکل ۴-۱۰ مقطع عرضی۴ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶.. ۶۸
شکل ۴-۱۱ مقطع عرضی ۵ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶.. ۶۸
شکل ۴-۱۲ مقطع عرضی ۶ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶.. ۶۹
شکل ۴-۱۳ مقطع عرضی ۷ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶.. ۶۹
شکل ۴-۱۴ مقطع عرضی ۸ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶.. ۷۰
شکل ۴-۱۵ مقطع عرضی ۹ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶.. ۷۰
شکل ۴-۱۶ مقطع عرضی ۱۰ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ .... ۷۱

شکل ۴-۱۷ مقطع عرضی ۱۱ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷۱
شکل ۴-۱۸ مقطع عرضی ۱۲ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷۲
شکل ۴-۱۹ مقطع عرضی ۱۳ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷۲
شکل ۴-۲۰ مقطع عرضی ۱۴ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷۳
شکل ۴-۲۱ مقطع عرضی ۱۵ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷۳
شکل ۴-۲۲ مقطع عرضی ۱۶ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷٤
شکل ۴-۲۳ مقطع عرضی ۱۷ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷٤
شکل ۴-۲۴ مقطع عرضی ۱۸ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷۵
شکل ۴-۲۵ مقطع عرضی ۱۹ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷۵
شکل ۴-۲۶ مقطع عرضی ۲۰ مخزن سد دز بر اساس شکل ۴-۶ ..... ۷٦
شکل ۴-۲۷ پروفیل طولی شبیه‌سازی شده‌ی مخزن ۷٦

فهرست جداول

عنوان ———————————————— صفحه

جدول ۳-۱مشخصات حوضه آبریز سد دز ۲۱
جدول ۳-۲ مشخصات سد دز ۲۳
جدول ۳-۳ ضرایب روش اصلاح شده‌ی ایکرز- وایت ۳۸

فصل اول
کلیات

۱-۱- مقدمه

رودخانه‌ها از دیرباز به عنوان منبع تأمین آب شیرین مورد توجه بوده و امروزه با گسترش مراکز جمعیتی، به عنوان یکی از عوامل اصلی توسعه شناخته می‌شوند. سدسازی نیز به عنوان ابزاری برای مهار رودخانه‌ها و ذخیره آب برای فصول کم آبی از هزاران سال پیش مورد توجه بوده است. در کشور ما سازه‌های آبی شوشتر در استان خوزستان که قدمتی ۳۰۰۰ ساله دارند شاهدی بر این مدعا است. در چند دهه‌ی اخیر، سدسازی از نظر کمّی، روند افزایشی داشته است، به طوری که طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۸۶ میلادی تعداد سدهای بزرگ دنیا از ۴۲ سد به ۳۹۰۰۰ سد افزایش یافته است (فن و موریس، ۱۹۹۲).

رودخانه‌های آبرفتی وضعیتی پویا دارند به طوری که مشخصات خود را در پاسخ به هر تغییری که در محیط به وجود می‌آید، تنظیم می‌کنند. این تغییرات می‌توانند به صورت طبیعی، مانند تغییرات آب و هوایی یا تغییرات پوشش گیاهی و یا در نتیجه‌ی فعالیت‌های انسانی از قبیل سدسازی، احداث پل، برداشت مصالح و غیره اتفاق بیافتند. در اثر این تغییرات، رودخانه از حالت تعادل خارج شده و برای اینکه دوباره به تعادل برسد، خود را از طریق تغییر شیب، زبری، شکل و ابعاد مقطع عرضی، اندازه‌ی مواد بستر و ... با شرایط هماهنگ می‌سازد. دقیقاً به دلیل همین ویژگی، پس از احداث سد روی یک رودخانه و از ابتدای آبگیری، رودخانه شروع به رسوبگذاری در مخزن سد نموده و این فرآیند را تا زمان پر شدن مخزن ادامه می‌دهد. رسوبگذاری در مخازن در اثر افزایش سطح مقطع، کاهش سرعت جریان و در نتیجه کاهش ظرفیت حمل رسوب جریان اتفاق می‌افتد.

معضل رسوبگذاری همواره به عنوان مهمترین عامل در کوتاه کردن عمر مفید سدها مطرح بوده و سدهای مخزنی زیادی به دلیل پرشدن از رسوب، متروکه شده‌اند. این مشکل به ویژه در مناطق استوایی و نیمه‌خشک به علت بالا بودن دبی رسوب مشهودتر است (برنت، ۲۰۰۰). رسوبات ته‌نشین شده در مخازن سدها، علاوه بر اینکه موجب از بین بردن اهداف مورد انتظار از ساخت سد مانند کنترل سیلاب، تأمین آب، تولید انرژی، آبیاری و کشتیرانی می‌گردد، سیستم رودخانه را از جنبه‌های متعددی تحت تأثیر قرار می‌دهد (فانگ و کائو، ۱۹۹۶).

افزایش عمر مفید سدها و حفظ حجم ذخیره‌ی آنها برای تداوم کنترل و بهره برداری از منابع آب، موضوع مهمی در علم مهندسی سدسازی به شمار می‌رود، چرا که ساخت سدهای جدید به دلیل آیین نامه‌های سخت‌گیرانه‌ی زیست محیطی، هزینه‌ی بالای ساخت و عدم وجود سایت‌های مناسب، بسیار مشکل است (لی و شن، ۱۹۹۶). در ایران نیز مساله‌ی رسوب‌گذاری در مخازن سدها، حائز اهمیت زیادی می‌باشد، چرا که حدود ۷۰ درصد از منابع آب ایران را آب‌های سطحی تشکیل داده و عدم تطابق زمانی بین آبدهی رودخانه‌ها و مصارف، وجود مخازن ذخیره آب را امری ضروری می‌نماید. از طرفی عدم انجام اقدامات مؤثر آبخیزداری در حد کافی، باعث شده که فرسایش حوزه‌های آبریز، معضل رسوبگذاری در مخازن سدها را تشدید کند (میلیمن و میده، ۱۹۸۳). البته این مشکلات، کم و بیش در تمامی کشورهای جهان وجود دارد، ولی در ایران به علت آب و هوای نیمه‌خشک، فقر پوشش گیاهی و فصلی بودن رودخانه‌ها، این مشکلات حادتر است. با در نظر گرفتن اینکه سدهای مخزنی سریعاً در حال گسترش می‌باشند، اهمیت موضوع بیشتر می‌شود. برای مثال موردی در این زمینه، می‌توان به مشکل حاد تجمع رسوب، در سد مخزنی سفیدرود و دز اشاره نمود.

با توجه به مطالب فوق، مطالعه‌ی رفتار رودخانه‌ها در حالت طبیعی یا در پاسخ به فعالیت‌ها و اصلاحات بشر امری ضروری به نظر می‌رسد. زیرا تنها بدین وسیله می‌توان وضعیت و شرایط آتی را شناسایی و برای مدیریت آنها برنامه‌ریزی نمود. برای مطالعه‌ی رسوبگذاری در مخازن سدها روش‌های متفاوتی وجود دارد. در این تحقیق توانایی یک مدل ریاضی در شبیه‌سازی الگوی رسوبگذاری در مخزن سد دز بررسی می‌گردد.

۱-۱-۱- رسوبگذاری در مخازن سدها و مفاهیم مربوط

مشکلات ناشی از رسوب‌گذاری در مخازن که همراه با تقلیل حجم ذخیره و عملکرد نامناسب تجهیزات و سیستم‌ها در سد می‌باشد، به تدریج با افزایش عمر بهره‌برداری از این گونه تأسیسات آبی افزایش می‌یابد. نگاهی به سدهای مخزنی احداث شده در صدها سال قبل در ایران نشان می‌دهد که در اغلب مواقع سد به لحاظ انباشته شدن مخزن از رسوبات از حالت سودمند خارج شده و سازه سد پس از گذشت قرون متمادی و قرار گرفتن در معرض آسیب‌های ناشی از سیلاب و زلزله و ... کماکان استوار و پابرجا مانده و جزو میراث فرهنگی محسوب می‌گردد. از این نمونه، سدهای متعددی مانند سد کبار، سد کریت و ... را می‌توان نام برد.

در واقع یکی از عواملی که به عمر اقتصادی سدها پایان می‌دهد، پدیده رسوبگذاری و انباشتگی مخزن از رسوب است و این معضلی است که در طول زمان و به مرور و به طریقی نامحسوس عمر مخازن را به مخاطره انداخته و تأسیسات آبی و پروژه‌های آبرسانی و نهایتاً سیستم‌های تأمین آب را به انهدام می‌کشاند و در پی آن سرمایه‌های کلان ملی از دست می‌رود. با توسعه قطب‌های صنعتی و کشاورزی همراه با افزایش جمعیت و بالا رفتن مصرف سرانه آب، هر روز کمبود آب بیش از پیش چهره خود را نمایان می‌کند. شرایط آب و هوایی و ضعف پوشش گیاهی در اغلب حوضه‌های آبریز کشور معضل مشترک و عمومی است و عوامل دیگری از قبیل توپوگرافی نامناسب و جنس فرسایش‌پذیر سازندهای زمین‌شناسی بنا به مورد، نقش عمده و اساسی در مسأله‌ی رسوب‌خیزی و انباشتگی مخازن دارند.

با توجه به اهمیت آب در کشورمان و محدودیت ملموس آن در تأمین نیازهای آبی به ویژه از لحاظ توزیع زمانی و مکانی، حفظ و حراست از سازه‌های ذخیره کننده منابع محدود آب یک مسأله حیاتی می‌باشد. بدین لحاظ و به عنوان یکی از ضروری‌ترین نیازها در برنامه‌ریزی‌های منطبق با واقعیت در راستای ذخیره آب و بهره‌برداری مطلوب و بهینه از تأسیسات آبی، شناخت پدیده ته‌نشینی رسوبات در مخازن سدها و برآورد مقدار و توزیع رسوبات ته‌نشین شده در این سازه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در کشورهای صنعتی و پیشرفته، به دلیل وجود آمار و اطلاعات غنی و همچنین پیشرفت‌های چشمگیری که در فن‌آوری رایانه‌ها و علم سنجش از دور به وجود آمده، روش‌ها و ابزار جدیدی در چند دهه گذشته در مطالعات مهندسی منابع آب و بخصوص شاخه مهندسی رودخانه ابداع گردیده است که از این میان می‌توان به مواردی همچون منطق فازی، شبکه عصبی، مدل‌های ریاضی انتقال و ته‌نشینی رسوبات و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی اشاره نمود. در این کشورها اهمیت زیادی به مطالعات مهندسی رودخانه و بخصوص بررسی مسأله رسوبگذاری در مخازن سدها داده شده و غالباً نیروی انسانی متخصص و بودجه‌های گزاف به این مطالعات اختصاص می‌یابد. به طوری که اکثر نرم‌افزارهای مورد استفاده در مطالعات مهندسی رودخانه این کشورها حاصل سال‌ها تلاش و صرف هزینه‌های مالی فراوان می‌باشد. در کشور ما نیز در چند دهه اخیر سرمایه‌گذاری‌هایی از طرف متولیان امور آب کشور به امر مطالعات مهندسی رودخانه و بررسی فرآیند رسوب‌گذاری در مخازن سدها اختصاص یافته است؛ اما به علت عدم انسجام اقدامات و همچنین گستردگی پیامدهای رسوبگذاری در مخازن، نتایج رضایت‌بخشی که بتوان بر اساس آنها، تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مناسب (در راستای توسعه پایدار) اتخاذ کرد، به دست نیامده است و به نظر می‌رسد مطالعات زیربنایی و تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز باشد.

وقتی که رودخانه به مخزن سد وارد می‌شود، سرعت جریان آن به تدریج کم شده و از رسوبی که توسط آن حمل می‌گردد، رسوبات درشت‌دانه در ابتدای مخزن ته‌نشین شده و دلتا را تشکیل می‌دهند. رسوبات ریزدانه به حرکت خود ادامه داده و به دلیل اندازه و وزن کمتر، ذرات در فاصله‌ای دورتر بعد از دلتا ته‌نشین می‌شوند.

۱-۱-۲- توزیع رسوب در مخزن

به همراه جریان، رسوبات معلق و بستر در رودخانه وجود دارد. رسوبات تحت تأثیر وزن خود تمایل به ته‌نشینی دارند، اما تلاطم جریان در حالت جریان آشفته، این فرآیند را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وقتی که آب حاوی رسوب به مخزن می‌رسد، سرعت و آشفتگی آن (به علت افزایش سطح مقطع) کاهش می‌یابد.

آب مخزن صاف و آب ورودی به مخزن حاوی رسوب و گل آلود می‌باشد. بنابراین جرم حجمی این دو متفاوت از یکدیگر بوده و در نتیجه آب حاوی رسوب در کف کانال تحت تأثیر ثقل به سمت بدنه‌ی سد حرکت می‌کند. این عمل باعث می‌شود که دانه‌های بزرگتر به صورت بار بستر به شکل دلتا در بالادست مخزن ته‌نشین شوند و دانه‌های ریزتر به پایین‌دست منتقل شده و در آنجا رسوب کنند. مقداری از رسوبات نیز زمان زیادی به حالت معلق مانده و ممکن است از تأسیسات آب‌گیری خارج گردند.

رسوبی که در ترازهای مختلف مخزن جمع می‌شود، بستگی به عوامل زیادی از جمله شیب دره، طول مخزن، سازه‌های تعبیه شده در مخزن، اندازه رسوبات معلق و نسبت ظرفیت ورودی و ... دارد، اما نحوه بهره‌برداری از مخزن، عامل مهمتری نسبت به بقیه عوامل می‌باشد. مکانیسم ته‌نشینی رسوبات در طی سه مرحله و به صورت زیر تفکیک می‌گردد:

- ته‌نشینی رسوبات درشت دانه و تشکیل دلتاها
- انتقال و ته‌نشینی رسوبات ریزدانه در اثر جریان‌های همگن (غیرلایه‌ای)
- انتقال و ته‌نشینی رسوبات ریزدانه در اثر جریان‌های غیرهمگن به صورت جریان غلیظ (لایه‌ای)

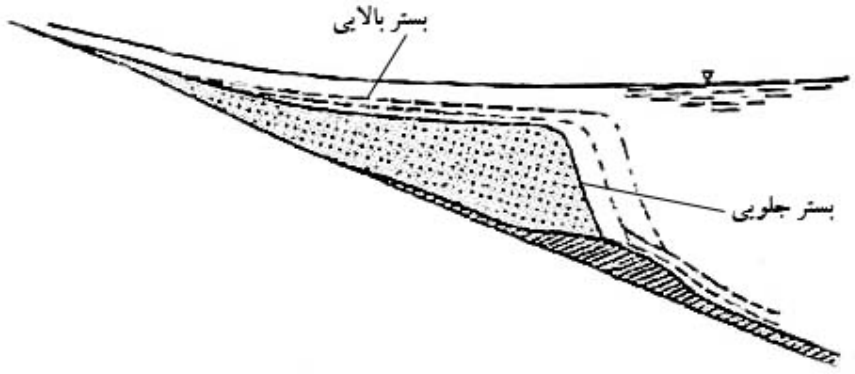
البته فرآیندهایی همچون لغزش زمین و فرسایش ساحلی نیز می‌تواند در مکانیسم رسوب‌گذاری تأثیر داشته باشد که به علت موضعی بودن از درجه اهمیت کمتری برخوردار می‌باشد.

۱-۱-۳- ته‌نشینی رسوبات درشت‌دانه و تشکیل دلتاها

در این حالت، با ورود جریان رودخانه به مخزن، ظرفیت انتقال جریان در اثر کاهش سرعت، کم شده و مواد درشت دانه شروع به ته نشینی می‌نمایند و در نتیجه دلتای رسوبی[۱] شکل می‌گیرد. در دلتاها دو ناحیه قابل تشخیص و تقسیم بندی است که عبارتند از:

- بستر بالایی[۲]
- بستر جلویی[۳]

بستر بالایی دارای یک شیب ملایم‌تر نسبت به رودخانه ورودی می‌باشد و مواد درشت‌دانه مربوط به بار بستر[۴] در این ناحیه ته‌نشین می‌گردند. ذرات مربوط به بار شسته و ذرات ریزدانه در ناحیه بستر جلویی ته‌نشین می‌شوند. پروفیل طولی در عبور از ناحیه بستر بالایی به ناحیه بستر جلویی از نقطه‌ای به نام نقطه‌ی سقوط[۵] یا نقطه‌ی لولا[۶] می‌گذرد. در واقع این نقطه مرز بین جریان‌های لایه‌ای و غیرلایه‌ای است. محل وقوع این نقطه دائماً در حال تغییر بوده و به تغییرات دبی جریان حساس می‌باشد (شفاعی بجستان، ۱۳۸۷). در شکل ۱-۱ تقسیم‌بندی مناطق مختلف دلتا ارائه شده است.



شکل ۱-۱ تقسیم بندی نواحی مختلف رسوبگذاری در مخزن سد

[1] Delta formation
[2] Top Set Bed
[3] Fore Set Bed
[4] Bed Load
[5] Plunge Point
[6] Pivot Point

فصل اول ـــ

\[1\] Density Current
\[2\] Bottom Set Bed

در هر مخزن با توجه به ترکیبی که از عوامل فوق ایجاد می‌شود، الگوی طولی خاصی در ته‌نشینی رسوبات به وجود می‌آید که در ادامه شرح داده می‌شوند.

۱-۱-٦-۱- رسوب گذاری دلتایی[1]

رسوبگذاری دلتایی در ابتدای مخازن شکل گرفته و مواد رسوبی در این حالت شامل بخش درشت دانه بار رسوبی بوده که به سرعت ترسیب می‌نمایند.

۱-۱-٦-۲- رسوب گذاری گوه‌ای[2]

این حالت رسوبگذاری در مواقعی که تراز آب مخزن به تراز بهره برداری نرسیده و در این زمان سیلاب‌هایی به وقوع بپیوندد و یا در مخازن کوچک که سیلاب‌های همراه با بار شسته زیاد اتفاق بیفتد، مشاهده می‌گردد. در این حالت ضخامت مواد ته‌نشین شده در نزدیکی بدنه سد، زیاد بوده و به سمت بالادست از ضخامت آن کاسته می‌گردد.

۱-۱-٦-۳- رسوبگذاری زاویه‌ای[3]

در مواقعی که جریان‌های سیلابی به ندرت اتفاق افتاده و یا مخزن از لحاظ بعد طولی بزرگ بوده، همچنین تراز آب مخزن نیز بالا باشد این الگو مشاهده می‌گردد. مرز رسوبگذاری در این حالت تا فاصله‌ای نزدیک به بدنه سد قطع می‌گردد.

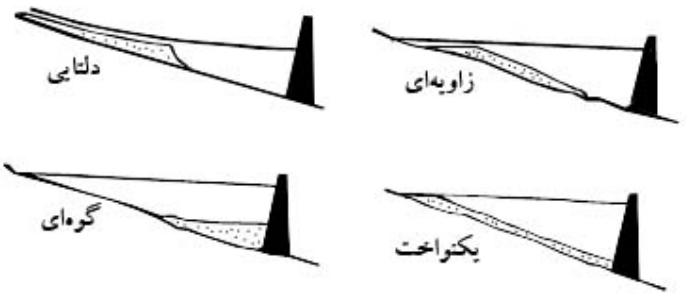
۱-۱-٦-٤- رسوبگذاری یکنواخت[4]

این حالت از رسوبگذاری در مخازنی که دارای نوسانات متناوب سطح آب بوده و شکل مخزن نیز تنگ و باریک (دره) است و همچنین ذرات ریزدانه ورودی به مخزن نیز مقدار کمی دارند، مشاهده می‌گردد.

---

[1] Deltaic Deposition
[2] Wedge-Shaped Deposition
[3] Tapering Deposition
[4] Uniform Deposition

شکل ۱-۲ به طور شماتیک انواع حالت‌های الگوی طولی ته‌نشینی رسوبات را نمایش می‌دهد.



شکل ۱-۲ حالت‌های مختلف رسوبگذاری در مخازن سدها

۱-۱-۷- الگوی عرضی ته‌نشینی رسوبات

به دلیل تغییراتی که در هندسه مقاطع مخزن در امتداد محور جریان به وجود می‌آید، الگوی خاصی را نمی‌توان برای مقاطع عرضی پیش بینی نمود. از لحاظ کلی، ته‌نشینی رسوبات ابتدا در عمیق‌ترین نقطه مقطع عرضی متمرکز شده و بدون در نظر گرفتن شکل اولیه مقطع عرضی، رسوبات ته نشین شده تقریباً حالت افقی دارند. به تدریج رسوبات در نقاط دیگر مقطع تجمع می‌نمایند. نحوه تجمع این رسوبات عمدتاً تحت تأثیر عوامل زیر می‌باشد:

- وجود جریان‌های ثانویه
- حمل رسوبات از شاخه‌های فرعی به مخزن
- فرسایش در آبراهه اصلی در اثر عملیات شاس

۱-۱-۸- اثرات ناشی از تجمع رسوبات در مخازن سدها

تجمع رسوبات دارای اثرات مختلف بر سد و محیط پیرامون آن است که به چند مورد اشاره می‌گردد:

۱- تشدید رسوبگذاری در بخش متأثر از برگشت آب
۲- تشدید مشکلات مربوط به کنترل سیلاب
۳- افزایش تراز سطح آب در بالادست سد

۴- کاهش عمر مفید سد
۵- ورود رسوبات به تأسیسات برقآبی و تخلیه کننده‌های تحتانی
۶- افزایش فشار رسوبات پشت دیواره سد
۷- افزایش کف‌کنی بستر رودخانه در پایین‌دست سد
۸- کاهش مواد مغذی در پایین دست سدها
۹- کاهش کیفیت آب مخزن
۱۰- تشدید رسوبگذاری در شاخه‌های فرعی رودخانه
۱۱- محدود کردن کشتیرانی

۱-۲- اهداف تحقیق

با توجه به توضیحات فوق، هدف اساسی و کاربردی مورد نظر در این تحقیق، دستیابی به یک مدل ریاضی است که به شکل مناسب واسنجی شده و بتواند وضعیت آینده‌ی رسوبگذاری مخزن سد دز را به خوبی پیش بینی نماید تا بتوان از نتایج آن برای انتخاب راهکارهای مناسب، به منظور افزایش عمر مفید سد، استفاده کرد.

اهداف مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از:

۱- پیشنهاد یک مدل ریاضی بهینه، برای روندیابی رسوب مخزن سد دز؛
۲- پیش‌بینی مناسب الگوی رسوبگذاری درمخزن سد دز، به ویژه در مجاورت آبگیر نیروگاه؛
۳- تخمین عمر مفید سد دز؛
۴- استفاده کاربردی از نتایج مدل در مدیریت رسوب مخزن سد دز.

۱-۳- ساختار پایان‌نامه

پایان‌نامه‌ی حاضر در شش فصل تنظیم شده است.فصل اول شامل کلیات می‌باشد. در فصل دوم مروری بر منابع تحقیق و سوابق تحقیقات گذشته انجام شده است. در فصل سوم به معرفی مواد و روش‌های

تحقیق پرداخته شده است. نتایج تحقیق در فصل چهارم ارائه شده و در فصل پنجم در خصوص نتایج بحث و نتیجه‌گیری شده است. منابع مورد استفاده در تحقیق نیز در فصل ششم معرفی گردیده است.

فصل دوم

مروری بر منابع تحقیق

۲-۱- مقدمه
این فصل به مطالعات کتابخانه‌ای تحقیق حاضر می‌پردازد که شامل دو بخش تاریخچه مدل‌های ریاضی و مطالعات انجام شده در خصوص رسوبگذاری در مخزن سد دز می‌باشد. در بخش اول تاریخچه‌ی مدل‌های ریاضی شبیه‌سازی رسوبگذاری در آبراهه‌ها و مخازن و در پایان مطالعات انجام شده در خصوص رسوبگذاری مخزن سد دز توسط محققین مختلف بررسی خواهد شد.

۲-۲- سابقه تحقیق

۲-۲-۱- سابقه‌ی مدل‌های ریاضی
با پیدایش رایانه‌ها و راهکارهای جدید برای حل معادلات دیفرانسیل جزئی حرکت آب و رسوبات، مدل‌های ریاضی متعددی با فرضیات ساده کننده و درجه‌های مختلف دقت به منظور شبیه‌سازی روند رسوبگذاری در مخزن سدها بوجود آمده‌اند. به دلیل دشواری عملیات اندازه‌گیری مستقیم رسوبات نهشته شده در مخازن و بالا بودن هزینه‌های آن و همچنین عدم دقت روش‌های تجربی برای کلیه سدها، مدل‌های ریاضی رایانه‌ای به عنوان ابزاری بسیار مفید و کارآمد مورد توجه و استفاده قرار گرفته‌اند.

در طی دهه گذشته، مدل‌های ریاضی مختلف گسترش یافته است. اغلب این نرم‌افزارها مثل FLUVIAL-12 (چانگ و هیل، ۱۹۷۶)، HEC-6 (توماس و پراشیوم، ۱۹۷۷)، IALLUVIAL (کریم و کندی، ۱۹۸۲)، BRALLUVIAL (هلی و همکاران، ۱۹۸۵)، ONED3X (لی، ۱۹۸۶)، SEDICOUP (هلی و راهوئل، ۱۹۹۰) و CHARIMA (هلی و همکاران، ۱۹۹۰) به صورت یک‌بعدی باقی ماندند. نرم‌افزارهای BRALLUVIAL و CHARIMA برای شبیه‌سازی تراز بستر سیستم کانال‌های شاخه‌ای و پیچانرود گسترش یافتند.

به دلیل جوان بودن توسعه‌ی مدل‌سازی ریاضی، محققان هنوز تلاش خود را برای بسط دادن تکنیک‌های محاسباتی بستر متحرک به الگوریتم‌های شبه دوبعدی، دوبعدی و سه‌بعدی ادامه می‌دهند تا راه‌حل نیازهای مهندسی را برای حل مسائل رودخانه‌های طبیعی بیابند. مدل‌های ریاضی TABS2 (توماس

و همکاران، ۱۹۸۵)، GSTARS (مولیناس و یانگ، ۱۹۸۶)، MOBED2 (اسپاسوجویک و هلی، ۱۹۸۸)، BRI-STARS (مولیناس، ۲۰۰۰) و CCHE2D (جیا و وانگ، ۱۹۹۸) از این قبیل می‌باشند.

TABS2 یک مدل دوبعدی در پلان برای کانال‌های بستر متحرک می‌باشد. MOBED2 یک مدل دوبعدی در پلان است که معادلات غیردائمی حاکم بر حرکت آب و رسوب غیریکنواخت را با شبیه‌سازی در یک مرحله زمانی حل می‌کند. GSTARS یک مدل شبه ماندگار است که با استفاده از مفهوم لوله جریان، تغییرات تراز بستر را به صورت شبه دوبعدی شبیه‌سازی می‌کند.

CCHE2D یک مدل هیدرودینامیک دوبعدی در پلان می‌باشد که برای شبیه سازی جریان و رسوب در آبراهه‌های روباز طراحی شده است. در فصل بعد به تشریح این مدل که در تحقیق حاضر از آن استفاده شده است، پرداخته می‌شود.

در زمینه مدل‌های ریاضی سه‌بعدی از نظر تئوری محدودیت خاصی وجود ندارد، اما متأسفانه به دلیل زمان اجرای بالا و داده‌های ورودی فراوان نمی‌توان نتایج مورد نیاز را به راحتی استخراج کرد و در خیلی از مسائل بنا به ضرورت، باید ساده سازی صورت گیرد تا بتوان نتیجه قابل قبولی از این مدل‌ها دریافت نمود. مدل‌های سه‌بعدی مانند SSIIM (اولسن، ۱۹۹۴) اغلب برای مدل‌سازی جریان و رسوب محدوده کوچکی از جریان مانند جریان اطراف پایه‌های پل، جریان روی سرریز، جریان اطراف آبگیر و جریان اطراف پره‌های مستغرق مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدت زمان بسیار بالای اجرا، موارد استفاده از آنها برای بازه‌های طولانی از مسیر آبراهه را کاهش می‌دهد.

برای انتخاب مدل ریاضی مناسب، معیارهای مختلفی وجود دارد. آقای تربن در تحقیق خود به منظور مقایسه‌ی مدل‌های ریاضی یک‌بعدی، شبه دوبعدی و سه بعدی، مدل یک بعدی Fluvial12، مدل شبه‌دوبعدی Gstars 3 و مدل سه‌بعدی SSIIM 1.1 را انتخاب و مقایسه نمود. معیارهای این محقق برای انتخاب این مدل‌ها به شرح زیر می‌باشد (تربن، ۱۳۸۳).

- قابلیت شبیه‌سازی تغییرات در سطح مقطع عرضی
- قابلیت شبیه‌سازی انتقال و ته‌نشینی رسوبات در پیچ و خم موجود در مسیر جریان
- قابلیت‌های گرافیکی مدل در بخش ورود و خروج داده‌ها و نتایج
- انجام محاسبات دقیق با حداقل داده‌های مورد نیاز
- دسترسی آسان و هزینه پایین تهیه مدل