دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی آب

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی و برآورد رسوب رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS4.0 (مطالعه موردی رودخانه چالوس)

میثم فرجی تبار

بهمن ۱۳۹۲

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی و برآورد رسوب رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS4.0
(مطالعه موردی رودخانه چالوس)

میثم فرجی تبار

استاد راهنما

دکتر کاظم اسماعیلی

اساتید مشاور

دکتر علیرضا فرید حسینی

مهندس محمدرضا باباتبار

بهمن ۱۳۹۲

دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط میثم فرجی تبار، دانشجوی مقطع رشته مهندسی کشاورزی-سازه‌های آبی در تاریخ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد / نداد.

عنوان پایان نامه: بررسی و برآورد رسوب رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS 4.0 (مطالعه موردی رودخانه چالوس)

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	موسسه / دانشگاه	امضاء
داور	**سعیدرضا خداشناس**	**دانشیار**	**مهندسی آب**	**فردوسی مشهد**	
داور	**علی اصغر بهشتی**	**استادیار**	**مهندسی آب**	**فردوسی مشهد**	
استاد راهنما	**کاظم اسماعیلی**	**دانشیار**	**مهندسی آب**	**فردوسی مشهد**	
استادان مشاور	**علیرضا فرید حسینی**	**استادیار**	**مهندسی آب**	**فردوسی مشهد**	
	محمدرضا باباتبار	**مربی**	**عمران-آب**	**دانشگاه آزاد آیت ا... آملی**	
نماینده تحصیلات تکمیلی	**علی اصغر بهشتی**	**استادیار**	**مهندسی آب**	**فردوسی مشهد**	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه:

بررسی و برآورد رسوب رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS4.0 (مطالعه موردی رودخانه چالوس)

اینجانب میثم فرجی تبار دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی- سازه‌های آبی دانشکده کشاورزی- گروه آب فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر کاظم اسماعیلی متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.**

چکیده

رواناب سطحی و جریان آب در رودخانه‌ها همواره با فرسایش خاک و حمل مواد رسوبی توام می‌باشد. این مواد در هر جا که موقعیت ایجاب کند ته‌نشین می‌شوند. اطلاع از چگونگی فرسایش و توانایی حمل رسوب در آبراهه‌های مختلف از جمله مواردی است که در هر طرح مهندسی رودخانه و هیدرولوژی باید مورد نظر قرار گیرد.تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی میزان فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها از مهم‌ترین مباحث هیدرولیک رسوب و مهندسی رودخانه می‌باشد.از بین روش‌های مختلف برای بررسی این پدیده استفاده از مدل‌های ریاضی به دلیل قابلیت‌های نسبی زیاد،سادگی اجرا و هزینه اندک،مناسب و مقرون به‌صرفه می‌باشد.طول رودخانه مورد نظر در این تحقیق ۲۵ کیلومتر و مساحت حوضه آبریز آن ۱۵۴۴ کیلومتر مربع می‌باشد.نظر به اینکه مدل هیدرولیکی HEC-RAS 4.0 دارای قابلیت های خوبی برای تحلیل هیدرولیکی جریان و رسوب می‌باشد،در این پژوهش بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده رسوب و دبی جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری موجود،مقاطع مورد نیاز و .... در بازه‌ای به طول ۲۵ کیلومتر رودخانه چالوس از ایستگاه هیدرومتری معین‌دره تا ایستگاه هیدرومتری پل ذغال به سمت پایین‌دست،با استفاده از مدل شبیه‌سازی شده و تغییرات فرسایش و رسوب مورد بررسی قرار گرفته،آورد رسوب برای دوره آماری ۲۷ ساله نشان داد میزان آورد رسوب معلق برای ایستگاه پل ذغال۱۹۶۸۲۴/۳ تن در سال می‌باشد.نتایج نشان داد در مدل HEC-RAS 4.0 معادله انتقال رسوب ایکر–وایت بیشترین تطابق را با واقعیت داشته و می‌تواند برای پیش-بینی روند رودخانه مورد استفاده قرار گیرد.در پایان حساسیت مدل نسبت به ضریب زبری، دمای آب و منحنی‌سنجه مورد بررسی قرار گرفت.

کلمات کلیدی: فرسایش و رسوب‌گذاری،مدل‌سازی و برآورد رسوب،رودخانه چالوس ، مدل HEC-RAS 4.0

سپاسگزاری

اکنون که مراحل مختلف انجام این پایان نامه به اتمام رسیده است،بر خود لازم می‌دانم که از خداوند مهربان به پاس تمامی مراقبت‌هایش از اینجانب سپاسگزاری نمایم.چه بسیار روزها که سختی مراحل مختلف انجام این تحقیق مرا به ستوه در می‌آورد،ولی آن سرچشمه خوبی‌ها ،دستانم را رها نکرد. از استاد راهنمای بزرگوارم، جناب آقای دکتر کاظم اسماعیلی که در انجام این پایان‌نامه همواره مرا راهنمایی کردند، بسیار سپاسگزارم.از جناب آقای دکتر علیرضا فرید حسینی و جناب آقای مهندس محمدرضا باباتبار نیز به خاطر راهنمایی‌های مفید و موثرشان کمال تشکر را دارم.از خانواده عزیزم که در تمام طول دوره تحصیل دعای خیرشان پشت سرم بود،قدردانی می‌کنم.بدون شک هیچ زبان و احساسی یارای قدردانی از زحمات پدر و مادر را نخواهد داشت.از تمامی دوستان خوبم که در بخش‌های مختلف این تحقیق مرا یاری رساندند،تشکر می‌نمایم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- ضرورت طرح مسئله ۱

۱-۲- اهداف پایان نامه ۳

۱-۳- فرضیات تحقیق ۳

۱-۴- مقدمه ۳

۱-۵- خصوصیات آب ۶

۱-۶- خصوصیات ذرات رسوب ۶

۱-۶-۱- اندازه رسوب ۶

۱-۶-۲- شکل رسوب ۷

۱-۶-۳- سنگینی ویژه رسوب ۸

۱-۶-۴- سرعت سقوط رسوب ۹

۱-۶-۴-۱- توزیع اندازه ذرات رسوب ۱۰

۱-۷- معیار آستانه حرکت ذرات رسوب ۱۱

۱-۷-۱- روش تنش برشی ۱۱

۱-۷-۱-۱- دیاگرام شیلدز ۱۱

۱-۷-۱-۲- فرموله کردن منحنی شیلدز ۱۳

۱-۷-۱-۳- دیاگرام گسلر ۱۵

۱-۷-۱-۴- تئوری وایت ۱۵

۱-۷-۱-۵- روش کالینسکی ۱۶

۱-۷-۱-۶- روش تجربی لین ۱۷

۱-۷-۲- روش سرعت بحرانی ۱۸

۱-۷-۲-۱- تئوری شفاعی بجستان ۱۸

۱-۸- انواع فرسایش و رسوب گذاری و عوامل موثر بر آنها ۲۲

۱-۸-۱- فرسایش یا رسوب گذاری مستمر ۲۳

۱-۸-۲- فرسایش و رسوب گذاری عمومی ۲۴

۱-۸-۳- فرسایش و رسوب گذاری موضعی ۲۵

۱-۸-۴- تشکیل تلماسه‌ها، جزایر و پشته‌های رسوبی در بستر رودخانه ۲۵

فصل دوم- مروری بر منابع

۲-۱- سابقه پژوهش رسوب در رودخانه در ایران ۲۷

۲-۲-سابقه پژوهش رسوب در رودخانه‌های خارج از ایران ۳۴

فصل سوم- مواد و روشها

۳-۱-مقدمه ۳۷

۳-۲- سیمای عمومی رودخانه چالوس ۳۷

۳-۳ - بازه مورد مطالعه ۳۹

۳-۴ - ایستگاههای هیدرومتری موجود در مسیر بازه مورد مطالعه ۳۹

۳-۴-۱- ایستگاه معین‌دره (آبشار) ۳۹

۳-۴-۲- ایستگاه پل ذغال ۴۰

۳-۵- منحنی دانه‌بندی ۴۱

۳-۶ - مبنای رسوبگذاری ۴۲
۳-۶-۱ - اشکال مختلف انتقال رسوب در رودخانه‌ها..... ۴۲
۳-۷-روشهای برآورد بار رسوب ۴۳
۳-۷-۱-مدلهای برآورد بار رسوب ۴۳
۳-۷-۲-روشهای تجربی و نیمه تجربی ۴۵
۳-۷-۳-روشهای صحرایی اندازه‌گیری بار رسوب ۴۵
۳-۸- انواع مدلهای ریاضی در مطالعات فرسایش و رسوب ۴۶
۳-۹- معرفی نرم افزار HEC RAS 4.0 ..... ۴۷
۳-۹-۱- تحلیل جریان دائمی ۴۸
۳-۹-۲- روش حل عددی معادله انرژی برای یک رودخانه ۵۰
۳-۹-۳ - روندیابی جریان رسوب در نرم افزارHEC RAS 4.0 ..... ۵۰
۳-۱۰ - مدل سازی رودخانه برای انجام محاسبات انتقال رسوب ۵۲
۳ – ۱۰-۱- اطلاعات مربوط به شکل هندسی بازه مورد مطالعه..... ۵۲
۳- ۱۰-۲- اطلاعات مربوط به رسوب ۵۳
۳-۱۰-۳- اطلاعات مربوط به هیدروگراف دبی ورودی ۵۴
۳-۱۱- ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه ۵۵
۳-۱۱-۱- تصاویر و اسلایدها..... ۵۶
۳-۱۱-۲- استفاده از جداول کمکی ۵۶
۳-۱۱-۳- استفاده از روابط تجربی ۵۶
۳-۱۱-۴- روش کاون ۵۷

فصل چهارم- نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه ۵۹

۴-۲ - تعیین منحنی سنجه و میزان رسوب معلق سالانه (ایستگاه معین دره) ۵۹

۴-۳- منحنی های سنجه برای فصول مختلف: ۶۲

۴-۴- واسنجی هیدرولیکی مدل HEC-RAS برای ضریب زبری ۶۶

۴-۵- واسنجی و صحت سنجی رسوبی مدل HEC-RAS 4.0 ..... ۶۹

۴-۶- واسنجی رسوبی مدل با استفاده از دادههای رسوبی ایستگاه هیدرومتری در طول دوره آماری ۷۱

۴-۷- بررسی آورد رسوب رودخانه ۷۳

۴-۸- آنالیز حساسیت مدل برای تغییرات ضریب زبری ۷۸

۴-۸-۱-آنالیز حساسیت مدل برای تغییرات منحنی دبی سنجه رسوب ۸۰

۴-۸-۲- حساسیت سنجی مدل HEC-RAS 4.0 نسبت به دمای آب ۸۰

فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری ۸۳

۵-۲- پیشنهادات ۸۴

منابع ۸۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱–۱ . نمودار شیلدز برای آستانه حرکت..... ۱۳

شکل ۱–۲ . نمودار گسلر برای آستانه حرکت..... ۱۵

شکل۱ –۳ . تنش بحرانی به عنوان تابعی از قطر ذره..... ۱۸

شکل ۱–۴ . نمایش خطوط جریان در حین عبور از روی ذره..... ۱۹

شکل ۱–۵ . پارامترهای موثر در آستانه حرکت طبق تئوری بجستان..... ۲۲

شکل ۱–۶ . پدیده کف کنی مستمر در پایین‌دست سد مخزنی..... ۲۳

شکل ۱–۷ . نحوه رسوب گذاری در پایین‌دست سد انحرافی..... ۲۴

شکل ۱–۸ . نمونه‌ای از فرسایش عمومی ناشی از وقوع سیلاب و رسوب گذاری عمومی مجدد..... ۲۴

شکل ۱–۹ . وضعیت رسوب گذاری و فرسایش در محدوده یک آبشکن بسته..... ۲۵

شکل ۱– ۱۰ . نمایش چگونگی تشکیل تلماسه‌ها در بستر رودخانه‌ها..... ۲۶

شکل ۳–۱. ایستگاه هیدرومتری معین دره..... ۴۰

شکل ۳–۲ . ایستگاه هیدرومتری پل ذغال..... ۴۱

شکل ۳–۳.منحنی دانه‌بندی..... ۴۱

شکل ۳– ۴ . نحوه‌ی معلق شدن دانه‌های رسوب موجود در بستر..... ۴۲

شکل۳–۵. نحوه‌ی جابجایی مواد رسوبی در بستر رودخانه و مفهوم لایه بستر..... ۴۳

شکل ۳–۶ . حجم کنترل دوبعدی به‌صورت شماتیک..... ۵۱

شکل ۳–۷ . حجم کنترل سه‌بعدی به‌صورت شماتیک..... ۵۱

شکل ۳–۸. نمای کلی از پلان ومقاطع عرضی شبیه‌سازی شده در بازه..... ۵۳

شکل ۳–۹ . شکل ۳–۹.هیدروگراف جریان شبه غیرماندگار..... ۵۵

شکل ۳– ۱۰. نمایی از بازه مورد مطالعه برای تخمین ضریب زبری..... ۵۸

شکل۳–۱۱. نمایی از بازه مورد مطالعه برای تخمین ضریب زبری..... ۵۸

شکل ۳–۱۲. نمایی از بازه مورد مطالعه برای تخمین ضریب زبری..... ۵۹

شکل ۴–۱ . منحنی سنجه ایستگاه معین دره..... ۶۲

شکل ۴–۲ . منحنی سنجه بدست آمده برای فصل بهار..... ۶۳

شکل ۴–۳. منحنی سنجه بدست آمده برای فصل تابستان..... ۶۳

شکل ۴-۴. منحنی سنجه بدست آمده برای فصل پاییز.....۶۴
شکل ۴-۵. منحنی سنجه بدست آمده برای فصل زمستان.....۶۴
شکل ۴-۶. تغییرات رسوب نسبت به میانگین سالانه.....۶۵
شکل ۴-۷. مقطع عرضی در ایستگاه معین دره.....۶۶
شکل ۴- ۸. مقایسه منحنی دبی اشل حاصل از مدل و منحنی دبی اشل واقعی برای ضریب n_1 در ایستگاه معین دره.....۶۷
شکل ۴- ۹ .مقایسه منحنی دبی اشل حاصل از مدل و منحنی دبی اشل واقعی برای ضریب n_2 در ایستگاه معین دره.....۶۷
شکل۴-۱۰. مقایسه منحنی دبی اشل حاصل از مدل و منحنی دبی اشل واقعی برای ضریب n_3 در ایستگاه معین دره.....۶۸
شکل ۴-۱۱. مقایسه منحنی دبی اشل حاصل از مدل و منحنی دبی اشل واقعی برای ضریب n_4 در ایستگاه معین دره.....۶۸
شکل ۴- ۱۲. واسنجی روابط رسوبی مختلف در مدل HEC-RAS 4.0 برای مقطع عرضی ۳۱۱.....۷۰
شکل ۴- ۱۳ . واسنجی روابط رسوبی مختلف در مدل HEC-RAS 4.0 برای مقطع عرضی ۳۰۹.....۷۰
شکل ۴-۱۴. واسنجی روابط رسوبی مختلف در مدل HEC-RAS 4.0 برای مقطع عرضی ۳۰۵.....۷۱
شکل ۴-۱۵. نمایش ستونی مقایسه بار رسوب برآورد شده برای یک دوره ۲۷ ساله از مدل‌های HEC-RAS با مقادیر اندازه‌گیری شده.....۷۳
شکل ۴- ۱۶.خروجی برنامه HEC-RAS4.0 برای میزان کل رسوب انتقال یافته بر اساس رابطه‌ی ایکرز-وایت.....۷۴
شکل ۴-۱۷. تغییر بستر مقطع عرضی ۵۱ در دوره شبیه‌سازی.....۷۵
شکل ۴-۱۸. تغییر بستر مقطع عرضی ۱۱۳ در دوره شبیه‌سازی.....۷۵
شکل ۴-۱۹. تغییر بستر مقطع عرضی ۱۳۲ در دوره شبیه‌سازی.....۷۶
شکل ۴-۲۰. تغییر بستر مقطع عرضی ۲۶ در دوره شبیه‌سازی.....۷۶
شکل ۴-۲۱ . تغییر بستر مقطع عرضی ۴۹ در دوره شبیه‌سازی.....۷۷
شکل ۴-۲۲. تغییر بستر مقطع عرضی ۵۹ در دوره شبیه‌سازی.....۷۷
شکل ۴-۲۳ . بررسی حساسیت مدل HEC-RAS 4.0 با افزایش ۱۰٪ ضریب زبری مانینگ.....۷۸
شکل ۴-۲۴ . بررسی حساسیت مدل HEC-RAS 4.0 با کاهش ۱۰ ٪ ضریب زبری مانینگ.....۷۹
شکل ۴- ۲۵- منحنی‌های سقوط ذره بر حسب شکل (S.F)، درجه حرارت و اندازه‌ی ذره ۸۱
شکل ۴-۲۶- منحنی تنش برشی بحرانی (τ_c)، درجه حرارت و اندازه‌ی ذره..... ۸۲
شکل ۴-۲۷- مقایسه برآورد بار رسوب تجمعی با درجه حرارت‌های متفاوت آب توسط مدل HEC-RAS 4.0 ..... ۸۲

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول۱- ۱محدوده اندازه ذرات مؤسسه ژئوفیزیک آمریکا.....۶

جدول ۳-۱ . منحنی سنجه استفاده شده در شرایط مرزی بالادست.....۵۴

جدول ۳-۲ .عوامل تعیین ضریب زبری دانه‌های رسوب.....۵۶

جدول ۴-۱ میزان رسوب معلق در ایستگاه معین دره.....۶۴

جدول ۴-۲ . مقدار n انتخاب شده برای واسنجی مدل.....۶۷

جدول ۴-۳ . مقدار STE بدست آمده برای ضرایب زبری مختلف مورد استفاده.....۶۹

جدول۴- ۴. میزان رسوب تجمعی خروجی از بازه در طی ۲۷ سال.....۷۲

جدول ۴-۵. نتایج مربوط به رسوب تجمعی ۲۷ ساله خروجی از بازه توسط مدل HEC-RAS 4.0.....۷۲

جدول ۴-۶ . میزان تغییرات بارکل برای مقاطع عرضی.....۷۳

جدول ۴-۷ مقادیر معنی‌دار بودن ضریب همبستگی در سطح معنی‌دار ۱ و ۵ درصد(مهدوی ،۱۳۸۰).....۷۹

فصل اول- مقدمه

۱-۱- ضرورت طرح مسئله

از میان ۴۵بلای طبیعی شناخته شده، سیل از جمله ویرانگرترین آنهاست و می‌تواند خسارات و تلفات جانی و مالی فراوانی به‌بار آورد. چنانچه طی دو دهه گذشته، فاجعه‌های طبیعی جهان سبب مرگ حدود سه میلیون انسان و آسیب دیدگی در حدود ۸۰۰ میلیون نفر شده‌است. علت اصلی افزایش وقوع سیل و افزایش خسارات ناشی از آن، تجاوز به حریم سیلابدشت و تاثیر فعالیتهای بشری در افزایش پتانسیل سیلاب می‌باشد.بسیاری از شهرها و خطوط ارتباطی کشور در مجاورت رودخانه‌های سرکش با حوزه‌های آبریز وسیع قرار دارند و هر از چندگاهی مورد تهاجم سیل قرار می‌گیرند و خسارات و ضایعات سنگین و چشم‌گیری را متحمل می‌شوند. در زمان وقوع سیل، آبدهی رودخانه به طور ناگهانی افزایش یافته و منجر به غرقاب شدن منطقه وسیعی از اراضی مجاور می‌گردد و تخریب پلها، راهها، خطوط ارتباطی، ویرانی تاسیسات شهری و روستایی، تلف شدن احشام، نابودی مزارع و هلاکت و آوارگی انسانها را به دنبال دارد.

کشور ایران با دارا بودن اقلیم خشک و نیمه خشک، در بخشی وسیع همراه با بارش محدودی می‌باشد و اصولا نباید زیاد در معرض خطر سیل قرار داشته‌باشد، ولی تخریب شدید منابع طبیعی چه به

صورت بهره برداری بی‌رویه از جنگلها و مراتع و چه به شکل تغییر کاربری اراضی و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی نامناسب و یا ساخت و ساز بی‌رویه مناطق مسکونی و همچنین نبود مدیریت و نگاه مدیریتی به بهره‌برداری از سیستم حوزه‌ای یا ساخت و سازهای نا مناسب در مسیر جریان رودخانه باعث شده که شرایط مناسب برای ایجاد سیلاب در اکثر مناطق ایجاد گردد و سیلها سال به سال شدیدتر و مخرب تر شوند، به طوری که بر اساس آخرین آمار منتشر شده در ایران، تعداد دفعات وقوع سیل، طی سالهای ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۰ به ۳۷۰۰ مورد رسیده است. در این ارتباط، مجموع خسارات وارده از سیل در سال ۱۳۷۱ که منجر به تخریب یکصد هزار واحد مسکونی در کشور شد، بالغ بر ۵۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است.(گشن و قدسیان،۱۳۷۷).از اهم مشکلاتی که انتقال رسوب و رسوب‌گذاری مواد رسوبی می‌تواند به وجود آورد عبارتند از: ایجاد جزایر در مسیر رودخانه و در نتیجه کاستن از ظرفیت انتقال جریان‌های سیلابی، رسوب-گذرای در مخازن پشت سدها و در نتیجه کاستن از ظرفیت ذخیره مخازن و کاهش عمر مفید سدها و رسوب‌گذاری در مسیل رودخانه‌ها در هنگام سیلاب و درنتیجه وارد کردن خسارات به بناها و مزارع، خوردگی تاسیسات سازه‌های رودخانه‌ای ، رسوب‌گذاری در کف کانال و در نتیجه کم عمق شدن رودخانه که بسیاری از مسائل و مشکلات را در پی خواهد داشت.اطلاع از چگونگی فرسایش و توانایی حمل رسوب در آبراهه‌های مختلف حوضه از جمله مواردی است که در هر طرح مهندسی رودخانه و هیدرولوژی باید مورد نظر قرار گیرد.تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی میزان فرسایش و رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها از مهمترین مباحث هیدرولیک رسوب می‌باشد. از بین روش‌های مختلف برای بررسی این پدیده استفاده مدل‌های ریاضی به دلیل قابلیت‌های نسبی زیاد، سادگی اجرا و هزینه اندک، مناسب و مقرون به صرفه می‌باشد.نظر به این‌که مدل هیدرولیکی HEC-RAS 4.0 دارای قابلیت‌های خوبی برای تحلیل هیدرولیکی جریان و رسوب می‌باشد، در این پژوهش بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده رسوب و دبی جریان در ایستگاه‌های

هیدرومتری موجود، مقاطع مورد نیاز و ... رودخانه مورد نظر در این مدل شبیه‌سازی شده و پارامترهای مختلف رسوبی مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۲- اهداف پایان نامه

ـ تعیین بهترین رابطه‌ی تجربی به منظور برآورد رسوب کل در رودخانه چالوس

ـ شبیه‌سازی آورد رسوب رودخانه چالوس با استفاده از مدل ریاضی

۱-۳- فرضیات تحقیق

ـ امکان بکار گیری مدل HEC-RAS در شبیه سازی برآورد رسوب

ـ امکان پیش بینی روند کلی تغییرات رودخانه

ـ امکان پیش بینی تغییرات بستر در اثر جابجایی رسوب

۱-٤- مقدمه

هیدرولیک انتقال رسوبات رودخانه‌ای، دانشی است که چگونگی حرکت، فرسایش و رسوب‌گذاری مواد رسوبی در کانال‌ها و رودخانه‌ها را مورد بحث قرار می‌دهد. از آن جا که خسارات وارده توسط رسوبات رودخانه‌ای به طبیعت، کشاورزی و سازه‌های آبی ساخته شده برروی یا در کنار رودخانه‌ها بسیار گسترده، وسیع و زیان‌آور است، شناخت دقیق آن از اهداف مهم مهندسان هیدرولیک می‌باشد. برای جلوگیری و یا به حداقل رساندن خسارات وارد باید سه فرایند فرسایش، انتقال و ته‌نشینی مواد رسوبی را مورد مطالعه قرار

داد.این فرایندها دارای پیچیدگی خاصی می‌باشند، زیرا عوامل موثر در بوجود آوردن این فرایندها بسیار زیاد می‌باشند. در فرایند فرسایش، ذرات خاک توسط ضربه قطره‌های باران و یا توسط نیروهای به وجود آمده در اثر حرکت آب، از بستر خود جدا می‌شوند. سپس ذرات جدا شده در آستانه حرکت قرار می‌گیرند و در صورتی‌که نیروهای وارد شده از سوی آب بیشتر از نیروهای مقاوم باشند، ذره همراه با جریان آب منتقل می‌شود. شرایط شروع آستانه حرکت ذرات و میزان انتقال‌آنها، به خصوصیات مواد رسوبی چون اندازه، شکل و چگالی ذره و همچنین به خصوصیات جریان نظیر سرعت، عمق و نیز به خصوصیات شکل کانال یا رودخانه نظیر شعاع هیدرولیکی، شیب و غیره بستگی دارد. چنانچه در مسیر انتقال به هر دلیلی نیروهای وارد شده از طرف آب کاهش یابد، ذرات رسوبی ته‌نشین خواهند شد.(ابریشمی و حسینی،۱۳۸۱)

هر یک از فرایندهای سه‌گانه فرسایش، انتقال و رسوب گذاری می‌توانند مشکلاتی را به وجود آورند. به طور مثال، فرسایش باعث از بین رفتن زمینهای کشاورزی، تخریب سازه‌های کنار رودخانه‌ها، تخریب پلها و سایر بناهای مجاور رودخانه و همچنین موجب عمیق‌تر شدن بستر رودخانه‌ها می‌شود.

رسوبات رودخانه‌ای به دو صورت منتقل می‌شوند. به موادی که درون جریان آب غوطه‌ور هستند و همراه با آب در حرکت می‌باشند بار رسوب معلق گفته می‌شود. مواد رسوبی که ممکن است در نزدیکی‌های بستر به یکی از صور لغزش، غلتیدن و پرش حرکت نمایند، به آنها بار بستر می‌گویند. نوع حرکت، به صورت بار معلق یا بستر، بستگی به خصوصیات مواد رسوبی، شرایط جریان و خصوصیات رودخانه دارد. در رودخانه‌های با شیب تند تحت شرایط سرعت بالا، ذرات شنی هم ممکن است به صورت معلق حرکت کنند، در حالی‌که در رودخانه‌های با شیب ملایم و سرعت کم، تنها ذرات بسیار ریزدانه و لای به صورت معلق متحرک‌اند. از مسائلی که ذرات رسوبی در حین انتقال می‌توانند به وجود آورند، می‌توان خسارات وارد به توربینها، پمپها، پایه‌های پل، پوشش کانالها و غیره را نام برد.

ذرات رسوبی فرسایش یافته ممکن است پس از فاصله کوتاهی و یا پس از طی مسافتهای طولانی ته‌نشین شوند. رسوب‌گذاری ذرات زمانی شدت می‌گیرد که از عوامل به وجود آورنده فرسایش و شروع حرکت ذرات کاسته شود. از اهم مشکلاتی که رسوب گذاری مواد رسوبی می‌تواند به وجود آورد، عبارتند از: ایجاد جزائر در مسیر رودخانه‌ها و در نتیجه کاستن از ظرفیت انتقال جریانهای سیلابی، رسوب گذاری در مخازن پشت سدها و در نتیجه کاستن از ظرفیت ذخیره مخزن و در نهایت از حیز انتفاع افتادن سد، رسوب گذاری در مسیل رودخانه‌ها و در نتیجه کم عمق شدن رودخانه که باعث غیر قابل کشتیرانی شدن رودخانه می‌شود.

متاسفانه بسیاری از فعالیتهای بشری سبب تشدید فرایندهای فرسایش، انتقال و رسوب گذاری می‌گردد. به طور مثال با از بین بردن پوشش گیاهی، فرسایش اراضی تشدید و حجم زیادی از مواد رسوبی وارد رودخانه‌ها می‌شود. تغییر بدون مطالعه رژیم رودخانه، به طور مثال از بین بردن قوسهای رودخانه، باعث تشدید فرسایش مصالح کف رودخانه می‌گردد.احداث سد برروی رودخانه سبب خواهد شد تا رسوبات در پشت سد انباشته شوند و علاوه بر آن تا کیلومترها پایین‌دست سد، بستر رودخانه به تدریج عمیق شود. احداث پل برروی رودخانه باعث خواهد شد تا کف و سواحل در اطراف محل پل شسته شوند. معادن شن و ماسه باعث می‌شوند تا شرایط تعادلی به وجود آمده از بین برود، در نتیجه فرسایش و رسوب گذاری شدت یابد . (ابریشمی و حسینی،۱۳۸۱)

در این فصل، به مطالعه خصوصیات آب و رسوب، آستانه حرکت ذرات رسوب در بستر کانال، انواع بار رسوبی و انواع فرسایش و رسوب گذاری در رودخانه‌ها و عوامل موثر بر آنها پرداخته می‌شود.

۱-۵- خصوصیات آب

شناسایی خواص اساسی آب به منظور مطالعه انتقال رسوب، اهمیت ویژه‌ای دارد. این خواص عبارتند از: وزن مخصوص، جرم مخصوص و لزجت دینامیکی و سینماتیکی که با تغییرات دما تغییر می‌کنند.

۱-٦- خصوصیات ذرات رسوب

اندازه، شکل، جرم حجمی، وزن مخصوص و سرعت سقوط از جمله خواص مهم یک دانه رسوب هستند که در مطالعه نحوه انتقال رسوب، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.سرعت سقوط، خود تابع اندازه، شکل و سنگینی ویژه ذرات است.

۱-٦-۱- اندازه رسوب

اندازه از اساسی‌ترین خصوصیات ذرات رسوب است که به آسانی تعیین می‌شود. به دست آوردن و تعیین اندازه ذرات، خود به تنهایی می‌تواند بیانگر خصوصیات فیزیکی ذرات رسوب باشد.قطر ذرات به وسیله الک کردن و یا ته نشینی تعیین می گردد.معمولا از مجموعه ای الک با اندازه های مختلف برای تعیین اندازه ذرات رسوب بزرگ تر از ۰/۰۶۲۵ میلیمتر استفاده می شود (جدول ۱-۱)، زیرا ۰/۰۶۲۵ میلیمتر اندازه منافذ ریزترین توری است که برای تعیین دقیق ذرات با الک کردن می توان بکار برد.محدوده های اندازه ذرات رسوب توسط کمیته اصطلاحات رسوب اتحادیه ژئوفیزیک آمریکا طبقه بندی شده است.

جدول۱- ۱.محدوده اندازه ذرات مؤسسه ژئوفیزیک آمریکا

نام طبقه	نماد	محدوده اندازه (mm)
سنگ ساییده شده خیلی درشت	VLB	۲۰۴۸-۴۰۹۶
سنگ ساییده شده درشت	LB	۱۰۲۴-۲۰۴۸
سنگ ساییده شده متوسط	MB	۵۱۲-۱۰۲۴
سنگ ساییده شده کوچک	SB	۲۵۶-۵۱۲
قلوه سنگ صاف درشت	LC	۱۲۸-۲۵۶
قلوه سنگ صاف کوچک	SC	۶۴-۱۲۸
شن خیلی درشت	VCG	۳۲-۶۴
شن درشت	CG	۱۶-۳۲
شن متوسط	MG	۸-۱۶
شن ریز	FG	۴-۸

شن خیلی ریز	VFG	۲-۴
ماسه خیلی درشت	VCS	۱-۲
ماسه درشت	CS	۰/۵-۱
ماسه متوسط	MS	۰/۲۵-۰/۵
ماسه ریز	FS	۰/۱۲۵-۰/۲۵
ماسه خیلی ریز	VFS	۰/۰۶۲-۰/۱۲۵
لای درشت		۰/۰۳۱-۰/۰۶۲
لای متوسط		۰/۰۱۶-۰/۰۳۱
لای ریز		۰/۰۰۸-۰/۰۱۶
لای خیلی ریز		۰/۰۰۴-۰/۰۰۸
رس درشت		۰/۰۰۲-۰/۰۰۴
رس متوسط		۰/۰۰۱-۰/۰۰۲
رس ریز		۰/۰۰۰۵-۰/۰۰۱
رس خیلی ریز		۰/۰۰۰۲۵-۰/۰۰۰۵
کلوئید		۰/۰۰۰۲۵>

حداکثر اندازه در هر طبقه، دو برابر اندازه ذره در آن طبقه است.چون منافذ الک ها مربع شکل است، طول یک ضلع مربع برابر با اندازه قطر ذراتی که از آن عبور می کنند، به حساب می آید.از آنجایی که قطر ذرات رس و لای کمتر از ۰/۰۶۲۵ میلیمتر است باید به طور غیر مستقیم قطر آن ها را با روش ته نشینی تعیین کرد.در روش ته نشینی، قطر کره ای که دارای وزن مخصوص و سرعت ته نشینی نهایی برابر با وزن مخصوص و سرعت ته نشینی ذره رسوب باشد(تحت شرایط یکسان) تعیین می گردد.این قطر را معمولا قطر رسوبی یا ته نشینی می نامند.چون قطر رسوبس با عدد رینولدز تغییر می کند، آن را برای آب **۲۴ درجه** سانتی گراد به شکل استاندارد تعیین می نمایند.معمولا قطر رسوبی استاندارد شده را قطر سقوط استاندارد می نامند.(شوشتری،۱۳۸۸)

۱-۶-۲- شکل رسوب

شکل ذرات تابعی است از فرم هندسی آنها بدون در نظر گرفتن اندازه و یا ترکیب اجزاء متشکله.یکی از معیارهای تعریف شکل، کرویت است.برحسب تعریف نسبت سطح جانبی کره هم حجم ذره را به سطح