

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه یزد  
دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی  
گروه آبخیزداری

### پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری

بررسی تغییرات مورفولوژیکی و ارتباط آن با فرآیندهای حاکم در  
رودخانه ( مطالعه موردی: رودخانه فیروزه - شاهجوب)

اساتید راهنما:

دکتر محمد تقی دستورانی  
دکتر محمد رضا اختصاصی

اساتید مشاور:

دکتر عباسعلی قزل سوفلو  
مهندس راحله سرحدی

پژوهش و نگارش:

محبوبه حاجی بیگلو

مهرماه ۱۳۸۹

تقدیم به بی مدعی ترین

فداکارترین و بزرگترین انسان‌های عالم

پدر بزرگوار و فداکارم

و مادر مهربان و صبورم

و تقدیم به برادران مهربانم

امیدوارم که راهی را که من انتخاب نمودم بهتر از من ادامه دهند.

## تشکر و قدردانی

به نام خدایی که همه چیز از آن اوست حتی سپاس و ستایشش. او که در تمام مراحل زندگی از لطف و رحمتش برخوردار بودم. پس پیشانی بر آستان عبودیتش می نهیم و با ذره ذره وجودم او را سپاس می گویم که این توان را به من عطا فرمود تا این دوره تحصیلی را با موفقیت به پایان برسانم. بی شک در پیمودن این راه بسیاری از بزرگواران یاری نموده اند که بر خود لازم میدانم از راهنمایی، همکاری و همیاری صمیمانه این عزیزان سپاسگزاری نمایم.

➤ از تلاش های استاد راهنمای بزرگوار و گرانقدر **جناب آقای دکتر محمدتقی دستورانی**،

که در طول دوره تحصیل افتخار شاگردی ایشان را داشتم.

➤ استاد بزرگوار و مهربانم **جناب آقای دکتر محمدرضا اختصاصی** که به عنوان استاد

راهنمای دوم در این تحقیق مرا یاری فرمودند.

➤ از استاد گرامی **جناب آقای دکتر عباسعلی قزل سوفلو** که قبول زحمت فرموده و

مشاوره این تحقیق را بر عهده داشتند، کمال تشکر و سپاس را دارم.

➤ دوست عزیز و مهربانم، **سرکار خانم مهندس راحله سرحدی** که به عنوان مشاور دوم

در این تحقیق همراه من بودند و از تجربیات گرانقدرش نهایت استفاده را کردم.

➤ از **جناب آقای دکتر علی طالبی** داور داخلی و **جناب آقای دکتر محمد زارع ارنانی**

داور خارجی این پایان نامه کمال تشکر و سپاس را دارم.

➤ دوست عزیز و دلسوزم، **سرکار خانم مهندس زهرا گوهری** که در تمام مراحل انجام این

تحقیق صمیمانه در کنارم بوده و زحمت تهیه اطلاعات این پایان نامه را عهده دار بودند.

• همچنین از حمایت های قائم مقام مدیر عامل شرکت کاوش پی مشهد، جناب آقای دکتر

عباسعلی قزل سوفلو و سایر همکاران این شرکت، که صمیمانه تمامی اطلاعات و آمار

مورد نیاز این تحقیق را در اختیار این جانب قرار دادند، کمال امتنان و سپاس را دارم.

• در نهایت بر خود لازم می دانم که از تمامی دوستان خوبم، که در بهتر انجام شدن این

پایان نامه مرا یاری نمودند، کمال تقدیر و تشکر را به عمل آورم.

## چکیده

رفتار و مورفولوژی هر سیستم رودخانه‌ای در ارتباط با جنبه‌های مختلف شرایط محیط طبیعی شامل هیدرولوژی، هیدرولیک، فرآیندهای فرسایش و رسوبگذاری و همچنین شکل کانال‌های رودخانه‌ای می‌باشد. به رغم وجود مدل‌های مفهومی و استاتیک پردازش رودخانه‌ها، تاکنون مدل‌های پیوسته و دینامیک کمتری ارائه شده است، در صورتی که این مدل‌ها برای تحلیل تغییر رفتار رودخانه در طی زمان ضروری می‌باشد. در این تحقیق، مدل هیدرولیکی HEC-RAS از طریق الحاقیه HEC-Geo RAS جهت بررسی خصوصیات هندسی و هیدرولیکی رودخانه فیروزه - شاهجوب واقع در استان خراسان شمالی مورد استفاده قرار گرفته است. پس از اجرای این مدل برای رودخانه، واسنجی و آنالیز حساسیت آن برای سازگاری مدل با شرایط واقعی از طریق کاهش و افزایش ۲۰ درصد ضرایب زبری مانینگ برای کل بازه‌ها در طول رودخانه انجام شده، که در سطح ۸۰ درصد مدل از دقت کافی برخوردار بوده است. در مرحله بعد، تجزیه و تحلیل نتایج خروجی از مدل، برای دبی با دوره بازگشت ۱۰ ساله برای ۳۷ بازه انتخاب شده در طول رودخانه، انجام پذیرفت. برای این بررسی از نرم افزارهای Mini tab و SPSS16 استفاده شد و بهترین رابطه از بین روابط رگرسیونی که دارای کمترین خطای استاندارد، بیشترین سطح معنی داری و بیشترین ضریب تشخیص بود، انتخاب شد. نتایج تحلیل‌های مورفولوژی رودخانه نشان داد که بر اساس رابطه ولمن لئوپولد و شیوم، ضریب سینوسی MC، برای اغلب پیچ و خم‌های رودخانه فیروزه - شاهجوب کوچکتر از ۱/۵ می‌باشد که در گروه رودخانه‌های مستقیم قرار می‌گیرد. همچنین نتایج دانه‌بندی نشان داد که متوسط اندازه ذرات حمل شده توسط رودخانه به پایین دست در اغلب بازه‌ها کاهش یافته است. بیشتر ذرات در بالادست به صورت تخته سنگ و قلوه سنگ بوده و در پایین دست اندازه آنها به سنگریزه و شن کاهش یافته است. در مجموع، معادلات نمایی که دارای خطای استاندارد کمتر، ضریب تشخیص بالاتر و سطح معنی داری بالاتر نسبت به سایر روابط بود، به عنوان مناسب ترین رابطه رگرسیونی برای رودخانه مذکور انتخاب شد.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل یک: مقدمه و اهمیت موضوع

۱-۱-۱	مقدمه.....	۲
۱-۲-۱	ضرورت و اهمیت پژوهش.....	۳
۱-۳-۱	اهداف و طرح مسئله .....	۴
۱-۳-۱-۱	فرضیه‌های تحقیق .....	۴
۱-۳-۱-۲	هدف از طرح مورد نظر .....	۵
۱-۴-۱	تعاریف، مفاهیم و واژه‌ها .....	۵
۱-۴-۱-۱	شکل و تغییرات رودخانه .....	۵
۱-۴-۱-۲	عوامل مؤثر بر مورفولوژی رودخانه‌ها .....	۶
۱-۴-۱-۲-۱	مواد رسوبی و تشکیل سیلابدشت.....	۶
۱-۴-۱-۲-۲	عوامل هیدرولیکی.....	۶
۱-۴-۱-۳	درجه پایداری.....	۷
۱-۴-۱-۴	دخالت‌های انسان به حریم رودخانه .....	۷
۱-۴-۱-۳	بررسی خصوصیات مورفولوژیکی رودخانه‌ها.....	۷
۱-۴-۱-۳-۱	شیب طولی ناوه .....	۷
۱-۴-۱-۳-۲	ضریب زبری .....	۸
۱-۴-۱-۳-۳	تشکیل مائدرها .....	۸

### فصل دوم : سابقه تحقیق و مرور منابع

۱-۲-۱	تشکیل و تکامل سیستم‌های رودخانه‌ای .....	۱۲
۱-۲-۲	مشخصات هندسی رودخانه .....	۱۳
۱-۲-۳	مشخصات هیدرولیکی رودخانه .....	۱۵
۱-۲-۴	عوامل کنترل کننده شکل هندسی، جریان و فرآیندهای نهشته‌گذاری سیستم رودخانه ...	۱۶

- ۵-۲- عرض و عمق ، دبی جریان آب، شیب رودخانه و اندازه مواد بستر.....۱۹
- ۶-۲- پژوهش‌های داخلی ..... ۲۳
- ۷-۲- پژوهش‌های خارجی ..... ۳۰

### فصل سوم : مواد و روش‌ها

- ۱-۳- مراحل انجام کار ..... ۴۲
- ۲-۳- موقعیت منطقه مورد مطالعه ..... ۴۳
- ۱-۲-۳- فیزیوگرافی و موقعیت جغرافیایی..... ۴۳
- ۱-۱-۲-۳- مساحت و محیط حوزه آبخیز شاهجوب ..... ۴۴
- ۲-۱-۲-۳- ارتفاع و پستی و بلندی حوزه ..... ۴۶
- ۳-۱-۲-۳- هیپسومتری حوزه ..... ۴۸
- ۴-۱-۲-۳- شیب حوزه ..... ۴۸
- ۲-۲-۳- زمین شناسی..... ۴۹
- ۳-۲-۳- پروفیل طولی رودخانه ..... ۵۳
- ۴-۲-۳- هیدرولوژی رودخانه ..... ۵۳
- ۱-۴-۲-۳- توان آبدهی رودخانه فیروزه- شاهجوب ..... ۵۳
- ۲-۴-۲-۳- تغییرات درون سالی آبدهی رودخانه فیروزه- شاهجوب ..... ۵۴
- ۳-۴-۲-۳- سیلاب رودخانه ..... ۵۶
- ۳-۳- مطالعات هیدرولیکی رودخانه ..... ۶۰
- ۱-۳-۳- انتخاب مدل ریاضی در مطالعات هیدرولیک ..... ۶۰
- ۲-۳-۳- نرم افزارهای کاربردی در مطالعات هیدرولیک ..... ۶۱
- ۱-۲-۳-۳- نرم افزار سیستم تحلیل رودخانه ..... ۶۱
- ۲-۲-۳-۳- نرم افزار استخراج پارامترهای هندسی رودخانه ..... ۶۳
- ۳-۳-۳- آماده سازی اطلاعات در نرم افزار Arc View برای ورود به مدل ..... ۶۳

- ۳-۳-۱- آماده‌سازی مدل رقومی رودخانه ..... ۶۳
- ۳-۳-۲- تهیه خط مرکزی جریان ..... ۶۳
- ۳-۳-۳- تهیه لایه سواحل رودخانه ..... ۶۴
- ۳-۳-۴- تهیه لایه مسیر جریان ..... ۶۴
- ۳-۳-۵- تهیه لایه مقاطع عرضی ..... ۶۴
- ۳-۳-۴- ارسال اطلاعات تهیه شده به نرم افزار HEC-RAS ..... ۶۶
- ۳-۳-۵- شبیه سازی رودخانه در محیط HEC-RAS ..... ۶۷
- ۳-۳-۱- ضریب زبری مانینگ در رودخانه فیروزه-شاهجوب ..... ۶۷
- ۳-۳-۲- تعیین شرایط مرزی بالادست ..... ۷۰
- ۳-۳-۳- تعیین شرایط مرزی پایین دست ..... ۷۱

#### فصل چهارم : نتایج و بحث

- ۴-۱- مشاهده نتایج حاصل از مدل هیدرولیکی HEC-RAS ..... ۷۴
- ۴-۲- واسنجی و آنالیز حساسیت مدل ..... ۷۷
- ۴-۳- طبقه‌بندی رودخانه از نظر شکل ظاهری ..... ۸۳
- ۴-۴- دانه‌بندی (گرانولومتری) رسوبات رودخانه ..... ۸۴
- ۴-۵- عمق کنش بستر در رودخانه ..... ۸۹
- ۴-۶- بررسی میزان جابجایی خط القعر بستر رودخانه در تصاویر ماهواره ای گوگل ارث و نقشه برداری صحرائی ..... ۹۳
- ۴-۷- تغییرات عرض بستر نسبت به عرض مجاز و عرض میانگین رودخانه ..... ۹۵
- ۴-۸- بررسی تغییرات هندسی - هیدرولیکی رودخانه ..... ۹۹
- ۴-۸-۱- تجزیه و تحلیل پارامترهای هندسی و هیدرولیکی رودخانه ..... ۹۹
- ۴-۹- نتایج تجزیه رگرسیونی ..... ۱۰۵



- ۱-۹-۴- رابطه رگرسیونی بین دبی (متغیر وابسته) و عرض مقطع، عمق هیدرولیکی، سطح مقطع و سرعت جریان (متغیر مستقل) ..... ۱۰۵
- ۱-۱-۹-۴- توابع خطی ساده (درجه یک) ..... ۱۰۵
- ۲-۱-۹-۴- توابع درجه دو ..... ۱۰۶
- ۳-۱-۹-۴- توابع درجه سه ..... ۱۰۸
- ۴-۱-۹-۴- توابع نمایی ..... ۱۱۰
- ۲-۹-۴- رابطه رگرسیونی بین عرض مقطع (وابسته)، دبی و سرعت جریان (مستقل) ..... ۱۱۲
- ۱-۲-۹-۴- توابع خطی ساده (درجه یک) ..... ۱۱۲
- ۲-۲-۹-۴- توابع درجه دو ..... ۱۱۳
- ۳-۲-۹-۴- توابع درجه سه ..... ۱۱۴
- ۴-۲-۹-۴- توابع نمایی ..... ۱۱۶
- ۳-۹-۴- روابط رگرسیونی بین عرض مقطع (وابسته) و اندازه ذرات (D50) (مستقل) ..... ۱۱۷
- ۴-۹-۴- روابط رگرسیونی بین سرعت متوسط (وابسته) و اندازه ذرات (D50) (مستقل) ..... ۱۱۸

### فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱-۵- مورفولوژی رودخانه ..... ۱۲۲
- ۲-۵- گرانولومتری ..... ۱۲۵
- ۳-۵- نتایج حاصل از مدل هیدرولیکی و تجزیه رگرسیونی ..... ۱۲۶
- ۴-۵- پیشنهادات ..... ۱۲۸
- منابع ..... ۱۳۰

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱. معادلات معروف در محاسبه شیب رودخانه .....	۸
جدول ۱-۲. متغیرهای وابسته و مستقل در سیستم رودخانه‌های آبرفتی به عنوان تابعی از زمان..	۱۷
جدول ۲-۲. معادلات پیشنهادی برای استخراج روابط عرض، عمق و سرعت هندسه ناوه .....	۲۰
جدول ۱-۳. مشخصات کلی رودخانه فیروزه- شاهجوب .....	۴۵
جدول ۲-۳. نتایج خروجی از نرم افزار Hyfa جهت انتخاب توزیع آماری در ایستگاه هیدرومتری بابالمان .....	۵۷
جدول ۳-۳. روابط همبستگی بین مساحت زیر حوزه ها و دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف در دوره شاخص ۵۳-۱۳۵۲ تا ۸۰-۱۳۷۹ .....	۵۸
جدول ۴-۳. دبی حداکثر سیلاب‌های رودخانه فیروزه-شاهجوب با دوره بازگشت‌های مختلف .....	۵۹
جدول ۵-۳. برخی از معادلات تجربی در رابطه با ضریب زبری و قطر ذرات .....	۶۸
جدول ۱-۴. مقایسه دبی‌های سیلابی برآوردی و مشاهداتی ایستگاه بابالمان .....	۷۸
جدول ۲-۴. خلاصه نتایج آنالیز حساسیت مدل نسبت به تغییرات عرض سطح آب، عمق و سرعت جریان (بخش اول - فیروزه) .....	۸۰
جدول ۳-۴. خلاصه نتایج آنالیز حساسیت مدل نسبت به تغییرات عرض سطح آب، عمق و سرعت جریان (بخش دوم - شاهجوب) .....	۸۱
جدول ۴-۴. خلاصه نتایج آنالیز حساسیت مدل نسبت به تغییرات عرض سطح آب، عمق و سرعت جریان (بخش سوم - شاهجوب) .....	۸۲
جدول ۵-۴. نمونه‌ای از جداول دانه‌بندی رسوبات رودخانه‌ای .....	۸۵
جدول ۶-۴. نتایج الگوهای برآوردی عرض مقطع، عمق هیدرولیکی، سطح مقطع، سرعت جریان و دبی در مدل خطی ساده .....	۱۰۵
جدول ۷-۴. نتایج الگوهای برآوردی عرض مقطع و دبی در مدل خطی ساده .....	۱۰۵

- جدول ۴-۸. نتایج الگوهای برآوردی سطح مقطع و دبی در مدل خطی ساده ..... ۱۰۶
- جدول ۴-۹. نتایج الگوهای برآوردی سرعت جریان و دبی در مدل خطی ساده ..... ۱۰۶
- جدول ۴-۱۰. نتایج الگوهای برآوردی عمق هیدرولیکی و دبی در مدل خطی ساده ..... ۱۰۶
- جدول ۴-۱۱. نتایج الگوهای برآوردی عرض مقطع، عمق هیدرولیکی، سطح مقطع، سرعت جریان و دبی در مدل درجه دوم..... ۱۰۷
- جدول ۴-۱۲. نتایج الگوهای برآوردی عرض مقطع و دبی در مدل درجه دوم ..... ۱۰۷
- جدول ۴-۱۳. نتایج الگوهای برآوردی سطح مقطع و دبی در مدل درجه دوم ..... ۱۰۷
- جدول ۴-۱۴. نتایج الگوهای برآوردی سرعت متوسط و دبی در مدل درجه دوم ..... ۱۰۸
- جدول ۴-۱۵. نتایج الگوهای برآوردی عمق هیدرولیکی و دبی در مدل درجه دوم ..... ۱۰۸
- جدول ۴-۱۶. نتایج الگوهای برآوردی عرض مقطع، عمق هیدرولیکی، سطح مقطع، سرعت جریان و دبی در مدل درجه سوم..... ۱۰۹
- جدول ۴-۱۷. نتایج الگوهای برآوردی عرض مقطع و دبی در مدل درجه سوم ..... ۱۰۹
- جدول ۴-۱۸. نتایج الگوهای برآوردی سطح مقطع و دبی در مدل درجه سوم ..... ۱۱۰
- جدول ۴-۱۹. نتایج الگوهای برآوردی سرعت جریان و دبی در مدل درجه سوم ..... ۱۱۰
- جدول ۴-۲۰. نتایج الگوهای برآوردی عمق هیدرولیکی و دبی در مدل درجه سوم ..... ۱۱۰
- جدول ۴-۲۱. نتایج الگوهای برآوردی عرض مقطع، عمق هیدرولیکی، سطح مقطع، سرعت جریان و دبی در مدل نمایی..... ۱۱۱
- جدول ۴-۲۲. نتایج الگوهای برآوردی عرض مقطع و دبی در مدل نمایی..... ۱۱۱
- جدول ۴-۲۳. نتایج الگوهای برآوردی سطح مقطع و دبی در مدل نمایی ..... ۱۱۱
- جدول ۴-۲۴. نتایج الگوهای برآوردی سرعت و دبی در مدل نمایی ..... ۱۱۲
- جدول ۴-۲۵. نتایج الگوهای برآوردی عمق هیدرولیکی و دبی در مدل نمایی ..... ۱۱۲
- جدول ۴-۲۶. نتایج الگوهای برآوردی دبی و سرعت جریان با عرض در مدل خطی ساده..... ۱۱۳
- جدول ۴-۲۷. نتایج الگوهای برآوردی سرعت جریان با عرض مقطع در مدل خطی ساده ..... ۱۱۳

- جدول ۴-۲۸. نتایج الگوهای برآوردی دبی جریان با عرض مقطع در مدل خطی ساده .....۱۱۳
- جدول ۴-۲۹. نتایج الگوهای برآوردی دبی و سرعت جریان با عرض مقطع در مدل درجه ۲ ..... ۱۱۴
- جدول ۴-۳۰. نتایج الگوهای برآوردی سرعت جریان با عرض مقطع در مدل درجه ۲ ..... ۱۱۴
- جدول ۴-۳۱. نتایج الگوهای برآوردی دبی با عرض مقطع در مدل درجه ۲ ..... ۱۱۴
- جدول ۴-۳۲. نتایج الگوهای برآوردی دبی با عرض مقطع در مدل درجه ۳ ..... ۱۱۵
- جدول ۴-۳۳. نتایج الگوهای برآوردی سرعت متوسط با عرض مقطع در مدل درجه ۳ ..... ۱۱۵
- جدول ۴-۳۴. نتایج الگوهای برآوردی دبی جریان با عرض مقطع در مدل درجه ۳ ..... ۱۱۵
- جدول ۴-۳۵. نتایج الگوهای برآوردی سرعت متوسط و دبی با عرض مقطع در تابع نمایی ..... ۱۱۶
- جدول ۴-۳۶. نتایج الگوهای برآوردی سرعت متوسط جریان با عرض مقطع در تابع نمایی ..... ۱۱۶
- جدول ۴-۳۷. نتایج الگوهای برآوردی دبی جریان با عرض مقطع در تابع نمایی ..... ۱۱۶
- جدول ۴-۳۸. نتایج الگوهای برآوردی D50 با عرض مقطع در مدل خطی ساده ..... ۱۱۷
- جدول ۴-۳۹. نتایج الگوهای برآوردی D50 با عرض مقطع در مدل درجه دوم ..... ۱۱۷
- جدول ۴-۴۰. نتایج الگوهای برآوردی D50 با عرض مقطع در مدل درجه سوم ..... ۱۱۷
- جدول ۴-۴۱. نتایج الگوهای برآوردی D50 با عرض مقطع در تابع نمایی ..... ۱۱۸
- جدول ۴-۴۲. نتایج الگوهای برآوردی D50 با سرعت متوسط جریان در مدل خطی ساده ..... ۱۱۹
- جدول ۴-۴۳. نتایج الگوهای برآوردی D50 با سرعت متوسط جریان در مدل درجه دوم ..... ۱۱۹
- جدول ۴-۴۴. نتایج الگوهای برآوردی D50 با سرعت متوسط جریان در مدل درجه سوم ..... ۱۱۹
- جدول ۴-۴۵. نتایج الگوهای برآوردی D50 با سرعت متوسط جریان در تابع نمایی ..... ۱۲۰
- جدول ۵-۱. تغییرات نسبت سری‌های دبی‌ها در رودخانه فیروزه- شاهجوب ایستگاه بابامان ..... ۱۲۲

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲. مکانیزم‌های مختلف نحوه گسترش و توسعه آبراهه .....	۱۳
شکل ۲-۲. کاهش ضریب رواناب نسبت به افزایش سطح حوزه آبخیز.....	۱۸
شکل ۳-۲. رابطه بین دبی جریان با دوره بازگشت‌های مختلف با سطح حوزه آبخیز.....	۱۹
شکل ۱-۳. نمودار جریانی تحقیق .....	۴۲
شکل ۲-۳. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان خراسان شمالی .....	۴۳
شکل ۳-۳. نقشه طبقات ارتفاعی حوزه آبخیز شاهجوب .....	۴۶
شکل ۴-۳. نمودار آلتیمتری حوزه آبخیز شاهجوب .....	۴۷
شکل ۵-۳. نقشه آبراهه های حوزه آبخیز شاهجوب .....	۴۷
شکل ۶-۳. نمودار هیپسومتری حوزه .....	۴۸
شکل ۷-۳. نقشه طبقات شیب حوزه .....	۴۹
شکل ۸-۳. نقشه زمین شناسی حوزه آبخیز شاهجوب .....	۵۰
شکل ۹-۳. واحدهای زمین شناسی سواحل چپ و راست رودخانه فیروزه- شاهجوب .....	۵۲
شکل ۱۰-۳. نمودار پروفیل طولی رودخانه فیروزه- شاهجوب .....	۵۳
شکل ۱۱-۳. متوسط آبدهی سالانه رودخانه فیروزه-شاهجوب در ایستگاه هیدرومتری بابامان ...	۵۴
شکل ۱۲-۳. توزیع آبدهی سالانه رودخانه فیروزه- شاهجوب ایستگاه بابامان در دوره آماری ۵۳-	۵۵
شکل ۱۳-۳. رژیم طبیعی در دو ایستگاه فیروزه و بابامان در دوره مشترک آبی ۵۳-۱۳۵۲ تا	۱۳۷۹-۸۰ تا ۱۳۵۲
شکل ۱۴-۳. موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری در اطراف محدوده مورد مطالعاتی.....	۵۵
شکل ۱۵-۳. جانمایی مقاطع آبراهه اصلی جهت برآورد سیلاب .....	۵۹
شکل ۱۶-۳. مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه .....	۶۵

- شکل ۳-۱۷. ترسیم لایه‌های مختلف جریان، سیلابدشت، مقاطع و ... در HEC- RAS Goe.....۶۵
- شکل ۳-۱۸. مراحل پیش پردازش و آماده‌سازی لایه‌ها در محیط GIS.....۶۶
- شکل ۳-۱۹. نقشه کاربری اراضی سیلابدشتهای رودخانه فیروزه- شاهجوب..... ۷۰
- شکل ۴-۱. تغییرات پارامتر سرعت با دوره بازگشت ۱۰ ساله در طول رودخانه فیروزه.....۷۵
- شکل ۴-۲. تغییرات پارامتر عرض با دوره بازگشت ۱۰ ساله در طول رودخانه فیروزه.....۷۵
- شکل ۴-۳. تغییرات پارامتر عمق با دوره بازگشت ۱۰ساله در طول رودخانه فیروزه..... ۷۵
- شکل ۴-۴. تغییرات تنش برشی در طول رودخانه فیروزه.....۷۶
- شکل ۴-۵. تغییرات عدد فرود در طول رودخانه فیروزه..... ۷۶
- شکل ۴-۶. نمایش توزیع سرعت در مقطع عرضی در حد فاصل کیلومتر ۰-۱ رودخانه فیروزه.....۷۶
- شکل ۴-۷. نمایش مقادیر دبی براساس رابطه دیکن و ویبول در دو ایستگاه فیروزه و بابامان.....۷۸
- شکل ۴-۸. نمایش آنالیز حساسیت سرعت، عمق و عرض سطح آب نسبت به تغییرات ضریب مانینگ (بخش اول - فیروزه)..... ۸۰
- شکل ۴-۹. نمایش آنالیز حساسیت سرعت، عمق و عرض نسبت به تغییرات ضریب مانینگ (بخش دوم شاهجوب).....۸۱
- شکل ۴-۱۰. نمایش آنالیز حساسیت سرعت، عمق و عرض نسبت به تغییرات ضریب مانینگ (بخش سوم شاهجوب).....۸۲
- شکل ۴-۱۱. نمایی از مئاندر در طول رودخانه..... ۸۳
- شکل ۴-۱۲. نقشه پلان طولی رودخانه فیروزه- شاهجوب در مسیر مورد بررسی..... ۸۴
- شکل ۴-۱۳. روند تغییرات قطر ذرات رودخانه از بالادست به پایین دست از  $D_{10}$  تا  $D_{30}$  (mm).....۸۶
- شکل ۴-۱۴. روند تغییرات قطر ذرات رودخانه از بالادست به پایین دست از  $D_{50}$  تا  $D_{90}$  (mm).....۸۶
- شکل ۴-۱۵. قطر متوسط ذرات رودخانه براساس میلیمتر از بالادست به پایین دست..... ۸۷
- شکل ۴-۱۶. نمونه‌ای از رسوبات بازه ۴، در ابتدای رودخانه فیروزه.....۸۸
- شکل ۴-۱۷. نمونه‌ای از رسوبات بازه ۱۸، در بخش میانی رودخانه فیروزه..... ۸۸

- شکل ۴-۱۸. نمونه‌ای از رسوبات بازه ۳۳، در بخش انتهایی رودخانه فیروزه- شاهجوب ..... ۸۸
- شکل ۴-۱۹. نمودار کنش بستر مرتبط با سیل ۱۰ و ۲۵ ساله ..... ۹۰
- شکل ۴-۲۰. رابطه شیب طولی بستر و میزان کنش بستر سیلاب ۱۰ ساله در رودخانه فیروزه ..... ۹۱
- شکل ۴-۲۱. رابطه عرض مقاطع و میزان کنش بستر سیلاب ۱۰ ساله در رودخانه فیروزه ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۲. کنش کف و دیواره و تغییر در فیزیوگرافی مسیر در زمان وقوع سیل در رودخانه ..... ۹۲
- شکل ۴-۲۳. میزان جابه جایی خط القعر اصلی در تصاویر ماهواره‌ای ..... ۹۴
- شکل ۴-۲۴. کلاسه بندی عرض رودخانه فیروزه - شاهجوب (دبی با دوره بازگشت ۱۰ سال) ..... ۹۶
- شکل ۴-۲۵. تغییرات عرض مقاطع نسبت به عرض میانگین رودخانه فیروزه - شاهجوب ..... ۹۷
- شکل ۴-۲۶. نمودار تغییرات عرض مقاطع بازه ها نسبت به عرض مجاز رودخانه فیروزه ..... ۹۷
- شکل ۴-۲۷. بندانحرافی و کانال انتقال آب موجود در مسیر رودخانه فیروزه-شاهجوب در بالادست روستای میرزا حسن لو جهت آبیاری باغات و اراضی پایین دست ..... ۹۸
- شکل ۴-۲۸. عبور ماشین آلات از داخل بستر رودخانه فیروزه- شاهجوب ..... ۹۸
- شکل ۴-۲۹. نمایی از بازه‌های انتخابی در طول مسیر رودخانه ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۳۰. نمودار نرمال بودن سطح مقاطع رودخانه براساس آزمون اندرسون - دارلینگ ..... ۱۰۱
- شکل ۴-۳۱. نمودار نرمال بودن عمق متوسط رودخانه براساس آزمون اندرسون - دارلینگ ..... ۱۰۱
- شکل ۴-۳۲. نمودار نرمال بودن عرض رودخانه براساس آزمون اندرسون - دارلینگ ..... ۱۰۲
- شکل ۴-۳۳. نمودار نرمال بودن سرعت متوسط جریان رودخانه فیروزه براساس آزمون اندرسون - دارلینگ ..... ۱۰۲
- شکل ۴-۳۴. نمودار نرمال بودن دبی رودخانه فیروزه براساس آزمون اندرسون - دارلینگ ..... ۱۰۲
- شکل ۴-۳۵. بررسی میزان همبستگی بین متغیرهای هندسی و هیدرولیکی رودخانه فیروزه ... ۱۰۴
- شکل ۵-۱. تغییرات  $Q_p/Q_d$  در رودخانه فیروزه-شاهجوب، ایستگاه بابامان ..... ۱۲۳
- شکل ۵-۲. تغییرات  $Q_p/Q_m$  در رودخانه فیروزه-شاهجوب، ایستگاه بابامان ..... ۱۲۳





# فصل اول

مقدمه و کلیات

از گذشته‌های دور رودخانه‌ها همواره مورد توجه انسان‌ها بوده و هستند. با نگاهی به جوامع انسانی به راحتی می‌توان دریافت که ایجاد اولین تمدن‌های بشری در کنار رودخانه‌ها نشان از اهمیت رودخانه‌ها برای آنها بوده است. اما همواره عوامل گوناگونی این شریان‌های حیاتی بشر را چه از نظر مورفولوژیکی و چه از نظر هیدرولوژیکی دستخوش تغییر نموده است. این عوامل را می‌توان به دو گروه اصلی، یعنی عوامل طبیعی و عوامل انسانی تقسیم نمود. از جمله عوامل طبیعی می‌توان به پوشش گیاهی، تشکیلات زمین‌شناسی و خاک‌شناسی اشاره نمود که به طور معمول انسان هیچ‌گونه دخل و تصرفی در آنها نداشته است. عوامل زمین‌شناسی و تکتونیکی گرچه از نظر وقوع، بطئی و کند به نظر می‌رسند ولی از نظر ایجاد تغییرات بنیادی در مسایل هیدرولوژیکی، هیدروژئولوژیکی و زیست محیطی بسیار با اهمیت می‌باشد. بدون شناخت دقیق این عوامل و اجرای برنامه‌های گوناگون بویژه طرح‌های ساماندهی رودخانه ناقص بوده و ممکن است رودخانه‌ها را به صورت یک موجود زنده و پویا به واکنش‌های طبیعی و غیرقابل مهار وادار نماید [۳۸]. دسته دیگر عوامل انسانی هستند که در بیشتر موارد تأثیرگذارتر از عوامل طبیعی بوده و با دخالت مستقیم انسان همراه می‌باشند. از جمله این عوامل می‌توان به احداث انواع سدهای تنظیمی، مخزنی، انحرافی و نیز انواع سازه‌های هیدرولیکی در مسیر رودخانه‌ها اشاره نمود. سازه‌های آبی که الگوی جریان را در اطراف خود تغییر می‌دهند، ممکن است باعث بروز آب‌شستگی محلی شوند. این بدان علت است که تغییر ویژگی‌های جریان (سرعت‌ها و یا آشفتگی) به تغییر وضعیت حمل رسوب می‌انجامد که این خود به عدم تعادل بین ظرفیت واقعی حمل رسوب و ظرفیتی که جریان رسوب را حمل می‌کند منجر می‌شود. ممکن است در نهایت تعادل جدیدی به دنبال شرایط هیدرولیکی تطبیق یافته با آب‌شستگی بوجود آید [۷]. از آنجا که اجرای بسیاری از طرح‌های سازه‌ای در رودخانه‌ها بدون در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی صورت گرفته این امر باعث دگرگونی‌های زیادی در شرایط هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی رودخانه‌ها گشته است.

چنانچه این مواهب خدادادی (رودخانه‌ها) بطور مطلوبی نگهداری نشوند، کمبود مواد غذایی، هدر رفت خاک، خشکی و کمبود آب و از بین رفتن منابع انسانی، اقتصادی و اجتماعی را در پی

خواهد داشت. بطور کلی حفظ منابع طبیعی حوزه‌ها که با برنامه‌ریزی و مدیریت درست امکان‌پذیر خواهد بود، می‌تواند از فرسایش خاک، انتقال رسوب و ایجاد سیلاب‌های مخرب جلوگیری کرده و ضمن تأمین پایداری رژیم آبی رودخانه‌ها و ویژگی‌های هندسی رودخانه‌ها، موجب بهره‌برداری بهینه و پایدار از منابع طبیعی شود. با توجه به این‌که پهنه‌های وسیعی از کشور ما، جلگه‌ها و دشت‌های رسوبی می‌باشند که بستر آبراهه‌ها، مسیل‌ها و رودهای کوچک و بزرگ را شامل می‌شوند، جریان آب در این مجاری به دلیل شرایط فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مواد بستری، موجب فرسایش، سیل و پدیده پیچان رودی در آنها می‌گردد. در حال حاضر بیشتر رودخانه‌ها به علت بروز پدیده تغییر اقلیم در معرض تغییر و تحول قرار داشته و فعالیت‌های مهندسی رودخانه برای بررسی تغییر بده، مطالعه بده رسوبی، مسیر رودخانه، عمق آبراهه، پهنه سیل‌گیر و کیفیت آب مورد نیاز می‌باشد. از جمله مباحث مهم در مهندسی رودخانه، شناخت شکل رودخانه (مورفولوژی) است که در اجرای طرح‌های تثبیت سواحل و بستر رودخانه، هدایت و مهار سیلاب نقش اساسی دارد. به کمک مورفولوژی رودخانه می‌توان اطلاعاتی از شکل هندسی آبراهه، شکل بستر و نیم رخ طولی رودخانه در دوره‌های زمانی گوناگون به ویژه در آینده به دست آورد.

## ۱-۲- ضرورت و اهمیت پژوهش

مطالعه سیستم‌های رودخانه‌ای در ارتباط تنگاتنگ با جنبه‌های گوناگون محیط طبیعی شامل هیدرولوژی، هیدرولیک، فرآیندهای فرسایش و رسوب‌گذاری و همچنین شکل کانال‌های رودخانه‌ای می‌باشد. با این حال بسیاری از جنبه‌های سیستم‌های رودخانه‌ای در مناطق مختلف هنوز ناشناخته مانده و اطلاعات زیادی در رابطه با آنها یافت نشده است. نبود مدل‌های پویا به منظور پایش و مدیریت رودخانه‌ها یک مشکل بزرگ است. این در حالی است که برای مدیریت درست این رودخانه‌ها این نوع مدل‌ها ضروری است، بویژه اگر بخواهیم از نتایج تحقیقات به صورت مؤثر جهت حل مشکلات رودخانه‌ها و حوزه‌های آبخیز استفاده نماییم. بسیاری از رودخانه‌ها، به طور گسترده‌ای تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی همچون انحراف و تنظیم جریان و یا معدن‌کاوی، شهرسازی یا کشاورزی قرار داشته و یا با تداوم بهره‌برداری به روش نادرست، ساخت سازه‌های

تقاطع، برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر، تجاوز به حریم و بستر رودخانه‌ها، سبب بهم خوردن پایداری آنها شده و بروز ناهنجاری‌هایی در روند طبیعی رودخانه‌ها گردیده است. این فعالیت‌ها اغلب اثرات زیانباری را بر روی مورفولوژی و یا شرایط اکولوژیکی رودخانه‌ها داشته است. بطوریکه هر ساله پهنه‌های وسیعی از سواحل رودخانه‌ها و مسیل‌های کشور که بیشتر از زمین‌های حاصلخیز کشاورزی به حساب می‌آیند بر اثر عبور جریان‌های فصلی و سیلاب‌ها فرسایش یافته و دستخوش تغییرات منفی گردیده است. به رغم اینکه در موارد مطالعاتی فوق، اطلاعاتی حاصل شده ولی مدیریت صحیح رودخانه‌ها اغلب به علت نبود درک درست رفتار رودخانه‌ها با موفقیت همراه نبوده است. به ویژه آنکه آگاهی یافتن از تغییرات کانال‌های رودخانه‌ای و شرایط هیدرولوژیکی آن‌ها در گذشته با تغییرات مورفولوژیکی امروزی آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. بر این اساس می‌توان پایه‌های نظری لازم جهت ارزیابی شرایط توسعه رودخانه‌ها را در آینده نیز فراهم نمود.

### ۱-۳- اهداف و طرح مسئله

- بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه در ارتباط با فرآیندهای حاکم بر آن در بازه‌ای از رودخانه فیروزه - شاهجوب واقع در استان خراسان شمالی از اهداف اصلی تحقیق حاضر می‌باشد.

- مسئله اساسی تحقیق حاضر این است که مدیریت و کنترل هر رودخانه به شناخت دقیق از ویژگی‌های مورفولوژیکی و فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم بر آن بستگی دارد. هر چه شناخت کارشناسان و طراحان از این عوامل محدودتر باشد، مدیریت و ساماندهی رودخانه با خطا و عدم موفقیت بیشتری همراه خواهد بود.

به طور کلی فرضیه‌ها و اهداف مورد نظر از این تحقیق عبارتند از:

### ۱-۳-۱- فرضیه‌های تحقیق

- تغییرات ویژگی‌های هندسی و هیدرولیکی رودخانه فیروزه-شاهجوب در مقاطع مختلف (تغییرات عرض، عمق، سرعت آب، دبی، تنش برشی، دانه‌بندی بستر و کناره‌ها از بالادست به پایین‌دست) به ویژگی جریان بستگی داشته و از روند ویژه‌ای نیز تبعیت می‌کند.