بسم الله الرحمن الرحیم

. . . و خداوند هر جنبده ای را از

آب

آفرید

سوره نور آیه ۴۵

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

بررسی اثر برهم کنش پوشش گیاهی دیواره‌ها و شکل بستر مقعر بر ساختار جریان

پایان‌نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی

عاطفه فضل اللهی

اساتید راهنما

دکتر حسین افضلی‌مهر

دکتر منوچهر حیدرپور

۱۳۹۱

دانشگاه صنعتي اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته سازه های آبی
خانم عاطفه فضل الهی

تحت عنوان

بررسی اثر برهم‌کنش پوشش گیاهی دیواره‌ها و شکل بستر مقعر بر ساختار جریان

در تاریخ .....توسط کمیته تخصصي زیر مورد بررسي و تصویب نهایي قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه
دکتر حسین افضلی‌مهر

۲- استاد راهنمای پایان نامه
دکتر منوچهر حیدرپور

۳- استاد مشاور پایان نامه
مهندس اسماعیل لندی

۴- استاد داور
دکتر محمد شایان نژاد

۵- استاد داور
دکتر سید احمد میره ای

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده
دکتر محمد مهدی مجیدی

پروردگار مهربانم!

برای آفریدنم، پروراندنم، خنده ها و اشکهایم، برای زندگی پرشکوهم و برای تمام آنچه به من ارزانی داشته ای تورا سپاس میگویم.

پدر و مادر عزیزم!

چه دشوار است به ثمر رساندن یک فرزند! برای لحظه لحظه رنج هایتان به دستان پرمهرتان بوسه میزنم.

خانواده مهربانم!

از حمایت و دلسوزی بی دریغ شما ممنونم.

برادرانم، بهرام و شهرام عزیزم!

بدون کمکهای شما انجام این تحقیق برای من بسیار دشوار بود. زحمات شما را ارج می نهم.

هاجر و الهه عزیزم!

از محبت های بی اندازه شما سپاسگزارم.

معلم دلسوز، آقای دکتر افضلی مهر!

برای آنچه از انسانیت و اخلاق و وجدان کاری به من آموخته اید بسیار سپاسگزارم. شاگردی شما افتخاری بزرگ در زندگی من است.

از راهنمایی های ارزنده آقای دکتر حیدرپور در دوران تحصیلم کمال تشکر را دارم.

از اساتید گرانقدر آقایان دکتر شایان نژاد و دکتر میره ای بابت تقبل داوری این پایان نامه تشکر میکنم.

از آقای مهندس لندی برای مشاوره و کمک های بی دریغشان بسیار سپاسگزارم.

دوستان عزیزم، خانم معتمدی، خانم نصیری و خانم فاضل!

بابت راهنمایی های دلسوزانه شما در تمام مراحل تحقیق از شما ممنونم.

از خانمها اسحاقی و کیانی و همینطور آقایان آب روشن، باغبانی، کشاورز و جواهری و تمام دانشجویان سازه های آبی ورودی۹۰ بسیار سپاسگزارم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری های

ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه صنعتی

اصفهان می‌باشد.

عاشقانه ترین درودهایم به
همراه این اثر
تقدیم به
پدر و مادر عزیزم...

فهرست مطالب

عنوان
صفحه

فصل اول

مقدمه وبررسی منابع ۲
۱-۱مقدمه ۲
۱-۲- اهداف تحقیق ۵
۱-۳-اشکال بستر ۶
۱-۳-۱-انتقال رسوبات ٦
۱-۳-۲-مورفولوژی رودخانه ۷
۱-۳-۳- تعریف شکل بستر ۸
۱-۳-۴- نحوه ایجاد وابقای شکل بسترمقعر ۱۱
۱-۳-۵-عوامل مؤثر بر مورفولوژی شکل بسترمقعر ۱٦
۱-۳-۶- دانه بندی بستردراشکال مقعر ۲۰
۱-۴-پوشش گیاهی ۲۱
۱-۵-اصول حاکم برجریان آشفته ۲۷
۱-۵-۱-جریان یکنواخت ۳۰
۱-۵-۲- جریان غیریکنواخت ۳۷
۱-۶-ضرورت انجام تحقیق ٤۰

فصل دوم

مواد و روش ها ٤۲
۲-۱مقدمه ٤۲

۲-۲ مطالعات صحرایی ٤٣
۲-۳ تجهیزات آزمایشگاهی ٤٤
۲-۳-۱ فلوم آزمایشگاهی ٤٤
۲-۳-۲ دستگاه سرعت سنج صوتی ٤٥
۲-۴ نحوه انجام آزمایش ٤٦
۲-۴-۱ مواد مورد استفاده ٤٦
۲-۴-۲ تعیین موقعیت مناسب جهت ایجاد شکل بستر ٤٨
۲-۴-۳ احداث شکل بستر ٤٩
۲-۴-۴شرایط انجام آزمایش ٥٠
فصل سوم
نتایج وبحث ٦٢
۳-۱ مقدمه ٦٢
۳-۲ مطالعات صحرایی ٦٢
۳-۳ مطالعات آزمایشگاهی ٦٥
۳-۳-۱ شکل بستربا زاویه ۵ درجه ٦٥
۳-۳-۲ شکل بستربا زاویه ۱۰ درجه ٨٣
۳-۳-۳ شکل بستربا زاویه ۱۵ درجه ٩٦
۳-۳-۴ شکل بستربا زاویه ۲۰ درجه ١٠٣
فصل چهارم
۴-۲ جمع بندی نتایج ١١٢
۴-۳ پیشنهادات ١١٦

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

۱ : خصوصیات شکل بستر مقعر.....
شکل ۱-۲: مقطع وپلان یک شکل بستر مقعر تحت فشار.....۱۲
شکل ۱-۳ : نحوه جدا شدن رسوبات کف در اثر جریانهای ثانویه...۱۳
شکل۱-۴: نحوه ایجاد شکل بستر مقعر در پیچان رود.....۱۳
شکل۱-۵ : نظریه موج سینماتیکی توسط لانگبین ۱۹۶۸.....۱۴
شکل ۱-۶ : تئوری بازگشت سرعت کلر ۱۹۷۱.....۱۵
شکل ۱-۷ : رابطه عمق و طول شکل بستر مقعر.....۱۸
شکل ۱-۸: عوامل مؤثر بر عمق شکل بستر مقعر.....۱۹
شکل ۱-۹ :رابطه طول شکل بستر مقعر با توان جریان.....۱۹
شکل ۱-۱۰: پراکندگی اشکال بستر مقعر از نظر نسبت طول ورودی(L1) به طول خروجی(L2) در برابر عمق شکل بستر(D) به طول کل آن(L) ۲۰
شکل ۱-۱۱: دانه بندی ذرات در شکل بستر مقعر.....۲۱
شکل۱-۱۲ روش کلازر در تعیین سرعت برشی.....۳۲
شکل ۱-۱۳: توزیع شدت آشفتگی در جریان کندشونده و جریان تند شونده ۳۹
شکل۱-۱۴ توزیع تنش رینولدز در جریان کندشونده و در جریان تندشونده ۴۰
شکل۲-۱ : مقطع بندی بازه ای از رودخانه ۴۳
شکل۲-۲ : وسایل مطالعه صحرایی،دوربین توتال استیشن(الف) و کولیس(ب) ۴۴
شکل۲-۳: شکل شماتیکی کانال.....۴۵
شکل۲-۴ کانال آزمایشگاهی.....۴۵
شکل۲-۵: ساقه های برنج، پوشش گیاهی حاشیه رودخانه شهید ۴۷
شکل۲-۶: نحوه چسبانیدن ساقه های برنج بر روی ورقه های کارتن پلاست.....۴۸
شکل۲-۷: دوخت پوشش گیاهی.....۴۸

شکل۲-۸: قالب‌های تفلونی شکل بستر مقعر.....۴۹
شکل۲-۹: شابلونهای ۵ و۱۰ درجه برای ایجاد شکل بستر مقعر.....۵۰
شکل۲-۱۰: سری زمانی داده های خام و فیلتر شده.....۵۳
شکل۲-۱۱ : سه ناحیه طیف انرژی.....۵۲
شکل۲-۱۲: بررسی اعتبار قانون کولموگروف.....۵۲
شکل۲-۱۳ : بررسی اعتبار قانون لگاریتمی بر داده های سرعت میانگین دوگانه- روش نیکورا و همکاران۲۰۰۱ و روش اسمیت و مکلین۱۹۷۷.....۵۹
شکل ۳-۱: توپوگرافی بستر بازه چم آسمان.....۶۳
شکل ۳-۲: توپوگرافی بستر رودخانه ماربر.....۶۴
شکل ۳-۳: توپوگرافی بستر رودخانه شهید.....۶۴
شکل ۳-۴: مقاطع اندازه گیری.....۶۵
شکل ۳-۵: نیمرخ های سرعت برای سری ۵درجه با نسبت ظرافت ۳/۶ و بدون پوشش گیاهی.....۶۶
شکل ۳-۶ خطوط تراز سرعت در محور مرکزی کانال برای سری ۵درجه با نسبت ظرافت۳/۶ و بدون پوشش گیاهی.....۶۷
شکل۳-۷: نیمرخهای تنش رینولدز برای سری۵درجه با نسبت ظرافت۳/۶ و بدون پوشش گیاهی.....۶۹
شکل۳-۸ : خطوط تراز تنش رینولدز برای سری۵ درجه با نسبت ظرافت۳/۶ و بدون پوشش گیاهی.....۷۰
شکل۳-۹ : نیمرخهای شدت آشفتگی برای سری ۵درجه با نسبت ظرافت ۳/۶ و بدون پوشش گیاهی.....۷۱
شکل۳-۱۰ : خطوط تراز نوسانات سرعت برای سری۵درجه با نسبت ظرافت۳/۶ بدون پوشش گیاهی.....۷۲
شکل۳-۱۱: مقایسه نیمرخهای سرعت برای سری ۵درجه با نسبت ظرافت ۲ و۳/۶ .....۷۴
شکل۳-۱۲: خطوط تراز سرعت برای سری۵درجه درمحور مرکزی کانال با نسبت ظرافت ۲ بدون پوشش گیاهی.....۷۵
شکل۳-۱۳: مقایسه نیمرخهای تنش رینولدز برای سری ۵ درجه با نسبت ظرافت ۲و ۳/۶ .....۷۶
شکل۳-۱۴ : خطوط تراز نوسانات سرعت برای سری۵درجه با نسبت ظرافت۲ و بدون پوشش گیاهی.....۷۷
شکل۳-۱۵: مقایسه نیمرخهای سرعت برای سری ۵درجه با و بدون پوشش گیاهی.....۷۹
شکل ۳-۱۶ : مقایسه نیمرخهای تنش در حالت با و بدون پوشش گیاهی برای سری ۵درجه با نسبت ظرافت ۲.....۸۱

شکل ۳-۱۷ : نتایج آنالیز کوادرانت برای سری ۵ درجه با و بدون پوشش گیاهی ۸۲

شکل ۳-۱۸: نیمرخهای سرعت برای سری ۱۰درجه با نسبت ظرافت ۳/۶ و بدون پوشش گیاهی..... ۸٤
شکل۳-۱۹ : مقایسه نیمرخ های سرعت برای سری ۱۰و ۵ درجه با نسبت ظرافت۳/۶..... ۸۵
شکل ۳-۲۰ : خطوط ترازسرعت در محور مرکزی برای سری ۱۰ درجه با نسبت ظرافت۳/۶ و بدون پوشش گیاهی..... ۸۵
شکل ۳-۲۱: نیمرخهای تنش رینولدز برای سری ۱۰ درجه با نسبت ظرافت ۳/۶ و بدون پوشش گیاهی..... ۸٦
شکل۳-۲۲: مقایسه نیمرخ های تنش رینولدز برای سری ۱۰و ۵ درجه با نسبت ظرافت۳/۶..... ۸۸
شکل ۳-۲۳: خطوط تراز تنش رینولدز برای سری ۱۰ درجه با نسبت ظرافت۳/۶ و بدون پوشش گیاهی..... ۸۸
شکل۳-۲۴ : مقایسه نیمرخهای سرعت برای سری ۱۰ درجه با نسبت ظرافت ۲ و ۳/۶ (بدون پوشش گیاهی)..... ۹۱
شکل ۳-۲۵ : نیمرخهای سرعت برای سری۱۰درجه با نسبت ظرافت ۲ دردیواره با پوشش گیاهی..... ۹۲
شکل ۳-۲۶ : مقایسه نیمرخهای سرعت برای سری ۱۰درجه با نسبت ظرافت ۲ با و بدون پوشش گیاهی دیواره..... ۹٤
شکل۳-۲۷: مقایسه نیمرخهای تنش رینولدز برای سری ۱۰ درجه با نسبت ظرافت ۲، با و بدون پوشش گیاهی دیواره..... ۹٦
شکل ۳-۲۸ : نیمرخهای سرعت برای سری۱۵ درجه با نسبت ظرافت۳/۶ ۹۷
شکل۳-۲۹ : خطوط تراز سرعت برای سری۱۵ درجه با نسبت ظرافت۳/۶ ۹۹
شکل ۳-۳۰ : خطوط تراز شدت آشفتگی برای سری ۱۵ درجه با نسبت ظرافت ۳/۶..... ۹۹
شکل ۳-۳۱ : نیمرخهای تنش رینولدز برای سری ۱۵ درجه با نسبت ظرافت۳/۶..... ۱۰۰
شکل ۳-۳۲ : مقایسه نیمرخهای سرعت برای سری ۱۵درجه با نسبت ظرافت۲و۳/۶..... ۱۰۱
شکل ۳-۳۳ : خطوط تراز سرعت برای سری ۱۵درجه با نسبت ظرافت ۲ ..... ۱۰۲
شکل ۳-۳۴ : جریانهای ثانویه برای سری ۱۵ درجه..... ۱۰۳
شکل ۳-۳۵ : نیمرخهای سرعت برای سری ۲۰ درجه با نسبت ظرافت ۳/۶ ..... ۱۰٤
شکل ۳-۳۶ : خطوط تراز سرعت برای سری ۲۰ درجه با نسبت ظرافت ۳/۶..... ۱۰٤
شکل ۳-۳۷ : نیمرخهای تنش رینولدز برای سری ۲۰ درجه با نسبت ظرافت۳/۶..... ۱۰٦

شکل ۳-۳۸ : مقایسه نیمرخهای سرعت برای سری ۲۰ درجه با نسبت ظرافت ۲ و ۳/۶ ..... ۱۰۷

عنوان **فهرست جدول** **شماره صفحه**

جدول۱ ۱ دانه بندی ذرات بستر در آزمایش.....۴۶
جدول۲-۲: پارامترهای هیدرولیکی سری های آزمایشی.....۵۵
جدول۲-۳: مقایسه دو روش میانگین‌گیری دوگانه.....۶۰
جدول ۳-۱ : نتایج آنالیز کوادرانت برای سری ۵ درجه با و بدون پوشش گیاهی دیواره.....۸۱
جدول ۳-۲ : نتایج آنالیز کوادرانت برای سری ۲۰ درجه با نسبت ظرافت ۲ و ۳/۶.....۱۰۸
جدول ۳-۳ : نتایج آنالیز کوادرانت برای سری ۵ و ۲۰ درجه.....۱۰۹
جدول ۳-۴ : حداکثر سرعت نسبی برای سری‌های آزمایشی.....۱۱۰

دوازده

چکیده

اشکال بسترو پوشش گیاهی دیوار تأثیر بسزایی بر ساختار جریان در مجاری طبیعی و رودخانه ها دارند. هر چند تأثیر پوشش گیاهی دیواره بر ساختار جریان در برخی عوامل زیست محیطی رودخانه ها از جمله شکل های بستر هنوز روشن نیست. تعامل هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر برهم کنش شکل بستر مقعر با پوشش گیاهی جداره در کانال‌های باریک، بر ساختار جریان، شدت توربولانس و تنش های رینولدز می‌باشد. آزمایش‌ها در یک کانال مستطیلی به طول ۸ متر و عرض ۴۰ و عمق ۶۰ سانتی‌متر صورت گرفت. در این تحقیق اندازه‌گیری سرعت توسط دستگاه سرعت سنج صوتی ADV انجام شد. قطرمیانه ذرات بستر۱۰ میلی‌متر و پوشش گیاهی مورد استفاده ساقه‌های برنج بود. آزمایش در قالب ۱۰ سری آزمایشی برای ۴ زاویه شکل بستر، دو نسبت ظرافت و در دو حالت با و بدون پوشش گیاهی انجام شد. نتایج نشان داد که اثر تغییر زاویه یا گرادیان بستر بر جریان کندشونده بیشتر از جریان تندشونده است. در زوایای ۱۵ و۲۰ درجه مقادیر منفی سرعت مشاهده می‌شوندکه موجب تقویت جریان‌های برگشتی می‌شود. همچنین با نزدیک شدن به دیواره با پوشش گیاهی مقادیر منفی تنش در سطح آب مشاهده می‌شوند. انالیز کوادرانت نشان می دهد که مقادیر منفی ناشی از غالب بودن پدیده های درونی و بیرونی است. کاهش نسبت ظرافت باعث رخداد تنش ماکزیمم نزدیک بستر می‌شود، هر چند با افزایش نسبت ظرافت، حداکثر تنش رینولدز و شدت آشفتگی در نزدیکی سطح آب افزایش می‌یابند.

واژه های کلیدی: شکل بستر، تنش رینولدز، پوشش گیاهی دیوار، ساختار جریان، انالیز کوادرانت

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

۱-۱مقدمه

اگر به تاریخ تمدن انسان نگاهی بیندازیم بی‌شک به نقش مهم رودخانه‌ها در ایجاد اولین جوامع انسانی پی‌خواهیم برد. اهمیت رودخانه‌ها در زندگی بشر به‌حدی است که بسیاری تمدن‌ها در اثر تغییر در رفتار رودخانه‌ها نظیر طغیان یا خشک شدن ازبین رفته‌اند. به همین دلیل بشر همواره به دنبال یافتن رازهای رودخانه در جهت کنترل و بهره‌برداری بیشتر و بهتر از آن بوده است. در این راستا بتدریج کندوکاوهای بشر در این موضوع به علمی به نام مهندسی رودخانه منجر شد.

در یک تعریف، مهندسی رودخانه را می توان علم مطالعه وضعیت رودخانه‌ها و برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای پروژه-هایی در جهت بهبود یا تغییر وضعیت رودخانه به منظور برآورد نیازهای عمرانی دانست.

در این میان مطالعه رودخانه‌های شنی بخش قابل توجهی از این تحقیقات را به خود اختصاص داده است. این نوع رودخانه‌ها نمایشی از آشفتگی طبیعی و آشفتگی آنتروپی[۱] هستند.

---

[۱] Antropogenic Disturbance

یکی از زیر شاخه‌های مهندسی رودخانه که نقش مهمی در پیش بینی رفتار رودخانه دارد مورفولوژی رودخانه است. این شاخه به شناخت ویژگی‌های هندسی و خصوصیات فیزیکی رودخانه نظیر توپوگرافی و شکل بستر و برهم‌کنش آن با خصوصیات جریان نظیر سرعت و مقاومت جریان می‌پردازد. مواردی چون رانش زمین، انسداد جریان به خاطر تجمع شاخ و برگ یا تنه درختان، تعلیق رسوبات به‌خاطر احداث سدها و سازه‌های انحرافی ،آتش‌سوزی جنگلها و فعالیت‌های دیگری که پایداری دیواره ها را تحت الشعاع قرار می-دهند می‌توانند خصوصیات مورفولوژیکی رودخانه را تغییر دهند. دینامیک سه بعدی جریانهای طبیعی در سیستم رودخانه شکل‌های مختلفی از بستر را بوجود می آورد. تقریباً همزمان با شروع حرکت ذرات بستر در رودخانه‌ها، شکل‌های مختلف بستر شروع به شکل‌گیری می‌کنند. در مقیاس افقی یا پلان، یک رودخانه می‌تواند هر شکلی را بطور پیوسته به خود بگیرد. رودخانه‌های پیچان[۱] و شریانی[۲] از جمله این اشکال هستند. توسعه این اشکال به ذخیره آب اولیه ، شیب کانال، مقاومت دیواره کناری، ذخیره-رسوب و ظرفیت حمل رسوب رودخانه بستگی دارد[۵۵]. در مقیاس عمودی، نوسانات بستر به شکلی دیگر به تبیین مورفولوژی رودخانه می‌پردازند. در رودخانه‌ها ایجاد و توسعه شکل‌های بستر با سلسله روابط پیچیده‌ای همراه است. در واقع نیروهای هیدرودینامیک باعث آغاز حرکت ذره رسوب شده و در ادامه، این اشکال تأثیر بسزایی بر ساختار جریان می‌گذارند. اشکال بستر با توجه به رژیم جریان ونوع رودخانه صور مختلفی دارند که شکنج ها[۳]، تلماسه‌ها[۴]، پادتلماسه‌ها[۵]، تندآبها و گودابها[۶] از آن جمله‌اند. در این میان اشکال بستر محدب[۷] و مقعر[۸] در گستره وسیعی از رودخانه‌ها و رژیم‌های جریان مشاهده می-شوند. آنچه در جریان‌های طبیعی به عنوان اشکال محدب و مقعر شناسایی می شود شامل دسته وسیعی از انواع

---

[۱] Meander
[۲] Braided
[۳] Ripples
[۴] Dunes
[۵] Antidunes
[۶] Chutes and pools
[۷] Riffle
[۸] pool

اشکال می شود که بعضی در رودخانه‌های آبرفتی[۱]، بعضی در رودخانه‌های شنی و دسته‌ای دیگر در رودخانه‌های قلوه‌سنگی مشاهده می‌شوند و بر همین اساس منشأ اولیه تشکیل این اشکال متفاوت است. در رودخانه‌های قلوه‌سنگی که تخته‌سنگ‌ها از دامنه دره رودخانه در اثر سیلاب یا لغزش، به داخل رودخانه منتقل می‌شوند، شرایط برای ایجاد نواحی کم فشار در پشت تخته‌سنگ‌ها فراهم شده و به مرور زمان، اشکال مقعر ایجاد می‌شوند.

در مورد نحوه ایجاد و توسعه این اشکال در رودخانه‌های شنی نظریات مختلفی وجود دارد که مهمترین آنها نظریه برگشت سرعت[۲] است که توسط کلر[۳] در سال ۱۹۷۱ ارائه شد[۴۹]. اشکال مقعر، با عمق زیاد و با سرعت کم جریان شناسایی می‌شوند. این اشکال زیستگاه مناسبی برای آبزیان به شمار می‌روند و کلید موفقیت بسیاری پروژه های ترمیم و بهسازی رودخانه محسوب می‌شوند (هانتر[٤] ۱۹۹۱). ساختار جریان توسعه یافته در اشکال مقعر بر روی مقاومت جریان، انتقال رسوب و پایداری پلان رودخانه موثر است.

علاوه بر تأثیر اشکال بستر بر ساختار جریان و پارامترهای هیدرولیکی آن، اثر پوشش گیاهی بستر و دیواره کانال نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. تابحال اثر پوشش گیاهی از جنبه‌های مورفولوژیکی[٥]، اکولوژیکی[٦] و هیدرولوژیکی[۷] مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجا که پوشش گیاهی می‌تواند بر انتقال رسوب مؤثر باشد و باعث تغییر سرعت متوسط و ساختار جریان در کانال شود، لذا آگاهی از هیدرولیک جریان در پوشش گیاهی، در مدیریت فرآیندهای رودخانه‌ای بسیار اهمیت دارد. عمده مطالعات در زمینه مکانیک سیالات زیست محیطی[۸] با در نظر گرفتن اثر پوشش گیاهی انجام شده است. اخیراً اهمیت پوشش گیاهی در رودخانه‌ها وتالاب‌ها

---

[۹] Alluvial rivers
[۱] Velocity reversal hypothesis
[۲] Keller
[۳] Hunter
[٤] Morphological
[٥] Ecological
[٦] Hydrological
[۷] Environmental fluid mechanics