بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی آب و خاک

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی‌ارشد در رشته
سازه‌های آبی

مدل‌سازی توزیع عرضی تنش برشی بستر در رودخانه‌ها

پژوهش و نگارش:
فاطمه هوشمندی

استاد راهنما:
دکتر عبدالرضا ظهیری

اساتید مشاور:
دکتر امیراحمد دهقانی
دکتر مهدی مفتاح هلقی

تابستان ۱۳۹۲

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود؛ بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱- قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
۲- قبل از چاپ پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
۳- انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **فاطمه هوشمندی** دانشجوی رشته **سازه‌های آبی** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

تقدیم به مهربان فرشتگانی که:

لحظات ناب باور بودن

لذت و غرور دانستن

جسارت خواستن

عظمت رسیدن

و

تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست.

تشکر و قدردانی

سپاس بی پایان آفریننده ای را سزد که لذت بودن، احساس کردن و اندیشیدن را به من بخشید و روح آفریننده اش را در من به ودیعه نهاد.

سپاس فراوان از حامیان همیشه در کنارم، خانواده ام که بودنم را در آغوش گرمشان آغاز کردم و راهم را در رسیدن به هدفم هموار کردند تا در راستای رسیدن به آن گام بردارم.

و اما بعد، وظیفه خود میدانم که از مجموعه زحمات بی دریغ استاد محترم جناب آقای دکتر عبدالرضا ظهیری تشکر و قدردانی نمایم که بی شبهه و اغراق اگر هدایت عالمانه و حمایت مشفقانه ایشان نبود، این وجیزه هرگز بسامان نمی شد. همچنین مراتب ارادت و امتنان خود را به استادان گرامی جناب آقای دکتر امیراحمد دهقانی و جناب آقای دکتر مهدی مفتاح تقدیم میکنم که بواقع معنای مشورت و معاضدت را در حق این ناتوان به اتمام رساندند. بعلاوه استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر محمد عبدالحسینی را شایسته سپاس میدانم که با داوری سخته و به مقیاس خود، موجبات هرچه پربارتر شدن این پایان نامه را فراهم کردند.

و سرانجام از دوستان عزیز و مهربانم سپاسگزارم که همراهی و حضور سبزشان، لحظه لحظه عمر مرا سرشار از طراوت و سرسبزی کرده است.

چکیده

تنش برشی بستر در بسیاری از معادلات هیدرولیکی انتقال رسوب و مدل‌های آشفتگی، تعیین بازه‌های پایدار رودخانه‌ها، فرسایش دیواره‌ها و کف رودخانه و نیز مورفولوژی رودخانه کاربرد دارد. علاوه بر این، آگاهی از توزیع تنش برشی بستر در عرض رودخانه در پیش‌بینی تغییرات هندسی مقطع رودخانه نیز لازم و ضروری است. با وجود اهمیت زیاد تنش برشی بستر، متأسفانه اندازه‌گیری مستقیم تنش برشی در رودخانه‌ها به ویژه در هنگام وقوع سیل بسیار دشوار است. از این‌رو محققین روش‌هایی را برای محاسبه غیرمستقیم این مشخصه مهم ارائه داده‌اند. در این پژوهش از سه روش برای پیش‌بینی توزیع تنش برشی مرزی در عرض کانال‌های روباز استفاده شده و نتایج آنها با داده‌های آزمایشگاهی کانال‌های ساده و مرکب مقایسه شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مدل شبه دوبعدی شیونو و نایت (SKM) با توجه به درنظر گرفتن اثر جریان‌های ثانویه، دارای دقت بهتری نسبت به روش‌های عمودهای بهم پیوسته (MPM) و عمق قائم (VDM) است. متوسط خطای نسبی این سه روش برای محاسبه تنش برشی در کانال‌های آزمایشگاهی ساده و مرکب مورد مطالعه در این تحقیق به ترتیب ۸، ١٤، ١٨ درصد محاسبه شده است. برای دخالت اثر جریان‌های ثانویه در کانال‌های مورد مطالعه، دو روش شیونو و نایت (۱۹۹۱) و آبریل (۱۹۹۷) بکار گرفته شده و نتایج این دو روش با داده‌های آزمایشگاهی تنش برشی در کانال‌های مرکب مقایسه شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که روش شیونو و نایت برای تأثیر جریان‌های ثانویه دارای دقت بیشتری است. همچنین مشخص شد که جریان‌های ثانویه به‌ویژه برای تعیین تنش برشی دارای اهمیت زیادی بوده و عدم در نظر گرفتن اثر آنها، تا ٤٠ درصد در محاسبه تنش برشی مرزی خطا ایجاد می‌کند. در این تحقیق با واسنجی توزیع عرضی سرعت بدست آمده از مدل SKM در رودخانه میناب در ایستگاه برنطین، توزیع تنش برشی بستر در عرض رودخانه محاسبه شده و تغییرات هندسه مقطع عرضی در طول زمان تحلیل شده است.

واژه‌های کلیدی: تنش برشی مرزی، مدل ریاضی شبه دوبعدی، مقاطع مرکب، جریان‌های ثانویه، رودخانه میناب

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ ضرورت تحقیق ۳

۱-۳ اهداف تحقیق ٤

۱-٤ محدوده و فرضیات تحقیق ٥

۱-٥ نحوه تدوین تحقیق ٥

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ مروری بر تحقیقات گذشته ۹

۲-۲-۱ سابقه مطالعات هیدرولیک جریان در مجاری روباز ۹

۲-۲-۲ مروری بر روش‌های مختلف محاسبه غیرمستقیم تنش برشی ۱۱

۲-۲-۳ مروری بر مدل SKM و بکارگیری آن در زمینه‌های مختلف ۱٦

۲-۳ جمع‌بندی ۱۸

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱ مقدمه ۲۰

۳-۲ هیدرولیک جریان در مجاری روباز ۲۰

۳-۲-۱ جریان‌های ثانویه ۲۱

۳-۲-۱-۱ روش‌های محاسبه جریان ثانویه ۲۱

۳-۲-۱-۱-۱ روش شیونو و نایت ۲۲

۳-۲-۱-۱-۲ روش آبریل ۲۲

۳-۲-۱-۱-۳ روش اروین و همکاران ۲۳

۳-۲-۱-۱-٤ روش کردی ۲٤

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۲-۲ تبادل مومنتوم و پدیده اثر متقابل در مقاطع مرکب مستقیم ۲۹
۳-۲-۲-۱ عوامل مؤثر بر پدیده اثر متقابل جریان ۳۱
۳-۲-۲-۱-۱ چرخش‌های فصل مشترک ۳۱
۳-۲-۲-۱-۲ جریان‌های ثانویه حلزونی ۳۲
۳-۲-۲-۲ پارامترهای اصلی مؤثر بر پدیده اثر متقابل جریان ۳۳
۳-۳ روش‌های محاسبه و پیش بینی تنش برشی بستر ۳٤
۳-۳-۱ روش‌های یک‌بعدی ۳٤
۳-۳-۲ روش‌های دوبعدی ۳۵
۳-۳-۲-۱ روش‌های هندسی برای محاسبه تنش برشی بستر ۳۵
۳-۳-۲-۱-۱ روش عمق قائم (VDM) و دیگر روش‌های مشابه ۳۵
۳-۳-۲-۱-۲ روش عمودهای بهم پیوسته (MPM) ۳٦
۳-۳-۲-۲ مدل دوبعدی توزیع عرضی سرعت و تنش SKM ۳۷
۳-۳-۲-۲-۱ حل تحلیلی مدل ریاضی SKM ٤۰
۳-۳-۲-۲-۲ حل عددی مدل ریاضی SKM ٤۲
۳-۳-۳ روش‌های سه‌بعدی ٤۵
۳-٤ روش محاسبه تنش بحرانی ٤۵
۳-۵ داده‌های آزمایشگاهی و رودخانه‌ای مورد استفاده در این تحقیق ٤۷
۳-۵-۱ کانال‌های آزمایشگاهی ٤۷
۳-۵-۲ رودخانه میناب ٤۸
۳-٦ جمع‌بندی ٤۹

فصل چهارم: نتایج و بحث

٤-۱ مقدمه ۵۲
٤-۲ مقایسه روش‌های محاسبه تنش برشی ۵۲
٤-۳ مقایسه روش‌های دخالت اثر جریان ثانویه شیونو و نایت (۱۹۹۱) و آبریل (۱۹۹۷) ۵۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

٤-٤ مقایسه مقادیر محاسباتی حاصل از مدل حاضر با نتایج آزمایشگاهی ٦٠
٤-٥ رودخانه میناب ٦٢
٤-٥-١ مدل‌سازی توزیع عرضی سرعت ٦٢
٤-٥-١-١ واسنجی مدل ریاضی ٦٢
٤-٥-١-٢ صحت‌سنجی مدل ریاضی ٦٤
٤-٥-٢ مدل‌سازی توزیع تنش برشی در عرض رودخانه ٦٥
٤-٥-٣ تحلیل تغییرات عرضی رودخانه بر اساس تنش برشی بحرانی ٦٧
٤-٥-٣-١ سیلاب ٢٠ اسفندماه ١٣٧٤ ..... ٦٧
٤-٥-٣-٢ سیلاب ١١ اسفندماه ١٣٧٤ ..... ٦٨
٤-٥-٤ بررسی صحت نتایج ٦٩
٤-٥-٤ -١ سیلاب ٢٠ اسفندماه ١٣٧٤ ..... ٦٩
٤-٥-٤ -٢ سیلاب ١١ اسفندماه ١٣٧٤ ..... ٧٠
٤-٦ جمع‌بندی ٧١

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

٥-١ مقدمه ٧٤
٥-٢ نتیجه‌گیری ٧٤
٥-٣ پیشنهادها ٧٥

منابع ٧٨

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱) مشخصات انواع مقاطع مرکب (ساموئل، ۱۹۸۹) ۳٤
جدول (۳-۲) داده‌ها و مشخصات مقاطع آزمایشگاهی ٤۸
جدول (٤-۱) مقادیر متوسط تنش برشی از روش معمول در کانال‌های آزمایشگاهی مورد نظر ۵۹
جدول (٤-۲) خطای نسبی تنش برشی با روش‌های مختلف محاسبه جریان ثانویه ٦۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۱) وقوع سرعت طولی حداکثر در نزدیکی سطح آب (نایت و همکاران، ۲۰۰۷) ۱۰
شکل (۲-۲) روش ترسیمی لیگلی جهت تعیین تنش برشی در مجاری طبیعی ۱۱
شکل (۲-۳) نواحی چند گانه تقسیم شعاع هیدرولیکی به روش انشتین ۱۲
شکل (۲-٤) توزیع نیروی مالشی در یک کانال ذوزنقه‌ای ۱۳
شکل (۲-۵) حداکثر نیروی مالشی در کف و دیواره بر حسب $\gamma\, yS_f$ ۱۳
شکل (۲-٦) مقایسه نتایج آزمایشگاهی با اولین و دومین تقریب برای متوسط تنش برشی بستر در مطالعات گو و جولین ۱۵
شکل (۲-۷) مقایسه نتایج آزمایشگاهی با اولین و دومین تقریب برای متوسط تنش‌برشی جداره‌ها در مطالعات گو و جولین ۱٦
شکل (۳-۱) پارامترهای هیدرولیک جریان در رودخانه طبیعی (اروین و همکاران، ۲۰۰۰) ۲۲
شکل (۳-۲) مشخصات یک مقطع مرکب منظم ۲۳
شکل (۳-۳) محدوده جریان‌های چرخشی در مقاطع مرکب ۲٤
شکل (۳-٤) تقسیم‌بندی مقطع مرکب بر اساس جریان‌های ثانویه در کانال‌های آزمایشگاهی (تومیناگا و نزو، ۱۹۹۱) ۲۵
شکل (۳-۵) تغییرات ضریب K_{max} نسبت به عمق نسبی ۲۵
شکل (۳-٦) جزئیات مشخصات ناحیه ۲ ..... ۲٦
شکل (۳-۷) نمودار ضریب β نسبت به y/L_2 و D_r در ناحیه ۲ ..... ۲۷
شکل (۳-۸) جزئیات مشخصات ناحیه ۳ ..... ۲۸
شکل (۳-۹) تغییرات ضریب a نسبت به عمق نسبی در ناحیه ۳ ..... ۲۸
شکل (۳-۱۰) نمودار ضریب β نسبت به (y/L_3) و D_r در ناحیه ۳ ..... ۲۸
شکل (۳-۱۱) مکانیسم جریان در مقاطع مرکب (شیونو و نایت، ۱۹۹۱) ۳۰
شکل (۳-۱۲) جریان‌های چرخشی در حد فاصل بین کانال اصلی و دشت سیلابی ۳۲
شکل(۳-۱۳) آشفتگی و اختلاط جریان در فصل مشترک بین مقطع اصلی و دشت سیلابی ۳۳
شکل (۳-۱٤) الف- روش عمق قائم، ب- روش سطوح قائم، پ- روش عمق عمودی، ت- روش سطوح عمودی ۳٦

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۳-۱۵) الگوی شماتیک روند محاسبات در روش MPM ۳۷
شکل (۳-۱۶) تقسیم بندی مقطع عرضی کانال ٤١
شکل (۳-۱۷) گره‌بندی محاسباتی مقطع عرضی کانال جهت محاسبه توزیع عرضی سرعت..... ٤٣
شکل (۳-۱۸) عدد شیلدز تابعی از رینولدز برشی ذره و نـوع انتقالات رسوب در رودخانه‌های آبرفتی، آلن (۱۹۸۲)..... ٤٧
شکل (۳-۱۹) موقعیت ایستگاه برنطین در مسیر رودخانه میناب ٤٨
شکل (٤-۱) مقایسه روش‌های پیش‌بینی توزیع عرضی تنش برشی در کانال ذوزنقه‌ای مطالعاتی لین (۱۹۵۳)، عمق ۰/۳ متر..... ۵۳
شکل (٤-۲) توزیع عرضی تنش برشی پیش‌بینی شده با مدل SKM در کانال ذوزنقه‌ای مطالعاتی لین (۱۹۵۳)، عمق ۰/۳ متر..... ٥٤
شکل (٤-۳) مقایسه روش‌های پیش‌بینی توزیع عرضی تنش برشی در کانال آزمایشگاهی FCF-04، عـمـق ۰/۲۱۳ متر..... ۵۵
شکل (٤-٤) توزیع عرضی تنش برشی پیش‌بینی شده با مدل SKM در کانال آزمایشگاهی FCF-04، عـمـق ۰/۲۱۳ متر..... ۵۵
شکل (٤-۵) مقایـسه روش‌های پیش‌بینی توزیع عرضی تنش برشـی در کانال آزمایشگاهی FCF-03 عـمـق ۰/۲٤۸ متر..... ٥٦
شکل (٤-٦) توزیع عرضی تنش برشی پیش‌بینی شده با مدل SKM در کانال آزمایشگاهی FCF-03، عـمـق ۰/۲٤۸ متر..... ٥٦
شکل (٤-۷) مقادیر مشاهداتی و محاسباتی تنش برشی برای کانال آزمایشگاهی FCF-03، عمق ۰/۲٤۸ متر... ۵۷
شکل (٤-۸) توزیع عرضی تنش برشی در کانال آزمایشگاهی FCF-01، عمق۰/۱٦۵ متر ۵۸
شکل (٤-۹) توزیع عرضی تنش برشی در کانال آزمایشگاهی FCF-02، عمق، ۰/۱٦۹ متر..... ۵۸
شکل (٤-۱۰) توزیع عرضی تنش برشی در کانال آزمایشگاهی FCF-03، عمق ۰/۲۱۵ متر ۵۹
شکل (٤-۱۱) توزیع تنش برشی و سرعت متوسط در عمق، مقطع FCF-04، ارتفاع ۰/۱٦٦ متر ٦١
شکل (٤-۱۲) توزیع تنش برشی و سرعت متوسط در عمق، مقطع FCF-02، ارتفاع ۰/۱۷۸ متر ٦١
شکل (٤-۱۳) توزیع تنش برشی و سرعت متوسط در عمق، مقطع FCF-06، ارتفاع ۰/۱٦۵ متر ٦٢

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (٤-١٤) نتایج توزیع عرضی سرعت جریان بدست آمده از مدل SKM در مرحله واسنجی (دبی سیلابی ٣١٨) ٦٣

شکل (٤-١٥) نتایج توزیع عرضی سرعت جریان بدست آمده از مدل SKM در مرحله واسنجی (دبی سیلابی ١١٩٢) ٦٤

شکل (٤-١٦) نتایج توزیع عرضی سرعت جریان بدست آمده از مدل SKM در مرحله صحت‌سنجی (دبی سیلابی ٢٩٠)..... ٦٤

شکل (٤-١٧) نتایج توزیع عرضی سرعت جریان بدست آمده از مدل SKM در مرحله صحت‌سنجی (دبی سیلابی ١٢٥٤) ٦٥

شکل (٤-١٨) توزیع عرضی تنش برشی حاصل از مدل SKM و مقدار تنش بدست آمده از رابطه معمول (٢٠ اسفند) ٦٦

شکل (٤-١٩) توزیع عرضی تنش برشی حاصل از مدل SKM و مقدار تنش بدست آمده از رابطه معمول (١١ اسفند) ٦٦

شکل (٤-٢٠) توزیع عرضی تنش برشی حاصل از مدل SKM و مقدار تنش برشی بحرانی (٢٠ اسفند) ٦٨

شکل (٤-٢١) توزیع عرضی تنش برشی حاصل از مدل SKM و مقدار تنش برشی بحرانی (١١ اسفند) ٦٩

شکل (٤-٢٢) تغییرات هندسه مقطع عرضی رودخانه میناب در ایستگاه برنطین، سیلاب ٢٠ اسفندماه ١٣٧٤ ..... ٧٠

شکل (٤-٢٣) تغییرات هندسه مقطع عرضی رودخانه میناب در ایستگاه برنطین، سیلاب ١١ اسفندماه ١٣٧٤..... ٧١

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

تنش برشی مرزی[1] یکی از مهم‌ترین پارامترها برای توسعه کاربردی و مطالعات بنیادی در مکانیک سیالات و هیدرولیک جریان می‌باشد (خداشناس و پاکویر[2]، ۱۹۹۹). در برخی موارد نظیر مطالعات حمل رسوب، تعیین بازه‌های پایدار در رودخانه و طرح‌های کنترل فرسایش سواحل، توزیع عرضی پارامترهای سرعت جریان و تنش برشی اهمیت فراوانی دارند (ظهیری و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین برای شبیه‌سازی تغییرات هندسه رودخانه‌ها، آگاهی از توزیع تنش برشی در کف و جداره رودخانه ضروری است. توزیع عرضی تنش برشی بستر، شناخت بهتری از الگوی فرسایش یا رسوبگذاری در عرض رودخانه ارائه خواهد نمود، به ویژه در هنگام وقوع سیلاب که اندازه‌گیری سرعت‌ها، کاری خطرناک و وقت‌گیر است.

ضرورت مهار سیلاب و کاهش خطرات آن بر کسی پوشیده نیست. خسارات ناشی از سیل و طغیان رودخانه‌ها در کشور، همه ساله بخش قابل توجهی از اعتبارات مربوط به حوادث و بلایای طبیعی را به خود اختصاص می‌دهد. علاوه بر این، دامنه وسیعی از مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نیز تحت تأثیر این پدیده قرار می‌گیرند. اولین قدم در طراحی و مدیریت بهینه روش‌های کنترل سیلاب، شناسایی درست و مناسب رفتار رودخانه در هنگام وقوع سیل است. در اغلب طرح‌های مهندسی رودخانه از قبیل روندیابی سیل، تعیین حد بستر و حریم رودخانه و ...، محاسبه مقادیر متوسط پارامترهای هیدرولیکی مقطع رودخانه (سرعت جریان، عمق آب و تنش برشی) کفایت می‌کند. این نتایج با استفاده از مدل‌های ریاضی یک‌بعدی جریان دائمی نظیر HEC-RAS، MIKE11، ISIS و HEMET قابل استخراج می‌باشد. مشکل و محدودیت اصلی این مدل‌های ریاضی این است که متغیرهای هیدرولیکی را فقط در جهت طولی محاسبه کرده و توزیع عرضی و عمقی متغیرها را در نظر نمی‌گیرند. همچنین از نظر دقت نیز دارای محدودیت می‌باشند. در برخی موارد نظیر مطالعات حمل رسوب، تعیین بازه‌های فرسایشی و رسوبگذار در عرض رودخانه، طرح‌های کنترل فرسایش سواحل و تعیین سرعت جریان در مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی رودخانه، توزیع عرضی یا عمقی پارامترهای سرعت جریان و تنش برشی اهمیت فراوانی دارند. به این منظور در این طرح‌ها استفاده از مدل‌های ریاضی دوبعدی و سه‌بعدی اجتناب‌ناپذیر است. مدل‌های ریاضی MIKE-21C، SSIIM،

[1] Boundary shear stress
[2] Paquier

SMS، FLUENT، TELEMAC و DELFT3D از این گروه هستند. این مدل‌ها، اگرچه فیزیک و مکانیسم جریان را با دقت بیشتری شبیه‌سازی می‌کنند، اما به دلیل نیاز به اطلاعات دقیق مرزهای جریان، ضرایب ثابت و اندازه‌گیری‌های فراوان میدان سرعت جریان در جهات طولی و عرضی و نیز حجم بالای حافظه کامپیوتر، فعلاً برای کاربردهای معمول مهندسی توصیه نشده‌اند. عملاً این‌گونه مدل‌های ریاضی فقط برای بازه‌های رودخانه‌ای بسیار کوتاه و نیز در مجاورت سازه‌های هیدرولیکی مهم (نظیر آبگیرها، ایستگاه‌های پمپاژ، سرریزها، آب‌شکن‌ها، پایه‌های پل و ...) قابل استفاده هستند. با این شرایط، بایستی راهکار میانبری را اتخاذ کرد. در این تحقیق، راهکار مناسب و بهینه‌ای برای حل توزیع عرضی تنش ارائه شده که از نظر سادگی و دقت، قابل توجه است، به این منظور از مدل ریاضی شبه دوبعدی که حاصل تحقیقات شیونو[1] و نایت[2] (۱۹۸۸ و ۱۹۹۱) می‌باشد جهت برآورد توزیع عرضی تنش برشی استفاده شده است. از میان روش‌های موجود تخمین سرعت متوسط عمقی و تنش برشی، فقط روش شیونو و نایت (SKM[3]) قادر به مدل‌سازی جریان با در نظرگرفتن پارامتر جریان ثانویه[4] می‌باشد (بهداد و همکاران، ۱۳۸۹). در این پایان‌نامه علاوه بر مدل SKM، روش‌های مختلفی برای تخمین تنش برشی کف در کانال‌های روباز مورد استفاده قرار خواهد گرفت و با نتایج مدل SKM مقایسه خواهد شد.

۱-۲ ضرورت تحقیق

تنش برشی یکی از مهمترین پارامترهای جریان در کانال‌های روباز می‌باشد و در بسیاری از معادلات هیدرولیکی انتقال رسوب، آشفتگی، فرسایش دیواره‌ها و کف کانال و نیز مورفولوژی رودخانه کاربرد دارد. همچنین تعیین توزیع عرضی سرعت و تنش برشی بستر برای محاسبه مقدار حداکثر دبی سیلاب و نیز حمل رسوب به منظور طراحی سازه‌های رسوب‌گیر، احداث خاکریزهای کنترل سیلاب، مطالعات مهندسی رودخانه، انجام عملیات لایروبی رودخانه‌ها و نیز انتقال مواد آلاینده لازم و ضروری است. شبیه‌سازی جریان در کانال‌های مرکب یا رودخانه‌های طبیعی از مهمترین مسائلی است که برای کاهش خطرات سیلاب و همچنین مدیریت دشت‌های سیلابی به آن پرداخته

[1] Shiono
[2] Knight
[3] Shiono and Knight Method
[4] Secondary flow

می‌شود. به دلیل پیچیدگی ساختار جریان در زمان سیلاب استفاده از مدل‌های ریاضی یک‌بعدی منطقی نبوده و نتایجی توأم با خطا ارائه می‌نمایند. برای این منظور، استفاده از مدل‌های ریاضی دوبعدی و شبه دوبعدی ارجحیت داشته و همچنین با توجه به اینکه اندازه‌گیری توزیع تنش برشی در رودخانه‌ها بسیار زمانبر و پرهزینه است، نتایج مدل‌های شبه دوبعدی بسیار ارزشمند و کاربردی خواهد بود و وضعیت رودخانه از نظر فرسایش و رسوبگذاری به صورت تقریبی مشخص خواهد شد.

سؤالات اصلی این تحقیق به صورت زیر است:

۱- کدام یک از روش‌های بیان شده، توزیع عرضی تنش برشی را با دقت بهتری ارائه می‌کند؟

۲- کدام یک از روش‌های محاسبه جریان ثانویه، مناسب‌تر است؟

۳- عملکرد بهترین مدل در رودخانه‌های طبیعی به چه صورت است؟

٤- آیا می‌توان تحلیل درستی از تغییرات هندسه مقطع عرضی رودخانه در طول زمان ارائه نمود؟

۱-۳ اهداف تحقیق

بررسی کارایی یک مدل ریاضی که بتواند هیدرولیک جریان (توزیع سرعت و تنش) را محاسبه نماید حائز اهمیت می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه بیشتر تحقیقات در مقاطع ساده و مرکب آزمایشگاهی صورت گرفته است، ارزیابی صحت عملکرد بهترین مدل در رودخانه‌های طبیعی لازم می‌باشد. با توجه به موارد ذکر شده، تحقیق انجام شده به منظور پاسخگویی به اهداف زیر صورت گرفته است:

۱- کاربردی نمودن مدل ریاضی SKM با واسنجی آن با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و صحرایی موجود.

۲- تخمین تنش برشی بستر با مدل‌های موجود (VDM[1]، MPM[2] و SKM) و مقایسه نتایج آنها با مقادیر آزمایشگاهی و انتخاب بهترین روش.

۳- بررسی مبانی تئوری، نقاط قوت و محدودیت‌های بهترین مدل موجود از طریق به‌کارگیری آن در رودخانه‌های طبیعی مورد مطالعه.

٤- پیش‌بینی تقریبی تغییرات هندسه مقطع رودخانه در طول زمان.

[1] Vertical Depth Method
[2] Merged Perpendicular Method

۱-٤ محدوده و فرضیات تحقیق

این تحقیق برای کانال‌ها و رودخانه‌های با مقطع ساده و مرکب و مسیر مستقیم پیشنهاد شده و از فرآیند فرسایش و رسوبگذاری صرف نظر شده است و همچنین روابط حاکم بر فرآیندهای مربوط به هیدرولیک جریان در حالت دائمی و یکنواخت مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۵ نحوه تدوین تحقیق

تحقیق حاضر در پنج فصل به شرح زیر تدوین شده است:

فصل اول - مقدمه و کلیات: که شامل مقدمه، ضرورت مطالعه، اهداف و محدوده تحقیق و نحوه تدوین آن ارائه گردیده است.

فصل دوم - بررسی منابع: در این فصل خلاصه‌ای از تحقیقات انجام شده در زمینه برآورد تنش برشی و هیدرولیک جریان در مقاطع ساده و مرکب و رودخانه‌های مستقیم ارائه شده است.

فصل سوم - مواد و روش‌ها: مبانی نظری هیدرولیک جریان و خلاصه‌ای از تئوری روش‌های محاسبه تنش برشی در این فصل ارائه شده و معایب و مزایای هر کدام به طور کلی مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل چهارم - نتایج و بحث: در این فصل، نحوه حل تحلیلی و عددی معادله ریاضی شبه دوبعدی شیونو و نایت توضیح داده شده است. در بیان نتایج، ابتدا به ارزیابی نتایج روش‌های ارائه شده در برآورد تنش برشی در کانال‌های آزمایشگاهی پرداخته و سپس توزیع تنش برشی کف در عرض رودخانه با مناسب‌ترین روش پیش‌بینی شده است. سپس تغییرات هندسه مقطع عرضی رودخانه در طول زمان تحلیل شده است.

فصل پنجم - نتیجه‌گیری و پیشنهادها: این فصل دربرگیرنده نتایج بدست آمده از تحلیل‌ها به همراه پیشنهادهایی برای تحقیقات بعدی است.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱ مقدمه

یکی از مهمترین محاسبات جریان در کانال‌های روباز، تعیین تنش برشی بستر و میزان مقاومت هیدرولیکی در برابر جریان است. در حقیقت، جریان سیالات همواره با تنش برشی مرزی و همین‌طور مقاومت در برابر جریان و کاهش انرژی مواجه بوده است. تاریخچه تحقیقات انجام شده در رابطه با مقاومت هیدرولیکی در برابر جریان، به قرن چهارم قبل از میلاد و کشور یونان باز می‌گردد. دانشمندانی نظیر شزی[۱] (۱۷٦۹)، گانگیلت- کاتر[۲] (۱۸٦۹) و مانینگ[۳] (۱۸۹۱) تحقیقات گسترده‌ای را در رابطه با مقاومت هیدرولیکی در برابر جریان انجام دادند. مفهوم مقاومت جریان به صورت عملی‌تر توسط راس[٤] (۱۹٦۵) مورد بررسی قرار گرفت. از آن زمان تاکنون دانشمندان زیادی در رابطه با مقاومت هیدرولیکی در برابر جریان تحقیق کرده‌اند.

توزیع تنش برشی مرزی در طول محیط خیس شده یک کانال باز به صورت غیر یکنواخت بوده و تابع عواملی از قبیل شکل مقطع عرضی (لین[۵]، ۱۹۵۳؛ گش[٦] و روی[۷]، ۱۹۷۰؛ نایت و حامد[۸]، ۱۹۸٤؛ نایت و همکاران، ۱۹۹٤؛ یانگ[۹] و لیم[۱۰]، ۲۰۰۵)، توزیع زبری مرزی (گش و متا[۱۱]،۱۹۷٤؛ فلاندم[۱۲] و کارلینگ[۱۳]، ۱۹۸۸؛ نایت و همکاران، ۱۹۹۲) و شدت جریان‌های ثانویه (تومیناگا[۱٤] و همکاران، ۱۹۸۹؛ نزو[۱۵] و ناکاگاوا[۱٦]، ۱۹۹۳؛ موست[۱۷] و پتل[۱۸]، ۱۹۹۷؛ برلامونت[۱۹] و همکاران، ۲۰۰۳؛ نایت و همکاران، ۲۰۰۷) می‌باشد.

---

[1] Chezy
[2] Ganguillete-Kutter
[3] Manning
[4] Rouse
[5] Lane
[6] Ghosh
[7] Roy
[8] Hamed
[9] Yang
[10] Lim
[11] Mehta
[12] Flintham
[13] Carling
[14] Tominaga
[15] Nezu
[16] Nakagawa
[17] Muste
[18] Patel
[19] Berlamont