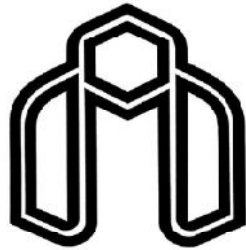


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده عمران و معماری
گروه عمران-سازه‌های هیدرولیکی

شبیه‌سازی عددی توزیع عرضی سرعت جریان در رودخانه‌های مئاندري سیلابی

دانشجو: حسین کردی

اساتید راهنما:

دکتر رامین امینی

دکتر عبدالرضا ظهیری

پایان‌نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

اردیبهشت ۱۳۹۰

تقدیر و تشکر:

از تمامی عزیزانی که بنوعی مرا در اتمام این پایان نامه هرچند اندک، یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌کنم. از زحمات اساتید راهنما آقایان دکتر رامین امینی و دکتر عبدالرضا ظهیری در تدوین پایان نامه سپاسگذاری می‌نمایم.

همچنین از آقایان دکتر احمدی و دکتر کیهانی که داوری این پایان نامه را برعهده داشتند صمیمانه تشکر و سپاسگذاری می‌کنم.

در آخر از والدین عزیزم نیز به جهت حمایت و پشتیبانی از اینجانب سپاسگذارم.

تعهد نامه

اینجانب حسین کردی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش سازه‌های هیدرولیکی دانشکده عمران و معماری دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه شبیه‌سازی عددی توزیع عرضی سرعت جریان در رودخانه‌های مئاندری سیلابی تحت راهنمایی دکتر رامین امینی به عنوان استاد راهنمای اول و دکتر عبدالرضا ظهیری به عنوان استاد راهنمای دوم متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرکی یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام << دانشگاه صنعتی شاهرود >> و یا << Shahrood University of Technology >> به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افراد که در به دست آوردن نتایج اصلی پایان‌نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق و نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحوی مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه / رساله بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در این تحقیق، روشی برای شبیه‌سازی سلول‌های جریان‌های ثانویه رودخانه‌های سیلابی مستقیم و مئاندر ارائه شده است. تعداد، موقعیت و جهت چرخش سلول‌های جریان‌های ثانویه نقش ویژه‌ای در شبیه‌سازی عددی توزیع عرضی سرعت ایفا می‌کنند. برای بهبود پیش‌بینی سرعت متوسط در عمق، جریان ثانویه به عنوان تابعی از تنش برشی بستر و سرعت جریان تعریف شده است. عدم دقت در پیش‌بینی روش شیونو ونایت (SKM Method) (۱۹۸۸) در فصل مشترک مقطع مرکب به علت نادیده گرفتن سلول‌های جریان ثانویه است. استفاده از روش SKM در مقاطع مرکب مستقیم و مئاندر با خطای زیادی همراه است. مدل‌های عددی پیشنهادی در مقاطع مرکب مستقیم و مئاندر، به ترتیب مبتنی بر مدل دوبعدی شیونو و نایت (۱۹۹۱) و مدل دوبعدی متوسط در عمق ناویه-استوکس در مختصات منحنی الخط بوده و همچنین مدل پیشنهادی با روش‌های شیونو و نایت (۱۹۹۱) و اروین و همکاران (۲۰۰۰) مقایسه شده است. در مقاطع مرکب مستقیم روش پیشنهادی دارای خطای نسبی ۵ درصد می‌باشد. روش پیشنهادی ضریب تعیین بهتری ($R^2=99\%$) را نسبت به روش اروین و همکاران با ضریب ۷۰ درصد ارائه کرده است. روش اروین و همکاران در فصل مشترک مقطع اصلی و دشت سیلابی دارای خطای قابل ملاحظه‌ایست. در مقاطع مرکب مئاندر مدل عددی با خطای نسبی ۶ درصد انطباق خوبی را با داده‌های مشاهداتی نشان می‌دهد. مدل عددی در مقاطع مرکب مئاندر ضریب تعیین ۹۵ درصد را نشان داده است. همچنین منحنی دبی-اشل محاسباتی مطابقت خوبی با مقادیر مشاهداتی دارد.

کلمات کلیدی: جریان ثانویه، سرعت متوسط در عمق، مقاطع مرکب مستقیم و مئاندر

مقالات مستخرج از پایان نامه:

۱. امینی، ر.، ظهیری، ع. و کردی، ح.، (۱۳۸۹)، "شبیه‌سازی پروفیل عرضی سرعت در رودخانه‌های سیلابی با استفاده از روابط بدون بعد جریان ثانویه" ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان.

۲. کردی، ح.، امینی، ر. و ظهیری، ع.، (۱۳۹۰)، "پیش‌بینی سرعت و دبی سیلاب در رودخانه‌های پیچانرود" چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

- ۱-۱- مقدمه ۲
- ۲-۱- ضرورت تحقیق ۶
- ۳-۱- اهداف تحقیق ۶
- ۴-۱- محدوده تحقیق ۷
- ۵-۱- روش انجام تحقیق ۷
- ۶-۱- نحوه تدوین تحقیق ۷

فصل دوم: سابقه تحقیق

- ۱-۲- مقدمه ۱۰
- ۲-۲- سابقه مطالعات هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب مستقیم ۱۰
- ۳-۲- سابقه مطالعات هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب مئاندر ۱۴
- ۴-۲- جمع بندی ۱۸

فصل سوم: مکانیسم جریان در مقاطع مرکب مستقیم و مئاندر

- ۱-۳- مقدمه ۲۰
- ۲-۳- تبادل مومنتوم و پدیده اثر متقابل در مقاطع مرکب مستقیم ۲۱
- ۳-۲-۳- عوامل موثر بر پدیده اثر متقابل جریان ۲۲
- ۳-۱-۲-۳- چرخش‌های فصل مشترک ۲۲
- ۳-۲-۱-۲-۳- جریان‌های ثانویه حلزونی ۲۲
- ۳-۲-۲- پارامترهای اصلی موثر بر پدیده اثر متقابل جریان ۲۴
- ۳-۳- مفهوم ضریب اصلاح دبی و کوهیرنس در مقاطع همگن و غیرهمگن ۲۶
- ۴-۳- لایه‌های برشی در مقاطع مرکب مستقیم ۲۷

- ۲۸-۵-۳ روش‌های محاسبه و پیش‌بینی دبی، سرعت و تنش برشی در مقاطع مرکب مستقیم
- ۲۸-۱-۵-۳ روش‌های یک‌بعدی در مقاطع مرکب
- ۲۸-۱-۱-۵-۳ روش مقطع واحد (SCM)
- ۲۹-۲-۱-۵-۳ روش تجزیه مقطع مرکب (DCM)
- ۳۱-۳-۱-۵-۳ روش تجزیه وزنی مقطع مرکب (WDCM)
- ۳۱-۴-۱-۵-۳ روش تبادل دبی (EDM)
- ۳۳-۵-۱-۵-۳ روش هیدرا-والنتین
- ۳۴-۶-۱-۵-۳ روش جمع مقاطع جزئی (SSM)
- ۳۴-۷-۱-۵-۳ روش DRC
- ۳۴-۸-۱-۵-۳ سایر روش‌های یک‌بعدی
- ۳۵-۹-۱-۵-۳ نرم‌افزارهای یک‌بعدی محاسبه‌ی دبی جریان
- ۳۶-۱۰-۱-۵-۳ مزایای مدل‌های یک‌بعدی در مقاطع مرکب
- ۳۶-۱۱-۱-۵-۳ نقاط ضعف مدل‌های یک‌بعدی
- ۳۷-۲-۵-۳ معادلات ناویه-استوکس متوسط در عمق
- ۴۲-۱-۲-۵-۳ مدل‌سازی تنش برشی و اصطکاک بستر
- ۴۴-۳-۵-۳ روش‌های دوبعدی در مقاطع مرکب
- ۴۵-۴-۵-۳ روش‌های سه‌بعدی در مقاطع مرکب
- ۴۶-۶-۳ توزیع عرضی سرعت در مقاطع مرکب به روش‌های دوبعدی
- ۴۶-۱-۶-۳ مدل توزیع عرضی سرعت راجاراتنام-احمدی
- ۴۷-۲-۶-۳ مدل دوبعدی توزیع عرضی سرعت وارک
- ۴۷-۳-۶-۳ مدل دوبعدی توزیع عرضی سرعت شیونو-نایت
- ۵۰-۷-۳ جریان ثانویه مقاطع مرکب مئاندر در مقطع اصلی (جریان پایه)
- ۵۳-۸-۳ مطالعات هیدرولیک جریان و تئوری مدل توزیع عرضی سرعت در مقاطع مرکب مئاندر
- ۵۵-۹-۳ توزیع عرضی سرعت در مقاطع مرکب مئاندر
- ۵۸-۱۰-۳ CFD در هیدرولیک مقاطع مرکب
- ۵۹-۱-۱۰-۳ معادلات مدل دوبعدی

۵۹	..... مدل متلاطم ۲-۱۰-۳
۶۰	..... حل عددی معادلات ناویه- استوکس ۳-۱۰-۳
۶۰	..... توزیع سرعت در خم ۴-۱۰-۳
۶۱	..... جمع بندی ۱۱-۳

فصل چهارم: ارائه الگویتیم جدید تعیین سرعت جریان در مقاطع مرکب مستقیم و مئاندر

۶۳	..... مقدمه ۱-۴
۶۳	..... مقاطع مرکب مستقیم ۲-۴
۶۳	..... مبانی مدل ریاضی دوبعدی ۱-۲-۴
۶۵	..... مبانی روش پیشنهادی ۲-۲-۴
۷۰	..... مقاطع مرکب مئاندر ۳-۴
۷۰	..... مدل ریاضی دوبعدی ۱-۳-۴
۷۰	..... مبانی روش پیشنهادی ۲-۳-۴
۷۳	..... حل عددی مدل دوبعدی متوسط در عمق ۴-۴
۷۷	..... داده‌های آزمایشگاهی و رودخانه‌ای ۵-۴

فصل پنجم: نتایج و بحث

۸۱	..... مقدمه ۱-۵
۸۱	..... مقایسه مقادیر محاسباتی حاصل از مدل حاضر با نتایج آزمایشگاهی ۲-۵
۸۱	..... مقاطع مرکب FCF-02 ۱-۲-۵
۸۴	..... مقاطع مرکب FCF-03 ۲-۲-۵
۸۵	..... مقاطع مرکب FCF-06 ۳-۲-۵
۸۷	..... مقاطع مرکب FCF-07 ۴-۲-۵
۸۹	..... مقاطع مرکب UCL ۵-۲-۵
۹۱	..... مقاطع مرکب BUF ۶-۲-۵
۹۱	..... رودخانه سورن ۷-۲-۵
۹۳	..... رودخانه میناب ۸-۲-۵

- ۹۶ ۵-۲-۹- مقاطع مرکب مئاندر (FCF-B)
- ۹۸ ۵-۲-۱۰- منحنی دبی - اشل
- ۱۰۰ ۵-۲-۱۱- ارزیابی خطای نتایج مدل ریاضی
- ۱۰۱ ۵-۳- مقایسه نتایج مدل عددی حاضر با نتایج مدل‌های اروین و همکاران و شیونو-نایت
- ۱۰۴ ۵-۴- مقایسه نتایج مدل عددی حاضر با نتایج مدل اروین و همکاران در مقاطع مئاندر
- ۱۰۶ ۵-۵- نتیجه‌گیری
- ۱۰۷ ۵-۶- پیشنهادها
- ۱۰۹ منابع و ماخذ

فهرست اشکال

- ۱-۱- ساختار جریان سیلابی در مقاطع مرکب مئاندر..... ۵
- ۱-۳- مکانیسم جریان در مقاطع مرکب [Shiono&Knight, 1991]..... ۲۳
- ۲-۳- جریان‌های چرخشی در حد فاصل بین کانال اصلی و دشت سیلابی..... ۲۳
- ۳-۳- آشفتگی و اختلاط جریان در فصل مشترک بین مقطع اصلی و دشت سیلابی..... ۲۴
- ۴-۳- مشخصات و ابعاد مقطع دوزنقه‌ای..... ۲۵
- ۵-۳- منحنی تغییرات ضریب اصلاح دبی نسبت به عمق نسبی برای مقاطع مرکب همگن و غیرهمگن [ظهیری، ۱۳۷۸]..... ۲۷
- ۶-۳- لایه برشی در فصل مشترک مقطع اصلی و دشت سیلابی..... ۲۸
- ۷-۳- توزیع عرضی سرعت به روش DCM در مقطع FCF (H=0.169 m)..... ۳۰
- ۸-۳- توزیع عرضی سرعت به روش DCM در مقطع FCF (H=0.288 m)..... ۳۰
- ۹-۳- توزیع عرضی سرعت در رودخانه سورن برای (H=7.81 m)..... ۳۱
- ۱۰-۳- مقایسه روش‌های یک‌بعدی با منحنی دبی-اشل در رودخانه سورن [ظهیری، ۱۳۷۸]..... ۳۵
- ۱۱-۳- تصویر تنش برشی بستر روی سطح افقی [Bousmar, 2002]..... ۴۲
- ۱۲-۳- مقطع عرضی یک رودخانه پیچان‌رودی طبیعی..... ۵۱
- ۱۳-۳- توسعه جریان ثانویه در خم رودخانه..... ۵۲
- ۱۴-۳- الگوهای توزیع سه‌بعدی جریان در پیچان‌رود..... ۵۳
- ۱۵-۳- ساختار جریان در آبراهه مئاندر..... ۵۴
- ۱۶-۳- شمایی از کانال و توزیع سرعت در خم..... ۶۱
- ۱-۴- پارامترهای هیدرولیک جریان در رودخانه‌ی طبیعی [Ervine et al. 2000]..... ۶۴
- ۲-۴- محدوده‌ی جریان‌های چرخشی در مقاطع مرکب..... ۶۵
- ۳-۴- تقسیم‌بندی عرض مقطع مرکب براساس جریان‌های ثانویه در کانال‌های آزمایشگاهی (تومیناگا و نزو، ۱۹۹۱)..... ۶۶
- ۴-۴- تغییرات ضریب k_{max} نسبت به عمق نسبی..... ۶۶
- ۵-۴- جزئیات مشخصات ناحیه‌ی ۲..... ۶۷

- ۶۴-۶- نمودار ضریب β نسبت به y/L_2 و Dr در ناحیه‌ی ۲ ۶۷
- ۴-۷- جزئیات مشخصات ناحیه‌ی ۳ ۶۸
- ۴-۸- تغییرات ضریب a نسبت به عمق نسبی در ناحیه‌ی ۳ ۶۹
- ۴-۹- نمودار ضریب β نسبت به y/L_2 و Dr در ناحیه‌ی ۳ ۶۹
- ۴-۱۰- تقسیم‌بندی مقطع عرضی کانال به پنج ناحیه متفاوت بر اساس ساختار جریان‌های ثانویه ۷۱
- ۴-۱۱- روندنمای حل عددی مدل دوبعدی متوسط در عمق ۷۷
- ۵-۱- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-02 ($H=0.157$ m) ۸۱
- ۵-۲- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-02 ($H=0.170$ m) ۸۲
- ۵-۳- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-02 ($H=0.178$ m) ۸۲
- ۵-۴- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-02 ($H=0.187$ m) ۸۲
- ۵-۵- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-02 ($H=0.198$ m) ۸۳
- ۵-۶- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-02 ($H=0.214$ m) ۸۳
- ۵-۷- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-02 ($H=0.249$ m) ۸۳
- ۵-۸- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-02 ($H=0.288$ m) ۸۴
- ۵-۹- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-03 ($H=0.166$ m) ۸۴
- ۵-۱۰- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-03 ($H=0.198$ m) ۸۵
- ۵-۱۱- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-03 ($H=0.300$ m) ۸۵
- ۵-۱۲- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-06 ($H=0.176$ m) ۸۶
- ۵-۱۳- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-06 ($H=0.198$ m) ۸۶
- ۵-۱۴- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-06 ($H=0.214$ m) ۸۶
- ۵-۱۵- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-06 ($H=0.248$ m) ۸۷
- ۵-۱۶- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-06 ($H=0.302$ m) ۸۷
- ۵-۱۷- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-07 ($H=0.166$ m) ۸۸
- ۵-۱۸- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-07 ($H=0.177$ m) ۸۸
- ۵-۱۹- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-07 ($H=0.186$ m) ۸۸
- ۵-۲۰- توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-07 ($H=0.200$ m) ۸۹

- ۸۹.....۲۱-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-07 (H=0.219 m)
- ۹۰.....۲۲-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع UCL (H=0.0544 m)
- ۹۰.....۲۳-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع UCL (H=0.064 m)
- ۹۰.....۲۴-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع UCL (H=0.069 m)
- ۹۱.....۲۵-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع BUF-(F1) (H=0.0908 m)
- ۹۱.....۲۶-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع BUF-(F2) (H=0.0761 m)
- ۹۲.....۲۷-۵ موقعیت ایستگاه مونتفورد بریج در مسیر رودخانه سورن
- ۹۲.....۲۸-۵ توزیع عرضی سرعت در رودخانه سورن (H=6.45 m)
- ۹۳.....۲۹-۵ توزیع عرضی سرعت در رودخانه سورن (H=6.91 m)
- ۹۳.....۳۰-۵ توزیع عرضی سرعت در رودخانه سورن (H=7.81 m)
- ۹۴.....۳۱-۵ موقعیت ایستگاه برنطین در مسیر رودخانه میناب
- ۹۴.....۳۲-۵ توزیع عرضی سرعت در رودخانه میناب (H=2.34 m)
- ۹۵.....۳۳-۵ توزیع عرضی سرعت در رودخانه میناب (H=2.6 m)
- ۹۵.....۳۴-۵ توزیع عرضی سرعت در رودخانه میناب (H=3.82 m)
- ۹۵.....۳۵-۵ توزیع عرضی سرعت در رودخانه میناب (H=3.97 m)
- ۹۶.....۳۶-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-B (H=0.25 m)
- ۹۶.....۳۷-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-B (H=0.25 m)
- ۹۷.....۳۸-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-B (H=0.2 m)
- ۹۷.....۳۹-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-B (H=0.25 m)
- ۹۷.....۴۰-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-B (H=0.2 m)
- ۹۸.....۴۱-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع FCF-B (H=0.2 m)
- ۹۸.....۴۲-۵ توزیع عرضی سرعت در مقطع Glasgow University (H=0.25 m)
- ۹۹.....۴۳-۵ منحنی دبی - اشل مقطع FCF-02
- ۹۹.....۴۴-۵ منحنی دبی - اشل مقطع UCL
- ۹۹.....۴۵-۵ منحنی دبی - اشل مقطع FCF-B
- ۱۰۰.....۴۶-۵ منحنی دبی - اشل رودخانه میناب

- ۱۰۰..... FCF-02 درصد خطای دبی جریان در مقطع
- ۱۰۱..... FCF-06 درصد خطای دبی جریان در مقطع
- ۱۰۲..... مقایسه سرعت‌های اندازه‌گیری شده به سرعت‌های محاسباتی در مجرای اصلی
- ۱۰۲-۵..... مقایسه سرعت‌های اندازه‌گیری شده به سرعت‌های محاسباتی در دشت‌های سیلابی
- ۱۰۳..... (H=0.198 m) FCF-06 مقایسه روش‌های محاسبه توزیع عرضی سرعت در مقطع
- ۱۰۳-۵..... (H=0.187 m) FCF-02 مقایسه روش‌های محاسبه توزیع عرضی سرعت در مقطع
- ۱۰۳-۵..... (H=0.0639 m) UCL flume مقایسه روش‌های محاسبه توزیع عرضی سرعت در مقطع
- ۱۰۴..... محدوده خطای نسبی مقادیر محاسباتی سرعت در مجرای اصلی
- ۱۰۵-۵..... مقایسه سرعت اندازه‌گیری شده به سرعت محاسباتی در مقاطع مئاندری سیلابی
- ۱۰۵-۵..... مقایسه خطای نسبی دو روش اروین و همکاران و روش پیشنهادی در مقطع اصلی

فهرست جداول

۲۵.....	۱-۳- مشخصات انواع مقاطع مرکب [Samuels, 1989]
۴۴.....	۲-۳- مدل‌های لزجت گردابه‌ای
۷۸.....	۱-۴- داده‌ها و مشخصات مقاطع مرکب مستقیم
۷۸.....	۲-۴- داده‌ها و مشخصات مقاطع مرکب مماندر

فصل اول: کلیات

- مقدمه
- ضرورت تحقیق
- اهداف تحقیق
- محدوده تحقیق
- روش انجام تحقیق
- نحوه تدوین تحقیق

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 مسایل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نیز تحت تاثیر 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. طبق تعریف، سیل زمانی به وقوع می‌پیوندد که رقوم سطح آب از مقطع اصلی رودخانه فراتر رفته و وارد دشت‌های سیلابی شود. معمولاً دشت‌های سیلابی دارای خاک حاصلخیزی هستند که نتیجه ته‌نشینی رسوبات معلق سیل‌های قبلی است و در نتیجه مرکز فعالیت‌های کشاورزی، اقتصادی، تجاری، مسکونی و تفریحی می‌باشند. ورود آب در این دشت‌ها، می‌تواند ایمنی این فعالیت‌ها و ساکنین دشت‌های سیلابی را مورد تهدید قرار دهد. به این دلیل در سال‌های اخیر توجه محققین به مطالعه جنبه‌های مختلف جریان‌ات سیلابی در مقاطع مرکب معطوف شده است.

در هنگام سیلاب، آب در مقطع اصلی سرریز شده و وارد دشت‌های سیلابی می‌شود. در این حالت، به دلیل اختلاف عمق جریان و ضریب زبری در مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی، اصطکاک قابل توجهی در مرز اتصال آنها ایجاد شده و دبی کل جریان را کاهش می‌دهد. دشت‌های سیلابی معمولاً در رودخانه‌های آبرفتی و در بازه‌های انتهایی رودخانه توسعه و گسترش پیدا می‌کنند. در این شرایط، رودخانه دارای عمق و عرض زیاد و شیب طولی بسیار کمی می‌باشد. برای کنترل سیلاب رودخانه‌ها لازم است که منحنی دبی-اشل، توزیع سرعت متوسط در عمق و تنش برشی مرزی در عرض رودخانه در زمان وقوع سیلاب تعیین گردد. این پارامترها به دلیل حالت سه‌بعدی جریان در کانال‌ها و رودخانه‌ها به سختی قابل پیش‌بینی می‌باشند [Omran, M, 2008].

مقاطع مرکب ترکیبی از یک مقطع عمیق اصلی^۱ و دشت‌های سیلابی^۲ عریض است، که دشت‌های سیلابی در اغلب اوقات سال خشک بوده و به همین دلیل ضریب زبری بالاتری نسبت به مقطع اصلی دارند. شکل ساده مقاطع مرکب از مجرای اصلی و دشت‌های سیلابی متقارن با بستر افقی تشکیل شده است. کانال‌های آبیاری و زهکشی نمونه‌ای از مقاطع مرکب ساده است.

در کتب هیدرولیکی مرجع [Chow, 1959] و [Chadwick & Morfett, 1986]، روش محاسبه‌ی دبی کل جریان در مقاطع مرکب به این صورت ارائه شده است که ابتدا مقطع مرکب به مقاطع جزئی (مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی) تجزیه شده و سپس دبی جریان در هر یک از این مقاطع با استفاده از رابطه‌ی مانینگ محاسبه می‌شود. در نهایت، دبی کل جریان از مجموع دبی‌های جزئی به دست خواهد آمد. در این تحلیل، از تنش برشی بین مقاطع جزئی با این فرض که این تنش در مقایسه با تنش برشی بستر کانال ناچیز می‌باشد، صرف‌نظر شده است [Chow, 1959]. در حالی است که نتایج محققین مختلف نشان می‌دهد که دبی جریان به دست آمده از این روش نسبت به مقدار واقعی تا ۴۰ درصد خطا نیز دارد [Ackers, 1993].

در سال ۱۹۶۴ برای نخستین بار، سلین [Sellin, 1964] پدیده‌ی اثر متقابل و کاهش دبی کل مقطع در اثر ایجاد آشفنگی بین مقاطع جزئی را بیان کرد [Lambert & Sellin, 1996]. از آن زمان به بعد مطالعات بسیار زیادی در خصوص اصلاح روش‌های معمول محاسبه‌ی دبی با توجه به انتقال مومنوم صورت گرفته است.

از مهمترین این مطالعات، تأسیس یک مرکز آزمایشگاهی مجهز در مؤسسه‌ی تحقیقات والینگفورد [Hydraulic Research, Wallingford] در سال ۱۹۸۵ بود. هدف از ایجاد چنین امکاناتی، شناخت هیدرولیک جریان و رسوب مقاطع مرکب با استفاده از داده‌های دقیق آزمایشگاهی و ارائه‌ی راه‌حل‌های بهینه در زمینه‌ی کنترل سیلاب، طراحی کانال‌های آبیاری و زهکشی و موارد دیگر می‌باشد.

¹ Main Channel

² Flood Plain

کانال‌های سیلابی ³SERC-FCF به ابعاد ۵۰ متر طول و ۱۰ متر عرض با ظرفیت حداکثر جریان ۱ مترمکعب بر ثانیه ساخته شده است، که سری A برای مطالعه مقاطع مستقیم و مورب با دیواره‌های صلب، سری B (۱۹۹۰ - ۱۹۹۲) مربوط به مطالعه مقاطع مئاندر با دیواره‌های صلب و سری C برای مطالعه مقاطع مرکب با بستر متحرک همراه با انتقال رسوب طراحی شده‌اند.

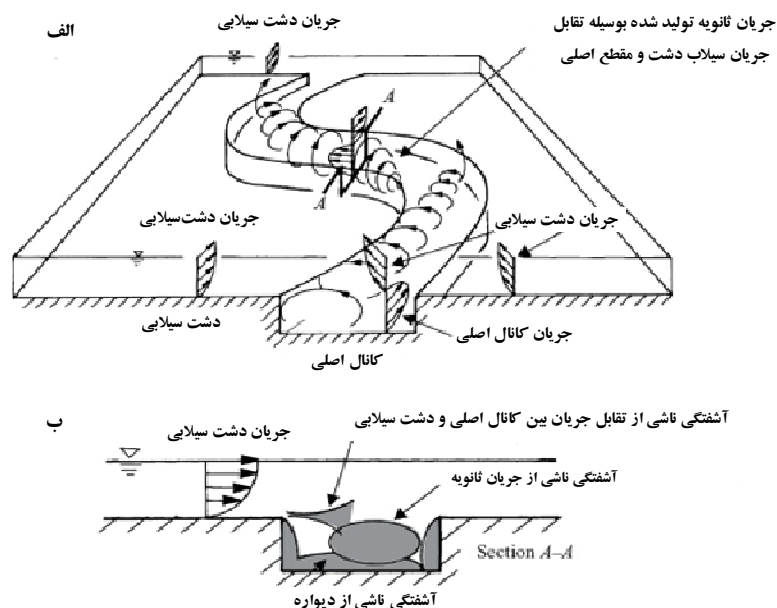
این کانال‌ها به گونه‌ای می‌باشند که قابلیت شبیه‌سازی جریان سه‌بعدی همراه با تبادل شدید مومنوم بین مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی مشابه جریان طبیعی در رودخانه‌ها را دارند [Lambert & Sellin, 1996] و [Ervine et al, 2000]. با استفاده از نتایج آزمایشگاهی این مرکز، محققین روش‌های متعددی را برای دخالت انتقال مومنوم در محاسبات مربوط به مقاطع مرکب به منظور اصلاح هیدرولیک جریان در آنها ارائه نموده‌اند. نتایج این تحقیقات منجر به پیشرفت‌های قابل توجهی در محاسبه رابطه دبی-اشل مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای شده است. قابل ذکر است که در روش‌های اصلاحی فوق، شرایط جریان به صورت دائمی و یکنواخت فرض شده است که این فرض با رفتار و طبیعت پیچیده رودخانه‌ها به ویژه در شرایط وقوع سیلاب فاصله بسیاری دارد. به هر حال، با توجه به دانش فعلی هیدرولیک رودخانه‌های سیلابی استفاده از فرض‌های ساده‌کننده غیرقابل اجتناب است.

رودخانه‌های طبیعی به ندرت در یک مسیر مستقیم جریان دارند و معمولاً مسیری انحنادار که به آن پیچان رود یا مئاندر⁴ گفته می‌شود را طی می‌کنند. در مسیر رودخانه انواع متفاوت فرآیندهای فرسایش و رسوبگذاری اتفاق می‌افتد به طوری که پلان رودخانه همواره با جابجایی‌های زیادی توأم است. رسوبات رودخانه در این شرایط اغلب ریزدانه بوده و با تشکیل فرم بستر، مقاومت هیدرولیکی جریان را افزایش می‌دهند. شرایط پیچیده فوق به همراه مکانیسم خاص جریان در دشت‌های سیلابی، حالت پیچیده‌ای از هیدرولیک جریان را به وجود می‌آورد که مطالعه و بررسی آن بسیار مشکل است.

³ Flood Channel Facility

⁴ Meander

ماهیت پیچیده در مقاطع مرکب به دلیل وجود مکانیسم تبادل مومنتوم^۵ بین مقطع اصلی و دشت‌های سیلابی می‌باشد. مهمترین مشخصه ساختار جریان‌های ثانویه در کانال‌های مئاندر جهت معکوس چرخش المان جریان ثانویه در راس کمان قبل و بعد از سیلاب و توزیع متفاوت سرعت نسبت به مقاطع ساده می‌باشند. فرایند تولید جریان ثانویه در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.



شکل (۱-۱): ساختار جریان سیلابی در مقاطع مرکب مئاندر الف- مکانیسم تولید جریان ثانویه ب- تولید انرژی متلاطم

در مقطع عرضی

در این تحقیق، شبیه‌سازی عددی توزیع عرضی سرعت در مقاطع مرکب آزمایشگاهی و رودخانه‌ای در حالت مستقیم و مئاندر با استفاده از روابط بدون بعد جریان‌های ثانویه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مقادیر محاسباتی با مقادیر آزمایشگاهی و رودخانه‌ای حاصل از این تحقیق در شرایط مختلف هندسی و هیدرولیکی مقاطع مرکب مقایسه شده است. همچنین روابط دبی-اشل نیز مورد بررسی قرار گرفته شده است.

⁵ Momentum Transfer