

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مهندسی آب

**مطالعه آزمایشگاهی آشفته‌گی در کانال مرکب با سیلابدشت های حاوی**

**موانع گیاهی مستغرق**

**سعید دهنوئی**

**استاد راهنما:**

**سید علی اکبر صالحی نیشابوری**

**استاد مشاور:**

**اکبر صفرزاده**

**بهار ۱۳۹۲**

تقدیم بہ

امام عصر (عج اللہ تعالیٰ فرجہ شریف) ... تا این انتظار سربرسد ...

و

حضرت زہرا (سلام اللہ علیہا)

## قدردانی

خداوند علیم و حکیم را سپاسگزارم که استعداد و توان لازم را ارزانی نمود تا بتوانم این اثر ناچیز را به جامعه علمی کشور عزیزم خصوصاً شهدای عرصه علم و فناوری تقدیم نمایم.

بدین وسیله ابتدا از حمایت‌ها و زحمات پدر پرتلاش، مادر دلسوز و همسر مهربانم و سپس از اساتید گرانقدرم، جناب آقایان دکتر سید علی اکبر صالحی نیشابوری، دکتر اکبر صفرزاده، دکتر فرزین نصیری صالح و دکتر مسعود قدسیان کمال تشکر و قدردانی داشته و آرزوی عاقبت بخیری و طول عمر با برکت برایشان دارم.

همچنین از همه دوستانم که من را در انجام این اثر، کمک و یا مشورتی نمودند تشکر می‌نمایم.

سید و همسویی

بهار ۱۳۹۲

## چکیده

سیلاب یا طغیان در رودخانه ها باعث می شود تا سطح مقطع رودخانه از حالت اولیه و اصلی خارج شده و به علت گسترش جریان آب و بالا آمدن سطح آن مقطع عرضی جدیدی به وجود آید. به این مجموعه که شامل یک کانال اصلی و دو سیلابدشت است، مقطع مرکب گفته می شود. در طبیعت معمولاً سیلابدشت ها دارای انواع پوشش گیاهی هستند و به این علت، سرعت جریان در آن کمتر و زبری کف بیشتر است. تا کنون تحقیقات وسیعی بر روی الگوی جریان در کانال مرکب بدون پوشش گیاهی انجام گرفته، اما حالتی که سیلابدشت ها پوشیده از گیاهان مستغرق صلب باشند، مورد بررسی قرار نگرفته است.

در این تحقیق برای بررسی تاثیر پوشش گیاهی صلب مستغرق بر الگوی جریان و به خصوص ساختار آشفتگی در کانال با مقطع مرکب، در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس، پوشش گیاهی با استوانه‌هایی فلزی مدلسازی شده و در یک ردیف در لبه سیلابدشت با فواصل مشخص جایگذاری شده اند. سپس با استفاده از دستگاه سرعت سنج سه بعدی ADV جانب نگر، مولفه های سرعت نوسانی در سه جهت طولی، عرضی و قائم در مقطع عرضی کانال برداشت و تحلیل شده و نمودارهای توزیع سرعت متوسط طولی، بردارهای جریان ثانویه و تنش های رینولدز  $-\rho u'v'$ ،  $-\rho u'w'$  و  $-\rho v'w'$  برای جریان با عمق های نسبی ۰/۳۶ و ۰/۲ ترسیم گردیده اند. همچنین تنش برشی بستر در کانال مرکب ساده با استفاده از ابزار لوله پرستون اندازه گیری گردید.

نتایج حاکی از آن است که مقدار تنش برشی بستر در محل تقاطع کانال اصلی و سیلابدشت، بطور مشخص افزایش یافته، ولی با افزایش عمق نسبی، اختلاف تنش بین کانال اصلی و سیلابدشت کاهش می یابد و توزیع تنش به حالت یکنواخت متمایل می شود. پوشش گیاهی صلب مستغرق نیز، تغییری کلی در الگوی جریان و ساختار آشفتگی به نسبت کانال بدون پوشش گیاهی نداشته و فقط باعث تغییرات موضعی در سرعت طولی، جریان ثانویه و تنش های رینولدز در اطراف خود شده است. همچنین نتیجه گرفته می شود که هر چه عمق جریان در سیلابدشت کمتر شود، الگوی جریان در کانال مرکب به الگوی جریان در کانال ساده نزدیک تر شده و تاثیر وجود سیلابدشت بر آن کمتر می شود. کم شدن عمق جریان باعث می شود تا موانع تاثیر بیشتری بر پدیده انتقال ممنوم از کانال اصلی به سیلابدشت داشته باشند، اما باعث توقف انتقال ممنوم از کانال اصلی به سیلابدشت نمی شده اند.

**کلمات کلیدی:** کانال مرکب، پوشش گیاهی، آشفتگی، انتقال ممنوم، تنش رینولدز

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ج	فهرست علایم و نشانه‌ها.....
ه	فهرست جدول‌ها.....
و	فهرست شکل‌ها.....
۱	<b>فصل ۱- کلیات.....</b>
۱-۱	پیشگفتار.....
۲-۱	اهداف تحقیق.....
۳-۱	محدودیت های تحقیق.....
۴-۱	ساختار پایان نامه.....
۵	<b>فصل ۲- مرور منابع و بیان جنبه های نوآوری تحقیق.....</b>
۱-۲	مقدمه.....
۲-۲	الگوی جریان در کانال مرکب.....
۱-۲-۲	پدیده اثر متقابل.....
۱-۱-۲-۲	عمق نسبی.....
۲-۱-۲-۲	نسبت زبری سیلابدشت به زبری کانال اصلی.....
۳-۱-۲-۲	نسبت عرض کل مقطع سیلابی به عرض کانال اصلی.....
۴-۱-۲-۲	شیب جانبی مقطع اصلی.....
۲-۲-۲	لایه برشی.....
۳-۲-۲	گردابه ها و جریان های ثانویه.....
۴-۲-۲	تنش برشی مرزی.....
۳-۲	بررسی اثر پوشش گیاهی در کانال مرکب.....
۱-۳-۲	نیروی پسا.....
۲-۳-۲	تاثیر بر خصوصیات کلی جریان.....
۳-۳-۲	جریان های ثانویه.....
۴-۳-۲	تنش برشی مرزی.....
۴-۲	خصوصیات جریان اطراف یک ردیف استوانه در کانال مستطیلی.....
۱-۴-۲	سان و شیونو.....
۲-۴-۲	سانجو و همکاران.....
۵-۲	جمع بندی مطالب.....
۶-۲	ضرورت انجام و نوآوری تحقیق.....
۲۶	<b>فصل ۳- تجهیزات آزمایشگاهی.....</b>

۲۶	مقدمه.....	۱-۳
۲۶	فلوم آزمایشگاهی.....	۲-۳
۳۰	مقطع عرضی کانال مرکب.....	۳-۳
۳۰	دستگاه سرعت سنج سه بعدی.....	۴-۳
۳۲	داده های نادرست در سری های زمانی دستگاه سرعت سنج ADV و نحوه اصلاح آنها.....	۱-۴-۳
۳۵	روبات جابجایی حسگر سرعت سنج و نرم افزار ثبت و پردازش داده ها.....	۵-۳
۳۶	دستگاه اندازه گیری تنش برشی بستر.....	۶-۳
۳۷	ابزارهای فشار، لوله پرستون و حسگر یابو.....	۱-۱-۶-۳
۴۰	موانع گیاهی.....	۷-۳
۴۲	صفحات هموار کننده جریان.....	۸-۳
۴۲	خط کش دیجیتال.....	۹-۳
۴۴	<b>فصل ۴ - نتایج و بحث.....</b>	
۴۴	مقدمه.....	۱-۴
۴۴	تنش برشی بستر.....	۲-۴
۴۴	مشخصات آزمایش های انجام شده.....	۱-۲-۴
۴۴	تعیین طول زمانی مناسب اندازه گیری.....	۲-۲-۴
۴۵	الگوی متوسط توزیع تنش برشی بستر.....	۳-۲-۴
۴۸	ساختار آشفستگی.....	۳-۴
۴۸	مشخصات آزمایش ها.....	۱-۳-۴
۵۱	روش مطالعه جریانهای آشفته در کانال مرکب.....	۲-۳-۴
۵۲	ساختار آشفستگی برای حالت T-R1-1.....	۳-۳-۴
۵۷	ساختار آشفستگی برای حالت T-R1-2.....	۴-۳-۴
۶۱	ساختار آشفستگی برای حالت T-R1-3.....	۵-۳-۴
۶۴	تاثیر صفحات هموار کننده جریان.....	۶-۳-۴
۶۵	ساختار آشفستگی برای حالت T-R2-1.....	۷-۳-۴
۶۷	ساختار آشفستگی برای حالت T-R2-2.....	۸-۳-۴
۷۱	ساختار آشفستگی برای حالت T-R2-3.....	۹-۳-۴
۷۵	<b>فصل ۵ - نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها.....</b>	
۷۵	نتیجه گیری.....	۱-۵
۷۷	پیشنهادها.....	۲-۵
۷۸	<b>فهرست مراجع.....</b>	

## فهرست علائم و نشانه‌ها

علامت اختصاری

عنوان

$U_d$	سرعت میانگین در عمق
$H$	عمق آب
$B$	عرض کانال
$D_r$	عمق نسبی
$F_D$	نیروی پسا
$A_p$	سطح استوانه
$U$	سرعت
$C_D$	ضریب پسا
$d$	قطر مانع
$\Delta S$	فاصله بین موانع
$u$	سرعت
$\rho$	چگالی آب
$p$	فشار موضعی
$\tau_0$	تنش برشی جریان نزدیک شونده
$B$	عرض کانال
$\rho$	جرم مخصوص آب
$\nu$	لزجت سینماتیکی
$z$	مختصات قائم کانال
$D_p$	قطر بیرونی لوله
$\Delta P$	فشار هیدرودینامیک موضعی
$\rho$	جرم مخصوص آب
$\Delta P$	فشار هیدرودینامیک موضعی
$D_p$	قطر بیرونی لوله
$\rho$	جرم مخصوص آب
$\tau_0$	تنش برشی جریان نزدیک شونده
$\nu$	لزجت سینماتیکی
$X^*$	مختصات طولی بی بعد شده
$Y^*$	مختصات عرضی بی بعد شده



$D^+$	پارامتر بی بعد قطر لوله پرستون
$u_*$	سرعت برشی
$Z^+$	پارامتر بی بعد فشار
$Q$	دبی
$NY$	تعداد نقاط اندازه گیری در راستای عمقی
$NZ$	تعداد نقاط اندازه گیری در راستای عرضی
$u'$	مقدار نوسانی طولی سرعت
$v'$	مقدار نوسانی عرضی سرعت
$w'$	مقدار نوسانی عمقی سرعت
$Y$	راستای عمقی جریان

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۲۰	جدول ۱-۲- پارامترهای هندسی استفاده شده در آزمایشات سان و شیونو (۲۰۰۹).....
۲۷	جدول ۱-۳- مشخصات کلی فلوم مورد استفاده در تحقیق.....
۴۴	جدول ۱-۴- جزئیات آزمایش های تنش برشی.....
۴۸	جدول ۲-۴- مشخصات جریان.....
۴۹	جدول ۳-۴- مشخصات آزمایش های بررسی آشفستگی و الگوی جریان.....
۵۱	جدول ۴-۴- مشخصات شبکه بندی مورد استفاده.....

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۱- یک ردیف درخت در فصل مشترک کانال مرکب رودخانه ننه انگلیس ..... ۲
- شکل ۱-۲- ساختار جریان در کانال مرکب (شیانو و نایت ۱۹۹۱) ..... ۶
- شکل ۲-۲- ساختار گردابه های همراه جریان و مشاهده مفهومی انتقال ممنوم ( Fukouka & Fujita , 1989) ..... ۶
- شکل ۳-۲- گردابه های مشاهده شده در محل تقاطع کانال اصلی و سیلابدشتهای (Sellin , 1964) ..... ۶
- شکل ۴-۲- مقطع مرکب و علائم مورد استفاده ..... ۷
- شکل ۵-۲- ضریب اصلاحی دبی نسبت به عمق نسبی در مقطع مرکب همگن (Acker , ۱۹۹۳) ..... ۹
- شکل ۶-۲- الگوی جریان برای کانال مرکب مستقیم به ازای نسبت عمقهای مختلف (تامیناگا و نزو, ۱۹۹۱) ..... ۱۲
- شکل ۷-۲- گردابه های چرخشی در راستای طولی و بردار های جریان ثانویه با استفاده از روش LES (کارا و همکاران ۲۰۱۲) ..... ۱۳
- شکل ۸-۲- نمودرهای همتراز سرعت در راستای طولی جریان با استفاده از روش LES (کارا و همکاران ۲۰۱۲) ..... ۱۳
- شکل ۹-۲- توزیع تنش برشی مرزی در کانال مرکب برای عمق نسبیهای مختلف (کانگ ۲۰۰۶) ..... ۱۴
- شکل ۱۰-۲- منحنی های همتراز توزیع سرعت طولی جریان (جاهرا و همکاران, ۲۰۱۱) ..... ۱۷
- شکل ۱۱-۲- بردار های جریان ثانویه در نزدیکی انتهای ناحیه پوشش گیاهی (جاهرا و همکاران, ۲۰۱۱) ..... ۱۸
- شکل ۱۲-۲- تنش برشی بستر برای اعداد فرود  $FR1=0/1$ ,  $FR2=0/24$  و  $FR3=0/4$  (نزو و اُنیتسوکا ۲۰۰۱) ..... ۱۹
- شکل ۱۳-۲- چیدمان آزمایشات بر روی کانال مرکب (سان و شیونو, ۲۰۰۹) ..... ۲۰
- شکل ۱۴-۲- خطوط هم تراز سرعت جهت جریان بدون بعد ( $U/U_m$ ) (سان و شیونو ۲۰۰۹) ..... ۲۱
- شکل ۱۵-۲- توزیع جانبی سرعت متوسط در عمق و تنش برشی بستر در کانال گیاهدار (STC4) و بدون گیاه (STC3) برای عمق نسبی  $D_r=0/25$  (سان و شیونو ۲۰۰۹) ..... ۲۱
- شکل ۱۶-۲- نمونه های از بردارهای سرعت لحظه های محاسبه شده (سانجو و نزو a-۲۰۱۰) ..... ۲۳
- شکل ۱۷-۲- توزیع تنش رینولدز (سانجو و همکاران b-۲۰۱۰) ..... ۲۴
- شکل ۱-۳- نمای کلی از فلوم آزمایشگاهی برای انجام تحقیق به همراه جزئیات تبدیل های ورودی و سرریز انتهایی ..... ۲۸
- شکل ۲-۳- پلان و شکل فلوم آزمایشگاهی به همراه اندازه های کلی ..... ۲۹
- شکل ۳-۳- مقطع عرضی کانال مرکب ..... ۳۰

- شکل ۳-۴- شمای کلی سرعت سنج ADV و موقعیت حجم نمونه گیری نسبت به سنسور  
 ۳۱.....(Chanson et al. ۲۰۰۸)
- شکل ۳-۵- نمونه ای از سری زمانی سرعت دارای داده های غلط ثبت شده توسط سرعت سنج ADV در  
 نزدیکی بستر کانال.....  
 ۳۴.....
- شکل ۳-۶- سیستم خودکار جابجایی سرعت سنج ADV.....  
 ۳۶.....
- شکل ۳-۷- لوله های فشار کل و فشار هیدرواستاتیک در ابزار لوله پرستون.....  
 ۳۸.....
- شکل ۳-۸- نمای سه بعدی از حسگر آزمایشگاهی به همراه ابزار کالیبراسیون و نحوه قرار گیری  
 سنسورهای فشار.....  
 ۴۱.....
- شکل ۳-۹- فاصله موانع گیاهی با یکدیگر.....  
 ۴۱.....
- شکل ۳-۱۰- نمایی از مانع گیاهی.....  
 ۴۱.....
- شکل ۳-۱۱- نحوه قرارگیری موانع در امتداد سیلابدشت.....  
 ۴۲.....
- شکل ۳-۱۲- نمایی از صفحات هموار کننده جریان در ابتدای کانال.....  
 ۴۳.....
- شکل ۴-۱- سری های زمانی تنش برشی و مربع نوسانات در محل فصل مشترک سیلابدشت و مجرای  
 اصلی برای آزمایش شماره ۳.....  
 ۴۵.....
- شکل ۴-۲- توزیع عرضی تنش برشی بر روی بستر مجرای اصلی و سیلابدشت به ازای سه عمق نسبی  
 مختلف.....  
 ۴۶.....
- شکل ۴-۳- توزیع عرضی تنش برشی بدون بعد شده بستر (خط عمودی وسط نشان دهنده محل تقاطع  
 کانال اصلی و سیلابدشت است) (کارا و همکاران ۲۰۱۲).....  
 ۴۷.....
- شکل ۴-۵- شبکه بندی غیر یکنواخت برای جریان با عمق نسبی ۰/۳۶.....  
 ۵۰.....
- شکل ۴-۶- شبکه بندی غیر یکنواخت برای جریان با عمق نسبی ۰/۲.....  
 ۵۰.....
- شکل ۴-۴- مقطع بین موانع و روی موانع.....  
 ۵۰.....
- شکل ۴-۸- نمودار همتراز سرعت در راستای طولی جریان با عمق نسبی ۰/۵ با استفاده از روش LES  
 (کارا و همکاران ۲۰۱۲).....  
 ۵۳.....
- شکل ۴-۹- نمودار همتراز سرعت در راستای طولی جریان با عمق نسبی ۰/۵ حاصل تحقیقات  
 آزمایشگاهی (تامینگا و نزو ۱۹۹۱).....  
 ۵۳.....
- شکل ۴-۷- توزیع سرعت متوسط طولی (T-R1-1).....  
 ۵۳.....
- شکل ۴-۱۰- بردارهای سرعت جریان ثانویه (T-R1-1).....  
 ۵۴.....
- شکل ۴-۱۱- بردارهای جریان ثانویه با استفاده از روش LES برای جریان با عمق نسبی ۰/۵ (کارا و  
 همکاران ۲۰۱۲).....  
 ۵۴.....
- شکل ۴-۱۲- بردارهای جریان ثانویه برای جریان با عمق نسبی ۰/۵ حاصل تحقیقات آزمایشگاهی  
 (تامینگا و نزو ۱۹۹۱).....  
 ۵۴.....
- شکل ۴-۱۳- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $-\rho\overline{u'v'}/U_{\max}^2$  (T-R1-1).....  
 ۵۵.....
- شکل ۴-۱۴- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $-\rho\overline{u'w'}/U_{\max}^2$  (T-R1-1).....  
 ۵۶.....
- شکل ۴-۱۵- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $-\rho\overline{v'w'}/U_{\max}^2$  (T-R1-1).....  
 ۵۶.....

- شکل ۴-۱۶- توزیع قائم تنش های رینولدز در  $Z/Bm=0/75$  ..... ۵۶
- شکل ۴-۱۷- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده (کارا و همکاران ۲۰۱۲) ..... ۵۷
- شکل ۴-۱۸- توزیع سرعت متوسط طولی (T-R1-2) ..... ۵۸
- شکل ۴-۱۹- توزیع سرعت میانگین عمقی در عرض کانال در دو حالت (T-R1-1) و (T-R1-2) ..... ۵۸
- شکل ۴-۲۰- بردار های سرعت جریان ثانویه (T-R1-2) ..... ۵۹
- شکل ۴-۲۱- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{u'v'}/U_{max}^2$  (T-R1-2) ..... ۵۹
- شکل ۴-۲۲- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{u'w'}/U_{max}^2$  (T-R1-2) ..... ۶۰
- شکل ۴-۲۳- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{v'w'}/U_{max}^2$  (T-R1-2) ..... ۶۰
- شکل ۴-۲۴- مقایسه توزیع قائم تنش رینولدز  $\rho \overline{u'w'}$  در  $Z/Bm=1/1$  در دو حالت (T-R1-2) و (T-R1-1) ..... ۶۰
- شکل ۴-۲۵- توزیع سرعت متوسط طولی (T-R1-3) ..... ۶۱
- شکل ۴-۲۶- توزیع سرعت میانگین عمقی در عرض کانال در دو حالت (T-R1-3) و (T-R1-1) ..... ۶۲
- شکل ۴-۲۷- بردار های سرعت جریان ثانویه (T-R1-3) ..... ۶۲
- شکل ۴-۲۸- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{u'v'}/U_{max}^2$  (T-R1-3) ..... ۶۳
- شکل ۴-۲۹- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{u'w'}$  (T-R1-3) ..... ۶۳
- شکل ۴-۳۰- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{v'w'}/U_{max}^2$  (T-R1-3) ..... ۶۴
- شکل ۴-۳۱- خطوط هم سرعت در کانال مرکب بدون وجود صفحات هموار کننده جریان در ورودی کانال در حالت (T-R2-2) ..... ۶۴
- شکل ۴-۳۲- خطوط هم سرعت در کانال مرکب با وجود صفحات هموار کننده جریان در ورودی کانال در حالت (T-R2-2) ..... ۶۵
- شکل ۴-۳۳- توزیع سرعت متوسط طولی (T-R2-1) ..... ۶۵
- شکل ۴-۳۴- مقایسه توزیع سرعت متوسط عمقی در جریان های با عمق های نسبی  $0/2$  و  $0/36$  ..... ۶۶
- شکل ۴-۳۵- بردار های سرعت جریان ثانویه (T-R2-1) ..... ۶۶
- شکل ۴-۳۶- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{u'v'}/U_{max}^2$  (T-R2-1) ..... ۶۷
- شکل ۴-۳۷- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{u'w'}/U_{max}^2$  (T-R2-1) ..... ۶۷
- شکل ۴-۳۸- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{v'w'}/U_{max}^2$  (T-R2-1) ..... ۶۷
- شکل ۴-۳۹- توزیع سرعت متوسط طولی (T-R2-2) ..... ۶۸
- شکل ۴-۴۰- توزیع سرعت میانگین عمقی در عرض کانال در دو حالت (T-R2-2) و (T-R2-1) ..... ۶۸
- شکل ۴-۴۱- بردار های سرعت جریان ثانویه (T-R2-2) ..... ۶۹
- شکل ۴-۴۲- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{u'v'}/U_{max}^2$  (T-R2-2) ..... ۶۹
- شکل ۴-۴۳- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{u'w'}/U_{max}^2$  (T-R2-2) ..... ۷۰
- شکل ۴-۴۴- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\rho \overline{v'w'}/U_{max}^2$  (T-R2-2) ..... ۷۰
- شکل ۴-۴۵- مقایسه توزیع قائم تنش رینولدز  $\rho \overline{u'v'}$  در  $Z/Bm=1/05$  در دو حالت (T-R2-2) و (T-R2-1) ..... ۷۰

- شکل ۴-۴۶- مقایسه توزیع قائم تنش رینولدز  $\overline{\rho u'w'}$  - در  $Z/Bm=1/05$  در دو حالت (T-R2-2) و (T- R2-1) ..... ۷۱
- شکل ۴-۴۷- توزیع سرعت متوسط طولی (T-R2-3) ..... ۷۱
- شکل ۴-۴۸- توزیع سرعت میانگین عمقی در عرض کانال در دو حالت (T-R2-3) و (T-R2-1) ..... ۷۲
- شکل ۴-۴۹- بردار های سرعت جریان ثانویه (T-R2-3) ..... ۷۲
- شکل ۴-۵۰- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\overline{\rho u'v'}/U_{\max}^2$  (T-R2-3) ..... ۷۳
- شکل ۴-۵۱- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\overline{\rho u'w'}/U_{\max}^2$  (T-R2-3) ..... ۷۳
- شکل ۴-۵۲- توزیع تنش رینولدز بی بعد شده  $\overline{\rho v'w'}/U_{\max}^2$  (T-R2-3) ..... ۷۳
- شکل ۴-۵۳- مقایسه توزیع قائم تنش رینولدز  $\overline{\rho u'v'}$  - در  $Z/Bm= 0/9$  ..... ۷۴

## فصل ۱ - کلیات

### ۱-۱ - پیشگفتار

سیل یکی از عواملی است که بیشترین خسارت و تخریب را بر رودخانه و محیط اطراف آن وارد می آورد. رودخانه معمولا بسته به شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حاکم بر حوزه آبریز آن، به شرایط تعادل و پایداری می رسد، اما در شرایطی که رواناب تولید شده در اثر باران از ظرفیت مقطع اصلی رودخانه بیشتر باشد، آن شرایط به هم خورده و باعث سرریزی جریان از درون مقطع اصلی رودخانه به اراضی مجاور آن یا اصطلاحا سیلابدشت ها می شود که در این حالت دو نوع جریان با عمق و سرعت زیاد درون مقطع اصلی و دیگری جریان کم عمق و سطحی در سیلابدشت های مجاور وجود دارد. در چنین شرایطی مقطع کانال یا رودخانه را مقطع مرکب می نامند، چرا که از چندین مقطع جزئی تشکیل شده است (Yang and Knight, 2007).

در این حالت دو عامل باعث تبادل شدید ممنوم و دبی بین مقطع اصلی و سیلابدشت ها می شود، یکی گردابه های بزرگ مقیاس که در اثر گرادیان سرعت شدید بین مقطع اصلی و سیلابدشت ها به وجود می آیند و دیگری در اثر تغییرات هندسه و غیر منشوری بودن کانال است (Prooijen et al., 2005).

در طبیعت معمولا سیلاب دشت ها دارای شیب عرضی و پوشیده از گیاهان و یا شامل عوارض طبیعی دیگر هستند و تقارن در آن کمتر دیده می شود و به این دلیل، زبری کف بیشتر و سرعت جریان در آن کمتر از سرعت جریان در کانال اصلی است. در گذشته وجود پوشش گیاهی در سیلابدشت از نظر مهندسی رودخانه به عنوان یک مشکل، از نظر ایجاد مانع و کاهش ظرفیت جریان، تلقی می شده است. اگرچه وجود گیاهان در سیلابدشت پیچیدگی بررسی جریان کانال مرکب را بیشتر می کند، اما امروزه مهندسی رودخانه به دنبال حفظ گیاهان ساحل رودخانه و سیلابدشت هستند، زیرا پوشش گیاهی به لحاظ نقش اکولوژیکی مورد توجه است.

نیروی پسای وارد بر گیاهان به اندازه ای است که در مدل کردن اثر کانال اصلی و سیلابدشت بر یکدیگر، نمی توان از آن صرف نظر کرد. پوشش گیاهی بر انتقال آب و رسوب بین کانال اصلی و نواحی دارای گیاه تاثیر می گذارد. مشاهدات سواحل رودخانه ها نشان داده که وجود یک ردیف پوشش گیاهی در امتداد سیلابدشت حالتی معمولی است. این پوشش گیاهی می تواند درخت یا درختچه باشد که به طرق مختلفی در سیلابدشت قرار گرفته اند. شکل ۱-۱ یک ردیف درخت در فصل مشترک کانال مرکب رودخانه ننه<sup>۱</sup> انگلیس را نشان می دهد.

<sup>۱</sup> Nene



شکل ۱-۱- یک ردیف درخت در فصل مشترک کانال مرکب رودخانه ننه انگلیس

از یک ردیف پوشش گیاهی ممکن است برای اهدافی از قبیل پایدارسازی کناره ساحل، تقویت تنوع زیست محیطی یا اهداف زیباسازی مناظر استفاده شود. با این وجود امروزه اطلاعات کمی در مورد اثر اینگونه چیدمان بر ساختار جریان اطراف پوشش گیاهی جود دارد. به منظور حفاظت در مقابل سیلاب و حفظ محیط زیست درک بهتری از اثر هیدرولیکی این چیدمان بر جریان لازم است.

## ۲-۱- اهداف تحقیق

در یک کانال مرکب با سیلابدشت های دارای موانع گیاهی، مشابه حالتی که در سیلابدشت ها گیاهی وجود نداشت، لایه برشی جانبی در محل تقاطع سیلابدشت و کانال اصلی باعث انتقال ممنوم می شود. ولی زمانی که موانع گیاهی هم افزوده می شود، گیاهان باعث تحمیل مقاومت اضافی به جریان روی سیلابدشت ها می شوند و اختلاف سرعت بیشتری را بین کانال اصلی و سیلابدشت ها سبب می گردند و باعث انتقال شدیدتر ممنوم در مقایسه با همان کانال در حالت بدون گیاه و با همان عمق نسبی می گردند.

در این وضعیت، انحراف سرعت در محل سطح مشترک ناحیه پوشیده از گیاهان و ناحیه بدون گیاهان دیده می شود. شدت آشفتگی و تنش های برشی رینولدز در سطح مشترک به بیشترین مقدار خود می رسند و مقدار آنها با افزایش عمق آب در بالای ناحیه پوشیده از گیاهان افزایش می یابد (Tsujiimoto et al. 1992).

این تحقیق سعی بر آن دارد تا برای بررسی تاثیرات موانع گیاهی بر جریان در حالتی که سیلابدشت های کانال مرکب دارای موانع گیاهی مستغرق باشد، ساختارهای لحظه ای و خصوصیات آشفتگی جریان را بررسی نموده و با اندازه گیری سرعت میانگین زمانی در طول و عمق، پروفیل سرعت را به دست آورده،



سپس مولفه های آشفتگی، تنش های رینولدز، جریان ثانویه و تنش برشی بستر را اندازه گیری نماید، تا بتوان اثرات موانع گیاهی مستغرق را بر جریان در کانال مرکب بررسی نمود.

### ۳-۱- محدودیت های تحقیق

- کانال آزمایشگاهی دارای مقطع مرکب مستطیلی بوده و بستر و جداره ها فرسایش پذیر نمی باشند.
- آزمایشات انجام شده برای حالت پوشش گیاهی یک ردیفه در امتداد سیلابدشت می باشد
- برای مدلسازی پوشش گیاهی از استوانه‌هایی با محور عمود بر سیلابدشت استفاده شده، که مدل ساده شده‌ای برای گیاهان است.

### ۴-۱- ساختار پایان نامه

این پایان نامه مشتمل بر پنج فصل بشرح زیر می باشد.

فصل اول: کلیات

در این فصل به تعریف کانال مرکب دارای پوشش گیاهی در سیلابدشت ها، اهداف و محدودیت های تحقیق حاضر پرداخته شده است.

فصل دوم: مرور منابع و بیان جنبه های نوآوری تحقیق

در این فصل مهمترین تحقیقات انجام گرفته در زمینه الگوی جریان در کانال مرکب، پدیده اثر متقابل و سپس تاثیر حضور پوشش گیاهی به خصوص پوشش تک ردیفه در امتداد سیلابدشت بر الگوی جریان بیان گردیده است.

فصل سوم: تجهیزات آزمایشگاهی و ابزار های اندازه گیری میدان جریان

برای مشاهده الگوی جریان در کانال مرکب و ساختار آشفتگی، تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده در آزمایشگاه هیدرولیک مانند دستگاه سرعت سنج سه بعدی و ... معرفی و به نحوه استفاده از آنها اشاره شده است.

فصل چهارم: نتایج و بحث

در این فصل مشخصات آزمایش های انجام شده و نتایج حاصل از آن مانند توزیع تنش برشی بستر، توزیع سرعت متوسط طولی بی بعد شده با سرعت حداکثر، جریان های ثانویه، توزیع تنش های رینولدز ارائه گردیده و پیرامون نتایج بحث شده است.

فصل پنجم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

جمع بندی کلی از تحقیق حاضر ارائه و تاثیر پوشش گیاهی بر الگوی جریان در کانال مرکب متفاوت بیان شده است. همچنین برای تحقیقات آینده پیشنهادهایی ارائه شده است.

## فصل ۲- مرور منابع و بیان جنبه های نوآوری تحقیق

### ۲-۱- مقدمه

در طبیعت، اکثر رودخانه ها سیلابدشت‌هایی دارند که اغلب در دو طرف آنها به صورت جانبی واقع شده‌اند. برای بررسی اثر پوشش گیاهی در امتداد سیلابدشت در کانال مرکب، ابتدا باید ساختار جریان در کانال مرکب بدون پوشش گیاهی را که دارای پیچیدگی کمتری است مورد مطالعه قرار داد. لذا در این فصل ابتدا خلاصه‌ای از یافته‌های الگوی جریان در کانال مرکب ساده که توسط محققین مختلف انجام پذیرفته است، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

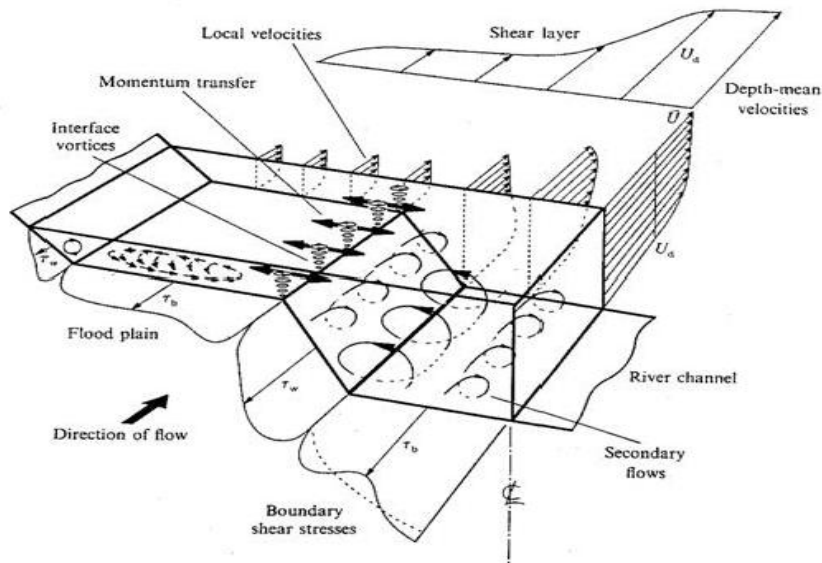
سپس تحقیقات انجام شده در مورد اثرات پوشش گیاهی در حالت کلی در کانال مرکب مورد مطالعه قرار گرفته و برای درک بیشتر از اثر پوشش گیاهی تک ردیفه در امتداد سیلابدشت که هدف اصلی این تحقیق می‌باشد، تحقیقات انجام شده با این موضوع به طور مجزا بررسی می‌شوند.

### ۲-۲- الگوی جریان در کانال مرکب

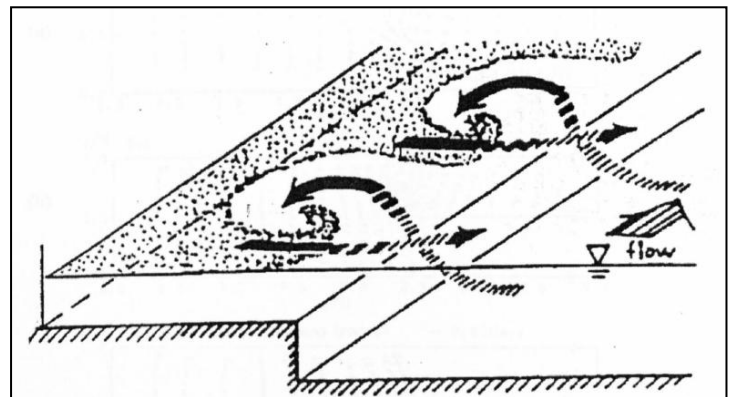
#### ۲-۲-۱- پدیده اثر متقابل

پدیده اثر متقابل یا به عبارتی دیگر اندرکنش جریان در کانال اصلی و سیلابدشت‌ها به عنوان عامل کاهش سرعت در مقطع اصلی و نهایتاً کل سرعت در مقاطع مرکب شناخته شده است. این عامل یک مقاومت اضافی است که ناشی از شکل مقطع است (Yen, 2002). ساده‌ترین مطلبی که بتوان این پدیده را توضیح داد توسط میرز در سال ۱۹۹۷ ارائه شد. ایشان دلیل پدیده اندرکنش را نتیجه انتقال ممنوم بیان می‌کنند که با استفاده از اندازه گیری و بررسی تنش برشی در ناحیه اتصال کرانه سیلابی به این موضوع پی بردند. سپس راجاراتنام و احمدی (۱۹۸۱)، نایت و حامد (۱۹۸۴) اقدام به اندازه گیری سرعت کردند و در مشاهدات خود نشان دادند که پروفیل قائم سرعت و تنش برشی در نزدیکی سطح تلاقی کانال اصلی به وسیله انتقال مومنتم منحرف می‌شود (Altinakar, 2002).

به هر صورت طرح‌ها و عکس‌هایی از این پدیده که در اشکال شکل ۱-۲ و شکل ۲-۲ نشان داده شده است، باعث شکل گیری تصویری اولیه از این پدیده می‌شود. در این شکل‌ها ساختارهای سه بعدی جریان با مقیاس زمانی و مکانی خود در کانال با مقطع مرکب، که به اختصار کانال مرکب نامیده می‌شود، نشان داده شده است. در ناحیه مورد توجه در این تحقیق یا به عبارت دیگر، بالای مقطع اصلی کانال و در لبه سیلابدشت، گردابه‌های بزرگ مرتبط با یکدیگر وجود دارند که به تنهایی بسیار مهم هستند (شیانو و نایت ۱۹۹۱).



شکل ۱-۲- ساختار جریان در کانال مرکب (شیانو و نایت ۱۹۹۱)



شکل ۳-۲- گردابه های مشاهده شده در محل تقاطع کانال اصلی و سیلابدشتها (Sellin, 1964)

شکل ۲-۲- ساختار گردابه های همراه جریان و مشاهده مفهومی انتقال ممنوم (Fukouka & Fujita, 1989)

یکی از ویژگی‌های مهم که اولین بار توسط سلین در سطح آب عکس برداری شد، گردابه‌هایی با محور قائم هستند که در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. این گردابه‌ها در ناحیه برشی بین جریان‌های با سرعت‌های متفاوت توسعه می‌یابند و در شکل ۱-۲ به عنوان گردابه‌های رابط<sup>۲</sup> و در شکل ۲-۲ به صورت گردابه بزرگی که ممنوم سیال بزرگی را از مقطع اصلی به سیلابدشت‌ها انتقال می‌دهند، نشان داده شده

<sup>2</sup> Interface Vortices