



دانشکده مهندسی علوم آب  
گروه سازه های آبی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
رشته سازه های آبی

موضوع

بررسی تاثیر گردشگی لبه پایین دست محل اتصال بر روی  
الگوی رسوب در تلاقی رودخانه ها

استاد راهنما

پروفسور محمود شفاعی بجستان

استاد مشاور

پروفسور سید محمود کاشفی پور

تدوین و نگارش

صبحاح محمدی

خرداد ماه 1390



تقدیم به:

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را به جان خریدند و خود را سپهری مسکلات و ناملایمات  
کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم و آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی  
رویشان سرمایه‌های جاودانه زندگی‌م است.

و

خواهران و برادران مهربانم

که تمامی عشق خود را نثار آنامی‌کنم

و از عمق وجودم آنها را دوست می‌دارم

## پاس نامه:

پاس خدایی را که اول و آخر وجود است، بی آنکه اولی بر او پیشی بگیرد یا آخری پس از او باشد؛ خدایی که دست هر چشمی از دامن دیدارش کوتاه است و فم هر کبوتر توصیف‌گری از پرواز در آسمان و صفتش عاجز. خدایی که علم را نزد انسان با ویدیه‌ای برای ایجاد زیبایی قرار داد. بدین بهانه در دومی فرستم بر مقام والا و ارزشمند استیدی که برترین زیبایی که همان زیبایی اندیشه است را تقدیم دانشجویان می‌کنند.

از سرورانی که در این پایان نامه با اینجانب همکاری داشته‌اند به خصوص از استاد محترم رابنا جناب آقای پروفور محمود شاعری بختان که با صبر و تحمل و رابنایی‌های ارزنده‌شان، مراد انجام این پایان نامه، مساعدت نموده کمال سپاسگزاری و تشکر را دارم. از مشاور محترم جناب آقای پروفور سید محمود کاشنی پورو، همچنین جناب آقای پروفور منوچهر قحی مقدم و جناب آقای دکتر رسول قبادیان که به‌مبارزه از رابنمونه‌های بی‌دریغشان بهره‌مند گردیده‌ام نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از مسئولین محترم آزمایشگاه مدل‌های فیزیکی جناب آقای مهندس زینی و نذو سرکار خانم زاهدیان و همچنین از تمامی مسئولین محترم دانشکده مهندسی علوم آب تشکر می‌نمایم.

از دوستان خوبم مهندس محسن زاهدی، مهندس فرزاد کرامی، مهندس شادمان ویسی، مهندس یاسار پناهی، آقای محمد کریمی، مهندس حسن گلچین، مهندس یوسف قدو، مهندس عزیز سوزه پورو و از تمامی دوستانی که در تمام مراحل پایان نامه مریاری نمودند و همچنین از خانواده کرامیم که بدون یاری ارزشمند آنها هیچ چیز برایم مقدور نبود، کمال تشکر و امتنان را دارم.

با عرض ادب - صباح محمدی

۲۴ خرداد ماه ۱۳۹۰

نام خانوادگی: محمدی	نام: صباح
عنوان پایان نامه: بررسی تاثیر گردشگری لبه پایین دست محل اتصال بر روی الگوی رسوب در تلاقی رودخانه ها	
استاد راهنما: پروفسور محمود شفاعی بجنستان	استاد مشاور: پروفسور سید محمود کاشفی پور
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	گرایش: سازه های آبی
محل تحصیل: دانشگاه شهید چمران اهواز	دانشکده: مهندسی علوم آب
تعداد صفحات: ۱۲۶	
واژه های کلیدی: تلاقی رودخانه ، شعاع گردشگری اتصال، نسبت دبی ، عدد فرود ذره، عمق آبستگي، چاله فرسایشی، تپه رسوبگذاری	
<p><b>چکیده</b></p> <p>محل تلاقی به محدوده ای گفته می شود که جریان آب دو رودخانه یا دو کانال در آنجا به همدیگر می پیوندد. این محل به عنوان ناحیه ای با الگوهای پیچیده از جریان در سیستم های رودخانه ای شناخته شده است. وجود جریان های گردابی و ثانویه، افزایش سرعت جریان و نهایتاً افزایش تنش برشی در محل تلاقی باعث ایجاد چاله فرسایشی و آبستگي در محل تلاقی رودخانه و همچنین ایجاد تپه رسوبگذاری در پایین دست می شود. این مسئله باعث ایجاد خسارت به سازه های موجود در مسیر رودخانه ها و کانال ها و از همه مهمتر تغییر مورفولوژی رودخانه می شود. از اینرو در سالهای اخیر مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی محدودی برای شناخت بیشتر الگوی فرسایش و رسوبگذاری در محل تلاقی انجام شده است خصوصاً اینکه تمامی آزمایشات انجام شده اخیر بر روی تلاقی های رودخانه با اتصال لبه تیز صورت گرفته است درحالیکه در طبیعت و در اکثر موارد محل اتصال در تلاقی های رودخانه بصورت لبه گرد می باشد. چون تاکنون مطالعه ای به منظور تاثیر شعاع گردشگری لبه اتصال در محل تلاقی بر روی الگوی رسوب انجام نشده است از اینرو تحقیق حاضر با هدف بررسی آزمایشگاهی الگوی فرسایش و رسوب گذاری در محل تلاقی رودخانه ها با اتصال لبه گرد انجام شده است. در این تحقیق ابتدا با استفاده از آنالیز ابعادی روابط بی بعد کلی استخراج شد و سپس با ساخت مدل فیزیکی، آزمایش های شاهد با اتصال لبه تیز و سپس آزمایش های با اتصال لبه گرد با سه شعاع گردشگری تحت شرایط مختلف هیدرولیکی انجام شده است و تاثیر عواملی مانند نسبت دبی شاخه فرعی به دبی کل جریان (<math>Q_r</math>) ، عدد فرود ذره پایاب (<math>Fr_g</math>) و نسبت شعاع گردشگری لبه اتصال به پهنای کانال (<math>R_b</math>) بر میزان حداکثر عمق چاله فرسایشی و ارتفاع تپه رسوبگذاری در یک تلاقی ۶۰ درجه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آزمایش ها نشان داد با افزایش نسبت دبی و عدد فرود ذره مقدار حداکثر عمق آبستگي افزایش می یابد و با افزایش نسبت دبی و عدد فرود ذره ارتفاع تپه رسوبگذاری به ترتیب افزایش و کاهش می یابد. همچنین با افزایش شعاع گردشگری لبه پایین دست اتصال، حداکثر عمق آبستگي و ارتفاع تپه رسوبگذاری بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. در <math>R_b=1</math> در عدد فرود ذره ۲/۱۹ و تمامی نسبت های دبی و در عدد فرود ذره ۲/۵۲ و سه نسبت دبی ۰/۲ ، ۰/۳۳ و ۰/۵ کاهش عمق آبستگي و ارتفاع تپه رسوبگذاری به مقدار ۱۰۰ درصد روی داد. کمترین کاهش عمق آبستگي به مقدار ۴۰ درصد در عدد فرود ذره ۲/۷۶ و نسبت دبی ۰/۶۶ و کمترین کاهش ارتفاع تپه رسوبگذاری به مقدار ۳۵ درصد در همین فرود ذره و نسبت دبی ۰/۵ روی داد. همچنین در عدد فرود ذره ۲/۷۶ و نسبت دبی ۰/۲ مقدار عمق آبستگي در مقایسه با اتصال لبه تیز برای نسبت های شعاع ۰/۲۸ ، ۰/۵ و ۱ به ترتیب به مقدار ۴۰ ، ۶۸ و ۱۰۰ درصد کاهش داشته است. همچنین ارتفاع تپه رسوبگذاری برای نسبت های شعاع فوق به ترتیب ۲۳ ، ۶۶ و ۱۰۰ درصد کاهش داشته است. نکته قابل توجه در این آزمایشها این است که با افزایش نسبت شعاع گردشگری لبه اتصال به پهنای کانال از ۰/۲۸ تا ۱ موقعیت حداکثر عمق چاله فرسایشی به سمت پایین دست کانال اصلی و همچنین به سمت دیواره خارجی کانال جابجا می شود و از محل تلاقی فاصله می گیرد.</p>	

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول - مقدمه
2	1-1- مقدمه
6	1-2- مروری بر کارهای انجام شده
7	2-2- خصوصیات الگوی جریان در محل تلاقی
14	2-3- فرسایش و رسوب گذاری
29	2-4- جمع بندی
32	1-3- مقدمه
32	2-3- حد اکثر عمق فرسایش و ارتفاع رسوبگذاری نهایی
41	1-4- مقدمه
41	2-4- تجهیزات آزمایشگاهی
51	3-4- روش انجام آزمایشها
56	1-5- مقدمه
56	2-5- نتایج آزمایشهای رسوب
57	1-2-5- مشاهدات عینی آزمایشهای رسوب
59	2-2-5- حداکثر عمق فرسایشی بستر در محل تلاقی

- 59..... 1-2-2-5- تاثیر نسبت دبی ( $Q_r$ ) بر حداکثر عمق نسبی فرسایش بستر ( $\frac{D_s}{B_3}$ )
- 62..... 2-2-2-5- تاثیر عدد فرود ذره در پایاب ( $F_0$ ) بر حداکثر عمق نسبی فرسایش ( $\frac{D_s}{B_3}$ ):
- 64..... 3-2-2-5- تاثیر نسبت شعاع گردشگری اتصال به پهنای کانال اصلی ( $R_b$ ) بر حداکثر عمق نسبی فرسایش ( $\frac{D_s}{B_3}$ ):
- 4-2-2-5- استخراج رابطه نهایی پیش بینی عمق فرسایش با در نظر گرفتن تاثیر همزمان نسبت دبی ( $Q_r$ )، عدد فرود ذره ( $F_0$ ) و نسبت شعاع گردشگری اتصال به پهنای کانال اصلی ( $R_b$ )
- 70..... 5-2-2-5- آنالیز حساسیت رابطه ارائه شده
- 71..... 3-2-5- ارتفاع نهایی تپه رسوبگذاری
- 72..... 1-3-2-5- تاثیر نسبت دبی ( $Q_r$ ) بر حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری ( $\frac{H_s}{B_3}$ )
- 73..... 2-3-2-5- تاثیر عدد فرود ذره در پایاب ( $F_0$ ) بر حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری ( $\frac{H_s}{B_3}$ ):
- 75..... 3-3-2-5- تاثیر نسبت شعاع گردشگری اتصال به پهنای کانال اصلی ( $R_b$ ) بر حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری
- 78..... 4-3-2-5- استخراج رابطه نهایی پیش بینی ارتفاع نهایی تپه رسوبگذاری با در نظر گرفتن تاثیر همزمان نسبت دبی ( $Q_r$ )، عدد فرود ذره ( $F_0$ ) و نسبت شعاع گردشگری اتصال به پهنای کانال اصلی ( $R_b$ )
- 84..... 1-6- مقدمه
- 87..... 2-6- نتایج آزمایشهای رسوب
- 87..... 1-2-6- حداکثر عمق نسبی فرسایش بستر در محل تلاقی ( $\frac{D_s}{B_3}$ )
- 88..... 2-2-6- مقدار بی بعد ارتفاع نهایی تپه رسوبگذاری ( $\frac{H_s}{B_3}$ )
- 89..... 3-6- پیشنهادات
- 91..... منابع

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲	شکل (۱-۱): الگوی جریان در محل تلاقی کانالهای روباز.....
۸	شکل (۱-۲): شماتیک حجم کنترل استفاده شده توسط تیلور (۱۹۴۴).....
۸	شکل (۲-۲): جانمایی فلوم آزمایشگاهی وبر و همکاران (Weber et al. 2001).....
۹	شکل (۳-۲): مقاطع عرضی a. موقعیت نقاط اندازه گیری سرعت b.....
۱۱	شکل (۴-۲): صفحه برداری $v^*-u^*$ برای شرایط جریان $q^*=0.25$ : $z^*=0.014(a)$ ؛ $z^*=0.278(b)$ نزدیک سطح.....
۱۲	شکل (۵-۲): صفحه های برداری $v^*-w^*$ بیان کننده الگو های جریان ثانویه برای $q^*=0.25$ : $x^*=-1.33(a)$ ؛ $x^*=-1.67(b)$ ؛ $x^*=-2.00(c)$ ؛ $x^*=-3.00(d)$ ؛ $x^*=-5.00(e)$ ؛ $x^*=-7.00(f)$ .....
۱۲	شکل (۶-۲): شماتیک ساختار جریان برای $q^*=0.25$ .....
۱۴	شکل (۷-۲): شماتیک حجم کنترل استفاده شده توسط برقی و همکاران (۱۳۸۱).....
۱۴	شکل (۸-۲): شمای کلی فلوم استفاده شده در آزمایش موسلی.....
۱۵	شکل (۹-۲): رابطه بین حداکثر عمق آبشستگی وزاویه اتصال اولیه کانال های فرعی.....
۱۶	شکل (۱۰-۲): رابطه بین حداکثر عمق آبشستگی (cm) و با رسوبی کل (gm/min).....
۱۷	شکل (۱۱-۲): حداکثر عمق آبشستگی (cm) به عنوان تابعی از اختلاف دبی کانالهای فرعی (cc/min).....
۲۰	شکل (۱۲-۲): رابطه بین حداکثر نفوذ لبه avalanch face کانال اصلی به درون اتصال؛ $\epsilon$ ؛ و زاویه اتصال؛ $\alpha$ ؛ برای سه نسبت دبی (Qr) متفاوت.....
۲۱	شکل (۱۳-۲): رابطه بین حداکثر عمق آبشستگی ds و زاویه اتصال برای سه نسبت دبی مختلف.....
۲۱	شکل (۱۴-۲): رابطه بین جهت حداکثر عمق آبشستگی $\beta$ و زاویه اتصال $\alpha$ برای سه نسبت دبی مختلف.....
۲۶	شکل (۱۵-۲): رابطه عمق فرسایش نسبت به زمان تحت شرایط مختلف آزمایشی ( $Br=0.428$ و $d_{50}=1.05mm$ ) مربوط به تحقیق شفاعی بجستان و قبادیان.....



- شکل (۲-۱۶): شمای کلی فلوم استفاده شده در آزمایش برقی و جباری ..... ۲۸
- شکل (۴-۱): شماتیک تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده ..... ۴۱
- شکل (۴-۲): حوضچه مکش ایستگاه پمپاژ ..... ۴۲
- شکل (۴-۳): پمپ حلزونی و الکتروموتور سیستم پمپاژ ..... ۴۲
- شکل (۴-۴): لوله دهش و سیستم bypass (سمت راست) - شیر پروانه ای (سمت چپ) ..... ۴۳
- شکل (۴-۵): flow meter سیستم اندازه گیری دبی جریان ..... ۴۳
- شکل (۴-۶): لوله های انتقال جریان به ابتدای فلوم های اصلی و فرعی همراه با شیرالات و اتصالات ..... ۴۴
- شکل (۴-۷): مخزن فرعی قبل از کانال اصلی ..... ۴۴
- شکل (۴-۸): مخزن فرعی قبل از کانال فرعی ..... ۴۵
- شکل (۴-۹): فلوم اصلی ۹ متری در حال کار ..... ۴۵
- شکل (۴-۱۰): سرریز مثلثی نصب شده در ابتدای کانال اصلی ..... ۴۶
- شکل (۴-۱۱): point gauge وسیله اندازه گیری رقوم سطح آب در بالا دست سرریز ..... ۴۷
- شکل (۴-۱۲): صفحات آرام کننده جریان در ابتدای فلوم اصلی ..... ۴۷
- شکل (۴-۱۳): دریچه کشویی انتهای فلوم ، تنظیم کننده سطح آب پایاب ..... ۴۸
- شکل (۴-۱۴): تاسیسات خروج آب از انتهای فلوم ..... ۴۸
- شکل (۴-۱۵): فلوم فرعی و نحوه اتصال آن به کانال اصلی ..... ۴۹
- شکل (۴-۱۶): منحنی دانه بندی رسوبات بکار رفته در این تحقیق ..... ۵۰
- شکل (۴-۱۷): نمایی از متر لیزری و صفحه مشبک مورد استفاده در این تحقیق ..... ۵۱
- شکل (۴-۱۸): پلان صفحه مشبک بر روی محل تلاقی ..... ۵۱
- شکل (۴-۱۹): شماتیکی از شعاع های مورد استفاده برای این تحقیق ..... ۵۲
- شکل (۴-۲۰): نمایی از فلوم اصلاح شده در این تحقیق ..... ۵۳
- شکل (۵-۱): نمایی از چاله فرسایشی ایجاد شده در اتصال لبه گرد ..... ۵۸
- شکل (۵-۲): نمایم بودن خطوط جریان در محل تلاقی با اتصال لبه گرد ..... ۵۹

- شکل (۵-۳): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل تغییرات نسبت دبی برای اتصال لبه تیز ..... ۶۰
- شکل (۵-۴): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل تغییرات نسبت دبی برای  $(R_b=0.28)$  ..... ۶۰
- شکل (۵-۵): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل تغییرات نسبت دبی برای  $(R_b=0.5)$  ..... ۶۱
- شکل (۵-۶): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل تغییرات نسبت دبی برای  $(R_b=1)$  ..... ۶۱
- شکل (۵-۷): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل تغییرات عدد فرود ذره در پایاب برای اتصال لبه تیز ..... ۶۲
- شکل (۵-۸): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل تغییرات عدد فرود ذره در پایاب برای  $(R_b=0.28)$  ..... ۶۳
- شکل (۵-۹): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل تغییرات عدد فرود ذره در پایاب برای  $(R_b=0.5)$  ..... ۶۳
- شکل (۵-۱۰): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل تغییرات عدد فرود ذره در پایاب برای  $(R_b=1)$  ..... ۶۴
- شکل (۵-۱۱): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل شعاع اتصال برای  $(Frg=2.76)$  ..... ۶۵
- شکل (۵-۱۲): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل شعاع اتصال برای  $(Qr=0.5)$  ..... ۶۵
- شکل (۵-۱۳): تغییرات حداکثر عمق فرسایش در مقابل شعاع اتصال برای  $(Qr=0.66)$  ..... ۶۶
- شکل (۵-۱۴): مقایسه عمق فرسایش در مقابل نسبت دبی برای دو اتصال لبه تیز و لبه گرد  $(Frg=2.76)$  ..... ۶۷
- شکل (۵-۱۵): مقایسه عمق فرسایش در مقابل عدد فرود ذره برای دو اتصال لبه تیز و لبه گرد  $(Qr=0.5)$  ..... ۶۷
- شکل (۵-۱۶): رابطه بین عمق چاله فرسایشی بدون بعد  $(Ds/B_3)$  اندازه گیری شده و پیش بینی شده با رابطه (۵-۱) ..... ۷۱
- شکل (۵-۱۷): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل تغییرات نسبت دبی برای اتصال لبه تیز ..... ۷۳
- شکل (۵-۱۸): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل تغییرات نسبت دبی برای  $(R_b=0.28)$  ..... ۷۴
- شکل (۵-۱۹): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل تغییرات نسبت دبی برای  $(R_b=0.5)$  ..... ۷۴
- شکل (۵-۲۰): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل تغییرات نسبت دبی برای  $(R_b=1)$  ..... ۷۵
- شکل (۵-۲۱): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل تغییرات عدد فرود ذره در پایاب برای اتصال لبه تیز ..... ۷۶
- شکل (۵-۲۲): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل تغییرات عدد فرود ذره در پایاب برای  $(R_b=0.28)$  ..... ۷۶
- شکل (۵-۲۳): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل تغییرات عدد فرود ذره در پایاب برای  $(R_b=0.5)$  ..... ۷۷
- شکل (۵-۲۴): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل تغییرات عدد فرود ذره در پایاب برای  $(R_b=1)$  ..... ۷۷
- شکل (۵-۲۵): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل شعاع اتصال برای  $(Frg=2.76)$  ..... ۷۹

- شکل (۵-۲۶): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل شعاع اتصال برای ( $Qr=0.5$ ) ..... ۷۹
- شکل (۵-۲۷): تغییرات حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل شعاع اتصال برای ( $Qr=0.66$ ) ..... ۸۰
- شکل (۵-۲۸): مقایسه حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل نسبت دبی برای دو اتصال لبه تیز و لبه گرد ..... ۸۱
- ( $Fr_g=2.76$ ) ..... ۸۱
- شکل (۵-۲۹): مقایسه حداکثر ارتفاع تپه رسوبگذاری در مقابل عدد فرود ذره برای دو اتصال لبه تیز و لبه گرد ..... ۸۱
- ( $Qr=0.5$ ) ..... ۸۱
- شکل (۵-۳۰): رابطه بین ارتفاع نهایی تپه رسوبگذاری بدون بعد ( $Ds/B_3$ ) اندازه گیری شده و پیش بینی شده با رابطه (۳-۵) ..... ۸۵

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۲-۱) - مقایسه معیارهای مدل در فلوم آزمایشگاهی و شرایط طبیعی در مدل تلاقی رودخانه ها	۱۸
جدول (۲-۲) - متغیرها و پارامترهای مورد استفاده در تحقیق شفاعی بجستان و قبادیان	۲۴
جدول (۲-۳) - خلاصه نتایج برخی تحقیقات آزمایشگاهی و اندازه گیری صحرایی تلاقی رودخانه	۳۰
جدول (۴-۱) - مشخصات فیزیکی مصالح رسوبی استفاده شده در این تحقیق	۵۰
جدول (۵-۱) - پارامترهای بکار رفته برای آزمایشهای شاهد با اتصال لبه تیز	۵۶
جدول (۵-۲) - پارامترهای بکار رفته برای اتصال لبه گرد	۵۶
جدول (۵-۳) - مقایسه مقدار عمق آبستگي در دو حالت اتصال لبه گرد و لبه تیز برای ( $Fr_g = 2.76$ )	۶۸
جدول (۵-۴) - مقایسه مقدار عمق آبستگي در دو حالت اتصال لبه گرد و لبه تیز برای ( $Fr_g = 2.19$ )	۶۹
جدول (۵-۵) - مقادیر شاخص حساسیت بر حسب درصد	۷۲
جدول (۵-۶) - مقایسه مقدار ارتفاع تپه رسوبگذاری در دو حالت اتصال لبه گرد و تیز برای ( $Fr_g = 2.76$ )	۸۲
جدول (۵-۷) - مقایسه مقدار ارتفاع تپه رسوبگذاری در دو حالت اتصال لبه گرد و تیز برای ( $Fr_g = 2.19$ )	۸۳

## فهرست علائم و نشانه ها

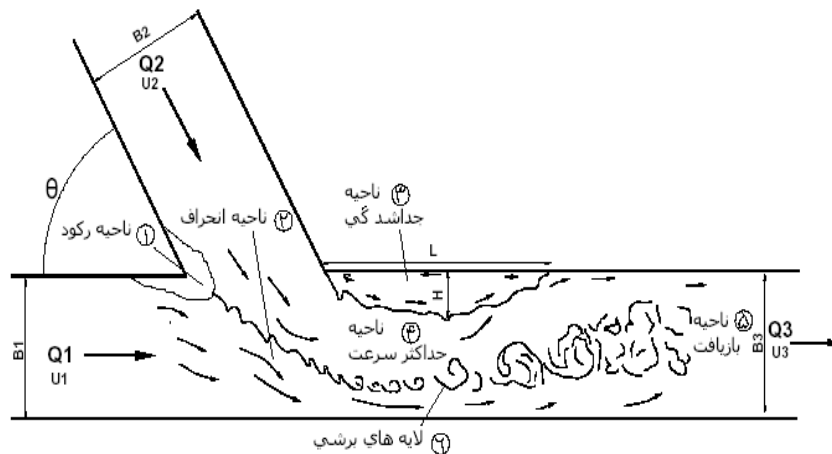
- $B_1$  = پهنای کانال اصلی در بالادست اتصال  
 $B_2$  = پهنای کانال فرعی در بالادست اتصال  
 $B_3$  = پهنای کانال اصلی در پائین دست اتصال  
 $R$  = شعاع گردشگری در محل اتصال کانال فرعی به اصلی در گوشه پایین دست  
 $R_b$  = نسبت شعاع گردشگری به پهنای کانال اصلی در پایین دست  
 $Z$  - اختلاف رقوم بستر دو کانال در محل تلاقی  
 $Q_1$  = دبی کانال اصلی در بالا دست اتصال  
 $Q_2$  = دبی کانال فرعی در بالا دست اتصال  
 $Q_3$  = دبی کانال اصلی در پائین دست اتصال ( $Q_1+Q_2$ )  
 $Q_r$  = نسبت دبی کانال فرعی به اصلی در پایین دست تلاقی ( $Q_2/Q_3$ )  
 $Q_b$  = بار بستر  
 $D_s$  = حداکثر عمق چاله فرسایشی در محل تلاقی  
 $H_s$  = ارتفاعی نهائی تپه رسوبگذاری  
 $d_{50}$  = اندازه متوسط مصالح بستر  
 $G_s$  = چگالی ذرات مصالح بستر  
 $\theta$  = زاویه اتصال کانال فرعی به کانال اصلی  
 $S_0$  = شیب کف کانال  
 $V_3$  = سرعت جریان در پایاب اتصال  
 $F_r$  = عدد فروود جریان  
 $F_g$  = عدد فروود ذره در پایین دست  
 $R_e$  = عدد رینولدز جریان  
 $W_e$  = عدد وبر  
 $g$  = شتاب ثقل  
 $\rho$  = جرم حجمی سیال  
 $\rho_s$  = جرم حجمی ذرات رسوب  
 $\mu$  = لزجت سیال  
 $\sigma$  = کشش سطحی سیال  
 $Y_3$  = عمق جریان در پایین دست  
 زیر نویسه‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب اشاره به کانال اصلی در بالادست اتصال، کانال فرعی و کانال اصلی در پائین دست اتصال می‌کنند.

# فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

محل تلاقی به محدوده‌ای گفته می‌شود که جریان آب دو رودخانه در آنجا به همدیگر می‌پیوندند. این محل به عنوان ناحیه ای با الگوهای پیچیده از حرکت جریان سه بعدی و همچنین مکان بیشترین اغتشاش جریان در سیستم های رودخانه ای شناخته شده است. دینامیک جریان در محل تلاقی رودخانه‌ها را می‌توان به صورت شماتیک مطابق شکل (۱-۱) نشان داد:



شکل (۱-۱): الگوی جریان در محل تلاقی کانالهای روباز

در محدوده تلاقی شش ناحیه مختلف شامل: (۱) ناحیه رکود (۲) ناحیه انحراف جریان (۳) ناحیه جداشدگی (۴) ناحیه حداکثر سرعت (۵) ناحیه بازیافت جریان و (۶) ناحیه لایه‌های برشی قابل تشخیص می‌باشد (Best, 1987). توسعه مناطق ۱ و ۳ باعث حجیم تر شدن رسوب انباشته شده و افزایش سرعت در منطقه ۴ باعث عمیق تر شدن چاله فرسایشی و فرسایش شدید سواحل می‌شود که بتدریج ایجاد مئاندر و جابجایی موقعیت سه شاخه را به همراه دارد ضمن اینکه وجود جریان گردابی مشکلات فراوانی را برای کشتیرانی ایجاد می‌کند. بحث آبشستگی از این لحاظ می‌تواند دارای اهمیت باشد که داشتن معیاری از حداکثر عمق آبشستگی می‌تواند در طراحی ابنیه‌هایی همچون

تعیین عمق پایه های پل و سایر ابنیه ها و آگاهی کافی از نحوه پیشروی چاله فرسایشی نیز می تواند در تعیین محل مناسب سازه های حفاظتی از سواحل رودخانه و محل تلاقی مفید واقع شود. از اینرو در سالهای اخیر مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی البته محدودی برای شناخت بیشتر الگوی جریان و وضعیت فرسایش و رسوب گذاری در محل تلاقی انجام شده است خصوصا اینکه تمامی آزمایشات انجام شده اخیر بر روی تلاقی های با اتصال لبه تیز انجام شده است در حالیکه در طبیعت و در اکثر موارد محل اتصال در تلاقی های رودخانه بصورت لبه گرد می باشد. از این رو در این تحقیق تاثیر شعاع گردشگری لبه پایین دست محل اتصال بر عمق آبستگي در محل تلاقی بررسی خواهد شد. بنابراین هدف عمده تحقیق حاضر بررسی مسئله رسوب می باشد که در این راستا تاثیر یکی از مهمترین پارامترها یعنی شعاع گردشگری لبه پایین دست محل اتصال که تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است بر روی ابعاد چاله فرسایش خصوصا حد اکثر عمق فرسایش موضعی و همچنین ابعاد تپه رسوبی ایجاد شده در پایین دست اتصال که از اهمیت خاصی برخوردار است، مورد بررسی قرار گرفته است.

در این تحقیق پس از بررسی منابع در فصل دوم، متغیرهای موثر بر هیدرولیک رسوب شناسائی و با استفاده از تجزیه تحلیل ابعادی گروه های بدون بعد استخراج گردید که در فصل سوم بصورت مبسوط تشریح شده است. تجهیزات آزمایشگاهی ساخته شده و نحوه انجام آزمایشهای هیدرولیک رسوب در فصل چهارم توضیح داده شده است. در فصل پنجم تحقیق موجود نتایج آزمایشهای هیدرولیک رسوب که بر روی تلاقی با زاویه اتصال ۶۰ درجه و در سه نسبت شعاع گردشگری لبه پایین دست اتصال به پهنای کانال اصلی انجام شده است، ارائه میگردد. لازم به ذکر است که در این آزمایشها تاثیر چهار نسبت دبی کانال فرعی به دبی کل و همچنین تاثیر شش عدد فرود ذره پایاب در نظر گرفته شده است. در آزمایشهای رسوب از یک نوع ذره رسوبی با قطر مشخص استفاده شده است.

نهایتاً نتیجه گیری و پیشنهادات در فصل ششم تحقیق حاضر و لیست منابع مورد استفاده نیز در انتهای گزارش ارائه شده است.



# فصل دوم

پیشینه تحقیق

## ۲-۱- مروری بر کارهای انجام شده

در سالهای اخیر مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی البته محدودی برای شناخت بیشتر الگوی جریان و وضعیت فرسایش و رسوبگذاری در محل تلاقی انجام شده است. بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه آبشستگی در تلاقی رودخانه ها برای تقاطع های با اتصال لبه تیز انجام شده است در حالی که در طبیعت بیشتر شاهد تلاقی های با اتصال لبه گرد هستیم که تاکنون مطالعاتی به صورت آزمایشگاهی و صحرایی در مورد پدیده فرسایش و رسوبگذاری صورت نپذیرفته است.

از جمله مطالعات انجام شده می توان به مطالعات تیلور (Tylor, 1944)، گورام و همکاران (Gurram et al. 1997)، و وبر همکاران (Weber et al., 2001) در آزمایشگاه بر روی تلاقی های مستطیلی و بدون حضور رسوب، مطالعات آزمایشگاهی موسلی (Mosley, 1976) و بست (Best 1988) با تزریق رسوب و بستر فرسایشی، مطالعه بریان و کوهن (Bryan and Kuhn, 2002)، برقی و نظری (۱۳۸۲) بدون تزریق رسوب با بستر فرسایشی و مطالعات روی و برگرون (Roy and Bergeron, 1990)، گاودت و روی (Gaudet and Roy 1995)، سررس و همکاران (Serres et al., 1999)، لین و همکاران (Lane et al., 2000)، رودز و سوخودولو (Rhoads and Sukhodolov 2001, 2004)، سوخودولو و رودز (Sukhodolov and Rhoads, 2001) بایرون و همکاران (Biron et al, 2002) و بویر و همکاران (Boyer et al., 2006) اشاره نمود. استفاده از مدل های ریاضی سه بعدی برای شبیه سازی جریان در محل تلاقی کانال های صلب نیز مورد توجه قرار گرفته است که از آن جمله می توان به مطالعات برد بروک و همکاران (Brad brook et al, 2001) و هوانگ و همکاران (Huang et.al, 2002) اشاره نمود. اخیراً چن و پنگ (Chen and Peng, 2006) یک مدل عددی دو بعدی را برای جریان دو لایه که در آن هر لایه ها دارای سرعت و چگالی متفاوت می باشد ارائه نمودند. آنها نشان دادند که این مدل

قادر است به خوبی تغییرات عمق و سرعت جریان در محل تلاقی را که در آن کانال فرعی جریان آب و گل با غلظت بالا را در کانال اصلی تخلیه می نماید، شبیه سازی کند. عمده مطالعات انجام شده را می توان به دو دسته (۱) بررسی خصوصیات الگوی جریان در محل تلاقی (۲) بررسی چاله فرسایشی و وضعیت رسوبگذاری در محدوده تلاقی طبقه بندی نمود. در ادامه به بررسی منابع عمده منتشر شده و ارایه نتایج آنها پرداخته شده است.

## ۲-۲- خصوصیات الگوی جریان در محل تلاقی

از آنجایی که پیدایش چاله های فرسایشی و مناطق رسوبگذاری ارتباط مستقیم به وضعیت جریان در محدوده تلاقی دارد از اینرو مطالعاتی برای بررسی خصوصیات جریان از جمله تغییرات عمق جریان، ابعاد ناحیه جداشدگی و مقادیر سرعت در محدوده تلاقی انجام شده است.

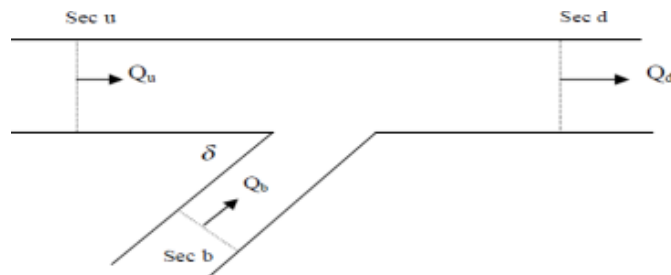
تیلور (Tylor, 1944) با فرضیاتی از قبیل:

- یکسان بودن پهنای کانالهای متلاقی
- شیب کف افقی
- افت اصطکاک ناچیز
- توزیع فشار هیدرواستاتیک
- توزیع سرعت یکنواخت
- خطوط جریان در مرز حجم کنترل موازی
- یکسان بودن عمق جریان در کانالهای بالا دست تلاقی

اولین کسی بود که رابطه عمق نسبی در محل تلاقی را ارائه نمود:

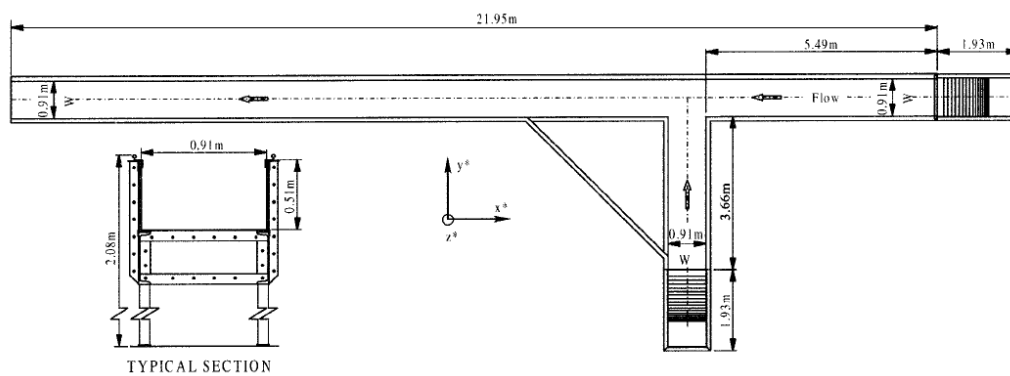
$$2F_d^2 [\bar{Y} - q^2 - \text{Cos}\delta(1-q)^2] = \bar{Y}(1-\bar{Y}^2) \quad (1-2)$$

که در آن  $F_d$  عدد فرود پایاب،  $\bar{Y} = \frac{y_u}{y_d}$  و  $q = \frac{Q_u}{Q_d}$  می باشد. سایر متغیرها در شکل (۱-۲) ارائه شده اند.



شکل (۱-۲): شماتیک حجم کنترل استفاده شده توسط تیلور (۱۹۴۴)

وبر و همکاران (Weber et al. 2001) به منظور توصیف جریان سه بعدی در محل اتصال ۹۰ درجه یک مدل آزمایشگاهی در آزمایشگاه هیدرولیک انستیتو Iowa آماده کردند. این مدل در شکل (۲-۲) نشان داده شده است. به منظور اطمینان از ورود جریان توسعه یافته به داخل اتصال یک صفحه متخلخل با ضخامت ۱۰۰ میلی متر در ورودی کانالهای اصلی و فرعی قرار داده شده است. عمق پایاب توسط یک دریچه در انتهای کانال پائین دست تنظیم می شود.



شکل (۲-۲): جانمایی فلوام آزمایشگاهی وبر و همکاران (Weber et al. 2001)

سیستم مختصات تعریف شده در این آزمایشات دارای جهت مثبت X به طرف بالاست کانال اصلی، جهت مثبت Y در جهت جریان کانال فرعی و جهت Z به سمت بالا، می باشد. مبداء مختصات در کف بستر و در گوشه بالا دست اتصال قرار داد. همه فاصلهها با تقسیم بر پهنای کانال  $W = 0.914$  متر بی