# نسبت اعماق جریان در محل تلاقی رودخانه ها در شرایط جریان زیر بحرانی

**رسول قبادیان**
عضو هیئت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه و دانشجوی دکتری سازه های آبی دانشگاه شهید چمران
**محمود شفاعی بجستان**
استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران
**سید حبیب موسوی جهرمی**
استاد یار دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران
**هوشنگ حسونی زاده**
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد شوشتر

## چکیده

**یکی از اصلی ترین متغیرهای هیدرولیکی در محل تلاقی رودخانه ها نسبت اعماق جریان در محل سه شاخه می باشد. روابط متعددی برای محاسبه نسبت اعماق در ارتباط با عوامل تاثیر گذاربرآن ارائه شده است . این روابط که عمدتا تحلیلی هستند از تلفیق معادلات اندازه حرکت و پیوستگی در محل سه شاخه با یکسری فرضیات ساده کننده بدست آمده اند. در این تحقیق به منظور بررسی صحت فرضیات انجام شده در روابط تحلیلی و همچنین ارائه روابطی برای محاسبه نسبت اعماق جریان از نتایج 90 آزمایش انجام شده در محل یک تلاقی 90 درجه با سه نسبت پهنای متفاوت استفاده گردید. در این آزمایشات تاثیر عوامل مختلفی از قبیل نسبت دبی شاخه های بالا دست اتصال( $Q_r$ ) ، عدد فرود پایین دست اتصال( $F_{rd}$ ) و همچنین نسبت پهنا( $B_r$ ) برروی نسبت اعماق در مقاطع مختلف اتصال مورد بررسی قرار گرفت و روابط چند متغیره ای نیز ارائه شده است . نتایج آزمایشات نشان داد با افزایش عدد فرود پائین دست و نسبت دبی شاخه فرعی به دبی کل( $Q_r$ ) ، نسبت عمق جریان در کانال اصلی بالا دست اتصال به عمق پایاب افزایش می یابد در حالیکه افزایش نسبت پهنای شاخه فرعی به پهنای شاخه اصلی( $B_r$ ) روی این نسبت عمق جریان تاثیرقابل ملاحظه ای ندارد. از طرفی به ازای کلیه آزمایشهای انجام شده نسبت عمق جریان کانال اصلی به عمق جریان کانال فرعی در بالا دست اتصال عددی بین 0/905 تا 1/025 است و مقدار میانگین آن 0/988می باشد.**

**واژه‌های کلیدی**: تلاقی رودخانه ،نسبت اعماق ،نسبت دبی،نسبت پهنا.عدد فرود پایاب

## مقدمه

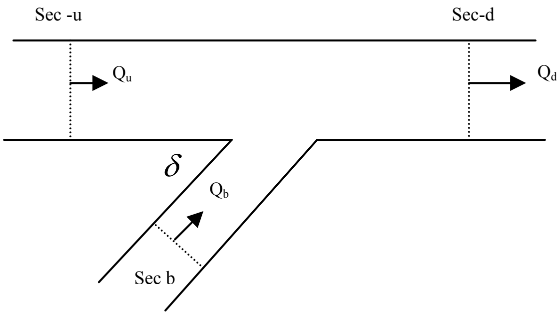
افزایش عمق جریان در بالادست تلاقی کانالهای روباز و رودخانه ها ناشی از انقباض جریان در محل اتصال شاخه فرعی به اصلی می باشد.این افزایش عمق که باعث تبدیل انرژی جنبشی جریان به انرژی پتانسیل نیز می گردد در الگوی جریان محل تلاقی تاثیر گذار می باشد از اینرو از اهمیت خاصی برخوردار است.همچنین به منظور محاسبه افت انرژی در محل تلاقی و افزایش دقت محاسبات پروفیل سطح آب در مدلهای تک بعدی معلوم بودن نسبت اعماق جریان در محل تلاقی لازم می باشد بر همین اساس مطالعات آزمایشگاهی و تحلیلی متعددی به منظور یافتن روابطی برای پیش بینی نسبت اعماق جریان در محل تلاقی انجام شده است:

.

تیلور [1] (1944) [1] اولین کسی بود که با یکسری فرضیات ساده کننده واستفاده از روابط اندازه حرکت و پیوستگی رابطه ای را برای تخمین نسبت اعماق جریان در کانالهای بالادست محل تلاقی ارائه نمود:

$$2F_{r_d}^2\left[\overline{Y}+q^2-Cos\delta(1-q)^2\right]=\overline{Y}(1-\overline{Y}^2) \qquad (1)$$

که در آن $F_{rd}$ عدد فرود پایاب ، $\overline{Y}=\dfrac{H_u}{H_d}$ و $q=\dfrac{Q_u}{Q_d}$ می باشد . سایر متغیر ها در شکل (1) ارائه شده اند.




شکل (1)- شماتیک حجم کنترل استفاده شده توسط تیلور(1944)

گورام و همکاران [2] (۱۹۹۷) [2] با مطالعه بر روی یک اتصال با زوایای 30 ، 60 و 90 درجه که در آن پهنای کانال اصلی 500 میلیمتر و شاخه فرعی دارای دو عرض متفاوت 300 و 500 میلیمتر بود روابطی را برای محاسبهٔ ابعاد ناحیه جدا شدگی جریان در شرایط زیر بحرانی و انتقالی ارائه نمودند.علاوه بر این گورام و همکاران با کاربرد معادله اندازه حرکت در محل سه شاخه رابطه‌ای را برای محاسبهٔ نسبت عمق جریان در بالادست اتصال به عمق پایاب( $\overline{Y}$ ) بدست آورده‌اند و نشان دادند که این نسبت همواره بزرگتر از یک می‌باشد.

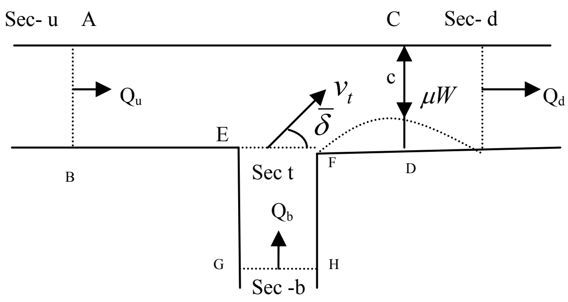
$$\overline{Y}=1+\frac{(\frac{Q_b}{Q_d})F_{rd}^{\,2}(2-(\frac{Q_b}{Q_d})-Cos\delta)}{1-F_{rd}^{\,2}} \qquad (2)$$

که در آن $\delta$ میانگین زاویه ورود جریان شاخه فرعی به کانال اصلی می‌باشد. سایر متغیر ها قبلا توضیح داده شده است.
گورام و همکاران با تحلیل رابطه فوق نشان دادند به منظور کاهش اثر برگشت آب در محل اتصال لازم است $F_{rd}\leq 0.5$ وحد اکثر مقدار نسبت دبی شاخه فرعی به دبی کل کمتراز عبارت ( $1-0.5COS\delta$ )باشد.علاوه براین بهتر است زاویه اتصال کوچکتر از 35 درجه در نظر گرفته شود.
برقعی و همکاران(1381) [3] با استفاده از معادلات پیوستگی و اندازه حرکت و درنظر گرفتن چندین فرض ساده کننده روابطی رابرای محاسبه نسبت اعماق و شرایط ایجاد پرش هیدرولیکی در پائین دست محل تلاقی 90 درجه ارائه نمودند:

$$\frac{\overline{Y}^3}{2}\left[1+\cot\overline{\delta}.(1-C_t^2)\right]\geq\overline{Y}(\frac{1}{2}+\frac{\beta_c}{\alpha_c}\mu)-\left[\frac{\beta_u}{\alpha_c}\overline{Q}_{uc}^2+\cot\overline{\delta}\frac{\beta_b}{\alpha_c}(1-\overline{Q}_{uc})^2\right]\mu^2 \qquad (3)$$

که درآن: $\overline{Y}=\dfrac{H_u}{H_C}=\dfrac{H_b}{H_c}=\dfrac{1}{C_t}\dfrac{H_t}{H_c}$ ، $C_t$ = ضریب ثابت ، $\alpha,\beta$ = به ترتیب ضرایب اندازه حرکت و انرژی جنبشی و $\mu$ = ضریب انقباض جریان که خود توابعی از $\overline{Q}_{uc}=\dfrac{Q_u}{Q_C}$ هستند.موقعیت زیر نویسهای در شکل (3) ارائه شده است.

---
1 -Taylor
2 -Gurram et al.




شکل(3 )– شماتیک حجم کنترل استفاده شده توسط برقعی و همکاران(1381)

برقعی و همکاران به منظور بررسی فرضیات انجـام شـده و همچـنین بدسـت آوردن رابطـه پارامترهـای فـوق الـذکر بـا $\overline{Q}_{uc}$ آزمایشهای تکمیلی در در محل اتصال 90 درجه با پهنای یکسان 40 سانتی متـر بـرای هـر دو کانـال فرعـی و اصـلی انجـام دادند.نتایج ازمایشها یانها نشان داد که مرز ایجاد پـرش هیـدرولیکی $0.46 \leq \overline{Q}_{uc}$ میباشـد عـلاو ه بـراین بـا افـزایش $\overline{Q}_{uc}$ مقدار $\overline{Y}$ کاهش می یابد.

اخیراً استفاده از مدلهای سه بعدی برای شبیه سازی جریان در محل تلاقی کانالهای صلب مورد توجه قرار گرفته است کـه از آن جملـــه مـــی‌تـــوان بـــه مطالعـــات,ویراکـــون وهمکـــاران[1](۱۹۹۱) [4]و بردبـــروک و همکـــاران[2](2001) [5]هوانـــگ وهمکاران[3](2002)[6] اشاره نمود.

هدف اصلی این تحقیق بررسی آزمایشگاهی جریان در محل تلاقی با سه نسبت پهنـای مختلـف و تحـت شـرایط هیـدرولیکی متفاوت می باشد.ضمن اینکه با انجام این آزمایشها، داده های جدیدی ارائه میگردد که بتوان علاوه بر ارائه روابط جدید،صـحت روابط محققین قبلی نیز بررسی شود.

## مواد و روشها

به منظور دسترسی به اهداف این مطالعه با توجه به اینکه متغیرهای زیادی در نسبت اعماق جریان تاثیر دارند بنـابراین ابتـدا بـا شناخت این متغیرها و آنالیز ابعادی روابط کلی شامل پارامترهای بدون بعد استخراج شدند این روابط عبارتند از :

$$\frac{H_U}{H_d} = f(\frac{B_2}{B_3},\frac{Q_2}{Q_3},F_{rd},\theta,S.,R_{ed},W_{e_3},\frac{\Delta z}{B_3}) \qquad (4)$$

$$\frac{H_L}{H_d} = f(\frac{B_2}{B_3},\frac{Q_2}{Q_3},F_{rd},\theta,S.,R_{ed},W_{e_3},\frac{\Delta z}{B_3}) \qquad (5)$$

در این روابط $H_U$ و $H_L$ به ترتیب عمق جریان در کانال اصلی و فرعی در بالا دست محـل تلاقـی مـی باشـد. $H_d$ عمـق جریان در پایاب محل تلاقی، $Q$ دبی جریان ، $B$ پهنای کانال، $F_{rd}$ عدد فرود پایـاب ، $\theta$زاویـه اتـصال ، $S.$شـیب کـف در محل اتصال ، $R_{ed}$عدد رینولدز جریان ، $W_{e_3}$عدد وبر و $\Delta z$اختلاف رقوم کف کانال اصلی و فرعـی میباشـد . زیـر نـویس 1و2 بترتیب مربوط به کانال اصلی و فرعی در بالا دست محل تلاقی و زیر نویس 3 مربوط به محل پایین دست تلاقی می با شد .

در آزمایشات انجام شده تاثیر عدد رینولدز و وبر ناچیز است . بنابراین در این مطالعه از اثر آنها صرفنظر شده است . از طرفـی بـا توجه به اینکه در این مطالعه شرایط جریان زیر بحرانی مورد توجه قرار دارد بنابراین شـیب کـف در محـل تلاقـی تـاثیر انـدکی دارد(گورام و همکاران 1997) لذا از این متغیر نیز صرفنظر شده است.همچنین در این مطالعه اختلاف رقوم کف بسترصفر بـوده است و با توجه به ثابت بودن زاویه $\theta$ در طول آزمایشها از اثر زاویه تلاقی صرفنظر شده است. بنابراین روابط فوق بصورت زیـر خلاصه می شوند:

---

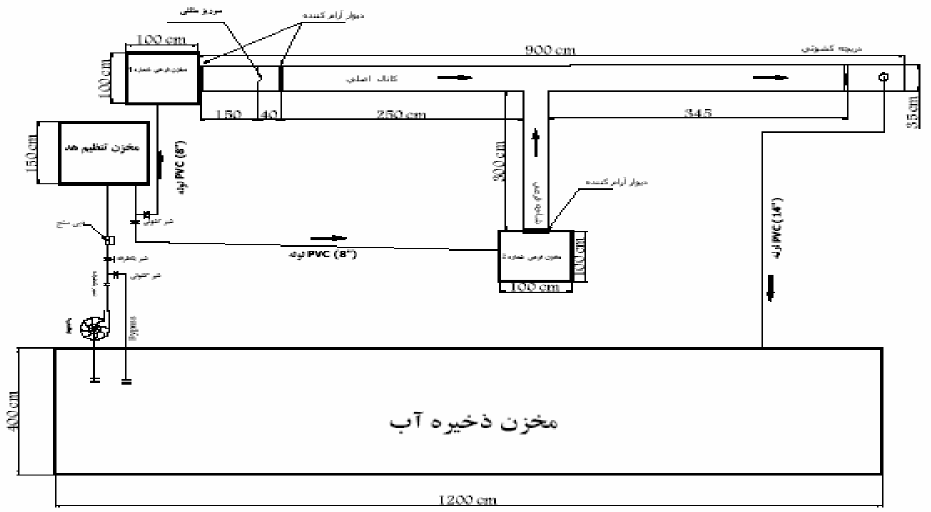
1 - Weerakoon et al.
2- Bradbrook et al.
3 - Huang et al.

$$\frac{H_U}{H_d} = f\left(\frac{B_2}{B_3}, \frac{Q_2}{Q_3}, F_{rd}\right) \qquad (6)$$

$$\frac{H_L}{H_d} = g\left(\frac{B_2}{B_3}, \frac{Q_2}{Q_3}, F_{rd}\right) \qquad (7)$$

به عبارتی تنها اثر سه متغیر نسبت پهنا( $\frac{B_2}{B_3}$ )، نسبت دبی( $\frac{Q_2}{Q_3}$ )و عدد فرود پایاب( $F_{rd}$ )بر روی اعماق نسبی مورد مطالعه قرار گرفته است.

به منظوریافتن تاثیر هر یک از پارامترهای بدون بعد مذکور بر اعماق نسبی جریان لازم است تا آزمایشهایی انجام شود. شماتیک تجهیزات استفاده شده برای انجام آزمایشات مورد نیاز در شکل ( 4 ) ارائه شده است .




شکل(4)- شماتیک تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده

طول کانال اصلی 9 متر و کانال فرعی دارای طول 3 متر می باشد . پهنای کانال اصلی 35 سانتی متر در نظر گرفته شده است. به منظور بررسی تاثیر نسبت پهنا بر اعماق نسبی جریان برای کانال فرعی سه نسبت پهنای 15و 25 و 35 سانتی متر اختیار شده است. کف و دیواره های کانالهای اصلی و فرعی باشیشه 10 و 6 میلی متری پوشانده شده است . دبی کل ورودی به سیستم توسط یک دستگاه دبی سنج الکتریکی با دقت 0.1لیتر بر ثانیه اندازه گیری می شود . علاوه بر این سرریز مثلثی نصب شده در ابتدای کانال اصلی وظیفه اندازه گیری دبی ورودی به کانال اصلی را به عهده دارد. یک دریچه کشویی در انتهای کانال اصلی نصب شده است که با باز یا بسته نمودن آن می توان عمق پایاب را تنظیم نمود به عبارتی از این دریچه برای بررسی تاثیر عمق پایاب یا عدد فرود پایین دست براعماق نسبی جریان استفاده می شود.

دو دستگاه عمق سنج با دقت 0.1 میلی متر برای اندازه گیری رقوم سطح آب در بالا دست سرریز مثلثی و همچنین رقوم سطح آب پایاب و بالا دست محل تلاقی درکانالهای اصلی و فرعی استفاده شده است . مخزن اصلی وظیفه تامین هد لازم را به عهده دارد . مخازن ثانویه در ابتدای کانالهای اصلی و فرعی و همچنین صفحات آرام کننده در محل اتصال این مخازن به کانالهای مذکور برای آرام نمودن جریان ورودی می باشد. دو عدد شیر کشویی بر روی لوله های انتقال جریان به مخازن ثانویه نصب شده اند . وظیفه این شیرها تنظیم دبی ورودی به هر یک از کانالهای اصلی و فرعی می باشد که نهایتا به نسبتهای دبی مورد نظر دسترسی حاصل شود. در این تحقیق تعداد90 آزمایش انجام گردید. جدول(1) دامنه تغییرات متغیرهای به کار رفته در این مطالعه را نشان می دهد.

جدول 1- دامنه تغییرات بکار رفته در این مطالعه

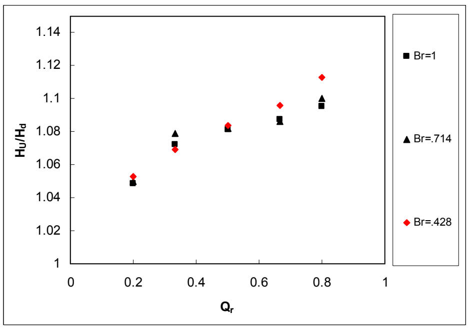
| پارامتر | محدوده تغییرات |
|---|---|
| نسبت پهنا $(B_r)$ | 1.0 ، 0.714,0.428 |
| نسبت دبی $(Q_r)$ | 0.8 ، 0.66، 0.5 ، 0.33,0.2 |
| عدد فرود پایاب$(F_{rd})$ | 0.51 ، 0.4، 0.3 ، 0.25، 0.2 ، 0.15 |

## نتایج و بحث

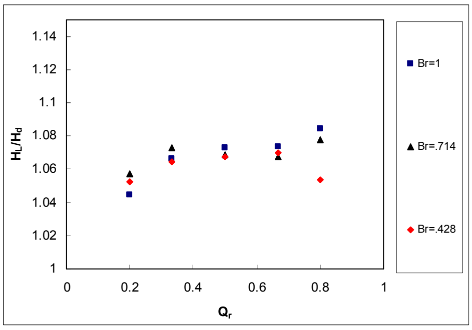
برای هر یک از سه نسبت پهنای مورد نظر در این تحقیق ، تاثیر پنج نسبت دبی و شش عدد فرود پایین دست برروی اعماق نسبی جریان مورد توجه قرار گرفته است که در زیر نتایج ارائه میگردد:

### نسبت عمق جریان در کانال اصلی و فرعی به عمق پایاب( و $\frac{H_u}{H_d},\frac{H_L}{H_d}$ )

شکل (5) تغییرات عمق نسبی جریان در کانالهای اصلی و را در مقابل تغییرات نسبت دبی $(Q_r)$ برای هر یک از سه نسبت پهنای مورد نظردر این تحقیق نشان می دهند.



الف



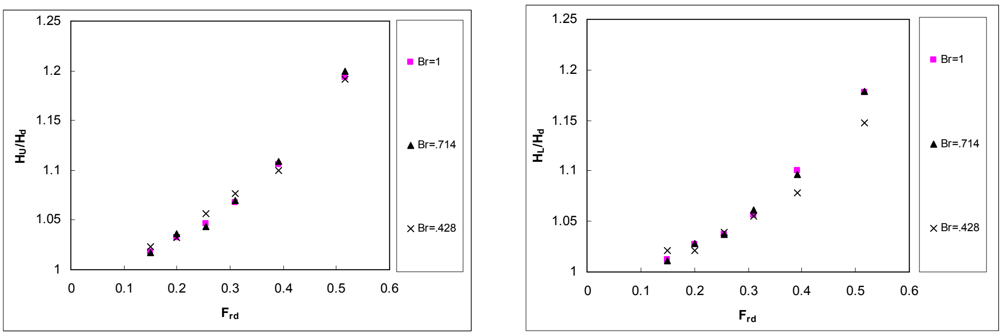
ب

شکل(5) : تغییرات عمق نسبی الف )کانال اصلی ب) کانال فرعی در مقابل تغییرات نسبت دبی به ازای سه نسبت پهنای مختلف

همانگونه که شکل مذکور نشان میدهد صرفنظر از تاثیر عدد فرود پایاب مقدار عمق نسبی کانال اصلی $(\frac{H_u}{H_d})$ همواره بزرگتر از یک می باشد و با افزایش نسبت دبی همواره روند افزایشی دارد در حالیکه روند افزایشی عمق نسبی کانال فرعی $(\frac{H_L}{H_d})$ در نسبتهای دبی بالا ( $Q_r$=0.8) و با کاهش پهنای کانال فرعی ( $B_r$=0.428) به روند کاهشی تبدیل میگردد، بدلیل اینکه به افزایش نسبت دبی و کاهش پهنای کانال فرعی هد سرعت در این کانال افزایش یافته که با توجه به معادله انرژی مقدار عمق جریان کاهش می یابد.

همچنین شکل فوق نشان می دهد نسبت پهنا تاثیر قابل ملاحظه ای روی عمق نسبی کانال اصلی $(\frac{H_u}{H_d})$ ندارد درحالیکه عمق نسبی کانال فرعی $(\frac{H_L}{H_d})$ در نسبتهای دبی بالا متاثر از $B_r$ می باشد و با افزایش آن افزایش می یابد.

شکل (6) تغییرات عمق نسبی جریان در کانالهای اصلی و فرعی را در مقابل تغییرات عدد فرود پایین دست اتصال( $F_{rd}$ ) **به ازای** نسبت پهناهای مختلف نشان می دهند.



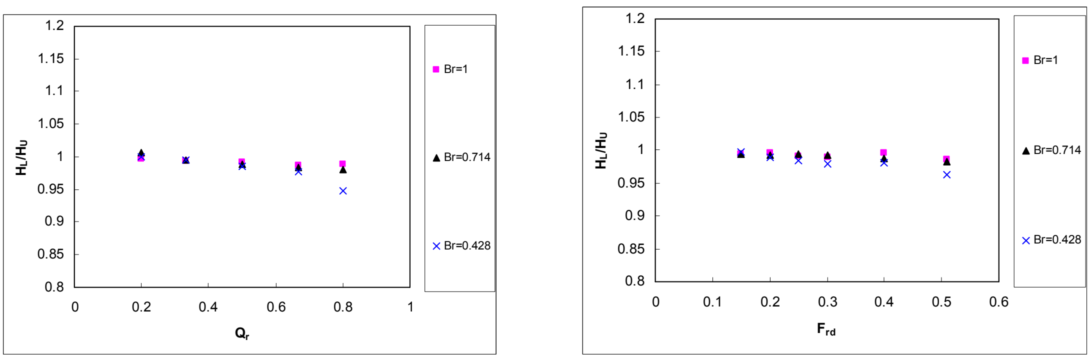

ب الف

شکل(6) : تغییرات عمق نسبی الف )کانال اصلی ب) کانال فرعی در مقابل تغییرات عدد فرود پایاب به ازای سه نسبت پهنای مختلف

شکل(6) نشان می دهد صرفنظر از تاثیر نسبت دبـی بـا افـزایش عـدد فـرود پایـاب ،عمـق نـسبی در هـر دو کانـال اصـلی و فرعیافزایش می یابدو این روند افزایشی در اعداد فرود بالاتر مشهود تر است. همانگونه که در مورد شکل 5 اشاره شـد دراینجـا نیز نسبت پهنا روی عمق نسبی کانال اصلی تاثیر چندانی ندارد در حالیکه روی عمق نسبی کانـال فرعـی بخـصوص در اعـداد فرود بالا تاثیر مثبت می گذارد.

## نسبت عمق جریان درکانال فرعی به عمق جریان درکانال اصلی( $\frac{H_L}{H_u}$ ).

در بیشتر روشهای تحلیلی عمق جریان درکانالهای اصلی و فرعی بالادست محل تلاقی یکسان فرض میشود.به منظور بررسی این فرض اندازه گیریهای لازم در بالا دست محل تلاقی در کانالهای مذکوربه ازای سه نسبت پهنای مختلف کانال فرعی به اصلی انجام شد. نتایج این آزمایشها درشکل(7) نشان داده شده است.




ب الف

شکل(7) : تغیرات عمق جریان کانال فرعی به اصلی در مقابل الف) تغییرات نسبت دبی ب ) تغییرات عدد فرود پایاب در سه نسبت پهنای مختلف

شکل مذکور نشان می دهدکه نسبت عمقهای بالا دست تلاقی( $\frac{H_L}{H_u}$ ) با افزایش نسبت دبی (شـکل 5–الـف) و افـزایش عـدد فرود پائین دست تلاقی (شکل7– ب ) اندکی کاهش می یابد . علاوه بر این با افزایش نسبت پهنـای کانـال فرعـی بـه اصـلی مقدار ( $\frac{H_L}{H_u}$ ) به مقدار خیلی کم افزایش می یابد به گو نه ای که مقدار آن برای سه نـسبت پهنـای 0.714,0.428 و1.0

به ترتیب 0.98 ، 0.99 و 0.992. می باشد. همچنین این نسبت به ازای کلیه آزمایشهای انجام شده عددی بین 0.905 تا 1.025می باشد و مقدار میانگین آن به ازای تمامی آزمایش0.988 است.بطور کلی میتوان گفت که عمق جریان در کانالهای متلاقی در بالا دست اتصال تقریبا یکسان است.

## ارائه رابطه پیش بینی نسبت اعماق در محل تلاقی

بمنظور بررسی اثر همزمان نسبت دبی و عدد فرود پایاب و نسبت پهنا بر اعماق نسبی از رگرسیون گیری چند متغیره توسط نرم افزار SPSS-13کمک گرفته شد. نهایتا پس از رگرسیون گیریهای مختلف روابط زیرکه بیشترین ضریب همبستگی را نشان دادند،استخراج گردید:

$$\frac{H_U}{H_d} = 1.049 F_{rd}^{\ 2.151} Q_r^{\ 0.41} B_r^{-0.003} + 1.008 \qquad (8)$$

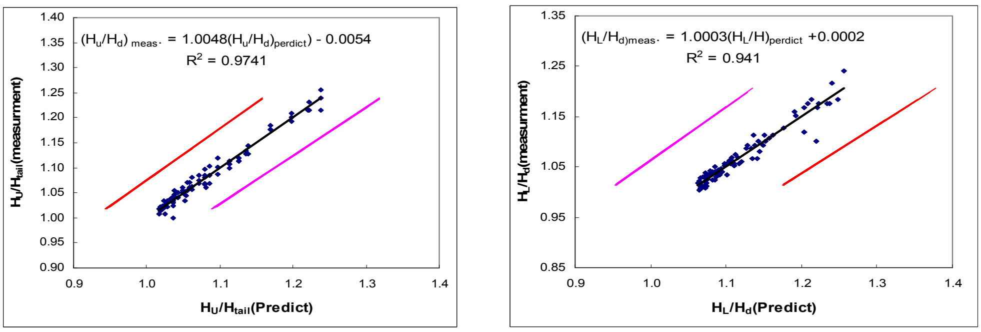
$$r^2 = 0.978$$

$$\frac{H_L}{H_d} = 0.999 F_{rd}^{\ 2.364} Q_r^{\ 0.218} B_r^{0.243} + 1.007 \qquad (9)$$

$$r^2 = 0.941$$

پارامترهای این روابط قبلا تعریف شده اند.روابط فوق نشان می دهند که اعماق نسبی همواره بزرگتر از یک می باشند.علاوه براین توجه بیشتر به توانهای پارامتهای بدون بعد در روابط فوق نشان می دهد عدد فرود پایاب بیشترین تاثیر را در اعماق نسبی داردو همانگونه که قبلا نیز اشاره شد نسبت پهنا تاثیر اندکی در عمق نسبی کانال اصلی بالادست تلاقی دارد.

شکل (8) مقدیر نسبتهای اندازه گیری شده را در مقابل مقادیر پیشبینی شده نشان میدهد.شکل (الف) مربوط با نسبت($\frac{H_u}{H_d}$) است و شکل(ب) مربوط به نسبت($\frac{H_L}{H_d}$)است. همانگونه که در این شکل نشان داده شده است،روابط (8)و(9)در باند اعتماد 95٪ نتایج قابل قبولی ارائه میدهند.




الف ب

شکل(8)-رابطه بین الف) نسبت ($H_u/H_d$) اندازه گیری شده و پیش بینی شده با رابطه (8) ، ب) نسبت ($H_L/H_d$) اندازه گیری شده و پیش بینی شد با رابطه (9)0

## نتیجه گیری

در این تحقیق با انجام 90 آزمایش تاثیر عواملی چون نسبت دبی شاخه فرعی به دبی کل جریان ($Q_r$ )،نسبت پهنای شاخه فرعی به شاخه اصلی ( $B_r$ ) و همچنین عدد فرود جریان در کانال پایین دست تلاقی ( $F_{rd}$ ) بر روی نسبت اعماق جریان در محل یک تلاقی 90 درجه مورد بررسی قرار گرفته و روابطی برای آنها استخراج شده است . در این روابط سعی شده است پارامتر( $B_r$ ) که در مطالعات قبلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است وارد شود.نتایج آزمایشهای انجام شده نشان داد:

– با افزایش نسبت دبی ( $Q_r$ ) نسبت $\frac{H_U}{H_d}$ همواره افزایش می یابد در حالیکـه نـسبت $\frac{H_L}{H_d}$ در $Q_r$ هـای بـالا و نـسبت پهناهای ($B_r$) کوچک روند کاهشی پیدا می کند.

– با افزایش عدد فرود جریان در کانال پایین دست تلاقی ( $F_{rd}$ ) نسبتهای $\frac{H_U}{H_d}$ و $\frac{H_L}{H_d}$ همواره افزایش می یابد و این روند افزایشی در اعداد فرود بالا مشهود تر است .

– نسبت پهنای کانال فرعی به اصلی ( $B_r$) تاثیر قابل ملاحظه ای روی نسبت $\frac{H_U}{H_d}$ ندارد ولی افـزا یـش$B_r$ نـسبت $\frac{H_L}{H_d}$ را اندکی افزایش می دهد.

– نسبت دبی و نسبت پهنا وعدد فرود پایاب تاثیر قابل ملاحظه ای روی نسبت عمق جریان کانال فرعی به اصلی در بالادسـت اتصال ( $\frac{H_L}{H_u}$ ) ندارد و مقدار میانگین این نسبت به ازای تمتم ازمایشات انجام شده مقدار0.988 می باشد.

## سپاسگزاری

این مقاله نتیجهٔ بخشی از یک طرح تحقیقاتی است که امکانات اجرایی و اعتبارات مالی آن توسط دفتر استاندارد تحقیقات آب سازمان آب و برق خوزستان تأمین شده که بدین وسیله تشکر می‌گردد.

## منابع

[1]- Taylor, E.H. (1944)."Flow characteristics at rectangular open-channel junction." J. Hydr. Engrg., ASCE, 109, 893-912.

[2]4- Gurram, S.K., Karki, K.S., and Hager. W.H.(1997." Subcritical junction flow. " J. Hydr. Engrg., ASCE, 123(5), 447-455.

[3]– برقعی. س م. ، سخایی فر.س.م.ودائمی،ع. (1381)." بررسی آزمایشگاهی اتصال کانالها." مجموعه مقالات ششمین سمینار بین اللملی مهندسی رودخانه. اهواز، ص 619-611

[4]- Weerakoon, S.B., Kawahara, Y., and Tamia, N. (1991)." Three – dimensional flow structure in channel confluences of rectangular section." Proc., 24 the IAHR., 373-380.

[5]- Bradbrook, K.F., Lane, S.N. Richards, K.S, Biron, P.M., and Roy, A.G. (2001). " Role of bed discordance at asymmetrical river confluences." J.Hydr. Engrg. 127, 351-368.

[6]8- Huang, J.,Weber,J.L., and Lai, G.Y. (2002)." Three dimensional numerical study of flows in open-channel junctions." J. Hydr. Engrg., ASCE, 128(3), 268-280

# Flow depth ratio in river confluence under subcritical flow conditions

**R.ghobadian , M.shafai-Bajestan , S.H.mousavi and H. Hasoni Zadeh**

1. Ph.D student shahid-chamran university
2. Prof. of,shahid-chamran university
3. Assist. Prof. of,shahid-chamran university
4. Assist. Prof. of, Shushtar university

## Abstract

One of the important hydraulic parameters in river confluence is the flow depth ratio. Many equations have been developed in the past decades. These equations have been developed from simplification of momentum and continuity equations. To investigate the accuracy of such relationships and to develop new equations for predicting the flow depth ratio in 90 degree river confluence, this study was conducted. Experimental data were applied to determine the effect of discharge ratio ($Q_r$), Froude number at down stream ($F_{rd}$) and the wide ratio ($B_r$) on flow depth ratio. The results of this study show that as $F_{rd}$ and $Q_r$ increases the flow depth increases. The wide ratio was found to have no significant effect on flow depth ratio. The flow depth ratio at the upstream of river confluence varies between 0.905 and 1.025 with a mean value of 0.988.