

# مطالعه عددی روی جانمایی تک صفحه مستغرق نسبت به لبه‌های آبگیر جانبی در کانال قوسی U شکل

حسین منتصری<sup>۱\*</sup>، کیوان توکلی<sup>۲</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه یاسوج

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه یاسوج

hmontaseri@yu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۹/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۲۷

**چکیده-** هدف از این پژوهش جانمایی مناسب تک صفحه مستغرق نسبت به لبه‌های پایین دست و بالادست آبگیر جانبی واقع در کانال قوسی U شکل و تعیین زاویه مناسب آن به منظور کاهش رسوبات ورودی به آبگیر است. در این راستا با استفاده از مدل عددی فلوئنت میدان جریان حول تک صفحه مستغرق واقع در لبه پایین دست آبگیر شبیه سازی و با نتایج پژوهش آزمایشگاهی منتصری (۲۰۰۸) صحت‌سنجی شده است. مدل آشفتگی مورد استفاده **Realizable k-ε** است. پس از صحت‌سنجی مدل، اثر موقعیت‌های صفحه مستغرق نسبت به لبه‌های پایین دست و بالادست آبگیر و اثر زوایای مختلف صفحه بر الگوی جریان و الگوی تنش برشی بستر بررسی شده است و موقعیت و زاویه مناسب صفحه بر اساس میزان تأثیر صفحه روی وسعت ناحیه پر تنش اطراف صفحه، نواحی کم سرعت اطراف صفحه در تراز کف، کاهش ابعاد ناحیه زینی واقع در لبه پایین دست صفحه و چگونگی انحراف خطوط جریان انتخاب شده است. نتایج نشان می‌دهد بهترین حالت قرارگیری صفحه در لبه پایین دست حالتی است که ابتدای صفحه دقیقاً در مقابل لبه پایین دست آبگیر با زاویه‌ای در حدود ۲۰-۲۵ درجه قرار دارد و بهترین حالت قرارگیری صفحه در لبه بالادست حالتی است که انتهای صفحه دقیقاً در مقابل لبه بالادست آبگیر با زاویه‌ای حدود ۱۷ تا ۲۰ درجه قرار دارد.

**واژگان کلیدی:** میدان جریان، شبیه‌سازی عددی، تک صفحه مستغرق، قوس ۱۸۰ درجه، آبگیر جانبی

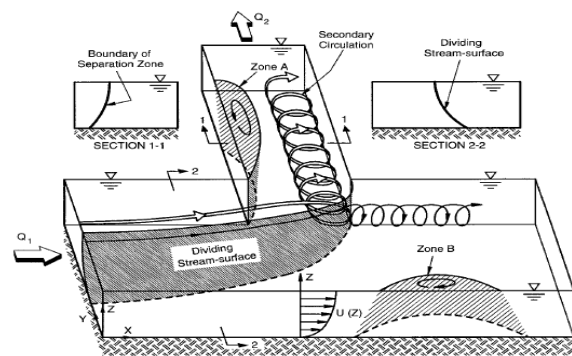
## ۱- مقدمه

جریان و کمینه دبی رسوب باشد. شناخت الگوی جریان در آبگیرهای جانبی می‌تواند برای تعیین راه‌های کاهش رسوب مهندسين را یاری نماید. با نزدیک شدن جریان به آبگیر واقع در مسیر مستقیم، بخشی از جریان وارد آبگیر شده و بقیه در کانال اصلی به سمت پایین دست جریان می‌یابد.

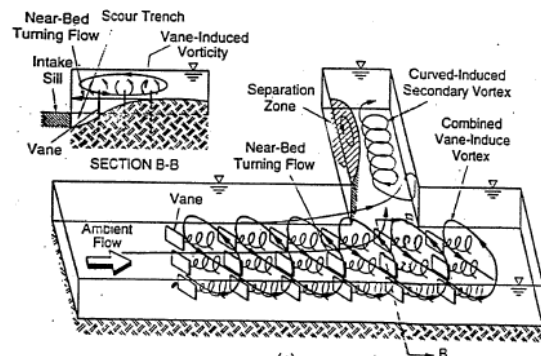
یکی از قدیمی‌ترین روش‌های استفاده از آب رودخانه‌ها، ساخت آبگیر جانبی است. یکی از نکات مهم در طراحی آبگیرهای جانبی این است که شرایطی را انتخاب کنیم تا آب منحرف شده به وسیله‌ی آبگیر، دارای بیشینه‌ی دبی

باشد و همین پدیده سبب انتقال بار بستر به طرف قوس داخلی می‌شود. جانمایی آبگیر در قوس خارجی برای کاهش رسوبات ورودی به آبگیر لازم است، اما کافی نیست [۱]. روش دیگری که به عنوان ابزار کنترل رسوب دارای قابلیت‌های بالایی است استفاده از صفحات مستغرق است. صفحات مستغرق پره‌های کوچکی است، که برای اصلاح الگوی جریان نزدیک بستر و انتقال رسوب در جهت عرضی کانال طراحی می‌شود. عملکرد صفحات مستغرق ایجاد جریان ثانویه است شکل (۱-ب). محل شکل‌گیری جریان ثانویه در نزدیکی رأس لبه جلویی صفحه است. این صفحات با ایجاد جریان ثانویه، جهت تنش‌های برشی بستر را تغییر داده و سبب انتقال عرضی رسوبات می‌شود. صفحات مستغرق با زاویه ۲۵-۱۵ درجه نسبت به جهت جریان در کف رودخانه نصب می‌شوند و ارتفاع آنها  $0.2-0.4$  برابر عمق آب در محل نصب صفحات است [۲].

بیشتر مطالعات آزمایشگاهی و عددی انجام شده در زمینه کاربرد سیستم صفحات در کنترل رسوب ورودی به آبگیرهای جانبی در مسیر مستقیم انجام گرفته است و در کاربرد این صفحات در مسیرهای قوسی مطالعات اندکی انجام گرفته است. در کاربرد ترکیب صفحات با سازه‌های دیگر به منظور جلوگیری از ورود رسوبات به آبگیرهای جانبی در مسیر مستقیم [۵]، برکدال در طراحی آرایش مناسب صفحات برای جلوگیری از ورود رسوبات به آبگیرهای جانبی در مسیر مستقیم با بستر آبرفتی [۴]، مریلیوس و سینها در تعیین زاویه بهینه برخورد جریان با صفحه و بررسی الگوی جریان حول یک صفحه در مسیر مستقیم با بستر متحرک به صورت عددی و آزمایشگاهی [۶ و ۷]، جان شوک هو و جولی کانرود اثر صفحات برای کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی با زوایای مختلف آبگیری در یک مدل آزمایشگاهی با بستر متحرک را مورد



الف - نیروی و همکاران [۳].



ب - بارکدول و همکاران [۴].

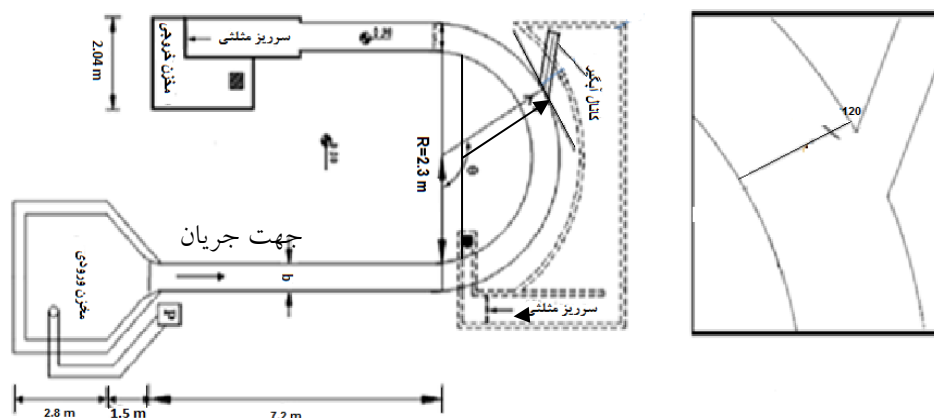
شکل ۱- الگوی جریان در آبگیری از مسیر مستقیم در دو حالت بدون صفحه و با وجود صفحات مستغرق

جریانی که وارد آبگیر می‌شود، دارای مومنتم شدیدی در جهت کانال اصلی بوده و به همین علت داخل آبگیر، جدایی جریان اتفاق می‌افتد. پس از آنکه رسوبات مجاور کف به داخل آبگیر منتقل شدند، در این ناحیه جدایی جریان به تله می‌افتند. رسوبات با توجه به سرعت‌های کم نمی‌توانند از منطقه جداشدگی منتقل شوند، در نتیجه امکان ته‌نشینی رسوبات و انسداد مسیر جریان به وجود می‌آید (شکل ۱- الف). یکی از راه‌های کاهش رسوبات ورودی به آبگیر، جانمایی آبگیر در قوس خارجی است. مشخصه اصلی جریان در خم رودخانه‌ها وجود جریان حلزونی است که از اندرکنش جریان ثانویه و جریان اصلی به وجود می‌آید. وجود جریان حلزونی باعث می‌شود که تمایل بردارهای سرعت در سطح آب به طرف قوس خارجی و در کف به سمت قوس داخلی

## ۲- مواد و روش‌ها

**مدل آزمایشگاهی:** مطالعه حاضر بر اساس مدل آزمایشگاهی منتصری (۲۰۰۸) صورت می‌گیرد. این مدل آزمایشگاهی دارای یک کانال قوسی ۱۸۰ درجه است که در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس با  $r/B=4/33$  (که  $B$  عرض کانال،  $r$  شعاع متوسط وسیله قوس) با مقطعی به ابعاد  $60 \times 60$  سانتی‌متر و شعاع متوسط وسیله ۲/۶ متر است. دو کانال مستقیم با مقطعی مشابه مقطع کانال قوسی، به طول ۷ متر و ۳/۵ متر به ترتیب در ابتدا و انتهای قوس قرار دارد و آبگیر جانبی به عرض ۲۵ سانتی‌متر در موقعیت ۱۱۵ درجه قوس و با زاویه آبگیری ۴۵ درجه قرار دارد. این موقعیت و زاویه آبگیری بر اساس مطالعات پیرستانی و دهقانی انتخاب شده است [۹ و ۱۲]. آزمایش‌ها با دبی ثابت ۴۰ لیتر بر ثانیه و عمق ثابت ۱۴/۵ سانتی‌متر انجام شده است. در لبه پایین دست آبگیر در موقعیت ۱۲۰ درجه از قوس یک صفحه با طول ۱۰ سانتی-متر، ارتفاع ۵ سانتی‌متر، ضخامت ۳ میلی‌متر و با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از دیواره خارجی قوس و با زاویه ۲۰ درجه نسبت به خط عمود بر شعاع گذرنده از مرکز صفحه در کف کانال نصب شده است (شکل ۲).

بررسی قرار دادند [۸]. دهقانی کاربرد صفحات مستغرق را در انحراف رسوب در کانال قوسی ۱۸۰ درجه مورد بررسی قرار داد [۹]. رستم آبادی به شبیه سازی عددی الگوی جریان حول سیستم صفحات مستغرق در کانال قوسی با آبگیر جانبی با نرم‌افزار فلوئنت پرداخت [۱۰]. منتصری به بررسی مکانیسم‌های ورود رسوبات به آبگیر و تأثیر آرایش صفحات مستغرق در کنترل ورود رسوبات به آبگیر در کانال قوسی ۱۸۰ درجه پرداخت. ایشان مکانیسم‌های اصلی ورود رسوبات به آبگیر را ورود پیوسته رسوبات از لبه پایین دست آبگیر و ورود تناوبی رسوبات از لبه بالادست آبگیر معرفی نمود [۱۱]. در این پژوهش سعی شده است بر اساس داده‌های آزمایشگاهی پژوهش منتصری (۲۰۰۸)، موقعیت و زاویه مناسب تک صفحه مستغرق نسبت به لبه‌های پایین دست و بالادست آبگیر برای کاهش رسوب ورودی به داخل آبگیر و کاهش اختلال در الگوی جریان در اطراف صفحه واقع در لبه پایین دست و بالادست آبگیر تعیین شود. بدین منظور ابتدا با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت به شبیه‌سازی عددی الگوی جریان حول تک صفحه مستغرق نصب شده در لبه پایین دست آبگیر جانبی واقع در کانال قوسی ۱۸۰ درجه پرداخته شده و نتایج با داده‌های آزمایشگاهی صحت‌سنجی شده است.



شکل ۲- مشخصات هندسی میدان حل قوس ۱۸۰ درجه و وضعیت قرارگیری صفحه در لبه پایین دست آبگیر [۱۱]

را برای نرخ استهلاك انرژی جنبشی حل می‌کند. معادله انتقال تنش‌های رینولدز در مدل آشفتگی *RSM* به صورت رابطه ۳ است. ثابت‌های آزمایشگاهی در معادله به صورت جدول ۲ است.

$$\frac{Du'_i u'_j}{Dt} = -\overline{u'_i u'_k} \frac{\partial u_j}{\partial u_k} - \overline{u'_j u'_k} \frac{\partial u_i}{\partial u_k} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \varepsilon - C_1 \frac{\varepsilon}{k} \quad (3)$$

$$(\overline{u'_i u'_j} - \frac{2}{3} \delta_{ij} k) - C'_1 (p_{ij} - \frac{2}{3} p \delta_{ij}) + C_s \frac{\partial}{\partial x_k} (\frac{k}{\varepsilon} \overline{u'_i u'_k} \frac{\partial u'_j}{\partial x_i})$$

جدول ۲- ثابت‌های آزمایشگاهی مدل آشفتگی *RSM* [۱۱]

|       |        |       |
|-------|--------|-------|
| $C_s$ | $C'_1$ | $C_1$ |
| ۰/۲۲  | ۰/۶    | ۱/۵   |

**حل عددی معادله:** در این پژوهش برای انفصال معادلات از روش آپویند مرتبه دوم<sup>۲</sup> و برای کوپل سرعت و فشار از روش سیمپل<sup>۳</sup> استفاده شده است. به منظور اعمال شرایط مرزی، در ورودی از شرایط مرزی سرعت ورودی ۰/۴۶ متر بر ثانیه عمود بر مرز جریان استفاده شده است. مقدار شدت آشفتگی ۳ درصد می‌باشد (معمولاً این عدد در ابتدای جریان بین ۱ تا ۶ در نظر گرفته می‌شود). قطر هیدرولیکی برابر ۰/۱۴۵ معادل ارتفاع آب ورودی در نظر گرفته می‌شود. چون صفحه سازه‌ای مستغرق با عمق کم است و پژوهش‌های بسیاری بیانگر تأثیر نداشتن صفحات مستغرق بر جریان سطحی است [۱۴]، بنابراین سطح آزاد به روش صلب مدل شده و از شرایط مرزی تقارن برای سطح استفاده شده است. برای خروجی کانال و آبگیر از شرایط مرزی جریان خروجی و برای مرزهای صلب از شرایط مرزی دیواره استفاده شده است. روش *RSM* برای در نظر گرفتن اثر دیوار از روش تابع دیواره استفاده می‌کنند بنابراین تعیین فاصله اولین گره از دیوار از اهمیت خاصی برخوردار است. فاصله اولین گره از دیواره از رابطه ۴ و ۵ به دست می‌آید [۱۰]:

محل صفحه به گونه‌ای انتخاب شده است که ابتدای صفحه و لبه پایین دست آبگیر دقیقاً در یک امتداد باشد. شرایط هیدرولیکی مدل آزمایشگاهی در جدول ۱ نشان می‌دهد که در این حالت جریان وضعیت آشفته و زیر بحرانی دارد.

جدول ۱ مشخصات هیدرولیکی میدان جریان

| دبی<br>آبگیری | عدد<br>فرود | عدد<br>رینولدز | سرعت (متر/<br>ثانیه) | عمق جریان<br>(سانتی‌متر) |
|---------------|-------------|----------------|----------------------|--------------------------|
| ۰/۳           | ۰/۳۷        | ۶۳۸۴۰          | ۰/۴۶                 | ۱۴/۵                     |

**مدل عددی:** در این پژوهش از نرم افزار *Fluent* برای شبیه سازی میدان جریان استفاده شده است. این مدل معادلات حاکم بر میدان جریان را با استفاده از طرح‌های مختلف آپویند، کوئیک و... که به وسیله کاربر تعیین می‌شود و با استفاده از الگوریتم‌های مختلف تا رسیدن به همگرایی حل می‌کند. به منظور تهیه هندسه میدان از نرم‌افزار پیش-پردازنده گمبیت<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. در این پژوهش از نسخه (3.2.2) گمبیت استفاده شده است.

**قوانین و معادلات حاکم بر میدان جریان:** قوانین حاکم عبارتند از قانون بقای جرم و بقای مومنتم که در حالت جریان آشفته و با میانگین گرفتن در زمان، معادلات پیوستگی (۱) و رینولدز (۲) از آنها استخراج می‌شود [۱۳].

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \mu \left[ \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right] + \frac{\partial(-\rho u'_i u'_j)}{\partial x_j} \quad (2)$$

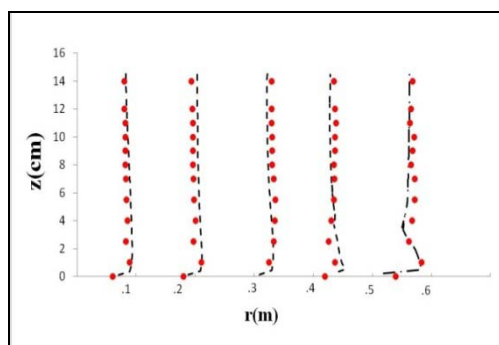
که در آن  $u_i$  مولفه سرعت در جهت  $x_i$ ، فشار  $p$ ، چگالی،  $\mu$  لزجت دینامیکی و جملات  $-\rho u'_i u'_j$  به عنوان تنش‌های رینولدز شناخته می‌شوند. در این پژوهش از مدل آشفتگی *RSM* استفاده شده است. مدل *RSM* شش معادله انتقال را برای شش مولفه تنش رینولدز و یک معادله انتقال

2- Second order upwind  
3- SIMPLE

1- Gambit

### ۳- صحت سنجی مدل عددی

به منظور صحت سنجی نتایج مدل عددی، پروفیل‌های قائم سرعت در مقاطع عرضی واقع در انتهای صفحه و پایین دست آن (مقاطع عرضی ۱۲۰ و ۱۲۵ درجه) حاصل از مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است (شکل ۵). همانگونه که مشاهده می‌شود نتایج حاصل از مدل از هماهنگی بسیار خوبی برخوردار است. با بررسی میزان میانگین مربعات خطا بیشینه میزان خطا در بررسی پروفیل عرضی برابر ۰/۳۱ برای سرعت طولی برابر با ۰/۲۷ است. بیشترین میزان خطا در پروفیل‌های نزدیک جداره به وجود آمده است.



شکل ۵- صحت سنجی مدل عددی با نتایج مدل آزمایشگاهی پروفیل قائم سرعت عرضی مقطع ۱۲۰ درجه (وسط صفحه)

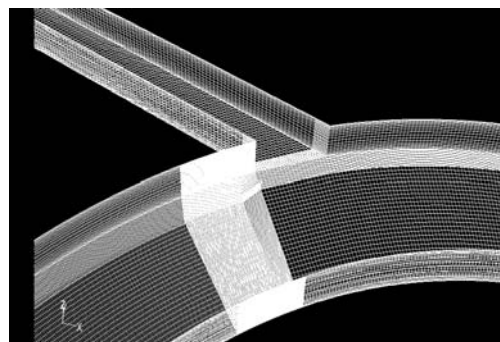
### ۴- نتایج

خطوط جریان در مقاطع طولی: در شکل (۶)، خطوط جریان در تراز ۰/۵ سانتی‌متری از کف در دو حالت با صفحه و بدون نشان داده شده است. در حالت بدون صفحه نقطه زینی شکل در لبه پایین دست آبگیر به وجود آمده است. این نقطه که دارای تنش برشی بسیار پایینی است، نقش مهمی در تله اندازی رسوبات دارد [۱۵]. با قرارگیری صفحه در پایین دست، جریان بطور مناسبی به سمت پایین دست منحرف شده و نقطه زینی به شکل کامل از بین خواهد رفت.

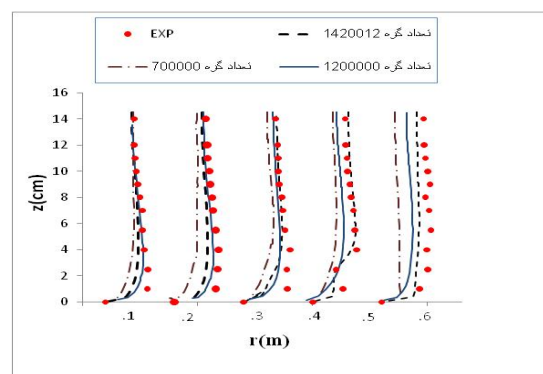
$$\frac{\bar{c}_f}{2} = \frac{0}{0359} \times R_e^{-0/2} = 0/00412 \quad (4)$$

$$u_\tau = \vartheta \cdot \sqrt{\bar{c}_f/2} = 0.02141 \text{ m/s} \rightarrow y_1 = \frac{50}{u_\tau} = 2.335e - 3m \quad (5)$$

در رابطه بالا  $R_e$  عدد رینولدز و  $\vartheta$  لزجت سینماتیکی سیال است. با توجه به مقادیر  $y_1$  محاسبه شده، شبکه‌بندی میدان در نزدیکی دیوار ریز به سمت میانه کانال با نسبت ۰/۲ افزایش می‌یابد. در این مدل‌سازی از ۱۳۲۰۰۱۲ سلول برای تفکیک محیط پیوسته استفاده شده است (شکل ۳).



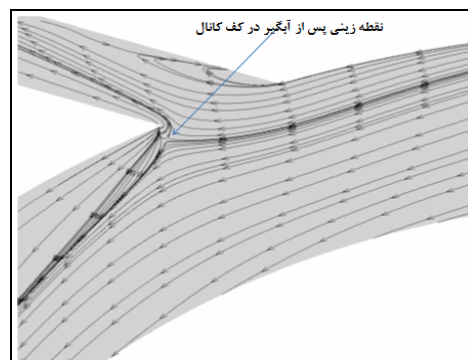
شکل ۳- شبکه بندی میدان حل در اطراف صفحه



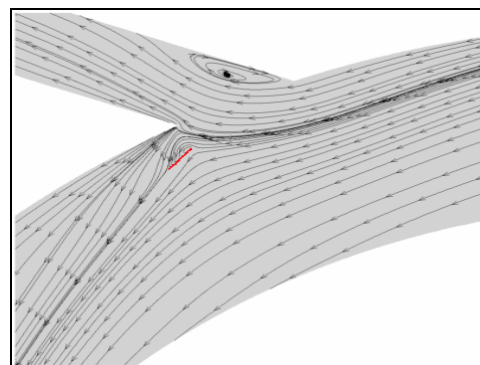
شکل ۴- حساسیت سنجی نتایج مدل عددی به تغییر شبکه

حساسیت سنجی: با توجه به شکل (۴) با افزایش تعداد گره‌ها از ۷۰۰۰۰۰ به ۱۲۰۰۰۰۰ مقدار نتایج تفاوت زیادی داشته و جواب‌ها به نتایج آزمایشگاهی نزدیکتر شده است. با تغییر تعداد گره‌ها از ۱۲۰۰۰۰۰ به تعداد ۱۴۲۰۰۲۱ در نتایج حاصل تفاوت چندانی به وجود نیامده است. بنابراین شبکه بندی با تعداد گره ۱۴۲۰۰۲۱ را انتخاب می‌نماییم.

خارجی، بیشتر خود را نشان می‌دهد. دلیل آن وجود سلول چرخشی دوم در خلاف جهت مقاطع خروجی قوس است. بویچ در سال ۲۰۰۳ با انجام یکسری آزمایش توانسته بود این سلول چرخشی دوم را در نتایج مشاهده نماید. ایشان همچنین در ادامه پژوهش‌هایش نشان داد که مدل آشفتگی  $K-E$  استاندارد در شبیه سازی این پدیده ناتوان است [۱۶]. همان‌گونه که در شکل‌های زیر مشاهده می‌شود مدل RSM توانسته است این سلول چرخشی را در مقاطع مختلف قبل از آبگیر شبیه سازی نماید. البته ابعاد مش بندی شبکه موجود با تمرکز مش‌ها در نزدیکی دیواره‌ها نیز می‌تواند در شبیه سازی این پدیده موثر باشد. با پیشروی در طول قوس، جریان ثانویه تشکیل شده تبدیل به دو سلول چرخشی شده که یکی در نزدیک قوس داخلی و دیگری به سمت قوس خارجی حرکت می‌کند. در مقطع ۱۱۹ درجه، یعنی وسط صفحه سلول چرخشی ایجاد شده ناشی از وجود صفحه مشاهده می‌شود. صفحه باعث افزایش ارتفاع گردابه تشکیل شده در نزدیکی جداره خارجی نسبت به حالت بدون صفحه شده است (شکل ۸). با پیشروی به سمت پایین دست ابعاد این سلول چرخشی رشد می‌نماید. مدل آشفتگی RSM این سلول چرخشی را به خوبی مدل نموده است. در مقطع ۱۲۵ درجه یعنی پایین دست آبگیر سلول چرخشی کوچک نزدیک دیواره خارجی دوباره شکل گرفته است. وجود صفحه در مقطع ۱۲۵ درجه باعث افزایش ارتفاع صفحه نسبت به حالت بدون صفحه شده است که این خود عاملی برای کوچکتر شدن گردابه نزدیک سطح آب شده است.



الف) خطوط جریان در کانال بدون صفحه

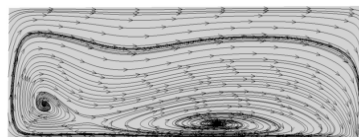


ب) خطوط جریان با وجود صفحه

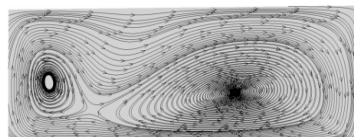
شکل ۶- خطوط جریان در کانال در تراز  $z=0/005$  سانتی‌متر

#### خطوط جریان در مقاطع عرضی: نکته قابل توجه در شکل (۷)

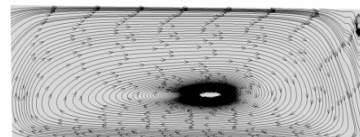
به وجود آمدن یک سلول چرخشی، نزدیک قوس خارجی در مقاطع عرضی است که جهت آن خلاف جهت جریان ثانویه اصلی در قوس است و با نزدیک شدن به محل آبگیر از بین می‌رود. در شکل (۵) مشاهده می‌شود در نزدیک سطح، سرعت نسبت به لایه‌های بالاتر کاهش می‌یابد که این پدیده ناشی از تأثیر جریان ثانویه و پدیده باز توزیع سرعت به وسیله این جریان است، این میزان کاهش در ناحیه نزدیک به جداره



ج) مقطع ۱۱۰ درجه

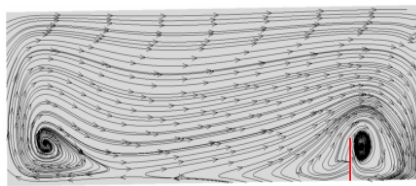


ب) مقطع ۱۰۰ درجه

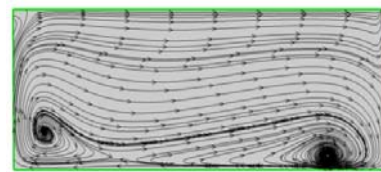


الف) مقطع ۲۰ درجه

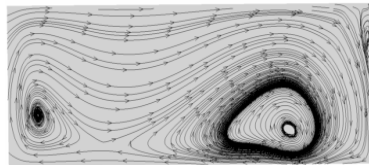
شکل ۷- پروفیل عرضی جریان در مقاطع عرضی



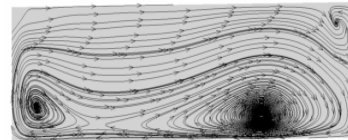
ب) مقطع ۱۱۹ درجه با وجود صفحه



الف) مقطع ۱۱۹ درجه بدون صفحه



ه) مقطع ۱۲۵ درجه با وجود صفحه

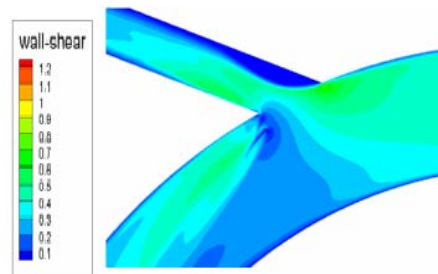


ج) مقطع ۱۲۵ درجه بدون صفحه

شکل ۸- مقایسه الگوی جریان در دو حالت با وجود صفحه و بدون صفحه



ب) الگوی رسوب‌گذاری در کانال آزمایشگاهی [۱۱]



الف) تنش برشی بستر کانال با تک صفحه

شکل ۹- حالت تنش برشی و رسوبگذاری در کف کانال قوسی با صفحه

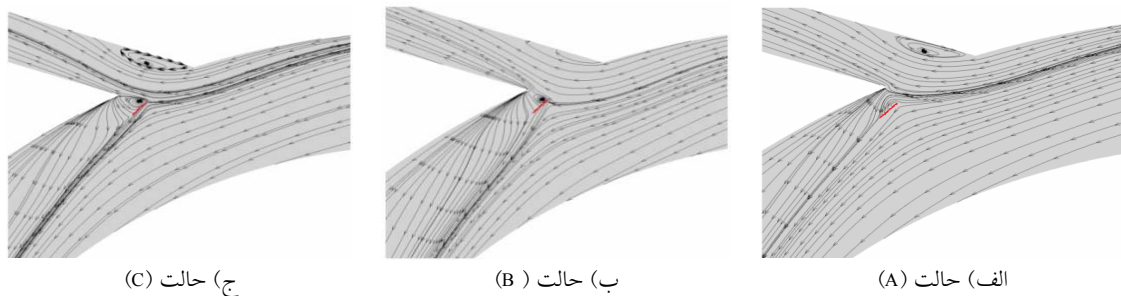
تنش برشی به دست آمده شباهت بسیار زیادی با الگوی رسوب‌گذاری در کف کانال دارد و می‌توان از الگوی تنش برشی به عنوان الگویی برای پیش‌بینی محل رسوبگذاری و تغییرات توپوگرافی بستر استفاده کرد.

## ۵- مطالعه پارامتریک

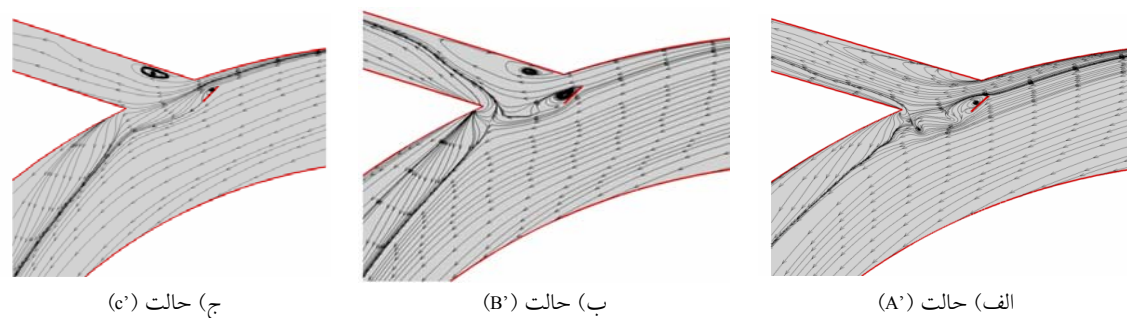
### ۵-۱- موقعیت صفحه نسبت به لبه پایین دست

در این مرحله سه حالت قرارگیری صفحه مورد بررسی قرار می‌گیرد. حالت A، حالتی که ابتدای صفحه، حالت B، حالتی که وسط صفحه و حالت C، حالتی که انتهای صفحه در امتداد شعاع گذرنده از لبه پایین دست آبگیر باشد. در شکل (۱۰) میدان جریان در تراز نزدیک بستر ( $z=0/005$ ) نشان داده شده است.

تنش برشی کف: در شکل (۹) الگوی تنش برشی به دست آمده از کار عددی اطراف صفحه با الگوی رسوبگذاری در کف کانال مقایسه شده است. جریان حلزونی ناشی از صفحه باعث ایجاد یک ناحیه منحنی بیضی شکل با تنش زیاد حول صفحه و در پایین دست آن شده است که اجازه رسوب‌گذاری را در این ناحیه نمی‌دهد. در عوض در لبه ابتدای صفحه ناحیه‌ای با تنش برشی کم وجود دارد که نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهند رسوبات از این ناحیه وارد آبگیر می‌شوند. همچنین ناحیه‌ای با تنش بسیار کم در منطقه جدایی جریان درون آبگیر وجود دارد که همان‌گونه که مشاهده می‌شود محل رسوبگذاری و تله‌اندازی رسوبات است. از مقایسه شکل (۹ الف و ب) به خوبی مشخص می‌شود، الگوی



شکل ۱۰- مقایسه پروفیل‌های طولی مختلف



شکل ۱۱- مقایسه خطوط جریان در تراز نزدیک بستر در حالت قرار گیری صفحه در بالادست آبگیر

حالت  $B'$  حالتی که وسط صفحه، حالت  $C'$  حالتی که انتهای صفحه در امتداد شعاع گذرنده از لبه بالادست آبگیر باشد. الگوی میدان جریان در تراز نزدیک بستر  $0/005$   $z=$  در شکل (۱۱) نشان داده شده است. در حالت  $C'$  به خاطر اینکه این صفحه به طور کامل قبل از آبگیر قرار دارد، اختلالی در جریان ورودی به آبگیر ایجاد نکرده، و همچنین در این حالت، خطوط جریان به صورت منظم‌تری نسبت به حالات دیگر به سمت داخل آبگیر و پایین دست منحرف شده‌اند. الگوی جریان در مقابل دهانه آبگیر در این حالت نسبت به حالات دیگر از آشفتگی کمتری برخوردار است. گردابه تشکیل شده در پشت صفحه در این حالت به علت تأثیر کمتر مکش آبگیر روی ناحیه کم فشار پشت صفحه دارای ابعاد کوچکتری نسبت به حالات دیگر است. گردابه‌ای که پشت صفحه به وجود می‌آید موجب می‌شود تا پشت صفحه محل مناسبی برای تله اندازی و تجمع رسوبات باشد و در نهایت موجب ورود بیشتر رسوبات به

ملاحظه می‌شود در (حالت A) به خاطر اینکه این صفحه به طور کامل بعد از آبگیر قرار دارد، مکش آبگیر روی آن تأثیر چندانی نداشته و گردابه‌ای پشت آن به خوبی تشکیل نشده است و نقطه زینی را به طور کامل از بین برده است. اما در دو حالت دیگر (حالت B, C) بر اثر مکش آبگیر و الگوی خاص جریان در لبه پایین دست آبگیر، گردابه‌ای پشت صفحه با ابعاد بزرگتری به وجود می‌آید که موجب می‌شود، پشت صفحه محل مناسبی برای به تله اندازی و تجمع رسوبات شود و در نهایت موجب ورود بیشتر رسوبات به آبگیر می‌شود، و صفحه به طور مناسبی خطوط جریان را به سمت پایین دست منحرف می‌کند.

## ۵-۲- موقعیت صفحه نسبت به لبه بالا دست آبگیر

برای تعیین بهترین حالت قرار گیری صفحه در لبه بالادست آبگیر، در این مرحله نیز سه حالت قرارگیری صفحه مورد بررسی قرار گرفتند. حالت  $A'$  حالتی که ابتدای صفحه،

این فاصله به وسیله‌ی رستم آبادی برای تعیین زاویه بهینه صفحه به کار رفته است [۱۷]. در مسافتی خارج از این فاصله تأثیر صفحه کاهش یافته است و به قدرت جریان ثانویه قوس بدون صفحه نزدیک شده است. قدرت جریان ثانویه در نزدیکی آبگیر به علت وجود مکش کاهش می‌یابد، اما در مقطع ۱۱۸ درجه به علت ایجاد جریان حلزونی هم جهت با جریان حلزونی قوس به وسیله‌ی صفحه، افزایش یافته است. با توجه به شکل از محل برخورد جریان به صفحه تا فاصله‌ای حدود سه برابر ارتفاع صفحه، بیشترین قدرت جریان ثانویه ایجاد شده به وسیله صفحه با زاویه قرارگیری ۲۵ درجه پس از آن ۲۰ درجه است. به ازای افزایش زاویه صفحات از ۲۵ تا ۳۰ درجه، قدرت جریان ثانویه کاهش می‌یابد که علت این امر آشفتگی نامطلوبی است که این زاویه قرارگیری صفحه در مقطع ایجاد می‌کند و می‌تواند موجب معلق شدن رسوبات در لبه پایین دست صفحه و در نتیجه موجب افزایش ورود رسوبات به درون آبگیر شود. شکل (۱۳) الگوی جریان در مقاطع عرضی پایین دست صفحه را نشان می‌دهد که آشفتگی ناشی از زاویه ۳۰ درجه به درستی مشهود است. زاویه بیشتر از ۲۵ درجه زاویه با برخورد بالا نامیده شده که در کنترل رسوبات ورودی به آبگیر جانبی مفید نیست.

**در لبه بالادست آبگیر:** در شکل (۱۴) قدرت جریان ثانویه ایجاد شده به وسیله‌ی صفحه از محل برخورد تا سه برابر ارتفاع صفحه با زوایای مختلف نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود زاویه ۱۷-۲۰ درجه دارای بیشینه قدرت جریان ثانویه است، که نشان می‌دهد زاویه ۱۷-۲۰ درجه برای زاویه تک صفحه در لبه بالادست آبگیر مناسب است. در حالتی که صفحه دارای زاویه ۱۵ درجه است به علت کم بودن زاویه برخورد صفحه و جریان صفحه توانایی زیادی در به وجود آوردن گردابه عمودی و

آبگیر می‌شود. در دو حالت A' و B' صفحه در جریان ورودی به آبگیر اختلال ایجاد کرده و باعث ایجاد آشفتگی بیشتر می‌شود آشفتگی بیشتر باعث کاهش جریان ورودی به درون آبگیر و کاهش میزان آبگیری خواهد شد.

### ۵-۳- زاویه صفحه نسبت به جهت جریان

در این مرحله به بررسی اثر زاویه صفحه روی الگوی جریان و تنش برشی در موقعیت بهینه صفحه نسبت به لبه‌های بالادست و پایین دست آبگیر پرداخته می‌شود. زاویه تک صفحه نسبت به خط عمود بر شعاع گذرنده از مرکز صفحه اندازه‌گیری شده است.

**در لبه پایین دست:** صفحه با پنج زاویه قرارگیری ۱۵، ۱۷، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ در لبه پایین دست نصب شد به منظور بررسی بیشتر روی زاویه صفحات، قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف از مرکز صفحه تا پایین دست آن محاسبه شد. زاویه بهینه زاویه‌ای است که بیشترین مقدار قدرت جریان ثانویه را داشته باشد [۸]. معیار سنجش قدرت جریان ثانویه به کمک پارامتر چرخش<sup>۱</sup> در نرم افزار فلوئنت قابل تعیین است. چرخش یک المان سیال به ابعاد  $\Delta y$  و  $\Delta x$  حول محور z به صورت رابطه (۶) تعریف می‌شود و رابطه (۷) بردار چرخش را در حالت ۳ بعدی نشان می‌دهد. [۱۰].

$$\omega_z = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (6)$$

$$\omega = \frac{1}{2} (\nabla \times \vec{q}) \quad (7)$$

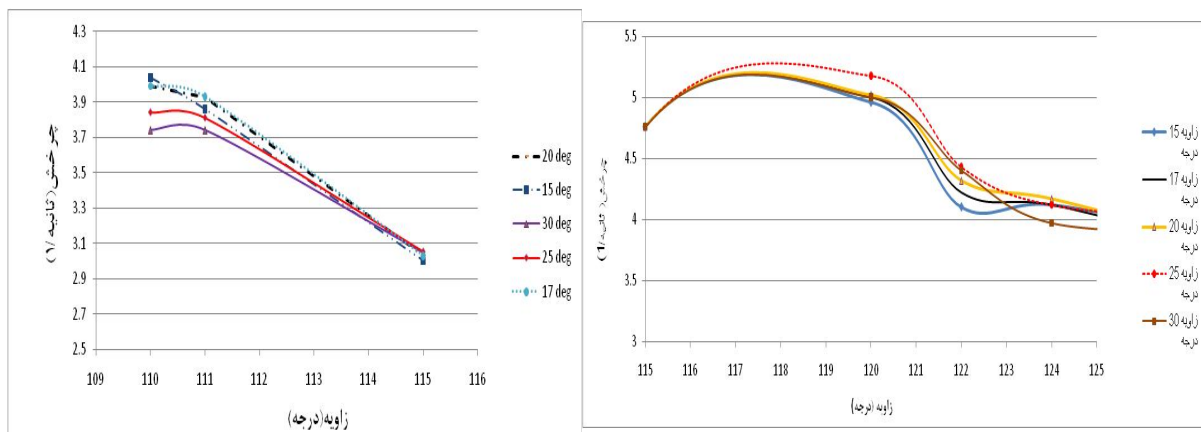
شکل (۱۲) تغییرات بزرگی قدرت جریان ثانویه را به ازای زوایای مختلف قرارگیری صفحه از محل برخورد جریان با صفحه تا فاصله‌ای که صفحه تأثیر قابل توجهی روی قدرت جریان ثانویه دارد (سه برابر ارتفاع صفحه) نشان می‌دهد.

واقع در کانال قوسی ۱۸۰ درجه و تعیین اثر موقعیت‌های تک صفحه مستغرق نسبت به لبه‌های پایین دست و بالادست آبگیر و اثر زوایای مختلف صفحه بر الگوی جریان و الگوی تنش برشی بستر پرداخته شده است و موقعیت و زاویه مناسب تک صفحه بر اساس میزان تأثیر صفحه روی قدرت جریان ثانویه موجود در مقاطع مختلف قوس، وسعت ناحیه پر تنش اطراف صفحه در تراز کف، کاهش ابعاد ناحیه زینی واقع در لبه پایین دست صفحه و چگونگی انحراف خطوط جریان انتخاب شده است.

افزایش قدرت جریان ثانویه نداشته است. با افزایش زاویه از زاویه ۲۰ تا ۳۰ درجه به علت زیاد بودن زاویه برخورد صفحه با جریان ورودی به داخل آبگیر صفحه مانند یک مانع عمل کرده و در جریان ورودی به آبگیر اختلال ایجاد می‌کند که باعث کاهش قدرت جریان ثانویه می‌شود.

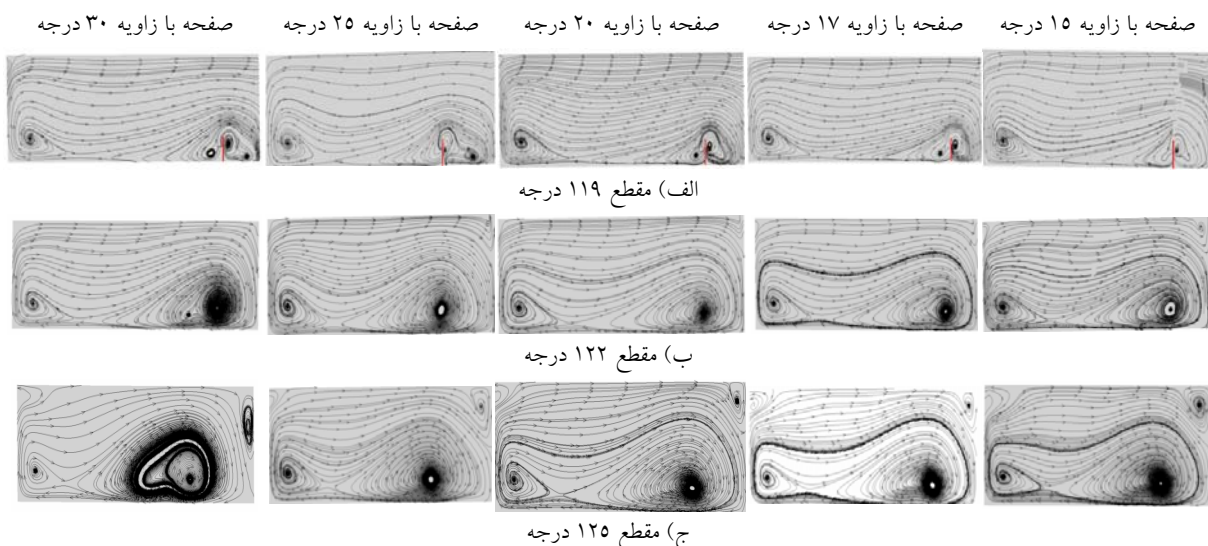
## ۶- نتیجه گیری

در این پژوهش به شبیه سازی میدان جریان حول تک صفحه مستغرق در لبه پایین دست و بالادست آبگیر جانبی



شکل ۱۳ - قدرت جریان ثانویه در پایین دست آبگیر

شکل ۱۲- میزان قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف در زاویه‌های مختلف قرارگیری



شکل ۱۴- خطوط جریان در مقطع عرضی با زوایای مختلف

- [11] Montaseri; H; 2008; “ Experimental investigation of the effect of different arrays of submerged vanes on sediment control at lateral intake in 180° bend”; Ph. D. Thesis of Tarbiat Modares University, 2008.
- [12] Pirestani; M; “Investigation on flow field and scouring at lateral intake in channel bends”. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, South Tehran branch.
- [13] Daily; W; and Harleman; D; “ Fluid dynamics”; Addison Wesley Publishing Company, 1966.
- [14] Odgaard; A.J; Spoljaric; A; “ Sediment control by submerged vanes”; Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 112:12, 1986.
- [15] Neary; V; Sotiropoulos ; F; and Odgaard; A.J; “Three-Dimensional Numerical Model of Lateral-Intake Inflows”; Journal of Hydraulic Engineering, ASCE , 125: 2, 1999 , 126-140.
- [16] Booij; R; “ Measurements and large eddy simulation of some curved flumes”; Journal of Turbulence, 4(1), 1979, 8-16.
- [17] Daily; W; and Harleman; D; “Fluid dynamics”, Addison Wesley Publishing Company, 1966.

نتایج نشان می‌دهد بهترین حالت قرارگیری صفحه در لبه پایین دست حالتی است که ابتدای صفحه دقیقاً در مقابل لبه پایین دست آبگیر با زاویه‌ای در بین ۲۰ تا ۲۵ درجه قرار دارد و بهترین حالت قرارگیری صفحه در لبه بالادست حالتی است که انتهای صفحه دقیقاً در مقابل لبه بالادست آبگیر با زاویه‌ای حدود ۱۷ تا ۲۰ درجه قرار دارد.

## ۷- مراجع

- [1] Habermass; F; “Sediment Motion in Channel Bifurcation” ;(in Dutch: Wasserkraft und Wasserwirtschaft), No, S9 and 10, 1955.
- [2] Odgaard; A.J; and Wang; Y; “ Sediment Management with Submerged Vanes I: Theory; Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 117: 3, 1991, 267-283.
- [3] Neary; V; and Sotiropoulos; F; “ Numerical Investigation of Laminar Flows through 90-Degree Diversions”; J. Computer and Fluids, 25: 2. 1996, 95-118.
- [4] Barkdoll; D; Ettema; R; and odgaard; A.J; “ Sediment at lateral diversions: limits and enhancement to vane use”; Journal of Hydraulic Engineering, ASCE., 125:8, 1999, 132-136.
- [5] Neil; A. J; and Evans; J; “ Sediment control at water intakes” ; Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 112:12, 1997.
- [6] Marelus; F; and Sinha; K; “ Experimental investigation of flow past submerged vanes”; Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 124:5, 1998, 542-546.
- [7] Marelus; F; and Sinha; K; “ Analysis of flow past submerged vanes”; Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 38:1, 2000, 65-71.
- [8] Jungseok; H; Julie; c; brent; m; 2010. “Movable bed scaling for bed load sediment exclusion at intake structure on rio grande”; Jurnal of Hydraulic Engineering; ASCE; Hy, 2010, 247-250.
- [9] Dehghani; A.A; “ Experimental study on flow field and scouring at lateral intake in 180 degree Bend”; Ph.D. Thesis, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. 2006.
- [10] Rostam abadi; M; “ Numerical simulation of submerged vanes on strength of secondary flow at 180° bend whit intakes”; M.sc. Thesis of tarbiat modares university, 2008.

**«Research Note»****A numerical study on site location of one vane with respect to the lateral intake edges in a U shape channel bend****H. Montaseri<sup>1</sup>, K. tavakoli<sup>2</sup>**

1- Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, Yasooj University

2-M.Sc. Student Dept. of Civil Engineering, Yasuj University

????????????

**Abstract:**

The purpose of this paper is determination of appropriate location of the one submerged vane with respect to the downstream and upstream edge of the lateral intake in a U shape channel bend and choice the best angle of vane for reduce the sediment entry to the lateral intake. In this order we use the Fluent software to numerical simulation of 3D flow pattern around the one vane that locating in front of downstream edge of a lateral intake in a U shape channel bend. The results of numerical were verified with the existing experimental data. Comparison of the predicted x velocity and y velocity field with laboratory measurements indicates that the model capture experimental trend with reasonable accuracy. Computations are performed using Reynolds Stress Model. After model verification, the effect of different position of the vane with respect to downstream of intake (the first, middle and end point of vane is in front of downstream edge of intake) and upstream edge of intake (the first, middle and end point of vane is in front of upstream edge) and effect of different angle of vane (15, 17, 20, 25, 30 degree) on flow pattern and shear stress pattern of bed is considered. The appropriate position and angle of the vane has been selected by effect of the vane on area of high shear stress zone and area of low velocity contour around the vane and reduction of dimension of saddle point near the downstream edge of lateral intake and situation of stream line around the vane and in front of the intake at the bottom of the channel. The results show the best position of vane with respect to downstream edge of lateral intake is the case that the first point of vane is in front of downstream edge of intake and the best position of vane with respect to upstream edge of intake is the case that the end point of vane is in front of upstream edge of intake. Also the results show that the appropriate value for angle of attack of the vane at downstream edge of intake (the first point of vane is in front of downstream edge of intake) is about 20-25 degree and optimum value for angle of attack of the vane at upstream edge of intake (the end point of vane is in front of upstream edge of intake) is about 17-20 degree.

**Keywords:** flow field, numerical simulation, one submerged vane, U shape channel, lateral intake.