نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد۸، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۰۹-۸۰۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 8, Winter. 2015, p. 800-809

اصلاح ضریب سرعت سطحی در روش جسم شناور با مدل‌سازی جریان در نرم افزار فلوئنت

ابراهیم رحیمی[۱*]، مجید رحیم‌پور[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۷

چکیده

روش جسم شناور یک روش تقریبی اما سریع برای اندازه‌گیری سرعت و در نتیجه دبی جریان می‌باشد. سرعت سطحی به‌دست آمده از روش جسم شناور در فاکتور تصحیح ضرب می‌شود تا سرعت متوسط در مقطع عرضی به‌دست آید. این فاکتور توسط سازمان احیا اراضی آمریکا(USBR) برای اندازه‌گیری به روش جسم شناور ارائه شده است. ضرایب سرعت سطحی منتشر شده توسط USBR برای استفاده از روش جسم شناور فقط تابع میانگین عمق آب هستند حال آنکه فاکتورهای هیدرولیکی دیگر مثل شیب طولی کانال، زبری دیواره کانال، شکل مقطع کانال، محل قرارگیری جسم شناور و ... هم ممکن است در مقدار این ضریب مؤثر باشند. در این مطالعه تأثیر پارامترهای مذکور بر ضریب سرعت سطحی در کانال‌های روباز مستطیلی و مرکب بررسی و نتایج با ضرایب ارائه شده توسط USBR مقایسه شده است. ضرایب سرعت سطحی به‌دست آمده از این تحقیق با مقدار ارائه شده توسط USBR متفاوت می‌باشد و در بعضی موارد حدود ۲۰ درصد اختلاف دارند. در نتیجه با در نظرگرفتن پارامترهای مذکور می‌توان دقت روش جسم شناور در تعیین سرعت متوسط و برآورد دقیق‌تر دبی کانال به‌میزان قابل توجه‌ای افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: کانال روباز مستطیلی و مرکب، مدل تنش رینولدز، اندازه‌گیری سرعت جریان

مقدمه

آب یک منبع محدود و نقش اساسی در بقاء جمعیت جهان دارد. به‌منظور استفاده کارآمد از آب، مدیریت آب آبیاری در کشاورزی اهمیت می‌یابد. مدیریت آب، عبارتی است که در مهندسی آبیاری کاربرد زیادی داشته، طراحی، اجرا و حفاظت سیستم‌های آبیاری را دربر می‌گیرد. واژه مدیریت آب، ذاتاً اندازه‌گیری را دربر می‌گیرد چرا که اگر در جایی اندازه‌گیری ممکن نباشد آن طور که انتظار می‌رود مدیریت صحیح انجام نمی‌شود. کانال‌های روباز در سیستم‌های آبیاری و انتقال و توزیع آب در مزرعه کاربرد زیادی دارند. بیش‌تر کانال‌های آبیاری از یک سازه اندازه‌گیری جریان مثل فلوم، در بالادست جریان استفاده می‌کنند و معمولاً وسیله اندازه‌گیری دیگری در پایین‌دست به‌کار نمی‌رود. بسیاری از این دستگاه‌ها در معرض تخریب قرار دارند و نیازمند واسنجی مجدد و در برخی موارد نیز دیگر قابلیت اندازه‌گیری جریان را ندارند. ساده‌ترین راه تخمین سرعت جریان در کانال‌های روباز روش جسم شناور است(غیر از روش چشمی). روش جسم شناور یک روش تقریبی اما سریع برای اندازه-گیری سرعت و در نتیجه دبی می‌باشد. از مزایای روش جسم شناور این است که نیاز به تجهیزات گران قیمت و تکنولوژی پیشرفته برای اندازه‌گیری سرعت ندارد و هم‌چنین این روش هنگامی که روش‌های دیگر غیرعملی و غیرممکن هستند امکان‌پذیر و عملی می‌باشد. در این روش زمانی که جسم شناور فاصله خاصی(مثلاً ۵ متر) را طی می‌کند توسط کرنومتر اندازه‌گیری می‌شود و از تقسیم فاصله به زمان سرعت سطحی به‌دست می‌آید. مشاهدات نشان می‌دهند که سرعت سطحی آب در مقطع کانال برابر سرعت میانگین نیست. اندازه سرعت سطحی در فاکتور تصحیح ضرب می‌شود تا سرعت متوسط در مقطع عرضی به‌دست آید. این فاکتور توسط سازمان احیا اراضی آمریکا(USBR) برای اندازه‌گیری به‌روش جسم شناور ارائه شده است (جدول ۱). (USBR,1997)

ضرایب سرعت سطحی منتشر شده توسط USBR برای استفاده از روش جسم شناور فقط تابع میانگین عمق آب هستند حال آن‌که فاکتورهای هیدرولیکی دیگر مثل شیب بستر کانال، زبری دیواره کانال، شکل و اندازه مقطع کانال، محل قرارگیری جسم شناور و ... هم ممکن است در مقدار این ضریب مؤثر باشند. با به‌کار بردن تأثیر عوامل دیگر بر ضریب سرعت سطحی می‌توان دقت روش جسم شناور را افزایش داد.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری سازه های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: Rahimi.uk@gmail.com)

جدول ۱- ضرایب سرعت سطحی ارائه شده توسط USBR [۲]

ضریب سرعت سطحی	میانگین عمق آب (متر)
۰/۶۶	۰/۳۰
۰/۶۸	۰/۶۱
۰/۷۰	۰/۹۱
۰/۷۲	۱/۲۲
۰/۷۴	۱/۵۲
۰/۷۶	۱/۸۳
۰/۷۷	۲/۷۴
۰/۷۸	۳/۶۶
۰/۷۹	۴/۵۷
۰/۸۰	> ۶/۱۰

همان‌طورکه گفته شد سرعت سطحی به‌دست آمده از روش جسم شناور در فاکتوری ضرب می‌شود تا سرعت متوسط در کانال به‌دست آید که به این فاکتور، ضریب سرعت سطحی [1] گفته می‌شود.

$$SVC = \frac{\overline{V}}{V_{surface}} \qquad (۱)$$

در رابطه بالا SVC[1] ضریب سرعت سطحی، $\overline{V}$ سرعت متوسط، $V_{surface}$ سرعت سطحی به‌دست آمده از روش جسم شناور هستند. ضریب ارائه شده توسط USBR، با اندازه‌گیری سرعت سطحی، سرعت متوسط و عمق آب در کانال‌های روباز در نقاط مختلف دنیا به‌دست آمده است و فقط تابع عمق است. در این مطالعه تأثیر عمق، عرض، شیب طولی، زبری دیواره و محل قرارگیری جسم شناور درکانال‌های روباز با مقاطع مرکب و مستطیلی بر ضریب سرعت سطحی، بررسی و با ضریب ارائه شده توسط USBR مقایسه شده است.

معادلات حاکم بر جریان

معادلات حاکم بر جریان در کانال‌های روباز معادلات ناویر استوکس می‌باشد که در فضای سه بعدی به‌صورت زیر بیان می‌شود.

معادله پیوستگی:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(uA_x\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(vA_y\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(wA_z\right)=0 \qquad (۱)$$

معادله مومنتوم

$$\frac{\partial U_i}{\partial t}+\frac{1}{V_F}\left(U_j A_j \frac{\partial U_i}{dx_i}\right)=\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{dx_i}+g_i+f_i \qquad (۲)$$

که در آن u، v و w نمایانگر سرعت در جهات x، y و z، V_F جزء حجمی سیال در هر سلول؛ A_x، A_y و A_z جزئی از مساحت سلول در جهات ذکر شده است که سیال در آن جریان دارد؛ Ui مؤلفه سرعت در جهت i، ρ چگالی؛ P فشار؛ g_i شتاب جاذبه؛ f_i نشان‌دهنده تنش رینولدز و A_j مساحت وجه سلول می‌باشد.

روش حل مسئله

در این مقاله برای حل معادلات حاکم بر جریان در کانال‌های روباز مرکب از نرم‌افزار فلوئنت که یک نرم‌افزار قدرتمند در دینامیک سیالات محاسباتی می‌باشد، استفاده شده است. در حل معادلات جریان در نرم‌افزار فلوئنت از روش حجم محدود استفاده می‌شود. برای تولید شبکه و معرفی هندسه مسئله به نرم‌افزار فلوئنت، از پیش پردازنده گمبیت استفاده شده است. فاصله شبکه‌ها ۵ mm و در مناطق نزدیک دیواره‌ها و بستر کانال ۲/۵ mm در نظر گرفته شده است. برای شبیه‌سازی آشفتگی جریان از مدل تنش رینولدز و از روش حجم سیال[2] برای مدل‌کردن سطح آزاد استفاده شده است که توضیحات بیش‌تر در تحقیقات رحیمی و همکاران (۱۳۸۷)، سبسی وهمکاران قابل دسترسی است (Cebeci et al,1997).

به‌منظور بررسی عددی انجام شده توسط نرم‌افزار فلوئنت، نتایج مدل در مقاطع مستطیلی و مرکب با نتایج آزمایشگاهی نویسنده و محققان دیگر مقایسه گردید که تعدادی از آن‌ها در ادامه نشان داده شده است.

مقایسه مدل عددی با داده‌های آزمایشگاهی

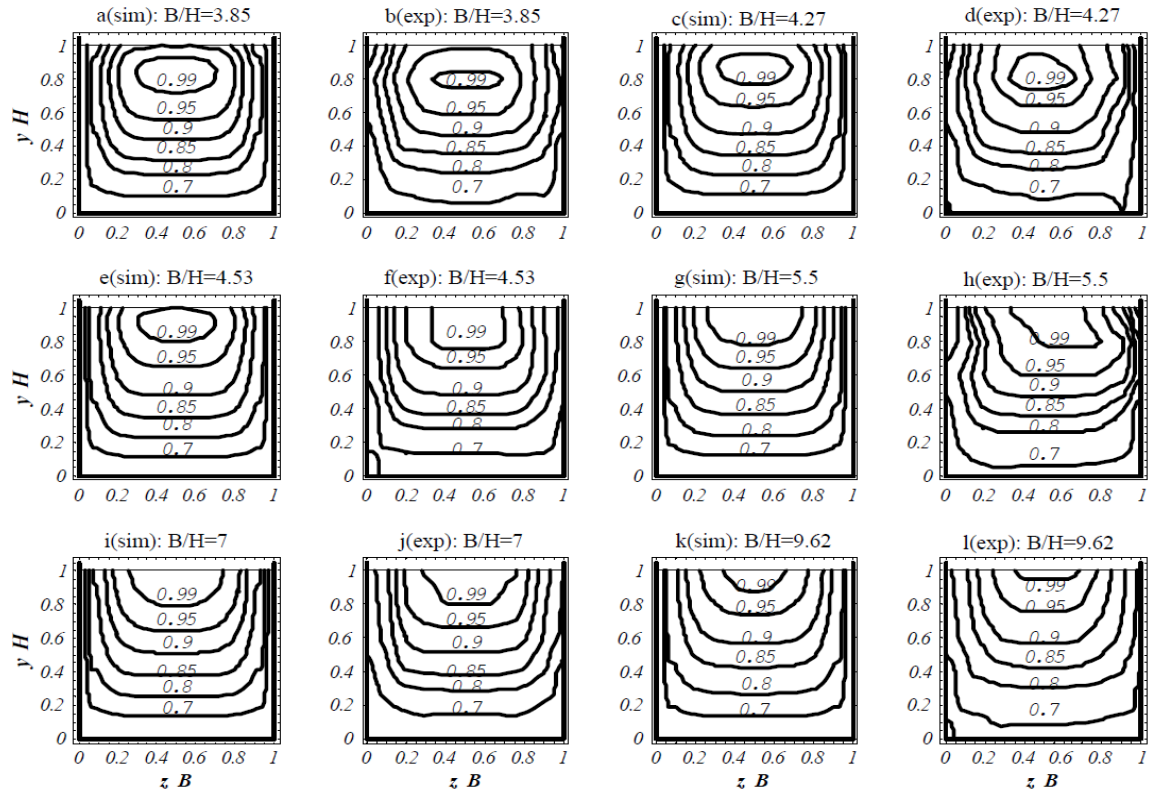
در شکل(۱) تأثیر شش عمق مختلف آب بر توزیع سرعت در دو حالت آزمایشگاهی و عددی برای مقاطع مستطیلی بررسی شده است. آزمایش‌ها در کانال بتنی موجود در آزمایشگاه سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شده است. طول کانال بتنی ۲۱/۸ متر، مقطع کانال مستطیلی با عرض ۷۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر با شیب طولی ۰/۰۰۵ می‌باشد. آزمایش‌ها برای شش عمق مختلف آب، انجام شد. مشخصات شش نمونه آزمایش انجام شده در جدول(۲) نشان داده شده است. سرعت در مقطع کانال در فاصله ۱۶/۹ از بالادست اندازه‌گیری شد در این منطقه جریان توسعه یافته خواهد بود. سرعت‌سنج مورد استفاده یک بعدی با نام تجاری KENEK با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ سانتی‌متر بر ثانیه می‌باشد. برای شبیه‌سازی عددی مدل‌ها در نرم‌افزار فلوئنت نیز مشخصات نمونه‌های آزمایش نشان داده شده در جدول(۲) در نظر گرفته شد.

1- Surface Velocity Coefficient

2- Volume of Fluid

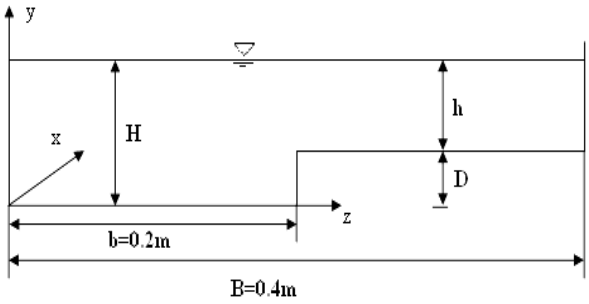
جدول ۲- مشخصات نمونه های آزمایش شده در آزمایشگاه و مدل های مورد استفاده در شبیه سازی عددی

نام نمونه ها	دبی Q (l/s)	عمق آب H (cm)	عرض کانال B (cm)	نسبت عرض به ارتفاع (B/H)	سرعت میانگین u_{mean} (cm/s)	سرعت ماکزیمم (u_{max}) (cm/s)	شیب طولی کانال (s_0)	عدد رینولدز $(R_e = 4u_m R/\nu)\times 10^4$	عدد فرود $(F_r = u_m/\sqrt{gh})$
S_1	۱۲۰/۷	۲۰	۷۷	۳/۸۵	۷۴/۴	۹۶/۴	۰/۰۰۵	۴۱/۳	۰/۵۶
S_2	۹۶/۳	۱۸	۷۷	۴/۲۸	۶۵/۹	۸۵/۰	۰/۰۰۵	۳۴/۱	۰/۵۲
S_3	۷۲/۰	۱۷	۷۷	۴/۵۳	۵۵/۰	۶۷/۱	۰/۰۰۵	۲۵/۹	۰/۴۳
S_4	۴۵/۳	۱۴	۷۷	۵/۵	۴۲/۰	۵۰/۵	۰/۰۰۵	۱۷/۲	۰/۳۶
S_5	۳۱/۰	۱۱	۷۷	۷	۳۶/۶	۴۳/۲	۰/۰۰۵	۱۲/۵	۰/۳۵
S_6	۲۰/۶	۸	۷۷	۹/۶۲۵	۳۳/۴	۳۸/۰	۰/۰۰۵	۸/۸	۰/۳۸



شکل ۱- منحنی های هم‌سرعت بی‌بعد شده توسط سرعت ماکزیمم، (u/u_{max}) سمت راست: داده‌های آزمایشگاهی، سمت چپ: شبیه‌سازی عددی

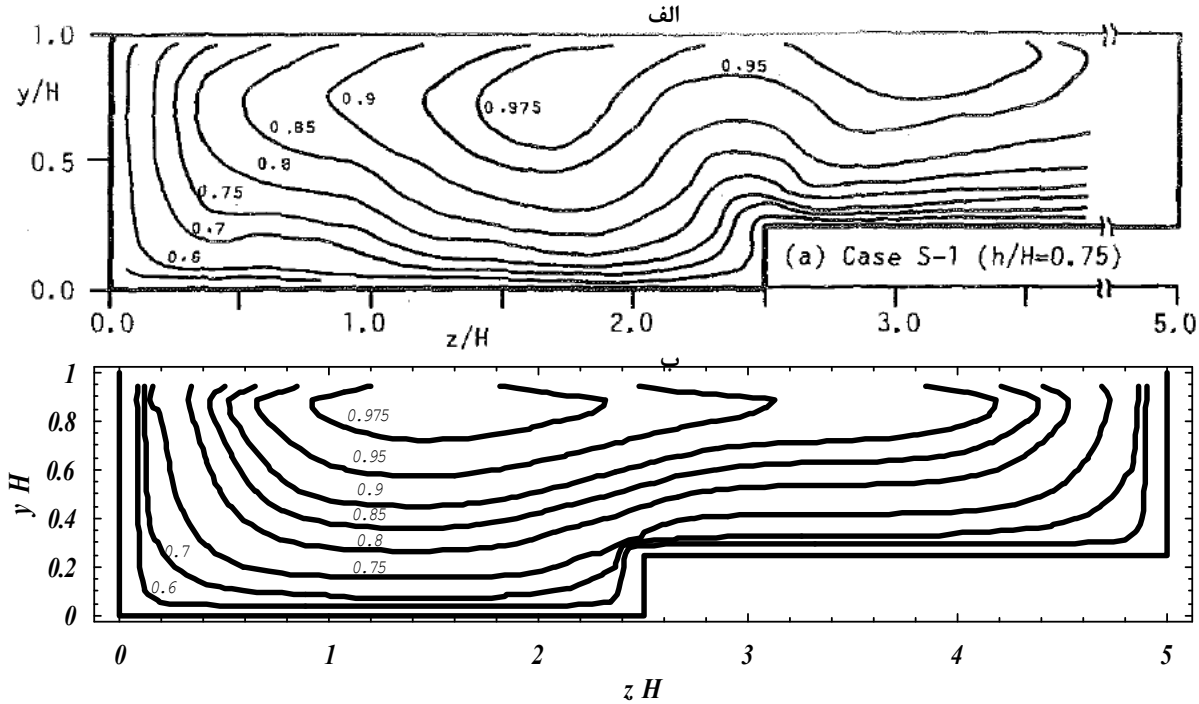
شکل(۱) منحنی‌های هم‌سرعت در جهت جریان(u) بی‌بعد شده توسط سرعت ماکزیمم را برای شش نمونه مذکور نشان می‌دهد که در آن محورهای افقی فاصله عرضی کانال توسط پهنای کل کانال(B) و در محورهای عمودی فاصله عمودی توسط عمق آب در کانال بی‌بعد شده است. شکل‌های سمت راست داده‌های آزمایشگاهی و شکل‌های سمت چپ شبیه‌سازی عددی را نشان می‌دهند. توافق خوبی بین شبیه‌سازی عددی و داده‌های آزمایشگاهی دیده می‌شود البته از معیارهای مختلف به‌منظور مقایسه نتایج شبیه‌سازی عددی و داده‌های آزمایشگاهی استفاده شده است (USBR,1997). با توجه به شکل(۱) با افزایش نسبت عرض به ارتفاع توزیع سرعت در کانال دچار تغییر شده و محل سرعت ماکزیمم در کانال به سطح آزاد نزدیک می‌شود و سرعت سطحی نیز دچار تغییر می‌شود.



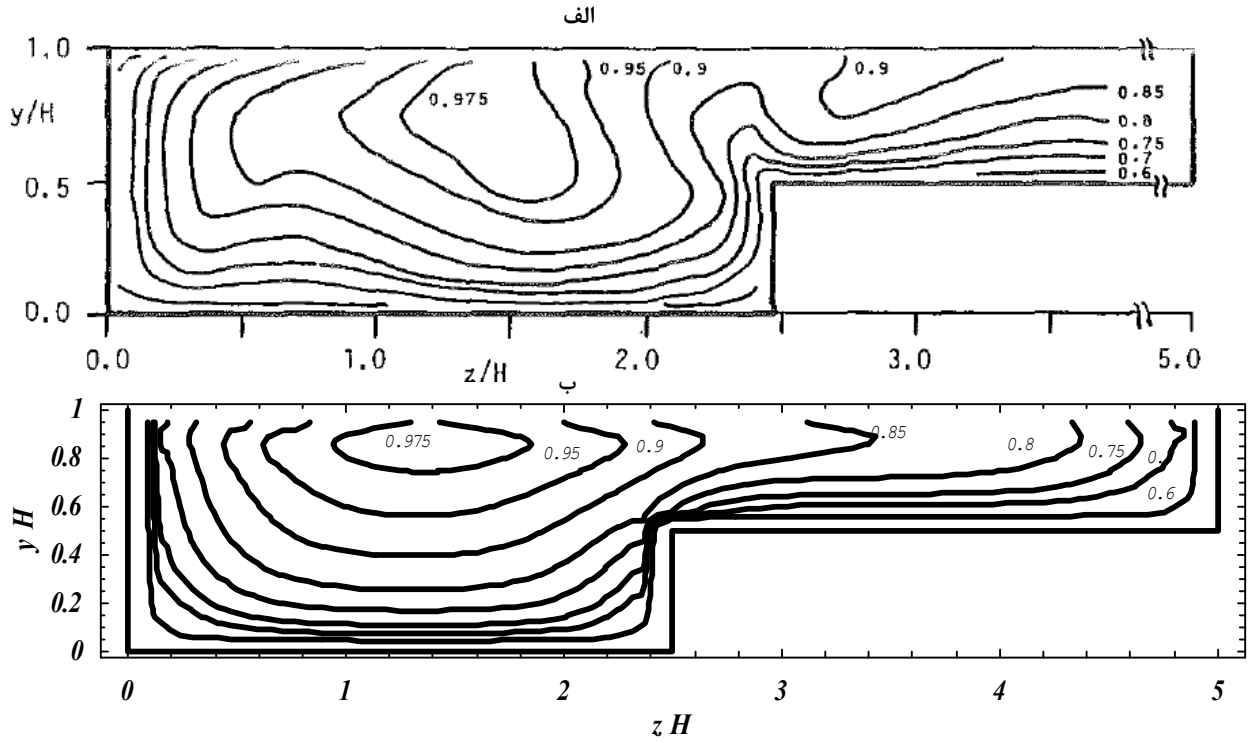
شکل ۲- نمایی از مقطع عرضی کانال مرکب

جدول ۳- مشخصات مدل‌های مورد استفاده در شبیه سازی عددی(تومیناگا و نزو ۱۹۹۱)

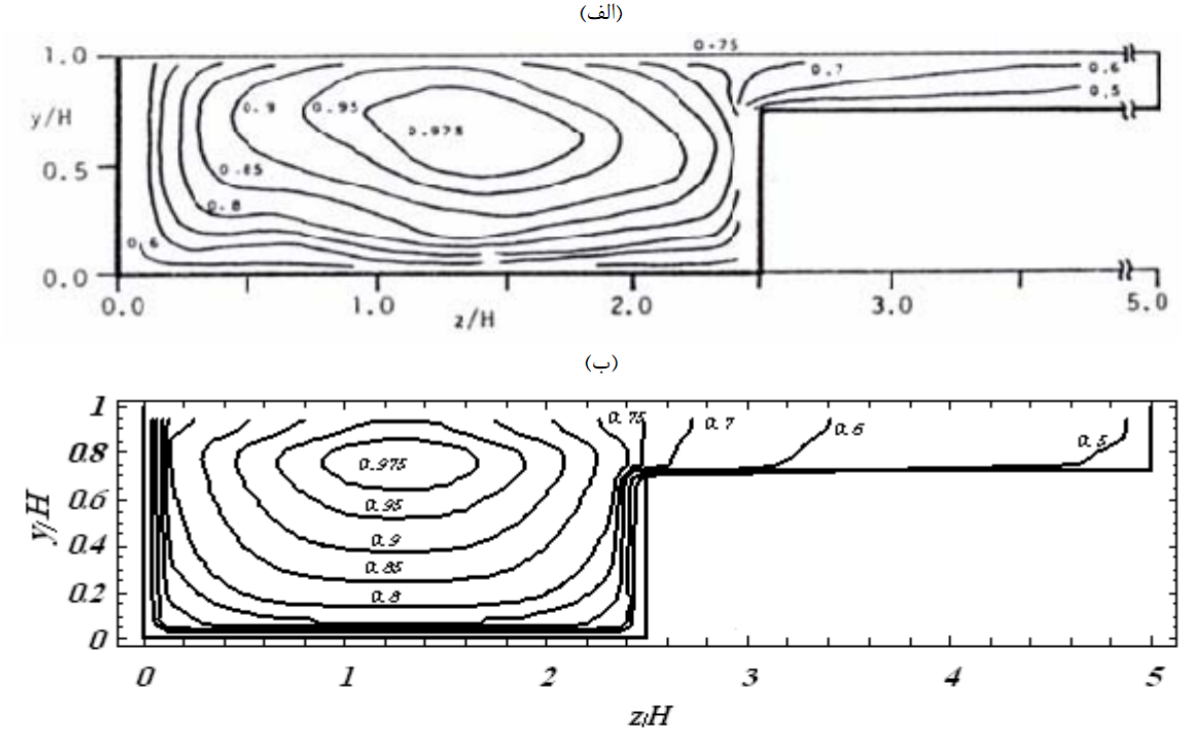
نمونه های آزمایش	عمق آب در کانال اصلی H (mm)	عمق آب در دشت سیلابی h (mm)	سرعت ماکزیمم $u_{\max}$ (m/s)	سرعت میانگین جریان u_m (m/s)	عدد رینولدز $(R_e=4u_mR/\nu)$ $(\times10^4)$	عدد فرود $(F_r=u_m/\sqrt{gh})$
S1	۸۰/۳	۶۰/۳	۰/۴۰۹	۰/۳۶۸	۶/۷۲	۰/۴۱۵
S2	۸۰/۰	۴۰/۰	۰/۳۸۹	۰/۳۴۹	۵/۴۵	۰/۳۹۳
S3	۸۰/۵	۲۰/۵	۰/۳۵۸	۰/۲۸۸	۴/۵۶	۰/۴۰۲



شکل ۳- منحنی‌های هم‌سرعت در جهت جریان بی‌بعد شده توسط سرعت ماکزیمم $(u/u_{\max})$ برای حالت(h/H=0.75): الف) مدل آزمایشگاهی تومیناگا و نزو (Tominaga et al,1991). ب) مدل عددی



شکل٤- منحنی‌های هم سرعت در جهت جریان بی‌بعد شده توسط سرعت ماکزیمم (u/u_{max}) برای حالت (h/H=0.5): الف) مدل آزمایشگاهی تومیناگا و نزو (Tominaga et al,1991). ب) مدل عددی



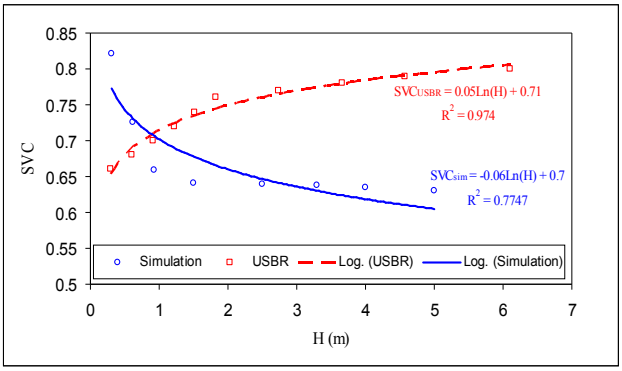
شکل ٥- منحنی‌های هم سرعت در جهت جریان بی بعد شده توسط سرعت ماکزیمم (u/u_{max}) برای حالت (h/H=0.25): الف) مدل آزمایشگاهی تومیناگا و نزو (Tominaga et al,1991). ب) مدل عددی

در شکل‌های ۳ تا ۵ منحنی‌های هم‌سرعت u در جهت جریان بی‌بعد شده توسط u_{max} را برای سه نمونه(S1، S2 و S3) در حالت آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی نشان داده شده است. در این نمودارها عرض و عمق کانال، توسط عمق آب در کانال اصلی(H) بی‌بعد شده‌اند. منحنی‌های هم‌سرعت پیش‌بینی شده توسط مدل عددی تطابق خوبی با داده‌های اندازه‌گیری شده توسط تومیناگا و نزو نشان می‌دهد (Tominaga et al,1991). در ادامه با توجه به تطابق خوب شبیه‌سازی عددی و داده‌های آزمایشگاهی مدل‌های عددی بیش‌تری مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از پروفیل‌های سرعت به‌دست آمده از مدل عددی، سرعت سطحی و سرعت میانگین در کانال‌های روباز با مقاطع مستطیلی و مرکب تعیین گردیده

و با استفاده از رابطه(۱) ضریب سرعت سطحی(SVC) به‌دست آمد.

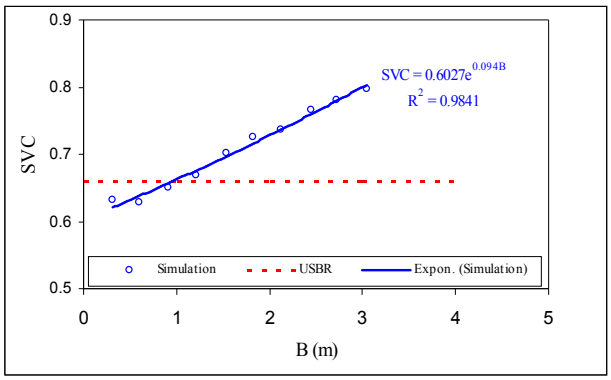
تأثیر پارمترهای هندسی و هیدرولیکی بر ضریب سرعت سطحی در کانال‌های روباز با مقطع مستطیلی

شکل(۶) تغییرات ضریب سرعت سطحی محاسبه شده توسط نرم‌افزار و ضریب ارائه شده توسط USBR را برای عمق‌های مختلف نشان می‌دهد. با افزایش عمق در حالت شبیه‌سازی عددی ضریب سرعت سطحی کاهش می‌یابد حال آنکه در روش USBR برعکس می‌باشد. در عمق ۱ متر تقریباً ضریب محاسبه شده و ضریب ارائه شده توسط USBR برابر هستند. هرچه عمق افزایش یابد اختلاف ضریب محاسبه شده و USBR افزایش می‌یابد و بیش‌ترین اختلاف تقریباً ۱۷ درصد می‌باشد.



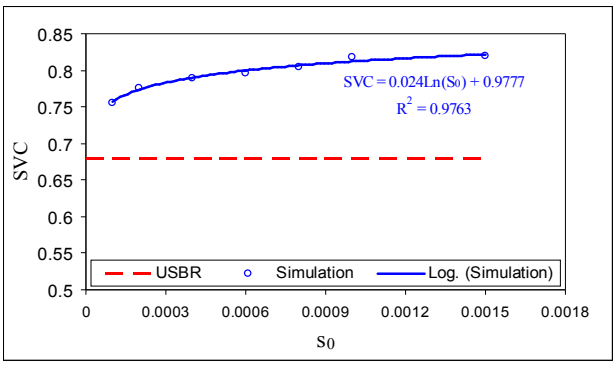
شکل ٦- مقایسه ضریب سرعت سطحی (SVC) شبیه‌سازی شده و USBR برای عمق‌های مختلف
(B = 0.77 m; s0 = 0.0001; ks = 0.004 m)

شکل(۷) تغییرات ضریب سطحی محاسبه شده و USBR را برای عرض‌های مختلف کانال روباز مستطیلی نشان می‌دهد. از آنجا که ضریب USBR فقط تابع عمق می‌باشد در این حالت با توجه به عمق ثابت ۰/۳ متر ضریب USBR برای عرض‌های مختلف عدد ثابت ۰/۶۶ است اما ضریب سرعت محاسبه شده با افزایش عرض کانال افزایش می‌یابد. در عرض ۱ متر تقریباً هر دو ضریب برابرند و با افزایش عرض کانال اختلاف دو ضریب محاسبه شده و USBR افزایش می‌یابد بیش‌ترین اختلاف تقریباً ۱۴ درصد است.



شکل ۷- مقایسه ضریب سرعت سطحی(SVC) شبیه‌سازی شده و USBR برای عرض‌های مختلف کانال روباز مستطیلی
(H = 0.3 m; s0 = 0.0001; ks = 0.004 m)

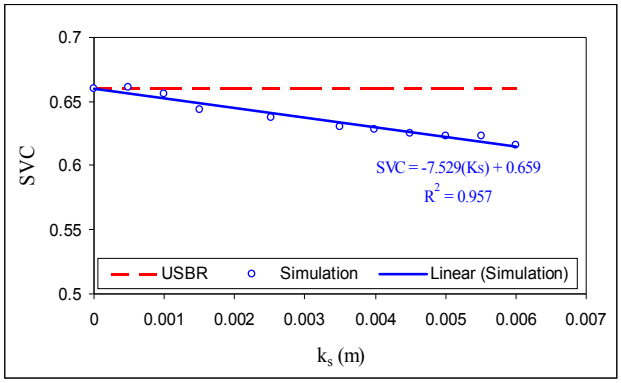
شکل(۸) تغییرات ضریب سرعت محاسبه شده و USBR را برای شیب‌های طولی مختلف کانال نشان می‌دهد. با افزایش شیب طولی کانال ضریب سرعت سطحی افزایش می‌یابد حال آنکه ضریب USBR مقدار ثابت ۰/۶۸ است. با افزایش شیب طولی اختلاف ضرایب محاسبه شده و USBR زیاد می‌شود که بیش‌ترین اختلاف تقریباً ۱۰ درصد می‌باشد.



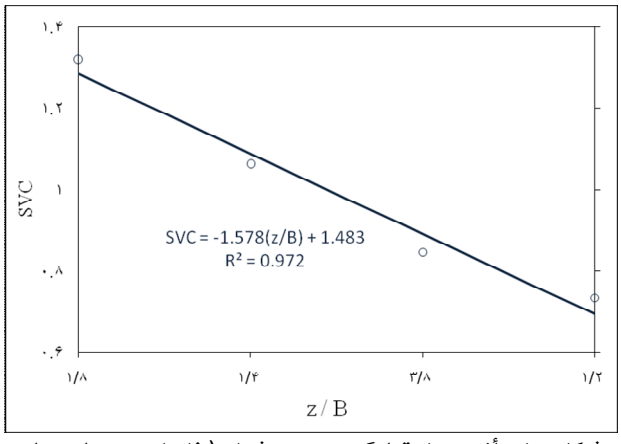
شکل ۸- مقایسه ضریب سرعت سطحی(SVC) شبیه‌سازی شده و USBR برای شیب‌های طولی مختلف کانال روباز مستطیلی
(H = 0.61 m; B = 0.77 m; ks = 0.004 m)

شکل(۹) تغییرات ضریب سطحی محاسبه شده و USBR را برای زبری‌های مختلف دیواره کانال نشان می‌دهد. با افزایش زبری دیواره

ضریب سرعت سطحی محاسبه شده کاهش می‌یابد حال آنکه ضریب سرعت USBR مقدار ثابت ۰/۶۶ است. با افزایش ارتفاع زبری دیواره اختلاف دو ضریب افزایش می‌یابد در حالتی که دیواره صاف است دو ضریب تقریباً برابرند و بیش‌ترین اختلاف تقریباً ۵ درصد است. در شکل(۱۰) تأثیر محل قرارگیری جسم شناور روی سطح آب نسبت به دیواره کانال روباز مستطیلی(z/B) بر ضریب سرعت سطحی در حالت‌های مختلف($\frac{1}{8}$، $\frac{1}{4}$، $\frac{3}{8}$ و $\frac{1}{2}$ از دیواره) نشان داده شده است، همان‌طورکه مشخص است کم‌ترین مقدار ضریب سرعت سطحی در وسط کانال می‌باشد و هر چه محل قرارگیری جسم شناور از مرکز کانال دور شده و به دیواره‌ها نزدیک می‌شود میزان ضریب سرعت سطحی افزایش می‌یابد.



شکل ۹- مقایسه ضریب سرعت سطحی(SVC) شبیه‌سازی شده و USBR برای زبری‌های مختلف دیواره کانال روباز مستطیلی (H = 0.3 m; B = 0.77 m; s_0 = 0.0001)



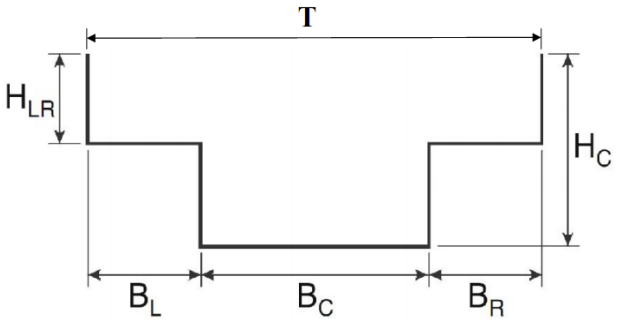
شکل ۱۰- تأثیر محل قرارگیری جسم شناور(فاصله نسبی از دیواره کانال (z/T)) بر ضریب سرعت سطحی(SVC) در کانال‌های روباز مستطیلی

با توجه به مطالب فوق مشاهده می‌شود که ضرایب سرعت سطحی محاسبه شده در کانال روباز مستطیلی با مقدار ارائه شده توسط USBR در این مطالعه متفاوت می‌باشد و در بعضی موارد حدود ۲۰ درصد اختلاف دارند. لذا با در نظر گرفتن پارامترهایی مانند عرض کانال، شیب طولی کانال، زبری، محل قرارگیری جسم شناور می‌توان دقت روش جسم شناور در تعیین سرعت متوسط و درنتیجه دبی کانال در کانال روباز مستطیلی را به‌میزان قابل توجه‌ای افزایش داد.

تأثیر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی در کانال روباز با مقطع مرکب

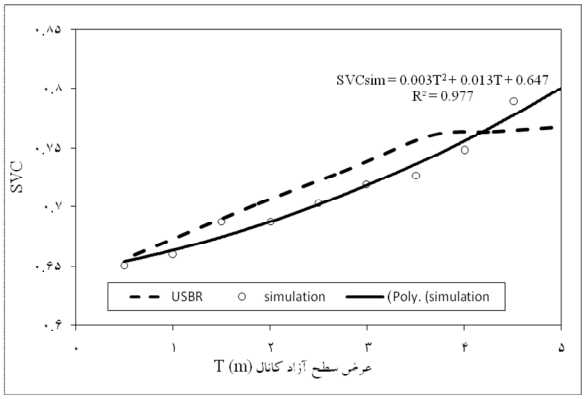
به‌منظور بررسی تأثیر عوامل هندسی و هیدرولیکی بر ضریب سرعت سطحی در مقطع مرکب، مطابق شکل(۱۱) یک مقطع مرکب با عرض سطح آزاد(T)، عرض کانال اصلی(B_C) برابر 0.5T، عرض پهنه سیلابی سمت راست و چپ(B_L و B_R) هر کدام برابر 0.25T، عمق آب در کانال اصلی(H_C)، 0.5T، عمق آب در پهنه‌های سیلابی(H_{LR})، 0.25T، شیب طولی(S_0) برابر 0.0001 و ارتفاع زبری(k_s) برابر 0.005m در نظر گرفته شد و برای بررسی هر پارامتر، به‌جز پارامتر مذکور، سایر پارمترها ثابت نگه داشته شد.

در هر شبیه‌سازی بازه تغییرات پارامترها به‌صورت ذیل مورد بررسی قرار گرفت، عرض سطح آزاد(T) از ۰/۵ تا ۵ متر با نسبت ابعاد ثابت که مشخص کننده تأثیر تغییرات مقطع عرضی است، تغییر شیب طولی از ۰/۰۰۰۳ تا ۰/۰۰۱ و ارتفاع زبری از ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ متر می‌باشد.



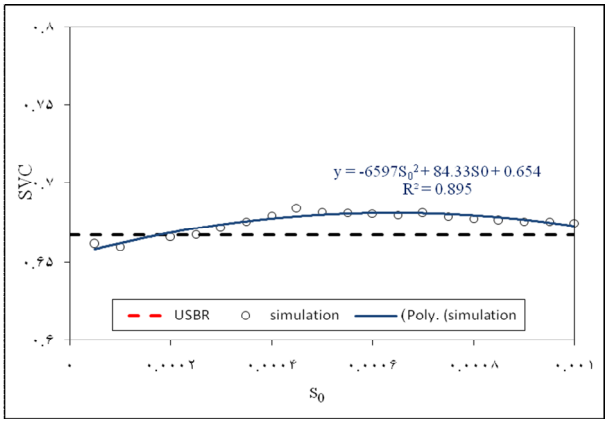
شکل ۱۱- مقطع مرکب مورد بررسی در شبیه‌سازی عددی

در شکل(۱۲) تغییرات ضریب سرعت سطحی محاسبه شده و USBR برای عرض‌های سطح آزاد(T) مختلف نشان داده شده است، ضریب سرعت سطحی محاسبه شده توسط مدل عددی با افزایش عرض سطح آزاد افزایش می‌یابد، و ضریب ارائه شده توسط USBR نیز با توجه به وابستگی‌اش به عمق آب، به‌دلیل تغییر عمق آب در کانال مرکب در قسمت کانال اصلی و پهنه سیلابی متناسب با عرض سطح آزاد(H_C=0.5T و H_{LR}=0.25T) افزایش می‌یابد، روند افزایش ضریب USBR و مدل عددی تقریباً یکسان است و بیش‌ترین اختلاف تقریباً ۴ درصد می‌باشد.



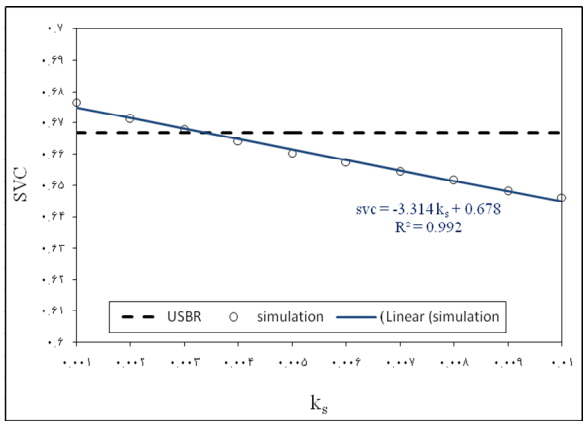
شکل ۱۲- مقایسه ضریب سرعت سطحی (SVC) شبیه سازی شده و USBR برای عرض های مختلف سطح آب (T) در کانال روباز با مقطع مرکب.

تأثیر شیب طولی بستر کانال روباز مقطع مرکب بر ضریب سرعت سطحی محاسبه شده و USBR در شکل(۱۳) نشان داده شده است، در این حالت مشخصات مقطع(B_C=0.5, B_R, B_L=0.25, H_C=0.5, H_{LR}=.25, k_s=0.005 m) ثابت بوده و فقط شیب طولی تغییر می‌کند، اندازه ضریب سرعت سطحی USBR مقدار ثابت ۰/۶۶۷ است و میزان محاسبه شده توسط مدل با افزایش شیب طولی به میزان کمی افزایش می یابد، حداکثر اختلاف تقریبا ۲ درصد می باشد.



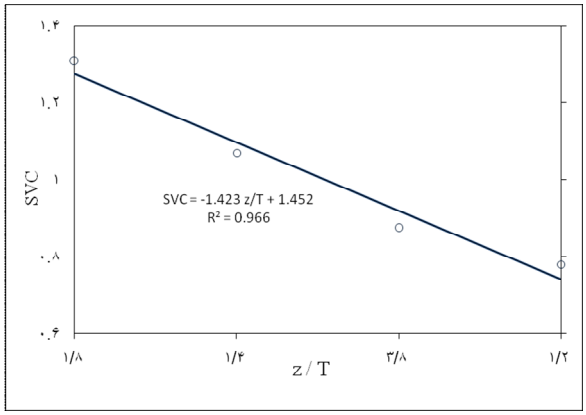
شکل ۱۳- مقایسه ضریب سرعت سطحی (SVC) شبیه سازی شده و USBR برای شیب های طولی مختلف در کانال روباز با مقطع مرکب.

شکل(۱۴) تأثیر ارتفاع زبری سطح بر ضریب سرعت سطحی محاسبه شده و USBR مقطع مرکب را نشان می‌دهد، در این حالت مشخصات مقطع(B_C=0.5, BR, B_L=0.25, H_C=0.5, H_{LR}=.25 m, s_0=0.0001) ثابت بوده و فقط ارتفاع زبری دیواره‌ها تغییر می‌کند، اندازه ضریب سرعت سطحی USBR مقدار ثابت ۰/۶۶۷ است و میزان محاسبه شده توسط مدل با افزایش زبری کاهش می‌یابد، حداکثر اختلاف تقریباً ۳درصد می‌باشد.



شکل ۱۴- مقایسه ضریب سرعت سطحی(SVC) شبیه‌سازی شده و USBR برای ارتفاع‌های زبری مختلف دیواره‌های کانال روباز با مقطع مرکب.

تأثیر محل قرارگیری محل جسم شناور نسبت به دیواره بر ضریب سرعت سطحی در کانال روباز مرکب برای حالت‌های مختلف(($\frac{1}{8}$، $\frac{1}{4}$، $\frac{3}{8}$ و $\frac{1}{2}$ عرض سطح آزاد(T)) در شکل(۱۵) نشان داده شده است، همان‌طورکه مشخص است کم‌ترین مقدار ضریب سرعت سطحی در وسط کانال(فاصله $\frac{1}{2}$ سطح آزاد) می‌باشد و هر چه محل قرارگیری جسم شناور از مرکز کانال دور شده و به دیواره‌ها نزدیک می‌شود، میزان ضریب سرعت سطحی افزایش می‌یابد.



شکل ۱۵- تأثیر محل قرارگیری جسم شناور(فاصله نسبی از دیواره کانال (z/T)) بر ضریب سرعت سطحی(SVC) در کانال‌های روباز با مقاطع مرکب

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تأثیر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی مختلف در کانال روباز با مقطع مستطیلی و مرکب بر ضریب سرعت سطحی بررسی شده و با مقایسه با روش USBR ضریب سرعت سطحی تصحیح شده است. با توجه به مطالب فوق مشاهده می‌شود که ضرایب سرعت سطحی محاسبه شده با مقدار ارائه شده توسط USBR، در این مطالعه متفاوت می‌باشد و در بعضی موارد حدود ۲۰ درصد اختلاف دارند. می‌توان نتیجه گرفت که در نظر گرفتن پارامترهای بیش‌تری مانند عرض، سطح مقطع، شیب طولی، زبری دیواره کانال، محل قرارگیری جسم شناور و پارامترهای هیدرولیکی دیگر که در این مطالعه بررسی نشده است می‌توان دقت روش جسم شناور در تعیین سرعت متوسط و درنتیجه دبی کانال را به‌میزان قابل توجه‌ای افزایش داد. در پایان پیشنهاد می‌شود تصحیح روش جسم شناور در رودخانه های واقعی مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان از این روش ساده با دقت بالاتری در تعیین دبی استفاده نمود.

منابع

رحیمی،ا. ۱۳۸۷ . تأثیرپارامترهای هندسی و هیدرولیکی بر توزیع سرعت در کانال‌های روباز (مطالعه موردی: مقاطع مستطیلی، ذوزنقه‌ای و مرکب). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

USBR(United States Bureau of Reclamation). 1997. Water measurement manual. Water Resources Publications ,LLC, Highlands Ranch. CO.

FLUENT. 1999. Manuals, FLUENT Inc, Lebanon, NH 03766, USA.

Cebeci,T., Cousteix,J. 1998. Modeling and Computation of Boundary Layer Flows. Horizons Pub. Long Beach, Calif. and Springer, Heidelberg Germany.

Tominaga,A. Nezu,I. 1991 Turbulent structure in compound open-channel flows. Journal of Hydraulic Engineering. 117:1.21–41.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 8, Winter. 2015, p. 800-809

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد۸، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۰۹-۸۰۰

Correction of Surface Velocity Coefficient in Float Method Using Flow Modeling in Fluent

E. Rahimi[1*], M. Rahimpour[2]

Recived: May. 12, 2014 Accepted: Oct. 29, 2014

Abstract

The Float method is a quick approximation technique for measuring velocity and thus flow rate. Surface velocity obtained by the Float method of correction factor is multiplied by the average velocity in the cross section obtained. This coefficient by the The United States Bureau of Reclamation (USBR) to measure the Float method is presented. Surface velocity coefficients published by USBR are based solely on average water depth. But other hydraulic factors such as longitudinal bed slope, the wall roughness height, the shape of the channel cross section, the location of the float object and ... may also affect the value of the coefficient. In this study the effect of these parameters on the surface velocity coefficient in a rectangular and compound open channel studied and the results are compared with the coefficients published by USBR. The results indicate that these parameters are the effective surface velocity coefficient and considering effect of other parameters in addition to the average water depth, be accuracy of the float method could significantly increase.

Keywords: Fluent, Reynolds stress model, Flow velocity, Rectangular and compound open channel

1- Ph.D. Student, In Water Structures, Department of Water Engineering, shahid Bahonar University of Kerman.
2- Assistant professor, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
(*- Corresponding Author Email: Rahimi.uk@gmail.com)