

بررسی عددی تاثیر مشخصات هندسی مخازن سطحی بر توزیع سرعت جریان

ابراهیم علامتیان^۱، محمد رضا جعفرزاده^۲

۱- استادیار گروه عمران، موسسه آموزش عالی خاوران

۲- استاد گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

E.Alamatian@yahoo.com

خلاصه

توزیع سرعت در مخازن سطحی بر روی عملکرد و کارایی آنها بسیار موثر می باشد. در این مقاله توزیع سرعت در مخازن سطحی بصورت عددی بررسی می شود. برای این کار معادلات متوسط عمقی آبهای کم عمق با روش عددی حجم محدود Roe-TVD بر روی شبکه های مثلثی بی سازمان حل می شوند. جمله اثرات آشفتگی بصورت نیمه ضمنی و با اعمال ویرایش های متوسط عمقی مدل های $k-\epsilon$ و ASM محاسبه می شود. نتایج نشان می دهد که مدل عددی بکار رفته بخوبی قادر به شبیه سازی مشخصات جریان در مخزن می باشد. بر اساس مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی، مدل آشفتگی $k-\epsilon$ نتایج مطلوبتری بدست می دهد. تجربیات عددی نشان می دهد در مخازن مستطیلی با نسبت طول به عرض بین ۱ تا ۱/۵ جریان چرخشی ضعیفتری ایجاد می گردد.

کلمات کلیدی: مخزن سطحی، توزیع سرعت، روش Roe-TVD، مدل $k-\epsilon$ ، مدل ASM

کد مقاله: ۱۲۶۷۶

بررسی عددی تاثیر مشخصات هندسی مخازن سطحی بر توزیع سرعت جریان

ابراهیم علامتیان^۱، محمد رضا جعفرزاده^۲

۱- استادیار گروه عمران، موسسه آموزش عالی خاوران

۲- استاد گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

E.Alamatian@yahoo.com

خلاصه

توزیع سرعت در مخازن سطحی بر روی عملکرد و کارایی آنها بسیار موثر می‌باشد. در این مقاله توزیع سرعت در مخازن سطحی بصورت عددی بررسی می‌شود. برای این کار معادلات متوسط عمقی آبهای کم عمق با روش عددی محدود Roe-TVD بر روی شبکه های مثلثی بی سازمان حل می‌شوند. جمله اثرات آشفتگی بصورت نیمه ضمنی و با اعمال ویرایش های متوسط عمقی مدل های $k - \epsilon$ و ASM محاسبه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که مدل عددی بکار رفته بخوبی قادر به شبیه سازی مشخصات جریان در مخزن می‌باشد. بر اساس مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی، مدل آشفتگی $k - \epsilon$ نتایج مطلوبتری بدست می‌دهد. تجربیات عددی نشان می‌دهد در مخازن مستطیلی با نسبت طول به عرض بین ۱ تا ۱/۵ جریان چرخشی ضعیف تری ایجاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: مخزن سطحی، توزیع سرعت، روش Roe-TVD، مدل $k - \epsilon$ ، مدل ASM

۱- مقدمه

ذخیره آبهای سطحی در مخازن با استفاده از ایجاد سدها انجام می‌گردد. از آب ذخیره شده در این مخازن برای مصارف شرب، کشاورزی، تولید برق و ... استفاده می‌شود. استفاده پایدار از مخازن مهمترین عامل در بهره برداری از آنها می‌باشد، [۱]. تجمع رسوب در مخازن باعث کاهش حجم مخزن و همچنین ایجاد اختلال در عملکرد سازه های هیدرولیکی می‌گردد. طراحی صحیح شکل هندسی مخازن نقش اساسی بر هیدرولیک جریان و چگونگی رسوبگذاری در آنها دارد. مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی فلووم با عرض زیاد توسط اسلاف و همکاران نشان داد که مسیر حرکت جریان در فلووم بسیار تحت تاثیر شرایط اولیه جریان و هندسه فلووم می‌باشد، [۲]. مطالعات آزمایشگاهی کاملی توسط مرتنز برای بررسی نحوه رسوبگذاری در مخازن سطحی^۱ انجام شده است، [۳]. این تحقیقات بر روی مخزنی با ابعاد $5.0 \times 5.0 \times 0.25m$ انجام گرفت و نشان داد که جریان برشی^۲ تاثیر زیادی بر نحوه رسوبگذاری و شکل دهی کف دارد. کانتوش و همکاران نیز مشخصات جریان در مخازن سطحی را بصورت آزمایشگاهی مطالعه و در رابطه با چگونگی توزیع سرعت و رسوبگذاری در حالت های مختلف تحقیقات مفصلی انجام دادند، [۴]. اخیرا کامناسیو و همکاران نیز تاثیر ابعاد مخزن و کانال ورودی بر توزیع سرعت در مخازن سطحی را بصورت آزمایشگاهی بررسی نمودند، [۵]. تحقیقات اخیر نیز نشان دهنده تاثیر بسیار زیاد نسبت ابعاد مخزن بر روی توزیع سرعت جریان و الگوی رسوبگذاری در آن می‌باشد.

روش های عددی مختلفی برای حل معادلات فرآیندهای انتقال و پخش ارائه شده است. در دینامیک سیالات محاسباتی بیشتر از روش حجم محدود استفاده می‌شود. از آنجا که خصوصیت ذاتی روش حجم محدود حفظ خاصیت بقایی می‌باشد برای حل معادلات دیفرانسیل قانون بقا بسیار مناسب است. در روش های حجم محدود به علت استفاده از شکل انتگرالی معادلات، می‌توان از شبکه محاسباتی با اشکال مختلف استفاده نمود، [۶]. در معادلات هذلولی هنگامی که ناپیوستگی منفردی در یک نقطه از قلمرو جواب با شرایط اولیه ثابت وجود داشته باشد، به آن مسئله ریمن گفته می‌شود. حل کننده های دقیق ریمان با بهره جستن از تئوری حل ضعیف معادلات هذلولی بقا می‌توانند گسترش ناپیوستگی ها در فضای حل، از جمله امواج تیز را بخوبی پیش بینی نمایند. اما اعمال این روش ها در سیستم معادلات غیر خطی از نظر محاسباتی مقرون به صرفه نیست. از طرف دیگر حل

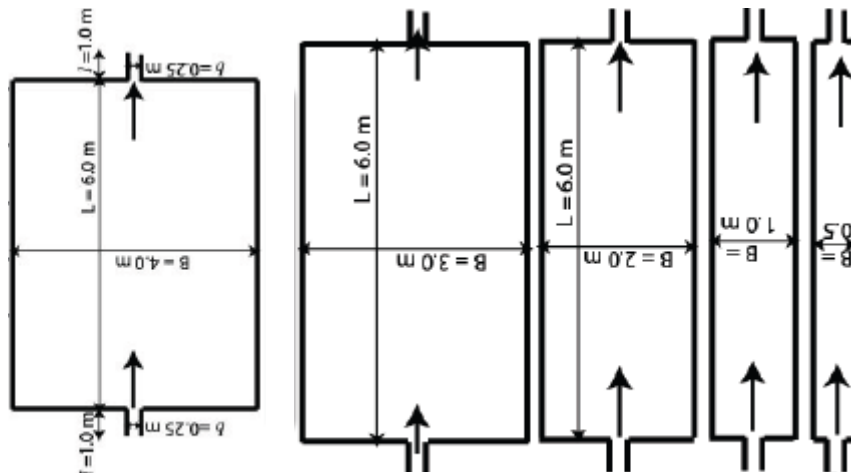
کننده‌های تقریبی ریمان که بوسیله دانشمندانی مانند رو [۷]، اوشر و سولومون [۸]، هارتن و همکاران [۹] توسعه داده شده‌اند نتایج مناسبی ارائه می‌کنند؛ بخصوص روش تجزیه اختلاف شار^۱ رو بصورت گسترده‌ای برای حل معادلات آبهای کم عمق استفاده و توصیه شده است، [۱۰].

بطور طبیعی تاثیر اصلی آشفتگی ایجاد پخشیدگی در میدان سرعت می‌باشد. در روش‌های عددی از مرتبه فرد پخشیدگی غیر فیزیکی ناشی از روش عددی نیز به پخشیدگی طبیعی اضافه می‌شود. در روش‌های عددی از مرتبه زوج پراکندگی ناشی از روش عددی باعث ایجاد نوسانات کاذب در فضای حل می‌گردد. در روش‌های پیشرفته حجم محدود از نوع گودونف^۲ برای جلوگیری از پخشیدگی زیاد عددی و در عین حال حذف نوسانات کاذب در محل ناپیوستگی‌ها از محدودکننده‌های شار و یا شیب در بازسازی اطلاعات بر مرزهای هر جزء استفاده می‌شود. به این روش‌ها اصطلاحاً روش‌های کاهشی مجموع تغییرات کل^۳ گفته می‌شود، [۱۱].

در این مقاله توزیع سرعت در مخازن سطحی افقی با حل معادلات متوسط عمقی آبهای کم عمق بررسی می‌شود. از روش حجم محدود Roe-TVD بر روی شبکه بی سازمان مثلثی برای حل عددی معادلات استفاده می‌شود. برای شبیه سازی اثرات آشفتگی از مدل دو بعدی $k - \varepsilon$ استاندارد و ویرایش متوسط عمقی مدل تنش‌های جبری (ASM) استفاده می‌گردد. در انتها برای اطمینان از صحت محاسبات، نتایج عددی با اطلاعات آزمایشگاهی موجود مقایسه می‌شود.

۲- سابقه آزمایشگاهی بررسی جریان در مخازن سطحی

با توجه به اهمیت و تاثیر زیاد مشخصات جریان در عملکرد مخازن سطحی، مطالعات گسترده‌ای در این رابطه انجام شده است. در بیشترین بررسی‌های انجام گرفته، بصورت آزمایشگاهی تاثیر نسبت ابعاد مخازن بر توزیع سرعت جریان در آنها بررسی شده است، [۱۲ و ۱۳]. یکی از کامل‌ترین این مطالعات توسط کانتوش انجام شده است، [۱۴]. او برای انجام رساله دکتری خود مخازن سطحی مستطیل شکل با نسبت طول (L) به عرض (B) $1/5$ تا 12 را بررسی نمود. در همه این آزمایشات کانال ورودی و خروجی به مخزن در وسط ضلع مخزن فرض شده و کل سیستم بدون شیب بود. در شکل (۱) شمایی از این مخازن نشان داده شده است:



شکل ۱- شمایی از مخازن سطحی در آزمایشات کانتوش [۱۴]

در مجموع کانتوش بیش از ۵۰ آزمون مختلف انجام داده است. در این آزمایشات با استفاده از سرعت سنخ فراصوت^۴، توزیع سرعت سطحی جریان بدست آمده و در رابطه با گردابه‌های ایجاد شده و نحوه توزیع رسوب بحث گردیده است. کانتوش بر اساس آزمایشات انجام شده پیشنهاد داده است به منظور کارایی بالاتر مخازن مستطیلی، نسبت طول به عرض حدود $1/5$ باشد.

۳- معادلات آبهای کم عمق

- 1- Flux Difference Splitting Methods
- 2- Godunov Method
- 3- Total Variation Diminishing, TVD
- 4- Ultrasonic Doppler Velocity Profiler (UVP)

معادلات آبهای کم عمق، با فرض اولیه توزیع فشار هیدرواستاتیکی و همچنین سیال غیر قابل تراکم، از متوسط گیری معادلات سه بعدی ناویر-استوکس در عمق حاصل می شود. این معادلات، برای مطالعه بسیاری از پدیده های فیزیکی از جمله شکست سد، جریان در کانالهای باز، امواج سیلابی، نیروهای عمل کننده بر سازه های ساحلی و انتقال آلودگی بکار می روند. شکل دو بعدی و ابقایی این معادلات به صورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} = \sum_{k=1}^3 G_k \quad (1)$$

که در آنجا

$$W = \begin{pmatrix} h \\ q_x \\ q_y \end{pmatrix}; \quad F_x = \begin{pmatrix} q_x \\ \frac{q_x^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \\ \frac{q_x q_y}{h} \end{pmatrix}; \quad F_y = \begin{pmatrix} q_y \\ \frac{q_x q_y}{h} \\ \frac{q_y^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \end{pmatrix} \quad (2)$$

در سیستم معادلات فوق W بردار متغیرهای ابقاء شده شامل h عمق جریان، q_x و q_y دبی در واحد عرض در جهت های x و y است. همچنین F_x و F_y بردارهای فلاکس در جهت های x و y ، g شتاب جاذبه و G_k بردار جملات چشمه می باشد؛ G_1 و G_2 به ترتیب جملات چشمه شیب و اصطکاک بستر و G_3 جمله چشمه اثرات آشفتگی است و بصورت زیر نوشته می شوند:

$$G_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ -gh \frac{\partial Z_b}{\partial x} \\ -gh \frac{\partial Z_b}{\partial y} \end{pmatrix}; \quad G_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{\tau_{b,x}}{\rho} \\ -\frac{\tau_{b,y}}{\rho} \end{pmatrix}; \quad G_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(v_i h \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_i h \frac{\partial U_x}{\partial y} \right) \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(v_i h \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_i h \frac{\partial U_y}{\partial y} \right) \end{pmatrix} \quad (3)$$

که در آن Z_b تراز بستر کانال در مرکز سلول، τ_b تنش برشی در بستر، ρ جرم مخصوص آب، v_i لزجت گردابه ای آشفتگی، U_x و U_y سرعت در جهت های x و y می باشد.

۴- حل عددی معادلات به روش حجم محدود

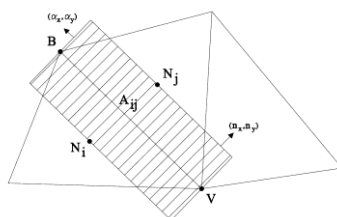
از آنجا که معادلات آبهای کم عمق اغلب در محیط هایی با هندسه بسیار پیچیده مانند رودخانه ها بکار می روند کاربرد اجزاء بی سازمان مناسب تر می باشد؛ زیرا بهتر می توانند خود را با مرزها هماهنگ سازند. روش های مختلفی برای تولید سلولهای بی سازمان وجود دارد. در اغلب آنها فضای حل بصورت تعدادی مثلث تبدیل می شود، (حجم کنترل مثلثی). در این تحقیق با جداسازی معادلات (۱) در زمان و استفاده از یک گام میانی در نهایت از روش با دقت مرتبه دوم در زمان استفاده می شود. همچنین برای جدا سازی معادلات در مکان از سلول های مثلثی و روش Roe-TVD استفاده می - گردد. برای رسیدن به دقت مرتبه دوم در مکان از محدود کننده شیب چند بعدی استفاده می شود.

زمانی که لزجت بسیار بزرگ باشد برای حفظ پایداری لازم است جمله چشمه اثرات آشفتگی بصورت نیمه ضمنی^۱ جداسازی شود. برای انجام این کار داویدسون (Davidson) جمله مذکور را به دو قسمت تقسیم بندی کرد، [۱۵]:

$$G_{3,tot} = G_{3,\perp} + G_{3,\parallel} \quad (4)$$

در این رابطه $G_{3,\perp}$ پخشیدگی متعامد^۲ و $G_{3,\parallel}$ پخشیدگی غیر متعامد^۳ می باشند. برای مولفه ممنتم در راستای x بردار G_3 بصورت زیر محاسبه می شوند، شکل (۲):

$$G_{3,\perp} = \sum_{j \in K_i} \Gamma_{D_\perp} U_{x,j} - \frac{\Gamma_{D_\perp}}{h_i} q_{x,i}; \quad G_{3,\parallel} = \sum_{j \in K_i} v_{i,j} h_{ij} \frac{d_{ij}}{d_{\perp,ij}} (U_{x,B} - U_{x,V}) (\tilde{\alpha}_{x,ij} \tilde{n}_{x,ij} + \tilde{\alpha}_{y,ij} \tilde{n}_{y,ij}) \quad (5)$$



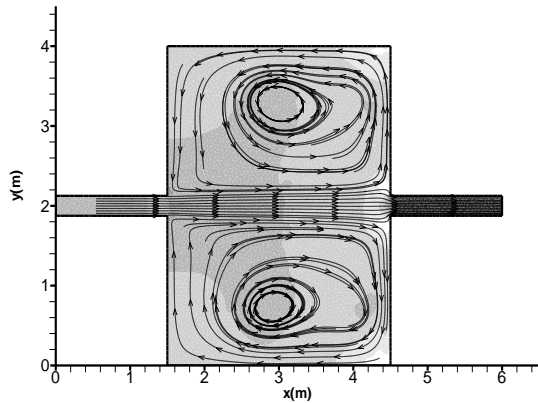
شکل ۲ - محاسبه جمله پخش به روش نیمه ضمنی

- 1- Semi-implicit Method
- 2- Orthogonal Diffusion
- 3- Non-Orthogonal Diffusion

در این روابط $\Gamma_{D_1} = v_{i,j} h_{ij} \frac{|n_{ij}|}{d_{\perp,ij}}$ ضریب پخش متعامد^۱، h_{ij} و $v_{i,j}$ به ترتیب میانگین عمق و لزجت گردابه ای آشفته در دو سلول i و j ، $U_{x,V}$ و $U_{x,B}$ سرعت در راستای محور x در نقاط B و V ، $\tilde{\alpha}_{ij} = (\tilde{\alpha}_{x,ij}, \tilde{\alpha}_{y,ij})$ بردار یکه و عمود بر خطی که مرکز دو سلول i و j را به یکدیگر وصل می کند و $d_{\perp,ij}$ تصویر فاصله بین مرکز دو سلول i و j بر روی خط عمود بر وجه مشترک دو سلول است. در رابطه (۵) مقدار همه متغیرها در زمان t^n جاگذاری می شود و فقط دبی در واحد عرض $q_{x,i}$ در زمان t^{n+1} قرار داده می شود. با این کار هیچ هزینه محاسباتی اضافه نمی گردد و نیاز به حل سیستم معادلات نیست. جمله اثرات آشفتگی در معادله منتم در راستای y نیز بصورت مشابه محاسبه می شود. در روابط فوق بایستی مقدار لزجت گردابه ای آشفته با استفاده از حل معادلات متوسط عمقی $k - \varepsilon$ محاسبه شود. جزئیات و روابط مورد استفاده برای حل معادلات متوسط عمقی $k - \varepsilon$ ، معادلات آبهای کم عمق و همچنین معادلات جبری محاسبه تنش های رینولدز در مقاله دیگری بوسیله نگارندگان توضیح داده شده است، [۱۶].

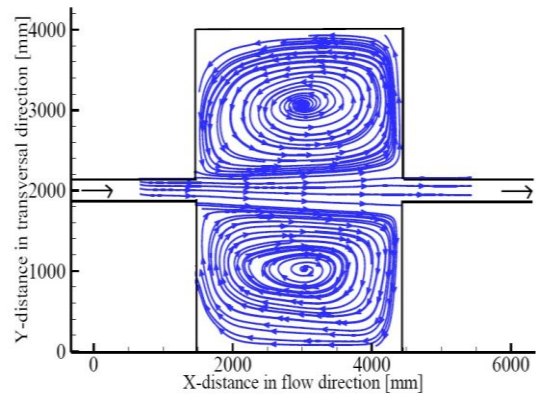
۵- نتایج عددی

به منظور بررسی قدرت روشهای عددی در مدلسازی جریان و همچنین اظهار نظر در رابطه با مشخصات جریان در مخازن سطحی با ابعاد گوناگون، جریان در مخازن سطحی مستطیلی با طول و عرض مختلف با استفاده از روش عددی حجم محدود شبیه سازی می گردد. در کلیه شبیه سازیهای انجام گرفته در ورودی جریان زیر بحرانی با دو دبی $Q_1 = 5.0l/s$ و $Q_2 = 7.0l/s$ برقرار می شود و شرایط مرزی خروجی نیز فوق بحرانی فرض می گردد. برای اعمال شرایط مرزی جریان در مرزهای جامد از تئوری مشخصات و برای محاسبه جمله اصطکاک بستر از رابطه مانینگ با ضریب زبری مانینگ $n = 0.01$ استفاده می شود، [۱۷]. با کاربرد فرایند سعی - خطا و استفاده از شاخص خطای نرم L_2 در نهایت فضای محاسبات با نسبت تراکم سلولی حدود $\frac{A_D}{A_C} \approx 20000$ به سلولهای مثلثی بی سازمان تقسیم گردید. در این رابطه A_D مساحت فضای حل و A_C مساحت سلول محاسباتی می باشد. سیال ساکن با عمق ثابت $0.2m$ برای شرایط اولیه در مخزن فرض گردید. برای اطمینان از صحت نتایج عددی از داده های آزمایشگاهی ارائه شده توسط کانتوش استفاده می شود، [۱۴]. در شکل های (۳) و (۴) پلان فضای محاسباتی در دو آزمون عددی به همراه منحنی سایه عمق جریان و بردارهای خطوط جریان نشان داده شده و با نتایج آزمایشگاهی بصورت کیفی مقایسه شده است. در این شکل ها نتایج مدل متوسط عمقی ASM برای دبی ورودی $7.0l/s$ نمایش داده شده است. مشاهده می شود که روش عددی بخوبی ساختار کلی جریان و ایجاد و گسترش گردابه ها در مخزن را پیش بینی نموده است و هماهنگی مناسبی بین نتایج عددی و آزمایشگاهی وجود دارد. ملاحظه می گردد که در مخزن با $L/B = 0.75$ دو جریان چرخشی بزرگ ایجاد می شود که تمام مخزن تحت تاثیر آنها می باشد؛ در حالی که برای $L/B = 1.5$ حداقل چهار گردابه ایجاد می گردد که این جریان های چرخشی در قسمت ابتدایی مخزن کوچکتر می باشند. همچنین مشاهده می شود که در حالت $L/B = 0.75$ جریان در مخزن تقریباً متقارن می باشد در حالی که در حالت $L/B = 1.5$ این تقارن به چشم نمی آید.

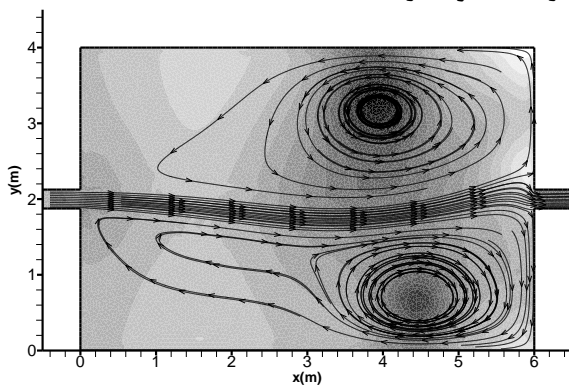


ب- روش عددی Roe-TVD

شکل ۳- پلان فضای محاسباتی به همراه منحنی سایه عمق جریان و خطوط جریان ($L = 3.0m$ $B = 4.0m$)

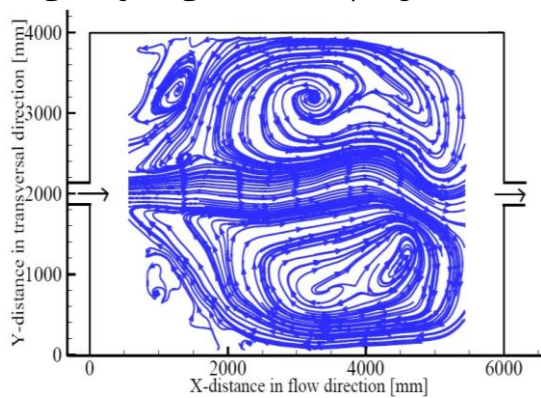


الف- آزمایشگاهی



ب- روش عددی Roe-TVD

شکل ۴- پلان فضای محاسباتی به همراه منحنی سایه عمق جریان و خطوط جریان ($L = 6.0m$ $B = 4.0m$)



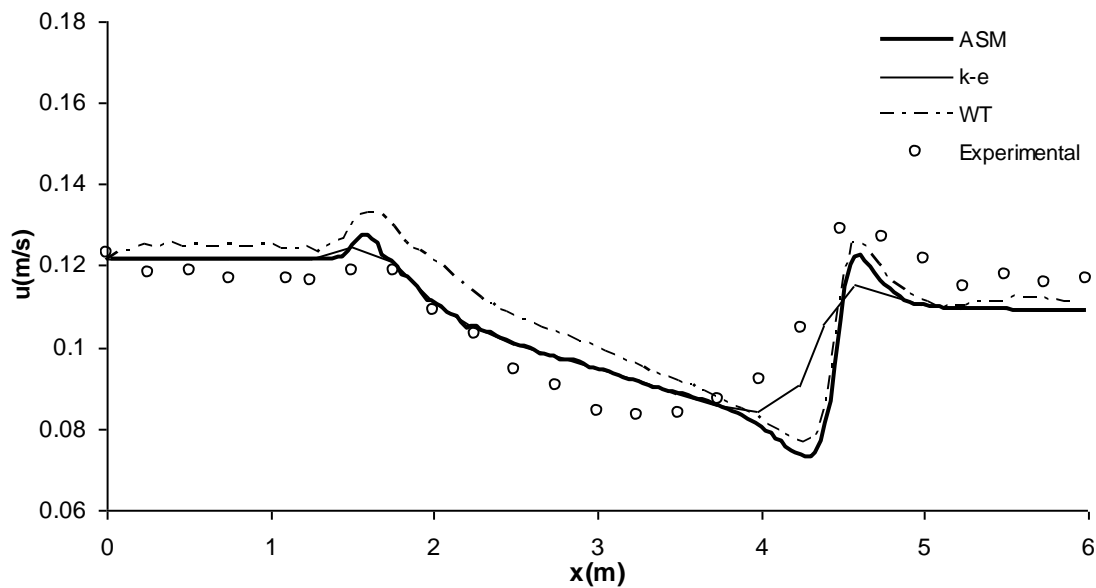
الف- آزمایشگاهی

به منظور مقایسه بهتر نتایج در شکل‌های (۵) و (۶) پروفیل طولی سرعت در خط مرکزی مخزن رسم و با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه شده است. در این شکل‌ها نتایج مدل‌های آشفتگی $k-\epsilon$ و ASM و همچنین نتایج حالت بدون استفاده از مدل آشفتگی (WT) ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد در حالت $L/B = 0.75$ توزیع سرعت ارائه شده توسط مدل‌های گوناگون از یک روند پیروی می‌کنند و با داده‌های آزمایشگاهی هماهنگی نسبی دارند؛ ولی در حالت $L/B = 1.5$ اختلاف فاز بین نتایج روش WT با نتایج آزمایشگاهی و نتایج سایر روش‌های عددی وجود دارد. این اختلاف فاز می‌تواند نشان دهنده پیچیدگی بیشتر جریان در این حالت و در نتیجه تاثیر بیشتر جملات آشفتگی در حل عددی معادلات باشد. علامت‌ان و جعفرزاده ضمن بررسی تاثیر مدل‌های مختلف آشفتگی بر مشخصات جریان فوق بحرانی، تاثیر جملات آشفتگی در این جریانها را اندک دانستند، [۱۶]. نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده تاثیر زیاد جملات آشفتگی در حالت جریان زیر بحرانی می‌باشد. با توجه به این شکلها در میان روشهای بکار رفته، روش حجم محدود Roe-TVD به همراه مدل دو بعدی $k-\epsilon$ بهترین نتایج را بدست می‌دهد.

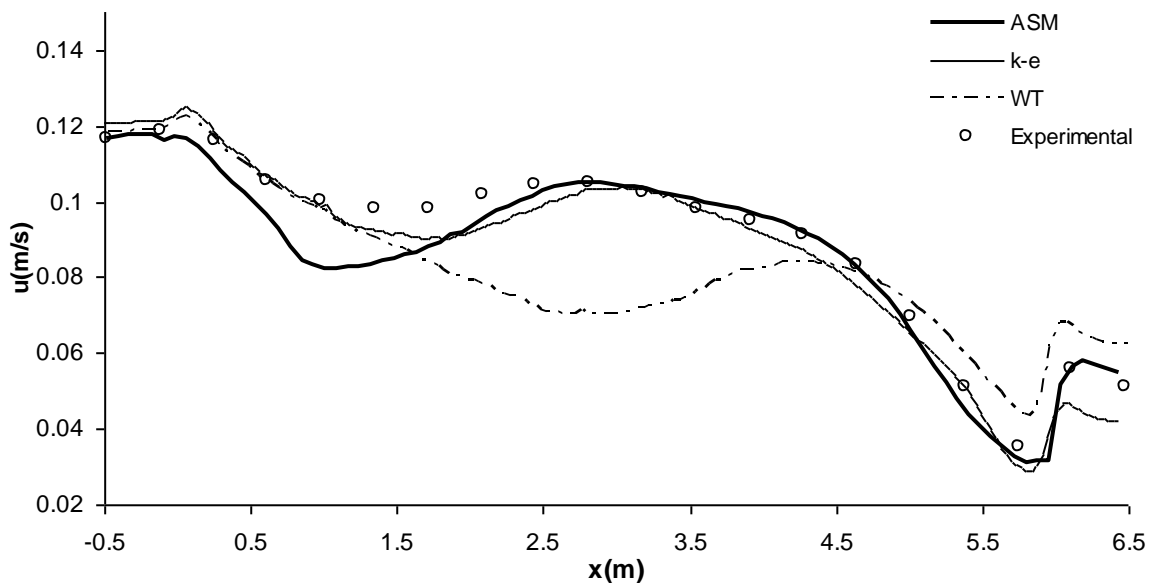
برای بررسی کمی نتایج عددی، شاخص خطا مطابق زیر تعریف می‌گردد:

$$E = \frac{\sum |u_{num} - u_{exp}|}{\sum |u_{exp}|} \quad (6)$$

در این رابطه u_{num} سرعت جریان در روش عددی و u_{exp} سرعت آزمایشگاهی می‌باشد. در شکل (۷) مقدار شاخص خطا در روش‌های مختلف محاسبه و نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد در همه حالتها اعمال جملات آشفتگی شاخص خطا را کاهش می‌دهد. با توجه به این نمودار در بیشتر حالات مدل $k-\epsilon$ بهترین نتیجه را بدست می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که با افزایش نسبت طول به عرض مخزن و همچنین افزایش دبی، شاخص خطا در همه روشها افزایش می‌یابد.



شکل ۵- پروفیل طولی سرعت (U_x) خط مرکزی مخزن برای مدل های مختلف آشفتگی ($L/B = 0.75$)

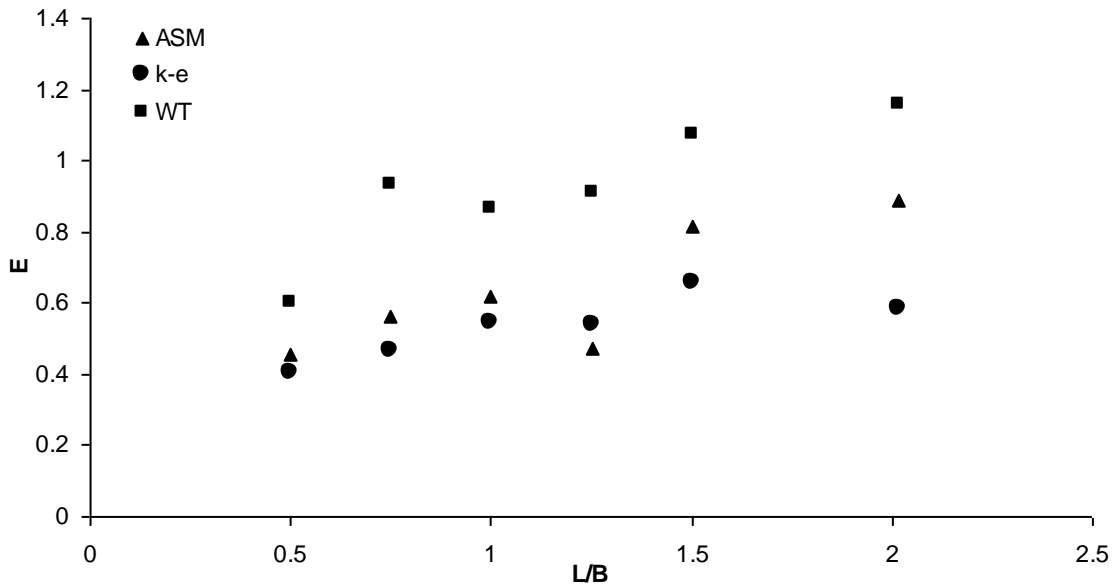


شکل ۶- پروفیل طولی سرعت (U_x) خط مرکزی مخزن برای مدل های مختلف آشفتگی ($L/B = 1.5$)

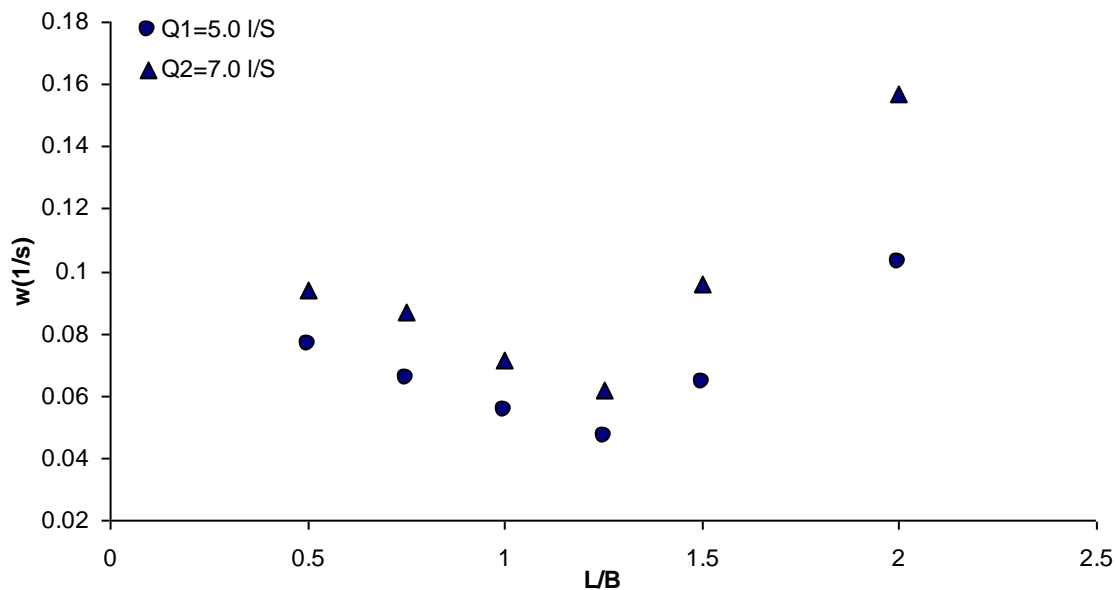
یکی از مسایل مهم در مخازن سطحی چگونگی رسوبگذاری در آنها می باشد. بررسی های آزمایشگاهی انجام گرفته نشان داده است که رسوبگذاری زمانی که جریان چرخشی در مخزن ایجاد می شود بسیار افزایش می یابد. طرح بهینه مخزن بگونه ای است که کمترین حرکت چرخشی در آن ایجاد گردد. به منظور بررسی میزان و قدرت جریان چرخشی ایجاد شده در مخزن، شاخص چرخش بصورت زیر محاسبه می گردد:

$$\omega = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\partial U_x}{\partial y} + \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) \times A \right)_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (7)$$

در این رابطه A_i مساحت سلول و n تعداد سلول های محاسباتی می باشد. این شاخص برای مخازن با نسبت ابعاد مختلف طول به عرض محاسبه و در شکل (۸) نمایش داده شده است. ملاحظه می شود که با افزایش نسبت L/B شاخص چرخش افزایش می یابد که نشان دهنده افزایش قدرت جریان چرخشی و در نتیجه احتمال بیشتر رسوبگذاری در مخزن می باشد. بر اساس این نمودارها در مخازن سطحی مستطیلی با نسبت $L/B = 1-1.5$ ضعیف ترین جریان چرخشی ایجاد می شود.



شکل ۷- شاخص خطا در مدل های مختلف آشفتگی برای مخازن با نسبت طول به عرض متفاوت ($Q_2 = 7.0 l/s$)



شکل ۸- شاخص چرخش برای مخازن با نسبت طول به عرض و دبی های مختلف (مدل آشفتگی $k - \epsilon$)

۶- نتیجه گیری

در این مقاله توزیع سرعت در مخازن سطحی با استفاده از معادلات ناماندگار متوسط گرفته شده در عمق آبهای کم عمق بررسی شد. برای این کار از روش حجم محدود Roe-TVD در شبکه بی سازمان مثلثی شکل استفاده شد. اثرات اصطکاک بستر و آشفتگی در جملات چشمه منظور شدند. جمله اصطکاک بستر به کمک رابطه مانینگ شبیه سازی شد و از دو مدل آشفتگی $k - \epsilon$ و تنش جبری (ASM) برای محاسبه اثرات آشفتگی استفاده شد. به منظور ارزیابی توانایی روش عددی در پیش بینی توزیع سرعت، جریان در مخازن سطحی مستطیلی با ابعاد مختلف شبیه سازی شد. در مقایسه نتایج

عددی و آزمایشگاهی مشاهده شد مدل های عددی بخوبی قادر به شبیه سازی جریان می باشند؛ اما کاربرد مدل های آشفتگی باعث بهبود نتایج عددی می شود. بر اساس نتایج بدست آمده، مدل آشفتگی $k - \epsilon$ در مقایسه با مدل ASM نتایج مطلوب تری بدست می دهد. تجربیات عددی نشان داد که در نسبت طول به عرض حدود ۱/۵، شاخص چرخش جریان کمترین مقدار را دارد.

۷- مراجع

1. Rosier, B., Boillat, J.-L., and Schleiss, A. J., (2004), "Mapping of bed morphology for lateral overflow using digital photogrammetry." In 2nd International Conference on Scour and Erosion-ICSE-2, Singapore.
2. Sloff, C.J., Jagers, H.R.A., & Kitamura, Y., (2004), "Study on the channel development in a wide reservoir," Proc. River Flow, Napoli, Italy, pp 811-819.
3. Mertens, W., (1985), "Model tests for sedimentation process in reservoirs," Proceedings of EUROMECH 192, Munich, Neubiberg.
4. Kantoush, S.A., Bollaert, E.F.R, Boillat, J.-L., and Schleiss, A.J., (2006), "Experimental study of suspended sediment transport and deposition in a rectangular shallow reservoir," River Flow – Ferreira, Alves, Leal & Cardoso (eds).
5. Camnasio, E., Orsi, E., and Schleiss, A.J., (2011), "Experimental study of velocity fields in rectangular shallow reservoirs." Journal of Hydraulic Research, 49(3), pp 352-358.
6. Causon, D., Clench, T., and Ingram, D. (1992), "The use of CFD techniques to investigate the physical nature of engine surge and its effect on a twin engine intake duct system.", Engine/Air-Frame Integration Conference, Royal Aeronautical Society, London, U.K., 12(1), pp 12.17.
7. Roe, P.L. (1986), "Discrete models for the numerical analysis of time-dependent multidimensional gas dynamics." J. Comput. Phys., 63, pp 458-476.
8. Osher, S., and Solomone, F. (1982), "Upwind difference schemes for hyperbolic systems of conservation laws." Math. Comput, 38, pp 339-374.
9. Harten, A., Lax, P.D. and van Leer, B. (1983), "On upstream differencing and Godunov-type schemes for hyperbolic conservation laws." SIAM Rev., 25, pp 35-61.
10. Toro, E.F. (2001), "Shock-capturing methods for free-surface shallow flows.", Wiley, Chichester.
11. Leveque, R.J. (2004), "Finite volume methods for hyperbolic problems." Cambridge University Press.
12. Dufresne, M., Dewals, B.J., Erpicum, S., Archambeau, P., Piroton, M., (2010), "Experimental investigation of flow pattern and sediment deposition in rectangular shallow reservoirs," Int. J. Sediment Res. 25(3), pp 258-270.
13. Kantoush, S.A., Bollaert, E., De Cesare, G., Boillat, J.-L., and Schleiss, A.J., (2006), "Flow field investigation in a rectangular shallow reservoir using UVP, LSPIV and numerical model," Proc. 5th Int. Symp. Ultrasonic Doppler Meth. for Fluid Mech. and Fluid Eng. ETH Zurich, Switzerland.
14. Kantoush, S.A. (2008), "Experimental study on the influence of the geometry of shallow reservoirs on flow patterns and sedimentation by suspended sediments," PhD Thesis 4048. EPFL, Lausanne.
15. Davidson, L., (2012), "Implementation of a $k - \epsilon$ Model and a Reynolds Stress Model into a Multiblock Code," Tech. Rep. CRS4-APPMATH-93-21, Applied Mathematics and Simulation Group CRS4, Cagliari.
16. Alamatian1, E. and Jaefarzadeh, M.R., (2012), "Evaluation of turbulence models in the simulation of oblique standing shock waves in supercritical channel flows," International Journal of Civil Engineering, 10(1), pp 61-71.
17. Yoon, T.H., and Kang, S., (2004), "Finite Volume Model for Two-Dimensional Shallow Water Flows on Unstructured Grids," Journal of Hydraulic Engineering, 130(7), pp 678-688.