

اثر یک بازشدگی ناگهانی بر مشخصات جریان

آرش بختیاری^۱، دکتر مجید احتشامی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، arash.bakhtiary@gmail.com

۲- استادیار دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

چکیده

جریان های چرخشی یکی از جریان های مورد بررسی در علم هیدرولیک هستند که به علت تنگ شدگی یا باز شدگی در مسیر کانال و یا وجود موانعی در مسیر کانال مانند پایه های پل و عوامل دیگر بوجود می آیند. در این مقاله به منظور بررسی جریان در یک کانال و تأثیر بازشدگی در طول آن با استفاده از نرم افزار MIKE 21 مدل های در حالت دو بعدی و با شرایط مختلف و با سرعت های ورودی متفاوت اجرا و با هم مقایسه شده اند. اساس حل این مدل روش احجام محدود غیر هم پوشان است. شبکه بندی بی ساختار بکار رفته و در ناحیه بازشدگی از مش ریزتری بهره گرفته شده است. نتایج گویای تأثیر سرعت جریان و تغییرات عمق بر مشخصات جریان در بازشدگی و طول گردابه بوجود آمده است.

مقدمه

وجود بازشدگی یا تنگ شدگی در مسیر یک کانال موجب تغییر در پارامتر های جریان و بوجود آمدن گردابه هایی در آن محل می شود که به جریان های ثانویه موسومند. به عنوان مثال وجود یک بازشدگی ناگهانی در طول یک کانال باعث افت قابل توجه فشار و سرعت جریان می شود و گردابه هایی تولید می کند که تابعی سرعت، عمق جریان و میزان بازشدگی در کانال است [۱]. تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده و روابطی نیز ارائه شده است [۲، ۳، ۴]. در این مقاله سعی در بررسی مشخصات گردابه حاصل از یک باز شدگی ناگهانی در کانالی مستطیلی شکل شده است. به همین منظور از نرم افزار MIKE 21 که توسط مؤسسه هیدرودینامیک دانمارک (DHI) تهیه و ارائه شده است، استفاده می شود. به منظور بررسی بیشتر سرعت های متفاوتی به مرز ورودی مدل اعمال شده است و نتایج مقایسه و بررسی شده اند. در همین راستا مدل در سه عمق مختلف نیز کنترل گردیده است.

معادلات حاکم

مدل عددی MIKE21 از بسته نرم افزاری MIKE که توسط مؤسسه هیدرودینامیک دانمارک (Danish Hydraulic and Environmental Institute) توسعه یافته است، بر پایه شبکه بندی بدون ساختار بنا شده است و در دریاها، دریاچه ها، سواحل و اقیانوس ها بکار میرود. این مدل بر حل عددی دو بعدی معادلات ناویر-استوکس با رینولدز متوسط استوار است. فرض فشار هیدروستاتیک و فرض بوسینیسک نیز در این مدل اعمال شده است. معادلات حاکم بر جریان شامل معادله پیوستگی و معادلات حرکت است که به صورت نوشته می شود:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial \bar{hu}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{hv}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial \bar{hu}^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{huv}}{\partial y} = f\bar{hu} - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{xx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{yx}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S$$

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی (مؤلف رابط)

^۲ استادیار، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

$$\frac{\partial h v}{\partial t} + \frac{\partial h v^2}{\partial y} + \frac{\partial h u v}{\partial x} = f h \bar{v} - g h \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} - \frac{g h^2}{2 \rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} \quad (3)$$

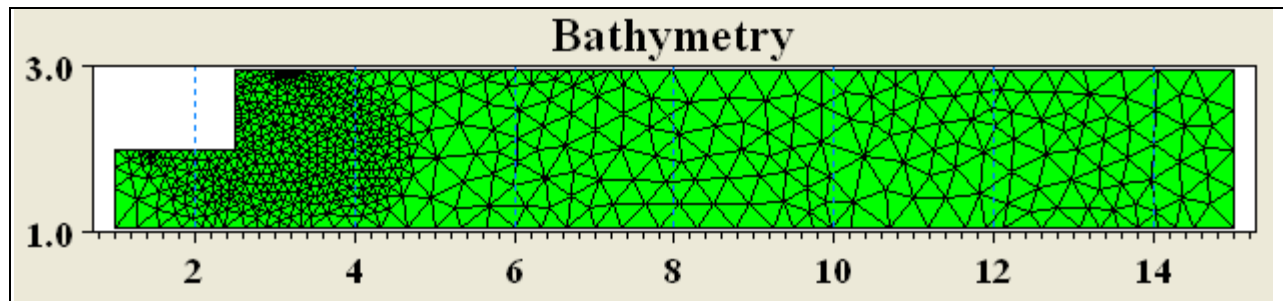
$$\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{sy}}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} (h T_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (h T_{yy}) + h v_s S$$

در معادلات بالا \bar{v} و \bar{u} مؤلفه های سرعت انتگرال گیری شده در عمق در جهات x و y ؛ t زمان؛ x و y مختصات در دستگاه کارترین؛ η تغییرات سطح؛ d عمق آب در حالت سکون؛ $\eta = d + h$ عمق آب؛ u و v مؤلفه های سرعت در جهات x و y ؛ f پارمتر کوریولیس؛ g شتاب زمین؛ ρ چگالی آب؛ S_{ij} مؤلفه های تنش تشعشی، ρ_0 چگالی اولیه آب (ناشی از شرایط اولیه)؛ P_a فشار جو؛ S مقدار دبی ناشی از چشمه های نقطه ای با سرعت های (u_s, v_s) ؛ T_{ij} تنش های جانبی؛ τ_{st} تنش سطحی (ناشی از باد) و τ_{bi} تنش بستر است.

روش عددی مورد استفاده در این مدل روش مرکزیت سلول (Cell Center) است و از روش تقریبی Riemann Solver برای محاسبه شارهای انتقالی استفاده شده است. برای اجتناب از نوسانات عددی محدود کننده های شیب TVD درجه دوم مورد استفاده قرار گرفته است. روش درجه دوم Runge-Kutta برای محاسبه انتگرال زمانی استفاده شده است [۵].

معرفی مدل

برای بررسی حالات مختلف جریان و تغییرات پارامتر های آن در طول یک کانال با بازشدگی ناگهانی، کانالی به طول ۱۴ متر در نظر گرفته شده است که در شکل ۱ نشان داده شده است. در ابتدا و انتهای این کانال دو مرز ورودی و خروجی وجود دارد که سه دبی $5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ ، $2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ و $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ به مرز ورودی آن اعمال و همچنین مدل با اعماق ۰.۵ و ۱ و ۲ متر در حالت های مختلف اجرا شده و نتایج باهم مقایسه شده اند. ضریب زبری کانال عدد مانینگ ۱۰۰۰ انتخاب شده [۵] که بسیار ناچیز است و تنها به منظور جلوگیری از ناپایداری مدل در نظر گرفته شده است. لزجت گردابی نیز از رابطه سیگماگورینسکی استخراج شده است [۵]. دیواره های کانال نیز به عنوان مرز صلب در نظر گرفته شده است. شبکه بندی مدل بی ساختار است و در محل بازشدگی به منظور بررسی بهتر از شبکه ریز تر استفاده شده است که در شکل ۱ نمایش داده شده است.

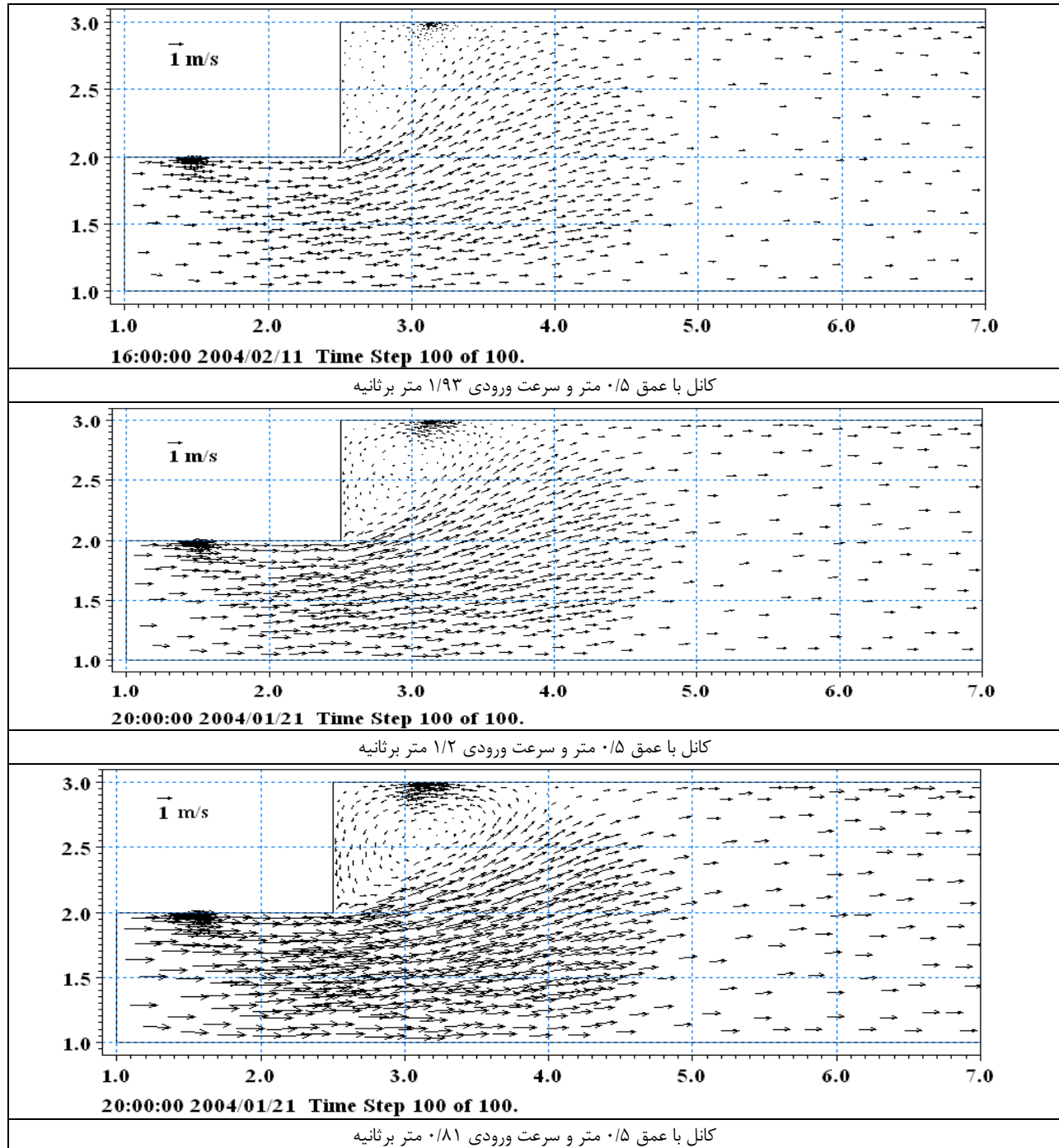


شکل ۱: مشخصات هندسی کانال

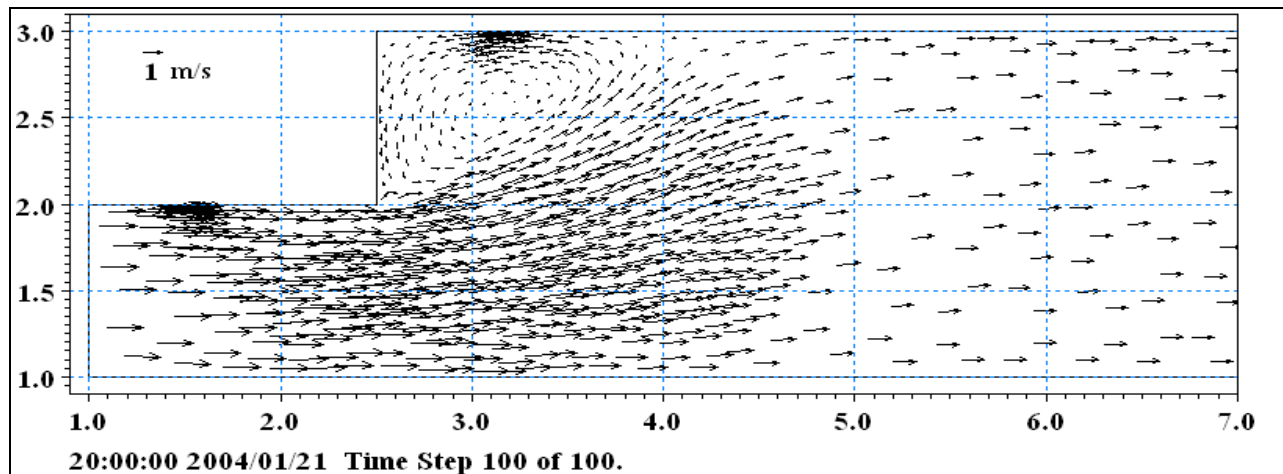
ارائه نتایج مدل

در این قسمت نتایج حاصل از اجرای برنامه در حالت های مختلف ارائه و مورد بررسی قرار می گیرد. همانطور که در قبل نیز اشاره شد، شکل جریان و طول گردابه به عوامل مختلفی مرتبط است که در اینجا تنها تغییرات عمق و تغییرات سرعت و در نتیجه آن عدد رینولدز مورد توجه قرار گرفته است. عدد رینولدز که از رابطه $Re = \rho u b / \mu$ بدست می آید تأثیر مستقیم و اصلی را بر شکل و طول گردابه ها دارد و با افزایش آن بر طول گردابه افزوده می شود. در رابطه ذکر شده u سرعت جریان، b عرض کانال و ν ویسکوزیته سماتیک سیال است. در این مقاله تنها با اعمال سرعت های مختلف در مقدار عدد رینولدز تغییر ایجاد شده است لذا در ادامه تنها از تغییر سرعت به عنوان تغییر عدد رینولدز یاد شده است. با اعمال سرعت های $1/93$ متر بر ثانیه، $1/2$ متر بر ثانیه و $0/81$ متر بر ثانیه به مدل نتایج شکل ۱ بدست آمده است. بررسی نتایج نشان می دهد که با افزایش سرعت ورودی به مرز (عدد رینولدز) طول گردابه نیز افزایش می یابد و سرعت در جریان چرخشی نیز بیشتر است. طول گردابه در حالت مدل با سرعت ورودی $1/93$ متر بر ثانیه، $1/2$ متر بر ثانیه و $0/81$ متر بر ثانیه، به ترتیب برابر با $1/52$ متر، $1/06$ متر و $0/85$ متر است. حداکثر سرعت بوجود آمده در گردابه نیز به ترتیب $0/16$ ، $0/3$ و $0/124$ متر بر ثانیه است که در جهت خلاف جریان در کانال است و در نزدیکی دیواره در محل بازشدگی اتفاق می افتد.

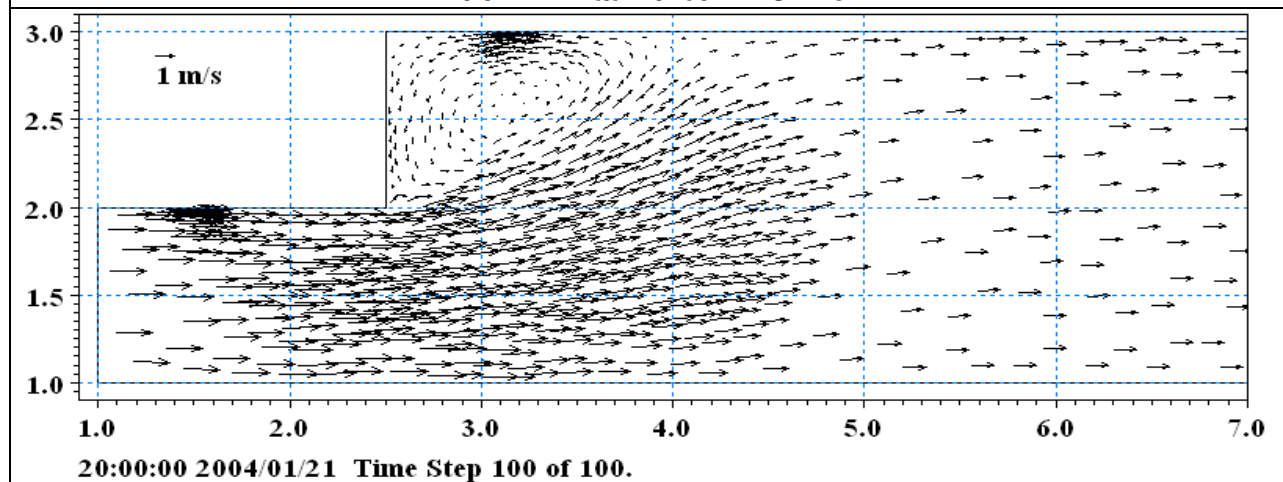
با افزایش عمق نیز تغییراتی در گردابه های حاصل به وجود می آید که در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۲ بر می آید، افزایش عمق موجب افزایش طول گردابه ها می شود. طول گردابه برای کانال با عمق ۰/۵ متر، ۱ متر و ۲ متر به ترتیب برابر با ۱/۵۲، ۱/۵۳ و ۱/۶۵ متر است. حداکثر لزجت گردابه ای درست بعد از بازشدگی در ابتدای آن اتفاق می افتد این مقدار با افزایش عمق کاهش می یابد. مقدار حداکثر لزجت گردابه ای برای کانال با عمق ۰/۵ متر، ۱ متر و ۲ متر به ترتیب برابر با ۹۸۵، ۹۶۸ و ۹۰۶ متر مربع بر ثانیه است.



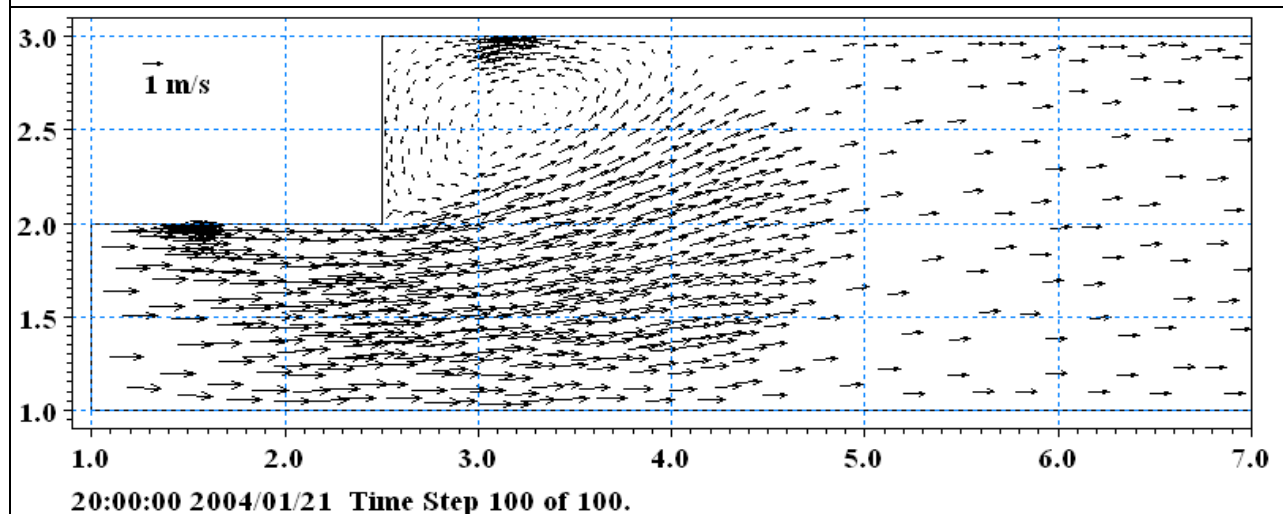
شکل ۲: تأثیر افزایش سرعت بر طول گردابه



کانل با عمق ۰/۵ متر و سرعت ورودی ۱/۹۳ متر برثانیه



کانل با عمق ۱ متر و سرعت ورودی ۱/۹۳ متر برثانیه



کانل با عمق ۲ متر و سرعت ورودی ۱/۹۳ متر برثانیه

شکل ۳: تأثیر افزایش سرعت بر طول گردابه

نتیجه گیری

بازشدگی ناگهانی در یک کانال به کمک نرم افزار MIKE 21 و با استفاده از روش احجام محدود غیر همپوشان مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از مدل گویای این واقعیت است که با افزایش سرعت های ورودی به کانال و در نتیجه افزایش عدد رینولدز جریان لزجت گردابی در جریان افزایش پیدا می کند و طول گردابه بوجود آمده نیز بیشتر می شود.

با افزایش عمق نیز تغییرات مشابهی روی می دهد. این تغییرات به شدت حالت قبل نیستند و از روند افزایشی کند تری (به ازای افزایش عمق) برخوردار هستند که می تواند مؤید اهمیت بیشتر تغییرات سرعت (عدد رینولدز جریان) در مقایسه با تغییرات عمق بر روی گردابه های بوجود آمده در یک بازشدگی ناگهانی باشد.

مقایسه نتایج حاصل از تحلیل نرم افزاری با داده های آزمایشگاهی می تواند جهت واسنجی مدل به منظور دست رسی به الگوی مناسب جهت تحلیل به کار برده شود.

مراجع

- ۱- حسن زاده، ی، محمد نژاد، ب، محمدیان، ع. ۱۳۸۴، "بررسی عددی جریان در یک بازشدگی ناگهانی"، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید با هنر کرمان.
- ۲- مرکز تحقیقات آب، ۱۳۸۳، "واسنجی آزمایشگاهی و تدوین راهنمای کاربرد مدل های آشفتگی دو بعدی افقی برای جریان های کم عمق چرخشی"، بخش هیدرو افرماتیک.
- 3- Denham, m. k. and Patrick, M. A., 1974, "Laminar flow over a down stream-facing step in a two dimensional flow channel", Trans. Inst. Chemical Engineers, 52, 361-367.
- 4- Rastogi, A. K. and Roadi, W., 1978, "prediction of heat and mass transfer in open channels", J. Hydr. Div., 104(3), 397-420.
- 5- DHI, 2005, "MIKE 21 Coastal Hydraulics and Oceanography Hydrodynamic Module Scientific Documentation and Reference manual".