

# مطالعه عددی تاثیر شکل و ابعاد بلوک های حوضچه آرامش در میزان استهلاک انرژی



فصلنامه علمی تخصصی  
مهندسی و مدیریت ساخت  
سال اول، شماره چهارم، زمستان  
۱۳۹۵

نویسنده مسئول: **الهام جعفری**  
آدرس ایمیل:  
Jafari\_el59@yahoo.com

**الهام جعفری\***  
دانشجوی کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش سازه هیدرولیکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن  
**حسن احمدی**  
استاد یار گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن

## چکیده:

در این مقاله با استفاده از نرم افزار Flow3D، شبیه سازی هیدرولیک جریان در حوضچه آرامش صورت گرفت و علاوه بر ارزیابی دقت مدل در شبیه سازی الگوی جریان در حوضچه های آرامش، به بررسی عددی تاثیر شکل و ابعاد بلوک های آستانه و پایاب در میزان اتلاف انرژی و پرش هیدرولیکی حوضچه آرامش پرداخته شد. ابتدا با استفاده از داده های آزمایشگاهی (پترکا ۱۹۵۸) مدل ریاضی Flow3D برای حوضچه آرامش اجرا و واسنجی گردید. سپس نرم افزار برای شرایط هندسی و هیدرولیکی متفاوت دیگر مورد ارزیابی و آزمون قرار گرفت. به منظور انتخاب بهترین مدل تلاطمی به عنوان واسنجی نرم افزار، به مقایسه نتایج عمق اولیه پرش هیدرولیکی و عمق ثانویه پرش هیدرولیکی حاصل از سه مدل مختلف آشفتنی پرداخته شد. همچنین جهت واسنجی نرم افزار، شرایط مرزی کانال مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه شد که با انتخاب شرط مرزی دبی ورودی، نتایج محاسبات عددی عمق اولیه و ثانویه پرش هیدرولیکی در حوضچه آرامش به داده های آزمایشگاهی مربوط به آن نزدیک تر است. در ادامه برای بررسی عددی تاثیر شکل بلوک ها بر میزان استهلاک انرژی جریان، ابعاد و فاصله بلوک ها را با ضریب ۲ تغییر داده و مدل سازی هایی انجام شد و نتیجه گردید که به طور کلی افزایش و کاهش ارتفاع بلوک های آستانه و همچنین تغییر در فاصله بلوک های آستانه بر خصوصیات جریان و اعماق اولیه و ثانویه پرش هیدرولیکی و همچنین میزان اتلاف انرژی اثرهای متفاوتی داشته و در پاره ای از موارد موجب افزایش میزان استهلاک انرژی و در حالتی موجب کاهش آن می گردد. و از آنجاییکه افزایش میزان استهلاک انرژی مطلوب ما می باشد لذا در بین حالتی مختلف کاهش فاصله بلوک های آستانه چون هم در محل بلوک های آستانه و هم در محل بلوک های پایاب یعنی محل تشکیل پرش هیدرولیکی موجب افزایش استهلاک انرژی می گردد برای ما به عنوان بهینه ترین حالت انتخاب گردید.

**کلمات کلیدی:** پرش هیدرولیکی - استهلاک انرژی - حوضچه آرامش - بلوک

## Numerical Study Of The Shape And Dimensions Of The Blocks In The Energy Dissipation Of Stilling Basin



V. 01 No. 04 - Winter 2016

Corresponding author:  
**Elham Jafari**

Email address:  
Jafari\_el59@yahoo.com

**Elham Jafari\***  
Civil engineering graduate student orientation hydraulic Islamic Azad University  
**Hassan Ahmadi**  
Assistant Professor of Civil Branch of Islamic Azad University

جریان به شبکه ای با سلول های مستطیلی ثابت تقسیم بندی می شود که برای هر سلول مقدارهای میانگین کمیت های وابسته وجود دارد یعنی همه متغیرها در مرکز سلول محاسبه می شوند بجز سرعت که در مرکز وجوه سلول حساب می شود.

**در این نرم-افزار از دو تکنیک عددی جهت شبیه سازی هندسی استفاده شده است:**

- ۱- روش حجم سیال (VOF)
- ۲- روش کسر مساحت - حجم مانع (FAVOR)

**معادلات حاکم**

دینامیک سیالات محاسباتی، روشی برای شبیه سازی جریان است که در آن معادلات استاندارد جریان از قبیل معادلات ناویر استوکس و معادله پیوستگی قابل حل برای تمام فضای محاسبات می باشد. فرم کلی معادله پیوستگی به صورت شکل زیر بیان می شود:

$$V_F \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u_x) + R \frac{\partial}{\partial y}(\rho u_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho u_z) + \xi \frac{\rho u_x}{x} = R_{DIF} + R_{SOR}$$

که در آن VF ضریب حجم آزاد به سمت جریان و مقدار R در معادله فوق، ضریب مربوط به مختصات به صورت کارتزین و یا استوانه ای می باشد. اولین عبارت در سمت راست معادله پیوستگی مربوط به انتشار تلاطم بوده و به صورت زیر قابل تعریف می باشد:

$$RDIF = \frac{\partial}{\partial x} \left( v_{\rho} A_x \frac{\partial \rho}{\partial x} \right) + R \frac{\partial}{\partial y} \left( v_{\rho} A_y \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_{\rho} A_z \frac{\partial \rho}{\partial z} \right) + \xi \frac{\rho A_x}{x}$$

عبارت دوم در سمت راست معادله (۱) بیانگر منشأ دانسیته است که برای مدل سازی تزریق توده مواد اهمیت دارد:

$$\frac{V_F}{\rho c^r} \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial u_x}{\partial x} + R \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} + \xi \frac{u_x}{x} = \frac{R_{SOR}}{\rho} \quad (3)$$

همچنین فرم کلی معادلات حرکت (مومنتم) در حالت سه بعدی به صورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left( u_x \frac{\partial u}{\partial x} + u_y \frac{\partial u}{\partial y} + u_z \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \zeta \frac{A_y v^2}{F_F} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + G_x + f_x - b_x - \frac{R_{SOR}}{\rho V_F} (u - u_w - \delta u) \quad (4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left( u_x \frac{\partial v}{\partial x} + u_y \frac{\partial v}{\partial y} + u_z \frac{\partial v}{\partial z} \right) + \zeta \frac{A_x u v}{F_F} = - \frac{1}{\rho} \left( R \frac{\partial P}{\partial y} \right) + G_y + f_y - b_y - \frac{R_{SOR}}{\rho V_F} (v - v_w - \delta v) \quad (5)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left( u_x \frac{\partial w}{\partial x} + u_y \frac{\partial w}{\partial y} + u_z \frac{\partial w}{\partial z} \right) = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + G_z + f_z - b_z - \frac{R_{SOR}}{\rho V_F} (w - w_w - \delta w) \quad (6)$$

که در معادلات فوق  $G_x, G_y, G_z$  مربوط به شتاب حجمی می باشند. پارامترهای  $f_x, f_y, f_z$  شتاب های ناشی از جریان های لزج بوده و نیز شامل روابط مربوط به افت در محیط های متخلخل هستند.

**مشخصات هندسی و هیدرولیکی مدل آزمایشگاهی**

در این تحقیق جهت شبیه سازی الگوی جریان در حوضچه ای آرامش از داده های آزمایشگاهی پتیکا (۱۹۵۸) استفاده شده است. این آزمایشات در کانال هایی با عرض ۰/۶۰۹۶ متر و ۱/۲۱۰۰۶ متر با بستر بتنی و دیواره هایی به ارتفاع ۱/۵ متر انجام شده است. بعد از مدل سازی های انجام شده با استفاده از داده های پتیکا، برای بررسی عددی تاثیر شکل بلوک ها بر روی الگوی جریان

حوضچه آرامش سازه ای است که برای اتلاف انرژی جریان در پایین دست سرریزها، تندآب ها و پایانه ها احداث می شود. در این حوضچه ها، با تشکیل پرش هیدرولیکی و عبور جریان فوق بحرانی به زیر بحرانی، انرژی مستهلک می شود. در طراحی حوضچه های آرامش، عمق ثانویه و طول پرش هیدرولیکی، پارامترهای مهمی می باشند که با استفاده از آن ها می توان رقوم کف، عمق و طول حوضچه را طراحی کرد. ابعاد این حوضچه ها بستگی به مشخصات پرش از جمله طول پرش و عمق مزدوج دارد. طول پرش هیدرولیکی اغلب به عنوان مهمترین پارامتر طراحی در نظر گرفته می شود.

در حوضچه های آرامش با توجه به بتنی بودن این سازه ها، ابعاد حوضچه اهمیت زیادی دارد. بنابراین جهت کاهش ابعاد حوضچه آرامش اقداماتی چون ساخت بلوک های پای تندآب و یا بلوک های میانی به منظور اتلاف بیشتر انرژی جنبشی جریان در محدوده پرش و کاهش مشخصات آن مورد استفاده قرار می گیرد. بلوک های کف حوضچه آرامش، یک تغییر در تراز کف حوضچه آرامش هستند که می توانند به عنوان یک گزینه در انتخاب حوضچه آرامش در نظر گرفته شوند.

حوضچه های آرامش ممکن است دارای شکل هندسی متفاوت و یا حاوی ضمامن اضافی نظیر بلوک های کف و آستانه ها باشند که به عملکرد مؤثرشان کمک می کند. در حوضچه های آرامش به منظور کاهش طول پرش هیدرولیکی از بلوک ها و ایجاد موانع در برابر جریان استفاده می کنند که وجود مانع در مقابل جریان باعث جداشدگی خطوط جریان و استهلاک بیشتر انرژی و افزایش تنش برشی و نیز افزایش نیروی درگ می شود.

**۲- پیشینه تحقیق**

پوزی و هسینگ (۱۹۳۸) تاثیر شیب جانبی را بر طول جهش در حوضچه دوزنقه ای بررسی کردند. در این پژوهش با استفاده از نتایج بدست آمده از آزمایش هایی بر روی یک مدل آزمایشگاهی با شیب های جانبی ۵:۱ تا ۲۰:۱ صورت گرفت مشخص شد که کاهش شیب جانبی باعث کاهش طول جهش نسبت به جهش کلاسیک می شود تانگ و میز (۱۹۸۲) به منظور اطمینان از تاثیر مستهلک کنند های انرژی، مدلی را برای بدست آوردن ابعاد پهنه حوضچه آرامش و ضمامن آن ارائه کرده اند. غزالی و همکاران (۱۹۹۹) آزمایش هایی را برای بررسی اثر اندازه، انحنای و موقعیت بلوک های میانی کف منحنی شکل در استهلاک انرژی و کنترل پرش هیدرولیکی انجام داده اند. نتایج حاصل از این آزمایش ها نشان می دهد که بلوک های منحنی در کم کردن انرژی جنبشی پایین دست نسبت به بلوک های با لبه مستقیم و مستطیلی مؤثرتر است.

در بخش مطالعات عددی میسرا و زو (۲۰۰۴) پرش هیدرولیکی آشفته را با روش های عددی شبیه سازی کردند. نتیجه های مربوط به سرعت افقی با اندازه گیری های تجربی مقایسه شدند. صباغ یزدی و همکارانش (۲۰۰۷)، در یک مدل سه بعدی به ارزیابی مدل های تلاطمی K-E و RNGK-E بر روی میزان ورود هوا در پرش هیدرولیکی با استفاده از روش حجم محدود پرداختند و اثر آن را بر روی دقت تخمین سرعت متوسط جریان با استفاده از مدل در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی موجود از پرش هیدرولیکی مورد بررسی قرار دادند. مقایسه نتایج نشان داد که نرم افزار قادر به پیش بینی توزیع عمقی سرعت در پرش هیدرولیکی است و همچنین در این آزمون مدل آشفتهگی RNG در مقایسه با K-E نتایج مناسب تری را ارائه کرده است.

**- شبیه سازی جریان با استفاده از FLOW3D**

نرم-افزار Flow3D یکی از نرم افزارهای قدرتمند در زمینه هیدرولیک و مهندسی آب است که بر پایه روش های دینامیک سیالات محاسباتی کار می کند و یک مدل مناسب برای حل مسائل پیچیده دینامیک سیالات بوده و قادر است دامنه وسیعی از جریان سیالات را مدل کند. این مدل برای شبیه سازی جریان های سطح آزاد سه بعدی غیرماندگار با هندسه پیچیده کاربرد فراوانی دارد. این نرم افزار دارای یک رابط کاربری ساده و آسان است که از قدرت سه بعدی بسیار بالایی برای حل مسائل استفاده می کند. این نرم افزار معادله های حاکم بر حرکت سیال را با استفاده از تقریب احجام محدود حل می کند. محیط

برابر ۱ میلیمتر انتخاب شد. تعداد سلول های تشکیل دهنده مش بندی غیر یکنواخت این مدل سازی حدود ۱۰۰۰۰۰۰ بود. شرایط مرزی کانال طبق جدول ۲ در نظر گرفته شده است .

جدول (۲) شرایط مرزی اعمال شده در نرم افزار

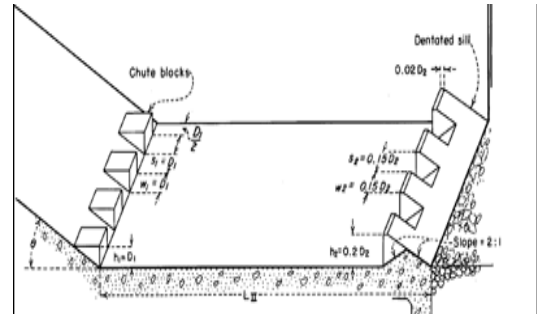
|           |         |            |          |           |
|-----------|---------|------------|----------|-----------|
| ورودی     | خر و جی | دیواره های | کف کانال | سقف کانال |
| دبی ورودی | جر یا ن | دیوار      | دیوار    | تقارن     |
|           | خروجی   |            |          |           |

جهت واسنجی نرم افزار، شرایط مرزی کانال مورد بررسی قرار گرفته و ورودی کانال در سه شرط مرزی فشار ویژه ، سرعت ویژه و دبی جریان در نظر گرفته شده است که طی شبیه سازی های انجام شده در شرایط مرزی مختلف برای ورودی کانال، نتیجه می-شود که با انتخاب شرط مرزی دبی ورودی، نتایج محاسبات عددی عمق اولیه و ثانویه پرش هیدرولیکی در حوضچه آرامش به داده های آزمایشگاهی مربوط به آن نزدیک تر است. به منظور انتخاب بهترین مدل تلاطمی به عنوان واسنجی نرم افزار، به مقایسه نتایج عمق اولیه پرش هیدرولیکی (D۱) و عمق ثانویه پرش هیدرولیکی (D۲) حاصل از سه مدل آشفتگی k-ε، k-ε-RNG و LES پرداخته شده است.

#### ارزیابی مدل k-ε-RNG

برای ارزیابی مدل k-ε-RNG خطای نسبی محاسبات مدل برای عمق اولیه پرش هیدرولیکی (D۱) و عمق ثانویه پرش هیدرولیکی (D۲) برای مقادیر مختلف دبی (Q)، فاصله بلوک های آستانه از هم (W۱)، ارتفاع بلوک های آستانه (h۱)، فاصله بلوک-های پایاب از هم (W۲)، ارتفاع بلوک های پایاب (h۲) و عرض حوضچه آرامش (B) نسبت به نتایج آزمایشگاهی ارزیابی شده است. جدول (۳) و شکل (۳) دقت این مدل تلاطمی را نشان می دهد.

و میزان استهلاک انرژی، ابعاد و فاصله بلوک ها را تغییر داده و مدل سازی های دیگر انجام شد.



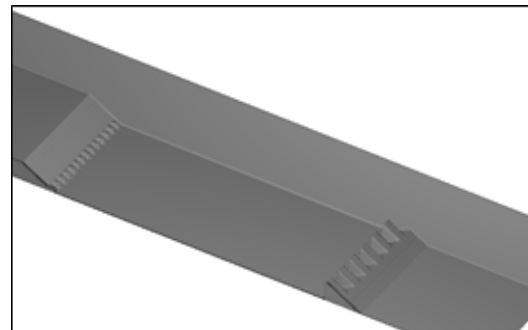
شکل (۱) مدل حوضچه آرامش بکار رفته در مدل سازی عددی

جدول (۱) محدوده داده های آزمایشگاهی به کار رفته جهت شبیه سازی حوضچه آرامش

| دبی (m³/s) | عرض حوضچه | h1 (mm) | h2 (mm) | W1=S1 (mm) | W2=S2 (mm) |
|------------|-----------|---------|---------|------------|------------|
| ۰/۰۷۰۸     | ۰/۴۰۹۴    | ۲۱/۹۴۵۴ | ۶۸/۲۴۹۷ | ۲۱/۹۴۵۴    | ۵۱/۲۰۲۴    |
| ۰/۱۱۳۳     | ۰/۴۰۹۴    | ۳۴/۷۴۷۲ | ۸۷/۰۸۵۷ | ۳۴/۷۴۷۲    | ۶۵/۳۱۴۴    |
| ۰/۱۶۹۹     | ۰/۴۰۹۴    | ۵۱/۸۱۱۶ | ۱۰۶/۲۱۷ | ۵۱/۸۱۱۶    | ۸۰/۰۳۷۴    |
| ۰/۲۲۴۵     | ۰/۴۰۹۴    | ۶۸/۲۷۵۲ | ۱۲۳/۷۷۷ | ۶۸/۲۷۵۲    | ۹۷/۸۳۲۵    |
| ۰/۲۸۱۴     | ۱/۲۱۰۰۴   | ۱۸/۸۹۷۴ | ۷۵/۲۷۷۵ | ۱۸/۸۹۷۴    | ۵۶/۴۵۸۱    |
| ۰/۳۴۹۹     | ۱/۲۱۰۰۴   | ۲۲/۵۵۵۲ | ۸۲/۲۵۸۱ | ۲۲/۵۵۵۲    | ۶۱/۴۴۸۸    |
| ۰/۴۲۷۵     | ۱/۲۱۰۰۴   | ۳۴/۴۴۴۴ | ۱۰۶/۶۱۲ | ۳۴/۴۴۴۴    | ۷۹/۹۵۸۷    |
| ۰/۵۱۱۵     | ۱/۲۱۰۰۴   | ۳۹/۹۲۸۸ | ۱۱۲/۹۹۲ | ۳۹/۹۲۸۸    | ۸۶/۷۴۴۲    |
| ۰/۶۰۸۱     | ۱/۲۱۰۰۴   | ۴۶/۴۴۴۴ | ۱۲۳/۵۲  | ۴۶/۴۴۴۴    | ۹۷/۲۸۸۴    |
| ۰/۷۱۴۴     | ۱/۲۱۰۰۴   | ۴۷/۲۳۱۲ | ۲۲۹/۴۴۴ | ۴۷/۲۳۱۲    | ۱۱۷/۰۹۹    |

#### مشخصات مدل عددی

در صورتی که هندسه مدل آزمایشگاهی به صورت منظم باشد می توان شکل آن را در خود نرم افزار Flow3D ترسیم نمود اما در صورتی که مدل مورد نظر شکل نامنظم داشته باشد نرم افزار قادر خواهد بود فایل های ایجاد شده در نرم افزارهای نظیر شگانه نرم افزار قادر خواهد بود فایل های ایجاد شده در نرم افزارهای نظیر CATIA، اتوکد و همچنین فایل های توپوگرافی به صورت X, Y, Z را مورد استفاده قرار دهد. در این تحقیق، مدل های بکار رفته در نرم افزار CATIA ترسیم شده است.



شکل ۲- نمونه ای از مدل های حوضچه آرامش ترسیم شده در نرم افزار CATIA

#### شبکه-بندی حل معادلات جریان:

در شبیه سازی الگوی جریان در حوضچه های آرامش، مش بندی شبکه جریان، به صورت سه بعدی و ابعاد شبکه در هر سه بعد غیر یکسان و بین ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۱ متر در نظر گرفته شد. برای این شبیه سازی، زبری دیواره-ها

جدول (۳) ارزیابی مدل تلاطمی RNG K-ε جهت محاسبه عمق اولیه پرش هیدرولیکی (D1) و عمق ثانویه پرش هیدرولیکی (D2)

| مشخصات مدل آزمایشگاهی      |          |                       |                       |                       |                       |                       |                       | نتایج آزمایشگاهی      |                    | نتایج مدل             |                       | خطای مدل (%)   |                |
|----------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| دبی<br>(m <sup>3</sup> /s) | B<br>(m) | h <sub>1</sub><br>(m) | h <sub>2</sub><br>(m) | W <sub>1</sub><br>(m) | W <sub>2</sub><br>(m) | S <sub>1</sub><br>(m) | S <sub>2</sub><br>(m) | D <sub>1</sub><br>(m) | (m) D <sub>2</sub> | D <sub>1</sub><br>(m) | D <sub>2</sub><br>(m) | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> |
| ۱/۱۱۳۳                     | ۱/۶۰۹۶   | ۱/۰۳۴۷                | ۱/۰۸۷۱                | ۱/۰۳۴۷                | ۱/۰۶۵۳                | ۱/۰۳۴۷                | ۱/۰۶۵۳                | ۱/۰۳۴۷                | ۱/۴۳۵۴             | ۱/۰۳۲۸                | ۱/۴۱۱۸                | ۵/۶۶           | ۵/۴۱۴          |
| ۱/۱۶۹۹                     | ۱/۶۰۹۶   | ۱/۰۵۱۸                | ۱/۰۶۷                 | ۱/۰۵۱۸                | ۱/۰۸۰۰۴               | ۱/۰۵۱۸                | ۱/۰۸۰۰۴               | ۱/۰۵۱۸                | ۱/۵۳۳۶             | ۱/۰۵۴۸                | ۱/۵۵۹۹۲               | ۵/۶۳۷          | ۴/۸۰۳          |
| ۱/۱۶۹۹                     | ۱/۲۱۰۰۵۶ | ۱/۰۲۲۶                | ۱/۰۸۲۲                | ۱/۰۲۲۶                | ۱/۰۶۱۷                | ۱/۰۲۲۶                | ۱/۰۶۱۷                | ۱/۰۲۲۶                | ۱/۴۱۱۱             | ۱/۰۲۱۴                | ۱/۳۹۳۳                | ۵/۱۵۵          | ۴/۵۸۷          |
| ۱/۳۶۸۱                     | ۱/۲۱۰۰۵۶ | ۱/۰۴۶۶                | ۱/۱۲۳۱                | ۱/۰۴۶۶                | ۱/۰۹۲۳                | ۱/۰۴۶۶                | ۱/۰۹۲۳                | ۱/۰۴۶۶                | ۱/۶۱۵۳             | ۱/۰۴۸۶                | ۱/۶۴۴۴                | ۴/۲۹۹۷         | ۵/۱۶۳          |

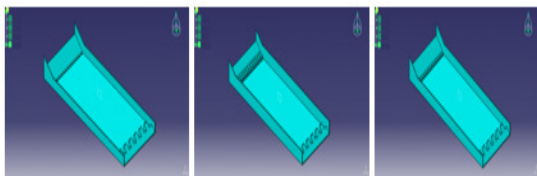
ثانویه پرش هیدرولیکی به ترتیب برابر ۵/۰۶۹۵ و ۴/۹۵۹۷ درصد اندازه گیری شده است.

برای بررسی عددی تاثیر شکل بلوک ها بر میزان استهلاک انرژی جریان، ابعاد و فاصله بلوک های آستانه را تغییر داده و مدل سازی هایی انجام شد. مشخصات مدل-سازی های انجام شده بشرح جدول (۴) می باشد.

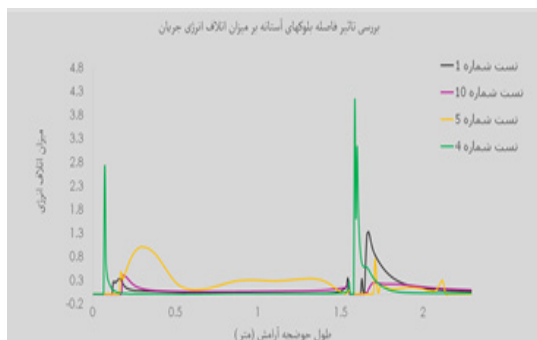
جدول (۴) مشخصات شبیه-سازی انجام شده جهت بررسی شکل بلوک-ها بر میزان استهلاک انرژی در حوضچه آرامش

| شماره تست | دبی (m <sup>3</sup> /s) | عرض حوضچه (متر) | h <sub>1</sub> (mm) | h <sub>2</sub> (mm) | W <sub>1</sub> =S <sub>1</sub> (mm) | W <sub>2</sub> =S <sub>2</sub> (mm) |
|-----------|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ۱         | ۱/۰۷۸                   | ۱/۶۰۹۶          | ۲۱/۹۶۶              | ۶۸/۱۶۷              | ۲۱/۹۶۶                              | ۵۱/۲۰۳                              |
| ۲         | ۱/۰۷۸                   | ۱/۶۰۹۶          | ۴۳/۸۱۲              | ۶۸/۱۶۷              | ۲۱/۹۶۶                              | ۵۱/۲۰۳                              |
| ۳         | ۱/۰۷۸                   | ۱/۶۰۹۶          | ۱۰/۹۷۸              | ۶۸/۱۶۷              | ۲۱/۹۶۶                              | ۵۱/۲۰۳                              |
| ۴         | ۱/۰۷۸                   | ۱/۶۰۹۶          | ۲۱/۹۶۶              | ۶۸/۱۶۷              | ۴۳/۸۱۲                              | ۵۱/۲۰۳                              |
| ۵         | ۱/۰۷۸                   | ۱/۶۰۹۶          | ۲۱/۹۶۶              | ۶۸/۱۶۷              | ۱۰/۹۷۸                              | ۵۱/۲۰۳                              |
| ۱۰        | ۱/۰۷۸                   | ۱/۶۰۹۶          | ۲۱/۹۶۶              | ۶۸/۱۶۷              | -                                   | ۵۱/۲۰۳                              |

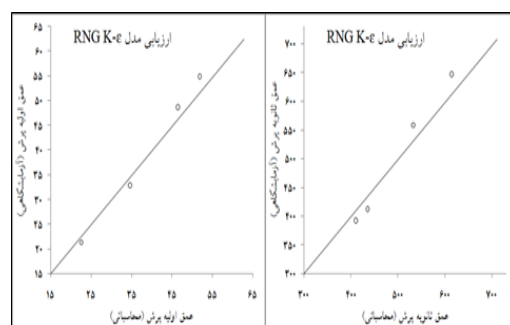
بررسی تاثیر ارتفاع بلوکهای آستانه بر میزان اتلاف انرژی جریان :



شکل (۵) مدل های حوضچه آرامش ترسیم شده در نرم افزار CATIA جهت نشان دادن افزایش و کاهش ارتفاع بلوک های آستانه



شکل (۶) بررسی تاثیر ارتفاع بلوک های آستانه بر میزان اتلاف انرژی جریان

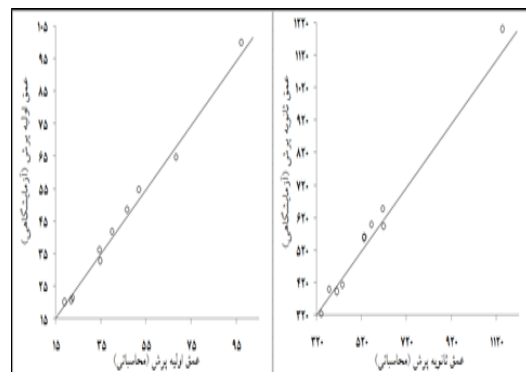


شکل (۳) ارزیابی مدل تلاطمی RNG K-ε جهت محاسبه عمق اولیه و ثانویه پرش هیدرولیکی بر حسب میلیمتر

نتایج ارائه شده در انتخاب بهترین مدل تلاطمی نشان می دهد که مدل تلاطمی RNG k-ε نتایج تقریباً برابری با نتایج آزمایشگاهی دارند و تفاوت ناچیزی بین آنها وجود دارد. بنابراین برای مدل-سازی الگوی جریان در این تحقیق از مدل RNG k-ε استفاده شده است.

#### تجزیه و تحلیل داده ها:

به منظور ارزیابی دقت مدل آشفتنگی RNG k-ε در تمامی مدل سازی های انجام شده، به مقایسه نتایج عمق اولیه پرش هیدرولیکی (D1) و عمق ثانویه پرش هیدرولیکی (D2) حاصل از مدل آشفتنگی RNG k-ε و داده-های آزمایشگاهی پرداخته شده است. (شکل ۴).



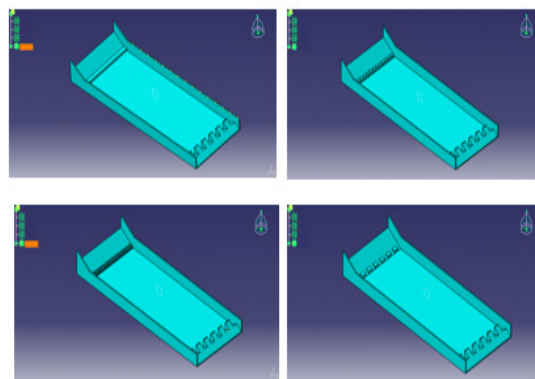
شکل (۴) ارزیابی دقت مدل RNG k-ε برای محاسبه عمق اولیه و ثانویه پرش هیدرولیکی حوضچه آرامش بر حسب میلیمتر

نتایج نشان می دهد که مدل در محاسبات عمق اولیه و ثانویه پرش هیدرولیکی در حوضچه آرامش دارای دقت بالایی است. همچنین میانگین خطای نسبی محاسباتی نرم-افزار برای عمق اولیه پرش هیدرولیکی و عمق

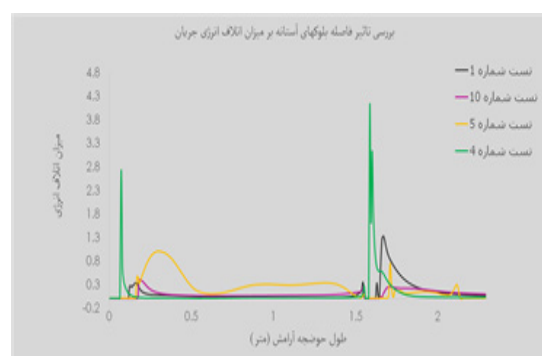
علمی - پژوهشی آب و خاک، دانشگاه تربیت مدرس.

بررسی تأثیر ارتفاع بلوک های آستانه بر میزان اتلاف انرژی جریان :

- [4] Posey, C.J. and P. S. Hsing. 1938. Hydraulic jump in trapezoidal channel. Eng. News- Record, p. 797.
- [5] Peterka A.J., 1984, "Hydraulic Design Of Stilling Basins and Energy Dissipaters". A Water Resource Technical Publication, Engineering Monograph No.25, USBRRajaratnam N. 1968. Hydraulic jumps on rough beds. Trans. Eng. Inst. Canada. 11(A-2). 1-8.
- [6] Posey, C.J. and P. S. Hsing. 1938. Hydraulic jump in trapezoidal channel. Eng. News- Record, p. 797.



شکل (۷) مدل های حوضچه آرامش ترسیم شده در نرم افزار CATIA جهت نشان دادن افزایش و کاهش فاصله بلوک های آستانه



شکل (۸) بررسی تأثیر فاصله بلوک های آستانه بر میزان اتلاف انرژی جریان

### نتیجه گیری :

در این تحقیق با استفاده از مدل ۳D FLOW، پرش هیدرولیکی به صورت عددی مدل و با استفاده از روش حجم محدود شبیه سازی شده و با مدل فیزیکی مقایسه شد. در مدل سازی از معادلات ناور استوکس به منظور حل میدان جریان، از مدل آشفتگی RNG K-ε برای مدل سازی آشفتگی جریان و از مدل حجم سیال (VOF) به منظور شبیه سازی هندسی جریان و مقایسه اعماق اولیه و ثانویه پرش هیدرولیکی استفاده شد. جهت بررسی تأثیر ارتفاع بلوک های آستانه بر میزان اتلاف انرژی جریان، پروفیل میزان اتلاف انرژی جریان در طول حوضچه آرامش برای تست های شماره ۱، ۲، ۳ و مطابق شکل (۶) مقایسه شدند و نتیجه شد که افزایش ارتفاع بلوک های آستانه منجر به کاهش میزان اتلاف انرژی و کاهش ارتفاع بلوک های آستانه منجر به افزایش میزان اتلاف انرژی جریان می گردد. همچنین جهت بررسی تأثیر فاصله بلوک های آستانه بر میزان اتلاف انرژی جریان، پروفیل میزان اتلاف انرژی جریان در طول حوضچه آرامش برای تست های شماره ۱، ۴، ۵ و ۱۰ مطابق شکل (۸) مقایسه شدند و نتیجه شد که استفاده از بلوک آستانه بطور یکپارچه در عرض حوضچه آرامش منجر به کاهش میزان اتلاف انرژی جریان در طول حوضچه آرامش است. همچنین نتایج نشان داد که کاهش فاصله بلوک های آستانه نسبت به هم، افزایش میزان استهلاک انرژی و افزایش فاصله بلوک های آستانه نسبت به هم، کاهش میزان استهلاک انرژی در طول حوضچه آرامش را در پی دارد.

### مراجع

- [۱] الیخانی پور، ر. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد مدل الیخانی پور برای سدهای انحرافی بدون پایه و با تکیه گاه های عربض در بالای تاج. نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- [۲] بیرامی، م.ک. ۱۳۸۷. سازه های انتقال آب. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. چاپ هفتم.
- [۳] جعفری، ف. و صالحی نیشابوری، ع. ۱۳۹۳. "بررسی تأثیر بلوک های میانی حوضچه آرامش بر الگوی جریان در حالت پرش هیدرولیکی مستغرق". مجله