



## Numerical investigation of flow hydraulics in the side weir of a sharp edge with variable crown height

Mohamad Hossein Ahmadi<sup>1\*</sup>, Roozbeh Aghamajidi<sup>2</sup>, Gholamreza Saeedifar<sup>1</sup>

1 Department of Civil Engineering, Beyza Branch, Islamic Azad University, Beyza, Iran.

2 Department of Civil Engineering, Sepidan Branch, Islamic Azad University, Sepidan, Iran.

*Corresponding Author:* Mohamadh.ahmadi@iau.ac.ir

© The Author(s) 2024

Received: 30 Apr 2024

Accepted: 29 Jun 2024

Published: 14 Jul 2024

### Abstract

The flow on the lateral weirs is of a spatially variable type with a decreasing flow rate. Lateral weirs are made in different ways. These structures are usually built in a rectangular shape. Rectangular lateral weirs have a fixed crown width, while in circular lateral weirs; the width of the water surface passing through the weir is a function of the water depth. In this research, to numerically investigate the hydraulics of the flow over the side weir of a sharp edge, a trapezoidal channel with a length of 12 meters, a width of 2.5 meters, and a height of 1.25 meters was used in the wall of the channel. To investigate the effect of the water level behind the weir on the flow modeling, water levels of 1.9 meters and 2 meters were used. Based on the results, by increasing the height of the sharp edge weir in the trapezoidal channel from 0.6 meters to 0.8 meters with the shape of the rectangular weir crown, the pressure increases by 5.3%, the shear speed decreases by 7%, and the horizontal speed increases by 13.5%. In addition, it was found that by increasing the height of the trapezoidal sharp edge weir from 0.8 meters to 1 meters with the shape of the rectangular weir crown, the pressure increased by 5.4%, the shear speed decreased by 2.5%, and the horizontal speed increased by 11.24%. Also, the changes in the Froud number for the mentioned situations have shown a 23% decrease and an 8.8% decrease, respectively.

**Keywords:** Lateral weir, Flow modeling, Crown height



## بررسی عددی هیدرولیک جریان در سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع تاج متغیر

محمد حسین احمدی<sup>۱\*</sup>، روزبه آقامجیدی<sup>۲</sup>، غلامرضا سعیدی فر<sup>۱</sup>

۱. استادیار گروه عمران، واحد بیضا، دانشگاه آزاد اسلامی، بیضا، ایران.

۲. استادیار گروه عمران، واحد سپیدان، دانشگاه آزاد اسلامی، سپیدان، ایران.

نویسنده مسئول: Mohamadh.ahmadi@iau.ac.ir

© The Author(s) 2024

چاپ: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۹

دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۱

### چکیده

جریان بر روی سرریزهای جانبی از نوع متغیر مکانی با دبی کاهنده است. سرریزهای جانبی به شکل های مختلفی ساخته می شود. سرریزهای جانبی مستطیلی عرض تاج ثابتی دارند، در حالی که در سرریز جانبی دایره ای عرض سطح آب عبوری از سرریز تابعی از عمق آب است. هدف از این تحقیق ارزیابی نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال های دوزنقه ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز است. در این تحقیق به منظور بررسی عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز از کانال دوزنقه ای به طول ۱۲ متر، عرض ۲/۵ متر و ارتفاع ۱/۲۵ متر استفاده و در دیواره کانال از یک سرریز جانبی لبه تیز با اشکال مختلف استفاده شده است. همچنین به منظور بررسی تأثیر تراز آب پشت سرریز بر مدلسازی جریان از ترازهای آب ۱/۹ متر و ۲ متر استفاده گردید. بر اساس نتایج با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز در کانال دوزنقه ای از مقدار ۶۰ سانتیمتر به ۸۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی فشار به اندازه ۵/۳ درصد افزایش، سرعت برشی به اندازه ۷ درصد کاهش و سرعت افقی به اندازه ۱۳/۵ درصد افزایش یافت. همچنین با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه ای از مقدار ۸۰ سانتیمتر به ۱۰۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی فشار به اندازه ۵/۴ درصد افزایش، سرعت برشی ۲/۵ درصد کاهش و سرعت افقی ۱۱/۲۴ درصد افزایش یافت. همچنین تغییرات عدد فرود برای حالات ذکر شده به ترتیب ۲۳ درصد کاهش و ۸/۸ درصد کاهش را نشان داده است.

واژه های کلیدی: سرریز جانبی، مدلسازی جریان، ارتفاع تاج

## ۱- مقدمه

سرریزهای جانبی از انواع سازه‌های هیدرولیکی هستند که در سیستم‌های فاضلاب، آبرسانی و آبیاری، کنترل دبی، انحراف سیلاب و دبی مازاد رودخانه‌ها و کانال‌ها استفاده می‌شوند. جریان عبوری از یک سرریز جانبی، از نوع جریان‌های متغیر مکانی است. با توجه به اینکه معادلات حاکم بر جریان‌های متغیر مکانی دارای حل تحلیلی نیستند، مطالعات تجربی زیادی بر روی این جریان‌ها صورت گرفته است. این سازه در کناره کانال قرار گرفته و جریان بصورت آزاد و تحت نیروی ثقل از روی آن تخلیه می‌گردد. وظیفه و عملکرد اصلی این سازه برداشت بخشی از جریان از کانال اصلی به نحوی است که جریان در پایین دست، از ظرفیت انتقال کانال فراتر نرود (Esmacili, et al., 2013). سرریزهای جانبی را می‌توان از یک دیدگاه سازه تنظیم کننده تراز آب نیز در نظر گرفت. لیکن بایستی دقت نمود که کنترل سطح آب، از وظایف ثانویه سرریزهای جانبی بوده و عملکرد اصلی آن تخلیه بخشی از جریان است. سرریزهای لبه تیز دارای کاربرهای متعددی هستند و بیشتر به صورت سرریزهای مستطیلی، مستطیلی هم عرض کانال، مثلثی و دوزنقه‌ای هستند. (Ferro 2018) تأثیر طول بر منطقه چرخشی پشت آبشکن را با در نظر گرفتن تأثیر مقیاس با نرم‌افزار Flow3D مورد بررسی قرار داد. (Gonzalez & Bombardelli, 2005) در یک شبیه‌سازی عددی با استفاده از نرم‌افزار Flow3D به بررسی مشخصات پرش هیدرولیکی بر روی سطح صاف در دو حالت مدل‌سازی عددی و آزمایشگاهی پرداختند. آن‌ها پارامترهای مختلف پرش هیدرولیکی را مورد بررسی قرار داده و نتایج عددی را با آزمایشگاهی مقایسه نمودند. (Sabbagh-Yazdi et al., 2007) در یک مدل سه بعدی به ارزیابی مدل‌های تلاطمی  $k-\epsilon$  و RNG 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. نتایج نشان داد که مدل آشفتگی RNG در مقایسه با  $k-\epsilon$  نتایج مناسب‌تری را ارائه کرده است. (Ebrahimi & Ghorbani, 2014) به شبیه‌سازی سرریز لبه تیز مرکب مستطیلی- مثلثی در نرم‌افزار Flow 3D و تعیین معادله ضریب آبگذری پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که هر چقدر زاویه اصطکاک داخلی ذرات رسوب بیشتر باشد می‌توان انتظار داشت حفره آبستگي، ابعاد کوچکتری داشته باشد و ارتفاع برآمدگی رسوبات در پایین دست حفره بیشتر باشد. شیب دیواره‌ها تندتر بوده و مانعی برای خروج ذرات رسوب از حفره به حساب می‌آید. (Mehdizadeh et al., 2014) در تحقیقی به بررسی تعیین ضریب دبی در سرریز لبه تیز پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که ضریب تخلیه با افزایش عدد فرود کاهش می‌یابد. همچنین بهترین عملکرد با زاویه سرریزهای جانبی ۳۰ درجه و ارتفاع سرریز ۲۰ سانتیمتر در میان مقادیر مورد آزمون بدست آمد.

(Mehbodi et al., 2016) در تحقیقی به بررسی جریان در سرریزهای جانبی مستطیلی لبه تیز در کانال‌های رو باز پرداختند. نتایج نشان داد که عدد فرود پارامتر مهمی برای ضریب دبی بوده و نسبت ارتفاع تاج سرریز به طول سرریز جانبی، نسبت عرض اصلی به طول سرریز جانبی و نسبت عمق بالادست در کانال به طول سرریز جانبی نیز بر ضریب دبی مؤثر است. (Wang & liu, 2000) در تحقیقی به ارزیابی تجربی و عددی سرریز جانبی لبه تیز کانال دوزنقه‌ای پرداختند. در این تحقیق، ویژگی‌های هیدرولیک سرریزهای کناری، مانند فرود، پروفیل آب، توزیع سرعت و ضریب تخلیه مورد بررسی قرار گرفت. (Rami et al., 2013) در تحقیقی به بررسی عددی جریان روی سرریز جانبی لبه تیز مستطیلی پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که کاهش عرض سرریز، دبی موضعی بدون بعد را افزایش می‌دهد، در حالی که عدد فرود بالادست، اثر قابل توجهی روی این پارامتر ندارد. در مقابل، زاویه جت ریزشی با عدد فرود بالادست ارتباط مثبت دارد. (Zhang et al., 2018) به شبیه‌سازی آبستگي موضعی پایه‌ها در جریان جزر و مدی پرداختند. (Ahmadi et al., 2019) تأثیر سرریزهای پلکانی مثلثی بر میزان افت انرژی انرژی و تغییرات سرعت عبوری جریان را مورد بررسی

قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه افزایش دبی جریان بر کاهش میزان استهلاک انرژی تأثیرگذار است ولی طراحی و توسعه سرریزهای پلکانی باید با بهینه‌یابی ابعادی و با توجه به ظرفیت دبی عبوری و با توجه به شرایط هیدرولیکی جریان و شرایط فیزیکی مدل (هندسی) انجام گردد. (Raeisi et al., 2023) اثرات مختلف مستهلک کننده‌های انرژی در پرش هیدرولیک را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در تحقیق خود یک بررسی تجربی از تأثیر لبه سرریز نهایی در حوضچه آرامش گسترش یافته بر روی پایین دست حوضچه را مورد ارزیابی قرار دادند. توجه به اهمیت بحث هیدرولیک جریان در کانال‌های دوزنقه‌ای به علت کاربرد زیاد آن‌ها و همچنین پیچیدگی جریان در مورد سرریزهای لبه تیز، تحقیق حاضر می‌تواند پاسخی به این موضوع جهت شناخت پارامترهای مهم و رفع آن‌ها باشد. در این تحقیق به ارزیابی نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال‌های دوزنقه‌ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز پرداخته شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز از کانال دوزنقه‌ای به طول ۱۲ متر، عرض ۲/۵ متر و ارتفاع ۱/۲۵ متر استفاده شد. در دیواره کانال از یک سرریز جانبی لبه تیز با اشکال مختلف استفاده شده است. همچنین به منظور بررسی تأثیر تراز آب پشت سرریز بر مدل‌سازی جریان از ترازهای آب ۱/۹ متر و ۲ متر استفاده شد. در شکل (۱) حالت‌های مختلف برای مدل‌سازی ارائه شده است.

شکل ۱- به ترتیب از راست به چپ: سرریز لبه تیز نیم دایره، سرریز لبه تیز مستطیلی و سرریز لبه تیز مثلثی

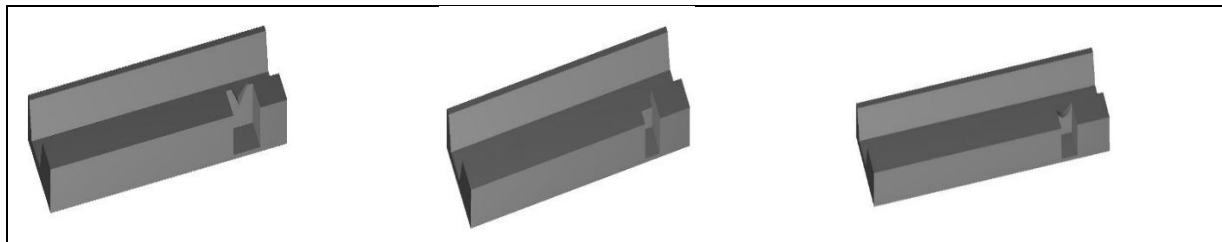


Fig 1. From right to left: Semicircular sharp edge spillway, rectangular sharp edge spillway and triangular sharp edge spillway

## ۲-۱- صحت سنجی

برای اعتبار سنجی نتایج شبیه‌سازی عددی از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی (Bagheri et al., 2013) که در مورد شبیه‌سازی عددی الگوی جریان روی سرریزهای جانبی لبه تیز و پهن می‌باشد استفاده شده است. مدل مذکور متشکل از یک کانال مستطیلی به طول ۸ متر که یک سرریز جانبی مستطیلی بر روی دیواره جانبی نصب شده است. عرض و ارتفاع کانال اصلی به ترتیب برابر ۰/۴ و ۰/۶ متر بوده و شیب بستر کانال مستطیلی افقی است. در این مدل آزمایشگاهی، دبی داخل کانال اصلی در بالادست ۴۳/۵ لیتر بر ثانیه، طول سرریز ۰/۳ متر، ارتفاع تاج سرریز جانبی ۰/۱۵ متر و عرض کانال اصلی ۰/۴ متر است طرح اصلی کانال مدل آزمایشگاهی در شکل (۲) نشان داده شده است.

شکل ۲- طرح کلی کانال مدل آزمایشگاهی (Bageri et al., 2013)

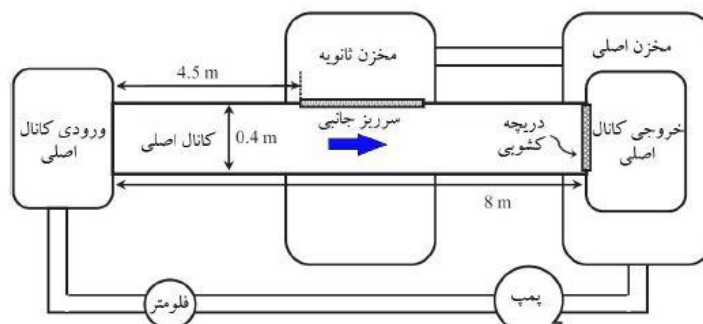


Fig 2. An outline of the laboratory Flume model (Bageri et al., 2013)

شرایط مرزی ورودی قسمت بالادست از نوع Volume Flow Rate، خروجی پایین دست از نوع Pressure می باشد. شرایط مرزی دیواره های افقی دارای سرریز از نوع Outflow و دیواره های افقی بدون سرریز و کف از نوع Wall1 و جایی که سیال در تماس با هوا است از نوع Symmetry در نظر گرفته شد (شکل ۳). از مقایسه سرعت و فشار ایجاد شده بر اساس مدل مقاله مرجع (Bageri et al., 2013) و مدل Flow3D مشخص است تطابق خوبی بین مدل مقاله مرجع و مدل Flow3D وجود دارد (اشکال ۴ و ۵).

شکل ۳- شرایط مرزی مدل مورد نظر

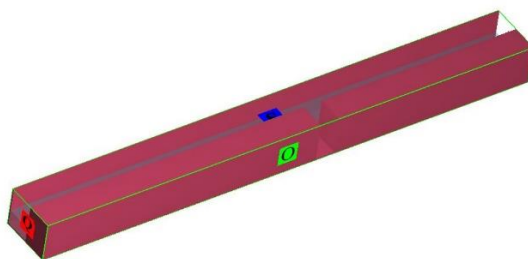


Fig 3. Boundary conditions of the desired model

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف از نظر فشار

در این بخش نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال دوزنقه ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز از نظر فشار ارائه شده است. همانطور که از اشکال ۶ تا ۸ مشخص است دبی سیال خروجی در سرریز نیم دایره بیشتر از سایر اشکال سرریز است که علت آن گشودگی زیادی که این شکل تاج سرریز در خود سرریز ایجاد کرده است باعث افزایش فشار شده و حجم سیال خروجی از سرریز مثلی به علت گشودگی کم، کمتر از سایر اشکال سرریز بوده و باعث کاهش فشار می گردد. بر اساس شکل (۹) بیشترین مقدار فشار در خروجی سرریز به اندازه ۷/۵۴ کیلوپاسکال برای شکل تاج نیم دایره و کمترین مقدار فشار به اندازه ۶/۷۵ کیلوپاسکال برای شکل تاج مثلی سرریز است.

شکل ۴- نتایج فشار در خروجی سرریز مقاله مرجع و مدل‌سازی حاضر

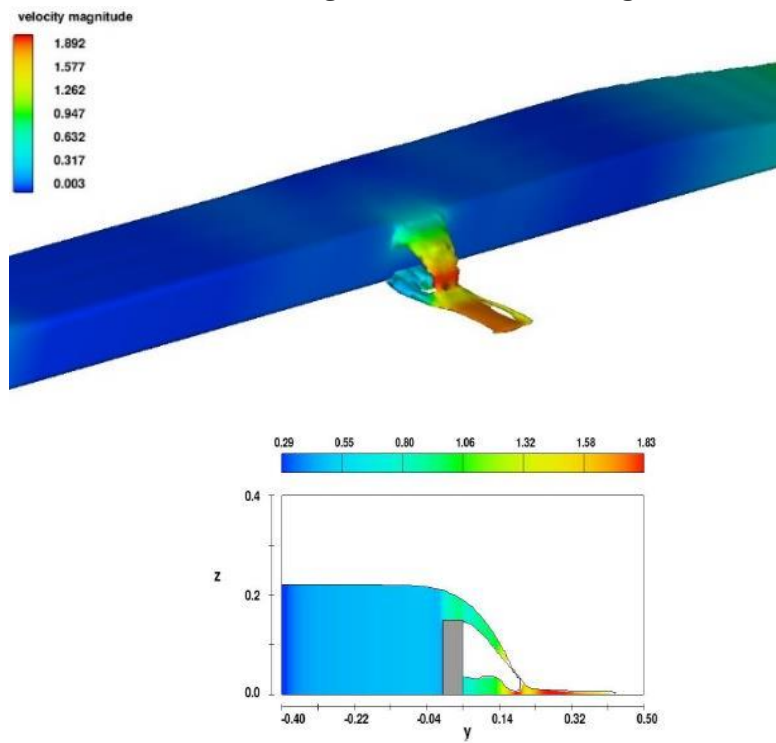


Fig 4. Pressure results at the spillway output of the reference article and present modeling

شکل ۵- نتایج سرعت در خروجی سرریز مقاله مرجع و مدل‌سازی حاضر

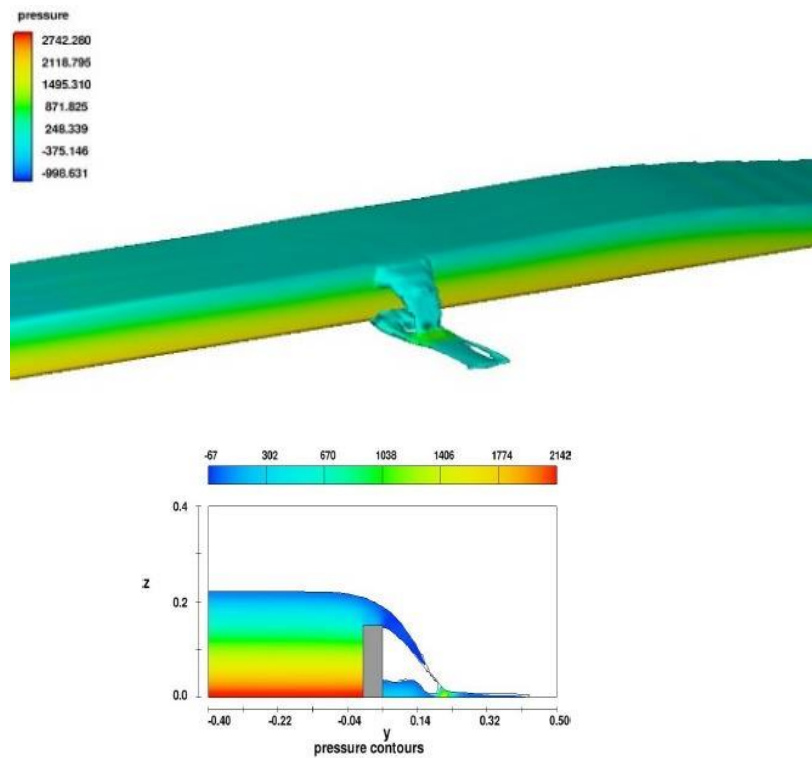


Fig 5. Fig 5. Speed results in the weir output of the reference article and the present modeling

شکل ۶- نتایج شبیه سازی فشار بر اساس ارتفاع سرریز ۶۰ سانتیمتر

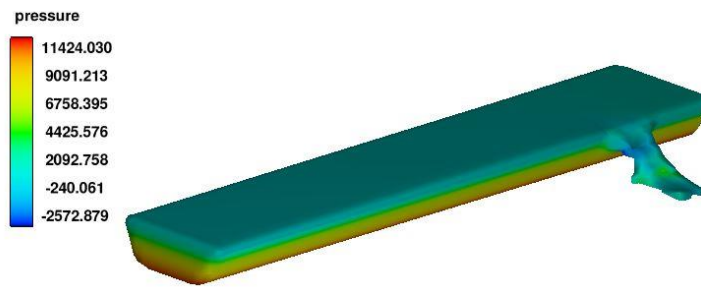


Fig 6. Pressure simulation results based on the weir height of 60 cm

شکل ۷- نتایج شبیه سازی فشار بر اساس ارتفاع سرریز ۸۰ سانتیمتر

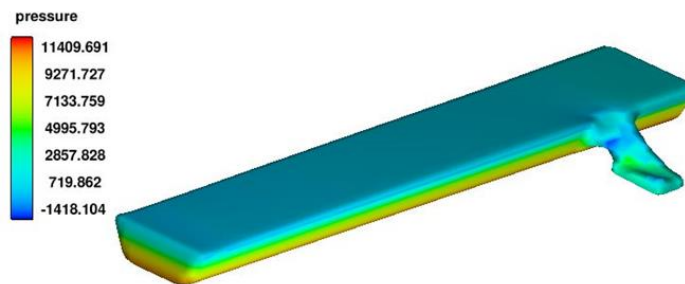


Fig 7. Pressure simulation results based on the weir height of 80 cm

شکل ۸- نتایج شبیه سازی فشار بر اساس ارتفاع سرریز ۱۰۰ سانتیمتر

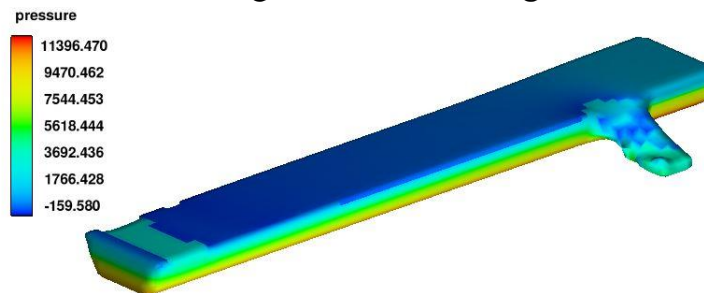


Fig 8. Pressure simulation results based on the weir height of 100 cm

شکل ۹- فشار ایجاد شده از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز

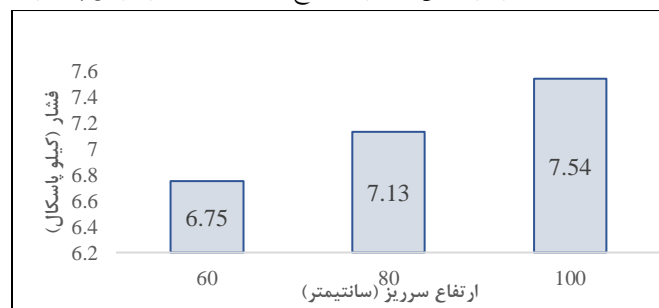


Fig 9. Pressure developed on the lateral weir of a sharp edge with different heights considering the crown height parameter of the weir

## ۳-۲- نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز لبه تیز با ارتفاع مختلف در کانال دوزنقه‌ای از نظر سرعت برشی

در این بخش نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال دوزنقه‌ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز از نظر سرعت برشی ارائه شده است. همانطور که از اشکال ۱۰، ۱۱ و ۱۲ مشخص است. سیال در لحظه برخورد با تاج سرریز باعث ایجاد سرعت برشی می‌گردد که بیشترین مقدار سرعت برشی در اطراف سرریز به اندازه  $0/086$  متر بر ثانیه برای ارتفاع تاج سرریز  $60$  سانتیمتر و کمترین مقدار سرعت برشی به اندازه  $0/078$  متر بر ثانیه برای ارتفاع تاج سرریز  $100$  سانتیمتر است (شکل ۱۳). در واقع با افزایش ارتفاع تاج سرریز سرعت برشی ایجاد شده در تاج سرریز کاهش می‌یابد.

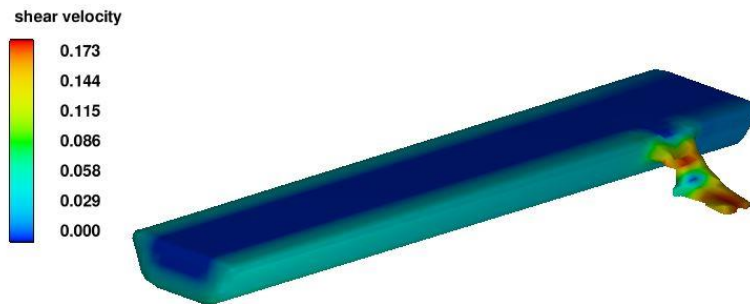
شکل ۱۰- نتایج شبیه‌سازی سرعت برشی بر اساس ارتفاع سرریز  $60$  سانتیمتر

Fig 10. Simulation results of shear speed based on the weir height of 60 cm

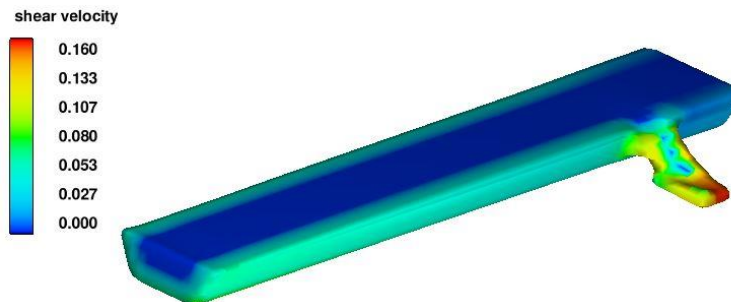
شکل ۱۱- نتایج شبیه‌سازی سرعت برشی بر اساس ارتفاع سرریز  $80$  سانتیمتر

Fig 11. Simulation results of shear speed based on the weir height of 80 cm

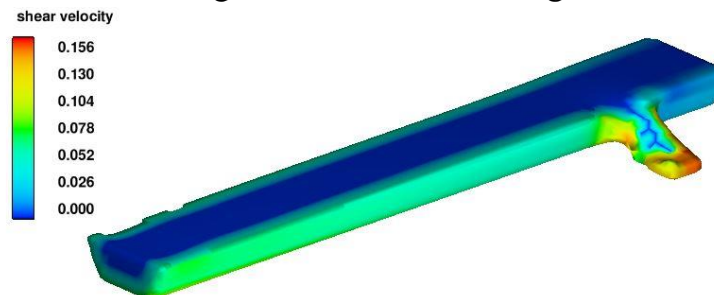
شکل ۱۲- نتایج شبیه‌سازی سرعت برشی بر اساس ارتفاع سرریز  $100$  سانتیمتر

Fig 12. Simulation results of shear speed based on the weir height of 100 centimeters



شکل ۱۳- مقایسه سرعت برشی ایجاد شده از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز

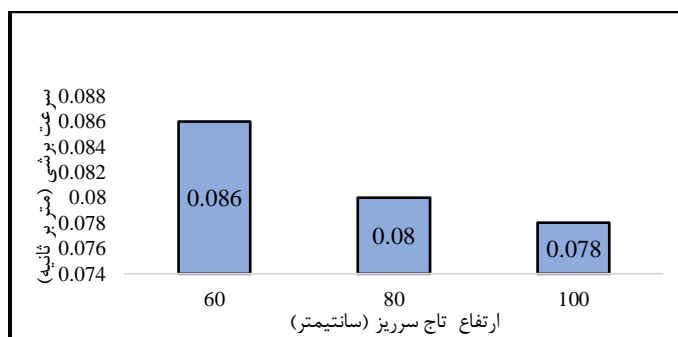


Fig 13. Comparison of the shear velocity created on the lateral weir of a sharp edge with different heights, considering the crown height parameter of the weir

### ۳-۳- نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف از نظر سطح آزاد جریان

در این بخش نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال دوزنقه‌ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز از نظر سطح آزاد جریان ارائه شده است همانطور که از اشکال ۱۴ تا ۱۷ مشخص است بیشترین مقدار سطح آزاد سیال برای ارتفاع تاج سرریز ۱۰۰ سانتیمتر به اندازه ۱/۷۶ متر و کمترین مقدار سطح آزاد سیال برای ارتفاع تاج سرریز ۶۰ سانتیمتری به اندازه ۱/۷۵ متر بوده است.

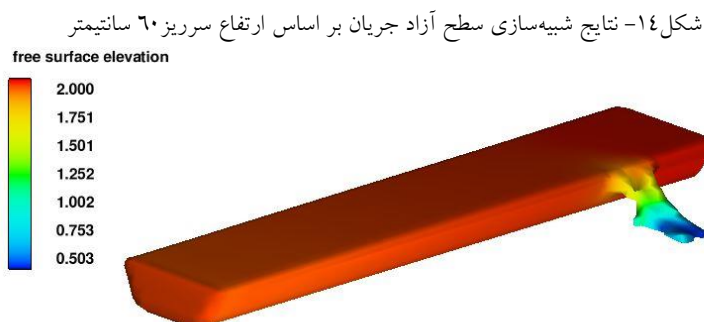


Fig 14. Simulation results of the free surface of the flow based on the weir height of 60 cm

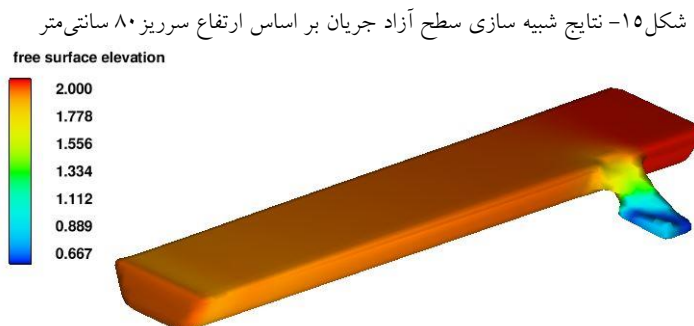


Fig 15. Simulation results of the free surface of the flow based on the weir height of 80 cm

شکل ۱۶- نتایج شبیه سازی سطح آزاد جریان بر اساس ارتفاع سرریز ۱۰۰ سانتی متر

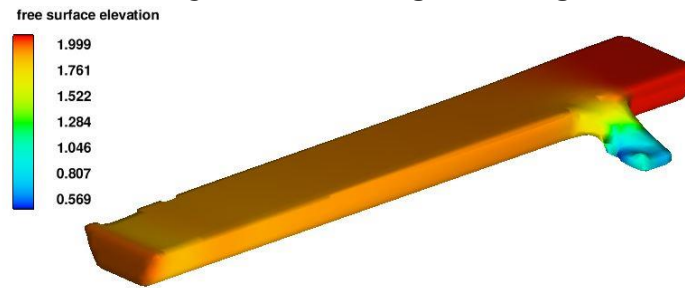


Fig 16. Simulation results of the free surface of the flow based on the weir height of 100 cm

شکل ۱۷- مقایسه سطح آزاد جریان ایجاد شده از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف و در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز

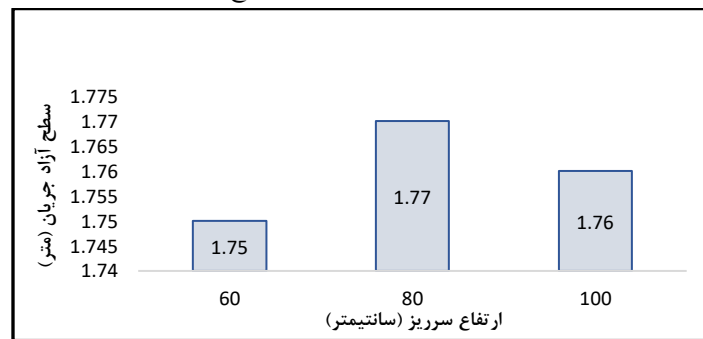


Fig 17. Comparison of the free surface of the flow created on the lateral weir of the sharp edge with different heights and considering the crown height parameter of the weir

### ۳-۴- نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف از نظر سرعت افقی

در این بخش نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال دوزنقه‌ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز از نظر سرعت افقی ارائه شده است. همانطور که از شکل (۱۸) مشخص است سرعت جریان قبل از سرریز ثابت است و در لحظه عبور سیال از بالای سرریز سرعت جریان افزایش پیدا می‌کند که بیشترین مقدار سرعت جریان به اندازه  $2/49$  متر بر ثانیه برای ارتفاع تاج سرریز ۱۰۰ سانتیمتر و کمترین مقدار سرعت به اندازه  $1/916$  متر بر ثانیه برای ارتفاع تاج سرریز ۶۰ سانتیمتری بوده است.

شکل ۱۸- مقایسه سرعت افقی ایجاد شده از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف و در نظر گرفتن پارامتر شکل تاج سرریز

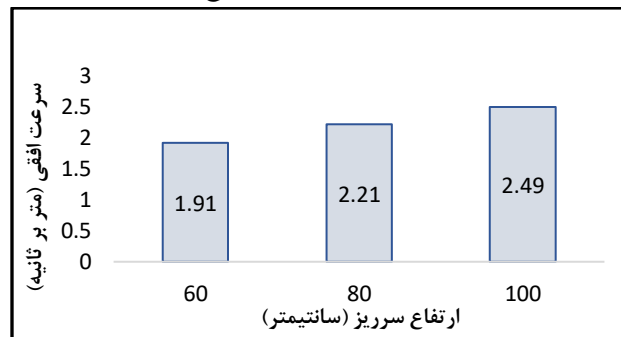


Fig 18. Comparison of the horizontal velocity created on the lateral weir of a sharp edge with different heights and considering the shape parameter of the crown weir

### ۳-۵- نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف در کانال‌های دوزنقه‌ای از نظر عدد فرود

در این بخش نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال دوزنقه‌ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز از نظر عدد فرود  $(Fr=V/(gL)^{0.5})$  ارائه شده است. براساس شکل (۱۹) بیشترین مقدار عدد فرود  $2/74$  برای ارتفاع تاج سرریز  $60$  سانتیمتر و کمترین مقدار عدد فرود  $1/92$  برای ارتفاع تاج سرریز  $100$  سانتیمتر بوده است. در واقع پرش هیدرولیکی در ارتفاع سرریز بیشتر به واسطه عدد فرود کمتر نسبت به سایر حالات بیشتر است.

شکل ۱۹- نمودار مقایسه عدد فرود سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف و در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز

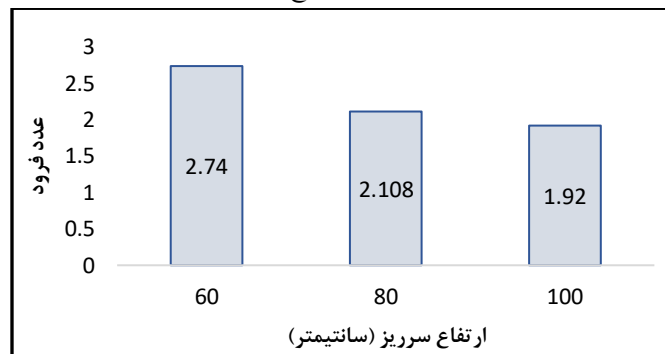


Fig 19. Comparison diagram of the landing number of the lateral weir of the sharp edge with different heights and considering the height parameter of the crown weir

### ۳-۶- نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف در کانال‌های دوزنقه‌ای از نظر تنش برشی

در این بخش نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال دوزنقه‌ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز از نظر تنش برشی ارائه شده است. همانطور که از شکل (۲۰) مشخص است بیشترین مقدار تنش برشی به اندازه  $7/73$  پاسکال در اطراف تاج سرریز  $60$  سانتیمتر و کمترین مقدار تنش برشی به اندازه  $5/71$  پاسکال در اطراف تاج سرریز  $80$  سانتیمتر است.

شکل ۲۰- مقایسه تنش برشی ایجاد شده از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف و در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز

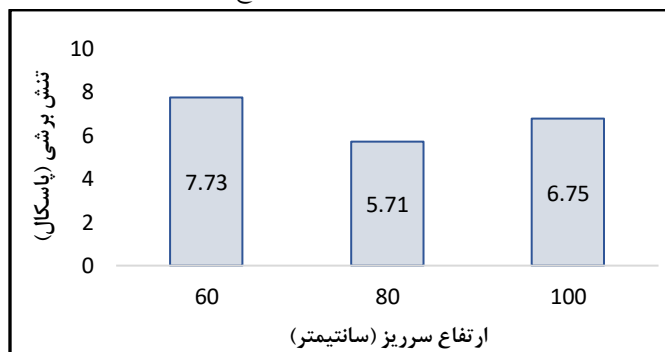


Fig 20. Comparison of the shear stress created on the lateral weir of the sharp edge with different heights and considering the height parameter of the crown weir

## ۳-۷- نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز لبه تیز با ارتفاع مختلف در کانال دوزنقه‌ای از نظر عمق جریان

در این بخش نتایج عددی هیدرولیک جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال دوزنقه‌ای با در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز از نظر عمق جریان ارائه شده است. همانطور که از شکل (۲۱) مشخص است پرفش هیدرولیکی در سرریز با ارتفاع تاج سرریز ۱۰۰ سانتیمتر بیشتر و پرفش هیدرولیکی در سرریز با ارتفاع تاج سرریز ۶۰ سانتیمتر کمتر است. در واقع بیشترین مقدار عمق جریان به اندازه ۱/۰۹ متر برای ارتفاع تاج سرریز ۱۰۰ سانتیمتر و کمترین مقدار عمق جریان به اندازه ۰/۹۰ متر برای ارتفاع تاج سرریز ۶۰ سانتیمتر است.

شکل ۲۱- مقایسه عمق جریان ایجاد شده از روی سرریز جانبی لبه تیز با ارتفاع مختلف و در نظر گرفتن پارامتر ارتفاع تاج سرریز

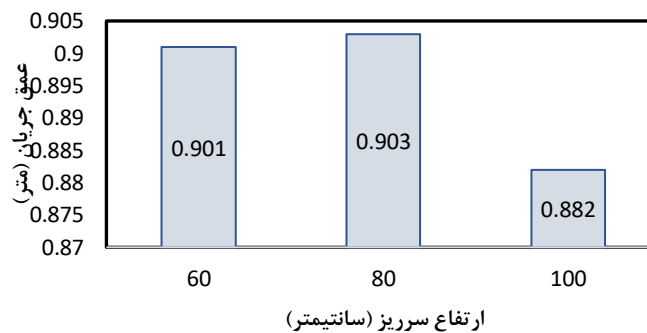


Fig 21. Comparison of the depth of the flow created on the lateral weir of the sharp edge with different heights and considering the height parameter of the crown weir

## ۴- نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز در کانال دوزنقه‌ای از مقدار ۶۰ سانتیمتر به ۸۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی فشار از مقدار ۶/۷۵ کیلو پاسکال به مقدار ۷/۱۳ کیلو پاسکال به اندازه ۵/۳ درصد افزایش، با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای از مقدار ۸۰ سانتیمتر به ۱۰۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی فشار از مقدار ۷/۱۳ کیلو پاسکال به مقدار ۷/۵۴ کیلو پاسکال به اندازه ۵/۴ درصد افزایش می‌یابد. با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز در کانال دوزنقه‌ای از مقدار ۶۰ سانتیمتر به ۸۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی سرعت برشی از مقدار ۰/۰۸۶ متر بر ثانیه به مقدار ۰/۰۸۰ متر بر ثانیه به اندازه ۷ درصد کاهش، با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای از مقدار ۸۰ سانتیمتر به ۱۰۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی سرعت برشی از مقدار ۰/۰۸۰ متر بر ثانیه به مقدار ۰/۰۷۸ متر بر ثانیه به اندازه ۲/۵ درصد کاهش می‌یابد. با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای از مقدار ۶۰ سانتیمتر به ۸۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی سرعت افقی از مقدار ۱/۹۱ متر بر ثانیه به مقدار ۲/۲۱ متر بر ثانیه به اندازه ۱۳/۵ درصد افزایش، با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای از مقدار ۸۰ سانتیمتر به ۱۰۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی سرعت افقی از مقدار ۲/۲۱ متر بر ثانیه به مقدار ۲/۴۹ متر بر ثانیه به اندازه ۱۱/۲۴ درصد افزایش می‌یابد. با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای از مقدار ۶۰ سانتیمتر به ۸۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی عدد فرود از مقدار ۲/۷۴ به مقدار ۲/۱۰۸ به اندازه ۲۳/۰۶ درصد کاهش، با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای از مقدار ۸۰ سانتیمتر به ۱۰۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی عدد فرود از مقدار ۲/۱۰۸ به مقدار ۱/۹۲۲ به اندازه ۸/۸ درصد کاهش می‌یابد. با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای از مقدار ۶۰ سانتیمتر به ۸۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی تنش برشی از مقدار ۷/۷۳ پاسکال به مقدار ۵/۷۱ پاسکال به اندازه ۲۶/۱۳ درصد کاهش،

با افزایش ارتفاع سرریز لبه تیز دوزنقه‌ای از مقدار ۸۰ سانتیمتر به ۱۰۰ سانتیمتر با شکل تاج سرریز مستطیلی تنش برشی ابتدا از مقدار ۵/۷۱ پاسکال به مقدار ۶/۷۵ پاسکال به اندازه ۱۵/۴۰ درصد افزایش یافت. با توجه به نتایج بررسی تأثیر دبی بر مدلسازی جریان از روی سرریز جانبی لبه تیز در کانال‌های دوزنقه‌ای و بررسی تأثیر شکل سرریز جانبی لبه تیز در کانال‌های مستطیلی بر مدلسازی جریان از روی آن‌ها پیشنهاد می‌شود.

#### ۵- تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منفعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

#### ۶- منابع

- Ahmadi, M. H., Rajabpour, R., Doorandish, A. & Tayebzadeh, H. (2019). The effect of triangular stepped overflows on the amount of energy loss and flow velocity changes, 19th Iran Hydraulic Conference, Mashhad. <https://civilica.com/doc/1168011>. (In Persian)
- Bagheri, S. Kabiri, A. & Heydarpour, M. (2013). Estimation of flow rate in lateral weirs with rectangular sharp edge, 4th National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks, Ahvaz. (In Persian)
- Ebrahimi, H. & Ghorbani, M. (2014). Simulating rectangular-triangular composite sharp edge spillway in Flow 3D software and determining the equation of water flow coefficient, The Second National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development of Iran, Tehran. <https://civilica.com/doc/433813>. (In Persian)
- Esmacili Varak, M., & Safarrazavi Zadeh, M. (2013). Study of hydraulic features of flow over labyrinth weir with semi-circular plan form. *Water and Soil*, 27(1), 224-234. <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.22234>. (In Persian)
- Ferro, V. (2018). New stage-discharge relationship for inclined non-rectangular weirs. *Flow Measurement and Instrumentation*, 64, 9-13.
- Gonzalez, A. & Bombardelli, F. (2005). Two phase flow theoretical and numerical models for hydraulic jumps, including air entrainment. In Proceedings of the Korea Water Resources Association Conference (pp. 28-29). Korea Water Resources Association.
- Mehbodi, A., Attari, J., & Hosseini, S. A. (2016). Experimental study of discharge coefficient for trapezoidal piano key weirs. *Flow Measurement and Instrumentation*, 50, 65-72.
- Mehdizadeh, Z., Nikravan, F., Kookaei, A. & Fazlowla, R. (2014). Determination of discharge coefficient in sharp edge spillway, 10th International Seminar on River Engineering, Ahvaz. <https://civilica.com/doc/677039>. (In Persian)
- Raeisi dehkordi, M., Faghani, R., & Moderi, S. (2023). Description of Hydraulic Jump as a Waste of Energy. *New Approaches in Civil Engineering*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.30469/jnace.2022.365579.1076>
- Rami, A., Qodsian, M., Panahi, R. & Kazemzadeh, Z. (2013). Numerical investigation of the flow on the side overflow of a rectangular sharp edge, the 15th conference of civil engineering students across the country, Urmia. <https://civilica.com/doc/321697>. (In Persian)
- Sabbagh-Yazdi, S.R., Rostami, F. & Mastorakis, N.E. (2007). Turbulent modeling effects on finite volume solution of three-dimensional aerated hydraulic jumps using volume of fluid. Proceedings of the 12th WSEAS International Conference on Applied Mathematics. Stevens Point, Wisconsin, USA. pp: 168-174
- Wang, J. & Liu, R. (2000). A comparative study of finite volume methods on unstructured meshes for simulation of 2D shallow water wave problems. *Mathematics and Computers in Simulation*, 53 (5), 171-184.
- Zhang, J., Chang, Q., Zhang, Q. H., & Li, S. N. (2018). Experimental study on discharge coefficient of a gear-shaped weir. *Water Science and Engineering*, 11(3), 258-264.