



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

12410-NWWCE

بررسی آزمایشگاهی رژیم جریان انتقالی بین روزنه و سرریز در روزنه

جانبی مستطیلی

آسیه حسینی^۱، محمدمهدی احمدی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان

asieyehhosseini@gmail.com

خلاصه

یکی از سازه‌های انحراف جریان روزنه جانبی می‌باشد، روزنه جانبی سازه‌ای است که در جانب کانال اصلی احداث می‌شود و در مهندسی آب و شبکه‌های آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سازه‌ها همچنین در تانک‌های هوادهی، حوضچه‌های رسوب‌گیر و وارد کردن آب به محل انجام فرآیندهای تصفیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به کاربرد این سازه‌ها در مهندسی آب و مهندسی محیط‌زیست بررسی الگو و مشخصات جریان در اطراف روزنه جانبی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این تحقیق جریان عبوری از روزنه جانبی در رژیم جریان روزنه، رژیم جریان سرریز و منطقه جریان مرزی بین روزنه و سرریز با انجام کارهای آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهند وجود منطقه انتقالی بستگی به نسبت $\frac{D}{L}$ و $\frac{W}{L}$ دارد، به طوری که هر چه میزان $\frac{D}{L}$ و $\frac{W}{L}$ به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد رژیم جریان انتقالی قابل ملاحظه‌تر خواهد بود. همچنین زمانی که جریان در انتقالی قرار دارد منحنی‌های رژیم جریان روزنه و رژیم جریان سرریز در این منطقه معنی‌دار نمی‌باشند.

کلمات کلیدی: روزنه جانبی مستطیلی - رژیم جریان انتقالی - رژیم جریان روزنه - رژیم جریان سرریز

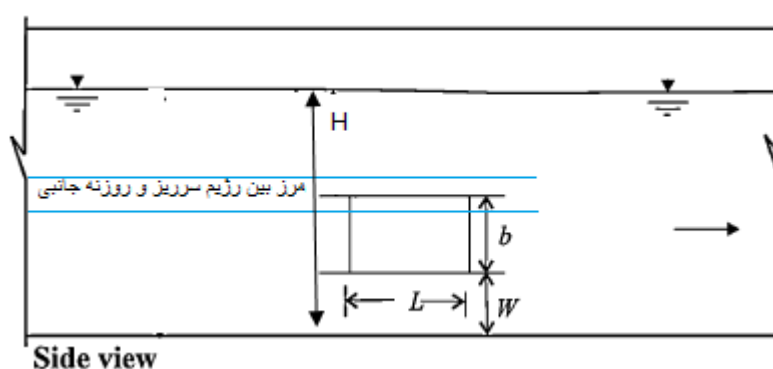
۱. مقدمه

آب گران‌بهارترین ثروتی است که در اختیار بشر قرار گرفته، بخصوص در کشور ما که سطح وسیعی از آن را مناطق خشک و کویری در بر گرفته‌است. به همین سبب مطالعه و توزیع عادلانه آب و استفاده بهینه از آب در اراضی کشاورزی و شبکه‌های آبیاری توسط سازه‌های انحراف جریان صورت می‌پذیرد. سرریزهای جانبی و روزنه‌های جانبی از جمله سازه‌های انحراف جریان می‌باشند. روزنه جانبی سازه‌ای است که در جانب کانال اصلی در مهندسی آب و شبکه‌های آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سازه‌ها همچنین در تانک‌های هوادهی، حوضچه‌های رسوب‌گیر و وارد کردن آب به محل انجام فرآیندهای تصفیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به کاربرد این سازه‌ها در مهندسی آب و مهندسی محیط‌زیست بررسی الگو و مشخصات جریان در اطراف روزنه جانبی از اهمیت بالایی برخوردار است.

یکی از موضوعات نگران‌کننده که توسط باس، (۱۹۸۹) مطرح شده است، تشکیل حباب هوا در عمق‌های پایین جریان عبوری از روزنه می‌باشد. همچنین برخی پژوهش‌های موجود نشان می‌دهد در عمق‌های پایین، ضریب دبی افزایش می‌یابد که این افزایش ضریب دبی در کتاب‌ها و دستورالعمل‌های طراحی و ... در نظر گرفته نشده است. در معادله استاندارد روزنه، متوسط عمق جریان عبوری از روزنه در کل آن در نظر گرفته شده است. ترکیب همه اثرات مطرح شده در عمق پایین موجب تشکیل این فرضیه که ممکن است نقطه‌ای در زیر جریان روزنه وجود داشته باشد که باعث رخداد این اثرات می‌شود، خواهد شد؛ این منطقه مرزی که اغلب منطقه انتقالی نامیده می‌شود، بین رژیم جریان روزنه و رژیم جریان سرریز قرار دارد [1]. در شکل (۱) منطقه مرزی بین روزنه و سرریز نشان داده شده است. از آنجا که روزنه جانبی مستطیلی در عمق‌های پایین همانند یک سرریز جانبی عمل می‌کند می‌توان از آن برای شناسایی رژیم جریان انتقالی استفاده نمود.

روزنه‌های جانبی توسط محققانی همچون رامامورتی و همکاران (۱۹۸۶)، گیل (۱۹۸۷)، اوجا (۱۹۹۷) و اجمل‌الامین حسین (۲۰۱۲، ۲۰۱۳) و سایر محققان دیگر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. رامامورتی و همکاران (۱۹۸۶) به بررسی جریان عبوری از روزنه جانبی مستطیلی در کانال باز پرداختند. آن‌ها با یکسان در نظر گرفتن سرعت در روزنه با سرعت متوسط در کانال اصلی، رابطه‌ای را برای تعیین دبی در روزنه‌ی جانبی مستطیلی بدست آوردند. بر اساس نتایج بدست آمده توسط آن‌ها ضریب دبی عبوری در روزنه جانبی تابعی از طول روزنه، عرض کانال اصلی و نسبت سرعت متوسط در کانال اصلی به سرعت جت خروجی از روزنه می‌باشد [2]. گیل (۱۹۸۷)، روزنه جانبی مستطیلی را در جریان متغیر مکانی در کانال روباز و جریان تحت فشار مورد بررسی قرار داد [3]. اوجا (۱۹۹۷)، به بررسی جریان عبوری از روزنه جانبی با ترکیب بازشدگی متفاوت پرداخت و دست یافت ضریب دبی اساساً وابسته به هندسه روزنه و ارتفاع محل قرارگیری از کف می‌باشد [4]. بریانت و همکاران، (۲۰۰۸) الگوی جریان در پشت روزنه را به صورت آزمایشگاهی و با استفاده از تئوری پتانسیل مورد بررسی قرار دادند [5]. اجمل‌الامین حسین و همکاران (۲۰۱۲، ۲۰۱۳)، به بررسی جریان عبوری از روزنه‌های جانبی مستطیلی و مربعی پرداختند و دست یافتند ضریب دبی روزنه جانبی عمده‌تاً وابسته به نسبت طول روزنه به عرض کانال اصلی و همچنین عدد فرود می‌باشد بطوریکه با افزایش عدد فرود ضریب دبی کاهش می‌یابد [6، 7]. ربیعی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی عملکرد هیدرولیکی روزنه‌های مثلثی و دایره‌ای در جریان متغیر مکانی با کاهش دبی پرداختند، آن‌ها دست یافتند ضریب آبگذری اساساً وابسته به عدد فرود کانال اصلی و میزان تلاطم جریان در کانال اصلی می‌باشد [8].

با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه روزنه جانبی تاکنون پژوهشی در زمینه رژیم جریان انتقالی روزنه و سرریز زمانی که روزنه در جانب کانال اصلی قرار دارد صورت نگرفته‌است، همچنین با توجه به اینکه رابطه دبی - اشل در رژیم جریان سرریز جانبی و روزنه جانبی متفاوت است این امکان وجود دارد که ناحیه انتقالی بین این دو رژیم رخ دهد. در این مقاله بصورت آزمایشگاهی وجود این منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱- منطقه مرزی بین رژیم جریان سرریز و روزنه جانبی

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در آزمایشگاه مهندسی آب دانشگاه شهید باهنر کرمان که شامل مخزن بالادست و پایین‌دست، سیستم پمپاژ و کانال جانبی و ... می‌باشد انجام شده‌است. کلیه‌ها آزمایش‌ها در یک کانال مستطیلی با شیب تقریباً صفر و طول هشت متر، عرض ۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر انجام شده‌است. دیواره‌های کانال از جنس شیشه و کف آن از جنس فولاد گالوانیزه ساخته شده‌است؛ کانال جانبی در جانب کانال اصلی به طول ۲۲۰ سانتی‌متر و عرض ۸۰ سانتی‌متر قرار گرفته‌است. عمق آب در کانال بوسیله دریچه‌ای در انتهای کانال قابل تنظیم بوده، میزان دبی عبوری بصورت حجمی اندازه‌گیری شد. برای قرائت عمق جریان از یک عمق‌سنج بصورت ریلی با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر استفاده گردید. نمایی از قرارگیری روزنه جانبی در شکل (۲) نشان داده شده است. میزان دبی خروجی از روزنه از اختلاف دبی ورودی به کانال اصلی و دبی خروجی از آن بدست می‌آید:

$$Q_s = Q_{inflow} - Q_{outflow} \quad (1)$$

آزمایش‌ها برای هندسه‌های متفاوت روزنه و دبی‌های متفاوت انجام شد، در کلیه آزمایش‌ها جریان زیر بحرانی بوده و محدوده تغییرات داده‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- محدوده تغییرات داده‌ها در این آزمایش

پارامترها	واحد	محدوده تغییرات
Q_m	لیتر در ثانیه	۹/۸ - ۴۶/۷
Q	لیتر در ثانیه	۴/۴ - ۲۱/۲
L	متر	۰/۲ - ۰/۳
b	متر	۰/۰۵ - ۰/۱
w	متر	۰/۰۴ - ۰/۰۹
H	متر	۰/۱۲۸ - ۰/۱۶۹



شکل ۲- نمایی از قرارگیری روزنه جانبی در کانال اصلی

۳. آنالیز ابعادی

اولین قدم در آنالیز ابعادی مشخص کردن متغیرهای وابسته می‌باشد. شدت جریان آب عبوری از روزنه جانبی یا سرریز جانبی تابعی از طول روزنه (L) و عمق جریان بالادست (H)، شتاب ثقل، (g) شتاب ثقل، (w) ارتفاع آب پایه و (b) عرض روزنه می‌باشد:

$$Q = f(H, g, L, b, w) \quad (2)$$

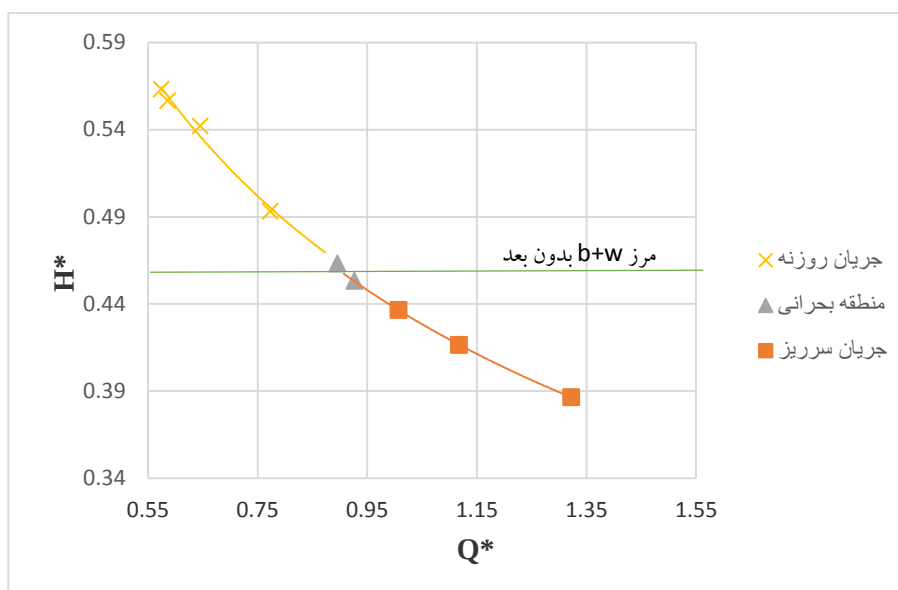
چگالی و ویسکوزیته سیال نیز پارامترهای مربوط به خصوصیات سیال هستند که با توجه به ثابت بودن سیال از آنالیز ابعادی حذف شده‌اند و روابط و نمودارها صرفاً برای جریان آب زلال صادق می‌باشد. در اینجا از بعد طول و زمان استفاده می‌شود؛ به همین دلیل تعداد پارامترهای بی‌بعد بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\Pi_Q = f \left(\frac{Q}{L^{2.5} g^{0.5}}, \frac{H}{L}, \frac{b}{L}, \frac{w}{L} \right) \quad (3)$$

پارامترهای بدون $\frac{H}{L}$ و $\frac{Q}{L^{2.5} g^{0.5}}$ به ترتیب H^* و Q^* نامیده می‌شوند.

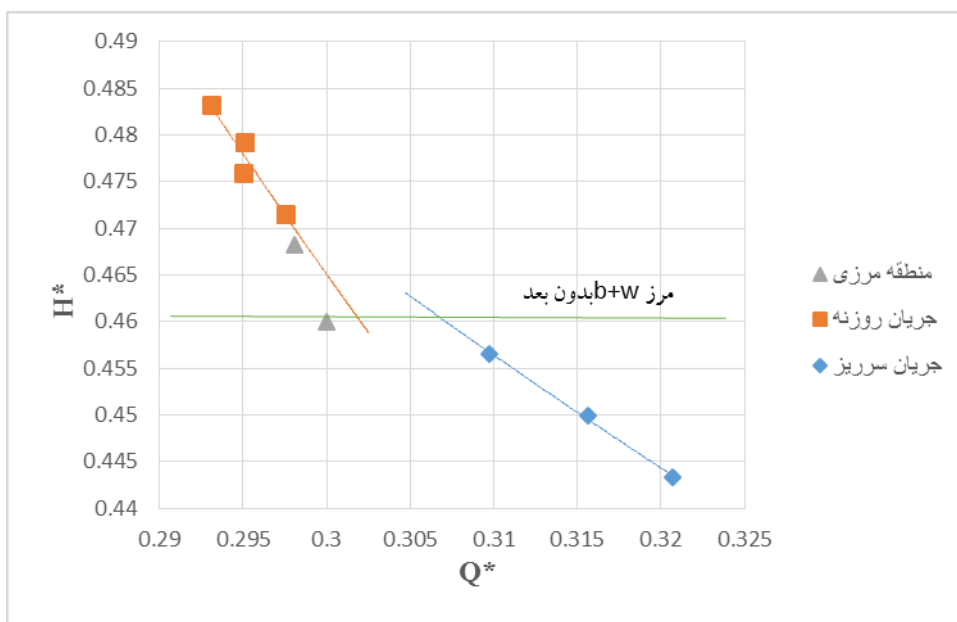
۴. نتایج و بحث

شکل‌های ۳ تا ۶ مربوط به نمودارهای Q^* در برابر H^* برای اندازه‌های مختلف روزنه می‌باشد. در این نمودارها منحنی توانی بین وضعیت جریان روزنه و جریان سرریز بدون در نظر گرفتن نقاط مرزی برازش داده شده است. سپس منحنی‌های برازش داده شده ادامه داده شده و قرارگیری نقاط مرزی بر روی آن‌ها بررسی شده است. در صورت قرارگیری نقاط مرزی روی این منحنی‌ها منطقه انتقالی وجود خواهد داشت.



شکل ۳- نمودار Q^* در برابر H^* برای $\frac{b}{L} = 0.33$ و $\frac{w}{L} = 0.13$

در این شکل برای داده‌های مربوط به حالت سرریز و حالت روزنه منحنی‌های جداگانه برازش داده شده است و سپس این منحنی‌ها تا نقاط مرزی ادامه داده شده‌اند نقاط مرزی در محدوده H^* بین ۰/۴۷-۰/۴۵ قرار دارند. همانطور که در شکل مشخص است نقاط مرزی بر روی این خطوط قرار دارند و در این روزنه رژیم جریان انتقالی قابل مشخص نیست.

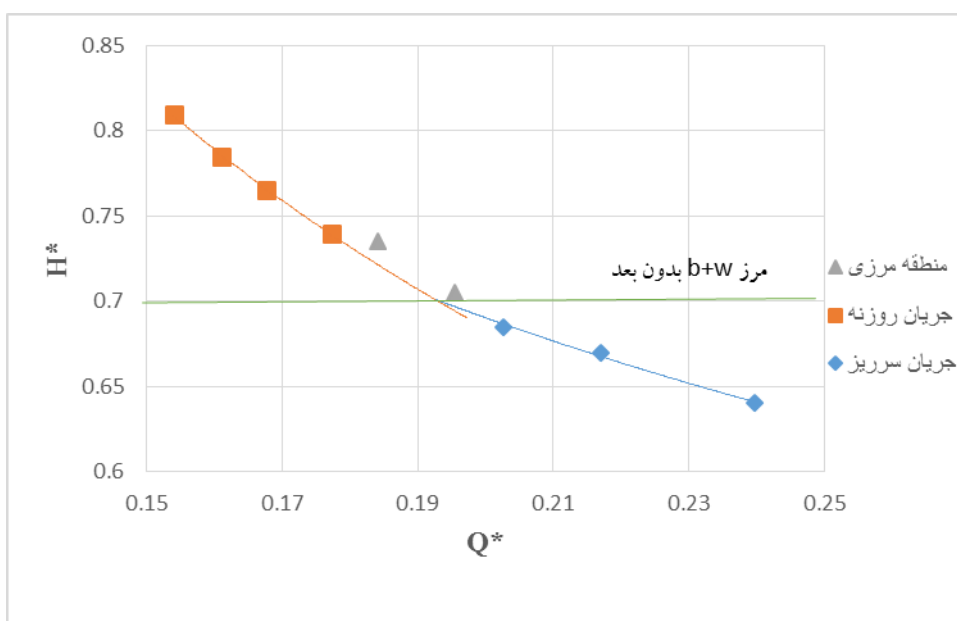


شکل ۴- نمودار Q^* در برابر H^* برای $\frac{w}{L} = 0.39$ و $\frac{b}{L} = 0.166$

همانگونه در شکل قابل ملاحظه است برای حالت جریان روزنه و حالت جریان سرریز منحنی‌هایی برازش داده شده است، با توجه به شکل نقاط

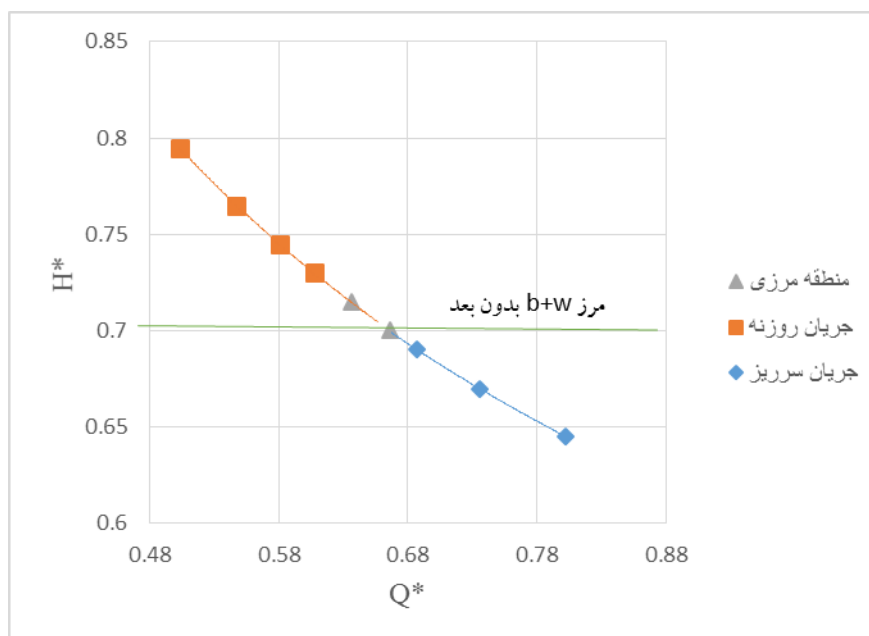
مرزی بر روی منحنی‌های برازش داده شده قرار نگرفته‌اند و این نقاط جدا از رژیم جریان سرریز و رژیم جریان روزنه می‌باشند در این حالت H^* در

محدوده ۰/۴۷ - ۰/۴۶ قرار دارد و این منطقه جریان، رژیم جریان انتقالی روزنه و سرریز نامیده می‌شود.



شکل ۵- نمودار Q^* در برابر H^* برای $\frac{w}{L} = 0.45$ و $\frac{b}{L} = 0.25$

در این حالت روزنه نیز مطابق گفته‌های بالا منحنی‌هایی برازش داده شد که براساس شکل بالا داده‌های مرزی روی منحنی‌های برازش داده شده قرار نگرفته‌اند در این حالت نیز H^* بین $0.74 - 0.7$ قرار دارد و این منطقه جریان، منطقه انتقالی نامیده می‌شود.



شکل ۶- نمودار Q^* در برابر H^* برای $\frac{b}{L} = 0.5$ و $\frac{w}{L} = 0.25$

با توجه به شکل بالا نقاط مرزی بر روی منحنی‌های برازش داده شده قرار گرفته‌اند و رژیم جریان انتقالی مشخص نمی‌باشد. در این روزنه H^* بین $0.72 - 0.7$ قرار دارد.

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق با انجام کارهای آزمایشگاهی منطقه جریان انتقالی بین حالت رژیم جریان سرریز و رژیم جریان روزنه مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

با توجه به گفته‌هایی که در بالا ذکر شد منحنی‌هایی برای رژیم سرریز جانبی و رژیم جریان روزنه جانبی برازش داده شد زمانی که نقاط مرزی بر روی منحنی‌های برازش داده شده قرار نگیرند این ناحیه، ناحیه انتقالی نامیده می‌شود و روابط مربوط به سرریز جانبی و روزنه جانبی در ناحیه صادق نمی‌باشند. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهند وجود منطقه انتقالی بستگی به نسبت $\frac{b}{L}$ و $\frac{w}{L}$ دارد، بطوریکه هر چه میزان $\frac{b}{L}$ و $\frac{w}{L}$ به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد منطقه انتقالی قابل ملاحظه‌تر خواهد بود.



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



۶. مراجع

- 1 - Phil R. Spencer, (2013). "Investigation of Discharge Behaviour From a Sharp Edged Circular Orifice in Both Orifice Flow Regimes using an Unsteady Experimental". Electronic Thesis and Dissertation Repository, September 2013.
- 2 - Rumamurthy., A, Tim., S and Sarraf., S, (1986). " Rectangular lateral orifices in open channels". Journal of environmental engineering, April, 1986.
- 3- Gill., M, (1986). "Flow through side slots". Journal of environmental engineering, September, 1986.
- 4- Ojha., C and Subbaiah., D, (1997). "Analysis of flow trough lateral slot". Journal of irrigation and drainage engineering, ASCE, 1997.
- 5- Bryant.,D.B, Khan., A.A and Aziz., N.M, (2008). " Investigation of flow upstream of orifices". Journal of hydraulic engineering, ASCE/ January 2008.
- 6- Hussain., A, Ahmad., Z, Asawa., G.L(2012). " flow through sharpe – crested rectangular side orifices under free flow condition in open channels". Agricultural Water Management 98 (2011) 1536- 1544.
- 7 – Hussain., A, Ahmad., Z, Asawa., G.L(2013). " flow through side square orifices in open channels". ISH Journal of Hydraulic Engineering, VOL. 17. (SP.1)2011.
۸. ربیعی مقدم. علی؛ نور اللهی. محمد؛ یوسفی. ندا؛ خداشناس. سعید؛ نوری. مهسا، (۱۳۹۲) " مقایسه عملکرد هیدرولیکی روزنه‌های دایره‌ای و مثلثی در جریان متغیر مکانی با کاهش دبی ". همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین.