

## مطالعه آزمایشگاهی سرریزهای چندوجهی مثلثی در حضور پره‌های هادی جریان

سیده زهرا حسینی تشنیزی<sup>۱\*</sup>، منوچهر حیدرپور<sup>۲</sup> و سید سعید اسلامیان<sup>۳</sup>

## چکیده

در این مقاله با هدف هدایت جریان در جهت عمود بر دیواره سرریز و ارزیابی اثر آن بر ضریب دبی، از پره‌های هادی جریان که در بالادست سرریز چندوجهی مثلثی با زاویه رأس ۴۵ و ۹۰ درجه نصب می‌شوند استفاده شده است. سرریز و پره‌ها از جنس ورق گالوانیزه به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و پره‌ها با ۴ عرض ۲، ۳، ۴ و ۵ سانتی‌متر هستند. بار آبی و سرعت بالادست در ۵ دبی برداشت شد. تأثیر عرض، زاویه و فاصله استقرار پره‌ها بررسی شد و نمودارهای بازده سرریز ( $Q_T/Q_N$ ) نسبت به بار آبی کل ترسیم گردید. نتایج نشان داد پره‌های با عرض کمتر تأثیر مثبت بیشتری دارند. همچنین بازده سرریز ۴۵ درجه در تمامی زوایای استقرار بهتر از سرریز ۹۰ درجه است. بنابراین می‌توان گفت که با افزایش دبی در سرریز چندوجهی مثلثی با زاویه رأس پایین، تداخل جریان زیاد شده است، پس وجود این پره‌ها می‌تواند سبب هدایت جریان در جهت عمود بر سرریز شده و جریان مانند سرریز مستقیم شده و در نتیجه بازده سرریز بهبود می‌یابد.

**واژه‌های کلیدی:** بازده سرریز، زاویه اسقرار، سرریز چندوجهی مثلثی، عرض پره‌های هادی جریان، فاصله استقرار.

**ارجاع:** حسینی تشنیزی س. ز. حیدرپور م. و اسلامیان س. س. مطالعه آزمایشگاهی سرریزهای چندوجهی مثلثی در حضور پره‌های هادی جریان. مجله پژوهش آب ایران. ۱۸: ۵۷-۶۵.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

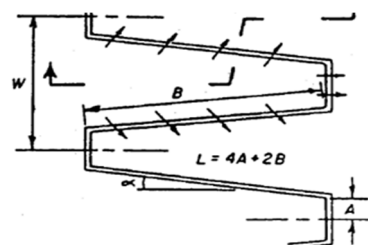
\* نویسنده مسئول: [zahrahosseini\\_irri@yahoo.com](mailto:zahrahosseini_irri@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۵

## مقدمه

سرریزها برای کنترل سطح آب و اندازه‌گیری جریان به شکل‌های مختلف استفاده قرار می‌شوند. یکی از راه‌های مؤثر و اقتصادی برای افزایش طول مؤثر تاج، استفاده از سرریزهای چندوجهی است. این سرریزها که در سال‌های اخیر به آن‌ها توجه شده است، به نام‌های متفاوتی از قبیل منقاری، کنگره‌ای و چندوجهی نام‌گذاری شده‌اند. به طور کلی این سرریزها با محور شکسته که در پلان به صورت دوزنقه، مثلث، مستطیل و یا U شکل‌اند و می‌توانند در چند سیکل تکرار شوند، مشخص می‌شوند. محور سرریز که به صورت خط شکسته است سبب می‌شود که طول مؤثر تاج آن، در مقایسه با تاج مستقیم بیشتر باشد (ابریشمی و حسینی، ۱۳۷۲). با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که جهت جریان از روی این سرریزها برخلاف سرریزهای مستقیم، عمود بر لبه تاج نیست و تحت زاویه مایلی از روی تاج عبور می‌کند. در نواحی بالادست و پایین‌دست، جهت جریان بیشتر موازی با محور تقارن سرریز است تا در جهت عمود بر تاج و این پدیده در دماغه‌های پایین‌دست که جریان روی هم انباشته شده و سرریز می‌شود بیشتر دیده می‌شود، این امر سبب کاهش بازده سرریز می‌شود (های و تیلور، ۱۹۷۰).



شکل ۱- جریان عبوری از روی سرریز چندوجهی

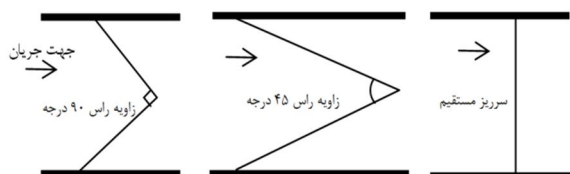
جریان بر روی سرریز لبه‌تیز در جریان آزاد در یک کانال از رابطه (۱) پیروی می‌کند.

$$Q = \frac{2}{3} \times C_d \sqrt{2g} \times L H_t^{3/2} \quad (1)$$

که در آن  $Q$  دبی جریان برحسب مترمکعب بر ثانیه،  $g$  شتاب ثقل زمین برابر با ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه،  $L$  طول مؤثر سرریز برحسب متر،  $H_t$  بار آبی کل شامل بار آبی روی سرریز به اضافه بار دینامیکی ( $V^2/2g$ ) (سرعت متوسط بالادست برحسب متر برثانیه) برحسب متر و  $C_d$  ضریب دبی جریان است.

اولین تلاش برای تحلیل بازده سرریزهای چندوجهی را می‌توان به تیلور نسبت داد. او با بررسی این سرریزها نتیجه گرفت که سرریزهای چندوجهی دارای ضریب بزرگ‌تری نسبت به سرریزهای مستقیم، در یک کانال با عرض یکسان هستند (تولیس و همکاران، ۱۹۹۵). های و تیلور (۱۹۷۰) بازده سرریزهای چندوجهی با پلان مثلثی و دوزنقه‌ای را نسبت به سرریزهای مستقیم لبه‌تیز بررسی کردند. آن‌ها دریافتند بازده سرریزهای با پلان مثلثی از دوزنقه‌ای مناسب‌تر است. های و تیلور (۱۹۷۰) و تولیس و همکاران (۱۹۹۵) در نتایج پژوهش‌های خود اشاره کرده‌اند که ضریب دبی سرریز چندوجهی با افزایش نسبت  $H/P$  کاهش پیدا می‌کند. کاسیدی (۱۹۷۰) و لاکس (۱۹۸۴) با استفاده از مدل‌های هیدرولیکی و استفاده از بار آبی کل به جای بار پیرومتری و محاسبه پارامترهای لازم، فرمول‌های تجربی برای دبی عبوری از روی سرریزهای چندوجهی به دست آوردند. قدسیان (۲۰۰۹) رابطه ارتفاع- دبی را برای سرریزهای چندوجهی مثلثی با شکل‌های مختلف تاج، به صورت تجربی به دست آورد. وی دریافت ضریب دبی وابسته به نسبت طول سرریز به عرض آن، نسبت بار کل به ارتفاع سرریز و شکل تاج سرریز است. کروکستون و تولیس (۲۰۱۳) یک روش را برای طراحی هیدرولیکی و تحلیل سرریزهای چندوجهی بر مبنای مدل‌های فیزیکی ارائه کردند. حیدرپور و همکاران (۱۳۸۵) وضعیت ضریب دبی در سرریزهای چندوجهی با یک سیکل که در پلان به شکل مستطیل و U بود را به صورت آزمایشگاهی مطالعه کردند. کارلو و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تحلیل ابعادی عامل‌های مؤثر بر جریان عبوری از سرریز چندوجهی مثلثی لبه‌تیز را بررسی کردند. پروانه و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی سرریزهای چندوجهی مثلثی دریافتند که تا زمانی که عمق جریان عبوری از سرریز کم است، خطوط جریان نسبتاً عمود بر تاج سرریز خواهند بود و از تمام طول تاج به طور مؤثر استفاده می‌شود. در صورتی که با افزایش عمق جریان میزان عمود بودن کاهش یافته و خطوط جریان از حالت عمود منحرف می‌شوند، پس طول مؤثر تاج کاهش پیدا می‌کند. کبیری سامانی (۲۰۱۰) تأثیر استفاده از پره‌های هادی جریان را بر روی سرریزهای مایل بررسی کرد و نتیجه گرفت که به کارگیری پره‌های هادی جریان در حالت عمود بر سرریز، می‌تواند ضریب دبی را به میزان ۳۳

سرریز مستقیم نیز با طولی معادل عرض این سرریزها برای محاسبه دبی معادل آزمایش شد (شکل ۲).



شکل ۲- سرریز مستقیم و سرریزهای چندوجهی مورد استفاده در این پژوهش با زاویه رأس ۴۵ و ۹۰ درجه

پره‌های هادی جریان از جنس ورق گالوانیزه با ضخامت ۱ میلی‌متر با ۴ عرض ۲، ۳، ۴ و ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. ابتدا از پره‌هایی با ارتفاع بیشتر و کمتر از ارتفاع سرریز استفاده شد، اما پس از آزمایش و جمع‌بندی نتایج، مشخص شد که پره‌ها با ارتفاع بیشتر از ارتفاع سرریز، دارای تأثیر منفی بر هیدرولیک جریان هستند. از طرفی ورق‌های با ارتفاع کمتر از ارتفاع سرریز نیز تأثیری بر بهبود بازده سرریز ندارند. پس ارتفاع پره‌ها برابر با ارتفاع سرریز در نظر گرفته شد. عرض پره‌های هادی جریان به صورت ضربی از طول یک وجه سرریز است. جدول ۱ شرایط مختلف نصب پره‌های هادی جریان را تشریح می‌کند.

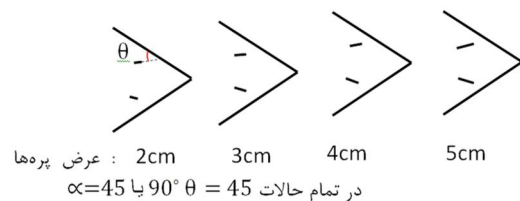
درصد افزایش دهد. از آنجایی که تاکنون در مورد کاربرد پره‌های جریان در بالادست سرریز چندوجهی در کانال مستقیم مطالعه‌ای منتشر نشده است، در این مقاله از پره‌های هادی که به طور مستغرق و با فاصله در بالادست سرریز چندوجهی مثلثی با زاویه رأس ۴۵ و ۹۰ درجه نصب می‌شوند استفاده شده است. هدف از این کار، هدایت جریان در دبی‌های بالا در جهت عمود بر دیواره سرریز چندوجهی مثلثی و ارزیابی اثر آن بر ضریب دبی سرریز چندوجهی مثلثی است.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. کانال آزمایشگاهی مورد نظر دارای ابعادی به طول ۷، عرض ۰/۳۲ و ارتفاع ۰/۳۶ متر است. دیوار و کف کانال از جنس پلکسی‌گلاس به ضخامت ۱۰ میلی‌متر است. این کانال با دو پمپ موازی با حداکثر دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه تغذیه می‌شود. مدل‌های مورد نظر دو سرریز چندوجهی مثلثی شکل با زاویه رأس ۴۵ و ۹۰ درجه از جنس ورق گالوانیزه به ضخامت ۱ میلی‌متر و آستانه سرریز به صورت لبه صاف است. ارتفاع این مدل‌ها با توجه به رابطه توصیه شده پژوهشگران قبلی یعنی  $w/P \geq 2.5$  (در این رابطه  $P$  ارتفاع سرریز و  $w$  عرض کانال است) برابر با ۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. یک

جدول ۱- گروه‌بندی آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش

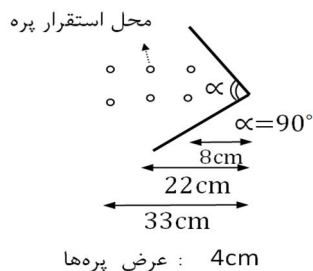
عنوان	هدف	خصوصیات آزمایش‌ها
گروه ۱	تأثیر عرض پره	در سرریز با زاویه وجه ۴۵ یا ۹۰ درجه، پره‌ها به عرض ۲، ۳، ۴ و ۵ سانتی‌متر در فاصله مستقیم ۸ سانتی‌متر از سرریز و با زاویه ۴۵ درجه نسبت به دیواره قرار دارند (شکل ۳)
گروه ۲	تأثیر زاویه استقرار پره	در سرریز با زاویه وجه ۴۵ یا ۹۰ درجه، پره‌ها با زاویه ۳۵، ۴۵، ۶۵ و ۹۰ درجه نسبت به دیواره سرریز و در فاصله مستقیم ۸ سانتی‌متر از سرریز قرار دارند (شکل ۴)
گروه ۳	تأثیر فاصله استقرار پره	پره ۴ سانتی‌متری به فاصله مستقیم ۸، ۲۲ یا ۳۳ سانتی‌متر از مرکز وجه ۹۰ درجه قرار دارند (شکل ۵)



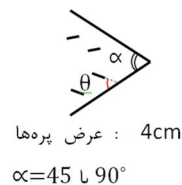
شکل ۳- حالات قرارگیری پره‌های هادی در آزمایش‌های گروه ۱

شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نحوه قرارگیری پره‌های هادی را در شرایط مختلف جدول ۱ نشان می‌دهند. در شکل ۶ نیز چند مورد از سرریزهای مورد آزمایش نشان داده شده است.

در جدول ۲، مشخصات آزمایش‌های این پژوهش ارائه شده است.



عرض پره‌ها : 4cm

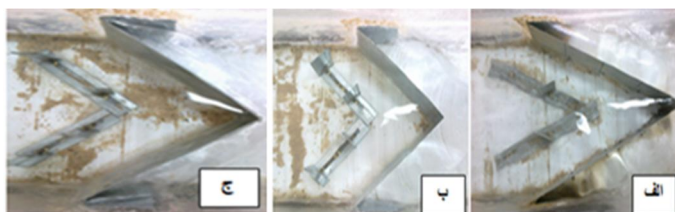


عرض پره‌ها : 4cm

 $\alpha = 45$  یا  $90^\circ$  $\theta = (35, 45, 65$  یا  $90)$  پره ۴ تمام

شکل ۴- حالات قرارگیری پره‌های هادی در آزمایش‌های گروه ۲

شکل ۵- حالات قرارگیری پره‌های هادی در آزمایش‌های گروه ۳

شکل ۶- نمونه‌هایی از مدل‌های مورد آزمایش، (الف) سرریز چندوجهی مثلثی ۴۵ درجه در گروه ۱ با پره‌های ۴ سانتی‌متر و  $\theta = 45$  درجه، (ب) سرریز چندوجهی مثلثی ۹۰ درجه در گروه ۲ و  $\theta = 90$  درجه و (ج) سرریز چندوجهی مثلثی ۴۵ درجه در گروه ۲ و  $\theta = 45$  درجه

جدول ۲- مشخصات آزمایش‌ها در پژوهش حاضر

محدوده تغییرات	پارامتر
۱۴/۰۵-۱۹/۱۹	دبی (لیتر بر ثانیه)
۱۵۸-۱۷۷	ارتفاع آب بالادست سرریز با زاویه رأس ۴۵ درجه (میلی‌متر)
۲۶-۴۴/۳	متوسط سرعت بالادست سرریز با زاویه رأس ۴۵ درجه (سانتی‌متر بر ثانیه)
۱۷۶-۱۹۷	ارتفاع آب بالادست سرریز با زاویه رأس ۹۰ درجه (میلی‌متر)
۲۲/۸-۳۰	متوسط سرعت بالادست سرریز با زاویه رأس ۹۰ درجه (سانتی‌متر بر ثانیه)

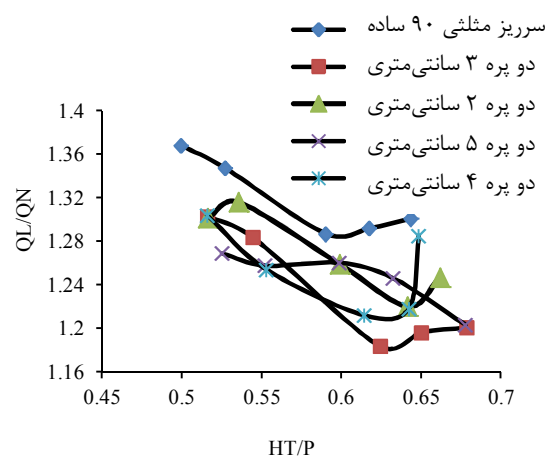
شد. اندازه‌گیری عمق آب در بالادست و روی سرریز و برداشت نیمرخ طولی سطح آب به وسیله یک عمق‌سنج انجام گرفت (دقت این دستگاه ۱ میلی‌متر می‌باشد و برای دستیابی به حداکثر دقت در هر بار قرائت، عدد عمق‌سنج نسبت به کف کانال صفر شد). سرعت جریان با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج صوتی<sup>۲</sup> برداشت شد (این دستگاه می‌تواند سرعت را در فاصله حداقل ۳ میلی‌متر از کف محاسبه کند). برای کمک به توسعه یافتگی جریان، فاصله یک متری از ابتدای کانال به وسیله شن‌ریزی پوشانده شد تا زبری زیاد شود. بعد از نصب سرریز در کانال پس از آرام و یکنواخت شدن جریان، تراز سطح آب در بالادست سرریز در شرایط جریان آزاد اندازه‌گیری شد. ابتدا برداشت داده‌های عمق، سرعت و دبی برای سرریزهای چندوجهی مثلثی ساده انجام شد. پس از آن آزمایش در حضور پره‌های هادی جریان با توجه به حالت‌های مختلف جدول

در آزمایش‌های گروه اول به دلیل اینکه هدف بررسی تأثیر عرض پره است، باید سایر شرایط از جمله فاصله محل نصب پره از سرریز و زاویه قرارگیری پره‌ها از دیواره سرریز ثابت باشد. در این پژوهش به طور تجربی فاصله نصب پره‌ها ۸ سانتی‌متر از هر وجه، در هر دو سرریز ۴۵ و ۹۰ درجه برای همه ۴ حالت در نظر گرفته شد. انتخاب عرض پره براساس درصدی از طول یک وجه سرریز چندوجهی مثلثی است. پره‌ها دقیقاً در وسط هر وجه واقع شده و زاویه استقرار پره‌ها نسبت به دیواره سرریز ۴۵ درجه است. سرریزها در فاصله ۴/۵ متری از ابتدای کانال نصب شدند. علت انتخاب این فاصله توسعه یافتگی کامل جریان در فاصله ۳/۵ متری تا ۴/۵ متری کانال است. همان‌گونه که از شکل ۷ مشخص است، نیمرخ‌های سرعت در مقاطع ۳/۵ و ۴/۵ متری بر هم منطبق هستند. دبی جریان با استفاده از دستگاه جریان‌سنج مغناطیسی<sup>۱</sup> به دست آورده

2- Acoustic Doppler Velocimeter

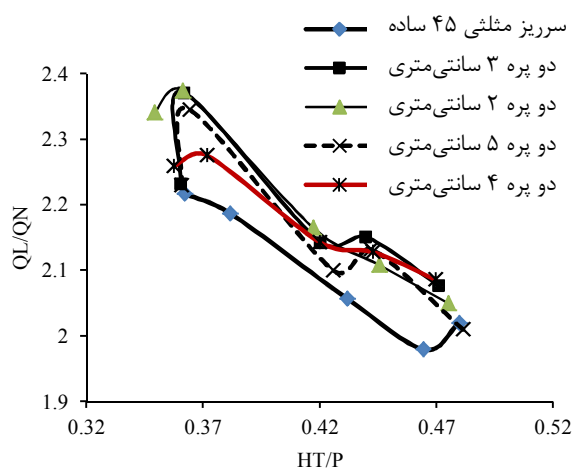
1- Magnetic flow meter

ساده و در سرریزها در حضور پره‌های هادی جریان، تغییرات بازده سرریز با افزایش نسبت  $H_t/P$  دارای روند کاهشی است.



شکل ۸- تغییرات بازده سرریز ( $Q_L/Q_N$ ) نسبت به  $H_t/P$  در آزمایش‌های گروه ۱ در سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه

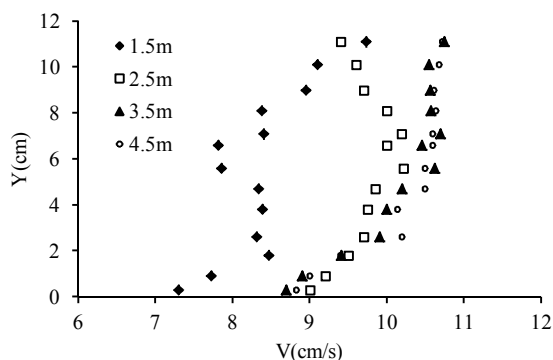
در سرریز با زاویه وجه ۴۵ درجه وجود پره‌های هادی جریان در بالادست سرریز تأثیر مثبتی بر بازده سرریز دارد، چرا که در تمامی عرض‌ها بازده سرریز بیشتر از بازده سرریز چندوجهی مثلثی ساده با زاویه وجه ۴۵ درجه است. شکل ۹ نشان می‌دهد که پره‌ها با عرض ۲ و ۳ سانتی متر دارای بازده بهتری نسبت به پره‌های عریض‌تر ۴ و ۵ سانتی‌متر هستند.



شکل ۹- تغییرات بازده ( $Q_L/Q_N$ ) نسبت به  $H_t/P$  در آزمایش‌های گروه ۱ در سرریز با زاویه وجه ۴۵ درجه

در یک مقایسه کلی بین سرریز ۴۵ و ۹۰ درجه با توجه به شکل ۱۰، مشخص است که در تمام حالت‌ها گروه ۱ بازده سرریز ۴۵ درجه بهتر از بازده سرریز ۹۰ درجه است.

۱ و برای دبی‌های مختلف و برای هر سه گروه پره انجام شد. تأمین شرط حداقل بار آبی ۳ سانتی‌متر بر روی سرریز الزامی است تا بتوان از اثر لزوجت و کشش سطحی بر جریان صرف‌نظر کرد. لازم به ذکر است بار آبی از تفاضل عمق آب و ارتفاع سرریز به دست می‌آید. رابطه مورد نظر برای محاسبه ضریب دبی جریان، رابطه عمومی سرریزها (رابطه (۱)) است.



شکل ۷- نیمرخ‌های سرعت برداشت شده در فواصل ۲/۵، ۱/۵ و ۳/۵ متری از ابتدا در محور مرکزی

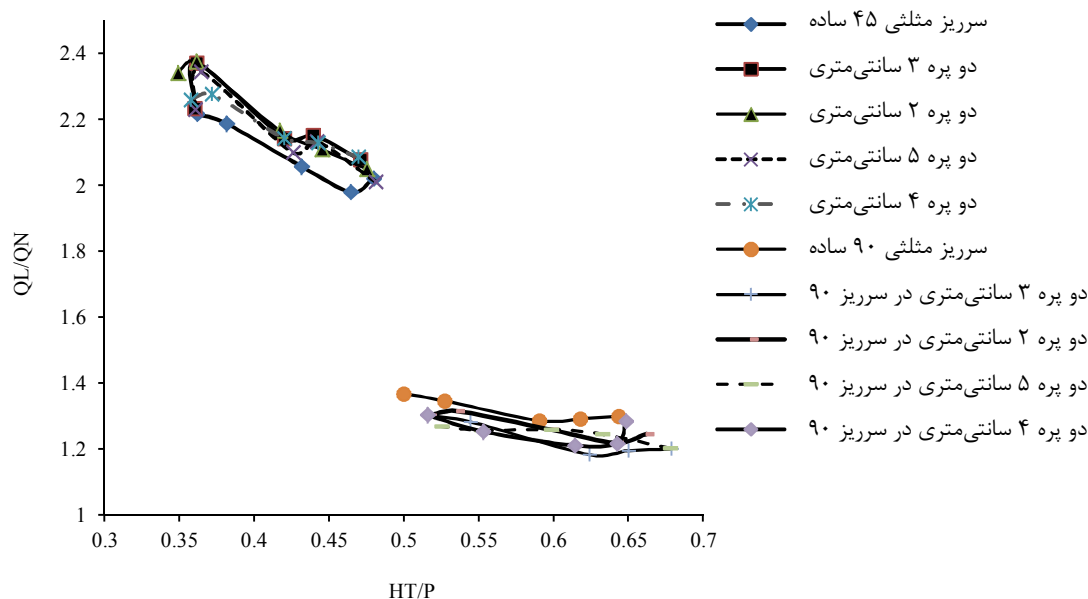
## نتایج و بحث

### تحلیل آزمایش‌های گروه ۱

در شرایط آزمایش گروه ۱ نمودار تغییرات بازده  $Q_L/Q_N$  نسبت به  $H_t/P$  (بار آبی کل شامل بار استاتیکی و بار معادل سرعت و  $P$  ارتفاع سرریز است) برای سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه ترسیم شده است (شکل ۸). در اینجا  $Q_L$  دبی سرریز چندوجهی و  $Q_N$  دبی سرریز مستقیم با طولی معادل عرض کانال و بار هیدرولیکی کل برابر با بار هیدرولیکی کل سرریز چندوجهی است و مقدار  $Q_N$  از رابطه (۱) به دست می‌آید با این تفاوت که از ضریب دبی سرریز مستقیم در رابطه استفاده می‌شود. برای محاسبه ضریب دبی سرریز مستقیم، آزمایش‌ها برای سرریز مستقیم و در دبی‌های مشابه سرریز چندوجهی تکرار می‌شوند. همان‌طور که از شکل مشخص است در مورد سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه وجود پره‌های هادی جریان در فاصله ۸ سانتی‌متر در بالادست آن، تأثیر مثبتی بر روی بازده سرریز ندارد، چرا که در تمامی عرض‌ها بازده سرریز کمتر از بازده سرریز چندوجهی مثلثی ساده با زاویه وجه ۹۰ درجه است. در شکل ۸ مشاهده می‌شود که در تمامی حالت‌های آزمایش شامل سرریز چندوجهی مثلثی

شده و مؤلفه افقی سرعت را به صفر نزدیک می‌کند در نتیجه مؤلفه سرعت عمود بر سرریز حداکثر شده و جریان مانند جریان روی سرریز مستقیم عبور می‌کند، در نتیجه بازده سرریز زیادتر می‌شود. مقایسه منحنی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین بازده در گروه سرریزهای ۴۵ درجه مربوط به پره با ضخامت ۲ سانتی‌متر و در گروه سرریزهای ۹۰ درجه مربوط به سرریز ساده بدون پره است.

آزمایش‌ها گروه سرریز با زاویه وجه ۴۵ درجه با داشتن بار آبی کمتر شاهد بازده بهتر یعنی عبور دبی بزرگ‌تر در مقایسه با آزمایش‌های گروه سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه هستیم. با توجه به اینکه با افزایش دبی در مورد سرریز چندوجهی مثلثی با زاویه رأس پایین، میزان انحنای جریان از حالت عمود بر سرریز زیاد است، وجود این پره‌ها می‌تواند سبب هدایت جریان در جهت عمود بر سرریز



شکل ۱۰- مقایسه تغییرات بازده سرریز ( $Q_L/Q_N$ ) نسبت به  $H_T/P$  در آزمایش‌های گروه ۱ در دو سرریز با زاویه وجه ۹۰ و ۴۵ درجه

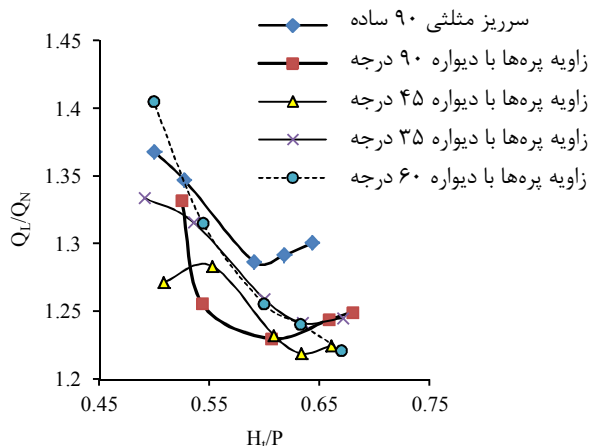
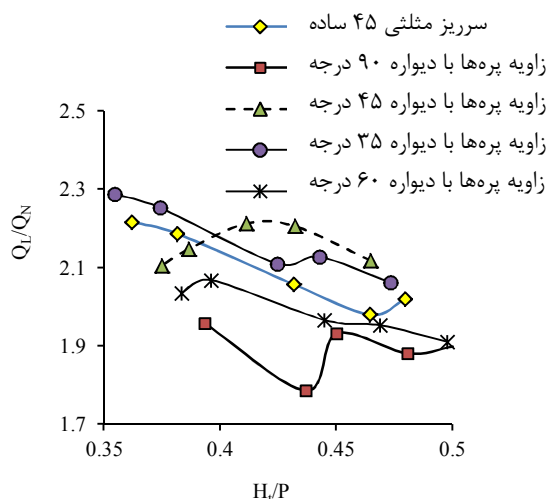
عمود بر سرریز زیاد می‌شود، وجود این پره‌ها در فاصله مناسب از یکدیگر و از سرریز می‌تواند سبب هدایت جریان در جهت عمود بر سرریز شود و مؤلفه افقی سرعت را به صفر نزدیک کند. در نتیجه مؤلفه سرعت عمود بر سرریز حداکثر شده و جریان مانند جریان روی سرریز مستقیم عبور می‌کند، در نتیجه دبی جریان زیادتر می‌شود. در صورتی که در زاویه رأس بالاتر تأثیر پره‌ها بر عمود کردن جریان عبوری زیاد نیست چون انحنای جریان زیاد نیست. در این صورت پره‌ها به صورت مانعی در برابر جریان قرار می‌گیرند و خود سبب بالا آمدن سطح آب بالادست و کاهش سرعت جریان عبوری و در نتیجه کاهش دبی عبوری نسبت به حالت بدون پره می‌شوند.

با مقایسه منحنی‌ها مشخص است که بیشترین بازده در گروه سرریزهای ۴۵ درجه مربوط به پره‌ها با زاویه استقرار ۳۵ درجه و در گروه سرریزهای ۹۰ درجه مربوط به پره‌ها با زاویه استقرار ۳۵ درجه است.

## تحلیل آزمایش‌های گروه ۲

در شرایط آزمایش گروه ۲، شکل ۱۱ تغییرات بازده ( $Q_L/Q_N$ ) نسبت به  $H_T/P$  را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است در مورد سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه وجود پره‌های هادی جریان در فاصله ۸ سانتی‌متر در تمامی زوایا شامل ۳۵، ۴۵، ۶۵ و ۹۰ درجه سبب کاهش بازده سرریز می‌شود.

در صورتی که در سرریز با زاویه ۴۵ درجه پره‌ها تأثیر مثبت بر بازده سرریز دارند. البته از شکل‌های ۱۲ و ۱۳ مشخص است که زاویه استقرار ۳۵ و ۴۵ درجه باعث افزایش بازده می‌شود. در این دو زاویه با افزایش نسبت  $H_T/P$  تأثیر پره‌ها در افزایش بازده سرریز بیشتر است. در صورتی که زاویه استقرار ۶۵ و ۹۰ درجه تأثیر منفی بر بازده دارد. علت آن را می‌توان این‌گونه تشریح کرد که با توجه به اینکه با افزایش دبی در مورد سرریز چندوجهی مثلثی با زاویه رأس پایین، میزان انحنای جریان از حالت

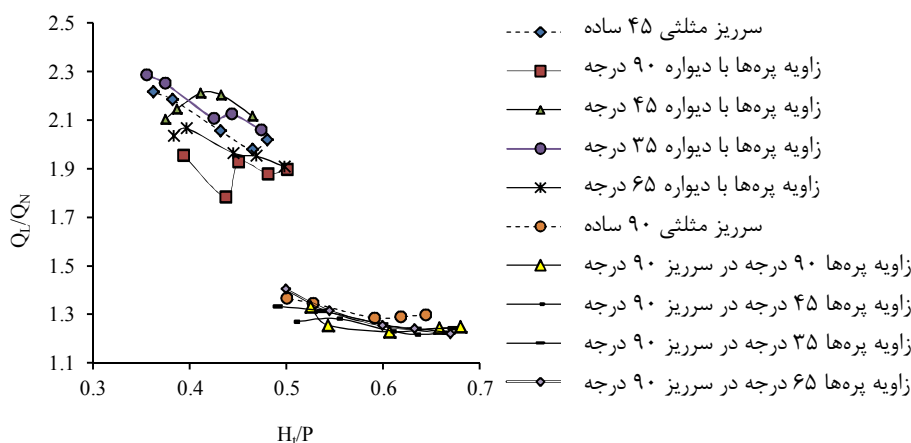


شکل ۱۱- تغییرات بازده سرریز  $(Q_L/Q_N)$  نسبت به  $H_t/P$  در

آزمایش‌های گروه ۲ در سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه

شکل ۱۲- تغییرات بازده سرریز  $(Q_L/Q_N)$  نسبت به  $H_t/P$  در

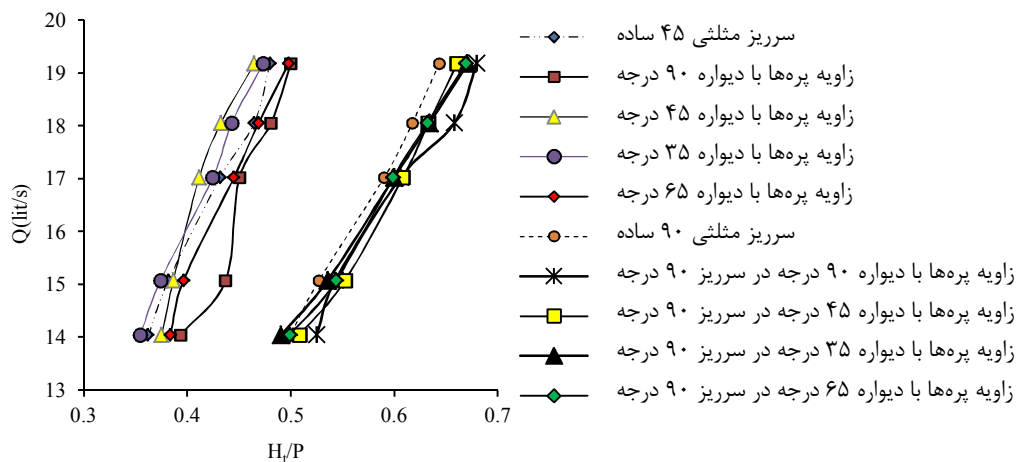
آزمایش‌های گروه ۲ در سرریز با زاویه وجه ۴۵ درجه



شکل ۱۳- مقایسه تغییرات بازده سرریز  $(Q_L/Q_N)$  نسبت به  $H_t/P$  در آزمایش‌های گروه ۲ در دو سرریز با زاویه وجه ۹۰ و ۴۵ درجه

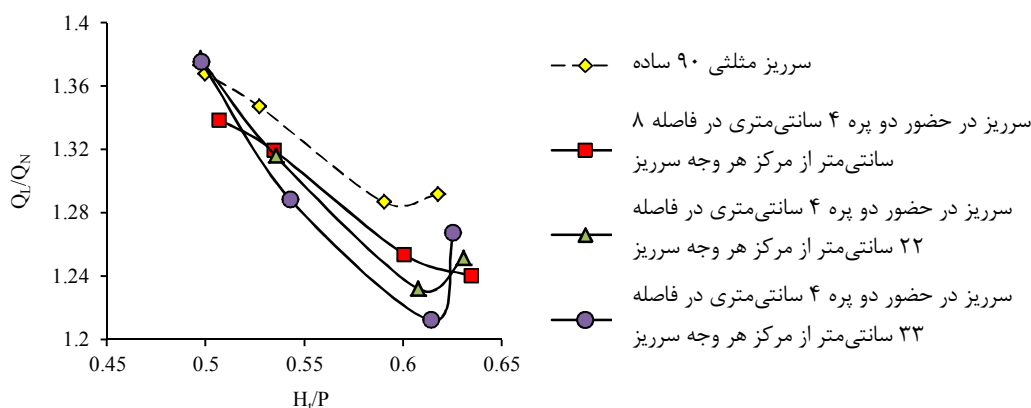
دبی مشابه با دبی سرریز با زاویه وجه ۴۵ درجه نیاز به نسبت  $H_t/P$  بیشتری دارند و این نشان دهنده بازده پایین این سرریز نسبت به سرریز ۴۵ درجه است.

شکل ۱۴ نیز به بیان دیگر افزایش دبی عبوری را در سرریز با زاویه وجه ۴۵ درجه نسبت به سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود تمامی مدل‌های آزمایش شده سرریز ۹۰ درجه برای عبور



شکل ۱۴- مقایسه تغییرات دبی عبوری از سرریز نسبت به  $H_t/P$  در آزمایش‌های گروه ۲ در دو سرریز با زاویه وجه ۹۰ و ۴۵ درجه

افزایش فاصله پره‌ها از سرریز بازده کاهش بیشتری پیدا می‌کند. این مسئله نشان می‌دهد برای سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه در دبی‌های بالا تداخل جریان به قدری زیاد نیست که نیاز به استفاده از پره‌های هادی جریان داشته باشد چون با کاربرد این پره‌ها مشخص شد که بازده کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۱۵- مقایسه تغییرات بازده سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه نسبت به تغییرات  $H_1/P$  در آزمایش‌های گروه ۳

### تحلیل آزمایش‌های گروه ۳

در شرایط آزمایش گروه ۳ تغییرات بازده سرریز ( $Q_1/Q_N$ ) نسبت به  $H_1/P$  در شکل ۱۵ ارائه شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است در مورد سرریز با زاویه وجه ۹۰ درجه وجود پره‌های هادی جریان در فاصله ۸، ۲۲ و ۳۳ سانتی‌متر تأثیر مثبتی بر بازده سرریز ندارد و در همه حالات بازده کاهش پیدا می‌کند. از شکل ۱۵ پیداست با

دیگر جریان سرریز چندوجهی مثلثی مانند سرریز مستقیم خواهد بود.

### منابع

۱. ابریشمی ج. و حسینی م. ۱۳۷۲. هیدرولیک کانال‌های باز. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد. ۶۱۳ ص.
۲. حیدرپور م. موسوی ف. و روشنی زرمهری ع. ر. ۱۳۸۵. بررسی سرریزهای چندوجهی با پلان مستطیلی و U شکل. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۰(۳): ۱-۱۱.
3. Carollo F. Ferro V. and Pampalone V. 2012. Experimental Investigation of the Outflow Process over a Triangular Labyrinth-Weir. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 138(1): 73-79.
4. Cassidy J. J. 1970. Designing spillway crests for high head operation. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. 96(3): 745-753.
5. Crookston B. M. 2010. Labyrinth weirs. Ph.D. thesis, Utah State University, Logan, UT. 223 p.
6. Crookston B. and Tullis B. 2013. Hydraulic Design and Analysis of Labyrinth Weirs. I: Discharge Relationships. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 139(5): 363-370.
7. Ghodsian M. 2009. Stage discharge relationship for a triangular labyrinth spillway. Journal of

### نتیجه‌گیری

- نتایج نشان داد که بازده سرریز چندوجهی در تمام حالات با افزایش نسبت  $H_1/P$  کاهش پیدا می‌کند که با نتایج‌های ویلیور (۱۹۷۰) و تولیس و همکاران (۱۹۹۵) هم‌انگهی دارد.
- کاربرد پره‌های هادی جریان در سرریز چندوجهی مثلثی با زاویه ۴۵ درجه مؤثر است در صورتی که برای سرریز چندوجهی مثلثی با زاویه وجه ۹۰ درجه اثر مثبت ندارد و در بعضی مواقع تأثیر منفی بر افزایش بازده نسبت به سرریز چندوجهی مثلثی ساده دارد.
- در سرریز چندوجهی مثلثی با زاویه وجه ۴۵ درجه بهبود بازده سرریز در نسبت‌های  $H_1/P$  پایین‌تر، بیشتر است.
- در سرریزهای چندوجهی مثلثی با زاویه رأس کم با به کارگیری پره‌های هادی جریان، مؤلفه افقی سرعت جریان عبوری از روی سرریز نزدیک به صفر و مؤلفه عمودی سرعت جریان بزرگ‌تر می‌شود. بنابراین در همان زمان، جریان با سرعت بیشتر از تاج سرریز عبور می‌کند، در نتیجه مقدار دبی افزایش پیدا کرده و برای بار آبی مشابه ضریب دبی افزایش می‌یابد. به عبارت



- Water management, Instit. Journal of Civil Engineering, London. 162(3): 173-178.
8. Hay N. and Taylor G. 1970. Performance and Design of Labyrinth Weir. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. 96(11): 2337-2357.
  9. Kabiri-Samani A. R. 2010. Analytical Approach for Flow Over an Oblique Weir. Journal of Civil Engineering. 17(2): 107-117.
  10. Lux F. 1984. Discharge characteristics of labyrinth weirs Proceedings of Conference on Water for Resource Development, Coeur d'Alene, ID, Aug, American Society of Civil Engineering.
  11. Parvaneh A. Borghei S. M. and Jalili-Ghazizadeh M. R. 2010. Discussion of Discharge capacity of labyrinth side weir located on a straight channel by M. Emin Emiroglu, Nihat Kaya and Hayrullah Agaccioglu. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE accepted for publication.
  12. Tullis J. P. Amanian N. and Waldron D. 1995. Design of Labyrinth Spillways. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. 121(3): 247-255.