# کاربرد تابع جریان در اطراف سیلندر دایره‌ای شکل در سرریزهای تاج‌دایره‌ای

منوچهر حیدرپور[۱]، حسین افضلی‌مهر[۱] و اقبال خرمی[۲]


## چکیده

***سرریز، که از قدیمی‌ترین سازه‌های هیدرولیکی ساختهٔ بشر است، از جمله وسایلی است که برای اندازه‌گیری و تنظیم جریان آب به کار می‌رود. متداول‌ترین نوع سرریزها، سرریز لبه پهن، سرریز لبه تیز، سرریز استوانه‌ای و تاج‌دایره‌ای و سرریز اوجی شکل است. برتری سرریزهای استوانه‌ای و تاج‌دایره‌ای نسبت به بیشتر سازه‌های اندازه‌گیری و کنترل جریان آب، سادگی طراحی، زیاد بودن ضریب جریان، جریان پایدار و از همه مهم‌تر و در مقیاس بزرگ، هزینه کمتر آن می‌باشد. در این پژوهش، با به کارگیری تابع جریان در اطراف یک استوانه، توزیع سرعت روی تاج تعیین، و یک مدل ریاضی برای تعیین ضریب جریان در سرریزهای تاج‌دایره‌ای گسترش داده شده است. نیم‌رخ توزیع سرعت و مدل ریاضی ضریب جریان، با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی به دست آمده از مدل فیزیکی سرریزهای استوانه‌ای، نیم‌استوانه‌ای و نیم‌استوانه‌ای با ارتفاعات مختلف، و هم‌چنین تئوری درسلر ارزیابی گردید.***

***نتایج ارزیابی نشان داد که هم‌خوانی خیلی خوبی بین نیم‌رخ سرعت به دست آمده از مدل پیشنهادی، و نیم‌رخ حاصل از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی وجود دارد. هم‌چنین، نیم‌رخ به دست آمده از طریق تئوری درسلر همواره مقادیر کمتری را نسبت به مدل پیشنهادی و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد. نتایج هم‌چنین نشان داد که بین مقادیر اندازه‌گیری مستقیم ضریب دبی (جریان) و مدل پیشنهادی هم‌خوانی خوبی وجود دارد. در این حالت، ضریب جریان برای مدل استوانه‌ای با هفت درصد خطا، و برای مدل نیم استوانه‌ای و نیم استوانه‌ای با ارتفاعات مختلف با پنج درصد خطا قابل پیش‌بینی است.***


**واژه‌های کلیدی:** ***تابع جریان، روش انطباق، سرریز استوانه‌ای، سرریز نیم‌استوانه‌ای، سرریز تاج‌دایره‌ای. ضریب دبی، پروفیل سرعت***

## مقدمه

سرریزها یکی از اجزای اصلی پروژه‌های آبی و سدسازی، و از جمله سازه‌های مهمی هستند که به منظورهای مختلف ساخته می‌شوند. از مهم‌ترین وظایف سرریزها، سنجش آب و تنظیم سطح آب برای آب‌گیری از طریق دریچه‌ها از کانال‌های فرعی و اصلی است. سرریزهای تاج‌دایره‌ای از سرریزهایی هستند که در شبکه‌های آبیاری، آب‌رسانی و فاضلاب، برای انتقال، تخلیه و یا پخش کاربرد زیادی دارند. برتری سرریزهای

۱. استادیار آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]

تاج‌دایره‌ای نسبت به بیشتر سازه‌های اندازه‌گیری و کنترل جریان، سادگی طراحی، زیاد بودن ضریب جریان، جریان پایدار، و از همه مهم‌تر و در مقیاس بزرگ هزینه کمتر آنها می‌باشد (٤).

ساده‌ترین شکل یک سرریز تاج‌دایره‌ای، همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، از یک تاج‌دایره‌ای BCE با شعاع R تشکیل شده است. این تاج‌دایره‌ای با سطح بالادست DB مماس بوده و عمود بر جهت جریان می‌باشد (۱۳). به طور کلی، معادله دبی در واحد عرض برای سرریز به صورت زیر نوشته می‌شود (۱۱).

$$q = C_d \frac{2}{3}\sqrt{2g}H_1^{1.5} \qquad [1]$$

که در آن:

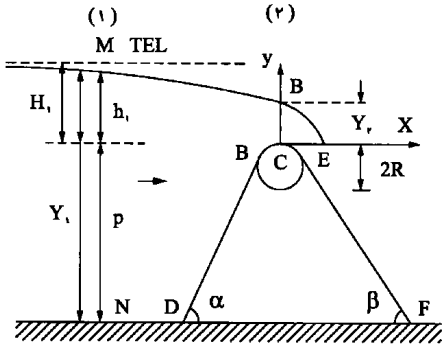
q= دبی در واحد عرض تاج

$C_d$= ضریب دبی

g= شتاب ثقل

$H_1$= بار آبی کل اندازه‌گیری شده از سطح تاج سرریز

با اندازه‌گیری مستقیم دبی عبوری از روی سرریز، ضریب دبی ($C_d$) با استفاده از رابطه ۱ قابل محاسبه می‌باشد. پژوهش اسکاند و سانانس (٦) روی ضریب دبی سرریزهای تاج‌دایره‌ای با شیب بالادست قائم و شیب پایین دست ٤٥ درجه، مشخص کرد که ایجاد مکش در زیر تیغه ریزش آب مانع از جدایی جریان شده و ضریب دبی را ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش می‌دهد. جاگر (۷) نحوه تغییرات فشار را روی تاج سرریزهای تاج‌دایره‌ای بررسی نمود. برای جریان روی سرریز تاج‌دایره‌ای در $(H_1/R) <$ ۱، ماتیو (۸) تئوری ساده‌ای را طرح کرد که در آن تأثیر کشش سطحی، ویسکوزیته و شعاع انحنا روی ضریب دبی به طور آشکار و روشن بیان شده است. کسیدی (۳) مدل جریان سیال ایده‌آل را روی سرریزهای تاج‌دایره‌ای و سرریزهای استوانه (سرریزهای تاج‌دایره‌ای بدون دیواره بالادست و پایین‌دست) بررسی کرد. تأثیر کشش سطحی بر ضریب دبی سرریزهای تاج‌دایره‌ای توسط سارگینسون (١٤) بررسی و مشخص گردیده است. وی از مدل‌های تهویه‌دار، مایع




**شکل ۱. جریان عبوری از روی یک سرریز تاج‌دایره‌ای**

آب و مایع لیساپول (Lissapol N) با ۰/۰۵۹ >σ> ۰/۰۳٤ نیوتن بر متر (σ= کشش سطحی) و شعاع تاج ۰/۰۰٦۸ تا ۰/۰۰۳۱۵ متر استفاده کرد، و در محدوده ٤> $(H_1/R)$ >۲ رابطه‌ای را برای تعیین ضریب دبی ارائه نمود. باس (۲) از داده‌های موجود استفاده کرده، رابطه بین ضریب دبی و $H_1/R$ را در سرریزهای تاج‌دایره‌ای با شیب پایین‌دست °٤٥= β و شیب قائم بالادست به دست آورد. در پژوهش وی ضریب دبی از ۰/٦٤ در $H_1/R$= ۰/۰۵، تا ۱/٤۸ در $H_1/R$= ۵/۵ افزایش یافته و برای مقادیر بیشتر $H_1/R$، ضریب دبی ثابت باقی می‌ماند. باس (۲) همچنین نحوهٔ تغییرات فشار را روی تاج سرریزهای تاج‌دایره‌ای در شرایط °٤٥= β و ۱> $(H_1/R)$ بررسی و رابطه‌ای را بین فشار استاتیکی نسبی روی سطح تاج $(P/\gamma H_1)$ و نسبت $H_1/R$ ارائه نمود.

سشادری (به نقل از ۱۳) آزمایش‌هایش را در مورد سرریزهای تاج دایره‌ای با ارتفاع کم متمرکز کرده و سرریزهای با شیب بالادست و پایین دست برابر ٦۳/٤ درجه را بررسی نمود. محدودهٔ آزمایش‌های او از ۰/۸= $(H_1/R)$ تا ۲/۲۵= $(H_1/R)$ بود. رامامورثی و همکاران (۱۳) با به کار بردن معادله اندازه حرکت، ضریب انحراف از فشار هیدرواستاتیک جریان را روی تاج یک سرریز تاج‌دایره‌ای به دست آوردند. رامامورثی و وو (۱۰) با به کارگیری تئوری درسلر، توزیع سرعت روی تاج سرریز تاج دایره‌ای را به دست آورده و رابطه بدون بعدی را برای ضریب جریان ارائه دادند.



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]

تـأثیر شـیب بالادسـت و پایین‌دسـت بـر ضریـب دبـی در سرریزهای تـاج‌دایره‌ای توسـط رامـامورثی و وو (۱۱) بررسـی گردید. رامامورثی و همکاران (۱۲) میـدان جریـان را روی یـک سرریز تاج‌دایره‌ای به دسـت آورده، بـا اسـتفاده از ایـن داده‌هـا، وجود جریان غیر چرخشی را روی تاج سرریز اثبـات، و الـگو، شیب و انحنای خطوط جریان را ارائه کردند. چانسون و مونتس (٤) تأثیر شرایط جریان (گسترش یافته و نیمه گسترش یافته) را در بالادست سرریزهای اسـتوانه‌ای روی ضریـب دبـی بررسـی نموده، و نتیجه گرفتند که ضریب دبـی بـه شـدت تحـت تـأثیر شرایط جریان در بالادست سرریز می‌باشد.

در پژوهش حاضر، با به کـارگیـری تـابع جریـان (Stream function) بـه دسـت آمـــده از روش انطبـــاق (Method of superposition) در اطراف یک استوانه، روابط بدون بعدی برای توزیع سرعت روی تاج سرریزهای تاج‌دایره‌ای و ضریـــب دبـی ارائه شده است. سپس این روابط با استفاده از داده‌های به دست آمده در آزمایشگاه و روابط دیگر ارزیابی گردیده است.

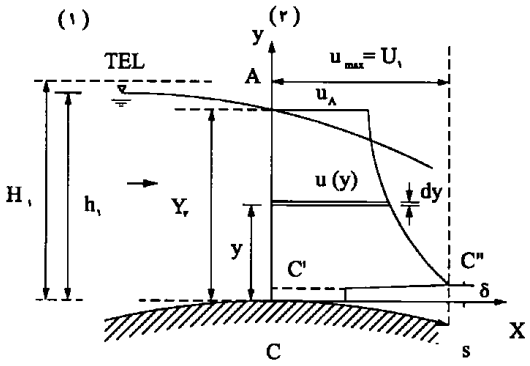
## مواد و روش‌ها

### ملاحظات تئوری

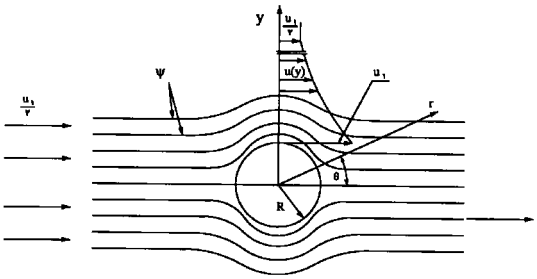
به منظور بررسی نیم‌رخ سرعت روی تاج سرریز تـاج‌دایره‌ای و گسترش رابطه برای ضریب جریان، فرضیات زیر مورد نظر قرار گرفته است (۱):

۱. جریان در بالادست سـرریز یک‌نواخـت، دو بعـدی و زیـر بحرانی است.
۲. اثر کشش سطحی و لزجت سیال بـر خصوصیـات جریـان ناچیز است.
۳. ضخامت لایه مرزی $\delta$ روی تاج سرریز، در مقایسه با $Y_2$ و $H_1$ ناچیز است (شکل ۲).

شکل ۳ میدان جریان را در اطراف یک سـیلندر دایـره‌ای شـکل نشان می‌دهد. با بـه کـارگیـری روش انطبـاق، تـابع جریـان در اطراف یک سیلندر دایره‌ای به صورت زیر خواهد بود (۹):




**شکل ۲. توزیع سرعت و لایه مرزی روی تاج یک سرریز تاج‌دایره‌ای**




**شکل ۳. جریان در اطراف استوانه دایره‌ای شکل**

$$\Psi = U(r - \frac{R^2}{r})\sin\theta \qquad [۲]$$

در رابطه فوق U سرعت در بالادست استوانه، جـایی اسـت کـه جریان به صورت یک‌نواخت می‌باشد. r فاصله از مرکز اسـتوانه، R شعاع استوانه بوده و $\theta$ از جهت مثبت انـدازه‌گیـری می‌شـود. معادله فوق برای $r>R$ معتبر است. سرعت مماسی در هـر نقطـه از میدان جریان به صورت زیر می‌باشد:

$$V_\theta = \frac{1}{r}\frac{\partial\psi}{\partial r} = U(1+\frac{R^2}{r^2})\sin\theta \qquad [۳]$$

روی محور y ($\theta$=۹۰) حداکثر سرعت ($U_1$) روی سطح سـیلندر واقع شده و $U_1 = -2U$ است (۹). به این ترتیـب، توزیـع افقـی سرعت روی محور y به صورت زیر می‌باشد:

$$V_\theta\big|_{\theta=90} = u = -U\left(1+\frac{R^2}{(R+y)^2}\right) \text{یا} \quad \frac{u}{U_1} = 0.5\left(1+\frac{1}{\left(1+\frac{y}{R}\right)^2}\right) \qquad [٤]$$



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]

در رابطه فوق $y = r-R$ از سطح سیلندر اندازه‌گیری می‌شود. رابطه ٤ به منظور تخمین توزیع سرعت برای سرریزهای تاج‌دایره‌ای به کار می‌رود. ولی دبی عبوری در واحد عرض از یک سرریز از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$q = \int_{\alpha}^{Y_2} u dy \qquad [٥]$$

با جای‌گذاری مقدار u از معادله ٤ در معادله ٥، و سپس انتگرال‌گیری از آن، دبی عبوری در واحد عرض از یک سرریز به صورت زیر خواهد شد:

$$q = \frac{U_1 R}{2}\left(\frac{2+\frac{Y_2}{R}}{1+\frac{R}{Y_2}}\right) \qquad [٦]$$

به طور معمول، ضریب جریان ($C_d$) با اندازه‌گیری مستقیم دبی جریان و بار آبی کل در بالادست ($H_1$)، با استفاده از رابطه ١ به دست می‌آید. با ترکیب رابطه ٦ و ١، راه حل دیگری برای به دست آوردن $C_d$، با استفاده از اندازه‌گیری سرعت جریان روی تاج سرریز ($U_1$) و بار آبی کل در بالادست سرریز ($H_1$) به صورت زیر حاصل خواهد شد:

$$C_d = \frac{3}{4}\frac{U_1}{U}\frac{R}{H_1}\left(\frac{2+\frac{Y_2}{R}}{1+\frac{R}{Y_2}}\right) \qquad [٧]$$

در رابطه فوق پارامتر $U = \sqrt{2gH_1}$ به منظور بدون بعد کردن $U_1$ استفاده شده است (١).

برابر نظر رامامورثی و همکاران (١٢)، جریان روی سرریز در ناحیه‌ای خارج از لایه مرزی غیر چرخشی بوده (شکل ٢)، و به این ترتیب بار کل در طول AC ثابت می‌باشد. در نقطه C´، جایی که $y = \delta$ و $u = U_1$ است، با استفاده از فرض ٣ و به کار بردن معادله انرژی بین مقاطع ١ و ٢ خواهیم داشت:

$$H_1 = \delta + \frac{U_1^2}{2g} + \left[\left(\frac{p}{\gamma}\right)_{Crest} - \frac{dp}{\gamma dy}\delta\right] \approx \frac{U_1^2}{2g} + \left(\frac{p}{\gamma}\right)_{Crest} \qquad [٨]$$

با توجه به رابطه فوق، به طور تقریبی $U_1$ به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$U_1 \approx \sqrt{2g\left(H_1 - \left(\frac{p}{r}\right)_{Crest}\right)} \qquad [٩]$$

با به کارگیری روابط ٦ و ٩ در رابطه ١، روش دیگری برای به دست آوردن ضریب دبی با اندازه‌گیری فشار روی تاج و بار آبی کل در بالادست ($H_1$) به صورت زیر حاصل می‌گردد:

$$C_d = \frac{3}{4}\sqrt{1-\left(\frac{P_{Crest}}{H_1}\right)\times\frac{Y_2}{H_1}\times\frac{\left(2+\frac{Y_2}{R}\right)}{\left(1+\frac{Y_2}{R}\right)}} \qquad [١٠]$$

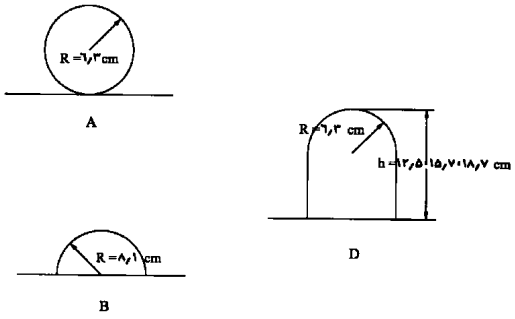
## شرح آزمایش

به منظور بررسی و تأیید روابط به دست آمده برای توزیع سرعت و ضریب جریان در سرریزهای تاج‌دایره‌ای، سه نوع مدل سرریز، از انواع استوانه‌ای، نیم‌استوانه‌ای، و هم‌چنین نیم‌استوانه‌ای با ارتفاعات مختلف در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان آزمایش شد. شکل ٤ مشخصات هندسی این مدل‌ها را همراه با ابعاد آنها نشان می‌دهد. کلیه مدل‌ها در کانالی به طول ٧، عرض ٠/٣٢ و ارتفاع ٠/٣٥ متر آزمایش شده‌اند. جنس کف کانال فلزی و دیواره‌های آن از پلکسی‌گلاس بود. این کانال توسط پمپی با حداکثر دبی ١١/٥ لیتر در ثانیه تغذیه می‌شد. تنظیم دبی خروجی از موتور پمپ توسط شیر تنظیم، تعبیه شده پیش از دهانه ورودی به مخزن بالادست، صورت می‌گرفت. آب در سیکل بسته از منبع اصلی به مخزن کوچک ابتدای فلوم پمپاژ شده، در آن‌جا با عبور از یک آرام کننده وارد فلوم می‌شد. محل اتصال مخزن ورودی به کانال، گوشه‌دار نبوده، به صورت گرد ساخته شده است، تا از افت انرژی ناشی از تغییر شکل ناگهانی مقطع، هم‌چنین از تشکیل امواج سطحی و ناآرامی جریان جلوگیری شود. آب پس از عبور از کانال، به یک مخزن اندازه‌گیری دبی وارد می‌شد، که در آن ارتفاع آب توسط پیزومتر نصب شده مشخص، و به روش حجم- زمان، دبی اندازه‌گیری می‌گردید. پروفیل سرعت روی تاج با استفاده از یک پیتو با قطر خارجی دو میلی‌متر



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]




**شکل ٤. مشخصات هندسی مدل‌های فیزیکی مورد آزمایش**

اندازه‌گیری می‌شد. کلیه اندازه‌گیری‌های سرعت روی تاج سرریز، با فاصله قائم ۲-٤ میلی‌متر صورت گرفته و نزدیک‌ترین اندازه‌گیری در فاصله یک میلی‌متری از سطح تاج انجام شده است.

به منظور بررسی دقت نیم‌رخ سرعت اندازه‌گیری شده، دبی جریان با استفاده از انتگرال‌گیری از نیم‌رخ سرعت محاسبه شده، و با روش حجم- زمان مقایسه گردید. میانگین خطا در شرایط گوناگون ٤٪ محاسبه شد.

## نتایج و بحث

### نیم‌رخ سرعت روی تاج سرریز

شکل ٥ نیم‌رخ‌های سرعت اندازه‌گیری شده را برای مدل سرریز استوانه‌ای شکل در دامنه $0.656 \le H_1 / R \le 0.99$ نشان می‌دهد. دامنهٔ فوق برابر با $0.45 \le Y_2 / R \le 0.68$ می‌باشد. هم‌چنین، شکل ٦ نیم‌رخ‌های سرعت اندازه‌گیری شده را برای مدل نیم‌استوانه‌ای شکل در دامنهٔ $0.605 \le H_1 / R \le 0.85$ نشان می‌دهد. دامنهٔ فوق برابر با $0.42 \le Y_2 / R \le 0.57$ است. شکل ۷ نیم‌رخ‌های سرعت اندازه‌گیری شده را برای مدل نیم‌استوانه‌ای با ارتفاعات مختلف در دامنهٔ $0.69 \le H_1 / R \le 1.04$ نشان می‌دهد. این دامنه برابر با $0.46 \le Y_2 / R \le 0.72$ است. در کلیه شکل‌ها عمق جریان (y) و سرعت افقی (u) به ترتیب با شعاع استوانه (R) و سرعت در روی تاج استوانه ($U_1$) بدون بعد شده‌اند.

در این شکل‌ها نیم‌رخ سرعت به دست آمده توسط تئوری درسلر نیز به عنوان مقایسه آورده شده است. همان‌گونه که از شکل‌ها مشخص است، نیم‌رخ‌های سرعت اندازه‌گیری شده، نیم‌رخ‌های سرعت حاصل از تئوری (معادله ٤) و مقادیر سرعت به دست آمده با استفاده از تئوری درسلر (٥)، هر سه روند کاهش سرعت را از سطح سرریز به طرف سطح آب نشان می‌دهند. بررسی شکل‌ها نشان می‌دهد که نیم‌رخ‌های سرعت اندازه‌گیری شده هم‌خوانی خوبی با نیم‌رخ‌های سرعت حاصل از تئوری (معادله ٤) دارند. در کلیه موارد، مقادیر سرعت به دست آمده با استفاده از تئوری درسلر، نسبت به روش پیشنهادی و مقادیر اندازه‌گیری شده کمتر است. مقایسه نیم‌رخ‌های اندازه‌گیری شده برای سه مدل نشان می‌دهد که بهترین هم‌خوانی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و روش پیشنهادی در مدل نیم‌استوانه‌ای حاصل شده است. هم‌چنین، مقایسه بین مدل پیشنهادی، تئوری درسلر و مقادیر اندازه‌گیری شده در کلیه مدل‌ها، نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی بهتر از تئوری درسلر می‌تواند نیم‌رخ سرعت روی تاج سرریز را پیش‌بینی نماید.

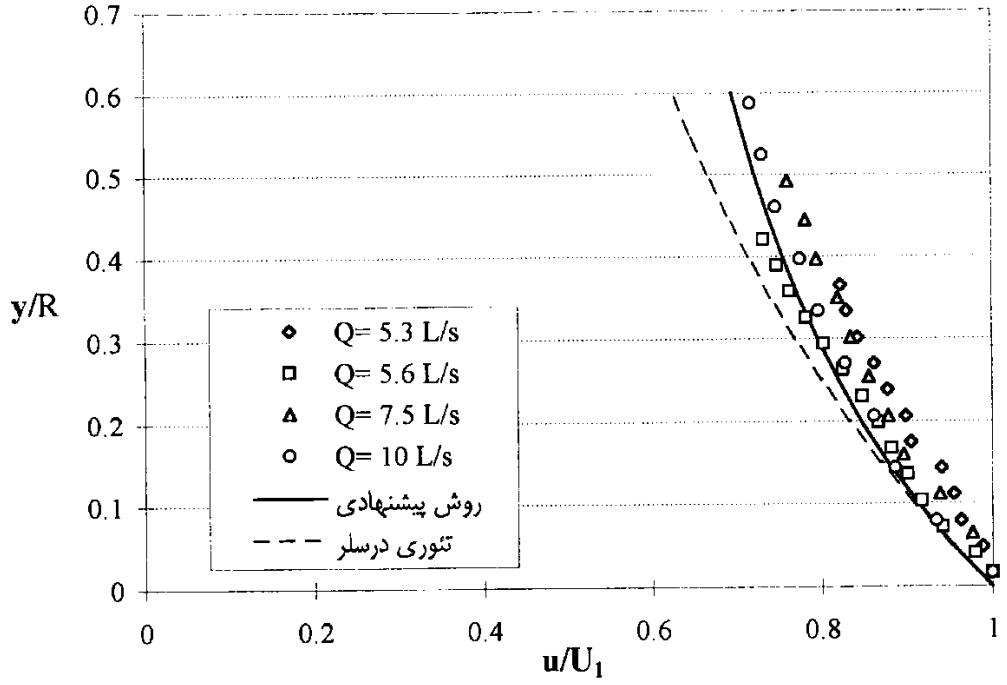
بررسی شکل ٥ نشان می‌دهد که تغییر دبی (بار آبی بدون بعد) تأثیر چندانی بر شکل نیم‌رخ سرعت روی تاج سرریز ندارد. به نظر می‌رسد بهترین هم‌خوانی بین نیم‌رخ‌های اندازه‌گیری شده و نیم‌رخ‌های به دست آمده بر مبنای تئوری (معادله ٤) در دبی حداکثر ( $H_1 / R = 0.68$ ) حاصل شده است. در این حالت پراکندگی نیم‌رخ‌های سرعت اندازه‌گیری شده در دامنه دبی مورد نظر بیشتر از سرریز نیم‌استوانه‌ای و کمتر از سرریز نیم‌استوانه‌ای با ارتفاعات مختلف است. در این حالت بجز دبی ٥/٦ لیتر در ثانیه ($H_1/R=0.48$)، در بقیه حالات، روش پیشنهادی، مقادیر سرعت را در اعماق مختلف کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده پیش‌بینی می‌کند.

بررسی شکل ٦ نشان می‌دهد که در میان مدل‌های مورد بررسی، در مدل نیم‌استوانه‌ای هم‌خوانی بهتری بین نیم‌رخ‌های اندازه‌گیری شده و نیم‌رخ به دست آمده از طریق معادله ٤ وجود دارد. هم‌چنین، در این حالت پراکندگی نیم‌رخ‌های

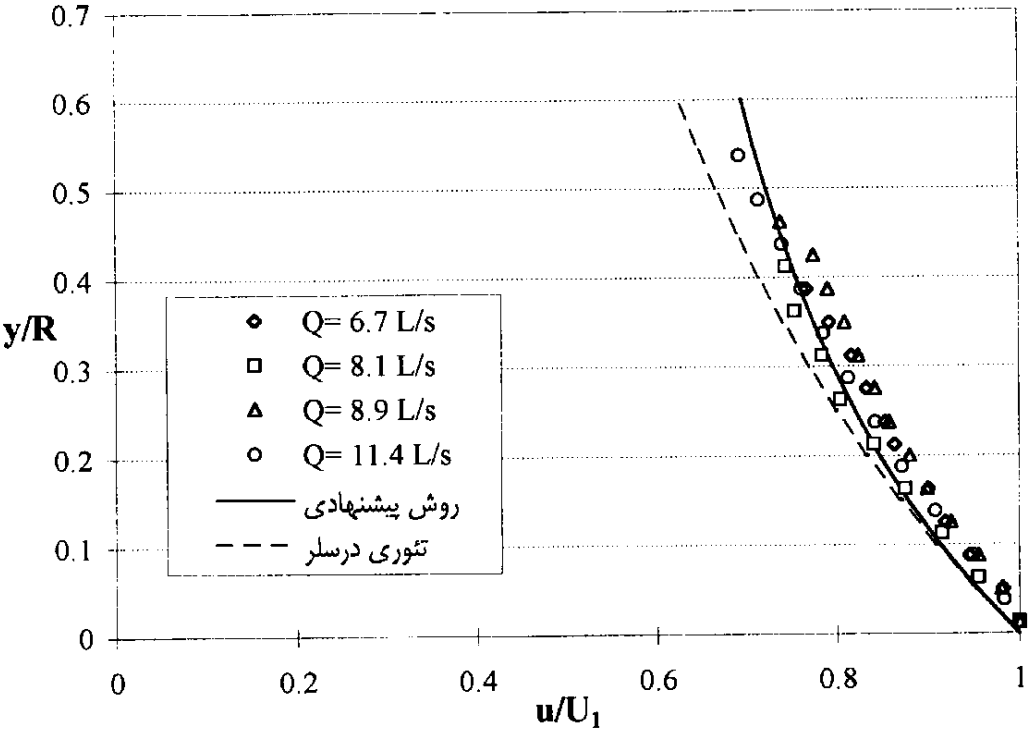


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]




شکل ۵. تغییرات $y/R$ نسبت به $u/U_1$ برای سرریز استوانه‌ای شکل

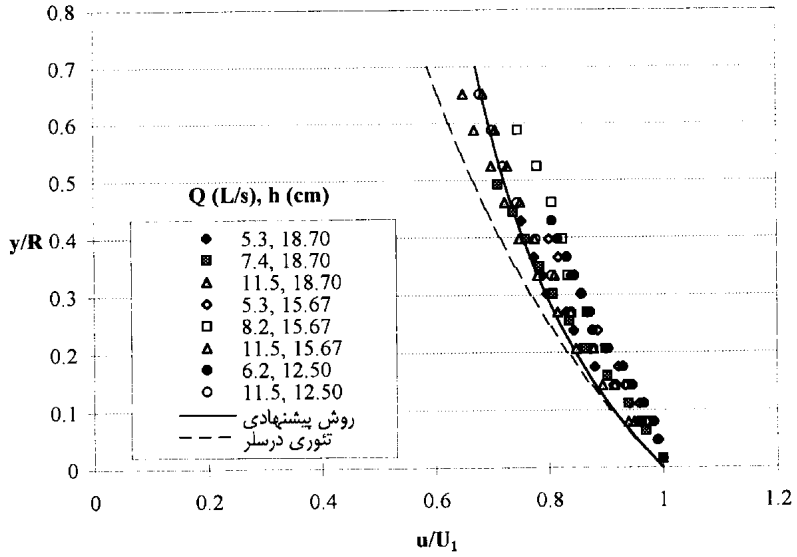



شکل ٦. تغییرات $y/R$ نسبت به $u/U_1$ برای سرریز نیم‌استوانه‌ای شکل



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]




**شکل ۷. تغییرات y/R نسبت به $u/U_1$ برای سرریز نیم‌استوانه‌ای با ارتفاعات مختلف**

اندازه‌گیری شده در دامنهٔ دبی مورد نظر کمتر از دو مدل دیگر است. بررسی این شکل هم‌چنین نشان می‌دهد که تغییر دبی Q (بار آبی بدون بعد $H_1/R$) تأثیر چندانی بر شکل نیم‌رخ سرعت روی تاج سرریز ندارد.

بررسی شکل ۷ نشان می‌دهد که تغییر ارتفاع سرریز تأثیر چندانی در شکل نیم‌رخ سرعت ایجاد شده روی تاج سرریز ندارد. بهترین هم‌خوانی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مدل پیشنهادی در این حالت برای مقدار حداکثر دبی (۱۱/۵ لیتر در ثانیه) ویا حداکثر $H_1/R$ در ارتفاعات مختلف، و دورترین نیم‌رخ اندازه‌گیری شده برای دبی‌های ٦/٢ لیتر در ثانیه ($H_1/R$ =0.51) و ۸/۲ لیتر در ثانیه ($H_1/R$ =0.60) در ارتفاعات به ترتیب ۱۲/۵ و ۱۵/٦۷ سانتی‌متر حاصل شده است. به طور کلی، روند خاصی بین مقادیر دبی و یا ارتفاعات سرریز و میزان هم‌خوانی وجود ندارد.

## ضریب دبی جریان

معادله ۱۰ که بر اساس جریان در اطراف استوانه به دست آمده است، در محاسبه ضریب جریان در سرریزهای استوانه‌ای و تاج‌دایره‌ای به کار می‌رود. برای بررسی اعتبار معادله فوق، تغییرات ضریب دبی به دست آمده بر اساس معادله ۱۰ به صورت تابعی از $H_1/R$ در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ رسم شده است.

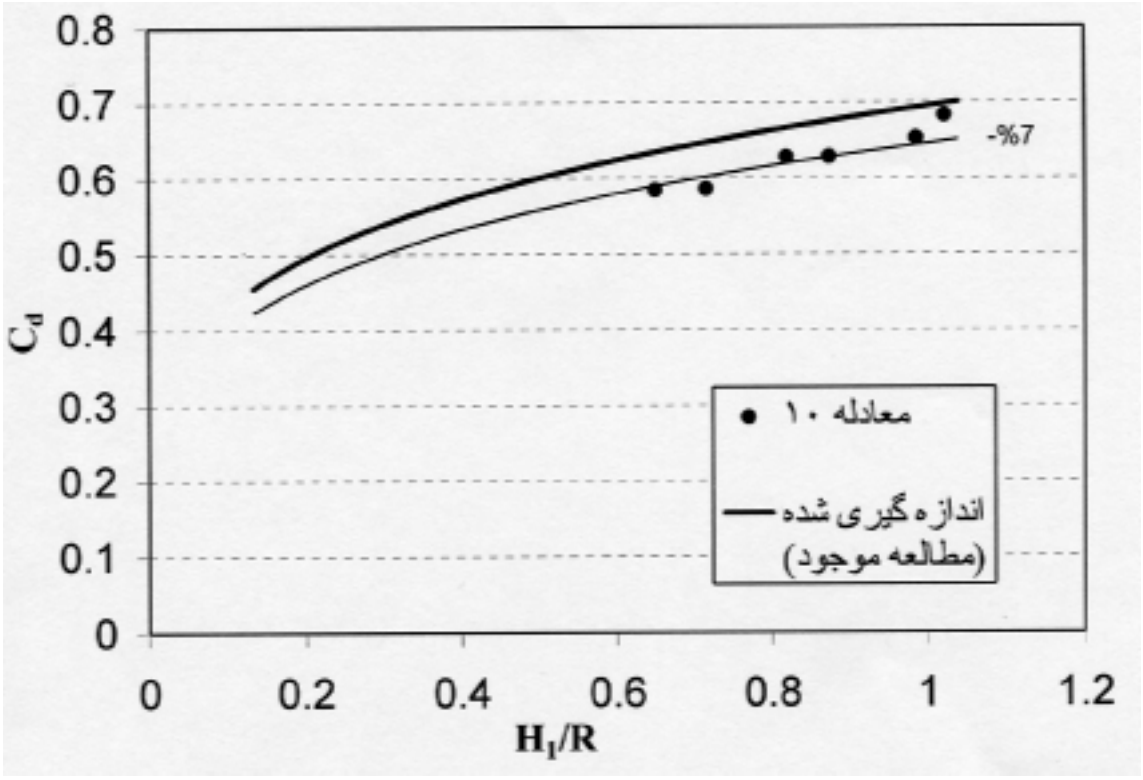
شکل ۸ تغییرات ضریب دبی را نسبت به $H_1/R$ برای سرریزهای استوانه‌ای نشان می‌دهد. در این شکل خط پررنگ نشان دهنده رابطه ضریب جریان، و $H_1/R$ بر اساس اندازه‌گیری مستقیم و استفاده از معادله ۱ است. نقاط نشان داده شده در این شکل، مقادیر ضریب جریان بر مبنای معادله ۱۰ می‌باشند. همان گونه که از شکل مشخص است، نتایج به دست آمده از معادله ۱۰ و مقادیر اندازه‌گیری شده، هر دو روند افزایشی را برای ضریب جریان در دامنهٔ مورد بررسی $H_1/R$ نشان می‌دهند. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهد که در تمام دامنهٔ مورد بررسی $H_1/R$، مدل مورد نظر (معادله ۱۰) مقادیر ضریب جریان را کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده پیش‌بینی می‌کند. همان گونه که در شکل مشخص است، مدل پیشنهادی به خوبی می‌تواند مقادیر ضریب دبی را در سطح اعتماد ۹۳ درصد پیش‌بینی نماید.

در شکل ۹ تغییرات ضریب دبی نسبت به $H_1/R$ برای سرریز نیم‌استوانه‌ای در دامنهٔ مورد بررسی نشان داده شده است.

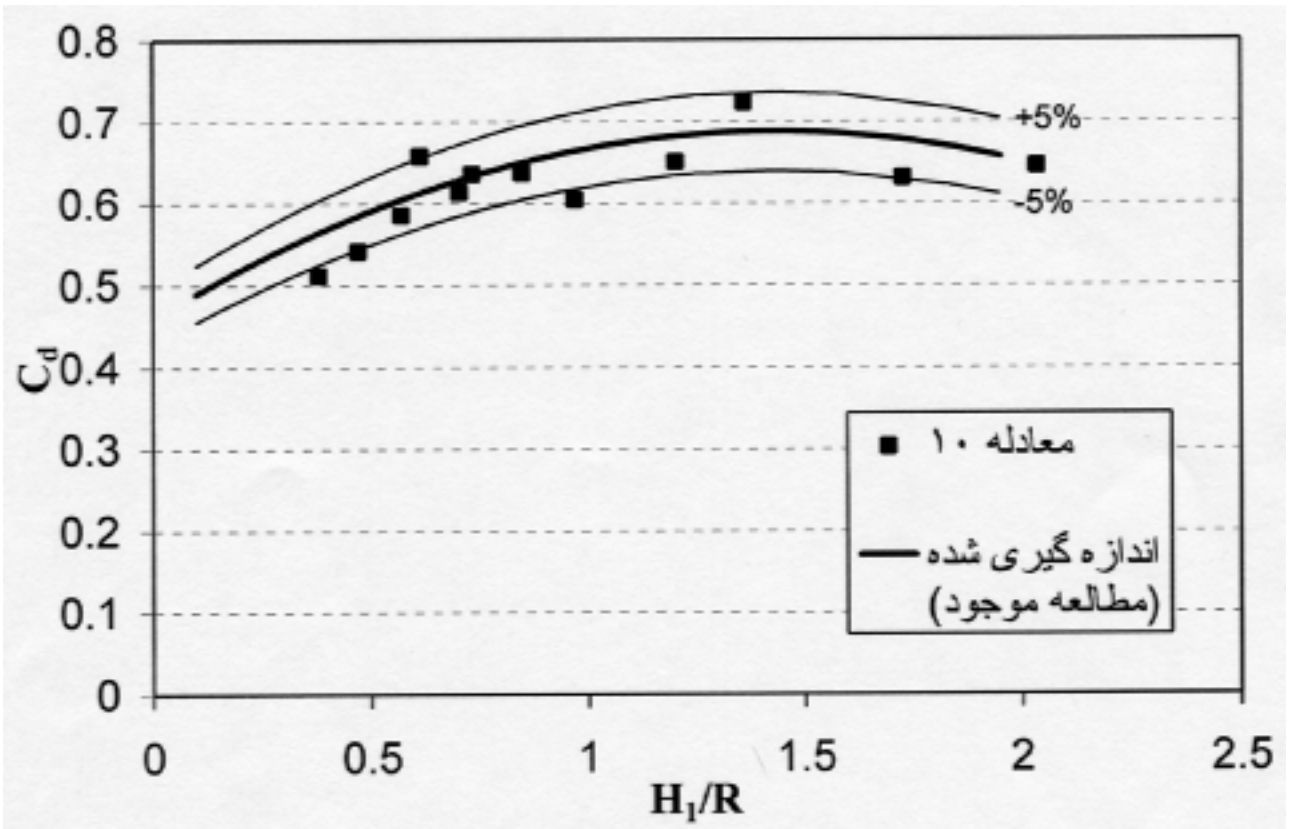


[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]




شکل ۸. مقایسه ضریب جریان به دست آمده از طریق اندازه‌گیری مستقیم و معادله ۱۰ برای مدل استوانه‌ای

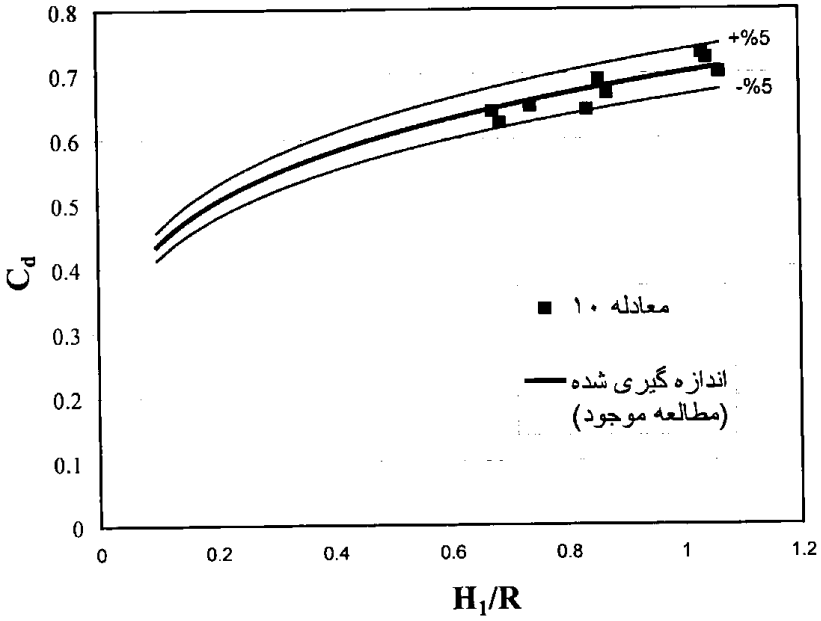



شکل ۹. مقایسه ضریب جریان به دست آمده از طریق اندازه‌گیری مستقیم و معادله ۹ برای مدل نیم‌استوانه‌ای



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]




**شکل ۱۰. ضریب جریان از طریق اندازه‌گیری مستقیم و معادله ۱۰ برای مدل نیم‌استوانه‌ای با ارتفاعات مختلف**

در این شکل نیز خط پررنگ نشان دهنده رابطه ضریب جریان، و $H_1/R$ بر اساس اندازه‌گیری مستقیم و استفاده از معادله ۱ می‌باشد. هم‌چنین، نقاط نشان داده شده در شکل، مقادیر ضریب جریان حاصل از معادله ۱۰ است. چنان که در شکل پیدا است، برای سرریزهای نیم‌استوانه‌ای با تغییر $H_1/R$، ضریب جریان حاصل از اندازه‌گیری مستقیم و معادله ۱۰، هر دو ابتدا یک روند افزایشی، و سپس یک روند کاهشی را نشان می‌دهند. نتایج گویای آن است که حداکثر ضریب جریان برای سرریز نیم‌استوانه‌ای ۰/۷۹ بوده، که این مقدار در $H_1/R$ =۱/۵ اتفاق می‌افتد. پس از $H_1/R$ =۱/۵ روند تغییرات ضریب جریان به صورت کاهشی است. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، معادله ۱۰ مقادیر ضریب جریان را در دامنه مورد بررسی تا سطح اعتماد ۹۵ درصد به خوبی پیش‌بینی می‌نماید.

شکل ۱۰ تغییرات ضریب دبی را نسبت به $H_1/R$ برای سرریز نیم‌استوانه‌ای با ارتفاعات مختلف نشان می‌دهد. در این شکل نیز خط پررنگ نشان دهنده رابطه ضریب جریان و $H_1/R$ بر اساس اندازه‌گیری مستقیم و استفاده از معادله ۱ می‌باشد. هم‌چنین، نقاط نشان داده شده در شکل، مقادیر ضریب جریان حاصل از معادله ۱۰ است. چنان که در شکل دیده می‌شود، نتایج به دست آمده از معادله ۱۰ و مقادیر اندازه‌گیری شده، هر دو روند افزایشی را برای ضریب جریان در دامنهٔ مورد بررسی $H_1/R$ نشان می‌دهند. نتایج گویای آن است که مدل پیشنهادی (معادله ۱۰) به خوبی می‌تواند مقادیر ضریب دبی را در سطح اعتماد ۹۵ درصد پیش‌بینی کند.

## منابع مورد استفاده

۱. خرمی، ا. ۱۳۷۹. بررسی خصوصیات تعدادی سرریز تاج‌دایره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]

2. Bos, M. G. 1978. Discharge Measurement Structures. Publ. 20, Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wegeningen, The Netherlands.
3. Cassidy, J. J. 1965. Irrotational flow over spillways of finite height. ASCE, J. Eng. Mech. Div. 91(6): 155-173.
4. Chanson, H. and J. S. Montes. 1998. Overflow characteristics of circular weir. ASCE, J. Irrig. & Drain. Eng. 124 (3): 152-162.
5. Dressler, R. F. 1978. New nonlinear shallow flow equation with curvature. IAHR, J. Hyd. Res. 16(3): 205-222.
6. Escande, L. and F. Sananes. 1959. Etude des seuils deversants a′ fente aspiratrice (weirs with suction slots). JI La Houille Blanche 14(Spl. B): 892-902.
7. Jaeger, C. 1956. Engineering Fluid Mechanics. Blackie & Son, Ltd., London.
8. Matthew, G. D. 1963. On the influence of the curvature, surface tension and viscosity on flow over round- crested weirs. Proc. Inst. Civil Eng. 25: 511-524.
9. Munson, B. R., D. F. Young and T. H. Okiishi. 1999. Fundamentals of Fluid Mechanics. John Wiley & Sons, New York.
10. Ramamurthy, A. S. and N. D. Vo 1993. Application of Dressler theory to weir flow. ASCE, J. Appl. Mech. Div. 60: 163-166.
11. Ramamurthy, A. S. and N. D. Vo. 1993. Characteristic of circular crested weir. ASCE, J. Hyd. Eng. 119(9): 1055-1063.
12. Ramamurthy, A. S., N. D. Vo and R. Balachandar. 1994. A note on irrotational curvilinear flow past a weir. Trans. ASME 116: 378-381.
13. Ramamurthy, A. S., N. D Vo and G. Vera. 1992. Momentum model of flow past weir. ASCE, J. Irrig. & Drain. Eng. 118(6): 988-994.
14. Sarginson, E. J. 1972. The influence of surface tension on weir flow. IAHR, J. Hyd. Res. 10(4): 431-446.

[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.3.4.5 ]