

به نام خدا



دانشکده مهندسی زراعی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی سازه‌های آبی

عنوان پایان نامه

تعیین میدان جریان اطراف سرریز-دریچه استوانه‌ای

دانشجو:

احمد اشرف پور

استاد راهنما:

دکتر محسن مسعودیان

بهمن 1392

« من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق »

به پاس زحمات پدر بزرگووارم، الگو و امید زندگی من، که گرمای وجودشان در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبانم می‌باشد، به پاس دلگرمی‌های مادر عزیزم که قلب بزرگشان بهترین ماوای من است، به پاس محبت‌های بی‌دریغ استاد راهنمای فرهیخته‌ام جناب دکتر محسن مسعودیان، که هرگز فروکش نکرد و در این مدت که توفیق شاگردی ایشان را داشتم شاهد کار، تلاش و زحمات تمام‌وقت ایشان بوده و آشنایی با ایشان دید تازه‌ای از یک استاد دانشگاهی برایم پدیدار نمود، قلم به دست گرفتم تا قدردان زحماتشان باشم، هر چند زحمات این عزیزان به هیچ عنوان قابل جبران نیست. بر دستانشان بوسه میزنم و برایشان دلی شاد، تنی سلامت و عمری طولانی آرزومندم. در تمام طول تحصیل، تنها حضور برادر عزیزم مهندس احسان اشرف‌پور، حلال مشکلات من بود، در اینجا کمال تشکر را از ایشان دارم.

در طی تهیه و نگارش این تحقیقات وجود دوستانی واقعی در برخی بن‌بست‌ها یاری‌کننده من بود و در این دوران که دوست ارزشی بیش از پیش پیدا کرده، این عزیزان با کمک‌های خود سختی‌های راه را برای من کمتر نمودند. بر خود واجب دانستم که از دوستان عزیزم، آقایان محمد قره‌گزلو، امین سالم‌نیا، احسان مبینی، مصطفی احمدی‌زاده و خانم‌ها نیایش فندرسکی و فرشته خسروی یاد کنم و بابت تمام زحماتشان کمال تشکر رو داشته باشم، باشد که هر کجا هستند شاد، سلامت و موفق باشند.

نهال را "باران" باید، تا سیرابش کند از آب حیات و "آفتاب" باید تا بتاباند نیرو را و محکم کند شاخه‌های تازه روئیده را؛

چکیده:

قرارگیری هر نوع سازه در مسیر جریان آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی سبب تحت تاثیر قرار گرفتن مشخصات هیدرولیکی جریان در اطراف سازه (بالادست و پایین‌دست) می‌گردد. سرریز-دریچه استوانه‌ای یکی از سازه‌های کنترل و تنظیم سطح آب بوده که به علت تداخل جریان عبوری همزمان از روی سرریز و زیر دریچه، سبب پیچیده شدن رفتار جریان اطراف خود می‌گردد، از طرفی شناخت رفتار جریان در بالادست و پایین‌دست سازه می‌تواند نقش بسزایی در طراحی صحیح و اصولی آن ایفا نماید. استفاده از مدل‌های عددی در شبیه‌سازی جریان دارای مزایایی چون، سرعت اجرای بالا، اقتصادی بودن و عدم نیاز به مکان فیزیکی جهت اجرا، نسبت به مدل‌های آزمایشگاهی می‌باشد. نرم‌افزار فلوئنت یکی از قوی‌ترین نرم‌افزارهای هیدرولیک محاسباتی بوده که قادر به شبیه‌سازی جریان‌های هیدرولیکی می‌باشد، لذا در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت جریان اطراف سرریز-دریچه استوانه‌ای شبیه‌سازی گردیده، بدین صورت که، ابتدا مدل‌های مختلف آشفتگی در شبیه‌سازی جریان بررسی شده و سپس بهترین مدل انتخاب و با شبیه‌سازی جریان اطراف سازه و مقایسه آن با داده‌های آزمایشگاهی سرعت و پروفیل سطح آب (استفاده شده از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای مهندس قره‌گزلو (1390)) مدل صحت‌سنجی شده و سپس با استفاده از مدل صحت‌سنجی شده، پروفیل‌های سرعت در بالادست و توزیع فشار و پروفیل سرعت روی بدنه سازه شبیه‌سازی، استخراج و بررسی شده است. نتایج نشان داد که مدل فلوئنت قادر به شبیه‌سازی میدان جریان بالادست سازه با دقت بالایی بوده ولی در شبیه‌سازی جریان پایین‌دست سازه دارای خطای زیادی می‌باشد و مشاهده گردید که با قرارگیری سرریز-دریچه استوانه‌ای در مسیر جریان، میدان جریان بالادست تا فاصله‌ای حدود دو برابر قطر سازه تحت تاثیر قرار می‌گیرد، همچنین در یک دبی و بازشدگی ثابت، با افزایش قطر سرریز-دریچه، نقطه سکون به موازات محور عمودی سازه به سمت بالا، و در یک قطر و دبی ثابت، با کاهش میزان بازشدگی نیز، به موازات محور عمودی سازه به سمت پایین و در یک قطر و بازشدگی ثابت، با افزایش دبی در راستای محور عمودی سازه به سمت پایین منتقل می‌شود و در فاصله 1 میلی‌متری از بدنه، میزان حداکثر و حداقل سرعت روی سرریز و زیر دریچه رخ می‌دهد. همچنین در یک دبی و بازشدگی ثابت، با افزایش قطر میزان فشار منفی روی سرریز افزایش یافته و محل آن از تاج دور شده و به پایین‌دست انتقال می‌یابد.

کلمات کلیدی: میدان جریان، فلوئنت، سرریز-دریچه استوانه‌ای، پروفیل سرعت، توزیع فشار.

فهرست مطالب

1.....	فصل اول: کلیات.....
2.....	1-2- مقدمه.....
2.....	1-1-2- سرریز-دریچه استوانه ای.....
3.....	2-1-2- محاسبات عددی.....
4.....	2-2- ضرورت انجام تحقیق.....
4.....	3-2- فرضیات پژوهش.....
4.....	4-2- اهداف پژوهش.....
5.....	فصل دوم: تئوری.....
6.....	1-3- تئوری سرریزهای استوانه ای.....
7.....	2-3- تئوری دریچه‌های استوانه ای.....
8.....	3-3- تئوری سرریز-دریچه استوانه ای.....
9.....	4-3- تئوری حل عددی.....
9.....	1-4-3- دینامیک سیالات محاسباتی.....
10.....	2-4-3- نرم افزار گمبیت.....
11.....	3-4-3- نرم افزار فلوئنت.....
11.....	4-4-3- مدل های چند فازی.....
12.....	5-4-3- مدل های آشفتگی.....
18.....	6-4-3- شرایط مرزی.....
20.....	فصل سوم: سابقه تحقیق.....
21.....	1-4- مقدمه.....
21.....	2-4- مطالعات آزمایشگاهی انجام شده.....
28.....	3-4- مطالعات عددی انجام شده.....
31.....	فصل چهارم: مواد و روش‌ها.....
32.....	1-5- مقدمه.....

33.....	5-2- محاسبات عددی
33.....	1-2-5- تهیه شبکه
34.....	2-2-5- شرایط مرزی
35.....	3-2-5- مدل چندفازی
35.....	4-2-5- تعریف مواد
36.....	5-2-5- مدل های آشفتهگی
37.....	6-2-5- همگرایی حل
37.....	7-2-5- پروفیل سطح آب
37.....	8-2-5- پروفیل سرعت
37.....	9-2-5- پروفیل فشار
38.....	فصل پنجم: نتایج و بحث
39.....	1-6- مقدمه
39.....	2-6- صحت سنجی مدل
39.....	1-2-6- سرریز استوانه‌ای
43.....	2-2-6- مدل سازی سه بعدی
44.....	3-2-6- بررسی و انتخاب مدل آشفتهگی
46.....	3-3-6- نتایج شبیه سازی
46.....	1-3-6- پروفیل سرعت در میدان جریان بالادست
48.....	2-3-6- پروفیل سرعت اطراف بدنه
51.....	3-3-6- نقطه سکون
53.....	4-3-6- توزیع فشار
60.....	فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
61.....	1-7- مقدمه
61.....	2-7- خلاصه نتایج
62.....	3-7- پیشنهادات

فهرست شکل‌ها

- شکل 1-2 . سرریز استوانه ای 6
- شکل 2-2 . دریچه قطاعی، (محمودیان شوشتری، 1388) 7
- شکل 3-2 . دریچه استوانه ای 7
- شکل 4-2 . نمایی از سرریز-دریچه استوانه ای 8
- شکل 5-2 . سلولهای دوبعدی 10
- شکل 6-2 . سلولهای سه بعدی 10
-
- شکل 1-3 . نمایی از مقطع کانال و دریچه استوانه ای (قره‌گزلو و همکاران، 1390) 24
- شکل 2-3 . نمایی از مقطع کانال و سرریز-دریچه (قره‌گزلو و همکاران، 1390) 24
- شکل 3-3 . مقطع کانال و سازه ترکیبی نیم استوانه ای (با انحنا در پایین دست و بالادست) (قره‌گزلو و همکاران، 1390) 25
- شکل 3-4 . سرریز-دریچه نیم استوانه ای با انحنا در پایین دست و بالادست (در حالت مستغرق) (مسعودیان و همکاران، 1390) 25
- شکل 3-5 . سازه ترکیبی استوانه ای در حالت دریچه مستغرق (مسعودیان و همکاران، 1390) 26
- شکل 3-6 . سازه ترکیبی استوانه ای در حالت دریچه و سرریز مستغرق (مسعودیان و همکاران، 1390) 26
- شکل 3-7 . مدل دریچه در استفاده بدون سرریز (قره‌گزلو و همکاران، 1391) 27
- شکل 3-8 . نمایی از پروفیل سطح آب شبیه‌سازی شده (فرسادی زاده و همکاران، 1387) 28
- شکل 3-9 . نمایی از بردارهای سرعت شبیه‌سازی شده (فرسادی زاده و همکاران، 1387) 28
- شکل 3-10 . توزیع انواع فشار بر روی سطح سرریز استوانه ای (الف) فشار استاتیک (ب) فشار دینامیکی (اسماعیلی و همکاران، 1389) 29
- شکل 3-11 . شکل ترسیمی و شبکه بندی آن برای مدل عددی (رحیم زاده و همکاران، 2012) 30
-
- شکل 4-1 . تصویر شماتیک فلوم 32
- شکل 4-2 . تصویر فلوم آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه بوخوم آلمان 32
- شکل 4-3 . نمایی از صفحه اصلی نرم افزار فلوئنت 33
- شکل 4-4 . نمایی از صفحه اصلی نرم افزار گمبیت 34
- شکل 4-5 . طرح شماتیک از هندسه و شرایط مرزی مدل عددی سرریز 34
- شکل 4-6 . طرح شماتیک از هندسه و شرایط مرزی مدل عددی سرریز-دریچه 34
- شکل 4-7 . نمایی از منوی مربوط به مدل چندفازی 35
- شکل 4-8 . نمایی از منوی مربوط به پایگاه اطلاعات مواد 36
- شکل 4-9 . نمایی از منوی مربوط به مدل لزجت 37

- شکل 5-1 . پروفیل سطح آب شبیه سازی شده و اندازه گیری شده برای سرریز استوانه‌ای با قطر 85 میلی‌متر.....39
- شکل 5-2 . خطای محاسبه پروفیل سطح آب شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده برای سرریز استوانه‌ای با قطر 85 میلی‌متر.....40
- شکل 5-3 . خطای محاسبه پروفیل سطح آب شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده برای سرریز استوانه‌ای با قطر 60 میلی‌متر.....40
- شکل 5-4 . خطای محاسبه پروفیل سطح آب شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده برای سرریز استوانه‌ای با قطر 40 میلی‌متر.....40
- شکل 5-5 . مقدار متوسط درصد خطای محاسبه پروفیل سطح آب در مدل عددی سرریز استوانه‌ای.....41
- شکل 5-6 . تصویر جریان آشفته پشت سرریز استوانه‌ای در مدل آزمایشگاهی.....41
- شکل 5-7 . خطوط هم تراز آشفته‌گی در مدل عددی سرریز استوانه‌ای.....42
- شکل 5-8 . خطوط جریان در مدل عددی سرریز استوانه‌ای.....42
- شکل 5-9 . بردارهای سرعت پایین دست سرریز استوانه‌ای در مدل عددی.....42
- شکل 5-10 . شکلی از پروفیل سطح آب شبیه‌سازی شده به صورت سه بعدی.....43
- شکل 5-11 . پروفیل سطح آب شبیه‌سازی شده به صورت دو بعدی.....43
- شکل 5-12 . مقایسه پروفیل سطح آب شبیه‌سازی شده دو بعدی با سه بعدی.....44
- شکل 5-13 . پروفیل سطح آب اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های آشفته‌گی $k-\epsilon$44
- شکل 5-14 . پروفیل سطح آب اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های آشفته‌گی $k-\omega$45
- شکل 5-15 . پروفیل سطح آب اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های آشفته‌گی RSM.....45
- شکل 5-16 . مقایسه پروفیل‌های سرعت.....46
- شکل 5-17 . پروفیل‌های سرعت بالادست سرریز-دریچه.....47
- شکل 5-18 . پروفیل سرعت نزدیک به بستر در بالادست.....47
- شکل 5-19 . خط فرضی مشخص شده اطراف سرریز-دریچه استوانه‌ای.....48
- شکل 5-20 . زوایه‌بندی و جهت زوایه θ48
- شکل 5-21 . مقدار سرعت در جهت x در فاصله 1 میلی‌متری از بدنه سرریز-دریچه.....49
- شکل 5-22 . مقدار سرعت در جهت y در فاصله 1 میلی‌متری از بدنه سرریز-دریچه.....49
- شکل 5-23 . بردارهای سرعت در خطوط فرضی با تقسیم‌بندی‌های 30 درجه‌ای (تا فاصله 44 میلی‌متری).....50
- شکل 5-24 . بردارهای سرعت در خطوط فرضی 10، 20، 30 و 40 میلی‌متری از بدنه سرریز-دریچه.....50
- شکل 5-25 . اثر قطر و دبی بر محل نقطه سکون در مدل ترکیبی سرریز-دریچه استوانه‌ای.....51
- شکل 5-26 . طرح شماتیک جابجایی محل نقطه سکون با افزایش دبی.....52
- شکل 5-27 . اثر بازشدگی و دبی بر محل نقطه سکون در مدل ترکیبی سرریز-دریچه استوانه‌ای.....53
- شکل 5-28 . مقدار فشار استاتیک روی بدنه سرریز-دریچه (بر حسب درجه).....54
- شکل 5-29 . پروفیل سطح آب و خطوط هم‌فشار جریان شبیه‌سازیشده اطراف سرریز-دریچه استوانه‌ای.....54
- شکل 5-30 . تغییرات محل و مقدار فشار منفی با تغییرات دبی روی بدنه سرریز-دریچه استوانه‌ای.....55
- شکل 5-31 . نمودار تغییرات محل حداکثر فشار منفی روی نیم‌استوانه بالایی بدنه سرریز-دریچه استوانه‌ای با تغییرات دبی برای قطرهای مختلف.....56

شکل 5-32 . نمودار تغییرات محل حداکثر فشار منفی روی نیم‌استوانه پایینی بدنه سرریز-دریچه استوانه‌ای با تغییرات دبی برای قطرهای مختلف 56

شکل 5-33 . تغییرات محل و مقدار فشار منفی با تغییرات قطر روی بدنه سرریز-دریچه استوانه‌ای 57

شکل 5-34 . نمودار تغییرات محل حداکثر فشار منفی روی نیم‌استوانه بالایی بدنه سرریز-دریچه استوانه‌ای با تغییرات دبی برای بازشدگی‌های مختلف 58

شکل 5-35 . نمودار تغییرات محل حداکثر فشار منفی روی نیم‌استوانه پایینی بدنه سرریز-دریچه استوانه‌ای با تغییرات دبی برای بازشدگی‌های مختلف 58

شکل 5-36 . تغییرات محل و مقدار فشار منفی با تغییرات میزان بازشدگی دریچه، روی بدنه سرریز-دریچه استوانه‌ای 59

فهرست جدول

- جدول 2-1 . ضرایب ثابت مدل آشفنگی $k-\varepsilon$ استاندارد..... 14
- جدول 2-2 . ضرایب ثابت مدل آشفنگی (Realizable) $k-\varepsilon$ 16
- جدول 2-3 . ضرایب ثابت مدل آشفنگی $k-\omega$ استاندارد..... 17
- جدول 2-4 . ضرایب ثابت مدل آشفنگی (SST) $k-\omega$ 17
- جدول 3-1 . هیدرولیک مدل ترکیبی سرریز-دریچه مستطیلی، مثلثی و ترکیب آن‌ها (قره‌گزلو و همکاران، 1389)..... 22
- جدول 3-2 . هیدرولیک سرریز استوانه‌ای (قره‌گزلو و همکاران، 1389)..... 23

فصل اول: کلیات

2-1-1- مقدمه

امروزه سرریزهای تاج‌دایره‌ای، استوانه‌ای شکل و سرریز-دریچه استوانه‌ای به دلیل طراحی آسان، ضریب دبی بالا و هزینه ساخت کمتر نسبت به سرریزهای دیگر، می‌توانند در سیستم‌های توزیع و انتقال آب کاربرد زیادی جهت اندازه‌گیری جریان و یا تنظیم سطح آب داشته باشند. با ساخت سرریزهای قابل انعطاف مانند سرریزهای لاستیکی این سرریزها بار دیگر مورد توجه قرار گرفته‌اند. نمونه دیگر استفاده از این سرریزها در دریچه‌های غلتکی، سرریزهای فلزی و دریچه‌های استوانه‌ای (فلز تو خالی است که بوسیله سیستم‌های بتنی در جای خود نگهداری می‌شوند) می‌باشند [23 و 26]. همانطور که بر طبق تعریف داریم، هر مانعی که بر سر راه جریان در کانال قرار گیرد و باعث شود تا آب در پشت آن بالا آمده و بر سرعت آب در ضمن عبور از روی آن افزوده شود، سرریز نامیده می‌شود. از آن‌جا که سرریزها در کارهای مهندسی عمران مورد استفاده فراوانی دارند، بررسی و مطالعه آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. دریچه‌ها نیز از جمله سازه‌های کنترل‌کننده جریان هستند که در شکل‌ها و با نحوه عملکردهای متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله محل‌های استفاده دریچه‌ها می‌تواند، روی تاج سرریزهای لبه‌آبریز و خروج آب از دریاچه به رودخانه و کانال باشد. هر نوع دریچه امتیازات و نقایص مربوط به خود را داشته و با توجه به موقعیت کاربرد و خصوصیات استفاده از آن، می‌توان یکی از انواع دریچه را انتخاب نمود [3].

علم دینامیک سیالات به سه بخش تجربی، تئوری و محاسباتی دسته‌بندی می‌شود و دینامیک سیالات محاسباتی یا عددی که به CFD^1 معروف است خود به چهار گروه: روش اختلاف محدود، روش حجم محدود، روش المان محدود و روش المان مرزی تقسیم می‌گردد. دینامیک سیالات محاسباتی به عبارتی تحلیل سیستم‌های شامل جریان سیال و پدیده‌های همراه بر اساس شبیه‌سازی توسط رایانه می‌باشد که با پیشرفت رایانه‌ها حل عددی این مسائل ساده شده و می‌توان با استفاده از روش عددی رفتار جریان و تغییرات آن را به راحتی نمایش داد در ضمن این روش بسیار تواناست و طیف وسیعی از کاربردهای صنعتی و غیرصنعتی را در بر می‌گیرد [6].

2-1-1-1- سرریز-دریچه استوانه‌ای

هیدرولیک سازه‌ی استوانه‌ای در سه حالت مختلف سرریز، دریچه و سرریز-دریچه می‌تواند بررسی گردد که در هر سه حالت نیز، سازه استوانه‌ای نسبت به موارد جایگزین دارای مزایای خاصی می‌باشد. ترکیب سرریز-دریچه استوانه‌ای برای تنظیم و اندازه‌گیری جریان در کانال‌ها و رودخانه‌هایی که دارای مواد شناور (چوب و یخ) و همچنین رسوب در کف هستند، می‌تواند بکار رود که امکان انتقال مواد رسوبی از زیر دریچه و مواد شناور از روی سرریز را فراهم آورد؛ بعلاوه سرریزهای دایره‌ای یا استوانه‌ای برای اندازه‌گیری جریان، بخصوص در شدت جریان‌های بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سرریزها کاربرد وسیعی در مهندسی هیدرولیک به عنوان تخلیه آب داشته و در کانال‌ها و مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزیت سرریزهای دایره‌ای در پایداری الگوی جریان، سهولت عبور تکه‌های شناور و نیز ساده بودن طراحی آنها در مقایسه با سرریزهای اوجی است [23 و 26]. تجمع مواد رسوبی در بالادست و کنترل و اندازه‌گیری دبی در لوله‌ها، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، کانال‌های آبریزی و همچنین فاضلاب از معضلات اندازه‌گیری دبی می‌باشد. همواره

¹ Computational Fluid Dynamic (CFD)

آب جاری در مسیر کانال، دارای ذرات معلق رسوب و مواد شناور می‌باشد که در پشت سرریز فرصت ته‌نشینی پیدا کرده و در آنجا تجمع یافته و موقعیت و شکل سرریز را در بالادست تغییر می‌دهد؛ به این ترتیب تاثیر ارتفاع سرریز کاهش یافته و موجب افزایش ضریب دبی می‌گردد. مدل سرریز و دریاچه در مقایسه با وسایل رایج امکان نزدیک نمودن شرایط واقعی را به فرضیات اصلی تئوری استخراج روابط نزدیک‌تر و تخمین دبی را با دقت بیشتر میسر می‌نماید. در این مدل مواد قابل ته‌نشین شدن به راحتی از قسمت دریاچه خارج و مواد معلق به شکل بهتری از سرریز تخلیه می‌شوند[11].

2-1-2- محاسبات عددی

در قرن هجده و نوزده میلادی، برای توصیف حرکت سیالات به صورت ریاضی کارهای زیادی انجام شد، دانیل برنولی² معادله مشهور برنولی را بدست آورد و لئوناردو اویلر³ معادلات اویلر را که قانون بقای مومنوم و جرم را در سیالات غیر لزج بیان می‌کنند، پیشنهاد و برای اولین بار تئوری پتانسیل سرعت را بیان کرد. کلود ناویر⁴ و جورج استوکس⁵ ترم‌های لزجت را به معادله اویلر اضافه کردند و بدین ترتیب معادله مشهور ناویر-استوکس⁶ را ارائه کردند این معادلات دیفرانسیلی در واقع مبنای دینامیک سیالات محاسباتی امروزی می‌باشد اما معادلات ناویر-استوکس به قدری پیچیده و وابسته به هم می‌باشند که حل آن‌ها برای یک سیال حقیقی تا سال‌های 1970 و آن هم به کمک کامپیوتر ممکن نشد. (1) امروزه با پیشرفت رایانه، استفاده از روش‌های عددی به‌عنوان یک راه سوم (علاوه بر روش‌های تجربی و تئوری) برای حل مسائل جریان سیال بیشتر صورت می‌پذیرد. این روش، دینامیک سیالات محاسباتی یا CFD، عبارت است از تحلیل سیستم‌های شامل سیال بر اساس شبیه‌سازی رایانه‌ای می‌باشد. نرم‌افزار Fluent یکی از قدرتمندترین نرم-افزارهای دینامیک سیالات محاسباتی است که قادر به حل مسائل جریان سیال، جریان‌های چندفازی، جریان‌های مغشوش، انتقال حرارت، احتراق، فرایندهای شیمیایی و غیره می‌باشد. این نرم‌افزار اولین بار در سال 1985 توسط شرکت Fluent ارائه شد و در این نرم‌افزار تعریف کردن هدف‌های شبیه‌سازی، انتخاب مدل محاسباتی، انتخاب مدل فیزیکی و مشخص کردن رویه حل، دارای اهمیت می‌باشند. قابل ذکر است که برای شروع به کار شبیه‌سازی، جهت تولید هندسه، شبکه‌بندی و تعیین شرایط مرزی از نرم‌افزارهای پیش‌پردازنده مانند Gambit استفاده می‌شود.

² Daniel Bernoulli

³ Leonhard Euler

⁴ Claude-Louis Navier

⁵ George Gabriel Stokes

⁶ Navier–Stokes equations

2-2 - ضرورت انجام تحقیق

شناخت بیشتر چگونگی میدان جریان اطراف سازه‌های هیدرولیکی از دیرباز مهمترین مسئله مورد توجه در طراحی می‌باشد که یکی از راهکارهای آن استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی یا CFD است. علاوه بر سرعت بیشتر محاسبات عددی، می‌توان با این روش اطلاعات کامل با جزئیات بیشتر از قبیل تغییرات سرعت، فشار و غیره را در سراسر حوزه مورد نظر بدست آورد که در مقابل، اغلب اوقات شبیه‌سازی آزمایشگاهی جهت بدست آوردن این گونه اطلاعات مشکل و مستلزم صرف هزینه و زمان زیاد بوده و حتی در بعضی شرایط غیرممکن است، در واقع مهمترین امتیاز یک پیشگویی محاسباتی، هزینه پایین آن و از امتیازات دیگر سرعت، توانایی شبیه‌سازی شرایط واقعی و شرایط ایده‌آل می‌باشند [5]. به همین خاطر در نظر است در این تحقیق میدان جریان اطراف سرریز-دریچه استوانه‌ای را با استفاده از نرم‌افزار فوق بدست آورده که در این صورت می‌توان ضرایب و پارامترهای هیدرولیکی جریان و سرریزها را مشخص نمود.

2-3 - فرضیات پژوهش

- شبیه‌سازی جریان اطراف سازه سرریز-دریچه امکان پذیر است.
- دقت شبیه‌سازی جریان اطراف سرریز-دریچه استوانه‌ای با استفاده از مدل‌های آشفتگی مختلف، متفاوت خواهند بود.
- محدوده فشار منفی روی سرریز-دریچه به وسیله نرم‌افزار قابل محاسبه و تعیین می‌باشد.

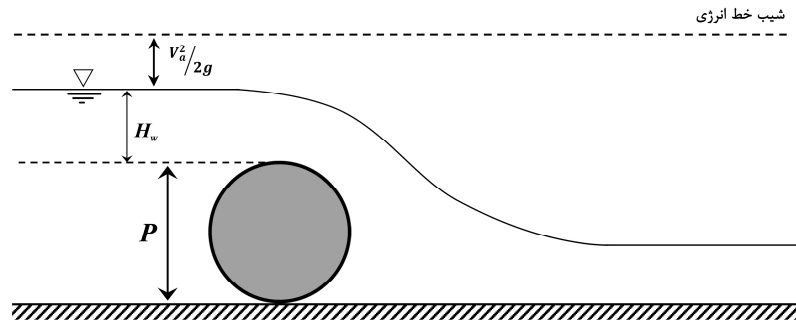
2-4 - اهداف پژوهش

- بررسی مدل‌های مختلف برای شبیه‌سازی جریان
- تعیین مناسب‌ترین مدل آشفتگی
- مقایسه نتایج شبیه‌سازی عددی با نتایج آزمایشگاهی
- بررسی دقت نرم‌افزار در شبیه‌سازی سرریز-دریچه استوانه‌ای
- تعیین مشخصات جریان اطراف سرریز-دریچه استوانه‌ای با استفاده از مدل صحت‌سنجی شده

فصل دوم: تئوری

3-1- تئوری سرریزهای استوانه‌ای

بوس⁷ در مطالعه‌ای که در مورد سرریزهای لوله‌ای انجام داد به این نتیجه رسید که فرمول دبی در سرریزهای لوله‌ای مطابق رابطه زیر می‌باشد [27].



شکل 1-2. سرریز استوانه‌ای

$$q = c_e \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g H_w^{1.5} \quad (1-2)$$

در معادله (1-2)، q دبی در واحد عرض (متر مکعب بر ثانیه بر متر)، c_e ضریب دبی، g شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)، H_w ارتفاع آب روی سرریز (متر)، است که در این رابطه c_e خود تابعی از سه ضریب C_0 تابعی از نسبت تیغه جریان به شعاع سرریز (H_w/R) ، C_1 تابعی از نسبت ارتفاع سرریز بر تیغه جریان روی سرریز (P/H_w) و C_2 تابعی از P/H_w و شیب بدنه بالادست می‌باشد.

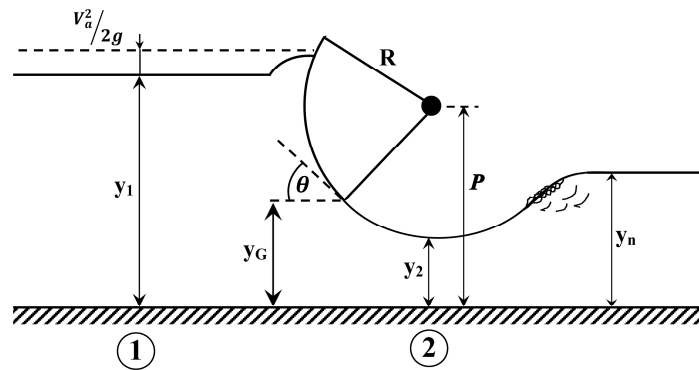
از آن جا که سرریز استوانه‌ای، در حقیقت سرریز لوله‌ای با ارتفاع و شیب بدنه کم می‌باشد، این سرریزها همانند سرریزهای لبه‌پهن عمل می‌کنند و تئوری جریان در سرریزهای استوانه‌ای همانند سرریزهای لبه‌پهن دیگر می‌باشد. بنابراین ضریب دبی در سرریزهای استوانه‌ای به صورت رابطه (2-2) می‌باشد.

$$c_d = \frac{q}{g^{0.5} \left(\frac{2}{3} H_w \right)^{\frac{3}{2}}} \quad (2-2)$$

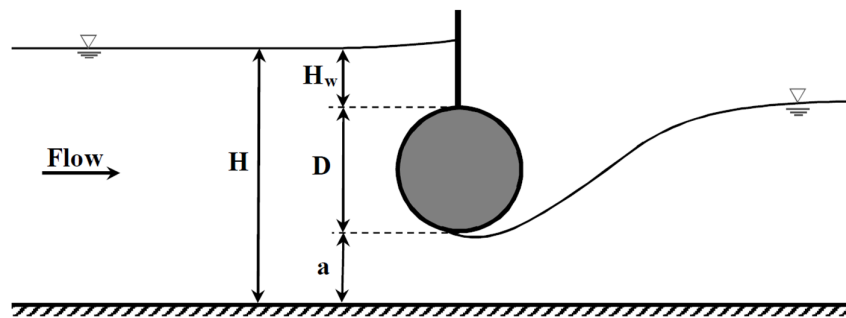
¹Bos

3-2- تئوری دریچه‌های استوانه‌ای

دریچه‌ی استوانه‌ای، شکلی نزدیک به دریچه شعاعی دارد، بنابراین هیدرولیک آن همانند هیدرولیک دریچه‌ی شعاعی می‌باشد، با این تفاوت که زاویه θ بیشتر بوده و این باعث افزایش ضریب فشردگی C_c نسبت به دریچه‌ی شعاعی می‌گردد [22].



شکل 2-2. دریچه قطاعی، (محمودیان شوشتری، 1388)



شکل 3-2. دریچه استوانه‌ای

زاویه‌ی لبه θ نه تنها با y_G تغییر می‌کند، بلکه اندازه شعاع دریچه (R) و ارتفاع محور افقی دریچه (P)، شکل کلی را از دریچه‌ای به دریچه دیگر تغییر می‌دهد. از معادله تجربی زیر برای تعیین C_c در شرایط جریان آزاد می‌توان استفاده نمود:

$$c_c = 1 - 0.75 \left(\frac{\theta}{90} \right) + 0.36 \left(\frac{\theta}{90} \right)^2 \quad (3-2)$$

که در آن زاویه θ بر حسب درجه می‌باشد.

در نهایت ضریب دبی C_d را به صورت زیر تعریف می‌نمائیم:

$$C_d = C_c \sqrt{\frac{y_1}{y_1 + C_c y_G}} = \frac{C_c}{\sqrt{1 + \frac{C_c y_G}{y_1}}} \quad (4-2)$$

3-3 - تئوری سرریز - دریچه استوانه‌ای

شکل زیر، نمایی شماتیک از مدل ترکیبی سرریز-دریچه را نشان می‌دهد. در این مدل ترکیبی، دبی کل از رابطه زیر بدست می‌آید.

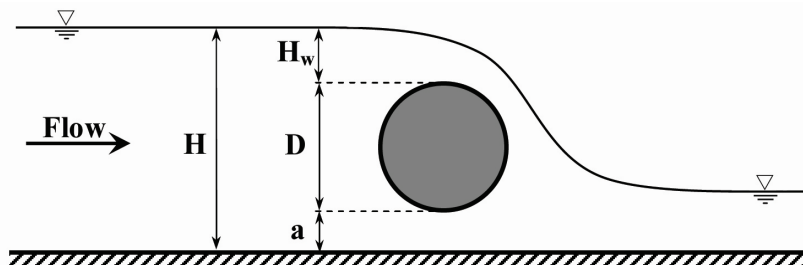
$$Q_t = Q_g + Q_w \quad (5-2)$$

که در آن،

Q_t : دبی عبوری از مدل ترکیبی

Q_g : دبی عبوری از قسمت دریچه

Q_w : دبی عبوری از قسمت سرریز می‌باشد.



شکل 4-2. نمایی از سرریز-دریچه استوانه‌ای

در صورتی که رابطه عمومی برآورد دبی دریچه به صورت رابطه زیر استفاده شود؛

$$Q_g = C_{d_g} . a . b . \sqrt{2gh} \quad (6-2)$$

که در این فرمول دبی عبوری از زیر دریچه Q_g ، ضریب آبگذری دریچه C_{d_g} ، میزان بازشدگی دریچه a ، عرض کانال b ، عمق جریان در بالادست دریچه h و شتاب ثقل g است. همچنین بوس در مطالعه‌ای که در مورد سرریزهای استوانه‌ای انجام داد به این نتیجه رسید که فرمول دبی در سرریزهای استوانه‌ای مطابق رابطه زیر می‌باشد.

$$Q_w = C_{dw} \cdot b \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot H^{1.5} \quad (7-2)$$

که در آن Q_w دبی عبوری از سرریز استوانه‌ای و H ارتفاع آب روی سرریز است. بنابراین ضریب دبی سازه ترکیبی از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$C_d = \frac{Q_s}{ab\sqrt{2gh} + \frac{2}{3}b\sqrt{\frac{2}{3}}gH^{1.5}} \quad (8-2)$$

و در آن، Q_s دبی عبوری از سازه ترکیبی می‌باشد.

3-4 - تئوری حل عددی

3-4-1 - دینامیک سیالات محاسباتی

به‌طور کلی برای شبیه‌سازی و حل میدان‌های جریان سه روش وجود دارد:

- 1- روش‌های تجربی (آزمایشگاهی)
- 2- روش‌های تئوری و تحلیلی
- 3- روش‌های حل عددی یا CFD

روش‌های تجربی و آزمایشگاهی بر پایه اندازه‌گیری‌های عملی و اغلب بر اساس قضیه پی باکینگهام بنا شده‌اند. روش‌های تئوری و تحلیلی بر اساس حل معادلات حاکم در مکانیک سیالات بنا شده‌اند. چون این معادلات، یک مجموعه معادلات دیفرانسیل پاره‌ای غیرخطی و وابسته را ایجاد می‌کنند که باید در یک قلمرو ناهموار و با شرایط اولیه و مرزی مختلف حل شوند، بنابراین در بیشتر موارد، حل تحلیلی معادلات سیالات بسیار محدود است و با اعمال شرایط مرزی این محدودیت‌ها تنگ‌تر می‌شوند. روشی که در سال‌های اخیر برای حل این معادلات شهرت زیادی یافته، دینامیک سیالات محاسباتی یا CFD می‌باشد که بر پایه محاسبات عددی بنا شده است. امروزه با پیشرفت رایانه، استفاده از روش‌های عددی به‌عنوان یک راه سوم (علاوه بر روش‌های تجربی و تئوری) برای حل مسائل جریان سیال بیشتر صورت می‌پذیرد. این روش، دینامیک سیالات محاسباتی یا CFD، عبارت است از تحلیل سیستم‌های شامل سیال بر اساس شبیه‌سازی رایانه‌ای می‌باشد.

لازم به ذکر است که برای حل یک مسئله CFD می‌بایست مراحل زیر انجام شود:

- 1- بیان هدف‌های شبیه‌سازی و تحلیل
- 2- ایجاد هندسه مسئله و شبکه مورد نیاز آن
- 3- انتخاب حل‌کننده و مدل فیزیکی مناسب
- 4- محاسبه و تحلیل مسئله و سپس نمایش نتایج حل آن
- 5- امتحان کردن نتایج محاسبات و ذخیره نتایج
- 6- در صورت لزوم تجدید نظر و اصلاح مدل

3-4-2- نرم افزار گمبیت

این نرم افزار جهت تولید هندسه و به صورت اختصاصی تولید مش (شبکه بندی) برای حل مسائل دینامیک سیالات محاسباتی طراحی شده است. در واقع گمبیت یک پیش پردازنده برای نرم افزارهای دینامیک سیالات محاسباتی نظیر فلوئنت است که خروجی این برنامه پیش پردازنده به شکل فایل های ورودی برای نرم افزار فلوئنت می باشد. به طور کلی مراحل که این پیش پردازنده به آن می پردازد به صورت زیر است:

1- **تولید هندسه:** در این مرحله هم می توان هندسه را در این نرم افزار تولید کرد و هم می توان از نرم افزارهای دیگر تولید کننده هندسه مانند اتوکد، هندسه مورد نظر را به این نرم افزار وارد کرد.

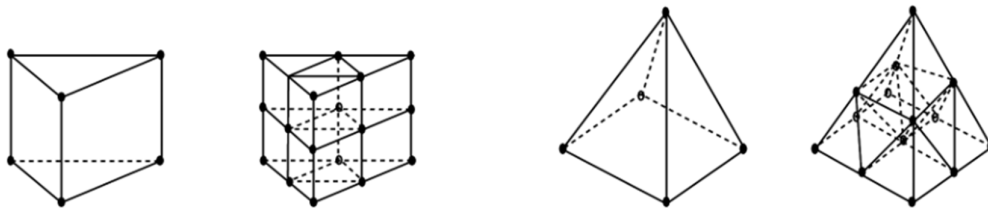
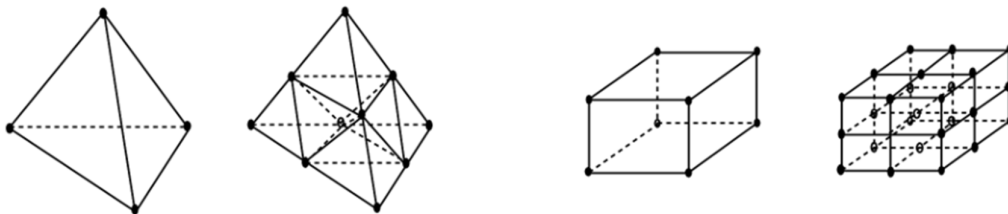
2- **تولید شبکه:** بعد از تولید هندسه یا وارد کردن از نرم افزارهای دیگر، می توان با استفاده از امکانات منحصر به فرد این نرم افزار اقدام به تولید شبکه نمود.

3- **تعریف نواحی و مرزهای مختلف:** در این مرحله تعریفی مناسب به شبکه ها و مرزهای تولید شده برای قابل فهم شدن در حلال های مختلف، اعطا می شود. (مانند تعریف کردن نوع مرز ورودی جریان)

این نرم افزار برای مش بندی هندسه های دوبعدی از سلول های مثلثی و چهارضلعی (یا ترکیبی از هر دو) و برای هندسه های سه بعدی از چهاروجهی، شش وجهی، هرمی (یا ترکیبی از آنها) استفاده می کند که هر یک مزایا و گاهی محدودیت هایی دارند و انتخاب نوع شبکه بستگی به نوع کاربرد و مساله مورد نظر دارد.



شکل 2-5. سلول های دوبعدی



شکل 2-6. سلول های سه بعدی