



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد

گرایش مهندسی آب - هیدرولیک

## بررسی عددی میدان هیدرولیک و جریان رسوب در حوضچه ته نشینی رسوب تحت تاثیر پارامترهای غیر هندسی

استاد راهنما

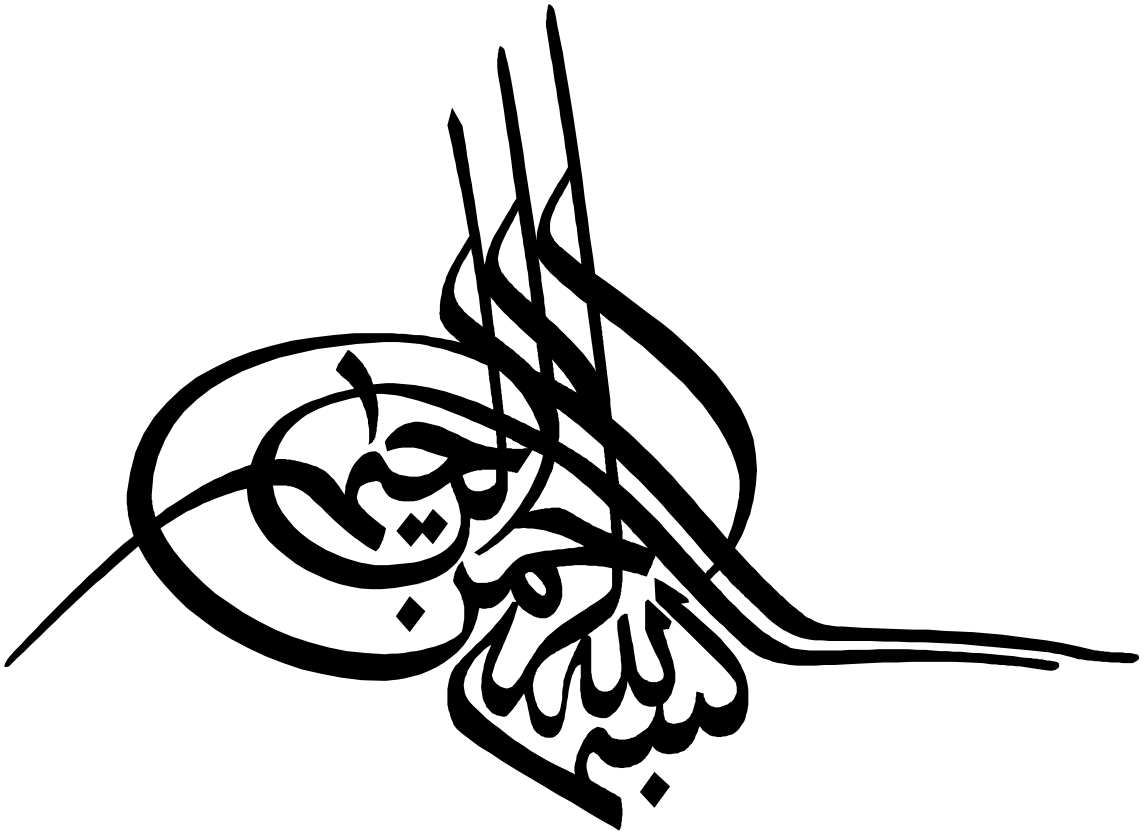
دکتر حمید شاملو

نگارنده

حسن نوروزی

۸۸۰۰۱۴۴

زمستان ۱۳۹۰



پیشگاہ قطب علم و عالم امکان، و یگانہ منجی عالم بشریت،  
حضرت ولی عصر «عجل اللہ تعالی فرجه شریف»

پدر و مادر بزرگوارم و ہمہ کسانی کہ در راہ اعتلای علم

گام برمی دارند.

## تقدیر و تشکر

پروردگار منان را به بزرگی و رحمتش سپاسگزارم، که در تمامی سخت‌های زندگی و در طول این تحقیق لطف او شامل حال من بوده است؛

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر شالمو که دلسوزانه راهنمایی من در طول این تحقیق بوده اند، کمال تشکر و سپاس را دارم؛  
از پدر و مادر مهربانم که زحمات زیادی را در طول زندگی برای من متحمل شده و می‌شوند، سپاسگزار می‌نمایم؛  
از جناب آقای مهندس اشنی‌عشری که راهنمایی‌های ارزشمندشان در انجام این پایان‌نامه بسیار مؤثر بود، تشکر می‌نمایم.  
از تمامی دوستان و همراهان عزیز در طی دوران تحصیل که همراه بنده بودند، سپاسگزارم

یکی از سازه های مهم در زمینه ته نشینی رسوب، حوضچه های ته نشینی می باشد. با توجه به مصرف بالای آب در زمینه شرب و کمبود آب در جهان نیاز به ایجاد تصفیه خانه برای تصفیه آب می باشد که یکی از قسمتهای مهم تصفیه خانه ها، حوضچه ته نشینی می باشد. علاوه بر تصفیه آب، کاربرد مهم دیگر حوضچه های ته نشینی، جداسازی ذرات معلق و رسوبات رودخانه می باشد. ذرات معلق در طی مسیر برای سازه های انتقال آب ایجاد مشکل می نمایند، بطوریکه کارایی سیستم را به شدت کاهش می دهند. بنابراین نیاز به بررسی عملکرد این سازه ها و ارائه راهکار مناسب برای جلوگیری از این مشکل می باشد. برای بررسی این موضوع در وهله اول نیاز به دانستن مشکلات موجود در حوضچه ته نشینی می باشد. از جمله این مشکلات، جریانهای گردابه ای هستند که به وسیله اینرسی سیال وارد شونده شروع به کار می کنند، جریانهای قائم که در اصل جریانهای ایجاد شده در اثر تغییرات حرارتی می باشند، جریانهای چگال که به وسیله هوای گرم و سرد یا آبهای سبک و سنگین به وجود می آیند و جریانهای سطحی می باشند که بر اثر وزش باد ایجاد می شوند. با توجه به بزرگی و باز بودن سطح حوضچه های ته نشینی، کل سطح حوضچه در تماس با باد می باشد و با وزش باد سطح آب دچار تغییرات سرعت شده و باعث تولید چرخش در درون حوضچه می شود. وجود چرخش در حوضچه راندمان ته نشینی را کاهش می دهد. با توجه به اهمیت این موضوع، در این پژوهش به بررسی اثر باد بر راندمان حوضچه ته نشینی پرداخته شده است.

برای شبیه سازی اثر باد بر حوضچه، از نرم افزار SSIM2 استفاده شده است. در ابتدا شبیه سازی سه بعدی هیدرولیکی جریان در سه حوضچه مختلف (ویندسور، سارنیا و کالسروحه) تحت تاثیر پارامترهای هندسی بررسی شده و نتایج مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی موجود مقایسه شد. سپس اثر باد بر هیدرولیک جریان در حوضچه دلف مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن با نتیجه مدل آزمایشگاهی مقایسه گردید. در گام بعد برای نشان دادن اهمیت باد با جهات مختلف، اثر باد با سه سرعت مختلف و جهت ۴۵ درجه با جریان آب بر روی هیدرولیک جریان مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد بررسی رسوبی جریان در حوضچه کالسروحه بدون اثر باد با سرعتهای مختلف ورودی جریان انجام شد. در این بررسی رسوبات به صورت ذرات در ۱۰ کلاس طبقه بندی شده در نظر گرفته شد و بعد از شبیه سازی، نتیجه مدل عددی با نتیجه مدل آزمایشگاهی مقایسه گردید. سپس اثر

بادهای مختلف از سرعت ۳ تا ۱۵ متر بر ثانیه در جهت موافق و مخالف جریان بررسی شد و نتایج عددی به صورت نمودار برای راندمان تله اندازی، راندمان ته نشینی و راندمان ذرات معلق در حوضچه آورده شد. کاهش راندمان تله اندازی رسوب در حوضچه بر اثر وزش باد کاملاً مشهود بود. تاثیر بادهای موافق و مخالف جریان در حوضچه بر راندمان ته نشینی و ذرات معلق با هم متفاوت بود که در نتایج آمده است.

**کلمات کلیدی:** حوضچه ته نشینی، ذرات معلق، جریانهای گردابه ای، جریانهای سطحی

## فهرست مطالب

چکیده.....	أ
<b>فصل اول: مقدمه</b>	
۱-۱ مقدمه .....	۲
۲-۱ هدف از انجام مطالعه و روش تحقیق .....	۳
۳-۱ معرفی فصلهای پروژه .....	۳
<b>فصل دوم: مروری بر فیزیک پدیده ته نشینی</b>	
۱-۲ مقدمه .....	۶
۲-۲ مراحل مختلف تصفیه آب .....	۶
۱-۲-۲ آشغالگیر .....	۶
۲-۲-۲ صافیها .....	۶
۳-۲-۲ هوادهی .....	۷
۴-۲-۲ ضد عفونی کردن .....	۷
۳-۲ تئوری و فیزیک پدیده ته نشینی .....	۸
۴-۲ بررسی عملکرد حوضچه های ته نشینی .....	۸
۵-۲ جریانهای مدار کوتاه .....	۹
۶-۲ تئوری ته نشینی ذرات منفرد و مجزا از هم .....	۱۰
۷-۲ قوانین و معادلات حاکم بر ته نشینی .....	۱۰
۸-۲ اثر باد بر جریان .....	۱۱
۹-۲ تقسیم بندی حوضچه های رسوبگذار .....	۱۳
۱-۹-۲ تقسیم بندی بر اساس نوع رسوبگذاری .....	۱۳
۲-۹-۲ تقسیم بندی بر اساس شکل هندسی .....	۱۵
<b>فصل سوم: مروری بر مطالعات گذشته</b>	
۱-۳ مقدمه .....	۲۱
۲-۳ برخی از مطالعات انجام شده در زمینه تحلیلی .....	۲۱

۳-۳ برخی از مطالعات انجام شده در زمینه آزمایشگاهی ..... ۲۲

۳-۴ برخی از مطالعات انجام شده در زمینه شبیه سازی عددی ..... ۲۴

### فصل چهارم: معرفی نرم افزار و معادلات حاکم

۴-۱ مقدمه ..... ۳۲

۴-۲ معرفی اجمالی برخی از نرم افزار های موجود در زمینه شبیه سازی جریان و رسوب ..... ۳۲

۴-۲-۱ نرم افزار FLUENT ..... ۳۲

۴-۲-۲ نرم افزار FLOW-3D ..... ۳۳

۴-۲-۳ نرم افزار SSIM2 ..... ۳۳

۴-۳ معادلات جریان مورد استفاده در SSIM2 ..... ۳۳

۴-۳-۱ مدل های آشفتگی ..... ۳۵

۴-۳-۲ محاسبات جریان ..... ۳۶

۴-۳-۳ محاسبات رسوب ..... ۳۷

۴-۴ برخی از قابلیت های SSIM2 ..... ۳۸

۴-۵ محدودیت ها و معایب شناخته شده این برنامه ..... ۳۸

۴-۶ ساختار کلی برنامه: ..... ۳۸

۴-۶-۱ مدل آشفتگی ..... ۳۹

۴-۶-۲ قانون دیواره ..... ۳۹

۴-۶-۳ شرایط مرزی جریان آب ..... ۳۹

۴-۶-۴ شرایط مرزی بستر برای بار معلق ..... ۳۹

۴-۶-۵ پارامتر های کالیبراسیون ..... ۴۰

۴-۶-۶ گام های اجرای نرم افزار SSIM2 ..... ۴۰

۴-۶-۷ مشکلات اجرایی نرم افزار SSIM2 : ..... ۴۱

### فصل پنجم: نتایج شبیه سازی عددی

۵-۱ مقدمه ..... ۴۴

۵-۲ شبیه سازی هیدرولیکی حوضچه ویندسور ..... ۴۵

۵-۲-۱ بررسی نتایج عددی در حوضچه ویندسور و مقایسه آن با نتایج مدل آزمایشگاهی ..... ۴۷

۵-۳ شبیه سازی عددی حوضچه سارنیا ..... ۴۹

۵-۴ بررسی نتایج عددی حوضچه سارنیا ..... ۵۱



- ۵۵-۵ شبیه سازی حوضچه کالسروحه ..... ۵۵
- ۵۵-۵-۱ حالت اول :  $\frac{S_i}{h} = 0.91$  ..... ۵۵
- ۵۵-۵-۲ بررسی نتایج عددی حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.91$  ..... ۵۶
- ۵۵-۵-۳ حالت دوم :  $\frac{S_i}{h} = 0.588$  ..... ۵۹
- ۵۵-۵-۴ نتایج شبیه سازی عددی حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.588$  ..... ۶۰
- ۵۵-۵-۵ بررسی کلی جریان در حالات  $\frac{S_i}{h} = 0.5$  و  $\frac{S_i}{h} = 0.33$  ..... ۶۲
- ۵۵-۵-۶ نتایج شبیه سازی عددی در دو حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.5$  و  $\frac{S_i}{h} = 0.33$  ..... ۶۲
- ۵-۶ تاثیر تیغه هدایت کننده جریان بر الگوی جریان ..... ۶۶
- ۵-۷ مشخصات مدل آزمایشگاهی در دو حالت قرارگیری تیغه ها ..... ۶۶
- ۵-۷-۱ حوضچه کالسروحه با تیغه یکطرفه ..... ۶۷
- ۵-۷-۱-۱ بررسی نتایج عددی در حوضچه کالسروحه با تیغه یکطرفه ..... ۶۷
- ۵-۷-۲ حوضچه کالسروحه با تیغه دو طرفه ..... ۷۱
- ۵-۷-۲-۱ بررسی نتایج عددی در حوضچه کالسروحه با تیغه دو طرفه ..... 71
- ۵-۸ بررسی طول نواحی چرخشی در حالت با تیغه و بدون تیغه ..... ۷۳
- ۵-۹ شبیه سازی جریان رسوبی ..... ۷۳
- ۵-۹-۱ شبیه سازی جریان رسوب در حوضچه کالسروحه ..... ۷۴
- ۵-۹-۲ نتایج عددی هیدرولیک جریان در حوضچه sammarraee ..... ۷۵
- ۵-۹-۳ بررسی نتایج حاصل از شبیه سازی رسوب در حوضچه ..... ۷۷
- ۵-۹-۳-۱ راندمان تله اندازی ذرات رسوبی ..... ۷۷
- ۵-۱۰ شبیه سازی رسوب برای سرعت ورودی  $U_i = 0.025 \text{ m/s}$  ..... ۷۹
- ۵-۱۰-۱ بررسی راندمان تله اندازی ذرات برای مدل عددی و آزمایشگاهی ..... ۸۰
- ۵-۱۰-۲ بررسی جریان رسوب در خروجی حوضچه کالسروحه ..... ۸۰
- ۵-۱۰-۳ بررسی غلظت و میزان تله اندازی ذرات در محور مرکزی از مقطع طولی ..... ۸۱
- ۵-۱۰-۴ سرعت افقی ذرات در مقاطع مختلف طولی ..... ۸۲

۸۳	۵-۱۰-۵ توزیع انرژی جنبشی در حوضچه
۸۴	۵-۱۰-۶ توزیع تنش برشی در بستر
۸۴	۵-۱۱ شبیه سازی جریان رسوب تحت تاثیر باد
۸۵	۵-۱۲ شبیه سازی اثر باد بر روی حوضچه دلف
۸۶	۵-۱۲-۱ بررسی نتایج شبیه سازی اثر باد در حوضچه دلف تحت تاثیر باد
۸۶	۵-۱۲-۲ طول نواحی چرخش در حوضچه دلف در حالت بدون باد و حالت وزش باد
۸۷	۵-۱۳ بررسی اثر باد در جهات مختلف بر روی حوضچه ته نشینی
۸۷	۵-۱۳-۱ میدان جریان در حوضچه سارنیا تحت تاثیر باد با جهات مختلف
۹۰	۵-۱۴ شبیه سازی جریان رسوب حوضچه کالسروحه تحت تاثیر وزش باد
۹۱	۵-۱۴-۱ بررسی نتایج شبیه سازی حوضچه کالسروحه تحت تاثیر باد
۹۳	۵-۱۴-۱-۱ بررسی میزان تله اندازی در محور مرکزی از مقطع طولی تحت تاثیر باد
۹۴	۵-۱۴-۱-۲ بررسی انرژی جنبشی در بستر حوضچه کالروحه تحت تاثیر باد
۹۵	۵-۱۴-۱-۳ بررسی راندمان تله اندازی رسوب در حوضچه تحت تاثیر سرعتهای مختلف باد
۹۶	۵-۱۴-۱-۴ بررسی راندمان تله اندازی رسوبات به تفکیک قطر ذرات تحت تاثیر باد
۹۸	۵-۱۴-۱-۵ بررسی راندمان ته نشینی بستر تحت تاثیر بادهای مختلف
۱۰۰	۵-۱۴-۱-۶ بررسی میزان رسوبات معلق در حوضچه تحت تاثیر بادهای مختلف
۱۰۱	۵-۱۴-۱-۷ مقایسه وضعیت کلی رسوبات در حوضچه کالسروحه تحت تاثیر بادهای مختلف
۱۰۲	۵-۱۵ بررسی راندمان حوضچه در سرعت متوسط باد در شهرهای مختلف
<b>فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهاد برای مطالعات آینده</b>	
۱۰۵	۶-۱ مقدمه
۱۰۶	۶-۲ نتیجه گیری
۱۰۹	۶-۳ پیشنهادات برای مطالعات آینده
۱۱۱	مقالات ارائه شده:
۱۱۱	مراجع

## فهرست شکل‌ها

- شکل (۲-۱) الگوهای جریان در حوض ته نشینی مستطیلی، (الف) حالت ایده آل، (ب) تاثیر جریان چگال یا طبقه بندی حرارتی، (ج) تشکیل جریان چرخشی تحت تاثیر باد، (د) طبقه بندی حرارتی [۹] ..... ۹
- شکل (۲-۲) پروفیل سرعت توسعه یافته تحت تاثیر تنش برشی [۳۹] ..... ۱۱
- شکل (۲-۳) حالت‌های پروفیل سرعت تحت تاثیر باد در زمان‌های مختلف [۳۹] ..... ۱۲
- شکل (۲-۴) حوضچه رسوبگذار اولیه [۶] ..... ۱۴
- شکل (۲-۵) حوضچه رسوبگذار ثانویه [۶] ..... ۱۴
- شکل (۲-۶) نمای جانبی از حوضچه مستطیلی شکل دارای سیستم جمع آوری لجن [۶] ..... ۱۶
- شکل (۲-۷) حوضچه رسوبگذار مستطیلی دو طبقه ای [۲] ..... ۱۷
- شکل (۲-۸) نمای بالایی و روبروی مربوط به حوضچه دایره ای که از مرکز تغذیه می شود [۴] ..... ۱۷
- شکل (۲-۹) نمای بالایی و روبروی مربوط به حوضچه دایره ای که از محیط تغذیه می شود [۴] ..... ۱۸
- شکل (۲-۱۰) نمای بالایی حوضچه رسوبگذار مربعی [۴] ..... ۱۸
- شکل (۵-۱) هندسه مدل آزمایشگاهی Imam (۱۹۸۳) ..... ۴۵
- شکل (۵-۲) شبکه بندی نمای طولی مدل حوضچه ویندسور ..... ۴۶
- شکل (۵-۳) پروفیل‌های سرعت در مقاطع طولی حوضچه ویندسور ..... ۴۷
- شکل (۵-۴) (a) الگوی جریان در موقعیت  $y/w=0.01$  و (b) الگوی جریان در موقعیت  $y/w=0.5$  در حوضچه ویندسور ..... ۴۸
- شکل (۵-۵) الگوی جریان حالت سه بعدی در مدل عددی حوضچه ویندسور ..... ۴۹
- شکل (۵-۶) هندسه حوضچه ویندسور (a) پلان حوضچه، (b) نمای طولی هندسه کامل، (c) نمای طولی هندسه ساده شده ..... ۵۰
- شکل (۵-۷) شبکه بندی نمای طولی مدل حوضچه سارنیا ..... ۵۰
- شکل (۵-۸) الگوی جریان در حوضچه سارنیا (a) در موقعیت  $y/w=0.01$  و (b) در موقعیت  $y/w=0.5$  ..... ۵۱
- شکل (۵-۹) خطوط جریان در مقطع عرضی در فاصله  $X=32.65m$  ..... ۵۱
- شکل (۵-۱۰) الگوی جریان در حوضچه سارنیا- نمایش سه بعدی ..... ۵۱
- شکل (۵-۱۱) نمودار سرعت در مقاطع مختلف طولی ..... ۵۳
- شکل (۵-۱۲) میدان سرعت در مقاطع ارتفاعی حوضچه سارنیا، (a) در  $z=0.01m$ ، (b) در  $z=1.35 m$  و (c) در  $Z=2.69m$  ..... ۵۴
- شکل (۵-۱۳) هندسه مدل آزمایشگاهی کالسروحه ..... ۵۵

- شکل (۵-۱۴) شبکه بندی مدل کالسروحه در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.91$  ..... ۵۶
- شکل (۵-۱۵) الگوی جریان در حوضچه کالسروحه در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.91$ ، (a) در موقعیت  $y/w=0.01$  .....  
 (b) موقعیت  $y/w=0.5$  ..... ۵۶
- شکل (۵-۱۶) خطوط جریان در مقطع عمود بر جریان در موقعیت  $x=2.49m$  ..... ۵۷
- شکل (۵-۱۷) پروفیل سرعت در مقاطع مختلف طولی در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.91$  ..... ۵۸
- شکل (۵-۱۸) میدان سرعت در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.91$ ، (a) در  $z = 0.01m$ ، (b) در  $z = 0.055 m$ ، (c) در  $z = 0.1 m$  .. ۵۹
- شکل (۵-۱۹) الگوی جریان در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.588$ ، (a) در موقعیت  $y/w=0.01$ ، (b) در موقعیت  $y/w=0.5$  ..... ۶۰
- شکل (۵-۲۰) پروفیل‌های سرعت در مقاطع طولی در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.588$  ..... ۶۱
- شکل (۵-۲۱) میدان سرعت در مقاطع ارتفاعی، (a) در  $z=0.01m$ ، (b) در  $z=0.17m$  ..... ۶۲
- شکل (۵-۲۲) الگوی جریان در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.5$ ، (a) در موقعیت  $y/w=0.01$ ، (b) در موقعیت  $y/w=0.5$  ..... ۶۳
- شکل (۵-۲۳) الگوی جریان در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.33$ ، (a) در موقعیت  $y/w=0.01$ ، (b) در موقعیت  $y/w=0.5$  ..... ۶۳
- شکل (۵-۲۴) میزان انحراف نتایج عددی نسبت به آزمایشگاهی برای طول ناحیه چرخشی بزرگ ..... ۶۵
- شکل (۵-۲۵) طول ناحیه بزرگ چرخشی ابتدای حوضچه در مدل عددی و آزمایشگاهی ..... ۶۵
- شکل (۵-۲۶) طول ناحیه کوچک چرخشی انتهای حوضچه در مدل عددی و آزمایشگاهی ..... ۶۵
- شکل (۵-۲۷) هندسه حوضچه کالسروحه با تیغه، حالت (a) تیغه یکطرفه و حالت (b) تیغه دو طرفه ..... ۶۶
- شکل (۵-۲۸) الگوی جریان در حوضچه کالسروحه با تیغه یکطرفه، (a) در موقعیت  $Y/W=0.01$  و (b) در موقعیت  $Y/W=0.5$  ..... ۶۷
- شکل (۵-۲۹) الگوی جریان در حالت سه بعدی در حوضچه کالسروحه با تیغه یکطرفه ..... ۶۷
- شکل (۵-۳۰) حالت (a) الگوی جریان در تیغه یکطرفه، حالت (b) الگوی جریان در تیغه دوطرفه، حالت (c) الگوی جریان در حوضچه بدون تیغه ..... ۶۸
- شکل (۵-۳۱) پروفیل سرعت افقی در مقاطع مختلف طولی در حالت تیغه یکطرفه در محور مرکزی ..... ۶۹
- شکل (۵-۳۲)، (a) پروفیل آشفتگی، (b) پروفیل سرعت قائم حوضچه کالسروحه با تیغه یکطرفه در محور مرکزی ..... ۷۰
- شکل (۵-۳۳) الگوی جریان حوضچه کالسروحه با تیغه دو طرفه، (a) در موقعیت  $Y/W=0.01$ ، (b) در موقعیت  $Y/W=0.5$  ..... ۷۱

- شکل (۵-۳۴) پروفیل سرعت افقی در حوضچه کالسروحه با تیغه دو طرفه در محور مرکزی ..... ۷۲
- شکل (۵-۳۵)، (a) پروفیل سرعت قائم، (b) پروفیل آشفتگی حوضچه کالسروحه با تیغه دو طرفه در محور مرکزی .... ۷۳
- شکل (۵-۳۶) هندسه مدل آزمایشگاهی Al-sammarraee [۴۰] ..... ۷۵
- شکل (۵-۳۷) الگوی جریان مدل عددی حوضچه Al-sammarraee، (a) در موقعیت  $Y/W=0.01$ ، (b) در موقعیت  $Y/W=0.5$  ..... ۷۶
- شکل (۵-۳۸) سرعت افقی جریان حوضچه در مدل عددی حوضچه sammarraee ..... ۷۶
- شکل (۵-۳۹) شبیه سازی رسوبی ذرات برای سرعت‌های مختلف هیدرولیکی ..... ۷۸
- شکل (۵-۴۰)، (a) راندمان تله اندازی، (b) راندمان ته نشینی، (c) درصد ذرات معلق در حوضچه با سرعت‌های متفاوت ..... ۷۹
- شکل (۵-۴۱) راندمان تله اندازی ذرات در مدل عددی و آزمایشگاهی ..... ۸۰
- شکل (۵-۴۲) درصد ذرات خروجی از حوضچه ..... ۸۱
- شکل (۵-۴۳) تله اندازی ذرات مختلف در مقطع طولی  
(a) ذره ۱، (b) ذره ۲، (c) ذره ۳، (d) ذره ۴، (e) ذره ۵، (f) ذره ۶، (g) ذره ۷، (h) ذره ۸، (i) ذره ۹، (j) ذره ۱۰ ..... ۸۲
- شکل (۵-۴۴) سرعت افقی ذرات در مقاطع مختلف طولی ..... ۸۳
- شکل (۵-۴۵) توزیع انرژی جنبشی در مقاطع قائم، (a)  $z=0.01m$ ، (b)  $z=1.4m$ ، (c)  $z=2.79m$  ..... ۸۳
- شکل (۵-۴۶) تنش برشی در بستر حوضچه ..... ۸۴
- شکل (۵-۴۷) توزیع پروفیل سرعت بر سطح آب ..... ۸۵
- شکل (۵-۴۸) الگوی جریان در حوضچه kluck (۱۹۹۷)، (a) بدون اثر باد، (b) باد در جهت جریان، (c) باد در خلاف جهت جریان ..... ۸۶
- شکل (۵-۴۹) الگوی جریان در محور طولی حوضچه سارنیا،  $y=9cm$  تحت تاثیر باد با (a) سرعت صفر، (b) سرعت ۵ و جهت جریان (c) سرعت ۵ و جهت ۴۵ درجه با جریان (d) سرعت ۱۰ و جهت جریان (e) سرعت ۱۰ و جهت ۴۵ درجه با جریان (f) سرعت ۱۵ و جهت جریان (g) سرعت ۱۵ و جهت ۴۵ درجه با جریان (واحد سرعت متر بر ثانیه) ..... ۸۸
- شکل (۵-۵۰) خطوط جریان در سطح بالای حوضچه در حالت باد با (a) سرعت صفر (b) سرعت ۵ و جهت موافق جریان آب (c) سرعت ۵ و جهت ۴۵ درجه موافق جریان آب (d) سرعت ۱۰ و ۱۵ و جهت موافق جریان آب (e) سرعت ۱۰ و ۱۵ و جهت ۴۵ درجه با جهت موافق جریان آب ..... ۹۰
- شکل (۵-۵۱) الگوی جریان حوضچه کالسروحه تحت تاثیر باد، (a) 0، (b) 3m/s، (c) 8m/s، (d) 15m/s، (e) -3m/s، (f) -8m/s، (g) -15m/s ..... ۹۲
- شکل (۵-۵۲) تله اندازی ذره شماره ۱ تحت تاثیر باد، (a) 0، (b) 3m/s، (c) 8m/s، (d) 15m/s، (e) -3m/s، (f) -8m/s، (g) -15m/s ..... ۹۴
- شکل (۵-۵۳) انرژی جنبشی در بستر، (a) باد در جهت جریان، (b) باد در خلاف جهت جریان ..... ۹۵

- شکل (۵-۵۴) راندمان تله اندازی رسوب در حوضچه تحت تاثیر باد با سرعت‌های مختلف ..... ۹۶
- شکل (۵-۵۵) راندمان تله اندازی رسوبات به تفکیک قطر، (a) با در جهت جریان، (b) باد در خلاف جهت جریان .... ۹۷
- شکل (۵-۵۶) راندمان ته نشینی حوضچه تحت تاثیر باد در جهت و در خلاف جهت جریان ..... ۹۸
- شکل (۵-۵۷) راندمان ته نشینی رسوبات به تفکیک قطر، (a) باد در جهت جریان، (b) باد در خلاف جهت جریان ..... ۹۹
- شکل (۵-۵۸) میزان رسوبات معلق در حوضچه تحت تاثیر باد در جهت موافق و مخالف جریان ..... ۱۰۰
- شکل (۵-۵۹) درصد معلق بودن رسوبات به تفکیک قطر، (a) باد در جهت جریان، (b) باد در خلاف جهت جریان .... ۱۰۱
- شکل (۵-۶۰) مقایسه وضعیت رسوبات در حوضچه کالسروحه تحت تاثیر بادهای موافق و مخالف جریان ..... ۱۰۲

## فهرست جداول

- جدول (۲-۱) قوانین حاکم بر ته نشینی ..... ۱۱
- جدول (۵-۱) شبکه بندی بهینه حوضچه ویندسور ..... ۴۶
- جدول (۵-۲) طول و مساحت ناحیه چرخش در مدل عددی حوضچه ویندسور ..... ۴۸
- جدول (۵-۳) مقادیر محاسباتی طول و مساحت ناحیه چرخش مدل سارنیا ..... ۵۲
- جدول (۵-۴) شبکه بندی بهینه برای حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.91$  ..... ۵۶
- جدول (۵-۵) طول ناحیه چرخش در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.91$  ..... ۵۷
- جدول (۵-۶) مش بهینه برای حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.588$  ..... ۵۹
- جدول (۵-۷) طول ناحیه چرخش در حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.588$  ..... ۶۰
- جدول (۵-۸) طول ناحیه چرخش در دو حالت  $\frac{S_i}{h} = 0.33$  و  $\frac{S_i}{h} = 0.5$  ..... ۶۴
- جدول (۵-۹) طول و مساحت نواحی چرخش در جانماییهای مختلف در حوضچه کالسروحه ..... ۶۴
- جدول (۵-۱۰) مشخصات جریان در حالت حوضچه با تیغه ..... ۶۶
- جدول (۵-۱۱) طول نواحی چرخش در مدل عددی و آزمایشگاهی در حوضچه با تیغه یکطرفه ..... ۶۸
- جدول (۵-۱۲) طول نواحی چرخشی در حوضچه کالسروحه در سه حالت بدون تیغه، تیغه یکطرفه و دو طرفه ..... ۷۴
- جدول (۵-۱۳) مش بهینه مدل عددی بر اساس حوضچه sammarraee ..... ۷۵
- جدول (۵-۱۴) اندازه ذرات طبقه بندی شده در مدل عددی بر اساس مدل sammarraee (۲۰۰۹) ..... ۷۷
- جدول (۵-۱۵) نرخ سرعت باد مرجع در چند شهر ایران ..... ۸۴
- جدول (۵-۱۶) طول نواحی چرخش در حالت‌های مختلف وزش باد ..... ۸۷
- جدول (۵-۱۷) راندمان تله اندازی رسوب مدل عددی در برخی از شهرها ..... ۱۰۳





فصل اول:

مقدمه

آب یکی از حیاتی ترین و مهمترین موآهبی است که خداوند بزرگ به بشریت ارزانی داشته است به طوری که بدون آن انسان قادر به ادامه زندگی نخواهد بود. بنابراین تامین آب قابل شرب برای تمامی انسانها امری ضروری است. از طرفی با توجه به کمبود منابع آب قابل شرب و نیز افزایش جمعیت و گسترش شهرها و صنایع و آلوده شدن شهرها نیاز مبرمی به تامین و تصفیه آب وجود دارد که به طور طبیعی تصفیه خانه ها در این مورد نقش پراهمیتی داشته و گسترش تصفیه خانه های موجود و افزایش بازدهی آنها و از طرفی ایجاد تصفیه خانه های جدید با طراحی بهینه و بازده بالا امری ضروری است. با توجه به اهمیت مصرف آب در زمینه شرب و تصفیه مناسب با کارآیی و سرعت بالا در جهت تأمین نیاز روزافزون در فرآیند تصفیه خانه های آب، بخش مهمی به نام حوضچه ته نشینی<sup>۱</sup>، مورد توجه قرار گرفته است. همچنین نوع دیگری از حوضچه های ته نشینی پس از آبگیر رودخانه ها، جهت جداسازی مواد معلق و رسوبات رودخانه استفاده می شود. زیرا وجود ذرات معلق درون آب برای سازه های انتقال آب ایجاد مشکل می نماید. حوضچه های ته نشینی نقش جداکننده ذرات از سیال را بر عهده دارند، به صورتی که درون تصفیه خانه های آب در واحدهای قبل از حوضچه ته نشینی با اضافه کردن مواد مناسب و اختلاط آن، زمان ته نشین شدن ذرات ریزی که در ته نشین شدن سرعت کمی دارند را کاهش می دهند. وزن توده ذرات باعث می شود که مواد زاید به سمت عمق آب رفته و به صورت لجن از حوضچه های ته نشینی خارج شوند [۱].

به دلیل هزینه بسیار زیاد ساخت و نگهداری این حوضچه ها، عملکرد بهینه حوضچه های ته نشینی بسیار حائز اهمیت است. علیرغم اهمیت عملی این حوضچه ها، طراحیهای موجود تا حد زیادی تکیه بر فرمولهای تجربی دارند که جزئیات هیدرودینامیکی سیستم را به صورت کامل در نظر نمی گیرند. طراحی این نوع از سازه های هیدرولیکی معمولاً با حاشیه اطمینان زیاد است که نه تنها منجر به هزینه های غیرضروری و بیش از حد لزوم می شود، بلکه حتی باعث از دست رفتن آب به صورت گل و لای اضافی می شود. همچنین طراحی ناکافی، باعث اضافه شدن به بار فیلترها یا صافیها می شود که در سیستمهای تصفیه آب پس از حوضچه ها قرار می گیرند، که این امر منجر به بازشوئی متناوب می شود، که آن هم درصد زیادی از آب را هدر می دهد. عملکرد حوضچه های ته نشینی به

---

<sup>1</sup> Settling tank

شدت متأثر از اثر جریانهای گردابه ای، جریانهای انتقال قائم، جریانهای چگال و جریانهای سطحی می باشد. به منظور بهینه کردن عملکرد این حوضچه ها، باید جریان سیال وارد شونده به حوضچه آرام باشد و آشفتگی به مقدار حداقل رسانده شود. مناطق چرخشی همیشه در حوضچه ها وجود دارند. این مناطق با ایجاد اتصال کوتاه باعث توسعه نواحی مرده و دوری از ته نشینی بهینه می شوند، زیرا ایجاد نواحی مرده و مناطق با اتصال کوتاه به آرامش جریان لطمه وارد می کند و بر عملکرد حوضچه تأثیرات منفی می گذارد. اگر غلظت درون حوضچه زیاد باشد، امکان ایجاد پدیده اتصال کوتاه<sup>۱</sup> به وجود می آید که بدون اینکه توده غلیظ تغییری بنماید، جریان ورودی به سمت خروجی هدایت می گردد [۲]. با توجه به اینکه مساحت سطح آب در حوضچه های ته نشینی زیاد می باشد، اثر باد بر جریان و راندمان حوضچه قابل توجه می باشد و با وجود مناطق بادخیز فراوان در ایران، توجه به این زمینه بیشتر احساس می شود. در سالهای اخیر با استفاده از روشهای عددی سعی بر جایگزینی روشهای تجربی موجود با این روشها شده است. در این روشها سعی بر آن شده است که اثرات پارامترهای غیر هندسی نظیر باد و تغییرات حرارتی نیز مانند پارامترهای هندسی بررسی گردد. برای استفاده از روشهای عددی از نرم افزارهای CFD<sup>۲</sup> و یا تهیه کدهای عددی برای شبیه سازی جریانهای تأثیر گذر بر میدان جریان و هیدرولیک حوضچه استفاده شده است.

### ۲-۱ هدف از انجام مطالعه و روش تحقیق

هدف از انجام این مطالعه، بررسی جریان هیدرولیک و رسوب در حوضچه ته نشینی اولیه تحت تأثیر باد می باشد. با استفاده از نرم افزار SSIM2 نتایج حاصل از شبیه سازی عددی تحت شرایط مختلف صورت گرفته با نتایج آزمایشگاهی موجود مقایسه گردید.

### ۳-۱ معرفی فصلهای پروژه

در فصل اول مقدمه ای راجع به موضوع تحقیق، چرایی نیاز به تحقیق در زمینه حوضچه ته نشینی، هدف از تحقیق و خلاصه فصلهای پروژه ارائه شده است.

---

<sup>1</sup> Short circuiting

<sup>2</sup> Computational fluid dynamic

در فصل دوم مقدماتی راجع به فیزیک پدیده ته نشینی از منظر هیدرولیک، رسوب و باد و تقسیم بندی حوضچه های ته نشینی آمده است.

در فصل سوم مروری بر مطالعات گذشته محققین در این زمینه و همچنین مواردی راجع به مدل عددی مورد استفاده در این پروژه آمده است.

در فصل چهارم مدلسازی هیدرولیکی جریان در حوضچه های ویندسور، سارنیا و کالسروحه انجام شده و اثرات هندسه حوضچه بر جریان بررسی شده است و در گام بعدی شبیه سازی رسوبی حوضچه کالسروحه بدون اثر باد انجام و در نهایت اثر باد بر حوضچه کالسروحه شبیه سازی شد.

در فصل پنجم خلاصه نتایج و نوآوریهای پژوهش و پیشنهادات برای مطالعات آینده ارائه شده است.