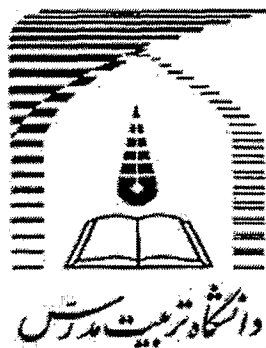


۲۰۱۳

الله أكبر

۱۳۰۶



دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش آب

شبیه سازی عددی الگوی جریان حول صفحات مستغرق در قوس ۱۸۰ درجه با آبگیر

معصومه رستم آبادی

استاد راهنما:

دکتر سید علی اکبر صالحی نیشابوری

کتابخانه مرکزی دانشگاه تربیت مدرس

۱۳۸۷ / ۱۵ / ۲۲

زمستان ۱۳۸۶

۹۹۰۴۱



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

خانم معصومه رستم آبادی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان شبیه سازی عددی الگوی جریان حول پره های مستغرق در قوس ۱۸۰ درجه با آبگیر در تاریخ ۱۳۸۶/۱۰/۲۵ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مهندسی آب پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر علی اکبر صالحی نیشابوری	استاد	
استاد ناظر	دکتر مسعود قدسیان	استاد	
استاد ناظر	دکتر فرزین نصیری صالح	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مسعود منتظری نمین	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر فرزین نصیری صالح	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی تایید شده است. / رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

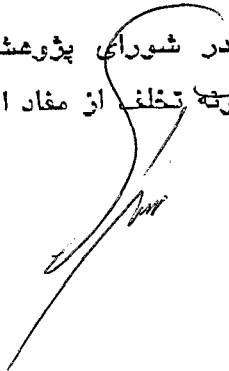
ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.



آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته **عمران - آب** است

که در سال **۱۳۸۶** در دانشکده **فنی مهندسی** دانشگاه تربیت مدرس به

راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای **دکتر سید علی ابرصالحی نیش بورد** مشاور سرکار خانم / جناب آقای دکتر

و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر _____ از آن دفاع

شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالعه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهند به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروشو تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **مصوبه رستم آبارس** دانشجوی رشته **عمران - آب** مقطع

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

کامران آبارس

نام و نام خانوادگی: **مصوبه رستم آبارس**

تاریخ و امضاء: **۲۸، ۱۱، ۸۶**

**تقدیم به پدر فرزانه و مادر مهربانم که دعای خیرشان همواره بدرقه راه من است:
به پاس فداکاریهایشان.**

**تقدیم به بهترین دوست و مشوقم در امر تحصیل، همسرم:
به پاس صبر و بردباریش.**

تقدیر و تشکر:

از زحمات و راهنماییهای ارزنده استاد راهنمای ارجمند جناب آقای دکتر سید علی اکبر صالحی نیشابوری در طی دوره کارشناسی ارشد و پایان نامه نهایت تشکر و امتنان را دارم. زحمات جناب آقای دکتر مسعود قدسیان در طی دوره کارشناسی ارشد و داوری پایان نامه را اجر نهاده و از راهنماییهای جناب آقای دکتر فرزین نصیری صالح در امر ارائه پایان نامه و داوری آن قدردانی می نمایم. از زحمات و راهنماییهای بی شائبه آقایان مهندس سید محمد هادی مشکاتی و مهندس اکبر صفرزاده که در انجام این پایان نامه بسیار رهگشا بوده اند، همچنین از آقای مهندس حسین منتصری تقدیر و تشکر می نمایم.

از دوستان عزیزم سرکار خانم آرزیتاسادات غضنفری هاشمی و طیبه خزایی و کلیه عزیزانی که در طی دوره تحصیل به اینجانب کمک نموده اند، بسیار سپاسگذارم.

چکیده

در این پایان نامه با استفاده از نرم افزار فلونت ابتدا الگوی جریان حول یک صفحه مستغرق با زوایای مختلف برخورد با جریان، در کانال مستطیلی شبیه سازی عددی شده و زاویه بهینه برخورد با جریان معادل 40° تخمین زده شد. تأثیر مدلهای آشفتگی $k - \epsilon$ و RSM در شبیه سازی الگوی جریان مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از دو مدل با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است. الگوی جریان عرضی حول یک صفحه شامل دو گردابه پادساعتگرد حول محور طولی، یکی در سمت پر فشار و نزدیک کف و دیگری نزدیک تاج صفحه، و یک گردابه ساعتگرد در انتهای صفحه در سمت کم فشار است. الگوی جریان طولی نیز علاوه بر گردابه نزدیک تاج صفحه شامل یک گردابه نعل اسبی در سمت پر فشار صفحه است که در اثر برخورد جریان با ضربه به صفحه و انحراف آن به سمت کف کانال ایجاد شده است. بررسی ها حاکی از عدم توانایی مدل $k - \epsilon$ در شبیه سازی کامل الگوی جریان حول صفحه است. در ادامه، الگوی جریان حول یک صفحه با زاویه برخورد با جریان کم و زیاد مورد مقایسه قرار گرفته و با بررسی توزیع تنشهای برشی، محللهای محتمل فرسایش و رسوبگذاری حول صفحه تعیین شده است.

الگوی جریان در قوس 180° با آبگیر جانبی در موقعیت 115° و با زاویه آبگیری 45° نیز شبیه سازی شده و نتایج مدل عددی با داده های آزمایشگاهی مقایسه شده است. بررسی پروفیل سرعت در مقاطع مختلف با مدلهای مختلف آشفتگی، حاکی از برتری مدل آشفتگی RSM نسبت به مدلهای آشفتگی $k - \epsilon$ و $k - \omega$ در پیش بینی پروفیل سرعت خصوصاً در مقابل دهانه آبگیر است. محاسبه قدرت جریان ثانویه در کل قوس نشان داده است که جریان ثانویه دارای حداکثر مقدار در مقطع 60° است، از آن پس تا نزدیکی دهانه آبگیر قدرت آن بتدریج کم شده و در ورودی آبگیر بشدت کاهش می یابد. بررسی خطوط جریان، آبگیری بیشتر از جریان سطحی نسبت به جریان کف، وجود ناحیه سکون زینی شکل و جریانهای برگشتی به سمت آبگیر، در نزدیک کف کانال اصلی در پایین دست دهانه آبگیر را نشان می دهد. نواحی جدایی جریان در مقابل ضلع بالادست کانال آبگیر و در لبه داخلی قوس پس از آبگیر شکل می گیرد.

توزیع تنشهای برشی نشان دهنده وجود نواحی محتمل آبشستگی در لبه خارجی کانال اصلی در نیمه اول قوس، در پایین دست آبگیر و در انتهای قوس، در داخل کانال آبگیر در مقابل ضلع پایین دست آن است. نواحی محتمل رسوبگذاری نیز در داخل کانال آبگیر در مقابل ضلع بالادست آن و در کانال اصلی، در پایین دست دهانه آبگیر و در لبه داخلی قوس، در ناحیه جدایی جریان رخ می دهد.

با شناخت الگوی جریان حول یک صفحه در مسیر مستقیم و در قوس 180° با آبگیر، الگوی جریان حول صفحه های مستغرق در مقابل دهانه آبگیر در کانال قوسی 180° ، یکبار با استفاده از روش VOF به منظور بررسی تغییرات تراز سطح آب و یکبار با فرض سطح صلب برای سطح کل کانال، شبیه سازی شده و نتایج مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی در هر دو مورد صحت سنجی شده است. استفاده از روش VOF حدود ۳٪ نتایج مدل عددی را نسبت به مدل با سطح صلب بهبود بخشیده است. از طرفی تغییرات تراز سطح آب نسبت به عمق جریان کمتر از ۱۰٪ بوده است. لذا در مطالعات پارامتریک از شبیه سازی سطح آزاد صرف نظر شده است.

بررسی الگوی جریان حول صفحه ها نشان دهنده وجود جریان ثانویه حول صفحه ها در جهت جریان ثانویه موجود در قوس است که مانع از افت قدرت جریان ثانویه در مقابل دهانه آبگیر می شود، لذا موجب انحراف بیشتر خطوط جریان کف به سمت لبه داخلی قوس و انحراف جریان سطحی به سمت لبه خارجی شده و آبگیری بیشتر از جریان سطحی با مقدار رسوب کمتر فراهم می شود. ناحیه جدایی جریان در سطح لبه داخلی قوس به علت آبگیری بیشتر از جریان سطحی گسترده تر می شود اما در کف به علت انحراف جریان به سمت لبه داخلی کاهش می یابد. همچنین حضور صفحه ها مانع از تشکیل ناحیه سکون زینی در پایین دست آبگیر و جریانهای برگشتی به سمت آبگیر شده، لذا مقدار رسوب کمتری وارد آبگیر می شود.

مطالعه تأثیر پارامترهای هندسی صفحه بر الگوی جریان، نشان داده است که زاویه نصب اولین صفحه معادل 20° نسبت به جهت غالب جریان، موجب عملکرد بهتر صفحه ها می شود. همچنین نسبت بهینه ارتفاع صفحه به عمق جریان معادل 0.36 تخمین زده شده است. وجود صفحه ها از محل افت شدید قدرت جریان ثانویه (مقطع 100°) که محل تأثیر آبگیر بر جریان بالادست است، موجب انحراف لایه زیرین جریان بالادست به سمت لبه داخلی می شود. دقیقاً در مقابل لبه پایین دست آبگیر به منظور ممانعت از ورود جریانهای برگشتی به داخل آبگیر، وجود صفحه ها ضرورت دارد، اما پس از آبگیر، به منظور جلوگیری از تجمع رسوب، نیازی به حضور صفحه ها نمی باشد.

کلمات کلیدی: صفحات مستغرق، قوس 180° ، مدلهای آشفتگی، آبگیر، فلونت.

۱	فصل اول: کلیات.....
۱	۱-۱- مقدمه.....
۶	۲-۱- اهداف تحقیق.....
۶	۳-۱- معرفی ساختار پایان نامه.....
۸	فصل دوم: مرور تحقیقات انجام شده در مورد صفحات مستغرق.....
۸	۱-۲- تحقیقات انجام شده در زمینه کاربرد صفحات مستغرق در خارج از کشور.....
۲۶	۲-۲- تحقیقات انجام شده در زمینه کاربرد صفحات مستغرق در ایران.....
۳۴	فصل سوم: معرفی نرم افزار و معادلات حاکم بر جریان سیال.....
۳۴	۱-۳- مقدمه.....
۳۵	۲-۳- معرفی نرم افزار.....
۳۶	۳-۳- معادلات حاکم بر جریان سیال.....
۳۸	۴-۳- نحوه برخورد مدل‌های آشفتگی با اثر دیوار.....
۴۰	۵-۳- تابع استاندارد دیوار.....
۴۰	۶-۳- اثر زبری دیوار.....
۴۱	۷-۳- شبیه سازی سطح آزاد جریان.....
۴۲	۸-۳- روش‌های مختلف انفصال نر‌مهای جابجایی و پخش.....
۴۴	۹-۳- شرایط مرزی و اولیه.....
۴۶	فصل چهارم: شبیه سازی عددی الگوی جریان حول یک صفحه در مسیر مستقیم.....
۴۶	۱-۴- هدف.....
۴۶	۲-۴- مشخصات میدان حل.....
۴۷	۳-۴- شرایط اعمال شده به مدل.....
۴۸	۴-۴- بررسی صحت عملکرد مدل عددی.....
۴۸	۵-۴- تعیین زاویه بهینه برخورد با جریان.....
۵۰	۶-۴- الگوی جریان حول صفحه در مسیر مستقیم.....

- ۴-۶-۱- الگوی جریان طولی ۵۰
- ۴-۶-۲- الگوی جریان عرضی ۵۱
- ۴-۷- بررسی تنش برشی در کف کانال ۵۳
- ۴-۸- مقایسه عملکرد دو مدل آشفتگی $k-\epsilon$ و RSM ۵۳
- ۴-۹- مقایسه الگوی جریان حول صفحه با زاویه برخورد ۱۵ درجه و ۴۰ درجه ۵۵
- ۴-۹-۱- الگوی جریان طولی ۵۵
- ۴-۹-۲- الگوی جریان عرضی ۵۵
- ۴-۹-۳- مقایسه تنش برشی کف ۵۶
- ۴-۱۰- نتیجه گیری ۵۶
- فصل پنجم: شبیه سازی الگوی جریان در قوس 180° با آبگیر ۵۸
- ۵-۱- مشخصات میدان حل ۵۸
- ۵-۲- روند مدل سازی ۵۹
- ۵-۲-۱- تنظیم شبکه بندی میدان حل ۵۹
- ۵-۲-۲- تنظیم شرایط مرزی ۵۹
- ۵-۳- صحت سنجی مدل ۶۰
- ۵-۴- بررسی تأثیر مدل های مختلف آشفتگی بر نتایج مدل عددی ۶۱
- ۵-۵- بررسی الگوی جریان ۶۲
- ۵-۵-۱- بررسی پروفیل سرعت طولی ۶۲
- ۵-۵-۲- بررسی خطوط جریان ۶۵
- ۵-۵-۳- بررسی منحنی های هم سرعت در مقاطع مختلف کانال و داخل آبگیر ۶۷
- ۵-۵-۴- بررسی جریان های ثانویه در مقاطع عرضی مختلف ۶۹
- ۵-۶- محاسبه قدرت جریان ثانویه ۷۱
- ۵-۷- بررسی توزیع تنش های برشی ۷۳
- ۵-۸- نتیجه گیری ۷۵
- فصل ششم: شبیه سازی الگوی جریان حول صفحات مستغرق در آبگیری جانبی از قوس 180° ۷۶
- ۶-۱- مقدمه ۷۶

۷۶	۲-۶- مشخصات میدان حل
۷۷	۳-۶- روند مدل‌سازی
۷۷	۱-۳-۶- تنظیم شبکه بندی میدان حل
۷۷	۲-۳-۶- تنظیم شرایط مرزی
۷۸	۴-۶- صحت سنجی مدل عددی
۷۹	۵-۶- حساسیت نتایج مدل عددی به تعداد گره های شبکه
۸۰	۶-۶- حساسیت نتایج مدل عددی به طرحهای مختلف انفصال ترم جابجایی معادلات
۸۱	۷-۶- مدل‌سازی سطح آزاد جریان
۸۱	۱-۷-۶- مشخصات هندسی میدان حل
۸۲	۲-۷-۶- تنظیم شرایط مرزی و اولیه
۸۳	۸-۶- صحت سنجی مدل عددی با شبیه سازی سطح آزاد جریان
۸۳	۹-۶- بررسی الگوی جریان
۸۳	۱-۹-۶- الگوی جریان طولی در ترازهای مختلف
۸۵	۲-۹-۶- بررسی منحنیهای هم سرعت در مقاطع مختلف عرضی کانال اصلی و آبگیر
۸۸	۳-۹-۶- بررسی جریان ثانویه در مقاطع مختلف عرضی
۹۱	۴-۹-۶- بررسی خطوط جریان در ترازهای مختلف
۹۳	۱۰-۶- مقایسه خطوط جریان در حالت سه بعدی برای قوس با صفحه و بدون صفحه
۹۵	۱۱-۶- بررسی تغییرات عمق جریان
۹۷	۱۲-۶- مقایسه قدرت جریان ثانویه
۹۸	۱۳-۶- مطالعات پارامتریک
۹۸	۱-۱۳-۶- تغییر زاویه نصب صفحه در کانال
۱۰۱	۲-۱۳-۶- تغییر ارتفاع صفحه
۱۰۴	۳-۱۳-۶- تعیین محل شروع و خاتمه صفحه ها
۱۰۶	۱۴-۶- نتیجه گیری
۱۰۷	فصل هفتم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات
۱۰۷	۱-۷- نتیجه گیری
۱۰۷	۱-۱-۷- شبیه سازی الگوی جریان در مسیر مستقیم

- ۷-۱-۲- شبیه سازی الگوی جریان در قوس ۱۸۰° با آبگیر جانبی در موقعیت ۱۱۵° ۱۰۷
- ۷-۱-۳- شبیه سازی الگوی جریان حول صفحات مستغرق در قوس ۱۸۰° با آبگیر جانبی در
موقعیت ۱۱۵° ۱۰۸
- ۷-۱-۴- مقایسه الگوی جریان در حالت قوس با صفحه و بدون صفحه ۱۰۹
- ۷-۱-۵- مطالعات پارامتریک ۱۱۱
- ۷-۲- پیشنهادات ۱۱۱

- شکل (۱-۱) طرح شماتیک الگوی جریان ورودی به آبگیر در مسیر مستقیم ۳
- شکل (۲-۱) طرح شماتیک الگوی جریان ورودی به آبگیر در مسیر مستقیم با حضور سه ردیف صفحه ۳
- شکل (۱-۲) صفحه های آیوا..... ۸
- شکل (۲-۲) نصب صفحه ها در خم رودخانه Wapsipinicon 1988-1990 ۸
- شکل (۳-۲) تغییر مسیر رودخانه فورک سدار غربی در اثر نصب صفحات مستغرق در بالادست پل. ۱۹۸۴ (چپ)، ۱۹۸۹ (راست) ۹
- شکل (۴-۲) نصب صفحات مستغرق در North fish creek به منظور کنترل فرسایش کناره و تثبیت بستر رودخانه ۹
- شکل (۵-۲) محل نصب صفحه ها و مقایسه ای بین پروفیل بستر برداشت شده در سال ۱۹۹۱ بدون حضور صفحه ، و سال ۱۹۹۲ با وجود صفحه در مقابل دهانه آبگیر نیروگاه DAEC ۱۰
- شکل (۶-۲) مقایسه ای بین پروفیل بستر برداشت شده در سال ۱۹۹۰ بدون حضور صفحه ، و سال ۱۹۹۴ با وجود صفحه در مقابل دهانه آبگیر نیروگاه Byron ۱۱
- شکل (۷-۲) کنترل رسوب ورودی به آبگیر کانال آبیاری ۱۱
- شکل (۸-۲) کانتورهای سرعت و جریان چرخشی پیش بینی شده حول یک صفحه در مسیر مستقیم توسط نرم افزار Fluent ۱۳
- شکل (۹-۲) الف: شبکه بندی مقطع عرضی حول صفحه ، (ب) موقعیت هر گره در شبکه نسبت به مبدأ [۲۸] .. ۱۳
- شکل (۱۰-۲) نرخ رشد و زوال لنگر مومنتم در طول کانال در اثر مؤلفه عرضی و قائم سرعت و لنگر مومنتم کل ۱۴
- شکل (۱۱-۲) الف: لنگر مومنتم به ازای زوایای مختلف نصب صفحه در مقطع $X = 0/48 \text{ m}$ ، ب: شیب عرضی بستر به ازای زوایای مختلف نصب صفحه در مقاطع عرضی مختلف ۱۵
- شکل (۱۲-۲) بردارهای سرعت در مقطع طولی $y = 0 \text{ m}$ ۱۶
- شکل (۱۳-۲) الف: خط تغییر جهت مؤلفه عرضی سرعت ، ب: بردارهای سرعت در مقطع $X = 0/15 \text{ m}$ (بالایی) و $X = 0/48 \text{ m}$ (پایینی) ۱۶
- شکل (۱۴-۲) الگوی فرسایش بستر حول یک صفحه در کانال مستطیلی مستقیم با بستر متحرک ۱۶
- شکل (۱۵-۲) بردارهای سرعت در مقطع طولی $y = 0 \text{ m}$ ۱۷
- شکل (۱۶-۲) طرح شماتیک صفحه با یک ضلع پخ شده ۱۷
- شکل (۱۷-۲) لنگر مومنتم به ازای زاویه پخی ۱۸
- شکل (۱۸-۲) الف: آرایش (۱) : آرایش سه ردیفه صفحه ها، ب: آرایش (۲) : آرایش سه ردیفه صفحه ها در مقابل کانال انشعاب ۱۹
- شکل (۱۹-۲) تغییر V به ازای q_r در آرایشهای مختلف صفحه ۱۹
- شکل (۲۰-۲) الف: بردارهای سرعت نزدیک کف بدون صفحه ، ب: بردارهای سرعت نزدیک کف با صفحه ۲۰
- شکل (۲۱-۲) طرح صفحه دو تکه در کف و سطح ۲۱
- شکل (۲۲-۲) اثر ترکیبی صفحه ها و برخی ابزار کنترل رسوب بر نرخ رسوب ورودی به آبگیر ۲۲
- شکل (۲۳-۲) زاویه برخورد جریان در قوس با صفحه ۲۲
- شکل (۲۴-۲) الگوی فرسایش و رسوبگذاری در خم 90° بدون صفحه و با صفحه تحت شرایط هندسی مختلف ۲۴
- شکل (۲۵-۲) الگوی جریان و فرسایش حول یک صفحه به طول ۳ متر در یک کانال مستطیلی با بستر متحرک ۲۶

- شکل (۱-۳) تقسیمات منطقه نزدیک دیوار ۳۸
- شکل (۲-۳): الف) روش تابع دیوار، ب) روش نزدیک دیوار، برای در نظر گرفتن اثر دیوار در مدل‌های آشفستگی .. ۳۹
- شکل (۳-۳) سطح تماس فرضی دو فاز الف) در روش donor-acceptor ب) روش Youngs ج) سطح تماس واقعی ۴۲
- شکل (۴-۳) حجم کنترل یک بعدی حول گره P و پروفیل‌های مرتبه دوم استفاده شده در روش QUICK. ۴۳
- شکل (۱-۴) مشخصات هندسی کانال ۴۶
- شکل (۲-۴) شبکه بندی میدان حل ۴۷
- شکل (۳-۴) بردارهای سرعت در مقطع ۱۵ سانتی متری پس از مرکز صفحه ۴۸
- شکل (۴-۴) مقایسه قدرت جریان ثانویه در مقطع $x=3\text{ m}$ و ۴۹
- $x=2.8\text{ m}$ به ازای زوایای ۲۵ و ۳۶ و ۴۰ و ۴۵ و ۵۷ درجه نصب صفحه ۴۹
- شکل (۵-۴) مقایسه قدرت جریان ثانویه در طول کانال مستقیم به ازای زوایای مختلف نصب صفحه ۴۹
- شکل (۶-۴) گردابه حول محور Z در اطراف صفحه در مسیر مستقیم و از بین رفتن آن در سطح صفحه ۵۰
- شکل (۷-۴) الگوی جریان عرضی حول صفحه در مقطع $y=0.77\text{ m}$ ۵۱
- شکل (۸-۴) بردارهای سرعت در مقاطع طولی مختلف ۵۲
- شکل (۹-۴) کانتور تنش برشی کف کانال مستطیلی با یک صفحه ۵۳
- شکل (۱۰-۴) بردارهای مولفه عرضی سرعت در مقاطع مختلف (مدل آشفستگی $k-\epsilon$) ۵۴
- شکل (۱۱-۴) کانتور تنش برشی کف کانال مستطیلی با یک صفحه (مدل آشفستگی $k-\epsilon$) ۵۴
- شکل (۱۲-۴) گردابه حول محور Z در اطراف صفحه در ترازهای مختلف برای صفحه با زاویه ۱۵ درجه ۵۵
- شکل (۱۳-۴) الگوی جریان عرضی حول صفحه با زاویه برخورد ۱۵ ۵۶
- شکل (۱۴-۴) مقایسه کانتور تنش برشی کف کانال مستطیلی با یک صفحه با زوایای برخورد ۱۵ و ۴۵ درجه با جریان ۵۶
- شکل (۱-۵) نمایش هندسی قوس ۱۸۰ به همراه آبگیر و مقاطع کانال اصلی و کانال آبگیر ۵۸
- شکل (۲-۵): اعمال شرایط مرزی به مرزهای میدان جریان در قوس ۱۸۰ به همراه آبگیر ۵۹
- شکل (۳-۵) صحت سنجی نتایج مدل عددی با نتایج آزمایشگاهی [۳] در ترازهای مختلف ۶۰
- از مقطع $\theta = 75^\circ$ تا مقطع $\theta = 155^\circ$ ۶۰
- شکل (۴-۵) بررسی تأثیر مدل‌های مختلف آشفستگی بر نتایج حل عددی ۶۱
- شکل (۵-۵) پروفیل سرعت طولی و محل حداکثر سرعت در تراز $Z = 0.145\text{ m}$ ۶۳
- شکل (۶-۵) پروفیل سرعت طولی در تراز $Z = 0.145\text{ m}$ ۶۴
- شکل (۷-۵) کانتور سرعت طولی در تراز $Z = 0.105\text{ m}$ ۶۴
- شکل (۸-۵) خطوط جریان در تراز (الف) $Z = 0.145\text{ m}$ ، (ب) $Z = 0.105\text{ m}$ و (ج) $Z = 0.05\text{ m}$ ۶۶
- شکل (۹-۵) مقایسه خط تقسیم جریان در سطح و کف ۶۷
- شکل (۱۰-۵) منحنیهای هم سرعت در مقاطع مختلف کانال اصلی و آبگیر ۶۹
- شکل (۱۱-۵) طرح شماتیک سه بعدی جریان حلزونی در مقطع ۹۰ درجه ۷۰
- شکل (۱۲-۵) جریان ثانویه در مقاطع عرضی مختلف ۷۱
- شکل (۱۳-۵) چرخش یک المان سیال ۷۲
- شکل (۱۴-۵) طرح شماتیک نحوه محاسبه چرخش حول محور ۷۳
- شکل (۱۵-۵) قدرت جریان ثانویه در قوس ۷۳

- شکل (۱-۶) مشخصات هندسی میدان حل قوس ۱۸۰ با دو ردیف صفحه در مقابل دهانه آبگیر ۷۷
- شکل (۲-۶): اعمال شرایط مرزی به مرزهای میدان جریان قوس ۱۸۰° به همراه آبگیر و صفحه ۷۸
- شکل (۳-۶) صحت سنجی مدل عددی در قوس با آبگیر به همراه صفحه ۷۸
- شکل (۴-۶) مقایسه پروفیل سرعت پیش بینی شده به ازای شبکه بندی های مختلف با نتایج آزمایشگاهی [۱۹].
الف: در مقطع $\theta = 102^\circ$ و ب: در مقطع $\theta = 125^\circ$ ۸۰
- شکل (۵-۶) مقایسه پروفیل سرعت پیش بینی شده به ازای طرحهای مختلف انفعال ترم انتقال معادلات با نتایج
آزمایشگاهی [۱۹] در مقطع $\theta = 125^\circ$ ۸۱
- شکل (۶-۶) شرایط مرزی برای حل بروش VOF ۸۲
- شکل (۷-۶) صحت سنجی نتایج مدل سازی عددی به روش VOF ۸۳
- شکل (۸-۶) الگوی جریان طولی در ترازهای مختلف ۸۴
- شکل (۹-۶) بردارهای سرعت در ترازهای مختلف ۸۵
- شکل (۱۰-۶) نمایش هندسی مقاطع مختلف در کانال و آبگیر ۸۶
- شکل (۱۱-۶) منحنیهای هم سرعت در مقاطع عرضی کانال اصلی و آبگیر ۸۸
- شکل (۱۲-۶) بردارهای جریان ثانویه در مقاطع مختلف قوس در شبیه سازی الگوی جریان حول صفحات مستغرق
در آبگیری جانبی از قوس ۱۸۰° ۹۰
- شکل (۱۳-۶) خطوط جریان در تراز های مختلف برای قوس با صفحه ۹۲
- شکل (۱۴-۶) مقایسه خطوط جریان در مقطع ۱۰۰° در فواصل شعاعی مختلف از لبه خارجی کانال (d) ۹۴
- شکل (۱۵-۶) تغییرات عرضی سطح در مقطع ۹۰ درجه ۹۵
- شکل (۱۶-۶) پروفیل سطح جریان ۹۵
- شکل (۱۷-۶) مقایسه قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف قوس با آبگیر در حالت بدون صفحه و با صفحه .. ۹۷
- شکل (۱۸-۶) قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف قوس در حالت های قوس بدون صفحه و قوس با صفحه با زاویه
متغیر ۱۰۰
- شکل (۱۹-۶) مقایسه تنشهای برشی به ازای برخورد جریان با صفحه در حالت های مختلف ۱۰۰
- شکل (۲۰-۶): بررسی خطوط جریان در فاصله ۱۵ سانتی متری از لبه خارجی کانال به ازای زاویه برخورد جریان
با صفحه در دو حالت ۳۰° و ۲۴° ۱۰۱
- شکل (۲۱-۶) قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف قوس در حالت های قوس بدون صفحه و قوس با صفحه با ارتفاع
متغیر ۱۰۲
- شکل (۲۲-۶) خطوط جریان در فاصله شعاعی 15 cm از لبه خارجی کانال در حالت الف) $H/d=0/36$ و ب)
 $H/d=0/48$ ۱۰۳
- شکل (۲۳-۶) کانتور تنش برشی در حالت الف) $H/d=0/36$ و ب) $H/d=0/48$ ۱۰۴
- شکل (۲۴-۶) قدرت جریان ثانویه در مقاطع مختلف قوس در حالت های قوس با ۴ ردیف صفحه و قوس با ۵ ردیف
صفحه ۱۰۵
- شکل (۲۵-۶) مقایسه تنشهای برشی در دو حالت ۴ ردیف صفحه و ۵ ردیف صفحه ۱۰۵
- شکل (پ-۱) تغییرات باقیمانده ها در حل میدان جریان ۱۱۳
- شکل (پ-۲) روند همگرایی سرعت در یک نقطه از میدان جریان ۱۱۳

جدول (۱-۲) ابعاد بهینه یک ردیف صفحه در کانال مستطیلی با قوس 90°	۲۴
جدول (۲-۲) خلاصه تحقیقات صورت گرفته در زمینه کاربرد صفحات مستغرق	۳۳
جدول (۱-۳) ثابتهای آزمایشگاهی مدل آشفتگی $k-\varepsilon$	۳۷
جدول (۲-۳) ثابتهای آزمایشگاهی مدل آشفتگی $k-\omega$	۳۷
جدول (۳-۳) ثابتهای آزمایشگاهی مدل آشفتگی RSM	۳۸
جدول (۱-۴) مشخصات هیدرولیکی کانال مستقیم	۴۷
جدول (۱-۵) مشخصات هیدرولیکی میدان جریان کانال قوسی با آبگیر بدون صفحه	۵۸
جدول (۱-۶) مشخصات هیدرولیکی میدان جریان کانال قوسی با آبگیر و صفحه	۷۷
جدول (۲-۶) مشخصات شبکه بندی های مختلف در کانال	۷۹
جدول (۳-۶) مقایسه خطای نتایج مدل عددی در دو حالت شبیه سازی سطح آزاد و فرض شرط مرزی تقارن برای آن	۹۶
جدول (۴-۶) مشخصات هندسی و هیدرولیکی مدل سیستم صفحه با تغییر زاویه	۹۸
جدول (۵-۶) مشخصات هندسی سیستم صفحه با تغییر ارتفاع	۱۰۱

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه

آب جزء ارزانتترین و مهمترین موادی است که بشر از آن استفاده می کند. انحراف آب از مسیر اصلی آن برای مقاصد مختلف از جمله کشاورزی، آبرسانی، تولید برق و ... به کمک آبگیرها صورت می گیرد. یکی از مهمترین انواع آبگیری، آبگیری ثقلی از رودخانه با استفاده از نیروی ثقل است که در گذشته بصورت شق نهر و امروزه با استفاده از سازه های هیدرولیکی تکامل یافته با معیارهای طراحی می باشد. با توجه به رسوبی بودن جریان رودخانه خصوصاً در مواقع سیلابی، تأمین شرایطی که حداکثر آبگیری به همراه حداقل رسوب را فراهم کند از اهم موارد در طراحی آبگیرهاست تا از انسداد دهانه آبگیر به علت تجمع رسوبات جلوگیری شود. دهانه ورودی آبگیرها دو وظیفه مهم را بایستی انجام دهد:

۱. جذب و کنترل جریان منحرف شده از رودخانه.

۲. جلوگیری از ورود رسوبات و اجسام شناور به داخل آبگیر.

به منظور حداقل کردن ورود رسوبات به داخل آبگیر و تأسیسات پس از آن تمهیدات متفاوتی صورت می گیرد که به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

۱. سازه های بی که داخل رودخانه نصب میشوند و نقش دور کننده رسوبات از دهانه آبگیر را دارند.

۲. سازه هایی که داخل آبگیر نصب میشوند و تخلیه رسوبات وارد شده به آبگیر را بر عهده دارند.

در صورت عدم طراحی تأسیسات کنترل رسوب برای کانالهای آبیاری و یا مصارف صنعتی مشکلات و عوارض مختلفی از جمله موارد ذیل ایجاد خواهد شد [۱۴]:

- کاهش ظرفیت کانال در اثر ته نشین شدن مواد رسوبی.
- تخریب و فرسایش دیواره ها در اثر برخورد مواد درشت دانه رسوبی به آنها.
- اختلال در جریانهای آبی پیش بینی شده در اثر قطع آب به منظور لایروبی.
- هزینه بسیار زیاد لایروبی.
- رشد علفهای هرز در محلهای تجمع رسوب.

• هزینه زیاد تصفیه آب شامل رسوب.

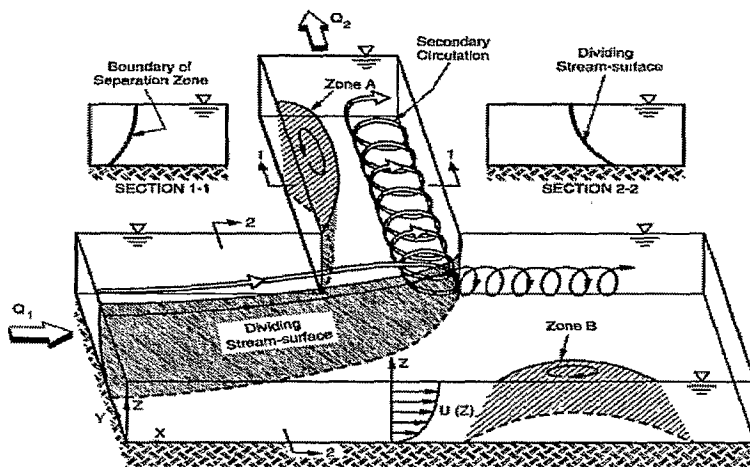
• خوردگی و استهلاک ادوات ایستگاههای پمپاژ در اثر ورود رسوبات به داخل آنها.

رادکیوی (۱۹۹۳) بر اساس کارهای انجام شده توسط محققین مختلف توصیه هایی را برای کنترل رسوب ورودی به آبگیر، از جمله آبگیری از قوس خارجی رودخانه، صفحه یزازاغتاش جریان در دهانه آبگیر، احداث آبشکن جانبی در ضلع مقابل آبگیر به منظور ایجاد انحناء در خطوط جریان، ایجاد جزایر مصنوعی در بالادست آبگیر به منظور هدایت جریان و ایجاد انحناء لازم، استفاده از صفحات مستغرق به منظور دور نمودن بار بستراز دهانه آبگیر و ساخت آستانه در ورودی آبگیر به منظور جلوگیری از ورود رسوبات لایه پایینی به کانال آبگیر ارائه کرده است. (به نقل از [۶]).

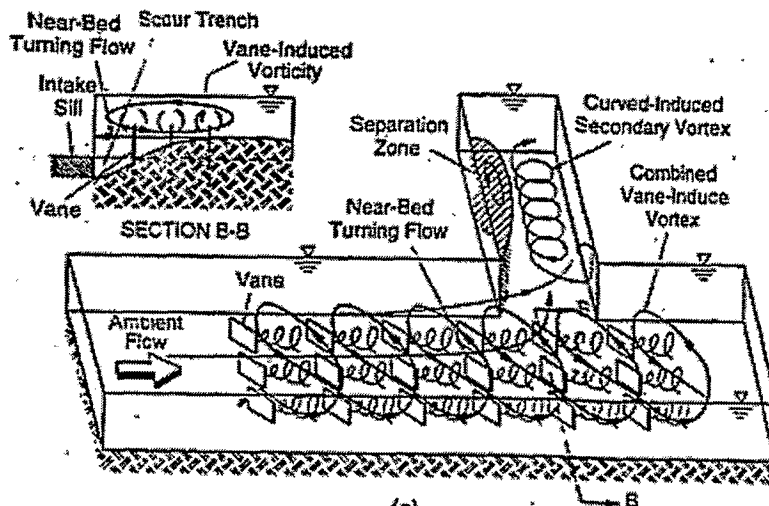
صفحات مستغرق کاربردهای دیگری از جمله استفاده در کناره رودخانه به منظور حفاظت سواحل در مقابل فرسایش و افزایش عمق رودخانه برای اهداف کشتیرانی دارند. اساس روش استفاده از صفحات مستغرق بر اصول جریان در انحناء کانالها استوار است. وقتی جریان وارد قوس می شود سطح آب عمود بر منتهی نیروهای ثقل و گریز از مرکز قرار می گیرد. از آنجا که نیروی گریز از مرکز با مربع سرعت جریان رابطه مستقیم دارد ($f \propto mv^2 / r$ ؛ جرم، m ؛ سرعت v و شعاع قوس است) با توجه به اینکه پروفیل سرعت جریان از کف تا سطح غیر یکنواخت است، لایه بالایی که سرعت بیشتری دارد به علت نیروی گریز از مرکز بیشتر به طرف قوس خارجی حرکت می کند و به علت پیوستگی محیط آب، جریانی در جهت عکس جریان سطحی در کف برقرار می شود، بطوریکه ذرات نزدیک کف به سمت قوس داخلی حرکت می کنند. بدین ترتیب یک جریان ثانویه در قوس بوجود می آید و با وجود گرادیان طولی فشار یک جریان حلزونی در کل مسیر قوس شکل می گیرد که باعث فرسایش قوس خارجی و رسوبگذاری در قوس داخلی و در نتیجه انتقال خط القعر مسیر به سمت قوس خارجی می شود.

در محل آبگیری از رودخانه، در صورتی که آبگیر در مسیر مستقیم باشد، مکش اعمالی از طرف آبگیر یک صفحه تقسیم جریان ایجاد می کند که مشابه قوس خارجی عمل می کند. بدین ترتیب آبشستگی در مقابل ورودی آبگیر رخ داده، رسوبات به طرف آبگیر هدایت می شوند، رسوبگذاری در لبه بالایی آبگیر رخ می دهد، قسمتی از دهانه آبگیر مسدود شده و راندمان آبگیری کاهش می یابد (شکل (۱-۱)). با تعبیه صفحات مستغرق در مقابل دهانه آبگیر، جریان ثانویه ای در خلاف جهت جریان ثانویه ناشی از آبگیر ایجاد شده و علاوه بر فرسایش در مقابل دهانه

آبگیر باعث انتقال رسوبات به داخل رودخانه اصلی شده و امکان آبگیری بیشتر از جریان سطحی با مقدار رسوب کمتر فراهم می شود (شکل (۱-۲)).



شکل (۱-۱) طرح شماتیک الگوی جریان ورودی به آبگیر در مسیر مستقیم [۳۳]



شکل (۲-۱) طرح شماتیک الگوی جریان ورودی به آبگیر در مسیر مستقیم با حضور سه ردیف صفحه [۱۴]

در آبگیری از قوس رودخانه، الگوی جریان پیچیدگی بیشتری نسبت به مسیر مستقیم دارد. مقایسه خطوط تقسیم جریان در آبگیری از قوس و مسیر مستقیم نشان میدهد که در حالت آبگیری از مسیر مستقیم قسمت اعظم آبگیری از کف صورت می گیرد که علت آن همان پروفیل قائم غیریکنواخت سرعت و غلبه مکش آبگیر بر مومنتم لایه های پایینی است. اما در حالت آبگیری در قوس، قسمت اعظم آبگیری از جریان سطحی است که علت این امر وجود جریان ثانویه و هدایت جریان سطحی به سمت قوس خارجی و کمک به مکش اعمالی از طرف

آبگیر به لایه های بالایی جریان و هدایت جریان نزدیک کف به سمت قوس داخل و کم کردن اثر مکش آبگیر بر لایه های پایینی جریان است [۱].

محل قرارگیری آبگیر در قوس خارجی و همچنین زاویه آبگیری (زاویه بین خط مماس بر مسیر جریان و راستای آبگیر) از اهمیت ویژه ای برخوردار است. رضوان (۱۹۸۹) محل قرارگیری آبگیر را به منظور حداقل نمودن ورود رسوبات درشت دانه به آبگیر در سه چهارم انتهایی زاویه مرکزی قوس پیشنهاد نمود، به شرط آنکه اولاً شعاع انحناء بزرگتر از سه الی چهار برابر عرض سطح آب باشد، ثانیاً نسبت انحراف آب کمتر از $0/3$ تا $0/4$ باشد [۴].

پیرستانی (۱۳۸۳) در آزمایشاتی در کانال مستطیلی به ابعاد مقطع $0/6 \times 0/6$ متر شامل یک قوس 180° و دو کانال مستقیم به طول 7 متر و $3/5$ متر به ترتیب در بالادست و پایین دست کانال قوسی، به این نتیجه رسید که حداکثر سرعت در نزدیک کف کانال در نیمه دوم قوس و در محدوده زاویه 115° و 180° وجود دارد. در نتیجه در این مناطق احتمال آبشستگی بیشتر است. سپس با قرار دادن آبگیر در موقعیت های 115° ، 45° و 75° با زوایای آبگیری 60° ، 75° و 90° به نتایج ذیل دست یافت:

۱. در موقعیت آبگیری 115° ، در لایه زیرین جریان، فقط خطوط جریان نزدیک لبه خارجی قوس، تحت تاثیر آبگیر به سمت دهانه آبگیر منحرف می شوند، ولی بقیه خطوط جریان به مسیر خود در کانال اصلی ادامه میدهند و با نزدیک شدن به سطح آب، خطوط جریان به سمت قوس خارجی نزدیک میشوند. بنابراین با توجه به نوع الگوی جریان، احتمال ورود رسوبات به داخل آبگیر کمتر از دو حالت دیگر آبگیری است.

۲. در موقعیت 115° ، ناحیه جدا شده در قوس داخلی کانال اصلی پس از دهانه آبگیر، دارای محدوده بسیار کمی نسبت به دو موقعیت دیگر می باشد.

۳. با توجه به آنکه در موقعیت آبگیری 115° ، بیشترین دبی نسبی انحرافی در واحد عرض مربوط به زاویه آبگیری 60° درجه می باشد، در صورتی که کاهش ورود رسوبات به داخل آبگیر مورد نظر باشد، محل آبگیری 115° و زاویه آبگیری 60° درجه نسبت به حالات دیگر توصیه می شود [۳].

دهقانی (۱۳۸۵) در تحقیقی آزمایشگاهی در کانال آزمایشی فوق، به بررسی کنترل رسوب ورودی به آبگیر جانبی در موقعیت های 90° ، $102/5^\circ$ ، 115° ، 135° و 150° با زوایای آبگیری 45° ، 60° و 75° پرداخت [۴]. ایشان به لحاظ آبشستگی موضعی در دهانه آبگیر، استقرار آبگیر در موقعیت 115° را توصیه می نماید. همچنین با مقایسه

نسبت مولفه عرضی سرعت به مولفه طولی آن (u/v) که نشان دهنده نسبت مومنتم عرضی به مومنتم طولی و در نتیجه میزان رسوب ورودی به آبگیراست، به این نتیجه رسید که در حالت حداکثر آبگیری در زاویه 60° ، (u/v) نزدیک کف کمتر از (u/v) در حالت زوایای 45° و 75° است و در حالت غیر از حداکثر آبگیری، نسبت (u/v) در زاویه 45° کمتر از حالات دیگر است [۴].

ادگارد و همکارانش توصیه های ذیل را برای طراحی بهینه ابعاد صفحات مستغرق به منظور حفاظت و تثبیت کرانه ها ارائه نموده اند [۱۴].

- ارتفاع صفحات (H) باید به گونه ای باشد که نسبت H/d (عمق جریان است) در تمامی دبی های مسبب فرسایش در محدوده $0/2$ تا $0/5$ باقی بماند.
- طول صفحات (L) باید در حد ۳ تا ۴ برابر ارتفاع آنها باشد.
- در کانالهای دارای انحنا، صفحات باید زاویه ای برابر ۱۰ تا ۱۵ درجه با جهت جریان متوسط بسازند.
- در کانالهای مستقیم، صفحات به صورت ردیفهایی با زاویه بین ۱۰ تا ۳۰ درجه نسبت به جهت جریان در رودخانه کار گذاشته شوند.
- فاصله جانبی صفحات و فاصله خارجی ترین صفحه تا ساحل باید کمتر از دو برابر عمق جریان باشد.
- فاصله عرضی بین صفحه ها، باید کمتر از ۲ تا ۳ برابر ارتفاع صفحه باشد.
- فواصل طولی صفحه ها، ۱۵ تا ۳۰ برابر ارتفاع صفحه ها باشد.

با توجه به توضیحات فوق، در این تحقیق با توجه به تحقیق آزمایشگاهی آقای منتصری که در یک کانال مستطیلی با بستر آبرفتی، شامل یک قوس 180° و دو کانال مستقیم در بالادست و پایین دست کانال قوسی به ترتیب با طول ۷m و ۳m و آبگیری در موقعیت 115° با زاویه 45° با دریچه ای در انتهای آبگیر در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه تربیت مدرس در حال انجام است و صفحات مستغرق در مقابل دهانه آبگیر نصب شده است، به شبیه سازی عددی الگوی جریان حول صفحه ها در کانال فوق با بستر صلب پرداخته شده است. صفحه هایی به ارتفاع ۳/۵ cm، طول ۱۰/۵ cm و ضخامت ۳ mm در ۵ ردیف دوتایی منظم با فاصله طولی ۱۰/۵ cm و فاصله