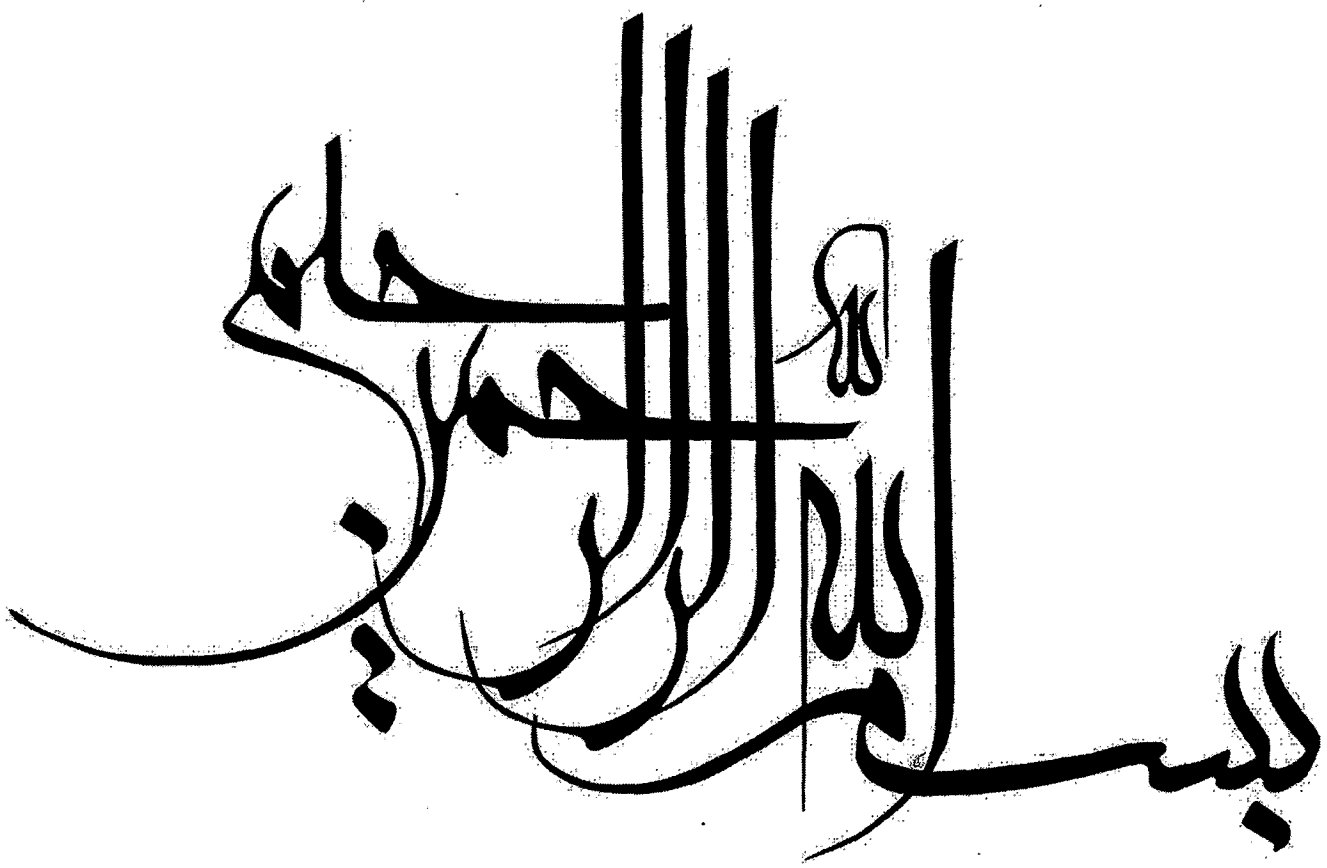
٨٧/١/١٠٠١٤٧
٨٧/٩٢٥
٠١٠٩١٠



١٠٨٧٥٨

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران–سازه‌های دریایی

تعیین شکل هندسی بهینه سکوهای نیمه مستغرق تحت اثر امواج و جریان‌های دریایی به کمک الگوریتم وراثتی

حمید گل‌پور

۱۳۸۷ /۹/ ۱۹

استاد راهنما:

دکتر مهدی شفیعی‌فر

بهار ۱۳۸۷

۱۰۸۷۵۸

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

آقای حمید گل پور پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان تعیین شکل هندسی بهینه سکوهای نیمه مستغرق تحت اثر امواج و جریان های دریایی به کمك الگوریتم وراثتی** در تاریخ ۱۳۸۷/۳/۱۲ 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 - سازه های دریایی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر مهدی شفیعی فر	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر علی اکبر آقا کوچك	استاد	
استاد ناظر	دکتر اردشیر بحرینی نژاد	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد جواد کتابداری	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر علی اکبر آقا کوچك	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (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 آثارعلمی» 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 مهندسی عمران است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار ~~خانم~~/جناب آقای دکتر مهدی تقوی فر ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ——— از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل/وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب محمد حل لیر دانشجوی رشته مهندسی عمران - سازه مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: محمد حل لیر

تاریخ و امضا: ۸۷/۷/۲۸

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 پایان نامه‌ها / 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 پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

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 پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های 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 پایان نامه/ 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 لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

امضا

تقدیم

به او که خواهد آمد، در روزی ابری، با چتری به پهنای آسمان، به رنگ عدالت و به روشنایی خورشید

و به پربهاترین گنج های گیتی که بودنم مدیون وجودشان و شدنم مرهون شعورشان است:

یگانه آموزگار عشق، فداکاری و محبت، مادرم.

یگانه آموزگار کوشش، ایستادگی و مودت، پدرم.

و دنیای پاک و بی آلایش یگانه خواهرم.

سپاس

«آن‌که سپاس بندگان را بجا نیاورد، آفریدگار را سپاس‌گزار نبوده»

«و گویند سپاس خدای را که ما را بدین راه رهنمون شد و اگر خدا راهبر نبود، هرگز راه نمی‌یافتیم.» (اعراف، ۴۳)

خداوند والا مرتبه را سپاس که در سایه‌ی توجه‌ها و لطف‌های بی‌کرانش این پایان‌نامه به انجام رسید. و با سپاس و قدردانی از جناب آقای دکتر مهدی شفیعی‌فر که مرا به شاگردی پذیرفتند و از رهنمودها، دقت و شکیبایی ایشان، بسیار بهره بردم.

از همه‌ی استادان گرامی‌ام در دانشگاه علم و صنعت ایران و دانشگاه تربیت مدرس به ویژه دکتر آقاکوچک، دکتر احمدی، دکتر شانه‌ساززاده، دکتر خاجی، دکتر یثربی و دوست و استاد گرامی مرحوم دکتر فرهاد علمی که همواره به شاگردی‌شان بالیده‌ام، سپاس‌گزارم. مایه‌ی خوشبختی است که در این دوران تحصیلی، افتخار شاگردی استادان فرزانه و دانشمندی چون ایشان نصیبم شد. یاد خوبی‌های این معلمان بزرگوار را هیچ‌گاه فراموش نخواهم کرد.

و با سپاس ویژه از دوست بسیار عزیزم، مهندس مهدی عجمی، به سبب ارائه اطلاعات و راهنمایی‌های مفیدش، که راه‌گشای کلیدی به انجام رسیدن این پژوهش بوده است؛ دوست عزیزی که تجربیات علمی و اطلاعات خویش را بی‌هیچ منتی در اختیارم نهاد.

و در نهایت از یاری و همراهی دوستان گرامی‌ام آقایان مهندس حامد کجباف، مهدی برومندی، مجتبی گلدی، حمیدرضا زارعی‌فر و همچنین مهندس قزوینی از شرکت صدرا و دیگر دوستانی که در طول به ثمر رساندن این پژوهش از تجربیات علمی، اندیشه‌ها و اطلاعات ایشان بهره بردم، سپاس‌گزارم.

از خداوند منان طول عمر و توفیق روزافزون این بزرگواران را در جهت سربلندی فرهنگ و دانش این سرزمین خواستارم.

حمید گل‌پور

بهار ۱۳۸۷

چکیده

هرچند فعالیت‌های صنعت سکوسازی در جنوب کشور تاریخچه‌ای دیرینه داشته و پژوهش‌گران و صنعت‌گران، تجربه‌های فراوانی در طراحی و اجرا در این منطقه دارند، ولی با توجه به گسترش روزافزون صنعت و به دنبال آن افزایش تقاضای انرژی‌های فسیلی و نیز محدودیت منابع نفت و گاز در ساحل و مناطق کم‌عمق جنوب کشور، توجه هرچه بیش‌تر به منطقه‌ی دریایی مازندران از دیدگاه ملی ضروری و اجتناب ناپذیر است. عوامل گوناگونی چون نیاز روزافزون به مواد هیدروکربنی در تولید و توسعه‌ی ملی، رقابت شدید منطقه‌ای در سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از حوزه‌های نفت و گاز در شمال و اهمیت سیاسی، استراتژیک و بین‌المللی منطقه ضرورت و لزوم دخالت هرچه بیش‌تر و گسترده‌تر در این عرصه را دوچندان می‌کند. سکوهای نیمه‌شناور یکی از به‌ترین و مناسب‌ترین گزینه‌ها برای این منطقه در فعالیت‌های مختلف اکتشاف، حفاری، استخراج و تولید است که یک نمونه آن در حال بکارگیری در دریای مازندران است.

در این تحقیق روش جدیدی برای بهینه‌سازی و اتوماسیون تحلیل حرکت‌های سکوهای نیمه‌شناور ارائه می‌شود. در مورد جنبه‌های مختلف بهینه‌سازی این سکوها موارد ذیل مورد توجه قرار گرفته‌اند: بهینه‌سازی مشخصات شکل هندسی سکو و جهت قرارگیری شناور نسبت به شرایط محیطی، الگوی خطوط مهار، جستجوی طول خط یا کشش خط بهینه برای هر خط مهاری و انتخاب قطر و جنس خط بهینه با هدف کاهش پاسخ‌های سکو و کسب به‌ترین و بیش‌ترین سازگاری در برابر شرایط محیطی اعمال شده.

در این پژوهش برای نخستین بار در مدل‌سازی و تحلیل سکو از بسته‌ی نرم‌افزاری SESAM محصول DNV استفاده شده است. موج و باد بصورت طیفی تعریف شده‌اند و تحلیل در دامنه‌ی فرکانس انجام شده است. هدف از بهینه‌سازی عبارت است از کمینه کردن تابع هدفی که ترکیبی جبری از جابجایی‌های شناور متناظر با هر دسته از شرایط محیطی است. روش بهینه‌سازی بکار رفته در این تحقیق الگوریتم وراثتی(ژنتیک) است و ضمن توضیح در مورد کد الگوریتم توسعه یافته، کاربرد آن در یک مطالعه‌ی موردی و نتیجه‌گیری نیز ارائه شده است.

کلید واژه:

سکوی نیمه‌شناور(نیمه‌مستغرق)، پاسخ‌های حرکتی، بسته‌ی نرم‌افزاری SESAM، بهینه‌سازی، مهاربندی، شکل هندسی، الگوریتم وراثتی(ژنتیک).

فهرست

عنوان | صفحه

فهرست جدول‌ها ..... ه
فهرست شکل‌ها ..... و
فصل ۱- پیش‌گفتار ۲
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- تاریخچه‌ی پژوهش‌های پیشین ۳
۱-۳- هدف پژوهش حاضر ۶
۱-۴- انواع سکوهای شناور ۷
۱-۴-۱- سکوهای کشتی‌سان ۸
۱-۴-۱-۱- کشتی‌های حفار ۹
۱-۴-۱-۲- کشتی‌های ذخیره‌سازی ۱۰
۱-۴-۱-۳- سکوهای شناور تولید، ذخیره‌سازی، تخلیه و بارگیری ۱۰
۱-۴-۲- سکوهای نیمه‌شناور ۱۱
۱-۴-۳- سکوهای پایه کششی ۱۳
۱-۴-۴- سکوهای ستونی ۱۴
۱-۵- انواع روش‌های حفظ موقعیت سکوهای شناور ۱۵
۱-۵-۱- مهاربندی گسترده ۱۶
۱-۵-۲- مهاربندی تک‌نقطه‌ای ۱۶
۱-۵-۲-۱- مهاربندی برجی ۱۶
۱-۵-۲-۲- مهاربندی پایه لنگری کتنری ۱۷
۱-۵-۲-۳- مهاربندی تک پایه‌ای ۱۸
۱-۵-۳- تثبیت موقعیت دینامیکی ۱۹
فصل ۲- مبانی تحلیل سکوهای شناور ۲۱
۲-۱- مقدمه ۲۱
۲-۲- اهمیت نیروهای محیطی و بارگذاری ۲۲
۲-۳- بارگذاری نیروهای محیطی ۲۴

۲-۳-۱- نیروی ناشی از باد ۲۴
۲-۳-۲- نیروی ناشی از جریان ۲۵
۲-۳-۳- نیروی ناشی از موج ۲۵
۲-۳-۳-۱- معادله‌ی موریسون ۲۶
۲-۳-۳-۲- تئوری تفرق ۲۷
۲-۴- حرکت‌های سکوی شناور ۳۰
۲-۵- تحلیل سکوهای شناور ۳۱
۲-۵-۱- محاسبه پاسخ‌های ناشی از موج ۳۲
۲-۵-۱-۱- تحلیل استاتیکی ۳۲
۲-۵-۱-۲- تحلیل شبه‌استاتیکی ۳۳
۲-۵-۱-۳- تحلیل دینامیکی ۳۳
۲-۵-۲- تحلیل و ارزیابی سیستم‌های مهاربندی ۳۶
۲-۵-۲-۱- استاتیک سیستم مهاربندی ۳۶
۲-۵-۲-۲- دینامیک سیستم مهاربندی ۴۱
۲-۵-۲-۳- ترکیب نتاج تحلیل استاتیکی و دینامیکی خط مهار و سیستم مهار بندی ۴۳

فصل ۳- معرفی بسته‌ی نرم‌افزاری SESAM ۴۶

۳-۱- مقدمه ۴۶
۳-۲- مدیریت برنامه‌ها ۴۸
۳-۳- مدل‌سازی سکوی نیمه‌شناور ۴۹
۳-۴- تحلیل سکوی نیمه‌شناور ۵۲
۳-۴-۱- تحلیل هیدرودینامیکی ۵۲
۳-۴-۱-۱- خواندن اطلاعات مدل ۵۳
۳-۴-۱-۲- مدل‌سازی جرم ۵۵
۳-۴-۱-۳- تحلیل پاسخ‌های عمومی ۵۶
۳-۴-۲- تحلیل سامانه‌ی مهاربندی ۵۶
۳-۴-۲-۱- تعریف شناور ۵۶
۳-۴-۲-۲- نیروهای محیطی ۵۸
۳-۴-۲-۳- تعریف سامانه‌ی مهاربندی ۵۹
۳-۴-۲-۴- پاسخ شناور ۶۰

فصل ۴- سنجش میزان تاثیر مشخصات هندسی در پاسخ سکو ۶۳

۴-۱- مقدمه ۶۳
۴-۲- صحت سنجی مدل‌سازی و تحلیل با نرم‌افزار SESAM ۶۳
۴-۲-۱- تحلیل یک پانتون شناور ۶۴
۴-۲-۲- تحلیل یک سکوی نیمه‌شناور ۶۸
۴-۳- بررسی پاسخ سکوی نیمه‌شناور با مشخصات هندسی گوناگون ۷۱
۴-۳-۱- میزان تاثیر شکل ستون‌ها ۷۳
۴-۳-۲- میزان تاثیر ابعاد ستون‌ها ۷۵
۴-۳-۳- میزان تاثیر ابعاد پانتون‌ها ۷۷
۴-۳-۴- میزان تاثیر شکل پانتون‌ها ۷۸

فصل ۵- تعیین طرح بهینه یک سکوی نیمه‌شناور مهارشده با هدف کاهش پاسخ‌های حرکتی ۸۲

۵-۱- مقدمه ۸۲
۵-۲- تعریف مساله ۸۳
۵-۲-۱- متغیرهای مساله بهینه‌یابی ۸۳
۵-۲-۲- تابع هدف ۸۴
۵-۲-۳- قیدهای مساله ۸۷
۵-۲-۴- تابع جریمه ۸۸
۵-۲-۵- تابع شایستگی ۸۸
۵-۳- جزییات الگوریتم مورد استفاده ۸۹
۵-۳-۱- روند اجرای الگوریتم ۸۹
۵-۳-۲- رمزگذاری متغیرها ۹۰
۵-۳-۳- رمزگشایی متغیرها ۹۱
۵-۳-۴- محاسبه پاسخ‌های سکو ۹۲
۵-۳-۵- تابع شاستگی ۹۲
۵-۳-۶- انتخاب ۹۲
۵-۳-۷- عمل‌گر پیوند ۹۳
۵-۳-۸- عمل‌گر جهش ۹۳
۵-۳-۹- فرزندان نخبه ۹۳
۵-۴- کاربرد مساله بهینه‌سازی در تعیین طرح بهینه یک سکوی نیمه‌شناور مهار شده ۹۳
۵-۴-۱- مشخصات سکوی ایران-البرز ۹۴
۵-۴-۲- متغیرهای بهینه‌سازی ۹۵

۵-۴-۳- پارامترهای اولیه‌ی الگوریتم ۹۷
۵-۴-۴- نتایج اجرای الگوریتم ۹۷
فصل ۶- جمع‌بندی ۱۰۴
۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۰۴
۶-۲- پیشنهادات ۱۰۵
ضمیمه أ -مبانی الگوریتم وراثتی ۱۰۷
فهرست مراجع ۱۱۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: شیوه‌ی تقسیم بندی سکوهای دریایی ۷
جدول۲-۱: طبقه بندی بارها[۱۶] ۲۲
جدول ۲-۲: اهمیت نسبی بارها ۲۴
جدول ۲-۳: تفاوت‌های دو روش تحلیل در دامنه‌ی فرکانس و زمان ۳۶
جدول ۳-۱: مشخصات نرم‌افزارهای بکاررفته در این گزارش ۴۸
جدول ۴-۱: مشخصات هندسی پانتون[۳۱] ۶۴
جدول ۴-۲: مشخصات هندسی مدل‌های گوناگون در ۴ گروه ۷۳
جدول ۴-۳: پاسخ‌های سکوهای گروه اول با اعمال طیف PM ۷۴
جدول ۴-۴: پاسخ‌های سکوهای گروه دوم با اعمال طیف PM ۷۷
جدول ۴-۵: پاسخ‌های سکوهای گروه سوم با اعمال طیف PM ۷۷
جدول ۴-۶: پاسخ‌های سکوهای گروه چهارم با اعمال طیف PM ۸۰
جدول ۵-۱: محدوده مجاز کارایی سکوهای نیمه‌شناور ۸۵
جدول ۵-۲ : مشخصات هندسه و مهاربندی سکوی ایران-البرز ۹۴
جدول ۵-۳: شرایط محیطی دریای مازندران وارد بر سکوی نیمه‌شناور ۹۵
جدول ۵-۴: متغیرهای شکل هندسی و سیستم مهاربندی سکوی نیمه‌شناور ۹۶
جدول ۵-۵: مقادیر متغیرهای نهایی طرح بهینه ۹۸
جدول ۵-۶: نتایج طراحی بهینه و مقایسه‌ی آن با طرح اولیه برای ابعاد اصلی شکل هندسی ۹۸
جدول ۵-۷: نتایج طراحی بهینه و مقایسه‌ی آن با طرح اولیه برای زاویه استقرار، جنس و قطر خطوط مهاری ۱۰۰
جدول ۵-۸: نتایج طراحی بهینه و مقایسه‌ی آن با طرح اولیه برای طول خطوط مهاری و موقعیت لنگر ۱۰۱
جدول ۵-۹: حداکثر جابجایی‌های افقی سکوی نیمه‌شناور (مقایسه طرح اولیه و طرح نهایی) ۱۰۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: مقایسه‌ی هزینه‌های اولیه‌ی بکارگیری سکوهای دریایی در عمق‌های گوناگون..... ۸
شکل ۱-۲: کشتی حفار..... ۹
شکل ۱-۳: سکوی شناور FPSO..... ۱۰
شکل ۱-۴: سکوی نیمه‌شناور..... ۱۱
شکل ۱-۵: سکوی پایه کششی..... ۱۳
شکل ۱-۶: سکوی نوع ستونی (Spar)..... ۱۴
شکل ۱-۷: انواع مختلف مهاربندی قبه ای..... ۱۷
شکل ۱-۸: نمایی از مهاربندی CALM..... ۱۸
شکل ۱-۹: نمایی از مهاربندی SALM..... ۱۹
شکل ۱-۱۰: تثبیت موقعیت یک FPSO با روش DP..... ۱۹
شکل ۲-۱: تعریف شرایط مرزی در تئوری تفرق..... ۲۸
شکل ۲-۲: درجات آزادی یک سازه شناور..... ۳۱
شکل ۲-۳: نمودار چگونگی تحلیل سکوهای شناور مهار شده..... ۳۲
شکل ۲-۴: المان یک خط مهار..... ۳۷
شکل ۲-۵: المان خط مهار و نیروهای وارد برآن..... ۳۸
شکل ۲-۶: نمای سکوی نیمه‌شناور همراه با رفتار مهارکتنری..... ۳۹
شکل ۲-۷: پلان یک سیستم مهار بندی معمولی..... ۴۰
شکل ۲-۸: نمودار نحوه‌ی طراحی سیستم مهاربندی سکوهای شناور..... ۴۳
شکل ۳-۱: نمایی از نرم‌افزارهای SESAM و ساختار ارتباطی آن‌ها..... ۴۷
شکل ۳-۲: نمایی از پنجره‌ی رابط SESAM (مدیریت برنامه)..... ۴۹
شکل ۳-۳: رابط تصویری نرم‌افزار Prefem..... ۵۰
شکل ۳-۴: استفاده از ویژگی تقارن در ساخت مدل با Prefem..... ۵۱
شکل ۳-۵: بخش اصلی مدل یک TLP (با استفاده از ویژگی تقارن در Prefem)، تشکیل شده از سه زیرمدل..... ۵۱
شکل ۳-۶: مدل ساده‌ی یک سکوی پایه کششی ساخته شده با Preframe..... ۵۲

شکل ۳-۷: شمای انواع مدل در WADAM ۵۳
شکل ۳-۸: مدل‌های هیدرودینامیکی ۵۴
شکل ۳-۹: مدل دوگانه با دو محور تقارن ۵۵
شکل ۳-۱۰: موقعیت و جهت شناور در مختصات عمومی ۵۷
شکل ۳-۱۱: محورهای مختصات محلی ۵۸
شکل ۳-۱۲: نمای یک خط مهاری دو تکه ای به همراه یک وزنه ۵۹
شکل ۴-۱: پانتون شناور مدل شده در Prefem ۶۴
شکل ۴-۲: مقایسه پاسخ Heave پانتون در Moses و SESAM ۶۵
شکل ۴-۳: مقایسه پاسخ Roll پانتون در Moses و SESAM ۶۵
شکل ۴-۴: مقایسه پاسخ Roll پانتون در Moses و SESAM ۶۶
شکل ۴-۵: مقایسه پاسخ‌های Heave، Sway و Roll ۶۷
شکل ۴-۶: سکوی نیمه‌شناور GVA 4000 ، اندازه‌های اصلی سکو [۳۲] ۶۸
شکل ۴-۷: مدل پنل سکوی GVA-4000، سرهم شده در Presel ۶۹
شکل ۴-۸: مدل موریسون سکوی GVA-4000، ساخته شده در Preframe ۶۹
شکل ۴-۹: پاسخ Heave سکوی GVA-4000 (با استفاده از SESAM) ۶۹
شکل ۴-۱۰: پاسخ Pitch سکوی GVA-4000 (با استفاده از SESAM) ۷۰
شکل ۴-۱۱: مقایسه پاسخ‌های Heave (نتایج SESAM و مرجع [۳۲]) ۷۰
شکل ۴-۱۲: مقایسه پاسخ‌های Pitch (نتایج SESAM و مرجع [۳۲]) ۷۱
شکل ۴-۱۳: مدل شاهد-شماره یک (مدل موریسون و مدل پنل) ۷۲
شکل ۴-۱۴: سکوهای مدل ۲، ۳ و ۴ (به ترتیب از چپ) ۷۴
شکل ۴-۱۵: پاسخ‌های Heave، Pitch و Roll مدل‌های گروه اول ۷۵
شکل ۴-۱۶: پاسخ‌های Heave، Pitch و Roll مدل‌های گروه دوم ۷۶
شکل ۴-۱۷: پاسخ‌های Heave، Pitch و Roll مدل‌های گروه سوم ۷۸
شکل ۴-۱۸: سکوهای گروه چهارم (مدل ۱۵ و ۱۶) ۷۸
شکل ۴-۱۹: سکوهای گروه چهارم (مدل ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰) ۷۹
شکل ۴-۲۰: پاسخ‌های Heave، Pitch و Roll مدل‌های گروه چهارم ۷۹
شکل ۴-۲۱: پاسخ‌های Heave، Pitch و Roll مدل‌های گروه چهارم ۸۰
شکل ۵-۱: نمودار جریان طراحی بهینه‌ی سکوی نیمه‌شناور در الگوریتم وراثتی ۹۱

شکل ۵-۲: شکل هندسی مدل سکوی نیمه‌شناور پیش و پس از بهینه‌سازی ۹۹
شکل ۵-۳: پلان طرح اولیه‌ی مهاربندی..... ۹۹
شکل ۵-۴: پلان طرح سیستم مهاربندی پس از بهینه‌سازی..... ۱۰۰
شکل ۵-۵: مقایسه‌ی پاسخ RAO در درجه آزادی Pitch پیش و پس از بهینه‌سازی..... ۱۰۲
شکل ۵-۶ : مقایسه‌ی پاسخ RAO در درجه آزادی Roll پیش و پس از بهینه‌سازی ۱۰۲

شکل أ- ۱: شبه برنامه‌ی ساده‌ای از الگوریتم ژنتیک..... ۱۱۳

۱

پیش‌گفتار

مقدمه

تاریخچه پژوهش‌های پیشین

هدف پژوهش حاضر

روش انجام تحقیق

انواع سکوهای شناور

انواع روش‌های حفظ موقعیت سکوهای شناور

فصل ۱- پیش‌گفتار

۱-۱- مقدمه

اولین تلاش‌ها برای دستیابی به نفت در بستر دریا در اواخر قرن نوزدهم به ثمر رسید. در کالیفرنیا، چاه‌های نفت از روی اسکله‌ای متصل به ساحل و به فاصله حدود ۵۰۰ متری از ساحل حفر گردید. به تدریج و در سال‌های بعد، با استفاده از شمع‌ها و عرشه‌های چوبی از ساحل دور شده و چاه‌های استخراج نفت را در فواصلی دور از ساحل حفاری می‌کردند به طوری‌که در سال ۱۹۳۷ یک سکوی چوبی در عمق ۴/۳متری و در فاصله ۱/۶ کیلومتری ساحل احداث شد. با پایان جنگ جهانی دوم و گسترش صنعت فولاد، استفاده از سکوهای فولادی رواج یافتند. اولین سکوی فولادی در سال ۱۹۴۷ در عمق حدود ۴/۳ متری احداث گردید. به تدریج و با پیشرفت صنایع فولادی و نیز سکوسازی، امکان استفاده از سکوهای دریایی در عمق‌های بیش‌تر فراهم شد و در سال ۱۹۷۶ یک سکوی از نوع شابلونی[1] در عمق ۳۰۰ متری در آب‌های خلیج مکزیک نصب گردید.

گسترش روز افزون صنعت و به دنبال آن افزایش تقاضای انرژی‌های فسیلی از یک طرف و محدودیت منابع نفت و گاز در خشکی، ساحل و مناطق کم‌عمق از سوی دیگر، توجه‌ها را به سوی ذخایر نفتی در آب‌های عمیق جلب کرده و لزوم بهره‌برداری و استخراج نفت از آب‌های عمیق را بیش از پیش افزایش داده است. در طول حدود یک قرن بهره‌برداری از ذخایر نفتی دریایی، صنعت سکوسازی پیشرفت چشم‌گیری داشته است و انواع مختلف سکوهای دریایی طراحی و نصب گردیده‌اند. عوامل متعددی همچون میزان گستردگی میدان ذخیره نفتی، مسائل محیطی، اطلاعات ژئوتکنیکی، شرایط اقتصادی، عمق آب، عمق حفاری و ... از جمله عواملی هستند که سبب ایجاد تنوع در سکوهای دریایی شده‌اند.

بکار گیری عملی اولین سکوهای شناور نقطه عطفی در توسعه و پیشرفت فناوری فراساحل بوده است و در کنار آن کنترل و تثبیت موقعیت شناور که در حین عملیات اکتشاف و یا بهره برداری در معرض شرایط محیطی مختلف از قبیل باد، امواج و جریان‌های دریایی قرار دارند، مسئله ای مهم و قابل تامل است. بر این اساس در این پژوهش با نگرشی جامع به یک سکوی نیمه‌شناور مهارشده در تحلیل سکوی نیمه‌شناور، سیستم مهاربندی سازه در کنار سکو دیده شود. در ادامه با انتخاب متغیرهای هندسی سکو و نیز متغیرهای سیستم مهاربندی به عنوان پارامترهای بهینه‌سازی، سعی شده است با تغییر مناسب این

---

[1] Template Platform

پارامترها، پاسخ‌های سکو به محیط دریا مطلوب‌تر و مناسب‌تر گردد. به این منظور برای بهینه‌یابی پاسخ‌های سکو از الگوریتم تکاملی وراثتی(ژنتیک) استفاده شده است. در انجام تحلیل‌های هیدرودینامیکی نیز برای نخستین بار در ایران از بسته‌ی نرم‌افزاری SESAM که برنامه‌ای جامع برای تحلیل انواع سازه‌های دریایی است، استفاده شده است.

در ادامه‌ی این فصل ضمن مرور پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه‌ی بهینه‌سازی سکوهای دریایی، به صورت خلاصه انواع سکوهای شناور دریایی و نیز روش‌های حفظ موقعیت این سکوها معرفی شده اند. در فصل دوم ضمن شناخت اجمالی و کلی نیروهای محیطی وارد بر سکوهای شناور، به روش‌های محاسبه‌ی این نیروها پرداخته می‌شود و سپس روش‌های تحلیل سیستم‌های مهاربندی سکوهای شناور مورد بررسی قرار می‌گیرند. از آنجا که در تحلیل سکوی‌نیمه‌شناور در پژوهش حاضر از بسته‌ی نرم‌افزاری SESAM استفاده شده است، لذا در فصل سوم این گزارش ضمن معرفی این نرم‌افزار، به برخی از ویژگی‌ها و امکانات آن در مدل‌سازی و تحلیل سکوهای نیمه‌شناور نیز اشاره شده است.

فصل چهارم این گزارش اختصاص به مدل‌سازی و تحلیل با بسته‌ی نرم‌افزاری SESAM دارد. به دلیل آن‌که تا کنون در ایران از این نرم‌افزار در کارهای دریایی استفاده نشده است، ضروری است به منظور اطمینان از درستی در نحوه‌ی مدل‌سازی و تحلیل، صحت آن سنجیده شود. نتایج حاصل از صحت‌سنجی در بخش اول فصل چهارم گزارش شده است. بخش دوم این فصل نیز به شناخت پارامترهای هندسی و میزان اهمیت آن‌ها اختصاص دارد. به منظور یافتن پاسخ‌های بهینه ضروری است تا شناختی نسبی از میزان تاثیر پارامترهای هندسی سکوی نیمه‌شناور در پاسخ‌های آن حاصل شود. به همین منظور در بخش دوم این فصل به مدل‌سازی سکوهای مختلف و بررسی نتایج تحلیل آن‌ها پرداخته شده است.

فصل پنجم شامل تعریف مساله‌ی بهینه‌یابی و جزییات الگوریتم وراثتی بکار رفته در این مساله است و در پایان این فصل کاربردی از این مساله بهینه‌یابی برای بهینه کردن پاسخ‌های سکوی نیمه‌شناور ایران-البرز ارائه شده است.

۱-۲- تاریخچه‌ی پژوهش‌های پیشین

در این بخش به تاریخچه‌ای از برخی پژوهش‌های انجام پذیرفته در زمینه‌ی بررسی رفتار سازه‌های شناور و بهینه‌سازی آن‌ها اشاره می‌شود:

Chou در ۱۹۷۷ به روشی برای تحلیل و طراحی بهینه‌ی سکوهای فراساحل اشاره نموده است[۱]. وی به دنبال توزیع بهینه‌ی جرم سازه در امتداد محور عمودی سازه بوده و در بررسی نیروها و رفتار سازه

در پاسخ به محیط دریا از روابط تحلیلی استفاده کرده است. وی در پایان شکل بهینه‌ای برای یک شناور مسطح[1] ارائه داده است.

Akagi و Ito در سال ۱۹۸۴ حرکات عمودی[2] یک سکوی نیمه‌شناور را مورد بررسی قرار داده‌اند و با در نظر گرفتن قطرها و فاصله‌های المان‌های مختلف به عنوان متغیرهای بهینه‌سازی، طیف پاسخ بهینه‌ای برای سکو بدست آورده اند[۲].

Fylling از سال ۱۹۸۶ به طراحی بهینه‌ی سیستم‌های مهاربندی، رایزرها و سیستم‌های لنگرها در سکوهای شناور به صورت جداگانه و یا در کنار هم پرداخته است. به عنوان نمونه وی با روشی مبتنی بر بدست آوردن نسبت مساوی میان ظرفیت نیروهای بازگرداننده‌ی سیستم مهاربندی و نیروهای محیطی برای تمام جهت‌ها، یک روش محاسباتی برای بهینه‌یابی آرایش لنگرها ارائه کرده است[۳].

Saito در سال ۱۹۹۱ و در ادامه‌ی کار Chou و با در نظر گرفتن همان شرایط هندسی، مقدار نیروی محرک در جهت عمودی را ملاک قرار داده و نتایج را برای شناور سطح بررسی شده توسط Chou و نیز یک سکوی نیمه‌شناور ارائه کرده است[۴].

Kagemoto در سال ۱۹۹۲ مجموعه‌ای از ستون‌های استوانه‌ای شناور متوالی را تحت اثر امواج بررسی کرده است[۵]. وی در پژوهش خود سه هدف عمده‌ی نیروی افقی کل، نیروی عمودی کل و نیروی رانشی متوسط[3] را مدنظر قرار داده و در نهایت طراحی بهینه‌ای از اندازه‌ها و فاصله‌های این ستون‌ها در یک طول موج ارائه داده است.

Ferrari و Morooka در ۱۹۹۴ به یک روش طراحی بهینه‌ی مهاربندی سکوهای نیمه‌شناور دست یافتند[۶]. این دو زاویه قرارگیری سکو نسبت به شرایط محیطی، الگوی مهاربندی و همچنین به‌ترین ترکیب خط‌های مهار از نظر جنس (زنجیر یا طناب سیمی) را به عنوان متغیر درنظر گرفتند و با تحلیل مهاربندی شبه‌استاتیکی و متعین به تحلیل سکو و بهینه‌سازی سیستم مهاربندی پرداخته‌اند و در نهایت راه‌کارهای عملی و همچنین نتایج تحقیقات را روی یک مدل ارائه کرده‌اند.

Vasconcellos در ۱۹۹۶ با استفاده از روش بهینه‌یابی جستجوی مستقیم[4] به بهینه‌سازی اندازه‌های اصلی یک TLP پرداخته است[۷]. وی با درنظر گرفتن وزن سازه و نیروی عرشه و با استفاده از مدل

---

[1] Barge
[2] Heave
[3] Mean Drift
[4] Direct search