



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران

گرایش سازه‌های دریایی

استخراج مدل طیف موج مناسب در سواحل شمالی خلیج فارس

دانشجو:

بهرنگ نیرومند

استاد راهنما:

دکتر محسن سلطانپور

استاد مشاور:

دکتر رضا کمالیان

زمستان ۱۳۹۱



زندگی به امواج دریا مانده است

چیزی به سال می برد

چیزی دیگر را می شوید.

چون به سرگشی افتد

انویه ماسه بار را با خود می برد

اما تواند بود

که تنه پاره بی نیز با خود به سال آورد

تا کسی بام کلبه اش را

بدان پوشاند.

از: *Margut Bickel*

(برگردان: احمد شالمو)

تقدیم...

به بزرگوار پدرم

که بینش والا یش

شب زندگانی مرا مهتاب است؛

به مهربان مادرم

که خداوندگار عشق است و

احساس است و

زندگی؛

به استوار برادرم

که شادمانم از داشتنش

و می‌بالم به رفاقتش؛

و به جاودان سرزمینم

از نازنین خرم...

...تا خلیج همیشگی فارس.



تاسیس ۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تائید هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت

عنوان

توسط آقای بهروز نیرمنیر صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه دکتری /
کارشناسی ارشد در مهندسی عمران گرایش سازه دریا مورد تائید قرار می دهند.

۱- استاد راهنما

آقای دکتر

مسلم علی

امضاء

۲- استاد راهنما

آقای دکتر

امضاء

۳- استاد مشاور

آقای دکتر

پناه کبیر

امضاء

۴- ممتحن خارجی

آقای دکتر

امضاء

۵- ممتحن خارجی

آقای دکتر

سعید رحمانی

امضاء

۶- ممتحن داخلی

آقای دکتر

فریدون زبانی

امضاء

۷- ممتحن داخلی

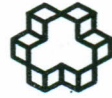
آقای دکتر

امضاء

۸- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه

آقای دکتر

امضاء



تاسیس ۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

شماره:
تاریخ:

صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

الف: مشخصات

نام و نام خانوادگی دانشجو	بهرنگ نیرومند	دانشکده	عمران	سال ورود	۱۳۸۹
استاد راهنما	دکتر محسن سلطانیپور	رشته	عمران - سازه دریایی	تاریخ دفاع	۹۱/۱۱/۲۹

عنوان پایان نامه:

استخراج مدل طیف موج مناسب در سواحل شمالی خلیج فارس

ب: نظر هیأت داوران

عدم نیاز به اصلاحات	<input type="radio"/>	مشمول اصلاحات جزئی	<input type="radio"/>	مشمول اصلاحات کلی بدون نیاز به دفاع مجدد (تکمیل فرمهای ۴۲۱۵/۵ و ۴۲۱۵/۶)	<input type="radio"/>
---------------------	-----------------------	--------------------	-----------------------	---	-----------------------

مشمول اصلاحات کلی با نیاز به دفاع مجدد

(تکمیل فرمهای ۴۲۱۵/۷ و ۴۲۱۵/۵)

ج: تعیین نمره توسط هیأت داوران (حداکثر ۱۹) {چنانچه طبق نظر هیأت داوران نیاز به دفاع مجدد نمی باشد جدول زیر تکمیل گردد.}

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ دانشگاهی	دانشگاه	نمره	امضاء
۱	دکتر محسن سلطانیپور	دانشیار	خواجه نصیر	۱۹	استاد راهنما
۲					استاد مشاور
۳	دکتر رضا کامالیان	استادیار	مرکز تحقیقات آب و انرژی	۱۹	استاد مشاور
۴	دکتر سعید مظاهری	استادیار	موسسه ملی اقیانوس شناسی	۱۹	ممتحن خارجی
۵	دکتر فریدون وفایی	دانشیار	خواجه نصیر	۱۹	ممتحن داخلی

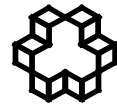
د: معدل نمره هیأت داوران (حداکثر ۱۹)

نمره به عدد نمره به حروف

ه: جمع بندی و تأیید نهایی (با توجه به مندرجات فرم ۴۲۱۵/۴)

نمره نهایی به عدد نمره نهایی به حروف

معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده
تاریخ و امضاء



حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

شماره:

تاریخ:

احق چا و تک بیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمنا متن این صفحه نیز باید در نسخه تک بیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگ اری نیست.

همچنین استفاده از اطاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون کر مراجع مجاز نمی باشد.

توجه:

این فرم می بایست پس از تکمیل، در نسخ تکثیر شده قرار داده شود.

سپاسگزارم...

- از پروردگرم که سایه پرمهرش را از آغاز زیستنم تا کنون، به رویم گسترانیده است.
- از پدرم، مادرم و برادرم که همواره با پشتیبانی و دلگرمی‌شان، امیددهنده و آرامش‌بخش زندگانی من بوده‌اند.
- از استاد راهنمای گرانقدرم آقای دکتر محسن سلطانی‌پور که لطف و حمایت بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزشمندشان در پیش‌برد گام به گام این پایان‌نامه نقش اساسی داشته است.
- از استاد مشاور بزرگوام آقای دکتر رضا کمالیان که با دانش سرشار و نکته‌سنجی ریزبینانه‌شان گره‌گشای مشکلات پیش آمده در این پایان‌نامه بوده‌اند.
- از دوست بسیار عزیزم آقای مهندس میلاد آقازاده که با مهربانی یاری‌رسان من در محاسبات آماری و کدنویسی‌های مورد نیاز در این پژوهش بودند.
- از سازمان بنادر و دریانوردی و جناب آقای مهندس محمدرضا اله‌یار مدیر کل ارجمند سواحل و بنادر آن سازمان محترم، که جز با حمایت‌های فراوانشان و در اختیار گذاری داده‌های موج ثبت شده در طرح ملی پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل کشور، انجام این پژوهش ممکن نبود.
- از آقایان دکتر سید عباس حق‌شناس، دکتر فرزین صمصامی، مهندس سید مسعود آبایی، مهندس میثم تکلوزاده و خانم‌ها مهندس افشان خالقی و مهندس آزاده رضوی‌عرب که کمک‌های شایانسان در راستای انجام این پایان‌نامه نیاز به قدردانی فراوان دارد.

چکیده

شناسایی رفتار طوفان‌های خلیج فارس و طیف انرژی حاصل از امواج آن‌ها، و دستیابی به مدل موج مناسب که بتواند این رفتار را به خوبی توضیح دهد از نیازهای مهمی است که تا کنون به دلایل گوناگون از جمله کمبود داده‌های ثبت شده امواج توجه زیادی به آن نشده است. با انجام طرح ملی پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل کشور توسط سازمان بنادر و کشتیرانی، دستگاه‌های موج‌نگار زیادی در نقاط مختلف خلیج فارس عملیات ثبت داده‌های امواج را در بازه زمانی یکسانه و در اعماق متفاوت انجام داده‌اند. برای تحلیل امواج به منظور دستیابی به یک مدل طیف موج مناسب باید از داده‌های ثبت شده در آب عمیق استفاده گردد. در پایان‌نامه حاضر به این موضوع پرداخته شده و پس از تحلیل و تشریح رفتارهای طوفان‌ها در فصل‌ها و جهات گوناگون در ایستگاه‌های منتخب، با در نظر گرفتن یک ساختار معادله پنج پارامتری برای طیف امواج و با برازش این معادله به طیف‌های گوناگون و تخمین پارامترهای آن، یک مدل طیف موج برای خلیج فارس ارائه شده است. طیف حاصل از این مدل که یک مدل طیفی هفت پارامتری است، با طیف واقعی طوفان‌های منتخب و نیز مدل طیف JONSWAP اصلاح شده توسط مظاهری-قادری مقایسه شده است. این مقایسه نشان می‌دهد مدل به‌دست آمده، تطابق بسیار خوبی با طیف‌های حاصل از طوفان‌های واقعی دارد و بهتر و مطمئن‌تر از مدل JONSWAP می‌تواند معرف طیف انرژی امواج در سواحل شمالی خلیج فارس باشد.

کلید واژه: آنالیز طیفی امواج، مدل طیف موج، خلیج فارس، طوفان باد شمال.

فهرست مطالب

۱	پیش‌گفتار
۳	گفتار ۱- مروری بر ادبیات فنی موضوع: روش‌های آنالیز امواج
۴	۱-۱- درآمد
۶	۲-۱- روش آنالیز موج به موج (تحلیل در حوزه زمان)
۶	۱-۲-۱- معرفی و شرح روش
۸	۲-۲-۱- پارامترهای آماری مربوط به ارتفاع موج
۱۱	۳-۲-۱- پارامترهای آماری مربوط به پیوند موج
۱۳	۳-۱- روش آنالیز طیفی
۱۳	۱-۳-۱- معرفی و شرح روش
۱۶	۲-۳-۱- لنگرهای طیفی و پارامترهای طیفی موج
۲۱	۳-۳-۱- تبدیل صورت‌های مختلف طیف موج به یکدیگر
۲۲	گفتار ۲- مطالعه سوابق پژوهشی و تحقیقات انجام شده: بررسی انواع مدل‌های طیفی
۲۳	۱-۲- درآمد
۲۳	۲-۲- معادله طیف موج
۲۴	۳-۲- مدل‌های طیف موج
۲۵	۱-۳-۲- طیف موج Neumann (۱۹۵۳)
۲۶	۲-۳-۲- طیف موج Phillips (۱۹۵۸)
۲۶	۳-۳-۲- طیف Bretschneider (۱۹۵۹)
۲۷	۴-۳-۲- طیف موج Pierson-Moskowitz (۱۹۶۴)
۲۸	۵-۳-۲- طیف موج ISSC (۱۹۶۴)
۲۹	۶-۳-۲- طیف موج Scott (۱۹۶۵)
۲۹	۷-۳-۲- طیف موج ITTC (۱۹۶۶)
۳۰	۸-۳-۲- طیف موج Liu (۱۹۷۱)
۳۱	۹-۳-۲- طیف موج Mitsuyasu (۱۹۷۲)
۳۲	۱۰-۳-۲- طیف موج JONSWAP (۱۹۷۳)
۳۴	۱۱-۳-۲- طیف موج Ochi-Hubble (۱۹۷۶)
۳۵	۱۲-۳-۲- طیف موج TMA (۱۹۸۵)

۳۷	۴-۲- طیف جهت دار موج
۳۹	۱-۴-۲- مدل سازی طیف جهت دار موج.....
۴۰	۲-۴-۲- مدل های تابع انتشار جهت دار.....
۴۱	۵-۲- پژوهش های داخلی انجام شده برای مدلسازی امواج خلیج فارس.....
۴۵	گفتار ۳- تحلیل داده های امواج خلیج فارس و بررسی مشخصات طیف های حاصل از آنها.....
۴۶	۱-۳- درآمد.....
۴۶	۲-۳- شناسایی، ارزیابی و جمع بندی اطلاعات و داده های میدانی موجود در خلیج فارس.....
۴۷	۱-۲-۳- داده های فاز دوم و فاز سوم (محدوده عسلویه و بوشهر).....
۴۷	۲-۲-۳- داده های فاز چهارم (محدوده هرمزگان).....
۴۹	۳-۳- انتخاب ایستگاه های مناسب.....
۵۱	۴-۳- روش مورد استفاده در پردازش داده های خام موج با استفاده از نرم افزار Storm.....
۵۵	۵-۳- استخراج رویدادهای موج از سری های زمانی یک ساله.....
۵۸	۶-۳- مشخصات اصلی رویدادهای ثبت شده.....
۵۹	۷-۳- انتخاب رویدادهای نماینده.....
۶۰	۸-۳- شناخت رفتاری طوفان های خلیج فارس با بررسی مشخصات طیف امواج طوفان های منتخب (نماینده).....
۶۰	۱-۸-۳- ایستگاه خارک.....
۷۴	۲-۸-۳- ایستگاه لاوان.....
۸۴	۳-۸-۳- ایستگاه فارور.....
۹۵	۹-۳- مقایسه طیف های انرژی با یکدیگر.....
۹۵	۱-۹-۳- مقایسه طیف های انرژی ناشی از رویدادهای طوفانی باد شمال در ایستگاه های مختلف.....
۱۰۱	۲-۹-۳- مقایسه طیف های انرژی ناشی از رویدادهای طوفان جنوب در ایستگاه های مختلف.....
۱۰۶	گفتار ۴- مدلسازی طیف امواج خلیج فارس و استخراج مدل طیفی مناسب.....
۱۰۷	۱-۴- درآمد.....
۱۰۷	۲-۴- دستیابی به ساختار معادله مدل.....
۱۰۷	۱-۲-۴- بررسی ساختار سایر مدل های طیفی.....
۱۰۸	۲-۲-۴- انتخاب رگرسیون و روش تخمین مناسب.....
۱۱۰	۳-۲-۴- تخمین اولیه معادله و بررسی نتایج.....
۱۱۳	۴-۲-۴- ساختار نهایی مدل.....
۱۱۳	۳-۴- استفاده از نرم افزار Matlab به عنوان ابزار اصلی تخمین.....
۱۱۴	۱-۳-۴- گام اول: تخمین همه رویدادهای طوفانی بطور جداگانه.....

- ۱۲۸..... گام دوم: بررسی نتایج گام اول و دسته بندی کردن رویدادها ۲-۳-۴
- ۱۲۹..... گام سوم: تخمین پارامترهای جدید برای هر گروه ۳-۳-۴
- ۱۳۰..... گام چهارم: اصلاح مقدار پارامتر ۱/ برای هر رویداد طوفانی ۴-۳-۴
- ۱۴۵..... فرم نهایی معادله پیشنهادی برای طیف امواج خلیج فارس ۴-۴
- ۱۴۹..... **گفتار ۵- جمع بندی، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات**
- ۱۴۸..... ۱-۵- جمع بندی و نتیجه گیری (مقایسه کلی و نتیجه گیری از فعالیتهای ارائه شده در فصول قبلی)
- ۱۵۱..... ۲-۵- پیشنهادات (لیست فعالیتهای باز تحقیقاتی در راستای ادامه این تحقیق)
- ۱۵۳..... **پیوست الف: روش های اندازه گیری و پردازش داده های دستگاه های موج نگار**
- ۱۵۹..... **پیوست ب: فهرست منابع و مراجع**

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱-۱- پروفیل واقعی سطح آب ۴
- شکل ۲-۱- برهم‌نهی خطی امواج منظم برای تشکیل موج نامنظم ۵
- شکل ۳-۱- پروفیل سطح آب ثبت شده توسط یک موج‌نگار ۷
- شکل ۴-۱- تعریف پارامترهای موج در روش تقاطع صفر (اتفاع و پرپود تک موج نشان داده شده به روش تقاطع صفر نزولی است). ۸
- شکل ۵-۱- هیستوگرام نرمال شده ارتفاع موج ۱۰
- شکل ۶-۱- تابع چگالی احتمال رایلی و توزیع تجمعی رایلی ۱۱
- شکل ۷-۱- نمونه توزیع مشترک بی بعد پرپود- ارتفاع موج ۱۳
- شکل ۸-۱- طیف دامنه ۱۴
- شکل ۹-۱- طیف انرژی ۱۴
- شکل ۱۰-۱- تابع چگالی دامنه ۱۵
- شکل ۱۱-۱- طیف چگالی انرژی ۱۵
- شکل ۱۲-۱- استخراج طیف چگالی انرژی موج از تاریخچه زمانی اولیه ۱۶
- شکل ۱۳-۱- طیف چگالی انرژی و مفهوم اولین لنگر طیفی ۱۷
- شکل ۱۴-۱- مقایسه H_m0 و H_s برحسب عمق نسبی آب ۱۸
- شکل ۱۵-۱- طیف دوقله‌ای ۲۰
- شکل ۱-۲- طیف موج و گسترش آن ۲۴
- شکل ۲-۲- مقایسه طیف‌های JONSWAP و P-M ۳۳
- شکل ۳-۲- تعریف نموداری طیف Ochi-Hubble ۳۵
- شکل ۴-۲- ضریب تصحیح برای طیف TMA ۳۶
- شکل ۵-۲- شکل شماتیک طیف دوبعدی ۳۷
- شکل ۶-۲- یک طیف جهت‌دار همراه با طیف فرکانس و طیف جهت ۳۸
- شکل ۱-۳- ایستگاه‌های اندازه‌گیری موج و جریان فاز ۲ و ۳ و ۴ ۴۸
- شکل ۲-۳- طیف انرژی رسم شده در حین یک طوفان در ایستگاه خارک (تاریخ ۲۰۱۱/۵/۲۱ ساعت ۱۵) ۵۲
- شکل ۳-۳- نمودار ارتفاع موج در برابر ساعت در وقوع طوفانی در ایستگاه لاوان ۵۳
- شکل ۴-۳- نمودار توزیع جهتی موج (میانگین جهت) در برابر ساعت در وقوع طوفانی در ایستگاه لاوان ۵۳
- شکل ۵-۳- یکی از Noise های موجود در داده‌های برداشتی از ایستگاه لاوان ۵۴
- شکل ۶-۳- طیف انرژی و طیف فرکانس ثبت شده در تاریخ ۲۰۱۰/۲/۵ ساعت ۷ در ایستگاه لاوان ۵۵
- شکل ۷-۳- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج در طی طوفان شماره ۷ خارک (ر.ک. جدول ۵-۳) ۶۲
- شکل ۸-۳- طیف فرکانسی انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۷ خارک ۶۲
- شکل ۹-۳- طیف انرژی نرمالیزه شده در ساعات منتخب از طوفان شماره ۷ خارک ۶۳
- شکل ۱۰-۳- طیف انرژی دوبعدی (فرکانس-جهت) در ساعات منتخب از طوفان شماره ۷ خارک ۶۳
- شکل ۱۱-۳- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج در طوفان منتخب شماره ۲ خارک (ر.ک. جدول ۵-۳) ۶۵
- شکل ۱۲-۳- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی در دو ساعت منتخب از طوفان شماره ۲ خارک ۶۵
- شکل ۱۳-۳- طیف انرژی نرمالیزه شده در دو ساعت منتخب از طوفان شماره ۲ خارک ۶۶
- شکل ۱۴-۳- طیف انرژی دوبعدی در دو ساعت منتخب از طوفان شماره ۲ خارک ۶۶

- شکل ۳-۱۵- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت طوفان منتخب شماره ۶ در خارک ۶۷
- شکل ۳-۱۶- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۶ خارک ۶۸
- شکل ۳-۱۷- طیف انرژی نرمالیزه شده در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۶ خارک ۶۸
- شکل ۳-۱۸- طیف دوبعدی انرژی در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۶ خارک ۶۸
- شکل ۳-۱۹- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج طوفان شماره ۴ در خارک ۷۰
- شکل ۳-۲۰- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۴ خارک ۷۰
- شکل ۳-۲۱- طیف انرژی نرمالیزه شده در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۴ خارک ۷۱
- شکل ۳-۲۲- طیف دوبعدی انرژی موج در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۴ خارک ۷۱
- شکل ۳-۲۳- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج طوفان شماره ۳ در خارک (ر.ک. جدول ۵-۳) ۷۲
- شکل ۳-۲۴- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در چهار ساعت منتخب از طوفان شماره ۳ خارک ۷۳
- شکل ۳-۲۵- طیف انرژی نرمالیزه شده موج در چهار ساعت منتخب از طوفان شماره ۳ خارک ۷۳
- شکل ۳-۲۶- طیف دوبعدی انرژی موج در چهار ساعت منتخب از طوفان شماره ۳ خارک ۷۳
- شکل ۳-۲۷- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج در طوفان شماره ۱۰ لاوان (ر.ک. جدول ۵-۳) ۷۶
- شکل ۳-۲۸- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۱۰ لاوان ۷۶
- شکل ۳-۲۹- طیف انرژی نرمالیزه شده موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۱۰ لاوان ۷۷
- شکل ۳-۳۰- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۱۰ لاوان ۷۷
- شکل ۳-۳۱- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج در طوفان شماره ۲ لاوان ۷۸
- شکل ۳-۳۲- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در پنج ساعت منتخب از طوفان شماره ۲ لاوان ۷۹
- شکل ۳-۳۳- طیف انرژی نرمالیزه شده موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۲ لاوان ۷۹
- شکل ۳-۳۴- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۲ لاوان ۷۹
- شکل ۳-۳۵- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج در طوفان شماره ۴ لاوان ۸۰
- شکل ۳-۳۶- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۴ لاوان ۸۱
- شکل ۳-۳۷- طیف انرژی نرمالیزه شده موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۴ لاوان ۸۱
- شکل ۳-۳۸- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۴ لاوان ۸۱
- شکل ۳-۳۹- سری زمانی ارتفاع و جهت موج در طوفان شماره ۶ لاوان (ر.ک. جدول ۵-۳) ۸۳
- شکل ۳-۴۰- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۶ لاوان ۸۳
- شکل ۳-۴۱- سری زمانی ارتفاع و جهت موج در طوفان شماره ۷ فارور (ر.ک. جدول ۵-۳) ۸۵
- شکل ۳-۴۲- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۷ فارور ۸۵
- شکل ۳-۴۳- طیف انرژی نرمالیزه شده موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۷ فارور ۸۶
- شکل ۳-۴۴- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۷ فارور ۸۶
- شکل ۳-۴۵- توزیع ارتفاعی و جهتی رویداد طوفانی شماره ۳ فارور ۸۷
- شکل ۳-۴۶- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۳ فارور ۸۸
- شکل ۳-۴۷- طیف انرژی نرمالیزه شده موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۳ فارور ۸۸
- شکل ۳-۴۸- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۳ فارور ۸۸
- شکل ۳-۴۹- سری زمانی ارتفاع و جهت موج در طوفان منتخب شماره ۱ فارور (ر.ک. جدول ۵-۳) ۹۰
- شکل ۳-۵۰- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در سه ساعت منتخب از طوفان شماره ۱ فارور ۹۰
- شکل ۳-۵۱- طیف انرژی نرمالیزه شده موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۱ فارور ۹۱
- شکل ۳-۵۲- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب طوفان شماره ۱ فارور ۹۱

- شکل ۳-۵۳- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج در طوفان شماره ۲ فارور (ر.ک. جدول ۵-۳)..... ۹۲
- شکل ۳-۵۴- طیف انرژی و طیف پراکندگی جهتی موج در چهار ساعت منتخب از طوفان شماره ۲ فارور..... ۹۳
- شکل ۳-۵۵- طیف انرژی نرمالیزه شده موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۲ فارور..... ۹۳
- شکل ۳-۵۶- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب از طوفان شماره ۲ فارور..... ۹۳
- شکل ۳-۵۷- سری زمانی ارتفاع مشخصه و جهت موج در ساعات منتخب طوفان شماره ۵ فارور (ر.ک. جدول ۵-۳)..... ۹۴
- شکل ۳-۵۸- طیف دوبعدی انرژی موج در ساعات منتخب طوفان شماره ۵ فارور..... ۹۴
- شکل ۳-۵۹- طیف انرژی رویدادهای طوفانی ناشی از باد شمال در ایستگاه خارک..... ۹۶
- شکل ۳-۶۰- طیف انرژی نرمالیزه شده رویدادهای طوفانی ناشی از باد شمال در ایستگاه خارک..... ۹۶
- شکل ۳-۶۱- طیف انرژی رویدادهای طوفانی ناشی از باد شمال در ایستگاه لاوان..... ۹۸
- شکل ۳-۶۲- طیف انرژی نرمالیزه شده رویدادهای طوفانی ناشی از باد شمال در ایستگاه لاوان..... ۹۸
- شکل ۳-۶۳- طیف انرژی رویدادهای طوفانی ناشی از باد شمال در ایستگاه فارور..... ۱۰۰
- شکل ۳-۶۴- طیف انرژی نرمالیزه شده رویدادهای طوفانی ناشی از باد شمال در ایستگاه فارور..... ۱۰۰
- شکل ۳-۶۵- طیف انرژی رویدادهای طوفانی ناشی از باد جنوب در ایستگاه خارک..... ۱۰۲
- شکل ۳-۶۶- طیف انرژی نرمالیزه شده رویدادهای طوفانی ناشی از باد جنوب در ایستگاه خارک..... ۱۰۲
- شکل ۳-۶۷- طیف انرژی رویدادهای طوفانی ناشی از باد جنوب در ایستگاه لاوان..... ۱۰۳
- شکل ۳-۶۸- طیف انرژی نرمالیزه شده رویدادهای طوفانی ناشی از باد جنوب در ایستگاه لاوان..... ۱۰۳
- شکل ۳-۶۹- طیف انرژی رویدادهای طوفانی ناشی از باد جنوب در ایستگاه فارور..... ۱۰۵
- شکل ۳-۷۰- طیف انرژی نرمالیزه شده رویدادهای طوفانی ناشی از باد جنوب در ایستگاه فارور..... ۱۰۵
- شکل ۴-۱- ترسیم شماتیک خط برازش داده شده بر مجموعه‌ای از نقاط با تحلیل رگرسیون خطی..... ۱۱۰
- شکل ۴-۲- تخمین اولیه رویداد شماره ۲ خارک (بادشمال) بر اساس شکل طیفی رابطه ۴-۱..... ۱۱۱
- شکل ۴-۳- تعریف σ_1 و σ_2 در طیف JONSWAP..... ۱۱۲
- شکل ۴-۴- برازش دستی رویداد شماره ۲ خارک (بادشمال)..... ۱۱۳
- شکل ۴-۵- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۲ خارک ناشی از باد شمال..... ۱۱۶
- شکل ۴-۶- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۵ خارک ناشی از باد شمال..... ۱۱۶
- شکل ۴-۷- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۷ خارک ناشی از باد شمال..... ۱۱۷
- شکل ۴-۸- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۲ خارک ناشی از باد شمال..... ۱۱۷
- شکل ۴-۹- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۱۰ لاوان ناشی از باد شمال..... ۱۱۸
- شکل ۴-۱۰- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۱۱ لاوان ناشی از باد شمال..... ۱۱۸
- شکل ۴-۱۱- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۱۳ لاوان ناشی از باد شمال..... ۱۱۹
- شکل ۴-۱۲- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۱۵ لاوان ناشی از باد شمال..... ۱۱۹
- شکل ۴-۱۳- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۳ لاوان ناشی از باد شمال..... ۱۲۰
- شکل ۴-۱۴- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۱۰ لاوان ناشی از باد شمال..... ۱۲۰
- شکل ۴-۱۵- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۷ فارور ناشی از باد شمال..... ۱۲۱
- شکل ۴-۱۶- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۸ فارور ناشی از باد شمال..... ۱۲۱
- شکل ۴-۱۷- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۱۲ فارور ناشی از باد شمال..... ۱۲۲
- شکل ۴-۱۸- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۶ فارور ناشی از باد شمال..... ۱۲۲
- شکل ۴-۱۹- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۳ خارک ناشی از باد جنوب..... ۱۲۳
- شکل ۴-۲۰- طیف اصلی (خط توپر کمرنگ) و طیف برازش داده شده (خط نقطه چین) در رویداد شماره ۶ خارک ناشی از باد جنوب..... ۱۲۳

شکل ۴-۴- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۶ خارک ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه سوم و ۷ جدید.....	۱۴۰
شکل ۴-۴- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۲ خارک ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه سوم و ۷ جدید.....	۱۴۱
شکل ۴-۴- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۱ خارک ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه سوم و ۷ جدید.....	۱۴۱
شکل ۴-۴- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۴ خارک ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه سوم و ۷ جدید.....	۱۴۲
شکل ۴-۴- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۲ لاوان ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه چهارم و ۷ جدید.....	۱۴۲
شکل ۴-۴- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۴ لاوان ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه چهارم و ۷ جدید.....	۱۴۳
شکل ۴-۵- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۵ فارور ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه چهارم و ۷ جدید.....	۱۴۳
شکل ۴-۵۱- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۲ فارور ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه چهارم و ۷ جدید.....	۱۴۴
شکل ۴-۵۲- طیف اصلی، طیف برازش داده شده، و طیف JONSWAP (مظاهری-قادری) در رویداد شماره ۹ فارور ناشی از باد جنوب با پارامترهای گروه چهارم و ۷ جدید.....	۱۴۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۳- ایستگاه‌های منتخب آب عمیق	۵۰
جدول ۲-۳- رویدادهای موج استخراج شده در ایستگاه‌های منتخب به همراه مشخصات نقطه اوج هر رویداد	۵۷
جدول ۳-۳- رویدادهای نماینده به همراه مشخصات نقطه اوج هر کدام از آنها	۵۹
جدول ۱-۴- مقادیر حاصل شده برای A ، B ، γ ، σ_1 و σ_2 در رویدادهای طوفانی منتخب حاصل از باد شمال	۱۱۴
جدول ۲-۴- مقادیر حاصل شده برای A ، B ، γ ، σ_1 و σ_2 در رویدادهای طوفانی منتخب حاصل از باد جنوب	۱۱۵
جدول ۳-۴- مقادیر حاصل شده برای A ، B ، γ ، σ_1 و σ_2 در گروه‌های چهارگانه	۱۳۰
جدول ۴-۴- مقادیر γ جدید حاصل شده برای هر رویداد طوفانی ناشی از باد شمال به همراه H_s و f_p هر رویداد	۱۳۱
جدول ۵-۴- مقادیر γ جدید حاصل شده برای هر رویداد طوفانی ناشی از باد جنوب به همراه H_s و f_p هر رویداد	۱۳۲
جدول ۶-۴- مقادیر A ، B ، σ_1 و σ_2 برای گروه‌های چهارگانه مدل پیشنهادی جدید	۱۴۶

فهرست علائم و پارامترهای مورد استفاده

ثابت فیلیپس	α
ضرایب ثابت یا بی‌بعد در مدل‌های طیفی گوناگون	β و α
پارامترهای بی‌بعد در توزیع مشترک احتمالی ارتفاع و پریود موج	β و α
ضریب تشدید قله در طیف	γ
تابع گاما	Γ
پارامتر پهنای طیف	ε
فاز موج	ε
تغییرات زمانی سطح آب در پروفیل موج (نسبت به SWL)	$\eta(t)$
جهت خاص برای طیف	θ
پارامترهای شکل طیف در طیف Ochi-Hubble	$\lambda_{1,2}$
پارامتر پهنای طیفی	ν
پارامترهای شکل در طیف	$\sigma_{1,2}$
تنش مماسی نیروی باد در سطح دریا	τ
ضریب تصحیح عمق در طیف TMA	$\Phi(f,d)$
دامنه موج	a
پارامترهای تنظیم‌کننده شکل و مقیاس طیف	B و A
ثابت بی‌بعد در طیف Neumann	B
سرعت انتشار موج	C
ضریب درگ هوا	C_D
سرعت انتشار گروه موج	C_g
عمق آب	d
فرکانس موج	f
طول محدوده بادخیز (موجگاه)	F
طول موجگاه بی‌بعد شده	F_0
ارتفاع و پریود بی‌بعد شده در Bretschneider	F_2 و F_1
ضریب بی‌بعد اصلاح جهت طیف	$G(f,\theta)$
ارتفاع موج	H
ارتفاع میانگین موج	\bar{H}
متوسط ارتفاع یک سوم بلندترین امواج در یک داده موج	H_{33}

ارتفاع میانگین موج	H_{100}
متوسط ارتفاع \bar{i} درصد بلندترین امواج در یک داده موج	H_i
ارتفاع هر موج تکی موجود در یک داده موج	H_j
ارتفاع میانگین موج	H_m
ارتفاع مشخصه طیفی	H_{m0}
جذر میانگین مربعات ارتفاع‌های امواج تکی در یک داده موج	H_{rms}
ارتفاع مشخصه موج	H_s
ضریب بی‌بعد در طیف ITTC	k
طول موج	L
تعداد امواج تکی موجود در یک داده موج	N
تعداد تاج امواج ثبت شده در یک داده موج	N_c
تعداد تقاطع‌های صعودی ثبت شده در یک داده موج	N_z
تابع چگالی احتمال (رایلی)	$p(x)$
تابع توزیع احتمال تجمعی (رایلی)	$P(x)$
پارامتر معرف تیزی	Q_p
ضریب بی‌بعد Sheltering	S
انرژی موج در فرکانس f (مقدار طیف موج در فرکانس f)	$S(f)$
طیف جهت‌دار موج (انرژی موج به ازای هر فرکانس و جهت)	$S(f, \theta)$
مدت تداوم باد (مدت وزش باد)	t_d
پریود موج	T
پریود میانگین موج	\bar{T}
پریود میانگین موج	T_{100}
پریود تاج موج	T_c
پریود میانگین موج	T_m
پریود حداکثر طیفی	T_p
زمان کل دوره ثبت داده‌های موج	T_r
پریود مشخصه موج	T_s
پریود تقاطع صفر	T_z
سرعت برشی باد در سطح دریا	U^*
سرعت باد (در تراز استاندارد ۱۰ متری)	W
سرعت باد در تراز ۱۹,۵ متری	$W_{19.5}$