



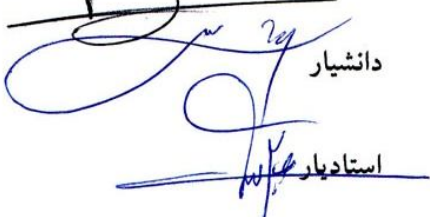
سنة الفجر



تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیات داوران نسخه نهائی پایان نامه خانم مینو فلک رو  
تحت عنوان: تعیین محدوده شکست امواج با استفاده از مدل موج و جریان دریای خزر و ویژگی  
های مورفودینامیک رسوبی در سواحل انزلی

را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد  
می کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
۱- استاد راهنما	دکتر همایون خشروان	استادیار	
۲- استاد مشاور	مهندس داریوش منصوری	مربی <b>غالب</b>	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر علیرضا ریاحی	استادیار	
۴- استاد ناظر	دکتر سید علی آزر م سا	دانشیار	
۵- استاد ناظر	دکتر عباس قلندرزاده	استادیار <b>غالب</b>	

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

**مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری 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 هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

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 با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها 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 معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه

لازم‌الاجرا است.  
«اینجانب..... دانشجوی رشته..... ورودی سال تحصیلی.....»  
مقطع..... دانشکده..... متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:.....

تاریخ: ۸۷/۹/۲۰

## 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 فعالیت های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

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 فیزیک ریاضی است که در سال ۱۳۸۹ دانشکده علوم ریاضی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر/سرکار خانم/جناب آقای دکتر پروفسور/استاد مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر/مهندس/دکتر مهری/سورگی 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 می تواند 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، تأدیه کند.

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

ماده ۶: اینجانب میسز/سرکار خانم/سرکار خانم/سرکار خانم مهری/سورگی دانشجوی رشته فیزیک ریاضی مقطع کارشناسی ارشد

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

نام و نام خانوادگی: میسز/سرکار خانم/سرکار خانم/سرکار خانم مهری/سورگی

تاریخ و امضا:

۱۳۸۹/۹/۳



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده علوم دریایی

گروه فیزیک دریا

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا

عنوان:

تعیین محدوده‌ی شکست امواج با استفاده از مدل موج و جریان دریای خزر  
(CASWAC) و ویژگی‌های مورفودینامیک رسوبی در سواحل انزلی و امیرآباد

استاد راهنما:

دکتر همایون خوشروان

استاد مشاور:

داریوش منصوری

گردآورنده:

مینو فلک‌رو لنگرودی

پاییز ۱۳۸۹

تقدیم به مادرم:

فرشته مهربان زندگی ام،

به پدرم:

تکیه گاه صبور لغزش هایم،

و همسرم:

شریک بی همتای لحظه هایم.

خداوند سبحان را بر توفیق انجام این کار شکرگذارم و وظیفه خود می‌دانم از:

دکتر همایون خوشروان که از هیچ کوششی در پیش برد کار تحقیقاتی‌ام فرو گذار نکرده‌اند و با دلگرمی و راهنمایی‌های ارزنده‌شان سبب حل بسیاری از مشکلات من در امر این پایان‌نامه شده‌اند،

مهندس داریوش منصوری به خاطر همکاری صمیمانه‌شان،

مهندس جواد ملک که در طول تحقیق همواره با صبر و خوش رویی تمام، ارشادم کردند،

و همه کسانی که در به انجام و اتمام رساندن این پایان‌نامه یاری‌ام کردند،

تشکر و قدردانی نمایم.

و در نهایت، خالصانه‌ترین سپاس گزاری قلبی‌ام را:

به همسرم تقدیم می‌کنم که با شکیبایی و فداکاری‌اش، امکان به اتمام رسیدن این کار را برایم فراهم کرد

و به پدر و مادر مهربانم که برای ادامه تحصیلاتم از هیچ کوشش و فداکاری دریغ نکردند.



## چکیده

در دریاها و اقیانوس‌ها امواج با مشخصات متفاوتی وجود دارند که به وسیله‌ی عوامل مختلفی همچون جزر و مد، زلزله، آتشفشان، باد و . . . ایجاد شده‌اند. در دریای خزر تنها امواج ناشی از باد<sup>۱</sup> قابل توجه می‌باشند که این‌گونه امواج در اثر وزش بادهایی با سرعت‌های مختلف و جهات گوناگون، به علت تنش ایجاد شده توسط باد روی سطح آب دریا تشکیل می‌شوند و پس از تشکیل امواج ناشی از باد در آب عمیق، امواج ضمن نزدیک شدن به ساحل، هم‌زمان با ورود به آب‌های کم عمق به تدریج بستر را احساس کرده و دچار تغییراتی می‌شوند که پدیده‌های مهم خیزش، انکسار و شکست امواج از آن جمله‌اند.

هدف از انجام این تحقیق بررسی یکی از این تغییرات یعنی شکست موج و تعیین محدوده‌ی شکست امواج در مناطق انزلی و امیرآباد، واقع در سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد. این تحقیق به دو روش انجام شد، ابتدا با استفاده از مدل موج دریای خزر<sup>۲</sup> (CASWAC) و سپس با کمک گرفتن از عوارض مورفودینامیک رسوبی که نتیجه‌ی عملکرد امواج و جریانات بر مناطق ساحلی و عکس‌العمل سواحل در مقابل این نیروها می‌باشند و بر روی رسوبات نقش بسته‌اند. در این تحقیق به علت عدم دسترسی به دستگاه‌های اندازه‌گیری مستقیم پارامترهای امواج در آب عمیق (ارتفاع و پرپود)، به کمک مدل CASWAC و با استفاده از آمار باد ۴۳ ساله ایستگاه‌های سینوپتیکی انزلی و امیرآباد، مشخصه‌های امواج آب عمیق تعیین و سپس با استفاده از مدل CASWAC امواج از آب عمیق به آب کم عمق منتقل شدند و اثرات خیزش و انکسار بر روی آن‌ها اعمال و مشخصات امواج در ناحیه‌ی شکست (شامل ارتفاع موج در نقطه‌ی شکست، عمق آب در نقطه‌ی شکست، ضریب خیزش، ضریب انکسار و زاویه‌ی هجوم موج) محاسبه و با استفاده از نقشه‌های هیدروگرافی موجود محدوده‌ی شکست امواج در مناطق انزلی و امیرآباد مشخص و نیز مسیر حرکت امواج از آب‌های عمیق تا ناحیه‌ی شکست به صورت گرافیکی نمایش داده شد. سپس طی عملیات میدانی بستر دریا به لحاظ حضور عوارض و شواهد مورفودینامیکی مورد بررسی دقیق قرار گرفت و در ادامه نمونه‌های رسوبی از بستر دریا در اعماق مختلف در هر یک از مناطق مورد مطالعه برداشت و پس از انجام آزمایشات رسوب شناختی محدوده‌ی شکست امواج در هر یک از مناطق مورد مطالعه تخمین زده شد.

نتایج حاصل از دو روش به کار رفته در منطقه‌ی امیرآباد توافق بسیاری با هم دارند طوری که هر دو روش محدوده‌ی عمقی شکست امواج غالب را در اعماق بین ۰/۵ تا ۲ متر و پهنای باند شکست امواج غالب را بین ۲۲/۵ تا ۹۰ متر از خط ساحل مشخص نمودند و در انزلی نتایج حاصل از دو روش کمی متفاوت‌اند طوری که مدل CASWAC عمق شکست امواج غالب را در اعماق بین ۰/۵ تا ۲ متر و پهنای باند شکست امواج غالب را در فاصله ۳۰ تا ۱۲۰ متری خط ساحل مشخص می‌نماید در حالی که بررسی دقیق عوارض و شواهد مورفودینامیکی که به طور طبیعی بر بستر دریا نقش بسته‌اند، نشان داد شکست امواج در عمق بالاتری اتفاق می‌افتد طوری که عمق شکست امواج غالب در اعماق بین ۱/۷۰ تا ۲/۵۰ متر واقع شده است، که این تفاوت مربوط به فراوانی بیشتر بادهای ۲۰ تا ۳۰ نات در منطقه‌ی انزلی نسبت به امیرآباد و گستردگی بیشتر امواج ناشی از این بادهای می‌باشد. علاوه بر محدوده شکست امواج غالب، محدوده‌ی شکست موقتی امواج مربوط به بادهای ۱۶ تا ۲۱ نات و ۲۱ تا ۶۳ نات نیز در هر دو منطقه تعیین شد طوری که پهنای باند شکست امواج ناشی از این بادهای در انزلی در فاصله‌ی بین ۹۰ تا ۴۲۰ متر و در امیرآباد در فاصله‌ی بین ۱۲۰ تا ۱۲۳۰ متر از خط ساحل تخمین زده شد.

۱- Wind Generated Waves

۲- مطالعات مدل‌سازی امواج دریای خزر (CASWAC)، مهندسین تهران برکلی، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر، ۱۳۷۸، تهران.



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول «مقدمه و کلیات».....
۲	۱-۱- مقدمه .....
۳	۱-۲- امواج ناشی از باد .....
۳	۱-۳- پارامترهای مهم امواج دریا .....
۴	۱-۴- طبقه‌بندی امواج دریا .....
۶	۱-۵- معادلات امواج در آب‌های عمیق و کم عمق .....
۷	۱-۶- تغییرات امواج ناشی از باد در هنگام نزدیک شدن به ساحل .....
۷	۱-۶-۱- خیزش موج .....
۸	۱-۶-۲- انکسار موج .....
۱۰	۱-۶-۳- تفرق موج .....
۱۱	۱-۶-۴- بازتاب .....
۱۱	۱-۶-۵- شکست موج .....
۱۴	۱-۷- مسیر حرکت ذرات آب در موج .....
۱۵	۱-۸- مقاطع ساحلی .....
۱۷	۱-۹- عوامل محیطی موثر در تغییر شکل ساختاری ساحل .....
۱۷	۱-۹-۱- امواج .....
۱۷	۱-۹-۲- باد .....
۱۷	۱-۹-۳- عوامل انسانی .....
۱۸	۱-۱۰- جریانات .....
۱۸	۱-۱۰-۱- جریان‌های موازی ساحل .....
۱۹	۱-۱۰-۲- جریان عمود بر ساحل .....
۲۱	۱-۱۱- مکانیزم تشکیل عوارض مورفودینامیکی .....
۲۱	۱-۱۲- عوارض مورفودینامیکی در بخش خشک ساحلی .....

۲۱	..... ۱-۱۲-۱- تراس‌های فرسایشی
۲۱	..... ۲-۱۲-۱- خلیج‌های فرسایشی
۲۲	..... ۳-۱۲-۱- تاجک‌های ماسه‌ای
۲۵	..... ۴-۱۲-۱- موجک‌های ماسه‌ای
۲۶	..... ۵-۱۲-۱- بارهای رسوبی
۲۶	..... ۱۳-۱- عوارض مورفودینامیکی در بستر دریا
۲۷	..... ۱-۱۳-۱- موجک‌های ماسه‌ای
۲۷	..... ۲-۱۳-۱- حفرات زیستی
۲۷	..... ۳-۱۳-۱- برآمدگی و فرورفتگی
۲۷	..... ۱-۳-۱۳-۱- سواحل شامل بار ماسه‌ای و سواحل فاقد بار ماسه‌ای
۳۱	..... ۲-۳-۱۳-۱- مورفولوژی بار ماسه‌ای
۳۱	..... ۳-۳-۱۳-۱- تشکیل بار ماسه‌ای
۳۳	..... ۴-۳-۱۳-۱- دینامیک بار ماسه‌ای
۳۴	..... ۱۴-۱- مشخصات عمومی دریای خزر
۳۴	..... ۱-۱۴-۱- تاریخچه
۳۴	..... ۲-۱۴-۱- وسعت
۳۴	..... ۳-۱۴-۱- خصوصیات دریای خزر از جهت عمق
۳۵	..... ۴-۱۴-۱- نوسانات سطح آب
۳۶	..... ۱۵-۱- اهداف
۳۷	..... فصل دوم «سابقه‌ی تحقیق»
۴۶	..... فصل سوم «روش تحقیق»
۴۷	..... ۱-۳- آنالیز رژیم باد در مناطق دریایی انزلی و امیرآباد
۴۸	..... ۲-۳- تعیین مشخصات امواج آب عمیق با استفاده از نرم افزار CASWAC
۴۸	..... ۳-۳- تعیین پارامترهای امواج در آب‌های کم عمق نزدیک ساحل و ناحیه شکست
۴۸	..... ۴-۳- تعیین محدوده‌ی شکست امواج از طریق نرم افزار CASWAC در مناطق انزلی و امیرآباد

۴۹	..... بخش کم ژرفای دریا
۴۹	..... ۳-۵-۱- عملیات میدانی
۵۰	..... ۳-۵-۲- آنالیز دانه بندی رسوبات
۵۳	..... ۳-۶- مقایسه‌ی رسوبات در اعماق مشابه در مناطق انزلی و امیرآباد
۵۳	..... ۳-۷- مجموعه نرم افزاری امواج (CASWAC)
۵۳	..... ۳-۷-۱- امواج ناشی از باد (Wind Wave)
۵۷	..... ۳-۷-۲- انکسار موج (Refraction)
۵۹	..... ۳-۷-۳- تفرق موج (Diffraction)
۶۱	..... فصل چهارم «نتایج و بحث»
۶۲	..... ۴-۱- الگوی رژیم باد در مناطق ساحلی انزلی و امیرآباد
۶۶	..... ۴-۲- مشخصات امواج در آب عمیق و ناحیه‌ی شکست در مناطق انزلی و امیرآباد
۶۸	..... ۴-۳- تعیین پهنای باند شکست امواج از طریق مدل CASWAC در مناطق ساحلی انزلی و امیرآباد
	..... ۴-۴- تعیین محدوده شکست امواج با استفاده از عوارض مورفودینامیکی رسوبی و آنالیز رسوبات در مناطق ساحلی انزلی و امیرآباد
۷۰	..... ۴-۵- مقایسه‌ی رژیم بادهای ساحلی در مناطق انزلی و امیرآباد
۸۰	..... ۴-۶- مقایسه‌ی ماهیت فیزیکی و محدوده‌ی شکست امواج حاصل از مدل CASWAC در مناطق ساحلی انزلی و امیرآباد
۸۱	..... ۴-۷- مقایسه‌ی محدوده‌ی شکست امواج حاصل از ارزیابی عوارض مورفودینامیک رسوبی و مدل CASWAC در مناطق انزلی و امیرآباد
۸۳	..... ۴-۸- مقایسه‌ی دانه بندی رسوبات در اعماق مشابه در مناطق انزلی و امیرآباد
۹۹	..... فصل پنجم «نتیجه‌گیری و پیشنهادات»
۱۰۰	..... نتیجه‌گیری
۱۰۲	..... پیشنهادات
۱۰۳	..... منابع

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۶۲	جدول ۴-۱- درصد فراوانی محدوده‌های سرعت در منطقه‌ی ساحلی انزلی .....
۶۳	جدول ۴-۲- درصد فراوانی جهات وزش باد در منطقه‌ی ساحلی انزلی .....
۶۳	جدول ۴-۳- درصد فراوانی محدوده‌های سرعت در منطقه‌ی ساحلی امیرآباد .....
۶۴	جدول ۴-۴- درصد فراوانی جهات وزش باد در منطقه‌ی ساحلی امیرآباد .....
۶۶	جدول ۴-۵- مشخصات کمی پارامترهای امواج متاثر از بادهای غالب شمالی در منطقه‌ی انزلی .....
۶۶	جدول ۴-۶- مشخصات کمی پارامترهای امواج متاثر از بادهای غالب شمالی در منطقه‌ی امیرآباد .....
۶۷	جدول ۴-۷- مشخصات کمی پارامترهای امواج متاثر از بادهای غالب شمال غربی در منطقه‌ی انزلی .....
۶۷	جدول ۴-۸- مشخصات کمی پارامترهای امواج متاثر از بادهای غالب شمال غربی در منطقه‌ی امیرآباد .....
۶۷	جدول ۴-۹- مشخصات کمی پارامترهای امواج متاثر از بادهای غالب شمال شرقی در منطقه‌ی انزلی .....
۶۷	جدول ۴-۱۰- مشخصات کمی پارامترهای امواج متاثر از بادهای غالب شمال شرقی در منطقه‌ی امیرآباد .....
۶۸	جدول ۴-۱۱- درصد فراوانی محدوده‌های سرعت در هر یک جهات تعیین شده وزش باد در انزلی .....
۶۸	جدول ۴-۱۲- درصد فراوانی محدوده‌های سرعت در هر یک جهات تعیین شده وزش باد در امیرآباد .....
۷۷	جدول ۴-۱۳- پارامترهای رسوبی در مقطع اول امیرآباد .....
۷۷	جدول ۴-۱۴- پارامترهای رسوبی در مقطع دوم امیرآباد .....
۷۸	جدول ۴-۱۵- پارامترهای رسوبی در مقطع سوم امیرآباد .....
۷۸	جدول ۴-۱۶- پارامترهای رسوبی در مقطع چهارم امیرآباد .....
۷۹	جدول ۴-۱۷- پارامترهای رسوبی در مقطع اول انزلی .....
۷۹	جدول ۴-۱۸- پارامترهای رسوبی در مقطع اول انزلی .....

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱- تغییر شکل امواج از محل تشکیل در آب عمیق (فچ) تا خروج از منطقه وزش باد.....
۴	شکل ۲-۱- پارامترهای مهم موج.....
۵	شکل ۳-۱- طبقه‌بندی امواج دریا بر اساس پریود و فرکانس موج.....
۷	شکل ۴-۱- خیزش موج.....
۸	شکل ۵-۱- انکسار موج.....
۹	شکل ۶-۱- انکسار موج در طول یک ساحل مستقیم با خطوط هم عمق موازی در بستر.....
۹	شکل ۷-۱- انکسار موج در طول یک خط ساحلی نامنظم.....
۹	شکل ۸-۱- انکسار موج توسط برآمدگی زیر دریایی (چپ) و دره‌ی زیردریایی (راست).....
۱۰	شکل ۹-۱- تفرق موج.....
۱۰	شکل ۱۰-۱- بازتاب موج.....
۱۳	شکل ۱۱-۱- شکست ریزشی.....
۱۳	شکل ۱۲-۱- شکست شیرجه‌ای.....
۱۳	شکل ۱۳-۱- شکست لغزان.....
۱۳	شکل ۱۴-۱- شکست آواری.....
	شکل ۱۵-۱- الف) حرکت مداری و جابجایی ذرات آب به هنگام عبور موج. ب) جابجایی افقی ناچیز ذرات
۱۴	آب به هنگام عبور موج.....
۱۴	شکل ۱۶-۱- جابجایی ذرات در عبور از آب عمیق.....
۱۵	شکل ۱۷-۱- جابجایی ذرات در عبور از آب کم عمق.....
۱۶	شکل ۱۸-۱- ساختار عمومی ساحل ماسه‌ای.....
۱۸	شکل ۱۹-۱- شماتیک جریان‌ات موازی ساحل.....
	شکل ۲۰-۱- چگونگی شکل‌گیری جریان‌های موازی با ساحل و جریان‌ات عمود بر ساحل در ناحیه کم ژرفای
۱۹	دریایی.....

- شکل ۱-۲۱- جریان زیرکش در ساحل فلوریدا پس از طوفان Jeanne ..... ۲۰
- شکل ۱-۲۲- جریان زیرکش ..... ۲۰
- شکل ۱-۲۳- تراس فرسایشی در غرب منطقه‌ی ساحلی میانکاله ..... ۲۲
- شکل ۱-۲۴- تراس فرسایشی در منطقه‌ی ساحلی بابلسر ..... ۲۳
- شکل ۱-۲۵- خلیج فرسایشی در منطقه‌ی ساحلی رامسر ..... ۲۳
- شکل ۱-۲۶- تاجک‌های ماسه‌ای در منطقه‌ی ساحلی بابلسر ..... ۲۴
- شکل ۱-۲۷- تاجک‌های ماسه‌ای در منطقه‌ی ساحلی چپکرد ..... ۲۴
- شکل ۱-۲۸- موجک‌های ماسه‌ای جریانی (نامتقارن و ناپیوسته) ..... ۲۵
- شکل ۱-۲۹- موجک‌های ماسه‌ای موجی (متقارن و پیوسته) ..... ۲۵
- شکل ۱-۳۰- تشکیل زبانه‌ی ماسه‌ای میانکاله توسط جریانات موازی ساحل ..... ۲۶
- شکل ۱-۳۱- موجک‌های ماسه‌ای موجی متقارن و پیوسته در بستر دریا ..... ۲۸
- شکل ۱-۳۲- موجک‌های ماسه‌ای جریانی نامتقارن و ناپیوسته در بستر دریا ..... ۲۸
- شکل ۱-۳۳- حفرات زیستی برون بستری در منطقه‌ی فراساحل ..... ۲۹
- شکل ۱-۳۴- حفرات زیستی برون بستری در منطقه‌ی فراساحل ..... ۲۹
- شکل ۱-۳۵- پروفیل‌های ساحلی دارای برآمدگی و فاقد برآمدگی ..... ۳۰
- شکل ۱-۳۶- میدان سرعت جابجایی و حرکت رسوب روی یک بستر صاف و هموار تحت تاثیر موج ایستاده .. ۳۲
- شکل ۱-۳۷- تقسیم‌بندی دریای خزر بر اساس عمق ..... ۳۵
- شکل ۱-۳۸- منحنی نوسانات سطح تراز آب دریای خزر ..... ۳۶
- شکل ۳-۱- موقعیت مقاطع نمونه‌برداری در منطقه‌ی ساحلی امیرآباد ..... ۴۹
- شکل ۳-۲- موقعیت برداشت رسوبات ..... ۵۰
- شکل ۳-۳- نمونه‌گیر فکی ..... ۵۱
- شکل ۳-۴- دستگاه خشک‌کن ..... ۵۱
- شکل ۳-۵- ترازوی دیجیتالی ..... ۵۱
- شکل ۳-۶- دستگاه لرزان اتوماتیک ..... ۵۱
- شکل ۳-۷- پنجره‌ی محاسبه‌ی طول بادخور ..... ۵۴

- شکل ۳-۸- پنجره‌ی محاسبه‌ی سرعت موثر باد ..... ۵۵
- شکل ۳-۹- پنجره‌ی اصلی محاسبه‌ی مشخصات موج از باد ..... ۵۶
- شکل ۳-۱۰- پنجره‌ی اصلی برنامه‌ی انکسار موج ..... ۵۸
- شکل ۳-۱۱- الگوی انکسار امواج ..... ۵۸
- شکل ۳-۱۲- پنجره‌ی اصلی برنامه‌ی تفرق موج ..... ۵۹
- شکل ۳-۱۳- الگوی تفرق موج ..... ۶۰
- شکل ۴-۱- نمودار فراوانی محدوده‌های سرعت وزش باد طی ۴۳ سال در ایستگاه سینوپتیک انزلی ..... ۶۴
- شکل ۴-۲- نمودار فراوانی محدوده‌های سرعت وزش باد طی ۴۳ سال در ایستگاه سینوپتیک امیرآباد ..... ۶۵
- شکل ۴-۳- نمودار فراوانی جهات وزش باد طی ۴۳ سال در ایستگاه سینوپتیک امیرآباد ..... ۶۵
- شکل ۴-۴- نمودار فراوانی جهات وزش باد طی ۴۳ سال در ایستگاه سینوپتیک انزلی ..... ۶۶
- شکل ۴-۵- نمودار درصد فراوانی بادهای شمالی در مناطق انزلی و امیرآباد ..... ۶۹
- شکل ۴-۶- نمودار درصد فراوانی بادهای شمال غربی در مناطق انزلی و امیرآباد ..... ۶۹
- شکل ۴-۷- نمودار درصد فراوانی بادهای شمال شرقی در مناطق انزلی و امیرآباد ..... ۶۹
- شکل ۴-۸- منحنی توزیع نرمال رسوبات در مقطع اول امیرآباد ..... ۷۱
- شکل ۴-۹- منحنی توزیع تجمعی رسوبات در مقطع اول امیرآباد ..... ۷۱
- شکل ۴-۱۰- منحنی توزیع نرمال رسوبات در مقطع دوم امیرآباد ..... ۷۲
- شکل ۴-۱۱- منحنی توزیع تجمعی رسوبات در مقطع دوم امیرآباد ..... ۷۲
- شکل ۴-۱۲- منحنی توزیع نرمال رسوبات در مقطع سوم امیرآباد ..... ۷۳
- شکل ۴-۱۳- منحنی توزیع تجمعی رسوبات در مقطع سوم امیرآباد ..... ۷۳
- شکل ۴-۱۴- منحنی توزیع نرمال رسوبات در مقطع چهارم امیرآباد ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۵- منحنی توزیع تجمعی رسوبات در مقطع چهارم امیرآباد ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۶- منحنی توزیع نرمال رسوبات در مقطع اول انزلی ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۷- منحنی توزیع تجمعی رسوبات در مقطع اول انزلی ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۸- منحنی توزیع نرمال رسوبات در مقطع دوم انزلی ..... ۷۶
- شکل ۴-۱۹- منحنی توزیع تجمعی رسوبات در مقطع دوم انزلی ..... ۷۶



- شکل ۴-۲۰- نمودار مقایسه‌ی فراوانی جهات وزش باد در راستای شمال تا غرب طی ۴۳ سال در ایستگاه‌های  
 ۸۰ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۲۱- نمودار مقایسه‌ی فراوانی جهات وزش باد در راستای شمال شرق تا شرق طی ۴۳ سال در  
 ۸۱ ..... ایستگاه‌های انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۲۲- موقعیت شماتیک بارهای ماسه‌ای روی بستر دریا در منطقه‌ی انزلی .....  
 ۸۴
- شکل ۴-۲۳- موقعیت شماتیک بارهای ماسه‌ای روی بستر دریا در منطقه‌ی امیرآباد .....  
 ۸۴
- شکل ۴-۲۴- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات خط ساحل در مقطع فرسایشی انزلی و  
 ۸۵ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۲۵- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات خط ساحل در مقطع فرسایشی انزلی و  
 ۸۵ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۲۶- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات عمق ۰/۵ متر در مقطع فرسایشی انزلی و  
 ۸۶ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۲۷- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات عمق ۰/۵ متر در مقطع فرسایشی انزلی و  
 ۸۶ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۲۸- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات عمق ۱ متر در مقطع فرسایشی انزلی و  
 ۸۷ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۲۹- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات عمق ۱ متر در مقطع فرسایشی انزلی و  
 ۸۷ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۳۰- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات جلوی بار ماسه‌ای اول در مقطع فرسایشی  
 ۸۸ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۳۱- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات جلوی بار ماسه‌ای اول در مقطع فرسایشی  
 ۸۸ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۳۲- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات وسط بار ماسه‌ای اول در مقطع فرسایشی  
 ۸۹ ..... انزلی و امیرآباد

- شکل ۴-۳۳- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات وسط بار ماسه‌ای اول در مقطع فرسایشی  
 ۸۹ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۳۴- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات پشت بار ماسه‌ای اول در مقطع فرسایشی  
 ۹۰ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۳۵- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات پشت بار ماسه‌ای اول در مقطع فرسایشی  
 ۹۰ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۳۶- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات وسط بار ماسه‌ای دوم در مقطع فرسایشی  
 ۹۱ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۳۷- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات وسط بار ماسه‌ای دوم در مقطع فرسایشی  
 ۹۱ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۳۸- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات خط ساحلی در مقطع رسوبگذار انزلی و  
 ۹۲ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۳۹- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات خط ساحلی در مقطع رسوبگذار انزلی و  
 ۹۲ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۴۰- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات عمق ۰/۵ متر در مقطع رسوبگذار انزلی و  
 ۹۳ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۴۱- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات عمق ۰/۵ متر در مقطع رسوبگذار انزلی و  
 ۹۳ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۴۲- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات عمق ۱ متر در مقطع رسوبگذار انزلی و  
 ۹۴ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۴۳- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات عمق ۱ متر در مقطع رسوبگذار انزلی و  
 ۹۴ ..... امیرآباد
- شکل ۴-۴۴- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات جلوی بار ماسه‌ای اول در مقطع رسوبگذار  
 ۹۵ ..... انزلی و امیرآباد

- شکل ۴-۴۵- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات جلوی بار ماسه‌ای اول در مقطع رسوبگذار  
 ۹۵ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۴۶- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات وسط بار ماسه‌ای اول در مقطع رسوبگذار  
 ۹۶ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۴۷- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات وسط بار ماسه‌ای اول در مقطع رسوبگذار  
 ۹۶ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۴۸- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات پشت بار ماسه‌ای اول در مقطع رسوبگذار  
 ۹۷ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۴۹- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات پشت بار ماسه‌ای اول در مقطع رسوبگذار  
 ۹۷ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۵۰- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع تجمعی رسوبات وسط بار ماسه‌ای دوم در مقطع رسوبگذار  
 ۹۸ ..... انزلی و امیرآباد
- شکل ۴-۵۱- نمودار مقایسه‌ی منحنی‌های توزیع نرمال رسوبات وسط بار ماسه‌ای دوم در مقطع رسوبگذار  
 ۹۸ ..... انزلی و امیرآباد

# فصل اول

## مقدمه و کلیات

مسأله‌ی حفاظت از سواحل در مقابل نیروهای هیدرودینامیکی که از طریق باد، امواج و جریان‌های دریایی به پهنه‌ی آبی در بخش کم عمق دریا و بخش خشک ساحلی اعمال می‌شود موضوعی است که از دیرباز مورد توجه بسیاری از محققان بوده است. حفاظت صحیح از مناطق ساحلی در گرو شناخت جامع از ویژگی‌های محیطی و اقلیمی آن‌ها نظیر ساختار هندسی سواحل، میزان عملکرد نیروهای هیدرودینامیکی ناشی از امواج و جریان‌های دریایی، الگوی انتقال رسوبات به لحاظ فرسایش و رسوبگذاری، سطح انرژی حوضه، اقلیم باد و میزان نوسانات تراز آب دریا می‌باشد، که با حصول چنین شناختی می‌توان شدت مخاطرات را در مناطق ساحلی مختلف تخمین زد و با طبقه‌بندی مناطق ساحلی به لحاظ میزان آسیب‌پذیری و اعمال برنامه‌های هدفمند در کنار مدیریت صحیح به طور طبیعی با بحران‌های ساحلی مقابله کرد، طوری که اثرات دخالت عوامل انسانی که موجب تسریع فرسایش و تغییر شکل غیرطبیعی نوار ساحلی می‌شود به حداقل مقدار خود برسد.

علی‌رغم اهمیت بالای مسأله‌ی شکست امواج و به دنبال آن شناسایی محدوده‌ی شکست به لحاظ نقش بسزایی که در الگوی انتقال رسوبات ناحیه‌ی نزدیک ساحل، تغییر شکل امواج، رژیم جریان‌ها، شدت اغتشاشات، پراکندگی انرژی امواج و فرسایش نوار ساحلی تا کنون این محدوده مورد شناسایی دقیق قرار نگرفته است. در همین راستا تعیین محدوده‌ی باند شکست امواج به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار در روند فرسایش و آسیب‌پذیری سواحل جنوبی دریای خزر در مناطق انزلی و امیرآباد که به جهت ویژگی‌های ساختاری و هیدرودینامیکی متمایز می‌باشند مسأله‌ی اصلی این تحقیق محسوب می‌شود.

با توجه به روند توسعه‌ی دریای خزر در سطح منطقه‌ای و ملی از نظر وجود منابع نفت، گاز و شیلات شناسایی محدوده‌ی باند شکست امواج اهمیت بیشتری می‌یابد طوری که در طراحی تمام سازه‌های دریایی شامل بندرگاه، اسکله و سایر تأسیسات دریایی توجه به محدوده‌ی باند شکست امواج الزامی است و همچنین در بسیاری از کارهای تحقیقاتی که لازمه‌ی آن نصب دستگاه‌های اندازه‌گیری است که باید مدت زمان مشخصی گاه در بستر و گاه در سطح آب دریا قرار داده شوند تعیین محدوده‌ی باند شکست امواج در مناطق ساحلی حائز اهمیت است، لذا شناسایی و ارزیابی رژیم باد و الگوی امواج ناشی از آن و کنترل عوارض مورفودینامیکی بستر در ناحیه‌ی کم ژرفای نزدیک ساحل هدف اصلی این تحقیق محسوب می‌شوند. در دریاها و اقیانوس‌ها امواج با مشخصات متفاوتی وجود دارند که توسط عوامل مختلفی ایجاد می‌شوند، امواج ناشی از باد، امواج جزر و مدی و امواج سونامی از مهم‌ترین امواجی هستند که در پهنه‌های آبی مشاهده می‌شوند، طوری که:

- وقتی باد روی سطح دریاها و اقیانوس‌ها می‌وزد بسته به شدت وزش باد (مدت زمان وزش و سرعت وزش باد) می‌تواند ریزموج، امواج زنده و امواج دوراً ایجاد نماید.

- نیروهای گرانشی (عمدتاً ناشی از ماه و خورشید) به علاوه نیروهای مرکزگرا در سیستم‌های خورشیدی موجب شکل‌گیری امواج جزرومدی می‌شوند.

- نیروهای تکتونیکی (زمین‌ساختی) نظیر زلزله‌ها که موجب جابجایی عمودی بستر اقیانوس‌ها می‌شوند، انفجارهای آتشفشانی زیر دریایی، اثرات لغزش زمین و شهابسنگ‌ها به روی اقیانوس‌ها همگی سبب شکل‌گیری امواج سونامی می‌شوند. در این میان مهم‌ترین عامل ایجاد موج در دریای خزر باد می‌باشد، لذا امواج دریای خزر، امواج ناشی از باد<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند.