بسم الله
الرحمن الرحیم

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان‌نامه‌کارشناسی ارشد رشته فیزیک دریا

مدل‌سازی آماری و تجزیه‌وتحلیل مشخصه‌های امواج ناشی از باد در خلیج‌فارس

استاد راهنما:

دکتر اسماعیل حسن‌زاده

پژوهشگر:

فرشاد خلیلی

آبان ماه ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات

و نوآوری های ناشی از پژوهش موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه اصفهان است.

با تقدیر و تشکر از اساتید ارجمند خانم دکتر حسینی و آقای دکتر حسن زاده، از اساتید محترم گروه فیزیک دانشگاه اصفهان.

همچنین با سپاس از همه عزیزان به خصوص آقایان محسن صفی خانی ، محمد مهدی شجاعی و مجید پناهی از دانشجویان وقت گروه فیزیک که در تهیه این پایان نامه کمک شایانی به اینجانب داشتند.

از خداوند خواستارم هر کسی که در جهت اعتلای فرهنگ و علم خدمت می کند، او را مورد لطف قرار داده و همواره موفق و پیروز بدارد.

تقدیم به آنان که خداوند به وجود پاکشان افتخار می‌کند

و با افتخار به فرشتگانش می‌فرماید: ببینید اینان بندگان من هستند.

چکیده:

بررسی امواج دریا از دیدگاه انرژی و یا زیست‌محیطی به‌عنوان یکی از مطالعات مهم علوم مهندسی دریا است. پیش‌بینی مشخصه‌های موج در صنعت دریانوردی و شیلات کاربرد و اهمیت زیادی دارد.

چون ایران از شمال و جنوب به دریا متصل است، مطالعه و تحقیق در علوم مهندسی دریا در این کشور ضرورت زیادی دارد. از طرفی به‌دلیل پیچیده بودن معادلات دیفرانسیل مربوط به امواج برای مطالعه آن‌ها از ابزار آماری استفاده می‌شود.

در مطالعه امواج بررسی مشخصه‌های باد یکی از فاکتورهای مهم است، زیرا باد تاثیر زیادی بر شکل‌گیری موج دارد.

هدف این پایان‌نامه این است‌که با توجه به داده‌های مربوط به منطقه بوشهر که توسط بویه جمع‌آوری شده است، تا حد امکان مدل مناسبی برای پیش‌بینی برخی از مشخصه‌های موج مانند ارتفاع، دوره، ویا سرعت باد، ارائه شود.

در ناحیه بوشهر وزش باد بیشتر از دریا به خشکی است و باد در نیمه شب دارای کمترین سرعت و در بعد از ظهر دارای بیشترین سرعت است. چنانچه نسیم دریا – خشکی قوی باشد، آنگاه نسیم خشکی- دریا ضعیف خواهد بود.

همبستگی بین سرعت باد و ارتفاع امواج خیلی کم است و این عامل نشان می‌دهد که باد نمی‌تواند برای رشد امواج عامل خوبی باشد.

در این تحقیق مدل‌هایی برای پیش‌بینی سرعت باد، ارتفاع ، جهت ، ارتفاع موثر وهمچنین دوره تناوب امواج معرفی شده است که برخی از آن‌ها برای این ناحیه مناسب نیستند.

به‌طور مثالمدل‌های سری‌زمانی برای ناحیه بوشهر مناسب‌تر است برای محاسبه و پیش‌بینی سرعت باد و ارتفاع امواج یا پیش‌بینی جهت وزش باد، بالاتر از ۷۰ درصد جواب می‌دهند. مدل‌های جان‌سواپ یا اشنایدر نیز برای این ناحیه مناسب نیستند.

واژه‌های کلیدی: تابع خودهمبستگی، تابع همبستگی، میانگین متوسط حرکت، رگرسیو، اتورگرسیو.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مطالعه امواج

۱-۱ مقدمه..... ۱

۱-۱-۱ تاریخچه مطالعه امواج..... ۲

۱-۱-۲تقسیم‌بندی امواج..... ۴

۱-۱-۳ محدودیتهای مطالعه امواج..... ۵

۱-۲ توابع موج..... ۶

۱-۲-۲ انتشار و پیشروی موج..... ۹

۱-۳ رفتار موج در آبهای کم عمق..... ۱۱

۱-۳-۱ شکست امواج:..... ۱۳

۱-۳-۲ تفرق..... ۱۶

۱-۳-۳پاشندگی امواج در آب..... ۱۶

۱-۴ امواج دورآ..... ۱۸

۱-۴-۱ خصوصیات امواج دورآ..... ۱۸

۱-۴-۲ بسامد موج در نقطه مشاهده برای امواج دورآ..... ۱۹

۱-۵ فواید مطالعه امواج بادی..... ۲۰

۱-۵-۱ انرژی امواج بادی..... ۲۱

۱-۵-۲ بادهای محلی..... ۲۱

۱- ۶ نسیم خشکی– دریا..... ۲۴

۱-۷ چگونگی تشکیل موج در آب و پیشروی آن..... ۲۴

۱-۸ محاسبه طول موجگاه..... ۲۶

عنوان **صفحه**

۱-۹ نظریه اسوردراپ در مورد رشد موج ۲۶

۱-۹-۱نظریه تشدید فیلیپس و فیزیک مایلز:..... ۲۸

۱-۱۰ نظریه مایلز و اشنایدر در مورد رشد امواج :..... ۲۹

۱-۱۱ پارامترهای معرفی موج..... ۳۰

۱-۱۱-۱پهنای باند:..... ۳۰

۱-۱۱-۲پهنای باند موج..... ۳۰

۱-۱۱-۳ تأثیر عوامل غیرخطی در روند رشد امواج ۳۱

۱-۱۲ معادله بقای انرژی..... ۳۱

۱-۱۲-۱ معادله انرژی برای محدود شدن طول مدت وزش باد:..... ۳۲

۱-۱۲-۲ معادله انرژی مربوط به محدود شدن طول موجگاه..... ۳۳

فصل دوم: خلیج فارس

۲-۱ مقدمه..... ۳۵

۲-۲جریانهای محلی خلیج فارس..... ۳۷

۲-۳خلیج فارس از دیدگاه زیست محیطی..... ۳۷

۲-۴منطقه بوشهر ۳۷

۲-۴-۱بادهای منطقه بوشهر..... ۳۷

فصل سوم: توصیف حالات موج در دریا

۳-۱ پارامترهای لازم برای توصیف دریا ۳۹

۳-۲مدل ریلی در توصیف امواج..... ۴۱

۳-۲-۱ توزیع آماری فرکانس ۴۲

۳-۲-۲ طیف فیلیپس..... ۴۲

۳-۲-۳ توزیع پیرسون مسکویچ:..... ۴۲

۳-۲-۴ طیف جانسواپ..... ۴۳

عنوان **صفحه**

۳-۳ ضرایب و تصحیحهایی روی دادههای باد ۴۵

۳-۳-۱تصحیح پایداری ۴۶

۳-۳-۲ ضریب اصلاح تراز اندازهگیری ۴۷

۳-۳-۳ضریب اصلاح مربوط به سرعت باد به سرعت میانگین در مدت مشخص ۴۷

۳-۳-۴ضریب کشالی ۴۸

۳-۳-۵ضریب ناشی از اندازهگیری سرعت باد در خشکی ۴۸

۳-۴مدلهای فیزیکی برای پیشبینی حالت دریا ۴۹

۳-۴-۱ مدل SPM برای محدود شدن طول موجگاه ۴۹

۳-۴-۲مدل SPM برای محدود شدن مدت وزش باد ۵۰

۳-۴-۳مدل برت اشنایدر برایمحدودیت مدت وزش باد ۵۰

۳-۴-۴مدل جانسواپ برایمحدودیت مدت وزش باد ۵۱

۳-۴-۵ برآورد سن موج و رابطه سن موج و شیب آن ۵۱

فصل چهارم: روش‌های تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی

۴-۱ مقدمه ۵۲

۴-۲ برداشت دادهها ۵۳

۴-۳ اصطلاحات پایه آماری ۵۴

۴-۴سری زمانی ایستا ۵۶

۴-۵ تابع خودهمبستگی و اتوکواریانس ۵۶

۴-۶فرآیند تصادفی محض یا نوفه سفید ۵۹

۴-۷الگوهای سری زمانی ایستا ۶۰

۴-۷-۱ فرآیند اتورگرسیومرتبه دوم ۶۳

۴-۸ ACF و PACF فرآیند AR(p) ۶۴

۴-۸-۱بخش دوممربوط به فرآیندهای میانگین متحرک ۶۵

عنوان **صفحه**

۴-۹ فرآیندهای اتورگرسیو میانگین متحرک ۶۸

۴-۱۰ ناایستایی میانگین در سری زمانی و روش تفاضلی ۶۹

۴-۱۱ الگوی اتورگرسیو میانگین متحرک تفاضلی تلفیق شده ۶۹

۴-۱۲ تابع همبستگی متقابل ۷۰

۴-۱۳ آزمونهای آماری ۷۱

۴-۱۳-۱ آزمون R^2 (R-square) ۷۱

۴-۱۳-۲ آزمون R^{*2} (RdetsujdA-square) ۷۱

۴-۱۳-۳ آزمون دوربین واتسون ۷۲

۴-۱۳-۴ آزمون دیکی – فولر ۷۲

فصل پنجم: بررسی و تحلیل داده‌ها

۵-۱ بررسی دادههای باد ۷۵

۵-۱-۱ اعمال ضرایب تصحیح بر روی دادههای باد ۷۵

۵-۲ بررسی مشخصههای باد ۷۶

۵-۲-۱بررسی نمودار سرعت باد روزانه ۷۶

۵-۲-۲ ضرایب خودهمبستگی سرعت باد (روزانه) ۷۷

۵-۲-۳ ضرایب خودهمبستگی سرعت باد (ماهیانه) ۷۸

۵-۳ بررسی دادههای مربوط به امواج ۸۰

۵-۳-۱ بررسی دادههای مربوط به ارتفاع موج ۸۰

۵-۳-۲ رسم نمودارهای ارتفاع برحسب یکدیگر ۸۳

۵-۳-۳ ضرایب خودهمبستگی مربوط به ارتفاع امواج ۸۵

۵-۳-۴ بررسی جهت باد ۸۶

۵-۳-۵ بررسی جهت باد ماهیانه ۸۶

۵-۴ ضریب همبستگی بین ارتفاع و سرعت موج ۸۷

عنوان **صفحه**

۵-۵ روابط بین کمیتهای بدون انرژی و فرکانس ۸۸

۵-۶ آزمون مدلهای سری زمانی برای دادههای باد و امواج ۹۰

۵-۶-۱ مدل سری زمانی برای سرعت باد ۹۰

۵-۶-۲ مدل سری زمانی برای ارتفاه مؤثر ۹۱

۵-۶-۳ مدل سری زمانی برای پیشبینی جهت باد ۹۲

۵-۶-۴ آزمون مدل پیشبینی جانسواپ برای ارتفاع موثر ۹۳

۵-۶-۵ آزمون مدل جانسواپ برای پیشبینی دوره امواج ۹۴

۵-۷ مدل پیشبینی SPM برای ارتفاع موج ۹۵

فصل ششم: خلاصه و پیشنهادها

۶-۲ نتایج مربوط به باد در منطقه بوشهر ۹۷

۶-۲ نتایج مربوط به ارتفاع امواج در منطقه بوشهر ۹۸

۶-۳ بحث در مورد مدلهای پیشبینی باد و امواج ۹۸

۶-۴ پیشنهادها ۹۹

فصل هفتم

پیوستها ۱۰۰

منابع و مأخذ ۱۱۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱ برهم‌نهی امواج وتشکیل موج برآیند ۶
شکل۱-۲ پوش یک دامنه متغیر ۸
شکل۱-۳ جهت سرعت آب را روی موج ۱۱
شکل۱-۴ شکل دلتای دیراک موج در ساحل ۱۲
شکل ۱-۵ حالت واگرایی وهمگرایی موج دردره‌ها ولبه‌های دریا ۱۵
شکل۱-۶ تفرق موج دربرخورد به لبه موج‌شکن ۱۶
شکل۱-۷ نمودارسرعت فاز C_p درعمق‌های مختلف به‌صورت تابعی ازطول موج λ ۱۸
شکل۱-۸ نمودار ارتفاع موثر برحسب فرکانس ۱۹
شکل۱-۹ نمودار انرژی برحسب فرکانس در سرعت‌های مختلف ۲۲
شکل۱-۱۰ نمودار مقدار انرژی امواج رابرحسب فرکانس ۲۲
شکل۱-۱۱ RN تنش عمودی وRT تنش مماسی مربوط به باد ۲۵
شکل۱-۱۲ نمایش طول موج‌گاه ۲۶
شکل۱-۱۳ نمودارکشالی برحسب اختلاف دمای آب و هوا ۲۸
شکل۱-۱۴ نمودارچگالی طیفی ورودی برحسب فرکانس ۳۳
شکل۱-۱۵ نمودار چگالی انرژی برحسب فرکانس ۳۳
شکل۲-۱نقشه جغرافیایی خلیج‌فارس ۳۶
شکل۳-۱ نمودار دو رهگذر از صفر T_z و فاصله زمانی دو قله متوالی T_c و ارتفاع موج H ۴۰
شکل۳-۲ نمودار مدل ریلی برای ارتفاع موج ۴۲
شکل۳-۳ نمودار توزیع طیفی P-M و جانسواپ ۴۴
شکل۳-۴ نمودار ضریب R برای سرعت باد برحسب اختلاف دمای هوا و آب ۴۷
شکل۳-۵ ضریب اصلاحی ناشی از اختلاف سرعت باد در دریا U_ω وسرعت باد در خشکی U_t ۴۹
شکل۴-۱ نمودار ایستا در میانگین و نا ایستا در میانگین ۵۳
شکل۴-۲ نمودار ACF و PACF یک فرایند تصادفی محض ۶۰
شکل۴-۳ تابع خود همبستگی و همبستگی نسبت به مرتبه آن ۶۲
شکل۵-۱ نمودار سرعت باد برحسب ساعت ۷۶
شکل۵-۲ نمودار سرعت میانگین باد برحسب ماه ۷۷
شکل۵-۳ نمودار ضریب خود همبستگی سرعت باد روزانه ۷۸

عنوان **صفحه**

شکل۵-۴ نمودار ضریب خودهمبستگی سرعت باد با گام یک روزه ۸۰

شکل۵-۵ نمودار $Havg$ برحسب ماه ۸۱

شکل۵-۶ نمودا رHs برحسب ماه ۸۱

شکل۵-۷ نمودار $H1/10$ برحسب ماه ۸۲

شکل۵-۸ نمودار Hm برحسب ماه ۸۲

شکل۵-۹ نمودار ارتفاع ماکزیمم H_{avg} برحسب ارتفاع موثر H_s ۸۳

شکل۵-۱۰ نمودار $H1/10$ برحسب Hs ۸۴

شکل۵-۱۱ نمودار ارتفاع موثر Hs برحسب ارتفاع متوسط $Havg$ ۸۴

شکل۵-۱۲ نمودار جهت باد برحسب ساعت ۸۶

شکل۵-۱۳ نمودار جهت باد برحسب ماه ۸۷

شکل۵-۱۴ نمودار انرژی بدون بعد ε فرکانس ν ۸۹

شکل۵-۱۵ نمودار انرژی بدون ε برحسب $\upsilon^{-10/3}$ ۸۹

شکل۵-۱۶ نمودار انرژی بدون بعد ε برحسب υ^{-3} ۹۰

شکل۵-۱۷ نمودار سرعت اندازه‌گیری شده باد و مقادیر پیش‌بینی ۹۱

شکل۵-۱۸ نمودار مقایسه پیش‌بینی ارتفاع مؤثر ومقدار اندازه‌گیری ۹۲

شکل۵-۱۹ نمودار مقایسه پیش‌بینی و اندازه‌گیری جهت باد ۹۳

شکل۵-۲۰ نمودار مقایسه پیش‌بینی جانسواپ برای ارتفاع موثر و مقادیر اندازه‌گیری شده ۹۴

شکل۵-۲۱ نمودار مقایسه دوره پیش‌بینی جانسواپ و مقادیر اندازه‌گیری شده ۹۵

شکل۵-۲۲ مقایسه پیش‌بینی ارتفاع مؤثر امواج مدل SPM و مقادیر اندازه‌گیری شده ۹۶

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول۴-۱ جدول ضرایب و مقادیر بحرانی دیکی- فولر ۷۳
جدول۵-۱ ضرایب خودهمبستگی سرعت باد روزانه ۷۸
جدول۵-۲ ضرایب خودهمبستگی سرعت باد ماهیانه ۷۹
جدول۵-۳ ضرایب خودهمبستگی سرعت باد ۸۵
جدول۵-۴ ضرایب همبستگی بین سرعت باد و ارتفاع امواج ۸۸

فصل اول

مطالعه امواج

۱-۱ مقدمه

امواج دریا یک پدیده دوره‌ای هستند که می‌توانند فواید و ضررهایی داشته باشند. شناسایی مشخصه‌های موج در بهره‌برداری از آن و یا برای ساخت تأسیساتی که تحت تأثیر موج قرار می‌گیرد، مفید است. تأسیساتی مانند موج‌شکن، نیروگاه‌ها، سکوهای نفتی، باد، زمین‌لرزه و جزرومد از عواملی هستند که می‌توانند موج تولید کنند طوری‌که ارتفاع امواج تا ۲۶ متر می‌رسد. ولی در این بین، مهمترین عامل تولید موج باد است، بنابراین مطالعه امواج ناشی از باد، و در نتیجه پیش‌بینی وشبیه‌سازی امواج ناشی ازآن اهمیت زیادی دارند.

امواج ناشی از باد دارای پیچیدگی‌های ریاضی هستند و تاکنون روابط ریاضی واضحی برای امواج ناشی از باد معرفی نشده است. امروزه روش‌های عددی و تجزیه موج از طریق انتگرال‌های فوریه، امروزه برای مطالعه امواج کاربرد بیشتری دارند و شرایط منطقه از جمله عمق دریا، در انتخاب شیوه‌های مختلف مورد توجه قرار می‌گیرند.

با توجه به هدف مطالعه امواج، داده‌هایمورد استفاده نیز متفاوت هستند. به‌طور مثال پروژه‌ای که برای مطالعه انرژی امواج تعریف می‌شود به مواردی چون سرعت، ارتفاع موج توجه بیشتری داشته باشد.

امروزه استفاده از سوخت‌های فسیلی از نظر هزینه و آلودگی محیط زیست مشکلات زیادی را به‌وجود آورده است. چون انرژی امواج یکی از منابع تجدیدپذیر است، توجه به آن ضروری است. از طرفی محاسبات نشان

می‌دهد انرژی امواج نسبتاً زیاد است طوری که ۶۰٪ امواج دارای انرژی بین ۵۰۰۰۰- ۲۰۰۰۰ وات برمتر مربع است.

در مطالعه امواج پارامترهایی مانند رشد خطی و نمایی موج ناشی از باد و یا شکست امواج از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

۱-۱-۱ تاریخچه مطالعه امواج

بررسی سازوکار و اثرات امواج ناشی از باد و امواج دورا به ده‌ها سال پیش برمی‌گردد و اهمیت آن بعد از جنگ جهانی دوم بیشتر شده است. با این وجود این موضوع هنوز برای دانشمندان جزء مسائل مجهول است. که به رابطه مشکلات مطالعاتی آن بر روی سطح وسیع دریا است، لذا متخصصین مربوطه به نظریه‌پردازی و مطالعه تئوری آن می‌پردازند. برای فهم و رسیدن به تئوری‌های مناسب در مطالعه امواج ناشی از باد، مطالعه و بررسی از طریق روابط آماری، ابزار مناسبی است.

دانشمندان زیادی در دهه‌های اخیر در مورد شکل‌گیری و اثرات این نوع امواج مطالعه کرده‌اند و تئوری‌ها و فرمول‌های مناسبی را برای آن‌ها ارائه داده‌اند.

مطالعه انرژی این امواج، پیش‌بینی شکل‌گیری و مشخصه‌های این امواج در سال‌های اخیر بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته است. بطور مثال چن و بلچر[1] در سال ۲۰۰۰ در مورد کاهش چگالی انرژی امواج دورا و آهنگ رشد امواج ناشی از باد و افزایش فرکانس قله طیف و رابطه آن‌ها با تغییرات شیب موج مطالعاتی داشتند. همچنین در خلیج فارس نیزاین‌گونه مطالعات انجام شده و با استفادهازمدلWAM در مورد مشخصه‌های قید شده یعنی کاهش انرژی و افزایش فرکانس قله موج مطالعاتی صورت گرفته است.

نتایج تحقیق دونلن[2] (۱۹۸۷) و میتسو یاسو و یوشیدا[3] (۱۹۸۹) نشان می‌دهد کاهش انرژی امواج ناشی از باد به جهت نسبی باد و امواج دورا بستگی دارد.

در قسمت غرب خلیج‌فارس به علت عمق کم، ارتفاع امواج دورا کم است و به‌طور میانگین جهت وزش باد برجهت امواج دورا عمود است. در نتیجه در این ناحیه امواج دورا کمترین اثر را بر روی امواج ناشیاز باد دارند.

روابط بین انرژی و سن موج نیز از تحقیقات هنسون و فیلیپس[4] (۱۹۹۹) است که همین نتایج در خلیج فارس نیز مورد ارزیابی قرار گرفته و دارای نتایج مشابهی می‌باشند.

---

[1] .Chen & Belcher
[2] . Donelan
[3] . Mitsu Yasu & Yoshida
[4] . Hanson & Philips

در سال‌های اخیر مطالعات و تحقیقات زیادی در مورد امواج ناشی از بادو یا انرژی آن‌ها صورت گرفته است. از جمله مسیبی (۱۳۹۰)نشان می‌دهد که مدل سوان برای پیش‌بینی ارتفاع امواج بادی در شمال خلیج‌فارس مناسب است ولی برای پیش‌بینی دوره تناوب از دقت کمتری برخوردار است.

محمدی (۳۸۹۱) با مدل‌سازی عددی از طریق مدل عددی سوان و با استفاده از داده‌های سرعت باد و عمق دریا به ارزیابی توان انرژی امواج در خلیج‌فارس است. در این تحقیق مشخصه‌هایی مانند شکست موج، اصطکاک و رشد خطی و غیرخطی موج نیز مد نظر قرار گرفت.

بهنام (۱۳۸۹) به شبیه‌سازی خیزآب و پیش‌بینی سیلاب‌های ساحلی در منطقه خلیج‌فارس پرداخته و برای شبیه-سازی ارتفاع موثر امواج در محدوده جزیره قشم و بررسی توفان گونو از مدل سوان استفاده شده استهمچنین می-توان به تاخیر ۱۲ ساعته در به‌وجود آمدن بیشینه ارتفاع موج اشاره کرد.

علی اکبر بیدختی (۱۳۸۴) نسیم‌های دریا خشکی و بر عکس در منطقه بوشهر را مورد بررسی قرار داد و روش-های پیش‌بینی باد در این منطقه را مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق در هر ماه، سرعت باد در روزهای مختلف ماه مورد بررسی قرار گرفته است. نسیم دریا در روزهای اول ماه قوی‌تر از روز دوم است، ولی نسیم خشکی در روزدوم قوی‌تر از اول است. در روز دوم نسیم دریا از نظر زمانی به طرف عصر کشیده می‌شود. در این تحقیق مدت زمان نسیم دریا مورد مطالعه قرار گرفت.

تجزیه‌وتحلیل داده‌های جوی و اقیانوسی، توسط امیرحسین معماری با استفاده از نرم‌افزار موجک‌صورت گرفته-است. دراین تحقیق اطلاعات زمانی حفظ شده‌است و تغییرات سیگنال تا چندین مرحله فیلتر می‌شود. همچنین در این پروژه همبستگی بین پارامترهای دیگر مربوط به باد و امواج نیز محاسبه شده است.

تجزیه‌وتحلیل امواج بادی در منطقه خلیج‌فارس و پیش‌بینی آنها با استفاده از مدل‌های عددی و سری زمانی توسط بردبار (۱۳۸۳) صورت گرفته‌است. در این تحقیق مدل‌های پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است و مناسب‌ترین آنها معرفی شده است.

در شکل‌گیری و گسترش میدان موج عوامل زیادی مانند سرعت و جهت وزش باد و تغییرات آن، شکل هندسی خط ساحل، عمق آب و ترکیبی از این متغیرها تاثیردارند.

می‌توان در مطالعه امواج، حالت‌های ایده‌آل در نظر گرفت از جمله محدودیت طول موج‌گاه و محدودیت مدت زمان وزش باد. گرچه این فرض‌ها ایده‌آل هستند ولی در ساده‌تر شدن محاسبات و معادلات آن، از آن‌ها استفاده می‌شود. به‌طور مثال لازم است برای رسیدن به یک موج پایدار، عمق آب را خیلی زیاد و وزش باد را نامحدود فرض کرد.

در آزمایشگاه استفاده از تکنولوژی و شبیه‌سازی آن‌ها به محیط دریا برای دانشمندان کمک مناسبی در بررسی امواج است تا در حد بزرگ‌تری سطح دریا را مطالعه کنند. از جمله بررسی تغییرات امواج ناشی از باد با توجه به زاویه‌ای که باد به آن می‌وزد.

امواج دورا می‌توانند فاصله زیادی را طی کنند. به‌طور مثال در جنوب لاندلو، این امواج عرض اقیانوس آرام را طی می‌کنند[۱۴].

انتشار امواج به عواملی چون منشاء تولید، شرایط آب‌وهوایی، چگالی و عمق آب بستگی دارد. امواجی که توسط باد تولید می‌شوند مسافت طولانی را طی می‌کنند. از جمله امواجی که توسط طوفان تولید می‌شود نیم‌دور کره زمین را دور می‌زنند.

مانک در کالیفرنیا امواجی را ثبت کرد که در استرالیا و نیوزیلند تولید شده است [۱۴]. اتلاف انرژی امواج نیز به‌خاطر عوامل زیادی از جمله نوع موج و طول مسیر جابه‌جایی و عمق آب بستگی دارد. به‌طور مثال اتلافانرژی امواج دورا ناشی از غیرخطی بودن آنهااست ودر عبور از مسیرهای طولانی تقریباً از رابطه غیرخطی پیروی می‌کنند.

۱-۱-۲تقسیم‌بندی امواج

امواج خیزآب

امواج خیزآب[1] به‌واسطه اثر باد روی سطح مشترک هوا-آب به‌وجود می‌آید.

امواج دورا

امواج دورا[2] در رویه بالای آب تشکیل می‌شوند و قبلاً در جایی تشکیل شده است و بعد به ساحل و یا ناظر می‌رسد.

امواج داخلی

امواج داخلی[3] براثرتغییرچگالی آب، به‌وجود می‌آید. تغییرچگالی در ارتفاع Zمی‌باشد ولازم نیست که چگالی با سطح افق آب تغییر کند. لازم به ذکر است که تغییر چگالی به‌خاطر برش جریان و یا آشفتگی سطحی به‌وجود می‌آید.

امواج گرانشی–ژیروسکوپی (سطحی–داخلی)

---

[1] . Ripple Waves
[2] . Swell Waves
[3] . Internal Waves

امواج گرانشی[1]، ناشی از تغییرات فشار جو و شتاب کوریولیس (که با ارتفاع تغییر می‌کند) هستند که تغییر تنش باد به‌وجود می‌آیند.

امواج سیاره‌ای

امواج سیاره‌ای[2] در اثر به هم خوردن شرایط موازی بودن سطح هم فشار و هم چگالی به‌وجود می‌آیند که عواملی مانند تغییر فشار، تغییر چگالی می‌تواند نظم لایه‌های مذکور را به هم بزند.

امواج جزر و مد

امواج جزرومد[3]ناشی از جاذبه ماه و خورشید هستند. دوره تناوب این امواج نسبتاً طولانی است ولی به‌دلیل جابه-جایی حجم زیادی از آب، میلیون‌ها ژول انرژی دارد که به‌کارگیری این انرژی به‌عنوان بحث انرژی‌های نو مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. در خلیج فارس سرعت جزرومد به $۵۰\frac{\mathbf{cm}}{\mathbf{min}}$ می‌رسد که می‌تواند در اعماق دریا تلاطم ایجاد کند.

۱-۱-۳ محدودیت‌های مطالعه امواج

در مطالعه امواج شرط تراکم‌ناپذیری آب به‌کارمی‌رود و چگالی با زمان تغییر نمی‌کند.

$$\vec{\nabla}.\vec{V}=0 \qquad ۱-۱$$

$\vec{J}$ چگالی جریان است که با توجه به معادله پیوستگی:

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial\rho}{\partial t}+\vec{\nabla}.\vec{J}=0 \qquad ۲-۱$$

اگرچگالی نسبت به زمان ثابت بماند خواهیم داشت:

$$\Rightarrow \frac{\partial\rho}{\partial t}=0 \qquad ۳-۱$$

در مجموع علت بسیاری از امواج به‌خاطر وزش باد و یا اختلاف چگالی لایه‌های آب است، که مطالعه هر یک از آنها نیاز به بررسی عوامل دخیل در شکل‌گیری آن‌ها است. در کنار آن محیط انتشار موج نیز در شکل‌گیری و

[1] . Gravity Waves
[2] . Rossby Waves
[3] . Tide Waves