بسم‌الله الرحمن الرحیم

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع آب

مطالعه تطبیقی شبیه‌سازی ارتفاع موج به روش مونت‌کارلو و منطق فازی (مطالعه موردی: منطقه چابهار)

مؤلف:
مریم علیان نژاد

استاد راهنما:
دکتر بهرام بختیاری

استاد مشاور:
دکتر کورش قادری

بهمن‌ماه ۱۳۹۳

این پایان‌نامه به‌عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی آب

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ‌گونه مدرکی به‌عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو: مریم علیان نژاد

استاد راهنما: دکتر بهرام بختیاری

استاد مشاور: دکتر کورش قادری

داور اول : دکتر محمدجواد خانجانی

داور دوم: دکتر مجید رحیم‌پور

نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر حسن فرحبخش

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده: دکتر مجید رحیم پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تقدیم به:

همه کسانی که لحظه‌ای بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی‌کنند و بر آستان گران سنگ انسانیت سر فرود می‌آورند و انسان را با همه تفاوت‌هایش ارج می‌نهند.

به مادرم،

آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلبم، پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

تقدیم با بوسه بر دستان پدرم،

به او که نمی‌دانم از بزرگی‌اش بگویم یا مردانگی، سخاوت، سکوت، مهربانی و ...

یگانه خواهرم،

اسطوره زندگیم، پناه خستگیم و امید بودنم

برادرانم،

که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و از صبرشان ایستادگی را آموختم

تقدیم به مهربان فرشتگانی که

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست

تقدیم به دوستان عزیزم.

تشکر و قدردانی

" ان اشکرالناس لله اشکرهم للناس"

" شاکرترین مردم نسبت به خدا حق‌شناس‌ترین آنها نسبت به مردم است"

رسول اکرم (ص)

نخستین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریای بیکران اندیشه، قطره‌ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند .لذا اکنون که در سایه‌سار بنده نوازی هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگرشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی‌رسید.

جناب آقای دکتر بختیاری ، استاد راهنما، که در طول نگارش این مجموعه با راهنمایی های عالمانه و بجایشان، سکاندار شایسته‌ای در هدایت این پایان‌نامه بوده‌اند و با رفتار بزرگ منشانه گذشت را به من آموختند.

جناب آقای دکتر قادری، استاد مشاور و مدیر گروه کاردان که با سعه صدر مشاوره این تحقیق را پذیرفتند و در طول نگارش این مجموعه همواره از نظرات کارشناسانه‌شان، بهره‌مند شدم و با معرفی کتب مرا در پیش‌برد این پایان‌نامه یاری کردند.

جناب آقایان دکتر خانجانی و دکتر رحیم‌پور که با قبول زحمت داوری این پایان‌نامه باعث افزایش اعتبار این رساله گردیدند

و در پایان از دوستان ارجمندم که مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند، قدردانی و تشکر می‌نمایم.

چکیده

امواج ناشی از باد به دلیل انرژی و اثر بالایشان بر فعالیت‌های دریایی از اهمیت بالایی برخوردارند. همچنین این پدیده برای ساخت‌وساز بناهای ساحلی، کشتیرانی و فعالیت‌های تفریحی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم اثرگذار می‌باشد. از طرفی، منطقه چابهار به علت نزدیکی به دریای آزاد و دارا بودن پتانسیل‌های بازرگانی، توریستی و تجاری جزو مناطق پراهمیت ایران محسوب می‌شود. با توجه به مسائل بیان شده، بررسی و مطالعه پارامترهای دریایی این منطقه از اهمیت بسزایی برخوردار است. از همین رو، در این پژوهش تلاش شد تا به موج به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای دریایی و عوامل موثر بر آن، توجه شود. با توجه به مطالعات انجام‌شده در زمینه موج و عدم قطعیت بالای موجود در شبیه‌سازی این پدیده، از دو روش مونت کارلو برپایه استفاده از داده‌های تصادفی و با قابلیت کاهش عدم‌قطعیت و همچنین روش استنتاج فازی مبتنی بر الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) برای شبیه‌سازی ارتفاع موج در دوبازه زمانی ساعتی و روزانه، استفاده شده است. نیاز به توضیح است که در پژوهش انجام‌شده به بررسی و شبیه‌سازی در دو حالت روزانه و ساعتی پرداخته‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از عملکرد مناسب روش مونت‌کارلو در هر دو مقیاس زمانی ساعتی و روزانه می‌باشد، به‌طوری‌که در مونت‌کارلو، ضریب تبیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، شاخص توافق ویلموت (d) و قدر مطلق خطا (MAE) به ترتیب، ۰/۹۴۱، ۰/۰۸، ۰/۹۸۲۲ و ۰/۰۵۴۵ برای پیش‌بینی ساعتی، و برای پیش‌بینی روزانه این مقادیر به ترتیب برابر ۰/۸۴۹۹، ۰/۱۸۷۸، ۰/۹۴۹۹ و ۰/۱۱۹۹ را حاصل کرد. همچنین در مدل استنتاج فازی مبتنی بر الگوریتم PSO، مقادیر فوق به ترتیب برابر با ۰/۹۱۱، ۰/۱۰۶۵، ۰/۹۶۴۷ و ۰/۰۶۹۸ برای پیش‌بینی ساعتی و ۰/۸۳۱۶، ۰/۲۲۲۵، ۰/۹۱۰۹ و ۰/۱۶۶۵ برای شبیه‌سازی روزانه بدست آمد، که نشان‌دهنده قابلیت بالای روش مونت‌کارلو در شبیه‌سازی ارتفاع موج شاخص در منطقه مورد بررسی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع موج، چابهار، شبیه‌سازی مونت‌کارلو، منطق فازی

فهرست

عنوان **صفحه**

فصل اول : کلیات

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- ضرورت انجام پژوهش ۲
۱-۳- اهداف پژوهش ۳
۱-۴- نحوه تهیه و تنظیم پایان‌نامه ۴

فصل دوم: مفاهیم پایه و پیشینه پژوهش ها

۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- مفاهیم پایه ۷
۲-۲-۱- روشهای عددی ۷
۲-۲-۲- روشهای تجربی ۸
۲-۲-۳- روش SPM ۸
۲-۲-۴- روش شبکه عصبی ۸
۲-۱- شبیه‌سازی ۸
۲-۱-۱- الگوریتم ژنتیک ۹
۲-۲- سابقه پژوهش ۹

فصل سوم : مواد و روش‌ها

۳-۱- مقدمه ۱۵
۳-۲- منطقه مورد مطالعه ۱۵
۳-۳- ثبت دیتا توسط بویه‌های موج نگار ۱۶
۳-۴- اطلاعات مورد استفاده ۱۷
۳-۵- موج و ارتفاع موج شاخص ۱۸
۳-۶- پیش پردازش داده‌ها و معیارهای ارزیابی ۲۰
۳-۶-۱- ضریب اصلاح تراز اندازه‌گیری سرعت باد ۲۱
۳-۶-۲- اصلاح پایداری ۲۱
۳-۶-۳- ضریب اصلاح مکان اندازه‌گیری ۲۲
۳-۷- روش‌های شبیه‌سازی مونت‌کارلو ۲۲
۳-۷-۱- تاریخچه روش‌های مونت کارلو ۲۳

۳-۷-۲- اجزای اصلی روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو ۲۳
۳-۷-۲-۱- اعداد تصادفی ۲۳
۳-۷-۲-۲- موازی‌سازی- بردارسازی محاسباتی ۲۴
۳-۷-۳- روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو مورد استفاده ۲۵
۳-۷-۳-۱- الگوریتم ES مونت‌کارلو ۲۶
۳-۸- الگوریتم PSO و نحوه جست‌وجو در آن ۲۷
۳-۸-۱- محاسبه فاصله ازدحامی ۳۰
۳-۹- منطق فازی ۳۰
۳-۹-۱- تاریخچه منطق فازی ۳۲
۳-۹-۲- مجموعه‌های فازی ۳۳
۳-۹-۳- نحوه بکارگیری منطق فازی ۳۳
۳-۹-۴- روش‌های علم مدیریت فازی ۳۵
۳-۹-۵- دلایل استفاده از منطق فازی ۳۶
۳-۹-۶- نحوه عملکرد منطق فازی ۳۷

فصل چهارم : نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه ۴۱
۴-۲- بررسی پارامترهای مورد استفاده ۴۱
۴-۳- ساختار مدل فازی مبتنی بر الگوریتم PSO مورد استفاده ۴۱
۴-۴- شبیه‌سازی ساعتی به روش ترکیبی ۴۴
۴-۵- شبیه‌سازی روزانه به روش ترکیبی ۴۹
۴-۶- نتایج ساعتی روش مونت‌کارلو ۵۴
۴-۷- نتایج روزانه با روش مونت‌کارلو ۵۶
۴-۸- جمع بندی ۵۹

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری ۶۱
۵-۲-پیشنهادها ۶۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- داده‌های نیمروزه منطقه چابهار ۲۰
جدول ۳-۲- داده‌های روزانه برداشته شده توسط بویه ۲۰
جدول ۳-۳- نمونه‌ای از دسته‌بندی فازی ۳۸
جدول ۴-۲- نتایج مربوط به پارامترهای آماری حاصل از مقایسه ارتفاع موج مشاهداتی با محاسباتی ۵۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۱۷
شکل ۳-۲- شماتیک ساختار بویه در دریا ۱۸
شکل ۳-۳- نمونه‌هایی از بویه‌های موج‌نگار در ایران ۱۹
شکل ۳-۴- شکل فرآیند روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو ۲۷
شکل ۳-۵- شبه کد الگوریتم ES ۲۹
شکل ۳-۶- نحوه محاسبه فاصله ازدحام ذرات در الگوریتم PSO ۳۱
شکل ۳-۷- فلوچارت الگوریتم PSO ۳۲
شکل ۳-۸- نمونه از طبقه‌بندی فازی ۳۵
شکل ۳-۹- نمونه‌ای از ترکیب دو قاعده در سیستم فازی ۳۷
شکل ۳-۱۰- نمونه‌ای از پیادهسازی قوانین سیستم استنتاج فازی ۳۸
شکل ۴-۱- رول ایجاد شده پس از اجرای مدل برای ورودی ارتفاع موج یه ساعت قبل در بازه زمانی ساعتی ۴۷
شکل ۴-۲- رول ایجاد شده پس از اجرای مدل برای ورودی سرعت تند باد در بازه زمانی ساعتی ۴۷
شکل ۴-۳- رول ایجاد شده پس از اجرای مدل برای ورودی سرعت باد در بازه زمانی ساعتی ۴۸
شکل ۴-۴- رول ایجاد شده پس از اجرای مدل برای خروجی ارتفاع موج در بازه زمانی ساعتی ۴۸
شکل ۴-۵- ساختار فازی حاصل از مدل ترکیبی در بازه ساعتی ۴۹
شکل ۴-۶- مقایسه ارتفاع موج ساعتی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با مدل ترکیبی ۴۹
شکل ۴-۷- مقادیرساعتی ارتفاع موج مشاهداتی در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده به روش ترکیبی ۵۰
شکل ۴-۸- رول ایجاد شده پس از اجرای مدل برای ورودی ارتفاع موج یک روز قبل در بازه زمانی روزانه ۵۱
شکل ۴-۹- رول ایجاد شده پس از اجرای مدل برای ورودی سرعت تندباد در بازه زمانی روزانه ۵۲
شکل ۴-۱۰- رول ایجاد شده پس از اجرای مدل برای ورودی سرعت باد در بازه زمانی روزانه ۵۲
شکل ۴-۱۱- رول ایجاد شده پس از اجرای مدل برای خروجی ارتفاع موج در بازه زمانی روزانه ۵۳
شکل ۴-۱۲- ساختار فازی حاصل از مدل ترکیبی در بازه زمانی روزانه ۵۳
شکل ۴-۱۳- مقایسه ارتفاع موج روزانه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با مدل ترکیبی ۵۴
شکل ۴-۱۴ - مقادیر روزانه ارتفاع موج مشاهداتی در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده به روش ترکیبی ۵۵
شکل ۴-۱۵ -مقادیر ارتفاع موج ساعتی مشاهداتی در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده به روش مونت‌کارلو ۵۶
شکل ۴-۱۶- مقایسه ارتفاع موج ساعتی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با روش مونت‌کارلو ۵۷
شکل ۴-۱۷- مقادیر ارتفاع موج روزانه مشاهداتی در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده با روش مونت‌کارلو ۵۸
شکل ۴-۱۸- مقایسه ارتفاع موج روزانه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با روش مونت‌کارلو ۵۹

فصل اول

کلیات

۱-۱-مقدمه

اثرات امواج آب در مهندسی سواحل و تأثیر آن بر سازه‌های دریایی از درجه اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. امواج مهم‌ترین عامل در تعیین وضعیت هندسی و ترکیب سواحل هستند و نیز دارای تأثیر عمده‌ای در طراحی بنادر، آبراه‌ها، و دیگر کارهای ساحلی و دریایی می‌باشند و لذا اطلاع در مورد مشخصه‌هایی از قبیل ارتفاع و پریود امواج دریا یکی از نیازهای اساسی بسیاری از دانشمندان، محققین ، مهندسین عمران ، علوم و فنون دریایی ، ناوبری ، شیلات و حتی ساکنین نواحی ساحلی می باشد. این اطلاعات در زمینهٔ طراحی، ساخت، اجرا، نصب و انتقال سازه‌های دریایی مانند سکوها ، شناورها ، موج‌شکن‌ها، همچنین جهت تخمین میزان حمل و انتقال رسوبات دریایی ، برآورد میزان فرسایش و رسوب گذاری ایجادشده در مجاورت سازه‌های دریایی و بنادر اهمیت دارند. با توجه به اینکه امواج دریا براثر وزش باد بر روی سطح آب حاصل می‌شوند، دارای ارتفاع و پریودهای متفاوتی هستند، همچنین به علت تأثیر عوامل مختلف در ارتفاع و پریود امواج رسیده به سازه‌های دریایی، پیش‌بینی دقیق این پارامترها تقریباً غیرممکن است، لذا تلاش بر این است که بر اساس اطلاعات هواشناسی و برخی متغیرهای اندازه‌گیری شده مؤثر در تشکیل امواج، آن‌ها را در محل موردنظر پیش-بینی نمود(درخشان و همکاران، ۱۳۸۳).

۱-۲-ضرورت انجام پژوهش

اکثر طراحی‌های مربوط به پروژه‌های دریایی و ساحلی، بر اساس آمار درازمدت امواج صورت می‌پذیرد. همچنین از موارد استفاده از این اطلاعات می‌توان اجرای سازه‌های دریایی، فشار و نیروی وارده از طرف امواج برسازه‌های دریایی، تخمین انرژی وارده از طرف امواج بر موج‌شکن‌ها، تخمین حمل‌ونقل، رسوبات دریایی و غیره اشاره نمود، همین‌طور امواج مهم‌ترین منبع انرژی برای شکل‌دهی سواحل، طبقه‌بندی و جابجایی مواد رسوبی کف دریا به سوی ساحل یا طرف دریا و یا در امتداد ساحل هستند و سبب ایجاد بسیاری از نیروهای اعمال‌شده به سازه در طراحی سازه‌های ساحلی و دریایی می‌گردد.

بدین ترتیب در دسترس بودن اطلاعات درازمدت امواج الزامی می‌باشد. با توجه به اینکه آمار و اطلاعات امواج در بسیاری از نقاط به‌اندازهٔ کافی و در دورهٔ زمانی مناسب ثبت‌نشده است، لذا می-بایست با بهره‌گیری از روش‌های پیش‌بینی امواج و آمار ثبت‌شده باد، آمار درازمدت امواج را تولید نمود.

بررسی و مطالعه امواج دریا برای نواحی دور از ساحل و نزدیک به آن علاوه بر توسعه دانش‌بنیادی در زمینه مهندسی سواحل و فیزیک دریا و امواج، کاربردهای فراوان نیز دارد. در مناطق نزدیک ساحل، تعیین الگوی امواج و جریان‌های ساحلی مهم‌ترین ویژگی‌هایی هستند که در جهت شناخت عوامل تأثیرگذار بر محیط‌های دریایی و نواحی ساحلی و سازه‌های ساحلی مطرح می‌شوند.

تعیین مشخصات آماری امواج دریا در یک ناحیه، به کمک داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی امکان‌پذیر است. اندازه‌گیری‌های میدانی نیز معمولاً با مشکلات فراوانی نظیر نیاز به سرمایه گذاری و هزینه زیاد جهت تهیه، نصب و راه‌اندازی ابزارهای اندازه‌گیری(نظیر بویه‌ها) همراه است. علاوه بر این مشکلات اجرایی این نوع اندازه‌گیری‌ها را نیز باید موردتوجه قرارداد. همچنین به دلیل ناپایداری‌ها و تلاطم‌های موجود در دریا و نیز دیگر عوامل مخرب، بویه‌های موجود معمولاً دچار نقص فنی می‌شوند و تعمیر و نگهداری آن‌ها نیز در بیشتر موارد به‌درستی انجام نمی‌شود. این‌ها بخشی از مواردی است که سبب می‌شوند تا آمار باکیفیت مناسب و برای بازه زمانی طولانی از ویژگی‌های دریا، استخراج نگردد و یا در صورت استخراج، دوره آماری داده‌ها کوتاه‌مدت باشد. این عوامل سبب شده تا متأسفانه آمار دقیق و طولانی‌مدت از کمیت‌های امواج در آب‌های ایران که بتواند پوشش خوبی از یک منطقه وسیع ارائه نماید، در دسترس نباشد و بنابراین موضوعاتی که نیاز به آمار طولانی‌مدت دارند، چندان قابل مطالعه نیستند(غلامی و کرمی خانیکی، ۱۳۹۰).

۱-۳-اهداف پژوهش

در این پژوهش، با توجه به توانایی روش‌های مونت‌کارلو و منطق فازی در پیش‌بینی سامانه‌های پیچیده غیرخطی با درجه عدم قطعیت زیاد، به پیش‌بینی ارتفاع موج با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده به وسیله بویه برای منطقه چابهار پرداخته‌شده است. جهت دستیابی به این هدف، اهداف زیر پیگیری می‌شود:

۱. بررسی داده‌های بویه، ویژگی‌های باد و خصوصیات موج (ارتفاع و پریود موج) و جریان (جهت و سرعت جریان سطحی) به کمک داده‌های میدانی
۲. بدست آوردن داده‌های هواشناسی مرتبط با ارتفاع موج و میزان تأثیرگذاری هرکدام بر این پارامتر
۳. پیش‌بینی ساعتی و روزانه داده‌های آتی ارتفاع موج برای بندر چابهار به‌وسیله روش‌های مونت کارلو و منطق فازی

۴. مقایسه پیش‌بینی‌های انجام‌شده با استفاده از دو روش، با داده‌های بویه
۵. بررسی کارایی مدل‌های موردمطالعه با استفاده از شاخص‌های آماری و مقایسه آن‌ها باهم

۱-۴- نحوه تهیه و تنظیم پایان‌نامه

بطور کلی مباحث این پایان‌نامه در ۶ فصل تنظیم شده است که علاوه بر این فصل شامل جزئیات زیر می‌باشد:

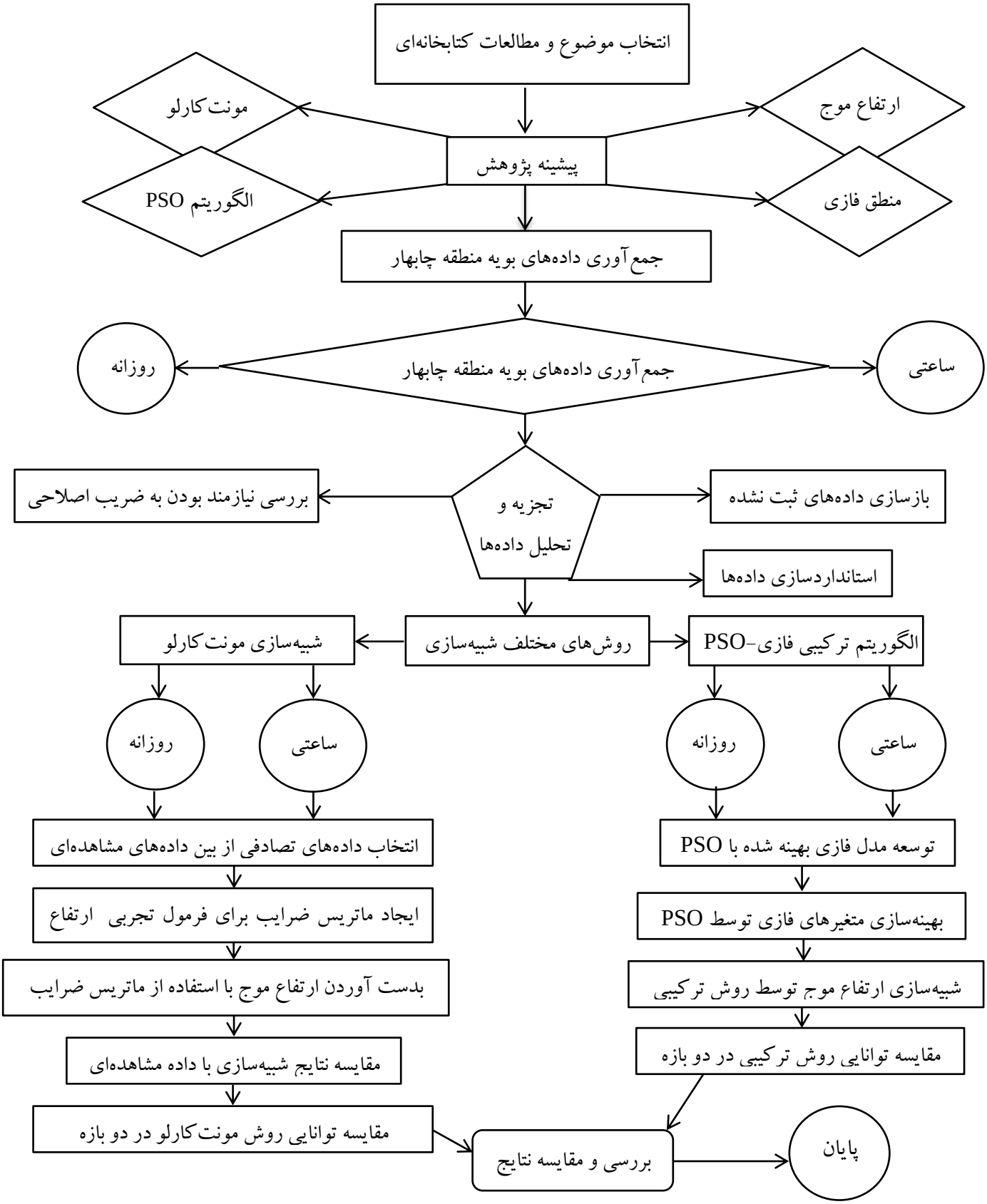
در فصل دوم به‌مرور پیشینه پژوهش مربوط به ارتفاع موج، پژوهش‌های انجام‌شده به روش مونت‌کارلو و منطق فازی درزمینه هیدرولوژی پرداخته شد.

در فصل سوم به معرفی روش‌های مونت‌کارلو، منطق فازی و الگوریتم PSO پرداخته و کاربرد این روش‌ها برای موضوع این پایان‌نامه موردبررسی قرار گرفت.

در فصل چهارم چگونگی استفاده از هر روش در این پایان‌نامه و شرایط استفاده از آن‌ها بیان شد.

در فصل پنجم به چگونگی عملکرد روش‌ها و بیان نتایج به‌صورت خلاصه پرداخته‌شده و همچنین پیشنهادهای موردنیاز برای مراحل دیگر کار و معرفی روش‌هایی برای پیشرفت بهتر کار بیان‌شده است.

شکل ۱-۱- مراحل انجام کار در روش‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- فلوچارت روند انجام پژوهش

فصل دوم

مفاهیم پایه و پیشینه پژوهش‌ها

۲-۱- مقدمه

ازآنجاکه تغییرات موج به‌خصوص در نواحی ساحلی اثرات مهمی در کشتیرانی، ساخت‌وساز ساحلی، زندگی مردم در نواحی ساحلی داشته است لذا مطالعه در زمینه ارتفاع موج در اکثر نقاط از دیرباز موردتوجه اقیانوس‌شناسان و متخصصین علوم دریایی قرارگرفته است. بررسی امواج نخستین قدمی است که برای هرگونه مطالعه و فعالیتی در جهت شناخت عوامل تأثیرگذار بر رفتار و شرایط موجود در دریا صورت می‌گیرد.

هر چند بررسی وضعیت دریا همواره مورد توجه قرار داشته با این وجود برخورد ریاضی با مسائل دریا تا قرن ۱۹ پیشرفت چندانی نداشت ولی امروزه با گسترش مدل‌های عددی در سراسر دنیا به ارزیابی‌های دقیقی از وضعیت دریاها، دریاچه‌ها و بنادر می‌پردازند. استفاده از مدل‌های ریاضی به عنوان ابزاری کارآمد جهت شبیه‌سازی و سپس بررسی فرایندهای پیچیده طبیعی، ره‌گشای بسیاری از مسائل فنی و مهندسی شده است. با توجه به قابلیت‌های استفاده از مدل ریاضی، لزوم انجام مطالعات کافی و اصولی به کمک شبیه‌سازی عددی در مناطق ساحلی ضروری به نظر می‌رسد. اهمیت موضوع فوق باعث شده که امروز متخصصان امر، در پی اجرای مدل‌های عددی بر روی حوزه‌های کوچک و وسیع آبی باشند.

امروزه پژوهشگران، با ابداع و پیشرفت علومی چون روش‌های هوشمند که ابزاری توانمند، انعطاف-پذیر و مستقل از مدل‌های دینامیکی سیستم می‌باشند، در جستجوی راه‌هایی برای پیشرفت و پیش‌بینی پارامترهای مهم هواشناسی می‌باشند (خلیلی، ۱۳۸۵).

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های وسیعی در زمینه شبیه‌سازی‌های ساعتی و ماهانه در نقاط مختلف جهان انجام شده است. بسیاری از این پژوهش‌ها بر مبنای تاثیر الگوی سینوپتیکی بزرگ مقیاس بوده است (کارآموز، ۱۳۸۴).

در اینجا فرضیات و نتایج تعدادی از مطالعات پیشین صورت گرفته در زمینه تعیین مشخصات امواج ساحلی به طور مختصر بیان می‌شود.

۲-۲- مفاهیم پایه

۲-۲-۱-روش‌های عددی

روش‌های عددی جزو روش‌هایی است که می‌توان از آن برای پیش‌بینی و بررسی مشخصات موج استفاده کرد که از دقت بالایی نیز برخودار هستند ولی چون این روش‌ها نیاز به اطلاعات وسیع و

همچنین نیاز به برنامه‌های کامپیوتری پیچیده و زمان‌بر دارند، لذا بهره‌گیری از آن‌ها، پرهزینه و در بعضی موارد غیرممکن می‌باشد.

۲-۲-۲- روش‌های تجربی

از روش‌هایی که می‌توان برای بررسی ارتفاع موج به آن اشاره کرد، روش‌های تجربی هستند که از معایب آن‌ها می‌توان به بالا بودن میزان خطا و همچنین محدود بودن کاربردشان تنها برای همان منطقه مورد مطالعه نام برد.

۲-۲-۳- روش SPM

یک روش نیمه تجربی بوده که برای استفاده از آن، ابتدا می‌بایست اصلاحات لازم بر روی پارامتر موثر (در اینجا سرعت باد) انجام شود. همچنین نتایج آن دارای درصد خطاهای متفاوتی است که نمی‌توان به صورت حتمی این روش را شیوه مناسبی برای تخمین ارتفاع موج دانست (صادقی و کتابداری، ۱۳۸۳).

۲-۲-٤- روش شبکه عصبی

شبکه‌های عصبی ابزار محاسباتی هستند که از دانش کنونی ما راجع به سیستم عصبی جانداران نشات گرفته‌اند. در شبکه‌های عصبی، هدف آن است که با استفاده از تعداد زیادی عناصر محاسباتی ساده که با حجم زیادی از اتصالات به یکدیگر مرتبط شده‌اند، کارایی و عملکرد مورد نظر بدست آید. شبکه‌های عصبی که از انواع پردازشگرهای موازی می‌باشند، قابلیت‌های فراوانی در پردازش و طبقه‌بندی اطلاعات دارند. در تمام این کاربردها، آنچه مورد نیاز می‌باشد، ظرفیت بالای محاسباتی است که جز از طریق پردازش موازی بدست نخواهد آمد، و همین جزو محدودیت‌های این روش می‌باشد (لاری و همکاران، ۱۳۷۹).

۲-۱- شبیه‌سازی

شبیه‌سازی تقلیدی از عملکرد فرآیند یا سیستم واقعی با گذشت زمان است. هم‌چنان‌که یک سیستم با گذشت زمان تکوین می‌یابد، رفتار آن با ایجاد مدل شبیه‌سازی بررسی می‌شود. این مدل، معمولاً به‌شکل مجموعه‌ای از فرض‌های مربوط به عملکرد سیستم است. این فرض‌ها در چارچوب رابطه‌های ریاضی، منطقی و نمادین بین نهاده‌ها یا اهداف مورد نظر سیستم بیان می‌شود (اخوان و معینی، ۱۳۸۴).

۲-۱-۱- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از روش‌های هوشمند، در مسائل علمی مختلفی به کار گرفته شده است. یکی از این موضوعات، بررسی و پیش‌بینی مشخصات امواج است که در این زمینه پاسخ‌های قابل قبولی ارائه شده است. ولی این روش، در بعضی موارد به آموزش زیادی نیاز داشته تا جواب مورد نظر قابل قبول گردد (کانلاس و همکاران[۱]، ۲۰۱۰).

۲-۲-سابقه پژوهش

مطالعه بر روی امواج ناشی از باد سابقه طولانی دارد، ولی می‌توان گفت که جامع‌ترین و کامل‌ترین توصیف و تشریحی که بر روی امواج ناشی از باد انجام شده است به سال ۱۹۵۷ برمی‌گردد. موقع فیلیپس و مایلز (۱۹۵۷) با ارائه دو مکانیزم تشدید و بازخورد به زیبایی فرآیند شکل‌گیری امواج ناشی از باد را تشریح کردند. بعدها بیشتر توجه دانشمندان به سوی تشریح طیف انرژی و ارائه مدل امواج معطوف گشت و ده‌ها طیف انرژی و مدل برای امواج مطرح شد و پژوهش‌گران معروفی چون پیرسن و موسکوویچ، جانسوپ، هاسلمن، جی جی کومن در این زمینه کار کردند (لاری و همکاران، ۱۳۷۹، پیرسون و مسکوویچ[۲]، ۱۹۶۴، هاسلمن و همکاران[۳]، ۱۹۷۳).

امروزه روش‌ها و مکانیزم‌های مختلفی برای پیش‌بینی امواج ناشی از باد ارائه شده است که دقیق-ترین این روش‌ها، روش عددی می‌باشد و چون احتیاج به اطلاعات وسیع و با دقت بالا و همچنین برنامه‌های کامپیوتری پیچیده و زمان‌بر دارد، لذا بهره‌گیری از این روش پرهزینه، و در بسیاری از موارد غیرممکن است. صادقی و کتابداری (۱۳۸۳) به منظورکاهش هزینه و پیچیدگی محاسبات از روش‌های تجربی برای پیش‌بینی امواج ناشی از باد استفاده کردند. SPM[۴]، Jonswaop و Bretschneider از جمله این روش‌هاست که دارای فرضیات متعدد بوده که الزاما برای همه نقاط ایران صادق نمی‌باشد و یکی از محدودیت‌های آن‌ها نیز همین است. همچنین این روش‌ها دارای

6- Canellas, et al.
2- Pierson and Moskowitz
3 - Hasselmann & etal.
3 -Shore rotection manual

خطای نسبتا بالایی هستند که استفاده از آن‌ها را به چالش می‌کشد. از جمله محدودیت‌های روش SPM درصد خطای متفاوت آن است که نمی‌توان به صورت حتمی از استفاده از آن مطمئن بود . زمانی و عظیمیان (۱۳۸۳) برای پیش‌بینی امواج، به موازات استفاده از روش‌های عددی، روش‌های آماری متکی بر پیش‌بینی سری‌های زمانی و همچنین از روش شبکه‌های عصبی نیز استفاده کردند. در روش‌های عددی متکی بر حل معادلات حاکم بر انتشار و زوال امواج، حل معادلات حاکم و مدل-سازی تمامی پدیده‌هایی که به صورت تصادفی رخ می‌دهند، کاری دشوار بوده و در عوض، بدلیل وجود رفتار تصادفی در مورد امواج دریا، کاربرد روش‌های آماری و شبکه‌های عصبی و استخراج خروجی‌های تصادفی به ازای ورودی‌های تصادفی از مزیت‌های روش یاد شده است و اما در مقایسه روش‌های آماری با روش شبکه عصبی مصنوعی ملاحظه شد که روش شبکه عصبی مصنوعی بر روش‌های آماری دیگر برتری دارد. این مزیت و برتری از آنجا ناشی می‌شود که در روش شبکه عصبی برای تخمین سری‌های زمانی هیچ پیش‌فرض خاصی در روند پیش‌بینی انجام نمی‌گیرد.

داننده مهر (۱۳۸۸)، از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک جهت پیش‌بینی جریان رودخانه در منطقه لرستان استفاده کرد. بدین منظور مدل با دسته‌ای از داده‌ها آموزش داده شد تا در مورد ورودی‌های جدید با توجه به رابطه پیدا شده در مرحله آموزش، خروجی مناسب را محاسبه نماید. نتایج نشان داد الگوریتم ژنتیک به عنوان یک الگوریتم فراابتکاری نتایج قابل قبول‌تری در این زمینه ارائه می‌نماید. لاری و همکاران (۱۳۷۹)، با به کارگیری شبکه های عصبی جهت پیش‌بینی ارتفاع موج منطقه چابهار اقدام نمودند. نتایج این بررسی برروی داده های موجود، نشان از توان مناسب این روش در پیش بینی ارتفاع موج در بازه زمانی روزانه داشت. الله دادی و بدیعی (۱۳۷۹)، در پژوهشی به بررسی میزان اعتبار روابط تجربی به کارگرفته شده جهت پیش‌بینی امواج دریا در شرایط مختلف و مقایسه آن‌ها با یک مدل ریاضی پرداخت. نتایج حاصل از آن، نشان داد که روابط تجربی در برخی شرایط عملکرد قابل قبول و در برخی شرایط عملکردی ناموفق از خود نشان داده اند. زمانی و عظیمیان(۱۳۸۳)، به وسیله شبکه عصبی سه لایه پیش‌رو، و با استفاده از داده‌هایی که مربوط به دو مکان مختلف در دریای خزر و دو فاصله زمانی متفاوت بود، ارتفاع موج را پیش‌بینی کردند. در این پژوهش، سعی شد که پیش‌بینی به دوره‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعته صورت پذیرد. نتایج نشان داد که برای زمان‌های کوتاه‌مدت پیش‌بینی، ضریب همبستگی داده‌ها به عدد یک متمایل و پیش‌بینی موج به مقدار واقعی آن نزدیک‌تر بود. با زیاد شدن فاصله زمان پیش‌بینی با زمان حال، ضریب همبستگی