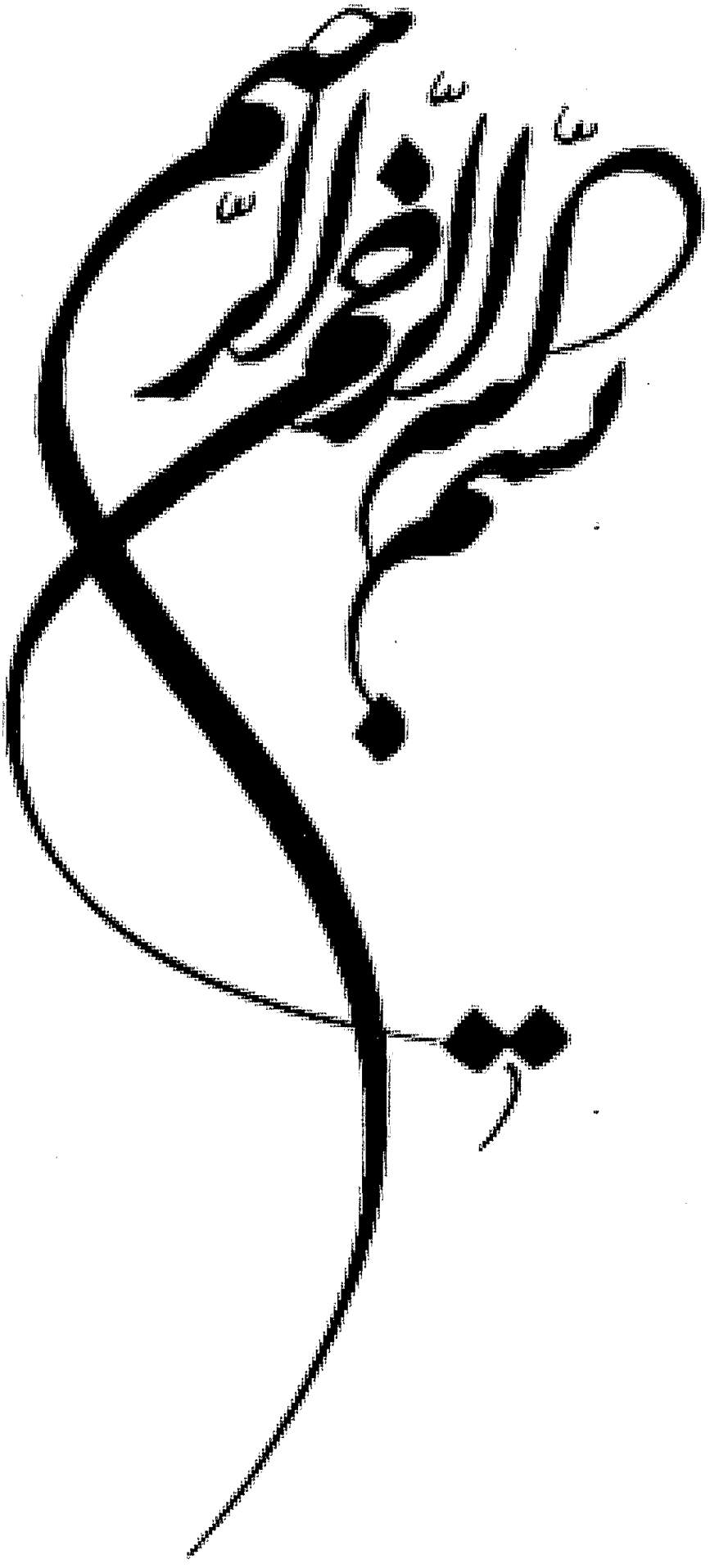


١١٤٢٢٨

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیک دریا

واکافت موجک برای داده های جوی و اقیانوسی در دریای عمان

استادان راهنما:
دکتر فهیمه حسینی بالام
دکتر اسماعیل حسن زاده

پژوهشگر
امیر حسین معماری هنجنی

بهمن ماه ۱۳۸۷

۱۳۸۸/۴/ ۲

مرکز اطلاعات مدارک علمی
تهیه مدارک

۱۱۴۲۲۸

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.

شیوه نگارش پایان نامه
رعایت شده است.
تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش دریا آقای
امیرحسین معماری هنجنی
تحت عنوان

واکافت موجک برای داده های جوی و اقیانوسی در دریای عمان

در تاریخ ۱۳۸۷/۱۱/۱۹ توسط هیات داوران زیر و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه دکتر فهیمه حسینی بالام	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء
۲- استاد راهنمای پایان‌نامه دکتر اسماعیل حسن‌زاده	با مرتبه‌ی علمی دانشیار	امضاء
۳- استاد داور داخل گروه دکتر مرتضی حاجی محمودزاده	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء
۴- استاد داور خارج از گروه دکتر احمدرضا زمانی	با مرتبه‌ی علمی استادیار	امضاء

گروه فیزیک
امضاء مدیر گروه
ISFAHAN UNIV PHYSICS DEPT

با تشکر فراوان از

اساتید راهنمایم، خانم دکتر حسینی و آقای دکتر حسن زاده

خانواده‌ام؛ مادر، برادر و خواهرانم که همواره یار و یاور من هستند

خانوده دایی‌ام که در اصفهان مامن گرمی برایم فراهم کردند

خانم شهرزاد بهشتی(میرمیران) که فراوان از ایشان آموختم

دوستان، همکلاسی‌ها وهم‌دانشگاهیان عزیزم

به

پدر

و دایی‌ام

که یادشان همواره با من است

و با بوسه بر دستان مادرم

چکیده

تجزیه و تحلیل موجک برای داده‌های جوی و اقیانوسی بخصوص در مطالعه وابستگی تغییرات تراز دریا به پارامترهای جوی از جمله تغییرات فشار هوا(زمستان و بهار سال ۲۰۰۷) در ایستگاه چابهار در قسمت شمال‌غربی دریای عمان با عرض و طول جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی در شرق خلیج چابهار بکار گرفته شد تا به‌حال در ایران از این نوع آنالیز در تحلیل داده‌های جوی و اقیانوسی استفاده نشده است، تا اصولاً این روش، شیوه استفاده از آن، مزایا و برتری‌های کاربرد آن نسبت به سایر روش‌های معمول آنالیز سیگنال روشن شود، انگیزه‌ای شد تا این تحقیق شکل بگیرد.

توانایی این روش در این است که اطلاعات زمانی حفظ می‌شود و می‌توان تغییرات سیگنال داده‌ها را تا چندین مرحله با فیلتر کردن بدست آورد، درحالیکه برای استفاده از تبدیل فوریه داده‌های بیشتری نیاز است تا بتوان به این نتایج رسید. اعتبار تبدیل موجک در توانایی تجزیه و تحلیل و شناسایی کامل جزییات همزمان چند پارامتر است. همچنین با بیان همبستگی بین موجک‌های چند پارامتر همبسته، وابستگی پارامترهای بیشتری را بیابیم.

نتایج تبدیل موجک گسسته اختلاف فاحشی در گسترش زمانی تجزیه موجک تراز دریای باقیمانده نشان می‌دهد. این اختلاف خود را در فشار هوا بیشتر نشان می‌دهد. افت و خیز فشار بارومتریک در اواخر بهار کاهش می‌یابد که فرکانس مرکزی آن مربوط به ۰/۵۶cpd و ۰/۲۸۹ است فاحش‌تر است و این موضوع در این تبدیل مشهود است.

این کار در بررسی اثر بارومتر معکوس نیز بکار گرفته شده است. موقعیت و گسترش دامنه فرکانسی که در آن تغییرات تراز دریای محلی تقریباً اثر بارومتریک را نشان می‌دهد ثابتند که به افت و خیزهای فشار هوا وابسته است.

در این تحقیق کاربردهای تبدیل موجک به‌طور خلاصه در شناسایی ساختار داده‌های اتفاقی مانند داده‌های اقیانوس‌شناسی بررسی می‌شود. تاریخچه تولید تبدیل موجک و پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه موجک بیان می‌شود. اینکه اصولاً چرا نیاز به ایجاد نوعی تبدیل بنام تبدیل موجک احساس شد و چرا تبدیل فوریه نمی‌توانست پاسخ‌گوی این نیاز باشد و چند کاربرد اساسی موجک‌ها مانند رفع نویز، نمایش زمان- بسامد سیگنال و... توضیح داده شده است. همچنین پژوهش‌های انجام گرفته در داده‌های جوی و اقیانوسی بر پایه تبدیل موجک بیان شده است.

پایه‌های ریاضی که موجک بر آن بنا شده، بیان شده است. توابع پایه یا همان موجک مادر که هسته اصلی یک تابع موجک است از مواردیست که به آن پرداخته شده است. همچنین به مفاهیمی مانند موجک پیوسته و گسسته، جزئیات، تخمین‌ها، فاکتور مقیاس، پالاینده‌های پایین‌گذر و بالاگذر و شیوه اثر آن‌ها روی سیگنال اصلی پرداخته شده است.

انواع موجک و کاربردهای آن به تفضیل شرح داده شده است. اینکه چند نوع موجک داریم مانند هار، دئوبچینی، مارلت و ... شکل موجک مادر آن‌ها به چه صورت است و تابع پایه آن‌ها به چه صورت است. چگونه روی یک سیگنال اثر می‌کند و خواص کلی آن‌ها شرح داده شده است.

مشخصات منطقه مورد مطالعه(چابهار) نوع داده‌ها که بصورت ساعتی است و در مدت دو فصل سال(زمستان و بهار ۲۰۰۷)، شیوه برداشت توسط بویه بیان شده و توضیح مبسوطی در زمینه بویه، انواع آن، اجزای تشکیل دهنده آن و برخی از شاخص-های موج بررسی شده و نمونه‌ای از داده‌ها آمده است.

در پایان تجزیه و تحلیلی که روی داده‌ها صورت گرفته و اینکه از چه نوع تبدیل موجکی در این بررسی استفاده شده است، شرح داده شده است.. سیگنال اصلی و نمودار مقیاس آن و بررسی و مقایسه ضرایب جزئیات در ترازهای مختلف در دو دوره زمستان و بهار آمده است و به بررسی و مقایسه این ضرایب توسط نمودار زمانی آن‌ها و روش‌های مختلف پرداخته شده و در نهایت همبستگی تراز دریا و فشار هوای وارون به دست آمده و توضیح داده شده است.

از جمله نتایجی که می‌توان اشاره کرد،این است که بررسی ترازهای مشابه نشان می‌دهد که برخی ترازها در برخی دوره‌ها تراز دریا با فشار همبستگی دارد و در دوره‌هایی حالت پایا و ایستا وجود دارد و می‌توان تشخیص داد در این منطقه عامل عمده و موثر در تغییر تراز دریا، تغییرات فشار هواست.

کلیه عملیات‌ها در این پایان‌نامه با استفاده از نرم افزار MATLAB انجام شده است. در منوی Start و در قسمت Toolbox این نرم‌افزار قسمتی به موجک اختصاص یافته که از آن استفاده شده. علاوه بر این در برخی موارد جهت انجام برخی تبدیل موجک‌های پیوسته و گسسته مورد نیاز و یا بررسی همبستگی ضرایب و... برنامه‌هایی نوشته شده است.

کلمات کلیدی: چابهار، آنالیز سیگنال، تبدیل موجک گسسته، موجک مادر، اثر بارومتر معکوس، تراز دریا

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول پژوهش‌های انجام شده

۱-۱ شکل گیری و توسعه تبدیل موجک ۱

۱-۲کاربرد تبدیل موجک ۵

۱-۲-۱ نمایش زمان- بسامد سیگنال (نمودار مقیاس) ۵

۱-۲-۲ کاربرد نمودار مقیاس ۷

۱-۲-۳ رفع نوفه ۸

۱-۳کابرد تبدیل موجک در تحقیقات جوی و اقیانوسی ۱۱

فصل دوم مبانی و اصول ریاضی موجک

مقدمه ۱۳

۲- ۱ بررسی تبدیل فوریه(FT) ۱۴

۲- ۲ تبدیل موجک ۱۷

۲-۲-۱ مقدمه ۱۷

۲-۲- ۲زبان موجک‌ها ۱۷

۲-۲- ۳تعریف موجک ۱۹

۲-۲- ۴تابع موجک مادر ۲۲

۲-۲-۵ مقیاس ۲۲

۲-۲- ۶مقیاس و بسامد ۲۳

۲-۲- ۷تابع مقیاس ۲۴

۲-۲-۸ جابجایی ۲۶

۲-۲- ۹خواص دیگر موجک ۲۶

۲-۲- ۱۰تبدیل موجک پیوسته ۲۸

عنوان صفحه

۲-۳- ۱پنج مرحله ساده برای انجام تبدیل موجک پیوسته ... ۳۱

۲-۴ تبدیل موجک گسسته ۳۴

۲-۴- ۱تبدیل موجک گسسته بدون کاهش نمونه ۳۷

۲-۴- ۲فیلتر یک مرحله ای، تقریبها و جزییات ۳۸

۲-۴ -۳چندین مرحله تجزیه ۴۱

۲-۴ - ۴تجزیه چندگانه ترازها ۴۱

فصل سوم انواع موجک و ویژگی هریک

۳-۱ موجک هار ۴۲

۳-۲ موجک-دئوبچینی ۴۴

۳-۳ موجک مارلت ۴۵

۳-۳- ۲موجک مارلت و بسامدش ۴۷

۳- ۴ موجک می‌یر: *meyr* ۵۰

۳- ۵سیملت ۵۲

۳ -۲۵- موجک سیملت ۵۴

۳- ۶خانواده مشتقات موجک گوسی: gaus ۵۴

۳-۷ تعامد دوگانه ۵۵

۳-۸ موجک کوایفلتز ۵۶

۳- ۹ مکزیکین‌هات ۵۷

۳-۱۰ موجک گابور ۵۸

۳-۱۱ موجک پاول ۵۹

عنوان | صفحه

فصل چهارم مشخصات منطقه مورد مطالعه، نحوه و ابزار برداشت داده‌ها

۴-۱ مشخصات جغرافیایی و شرایط کلی منطقه چابهار ۶۴
۴-۱- ۱ موقعیت جغرافیایی و وسعت ۶۵
۴-۱-۲ شرایط آب و هوایی ۶۶
۴-۲ شناور دریایی بویه ۶۷
۴-۲- ۱اجزای تشکیل دهنده بویه ۶۸
۴-۲-۲ انواع بویه ها ۶۹
۴-۲-۳ وضعیت بویه چابهار ۷۱
۴-۲-۴ اجزای تشکیل دهنده سیستم داخلی بویه Data Well ۷۱
۴-۲-۵ نحوه برداشت اطلاعات و تجزیه و تحلیل آن ۷۲
۴-۲- ۶مدت ثبت اطلاعات و کلیات برداشت ۷۳
۴-۲-۷ بررسی و توضیح برخی از دادهها ۷۳

فصل پنجم تجزیه و تحلیل داده‌ها، نتایج و پیشنهادات

مقدمه ۷۶
۵-۱ تجزیه و تحلیل داده ها ۷۷
۵-۱-۱ استفاده از تبدیل موجک پیوسته ۷۷
۵-۱-۲ استفاده از تبدیل موجک گسسته ۸۲
۵-۱-۳ اثر بارومتر معکوس بوسیله آنالیز موجک ۸۵
۵-۲ نتایج ۹۵
۵-۳ پیشنهادات ۹۸
منابع و ماخذ ۹۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱ -۱ نمایی از شیوه اثر تبدیل فوریه روی یک سیگنال[۲۵] ۳

شکل۱ -۲ نمایی از نحوه عمل تبدیل فوریه زمان کوتاه[۲۵] ۳

شکل۱ -۳ نمایی از نحوه عمل تبدیل موجک روی یک سیگنال[۲۵] ۴

شکل۱ - ۴مقایسه‌ای بین سیگنال بر پایه زمان، بر پایه فرکانس، تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل موجک ۴

شکل۱ - ۵بسامد تعدیل شده موج سینوسی، نمودار مقیاس تبدیل موجک گسسته..... ۶

شکل۱ - ۶اندازه گیری داده های باد و نمودار مقیاس تبدیل موجک پیوسته[۳۸] ۷

شکل۱ - ۷نمایش حرکت امواج زمین لرزه توسط مقیاس موجک[۳۸] ۸

شکل۱ - ۸رفع نوفه دو موج سینوسی روی هم قرار گرفته آلوده شده با نوفه سفید ۱۰

شکل۱ - ۹کاهش نوفه فشار ثبت شده با نوفه سفید با استفاده از آستانه تبدیل موجک گسسته[۳۸] ۱۰

شکل۲ -۱ترکیب ۳ سیگنال سینوسی (a)؛ سری زمانی (b): تبدیل فوریه[۳۴] ۱۵

شکل۲ -۲چریپ نوعی از سیگنال متشکل از ۳ بسامد ترکیبی خروجی در زمان های مختلف..... ۱۶

شکل۲ -۳موج سینوسی همواره قابل پیشبینی است و موجک که غیر قابل پیش‌بینی است[۲۵] ۲۰

شکل۲ -۴موجی سینوسی با مقیاس های مختلف. فاکتور مقیاس بزرگتر موج را فشرده‌تر می‌کند[۲۵] ۲۲

شکل۲ -۵ فاکتورهای مقیاس مختلف بکار رفته برای یک موجک[۲۵] ۲۳

شکل۲ -۶ تفاوت یک موجک با مقیاس بالا و پایین در پوشش سیگنال[۲۵] ۲۴

شکل۲ -۷ چگونه یک مجموعه محدود از موجک‌ها با یک تابع مقیاس جابجا می‌شوند [۲۱] ۲۵

شکل۲ -۸ جابجایی موجک یعنی بردن یک موجک از مکان اولیه‌اش(سمت چپ) ۲۶

شکل۲ -۹ نمایی از آنالیز یک سیگنال با استفاده از تبدیل فوریه ۲۹

شکل۲ -۱۰ آنالیز یک سیگنال با استفاده از موجک پیوسته در مقیاس‌های مختلف[۲۵] ۳۰

عنوان | صفحه

شکل۲ -۱۱ نحوه جابجایی موجک روی سیگنال اصلی[۲۵] ۳۱
شکل۲ -۱۲ مقایسه و محاسبه ضریب همبستگی موجک با ابتدای سیگنال[۲۵] ۳۲
شکل۲ -۱۳جابجایی موجک در امتداد سیگنال[۲۵] ۳۲
شکل۲ -۱۴تغییر مقیاس و مقایسه دوباره آن با سیگنال[۲۵] ۳۲
شکل۲ -۱۵ نمودار ضرایب ، ۳۳
شکل۲ -۱۶ نمایی سه بعدی از نمودار قبل که نمایشی از بزرگی ضرایب را در محور عمودی مشاهده ۳۳
شکل۲ -۱۷تمرکز موجک گسسته در فضای زمان- مقیاس روی شبکه دوتایی ۳۶
شکل۲ -۱۸ مراحل پایه یک پالاینده[۲۵] ۳۸
شکل۲ -۱۹شیوه عادی پالایش که دوبرابر داده‌های اولیه را می‌دهد(سمت چپ) ۳۹
شکل۲ -۲۰نمودار قیاسی پالایش یک سیگنال نوفه‌دار. بالا نوفه‌ها، پایین شکل تقریبی سیگنال[۲۵] ۳۹
شکل۲ -۲۱ فرآیند تجزیه بوسیله پالاینده‌ها که تا بینهایت می تواند ادامه یابد[۲۵] ۴۰
شکل۲ -۲۲ ناپیوستگی سیگنال آزمایشی را به خوبی در نخستین سطح از جزییات (d_1) بدست آمده از تبدیل موجک گسسته نمایش می‌دهد. این ناپیوستگی به صورت دقیق در اطراف نمونه ۵۰۰ دیده می‌شود[۲۵]. ۴۰
شکل۲ -۲۳ نمایی از یک درخت تجزیه[۲۵] ۴۱
شکل۳ -۱نمایی از موجک هار[۲۵] ۴۲
شکل۳ -۲ نیه عضو خانواده دئوبچینی ۴۴
شکل۳ -۳ موجک مارلت[۲۵] ۴۵
شکل۳ -۴ معادله موج مارلت(Morlet) ۱۳،با ثابت c ومقیاس متغییرs ۴۸
شکل۳ -۵معادله موج مارلت(Morlet) ۱۳،با ثابتs و متغییر c ۴۹
شکل۳ -۶ تابع مقیاس و تابع موجک می‌یر[۲۵] ۵۰
شکل۳ -۷ نمایی از خانواده توابع سیملت[۲۵] ۵۲
شکل۳ -۸ سیملت‌ها؛ $sym۴$ در سمت چپ و $sym۸$ در سمت راست[۲۵] ۵۳
شکل۳ -۹موجک ناشی از تابع گوس gaus۸[۲۵] ۵۴
شکل۳ -۱۰ شکل خانواده موجک متعامد دوگانه[۲۵] ۵۵

عنوان **صفحه**

شکل۳ -۱۱ نمایی از پنج تابع کوایفلتزهای مرتبه‌های مختلف[۲۵] ۵۶

شکل۳ -۱۲ موجک مکزیکین هات[۲۵] ۵۷

شکل۳ -۱۳موجک گابور ۵۸

شکل۳ -۱۴ موجک پاول ۵۹

شکل۳ -۱۵ مقایسه مرتبه بالای ۴۰ موجک پاول با مارلت ۶۰

شکل۴ -۱تصویر هوایی از خلیج چابهار ۶۵

شکل۴ -۲نمای یک بویه ۶۷

شکل۴ -۳ برخی از اجزای تشکیل دهنده یک بویه ۶۸

شکل۴ -۴نمای چند نوع بویه، ثابت و متحرک، در اعماق مختلف ۷۰

شکل۵ -۱ آنالیز تغییرات کوتاه بوسیله آنالیز موجک گسسته ۷۸

شکل۵ -۲تمرکز نمودار زمان- مقیاس روی ضرایب تبدیل موجک پیوسته در میانگین ساعتی تغییرات تراز دریا. ۸۰

شکل۵ -۳ سری زمانی ضرایب جزییات تبدیل موجک گسسته برای ترازهای ۱۱-۱، در دوره زمانی ۲۰۰۷/۲/۷ تا ۲۰۰۷/۵/۲۱ (a) نوسانات تراز دریا، و (b) نوسانات فشار هوای وارون. ۸۳

شکل۵ -۴الف) نمودار پراکندگی بین جزییات بازسازی شده d۱۱-d۶، برای تغییرات تراز آب و فشار وارون در دوره ۷ فوریه تا ۲۱ می ۲۰۰۷ ..... ۸۶

شکل۵ -۵ الف. مقایسه سری زمانی جزییات بازسازی شده ترازهای (d۵,d۶,d۷,d۸,d۹,d۱۰) تغییرات تراز آب دریا(-) و فشار هوای وارونه(.). ۹۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳ -۱الف) در این جدول خلاصه ای از خانواده موجک ها و خواص مرتبط آنها آمده[۲۵] ۶۱
جدول۵ - ۱همبستگی بین ضرایب جزییات تغییرات تراز آب و فشار هوای وارونه ۸۹

فصل اول

پژوهش‌های انجام شده

۱-۱ شکل گیری و توسعه تبدیل موجک

ایده‌ی نمایش یک تابع برحسب مجموعه‌ی کاملی از توابع، اولین بار توسط ژوزف فوریه[۱]، ریاضیدان و فیزیکدان بین سال‌های ۱۸۰۲-۱۸۰۶ طی رساله‌ای در آکادمی علوم راجع به انتشار حرارت، برای نمایش توابع بکار گرفته شد[۳۳]. فوریه ثابت کرد برای آنکه یک تابع $f(x)$ به شیوه‌ای ساده و فشرده نمایش داده شود، می‌توان از پایه‌هایی استفاده کرد که به کمک مجموعه‌ای نامتناهی از توابع سینوس‌وار ساخته شوند. به عبارت دیگر فوریه نشان داد که یک تابع $f(x)$ را می‌توان بوسیله‌ی حاصل جمع بی‌نهایت تابع سینوسی و کسینوسی به شکل $\sin(ax)$ و $\cos(ax)$ نمایش داد. توابع فوریه به‌صورت ابزاری اساسی، با کاربردهای فوق العاده متواتر در علوم، در آمده‌اند، زیرا برای نمایش انواع متعددی از توابع و در نتیجه کمیت‌های فیزیکی فراوان به‌کار می‌روند. با گذشت زمان ضعف پایه‌های فوریه نمایان شد، به‌عنوان مثال دانشمندان پی بردند توابع فوریه و نمایش توابع سینوس‌وار در مورد سیگنال‌های پیچیده نظیر تصاویر، نه تنها ایده‌آل نیستند، بلکه از شرایط مطلوب دورند، به‌عنوان مثال قادر به نمایش ساختارهای گذرا نظیر مرزهای موجود در تصاویر به طور کارآمد نیستند. همچنین آنها متوجه شدند تبدیل فوریه فقط برای توابع پایه مورد استفاده قرار می-

---

[۱] Fourier, j.

گیرد و برای توابع غیر پایه کارآمد نیست.(البته در سال ۱۹۴۶ با استفاده از توابع پنجره‌ای[۱]، که منجر به تبدیل فوریه‌ی پنجره‌ای[۲] شد این مشکل حل شد.)

هار[۳] اولین کسی بود که در سال ۱۹۰۹ به موجک‌ها[۴] اشاره کرد[۱۶]. در سال‌های ۱۹۳۰ ریاضیدانان به قصد تحلیل ساختارهای تکین موضوعی به فکر اصلاح توابع فوریه افتادند. بعد از آن در سال ۱۹۷۰ یک ژئوفیزیکدان فرانسوی به نام ژان مارلت[۵] متوجه شد که در اکتشافات زیر زمین توابع فوریه بهترین ابزار ممکن نیستند، این موضوع در آزمایشگاهی متعلق به الف-آکویتین[۶] منجر به تولید تبدیل موجک[۷] شد[۲۸].

در سال ۱۹۸۰ می‌یر[۸] ریاضیدان فرانسوی، نخستین پایه‌های موجک متعامد را ساخت(تعامد نوعی ویژگی است که موجب تسهیلات فراوانی در استدلال و محاسبه می‌شود. پایه‌های فوریه نیز متعامدند). در همین سال‌ها مارلت موجک و تبدیل موجک را بعنوان یک ابزار در تجزیه و تحلیل سیگنال زمین لرزه مطرح کرد و گراسمن[۹] فیزیکدان نظری فرانسه نیز فرمول وارونی را برای تبدیل موجک به‌دست آورد[۱۵].

می‌یر و مالات[۱۰] در سال ۱۹۷۶ توانستند آنالیز چند تفکیکی را از پایه های موجک متعامد بسازند و مالات تجزیه موجک‌ها و روش‌های بازسازی را با به‌کار بردن آنالیز چند تفکیکی بوجود آورد[۲۶]. مورنزی[۱۱] و آنتوان[۱۲] در سال ۱۹۹۰ موجک‌ها را به دو بعد و سپس به فضاهایی با ابعاد دیگر گسترش دادند. به این ترتیب بود که آنالیز موجکی پایه گذاری شد.

تبدیل موجک روشی برای بررسی سیگنال‌ها و تحلیل سری‌های زمانی است. در تحلیل سری‌های زمانی با نگاهی کوتاه بر تحلیل فوریه می‌بینیم که تحلیل فوریه به‌عنوان یک ابزار ریاضی سیگنال را از پایه زمانی به پایه فرکانسی تبدیل می‌کند. تبدیل فوریه برای تحلیل سیگنال ها بسیار مفید است، چون محتوای فرکانسی سیگنال بسیار مهم است. پس چرا روش دیگری به نام تبدیل موجک لازم است؟

---

[۱] Window Function
[۲] Fourier Window Translate
[۳] Haar
[۴] Wavelets
[۵] Morlet. J

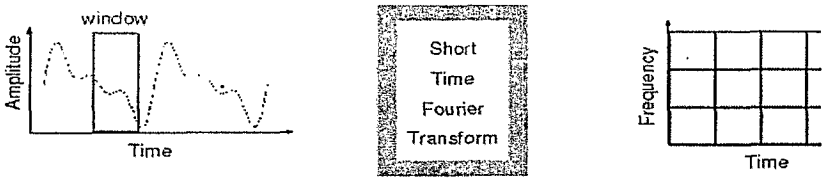
[۶] Aquitaine, Elf

[۷] Wavelets transform
[۸] Meyer Yves
[۹] Grossmann, A
[۱۰] Mallat, S
[۱۱] Murenze
[۱۲] Antoine

شکل۱ -۱ نمایی از شیوه اثر تبدیل فوریه روی یک سیگنال[۲۵]

تحلیل فوریه یک نقطه ضعف جدی دارد و آن این است که در به‌کارگیری آن برای تبدیل حوزه زمان به حوزه فرکانس اطلاعات زمانی از دست می‌رود. وقتی به تبدیل فوریه یک سیگنال نگاه شود امکان ندارد بتوان گفت که یک مولفه فرکانسی خاص در چه زمانی رخ داده است. هنگامیکه ویژگی‌های سیگنال با زمان تغییر نکند (که از آن به عنوان سیگنال پایا یاد می شود) این کاستی ممکن است خیلی مهم نباشد. اما سیگنال‌هایی که دارای ویژگی‌های ناپایا هستند مانند تغییرهای تدریجی و ناگهانی، روند شروع و پایان پدیده‌ها و ویژگی‌هایی هستند که اغلب مهم‌ترین قسمت سیگنال را تشکیل می‌دهند و تحلیل فوریه برای تعیین آنها مناسب نیست.

برای از میان برداشتن این کاستی، دنیس گابور[۱]، تبدیل فوریه را در تحلیل اجزای کوچک سیگنال در زمان به‌کار گرفت که روش تحلیل پنجره‌ای سیگنال نامیده می شود. این روش گابور، که تبدیل فوریه زمان کوتاه[۲] نامیده شد، سیگنال را به‌صورت دو تابع (در بعد زمان[۳] و بعد فرکانس[۴]) بیان می کند[۱٤].



شکل۱ -۲ نمایی از نحوه عمل تبدیل فوریه زمان کوتاه[۲۵]

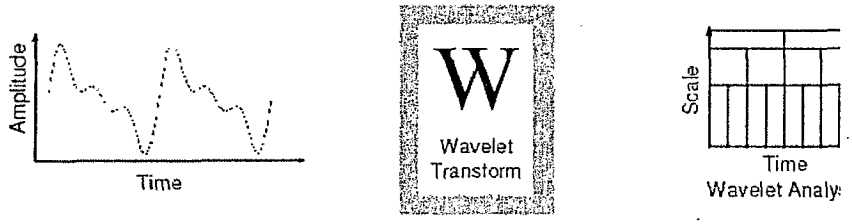
تبدیل فوریه زمان کوتاه گونه‌ای سازش بین زمان و فرکانس در نمایش سیگنال ارایه می‌دهد. این روش اطلاعاتی درباره این‌که در یک سیگنال چه فرکانسی در چه زمانی رخ می‌دهد، به‌دست می‌دهد. اما این اطلاعات صحت کمی

---

[۱] Gabor
[۲] Short Time Fourier Transform
[۳] Time dominos
[۴] Frequency dominos

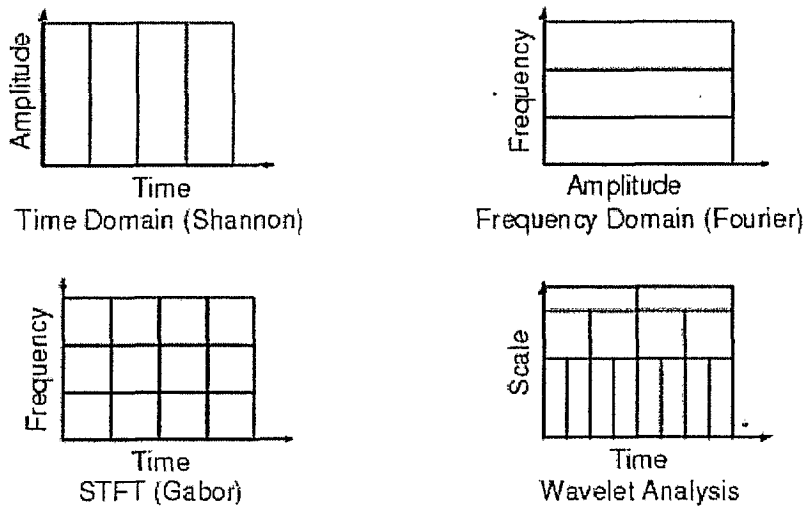
دارند که به اندازه پنجره در تمام فرکانس‌ها بستگی دارد و ضعف این روش است. اما برای تشخیص درست‌تر زمان و فرکانس نیاز است که اندازه پنجره قابل تغییر باشد.

تحلیل موجک گام منطقی بعدی را ارائه می‌دهد، که یک روش پنجره کردن با اندازه پنجره‌های متغیر است. تحلیل موجک امکان استفاده از بازه‌های زمانی بلند، جایی که نیاز به اطلاعات صحیحی از فرکانس پایین است، و بازه‌های زمانی کوتاه، جایی که نیاز به اطلاعات فرکانسی بالاست، را فراهم می‌کند.



شکل۱ -۳ نمایی از نحوه عمل تبدیل موجک روی یک سیگنال[۲۵]

شکل(۱-٤) مقایسه‌ای بین سیگنال بر پایه زمان، بر پایه فرکانس، تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل موجک دارد. همان طور که دیده می‌شود، تحلیل موجک حوزه زمان- فرکانس را به‌کار نمی‌برد، بلکه حوزه زمان- مقیاس را به‌کار می‌برد.



شکل۱ -٤ مقایسه‌ای بین سیگنال بر پایه زمان، بر پایه فرکانس، تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل موجک[۲۵]

توانایی بزرگ موجک‌ها در تحلیل‌های موضعی است و می تواند جنبه‌ای از داده‌ها را آشکار سازد. که روش‌های دیگر تحلیل سیگنال آن‌ها را از دست می‌دهند. جنبه هایی مانند روند، نقاط شکست، ناپیوستگی در مشتقات بالاتر و خود هم‌سانی. همچنین موجک داده‌ها را از دید مقیاس‌های مختلف بررسی می‌کند، لذا می‌تواند فشرده سازی و حذف نوفه[۱] را بدون کاهش کیفیت سیگنال اصلی انجام دهد[۳].

۱-۲ کاربرد تبدیل موجک

۱-۲-۱ نمایش زمان- بسامد سیگنال (نمودار مقیاس)

ضرایب مکانی موجک برای تجزیه و تحلیل رویدادهای غیر ایستا مانند انتقال و پدیده های تکاملی مناسب هستند. برای تبدیل موجک گسسته، ۲^{j} ضریب برای معرفی انرژی در j امین تراز بسامد(برای $i=۰،۱،۲,...,M-۱$) که سیگنال از ۲^{M} داده نقطه‌ای تشکیل شده وجود دارد. ضرایب در یک تراز خاص، انرژی را در فواصل زمانی مساوی در مدت استمرار سیگنال نشان می‌دهد. هنگامیکه مربع ضرایب در یک نمودار زمان- مقیاس رسم شود، انتقال انرژی از یک تراز به بعدی در امتداد زمان- مقیاس ممکن می‌شود. این نمودار مقیاس یا طرح میانگین مربی نامیده می‌شود. حجم کرانداری بوسیله سطح، میانگین مربعی از سیگنال است. نمودار مقیاس به سادگی در تبدیل موجک پیوسته بسط می‌یابد(که تراکم کمتر برای دقت بیشتر معاوضه می شود).

مثالی از نمودار مقیاس در شکل ۱-۵ و ۱-٦ نمایش داده شده است. در شکل ۱- ۵ سیگنال تجزیه و تحلیل شده در بالا یک موج سینوسی از ضرایب ثابت و بسامد تعدیل شده است. دومین نمودار در شکل ۱- ۵، یک نمودار مقیاس تبدیل موجک گسسته از سیگنال (محور افقی زمان، و محور عمودی مقیاس را بیان می‌کند) است. با توجه به اینکه بسامد معکوس مقدار مقیاس است، بنابراین بسامد بالا در نمودار مقیاس، در مقیاس‌های پایین دیده می‌شود. در چهارمین نمودار، یک تبدیل موجک پیوسته داریم که به یک سیگنال که یک نوفه با بسامد بالا در محدوده ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ به آن اضافه می شود. بزرگی نوفه اضافه شده بسیار کوچک‌تر از آن است که در نمودار زمان دیده شود، انتقال انرژی از بسامدهای پایین به بالا در زمان، بوضوح بصورت یک منطقه سیاه نشان داده می‌شود. سومین نموددار یک

---

[۱] De noising