

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

تضعیف نوفه‌های تصادفی در داده‌های لرزه‌ای با استفاده از ترکیب تبدیل زمان - فرکانس و تجزیه مُد تجربی

فرید کریمی

اساتید راهنما

امین روشندل کاهو

حمیدرضا سیاه کوهی

استاد مشاور

علیرضا جواهری نیستانک

شهریور ۹۲

تقدیم به پدر و مادر عزیزتر از جانم

با آرزوی آنکه پروردگار منان سایه ایشان را بر من مستدام نمایند

و دعاهای خیر ایشان را لایق من بدانند

زیرا هر آنچه دارم و خواهم داشت از سر لطف و دعاهای آنهاست.

سپاس‌گزاری

در طول تحصیل در دانشگاه صنعتی شاهرود به عنوان دانشجوی کارشناسی ارشد، افتخار آشنایی با اساتید برجسته‌ای داشتم. به ویژه استاد راهنمای خود، جناب آقای دکتر امین روشندل کاهو به لحاظ راهنمایی‌های مناسب، ایده‌های نو و تشویق به پژوهش در طول انجام این پایان‌نامه، و از اینکه با صبر و منانت من را راهنمایی کرده‌اند، نهایت قدردانی را دارم. علاوه بر مطالب علمی و فنی، نکات ارزنده‌ای از شخصیت والا، تجربه فراوان و اخلاق حرفه‌ای ایشان آموختم. همچنین از رهنمودهای آقای دکتر حمیدرضا سیاه‌کوهی که در این پایان‌نامه استاد راهنمای دوم اینجانب بوده‌اند، تشکر می‌نمایم.

از مدیریت ملی اکتشاف نفت ایران و اداره ژئوفیزیک آن مجموعه که زحمات زیادی را در فراهم کردن داده‌های مورد نظر و حمایت‌های مالی تقدیر و تشکر می‌شود. همچنین از جناب آقای مهندس علیرضا جواهری نیتانک مشاور صنعتی پایان‌نامه به جهت راهنمایی‌ها و زحمات ایشان تقدیر و تشکر می‌شود.

چکیده

تصویرسازی لرزه‌ای به شدت به کیفیت داده‌های لرزه‌ای وابسته است. تفسیر ساختاری و چینه‌ای مقاطع لرزه‌ای که حاوی کمترین میزان نوفه تصادفی و همدوس می‌باشند، به مراتب راحت‌تر است. نوفه‌های متعددی در مقاطع لرزه‌ای دیده می‌شود که دسته مهمی از آن‌ها، نوفه‌های تصادفی‌اند. تضعیف این دسته از نوفه‌ها، بخصوص زمانی که نسبت سیگنال به نوفه کم باشد، بسیار دشوار است. تا کنون روش‌های مختلفی برای تضعیف نوفه‌های تصادفی ارائه شده است که هر کدام مزایا و معایب مربوط به خود را دارد.

در این پایان‌نامه سعی شده است که از روش جدیدی برای تضعیف نوفه‌های تصادفی در حوزه $t-f$ استفاده شود. برای این کار با استفاده از تبدیل S تعمیم‌یافته مقطع لرزه‌ای از حوزه $t-x$ به حوزه $t-f-x$ انتقال داده می‌شود و سپس در این حوزه تجزیه مُد تجربی Empirical Mode Decomposition (EMD) در راستای مکان برای یک زمان و فرکانس خاص اعمال می‌گردد. اولین تابع مُد ذاتی به دست آمده از روش تجزیه مُد تجربی، سریع‌ترین نوسانات را در داده‌ها نشان می‌دهد. به این معنی که بزرگ‌ترین مؤلفه‌های عدد موج (مربوط به نوفه) در اولین تابع مُد ذاتی موجود می‌باشد. بنابراین برای افزایش نسبت سیگنال به نوفه می‌توان اولین تابع مُد ذاتی را از سیگنال اصلی کسر کرد. نوفه تصادفی شامل همه فرکانس‌ها می‌باشد و برای این که بتوان نوفه تصادفی را در مقاطع لرزه‌ای تضعیف نمود، می‌توان برای هر فرکانسی روش حذف اولین تابع مُد ذاتی را اعمال کرد. حذف اولین تابع مُد ذاتی به دلیل باقی ماندن نوفه‌ها در سایر توابع مُد ذاتی، عملکرد بهینه‌ای ندارد. همچنین در مواردی که رویدادهای با شیب زیاد در مقطع لرزه‌ای وجود داشته باشد، به دلیل محتوای عدد موج بالای آن‌ها دستخوش تغییرات می‌گردند.

روش جدید دیگری که در این پایان‌نامه برای تضعیف نوفه توابع مُد ذاتی مورد استفاده قرار گرفته است، مبتنی بر آستانه‌گذاری بازه‌ای بر روی توابع مُد ذاتی به جای حذف اولین تابع مُد ذاتی می‌باشد.

استفاده از این الگوریتم جدید علاوه بر تضعیف نوفه بیشتر نسبت به روش متداول، رویدادهای شیب‌دار بدون تغییر باقی می‌مانند. در این پایان‌نامه الگوریتم مذکور بر روی مقاطع لرزه‌ای مصنوعی و واقعی اعمال شده و با روش ترکیب تبدیل فوریه و تجزیه مُد تجربی مقایسه شده است. نتایج به دست آمده، عملکرد مناسب روش‌های معرفی شده در این پایان‌نامه را نشان می‌دهد. همچنین نشان داده شده است که حذف اولین تابع مُد ذاتی در رکورد چشمه مشترک می‌تواند در تضعیف نوفه‌های همدوس زمین‌غلت کارآمد باشد.

کلید واژه: مقاطع لرزه‌ای، نوفه‌های تصادفی، تبدیل S، تعمیم‌یافته، تجزیه مُد تجربی، توابع مُد ذاتی، آستانه‌گذاری بازه‌ای.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- تضعیف نوفه‌های تصادفی داده‌های لرزه‌ای با استفاده از فیلتر میانگین غیرمحلّی، مجله ژئوفیزیک ایران، ۱۳۹۲.
- ۲- تبدیل S بهبود یافته برای تحلیل نمایش زمان- فرکانس داده‌های لرزه‌ای، کنفرانس ملی برق و کامپیوتر، ۱۳۹۱.
- ۳- تضعیف نوفه‌های تصادفی مقاطع لرزه‌ای با استفاده از ترکیب تبدیل زمان-فرکانس و تجزیه مد تجربی، مجله ژئوفیزیک ایران، ۱۳۹۲.
- ۴- تضعیف نوفه لرزه‌ای همدوس با استفاده از ترکیب تبدیل S تعمیم‌یافته و تجزیه مد تجربی، مجله پژوهش نفت ایران، ۱۳۹۲.
- ۵- تضعیف نوفه تصادفی داده لرزه‌ای با استفاده از ترکیب تبدیل زمان - فرکانس و فیلتر میانگین غیر محلّی، سمینار ژئوفیزیک اکتشافی نفت، ۱۳۹۲.

فهرست مطالب

۱.....	فصل اول: مقدمه
۶.....	فصل دوم: تجزیه مُد تجربی
۷.....	۱-۲ مقدمه.....
۸.....	۲-۲ فرکانس لحظه‌ای
۱۲.....	۳-۲ تجزیه مُد تجربی (EMD).....
۲۴.....	فصل سوم: تبدیل‌های زمان – فرکانس
۲۵.....	۱-۳ مقدمه.....
۲۶.....	۲-۳ نمایش سیگنال.....
۲۹.....	۳-۳ روش‌های زمان-فرکانس
۳۰.....	۴-۳ تبدیل فوریه زمان کوتاه.....
۳۶.....	۵-۳ تحلیل با قدرت تفکیک چندگانه.....
۳۷.....	۶-۳ تبدیل موجک پیوسته
۴۱.....	۷-۳ تبدیل S.....
۴۳.....	۱-۷-۳ بدست آوردن تبدیل S از STFT.....
۴۴.....	۲-۷-۳ تبدیل S به عنوان یک هم‌میخت
۴۵.....	۳-۷-۳ بدست آوردن تبدیل S از تبدیل موجک.....
۴۶.....	۸-۳ تبدیل S گسسته.....
۴۷.....	۹-۳ تبدیل S وارون گسسته
۵۰.....	۱۰-۳ تبدیل S تعمیم‌یافته.....
۵۶.....	فصل چهارم: نوفه در داده‌های لرزه‌ای
۵۷.....	۱-۴ نوفه
۵۷.....	۲-۴ نوفه هم‌دوس
۵۸.....	۳-۴ نوفه تصادفی
۵۹.....	۱-۳-۴ خصوصیات نوفه تصادفی.....
۶۲.....	۲-۳-۴ روش‌های تضعیف نوفه تصادفی.....

۶۲	..... فیلترهای فرکانسی ۱-۲-۳-۴
۶۳	..... ویرایش ردلرزه ۲-۲-۳-۴
۶۳	..... فیلتر میانه ۳-۲-۳-۴
۶۳	..... <u>$f - x$</u> فیلتر پیشگو در حوزه ۴-۲-۳-۴
۶۶	..... تضعیف نوفه تصادفی با استفاده از ترکیب تبدیل فوریه و تجزیه مُد تجربی ۵-۲-۳-۴
۶۷	..... تضعیف نوفه تصادفی با استفاده از تجزیه مُد تجربی ۶-۲-۳-۴
۷۰	..... تضعیف نوفه تصادفی با استفاده از روش EMD در حوزه t-f-x ۷-۲-۳-۴
۷۳	..... فصل پنجم: تضعیف نوفه در مقاطع لرزه‌ای مصنوعی و واقعی
۷۴	..... ۱-۵ اعمال بر روی مقطع لرزه‌ای
۷۴	..... ۱-۱-۵ اعمال بر روی داده مصنوعی
۸۳	..... ۲-۱-۵ اعمال بر روی داده واقعی
۹۴	..... فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۹۵	..... ۱-۶ نتیجه‌گیری
۹۶	..... ۲-۶ پیشنهادات
۹۷	..... منابع و مأخذ

فهرست شکل‌ها

- شکل ۲-۱. الف) صفحه فاز برای تابع $x(t) = \alpha + \sin(t)$ برای $(a) \rightarrow \alpha = 0$, $(b) \rightarrow \alpha < 1$, $(c) \rightarrow \alpha > 1$ (ب) فرکانس لحظه‌ای محاسبه شده مطابق رابطه (۲-۴)؛ (ج) مدل تابع فاز (هوانگ و همکاران، ۱۹۹۸)..... ۱۱
- شکل ۲-۲. سیگنال آزمایشی برای استخراج IMF ها..... ۱۴
- شکل ۲-۳. داده اصلی (منحنی آبی رنگ)، منحنی‌های پوش بالایی و پایینی (منحنی‌های سبز رنگ) که توسط بیشینه‌ها و کمینه‌های محلی تعریف شده‌اند و مقدار میانگین منحنی‌های پوش بالایی و پایینی که با رنگ قرمز نشان داده شده است..... ۱۴
- شکل ۲-۴. منحنی داده اصلی (منحنی آبی رنگ) و منحنی جزء اول h_1 (منحنی صورتی رنگ)..... ۱۵
- شکل ۲-۵. جداسازی سیگنال در مرحله h_1 و m_2 ۱۶
- شکل ۲-۶. اولین IMF (c_1) بعد از سه مرحله..... ۱۷
- شکل ۲-۷. نمودار گردشی تجزیه یک سیگنال به مدهای تجربی (تعمیم‌یافته از هوانگ و همکاران، ۱۹۹۸)..... ۲۲
- شکل ۲-۸. تجزیه مد تجربی سیگنال سینوسی مطابق رابطه (۲-۱۸) به پنج مؤلفه IMF..... ۲۳
- شکل ۳-۱. الف) یک سیگنال چیرپ سینوسی شکل که فرکانس آن به طور خطی با زمان کاهش می‌یابد؛ (ب) سیگنال چیرپ مشابه قسمت (الف) با این تفاوت که فرکانس آن به طور خطی با زمان افزایش می‌یابد؛ (ج) طیف دامنه سیگنال شکل ۳-۱(الف)؛ (د) طیف دامنه سیگنال شکل ۳-۱(ب)؛ (ه) طیف فاز سیگنال شکل ۳-۱(الف)؛ (و) طیف فاز سیگنال شکل ۳-۱(ب)..... ۲۹
- شکل ۳-۲. نمایش گرافیکی نحوه پنجره کردن سیگنال ناپایا به منظور محاسبه تبدیل فوریه زمان کوتاه (صیادی، ۱۳۸۷)..... ۳۲
- شکل ۳-۳. شکل توابع پنجره (الف) گوسی؛ (ب) همینگ؛ (ج) بلکمن؛ (د) هنینگ مطابق روابط جدول ۳-۱..... ۳۴
- شکل ۳-۴. تبدیل فوریه زمان کوتاه شکل ۳-۱(ب) با پنجره همینگ (الف) با طول پنجره ۵۱ نمونه؛ (ب) با طول پنجره ۲۱ نمونه..... ۳۵
- شکل ۳-۵. جعبه هایزنبرگ برای اتم زمان-فرکانس (مالات، ۱۹۹۹)..... ۳۶
- شکل ۳-۶. الف) نمایش شماتیک اصل عدم قطعیت در صفحه زمان-فرکانس $STFT$ ، جعبه عدم قطعیت هایزنبرگ در تمام صفحه ثابت است؛ (ب) نمایش شماتیک اصل عدم قطعیت در صفحه زمان-فرکانس در تبدیل موجک پیوسته، جعبه عدم قطعیت هایزنبرگ در هر زمان و فرکانس تغییر می‌کند (مالات، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹)..... ۳۹
- شکل ۳-۷. تقسیم‌بندی شماتیک صفحه زمان-فرکانس در الف) نمایش زمانی؛ (ب) نمایش فرکانسی؛ (ج) تبدیل موجک؛ (د) تبدیل فوریه زمان کوتاه (بوآشاش، ۲۰۰۳)..... ۴۰
- شکل ۳-۸. الف) نمودار سیگنال مربوط به رابطه (۳-۳۴)؛ (ب) نمودار طیف زمان-فرکانس تبدیل S مربوط به رابطه (۳-۳۴)..... ۵۰
- شکل ۳-۹. پنجره گوسی نرمالیزه شده بازای مقادیر متفاوت p ۵۱
- شکل ۳-۱۰. پنجره گوسی نرمالیزه شده برای مقادیر متفاوت δ به ازای تک فرکانس ۲۵ هرتز..... ۵۴

شکل ۳- ۱۱. الف) سیگنال مصنوعی ناپایای موجک ریکر با فرکانس‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز؛ ب) نمودار صفحه زمان-فرکانس تبدیل S معمولی مربوط به سیگنال شکل ۳-۱۱ (الف)؛ ج) نمودار صفحه زمان-فرکانس تبدیل S تعمیم یافته مربوط به سیگنال شکل ۳-۱۱ (الف)..... ۵۵

شکل ۴- ۱. الف) سری زمانی تصادفی با نرخ نمونه‌برداری ۲ میلی‌ثانیه؛ ب) طیف دامنه سری زمانی تصادفی؛ ج) خود همبستگی سری زمانی تصادفی..... ۶۰

شکل ۴- ۲. الف) ردلرزه بدون نوفه؛ ب) ردلرزه حاوی نوفه تصادفی (۹ دسی‌بل)؛ ج) طیف دامنه ردلرزه بدون نوفه و د) طیف دامنه ردلرزه حاوی نوفه تصادفی..... ۶۱

شکل ۴- ۳. نحوه آستانه‌گذاری مستقیم و بازه‌ای. الف) تابع مُد ذاتی اولیه (خط خاکستری) و نتایج آستانه‌گذاری مستقیم (خط چین سیاه) و بازه‌ای (خط قرمز)، ب) تابع مُد ذاتی اولیه در بازه‌ی مشخص شده، ج) نتیجه آستانه‌گذاری مستقیم و د) نتیجه آستانه‌گذاری بازه‌ای (با تغییر از کوپسینیس و مک لاولین، ۲۰۰۸)..... ۶۹

شکل ۴- ۴. نمودار گردشی تضعیف نوفه تصادفی با استفاده از ترکیب تبدیل زمان-فرکانس و تجزیه مُد تجربی..... ۷۲

شکل ۵- ۱. مقطع لرزه‌ای مصنوعی (الف) بدون نوفه تصادفی و (ب) همراه نوفه تصادفی با نسبت سیگنال به نوفه ۸ دسی‌بل..... ۷۵

شکل ۵- ۲. نتایج نوفه‌زدایی با استفاده از الف) TFX-EMDIT ؛ ب) TFX-EMD ؛ ج) اختلاف میان مقطع لرزه‌ای مصنوعی حاوی نوفه با نتیجه (الف) و د) اختلاف میان مقطع لرزه‌ای مصنوعی حاوی نوفه با نتیجه (ب)..... ۷۶

شکل ۵- ۳. نتایج نوفه‌زدایی با استفاده از الف) FX-EMDIT ؛ ب) FX-EMD ؛ ج) اختلاف میان داده لرزه‌ای مصنوعی حاوی نوفه با نتیجه (الف) و د) اختلاف میان داده لرزه‌ای مصنوعی حاوی نوفه با نتیجه (ب)..... ۷۷

شکل ۵- ۴. نمونه ۱۵ امین ردلرزه از مقطع لرزه‌ای مصنوعی (الف) ردلرزه بدون نوفه؛ ب) مقدار نوفه تصادفی وارد شده و ج) ردلرزه حاوی نوفه تصادفی..... ۷۹

شکل ۵- ۵. طیف دامنه الف) ۱۵ امین ردلرزه مقطع مصنوعی بدون نوفه؛ ب) مقدار نوفه اضافه شده و ج) ردلرزه حاوی نوفه..... ۸۰

شکل ۵- ۶. ۱۵ امین ردلرزه مصنوعی و نوفه‌زدا شده با استفاده از الف) TFX-EMDIT ؛ ب) TFX-EMD ؛ ج) FX-EMDIT و د) FX-EMD..... ۸۱

شکل ۵- ۷. طیف دامنه ۱۵ امین ردلرزه مصنوعی و نوفه‌زدا شده با استفاده از الف) TFX-EMDIT ؛ ب) TFX-EMDIT ؛ ج) FX-EMDIT و د) FX-EMD..... ۸۲

شکل ۵- ۸. داده لرزه‌ای واقعی مورد استفاده مربوط به یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران..... ۸۳

شکل ۵- ۹. نتایج نوفه‌زدایی با استفاده از الف) TFX-EMDIT ؛ ب) TFX-EMD ؛ ج) FX-EMDIT و د) FX-EMD..... ۸۴

شکل ۵- ۱۰. (الف) اختلاف میان داده لرزه‌ای واقعی با نتیجه شکل ۵-۹(الف)، (ب) اختلاف میان داده لرزه‌ای واقعی با نتیجه شکل ۵-۹(ب)، (ج) اختلاف میان داده لرزه‌ای واقعی با نتیجه شکل ۵-۹(ج) و (د) اختلاف میان داده لرزه‌ای واقعی با نتیجه شکل ۵-۹(د)..... ۸۵

شکل ۵- ۱۱. ۵۰ امین ردلرزه مصنوعی و نوفه‌زدا شده با استفاده از الف) TFX-EMDIT ؛ ب) TFX-EMD ؛ ج) FX-EMDIT و د) FX-EMD..... ۸۷

شکل ۵- ۱۲. ۵۰۰ امین ردلرزه مصنوعی و نوفه‌زدا شده با استفاده از الف) TFX-EMDIT ؛ ب) TFX-EMD ؛ ج) FX-EMDIT و د) FX-EMD..... ۸۸

شکل ۵- ۱۳. رکورد چشمه مشترک واقعی..... ۸۹

شکل ۵- ۱۴. نتایج نوفه‌زدایی با استفاده از الف) FX-EMD ؛ ب) TFX-EMD ؛ ج) اختلاف میان رکورد واقعی حاوی نوفه با نتیجه (الف) و (د) اختلاف میان رکورد واقعی حاوی نوفه با نتیجه (ب)..... ۹۰

شکل ۵- ۱۵. نتایج تضعیف نوفه زمین‌غلت با استفاده از الف) TFX-EMD ؛ ب) FX-EMD ؛ مقایسه طیف دامنه قبل و بعد از تضعیف نوفه همدوس با استفاده از ج) TFX-EMD و د) FX-EMD..... ۹۲

شکل ۵- ۱۶. نتایج تضعیف نوفه زمین‌غلت با استفاده از الف) TFX-EMD ؛ ب) FX-EMD ؛ مقایسه طیف دامنه قبل و بعد از تضعیف نوفه همدوس با استفاده از ج) TFX-EMD و د) FX-EMD..... ۹۳

فهرست جداول

جدول ۳-۱. نام، رابطه و مشخصات توابع پنجره متداول (مالات، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹)..... ۳۴

جدول ۵-۱. مقایسه نسبت سیگنال به نوفه..... ۷۸

فهرست علائم اختصاری

اختصار لاتین	لاتین	توضیحات
CEEMD	Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition	تجزیه مُد تجربی گروهی کامل
CWT	Continuous Wavelet Transform	تبدیل موجک پیوسته
EMD	Empirical Mode Decomposition	تجزیه مُد تجربی
EEMD	Ensemble Empirical Mode Decomposition	تجزیه مُد تجربی گروهی
EMD- DT	Empirical Mode Decomposition Direct Thresholding	تجزیه مُد تجربی آستانه‌گذاری مستقیم
EMD- IT	Empirical Mode Decomposition Interval Thresholding	تجزیه مُد تجربی آستانه‌گذاری بازه‌ای
EMD- IIT	Empirical Mode Decomposition Iterative Interval Thresholding	تجزیه مُد تجربی آستانه‌گذاری بازه‌ای
IMF	Intrinsic Mode Function	تابع مُد ذاتی
ST	S Transform	تبدیل S
STFT	Short Time Fourier Transform	تبدیل فوریه زمان کوتاه
GST	Generalized S Transform	تبدیل S تعمیم‌یافته

فصل اول

مقدمه

روش‌های لرزه‌ای بازتابی یکی از روش‌های مطالعه ساختار زیرسطحی به منظور اکتشافات هیدروکربن می‌باشد. سیگنال‌های لرزه‌ای که از داخل زمین بازتاب می‌شوند، حاوی اطلاعات مهمی از لایه‌های زمین می‌باشند. بنابراین کیفیت بالای داده‌ها می‌تواند در استخراج این اطلاعات از ردلرزه کمک شایانی بکند (شریف و جلدارت، ۱۹۹۵). داده‌های لرزه‌ای خام همواره شامل انرژی‌های ناخواسته هستند. از این انرژی‌های ناخواسته و نامطلوب در لرزه‌شناسی به عنوان نوفه^۱ یاد می‌شود. حضور این نوفه‌ها و تداخل آن‌ها با سیگنال مطلوب باعث تغییر شکل سیگنال اصلی شده و در نهایت باعث تغییر یا از بین رفتن اطلاعات مورد نیاز می‌گردد. نوفه‌های متعددی در داده‌های لرزه‌ای دیده می‌شود که دسته مهمی از آن‌ها، نوفه‌های تصادفی^۲ می‌باشند که به صورت نوسان‌های تصادفی در تمام زمان‌ها و فرکانس‌ها مشاهده می‌شوند. تضعیف این دسته از نوفه‌ها، به خصوص زمانی که نسبت سیگنال به نوفه پایین باشد، بسیار دشوار می‌باشد. تضعیف نوفه^۳ تصادفی از داده لرزه‌ای یکی از مراحل مهم در پردازش می‌باشد که تاثیر بسزایی در تفسیر داده‌های لرزه‌ای ایفا می‌کند.

تا به حال روش‌های مختلفی برای تضعیف نوفه تصادفی یا به عبارت دیگر بالا بردن نسبت سیگنال به نوفه ارائه شده است. یکی از روش‌های قدیمی برای تضعیف نوفه‌های تصادفی، روش برانبارش^۴ می‌باشد که از خاصیت تصادفی نوفه‌ها در جهت تضعیف آن‌ها استفاده می‌کند. واهمامیخت پیشگو^۵ یکی دیگر از روش‌های تضعیف نوفه تصادفی می‌باشد. این روش که ابتدا توسط کانالز^۶ (۱۹۸۴) مطرح شد از قابلیت پیش‌بینی سیگنال در راستای مکان استفاده می‌کند. این روش را می‌توان در دو حوزه زمان - مکان (t-x) و فرکانس - مکان (f-x) استفاده نمود (گالبرایت^۷، ۱۹۹۱؛ هریس^۸ و وایت^۹، ۱۹۹۷؛

1 . Noise

2 . Random noises

3 . Noise attenuation

4 . Stacking

5 . Predictive deconvolution

6 . Canales

7 . Galbraith

8 . Haris

9 . White

ابما^۱ و کلربات^۲، ۱۹۹۵ و ارجمند پور و سیاه کوهی، (۱۳۸۴). گروهی نیز با تکیه بر تجزیه مقدار تکین^۳ (اولریچ^۴ و همکاران، ۱۹۹۹) و یا تبدیل کارهونن-لاو^۵ (همون^۶ و مکه^۷، ۱۹۷۸؛ جونز^۸ و لوی^۹، ۱۹۸۷ و الیحیی^{۱۰}، ۱۹۹۱) سعی در بالا بردن نسبت سیگنال به نوفه داشته‌اند. ژانگ^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۶) از برازش چندجمله‌ای برای تضعیف نوفه‌های تصادفی از داده‌های لرزه‌ای استفاده کردند.

روش تجزیه مُد تجربی^{۱۲} (هوانگ^{۱۳} و همکاران، ۱۹۹۸)، روشی تجربی برای تجزیه یک سیگنال به تعدادی متناهی از توابع نوسانی دارای تبدیل هیلبرت خوش رفتار است که به آنها توابع مُد ذاتی^{۱۴} (IMF) گفته می‌شود. روش تجزیه مُد تجربی (EMD) یک شیوه آنالیز است که مفاهیم زیادی را در جهت درک بهتر مفاهیم فیزیکی سیگنال‌ها در اختیار ما قرار می‌دهد. تا کنون چندین روش برای تضعیف نوفه‌های تصادفی لرزه‌ای با کمک این روش مطرح شده‌اند. امینی (۱۳۹۰) و ناصری^{۱۵} و سیاه کوهی^{۱۶} (۲۰۱۱) با استفاده از EMD در حوزه فرکانس-مکان، نوفه‌های تصادفی را در داده‌های لرزه‌ای تضعیف نمودند. روشندل و نجاتی (۱۳۹۰) با استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر آستانه‌گذاری بازه‌ای^{۱۷} بر روی توابع مُد ذاتی مختلف، به تضعیف نوفه‌های تصادفی در داده‌های لرزه‌ای بازتابی در حوزه زمان - مکان پرداختند.

-
- 1 . Abma
 - 2 . Claerbout
 - 3 . Singular value decomposition
 - 4 . Ulrych
 - 5 . Karhunen-Love
 - 6 . Hemon
 - 7 . Mace
 - 8 . Jones
 - 9 . Lovey
 - 10 . Al-Yahya
 - 11 . Zhong
 - 12 . Emprical Mode Decomposition (EMD)
 - 13 . Huang
 - 14 . Intrinsic Mode Functions (IMF)
 - 15 . Naseri
 - 16 . Siahkahi
 - 17 . Interval Thresholding

در روش‌های فوق، ناپایا^۱ بودن سیگنال لرزه‌ای مورد توجه قرار نگرفته است. این موضوع می‌تواند در نتیجه نهایی روش‌های مذکور تأثیر بسزایی داشته باشد. امروزه تبدیل‌های زمان - فرکانس به‌عنوان ابزاری متداول برای بررسی سیگنال‌های ناپایا، بخصوص سیگنال‌های لرزه‌ای تبدیل شده‌اند (سینها^۲ و همکاران، ۲۰۰۵؛ لین^۳ و همکاران، ۲۰۰۷ و لیته^۴ و همکاران، ۲۰۰۸). روش‌های متعددی برای تضعیف نوفه‌های لرزه‌ای در حوزه زمان - فرکانس مطرح شده‌اند. لین و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از روش فیلتر کردن قله‌های تبدیل زمان - فرکانس (بوآشاش^۵، ۲۰۰۳) به تضعیف نوفه‌های تصادفی از داده‌های لرزه‌ای پرداختند. عسکری^۶ و سیاه‌کوهی (۲۰۰۸) با استفاده از تبدیل S در حوزه مکان-فرکانس - عدد موج (x-f-k) نوفه‌های همدوس زمین‌غلت^۷ را از داده‌های لرزه‌ای تضعیف نمودند.

روش‌های مطرح شده در بالا هر یک دارای مزایا و معایب مربوط به خود می‌باشند. بنابراین ارائه روش‌هایی که بتواند با ترکیب روش‌های فوق، مزایای آن‌ها را حفظ و در عین حال معایب آن‌ها را تضعیف کند، در تضعیف نوفه‌های تصادفی داده‌های لرزه‌ای بسیار مهم می‌باشد. در این پایان‌نامه سعی می‌شود با ترکیب روش تجزیه مُد تجربی و تبدیل زمان - فرکانس (هن- پنگ^۸ و همکاران، ۲۰۱۱) نوفه‌های تصادفی در داده‌های لرزه‌ای بازتابی تضعیف شوند. در واقع این روش در راستای ادامه کار امینی (۱۳۹۰) می‌باشد. ایشان از ترکیب تبدیل فوریه^۹ و تجزیه مد تجربی به تضعیف نوفه در داده‌های لرزه‌ای پرداخته بودند که ناپایا بودن داده‌های لرزه‌ای را در نظر نگرفته بودند.

البته در روش هن- پنگ و همکاران (۲۰۱۱) به هنگام استفاده از تجزیه مُد تجربی در حوزه زمان-فرکانس- مکان فقط به حذف اولین تابع مُد ذاتی بسنده کرده‌اند. اما در این پایان‌نامه از مفاهیم و

¹ . Non- stationary

² . Sinha

³ . Lin

⁴ . Leite

⁵ . Boashash

⁶ . Askari

⁷ . Ground roll

⁸ . Han-Peng

⁹ . Fourier transform

الگوریتم آستانه‌گذاری بازه‌ای در حوزه زمان- فرکانس مکان نیز استفاده شده است که کار جدیدی به شمار می‌آید و عملکرد بهتری در تضعیف نوفه تصادفی نسبت به روش هن- پنگ و همکاران (۲۰۱۱) دارد.

در این پایان‌نامه ابتدا در فصل دوم به معرفی روش تجزیه مُد تجربی و فرآیند غربال کردن به منظور محاسبه توابع مد ذاتی خواهیم پرداخت. در فصل سوم به معرفی روش‌های تبدیل زمان- فرکانس و روش‌های بدست آوردن تمرکز انرژی بالا در تبدیل S می‌پردازیم. در فصل چهارم ابتدا به معرفی نوفه و دسته‌بندی نوفه‌های لرزه‌ای پرداخته می‌شود و در ادامه به روش‌های تضعیف نوفه در داده‌های لرزه‌ای خواهیم پرداخت. در فصل پنجم به معرفی روش مورد استفاده در این پایان‌نامه خواهیم پرداخت و در ادامه روش مذکور بر روی مقاطع مصنوعی و حقیقی اعمال می‌گردد. در فصل ششم به نتیجه‌گیری کلی در این پایان‌نامه پرداخته شده است.

فصل دوم

تجزیه مُد تجربی