

کاربرد تجزیه مقدار منفرد در تضعیف نوفه تصادفی در داده‌های مصنوعی و واقعی لرزه‌ای

سید احمد مرتضوی* و عبدالرحیم جواهریان

دانشکده مهندسی نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۵

چکیده

حضور انواع نوفه از جمله نوفه تصادفی در داده لرزه‌ای همواره مشکلاتی را در استفاده از داده لرزه‌ای بوجود می‌آورد، لذا این نوع از نوفه‌ها باید در مراحل پردازشی تضعیف گردند. روش تجزیه مقدار منفرد بر اساس جبر خطی و بر پایه همدوسی داده بنا شده است که می‌تواند پدیده‌های همدوس افقی را در تصاویر مشخصه ابتدایی شناسایی نماید. برای تضعیف نوفه تصادفی در داده نقطه عمقی مشترک پس از تحلیل سرعت و انجام تصحیحات دینامیک و پیش از برانبارش، تجزیه مقدار منفرد روی داده اعمال می‌گردد. بازتاب‌های افقی شده در تصاویر مشخصه ابتدایی شناسایی شده و بازسازی می‌گردند و سایر تصاویر مشخصه که حاوی نوفه تصادفی هستند برابر صفر قرار گرفته و در نتیجه نوفه تصادفی تضعیف خواهد شد. از آنجایی که تجزیه مقدار منفرد می‌تواند پدیده‌های افقی را به خوبی شناسایی نماید، بنابراین اگر تصحیحات استاتیک و یا دینامیک به خوبی روی داده‌ها اعمال نشده باشند و در داده نقطه عمقی مشترک بازتاب‌ها به جای افقی بودن دارای اعوجاج باشند، تجزیه مقدار منفرد، نمی‌تواند آنها را به خوبی از نوفه شناسایی نماید. در این مقاله مراحل مذکور روی یک داده نقطه عمقی مشترک مصنوعی با سطوح مختلفی از نسبت سیگنال به نوفه و یک داده واقعی مربوط به یکی از میداین هیدروکربوری ایران واقع در خشکی اعمال شده است. بر اساس نتایج، فیلتر تجزیه مقدار منفرد به خوبی می‌تواند ضمن حفظ بازتاب‌ها تا حد زیادی نوفه تصادفی را تضعیف نماید. این مسئله در داده مصنوعی حتی با سطح نوفه زیاد یعنی (نسبت سیگنال به نوفه یک) نیز به خوبی قابل مشاهده است.

کلمات کلیدی: نوفه تصادفی، تضعیف نوفه، تجزیه مقدار منفرد، تصویر مشخصه

مقدمه

تغییرات دامنه در برابر دورافت $(AVO)^2$ به حضور نوفه تصادفی حساس هستند، لذا تضعیف نوفه در داده نقطه عمقی مشترک نیز از اهمیت بالایی برخوردار است.

تجزیه مقدار منفرد $(SVD)^3$ یک روش ریاضی بر پایه جبر خطی و با استفاده از خواص ماتریس هاست که به عنوان یک روش کاهنده، یک ماتریس را به ضرب سه ماتریس و در حقیقت به تصاویر مشخصه سازنده‌اش تجزیه می‌کند، که دو ماتریس متعامد و سومی قطری است و می‌تواند در تصاویر مشخصه ابتدایی، پدیده‌های افقی را شناسایی نماید.

حضور نوفه^۱ در هنگام عملیات برداشت در داده لرزه‌ای اجتناب ناپذیر بوده و عموماً سیگنال را تا حدی تحت تاثیر قرار می‌دهد که بدون پردازش، استفاده از داده‌ها غیر ممکن است. لذا مرحله تضعیف نوفه همواره از اصلی‌ترین مراحل پردازشی به شمار می‌آید. نوفه تصادفی می‌تواند در راستای زمان یا مکان روی ردلرزه‌ها حضور داشته و در صورتی که تضعیف نگردند، کیفیت داده پس از برانبارش را به شدت تحت تاثیر قرار خواهند داد. همچنین از آنجایی که روش‌های وارون‌سازی پیش از برانبارش و نیز تحلیل

1. Noise

2. Amplitude Variation With Offset

3. Singular Value Decomposition

تجزیه مقدار منفرد ارائه نمودند، پیش از اعمال SVD در این روش باید تحلیل سرعت و تصحیح برون‌راند نرمال^۴ (NMO) روی داده انجام پذیرد، سپس در پنجره‌های مکانی با همپوشانی، تجزیه مقدار منفرد اعمال شده و سیگنال افقی شده بازسازی می‌گردد [۹]. بکارا و بان برای تضعیف نوفه تصادفی و نیز همدوس به ارائه روشی مرکب از فیلترهای EMD^۵ و f-x پرداخته و نتایج حاصل از آنرا با local SVD و فیلتر local median مقایسه کردند، در آنجا مشخص گردید چون SVD یک نوع فیلتر شیب می‌باشد، در مواردی که پدیده‌های متقاطع^۶ وجود دارند نمی‌تواند به خوبی عمل نماید [۱۰].

در این مقاله ابتدا تجزیه مقدار منفرد به لحاظ مفهوم ریاضی بیان شده و سپس نحوه اعمال تجزیه مقدار منفرد و الگوریتم مربوطه برای تضعیف نوفه تصادفی بیان می‌شود. در نهایت نتایج اعمال فیلتر روی داده مصنوعی نقطه عمقی مشترک با سطوح مختلفی از نوفه و داده واقعی نقطه عمقی مشترک مربوط به یکی از میدادین هیدروکربوری ایران، واقع در خشکی آورده شده است. لازم به توضیح است که کلیه کدهای مربوطه، بر اساس الگوریتم طراحی شده با نرم‌افزار MATLAB نوشته شده است.

تجزیه مقدار منفرد

تجزیه مقدار منفرد بر پایه خواص و قوانین جبر خطی، یک ماتریس $m \times m$ مانند X را به ضرب سه ماتریس U_{mm} و Σ_{mm} و V_{nn}^T و به تصاویر مشخصه سازنده‌اش تجزیه می‌کند. SVD می‌تواند به عنوان تبدیل گر متغیرهای وابسته به متغیرهای مستقل عمل کند [۱۱].

$$X_{mn} = U_{mm} \Sigma_{mn} V_{nn}^T \quad (11)$$

که X_{mn} ماتریس اصلی، U_{mm} مقدار منفرد سمت چپ^۷، Σ_{mn} مقدار منفرد^۸، V_{nn} مقدار منفرد سمت راست^۹ می‌باشد. ماتریس‌های مقدار منفرد چپ و مقدار منفرد راست، متعامد و ماتریس مقدار منفرد یک ماتریس قطری است.

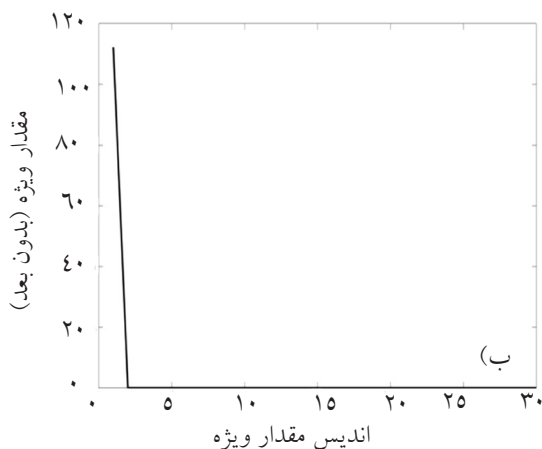
این روش در علوم مختلف کاربرد دارد. این روش بر اساس همدوسی^۱ کار می‌کند و علاوه بر اینکه نوفه‌ها را تا حدود زیادی تضعیف می‌کند، کیفیت بازتاب‌ها را نیز تا حد قابل قبولی حفظ می‌کند. این روش به طور عمده تاکنون در تضعیف نوفه زمین‌غلت مورد استفاده قرار گرفته است که در زیر به نمونه‌هایی از آن اشاره شده است.

فرییر و اولریچ از تجزیه مقدار منفرد در جداسازی امواج بالارونده و پایین رونده در پروفیل لرزه‌نگاری قائم^۲ (VSP) بهره بردند [۱]. تیپکین و همکاران پیشنهاد نمودند که با استفاده از روش خطی‌سازی لیو برای افقی‌سازی نوفه همدوس خطی، زمین‌غلت در یک یا چند پنجره زمانی در داده چشمه مشترک افقی گردد. در هر پنجره زمین‌غلت در تصاویر مشخصه ابتدایی قرار گرفته و از داده کسر می‌گردد [۲ و ۳]. تصاویر مشخصه باقی‌مانده بیانگر سیگنال هستند. کندال و همکاران پیشنهاد استفاده از یک فیلتر قطبی تجزیه مقدار منفرد را برای تضعیف زمین‌غلت در داده چند کاناله ارائه نمودند [۴]. لو ابتدا پدیده‌های خطی غیر افقی مانند زمین‌غلت را شناسایی کرده، سپس آنها را افقی ساخته و با اعمال تجزیه مقدار منفرد و حذف تصاویر مشخصه ابتدایی که بیانگر پدیده خطی افقی هستند، زمین‌غلت را تضعیف می‌کند [۵]. بکارا و بان پس از افقی‌سازی سیگنال در هر پنجره زمانی و اعمال SVD تنها اولین تصویر مشخصه که بیانگر سیگنال می‌باشد، را حفظ کرده و آنرا بازسازی می‌کنند. این فرایند برای تک تک پنجره‌ها با ۵۰٪ همپوشانی ادامه می‌یابد [۶]. چوی و هاوول استفاده از SVD برای محاسبه تصاویر مشخصه‌ای که بیانگر زمین‌غلت هستند، در پنجره‌های زمانی و مکانی را ارائه کردند. داده در هر پنجره به تابع آنالیتیک تبدیل می‌گردد و با بهره‌گیری از تجزیه مقدار منفرد مختلط سیگنال آنالیتیک به تصاویر مشخصه‌ای تجزیه می‌گردد که نوفه زمین‌غلت را مدل می‌کند [۷]. کری و ژانگ زمین‌غلت را به عنوان پدیده خطی غیر افقی با اعمال برون‌راند خطی^۳ (LMO) افقی ساخته و پس از تجزیه به تصاویر مشخصه، با صفر قرار دادن تصاویر مشخصه ابتدایی که بیانگر زمین‌غلت می‌باشند، آنرا تضعیف نمودند [۸]. پرسانی و همکاران یک روش جدید را برای تضعیف زمین‌غلت با استفاده از

1. Coherence
2. Vertical Seismic Profiling
3. Linear Move Out
4. Normal Move Out
5. Emperical Mode Decomposition
6. Crisscrossing Event
7. Left Singular Value Decomposition
8. Singular Value
9. Right Singular Value Decomposition

ابتدایی‌تر، پدیده را بازسازی نمود. به عبارت ساده‌تر پدیده‌های افقی به‌وسیله SVD قابل شناسایی هستند [۱۴]. در شکل ۱-الف یک پدیده افقی با فرکانس مرکزی ۴۰ Hz و زمان نمونه‌گیری ۲ ms در ۳۰ ردلرزه با فاصله ۱۰ m نمایش داده شده است. نسبت سیگنال به نوفه (SNR) در این داده بی‌نهایت است (نسبت سیگنال به نوفه برابر نسبت انرژی سیگنال در بخش معینی از نگاهت به کل انرژی نوفه در همان بخش [۱۵] و یا نسبت بیشینه دامنه در سیگنال بدون نوفه به بیشینه دامنه در سیگنال با نوفه است [۱۶]). نمودار مقادیر ویژه $(\lambda_i = \sigma_i^2)$ در مقابل اندیس مقادیر ویژه برای شکل ۱-الف در شکل ۱-ب نشان داده شده است.

همان‌طور که دیده می‌شود به دلیل افقی بودن داده و افزایش وابستگی خطی بین داده‌ها، مرتبه ماتریس داده برابر یک بوده و تنها اولین مقدار منفرد دارای مقداری مخالف صفر است. با بهره‌گیری از اولین تصویر مشخصه می‌توان این داده را بازسازی نمود. در شکل ۲-الف به داده شکل ۱-الف نوفه زمینه با ویژگی $SNR = 2$ اضافه شده است. نمودار مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای این داده در شکل ۲-ب آورده شده است. نقطه‌ای که داده به‌طور ناگهانی دچار کاهش می‌گردد، تغییر ناگهانی^۲ نامیده می‌شود. تنها در موارد خاصی تعیین این نقطه بسیار ساده است، در اغلب موارد در داده‌های پیچیده‌تر تعیین این نقطه مشکل خواهد بود.



ماتریس‌های U و V ، ماتریس متعامد شده حاصل از بردارهای ویژه ماتریس‌های به ترتیب XX^T و $X^T X$ می‌باشند. ماتریس Σ نیز یک ماتریس قطری حاصل از جذر مقادیر ویژه می‌باشد که X ماتریس ورودی و T علامت ترانواده است.

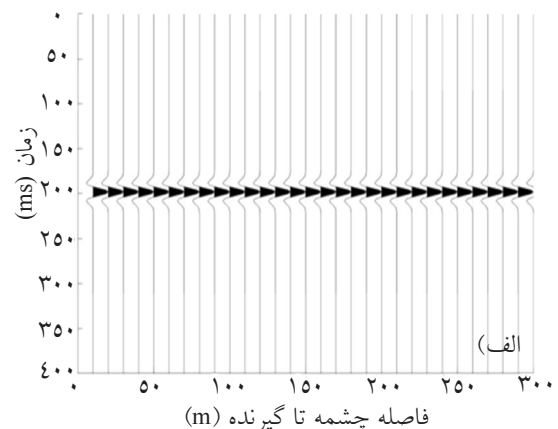
بر اساس مطالب عنوان شده SVD توانایی تجزیه یک ماتریس به ضرب سه ماتریس را داراست. بر همین اساس می‌توان تجزیه مقدار منفرد را بصورت زیر بیان نمود [۱۲]:

$$X = \sum_{i=1}^r \sigma_i u_i v_i^T, \quad (2)$$

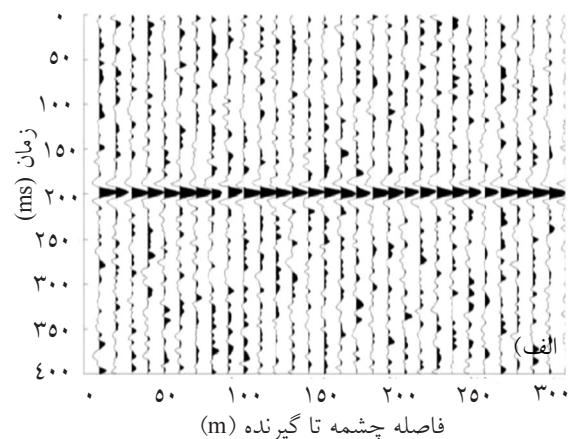
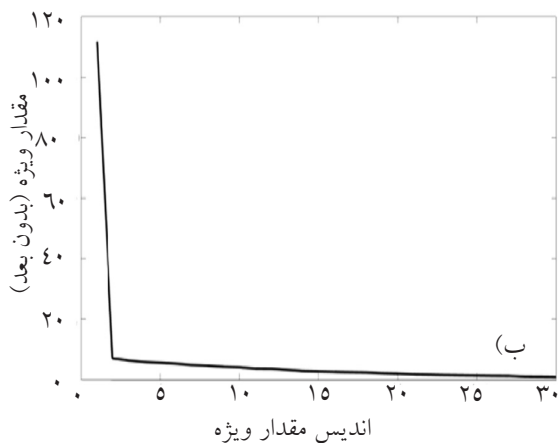
که u_i امین بردار ویژه $X^T X$ ، v_i امین بردار ویژه $X X^T$ ، σ_i امین مقدار منفرد و r نیز بیان‌گر مرتبه ماتریس است [۱۳]. حاصل ضرب $u_i v_i^T$ که ماتریسی هم بعد با ماتریس اصلی را تشکیل می‌دهد، امین تصویر مشخصه می‌باشد. پس از تجزیه ماتریس داده به تصاویر مشخصه سازنده‌اش با هر تعداد از این تصاویر مشخصه داده قابل بازسازی است. هر چه از تصاویر مشخصه بیشتری در بازسازی ماتریس بهره گرفته شود، حاصل به ماتریس اولیه نزدیک‌تر خواهد بود. به همین ترتیب هر قدر از تصاویر مشخصه کمتری در بازسازی داده استفاده گردد، خطای بیشتری حاصل می‌گردد.

تجزیه مقدار منفرد در تضعیف نوفه تصادفی

بر اساس روابط بیان شده، هر چه یک پدیده لرزه‌ای افقی‌تر باشد، به دلیل پایین آمدن مرتبه ماتریس و افزایش وابستگی خطی بین نمونه‌ها می‌توان به‌وسیله تصاویر مشخصه



شکل ۱-الف) یک پدیده لرزه‌ای افقی با فرکانس مرکزی ۴۰ Hz در ۳۰ ردلرزه با فاصله ۱۰ m، نسبت سیگنال به نوفه بی‌نهایت و زمان نمونه‌گیری ۲ ms (ب) مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای پدیده (الف).



شکل ۲- الف) یک پدیده لرزه‌ای افقی با فرکانس مرکزی ۴۰ Hz در ۳۰ رد لرزه با فاصله ۱۰ m، نسبت سیگنال به نوفه ۲ و زمان نمونه‌گیری ۲ ms، ب) مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای پدیده (الف).

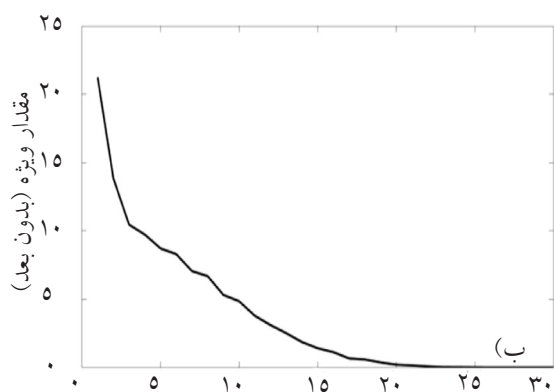
مشخصه باقی مانده، نوفه تصادفی تضعیف می‌گردد. لازم به توضیح است که تجزیه مقدار منفرد در این روش روی یک ماتریس فیکس عمل می‌کند و از الگوریتم‌ها تطبیقی استفاده نمی‌گردد. به‌طور کلی اغلب فیلترها علاوه بر تضعیف نوفه به بازتاب‌ها نیز ممکن است آسیب بزنند. فیلترهایی که با بیشترین تضعیف نوفه، کمترین حد از آسیب را به بازتاب‌ها وارد نمایند در اولویت قرار می‌گیرند. با افزایش تعداد تصاویر مشخصه‌ای که برابر صفر قرار می‌گیرند، نوفه بیشتری در داده باقی مانده و بازتاب‌ها نیز کمتر آسیب می‌بینند و به همین ترتیب با کاهش تعداد تصاویر مشخصه‌ای که برابر صفر قرار می‌گیرند، نوفه بهتر تضعیف شده ولی ممکن است به بازتاب‌ها نیز آسیب بیشتری وارد آید. بر اساس توالی مراحل پردازش داده لرزه‌ای، پس از انجام تصحیحات دینامیک، داده در هر نقطه عمقی مشترک برانبارش می‌شود. طرح‌واره تضعیف نوفه تصادفی با بهره‌گیری از تجزیه مقدار منفرد در شکل ۵ آورده شده است.

نتایج و بحث

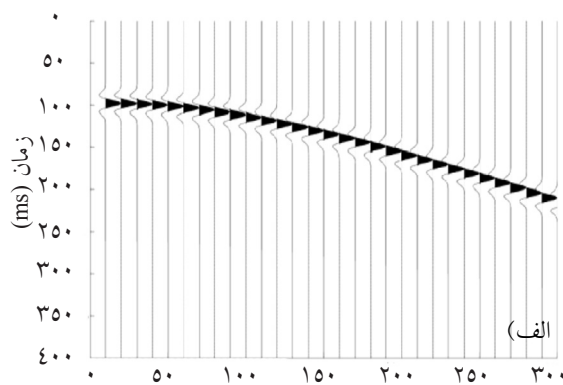
شکل ۶- الف مدل در نظر گرفته شده برای تولید داده مصنوعی نقطه عمقی مشترک در این مقاله را نشان می‌دهد و جدول ۱ نیز حاوی اطلاعات مربوط به لایه‌هاست. پوشش عمقی برابر ۶۰ می‌باشد. نقطه عمقی در نظر گرفته شده در محدوده ۲۲۰۰ m بوده که در شکل ۶- ب نمایش داده شده است.

در شکل ۳- الف یک پدیده هذلولی با سرعت ۱۵۰۰ m/s با پارامترهای مشابه تولید شده است، شکل ۳- ب نمودار مقادیر ویژه در برابر اندیس آن برای شکل ۳- الف را نمایش می‌دهد. شکل ۴- الف همان پدیده هذلولی را نشان می‌دهد با این تفاوت که نوفه تصادفی به آن اضافه شده است ($SNR = 2$) و در شکل ۴- ب نیز نمودار مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای داده (الف) نشان داده شده است. در شکل‌های ۳ و ۴ به دلیل کاهش وابستگی خطی بین داده‌ها و افزایش مرتبه ماتریس داده، تغییرات ناگهانی محسوسی دیده نمی‌شود که بتوان به وسیله تصاویر مشخصه ابتدایی داده را بازسازی نمود. مطابق شکل‌های ۱ تا ۴، SVD می‌تواند پدیده‌های افقی را بخوبی به وسیله تصاویر مشخصه ابتدایی بازسازی نماید. این تئوری اساس تضعیف نوفه تصادفی به وسیله این روش در این مقاله را تشکیل می‌دهد. پس از معرفی هندسه^۱ و انجام سایر مراحل پردازشی داده بر حسب نقطه عمقی مشترک (CDP)^۲ مرتب شده و تحلیل سرعت و تصحیحات دینامیک (شامل تصحیح برون راند نرمال و تصحیح برون راند شیب (DMO))^۳ مناسب روی آن صورت می‌پذیرد. پس از انجام تصحیحات دینامیک پدیده‌های هذلولی افقی شده و اکنون به وسیله تجزیه مقدار منفرد در تصاویر مشخصه ابتدایی قابل شناسایی هستند. تعدادی از تصاویر مشخصه ابتدایی که حاوی بازتاب‌های افقی شده هستند، نگه‌داشته شده و سایر تصاویر مشخصه که معرف سایر پدیده‌ها از جمله نوفه تصادفی می‌باشد، برابر صفر قرار گرفته و حذف می‌شوند، پس از بازسازی داده با تصاویر

1. Geometry
2. Common Depth Point
3. Dip Move Out

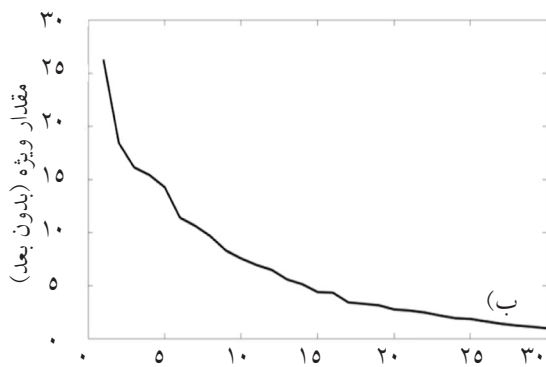


اندیس مقدار ویژه

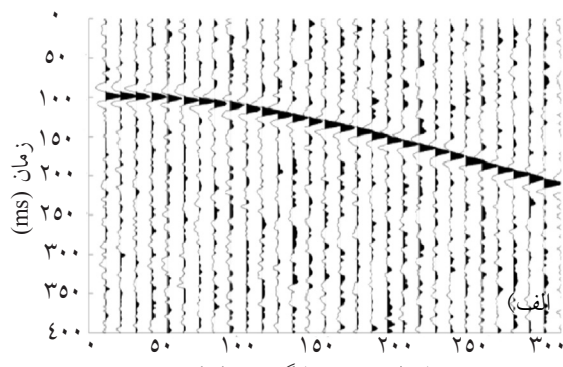


فاصله چشمه تا گیرنده (m)

شکل ۳- الف) یک پدیده لرزه‌ای هذلولی با فرکانس مرکزی ۴۰ Hz و سرعت ۱۵۰۰ m/s در ۳۰ رد لرزه با فاصله ۱۰ m، نسبت سیگنال به نوفه بی‌نهایت و زمان نمونه‌گیری ۲ ms، ب) مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای پدیده (الف).

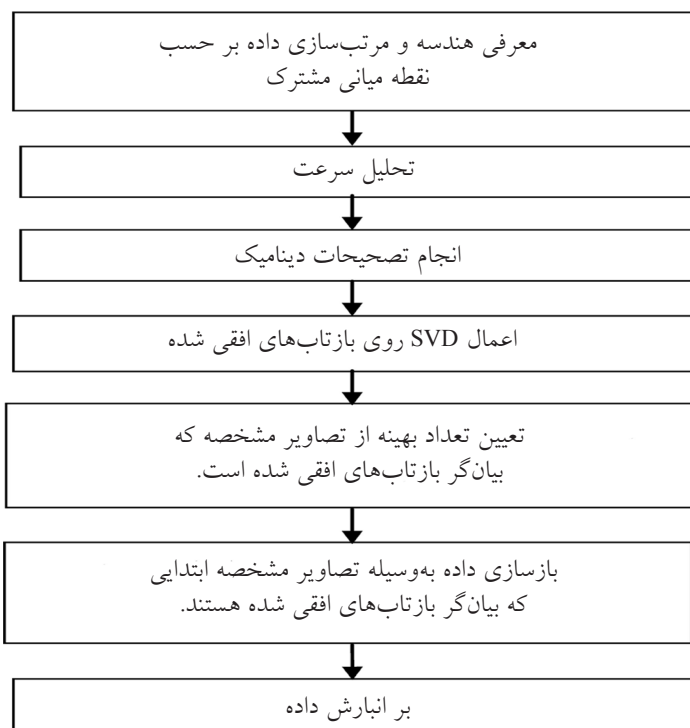


اندیس مقدار ویژه

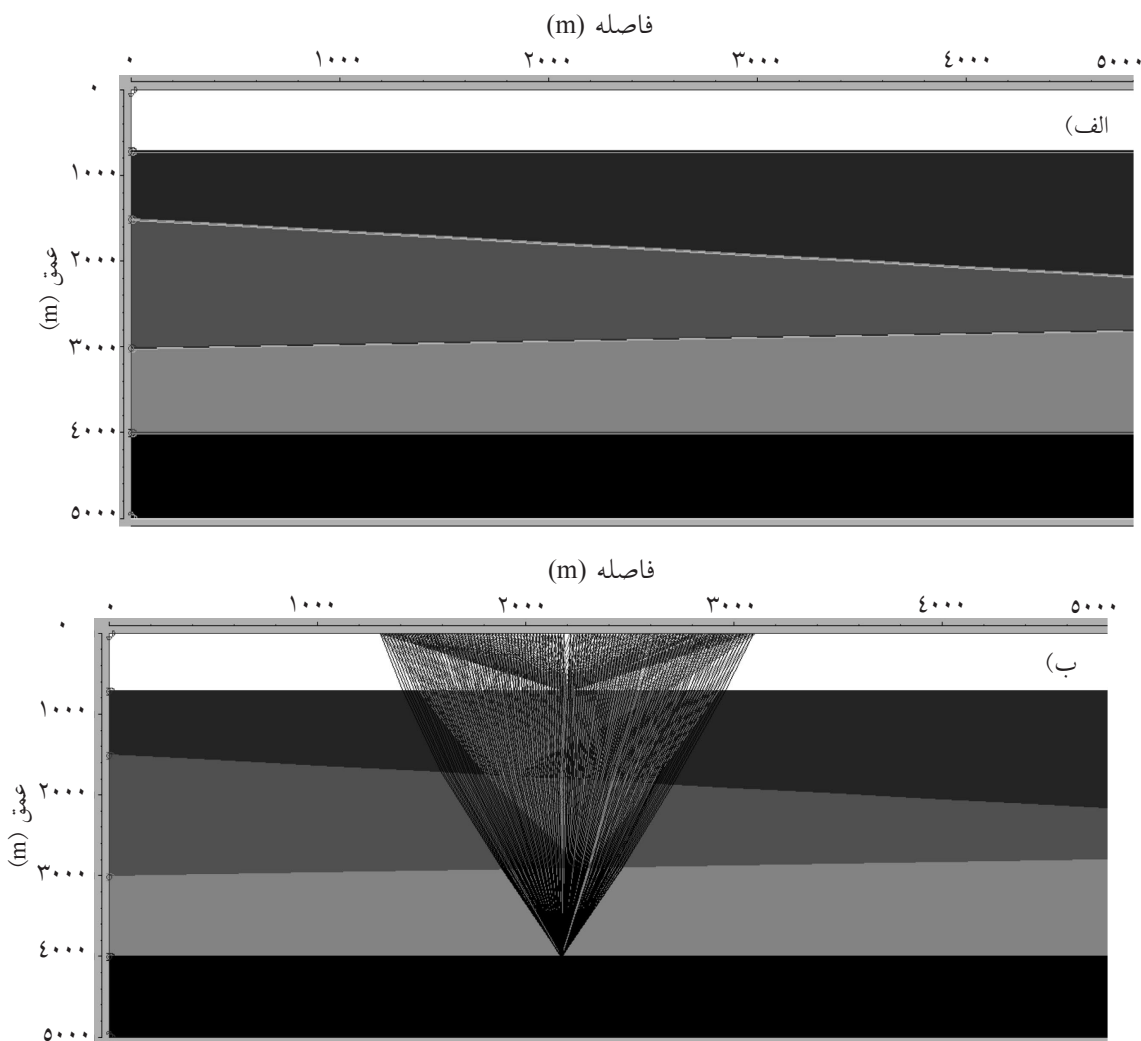


فاصله چشمه تا گیرنده (m)

شکل ۴- الف) یک پدیده لرزه‌ای هذلولی با فرکانس مرکزی ۴۰ Hz و سرعت ۱۵۰۰ m/s در ۳۰ رد لرزه با فاصله ۱۰ m، نسبت سیگنال به نوفه ۲ و زمان نمونه‌گیری ۲ ms، ب) مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای پدیده (الف).



شکل ۵- طرح‌واره مربوط به مراحل تضعیف نوفه تصادفی با استفاده از تجزیه مقدار منفرد در داده نقطه عمقی مشترک.



شکل ۶- الف) مدل زمین در نظر گرفته شده برای ساخت داده مصنوعی و ب) مسیر موج و محل نقطه عمقی مشترک

جدول ۱- مدل زمین در ساخت داده نقطه عمقی مشترک

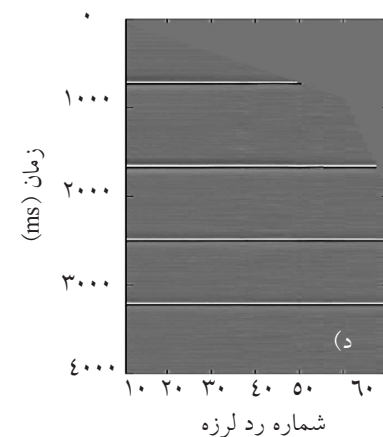
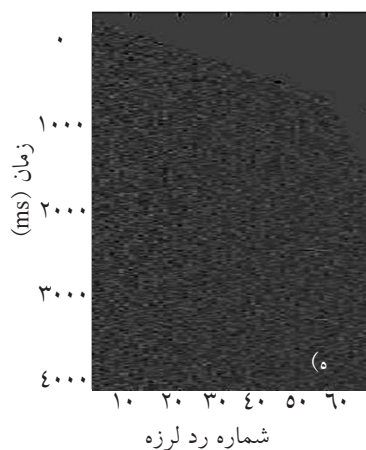
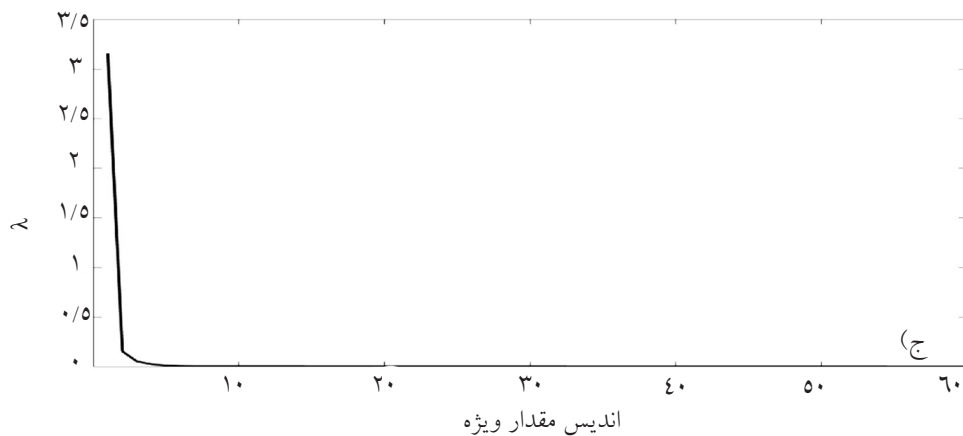
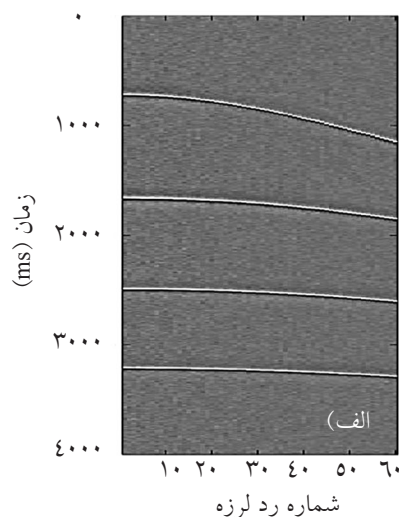
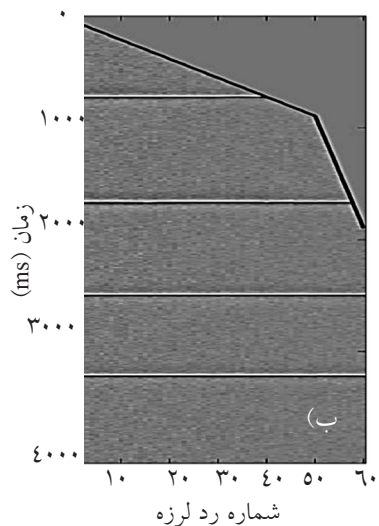
شماره لایه	سرعت موج p (m/s)	چگالی (kg/m^3)
اول	۲۰۰۰	۲۰۷۰
دوم	۲۳۰۰	۲۱۴۰
سوم	۲۷۰۰	۲۲۳۰
چهارم	۳۰۰۰	۲۲۹۰
نیم فضا	۳۳۰۰	۲۳۴۰

تصاویر مشخصه ابتدایی با مقادیر زیاد حاوی بازتاب‌های افقی شده و سایر تصاویر مشخصه بیان‌گر نوفه تصادفی هستند. با بازسازی تصاویر مشخصه ابتدایی بازتاب‌ها حفظ شده و نوفه تصادفی تضعیف می‌گردد. شکل‌های ۷-د و ۷-ه به ترتیب داده فیلتر شده و اختلاف بین داده فیلتر شده و ورودی که بیان‌گر نوفه تصادفی می‌باشد را نشان می‌دهد.

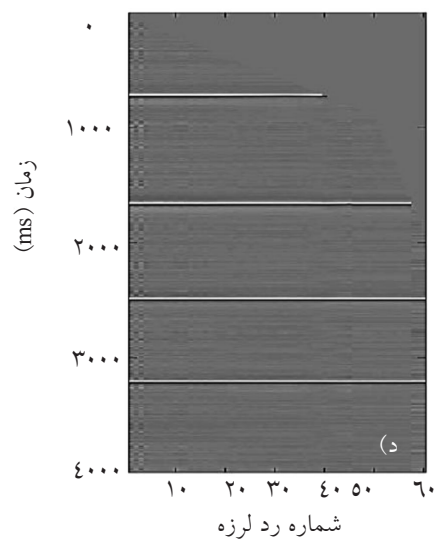
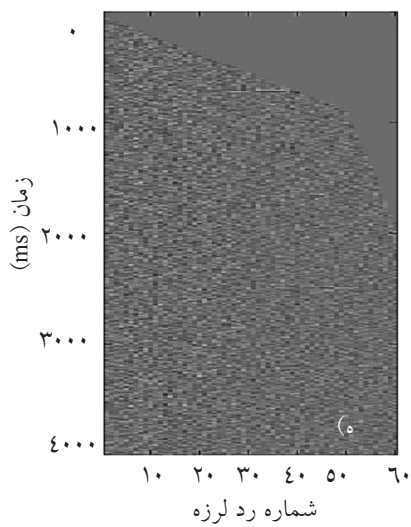
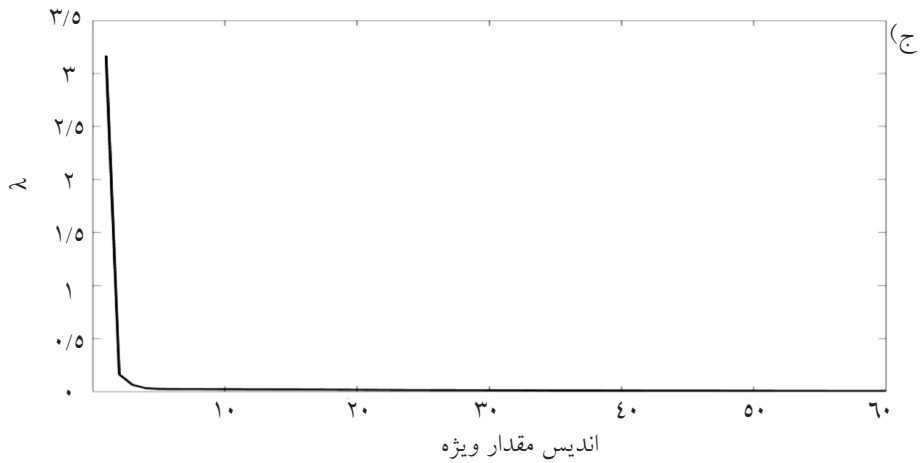
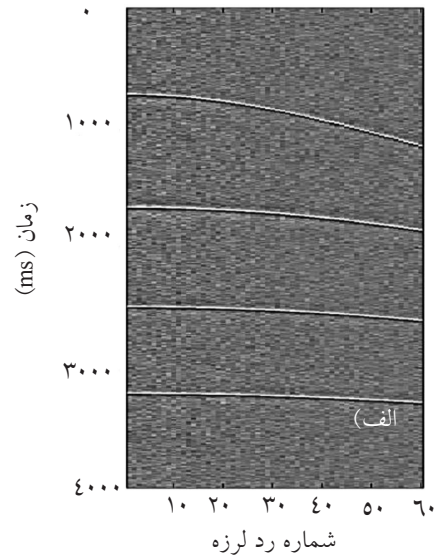
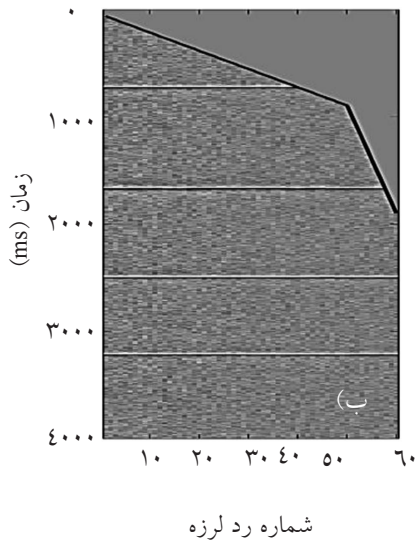
شکل ۷- الف داده مصنوعی تولید شده را با نسبت سیگنال به نوفه ۵ نشان می‌دهد. در شکل ۷-ب این داده پس از تحلیل سرعت مناسب و اعمال تصحیحات دینامیک آورده شده است. پس از اعمال تجزیه مقدار منفرد روی داده شکل ۷-ب، نمودار مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن در شکل ۷-ج آورده شده است. براساس مطالب عنوان شده

مقابل اندیس آن برای شکل ب، داده فیلتر شده و اختلاف بین داده اولیه و فیلتر شده است. شکل ۹-الف نیز همان داده مصنوعی را با نسبت سیگنال به نوفه ۱ نشان داده و شکل های ۹-ب تا ۹-ه نیز به طور مشابه بیان گر موارد شکل ۸ هستند. در داده های شکل های ۸ و ۹ میزان تضعیف نوفه به ترتیب برابر $0/827$ و $2/828$ دسی بل می باشد.

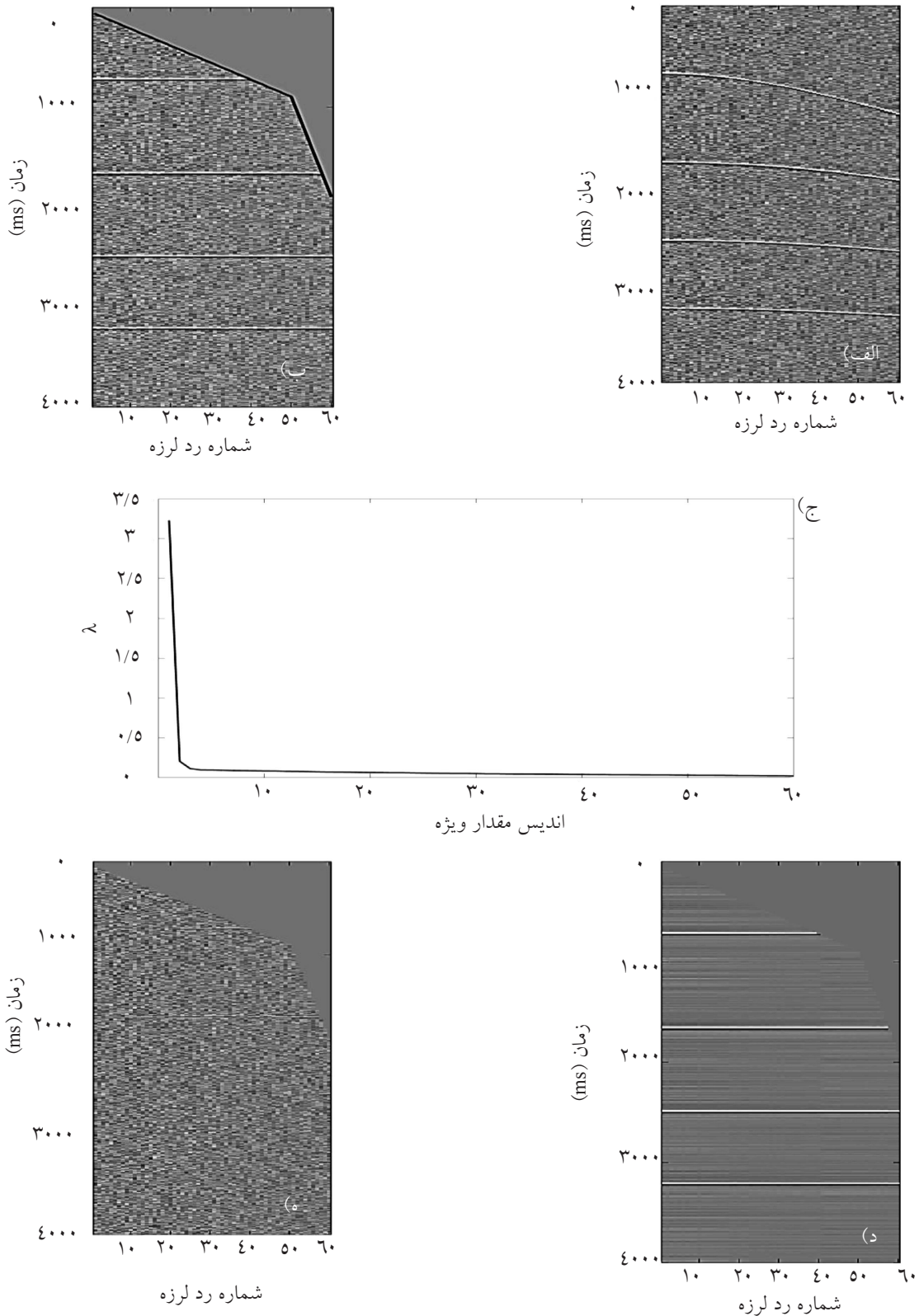
در این داده میزان تضعیف نوفه برابر $0/147$ دسی بل می باشد. جهت بررسی میزان تحمل الگوریتم در برابر افزایش نوفه به داده شکل ۷ نوفه اضافه گردید. شکل ۸-الف همان داده را با نسبت سیگنال به نوفه ۲ نشان می دهد. شکل های ۸-ب تا ۸-ه به ترتیب بیانگر داده پس از انجام تصحیحات دینامیک، نمودار مقادیر ویژه در



شکل ۷-الف) داده مصنوعی نقطه عمقی مشترک تولید شده با نسبت سیگنال به نوفه ۵، ب) داده پس از تحلیل سرعت مناسب و اعمال تصحیحات دینامیک، ج) نمودار مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای شکل ب، د) داده فیلتر شده و ه) اختلاف بین داده فیلتر شده و ورودی



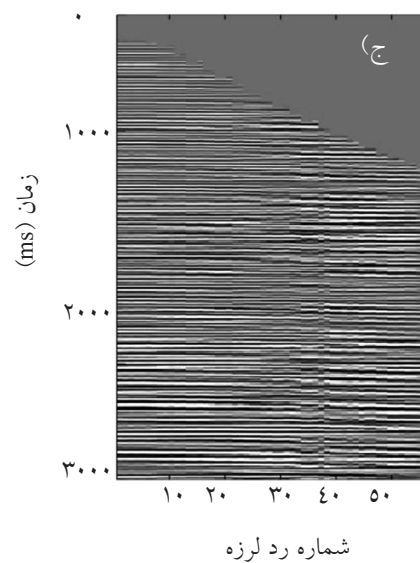
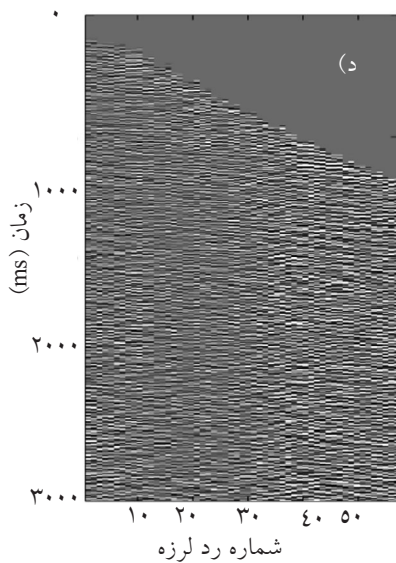
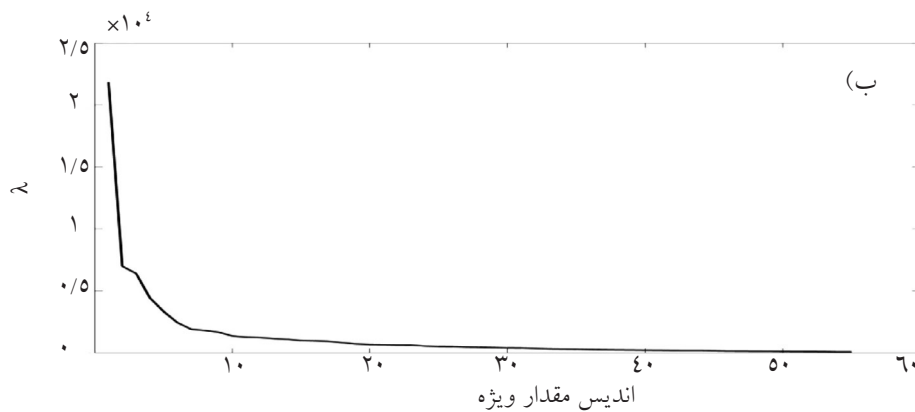
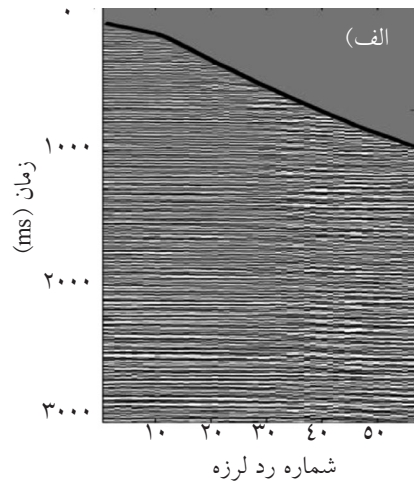
شکل ۸- الف) داده مصنوعی نقطه عمقی مشترک تولید شده با نسبت سیگنال به نوفه ۲، ب) داده پس از تحلیل سرعت مناسب و اعمال تصحیحات دینامیک، ج) نمودار مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای شکل ب، د) داده فیلتر شده و ه) اختلاف بین داده فیلتر شده و ورودی



شکل ۹- الف) داده مصنوعی نقطه عمقی مشترک تولید شده با نسبت سیگنال به نوفه ۱، (ب) داده پس از تحلیل سرعت مناسب و اعمال تصحیحات دینامیک، (ج) نمودار مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای شکل ب، (د) داده فیلتر شده و (ه) اختلاف بین داده فیلتر شده و ورودی

آن برای داده الف، داده فیلتر شده پس از بازسازی تصاویر مشخصه ابتدایی و اختلاف بین داده ورودی و فیلتر شده است که می‌تواند بیان‌گر میزان نوفه تضعیف شده باشد. میزان نوفه تضعیف شده برابر $1/846 \text{ db}$ می‌باشد.

شکل ۱۰-الف یک داده نقطه عمقی مشترک مربوط به یکی از میداین هیدرو کربوری خشکی در ایران را پس از اعمال تصحیحات دینامیک نشان می‌دهد. شکل‌های ۱۰-ب تا ۱۰-د به ترتیب بیان‌گر نمودار مقادیر ویژه در مقابل اندیس



شکل ۱۰-الف) داده واقعی نقطه عمقی مشترک مربوط به یکی از میداین هیدروکربوری ایران پس از تحلیل سرعت مناسب و اعمال تصحیحات دینامیک، (ب) نمودار مقادیر ویژه در مقابل اندیس آن برای شکل الف، (ج) داده فیلتر شده و (د) اختلاف بین داده فیلتر شده و ورودی

کاهش مرتبه پوشش عمقی باز هم می‌تواند بازتابهای افقی شده را از نوفه تصادفی جدا نماید و به مرتبه پوشش عمقی حساس نمی‌باشد. البته با افزایش مرتبه پوشش تحلیل سرعت بهتری می‌تواند صورت گیرد.

- هر قدر پدیده‌ها افقی تر باشند بهتر به وسیله تجزیه مقدار منفرد قابل شناسایی هستند بنابراین اگر تصحیحات استاتیک و یا دینامیک به خوبی روی داده اعمال نشده باشند و در داده نقطه عمقی مشترک بازتابها بجای افقی بودن دارای اعوجاج باشند، تجزیه مقدار منفرد نمی‌تواند آنها را به خوبی از نوفه شناسایی نماید.

علائم و نشانه‌ها

SVD : تجزیه مقدار منفرد
 VSP : پروفیل لرزه نگاری قائم
 LMO : تصحیح برون راند خطی
 NMO : تصحیح برون راند نرمال
 Umm : مقدار منفرد سمت چپ
 Σmn : مقدار منفرد
 Vnn : مقدار منفرد سمت راست
 SNR : نسبت سیگنال به نوفه
 λ : مقدار ویژه
 σ : مقدار منفرد
 سرعت: (m/s)
 Hz : هر تریز واحد اندازه‌گیری فرکانس
 CDP : نقطه عمقی مشترک
 DMO : تصحیح برون راند شیب
 چگالی: (kg/m^3)

لازم به توضیح است که در تمام رکوردها پس از اعمال تصحیحات دینامیک بخش‌هایی از داده که دچار کشیدگی شده‌اند، از داده حذف شده و با خط سیاه رنگ مشخص گردیده‌اند. بر اساس نتایج حاصل از اعمال فیلتر روی داده‌های مصنوعی و واقعی، این روش به خوبی توانسته است حتی تا سطح نوفه زیاد در داده مصنوعی (نسبت سیگنال به نوفه برابر یک) ضمن حفظ بازتابها نوفه تصادفی را تضعیف نماید [۱۷].

نتیجه‌گیری

از بررسی تضعیف نوفه تصادفی در داده‌های مصنوعی با سطوح مختلفی از نسبت سیگنال به نوفه و داده واقعی مربوط به یکی از میادین هیدروکربوری ایران نتایج زیر حاصل شد:

- تجزیه مقدار منفرد می‌تواند به عنوان یک روش موثر در تضعیف نوفه تصادفی روی داده نقطه عمقی مشترک عمل نماید.

- برای تضعیف نوفه تصادفی باید در داده نقطه عمقی مشترک، تحلیل سرعت و تصحیحات دینامیک انجام پذیرد، سپس بازتاب‌های افقی شده در تصاویر مشخصه ابتدایی نمایان شده و بازسازی شود. به این ترتیب نوفه تصادفی تضعیف خواهد شد.

- با بررسی میزان تحمل الگوریتم در برابر سطوح مختلفی از نوفه (نسبت‌های سیگنال به نوفه ۵، ۲ و ۱) مشخص گردید که این روش حتی با وجود افزایش نوفه تصادفی در داده می‌تواند کارایی مناسبی داشته باشد.

- از آنجایی که این فیلتر بر اساس همدوسی کار می‌کند و می‌تواند پدیده‌های افقی را شناسایی نماید، حتی با وجود

مراجع

- [1]. Freire S. L. M., and Ulrych T. J., "Application of singular value decomposition to vertical seismic profiling: Geophysics", 53, pp, 778-785, 1988.
- [2]. Tyapkin Y. K., Marmalyevskyy N. Y. and Gorniyak Z. V., Source generated noise attenuation using the singular value decomposition, 75th Annually International Mtg. Soc. Expl. Geophys., Houston, Expanded Abstracts: 2044-2047, 2003.

- [3]. Liu X., *Ground roll suppression using the Karhunen-Loeve transform*, Geophysics, 64, 564–566, 1999.
- [4]. Kendall R., Jin S. and Ronen S., “An SVD-polarization filter for ground roll attenuation on multicomponent data”, 77th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., San Antonio, Expanded Abstracts, pp. 928-932, 2005.
- [5] Lu W., “Adaptive noise attenuation of seismic images based on singular value decomposition and texture direction detection”, Journal of Geophysics and Engineering, 3: pp. 28-34, 2006.
- [6]. Bekara M., and Baan M. V., “Local singular value decomposition for signal enhancement of seismic data”, Geophysics, 72: pp. 59–65, 2007.
- [7]. Chiu S. K. and Howell J. E., “Attenuation of coherent noise using localized-adaptive eigenimage filter”, 78th SEG Meeting (Las Vegas) Expanded Abstracts, pp. 2541–2545, 2008.
- [8]. Cary P., and Zhang C., “Ground roll attenuation via SVD and adaptive subtraction”, Frontiers + Innovation – 2009 CSPG CSEG CWLS Convention, Calgary: pp. 372-375, 2009.
- [9]. Porsani M. J., Silva M. G., Melo P. E. M. and Ursin B., “Ground-roll attenuation based on SVD filtering”, 82nd Ann. Internat. Mtg. Soc. Expl. Geophys., Houston, Expanded Abstracts: pp. 3381-3385, 2009.
- [10] Bekara M., and Baan M. V., “Random and coherent noise attenuation by empirical mode decomposition”, Geophysics, 74: pp. 89-98, 2009.
- [11]. Baker K., Singular Value Decomposition Tutorial, <http://www.cs.wits.ac.za/~michael/SVDTut.pdf>, accessed 14 Apr. 2011, 2005.
- [12]. Sacchi M. D., *Statistical and transform methods in geophysical signal processing*, Department of Physics, University of Alberta. <http://www-geo.phys.ualberta.ca/~sacchi/>, 2002.
- [13]. Lanczos C., *Linear differential operators*, D. Van Nostrand Co., London, 1961.
- [14]. Al-Yahya K. M., “Application of the Karhunen-Loeve transform to suppress random noise in seismic sections”, Geophysical Prospecting, 39, pp. 77-93, 1991.
- [15]. Sheriff R. E., and Geldart L. P., *Exploration seismology*, Cambridge University Press, 1995.
- [16]. Seismic lab MATLAB code package, *Signal analysis and imaging group*, University of Alberta, Canada, <http://seismic-lab.physics.ualberta.ca/>, 2008
- [۱۷]. مرتضوی س.ا.، کاربرد روش تجزیه مقدار منفرد در تضعیف نوفه زمین غلت و اتفاقی، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی نفت-اکتشاف، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۱.