Kharazmi University

Journal of Engineering Geology

Journal home page https://jeg.khu.ac.ir

OPEN ACCESS

Online ISSN 2981-1600

Application of 2D multistage median filter for reducing random seismic noise

Behrang Feiz Aghaei[1], Ehsan Pegah[2] ✉

1. M.Sc. in Geophysics, Dana Energy Company - Geophysical Services, Tehran, Iran. E-mail: aghaei.behrang@danaenergy.com

2. Assistant Professor, Department of Applied Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: e.pegah@khu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 12 November 2024
Received in revised form 27 November 2024
Accepted 1 December 2024

Keywords:
Random noise, Seismic data, Attenuation of random spike-like noise, 2-D multistage median filter.

ABSTRACT

Random noise reduction has always been one of the most important issues in seismic data processing. This study investigates one of the most effective random noise reduction methods, the 2D multi-stage median filter. This filter is applied to seismic data by applying a series of 1D median filters in different directions and then selecting the output value corresponding to the center of the 2D window. By applying a 2D multi-stage median filter to both synthetic and real data, it is shown that the filter can effectively attenuate random spike-like noise in both pre-stack and post-stack data. Similarly, based on spectral analysis, it is shown that this filter does a good job of reducing the level of high frequency random noise in both synthetic and real data. In this study, a 2D median filter is applied to synthetic data containing random noise with a density of 10%. Since increasing the filter length can damage useful signals in addition to attenuating random noise, it is important to specify an appropriate filter length. For synthetic data, the error ratio plot shows that a filter length of 9 points is appropriate for the first stage. In the second stage, a 2D median filter with a length of 7 points was applied to the output of the first stage filter. The effect of this filter on random noise suppression can then be observed by spectral analysis. In addition, median filters of 7 points and 5 points were applied to the pre-stack and post-stack real data, respectively. The effect and efficiency of this filter is assessed by examining the resulting difference plots, sections and spectral analysis.

Introduction

The use of geophysical seismic methods in various subsurface exploration activities has always been emphasized as a valuable tool in earth sciences and engineering (Pegah et al., 2021, 2022, 2024; Talaee et al., 2024). However, the collected seismic signals are often contaminated with various types of noise, which may lead to ambiguities and errors in achieving the intended objectives. Accordingly, their accurate identification and ultimately their maximum removal from seismic records and sections are crucial requirements for the processing and analysis of such data (Pegah and Liu, 2020; Pegah et al., 2016). Random noise reduces the signal-to-noise ratio of seismic data and reduces the accuracy of dynamic and static corrections, thus degrading the final data quality. In general, stacking can at least partially suppress random noise in prestack seismic data, but for random noise in poststack data, we need to choose other filtering methods. A 2D multi-stage median filter (MLM), which effectively reduces the high frequency random noise, can be implemented by applying 1D median filters (MF) in several directions and selecting a derived value to output at the center of the 2D window. The choice of window size depends on the intensity of the random noise and the percentage of input data samples within the window that contain noise.

The median filter is a simple and effective method in signal processing that can suppress noise (especially spikes), especially in non-

Cite this article: Feiz Aghaei1, B., Pegah, E. (2024). Application of 2D multistage median filter for reducing random seismic noise. Journal of Engineering Geology, 18 (3), 411-436. https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.3.1019163

© The Author(s).

Publisher: Kharazmi University.
DOI: https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.3.1019163

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]

stationary signal processing. In recent years, the method has been applied in seismic prospecting. Wang (2000) separates signal from noise by using median correlative filtering. Zhang and Ulrych (2003) use a hyperbolic median filter to suppress multiples. Howeverthe median filter may destroy detailed structures that are smaller than the filter window used. Recently, new filters have been proposed. In image processing, the use of a multistage median filter can preserve details of the image under consideration. This filter can effectively separate the signal from noise, preserve detailed structure, and then reduce the random noise. With the aim of eliminating random noise, many authors have developed effective methods, e.g., 1D median filtering, polynomial fitting and *f-x* predictive filtering. But these methods are mostly developed as models for poststack data and have several limitations. For example, Gulunay (2000) uses a non-causal predictive filter for random noise attenuation and Li et al. (2000) advocate forward random noise attenuation by using prestack dominant-component reconstruction.

In this study we apply multistage median filter to eliminate the random noise in a 2D data set, thereby broadening the application domain of multistage median filter. We define noise density as the fraction of data samples containing noise. If the density of noise is small, then choosing a short window can eliminate the random noise. If instead a long filter window is chosen, the random noise is eliminated, but MLM will attack the useful information.

The 2D Multistage Median Filter and Its Efficiency in Random Noise Attenuation

Assume that $a(x, y)$ is a 2D signal. For a filter window with dimensions of $(2N+1) \times (2N+1)$, where the midpoint is (n_1, n_2), the fundamental subwindows, according to Fig. 1, can be defined as (Wang, 1992):

$$W_1[n_1, n_2] = a(n_1 + k, n_2);\ -N \le k \le N \quad (1)$$

$$W_2[n_1, n_2] = a(n_1, n_2 + k);\ -N \le k \le N \quad (2)$$

$$W_3[n_1, n_2] = a(n_1 + k, n_2 + k);\ -N \le k \le N \quad (3)$$

$$W_4[n_1, n_2] = a(n_1 - k, n_2 - k);\ -N \le k \le N \quad (4)$$

The output of the multistage median filter is defined as follows:

$$Y_{MLM}(n_1, n_2) = \text{median}\left[Y_{\max(n_1,n_2)}, Y_{\min(n_1,n_2)}, a(n_1, n_2)\right] \quad (5)$$

Where

$$Y_{\max(n_1,n_2)} = \max[Z_i(n_1, n_2)] \quad (6)$$

$$Y_{\min(n_1,n_2)} = \min[Z_i(n_1, n_2)] \quad (7)$$

$$Z_i(n_1, n_2) = \text{median}\left[a(x, y) \in W_i[n_1, n_2]\right];\ i = 1, 2, 3, 4 \quad (8)$$

The median [...] in Eqs. (5) and (8) refers to the 1D median filter.

At point (n_1, n_2), the median values of the four windows are first compared. Then, the maximum and minimum of these values are selected. The final output is the median of the selected maximum, minimum, and the central value at point (n_1, n_2) (Liu et al., 2006). Given that random noise typically includes singular values and that the multistage median filter is effective at removing such values, this filter eliminates noise from seismic data by selecting an appropriate window.

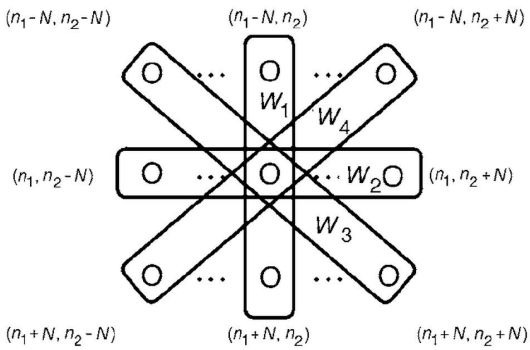


Fig. 1. Display of fundamental 2D median filter subwindows (Wang, 1992).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]

Synthetic data can be used to demonstrate how to choose the window size. The tendency of the method to damage the signal while reducing the noise can be minimized by optimizing window size and by applying two passes with modest-sized windows as opposed to a single pass with a larger window. We use numerical examples with synthetic and field data to demonstrate the merits of the multistage median filter. In this article we add 10 percent random noise to the synthetic data. This noise is randomly distributed with zero mean, and the direction of the survey line is independent of the signal. The noise peak is 4 times larger than the maximum value of the reflected waves. Although this intensity is not normally present, we use it to analyze the characteristics of the MLM.First, we apply MLM with filter windows ranging from 3 to 27 points to process. Then for each window we plot the absolute sum of the differences between the fiftieth trace of the input data and the output of the MLM filter for that same trace. Hereafter this ratio is referred to as the error ratio. The error ratio does not always decrease as the filter window is broadened but reaches the minimum at nine points and then asymptotically increases with continued broadening. When the filter window reaches nine points, continuing to broaden the filter window destroys the waveform of useful information and thus increases the error ratio. After the filtering, most of the random noise is eliminated and the reflected waves are recovered. But, at the same time, there is still some random noise that reduces the energy level of the useful information.

To use the filter more effectively, we apply the second MLM. After the first MLM processing, the noise density decreases, so the filter window of the second MLM should be properly adjusted to balance the demand of reduced error ratio and waveform preservation. We choose the second MLM with a seven-points filter window and apply it to the result of first MLM. Results of using the method on prestack and poststack real data demonstrate that the method is effective at both stages. We apply MLM with 7 points filter window length to the prestack data set and analyze the different record and amplitude spectrum of record. For poststack data we apply MLM with 5 points. We also compare the results by analyzing their spectra before and after apply MLM. We will show that MLM can perform well on both weak and strong random noise.

Conclusions

The 2D multistage median filter is one of the most effective methods for attenuating random spike-like noise. This filter has a strong ability to attenuate high frequency random noise, which is confirmed by comparing the amplitude spectrum plots for synthetic and real data before and after applying the filter. By applying the 2D multistage median filter to synthetic data, it was observed that in addition to attenuating random noise, the filter also changes the shape of the signal. Since noise density has a significant effect on the selection of the filter window, an appropriate filter length should be selected for optimal application to synthetic data, using the error ratio diagram as a guide. One of the disadvantages of the filter is that the error ratio diagram becomes ineffective because the noise in real data cannot be assumed to have a perfect zero mean. However, experimental tests have shown that a 2D median filter with a window length between 5 and 11 points is optimal for real data (Liu et al., 2006).Since part of the random noise is reduced through stacking, the poststack data contains less noise. As a result, a median filter with a shorter window length is applied to poststack data compared to prestack data. Indeed, the density of random noise in both prestack and poststack data is not significant enough to clearly reveal the filter's effect. In this study, a median filter with a window length of 7 points was applied to the prestack real data, while a median filter with a window length of 5 points was applied to the poststack real data. With respect to both the shape and amplitude spectrum of the real data before and after filter application, Improvements in the continuity of seismic

events, the clarity of reflected wave information and an overall increase in the signal-to-noise ratio were observed in both the shape and amplitude spectrum of the real data before and after filter application.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]

نشریه زمین شناسی مهندسی
Journal home page https://jeg.khu.ac.ir
دانشگاه خوارزمی
دسترسی آزاد
شاپا الکترونیکی ۲۹۸۱-۱۶۰۰

کاربرد فیلتر میانی چند مرحله‌ای دو بعدی در کاهش نوفه تصادفی لرزه‌ای

بهرنگ فیض آقایی[۱]، احسان پگاه[۲] ✉

۱. کارشناسی ارشد ژئوفیزیک – لرزه‌شناسی، شرکت انرژی دانا – خدمات ژئوفیزیک، تهران، ایران. رایانامه: aghaei.behrang@danaenergy.com
۲. استادیار، گروه زمین‌شناسی کاربردی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: e.pegah@khu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱

کلیدواژه‌ها:
نوفه تصادفی، داده‌های لرزه‌ای، تضعیف نوفه تصادفی اسپایکی شکل، فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای.

چکیده

تضعیف نوفه تصادفی همواره یکی از موضوعات مهم در فرایند پردازش داده‌های لرزه‌ای بوده است. استفاده از فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای یکی از مؤثرترین روش‌های کاهش نوفه تصادفی است. این فیلتر با اعمال فیلترهای میانی یک بعدی در چندین جهت و انتخاب یک مقدار خروجی که به مرکز پنجره دو بعدی نسبت داده می‌شود، بر روی داده‌های لرزه‌ای اجرا می‌گردد. در این مطالعه، با اعمال فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای به داده‌های مصنوعی و واقعی، نشان داده خواهد شد که نوفه‌های تصادفی اسپایکی شکل در دو مجموعه از داده‌های پیش و پس از برانبارش به خوبی تضعیف می‌شوند. همچنین بر مبنای تحلیل طیفی، اثبات می‌گردد که این فیلتر از توانایی بالایی در کاهش نوفه‌های تصادفی فرکانس بالا برخوردار است. در این مطالعه، فیلتر میانی دو بعدی به داده مصنوعی دارای نوفه تصادفی با چگالی ۱۰ درصد اعمال شده است. از آنجا که با افزایش طول فیلتر علاوه بر تضعیف نوفه تصادفی، به سیگنال مفید نیز آسیب می‌رسد، بنابراین به دست آوردن طول مناسب برای اعمال این فیلتر امری حیاتی است. برای داده مصنوعی، با استفاده از نمودار نسبت خطا، نشان داده خواهد شد که اعمال فیلترهایی با طول ۹ و ۷ نقطه در دو مرحله متوالی مناسب می‌باشد. همچنین فیلتر میانی با طول ۷ نقطه به داده واقعی پیش از برانبارش و فیلتر میانی با طول ۵ نقطه به داده واقعی پس از برانبارش اعمال شده است. از بررسی رکورد تفاوت، مقطع تفاوت و همچنین تحلیل طیفی، تأثیر این فیلتر و کارایی آن ارزیابی می‌شود.

مقدمه

استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی لرزه‌ای در انواع اکتشافات و پی‌جویی‌های زیرسطحی، همواره به عنوان یکی از ابزارهای ارزشمند در علوم و مطالعات مهندسی زمین مورد تأکید قرار گرفته است (Pegah et al., 2021, 2022, 2024; Talaee et al., 2024). در این بین، سیگنال‌های لرزه‌ای گردآوری شده غالباً توأم با انواع گوناگونی از نوفه می‌باشند که موجبات خطا و عدم دست‌یابی شفاف به اهداف مدنظر را فراهم می‌آورند. از این رو، شناسایی دقیق و نهایتاً حذف حداکثری آن‌ها از مقاطع و رکوردهای لرزه‌ای، از الزامات موجود در مسیر پردازش و تحلیل چنین داده‌هایی می‌باشد (Li et al., 2000; Pegah and Liu, 2020; Pegah et al., 2016; Wang, 2000; Zhang and Ulrych, 2003). نوفه‌ی تصادفی نوعی نوفه‌ی ناهمدوس است که نه تنها قابل پیش‌بینی نیست، بلکه برخی ویژگی‌های آماری را نیز دارد. این نوفه‌ها نسبت سیگنال به نوفه (S/N) را پایین می‌آورند و سبب کاهش صحت تصحیحات دینامیکی و استاتیکی می‌شوند. همچنین بر عملکرد الگوریتم‌های پردازش نیز تأثیر نامطلوب می‌گذارند و بدین ترتیب از کیفیت داده‌های نهایی و مقطع لرزه‌ای می‌کاهند. نسبت سیگنال به نوفه برابر نسبت انرژی سیگنال در بخش معینی از نگاشت به کل انرژی نوفه در همان بخش است. اگر چند نوفه‌ی تصادفی را با هم جمع کنیم، به علت اختلاف فاز بین آن‌ها، مقداری از آن‌ها حذف می‌شوند. اگر نوفه‌ها واقعاً تصادفی باشند، جمع دامنه n نوفه‌ی تصادفی متناسب با $\sqrt{n}$ است در حالی که جمع دامنه n سیگنال همدوس و

استناد: فیض آقایی، ب.، پگاه، ا. (۱۴۰۳). کاربرد فیلتر میانی چند مرحله‌ای دو بعدی در کاهش نوفه تصادفی لرزه‌ای. مجله زمین شناسی مهندسی، ۱۸ (۳)، ۴۱۱-۴۳۶.
https://doi.org/10.22034/JEG.2024.18.3.1019163

ناشر: دانشگاه خوارزمی.
© نویسندگان.
CC BY NC

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

هم‌فاز متناسب با n خواهد بود به طوری که نسبت سیگنال به نوفه، $\sqrt{n}$ بار افزایش می‌یابد (Sheriff and Geldart, 1995).

تاکنون روش‌های مختلفی برای افزایش نسبت سیگنال به نوفه معرفی شده‌اند. به غیر از روش مرسوم که از ویژگی‌های لرزه‌نگاری بازتابی عمق مشترک است، تبدیل کارهونن-لوو (Al-Yahya, 1991; Hemon and Mace, 1978; Jones and Levy, 1987)، روش تجزیه به مقدار تکین (Ulrych et al., 1999) و غیره به طرق مختلف به کار گرفته شده‌اند. در سال‌های اخیر روش‌های نوینی در زمینه‌ی تضعیف نوفه‌های تصادفی پیشنهاد شده است. فیلتر پیش‌گویی غیر علّی به منظور تضعیف نوفه‌های تصادفی (Gulunay, 2000)، تحلیل تریس مختلط به منظور حذف نوفه‌ی تصادفی در داده‌های لرزه‌ای با فولد کم (Karsli et al., 2006)، و همین‌طور برخی روش‌های تبدیل از جمله تبدیل سایزلت (Fomel, 2006; Fomel and Liu, 2008)، و تبدیل کرولت (Neelamani et al., 2008) نمونه‌ای از این روش‌ها است.

فیلتر میانی چند مرحله‌ای دو بعدی با اعمال چندین فیلتر میانی یک بعدی در جهت‌های مختلف و انتخاب یک مقدار خروجی که به مرکز پنجره‌ی دو بعدی نسبت داده می‌شود صورت می‌گیرد (Liu et al., 2006). با بهینه کردن ابعاد پنجره و با به کارگیری دو پنجره با معبری دارای ابعاد نسبتاً مناسب به جای استفاده از یک پنجره‌ی با معبر بزرگ‌تر می‌توان اثرات آسیب به سیگنال را در هنگام تضعیف نوفه کاهش داد. لازم به ذکر است که عملکرد این فیلتر به ابعاد پنجره‌ی انتخاب شده و همین‌طور مقدار نوفه درون پنجره بستگی دارد به طوری که چگالی نوفه اثر مهمی بر انتخاب طول پنجره‌ی این فیلتر دارد. این فیلتر نوفه تصادفی اسپایکی شکل فرکانس بالا را در داده‌های پیش از برانبارش و پس از برانبارش به طور مؤثری کاهش می‌دهد و پیوستگی رویدادهای لرزه‌ای را بهبود می‌بخشد (Liu et al., 2006). همچنین آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که معمولاً برای داده‌های واقعی، فیلتر میانی دو بعدی با طول بین ۵ تا ۱۱ نقطه مناسب می‌باشد (Liu et al., 2006). لازم به ذکر است، از آنجا که با افزایش طول فیلتر، سطح تضعیف نوفه‌های تصادفی نیز افزایش می‌یابد، اما باید توجه داشت که این امر باعث آسیب به داده‌های مطلوب لرزه‌ای نیز خواهد شد. بنابراین، طول بهینه باید به گونه‌ای انتخاب گردد که همزمان شرایط تضعیف حداکثری نوفه‌های تصادفی و متعاقباً حفظ حداکثری داده‌های مطلوب لرزه‌ای فراهم گردد. این امر به نوبه خود مستلزم بررسی و تحلیل داده‌های موردی به صورت خاص می‌باشد و احتمال تغییر آن بسته به شرایط و ویژگی‌های ذاتی داده‌ها وجود دارد. از این رو، بازه فوق‌الذکر، یک پیشنهاد کلی بوده که صرفاً بر مبنای مطالعات انجام شده توسط لیو و همکاران (Liu et al., 2006) بر روی مجموعه‌ای از انواع داده‌های لرزه‌ای ارائه شده است. در این مطالعه فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای بر داده‌های مصنوعی و واقعی اعمال شده است و با استفاده از تحلیل طیفی، اثر فیلتر بررسی شده است. همچنین در مورد انتخاب طول مناسب فیلتر و مزیت‌های این فیلتر نیز بحث می‌گردد.

مبانی نظری

فرض کنید که $a(x , y)$ یک سیگنال دو بعدی است. برای یک پنجره‌ی فیلتر با ابعاد $(2N+1) \times (2N+1)$ که نقطه‌ی وسط آن (n_1 , n_2) می‌باشد، زیر پنجره‌های بنیادی، مطابق شکل ۱، به صورت روابط (۱) تا (۴) تعریف می‌شوند (Wang, 1992):

$$W_1[n_1, n_2] = a(n_1 + k, n_2);\ -N \le k \le N \quad (۱)$$
$$W_2[n_1, n_2] = a(n_1, n_2 + k);\ -N \le k \le N \quad (۲)$$
$$W_3[n_1, n_2] = a(n_1 + k, n_2 + k);\ -N \le k \le N \quad (۳)$$
$$W_4[n_1, n_2] = a(n_1 - k, n_2 - k);\ -N \le k \le N \quad (۴)$$

خروجی فیلتر میانی چند مرحله‌ای به صورت رابطه (۵) در نظر گرفته می‌شود (Liu et al., 2006):

$$Y_{MLM}(n_1, n_2) = \text{median}\left[Y_{max(n_1,n_2)}, Y_{min(n_1,n_2)}, a(n_1, n_2)\right] \quad (۵)$$

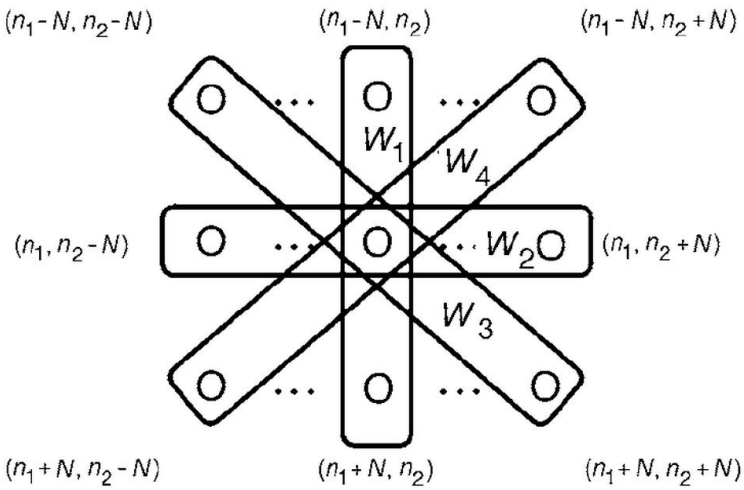
که در آن

$$Y_{max(n_1,n_2)} = \max[Z_i(n_1, n_2)] \quad (۶)$$

$$Y_{min(n_1,n_2)} = \min[Z_i(n_1, n_2)] \quad (۷)$$

$$Z_i(n_1, n_2) = \text{median}\left[a(x, y) \in W_i[n_1, n_2]\right]; i = 1, 2, 3, 4 \quad (۸)$$

عبارت median [...] در روابط (۵) و (۸) فیلتر میانی یک بعدی می‌باشد.



شکل ۱- نمایش زیر پنجره‌های اساسی فیلتر میانی دو بعدی (Wang, 1992)

Fig. 1. Display of fundamental 2D median filter subwindows (Wang, 1992)

تحلیل مشخصه

در نقطه‌ی (n_1 , n_2) ابتدا مقادیر میانی برای هر کدام از چهار پنجره مقایسه می‌شوند. سپس بیشینه و کمینه‌ی آن مقادیر میانی انتخاب می‌شوند. خروجی نهایی مقدار میانی بیشینه‌های انتخاب شده، کمینه‌های انتخاب شده و مقدار مرکزی اصلی در نقطه‌ی (n_1 , n_2) می‌باشد (Liu et al., 2006). با توجه به این که نوفه‌ی تصادفی معمولاً در واقعیت شامل مقادیر منفرد است و از آنجایی که فیلتر میانی چند مرحله‌ای توانایی خوبی برای حذف مقادیر منفرد دارد (Liu et al., 2006)، این فیلتر با انتخاب پنجره‌ی مناسب تقریباً این نوفه را از داده‌های لرزه‌ای حذف می‌کند.

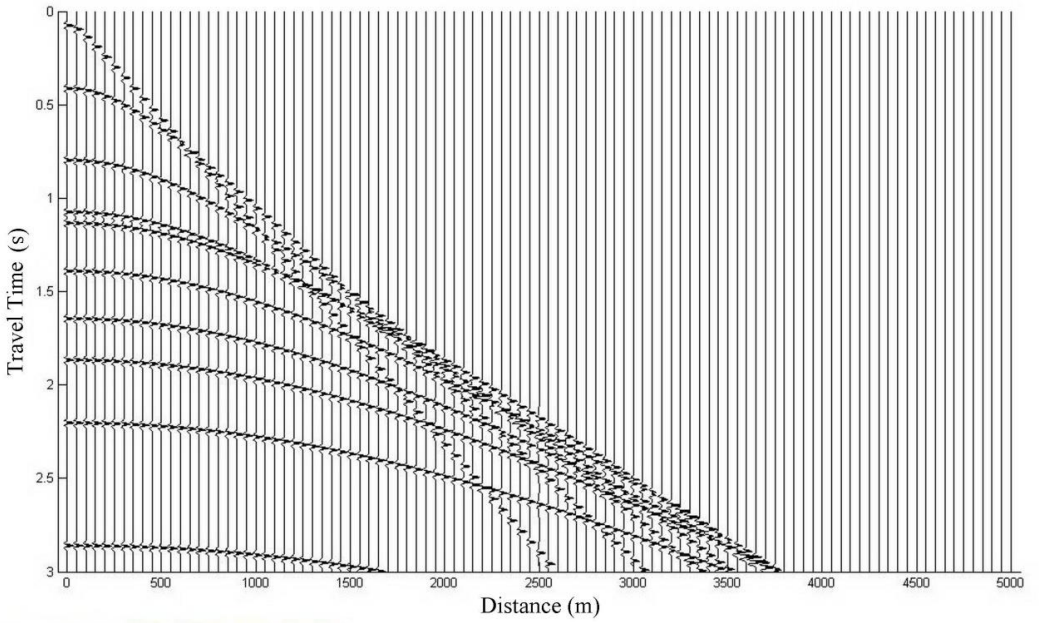
در این مطالعه چگالی نوفه به عنوان بخشی از نمونه داده‌هایی که حاوی نوفه هستند، تعریف شده است. بنابراین اگر چگالی نوفه کم باشد، با انتخاب پنجره کوچک نوفه‌های تصادفی حذف می‌شوند. اگر در این حالت پنجره‌ای بزرگ انتخاب شود، نوفه‌ی تصادفی حذف می‌شود امّا فیلتر میانی چند مرحله‌ای به داده‌های لرزه‌ای مفید نیز آسیب می‌رساند (Liu et al., 2006). اگر چگالی نوفه از حد خاصی بیشتر شود، گسترش دادن پنجره‌ی فیلتر، تأثیری نخواهد داشت زیرا نوفه‌های تصادفی از حالت منفرد خارج می‌شوند. بنابراین برای پردازش با فیلتر میانی چند مرحله‌ای به منظور تضعیف نوفه‌ی تصادفی، چگالی نوفه‌ی تصادفی نباید بیشتر از حد خاصی باشد (Liu et al., 2006).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

اعمال فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای بر داده‌های مصنوعی

داده‌ی مصنوعی ساخته شده با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، پیش از اضافه کردن نوفه اسپایکی تصادفی در شکل ۲ قابل مشاهده است. برای ساخت این داده از مدل ضخامت و سرعت جدول ۱ استفاده شده است که با استفاده از این مدل، یک رکورد لرزه‌ای چشمه مشترک مصنوعی ساخته شده است. زمان نمونه‌برداری ۱ میلی ثانیه و فاصله‌ی بین گیرنده‌های متوالی ۵۰ متر انتخاب شده است. لازم به ذکر است که در ساختن این رکورد مصنوعی هیچ‌گونه تضعیف انرژی و یا تغییر دامنه در مقابل دور افت در نظر گرفته نشده است.



شکل ۲. رکورد لرزه‌ای چشمه مشترک مصنوعی ساخته شده با استفاده از مدل سرعت و ضخامت جدول ۱. در این رکورد مصنوعی که با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است و در آن ۱۰۰ رد لرزه به فاصله‌ی ۵۰ متر از یکدیگر قرار دارند، زمان نمونه‌برداری ۲ میلی ثانیه می‌باشد

Fig. 2. A synthetic common source point seismic record generated using velocity and thickness model in Table 1. This record was produced by MATLAB containing 100 traces with sequential spacing 50 m and sampling time 2 ms

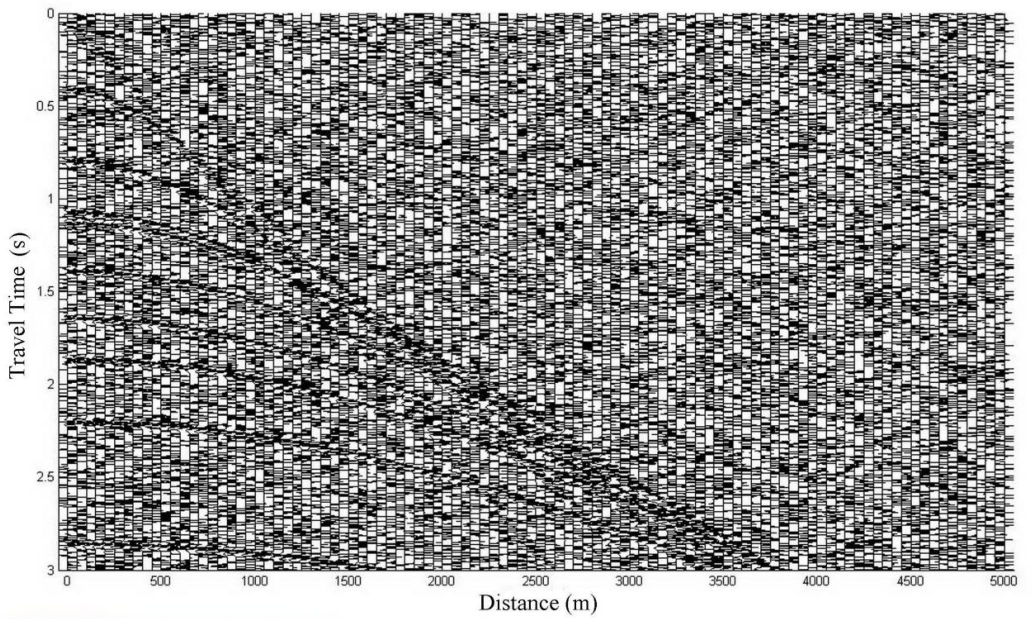
جدول ۱. مدل سرعت موج تراکمی و ضخامت برای ساخت داده‌ی مصنوعی

Table 1. The model of compressional wave velocity and thickness for synthetic data production

Layer thickness (m)	65	360	500	425	170	455	480	535	790	1485
Layer velocity (m/s)	1725	2395	2845	3085	3365	3630	3850	4740	5255	5935

در شکل ۳ به رکورد چشمه مشترک (شکل ۲) نوفه‌ی تصادفی اسپایکی اضافه شده است. چگالی این نوفه ۱۰ درصد می‌باشد و بیشترین دامنه‌ی آن ۴ برابر بیشترین دامنه‌ی موج بازتابی است. با توجه به اینکه نوفه تصادفی اسپایکی با این شدت در واقعیت به ندرت دیده می‌شود، اما به منظور بررسی کارایی فیلتر میانی دو بعدی چند

مرحله‌ای، به داده مصنوعی اعمال شده است. لازم به ذکر است که نوفه‌های تصادفی اضافه شده به شکل ۲ در هر رد لرزه و در نتیجه در تمام رکوردهای چشمه مشترک مصنوعی دارای میانگین صفر می‌باشند. به منظور تضعیف نوفه‌ی تصادفی اسپایکی به طوری که کمترین آسیب به سیگنال مورد نظر برسد، در هنگام به کارگیری فیلتر میانی دو بعدی باید طول پنجره‌ی مناسب برای این فیلتر انتخاب شود (Liu et al., 2006). بدین منظور لازم است از منحنی نسبت خطا استفاده شود. بدین معنی که ابتدا نقطه کمینه بر روی این نمودار (نقطه دارای حداقل مقدار نسبت خطا) مشخص شده و سپس طول متناظر با این نقطه بر روی محور افقی به عنوان طول بهینه برای پنجره فیلتر انتخاب می‌گردد. برای رسم این منحنی طول‌های مختلفی به پنجره‌ی فیلتر نسبت داده می‌شود و ملاحظه می‌شود که نسبت خطا با افزایش طول پنجره فیلتر همواره کاهش نمی‌یابد، بلکه در یک نقطه به کمترین مقدار خود می‌رسد و پس از آن مجدداً افزایش می‌یابد. به منظور به دست آوردن این منحنی ابتدا به مدل نوفه‌دار شکل ۳، فیلتر میانی دو بعدی با طول پنجره‌ی ۳ تا ۲۷ نقطه اعمال شده است. پس از اعمال فیلتر میانی با هر کدام از طول‌های نوشته شده، مقدار مطلق مجموع تفاضل‌های (The absolute some of the differences) بین رد لرزه‌ی پنجاهم شکل ۳ و همین رد لرزه در خروجی فیلتر میانی محاسبه شد. انتخاب طول مناسب فیلتر میانی، نسبت خطای کمتری را نتیجه می‌دهد زیرا این اختلاف، نشان‌دهنده‌ی بخشی از ورودی فیلتر میانی است که در خروجی آن وجود ندارد (Liu et al., 2006).

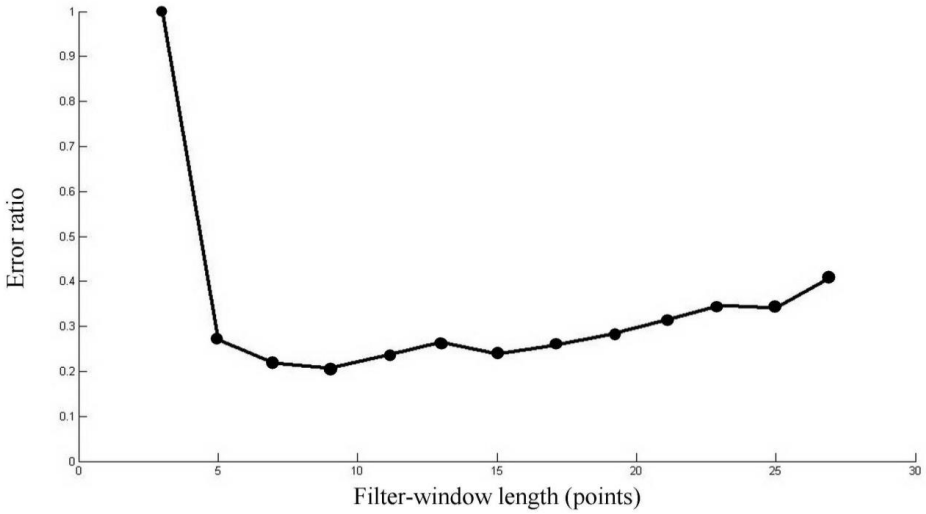


شکل ۳. رکورد لرزه‌ای چشمه مشترک مصنوعی شکل ۲ که به آن نوفه تصادفی اسپایکی شکل با چگالی ۱۰ درصد اضافه شده است. در این رکورد مصنوعی که با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است، بیشترین دامنه‌ی نوفه چهار برابر بیشترین دامنه‌ی موج بازتابی می‌باشد

Fig. 3. The synthetic common source point seismic record shown in Fig. 2 by adding spiky random noise with 10% density. In this record that was produced by MATLAB, the maximum amplitude of noise is four times of maximum amplitude of reflection wave

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

در شکل ۴ نسبت خطا به عنوان تابعی از طول پنجره‌ی فیلتر، برای رد لرزه‌ی پنجاهم رسم شده است. ملاحظه می‌شود که نسبت خطا برای فیلتر میانی با طول ۹ نقطه کمترین مقدار را نشان می‌دهد. این بدان معناست که فیلتر میانی دو بعدی با طول ۹ نقطه در عین حال که نوفه‌ی تصادفی موجود در شکل ۳ را تضعیف می‌کند، کمترین آسیب را به سیگنال مطلوب وارد می‌آورد. در واقع اگر طول پنجره‌ی فیلتر میانی بیشتر از ۹ نقطه باشد، شکل امواج مفید آسیب بیشتری می‌بیند و نسبت خطا افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که نسبت خطا در شکل ۴ نرمالیزه شده است. با توجه به این نمودار، فیلتر میانی مناسب برای اعمال به داده‌ی مصنوعی (شکل ۳) در مرحله‌ی اوّل باید دارای ۹ نقطه باشد. بدین ترتیب علاوه بر کاهش چگالی نوفه، کمترین آسیب را به سیگنال مورد نظر می‌رساند.



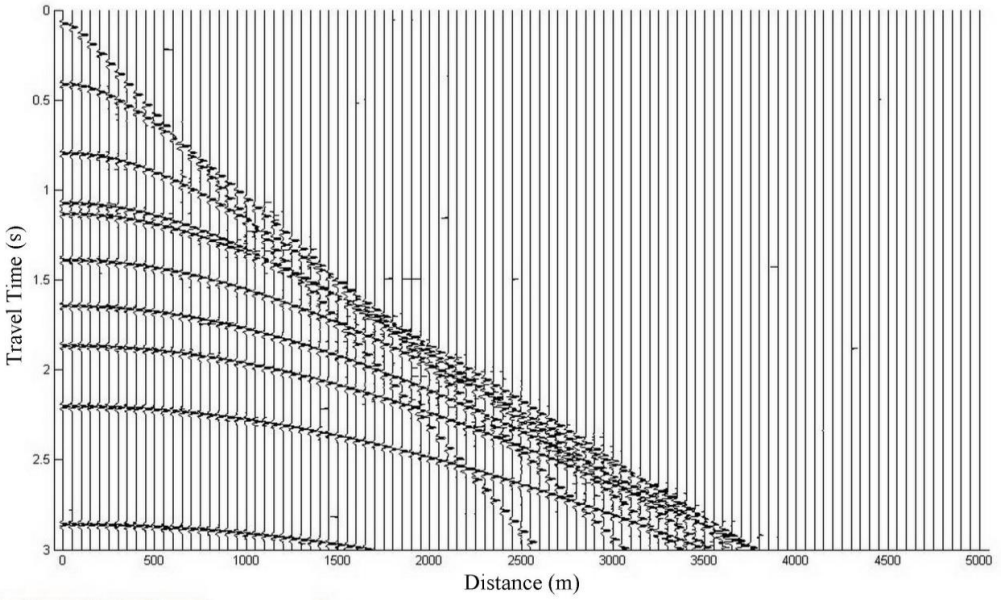
شکل ۴. نمودار نسبت خطا به عنوان تابعی از طول پنجره‌ی فیلتر که با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است. در این نمودار فیلتر میانی با طول‌های مختلفی از ۱ تا ۲۷ نقطه به رکورد چشمه مشترک مصنوعی نشان داده شده در شکل ۳ اعمال شده است. پس از اعمال فیلتر میانی، مجموع مطلق تفاضل بین رد لرزه‌ی پنجاهم خروجی فیلتر و رد لرزه‌ی پنجاهم ورودی آن به عنوان نسبت خطا در نظر گرفته شده است

Fig. 4. The diagram of error ratio as a function of filte window length generated by MATLAB. In this diagram, the median filter with different length ranging from 1 to 27 points was applied on the given seismic record in Fig. 3. Afterwards, the absolute some of the difference between the fiftieth output and input traces is considered as the error ratio

نتیجه‌ی اعمال فیلتر میانی با طول ۹ نقطه به مدل مصنوعی نوفه‌دار (شکل ۳) در شکل ۵ قابل مشاهده است. همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود بیشتر نوفه‌های تصادفی حذف و یا تضعیف شده‌اند و هذلولی‌ها بازسازی شده‌اند. اما در عین حال هنوز مقداری نوفه‌ی تصادفی اسپایکی در شکل ۵ وجود دارند که سبب کاهش تراز انرژی سیگنال‌های مفید می‌شوند. لازم به ذکر است از آنجایی که نوفه‌ی باقیمانده در شکل ۵ دارای میانگین صفر نیست، در مرحله‌ی دوم نمی‌توان از معیار نسبت خطا برای محاسبه‌ی طول بهینه‌ی فیلتر میانی استفاده نمود. علت آن است که در یک مرحله به نوفه‌ی با میانگین صفر در شکل ۳، فیلتر میانی دو بعدی اعمال شده است و نوفه‌ی باقیمانده، دیگر دارای میانگین صفر نیست و در نتیجه نمی‌توان آن را به طور کامل نوفه‌ای با ویژگی‌های نوفه‌ی تصادفی در نظر گرفت. از آنجا که نوفه‌ی باقیمانده در شکل ۵ بسیار کمتر از نوفه‌ی موجود در مدل مصنوعی نوفه‌دار شکل ۳ است،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]

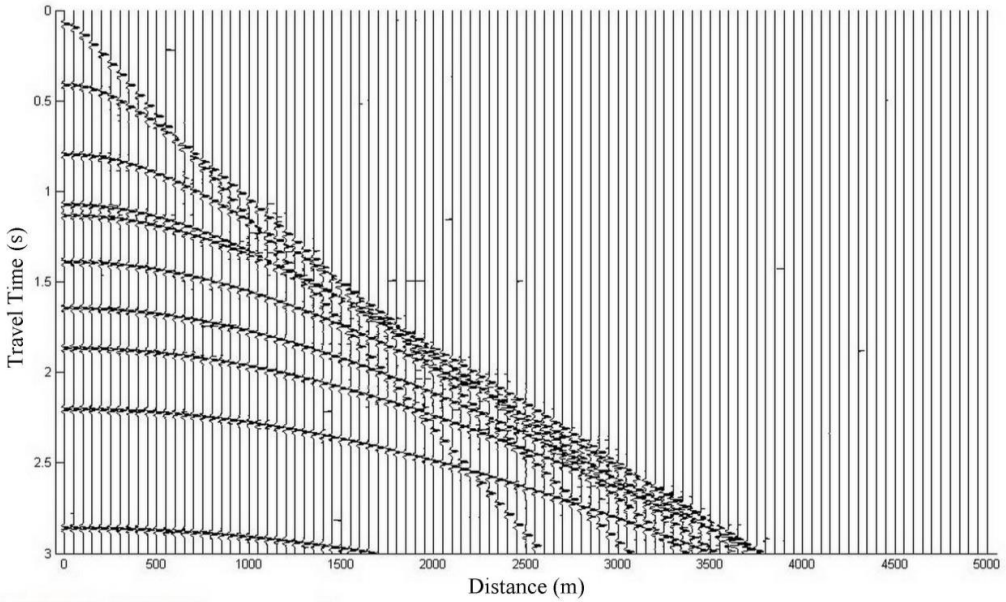
لذا در مرحله‌ی دوم باید فیلتر میانی با طول کمتر از ۹ نقطه به رکورد مصنوعی چشمه مشترک در شکل ۵ اعمال شود. با توجه به این که فیلتر میانی دو بعدی در مرحله‌ی اول اعمال این فیلتر، نوفه‌های اسپایکی شکل منفرد را به شدت تضعیف کرده است، لذا از بین گزینه‌های موجود برای طول فیلتر میانی در مرحله‌ی دوم یعنی ۳ نقطه، ۵ نقطه و ۷ نقطه می‌توان به راحتی از بیشترین مقدار برای طول فیلتر یعنی ۷ نقطه برای تضعیف نوفه‌های باقیمانده استفاده کرد، هرچند اعمال فیلتر با طول‌های دیگر نیز به نتیجه مناسب منجر می‌شوند. این امر بدین معناست که چون در اولین مرحله از اعمال فیلتر، قسمت اعظم نوفه‌ها حذف گردیده‌اند و نتیجه مطلوب به خوبی حاصل شده است، لذا در دومین مرحله از اعمال فیلتر، عملاً فرقی ندارد که فیلتر انتخابی دارای چه طولی باشد. به عبارت دیگر، با انتخاب هر یک از طول‌های ۳، ۵ یا ۷ نقطه ملاحظه خواهد شد که در عمل تفاوت چشمگیری در نتایج حاصل ایجاد نمی‌گردد. نتایج اعمال فیلتر میانی با طول ۷ نقطه در مرحله‌ی دوم به رکورد مصنوعی چشمه مشترک در شکل ۵، در شکل ۶ قابل مشاهده است. با توجه به شکل ۶ ملاحظه می‌شود در بیشتر قسمت‌های رکورد چشمه مشترک مصنوعی شکل ۳ که فقط حاوی نوفه بود ، نوفه‌ی تصادفی کاملاً حذف شده است.



شکل ۵. رکورد چشمه مشترک مصنوعی شکل ۳ پس از اعمال فیلتر میانی دو بعدی با طول ۹ نقطه که با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود هنوز مقدار کمی نوفه‌ی تصادفی در این رکورد وجود دارد

Fig. 5. The given record in Fig. 3 after application of the 2D median filter with length of 9 points generated by MATLAB. As can be seen, there still exists little random noise in this record

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]



شکل ۶. رکورد لرزه‌ای چشمه مشترک مصنوعی شکل ۵ که فیلتر میانی دو بعدی با طول ۷ نقطه به آن اعمال شده و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است

Fig. 6. The displayed record in Fig. 5 affected by a median 2D filter with 7 points, and produced by MATLAB

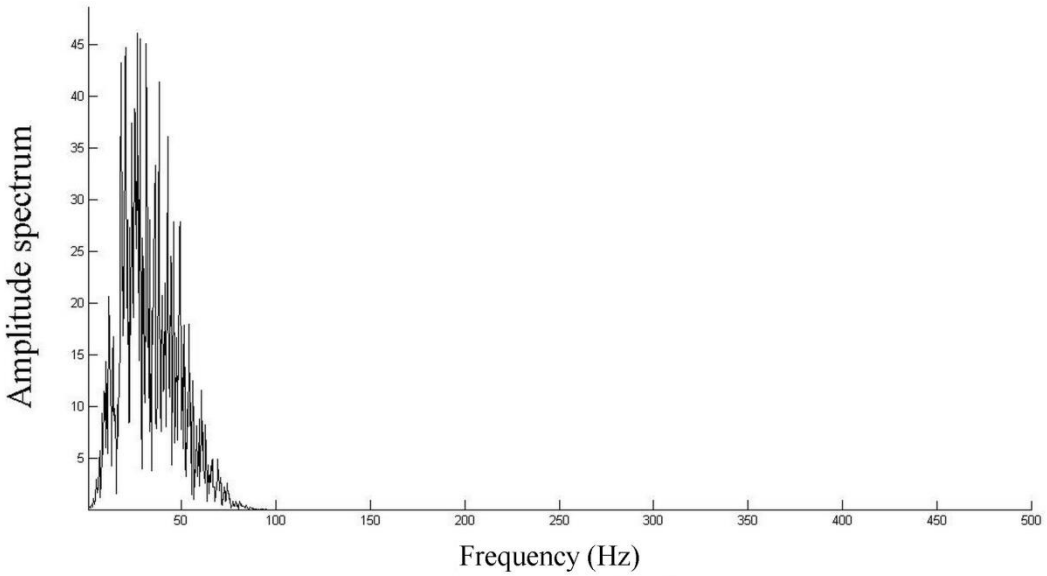
بررسی طیفی نتایج فیلتر میانی بر داده‌های مصنوعی نوفه‌دار

از بررسی طیفی می‌توان مقایسه‌ای بین حالت قبل و بعد از اعمال فیلتر انجام داد. در شکل ۷ طیف دامنه‌ی رد لرزه‌ی سی‌ام شکل ۲ نشان داده شده است. در شکل ۸ طیف دامنه‌ی همین رد لرزه برای شکل ۳ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که دامنه طیفی نوفه‌ی تصادفی در هر فرکانسی بیشتر از دامنه طیفی سیگنال مطلوب است و امواج بازتابی کاملاً با نوفه‌ها پوشیده شده‌اند. پس از پردازش داده‌ها با فیلتر میانی ۹ نقطه‌ای و سپس ۷ نقطه‌ای، مؤلفه‌های سیگنال اولیه به خوبی در باند فرکانسی غالب بازسازی شده‌اند که در شکل‌های ۹ و ۱۰ قابل مشاهده است. هرچند هنوز اثر طیفی کمی که مربوط به نوفه‌ی تصادفی است در محدوده‌ی فرکانسی بالا و پایین وجود دارد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

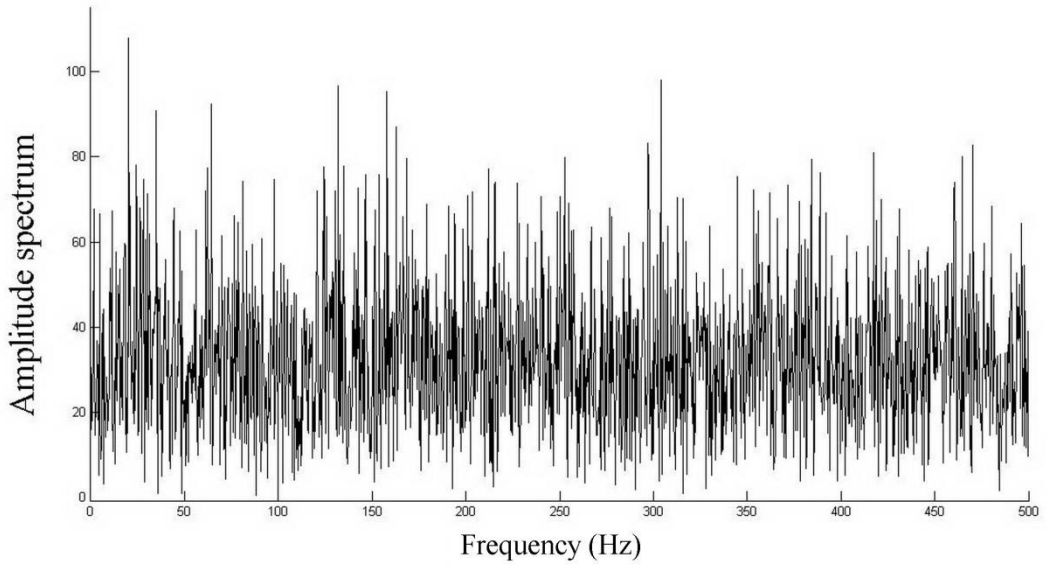
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]



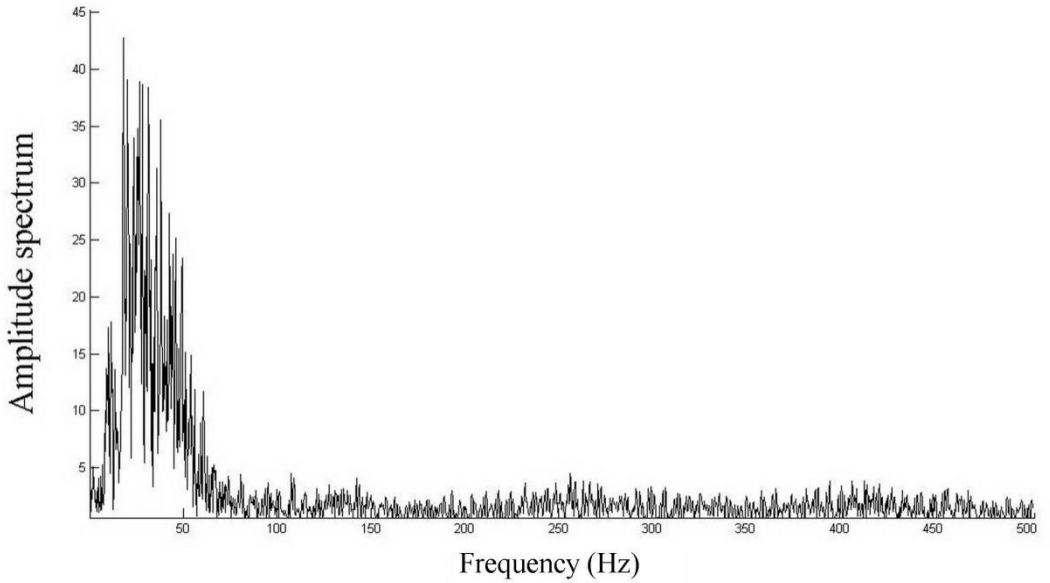
شکل ۷. طیف دامنه‌ی مربوط به رد لرزه‌ی سی‌ام شکل ۲ که هنوز نوفه‌ی تصادفی به داده‌ی مصنوعی اضافه نشده است و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است

Fig. 7. The amplitude spectrum of thirtieth trace in Fig. 2 without adding random noise, and generated by MATLAB



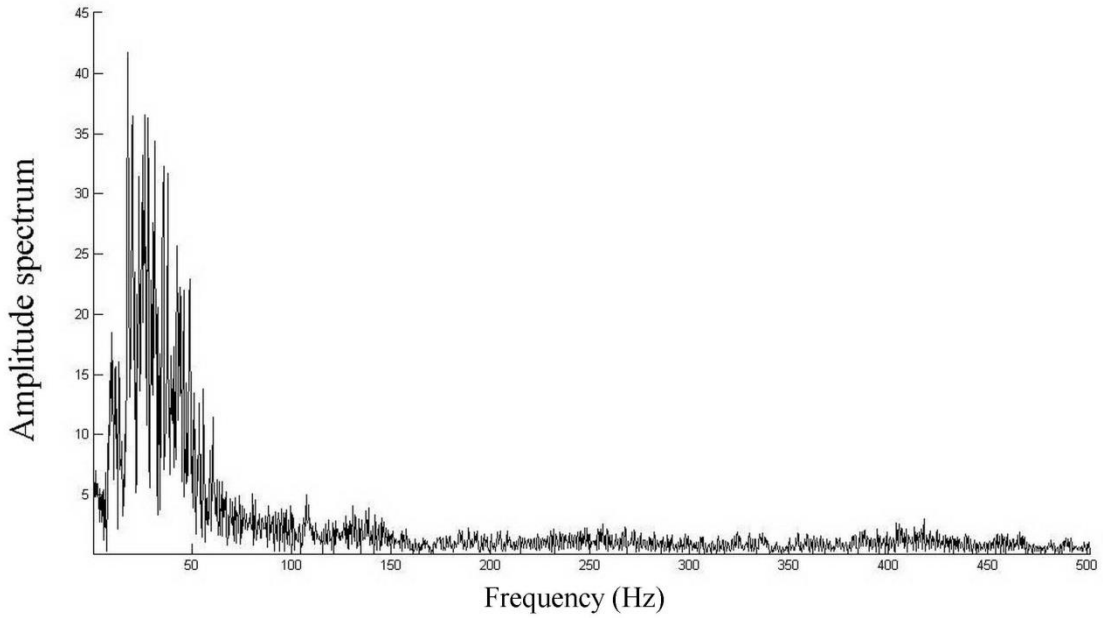
شکل ۸. طیف دامنه‌ی مربوط به رد لرزه‌ی سی‌ام شکل ۳ که نوفه‌ی تصادفی به داده‌ی مصنوعی اضافه شده است و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است

Fig. 8. The amplitude spectrum of thirtieth trace in Fig. 3 with adding random noise, and generated by MATLAB



شکل ۹. طیف دامنه مربوط به رد لرزه‌ی سی‌ام شکل ۵ که از اعمال مرحله‌ی اول فیلتر میانی دو بعدی با طول پنجره‌ی ۹ نقطه به رکورد چشمه مشترک مصنوعی نوفه‌دار نشان داده شده در شکل ۳ به دست آمده و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است

Fig. 9. The amplitude spectrum of thirtieth trace in Fig. 5 obtained from applying the first step of 2D median filter with 9 points window length on the indicated record in Fig. 3, and produced by MATLAB



شکل ۱۰. طیف دامنه‌ی مربوط به رد لرزه‌ی سی‌ام شکل ۶ که از اعمال فیلتر میانی دو بعدی با طول پنجره‌ی ۷ نقطه به رکورد چشمه مشترک مصنوعی نوفه‌دار نشان داده شده در شکل ۵ به دست آمده و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است

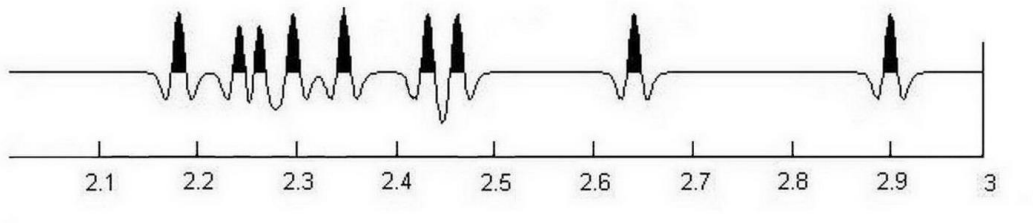
Fig. 10. The amplitude spectrum of thirtieth trace in Fig. 5 obtained from applying the first step of 2D median filter with 9 points window length on the indicated record in Fig. 3, and produced by MATLAB

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10019163]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

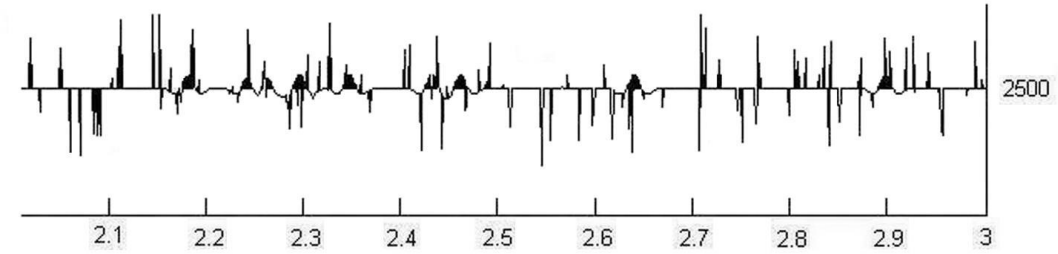
بررسی تغییر شکل رد لرزه مصنوعی نوفه‌دار پس از اعمال فیلتر میانی دو بعدی

در این بخش، یک رد لرزه پیش از اعمال نوفه، پس از اعمال نوفه و همچنین پس از اعمال فیلتر میانی مرحله‌ی اول و دوم از ۱، ۲ ثانیه تا ۳ ثانیه مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۱۱ بخشی از رد لرزه‌ی پنجاهم مربوط به شکل ۲ نشان داده شده است. در شکل ۱۲ همین رد لرزه برای شکل ۳ نشان داده شده است که به آن نوفه‌ی تصادفی اضافه شده است. لازم به ذکر است در شکل ۱۲ به دلیل بزرگ بودن دامنه‌ی نوفه، دامنه‌ی سیگنال و نوفه به نسبت یک پنجم کوچک‌تر نشان داده شده است. در شکل ۱۳ این رد لرزه برای شکل ۵ نشان داده شده است و در نهایت در شکل ۱۴ این رد لرزه برای شکل ۶ نمایش داده شده است. با توجه به شکل‌های ۱۳ و ۱۴ مشاهده می‌شود که فیلتر میانی دو بعدی به طور کلی نوفه‌های تصادفی را در جایی که هیچ سیگنالی وجود ندارد، حذف می‌کنند امّا توانایی این فیلتر در حذف نوفه در جایی که نوفه و سیگنال با یکدیگر همپوشانی دارند، کاهش می‌یابد. این نکته نیز قابل توجه است که فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای شکل امواج مفید را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عنوان نمونه پس از اعمال این فیلتر، مقدار بیشینه‌ی سیگنال مفید، کوتاه و بریده می‌شود. هر قدر این فیلتر بیشتر اعمال شود و هرچه طول آن بزرگ‌تر باشد، آسیب بیشتری به سیگنال مفید وارد می‌آورد (Liu et al., 2006).



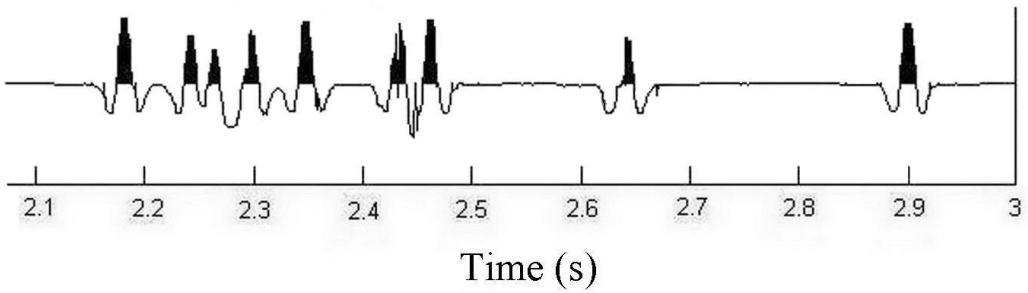
شکل ۱۱. بخشی از رد لرزه‌ی پنجاهم مربوط به شکل ۲ که هنوز نوفه‌ی تصادفی به آن اضافه نشده است و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است

Fig. 11. A part of the fiftieth trace relating to Fig. 2 without adding the random noise, and produced by MATLAB

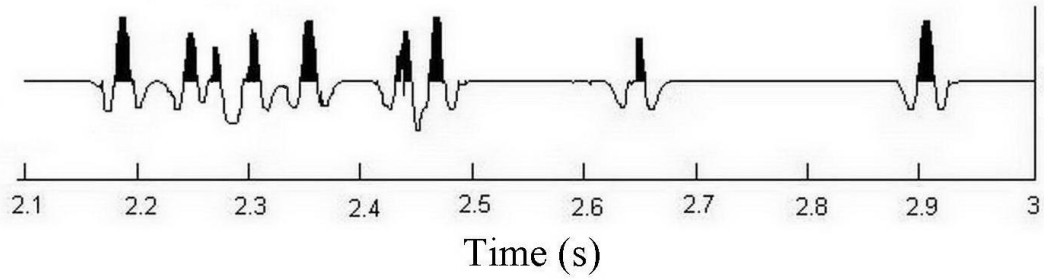


شکل ۱۲. بخشی از رد لرزه‌ی پنجاهم مربوط به شکل ۳ که از اضافه کردن نوفه‌ی تصادفی به داده‌ی مصنوعی به دست آمده است. لازم به ذکر است که مقیاس قائم این شکل یک پنجم مقیاس شکل ۱۱ می‌باشد و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است

Fig. 12. A part of the fiftieth trace relating to Fig. 3 with adding the random noise, and produced by MATLAB. Note: The scale of this figure is 1/5 of the corresponding scale in Fig. 12



شکل ۱۳. بخشی از رد لرزه‌ی پنجاهم مربوط به شکل ۶ که با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است
Fig. 13. A part of the fiftieth trace relating to Fig. 6 producing by MATLAB



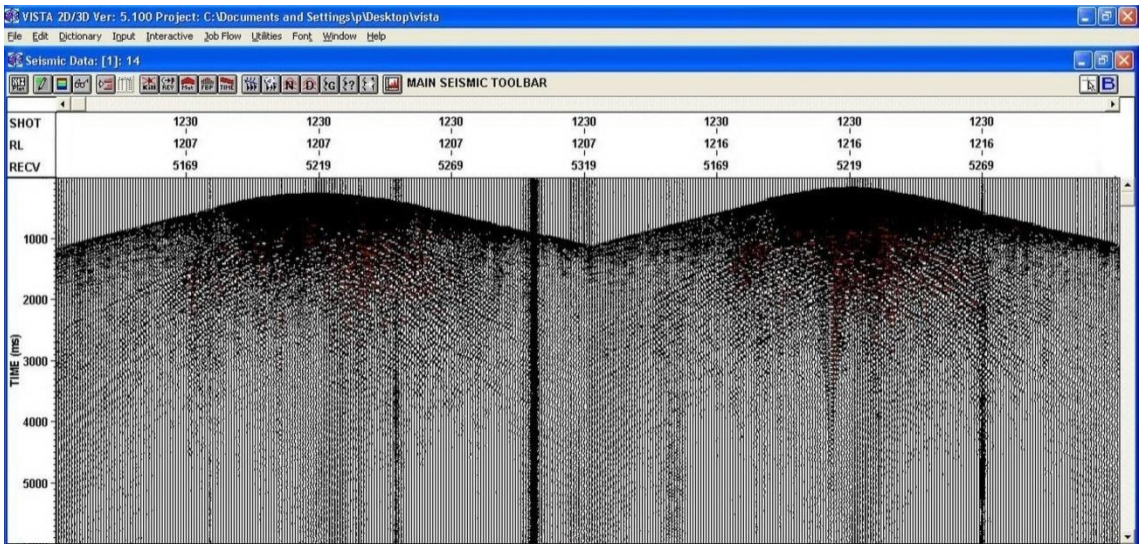
شکل ۱۴. بخشی از رد لرزه‌ی پنجاهم مربوط به شکل ۷ که با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ساخته شده است
Fig. 14. A part of the fiftieth trace relating to Fig. 6 producing by MATLAB

اعمال فیلتر میانی دو بعدی به داده‌های واقعی

اعمال فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای به داده‌ی واقعی پیش از برانبارش

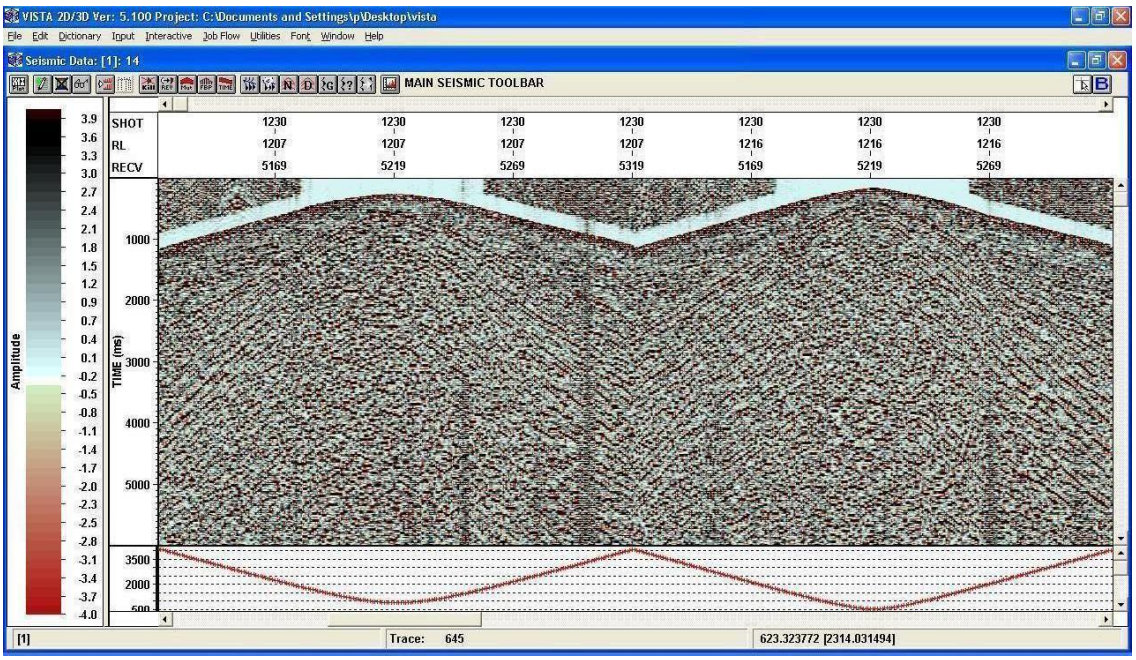
اولین داده‌ی واقعی یک داده‌ی پیش از برانبارش است که بخشی از آن در شکل ۱۵ قابل مشاهده است. در این شکل رکورد به دست آمده از دو پروفیل که در یک عملیات سه بعدی در جنوب غربی ایران به دست آمده است، دیده می‌شود. در این عملیات فاصله‌ی بین گیرنده‌ها ۴۰ متر و فاصله‌ی بین پروفیل‌ها ۳۶۰ متر می‌باشد. زمان نمونه‌برداری ۲ میلی ثانیه و طول رکورد ۶ ثانیه است. همچنین در این میدان هدف اصلی سازند سروک (Sarvak) واقع در عمق ۳۰۰۰ متر می‌باشد. شکل ۱۶ رکورد شکل ۱۵ را با تقویت AGC (Automatic Gain Control) نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در ترسیم تمامی شکل‌های این بخش، از نرم‌افزار VISTA نسخه‌ی 5.1 استفاده شده است. از آنجایی که نمی‌توان نوفه‌های تصادفی موجود در داده‌های واقعی را برای یک رد لرزه‌ای کاملاً دارای میانگین صفر در نظر گرفت، بنابراین نمی‌توان از منحنی خطا برای پیدا کردن طول مناسب فیلتر میانی دو بعدی در ردهای لرزه‌ای استفاده نمود.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]



شکل ۱۵. رکورد واقعی به دست آمده از دو خط لرزه‌نگاری که توسط یک اندازه‌گیری انجام شده در یک عملیات سه بعدی واقع در جنوب غربی ایران به دست آمده است. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA و بدون اعمال تقویت AGC نمایش داده شده است

Fig. 15. A real seismic record obtained from two seismic lines with a common shot relating to a 3D seismic operation in southwestern Iran. This record is displayed by VISTA software without AGC



شکل ۱۶. رکورد شکل ۱۵ که تقویت AGC نیز به آن داده شده است. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA نمایش داده شده است

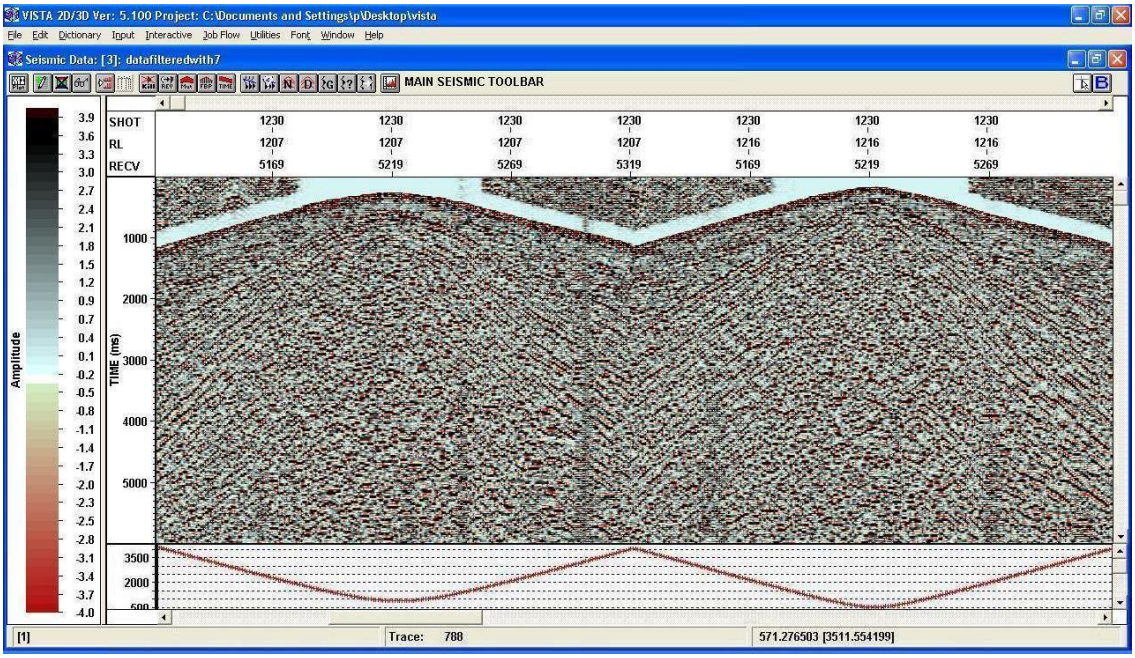
Fig. 16. A part of the fiftieth trace relating to Fig. 6 producing by MATLAB

ملاحظه می‌شود که پس از اعمال فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای، پیوستگی رویدادها و اطلاعات امواج بازتابی تا حدی بهبود پیدا می‌کند. با توجه به شکل ۱۷ می‌توان دریافت که اعمال این فیلتر همچنین سبب تأثیر محدودی بر یک نوفه اسپایکی غیر تصادفی و غیر منفرد در محدوده‌ی بین گیرنده‌ی ۵۲۶۹ تا ۵۳۱۹ در یکی از

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

پروفیل‌ها (قسمت چپ شکل ۱۶) نیز شده است. این به آن علت است که فیلتر میانی چند مرحله‌ای دو بعدی و به طور کلی فیلتر میانی، نوفه‌های اسپایکی منفرد را به طور قابل ملاحظه‌ای تضعیف می‌کند ولی برای نوفه‌های اسپایکی غیر منفرد توانایی آن به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (Liu et al., 2006).

به منظور بررسی بیشتر اثر این فیلتر بر داده‌های پیش از برانبارش، می‌توان از رکورد تفاوت استفاده کرد که اختلاف بین ورودی و خروجی فیلتر میانی دو بعدی می‌باشد. رکورد تفاوت نشان داده شده در شکل ۱۸ اختلاف بین رکورد شکل ۱۵ و رکورد شکل ۱۷ است که تقویت AGC نیز به آن اضافه شده است. به منظور نمایش بهتر، رکورد تفاوت برای یک پروفیل نمایش داده شده است. با توجه به این که در شکل ۱۸، رویدادی که به وضوح نشان‌دهنده‌ی اطلاعات مفید باشد، مشاهده نمی‌شود، بنابراین می‌توان اعمال این فیلتر را در جهت کاهش نوفه‌های تصادفی مفید دانست.

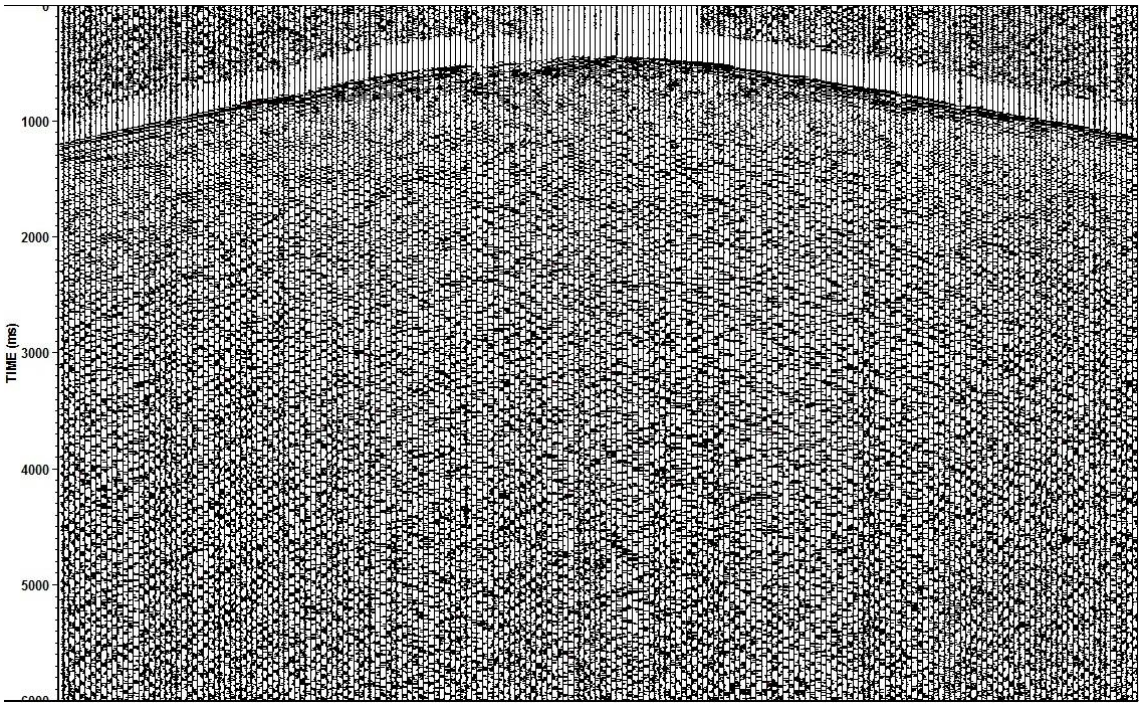


شکل ۱۷. رکورد شکل ۱۶ پس از اعمال فیلتر میانی دو بعدی با طول ۷ نقطه و تقویت AGC. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA نمایش داده شده است

Fig. 17. The represented record in Fig. 16 after applying the 2D median filter with length of 7 points and AGC. This record is displayed by VISTA software

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]



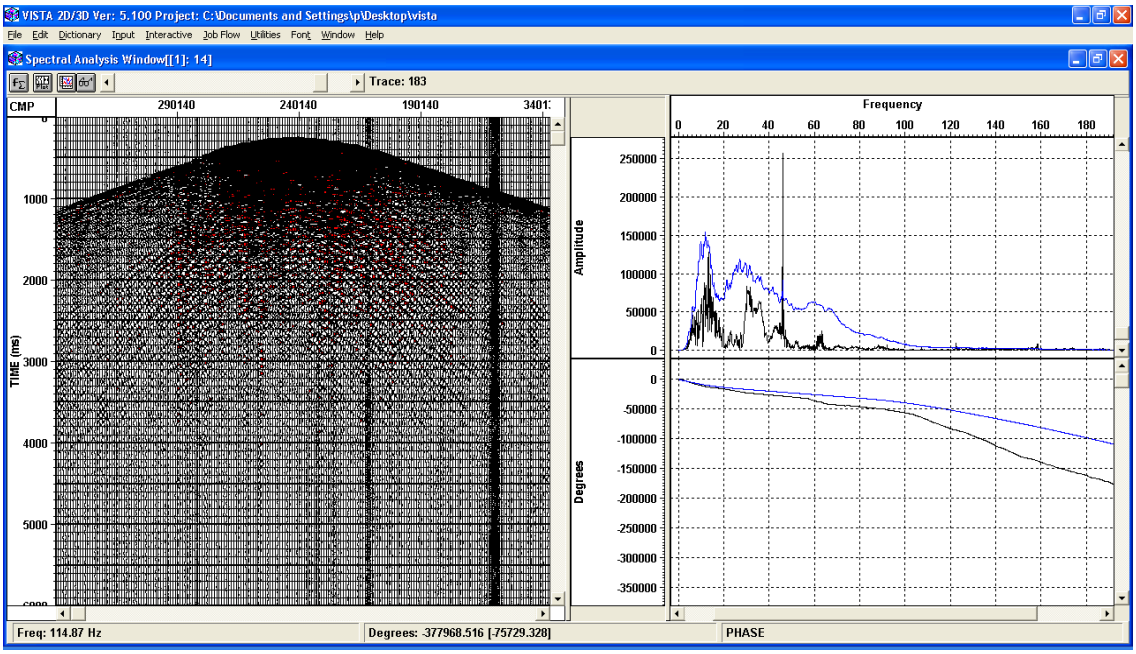
شکل ۱۸. رکورد تفاوت مربوط به یک پروفیل که از تفاوت بین رکورد شکل ۱۷ و ۱۶ به دست آمده است. این شکل با استفاده از نرم افزار VISTA نمایش داده شده است

Fig. 18. The difference record relating to a profile, which attained from the discrepancy between the given records in Figs. 16 and 17. This record is displayed by VISTA software

بررسی طیفی داده‌ی واقعی پیش از برانبارش با اعمال فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای

شکل ۱۹ بخشی از رکورد واقعی و طیف دامنه‌ی متوسط آن و همچنین طیف دامنه‌ی رد لرزه‌ی ۱۸۳ام را نشان می‌دهد. در شکل ۲۰ طیف دامنه‌ی متوسط همین رکورد و طیف دامنه‌ی رد لرزه‌ی ۱۸۳ام پس از اعمال فیلتر میانی دو بعدی با طول ۷ نقطه مشاهده می‌شود. به طوری که شکل‌های ۱۹ و ۲۰ نشان می‌دهند می‌توان دریافت که این فیلتر بیشترین تأثیر را در محدوده‌ی فرکانس‌های بالا بر رکورد گذاشته است و در نمودار طیف دامنه پس از اعمال فیلتر میانی، فرکانس‌های بالا کاهش بیشتری را نسبت به فرکانس‌های پایین نشان می‌دهند. منظور از فرکانس‌های بالا در اینجا، عمدتاً قسمت ثانویه طیف دامنه متوسط که از محدود تقریبی ۴۰ هرتز، به عنوان مقدار فرکانس آستانه، شروع می‌شود و تا مقادیر فرکانسی بالاتر ادامه می‌یابد است. این بدان علت است که تأثیر فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای بر نوفه‌های تصادفی فرکانس بالا بیشتر است (Liu et al., 2006). همچنین شکل‌های ۱۹ و ۲۰ بخشی از طیف دامنه‌ای را که به رد لرزه‌ی ۱۸۳ام مربوط است نشان می‌دهند. با توجه به این شکل‌ها، می‌توان دریافت که فیلتر میانی دو بعدی بر نوفه‌ی اسپایکی که فرکانس آن حدود ۴۶ هرتز است، تأثیر زیادی نگذاشته است؛ چون این نوفه اسپایکی، نوفه‌ای منفرد و تصادفی نیست و از ویژگی‌های آماری نوفه‌های تصادفی پیروی نمی‌کند (Liu et al., 2006). از طرفی در شکل ۲۱، طیف دامنه رکورد تفاوت نشان داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان دریافت که فیلتر میانی دو بعدی نوفه‌ی تصادفی را در محدوده فرکانسی موج بازتابی تضعیف کرده است. از طرفی

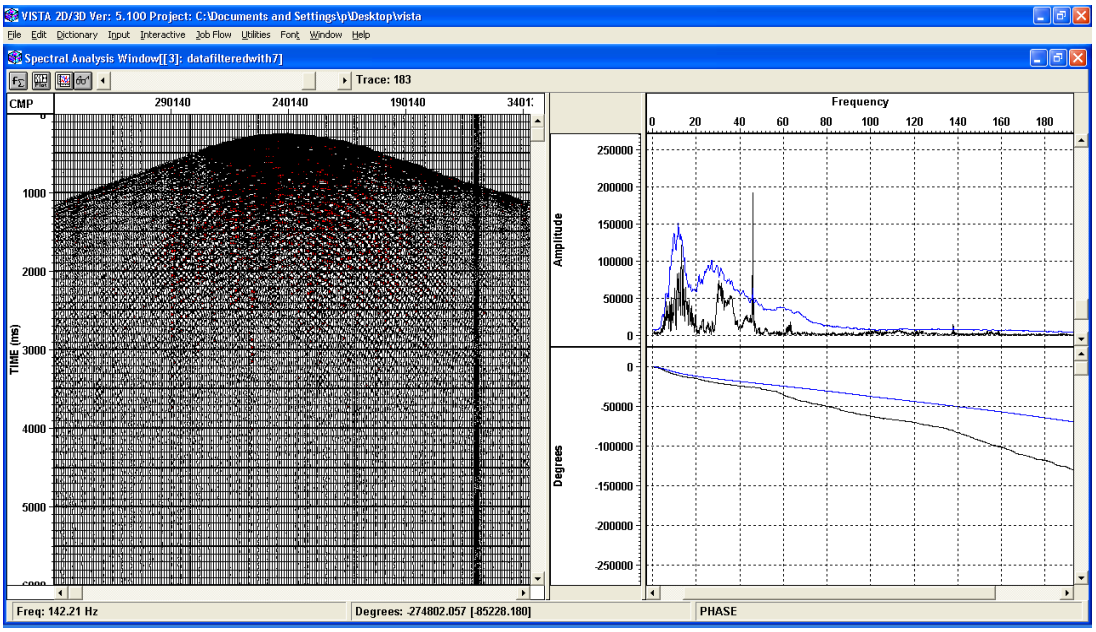
از آنجا که چگالی و شدت نوفه در این داده‌ی واقعی مانند داده‌ی مصنوعی زیاد نیست، لذا تأثیر اعمال فیلتر میانی نیز به وضوح مشهود نیست.



شکل ۱۹. سمت چپ بخشی از رکورد واقعی است و سمت راست در قسمت بالا طیف دامنه‌ی متوسط این رکورد لرزه‌ای با رنگ آبی و طیف دامنه‌ی رد لرزه‌ی ۱۸۳ام با رنگ مشکی مشاهده می‌شود. همچنین در سمت راست در قسمت پایین طیف فاز متوسط برای این رکورد لرزه‌ای و طیف فاز رد لرزه‌ی ۱۸۳ام به ترتیب با رنگ‌های آبی و مشکی قابل مشاهده است. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA نمایش داده شده است

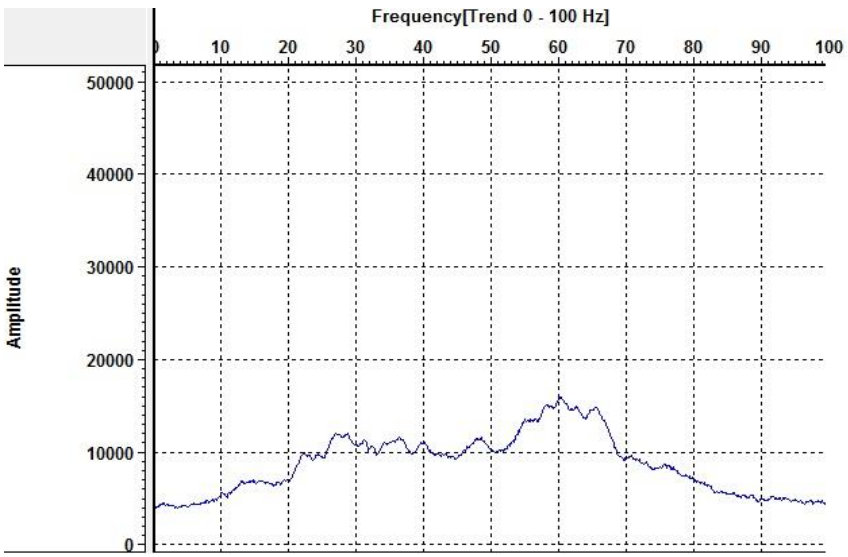
Fig. 19. The left side is a part of a real record; and at the top of the right side the corresponding average amplitude spectrum is shown via the blue curve. Likewise, the amplitude spectrum of 183rd trace is indicated via the black curve. In the bottom of the right side, the average phase specta for the record and 183rd trace are presented through blue and black curves, respectively. This image is displayed by VISTA software

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]



شکل ۲۰. سمت چپ بخشی از رکورد واقعی پس از اعمال فیلتر میانی با طول ۷ نقطه است و سمت راست در قسمت بالا طیف دامنه‌ی متوسط این رکورد لرزه‌ای با رنگ آبی و طیف دامنه‌ی رد لرزه‌ی ۱۸۳ام با رنگ مشکی مشاهده می‌شود. همچنین در سمت راست در قسمت پایین طیف فاز متوسط برای این رکورد لرزه‌ای و طیف فاز رد لرزه‌ی ۱۸۳ام به ترتیب با رنگ‌های آبی و مشکی قابل مشاهده است. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA نمایش داده شده است

Fig. 19. The left side is a part of a real record after applying the median filter with length of 7 points; and at the top of the right side the corresponding average amplitude spectrum is shown via the blue curve. Likewise, the amplitude spectrum of 183rd trace is indicated via the black curve. In the bottom of the right side, the average phase spectra for the record and 183rd trace are presented through blue and black curves, respectively. This image is displayed by VISTA software



شکل ۲۱. طیف دامنه‌ی رکورد تفاوت نشان داده شده در شکل ۱۸ که با استفاده از نرم افزار VISTA به دست آمده است

Fig. 21. The amplitude spectrum of the difference record displayed in Fig. 18 derived from VISTA software

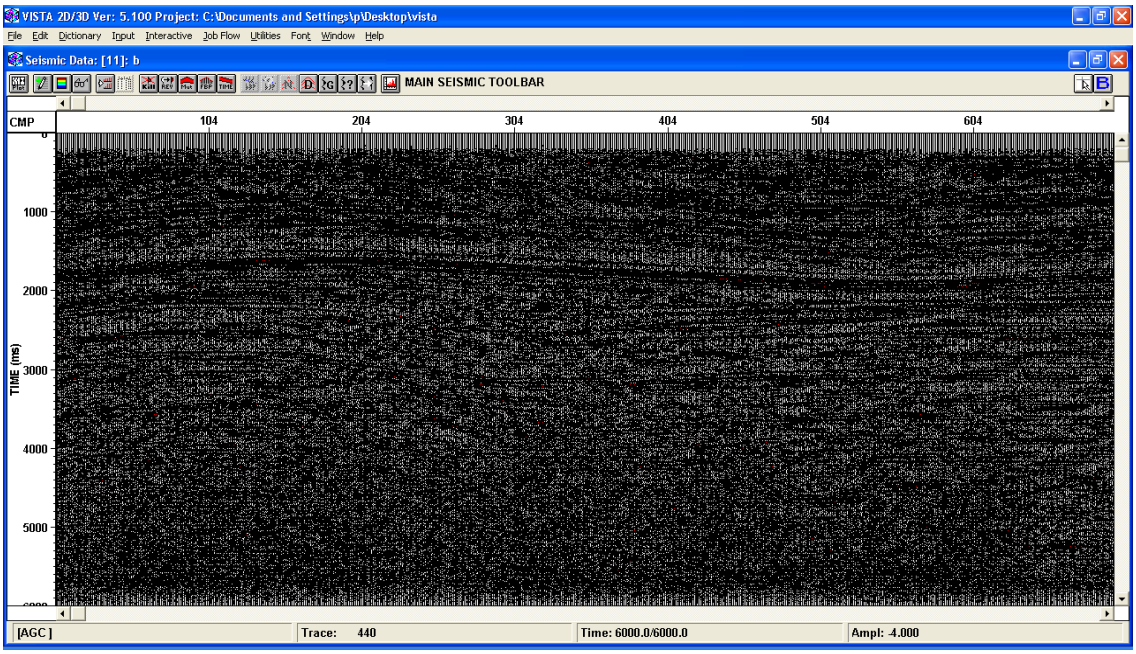
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

اثر فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای بر داده‌ی واقعی پس از برانبارش

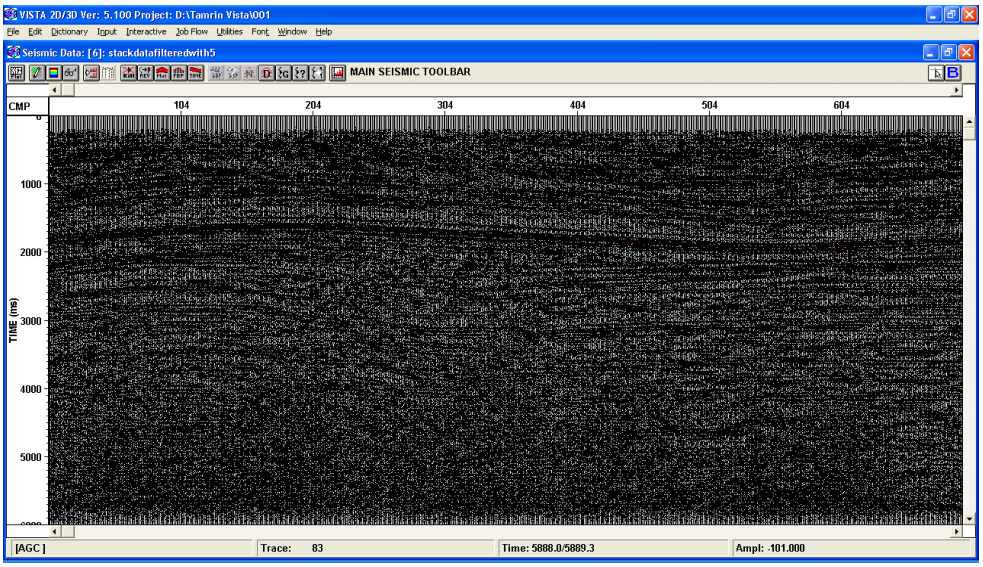
از آن جا که دامنه نوفه تصادفی بعد از n بار بر انبارش $\sqrt{n}$ بار و سیگنال همدوس و هم‌فاز n بار افزایش می‌یابد، بنابراین بر اثر برانبارش نسبت سیگنال به نوفه $\sqrt{n}$ افزایش می‌یابد (Sheriff and Geldart, 1995). اما در داده‌های پس از برانبارش نیز باز هم نوفه تصادفی وجود دارد. بدین منظور اعمال فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای به داده‌ی پس از برانبارش می‌تواند مفید باشد.

داده‌ی واقعی برانبارش شده، داده‌ی دیگری است که فیلتر میانی دو بعدی روی آن اعمال شده است و در شکل ۲۲ پس از اعمال تقویت AGC مشاهده می‌شود. این مقطع برانبارش شده مربوط به یک عملیات دو بعدی در جنوب غربی ایران می‌باشد. در شکل ۲۳ این داده پس از اعمال فیلتر میانی دو بعدی با طول ۵ نقطه به همراه اعمال تقویت AGC مشاهده می‌شود. با توجه به شکل‌های ۲۲ و ۲۳، تأثیر این فیلتر در پیوستگی رویدادهای لرزه‌ای در مقطع پس از برانبارش مورد آزمایش به ویژه در ثانیه‌ی سوم به بعد تا حدی مشهود است. با این وجود، ممکن است که تفکیک‌پذیری لازم در روئیت بخش‌های بهبود یافته، به دلیل اعمال متوالی چندین دستور پردازشی تضعیف نوفه بر روی مقطع، که از قبل بر روی مقطع داده شده به نویسندگان انجام گرفته بود، و همچنین وجود تعداد بسیار زیادی رد لرزه در فضای هندسی محدود آن، به آسانی صورت نگیرد. اما با بزرگنمایی مقاطع در ابعاد مناسب در محیط نرم‌افزار، ملاحظه گردید که بهبود در پیوستگی‌ها، همانگونه که در بالا نیز اشاره شد، به خوبی قابل تشخیص است.



شکل ۲۲. مقطع برانبارش شده‌ی واقعی پیش از اعمال فیلتر میانی دو بعدی که تقویت AGC نیز به آن داده شده است. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA نمایش داده شده است

Fig. 22. The real stack section before applying 2D median filter coupled with AGC. This section is displayed by VISTA software

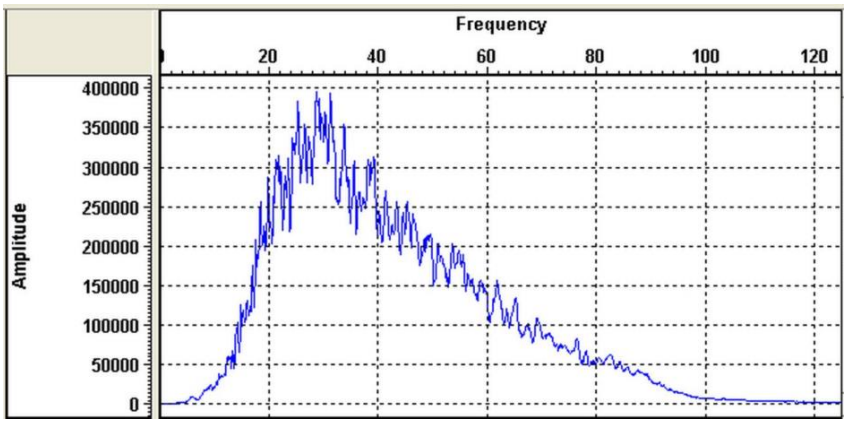


شکل ۲۳. مقطع برانبارش شده‌ی واقعی پس از اعمال فیلتر میانی با طول ۵ نقطه که تقویت AGC نیز به آن اعمال شده است. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA نمایش داده شده است

Fig. 23. The real stack section after applying the median filter with length of 5 points coupled with AGC. This section is displayed via VISTA software

بررسی طیفی داده‌ی واقعی پس از برانبارش بعد از اعمال فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای

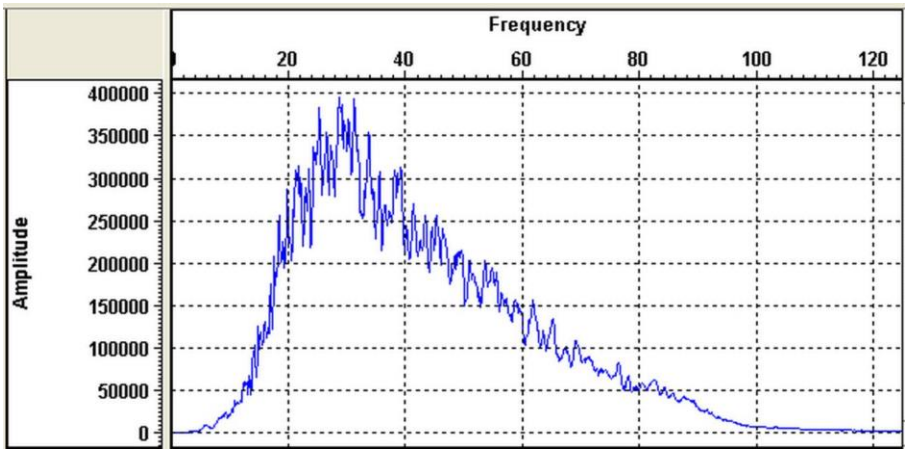
در شکل ۲۴ طیف دامنه‌ی متوسط مقطع برانبارش شده‌ی واقعی پیش از اعمال فیلتر میانی دو بعدی و در شکل ۲۵ طیف دامنه‌ی متوسط همین مقطع برانبارش شده پس از اعمال فیلتر میانی دو بعدی با طول ۵ نقطه مشاهده می‌شود. همان‌طور که از شکل‌های ۲۴ و ۲۵ ملاحظه می‌شود، می‌توان دریافت که این فیلتر بیشترین تأثیر را بر فرکانس‌های بالا دارد. به طوری که پس از اعمال این فیلتر، در نمودار طیف دامنه، فرکانس‌های بالا، افت بیشتری را نسبت به فرکانس‌های پایین پیدا کرده‌اند. این بدان علت است که تأثیر فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای بر نوفه‌های تصادفی فرکانس بالا بیشتر است (Liu et al., 2006).



شکل ۲۴. طیف دامنه‌ی متوسط مقطع برانبارش شده‌ی واقعی پیش از اعمال فیلتر میانی دو بعدی. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA نمایش داده شده است

Fig. 24. The average amplitude spectrum of the real stack section before applying the 2D median filter. It is displayed by VISTA software

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]



شکل ۲۵. طیف دامنه‌ی متوسط مقطع برانبارش شده‌ی واقعی پس از اعمال فیلتر میانی دو بعدی با طول ۵ نقطه. این شکل با استفاده از نرم‌افزار VISTA نمایش داده شده است

Fig. 25. The average amplitude spectrum of the real stack section after applying the 2D median filter with length of 5 points. It is shown using VISTA software

بحث

به طور کلی برانبارش تا حدی می‌تواند نوفه‌ی تصادفی موجود در داده‌ها را حذف کند امّا برای نوفه‌های تصادفی پس از برانبارش راهکارهای دیگری باید اتخاذ شود. فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای به خوبی می‌تواند بر روی نوفه‌های تصادفی تأثیر بگذارد و آن‌ها را تضعیف کند. در این مطالعه در آزمایش بر روی داده مصنوعی، با اعمال نوفه‌ای با دامنه‌ای برابر با چهار برابر بیشترین دامنه‌ی موج بازتابی و تضعیف این نوفه، صحت این موضوع کاملاً تأیید شد. دیگر مزیت این فیلتر تأثیر هم‌زمان بر نوفه‌های تصادفی قوی و ضعیف است که این موضوع نیز در اعمال فیلتر بر روی مدل مصنوعی نوفه‌دار به وضوح دیده شد (به ویژه در شکل‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴) و یکی از مزیت‌های فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای نسبت به برخی روش‌های تضعیف نوفه‌ی تصادفی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

فیلتر میانی دو بعدی چند مرحله‌ای یکی از روش‌های مؤثر در تضعیف نوفه‌ی تصادفی اسپایکی شکل می‌باشد. این فیلتر توانایی خوبی در تضعیف نوفه‌های تصادفی فرکانس بالا دارد که مقایسه‌ی نمودارهای طیف دامنه برای داده‌های مصنوعی و واقعی پیش از اعمال این فیلتر و پس از اعمال آن، این موضوع را تأیید می‌کند. با اعمال فیلتر میانی دو بعدی به داده‌های مصنوعی مشاهده شد که این فیلتر علاوه بر تضعیف نوفه‌های تصادفی، شکل سیگنال را نیز تغییر می‌دهد. از آنجا که چگالی نوفه اثر مهمی بر روی انتخاب پنجره‌ی این فیلتر دارد، بنابراین بایستی به منظور اعمال بهینه‌ی این فیلتر با استفاده از نمودار نسبت خطا، طول مناسب برای این فیلتر جهت اعمال بر داده‌ی مصنوعی انتخاب شود. یکی از معایب این فیلتر این است که در داده‌های واقعی، از آنجا که نوفه را نمی‌توان به صورت کامل با میانگین صفر در نظر گرفت، نمودار نسبت خطا کاربردی ندارد. با این وجود، آزمایش‌ها تجربی نشان دادند که برای داده‌های واقعی، فیلتر میانی دو بعدی با طول پنجره‌ی بین ۵ تا حداکثر ۱۱ نقطه مناسب می‌باشد (Liu et al., 2006).

از آنجا که بر اثر برانبارش بخشی از نوفه‌ی تصادفی حذف می‌شود، بنابراین به طور کلی در داده‌های پس از برانبارش نوفه‌ی تصادفی کمتری وجود دارد. در نتیجه برای داده‌های پس از برانبارش، فیلتر میانی با طول پنجره‌ی کمتری

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

نسبت به داده‌های پیش از برانبارش اعمال می‌شود. در واقع در داده‌های پیش از برانبارش و پس از برانبارش عملاً چگالی نوفه‌های تصادفی به آن حدی نیست که اثر این فیلتر کاملاً مشهود باشد. در این مطالعه فیلتر میانی با طول پنجره‌ی ۷ نقطه به داده‌ی واقعی پیش از برانبارش و فیلتر میانی با طول پنجره ۵ نقطه به داده‌ی واقعی پس از برانبارش اعمال شد. با توجه به شکل و همین‌طور طیف دامنه‌ی داده‌های واقعی پیش از اعمال فیلتر و پس از آن، ملاحظه گردید که در پیوستگی رویدادهای لرزه‌ای و بهبود اطلاعات امواج بازتابی و در نتیجه افزایش نسبت سیگنال به نوفه، تغییرات مثبت تا حدی حاصل شده است. شایان ذکر است که فیلتر میانی دو بعدی را می‌توان با اطمینان خاطر بر روی داده‌های لرزه‌نگاری خام و برانبارش شده دو و سه‌بعدی اِعمال نمود.

References

Al-Yahya, K. M. (1991). Application of the partial Karhunen-Loeve transform to suppress random noise in seismic sections. Geophysical Prospecting, 39, 77-93.

Fomel, S. (2006). Towards the seislet transform. 76th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 2847-2851.

Fomel, S., & Liu, Y. (2008). Seismic data analysis with one dimensional seislet frame: 78th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 2581-2585.

Gulunay, N. (2000). Noncausal spatial prediction filtering for random noise reduction on 3-D poststack data. Geophysics, 66, 342-349.

Hemon, C.H., & Mace, D. (1978). Use of the Karhunen-Loeve transformation in seismic data processing. Geophysical Prospecting, 26, 600-626.

Jones, I. F., & Levy, S. (1987). Signal-to-noise ratio enhancement in multichannel seismic data via the Karhunen-Loeve transform. Geophysical Prospecting, 35, 12-32.

Karsli, H., Dondurur, D., & Cifci, G. (2006). Application of complex trace analysis to seismic data for random-noise suppression and temporal resolution improvement. Geophysics, 71, V79-V86.

Li, W., Wang, C., & Ma, Z. (2000). Random noise attenuation using prestack dominant-component reconstruction. Oil Geophysical Prospecting, 35, 244–256.

Liu, C., Liu, Y., Yang, B., Wang, D., & Sun, J. (2006). A 2D multistage median filter to reduce random seismic noise. Geophysics, 71, V105-V110.

Neelamani, R., Baumstein, A, I., & Gillard, D, G. (2008). Coherent and random noise attenuation using the curvelet transform. The Leading Edge, 27, 240-248.

Pegah, E., Gu, X. Q., & Liu, H. (2024). Fabric anisotropy of granular soils and its dependency on grading and particles specifications. Acta Geotechnica. https://doi.org/10.1007/s11440-024-02357-1

Pegah, E., & Liu, H. (2020). Evaluating the overconsolidation ratios and peak friction angles of granular soil deposits using noninvasive seismic surveying. Acta Geotechnica, 15, 3193-3209.

Pegah, E., Liu, H., & Gholami, A. (2021). Estimating drained cross-anisotropic elastic parameters in saturated clays using the undrained properties. Engineering Geology, 293, 106340.

Pegah, E., Liu, H., Gu, X. Q., & Gholami, A. (2022). A semi-analytical approach for efficient calculation of drained cross-anisotropic elastic moduli in saturated granular soils from undrained attributes. Computers and Geotechnics, 148, 104794.

Pegah, E., Mahmoodi, M., & Siavashpoo, A. (2016). Evaluation of seismic hazard and site geodynamic properties by using geophysical methods in the north of Iran. Journal of Civil Engineering and Construction, 5 (2), 126-142.

Sheriff, R. E., & Geldart, L. P. (1995). Exploration Seismology, 2nd Edition. Cambridge University Press, New York.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.10191163]

Talaee Firozjaee, F., Pegah, E., & Misaghi, A. (2024). Fabric anisotropy in sands and assessing its dependence on grading and surface appearance parameters. Kharazmi Journal of Earth Sciences, 10 (1), 73-90.

Ulrych, T. J., Sacchi, M. D., & Freire, S. L. M. (1999). Eigenimage processing of seismic sections in Covariance Analysis of Seismic Signal Processing. Geophysical Developments Series, Society of Exploration Geophysicists, 241-274.

VISTA 2D/3D Seismic Data Processing software, version 5.1., GEDCO, Calgary, Canada.

Wang, W. (2000). Coherent signal prediction using mid-value correlative filtering. Oil Geophysical Prospecting, 35, 273–282.

Wang, X. (1992). Adaptive multistage median filter. IEEE Transactions on Signal Processing, 40, 1015-1017.

Zhang, R., & Ulrych, T. J. (2003). Multiple suppression based on the migration operator and a hyperbolic median filter. 73rd Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 1949–1952.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1403.18.3.5.5]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.3.1019163]