

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

دوره ترمین

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دوره ترمین

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

بررسی پتانسیل تبدیل موجک پیوسته در مطالعه لایه‌های نازک و سایه‌های فرکانس پایین مخازن هیدروکربور

احسان ذبیحی نائینی^{*}، حمیدرضا سیاهکوهی^۱

^۱ موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

چکیده

تجزیه طیفی در صفحه زمان-فرکانس ابزاری قدرتمند برای تحلیل داده‌های لرزه‌ای است. برای بررسی محتوای کلی فرکانسی یک سیگنال می‌توان از تبدیل فوریه استفاده کرد. اما برای سیگنال‌های غیر ایستا، از جمله سیگنال لرزه‌ای، که محتوای فرکانسی آنها با زمان تغییر می‌کند تبدیل یک بعدی به فضای فرکانس برای پاره‌ای از اهداف پردازشی کافی نیست. قبلاً انتقال ردلرزه به فضای زمان و فرکانس را با استفاده از تبدیل فوریه روی پنجره‌های کوچکی بدست می‌آوردند. این روش تحت عنوان تبدیل فوریه زمان کوتاه شناخته می‌شود. قدرت تفکیک زمان-فرکانسی در روش تبدیل فوریه زمان کوتاه با انتخاب طول پنجره محدود می‌شود. بعدها مشکل پنجره کردن در تحلیل زمان-فرکانس با استفاده از تبدیل موجک پیوسته برطرف شد. تبدیل موجک پیوسته از خاصیت تغییر مقیاس و جابجایی موجک استفاده کرده و نقشه زمان-مقیاس سیگنال مورد نظر را تهیه می‌کند. مقیاس بنوعی نشانگر مولفه فرکانسی است و تبدیل آن به فرکانس نقشه زمان-فرکانس بدست آمده را قابل مقایسه با نقشه زمان-فرکانس حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه می‌کند. مقاطع لرزه‌ای تک فرکانس که با استفاده از روش‌های تحلیل زمان-فرکانس مقاطع لرزه‌ای تولید می‌شوند، در این مقاله از آنها برای آشکارسازی سایه‌های فرکانس پایین ناشی از مخازن هیدروکربور و تجزیه و تحلیل لایه‌های نازک با ضخامت تیونینگ استفاده شده است. **واژه‌های کلیدی:** تبدیل موجک پیوسته، حوزه زمان-فرکانس، نشانگر لرزه‌ای، تبدیل فوریه زمان کوتاه، سایه فرکانس پایین، طیف نگاشت، مقیاس نگاشت.

Single-Frequency based seismic attribute using continuous wavelet transform

Abstract

Spectral decomposition is a powerful tool for analysis of seismic data. Fourier transform determines the frequency contents of a signal. But for analyzing of a non-stationary signal, 1-D transform to frequency domain is not sufficient. In early years, transforming of seismic traces into time and frequency domain was done via windowed Fourier transform, so called a Short Time Fourier Transform (STFT). The Length of the selected window in STFT was confined the resolution of the results in time-frequency domain. Continuous Wavelet transform (CWT) was a remedy to solve this problem by using the scaleable wavelets. The scale in CWT is related to the frequency bandwidth of the wavelet and its conversion to frequency yield time-frequency map which is comparable to the time-frequency map obtained from STFT.

In this study, we applied CWT on a seismic section and extracted a single frequency seismic section from the resulted cube. The extracted sections were used to detect low frequency shadow of the hydrocarbon reserves over the study area as well as analyzing the existing thin layers on a synthetic seismic section.

Key words: CWT, Time-Frequency Domain, Seismic Attribute, STFT, Thin Layer, Low Frequency Shadow, Spectrogram, Scalogram.

۱- تبدیل فوریه زمان کوتاه

در این نوع تحلیل زمان-فرکانس هر دو تحلیل در حوزه‌های زمان و فرکانس ترکیب می‌شوند به این ترتیب که در حوزه زمان سیگنال پنجره می‌شود (بخش کوچکی از سیگنال برداشته می‌شود) و سپس تبدیل فوریه روی بخش پنجره شده اعمال می‌شود تا اطلاعات زمان-فرکانس محلی بدست آیند. تحلیل زمان-فرکانس از این دیدگاه را تبدیل فوریه زمان کوتاه گویند و نقشه زمان-فرکانس حاصل طیف نگاشت نامیده می‌شود (ریول و فلاندرین، ۱۹۹۲؛ ریول و وترلی، ۱۹۹۱؛ ذبیحی، ۱۳۸۴).

با ضرب تابع پنجره متقارن $\varphi(t) \in L^2(R)$ به مرکز τ در بازه $[-l, l]$ در سیگنال، مقادیر سیگنال خارج از بازه $[-l, l]$ صفر می‌شود. تبدیل فوریه زمان کوتاه به صورت زیر داده می‌شود (مرتینز، ۱۹۹۸)

$$Wf(\omega, \tau) = \langle x(t), \varphi(t - \tau)e^{j\omega t} \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\overline{\varphi(t - \tau)}e^{-j\omega t} dt$$

موقعیت پنجره زمان-فرکانس با پارامترهای ω و τ معین می شود. در آنالیز زمان-فرکانس می خواهیم که در حد امکان به قدرت تفکیک زمان-فرکانسی بالایی برسیم، به عبارت دیگر می خواهیم پنجره زمان-فرکانس در حد امکان کوچک باشد. اما از طرفی اصل عدم قطعیت هایزنبرگ یک کران را برای سطح پنجره لازم می دارد (ذبیحی، ۱۳۸۴)

$$\Delta t \Delta \omega \geq \frac{1}{2}$$

نکته مهم اینکه، به محض انتخاب تابع پنجره برای تبدیل فوریه زمان کوتاه، قدرت تفکیک زمان-فرکانس در تمام صفحه زمان-فرکانس ثابت می ماند. این مطلب به طور شماتیک در شکل ۱-الف) نشان داده شده است. همانطور که از تعریف تبدیل فوریه زمان کوتاه مشخص است حاصل این تبدیل یک تابع مختلط است که شامل اطلاعات فاز و دامنه می باشد. هردوی این اطلاعات برای بازسازی سیگنال ضروری هستند و گاهاً اطلاعات فاز برای تحلیل های خاص بکار می آید. اما اغلب مربع دامنه که توزیع چگالی انرژی را بدست می دهد ترجیح داده می شود و از آن تحت عنوان طیف نگاشت، $|Wf(\omega, \tau)|^2$ نام برده می شود (ریول و فلاندرین، ۱۹۹۲).

۲- تبدیل موجک پیوسته

تبدیل موجک در ابتدای دهه ۱۹۸۰ توسط مورلت و همکاران معرفی شد که برای ارزیابی داده های زلزله بکار رفت (مورلت و همکاران، ۱۹۸۲). از آن زمان تا کنون انواع متفاوتی از تبدیلات موجک توسعه یافته اند و کاربردهای بسیار دیگری پیدا شده است. تبدیل موجک پیوسته برای سیگنال $x(t)$ بصورت زیر تعریف می شود

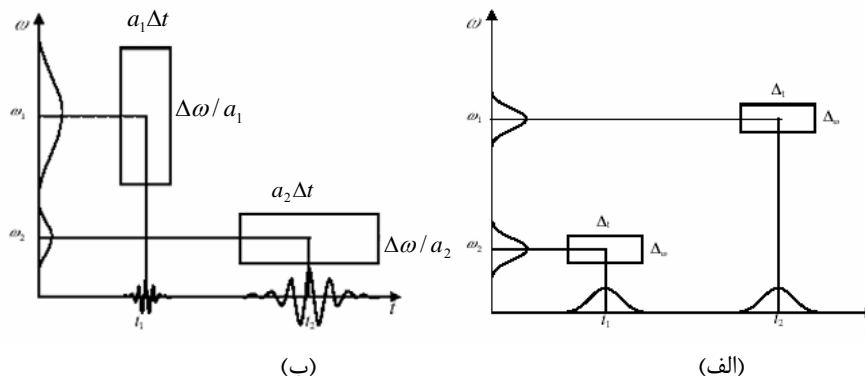
$$CWT_x(\tau, a) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t)h^*\left(\frac{t-\tau}{a}\right)dt$$

در این رابطه a مقیاس، $h^*(t)$ موجک مادر و فاکتور $\frac{1}{\sqrt{|a|}}$ برای نرمالیزه کردن انرژی بکار رفته است.

می توان نشان داد که مقیاس با فرکانس رابطه عکس دارد (ذبیحی، ۱۳۸۴). در صورتی که تابع $h(t)$ مقیاس شود یعنی $|a|H(a\omega) \leftrightarrow h(t/a)$ ، مرکز و شعاع تابع مقیاس شده بصورت زیر در می آید

$$\text{شعاع: } \left\{ a\Delta t, \frac{\Delta \omega}{a} \right\} \quad \text{مرکز: } \left\{ at_0, \frac{\omega_0}{a} \right\}$$

سطح $\Delta t \Delta \omega$ مستقل از پارامترهای a و τ است و فقط با موجک $h(t)$ معین می شود. پنجره زمانی با کوچک شدن a باریک و با بزرگ شدن آن پهن می گردد. از طرف دیگر پنجره فرکانسی با کوچک شدن a پهن و با بزرگ شدن آن باریک می شود. بنابراین تبدیل موجک پیوسته در فرکانس های بالا دارای قدرت تفکیک زمانی خوب و در فرکانس های پایین دارای قدرت تفکیک فرکانسی خوب است (شکل ۱-ب)).



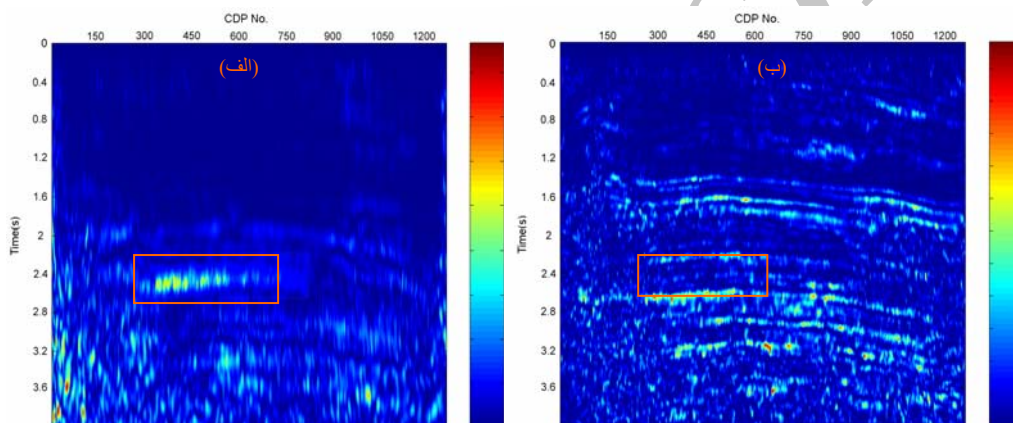
شکل ۱. الف) نمایش شماتیک اصل عدم قطعیت در صفحه زمان-فرکانس STFT. جعبه عدم قطعیت هایزنبرگ در تمام صفحه ثابت است. ب) نمایش شماتیک عدم قطعیت زمان-فرکانسی در تبدیل موجک پیوسته. شکل جعبه عدم قطعیت هایزنبرگ در هر زمان و فرکانس خاص تغییر می کند.

^۱ علامت * به معنای مزدوج مختلط است.

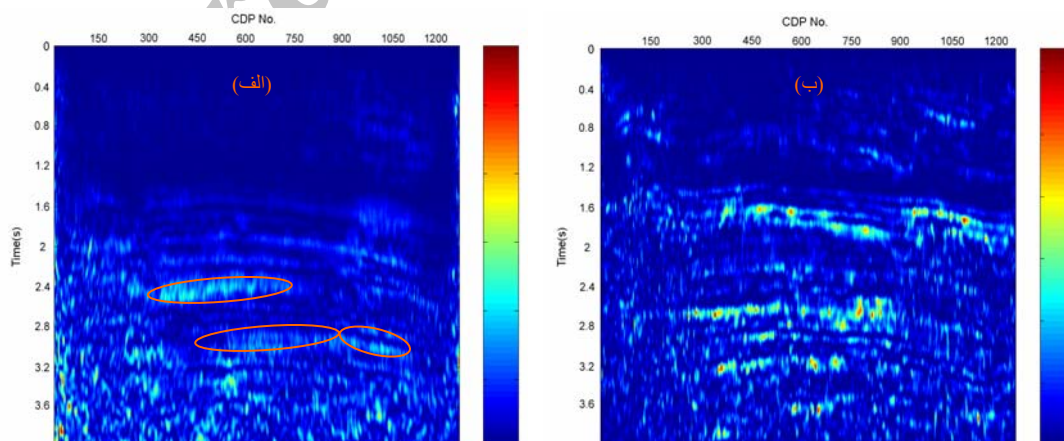
طیف نگاشت که با مربع دامنه تبدیل فوریه زمان کوتاه تعریف شد ابزار بسیار مفیدی در تحلیل سیگنال است چرا که توزیع انرژی سیگنال را در صفحه زمان-فرکانس نمایش می دهد. تعریف مشابهی نیز در مورد موجک صادق است و مقیاس نگاشت به صورت مربع دامنه CWT تعریف می شود (ریول و وترلی، ۱۹۹۱؛ ذبیحی، ۱۳۸۴).

۳- نشانگر تک فرکانس

در تحلیل زمان-فرکانس هر دلرزه یک بعدی به یک مجموعه داده دو بعدی تبدیل می شود، یعنی یک محور فرکانس به آن اضافه شده است. همچنین یک مقطع لرزه ای دو بعدی به یک حجم داده سه بعدی تبدیل می شود که محور سوم آن فرکانس تا حد نایکوئیست است. به هر مقطع تک فرکانس از این حجم داده سه بعدی، مقطع لرزه ای تک فرکانس می گویند. مقایسه مقاطع لرزه ای تک فرکانس متفاوت می تواند برای آشکار سازی سایه های فرکانس پایین که بخاطر حضور مخازن هیدروکربور در مقاطع لرزه ای ایجاد می شوند، بکار رود. شکل ۲-الف) یک مقطع لرزه ای تک فرکانس با استفاده از تبدیل موجک پیوسته در فرکانس ۱۵ هرتز را نشان می دهد. آنومالی تک فرکانس در محل مخزن دیده می شود. توجه کنید که این آنومالی در فرکانس ۳۵ هرتز ضعیف تر شده است. آنومالی های دیگری نیز در پایین گوشه چپ شکل ۲-الف) نیز مشاهده می شوند که احتمالاً ناشی از وجود گسل خوردگی است. طبق شکل ۳ مشکل کار با مقاطع لرزه ای تک فرکانس حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه این است که به دلیل عدم قدرت تفکیک بهینه در این نوع تحلیل زمان-فرکانس آنومالی های کم فرکانس در نواحی دیگر غیر از مخزن نیز با همان دامنه پدیدار می شوند (سان و همکاران، ۲۰۰۲؛ سینها، ۲۰۰۴؛ ذبیحی، ۱۳۸۴).



شکل ۲. الف) مقطع لرزه ای تک فرکانس حاصل از تبدیل موجک پیوسته در فرکانس ۱۵ هرتز. آنومالی ناشی از مخزن در زمان حدود ۲/۵ ثانیه نشان داده شده است. آنومالی های دیگر در گوشه سمت چپ تصویر ناشی از گسل خوردگی است. ب) مقطع لرزه ای تک فرکانس حاصل از تبدیل موجک پیوسته در فرکانس ۳۵ هرتز.



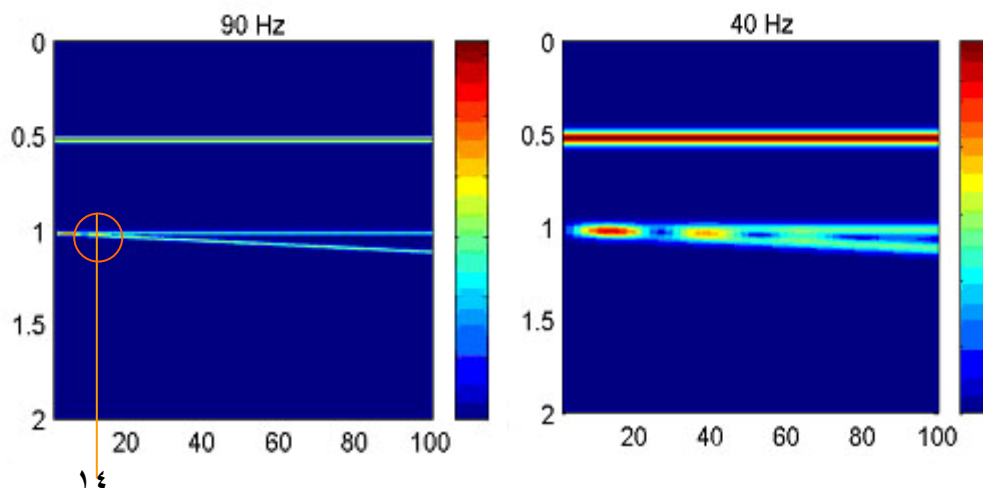
شکل ۳. الف) مقطع لرزه ای تک فرکانس حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه در فرکانس ۱۵ هرتز. آنومالی ناشی از مخزن در زمان حدود ۲/۵ ثانیه و همچنین دیگر آنومالی ها به همان دامنه نشان داده شده است. آنومالی های دیگر در گوشه سمت چپ تصویر ناشی از گسل خوردگی است. ب) مقطع لرزه ای تک فرکانس حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه در فرکانس ۳۵ هرتز.

تحلیل طیفی ابزاری برای تصویرسازی و به نقشه درآوردن ضخامت زمانی لایه ها و گسستگی های موجود در داده های لرزه‌ای سه بعدی است (پارتیکا، ۲۰۰۰). وقتی یک لایه که در محیطی با مقاومت صوتی متفاوت قرار دارد ضخامتی به اندازه یک چهارم طول موج داشته باشد، بازتاب ها از مرز بالا و پایین لایه تداخل سازنده خواهند داشت و دامنهٔ بیشینه خواهیم دید، این پدیده را تیونینگ گویند. تیونینگ در تحلیل مخازن هیدروکربور و دیگر اهداف تفسیر لایه های نازک مهم است (شریف، ۱۹۹۵).

در این مقاله با در نظر گرفتن یک مدل لرزه ای ساده قابلیت تحلیل زمان-فرکانس در مطالعهٔ لایه های نازک مورد بررسی قرار می گیرد. یک مدل زمین شناسی که از یک لایهٔ نازک در ابتدا و بعد از آن یک لایهٔ گوه‌ای با لیتولوژی متفاوت تشکیل شده است را در نظر می گیریم. مقطع لرزه‌ای این مدل را با استفاده از یک موجک با فاز کمینه و فرکانس مرکزی ۴۰ هرتز تولید می کنیم. لایهٔ اول دارای ضخامت حدود تیونینگ و لایهٔ گوه‌ای شکل در ردلرزهٔ شمارهٔ ۱۸ به حد تیونینگ می رسد. تصویرسازی لایه های نازک در حوزهٔ زمان-فرکانس برای بررسی لایه های نازک بسیار مفید است چراکه فرکانس های بیشتر از فرکانس غالب مقادیر کمتری از یک چهارم طول موج را بخود می گیرند و لایه های نازک تر در فرکانس های بالا به حد تیونینگ می رسند و بنابراین امکان تصویر سازی با استفاده از مقاطع لرزه ای تک فرکانس را به ما می دهد (ذبیحی، ۱۳۸۴). شکل ۴ مقاطع لرزه ای تک فرکانس حاصل از تبدیل موجک پیوسته را نشان می دهد. در فرکانس ۴۰ هرتز که فرکانس غالب موجک است انتظار تفکیک بالا و پایین لایه ها را نداریم اما در فرکانس ۹۰ هرتز لایهٔ نازکی که در حدود زمان نیم ثانیه است بخوبی تفکیک شده و در مورد لایهٔ گوه ای شکل حد تیونینگ به ردلرزهٔ شمارهٔ ۱۴ منتقل شده است.

۴- نتیجه گیری

در لرزه نگاری تحلیل درست از نشانگرها نقش مهمی را در بدست آوردن اطلاعات زیرسطحی بازی می کنند. نشانگرهایی که بر اساس طیف زمان-فرکانس بدست می آیند مدت زمان زیادی مورد بررسی قرار گرفته اند (تنر و همکاران، ۱۹۷۹؛ بارس، ۱۹۹۲؛ ۱۹۹۳؛ پارتیکا، ۲۰۰۰). روش مرسوم در تحلیل این نوع نشانگرها تجزیهٔ طیفی بر اساس تبدیل فوریهٔ زمان کوتاه است که صنایع نفت و گاز به دلیل قابلیت این روش در بدست آوردن اطلاعات بیشتر از داده های لرزه ای به آن توجه ویژه ای معطوف کرده اند (گریدلی و پارتیکا، ۱۹۹۷). تبدیل موجک پیوسته تا حدی بر مشکلات تبدیل فوریهٔ زمان کوتاه غلبه می کند و نکتهٔ جالب اینکه در الگوریتم این روش از تبدیل فوریهٔ سریع استفاده کرده ایم که سرعت محاسبه را نیز بالا می برد. از برتری های تبدیل موجک پیوسته نسبت به تبدیل فوریهٔ زمان کوتاه می توان به عدم نیاز تبدیل موجک به تنظیم طول پنجره، قدرت تفکیک فرکانسی خوب در فرکانس های پایین و قدرت تفکیک زمانی خوب در فرکانس های بالا و بدست دادن نشانگرهایی که قدرت تفکیک بسیار بهتری نسبت به نشانگرهای حاصل از تبدیل فوریهٔ زمان کوتاه دارند.



شکل ۴. مقاطع لرزه ای تک فرکانس حاصل از تبدیل موجک پیوسته. دیده می شود که در فرکانس ۹۰ هرتز لایهٔ واقع در ۵. ثانیه از هم تفکیک شده و در لایهٔ گوه ای به ردلرزهٔ شمارهٔ ۱۴ انتقال یافته است.

مراجع

- ذبیحی نائینی، ا، ۱۳۸۴، تحلیل مقاطع لرزه ای در حوزه زمان- فرکانس برای تصویرسازی لایه های نازک و مخازن هیدروکربور، پایان نامه کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- Barnes, A. E., ۱۹۹۲, Another look at NMO stretch: *Geophysics*, ۵۷, ۷۴۹-۷۵۱.
- Barnes, A. E., ۱۹۹۳, Instantaneous spectral bandwidth and dominant frequency with application to seismic reflection data: *Geophysics*, ۵۸, ۴۱۹-۴۲۸.
- Gridley, J., and Partyka, G., ۱۹۹۷, Processing and interpretational aspects of spectral decomposition: ۶۷th Ann. Internat. Mtg., SEG expanded abstracts, ۱۰۵۵-۱۰۵۸.
- Mertins, A., ۱۹۹۸, *Signal analysis: Wavelets, Filter Banks, Time-frequency transforms and applications*, John Wiley & Sons, West Sussex, England.
- Morlet, J., Arens, G., Fourgeau, E., and Giard, D., ۱۹۸۲, Wave propagation and sampling theory: *Geophysics*, ۴۷, ۲۰۳-۲۳۶.
- Rioul, O., and Vetterli, M., ۱۹۹۱, Wavelets and signal processing: *IEEE Signal Processing Magazine*, October ۱۹۹۱.
- Rioul, O., and Flandrin, P., ۱۹۹۲, Time-scale energy distributions: A general class extending wavelet transforms: *IEEE transactions on signal processing*, ۴۰, ۱۷۴۶-۱۷۵۷.
- Sheriff, R. E., and Geldart L. P., ۱۹۹۵, *Exploration Seismology*: Cambridge University Press.
- Sinha, S. K., Routh, P. S., Anno, P. D., and Castagna, J. P., ۲۰۰۴, Time-frequency attributes of seismic data using continuous wavelet transform: SEG expanded abstracts, ۱۴۸۱-۱۴۸۴.
- Sun, S., Castagna, J. P., and Seigfried, R. W., ۲۰۰۲, Examples of wavelet transform time-frequency analysis in direct hydrocarbon detection: ۷۲nd Ann. Internat. Mtg., SEG, Salt Lake City, Utah, USA.
- Taner, M. T., and Sheriff, R. E., ۱۹۷۷, Application of amplitude, frequency, and other attributes to stratigraphies and hydrocarbon determination: AAPG Memoir, ۲۶, ۳۰۱-۳۲۷.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

توجه: بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL
پروپوزال

توجه: پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

ISI
Scopus

توجه: آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو