

## تغییرات ناهمسانگردی لرزه ای به عنوان پیش نشانگر زلزله ۴ شهریور ۱۳۹۷ تازه آباد کرمانشاه

طیبه نوریان<sup>۱</sup>، محمد علی ریاحی<sup>۲</sup><sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران [t.nourian@ut.ac.ir](mailto:t.nourian@ut.ac.ir)<sup>۲</sup> استاد موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران [mariahi@ut.ac.ir](mailto:mariahi@ut.ac.ir)

## چکیده

اگر یک سنگ تحت تنش قرار گیرد قبل از شکسته شدن آن ترک هایی در سنگ بوجود می آید بنابراین افزایش تنش قبل از زلزله های متوسط و بزرگ موجب افزایش چگالی ترک ها شده و ناهمسانگردی لرزه ای افزایش خواهد یافت. لذا اندازه گیری ناهمسانگردی قبل از وقوع زلزله های متوسط و بزرگ می تواند ابزاری مفید برای بررسی احتمال وقوع آن زلزله باشد. در دهه گذشته مطالعات گسترده ای در زمینه بررسی تغییرات ناهمسانگردی قبل از وقوع زلزله های بزرگ به عنوان یک پیش نشانگر زلزله انجام شده است. رفتار موج برشی در عبور از محیط ناهمسانگرد موضوعی است که به عنوان یکی از نمونه های بارز ناهمسانگردی سرعتی، ذهن پژوهشگران علوم زمین را به خود مشغول کرده است. پدیده جدایش امواج برشی که شاید بزرگ ترین نتیجه شناخته شده عبور موج برشی از هرگونه محیط ناهمسانگردی باشد، می تواند اطلاعات بسیار مفیدی از ویژگی های ناهمسانگردی در اختیار محققین قرار دهد. در این مطالعه با توجه به داده های شش ماه قبل و بعد از زلزله ۴ شهریور ۱۳۹۷ تازه آباد کرمانشاه با بزرگی ۵.۹ به بررسی تغییرات ناهمسانگردی قبل و بعد از وقوع این زلزله پرداخته شد با تعیین پارامترهای ناهمسانگردی برای تمام پیش لرزه ها و پس لرزه های زلزله مورد مطالعه و همچنین بررسی تغییرات این پارامترها نسبت به زمان مشاهده شد پارامتر  $\delta t$  قبل از وقوع زلزله بیش از ده برابر افزایش یافته است و مجدداً بعد از زلزله شروع به کاهش می کند این تغییر پارامتر  $\delta t$  بیان گر این است که قبل از وقوع زلزله خرد شدگی اتفاق افتاده یا به عبارت دیگر افزایش ترک و شکاف ها منجر به افزایش ناهمسانگردی شده است. همچنین تغییرات پارامتر  $\Phi$  قبل از وقوع زلزله بیانگر تکتونیزه شدن منطقه و بنابراین ایجاد ترک ها و شکاف ها در راستاهای مختلف بدست آمده است.

**کلید واژه ها:** ناهمسانگردی، جدایش موج برشی، پیش نشانگری زلزله، تازه آباد کرمانشاه

## Variations of Seismic anisotropy as a predictor to the earthquake on August 25, 2018 Tazehabad, Kermanshah

Tayebeh Nourian<sup>1</sup>Mohammad Ali Riahi<sup>2</sup><sup>1</sup> Master student, institute of geophysics, University of Tehran, [t.nourian@ut.ac.ir](mailto:t.nourian@ut.ac.ir)<sup>2</sup> Professor, institute of geophysics, University of Tehran, [mariahi@ut.ac.ir](mailto:mariahi@ut.ac.ir)

## Abstract

The stress and density of cracks has increased before medium and large earthquakes and then seismic anisotropy will increase. measuring anisotropy before an earthquake is a useful tool for forecasting the probability of an earthquake. In the last decade, extensive studies have been conducted to study the anisotropic changes before an earthquake as a precursor parameter. Shear wave behavior in passing through an anisotropic environment is a subject that has occupied the minds of seismologists as one of the prominent examples of velocity anisotropy. The shear wave splitting phenomenon, which is perhaps

the largest known result of shear wave passing through any anisotropy environment can provide researchers with very useful information about the properties of anisotropy. In this study, we investigated anisotropy changes before and after the earthquake that happened on August 25, 2018 in Tazehabad, Kermanshah, with a magnitude of 5.9 according to the earthquakes which are recorded six months before and after the earthquake. By determining the anisotropy parameters for all events and then examining the changes of these parameters versus time were studied. We observed the  $\delta t$  parameter has increased more than ten times before the earthquake and starts decreasing again after the earthquake. This change in the  $\delta t$  parameter indicates that the fragmentation occurred before an earthquake, or in other words, the increase in cracks and fissures led to an increase in anisotropy. Also, the changes of parameter  $\phi$  before the earthquake indicate the tectonization of the region and therefore the creation of cracks and fissures in different directions.

**Key Words:** Anisotropy, Shear wave splitting, Earthquake forecast, Tazehabad Kermanshah

#### مقدمه

وقتی موج برشی وارد محیط ناهمسانگرد شود، به دو مولفه که با سرعت های متفاوت حرکت می کنند تجزیه می شود. این دو مولفه در زمان های متفاوت به ایستگاه می رسند. در بررسی جدایش امواج برشی،  $\Phi$  آزیموت جهت موج قطبیده ی سریع و  $\delta t$  تأخیر زمانی بین دو موج قطبیده ی سریع و کند (بزرگی ناهمسانگردی) دو پارامتر ناهمسانگردی است. جدایش موج برشی ناشی از ریزترکهای اشباع از مایع، مستقیماً تغییر شکلهای کوچکی را پیش از شکستگی، گسلش و رخداد زمینلرزه پایش میکند. تغییرات پایش آمده در جدایش موج برشی، به وسیله ی پایش اثرات روی هندسه ی ریزترکها در طی تجمع تنش پیش از وقوع زلزله نمایان میشود. این اثرات پیش از چندین زمینلرزه در جهان دیده شده است؛ در یک مورد، برآورد تنش برای تشخیص زمان و بزرگی زلزله ی  $M=5$  در جنوب غربی ایسلند با موفقیت انجام شد. در گذشته فرض بر این بود که تراکم تنش قبل از زلزله تا وقتی که این تنش توسط فرآیند گسلش در زمان وقوع زلزله رها شود، ادامه می یابد. اما تحقیقات جدید نشان میدهد که از چند دقیقه تا چند ماه قبل از رخداد زلزله، تنش کم شده و ترکها بسته می شوند. رابطه ی این زمان استراحت با بزرگی زمینلرزه ی پیش رو، به صورت لگاریتمی میباشد.

این واقعیت که قسمتهای زیادی از پوسته در برابر امواج لرزه ای ناهمسانگرد به نظر میرسند، دلایل کافی برای مطالعه در مورد جدایش موج برشی را ارائه می نماید، زیرا پدیده جدایش موج برشی مفهومی گره خورده با مفهوم ناهمسانگردی لرزه ای است و ناهمسانگردی همواره نشان دهنده جدایش امواج لرزه ای، بخصوص موج برشی میباشد.

#### روش تحقیق

زمین لرزه قدرتمندی بامداد روز یکشنبه ۴ شهریور ۱۳۹۷ شهر تازه آباد و روستاهای پیرامونش در استان کرمانشاه را به شدت به لرزه درآورد. بزرگای این زمین لرزه بر اساس گزارش موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران ۵.۹ و در عمق ۸ کیلومتری و بر اساس گزارش مرکز ملی اطلاع رسانی زمین لرزه آمریکا ۶ و در عمق ۱۰ کیلومتری بوده است. در این مطالعه هدف، بررسی تغییرات پارامترهای ناهمسانگردی قبل و بعد از این زلزله است. برای بررسی پارامترهای ناهمسانگردی  $\delta t$  و  $\Phi$  باید داده ها در پنجره موج برشی باشند (زاویه ورود به ایستگاه کمتر از ۳۵ درجه باشد) به همین دلیل باید فاصله زلزله اصلی، پیش لرزه ها و پس لرزه ها تا ایستگاه مورد نظر، در حد عمق رخدادها یا کمتر از آن مقدار باشد. لذا با توجه به موقعیت زلزله بوقوع پیوسته و ایستگاه های لرزه نگاری وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایستگاهی که شرایط لازم برای تعیین پارامترهای ناهمسانگردی را دارد، ایستگاه لرزه نگاری ده رش (DHR) است. داده های انتخابی مربوط به شش ماه قبل و شش ماه بعد از زلزله ۴ شهریور ۱۳۹۷ که در ایستگاه لرزه نگاری ثبت شده است برای این مطالعه انتخاب شد.

در این پژوهش به منظور تعیین پارامترهای ناهمسانگردی ( $\varphi$  و  $\delta t$ ) مراحل زیر انجام شد:

الف) تبدیل فرمت داده های سه مولفه از فرمت mseed به Sac.

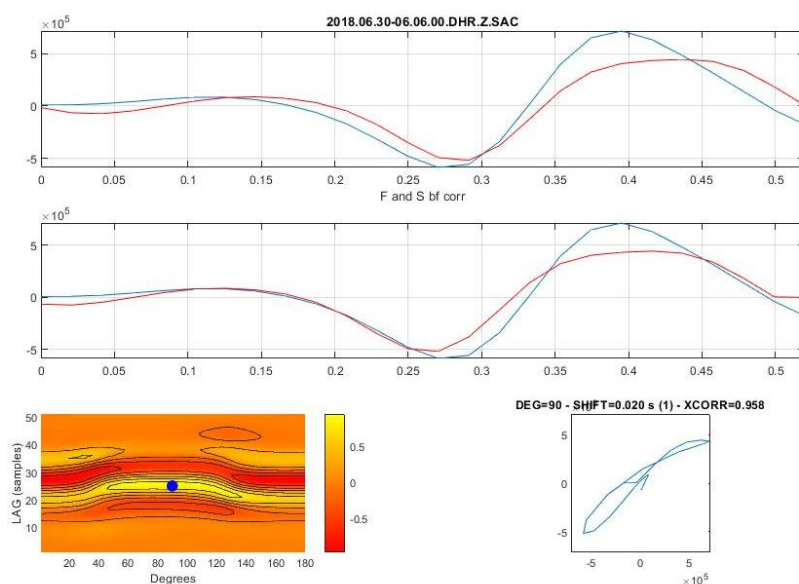
ب) تصحیح هدر فایل ها با استفاده از نرم افزار Sac، مختصات محل زلزله و ایستگاه ده رش اعمال می شود.

ج) اعمال زمان رسید (پیک کردن) فازهای P و S بر روی شکل موج در محیط Sac.

د) تعیین پارامترهای ناهمسانگردی با استفاده از نرم افزار anisomat<sup>+</sup>.

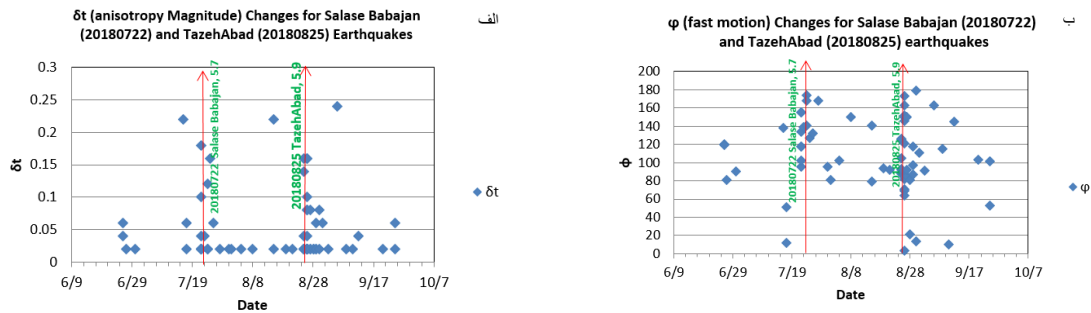
ه) بررسی تغییرات پارامترهای ناهمسانگردی نسبت به زمان قبل و بعد از زلزله اصلی.

پارامترهای ناهمسانگردی ( $\varphi$  و  $\delta t$ ) مطابق با بندهای قبل بعد از تصحیح داده های مورد استفاده توسط نرم افزار anisomat<sup>+</sup> تعیین شد. شکل ۱ نمایش تعیین پارامترهای ناهمسانگردی را نشان می دهد.



شکل ۱ نمایش پارامترهای ناهمسانگردی، در این شکل  $\varphi=90^\circ$  و  $\delta t=0.02$

به منظور بررسی تغییرات پارامترهای ناهمسانگردی، تغییرات این دو پارامتر را نسبت به زمان برای شش ماه قبل و شش ماه بعد از زلزله ۴ شهریور ۱۳۹۷ تازه آباد کرمانشاه مورد تحلیل قرار گرفت و این تغییرات بررسی و در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ الف) تغییرات پارامتر بزرگی ناهمسانگردی ( $\delta t$ ) همانگونه که از این شکل مشخص است قبل از زلزله بزرگی ناهمسانگردی افزایش و بعد از آن دوباره کاهش می یابد ب) تغییرات پارامتر راستای ناهمسانگردی ( $\phi$ ) همانگونه که از این شکلها مشاهده می شود قبل از زلزله مقدار این پارامتر بهم ریخته و مقادیر مختلفی را خواهد داشت.

### نتیجه گیری

با تعیین پارامترهای ناهمسانگردی برای تمام پیش لرزه ها و پس لرزه های زلزله مورد مطالعه و همچنین بررسی تغییرات این پارامترها نسبت به زمان نتایج زیر حاصل شد:

الف) همانگونه که در شکل ۲ الف نشان داده شده است پارامتر  $\delta t$  قبل از وقوع زلزله بیش از ده برابر افزایش یافته است و مجدداً بعد از زلزله شروع به کاهش می کند این تغییر پارامتر  $\delta t$  بیانگر این است که قبل از وقوع زلزله خرد شدگی اتفاق افتاده که یا به عبارت دیگر افزایش ترک و شکافها منجر به افزایش ناهمسانگردی شده است.

ب) با توجه به شکل ۲ ب تغییرات پارامتر  $\phi$  قبل از وقوع زلزله بیانگر تکتونیزه شدن منطقه و بنابراین ایجاد ترکها و شکافها در راستاهای مختلف بدست آمده است.

در این پژوهش نشان داده شد بررسی تغییرات پارامترهای ناهمسانگردی قبل از وقوع زلزله ابزاری مفید برای مطالعات پیش نشانگری زلزله می باشد.

### منابع

1. Booth, D., Crampin, S., Lovell, J., Chiu, J., (1990), Temporal changes in shear wave splitting during an earthquake swarm in Arkansas, *Journal of Geophysical Research*, V 95, P 10729–11358.
2. Crampin, S., H. J. Rowlands, and T. Volti. (1998), "Monitoring stress changes before earthquakes using seismic shear-wave splitting." *Earthquake-Prediction Research in a Natural Laboratory*, V 252: P 37-44.
3. Piccinini, D., Pastori, M., Margheriti, L., (2013), ANISOMAT+: An automatic tool to retrieve seismic anisotropy from local earthquakes, *Computers & Geosciences*, V 56, P 62–68.
4. Shearer, P. M., (2009), *Introduction to Seismology*, second edition, Cambridge University Press.