

انتخاب زمان رسید اولیه در داده‌های لرزه‌ای با روش نسبت انرژی میانگین

هادی اسماعیلی^۱، رامین نیکروز^۲

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه ژئوفیزیک، دانشگاه ارومیه، ایران، h.esmaeili2003@gmail.com

^۲ دانشیار، گروه ژئوفیزیک، دانشگاه ارومیه، ایران، r.nikrouz@urmia.ac.ir

چکیده

امروزه در پردازش داده‌های لرزه‌ای مرحله تعیین اولین زمان رسید موج P گامی مهم جهت بدست آوردن اطلاعات سرعتی لایه سطحی می‌باشد، و باعث می‌شود که بتوان تصحیح استاتیک صحیحی را داشته باشیم. تحلیل دستی ردلزه‌ها و انتخاب زمان رسید زمانگیر و وابسته به تصورات ذهنی تحلیلگر است. تکنیک‌های مختلفی برای تشخیص و برداشت ورودی‌های مختلف امواج لرزه‌ای تک مولفه‌ای و سه مولفه‌ای ارائه شده است. در این مقاله روش نسبت انرژی میانگین کوتاه مدت به انرژی میانگین بلند مدت استفاده شده است و با استفاده از نرم افزار متلب برای داده‌های لرزه‌ای بهینه سازی شده است. این روش ابتدا بر روی داده‌ی لرزه‌ای مصنوعی اعمال شد و بعد اطمینان از کارایی آن بر روی داده واقعی بررسی و درصد خطا حدوداً ۰.۴ درصد محاسبه شد داده واقعی استفاده شده مربوط به یکی از میداین غرب ایران می‌باشد، نتایج حاصله حاکی از مطلوب بودن روش مذکور می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: موج فشارشی، تعیین اولین زمان رسید، تصحیح استاتیک، لایه سطحی، نسبت انرژی.

First-Arrival time picking by averaging energy ratio method

Hadi Esmaeili¹ and Ramin Nikrouz²

¹M.Sc. Graduate of Geophysics, Department of Geophysics, University of Urmia, Iran

²Associate Professor, Department of Geophysics, University of Urmia, Iran

Abstract

Nowadays, in the processing of seismic data, the determination of P wave first-arrival time is an important step to obtain the velocity information of the surface layer and enables us to improve the static correction. Manual first break picking is time consuming and depends on the processor imagination. Various techniques have been proposed for the detection and perception of different inputs of single-component and three-component seismic waves. In this paper, the short-term average energy to long-term average energy ratio method is used and optimized for seismic data using MATLAB software. This method has been applied on artificial seismic data first and after its effectiveness on the actual data of the study and the percentage of the error estimated at 0.4 percent is the real data used in one of the western fields of Iran, the results indicate that the method is optimal.

Keywords: P wave, First-arrival time picking, Static correction, surface layer, Energy ratio.

۱ مقدمه

انتخاب اولین زمان رسید یک گام اساسی در پردازش داده‌های لرزه‌ای است. انتخاب اول دستی ممکن است کیفیت داشته باشد اما کارایی پایینی دارد، که به وسیله آن استفاده از یک کامپیوتر به جای انتخاب دستی یک هدف نهایی در زمینه تحقیق در مورد یک الگوریتم انتخاب خودکار است. انتخاب اولین ورود واجد شرایط، اساس تصحیح استاتیک و پردازش بعدی داده‌ها را فراهم می‌کند. بسیاری از محققان روش‌های مختلفی را برای انتخاب خودکار اولین ورود ارایه

کرده‌اند. محققان روش‌های متفاوتی برای انتخاب اولین زمان رسیدها معرفی کرده‌اند. روش همبستگی متقابل ردلرزه‌های مجاور، پرلادی و کلمنت (۱۹۷۲)، روش نسبت انرژی کپن (۱۹۸۵)، روش آنالیز زمان-فرکانس لیائو و همکاران (۲۰۱۱)، روش تشخیص رویداد عصبی - تکاملی (neuro-evolutionary) مایتی و صلاحی (۲۰۱۶)، اخیراً چی-دوران و همکاران (۲۰۱۷) استراتژی‌های جدیدی براساس تبدیل فوریه و روش فرکتال برای آشکارسازی خودکار زمان رسیدن موج P و S انجام داده‌اند. در این مقاله از روش نسبت انرژی میانگین کوتاه مدت به انرژی میانگین بلند مدت که یک روش در حوزه زلزله شناسی بوده استفاده شده و برای داده‌های لرزه ای بهینه شده است.

۲ روش تحقیق

نسبت انرژی میانگین کوتاه مدت به انرژی میانگین بلند مدت معرفی شده توسط آلن (۱۹۷۸) یکی از روش‌های تشخیص خودکار موج P در زلزله‌شناسی است. این الگوریتم عملکرد خوبی در بسیاری از داده‌های شکل موج دارد (نیپرس، ۲۰۱۰). الگوریتم دارای دو پنجره در حال حرکت است که عبارتند از پنجره STA (میانگین کوتاه مدت) و پنجره LTA (میانگین بلند مدت) همانند شکل (۱). برای این فرآیند، مجموع قدر مطلق دامنه‌های STA و LTA را محاسبه می‌کنیم. سپس نسبت STA به LTA محاسبه می‌شود. اگر نسبت STA به LTA فراتر از مقدار آستانه باشد رسیدن موج P شناسایی می‌شود، (ترنکوچی، ۲۰۰۹). محاسبه نسبت STA به LTA را می‌توان به شکل زیر

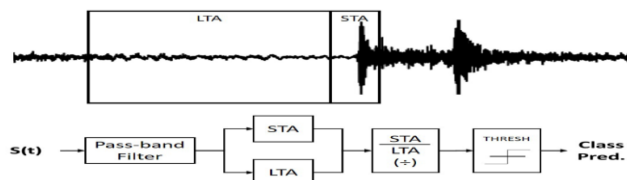
$$\varepsilon = \frac{STA_i}{LTA_i} = \frac{\sum_{i=n}^{i=1} D_i |u(t_i)|^2}{\sum_{i=n}^{i=1} C_i |u(t_i)|^2} \quad \text{معادله (۱)}$$

در رابطه (۱) داده سری زمانی است، D_i و C_i به ترتیب کاهش دامنه نمایی STA و LTA هستند. فرم D_i و C_i را می‌توان به شکل زیر بیان کرد:

$$C_i = C_0 \exp[-\alpha_1(n-i)] \quad \text{معادله (۲)}$$

$$D_i = D_0 \exp[-\alpha_2(n-i)] \quad \text{معادله (۳)}$$

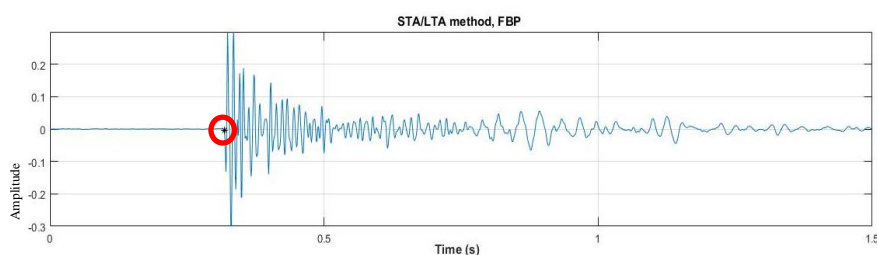
در رابطه (۳ و ۲) α_1 و α_2 ضریب واپاشی است که باید براساس انواع شکل کلی داده‌های زلزله و لرزه تنظیم شود، $\alpha_1 \ll \alpha_2$ و C_0 و D_0 ثابت هستند، n طول داده‌های سری زمانی و i حاصل داده‌های زلزله و لرزه است (ماکسین، 2010).



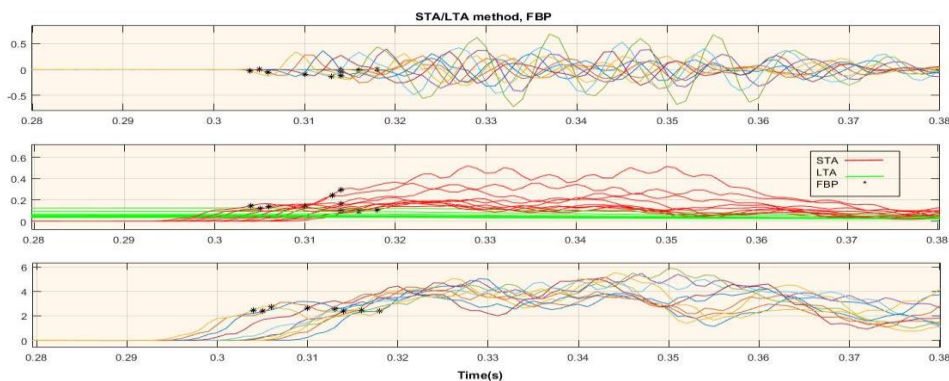
شکل ۱. الگوریتم STA/LTA

در روش مذکور مهم‌ترین بخش، تعیین اندازه پنجره‌های زمانی انتخابی است. طول پنجره‌ها در زلزله شناسی در حدود ۱ ثانیه برای پنجره کوچک و ۳۰ ثانیه برای پنجره بزرگ می‌باشد، این اندازه در لرزه‌شناسی به مراتب کمتر است. در این تحقیق پس از بررسی‌های متعدد طول پنجره کوچک ۰/۱ ثانیه و پنجره بزرگ ۰/۰۶ ثانیه تعیین شد. هر چقدر اندازه پنجره‌ها کوچک باشد دقت بالاتر، اما حجم پردازش بالا می‌رود و زمان انجام برنامه طولانی می‌شود. برای اینکه انتخاب صحیحی داشته باشیم باید یک آستانه (Threshold) را به برنامه تعریف کنیم، این عدد از نسبت میانگین پنجره کوچک به میانگین پنجره بزرگ بدست می‌آید، آستانه برای هر منطقه لرزه‌ای مقدار متفاوتی دارد این اختلاف به دلیل تغییرات جانبی لایه‌های سطحی زمین می‌باشد (بیشتر در مناطق کوهستانی) که اولین زمان رسیدها مربوط به

این ناحیه می‌باشد و هر منطقه پاسخ متفاوتی به موجک تولید شده توسط چشمه (دینامیت، ویراتور، چکش و...) می‌دهد، پس ممکن است برای هر منطقه مقدار آستانه متفاوت وارد شود. الگوریتم مد نظر را ابتدا بر روی یک تک تریس مصنوعی شکل (۲) اعمال کرده و بعد از حصول اطمینان از کارایی آن در ادامه بر روی ۱۰ تریس که به صورت تصادفی از چند چشمه لرزه ای (Shot Gather) که مربوط به یک میدان اکتشافی واقع در غرب ایران می‌باشد انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت، آستانه محاسبه شده برای ۱۰ تریس تقریباً برابر ۲.۱ محاسبه گردید. درصد خطای برای ۱۰ ردلرزه استفاده شده، حدوداً ۰.۴ درصد محاسبه شد، شکل (۳). سپس در مرحله بعد ۳۰۰ ردلرزه از یک شات لرزه‌ای دو بعدی را انتخاب کرده و برنامه را اجرا کردیم، نتایج انتخاب اولین زمان رسیده‌ها در شکل (۵) مشخص شده است.



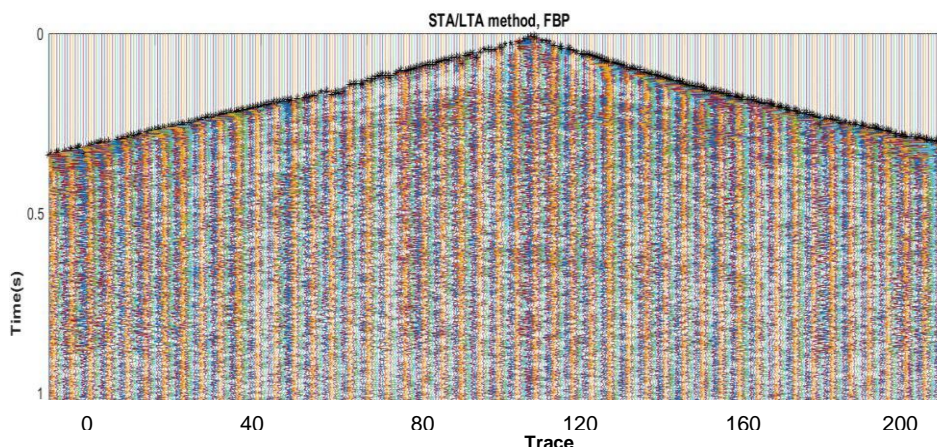
شکل ۲. نتیجه اعمال برنامه بر روی تک تریس انتخابی، محل انتخاب اولین زمان رسید با ستاره مشخص شده است.



شکل ۳. الف) ۱۰ تریس خام لرزه ای با انتخاب ۰.۳۸ ثانیه ابتدائی. ب) خط قرمز: STA؛ خط سبز: LTA (ج) نسبت STA/LTA و تعیین مقدار آستانه، در اینجا میانگین مقدار آستانه حدوداً برابر ۲.۱ بدست آمد.



شکل ۴. محل اولین زمان رسیده‌ها (FB) با ستاره (*) مشخص شده است، تأثیر دور افت ردلرزه‌ها بر روی زمان



شکل ۵. اعمال برنامه بر روی شات گذر واقعی با ۳۰۰ تریس ، محل اولین زمان رسیدهها (FB) با ستاره(*) مشخص شده است، زمان انتخابی ۱ ثانیه ابتدائی، آستانه اعمال شده ۲.۲ .

۳ نتیجه گیری

با توجه به مطالبی که تا کنون در این مقاله مطرح شده می توان اینگونه بیان کرد که، اهمیت انتخاب صحیح اولین زمان رسیدهها در داده های لرزه ای شامل داده بازتابی و انکساری و نیز در داده های زلزله، بسیار بالا می باشد، چرا که با انتخاب صحیح و دقیق، روند پردازش داده ها مسیر درستی را در پیش می گیرد. روش پیشنهادی این مقاله که به اختصار آنرا STA/LTA می نامیم، یک الگوریتم قوی در انتخاب اولین زمان رسیدهها می باشد، در این مطالعه نشان داده شد که استفاده از روش نسبت انرژی جهت برداشت موج P قابل اطمینان می باشد. برای بهبود عملکرد می توان قبل از اعمال روش مذکور از یک فیلتر میان گذر نیز استفاده کرد. نتایج به دست آمده از نگاشت مصنوعی و داده های واقعی نشان می دهد که این روش توانایی ارائه و استفاده در داده های لرزه ای را دارد.

منابع

- Aulia Khalqillah, Muhammad Isa, Umar Muksin., 2018, A GUI based automatic detection of seismic P-wave arrivals by using Short Term Average/Long Term Average (STA/LTA) Method, SEMIRATA- International Conference on Science and Technology, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1116 (2018) 032014, doi:10.1088/1742-6596/1116/3/032014.
- Chi-Durán, R., Comte, D., Díaz, M., Silva, J. F. , 2017. Automatic detection of P- and S-wave arrival times: new strategies based on the modified fractal method and basic matching pursuit. *Journal of Seismology* 21(4), 1-14.
- Coppens, F., 1985. First arrival picking on common-offset trace collections for automatic estimation of static corrections. *Geophysical Prospecting* 33(8), 1212-1231.
- Liao, Q., Kouri D., Nanda, D., Castanga J., 2011. Automatic first break detection by spectral decomposition using minimum uncertainty wavelets. Society of Exploration Geophysics, 81st Annual Meeting (San Antonio), 1627-1631 .
- Maity, D., Salehi, I., 2016. Neuro-evolutionary event detection technique for downhole micro seismic surveys. *Computers & Geosciences* 86, 23-33.
- Muksin., 2010, Understanding The Seismic Structure Beneath Sumatra and Its Surrounding Regions A thesis submitted for the degree of Master of Philosophy of The Australian National University (The Australian National University).
- Nippres S E J, Rietbrock A and Heath A E., 2010, *Geophys. J. Int.* **181** 911.
- Peraldi, R., and A. Clement, 1972, Digital processing of refraction data., Study of first arrivals: *Geophysical Prospecting*, **20**, 529-548.
- Sheriff Robert E. , 2002, *Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysicist*, 4th Edition, Society of Exploration Geophysicist.
- Trnkoczy, A. (2009). Understanding and parameter setting of STA/LTA trigger algorithm, in *New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*, P. Bormann (Editor), Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Germany, 1-20.