شناسایی مناطق حاوی هیدروکربن با استفاده از وارون سازی مقاومت الاستیک

هاله کربلاعلی، کارشناس ارشد تفسیر اطلاعات ژئوفیزیک،مدیریت اکتشاف، شرکت نفت خزر

haleh.karbalaali@aut.ac.ir

نوع مقاله:تالیفی

چکیده :

ارزیابی مخزن نقش مهمی در مراحل مختلف یک پروژه ی صنعتی ایفا میکند. نتایج حاصل از این ارزیابی دید مناسبی به خصوصیات سنگ و سیال مخزن میدهد که در تعیین مکان حفاری و کاهش عدم قطعیت و ریسک بسیار حائز اهمیت است. در این مقاله، با استفاده از داده های لرزه نگاری و اطلاعات چاه پیمایی محدود، از وارون سازی مقاومت الاستیک برای شناسایی زون های بهره ده مخزن استفاده شده است. از رسم نمودار متقاطع لاگ های مقاومت الاستیک در زوایای برخورد نزدیک و دور نسبت بهم برای تفکیک زونهای مطلوب استفاده شده است. سپس با استفاده از الگوریتم وارون سازی پس از انبارش بر پایه مدل در دور افت های مختلف، دو حجم دادۀ لرزه ای وارون یافته ی زاویه محدود حاصل گشت. از ترسیم نمودار متقاطع این دو داده و بر پایه نتایج حاصل از آنالیز چاه، زون های حاوی هیدرو کربور در داده های لرزه ای مشخص گردید.

واژگان کلیدی: وارون سازی مقاومت الاستیک، مقطع برانبارش جزئی، لاگ مقاومت الاستیک، تحلیل نمودار متقاطع.

Delineating Hydrocarbon Bearing Zones Using Elastic Impedance Inversion

Abstract

Reservoir characterization plays an important role in different parts of an industrial project. The results from a reservoir characterization study give insight into rock and fluid properties which can optimize the choice of drilling locations and reduce risk and uncertainty. Delineating hydrocarbon bearing zones within a reservoir is the main objective of any seismic reservoir characterization study. In the current study, using limited well control and seismic data, an attempt was made to predict the productive zones of a reservoir using elastic impedance inversion. Elastic impedance logs at near and far angles of incidence have been crossplotted to find the desired productive parts of the formation. Two partial angle stack seismic data have been inverted using a model-based post-stack seismic inversion. The crossplot of the two inverted volumes is interpreted based on the results from the well location. Finally, the hydrocarbon bearing zones of the reservoir was delineated according to the seismic crossplot analysis.

Keywords: Elastic Impedance Inversion, Partial Angle Stack, Elastic Impedance Log, Crossplot Analysis

مقدمه:

مطالعه کامل خصوصیات استاتیک مخزن برای اهداف توسعه ای و کاهش ریسک و عدم قطعیت در انتخاب مکان های احتمالی حفاری بسیار حائز اهمیت بوده و در هر برنامهٔ مطالعه ای مخزن، تعیین خصوصیات سیال و سنگ مخزن مدنظر است. از آن جایی که دامنه های امواج لرزه ای تابعی از مقاومت صوتی/ الاستیک هستند می توان آنها را برای درک خصوصیات مخزنی (لیتولوژی، نوع سیال و اشباع) و حتی بعنوان نشانگر مستقیم حضور هیدروکربور به کار بود[1]. دادهٔ لرزه ای بر انبارش یافته از تمامی زوایا، اغلب حاوی اطلاعات سیال نمی باشد. بنابراین، بازیابی اطلاعات زاویه برخورد و نیز سرعت امواج صوتی و برشی با استفاده از وارون سازی مقاومت الاستیک درک بهتری از خواص سنگ و سیال مخزنی در اختیار ما قرار خواهد داد.در این مطالعه تلاش میشود که نواحی بهره ده مخزنی از سایر نواحی تفکیک گردد و ستون هیدروکربور مشخص گردد [2].

۱. تئوری

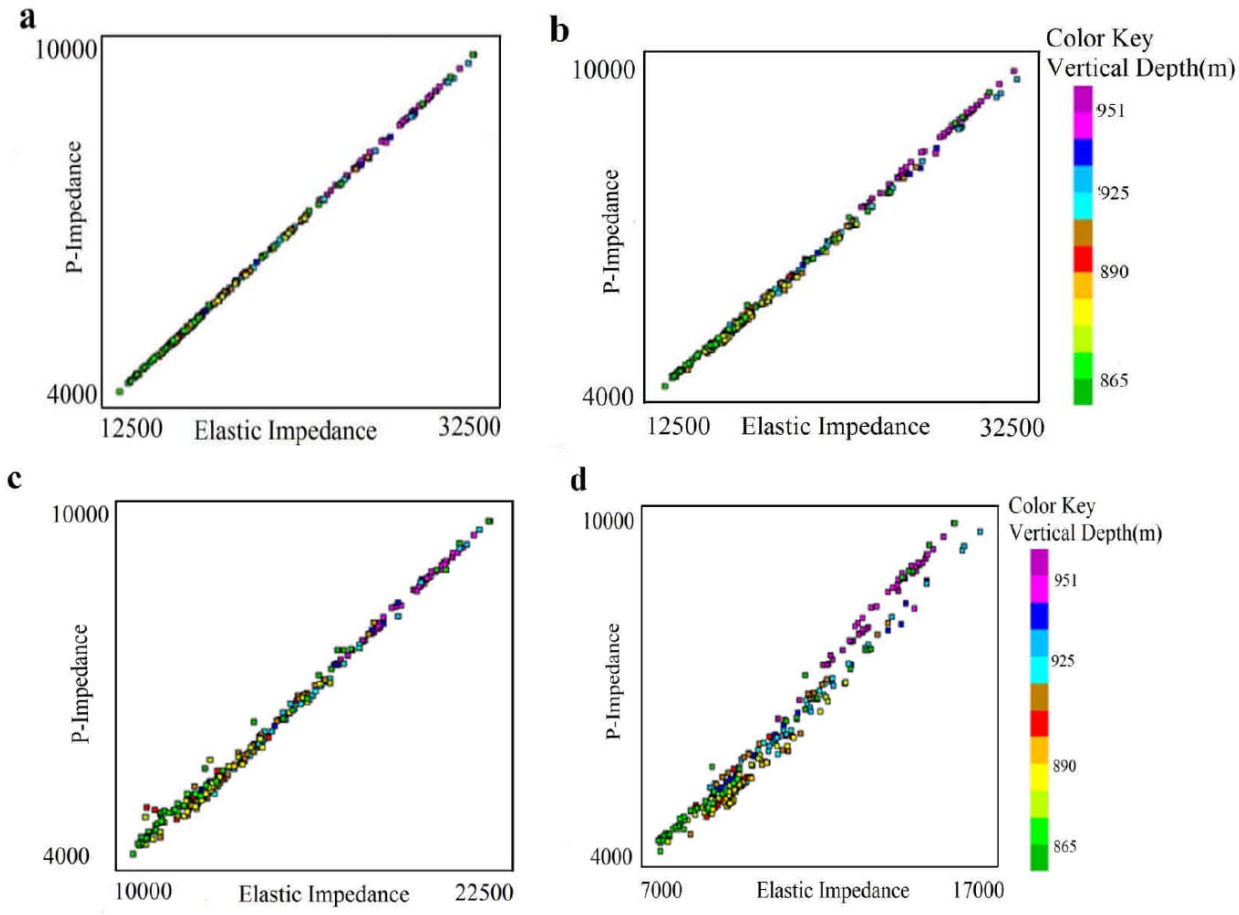
دقت تخمین لیتولوژی و سایر خواص پتروفیزیکی به وسیله ی آمپدانس الاستیک پیشرفت چشمگیری در استفاده از نشانگرهای لرزه ای تغییر دامنه با دورافت (AVO) محسوب میشود[3]. اولین مرحله در انجام وارون سازی آمپدانس الاستیک ایجاد مقاطع برانبارش جزئی از داده های لرزه ای است. بدین منظور ردلرزه های بازتابیده در هر نقطه عمقی مشترک را باید برحسب دورافت مرتب نمود. برطرف نمودن اثر NMO و نیز حفظ دامنه های واقعی را از جمله مراحل اصلی در پردازش داده های لرزه ای باید مد نظر قرار داد[4]. محققینی چند، مانند [5] و [6] و [7] از رسم نمودار متقاطع از نشانگرهای الاستیک در محل چاه برای تعیین رخساره ها و خواص پتروفیزیکی در کل مخزن استفاده نموده اند.

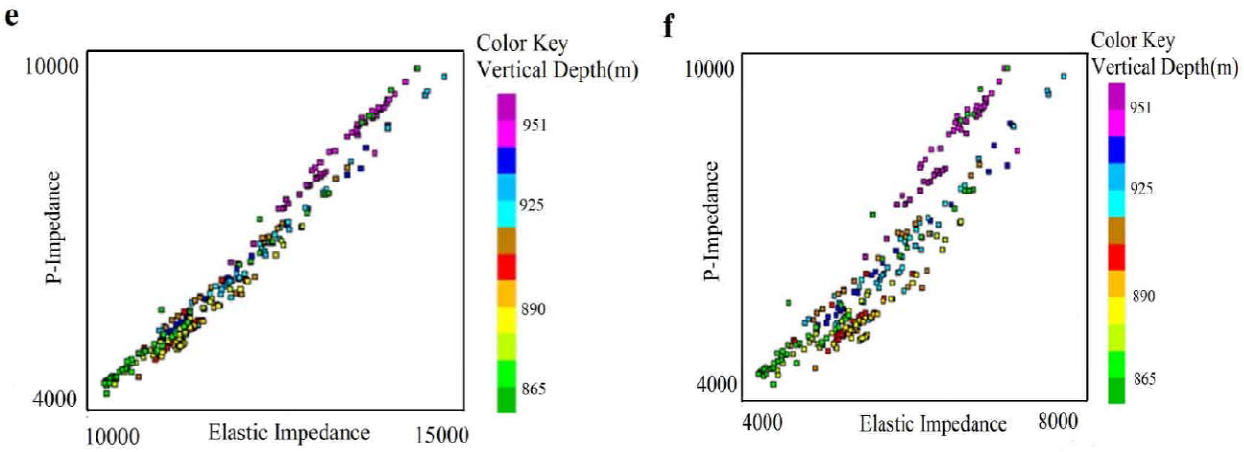
۲. روش انجام کار:

در ابتدا دو مقطع بر انبارش یافته ی جزئی، یکی در زوایای برخورد نزدیک و دیگری در زوایای دور ساخته می شود. محدودهٔ زاویه مناسب برای ساخت این مقاطع از بررسی پوشش دامنه در افق مورد نظر حاصل گردید. در مرحله بعد، از هر یک مقاطع برانبارش جزئی باید موجک مناسب جهت تطابق داده های لرزه ای و چاه پیمائی استخراج گردد. از این موجک ها در الگوریتم وارون سازی نیز استفاده می گردد. وارون سازی پس از برانبارش بر پایه مدل مقاومت الاستیک با استفاده از دو لاگ مقاومت الاستیک ساخته شده در زوایای نزدیک و دور و نیز افق های تفسیری انجام می گیرد. برای تعیین زون های بهره ده، از رسم متقاطع لاگ مقاومت الاستیک در زاویه برخورد نزدیک نسبت به لاگ مقاومت الاستیک در زاویه برخورد دور در محل چاه استفاده می شود. سپس با استفاده از رسم متقاطع داده های لرزه ای حاصل از وارون سازی مقاومت الاستیک، نتایج حاصل از بررسی در محل چاه به کل حجم دادهٔ لرزه ای تعمیم داده می شود.

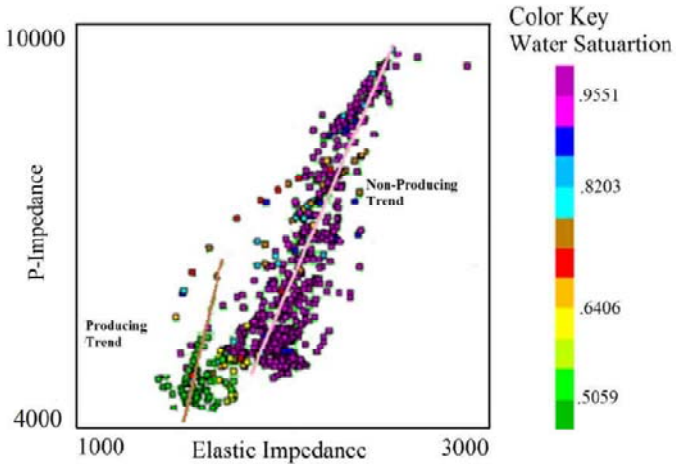
۳. بررسی نمودار متقاطع لاگ مقاومت الاستیک و صوتی در محل چاه

بررسی نمودار متقاطع مقاومت صوتی نسبت به مقاومت الاستیک در زوایای برخورد متفاوت در محل چاه نشان میدهد که تا زاویه ۳۰ درجه جدایشی حاصل نمیگردد (شکل ۱ الف- و). هر چند در زاویه ۳۵ درجه بخوبی میتوان روند مخزنی را تفکیک نمود (شکل ۲). از لاگ اشباع آب بعنوان بعد سوم در رسم نمودار متقاطع استفاده شده است. این شکل اهمیت استفاده از وارون سازی مقاومت الاستیک در زوایای برخورد دور نسبت به وارون سازی مقاومت صوتی را برای شناسایی نواحی بهره ده نشان میدهد.





شکل ۱- نمودار متقاطع لاگ مقاومت الاستیک در برابر لاگ مقاومت صوتی در محل چاه. لاگ مقاومت الاستیک در زوایای (a) ۵، (b) ۱۰، (c) ۱۵، (d) ۲۰، (e) ۲۵ و (f) ۳۰ محاسبه شده است.

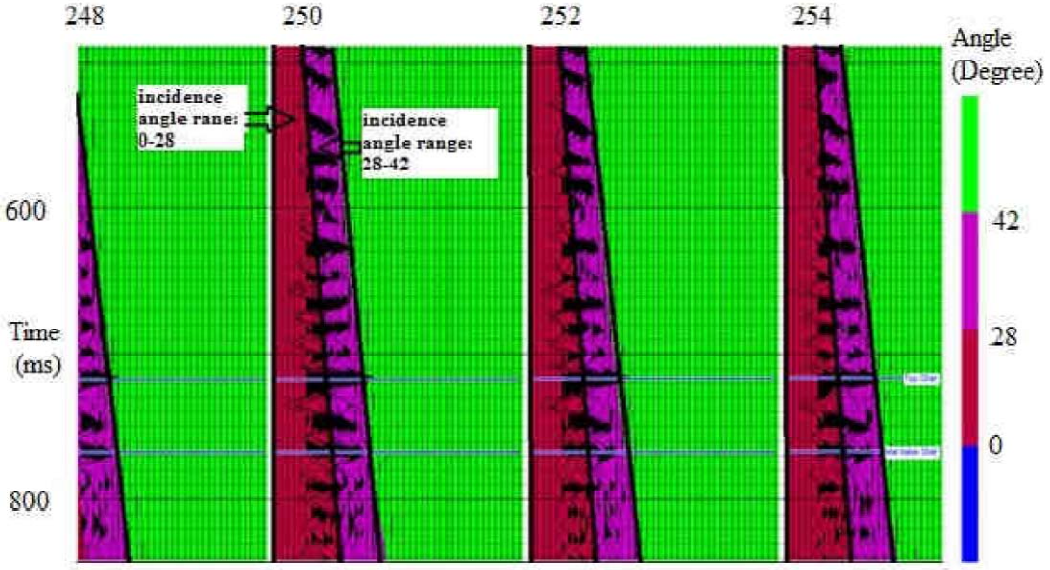


شکل ۲- نمودار متقاطع لاگ مقاومت الاستیک در برابر لاگ مقاومت صوتی در محل چاه. لاگ مقاومت الاستیک در زاویه ی ۳۵ محاسبه شده است. لاگ اشباع آب بعنوان بعد سوم بکار رفته است.

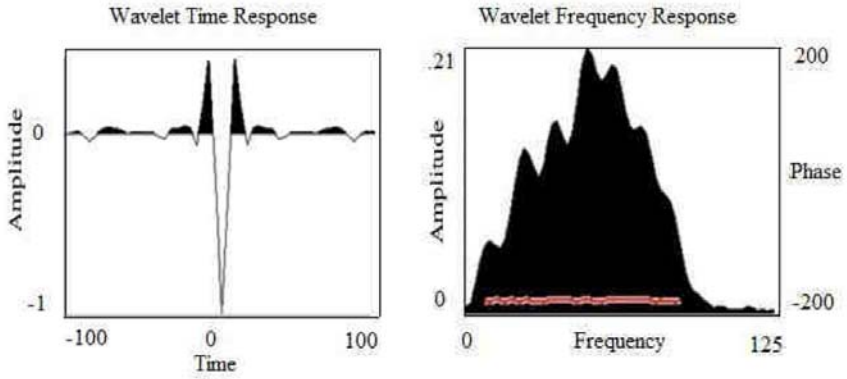
۴. وارون سازی پس از برانبارش مقاومت الاستیک با استفاده از الگوریتم بر پایه مدل

در بررسی محدوهٔ زاویه مطلوب جهت ساخت مقاطع برانبارش جزئی، دو محدودهٔ ۲۸-۵ درجه و ۴۲-۲۸ درجه در افق مورد نظر مناسب دیده شد (شکل۳). موجک های مناسب با استفاده از داده های لرزه ای و نیز اطلاعات چاه پیمایی از هر یک از مقاطع برانبارش جزئی استخراج گردیدند (شکل های ۴ و۵). لاگ های مقاومت الاستیک در زوایای ۱۴ و ۳۵ درجه برای ساخت مدل اولیه وارون سازی مورد استفاده قرار گرفتند. نتیجه وارون سازی پس از انبارش بر پایه مدل بر هر یک از مقاطع بر انبارش جزئی نشان داده شده است (شکل های ۶ و۷).

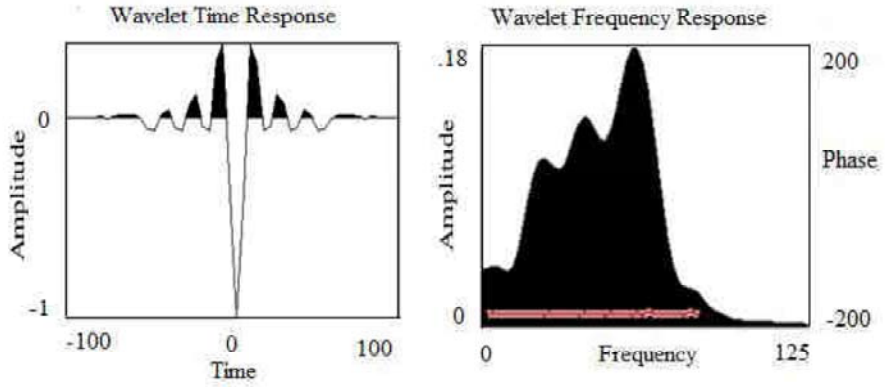
همان گونه که مشاهده می شود افق مخزنی به صورت ناحیه ی مقاومت پایین در بین لایه های با مقاومت بالاتر پایینی و بالایی بخوبی قابل تفکیک است. از تفاوت نتایج حاصل از وارون سازی در دور افت های نزدیک و دور برای تعیین ستون هیدرو کربوری استفاده خواهد شد است چرا که داده های برانبارش در زوایای دور برای تعیین سیال مخزن قابل اتکاتر است زیرا داده های برانبارش در زوایای دور حاوی اطلاعات موج برشی بوده که در تفکیک سیال میتواند مفید واقع شود.



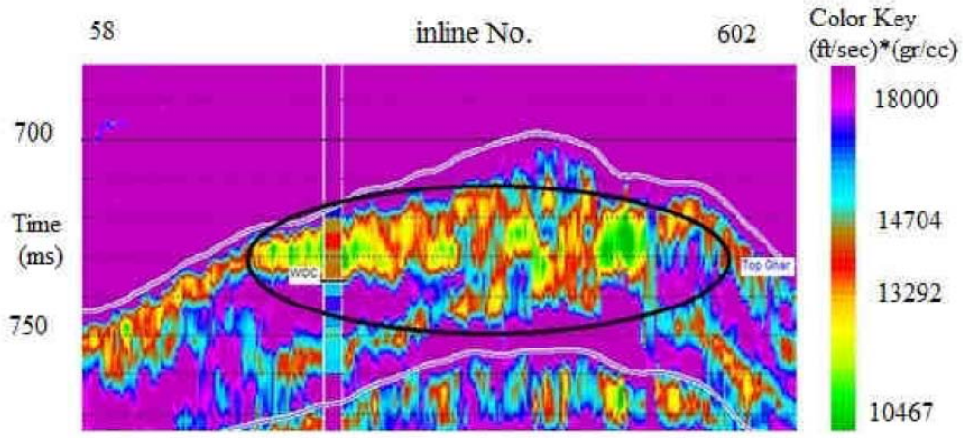
شکل ۳- بررسی محدوده زاویه ی مناسب جهت تولید مقاطع برانبارش جزئی از داده لرزه نگاری.



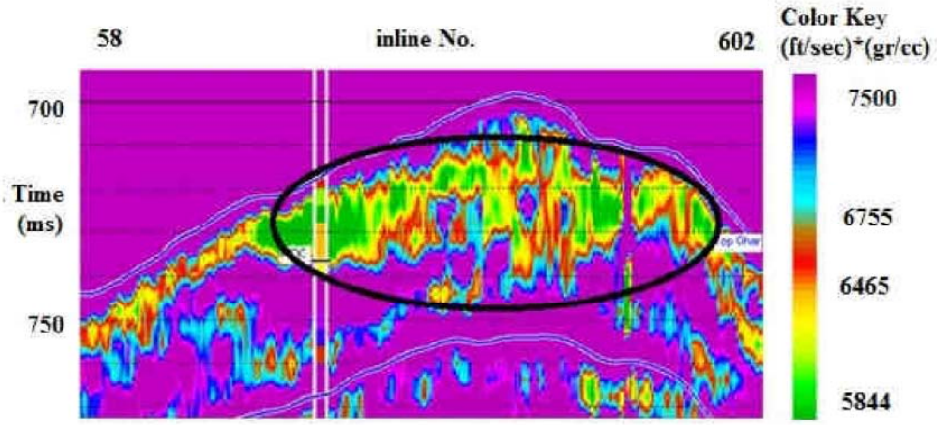
شکل ۴- موجک استخراج یافته از مقطع برانبارش دورفت نزدیک. (راست) حیطه فرکانس، (چپ) حیطه زمان.



شکل ۵- موجک استخراج یافته از مقطع برانبارش دورفت دور. (راست) حیطه فرکانس، (چپ) حیطه زمان.



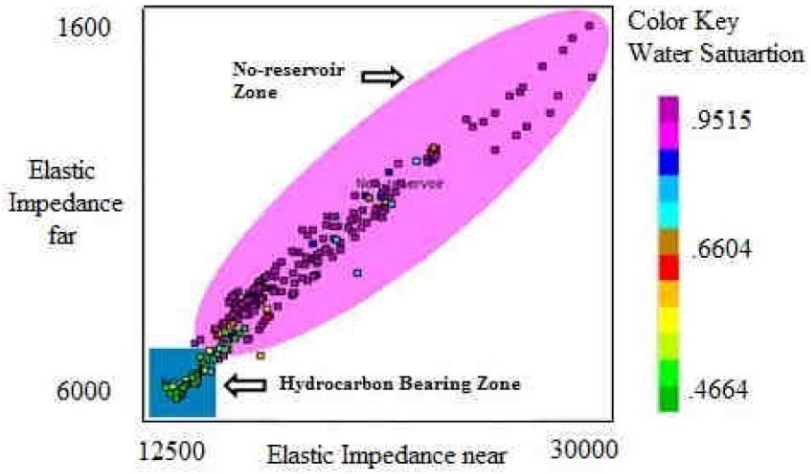
شکل ۶- مقطع برانبارش جزئی دورافت نزدیک پس از اعمال وارون سازی مقاومت الاستیک.



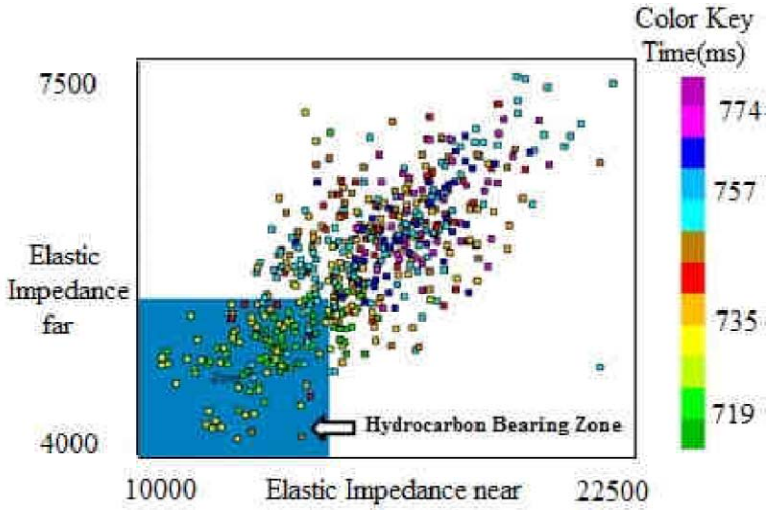
شکل ۷- مقطع برانبارش جزئی دورافت دور پس از اعمال وارون سازی مقاومت الاستیک.

۵. تفسیر نتایج

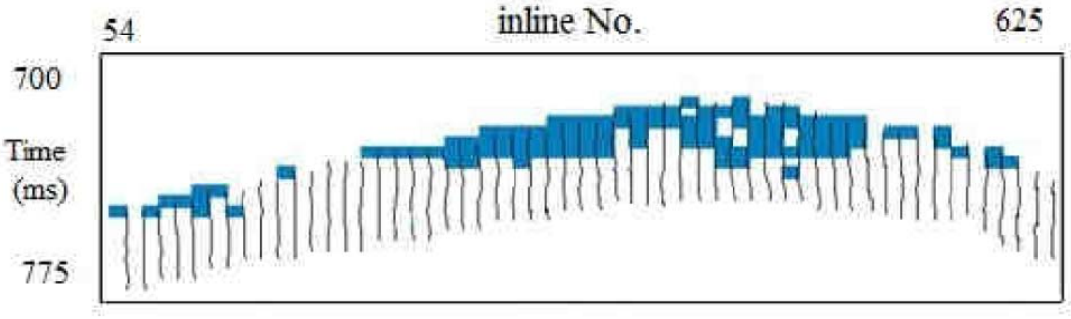
بر روی نمودار متقاطع لاگ مقاومت الاستیک در زاویه برخورد نزدیک نسبت به زاویه برخورد دور نواحی بهره ده قابل تفکیک است(شکل ۹). در این شکل از لاگ اشباع آب بعنوان بعد سوم استفاده شده است. نتیجه حاصل از بررسی در محل چاه را میتوان به حجم دادهٔ لرزه ای تعمیم داد(شکل۱۰). زون محتمل بهره ده که در نمودار متقاطع جدا گشته بود را میتوان بر روی حجم دادهٔ لرزه ای مشاهده نمود (شکل ۱۱).



شکل ۸- نمودار متقاطع لاگ مقاومت الاستیک دور افت نزدیک در برابر لاگ مقاومت الاستیک دور افت دور در محل چاه. لاگ اشباع آب بعنوان بعد سوم بکار رفته است.



شکل ۹- نمودار متقاطع مقطع وارون مقاومت الاستیک دور افت نزدیک در برابر مقطع وارون مقاومت الاستیک دور افت دور.



شکل ۱۰- زون حاوی هیدروکربور در مقطع لرزه ای.

نتیجه گیری:

۱- کاهش مقاومت الاستیک در هر دو مقطع دور و نزدیک محدودهٔ مخزنی را در بین لایه های با مقاومت بالاتر پایینی و بالایی نشان می دهد. هر چند که مقطع وارون یافته بر انبارش جزئی در زاویه برخورد دور در برگیرنده ی جزئیات بیشتر نسبت به مقطع زاویه برخورد نزدیک است.

۲- نمودار متقاطع لاگ مقاومت الاستیک در زاویه برخورد نزدیک نسبت به لاگ مقاومت الاستیک در زاویه برخورد دور، از لاگ اشباع آب بعنوان بعد سوم قادر است زون حاوی هیدروکربور را مشخص نماید.

۳- برپایه نتیجه ی حاصل از بررسی نمودار متقاطع لاگ های مقاومت الاستیک در زوایای برخورد دور و نزدیک در محل چاه، میتوان نمودار متقاطع داده های لرزه ای وارون یافته در دور افت های دور و نزدیک را تفسیر نمود و زون حاوی هیدروکربور را در کل ناحیهٔ مورد مطالعه تخمین زد.

۴- ناحیه مورد مطالعه از دیدگاه تکتونیکی ساده است و نتایج حاصل از بررسی در محل تنها چاه موجود را می توان به کل مخزن براحتی تعمیم داد.

مراجع:

[1]Prskalo, S., Application of Relation between Seismic Amplitude, Velocity and Lithology in Geological Interpretation of Seismic data, Journal of Hungarian Geomathematics, Vol. 2, p. 51-68, 2007.

[2]Zhou J. Y., Tao J. Q., Guo Y. B., Zhang X. H. and Qiang M., Rock Physics Based Pre-stack Seismic Reservoir Characterization-application to Thin Bed, 71th EAGE Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 8-11June, 2009.

[3]Maver, K. G. and Rasmussen K.B., Simultaneous AVO Inversion for Accurate Prediction of Rock Properties, Offshore Technology Conference (OTC), 16925, Houston, US, 3-6 May, 2004.

[4]Li-deng, G., Xiao-feng D. and Ling-gao L., Application of Petrophysics Base Pre-stack Inversion to Volcanic Gas Reservoir Prediction in Songliao Basin, CPS/SEG International Geophysical Conference and Exposition, Beijing, 2009.

[5]Quijada, M. F., Estimating Elastic Properties of Sandstone Reservoirs Using Well Logs and Seismic Inversion, Msc. Thesis, Department of Geoscience, University of Calgary, Alberta, 160 p, 2009.

[6] Silva, J. and Garcia, G., Joint Estimation of Reservoir Saturation and Porosity from Seismic Inversion Using Stochastic Rock Physics Simulation and Bayesian Inversion, 12th International Congress of Brazilian Geophysical Society, Brazil, 15-18 August, 2011.

[7] Abdollahi Fard, I. and Riazi, N., Prediction of Hydrocarbon Saturation by Results of Simultaneous Seismic Inversion through Lame Parameters in a Carbonate Reservoir, 15th Geophysical Conference, Iran, 2012.