مقایسه نشانگرهای تک ردلرزه ای و چند ردلرزه ای جهت شناسایی کانال مدفون

ابراهیم کارآزما[۱]، حمزه صادقی سرخنی[۲]، سید محمد ابطحی فروشانی[۳]
[۱]کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف نفت، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، ebrahimkarazma@mi.iut.ac.ir
[۲]استادیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، hamazeh.sadeghi@iut.ac.ir
[۳]استادیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، smabtahi@iut.ac.ir

چکیده

نظر به اهمیت کانال‌های مدفون در امر اکتشاف و بهره برداری از مخازن هیدروکربنی و نقش نشانگرهای لرزه‌ای در شناسایی کانال‌های یاد شده، پژوهش حاضر به به بررسی تاثیر نشانگرهای تک ردلرزه و چند ردلرزه در شناسایی کانال‌های مدفون پرداخته است. در این مطالعه نشانگرهای مفید تک ردلرزه و چند ردلرزه‌ای در شناسایی کانال بر روی داده‌های لرزه‌ای اعمال شده است. سپس، با اعمال سه روش مختلف خوشه بندی، مجموعه‌های نشانگرهای چند ردلرزه‌ای، نشانگرهای تک ردلرزه‌ای و کل نشانگرهای استفاده شده به خوشه‌های متعددی تقسیم شدند. همچنین، استفاده از فیلتر سوبل دوبعدی مرزهای بین خوشه‌ها را تقویت نمود. همبستگی بین مقادیر فیلتر شده خوشه بندی کل نشانگرها با هر یک از مجموعه نشانگرهای تک ردلرزه‌ای و چندلرزه‌ای نشان داد که میزان این همبستگی برای نشانگرهای تک ردلرزه‌ای به طرز قابل توجهی بالاتر بوده است. بنابراین، به نظر می‌رسد استفاده از روش‌های ارزان قیمت تر تک ردلرزه‌ای برای تعیین محل کانال‌های مدفون، کافی بوده است.

واژه‌های کلیدی: کانال مدفون، نشانگرهای لرزه‌ای، نشانگرهای تک ردلرزه، نشانگرهای چند ردلرزه، فیلتر سوبل، خوشه‌بندی

Single-trace and multi-trace seismic attribute comparison to identify buried channel

Ebrahim Karazma[1], Hamzeh Sadeghisorkhani[2], Sayyed Mohammad Abtahi Forooshani[2]
[1] *Master of Petroleum Exploration Engineering, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology*
[2] *Assistant Professor, Department of Mining Engineering, Isfahan University of Technology*

Abstract

Due to the importance of buried channels in the exploration and production of hydrocarbon reservoirs and the role of seismic attributes in identifying these channels, the present study investigates the effect of single-trace and multi-trace seismic attributes in determining buried channels. This study applied helpful single- and multi-trace seismic attributes in channel identification to seismic data. Then, implementing three different clustering methods, the sets of multi-trace, single trace, and all the attributes have been split into several classes. Besides, using two-dimensional Sobel filters enhanced the boundaries of different clusters. The correlation between the filtered values of the clustering of all the attributes with each set of single-trace and multi-trace seismic attributes illustrated that the correlation is significantly higher for single-seismic attributes. Therefore, it seems that the cheaper single trace seismic attributes are sufficient to determine the location of buried channels.

Keywords: buried channel, seismic attributes, single-trace attributes, multi-trace attributes, Sobel filter, clustering

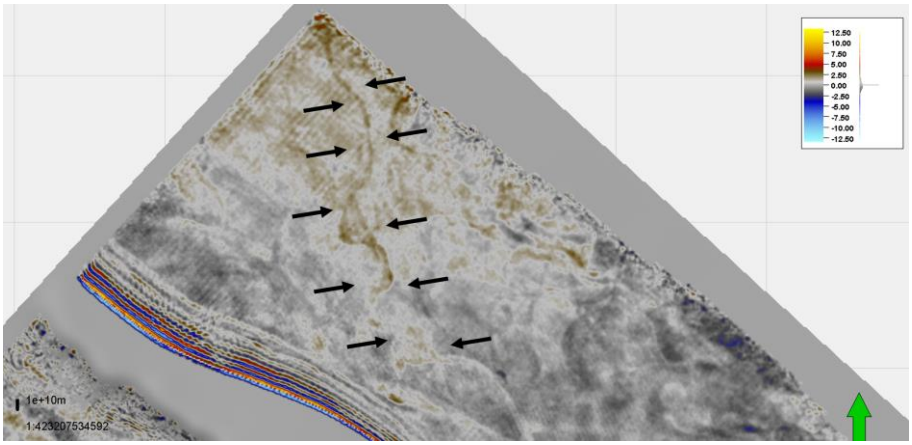
۱ مقدمه

نشانگرهای لرزه‌ای همه اطلاعاتی هستند که با محاسبات، اندازه گیری مستقیم و استدلال منطقی یا مبتنی بر تجربه از

داده‌های لرزه‌ای به دست می‌آیند. نشانگرهای لرزه‌ای با آشکارسازی رخساره‌های پنهان، شناسایی الگوهای مشابه و کمّی کردن خصوصیات داده‌های لرزه‌ای به تفسیر داده‌های لرزه‌ای کمک می‌کنند (بارنز، ۲۰۱۶). نشانگرهای لرزه‌ای را می‌توان بر روی یک ردلرزه و یا چند ردلرزه محاسبه کرد. برخی از نشانگرهای لرزه‌ای مانند ریشه میانگین مربعات، سویتنس، فاز لحظه‌ای بر روی یک ردلرزه محاسبه می‌شوند و برخی دیگر مانند انحنا، واریانس، آشفتگی و بهبود لبه سه بعدی بر روی چندردلرزه محاسبه می‌گردند (گونزالز و همکاران، ۲۰۲۱). استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای مفسر را قادر به شناسایی ساختارهایی مانند کانال مدفون و گسل می‌سازد. کانال‌های مدفون اگر توسط سنگ پوش مناسبی محصور شوند، قابلیت تشکیل مخازن هیدروکربن را دارا می‌باشند (لیو و مارفورت، ۲۰۰۶). بنابراین، پیش بینی دقیق محل کانال‌ها چه از نقطه نظر حفاری و چه تولید هیدروکربن دارای اهمیت است. بنابراین تعیین محل دقیق کانال‌های مدفون با استفاده از روش‌های کمی نظیر محاسبه نشانگرهای لرزه‌ای ضرورت دارد. در این راستا، پژوهش حاضر به محاسبه نشانگرهای لرزه‌ای تک ردلرزه‌ای و چند ردلرزه‌ای و مقایسه نتایج حاصل از تفسیر جداگانه و ترکیبی آنها برای شناسایی کانال‌های مدفون پرداخته است. هدف از این مطالعه، بررسی سودمندی محاسبه پر هزینه و زمانبر نشانگرهای چند لرزه‌ای در تعیین کانال‌ها و امکان جایگزینی آنها با محاسبه نشانگرهای کم هزینه تر تک ردلرزه‌ای می‌باشد.

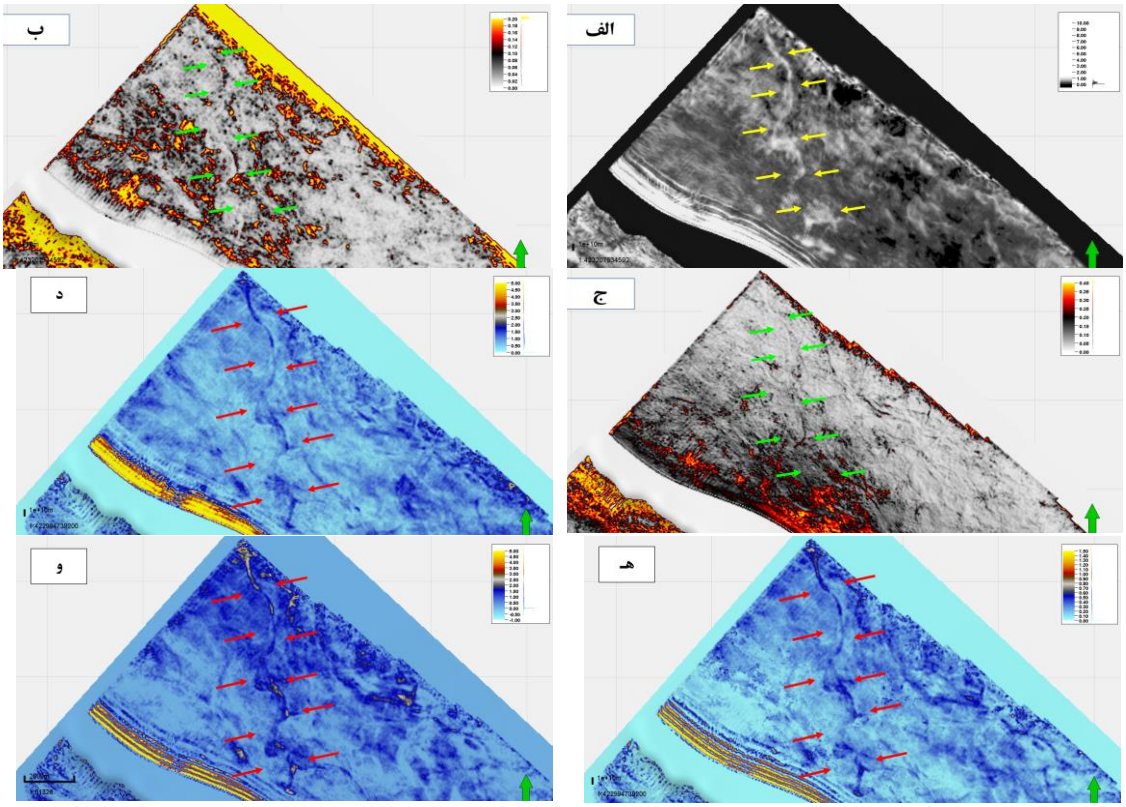
۲ روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده شامل مکعب لرزه‌ای سه بعدی پیش از برانبارش دارای مهاجرت زمان (PSTM) در میدان نفتی اهواز است. نشانگرهای لرزه‌ای جهت بررسی مقاطع لرزه‌ای مختلف و شناسایی کانال مدفون اعمال شدند. شکل-۱ تصویر مقطع سطحی در محدوده سازند میشان در ۱۷۰ میلی ثانیه بالاتر از سرسازند گچساران را نشان می‌دهد. تصویر یاد شده، یک کانال مدفون در محدوده را نشان داده است.



شکل- ۱- تصویر کانال مدفون در داده‌های لرزه‌ای اصلی بر روی مقطع سطحی.

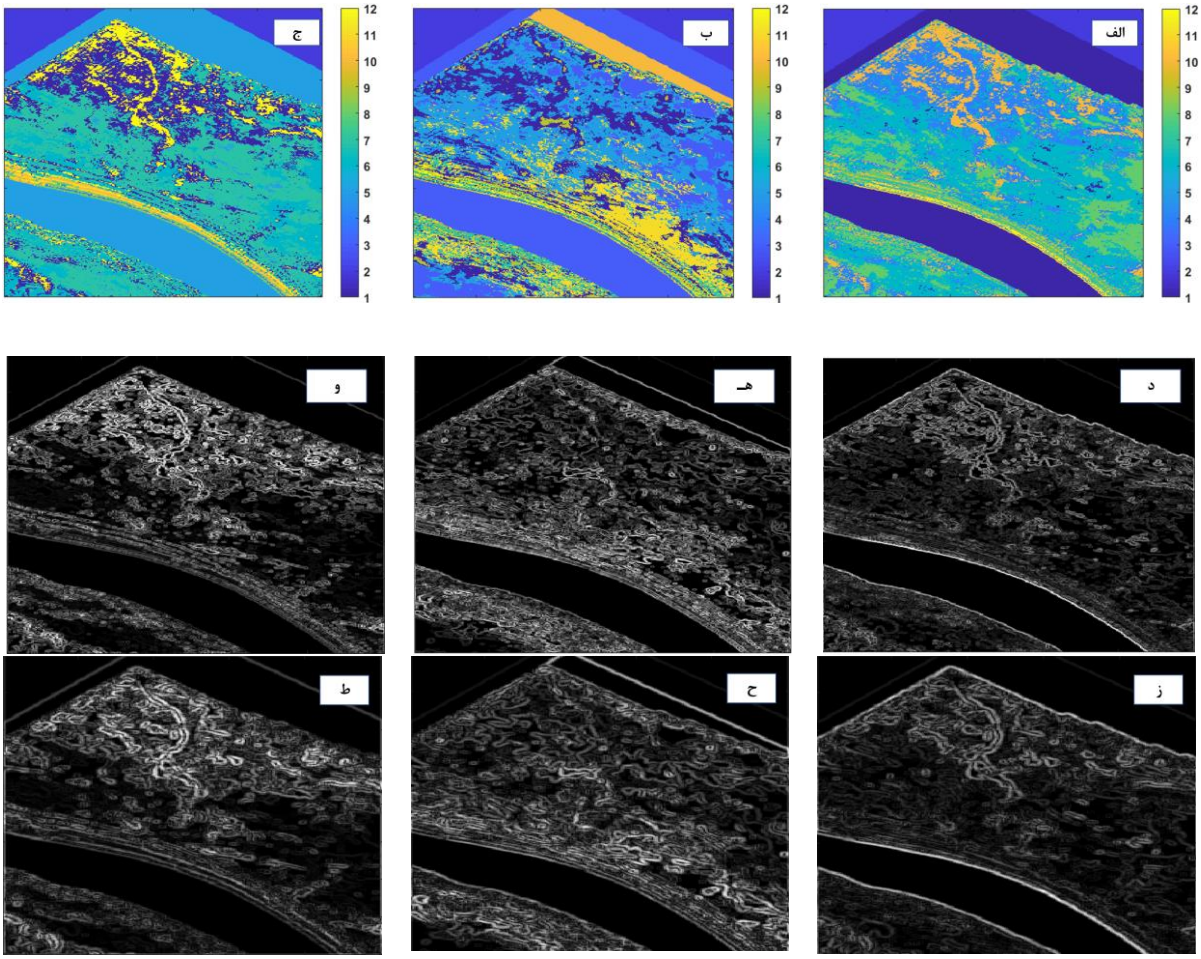
نشانگرهای چند ردلرزه اعمال شده شامل بهبود لبه سه بعدی، آشفتگی و واریانس و نشانگرهای تک ردلرزه شامل ریشه میانگین مربعات، سویتنس و مجموع دامنه‌های مثبت می‌باشند. شکل‌های ۲-الف تا ۲-و به ترتیب مقطع زمانی یاد شده را بعد اعمال نشانگرهای یاد شده روی معکب لرزه‌ای نشان می‌دهند.



شکل- ۲- تصویر کانال مدفون بر روی مقطع سطحی نشانگرهای لرزه‌ای. الف) بهبود لبه سه بعدی ب) آشفتگی ج) واریانس د) ریشه میانگین مربعات هـ) سویتنس و) مجموع دامنه‌های مثبت.

در مقایسه با نشانگرهای چند ردلرزه‌ای، به نظر می‌رسد نشانگرهای تک ردلرزه‌ای به طور کلی در شناسایی و تفکیک کانال‌ها موفق‌تر عمل کرده‌اند. شکل‌های ۲-د، ۲-ه و ۲-و، به ترتیب نشانگرهای ریشه میانگین مربعات، سویتنس و مجموع دامنه‌های مثبت را نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد هر سه نشانگر محدوده کانال را از زمینه آن جدا کرده‌اند. در این میان روش مجموع نشانگرهای مثبت تغییرات رسوبگذاری در داخل کانال را نیز نشان داده است.

خوشه بندی به روش‌های FCM، SOM و k-means با تعداد خوشه‌های ۹، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بر روی همه‌ی نشانگرهای لرزه‌ای و همچنین بر مجموعه نشانگرهای تک ردلرزه‌ای، مجموعه نشانگرهای چند ردلرزه‌ای و مجموعه کل نشانگرها به طور جداگانه اعمال شدند. به عنوان نمونه تصویر خوشه‌بندی k-means با تعداد ۱۲ خوشه در شکل ۳ نشان داده شده است. در ادامه، با هدف برجسته سازی مرز بین خوشه‌ها، فیلترهای سوبل دو بعدی ۳×۳ و ۵×۵ بر روی نتایج کلیه خوشه بندی‌ها اعمال گردید. به عنوان نمونه نتایج اعمال فیلترهای سوبل بر روی نتایج خوشه بندیk-means در ردیف دوم و سوم شکل ۳ نشان داده شده است. سپس میزان همبستگی میان مرزهای خوشه‌بندی حاصل از همه نشانگرها با مرزهای به دست آمده از هر یک از خوشه بندی‌های مربوط نشانگرهای تک ردلرزه‌ای و چند ردلرزه‌ای محاسبه شدند. میزان همبستگی یاد شده برای تمامی حالت‌های ممکن در جدول ۱ مرتب شده اند.



شکل ۳- سطرها از بالا به پایین، اعمال خوشه بندی ۱۲ تایی بر مجموعه نشانگرهای لرزه‌ای، اعمال فیلتر سوبل ۳×۳ و فیلتر سوبل ۵×۵ بر خوشه‌های نشان داده شده در سطر اول می‌باشند. ستون‌ها از راست به چپ مربوط به مجموعه تمامی نشانگرهای لرزه‌ای، نشانگرهای چند ردلرزه و نشانگرهای تک ردلرزه هستند.

جدول ۱- درصد همبستگی حاصل از فیلترهای سوبل میان خوشه بندی نشانگرهای تک ردلرزه و چند ردلرزه با خوشه بندی تمامی نشانگرها.

# Cluster	9		12		16		20	
Sobel filter	3x3	5x5	3x3	5x5	3x3	5x5	3x3	5x5
FCM								
Single-trace	25	40	26	28	30	53	34	40
Multi-trace	2	18	5	18	9	21	7	6
K-means								
Single-trace	80	81	81	87	25	28	18	31
Multi-trace	24	43	11	22	10	7	25	22
SOM								
Single-trace	26	27	14	24	54	67	60	64
Multi-trace	15	22	8	25	27	43	8	4

تقریباً کلیه مقادیر همبستگی در جدول ۱، حاکی از همبستگی بالاتر بین خوشه‌های نشانگرهای تک ردلرزه با خوشه‌های حاصل از تمامی نشانگرها می‌باشد. این همبستگی در خصوص خوشه بندی‌های ۹ و ۱۲ تایی در روش K-means به بالاتر از ۸۰ درصد رسیده است. در حالیکه همبستگی پایینتری بین نتایج خوشه بندی چند ردلرزه‌ای با خوشه بندی کل

نشانگرها دیده می‌شود. حداکثر این همبستگی در خوشه بندی k-means با ۹ خوشه به ۴۳ درصد می‌رسد.

۳ نتیجه‌گیری

وجود همبستگی بالاتر بین نتیجه اعمال فیلترهای سوبل بر خوشه‌های تک ردلرزه و خوشه بندی تمامی نشانگرها حاکی از آن است که نشانگرهای تک ردلرزه تاثیر بیشتری در شناسایی کانال مدفون و همچنین تفکیک آن توسط خوشه‌بندی داشته‌اند. این همبستگی بالاتر در اغلب موارد چندین برابر بیشتر از استفاده از نشانگرهای چند ردلرزه‌ای می‌باشد. این نتایج نشان دهنده اهمیت بالاتر نشانگرهای تک ردلرزه‌ای در تشخیص کانال‌های مدفون نسبت به نشانگرهای چند ردلرزه‌ای می‌باشد. همچنین به نظر می‌رسد برای خوشه‌بندی با استفاده از نشانگرهای تک ردلرزه‌ای نیز فیلتر سوبل ۵×۵ مناسب‌تر از فیلتر سوبل ۳×۳ بوده است. همچنین، با توجه به نتایج همبستگی پایین‌تر خوشه بندی نشانگرهای چند ردلرزه‌ای و به علت هزینه و زمان بیشتری که برای محاسبه نشانگرهای چند ردلرزه‌ای مورد نیاز است، استفاده از نشانگرهای ارزان‌تر و سریع‌تر تک ردلرزه‌ای جهت شناسایی این پدیده‌های کانالی کافی به نظر می‌رسند.

منابع

Barnes, A. E. (Ed.). (2016). *Handbook of poststack seismic attributes*. Society of Exploration Geophysicists.
Gonzalez, A. S., van der Molen, M., Oaubel, M., & Dandapani, R. (2021). Amplitude and attribute analysis for reservoir characterization. In *Applied Techniques to Integrated Oil and Gas Reservoir Characterization* (pp. 119-152). Elsevier.
Liu, J., & Marfurt, K. J. (2007). Instantaneous spectral attributes to detect channels. *Geophysics*, *72*(2), P23-P31.