طبقه‌بندی رخساره لرزه‌ای در یک مخزن هیدروکربنی با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی

کسری نازمهر[۱]، محمدعلی ریاحی[۲]، مهران رحیمی[۳]
[۱] کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، kasranazmehr@gmail.com
[۲] استاد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، mariahi@ut.ac.ir
[۳] دانشجو دکتری، دانشگاه شهید چمران اهواز، Mehran.rahimi@ut.ac.ir

چکیده

نشانگرهای لرزه‌ای از مهم‌ترین پیش‌بینی کننده‌های کیفی و کمی خواص و ویژگی‌های مخزن زمانی که از آن‌ها به‌درستی در مطالعات ویژگی‌های مخزن استفاده شود، هستند. نشانگرهای لرزه‌ای اکنون به‌طور فزاینده‌ای در مطالعات اکتشافی و بررسی ویژگی‌های مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرند. نشانگرهای لرزه‌ای بیان‌کننده اطلاعاتی هستند که در داده‌های خام لرزه‌ای قابل مشاهده نیستند. در این پژوهش از نشانگرهای متفاوتی همچون طیف فرکانس، فاکتور Q، کسینوس فاز، انرژی و شدت فرکانس بیشترین انطباق را با هدف کلاسه‌بندی رخساره‌های لرزه‌ای از خود نشان می‌دهند و پس از ارزیابی نشانگرهای لرزه‌ای این نتایج به منظور ورودی روش جنگل تصادفی مورد استفاده قرار گرفته شده است. تفسیر صورت گرفته این مطالعه با استفاده از داده‌های لرزه‌ایF3 دریای شمال بدست آمده است.

واژه‌های کلیدی: نشانگر لرزه‌ای، رخساره لرزه‌ای، دریای شمال، جنگل تصادفی، کلاسه‌بندی.

Classification of seismic facies using random forest algorithm in a hydrocarbon reservoir

kasra Nazmehr[1] , Mohammad Ali Riahi[2],Mehran Rahimi[3]

Abstarct

Seismic attributes play an important role as a qualitative and quantitative predictor of reservoir properties and geometries when correctly used in reservoir characterization studies. Seismic attributes are now increasingly used in exploration studies and reservoir characterization studies. Seismic attributes conceal information that is not visible in the original seismic data. This research uses different indicators such as energy, similarity, instantaneous frequency, frequency, Q factor, and cosine of phase is considered to be more compliant with the aim of seismic facies Classification. The results are used as an input random forest algorithm. Interpretation This study is based on North Sea F3 seismic data.

Keywords: Classification, North Sea, Random Forest Algorithm, Seismic attribute, Seismic facies.

۱ مقدمه

مفهوم رخساره[۱] از زمانی مورد استفاده قرار گرفت که دانشمندان علوم زمین در واحدهای سنگی خصوصیاتی راپیدا کردند که با تطابق این واحدها توانستند وجود ذخایر مهمی مانند ذغال‌سنگ و نفت و کانی‌های معدنی را پیش‌بینی کنند. اولین بار مفهوم این واژه توسط گرسلی[۲] (۱۸۳۸) معرفی شد. او رخساره را مجموعه مشخصات خاص یک واحد رسوبی تعریف کرد که در ابتدا این خصوصیات فقط شامل مشخصه‌های فسیل شناسی و لیتولوژی بود. رخساره لرزه‌ای را می‌توان به عنوان ناحیه با واحد چینه‌شناسی با الگوی بازتابش مشخص و قابل تفکیک از دیگر نواحی بر اساس دامنه بازتاب، پیوستگی، هندسه و یا شکل درونی بازتابنده، نسبت داد. از نگاهی دیگر این نوع رخساره به مجموعه رسوبات و سنگ‌های رسوبی اطلاق می‌شود که دارای خصوصیات پیکربندی، پیوستگی دامنه، بسامد و سرعت یکسان بوده و نیز دارای الگوی یکسان بر روی مقطع لرزه‌ای باشند (توکلی، ۲۰۰۶). جنگل تصادفی[۳] روشی نو و قدرتمند می‌باشد که در حوضهٔ تکنولوژی داده کاوی پیشرفت‌های بسیاری کرده است. رویکرد این روش برپایه ی ترکیب اطلاعات بوده که در آن تعدادی درخت

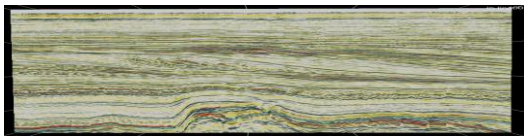
---

[۱] Facies
[۲] Gressly
[۳] Random Forest

تصمیم تشکیل شده و پس از آن تمامی درختان برای پیش‌بینی ترکیب می‌شوند (جعفریان،۱۳۹۴). جنگل‌های تصادفی تکنیک یادگیری جمعی می‌باشند و در این تحقیق از این الگوریتم به منظور طبقه بندی رخساره لرزه‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

۲ روش تحقیق

نشانگرهای لرزه‌ای اندازه‌گیری‌های خاصی از ویژگی‌های هندسی، سینماتیکی، دینامیکی یا آماری است که از داده‌های لرزه‌ای به‌دست آمده است. برخی از آن‌ها نسبت به محیط‌های خاص مخزن حساس‌تر هستند. برخی در آشکارسازی آنومالی‌های زیرسطحی که به راحتی قابل تشخیص نیستند بهتر عمل می‌کنند و برخی از آن‌ها به‌عنوان شاخص‌های مستقیم هیدروکربن مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱۹۹۷، چن و سیدنی). نشانگرهای لرزه‌ای ابزار مفیدی در تفسیر پدیده‌های چینه‌شناسی هستند. برنامه اصلی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت، استفاده از نرم‌افزار اپندتکت است، که یک بسته نرم‌افزار کامل در زمینه تفاسیر لرزه‌ای می‌باشد. این نرم افزار همچنین امکان پردازش، تجسم و تفسیر داده‌های لرزه‌ای با استفاده از اعمال نشانگرهای لرزه‌ای را برای مفسر فراهم می‌کند. داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی موردمطالعه در این تحقیق مربوط به بلوکF3 در جنوب دریای شمال (بخش هلندی) به مساحت ۲۴×۱۶ کیلومترمربع می‌باشد و موقعیت جغرافیایی این منطقه در طول ″ ۰/۸۶ ′ ۵۲ ° ۵۴ و عرض جغرافیایی ″ ۴۷/۰۷ ′ ۴۸ ° ۴ می‌باشد. الگوریتم جنگل تصادفی تحت نظارت بر روی این لاین شماره ۴۲۵، کراس لاین ۳۰۰ تا ۱۲۵۰ و مقطع زمانی ۱۸۴۸ میلی ثانیه مورد استفاده قرار گرفته شده است (شکل ۱).



شکل ۱: داده لرزه‌ای در محدوده مورد مطالعه.

کی از خصوصیات حوضه جنوبی دریای شمال وجود شکستگی از دور مزوزوئیک بوده، که نتیجه آن سرعت گرفتن این پدیده در گذر از مزوزوئیک به کرتاسه شده است. با یک تسریع در فعالیت گسستگی، در نتیجه تغییری از ژوراسیک به کرتاسه را خواهیم داشت که اساساً افت فاز پس از گسستگی در طول سنوزوئیک بوده است (زیگلر، ۱۹۹۰). سنگ منشأ اصلی هیدروکربن در قسمت جنوبی دریای شمال (بخش هلندی) بستره زغالی کربونیفر بالایی و شیل پوزیدونیا مربوط به ژوراسیک پایینی که مربوط به ژوراسیک پایینی بوده که از مواد آلی حاصل بقایای خزه‌های دریایی۱۶ با ژنز خشکی به وجود آمده است (اسخروت و همکاران، ۲۰۰۵).

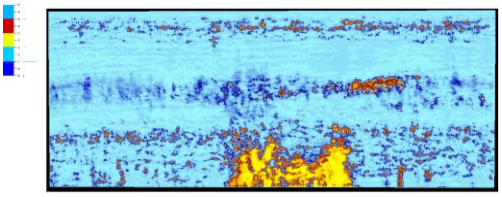
جدول ۰۱ مشخصات داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی بلوک F3 در جنوب دریای شمال.

Size (km)	24×16	
Inline Range	100	**750**
Crossline Range	300	**1250**
Bin Size (m) [inl/xl]	25	**25**
Z Range (ms)	0	**1848**

به منظور آموزش شبکه جنگل تصادفی می‌بایست از تعدادی نشانگر پرکاربرد استفاده کرد که در این پژوهش از نشانگرهای انولپ طیف فرکانس، نشانگر فاکتورQ،کسینوس فاز، انرژی و شدت فرکانس استفاده شد. در این تحقیق از مکعب هدایتی شیب استفاده شده که یا فیلتر نشده اند یا از یک فیلتر بسیار ملایم عبور کرده اند. این مکعب‌ها شامل اطلاعاتی مانند گسل‌های وابسته به شیب یا ساختارهای رسوبی می‌باشد و برای نشانگرهای کسینوس فاز، انرژی و انولپ طیف فرکانس کاربرد دارند که حاوی ۴۶۳ نمونه می‌باشند. همچنین در مجموعه داده‌های F3 تعداد ۴ مجموعه تست نقاط[۴] وجود دارد که ابتدا می‌بایست الگوریتم را با این ۴ مجموعه نقاط و مکعب هدایت و آموزش داده شوند و در نهایت بر روی کل داده‌های لرزه‌ای اعمال شود. شکل شماره ۲ نتایج کلاسه بندی با رنگ‌های متفاوت حاصل از استفاده الگوریتم جنگل

[۴] Pointsets

تصادفی تحت نظارت را در محدوده مورد نظر مشاهده می‌شود.



شکل ۲:کلاسه‌بندی رخساره لرزه‌ای با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی در محدوده مورد مطالعه.

جدول ۲: نتایج حاصل از کلاسه‌بندی رخساره لرزه‌ای با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی

رخساره	درصد فراوانی (درصد)
۱	۱۰
۲	۶۲
۳	۱۵
۴	۸
۵	۵

در این مطالعه نتایج حاصل را با استفاده از مطالعات زمین‌شناسی موجود و داده‌های سازند مقایسه شده است و سرانجام به یک تفسیر زمین‌شناسی از کلاسه‌بندی رخساره‌ها حاصل شد. نتایج حاصل از تفسیر زمین‌شناسی شامل رخساره دسته اول یا رخساره تحتانی شامل بالازدگی نمک زچشتاین در مرکز دارای ویژگی لرزه‌ای درهم‌ریخته به همراه چین‌خوردگی ناشی از آن می‌باشد. در قسمت فوقانی این رخساره نیز یک واحد دی هیدراته قرار گرفته است. رخساره دوم مربوط به رخساره دلتایی اریدوناس می‌باشد که خود شامل پکیج‌های ست زیرین، ست فوقانی و ست زیرین دلتا می‌باشد. رخساره سوم به شکل یک کلینوفرم هلالی بر روی رخساره دلتایی قرارگرفته که نحوه توازن بین رسوبگذاری و پیشروی یا پسروی خط ساحلی را در این دوره نشان می‌دهد. رخساره چهارم یک پکیج واگرا به سمت مرکز حوضه را نشان می‌دهد و درنهایت رخساره پنجم، رخساره فوقانی یک پکیج موازی مربوط به محیط کم انرژی می‌باشد.

۳ نتیجه‌گیری

بر پایه نتایج به دست آمده از این تحقیق، نشان داده شد که نشانگرهای لرزه‌ای می‌توانند برای تعیین رخساره‌های لرزه‌ای خاصی مورد استفاده گرفته شد. در تعیین رخساره‌های لرزه‌ای به عنوان یک مسئله کلاس‌بندی می‌بایست دقت شود تا از نشانگرهای مرتبط با هدف انتخاب گردد، چون هر رخساره لرزه‌ای ممکن است دارای خواص متفاوتی از سایر رخساره‌ها باشد که در نتیجه از یک گستره متنوعی از نشانگرها باید مورد استفاده قرارگیرد. در این پژوهش از نشانگرهای متفاوتی همچون طیف فرکانس، فاکتور Q، کسینوس فاز، انرژی و شدت فرکانس بیشترین انطباق را با هدف دسته‌بندی رخساره‌ها از خود نشان دادند. نتایج به دست آمده از الگوریتم جنگل تصادفی که یکی از روش‌های یادگیری عمیق می‌باشد عملکرد قابل توجهی در تعیین و ارزیابی رخساره‌های لرزه‌ای از خود نمایش داد و با توجه به مطالعات زمین‌شناسی موجود در منطقه نتایج قابل قبول می‌باشد.

منابع

توکلی، وحید، ۱۳۸۸، دانشگاه تهران، رخساره رسوبی: مفاهیم و کاربردها.

جعفریان، زینب،۱۳۹۴، مقایسه مدل‌های جنگل تصادفی (RF)و درخت رگرسیون تقویت شده (BRT)در پیشبینی حضور گونه‌های غالب مرتعی در مراتع پلور، مازندران

Chen, Q., and Sidney, S. (1997). Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring. The Leading Edge, 16(5), 445-448.

Schroot, B.M., Klaver, G.T., and Schüttenhelm, R.T.E., (2005) Surface and subsurface expressions of gas seepage to the seabed – examples from the Southern North Sea, Marine and Petroleum Geology, 22, 499–515 DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2004.08.007

ZIEGLER, P.A. (1990) Collision related intra-plate compression deformations in western and central Europe. J. Geodyn., 11, 357–388.