

## شناسایی رخساره‌های کانالی با استفاده از شبکه عصبی تحت نظارت

خبات ساعد موحشی<sup>۱</sup>، معصومه لطفی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی سهند، [kh\\_saed@sut.ac.ir](mailto:kh_saed@sut.ac.ir)

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، [masoumelotfi@aut.ac.ir](mailto:masoumelotfi@aut.ac.ir)

### چکیده

اکتشاف ذخایر هیدروکربنی زمینه‌ساز جستجوی پدیده‌های زمین‌شناسی و چینه‌شناسی پیچیده موجود در مقیاس‌های مختلف می‌باشد. شناسایی و به تصویر کشیدن رخساره‌های کانالی به دلیل دارا بودن پتانسیل ذخیره‌سازی سیالات هیدروکربنی، چالش مهمی را در اکتشافات چینه‌ای فراهم آورده است. با توجه به حجم بالای داده‌های لرزه‌ای و نیز افزایش تعداد نشانگرهای لرزه‌ای، ترکیب نتایج نشانگرهای لرزه‌ای با الگوریتم محاسباتی متفاوت توسط شبکه عصبی مصنوعی حین تفسیر توانسته جزئیات بالاتری از رویدادهای لرزه‌ای بدست دهد. در این مطالعه از روشی نیمه خودکار مبنی بر تلفیق نشانگرهای لرزه‌ای جهت شناسایی کانال‌های مدفون استفاده شده است. به اینصورت که ضمن پیش‌پردازش داده لرزه‌ای، ترکیبی از مجموعه نشانگرهای کارآمد در شناسایی کانال‌ها و مجموعه‌ای از نقاط هدف و نقاط پس‌زمینه تفسیر شده به شبکه عصبی تحت نظارت معرفی شد. در نهایت تصویر بهبود یافته‌ای از کانال‌های موجود در داده‌ای لرزه‌ای با تفکیک‌پذیری نسبتاً بالا ارائه گردید.

**واژه‌های کلیدی:** رخساره‌های کانالی، شناسایی کانال‌ها، داده لرزه‌ای سه بعدی، نشانگرهای لرزه‌ای، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم پس‌انتشار

## Identifying channel facies using supervised neural network

Khabat Saed Moucheshi<sup>1</sup>, Masoume Lotfi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Petroleum Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran

<sup>2</sup> Department of Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

### Abstract

Hydrocarbons exploration is geared towards identifying complex geologic and stratigraphic features in different scales. Due to the potential of channel facies in hydrocarbon storage, identifying and depicting them has been a great challenge in stratigraphic interpretation. In recent years, seismic data interpretations cause difficulties for the interpreters due to the increase of the seismic data volume and the variety of seismic attributes. Integrating seismic attributes with different computational algorithms based on artificial neural network, provides more details of seismic events. In this study, a semi-automatic method based on seismic attributes integration has been used to map buried channels. Following seismic data preconditioning, the attribute set and the pick sets selected by interpreter were presented to the supervised neural network. The results showed that an improved image of the channels with relatively a high resolution is illustrated.

Keywords: channel facies, channel detection, 3D seismic data, seismic attributes, artificial neural network, back-propagation algorithm

### ۱ مقدمه

توسعه لرزه‌نگاری سه بعدی امکان نمایه سازی و تجزیه و تحلیل مورفولوژی‌های زیرسطحی و تفسیر رویدادهای ساختمانی و چینه‌ای را فراهم آورده است. کانال‌های پر شده از سنگ‌های متخلخل محصور شده در سنگ‌های ناتراوا با قابلیت ذخیره

هیدروکربن، نقش مهمی را در اکتشافات چینه‌ای ایفا می‌کنند (چوپرا و مارفورت، ۲۰۰۷). در سال‌های اخیر، استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای در تفسیر داده‌های لرزه‌ای و اکتشاف ذخایر هیدروکربنی توسعه یافته است. نشانگرهای لرزه‌ای با بررسی اطلاعات مرتبط با دامنه، شکل و موقعیت موجک لرزه‌ای، رخدادهای پنهان موجود در داده لرزه‌ای را با دقت نسبتاً بالایی استخراج می‌کنند (کوسن و همکاران، ۲۰۱۴). نصیر و همکاران (۲۰۱۴)، از آنالیز نشانگرهای لرزه‌ای به منظور شناسایی پدیده‌های چینه‌ای همچون کانال‌ها و هندسه آنها بهره گرفتند. کائو و همکاران (۲۰۱۵)، روش آمیختگی رنگی نشانگرهای لرزه‌ای را جهت شناسایی کانال‌های مدفون به کار گرفتند. امبو و اولری (۲۰۱۷)، از روش‌هایی مبنی بر تجزیه طیفی داده لرزه-ای همچون تبدیل فوریه به منظور شناسایی نفتگیرهای چینه‌ای موجود در داده لرزه‌ای برداشت شده از دریای شمال استفاده نمودند. شبکه عصبی مصنوعی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است، روشی است مبنی بر تلفیق نشانگرهای لرزه‌ای مختلف که با ایجاد یک رابطه غیر خطی بین مجموعه داده‌های ورودی و خروجی، پدیده‌های خاص زمین‌شناسی از جمله گسل‌ها و شکستگی‌ها، کانال‌های مدفون، توده‌های نمکی و دودکش‌های گازی را شناسایی می‌کند.

## ۲ روش تحقیق

شبکه عصبی مصنوعی با شبیه‌سازی رفتار نورون‌های زیستی و با بهره‌گیری از قابلیت یادگیری در حل مسائل پیچیده از اهمیت بالایی برخوردار است. نورون کوچک‌ترین واحد پردازش داده است که پس از دریافت سیگنال‌های ورودی، آن‌ها را با یکدیگر ترکیب کرده و ضمن اعمال یک یا چند مرحله پردازش، آن‌ها را به صورت خروجی ظاهر می‌سازد. سازوکار آموزش و یادگیری این مدل‌های الکترونیکی همانند مغز بر پایه تجربه استوار است.

الگوریتم پس‌انتشار از جمله معروف‌ترین روش‌های آموزش با سرپرست در شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه است که در آن پس از معرفی مجموعه ورودی، ضرایب ارتباطی بین واحدهای لایه‌های ورودی، میانی و خروجی، بطور تصادفی تعیین می‌گردد. سپس با پردازش سیگنال‌های ورودی و ارسال آن‌ها به لایه‌های میانی، مقادیر ستاده‌ها محاسبه می‌گردد (لطفی و ساعدموچشی، ۱۳۹۶). اگر مجموع مربعات سیگنال خطا (مجذور اختلاف مقادیر محاسبه شده ستاده‌ها و خروجی واقعی) بیشتر از مقدار آستانه باشد، الگوریتم با بازگشت به عقب و تغییر ضرایب ارتباطی، محاسبات را تکرار می‌کند؛ در غیر اینصورت الگوریتم متوقف می‌گردد (بروور و همکاران، ۲۰۱۱).

میانگین مربعات خطا و ضرایب وزنی جدید در هر تکرار به ترتیب طبق روابط (۱) و (۲) محاسبه می‌شوند (راهنمای نرم افزار متلب):

$$MSE = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q e(k)^2 = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q (t(k) - a(k))^2, \quad (1)$$

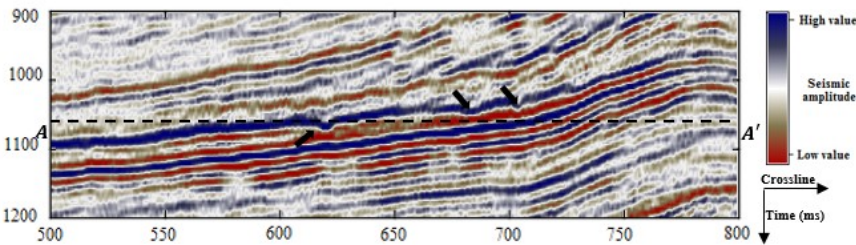
$$W(k+1) = W(k) - \alpha \frac{\partial MSE}{\partial W}, \quad (2)$$

که  $e$  سیگنال خطا،  $a$  خروجی لایه میانی،  $t$  خروجی مطلوب شبکه عصبی،  $Q$  تعداد زوج داده‌های یادگیری،  $\alpha$  نرخ یادگیری و  $W$  وزن اختصاص داده شده به ورودی می‌باشد.

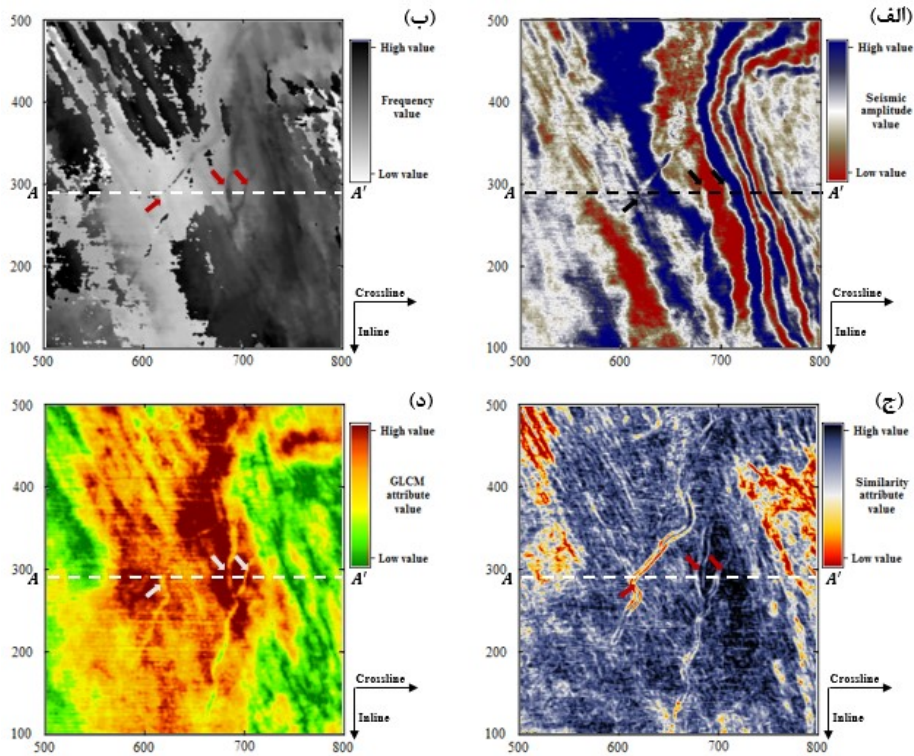
## ۳ روش تحقیق

برای بررسی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در شناسایی رخساره‌های کانالی، از یک داده لرزه‌ای سه بعدی متعلق به بلوک هلندی دریای شمال استفاده شده است. داده لرزه‌ای توزیعی از زمان و مکان می‌باشد به طوری که بازه زمانی ۴ میلی‌ثانیه و بازه مکانی ۲۵ متر (به صورت خطوط چشمه و خطوط گیرنده) است. حجم کوچکی از داده لرزه‌ای در بردارنده‌ی پدیده مورد نظر با محدوده خطوط چشمه ۸۰۰-۵۰۰، محدوده خطوط گیرنده ۵۰۰-۱۰۰ و محدوده زمانی ۱۲۰۰-۹۰۰ میلی‌ثانیه انتخاب شده است. در ابتدا یک مکعب هدایت شیب از داده لرزه‌ای که در بردارنده شیب و آزیموت محلی رخدادهای لرزه‌ای در هر نقطه نمونه است، تهیه می‌شود. سپس هموارسازی داده لرزه‌ای با اعمال فیلتر میانه صورت می‌گیرد. فیلتر میانه ضمن پیروی از شیب رخدادهای لرزه‌ای بر مبنای مکعب هدایت شیب با جایگزینی مقدار میانه دامنه ردلرزه‌های مجاور هر نقطه داده، نوفه تصادفی موجود در داده لرزه‌ای را تضعیف می‌کند. در شکل ۱ برخی از رخدادهای موجود در داده لرزه‌ای پیش‌پردازش شده در مقطع طولی ۳۳۰ نشان داده شده است.

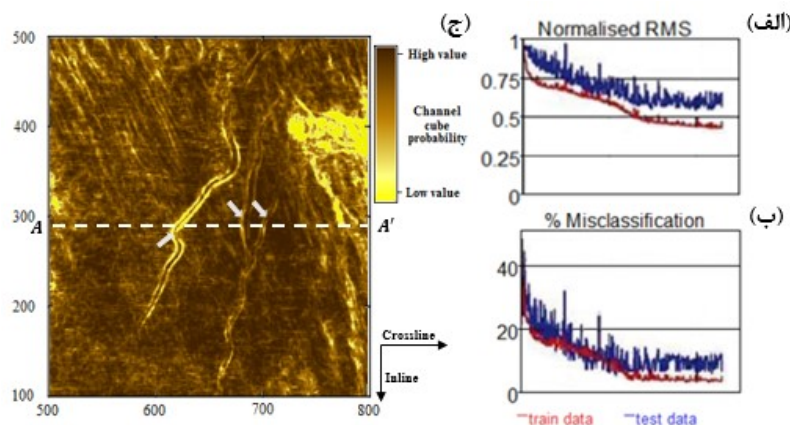
جهت شناسایی پدیده چینه‌شناسی مورد نظر و تمایز سیگنال‌های لرزه‌ای مربوط به آن از سیگنال‌های ناشی از پدیده‌های زمین‌شناسی نامطلوب یا پدیده‌های جعلی برداشت، ترکیب نشانگرهای چندگانه و حساسیت‌سنجی پارامترهای موثر بر عملکرد این نشانگرها انجام گرفته است. مجموعه‌ای از نشانگرهای مرتبط با شناسایی رخساره‌های کانالی از جمله انرژی، تجزیه طیفی، شباهت، فرکانس، ماتریس‌های هم‌رویداد سطح خاکستری (GLCM) و ... به عنوان ورودی شبکه عصبی انتخاب شدند. در شکل ۲ داده لرزه‌ای پیش‌پردازش شده و برخی از نشانگرهای ورودی شبکه عصبی در برش زمانی ۱۰۲۰ میلی‌ثانیه قابل مشاهده است. در ادامه ضمن بررسی داده لرزه‌ای و نیز مطالعه نتایج حاصل از نشانگرهای لرزه‌ای، دو دسته نقطه که مشخصه نواحی محتمل به رخساره‌های کانالی و نواحی پس‌زمینه می‌باشند، توسط مفسر به منظور آموزش شبکه عصبی انتخاب شدند. سپس مجموعه نشانگرها و نقاط انتخاب شده به عنوان ورودی به شبکه عصبی تحت نظارت معرفی گردید. در مرحله آموزش ۳۰٪ داده‌ها برای مجموعه آزمایشی و ۷۰٪ باقی‌مانده برای مجموعه آموزشی تقسیم شدند. در شکل ۳ خطای آموزشی و خطای آزمایشی و در نهایت مکعب احتمال خروجی نشان داده شده است که در آن احتمال وجود رخساره کانالی برای هر نمونه، مقداری بین صفر و یک دارد.



شکل ۱. برخی از کانال‌های موجود در داده لرزه‌ای در برش طولی ۳۳۰.



شکل ۲. برش زمانی ۱۰۲۰ میلی‌ثانیه: (الف) مکعب داده لرزه‌ای پیش‌پردازش شده، (ب) مکعب نشانگر تجزیه طیفی، (ج) مکعب نشانگر شباهت، (د) مکعب نشانگر ماتریس هم‌رویداد سطح خاکستری.



شکل ۳. (الف) خطای میانگین مربعات عادی شده (خطای آموزشی)، (ب) درصد رده‌بندی نادرست نقاط تفسیر شده (خطای آزمایشی)، (ج) برش زمانی ۱۰۲۰ میلی‌ثانیه از مکعب احتمال رخساره‌های کانالی.

### ۳ نتیجه‌گیری

فیلتر میانه با تضعیف نوفه تصادفی موجود در داده لرزه‌ای و افزایش نسبت سیگنال به نوفه، پیوستگی رخدادها و کیفیت نشانگرهای لرزه‌ای را ارتقاء داده است. تلفیق نشانگرهای لرزه‌ای مبنی بر شبکه عصبی مصنوعی، ضمن به تصویر کشیدن رخساره‌های کانالی موجود با تفکیک‌پذیری نسبتاً بالا، اثر ناپیوستگی‌های متأثر از حضور نوفه در روش‌های تک نشانگری را کاهش داده است. لازم به ذکر است که انتخاب مجموعه نقاط مختلف توسط کاربر، نتایج متفاوتی را در خروجی شبکه عصبی مصنوعی ارائه می‌دهد که این امر دقت عملکرد روش پیشنهادی را چالش‌برانگیز کرده است. پیشنهاد می‌شود به منظور دستیابی به مناسب‌ترین نتیجه، مجموعه نقاط گسترده‌تری انتخاب گردد.

### منابع

- لطفی، م. و ساعد موجشی، خ.، ۱۳۹۶، شناسایی گنبد‌های نمکی با استفاده از شبکه عصبی تحت نظارت، چهارمین همایش ملی نفت، گاز، پتروشیمی و صنایع وابسته، کرمان، ایران.
- Brouwer, F.C.G., Connolly, D. and Tingahl, K. M., 2011, A guide to the practical use of neural networks, 31st Annual Gulf Coast Section Society of Sedimentary Geology, 440-472.
- Matlab User's Guide, 2010, Neural Networks Toolbox for use with Matlab, by the Math Works, Ins.
- Chopra, S., and Marfurt, K. J., 2007, Seismic attributes for prospect identification and reservoir characterization, Society of Exploration Geophysicists and European Association of Geoscientists and Engineers.
- Koson, S., Chenrai, P. and Choowong, M., 2014, Seismic attributes and their applications in seismic geomorphology, Bulletin of Earth Sciences of Thailand, 6(1), 1-9.
- Naseer, T.M., Asim, S., Ahmad, M.N., Hussain, F., and Qureshi, S.N., 2014, Application of seismic attributes for delineation of channel geometries and analysis of various aspects in terms of lithological and structural perspectives of lower Goru formation, Pakistan, International Journal of Geosciences, 5(2), 1490-1502.
- Cao, J., Yue, Y., Zhang, K., Yang, J., and Zhang, X., 2015, Subsurface channel detection using color blending of seismic attribute volumes, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 8(12), 157-170.
- Ombu, R.E., and Ulori, O.O., 2017, A Case Study on Horizon Based Stratigraphic Channels Delineation Using Fast Fourier Transform and Seismic Attributes: Implications for Reservoir Characterization, IOSR Journal of Applied Physics, 9(5), 18-28.