# بکارگیری نشانگرهای لرزه‌ای و شبکه عصبی جهت تخمین اشباع‌شدگی آب

بهاره فریدونی[۱]، محمد مختاری[۲]

[۱]دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف نفت، دانشگاه صنعتی شاهرود، baharehfereidooni@gmail.com
[۲]رئیس مرکز پیش‌بینی زلزله ، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، mokhtari@iiees.ac.ir

## چکیده

تخمین درجه اشباع‌شدگی آب یکی از پارامترهای مهم مخزنی می‌باشد که در شناسایی مناطق با پتانسیل هیدروکربوری بالا حائز اهمیت است. هدف از این پژوهش تلفیق نشانگرهای لرزه‌ای چندگانه و برقراری ارتباط آن با نگار اشباع آب و داده لرزه‌ای است تا بتوان درجه اشباع‌شدگی آب را در یکی از میادین هیدروکربوری خلیج فارس در فواصل دور از چاه تخمین زد. برای این منظور پس از انتخاب نشانگرهای لرزه‌ای مناسب با استفاده از روش رگرسیون گام به گام، درجه اشباع‌شدگی آب در محل چاه با روش شبکه عصبی PNN و MLFN تخمین زده شد که ضرایب همبستگی در این دو روش به ترتیب برابر با ۰.۹۷ و ۰.۹۴ می‌باشند. با انتخاب روش شبکه عصبی PNN، توزیع درجه اشباع‌شدگی آب در فواصل دور از چاه به کمک نشانگرهای لرزه‌ای چندگانه بر روی داده لرزه‌ای سه بعدی تخمین زده شد. نتایج حاکی از درجه اشباع‌شدگی پایین آب در بخش خطیا از سازند سروک می‌باشد که بیانگر حضور هیدروکربور در این بخش است.

**واژه‌های کلیدی:** اشباع‌شدگی آب، نشانگرهای لرزه‌ای چندگانه، رگرسیون گام به گام، شبکه عصبی، ضریب همبستگی، داده لرزه‌ای سه بعدی.

# Estimation of water saturation using seismic attributes and neural network

Bahareh Fereidooni [1], Mohammad Mokhtari [2]

[1]*Graduate of Master of Science in Petroleum Exploration Engineering, Shahrood University of Technology*
[2]*Director of earthquake prediction center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology*

## Abstract

The Estimation of water saturation has been carried out in one of the hydrocarbon field in Persian Gulf, aimed at recognition of area with high potential for hydrocarbon. This has been done by integrating the multiple seismic attributes and seismic data to estimate the water saturation in the area without well. For this purpose, after selecting the appropriate attributes using the stepwise regression method, the degree of water saturation in wells is estimated using the PNN and MLFN neural network methods that correlation coefficients of these two methods are 0.97 and 0.94, respectively. By choosing the PNN neural network method, the distribution of water saturation at distances away from the wells is estimated on a 3D seismic data. The results indicate low water saturation in member of Khatiyah in the Sarvak Formation, which indicates the presence of higher hydrocarbon in this member.

**Keywords:** water saturation, multiple seismic attributes, neural network, stepwise regression, correlation coefficient, 3D seismic

## ۱ مقدمه

از اوایل قرن بیستم، ژئوفیزیک اکتشافی و به‌ویژه لرزه‌نگاری به عنوان روشی کارآمد برای اکتشاف مخازن هیدروکربوری مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌های لرزه‌نگاری دارای قدرت تفکیک‌پذیری جانبی خوبی می‌باشند و علاوه بر اطلاعات دور از چاه‌ها، ویژگی‌های ساختاری و چینه‌ای را نیز در اختیار می‌گذارند. برخلاف اطلاعات لرزه‌نگاری، نگارهای چاه‌پیمایی و مغزه خواص مخزن را با قدرت تفکیک‌پذیری عمودی بالایی در محل چاه نشان می‌دهند.

از آنجاییکه خواص سنگ و سیال بدلیل ناهمگنی در بخش‌های مختلف مخزن متفاوت می‌باشند، بنابراین لازم است با تلفیق اطلاعات پتروفیزیکی موجود در محل چاه و داده‌های لرزه‌نگاری سه بعدی، مدل مناسبی را از توزیع این خواص ایجاد کرد. یکی از روش‌هایی که امروزه بطور گسترده‌ای برای تخمین پارامترهای پتروفیزیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش چندنشانگری می‌باشد (همپسون و همکاران، ۲۰۰۱؛ راسل، ۲۰۰۴؛ جارویس، ۲۰۰۶؛ لیفارت و هارت، ۲۰۰۱؛ مداحی و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده همزمان از چندنشانگر لرزه‌ای از دهه ۱۹۹۰ میلادی آغاز شد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که استفاده همزمان از نشانگرهایی که به یک پارامتر مخزنی حساس می‌باشند، باعث افزایش کیفیت تخمین می‌شود (عدالت و همکاران، ۱۳۸۸).

در این مقاله به منظور تخمین اشباع‌شدگی آب در فواصل دور از چاه پس از انتخاب نشانگرهای لرزه‌ای بهینه با روش رگرسیون گام به گام، اشباع‌شدگی آب در محل چاه با دو روش شبکه عصبی احتمالاتی (PNN) و پس انتشار چندلایه (MLFN) تخمین زده می‌شود. روشی که بالاترین ضریب همبستگی و کمترین خطا را داشته باشد برای توزیع اشباع‌شدگی آب در سایر بخش‌های میدان مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج حاکی از درجه اشباع‌شدگی پایین آب در بخش خطیا از سازند سروک می‌باشد که بیانگر حضور هیدروکربور در این بخش است.

## ۲ روش تحقیق

در این مقاله که مربوط به سازند سروک در یکی از میادین هیدروکربوری خلیج فارس می‌باشد، از داده‌های نگار اشباع آب، مقطع لرزه‌نگاری سه بعدی و نتایج وارونسازی لرزه‌ای برای تخمین اشباع‌شدگی آب استفاده شده است. نرم‌افزار مورد استفاده در این مطالعه، ماژول Emerge نرم‌افزار HRS می‌باشد. پس از بارگذاری داده‌ها در نرم‌افزار، برای انتخاب نشانگرهای مناسب ابتدا با استفاده از تحلیل تک نشانگری فهرستی از نشانگرهای موجود به روش جستجوی جامع (Exhaustive search) که بر اساس کمترین خطا و بیشترین تطابق با نگار هدف مرتب شده است، تهیه می‌گردد. سپس با استفاده از رگرسیون گام به گام، نشانگر مرحله قبل با سایر نشانگرها ترکیب شده و بهترین ترکیبی که کمترین خطای تخمین را داشته باشد، در این مرحله انتخاب می‌شود. به همین ترتیب به تعداد مورد نظر این فرآیند تکرار می‌شود. در نتیجه با افزایش تعداد نشانگرها همواره خطای تخمین کاهش می‌یابد و در بعضی مواقع باعث ایجاد تخمین نوفه می‌شود (نعیمی، ۱۳۹۰). برای این منظور از اعتبارسنجی متقابل استفاده می‌شود. مسئله مهم دیگر که باید به آن توجه شود، انتخاب طول عملگر بهینه است. با توجه به اینکه محتوای فرکانسی نگار هدف از داده لرزه‌ای بزرگتر می‌باشد، برای مرتفع کردن این مشکل از عملگر همامیخت استفاده می‌گردد. در این حالت، هر نمونه از نگار هدف بوسیله میانگین‌گیری وزنی نمونه‌های متناظر در هر نشانگر تخمین زده می‌شود و به این ترتیب طول عملگر همامیخت تعیین می‌شود (همپسون و همکاران، ۲۰۰۱). در این مطالعه، طول عملگر بهینه برابر با ۸ و بهترین تعداد نشانگر با توجه به خطای اعتبارسنجی متقابل برابر با ۲ می‌باشند. در جدول ۱ لیست نشانگرهای استفاده شده آورده است.

در مرحله بعد با توجه به کاربرد گسترده شبکه‌های عصبی در برآورد خواص مخزنی و ماهیت غیرخطی بودن آنها در تعیین وزن‌های معادله، از شبکه‌های عصبی احتمالاتی و پس‌انتشار چندلایه برای تخمین درجه اشباع‌شدگی آب استفاده شده است. نتایج حاصل از ضرایب همبستگی و خطاهای آموزشی و اعتبارسنجی در جدول ۲ آورده شده است. شکل ۱ نمودار متقاطع (cross plot) نگار اشباع‌شدگی حقیقی و پیش‌بینی شده با استفاده از شبکه عصبی احتمالاتی را نشان می‌دهد. شکل ۲ مقایسه بین نگار پیش‌بینی‌شده و نگار حقیقی را در محل چاه نمایش می‌دهد. با توجه به ضرایب همبستگی، مقادیر خطای داده آموزشی و اعتبارسنجی و همچنین انطباق خوب نگار اشباع‌شدگی حقیقی و پیش‌بینی شده در محل چاه‌ها، از روش شبکه

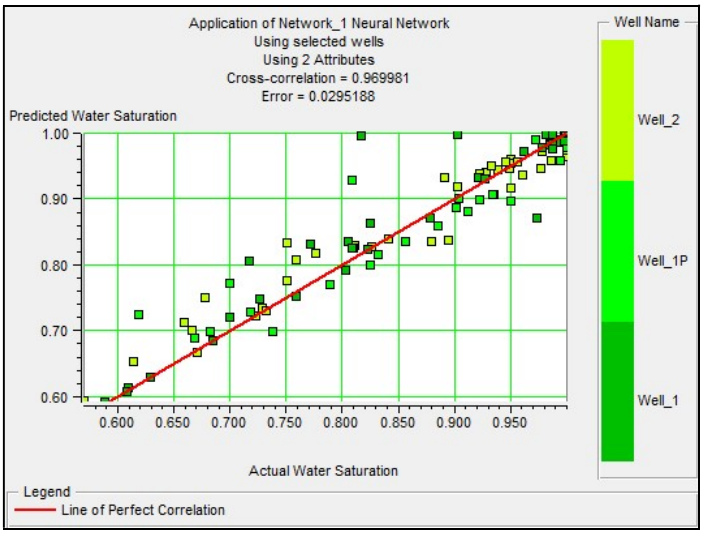
عصبی احتمالاتی برای تخمین درجه اشباع‌شدگی آب استفاده شده است. برش قائم از توزیع درجه اشباع‌شدگی آب در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در بخش خطیا از سازند سروک درجه اشباع‌شدگی آب پایین می‌باشد.

**جدول ۱.** نشانگرهای استخراج شده برای تخمین اشباع آب با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه.

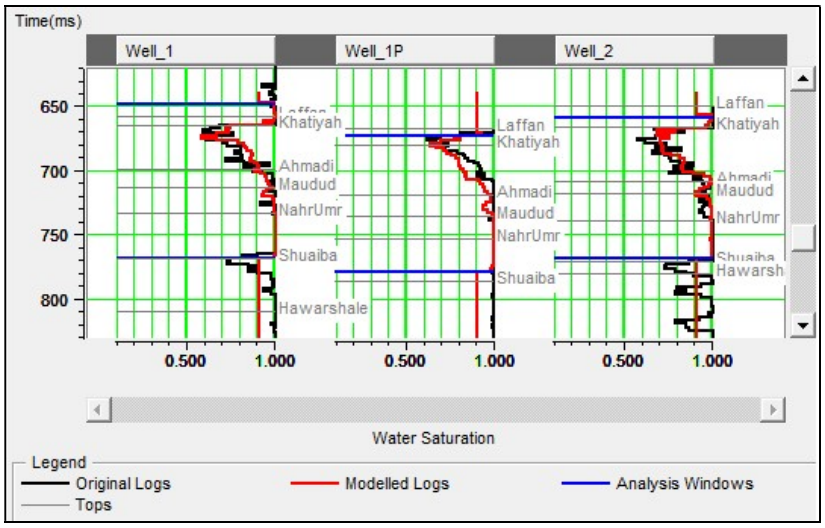
| نگار هدف | نشانگر نهایی | خطای آموزشی | خطای اعتبارسنجی |
|---|---|---|---|
| SW | (AI)**2 | 0.088849 | 0.093397 |
| SW | Quadrature Trace | 0.067920 | 0.079682 |

**جدول ۲.** ضرایب همبستگی و خطاهای آموزشی و اعتبارسنجی برای تخمین اشباع آب با استفاده از شبکه‌های عصبی.

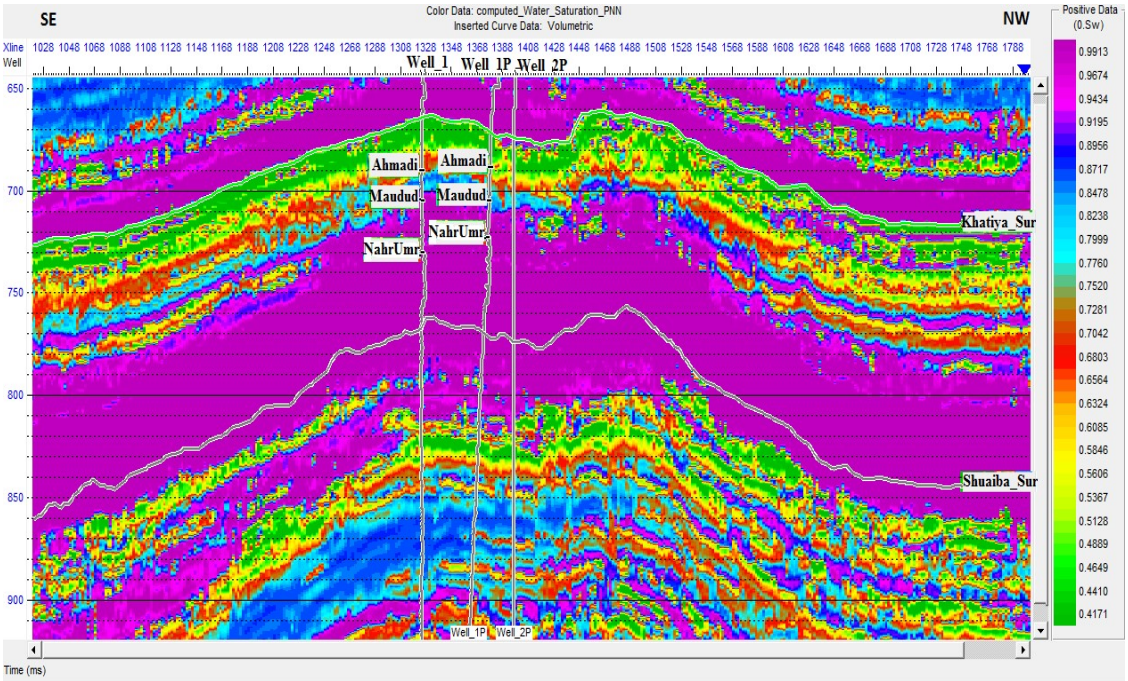
| نوع شبکه عصبی | نشانگر نهایی | ضریب همبستگی آموزشی | ضریب همبستگی اعتبارسنجی | خطای آموزشی | خطای اعتبارسنجی |
|---|---|---|---|---|---|
| PNN | Quadrature Trace | 0.9699 | 0.8897 | 0.029519 | 0.0542 |
| MLFN | Quadrature Trace | 0.9426 | 0.6878 | 0.039626 | 0. 1014 |




**شکل ۱.** نمودار متقاطع مقادیر اشباع آب واقعی و پیش‌بینی‌شده با روش شبکه عصبی احتمالاتی.




**شکل ۲.** نمودار عمقی مقادیر اشباع شدگی آب واقعی و پیش‌بینی‌شده با روش شبکه عصبی احتمالاتی.




**شکل ۳.** برش قائم از تغییرات اشباع شدگی آب در راستای شمال غربی-جنوب شرقی میدان.

## ۳ نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور تخمین درجه اشباع‌شدگی آب در یکی از میادین هیدروکربوری خلیج فارس، از نشانگرهای لرزه‌ای چندگانه و برقراری ارتباط آن با نگار اشباع آب و داده لرزه‌ای استفاده شده است. در این روش پس از انتخاب نشانگرهای مناسب با روش رگرسیون گام به گام و انتخاب طول عملگر بهینه، نگار اشباع آب با استفاده از شبکه‌های عصبی احتمالاتی و پس‌انتشار چندلایه تخمین زده شد. باتوجه به میزان خطا و ضرایب همبستگی، از روش شبکه عصبی احتمالاتی برای تخمین درجه اشباع‌شدگی آب در کل میدان استفاده شده است. نتایج حاکی از درجه اشباع‌شدگی پایین آب در بخش خطیا از سازند سروک می‌باشد که بیانگر حضور هیدروکربور در این بخش است.

## منابع


عدالت، ع.، سیاه‌کوهی، ح .ر.، و توکلی‌مقدم، ر. ۱۳۸۸، برآورد کردن تخلخل موثر مخزن با استفاده از تحلیل چندنشانگری، مجله ژئوفیزیک ایران، (۱)۳، ۱-۱۸.

نعیمی، ف. ۱۳۹۰، تخمین توزیع تخلخل به کمک نشانگرهای لرزه‌ای در یکی از مخازن نفتی جنوب غرب ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.

مداحی، ا.، کشاورز، ن.، نادری، ا.، حیدری، م.، و اسماعیل‌پور، س. ۱۳۹۲، بررسی عوامل کنترل‌کننده کیفیت مخزنی با استفاده از داده‌های لرزه‌ای در میدان نفتی شادگان. مجله فیزیک زمین و فضا، (۱) ۳۹، ۱۳-۲۹.

Hampson, D. P., Schuelke, J. S., & Quirein, J. A. 2001, Use of multiattribute transforms to predict log properties from seismic data. Geophysics, 66(1), 220-236.

Jarvis, K. 2006, integrating well and seismic data for reservoir characterization: Risks and rewards, ASEG Extended Abstracts, 206(1), 1-4.

Leiphart, D. J., and Hart, B. S., 2001, Comparison of linear regression and a probabilistic neural network to predict porosity from 3D seismic attributes in Lower Brushy Canyon channeled sandstones, southeast New Mexico: Geophysics, 66, 1349–1358.

Russell, B. H. 2004, The application of multivariate statistics and neural networks to the prediction of reservoir parameters using seismic attributes, PhD thesis, Department of geology and geophysics, Calgary, Alberta