

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛  
شبکه های توجه گرافی  
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از  
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی



## تخمین تخلخل سنگ مخزن با استفاده از سیستم شبکه های عصبی مصنوعی

علی کدخدائی ایلخچی<sup>۱</sup>، محمد رضا رضایی<sup>۲</sup>، مسعود رشیدی<sup>۳</sup>، علی فتحی<sup>۴\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه تهران

۲- عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشگاه تربیت مدرس

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشگاه تربیت مدرس

E-mail: Rashid\_m@modares.ac.ir

### چکیده

تخلخل یکی از پارامترهای مهم و اساسی در ارزیابی خصوصیات پتروفیزیکی مخازن هیدروکربوری محسوب می شود. امروزه در صنعت نفت این پارامتر با استفاده از روش تزریق گاز هلیوم بر نمونه های مغزه (پلاگ) به دست می آید. با این وجود مغزه گیری عملی دشوار و پرهزینه است. بعلاوه امکان مغزه گیری در برخی چاه ها (مانند چاههای افقی) وجود ندارد. در این مطالعه از تکنیک شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان یک رهیافت جدید برای محاسبه تخلخل مغزه استفاده شده است. با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی می توان رابطه ای بین داده های لاگ (به عنوان ورودی های شبکه) و تخلخل مغزه (به عنوان خروجی شبکه) برقرار نمود. پس از آموزش شبکه با دادن داده های ورودی به آن می توان خروجی را بدست آورد. برای این منظور از داده های پتروفیزیکی یک چاه برای ساختن یک مدل بر اساس شبکه های عصبی مصنوعی در یکی از میادین نفتی جنوب ایران استفاده شده است. از چاه دوم که در ساختن مدل فوق نقشی نداشته برای سنجش اعتبار مذکور استفاده شده است. نتایج نشان دهنده عملکرد بسیار خوب شبکه های عصبی مصنوعی در تخمین تخلخل است.

\* تهران- دانشگاه تربیت مدرس- گروه مکانیک سنگ



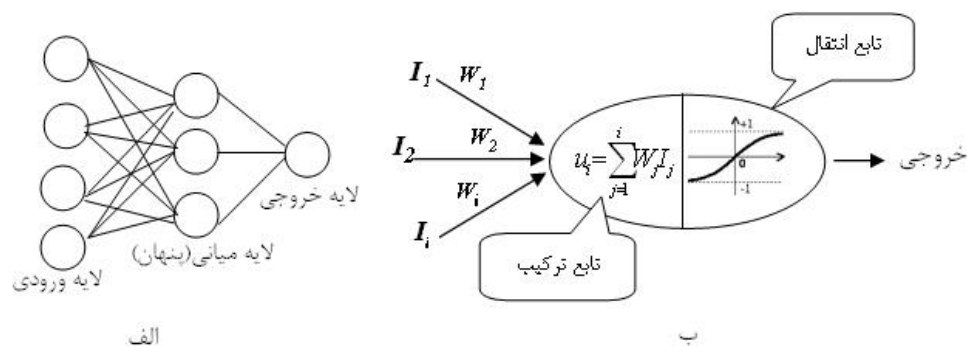
واژه های کلیدی: نفت، تخلخل، شبکه های عصبی مصنوعی، لاگ، مغزه

## الف) مقدمه

برآورد میزان ذخیره یک مخزن هیدروکربوری و ارزیابی زونهای تولید در یک مخزن ارتباطی مستقیم با تخلخل دارد. امروزه علاوه بر مغزه، با استفاده از نگارهایی که از چاههای نفت تهیه می شود مانند لاگ نوترون، لاگ صوتی و لاگ چگالی می توان تخلخل سازند را محاسبه کرد. اما تخلخلی که از این نگارها بدست می آید تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند وجود لایه های شیلی، ریختگی دیواره چاه و ... قرار دارد و بنابراین نمی تواند نشان دهنده تخلخل دقیق مغزه باشد. امروزه سیستم های هوش مصنوعی برای حل مسایل مبهم و پیچیده در زمینه های مختلف تحقیقاتی استفاده می شود. در این مطالعه از شبکه های عصبی مصنوعی برای بدست آوردن تخلخل مغزه استفاده شده است.

## ب) شبکه های عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی مصنوعی در واقع تقلید بسیار ساده ای از رفتار سلولهای بیولوژیکی می باشد. این روش یک ابزار محاسباتی در حل مسائل مبهم و پیچیده می باشد که با استفاده از روشهای ریاضی مانند معادلات دیفرانسیلی یا رگرسیون های خطی قابل حل نمی باشند. اجزای تشکیل دهنده شبکه های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Networks) شامل نرونها و لایه ها می باشند. در حالت کلی یک شبکه عصبی از ۳ لایه تشکیل شده است (شکل ۱-الف): لایه ورودی که اطلاعات را دریافت می کند، لایه میانی یا پنهان که خود می تواند شامل چندین لایه باشد، یکی از مهمترین پردازشگرهای اطلاعات است و لایه خروجی که این پردازش را دریافت کرده و خروجی نهایی را نتیجه می دهد. شکل ۲-ب مدل ساده ای از یک سلول شبکه عصبی را که نرون نامیده می شود نشان می دهد. بدنه این سلول از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول تابع ترکیب نام دارد که تمام ورودی ها را جمع می کند و نتیجه را به صورت یک مجموع وزندار نشان می دهد. طبق این شکل برای هر نرون  $i$  تمام ورودی های  $I_j$  توسط فاکتور  $W_j$  وزندار می شوند. سپس هر ورودی در وزن مربوطه ضرب شده و حاصلضربها با هم جمع شده تا مجموع وزندار  $u_i$  را نتیجه دهند:



شکل ۱- الف. مدل ساده یک شبکه عصبی مصنوعی که از یک لایه ورودی، یک لایه میانی و یک لایه پنهان تشکیل شده است. ب- مدل ریاضی از فرایند پردازش در یک نرون.

$$u_i = \sum_{j=1}^i W_j I_j \quad (1)$$

بخش دوم تابع انتقال یا تابع تحریک نام دارد. وقتی مجموع وزندار به حد آستانه ای رسید، تابع انتقال، تحریک شده تا خروجی را نتیجه دهد. توابع انتقال انواع مختلفی دارند که برخی از آنها عبارتند از: توابع انتقال Pureline و Tansig, Logsig.

معمولاً در یک سلول شبکه عصبی یک ورودی اضافی نیز وجود دارد که بایاس نامیده می شود. نقش بایاس افزایش یا کاهش مجموع وزندار است [3]. بایاس به عنوان یک جبران کننده عمل می کند و به شبکه کمک می کند تا الگوهای موجود را بهتر بشناسد.

یادگیری در یک شبکه عصبی مصنوعی توسط تعدیل (کم و زیاد کردن) وزنها صورت می گیرد [4].

الگوریتم های آموزشی به دو دسته تحت نظارتی و غیر نظارتی تقسیم بندی می شوند. الگوریتم پس از انتشار خطا نوعی از یادگیری نظارتی است که طی آن ورودی ها وارد شبکه می شوند. وقتی که خروجی مطلوب بدست آید، خطای محاسبه شده به صورت پسرو در شبکه منتشر می شود تا وزن ها با توجه به آن تعدیل شوند. وقتی که خروجی محاسبه شده با خروجی واقعی تطابق خوبی داشته باشد، آموزش متوقف می شود [2].



### ج) تخمین تخلخل با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

در صنعت نفت تخلخل مخازن هیدروکربوری را با انجام آزمایش تزریق هلیوم بر روی پلاگ های تهیه شده از مغزه بدست می آورند. با استفاده از نگاره های چاه پیمایی مانند لاگ نوترون، لاگ چگالی و لاگ صوتی نیز می توان تخمینی تقریبی از تخلخل را بدست آورد.

در سوند نوترون از یک منبع رادیواکتیو، نوترونهای پرانرژی به سازند ساطع میشوند. وقتی که به ذرات هم جرم (اتمهای هیدروژن) برخورد می کنند، انرژی شان کاسته می شود. بنابراین کاهش سرعت نوترونها و در نتیجه کاهش انرژی آنها تابعی از سیالات سازند است که مستقیماً تخلخل سنگ را نتیجه می دهد [5]. مقدار قرائت شده از لاگ نوترون مستقیماً تخلخل تصحیح نشده را نشان می دهد.

در ابزار صوتی زمان لازم برای عبور صوت از یک فوت سازند اندازه گیری می شود. این ابزار برای محاسبه تخلخل و همچنین بدست آوردن تخلخل ثانویه استفاده می شود. تخلخل با استفاده از لاگ صوتی طبق رابطه زیر بدست می آید:

$$\varphi = \frac{DT_{\log} - DT_{ma}}{DT_f - DT_{ma}} \quad (2)$$

که در آن  $\varphi$  تخلخل،  $DT_{\log}$  زمان عبور صوت قرائت شده توسط لاگ،  $DT_{ma}$  زمان عبور صوت از ماتریکس و  $DT_f$  زمان عبور صوت از سیال دربرگیرنده است.

ابزار چگالی یا گاما-گاما بر اساس پراش اشعه گاما به سازند و ثبت میزان اشعه گامای برگشتی عمل می کند. از این ابزار نیز به عنوان شاخصی برای برآورد تخلخل استفاده می شود (Bateman, 1940). مقدار تخلخل با استفاده از لاگ چگالی طبق رابطه زیر بدست می آید:

$$\varphi = \frac{\rho_{ma} - \rho_{\log}}{\rho_{ma} - \rho_f} \quad (3)$$

که در آن  $\varphi$  تخلخل،  $\rho_{ma}$  چگالی ماتریکس،  $\rho_{\log}$  چگالی قرائت شده توسط لاگ و  $\rho_f$  چگالی سیال دربرگیرنده می باشد.



اما بنا به دلایل مختلف ابزارهای بالا نمی توانند نشان دهنده تخلخل دقیقی از سازند باشند. ریختگی چاه در برخی فواصل و وجود میان لایه‌های شیلی از جمله این عوامل هستند. با استفاده از یکسری روابط تجربی می توان تخلخل بدست آمده از نگارهای فوق را تصحیح کرد.

با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی می توان رابطه ای بین داده های لاگ (به عنوان ورودی های شبکه) و تخلخل مغزه ( به عنوان خروجی شبکه) برقرار نمود. پس از آموزش دادن شبکه با دادن داده‌های ورودی به آن می توان خروجی را بدست آورد.

## د) مراحل کار با شبکه

۱- آماده سازی داده‌ها: در این مرحله به آماده سازی داده‌های لازم پرداخته شد. برای این کار پس از رسم لاگ‌های مختلف در مقابل عمق اینتروال‌هایی که در آن‌ها ریختگی وجود داشت حذف و سپس از آن داده‌ها بین محدوده منفی یک تا یک نرمالیزه شدند. داده‌ها به سه دسته آموزشی، اعتبار و تست تقسیم بندی شدند. در این تقسیم بندی، قسمت اعظم داده‌ها برای آموزش (۷۰ درصد) قسمتی به عنوان اعتبار (۱۵ درصد) و قسمتی به عنوان تست (۱۵ درصد) تخصیص یافتند.

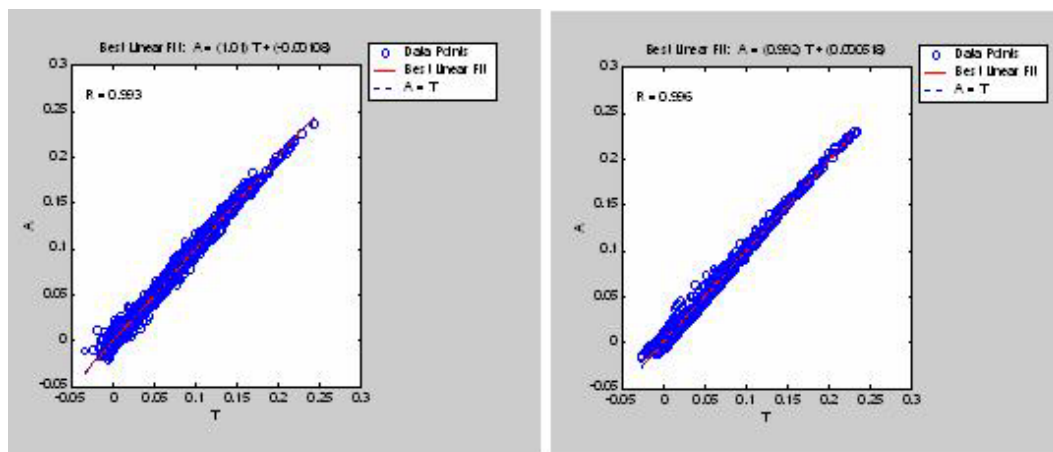
۲- انجام پردازش داده‌ها و تهیه برنامه لازم: پس از آماده سازی داده‌ها لازم است برنامه لازم برای پردازش آن‌ها تهیه شود. برای این کار در محیط نرم افزار مطلب (Mathlab) برنامه مورد نیاز نوشته شد. بنابراین داده‌های آموزشی توسط نرم افزار دریافت شده و رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌ها برقرار می شود. برای آنکه مراحل مختلف آموزش، روی شبکه مشکل ایجاد نکند یک سری داده‌های اعتبار (Validation) به شبکه داده شد. پس از برقراری شبکه داده‌های تست به آن داده شد تا اعتبار مدل ایجاد شده سنجیده شود.

۳- تعمیم مدل به چاه‌های دیگر: در این مرحله پس از آماده شدن مدل، از داده‌های چاه دیگری از همان میدان (خارج از داده‌های تست) به آن داده شد تا کارایی مدل ایجاد شده مشخص شود.

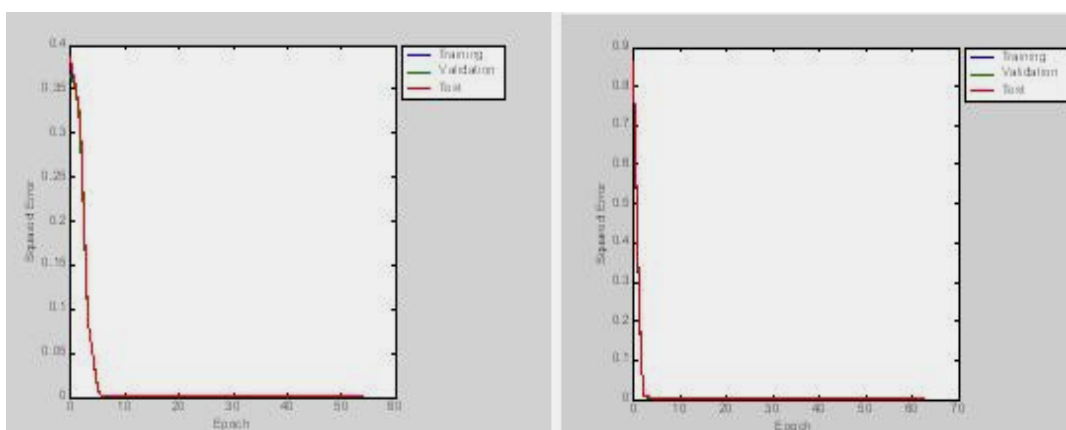
کراس پلات (Cross Plot) شکل ۲- الف ضریب همبستگی بین تخلخل مغزه و تخلخل بدست آمده از شبکه‌های عصبی با استفاده از ورودی‌های لاگ نوترون و لاگ صوتی و شکل ۲- ب میزان این ضریب را با استفاده از ورودی‌های شامل لاگ‌های نوترون، صوتی و چگالی نشان می دهد. شکل‌های ۳- الف و ۳- ب به ترتیب مقدار خطای مجذور میانگین مربعات را برای مقادیر محاسبه شده در شکل الف و ۲- ب نشان می دهد.

کراس پلات ۲ و ۳ نشان دهنده کارایی بسیار خوب شبکه برای تخمین تخلخل سنگ مخزن می باشد.

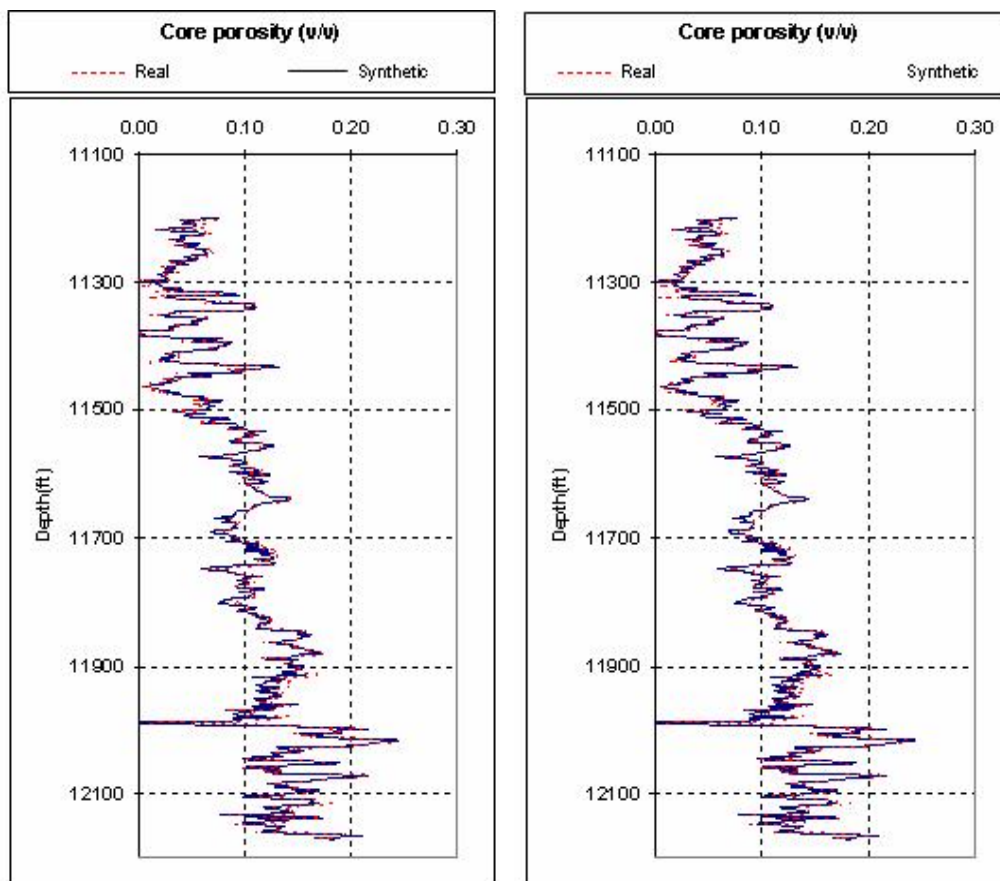
در شکل ۴- الف تغییرات تخلخل مغزه و تخلخل بدست آمده از شبکه های عصبی مصنوعی با عمق برای ورودیهای لاگ نوتون و صوتی نشان داده شده است. شکل ۴- ب نیز تغییرات تخلخل مغزه و تخلخل بدست آمده از روش شبکه های عصبی مصنوعی را با استفاده از ورودیهای لاگ نوترون، صوتی و چگالی نشان می دهد.



شکل ۲- ضریب همبستگی بین تخلخل اندازه گیری شده و تخلخل محاسبه شده. الف: با استفاده از ورودیهای لاگ نوترون و لاگ صوتی ب: با استفاده از ورودیهای شامل لاگ نوترون، صوتی و چگالی.



شکل ۳- خطای مجذور میانگین مربعات برای مجموعه داده های آموزشی، داده های اعتبار و داده های تست با استفاده از الف: ورودیهای لاگ نوترون و صوتی ب: ورودیهای شامل لاگ نوترون، صوتی و چگالی



شکل ۴- الف. لاگ تخلخل مصنوعی تولید شده با استفاده از الف: ورودیهای شامل لاگ نوترون و صوتی

ب: ورودیهای شامل لاگ نوترون، صوتی و چگالی. لاگهای واقعی با خطوط ممتد و لاگهای مصنوعی با خطوط منقطع نمایش داده شده اند.





## ه) نتیجه گیری

نتایج نشان می دهد که شبکه های عصبی مصنوعی روشی مفید برای محاسبه تخلخل می باشد. با توجه به اینکه مغزه گیری عملی مشکل و پرهزینه است، استفاده از مدل های هوشمند برای تخمین پارامترهای بدست آمده ضروری است. پس از اینکه شبکه آماده شد کار کردن با آن وقت زیادی نخواهد گرفت و براحتی می توان پارامترهای مورد نظر را محاسبه نمود.

## مراجع

- [1] Bateman. R. M, 1940. "Open Hole Log Analysis and Formation Evaluation". IHRDC Publishers. 47p.
- [2] Bhatt. A., Helle. H. B, 1999. "Porosity, permeability and TOC prediction from well logs using a neural network approach". EAGE, Norway. pp 1-4.
- [3] Chen. Q., Sidney. S, 1997. "Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring: The leading Edge Vol 16. NO.5. pp 445-456.
- [4] Mattew., 1991. "Neural Network in Artificial Intelligence". Ellis Horwood Limited.
- [5] Rezaee. M. R, 2001. "Petroleum Geology". Alavi Publications. 410p.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛  
شبکه های توجه گرافی  
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از  
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی