

نگرشی بر روشهای ارزیابی ژئوشیمیایی سنگ منشاء هیدروکربن با استفاده از لاگ های پتروفیزیکی: $\Delta \log R$ و MLPNN

ابوالفضل جمشیدی پور^{۱*}، محمد خانه باد^۱، مریم میرشاهانی^۲، علی اپرا^۳

^۱گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*abolfazljamshidipour1994@gmail.com

^۲پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

^۳گروه زمین شناسی، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، اهواز، ایران

چکیده: در این پژوهش با استفاده از مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLPNN)، مقادیر کربن آلی کل (TOC) و شاخص هیدروژن (HI) برای سازند پابده و گورپی در میدان نفتی سفید (NS-13)، در فروافتادگی شمال دزفول واقع در جنوب غربی ایران محاسبه شدند. در این تکنیک ۲ لایه پنهان در نظر گرفته شد. هر لایه پنهان دارای یک تابع فعال سازی ($\tanh$) و یک پارامتر حل کننده (lbfgs) است. دقت اندازه گیری شاخص های TOC و HI سازند پابده و گورپی بر حسب R^2 به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۹۰ بود. این مدل دقت بالاتری نسبت به تکنیک $\Delta \log R$ دارد. در نظر گرفتن روابط بین داده های ورودی و سایر لاگ های پتروفیزیکی از مزایای این تکنیک است.

واژگان کلیدی: MLPNN، TOC، نفت سفید، دزفول شمالی

۱- مقدمه

ارزیابی سنگ منبع یک مرحله حیاتی در اکتشاف هیدروکربن است که به پارامترهای متعدد وابسته است. مقدار کل کربن آلی (TOC) و شاخص هیدروژن (HI) مهمترین پارامترها هستند (Vega-Ortiz et al. 2020; Lai et al. 2020). تکنیک های ژئوشیمیایی علیرغم ارائه اطلاعات ارزشمند و سودمند اغلب وقت گیر و پرهزینه هستند. از آنجایی که خواص فیزیکی ماده آلی (OM)، در درجه اول چگالی، با اجزای کانی شناسی سنگ میزبان آن متفاوت است، می توان از داده

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

های پتروفیزیکی برای تفسیر سنگ های منشا استفاده کرد (Abubakar et al. 2023). شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه (MLPNN) زیرمجموعه مهمی از شبکه های عصبی را تشکیل می دهند. یک شبکه معمولاً از واحدهای حسی یا گره های ورودی شامل لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان از نورون ها یا گره های محاسباتی و یک لایه خروجی تشکیل شده است (Zheng et al. 2021). این تحقیق با هدف تخمین و ارزیابی چندین شاخص ژئوشیمیایی (TOC و HI) با استفاده از داده های مرسوم پتروفیزیکی در سازند پابده و گورپی در نفت سفید (NS-13) واقع در فروافتادگی دزفول شمالی در جنوب غربی ایران بر اساس تکنیک $\Delta \log R$ و MLPNN و مقایسه عملکرد آنها با یکدیگر. در نهایت با استفاده از داده های ژئوشیمیایی پیش بینی شده توسط مدل MLPNN در سازندهای پابده و گورپی انجام شد.

۲- روش پژوهش

برای تجزیه و تحلیل ۳۱ نمونه در آزمایشگاه نفت دانشگاه شهید چمران اهواز از ابزار پایرولیز راک اول 6 (ساخت شرکت Vinci Technologies) استفاده شد (رجوع شود به Jamshidipour et al., 2023).

رایج ترین و کاربردی ترین روش برای محاسبه TOC، تکنیک $\Delta \log R$ است (Passey et al. 1990). معادله $\Delta \log R$ برای محاسبه TOC از رکوردهای سرعت و مقاومت صوتی به شرح زیر است (Passey et al. 1990):

$$\Delta \log R = \log_{10}(R/R_{base}) + P * (\Delta t - \Delta t_{base})$$

در جایی که $\Delta \log R$ نشان دهنده تفاوت بین دو لاگ است، R مقاومت اندازه گیری شده ($\Omega \cdot m$) و t سرعت صوتی اندازه گیری شده (میکروثانیه/فوت) است. خط پایه R مقاومتی مربوط به صفر TOC است. بر اساس نسبت ۵۰ میکروثانیه بر فوت در هر سیکل مقاومت، ضریب همپوشانی ۰.۰۲ است. $\Delta \log R$ یک رابطه خطی با کربن آلی دارد. این معادله اصلی است (Passey et al. 1990):

$$TOC = (\Delta \log R) * 10(2.297 - 0.1688 * LOM)$$

جایی که TOC محاسبه محتوای کربن آلی است و LOM سطح بلوغ است. LOM برای این نمونه ها ۱۲ است.

اولین قدم در آموزش MLPNN جمع آوری داده های ورودی است. داده های مورد نیاز برای آموزش یک شبکه عصبی که می تواند مقادیر TOC و HI را محاسبه کند شامل ثابت لاگ زمان عبور صوتی (DT)، لاگ چگالی (RHOB)، لاگ مقاومت

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

کل (RT)، لاگ پرتو گامای طیفی (SGR)، لاگ محاسبه شده پرتو گاما (CGR) و لاگ تخلخل نوترون (NPHI) است. TOC و HI با روش پایرولیز Rock-Eval محاسبه شد.

این مطالعه از یک شبکه عصبی MLP چهار لایه برای چاه NS-13 استفاده کرد. شش نورون در داده های پتروفیزیکی در لایه اول یا ورودی گنجانده شد (رجوع شود به Jamshidipour et al., 2023). هفت نورون در لایه دوم (لایه پنهان) و سه نورون در لایه سوم (لایه پنهان) استفاده شد. برای ساخت این MPLNN، از نرم افزار پایتون و کتابخانه skLearn استفاده شد. در این مدل، دو لایه پنهان در نظر گرفته شد و برای هر لایه از ۷ و ۳ نورون استفاده شد (تعداد نورون ها توسط MLPRegressor در کتابخانه skLearn محاسبه و پیشنهاد شده است). تابع فعال سازی tanh و پارامتر حل کننده lbfgs برای لایه های پنهان استفاده شد. نرخ یادگیری شبکه عصبی در ابتدا روی ۰,۰۱ تنظیم شده بود که می توان آن را به صورت تطبیقی تغییر داد. نرخ تحمل برای بهینه سازی در اینجا $1e-5$ است. در نهایت، عملکرد MLPNN با استفاده از ضریب تعیین (R^2) مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

پس از استفاده از تکنیک $\Delta \log R$ ، مقادیر TOC با استفاده از تفاوت بین لاگ های DT و RT محاسبه شد. مقادیر TOC بر اساس این تکنیک بین ۰,۳۵ تا ۲,۶۴ درصد وزنی بود. این تکنیک در مطالعات قبلی نیز ضریب همبستگی خوبی با داده های به دست آمده از اندازه گیری های آزمایشگاهی نشان نمی دهد (e.g. Alizadeh et al. 2018; Khalil Khan et al. 2022). این تنها یک روش عملی برای ارزیابی کلی سنگ منشا است. دلیل اصلی این مشکل این است که لاگ های RT و DT در چاه NS-13 روند مناسب و همبستگی قوی با داده های TOC محاسبه شده بر اساس پیرولیز راک اول نشان نمی دهند (شکل ۱).

این تکنیک برای سنگ های منشأ، به ویژه سنگ هایی که احتمال تخلخل و وجود نفت و شیل های نفتی در محل دارند، نامناسب است. در چنین مواردی، بهتر است از تکنیک های دیگری برای در نظر گرفتن روابط بین داده های لاگ در مطالعات سنگ منبع و ارزیابی مقادیر کربن آلی استفاده شود.

برای محاسبه مقادیر TOC و HI بر اساس لاگ های DT، RT، ROHB، NPHI، SGR و CGR برای ۳۱ مجموعه داده در چاه NS-13 انجام شد (رجوع شود به Jamshidipour et al., 2023). در شکل ۲-الف، داده های پیش بینی شده از

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران

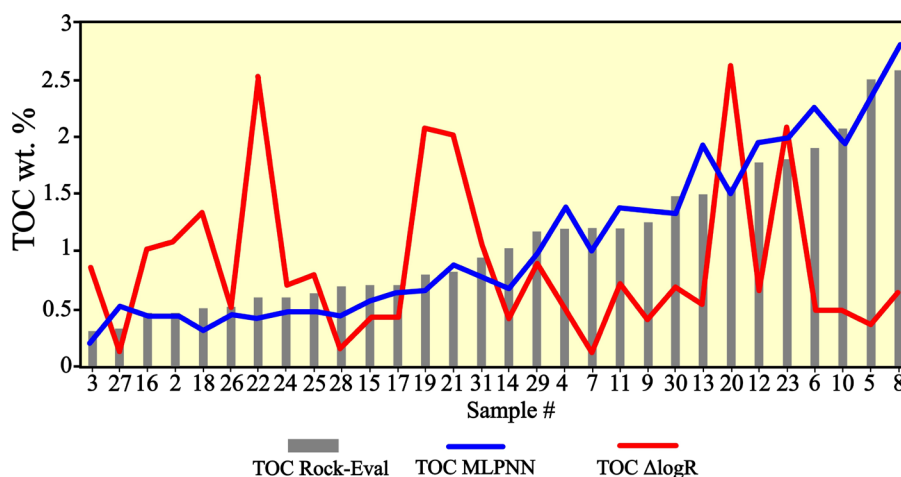


8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

حالت تمرین و داده های TOC اندازه گیری شده در مقابل یکدیگر رسم شده اند. داده ها در نزدیکی خط ۱:۱ رسم می شوند و $R^2: 0.95$ را نشان می دهند. از سوی دیگر، روش مشابهی برای داده های HI بر اساس داده های پتروفیزیکی ورودی در همان مجموعه داده ها انجام شد که در نزدیکی خط ۱:۱ رسم شده و $R^2: 0.92$ را نشان می دهد (شکل ۲).

پس از آموزش MLPNN، شبکه عصبی آموزش دیده باید با استفاده از یک سری مجموعه داده آزمایش شود. برای این منظور، هفت مجموعه داده از یک چاه NS-13، از جمله لاگهای DT، RT، ROHB، NPHI، SGR و CGR انتخاب شدند. پس از اجرای شبکه عصبی برای پیش بینی مقادیر TOC و HI و ترسیم آن ها در برابر مقادیر محاسبه شده این شاخص های ژئوشیمیایی، مشاهده شد که R^2 برای TOC و HI به ترتیب ۰٫۹۱ و ۰٫۸۹ است. تمام داده ها در نزدیکی خط ۱:۱ در شکل ۲ ترسیم شده اند. با توجه به دقت بالای MLPNN در مقایسه با تکنیک های ارزیابی داده های لاگ مانند $\Delta \log R$ در نمونه مورد مطالعه و سایر مطالعاتی که شبکه های عصبی و روابط شاخص های ژئوشیمیایی را بررسی کرده اند، MLPNN یک تکنیک ارزیابی با دقت بالا است. این بر اساس ورودی ورود به سیستم برای سنگ های منشا در میدین نفتی است. این دقت بالاتر در پیش بینی پارامترهای ژئوشیمیایی (TOC و HI) به دلیل استفاده از تابع حل کننده (lbfgs) است که می تواند شبکه عصبی را در مجموعه داده های کوچک بهتر آموزش دهد. دو لایه پنهان و نرخ یادگیری بهینه شده باعث شد شبکه عصبی به سرعت خطاهای خود را برطرف کند (شکل ۳).



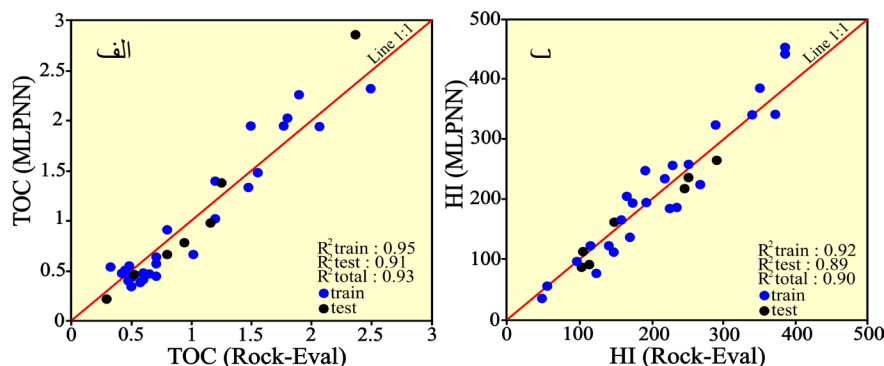
شکل ۱- مقایسه بین مقادیر TOC از تکنیک های Rock-Eval، MLPNN و $\Delta \log R$. این نمودار ارتباط خوبی بین داده های اندازه گیری آزمایشگاهی و تکنیک MLPNN را نشان می دهد.

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب‌شناسی ایران



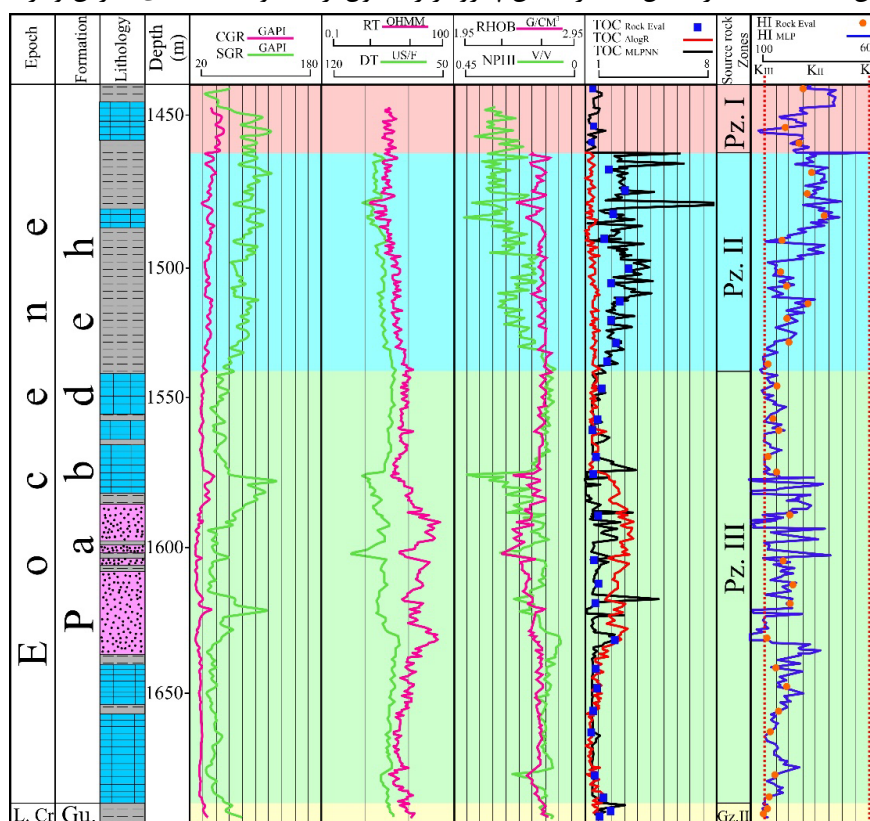
8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان



شکل ۲- الف) TOC بر اساس روش MLPNN در مقابل TOC بر اساس پایرولیز راک اول از مجموعه داده‌های تمرین و آزمایش.

ب) HI بر اساس روش MLPNN در مقابل HI بر اساس پایرولیز راک اول از مجموعه داده‌های تمرین و آزمایش.



K1: Kerogen Type I / K2: Kerogen Type II / K3: Kerogen Type III

شکل ۳- ستون ژئوشیمیایی و پتروفیزیکی سازند پابده و گورپی در چاه NS-13 (L. Cr: late Cretaceous).

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه، روش logR برای تعیین TOC نامناسب بود. این نتیجه ترکیبی از چندین دلیل است، مانند الف) تنها با در نظر گرفتن لاگ مقاومت کل (RT) و لاگ زمان عبور صوتی (DT). ب) عدم استفاده از هر گونه لاگ دیگر. و ج) عدم تأیید روابط بین لاگها. تنها مناطقی از چاه NS-13 که به ویژه در مواد آلی (OM) فراوان هستند با استفاده از این تکنیک قابل بررسی هستند. MLPNN با ساختاری که بر اساس پرسپترون چند لایه ای دارد، می تواند برای محاسبه مقادیر TOC و HI مفید باشد.

مراجع

- Abubakar, R., Adomako-Ansah, K., Marfo, S. A., Fenyi, C., & Owusu, J. A. (2023). Integrated geochemical and statistical evaluation of the source rock potential in the deep-water, Western Basin of Ghana. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 220, 111164.
- Alizadeh, B., Maroufi, K., & Heidarifard, M. H. (2018). Estimating source rock parameters using wireline data: an example from Dezful Embayment, South West of Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 167, 857-868.
- Jamshidipour, A., Khanehbad, M., Mirshahani, M., & Opera, A. (2023). Geochemical evaluation and source rock zonation by multi-layer perceptron neural network technique: a case study for Pabdeh and Gurpi Formations-North Dezful Embayment (SW Iran). *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 1-22.
- Khalil Khan, H., Ehsan, M., Ali, A., Amer, M. A., Aziz, H., Khan, A., Bashir, Y., Abu-Alam, T., & Abioui, M. (2022). Source rock geochemical assessment and estimation of TOC using well logs and geochemical data of Talhar Shale, Southern Indus Basin, Pakistan. *Frontiers in Earth Science*, 10, 969936.
- Lai, H., Li, M., Mao, F., Liu, J., Xiao, H., Tang, Y., & Shi, S. (2020). Source rock types, distribution and their hydrocarbon generative potential within the Paleogene Sokor-1 and LV formations in Termit Basin, Niger. *Energy Exploration & Exploitation*, 38(6), 2143-2168.
- Passey, Q. R., Creaney, S., Kulla, J. B., Moretti, F. J., & Stroud, J. D. (1990). A practical model for organic richness from porosity and resistivity logs. *AAPG bulletin*, 74(12), 1777-1794.
- Vega-Ortiz, C., Beti, D. R., Setoyama, E., McLennan, J. D., Ring, T. A., Levey, R., & Martínez-Romero, N. (2020). Source rock evaluation in the central-western flank of the Tampico Misantra Basin, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 100, 102552.

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

Zheng, T., Grohmann, S., Arysanto, A., Baniasad, A., Zhang, Q., & Littke, R. (2023). Petrographical and geochemical investigation on maturation and primary migration in intact source rock micro-plugs: Insight from hydrous pyrolysis on Woodford Shale. *International Journal of Coal Geology*, 266, 104170.