

بررسی فناوری‌های جدید ژئوفیزیکی و تاثیر آن بر اکتشاف منابع هیدروکربنی

^۱محسن مظفری، ^۲مجید باقری، ^۳محمدعلی ریاحی، ^۴محمدحسن سلیمانی

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران mozaffari.mohsen@ut.ac.ir

^۲دانشیار، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران majidbagheri@ut.ac.ir

^۳استاد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران mariah@ut.ac.ir

^۴کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران mh.soleimani@ut.ac.ir

چکیده:

این تحقیق به بررسی تأثیر پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های ژئوفیزیکی بر اکتشاف منابع هیدروکربنی می‌پردازد. تکنیک‌های نوین مورد بحث شامل تصویربرداری لرزه‌ای چندجزئی، بررسی‌های گرانشی و مغناطیسی هوابرد، و استفاده از گرانش‌سنج‌های ابررسانا می‌باشند. این روش‌ها با استفاده از حسگرهای پیشرفته و فناوری فیبر نوری، قادر به ارائه داده‌های دقیق‌تری در مورد ساختارها و خصوصیات زیرزمینی هستند، که نقش مهمی در کاهش خطرات اکتشافی و افزایش بهره‌وری دارند. با وجود پیشرفت‌های چشمگیر، چالش‌هایی نیز وجود دارد و وجود دارد. این مطالعه نشان می‌دهد که فناوری‌های ژئوفیزیکی نوین نه تنها از نظر اقتصادی نیز تأثیر مهمی بر صنعت اکتشاف دارند، و ادامه تحقیق و توسعه در این زمینه‌ها برای پیشبرد علم و فناوری حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: تصویربرداری لرزه‌ای چندجزئی، بررسی‌های گرانشی و مغناطیسی هوابرد، گرانش‌سنج‌های ابررسانا، اکتشاف هیدروکربنی، فناوری‌های ژئوفیزیکی و فیبر نوری

Exploring New Geophysical Technologies and Their Impact on Hydrocarbon Resource Discovery

¹Mohsen Mozafari , ²Majid Bagheri , ²Mohammad Ali Riahi, ³Mohammad Hassan Soleimani

Abstract:

This research examines the impact of recent advances in geophysical technologies on the exploration of hydrocarbon resources. New techniques discussed include multicomponent seismic imaging, airborne gravity and magnetic surveys, and the use of superconducting gravimeters. Using advanced sensors and fiber optic technology, these methods can provide more accurate data on underground structures and properties, which play an important role in reducing exploration risks and increasing productivity. Despite the remarkable progress, there are also challenges. This study shows that new geophysical technologies have an important impact on the exploration industry not only technically but also economically, and continued research and development in these fields is important to advance science and technology.

Keywords: multicomponent seismic imaging, airborne magnetic and gravity surveys, superconducting gravimeters, hydrocarbon exploration, geophysical technologies, and optical fiber

۱ مقدمه

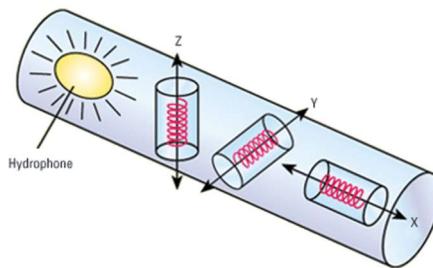
در عرصه اکتشاف هیدروکربنی و معدنی، پیشرفت‌های نوین در فناوری‌های ژئوفیزیکی نقش حیاتی در شناسایی و ترسیم دقیق‌تر منابع زیرزمینی ایفا کرده‌اند. یکی از این تکنیک‌های پیشرفته، تصویربرداری لرزه‌ای چندجزئی است که با بهره‌گیری از حسگرهای پیشرفته، امکان اندازه‌گیری اجزای عمودی و افقی امواج لرزه‌ای را فراهم می‌آورد. بررسی انجام شده در حوزه اکتشافات ژئوفیزیکی، استفاده از فناوری فیبر نوری به طور قابل توجهی افزایش یافته است. همزمان، بررسی‌های گرانشی و مغناطیسی هوابرد، به واسطه استفاده از حسگرهای متصل به پهبدادها و هلی‌کوپترها، اطلاعات دقیقی را در محدوده‌های گسترده ارائه می‌دهند. این روش‌ها به عنوان ابزاری اقتصادی و کارآمد برای اکتشافات منطقه‌ای

مطرح هستند. بهبودهای اخیر در تجهیزات و فرآیندهای پردازش داده، کیفیت و دقت نتایج گرانشی و مغناطیسی هوابرد را ارتقا داده‌اند. علاوه بر این، گرانش‌سنجهای ابررسانا نیز به عنوان ابزارهای بسیار حساس در اندازه‌گیری نیروی گرانش زمین به کار می‌روند. تحولات اخیر در این فناوری‌ها به ما امکان اندازه‌گیری دقیق‌تر تغییرات در میدان گرانشی زمین را داده‌اند، که در نتیجه، به تشخیص دقیق‌تر ساختارها و خصوصیات زمین‌شناسی کمک کرده است. در مجموع، این تکنیک‌های پیشرفته ژئوفیزیکی به محققان امکان می‌دهند تا با دقت و وضوح بالاتری به اکتشاف منابع هیدروکربنی بپردازنند، و به این ترتیب، به کاهش خطرات مرتبط با اکتشاف کمک می‌کنند. این پیشرفتها نه تنها از نظر فنی مهم هستند، بلکه از لحاظ اقتصادی نیز تأثیر گذارند، زیرا به بهینه‌سازی فرآیندهای اکتشافی و توسعه منابع کمک می‌کنند.

۲ روش تحقیق

تصویربرداری لرزه‌ای چند جزئی:

تکنیک تصویربرداری لرزه‌ای چند جزئی شامل استفاده از حسگرهایی است که توانایی اندازه‌گیری جزئیات عمودی و افقی امواج لرزه‌ای را دارند. این روش امکان تشخیص بهتر ویژگی‌های زیرزمینی را فراهم می‌کند، به ویژه در مورد خصوصیات متفاوت سنگ‌ها و سطوح اشباع شده با مایعات، که می‌توانند نشان‌دهنده‌ی حضور منابع هیدروکربنی باشند. فناوری‌های جدید به توسعه حسگرها و سامانه‌های ثبت داده‌ای پیشرفته‌ای منجر شده‌اند که قادر به برداشت داده‌های لرزه‌ای چند جزئی با وضوح بالا هستند. این پیشرفته‌ها در اکتشاف هیدروکربن‌ها موجب توصیف دقیق‌تر ساختارها و خصوصیات زیرزمینی شده‌اند که محل قرارگیری ذخایر هیدروکربنی هستند. در شکل ۱ نمونه طرحی از یک سنسور لرزه‌ای چهار جزئی مشاهده می‌کنید. برای مثال، استفاده از داده‌های لرزه‌ای چند جزئی برای مشخص کردن شکل و جهت گسل‌ها و شکاف‌ها کمک شایانی می‌کند، که این امر به فهم بهتری از ویژگی‌های زیرسطحی منجر می‌شود. تصویربرداری لرزه‌ای چند جزئی به عنوان یک روش پیشرفته، برای بهبود تشخیص و شناسایی مخازن هیدروکربن، به ویژه در مواردی مانند شیلهای غیرمعtarف، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این شیلهای وجود شبکه‌های پیچیده می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر عملکرد مخزن داشته باشد. استفاده از داده‌های لرزه‌ای چند جزئی این امکان را فراهم می‌آورد که ویژگی‌های زیرزمینی را با دقت بالا توصیف کرد و به این ترتیب، به افزایش دقت در برآوردهای منابع و کاهش خطرات مرتبط با اکتشاف کمک کند.

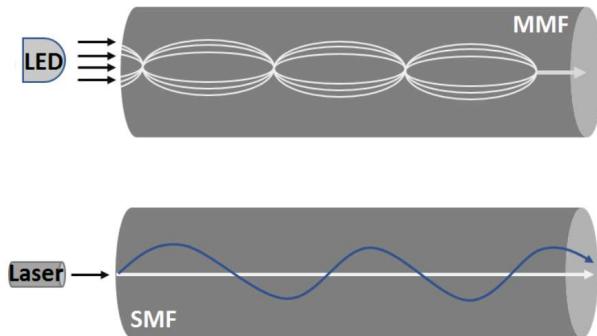


شکل ۱. سنسور لرزه‌ای چهار جزئی. (glossary.slb)

سنجه صوتی توزیع شده:

در حوزه اکتشافات ژئوفیزیکی، استفاده از فناوری فیبر نوری به طور قابل توجهی افزایش یافته است، که این افزایش به خصوص در زمینه‌های کاوش، توسعه و مانیتورینگ محیط‌های زیرزمینی مشاهده می‌شود. این فناوری نقش کلیدی در بهینه‌سازی روش‌های جمع‌آوری و تحلیل داده‌های حیاتی دارد، که به نوبه خود سرعت بخشیدن به تصمیم‌گیری‌ها، کاهش هزینه‌ها و زمان را در پی دارد. سنجش صوتی توزیع شده (Distributed Acoustic Sensing) (DAS)، که از طریق اندازه‌گیری‌های انجام شده در طول کابل‌های فیبر نوری عمل می‌کند، در میان تکنیک‌های ژئوفیزیکی محیط‌های پیچیده به شهرت قابل توجهی دست یافته است. به عنوان یک فناوری مبتنی بر فیبر نوری، توانمندی‌های بر جسته‌ای در زمینه تصویربرداری زیرسطحی و نظارت لحظه‌ای در مواردی مانند پروفایل لرزه‌ای عمودی، مانیتورینگ مخزن و به نمایش گذاشته است. در بررسی تحقیقات انجام شده در این زمینه مشخص شد که کابل‌های SMF به دلیل قابلیت‌های

بر جسته در ثبت ویژگی های صوتی سیگنال در طول کابل، به عنوان یکی از پر کاربرد ترین انواع کابل های فیبر نوری برای سیستم های سنجش صوتی توزیع شده (DAS) شناخته شده اند. با این حال، ترکیب SMF با کابل های MMF، که برای اندازه گیری های سنجش دمای توزیع شده (DTS) مورد استفاده قرار می گیرند، به دلیل تغییرات دمایی و پهنه ای باند بالا، محبوبیت یافته است. نصب و راه اندازی کابل ها یک عامل کلیدی در فرآیند اکتشاف ژئوفیزیکی است و تلاش های زیادی را برای پردازش داده های DAS و کاربرد آن در زمینه های اکتشافی می طلبند. بهبود در پیش پردازش داده ها، کنترل و بهینه سازی پارامتر های اکتساب DAS، ارتقای نسبت سیگنال به نویز (SNR) و مقایسه نتایج با سایر روش های اندازه گیری لرزه ای می تواند به این فرآیند کمک کند. در شکل ۲ مقایسه ای بین کابل های MMF و SMF مشاهده می کنید.



شکل ۲. مقایسه کابل های MMF و SMF (CBO).

بررسی های گرانشی و مغناطیسی هوابرد:

بررسی های گرانشی و مغناطیسی از طریق جمع آوری اطلاعات گرانشی و مغناطیسی از طریق حسگرهای متصل به پهپاد ها و هلی کوپتر ها است. این روش ها اطلاعات دقیقی را در محدوده های گسترده فراهم می کنند و به عنوان یک راه کار اقتصادی و کارآمد برای تحقیقات گسترده منطقه ای شناخته می شوند. بهبودهای اخیر در تجهیزات دقیق و فرایندهای پردازش داده باعث افزایش کیفیت و دقت در نتایج گرانشی و مغناطیسی هوابرد شده است. برای نمونه، کاربرد گرادیومترهای گرانشی هوابرد که تغییرات گرادیان میدان گرانشی زمین را اندازه گیری می کنند، توانایی شناسایی تغییرات ریزتر و دقیق تر در میدان گرانشی زمین را به ارمغان آورده است. نتایج حاصل از این پیشرفت ها در زمینه اکتشاف منابع هیدروکربن شامل توانایی شناسایی و نقشه برداری ساختارها و خصوصیات زیرزمینی است که می توانند محل قرار گیری مخازن هیدروکربنی باشند. در بخش اکتشاف هیدروکربن، این روش ها برای ترسیم حدود و ژئومتری حوضه های رسوبی که می توانند حاوی مخازن هیدروکربنی باشند بر اساس تفاوت ها در چگالی و خصوصیات مغناطیسی سنگ های رسوبی به کار رفته است. در شکل ۳ نیز نمونه ای از سیستم های گرانشی هوابرد آورده شده است.



شکل ۳. نمونه ای از سیستم گرانشی هوابرد با فناوری پیشرفته (DGS).

گرانش سنج های ابررسانا:

گرانش سنج های ابررسانا از جمله ابزارهای فوق العاده حساسی هستند که برای اندازه گیری نیروی گرانش زمین به کار می روند. این دستگاه ها بر پایه پدیده ابررسانایی عمل می کنند، که در آن مواد خاصی در دماهای بسیار پایین هیچ مقاومت الکتریکی نشان نمی دهند. در این سیستم ها از یک کره کوچک ابررسانا استفاده می شود که درون یک میدان مغناطیسی شناور می ماند و مکان آن توسط تداخل سنج لیزری با دقت بالا رديابی می شود، به اين ترتيب که اندازه گيری های فوق العاده دقیقی از گرانش امکان پذیر می گردد. بهبودهای اخیر در تکنولوژی گرانش سنج های ابررسانا به افزایش حساسیت و دقت آن ها منجر شده است، به گونه ای که حتی تغییرات جزئی تر و ظرفیتر در نیروی گرانشی زمین قابل اندازه گیری است. این پیشرفتهای در اكتشافات هیدرولوژی امکان ترسیم دقیق تر و با کیفیت بالاتر ساختارها و خصوصیات زمینی را فراهم آورده اند. برای مثال، این گرانش سنج ها به همراه دیگر تکنیک های ژئوفیزیکی مانند تکنیک های لرزه ای و مغناطیسی برای تصویربرداری از ساختار زمین شناسی مناطق حاوی هیدرولوژیکی هستند. این ابزارها همچنین در رصد تغییرات در میدان گرانش زمین که ناشی از جابجایی سیالات زیرزمینی است، استفاده شده اند و بینش هایی را در مورد رفتار مخازن هیدرولوژیکی ارائه می دهند. به طور کلی گرانش سنج های ابررسانا ابزار ارزشمندی برای درک زمین شناسی زیر سطحی مناطق هیدرولوژیکی دار ارائه می دهند. در شکل ۴ نمونه از این نوع گرانش سنج نشان داده شده است.



شکل ۴. طرحی از گرانش سنج ابررسانا. (GWR Instruments)

۳ نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های ژئوفیزیکی و کاربردهای آن‌ها در حوزه اکتشاف هیدروکربنی پرداخته شد. ابزارهای نوینی مانند تصویربرداری لرزه‌ای چندجرئی، بررسی‌های گرانشی و مغناطیسی هوابرد، و گرانش‌سنج‌های ابررسانا به عنوان بخشی از این پیشرفت‌ها، نقش مهمی در ترسیم دقیق‌تر و با وضوح بالاتر منابع زیرزمینی ایفا کرده‌اند. این تکنیک‌ها، که با فناوری فیرنوری و استراتژی‌های پیشرفت‌های پردازش داده‌ها همراه هستند، به کاهش خطرات اکتشافی و افزایش کارآیی و بهره‌وری در فرآیندهای اکتشافی کمک کرده‌اند. با این حال، چالش‌هایی هنوز وجود دارد. راهکارهای مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند در حل این چالش‌ها موثر واقع شوند، به ویژه در بهیود دقت و کیفیت داده‌های حاصل از این فناوری‌ها. در نهایت، این مطالعه نشان می‌دهد که فناوری‌های ژئوفیزیکی نوین، نه تنها از نظر اقتصادی نیز، تأثیر مهمی بر صنعت اکتشاف دارند. آن‌ها امکان دستیابی به داده‌های با کیفیت بالاتر و با دقت بیشتر را فراهم می‌کنند، که به نوبه خود به بهینه‌سازی فرآیندهای اکتشافی و توسعه پایدار منابع کمک می‌کند. بنابراین، ادامه تحقیق و توسعه در این حوزه‌ها برای پیشبرد علم و فناوری ژئوفیزیکی حائز اهمیت است.

منابع

- Fairhead, J. D., Cooper, G. R. J., & Sander, S. (2017). Advances in airborne gravity and magnetics. In Proceedings of exploration (Vol. 17, pp. 113-127).
- Farfour, M., & Yoon, W. J. (2016). A review on multicomponent seismology: A potential seismic application for reservoir characterization. *Journal of advanced research*, 7(3), 515-524.
- Gou, X., Liu, X., and Cheng, Y. (2018). Application of superconducting gravimeter in resource exploration and environment monitoring. *Nonlinear Dynamics*, 94(3), 1869-1885.
- Mohd Noh, K. A., Abdul Latiff, A. H., Otchere, D. A., Tackie-Otoo, B. N., Putra, A. D., Riyadi, Z. A., & Asfha, D. T. Application of Distributed Acoustic Sensing in Geophysics Exploration: Comparative Analysis of Single-Mode (Smf) and Multi-Mode Fiber (Mmf) Optic Cable.
- Zhang, K., Lin, N. T., Yang, J. Q., Jin, Z. W., Li, G. H., & Ding, R. W. (2022). Predicting gas-bearing distribution using DNN based on multi-component seismic data: Quality evaluation using structural and fracture factors. *Petroleum Science*, 19(4), 1566-1581.

