



## فرم درخواست اجرای طرح / پروژه تولید بار اول شرکت ملی نفت ایران

عنوان طرح / پروژه:

خدمات بار اول ساخت دستگاه آزمایش و شبیه ساز سه محوری واقعی (True-Triaxial) تحت شرایط مخزن

مشخصات طرح / پروژه:

➤ حوزه هدف فناوری / زیر حوزه مرتبط:

| اکتشاف و ارزیابی                                                                                                                                              | حفاری                                                                                                                                                                                                             | تولید و بهره‌برداری                                                                                              | هوشمندسازی                                                                                                                       | بهینه‌سازی مصرف انرژی                                                                                                                            | HSE و پدافند غیرعامل                                                                                                                                                     | انرژی پاک (هیدروژن)                                                                                                                              | راهبردی و پشتیبان                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> زمین‌شناسی<br><input type="checkbox"/> ژئوفیزیک<br><input type="checkbox"/> ژئوشیمی<br><input checked="" type="checkbox"/> ژئومکانیک | <input type="checkbox"/> طراحی چاه-<br>تعیین محل<br><input type="checkbox"/> دکل<br><input type="checkbox"/> خدمات حفاری<br><input type="checkbox"/> عملیات حفاری<br><input type="checkbox"/> سامانه مدیریت حفاری | <input type="checkbox"/> تأسیسات محور<br><input type="checkbox"/> چاه محور<br><input type="checkbox"/> مخزن محور | <input type="checkbox"/> تکمیل هوشمند<br><input type="checkbox"/> میدان دیجیتال<br><input type="checkbox"/> هوش مصنوعی و یادگیری | <input type="checkbox"/> حمل و نقل<br><input type="checkbox"/> صنعت<br><input type="checkbox"/> ساختمان<br><input type="checkbox"/> مدیریت انرژی | <input type="checkbox"/> خوردگی و بازرسی فنی<br><input type="checkbox"/> ایمنی<br><input type="checkbox"/> بهداشت و محیط زیست<br><input type="checkbox"/> پدافند غیرعامل | <input type="checkbox"/> تولید<br><input type="checkbox"/> انتقال<br><input type="checkbox"/> ذخیره‌سازی<br><input type="checkbox"/> مصرف/صادرات | <input type="checkbox"/> منابع انسانی<br><input type="checkbox"/> مالی، حقوقی و قراردادی<br><input type="checkbox"/> مسئولیت اجتماعی<br><input type="checkbox"/> بهره‌وری و مهندسی ارزش<br><input type="checkbox"/> آینده‌نگاری |

➤ تخمین مدت زمان اجرای طرح / پروژه:

مدت زمان پروژه ۱۶ ماه می‌باشد.

➤ ضرورت و اهداف کلی اجرای طرح / پروژه:

ژئومکانیک مخزن (مکانیک سنگ نفت) در سه دهه اخیر در سطح بین‌المللی ضرورت و تاثیرگذاری خود را در مراحل مختلف اکتشاف، حفاری و بخصوص افزایش و نگهداشت تولید نشان داده است. با توجه به اینکه اساس دانش ژئومکانیک تجربی می‌باشد، تجهیزات و فناوری‌های پیشرفته نقش اصلی را در دانش مذکور ایفا می‌کنند. با توجه به محدودیت‌های ناشی از تحریم‌ها در دهه‌های گذشته، فناوری‌های ژئومکانیکی در داخل کشور متناسب با نیاز صنعت توسعه نیافته است. در این میان دستگاه آزمایش و شبیه‌ساز سه محوری واقعی یا چند محوری (True-Triaxial or Polyaxial)، بعنوان پیشرفته‌ترین و جدیدترین دستگاه در حوزه آزمایشگاه مکانیک سنگ و ژئومکانیک مخزن، تجهیزاتی بسیار مهم و کاربردی در ارزیابی مقاومت، تغییر شکل‌پذیری و ویژگی‌های شکست سنگ‌ها در شرایط تنش پیچیده و دمای واقعی مخزن می‌باشد. در بسیاری از مخازن کشور با توجه به شرایط زمین‌شناسی و تکتونیکی حاکم، شرایط تنش پیچیده‌تر از حالت‌های تک محوری یا سه محوری مرسوم است که در دستگاه‌های موجود در کشور به نمونه اعمال می‌شود. دستگاه چند محوری می‌تواند حالت‌های تنش پیچیده مخزن را در دماهای مختلف شبیه‌سازی کرده و نمایش دقیق‌تری از شرایط





## فرم درخواست اجرای طرح / پروژه تولید بار اول شرکت ملی نفت ایران

واقعی ترمو-هیدرو-مکانیکی تجربه شده توسط سنگ در مخزن را ارائه دهد. درک مکانیسم‌های تغییر شکل و شکست سنگ‌ها و اندرکنش سیال و سنگ تحت شرایط واقعی تنش برای تولید و مدیریت مخزن و طراحی‌های مهندسی بسیار کاربردی است. دستگاه مذکور ضمن امکان آنالیز ژئومکانیکی نمونه‌ها امکان تجزیه و تحلیل جامع رفتار ارتجاعی، پلاستیکی و خزشی سنگ و همچنین حالت‌های مختلف تغییر شکل و شکست مانند شکست برشی، شکست کششی و شکست شکننده را در شرایط تنش و دمایی مختلف فراهم می‌کند. نتایج حاصل در توصیف مخزن و مدلسازی تنش- کرنش اهمیت داشته و در پیش‌بینی درست رفتار و پایداری سازندهای مخزنی و چاه‌ها در حین حفاری و فرآیندهای تولید بسیار موثر می‌باشد. از طرفی ساخت مدل‌های عددی ژئومکانیکی برای شبیه‌سازی مخزن، تحلیل پایداری چاه و پیش‌بینی تولید ضروری است. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌های سنگ تحت شرایط چند محوری در بهبود دقت و قابلیت اطمینان این مدل‌ها در پیش‌بینی رفتار مخزن و بهینه‌سازی استراتژی‌های تولید کارآمد خواهد داشت. همچنین نتایج شبیه‌سازی آزمایشگاهی قابل انجام با دستگاه مزبور از جمله آزمایش پایداری چاه، آزمایش تخلیه مخزن، آزمایش تزریق سیال، آزمایش شکست هیدرولیکی، آزمایش تولید ماسه و غیره در مطالعات مختلف مخازن و نیز جهت کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل‌های ژئومکانیکی بسیار کاربردی خواهد بود. با توجه به پیچیده‌تر شدن شرایط تولید از مخازن کشور، اهمیت مطالعات ازدیاد برداشت و همچنین مباحث ذخیره‌سازی زیرزمینی، امکان دریافت خدمات پیشرفته با دستگاه مذکور در داخل کشور از اهمیت و ضرورت بالایی برای صنعت نفت برخوردار است.

در شرایط فعلی صنعت نفت کشور با چالش‌هایی نظیر کاهش فشار و بهره‌وری مخازن، تولید ماسه، ناپایداری چاه و نیاز به فناوری‌های پیشرفته برای تولید و ازدیاد برداشت مواجه است. در حال حاضر، نیازهای خدمات پیشرفته ژئومکانیکی در مخازن کشور به دلیل نبود فناوری بومی و محدودیت‌های تحریمی در واردات تجهیزات و نیز گران‌قیمت بودن آنها عمدتاً متوقف مانده‌اند. توسعه این دستگاه نه تنها وابستگی به واردات را کاهش خواهد داد، بلکه با بومی‌سازی فناوری‌های کلیدی مرتبط، به تقویت اقتصاد دانش‌بنیان و تحقق اهداف اقتصاد مقاومتی کمک خواهد کرد. قانون تولید بار اول فرصت مناسبی برای تکمیل این پروژه و پاسخ به نیازهای استراتژیک کشور است.

➤ تخمین میزان اثربخشی انجام طرح یا پروژه بر افزایش یا استمرار تولید (تعداد بشکه):

خدمات قابل ارائه با دستگاه آزمایش و شبیه‌ساز سه محوری واقعی، کاربردهای متنوعی در زمینه مهندسی نفت در مراحل مختلف اکتشاف، حفاری، تولید و ازدیاد برداشت و همچنین مباحث ذخیره‌سازی خواهد داشت. تعیین مشخصات دقیق سازندها تحت شرایط ترمو-هیدرو-مکانیکی واقعی مخزن و انجام شبیه‌سازی‌ها در آزمایشگاه (پایلوت‌های آزمایشگاهی) منجر به افزایش دقت داده‌های ورودی مدلسازی‌های عددی، کالیبراسیون مناسب مدل‌ها و همچنین افزایش آگاهی از رفتار مخزن در سناریوهای مختلف تولید خواهد شد. پیش‌بینی رفتار بلند مدت مخزن در اثر تولید و افت فشار مخزن از جمله پیش‌بینی شرایط تراکم مخزن و ناپایداری چاه‌ها و رسوب دانش مرتبط با شاخه نوظهور ژئومکانیک مخزن در کشور منجر به کاهش هزینه‌های حفاری، حفظ تولید و افزایش ضریب بازیافت نفت در مخازن کشور خواهد شد.





➤ مشخصات فنی / عملکردی:

جزئیات فنی مورد انتظار در خدمات موضوع طرح حاضر شامل موارد زیر است:

- اعمال تنش چندمحوری بصورت سه بعدی و مستقل از هم ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ) تا ۱۵۰ MPa معادل با عمق ۶۰۰۰ متری
- اعمال شرایط فشار منفذی به نمونه سنگ تا فشار ۴۵۰ Bar بصورت مستقل از سیستم اعمال تنش چند محوری
- اعمال شرایط دمایی مخزن به نمونه مورد آزمایش همزمان با اعمال تنش چند محوری و فشار منفذی تا دمای ۱۵۰°
- اندازه گیری و ثبت تغییرشکل ها و کرنش های نمونه به کمک LVDT و یا Strain Gage در سه راستا بصورت مستقل از هم با دقت ۰.۰۰۱-۰.۰۱ mm، تحت شرایط ترمو-هیدرو-مکانیکی با امکان مشاهده تغییرات در حین آزمایش و شبیه سازی ها
- اعمال شرایط تزریق سیال به داخل نمونه همزمان با اعمال تنش چندمحوری و امکان مشاهده تغییرات در حین انجام آزمایش و شبیه سازی های مورد نظر، ثبت پیوسته فشار در حین آزمایش با ترانسدیوسر فشار با دقت ۰.۱ bar
- تعیین مشخصات مکانیکی، مقاومتی و شکست نمونه ها تحت شرایط تنش چندمحوری و دماهای مختلف
- مطالعه رفتار مکانیکی سنگ های انیزوتروپ مانند شیل ها تحت شرایط تنش انیزوتروپ
- تعیین مقاومت کششی واقعی سنگ با آزمایش شکست هیدرولیکی شرایط تنش چندمحوری (سه محوری حقیقی)
- تعیین مشخصات مکانیکی و برشی شکستگی جهت اعمال در مدل های عددی مربوطه
- تعیین مشخصات مقاومتی، تغییرشکل و شکست نمونه ها تحت شرایط تنش چندمحوری و دما
- امکان انجام مطالعه Size Effect تحت شرایط مختلف تنشی
- ارائه خدمات و مطالعات پیشرفته ژئومکانیکی از جمله شبیه سازی آزمایشگاهی شکاف هیدرولیکی، تولید سیال، تزریق سیال، تولید ماسه، پایداری گمانه و غیره تحت شرایط تنش چندمحوری

➤ استانداردهای ضروری:

استانداردهای موجود در زمینه مکانیک سنگ ارائه شده توسط انجمن بین المللی مکانیک سنگ ISRM و همچنین ASTM معیار عمل خواهد بود. از جمله استاندارد آزمایش سه محوری حقیقی که اخیرا توسط انجمن بین المللی مکانیک سنگ ارائه شده است:

Feng, Xia-Ting, et al. "ISRM suggested method: determining deformation and failure characteristics of rocks subjected to true triaxial compression." Rock Mechanics and Rock Engineering 52 (2019): 2011-2020





## فرم درخواست اجرای طرح / پروژه تولید بار اول شرکت ملی نفت ایران

➤ محل کاربرد طرح/پروژه کالا/خدمات (دکل - چاه - مخزن - تأسیسات و ...):

قلمرو کاربرد خدمات تخصصی ژئومکانیکی موضوع طرح حاضر در مخازن کشور در مراحل مختلف اکتشاف، حفاری و بخصوص تولید و ازدیاد برداشت می باشد. با بومی سازی خدمات مذکور در داخل کشور متناسب با شرایط مخازن، این خدمات در بخش های مختلف در صنعت نفت - چاه و مخزن - قابل بهره برداری خواهد بود.

➤ واحد متقاضی کالا/خدمات:

مدیریت امور فنی - اداره زمین شناسی شرکت نفت فلات قاره ایران

➤ مکانیزم تست میدانی کالا/ خدمات (تخمین زمان و مکان انجام تست):

با عنایت به اینکه خدمات مذکور برای اولین بار در کشور ارائه خواهد شد، صحت خدمات با استفاده از نتایج شبیه سازیها و همچنین مدلهای عددی ارزیابی خواهد شد. همچنین در صورت لزوم و امکان، جهت صحت سنجی نتایج میتوان از خدمات شرکتهای و دانشگاههای معتبر خارج از کشور استفاده شود.

➤ اسامی سازنده/سازندگان داخلی پیشنهادی:

شرکت دانش بنیان سرآمدان نوین تدبیر انرژی (سنتا انرژی) پیشنهاد می شود.

➤ دلایل انتخاب سازنده/سازندگان داخلی:

- ۱ - سیستم پیشرفته مذکور توسط شرکتهای محدودی در سطح دنیا (شرکت MTS آمریکا، شرکت GCTC آمریکا و شرکت Wille آلمان) ارائه می شود که ورود آن به داخل کشور را با محدودیت جدی مواجه کرده است.
- ۲ - علاوه بر محدودیت مذکور، قیمت بالای نمونه خارجی (۳/۳ میلیون دلار) امکان ورود آن توسط شرکتهای داخلی را با چالش همراه کرده است.
- ۳ - با توجه به نوع خدمات دستگاه مذکور، نیاز هست که دستگاه برای مطالعات مختلف و متناسب با نیاز و شرایط مخازن، قابلیت تغییر و توسعه را داشته باشد. در دستگاههای وارداتی امکان پیاده سازی این موضوع وجود ندارد.
- ۴ - رسوب دانش و تجربه طراحی و ساخت دستگاههای پیشرفته مکانیک سنگ و ژئومکانیک مخزن جهت بستر سازی ایجاد آزمایشگاههای مرجع در کشور.





فرم درخواست اجرای طرح / پروژه تولید بار اول شرکت ملی نفت ایران

مطالعات امکان سنجی اقتصادی:

➤ برآورد قیمت انجام طرح / پروژه:

➤ برآورد قیمت واحد کالا / خدمات:

➤ برآورد تعداد کالا / خدمات:

انجام آزمایش ۱۵۰ نمونه در ۵ سال

➤ محل تأمین اعتبار طرح / پروژه (بودجه جاری - سرمایه‌ای - پژوهشی و ...):

خدمات ساخت بار اول

➤ میزان عمق ساخت داخل کالا / خدمات (در حال حاضر): ۳۰ درصد

➤ میزان عمق ساخت داخل کالا / خدمات (بعد از اجرای طرح / پروژه): ۸۰ درصد

| امکان سنجی تولید بار اول طرح / پروژه     |                                     |                                                                             |                                           |                                                              |                           |                                          |
|------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|
| نحوه تأمین فعلی                          | میزان ارزیابی<br>(دلار / یورو)      | نام سازندگان خارجی                                                          | ارزش تقریبی یک واحد<br>کالا (دلار / یورو) | تعداد مورد نیاز (واحد کالا)                                  |                           |                                          |
|                                          |                                     |                                                                             |                                           | یک سال                                                       | سه سال                    | پنج سال                                  |
|                                          |                                     | Wille                                                                       | ( )                                       | ۱۵۰                                                          |                           |                                          |
| دلایل توجیهی درخواست ساخت داخل           |                                     |                                                                             |                                           |                                                              |                           |                                          |
| ارزبری بالا                              | عدم تأمین کالا<br>به دلیل تحریم     | عدم تأمین خدمات<br>و قطعات پشتیبانی                                         | ارتقاء بهره‌وری                           | انحصاری بودن<br>ساخت محصول                                   | ملاحظات پدافند<br>غیرعامل | سایر ملاحظات<br><input type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/>      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>                                                    | <input type="checkbox"/>                  | <input type="checkbox"/>                                     | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>                 |
| مبنای ساخت داخل                          |                                     |                                                                             |                                           |                                                              |                           |                                          |
| مهندسی معکوس<br><input type="checkbox"/> |                                     | طراحی داخلی / ارتقاء فناوری و نوآوری<br><input checked="" type="checkbox"/> |                                           | انتقال فناوری (تولید تحت لیسانس)<br><input type="checkbox"/> |                           |                                          |

➤ تهیه‌کننده

➤ تأییدکننده (مدیرعامل شرکت تابعه)

نام و نام خانوادگی:

امضا:

امضا: