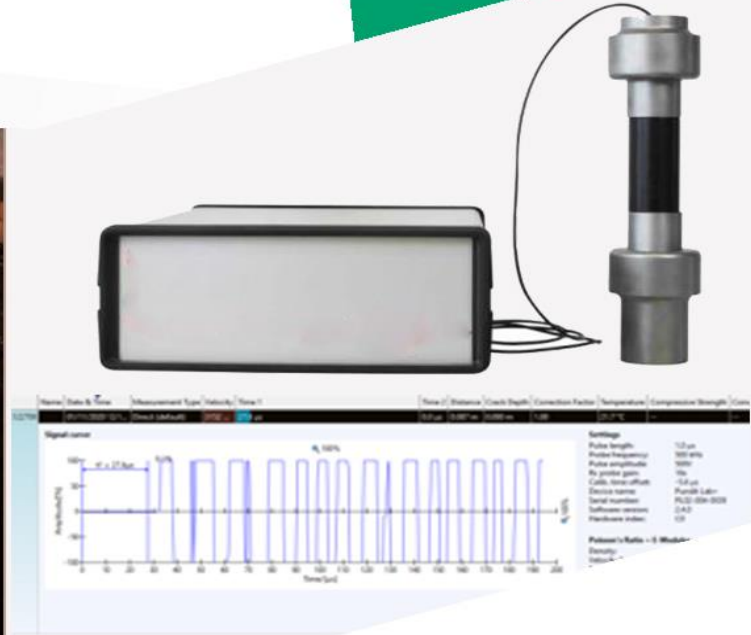


با حمایت صندوق نوآوری و شکوفایی  
و به سفارش یک شرکت دانش بنیان منتشر می شود:  
فراخوان

ساخت دستگاه التراسونیک به منظور  
آزمون پلاگ های سنگی مخازن نفت و گاز



مهلت ارسال پروپوزال ها:  
۱۴۰۱/۱۰/۲۷

از رایج ترین روش های ارزیابی مقاومت مکانیکی سازندهای زیرزمینی در صنعت نفت، استفاده از روش های دینامیکی از جمله اندازه گیری سرعت امواج صوتی طولی و برشی است. از آنجایی که این آزمایش ها غیر مخرب هستند و از طرفی به علت با ارزش و گران قیمت بودن نمونه های حفاری شده، این روش ها مورد استقبال زیادی قرار گرفته اند. روش کار دستگاه به این صورت است که امواج الاستیک به داخل نمونه ارسال شده و سرعت امواج طولی و برشی در نمونه سنگی اندازه گیری می شود.

در این طرح پژوهشی، از مجری انتظار می رود که دستگاه التراسونیک را جهت تعیین اولین زمان رسیدن موج طولی و برشی طراحی نماید. از جمله گلوگاه های تحقیق، طراحی پراب دستگاه، با قابلیت تحمل شرایط مخزن (دمای بالای ۱۰۰ درجه سانتی گراد و فشار بالای ۴۰۰ بار) و حداقل تبدیل موج برشی و طولی به یکدیگر است.

شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی و سازمانی مجاز است.



پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد انتخاب و به عنوان مجری به شرکت دانش بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.



## بسمه تعالی

صندوق نوآوری و شکوفایی به منظور تقویت توان توسعه فناوری شرکت‌های دانش‌بنیان با رویکرد نوآوری باز و همکاری فناورانه، خدمت جدیدی را طراحی و عرضه کرده است که در قالب آن، نیازهای تحقیقاتی و فناورانه شرکت‌های دانش‌بنیان و متعاقباً، گروه‌های پژوهشی و فناور توانمند برای اجرای طرح‌های تحقیقاتی و توسعه فناوری‌های مورد نیاز این شرکت‌ها را شناسایی می‌نماید.

آنچه پیش رو دارید، نیاز تحقیقاتی/فناورانه یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان متقاضی است که توسط صندوق نوآوری و شکوفایی شناسایی و در قالب فراخوان منتشر شده است. لطفاً به موارد زیر توجه فرمائید:

- ۱) شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی یا سازمانی مجاز است. همه پژوهشگران، دانشجویان، دانش‌آموختگان و اعضای هیئت‌علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور و سایر علاقمندان می‌توانند با تدوین و ارسال پروپوزال در این فراخوان شرکت کنند.
- ۲) پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب تدوین‌شده صندوق نوآوری و شکوفایی و حداکثر تا تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۲۷ در قالب Word در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.
- ۳) پس از اتمام مهلت ارسال پروپوزال‌ها، فرایند ارزیابی آن‌ها توسط صندوق نوآوری و شکوفایی آغاز خواهد شد. پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد، انتخاب و به‌عنوان «مجری» برای مذاکرات تکمیلی به شرکت دانش‌بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.
- ۴) در صورت توافق پروپوزال‌دهنده منتخب (مجری تحقیق) و شرکت دانش‌بنیان (متقاضی تحقیق)، قرارداد ۳ جانبه‌ای مابین «صندوق»، «متقاضی» و «مجری» منعقد خواهد شد. در قالب این قرارداد، صندوق نوآوری تا ۷۰ درصد هزینه اجرای طرح تحقیقاتی را به شکل بلاعوض به متقاضی خواهد پرداخت تا به‌طور مرحله‌ای و متناسب با پیشرفت اجرای طرح، در اختیار مجری قرار گیرد.
- ۵) گرچه در این فراخوان، گام‌های کلی برای اجرای تحقیق مورد نظر پیش‌بینی و معرفی شده است، اما پیشنهاددهندگان می‌توانند از هر روش یا فناوری دلخواه و در قالب یک برنامه تحقیقاتی متفاوت برای حل این مسئله تحقیقاتی و دستیابی به اهداف آن استفاده کنند.
- ۶) تدوین و ارسال پروپوزال در قالب این فراخوان، به‌منزله بهره‌مندی از حمایت‌های صندوق نوآوری و شکوفایی نخواهد بود و برای فرستنده حقی ایجاد نمی‌کند. صندوق نوآوری و شکوفایی خود را ملزم به رعایت محرمانگی دانسته و مفاد کلیه طرح‌های ارسالی محرمانه نزد صندوق باقی خواهد ماند.
- ۷) هرگونه سؤال یا ابهام در خصوص این فرایند را با شرکت بومرنگ به‌عنوان کارگزار صندوق در میان بگذارید (شماره تماس: ۶۶۵۳۳۸۶۴ و ۶۶۵۳۹۷۳۴-۰۲۱)

## درباره شرکت دانش‌بنیان متقاضی

این فراخوان به سفارش یک شرکت دانش‌بنیان تولیدی نوع ۲، فعال در زمینه تجهیزات آزمایشگاهی تدوین شده است. این شرکت فعالیت خود را از سال ۱۳۷۱ در زمینه مهندسی حفاری و ژئوتکنیک آغاز نموده و با توجه به نیاز کشور، فعالیت‌های خود را در زمینه ژئومکانیک نفت، مکانیک، متالورژی و بازرسی فنی گسترش داد. از جمله دستاوردهای این شرکت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- طراحی و ساخت دستگاه بارگذاری خودکنترل مختص آزمون‌های مکانیک سنگ و ژئومکانیک نفت
- طراحی و ساخت پمپ سرنگی ۷۰۰ بار
- طراحی و ساخت دستگاه سه محوری دینامیکی خاک

در حال حاضر این شرکت به دنبال توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه التراسونیک تحت شرایط فشار و دما در پروژه‌های آزمایشگاهی مربوط به صنعت نفت بوده و علاقه‌مند به همکاری با پژوهشگران و فناوران است.

## ضرورت مسئله

امروزه استفاده از روش‌های دینامیکی برای برآورد دقیق و سریع ثابت‌های الاستیک در مهندسی سنگ کاملاً پذیرفته شده است و با توجه به غیرمخرب بودن این آزمایش‌ها، مورد استقبال زیادی قرار گرفته‌اند. در این راستا تعیین پارامترهای الاستیک سنگ‌ها با استفاده از سرعت امواج صوتی طولی و برشی، رایج‌ترین روش ارزیابی مقاومت مکانیکی سازندهای زیرزمینی در صنعت نفت است.

هر چند مدول یانگ استاتیکی بدست آمده از انجام آزمایش‌های مخرب روی نمونه سنگ‌ها، به مقادیر واقعی نزدیک‌تر است، اما تخریب همه نمونه‌ها به علت گران‌قیمت بودن ممکن نیست. به همین دلیل، در چاه‌های نفت با استفاده از روش‌های چاه‌پیمایی صوتی، مقادیر سرعت موج‌های طولی و برشی اندازه‌گیری شده و با استفاده از آن، مدول یانگ دینامیکی محاسبه می‌شود که به نسبت، ارزان‌قیمت‌تر است و بازه عمق بیشتری از سازندهای زیرزمین را تحت پوشش قرار می‌دهد. مطابق مطالعات انجام شده و در اکثر موارد، مقادیر پارامترهای دینامیکی با مقادیر پارامترهای استاتیکی برابر نیستند، لذا باید به‌صورت هم‌زمان در آزمایشگاه با انجام تست‌های استاتیکی، سرعت‌های طولی و برشی به منظور برآورد دقیق پارامترهای دینامیکی اندازه‌گیری شوند. روش کار به این صورت است که امواج الاستیک به داخل نمونه ارسال شده و سرعت امواج فشاری و برشی در نمونه سنگی اندازه‌گیری می‌شود. سرعت این امواج وابسته به مقاومت فشاری و کششی سنگ یا به‌طور کلی کیفیت سنگ است.

اکثر دستگاه‌های موجود در ایران تنها در دما و فشار محیطی، قابلیت اندازه‌گیری سرعت طولی و برشی را دارند. در صورتی‌که برای اندازه‌گیری سرعت صوت در شرایط مخزن لازم است حرارت بالای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار بالای ۴۰۰ بار بر روی نمونه اعمال شده و هم‌زمان، تغییرات سرعت اندازه‌گیری شود. با توجه به اینکه پیزوالمنت‌هایی که در حال حاضر استفاده می‌شوند، از جنس سرامیک بوده و تحمل این فشار را ندارند، لازم است درون غلاف فولادی مقاوم به دما و فشار قرار داده شوند. این ترکیب (پیزوالمنت و غلاف فلزی) پراب نامیده می‌شود.

## مسئله اصلی تحقیق (نیاز تحقیقاتی):

مسئله این تحقیق عبارت است از  
"ساخت دستگاه التراسونیک  
به منظور آزمون پلاگ‌های  
سنگی مخازن نفت و گاز"

## مشروح مسئله تحقیقاتی

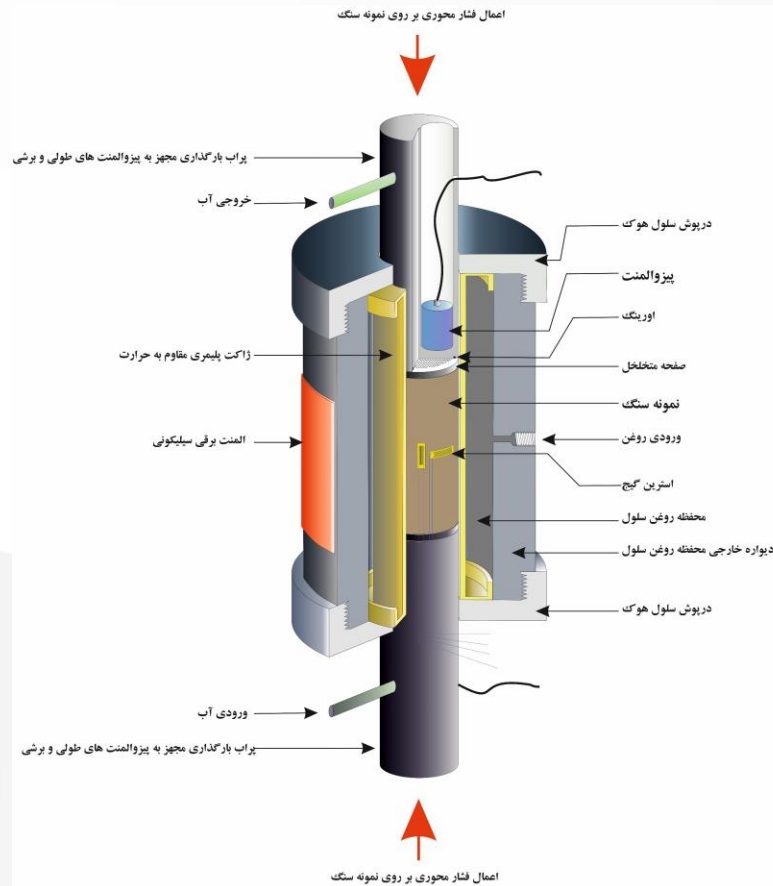
همان‌طور که اشاره شد، یکی از روش‌های آزمون غیرمخرب، دستگاه التراسونیک است که می‌توان آن را به دو بخش "سخت‌افزار" و "نرم‌افزار" تقسیم‌بندی نمود. این دستگاه، قابلیت اندازه‌گیری سرعت صوت بر روی نمونه‌های استوانه‌ای و مکعبی را دارا خواهد بود. در ادامه به تفصیل به ویژگی‌های هر بخش پرداخته می‌شود:

بخش سخت‌افزاری:

- بسته به اینکه هدف، اندازه‌گیری سرعت، در نمونه استوانه‌ای یا مکعبی باشد، نحوه قرارگیری پیزوالمنت‌ها متفاوت خواهد بود:

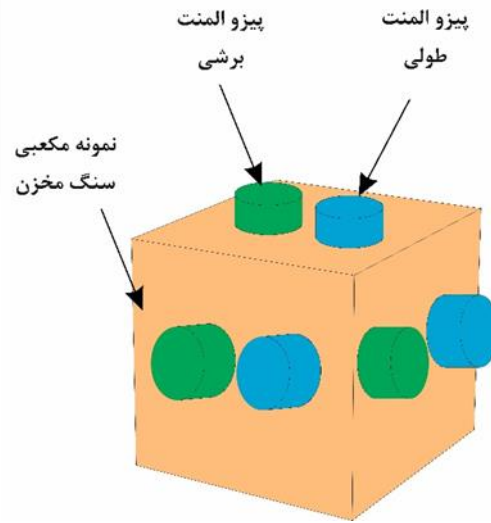
۱- نمونه استوانه‌ای: در حالتی که هدف، اندازه‌گیری سرعت صوت در نمونه‌های استوانه‌ای سنگی است، از دو پراب فرستنده و گیرنده استفاده می‌شود که هریک شامل یک پیزوالمنت طولی (P) و دو پیزوالمنت برشی (S1, S2) هستند. پیزوالمنت‌های S1, S2 اختلاف فاز ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر دارند. در این حالت موج‌های طولی و برشی توسط پراب فرستنده از سر استوانه سنگی به داخل نمونه هدایت شده و در انتهای استوانه سنگی توسط پراب گیرنده دریافت می‌گردند، که می‌توان با محاسبه اختلاف زمان بین فرستنده و گیرنده، سرعت موج را داخل نمونه سنگی اندازه‌گیری نمود.

نمونه استوانه‌ای سنگی دارای قطر ۳۸ میلی‌متر و ارتفاع ۷۶ میلی‌متر است که توسط محفظه، تحت فشار جانبی و توسط پراب‌ها تحت تنش محوری قرار می‌گیرد (شکل ۱). شایان ذکر است که به دلیل تداخل امواج، امکان فعال‌سازی پیزوالمنت‌ها بصورت همزمان وجود نخواهد داشت.



شکل ۱ شماتیک چگونگی اعمال فشار جانبی و تنش محوری (به وسیله پراب‌ها) بر روی نمونه سنگ استوانه‌ای مخزن و جانمایی پیزوالمنت‌ها در پراب‌ها

۲- نمونه مکعبی: در حالتی که هدف، اندازه‌گیری سرعت صوت در نمونه‌های مکعبی سنگ است، با توجه به وجود ۶ سطح در این نمونه‌ها، نیاز به جانمایی ۶ پیزوالمنت طولی و ۱۲ پیزوالمنت (S1, S2) برشی است (شکل ۲). در این روش، در زمان ارسال موج، یک پیزوالمنت نقش فرستنده و ۵ پیزوالمنت دیگر نقش گیرنده را ایفا می‌کنند. دستگاه باید به گونه‌ای طراحی شود که هر پیزوالمنت در کسری از ثانیه (میلی ثانیه) فعال شده، موج را ارسال کند تا توسط دیگر پیزوالمنت‌های هم جنس دریافت شود. نهایتاً می‌توان ناهمسانگردی‌های اولیه و ثانویه را در نمونه‌های مکعبی در سطوح با دما و تنش‌های مختلف برآورد کرد. شایان ذکر است که به دلیل تداخل امواج، امکان فعال‌سازی ۲ پیزوالمنت بصورت همزمان وجود نخواهد داشت.



شکل ۲ شماتیک جانمایی پیزوالمنت‌های طولی و برشی بر روی نمونه مکعبی سنگ مخزن (در این شکل روی هر ضلع یک پیزوالمنت فشاری و یک پیزوالمنت برشی ترسیم شده ولی در واقعیت دو پیزوالمنت برشی خواهیم داشت)

- مطابق استاندارد ASTM D2845، فرکانس، تابعی از جنس و ابعاد نمونه است، لذا قسمت سخت‌افزاری دستگاه باید به گونه‌ای طراحی شود که قابلیت ارسال و دریافت موج در بازه ۱۰ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز را داشته باشد.
- در این دستگاه با توجه به عبور موج از محیطی با جنس فولادی (پراب فرستنده) به محیط سنگی (نمونه تحت آزمایش) و دریافت آن در محیطی از جنس فولاد (پراب گیرنده) و با توجه به تغییر امپدانس، تبدیل موج طولی به برشی و بالعکس اتفاق می‌افتد. این امر از جمله خطاهای دستگاه است که برای رفع آن، محل قرارگیری و نحوه اتصال پیزوالمنت به پراب فولادی باید به گونه‌ای باشد که تبدیل موج‌ها به کمترین میزان ممکن کاهش یابد.
- جنس پراب، چسب و دیگر اجزا باید به گونه‌ای انتخاب شود که تحمل دمای حدود ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد را داشته باشند و در این دما خواص خود را از دست ندهند.

بخش نرم‌افزاری:

نرم‌افزار باید به گونه‌ای باشد که:

- هر کانال به صورت مستقل قابلیت نمایش و ذخیره شدن را داشته باشد.
- قابلیت تشخیص اولین زمان رسیدن موج‌های طولی و برشی را داشته باشد و کاربر بتواند بصورت پیوسته و برخط پارامترهای الاستیک دینامیکی سنگ را مشاهده و ذخیره کند.
- امکان تعریف تأخیر ارسال بین موج طولی و برشی در بازه‌های زمانی دلخواه را داشته باشد.
- توانایی تبدیل پیزوالمنت‌ها از فرستنده به گیرنده و بالعکس را داشته باشد.

- امکان ایجاد آرایش دلخواه جهت فعال‌سازی پیزوالمنت‌ها داشته باشد.
- قابلیت تعریف و اعمال فیلتر بر روی نتایج را داشته باشد.
- امکان ارسال شکل موج‌های مختلف مانند سینوسی<sup>۱</sup>، مثلثی<sup>۲</sup> و مربعی<sup>۳</sup> برای هر یک از موج‌های P, S1, S2 را داشته باشد.
- امکان ارسال موج به صورت تک سیگنال، دو موجی و پیوسته را داشته باشد.
- کانال‌های ورودی و خروجی قابلیت کنترل و تغییر دامنه<sup>۴</sup>، فرکانس<sup>۵</sup> و بهره<sup>۶</sup> را داشته باشند.
- هنگام ضبط داده امکان زوم کردن بر روی گراف موج را داشته باشد.
- نرم‌افزار باید دارای رهاساز<sup>۷</sup> باشد تا اپراتور بتواند مکان موردنظر خود را روی گراف مشخص نماید.
- هنگام نمایش موج، نرم‌افزار امکان فریز کردن شکل موج و خروجی گرفتن به صورت فایل txt و ثبت حداقل ۱۰۰ میلیون نمونه بر ثانیه را داشته باشد.
- خروجی‌های نرم‌افزار باید برخط بوده و حین آزمون، نتایج را با رزولوشن حداقلی ۲۰ بیت نشان دهد.

از موارد چالش‌برانگیز در ساخت این دستگاه می‌توان به جلوگیری از تبدیل موج طولی به برشی در پراب‌های ارسال و دریافت موج، عدم ایجاد نویز دستگاه التراسونیک در کنار پاورپک<sup>۸</sup> هیدرولیک سه‌فاز، اعمال کمترین اختلاف زمانی بین ارسال دو موج متوالی جهت جلوگیری از پدیده تداخل امواج اشاره کرد.

انتظار می‌رود در پایان ساخت این دستگاه بتوان سرعت صوت را بر روی نمونه‌های استوانه‌ای و مکعبی در فشار، دما و تنش دلخواه بدست آورد. این دستگاه مکمل دستگاه بارگذاری سه محوری است که با برق سه‌فاز راه‌اندازی می‌شود، لذا نباید تحت تأثیر نویز قرار گیرد.

<sup>1</sup> Sine wave  
<sup>2</sup> Triangle wave  
<sup>3</sup> Square wave  
<sup>4</sup> Amplitude  
<sup>5</sup> Frequency

<sup>6</sup> Gain  
<sup>7</sup> Trigger  
<sup>8</sup> PowerPack



## گام‌های تحقیق:

- طراحی و ساخت بخش سخت‌افزاری
- مدار طراحی شده بخش دیجیتال و آنالوگ شامل تقویت‌کننده‌ها، ADC<sup>9</sup> و برد مدار چاپی
- ساخت پراب متناسب با پیزوالمنت‌های جاسازی شده درون آن، جهت اعمال فشار محوری
- مونتاژ دستگاه (سرهم کردن بردها و سخت‌افزار دستگاه)
- کدنویسی میکروکنترلر (بخش ارتباط با PC<sup>10</sup>، بخش داده‌برداری، بخش تولید موج)
- توسعه بخش نرم‌افزاری
- توسعه برنامه تحت ویندوز برای تولید و دریافت تحریک‌های مختلف
- محاسبه اتوماتیک سرعت طولی و برشی
- نمایش آنلاین موج‌های فرستنده و گیرنده با قابلیت ذخیره
- کنترل صحت عملکرد سیستم و رفع خطاهای محتمل (آزمایش روی نمونه‌های سنگی، پلاستیکی و فلزی و صحت‌سنجی نتایج)

## الزامات تحقیق

- دستگاه یکپارچه و سازگار با ویندوز
- قابلیت فیلترینگ نتایج در خروجی نرم‌افزار
- نمایش آنلاین سرعت موج طولی، برشی و ثابت‌های الاستیک دینامیکی
- قابلیت کنترل ترتیب فعال‌سازی پیزوالمنت‌ها
- قابلیت ارسال و دریافت موج در بازه ۱۰ کیلوهرتز تا ۱۰ مگاهرتز
- موارد ذکر شده در بخش نرم‌افزار و سخت‌افزار مشروح مسئله تحقیقاتی



## تجهیزات و زیرساخت‌هایی که متقاضی تحقیق می‌تواند در اختیار مجری قرار دهد

- پیزوالمنت نوع P و نوع S با فرکانس ۲۰۰ کیلوهرتز

<sup>9</sup> Analog to Digital Converter

<sup>10</sup> Personal computer

### گلوگاه‌های احتمالی:

- تبدیل موج طولی به برشی در پراب‌ها
- ایجاد پدیده تداخل امواج هنگام فعال‌سازی دو پیزوالمنت با فاصله زمانی اندک
- اعمال فیلتر مناسب و محاسبه اولین زمان رسیدن موج برشی و طولی و رفع آلودگی‌های موج
- قابلیت ذخیره‌سازی داده‌ها با نرخ نمونه‌برداری ۱۰۰ میلیون بر ثانیه
- ایجاد نویز دستگاه بارگذاری سه محوری بر روی خروجی نرم‌افزار التراسونیک
- آرایش دلخواه جهت ارسال و دریافت موج و محاسبه ناهمسان‌گردی در سطح تنش‌های مختلف

### معیارهای ارزیابی و انتخاب مجری

- تحصیلات و سوابق تیم تحقیقاتی و تناسب آن با مسئله
- رویکرد فنی تیم تحقیقاتی به مسئله
- دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی و مواد اولیه و سایر الزامات اجرای تحقیق
- زمان و هزینه اجرای تحقیق

### تسهیم مالکیت فکری

- **مالکیت معنوی:** مجری در مالکیت معنوی ناشی از اجرای تحقیق سهیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و متقاضی در ژورنال‌های داخلی و خارجی، ارائه مقاله در کنفرانس‌ها و سمینارها با موافقت و اشاره به نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.
- **مالکیت منافع مادی:** با توجه به مدل کسب‌وکار شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری تماماً متعلق به شرکت متقاضی بوده و مجری صرفاً حق‌الزحمه اجرای پروژه تحقیقاتی را دریافت خواهد کرد.

### ارسال پروپوزال

پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب موردنظر صندوق نوآوری و شکوفایی، تدوین و حداکثر تا تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۲۷ در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.



تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان پردیس، زاینده‌رود  
شرقی، شماره ۲۴، مجتمع شکوفایی شرکت‌های دانش‌بنیان  
کدپستی: ۱۹۹۱۹۱۳۱۱۱  
تلفن: ۰۲۱-۴۲۱۷۰۰۰۰  
پست الکترونیک: info@inif.ir



شبکه خدمات نوآوری

www.boomerangtt.com

telegram:boomerangtt

insta:boomerangtt.co

۰۲۱-۶۶۵۳۹۷۳۴-۶۶۵۳۳۸۶۴

آدرس: تهران، ناحیه نوآوری شریف، میدان شهید تیموری،  
به سمت بزرگراه شیخ فضل‌الله نوری، خیابان لطفعلی  
خانی، خیابان پارس، شماره ۱۵، واحد ۴