

با حمایت صندوق نوآوری و شکوفایی و به  
پیشنهاد یک تیم پژوهشی از دانشگاه تربیت مدرس منتشر می‌شود:

## فراخوان مشارکت در اکتساب فناوری

استفاده از نانوسیلان برای ساخت بتن حاوی

باطله معدنی سولفیدی

۷۲

مهلت ارسال پروپوزال‌ها:

۱۴۰۲/۰۴/۲۵



بتن پس از آب‌پراکردترین ماده مصرفی در دنیا محسوب می‌شود. سیمان و مصالح سنگی بخش مهمی از ترکیب بتن را تشکیل می‌دهند که تولید آن‌ها نیازمند مصرف قابل توجه منابع اولیه و همچنین انتشار انواع آلاینده‌ها در محیط است. در سال‌های اخیر، توسعه فعالیت‌های معدنی به دلیل ارزش آوری و اشتغال‌زایی اهمیت به‌سزایی پیدا کرده است. این امر موجب افزایش تولید انواع باطله معدنی در کارخانجات فرآوری، شده است. بنابراین توسعه محصولی با قابلیت استفاده از این مواد در زمینه بتن، نه تنها منجر به رفع مشکل انباشت باطله‌ها می‌شود و بلکه کاهش مصرف مصالح سنگی و سیمان را در پی خواهد داشت.

مهمترین دستاورد و ارزش افزوده این طرح، امکان تولید نانوسیلان به عنوان یک افزودنی در ملات بتنی به منظور بهبود خواص ساختاری و محیط زیستی نمونه‌های بتنی است که در آن‌ها مقادیری از باطله‌های معدنی جایگزین سیمان یا سنگدانه شده است. مواد اولیه این محصول عموماً دارای درجه صنعتی است و ارزیابی چندانی ندارد.

✓ اعلام آمادگی برای مشارکت در اکتساب فناوری حاصل از این فراخوان تحقیقاتی و ارائه درخواست تنها برای شرکت‌ها و شتاب‌دهنده‌های دانش بنیان مجاز است.

✓ درخواستی که بیشترین تناسب را با الزامات این اکتساب فناوری داشته باشد، انتخاب و به عنوان «مشارکت کننده» برای مذاکرات تکمیلی به هسته پژوهشی متقاضی معرفی خواهد شد.



## باسمه تعالی

صندوق نوآوری و شکوفایی به منظور حمایت از گروه‌های پژوهشی توانمند و فعال در حوزه فناوری‌های رو به آینده، خدمت جدیدی را طراحی و عرضه کرده است که در قالب آن، هسته‌های پژوهشی توانمند با فناوری‌های راهبردی و رو به آینده را به‌عنوان عرضه‌کننده فناوری و متعاقباً، شرکت‌ها و شتاب‌دهنده‌های توانمند و دانش‌بنیان را به‌عنوان متقاضی مشارکت در اکتساب فناوری شناسایی می‌نماید.

آنچه پیش رو داریم، عرضه فناوری یکی از هسته‌های پژوهشی است که توسط صندوق نوآوری و شکوفایی شناسایی و پس از بررسی و تصویب در قالب فراخوان منتشر شده است. لطفاً به موارد زیر توجه فرمایید:

۱) اعلام آمادگی برای مشارکت در اکتساب فناوری حاصل از این فراخوان تحقیقاتی و ارائه درخواست تنها برای شرکت‌ها و شتاب‌دهنده‌های دانش‌بنیان مجاز است. تمام شرکت‌ها و شتاب‌دهنده‌های دانش‌بنیان می‌توانند با تدوین و ارسال تقاضای مشارکت در اکتساب فناوری در این فراخوان شرکت کنند.

۲) درخواست‌های مشارکت در اکتساب فناوری صرفاً باید در چارچوبی که در انتهای همین فراخوان آمده است، تدوین و **حداکثر تا تاریخ ۱۴۰۲/۰۴/۲۵** در سامانه غزال صندوق نوآوری و شکوفایی به نشانی [ghazal.inif.ir](http://ghazal.inif.ir) ثبت شوند. درخواست‌هایی که در چارچوبی غیر از آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.

۳) پس از اتمام مهلت ارسال درخواست مشارکت در اکتساب فناوری، فرایند ارزیابی آن‌ها توسط صندوق نوآوری و شکوفایی آغاز خواهد شد. درخواستی که بیشترین تناسب را با الزامات این اکتساب فناوری داشته باشد، انتخاب و به‌عنوان «مشارکت‌کننده» برای مذاکرات تکمیلی به هسته پژوهشی متقاضی معرفی خواهد شد.

۴) در صورت توافق درخواست‌کننده منتخب (مشارکت‌کننده) و هسته پژوهشی (مجری)، قرارداد ۳ جانبه‌ای مابین «صندوق»، «مشارکت‌کننده» و «مجری» منعقد خواهد شد. در قالب این قرارداد، صندوق نوآوری حداکثر تا ۷۰ درصد هزینه اجرای طرح تحقیقاتی را به شکل بلاعوض و به طور مرحله‌ای و متناسب با پیشرفت اجرای طرح، به مجری پرداخت خواهد کرد و مابقی هزینه‌های اجرای طرح، برعهده مشارکت‌کننده خواهد بود.

۵) حمایت صندوق صرفاً منوط به موافقت مجری و مشارکت‌کننده در خصوص مالکیت مادی و معنوی این طرح، بر اساس شرایط مندرج در بند "تسهیم مالکیت فکری" این فراخوان خواهد بود.

## استفاده از نانوسیلان برای ساخت بتن حاوی باطله معدنی سولفیدی

۶) تدوین و ارسال درخواست مشارکت در قالب این فراخوان، به منزله 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 می‌داند و مفاد کلیه طرح‌های ارسالی محرمانه نزد صندوق نوآوری و شکوفایی باقی خواهد ماند.

۷) حمایت و راهبری صندوق نوآوری و شکوفایی در موضوع این فراخوان، صرفاً تا مرحله اکتساب فناوری است و مسئولیت همکاری‌های بعدی مانند تجاری‌سازی، تولید صنعتی، افزایش مقیاس و غیره بر عهده مشارکت‌کننده و مجری می‌باشد.

۸) هرگونه سؤال یا ابهام در خصوص این فرایند را با شرکت سامان صدرای دانا شریف به‌عنوان کارگزار صندوق نوآوری و شکوفایی در میان بگذارید (شماره تماس: ۰۹۰۲۵۵۵۵۴۷۱-۰۲۱۸۸۴۸۶۸۵۲).



«سیلان‌ها» ترکیبات معدنی با فرمول شیمیایی  $\text{SiH}_4$  هستند. سیلان و سیلوکسان به صورت آستر و با رویه آکرلیک یا رویه پلی‌اورتان عملکرد بسیار مناسبی در برابر نفوذ یون کلرید دارند. این مواد، باعث کاهش مقدار آب نسبت به سیمان و بهبود جریان‌پذیری سیمان می‌شوند؛ همچنین به عنوان پایدارکننده خمیر سیمانی در یخبندان کاربرد دارند و به عنوان ماده محافظ برای ترکیبات سیمانی واقع در محیط تهاجمی، استفاده می‌شوند. پس از اعمال این مواد بر روی سطح مخلوط، مولکول‌های سیلان با یکدیگر واکنش می‌دهند، متراکم می‌شوند، یک فیلم معدنی را می‌سازند و از این طریق از بستر سیمانی محافظت می‌کنند. سیلان‌ها اغلب دو نوع گروه عاملی واکنش‌پذیر (معمولاً قطبی و غیر قطبی) در یک مولکول دارند. این مولکول‌ها معمولاً توسط گروه قطبی (قابل هیدرولیز) آن‌ها از نوع آلکوکسی ( $-\text{C}_x\text{H}_y\text{O}$ ) و یک گروه عاملی، معمولاً آلی با الکترون‌گاتیویته قوی، مشخص می‌شوند. با این حال، علاوه بر این پیکربندی، سیلان‌هایی با چهار گروه قابل هیدرولیز مانند تترا اتوکسی سیلان (TEOS) و تترا متوکسی سیلان (TMOS) وجود دارند که در فرایندهای مختلف، بیشتر به کار برده می‌شوند. در عمل، سیلان‌ها بر روی سطح ملات یا بتن پاشیده می‌شوند و به تخلخل‌های مویرگی موجود، نفوذ می‌کنند؛ در حین نفوذ و در نتیجه واکنش‌های شیمیایی، رزین سیلیکون دافع آب (پلی‌سیلوکسان) بر روی سطح داخلی ساختار مویرگی تشکیل می‌شود. سیلان‌ها به طور مستقیم در خمیر سیمانی یا ملات نیز استفاده می‌شوند. استفاده از این مواد، اثرات مثبتی نظیر افزایش خواص مکانیکی بتن و کاهش ترک در حین خشک شدن کامپوزیت‌های سیمانی دارد، اما باعث کاهش میزان هیدراسیون سیمان و در نتیجه ایجاد اثر نامطلوب بر مقاومت بتن می‌شوند. از نظر شیمی، سیلان ممکن است یک سری از واکنش‌های خودتغلیظ را طی کند تا مشتقات مختلف سیلان از جمله الیگومرهای سیلان و نانوذرات سیلان تشکیل شود. این مشتقات اگرچه از همان سیلان مشتق شده‌اند، از نظر خواص و ویژگی‌ها با آن متفاوت هستند. الیگومرهای سیلان نیز ابعادی نانومتری دارند و بسته به تعداد واحدهای سیلان به حالت مایع ویسکوز یا پلیمر نرم دیده می‌شوند. مشتقات سیلان در ساختارهای مولکولی خود گروه‌های هیدروکسیل بسیار بیشتری نسبت به مونومرهای سیلان برای اتصال با C-S-H و سایر ترکیبات در خمیر سیمان و ملات دارند. این ویژگی‌های مشتقات سیلان به روش‌های مختلف بر میزان هیدراسیون سیمان و خصوصیات مکانیکی ملات‌ها، در مقایسه با مونومرهای سیلان مربوطه، تأثیر می‌گذارند.



نام و نام خانوادگی	رشته / مقطع تحصیلی	همکار / مشاور طرح	وضعیت شغلی
احمد جمشیدی	محیط زیست / دکتری	مدیر فنی	دانشیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس
عالیه ساعدی	فرآوری مواد معدنی / دکتری	مدیر اجرایی	فارغ التحصیل مقطع دکتری از دانشگاه تربیت مدرس

### سوابق عرضه کننده فناوری و مسئول اصلی تیم پژوهشی



**جناب آقای دکتر احمد جمشیدی**، به عنوان مدیر فنی و مجری طرح، دانش آموخته رشته مهندسی عمران در گرایش مهندسی محیط زیست و دانشیار دانشگاه تربیت مدرس هستند. ایشان طرح‌های پژوهشی و مقالات متعددی را در زمینه ساخت بتن‌های غیر متداول به ثبت رسانده‌اند؛ H-index ایشان مرتبه ۲۱ است و دارای بیش از ۱۳۰۰ ارجاع علمی هستند. مقالات منتشر شده دکتر جمشیدی از لینک زیر قابل دریافت است.

<https://scholar.google.com/citations?user=WAhdeqwAAAAJ&hl=en>

**سرکار خانم دکتر عالیه ساعدی**، به عنوان همکار اصلی طرح و دانش آموخته دکتری فرآوری مواد معدنی از دانشگاه تربیت مدرس هستند. زمینه اصلی تحقیقاتی ایشان بهبود ویژگی‌های باطله‌های معدنی به منظور استفاده در زمینه بتن است. مقالات اصلی دکتر ساعدی در مجلات معتبر با نمایه  $Q1^+$  منتشر شده است.

## ضرورت مسئله



هرچند معدن کاری در توسعه جامعه بشری و اقتصاد بسیاری از کشورهای جهان نقش به سزایی داشته است اما تأثیرات منفی قابل توجهی بر محیط زیست گذاشته است. به عنوان مثال، قسمت بزرگی از سطح زمین تخریب می شود، مقدار زیادی باطله جامد روی سطح جمع شده و حفره های زیرزمینی بسیاری در این فرایند ایجاد می شود که به یک مشکل اساسی تبدیل شده است. همچنین باطله های حاصل از معادن فلزات غیر آهنی غالباً حاوی ترکیبات سولفیدی و مقدار زیادی پیریت و عناصر سمی مانند آرسنیک، مس، روی و جیوه هستند که ممکن است وارد محیط زیست شوند. روش های مختلفی برای مدیریت باطله های حاوی فلزات سنگین وجود دارد که شامل خاک برداری، دفن باطله ها، تصفیه حرارتی، پاکسازی الکتروشیمیایی و پوشاندن سطح خاک آلوده است. اما بسیاری از این روش ها پرهزینه و بعضاً از منظر زیست محیطی (به شکل متداول و بدون اصلاح) نیز مخرب هستند. استفاده از باطله معدنی به عنوان جایگزین بخشی از سیمان در ساخت بتن امکان استفاده مجدد از باطله را فراهم کرده است که نه تنها باعث کاهش آلودگی محیط زیست و استفاده از اراضی مرتبط با انباشت باطله (سدهای باطله) می شود، بلکه احتمال دارد هزینه تولید بتن را نیز کاهش دهد. از آنجا که سیمان پرتلند یکی از مواد مورد استفاده در صنایع ساخت و ساز است، بیشترین هزینه تولید بتن (۷۵٪ هزینه) را به خود اختصاص داده است و یکی از بزرگ ترین منابع انتشار گازهای گلخانه ای است (حدود ۵ تا ۷٪ از کل CO<sub>2</sub> تولید شده را تشکیل می دهد). با توجه به اینکه ترکیبات شیمیایی برخی از باطله ها عمدتاً SiO<sub>2</sub>، Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، CaO و مشابه سیمان است، استفاده از باطله معادن به عنوان جایگزین سیمان، یک راه حل جالب توجه برای توسعه معادن سبز است. تهیه بتن از باطله، به طور بالقوه یکی از بهترین رویکردهای عملی برای مدیریت حجم انبوه باطله های ناشی از فرآوری است، زیرا مزایای زیست محیطی، فنی و اقتصادی قابل توجهی را در پی دارد و باعث کاهش استفاده از منابع طبیعی برای ساخت بتن می شود. با این حال، استفاده از باطله در زمینه بتن معایبی از جمله تاخیر در هیدراسیون و کاهش مقاومت نهایی را در پی دارد. برای غلبه بر این مشکل استفاده از برخی افزودنی ها می تواند موثر باشد. نانوذرات سیلان از جمله موادی است که می تواند به عنوان افزودنی در ترکیبات بر پایه سیمان استفاده شود. همچنین سیلان ها به عنوان یک ماده محافظ برای ترکیبات سیمانی واقع در محیط تهاجمی، به عنوان درزگیر، به طور گسترده ای استفاده می شوند. پس از اعمال به سطح مخلوط، مولکول های سیلان با یکدیگر واکنش می دهند، متراکم شده، یک فیلم معدنی تشکیل می دهند و از این طریق از بستر سیمانی محافظت می کنند. از این رو در طرح حاضر سعی بر آن است که با سنتز نانوذرات سیلان به عنوان یک افزودنی در ملات بتنی، قابلیت ساخت بتن حاوی باطله معدنی ایجاد شود و مقاومت فشاری نمونه های بتنی نیز بهبود یابد.



### مسئله اصلی تحقیق

مشتقات سیلان اگرچه از همان سیلان مشتق شده‌اند، اما با آن متفاوت هستند. الیگومرهای سیلان از چند واحد سیلان با وزن مولکولی محدود تشکیل شده‌اند. به عنوان مثال، دایمر و تریمر سیلان الیگومرهای سیلان هستند که به ترتیب از دو و سه واحد سیلان تشکیل شده‌اند. نانوذرات سیلان نوع دیگری از مشتقات سیلان با هزاران واحد سیلان و وزن مولکولی بالا هستند. اندازه‌های فیزیکی الیگومرهای سیلان و نانوذرات ممکن است در محدوده نانو باشد که از اندازه مونومر سیلان بزرگتر است. حالت فیزیکی الیگومرهای سیلان بسته به تعداد واحدهای سیلان، مایعی ویسکوز یا پلیمری نرم است. با این حال، حالت فیزیکی نانوذرات سیلان جامد است. بعلاوه، مشتقات سیلان در ساختارهای مولکولی خود گروه‌های هیدروکسیل بسیار بیشتری از مونومرهای سیلان برای اتصال با C-S-H و سایر ترکیبات در بتن و ملات دارند. این ویژگی‌های مشتقات سیلان بر میزان هیدراسیون سیمان و خصوصیات مکانیکی ملات‌ها به روش‌های مختلف در مقایسه با مونومرهای سیلان مربوطه تأثیر می‌گذارند. در مجموع می‌توان بیان داشت سیلان‌ها چسبندگی بتن را بهبود می‌بخشند، مقدار مصرف آب را کاهش می‌دهند و باعث کاهش ترک در حین خشک شدن ملات سیمان می‌شوند اما از طرفی باعث تاخیر در فرآیند هیدراسیون می‌شوند که این مسئله بر بهبود مقاومت تأثیر نامطلوب می‌گذارد. بنابراین، استفاده از مشتقات سیلان با تأثیر مثبت بر خواص مکانیکی بدون به خطر انداختن میزان هیدراسیون سیمان باید مورد توجه قرار گیرد. یکی از چالش‌ها در استفاده از سیلان‌ها، آگلومره شدن آن‌ها است که اگر از مشتقات سیلان استفاده شود می‌توان بر این مشکل غلبه کرد. از این‌رو در این طرح از نانوذرات سیلان به عنوان یکی از مشتقات سیلان در ساخت نمونه‌های بتنی استفاده خواهد شد.

### مسئله اصلی تحقیق

(عرضه فناوری)

«استفاده از نانوسیلان  
برای ساخت بتن حاوی  
باطله معدنی سولفیدی»

## استفاده از نانوسیلان برای ساخت بتن حاوی باطله معدنی سولفیدی

## مزایا



مهم‌ترین مزایای نانوذرات سیلان به عنوان یک افزودنی در ساخت بتن عبارت‌اند از:

- خواص ساختاری و محیط زیستی نمونه‌های بتنی که در آنها مقادیری از باطله‌های معدنی جایگزین سیمان شده است بهبود می‌یابد.
- محصول تولید شده نسبت به محصولات مشابه در بازار قیمت کمتری دارد.
- با مقدار بسیار کم و به‌صرفه قابل استفاده در صنعت بتن است.
- مواد اولیه این محصول عموماً دارای درجه صنعتی است و ارزشی چندانی ندارد.

## کاربرد



این محصول در تولید انواع محصولات بتنی کاربرد دارد. از جمله این محصولات می‌توان به بتن‌های غیر متداول که حاوی برخی پسماندهای جامد و انواع باطله‌های معدنی هستند اشاره کرد. از محصول ساخته‌شده می‌توان برای افزایش مقاومت فشاری، کششی و خمشی نمونه‌های بتنی استفاده کرد.

## خروجی‌های مورد انتظار تحقیق



- تولید یک افزودنی با فناوری نانو به منظور بهبود خواص نمونه‌های بتنی
- بهینه‌سازی نانوسیلان تولیدشده برای مصارف کاربردی در زمینه بتن
- کاهش مصرف سیمان در صورت استفاده از محصول تولیدشده

## هزینه و زمان اجرای طرح



- هزینه اجرای طرح حدود ۶۰۰ میلیون تومان برآورد می‌شود.
- مدت‌زمان اجرای طرح حدود ۹ ماه برآورد می‌شود.





## تسهیم مالکیت فکری

- **مالکیت معنوی:** مشارکت کننده در مالکیت معنوی ناشی از اجرای تحقیق سهمیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و مشارکت کننده 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:** سهم مشارکت شرکت / شتاب‌دهنده متقاضی حداقل ۱۰ و حداکثر ۳۵ درصد خواهد بود (منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری بر اساس توافق طرفین و مشترک خواهد بود و باتوجه به سهم آورده نقدی و غیرنقدی توسعه‌دهنده، سهم مالکیت قابل مذاکره و توافق است).

## ارسال درخواست



درخواست‌های مشارکت صرفاً باید در چارچوب موردنظر صندوق نوآوری و شکوفایی، تدوین و حداکثر تا تاریخ ۱۴۰۲/۰۴/۲۵ در سامانه غزال صندوق نوآوری و شکوفایی به نشانی [ghazal.inif.ir](http://ghazal.inif.ir) ثبت شوند. درخواست‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق نوآوری و شکوفایی برسند، وارد فرآیند ارزیابی نخواهند شد.



تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان پردیس،

زاینده رود شرقی، شماره ۲۴، مجتمع شکوفایی

شرکت های دانش بنیان

کد پستی: ۱۹۹۱۹۱۳۱۱۱

تلفن: ۰۲۱-۴۲۱۷۰۰۰۰

پست الکترونیکی: [info@inif.ir](mailto:info@inif.ir)



دانا شریف  
DANA SHARIF

**Challenge.ir**

تهران، گیشا، خیابان سیزدهم، نبش خیابان کسروی،

پلاک ۹

تلفن: ۰۹۰۲۵۵۵۵۴۷۱

پست الکترونیکی: [Info@Danasharifco.ir](mailto:Info@Danasharifco.ir)