

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۱۹

# کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های ضدخش

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست



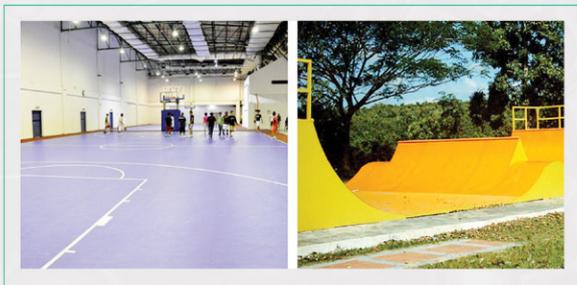
مواد در مقیاس نانومتری شامل محصولات بی‌اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارای ویژگی‌های خاصی هستند و برای کاربرد در مقیاس صنعتی آماده شده‌اند.



پیشرفت فناوری نانو بر روش‌ها و فرایندهای پوشش‌دهی تأثیر چشمگیری داشته است. شناخت عملکردهای جدید روکش‌ها که به واسطه استفاده از نانومواد به دست آمده، امکان توسعه کاربردهای جدید را فراهم کرده است. مزیت ویژه روکش‌های نانو این است که امکان تنظیم مستقل سختی و ویژگی‌های سایشی روکش را با ترکیب کردن عناصر و ساخت لایه‌های نانومتری فراهم می‌آورد. اصلاح رنگ‌ها به وسیله نانومتری کردن ساختار آنها منجر به بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آنها شده، مقاومت شیمیایی و مقاومت در برابر ضربه و خراش را در آنها بالا می‌برد.

### افزایش مقاومت به خراش پوشش‌ها، راهکاری برای افزایش طول عمر مواد و تجهیزات

خراش‌های سطحی می‌توانند طول عمر بسیاری از مواد را کم کنند که انرژی و هزینه‌ی زیادی باید برای تعویض آن مصرف شود. خراش برداشتن مواد بسیاری مثل فلزات، چوب، پلاستیک‌ها، پلیمرها و شیشه‌ها کاربرد آنها را در بسیاری از موارد محدود می‌کند.



زمین‌های ورزشی که در معرض سایش و خراش قرار دارند

بسیاری از پوشش‌های ایجاد شده بر روی سطوح مقاومت به خراش کمی از خود نشان می‌دهند و باید با اضافه کردن افزودنی‌هایی مقاومت به خراش آنها را افزایش داد. ایده‌ی ایجاد سطوحی که خواص خود را حفظ کنند، امروزه زمینه‌ی بسیاری از تحقیقات را به خود اختصاص داده است. روش‌های مختلفی برای افزایش مقاومت به خراش پوشش‌ها وجود دارد. در کنار تغییر نوع رزین استفاده شده در رنگ، می‌توان از افزودنی‌های مختلف برای بهبود مقاومت به خراش استفاده کرد. پوشش‌های ضد خراش می‌توانند به صورت رنگ یا پوشش‌های شفاف روی سطوح ایجاد شوند. این پوشش‌ها در صنایع خودرو و ساختمان کاربرد زیادی دارند. در صنعت ساختمان می‌توان از این پوشش‌ها در نماهای خارجی و داخلی ساختمان، درها، پنجره‌ها، شیشه‌ها، کفپوش‌ها و وسایل داخلی ساختمان استفاده کرد.

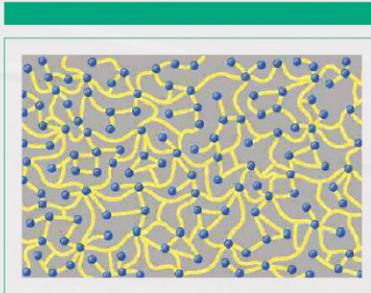


بطور سنتی مقاومت به خراش رنگ‌ها با افزودن مقدار زیادی از افزودنی‌های معدنی اکسید فلزی معدنی که سایز میکرونی دارند ایجاد می‌شود. اما این افزودنی‌ها معمولاً باعث مات شدن رنگ می‌شود که این پدیده به دلیل پراکندگی نور مرئی توسط این ذرات است.

تکنولوژی پوشش‌های مقاوم به خراش نانو تا ۲۵ درصد باعث کاهش انرژی مصرف شده در فرایندهای پوشش‌دهی می‌شود و هزینه‌ی مواد را تا ۷۵ درصد کاهش می‌دهد.

### کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های مقاوم به خراش

فناوری نانو فرصت ایجاد پوشش‌هایی با خواص بالا را با اضافه کردن مقدار کمی از نانو مواد فراهم کرده است. می‌توان با استفاده از نانوذرات سختی همچون سیلیکا، روکش‌های مقاوم در برابر خراشیدگی تولید کرد. به عنوان مثال، می‌توان این نانوذرات را در یک بستر آلی وارد کرده و مقاومت رنگ حاصل را در برابر خراشیدگی افزایش داد.



نانورنگ شامل پیوند دهنده‌های آلی (زرد رنگ) و نانو ذرات غیر آلی (آبی رنگ)

استفاده از ذرات معدنی که اندازه‌ی آنها در محدوده‌ی نانو باشد، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. با کنترل اندرکنش بین ماده‌ی پلیمری و نانوذرات می‌توان خواص پوشش را بهبود داد. معمولاً نانوذراتی که در محدوده‌ی سایز ۴۰ تا ۶۰ نانومتر هستند در این زمینه مؤثر واقع می‌شوند.

نانوپوشش‌های مقاوم در برابر خراش در صنعت خودرو در جهان بسیار متداول هستند و مرسدس بنز در ماشین‌های سری SLK، CL، SSL از پوشش‌دهی نانوذرات به عنوان پوشش‌های ضد خراش در داخل اتومبیل استفاده کرده است.

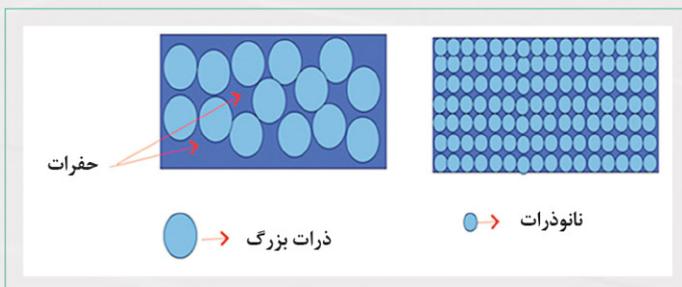
### مزیت‌های استفاده از فناوری نانو در تولید پوشش‌های ضد خراش

■ کارایی بالاتر به دلیل سطح ویژه‌ی زیاد

نانو مواد سطح ویژه‌ی زیادی دارند و وقتی اندازه‌ی ذره کوچک می‌شود، تعداد بیشتری از ذرات روی سطح وجود خواهند داشت و جایگزین کردن ذرات بزرگ با نانوذرات می‌تواند موجب بهبود خواص مورد نظر برای پوشش شود.

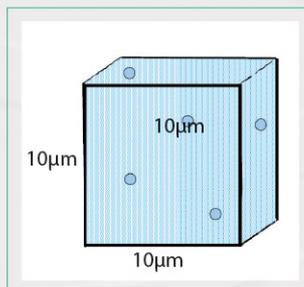
برای مثال اگر در حجم ثابت  $1000 \mu\text{m}^3$  به مقدار ۲ درصد از ذراتی با اندازه‌ی  $1 \mu\text{m}$  و  $20 \text{ nm}$  اضافه کنیم به تعداد مختلفی از این ذرات احتیاج خواهیم داشت که در جدول زیر ارائه شده است. تعداد نانوذرات

اضافه شده بسیار بیشتر و فاصله‌ی بین این ذرات کمتر است که می‌تواند موجب بهبود خواص کلی شود.



حجم  $1000\mu\text{m}^3$  حاوی ۲ درصد ذره

فاصله‌ی بین ذرات	تعداد مورد نیاز	قطر ذره
۲۳۰۰nm	۴۰	$1\mu\text{m}$
۴۵nm	۵۰۰۰۰۰	۲۰nm



#### ■ ایجاد ترکیبی از خواص مطلوب با استفاده از نانوذرات

اضافه کردن افزودنی‌های معدنی سنتی به پوشش‌ها جهت افزایش خاصیت مقاوم به خراش می‌تواند مضراتی نیز از قبیل کاهش انعطاف پذیری پوشش، کاهش مقاومت مؤثر، افزایش ویسکوزیته‌ی پوشش و ظاهر شدن نواقص داشته باشد. در واقع با وجود اینکه فرمولاسیون‌های جدید زیادی برای رنگ‌ها و پوشش‌های مقاوم به خراش وجود دارد اما هیچ کدام نمی‌توانند همه‌ی خواص مطلوب را ایجاد کنند. برای مقابله با این نواقص، ماده‌ی افزودنی باید فقط باعث بهبود مقاومت به خراش شود و خواص دیگر را تحت تأثیر قرار ندهد. نانومواد به دلیل اندازه‌ی کوچک و شکل ساختارشان پتانسیل غلبه بر این نواقص را دارند. با استفاده از فناوری نانو در ساخت رنگ، با کمی اختلاف هزینه می‌توان به بسیاری از خواص مطلوب برای رنگ‌هایی با خواص چندگانه رسید.

#### ■ حفظ شفافیت رنگ

وقتی ذراتی بزرگ به رنگ برای بهبود خواص ضد خش اضافه می‌شوند به علت اندازه‌ی بزرگ‌شان نور را پراکنده کرده و سطح اندکی مات دیده می‌شود در حالی که با افزایش نانوذرات علاوه بر اینکه سایر خواص مورد نظر بهبود می‌یابد به علت عدم پراکنش نور محصول همچنان شفاف باقی می‌ماند.

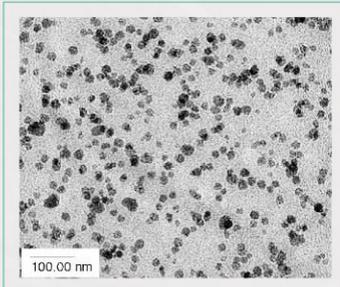
## نانوذرات استفاده شده در رنگ‌های مقاوم به خراش

نانوذرات استفاده شده در اینگونه رنگ‌ها معمولاً یکی از موارد زیر هستند:

- نانوذرات اکسید فلزی (سیلیکا، آلومینا، اکسید روی، دی‌اکسید تیتانیم)؛
- نانورس‌ها؛
- نانولوله‌های کربنی؛
- سیستم‌های نانویی دیگر (فولرین، نانوفیبر، ذرات نانومتخلخل).

## نانوذرات اکسید فلزی (سیلیکا، آلومینا، اکسید روی، دی‌اکسید تیتانیم)

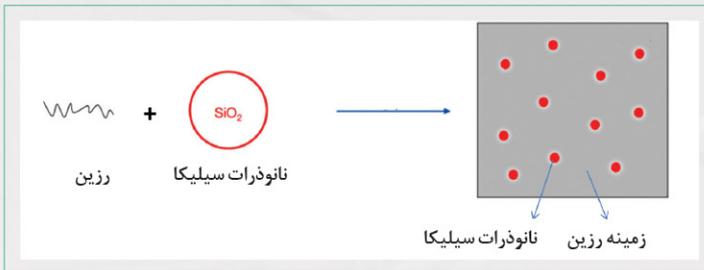
استفاده از نانوذرات اکسید فلزی به عنوان مواد افزودنی برای افزایش مقاومت به خراش، در سال‌های اخیر مرسوم شده است. مرسوم‌ترین ماده‌ی مورد استفاده در صنعت، نانوذرات سیلیکا می‌باشد که کاربرد بیشتری نسبت به سایر اکسیدهای فلزی دارد. نانوسیلیکا بطور طبیعی می‌تواند به شکل آمورف یا



تصویر میکروسکوپی از نانوذرات سیلیکا

کریستالین وجود داشته باشد. یکی از مزیت‌های نانوسیلیکا این است که بر خلاف بسیاری از نانوذرات، کمتر به یکدیگر چسبیده و آگلومره می‌شوند.

برای تهیه رنگی که در آن نانوذرات سیلیکا به کار رفته است، نانوذرات سیلیکا را به رزین استفاده شده در رنگ اضافه می‌کنند. نانوذرات سیلیکا در بسیاری از پوشش‌ها به منظور ایجاد رنگ با مقاومت به خراش، سختی و جلای بالا استفاده می‌شود و از آنجایی که این نانوذرات اتصال محکمی با زمینه برقرار می‌کنند باعث ایجاد خواص پایداری در رنگ می‌شوند.



## نانوذرات اضافه شده به زمینه رزین

شکل زیر تصاویر میکروسکوپی از پوشش معمولی و پوششی که در آن از نانوذرات سیلیکا استفاده شده است را پس از تست خراش نشان می‌دهد و همانطور که مشخص است، پوشش معمولی بیشتر دچار تخریب شده است.

» تصویر میکروسکوپی از پوشش معمولی (a) و پوششی که در آن نانوذرات سیلیکا استفاده شده است (b)، بعد از تست خراش



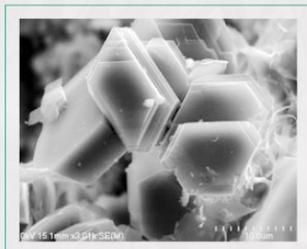
برخی از خواص که با اضافه کردن نانوذرات سیلیکا در رنگ ایجاد می‌شوند، در زیر آمده است:

- مقاومت به خراش و سایش را افزایش می‌دهد:
- شفافیت پوشش را بهبود می‌دهد:
- تأثیری روی جلای رنگ نمی‌گذارد:
- باعث کاهش انقباض و تنش کششی حین سخت شدن پوشش می‌شود:
- باعث افزایش چسبندگی روی زیرلایه می‌شود.

استفاده از اکسیدهای معدنی دیگری مثل آلومینا، اکسید روی و دی‌اکسید تیتانیم نیز در چند سال اخیر مرسوم شده است و می‌تواند خواص مقاومت به خراش رنگ‌ها را بهبود دهد. اما ضریب شکست این اکسیدها نسبت به سیلیکا بالاتر است و باید ذرات کوچکتری از آنها به رنگ اضافه شود تا باعث مات شدن رنگ نشود.

### نانورس‌ها

نانورس‌ها سیلیکات‌های آلومینیوم با ساختار لایه‌ای هستند. کائولینیت، بنتونیت و مونت مورلونیت مثال‌هایی از این ماده هستند. نانوذرات رس به شکل صفحه‌ای به ضخامت ۱ نانومتر و طول ۷۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر هستند.

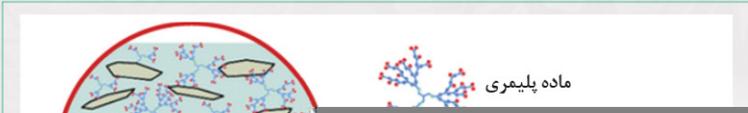


» تصویر میکروسکوپی از نانورس

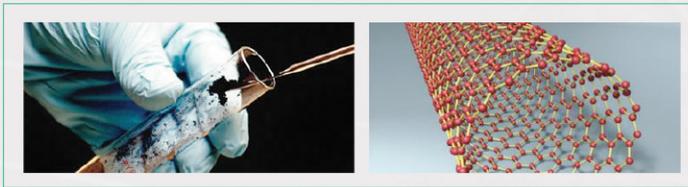
نانوذرات رس ویژگی‌های منحصر به فردی دارند و اضافه کردن مقدار کمی از نانورس می‌تواند روی خواص پوشش تأثیر زیادی داشته باشد. به دلیل کوچک بودن نانورس، اضافه کردن این ماده شفافیت پوشش‌ها را از بین نمی‌برد. با انجام فرایندهایی روی نانورس‌ها، می‌توان این مواد را با پلیمرها سازگار نمود به نحوی که با آنها کامپوزیت تشکیل دهند.

با اضافه کردن نانورس به رنگ‌ها می‌توانیم ترکیبی از خواص زیر را داشته باشیم:

- سختی بالا؛
- مقاومت به خراش بالا؛
- انعطاف پذیری خوب؛
- چسبندگی بالا؛
- خواص ضد حریق؛
- مقاومت در برابر عبور گاز؛
- مقاومت شیمیایی مناسب.



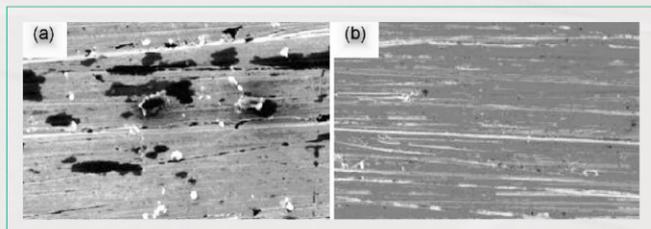
استفاده می‌شوند و می‌توانند موجب بهبود بسیاری از خواص رنگ از جمله مقاومت به خراش شوند.



با اضافه کردن نانولوله‌های کربنی به پوشش، خواص زیر در رنگ ایجاد می‌شود:

- استحکام بالا؛
- سختی و مقاومت به خراش بالا؛
- شفافیت خوب؛
- هدایت الکتریکی و خاصیت آنتی‌استاتیکی؛
- انعطاف پذیری بالا.

در شکل زیر تصاویر تست خراش برای پوشش معمولی و پوششی که حاوی نانولوله‌های کربنی است نشان داده شده است. پوشش حاوی نانولوله‌های کربنی آسیب کمتری دیده است.



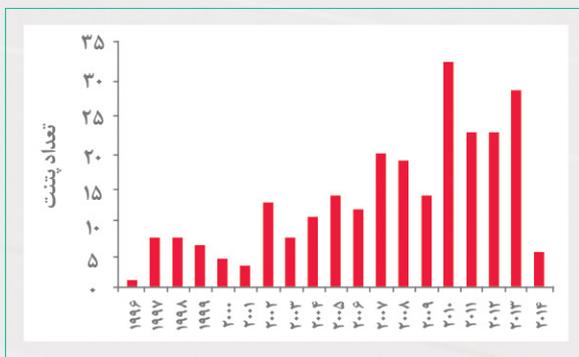
» تست خراش از  
پوشش معمولی (a)  
و پوششی که حاوی  
نانولوله‌های کربنی  
است (b).

## نتایج جستجوی پتنت‌ها

به‌منظور تعیین سیر تحقیقات و اختراعات ارائه شده در زمینه‌ی کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های مقاوم به خراش، پتنت‌های ارائه شده در این زمینه بررسی شدند. در بررسی پتنت‌ها ۲۴۶ پتنت مرتبط پیدا شد که این تعداد بالا نشان‌دهنده‌ی توجه متخصصان در زمینه‌ی تجاری‌سازی و اهمیت رقابتی این محصولات است.

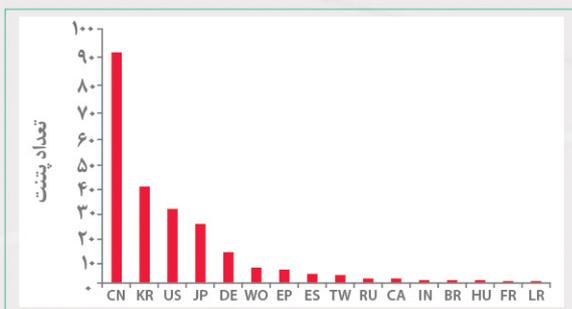
در شکل زیر روند زمانی تعداد پتنت‌های ارائه شده در زمینه‌ی کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های مقاوم به خراش در سال‌های مختلف ارائه شده است. بطور کلی روند انتشار پتنت سیر صعودی داشته است. در واقع با گسترش و پیشرفت فناوری نانو، کاربرد این فناوری در پوشش‌های مقاوم به خراش نیز افزایش پیدا کرده و شرکت‌های بزرگ فعالیت خود را در زمینه‌ی اینگونه پوشش‌ها گسترش داده‌اند.

» روند زمانی تعداد پتنت‌های ارائه شده در زمینه‌ی کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های مقاوم به خراش



در شکل زیر سهم کشورهای مختلف در انتشار پتنت در حوزه کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های مقاوم به خراش نشان داده شده است. کشور چین رتبه‌ی اول انتشار پتنت در این زمینه را دارد. بعد از آن کره، امریکا و ژاپن کشورهای فعال در انتشار پتنت در این زمینه می‌باشند.

» سهم کشورهای مختلف در انتشار پتنت در حوزه کاربرد فناوری نانو در پوشش‌های مقاوم به خراش



### شرکت‌های ارائه دهنده رنگ مقاوم به خراش نانویی در ایران

شرکت‌های «پیشگامان فناوری آسیا» و «مجتمع صنایع شیمیایی ریف ایران» در حال حاضر رنگ‌های ترافیکی یا ضد خش نانو را به بازار عرضه می‌کنند.

#### مراجع

- 1 A.S. Khanna, Nanotechnology in High Performance Paint Coatings, Asian J. Exp. Sci., 21(2008) 25-32.
- 2 Sh. Mohamadpour, B. Pourabbasa, P. Fabbri, Anti-scratch and adhesion properties of photo-curable polymer/clay nanocomposite coatings based on methacrylate monomers, Scientia Iranica F, 18(2011) 765-771.
- 3 U. Nolte, Additives containing nano metal oxide for enhanced scratch resistance in coating

formulations, NSTI-Nanotech, 4(2007) 199-201.

- 4 Sarojini Swain et al, Effects of Nano-silica/Nano-alumina on Mechanical and Physical Properties of Polyurethane Composites and Coatings, TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC MATERIALS, 14(2013) 1-8.
- 5 [www.nano.ir](http://www.nano.ir)

## از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- نماهای کامپوزیتی نانو
- کاربرد پوشش‌های نانو در لوله‌های آب گرم
- ظروف آشپزخانه با پوشش نانویی
- تکمیل ضد آتش و دیرسوزی منسوجات
- نانوذرات لیپیدی، سامانه‌ای جدید برای دارورسانی
- نانومیسل‌ها و نقش آنها در رهایش دارو
- نانو بلورهای دارویی فرمولاسیون جدید داروهای کم‌مهلول
- نقش فناوری نانو در توسعه پچ‌های پوستی
- کاربردهای فناوری نانو در سیمان حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در گل حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در صنعت نساجی
- بهره‌گیری از جاذب‌های نانو بر پایه آتروژل‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌استاتیک
- داروهای متصل شده به پادتن

- تصفیه آب با استفاده از غشاء پلیمری نانوفیلتراسیون
- نانوحسگرها جهت آزمایش‌های بیوشیمیایی متداول خون (تعیین میزان قند، چربی و...)
- نانو کامپوزیت‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای بسته‌بندی مواد غذایی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های خودتمیزشونده

## مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»

مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش‌ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم‌افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است. تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت‌وساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی» ارائه شده است.

مرکز پخش: ۶۶۸۷۱۲۵۹ - [www.nanosun.ir](http://www.nanosun.ir)



## ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

۰۲۱-۶۳۱۰۰

تلفن:

توسعه فناوری مهرویژن

طراحی و اجرا:

۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

نمابر:

داود قراپلو

نظارت:

[www.nano.ir](http://www.nano.ir)

پایگاه اینترنتی:

[report@nano.ir](mailto:report@nano.ir)

تهیه‌کنندگان: زهرا اندجی گرمارودی، آرش سلطانی

۱۴۵۶۵-۳۴۴

سندوق پستی:

[civil@nano.ir](mailto:civil@nano.ir)