



## اختراع پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب

\* حبیب مشکین فام فرد<sup>۱</sup>

۱. کارشناسی ارشد مرمت و احیای اینیه و بافت‌های تاریخی، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۲

### چکیده

کاهگل به عنوان گستردگرین انود معماری خاکی شناخته شده است؛ اما در برای رطوبت بسیار آسیب‌پذیر است. افزایش مرمت‌های دوره‌ای و هزینه‌های نگهداری باعث گسترش استفاده از مصالح دیگر مانند سیمان، ایزوگام و غیره به جای کاهگل شده است. این تغییرات علاوه بر ایجاد مشکلات جدید، هویت بافت و مناظر آثار تاریخی، روستاهای و شهرهای معماری خاکی را نیز تغییر داده است. برای حل این مشکل می‌توان از فناوری‌هایی که باعث بهبود پایداری کاهگل می‌شوند، استفاده کرد. در این راستا، اختراع پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب به عنوان یکی از راه حل‌های مؤثر برای احیای مهم‌ترین مصالح معماری خاکی ایران و اختراع برگزیده جشنواره رویش بنیاد ملی نخبگان در سال ۱۳۹۳ معرفی شده است. این پژوهش بر اساس ماهیت و هدف کاربردی و رویکرد توسعه‌ای دارد. در گام اول، با معرفی اختراع و فعالیت‌های پژوهشی مختلف، ایده و اهداف اختراع از دیدگاه مختلف بیان شده است. در ادامه با بیان ماهیت و کاربری اختراع و ارائه ترتیب آزمون در برای رطوبت، گزیده‌ای از پروژه‌های اجرا شده را معرفی می‌کند. طرح پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب که تأییدیه طرح از ستاد توسعه نانو دارد، در آزمون درصد جذب آب ۲۴ ساعته با میزان جذب آب ۱،۱ درصد از بهترین نمونه مکعبی سیمانی با جذب ۱۴،۷ درصد عملکرد بهتری داشته که بیانگر نفوذناپذیری عالی در برای رطوبت است. این پوشش با ایجاد بافت کاهگلی و قابلیت اجرا روی سطوح مختلف در ضخامت کم و حذف معایب کاهگل سنتی، دارای مزیت‌های کاهگل سنتی است و همچنین شسته نشدن در برای رطوبت و عدم عبور آب، به عنوان بخشی از ویژگی‌های منحصر به فرد این محصول باعث شده است که این انود فناورانه در پروژه‌های مختلف نوسازی و بازسازی مراکز فرهنگی، مذهبی، تجاری و مسکونی استفاده شود.

**واژگان کلیدی:** معماری خاکی، کاهگل، کاهگل مقاوم، کاهگل ضد آب، کاهگل نانو

\* نویسنده مسئول مکاتبات: تهران، میدان انقلاب، خیابان انقلاب، خیابان ۱۶ آذر، سازمان مرکزی دانشگاه تهران، کد پستی: ۱۴۱۷۹۳۵۸۴۰  
پست الکترونیکی: [habib.meshkinfam@ut.ac.ir](mailto:habib.meshkinfam@ut.ac.ir)

## معرفی اختراع

پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب که تأییدیه طرح آن توسط ستاد توسعه نانو (شکل ۱) صادر شده است، اختراع برگزیده سطح ۳ بنیاد ملی نخبگان در جشنواره رویش استان تهران در سال ۱۳۹۳ (شکل ۲) است. این اختراع در تاریخ ۱۴۰۴/۱۲/۰۴ با شماره ۸۳۲۰۰ در سامانه ثبت اسناد و املاک ایران توسط حبیب مشکین فام فرد به عنوان مالک و مخترع ثبت شده است (شکل ۳) و نشانگر بخشی از تلاش مستمر برای بهبود و ارتقای کیفیت مصالح معماری خاکی و کاهش آسیب‌پذیری آنها در برابر شرایط محیطی، بهویشه رطوبت است.

## فعالیت پژوهشی مخترع

فعالیت پژوهشی مخترع در زمینه افزایش مقاومت و ضدآب‌سازی مصالح سنتی معماری ایران، از آشنایی مواد دافع رطوبت سطحی نانو از سال ۱۳۸۸ شروع شد. بررسی‌های دقیق آزمایشگاهی توسط مخترع نشان داد که کیفیت این محصولات خارجی در تماس کوتاه‌مدت با رطوبت کاهش پیدا می‌کند. این موضوع انگیزه و نیاز برای پژوهش و ارتقای مواد دافع رطوبت را ایجاد کرد.



شکل ۳: گواهی اختراع برگزیده بنیاد ملی

شکل ۲: گواهی اختراع از ستاد توسعه نانو  
نخبگان

شکل ۱: تأییدیه طرح از ستاد توسعه نانو

قابل پذیرش است. اولین مرحله برای تغییر و تحول در یک مصالح سنتی، شناخت و ارزیابی مواد اولیه، روش ساخت، آماده‌سازی، رفع محدودیت‌های اجرایی و حفظ مزایا و برطرف کردن معایب آن است. کاهگل دارای ویژگی‌های منحصر به‌فردی مانند در دسترس بودن، اجرای ساده، هزینه کم، عایق حرارتی، زیبایی، بافت اصیل و دوستدار محیط‌زیست است. حفظ ویژگی‌های کاهگل و رفع معایب آن برای احیای هویت معماری ایران، از اهداف اصلی این اختراع است. برای تغییر در ماهیت کاهگل سنتی و ایجاد پوشش کاهگلی مقاوم و ضد آب با استفاده از گل طبیعی، نیاز به تغییر ماهیت آن با حفظ ظاهر طبیعی است. نکته بسیار مهم دیگر، تنوع نوع خاک از نظر ترکیب، رنگ و ویژگی‌های ساختاری آن است که با توجه به اقلیم و نوع کاربرد کاهگل سنتی در بخش‌های وسیعی از سرزمین ایران، کاملاً متفاوت است. آمده مصرف بودن و ماندگاری طولانی و ارائه در بسته‌بندی مناسب کاهگل مقاوم و ضد آب با رنگ و ساختار اصیل و بافت طبیعی، یکی از چالش‌های مهم این اختراع است. دسترسی به خاک در رنگ‌های مختلف در استان پهناور فارس و تأمین مواد اولیه، امکان فراوری، تولید، بسته‌بندی و ارسال کاهگل مقاوم و ضد آب به سراسر ایران و خارج از ایران وجود دارد.

### اهداف اختراع

پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب برای تغییر در ذهنیت جامعه غیرمتخصص و بومی که در حال فراموشی و عدم استفاده از کاهگل سنتی است نیازمند ارائه کیفیت و ماندگاری بالا در برابر شرایط محیطی و عدم نیاز به بازسازی سالیانه است. ساده‌سازی ساخت و روش اجراء، آماده‌سازی سریع، رفع معایب و محدودیت‌های اجرایی با حفظ زیبایی از اهداف کاهگل مقاوم و ضد آب نسبت به کاهگل سنتی است. همچنین حفظ خاطرات جمعی مانند عطر کاهگل پس از باران، از مباحث مطرح شده در خصوص پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب است که با کمترین تفاوت بین کاهگل سنتی و کاهگل نانو این

### شروع ایده اختراع

اختراع‌ها بر اساس نیازها ساخته می‌شوند. استفاده از مصالح مدرن مانند ایزوگام بر روی پشت‌بام‌های کاهگلی و جایگزین کردن نماهای سیمانی و سرامیکی در فرایند نوسازی و بازسازی بافت‌های بالارزش معماری خاکی در حال افزایش است. با این حال، پژوهش‌هایی در این زمینه برای بهبود وضعیت و ایجاد تغییر در این فرایند به صورت پراکنده انجام شده است. ورود مواد نانو، بهویژه عایق‌های دافع رطوبت به بازار ایران، تحولی در نگاه جامعه متخصص و پژوهشگران آثار، اینیه و بافت تاریخی ایجاد کرده است.

ضدآب‌سازی کاهگل سنتی با استفاده از مواد نانو، بهویژه ترکیب‌های دافع رطوبت سطحی، تغییر چشمگیری در کاهگل سنتی، فرایند ساخت و اجرا ایجاد نمی‌کند. به همین دلیل، کارایی پژوهش‌های صورت‌گرفته باعث جلوگیری از تغییر کالبد روستاها و شهرهای دارای هویت معماری خاکی شده است. این اختراق در پاسخ به نیاز حفاظت از هویت منظر تاریخی و فرهنگی معماری خاکی و متفاوت با روش‌های پژوهشی گذشته است. تهیه کاهگل مقاوم و ضد آب، مانند محصول فناورانه آماده‌ی مصرف، کیفیت و قابلیت ماندگاری زیاد، روش اجرای ساده با حذف معایب کاهگل سنتی و حفظ ویژگی‌های آن، ایده اصلی اختراق است.

### تشریح و توجیه اختراق

معماری خاکی همواره از زمان پیدایش در جهتی هدفمند در حال بهروزرسانی است. در این اختراق حفظ ویژگی‌های کاهگل و کاهش معایب آن با هزینه کم و استفاده از راهکارها و ترکیب‌های بهبودبخش و افزایش پایداری استفاده شده است. در فرایند ساخت و اجرا استفاده از افزودنی‌های آلی و معدنی نشان‌دهنده تلاش برای رسیدن به مصالح پایدار در معماری خاکی است. به عنوان مثال برای جلوگیری از ترک‌خوردگی و افزایش مقاومت اندود کاهگل، افزودن نوع و مقدار کاه مناسب، مهم و اثرگذار است. به همین دلیل، استفاده از کاهگل مقاوم و ضد آب، در صورت رعایت اصول تعریف شده،

پوشش دهد. این محصول قابلیت اجرایی ساده، بر روی سطوح داری پایداری سطحی مانند گچ، سیمان، فلز، ایزوگام، چوب، شیشه و غیره را دارد (شکل ۵). هزینه مناسب، مقاومت عالی در برابر رطوبت (شکل ۶)، بافت طبیعی و ضخامت اجرایی حداقل ۲ میلی‌متر و وزن ۱ کیلوگرم در مترمربع در شش رنگ مختلف (شکل ۴)، در دسترس است. تنوع خاک کاهگل مقاوم و ضد آب برای اجرا در مناطق مختلف ویژگی این اختراق است. پایداری در برابر رطوبت و نفوذ ناپذیری، مهم‌ترین دستاوردهای اختراق است. طی آزمون انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان، نتایج کسب شده از بررسی درصد جذب آب ۲۴ ساعته، کاهگل مقاوم و ضد آب در مقایسه با نمونه سیمانی و کاهگل سنتی در (جدول ۱) قابل مشاهده است.

هدف نیز محقق شده است و حفظ هویت معماری خاکی ایران از اهداف اصلی اختراق بوده است.

### ماهیت اختراق کاهگل ضد آب

برای تغییر در ماهیت سنتی کاهگل، استفاده از ترکیبات نانو و افزودنی‌های دیگر برای بهبود کیفیت محصول نهایی به عنوان پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب اجتناب‌ناپذیر است. همه دانش فنی، تجهیزات تولید و مواد اولیه موردنیاز در ایران در دسترس بوده و فرایند فرآوری از تهییه مواد اولیه تا محصول نهایی با کنترل کیفیت دقیق آزمایشگاهی از ویژگی‌های این اختراق است. خمیر آماده مصرف کاهگل نانو در بسته‌بندی سطل‌های ۱۰ کیلوگرمی با ماندگاری یک سال ارائه شده است که می‌تواند به میزان ۱۲ مترمربع سطح صاف را



شکل ۴: تنوع رنگ خاک در پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب



شکل ۶: نفوذناپذیری در برابر تماس رطوبت پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب بر روی سطح کارتون مقایی



شکل ۵: اجرای پوشش مقاوم کاهگل ضد آب بر روی سطح ایزوگام

جدول ۱: نتایج بررسی آزمون درصد جذب آب ۲۴ ساعته سه نمونه شاهد کاهگلی، سیمانی و نمونه سیمانی پوشیده با کاهگل ضد آب

شماره نمونه‌ها	نوع نمونه	جذب آب پس از ۲۴ ساعت (درصد)
۱	مکعبی سیمانی پوشش داده شده با کاهگل ضد آب	۱,۱۰
۲		۱,۱۸
۳		*۱۳,۵۸
۴		۱۵,۳۳
۵		۱۵,۲۲
۶		۱۴,۷۹
۷	مکعبی کاهگل معمولی	اندازه‌گیری میزان جذب آب هر سه نمونه به دلیل حل شدن در آب، مقدور نشد.
۸		
۹		
* شایان ذکر است به دلیل عدم دقت در پوشش کاری این نمونه، میزان جذب آب این نمونه نسبت به دو نمونه دیگر زیادتر و تقریباً مشابه نمونه مکعبی سیمانی شاهد است.		

ارسال نمونه برای پایگاه میراث جهانی چغازنبیل نیز انجام شده است.

این طرح در کاربری‌های زیر مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۲).

- مراکز فرهنگی، هنری و مذهبی؛
- جداره‌سازی در بافت با ارزش شهری و روستایی بهویژه روستاهای هدف گردشگری؛
- بهبود منظر فرهنگی در حریم آثار تاریخی؛
- سفره‌خانه، رستوران و قهوه‌خانه‌های سنتی و مراکز گردشگری؛
- غرفه‌های نمایشگاهی؛
- بنایهای مسکونی و تجاری؛
- آثار هنرهای تجسمی و صنایع دستی.
- با توجه به پژوهش‌های انجام شده، امکان تهیه کاهگل ضد آب با توجه به ویژگی‌های ظاهری و کیفیت مورد نظر هر پروژه وجود دارد.

## کاربری اختراع

این اختراع بر اساس فروش بیشتر و کسب درآمد با هر رویکرد و کاربری غیراصولی نبوده است. رعایت اصول هویت‌بخشی برای احیای هویت معماری ایران همیشه در نظر گرفته شده است و ثبت سفارش و اجرا صرفاً بر اساس رنگ خاک و اقلیم منطقه انجام می‌شود تا به عنوان مثال شاهد استفاده از کاهگل قرمز در مناطق دیگری به جز محدوده‌های دارای کاهگل قرمز مانند ایوانه نباشیم. بعد از گذشت بیش از ۱۰ سال و انجام بیش از هزار پروژه داخلی و خارجی هیچ کدام از پروژه‌های انجام شده بر روی سطوح بنایهای تاریخی نبوده است و علت این امر نیاز به کسب شناخت بیشتر و گذر زمان برای کسب تجربه بیشتر است. استفاده از این پوشش بر روی بنایهای نگهبانی و اداری که فاقد ارزش تاریخی هستند به منظور ارتقای منظر فرهنگی در محوطه‌های میراث جهانی، مانند پاسارگاد و تخت جمشید از افتخارات این طرح است. همچنین در ادامه همکاری‌ها، معرفی و

جدول ۲: معرفی کاربری‌ها و پروژه‌های اجرایی با پوشش مقاوم کاهگلی ضد آب

ردیف	کاربری‌ها	نمونه‌ای از کاربری اجرا شده	تصویر نمونه اجرا شده
۱	مراکز فرهنگی، هنری و مذهبی	مسجدالنبي روستای ننه یاغو کیش	
۲	جداره‌سازی روستایی	روستای هدف گردشگری دشتک، استان فارس	
۳	جداره‌سازی در بافت بالرزش شهری	باغ گل نرگس معالی آباد، شیراز	
۴	بهبود منظر فرهنگی در حریم آثار تاریخی	محوطه میراث جهانی پاسارگاد	
۵	سفره‌خانه، رستوران، قهوه‌خانه‌های سنتی و مراکز گردشگری	ویلای شخصی شیراز	
۶	غرفه‌های نمایشگاهی	غرفه بسیج هنرمندان نمایشگاه بین‌المللی گلستان شیراز	
۷	بناهای مسکونی و تجاری	نمای خانه مسکونی شهر گراش استان فارس	
۸	هنرهای تجسمی و صناعی دستی	آثار هنرمند گرامی سرکار خانم نرگس سلیمانی فرد	

جهانی پاسارگاد و تخت‌جمشید ممکن نبوده است.  
همچنین از مهندس مسعود تقی‌زاده به عنوان دستیار  
پژوهشی این طرح صمیمانه تشکر می‌کنم.

**تقدیر و تشکر**  
بدون حمایت‌های دکتر محمدحسن طالبیان و دکتر حمید  
فادایی استفاده از کاهگل نانو در محوطه‌های میراث