



Study of the influence of employing TiO₂ photocatalytic nanoparticles in urban highway murals; Case study: Imam Ali Highway murals in Tehran

ARTICLE INFO

Article Type

Analytic Study

Authors

Zahra Gholami¹

Samaneh Jaliliasadabad^{2*}

Rezvaneh Amrollahi³

How to cite this article

Gholami Z, Jaliliasadabad S, Amrollahi R. Study of the influence of employing TiO₂ photocatalytic nanoparticles in urban highway murals; Case study: Imam Ali Highway murals in Tehran. Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2022; 12(2):95-109.

1. Master in Urban Design, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor of Regional & Urban Planning, School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

3. Assistant Professor, Solid State Physics, Department of Physics, Iran university of Science and Technology, Tehran, Iran.

*Correspondence

Address: School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Email: s_jalili@iust.ac.ir

Phone: mailto:Vid.Norouzi_borazjani@iauctb.ac.ir
[02173228297](tel:02173228297)

Article History

Received: 1400/09/19

ABSTRACT

Aims: Urban streets and highways are the expressions of the visual environment, and urban streets facades are the main elements influencing the urban environment's quality. On the one hand, murals as Urban Art can play an influential role in improving the quality of the urban facades. On the other hand, maintaining facades with murals is one of the principal challenges for city managers regarding financial dimensions and workforce. This study aims to provide a solution to maintain the quality of the facades in urban highways with murals because highways face many problems compared to other urban spaces due to difficult conditions in the implementation and maintenance of murals.

Methods: This study investigated using TiO₂ photocatalytic nanoparticles to maintain murals on urban highways. For this purpose, the cost of implementing murals with self-cleaning and non-self-cleaning materials versus cleaning costs facades for ten years was calculated. This comparison has been made on the facades of Imam Ali Highway in Tehran.

Findings: Cost estimates show that using self-cleaning paints and coatings containing titanium dioxide reduces the need to clean the facades over time. Furthermore, this will reduce economic and workforce costs and keep the urban facades of the highway clean and the quality of the urban environment improved.

Conclusion: TiO₂ photocatalytic nanoparticles can raise the durability of murals and reduce their maintenance costs. This is a promising solution that can execute the aspirations of city managers in maintaining the quality of urban facades.

Keywords: Self-cleaning materials, TiO₂ nanoparticles, Highway murals, Maintenance costs, Environmental quality, Imam Ali Highway in Tehran, Sustainability

CITATION LINKS

[1] Conceptual Model of Semantic Interaction between Art and Urban Space. [2] Enlightenment from street art activities in urban public space. [3] Overcoming Challenges in Street Art Murals Conservation: A Comparative Study on Cleaning Approach and Methodology. [4] Mural Art Conservation Data Recording (SCIMA): The Graart Project. Heritage. [5] Sustainable self-cleaning treatments for architectural facades in developing countries. [6] Opportunities regarding the potential use of the self-cleaning concept within urban contemporary architecture in Romania. [7] The Role of Nanotechnology in Architecture and Built Environment. [8] Photocatalytic self-cleaning facades in architectural design. [9] Self-cleaning applications of TiO₂ by photo-induced hydrophilicity and photocatalysis. [10] A review on self-cleaning coatings. [11] A review on 'self-cleaning and multifunctional materials. [12] Photocatalytic self-cleaning coatings for building facade maintenance Performance analysis through a case-study application. [13] A tale of three greenway trails: user perceptions related to quality of life. [14] Phenomenology of Residential Building Façade and the Evolution Process of its Expectations. [15] A Study of Contemporary Mural in Tehran (Before and After the Revolution). [16] A Comparative Study In The Application Of Two Phrases, «Architectural Decorations» And «Mural» In The Islamic Art Resources. [17] A study on how materials in murals. [18] The functional role of the formal and content dimensions of murals in perpetuating identity Isfahan urban landscape. [19] Self-Cleaning Coatings and Surfaces of Modern Building Materials for the Removal of Some Air Pollutants. [20] Nanostructured materials for photocatalysis. [21] Titanium dioxide photocatalysis: present situation and future approaches. [22] Self-cleaning surfaces — virtual realities. [23] Self-Cleaning Concretes: An Overview. [24] Self-Cleaning Concrete for Landscaping Applications.

بررسی تأثیر استفاده از نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 (تیتانیوم دی اکسید) در دیوارنگاری‌های بزرگراه‌های شهری؛ نمونه مطالعاتی: دیوارنگاری‌های بزرگراه امام علی (ع) شهر تهران

زهرا غلامی¹، سمانه جلیلی صدرآباد^{2*}، رضوانه امراللهی بیوکی³

- 1- کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
- 2- استادیار شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
- 3- استادیار، گروه ماده چگال، دانشکده فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

چکیده

اهداف: خیابان‌ها و بزرگراه‌های شهری جلوه‌گاه محیط بصری به شمار می‌روند و جداره آن‌ها اصلی‌ترین عنصر اثرگذار بر کیفیت محیط شهری است. از یک طرف، دیوارنگاری به‌عنوان یک هنر شهری می‌تواند نقش مؤثری در ارتقاء کیفیت جداره‌ها ایفا کند و از طرف دیگر، نگهداری جداره‌های دارای دیوارنگاری یکی از چالش‌های اساسی برای مدیران شهری به لحاظ اقتصادی و نیروی انسانی محسوب می‌شود. هدف این پژوهش ارائه راهکاری جهت نگهداری کیفیت جداره در بزرگراه‌های شهری دارای دیوارنگاره است.

ابزار و روش‌ها: این پژوهش به بررسی تأثیر استفاده از مصالح دارای نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 به‌منظور حفظ و نگهداری دیوارنگاره‌ها در بزرگراه‌های شهری پرداخته است. بدین منظور هزینه اجرای دیوارنگاری با مصالح خودتمیزشونده و غیرخودتمیزشونده در مقابل هزینه تمیز کردن جداره در مدت 10 سال موردبررسی قرار گرفت. این مقایسه در جداره بزرگراه امام علی (ع) تهران انجام گردید.

یافته‌ها: ارزیابی هزینه‌ها نشان می‌دهد استفاده از رنگ‌ها و پوشش‌های خودتمیزشونده حاوی تیتانیوم دی‌اکسید، نیاز به تمیز کردن جداره را در طول زمان کم می‌کند و این موضوع نه‌تنها منجر به کاهش هزینه‌های اقتصادی و نیروی انسانی خواهد شد؛ بلکه همواره جداره شهری بزرگراه تمیز مانده و کیفیت محیط شهری ارتقاء می‌یابد.

نتیجه‌گیری: نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 افزایش طول عمر دیوارنگاره‌ها و کاهش هزینه نگهداری از آن‌ها را در کنار هم قرار داده است و این یک راه‌حل

امیدوارکننده است که می‌تواند آرمان مدیران شهری را در حفظ کیفیت جداره‌های شهری تحقق بخشد.

کلمات کلیدی: مصالح خودتمیزشونده، نانوذرات TiO_2 ، دیوارنگاری بزرگراه، هزینه نگهداری، کیفیت محیطی، بزرگراه امام علی (ع) شهر تهران، پایداری.

مقدمه

ارتباط هنر و فضای شهری در طول تاریخ موجب انتفاع هر دو پلیده بوده است. در ارتباط با ارتقای کیفی فضاهای شهری دو نگاه اصلی به پدیده هنر شهری وجود دارد: "هنر به‌منزله وسیله‌ای برای زیباسازی فضا" و "هنر به‌منزله وسیله‌ای برای تقویت ارتباط ذهنی مخاطب با فضای شهری" در دیدگاه دوم، تأکید اصلی بر ارتقای معنای فضای شهری از طریق هنر است که این معنا بخشی منجر به ارتقاء کیفیت فضای شهری می‌شود. دیوارنگاری به‌عنوان یک هنر شهری، با بالا بردن میزان خوانایی فضای شهری و ایجاد زیبایی بصری و هماهنگی در فضای شهری، در ایجاد فضایی مناسب و دل‌نشین برای شهروندان نقش مؤثری دارد [1]. هنر خیابانی به‌عنوان یک راهبرد انعطاف‌پذیر در نوسازی فضاهای شهری، نه‌تنها فضا را سرزنده می‌کند؛ بلکه کیفیت فضا را نیز بهبود می‌دهد [2]. لینچ در کتاب سیمای شهر به این موضوع اشاره می‌کند که جداره‌های شهری در صورت خوانا بودن می‌توانند به مسیریابی و ایجاد تصویر ذهنی از شهر در ذهن شهروندان کمک کند و از طرفی بیان می‌کند خوانایی جداره صرفاً به دلیل زیبایی نیست؛ بلکه نوساز بودن و کیفیت آن نیز در ذهن افراد نقش می‌بندد.

امروزه حفاظت از دیوارنگاری‌ها به یکی از چالش‌های اساسی برای مدیران شهری در زمینه حفاظت از جداره‌های شهری تبدیل شده است [3]. یکی از مهم‌ترین دلایل آن عدم وجود ضوابط و مقررات حفاظتی مبنی بر نگهداری و تمیزکردن این هنر شهری در جداره‌ها است برخی کشورها، این هنر شهری (دیوارنگاره) را به‌عنوان "پروژه نوسازی" تعریف می‌کنند و بر این باورند اگر با اصول طراحی مناسب شکل گیرد و محافظت شود، ظرفیت تبدیل شدن به موزه‌های فضای باز را دارند [4]. نظافت دیوارنگاری‌ها یک

"مصالح نانو (حاوی نانوذرات فوتوکاتالیست)" و "استفاده از پوشش‌های خودتمیزشونده در جداره‌های شهری و تأثیر آن بر کیفیت بصری شهرها" بررسی شده است. برتاسا و همکاران در مقاله‌ای با عنوان "غلبه بر چالش‌ها در حفاظت از نقاشی‌های دیواری به‌عنوان یک هنر خیابانی"، از برخی روش‌های حفاظتی موجود صحبت می‌کند و همواره هنر خیابانی و حفظ آن را یکی از موضوعات بحث‌برانگیز در زمینه حفاظت می‌داند به این دلیل که قوانین و مقررات مشخص حفاظتی از هنر خیابانی وجود ندارد [3]. ریوارولی در مقاله‌ای با نام "ثبت داده‌های حفاظت از هنر دیواری (SCIMA)"، از ایجاد پایگاه‌های داده کلان در حوزه حفاظت از دیوارنگاری‌ها صحبت می‌کند و بر اساس این پایگاه داده، تمام دیوارنگاره‌های شهر بر اساس نوع هنر، مکان آن، متریک استفاده شده و شناسایی نوع مداخله جهت نگهداری و حفاظت، برداشت شده است [4]. حبیب منصور در مقاله‌ای با عنوان "درمان‌های خودتمیزشونده پایدار برای نماهای معماری در کشورهای در حال توسعه"، یک روش ترکیبی از استفاده مصالح خودتمیزشونده و رنگ را معرفی می‌کند و این روش استفاده از مواد خودتمیزشونده برای حفظ پاکیزگی نماها را برای مدت طولانی‌تر عملی می‌کند. همچنین آن را یک راهکار اقتصادی پایدار برای حفظ پاکیزگی نماهای شهری در کشورهای در حال توسعه مطرح می‌کند [5]. گربنسان در پژوهشی با نام "فرصت‌های مربوط به استفاده بالقوه از مفهوم خودتمیزشوندگی در معماری معاصر شهری در رومانی"، بیان می‌کند معماری معاصر با دو موضوع مهم 1- تخریب ساختمان‌ها 2- قرار گرفتن در معرض عوامل مختلف محیطی مواجه است. به دلیل بالا بودن هزینه‌های نگهداری جداره ساختمان‌ها، استفاده از مصالح خودتمیزشونده رویکرد مناسب و اقتصادی است [6]. نیرومند در مقاله‌ای با عنوان "نقش نانو تکنولوژی در معماری و محیط ساخت" بیان می‌کند نانو تکنولوژی عمیقاً بر صنعت معماری در تمام مقیاس‌ها تأثیر خواهد گذاشت. معماران و شهرسازان این توانایی را خواهند داشت که در سطوح بهینه‌تری عمل کنند و شیوه زندگی ساکنان

مرحله حیاتی است و باید کارآمد و ایمن برای محیط‌زیست و نیروی انسانی به‌عنوان تمیزکننده باشد [3]. محدودیت‌های موجود در فضای شهری بزرگراه‌ها، عمل تمیز کردن ایده‌آل جداره‌های آن را بسیار پیچیده می‌کند؛ از طرفی مدت‌زمان و به لحاظ اقتصادی هزینه اجرای دیوارنگاری‌ها در جداره‌های وسیع از جمله بزرگراه‌ها، بسیار زیاد است. ضمن آنکه، حرکت سواره با سرعت بالا، طراحی این جداره‌ها را در نقاطی از بزرگراه، سخت‌تر نیز نموده است. در این مقاله حفاظت و نگهداری از دیوارنگاری‌های بزرگراه امام علی (ع) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بزرگراه‌های کلان‌شهر تهران بررسی شده است. چون یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران شهری تأمین هزینه‌های نظافت و حفاظت از این نوع جداره‌سازی‌ها در فضای شهری است؛ چرا که بر اهمیت دیوارنگاری‌ها به‌عنوان یک هنر شهری، در بالا بردن کیفیت فضای شهری واقف هستند. بنابراین ظهور مصالح حاوی نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 ، آینده‌ای امیدوارکننده برای رفع این معضل، پیش روی مدیران شهری قرار خواهد داد. لذا در این مقاله به نقش استفاده از مصالح خودتمیزشونده با استفاده از نانوذرات TiO_2 در دیوارنگاری جداره‌های شهری به‌منظور کاهش هزینه نگهداری آن‌ها پرداخته شده است. مطالعات گوناگونی در زمینه جداره‌های شهری به‌طور کلی و جداره‌های بزرگراه‌ها به‌صورت خاص صورت گرفته است. همچنین کیفیت فضای شهری در ابعاد مختلف مطالعه شده است. از طرفی مصالح نیز به‌عنوان اصلی‌ترین عنصر سازنده جداره‌های شهری، در ابعاد وسیع با رویکردهای متفاوت بررسی شده است. ضمن آنکه با دستیابی به نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 ، کاربرد این نوع مواد و مصالح در معماری و شهرسازی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش جنبه‌ای متفاوت و ترکیبی، در زمینه جداره‌های بزرگراه‌های شهری را بررسی می‌کند. به همین منظور پژوهش‌های مهم حوزه‌های مختلف این تحقیق، به صورتی جداگانه از نظر گذرانده شده‌اند. پیشینه مطالعات در سه دسته "اهمیت دیوارنگاری در جداره بزرگراه‌های شهری"،

مطالعات پیشین نشان می‌دهد طی 10 سال اخیر توجه بسیاری بر اهمیت دیوارنگاری بر کیفیت محیط شهری به‌عنوان یک هنر شهری ارزشمند شده است. این مطالعات بیان می‌کنند کیفیت جداره دارای دیوارنگاره در میزان اثرگذاری آن در ذهن شهروندان اهمیت بسزایی دارد. از طرف دیگر در یک دهه اخیر مقالات متعددی بر اهمیت پوشش‌های خودتمیزشونده و ضرورت استفاده از آن‌ها در مصالح ساختمانی انجام شده است. اما آنچه که این تحقیق مشخصاً به دنبال آن است و در پژوهش‌های پیشین به آن پرداخته نشده است. در واقع کاربرد مصالح خودتمیزشونده حاوی نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 ، از دو منظر کاهش هزینه نگهداری جداره بزرگراه و حفظ کیفیت محیط شهری است. تاکنون به‌طور ویژه در مورد بهینه کردن هزینه‌های نگهداری جداره شهری و به‌طور خاص جداره بزرگراه‌های دارای دیوارنگاره با استفاده از مصالح نانو، و اثر آن بر کیفیت محیط شهری، مطالعاتی صورت نگرفته است. این نوع مصالح با کاهش هزینه‌های نگهداری و نظافت جداره شهری، کاهش تکرار این فرآیند و آسانی استفاده از آن مورد توجه این پژوهش قرار گرفته است. لذا این پژوهش ابعاد ذکر شده را که در مطالعات پیشین نسبت به آن حساس نبوده‌اند، به‌طور خاص در دیوارنگاره‌های بزرگراه امام علی(ع) شهر تهران بررسی نموده است.

در این بخش ابتدا به بررسی مفهوم جداره شهری و اهمیت دیوارنگاری در کیفیت محیط شهری پرداخته و سپس اثر مصالح خودتمیزشونده در نگهداری جداره‌های شهری را بررسی کرده است.

1- مفهوم کیفیت محیطی

کیفیت محیط، یک مفهوم چندبعدی است و مفهومی ظرف مانند است. همان‌طور که از نام آن پیداست، بر ویژگی‌ها و خصوصیات محیط شهری دلالت دارد. بسیاری معتقد هستند کیفیت محیطی در ظاهر ساده به نظر می‌رسد اما در حقیقت لایه‌های بسیار زیادی را شامل می‌شود که بر پیچیدگی آن می‌افزاید [13]. امروزه کیفیت زندگی و بالطبع کیفیت

شهر را متحول کند و به‌طور کلی نانو تکنولوژی تأثیرات عمیقی بر شیوه زندگی ما خواهد داشت [7].

کیورچیک در مقاله‌ای با عنوان "نماهای خودتمیزشونده فوتوکاتالیستی در طراحی معماری"، انواع مواد خودتمیزشونده به‌کاررفته برای شیشه، بتن، سنگ و غیره را در طراحی نماهای معماری را بررسی می‌کند و استفاده از مواد خودتمیزشونده را به‌عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین راه‌حل‌های حفظ محیط‌زیست مطرح می‌کند [8]. بانرجی و همکاران در مقاله "کاربردهای خودتمیزشوندگی TiO_2 " بیان می‌کنند مصالح خودتمیزشونده به دلیل خواص منحصربه‌فرد و کاربردهای عملی خود در زمینه انرژی و محیط‌زیست حائز اهمیت هستند و عملکرد سه مدل، مصالح خودتمیزشونده حاوی TiO_2 و کاربردهای آن در رشته‌های مختلف را بررسی می‌کند [9]. گانش و همکاران در مطالعات خود "بررسی پوشش‌های خودتمیزشونده" بیان می‌کنند ویژگی‌های کشف شده در سطوح خودتمیزشونده با بهره‌گیری از راهبردهای قدرتمند موجود در طبیعت است که میلیاردها سال پیش به کمال رسیده است. در واقع مطالعه سطح روی برگ‌ها و بال حشرات خاص، دانشمندان را وادار به تلاش و بررسی به‌منظور تقلید از برخی خواص آن‌ها مانند تمیزکنندگی، ضد انعکاس و استتار واداشته است [10]. راگش و همکاران در مطالعه‌ای با نام "مروری بر خودتمیزشوندگی و مواد چندمنظوره"، اهمیت پوشش‌های خودتمیزشونده را بررسی نموده و بیان می‌کنند به دلیل کاربرد آن در بخش‌های مختلف مصالح ساختمانی مانند انواع رنگ‌ها، سیمان، پنجره و پنل‌های خورشیدی به بخش جدایی‌ناپذیر زندگی ما انسان‌ها تبدیل شده‌اند [11].

آندالورو در مقاله‌ای با عنوان "پوشش‌های خودتمیزشونده فوتوکاتالیستی برای نگهداری نمای ساختمان" بیان می‌کند تمیزکردن و نگهداری نمای ساختمان‌ها به دلیل هزینه بالای آن، به یک جنبه کلیدی در مدیریت ساختمان‌ها تبدیل شده است و این پوشش‌ها دفعات لازم برای تمیز کردن را در طول زمان کاهش می‌دهند [12].

محیط‌های شهری به‌عنوان یک عامل اصلی در رقابت‌پذیرتر شدن شهرها نسبت به یکدیگر تلقی می‌شود.

2- جداره شهری

جداره به معنای صورت ظاهری هر چیزی، آنچه که در معرض دید است و از بیرون دیده می‌شود، منظره خارجی بنا و عمارت، قسمت خارجی ساختمان و جداره‌سازی، فن روسازی ساختمان است. جداره هر بنا در مجموعه شهری که در آن حضور دارد مؤثر است و این تأثیر را به جداره خیابان‌ها یا میدان‌ها که در آن قرار گرفته انتقال می‌دهد [14]. بر اساس دیدگاه لینچ، جداره‌های شهری در صورت خوانا بودن می‌توانند به مسیریابی و ایجاد تصویر ذهنی از شهر در ذهن شهروندان کمک نماید، هرچند در خوانایی فضاهای شهری عوامل مختلفی نقش دارند که لینچ آن‌ها را در 5 گروه "گره، لبه، نشانه، محله و راه‌ها" دسته‌بندی نموده است. از طرفی خوانایی جداره صرفاً به دلیل زیبایی نیست بلکه نوساز بودن و کیفیت جداره‌ها نیز در ذهن افراد نقش می‌بندد.

3- مفهوم دیوارنگاری

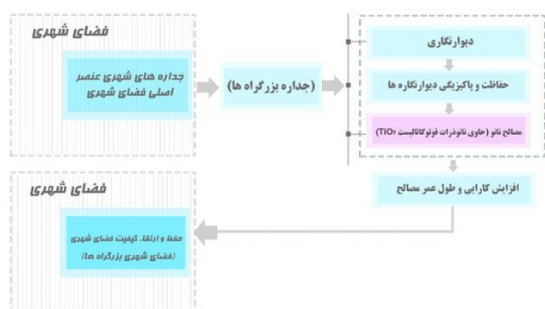
هنر عمومی نوعی خوانش "میان متنی" بین ادبیات، معماری، منظر شهری و هنرهای تجسمی است که می‌تواند مرز میان فرهنگ و زندگی شهری را کمرنگ کند. در واقع هنر عمومی به‌مثابه هنری شهری، انواع هنرهای تجسمی، اجرایی و محیطی را در فضای بیرونی به خدمت گرفته تا همه را همچون تولیدی فرهنگی و اجتماعی در اختیار عموم قرار دهد. چنین هنری با توجه به اینکه در بستر شهر امکان بروز و عینیت یافتن دارد، هنر شهری نامیده می‌شود. از نمونه‌ها و مصادیق عینی هنر شهری، می‌توان به دیوارنگاری (نقاشی دیواری) اشاره کرد. تأثیر کیفیت محیط بر زندگی انسان امری واضح است همچنین ساختار بصری به‌عنوان یکی از عوامل کیفی محیط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طراحی فضاهای شهری به‌عنوان مکان کار، زندگی و آمدوشد شهروندان، از دیرباز مورد توجه بوده است و همین امر موجب شکل‌گیری هنرهای شهری شده است. در گذشته بیشتر دیوارنگاره‌های شهری در میدان‌ها و نما یا سردر

ساختمان‌های بزرگ سلطنتی یا عمومی شکل می‌گرفتند. دیوارنگاری‌های شهری ابتدا با رویکرد تزئینی شکل گرفتند و سپس در فضاهای شهری رونق یافتند. دیوارنگاری را می‌توان اولین خلق هنری انسان نامید. که در زمان معاصر با رویکرد آرام‌سازی، زیباسازی، ایجاد تنوع و هماهنگی با محیط پیرامون انجام می‌شود [15]. مشخصاً برحسب کارکرد خود، نوعاً در میان سه پدیده "هنر نقاشی"، "هنر معماری و شهرسازی، و "علوم ارتباطات اجتماعی" واقع شده است. در واقع یکی از نکات ارزشمند دیوارنگاری، تأکید بر وسعت گسترده مخاطبان آن است [16].

4- مصالح مورد استفاده در دیوارنگاری‌ها

دیوارنگاری در فضای شهری دارای شاخصه‌هایی در فرایند طراحی تا اجرا است. که قاعده‌تاً باید متأثر از عناصر کلی تر و در تکمیل بخشی به ابعاد کالبدی، نقشی همسو و هماهنگ را ایفا نماید لذا نقش مواد و مصالح در تناسب بخشی به دیوارنگاری‌ها با محیط پیرامون آن اثرگذار است. در بررسی کیفیت دیوارنگاری، ضرورت شناخت و آگاهی به مواد، مصالح و ابزار، امری لازم و ضروریست. از این رو چگونگی انتخاب و کاربرد "مواد و مصالح" یکی از ارکان اساسی و بنیادی در دیوارنگاری به شمار می‌رود. در این خصوص عواملی مانند: نیاز جامعه به بیان و زیبایی نو در هنر دیوارنگاری، تنوع و گوناگونی بی‌حدومرز مواد و تکنیک‌های اجرایی (که با رشد صنعت و فناوری، وسعت غیرقابل‌تصور را در پیشروی متخصصان و کارشناسان هنر دیوارنگاری قرار داده)، ماندگاری (ضرورت پذیرش دوسویه مواد و مصالح دیوارنگاره و دیواره)، لزوم دستیابی به راهکارهای نوین به‌ویژه شناخت فناوری‌های جدید را پیش از پیش مهم و ضروری نشان می‌دهد [17]. در نگاهی کلی می‌توان ابعاد کالبدی در فضای شهری را در شکل‌گیری بافت شهری مرتبط با مواد و مصالحی دانست که با آجر، سنگ، آهک، کاه‌گل، سیمان و بلوک‌های سیمانی، گچ، کاشی و سرامیک، شیشه، ورقه‌های فلزی، ورقه‌های پلاستیکی، مواد ترکیبی و ... پوشیده شده است. هنر دیوارنگاری دارای الگوهای بسیار متنوع و پشتوانه‌های تاریخی ارزشمندی

بزرگراه‌ها باشد. نمودار 1 نحوه به‌کارگیری مصالح نانو (حاوی نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2) در دیوارنگاری‌ها و تأثیر آن بر کیفیت فضای شهری را نشان می‌دهد.



نمودار 1- نحوه به‌کارگیری مصالح نانو حاوی نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 در دیوارنگاری‌ها و تأثیر آن بر کیفیت فضای شهری

کلمه یونانی فوتوکاتالیست ترکیبی از دو واژه فوتو و کاتالیست است که فوتو به معنای نور و کاتالیست ماده‌ای است که فرآیند واکنش را تسریع می‌بخشد بدون اینکه خودش در این واکنش مصرف شود. به‌طورکلی اصطلاح فوتوکاتالیست برای توصیف فرآیندی استفاده می‌شود که در آن از نور برای برانگیختن یک فوتوکاتالیست استفاده می‌شود و سرعت واکنش شیمیایی بدون دخالت فوتوکاتالیست تسریع می‌شود. اصطلاح فوتوکاتالیست را می‌توان به‌طورکلی برای توصیف فرآیندی استفاده کرد که در آن نور برای فعال کردن ماده‌ای فوتوکاتالیست استفاده می‌شود و سرعت یک واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد. همان‌طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود این فرآیند توسط فوتون‌هایی با انرژی مناسب فعال می‌شوند. فوتوکاتالیست‌های بسیار زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است، یکی از بهترین نتایج با نانوذرات TiO_2 به دست آمده است [20].

است. همچنین به دلیل عدم استفاده از مصالح باکیفیت مناسب، پس از گذشت مدت کوتاهی با ریزش رنگ و یا پوسیدگی در مقابل شرایط محیطی مواجه می‌شوند که کیفیت جداره‌های شهری را کم می‌کند [18]. کیفیت طراحی و اجرای دیوارنگاری در فضای شهری بنا بر اصل ایجاد تعادل بخشی باید قادر باشد تا موجبات کیفیت محیط کالبدی را ارتقاء بخشد و جلوه‌های بصری را رونق بخشد. بنابراین نگهداری و حفظ کیفیت مصالح به‌کاررفته در دیوارنگاری‌ها اهمیت بسزایی در کیفیت فضای شهری دارد. از مهم‌ترین گونه‌های مختلف مصالح در دیوارنگاری‌ها می‌توان به چوب، گچ، سنگ، آجر، شیشه، فلز، سفال، کاشی و غیره اشاره نمود. امروزه توجه بیشتر دیوارنگاران به استفاده از تنوع رنگ‌ها نسبت به رعایت اصول دیوارنگاره‌ها باعث شده است بسیاری از دیوارنگاری‌ها با فقدان ویژگی‌های بصری لازم اجرا شوند. عدم همپوشانی و پایداری کم‌رنگ با سطوح سیمانی و فلزی موجبات ناهنجاری‌های بصری را به وجود آورده که به ناپایداری این دسته از مواد و مصالح و قابلیت‌های کم آن‌ها در برابر فعل‌وانفعالات محیطی در مدت‌زمان کم می‌انجامد. کم‌توجهی به ویژگی‌های محیطی، جنس مواد و مصالح بکار رفته در بدنه کالبد شهری از جمله مسائلی است که در اجرای دیوارنگاره‌ها می‌بایست مورد توجه قرار گیرد [2].

5- مصالح نانو حاوی نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2

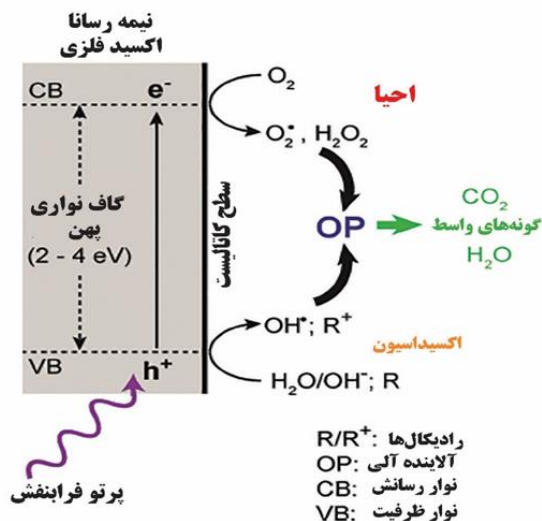
مصالح حاوی نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 با خاصیت خودتمیزشوندگی، فرصتی برای افزایش طول عمر نمای ساختمان فراهم می‌کند [19]. استفاده از این نوع مصالح، می‌تواند در دیوارنگاری‌های بزرگراه‌های شهری به‌عنوان یک راهکار امیدوارکننده ایفای نقش کند. در این میان با توجه به اهمیت دیوارنگاری‌ها و سختی اجرای آن‌ها در بزرگراه‌های شهری از یک طرف و ضرورت تمیز نگه‌داشتن جداره‌ها به‌عنوان عامل حفظ کیفیت فضای شهری، به نظر می‌رسد مصالح خودتمیزشونده می‌تواند راهکار مناسب و اقتصادی جهت کاهش هزینه‌های نگهداری جداره شهری

زیادی چسبندگی ذرات خاک را به سطوح کم می‌کند [21].
در نمودار 3 رشد استفاده از پوشش‌های خودتمیزشونده را طی 10 سال اخیر نشان می‌دهد.



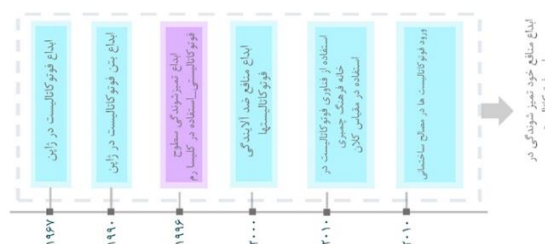
نمودار 3- رشد استفاده از پوشش‌های خود تمیز شونده [22]

ویژگی‌های شناخته‌شده در سطوح فوتوکاتالیستی با خاصیت TiO_2 با بهره‌گیری از راهبردهای قدرتمند موجود در طبیعت است که میلیاردها سال پیش به کمال رسیده است. در واقع سطح خودتمیزشونده روی برگ‌ها و بال‌های حشرات خاص، دانشمندان را وادار به تلاش و بررسی به‌منظور تقلید از برخی خواص آن‌ها مانند تمیزکنندگی، ضدانعکاس و استتار واداشته است [10]. مصالح ساخته‌شده با این ویژگی می‌توانند به‌راحتی توسط یک جریان طبیعی آب مانند بارندگی، تمیزشوند و هزینه نگهداری و پاک کردن معمول را کم می‌کنند. شکل 2 فرایندهای خودتمیزشونده روی سطوح آب‌دوست و سطوح آب‌گریز و همچنین کاهش مایع در تعادل با سطوح آب‌دوست و آب‌گریز را نشان می‌دهد [9]. سطوح آب‌گریز فرایند خودتمیزشوندگی را با غلتاندن قطرات و سطوح آب‌دوست با پخش آب، منجر به از بین رفتن کثیفی روی یک سطح می‌شوند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای سطوح خودتمیزشونده TiO_2 در ساخت‌وساز و مصالح نماهای شهری است چون همواره این مصالح برابر نور خورشید و بارندگی طبیعی قرار دارند. مزایای تیتانیوم دی‌اکسید، ثبات شیمیایی بالای آن در مواجهه با شرایط اسیدی و بازی، هزینه نسبتاً پایین، ویژگی اکسیدکنندگی بالای آن و ایمن برای محیط‌زیست اشاره کرد که آن را به اولین انتخاب بسیاری از کاربردهای فوتوکاتالیستی تبدیل می‌کند [20].



شکل 1- عملکرد فوتوکاتالیستی

مصالح نانو در ساختمان نقش بسزایی دارد و کاربردهای بسیار زیادی را شامل می‌شود از آنجاکه تمرکز اصلی این پژوهش بر استفاده از نانوپوشش‌ها با خاصیت خودتمیزشوندگی، در جدارهای شهری است؛ لذا در ادامه به بررسی این نوع از نانوپوشش‌ها می‌پردازیم. بر اساس نمودار 2 ابداع مواد فوتوکاتالیست از اوایل دهه 70 میلادی به بعد تأثیرات قابل توجهی را در کشورهای مختلف به همراه داشته است و برای اولین بار از خاصیت تمیز شوندگی سطوح فوتوکاتالیست در سال 1996 در کلیسای جویلی در رم به‌عنوان کاربرد در ساختمان بهره گرفته‌شده است.



نمودار 2- ابداع منافع خودتمیزشوندگی در سطوح فوتوکاتالیستی

یک نمونه از استفاده پوشش‌های خودتمیزشونده تیتانیوم دی‌اکسید در بازسازی فرودگاه بین‌المللی ناریتای توکیو است. از آنجاکه بخش‌های بسیار زیادی از نماها این فرودگاه به پوشش‌های خودتمیزشونده TiO_2 مجهز است، هزینه نگهداری و تمیز کردن آن به حداقل رسیده است. اثر اولیه خودتمیزشونده‌های فوتوکاتالیست این است که تا حدود

خودتمیزشونده است [23]. استفاده از رنگ خودتمیزشونده حاوی تیتانیوم دی‌اکسید در برج هرمزان و کاخ صاحبقرانی به‌عنوان نمونه‌موردی از استفاده این نوع مصالح در جداره‌های شهری ایران است.

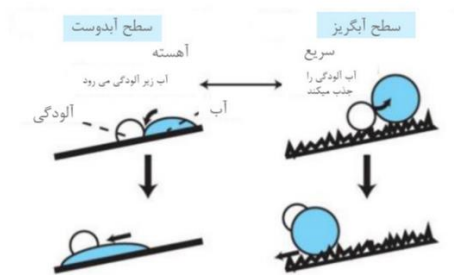


شکل 4- استفاده از رنگ خودتمیزشونده، سمت راست: برج هرمزان در منطقه 22 تهران، سمت چپ: کاخ صاحبقرانیه تهران

بتن خودتمیزشونده یک مصالح ساختمانی نوآورانه است که در دهه‌های اخیر رشد و توسعه یافته است و منجر به حفظ رنگ روشن سطوح بتنی برای مدت طولانی‌تری خواهد شد. مواد کاتالیزوری اضافه شده به بتن توسط نور خورشید یا نور مصنوعی با خواص مشابه (مانند نور ماوراءبنفش) فعال می‌شوند [24]. جداره‌های تونل‌ها در معرض آلاینده‌های بسیار زیادی قرار دارند. با توجه به اینکه امروزه در شهرها از بتن برای ساخت جداره‌های تونل‌ها و بزرگراه‌های شهری استفاده می‌شود؛ لذا این نوع بتن به دلیل خواص خودتمیزشوندگی بسیار مفید است. استفاده از فوتوکاتالیست‌های حاوی TiO_2 در دو تونل Umberto و Leopold در اروپا، نمونه دیگر استفاده از مصالح نانو خودتمیزشونده در مقیاس وسیع است در تونل‌های لامپ‌های شبیه‌سازی شده به نور خورشید استفاده شده است.

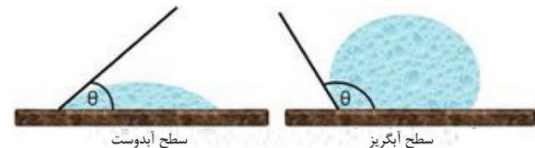
مواد و روش‌ها

در این پژوهش از روش آمیخته (کیفی-کمی) استفاده شده است و نوع پژوهش کاربردی است. در واقع به مقایسه استفاده از مصالح خودتمیزشونده و غیر خودتمیزشونده در اجرای 7500 مترمربع دیوارنگاری بزرگراه امام علی (ع) در تهران پرداخته است. این مقایسه بر اساس قیمت‌های سال 1400 محاسبه و ارزیابی شده است. شیوه جمع‌آوری



شکل 2- نمایش طرح‌واره فرایندهای خودتمیزشونده روی سطوح آب‌دوست و سطوح آب‌گریز

شکل 3 نشان می‌دهد تابش اشعه فرابنفش در سطوح باعث خاصیت فوتوکاتالیستی می‌شود و در نتیجه منجر به ایجاد تغییر در زاویه تماس مواد روی سطوح می‌شود ملکول‌های آب در ابتدا روی سطح TiO_2 جذب شیمیایی می‌شوند و سپس این ملکول‌های آب با جذب فیزیکی، آب بیشتری را جذب می‌کنند و به‌عنوان یک مانع برای جلوگیری از تماس نزدیک بین سطوح (مصالح) و آلاینده‌ها عمل می‌کنند [9].



شکل 3- نمایش طرح‌واره کاهش مایع در تعادل روی سطوح آب‌دوست و آب‌گریز

در میان مصالح مورد استفاده در ساخت‌وساز، رنگ‌های حاوی مواد فوتوکاتالیستی TiO_2 می‌توانند در جداره‌های شهری اعمال شوند و در نتیجه خاصیت نظافتی جداره‌ها را بهبود بخشند حائز اهمیت هستند. در واقع نانوذرات TiO_2 موجود در رنگ‌ها منجر می‌شوند در طول زمان، فرسایش رنگ که تحت تأثیر شرایط آب و هوایی است، کم شود و ویژگی‌های رنگ حفظ شود [19]. استفاده از ویژگی خودتمیزشونده در رنگ کاشی‌های بیش از 5000 هزار ساختمان در ژاپن، از جمله ساختمان ماریو و چندین مرکز تجاری در توکیو، گویای عملکرد خوب این نوع مصالح

حفاظت از آن‌ها در طی 10 سال می‌پردازد. این مقایسه در طرح ساماندهی جداره‌های بزرگراه امام علی (ع) در تهران با حدود 23 هزار متر دیوارنگاره، انجام شده است. این دیوارنگاره در 14 نقطه از مناطق یک، هشت و چهارده شهرداری تهران صورت گرفته است و شامل جداره پل‌ها، دیوارهای مشرف به بزرگراه و بدنه پل‌ها می‌شود. این دیوارنگاری با سه تکنیک فلز، کاشی و رنگ کار شده است. با فرض آنکه هر سه تکنیک به‌طور مساوی اجرا شده است، در این صورت میزان استفاده از رنگ در دیوارنگاری‌های بزرگراه امام علی (ع) 7500 مترمربع در نظر گرفته شده است. به‌منظور انجام مقایسه، هزینه‌ها و میزان پوشش دهی رنگ و نانوپوشش‌ها بر اساس میانگین در نظر گرفته شده است. قیمت‌ها بر اساس سال 1400 در نظر گرفته شده است.

مقایسه هزینه اجرا و نگهداری دیوارنگاری‌های بزرگراه با

مصالح خودتمیزشونده و غیر خودتمیزشونده

جدول 1 هزینه دیوارنگاری با رنگ غیر خودتمیزشونده (رنگ آکرلیک) نشان می‌دهد. میانگین قیمت رنگ آکرلیک برای هر یک کیلوگرم 60 هزار تومان است و هر مترمربع با 0.5 کیلوگرم رنگ آکرلیک پوشش داده می‌شود. میانگین هزینه دیوارنگاری برای یک مترمربع معادل 60 هزار تومان است. همچنین فرض شده زمینه دیوارنگاری به‌طور کامل رنگ دارد و دستمزد نماشویی برای یک مترمربع به‌طور میانگین 30 هزار تومان است.

داده‌ها، مطالعات اسنادی و مصاحبه عمیق است. در پژوهش حاضر، برای تعیین روایی سؤالات از روش روایی صوری استفاده گردید. مصاحبه با سه صنف به‌منظور استخراج قیمت رنگ‌ها، قیمت نقاشی دیواری در مقیاس شهر و قیمت نماشویی صورت گرفت. در مجموع مصاحبه با 11 نفر متخصص انجام گردید. لازم به ذکر است به‌منظور ارزیابی هزینه‌ها و تجزیه و تحلیل قیمت رنگ‌ها و نانوپوشش‌ها، با 2 شرکت دانش‌بنیان، 1 تولیدکننده بزرگ رنگ خودتمیزشونده و 3 فروشگاه عرضه‌کننده رنگ‌های خودتمیزشونده و غیر خودتمیزشونده، مصاحبه صورت گرفت. اطلاعات مربوط به قیمت‌ها یکسان بود و در نهایت قیمت رنگ‌ها و نانوپوشش‌ها برای محاسبه و ارزیابی هزینه‌ها از جمع‌بندی مصاحبه‌ها استخراج گردید. همچنین با صنف نقاشان، 3 فرد متخصص در زمینه نقاشی‌های دیواری در فضای شهری، مصاحبه و قیمت مربوط به دستمزد اجرای دیوارنگاری به‌ازای هر مترمربع در مصاحبه با این صنف یکسان بود و در محاسبات استفاده گردید. علاوه بر آن با 2 شرکت نماشویی در تهران مصاحبه گردید و در مورد روش‌ها، مواد، قیمت و دفعات تکرار نماشویی در جداره‌های بزرگراه‌های شهری تهران اطلاعات هزینه جمع‌آوری گردید. و در نهایت دو سناریو دیوارنگاری در جداره بزرگراه با استفاده از رنگ‌ها و نانوپوشش‌های خودتمیزشونده و رنگ‌های غیر خودتمیزشونده مورد ارزیابی قرار گرفت.

مقایسه هزینه اجرا و نگهداری دیوارنگاری‌های بزرگراه با

مصالح خودتمیزشونده و غیر خودتمیزشونده

همان‌طور که بررسی‌ها نشان می‌دهد مصالح خودتمیزشونده به‌عنوان یک راهکار اقتصادی و زیست‌محیطی، در نگهداری و اجرای جداره‌های شهری محسوب می‌شوند در این میان حفاظت از دیوارنگاره‌های بزرگراه‌ها با چالش اساسی مواجه است. در این پژوهش علاوه بر بررسی اثرات کارآمدی مصالح خودتمیزشونده بر جداره‌های شهری و حفظ کیفیت جداره‌ها به‌منظور ارتقاء کیفیت فضای شهری، در ادامه به مقایسه میان هزینه اجرای دیوارنگاری با رنگ‌های غیر خودتمیزشونده و خودتمیزشونده و همچنین نگهداری و

جدول 1- محاسبه هزینه دیوارنگاری با رنگ غیر خودتمیزشونده در سال 1400 شمسی

متر از دیوارنگاری با رنگ (مترمربع)	میزان رنگ مورد نیاز (کیلوگرم)	هزینه رنگ آکرلیک (میلیون)	هزینه اجرای دیوارنگاری با رنگ آکرلیک (میلیون)	هزینه یک بار نگهداری دیوارنگاری "نماشویی با واترجت" (میلیون)
7500	3750	225	450	225

محاسبه هزینه دیوارنگاری با رنگ خودتمیزشونده و نانوپوشش خودتمیزشونده

رویکرد اول: استفاده از نانوپوشش سیمان برای تمیز نگه داشتن دیوارنگاری های موجود است. به این ترتیب که پوشش نانو سیمان مانند یک اسپری روی دیوارنگاری ها اجرا می شود که منجر به تمیز ماندن دیوارنگاری ها و طول عمر آن می شود. در جدول 2 هزینه نانوپوشش سیمان برای محافظت

از دیوارنگاری محاسبه شده است. هر یک لیتر نانوپوشش سیمان، 6 مترمربع را پوشش می دهد. قیمت هر لیتر نانوپوشش سیمان 285 هزار تومان است. هزینه اجرای هر مترمربع نانوپوشش سیمان 10 هزار تومان با راپل است. دستمزد نماشویی برای یک مترمربع به طور میانگین 30 هزار تومان است.

جدول 2- محاسبه هزینه نگهداری با نانوپوشش خودتمیزشونده در سال 1400 شمسی

متر از دیوارنگاری با رنگ (مترمربع)	میزان نانوپوشش سیمان مورد نیاز (لیتر)	هزینه نانوپوشش سیمان خودتمیزشونده (میلیون)	هزینه اجرای نانوپوشش سیمان خودتمیزشونده (میلیون)	هزینه نگهداری یک بار دیوارنگاری ها روی سیمان و بتن "نماشویی با واترجت" (میلیون)
7500	1250	356	75	225

رویکرد دوم: استفاده از رنگ خودتمیزشونده برای انجام دیوارنگاری است. به این ترتیب که طرح های دیوارنگاره ها مستقیم با رنگ های خودتمیزشونده اجرا می شوند که منجر به تمیز ماندن دیوارنگاره در طول زمان می شود. در جدول 3 هزینه دیوارنگاری با رنگ خودتمیزشونده محاسبه شده

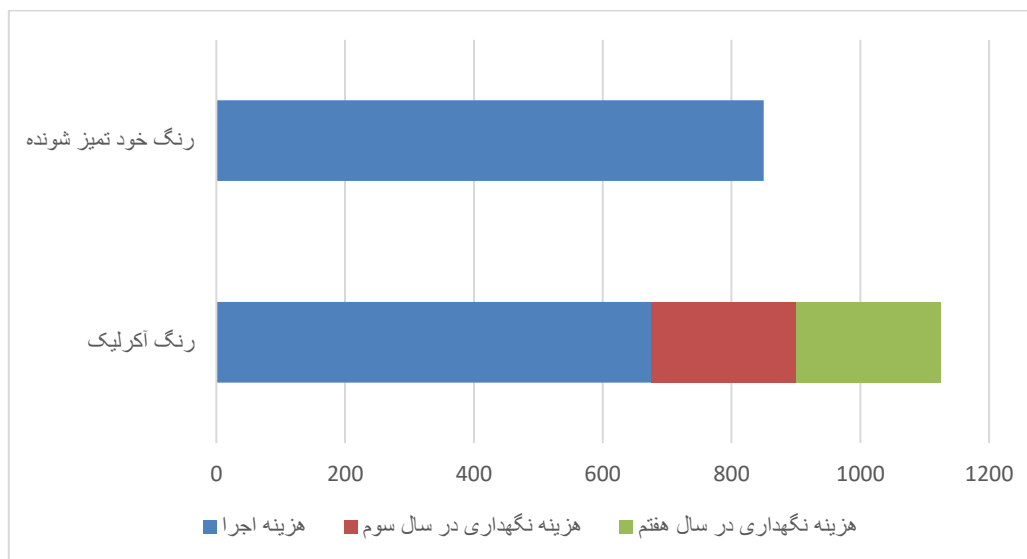
است. پوشش دهی هر یک کیلوگرم رنگ خودتمیزشونده معادل 2 مترمربع است و قیمت هر یک کیلوگرم رنگ خودتمیزشونده 107 هزار تومان است. دستمزد نماشویی برای یک مترمربع به طور میانگین 30 هزار تومان است

جدول 3- محاسبه هزینه دیوارنگاری با رنگ خودتمیزشونده در سال 1400 شمسی

متر از دیوارنگاری با رنگ (مترمربع)	میزان رنگ خودتمیزشونده مورد نیاز (کیلوگرم)	هزینه رنگ خودتمیزشونده (میلیون)	هزینه اجرای دیوارنگاری با رنگ خودتمیزشونده (میلیون)	هزینه نگهداری یک بار دیوارنگاری "نماشویی با واترجت" (میلیون)
7500	3750	400	450	225

و بیست و پنج میلیون برآورد شده است ضمن آنکه در طی 10 سال دیوارنگاری با رنگ آکرلیک به حداقل 2 بار تمیز کردن نیاز دارد و دفعات نگهداری و تمیز کردن دیوارنگاری با توجه به شرایط محیطی، ممکن است افزایش پیدا کند.

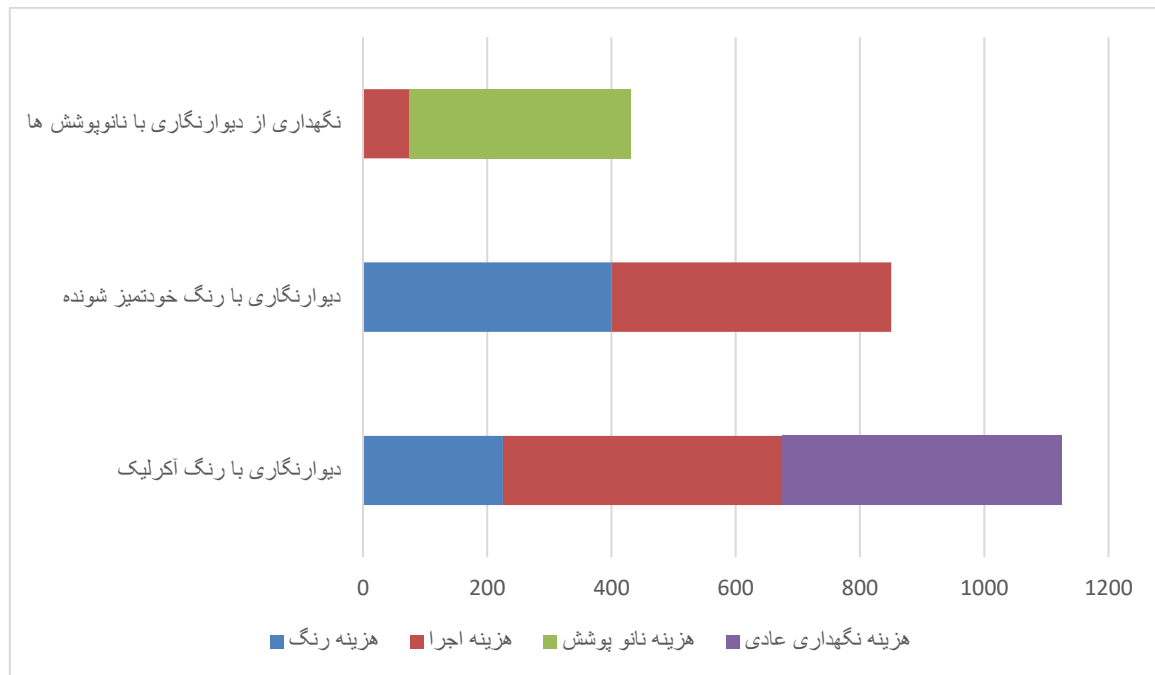
همان‌طور که در نمودار 4 مشاهده می‌شود هزینه اجرا با رنگ خودتمیزشونده 850 میلیون تومان است و در طی 10 سال هزینه تمیزکاری ندارد و در مقابل استفاده از رنگ غیر خودتمیزشونده آکرلیک، مجموع هزینه اجرا و نگهداری آن در طول 10 سال 1125000000 یک میلیارد و صد



نمودار 4 - مقایسه هزینه نگهداری دیوارنگاری با رنگ خودتمیزشونده و رنگ غیر خودتمیزشونده آکرلیک طی 10 سال

که باعث افزایش طول عمر آن تا 10 سال شود. در مقابل همان‌طور که نشان داده شده اجرا با رنگ غیر خودتمیزشونده چون در طول 10 سال حداقل به دو بار تمیز کردن نیاز دارد هزینه بالاتری دارد. از طرف دیگر این مقایسه نشان می‌دهد هزینه نگهداری با نانوپوشش‌های خودتمیزشونده بسیار کمتر است.

برای نگهداری از دیوارنگاری‌های وضع موجود می‌توان از نانوپوشش‌های خودتمیزشونده استفاده کرد. این پوشش‌ها به صورت اسپری روی دیوارنگاره‌ها اجرا می‌شوند. نمودار 5 نشان می‌دهد هزینه اجرای نانوپوشش روی دیوارنگاره 75 میلیون تومان است و هزینه نانوپوشش 356 میلیون تومان، که در مجموع 440 میلیون تومان هزینه برای نگهداری و تجهیز کردن دیوارنگاری به مواد خودتمیزشونده نیاز است



نمودار 5- مقایسه هزینه‌های اجرا و نگهداری رنگ خودتمیز شونده رنگ غیر خودتمیز شونده آکرلیک نانو پوشش‌ها طی 10 سال

بحث و نتیجه‌گیری

از فضای شهری مطلوب اثر گذار است. در این میان جداره بزرگراه‌هایی که دارای دیوارنگاره هستند به مراتب نیاز بیشتری به نگهداری خواهند داشت چون با گذشت زمان، رنگ و سایر مصالح به کار گرفته شده در آن‌ها در معرض آسیب‌های محیطی قرار گرفته و نیاز به تمیز کردن و شستشوی دارند. لذا رفته رفته روند فرسایشی آن‌ها آغاز می‌شود. از طرف دیگر اجرای دیوارنگاری‌ها در بزرگراه‌های شهری به لحاظ حرکت سریع سواره، شرایط دشوارتری را تجربه می‌کند. بنابراین تمرکز اصلی این پژوهش در تلاقی این سه موضوع فرسایش سریع دیوارنگاره‌ها در بزرگراه‌های شهری، هزینه‌های بالای اجرای دیوارنگاره‌ها و هزینه شستشوی مجدد جداره‌های دارای دیوارنگاری صورت گرفت و منجر به ارائه راهکار استفاده از منافع خودتمیز شوندگی در سطوح فوتوکاتالیست گردید. نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 با خاصیت فوق آب‌دوستی خود منجر به کاهش آلودگی سطوح در جداره‌های شهری می‌شود. تابش اشعه فرابنفش در سطوح باعث خاصیت فوتوکاتالیستی می‌شود و در نتیجه منجر

جداره‌های شهری اصلی‌ترین عنصر فضای شهری محسوب می‌شود و اساساً مردم در مکان‌های شهری که کیفیت جداره‌های آن خوب است حس بهتری را تجربه می‌کنند. در این میان تمیز بودن جداره نه تنها کیفیت جداره را حفظ کرده بلکه منجر به ارتقاء کیفیت محیط شهری خواهد شد. از یک طرف نگهداری و حفظ جداره‌های شهری بسیار دشوار و در بسیاری موارد غیرممکن است و از طرف دیگر هزینه بالای نگهداری و نیروی انسانی منجر شده این موضوع همچنان با مشکلات بسیاری در نظام مدیریت شهری مواجه شود. با رشد فوتوکاتالیست‌ها و ورود آن به حوزه ساخت‌وساز، راه‌حل امیدوارکننده‌ای در حل این معضل پیشروی مدیران شهری قرار داده است. رویکرد اصلی این پژوهش در واقع استفاده از مواد و مصالح حاوی نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 در نگهداری جداره بزرگراه‌های شهری است. با گذشت زمان علاوه بر کاهش هزینه نگهداری و نیروی انسانی، همواره محیط شهری بزرگراه، جداره‌هایی تمیز را عرضه می‌کند. لذا این موضوع در تصویر ذهنی شهروندان

خودتمیزشوندگی سطوح فوتوکاتالیستی تا ارتقاء کیفیت محیطی در بزرگراه‌های دارای دیوارنگاره بررسی کرده است و نتایج حاکی از ضرورت استفاده این نوع مصالح در این جداره‌ها است.

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تأییدیه‌های اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض نافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
سهم نویسندگان: زهرا غلامی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه / روش‌شناسی/پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث(40٪)؛ دکتر سمانه جلیلی صدرآباد(نویسنده دوم)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث(35٪) و دکتر رضوانه امراللهی بیوکی (نویسنده سوم)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث(25٪).

به صفر شدن زاویه تماس مواد روی سطوح می‌شود. مولکول‌های آب ابتدا روی سطح TiO_2 جذب شیمیایی می‌شوند و سپس با جذب فیزیکی، آب بیشتری را جذب می‌کنند و به‌عنوان یک مانع برای جلوگیری از تماس نزدیک بین سطوح (مصالح) و آلاینده‌ها عمل می‌کنند.

لذا این پژوهش به مقایسه استفاده از مصالح خودتمیزشونده و غیرخودتمیزشونده در اجرای 7500 مترمربع دیوارنگاری بزرگراه امام علی(ع) پرداخته است. این مقایسه در طول 10 سال در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داده‌اند اگر فرض شود در اجرای دیوارنگاری از رنگ غیرخودتمیزشونده استفاده گردد و در طول 10 سال به حداقل دو بار تمیز کردن نیاز دارد؛ بنابراین هزینه اجرا و نگهداری 7500 مترمربع دیوارنگاری بیشتر از هزینه اجرای دیوارنگاری با رنگ خودتمیزشونده است به این دلیل که رنگ خودتمیزشونده در طول 10 سال به تمیز کردن نیاز ندارد. علاوه بر آن رنگ خودتمیزشونده به حفظ محیط‌زیست کمک می‌کند. همچنین مقایسه دیگری با فرض آنکه دیوارنگاری انجام شده و نگهداری آن با نانوپوشش‌ها صورت گرفته، نشان داده است هزینه محافظت از دیوارنگاری‌های موجود با نانوپوشش‌ها بسیار کمتر است.

در حال حاضر روند فرسایشی در دیوارنگاری‌های موجود در شهر بیانگر آن است؛ اگر از نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 استفاده شود نه تنها هزینه‌های نگهداری کم می‌شود بلکه باگذشت زمان کیفیت دیوارنگاری‌ها حفظ خواهد شد. این به این معنا است که نانوذرات فوتوکاتالیست TiO_2 افزایش طول عمر دیوارنگاره‌ها و کاهش هزینه نگهداری از آنها را در کنارهم قرار داده است و این یک راه‌حل امیدوارکننده است که می‌تواند آرمان مدیران شهری را در حفظ کیفیت جداره‌های شهری تحقق بخشد. دیوارنگاری می‌تواند اثر مثبت در آرامش رانندگان ایفا کند و اگر تمیز بماند به‌مراتب در طول زمان این اثر را حفظ کرده و باعث افزایش ایمنی حرکت سواره می‌شود. این پژوهش سلسله‌مراتب اثرگذاری استفاده از مصالح خودتمیزشونده را با بررسی عملکرد منافع

15. Doi:
https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.801
8. Čurčić A. Photocatalytic self-cleaning facades in architectural design. *Facta universitatis - series: Architecture and Civil Engineering*. 2018 July 9;16(3): 425-436. https://doi.org/10.2298/FUACE180630019C
9. Swagata Banerjee, Dionysios D. Dionysiou, Suresh C. Pillai, Self-cleaning applications of TiO₂ by photo-induced hydrophilicity and photocatalysis, *Applied Catalysis B: Environmental*. 2015 Oct 9;176-177: 396-428. https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.03.058
10. Ganesh V. Raut H, Nair A, Ramakrishna S. A review on self-cleaning coatings. *J. Mater. Chem.* 2011 Sep 02;21(41): 16304-16322. https://doi.org/10.1039/C1JM12523K
11. Ragesh P, Ganesh V, V. Nair S, Nair A. A review on 'self-cleaning and multifunctional materials'. *J.Mater.Chem.A*. 2014 Jun 25;36(2): 14773-14797. https://doi.org/10.1039/C4TA02542C
12. Andaloro A, Mazzucchelli E.S, Lucchini A, Pedferri M.P. Photocatalytic self-cleaning coatings for building facade maintenance Performance analysis through a case-study application. *Journal of Facade Design and Engineering*. 2017 July 8;4(3): 115-129. DOI: 10.3233/FDE-160054. https://content.iospress.com/articles/journal-of-facade-design-and-engineering/fde0054
13. Shafer C, Koo Lee B, Turner S, A tale of three greenway trails: user perceptions related to quality of life, *Landscape and Urban Planning*. 2000 July 20;49(3-4):163-178. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00057-8
14. Pakzad J. Phenomenology of Residential Building Façade and the Evolution Process of its Expectations. *HONAR-HA-YE-ZIBA memari-Va-Shahrsazi*. 2003 August 5;-(14): 91-102. [Persian] https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=963
- منابع
1. Eris B, Karimimoshaver M. A Conceptual Model of Semantic Interaction between Art and Urban Space. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*. 2018 December 22;15(66): 5-16. [Persian] https://dx.doi.org/10.22034/bagh.2018.76897
2. He H, Gyergyak J. Enlightenment from street art activities in urban public space. *Pollack Periodica*. 2021 Mar 25;16(1): 169-175. https://doi.org/10.1556/606.2020.00177
3. Bertasa M, Ricci C, Scarcella A, Zenucchini F, Pellis G, Croveri P, et al. Overcoming Challenges in Street Art Murals Conservation: A Comparative Study on Cleaning Approach and Methodology. *Coatings* [Internet]. 2020 Oct 23;10(11):1019. http://dx.doi.org/10.3390/coatings10111019
4. Rivaroli L, Moretti P, Caricchio A, Macchia A. Mural Art Conservation Data Recording (SCIMA): The Graart Project. *Heritage*. 2021 November 4;4(4):4222-4232. https://doi.org/10.3390/heritage4040232
5. Habib Mansour A, Al-Dawery S. Sustainable self-cleaning treatments for architectural facades in developing countries, *Alexandria Engineering Journal*. 2018 Jun 23;57(2):867-873. https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.01.042
6. Grebenisan E, Szilagy H, Hegyi A, Mircea C, Baera C. Opportunities regarding the potential use of the self-cleaning concept within urban contemporary architecture in Romania. *MATEC Web Conf-Concrete Solutions 2019 – 7th International Conference on Concrete Repair*. 2019 August 28;289. https://doi.org/10.1051/mateconf/201928905003
7. Niroumand H, Zain M, Jamil M. The Role of Nanotechnology in Architecture and Built Environment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2013 Oct 1;89(2):10-

21. Fujishima A, Zhang X. Titanium dioxide photocatalysis: present situation and future approaches. *Comptes Rendus Chimie*. 2006 Jun 7;9(5-6):750-760. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2005.02.055>
22. Blossey R. Self-cleaning surfaces — virtual realities. *Nature Mater*. 2003 May 01;2(5):301-306. <https://doi.org/10.1038/nmat856>
23. Bekir TOPÇUI İ, AKKAN E, UYGUNOĞLU T. Self-Cleaning Concretes: An Overview. *Cement Based Composites*. 2020 Sept 15;2:6-12. <https://doi.org/10.36937/cebacom.2020.002.002>
24. Mircea D, Self-Cleaning Concrete for Landscaping Applications, *MATEC Web Conf-7th International Conference on Concrete Repair*. 2019 Aug 28; 289(05004):4. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201928905004>
15. Kafshchian Moghadam A, Rouyan S. A Study of Contemporary Mural in Tehran (Before and After the Revolution), *HONAR-HA-YE-ZIBA memari- Va- ShahrSazi*. 2008 May 3;-(33): 103-114. [Persian] <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=70013>
16. Alavi Nejad M, Nadaliyan A, Kafshchiyan Moghadam A, Shirazi A. A Comparative Study In The Application Of Two Phrases, «Architectural Decorations» And «Mural» In The Islamic Art Resources. *NEGAREH*. 2010 August 5;5(15): 5-17. [Persian] <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=240613>
17. Kafshchiyan Moghadam A, Alavinezhad M. A study on how materials in murals. *HONAR-HA-YE-ZIBA HONAR-HA-YE TAJASSOMI*. 2009 Oct 27;-(39):-33-41. [Persian] <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=101863>
18. Emadi M, Ashouri M, Kafshchiyan Moghadam, A. The functional role of the formal and content dimensions of murals in perpetuating identity Isfahan urban landscape. *Journal Of Visual & Applied Art*. 2016 May 4;8(15),61-80. [Persian] <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=469749>
19. Rabajczyk A, Zielecka M, Klapsa W, Dziechciarz A. Self-Cleaning Coatings and Surfaces of Modern Building Materials for the Removal of Some Air Pollutants. *Materials*. 2021 April 23; 14(9):2161. <https://doi.org/10.3390/ma14092161>
20. Xu C, Anusuyadevi P, Aymonier C, Luque R, Marre S. Nanostructured materials for photocatalysis. *Chemical Society Reviews*(Chem. Soc. Rev). 2019 May 23;48(14):3868-3902. <https://doi.org/10.1039/C9CS00102F>