

## پنجره‌ای از گچ و شیشه: میراث فنی ساخت مشبک‌های شیشه‌دار گچی

افسانه سبحانی\* امیرحسین کریمی\*\*

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف شناخت فنی نوعی از پنجره‌های مشبک شیشه‌دار انجام شده که در بررسی‌های پیشین در مورد آن‌ها صحبتی نشده است و در واقع فرضیه‌های بیان شده قبلی برای روشن کردن شیوه ساخت این نمونه‌ها کارآمد نیست. بنابر شواهد فنی به دست آمده در متن حاضر، این پنجره‌ها مشبک دولایه گچی نام‌گذاری شده‌اند. پنجره‌های مشبک گچی شیشه‌دار حداقل از قرن چهارم هجری به این سو در ایران ساخته می‌شده‌اند. اما تمرکز پژوهش حاضر بر ساخت پنجره‌های شیشه‌دار با دو سطح گچی است و با مشاهده و بررسی آزمایشگاهی دو پنجره آسیب دیده تاریخی منسوب به عصر صفوی، روند ساخت این آثار تشریح شده است. این دو پنجره که بزرگترین‌شان ابعاد حدود ۱/۳ در ۱ متر داشت، احتمالاً از خانه‌ای تخریب شده در اصفهان جدا شده و به اداره میراث فرهنگی اصفهان انتقال یافته بودند. در پژوهش حاضر از روش‌های آزمایشگاهی تست‌های شیمی‌تر، FTIR، تصاویر FE-SEM و آنالیز XRF بر روی نمونه‌ها استفاده شده است. بنابر نتایج این بررسی، در مشبک‌های دو لایه بزرگ از قابی چوبی برای استحکام‌دهی در حین ساخت استفاده می‌شده و کار بر روی یک تکیه‌گاه صلب روغن خورده انجام می‌شده است. دو لایه گچ کم‌آب و پرآب بر روی هم به کار می‌رفته و پس از حصول گیرش اولیه در سطح گچ خطوط اصلی انداخته می‌شدند و گچ اول برداشته می‌شد تا در فضای میان بازوهای ضخیم گچی، به لایه دومی برسند. نقوش ظریف‌تر سپس با سوراخ‌کاری در گچ دوم اجرا می‌شدند و مرحله نهایی اتصال شیشه‌های رنگی با ملاط گچ مخلوط با چسب به پشت سوراخ‌ها، پس از برداشت تکیه‌گاه بوده است. بنابر نتایج آزمایش‌ها در پایان اجرا احتمالاً لایه روغنی برای کم کردن حساسیت بدنه گچی نسبت به رطوبت بر روی کل پنجره زده می‌شد.

**کلیدواژگان:** پنجره گچی، مشبک دولایه، شیشه رنگی، گچ‌بری، روغن.

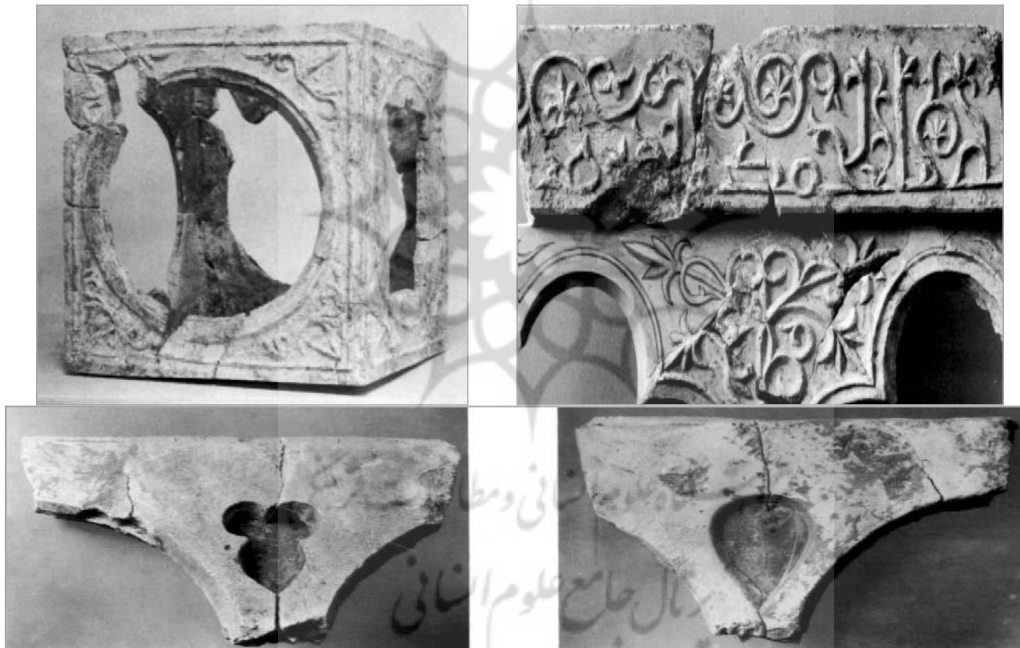
\* کارشناس ارشد، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

\*\* دانشیار، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول).

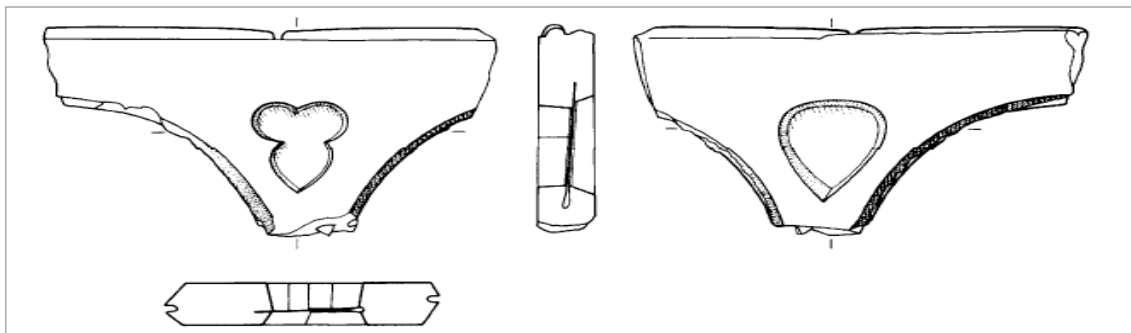
## مقدمه و پیشینه پژوهش

ساخت روزن‌های مشبک گچی با شیشه‌های رنگی و با بدون شیشه در سرزمین‌هایی که چوب به‌آسانی همه‌جا در دسترس نیست، راه‌حلی هماهنگ با اقلیم است. در سرزمین‌هایی گرم و خشک چون ایران، استفاده از این پنجره‌های رنگی، راهی برای داشتن نورِ تلطیف‌شده در عین جدایی از فضای بیرون است.<sup>۱</sup> پراکندگی این نوع از پنجره‌های گچی در سرتاسر فلات و در سکونتگاه‌های کوچک و بزرگ پیرامون کویر مرکزی ایران، نشان از سنت ساختمانی ریشه‌دار و مرسوم دارد که از شمال خراسان گرفته تا منطقه یزد، شوشتر و بهبهان، تفرش و از اردبیل (نمونه‌های شاخص مجموعه شیخ‌صافی) و ورامین گرفته تا اصفهان و روستاهای پیرامون آن دیده می‌شود.<sup>۲</sup> یافتن سابقه فنی ساخت این شبکه‌ها چندان آسان نیست

اما با جست‌وجوی منابع باستان‌شناختی نمونه‌های مشبک گچی مکشوفه از کاوش‌های نیشابور دیده می‌شوند. در این کاوش‌ها یافته گچی مکعب‌شکلی به دست آمده که بر آن نام فانوس یا چراغ‌دان نهاده‌اند و با نقوش برجسته تزیین شده است (تصویر ۱). گذشته از آن، در نیشابور قطعاتی نیز از مشبک گچی دارای نقش برجسته در کاوش‌های تپه‌مدرسه، تپه سبزپوشان، قنات‌تپه، روستاتپه و تپه‌تاکستان کشف شد که از نظر باستان‌شناس به قاب پنجره تعلق دارند. نمونه‌ای خاص از پنجره گچی نیز در تپه مدرسه کشف شده که برخلاف دیگر نمونه‌های نیشابور، شیشه‌دار است و برخلاف روش ساخت بسیاری از پنجره‌های گچی که شیشه در مرحله نهایی پشت تزیینات چسبانده می‌شود، در این نمونه مطابق مقطع ترسیم‌شده، شیشه بین دو لایه گچ قرار گرفته است که نشان از ساخت یک شبکه دوطرفه دارد (تصاویر ۱ و ۲)،



تصویر ۱. مشبک‌های گچی به‌دست‌آمده در کاوش‌های تپه مدرسه نیشابور (Wilkinson, 1986; 150, 153)



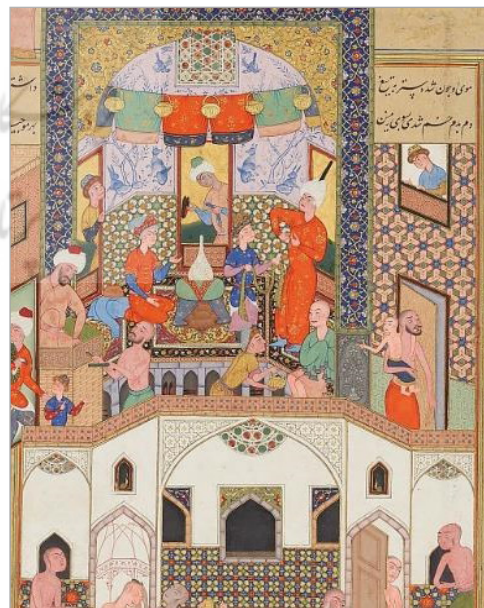
تصویر ۲. دو سمت تزیینات گچی شیشه‌دار کشف‌شده در تپه مدرسه نیشابور همراه مقطع تزیینات (Wilkinson, 1986; 150) که نشان از قرارگیری شیشه میان دو لایه گچ دارد.

نقاشی‌های دوره تیموری کاربرد وسیع شیشه‌های رنگین را در پنجره‌های مشبک گچی نشان می‌دهند (تصویر ۳، الف). "گلمبک" نیز به نقاشی‌های دوره تیموری و نیز پیدا شدن قطعات شیشه‌ای رنگی از برخی اماکن همان دوره همچون عشرت‌خانه و مجموعه شاه‌زنده در سمرقند اشاره می‌کند و نتیجه می‌گیرد که کاربرد شیشه رنگین در روزنه‌ها در عصر تیموریان خیلی وسیع‌تر از آن بوده که قبلاً تصور می‌شد (همان). در این نگاره‌ها جامخانه، در و پنجره‌های مشبک، شیشه‌های رنگی که در پنجره‌ها کار گذاشته می‌شدند و نیز روشن‌دان، شبکه و پالکانه (ایوانی برجسته و بیرون‌زده که دورتادور آن شبکه‌های چوبی قرار گرفته) دیده می‌شود. تصاویر متعدد موجود در نسخ خطی همچون شاهنامه بایسنقری و هفت‌اورنگ جامی (تصویر ۳) نشان از سابقه کاربرد و ساخت انواع مشبک‌های گچی در ایران دارد که متأسفانه تعداد اندکی از خود این پنجره‌ها و نورگیرها باقی مانده است.

با نظر به این نمونه‌های یافت‌شده در کاوش‌های باستان‌شناختی و بررسی نگاره‌های تاریخی می‌توان نتیجه گرفت که سابقه ترکیب مشبک گچی با شیشه در ایران، حداقل از قرن چهارم هجری به این سو بوده البته بیشترین تعداد نمونه‌های باقی‌مانده مربوط به عصر صفوی و پس از آن است. ترکیب شیشه‌های گرد بزرگ (معروف به شیشه‌های عدسی)<sup>۲</sup> با نقوش ریز که در این نگاره‌های ایرانی دیده می‌شود (مثال:

(Wilkinson, 1986: 150-153). این قطعه مشبک دارای شیشه سبز است و پیشینه این گونه تزیین را در ایران نشان می‌دهد. تکه‌های شیشه به رنگ‌های مختلف در کاوش‌های بناهای مختلف دوره تیموری همچون مقبره شیخ جمال‌الدین در آنو (ترکمنستان امروزی) و مجموعه شاه‌زنده در سمرقند (ازبکستان امروزی)، نیز به دست آمده است (گلمبک و دیگران، ۱۳۷۴: ۱۸۸). در مجموع، می‌توان چنین برداشت کرد که نمونه‌های نیشابور احتمالاً از قدیمی‌ترین مشبک‌های گچی یافت شده در ایران هستند و در آن دوره و نیز عصر تیموری، شیشه در مشبک‌های گچی استفاده می‌شده است.

سرنخ دیگر برای پیگیری سابقه این نوع از تزیین معماری، جست‌وجو در تصاویر موجود در نسخ خطی ایرانی است که در آن‌ها انواع نمونه‌های پنجره‌های شیشه‌دار دیده می‌شود. با توجه به نقوش تزیینی تصویر شده که مشابه پنجره‌های گچی موجود هستند و سفیدی رنگ پنجره‌ها در نقاشی، وجود پنجره‌های مشبک گچی در این نقاشی‌ها مشخص می‌شود. نمونه‌های مختلف این نوع تزیین با انواع نقوش هندسی، گیاهی و ترکیب دایره‌های بزرگ رنگین با تورباف‌های ریز در نگاره‌های دوره‌های تیموری و صفوی دیده می‌شوند (تصویر ۳، ب). نحوه نمایش متفاوت نرده‌های چوبی بنا (به رنگ قهوه‌ای) و سفیدی پنجره‌ها در این نگاره، نشان‌دهنده استفاده از گچ برای ساخت این پنجره‌ها و نورگیرهاست.



تصویر ۳، الف. کاربرد انواع پنجره‌ها و نورگیرهای گچی در یک بنا، سه جام‌خانه (پائین) و یک پنجره با شیشه‌های رنگی (بالا)، نگاره درویش در حمام از نسخه مصور هفت‌اورنگ جامی از دوره صفوی متعلق به گالری هنر فریر (https://asia.si.edu/; 8/5/2021 -access date). ب. پنجره مشبک گچی با شیشه‌های دایره‌شکل و تزیینات میان آن، بخشی از نگاره مندر شطرنج را در حضور انوشیروان می‌آموزد (۸۳۳ هـ.ق)، شاهنامه بایسنقری، کتابخانه کاخ گلستان (موزه هنرهای معاصر تهران، ۱۳۸۴: ۶۵).



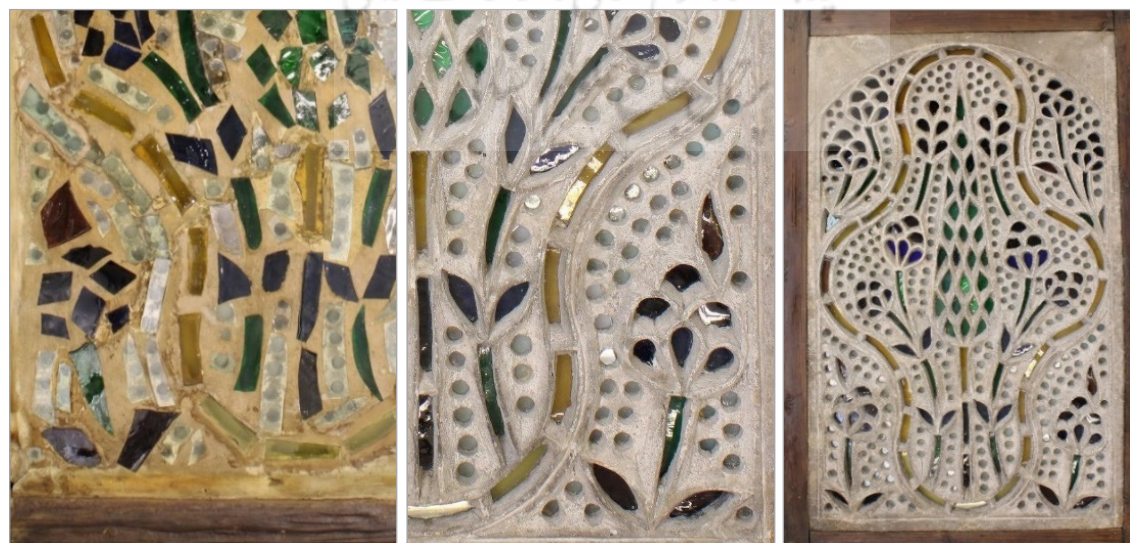
### پرسش‌های پژوهش

فن اجرای خاص پنجره‌های شیشه‌دار دولایه (ترکیب نقوش هندسی بزرگ و نقوش ریز تورباف) در تعدادی از پنجره‌های مشبک صفوی در شهر اصفهان وجود دارد. از این نمونه‌ها می‌توان به پنجره‌ای در کلیسای بیت‌لحم دارای شیشه‌های رنگی (تصویر ۴، ب) و نیز پنجره نفیس متعلق به درب‌امام (امروزه در موزه کاخ چهلستون) اشاره کرد (تصویر ۴، الف). همچنین دو نمونه مربوط به بنایی ناشناس که در پژوهشکده میراث فرهنگی اصفهان نگهداری می‌شوند، از همین دسته آثار هستند (تصویرهای ۷ و ۹). در پژوهش حاضر به‌منظور شناخت مراحل اجرایی ساخت این مشبک‌های شیشه‌دار و

تصویر ۳)، در مسجداً لاقصی و در بناهای ترکیه نیز به چشم می‌خورد (Baykan et al.; 2007)؛ و از این نظر بررسی‌های پیشین در مورد فن اجرای نمونه‌های مشابه به‌خصوص در ترکیه، می‌تواند برای فهم فن اجرای نمونه‌های ایرانی نیز به کار بیاید. بسیاری از پنجره‌های مشابه مربوط به بناهای تاریخی خارج از ایران که در موزه‌ها نگهداری می‌شوند، به‌همراه شیشه‌های رنگی اجرا شده‌اند. برخی نمونه‌های مصری<sup>۴</sup> دارای نقوش هندسی و گیاهی هستند (تصویر ۵) که نحوه اجرا در آن‌ها با نمونه‌های دارای نقوش درشت‌تر در دیگر کشورهای اسلامی، همچون نمونه‌های یمنی موسوم به قمریه، متفاوت است (Attia, 2020).



تصویر ۴. جزئیات پنجره درب‌امام (الف) و کلیسای بیت‌لحم اصفهان (ب)، (کریمی و دیگران، ۱۳۸۸)



تصویر ۵. جزئیات رو (ب) و پشت (ج) پنجره شیشه‌دار مشبک از بخش خاورمیانه موزه ویکتوریا آلبرت به شماره MES.LOST.36 (<https://collections.vam.ac.uk/item/O1191315/window-access-date;8/5/2021>)

از آنجاکه در محدوده عثمانی در مصر و ترکیه نیز مشابه این پنجره‌ها وجود دارد، بررسی‌هایی در مورد آن محدوده جغرافیایی نیز انجام شده است. شیوه ساخت پنجره‌های مشبک گچی در ترکیه به این صورت است که برش گچ و اجرای تزیینات زمانی انجام می‌شود که گچ هنوز خیس باشد. برای جدایی گچ از سطح زیرین خود پس از اجرا از روغن زیتون و نیز برای استحکام بیشتر گچ‌بری از الیاف کتان استفاده می‌شده است (Özakın, 2007).

### بررسی ویژگی‌های ظاهری چند مشبک گچی شیشه‌دار

با نظر به تنوع نمونه‌ها و بررسی منابع ذکر شده، مشبک‌های گچی شیشه‌دار تنها به یک شیوه ساخته نمی‌شده‌اند و در ترکیب بندی نقوش و ظرافت نقش، تنوع زیادی به چشم می‌خورد؛ دو نمونه از بزرگ‌ترین پنجره‌های مشابه (تصویر ۴) و همچنین دو نمونه اصلی مد نظر ما (تصاویر ۷ و ۹) از نزدیک مورد بررسی بصری قرار گرفتند تا شواهد فنی ساخت آن‌ها، ثبت و ضبط شود. این پنجره‌ها همه دارای ترکیب نقوش ریز و درشت با هم بودند. دو نمونه بررسی شده پنجره‌های شیشه‌دار به شکل طاق تیزه‌دار بودند که ابعاد متفاوتی داشتند. یکی از پنجره‌ها ۸۶ سانتی‌متر طول (به همراه قاب چوبی) و ۷۶ سانتی‌متر تا نوک تیزه ارتفاع داشت و ضخامت لایه گچ در آن ۳/۵ سانتی‌متر بود. ابعاد پنجره دوم: طول پایه ۱۲۹ سانتی‌متر، ارتفاع ۹۴ سانتی‌متر و ضخامت ۳ سانتی‌متر بود. این دو پنجره، از بنا یا بناهایی تخریب شده و نامعلوم در اصفهان جدا شده و به صورت اضطراری به اداره میراث فرهنگی

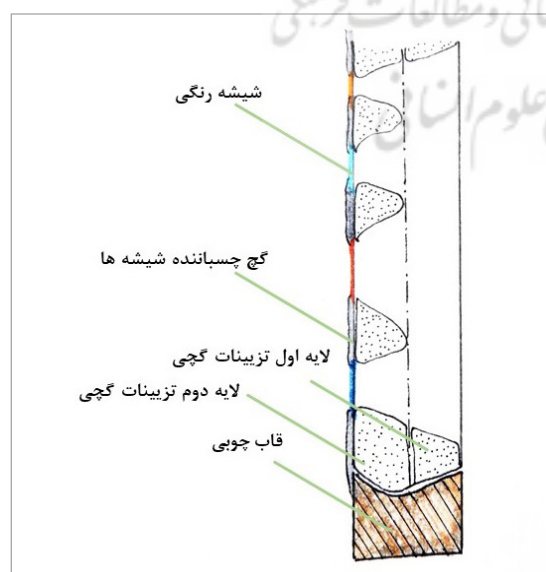
نتیجه‌گیری در مورد احتمال افزودن مواد آلی به گچ در هر لایه، بررسی‌های فنی و نمونه‌برداری برای شناسایی مواد و فن اجرا در مورد همین دو نمونه آخر انجام گرفته است. البته علاوه بر بررسی فنی و آزمایشگاهی نمونه‌ها، از نمونه‌سازی با گچ و شیشه و نیز مصاحبه با استادکاران گچ‌بر<sup>۵</sup> نیز برای دنبال کردن روش‌های اجرایی استفاده شده است که در ادامه نتایج این بررسی‌ها ارائه خواهد شد.

### پیشینه ثبت روش‌های اجرای مشبک شیشه‌دار

مطالعات معدودی در مورد نحوه اجرای مشبک‌های گچی در ایران منتشر شده است که در همه این منابع قرار دادن تکیه‌گاه موقت برای اجرای تخته گچی روی بدنه عمودی اولین مرحله از اجرا ذکر شده است

(مطیفی فرد، ۱۳۹۱؛ اصلانی، ۱۳۹۱ و Özakın, 2007).

"اصلانی" مراحل اجرا را چنین ثبت کرده است: آماده‌سازی تکیه‌گاه موقت، به کار بستن تمهیداتی جهت تقویت اتصال پنجره گچی در دهانه مورد نظر، آماده‌سازی ملاط گچ مناسب و اجرای اندود بر سطح تکیه‌گاه موقت، انتقال طرح مورد نظر بر روی اندود گچی، برش و تراش اندود در نواحی لازم بر اساس طرح، توقف عملیات تا گیرش نهایی ملاط یا خشک شدن اندود، برداشتن تکیه‌گاه موقت از پشت پنجره گچی (۱۳۹۱: ۳۲۷). البته در پنجره‌های شیشه‌دار، مرحله‌ای دیگر به اجرا افزوده می‌شود: «از نظر فنی ساخت پنجره‌های مشبک گچی که در ساختار آن‌ها از شیشه استفاده شده است مشابه با نمونه‌های بدون شیشه است، با این تفاوت اساسی که ... پس از اتمام عملیات گچ‌بری اقدام به چسباندن قطعات شیشه رنگی می‌کرده‌اند.» (اصلانی، ۱۳۹۱: ۳۳۲) واسطه اتصال شیشه به گچ، «خمیری است که از مخلوط کردن گچ نرم، گرد سریش و آب تهیه می‌شود.» (همان). در منبعی دیگر به استفاده از روغن برای آزاد کردن گچ از تکیه‌گاه موقت اشاره می‌شود: «گچ‌بری را بر روی شیشه یا یک سطح صاف انجام می‌دهیم و به منظور جدایش بهتر گچ‌بری از روی سطح زیرین خود بر روی آن روغن می‌زنیم.» (مطیفی فرد، ۱۳۹۱: ۷۶) همچنین متصل کردن شیشه‌ها آخرین مرحله دانسته شده است: «در گذشته برای چسباندن شیشه‌های رنگی از گچ و سریش استفاده می‌شده است ولی اکنون از چسب سیلیکونی استفاده می‌شود.» (همان: ۷۷). به نظر می‌رسد در تمام این موارد به نمونه‌هایی اشاره شده که شیشه در آن به عنوان آخرین لایه پشت پنجره دیده می‌شود و شبیه نمونه‌ای که در کاوش‌های نیشابور یافت شده، شیشه در میان دو لایه گچ قرار گرفته، نیست.



تصویر ۶. مقطع شماتیک پنجره‌های شیشه‌دار تاریخی دولایه براساس مشاهدات پژوهش (نگارندگان)



پیوستگی بیشتری ایجاد شود (تصویر ۸، الف). این پیوستگی شاید هنگام انتقال و نصب پنجره اهمیت بیشتری داشته است. ج. گچ تزیینی در پنجره‌های پرکارتر و با نقوش ریزتر (پنجره مربوط به درب امام، بیت‌لحم، ورامین و دو پنجره مورد بررسی در این پژوهش) در دو سطح: بیرونی (اول) و درونی و چسبیده به شیشه (دوم) دیده می‌شوند و بنابراین اصطلاح "شیشه‌دار دولایه" برای این مشبک‌ها پیشنهاد می‌شود. لایه بیرونی، بازوهای ضخیم‌تر مشبک و لایه داخلی، نقوش توری و ریزبافت را در بر دارند. در بخش‌هایی که لایه اول فروریخته، سطح صاف و مجزای لایه دوم دیده می‌شود (تصویر ۸، ب). د. در دو نمونه بررسی شده و نیز در پنجره‌های بیت‌لحم و نمونه‌هایی دیگر همچون مشبک‌های گچی مجموعه شیخ صفی و البته در نمونه‌هایی که در برخی نگاره‌های ایرانی وجود دارند (تصویر ۳، الف و ب)، نقوش بزرگ دایره‌ای دور یا میان پنجره دیده می‌شوند. با بررسی این دایره‌های منظم از نزدیک، اولاً این نقوش در بالاترین سطح گچ (هم‌تراز قاب چوبی) هستند و همچنین روی این دایره‌ها از سمت داخل اثر دایره دقیقی که با پرگار نقر شده به چشم می‌خورد (تصویر ۷، ب). درون این دایره‌ها یا شیشه‌های بزرگ (به تصویر عدسی و مشابه

اصفهان منتقل شده بودند. یکی از دو پنجره، آسیب بیشتری دیده بود و نمونه دوم (تصویر ۹)، سالم‌تر بود. برای حفاظت لایه‌های ظریف گچی در مقابل آسیب بیشتر یک لایه گونی از پشت به گچ چسبانده شده بود (تصویر ۸، الف). در مورد دو پنجره هیچ‌گونه مستندات دیگری در دست نبود و تنها از نظر تاریخی به دوره صفوی منسوب شده بودند. مهم‌ترین این بررسی‌ها و مشاهدات به این شرح است:

الف. نمونه‌های شیشه‌دار بررسی شده قابی چوبی به صورت کلافی دور پنجره دارند (تصویر ۷، الف). این کلاف چوبی اگرچه در نمونه‌های مشابه با اندازه بزرگ همچون پنجره بیت‌لحم، امامزاده یحیی در ورامین و درب امام وجود دارد، اما در نمونه‌های کوچک‌تر دیده نمی‌شود. سطح کلاف چوبی هم‌سطح بیرونی‌ترین لایه گچی سطح پنجره است و می‌توانسته به صورت تراز ارتفاعی برای تنظیم سطح گچ موقع ریختن و صاف کردن ملاط استفاده شده باشد (تصاویر ۷ و ۸).

ب. کلاف چوبی در مرحله ساخت اثر نقش مهمی داشته و به‌عنوان نگه‌دارنده برای بخش گچی استفاده می‌شده است. وجود یک فرورفتگی ناودانی به دور بخش گچی داخل قاب چوبی، نشان می‌دهد که سعی بر آن بوده بین این دو قسمت



تصویر ۷. جزئیات مشخص روی پنجره گچی: قاب چوبی متصل به گچ (الف)، دواپر نقر شده با پرگار روی سطح لایه دوم (ب) و ملاط بین شیشه‌ها در قسمت فروریخته مشبک (ج)



تصویر ۸. جزئیات پنجره گچی از مقطع: (الف) سطح فرورفته قاب چوبی برای اتصال بهتر گچ، عدم وجود چوب یا آرماتور درون بازوهای گچی، (ب) دولایه مجزای زیر و رو در بخش شکستگی و تخلخل و حباب تصویر گرفته در گچ رویی

روغن برای برداشتن راحت تر گچ از روی سطح عمودی و نیز برای شناخت نحوه عمل آوری گچ در مراحل مختلف اجرا (در لایه‌های اول و دوم) انجام گرفت. در برداشت نمونه، سعی بر آن بود که لایه مغز گچی برداشته شود و از سطح سیاه پنجره‌ها مواد آلی وارد آزمون نشود تا بتوان مواد آلی افزوده به گچ را حین آماده‌سازی شناسایی کرد.

#### الف. مواد و روش‌ها

آزمون‌ها بر روی ۱۰ نمونه از نقاط شکسته بخش‌های مختلف دو پنجره انجام شدند. از آنجاکه که هدف، مشاهده تفاوت ترکیبات در لایه‌های مختلف پنجره‌ها بود، نمونه‌ها از هر دو لایه گچ و نیز ملاط اتصال دهنده شیشه در هر دو پنجره برداشته شد و در مجموع، ۱۰ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت (تصویر ۹). آزمون‌های شیمی‌تر با سه تست پروتئین (با معرف نین‌هیدرین)<sup>۸</sup>، مواد قندی (مولیش با معرف ۱، نفتول)<sup>۹</sup> و مواد روغنی با متیل بنفش<sup>۱۰</sup> براساس بررسی‌های پیشین منتشرشده انجام گرفت.<sup>۱۱</sup> آزمایش طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوری به دستگاه Thermo Nicolet spectrometer Nexus ۴۷۰، در آزمایشگاه دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان با ۳۲ اسکن به دو صورت: FTIR و ATR-FTIR، انجام شد که در روش دوم، نتایج حاصل از مواد استخراج شده بهتر مشاهده شد. استخراج مواد روغنی از نمونه‌ها با قرارگیری نمونه در تری کلرواتیلن و استخراج چندباره برای تغلیظ انجام گرفت.<sup>۱۲</sup> قدرت تفکیک دستگاه در تمام نمونه‌ها  $4\text{ cm}^{-1}$  است و طیف در حالت جذب و در محدوده  $400\text{ cm}^{-1}$  تا  $4000\text{ cm}^{-1}$  بوده است. آنالیز به شیوه پراش اشعه ایکس<sup>۱۳</sup> در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان با دستگاهی از شرکت Bruker آلمان مدل D8 ADVANCE، انجام شد. آنالیز طیف‌سنجی فلورسانس اشعه ایکس<sup>۱۴</sup> در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان با دستگاه مدل S4 PIONEER از شرکت Bruker آلمان، انجام شد. بررسی با میکروسکوپ الکترونی روبشی میدانی<sup>۱۵</sup> با میکروسکوپ الکترونی مدل Bruker QUANTA FEG 450 ساخت آمریکا، در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد.

#### ب. نتایج آزمون‌ها

##### ۱. کاربرد مواد آلی در لایه‌های مختلف

نتایج آزمون‌های شیمی‌تر مطابق جدول ۱ ارائه شده است که نشان می‌دهد آزمون مولیش تمام نمونه‌های برداشت شده از لایه‌های مختلف به جز لایه دوم هر دو پنجره، با تشکیل حلقه‌ای بنفش - صورتی همراه بوده است. البته در نمونه مربوط

کف ظرفی شیشه‌ای) نصب شده و یا نقوش ریز تورباف (در لایه‌ای فروتر) اجرا شده است.

ه. داخل دایره‌های بزرگ گچی در لایه اول دالبرهایی مثل اثر برش دیده می‌شوند که گاه مثل نمونه بیت‌لحم ( و نگاره تصویر ۳، ب)، درشت‌تر و گاه مثل دو نمونه مورد بررسی در این پژوهش، نقوش تورباف در آن‌ها ریزتر بریده شده است (تصویر ۷، الف و ب).

و. در بخش‌های شکستگی گچ می‌توان دید که در مغز دو لایه گچ هیچ آرماتور یا تقویت کننده‌ای وجود ندارد. همچنین لایه بیرونی، تخلخل و حفرات بزرگ‌تری نسبت به گچ لایه درونی دارد (تصویر ۸، ب).

ز. آخرین لایه تزئینی پنجره‌های گچی را شیشه‌های رنگی تشکیل می‌دهند که در نمونه‌های بررسی شده پنجره از پشت کاملاً تخت است و شیشه‌ها با ملاط گچ به مشبک می‌چسبند. هر جا لایه تزئینات از روی شیشه‌ها فروریخته، سطحی صاف باقی مانده که همچون ماده‌ای خمیری بین شیشه‌ها قرار داشته است (تصویر ۷، ج).

ح. بنابر نتایج بررسی انجام شده روی دو نمونه مربوط به اداره میراث فرهنگی اصفهان، لایه‌نگاری این نوع از مشبک‌های گچی شیشه‌دار قابل ترسیم است (تصویر ۶).

#### شناسایی مواد نمونه‌ها

تأثیر کندگیرکننده مواد آلی همچون چسب‌های حیوانی بر گچ جهت داشتن فرصت بیشتر نقش‌اندازی هنگام اجرای تزئینات معماری، از گذشته دور شناخته شده است؛ و در پژوهش‌های جدید نیز تأثیر آن بر مقاومت گچ‌بری در برابر آب و نیز کندگیر کردن گچ مشخص شده است. (Elert et al., 2019). همچنین مشخص شده که علاوه بر طولانی کردن زمان گیرش، چسب حیوانی موجب افزایش مقاومت خمشی گچ و کاهش مقاومت فشاری آن خواهد شد (Salavessa et al., 2013:866). در نمونه‌های دیگر، وجود مواد آلی همراه با گچ در آثار نقاشی قرن شانزدهمی با طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوری<sup>۶</sup> بررسی شده و اعداد موجی مربوط به روغن‌ها و پروتئین‌ها در بستری همراه با گچ ارائه شده‌اند (Melo et al., 2014). با نظر به این پیشینه پژوهش، پس از بررسی دقیق لایه‌بندی نمونه‌ها و با صحبت و مصاحبه با استادکاران گچ‌بر<sup>۷</sup> در مورد نحوه ساخت مشبک‌های شیشه‌دار، از بخش‌های آسیب‌دیده پنجره‌های در دسترس نمونه‌برداری شد تا آزمایش‌هایی روی آن‌ها انجام گیرد. آزمایش‌های شناخت مواد بیشتر به قصد پاسخ به پرسش‌هایی در مورد کاربرد مواد آلی بر کندگیر کردن گچ در مراحل مختلف و البته کاربرد

دیده شد (تصویر ۱۰). البته در بررسی‌های پیشین وجود پیکی پهن در حدود  $1130\text{ cm}^{-1}$  و  $1200\text{ cm}^{-1}$  و قله تیز در حدود  $670\text{ cm}^{-1}$  نیز مربوط به پیوندهای گچ (S=O) و (S-O) دانسته شده است (Melo et al., 2014: 523) که با شدت و ضعف متفاوت در تمام نمونه‌ها به چشم می‌خورند. همان‌طور که از نتایج برداشت می‌شود، در ماده استخراجی از تمام نمونه‌ها پیک‌های شاخص روغن دیده می‌شود که البته در هر دو نمونه حاصل از لایه اول (سطح) پنجره‌ها پیک پهن مربوط به گچ به‌طور شاخصی در حدود  $1130\text{ cm}^{-1}$  خود را نمایان ساخته است. احتمال دارد این روغن به‌واسطه نحوه اجرا روی یک بدنه تخت ایستاده به‌عنوان عامل جداکننده<sup>۱۶</sup> در لایه‌های زیرین و نیز به‌عنوان ضدآب‌کننده در سطح دو پنجره به کار رفته باشد. چنانچه در سطح هر دو پنجره لایه ضخیم سیاه‌رنگی به‌طور یکدست دیده می‌شود.

به گچ بین شیشه‌ها با نظر به احتمال کاربرد سریش، انتظار این نتیجه می‌رفت. اما در دیگر نمونه‌ها کاربرد ماده قندی مورد انتظار نبود. آزمون پروتئین در هیچ کدام از نمونه‌ها و هیچ لایه‌ای مثبت نبود. البته به‌دلیل محلول شدن گچ هنگام استخراج پروتئین‌ها و تداخل در طیف حاصل، ترجیح بر آن بود که برای تشخیص پروتئین بر آزمون شیمی‌تر تأکید شود. از آنجاکه تشخیص دقیق نتیجه مثبت در آزمون متیل بنفش برای نمونه‌ها مشکل بود، بیشتر بر نتایج آزمون FTIR در مورد روغن‌ها تکیه شد. قله جذب مربوط به پیوند کربونیل مربوط به عدد موجی حدود  $1710\text{ cm}^{-1}$  به‌همراه دو قله جذبی بین  $2930\text{ cm}^{-1}$  و  $2920\text{ cm}^{-1}$  که در منابع پیشین نشانه گروه‌های متیل ( $\text{CH}_2$ ) و گروه‌های متیلن ( $\text{CH}_2$ ) کششی در اسیدهای چرب مربوط به روغن‌های خشکانه دانسته شده است (Melo et al., 2014: 520-525) و (Aksamija et al., 2019: 78) در طیف تمامی لایه‌های مورد بررسی



تصویر ۹. طرح آسیب‌نگاری یکی از دو پنجره مشبک گچی مورد بررسی و محل و شماره نمونه‌های برداشت‌شده (دو نمونه از لایه اول، دو نمونه از لایه دوم و یک نمونه از ملاط بین شیشه‌های رنگین)



## ۲. نحوه عمل آوری گچ برای ساخت مشبک

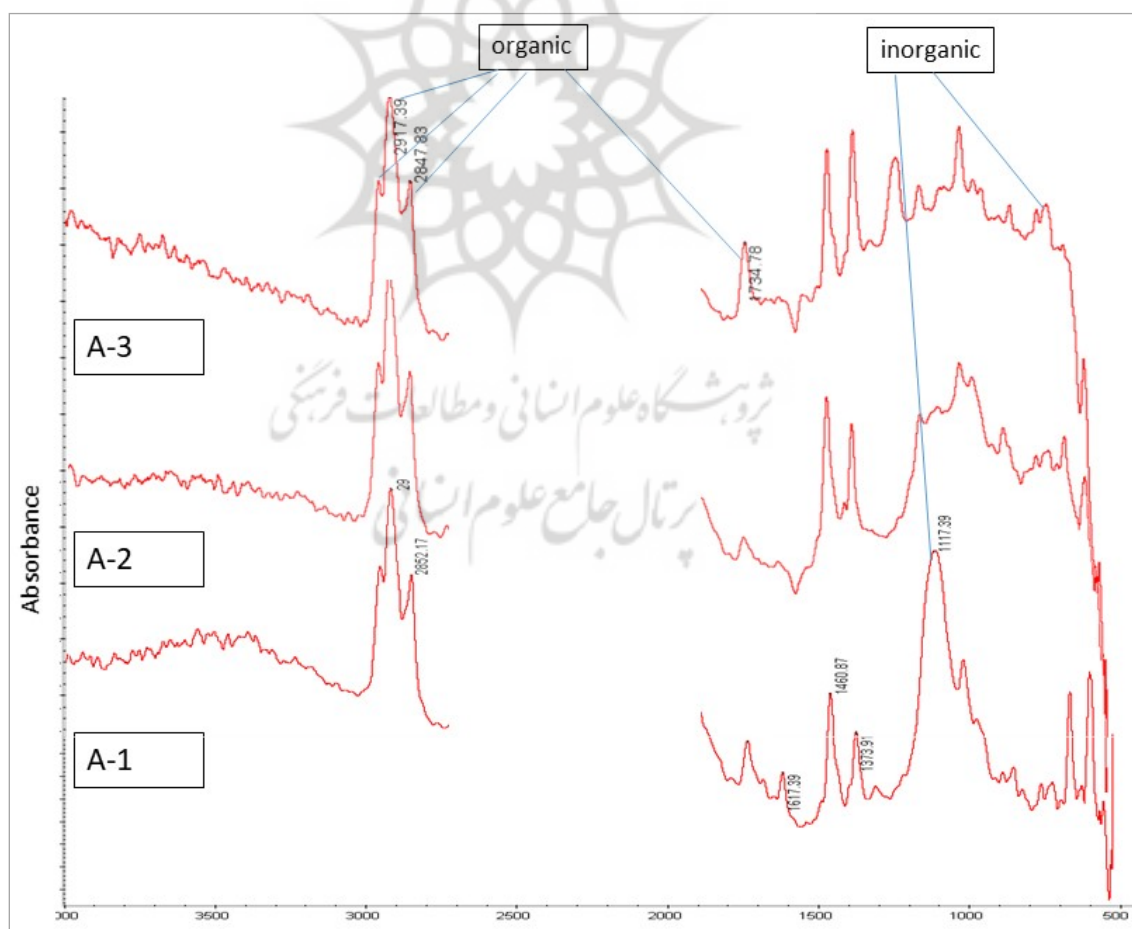
و سطوح کاملاً شکل یافته در ریزساختار گچ وجود دارد که استفاده نشدن از گچ کشته را نشان می‌دهند. گرچه تصاویر ریزساختار نشان‌دهنده رشد مناسب بلورهاست اما تخلخل و فضای خالی بین بلورها زیادتر است؛ که نشان می‌دهد ملاط

با بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی، می‌توان چنین تفسیر کرد که تمام نمونه‌ها دارای مواد آلی در ساختار خود هستند. در هر دو لایه، بلورهایی با لبه‌ها

جدول ۱. نتایج آنالیز شیمی تر نمونه‌های استخراج شده از لایه‌های مختلف دو پنجره

پنجره / محل نمونه برداری	آزمون مولیش	آزمون نین هیدرین	آزمون متیل بنفش
۱ / لایه اول	+	-	+
۱ / لایه دوم	+	-	+
۱ / لایه ملاط بین شیشه‌ها	+	-	+
۲ / لایه اول	-	-	+
۲ / لایه دوم	-	-	-
۲ / لایه ملاط بین شیشه‌ها	+	-	+

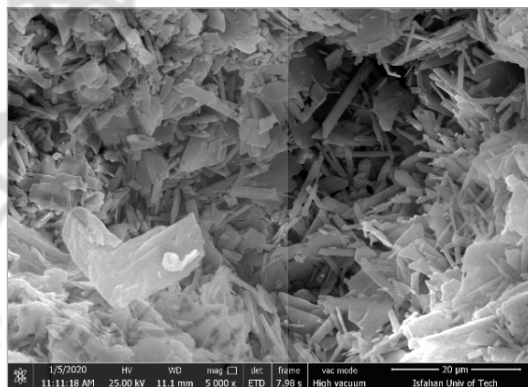
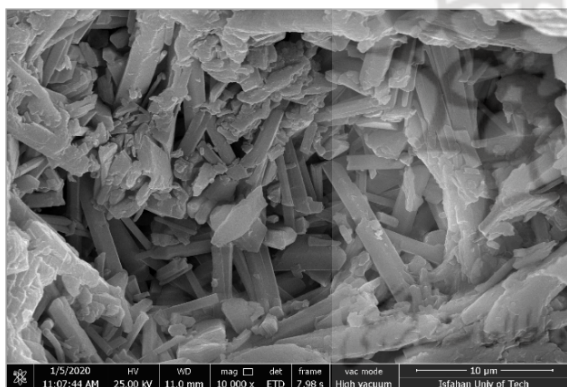
(نگارندگان)



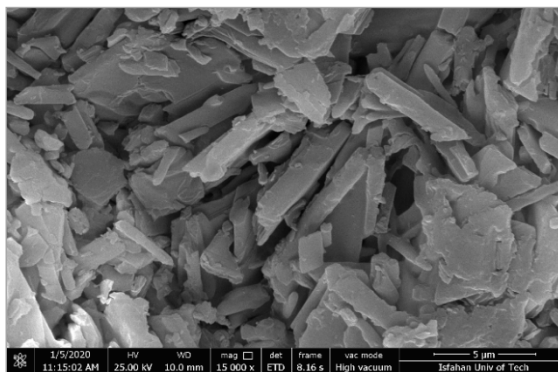
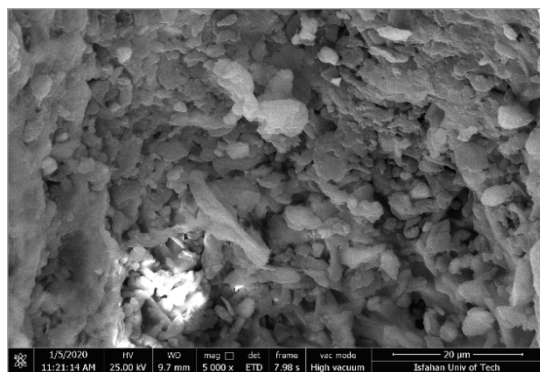
تصویر ۱۰. طیف ATR-FTIR ماده استخراجی با تری کلرواتیلن از نمونه گچ پنجره شماره ۱ لایه اول (پائین)، لایه دوم (وسط) و ملاط بین شیشه‌ها (بالا) که تشابه زیادی را بین لایه‌ها نشان می‌دهد. بخش‌های مربوط به ماده آلی (احتمالاً روغن) و گچ در نمونه‌ها با نظر به منابع پیشین مشخص شده است. به دلیل شباهت طیف حاصل از دو پنجره، نتایج یکی از پنجره‌ها به نشانه کل نتایج، ارائه شده است.

در آنالیز فازی ترکیب اصلی گچ دو پنجره‌ای که نمونه‌برداری شده‌اند، مشابه است و در هر چهار نمونه فاز انیدریت  $\text{CaSO}_4$  دیده می‌شود. با بررسی میانگین درصد وزنی در پنج آنالیز نقطه‌ای مربوط به عناصر جزئی موجود در نمونه گچ شماره یک و مقایسه با میانگین مربوط به طیف‌سنجی فلورسانس اشعه ایکس نقاط دیگر نمونه‌های بررسی شده قبلی،<sup>۱۸</sup> شباهتی بین عناصر با نمونه‌های دیگر برداشت شده از پنج نمونه دیگر از گچ‌های اصفهان به‌خصوص پنجره گچی بیت‌لحم دیده نمی‌شود و این نشان‌دهنده تعلق گچ به معدنی متفاوت از معادن گچ معمول اصفهان بوده است. به‌طور خاص، دیگر گچ‌های آنالیز شده در منطقه اصفهان دارای میزان قابل توجهی عنصر آهن در ساختار خود هستند که در نمونه مورد نظر، آن میزان آهن دیده نمی‌شود. البته رنگ سفید و خاص گچ در پنجره مورد نظر نیز از همین موضوع حکایت می‌کند.<sup>۱۹</sup>

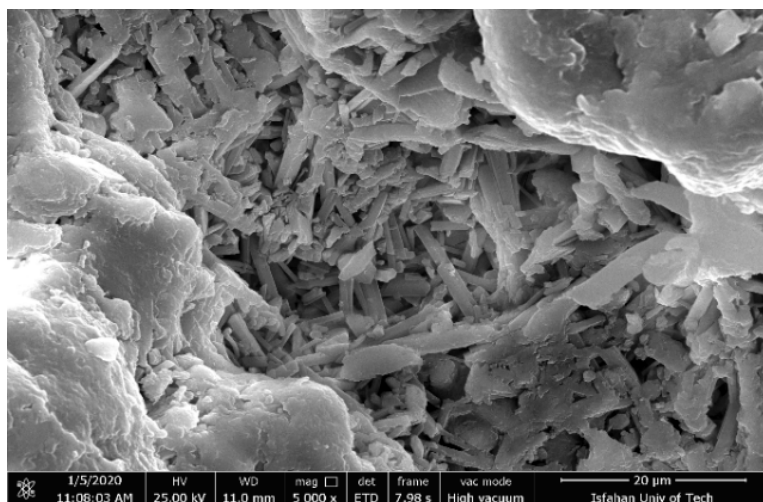
احتمالاً آب زیادتری داشته و توده‌های مجزای بلور از هم فاصله گرفته‌اند، ولی تغییر شکل یا گرد شدن بلورها را نمی‌توان مشاهده کرد. نکته دیگر این‌که در تصاویر میکروسکوپی مواد آلی روی بلورها قرار دارند<sup>۱۷</sup> (تصویر ۱۳)؛ و از این تصاویر نمی‌توان نتیجه گرفت که از مواد افزودنی در اختلاط با گچ استفاده شده است، اگرچه در نتایج آزمون‌های دیگر وجود مواد آلی دیده می‌شود. اما در تصاویر این لایه، گچ زیر لایه محافظ ماده آلی پنهان شده است. در لایه اول یعنی لایه سطحی، ریزساختار گچ ساختار متراکم‌تری نسبت به لایه دوم دارد و نیز در این لایه، بلورهای گچ زیر مواد آلی قرار دارند. با توجه به تزیینات و شیوه برش و طرح‌اندازی می‌توان گمان کرد که لایه رویی نرم بوده و راحت‌تر بریده شده تا به لایه بعدی برسد. در هر دو لایه، بلورهای سوزنی‌شکل در ساختار مشاهده می‌شود که در لایه دوم یعنی لایه تزیینات ظریف، تخلخل و فضای خالی بین بلورها بیشتر است.



تصویر ۱۱. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار گچ لایه اول پنجره شماره دو با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر (الف)، لایه دوم پنجره شماره دو با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰۰ برابر (ب)



تصویر ۱۲. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار گچ لایه اول پنجره شماره یک با بزرگ‌نمایی ۱۵۰۰۰ برابر (الف)، لایه دوم پنجره شماره یک با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر (ب)



تصویر ۱۳. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار گچ لایه دوم پنجره شماره دو با بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر و وجود ماده‌ای که سطح بلورهای گچ را پوشانده است.

۵۲

جدول ۲. نتایج آنالیز عنصری XRF گچ پنجره مشبک گچی ۱ در مقایسه با چهار نمونه دیگر از تزیینات گچی و گچ امروزی پاکتی در اصفهان براساس منابع پیشین

Total	CaO	SrO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	نام نمونه
۷۹,۵	۳۱,۹	۰,۴	۰,۱	۰,۷	۱,۶	۴۴,۸	پنجره گچی مورد نظر
۷۳,۹۲	۲۹,۹۳	۱,۱۴	۰,۱۵	۰,۸۱	۴,۰۷	۳۴,۶۱	پنجره گچی کلیسای بیت لحم
۷۵,۲۰	۳۳,۸۵	۰,۹۳	۰,۰۶	۰,۸۵	۲,۹۱	۳۶,۸۳	عالیپقاپو
۷۴,۳۵	۲۶,۳۶	۵,۷۵	۰,۰۶	۰,۵۹	۲,۴۱	۳۶,۸۹	مسجد گار
۷۶,۶۳	۳۱,۴۷	۱,۱۵	۰,۱۰	۱,۰۱	۴,۱۴	۳۵,۱۹	خانه داوید
۷۳,۵۸	۳۳,۴۵	۰,۷۵	۰,۰۷	۱,۰۲	۳,۳۹	۳۵,۳۴	گچ اصفهان پاکتی

(Holakooei et al., 2020)

ژوبشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

## نتیجه گیری

با در نظر گرفتن مشاهدات و آزمون‌ها می‌توان درباره یافته‌ها در مورد شیوه اجرای مشبک دو لایه شیشه‌دار به این نتایج رسید: نمونه‌های بررسی شده این نوع مشبک با کمک قاب چهارچوبی اجرا شده‌اند. البته این به معنای آن است که قاب می‌توانسته جداگانه پس از اجرا به بنا متصل شود. اگرچه از طریق آزمون‌های شیمی‌تر و طیف‌های مادون قرمز وجود مواد آلی در گچ لایه‌های مختلف اثبات می‌شود اما به دلیل وجود لایه سیاه شده ماده آلی روی کل سطح پنجره که احتمالاً نقش ضدآب‌کننده دارد، احتمال دارد میزانی از این ماده به گچ لایه‌های مختلف نفوذ کرده باشد. در سطح پشتی پنجره نیز مواد روغنی می‌توانند به عنوان عامل آزادکننده و روی سطح تزیینات به عنوان ضد رطوبت یا تثبیت‌کننده به کار گرفته شده باشند. پوشش روی سطح در مواردی مانند پنجره درب امام و بیت لحم به صورت پوشش رنگی غلیظ (قرمز اخراپی) اجرا شده است. در اجرای پنجره وجود دو لایه مجزای گچ به چشم می‌آید که یک مرحله کاربرد اندود گچ بر آب بر روی تکیه‌گاه پشتی (احتمالاً چوبی) و سپس کاربرد اندود لایه دیگری به صورت کم‌آب‌تر (با در نظر گرفتن تراز سطح قاب چوبی) بوده است. نقوش اصلی بازوهای ضخیم سپس با پرگار و خط کش روی گچ انداخته شده و برش خورده‌اند. پس از برداشتن لایه رویی و در حالی که گچ پر آب اول، برای نقش‌اندازی حاضر بوده، طرح گرت‌ه شده و یا به صورت فی‌البداهه با سوراخ کاری روی گچ زیرین اجرا شده است. پس از اتمام شکل‌دهی



به گچ، تکیه‌گاه پشتی برداشته شده و شیشه‌ها از پشت مطابق طرح با ملاط دارای چسب به بدنه چسبانده شده‌اند. در پایان، ملاط اضافی از روی لایه شیشه پاک شده و پنجره در جای خود محکم می‌شده است.

## سپاسگزاری

نگارندگان از کمک و یاری استادکاران و پژوهشگران: دکتر پرویز هلاکویی، دکتر مسلم میش مست، دکتر حامد صیادشهری، استاد محسن مدرسی و استاد مرتضی مطیفی فرد قدردانی می‌کنند.

## پی‌نوشت

۱. برای چنین بحثی در مورد پنجره‌های گچی مشبک نگاه کنید به (Oliver, 2003:205-7) و بحث در مورد پنجره‌های موسوم به تخریم (تورباف) در یمن.
۲. برای بحث درباره نمونه‌های این پنجره‌ها در سراسر ایران همچون خانه‌های مستوفی، طبعی و باغ خان در بشرویه، امامزاده شاهولی تفت تا نمونه‌های ساده‌تر در میبد و ساغند و بزد در منطقه بزد، پنجره شیشه‌دار بقعه سیدمحمد افضلی در تفرش، نمونه‌های ساده‌تر در شاه‌کرم، لودریچه، شاه‌طور تا پیچیده‌ترین نمونه‌ها در درب امام، کلیسای بیت‌لحم و همچنین انواع دیگری در کاشان (بازسازی شده در خانه طباطبایی‌ها، آل یاسین، بروجردی‌ها) و نائین (خانه پیرنیا) اصفهان، نگاه کنید به: سبحانی، افسانه (۱۳۹۹). شناخت فنی پنجره‌های گچی شیشه‌دار برای یافتن روش بازسازی (بررسی موردی پنجره مشبک گچی متعلق به پژوهشکده میراث فرهنگی اصفهان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان (منتشر نشده)، ۳۶-۱۵.
۳. در منابع پیشین این شیشه‌ها را به دلیل فرورفتگی میان‌شان به نام شیشه‌های نافی (Navel glass) یا شیشه‌های عدسی شکل (crown glass) خوانده می‌شدند.
۴. نگاه کنید به نمونه‌های مصری موجود در این موزه‌ها:

<http://islamicart.museumwnf.org>

<https://collections.vam.ac.uk/item/O117365/window-unknown/>

<https://collections.vam.ac.uk/item/O117373/window-unknown/>

<https://collections.vam.ac.uk/item/O115021/window-unknown/>

۵. مصاحبه و گفتگو با آقای محسن مدرسی، مشهد، ۱۳۹۸ و آقای مرتضی مطیفی فرد، اصفهان، ۱۳۹۸.
6. Fourier-transform infrared spectroscopy.
۷. نک: پانویست شماره ۶.

8. Ninhydrin (2,2-dihydroxyindane-1,3-dione) (Merck®).

9.  $\alpha$ -naphthol (Acros Organics®).

10. Methyl violet (Merck®).

۱۱. آزمون‌ها براساس این منبع انجام شدند:

Odegaard, N., Carroll, S., & Zimmt, W. S. (2005). Material characterization tests for objects of art and archaeology. Archetype: second edition.

۱۲. چهاربار استخراج در هر نمونه و هر بار به مدت ۴۸ ساعت انجام گرفت. در همه مورد دقت شد که گچ از درون ویال حاوی نمونه به ماده استخراجی وارد نشود.

13. X-Ray Diffraction

14. X-Ray Fluorescence

15. Field Emission Scanning Electron Microscope

16. Release Agent

۱۷. مشاهده مواد آلی به کاررفته در ساختار گچ و تصاویر میکروسکوپ الکترونی از آن، نگاه کنید به: عباسیان و همکاران (۱۳۹۱). بررسی کاربرد تصاویر میکروسکوپ الکترونی در فن‌شناسی و آسیب‌شناسی ساختارهای گچی.

۱۸. برای نتایج مربوط به ۹ نمونه مربوط به آلودها و تزیینات گچی در اصفهان نگاه کنید به:

Holakooei, P., Karimy, A. H., Saeidi-Anaraki, F., Vaccaro, C., Sabatini, F., Degano, I., & Colombini, M. P. (2020). Colourants on the wall paintings of a mediaeval fortress at the mount Sofeh in Isfahan, central Iran. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102065.

۱۹. البته در منطقه اصفهان و به‌طور خاص در کوه صفا منابع گچی دارای میزان آهن کمتر نیز شناخته شده‌اند (نک: منبع زیرنویس

## منابع و مأخذ

- اصلانی، حسام (۱۳۹۱). "فن‌شناسی آرایه‌های گچی در معماری ایران دوران اسلامی"، رساله دکتری، مرمت اشیای تاریخی-فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان (منتشر نشده).
- عباسیان، میرمحمد؛ اصلانی، حسام و میش‌مست نهی، مسلم (۱۳۹۱). بررسی کاربرد تصاویر میکروسکپ الکترونی در فن‌شناسی و آسیب‌شناسی ساختارهای گچی، مجموعه مقالات هشتمین همایش حفاظت و مرمت اشیای تاریخی-فرهنگی و تزئینات وابسته به معماری، به کوشش: رویا بهادری، شهرزاد امین‌شیرازی، تهران: پژوهشگاه سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری، ۶۴۰-۶۳۵.
- کریمی، امیرحسین؛ هلاکویی، پرویز و کریمی، بهراد (۱۳۸۸). گزارش مطالعه و فن‌شناسی تزئینات کلیسای بیت‌لحم اصفهان. اصفهان: سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری اصفهان (منتشر نشده).
- گلمبک، لیزا؛ ویلبر، دونالد و آلن، تری (۱۳۷۴). معماری تیموری در ایران و توران. ترجمه کرامت‌الله افسر و محمدیوسف کیانی، تهران: سازمان میراث فرهنگی.
- مطیفی‌فرد، مرتضی (۱۳۹۱). احیای هنرهای از یادرفته. اصفهان: نقش مانا.
- موزه هنرهای معاصر تهران (۱۳۸۴). شاهکارهای نگارگری ایران. تهران: موزه هنرهای معاصر تهران، مؤسسه توسعه هنرهای تجسمی.
- میش‌مست نهی، مسلم (۱۳۸۵). تحلیل فن‌شناسی، "وضعیت حفاظتی و مدل‌سازی آسیب‌شناسی گچ‌بری‌های کوه خواجه"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان (منتشر نشده).
- Aksamija, Amra ; Nowik, W.; Lehuédé, P.; Le Hô, A. S.; Bormand, M.; & Bouquillon, A (2019). Investigation of organic additives in Italian Renaissance devotion stucco reliefs from French collections. *Journal of Cultural Heritage*, 39, 66-81.
- Attia, Ahmad S. (2020). Traditional multi-story house (Tower House) in Sana'a City, Yemen. An example of sustainable architecture. *Alexandria Engineering Journal*, 59(1), 381-387.
- Baykan, Ceren; Orbeyi, N & Yalcin, ve Selcan. (2007). Göbekli Cam Üretim Teknolojisi ve Mimaride Pencere Cami Olarak Kullanimi, *The Production Process and Architecture use of 'Crown Glass' as Window Glass*. Istanbul: Seres. 879-890.
- Derrick Michele R., Dusan C. Stulik, and James M. Landry. (1999). **Infrared Spectroscopy in Conservation Science**. United States of America: of the Journal of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic.
- Elert, Kerstin, Benavides-Reyes, C., & Cardell, C. (2019). Effect of animal glue on mineralogy, strength and weathering resistance of calcium sulfate-based composite materials. *Cement and Concrete Composites*, 96, 274-283.
- Holakooei, Parviz; Karimy, A. H.; Saeidi-Anaraki, F.; Vaccaro, C.; Sabatini, F.; Degano, I. & Colombini, M. P. (2020). Colourants on the wall paintings of a mediæval fortress at the mount Sofeh in Isfahan, central Iran. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102065.
- Melo, Helena. P.; Cruz, A. J.; Candeias, A.; Mirão, J.; Cardoso, A. M.; Oliveira, M. J. & Valadas, S. (2014). Problems of Analysis by FTIR of Calcium Sulphate-Based Preparatory Layers: The Case of a Group of 16th-Century Portuguese Paintings. *Archaeometry*, 56(3), 513-526.
- Middendorf, Bernhard. (2002). Physico-mechanical and microstructural characteristics of historic

- and restoration mortars based on gypsum: current knowledge and perspective. *Geological Society*, London, Special Publications, 205(1): 165-176
- Odegaard, Nancy, Zimmt, Werner S., Carroll, Scott.(2005). **Material Characterization tests for objects of Art and Archaeology**. Archetype: second edition.
  - Oliver, Paul (2003). **Dwellings, The Vernacular House worldwide**. London: Faidon.
  - Özakin, Rabia (2007). Traditional Turkish Gypsum Plaster Windows: Manufacture and Conservation, Meslek Yüksekokulu Restorasyon Programı, Maslak, *Istanbul* (in Turkish). 100.69:93-100.
  - Salavessa, Eunice, Jalali, S., Sousa, L. M., Fernandes, L., & Duarte, A. M. (2013). Historical plasterwork techniques inspire new formulations. *Construction and Building Materials*, 48, 858-867.
  - Wilkinson, Charles K. (1986). **Nishapur some early Islamic buildings and their decoration**. New York (the metropolitan of art).
  - [://islamicart.museumwnf.org/database\\_item.php?id=object;ISL;eg;Mus01;44;en=2019](http://islamicart.museumwnf.org/database_item.php?id=object;ISL;eg;Mus01;44;en=2019).
  - <https://asia.si.edu/object/F1946.12.59/#object-content>







Received: 2021/07/30

Accepted: 2022/06/13

## A Window made of Gypsum and Glass: Technical Heritage of making Stucco and Glass Latticeworks

### Abstract

3

Based on the archaeological evidence, making stucco and glass latticework windows in Iran dates back to the tenth century AD in Nishapur. One of the methods for making this kind of window is making two-layered perforated stucco with colorful glasses, which is the subject of the current study based on the analysis and observations of two historical stucco and glass windows preserved in the ICHTO office of Isfahan. The current study uses optical observation and laboratory tests on two cases of historical two-layered perforated stucco windows to characterize the method of work. Wet chemical tests, FTIR spectroscopy, FE-SEM and XRF analysis were used on the samples. Results showed the requirement of use of a wooden frame for more stability during forming in big size windows and starting the work on a rigid backing probably covered with oil as release agent. Two layers of gypsum mortar were used in this process, in which one of them was waterier and more mixed with an organic material to slow down the setting process. After pouring mortar and the first phase of setting, the stucco master used a compass to draw the main geometric lines. Then the first layer was removed and the master made finer motifs on the second layer inside the frames made by thicker arms of stucco. The last phase was adhering colorful glasses with a gypsum-adhesive paste on the back of perforated part after removing the rigid backing. Coating the window with oil to reduce the vulnerability of gypsum against humidity is a finishing process after setting of mortar. Evidence of oil was shown in FTIR analysis on the extracted samples.

**Keywords:** Stucco windows, Two-layered latticework, colorful glasses, Stucco, oil

---

*ahkarimy@gmail.com*