فصلنامه علمی مرمت و معماری ایران
سال سیزدهم، شماره سی و سوم، بهار ۱۴۰۲

نوع مقاله: پژوهشی
دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۰۸
پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۲۳
صفحات: ۵۶-۴۳
10.52547/mmi.320.14010323

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

افسانه سبحانی* امیرحسین کریمی**

چکیده

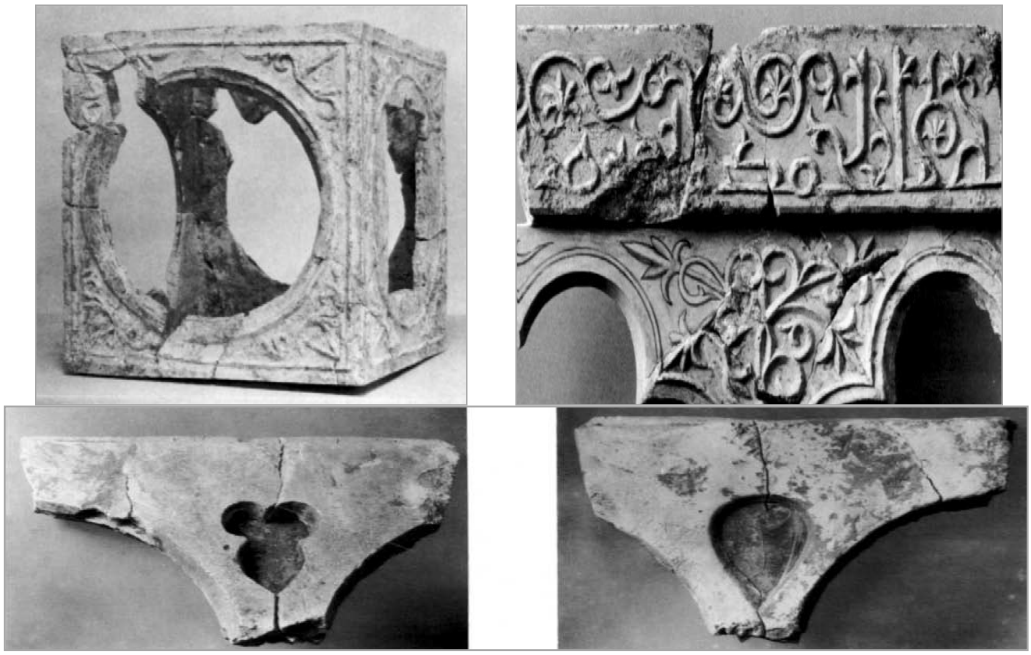
پژوهش حاضر با هدف شناخت فنی نوعی از پنجره‌های مشبک شیشه‌دار انجام شده که در بررسی‌های پیشین در مورد آن‌ها صحبتی نشده است و در واقع فرضیه‌های بیان شدهٔ قبلی برای روشن کردن شیوهٔ ساخت این نمونه‌ها کارآمد نیست. بنابر شواهد فنی به دست‌آمده در متن حاضر، این پنجره‌ها مشبک دولایهٔ گچی نام‌گذاری شده‌اند. پنجره‌های 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 پنجرهٔ 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 ادارهٔ 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 لایهٔ بزرگ از قابی چوبی برای استحکام‌دهی در حین ساخت استفاده می‌شده و کار بر روی یک تکیه‌گاه صلب روغن‌خورده انجام می‌شده است. دو لایهٔ 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 لایهٔ دومی برسند. نقوش ظریف‌تر سپس با سوراخ‌کاری در گچ دوم اجرا می‌شدند و مرحلهٔ 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 لایهٔ روغنی برای کم کردن حساسیت بدنهٔ گچی نسبت به رطوبت بر روی کل پنجره زده می‌شد.

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

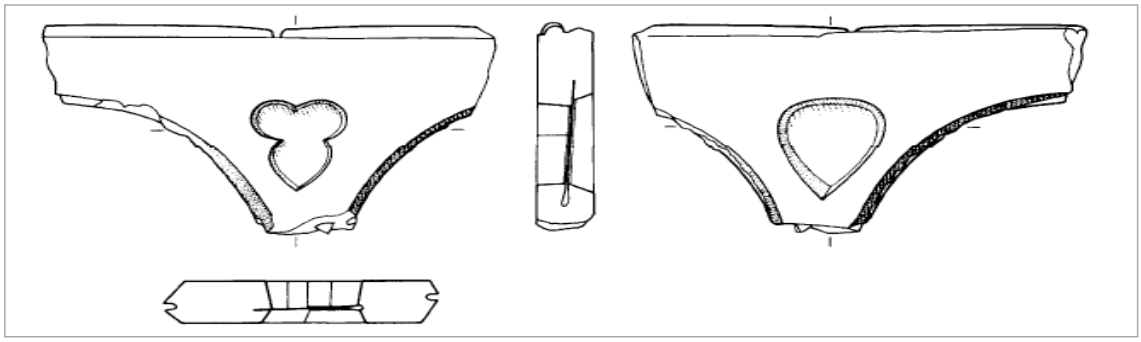
* کارشناس‌ارشد، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.
** دانشیار، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول). ahkarimy@gmail.com

مقدمه و پیشینه پژوهش

ساخت روزن‌های مشبک گچی با شیشه‌های رنگی و یا 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.[۱] پراکندگیِ این نوع از پنجره‌های گچی در سرتاسر فلات و در سکونتگاه‌های کوچک و بزرگ پیرامون کویر مرکزی ایران، نشان از سنت ساختمانی ریشه‌دار و مرسومی دارد که از شمال خراسان گرفته تا منطقهٔ یزد، شوشتر و بهبهان، تفرش و از اردبیل (نمونه‌های شاخص مجموعهٔ شیخ‌صفی) و ورامین گرفته تا اصفهان و روستاهای پیرامون آن دیده می‌شود.[۲] یافتن سابقهٔ فنی ساخت این شبکه‌ها چندان آسان نیست اما با جست‌وجوی منابع باستان‌شناختی نمونه‌های مشبکِ گچی مکشوفه از کاوش‌های نیشابور دیده می‌شوند. در این کاوش‌ها یافتهٔ 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 دارایِ نقش برجسته در کاوش‌های تپه‌مدرسه، تپه سبزپوشان، قنات‌تپه، روستاتپه و تپه‌تاکستان کشف شد که ازنظر باستان‌شناس به قابِ 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 شبکهٔ 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 مدرسهٔ نیشابور همراه مقطع تزیینات (Wilkinson,1986;150) که نشان از قرارگیری شیشه میان دولایه گچ دارد.

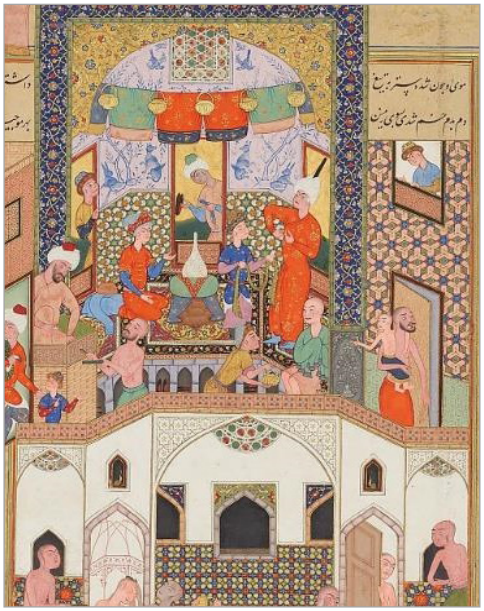
(Wilkinson,1986:150-153). این قطعهٔ مشبک دارای شیشهٔ سبز است و پیشینهٔ این گونه تزیین را در ایران نشان می‌دهد. تکه‌های شیشه به رنگ‌های مختلف در کاوش‌های بناهای مختلف دورهٔ تیموری همچون مقبرهٔ شیخ جمال‌الدین در آنو (ترکمنستان امروزی) و مجموعهٔ شاه‌زنده در سمرقند (ازبکستان امروزی)، نیز به دست آمده است (گلمبک و دیگران، ۱۳۷۴: ۱۸۸). درمجموع، 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 سابقهٔ 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 تصویرشده 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 توربافت‌های ریز در نگاره‌های دوره‌های تیموری و صفوی دیده می‌شوند (تصویر۳، ب). نحوهٔ نمایش متفاوت نرده‌های چوبی بنا (به رنگ قهوه‌ای) و سفیدی پنجره‌ها در این نگاره، نشان‌دهندهٔ استفاده از گچ برای ساخت این پنجره‌ها و نورگیرهاست.

نقاشی‌های دوره تیموری کاربرد وسیع شیشه‌های رنگین را در پنجره‌های مشبک گچی نشان می‌دهند (تصویر۳، الف). "گلمبک" نیز به نقاشی‌های دورهٔ تیموری و نیز پیدا شدن قطعات شیشه‌ای رنگی از برخی اماکن همان دوره همچون عشرت‌خانه و مجموعهٔ شاه‌زنده در سمرقند اشاره می‌کند و نتیجه می‌گیرد که کاربرد شیشهٔ 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 شاهنامهٔ بایسنقری و هفت‌اورنگ جامی (تصویر۳) نشان از سابقهٔ 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 سابقهٔ 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)[۳] با نقوش ریز که در این نگاره‌های ایرانی دیده می‌شود (مثال:



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

تصویر۳)، در مسجدالاقصی و در بناهای ترکیه نیز به چشم می‌خورد (Baykan et al.; 2007)؛ و ازاین‌نظر 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 تاریخیِ خارج از ایران که در موزه‌ها نگهداری می‌شوند، به‌همراه شیشه‌های رنگی اجرا شده‌اند. برخی نمونه‌های مصری[۴] دارای نقوش هندسی و گیاهی هستند (تصویر۵) که نحوهٔ اجرا در آن‌ها با نمونه‌های دارای نقوش درشت‌تر در دیگرکشورهای اسلامی، همچون نمونه‌های یمنی موسوم به قمریه، متفاوت است (Attia, 2020).

پرسش‌های پژوهش

فن اجرای خاص پنجره‌های شیشه‌دار دولایه (ترکیب نقوش هندسی بزرگ و نقوش ریز توربافت) در تعدادی از پنجره‌های مشبک صفوی در شهر اصفهان وجود دارد. از این نمونه‌ها می‌توان به پنجره‌ای در کلیسای بیت‌لحم دارای شیشه‌های رنگی (تصویر۴، ب) و نیز پنجرهٔ نفیس متعلق به درب‌امام (امروزه در موزهٔ کاخ چهلستون) اشاره کرد (تصویر۴، الف). همچنین دو نمونهٔ مربوط به بنایی ناشناس که در پژوهشکدهٔ میراث فرهنگی اصفهان نگهداری می‌شوند، از همین دسته آثار هستند (تصویرهای۷ و ۹). در پژوهش حاضر به‌منظور شناخت مراحل اجرایی ساخت این مشبک‌های شیشه‌دار و

تصویر۴. جزئیات پنجرهٔ درب‌امام (الف) و کلیسای بیت‌لحم اصفهان (ب)، (کریمی و دیگران، ۱۳۸۸)

تصویر۵. جزئیات رو (ب) و پشت (ج) پنجرهٔ شیشه‌دار مشبک از بخش خاورمیانهٔ موزهٔ ویکتوریا آلبرت به شماره MES.LOST.36 (https://collections.vam.ac.uk/item/O1191315/window -access date; 8/5/2021)

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 نمونهٔ آخر انجام گرفته است. البته علاوه‌بر بررسی فنی و آزمایشگاهی نمونه‌ها، از نمونه‌سازی با گچ و شیشه و نیز مصاحبه با استادکاران گچ‌بر[5] نیز برای دنبال کردن روش‌های اجرایی استفاده شده است که در ادامه نتایج این بررسی‌ها ارائه خواهد شد.

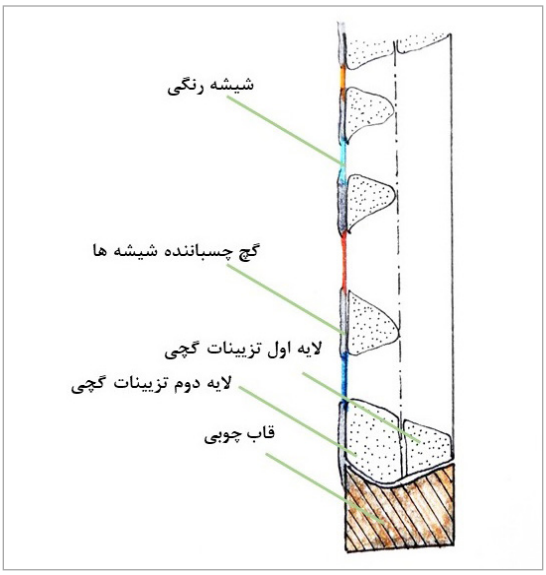
پیشینه ثبت روش‌های اجرای مشبک شیشه‌دار

مطالعات معدودی در مورد نحوهٔ اجرای مشبک‌های گچی در ایران منتشر شده است که در همهٔ این منابع قرار دادن تکیه‌گاه موقت برای اجرای تخته گچی روی بدنهٔ عمودی اولین مرحله از اجرا ذکر شده است (مطیفی‌فرد، 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 براساس 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: «ازنظر 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 شیشهٔ رنگی می‌کرده‌اند.» (اصلانی، ۱۳۹۱ :۳۳۲) واسطهٔ 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 به‌منظور جدایش بهتر گچ‌بری از روی سطح زیرین خود بر روی آن روغن می‌زنیم.» (مطیفی‌فرد، ۱۳۹۱: ۷۶) همچنین متصل کردن شیشه‌ها آخرین مرحله دانسته شده است: «در گذشته برای چسباندن شیشه‌های رنگی از گچ و سریش استفاده می شده 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 به‌عنوان آخرین لایه پشت پنجره دیده می‌شود و شبیه نمونه‌ای که در کاوش‌های نیشابور یافت شده، شیشه در میان دولایه گچ قرار گرفته، نیست.

ازآنجاکه در محدودهٔ عثمانی در مصر و ترکیه نیز مشابه این پنجره‌ها وجود دارد، بررسی‌هایی در مورد آن محدودهٔ 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 چندمشبک گچی شیشه‌دار

با نظر به تنوع نمونه‌ها و بررسی منابع ذکرشده، مشبک‌های گچی شیشه‌دار تنها به یک شیوه ساخته نمی‌شده‌اند و در ترکیب‌بندی نقوش و ظرافت نقش، تنوع زیادی به چشم می‌خورد؛ دو نمونه از بزرگ‌ترین پنجره‌های مشابه (تصویر۴) و همچنین دو نمونهٔ اصلی مد نظر ما (تصاویر۷ 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 نمونهٔ بررسی‌شده پنجره‌های شیشه‌دار به شکل طاق تیزه‌دار بودند که ابعاد متفاوتی داشتند. یکی از پنجره‌ها ۸۶سانتی‌متر طول (به‌همراه قاب چوبی) و ۷۶ سانتی‌متر تا نوک تیزه ارتفاع داشت و ضخامت لایهٔ گچ در آن ۳/۵سانتی‌متر بود. ابعاد پنجرهٔ دوم: طول پایه ۱۲۹سانتی‌متر، ارتفاع ۹۴سانتی‌متر و ضخامت ۳سانتی‌متر بود. این دو پنجره، از بنا یا بناهایی تخریب‌شده و نامعلوم در اصفهان جدا شده و به‌صورت اضطراری به ادارهٔ میراث فرهنگی



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

اصفهان منتقل شده بودند. یکی از دو پنجره، آسیب بیشتری دیده بود و نمونهٔ دوم (تصویر۹)، سالم‌تر بود. برای حفاظت لایه‌های ظریف گچی در مقابل آسیب بیشتر یک لایه گونی از پشت به گچ چسبانده شده بود (تصویر۸، الف). در مورد دو پنجره هیچ‌گونه مستندات دیگری در دست نبود و تنها ازنظر تاریخی به دورهٔ صفوی منسوب شده بودند. مهم‌ترین این بررسی‌ها و مشاهدات به این شرح است:

الف. نمونه‌های شیشه‌دار بررسی‌شده قابی چوبی به‌صورت کلافی دور پنجره دارند (تصویر ۷، الف). این کلاف چوبی اگرچه در نمونه‌های مشابه با اندازهٔ بزرگ همچون پنجرهٔ بیت‌لحم، امامزاده یحیی در ورامین و درب‌امام وجود دارد، اما در نمونه‌های کوچک‌تر دیده نمی‌شود. سطح کلاف چوبی هم‌سطح بیرونی‌ترین لایه گچی سطح پنجره است و می‌توانسته به‌صورت تراز ارتفاعی برای تنظیم سطح گچ موقع ریختن و صاف کردن ملاط استفاده شده باشد (تصاویر۷ و ۸).

ب. کلاف چوبی در مرحلهٔ ساخت اثر نقش مهمی داشته و به‌عنوان نگه‌دارنده برای بخش گچی استفاده می‌شده است. وجود یک فرورفتگی ناودانی به دور بخش گچیِ داخل قاب چوبی، نشان می‌دهد که سعی بر آن بوده بین این دو قسمت پیوستگی بیشتری ایجاد شود (تصویر۸، الف). این پیوستگی شاید هنگام انتقال و نصب پنجره اهمیت بیشتری داشته است.

ج. گچ تزیینی در پنجره‌های پرکارتر و با نقوش ریزتر (پنجرهٔ مربوط به درب‌امام، بیت‌لحم، ورامین و دو پنجرهٔ 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. لایهٔ بیرونی، بازوهای ضخیم‌تر مشبک و لایهٔ داخلی، نقوش توری و ریزبافت را در بر دارند. در بخش‌هایی که لایهٔ اول فروریخته، سطح صاف و مجزای لایهٔ دوم دیده می‌شود (تصویر۸، ب).

د. در دو نمونهٔ بررسی‌شده و نیز در پنجره‌های بیت‌لحم و نمونه‌هایی دیگر همچون مشبک‌های گچی مجموعهٔ شیخ‌صفی و البته در نمونه‌هایی که در برخی نگاره‌های ایرانی وجود دارند (تصویر۳، 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 دایرهٔ دقیقی که با پرگار نقر شده به چشم می‌خورد (تصویر۷، ب). درون این دایره‌ها یا شیشه‌های بزرگ (به‌تصویر عدسی و مشابه

تصویر ۷. جزئیات مشخص روی پنجرهٔ گچی: قاب چوبی متصل به گچ (الف)، دوایر نقرشده با پرگار روی سطح لایهٔ دوم (ب) و ملاط بین شیشه‌ها در قسمت فروریختهٔ مشبک (ج)

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

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

هـ. داخل دایره‌های بزرگ گچی در لایهٔ اول دالبُرهایی مثل اثر برش دیده می‌شوند که گاه مثل نمونهٔ بیت‌لحم (و نگارهٔ تصویر ۳، ب)، درشت‌تر و گاه مثل دو نمونهٔ مورد بررسی در این پژوهش، نقوش توربافِ در آن‌ها ریزتر بریده شده است (تصویر ۷، الف و ب).

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

ز. آخرین لایهٔ تزیینی پنجره‌های گچی را شیشه‌های رنگی تشکیل می‌دهند که در نمونه‌های بررسی‌شده پنجره از پشت کاملاً تخت است و شیشه‌ها با ملاط گچ به مشبک می‌چسبند. هرجا لایهٔ تزیینات از روی شیشه‌ها فروریخته، سطحی صاف باقی مانده که همچون ماده‌ای خمیری بین شیشه‌ها قرار داشته است (تصویر ۷، ج).

ح. بنابر نتایج بررسی انجام‌شده روی دو نمونهٔ مربوط به ادارهٔ میراث فرهنگی اصفهان، لایه‌نگاری این نوع از مشبک‌های گچی شیشه‌دار قابل ترسیم است (تصویر ۶).

شناسایی مواد نمونه‌ها

تاثیر کندگیرکنندهٔ مواد آلی همچون چسب‌های حیوانی بر گچ جهت داشتنِ فرصت بیشتر نقش‌اندازی هنگام اجرای تزیینات معماری، از گذشتهٔ دور شناخته شده است؛ و در پژوهش‌های جدید نیز تأثیر آن بر مقاومت گچ‌بری در برابر آب و نیز کندگیرکردن گچ مشخص شده است (Elert et al., 2019). همچنین مشخص شده که علاوه‌بر 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 فوریه[۶] 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 پیشینهٔ پژوهش، پس از بررسی دقیق لایه‌بندی نمونه‌ها و با صحبت و مصاحبه با استادکاران گچ‌بر[۷] در مورد نحوهٔ ساخت مشبک‌های شیشه‌دار، از بخش‌های آسیب‌دیدهٔ 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 روغن برای برداشتن راحت‌تر گچ از روی سطح عمودی و نیز برای شناخت نحوهٔ عمل‌آوری گچ در مراحل مختلف اجرا (در لایه‌های اول و دوم) انجام گرفت. در برداشت نمونه، سعی بر آن بود که لایهٔ 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

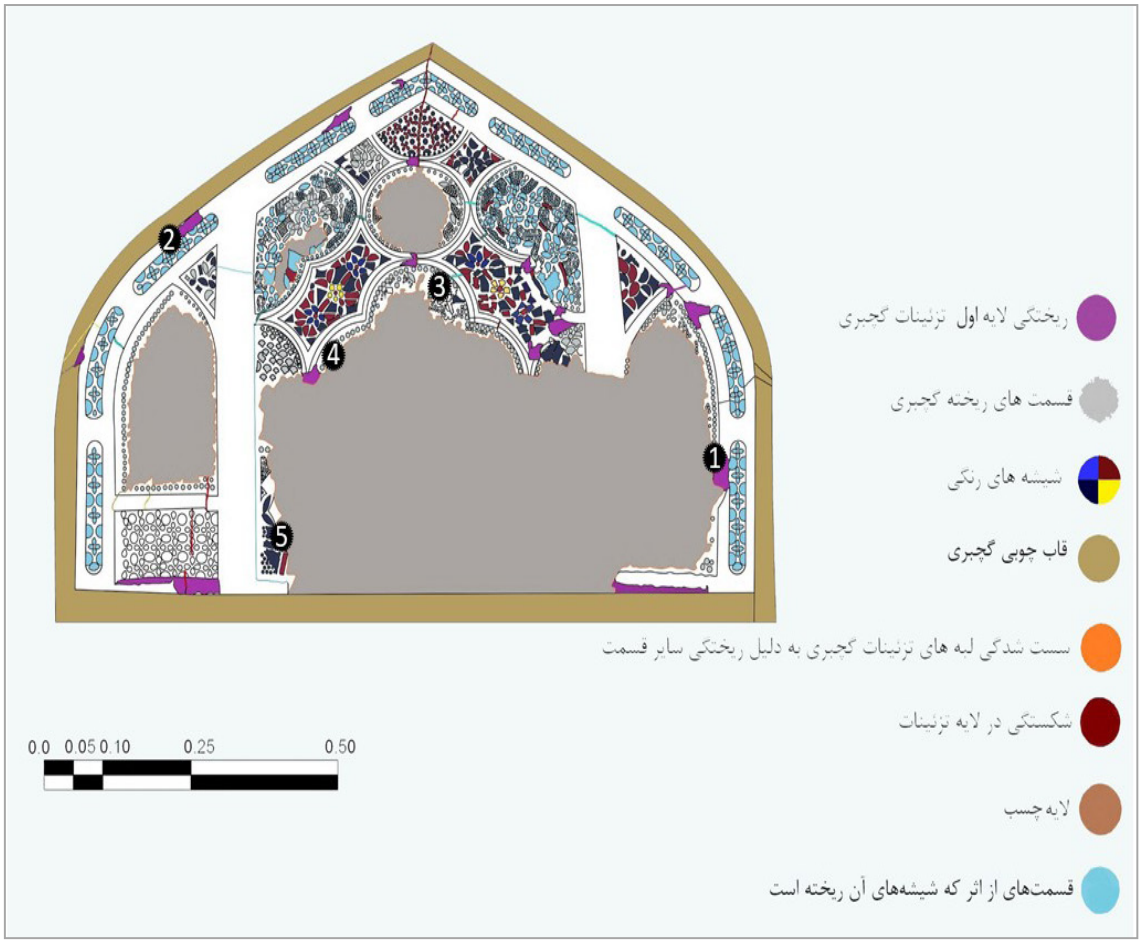
آزمون‌ها بر روی ۱۰ نمونه از نقاط شکستهٔ بخش‌های مختلف دو پنجره انجام شدند. ازآنجاکه که هدف، مشاهدهٔ تفاوت ترکیبات در لایه‌های مختلف پنجره‌ها بود، نمونه‌ها از هر دو لایه گچ و نیز ملاط اتصال‌دهندهٔ شیشه در هر دو پنجره برداشته شد و درمجموع، ۱۰ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت (تصویر ۹). آزمون‌های شیمی‌تر با سه تست پروتئین (با معرف نین‌هیدرین)،[۸] مواد قندی (مولیش با معرف ۱، نفتول)[۹] و مواد روغنی با متیل بنفش[۱۰] براساس بررسی‌های پیشین منتشرشده انجام گرفت.[۱۱] آزمایش طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه با 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 استخراج‌شده بهتر مشاهده شد. استخراج مواد روغنی از نمونه‌ها با قرارگیری نمونه در تری‌کلرواتیلن و استخراج چندباره برای تغلیظ انجام گرفت.[۱۲] قدرت تفکیک دستگاه در تمام نمونه‌ها ۴ cm^{-1} است و طیف در حالت جذب و در محدودهٔ ۴۰۰ cm^{-1} تا ۴۰۰۰ cm^{-1} بوده است. آنالیز به شیوهٔ پراش اشعهٔ ایکس[۱۳] در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان با دستگاهی از شرکت Bruker آلمان مدل D8 ADVANCE، انجام شد. آنالیز طیف‌سنجی فلورسانس اشعهٔ ایکس[۱۴] در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان با دستگاه مدل S4 PIONEER از شرکت Bruker آلمان، انجام شد. بررسی با میکروسکوپ الکترونی روبشی میدانی[۱۵] با میکروسکوپ الکترونی مدل 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 مولیشِ تمام نمونه‌های برداشت‌شده از لایه‌های مختلف به‌جز لایهٔ دوم هر دو پنجره، با تشکیل حلقه‌ای بنفش- صورتی همراه بوده است. البته در نمونهٔ مربوط

به گچ بین شیشه‌ها با نظر به احتمال کاربرد سریش، انتظار این نتیجه می‌رفت. اما در دیگر نمونه‌ها کاربرد مادهٔ قندی مورد انتظار نبود. آزمون پروتئین در هیچ‌کدام 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. ازآنجاکه تشخیص دقیق نتیجهٔ مثبت در آزمون متیل بنفش برای نمونه‌ها مشکل بود، بیشتر بر نتایج آزمون FTIR در مورد روغن‌ها تکیه شد. قلهٔ جذب مربوط به پیوند کربونیل مربوط به عدد موجی حدود $1710\ cm^{-1}$ به‌همراه دو قلهٔ جذبی بین $2930\ cm^{-1}$ و $2920\ cm^{-1}$ که در منابع پیشین نشانهٔ گروه‌های متیل (CH_2) و گروه‌های متیلن (CH_3) 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 دیده شد (تصویر ۱۰). البته در بررسی‌های پیشین وجود پیکی پهن درحدود $1130\ cm^{-1}$ و $1200\ cm^{-1}$ و قلهٔ تیز درحدود $670\ cm^{-1}$ 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 مادهٔ استخراجی از تمام نمونه‌ها پیک‌های شاخص روغن دیده می‌شود که البته در هر دو نمونهٔ حاصل از لایهٔ اول (سطح) پنجره‌ها پیک پهنِ مربوط به گچ به‌طور شاخصی درحدود $1130\ cm^{-1}$ خود را نمایان ساخته است. احتمال دارد این روغن به‌واسطهٔ نحوهٔ اجرا روی یک بدنهٔ تختِ ایستاده به‌عنوان عامل جداکننده[۱۶] در لایه‌های زیرین و نیز به‌عنوان ضدآب‌کننده در سطح دو پنجره به کار رفته باشد. چنانچه در سطح هر دو پنجره لایهٔ ضخیم سیاه‌رنگی به‌طور یکدست دیده می‌شود.



تصویر ۹. طرح آسیب‌نگاری یکی از دو پنجرهٔ مشبک گچی موردِبررسی و محل و شمارهٔ نمونه‌های برداشت‌شده (دو نمونه از لایهٔ اول، دو نمونه از لایهٔ دوم و یک نمونه از ملاط بین شیشه‌های رنگین)

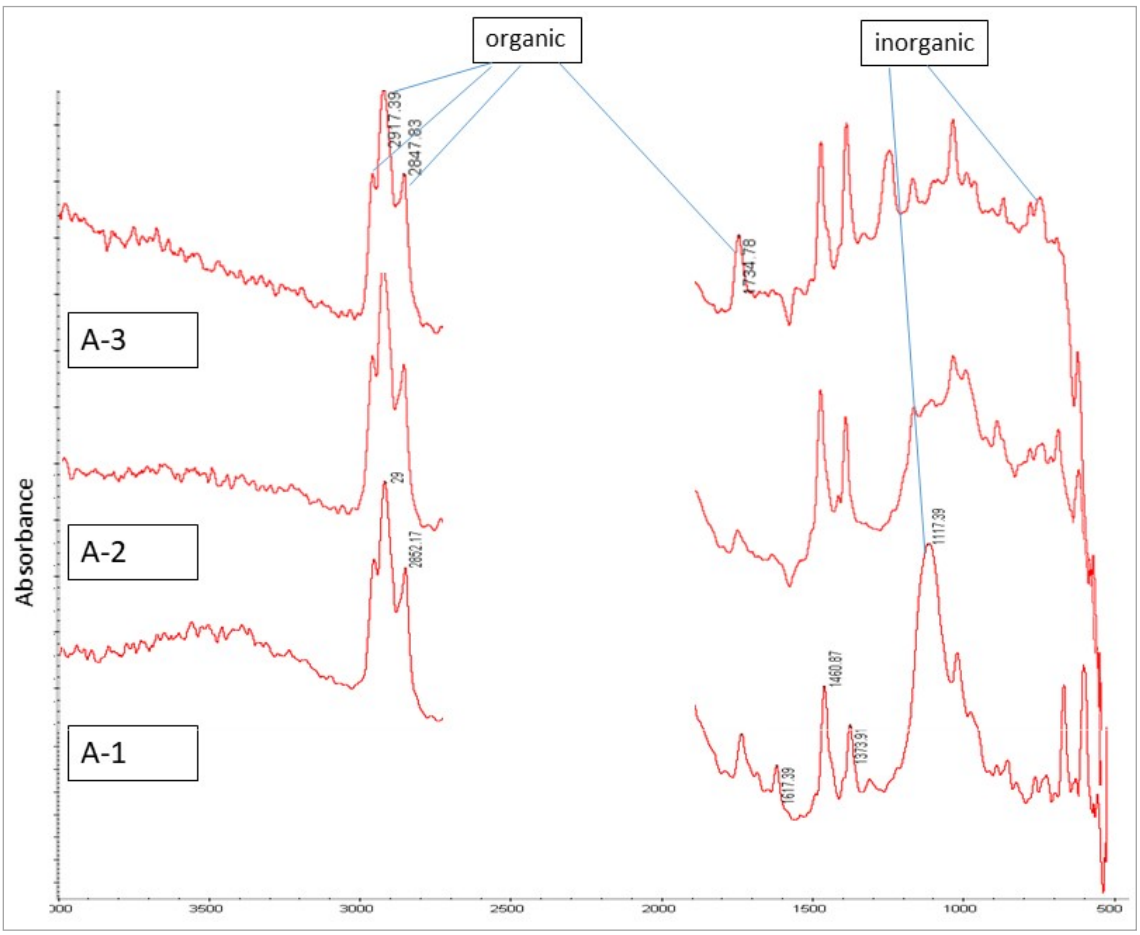
۲. نحوهٔ عمل‌آوری گچ برای ساخت مشبک

با بررسی تصاویر میکروسکوپِ 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 و سطوح کاملاً شکل‌یافته 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

جدول ۱. نتایج آنالیز شیمی‌تر نمونه‌های استخراج‌شده از لایه‌های مختلف دو پنجره

پنجره/ محل نمونه‌برداری	آزمون مولیش	آزمون نین‌هیدرین	آزمون متیل بنفش
۱ /لایهٔ اول	+	–	+
۱ /لایهٔ دوم	+	–	+
۱ /لایهٔ ملاط بین شیشه‌ها	+	–	+
۲ /لایهٔ اول	–	–	+
۲ /لایهٔ دوم	–	–	–
۲ /لایهٔ ملاط بین شیشه‌ها	+	–	+

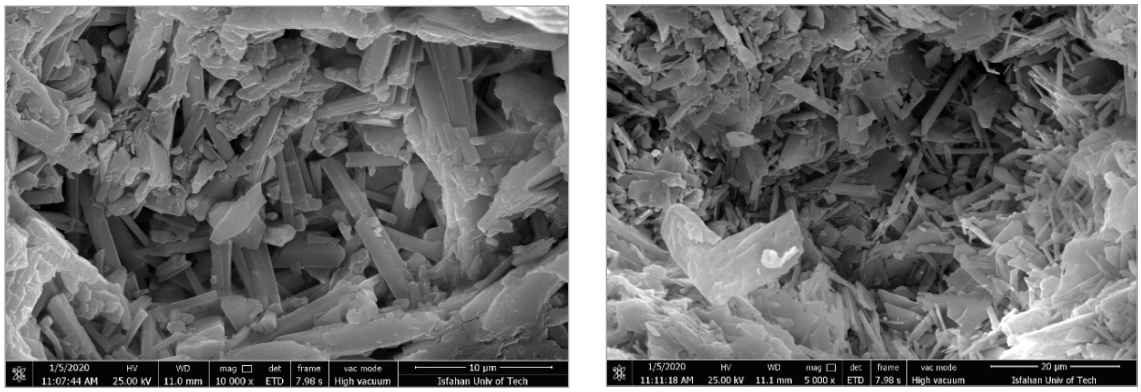
(نگارندگان)



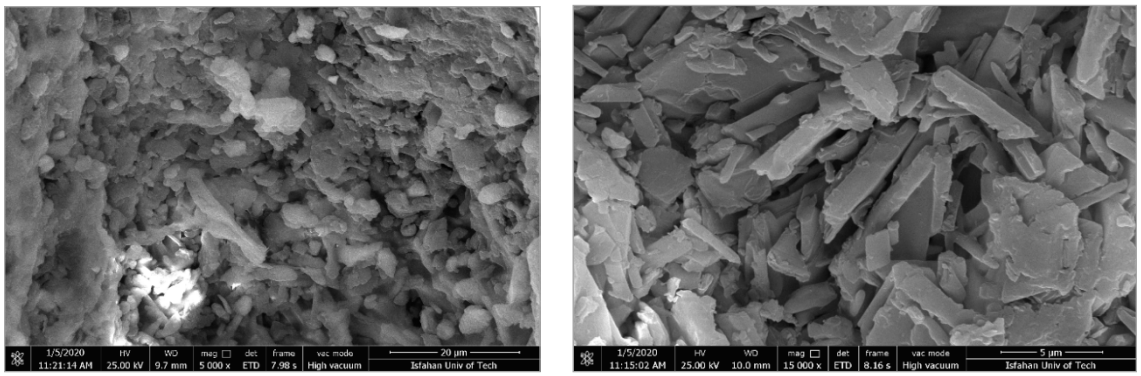
تصویر ۱۰. طیف ATR-FTIR مادهٔ استخراجی با تری‌کلرواتیلن از نمونه گچ پنجره شماره۱ لایهٔ اول(پائین)، لایهٔ دوم (وسط) و ملاط بین شیشه‌ها (بالا) که تشابه زیادی را بین لایه‌ها نشان می‌دهد. بخش‌های مربوط به مادهٔ آلی (احتمالاً روغن) و گچ در نمونه‌ها با نظر به منابع پیشین مشخص شده است. به‌دلیل شباهت طیف حاصل از دو پنجره، نتایج یکی از پنجره‌ها به‌نشانهٔ کل نتایج، ارائه شده است.

احتمالاً آب زیادتری داشته و توده‌های مجزای بلور از هم فاصله گرفته‌اند، ولی تغییر شکل یا گرد شدن بلورها را نمی‌توان مشاهده کرد. نکتهٔ دیگر این‌که در تصاویر میکروسکوپی مواد آلی روی بلورها قرار دارند[۱۷] (تصویر۱۳)؛ 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 لایهٔ محافظ مادهٔ 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.

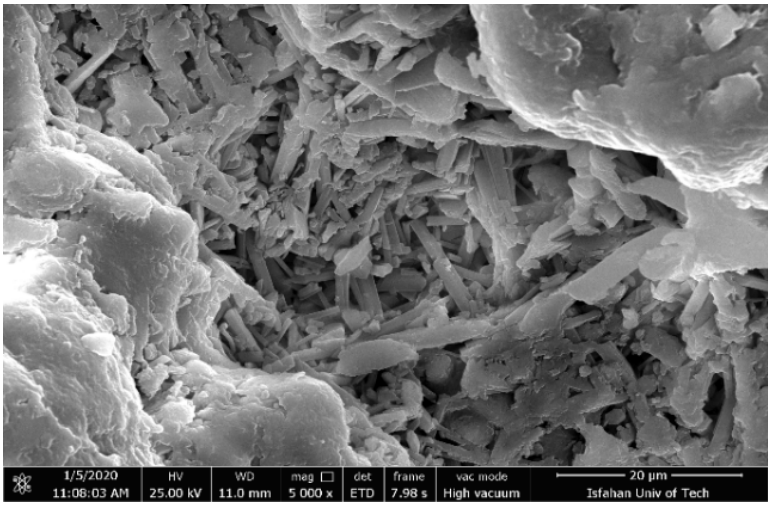
در آنالیز فازی ترکیب اصلی گچ دو پنجره‌ای که نمونه‌برداری شده‌اند، مشابه است و در هر چهار نمونه فاز انیدریت $CaSO_4$ دیده می‌شود. با بررسی میانگین درصد وزنی در پنج آنالیز نقطه‌ای مربوط به عناصر جزیی موجود در نمونه گچ شماره یک و مقایسه با میانگین مربوط به طیف‌سنجی فلورسانس اشعهٔ ایکس نقاط دیگر نمونه‌های بررسی‌شدهٔ قبلی،[۱۸] شباهتی بین عناصر با نمونه‌های دیگر برداشت‌شده از پنج نمونهٔ دیگر از گچ‌های اصفهان به‌خصوص پنجره گچی بیت‌لحم دیده نمی‌شود و این نشان‌دهندهٔ تعلق گچ به معدنی متفاوت از معادن گچ معمول اصفهان بوده است. به‌طور خاص، دیگر گچ‌های آنالیزشده در منطقهٔ اصفهان دارای میزان قابل توجهی عنصر آهن در ساختار خود هستند که در نمونهٔ مورد نظر، آن میزان آهن دیده نمی‌شود. البته رنگ سفید و خاص گچ در پنجرهٔ مورد نظر نیز از همین موضوع حکایت می‌کند.[۱۹]



تصویر۱۱. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار گچ لایه اول پنجرهٔ شماره دو با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰برابر (الف)، لایه دوم پنجرهٔ شماره دو با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰۰برابر (ب)



تصویر۱۲. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار گچ لایه اول پنجرهٔ شماره یک با بزرگ‌نمایی ۱۵۰۰۰برابر (الف)، لایه دوم پنجرهٔ شماره یک با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰برابر (ب)



تصویر۱۳. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از ساختار گچ لایه دوم پنجرهٔ شماره دو با بزرگ‌نمایی ۵۰۰۰ برابر و وجود ماده‌ای که سطح بلورهای گچ را پوشانده است.

جدول۲. نتایج آنالیز عنصری XRF گچ پنجره مشبک گچی ۱ در مقایسه با چهار نمونهٔ دیگر از تزیینات گچی و گچ امروزی پاکتی در اصفهان براساس منابع پیشین

نام نمونه	SO_3	Fe_2O_3	K_2O	TiO_2	SrO	CaO	Total
پنجره گچی مورد نظر	۴۴,۸	۱,۶	۰,۷	۰,۱	۰,۴	۳۱,۹	۷۹,۵
پنجره گچی کلیسای بیت‌لحم	۳۴,۶۱	۴,۰۷	۰,۸۱	۰,۱۵	۱,۱۴	۲۹,۹۳	۷۳,۹۲
عالیپ‌قاپو	۳۶,۸۳	۲,۹۱	۰,۸۵	۰,۰۶	۰,۹۳	۳۳,۸۵	۷۵,۲۰
مسجد گار	۳۶,۸۹	۲,۴۱	۰,۵۹	۰,۰۶	۵,۷۵	۲۶,۳۶	۷۴,۳۵
خانه داوید	۳۵,۱۹	۴,۱۴	۱,۰۱	۰,۱۰	۱,۱۵	۳۱,۴۷	۷۶,۶۳
گچ اصفهان پاکتی	۳۵,۳۴	۳,۳۹	۱,۰۲	۰,۰۷	۰,۷۵	۳۳,۴۵	۷۳,۵۸

(Holakooei et al., 2020)

نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن مشاهدات و آزمون‌ها می‌توان درباره یافته‌ها در مورد شیوهٔ اجرای مشبک دولایهٔ شیشه‌دار به این نتایج رسید: نمونه‌های بررسی‌شدهٔ 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 ازطریق آزمون‌های شیمی‌تر و طیف‌های مادون قرمز وجود مواد آلی در گچ لایه‌های مختلف اثبات می‌شود اما به‌دلیل وجود لایهٔ سیاه‌شدهٔ 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 به‌عنوان عامل آزادکننده و روی سطح تزیینات به‌عنوان ضدرطوبت یا تثبیت‌کننده به کار گرفته شده باشند. پوشش روی سطح در مواردی مانند پنجرهٔ درب‌امام و بیت‌لحم به‌صورت پوشش رنگی غلیظ (قرمز اخرایی) اجرا شده است. در اجرای پنجره وجود دو لایهٔ مجزای گچ به چشم می‌آید که یک مرحله کاربرد اندود گچ پر آب بر روی تکیه‌گاه پشتی (احتمالاً چوبی) و سپس کاربرد اندود لایهٔ دیگری به‌صورت کم‌آب‌تر (با در نظر گرفتن تراز سطح قاب چوبی) بوده است. نقوش اصلی بازوهای ضخیم سپس با پرگار و خط‌کش روی گچ انداخته شده و برش خورده‌اند. پس از برداشتن لایهٔ رویی و درحالی‌که گچ پر آب اول، برای نقش‌اندازی حاضر بوده، طرح گرته شده و یا به‌صورت فی‌البداهه با سوراخ‌کاری 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. درپایان، ملاط اضافی از روی لایهٔ 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 میش‌مست، دکتر حامد صیادشهری، استاد محسن مدرسی و استاد مرتضی مطیفی‌فرد قدردانی می‌کنند.

پی‌نوشت

۱. برای چنین بحثی درمورد پنجره‌های گچی مشبک نگاه کنید به(Oliver, 2003:205-7) و بحث درمورد پنجره‌های موسوم به تخریم (توربافت) در یمن.

۲. برای بحث درباره نمونه‌های این پنجره‌ها در سراسر ایران همچون خانه‌های مستوفی، طبسی و باغ خان در بشرویه، امامزاده شاه‌ولی تفت تا نمونه‌های ساده‌تر در میبد و ساغند و بزد در منطقهٔ یزد، پنجرهٔ شیشه‌دار بقعه سیدمحمد افطسی در تفرش، نمونه‌های ساده‌تر در شاه‌کرم، لودریچه، شاه‌طور تا پیچیده‌ترین نمونه‌ها در درب امام، کلیسای بیت‌لحم و همچنین انواع دیگری در کاشان (بازسازی‌شده در خانه طباطبایی‌ها، آل‌یاسین، 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 کارشناسی‌ارشد، دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان (منتشر نشده)، ۳۶-۱۵.

۳. در منابع پیشین این شیشه‌ها را به‌دلیل فرورفتگی میان‌شان به‌نام شیشه‌های نافی (Navel glass) یا شیشه‌های عدسی‌شکل (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 مطیفی‌فرد، اصفهان، ۱۳۹۸.

6. Fourier-transform infrared spectroscopy.

۷. نک: پانوشت شماره ۶.

8. Ninhydrin (2,2-dihydroxyindane-1,3-dione) (Merck®).
9. α-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 به‌مدت ۴۸ ساعت انجام گرفت. در همه مورد دقت شد که گچ از درون ویال حاوی نمونه به مادهٔ استخراجی وارد نشود.

13. X-Ray Diffraction
14. X-Ray Fluorescence
15. Field Emission Scanning Electron Microscope
16. Release Agent

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

۱۸. برای نتایج مربوط به ۹ نمونه مربوط به اندودها 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 mediæval fortress at the mount Sofeh in Isfahan, central Iran. Journal of Archaeological Sci*ence: Reports*, *29*, 102065.

۱۹. البته در منطقهٔ اصفهان و به‌طور خاص در کوه صفه منابع گچی دارایِ میزان آهن کمتر نیز شناخته شده‌اند (نک: منبع زیرنویس

پیشین).

منابع و مآخذ

- اصلانی، حسام (۱۳۹۱). "فن‌شناسی آرایه‌های گچی در معماری ایران دوران اسلامی"، رساله دکتری، مرمت اشیای تاریخی- فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان (منتشرنشده).
- عباسیان، میرمحمد؛ اصلانی، حسام و میش‌مست نهی، مسلم (۱۳۹۱). بررسی کاربرد تصاویر میکروسکپ الکترونی در فن شناسی و آسیب شناسی ساختارهای گچی، **مجموعه مقالات هشتمین همایش حفاظت و مرمت اشیای تاریخی- فرهنگی و تزئینات وابسته به معماری**، به‌کوشش: 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 تزیینات کلیسای بیت‌لحم اصفهان**. اصفهان: سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری اصفهان (منتشرنشده).
- 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 ازیادرفته**. اصفهان: نقش مانا.
- موزه هنرهای معاصر تهران (۱۳۸۴). **شاهکارهای نگارگری ایران**. تهران: موزهٔ هنرهای معاصر تهران، مؤسسه توسعهٔ هنرهای تجسمی.
- میش‌مست نهی، مسلم (۱۳۸۵). تحلیل فن‌شناسی، "وضعیت حفاظتی و مدل‌سازی آسیب‌شناسی گچبری‌های کوه خواجه"، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان (منتشرنشده).

- 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., Caroll, Scott.(2005). **Material Characterization tests for objects of Art and Archaeology**. Archetype: second edition.
- Oliver, Paul (2003). **Dwellings, The Vernacular House worldwide**. London: Faidon.
- Özakın, 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.
- 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

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